

## ВИКОРИСТАННЯ ВИСОКОМІНЕРАЛІЗОВАНОЇ ЗЕРНОВОЇ СИРОВИНИ У ВИРІШЕННІ ПРОБЛЕМИ МІКРОЕЛЕМЕНТНОЇ НЕСТАЧІ

*Проаналізовано причини нестачі мікроелементів у раціонах харчування населення України. Обґрунтовано доцільність вибору зернових в якості функціональної основи для виробництва продуктів, спрямованих на профілактику мікроелементного дефіциту. Розглядається перспектива збагачення зерна мінеральними речовинами шляхом використання штучних живильних середовищ і наведено результати перших експериментальних досліджень.*

**Ключові слова:** біокомплекси мікроелементів, метало-лігандний гомеостаз, штучне живильне середовище, зернова сировина

Значення мінеральних речовин надзвичайно багатогранне. Важливою є їхня роль у побудові тканин організму, особливо кісткових. Макроелементи беруть участь у регулюванні кислотно-лужного середовища, регулюють водно-сольовий обмін, підтримують осмотичний тиск у клітинах та міжклітинних рідинах (що необхідно для надходження поживних речовин та видалення продуктів розпаду). Без достатньої концентрації мінеральних сполук неможливе нормальне функціонування нервової, серцево-судинної, травної та інших систем організму. Мінеральні сполуки впливають на захисні функції живого організму, значною мірою забезпечуючи його імунні властивості. Процеси кровотворення та згортання крові відбуваються лише за участі мікроелементів (заліза, міді, кобальту), кальцію, магнію та інших елементів. Мінеральні сполуки, і передусім мікроелементи, входять до складу або активізують дію ферментів, гормонів, вітамінів і таким чином беруть участь у всіх видах обміну речовин.

Відомо, що живий організм має високу ступінь регулювання гомеостазу мінеральних речовин. Не дивлячись на широкі коливання вмісту макро- та мікроелементів у харчових продуктах, мінеральний склад тканин тривалий час залишається постійним. Однак ці регуляторні можливості організму мають свою межу, і при інтенсивному використанні мінеральних елементів (несприятливі екологічні умови, куріння, надходження в організм токсичних сполук, вживання антибіотиків тощо) мінеральний обмін порушується, спричинюючи виникнення і розвиток серйозних захворювань.

На сьогодні описано і детально вивчено основні життєво необхідні елементи, зроблено відкриття і узагальнення, значення яких для біології, медицини, тваринництва та харчової промисловості важко переоцінити. Стало очевидним, що в живому організмі немає жодного важливого біохімічного процесу, в якому б не брали участі мінеральні елементи.

Тому розроблення раціональних технологій отримання нових видів харчових продуктів з підвищеним вмістом життєво необхідних сполук можливе лише з врахуванням сучасних досягнень в галузі теорії мінерального обміну, шляхів ліквідації дисбалансу мі-

*The reasons of the deficiency of microelements in the Ukrainians' diets are analyzed. The choice a cereal grains as a functional base to produce food products for prevention a deficiency of trace elements is argued. The perspectives of enrichments a cereal grains with trace elements by using artificial nourishing environments are represented, and the results of the first experimental research are demonstrated.*

**Key words:** biological complexes of microelements, metal-ligand homeostasis, artificial nourishing environment, cereal grains

неральних сполук та отримання сировини, збагаченої необхідними нутрієнтами.

Виходячи зі сказаного, метою нашої роботи є з'ясування ролі мінеральних елементів у функціонуванні живого організму, аналіз об'єктивних причин їх дисбалансу у раціоні харчування населення України та перспективи отримання нових харчових продуктів із зернових культур, попередньо насичених необхідними мікро- та макроелементами зі штучних живильних середовищ.

У вільному стані і складовими великої кількості органічних і неорганічних сполук хімічні елементи входять до складу всіх клітин і тканин людського організму. Харчова потреба в мінеральних речовинах пов'язана із забезпеченням росту, відновленням тканин, а також з обов'язковим їх виведенням. Потреби, пов'язані з ростом, змінюються протягом усього життя людини, кількість мікроелементів, яка повинна затриматися в організмі для росту, може бути визначена шляхом аналізу хімічного складу різних тканин організму у різному віці, а кількість виведених мікроелементів залежить від раціону і особливостей функціонування систем травлення і виділення [1].

При розгляді хімічних елементів з точки зору їх фізіологічної ролі в організмі людини, виокремлюють «структурні» елементи — макроелементи, які складають основну масу клітин і тканин, «есенціальні», тобто життєво необхідні, до яких відносять Fe, J, Cu, Zn, Co, Cr, Mo, Se, Mn, «умовно есенціальні» — As, B, Br, F, Li, Ni, Si, V, а також «токсичні» та «потенційно-токсичні» [2]. При цьому хімічний елемент вважається есенціальним в тому випадку, коли його відсутність чи недостатнє надходження в організм зумовлює порушення нормальної життєдіяльності, зупинку розвитку, неможливість репродукції.

Питання біологічної ролі мікроелементів є частиною проблеми єдності організму і навколишнього середовища. На сьогодні дефіцит мікронутрієнтів в раціоні харчування населення є характерним для всіх країн світу. У 1992 році в Римі на міжнародній конференції з питань харчування, організованою ФАО/ВООЗ, поширення дефіциту мікронутрієнтів було визнано

найважливішою проблемою, яка стане головною кризою в харчуванні населення Землі в XXI столітті. «Концепція поліпшення продовольчого забезпечення та якості харчування населення», затверджена розпорядженням Кабінету Міністрів України від 26 травня 2004 р. № 332-р, засвідчує те, що стан харчування населення є однією з найважливіших проблем для України. В рамках впровадження Концепції передбачається здійснення заходів, спрямованих на профілактику та лікування дефіциту мікроелементів, розвиток виробництва продуктів з високою харчовою і біологічною цінністю, в тому числі збагачених мікронутрієнтами.

Аналіз літературних даних [3—5] дозволяє виділити декілька основних чинників — причин нестачі мікроелементів в раціонах харчування населення України:

по-перше, загальновідомо, що ступінь забезпеченості живих організмів мікроелементами залежить від їх вмісту в навколишньому середовищі; на території ж України спостерігається зменшення мікроелементів у ґрунті, має значення і забрудненість довкілля токсикантами, що блокують доступність мікроелементів до кореневої системи рослин;

по-друге, традиційне технологічне перероблення сировини, що призводить до втрати значної частини мікроелементів;

по-третє, зміни в способі життя: зменшення фізичних навантажень, і відповідно — потреби в енергії, а тому і в їжі; монотонний, одноманітний раціон, у якому спостерігається збільшення вживання рафінованих, висококалорійних, але бідних на вітаміни і мінеральні речовини харчових продуктів (білий хліб, макаронні вироби, цукор, алкогольні напої тощо) і зменшення вживання м'ясних та молочних продуктів, свіжої рослинної їжі (овочів, фруктів, городньої зелені, а вони відіграють провідну роль в забезпеченні раціону мікроелементами), недостатнє використання в раціоні харчування морепродуктів; до того ж простежується суттєве зростання потреби людини в мікронутрієнтах як важливого захисного чинника в умовах підвищеного нервово-емоційного напруження, дії шкідливих чинників виробництва і зовнішнього середовища.

Мікроелементи розрізняються за своїми фізичними властивостями і реакційною здатністю, а їх функціональна активність в організмі людини може здійснюватися лише у тому випадку, якщо вони входять до складу металоорганічних сполук певної форми і структури. Оскільки хімічні елементи в організмі людини знаходяться переважно у вигляді координаційних сполук, обмін, транспорт, депонування, елімінавання йонів металів відбувається завдяки їхній властивості брати участь у процесах комплексоутворення з природними ендогенними лігандами — амінокислотами, білками, пептидами, нуклеїновими кислотами, вуглеводами, вітамінами, гормонами, а також екзогенними лігандами — компонентами харчових продуктів чи лікарських препаратів. Інтенсивність і особливості реактування організму на дисбаланс мікроелементів індивідуальні і пов'язані з механізмами підтримання метало-лігандного гомеостазу [2, 6].

Спектр фармакологічних властивостей біокомплексів мікроелементів значно ширший порівняно з лігандами і їх механічними сумішами з солями металів. Це — антиоксидантна, імуномодуюча, радіопротекторна активність. Такий факт пояснюється здатністю біокомплексів мікроелементів, на відміну від їх

йоногенних форм, до відновлення мікроелементарного балансу і порушень метало-лігандного гомеостазу [6].

У вирішенні проблеми ліквідації дефіциту мікронутрієнтів пріоритетним напрямом є створення харчових продуктів заданого хімічного складу, збагачених макро- та мікронутрієнтами [3, 5—8]. Завдяки такому збагаченню основних продуктів щоденного вжитку можна впливати на зміни раціону харчування широких верств населення.

Однією з функціональних основ для виробництва харчових продуктів оздоровчого призначення є зернові культури. В Україні частка зернових продуктів складає 40...45 % загального раціону харчування. Споживаючи зернові, ми забезпечуємо до 40 % своєї потреби в білку, до 60 % — у вуглеводах, до 30 % — у мінеральних речовинах, до 40 % — у вітамінах групи В і до 59 % енергетичної потреби людини. Традиційні харчові продукти масового вжитку — хлібобулочні і макаронні вироби, крупи є важливими і найбільш доступними продуктами для населення України, причому темпи виробництва хліба і хлібобулочних виробів знижуються, а об'єми виробництва круп за останні роки щорічно зростають в середньому на 5...12 % [7].

Не дивлячись на значне використання різноманітних зернових продуктів в раціонах усіх груп населення, їх харчова і біологічна цінність потребує збалансування за основними харчовими речовинами. Саме тому активно ведуться роботи зі створення нових харчових продуктів на зерновій основі [7]. Світова практика свідчить, що вибір продукту для збагачення необхідно здійснювати з врахуванням його поширеності і доступності, і це ще один аргумент на користь використання в якості основи для створення функціональних харчових продуктів зернових.

На сьогодні оптимальним шляхом подолання недостатнього вмісту есенціальних мікроелементів, який спостерігається в раціонах харчування переважної більшості населення України, є використання нових їх джерел — в органічно зв'язаній формі, яка більш адекватна біохімічним і фізіологічним механізмам асиміляції мікроелементів в організмі, у складі збагачених продуктів і біологічно активних добавок до їжі.

Однією з найважливіших умов отримання високомінералізованих рослинних матеріалів для виробництва оздоровчих продуктів є повне забезпечення рослин макро- та мікроелементним живленням, яке використовується рослинами для побудови свого організму та накопичення біокомпонентів. Більшість мікроелементів (Mo, Mn, Fe, Cu, Co, Zn) дають стійкі координаційні зв'язки з тими лігандами, які містяться у зернових. Пророщені зернові культури збагачуються мікроелементами з живильних розчинів, біотрансформованими в органічну форму. Утворені координаційні сполуки елементів мають у десятки разів більшу біологічну активність, ніж вихідні мікроелементи, вони характеризуються вищою засвоюваністю, терапевтичною та фізіологічною ефективністю, безпекою. Пророщене таким чином зерно доцільно використовувати у складі біологічно активних добавок до їжі та спеціальних продуктів профілактичного призначення [8].

Практичне вирішення проблеми отримання високомінералізованої зернової сировини ми розпочали з аналізу хімічного складу [9, 10] основних культур, що вирощуються в Україні з точки зору вибору найбільш придатних до збагачення мінеральними елементами

тами. Це мають бути, передусім, культури з підвищеним вмістом білка та клітковини. До зернових культур відносять рослини із зерном, що багате на крохмаль. Це представники родини злакових — пшениця, жито, рис, кукурудза, ячмінь, овес, просо, сорго, і з родини гречихних — гречка.

Отримані дані наведено в *табл. 1*.

*Таблиця 1*

**Середній хімічний склад зерна (г/100 г)**

Культура	Вода	Білки	Жири	Моно- і дицукри	Крохмаль	Клітковина	Зола
Пшениця м'яка озима	14,0	11,2	2,1	1,2	54,0	2,4	1,7
Пшениця м'яка яра	14,0	12,5	2,3	0,9	53,0	2,5	1,7
Пшениця тверда	14,0	13,0	2,5	0,8	54,5	2,3	1,7
Жито	14,0	9,9	2,2	1,5	54,0	2,6	1,7
Тритікале	14,0	12,8	2,1	1,0	23,5	2,6	1,7
Овес	13,5	10,0	6,2	1,1	26,5	10,7	3,2
Ячмінь	14,0	10,3	2,4	1,3	48,1	4,3	2,4
Просо	13,5	11,2	3,9	1,9	54,7	7,9	2,9
Гречка	14,0	10,8	3,2	1,5	52,9	10,8	2,0
Рис	14,0	7,4	2,6	0,9	55,2	9,0	3,9
Сорго	13,5	10,6	4,1	1,6	58,0	3,5	2,2
Кукурудза	14,0	10,3	4,9	1,6	56,9	2,1	1,2

Аналіз табличних даних показує доцільність обрати такі об'єкти дослідження: за максимальним вмістом білку — пшениця, просо, гречка, ячмінь, кукурудза, і за максимальним вмістом клітковини — гречка, овес, просо, ячмінь, пшениця, жито. Таким чином, досліджувані культури, визначені в нашій роботі, це — гречка, жито, кукурудза, овес, просо, пшениця, ячмінь.

Наступним етапом роботи є визначення ступеня насиченості водою (набувнявння) різних культур, обраних для дослідження, оскільки цей чинник значною мірою визначає можливість процесу інтенсифікації отримання високомінералізованої зернової сировини зі штучних живильних середовищ.

Вода є найважливішим чинником, що спонукає зерно до пробудження. Вода надходить у зерно, що потрапило у водне середовище, викликаючи його набувнявння.

Вбирання води зерном і набувнявння його — це складний фізико-хімічний процес, який по-різному проходить у живому і мертвому зерні. У живій зернині вода викликає виділення тепла, посилення дихання, перетворення під дією ферментів одних речовин в інші. Тобто живий організм переходить зі стану спокою до активної життєдіяльності. Ферменти живого зерна під впливом води виявляють активну і спрямовану діяльність і відразу за набувнявнням починається рух живих речовин до зародка. Зернина починає проростати.

За даними [11] у неживій зернині вода пасивно нагромаджується в її тканині, не вступаючи в реакції з компонентами зерна. Таке зерно відразу після набувнявння загниває і розкладається внаслідок мікробіологічної діяльності.

Для визначення кінетики набувнявння зерна різних культур зважуємо по 10 г перебраного зерна, переносимо в колбу і заливаємо 200 мл дистильованої води. Замочування проводимо протягом 24 год, періодично перемішуючи, при кімнатній температурі. По-

тім зерно відфільтровуємо від залишку води, зважуємо, розраховуємо ступінь набувнявння зерна за формулою:

$$S = (m - m_0)/m,$$

де  $m_0$  — маса вихідного зразка, г;  $m$  — маса зразка після набувнявння, г.

У *табл. 2* відображено середні значення з трьох визначень ступеню набувнявння для кожної із зернових культур.

*Таблиця 2*

**Ступінь набувнявння зерна у воді через 24 год**

Культура	Ступінь набувнявння
Гречка	0,67±0,005
Овес	0,65±0,009
Жито	0,54±0,008
Ячмінь	0,52±0,008
Пшениця	0,46±0,004
Кукурудза	0,40±0,007
Просо	0,27±0,001

Аналіз табличних даних свідчить про те, що злаки різних культур мають різну здатність до водопоглинання. Зі всіх дослідних культур максимальною здатністю до накопичення води відзначаються гречка і овес, а мінімальною — просо. Загалом, ступінь насичення зерна водою спадає у ряду: гречка > овес > жито > ячмінь > пшениця > кукурудза > просо.

Ці дані значною мірою корелюють із результатами вмісту основних компонентів у зерні різних культур. Так, овес і гречка містять найбільше клітковини і жирів; кукурудза і просо — найбільше крохмалю, і, очевидно, ці чинники впливають на здатність зерна до насиченості водою. Причому, має значення не лише загальна кількість клітковини, а й її якісний склад, тобто вміст розчинних і нерозчинних пектинів, лігніну, геміцелюлозу тощо. Наприклад, просо, що виявило найменшу здатність до поглинання води, містить клітковини трохи менше, ніж гречка і овес.

Загалом, ймовірно, що чим більше оболонка зерна містить пор, тим легше вода проникає всередину. Різну здатність до вбирання води різними культурами пояснюють і наявністю ліпоїдів у деяких шарах оболонки, гідрофільні властивості яких перешкоджають доступу води [12]. Затримувати цей процес можуть і таніни, нерозчинні пектини та інші компоненти оболонки зерна. Всі ці припущення потребують подальших досліджень і уточнень.

**Висновки.** Однією з найважливіших проблем у харчуванні населення України є нестача мікроелементів. Серед заходів, спрямованих на профілактику та лікування їхнього дефіциту, є розвиток виробництва продуктів з високою харчовою і біологічною цінністю, збагачених мікроелементами. Доцільним є збагачення зерна мінеральними речовинами шляхом пророщування його зі штучних живильних середовищ — розчинів солей металів, що беруть участь в ферментативних реакціях під час пророщування зернових. Дослідження у даному напрямі мають бути спрямовані, передусім, на вивчення здатності різних зернових культур до насичення водою, розчинами мінеральних солей та визначення оптимальних параметрів цих процесів. Попередні дослідження свідчать про істотний вплив будови оболонки зерна та її складових на здатність зерна до вбирання води і водних розчинів.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Ноздрюхина Л.Р. Биологическая роль микроэлементов в организме животных и человека. — М.: Наука, 1977. — 184 с.
2. Скальный А.В., Руденко И.А. Биологические элементы в медицине. — М.: Издательский дом «Оникс 21 век»: Мир, 2004. — 272 с.
3. Корзун В.Н., Козярин І.П., Парац А.М., Шкурко В.В., Болехнова Т.В., Цибенко Т.О. Проблема мікронутрієнтів у харчуванні населення України та шляхи її вирішення // Проблеми харчування. — 2007. — № 1. — С. 5—11.
4. Звіт «Про національне дослідження вживання населенням харчових мікронутрієнтів». — К.: «Прем'єр-Медія», 2004. — 64 с.
5. Гуліч М.П. Проблема дефіциту мікронутрієнтів в раціоні харчування сучасної людини, шляхи його подолання // Харчування як фактор формування здоров'я населення : Міжнародна наук.-практ. конф-я на честь 70-річчя розвитку гігієни харчування в Україні. 15-16.05.2003.: Збірка тез доповідей. — Лабораторія гігієни харчування Ін-ту гігієни та мед. екології ім. О.М. Марзеєва АМН України. — 2003. — С. 34—35.
6. Калетина Н.И. Биоконплексы микроэлементов и биобезопасность // Микроэлементы в медицине. — 2004. — №5 (3). — С. 23—27.
7. Сердюк Л.В., Мардар М.Р. Зерновые продукты и их роль в питании населения Украины // Зернові продукти і комбікорми. — 2005. — №4. — С. 14—17.
8. Сімахіна Г.О. Вивчення ефектів біонакопичення мінеральних елементів зі штучних живильних середовищ // Наукові праці НУХТ. — 2005. — № 16. — С. 98—103.
9. Не завадить освіжити призабуті знання про хімічний склад і властивості зерна, крупів та борошна // Зерно і хліб. — 2006. — №4. — С. 53—56.
10. Казаков Е.Д., Карпиленко Г.П. Биохимия зерна и хлебопродуктов. — СПб.: ГИОРД, 2005. — 512 с.
11. Максимов Н.А., Козыренко Е.И. Влияние влажности почвы на рост и физиологические процессы в растении. — В кн.: Памяти акад. Д.Н. Прянишникова. — М.: Изд-во АН СССР, 1988. — С. 7—19.
12. Строта І.Г., Манжос Д.М. Вплив первинного проростання насіння на якість посівного матеріалу. — В кн.: Селекція і насінництво. — К.: Урожай, 1985. — С. 14—22.

Надійшла до редколегії 11.12.08 р.