

УДК 663.433.1

DEVELOPMENT OF SEMI-FINISHED PRODUCTS FROM GRAIN MALT FOR ENRICHMENT OF FOOD PRODUCTS

I. Goyko, N. Stetsenko

National University of Food Technologies

Key words:

mineralization,
grain crops,
spelled,
oats,
minerals,
germination

Article history:

Received 09.10.2020

Received in revised form
10.11.2020

Accepted 14.12.2020

Corresponding author:

stetsenkono_nuft@ukr.net

ABSTRACT

As world and domestic experience shows, the most effective and cost-effective way to improve the supply of micronutrients on a national scale is to further enrich food. The article substantiates and experimentally confirms the feasibility of grain crops mineralization, namely spelled and oats, on various nutrient medium to obtain a semi-finished product with an increased content of deficient microelements. The relevance of the enrichment of grain crops with zinc and chromium during their germination has been substantiated. Chromium is important for the prevention of diabetes and cardiovascular diseases. Insufficient zinc intake leads to anemia, secondary immunodeficiency, liver cirrhosis, sexual dysfunction. The determination of the concentration of minerals in the germinated grains of spelled and oats was carried out by the X-ray fluorescence method. The method is based on the collection and subsequent analysis of the spectrum that occurs when the test material is irradiated with X-rays. Equilibrium concentrations of minerals in germinated grain crops have been established. It was found that the optimal concentration of zinc sulfate in the nutrient solution is 0.002%, and the concentration of potassium dichromate should not exceed 0.001%. It has been established that the use of a zinc salt solution as a nutrient medium makes it possible to increase its content in spelled grain by 2.72 times, and the use of a chromium salt solution makes it possible to enrich the grain with it to a level of 8.32 µg/g. It was found that the content of zinc in the sprouted oat grains in comparison with the original sample increased almost 35 times, and chromium — 8,7 times. A method for the production of a semi-finished product from sprouted mineralized oats and spelled grains, which can be used as an enrichment agent for various food environments, such as bakery products, cereals, and fermented milk products, is proposed.

DOI: 10.24263/2225-2916-2020-28-13

РОЗРОБЛЕННЯ НАПІВФАБРИКАТУ ІЗ СОЛОДУ ЗЕРНОВИХ КУЛЬТУР ДЛЯ ЗБАГАЧЕННЯ ХАРЧОВИХ ПРОДУКТІВ

І. Ю. Гойко, канд. техн. наук

Н. О. Стеценко, канд. хім. наук

Національний університет харчових технологій

У статті обґрунтовано й експериментально підтверджено доцільність мінералізації зернових культур, зокрема полби та вівса, на різних живильних середовищах для отримання напівфабрикату з підвищеним вмістом дефіцитних мікроелементів. Обґрунтовано актуальність збагачення зернових культур цинком і хромом при їх пророщуванні. Рентгенофлуоресцентним методом визначено рівноважні концентрації мінеральних речовин у пророщених зернах полби та вівса.

Запропоновано спосіб виробництва напівфабрикату з пророщених мінералізованих зерен вівса та полби, який можна використовувати як збагачувач для різних харчових середовищ, таких як різноманітні хлібобулочні вироби, сухі сніданки, кисломолочні продукти тощо.

Ключові слова: мінералізація, зернові культури, полба, овес, мінеральні речовини, пророщування.

Постановка проблеми. За результатами досліджень у більшій частини дитячого і дорослого населення України виявлено порушення повноцінного харчування, що пов'язано з недостатнім споживанням вітамінів і мінеральних речовин. Захворювання серцево-судинної системи, онкологічні захворювання, цукровий діабет, ожиріння викликані незбалансованим харчуванням [1]. Дефіцит мікро- та макроелементів є однією з причин виникнення остеопорозу, анемії, зниження імунітету й опірності організму [2].

Нестача мінеральних речовин у раціонах населення спостерігається через зменшення концентрації мікроелементів у ґрунті, технологічну переробку сировини, монотонізацію раціону, збільшення в раціонах частки рафінованих, висококалорійних продуктів з низьким вмістом мінеральних речовин тощо. Особливо гостро постає проблема дефіциту мікронутрієнтів, зокрема цинку, хрому, селену, йоду, що знижує опірність організму до різних захворювань, несприятливих чинників екологічного довкілля і, як наслідок, здатність до адаптації.

Як показує світовий і вітчизняний досвід, найбільш ефективним і економічно доступним шляхом поліпшення забезпеченості населення мікронутрієнтами у загальнодержавному масштабі є додаткове збагачення ними харчових продуктів. Саме тому актуальним завданням є створення нової продукції, розробленої з використанням рослинних добавок, які містять у собі таку кількість есенціальних мінеральних речовин, що здатні компенсувати існуючий дефіцит у разі споживання зазначених продуктів у традиційних кількостях.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Останнім часом актуальним є збагачення харчових продуктів компонентами різних зернових культур. З метою підвищення технологічного потенціалу зерна застосовуються спеціальні методи оброблення. Це виробництво тонкодиспергованого борошна з цілого зерна пшениці, використання біомодифікованих вівса і ячменю, застосування екструдованої зернової сировини в технології хліба, борошняних кондитерських виробів і напоїв [3—6].

Одним із методів підвищення харчової цінності зерна шляхом біологічної активації є пророщування. При цьому відбувається зміна як кількісного, так і якісного складу багатьох харчових речовин зернівки. Зокрема, зменшується вміст крохмалю при одночасному зростанні загального вмісту цукрів, знижується вміст загального білка з одночасним підвищенням кількості вільних амінокислот, тобто білок переходить у легкозасвоювану форму, вміст вільних ліпідів дещо знижується, а зв'язаних — зростає, збільшується загальний вміст мінеральних речовин і вітамінів [7].

Ідея збагачення зерна мінеральними речовинами шляхом пророщування його в штучних живильних середовищах, зокрема розчинах солей металів, була запропонована Г. О. Сімахіною та Т. І. Миколів [8]. Відзначено, що до організму людини мінеральні речовини повинні надходити в органічно зв'язаній формі, яка є більш адекватною біохімічним і фізіологічним механізмам асиміляції мікроелементів в організмі.

Мета дослідження: вивчення мінералізації зернових культур полби та вівса при пророщуванні зі штучних живильних середовищ для отримання напівфабрикату з підвищеним вмістом цинку та хрому.

Матеріали і методи. Для отримання напівфабрикату було обрано спосіб мінералізації зернових культур шляхом їх біоактивації в живильних середовищах, адже саме при такому обробленні зерна іони металів включаються в органічні комплекси, які є легкозасвоюваними для людського організму [9; 10].

Як предмет досліджень було обрано зерно полби та вівса, які широко використовуються при здоровому харчуванні. Білки вівса мають найвищу біологічну цінність серед зернових культур. За своїм біохімічним складом овес відрізняється від інших зернових культур високим вмістом амінокислот, передусім лізину й метіоніну, та вітамінів групи В. Вміст білка у вівсі та вихід його з одиниці площі часто перевищує ці показники порівняно з іншими зерновими. Крім цього, частка засвоюваних білків вівса сягає 90—95% від їх загального вмісту [11]. Білки глобулінової фракції акумулюють найбільше незамінних амінокислот [12].

Однією з популярних зернових культур наразі є різновид пшениці — полба, яка характеризується високим вмістом білка та містить 18 амінокислот. Низький вміст клейковини обумовлює цінність полби для харчування хворих, які страждають алергічною реакцією на глютен. У полбі більш високий вміст заліза, магнію та вітамінів групи В, ніж у звичайній пшениці.

Функціональними інгредієнтами були обрані такі мікроелементи, як хром і цинк. Хром має велике значення для профілактики цукрового діабету і серцево-судинних захворювань, тому що разом з ніотиновою кислотою утворює комплекс, який слугує кофактором інсуліну, а також запобігає вираженим порушенням обміну вуглеводів і супутнім хронічним захворюванням. Дефіцит хрому призводить до погіршення засвоєння глюкози. Встановлено, що біозасвоюваність хрому з неорганічних сполук у шлунково-кишковому тракті людини невисока, проте вона суттєво зростає при надходженні хрому у вигляді комплексних сполук. Шестивалентний хром засвоюється у 3...5 разів краще, ніж тривалентний [13], тому для використання в мінералізованому живильному середовищі було обрано дихромат калію $K_2Cr_2O_7$.

Цинк входить до складу більш ніж 300 ферментів, бере участь у процесах синтезу і розпаду вуглеводів, білків, жирів, нуклеїнових кислот і в регуляції експресії ряду генів, зміцнює імунітет, має ліпотропні та кровотворні властивості. Недостатнє

споживання цинку призводить до анемії, вторинного імунodefіциту, цирозу печінки, статевої дисфункції. Ліквідація гіпоцинкемії є одним з невідкладних завдань ВООЗ [14]. Джерелом цього мікроелементу було обрано сульфат цинку ZnSO_4 .

Визначення концентрації мінеральних речовин у пророщених зернах полби та вівса проводили рентгенофлуоресцентним методом. Це один із сучасних спектроскопічних методів дослідження елементного складу зразків. Метод заснований на отриманні та подальшому аналізі спектра, який виникає при опроміненні досліджуваного матеріалу рентгенівським випромінюванням.

Результати досліджень. Для отримання мінералізованої зернової сировини зерно полби та вівса пророщували при температурі $20 \dots 22^\circ\text{C}$ повітряно-водяним способом із застосуванням розчинів солей цинку ZnSO_4 та хрому $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$. Ці мікроелементи беруть активну участь у ферментативних процесах, що відбувається в зерні, сприяють його росту і розвитку. Дослідження проводили у діапазоні концентрацій від $0,0005\%$ до $0,01\%$ з кроком $0,0005\%$. Зерно пророщували до утворення паростків довжиною 2 мм. Для всіх зразків тривалість пророщування становила 48 годин. Як контрольний зразок досліджували зерно, пророщене у дистильованій воді за аналогічних умов.

Встановлено, що в діапазоні концентрацій $0,001\% \dots 0,002\%$ сульфату цинку зростання сприяє накопиченню мікроелементу в зерні полби в процесі пророщування та приводить до прискорення процесу проростання зерна в $2,1 \dots 2,7$ рази порівняно з контрольним зразком. Подальше збільшення концентрації розчину викликало пригнічення процесу пророщування. Встановлено, що оптимальна концентрація солі цинку в живильному середовищі становить $0,002\%$.

Визначено, що збільшення концентрації розчину дихромату калію до $0,001\%$ приводить до підвищення інтенсивності проростання зерна полби в $1,12 \dots 1,2$ рази порівняно з інтенсивністю пророщування у воді. При подальшому зростанні концентрації розчину відсоток пророслих зерен полби зменшується в $1,1 \dots 1,15$ рази. Отже, для збагачення зерна іонами хрому концентрація дихромату калію не повинна перевищувати $0,001\%$.

Порівняльна характеристика мінерального складу зерна полби, пророщеного на різних середовищах, наведена у табл. 1.

Таблиця 1. Вміст мінеральних речовин у пророщеному зерні полби

Мінеральна речовина	Вміст мінеральних речовин у пророщеному зерні полби, мкг/г		
	на воді	на розчині $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$	на розчині ZnSO_4
K	$1097,76 \pm 130,29$	$2031,64 \pm 121,9$	$1320,50 \pm 92,7$
Ca	$343,05 \pm 40,27$	$221,56 \pm 29,03$	$300,69 \pm 35,85$
Cr	0	$8,32 \pm 1,12$	0
Mn	$6,82 \pm 1,18$	$3,49 \pm 0,75$	$7,43 \pm 1,17$
Fe	$14,57 \pm 1,97$	$12,23 \pm 1,62$	$16,83 \pm 2,01$
Cu	$3,84 \pm 0,77$	$2,50 \pm 0,56$	$3,30 \pm 0,68$
Zn	$28,38 \pm 2,00$	$22,80 \pm 1,61$	$77,21 \pm 3,15$
Br	$2,03 \pm 0,38$	$2,08 \pm 0,34$	$3,23 \pm 0,45$
Rb	$2,29 \pm 0,34$	$1,69 \pm 0,26$	$2,77 \pm 0,35$
Sr	$1,30 \pm 0,26$	$1,07 \pm 0,21$	$1,33 \pm 0,25$

З таблиці видно, що використання як живильного середовища розчину сульфату цинку дає змогу підвищити його вміст у зерні в $2,72$ рази, а використання розчину дихромату калію — збагатити хромом зерно до рівня $8,32$ мкг/г. Цього елемента у

складі зерна полби, пророщеного у воді, виявлено не було. Встановлено, що в пророщеному зерні полби майже вдвічі підвищується вміст калію. Вміст інших елементів майже не змінюється або дещо зменшується.

Порівняльна характеристика мінерального складу зерна вівса, пророщеного на різних середовищах, представлена у табл. 2.

Таблиця 2. Вміст мінеральних речовин у пророщеному зерні вівса

Мінеральна речовина	Вміст мінеральних речовин у пророщеному зерні вівса, мкг/г		
	на воді	на розчині $K_2Cr_2O_7$	на розчині $ZnSO_4$
S	1598,60±497,30	1874,88±330,33	1652,84±230,33
Cl	222,51±69,59	674,09±129,46	604,10±109,50
K	1410,11±113,67	1732,71±135,12	2120,75±148,32
Ca	598,48±56,60	522,99±56,72	727,43±66,40
Mn	7,51±1,31	7,14±2,25	7,91±1,44
Fe	17,05±2,27	16,34±1,38	19,00±2,55
Cu	2,57±0,67	3,32±2,38	6,10±1,10
Zn	21,71±1,87	25,71±1,02	753,46±11,72
Br	3,03±0,49	1,94±0,82	2,89±0,51
Rb	2,82±0,40	3,85±2,18	5,38±0,59
Sr	3,03±0,27	2,42±0,42	1,21±0,28
Cr	2,36±0,71	20,64±0,50	2,47±0,58
Ni	1,24±0,64	4,24±0,40	6,68±1,27

Аналіз отриманих даних свідчить, що вміст цинку в пророщеному зерні вівса порівняно з контролем збільшився майже в 35 разів, а хрому — у 8,7 раза. Спостерігається зростання кількості хлору та міді.

Для отримання напівфабрикату пророщені зерна сушили до вмісту вологи 15% з метою уникнення їх псування під час зберігання. Висушування проводили за температури 45...60°C протягом 12 год з метою зменшення вологості і накопичення речовин, які надають солоду специфічного смаку, кольору й аромату.

Після сушіння солод відразу охолоджували до температури 35°C і видаляли з нього паростки. Висушений солод подрібнювали до порошкоподібного стану на лабораторному млинку. Було отримано чотири види мінералізованих зернових культур, які змішували в рівних співвідношеннях. Такий напівфабрикат у вигляді борошна з пророщених мінералізованих зерен полби та вівса можна використовувати як збагачувач для різних харчових середовищ, таких як різноманітні хлібобулочні вироби, сухі сніданки, кисломолочні продукти тощо.

Подальші дослідження в цьому напрямі планується проводити з метою розширення кількості корисних мікронутрієнтів, якими варто збагачувати зернові напівфабрикати, а також встановлення оптимальних умов проведення процесу біоактивації зернових культур з використанням математично-статистичних методів обробки результатів експериментів.

Висновки. Проведені дослідження показали ефективність мінералізації зернової сировини полби та вівса при їх пророщуванні з живильних розчинів. Висушені та подрібнені зразки можна використовувати як функціональний напівфабрикат у виробництві нових харчових продуктів.

Встановлено, що використання як живильного середовища розчину сульфату цинку концентрацією 0,001%...0,002% сприяє збільшенню накопичення цинку в

процесі пророщування зерна полби та приводить до прискорення процесу проростання зерна в 2,1...2,7 раза порівняно з контрольним зразком. Оптимальна концентрація сульфату цинку становить 0,002%.

Встановлено, що зростання концентрації дихромату калію в живильному середовищі до 0,001% приводить до підвищення інтенсивності проростання зерна полби в 1,12...1,2 раза порівняно з інтенсивністю пророщування у воді.

Зерно, яке не мало у своєму складі цього мікроелемента, при біологічній активності збагачується хромом до рівня 8,32 мкг/г.

Отриманий напівфабрикат із мінералізованих пророщених зерен полби та вівса пропонується використовувати для збагачення різних харчових середовищ, таких як різноманітні хлібобулочні вироби, сухі сніданки, кисломолочні продукти, для підвищення їх біологічної цінності та розширення асортименту продукції оздоровчого призначення, що дасть змогу компенсувати дефіцит мікронутрієнтів у раціонах населення України.

ЛІТЕРАТУРА

1. *Шемета О. О.* Функціональні продукти — новий підхід до здорового способу життя / О. О. Шемета, К. М. Дожук // Ліки України. — 2015. — № 1. (186). — С. 24—27.
2. *Спиричев В. Б.* Обогащение пищевых продуктов витаминами и минеральными веществами. Наука и технология / В. Б. Спиричев, Л. Н. Шатнюк, В. М. Позняковский. — Новосибирск: Сиб. унив. изд-во, 2005. — 548 с.
3. *Седелкин В. М.* Тонкодиспергированная мука из целого зерна пшеницы / В. М. Седелкин, Л. Ф. Рамазаева, Т. А. Ломовцева // Известия высших учебных заведений. Пищевая технология. — 2001. — № 2—3. — С. 25.
4. *Шабурова Г. В.* Повышение технологического потенциала несоложенных зернопродуктов / Г. В. Шабурова, А. А. Курочкин, П. К. Воронина // Техника и технология пищевых производств. — 2014. — № 1(32). — С. 90—96.
5. *Шабурова Г. В.* Перспективы использования экструдированной гречихи в пивоварении и хлебопечении / Г. В. Шабурова, П. К. Воронина, А. А. Курочкин, Д. И. Фролов // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. — 2014. — № 4. — С. 79—83.
6. *Курочкин А. А.* Экструдаты из растительного сырья с повышенным содержанием липидов / А. А. Курочкин, Г. В. Шабурова, Д. И. Фролов, П. К. Воронина // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. — 2014. — № 4. — С. 70—74.
7. *Білик О. А.* Вплив суміші пророщених зернових культур на основні технологічні параметри і якість хліба пшеничного / О. А. Білик, Л. М. Бурченко, Е. Ф. Халікова, А. В. Йолтухівська // Наукові праці НУХТ. — 2020. — Т. 26, № 2. — С. 220—231.
8. *Сімахіна Г. О.* Використання високомінералізованої зернової сировини у вирішенні проблеми мікроелементної нестачі / Г. О. Сімахіна, Т. І. Миколів // Наукові праці НУХТ. — 2009. — № 28. — С. 10—13.
9. *Simakhina G. A.* The use of the biologically activated grain is in technology of health products / G. A. Simakhina, S. A. Bazhay-Zhezherun, T. I. Mykoliv, L. V. Bereza-Kindzerska, M. M. Antoniuk // East European Scientific Journal. — 2016 — № 5(9). — Vol. 4. — P. 147—153.
10. *Simakhina G.* Perspectives of designing the compositional mixtures from cereal cultures / G. Simakhina, T. Fedorenko // Proceedings of 8th Central European Congress on Food “Food for Well-Being”, May 23—26, Kyiv, 2016. — P. 66.
11. *Баталова Г. А.* Биология и генетика овса / Г. А. Баталова, Е. М. Лисицын, И. И. Русакова. — Киров: [б. и.], 2008. — 456 с.
12. *Буняк О.* Не можна миритися з тим, що значення вівса як основної кормової і дієтичної продовольчої культури сьогодні відійшло на другий план / О. Буняк // Зерно і хліб. — 2013. — № 2. — С. 20—22.
13. *Реутіна С. В.* Роль хрома в організмі людини / С. В. Реутіна // Вестник РУДН. Серия: Экология и безопасность жизнедеятельности. — 2009. — № 4. — С. 50—55.

14. Преснякова М. В. Биологическая роль цинка и его значимость в патогенезе расстройств аутистического спектра / М. В. Преснякова, О. В. Костина, Ж. В. Альбицкая // Социальная и клиническая психиатрия. — 2019. — Т. 29, № 3. — С. 63—69.

РАЗРАБОТКА ПОЛУФАБРИКАТА ИЗ СОЛОДА ЗЕРНОВЫХ КУЛЬТУР ДЛЯ ОБОГАЩЕНИЯ ПИЩЕВЫХ ПРОДУКТОВ

И. Ю. Гойко, Н. А. Стеценко

Национальный университет пищевых технологий

В статье обоснована и экспериментально подтверждена целесообразность минерализации зерновых культур, а именно: полбы и овса, на различных питательных средах для получения полуфабриката с повышенным содержанием дефицитных микроэлементов. Обоснована актуальность обогащения зерновых культур цинком и хромом при их проращивании. Определение концентрации минеральных веществ в пророщенных зернах полбы и овса проводили рентгенофлуоресцентным методом. Установлены равновесные концентрации минеральных веществ в пророщенных зерновых культурах.

Предложен способ производства полуфабриката из пророщенных минерализованных зерен овса и полбы, который можно использовать в качестве обогатителя для различных пищевых сред, таких как различные хлебобулочные изделия, сухие завтраки, кисломолочные продукты.

Ключевые слова: минерализация, зерновые культуры, полба, овес, минеральные вещества, проращивание.