УДК 664.641.1:[633.17:552.943.17-021.272

Порівняльна оцінка хімічного складу цільнозернового борошна сорго зернового (*Sorghum bicolor*) і чіа (*Salvia hispanica*)

Третьякова С.О.[1], Войтовська В.І.[2],

Євчук Я.В.[1], Кононенко Л.М.[1]

[1]Уманський національний університет садівництва
[2]Інститут біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН

OPEN ACCESS

Третьякова С.О., Войтовська В.І., Євчук Я.В., Кононенко Л.М. Порівняльна оцінка хімічного складу цільнозернового борошна сорго зернового (*Sorghum bicolor*) і чіа (*Salvia hispanica*). Збірник наукових праць «Агробіологія», 2020. № 2. С. 168–177.

Tret'jakova S.O., Vojtovs'ka V.I., Jevchuk Ja.V., Kononenko L.M. Porivnjal'na ocinka himichnogo skladu cil'nozernovogo boroshna sorgo zernovogo (*Sorghum bicolor*) i chia (*Salvia hispanica*). Zbirnyk naukovyh prac' «Agrobiologija», 2020. no. 2, pp. 168–177.

Рукопис отримано: 26.10.2020 р.
Прийнято: 09.11.2020 р.
Затверджено до друку: 24.11.2020 р.

doi: 10.33245/2310-9270-2020-161-2-168-177

У статті висвітлено комплекс досліджень і порівняльну оцінку борошна різних сортів і гібридів чіа і сорго та встановлено, що за хімічним складом ці культури доцільно використовувати як сировину для виробництва безглютенових продуктів.

Для повноцінного життя люди із целіакією постійно мають споживати безглютенові харчові продукти. Безпечними вважають рис, гречку, пшоно, кукурудзу, а також менш поширені в Україні амарант, кіноа, саго, монтіна, чуміза, сорго. Для отримання якісних безглютенових виробів важливо правильно підібрати сировину та її співвідношення за хімічним складом. Отже, доцільно вивчити і порівняти за своїм хімічним складом борошно таких культур як сорго і чіа.

Метою дослідження було вивчення та порівняльна характеристика хімічного складу цільнозернового борошна сорго з чіа для використання у харчовій промисловості як засобу за безглютенового харчування.

Експериментальну частину роботи проводили упродовж 2017–2019 рр. із гібридами сорго зернового української (Лан 59), французької (Targga) і американської (Prime) селекцій та шавлії іспанської (чіа) (*Salvia hispanica*) сортів Сальба, Tzotzol, Iztac. Із їх зерна отримували цільнозернове борошно сорго і чіа та визначали різні хімічні складники.

За порівняльного аналізу хімічного складу борошна сорго та чіа відмічено, що в середньому в сорго вміст білків був у межах від 9,53 до 10,6 г, а у сортів чіа – від 14,98 до 16,52 г, що в середньому на 5,8 г більше.

За даними визначення жирів у культур, у гібрида сорго української селекції цей показник становив 2,8 г, французької – 1,24 г, американської – 3,3 г, щодо чіа, то цей показник значно вищий і варіює за сортами від 30,12 до 30,71 г.

Крохмаль є основною складовою борошна, і в сорговому його масова частка становить найбільше у гібрида Prime – 63,7 г, Лан 59 – 63,1 г та найменша кількість у Targga – 62,7 г.

Визначено, що у борошні сорго зернового і чіа високий вміст вітамінів групи В, які є коферментами низки метаболічних процесів. Соргове борошно, окрім перерахованих вище вітамінів, додатково містить вітаміни B_9, B_5, B_6.

Вищі показники мікро- і макроелементів установлено в сортів чіа.

Ключові слова: борошно, вітаміни, мікроелементи, білки, жири, вуглеводи, целіакія, сорго, чіа.

Постановка проблеми. Останнім часом зросла кількість людей, що хворіють на целіакію. За даними Всесвітньої Гастроентерологічної Організації (World Gastroenterology Organization – WGO), на целіакію у світі хворіє в середньому кожна трьохсота людина [1]. Для повноцінного фізичного розвитку і покращення якості життя люди із цим захворюванням мають постійно споживати безглютенові харчові продукти. Безпечними для вживання у разі захворювання на целіакію вважають рис, гречку, пшоно, кукурудзу, а також менш поширені в Україні амарант, кіноа, саго, монтіна, чумиза, сорго [2, 3].

Аналіз останніх досліджень. Однією з функціональних основ для виробництва харчових продуктів оздоровчого призначення є зернові культури. В Україні частка зернових продуктів становить 40–45 % загального раціону харчування. За споживання зернових забезпечується до 40 % потреби в білках, до 60 % – вуглеводах, до 30 % – мінеральних речови-

нах, 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, водночас темпи виробництва хліба і хлібобулочних виробів знижуються, а об'єми виробництва круп за останні роки щорічно зростають в середньому на 5–12 % [4, 5].

Попри значне використання різноманітних зернових продуктів у раціонах усіх груп населення, їх харчова і біологічна цінність потребує збалансування за основними харчовими речовинами. У зв'язку з цим активно проводять роботи зі створення нових харчових продуктів на зерновій основі [6, 7]. Світова практика свідчить, що вибір продукту для збагачення необхідно здійснювати з урахуванням його поширеності і доступності, і це ще один аргумент на користь використання як основи для створення функціональних харчових продуктів зернових.

Зернові дають змогу отримувати не лише макро-, а й мікроелементи, які різняться за фізичними властивостями і реакційною здатністю, а їх функціональна активність в організмі людини може здійснюватися лише у разі, якщо вони належать до складу металоорганічних сполук певної форми і структури.

Оскільки хімічні елементи в організмі людини знаходяться переважно у вигляді координаційних сполук, обмін, транспорт, депонування, елімінування йонів металів відбувається завдяки їх властивості брати участь у процесах комплексотворення з природними ендогенними лігандами – амінокислотами, білками, пептидами, нуклеїновими кислотами, вуглеводами, вітамінами, гормонами, а також екзогенними лігандами – компонентами харчових продуктів чи лікарських препаратів. Інтенсивність та особливості реагування організму на дисбаланс мікроелементів індивідуальні та пов'язані з механізмами підтримання мета-лолігандного гомеостазу [2, 8].

Популярність культури сорго у світовому масштабі підтверджується загальними посівними площами, які становлять приблизно 51 млн га з тенденцією прогресуючого зростання, а серед 85 країн, що вирощують зернове сорго, для майже 38 % держав-виробників воно є провідною зерновою культурою не лише кормового, а й харчового використання [9, 10].

За обсягами вирощування сорго займає п'яте місце у світі після пшениці, рису, кукурудзи і ячменю. Наразі сорго використовують у трьох основних напрямах: харчова промисловість, кормовиробництво і біоенергетика, тому інтерес до цієї культури величезний.

Частка високоякісного зерна культури використовується для виробництва борошна, хліба, круп, екструдованих продуктів, крохмалю, спирту тощо. Високий уміст білків і вуглеводів у зерні характеризує сорго як поживний злак. Присутній у ньому тіамін сприяє поліпшенню апетиту і нормалізації секреції шлунка. Регулярне вживання сорго дає змогу налагодити роботу мозку і серцево-судинної системи. До складу цієї рослини входять найпотужніші антиоксиданти, що захищають організм людини від негативного впливу зовнішніх чинників середовища [11, 12].

Зерно сорго може бути використано як сировина для крохмально-патокової промисловості (із 100 кг можна отримати 65 кг крохмалю). Зерно переробляють на харчовий та технічний етиловий спирт. Сорго зернове – це одна з найбільш економічно вигідних культур у зеленому конвеєрі [13].

За хімічним складом зерно сорго майже не відрізняється від зернофуражних культур – кукурудзи і ячменю. Уміст протеїну в сорго більший, ніж у зерні кукурудзи, однак за перетравністю речовин дещо поступається йому [14, 15].

Шавлія іспанська (*Salvia hispanica*), або чіа – малопоширена культура в Україні, її сортів та гібридів немає в Державному реєстрі сортів. Однак для людей, які ведуть вегетаріанський спосіб життя і споживають безглютенові вироби, вона надзвичайно популярна. Її насіння унікальне за своїми властивостями і хімічними складниками. Високий попит на компоненти рослини Чіа пояснюється її унікальним хімічним складом. У 100 г насіння чіа міститься: білок (20–22 г), жир (30–35 г), харчові волокна (15–30 г), вуглеводи (25–41 г), зола (4–6 г).

За даними вчених, насіння чіа містять приблизно 21 % білка, що більше за зернові, такі як пшениця (14 %), кукурудза (14 %), рис (8,5 %), овес (15,3 %), ячмінь (9,2 %), амарант (14,8 %). Уміст олії в насінні чіа становить приблизно одну третину його маси, майже 60 % якої – α-ліноленова кислота, що робить цей інгредієнт джерелом омега-3 жирних кислот. Сприятливий жирнокислотний склад вказує на функціональність насіння як корисної добавки до їжі. Окрім того, у цієї рослини є здатність утворювати гель і утримувати вологу в масі, що перевищує вагу гелю в 27 разів [16, 17]. В іноземних працях насіння чіа використовують для додавання безпосередньо у вироби, отримують із нього борошно та додають його в різних частинах до борошна інших культур [18, 19].

Метою дослідження було вивчення та порівняльна характеристика хімічного складу

цільнозернового борошна сорго з чіа для використання у харчовій промисловості як засобу за безглютенового харчування.

Матеріал і методи дослідження. У дослідженнях використовували насіння гібридів сорго зернового (*Sorghum bicolor*), які внесено до Державного реєстру сортів рослин, придатних для вирощування в Україні, селекції української (Лан 59), французької (Targga) і американської (Prime) та шавлії іспанської (чіа) (*Salvia hispanica*): Сальба, Tzotzol, Iztac.

Надалі їх зерна отримували цільнозернове борошно сорго і чіа та визначали різні хімічні складники.

Уміст харчових волокон визначали за ГОСТ Р 54014-2010, масову частку білкових речовин – методом К'єльдаля, вміст жиру – методом Сокслета, вміст крохмалю – методом Еверса, зольність – за ГОСТ 27494-87, вміст цукрів – йодометричним методом, жирнокислотний склад ліпідів – за ГОСТ 30418-96, склад окремих амінокислот – методом йонообмінної рідинної хроматографії на автоматизованому аналізаторі амінокислот ТТ 339 (Чехія), інші мікроелементи – на рентген-флуоресцентному аналізаторі методом спектроскопії, водорозчинні вітаміни – методом капілярного електрофорезу, жиророзчинні вітаміни – методом ВЕЖХ за ГОСТ 26753.1-93 та ГОСТ РФ 50929-96, а інші показники визначали згідно з загальноприйнятими методами [20–24].

Експериментальну частину роботи проводили упродовж 2017–2019 рр. в лабораторії «Оцінювання якості зерна та зернопродуктів» кафедри технології зберігання і переробки зерна Уманського національного університету садівництва.

Згідно з загальноприйнятими методами оброблено цифровий матеріал, статистичний аналіз експериментальних даних виконували за допомогою пакета прикладних програм Statistica 6.0. [25].

Результати дослідження та обговорення. Для отримання якісних безглютенових виробів важливо правильно підібрати сировину та її співвідношення за хімічним складом. Борошно – це одне з основних видів сировини в борошняних кондитерських виробах, тому вивчення його харчової і біологічної цінності суттєво впливає на якість готових виробів. Найдоступнішими безглютеновими видами борошна, які мають високі поживні властивості, за ціною і використанням у приготуванні різноманітних страв є кукурудзяне і рисове.

Однак, зважаючи на високу калорійність кукурудзяного борошна, є обмеження щодо його вживання у людей з підвищеним згортанням крові або деякими патологіями шлунково-кишкового тракту. Сьогодні частіше для виробництва безглютенових продуктів використовують нетрадиційні види борошна таких культур: сорго, рис, чумиза, гречка, амарант, кіноа, саго, монтана. Отже, доцільно вивчити і порівняти за своїм хімічним складом борошно таких культур як сорго і чіа.

Дослідженнями підтверджено, що вміст білків у борошні сорго і чіа залежить від вмісту їх у зерні, з якого воно виготовлене. Накопичення білків у зерні залежить від ряду чинників, таких як сорти, склад ґрунту, погодні умови, агротехніка вирощування, добрива і тощо. За порівняльного аналізу хімічного складу борошна сорго та чіа відмічено, що в середньому в сорго вміст білків був у межах від 9,53 до 10,6 г, а у сортів чіа – від 14,98 до 16,52 г, що в середньому на 5,8 г більше.

За даними визначення жирів у культур, у гібрида сорго української селекції цей показник становив 2,8 г, французької – 1,24 г, а американської – 3,3 г, щодо чіа, то цей показник значно вищий і варіює за сортами від 30,12 до 30,71 г. Вуглеводи є джерелом енергії та їх вміст, навпаки, значно вищий у сорго і в середньому за гібридами становить 75,78 проти 7,6 г.

Встановлено, що чим вищий сорт борошна, тим більша в ньому масова частка крохмалю. Крохмаль є основною складовою борошна, і в сорговому його масова частка становить найбільше у гібрида Prime – 63,7 г, Лан 59 – 63,1 г та найменша кількість у Targga – 62,7 г.

Борошно чіа містить харчові волокна, у сорту Сальба цей показник становить 34,1 г, найменше у Tzotzol – 33,01 г і Iztac займає проміжне місце – 33,78 г.

У сорго цей показник становить у межах від 4,9 г до 6,5 г. Значну перевагу можна відмітити у чіа за золою – 4,5 г, сорго – лише 0,45 г (рис. 1).

Досліджено, що вміст трансжирів у сорго впродовж років незалежно від гібридного матеріалу був однаковий – лише 0,001 г, а у чіа – в середньому 10,3 г.

Встановлено, що на якість зерна сорго і чіа за роки досліджень впливали погодні умови, строки сівби і збирання та зберігання насіннєвого матеріалу.

Насичені жирні кислоти у борошні обох культур представлені пентадекановою, пальмітиновою, маргариновою, стеариновою, арахіновою, а у сорго ще й лігноцериновою. Гібриди сорго мали показник 0,003 г у пентадеканової, арахінової і лігноцеринової кислоти, та 0,001 г – у маргаринової. Стеаринова коливалась у межах від 0,018 до 0,025 г у сорго, а у чіа – від 0,876 до 0,908 г.

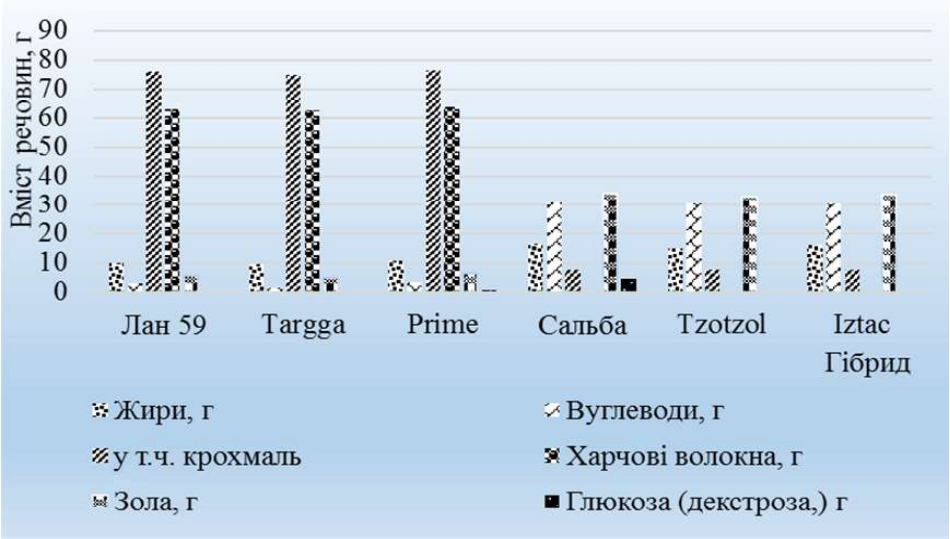

Рис.1. **Порівняльний уміст білків, жирів, вуглеводів у борошні сорго і чіа,** г (2017–2019 рр.).

Встановлено, що у чіа пентадеканова кислота незалежно від сорту становила 0,03 г, показник пальмітинової коливався від 2,03 до 2,12 г, а маргаринова була в межах 0,052–0,061 г (рис. 2).

У харчуванні людини борошно є важливим джерелом надходження різних елементів. Масова частка білків, жирів, мінеральних речовин і вітамінів збільшується із зниженням сорту борошна.

Визначено, що у борошні сорго зернового і чіа високий уміст вітамінів групи В, які є коферментами низки метаболічних процесів, тобто без них певна життєва реакція не відбувається.

Так, незалежно від гібридів вітамін B_1 у сорговому борошні має показник у середньому 0,35 мг, а у чіа – 0,63 мг, що на 0,28 більше. Кількість B_2 в обох сумішах борошна майже однакова – 0,12 та 0,15 мг.

Важливе значення в окисно-відновних реакціях енергетичного метаболізму має вітамін РР, його кількість у чіа була в середньому 8,38 мг, що на 4,15 мг вище, ніж у сорго. Більшу кількість відмічено у чіа (1,5 мг) вітаміну С проти сорго (0,6 мг). Однак за вмістом вітаміну Е істотна перевага була у борошна сорго із показниками у Лан 59 – 0,81 мг, Targga – 0,78 мг та Prime – 0,83 мг, а чіа – лише 0,5 мг за всіма сортами, що підтверджується результатами статистичного аналізу $НІР_{0,05}$ = 0,02.

Соргове борошно, окрім перерахованих вище вітамінів, додатково містить вітаміни B_9, B_5, B_6.

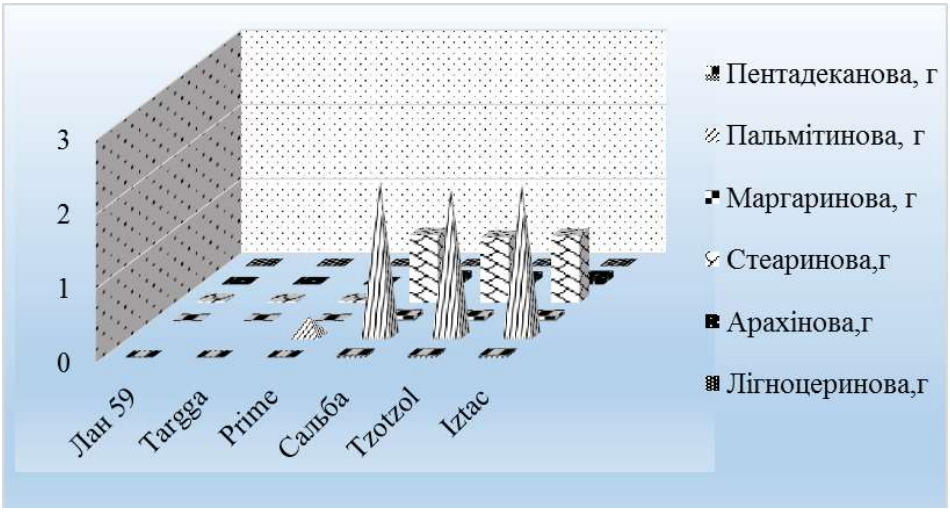

Рис. 2. **Вміст насичених жирних кислот у цільнозерновому борошні сорго і чіа,** г (2017–2019 рр.).

Необхідний для побудови і розвитку клітин вітамін B5 має масову частку в борошні гібридів Лан 59 – 0,184 мг, Targga – 0,182 мг та Prime – 0,184 мг, а вітамін B6, що відповідає за імунну та нервову системи, у цих гібридів має такі показники: 0,065 мг, 0,062 і 0,068 мг відповідно. Не менш важливий уміст вітаміну B9, який впливає на кровотворення і стимулює утворення еритроцитів та лейкоцитів, знижує вміст холестерину в крові та становив, відповідно, від 0,37 до 0,42 мг (рис. 3).

Основну масу мінеральних речовин становлять макроелементи: кальцій, калій, магній, сірка і хлор. Поряд із макроелементами є і мікроелементи. Основна функція макро- і мікроелементів полягає у підвищенні активності ферментів, що каталізують біохімічні процеси, зокрема у дріжджовій клітині під час бродіння.

Кращими показниками K і Ca характеризувалось борошно чіа, їх середні показники становили 380 та 624 мг, а у сорговому – лише 95 та 6 мг. Подібна тенденція зберігалась і за показниками Mg, S і Ph, які в середньому в чіа становили 318 мг, 155 та 833 мг, у сорго – 62,5 мг, 95,0 та 86 мг відповідно.

Перевагу відмічено і за вмістом Fe у сортів чіа Сальба – 7,54 мг, Tzotzol – 7,11 та Iztac – 7,45 мг, а у сорго в середньому цей показник був у межах 0,95 мг.

За даними статистичного аналізу, мікроелемент Mn був істотно вищим у чіа: у сортах Сальба найбільше – 2,721 мг, найменше у Tzotzol – 2,603 та Iztac – 2,701 мг, водночас $НІР_{0,05}$ становив 0,03.

У гібридах сорго цей показник становив: Лан 59 – 0,42 мг, Targga – 0,40 мг та Prime – 0,43мг.

Cu – це важливий мікроелемент, завдяки якому підтримується хороший обмін речовин, він необхідний для кісткового апарату та нервової системи. Серед побічних ефектів для здоров'я, що провокують нестачу міді, можна назвати глютенову хворобу, тому її вміст надзвичайно важливий. У сорту Сальба Cu було найбільше – 92 мкг, найменше у Tzotzol – 90 та Iztac – 91 мкг. Соргові гібриди містили її лише 9 мкг (рис. 4).

Збалансованість амінокислотного складу, його первинна структура, зокрема вміст і кількісне співвідношення незамінних амінокислот, є одним із найважливіших показників харчової цінності борошна. Розглядаючи вміст амінокислот у борошні та порівняння з фізіологічними нормами харчування, слід зазначити, що у більшості білків хлібних злаків співвідношення амінокислот відрізняється від оптимального. Однак у борошні чіа визначено значний вміст незамінних і замінних амінокислоти, що доводить цінність як складової сировини для безглютенових виробів.

Масова частка аргініну в сортах була такою: найбільше у Сальба – 2,140 г, найменше у Tzotzol – 2,128 та Iztac – 2,136 г.

Валін у середньому коливався від 0,90 до 0,93 г. Триптофан, який регулює різні функції ендокринної системи, становив 421,6 г. Сорти мали вміст метіоніну і треоніну в середньому 0,576 і 0,660 г.

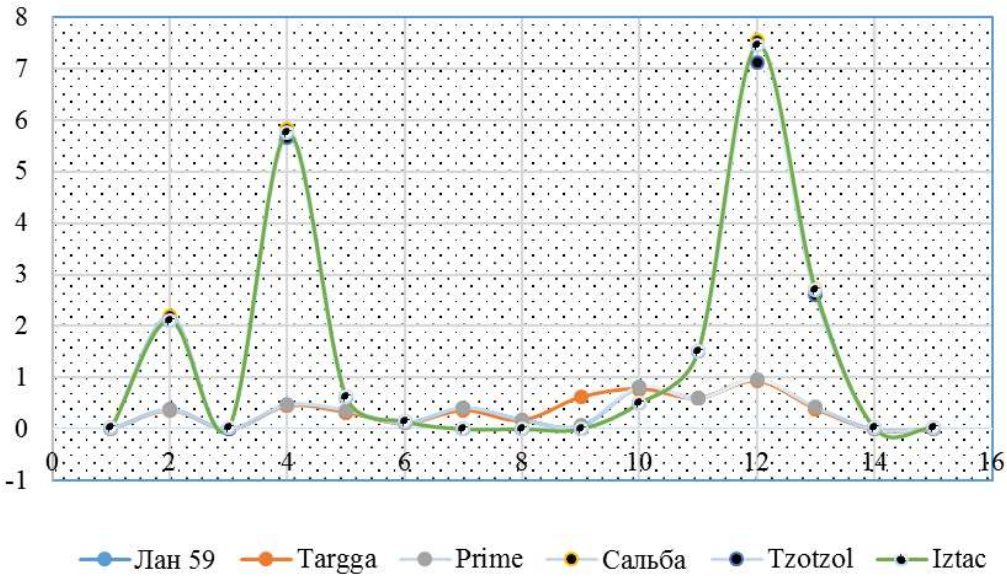

Рис. 3. **Вміст вітамінів у цільнозерновому борошні сорго і чіа,** г (2017–2019 рр.).

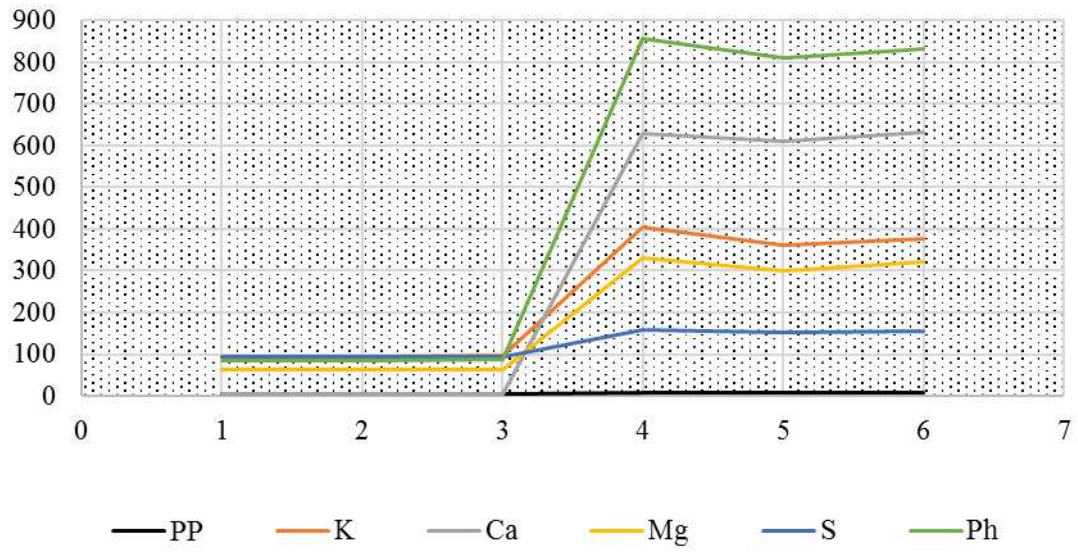

Рис. 4. **Вміст макроелементів у цільнозерновому борошні сорго і чіа,** г (2017–2019 рр.).

Ізолейцин – незамінна амінокислота, яка не синтезується в організмі людини, і була в сортах чіа в таких межах: Сальба – 0,786 г, Tzotzol – 0,734 та Iztac – 0,756 г. Уміст гістидину – однієї з 12 незамінних амінокислот – у середньому істотно за сортами не варіював і становив 0,513 г. Найменшу кількість відмічено вмісту лізинової (0,92 г) та значну кількість лейцинової (1,359 г) (рис. 5).

Найбільша масова частка глутамінової кислоти була в межах 3,2 г. У сортів уміст тирозину і цистеїну становив: Сальба – 0,555 і 0,401 г, Tzotzol – 0,510 і 0,377 та Iztac – 0,522 і 0,388 г. Аланін та серін у середньому в чіа були в межах 1,025 і 1,029 г.

Аспарагінова кислота є важливою для азотистого обміну в рослин, резервом азоту, а також знешкоджує амоніак, що утворюється в процесі перетворення білків. У сортів чіа ця кислота була в межах: Сальба – 1,673 г, Tzotzol – 1,612 та Iztac – 1,644 г. Гліцину найбільше було в сорту Сальба – 0,936, у Tzotzol – на 0,024 г менше, Iztac – на 0,015 г. Пролін коливався від 0,715 до 0,765 г (рис. 6).

Отже, проведений комплекс досліджень цінності борошна різних сортів і гібридів чіа та сорго довів, що за хімічних складом ці культури є повноцінними і доцільними для виробництва безглютенових продуктів.

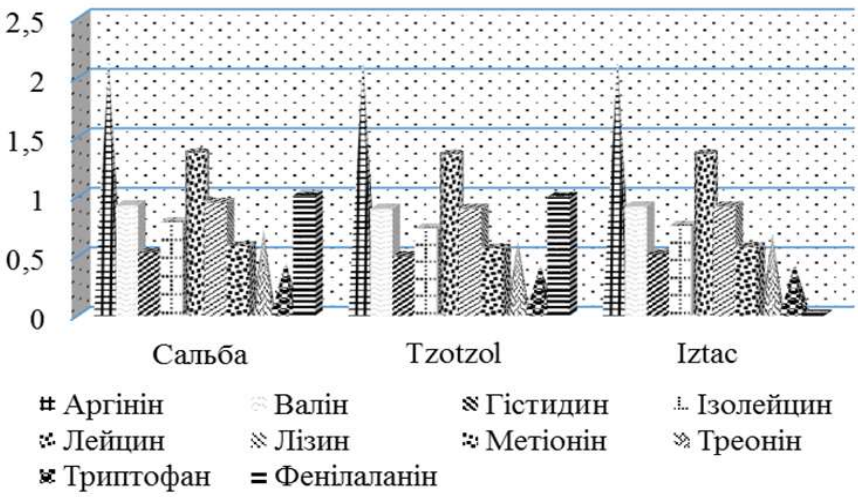

Рис. 5. **Вміст незамінних амінокислот у цільнозерновому борошні чіа,** г (2017–2019 рр.).

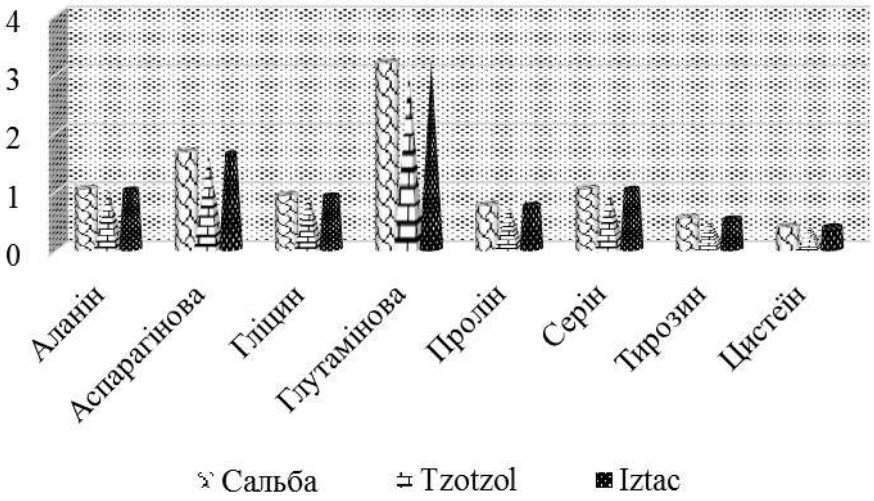

Рис. 6. **Вміст замінних амінокислот у цільнозерновому борошні чіа,** г (2017–2019 рр.).

Висновки. Встановлено, що вміст вуглеводів значно вищий у сорго, та становив у середньому за гібридами 75,78 проти 7,6 г.

Вітамін B_5 має масову частку у борошні гібридів Лан 59 – 0,184 мг, Targga – 0,182 мг та Prime – 0,184 мг.

Борошно чіа містить харчові волокна, у сорту Сальба цей показник становить 34,1 г, найменше у Tzotzol – 33,01 г та Iztac займає проміжне місце із показником 33,78 г, а у сорго – від 4,9 до 6,5 г. Гібриди сорго мали показник 0,003 г у пентадеканової, арахінової і лігноцеринової кислоти та 0,001 г – маргаринової. Стеаринова коливалась у межах від 0,018 до 0,025 г у сорго, а у чіа – від 0,876 до 0,908 г. У борошні чіа визначено істотно вищий уміст незамінних і замінних амінокислот, що доводить цінність його як складової сировини для безглютенових виробів.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Лісовська Т.О. Технологія бісквітного напівфабрикату з використанням борошна кукурудзяного екструдованого: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.18.16. Харків, 2018. 20 с.

2. Шаніна О.М., Галясний І.В., Лобачова Н.Л. Обґрунтування складу борошняної сировини в технології безглютенового бездріжджового хліба. East European Scientific Journal. № 4, 2015. С. 56–60. URL: http://eesa-journal.com/wpcontent/uploads/2017/01/EESJ_4_21.pdf

3. Semenova A., Prikhodko Ju. Gluten-free bakery products. 8th Central European Congress on Food 2016 – Food Science for Well-being (CEFood 2016), 23–26 May 2016 p.: book of Abstracts. Kyiv: NUFT, 2016. 146 p.

4. Грищенко А.М. Удосконалення технології хліба з безглютенової сировини: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.18.01. Київ. НУХТ, 2011. 20 с.

5. Науково-теоретичні засади та практичні аспекти формування еколого-безпечних технологій вирощування та переробки сорго в степовій зоні України: монографія / М.І. Федорчук та ін. Херсон, 2017. 208 с.

6. Сердюк Л.В. Зерновые продукты и их роль в питании населения Украины. Зернові продукти і комбікорми. 2005. № 4. С. 14–17.

7. Казаков Е.Д., Карпиленко Г.Л. Биохимия зерна и хлебопродуктов. СПб.: ГИОРД, 2005. 512 с.

8. Скальный А.В., Руденко И.А. Биоэлементы в медицине. М.: Издательский дом «Оникс 21 век»: Мир, 2004. 272 с

9. Алабушев А.В., Антипенко Л.Н. Состояние и перспективы производства зернового сорго. Кукуруза и сорго. 2005. № 6. С. 7–12.

10. Криницька Л.А., Рось В.І. Стан і перспективи світового виробництва сорго (огляд іноземної літератури). Таврійський науковий вісник. Херсон: Айлант. 2000. Вып. 15. С. 20–25.

11. Мунтян Т.А. Сорго – культура универсального использования. AGRO вісник. 2006. № 11–12. С. 29–31.

12. Boiko M.O. The impact of crop density and sowing time on the yield structure of grain sorghum hybrids. Sciences of Europe: Global science center LP. 2016. Vol. 4, № 5. P. 62–65

13. Rajvanshi A.K., Nimkar N. Sweet sorghum at the Nimbkar Agricultural Research Institut (NARI). Maharashtra, India, 2008. 244 p.

14. Бирол Сайгы Й. Тенденция потребления продуктов питания на основе зерновых. Хранение и переработка зерна. № 7(226). С. 28–33.

15. Дробот В.І. Інноваційні технології дієтичних та оздоровчих хлібобулочних виробів: монографія. К.: Кондор-Видавництво, 2016. С. 1–84.

16. Ручкіна Н. Чиа, шалфей испанский. Химия и жизнь. 2017, № 1. С. 54–56.

17. Scientific opinion of Panel on Dietetic Products Nutrition and Allergies on a request from the European Commission on the safety of Chia seed (Salvia hispanica) and ground whole Chia seed as a food ingredient. The EFSA Journal (2009). 996. P. 1–26.

18. Loreto. Muñoz Hernández. Mucilage from chia seeds (Salvia hispanica): microestructure, physico-chemical characterization and applications in food industry: PhD Thesis. Pontificia Universidad Catylica de Chile, 2012. 146 p.

19. Микоенко С.Ю. Вплив продуктів переробки амаранту і чіа на якість хліба. Вісник Національного технічного університету "ХПІ". Нові рішення в сучасних технологіях. 2019. 5. С. 145–151. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/vntuhpi_2019_5_21.

20. Piper C.S. Soil and plant analysis. Scientific Publishers 2017. 368 p.

21. J.B. Jones Jr. Laboratory guide for conducting soil tests and plantanalysis. 2001. 357 p.

22. Сборник методов исследования почв и растений / Ковальчук В.П. та ін. К.: Труд-ГриПол., XXI вис., 2010. 252 с.

23. Грицаєнко З.М. Методи біологічних та агрохімічних досліджень рослин і ґрунтів. К.: Нічлава, 2003. 316 с.

24. Основи наукових досліджень в агрономії: підручник / В.О. Єщенко та ін; за ред. В.О. Єщенка. Вінниця: ПП «ТД «Едельвейс і К»», 2014. 332 с.

25. Ермантраут Е.Р., Присяжнюк О.І., Шевченко І.Л. Статистичний аналіз агрономічних дослідних даних у пакеті STATISTICA 6.0. Київ: Поліграф Консалтинг, 2007. 55 с.

REFERENCES

1. Lisovska, T.O. (2018). Tehnologija biskvitnogo napivfabrykatu z vykorystannjam boroshna kukurudzjanogo ekstrudovanogo: avtoref. dys. ... kand. tehn. nauk: 05.18.16 [Technology of biscuit semi-finished product with the use of extruded corn flour: author's ref. dis. cand. tech. Sciences: 05.18.16]. Kharkiv, 20 p.

2. Shanina, O.M. (2015). Obg'runtuvannja skladu boroshnjanoi' syrovyny v tehnologii' bezgljutenovogo bezdrizhdzhovogo hliba [Substantiation of the composition of flour raw materials in the technology of gluten-free unleavened bread]. East European Scientific Journal, no. 4, pp. 56–60. Available at: http://eesa-journal.com/wp-content/uploads/2017/01/EESJ_4_21.pdf

3. Semenova, A., Prikhodko, Ju. (2016). Gluten-free bakery products. 8th Central European Congress on Food. Food Science for Well-being (CE Food 2016): book of Abstracts. Kyiv, NUFT, 146 p.

4. Hryshchenko, A.M. (2011). Udoskonalennja tehnologii' hliba z bezgljutenovoi' syrovyny: avtoref. dys. ... kand. tehn. nauk: 05.18.01 [Improving the technology of bread from gluten-free raw materials: author's ref. dis. cand. tech. Sciences: 05.18.01]. NUHT, 20 p.

5. Fedorchuk, M.I., Kokovikhin, S.V., Kalenskaya, S.M. (2017). Naukovo-teoretychni zasady ta praktychni aspekty formuvannja ekologo-bezpechnyh tehnologij vyroshhuvannja ta pererobky sorgo v stepovij zoni Ukrai'ny: monografija [Scientific and theoretical principles and practical aspects of the formation of ecological and safe technologies for growing and processing sorghum in the steppe zone of Ukraine]. Kherson, 208 p.

6. Serdiuk, L.V. (2005). Zernovye produkty i ih rol' v pitanii naselenija Ukrainy [Grain products and their role in the nutrition of the population of Ukraine]. Zernovi produkti i kombikormi [Grain products and compound feeds], no. 4, pp. 14–17.

7. Kazakov, E.D., Karpilenko, G.L. (2005). Biohimija zerna i hleboproduktov [Biochemistry of grain and bakery products]. St. Petersburg, GIORD, 512 p.

8. Skalnyi, A.B., Rudenko, I.A. (2004). Biojelementy v medicine [Bioelements in medicine]. Publishing House Onyx 21st Century, World, 272 p.

9. Alabushev, A.B., Antipenko, L.N. (2005). Sostojanie i perspektivy proizvodstva zernovogo sorgo [State and prospects of grain sorghum production]. Kukuruza i sorgo [Corn and sorghum], no. 6, pp. 7–12.

10. Krynytska, L.A., Ros, V.I. (2000). Stan i perspektyvy svitovogo vyrobnyctva sorgo (ogljad inozemnoi' literatury) [Status and prospects of world production of sorghum (review of foreign literature)]. Tavrijs'kyj naukovyj visnyk [Taurian Scientific Bulletin]. Kherson, Island, Issue 15, pp. 20–25.

11. Muntian, T.A. (2006). Sorgo – kul'tura universal'nogo ispol'zovanija [Sorghum – a culture of universal use]. AGRO visnyk [AGRO newsletter], no. 11–12, pp. 29–31.

12. Boiko, M.O. (2016). The impact of crop density and sowing time on the yield structure of grain sorghum hybrids. Sciences of Europe: Global science center LP. Vol. 4(5), pp. 62–65.

13. Rajvanshi, A.K., Nimkar, N. (2008). Sweet sorghum at the Nimbkar Agricultural Research Institute (NARI). Maharashtra, India, 244 p.

14. Birol Saiga, J. (2016). Tendencija potreblenija produktov pitanija na osnove zernovyh [The trend of consumption of food based on cereals]. Hranenie i pererabotka zerna [Grain storage and processing], no. 7 (226), pp. 28–33.

15. Drobot, V.I. (2016). Innovacijni tehnologii' dijetychnyh ta ozdorovchyh hlibobulochnyh vyrobiv: monografija [Innovative technologies of dietary and health-improving bakery products]. Kyiv, Condor Publishing House, pp. 1–84.

16. Ruchkina, N. (2017). Chia, shalfej ispanskij [Chia, Spanish sage]. Himija i zhizn' [Chemistry and Life], no. 1, pp. 54–56.

17. Scientific opinion of Panel on Dietetic Products Nutrition and Allergies on a request from the European Commission on the safety of Chia seed (Salvia hispanica) and ground whole Chia seed as a food ingredient. The EFSA Journal (2009). 996. pp. 1–26.

18. Loreto Muñoz, Hernández (2012). Mucilage from chia seeds (Salvia hispanica): microestructure, physico-chemical characterization and applications in food industry: PhD Thesis. Pontificia Universidad Catylica de Chile. 146 p.

19. Mykoenko, S.Yu. (2019). Vplyv produktiv pererobky amarantu i chia na jakist' hliba [Influence of amaranth and chia processing products on bread quality]. Visnyk Nacional'nogo tehnichnogo universytetu "HPI". Novi rishennja v suchasnyh tehnologijah [Bulletin of the National Technical University "KhPI". New solutions in modern technologies], no. 5, pp. 145–151. Available at: http://nbuv.gov.ua/UJRN/vntuhpi_2019_5_21.

20. Piper, C.S. (2017). Soil and plant analysis. Scientific Publishers. 368 p.

21. J.B. Jones, Jr. (2001). Laboratory guide for conducting soil tests and plantanalysis. 357 p.

22. Kovalchuk, V.P., Vasilev, V.G., Boiko, L.V., Zosimov, V.D. (2010). Sbornik metodov issledovanija pochv i rastenij [Collection of methods for studying soils and plants]. Kyiv, Trud-GriPol., XXI, 252 p.

23. Hrytsaienko, Z.M. (2003). Metody biologichnyh ta agrohimichnyh doslidzhen' roslyn i g'runtiv [Methods of biological and agrochemical studies of plants and soils]. Kyiv, Nichlava, 316 p.

24. Yeshchenko, V.O. (2014). Osnovy naukovyh doslidzhen' v agronomii': pidruchnyk [Basics of scientific research in agronomy]. Vinnytsia, PE TD Edelweiss and K., 332 p.

25. Ermantraut, E.R., Prysiazhniuk, O.I., Shevchenko, I.L. (2007). Statystychnyj analiz agronomichnyh doslidnyh danyh u paketi STATISTICA 6.0 [Statistical analysis of agronomic research data in the package STATISTICA 6.0]. Kyiv, Poligraf Konsalting, 55 p.

Сравнительная оценка химического состава цельнозерновой муки сорго зернового *(Sorghum bicolor)* и чиа *(Salvia hispanica)*

Третьякова С.А., Войтовская В.И., Евчук Я.В., Кононенко Л.М.

В статье освещены комплекс исследований и сравнительная оценка муки различных сортов и гибридов чиа и сорго, а также установлено, что по химическому составу эти культуры целесообразно использовать в качестве сырья для производства безглютеновых продуктов.

Для полноценной жизни люди с целиакией постоянно должны потреблять безглютеновые продукты питания. Безопасными считают рис, гречку, пшено, кукурузу, а также менее распространенные в Украине амарант, киноа, саго, чумиза, сорго.

Для получения качественных безглютеновых изделий важно правильно подобрать сырье и его соотношение по химическому составу. Поэтому целесообразно изучить и сравнить по своему химическому составу муку таких культур как сорго и чиа.

Целью исследования было изучение и сравнительная характеристика химического состава цельнозерновой муки сорго с чиа для использования в пищевой промышленности как средства при безглютеновом питании.

Экспериментальную часть работы проводили в течение 2017–2019 гг. с гибридами сорго зернового украинской (Лан 59), французской (Targga) и американской (Prime) селекций и шалфея испанского (чиа) (*Salvia hispanica*) сортов Сальба, Tzotzol, Iztac. С их зерна получали цельнозерновую муку сорго и чиа и определяли различные химические составляющие.

При сравнительном анализе химического состава муки сорго и чиа отмечено, что в среднем в сорго содержание белков было в пределах от 9,53 до 10,6 г, у сортов чиа – от 14,98 до 16,52 г, что в среднем на 5, 8 г больше.

По данным определения жиров, у гибрида сорго украинской селекции этот показатель составлял 2,8 г, французской – 1,24 г, американской – 3,3 г, что касается чиа, то этот показатель значительно выше и варьирует по сортам от 30,12 до 30,71 г.

Крахмал является основной составляющей муки, и в сорговых его массовая доля составляет наибольше у гибрида Prime – 63,7 г, Лан 59 – 63,1 г и наименьшее количество в Targga – 62,7 г.

Определено, что в муке сорго зернового и чиа высокое содержание витаминов группы В, которые являются коферментами ряда метаболических процессов. Мука сорговых, кроме вышеперечисленных витаминов, дополнительно содержит витамины B_9, B_5, B_6. Высокие показатели микро- и макроэлементов установлено в сортах чиа.

Ключевые слова: мука, витамины, микроэлементы, белки, жиры, углеводы, целиакия, сорго, чиа.

Comparative evaluation of whole grains flour chemical composition of grain sorghum *(Sorghum bicolor)* and chia *(Salvia hispanica)*

Tretiakova S., Voitovska V., Yevchuk Y., Kononenko L.

The article highlights a complex of studies and a comparative assessment of flour of various varieties and hybrids of chia and sorghum. It was found that, in terms of their chemical composition, these crops are advisable to use as raw materials for the production of gluten free products.

To live a full life, people with celiac disease must constantly consume gluten-free foods. Rice, buckwheat, millet, corn are considered safe, and amaranth, quinoa, sago, Setaria italica, sorghum are also less common in Ukraine.

To obtain high-quality gluten-free products, it is important to choose the right raw materials and their ratio in chemical composition. Therefore, it is advisable to study and compare the chemical composition of sorghum and chia flour.

The aim of the research was to study and compare the chemical composition of whole grain sorghum flour versus chia for use in the food industry as a source of gluten-free nutrition.

The experimental part of the work was carried out during 2017–2019 in the hybrids of grain sorghum of Ukrainian (Lan 59), French (Targga) and American (Prime) selection and Spanish sage (chia) (*Salvia hispanica*) varieties: Salba, Tzotzol, Iztac. Whole grain sorghum and chia flours were obtained from their grains and various chemical constituents were determined.

Comparative analysis of the chemical composition of sorghum and chia flour allows us to note that, on average, the protein content in sorghum was in the range from 9.53 to 10.6 g, in chia varieties from 14.98 to 16.52 g, which is on average five, 8 g more.

The data on the determination of fats show that in the hybrid of sorghum of Ukrainian selection, this indicator was 2.8 g, French 1.24 g, and American – 3.3 g, as for chia, this indicator is much higher and varies by varieties from 30, 12 to 30.71 g.

Starch is the main component of flour and in sorghum; its mass fraction is more in the Prime hybrid 63.7 g, Lan 59 – 63.1 g and the smallest amount in Targga – 62.7 g.

It has been determined that grain sorghum and chia flour has a high content of B vitamins, which act as coenzymes of a number of metabolic processes. In addition to the vitamins listed above, sorghum flour contains vitamins B9, B_5, B_6 as well. Chia varieties have high levels of micro- and microelements.

Key words: flour, vitamins, microelements, proteins, fats, carbohydrates, celiac disease, sorghum, chia.

Copyright: Третьякова С.О. та ін. © This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original author and source are credited.

Третьякова С.О. ID: https://orcid.org/0000-0002-1183-4479
Войтовська В.І. ID: https://orcid.org/0000-0001-5538-461X
Євчук Я.В. ID: https://orcid.org/0000-0002-8624-3825
Кононенко Л.М. ID: https://orcid.org/0000-0001-7037-2692