

scientific and special methods typical of agricultural research were used. The object of the study was crop rotation. Technological approaches had an ecological focus, which involved a complete rejection of synthetic components. **Results.** An analysis of the energy efficiency of short-rotation field crop rotations is presented, based on the results of studies of their productivity in the conditions of the Left Bank Forest-Steppe. Calculations of the energy efficiency of crop rotations with sugar beets showed that legumes used as predecessors of winter wheat in short-rotation crop rotations with an organic fertilizer system provide an energy efficiency coefficient ranging from 1.23 in the case of lentils to 1.38 for crop rotations with peas and soybeans. In crop rotations with rye and vetch-oat mixture, the value of this coefficient was 1.31. Low ratios of the ratio between the energy intensity of the crop and energy costs were observed in the variants with corn for silage – 1.01, and in crop rotations with pure steam – 1.20, which indicates a lower efficiency of using energy resources in these cases. As for the energy efficiency of crop rotations in which buckwheat was sown in the third year of the rotation, in them the energy costs for the production of crop products decreased on average by 15–34% across crop rotations, but at the same time the energy intensity of the crop decreased even more intensively – by 24–38%, the indicator of which was influenced by the productivity of buckwheat. As a result, almost all crop rotations demonstrated a decrease in the energy efficiency coefficient by 0.06–0.25 units. **Conclusions.** The highest energy efficiency was provided by crop rotations where peas, soybeans and beans were used as predecessors of winter wheat. This is confirmed by both the high energy intensity of the crop and the energy efficiency coefficient values.

Key words: experiment, energy, efficiency, productivity, crop rotation

УДК 633.17:631:52.664.016-021.465

DOI: <https://doi.org/10.31359/2413-7642-2025-2-197>

Л.І. Сторожик, професор

Інститут біоенергетичних культур і цукрових буряків, Київ, Україна

А.М. Свиридов, доцент

Л.А. Свиридова, доцент

М.Г. Цехмейструк, ст. наук. співробітник

Державний біотехнологічний університет, Харків, Україна

ВПЛИВ ЕЛЕМЕНТІВ ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОЩУВАННЯ НА ВРОЖАЙНІСТЬ І ОСНОВНІ НУТРІЄНТИ ЗЕРНА ГІБРИДІВ СОРГО ЗЕРНОВОГО ІНОЗЕМНОЇ СЕЛЕКЦІЇ ТА ПРОДУКТІВ ЙОГО ПЕРЕРОБКИ

У статті висвітлено результати трирічних досліджень щодо комплексного впливу попередників на врожайність зерна нових гібридів сорго зернового Milo W та Brigga. Наведено порівняльну оцінку вмісту основних нутрієнтів у зерні, крупі та борошні досліджуваних гібридів.

Для максимального розкриття потенціалу будь-якого гібрида сорго слід вивчати доцільність його вирощування після різних попередників з використанням рекомендованих технологій у відповідній агрокліматичній зоні. У гібрида Brigga кількість білків була значно меншою і становила від 8,70 г після соняшнику до 9,81

г після пшениці озимої. Стосовно кількості жирів у зерні сорго спостерігали ту ж саму закономірність, а найбільшу кількість жирів у гібрида Brigga відзначено за попередника пшениця озима. Гірші попередники, такі як сорго на зерно та соняшник, зменшували кількість жирів до 2,06 і 3,14 г, а за кращого попередника кількість жирів становила відповідно для гібридів Brigga та Milo W 2,64 і 3,64 г. За різних попередників гібрид Milo W мав значно більшу кількість білків та жирів у зерні, ніж гібрид Brigga. Кількість харчових волокон у гібрида Milo W в середньому досягала 6,39 мг, Brigga – 4,64 мг. Найвищі показники цих нутрієнтів відзначено при вирощуванні сорго за попередника пшениця озима. За інших попередників відмічено тенденцію до зниження вмісту білків, жирів та вуглеводів. У зерні сорго вітаміну B2 було суттєво менше, ніж вітаміну B1. Зокрема, у зерні гібрида Milo W рибофлавін був у кількості 0,15 мг/100 г, а в гібрида Brigga – 0,13 мг/100 г, у крупі та борошні кількість вітаміну B2 в обох гібридів знизилася майже вдвічі. В умовах Східного Лісостепу України гібрид Brigga мав вищу врожайність, ніж гібрид Milo W. У середньому вона становила: для гібрида Brigga – 7,01 т/га і для гібрида Milo W – 6,16 т/га. За роки досліджень за вмістом білків, жирів та вуглеводів серед досліджуваних гібридів переважав американський – Milo W. Серед вітамінів групи В в зерні було найбільше вітамінів B1, B3 та B6. Серед досліджуваних гібридів вищий вміст цих вітамінів мав американський гібрид Milo W – 0,36, 0,56 та 0,34 мг/100 г відповідно. Тенденція до зменшення вмісту вітамінів групи В в крупі та борошні збереглася в обох гібридів.

За результатами досліджень також встановлено, що вміст вітаміну PP мав найвищі показники в зерні гібрида американської селекції Milo W – 6,04 мг, а в гібрида французької селекції Brigga – 4,97 мг. У крупі та борошні вміст нутрієнту знижувався в обох гібридів відповідно на 0,5 і 3 % у крупі та на 3 і 4,7 % у борошні. Зерно гібрида Milo W мало вміст вітаміну Е в кількості 0,52 мг/100 г, менший вміст цього вітаміну виявлено в зерні гібрида Brigga – 0,48 мг/100 г. У результаті переробки зерна на крупу та борошно кількість зазначеного нутрієнту зменшилася в обох гібридів.

Ключові слова: сорго, урожайність, попередники, нутрієнти, зерно, крупа, борошно.

Постановка проблеми. В умовах глобального потепління клімату, що проявляється в збільшенні річної температури повітря в Лівобережному Лісостепу України за останні 30 років на 1,8 0 С, та щорічних бездошових періодів протягом двох-трьох місяців дедалі більшу увагу приділяють такій культурі, як сорго зернове. Рослинництво на сьогодні переходить на новий якісний і економічний рівень продуктивності, рентабельності й екологічної безпеки в обсягах виробництва сільськогосподарської продукції. Сорго (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) – це зерно, багате і на крохмаль, і на інші цінні поживні речовини; це п'ята найбільш розповсюджена у світі зернова культура [1]. Культура сорго має оптимальні агротехнічні характеристики, стійка до шкідників та хвороб, проявляє пластичність до агрокліматичних умов і сівби, вирощується в посушливих районах, розширюючи таким чином географічний ареал [2–3]. До визначальних критеріїв одержання високих урожаїв сорго зернового належить дотримання та своєчасне виконання

технологічних заходів, одним з яких є розміщення його по кращих попередниках, а також добір гібридів з високим генетичним потенціалом врожайності й підвищеною адаптивністю до несприятливих абіотичних факторів зони вирощування. Зерно сорго здебільшого використовують на корм тваринам завдяки його високій перетравності, а його потенціал як інгредієнта раціону людини вивчено не повністю. Хоча сьогодні більше, ніж будь-коли, споживачі потребують продуктів, які забезпечують оптимальну користь для здоров'я.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. У сучасних умовах зростання попиту на зерно вимагає використання нових сучасних гібридів з високим і різним складом нутрієнтів, а також розробки нових харчових форм його використання. З літературних джерел відомо, що якість круп'яного продукту залежить від характеристик зерна, які можуть значно змінюватися залежно від генотипу сорту й агрокліматичних умов вирощування культури [3–4]. Вочевидь, вища якість зерна сприятиме отриманню крупи та борошна з вищою харчовою цінністю. Отже, у науковій літературі значну увагу приділено біохімічним властивостям зерна сорго зернового, проте едостатньо вивчено показники крупи та борошна [5–7].

Упровадження у виробництво нових сортів і гібридів сорго зернового вимагає проведення більш широких детальних досліджень. Погіршення екологічного стану довкілля спричинило збільшення числа випадків захворювань людей, що пов'язані з порушенням обміну речовин та виникненням алергій на компоненти харчових продуктів, що спричинено також нераціональним харчуванням. Ринок продуктів, які не містять глютену, поживавився через занепокоєння споживачів щодо сучасної хвороби – целиакії [8]. При цьому захворюванні порушується засвоєння білка злакових

тонким кишківником. За даними ВООЗ, на целиакію страждає близько 1% населення земної кулі. Такі хворі зареєстровані і в Україні. Раціон харчування цих хворих дуже обмежений. Традиційні хлібобулочні вироби їм протипоказані, оскільки білки таких виробів містять гліадин, а саме він спричиняє виникнення алергічних реакцій у хворих на целиакію [8–9].

Єдиним способом лікування цього захворювання та профілактики всіх його важких ускладнень є суворе і постійне дотримання безглютенової дієти [10–11]. Це дає змогу оцінити «нові» зернові сільськогосподарські культури, зерно яких у своєму складі не має глютену, та розглянути альтернативні їх інгредієнти як новий напрям використання сорго [12–13].

Сорго має великий потенціал для безглютенового ринку як здоровий альтернативний харчовий продукт. Зерно сорго багате на фітохімічні речовини, такі як фенольні кислоти й конденсовані дубильні

речовини, які, як відомо, мають антиоксидантну й антирадикальну дію та позитивно впливають на організм [14–16].

Зерно сорго можна перемолоти на крупу та борошно, яке може бути використано як основний безглютеновий інгредієнт хлібобулочних виробів. Безпечна безглютенова харчова продукція повинна мати не більше 20 мг глютену на 1 кг готового виробу, а тому вся сировина та інгредієнти не повинні містити глютену. Борошно із зерна сорго не містить білків гліадинової фракції, що утворюють клейковину. Таке борошно дозволено використовувати для виготовлення безглютенової продукції для хворих на целиакію [17].

Соргове борошно порівняно з пшеничним містить в 1,5 рази більшу кількість білків, здатних зменшувати рівень холестерину в крові та нормалізувати роботу шлунку, жирів, що містять у своєму складі 83–88 % ненасичених жирних кислот, у тому числі лінолеву – 38–42 мг і ліноленову – 3–4 мг/100 г, та є важливим джерелом профілактики атеросклерозу, хвороб серця та судин. Це борошно також багате на марганець – 24,8 мг/кг, мідь – ,94 і молібден – 0,6 мг/кг, фенольні та дубильні речовини, які мають протиракові та кардіозахисні властивості [17–18].

Досягнення в галузі нутригеноміки і нутригенетики сприятимуть збільшенню обсягів ринку безглютенових продуктів харчування. Хлібобулочні, кулінарні й кондитерські борошняні вироби, які не містять глютену, є одним з нових сегментів цього ринку. Загалом хімічний склад зерна сорго залежить від ряду чинників – біологічних особливостей сортів і гібридів, технології вирощування, а також агрокліматичних умов [17].

Біохімічні властивості зерна визначаються його хімічним складом, розподілом хімічних речовин з анатомічних частин зерна. Дослідження біохімічних перетворень, які відбуваються в зерні під час його проростання, дозрівання, зберігання та переробки, дозволяє шляхом регулювання зовнішніх умов підвищити технологічні переваги та харчову цінність зерна. Зерно, як і будь-який живий організм, чуйно реагує на зовнішнє середовище, тож впливати на зерно потрібно з урахуванням його фізіології. Тому в цьому аспекті важливо знати, що різні гібриди сорго зернового мають дуже різноманітні характеристики, що визначаються складом нутрієнтів і харчовою цінністю. Для різнобічного використання зерна сорго необхідно чітко знати всі його властивості, а також кількісну хімічну складову різних його елементів: білків, жирів, вуглеводів, харчових волокон, вітамінів та макро- і мікроелементів, особливо після переробки на крупу та борошно.

Метою дослідження було визначення впливу попередників та різних гібридів сорго іноземної селекції на врожайність і кількісний

склад нутрієнтів зерна сорго, цільнозернової крупи та борошна як безглютенових продуктів.

Матеріали та методика досліджень. У дослідженнях використовували зерно гібридів сорго зернового, внесених до Державного реєстру сортів рослин України, придатних для поширення в Україні. Представлено ранньостиглі і середньостиглі гібриди сорго зернового.

Досліджувані гібриди низькорослі, а отже вологи для їхнього повноцінного розвитку потрібно набагато менше. У дослідженнях було задіяно гібрид французької селекції Brigga та гібрид американської селекції Milo W, які мають низку важливих особливостей: посухо- і холодостійкість, високу адаптивність і генетичну стійкість до окремих видів попелиці, стійкість до вилягання й осипання.

Для максимального розкриття потенціалу будь-якого гібрида сорго слід вивчати доцільність його вирощування за різних попередників з використанням рекомендованих технологій у відповідній агрокліматичній зоні.

Зерно досліджуваних гібридів вирощували протягом 2019–2021 рр. у Східному Лісостепу в ТОВ «СД-Агро» Ізюмського району Харківської області, клімат – помірно континентальний. Ґрунт дослідів – чорнозем типовий з глибоким гумусовим профілем, містить 5,0–6,0 % гумусу, має добрі фізичні властивості, підвищений вміст рухомих форм НРК і в цілому високу біологічну активність.

Вегетаційні періоди 2019 і 2020 рр. можна охарактеризувати як посушливі, а 2021 р. – достатньо зволожений. Сума опадів по місяцях варіювала в значному діапазоні. Досить часто дефіцит вологи супроводжувався підвищеними температурами повітря, що мало значний вплив на розвиток рослин сорго зернового та зменшувало їхню продуктивність.

Агротехніка вирощування культури відповідала технології, прийнятій для зони Лісостепу. Висівали сорго зернове у II декаді травня (температура ґрунту – 13–15 °С) сівалкою трактора СЗ-3,6 з міжряддями 70 см. Нормависіву насіння – 6–8 кг/га. Досліди закладали методом систематичних повторювань: у кожному повторенні варіанти розміщували по ділянках послідовно [19; 21]. Площа посівної ділянки – 50 м², облікової – 25 м². Повторність дослідів – чотириразова.

Лабораторні дослідження проводили в Інституті біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН. Зерно сорго переробляли на цільнозернову крупу та борошно й визначали основний склад нутрієнтів. Масову частку білкових речовин визначали за методом К'єльдаля, вміст жиру – методом Сокслета, вміст крохмалю – методом Еверса, вміст цукрів – йодометричним методом [18, 22–23].

Біохімічну складову зерна (крохмаль, білок, харчові волокна, жир, зола, глюкоза) визначали методом інфрачервоної спектроскопії, використовуючи Infratek 1241, за ДСТУ 4117: 2007. Вміст вітамінів та амінокислот –методом рідинної хроматографії на аналізаторі Хромос-301.

Виклад основного матеріалу досліджень Дослідженнями вітчизняних (С. М. Каленська, 2019; В. В. Любич та ін., 2021; Л. І. Сторожик та ін., 2020) та зарубіжних (L. Dykes et al, 2005; M. S. M. Elhassan et al, 2015; P. Pontieri et al, 2022) учених виявлено, що вміст біохімічних речовин зерна може змінюватися залежно від технології вирощування та біологічних особливостей гібрида [1–3;17;24].

Придатність сорго та вектор його використання (харчовий та біоенергетичний) зумовлюється основними показниками якості зерна. Загалом зернові культури є основою виробництва харчових продуктів оздоровчого призначення. Крупа із зерна сорго звичайного (двокольорового) може забезпечувати людину майже всіма харчовими речовинами: білками й амінокислотами, жирами та жирними кислотами, вуглеводами, вітамінами, мінеральними солями, мікроелементами і може використовуватися як важливе джерело харчування [17; 24]. Тому крупи зернових культур та борошно є важливими харчовими і найбільш доступними продуктами для населення України.

Отримані нами дані врожайності наведено в табл. 1. Зокрема, середня врожайність культури в досліді становила 5,23 т/га і залежала від попередника та досліджуваного гібрида. Вищий рівень урожайності за всіх попередниках забезпечив гібрид Brigga: 7,01 т/га – після пшениці озимої; 5,21 т/га – після сорго зернового та 4,30 т/га – після соняшнику.

У наших дослідженнях в усі роки кращим попередником була пшениця озима, яка забезпечила вищу врожайність гібрида Brigga –7,01 т/га, а в гібрида Milo W – 6,16 т/га.

1. Урожайність зерна гібридів сорго за впливу попередників, т/га

Попередник (А)	Гібрид (В)	Урожайність			
		2019	2020	2021	середнє
Пшениця озима	Milo W	6,34	6,86	5,27	6,16
	Brigga	7,05	7,81	6,18	7,01
Сорго зернове	Milo W	4,75	5,02	4,43	4,73
	Brigga	4,92	5,44	5,27	5,21
Соняшник	Milo W	4,00	4,52	3,70	4,07
	Brigga	4,33	5,19	3,38	4,30
Середнє		5,81	4,71	5,25	5,23
НІР 05		0,34	0,28	0,23	
НІР 05 А		0,47	0,51	0,36	
НІР 05 В		0,15	0,31	0,19	

Одним з важливих нутрієнтів зерна є білки, які, на відміну від жирів і вуглеводів, не можна замінювати іншими харчовими елементами. Результатами досліджень встановлено, що зерно сорго гібрида Milo W має вищі значення цього показника, що становить залежно від попередників від 10,92 г після сояшнику до 12,37 г після пшениці озимої (табл. 2)

У гібрида французької селекції Brigga кількість білків була значно меншою і становила від 8,70 г після сояшнику до 9,81 г після пшениці озимої. Стосовно кількості жирів у зерні сорго спостерігали таку ж саму закономірність, найбільшу кількість жирів у гібрида Brigga відзначено за попередника пшениця озима. Гірші попередники, такі як сорго на зерно та сояшник, зменшували їх кількість до 2,06 і 3,14 г, а за кращого попередника кількість жирів дорівнювала 2,64 і 3,64 г. За різних попередників гібрид Milo W містив значно більшу кількість білків та жирів у зерні, ніж гібрид Brigga.

2. Вміст основних нутрієнтів у зерні, крупі та борошні в гібридів сорго зернового за впливу попередників, середнє за 2019–2021 рр.

Попередник	Гібрид	Білки г	Жири г	Вуглеводи мг/100 г	Крохмаль мг/100 г	Харчові волокна мг/100г
Зерно						
Пшениця озима	Milo W	12,37	3,64	76,8	75,4	6,58
	Brigga	9,81	2,64	74,5	65,2	7,56
Сорго зернове	Milo W	11,06	3,15	74,9	74,6	6,33
	Brigga	8,68	2,08	70,7	64,3	7,26
Сояшник	Milo W	10,92	3,14	75,0	72,4	6,30
	Brigga	8,70	2,06	69,8	64,0	7,25
Крупа						
Пшениця озима	Milo W	8,06	3,38	73,7	75,1	6,17
	Brigga	8,45	2,13	71,9	64,8	7,04
Сорго зернове	Milo W	7,63	3,06	72,8	71,5	6,11
	Brigga	7,82	2,01	70,6	70,2	6,95
Сояшник	Milo W	7,60	3,05	71,4	70,9	6,12
	Brigga	7,81	1,94	70,7	70,3	6,89
Борошно						
Пшениця озима	Milo W	10,16	3,12	75,1	67,5	6,39
	Brigga	9,11	2,08	73,4	63,8	4,67
Сорго зернове	Milo W	10,0	3,08	74,3	67,1	6,41
	Brigga	8,97	2,05	72,0	62,7	6,51
Сояшник	Milo W	9,83	3,01	74,2	67,0	6,13
	Brigga	8,95	1,96	66,5	62,5	5,50

Придатність зерна сорго для визначення подальшої технологічної переробки оцінюють за вмістом вуглеводів (крохмалю). За високого

вмісту крохмалю сорго переробляють на біостанол. Завдяки високому вмісту вуглеводів у зерні сорго харчового людський організм забезпечується енергією, ці нутрієнти розщеплюються до глюкози та слугують «їжею» для клітин головного мозку, забезпечуючи повноцінну роботу нервової системи. Слід зазначити, що їх частка в зерні становила в середньому 75,57 г/100 г у гібрида Milo W та 71,67 г/100 г у гібрида Brigga. Необхідно визнати, що попередники сорго значно менше впливали на кількість вуглеводів і крохмалю. Відзначено тільки тенденцію до зниження цих показників за повторного розміщення сорго після сорго та після сояшнику. Таким чином, за харчовою цінністю – вищим умістом білків, жирів та вуглеводів – серед досліджуваних гібридів виділено американський гібрид Milo W.

Цінні харчові волокна, необхідні для нормальної моторики кишківника і підтримки мікрофлори, були наявні в зерні сорго в кількості 6,30–6,58 мг/100 г у гібрида Milo W та 7,25–7,56 мг/100 г у гібрида Brigga. Таким чином, вищий вміст харчових волокон за всіх попередників було встановлено в гібрида Brigga.

Обрушування зерна – основна технологічна операція, за якої ідділяються його оболонки, які містять хімічні елементи, що в подальшому відсіюються. У результаті такого процесу вміст нутрієнтів у крупі порівняно із зерном змінився. Зокрема, вміст білків, жирів і вуглеводів у крупі обох гібридів Brigga і Milo W знизився відповідно на 1,33 і 4,31 г; 0,26 і 0,51 г; 2,6 і 3,1 мг.

Необхідно зазначити, що вміст крохмалю зазнав несуттєвих змін. осліджувані попередники під сорго на зерно несуттєво зменшують кількість білків та жирів у крупі сорго та спричиняють тенденцію до зменшення кількості харчових волокон.

Дослідженнями Л. М. Пузік та В. К. Пузіка (2013), В. В. Любич та інших (2021), С.О. Третьякової та інших (2021) встановлено, що борошно, виготовлене із зерна сорго, має більшу кількісну складову зазначених нутрієнтів, порівняно з крупою, та меншу, порівняно із зерном [20; 7]. Це можна пояснити тим, що на борошно перемелюється як ендосперм зерна, так і його оболонки та зародок. Неоднорідна міцність структури зернини навіть у межах ендосперму дає змогу за правильно поставленого процесу подрібнення і сортування частинок виробляти борошно з різних частин ендосперму (внутрішньої і периферійної), яке відрізняється за своїм хімічним складом, властивостями і поживністю у зв'язку з нерівномірним розподілом речовин у зернині. Проведений аналіз засвідчив, що кількість білків, жирів і вуглеводів (у тому числі і крохмалю) у борошні, яке змелене із зерна гібрида Milo W, становила 10,16 г, 3,12 г та 75,1 мг/100 г відповідно. Борошно, змелене із зерна гібрида Brigga, мало нижчі

значені показники. Зокрема, кількість жирів становила в середньому 20,8 г, білків—9,11 г, вуглеводів – 75,1 мг/100 г.

Кількість харчових волокон у гібрида Milo W досягла в середньому 6,39 мг, у гібрида Brigga – 4,64 мг. Найвищі показники цих нутрієнтів спостерігалися при вирощуванні сорго за попередника пшениця озима. За інших попередників відзначено тенденцію до зниження вмісту білків, жирів та вуглеводів.

Такі нутрієнти, як вітаміни, беруть важливу участь в обміні речовин живих організмів. Нестача, а також надлишок вітамінів призводять до виникнення серйозних захворювань. У зерні сорго містяться як водорозчинні вітаміни, так і жиророзчинні. До водорозчинних вітамінів зерна належать: тіамін (В1), рибофлавін (В2), ніацин (В3), піридоксин (В6), біотин (Н), аскорбінова кислота (С), пантотенова кислота (В12), міоїнозит. Найбільше вітамінів В1 і В3 міститься у кисівках, у борошні вищого гатунку їх зовсім мало. За результатами досліджень, вміст тіаміну, який впливає на функції головного мозку і вищу нервову діяльність, захищає організм від старіння та є антиоксидантом, був вищим у зерні гібрида сорго американської селекції Milo W – 0,36 мг/100 г, а у французького гібрида Brigga – 0,31 мг/100 г, у крупі його вміст знизився в обох гібридів на 0,08 і 0,07 мг, а в борошні – ще на 0,04 мг/100 г, порівняно з крупою (табл. 3).

3. Вміст вітамінів групи В в зерні сорго зернового та продуктах його переробки, середнє за 2019-2021 рр.

Попередник	Гібрид	Вітаміни групи В, мг/100 г				
		В 1	В 2	В 3	В 5	В 6
Зерно						
Пшениця озима	Milo W	0,36	0,15	0,56	0,55	0,34
	Brigga	0,31	0,13	0,44	0,52	0,31
Сорго зернове	Milo W	0,32	0,14	0,47	0,54	0,33
	Brigga	0,28	0,13	0,42	0,50	0,30
Соняшник	Milo W	0,33	0,13	0,47	0,51	0,31
	Brigga	0,27	0,11	0,40	0,48	0,28
Крупа						
Пшениця озима	Milo W	0,28	0,08	0,34	0,51	0,35
	Brigga	0,24	0,07	0,23	0,49	0,31
Сорго зернове	Milo W	0,25	0,06	0,32	0,50	0,32
	Brigga	0,22	0,06	0,21	0,47	0,30
Соняшник	Milo W	0,26	0,05	0,30	0,46	0,30
	Brigga	0,20	0,04	0,22	0,44	0,28
Борошно						
Пшениця озима	Milo W	0,24	0,07	0,30	0,34	0,24
	Brigga	0,20	0,06	0,19	0,31	0,20
Сорго зернове	Milo W	0,22	0,06	0,28	0,33	0,22
	Brigga	0,19	0,05	0,17	0,30	0,20
Соняшник	Milo W	0,21	0,05	0,26	0,27	0,18
	Brigga	0,17	0,04	0,16	0,26	0,17

Вітаміну В2 у зерні сорго було суттєво менше, ніж вітаміну В1. Так, у зерні гібрида Milo W рибофлавін був у кількості 0,15 мг/100 г, а в гібрида Brigga – 0,13 мг/100 г, у крупі та борошні кількість вітаміну В2 в обох гібридів знизилася майже вдвічі.

Найвищий вміст вітаміну В3, який забезпечує енергетичний метаболізм, відзначено у гібрида Milo W, де кількість його становила 0,56 мг/100 г, а в гібрида Brigga – 0,44 мг/100 г. Переробка крупи на борошно кількість вітаміну В3 знижує в середньому на 11,8 і 17,4 % відповідно в обох досліджуваних гібридів.

Кількість вітаміну В5 (пантотенова кислота), що бере участь в обмінних процесах та синтезі гормонів, у зерні досліджуваних гібридів була майже на одному рівні і становила в середньому 0,52 і 0,55 мг/100 г. При переробці зерна на крупу вміст вітаміну В5 несуттєво знижувався, а в борошні його вміст знизився в гібрида Milo W – на 33,3%, а в гібрида Brigga – на 36,7 %. Вітамін В6, який відповідає за нервову та імунну систему і бере участь в утворенні еритроцитів, необхідний для білкового та жирового обміну в живому організмі, мав аналогічний вміст у зерні (0,31 і 0,34 мг), крупі (0,31 і 0,35 мг) та борошні (0,20 і 0,24 мг/100 г). Попередники майже не впливали на кількість цих вітамінів у зерні та крупі і не змінювали кількість вітамінів групи В в борошні.

Вміст аскорбінової кислоти вітамінів РР та Е наведені в табл 4.

4. Вміст вітамінів у зерні сорго зернового та продуктах його переробки за впливу попередників, середнє за 2019–2021 рр.

Попередник	Гібриди	Вітаміни мг/100 г		
		РР	С	Е
Зерно				
Пшениця озима	Milo W	6,04	0,52	0,85
	Brigga	4,97	0,48	0,53
Сорго зернове	Milo W	5,61	0,40	0,74
	Brigga	4,48	0,37	0,46
Соняшник	Milo W	5,62	0,38	0,71
	Brigga	4,50	0,36	0,45
Крупа				
Пшениця озима	Milo W	6,01	0,44	0,58
	Brigga	4,84	0,41	0,40
Сорго зернове	Milo W	5,77	0,38	0,39
	Brigga	4,63	0,37	0,31
Соняшник	Milo W	5,60	0,36	0,40
	Brigga	4,55	0,34	0,33
Борошно				
Пшениця озима	Milo W	5,87	0,39	0,56
	Brigga	4,74	0,35	0,34
Сорго зернове	Milo W	5,45	0,32	0,51
	Brigga	4,48	0,30	0,32
Соняшник	Milo W	5,48	0,33	0,48
	Brigga	4,46	0,29	0,30

Аскорбінова кислота утворюється в зерні з моменту проростання. Вітамін С, який міститься в зерні і продуктах його переробки, був в обох гібридів відповідно в кількості 0,52 і 0,48 мг/100 г – у зерні, 0,44 і 0,41 г – у крупі та 0,39 і 0,35 мг/100 г – у борошні за попередника пшениця озима. Нижчі значення цього показника в обох гібридів відзначено при вирощуванні сорго за попередника соняшник

Зерно та продукти його переробки також містять вітамін РР, який покращує обмінні процеси, розщеплює жири і стимулює вироблення жирних кислот, амінокислот, стероїдних гормонів та вітамінів А і Д. Вітамін РР (нікотинова кислота) регулює діяльність вищої нервової системи, захищає серцево-судинну систему, запобігає розвитку тромбозів і гіпертонічної хвороби та сприяє процесам детоксикації організму. За результатами досліджень встановлено, що зазначений елемент має найвищі показники в зерні гібрида американської селекції Milo W – 6,04 мг, а в гібрида французької селекції Brigga – 4,97 мг. У крупі та борошні вміст зазначеного нутрієнту знижувався в обох гібридів: на 0,5 і 3 % – у крупі та на 3 і 4,7 % – у борошні.

Наявність жиророзчинного вітаміну Е виявлено в зерні гібрида Milo W в кількості 0,85 мг/100 г, гібрида Brigga – 0,53 мг/100 г. У результаті переробки зерна на крупу та борошно кількість зазначеного вітаміну знизилася в середньому в гібрида Milo W відповідно на 34,1 і 35,8 %, а в гібрида Brigga спостерігаємо незначне зниження вмісту вітаміну Е.

Найвищі показники вітаміну РР в зерні, крупі та борошні спостерігали за попередника пшениця озима. Суттєве зниження цього показника відбувається і в зерні, і в продуктах його переробки за попередника соняшник.

Висновки та пропозиції. Проведені трирічні дослідження свідчать, що в умовах Східного Лісостепу України французький гібрид Brigga мав вищу врожайність, ніж гібрид американської селекції Milo W. У середньому врожайність становила: для гібрида Brigga – 7,01 т/га і для гібрида Milo W – 6,16 т/га. За роки досліджень за вмістом білків, жирів та вуглеводів серед досліджуваних гібридів переважав американський – Milo W. Серед вітамінів групи В в зерні найбільше виявлено вітамінів В1, В3 та В6. Вищий вміст цих вітамінів мав американський гібрид Milo W – 0,36, 0,56 та 0,34 мг/100 г відповідно. Тенденція до зменшення вмісту вітамінів групи В у крупі та борошні збереглася в обох гібридів.

За результатами досліджень встановлено, що вміст вітаміну РР має найвищі показники в зерні гібрида американської селекції Milo W – 6,04 мг, а в гібрида французької селекції Brigga – 4,97 мг. У крупі та борошні вміст зазначеного нутрієнту знижувався в обох гібридів: на 0,5 і 3 % – у крупі

та на 3 і 4,7 % – у борошні. Вміст вітаміну Е в зерні гібрида Milo W становив 0,52 мг/100 г, менший вміст цього вітаміну виявлено в зерні гібрида Brigga – 0,48 мг/100 г. У результаті переробки зерна на крупу та борошно кількість зазначеного нутрієнту зменшилася в обох гібридів.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Elhassan M. S. M., Emmambux M. N., Hays D. B., Peterson G. C., Taylor J. R. N. Novel biofortified sorghum lines with combined waxy (high amylopectin) starch and high protein digestibility traits: Effects on endosperm and flour properties. *Journal of Cereal Science*. 2015. Vol. 65. P. 132–139. <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2015.06.017>
2. Zavorodnia S., Losieva A., Storozhyk L. Evaluation of Biometric Indicators of Sorghum Using Cluster Analysis. *Norwegian Journal of development of the International Science*. Vol. 1. № 72. 2021. P. 8–14. <https://doi.org/10.24412/3453-9875-2021-72-1-8-13>
3. Сторожик Л. І., Присяжнюк О. І., Завгородня С. В. Екологічна пластичність сорго зернового. *Новітні агротехнології*. 2019. № 7. URL: <http://jna.bio.gov.ua/article/view/204818>
4. Alvarenga I. C., Ou Z., Thiele S., Alavi S., Aldrich C. G. Effects of milling sorghum into fractions on yield, nutrient composition, and their performance in extrusion of dog food. *Journal of Cereal Science*. 2018. Vol. 82. P. 121–128. DOI:10.1016/j.jcs.2018.05.013
5. Криницька Л. А., Рось В. І. Стан і перспективи світового виробництва сорго (огляд іноземної літератури). *Таврійський науковий вісник*. Херсон: Айлант, 2000. Вип. 15. С. 20–25.
6. Liu L., Herald T. J., Wang D., Wilson J. D., Bean S., Aramouni F. M. Characterization of sorghum grain and evaluation of sorghum flour in a Chinese egg noodle system. *Journal of Cereal Science*. 2012. Vol. 55. P. 31–36. <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2011.09.007>
7. Любич В. В., Войтовська В. І., Крижанівський В. Г., Третякова С. О. Формування біохімічної складової борошна із зерна різних гібридів соризу. *Вісник Уманського НУС*. 2021. № 1. С. 66–70.
8. Wieser H., Koehler P. The biochemical basis of celiac disease. *Journal Chemistry*. 2008. Vol. 85: P. 1–13. <https://doi.org/10.1094/CCHEM-85-1-0001>
9. Сердюк Л. В. Зерновые продукты и их роль в питании населения Украины. *Зернові продукти і комбікорми*. 2005. № 4. С. 14–17.
10. Дробот В. І. Інноваційні технології дієтичних та оздоровчих хлібобулочних виробів: монографія. Київ: Кондор-Видавництво, 2016. С. 1–84.
11. 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.

12. Mohapatra D., Patel A. S., Kar A., Deshpande S. S., Tripathia M. K. Effect of different processing conditions on proximate composition, anti-oxidants, antinutrients and ino acid profile of grain sorghum. *Journal Food Chemistry*. 2019. Vol. 271. № 15. P. 129–135. DOI: 10.1016/j.foodchem.2018.07.196

13. Bean S. R., Wilson J. D., Moreau R. A., Galant A., Awika J. M., Kaufman R. C., Adrianos S. L., Ioerger B. P. Structure and composition of the sorghum grain. *Sorghum: A State of the Art and Future Perspectives. Journal of Dairy Science*. 2019. Vol. 58. P. 23–29. <https://doi.org/10.3168/jds.2019-16759>

14. Smolensky D., Rhodes D., McVey D. S., Fawver Z., Perumal R., Herald T., Noronha L. High-polyphenol sorghum bran extract inhibits cancer cell growth through ROS induction, cell cycle arrest, and apoptosis. *Journal Med. Food*. 2018. Vol. 21. P. 990–998. DOI: 10.1089/jmf.2018.0008

15. Dykes L., Rooney L. W., Waniska R. D., Rooney W. L. Phenolic compounds and antioxidant activity of sorghum grains of varying genotypes. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 2005. Vol. 53. P. 6813–6818. <https://doi.org/10.1021/jf050419e>

16. Xiong Y., Zhang P., Johnson S., Luo J., Fang Z. Comparison of the phenolic contents, antioxidant activity and volatile compounds of different sorghum varieties during tea processing. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 2020. Vol. 100. P. 978–985. DOI:10.1002/jsfa.10090

17. Сторожик Л. І., Войтовська В. І., Завгородня С. В., Третякова С. О. Хімічна складова насіння сорго зернового (*Sorghum bicolor*) залежно від біологічних особливостей гібридів. Збірник наукових праць Уманського національного університету садівництва. Вип. 96. Ч. 1. Сільськогосподарські та технічні науки. 2020. С. 149–166. DOI: 10.31395/2415-8240-2020-96-1-149-166

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

19. 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.

20. Пузик Л. М., Пузик В. К. Технологія зберігання і переробки зерна: монографія/ Харківський національний аграрний університет імені В. В. Докучаєва. Харків: ХНАУ, 2013. 312 с.

21. Рожков А. О., Пузик В. К., Каленська С. М, Попов С. І. Дослідна справа в агрономії: навч. посібн. Книга друга. Харків: Майдан, 2016. 342 с.

22. Рожков А. О., Свиридова Л. А. Вплив норм висіву, способів сівби та погодних умов вегетації на врожайність зерна гібридів сорго

зернового. Селекція і насінництво. 2017. Вип. 112. С. 193–204.
URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/selinas_2017_112_22

23. Рожков А. О. Давиденко, С. Ю. Урожайність зерна сорго за різних варіантів застосування стимулятора росту Вегестим у Північному Степу України. *Scientific Progress & Innovations* 2022. Vol. 1. P. 18–28. <https://doi.org/10.31210/visnyk2022.01.02>

24. Каленська С. М., Найдено В. М. Якісний склад зерна сорго залежно від елементів технології вирощування. *Таврійський науковий вісник*. 2019. Вип. 105. С. 82–89.

REFERENCES

1. Elhassan M. S. M., Emmambux M. N., Hays D. B., Peterson G. C., Taylor J. R. N. Novel biofortified sorghum lines with combined waxy (high amylopectin) starch and high protein digestibility traits: Effects on endosperm and flour properties. *Journal of Cereal Science*. 2015. Vol. 65. P. 132–139. <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2015.06.017>

2. Zavorodnia S., Losieva A., Storozhyk L. Evaluation of Biometric Indicators of Sorghum Using Cluster Analysis. *Norwegian Journal of development of the International Science*. Vol. 1. No. 72. 2021. P. 8–14. <https://doi.org/10.24412/3453-9875-2021-72-1-8-13>

3. Storozhyk L. I., Prysiashniuk O. I., Zavorodnia S. V. Ecological plasticity of grain sorghum. *Newest agrotechnologies*. 2019. № 7. URL: <http://jna.bio.gov.ua/article/view/204818>.

4. Alvarenga I. C., Ou Z., Thiele S., Alavi S., Aldrich C. G. Effects of milling sorghum into fractions on yield, nutrient composition, and their performance in extrusion of dog food. *Journal of Cereal Science*. 2018. Vol. 82. 121–128 p. DOI:10.1016/j.jcs.2018.05.013

5. The state and prospects of world sorghum production (review of foreign literature). *Tavriyskyi naukovyi vestnik*. Kherson: Ailant. 2000. Issue 15. P. 20–25.

6. Liu L, Herald TJ, Wang D, Wilson JD, Bean S, Aramouni FM. Characterization of sorghum grain and evaluation of sorghum flour in a Chinese egg noodle system. *Journal of Cereal Science*. 2012. Vol. 55. P. 31–36. <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2011.09.007>.

7. Lubich V. V., Voitovska V. I., Kryzhanivskiy V.G., Tretyakova S. Formation of the biochemical component of flour from grain of different sorghum hybrids. *Bulletin of Uman NUS*. 2021. № 1. P. 66–70.

8. Wieser H, Koehler P. The biochemical basis of celiac disease. *Journal of Chemistry*. 2008. Vol. 85: P. 1-13. <https://doi.org/10.1094/CCHEM-85-1-0001>

9. Serdyuk L.V. Grain products and their role in the nutrition of the population of Ukraine. *Grain products and feeds*. 2005. № 4. P. 14–17.

10. Innovative technologies of dietary and health bakery products: monograph. K.: Condor Publishing, 2016. P. 1–84.

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

12. Mohapatra D, Patel A. S., A Kar, Deshpande S. S., Tripathia M. K. Effect of different processing conditions on proximate composition, antioxidants, antinutrients and ino acid profile of grain sorghum. *Journal of Food Chemistry*. 2019. Vol. 271. № 15. P. 129–135. DOI: 10.1016/j.foodchem.2018.07.196

13. Bean S. R., Wilson J. D., Moreau RA., Galant A., Awika J. M., Kaufman R. C., Adrianos S. L., Ioerger B. P. Structure and composition of the sorghum grain. *Sorghum: A State of the Art and Future Perspectives*. *Journal of Dairy Science*. 2019. Vol. 58. P. 23–29. <https://doi.org/10.3168/jds.2019-16759>

14. Smolensky D., Rhodes D., McVey D. S., Fawver Z., Perumal R., Herald T., Noronha L. High-polyphenol sorghum bran extract inhibits cancer cell growth through ROS induction, cell cycle arrest, and apoptosis. *Journal Med. Food*. 2018. Vol. 21. P. 990–998. DOI: 10.1089/jmf.2018.0008

15. Dykes L., Rooney L. W., Waniska R. D., Rooney W. L. Phenolic compounds and antioxidant activity of sorghum grains of varying genotypes. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 2005. Vol. 53. P. 6813–6818. <https://doi.org/10.1021/jf050419e>

16. Xiong Y., Zhang P., Johnson S., Luo J., Fang Z. Comparison of the phenolic contents, antioxidant activity and volatile compounds of different sorghum varieties during tea processing. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 2020. Vol. 100. P. 978–985. DOI:10.1002/jsfa.10090

17. Storozhyk L.I., Voitovska V.I., Zavhorodnia S.V., Tretiakova S.O. Chemical composition of grain sorghum (*Sorghum bicolor*) seeds depending on the biological characteristics of hybrids. *Collection of scientific papers of Uman National University of Horticulture. Part 1: Agricultural and technical sciences*. 2020. PP. 149-166, DOI: 10.31395/2415-8240-2020-96-1-149-166

18. Hricaenko Z. M. *Methods of biological and agrochemical research of plants and soils*. 316 c. Kyiv. «Nichlava», 2003. 316 c.

19. Ehrmantraut E. R., Prysiazhniuk O. I., Shevchenko I. L. *Statistical analysis of agronomic research data in STATISTICA 6.0*. Kyiv: Polygraph Consulting, 2007. 55 c.

20. Puzik L. M., Puzik V. K. *Technology of grain storage and processing: monograph*. Kharkiv National Agrarian University named after V.V. Dokuchaev. Kharkiv: KHNAU, 2013. 312 c.

21. Rozhkov A. O., Puzik V. K., Kalenska S. M., Popov S. I. Experimental work in agronomy: a textbook, book two. Kharkiv: Maidan, 2016. 342 c.

22. Rozhkov A. O., Sviridova L.A. Influence of seeding rates, sowing methods and weather conditions of vegetation on grain yield of grain sorghum hybrids Selection and seed production. 2017. Issue 112. P. 193–204. Access mode: http://nbuv.gov.ua/UJRN/selinas_2017_112_22.

23. Rozhkov A. O., Davydenko S. Y. Grain yield of sorghum under different variants of application of the growth stimulator Vegestim in the Northern Steppe of Ukraine. Scientific Progress & Innovations. 2022. Issue 1. P. 18–28.

24. Kalenska S. M., Naidenko V. M. Qualitative composition of sorghum grain depending on the elements of cultivation technology. Tavrian Scientific Bulletin. 2019. Issue 105. P. 82–89.

L. I. Storozhyk, professor

Institute of bioenergy crops and sugar beet, Kyiv, Ukraine

A. M. Svyrydov, Associate Professor

L. A. Svyrydova, Associate Professor

M. G. Tsekhmeystruk, Researcher

State University of Biotechnology, Kharkiv, Ukraine

Influence of elements of cultivation technology on yield and main nutrients of grain of grain sorghum hybrids of foreign selection and its processed products

The article highlights the results of three years of research on the complex effect of the predecessors and new hybrids of grain sorghum Milo W and Brigga on grain yield and comparative assessment of the content of basic nutrients in grain, cereals and flour.

Statement of the problem. One of the determining criteria for obtaining high yields of grain sorghum is compliance with and timely implementation of technological measures, one of which is its placement on the best predecessors, as well as the selection of hybrids with high genetic yield potential and increased adaptability to adverse abiotic factors of the growing zone.

Sorghum grain is mainly used for animal feed due to its high digestibility, but its potential as an ingredient in the human diet is not yet fully understood. Today, more than ever, consumers are demanding products that provide optimal health benefits.

Materials and methods of the research. The hybrids of the French selection Brigga and the American selection Milo W were used in the research, which have a number of important features such as drought and cold resistance, high adaptability and genetic resistance to certain aphid species, resistance to lodging and shattering.

The grain of the hybrids under study was grown during 2019-2021 in the Eastern Forest-Steppe at SD-Agro LLC, Izyum district, Kharkiv region. The soil of the experiment is typical chernozem with a deep humus profile, contains 5.0-6.0% humus, has good physical properties, an increased content of mobile forms of NPK and, in general, high biological activity.

The growing seasons of 2019 and 2020 can be described as dry, while 2021 was quite wet. The amount of precipitation by month varied significantly. Laboratory studies were carried out at the Institute of Bioenergy Crops and Sugar Beet of the National Academy of Agrarian Sciences. Sorghum grain was processed into whole grain cereals and flour and the main composition of nutrients was determined. The mass fraction of protein substances was determined by the Kjeldahl method, fat content by the Soxhlet method, starch content by the Evers method, and sugar content by the iodometric method.

The biochemical composition of the grain (starch, protein, dietary fibre, fat, ash, glucose) was determined by infrared spectroscopy according to DSTU 4117:2007 using Infracat 1241. The content of vitamins and amino acids was determined by liquid chromatography using a Chromos301 analyser.

Results of the study. In order to maximise the potential of any sorghum hybrid, it is necessary to study the feasibility of growing it under different predecessors using recommended technologies in the relevant agroclimatic zone. In our studies, in all years, the best predecessor was winter wheat, which provided the highest yield of the Brigga hybrid - 7.01 t/ha, and the Milo W hybrid - 6.16 t/ha. In the French-bred Brigga hybrid, the amount of proteins was significantly lower and ranged from 8.70 g after sunflower to 9.81 g after winter wheat. As for the amount of fat in sorghum grain, the same pattern was observed, the highest amount of fat in the Brigga hybrid was observed after winter wheat. Worse predecessors such as sorghum for grain and sunflower reduced the amount of fat to 2.06 and 3.14 g, and with the best predecessor the amount of fat was 2.64 and 3.64 g. The Milo W hybrid had a significantly higher amount of proteins and fats in sorghum grain under different predecessors than the Brigga hybrid. The amount of dietary fibre in the Milo W hybrid averaged 6.39 mg, Brigga - 4.64 mg. The highest values of these nutrients were observed when sorghum was grown under winter wheat as a predecessor. With other predecessors, there was a tendency to reduce the content of protein, fat and carbohydrates. In sorghum grain, vitamin B2 was significantly less than vitamin B1. Thus, in the grain of the Milo W hybrid, riboflavin was 0.15 mg/100 g, and in the Brigga hybrid, 0.13 mg/100 g, while in cereals and flour, the amount of vitamin B2 in both hybrids decreased almost twice.

Conclusion. The conducted three-year studies show that the French hybrid Brigga had a significantly higher yield than the American hybrid Milo W in the conditions of the Eastern Forest-Steppe of Ukraine. The average yield was 7.01 t/ha for the Brigga hybrid and 6.16 t/ha for the Milo W hybrid. During the years of research, the American hybrid Milo W stood out among the studied hybrids in terms of the content of proteins, fats and carbohydrates. Among the studied hybrids, the American hybrid Milo W had the highest content of these vitamins - 0.36, 0.56 and 0.34 mg/100 g, respectively. The tendency to decrease the content of B vitamins in cereals and flour was preserved in both hybrids. According to the results of the research, it was found that the content of vitamin PP is the highest in the grain of the American-bred hybrid Milo W (6.04 mg), and in the French-bred hybrid Brigga (4.97 mg). In cereals and flour, the content of this nutrient decreased in both hybrids by 0.5 and 3% in cereals and by 3 and 4.7% in flour. The grain of the American-bred Milo W hybrid had a vitamin E content of 0.52 mg/100 g, while the lower content of this vitamin was found in the grain of the French hybrid Brigga - 0.48 mg/100 g. During grain processing into cereals and flour, the amount of this nutrient decreased in both hybrids.

Key words: sorghum, yield, precursors, nutrients, grain, cereals