



**В. В. Любич,**  
 доктор сільськогосподарських наук,  
 професор кафедри технології зберігання і переробки зерна  
 Уманський національний університет садівництва  
 м. Умань, Україна  
 E-mail: LyubichV@gmail.com

## СУЧАСНІ ДОСЯГНЕННЯ КРУП'ЯНОГО ВИРОБНИЦТВА

Проаналізовано сучасний стан круп'яного виробництва. Висвітлено асортимент круп'яних продуктів та особливості отримання окремих їх видів. Встановлено, що асортимент круп'яних продуктів розширюється завдяки використанню малопоширених видів сільськогосподарських культур, а також застосуванням інноваційних складових технологій перероблення зерна. Особливо це стосується тритикале, пшениць спельти і полби. Обсяги виробництва зерна цих культур значно збільшились, тому перспективним є перероблення його на круп'яні продукти. Це зумовлено меншою матеріалоємністю круп'яних заводів порівняно із борошномельними комплексами, можливістю ефективного перероблення зерна на підприємствах низької продуктивності, меншими вимогами до технологічних властивостей сировини. З урахуванням якісних властивостей зерна малопоширених видів, можна побудувати ефективну маркетингову стратегію круп'яного заводу низької і середньої продуктивності. Крупи, отримані з зерна цих культур мають високу якість, завдяки біохімічним складовим (вміст білка, амінокислотний склад, вищий вміст біологічно активних сполук).

Одним із основних процесів круп'яного виробництва є водотеплове оброблення та луцення зерна. Водотеплове оброблення достовірно змінює його технологічні властивості. Енерговитрати на проведення зволоження та відволоження зерна нівелюються завдяки істотного збільшення кількості доброякісного ядра. У результаті цього відбувається збільшення виходу крупів, що мають більшу вартість. Такий процес відбувається на етапі луцення, що проходить після зволоження та відволоження зерна. В результаті використання водотеплового оброблення та зменшення тривалості луцення зерна можна досягти підвищення виходу крупи на 10–15 %, а енерговитрати зменшити на 50 %. Під час перероблення зерна пшениці збільшення тривалості луцення зумовлює поступове стирання поверхневих шарів, що містять основну кількість клітковини та харчових волокон. Застосування зволоження та відволоження зерна сприяє контрольованій зміні технологічних властивостей з фіксацією на оптимальному рівні. Позитивний вплив водотеплового оброблення під час перероблення зерна пшениці обґрунтовано, а відповідні процеси використовують у промисловості.

Висвітлено значення проведення водотеплового оброблення електромагнітним полем надвисокої частоти й його використання в технологічному процесі круп'яного виробництва. Крім цього, показано способи поліпшення харчової цінності крупи і перспективи виготовлення безглютенових продуктів.

**Ключові слова:** крупа, зерно, водотеплове оброблення, якість, круп'яні культури.

### V. V. Lyubych,

Doctor of Agricultural Sciences, Professor of the Department of Technology of Storage and Processing of Grain of the Uman National University of Horticulture (Uman), Ukraine

### MODERN ACHIEVEMENTS OF CEREAL PRODUCTION

The current state of cereal production is analyzed. The modern range of cereal products and the peculiarities of obtaining their certain types are highlighted. It has been established that the range of cereal products is expanding due to the use of less common types of crops, as well as the use of innovative elements of grain processing. This is especially regarding triticale, spelt wheat and emmer wheat. The grain production of these crops has increased significantly. So it is promising to process it into cereals. This is due to the lower material consumption of cereal plants compared to flour mills, the possibility of efficient grain processing in low producing enterprises, lower requirements to the technological properties of raw materials. Given the quality properties of less common grain types, it is possible to build an effective marketing strategy for low and medium producing cereal plant. Cereals obtained from the grain of these crops are of high quality due to biochemical components (protein content, amino acid composition, higher content of biologically active compounds).

One of the main processes of cereal production is water-heat treatment and grain husking. A significant change in the technological properties of grain as a result of its water-heat treatment is proved. Energy costs for grain moistening and softening level off by a significant increase in the number of high quality kernels. As a result, there is an increase in the yield of cereals, which have a higher cost. This process occurs at husking stage which follows after grain moistening and softening. As a result of the use of water-heat treatment and reducing the duration of grain husking, it is possible to increase the yield of cereals by 10–15 %, and energy consumption is reduced by 50 %. During wheat grain processing, the increase in husking duration causes a gradual abrasion of the surface layers which contain the main amount of fiber and dietary fiber. The use of grain moistening and softening contributes to the controlled change of technological properties with optimal level fixation. The positive effect of water-heat treatment during wheat grain processing has been proven, and the corresponding processes are used in industry.

The importance of water-heat treatment conducting with an ultrahigh frequency electromagnetic field and its use in the technological process of cereal production is highlighted. In addition, methods for improving the nutritional value of cereals and prospects for the production of gluten-free products are shown.

**Key words:** cereals, grain, water-heat treatment, quality, cereal crops.

**Постановка проблеми.** Крупи – харчовий продукт, який являє собою ціле або подрібнене зерно з повністю або частково звільненим від оболонки, алеїронового шару, зародка [1]. Крупа займає особливе місце в харчуванні. Якщо борошно використовується для виробництва хлібобулочних або кондитерських виробів, тобто є напівфабрикатом, то крупа – кінцевий продукт для приготування страв, а деякі види взагалі не вимагають кулінарного оброблення (сухі сніданки, легкі зерна) [2]. Круп'яні культури є стратегічними продуктами у забезпеченні продовольчої безпеки, що відрізняються серед інших стабільно широким попитом і споживанням завдяки своїй високій поживності та цінній доступності. В умовах пандемії коронавірусу і світової економічної кризи спостерігається зростання попиту на круп'яні культури на внутрішньому та зовнішньому агропродовольчих ринках [3]. Нині для виробництва круп використовують малопоширені види сільськогосподарських культур, які мають особливості під час перероблення та споживні властивості, що зумовлює необхідність узагальнення наукової інформації у цій галузі.

#### Аналіз останніх досліджень і публікацій.

Асортимент круп залежить від виду зернової культури і технології виготовлення. Залежно від виду зернової культури, з якої виготовлені крупи, їх поділяють на види (пшеничні, ячмінні, вівсяні, кукурудзяні, рисові, з проса, гречані тощо), а від технології виготовлення – на різновиди, номери і сорти [4]. Із технологічних операцій на формування асортименту крупів впливає водотеплове оброблення (звичайні, швидкорозварювані, що не потребують варіння), цілісність ядра (цілі, дроблені), спосіб оброблення поверхні (шліфовані, поліровані), розмір крупинок (номери), вміст доброякісного ядра і домішок (сорти). Із зерна гречки отримують ядрицю (звичайну і швидкорозварювану, для дитячого харчування), проділ (звичайний і швидкорозварюваний), манна, пластівці. Проса – пшоно шліфоване, пшоно шліфоване швидкорозварюване. Рису – рис шліфований і дроблений. Гороху – лущений цілий, лущений колений, швидкорозварювані, подрібнені №1, 2, манні з солоду горохового (№1, 2). Вівса – не подрібнені, плющені, для дитячого харчування, пластівці, толокно, толокно для дитячого харчування. Кукурудзи – шліфовані (№1, 2, 3, 4, 5), крупа для пластівців і легких зерен, подрібнені (№1, 2, 3), дрібні для виробництва паличок, борошно кукурудзяне. Ячменю – ячмінні перлові (№1, 2, 3, 4, 5), ячмінні ячні (№1, 2, 3), ячмінні швидкорозварювані (№1, 2, 3), ячмінні перлові зі скороченим терміном варіння (№1, 2, 3, 4, 5), пластівці ячмінні та перлові. Пшениці твердої – «Полтавські» (№1, 2, 3, 4), «Артек» (№5). Пшениці м'якої високосклоподібної – шліфована (ціла (№1, 2)), подрібнена шліфована (№1, 2, 3). Крім цього, виготовляють крупи пшеничні швидкорозварювальні (№1, 2, 3) та крупи пшеничні, що не потребують варіння (№1, 2). Крупи швидкорозварювані – це продукт, для споживання якого необхідно менша тривалість варіння (15–30 хв залежно від виду круп). Сировиною для їх виготовлення є звичайні крупи, які підлягають додатковому водотепловому і механічному обробленню. Крупу зволожують, відволожують, пропарюють, розпушують для розбивання грудочок, плющать і висушують. Крупи,

які не потребують варіння заливають кип'яченою водою або молоком, тривалість бубнявіння не більше як 10 хв. Отримують готовий продукт після миття і варіння під тиском упродовж 45–60 хв до повної готовності круп. Потім його підсушують, плющать і висушують до вологості 10 %. З крупів готують каші різної густоти, запіканки, пудинги, січеники тощо [5].

Важливе значення має сировина, з якої отримують крупу. Традиційно найпоширеніші гречка і просо. До круп'яних культур також належать умовно круп'яні ячмінь, овес, пшениця, кукурудза, горох, нут, сочевиця, рис. Серед них важливе продовольче значення займають гречка, просо, горох і сочевиця [3]. У структурі вітчизняного виробництва круп спостерігаються деякі зміни. Якщо раніше на першому місці в сумарному обсязі виробництва круп була гречана, яка має найбільший попит у населення, то нині її частка становить близько 19–20 %. Найвищу питому частку в цій структурі займають злакові культури, з яких отримують плющені, пластівці, лущені, обрушені та подрібнені крупи (крім рису). При цьому частка виробництва інших видів круп з вівса (ядро і подрібнена) у загальній їх структурі становить лише 4 %, пшоно (ядро) – 4, ячменю (перлова, подрібнена) – 4, кукурудзи (подрібнена) – 3 і пшениці (ціла, подрібнена) – 2 %. Нині значний попит також мають продукти типу «мюслі» на основі пластівців несмажених зернових культур та інші їх види [3].

Крупу можна отримувати з малопоширених видів пшениці (пшениця однозернянка, пшениця тургідна, пшениця полба, пшениця польська, пшениця карталійська, пшениця Тимофеева, пшениця спельта, пшениця Петропавлівського) тритикале, тритордеума, жита, проса африканського, чумизи, могогару, сорго, соризу, кіноа, бобів, люпину, квасолі, вігні, чини, доліхоса, каянуса [6].

За даними [7], злакові культури – один із основних світових джерел продовольства, що становить близько 300 млн тонн щорічно. Валове виробництво зерна в Україні в 2019 р. становило 75,1 млн т [8]. Продукти його перероблення споживаються в усьому світі [9].

Тритикале (*X Triticosecale Wittmack*) – вид зернової культури техногенного походження, отриманий гібридизацією пшениці й жита. Він був створений для поєднання господарсько-цінних властивостей батьківських форм. Висока енергія росту, холодостійкість і високий вміст білка жита й середні хлібопекарські характеристики клейковини пшениці. Ця культура має низку технологічних переваг порівняно з пшеницею та житом. Тритикале, порівняно з пшеницею, зазвичай добре розвивається в умовах абіотичного стресу [10]. Крім цього, воно характеризується високою стійкістю проти ураження основними грибовими хворобами [11]. Проте рослини не мають стійкості проти ураження *Claviceps purpurea* [12]. Біохімічні показники зерна тритикале змінюються в широкому діапазоні (табл. 1). За вмістом харчових волокон (пентозами,  $\beta$ -глюкан) воно переважає зерно пшениці, жита та ячменю.

Порівняно з пшеницею зерно тритикале містить більше лізину [13]. Вміст глютену в ньому на 20–30 % нижчий порівняно з пшеницею [14], містить більше харчових волокон. Продукти перероблення зерна тритикале мають високу кулінарну якість [15].

Біохімічний склад зерна, % на суху речовину [12]

Таблиця 1

Показник	Культура			
	Пшениця	Жито	Тритикале	Ячмінь
Крохмаль	52,1–64,5	46,5–59,7	52,7–63,9	42,3–58,1
Білок	7,6–15,8	5,6–11,3	6,8–16,0	6,7–14,3
Пентозани	3,5–7,0	5,9–10,2	9,1–14,0	5,8–7,5
Жир	1,7–2,2	1,3–2,7	1,5–2,4	1,9–3,5
$\beta$ -глюкан	0,3–1,2	1,3–1,7	0,8–3,0	3,1–5,5

Світове виробництво тритикале становить понад 20 млн т за рік, половина якого припадає на Німеччину й Польщу. Незважаючи на високі технологічні властивості зерна, борошно тритикале широко не використовують у харчовій промисловості. Значну частину зерна тритикале використовують для відгодівлі сільськогосподарських тварин [10]. Зерно тритикале має високі дієтичні властивості [16]. Складові частини зернівок позитивно впливають на кишківник, зменшують вивільнення та всмоктування глюкози, контролюють холестерин у крові. Очевидно, що продукти із зерна тритикале будуть мати подібний вплив на організм людини. Тому для того, щоб скористатися корисними харчовими властивостями, потрібно проводити дослідження якості зернопродуктів із тритикале.

Крім цього, круп'яне виробництво приваблює для інвестування завдяки низьким ризикам капіталовкладень. Враховуючи великі обсяги [10] виробництва зерна тритикале та його високі технологічні властивості, виникає необхідність пошуку раціональних способів його перероблення. Недостатня кількість інформації про круп'яні властивості зерна тритикале призводить до зменшення ефективності переробних виробництв [17].

Розроблено структуру технологічного процесу лущення зерна тритикале, що передбачає оброблення сировини за початкової вологості 12,0–14,0 % на лущильниках без використання водотеплового оброблення, до індексу лущення 9–11 %. Застосування таких складових технологічного процесу забезпечує вихід цілої крупи за початкової вологості зерна 12,0 % – 81,7, 13,0 % – 84,1 і за 14,0%-й вологості – 83,6 %. Кулінарна оцінка каші, отриманої з крупи із тритикале подрібненої № 1 становить 7,8 бала. Вихід крупів із тритикале подрібнених № 2 і 3 становить 74,1–77,1 %, а їх кулінарна оцінка – відповідно 8,6 і 8,8 бала [18].

Під час виробництва крупи тритикалевої плющеної рекомендовано використовувати крупу із тритикале № 1. При цьому пропарювання слід проводити за тиску насиченої пари 0,15 МПа впродовж 5 хв з такою ж тривалістю відволоження. Вихід крупи плющеної становить 92,4 %, з тривалістю варіння 12–13 хв і кулінарною оцінкою 8,6 бала [19].

Встановлено [20], що в технології виробництва крупи із тритикале оптимально зволожувати зерно фракції 2,8–3,2×20 до вологості 14,0 % з тривалістю лущення 100 с. Застосування таких параметрів оброблення дозволяє отримати 88,8 % крупи цілої з кулінарною оцінкою 6,7 бала за дев'ятибальною шкалою, що відповідає задовільному результату. Істотне поліпшення кулінарної оцінки крупи (на 1 бал), досягається збільшенням загальної тривалості їх лущення до 140 с. При цьому вихід крупи знижується в середньому на 4,7 % (до 83,8 %).

Активне використання зерна спельти як продовольчої сировини розпочалося недавно [21]. Це зумовлено її нижчою врожайністю порівняно з традиційними пшеницями. Проте підвищений вміст білка, збалансований за амінокислотним складом, вигідно вирізняє зерно спельти для виробництва продуктів дієтичного харчування [22]. Значна вартість зерна та попит на продукти його перероблення зумовлюють велику рентабельність вирощування зерна спельти.

Відновлення інтересу до плівчастих пшениць пов'язане з їх високою харчовою цінністю, придатністю для органічного землеробства та селекційно-генетичного поліпшення пшениці м'якої. Значний інтерес до спельти обумовлений також вищою врожайністю, порівняно з іншими плівчастими видами. За технологічними властивостями борошно із зерна спельти найбільш подібне до борошна пшениці м'якої. Крім цього, плівчасті пшениці поглинають більше мінеральних елементів із ґрунту, тому містять більше золи порівняно з сучасними сортами пшениці м'якої [23].

Незважаючи на подібність зерна спельти до пшениці м'якої, оболонки спельти мають сильні зв'язки із зерном, які не відокремлюються під час обмолоту [24]. Це зумовлює необхідність додаткового очищення зерна

спельти. Враховуючи особливості будови колоса і зернівки спельти, існуючі режими перероблення зерна традиційних пшениць на крупи необхідно науково обґрунтувати.

На основі експериментальних і виробничих досліджень розроблено технологічну схему виробництва круп'яних продуктів із зерна пшениці спельти. Оптимальним водотепловим обробленням є зволоження зерна до вологості 15,0–15,5 % з відволоженням упродовж 30–60 хв з індексом лущення 11–13 %. Вихід крупи (87 %) з пшениці спельти № 1 вищий на 24,6 %, круп подрібнених (78 %) – на 14,1–19,3 % порівняно з існуючою технологією виробництва крупи із пшениці м'якої подрібненої. При цьому крупа швидко вариться (18–25 хв) і має дуже високу загальну кулінарну оцінку (8,6–9,0 бала) [25].

Для виробництва крупи плющеної з пшениці спельти доцільно використовувати крупу № 1 без додаткового сортування. Крупу зволожують, пропарюють у пропарнику безперервної дії за тиску насиченої пари 0,15 МПа упродовж 5 хв і відвожують у термоізолюваному бункері впродовж 5 хв. За вологості крупи 20 %, після водотеплового оброблення, вона не потребує додаткового підсушування. Після темперування, зерно плющать на плющильному верстаті за диференціалу 1 : 1. Крупу плющену сушать до вологості 14 % й отримують проходом сита Ø 6,5 мм і сходом сита Ø 3,5 мм на розсіюнику. Перед аспіраційною мережею встановлюють магнітний сепаратор. Така технологія отримання крупи плющеної з пшениці спельти скорочує тривалість варіння каші на 5 хв порівняно з технологією виробництва швидкорозварюваних пшеничних круп. Крім цього, технологія має скорочену схему виробництва і з меншими енергосиловими витратами [26].

Пшениця полба або двозернянка (*Triticum dicoccon* (Schrank) Schuebl) – вид плівкової пшениці. Вважається, що цей вид походить від дикої близькосхідної пшениці *Triticum dicoccoides* Schweinf. (дикої полби). Представники пшениці полби характеризуються витривалістю до надлишкового зволоження й посухи, холодостійкістю. Крім цього, толерантні до низьки грибкових хвороб, невибагливі до родючості ґрунту. Виявлена стійкість пшениці полби до борошністої роси і бурої іржі за органічного землеробства. Зерно в колосі захищене від шкідників і несприятливих зовнішніх впливів щільним обхватом квітковими і колосковими лусками. Зважаючи на ці переваги, пшениця полба широко впроваджується в органічне землеробство (Organic Farming) [27].

Біохімічні показники зерна пшениці полби змінюються в широкому діапазоні. При цьому відмічається подібність хімічного складу і технологічних показників із пшеницею твердою. Вміст основних складових зерна такий: білок від 12,7 до 25,7 %; крохмаль від 50,0 до 66,2; ліпіди від 0,9 до 4,9; клітковина від 1,0–2,17 % [28]. Зерно пшениці полби якісно відрізняється від пшениці м'якої за харчовою цінністю [29]. Лютеїну більше міститься в пшениці полбі, що виражається жовтим відтінком борошна. Значний його вміст може бути вагомим для профілактики розладів зору. Зерно пшениці полби містить більше селену, заліза, мангану, цинку й міді порівняно з пшеницею м'якою [30].

Світове виробництво пшениці полби становить близько 1 % від загального обсягу вирощування пшениці [31]. Проте спостерігається стабільне зростання обсягів її виробництва, зокрема у розвинутих країнах Європи і Північної Америки. У харчовій промисловості з пшениці полби виготовляють крупи і борошно. Зерно полби має високі дієтичні властивості. Внаслідок повільнішого засвоєння крохмалю пшениця полба має низьке значення глікемічного індексу. Також, вона містить менше алергенних речовин, ніж пшениця м'яка й спельта. Продукти перероблення зерна полби мають високу кулінарну якість [32].

Найбільший вплив на вихід круп'яних продуктів із пшениці полби зумовлює тривалість лущення. Консистенція ендосперму впливає менше, проте достовірно. Застосування склоподібного зерна забезпечує вищий вихід цілої крупи. Вплив початкової вологості зерна

перед луценням істотно менший, проте достовірний. Під час луцення зерна від 20 до 180 с найбільший вихід крупи за початкової вологості (12 %) для склоподібного зерна становить 99,6 % і для борошністого – 98,2 %. Зволоження та відволоження зерна пшениці полби не підвищує вихід крупи порівняно з луценням зерна за вологості 12–13 %. Кулінарна якість крупи також найбільше залежить від тривалості луцення. Параметри водотеплового оброблення впливають на кулінарну якість неістотно. Високий показник кулінарної оцінки (6,6–8,0 бала) мають крупи із тривалістю луцення впродовж 40–100 с, що в середньому відповідає індексу луцення 5–9 %. Під час виробництва цілої крупи із зерна пшениці полби оптимально луцяти склоподібне зерно за вологості 12,0–13,0 %. Тривалість луцення такого зерна повинна становити 40–120 с (вихід крупи 92–97 %) для отримання крупи з високими показниками якості та 120–140 с (вихід крупи 86–90 %) – з дуже високими [33].

Вихід крупи плющеної вищого сорту із зерна пшениці полби залежить від тривалості луцення, пропарювання та відволоження. Найбільший ступінь впливу має проведення луцення. Відволоження має достовірний вплив, проте менший. Слід відзначити, що каша, отримана із крупи з низьким індексом луцення (0–6,9 %) характеризується високою загальною кулінарною оцінкою, що зумовлено особливостями виду пшениці полби. Дуже високу загальну кулінарну оцінку (8,7 бала) має каша за 11,6%-го індексу луцення. Під час виробництва крупи плющеної із зерна пшениці полби раціонально пропарювати крупу цілу впродовж 6–9 хв і відволожувати 3 хв. Крупа, що отримана за рекомендованих режимів характеризується високою кулінарною оцінкою – 7,7–8,1 бала [34].

При підготовці зерна до помелу прагнуть максимально розрушити ендосперм, зруйнувати його щільну структуру завдяки його розпушуванню в процесі водотеплового оброблення, то в круп'яному виробництві цей процес має протилежне завдання. Для вироблення крупи у вигляді цілого ядра необхідно за допомогою спеціально підібраних режимів водотеплового оброблення підвищити міцність ендосперму, щоб за подальших технологічних операцій зберегти його цілісність. У цьому випадку створюються умови для отримання крупи найкращої якості. Тому виникає постійна потреба наукового обґрунтування виробництва круп, особливо з нової сировини [35].

Одним із перспективних способів проведення водотеплового оброблення є застосування мікрохвильового нагрівання. Цей метод інтенсивно застосовують у технології багатьох зернопродуктів [36]. Результати досліджень С. Qu et al. [37] показали, що вплив мікрохвильового нагрівання (електромагнітне поле надвисокої частоти) (700 Вт) упродовж 20 с на клейковину, властивості фаринографа та в'язкість впливали неістотно. Аналіз текстурного профілю показав, що хліб, виготовлений із пшениці, обробленої електромагнітним полем надвисокої частоти упродовж 20 с, був м'якшим і мав вищі кулінарні властивості. Мікрохвильове оброблення зерна понад 20 с пошкоджувало клейковину, а борошно було непридатним для приготування хліба. Проте таке зерно можна використовувати для виготовлення інших продуктів, у тому числі крупи. Крім цього, такий спосіб підготовки зерна інактивує ферменти ліпазу та ліпооксигеназу, а також зменшує кількість мікроорганізмів, що збільшує тривалість зберігання продукту.

Встановлено [38], що на вихід крупи плющеної вищого сорту найбільше впливає тривалість опромінення. Вплив зволоження на вихід цієї крупи був менший, проте істотний. Проведення зволоження зерна пшениці полби на 1,0 % дозволяє підвищити вихід крупи плющеної вищого сорту від 89,6 до 92,3 %. Тривалість опромінення при цьому скорочується від 100 до 80 с. Параметри водотеплового оброблення зерна не впливають на кулінарну якість готового продукту. Термін варіння крупи вищого сорту зменшувався від проведення зволоження та опромінення зерна. За найнижчого опромінення зерна (20 с) термін варіння крупи вищого сорту становив 19,1 хв, а після тривалого (180

с) – 15,9 хв. У технології виробництва крупи плющеної цільнозернової з пшениці полби є можливим використання нелущеного зерна. Для одержання найвищого виходу крупи плющеної вищого сорту тривалість опромінення електромагнітним полем надвисокої частоти незалежно від сировини (зерно/крупа № 1) становить 80–100 с за зволоження на 0,5–1,0 %. Загальний вихід круп за цих режимів становить 85,5–96,5 %.

Застосування електромагнітного опромінення впливає на функціональні характеристики борошна: підвищує желатинізацію, в'язкість і гідрофільність продукту. Властивості різних видів борошна стають подібними, що робить можливість використовувати їх у сумішах (наприклад, бобово-злакові). Крім цього, цей процес може бути корисним у виробництві інших продуктів [39].

У крупі міститься недостатня кількість незамінних амінокислот, а також кальцію, заліза та вітамінів. За споживними якостями вона поступається м'ясу та молоку. Підвищити її цінність можна різними способами. Якщо змішати зерно з різними білковими і вітамінними добавками у певному співвідношенні, то можна одержати суміш з білково-вітамінним комплексом. Нині розроблено технологію виробництва крупи підвищеної споживної цінності. Нові види крупів є комбінованими продуктами, які виробляють на основі натуральної круп'яної сировини з додаванням речовин тваринного (знежирене сухе молоко, сухий яєчний білок, м'ясний порошок) або рослинного (горох, соя, білкові ізоляти) походження, вітамінів і мінеральних речовин. Процес виробництва збагаченої крупи нескладний. Крупу (зазвичай гречану, рисову, вівсяну, горохову) розмелюють у борошно. Потім додають складові рецептури. Після цього ретельно перемішують і подають у прес, матриці якого дають змогу виготовляти крупу певної форми й розмірів, подібно до рисової, гречаної або горохової. Після пресування крупу пропарюють, підсушують до вологості 12–13 %, сортують за розміром, пропускають через магнітні машини й фасують. Вироблені таким способом крупи мають добрі смакові якості, швидко розварюються (15–20 хв). Іншим способом збагачення круп є оброблення її розчинами макро- і мікроелементів, вітамінами з водостійкими речовинами – спиртовий розчин стеаринової кислоти, зеїну, абіетинової кислоти [5].

Нині проводяться значні дослідження щодо безглютенових продуктів. Перспективною сировиною для цього є зернові бобові культури, просоподібні та кіноа [40]. Проте зерно кукурудзи і кіноа бідне на білок, вітаміни і мінеральні елементи, а бобові культури не завжди мають популярність [41]. Слід відзначити, що технологією [5] зерно цих культур, навіть низькобілкове, може бути використано для виробництва високоякісних безглютенових продуктів.

**Висновки.** Проаналізовано сучасний стан круп'яного виробництва. Встановлено, що асортимент круп'яних продуктів розширюється завдяки використанню малопоширених видів сільськогосподарських культур. Особливо тритикале, пшениці спельти і пшениці полби. Крупи, отримані із зерна цих культур мають високу якість, завдяки біохімічним складовим (вміст білка, амінокислотний склад, вищий вміст біологічно активних сполук). Висвітлено значення проведення водотеплового оброблення електромагнітним полем надвисокої частоти та його використання у технологічному процесі круп'яного виробництва. Крім цього, показано способи поліпшення харчової цінності крупи і перспективи виготовлення безглютенових продуктів.

#### Література

1. Любич В. В., Новіков В. В., Лещенко І. А. Технологічні властивості зерна різних видів пшениці залежно від генотипу. Таврійський науковий вісник. 2020. Вип. 114. С. 63–69.
2. Liubych V. V., Tretiakova S. O., Melnik D. S. Optimization of groats production at processing of spelt grain. Вчені записки Таврійського національного університету імені В.І.

Вернадського. 2020. Том 31 (70), №5. С. 184–189.

3. Кернасюк Ю. В. Ринок круп'яних культур у 2020 році: аналітика та прогнози. Агробізнес сьогодні. 2020. Режим доступу – <http://agro-business.com.ua/agro/ekonomichniyi-hektar/item/17395-rynok-krupianykh-kultur-u-2020-rotsi-analytika-ta-prohnozy.html>.

4. Технологія зберігання зерна з основами захисту від шкідників: Навч. посіб. / Н.М. Осокіна, І.І. Мостов'як, О.П. Герасимчук, В.В. Любич, К.В. Костецька, Н.П. Матвієнко. Київ: ННЦ «ІАЕ», 2016. 181 с.

5. Осокіна Н. М., Герасимчук О. П., Матвієнко Н. П. Технологія зберігання та переробки зерна. Київ: ТОВ «Книга-плюс», 2012. 320 с.

6. Rahaman T., Vasiljevic T., Ramchandran L. Shear, heat and pH induced conformational changes of wheat gluten-impact on antigenicity. *Food Chem.* 2016. Vol. 196. P. 180–188.

7. Agriculture, Forestry and Fishery Statistics – 2016 Edition. [(accessed on 10 September 2018)]; Available online: <https://ec.europa.eu/eurostat/web/products-statistical-books/-/KS-FK-16-001>.

8. Площі, валові збори та урожайність сільськогосподарських культур за їх видами та по регіонах у 2019 році. Режим доступу: <http://www.ukrstat.gov.ua/>.

9. Burdo O., Bandura V., Zykov A., Zozulyak I., Levtrinskaya J., Marenchenko E. Development of wave technologies to intensify heat and mass transfer processes. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies.* 2017. Vol. 4, Issue 11 (88). P. 34–42.

10. Furman B. J. Triticale. Reference Module in Food Science. 2016. Vol. 3. P. 298–303.

11. Киселева М. И., Коломиец Т. М., Пахолкова Е. В., Жемчужина Н. С., Любич В. В. Дифференциация сортов озимой мягкой пшеницы (*Triticum aestivum* L.) по устойчивости к наиболее вредоносным возбудителям грибных болезней. *Биология растений.* 2016. №. 51 (3). С. 299–309.

12. Jimenez L., Morales-Osorio A., Martinez M. Forage yield, chemical composition and in vitro gas production of triticale varieties (x *Triticosecale* Wittmack) preserved by silage or hay. *Acta Agron.* 2018. Vol. 67, Issue 3. P. 431–437.

13. Mergoum M., Singh P. K., Pen R. J., Lozano-del A. J., Cooper K. V., Salmon D. F., Macpherson H. Triticale: A "New" Crop with Old Challenges. *Cereals.* 2009. P. 267–287.

14. Karl F. Technology of main ingredients – water and flours. *Wafer and Waffle.* 2017. P. 115–121.

15. Wrigley C., Bushuk W. Triticale: Grain-Quality Characteristics and Management of Quality Requirements. *Cereal Grains.* 2017. P. 174–194.

16. Salmon D.F., Mergoum M., Macpherson H. Triticale production and management. *FAO Plant Production and Protection Paper.* 2004. No. 179. P. 27–36.

17. Laskowski W., Górska-Warsewicz H., Rejman K., Czacotko M., Zwolińska J. How Important are Cereals and Cereal Products in the Average Polish Diet? *Nutrients.* 2019. No 11 (3). P. 66–79.

18. Якість зерна тритикале та продуктів його перероблення: моногр. / Г. М. Господаренко, В. В. Любич, В. В. Новіков, В. В. Железна; за заг. ред. Г. М. Господаренка. Київ: ТОВ «СІК ГРУП УКРАЇНА», 2019. 176 с.

19. Дмитрук Є. А., Любич В. В., Новіков В. В. Вихід крупки плющеної із зерна тритикале залежно від ступеня його лушніння та режиму водно-теплого обробки. *Зернові продукти і комбікорми.* 2015. №3. С. 23–27.

20. Дмитрук Є.А., Любич В. В., Новіков В. В., Полянецька І. О. Вплив вологості зерна тритикале озимого та тривалості відволоження на вихід ядра. *Наукові праці ОНАХТ.* 2014. Вип. 46, Т. 2. С. 19–23.

21. Poltoretskyi S., Hospodarenko H., Liubych V., Poltoretska N., Demydas H. Genetic origin and spreading of *Triticum spelta* L. *Journal of Food, Agriculture and Environment.* 2018. Vol. 16, Issue 3–4. P. 24–28.

22. Hospodarenko H., Karpenko V., Liubych V., Novikov V. Characterization of amino acid content of grain of new wheat varieties and lines. *Agricultural Science and Practice.* 2018. Vol. 5, Issue 3. P. 12–18.

23. Пшениця спельта. Г. М. Господаренко, П. В. Костогриз, В. В. Любич, Ф. М. Парій, С. П. Полторецький, І. О. Полянецька, Л. О. Рябовол, Я. С. Рябовол, О. Г. Сухомуд. За заг. ред. Г. М. Господаренка. Київ: ТОВ «СІК ГРУП УКРАЇНА», 2016. 312 с.

24. Akel W., Thorwarth P., Mirdita V., Weissman E. A., Liu G., Würschum T., Longin C. F. H. Can spelt wheat be used as heterotic group for hybrid wheat breeding? *Theoretical and Applied Genetics.* 2018. Vol. 131, Issue 4. P. 973–984.

25. Любич В. В., Полянецька І. О. Якість цілої крупки із зерна спельти залежно від індексу лушніння та водно-теплого обробки. *Вісник Уманського НУС. Умань.* 2015. № 2. С. 34–39.

26. Осокіна Н. М., Любич В. В., Возян В. В. Вихід і якість крупки плющеної з пшениці спельти залежно від елементів технології переробки. *36. наук. пр. Уманського НУС.* 2017. Вип. 90. С. 91–98.

27. Caballerol Martín L. M., Alvarez J. B. Collection and characterisation of populations of spelt and emmer in Asturias (Spain). *Czech Journal of Genetics and Plant Breeding.* 2005. Vol. 41. P. 175–178.

28. Laghetti G., Fiorentino G., Hammer K., Pignone D. On the trail of the last autochthonous Italian einkorn (*Triticum monococcum* L.) and emmer (*Triticum dicoccon* Schrank) populations: a mission impossible? *Genetic Resources and Crop Evolution.* 2009. Vol. 56(8). P. 1163–1170.

29. Lacko-Bartošová M., Čurná V., Lacko-Bartošová L. Emmer – ancient wheat suitable for ecological farming. *Research Journal of Agricultural Science.* 2015. Vol. 47(1). P. 3–10.

30. Čurná V., Lacko-Bartošová M. Chemical composition and nutritional value of emmer wheat (*Triticum dicoccon* Schrank): a review. *Journal of Central European Agriculture.* 2017. Vol. 18(1). P. 117–134.

31. Zaharieva M., Ayana N. G., Hakimi A. A., Misra S. C., Monneveux P. Cultivated emmer wheat (*Triticum dicoccon* Schrank), an old crop with promising future: a review. *Genetic Resources and Crop Evolution.* 2010. Vol. 57 (6). P. 937–962.

32. Dhanavath S., Prasada Rao U. J. S. Nutritional and nutraceutical properties of *Triticum dicoccon* wheat and its health benefits: An overview. *Journal of Food Science.* 2017. Vol. 82(10). P. 2243–2250.

33. Любич В. В., Лещенко І. А. Вихід і якість цілої крупки із зерна пшениці полби залежно від консистенції ендосперму та водотеплого оброблення. *Вісник аграрної науки Причорномор'я.* 2020. Вип. 2 (106). С. 71–79

34. Любич В. В., Лещенко І. А., Сторожик Л. І., Войтовська В. І. Вихід і якість подрібненої крупки із зерна пшениці полби. *Агробіологія.* 2020. №2 (158). С. 79–90.

35. Осокіна Н. М., Любич В. В., Новіков В. В., Лещенко І. А. Вихід крупки плющеної із пшениці полби залежно від тривалості опромінення ЕМП НВЧ і водотеплого оброблення. *Збірник наукових праць Уманського НУС.* 2020. Вип. 96, ч. 1. С. 52–71.

36. Bucsellá B., Takács Á., Vizer V., Schwendener U., Tömösközi S. Comparison of the effects of different heat treatment processes on rheological properties of cake and bread wheat flours. *Food Chem.* 2016. Vol. 190. P. 990–996.

37. Qu C., Wang H., Liu S., Wang F. Effects of microwave heating of wheat on its functional properties and accelerated storage. *J Food Sci Technol.* 2017. Vol. 54. P. 3699–3706.

38. Osokina N., Liubych V., Novikov V., Leshchenko I., Pryhodko V., Petrenko V., Khomenko S., Zorunko V., Balabak O., Moskalets V., Moskalets T. Effect of Electromagnetic Irradiation of Emmer Wheat Grain on the Yield of Flattened Wholegrain Cereal. *Eastern European Journal of Enterprise Technologies.* 2020. Vol. 5, No 6 (108). P. 40–51.

39. Seema A., Ghufuran S.S.M., Asad S.S. Impact of microwave treatment on the functionality of cereals and legumes. *Int J Agric Biol.* 2012. Vol. 14. P. 365–370.

40. Marston K., Khouryieh H., Aramouni F. Effect of heat treatment of sorghum flour on the nutritional properties of gluten-free bread and cake. *LWT Food Sci Technol.* 2016. Vol. 65. P. 637–644.

41. Gómez M., Martínez M.M. Changing flour functionality through physical treatments for the production of gluten-free

baking goods. *J Cereal Sci.* 2016. Vol. 67. P. 68–74.

### References

1. Любич, V.V., Novikov V.V., Leshchenko, I.A. Technological properties of grain of different types of wheat depending on genotype. *Taurian Scientific Bulletin*, 2020, no. 114, pp. 63–69.
2. Liubych, V. V., Tretiakova, S. O., Melnik, D. S. Optimization of groats production at processing of spelt grain. *Scientific notes of Tavriya National University named after VI Vernadsky*, 2020, no. 31, pp. 184–189.
3. Kernasyuk, Yu. V. The market of cereals in 2020: analysis and forecasts. *Agribusiness today*, 2020 Available at <http://agro-business.com.ua/agro/ekonomichniy-hektar/item/17395-rynok-krupianykh-kultur-u-2020-rotsi-analytyka-ta-prohnozy.html> (Accessed April 28, 2021).
4. Osokina, H.M., Mostovyak, I.I., Gerasimchuk, O.P. et al. (2016). Technology of grain storage with the basics of pest protection. Kyiv: NSC "IAE". 181 p.
5. Osokina, H.M., Mostovyak, I.I., Gerasimchuk, O.P. (2012). Technology of storage and processing of grain. Kyiv: Book-Plus LLC. 320 p.
6. Rahaman, T., Vasiljevic, T., Ramchandran, L. Shear, heat and pH induced conformational changes of wheat gluten-impact on antigenicity. *Food Chem.*, 2016, no. 196, pp. 180–188.
7. Agriculture, Forestry and Fishery Statistics – 2016 Edition. Available online: <https://ec.europa.eu/eurostat/web/products-statistical-books/-/KS-FK-16-001> (Accessed April 28, 2021).
8. Areas, gross harvests and crop yields by their types and by regions in 2019. Available online: <http://www.ukrstat.gov.ua/>. (Accessed April 28, 2021).
9. Burdo, O., Bandura, V. et al. Development of wave technologies to intensify heat and mass transfer processes. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 2017, no. 4, pp. 34–42.
10. Furman, B. J. Triticale. Reference Module in Food Science, 2016, no. 3, pp. 298–303.
11. Kiseleva, M. I., Kolomiets, T. M. et al. The differentiation of winter wheat (*Triticum aestivum* L.) cultivars for resistance to the most harmful fungal pathogens. *Agricultural biology*, 2016, no. 3, pp. 299–309.
12. Jimenez, L., Morales-Osorio, A., Martinez, M. Forage yield, chemical composition and in vitro gas production of triticale varieties (x *Triticosecale* Wittmack) preserved by silage or hay. *Acta Agron.*, 2018, no. 67, pp. 431–437.
13. Mergoum, M., Singh, P. K. et al. Triticale: A "New" Crop with Old Challenges. *Cereals*, 2009, pp. 267–287.
14. Karl, F. Technology of main ingredients – water and flours. *Wafer and Waffle*, 2017, pp. 115–121.
15. Wrigley, C., Bushuk, W. Triticale: Grain-Quality Characteristics and Management of Quality Requirements. *Cereal Grains*, 2017, pp. 174–194.
16. Salmon, D.F., Mergoum, M., Macpherson, H. Triticale production and management. *FAO Plant Production and Protection Paper*, 2004, no. 179, pp. 27–36.
17. Laskowski, W., Górska-Warsewicz, H. How Important are Cereals and Cereal Products in the Average Polish Diet? *Nutrients*, 2019, no 11 (3), pp. 66–79.
18. Hospodarenko, G.M., Liubych, V.V. et al. (2019). Quality of triticale grain and products of its processing. Kyiv: Sik group Ukraine. 176 p. (in Ukrainian).
19. Dmytruk, E.A. Lyubich, V.V., Novikov, V.V. Yield of flattened triticale grain depending on the degree of its peeling and the mode of water-heat treatment. *Grain products and feed*, 2015, no. 3, pp. 23–27.
20. Dmytruk, E.A. Lyubich, V.V. et al. Influence of winter triticale grain moisture and dehumidification duration on kernel yield. *Scientific works of ONAHT*, 2014, no. 46, pp. 19–23.
21. Poltoretskyi, S., Hospodarenko, H. et al. Genetic origin and spreading of *Triticum spelta* L. *Journal of Food, Agriculture and Environment*, 2018, no. 16, pp. 24–28.
22. Hospodarenko, H., Karpenko, V. et al. Characterization of amino acid content of grain of new wheat varieties and lines. *Agricultural Science and Practice*, 2018, no. 5, pp. 12–18.
23. Hospodarenko, G.M., Kostogryz, V.P., Liubych, V.V. et al. (2016). Wheat spelt. Kyiv: Sik group Ukraine. (in Ukrainian).
24. Akel, W., Thorwarth, P. Can spelt wheat be used as heterotic group for hybrid wheat breeding? *Theoretical and Applied Genetics*, 2018, no. 131, pp. 973–984.
25. Lyubych, V.V., Polyanetska, I.O. Quality of whole grain from spelled grain depending on the index of peeling and water-heat treatment. *Bulletin of Uman NUS*. Uman, 2015, no. 2, pp. 34–39.
26. Osokina, N.M., Lyubich, V.V., Voziyan, V.V. Yield and quality of spelled wheat depending on the elements of processing technology. *Coll. Science*. Uman NUS, 2017, no. 90, pp. 91–98.
27. Caballerol Martín, L. M., Alvarez, J. B. Collection and characterisation of populations of spelt and emmer in Asturias (Spain). *Czech Journal of Genetics and Plant Breeding*, 2005, no. 41, pp. 175–178.
28. Laghetti, G., Fiorentino, G., Hammer, K., Pignone, D. On the trail of the last autochthonous Italian einkorn (*Triticum monococcum* L.) and emmer (*Triticum dicoccon* Schrank) populations: a mission impossible? *Genetic Resources and Crop Evolution*, 2009, no. 56(8), pp. 1163–1170.
29. Lacko-Bartošová, M., Curná, V., Lacko-Bartošová L. Emmer – ancient wheat suitable for ecological farming. *Research Journal of Agricultural Science*, 2015, no. 47(1), pp. 3–10.
30. Čurná, V., Lacko-Bartošová, M. Chemical composition and nutritional value of emmer wheat (*Triticum dicoccon* Schrank): a review. *Journal of Central European Agriculture*, 2017, no. 18(1), pp. 117–134.
31. Zaharieva, M., Ayana, N. G., Hakimi, A. A., Misra, S. C., Monneveux, P. Cultivated emmer wheat (*Triticum dicoccon* Schrank), an old crop with promising future: a review. *Genetic Resources and Crop Evolution*, 2010, no. 57 (6), pp. 937–962.
32. Dhanavath, S., Prasada Rao, U. J. S. Nutritional and nutraceutical properties of *Triticum dicoccon* wheat and its health benefits: An overview. *Journal of Food Science*, 2017, no. 82(10), pp. 2243–2250.
33. Lyubich, V.V., Leshchenko, I.A. Yield and quality of whole grain from spelled wheat grain depending on the consistency of endosperm and water-heat treatment. *Bulletin of Agrarian Science of the Black Sea Region*, 2020, no. 2 (106). pp. 71–79.
34. Lyubych, V.V., Leshchenko, I.A., Storozhyk, L.I., Voitovska, V.I. Yield and quality of crushed groats from spelled wheat grain. *Agrobiologia*, 2020, no. 2 (158), pp. 79–90.
35. Osokina, N.M., Lyubich, V.V., Novikov, V.V., Leshchenko, I.A. Yield of spelled flattened from wheat spelled depending on the duration of microwave EMF irradiation and water heat treatment. *Collection of scientific works of Uman NUS*, 2020, no. 96, pp. 52–71.
36. Bucsell, B., Takács, Á., Vizer, V., Schwendener, U., Tömösközi, S. Comparison of the effects of different heat treatment processes on rheological properties of cake and bread wheat flours. *Food Chem.*, 2016, no. 190, pp. 990–996.
37. Qu, C., Wang, H., Liu, S., Wang, F. Effects of microwave heating of wheat on its functional properties and accelerated storage. *J Food Sci Technol.*, 2017. no. 54, pp. 3699–3706.
38. Osokina, N., Liubych, V. et al. Effect of Electromagnetic Irradiation of Emmer Wheat Grain on the Yield of Flattened Wholegrain Cereal. *Eastern European Journal of Enterprise Technologies*, 2020, no. 6 (108), pp. 40–51.
39. Seema, A., Ghufuran, S.S.M., Asad, S.S. Impact of microwave treatment on the functionality of cereals and legumes. *Int J Agric Biol.*, 2012, no. 14, pp. 365–370.
40. Marston, K., Khouryieh, H., Aramouni, F. Effect of heat treatment of sorghum flour on the functional properties of gluten-free bread and cake. *LWT Food Sci Technol.*, 2016, no. 65, pp. 637–644.
41. Gómez, M., Martínez, M.M. Changing flour functionality through physical treatments for the production of gluten-free baking goods. *J Cereal Sci.*, 2016, no. 67, pp. 68–74.