



Вечерська Л. А.,
аспірант, м.н.с. лабораторії генетики,
біотехнології та якості,
E-mail: lyudmila_vecherska@ukr.net



Реліна Л. І.,
к.б.н., с.н.с. лабораторії генетики,
біотехнології та якості,
E-mail: lianaisaakovna@gmail.com



Голік О. В.,
доктор с. - г. н., зав. лабораторії селекції пшениці ярої,
Інститут рослинництва ім. В. Я. Юр'єва НААН, Україна
E-mail: golik.oleg.vi@gmail.com

ПШЕНИЦЯ ПОЛБА: ПЕРЕВАГИ, НЕДОЛІКИ І ПЕРСПЕКТИВИ

Анотація. Забезпечення здорового харчування є найважливішою причиною, що за останні десятиріччя призвело до підвищення зацікавленості малопоширеними видами пшениці. Успіхи у селекції пшениці призвели до зростання урожайності, але з погіршенням якості зерна внаслідок зниження вмісту білка, вітамінів і мінералів у зерні. Пшениця полба (*Triticum dicoccum* (Schrank) Schuebl. ($2n = 4x = 28$)) є прачщуром культурної пшениці і вважається потенційним джерелом генів важливих агрономічних ознак, включаючи якість зерна. Мета цього огляду полягає у висвітленні переваг пшениці полби в порівнянні з сучасними сортами м'якої та твердої пшениць. Детально розглянуто основні показники якості зерна пшениці полби (вміст білка, каротиноїдних пігментів, дієтичних волокон, мікроелементів, деяких антиоксидантних сполук) та показано її переваги для здорового харчування. Особливої уваги приділено розгляду антигіперглікемічних властивостей пшениці полби.

Ризики генетичної ерозії культурних рослин та пов'язані з ними ймовірні наслідки для сільського господарства зараз вимагають використання нереалізованого потенціалу пшениці полби. Цей огляд надає детальну інформацію про пшеницю полбу для полегшення використання її потенціалу в селекції.

Ключові слова: полба, якість зерна, мікронутрієнти, генетичні джерела, харчова цінність.

Вечерская Л. А.

аспірант, м.н.с. лаборатории генетики, биотехнологии и качества.

Релина Л. И.

к.б.н., с.н.с. лаборатории генетики, биотехнологии и качества.

Голик О. В.

доктор с. - г. н., зав. лаб. селекции пшеницы яровой, Институт растениеводства им. В. Я. Юрьева НААН, Украина

ПШЕНИЦА ПОЛБА: ПРЕИМУЩЕСТВА, НЕДОСТАТКИ И ПЕРСПЕКТИВЫ

Аннотация. Обеспечение здорового питания является важнейшей причиной, которая за последние десятилетия способствовала повышению заинтересованности малораспространенными пшеницами. Успехи в селекции пшеницы привели к росту урожайности, потянув за собой ухудшение качества зерна вследствие снижения содержания белков, витаминов и минералов в зерне. Пшеница полба (*Triticum dicoccum* (Schrank) Schuebl. ($2n = 4x = 28$)) является предком культурной пшеницы и считается потенциальным источником генов важных агрономических признаков, включая качество зерна. Цель этого обзора заключалась в освещении преимуществ пшеницы полбы по сравнению с современными сортами мягкой и твердой пшеницы. Подробно рассмотрены основные показатели качества зерна пшеницы полбы (содержание белка, каротиноидных пигментов, диетических волокон, микроэлементов, некоторых антиоксидантных соединений) и показано ее преимущества для здорового питания. Особое внимание уделено обзору гипогликемическим свойствам пшеницы полбы.

Риски генетической эрозии культурных растений и связанные с ними возможные последствия для сельского хозяйства сейчас требуют использования нереализованного потенциала пшеницы полбы. Этот обзор предоставляет подробную информацию о пшенице полбе для облегчения использования ее потенциала в селекции.

Ключевые слова: полба, качество зерна, микронутриенты, генетические источники, пищевая ценность.

Liudmyla A. Vecherska,

Post-graduate Student, Junior Researcher of the Laboratory of Genetics, Biotechnology and Quality.

Liana I. Relina,

PhD in Agricultural Sciences, Senior Researcher of the Laboratory of Genetics, Biotechnology and Quality

Oleg V. Golik,

Doctor of Agricultural Sciences, Senior Researcher

Plant Production Institute nd. a. V.Ya. Yuriev of NAAS

EMMER: BENEFITS, DRAWBACKS AND PROSPECTS

Abstract. Provision with healthy food is the most important reason that over the past decades has led to an increasing interest in rare species of wheats. Successful wheat breeding enhanced yields, however, this was associated with deterioration in grain quality due to reduced protein, vitamin and mineral contents in grain. Wheat emmer (*Triticum dicoccoides* (Schrank) Schuebl. ($2n = 4x = 28$)) is an ancestor of domestic wheat. Emmer is considered to be a potential source of genes for important agronomic features, including grain quality. The purpose of this review was to highlight the benefits of emmer compared to modern varieties of bread and pasta wheats. Major parameters of emmer grain quality (protein, carotenoid, fiber, trace mineral and some antioxidants contents) and its advantages for healthy nutrition are particularized. Antihyperglycemic properties of emmer are accentuated. The risks of genetic erosion in domestic plants and related consequences for agriculture require the underutilized emmer wheat potential. This review summarizes detailed information on emmer to facilitate using its potential in breeding.

Key words: emmer, grain quality, micronutrients, genetic source, nutritional value.

Пшениця є однією з найбільш розповсюджених сільськогосподарських культур та основним продуктом харчування. Вона складає 20% – 50% від загальної кількості калорій у країнах, що виробляють пшеницю в великих масштабах, крім цього, споживання пшениці також зростає у країнах, де вона кліматично не адаптована [1, 2]. Продукти, що виробляються з використанням пшениці є основними продуктами харчування для декількох мільярдів людей. За підсумками 2016 року Україна займає 7 місце серед світових виробників пшениці [3].

Хоча пшеницю вважають основним джерелом калорій, вона також забезпечує раціон людини амінокислотами, мінералами, вітамінами, харчовими волокнами та іншими корисними речовинами [4-6]. Зростаючий світовий попит на пшеницю базується також на унікальних властивостях глютену, що дозволяють виробництво хлібобулочних, макаронних виробів і печива. Такі продукти є зручнішими для виробництва та споживання, ніж традиційні, і є частиною «західного способу життя» (снеки, «фаст-фуд», сухі сніданки, тощо). При цьому вчені відмічають взаємозв'язок між «хлібною» дієтою з сучасних високобілкових і високоврожайних сортів пшениці та кількістю звернень за медичним обслуговуванням, зокрема, зростанням поширеності ожиріння, діабету, алергій тощо.

Існує думка, що малопоширені види пшениці (*Triticum monococcum* L. ssp. *monococcum* L., *Triticum dicoccum* Schübler, *Triticum spelta* L., *Triticum turgidum* var. *turanicum*) відрізняються від сучасних пшениць не тільки за своїми смаковими властивостями, але й складом зерна [7-12], що обумовлює зростаючий попит на продукти із зерна цих видів.

Відмінність пшениці полби від пшениці м'якої за компонентним складом зерна. Огляд низки наукових праць дозволяє стверджувати, що зерно пшениці полби містить більше білка, ніж зерно сучасних сортів пшениці м'якої [13-16] цілозерне борошно полби є цінним джерелом харчових волокон (целюлоза і геміцелюлоза), і містить велику кількість P, Zn, Cu, K, Mg і Mn [17-19] та антиоксидантів [20].

Однак, дані, доступні у літературі, про вміст білка в пшениці полби показують велику мінливість цього параметра (табл. 1). Досліджувані зразки мали рівень білка, що коливався від 3,0 до 37,0% [21]. Періно та співавт. [22] виявили високі середні значення (17,1%) у 50 зразків полби, культивованих в одному експерименті, а в інших дослідженнях було показано дуже низькі значення (<10%) у трьох італійських популяціях полби, культивованих у трьох різних місцях [23]. Така висока мінливість вмісту білка була підтверджена й іншими дослідниками, наприклад: Blanco et al. [24] вивчали вміст білка у 50 зразках полби. Отримані дані були у діапазоні від 8,7 до

18%. У дослідженнях, проведених Cubadda та Marconi протягом двох років на місцевих сортах полби, культивованих у південній Італії було виявлено, що середній вміст білка становив 20,6 – 21,9% [25]. Giacintucci та співавт. [26] порівнювали зразки полби ярої, полби озимої і гексаплоїдну пшеницю, вивчаючи якість та склад зерна та борошна. Зразок полби ярої містив більше білка в зерні (14,4%), ніж зразки полби озимої (11,2%) та пшениці гексаплоїдної (11,8%). В наших дослідженнях вивчалися сорти пшениці полби звичайної ярої, створені в лабораторії селекції пшениці ярої Інституту рослинництва ім. В. Я. Юр'єва НААН. Отримані дані були в діапазоні 11,3 – 13,1 %.

Тим не менше деякі дослідники скептично ставляться до малопоширених видів пшениць. Shewry і Heu (2015) порівнювали дані про ці пшениці з сучасними сортами пшениці твердої та м'якої. Вони розглядали лише дослідження, в яких сучасні та малопоширені види пшениці були вирощені одночасно у польових експериментах і дійшли висновку, що вони мало відрізняються від сучасних сортів пшениці і можуть мати нижчий вміст деяких компонентів, таких як харчові волокна [27]. Перетравлюваність білка *in vitro* у полбі коливалася від 72 до 81%, що свідчить про кращу його засвоюваність [28] порівняно з сортами твердої та м'якої пшениці.

На противагу ситуації з білком, у літературі є явна узгодженість, щодо вищого вмісту каротиноїду лютеїну в малопоширених пшеницях, у порівнянні з пшеницею м'якою, яка відбирається для отримання білого кольору борошна. Вміст лютеїну в пшениці полби змінювався в діапазоні від 0,451 до 5,21 мг/г (середнє значення 2,72 мг/г) порівняно з 1,55 мг/г у зерні пшениці м'якої [36, 37]. Загальний вміст каротиноїдів був нижчим у полбі (2,34 мг/кг) ніж у пшениці твердої (3,05 мг/кг), проте вищим, ніж у спельті (1,58 мг/кг) та пшениці м'якої (1,49 мг/кг) [38]. За нашими даними загальний вміст каротиноїдів у зерні сортів пшениці полби ярої був в діапазоні 0,41 – 2,6 мг/кг [39]. Тому їх не можна вважати висококаротиноїдними сортами (табл.1). Однак, Somma et al. [40] не знайшли істотних відмінностей між вмістом каротиноїдів полби та твердої пшениці (6,17 проти 6,34 мг/кг, відповідно).

Hidalgo з співавт., Fares., Suplekar та ін. порівнювали давні та сучасні гексаплоїдні пшениці та показали, що зерно малопоширених видів пшениць характеризується високим вмістом розчинних харчових волокон, білків і ліпідів (переважно ненасичених жирних кислот), мікроелементів (у тому числі цинку та заліза) [28, 41, 42] (табл.1). Висока концентрація деяких антиоксидантних сполук (каротиноїдів, токолінів, кон'югованих поліфенолів, алкілрезорцинів і фітостеролів) (215,4–257,6 мг Тролоксеквівалентів/кг сухої речовини), низька активність β-амілази та ліпоксигенази (які обмежують розпад антиоксидантів під час переробки харчових продуктів)

| Вміст мікро - та макронутрієнтів у зерні полби | | |
|--|----------------------------------|------------------------|
| Показник | Значення | Автори (посилання) |
| Вміст білка, % | 3 – 37 | 15 – 18, 21, 26 - 31 |
| | 11,5 – 16,2 (сорт Голіковська) | Власні дослідження |
| | 11,8 – 13,7 (сорт Романівська) | |
| | 10,2 – 13,2 (сорт Юніка) | |
| Вміст сирої клейковини, % | 9,0 – 46,6 | 18, 26, 27, 28 |
| | 17,5 – 33,5 (сорт Голіковська) | Власні дослідження |
| | 17,5 – 30,5 (сорт Романівська) | |
| | 18 – 28 (сорт Юніка) | |
| ЗАОА, CGAE/г сирої маси насіння | 546,8 – 611,2 (сорт Голіковська) | 44 |
| | 470,1 – 520,8 (сорт Романівська) | |
| | 487,8 – 563,9 (сорт Юніка) | |
| ЗАОА, Тролокс-еквіваленту /кг сухої речовини | 215,4 – 257,6 | 35, 43 |
| Вміст каротиноїдів, мг/кг | 1,6 – 4,9 | 39 |
| | 0,41 – 1,56 (сорт Голіковська) | |
| | 0,31 – 0,73 (сорт Романівська) | |
| | 1,14 – 2,6 (сорт Юніка) | |
| Вміст Zn, мг/ кг | 13,8 – 69 | 19, 28, 41, 42, 45, 46 |
| | 30,3 – 33,6 (сорт Голіковська) | Власні дослідження |
| Вміст Fe мг/ кг | 34,1 – 55 | 19, 28, 41, 42, 45, 46 |
| | 38,4 – 44,2 (сорт Голіковська) | Власні дослідження |

сприяють відмінним харчовим властивостям борошна полби, порівняно з іншими пшеницями [43]. Протягом 2015 – 2017 рр. було вивчено ЗАОА в зерні 75 селекційних ліній пшениці полби звичайної ярої *T. dicocum*, сортів полби Голіковська, Романівська, Юніка а також сорту пшениці твердої ярої Спадщина, які створено в Інституті рослинництва ім. В. Я. Юр'єва. ЗАОА досліджували в етанолових екстрактах цілозміленого зерна за допомогою DPPH-аналізу. За результатами аналізу встановлено, що діапазон мінливості ЗАОА склав від 460,6 до 630,1 CGAE/г зерна. Найвищі значення ЗАОА за трирічними даними спостерігались у зерні сорту полби Голіковська (569,2±19,3 CGAE/г зерна) та лініях пшениці полби ярої 12-48 (567,3±3,7), 12-122 (561,8±35,5), 12-128 (552,9 ± 10,0), 12-154 (549,8 ± 21,3), 11-29 (550,7 ± 8,1) які перевищували за цією ознакою сорт пшениці твердої ярої Спадщина [44].

Стосовно мікроелементів, полба відрізнялась від сучасних сортів пшениці вищим вмістом Li, Mg, P, Se та Zn [19, 45]. Zhao et al. [46] вивчали вміст мікроелементів у зерні ліній пшениці різного походження. Вміст Fe серед 150 ліній коливався від 28,9 до 50,8 мг/кг, Zn від 13,5 до 34,5 мг/кг і Se від 33 до 238 мкг/кг. Пшениця полба характеризувалась підвищеним вмістом Fe в зерні (середній вміст 34,1 мг/кг), Zn (в середньому 22,8 мг/кг) і Se (коливається від 150,6 до 325,8 мкг/кг). За нашими даними вміст Fe в зерні сорту полби Голіковська був у межах 38,4 – 44,2 мг/кг, а вміст Zn 30,3 – 33,6 мг/кг. У наших дослідях відмічено, що вміст Fe та Zn змінюється паралельно з вмістом білка. Це було очікувано, оскільки ген високого вмісту білка (*GPC-B1*), має плейотропний вплив на вміст поживних речовин зерна, що підвищує вміст Fe і Zn у зерні [47 – 49].

Антигіперглікемічні властивості пшениці полби. В дослідженнях Buvaneshwari та Yenagi з співавт. [50, 51] показано, що малопоширені види пшениці забезпечують набагато меншу частку швидкозасвоюваного крохмалю (RDS – rapidly digestible starch – тривалість деградації у середовищі зі стандартною ферментною сумішшю 20 хв) та більшу частку повільнозасвоюваного крохмалю (SDS

– slowly digestible starch – тривалість ферментативної деградації 120 хв) порівняно з пшеницею м'якою. За різними даними вміст загальної амілози в зерні пшениці полби варіює від 19,4% до 26,3% [18, 33, 51, 52]. Також повідомлялося, що низька засвоюваність крохмалю полби пов'язана з високим ступенем кристалічності та більш жорсткою архітектонікою гранул крохмалю [51].

Харчові волокна (*dietary fiber*) є одними з найважливіших класів сполук у зернових і мають позитивний вплив на здоров'я. У цілому зерно пшениці містить 11,5-15,5% клітковини, основними компонентами якої є компоненти клітинної стінки: полісахариди арабіноксилан (5,5 - 7,4%), целюлоза (1,67 – 3,05%) і β-глюкан (0,51 – 0,96%). Вміст арабіноксилану в полбі коливається від 1,4 до 2,2 %, а у її висівках – (6,1 – 14,4 %) [53, 54]. Усі ці компоненти мають позитивні фізіологічні ефекти. Наприклад, споживання клітковини багатой арабіноксиланом (15 г/добу) показало позитивний ефект у людей з діабетом 2-го типу (Lu та ін., 2004) [55]. У дослідженнях Arzani [56] було визначено, що вміст загальної клітковини у зерні пшениці полби становив 2,7 г/100 г. Вміст клітковини у зерні полби був вищим, ніж у твердої (2,4 г / 100 г) та у пшениці м'якої (2,5 г/100 г).

Грунтуючись на припущенні про антиоксидантні та антигіперглікемічні властивості полби, Christopher A. та ін. порівнювали її з комерційними сортами пшениці м'якої [57]. В дослідженнях було охарактеризовано загальний вміст розчинних фенолів, профіль фенольної кислоти, вміст білка, загальну антиоксидантну активність, а також активність інгібіторів ферментів α-глюкозидази діабету 2-го типу з використанням моделей аналізу *in vitro*. Пшениця полба мала найвищий вміст розчинних фенольних сполук і пов'язаних з ними антиоксидантних та антигіперглікемічних властивостей (до і після шліфування) порівняно з іншими сортами пшениці. Інгібітори α-глюкозидази діють на рівні шлунково-кишкового тракту, пригнічуючи активність ферментів тонкого кишечника (α-глюкозидаз), які беруть участь у розщепленні ди-, оліго- і полісахаридів. Внаслідок цього

спостерігається затримка засвоєння вуглеводів з наступним сповільненням вивільненням і всмоктуванням глюкози, яка утворюється в процесі розщеплення вуглеводів. Внаслідок збалансованішого всмоктування глюкози з кишечнику, середня концентрація та її добові коливання в крові зменшуються [58]. В дослідженнях Mundra Ankita [59] було показано, що піковий підйом вмісту глюкози у крові добровольців, які споживали хліб з полби, через 1 годину був значно нижчим (112 ± 15 мг/дл) порівняно з групою, яка споживала білий хліб (172 ± 38 мг/дл). Рівень глюкози різко падав в експерименті з білим хлібом, тоді як повільний спад спостерігався в експерименті з полб'яним хлібом, що може бути пов'язано з повільним, але стійким вивільненням глюкози.

Gorelick J. з співавт. [11] проводили досліди з мишами NOD (NOD – Non-obese diabetic – лінія мишей для вивчення діабету, не пов'язаного з ожирінням) для вивчення впливу пшениці на початок і розвиток діабету 1-го типу (T1D – type 1 diabetes). Дієту, яка включала сучасну гексаплоїдну пшеницю порівнювали з дієтами, що включали пшеницю тверду, полбу та з безпшеничною дієтою. Тварини, які отримували дієту з полбою, показали зниження захворюваності на T1D та пов'язані з ним ускладнення (надмірна вага, рання смерть) порівняно з тваринами, яким згодовували зерно сучасних сортів пшениці. У перші шість тижнів дослідження не було різниці між раціонами у рівнях глюкози у крові тварин. На 72-гу добу, коли мишам було 20 тижнів, рівень глюкози вже значно відрізнявся між групами ($p < 0,001$). Глюкоза в сечі не була виявлена в тварин на дієтах з пшеницею твердою та полбою, навіть у кінці експерименту, тоді як у тварин на безпшеничній та дієті з сучасною гексаплоїдною пшеницею рівень глюкози у сечі значно підвищився (320 та 150 мг/дл відповідно). Через 72 доби рівень глюкози у крові натще зростав у тварин, що отримували безпшеничну дієту ($193,2 \pm 21,9$ мг/дл) та дієту з сучасною гексаплоїдною пшеницею ($255,0 \pm 24,5$ мг/дл) порівняно з тваринами, що отримували дієту з пшениці твердої ($87,4 \pm 13,45$ мг/дл), та полби ($102,7 \pm 21,2$ мг/дл). Що стосується рівня інсуліну (виміряного в крові після голодування протягом ночі), у мишей NOD на безпшеничній дієті та на дієті з гексаплоїдною пшеницею були найнижчі його рівні, а відмінності між вказаними дієтами і дієтами з полбою, пшеницею твердою та дієтою, що включала ландраси пшениці м'якої були значними ($p < 0,001$). У цілому, ці результати підтверджують гіпотезу про те, що пшениця полба може не мати епітопів, пов'язаних з розвитком T1D, тим самим зменшуючи частоту його виникнення.

Отже, пшениця полба може використовуватись у створенні сортів пшениці, які могли б значною мірою покращити здоров'я населення, потенційно зменшуючи захворюваність на діабет та пов'язані з цим ускладнення.

Непереносимість глютену. Дані, отримані з обмеженої кількості досліджень, свідчать про те, що в середньому, пшениця полба, майже всіх різновидів, має менше імуногенних епітопів, пов'язаних з целиацією та синдромом подразненого кишківника [10]. Целиація – це розлади тонкого кишківника, викликані вживанням білків глютену. Унікальні властивості глютену частково пов'язані з дуже високим вмістом проліну, що робить клейковину відносно стійкою до ферментативної деградації в шлунково-кишковому тракту [60]. У тонкому кишківнику пептиди, які утворились внаслідок неспроможності пептидаз розщепити білки клейковини на амінокислоти, деамідується тканинною транслглютаміназою. Згодом ці пептиди можуть зв'язуватися з рецепторними білками HLA-DQ на поверхні антиген-презентуючих клітин і розпізнаватись специфічними T-лімфоцитами, що ініціює аутоімунні процеси. Активовані T-лімфоцити вивільняють запальні цитокіни, що викликають пошкодження кишківника та атрофію його епітелію. Це призводить до діареї, поганій абсорбції поживних речовин, виснаження, болю в животі та затримки росту [61]. Запасні білки ендосперму поділяють на дві групи: глютеніни та гліадини. Глютеніни

підрозділяють на глютеніни з високою молекулярною масою (HMW) та низькою молекулярною масою (LMW), а гліадини – на α -, β -, γ - і ω -гліадини [60]. Нині відомо цілу низку клейковинних пептидів, які здатні стимулювати T-лімфоцити. Походять вони від α - і γ -гліадинів, а також глютенінів [63]. Таким чином, глютен містить багато імуногенних олігопептидів. У роботах Spaenij-Dekking L з ін. [64] було показано, що існує значна мінливість токсичності окремих білків глютену. Було виявлено, що більшість глютенінів HMW і всі γ -гліадини містять послідовності, що стимулюють T-лімфоцити. Близько третини α -гліадинових генів кодують білки, які не мали імуногенних послідовностей і значна частка глютенінів LMW також не здатна до стимуляції T-лімфоцитів. Разом ці результати вказують на те, що різні білки глютену, а також гордеїни і секаліни, ймовірно, відрізняються за профілем токсичності. Пошук у літературі свідчить про те, що γ -гліадини, найчастіше містять імуногенні послідовності. Таким чином, може виявитися можливим вибрати лінії пшениці, в яких відсутні шкідливі α -гліадини та γ -гліадини [61, 64, 65]. Існують природні варіанти епітопів, які не мають імуногенності через одиничні або численні амінокислотні заміни. Наприклад, було показано, що заміщення – проліну на серин у позиції 8 в епітопі DQ2-Glia- $\alpha 2$ є достатнім для елімінації T-лімфоцит-стимулюючої активності [66].

Велику різноманітність як складу клейковини, так і імуногенної активності було виявлено серед зразків пшениці полби у дослідженнях Vincentini з співавт. [10]. Деякі з досліджених зразків мали низький вміст імуногенних білків. Встановлено, що цитотоксична здатність спельти була подібна до *Triticum aestivum* [67], тоді як полба виявилась менш імуногенною. Така різноманітність підкреслює, що деякі сорти пшениці полби можуть бути безпечними для окремих осіб з целиацією.

Висновки:

- 1) пшениця полба має унікальний склад крохмалю, його засвоюваність є повільнішою, ніж у сучасних сортів пшениці, які широко використовуються, тому продукти виготовлені з пшениці полби можна вважати гіпоглікемічними;
- 2) полба багата клітковиною, білками, мінералами, каротиноїдами, антиоксидантами та вітамінами, що робить її сировиною для виготовлення продуктів підвищеної біологічної цінності;
- 3) необхідні детальніші імунологічні та клінічні дослідження з використанням моделей на тваринах і досліджень з участю людини щодо встановлення придатності зерна полби для пацієнтів з целиацією та іншими видами непереносимості глютену;
- 4) вміст корисних речовин значно коливається залежно від сорту і ліній, що доводить необхідність індивідуального вивчення можливості застосування того чи іншого сорту з конкретною метою;
- 5) нині не проводилось клінічних випробувань зерна сортів пшениці полби вітчизняної селекції, хоча створено та відібрано досить широкий асортимент зразків, які можуть бути використані для виробництва продуктів здорового харчування. Це створює потенціал для таких розробок не тільки у суто науковому, але й в практичному плані.

Література

1. Mattei J, Malik V, Wedick NM, Hu FB, Spiegelman D, Willett WC, Campos H. Global Nutrition Epidemiologic Transition Initiative Reducing the global burden of type 2 diabetes by improving the quality of staple foods: the Global Nutrition and Epidemiologic Transition Initiative Glob. Health. 2015; 23.
2. FAO. Food Outlook. No. 4. FAO Global Information and Early Warning System on Food and Agriculture. FAO, Rome, Italy, 2003; URL: <http://www.fao.org/docrep/005/j0381e/j0381e00.htm>.
3. FAOSTAT [Internet]. [cited 2018 Aug 18]. URL: www.fao.org/faostat/en/#data
4. NDND 2014. National Diet and Nutrition Survey Results from Years 1, 2, 3 and 4 (combined) of the Rolling Programme (2008/2009 – 2011/2012) Public Health England. 160pp.
5. NDNS results from years 1 to 4 combined of the rolling programme for 2008 and 2009 to 2011 and 2012: executive summary. URL: www.gov.uk/

- government/statistics/national-diet-and-nutrition-survey-results-from-years-1-to-4-combined-of-the-rolling-programme-for-2008-and-2009-to-2011-and-2012.
6. Peter R, Shewry and Sandra J. Hey. The contribution of wheat to human diet and health *Food Energy Secur.* 2015; 4(3): 178-202.
7. Heimler D, Vignolini P, Isolani L, Arfaioi P, Ghiselli L, Romani A. Polyphenol content of modern and old varieties of *Triticum aestivum* L. and *T. durum* Desf. grains in two years of production. *J Agric Food Chem.* 2010; 58(12): 7329-34.
8. Cakmak I, Ozkan H, Braun HJ, Welch RM, Romheld V. Zinc and iron concentrations in seeds of wild, primitive and modern wheats. *Food Nutr. Bull.* 2000; 21: 401-403.
9. Dotlacil L, Hermuth J, Stehno Z, Dvoracek V, Bradova J, Leisova L. How can wheat landraces contribute to present breeding? *Czech J. Genet. Plant Breed.* 2010; 46: 70-74.
10. Vincentini O, Borrelli O, Silano M, Gazza L, Pogna N, Luchetti R, De Vincenzi M. T-cell response to different cultivars of farro wheat, *Triticum turgidum* ssp. *dicoccum*, in celiac disease patients. *Clin Nutr.* 2009; 28(3): 272 - 7.
11. Gorelick J, Yarmolinsky L, Budovsky A, Khalfin B, Klein JD, Pinchasov Y, Bushuev MA, Rudchenko T, Shimon Ben-Shabat. The Impact of Diet Wheat Source on the Onset of Type 1 Diabetes Mellitus—Lessons Learned from the Non-Obese Diabetic (NOD) Mouse Model. *Nutrients.* 2017; 9(5): 482.
12. Thorup AC, Gregersen S, Jeppesen PB. Ancient Wheat Diet Delays Diabetes Development in a Type 2 Diabetes Animal Model. *Rev Diabet Stud.* 2014 Fall-Winter; 11(3-4): 245-57.
13. Zohary D. & Hopf M. *Domestication of Plants in the Old World*, 3rd edn. Oxford University Press, New York, USA. 2000: 19-58.
14. Каталог мировой коллекции ВИР. Вып.182. Пшеницы с высоким и повышенным содержанием белка в зерне. - Л., 1976: 26.
15. Митрофанова ОП, Хакимова АГ. Новые генетические ресурсы в селекции пшеницы на увеличение содержания белка в зерне. *Вавилонский журнал генетики и селекции.* 2016; 20(4): 545-554.
16. Боровик АН. Селекция и возвращение в культуру исчезающих и редких видов пшеницы: шарозерной (*Triticum sphaerococcum* Pers.), полбы (*Triticum dicoccum* (Schrank.) Schuebl.), твердой (*Triticum durum* Desf.) и создание тритикале шарозерной (*Triticale sphaerococcum*) для диверсификации производства высококачественного зерна: дис. ... доктора сельхозох. наук : 06.01.05 [Электронный ресурс] / Александр Николаевич Боровик. – Краснодар, 2016: 516. URL: vniirice.ru/dis/borovikov_dis.pdf.
17. Vita P, Riefolo C, Codianni P, Cattivelli L, Fares C. Agronomic and qualitative traits of *T. turgidum* ssp. *dicoccum* genotypes cultivated in Italy. *Euphytica.* 2006; 150: 195-205.
18. Galterio G, Codianni P, Giusti AM, Pezzarossa B & Cannella C. Assessment of the agronomical and technological characteristics of *Triticum turgidum* ssp. *dicoccum* Schrank and *T. spelta* L. *Nahrung Food.* 2003; 47: 54-59.
19. Suchowilska E, Wiwart M, Kandler W, Krska R. A comparison of macro- and microelement concentrations in the whole grain of four *Triticum* species. *PLANT SOIL ENVIRON.* 2012; 58 (3): 141-147.
20. Strehlow W, Hertzka G, Weuffen W. Aspetti nutrizionali. Le caratteristiche dietetiche del farro nel trattamento di malattie croniche. In: Perrino P, Semeraro D., Laghetti G. (eds): *Il farro, un cereale della salute.* CNR Istituto del Germoplasma, Bari. 1994; 52-66.
21. Galterio G, Cardarilli D, Codianni P, Acquistucci R. Evaluation of chemical and technological characteristics of new lines of *Triticum turgidum* ssp. *dicoccum*. *Nahrung/Food.* 2001; 45 (4): 263-266.
22. Perino LJ, Sutherland RL, Woollen NE. Serum gamma-glutamyltransferase activity and protein concentration at birth and after suckling in calves with adequate and inadequate passive transfer of immunoglobulin G. *Am J Vet Res.* 1993; 54(1): 56-9.
23. Galterio G, Cappelloni M, Voderio E, Pogna NE. Genetic, technological and nutritional characteristics of three Italian populations of "farro" (*Triticum turgidum* subsp. *dicoccum*). *Journal of Genetics and Breeding.* 1994; 48: 391-398.
24. Blanco A, Giorgi B, Perrino P, Simeone R. Genetic resources and breeding for improved quality in durum wheat. *Agricoltura Ricerca.* 1990; 12: 41 - 58.
25. Cubadda R, Marconi E. Technological and nutritional aspects in emmer and spelt. *Hulled Wheats* (Proceeding of the First International Workshop on Hulled Wheats) Rome: International Plant Genetic Resources Institute, 1995; 203 - 211. ISBN 92 - 9043 - 288 - 8.
26. Giacintucci V, Guardeno L, Puig A, Hernando I, Sacchetti G, Pittia P. Composition, Protein Contents, and Microstructural Characterisation of Grains and Flours of Emmer Wheats (*Triticum turgidum* ssp. *dicoccum*) of the Central Italy Type. *Czech Journal of Food Sciences.* 2014; 32(2): 115-121.
27. Konvalina P, Capouchova I, Stehno Z, Moudry J. jr. Genetic Resources of Emmer Wheat and their Prospective use In Organic Farming. *Agronomy Series of Scientific Research / Lucrari Stiintifice Seria Agronomie.* 2012; 55 (2): 13-18.
28. Supekar DT, Patil SR, Munjal S. V. Comparative study of some important aestivum, durum and dicoccum wheat cultivars for grain, flour quality and suitability for chapatti making characteristics. *J Food Sci Technol.* 2005; 42: 48892.
29. Bhuvaneshwari G, Yenagi NB, Hanchinal RR, Katarki PA. Physico - chemical characteristics and milling quality of dicoccum wheat varieties. *Karnataka J Agric Sci.* 2001; 14: 736-42.
30. Lacko - Bartosova M, Cuma V. Nutritional Characteristics of Emmer Wheat Varieties. *Journal of microbiology, biotechnology and food sciences.* 2015, 4 (Special issue 3): 95-98.
31. Patil RB, Yenagi NB. Nutrient composition of semolina of different grades of dicoccum wheat varieties in comparison with durum and bread wheat. *Karnataka J Agric Sci.* 2002; 15: 753-5.
32. Shewry PR, Hey S. Do "ancient" wheat species differ from modern bread wheat in their contents of bioactive components? *J. Cereal. Sci.*, 2015; 65: 236-243.
33. Bhuvaneshwari G, Yenagi NB, Hanchinal RR. Carbohydrate profile of dicoccum wheat varieties. *Karnataka J Agric Sci.* 2004; 17: 781-6.
34. Giambanelli E, Ferioli F, Kocaoglu B, Jorjadze M, Alexieva I, Darbinyan N, D'Antuono LF. A comparative study of bioactive compounds in primitive wheat populations from Italy, Turkey, Georgia, Bulgaria and Armenia. *J Sci Food Agric.* 2013; 93: 3490-501.
35. Lachman J, Hejtmanikova K, Kotikova Z. Tocols and carotenoids of einkorn, emmer and spring wheat varieties: selection for breeding and production. *Cereal Sci.* 2013; 57: 207-14.
36. Carpentier S, Knausab M, Suha M. Associations between lutein, zeaxanthin, and age-related macular degeneration: an overview. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition.* 2009; 49 (4): 313-326.
37. Stringham JM, Bovier ER, Wong JC, Hammond Jr. BR. The influence of dietary lutein and zeaxanthin on visual performance. *Journal of Food Science.* 2010; 75 (1): 24-29.
38. Marconi E, Cubadda R. Emmer Wheat. In: Abdel-Aal E.S.M., Wood P.J., *Specialty Grains for Food and Feed*, St. Paul, Minnesota: American Association of Cereal Chemistry, Inc., 2005; 63-108.
39. Голік ОВ, Діденко СЮ, Реліна ЛІ, Вечерська ЛА. Селекція пшениці полби звичайної ярої (*Triticum dicoccum* Shrank.) макаронного напрямку використання в Інституті рослинництва імені В. Я. Юр'єва НААН. Вісник Центру наукового забезпечення АПВ Харківської області. 2017; 23: 90-99.
40. Somma S, Cenci A, Simeone R, Blanco A. I carotenoidi in una collezione di frumenti coltivati e selvatici. In: Cubadda R, Marconi E. *Atti del 5° Convegno AISTEC Cereali*, Campobasso, Italy: University of Molise, 2004; 95-104.
41. Hidalgo A, Brandolini A. Nutritional properties of einkorn wheat (*Triticum monococcum* L.). *J Sci Food Agric.* 2014; 94(4): 601-12.
42. Fares C, Codianni P, Nigro F, Platani C, Scazzina F, Pellegrini N. Processing and cooking effects on chemical, nutritional and functional properties of pasta obtained from selected emmer genotypes. *J. Sci. Food Agric.*, 2008; 38: 2435-2444.
43. Lachman J, Orsak M, Pivec V, Jiru K. Antioxidant activity of grain of einkorn (*Triticum monococcum* L.), emmer (*Triticum dicoccum* Schuebl [Schrank]) and spring wheat (*Triticum aestivum* L.) varieties. *Plant Soil Environ.* 2012; 58: 15-21.
44. Вечерська ЛА, Реліна ЛІ, Голік ОВ, Діденко СЮ, Анциферова ОВ. Загальна антиоксидантна активність в зерні сортів і ліній пшениці полби звичайної, створених в інституті рослинництва ім. В. Я. Юр'єва. Матеріали VI Міжнародної науково-практичної конференції «Актуальні питання аграрної науки», присвяченої 150-річчю заснування факультету агрономії Уманського НУС, 15 листопада 2018 р. 2018: 51-53.
45. Piergiovanni AR, Rizzi R, Pannaciulli E, Della Gatta C. Mineral composition in hulled wheat grains: A comparison between emmer (*Triticum dicoccon* Schrank) and spelt (*T. spelta* L.) accessions. *Int. J. Food Sci. Nutr.* 1997; 48: 381-386.
46. Zhao FJ, Su YH, Dunham SJ, Rakszegi M, Bedo Z, McGrath SP, Shewry PR. Variation in mineral micronutrient concentrations in grain of wheat lines of diverse origin. *Journal of Cereal Science.* 2009; 49 (2): 290-295.
47. Distelfeld A, Cakmak I, Peleg Z, Ozturk L, Yazici AM, Budak H, Saranga Y, Fahima T. Multiple QTL-effects of wheat Gpc-B1 locus on grain protein and micronutrient concentrations. *Physiol. Plantarum.* 2006; 129: 635-643.
48. Haraszi R, Sissons M, Juhasz A, Kadtok G, Tamas L, Anderssen RS. Using Rheological Phenotype Phases to Predict Rheological Features of Wheat Hardness and Milling Potential of Durum Wheat. *Cereal Chemistry.* 2016; 93(4): 369-376.
49. Uauy C, Distelfeld A, Fahima T, Blechl A, Dubcovsky J. A NAC Gene regulating senescence improves grain protein, zinc, and iron content in wheat. *Science.* 2006 Nov 24; 314(5803): 1298-301.
50. Buvaneshwari G, Yenagi NB, Hanchinal RR, Naik RK. Glycaemic responses to dicoccum products in the dietary management of diabetes. *Ind. J. Nutr. Diet.* 2003; 40: 363-368.
51. Mohan BH, Malleshi NG. Characteristics of native and enzymatically hydrolyzed common wheat (*Triticum aestivum*) and dicoccum wheat (*Triticum dicoccum*) starches. *Eur Food Res Technol.* 2006; 223: 355-61.
52. Brandolini A, Hidalgo A, Moscaritolo S. Chemical composition and pasting properties of einkorn (*Triticum monococcum*) whole meal flour. *J Cereal Sci.* 2008; 47: 599-609.
53. Gebruers K, Dornez E, Boros D, Dyrnkowska W, Bedo Z, Rakszegi M, Courtin CM. Variation in the content of dietary fiber and components thereof in wheats in the health grain diversity screen. *J Agric Food Chem.* 2008; 56: 9740-9.
54. Ward JL, Poutanen K, Gebruers K, Piironen V, Lampi AM, Nystrom L, Andersson AA, Aman P, Boros D, Rakszegi M, Bedo Z, Shewry PR. The HEALTHGRAIN cereal diversity screen: concept, results and prospects. *J Agric Food Chem.* 2008; 56: 9699-709.
55. Lu ZX, Walker KZ, Muir JG, O'Dea K. Arabinoxylan fiber improves metabolic control in people with Type-II diabetes. *Eur J Clin Nutr.* 2004; 58: 621-8.
56. Arzani A. Emmer (*Triticum turgidum* ssp. *dicoccum*) flour and bread. In: Preedy VR, Watson RR, Patel VB, editors. *Flour and fortification in health and disease prevention.* London: Academic Press, Elsevier. 2011: 67-78.
57. Christopher A, Sarkar D, Zwinger S, Shetty K. Ethnic food perspective of North Dakota Common Emmer Wheat and relevance for health benefits targeting type 2 diabetes. *Journal of Ethnic Foods.* January 2018. URL: doi.org/10.1016/j.jef.2018.01.002.
58. Соколова ЛК. Ингибиторы альфа-глюкозидазы в клинической практике. Вопросы и ответы. *International journal of endocrinology.* 2018; 14(1): 71-75.
59. Mundra A, Nirmala B, Yenagi K, Kasturiba B. Designing of low glycaemic chapati of dicoccum wheat for the effective management of diabetes. *J. Agric. Sci.*, 2010; 23 (3): 476-479.
60. Marti T, Molberg O, Li Q, Gray GM, Khosla C, Sollid LM. Prolyl endopeptidase mediated destruction of t cell epitopes in whole gluten—chemical and immunological characterization. *J Pharmacol Exp Ther.* 2005; 312: 19-26.
61. Vader LW, De Ru A, van der WY, Kooy YM, Benckhuijsen W, Mearin ML, Drijfhout JW, van Veelen P, and Koning F. Specificity of tissue transglutaminase explains cereal toxicity in celiac disease. *J Exp Med.* 2002; 195: 643-649.
62. Shewry PR. and Halford NG. Cereal seed storage proteins (structures, properties and role in grain utilization). *J Exp Botany.* 2002; 53: 947-958.
63. Molberg O, Solheim FN, Jensen T, Lundin KE, Arentz-Hansen H, Anderson OD, Kjersti UA, and Sollid LM. Intestinal T-cell responses to high-molecular-weight glutenins in celiac disease. *Gastroenterology.* 2003; 125: 337-344.
64. Spaenij-Dekking L, Kooy-Winkelaar Y, van Veelen P, Drijfhout JW, Jonker H, van Soest L, Smulders MJ, Bosch D, Gilissen LJ, Koning F. Natural variation in toxicity of wheat: potential for selection of nontoxic varieties for celiac disease patients. *Gastroenterology.* 2005; 129(3): 797-806.
65. Vader LW, Stepniak DT, Bunnik EM, Kooy YMC, De Haan W, et al. Characterization of cereal toxicity for celiac disease patients based on protein homology in grains. *Gastroenterology.* 2003; 125: 1105-1113.

66. Mitea C, Salentijn EM, van Veelen P, Goryunova SV, van der Meer IM, van den Broeck HC, Mujico JR, Montserrat V, Gilissen LJ, Drijfhout JW, Dekking L, Koning F, Smulders MJ. A universal approach to eliminate antigenic properties of alpha-gliadin peptides in celiac disease. *PLoS One*. 2010; 14(12):e15637.

67. van den Broeck HC, de Jong HC, Salentijn EMJ, Dekking L, Bosch D, Hamer RJ, et al. Presence of celiac disease epitopes in modern and old hexaploid wheat varieties: wheat breeding may have contributed to increased prevalence of celiac disease. *Theor Appl Genet* 2010; 121: 1527–39.

References

- Mattel J, Malik V, Wedick NM, Hu FB, Spiegelman D, Willett WC, Campos H. Global Nutrition Epidemiologic Transition Initiative Reducing the global burden of type 2 diabetes by improving the quality of staple foods: the Global Nutrition and Epidemiologic Transition Initiative Glob. Health, 2015: 23.
- FAO. Food Outlook. No. 4. FAO Global Information and Early Warning System on Food and Agriculture. FAO, Rome, Italy, 2003; Available: <http://www.fao.org/docrep/005/10381e/10381e00.htm>.
- FAOSTAT. [Internet]. [cited 2018 Aug 18]. URL: www.fao.org/faostat/en/#data
- NDND 2014. National Diet and Nutrition Survey Results from Years 1, 2, 3 and 4 (combined) of the Rolling Programme (2008/2009 – 2011/2012) Public Health England. 160pp.
- NDNS results from years 1 to 4 combined of the rolling programme for 2008 and 2009 to 2011 and 2012: executive summary. URL: www.gov.uk/government/statistics/national-diet-and-nutrition-survey-results-from-years-1-to-4-combined-of-the-rolling-programme-for-2008-and-2009-to-2011-and-2012.
- Peter R, Shewry and Sandra J. Hey. The contribution of wheat to human diet and health *Food Energy Secur.* 2015; 4(3): 178–202.
- Heimler D, Vignolini P, Isolani L, Arfaioi P, Ghiselli L, Romani A. Polyphenol content of modern and old varieties of Triticum aestivum L. and T. durum Desf. grains in two years of production. *J Agric Food Chem.* 2010; 58(12): 7329–34.
- Cakmak I, Ozkan H, Braun HJ, Welch RM, Romheld V. Zinc and iron concentrations in seeds of wild, primitive and modern wheats. *Food Nutr. Bull.* 2000; 21: 401–403.
- Dotlacil L, Hermuth J, Stehno Z, Dvoracek V, Bradova J, Leisova L. How can wheat landraces contribute to present breeding? *Czech J. Genet. Plant Breed.* 2010; 46: 70–74.
- Vincenzini O, Borrelli O, Silano M, Gazza L, Pogna N, Luchetti R, De Vincenzi M. T-cell response to different cultivars of farro wheat, Triticum turgidum ssp. dicoccum, in celiac disease patients. *Clin Nutr.* 2009; 28(3): 272 – 7.
- Gorelick J, Yarmolinsky L, Budovsky A, Khalfin B, Klein JD, Pinchasov Y, Bushuev MA, Rudchenko T, Shimon Ben-Shabat. The Impact of Diet Wheat Source on the Onset of Type 1 Diabetes Mellitus—Lessons Learned from the Non-Obese Diabetic (NOD) Mouse Model. *Nutrients.* 2017; 9(5): 482.
- Thorup AC, Gregersen S, Jeppesen PB. Ancient Wheat Diet Delays Diabetes Development in a Type 2 Diabetes Animal Model. *Rev Diabet Stud.* 2014 Fall-Winter; 11(3-4): 245–57.
- Zohary D. & Hopf M. Domestication of Plants in the Old World, 3rd edn. Oxford University Press, New York, USA. 2000: 19–58.
- Catalogue of the global collection of the All-Union Research Institute of Plant Breeding.. Wheat with high and increased protein content in grain. - L., 1976; 182: 26. [in Russian].
- Mitrofanova OP, Khakimova AG. New genetic resources in wheat breeding for increased protein content in grain. *Vavilovskiy Zhurnal Genetiki i Selektii.* 2016; 20 (4): 545–554. [in Russian].
- Borovik AN. Breeding and return to cultivation of endangered and rare wheat species: Indian dwarf wheat (Triticum sphaerococcum Perc.), emmer (Triticum dicoccum (Schrank.) Schuebl.), hard wheat (Triticum durum Desf.) and creation of round-grained triticale (Triticale sphaerococcum) to diversify the production of high quality grain: Doctoral Thesis in Agricultural Sciences: 06.01.05 [Electronic resource] / Aleksandr Nikolayevich Borovik. - Krasnodar, 2016. - 516 p. - URL: vniirce.ru/dis/borovikov_dis.pdf. [in Russian].
- Vita P, Riefolo C, Codianni P, Cattivelli L, Fares C. Agronomic and qualitative traits of T. turgidum ssp. dicoccum genotypes cultivated in Italy. *Euphytica.* 2006; 150: 195–205.
- Galterio G, Codianni P, Giusti AM, Pezzarossa B & Cannella C. Assessment of the agronomical and technological characteristics of Triticum turgidum ssp. dicoccum Schrank and T. spelta L. *Nahrung Food.* 2003; 47: 54–59.
- Suchowilska E, Wiwart M, Kandler W, Krska R. A comparison of macro- and microelement concentrations in the whole grain of four Triticum species. *PLANT: SOIL ENVIRON.* 2012; 58 (3): 141–147.
- Strehlow W, Hertzka G, Weuffen W. Aspetti nutrizionali. Le caratteristiche dietetiche del farro nel trattamento di malattie croniche. In: Perrino P, Semeraro D., Laghetti G. (eds): Il farro, un cereale della salute. CNR Istituto del Germoplasma, Bari. 1994; 52–66.
- Galterio G, Cardanilli D, Codianni P, Acquistucci R. Evaluation of chemical and technological characteristics of new lines of Triticum turgidum ssp. dicoccum. *Nahrung/Food.* 2001; 45 (4): 263–266.
- Perino LJ, Sutherland RL, Woollen NE. Serum gamma-glutamyltransferase activity and protein concentration at birth and after suckling in calves with adequate and inadequate passive transfer of immunoglobulin G. *Am J Vet Res.* 1993; 54(1): 56–9.
- Galterio G, Cappelloni M, Desiderio E, Pogna NE. Genetic, technological and nutritional characteristics of three Italian populations of "farro" (Triticum turgidum subsp. dicoccum). *Journal of Genetics and Breeding*, 1994; 48: 391–398.
- Blanco A, Giorgi B, Perrino P, Simeone R. Genetic resources and breeding for improved quality in durum wheat. *Agricoltura Ricerca*, 1990; 12: 41 – 58.
- Cubadda R, Marconi E. Technological and nutritional aspects in emmer and spelt. Hulled Wheats (Proceeding of the First International Workshop on Hulled Wheats) Rome: International Plant Genetic Resources Institute, 1995; 203 – 211. ISBN 92 – 9043 – 288 – 8.
- Giacintucci V, Guardeno L, Puig A, Hernando I, Sacchetti G, Pittia P. Composition, Protein Contents, and Microstructural Characterisation of Grains and Flours of Emmer Wheats (Triticum turgidum ssp. dicoccum) of the Central Italy Type. *Czech Journal of Food Sciences*, 2014; 32(2): 115–121.
- Konvalina P, Capouchova I, Stehno Z, Moudry J. jr. Genetic Resources of Emmer Wheat and their Prospective use In Organic Farming. *Agronomy Series of Scientific Research / Lucrari Stiintifice Seria Agronomie.* 2012; 55 (2): 13–18.
- Supekar DT, Patil SR, Munjal S. V. Comparative study of some important aestivum, durum and dicoccum wheat cultivars for grain, flour quality and suitability for chapatti making characteristics. *J Food Sci Technol*, 2005; 42: 48892.
- Bhuvaneshwari G, Yenagi NB, Hanchinal RR, Katarki PA. Physico - chemical characteristics and milling quality of dicoccum wheat varieties. *Karnataka J Agric Sci*, 2001; 14: 736–42.
- Lacko - Bartosova M, Čurna V. Nutritional Characteristics of Emmer Wheat Varieties. *Journal of microbiology, biotechnology and food sciences*, 2015, 4 (Special issue 3): 95–98.
- Patil RB, Yenagi NB. Nutrient composition of semolina of different grades of dicoccum wheat varieties in comparison with durum and bread wheat. *Karnataka J Agric Sci*, 2002; 15: 753–5.
- Shewry PR, Hey S. Do "ancient" wheat species differ from modern bread wheat in their contents of bioactive components? *J. Cereal. Sci.*, 2015; 65: 236–243.
- Bhuvaneshwari G, Yenagi NB, Hanchinal RR. Carbohydrate profile of dicoccum wheat varieties. *Karnataka J Agric Sci*, 2004; 17: 781–6.
- Giambanelli E, Ferioli F, Kocaoglu B, Jorjadze M, Alexieva I, Darbinyan N, D'Antuono LF. A comparative study of bioactive compounds in primitive wheat populations from Italy, Turkey, Georgia, Bulgaria and Armenia. *J Sci Food Agric*, 2013; 93:3490–501.
- Lachman J, Hejtmanekova K, Kotikova Z. Tocols and carotenoids of einkorn, emmer and spring wheat varieties: selection for breeding and production. *Cereal Sci*, 2013; 57: 207–14.
- Carpentier S, Knausab M, Suha M. Associations between lutein, zeaxanthin, and age-related macular degeneration: an overview. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 2009; 49 (4): 313–326.
- Stringham JM, Bovier ER, Wong JC, Hammond Jr. BR. The influence of dietary lutein and zeaxanthin on visual performance. *Journal of Food Science*, 2010; 75 (1): 24–29.
- Marconi E, Cubadda R. Emmer Wheat. In: Abdel-Aal E.S.M., Wood P.J., Specialty Grains for Food and Feed, St. Paul, Minnesota: American Association of Cereal Chemistry, Inc., 2005; 63–108.
- Holik OV, Didenko SYu, Relina LI, Vecherska LA. Breeding of spring emmer (Triticum dicoccum Shrank.) for pasta production at the Plant Production Institute named after VYa Yuriev NAAS. *Visnyk TsNZ APV Kharkivskoi Oblasti.* 2017; 23: 90–99. [in Ukrainian]
- Somma S, Cenci A, Simeone R, Blanco A. I carotenoidi in una collezione di frumenti coltivati e selvatici. In: Cubadda R, Marconi E. *Atti del 5° Convegno AISTEC Cereali, Campobasso, Italy: University of Molise*, 2004; 95–104.
- Hidalgo A, Brandolini A. Nutritional properties of einkorn wheat (Triticum monococcum L.). *J Sci Food Agric.* 2014; 94(4): 601–12.
- Fares C, Codianni P, Nigro F, Platani C, Scazzino F, Pellegrini N. Processing and cooking effects on chemical, nutritional and functional properties of pasta obtained from selected emmer genotypes. *J. Sci. Food Agric.*, 2008; 38: 2435–2444.
- Lachman J, Orsak M, Pivec V, Jiru K. Antioxidant activity of grain of einkorn (Triticum monococcum L.), emmer (Triticum dicoccum Schuebl [Schrank]) and spring wheat (Triticum aestivum L.) varieties. *Plant Soil Environ.* 2012; 58: 15–21.
- Vecherska LA, Relina LI, Holik OV, Didenko SYu, Antsiferova OV. The general antioxidant activity in grain of emmer varieties and lines created at the Plant Production Institute nd. a. VYa Yuriev. Abstracts of the 6th International Scientific-Practical Conference "Actual Problems of Agricultural Science" devoted to the 150th anniversary of the Faculty of Agronomy of Uman NUH, November 15, 2018 2018: 51–53. [in Ukrainian]
- Piergiorgio AR, Rizzi R, Pannaciulli E, Della Gatta C. Mineral composition in hulled wheat grains: A comparison between emmer (Triticum dicoccon Schrank) and spelt (T. spelta L.) accessions. *Int. J. Food Sci. Nutr.* 1997; 48: 381–386.
- Zhao FJ, Su YH, Dunham SJ, Rakszegi M, Bedo Z, McGrath SP, Shewry PR. Variation in mineral micronutrient concentrations in grain of wheat lines of diverse origin. *Journal of Cereal Science*, 2009; 49 (2): 290–295.
- Distelfeld A, Cakmak I, Peleg Z, Ozturk L, Yazici AM, Budak H, Saranga Y, Fahima T. Multiple QTL-effects of wheat Gpc-B1 locus on grain protein and micronutrient concentrations. *Physiol. Plantarum.* 2006; 129: 635–643.
- Haraszi R, Sissons M, Juhasz A, Kadkol G, Tamas L, Anderssen RS. Using Rheological Phenotype Phases to Predict Rheological Features of Wheat Hardness and Milling Potential of Durum Wheat. *Cereal Chemistry.* 2016; 93(4): 369–376.
- Uauy C, Distelfeld A, Fahima T, Blechl A, Budovsky J. A NAC Gene regulating senescence improves grain protein, zinc, and iron content in wheat. *Science.* 2006 Nov 24; 314(5803): 1298–301.
- Bhuvaneshwari G, Yenagi NB, Hanchinal RR, Naik RK. Glycaemic responses to dicoccum products in the dietary management of diabetes. *Ind. J. Nutr. Diet.* 2003; 40: 363–368.
- Mohan BH, Malleshi NG. Characteristics of native and enzymatically hydrolyzed common wheat (Triticum aestivum) and dicoccum wheat (Triticum dicoccum) starches. *Eur Food Res Technol.* 2006; 223: 355–61.
- Brandolini A, Hidalgo A, Moscaritolo S. Chemical composition and pasting properties of einkorn (Triticum monococcum) whole meal flour. *J Cereal Sci.* 2008; 47: 599–609.
- Gebruers K, Domez E, Boros D, Dynkowska W, Bedo Z, Rakszegi M, Courtin CM. Variation in the content of dietary fiber and components thereof in wheats in the health grain diversity screen. *J Agric Food Chem.* 2008; 56: 9740–9.
- Ward JL, Poutanen K, Gebruers K, Piironen V, Lampi AM, Nyström L, Andersson AA, Aman P, Boros D, Rakszegi M, Bedo Z, Shewry PR. The HEALTHGRAIN cereal diversity screen: concept, results and prospects. *J Agric Food Chem.* 2008; 56: 9699–709.
- Lu ZX, Walker KZ, Muir JG, O'Dea K. Arabinoxylan fiber improves metabolic control in people with Type-II diabetes. *Eur J Clin Nutr.* 2004; 58: 621–8.
- Arzani A. Emmer (Triticum turgidum ssp. dicoccum) flour and bread. In Preedy VR, Watson RR, Patel VB, editors. *Flour and fortification in health and disease prevention.* London: Academic Press, Elsevier. 2011: 67–78.
- Christopher A, Sarkar D, Zwinger S, Shetty K. Ethnic food perspective

of North Dakota Common Emmer Wheat and relevance for health benefits targeting type 2 diabetes. *Journal of Ethnic Foods*; January 2018. URL: doi.org/10.1016/j.jef.2018.01.002.

58. Sokolova LK. Alpha-glucosidase inhibitors in clinical practice. Questions and answers. *International Journal of Endocrinology*. 2018; 14 (1): 71-75. [in Russian].

59. Mundra A, Nirmala B, Yenagi K, Kasturiba B. Designing of low glycaemic chapati of dicoccum wheat for the effective management of diabetes. *J. Agric. Sci.*, 2010; 23 (3): 476-479.

60. Marti T, Molberg O, Li Q, Gray GM, Khosla C, Sollid LM. Prolyl endopeptidase mediated destruction of t cell epitopes in whole gluten—chemical and immunological characterization. *J Pharmacol Exp Ther*. 2005; 312: 19–26.

61. Vader LW, De Ru A, van der WY, Kooy YM, Benckhuijsen W, Mearin ML, Drijfhout JW, van Veelen P, and Koning F. Specificity of tissue transglutaminase explains cereal toxicity in celiac disease. *J Exp Med*. 2002; 195: 643–649.

62. Shewry PR. and Halford NG. Cereal seed storage proteins (structures, properties and role in grain utilization). *J Exp Botany*. 2002; 53: 947–958.

63. Molberg O, Solheim FN, Jensen T, Lundin KE, Arentz-Hansen H, Anderson

OD, Kjersti UA, and Sollid LM. Intestinal T-cell responses to high-molecular-weight glutenins in celiac disease. *Gastroenterology*. 2003; 125:337–344.

64. Spaenij-Dekking L, Kooy-Winkelaar Y, van Veelen P, Drijfhout JW, Jonker H, van Soest L, Smulders MJ, Bosch D, Gilissen LJ, Koning F. Natural variation in toxicity of wheat: potential for selection of nontoxic varieties for celiac disease patients. *Gastroenterology*. 2005; 129(3): 797-806.

65. Vader LW, Stepniak DT, Bunnik EM, Kooy YMC, De Haan W, et al. Characterization of cereal toxicity for celiac disease patients based on protein homology in grains. *Gastroenterology*, 2003; 125: 1105–1113.

66. Mitea C, Salentijn EM, van Veelen P, Goryunova SV, van der Meer IM, van den Broeck HC, Mujico JR, Montserrat V, Gilissen LJ, Drijfhout JW, Dekking L, Koning F, Smulders MJ. A universal approach to eliminate antigenic properties of alpha-gliadin peptides in celiac disease. *PLoS One*. 2010; 14(12):e15637.

67. van den Broeck HC, de Jong HC, Salentijn EMJ, Dekking L, Bosch D, Hamer RJ, et al. Presence of celiac disease epitopes in modern and old hexaploid wheat varieties: wheat breeding may have contributed to increased prevalence of celiac disease. *Theor Appl Genet* 2010; 121: 1527–39.