

УДК 575.1:633.16

АНТИОКСИДАНТНА АКТИВНІСТЬ ТА ІНШІ ХАРАКТЕРИСТИКИ ХАРЧОВОЇ ЦІННОСТІ ЗЕРНА ЯЧМЕНЮ

© 2016 р. О. І. Рибалка¹, С. С. Поліщук¹,
В. В. Поздняков², С. Ю. Діденко²

¹Селекційно-генетичний інститут –
Національний центр насіннєзнавства та сортовивчення
Національної академії аграрних наук України
(Одеса, Україна)

²Інститут рослинництва ім. В. Я. Юр'єва
Національної академії аграрних наук України
(Харків, Україна)

Представлені результати дослідження комплексу показників харчової цінності зерна комерційних сортів, колекційних зразків і селекційних ліній ярого і озимого, голозерного і плівчастого ячменю. Показано, що зразки голозерного ячменю мають істотну перевагу над зразками плівчастого ячменю за вмістом у зерні сирого протеїну, некрохмалистих полісахаридів β-глюканів, олії та показника загальної антиоксидантної активності зерна. Знайдено високу позитивну кореляцію між вмістом у зерні ячменю олії та загальною антиоксидантною активністю, а також між вмістом у зерні олії та білка. Така залежність пояснюється наявністю в олії ячменю жиророзчинних токолінів (токоферолів і токотриєнолінів) що характеризуються високою антиоксидантною активністю і локалізацією олії та білка переважно у зародку і периферійних частинах зернівки ячменю.

Ключові слова: *Hordeum vulgare L.*, антиоксидантна активність зерна, вміст олії та білка

В останні 15-20 років ячмінь набуває широкої популярності у цивілізованому світі як цінна харчова культура з чітко визначеними характеристиками продукту функціонального харчування. Результатами численних досліджень останніх двох десятиліть (біохімічних і клінічних), виконаних в авторитетних лабораторіях світу, доведено, що харчові продукти із зерна ячменю забезпечують профілактику цукрового діабету (Newman et al., 2008; William, 2012), серцево-судинних патологій (Kerckhoffs et al., 2002; Wang, 1993) та раку (Aggarwal et al., 2010).

За висновками авторитетної міжнародної організації FDA (Food and Drug Administration), яка здійснює адміністрування харчових продуктів у світі, лише дві зернові культури – ячмінь і овес – належать до таких, харчові продукти із

зерна яких при систематичному вживанні суттєво знижують ризик коронарної хвороби серця (FDA, 2006).

За сучасними уявленнями стратегічна роль у харчуванні належить дієтичній клітковині, антиоксидантам і мінералам (Hasler, 1998; Wood, 2002; 2007; Lazaridou et al., 2007; Navrlentova et al., 2011).

Зерно ячменю містить у великій кількості унікальну розчинну рослинну дієтичну клітковину (β-глюкани). За рахунок комплексу сполук (токоли, пігменти, похідні ферулової кислоти) характеризується високою антиоксидантною активністю і водночас є цінним джерелом таких ключових мінералів як залізо, цинк, марганець, селен, хром (Aggarwal et al., 2010).

Серед основних відомих морфотипів ячменю плівчастого і голозерного у харчовій промисловості цивілізованого світу набуває особливої популярності голозерний ячмінь, що має порівняно з плівчастим щонайменше дві основні переваги: зерно без плівки легше тех-

Адреса для кореспонденції: Діденко Світлана Юріївна,
Інститут рослинництва ім. В.Я. Юр'єва НААН України,
Московський пр., 142, Харків, 61128, Україна;
e-mail: sydidenko@mail.ru

АНТИОКСИДАНТНА АКТИВНІСТЬ ТА ІНШІ ХАРАКТЕРИСТИКИ

нологічно переробляється у борошно, крупи і пластівці; за технологічної переробки зерна без плівки не втрачаються його морфологічні компоненти (зародок, зернова оболонка і алейроновий шар), що мають харчову цінність. Вихід продуктів при переробці голозерного ячменю істотно вищий ніж при переробці плівчастого (Robertson et al., 1996; Wood, 2002; Wood, 2007).

У Селекційно-генетичному інституті розгорнута одна з найбільших в Україні програм зі створення вихідного матеріалу для селекції сортів голозерного ячменю харчового використання. У зв'язку з цим важлива характеристика за ознаками харчової цінності як колекційного вихідного матеріалу ячменю, що використовується у схрещуваннях, так і перспективних селекційних ліній, як імовірного вихідного матеріалу для створення сортів голозерного ячменю харчового напрямку. У статті наведено результати дослідження різноманітного генетичного і селекційного матеріалу ячменю за ключовими показниками харчової цінності зерна, такими як вміст у зерні білка і β -глюканів, олії та загальна антиоксидантна активність.

МЕТОДИКА

Як матеріал для досліджень використовували комерційні сорти озимого і ярого плівчастого і голозерного ячменю походженням з різних селекційних центрів України та багатьох інших країн. Досліджували також ряд перспективних селекційних ліній голозерного ячменю, створених у відділі генетичних основ селекції. У програму досліджень була включена серія колекційних зразків ячменю, отриманих з різних джерел, у т. ч. із генетичної колекції Інституту рослинництва ім. В. Я. Юр'єва.

Визначення вмісту в зерні білка, олії та β -глюканів виконували за допомогою NIR аналізатора «SpectraAnalyzer premium» виробництва німецької компанії Zeutec, попередньо каліброваного за даними визначення вмісту цих компонентів шляхом прямого лабораторного аналізу статистичної вибірки щонайменше 100 зразків.

Загальну антиоксидантну активність (АОА) визначали із використанням DPPH (2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl) як джерела стабільного вільного радикала, згідно з методом, описаним у статті Arabshahi-Deloue, Ugoj (2007). Компонд DPPH добре відомий як пастка для інших вільних радикалів. Тому DPPH широко використовується як індикатор для визначення уповільнення вільнорадикальної хімічної реак-

ції при додаванні зразків, що мають АОА. Сам DPPH у розчині має темно фіолетовий колір та сильно поглинає при довжині хвилі 520 нм, а в процесі нейтралізації знебарвлюється або стає солом'яно-жовтим. Ця властивість DPPH дозволяє здійснювати візуальний моніторинг реакції нейтралізації та розрахунок початкової активності вільних радикалів при зниженні інтенсивності поглинання за довжини хвилі 520 нм. Визначення антиоксидантної активності проводили з використанням спектрофотометра Shimadzu UV-1800 у трьох повтореннях.

РЕЗУЛЬТАТИ ТА ОБГОВОРЕННЯ

Узагальнені результати виконаних досліджень наведено в табл. 1. Представлені плівчасті і голозерні, озимі і ярі зразки ячменю (сорти і селекційні лінії) різного походження. Зразки голозерного ячменю були охарактеризовані також за ознакою забарвлення зерна, оскільки колір зерна є індикатором присутності у ньому певних пігментів, які являють собою тип фітохімічних сполук з доволі високою антиоксидантною активністю. Для плівчастих зразків об'єктивну диференціацію за кольором зерна зробити досить важко, оскільки їх зерно щільно вкрите зерною плівкою.

З даних табл. 1 видно, що вивчені зразки ячменю загалом суттєво і достовірно відрізнялися за досліджуваними показниками харчової цінності зерна. Загалом за вмістом білка у зерні спостерігалася чітка тенденція переваги ярих зразків над озимими і голозерними над плівчастими в межах одного й того ж морфотипу за ознакою плівчастість/голозерність. Максимально високий вміст білка виявився у зерні ярого сорту голозерного ячменю Ахіллес (21,06%), ярого сорту ваксі канадської селекції Fibar (20,82%), ярого високоамілозного сорту канадської селекції Hilose (19,85%) та примітивних екзотичних зразків ячменю плівчастого Abyssinian 1105 (19,28%) і голозерного Jet (21,29%). Серед вивчених сортів озимого ячменю високим вмістом у зерні білка відрізнялися сорти шестирядний Cinderella (13,64%) і дворядний Metaxa (13,81%).

Порівняльна характеристика досліджених зразків плівчастого і голозерного ячменю за вмістом у зерні білка представлена в табл. 2.

Загалом за вмістом білка в зерні плівчасті ячмені (ярі і озимі), при низькому коефіцієнті варіювання ознаки, достовірно поступаються зразкам ярого голозерного ячменю.

Подібна до попередньої картина спостерігалася також при порівнянні досліджених

РИБАЛКА та ін.

Таблиця 1. Характеристика сортів і ліній голозерного і півчастого ячменю за показниками харчової цінності зерна (% на суху масу зерна, урожай 2015 р.)

Сорт, лінія	Походження	Колір зерна	Білок, %	β-глюкани, %	Олія, %	АОА, %
<i>Голозерні ярі</i>						
Ахіллес st	Україна, СГІ	коричн.	21,06	6,57	2,52	76,04
Ахіллес st	СГІ	коричн.	20,81	6,42	2,47	75,57
Ахіллес st	СГІ	коричн.	20,93	6,48	2,61	79,40
McGwire	Канада	біле	17,98	5,78	2,72	81,49
Alamo (wax)	Канада	біле	18,56	8,25	2,74	69,20
Alamo (wax)	Канада	біле	18,42	8,31	2,86	72,98
Candle (wax)	Канада	біле	17,78	7,68	2,76	71,82
Jet	Ефіопія	чорне	21,29	6,27	3,37	77,71
Arabische	Іран	чорне	15,88	7,08	3,04	79,90
H.trifurcatum	Монголія	коричн.	16,23	6,68	2,30	67,76
Fibar (wax)	Канада	біле	20,82	9,77	2,89	85,55
Alberte	Канада	біле	19,03	5,97	2,79	85,57
Hilose	Канада	коричн.	19,85	7,84	3,16	92,93
Lophy-1	Канада	біле	17,89	4,21	2,69	78,19
Rattan (wax)	Канада	біле	17,54	7,56	2,92	80,38
Carter	Канада	коричн.	16,97	6,61	2,68	85,81
Olande	Канада	коричн.	16,14	5,72	2,59	83,17
Омський голозерний 2	Росія	коричн.	16,79	5,36	2,98	91,50
Gainer	Канада	коричн.	15,54	6,35	2,75	83,43
Гатунок	Україна	коричн.	19,41	5,67	2,69	81,21
Козацький	Україна	коричн.	19,81	5,40	2,59	69,60
СЛ-5107 (wax)	СГІ	біле	18,43	8,74	2,78	79,74
СЛ-5124 (wax)	СГІ	біле	17,60	8,58	2,70	76,88
СЛ-5175 (wax)	СГІ	біле	17,51	7,95	2,56	73,69
СЛ-5345 (wax)	СГІ	біле	17,38	8,88	2,75	78,29
СЛ-5008	СГІ	коричн.	16,92	6,74	2,53	75,33
СЛ-5075	СГІ	коричн.	16,73	6,22	2,42	76,60
СЛ-5085	СГІ	синє	16,87	6,32	2,48	78,31
СЛ-5126	СГІ	синє	17,34	6,86	2,71	82,26
СЛ-5228	СГІ	біле	16,18	6,25	2,32	67,12
СЛ-5347	СГІ	синє	16,82	6,46	2,48	74,79
СЛ-573/33	СГІ	коричн.	16,44	6,03	2,45	67,71
СЛ-5231	СГІ	коричн.	15,98	6,20	2,31	69,70
СЛ-5317	СГІ	коричн.	17,29	6,77	2,57	87,26
СЛ-5367	СГІ	коричн.	17,22	6,68	2,49	74,29
СЛ-5229	СГІ	синє	16,79	6,77	2,63	77,47
СЛ-5365	СГІ	коричн.	16,91	6,64	2,72	82,29
СЛ-5157	СГІ	коричн.	18,90	6,58	2,63	72,53
СЛ-5293	СГІ	коричн.	18,85	6,67	2,64	71,58
СЛ-5021	СГІ	біле	18,54	6,63	2,48	73,33
СЛ-5055	СГІ	коричн.	18,32	6,37	2,63	75,36
СЛ-5172	СГІ	коричн.	18,97	5,26	2,41	78,90
Гладіатор (озимий)	СГІ	коричн.	16,17	6,12	2,32	79,14
	НІР _{0,05}		0,48	0,34	0,07	1,94
<i>Півчасті ярі</i>						
Negra Manfredi	Ефіопія	чорне	16,67	6,36	3,26	71,82
Abyssinian 1105	Ефіопія	чорне	19,28	6,99	3,34	87,77
H 3334 Sulto 1	Ефіопія	чорне	17,95	7,39	3,08	64,49
Командор st	СГІ	звичайн.	15,52	5,34	2,37	78,39
Modern A/L	Україна	звичайн.	16,97	5,80	2,46	78,84

АНТИОКСИДАНТНА АКТИВНІСТЬ ТА ІНШІ ХАРАКТЕРИСТИКИ

продовження таблиці 1

120706 A/L	Україна	звичайн.	16,75	5,56	2,35	75,68
120708B A/L	Україна	звичайн.	15,83	6,36	2,25	66,90
Святогор	СП	звичайн.	13,74	5,86	2,46	71,40
Воєвода	СП	звичайн.	13,83	4,82	2,23	69,26
Первенець	СП	звичайн.	17,97	5,23	2,27	56,96
Вестник	СП	звичайн.	17,19	5,46	2,38	66,76
Чорноморець	СП	звичайн.	16,17	5,94	2,41	65,80
Гетьман	СП	звичайн.	13,75	5,31	2,37	73,42
Delphi	-	звичайн.	15,63	4,50	2,25	63,42
Jersey	Нідерланди	звичайн.	15,92	5,21	2,32	66,79
Sebastian	Данія	звичайн.	15,79	5,28	2,19	67,38
Ebson	Чехія	звичайн.	15,58	5,77	2,28	67,59
Henrike	Німеччина	звичайн.	14,74	5,14	2,27	72,29
Henrike	Німеччина	звичайн.	14,67	5,23	2,18	69,14
KWS Aliciana	Німеччина	звичайн.	15,86	5,28	2,23	60,83
KWS Bambina	Німеччина	звичайн.	15,31	4,24	2,15	74,88
Datcha	Франція	звичайн.	15,23	5,70	2,37	52,69
Marthe	Німеччина	звичайн.	16,88	5,24	2,15	47,93
Shakira	Німеччина	звичайн.	15,45	5,47	2,28	64,29
Kangoos	Нідерланди	звичайн.	15,92	5,55	2,36	51,93
Tolar	Чехія	звичайн.	14,36	5,72	2,07	47,14
Quench	В. Британія	звичайн.	15,48	5,83	2,36	61,40
Claire	Німеччина	звичайн.	14,24	5,59	2,28	53,79
Malz	Чехія	звичайн.	14,33	5,68	2,24	52,24
Gladys	Нідерланди	звичайн.	13,71	5,11	2,31	58,52
Bojos	Чехія	звичайн.	14,08	4,93	2,25	55,05
Concerto	Франція	звичайн.	13,70	5,26	2,39	64,24
МК 403 (UA0801603)	Монголія	звичайн.	16,07	6,28	2,29	58,71
Golden Promise	США	звичайн.	15,72	5,44	2,26	56,69
Golden Promise x5	США	звичайн.	16,43	5,91	2,30	56,95
Golden Promise y10	США	звичайн.	17,76	5,63	2,47	65,07
Golden Promise x5+y10	США	звичайн.	17,14	6,45	2,33	56,64
	НІР _{0,05}		0,47	0,21	0,09	3,16
		<i>Плівчасті озми</i>				
Достойний st	СП	звичайн.	11,86	5,69	1,59	55,24
Luran	Чехія	звичайн.	13,08	5,02	1,95	54,36
Cinderella	Німеччина	звичайн.	13,64	5,86	1,82	59,81
Артемівський	Росія	звичайн.	13,30	5,02	2,17	61,48
Еспада A/L	Росія	звичайн.	12,84	5,71	2,02	64,17
Кіндрат	Росія	звичайн.	13,58	5,91	2,14	62,26
Maybrit	Німеччина	звичайн.	13,30	4,99	2,23	65,45
Highlight	Німеччина	звичайн.	12,18	5,02	1,92	55,83
Gerlach	Нідерланди	звичайн.	12,98	6,14	1,99	60,43
Scarpia	Німеччина	звичайн.	12,93	5,79	1,64	60,14
Каріюка	Росія	звичайн.	12,56	5,88	1,79	55,40
Тигр	Росія	звичайн.	11,89	5,42	2,14	72,52
Михайло	Росія	звичайн.	12,65	5,47	2,38	71,21
Кумач	Росія	звичайн.	13,18	5,32	1,97	52,00
Lester	Чехія	звичайн.	13,37	5,29	2,32	67,83
Metaxa (CP-535/20)	Росія	звичайн.	13,81	5,83	2,25	56,98
Mascara	Франція	звичайн.	12,75	5,24	2,12	54,21
Pictus	-	звичайн.	13,81	5,89	2,24	62,57
	НІР _{0,05}		0,27	0,17	0,11	2,73

РИБАЛКА та ін.

зразків голозерного і півчастого ячменю за вмістом у зерні такої дієтично важливої сполуки як некрохмалисті полісахариди β-глюкани. Дані порівняння зразків за вмістом у зерні β-глюканів узагальнені в табл. 3.

Зразки півчастого ячменю (ярі і озимі) достовірно поступаються зразкам голозерного ячменю за вмістом у зерні β-глюканів (табл. 3). Привертає увагу підвищений серед зразків голозерного ячменю, порівняно з іншими морфотипами, коефіцієнт варіювання за вмістом у зерні β-глюканів. Це пояснюється тим, що серед досліджених зразків ярого голозерного ячменю представлені кілька зразків з істотно зміненим біохімічним складом крохмалю, а саме співвідношенням амілоза/амілопектин, і, як наслідок, істотно підвищеним рівнем β-глюканів. Так, зразки ячменю ваксі канадської селекції Alamo, Candle, Fibar, Rattan характеризуються вмістом у зерні β-глюканів на рівні 8-9% і вище на відміну від зерна звичайного ячменю з вмістом β-глюканів 6-7%. Отримані нами селекційні лінії

ярого голозерного ячменю ваксі також наближаються за вмістом у зерні β-глюканів до рівня 9%. Відомо, що зразки ячменю ваксі майже не мають у своєму складі амілози. Важливо підкреслити, що канадський сорт високоамілозного ячменю (до 40% амілози замість норми 20-25%) Nilose також мав підвищений вміст β-глюканів у зерні (7,84%). Підвищення вмісту β-глюканів у цих генотипів ячменю пояснюється тим, що при генетично детермінованому зміщенні співвідношення у зерні амілоза/амілопектин від норми 20-25/80-75% загальний пул синтезованої у зерні глюкози метаболізується у формі некрохмалистих полісахаридів β-глюканів, завдяки чому у ячменів ваксі та високоамілозних ячменів вміст β-глюканів порівняно зі звичайним ячменем суттєво зростає (Brennan, 2005). Це важливо для ячменю з високим вмістом у зерні амілози, оскільки його дієтична цінність складається як з резистентного крохмалю завдяки підвищенню вмісту амілози, так і за рахунок зростання рівня некрохмалистих β-глюканів.

Таблиця 2. Вміст білка в зерні різних морфотипів ячменю за ознакою півчастість/голозерність

Тип ячменю	Кількість ліній, шт.	Білок, %	
		($\bar{X} \pm S\bar{X}$)	V, %
Голозерний ярий	43	17,93 ± 0,24	8,66
Півчастий ярий	37	15,72 ± 0,23*	8,72
Півчастий озимий	20	12,96 ± 0,12*	4,39

Примітка. * - різниця достовірна за рівня значимості $P \leq 0,01$.

Таблиця 3. Вміст β-глюканів у зерні різних морфо типів ячменю за ознакою півчастість/голозерність.

Тип ячменю	Кількість ліній, шт.	β-глюкани, %	
		($\bar{X} \pm S\bar{X}$)	V, %
Голозерний	43	6,76 ± 0,16	15,31
Півчастий ярий	37	5,59 ± 0,10*	10,98
Півчастий озимий	20	5,52 ± 0,08*	6,55

Примітка. * - різниця достовірна за рівня значимості $P \leq 0,01$.

Таблиця 4. Вміст олії у зерні різних морфо типів ячменю за ознакою півчастість/голозерність

Тип ячменю	Кількість ліній, шт.	Олія, %	
		($\bar{X} \pm S\bar{X}$)	V, %
Голозерний ярий	43	2,65 ± 0,03	8,46
Півчастий ярий	37	2,37 ± 0,04*	11,53
Півчастий озимий	20	2,06 ± 0,05*	11,21

Примітка. * - різниця достовірна за рівня значимості $P \leq 0,01$.

АНТИОКСИДАНТНА АКТИВНІСТЬ ТА ІНШІ ХАРАКТЕРИСТИКИ

Таблиця 5. Антиоксидантна активність у зерні різних морфотипів ячменю за ознакою плівчастість/голозерність

Тип ячменю	Кількість ліній, шт.	АОА, %	
		$(\bar{X} \pm S\bar{X})$	V, %
Голозерний ярий	43	77,72 ± 0,91	7,86
Плівчастий ярий	37	64,14 ± 1,51*	14,35
Плівчастий озимий	20	60,78 ± 1,31*	9,63

Примітка. * - різниця достовірна за рівня значимості $P \leq 0,01$.

Таблиця 6. Кореляційна залежність між показниками харчової цінності зерна ячменю

Показники	АОА, %	Білок, %	β -глюкани, %	Олія, %
АОА, %		0,589	0,452	0,701
Білок, %	0,589		0,541	0,724
β -глюкани, %	0,452	0,541		0,577
Олія, %	0,701	0,724	0,577	

Важливою дієтичною складовою вважається олія ячменю, багата на незамінні жирні кислоти та розчинні в олії токоли (різні форми вітаміну Е) з високою антиоксидантною активністю. Олія у зерні ячменю зосереджена головним чином у таких анатомічних складових зерна як зародок, оболонка і алеїроновий шар зернівки.

Зразки голозерного ячменю за вмістом у зерні олії достовірно перевищують відповідні характеристики зерна плівчастих морфотипів ячменю. Привертає увагу вищий коефіцієнт варіації показника вмісту олії у зерні зразків плівчастого ячменю, аніж у голозерного. Найбільш імовірною причиною, яка пояснює підвищену варіацію за вмістом олії у зерні плівчастого ячменю, може бути розбіжність між зразками плівчастих генотипів за ознакою плівчастості, або частки плівки (яка не містить олії) у загальній масі зерна. Як відомо, зразки плівчастого ячменю часто істотно відрізняються між собою за ознакою плівчастості. У наших дослідках за ознакою вміст олії в зерні 3% і вище виділилося кілька зразків ячменю. Серед них це переважно примітивні екзотичні генотипи ячменю з редукованим ендоспермом і відповідно підвищеною пропорцією маси зародка до загальної маси зернівки. Хоча до цієї групи зі значенням вмісту олії в зерні 3,16% належить також комерційний сорт Канади з підвищеним вмістом у зерні амілози Nilose.

Важливою характеристикою харчової цінності досліджуваного зерна ячменю є загальна антиоксидантна активність зерна. Резуль-

тати дослідження зразків ячменю за цією ознакою наведені у табл. 5.

Цей показник варіює від мінімального 47,14% у ярого плівчастого ячменю сорту Tolar, до майже вдвічі вищого рівня 92,93% у високоамілозного голозерного ячменю сорту Nilose. Помітно була виражена різниця між дослідженими плівчастими і голозерними яриями зразками за загальним рівнем АОА на користь останніх, які показали середній рівень АОА 77,72% порівняно з 64,14% у ярих плівчастих, і лише 60,78% у плівчастих озимих.

Варто відзначити тенденцію до позитивної залежності між вмістом у зерні олії та загальною АОА. Як правило, підвищену і високу АОА мали зразки ячменю з високим або підвищеним вмістом у зерні олії. Примітним є також той факт, що зерно сорту Nilose має підвищені всі показники харчової цінності водночас (19,85% білка, 7,84% β -глюканів, 3,16% олії і рівень АОА 92,93%). Це може означати, що негативна кореляція між досліджуваними показниками харчової цінності зерна відсутня або слабо виражена. Підтвердженням цього висновку можуть бути результати оцінки кореляційної залежності між усіма дослідженими нами показниками харчової цінності зерна ячменю.

Як свідчать дані табл. 6, між усіма дослідженими показниками харчової цінності зерна ячменю відсутня негативна залежність. Значення всіх досліджуваних характеристик позитивно корелюють між собою. Найвища кореляція зафіксована між вмістом олії та АОА ($r=0,701$) і між вмістом олії та білка в зерні ($r=0,724$).

Отримані залежності можна пояснити тим, що, як зазначалося вище, олія містить жиророзчинні токоли з високою АОА. У той же час олія міститься переважно у зародку зерна ячменю та периферійних шарах зернівки. У цих же анатомічних структурах зернівки і висока концентрація білка, переважно водо- і солерозчинного (альбуміни, глобуліни), що відрізняється високою харчовою цінністю, на відміну від суттєво менш цінних запасних білків, зосереджених у тканинах ендосперму зернівки ячменю.

Таким чином, зразки ярого голозерного ячменю (сорти і селекційні) лінії достовірно перевершують зразки плівчастого ячменю (ярі і озимі) за такими важливими характеристиками харчової цінності зерна ячменю як вміст у зерні білка, олії, β -глюканів та загальна АОА. Отримані нами результати свідчать про те, що селекція ячменю харчового напряму технологічного використання зерна має бути спрямована на створення перш за все сортів ярого голозерного ячменю.

Серед дослідженого матеріалу виділені зразки з високим і підвищеним вмістом у зерні білка, олії, β -глюканів та рівнем загальної АОА, які можуть бути рекомендовані для використання в селекції сортів голозерного ячменю харчового напряму. Не знайдено негативної кореляції між досліджуваними характеристиками харчової цінності зерна ячменю, такими як вміст у зерні білка і олії, β -глюканів та загальна АОА зерна. Найвища позитивна кореляція знайдена між показниками вміст у зерні олії та АОА ($r=0,701$), і між вмістом олії та білка у зерні ($r=0,724$). Високоамілозний комерційний сорт голозерного харчового ячменю канадської селекції CDC Hilose (автор Brian Rosnagel) може слугувати прикладом успішного комбінування в одному генотипі шляхом селекції високих значень всіх досліджених нами показників харчової цінності зерна ячменю.

ЛІТЕРАТУРА

Aggarwal B., Sundaram C., Prasad S., Kanappan R. Tocotrienols, the vitamin E of the 21st century: its potential against cancer and other chronic diseases // *Biochem. Pharmacol.* – 2010. – V. 80. – P. 1613-1631.

Arabshahi-Deloue S., Urooj A. Antioxidant properties of various solvent extracts of mulberry *Morus indica* L. leaves // *Food Chem.* – 2007. – V. 102. – P. 1233-1240.

Brennan C., Cleary I. The potential use of cereal (1 \rightarrow 3), (1 \rightarrow 4)- β -D-glucan as functional food ingredients // *J. Cereal Sci.* – 2005. – V. 42. – P. 1-13.

FDA (U.S. Food and Drug Administration) Food labeling: health claims; soluble dietary fiber from certain foods and coronary heart disease // *Fed. Reg.* – 2006. – V. 71(98). – P. 29248-29250.

Hasler C.M. Functional foods: their role in disease prevention and health promotion // *Food Technol.* – 1998. – V. 52. – P. 57-62.

Havrlentova M., Petrulakova Z., Burgarova A., Gago F., Hlinkova A., Sturdik E. Cereal β -glucan and their significance for the preparation of functional food // *Czech. J. Food Sci.* – 2011. – V. 29. – P. 1-14.

Kerckhoffs D., Brouns F., Hornstra G., Mensink R. Effect on the human lipoprotein profile of β -glucan, soy protein and isoflavones, plant sterols, garlic and tocotrienols // *J. Nutr.* – 2002. – V. 132. – P. 2494-2505.

Lazaridou A., Biliaderis C. Molecular aspects of cereal β -glucan functionality: physical properties, technological applications and physiological effects // *J. Cereal Sci.* – 2007. – V. 46. – P. 101-118.

Newman R., Newman C. Barley for food and health. Science, technology and products. – Hoboken, New Jersey: John Wiley & Sons, Inc. Publications, 2008. – 245 p.

Robertson J., Majsak-Newman G., Ring S., Selvendran R. Solubilisation of mixed linkage (1 \rightarrow 3), (1 \rightarrow 4)- β -D-glucan from barley: effect of cooking and digestion // *J. Cereal Sci.* – 1996. – V. 25. – P. 275-283.

Wang L., Xue Q., Newman R., Newman C., Jackson L. Tocotrienol and fatty acid composition of barley oil and their effects on lipid metabolism // *Plant Foods Hum. Nutr.* – 1993. – V. 43. – P. 9-17.

William D., Wheat B. Lose the wheat, lose the weight, and find your path back to health. – New York, 2012. – 214 p.

Wood P. J. Relationship between solution properties of cereal β -glucans and physiological effects: a review // *Trends Food Sci. Technol.* – 2002. – V. 13. – P. 313-320.

Wood P. J. Cereal β -glucans in diet and health // *J. Cereal Sci.* – 2007. – V. 46. – P. 230-238.

Надійшла до редакції
07.09.2016 р.

АНТИОКСИДАНТНА АКТИВНІСТЬ ТА ІНШІ ХАРАКТЕРИСТИКИ

ANTIOXIDANT ACTIVITY AND OTHER CHARACTERISTICS OF NUTRITIONAL QUALITY OF BARLEY GRAIN

A. I. Rybalka¹, S. S. Polyshchuk¹, V. V. Pozdmjakov², S. Yu. Didenko²

¹*Breeding and Genetics Institute –
National Center of Seed and Cultivar Investigation
National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine
(Odesa, Ukraine)*

²*V. Ya. Yuryev Plant Production Institute
of National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine
(Kharkiv, Ukraine)
e-mail: sydidenko@mail.ru*

The values of grain nutritional characteristics of commercial varieties, collection strains and breeding lines of spring and winter, hulled and hull-less barley are presented in the paper. The hull-less barley samples have considerable advantages over the samples of hulled barley in such grain nutritional indicators as grain protein content, non-starch polysaccharides β -glucan content, oil content as well as general grain antioxidant activity. High positive correlations between grain oil content and general grain antioxidant activity, between grain oil content and protein concentration were found. Such correlations are well explainable since barley oil contains tocopherol and tocotrienol possessing a high antioxidant activity. Oil and proteins both located in the barley germ and peripheral tissues of the barley grain.

Key words: *Hordeum vulgare L., grain antioxidant activity, oil and protein content*

АНТИОКСИДАНТНАЯ АКТИВНОСТЬ И ДРУГИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПИЩЕВОЙ ЦЕННОСТИ ЗЕРНА ЯЧМЕНЯ

А. И. Рыбалка¹, С. С. Полищук¹, В. В. Поздняков², С. Ю. Диденко²

¹*Селекционно-генетический институт –
Национальный центр семеноведения и сортоизучения
Национальной академии аграрных наук Украины
(Одесса, Украина)*

*Институт растениеводства им. В.Я. Юрьева
Национальной академии аграрных наук Украины
(Харьков, Украина)
e-mail: sydidenko@mail.ru*

В работе представлены результаты исследования показателей пищевой ценности зерна коммерческих сортов, коллекционных образцов и селекционных линий ярового и озимого, голозерного и пленчатого ячменя. Показано, что образцы голозерного ячменя имеют заметное преимущество над образцами пленчатого ячменя по показателям содержания в зерне сырого протеина, некрахмалистых полисахаридов β -глюканов, масла и общей антиоксидантной активности зерна. Найдена высокая положительная корреляция между содержанием в зерне масла и общей антиоксидантной активностью, а также между содержанием в зерне масла и белка. Такая зависимость объясняется наличием в масле ячменя жирорастворимых токолов (токоферолы и токотриенолы), характеризующихся высокой антиоксидантной активностью, и локализацией масла и белка главным образом в зародыше и периферических частях зерновки ячменя.

Ключевые слова: *Hordeum vulgare L., антиоксидантная активность зерна, содержание масла и белка*