

**Алена Владимировна Сумина**

Хакасский государственный университет им. Н.Ф. Катанова, доцент кафедры химии и геоэкологии, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, Абакан, Республика Хакасия, Россия

E-mail: alenasumina@list.ru

**Вадим Игоревич Полонский**

Красноярский государственный аграрный университет, профессор кафедры ландшафтной архитектуры, ботаники, агроэкологии; Сибирский федеральный университет, Институт фундаментальной биологии и биотехнологии, профессор кафедры биофизики, доктор биологических наук, профессор, Красноярск, Россия

E-mail: vadim.polonskiy@mail.ru

**СРАВНИТЕЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ПШЕНИЦЫ, ОВСА И ЯЧМЕНЯ  
ПО СУММАРНОМУ СОДЕРЖАНИЮ АНТИОКСИДАНТОВ В ЗЕРНЕ**

Целью работы являлся анализ характеристик функциональной ценности зерна различных сибирских образцов пшеницы, овса и ячменя. В качестве такового биохимического показателя использовали суммарное содержание антиоксидантов в зерне. Объектами исследования служили 10 образцов ярового ячменя *Hordeum vulgare* L. (Ача, Абалак Биом, Буян, Красноярский 91, Емеля, Оленек, Такмак, Танай, Уватский), 5 образцов овса *Avena sativa* L. (Аргумент, Голец, Ровесник, Саян, Тубинский) и 8 образцов яровой пшеницы *Triticum vulgare* L. (Красноярская 12, Алтайская 70, Омская Краса, Солнечная 573, Оазис, Омская 44, Алтайская 75, Свирель). Зерновые культуры находились в контрастных климатических условиях на территории трех государственных сортоучастков: Бейский (Республика Хакасия), Краснотуранский (Красноярский край), Пий-Хемский (Республика Тыва). Все виды растений выращивали по паровому предшественнику в течение вегетационного периода 2019 г. Суммарное содержание антиоксидантов (ССА) в зерне определяли по апробированной методике на приборе «Цвет Яуза-01-АА» с использованием двух растворителей: горячей бидистиллированной воды и 70 % этилового спирта. Установлено, что в случае с овсом и пшеницей более высокие значения ССА в зерне имели место при использовании в качестве растворителя горячей воды, для образцов ячменя отмечалась противоположная тенденция. Показано, что абсолютные уровни ССА в зерне зависели от климатических условий, биологического вида и сорта. Параметры ССА изменялись по пунктам выращивания в большей степени у образцов ячменя (значения коэффициентов вариации для двух элюентов равны 9,9 и 10,2 %). Наибольшими значениями ССА в зерне характеризовались образцы ячменя (61,6 и 64,8 мг/100 г), а наименьшие величины ССА регистрировались у овса (45,3 и 42,0 мг/100 г). Максимальные величины ССА в зерне наблюдались у образцов овса Аргумент, пшеницы Свирель и ячменя Уватский.

**Ключевые слова:** зерно, ячмень, овес, пшеница, сорт, условия выращивания, суммарное содержание антиоксидантов.

**Alena V. Sumina**

Khakass State University named after N.F. Katanov, Associate Professor at the Department of Chemistry and Geoecology, Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor, Abakan, Republic of Khakassia, Russia

E-mail: alenasumina@list.ru

**Vadim I. Polonsky**

Krasnoyarsk State Agrarian University, Professor at the Department of Landscape Architecture, Botany, Agroecology; Siberian Federal University, Institute of Fundamental Biology and Biotechnology, Professor at the Department of Biophysics, Doctor of Biological Sciences, Professor, Krasnoyarsk, Russia  
E-mail: vadim.polonskiy@mail.ru

### WHEAT, OATS AND BARLEY COMPARATIVE CHARACTERISTICS BY TOTAL ANTIOXIDANT CONTENT IN THE GRAIN

*The aim of this study was to analyze the characteristics of the functional value of grain in various Siberian samples of wheat, oats and barley using the total content of antioxidants in the grain as such a biochemical indicator. The objects of the study were 10 samples of *Hordeum vulgare* L spring barley. (Acha, Abalak Biom, Buyan, Krasnoyarsk 91, Emelya, Olenek, Takmak, Tanay, Uvatsky), 5 samples of oats *Avena sativa* L. (Argument, Golets, Rovesnik, Sayan, Tubinsky) and 8 samples of spring wheat *Triticum vulgare* L. (Krasnoyarskaya 12, Altayskaya 70, Omskaya Krasa, Solnechnaya 573, Oasis, Omskaya 44, Altayskaya 75, Svirel). Cereals were kept in contrasting climatic conditions on the territory of three state variety plots: Beisky (Republic of Khakassia), Krasnoturansky (Krasnoyarsk Region), Piy-Khemsy (Republic of Tyva). All plant species were grown on a steam predecessor during the 2019 growing season. The total content of antioxidants (CCA) in the grain was determined according to the approved method on a Tsvet Yauza-01-AA device using two solvents: hot bidistilled water and 70 % ethyl alcohol. It was found that, in the case of oats and wheat, higher CCA values in grain were observed when hot water was used as a solvent; for barley samples, the opposite tendency was observed. It was shown that the absolute levels of SSA in grain depended on climatic conditions, biological species and variety. The SSA parameters varied according to the cultivation points to a greater extent in barley samples (the values of the coefficients of variation for the two eluents are equal to 9.9 and 10.2 %). The highest CCA values in grain were found in barley samples (61.6 and 64.8 mg/100 g), and the lowest CCA values were recorded in oats (45.3 and 42.0 mg/100 g). The maximum values of CCA in grain were observed in the samples of Argument oats, Svirel wheat, and Uvatsky barley.*

**Key words:** grain, barley, oats, wheat, variety, growing conditions, total antioxidant content.

**Введение.** Одним из важных показателей биохимической и функциональной ценности зерна является суммарное содержание в нем антиоксидантов [1, 2]. При этом среди культурных злаков найдены межвидовые различия как по общему содержанию этих веществ, так и по отдельным фенольным соединениям, каротиноидам и токоферолам. Данный факт был выявлен в результате исследования химических экстрактов, полученных из цельного зерна овса, ржи, ячменя, тритикале, твердой и мягкой пшеницы [3, 4]. Сравнительное определение содержания различных антиоксидантов в цельном зерне голозерного ячменя, голозерного овса, ржи, мягкой и твердой пшеницы показало, что самое высокое содержание свободных фенолов и флавоноидов характерно для голозерного ячменя, а токоферолов, желтых пигментов и связанных фенольных соединений – для голозерного овса. По убыванию антиоксидантной ак-

тивности указанные виды злаков распределились следующим образом: голозерный ячмень, рожь, голозерный овес, твердая и мягкая пшеница [4]. Полученные данные подтвердили найденную ранее высокую антиоксидантную активность зерна ячменя в сравнении с овсом, тритикале и рожью [4, 5].

В другой работе приведены результаты оценки общей антиоксидантной активности метанольных экстрактов зерна ячменя, овса, ржи, мягкой пшеницы и гречихи. В ряду указанных культур антиоксидантная активность экстракта цельного зерна была представлена следующим порядком: гречиха > ячмень > овес > пшеница  $\cong$  рожь [6].

Установлено, что основная часть фенольных соединений в зерне находится в связанном виде (85 % в зерне кукурузы, 76 % пшеницы, 75 % овса, 62 % в зерне риса) [7, 8]. Лидирующим фенольным соединением в зерне ряда злаков

является феруловая кислота, которая часто находится лишь в связанном состоянии [7].

Именно связанные фенольные соединения (данный факт доказан на примере овса, пшеницы, кукурузы, риса, тритикале) вносят основной вклад в антиоксидантную активность зерна [5, 9]. В зависимости от антиоксидантных способностей растворимых и нерастворимых фракций зерновые культуры можно расположить следующим образом: ячмень > рожь > овес > пшеница [10].

Основная часть исследований функциональной антиоксидантной ценности зерна представлена в зарубежной литературе. Публикаций, посвященных изучению суммарного содержания антиоксидантов у зерновых культур, в отечественной научной литературе представлено крайне мало.

**Цель исследования.** Сравнительная оценка различных образцов ячменя, овса и пшеницы

сибирской селекции по суммарному содержанию антиоксидантов в зерне.

**Объект и методы исследования.**

В качестве объекта исследования использовали 10 образцов ярового ячменя *Hordeum vulgare* L. (Ача, Абалак Биом, Буян, Красноярский 91, Емеля, Оленек, Такмак, Танай, Уватский), 5 образцов овса *Avena sativa* L. (Аргумент, Голец, Ровесник, Саян, Тубинский) и 8 образцов пшеницы *Triticum vulgare* L. (Красноярская 12, Алтайская 70, Омская Краса, Солнечная 573, Оазис, Омская 44, Алтайская 75, Свирель), которые выращивали на территории трех сортоучастков: Бейский (Республика Хакасия), Краснотуранский (Красноярский край), Пий-Хемский (Республика Тыва). Культуры возделывали в течение вегетационного периода 2019 г. по паровому предшественнику.

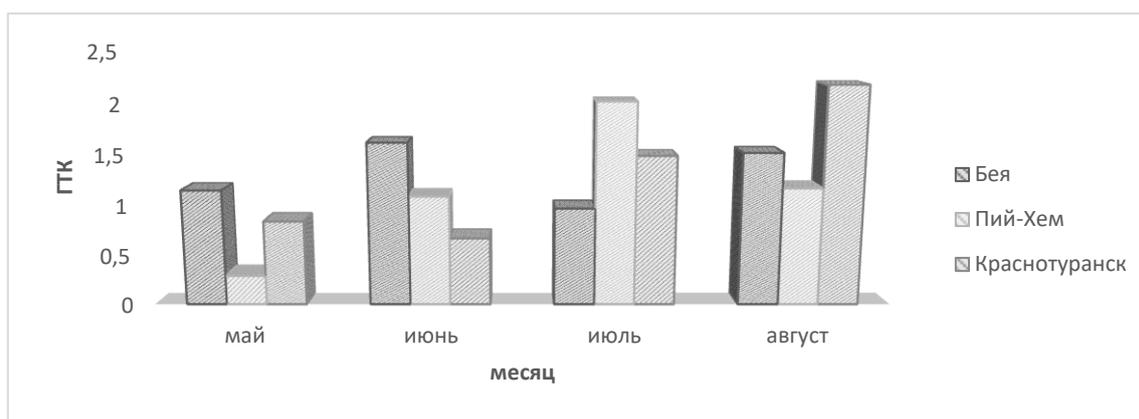


Рис. 1. Значения гидротермического коэффициента по пунктам и месяцам вегетационного периода 2019 г.

Данные, представленные на рисунке 1, отражают значения гидротермического коэффициента по месяцам вегетационного периода и пунктам исследования. Можно видеть, что данный показатель различался как по месяцам, так и по госсортоучасткам. Наименее благоприятным по указанному параметру был Пий-Хемский ГСУ, погодные условия которого были контрастными по обеспеченности осадками: дефицит в мае-июне и избыток в июле.

Суммарное содержание антиоксидантов (ССА) определяли по апробированной методике [11] на приборе «Цвет Яуза-01-АА» с использованием двух растворителей: горячей бидистил-

лированной воды и 70 % этилового спирта. Измерения уровня ССА выполняли в трехкратной повторности. Статистическая обработка результатов была выполнена с помощью программы MS Excel 2019.

**Результаты исследования и их обсуждение.** При изучении зерновых культур по показателю ССА самые высокие средние значения были зарегистрированы у образцов ячменя, а минимальные у овса (табл.). При этом разница по указанному биохимическому параметру для двух элюентов составила: между овсом и ячменем – 36 и 54,3 %; ячменем и пшеницей – 15,8 и 27,6; овсом и пшеницей – 17,4 и 21 %. Следует

отметить, что у всех образцов уровень ССА различался и в зависимости от применяемого растворителя. Установлено, что в случае с овсом и пшеницей более высокие значения ССА в зерне имели место при использовании в качестве растворителя горячей воды, для образцов

ячменя отмечалась противоположная тенденция (табл., рис. 2). Разница в значениях для двух растворителей в среднем для образцов ячменя составила 5,2 %, для пшеницы – 4,7 %, для овса – 7,8 %.

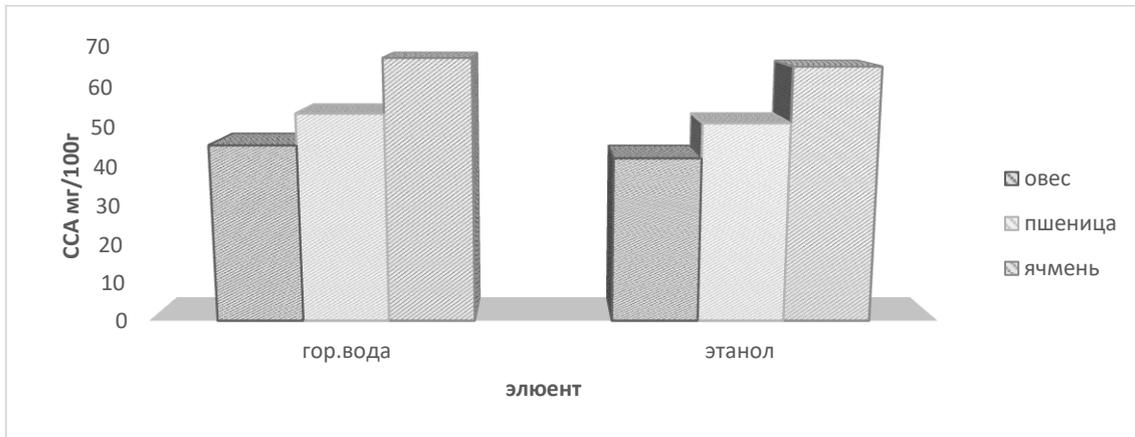


Рис. 2. Среднее значение ССА исследуемых зерновых культур в зависимости от используемого элюента

Исследуемые зерновые культуры имели сортовые различия по величине ССА (табл.). Для овса наиболее высокие значения данного показателя зарегистрированы в зерне сорта Аргумент, а минимальные у сорта Тубинский. Коэффициент вариации составил относительно невысокие значения, в пределах 3–4 %, за исключением сорта Саян при использовании в качестве элюента горячей воды.

Максимальные значения ССА в зерне пшеницы были выявлены у сорта Свирель, минимальные – у образца Алтайская 70. Большая часть образцов данной зерновой культуры имела значения ССА в интервале от 50 до 60 мг/100 г. Для образцов пшеницы коэффициент вариации находился в более широком диапазоне, при этом

основная их часть имела значения до 7 %, что говорит об относительной стабильности рассматриваемого биохимического показателя по пунктам исследования.

Установлено, что ячменное зерно имело более высокие уровни ССА, при этом максимальные значения наблюдались у сортов Уватский и Ача, минимальные – у образца Абалак. Для большей доли сортов ячменя значения ССА находилось в диапазоне от 55 до 65 мг/100 г. Коэффициент вариации для зерна данного вида имел более высокие и разновеликие значения (по сравнению с овсом и пшеницей), что свидетельствует о большей относительной зависимости рассматриваемого биохимического признака от условий выращивания растений.

**Среднее суммарное содержание антиоксидантов в зерне различных образцов овса, пшеницы и ячменя в зависимости от используемого элюента**

Сорт	Среднее	Max-min	Коэффициент вариации, %
1	2	3	4
Овес			
Аргумент	50,6/47,3*	53,9–48,2/49,3–44,7	4/3
Голец	46,3/43,3	48,4–44,9/49,9–44,7	3/4
Ровесник	42,4/39,0	45–40,2/40,1–37,9	5/3

1	2	3	4
Саян	47,5/43,6	57,3–39,1/51,3–43,8	14/3
Тубинский	39,5/36,9	42–37,1/39,7–33,6	4/6
Среднее	45,3/42,0	–	6,0/3,8
Пшеница			
Красноярская 12	47,7/44,3	50,5–45,2/47,4–41,7	4/2
Алтайская 70	42,7/39,9	46,1–40,2/44,4–35	6/9
Омская Краса	59,7/56,3	62,9–56,6/61,1–52,8	3/5
Солнечная 573	59,7/55,8	64,4–52,4/60,5–48,7	8/8
Оазис	43,5/ 47,2	46,4–40,1/60,7–39,3	5/19
Омская 44	54,0/51,2	58,1–48,6/55,7–45,4	7/7
Алтайская 75	54,8/52,7	58,5–50/49,7–56,2	6/5
Свирель	63,1/59,1	64,9–60,8/60,3–56,2	2/2
Среднее	53,2/50,8	–	5,1/7,1
Ячмень			
Буян	55,8/52,8	61,4–48,3/60,9–44,9	13/14
Красноярский 91	74,8/70,6	77,2–73,4/70,3–69,5	2/1
Ача	81,2/78,4	83–79,1/81,1–76	2/2
Биом	58,7/56,0	60,1–57,6/56,3–55,4	1/1
Емеля	68,6/68,6	80,6–56,8/79,5–59,9	16/16
Танай	62,8/60,7	72,5–51,4/71,3–50,1	18/17
Такмак	68,3/64,8	87,6–49,2/81,3–48,7	28/26
Уватский	86,3/84,1	88,8–82,8/85,8–81,3	3/2
Абалак	53,3/53,6	61,3–45,2/63,8–43,2	14/19
Оленек	59,2/58,2	60,9–57,5/60,5–54,9	2/4
Среднее	61,6/64,8	–	9,9/10,2

\*Числитель – бидистиллированная вода; знаменатель – этанол.

**Выводы.** Таким образом, в результате проведенных исследований различных сибирских сортов трех зерновых культур было установлено, что эти виды по уровню ССА в зерне располагаются в следующем порядке: ячмень > пшеница > овес. Коэффициент вариации имел меньшие значения для образцов пшеницы и овса по сравнению с ячменем.

#### Список источников

1. Polonskiy V.I., Loskutov I.G., Sumina A.S. Biological role and health benefits of antioxidant compounds in cereals // *Biological Communications*. 2020. Vol. 65. No. 1. P. 53–67.
2. Полонский В.И., Лоскутов И.Г., Сумина А.В. Селекция на содержание антиоксидантов в зерне как перспективное направление для получения продуктов здорового питания // *Вавиловский журнал генетики и селекции*. 2018. Т. 22. Вып. 3. С. 343–352.
3. Menga V., Fares C., Troccoli A., Cattivelli L., Baiano A. Effects of genotype, location and baking on the phenolic content and some antioxidant properties of cereal species // *International Journal of Food Science and Technology*. 2010. Vol. 45. No. 1. P. 7–16.
4. Zieliński H., Ceglińska A., Michalska A. Antioxidant contents and properties as quality indices of rye cultivars // *Food Chemistry*. 2007. Vol. 104. No. 3. P. 980–988.
5. Ragaei S., Abdel-Aal E.S.M., Noaman M. Antioxidant activity and nutrient composition of selected cereals for food use // *Food Chemistry*. 2006. Vol. 98. No. 1. P. 32–38.
6. Žilić S., Šukalović V.H.T., Dodig D., Maksimović V., Maksimović M., Basić Z. Antioxidant activity of small grain cereals caused by phenolics and lipid soluble antioxidants // *Journal of Cereal Science*. 2011. Vol. 54. No. 3. P. 417–424.
7. Adom K.K., Liu R.H. Antioxidant Activity of Grains // *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 2002. Vol. 50. No. 21. P. 6182–6187.

8. Liu R.H. Whole grain phytochemicals and health // *Journal of Cereal Science*. 2007. Vol. 46. No. 3. P. 207–219.
9. Das A.K., Singh V. Antioxidative free and bound phenolic constituents in pericarp, germ and endosperm of Indian dent (*Zea mays* var. *indentata*) and flint (*Zea mays* var. *indurata*) maize // *Journal of Functional Foods*. 2015. Vol. 13. No. 2. P. 363–374.
10. Tufan A.N., Çelik S.E., Özyürek M., Güçlü K., Apak R. Direct measurement of total antioxidant capacity of cereals: QUENCHER-CUPRAC method // *Talanta*. 2013. Vol. 108. No. 4. P. 136–142.
11. Сумина А.В., Полонский В.И., Шалдаева Т.М. и др. Овсяный талган как источник антиоксидантов в функциональных продуктах питания // Вестник Российского университета дружбы народов. Сер. Агронимия и животноводство. 2020. Т. 15, № 1. С. 19–29.
4. Zieliński H., Ceglińska A., Michalska A. Antioxidant contents and properties as quality indices of rye cultivars // *Food Chemistry*. 2007. Vol. 104. No. 3. P. 980–988.
5. Ragaei S., Abdel-Aal E.S.M., Noaman M. Antioxidant activity and nutrient composition of selected cereals for food use // *Food Chemistry*. 2006. Vol. 98. No. 1. P. 32–38.
6. Žilić S., Šukalović V.H.T., Dodig D., Maksimović V., Maksimović M., Basić Z. Antioxidant activity of small grain cereals caused by phenolics and lipid soluble antioxidants // *Journal of Cereal Science*. 2011. Vol. 54. No. 3. P. 417–424.
7. Adom K.K., Liu R.H. Antioxidant Activity of Grains // *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 2002. Vol. 50. No. 21. P. 6182–6187.
8. Liu R.H. Whole grain phytochemicals and health // *Journal of Cereal Science*. 2007. Vol. 46. No. 3. P. 207–219.
9. Das A.K., Singh V. Antioxidative free and bound phenolic constituents in pericarp, germ and endosperm of Indian dent (*Zea mays* var. *indentata*) and flint (*Zea mays* var. *indurata*) maize // *Journal of Functional Foods*. 2015. Vol. 13. No. 2. P. 363–374.
10. Tufan A.N., Çelik S.E., Özyürek M., Güçlü K., Apak R. Direct measurement of total antioxidant capacity of cereals: QUENCHER-CUPRAC method // *Talanta*. 2013. Vol. 108. No. 4. P. 136–142.
11. Sumina A.V., Polonskij V.I., Shaldaeva T.M. i dr. Ovsyanyj talgan kak istochnik antioksidantov v funkcional'nyh produktah pitaniya // Vestnik Rossijskogo universiteta druzhby narodov. Ser. Agromiya i zhivotnovodstvo. 2020. T. 15, № 1. S. 19–29.

### References

1. Polonskij V.I., Loskutov I.G., Sumina A.S. Biological role and health benefits of antioxidant compounds in cereals // *Biological Communications*. 2020. Vol. 65. No. 1. R. 53–67.
2. Polonskij V.I., Loskutov I.G., Sumina A.V. Selekcija na sodержanie antioksidantov v zerne kak perspektivnoe napravlenie dlya polucheniya produktov zdorovogo pitaniya // *Vavilovskij zhurnal genetiki i selekcii*. 2018. T. 22. Vyp. 3. S. 343–352.
3. Menga V., Fares C., Troccoli A., Cattivelli L., Baiano A. Effects of genotype, location and baking on the phenolic content and some antioxidant properties of cereal species // *International Journal*

