

Оригинальные статьи / Original articles

https://doi.org/10.18619/2072-9146-2020-1-74-79
УДК 635.25:581.19

Голубкина Н.А.¹, Немтинов В.И.²,
Костанчук Ю.Н.², Карузо Д.³,
Агафонов А.Ф.¹, Мастяев И.С.¹,
Надежкин С.М.¹

¹ Федеральное государственное бюджетное научное учреждение "Федеральный научный центр овощеводства" (ФГБНУ ФНЦО) 143072, Россия, Московская область, Одинцовский район, п. ВНИИССОК, ул. Селекционная, д. 14 E-mail: segolubkina45@gmail.com

² Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Крыма» 295453 Россия, Республика Крым, г. Симферополь, Киевская, 150 E-mail: nemtin2@mail.ru, priemnaya@niishk.ru

³ Неаполитанский университет Федерико III Неаполь, Италия, 80055 E-mail: gcaruso@unina.it

Конфликт интересов: Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Для цитирования: Голубкина Н.А., Немтинов В.И., Костанчук Ю.Н., Карузо Д., Агафонов А.Ф., Мастяев И.С., Надежкин С.М. Пищевая ценность салатного лука крымской селекции. *Овощи России*. 2020;(1):74-79. <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2020-1-74-79>

Поступила в редакцию: 06.12.2019

Принята к печати: 16.01.2020

Опубликована: 25.02.2020

Nadezhda A. Golubkina¹,
Victor I. Nemtinov²,
Yuliya N. Kostanchuk²,
Gianluca Caruso³,
Alexander F. Agafonov¹,
Ivan S. Mastyaev¹,
Sergey M. Nadezhkin¹

¹ Federal State Budgetary Scientific Institution Federal Scientific Vegetable Center (FSBSI FSVC) 14, Selectionnaya str., VNISSOK, Odintsovo district, Moscow region, Russia, 143072 E-mail: segolubkina45@gmail.com

² Research Institute of Agriculture of Crimea 150, Kievskaya str., Simferopol, Crimea, Russia, 295453 E-mail: nemtin2@mail.ru, priemnaya@niishk.ru

³ Department of Agricultural Sciences, University of Naples Federico II Portici (Naples), Italy, 80055 E-mail: gcaruso@unina.it

Conflict of interest: The authors declare no conflict of interest.

For citation: Golubkina N.A., Nemtinov V.I., Kostanchuk Yu.N., Caruso G., Agafonov A.F., Mastyaev I.S., Nadezhkin S.M. Nutritional value of salad Crimean onion. *Vegetable crops of Russia*. 2020;(1):74-79. (In Russ.) <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2020-1-74-79>

Received: 06.12.2019

Accepted for publication: 16.01.2020

Accepted: 25.02.2020

Пищевая ценность салатного лука крымской селекции



РЕЗЮМЕ

Актуальность. Лук репчатый (*Allium cepa*) является одной из наиболее важных овощных культур в большинстве стран мира. Высокая пищевая ценность особенно выражена в луках салатного направления, выращивание которых требует высоких температур и значительной инсоляции.

Материал и методика. В работе впервые приведены данные биохимического состава 9 сортов и сортообразцов салатного лука Крыма (красные Фестивальный, Ялтинский плюс, Ялтинский форос, Ялтинский рубин, Ялтинский 6А, Ялтинский 7А, Ялтинский 8А и желтые Кендли и Bean promine) в сравнении с популярным в Италии салатным луком Тореа и полуострыми сортами селекции Федерального Научного Центра Овощеводства, выращенными в Московской области, Италии и Ставропольском крае (Золотничок и Черный принц).

Результаты. Установлено, что теплый климат Средиземноморья способствует более интенсивному накоплению полифенолов, флавоноидов и высокой общей антиоксидантной активности, а также органических кислот при достоверном повышении доли моносахаров от общего количества сахаров. По сравнению с итальянским сортом Тореа крымские сладкие сорта лука характеризуются более высоким содержанием витамина С (12.8 ± 1.4 мкг/100 г сырой массы) и сходными уровнями накопления полифенолов (21.0 ± 2.3 мг-экв ГАК/г с.м.), кверцетина (3.09 ± 0.42 мг-экв ГАК/г с.м.) и антоцианидинов (2.78 ± 1.03 мг/г сырой массы). Показано, что новые перспективные сортообразцы Ялтинский 6А, Ялтинский 7А и Ялтинский 8А отличаются повышенной антиоксидантной активностью. Установлена прямая корреляция между соотношением антиоксидантной активности в шелухе/луковице с соответствующим показателем для полифенолов ($r=+0.93$), а также прямая корреляция между содержанием флавоноидов во внутренних и внешних чешуях ($r=+0.83$). Показано, что соотношение уровней накопления полифенолов и флавоноидов в луковице и шелухе крымских луков достоверно выше, чем соответствующий показатель у подмосковных полуострых сортов, что предполагает перспективность использования шелухи крымских луков в производстве функциональных продуктов питания с повышенным содержанием антиоксидантов.

Ключевые слова: салатный лук, шелуха, внутренние чешуи, биохимические показатели, сортовые различия

Nutritional value of salad Crimean onion

ABSTRACT

Relevance. *Allium cepa* L. is considered to be one of the most important agricultural crops in most countries of the world. High nutritional value is especially pronounced in salad onion which vegetation needs high temperature and significant insulation.

Material and methods. The first biochemical characteristics are given for 9 Crimean salad onion genotypes and varieties (red onions Festivalny, Yaltinsky plus, Yaltinsky foros, Yaltinsky rybin, Yaltinsky 6A, Yaltinsky 7A, Yaltinsky 8A and yellow cultivars Kendy and Bean promine) with the comparison with the appropriate data for popular Italian sweet onion cultivar Tropea and semi-pungent varieties grown in Moscow region, Italy and Stavropol region (Zolotnichok, Cherny prince).

Results. Warm climate is shown to increase the amount of antioxidants, monosaccharides and organic acids in onion bulbs. Compared to the Italian Tropea variety Crimean genotypes were characterized by higher levels of ascorbic acid (12.8 ± 1.4 mg/100 g fresh weight) and organic acids (1.58 ± 0.03 mg malic acid per g of dry weight), relatively similar levels of polyphenols (21.0 ± 2.3 mg-eq Gallic acid per g of dry weight), and quercetin. (3.09 ± 0.42 mg-eq Gallic acid per g of dry weight) and antocyanines (2.78 ± 1.03 mg/g fresh weight). New genotypes Yaltinsky 6A, Yaltinsky 7A, Yaltinsky 8A were shown to accumulate higher levels of antioxidants. A direct correlation between the peel/inner layers ratio of antioxidant activities with the appropriate ratio for polyphenols was demonstrated ($r=+0.93$). A direct correlation between flavonoids content in peel and inner layers was also revealed ($r=+0.83$). Polyphenols and flavonoids ratios between peel and inner layers were shown to be higher for the Crimean genotypes compared to semi-pungent Moscow region varieties which indicates the prospects of utilization of the Crimean onion peel in production of functional food products with elevated levels of antioxidants.

Keywords: salad onion, peel, inner layers, biochemical characteristics, inter-varietal differences.

Введение

Лук репчатый (*Allium cepa* L.) является одной из наиболее важных овощных культур, по уровню производства занимающая второе место в мире после томата [1]. Лук является важным источником ряда биологически активных соединений, таких как флавоноиды, антоцианины (в красных сортах), фруктоолигосахариды, тиосульфиды и другие серосодержащие соединения. Высокое содержание фенольных соединений определяет антиоксидантные свойства лука и защитный эффект от целого ряда заболеваний, связанных с развитием оксидантного стресса: кардиологических, неврологических, желудочно-кишечных [1]. Лук обладает противовоспалительным, антиканцерогенным, иммуномодулирующим и антиаллергенным действием. Серосодержащие соединения лука усиливают производство инсулина, высокое содержание пищевых волокон стимулирует пищеварение, потребление лука способствует повышению плотности костной ткани у пожилых людей [1].

Среди потребителей особенно ценятся сладкие сорта лука, отличающиеся изысканным вкусом и обеспечивающие наибольшее поступление биологически активных соединений в организм человека по сравнению с луком, подвергшимся кулинарной обработке. Россия производит в основном острые и полуострые сорта луков, характерной особенностью которых является возможность длительного хранения. С другой стороны, салатные сорта наиболее распространены в южных регионах, и в России наиболее популярными являются салатные луки Крымской селекции. Между тем, в отличие от острых и полуострых сортов [2], данные по пищевой ценности таких луков отечественной селекции крайне фрагментарны [3].

Целью настоящего исследования была оценка биохимических показателей салатных луков Крымской селекции.

Материалы и методы

В работе использовали 8 сортов и перспективных линий сладкого лука селекции ФГБУН «НИИ с.-х. Крыма», урожая 2017-2018 годов: желтые — Кенди F₁ (Голландия), Veam promin ФГБУН «НИИ с.-х. Крыма» и красные – Ялтинский рубин, Ялтинский форос, Ялтинский плюс, Фестивальный,

а также сортообразцы сортотипа Ялтинский: Ялтинский 6А, Ялтинский 7А и Ялтинский 8А. В качестве сравнения в работе использовали сладкий итальянский сорт Тореа, выращенный на экспериментальных полях Неапольского университета им. Федерико II, а также полуострые сорта Золотничок и Черный принц селекции ФГБНУ «Федеральный научный центр овощеводства», выращенные в Московской области, Ставропольском крае и Италии.

Оценку биохимических показателей осуществляли, как луковиц, так и внешних чешуй (шелухи), известных своими высокими антиоксидантными свойствами [4].

Содержание сухого вещества определяли высушиванием гомогенизированных образцов при 70°C до постоянной массы. Уровень накопления сахаров устанавливали цианидным методом [5], содержание нитратов – с помощью ионселективного электрода на иономере Эксперт-001 (Эконикс, Россия). Содержание антиоксидантов и уровень антиоксидантной активности устанавливали общепринятыми методами: селена в высушенных гомогенизированных образцах – флуорометрически, аскорбиновой кислоты – методом визуального титрования реактивом Тилманса, полифенолов, флавоноидов и антоцианинов – спектрофотометрически, уровень антиоксидантной активности (АОА) – титриметрически [6]. Титруемую кислотность (ТК) определяли по ГОСТ Р 51434-99 [7]. Остроту лука устанавливали по содержанию пировиноградной кислоты [8].

Статистический анализ результатов исследования осуществляли с использованием статистической программы Excel.

Результаты и обсуждения

Известно, что биохимические показатели сельскохозяйственных культур в значительной степени определяются геохимическими условиями произрастания. Так, сравнение биохимических показателей двух полуострых сортов лука репчатого Золотничок и Черный принц, выращенных в 2017 году в Неаполе, Ставропольском крае и на опытных полях ФГБНУ ФНЦО при использовании семян одной партии, показало более высокие уровни аккумуляции аскорбиновой кислоты, полифенолов и уровня

Таблица 1. Влияние места произрастания на биохимические характеристики лука
Table 1. Effect of place of vegetation on biochemical characteristics of onion

Показатель* Parameter	Черный принц Cherny prince			Золотничок Zolotnichok		
	Италия Italy	Ставрополь Stavropol	Московская область Moscow region	Италия Italy	Ставрополь Stavropol	Московская область Moscow region
Моносахара, % Monosaccharides	21.4±1a	20.1±1a	19±1a	17.6±1b	21.7±1a	16.1±1c
Дисахара, % Disaccharides	37.8±2.0a	42.6±2.0a	50.9±2.0b	41.4±2.0a	40.4±2.0a	63.7±3.0c
Аскорбиновая кислота, мг/100 г Ascorbic acid, mg/100 g	102±6a	74±4b	62±2c	99±7a	49±1d	45±1d
Полифенолы, мг-экв ГК/г Polyphenols, mg-eq UA/g	22.3±1a	13.4±1b	10±1c	21.0±1a	9.6±0.7c	7.3±0.5d
АОА, мг-экв ГК/г mg-eq UA/g	54.8±3a	23.2±1b	13.3±1c	51.6±2a	15.6±1c	10.1±0.8d
ТК, мг-экв ябл. кислоты/г TA, mg-eq MA/g	3.5±0.2a	1.4±0.1b	0.7±0.03c	2.7±0.1d	0.75±0.02c	0.7±0.03c

*все показатели приведены в расчете на сухую массу. Значения в рядах с одинаковыми индексами статистически не различаются при P<0.05

*All values are given per dry weight. Values in lines with similar indexes do not differ statistically at P<0.05

общей антиоксидантной активности в образцах из южных регионов (табл.1). Установлено также, что в условиях более холодного климата Подмоскovie указанные сорта имели достоверно более высокое содержание дисахаров и более низкий уровень накопления органических кислот (величина титруемой кислотности).

Эти данные свидетельствуют о неоспоримых преимуществах селекции и производства сладких видов лука в условиях южных регионов России. Данные, представленные в таблице 2, свидетельствуют о высоких показателях качества Крымского лука.

Общепринятым методом определения остроты лука является определение уровня ферментативно образующейся пировиноградной кислоты. Этот показатель представляется важным в оценке аромата и вкусовых качеств различных сортов лука репчатого.

Согласно международной классификации все луки делят на три категории: острые с содержанием пировиноградной кислоты более 7 мкМ/г, полуострые - с содержанием 3–7 мкМ пировиноградной кислоты/г и сладкие – с уровнем пировиноградной кислоты от 0 до 3 мкМ пировиноградной кислоты/г [9]. Данные таблицы 2 показывают, что по уровню пировиноградной кислоты все исследованные сорта относятся к сладким. Для сравнения, полуострый сорт Штудгарский, выращенный в Крыму, характеризовался в 3 раза более высоким уровнем пировиноградной кислоты (6,3 мкМ ПВК/г). Результаты настоящего исследования подтверждают отнесение Крымских луков к группе сладких с уровнем показателя остроты от 1,73 до 2,53 мкМ ПВК/г сырой массы

Известно, что основными органическими кислотами лука репчатого являются яблочная и лимонная [10]. Интегральный показатель титруемой кислотности исследованных луков свидетельствует о большем содержании органических кислот в салатных луках Крымской селекции по сравнению с итальянским сортом Тропеа, что может отражать генетические особенности исследуемых сортов. Действительно, показано, что этот показатель может значительно различаться между сортами, выращенными в одинаковых биогеохимических условиях [10]. Тем не менее, этот показатель для Крымских луков является весьма стабильным и находится в узком интервале концентраций: от 1,50 до 1,64 мг-экв/г.

Общее содержание водорастворимых сахаров в Крымских луках составило в интервале от 4,3 до 8,1 г/100г сырой массы, что выше, чем описано в литературе для других сортов лука репчатого [10]. По сравнению с итальянским сортом Тропеа более высокие уровни общего сахара характерны для сортов Веам промин и Фестивальный. Наименьший уровень общего содержания сахаров был установлен у сортообразца Ялтинский 8А. Показательно, что суммарное содержание сахаров является наиболее вариabильным для луков Крымской селекции (коэффициент вариации 15,5%).

Колебания уровня нитратов были незначительны и нигде не выходили за рамки предельно допустимых уровней накопления.

Известно, что сладкие виды лука репчатого отличаются повышенным содержанием антиоксидантов, в целом, и аскорбиновой кислоты, в частности [10]. Действительно, уровни накопления витамина С у 9 сортов сладкого лука реп-

Таблица 2. Некоторые показатели качества крымских луков*
Table 2. Several quality parameters of the Crimean onion*

Сорт Genotype	Сухое вещество, % Dry matter, %	Нитраты, мг/кг Nitrates, mg/kg	Сахара, % Sugars, %		Острота мкМ ПВК**/г Pungency mcM PA**/g	ТК, мг яблочной кислоты/г Titratable acidity mg MA/g
			Моно Mono	Сумма Total		
Красные сорта Red genotypes						
Фестивальный Festivalny	9.7±0.02e	106±6.8c	4.7±0.2d	6.75±0.2g	1.73±0.05b	1.55±0.1a
Ялтинский плюс Yaltinsky plus	8.4±0.05a	95±5.4bc	3.25±0.1b	5.0±0.1d	2.0±0.2bc	1.55±0.1a
Ялтинский рубин Yaltinsky rebin	8.6±0.05c	92±5.0bc	3.3±0.1b	5.1±0.2de	2.0±0.1bc	1.61±0.1a
Ялтинский форос Yaltinskyforos	8.8±0.05d	105±7.2c	3.4±0.1ab	5.6±0.2ab	2.1±0.2c	1.64±0.1a
Ялтинский 6А Yaltinsky 6A	8.8±0.1d	86±5.5ab	4.0±0.2c	5.4±0.2ae	2.06±0.1bc	1.60±0.1a
Ялтинский 7А Yaltinsky 7A	9.0±0/1	104±7.0c	3.6±0.2ac	5.9±0.2b	2.1±0.1c	1.62±0.1a
Ялтинский 8А Yaltinsky 8A	8.3±0.1a	91±6.1bc	3.3±0.1b	4.3±0.1f	2.43±0.1a	1.58±0.1a
Желтые сорта Yellow genotypes						
Кенди Cendy	8.4±0.1a	79±5.0a	3.6±0.2ac	5.6±0.2ab	2.53±0.03a	1.50±0.1a
Веам промин	11.6±0.03b	96±5.3bc	3.2±0.1b	8.1±0.3c	1.83±0.05b	1.53±0.1a
M±SD	9.2±0.7	97±6	3.6±0.4	5.8±0.9	2.0±0.1	1.58±0.03
Тропеа (Italy)	8.8	119±7.0	3.7±0.4	5.3±0.2	1.8±0.05	0.3

*Все показатели приведены в расчете на сырую массу; **ПВК- пировиноградная кислота Значения в столбцах с одинаковыми индексами статистически не различаются при P<0.05

*All values are given per fresh weight **PA - pyruvic acid Values in columns with similar indexes do not differ statistically at P<0.05

Таблица 3. Содержание антиоксидантов в салатных луках
Table 3. Antioxidant content in salad onion

Сорт Genotype	Внутренние чешуи Inner layers					Внешние чешуи (шелуха) Peel		
	АК, мг/100 г сырой массы Ascorbic acid mg/100 g f.w.(D.w.)	АОА, мг-экв ГК/г сухой массы mg-eq GA/g d.w.	Полифенолы мг-экв ГК/г сухой массы Polyphenols, mg-eq GA/g d.w.	Флавоноиды Мг-экв кверцетина/г Flavonoids, mg-eq quercetin/g d.w.	Антоцианины Мг/ г сырой м Antocianidine s, mg/g f.w.	АОА, мг-экв ГК/г сухой массы mg-eq GA/g d.w.	Полифенолы мг-экв ГК/г сухой массы Polyphenols, mg-eq GA/g d.w.	Флавоноиды Мг-экв кверцетина/г Flavonoids, mg-eq quercetin/g
Красные сорта Red genotypes								
Фестивальный Festivalny	12,5±0.4d (129)	30.9±1.0a	9.5±1.2a	0.14c	0.87±0.1f	125ac	35.5a	13.9
Ялтинский плюс Yaltinsky plus	21.6±1.0c (257)	33.0±1.0b	20.9±1.5a	0.24±0.01b	1.64±0.1a	107b	38.9a	18.99
Ялтинский рубин Yaltinsky rubin	14.2±0.8ab (165)	45.6±1.5c	24.7±1.6b	0.38±0.02c	2.7±0.1b		34.8a	22.92
Ялтинский форос Yaltinsky foros	15,2±0.8b (173)	30.0±1.0a	15.9±0.9c	0.30±0.01a	2.33±0.1c	147c	39.4a	21.08
Ялтинский 6А Yaltinsky 6А	12,7±0.4d (144)	40.5±1.4d	23.8±1.0b	0.38±0.02c	5.79±0.3d	124.3ac	37.0a	20.2
Ялтинский 7А Yaltinsky 7А	14.2±0.8ab (158)	37.0±1.2e	22.5±1.1b	0.31±0.02a	3.23±0.2e	142.8ac	40.1a	21.94
Ялтинский 8А Yaltinsky 8А	11.4±0.3e (137)	42.5±1.6d	23.5±1.3b	0.35±0.09c	2.93±0.2be	134ac	39.8a	22.41
Желтые сорта Yellow genotypes								
Кенди Cendy	14. 0±0.8ab (167)*	30.0±1.1a	18.5±1.0a	0.29±0.01a	-	128.4ac	37.4a	18.02
Beam promine	13.5±0.5ad (116)	33.0±1.0b	20.1±1.5a	0.23±0.01b	-	113.1b	35.9a	20.18
M±SD	12.8±1.4	35.8±4.9	21.0±2.3	0.31±0.04	2.78±1.03	128.3±9.7	37.6±1.7	19.96±1.99
Тропеа	(133)	19.2-49.4	22	0..29	-			

Значения в столбцах с одинаковыми индексами статистически не различаются при $P > 0.05$

*В скобках приведены данные содержания аскорбиновой кислоты в расчете на сухую массу
Values in columns with similar indexes do not differ statistically at $P < 0.05$

*Values in brackets correspond to ascorbic acid content per 100 g of d.w.

чаго Крымской селекции были в среднем в 2 раза выше, чем аналогичный показатель для лука Штутгартского, выращенного в тех же биогеохимических условиях (6.6 мг/100 г сырой массы) (табл.3). Интервал наблюдаемых концентраций составил 11.4-21.6 мг/100 г с наибольшими уровнями аккумуляции витамина сортом Ялтинский плюс и наименьшим – сортообразцом Ялтинский 8А. Из представленных в таблице 3 данных следует, что потребление 100 г свежего Крымского лука может обеспечить от 16 до 31% суточной потребности человека в витамине С, в то время как для полуострых сортов этот показатель едва достигает 6%.

Уровень антиоксидантной активности составил в интервале от 30 до 45.6 мг-экв ГК/г с.м., наибольшие значения характерны для сорта Ялтинский рубин и сортообразцов Ялтинский 6А и Ялтинский 8А.

Высокую антиоксидантную активность луков определяет присутствие флавоноидов и, прежде всего, кверцетина, в красных сортах – антоцианинов, других полифенолов,

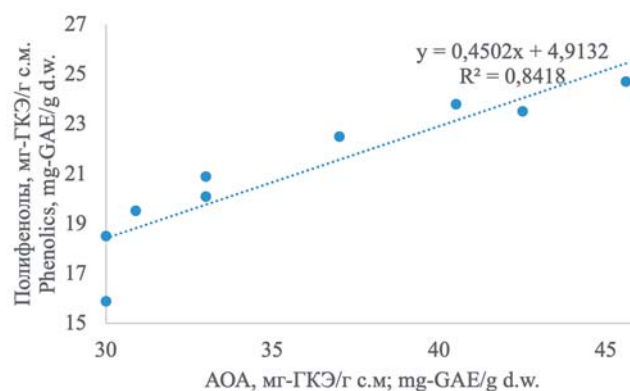


Рис.1. Взаимосвязь между содержанием полифенолов и уровнем антиоксидантной активности крымских луков
Fig. 1. Relationship between phenolics and AOA level in Crimean onion

а также серосодержащих соединений [1]. Данные таблицы 3 показывают, что вариация содержания антоцианинов в красных луках достигает 37%, а уровень накопления этих антиоксидантов снижается в ряду: Ялтинский 6А > Ялтинский 7А > Ялтинский 8А > Ялтинский рубин > Ялтинский форос > Ялтинский плюс > Фестивальный.

Существенно меньшей вариабельностью характеризуется содержание в Крымских луках флавоноидов, максимальное содержание которых было обнаружено в сорте Ялтинский рубин и в сортообразцах Ялтинский 6А и Ялтинский 8А, минимальное – в сорте Veam promine.

Еще один интегральный показатель антиоксидантной активности – содержание полифенолов, как и для многих других сельскохозяйственных культур [6], в Крымских луках четко коррелировал с уровнем антиоксидантной активности ($r=+0.92$; $P<0.001$) (рис.1).

В целом, следует отметить, что новые перспективные сортообразцы (Ялтинский 6А, 7А, 8А) отличаются повышенным содержанием антоцианинов, флавоноидов и полифенолов.

Обращает внимание, что все исследованные показатели антиоксидантной активности салатных сортов и сортообразцов Ялтинского лука были близки к соответствующим значениям, полученным для итальянского сорта Тореа за исключением содержания витамина С. В то же время полученные результаты не позволяют выделять красные луки как более богатые антиоксидантами по сравнению с желтыми сортами (Кенди и Veam promin), в отличие от данных Chen et al. [11], показавших более высокие показатели антиоксидантной активности в красных луках.

С позиций нутрициологии, чрезвычайно важным представляется антиоксидантный статус внешних чешуй лука, выращенного в Крыму, благодаря хорошо известному факту, что шелуха лука более богата антиоксидантами, чем внутренние чешуи [4]. Этот факт, а также проблема реализации огромного количества отходов переработки лука репчатого, явились основанием для проведения целого ряда исследований, показавших возможность применения шелухи лука репчатого для приготовления лапши [12], хлеба [13], увеличения срока хранения мясных продуктов [14] и в качестве потенциального средства, замедляющего старение [15]. Следует отметить, что отходы переработки лука репчатого только в странах Европейского союза составляют 450000 т/год. Эти отходы не пригодны в качестве добавок в корм скоту и/или в качестве органических удобрений вследствие активного роста фитопатогенов [16]. Важная физиологическая роль внешних чешуй, создающих физический и биохимический барьер от патогенов, обеспечивающих уменьшение потери влаги с поверхности луковицы и снижение интенсивности дыхания, определяют особенности их биохимического состава. Известно, что по сравнению с внутренними чешуями внешние чешуи лука существенно более богаты полифенолами, кверцетином и его производными [17]. Отмечается, что во внешних чешуях накапливается преимущественно свободный кверцетин, в то время как в луковице содержатся преимущественно гликозилированные формы. Содержится во внешних чешуях также протокатеховая кислота, обеспечивающая вместе с кверцетином мощную антиоксидантную защиту луковицы. Все эти соединения обладают выраженным противовоспалительным, антигипергликемическим, антибактериальным, противораковым, антиспазматическим и нейропротекторным действием [4]. Протокатеховая кислота ингибирует химический канцерогенез и проявляет проапоптотический и антипролиферативный эффекты в различных тканях [18]. Показано, что, помимо высокой антиоксидантной актив-

ности, экстракт шелухи красного лука проявляет мощный ингибирующий эффект в отношении фосфодиэстеразы 5А [19]. Установлено также, что измельчение шелухи лука приводит к возрастанию общего содержания флавоноидов в шелухе в 2 раза [20], что находится в хорошем соответствии с известными фактами повышения уровня флавоноидов при воздействии стрессовых факторов (механическое воздействие, воздействию света и повышенных температур), способствующим накоплению антиоксидантов и, в частности, кверцетина [21]. Установлено, что кверцетин порошка внешних чешуй лука репчатого лучше усваивается организмом, чем соответствующий экстракт [22]. Шелуха обладает также высокой антибактериальной активностью.

Оценка распределения флавоноидов между внутренними и внешними чешуями Крымского лука выявила существование прямой корреляции между этими показателями ($r=+0.83$; $P<0.01$) (рис.2), указывающей на то, что наилучшим источником кверцетина как внутренних, так и внешних чешуй исследованных сортов является сорт Ялтинский рубин.

Интересно в связи с этим отметить, что, если в луках

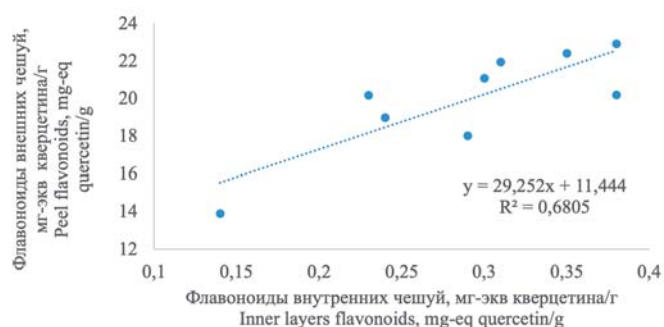


Рис.2. Взаимосвязь между содержанием флавоноидов во внутренних и внешних чешуях крымского лука
Fig.2. Relationship between peel and inner layers flavonoids in Crimean onion

южных регионов уровень флавоноидов в шелухе в среднем в 6,5 раз выше, чем в луковицах, то в средней полосе России это соотношение достигает всего 2,5, что может быть связано с меньшей инсоляцией и более низкими температурами выращивания (рис.1). Действительно, среди различных факторов, влияющих на накопление флавоноидов луками, особенно значимым представляется воздействие света, когда интенсивный синтез флавоноидов в этих условиях является отражением защитной функции этих соединений от разрушительного УФ-излучения [23].

Что касается полифенолов, то их содержание в шелухе Ялтинского лука было в 1,5-2 раза выше, чем в луковице, что согласуется с литературными данными для луков, выращенных в южных регионах [10]. Уровень антиоксидантной активности шелухи был соответственно в 3-4,5 раза выше, чем показатель АОА луковицы. Взаимосвязь между указанными показателями представлена на рисунке 2.

Заключение

Таким образом, осуществление первой биохимической характеристики салатных луков Крымской селекции подтвердило высокую пищевую ценность лука и широкие перспективы использования как луковиц, так и внешних чешуй.

Об авторах:

Голубкина Надежда Александровна – доктор с.-х. наук, главный научный сотрудник, <https://orcid.org/0000-0003-1803-9168>
Немтинов Виктор Илларионович – доктор с.-х. наук, главный научный сотрудник, <https://orcid.org/0000-0002-2020-200X>
Костанчук Юлия Николаевна – старший научный сотрудник, <https://orcid.org/0000-0002-3410-6634>
Карузо Джанлука – доктор с.-х. наук, проф., <http://orcid.org/0000-0002-7301-8151>
Агафонов Александр Федорович – кандидат с.-х. наук, старший научный сотрудник
Мастяев Иван Сергеевич – аспирант
Надежкин Сергей Михайлович – доктор биол. наук, зав. лабораторно-аналитическим отделом, <https://orcid.org/0000-0001-5786-3454>

About the authors:

Nadezhda A. Golubkina – Doc. Sci. (Agriculture), Chief Researcher, <https://orcid.org/0000-0003-1803-9168>
Victor I. Nemtinov – Doc. Sci. (Agriculture), Chief Researcher, <https://orcid.org/0000-0002-2020-200X>
Julia N. Kostanchuk – Senior Researcher, <https://orcid.org/0000-0002-3410-6634>
Caruso Gianluca – Ph.D. prof., <http://orcid.org/0000-0002-7301-8151>
Alexander F. Agafonov – Cand. Sci. (Agriculture), Senior Researcher
Ivan S. Mastyaev – graduate student
Sergey M. Nadezhkin – Doc. Sci. (Biology), <https://orcid.org/0000-0001-5786-3454>

● **Литература**

1. Griffiths, G., Trueman, L., Crowther, T., Thomas, B., Smith, B. Onions - a global benefit to health. *Phytother. Res.* 2002;(16):603–615. doi: 10.1002/ptr.1222.
2. Голубкина Н.А., Кекина Е.Г., Антошкина М.С., Надежкин С.М., А.Ф.Агафонов Сортовые различия в аккумуляции биологически активных соединений луком репчатым *Allium cepa* L. Вестник Российской сельскохозяйственной науки. 2016;(2):23-29.
3. Немтинов В.И., Костанчук Ю.Н., Голубкина Н.А. Салатный лук сорт Ялтинский плюс – перспективный инновационный продукт Крыма. Овощи России. 2018;(3):43-45. <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2018-3-43-46>
4. Geetha M., Pomozhi P., Saravanakumar M., Suganyadevi P. Extraction of anthocyanin and analyzing its antioxidant properties from different onion (*Allium cepa*) varieties. *Int. J. Res. Pharm. Sci.* 2011;2(3):497-506.
5. Кидин В.В., Дерягин И.П., Кобзенко В.И. Практикум по агрохимии. Москва: изд. Колос. 2008: 236-240.
6. Голубкина Н.А., Кекина Е.Г., Молчанова А.В., Антошкина М.С., Надежкин С.М., Солдатенко А.В. Антиоксиданты растений и методы их определения. М., ФНЦО. 2018.
7. ГОСТ Р 51434-99 Соки фруктовые и овощные. Метод определения титруемой кислотности.
8. Anthon G.E., Barrett D.M. Modified method for the determination of pyruvic acid with dinitrophenyl hydrazine in the assessment of onion pungency. *J.Sci.Food Agric.* 2003;(83):1210-1213. DOI: 10.1002/jsfa.1525.
9. Ardizzi M.C. Pozzo, Aschkar G., Pellejero G. Caracterizacion de distintos cultivares de cebolla (*Allium cepa* L.) segun las sustancias de reserva durante la conservacion en el Valle Inferior de rio Negro. Proceedings of the Actas del 26th Congreso Argentino de Horticultura, Parana, Argentina, 2003.
10. Caruso G., Conti S., Villari G., Borrelli C., Melchionna G., Minutolo M., Russo G., Amalfitano C. Effects of transplanting time and plant density on yield, quality and antioxidant content of onion (*Allium cepa* L.) in southern Italy. *Sci. Hortic.* 2014;(166):111–120.
11. Cheng A., Chen X., Jin Q., Wang W., Shi J., Liu Y. Comparison of phenolic content and anti-oxidant capacity of red and yellow onions. *Czech J. Food Sci.* 2013;(31):501–508.
12. Nahla M M Hassan, Hala S Sayed, Mokhtar Harb Abd-El-Khalek. The Effect of Using Onion Skin Powder as a Source of Dietary Fiber and Antioxidants on Properties of Dried and Fried Noodles. *Current Sci. Int.* 2014;3(4):468-475.
13. Gawlik-Dziki U., Świeca M., Dziki D., Baraniak B., Tomiło J., Czyż J. Quality and antioxidant properties of bread enriched with dry onion skin. *Food Chem.* 2013;138(2-3):1621-1628.
14. Ifesan B.O. Chemical Composition of Onion Peel (*Allium cepa*) and its Ability to Serve as a Preservative in Cooked Beef. *Int.J.Sci Res. Methodology.* 2017;7(4):25-34.
15. Park J., Kim J., Kim M.K. Flesh and Onion Peel Enhance Antioxidant Status in Aged Rats. *J. Nutr. Sci. Vitaminol.* 2007;(S3):21-29.
16. Waldron K. Useful ingredients from onion waste. *Food Sci. Technol.* 2001;(15):38-41.
17. Lee S.U., Lee J.H., Choi S.H., Lee J.S., Ohnisi-Kameyama M., Kozukue N. Flavonoid content in fresh, home-processed, and light-exposed onions and in dehydrated commercial onion products. *J. Agric. Food Chem.* 2008;(56):8541–8548. doi: 10.1021/jf801009p.
18. Masella R., Santangelo C., D'Archivio M., Li Volti G., Giovannini C., Galvano F. Protocatechic acid and human disease prevention: biological activities and molecular mechanisms. *Curr. Med. Chem.* 2011;19(18):2901-2917.
19. Lines T.C., Ono M. FRS 1000, an extract of red onion peel, strongly inhibits phosphodiesterase 5A (PDE 5A). *Phytomedicine.* 2006;(13):236–239.
20. Abouzid S.F., Elsherbeiny G.M. Increase in flavonoids content in red onion peel by mechanical shredding. *J. Med. Plants Res.* 2008;2(9):258-260.
21. Shirley B.W. Biosynthesis of flavonoids and effects of stress. *Curr. Opin. Plant Biol.* 2002;5(3):218-223.
22. Kashino Y., Murota K., Matsuda N., Tomotake M., Hamano T., Mukai R., Terao J. Effect of Processed Onions on the Plasma Concentration of Quercetin in Rats and Humans. *J. Food Sci.* 2015;80(11):2597-2602. doi: 10.1111/1750-3841.13079.
23. Price S.F., Breen P.J., Valladao M., Watson B.T. Cluster sun exposure and quercetin in pinot noir grapes and wine. *Am. J. Enol. Vitic.* 1995;(46):187-194.

● **References**

1. Griffiths, G., Trueman, L., Crowther, T., Thomas, B., Smith, B. Onions - a global benefit to health. *Phytother. Res.* 2002;(16):603–615. doi: 10.1002/ptr.1222.
2. Golubkina N.A., Kekina H.G., Antoshkina M.S., Nadezhkin S.M., Agafonov A.F. Intervarietal differences in accumulation of biologically active compounds by *Allium cepa* L. *Vestnik Rossiyskoy selskokhozyaystvennoy academ.* 2016;(2):23-29. (In Russ.)
3. Nemtinov V.I., Kostanchuk Y.N., Golubkina N.A. Salad onion cultivar Yaltinskiy plus is a promising innovative product of the Crimea. *Vegetable crops of Russia.* 2018;(3):43-46. (In Russ.) <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2018-3-43-46>
4. Geetha M., Pomozhi P., Saravanakumar M., Suganyadevi P. Extraction of anthocyanin and analyzing its antioxidant properties from different onion (*Allium cepa*) varieties. *Int. J. Res. Pharm. Sci.* 2011;2(3):497-506.
5. Kidin V.V., Deryagin I.P., Kobzenko V.I. Workshop of agrochemistry. Moscow-Kolos, 2008. 230-240 p. (In Russ.)
6. Golubkina N.A., Kekina H.G., Molchanova A.V., Antoshkina M.S., Nadezhkin S.M., Soldatenko A.V. Plants antioxidants and methods of their determination. Moscow, 2018. (ШТ Russ.)
7. ГОСТ Р 51434-99 Fruit and vegetable juice. Method of titratable acidity determination.
8. Anthon G.E., Barrett D.M. Modified method for the determination of pyruvic acid with dinitrophenyl hydrazine in the assessment of onion pungency. *J.Sci.Food Agric.* 2003;(83):1210-1213. DOI: 10.1002/jsfa.1525.
9. Ardizzi M.C. Pozzo, Aschkar G., Pellejero G. Caracterizacion de distintos cultivares de cebolla (*Allium cepa* L.) segun las sustancias de reserva durante la conservacion en el Valle Inferior de rio Negro. Proceedings of the Actas del 26th Congreso Argentino de Horticultura, Parana, Argentina, 2003.
10. Caruso G., Conti S., Villari G., Borrelli C., Melchionna G., Minutolo M., Russo G., Amalfitano C. Effects of transplanting time and plant density on yield, quality and antioxidant content of onion (*Allium cepa* L.) in southern Italy. *Sci. Hortic.* 2014;(166):111–120.
11. Cheng A., Chen X., Jin Q., Wang W., Shi J., Liu Y. Comparison of phenolic content and anti-oxidant capacity of red and yellow onions. *Czech J. Food Sci.* 2013;(31):501–508.
12. Nahla M M Hassan, Hala S Sayed, Mokhtar Harb Abd-El-Khalek. The Effect of Using Onion Skin Powder as a Source of Dietary Fiber and Antioxidants on Properties of Dried and Fried Noodles. *Current Sci. Int.* 2014;3(4):468-475.
13. Gawlik-Dziki U., Świeca M., Dziki D., Baraniak B., Tomiło J., Czyż J. Quality and antioxidant properties of bread enriched with dry onion skin. *Food Chem.* 2013;138(2-3):1621-1628.
14. Ifesan B.O. Chemical Composition of Onion Peel (*Allium cepa*) and its Ability to Serve as a Preservative in Cooked Beef. *Int.J.Sci Res. Methodology.* 2017;7(4):25-34.
15. Park J., Kim J., Kim M.K. Flesh and Onion Peel Enhance Antioxidant Status in Aged Rats. *J. Nutr. Sci. Vitaminol.* 2007;(S3):21-29.
16. Waldron K. Useful ingredients from onion waste. *Food Sci. Technol.* 2001;(15):38-41.
17. Lee S.U., Lee J.H., Choi S.H., Lee J.S., Ohnisi-Kameyama M., Kozukue N. Flavonoid content in fresh, home-processed, and light-exposed onions and in dehydrated commercial onion products. *J. Agric. Food Chem.* 2008;(56):8541–8548. doi: 10.1021/jf801009p.
18. Masella R., Santangelo C., D'Archivio M., Li Volti G., Giovannini C., Galvano F. Protocatechic acid and human disease prevention: biological activities and molecular mechanisms. *Curr. Med. Chem.* 2011;19(18):2901-2917.
19. Lines T.C., Ono M. FRS 1000, an extract of red onion peel, strongly inhibits phosphodiesterase 5A (PDE 5A). *Phytomedicine.* 2006;(13):236–239.
20. Abouzid S.F., Elsherbeiny G.M. Increase in flavonoids content in red onion peel by mechanical shredding. *J. Med. Plants Res.* 2008;2(9):258-260.
21. Shirley B.W. Biosynthesis of flavonoids and effects of stress. *Curr. Opin. Plant Biol.* 2002;5(3):218-223.
22. Kashino Y., Murota K., Matsuda N., Tomotake M., Hamano T., Mukai R., Terao J. Effect of Processed Onions on the Plasma Concentration of Quercetin in Rats and Humans. *J. Food Sci.* 2015;80(11):2597-2602. doi: 10.1111/1750-3841.13079.
23. Price S.F., Breen P.J., Valladao M., Watson B.T. Cluster sun exposure and quercetin in pinot noir grapes and wine. *Am. J. Enol. Vitic.* 1995;(46):187-194.