

УДК 635.2:581.19



ФРУКТОЗАНЫ И ФЕНОЛЬНЫЕ СОЕДИНЕНИЯ РАСТЕНИЙ ЯКОНА

Гинс М.С. ¹ – доктор биол. наук, профессор, лауреат Государственной премии РФ и премии Правительства РФ в области науки и техники, главный научный сотрудник лаборатории интродукции, физиологии и биохимии и биотехнологии функциональных продуктов

Гинс В.К. ¹ – доктор биол. наук, профессор, Заслуженный деятель науки РФ, лауреат Государственной премии РФ и премии Правительства РФ в области науки и техники, главный научный сотрудник лаборатории интродукции, физиологии и биохимии и биотехнологии функциональных продуктов

Кононков П.Ф. ¹ – доктор с.-х. наук, профессор, Заслуженный деятель науки РФ, лауреат Государственной премии РФ и премии Правительства РФ в области науки и техники, главный научный сотрудник лаборатории интродукции, физиологии и биохимии и биотехнологии функциональных продуктов

Дунич А.А. ² – кандидат биологических наук, научный сотрудник кафедры вирусологии

Дащенко А.В. ³ – соискатель, кафедра интегрированной защиты растений

Мищенко Л.Т. ² – доктор биологических наук, профессор, ведущий научный сотрудник кафедры вирусологии

¹ Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Всероссийский НИИ селекции и семеноводства овощных культур» (ФГБНУ ВНИИССОК)

143080, Россия, Московская обл., Одинцовский р-н, п. ВНИИССОК, ул. Селекционная, д.14

E-mail: anirr@bk.ru

² Образовательно-научный центр «Институт биологии», Киевский национальный университет имени Тараса Шевченко
01601, Украина, г. Киев, ул. Владимирская, 64/13

E-mail: lmishchenko@ukr.net

³ Национальный университет биоресурсов и природопользования Украины
03041, Украина, г. Киев, ул. Героев Оборона, 13

С помощью ВЭЖХ изучены фенольные соединения якона (*Polymnia sonchifolia*), интродуцированного на Украине. Анализ спиртовых экстрактов из листьев и корнеклубней якона показал наличие в составе фенольных соединений, доминирующего количества производных гидроксикоричных кислот. Показано различие в составе спиртовых экстрактов из свежих и сухих корнеклубней. УФ-спектры спиртовых экстрактов листьев якона имеют спектр, характерный для производных кофейной кислоты. Методом прямой спектрофотометрии спиртовых экстрактов в пересчете на хлорогеновую кислоту и абсолютно сухой вес установлено содержание от 2,8 % до 4,3 % суммы гидроксикоричных кислот в листьях различных ярусов растения. Установлено, что в корневых клубнях содержится от 36% до 45% фруктозанов в пересчете на фруктозу и сухое вещество.

Ключевые слова: якон, фенольные соединения, инулин, фруктозаны, диетическое питание.

В настоящее время достигнуто четкое понимание того, что во многом здоровье человека и продолжительность жизни определяет характер его питания. Такое внимание мировой общественности к проблемам питания связано с пониманием тех негативных последствий для здоровья, к которым приводит нарушение структуры питания и крайне низкий уровень энергозатрат.

Кроме того, оно обусловлено успехами биохимии, физиологии и других наук в изучении роли биологически активных веществ (БАВ), в жизнедеятельности человека как факторов регуляции функциональной активности организма, а также снижения риска развития ряда заболеваний. Помимо основных компонентов пищи – белков, жиров и углеводов, а также витаминов и химических

элементов – жизненно необходимой для человека является большая группа химических соединений, обладающих антиоксидантной активностью [1]. В настоящее время не вызывает сомнения то, что дефицит антиоксидантов приводит к резкому снижению устойчивости живого организма к неблагоприятным факторам среды за счет нарушения функционирования систем анти-

оксидантной защиты, как человека, так и растений. Именно растительная пища является для человека основным и самым доступным источником экзогенных антиоксидантов, эффективно функционирующих в его организме.

Проблема интродукции овощных растений с высоким содержанием БАВ актуальна во всем мире и связана с недостатком этих соединений в рационе питания населения многих стран. В связи с этим оценка и отбор овощных растений с повышенным содержанием антиоксидантов, изучение их состава являются актуальными и необходимыми для последующего использования знаний при создании функциональных пищевых продуктов – продуктов, обогащенных разнообразными дефицитными микронутриентами и пищевыми нутриентами.

К растениям, являющимся богатым источником антиоксидантов, фруктоза, инулина, полисахаридов, относится якон или полимния осотolistая. Якон (*Polymnia sonchifolia* Poir. & Endl. – синоним *Smallanthus sonchifolia*) – многолетнее растение из семейства *Asteraceae*. Основной ареал распространения якона – средние широты Южной Америки. К настоящему времени якон интродуцирован в США, Новой Зеландии, южной Европе, Иране, Японии, Молдавии, Чехии и Узбекистане. Исследования по интродукции якона были начаты во ВНИИ селекции и семеноводства овощных культур РФ и продолжены в Центральной части России и странах СНГ [2-4].

Известно, что якон является ценной лекарственной культурой, так как его корневища содержат высокий процент инулина – полисахарида, который легко усваивается организмом и служит заменителем сахарозы в диетическом питании больных сахарным диабетом. В последнее время учеными многих стран доказаны гипогликемические свойства якона [5-8]. На сегодняшний день основное количество работ по изучению лекарственных свойств якона направлено на исследование его подземной части, хотя рядом авторов пока-



зано, что кроме корневищ клубней применение экстрактов из листьев растений якона также снижает уровень сахара в крови [9-12]. Благодаря содержанию хлорогеновой, кофейной кислот и других фенольных соединений, листья якона обладают также антиоксидантными свойствами [13-16].

Растения якона сорта Юдинка селекции ВНИИССОК (авторы П.Ф. Кононов, Гинс В.К. и Гинс М.С.) были интродуцированы на Украине [17-19]. Содержание биологически активных веществ (БАВ) при перенесении растения из мест естественного произрастания в другие климатические условия может изменяться. Ряд работ посвящен изучению содержания фенолов, олигофруктанов и других БАВ в яконе [20], а также условий выращивания и хранения этих растений, выращенных в разных регионах [13, 20, 21]. Поэтому актуальным было изучить биохимический состав растений якона украинской интродукции. Целью данной работы было изучить количественное содержание в яконе украинской интродукции основных биологически активных веществ, а именно: фенольных соединений и фруктозанов.

Материалы и методы

Определение суммы фруктозанов в пересчете на сухое вещество и фруктозу в корневищах клубней якона проводили спектрофотометрически при длине волны 285 нм по стандартной методике [22]. Жидкостную хроматографию про-

водили на приборе Agilent 1100, оснащенном диодматричным детектором и колонкой Zorbax Eclipse XDB-C18 размером 150 x 4,6 мм, с размером частиц сорбента 5 мкм. Элюирование – градиентное в системе ацетонитрил: раствор фосфорной кислоты. Определение суммы гидроксикоричных кислот (ГОКК) проводили методом прямой спектрофотометрии спиртовых экстрактов листьев в пересчете на хлорогеновую кислоту [24]. Статистическую обработку данных проводили по параметрическим критериям нормального распределения вариант, стандартное отклонение – по общепринятой методике, используя пакет MS Excel. Достоверность различий между группами оценивали по критерию Стьюдента.

Результаты и обсуждение

Растения якона выращивали в нескольких областях Украины: Киевской, Полтавской и Черниговской. На рис. 1. представлена динамика роста и развития якона.

Спектрофотометрический анализ спиртовых экстрактов из листьев и корневищ клубней якона показал наличие в составе фенольных соединений доминирующего количества производных гидроксикоричных кислот (ГОКК). УФ-спектры этих соединений имеют характерные максимум при 325-330 нм и «плечо» при 300-305 нм (рис.2).

На хроматограмме спиртового экстракта сухого корневища производные ГОКК представлены основным



Рис. 1. Растения *Polymnia sonchifolia* Поерр. & Endl, сорт Юдинка, интродуцированные на территории Украины: а – растения в возрасте 2,5 мес.; б – 4,5 мес.; в – 8 мес.; г – лист якона, 26 октября 2012 года.

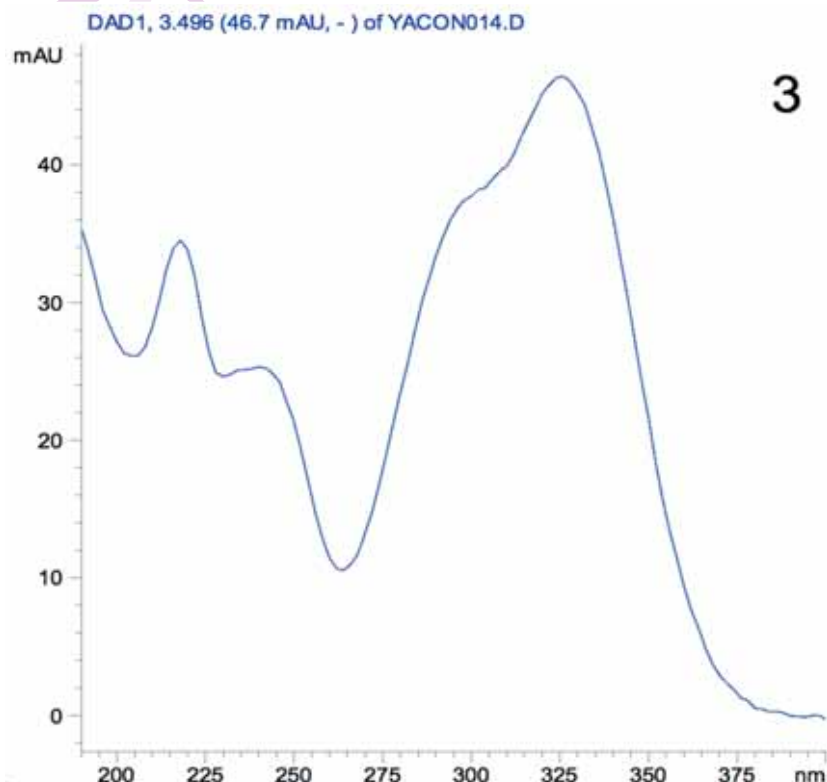


Рис. 2. УФ-спектр пиков производных гидроксикоричных кислот.

неидентифицированным пиком (X1) с временем удерживания 11,45 мин, обнаружены также хлорогеновая и кофейная кислоты (рис. 3а).

Основным фенольным компонентом спиртового экстракта свежего корневого клубня является вещество со временем удерживания 12,21 мин. (X2), которое отсутствует на хроматограммах сухого корневого клубня, и также представляющее собой производное кофейной кислоты (Рис. 3б).

Относительное содержание кофейной и хлорогеновой кислот в экстрактах сырого корневого клубня больше, чем в экстрактах сухого корнеклубня, что также свидетельствует о наличии лабильных производных ГОКК, изменяющихся при сушке. Аналогичные результаты были получены и другими авторами, которые показали, что в корневых клубнях якона содержится хлорогеновая, кофейная и другие кислоты, а также квертицин и еще 2 флавоноида [25-28].

Были проанализированы также хроматограммы спиртовых экстрактов цельного корневого клубня и его корки. Качественных и количественных отличий в содержании ГОКК в этих частях растения нами не обнаружено.

В листьях якона производные ГОКК как качественно, так и количественно представлены в гораздо большем количестве. На хроматограммах спиртового экстракта листьев якона подавляющее большинство (не менее 18) пиков имеют характерный для ГОКК УФ-спектр. Три компонента (время удерживания 7,1-7,6) по характеру УФ-спектра можно отнести к флавонолам (рис. 3в).

Наши данные согласуются с результатами чешских ученых, которые помимо производных ГОКК, выявили в листьях якона также неизвестный дериват хлорогеновой кислоты (Mг=562) и 1 неидентифицированный флавоноид [24].

УФ-спектры спиртовых экстрактов листьев якона имеют спектр, совпадающий со спектром хлорогеновой кислоты, исходя из чего нами было произведено определение суммы ГОКК методом прямой спектрофотометрии спиртовых экстрактов в пересчете на хлоро-

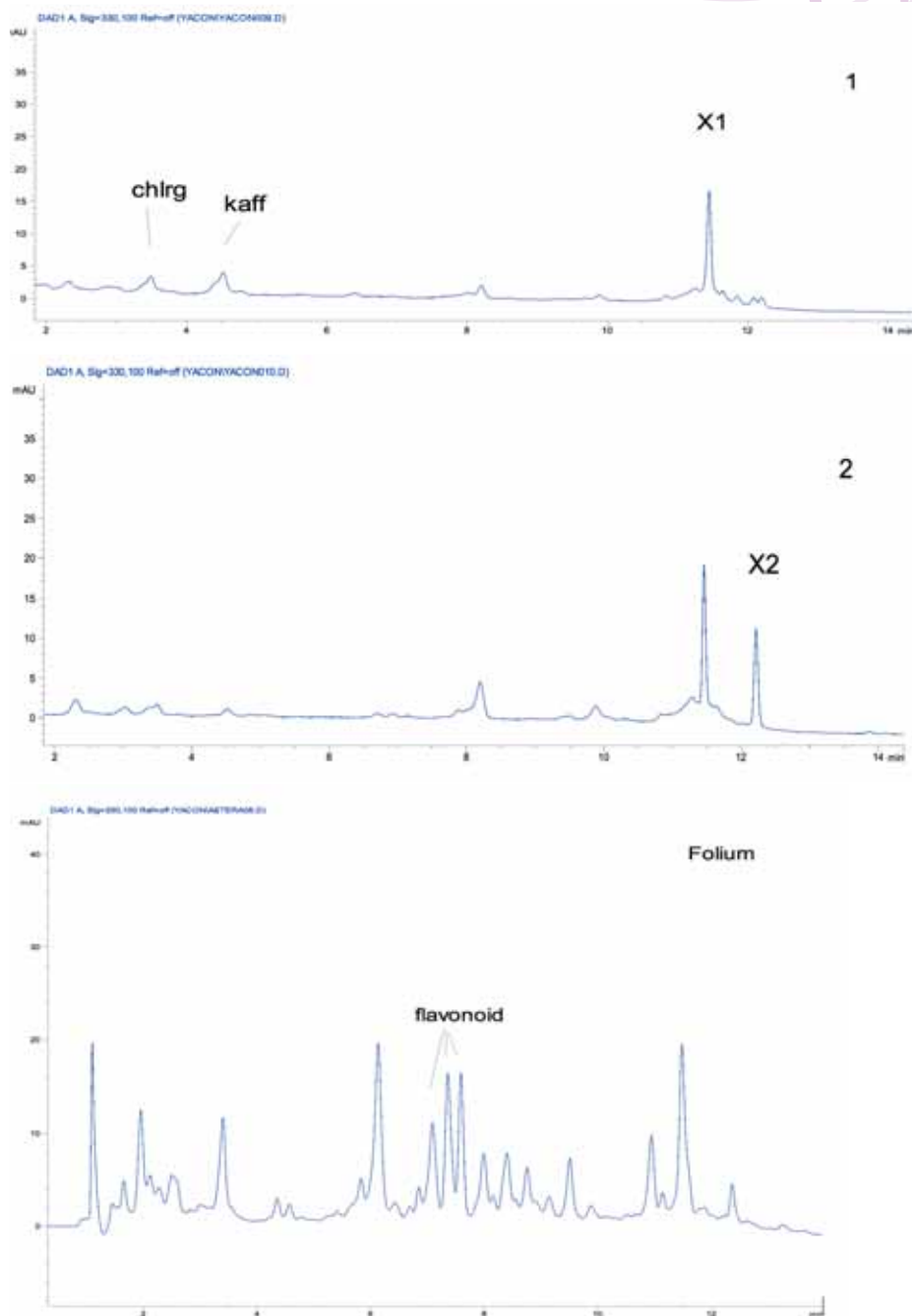


Рис. 3. Хроматограмма спиртовых экстрактов
 а) сухих корневых клубней якона; б) свежих корневых клубней якона;
 в) сухих листьев якона.

1. Содержание суммы гидроксикоричных кислот в пересчете на хлорогеновую кислоту и абсолютно сухой вес в листьях якона разных ярусов и других представителей семейства Астровые, %

Образец	Регион выращивания	Ярус	Содержание ГОКК
Якон	Киевская обл.	1-4	3,92
Якон	Полтавская обл.	1-4	2,78
Топинамбур	Киевская обл.	1-4	4,97
Топинамбур	Полтавская обл.	1-4	5,29
Якон	Киевская обл.	2-ой сверху	4,30
Якон	Полтавская обл.	2-ой сверху	3,36
Топинамбур	Киевская обл.	2-ой сверху	8,84
Топинамбур	Полтавская обл.	2-ой сверху	7,47
Лопух	Полтавская обл.	все	3,78
Одуванчик	Полтавская обл.	все	4,75

геновую кислоту и абсолютно сухой вес. Для сравнения были проанализированы фенольные соединения спиртовых экстрактов листьев других представителей семейства Asteraceae, а именно: эхинацеи пурпурной (*Echinacea purpurea*), лопуха большого (*Arctium lappa*), топинамбура (*Helianthus tuberosus*), одуванчика лекарственного (*Taraxacum officinale*) (табл.1).

Результаты таблицы 1 показывают, что в листьях 2-го яруса всех исследуемых образцов содержание ГОКК выше, чем в 4-ом ярусе ($p < 0,01$). Также наши исследования показали, что в листьях якона содержится от 2,78% до 4,32% ГОКК (в зависимости от региона выращивания), что говорит о перспективах использования не только корневых клубней, но и надземной части этого растения в качестве лекарственного сырья.

Безусловно, что обязательным при интродукции новых растений, особенно, лекарственных, является изучение содержания в них состава и содержания основных БАВ. Поэтому определение количественного содержания высокомолекулярного полисахарида инулина было следующим этапом наших исследований. Анализ по определению содержания фруктозанов в яконе украинской интродукции показал, что в корневых клубнях растений содержится от 36% до 45% указанных полисахаридов (табл. 2).

Ранее было показано, что корневые клубни якона содержат большое количество углеводов – от 25% до 83% в

FRUCTOSANS AND PHENOLIC COMPOUNDS OF YACON

Gins M.S.,¹ Gins V.K.,¹
Kononkov P.F.,¹ Dunich A.A.,²
Daschenko A.V.,³ Mischenko L.T.²

¹ Federal State Budgetary Scientific Research Institution «All-Russian Scientific Research Institute of vegetable breeding and seed production»
143080, Russia, Moscow region, Odintsovo district, p. VNISSOK, Selectionnaya street, 14
E-mail: anirr@bk.ru

² Educational-scientific Center «Institute of biology», T. Shevchenko Kiev National University, 01601, Ukraine, Kiev, Vladimirskaya street, 64/13
E-mail: lmishchenko@ukr.net

³ National University of bio-resources and nature management of Ukraine, 03041, Ukraine, Kiev, Geroev Oboroni street, 13

Abstract

Using the high-efficiency liquid chromatography, the phenolic compounds of yacon (*Polymnia sonchifolia*) introduced in Ukraine have been studied. The derivants of hydroxycinnamic acid is prevalent in the ethanol extracts from leaves and roots of yacon. Differences in the contents of ethanol extracts from fresh and dry roots were shown. The total amount of hydroxycinnamic acids was 2,8 % – 4,3 % depending on the layer of leaves. It was found that roots content 36-45% of fructosans expressed as fructose and dry matter.

Keywords: yacon, phenolic compounds, inulin, fructosans, dietary food

Литература

1. Гинс М.С., Гинс В.К. Физиолого-биохимические основы интродукции и селекции овощных культур. М., РУДН, 2011.
2. Интродукция якона в России: науч. издание. – М.: ФГНУ «Росинформаготех», 2011. – 140 с.
3. Слётова Е.В. Интродукция и разработка технологии возделывания якона в условиях нечерноземья в индивидуальном секторе. – Автореф. канд. дис. Москва, 2004.
4. Томаева З.Р. Биолого-хозяйственные особенности якона в условиях РСО-Алания и перспективы его использования. – Автореф. канд. дис. Владикавказ, 2006.
5. Miura T. Antidiabetic activity of *Fuscoporia oblique* and *Smallanthus sonchifolius* in genetically type 2 diabetic mice. *Journal of Traditional Medicines*. (Japan). 2007, 24(2): 47-50.
6. Мищенко Л.Т., Остапченко Л.И., Ховака В.В., Весельский С.П., Тороп В.В. Апробация лекарственных растений в качестве антидиабетических препаратов В сб: Современная фармацевтическая наука и практика: традиции, инновации, приоритеты. Самара, 2011: 76-77.
7. Мищенко Л.Т., Дунич А.А., Весельский С.П., Середа А.В. Сахаропонижающее действие экстрактов лекарственных растений и их со-

2. Содержание суммы фруктозанов в пересчете на фруктозу и сухое вещество в корневых клубнях якона, %

Область (регион) выращивания растений	Сумма фруктозанов, %
Киевская обл.	44,7
г. Киев*	36,1
Черниговская обл.	44,0

* – опытный участок ОНЦ «Институт биологии» Киевского национального университета имени Тараса Шевченко

зависимости от условий и региона выращивания [20, 29,30].

Таким образом, корневые клубни и листья растений якона являются перспективным сырьем для производства

фитопрепаратов и биологически активных добавок с антиоксидантными и гипогликемическими свойствами, так как содержат высокие концентрации фенольных соединений и фруктозанов.

- ров при аллоксан-индуцированном сахарном диабете. Вестник Луганского национального университета имени Тараса Шевченко. Биологические науки. 2012, 17(252): 109-115.
8. Ojansivu I., Ferreira C. L., Salminen S. Yacon, a new source of prebiotic oligosaccharides with a history of safe use. *Trends in Food Science & Technology*, 2011,22: 40–46.
9. Baroni S. Suzuki-Kemmelmeier F., Caparroz-Assef S. M., Cuman R.K.N., Bersani-Amado C.A. Effect of crude extracts of leaves of *Smallanthus sonchifolius* (yacon) on glycemia in diabetic rats. *Revista Brasileira de Ciencias Farmaceuticas*, 2008, 44(3): 521-530.
10. Volpato G.T., Vieira F.L., Almeida F.C.G., Camara F., Lemonica I.P. Study of the hypoglycemic effects of *Polymnia sonchifolia* leaf extracts in rats // Abstracts of the second WOCMAP. Pt 2: Pharmacognosy, pharmacology, phytomedicine, toxicology. Wageningen (Netherlands). 1999: 319.
11. Genta S.B., Cabrera W.M., Mercado M.I., Grau A., Catalón C.A., Sánchez S.S. Hypoglycemic activity of leaf organic extracts from *Smallanthus sonchifolius*: Constituents of the most active fractions. *Chem. Biol. Interact*, 1999, 185(2): 143-152.
12. Dou D.Q., Kang T.G., Qiu Y.K., Tian F. Studies on the Anti-diabetic Constituents of the Leaves of *Smallanthus sonchifolius* (Yacon). *Planta Med*, 2008, 74: 71.
13. Lachman J., Fernandez E. C., Viehmannova I., Sulc M., Eepkova P. Total phenolic content of yacon (*Smallanthus sonchifolius*) rhizomes, leaves, and roots affected by genotype. *New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science*, 2007, 35(1): 117-123.
14. Valentova K., Moncion A., de Waziers I., Ulrichova J. The effect of *Smallanthus sonchifolius* leaf extracts on rat hepatic metabolism. *Cell Biol. Toxicol*, 2005, 20: 109-120.
15. Чекмарев П.А., Кононков П.Ф., Гинс В.К., Горюнова Ю.Д. Антиоксидантная активность листьев якона В сб. Роль физиологии и биохимии в интродукции и селекции овощных, плодово-ягодных и лекарственных растений. М. 2011: 350-352.
16. Lebeda A., Dolezalova I., Fernandez E., Viehmannova I. Yacon (*Asteraceae*: *Smallanthus sonchifolia*). In: Genetic resources, chromosome, engineering and crop improvement. *Medicinal plants*, 2012, 6: 641-702.
17. Дунич А.А., Дащенко А.В., Ляшук Н.И., Крысько И.В., Мищенко Л.Т. Влияние вирусов на содержание биологически активных соединений в растениях, обладающих сахароснижающими свойствами В сб. Молодежь и наука: модернизация и инновационное развитие страны Пенза, 2011, 1: 321-323.

18. Мищенко Л.Т., Дунич А.А. Интродукция новой лікарської рослини в Україні. Вісник аграрної науки, 2012, 8: 45-48.
19. Мищенко Л.Т., Дунич А.А., Дащенко А.В., Ляшук Н.И., Янішевська Г.С. (за ред. Л.І. Остапченко). Якон: технологія вирощування, збирання та зберігання посадкового матеріалу (*Polimnia sonchifolia* Poepp.&Endl.) . К.: Видавничо-поліграфічний центр «Київський університет», 2012: 27.
20. Valentova K., Lebeda A., Dolezalova I., Jirovsky D., Simonovska B., Vovk I., Kosina P., Gasmanova N., Dziercharkova M., Ulrichova J. The biological and chemical variability of yacon. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 2006, 54: 1347-1352.
21. Milella L., Salava J., Martelli G., Greco I., Fernandez C.E., Viehmannova I. Genetic diversity between yacon landraces from different countries based on random amplified polymorphic DNAs. *Czech Journal of Genetics and Plant Breeding*, 2005, 41: 73-78.
22. Методика анализа фенольных соединений в овощных культурах: инструкт.-метод. Издание – М.: ФГНУ «Росинформаготех», 2010. – 48с.
23. Міжнародний контроль якості лікарських засобів «Антидіабетичний збір». Реєстр. посвідчення № UA/12981/01/01, видане наказом МОЗ України від 21.06.13 № 533.
24. Ехінація пурпурова трава. Державна Фармакопея України. Харків: Український науковий фармакопейний центр якості лікарських засобів 2009. 1(3): 184-185.
25. Valentova K., Ulrichova J. *Smallanthus sonchifolius* and *Lepidium meyenii* - prospective andean crops for the prevention of chronic disease. *Biomed Papers*, 2003, 147(2): 119-130.
26. Castro A., Caballero M., Herbas A., Carballo S. Antioxidants in yacon products and effect of long term storage. *Cienc. Tecnol. Aliment.*, Campinas, 2012, 32(3): 432-435.
27. Yan X., Suzuki M., Ohnishi-Kameyama M., Sada Y., Nakanishi T., Nagata T. Extraction and Identification of Antioxidants in the Roots of Yacon (*Smallanthus sonchifolius*). *J. Agric. Food Chem*, 1999, 47(11): 4711–4713.
28. Campos D., Betalleluz-Pallardel I., Chirinos R., Aguilar-Galvez A., Noratto G., Pedreschi R. Prebiotic effects of yacon (*Smallanthus sonchifolius* Poepp. & Endl.), a source of fructooligosaccharides and phenolic compounds with antioxidant activity. *Food Chemistry*, 2012, 135:1592-1599.
29. Bostid N.R.C. Yacon // Lost crops of the Incas: Little-known plants of the Andes with promise for worldwide cultivation, Washington: National Academy Press, 1989: 115-123.