

Научная статья

УДК 66.014

DOI: 10.17586/2310-1164-2022-15-3-3-11

Анализ биопотенциала клубней сыти съедобной луговой (*Cyperus esculentus L.*), производимой в Краснодарском крае и перспективы ее использования в технологии продуктов питания

К.А. Холобова^{1*}, О.В. Анистратова¹, М.Л. Винокур¹, А.П. Рынковой²¹Калининградский государственный технический университет
Россия, Калининград, *kkholobova@mail.ru²Независимый исследователь
Россия, Краснодарский край, с. Братковское

Аннотация. Исследовали биопотенциал клубнеплодов сыти съедобной луговой (*Cyperus esculentus L.*) и возможность их использования в технологии продуктов питания, обладающих высокой биологической ценностью. Изучали клубни сыти съедобной луговой, выращенные на хуторе Журавский в Кореновском районе Краснодарского края урожая 2021 г. Определяли органолептические показатели клубнеплодов, физико-химические свойства стандартными методами, экстракцию липидов проводили по методу Фолча, содержание витамина Е определяли по оптической плотности на спектрофотометре СФ-46 при длине волны 483 нм с использованием этилового спирта в качестве растворителя. Анализ показателей биологической ценности проводили расчетным методом в сравнении с идеальным жиром, растительными маслами и ядрами фундука. Установлено, что олеиновая кислота, линолевая кислота и пальмитиновая кислота являются основными мононенасыщенными жирными кислотами (МНЖК), полиненасыщенными жирными кислотами (ПНЖК) и насыщенными жирными кислотами (НЖК) соответственно. При сравнении соотношения содержания МНЖК, ПНЖК и НЖК в клубнеплодах сыти съедобной луговой, растительных маслах и фундуке установлено, что не все заявленные продукты соответствуют идеальному жиру (1:1:1), при этом соотношение ПНЖК:НЖК находится на рекомендуемом уровне (0,2–0,4) лишь у сыти съедобной луговой (0,28). Среди представленных культур по показателю $\omega 6:\omega 3$ клубнеплоды (23:1) находятся на втором месте по приближенности к идеальному соотношению 10:1. Наибольшим содержанием витамина Е (141 мг/100 г продукта) среди представленных культур обладает сыть съедобная луговая, что в 2,1 раза больше, чем в подсолнечном масле, в 10,8 и 3,2 раза больше, чем оливковом масле и ядрах фундука соответственно. Таким образом, клубни сыти съедобной луговой (*Cyperus esculentus L.*), выращенные в Краснодарском крае, являются ценной культурой, обладающей высоким биопотенциалом, прежде всего, как источник МНЖК, ПНЖК, витамина Е и рекомендуются к использованию в пищевой промышленности.

Ключевые слова: пищевая технология; биопотенциал *Cyperus esculentus L.*; жирнокислотный состав; витамин Е; коэффициент биологической эффективности

Original article

Analysis of biopotential of the tiger nut tubers (*Cyperus esculentus L.*) produced in the Krasnodar region and the prospects for its use in food technology

Ksenia A. Kholobova^{1*}, Oksana V. Anistratova¹, Mikhail L. Vinokur¹, Alexander P. Rynkovoy²¹Kaliningrad State Technical University
Kaliningrad, Russia, *kkholobova@mail.ru²Independent researcher
Bratkovskoe village, Krasnodar region, Russia

Annotation. We studied the biopotential for tiger nut tubers of edible meadow (*Cyperus esculentus L.*) and the possibility of their use in the technology of food products with high biological value. Tiger nut tubers of edible meadow satiety grown on the Zhuravsky farm in the Korenovsky district of the Krasnodar region, harvested in 2021, were chosen as the objects of study. During the study, the organoleptic characteristics of tubers and their physicochemical properties were determined by standard methods, lipid extraction was carried out according to the Folch method, the content of vitamin E was determined by optical density on an SF-46 spectrophotometer at a wavelength of 483 nm using ethyl alcohol as a solvent. Analysing the indicators of the biological value for the object of study was carried out by the calculation method in comparison with ideal fat, vegetable oils, and hazelnut kernels. It has been established that oleic acid, linoleic acid, and palmitic acid are the main MUFAs, PUFAs and SFAs, respectively. When comparing the ratio of the content of MUFA, PUFA, and SFA in edible meadow tubers, vegetable oils, and hazelnuts, it was found that not all declared products correspond to ideal fat (1:1:1), while the ratio of PUFA:SFA is at the recommended level (0.2–0.4) only in edible meadow satu (0.28). Among the presented crops, in terms

of $\omega 6:\omega 3$, tubers (23:1) are in second place in terms of their proximity to the ideal ratio of 10:1. The highest content of vitamin E (141 mg/100 g of product) among the presented crops is found in edible meadow grass, which is 2.1 times more than in sunflower oil, 10.8 and 3.2 times more than olive oil and hazelnut kernels, respectively. Thus, tubers of edible meadow succulent (*Cyperus esculentus* L.), grown in the Krasnodar region, are a valuable crop with a high biopotential, primarily as a source of MUFA, PUFA, vitamin E, and are recommended for use in the food industry.

Keywords: food technology; biopotential of *Cyperus esculentus* L.; fatty acid composition; vitamin E; coefficient of biological efficiency

Введение

В целях улучшения качества и увеличения продолжительности жизни людей перед специалистами в области пищевых технологий стоят задачи развития производства продуктов функциональной направленности из отечественного сырья, разработки продуктов с использованием нетрадиционных растительных сырьевых источников, обладающих лечебно-профилактическими свойствами.

Cyperaceae – семейство злаковых однодольных цветковых растений, известных как осоки, которые включают до 4000 видов по всему миру. Большинство из семейства *Cyperaceae* имеет очень небольшую экономическую ценность за исключением папируса *Cyperus*, используемого при производстве бумаги и *Cyperus esculentus* L. (сыть съедобная луговая), которая признана съедобной и растет во всем мире, обладая высокой урожайностью и широкими перспективами комплексного использования [1].

Корневая система *Cyperus esculentus* L. представлена в виде тонких корневищ, отходящих от корневой шейки главного стебля, с мощными мочковатыми корнями и буроватыми клубнеподобными образованиями. Строение сыти съедобной луговой показано на рисунке 1.

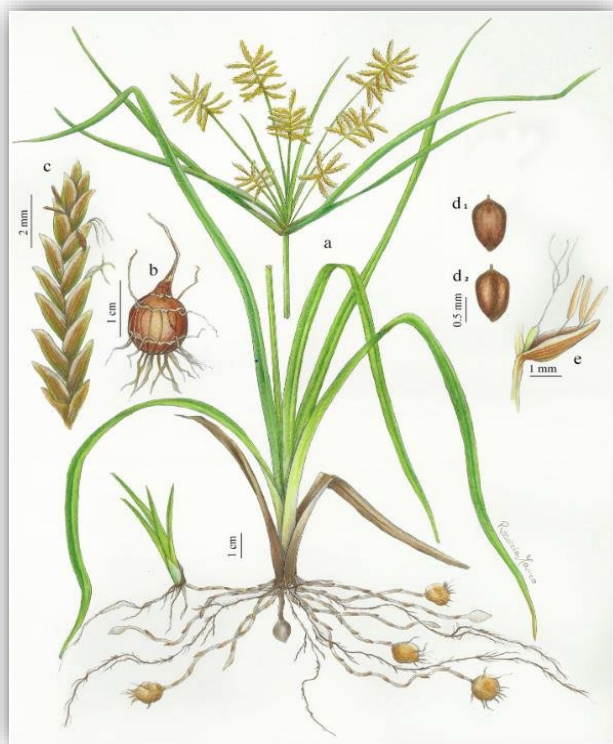


Рисунок 1 – *Cyperus esculentus* (оригинальный рисунок Розарии Манко): (а) габитус цветкового растения; (б) зрелый клубень; (с) колосок; d_1 – семянка вид сверху; d_2 – семянка вид снизу; (е) детали цветка и рахиллы [2]
 Figure 1. *Cyperus esculentus* (original drawing of Manco's Rosary): (a) flowering plant habit; (b) mature tuber; (c) spikelet; d_1 – achene top view; d_2 – achene bottom view; (e) flower and rachilla details [2]

Сыть съедобная луговая, также называемая чуфой, ореховой травой, желтой ореховой осокой, тигровой осокой, съедобным галингалом, водяной травой или земляным миндалем, широко распространена в большей части мира: в Восточном полушарии, включая Южную Европу, Африку и Мадагаскар, а также на Ближнем Востоке и Индийском субконтиненте. Первые свидетельства ее

выращивания относятся к шестому тысячелетию до нашей эры в Египте, где растение потребляли после замачивания в воде или бланширования как традиционную закуску. Спустя несколько столетий упоминание о нем появилось и в Южной Европе. В Испании это растение выращивают из-за его съедобных клубней и используют для приготовления *horchata de chufa*, сладкого напитка, похожего на молоко. В южных регионах России, а также странах СНГ, эта культура возделывается с XVIII столетия. Однако, в большинстве других стран считается сорняком, часто встречающимся на влажных почвах, таких как рисовые поля и арахисовые фермы, а также хорошо орошаемых в теплую погоду газонах и полях для гольфа [3–5].

Сыть съедобная луговая обычно высокопродуктивна, и одно растение может дать сотни клубней [6].

Пищевая ценность тигровых орехов и продуктов из них зависит от сортов, почвенных условий, среды произрастания, методов культивирования и условий хранения. Клубни значительно различаются по генотипам [7].

Исследования по изучению компонентов *Cyperus esculentus L.*, его физико-химических свойств, биологической ценности в основном проводились зарубежными учеными (S. Follak, R. Belz, C. Bohren, O. De Castro, E. Del Guacchio, N. Pascual Seva, F. Essl и др.), но широта и глубина исследований данного вида намного меньше, чем у сои, арахиса и других масличных культур.

В отечественной пищевой промышленности чуфа практически не используется, однако российскими учеными ведутся разработки по использованию клубнеплодов сыти луговой в качестве антиоксидантной добавки при производстве мясных рубленых полуфабрикатов и безглютеновых хлебобулочных изделий [8, 9]. Применение тигровых орехов как нетрадиционных источников растительного сырья в других групп продуктов не изучено.

Цель данного исследования – анализ биопотенциала сыти съедобной луговой, выращенной в Краснодарском крае и раскрытие возможностей ее использования в технологии продуктов питания.

Объекты и методы исследований

В качестве объектов исследования были выбраны клубни сыти съедобной луговой (*Cyperus esculentus L.*). На сегодняшний день единственным производителем данного вида растительного сырья на территории России является фермерское хозяйство, расположенное на хуторе Журавский в Кореновском районе Краснодарского края. Посевные площади этой культуры составляют 5 га (рисунок 2).



Рисунок 2 – Посевные площади сыти съедобной луговой на хуторе Журавский в Кореновском районе Краснодарского края

Figure 2. Cultivated areas of tiger nut tubers on the Zhuravsky farm in the Korenovsky district of the Krasnodar region

Посев культуры осуществлялся при температуре грунта не менее 15°C, основной период посева апрель–май. Сбор урожая после вегетационного периода, который составляет 160–180 дней, осуществляется в октябре. Молодой клубнеплод имеет белый цвет, при техническом созревании происходит уплотнение поверхности и образование на ней корочки.

Клубни после сбора урожая подвергались трехкратной мойке и высушивались при температуре 65°C и постоянном перемешивании до достижения влажности внутри продукта 6–8% не более 36 ч. Производилась калибровка клубней по фракциям, орехи менее 8 мм отправляли на корм животным.

В процессе исследования определяли массовую долю влаги по ГОСТ Р 54607.4, массовую долю жира по ГОСТ Р 54607.5, массовую долю белка по ГОСТ Р 54607.7, массовую долю золы по ГОСТ Р 54607.10, массовую долю углеводов по МУ 4237, массовую долю пищевых волокон гравиметрическим методом с применением промежуточной фильтрации, массовую долю метиловых эфиров жирных кислот по ГОСТ 31663.

Экстракцию липидов проводили по методу Фолча, включающего использование смеси полярного (метанол) и неполярного (хлороформ) растворителей с целью выделения как нейтральной, так и сложной фракции липидов, не извлекаемой при нормальных условиях только неполярным растворителем [10]. Для этого к 3 г образца (в случае использования целых клубней образцы предварительно измельчали) добавляли хлороформ-метанольную смесь (2:1) в отношении 1:20. После настаивания в течение 3 ч образец центрифугировали на скорости 3000 об/мин в течение 5 мин, сливали жидкую часть и к осадку добавляли новую порцию хлороформ-метанольной смеси (2:1) в отношении 1:10, после настаивания в течение 3 ч фильтровали через воронку из фильтровальной бумаги. Затем мисцеллы, полученные после центрифугирования и фильтрации, смешивали и высушивали в фарфоровых чашах для выпаривания под вытяжкой в течение суток при комнатной температуре [11].

Содержание витамина Е определяли по оптической плотности на спектрофотометре СФ-46 при длине волны 483 нм с использованием этилового спирта в качестве растворителя.

Концентрацию витамина Е рассчитывали по формуле

$$C = \frac{A \cdot V}{L \cdot m \cdot \alpha},$$

где C – содержание витамина Е в мкг/г;

A – оптическая плотность раствора при 483 нм;

V – объем экстракта, мл;

L – толщина слоя, см;

α – коэффициент экстинкции;

m – навеска жира, г.

Для оценки жирнокислотной сбалансированности использовали критерий, представляющий собой частную интерпретацию обобщенного критерия алиментарной адекватности, предложенного академиками Н.Н. Липатовым и А.Б. Лисицыным, расчет которого производили следующим образом

$$R_L = \left(\prod_{i=1}^n X_i^2 \right)^{\frac{1}{n}},$$

при этом $d_{Li} = \frac{L_i}{L_{\text{э}i}}$, если $L_i \leq L_{\text{э}i}$; $d_{Li} = \left(\frac{L_i}{L_{\text{э}i}} \right)^{-1}$, если $L_i > L_{\text{э}i}$,

где R_L – коэффициент рациональности жирнокислотного состава, дол. ед.;

L_i – массовая доля i -ой жирной кислоты в сырье или продукте, г на 100 г липидов;

$L_{\text{э}i}$ – массовая доля i -ой жирной кислоты, соответствующая физиологически необходимой норме (эталоны), г на 100 г жира;

$i = 1$ соответствует сумме насыщенных жирных кислот, $i = 2$ – сумме мононенасыщенных жирных кислот, $i = 3$ – сумме полиненасыщенных жирных кислот, $i = 4$ – линолевой, $i = 5$ – линоленовой, $i = 6$ – арахидоновой;

$n = 3$ для критерия сбалансированности жирнокислотного состава относительно фракций НЖК, МНЖК и ПНЖК, $n = 6$ для критерия сбалансированности жирнокислотного состава относительно фракций НЖК, МНЖК и ПНЖК и линолевой, линоленовой и арахидоновой жирных кислот.

Все исследования проводились в 3–5 кратной повторности и обрабатывались, статистическая обработка полученных данных была проведена при помощи стандартных программ Microsoft Excel.

Результаты и их обсуждение

Клубнеплоды сыти съедобной луговой представлены на рисунке 3. По органолептическим показателям клубнеплоды соответствовали показателям, представленным в таблице 1.



Рисунок 3 – Клубнеплоды сыти съедобной луговой
Figure 3. Tigernut's tubers

Таблица 1. Органолептические свойства сыти съедобной луговой
Table 1. Organoleptic properties of tiger nut tubers

Наименование показателя	Характеристика
внешний вид	корнеплоды без следов загрязнений и порчи, продолговатой формы, длиной не менее 8 мм
цвет	поверхность – от светло-коричневого до темно-коричневого цвета, на разрезе – от белого до желтоватого
вкус и запах	приятные, без затхлого, плесневого и посторонних привкусов и запаха; вкус ореховый, сладковатый

Результаты исследования пищевой ценности клубней сыти съедобной луговой приведен в таблице 2.

Таблица 2. Показатели пищевой ценности клубней сыти съедобной луговой
Table 2. Indicators of nutritional value of tubers of tiger nut tubers

Показатель	Результаты испытаний, измерений
массовая доля влаги, %	6,6±0,3
массовая доля жира, %	30,6±0,7
массовая доля белка, %	5,6±0,2
массовая доля золы, %	1,715±0,009
массовая доля углеводов, %	55,5±1,7

На основании анализа результатов, представленных в таблице 2, можно сказать, что большая часть состава клубней приходится на углеводы, в том числе, крахмал и пищевые волокна. Пищевые волокна объекта исследования были эффективны при профилактике рака толстой кишки, ожирения и желудочно-кишечных расстройств [12, 13]. Подземные органы сыти съедобной луговой используются в фармакологии для лечения и профилактики гипертонии, сахарного диабета и варикозного расширения вен [14]. Содержание белка относительно невелико. Клубнеплод представляет собой хороший источник пищевых масел, содержащих много мононенасыщенных жирных кислот. Питательная ценность масла тигрового ореха аналогична оливковому маслу, которое считается наиболее подходящим жиром для потребления человеком [15].

Жирнокислотный состав липидов клубнеплодов сыти съедобной луговой, выращенной на хуторе Журавский в Кореновском районе Краснодарского края урожая приведен в таблице 3.

Пищевые масла и жиры являются важными питательными веществами в рационе человека и играют жизненно важную роль в снабжении жирными кислотами и энергией. Жирные кислоты поступают в организм во время приема пищи с триглицеридами (животные жиры и растительные масла) и могут

также синтезироваться в нем. Однако, существует группа (эссенциальные жирные кислоты), поступающая только с пищей, поскольку организм человека их не синтезирует.

Таблица 3. Жирнокислотный состав липидов клубнеплодов сыти съедобной луговой
Table 3. Fatty acid composition of lipids in tubers of tiger nut

Кислота	Код	Содержание, % от суммы кислот	Содержание, г/100 г продукта
масляная	C _{4:0}	0,2	0,06
капроновая	C _{6:0}	0,1	0,03
каприловая	C _{8:0}	0,2	0,06
каприновая	C _{10:0}	0,8	0,24
лауриновая	C _{12:0}	1,2	0,37
миристиновая	C _{14:0}	3,9	1,19
миристоолеиновая	C _{14:1}	0,4	0,12
пальмитиновая	C _{16:0}	21,4	6,55
пальмитолеиновая	C _{16:1}	0,8	0,24
стеариновая	C _{18:0}	5,5	1,68
олеиновая	C _{18:1}	56,1	17,17
линолевая	C _{18:2}	9,0	2,75
линоленовая	C _{18:3}	0,4	0,12
арахиновая	C _{20:0}	менее 0,1	–
бегеновая	C _{22:0}	менее 0,1	–

Данные, приведенные в таблице 3, свидетельствуют о том, что клубнеплоды сыти съедобной луговой состоят преимущественно из длинноцепочечных жирных кислот (C₁₆–C₂₀). Среди них мононенасыщенные жирные кислоты составляют 57,3%, полиненасыщенные жирные кислоты – 9,4%, а насыщенные жирные кислоты – 33,3%, что свойственно растительным жирам и является особенностью биохимического состава данной культуры. Олеиновая, линолевая и пальмитиновая кислоты являются основными МНЖК, ПНЖК и НЖК соответственно. Эссенциальные жирные кислоты в масле клубней сыти съедобной луговой представлены линолевой и линоленовой кислотами. Олеиновая кислота (ω -9) является преобладающей в тигровом орехе – это высшая жирная мононенасыщенная кислота, входящая в состав липидов, участвующих в построении биологических мембран и в значительной степени определяющая свойства этих липидов. Для человека жирные кислоты данного вида имеют особое значение, поскольку способны защитить от заболеваний сердца, в том числе предотвратить инфаркт. Это свойство объясняется тем, что ω -9 не позволяет откладываться холестерину, благодаря чему снижается риск закупоривания сосудов и тромбообразования [16].

Для оценки липидов существует своеобразный эталон «идеального жира», предусматривающий содержание НЖК, ПНЖК и МНЖК в необходимой пропорции, коэффициент биологической эффективности которого равен единице. Под биологической эффективностью подразумевается показатель качества жировых компонентов пищевых продуктов, отражающий содержание в них полиненасыщенных жирных кислот.

Показатели биологической ценности корнеплодов сыти съедобной луговой в сравнении с идеальным жиром, растительными маслами и ядрами фундука приведены в таблице 4 [17–19] и показывают, что по содержанию олеиновой кислоты клубнеплоды сыти съедобной луговой уступают оливковому маслу (на 19%) и ядрам фундука (на 32%), при этом значительно превосходят подсолнечное масло (на 48%). Содержание линолевой кислоты незначительно меньше, чем в оливковом масле и фундуке. Среди сравниваемых культур линоленовая кислота находится в наибольших количествах в оливковом масле, ее содержание в сыти съедобной луговой (клубни) меньше на 20%. Подсолнечное масло и ядра фундука при этом значительно уступают данному клубнеплоду по содержанию линоленовой кислоты. Как видно, общее распределение жирных кислот в масле аналогично оливковому маслу [2].

Содержание МНЖК и НЖК в ореховом масле клубнеплода несколько выше, чем в оливковом, тогда как ПНЖК содержание ниже. Масла с высоким уровнем МНЖК обычно имеют большую стабильность [20].

Таблица 4. Показатели биологической ценности продуктов
Table 4. Indicators of the biological value of products

Показатель	Идеальный жир	Корнеплод сыти съедобной луговой	Подсолнечное масло	Оливковое масло	Ядра фундука
содержание олеиновой кислоты C _{18:1} , %	–	56,1	27,1	69,2	83,2
содержание линолевой кислоты C _{18:2} , %	–	9,0	57,5	9,6	10,5
содержание линоленовой кислоты C _{18:3} , %	–	0,4	0,05	0,5	0,1
МНЖК:ПНЖК:НЖК	1:1:1	1:0,16:0,6	1:0,2:0,5	1:0,2:0,2	1:0,13:0,1
ПНЖК:НЖК, не менее	0,2-0,4	0,28	5,29	0,77	1,73
C _{18:2} :C _{18:1}	более 0,25	0,18	2,52	0,18	0,13
ω6:ω3	10:1	23:1	1150:1	19:1	105:1
R _L , дол. ед.	1,00	0,70	0,71	0,80	0,59
витамин Е, мг/100 г продукта	+	141	67	13	44

Отношение содержания МНЖК, ПНЖК и НЖК ни в одной из сравниваемых культур не соответствует идеальному жиру, при этом соотношение ПНЖК:НЖК находится на рекомендуемом уровне лишь у сыти съедобной луговой, остальные культуры по данному показателю не попадают в заданный интервал. Показатель C_{18:2}:C_{18:1} находится на уровне эталона лишь у подсолнечного масла, корнеплод сыти съедобной луговой, оливковое масло, ядра фундука по данному показателю не соответствуют идеальному жиру. Среди представленных культур по показателю ω-6:ω-3 клубнеплоды находятся на втором месте по приближенности к идеальному соотношению 10:1. Коэффициент рациональности жирнокислотного состава наиболее приближен к идеальному у оливкового масла, клубнеплоды сыти съедобной луговой немного уступают оливковому маслу, но при этом составляют 70% идеального показателя.

Огромную роль в липидном обмене играют липотропные факторы, к которым в том числе относится и витамин Е. Он является антиоксидантом, универсальным стабилизатором клеточных мембран, необходим для функционирования половых желез и сердечной мышцы. При дефиците α-токоферола наблюдаются гемолиз эритроцитов, неврологические нарушения. Потребность в витамине Е возрастает с увеличением потребления ПНЖК и степенью их ненасыщенности [17]. Можно также отметить, что наибольшим содержанием витамина Е среди представленных культур обладает сыть съедобная луговая, что в 2,1 раза больше, чем в подсолнечном масле, в 10,8 и 3,2 раза больше, чем в оливковом масле и ядрах фундука соответственно.

Заключение

Результаты исследований свидетельствуют, что клубни сыти съедобной луговой (*Cyperus esculentus L.*), производимой в Краснодарском крае, являются ценной культурой, обладающей высоким биопотенциалом, прежде всего, как источник МНЖК, ПНЖК и витамина Е. Ее использование в технологии продуктов питания является эффективным с точки зрения создания обогащенных, функциональных продуктов для различных групп населения, лиц, занимающихся профилактикой и лечением заболеваний сердечно-сосудистой, пищеварительной и эндокринной системы. Наряду с применением корнеплодов в мясной, хлебобулочной и кондитерской промышленности, перспективным является их использование для обогащения кисломолочных продуктов и сыров эссенциальными нутриентами.

Литература

1. Simpson D.A., Inglis C.A. Cyperaceae of economic ethnobotanical and horticultural importance: a checklist. *Kew Bulletin*. 2001, V. 56, no. 2, pp. 257–360. DOI:10.2307/4110962
2. Follak S., Belz R.G., Bohren Ch., De Castro O., Del Guacchio E., Pascual-Seva N., Schwarz M., Verloove F., Essl F. Biological flora of Central Europe: *Cyperus esculentus L. Persp. Plant Ecol Evol Syst*. 2016, V. 23. pp. 33–51. DOI: 10.1016/J.PPEES.2016.09.003
3. Oloyede G.K., Abimbade S.F., Nwabueze Ch.C. Antioxidant and toxicity screening of extracts obtained from *Cyperus esculentus*. *Academia arena*. 2014, V. 6, no. 1, pp. 77–83.

4. Mishra S., Tripathi A., Tripathi D.K., Chauhan D.K. Role of sedges (Cyperaceae) in wetlands, environmental cleaning and as food material: Possibilities and future perspectives. In M.M. Azooz and P. Ahmad (Eds.) Plant-environment interaction: Responses and approaches to mitigate stress. John Wiley & Sons, Ltd USA. 2016, Chapter 18, pp. 327–338. DOI:10.1002/9781119081005.ch18
5. Шевченко Ю.П. Малораспространенная культура «Земляной миндаль», чуфа, *Cyperus esculentus* L. // Овощи России. 2015. № 1. С. 72–73.
6. Bamishaiye E.I., Bamishaiye O. M. Tiger nut: as a plant, its derivatives and benefits. *African J. Food, Agri, Nutrition and Devel.* 2011, V. 11, no. 5, pp. 5157–5170. DOI:10.4314/AJFAND.V11I5.70443
7. Asare P.A., Kpankpari R., Adu M.O., Afutu E., Adewumi A. S. Phenotypic characterization of tiger nuts (*Cyperus esculentus* L.) from major growing areas in Ghana. *Sci. World J.* 2020, article 7232591. DOI: 10.1155/2020/7232591
8. Бобренева И.В., Баюми А.А. Возможность использования тигровых орехов в мясных продуктах // Техника и технология пищевых производств. 2019. Т. 49, № 2. С. 185–192. DOI: 10.21603/2074-9414-2019-2-185-192
9. Жаркова И.М., Самохвалов А.А., Гусинович В.Г., Корячкина С.Я., Росляков Ю.Ф. Обзор разработок мучных изделий для безглютенового и геродиетического питания // Вестник ВГУИТ. 2019. Т. 81. № 1. С. 213–217. DOI: 10.20914/2310-1202-2019-1-213-217
10. Folch J.M.L., Lees M.P., Sloane-Stanely G.H.A. A simple method for the isolation and purification of total lipids from animal tissues. *J. Biol. Chem.* 1957, V. 226, no. 1, pp. 497–507. DOI: 10.1016/S0021-9258(18)64849-5
11. Kates M. *Techniques of lipidology: Isolation, analysis, and identification of lipids*. Newport Somerville Innovation, Limited, 2010. 422 p.
12. Adejuyitan J.A. Tigernut processing: Its food uses and health benefits. *Am. J. Food Technol.* 2011, V. 6, no. 3, pp. 197–201. DOI: 10.3923/ajft.2011.197.201
13. Ogunlade I., Bilikis A.A., Olanrewaju G.A. Chemical compositions, antioxidant capacity of Tiger nut (*Cyperus esculentus*) and potential health benefits. *Eur. Sci. J.* 2015, V. 11, no. 10 pp. 217–224.
14. Marchyshyn S., Slobodianiuk L., Budniak L., Ivasiuk I. Hypoglycemic effect of *Cyperus Esculentus* L. tubers extract. *Pharmacology online.* 2022, V. 2, pp. 1383–1392.
15. Roselló-Soto E., Poojary M.M., Barba F.J., Lorenzo J.M., Mañes J., Moltó J.C. Tiger nut and its by-products valorization: From extraction of oil and valuable compounds to development of new healthy products. *Innov. Food Sci. Emerg. Technol.* 2018, V. 45, pp. 306–312. DOI: 10.1016/j.ifset.2017.11.016
16. Ezeh O., Gordon M.H., Niranjana K. Tiger nut oil (*Cyperus esculentus* L.): A review of its composition and physico-chemical properties. *Eur. J. Lipid Sci. Technol.* 2014, no. 116, pp. 783–794. DOI: 10.1002/ejlt.201300446
17. Лусин П.А. Компьютерное моделирование производственных процессов в пищевой промышленности. СПб: Лань, 2016. С. 256.
18. Муратов В.А., Тимофеев Т.И., Никонович С.Н., Гринь Н.Ф., Карачевцева Е.А. Липиды современных сортов фундука // Известия вузов. Пищевая технология. 2007. № 4. С. 50–52.
19. Совастей О.Г., Лугин В.Г., Войтов И.В. Аналитические подходы к идентификации объектов биологического происхождения по жирнокислотному составу // Судебная экспертиза Беларуси. 2019. № 2, С. 73–78.
20. Yu Y., Lu X., Zhang T., Zhao Ch., Guan Sh., Pu Y., Gao F. Tiger nut (*Cyperus esculentus* L.): nutrition, processing, function and applications. *Foods.* 2022, V. 11, no. 4, pp. 601–619. DOI: 10.3390/foods11040601

References

1. Simpson D.A., Inglis C.A. Cyperaceae of economic ethnobotanical and horticultural importance: a checklist. *Kew Bulletin.* 2001, V. 56, no. 2, pp. 257–360. DOI:10.2307/4110962
2. Follak S., Belz R.G., Bohren Ch., De Castro O., Del Guacchio E., Pascual-Seva N., Schwarz M., Verloove F., Essl F. Biological flora of Central Europe: *Cyperus esculentus* L. *Persp. Plant Ecol Evol Syst.* 2016, V. 23. pp. 33–51. DOI: 10.1016/J.PPEES.2016.09.003
3. Oloyede G.K., Abimbade S.F., Nwabueze Ch.C. Antioxidant and toxicity screening of extracts obtained from *Cyperus esculentus*. *Academia arena.* 2014, V. 6, no. 1, pp. 77–83.
4. Mishra S., Tripathi A., Tripathi D.K., Chauhan D.K. Role of sedges (Cyperaceae) in wetlands, environmental cleaning and as food material: Possibilities and future perspectives. In M.M. Azooz and P. Ahmad (Eds.) Plant-environment interaction: Responses and approaches to mitigate stress. John Wiley & Sons, Ltd USA. 2016, Chapter 18, pp. 327–338. DOI:10.1002/9781119081005.ch18
5. Shevchenko Yu.P. Chufa nut (*Cyperus esculentus* L.) – minor vegetable crop. *Vegetable Crops of Russia.* 2015, no. 40, pp. 72–73. DOI: 10.18619/2072-9146-2015-1-72-73 (In Russian)
6. Bamishaiye E.I., Bamishaiye O. M. Tiger nut: as a plant, its derivatives and benefits. *African J. Food, Agri, Nutrition and Devel.* 2011, V. 11, no. 5, pp. 5157–5170. DOI:10.4314/AJFAND.V11I5.70443
7. Asare P.A., Kpankpari R., Adu M.O., Afutu E., Adewumi A. S. Phenotypic characterization of tiger nuts (*Cyperus esculentus* L.) from major growing areas in Ghana. *Sci. World J.* 2020, article 7232591. DOI: 10.1155/2020/7232591

8. Bobreneva I.V., Baioumy A.A. Tiger nut in meat products. *Food Processing: Techniques and Technology*. 2019, no. 2, pp. 185–192. DOI: 10.21603/2074-9414-2019-2-185-192 (In Russian)
9. Zharkova I.M., Samokhvalov A.A., Gustinovich V.G., Koryachkina S.Ya., Roslyakov Y.F. Review of bakery products for gluten free and herodietetic nutrition. *Proceedings of the Voronezh State University of Engineering Technologies*. 2019, no. 1, pp. 213–217. DOI: 10.20914/2310-1202-2019-1-213-217 (In Russian)
10. Folch J.M.L., Lees M.P., Sloane-Stanely G.H.A. A simple method for the isolation and purification of total lipids from animal tissues. *J. Biol. Chem.* 1957, V. 226, no. 1, pp. 497–507. DOI: 10.1016/S0021-9258(18)64849-5
11. Kates M. *Techniques of lipidology: Isolation, analysis, and identification of lipids*. Newport Somerville Innovation, Limited, 2010. 422 p.
12. Adejuyitan J.A. Tigernut processing: Its food uses and health benefits. *Am. J. Food Technol.* 2011, V. 6, no. 3, pp. 197–201. DOI: 10.3923/ajft.2011.197.201
13. Ogunlade I., Bilikis A.A., Olanrewaju G.A. Chemical compositions, antioxidant capacity of Tiger nut (*Cyperus esculentus*) and potential health benefits. *Eur. Sci. J.* 2015, V. 11, no. 10 pp. 217–224.
14. Marchyshyn S., Slobodianiuk L., Budniak L., Ivasiuk I. Hypoglycemic effect of *Cyperus Esculentus L.* tubers extract. *Pharmacology online*. 2022, V. 2, pp. 1383–1392.
15. Roselló-Soto E., Poojary M.M., Barba F.J., Lorenzo J.M., Mañes J., Moltó J.C. Tiger nut and its by-products valorization: From extraction of oil and valuable compounds to development of new healthy products. *Innov. Food Sci. Emerg. Technol.* 2018, V. 45, pp. 306–312. DOI : 10.1016/j.ifset.2017.11.016
16. Ezeh O., Gordon M.H., Niranjana K. Tiger nut oil (*Cyperus esculentus L.*): A review of its composition and physico-chemical properties. *Eur. J. Lipid Sci. Technol.* 2014, no. 116, pp. 783–794. DOI: 10.1002/ejlt.201300446
17. Lisin P.A. *Computer modeling of production processes in the food industry*. St. Petersburg, Lan Publ., 2016, p. 256. (In Russian)
18. Muratov V.A., Timofeenko T.I., Nikonovich S.N., Grin N.F., Karachevtseva E.A. Lipids of modern hazelnut varieties. *Food Technology*. 2007, no. 4, pp. 50–52. (In Russian)
19. Sovastey O.G., Luhn V.G., Voitov I.V. Analytical approaches to identification of objects of biological origin by fatty acid composition. *Forensic Examination of Belarus*. 2019, no. 2, pp. 73–78. (In Russian)
20. Yu Y., Lu X., Zhang T., Zhao Ch., Guan Sh., Pu Y., Gao F. Tiger nut (*Cyperus esculentus L.*): nutrition, processing, function and applications. *Foods*. 2022, V. 11, no. 4, pp. 601–619. DOI: 10.3390/foods11040601

Информация об авторах

Ксения Александровна Холобова – аспирант кафедры технологии продуктов питания
Оксана Вячеславовна Анистратова – канд. техн. наук, доцент кафедры технологии продуктов питания
Михаил Леонидович Винокур – канд. техн. наук, доцент кафедры технологии продуктов питания
Александр Павлович Рынковой – индивидуальный предприниматель

Information about the authors

Ksenia A. Kholobova, Postgraduate Student, Department of Food Technology
Oksana V. Anistratova, Ph.D., Associate Professor of the Department of Food Technology
Mikhail L. Vinokur, Ph.D., Associate Professor of the Department of Food Technology
Alexander P. Rynkovoy, Individual Entrepreneur

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов / The authors declare no conflicts of interests

Статья поступила в редакцию 01.08.2022
Одобрена после рецензирования 09.09.2022
Принята к публикации 15.09.2022

The article was submitted 01.08.2022
Approved after reviewing 09.09.2022
Accepted for publication 15.09.2022