

МОРФОБИОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ И БИОХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ ЯГОД ФИЗАЛИСА ПУШИСТОГО (*PHYSALIS PUBESCENS* L.) В УМЕРЕННОМ КЛИМАТЕ



MORPHO-BIOLOGICAL PROPERTIES AND BIOCHEMICAL COMPOSITION OF
PHYSALIS (*PHYSALIS PUBESCENS* L.) FRUITS IN A TEMPERATE CLIMATE

Мамедов М.И. – доктор с.-х. наук, профессор, зав.
лабораторий селекции и семеноводства пасленовых культур

Енгальчев М.Р. – кандидат с.-х. наук, с.н.с.

Джос Е.А. – кандидат с.-х. наук, с.н.с.

ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт селекции и
семеноводства овощных культур» (ФГБНУ ВНИИССОК)
143080, Россия, Московская обл., Одинцовский р-н,
п. ВНИИССОК, ул. Селекционная, д.14
E-mail: mubaris-mamedov@yandex.ru

Mamedov M.I.,
Engalychev M.R.,
Joss A.E.

Federal State Budgetary Research Institution
'All-Russian Research Institute
of Vegetable Breeding and Seed Production'
143080, Russia, Moscow region, Odintsovo district,
p. VNISSOK, Selectionnaya St, 14
E-mail: mubaris-mamedov@yandex.ru

Физалис (*Physalis* L.) распространен по всему миру. В России наиболее распространен *P. pubescens* L. В работе представлен анализ особенностей проявления биохимических свойств ягод физалиса земляничного (*P. pubescens*) в условиях умеренного климата. Ягоды физалиса имеют кислую реакцию и высокую питательную ценность, богаты полифенолами, каротиноидами, которые ответственны за их оранжевую окраску и содержат умеренное количество витамина С. Кроме того, в соке ягод физалиса содержится значительное количество калия, фосфора, кальция, натрия, магния, цинка, меди, железа, марганца и бора. Физалис земляничный является перспективной экзотической культурой, которого можно использовать для производства функциональных продуктов питания. Ягоды физалиса обычно используют в свежем виде, они обеспечивают кисло-сладкий баланс плодовоовощных салатов. Целые плоды также используют при приготовлении сиропов или сушат, и они превращаются в «очень изящный изюм». В наших исследованиях содержание сухого вещества у сорта Золотая Россыпь в условиях умеренного климата составило 15,5%, аскорбиновой кислоты – 9,9 мг/100 г сырой массы. В условиях умеренного климата в ягоде *P. pubescens* накапливается 318 мг.ЭГК/100 г полифенолов. Титруемая кислотность ягод сорта Золотая Россыпь составила 0,90%, а кислотность pH 4,72. Уровень pH выше 4 свидетельствует о низкой кислотности. Это объясняется наличием в соке ягод большинства органических кислот в свободной форме.

Ключевые слова: *Physalis*, ягода, сок, сахара, аскорбиновая кислота, полифенолы, кислотность, минеральные элементы.

Physalis (*Physalis* L.) is grown worldwide. *P. pubescens* L. is most widespread in Russia. The analysis of development of biochemical properties in fruits of *P. pubescens* L. in temperate climate was presented in the article. The berries of physalis have acid reaction and high nutrient value due to polyphenols, carotenoids that give orange color, also contain moderate quantity of vitamin C. Moreover in the berry juice there are significant quantities of potassium, phosphorus, calcium, magnesium, zinc, copper, iron, manganese and boron. *P. pubescens* L. is a promising exotic crop that can be used for production of functional foodstuffs. *Physalis* berries are usually used as fresh vegetables for salad recipes, providing the sweet and sour balanced taste. The whole fruit berries are also processed into syrups or dried, so that they are regarded as 'elegant raisins'. Our study showed that the dry matter content was 15.5% in cultivar 'Zolotaya Rossiyp' in temperate climate, while the ascorbic acid content was 9.9 mg per 100 g. of wet weight. In temperate climate 318 mg GAE/100 g. polyphenols were accumulated in the berry of *P. pubescens* L. The titrated acidity of 'Zolotaya Rossiyp' berries was 0.90%, at pH 4.72. The level higher than 4 confirms the low acidity. This can be explained by the fact of presence of organic acids as a free forms in the berry juice.

Keywords: *Physalis*, berry, juice, sugars, ascorbic acid, polyphenols, acidity, mineral elements.

Физалис (*Physalis* L.) распространен по всему миру, но центром его генетического разнообразия является Мексика, где обнаружены более 70 видов, и большинство из них эндемики. В США и странах Центральной Америки также обнаружены несколько эндемиков, незначительное их количество распространено в странах Южной Америки.

Культурные сорта физалиса со съедобными плодами по ботаническим и хозяйственно ценным признакам принадлежат к двум группам – южноамериканской и мексиканской. К южноамериканской группе относятся физалисы с мелкими сладкими ароматными ягодами. Это так называемые физалисы ягодные. Из этой группы наибольший ареал занимают *P. peruviana*, *P. minima*, *P. pubescens*.

Разные виды физалиса распространены повсеместно. В США, Новой Зеландии, Южной Африке, Эквадоре, Австралии, Кении, Зимбабве, Индии, Малайзии и в Китае в производстве используют коммерческие сорта [1]. Колумбия является самым крупным производителем *P. peruviana* – 11500 т ежегодно, но только 50% произведенной ягоды экспортируется. Остальное используют для производства сушеных продуктов [2]. В Египте производство *P. pubescens* достигает 1000 т в год, с урожайностью 12 т/га, где он известен как *harahkash* [3].

В России из этих видов наиболее распространены *P. pubescens* L. Другие виды физалиса ягодного более требовательны к температурному режиму и освещенности, и даже в условиях пленочных теплиц не всегда формируют генеративные органы. *P. pubescens* – физалис пушистый, в России известен как физалис земляничный или изюмный.

Ягоды физалиса земляничного и сок из них богаты многими химическими компонентами, особенно высокий уровень содержания никотиновой кислоты, каротиноидов и минеральных веществ. Кроме этого, в ягоде присутствуют биологически активные компоненты, например, физалин, витанолиды, фитостеролы и ненасыщенные жирные кислоты, такие как линолевая и олеиновая кислоты. В ягодах накапливается значительное количество витаминов А, В и С, макроэлементов – магния, кальция, калия, натрия и фосфора и микроэлементов – железа и цинка [3]. Содержание незаменимых аминокислот – лейцина, лизина, изолейцина, валина и триптофана выше рекомендованной FAO/WHO нормы [4]. Сок физалиса земляничного богат минеральными элементами



Растения физалиса земляничного



Цветок физалиса земляничного



Плоды физалиса земляничного



Физалис земляничный сушеный – «сладкий изюм»



Варенье из физалиса земляничного



Пирог с физалисом земляничным

(мг/100 мл): калий (1196 мг), фосфор (587 мг), кальций (70 мг), натрий (35 мг), магний (19 мг), цинк (2,4 мг), медь (1,5 мг), железо (1,2 мг), марганец (0,6 мг) [5]. Кроме того, в соке физалиса накапливается бор (1 мг/100 мл), что сравнимо с соком винограда (2,06 мг/100 мл), лучшего источника бора среди фруктовых соков [6, 7].

По мнению исследователей, физалис земляничный является перспективной экзотической культурой, которого можно использовать для производства функциональных продуктов питания.

Продуктивность растения составляет около 0,3-0,5 кг, и при соблюдении агротехнических мероприятий по уходу за растениями урожайность может достичь 20-33 т/га [8].

Плод – сочная ягода округлой формы, 1,25-2,0 см в диаметре оранжево-желтоватой окраски с гладкой с восковым налетом кожурой. Ягода содержит 90-120 шт. семян, масса 1000 семян – 0,6-0,7 г. В общей массе плода в 2-3 г, масса чехлика составляет 6%, ягоды – 94%. Свежий сок является богатым источником полифенолов и каротиноидов с высоким выходом сока из ягод (64%) [9].

Свежие ягоды в герметичном контейнере могут храниться в течение нескольких месяцев или могут быть заморожены [10].

Обычно, ягоды физалиса используют в свежем виде; они обеспечивают кисло-сладкий баланс плодовоовощных салатов. Целые плоды также используют при приготовлении сиропов или сушат, и они превращаются в «очень изысканный изюм». Кроме этого, плоды используют в качестве соуса и глазури для мясных и морских продуктов. Их также можно использовать в качестве консерванта для джемов, желе и варенья. В последнее время плоды физалиса ягодного высоко ценятся знаменитыми шеф-поварами во всем мире за их сахароснижающий эффект.

В настоящее время есть разные продукты, полученные из свежих и переработанных ягод физалиса земляничного: джем, изюм, варенье, желе, шоколадная глазурь, сок и масло. Ими украшают мясные блюда, салаты, десерты и пирожные. Из-за высокого содержания пектина в соке зрелых ягод физалиса снижается стоимость приготовления джемов и аналогичных продуктов.

Многие народы Африки, Азии и Америки ягоды и растения физалиса земляничного широко используют в традиционной народной медицине для лечения малярии, гепатита, дерматита и ревматоидного артрита. Экстракт растения показывает высокую

антиоксидантную и противовоспалительную активность. Чашечку ягод широко применяют из-за его противораковых, противомикробных, жаропонижающих, мочегонных, противовоспалительных и иммуномодулирующих свойств [11].

Материал и методика

В исследовании использовали сорт физалиса Золотая Россия (Physalis pubescens L.). Растения выращивали в условиях пленочной теплицы. Сроки посева, посадки и агротехника общепринятые для пасленовых культур в регионе. Уборка урожая двукратная, в фазе биологической спелости ягод в третьей декаде августа.

Содержание витамина С определяли методом визуального титрования 2,6-дихлорфенол индофенолятом натрия [12], используя 3% трихлоруксусную кислоту в качестве экстрагента. Уровень полифенолов определяли спектрофотометрически по величине поглощения водных экстрактов при 730 нм после взаимодействия с реактивом Фолина. Кислотность ягод определяли потенциометрическим титрованием на ионномере Эконикс-эксперт. Содержание моно- и суммы сахаров устанавливали цианидным методом.

Сушку ягод проводили в сушильном шкафу LDQ-150N в течение 7 часов, при температуре 70°C.

Результаты и обсуждение

Генеративный период у *P. pubescens* составляет 48-54 суток. Появление бутонов наблюдается при наличии у растений 6-7 листьев, в пазухе последних листьев. В период цветения растение становится более мощным, однако высота его изменяется мало, увеличивается число побегов и их размеры. Соцветия симподного типа. Цветки по одному в пазухе листа. Венчик желтый с темными пятнами, коротко воронковидный. В период завязывания плодов растения практически полностью формируется. Высота центрального побега зависит от условий произрастания (температура, влажность, освещенность) и составляет 15-20 см.

Содержание сухого вещества у сорта Золотая Россия (P. pubescens) в условиях умеренного климата составило 15,5%. О высоком содержании сухого вещества в P. pubescens (18,85%) сообщает El Sheikh et al. (5) в условиях Египта. Там же Khalil, Leila [13] изучали влияние различных доз минерального питания (магнетит) и концентраций поливного раствора на рост, развитие растений и

1. Биохимический состав ягод *Physalis pubescens*
1. Biochemical composition of *Physalis pubescens* fruits

| Сорт | Сухое вещество, % | Brix, % | Моно сахара, % | Сумма сахаров, % | Аскорбиновая кислота, мг/100г | Титрируемая кислотность, %* | pH | Полифенолы, мг.ЭГК/100 г |
|-----------------|-------------------|----------|-------------------|------------------|-------------------------------|-----------------------------|------|--------------------------|
| Variety | Dry matter, % | Brix, % | Monosaccharide, % | Total sugars, % | Ascorbic acid, mg/100g | Titrateable acidity, %* | pH | Polyphenols, mg.EAG/100g |
| Золотая россыпь | 15,5±0,5 | 9,65±0,3 | 3,9 ±0,3 | 9,6±0,5 | 9,9±0,5 | 0,90 | 4,72 | 318±21 |

*в пересчете на лимонную кислоту

качество ягод сорта Balady *P. pubescens*. В зависимости от варианта исследований содержание сухого вещества варьировал в интервале 10-13,83%.

Высокое содержание сухого вещества в ягодах *P. pubescens* обеспечивает возможность экономически выгодной переработки для получения сушеных продуктов, широко используемых в кондитерской и пищевой промышленности.

Климатические условия и агротехника выращивания значительно влияют на уровень накопления витамина С. Содержание аскорбиновой кислоты в ягодах сорта Золотая Россыпь 9,9мг/100 г сырой массы в умеренном климате значительно ниже, чем в жарком климате. El Sheikh et al. [5] сообщают о содержании аскорбиновой кислоты в ягодах *P. pubescens* – 39,7 мг/100 г сырой массы, что выше, чем полученные результаты Watt, Merrill [14]. Silva et al. [15] сообщают о содержании витамина С в *P. pubescens* на уровне 31,17 мг/100 г. О влиянии различных доз магнетита и концентраций раствора на уровень накопления аскорбиновой кислоты в ягодах *P. pubescens* (16,00-20,26 мг/100 г) сообщают Khalil, Leila [13].

В исследованиях биохимических характеристик разновидностей *Physalis* в большинстве работ наибольшее внимание уделяется накоплению полифенолов – мощных природных антиоксидантов.

Основными полифенольными кислотами, выделенными из физалиса, являются кофеиновая, хлорогеновая, феруловая, р-кумариновая и галловая. Полифенолы распределяются неравномерно по растению, и их содержание убывает в ряду: стебли>листья>чехлик>плоды. Тем не менее, даже в таком распределении плоды физалиса являются важным источником полифенолов для организма человека.

Содержание полифенолов носит видовой характер и все они статистически отличаются друг от друга. *P. pubescens* является одним из наиболее богатых по содержанию полифе-

нолов после *P. peruviana*. В условиях умеренного климата у *P. pubescens* накапливается 318 мгЭГК/100 г полифенолов. В условиях Бразилии в *P. pubescens* накапливается 112,37 мгЭГК/100 г [16, 15]. По сообщению El Sheikh et al. [5], в ягодах *P. pubescens* содержится 82,0 мг.ЭГК/100 г полифенольных субстанций. Исследованиями Khalil, Leila [13] получены аналогичные результаты.

В большинстве известных исследований уровень накопления сахаров в плодах физалиса устанавливали по показателю Brix. Оценка содержания сахаров в ягоде выявила долю моно сахаров в 23-47%. Этот показатель наиболее вариабельный при оценке качества ягод разных генотипов физалиса ($C_v > 28\%$). Линейная зависимость показателя Brix и содержания сахаров свидетельствует, что основная часть сахаров хорошо растворима в воде и присутствует исключительно в соке, в то время как связанные сахара составляют не более 5%.

Существенно более важное значение имеет корреляция между уровнем накопления сахаров (Brix) и содержанием полифенолов, что указывает на выбор именно этих показателей качества физалиса при селекции на повышенное содержание биологически активных соединений.

Характерным различием была доля моносахаров от общей суммы сахаров: сравнительно высокая у сорта Золотая россыпь (45,3%). С позиций нутрициологии это имеет несомненное преимущество. Именно с высоким содержанием моносахаров (в первую очередь фруктозы) связан наиболее сладкий вкус ягод сорта Золотая россыпь. Известно, что фруктоза в 1,7 раза слаще, чем сахароза. С другой стороны, поскольку сахароза является димером глюкозы и фруктозы, следует предположить, что указанный сорт различается интенсивностью синтеза и расщепления сахарозы.

Вкусовые качества плодов во многом определяются не только содержанием сахара, но и присутствием органических кислот: яблочной, лимонной и др.

По литературным данным титруемая кислотность плодов у различных генотипов физалиса варьирует в широких пределах, в пересчете на лимонную кислоту. El Sheikh et al. [5] сообщают, что титрируемая кислотность (ТК) ягод *P. pubescens* достигает уровня 1,23%, Silva et al. [15] – 1,43%. В зависимости от доз минерального питания (магнетит) и концентрации поливного раствора ТК ягод *P. pubescens* варьирует в пределах 1,03-1,91% [13]. В наших исследованиях ТК ягод сорта Золотая Россыпь составила 0,90%. Более низкие показатели ТК получены Lima et al. [16] – 0,62-0,78% в пересчете на лимонную кислоту.

В наших исследованиях кислотность сока ягод наблюдается с pH 4,72. El Sheikh et al. [5] сообщают о pH = 3,74, Silva et al. [15] – 4,14 у *P. pubescens*. Это объясняется наличием в соке ягод большинства органических кислот в свободной форме. Кроме того, уровень pH выше 4 свидетельствует о низкой кислотности.

Установление показателей Brix и титруемой кислотности позволяет рассчитать индекс вкуса, широко используемый для оценки качества ягод и устанавливаемый по формуле: $Brix: 20/TK + TK$, где ТК – титруемая кислотность. Данные расчета и органолептическое тестирование позволяет выделить сорт Золотая россыпь, так как именно этот сорт содержит наибольшие уровни сахаров и полифенолов.

Уборку в фазе биологической спелости ягод осуществляли по мере их созревания. Определяли массу сырья через 7 суток после очистки, долю ягод и чехликов. Ягоды сушили в сушильном шкафу.

Общие потери массы сырья после удаления чехликов составили 1,5-2,0%. Низкие показатели отхода при очистке объясняется тем, что при созревании ягод на растении, чехлики практически становятся сухими. Готовая продукция, в виде сушеных ягод, составляет около 17% от массы сырья. Из 10 кг свежих ягод можно приготовить около 2 кг сушеных ягод.

2. Соотношения сырья и готовой сушеной продукции «изюма» из ягод физалиса
2. The ratio of raw materials and dried fruits "raisins" of *Physalis pubescens*

| Дата уборки | Масса сырья, г | Масса чехлика, г, % | Масса сушеных ягод, г, % |
|--------------|------------------------|---------------------|--------------------------|
| Harvest date | Mass of raw materials, | Mass of husk, g, % | Mass of dried fruits, |
| | g | | g, % |
| 25.08. | 1000 | 20/2 | 170/17 |
| 01.09. | 1300 | 20/1,54 | 220/22 |

Качество сырья очень важно для высококачества высушенного продукта. Для изготовления сушеного продукта с привлекательной оранжево-коричневой окраской спелые ягоды должны быть ярко-оранжевые, достаточно крупные и сладкие на вкус. Сушеные ягоды с темной окраской имеют более низкое качество. Однако следует отметить, что чем естественнее процесс сушки, тем темнее окраска сушеных ягод.

Сушеные ягоды физалиса земляничного отличаются изысканным вкусом, и практически не отличающимся от вкуса свежих ягод. Хранить их необходимо в прохладном сухом месте.

В данной работе представлен анализ особенностей проявления биохимических свойств ягод физалиса земляничного (*P. pubescens*) в условиях умеренного климата, периферии распространения данного вида. Наши результаты аналогичны тем, которые были получены авторами в других агроклиматических условиях. Ягоды физалиса имеют кислую реакцию и высокую питательную ценность, богаты полифенолами, каротиноидами, которые ответственны за их оранжевую окраску и содержат умеренное количество витамина С. Кроме того, в соке ягод физалиса содержится значительное количество калия, фосфора, кальция, нат-

рия, магния, цинка, меди, железа, марганца и бора. Эти минералы играют важную роль в качестве компонентов костей и зубов, а растворимые соли контролируют состав жидкости в организме, способствуя функционированию фермента как кофермент и другие важные функциональные компоненты, включая гормоны и витамины. Продукт из физалиса может быть потенциальным источником незаменимых аминокислот. По мнению исследователей, физалис земляничный является перспективной экзотической культурой, которого можно использовать для производства функциональных продуктов питания.

Литература

1. Novoa R.H. et al. La madures del fruto y el secado del caliz influyen en el comportamiento poscosecha de la uchuva (*Physalis peruviana* L.) almacenada a 12°C, 2006, Agronomia Colombiana, v.24, n.1, pp.77-86.
2. Castro A., Rodrigues L., Vargas E. Dry gooseberry (*Physalis peruviana* L.) with pretreatment of osmotic dehydration. Vitae-Revista de la Facultad de Quimica Farmaceutica, 2008, 15(2), pp. 226-231.
3. Hassan A.I., Ghonein M.A.M. A Possible Inhibitory Effect of Physalis (*Physalis pubescens* L.) on Diabetes in Male Rats. World Applied Sciences Journal, 2013, 21 (5), pp. 681-688.
4. FAO/WHO/UNU. Energy and protein requirement. Report of joint FAO/WHO/UNU meeting. 1985, Series No 724, WHO, Geneva.
5. El Sheikh A., Zaki M., Bakr A., El Habashy M., Montet D. Physico-chemical properties and biochemical composition of Physalis (*Physalis pubescens* L.) fruits. Global Science Book, 2008, pp.124-130.
6. Hunt C., Herbei J. Effect of dietary boron on calcium and mineral metabolism in the streptozotocin-injected, vitamin D3-deprived rat. Magnesium trace element. Biological Trace Element Research. 1991, 10, pp. 31-36.
7. Anderson D., Cunningham W., Lindstrom T. Concentrations and intakes of H, B, S, K, Na, Cl and NaCl in foods. Journal of Food Composition and Analysis. 1994, 7, pp. 59-82
8. Dremann C.G. Ground cherries, Husk tomatoes and Tomatillo. Redwood City Seed Co., 1985, 321 pp.
9. El Sheikh A.F., Ribeyre F., Larroque M., Reynes M., Montet D. Quality of Physalis (*Physalis pubescens* L.) juice packaged in glass bottles and flexible laminated packs during storage at 5°C. African Journal of Food Agriculture, Aifand online, 2009, v.9, No 6.
10. Coffey C.G. The history and Folklore of North American wild flowers, Facts on File, Houghton Mifflin, New York, USA, 1993, 356 pp.
11. Franco L., Matiz G., Pinzon R., Ospina L. Antiinflammatory activity of extracts and fractions obtained from *Physalis peruviana* L. calyces. Biomedica, 2007, 27(1), pp.110-115
12. A.O.A.C. Association of Official Agricultural Chemists Official Methods of Analysis. 18th Ed., Washington, DC, USA, 2005.
13. Khalil S.E., Leila B.H.A. Effect of Magnetic treatment in improving growth, yield and fruit quality of Physalis pubescens plant grown under saline irrigation conditions. International Journal of ChemTech Research, 2016, v.9, No 12, pp. 246-258.
14. Watt B.K., Merrill A.L. Composition of foods. USDA, Agriculture Handbook, 1963, No 8, 190 pp.
15. Silva D.F., Pio R., Soares J.D.R., Elias H.H.S., Villa F., Boas E.V.B. Light spectrum on the quality of fruits of Physalis species in subtropical area. Bragantia Campinas, 2016, v.75, No 3, pp. 371-376.
16. Lima C.S.M., Galarca S.P., Betemps D.L., Rufato A.R., Rufato L. Avaliacao fisica, quimica e fitoquimica de frutos de Physalis, ao longo do periodo de colheita. Revista Brasileira de Fruticultura, 2012, 34, pp. 1004-1012.