

АНАЛИЗ СВОБОДНЫХ И СВЯЗАННЫХ УГЛЕВОДОВ В ПОДЗЕМНЫХ И НАДЗЕМНЫХ ОРГАНАХ ГОЛУБИКИ

А. А. Таланов, Н. С. Фурса

Ярославская государственная медицинская академия

С использованием прямофазной высокоэффективной жидкостной хроматографии определено содержание свободных (фруктозы, глюкозы, сахарозы), а методом капиллярного электрофореза – связанных (арабинозы, ксилозы, галактозы, глюкозы, маннозы) углеводов в подземных и надземных органах голубики и выявлены особенности их накопления

Ключевые слова: голубика, свободные, связанные углеводы.

Углеводы содержатся в растениях в свободной (моносахариды) и связанной (полисахариды) форме. Из первых чаще других встречаются пентозы (D – ксилоза, L – арабиноза, D – арабиноза, D – рибоза) и гексозы (D – глюкоза, D – фруктоза, D – манноза). Моносахариды находят применение в медицине в виде вспомогательных веществ или самостоятельных лекарственных средств. Так, альдозу глюкозу применяют при гипогликемии, инфекциях, интоксикациях, геморрагических диатезах, декомпенсации сердечной деятельности, заболеваниях почек, отеках легких, используют её изотонический (4,5 – 9%) и гипертонический (10 – 40%) растворы. Она является составной частью кровезаменителей и пищевым веществом. Кетогексоза фруктоза – один из самых сладких сахаров. Она в 2,5 – 3 раза слаще глюкозы и в 1,5 раза дисахарида сахарозы (4 – O – α – D – глюкопиранозил – β – D – фруктофуранозида). Фруктоза лучше усваивается, чем глюкоза, при сахарном диабете. Она составляет более одной третьей части меда, употребляемого при болезнях желудочно – кишечного тракта, почек, печени, нервной и сердечно – сосудистой систем, сахарном диабете, анемии, бронхиальной астме, простудных заболеваниях, болезнях кожи, глаз, женской половой сферы; входит в состав многих полисахаридов (фруктанов). Наряду с моносахаридами в практической медицине заслуживают внимания также полисахариды, как в качестве лекарственных средств (мукалтин, пектосал, пекторин, пектотим, плантаглюцид, транслам, влаирин и др.), так и биологически активных добавок к пище [4].

Популярным пищевым и лекарственным растением, особенно в северных регионах, является голубика болотная (*Vaccinium uliginosum* L.). По сведениям традиционной медицины европейских стран, её ягоды оказывают разнообразные эффекты, в частности, общеукрепляющее действие, стимулируют обменные процессы и продлевают жизнь человеку. По современным данным, действующие вещества ягод и листьев голубики способствуют снижению уровня сахара в крови [1,2,5]. В связи с чем они находят применение в диете и комплексном лечении компенсированных форм сахарного диабета. Вместе с тем недостаточно данных, аргументирующих их применение при этой патологии.

Цель исследования – провести сравнительный анализ свободных и связанных углеводов в подземных и надземных органах голубики для обоснования их возможного использования при сахарном диабете.

Материалы и методы

Материалом для исследования служили подземные (корни) и надземные органы (стебли, листья, цветки, плоды) голубики, заготовленные в окрестностях г. Костромы.

Для качественного обнаружения сахаров в свободной форме в начале поступали следующим образом: навеску измельченного сырья массой 1,0 г помещали в пробирку, заливали 5 мл очищенной воды и кипятили 5 минут. Извлечение фильтровали через складчатый бумажный фильтр, упаривали до 1 – 2 мл и использовали для качественных реакций на углеводы и для хроматографирования, которое проводили восходящим методом на хроматографической бумаге Filtrak №4 (производство Германия) в системе растворителей н – бутиловый спирт – уксусная кислота – вода в соотношении 4:1:2 в сравнении с достоверными образцами стандартных веществ (арабинозы, ксилозы, галактозы, глюкозы, рамнозы, фруктозы, глюкоуроновой и галактуроновой кислот).

Содержание свободных сахаров определяли прямофазной высокоэффективной жидкостной хроматографией с использованием изократического хроматографа Gilson, в состав которого входили насос с аналитической головкой 5 SSC, инжектор с петлей 20 мкл, колоночный термостат и рефрактометрический детектор [3]. Сбор и обработку хроматограмм осуществляли при помощи программы «Экохром», отнесение пиков и расчет концентраций углеводов проводили по внешнему стандарту, содержащему смесь анализируемых углеводов (фруктозы, глюкозы, сахарозы) и глицерина в концентрации 10 г/л.

Содержание связанных сахаров определяли методом капиллярного электрофореза с использованием прибора Applied Biosystem 273 T после гидролиза водных извлечений подземных и надземных органов 1 М раствором кислоты хлористоводородной при 100 °С в течение 2,5 часов [3]. Обработку электрофореграмм осуществляли с помощью той же программы, что и свободных сахаров. Отношение и расчет концентрации углеводов проводили по внутреннему (глюкозамин) и внешнему стандарту, содержащему смесь анализируемых углеводов (арабинозы, ксилозы, галактозы, глюкозы, маннозы) в концентрации 1 г/л.

Результаты и их обсуждение

После обработки хроматограмм анилин–фталатным реактивом обнаружили, что листья, цветки и плоды содержали в свободной форме 2 сахара, которые по коричнево–желтой окраске пятен и значению Rf совпадали с образцами глюкозы (значение Rf равнялось 0,21) и фруктозы (значение Rf находилось в пределах 0,30).

Для подтверждения полученных хроматографией на бумаге данных предприняли анализ моносахаридов в свободном состоянии методом прямофазной ВЭЖХ [3] (табл. 1).

Таблица 1

Содержание свободных углеводов в различных органах голубики

Орган	Содержание, %			
	Фруктоза	Глюкоза	Сахароза	Сумма

Корни	0	0	0	0
Стебли	0	0	0	0
Листья	3,18	3,70	0,40	7,28
Цветки	4,60	4,10	0	8,70
Плоды	14,33	9,20	0,50	24,03

Из приведенных данных (табл. 1) следует, что свободные сахара не обнаружены в корнях и стеблях. В листьях и плодах выявлены моносахариды фруктоза и глюкоза, дисахарид – сахароза; в цветках – только моносахариды. Основным компонентом листьев являлась глюкоза (примерно 51% от общей суммы), несколько меньше содержалось фруктозы (44%) и меньше всего сахарозы (около 5%). Наибольшее количество свободных сахаров отмечено в плодах. Среди них доминировала фруктоза (до 60% от общей суммы), в меньших концентрациях выявлялась глюкоза (38%) и особенно сахароза (2%). С учетом изложенного вполне оправдано использование листьев и плодов голубики при сахарном диабете.

Результаты связанных сахаров [3] в анализируемых органах отражены в таблице 2. Как и в случае свободных сахаров, в суммарном выражении больше всего связанных сахаров содержалось в плодах, затем следовали листья, цветки, корни и стебли.

Таблица 2

Содержание связанных сахаров в различных органах голубики

Орган	Содержание, %							Общая сумма
	Пентозы			Гексозы				
	арабиноза	ксилоза	сумма	галактоза	глюкоза	Манноза	Сумма	
Корни	0,87	3,46	4,33	0	0,74	0	0,74	5,07
Стебли	0,89	3,43	4,32	0	0,62	0	0,62	4,94
Листья	2,20	2,81	5,01	1,80	4,45	0	6,25	11,26
Цветки	1,15	0,84	1,99	0,76	2,05	3,79	6,60	8,59
Плоды	1,60	2,37	3,97	4,27	11,02	0	15,29	19,26

В ряду связанных сахаров в подземных и надземных органах голубики содержались пентозы (арабиноза, ксилоза) и гексозы (галактоза, глюкоза, манноза). Их распределение по различным органам (табл. 2) свидетельствует, что как отдельных пентоз, так и их суммы больше всего накапливалось в листьях, несколько меньше – в корнях, стеблях, плодах и меньше всего (в 2,5 раза по сравнению с листьями и в 2 раза в сравнении с плодами) обнаруживалось в цветках. Максимум гексоз приходился на плоды, более чем в 2 раза их меньше в цветках, листьях и особенно в корнях (меньше, чем в плодах, в 20 раз), стеблях (меньше, чем в плодах, почти в 25 раз). Манноза содержалась только в цветках. Её доля составляла примерно 57% от общей суммы гексоз и 44% от общей суммы сахаров. По мере убывания содержания отдельные связанные сахара в различных органах могут быть расположены следующим образом: корни и стебли – ксилоза > арабиноза > глюкоза; листья – глюкоза > ксилоза > арабиноза > галактоза; цветки – манноза > глюкоза > арабиноза > ксилоза > галактоза и плоды – глюкоза > галактоза > ксилоза > арабиноза. Содержание гексоз в корнях в 6, а в стеблях в 7 раз меньше, чем пентоз. Весьма близки по содержанию отдельных связанных сахаров, сумм пентоз и гексоз, их общим содержанием корни и стебли. На

основании анализа отдельных сахаров видно, что максимальное количество ксилозы отмечено в корнях, арабинозы – в листьях, маннозы – в цветках, фруктозы, галактозы и глюкозы – в плодах. Из анализа содержания связанных сахаров в процентах от общей суммы в том или ином органе (табл. 3.) следует, что меньше всего отдельных пентоз и их суммы содержалось в плодах, несколько выше оно в цветках, значительно больше в листьях, наибольшее общее количество в корнях и стеблях, т. е. содержание пентоз в вегетативных органах значительно выше, чем в генеративных. Причем среди пентоз, за исключением цветков, во всех органах доминировала ксилоза. В корнях и стеблях её содержание было в 4 раза выше, чем арабинозы, в то время как в листьях и плодах – примерно в 1,3 – 1,5 раза, и, наоборот, в цветках содержание арабинозы было в 1,4 раза выше, чем ксилозы.

Таблица 3

Содержание выявленных связанных сахаров в различных органах голубики, в % от их общей суммы

Орган	Содержание, %						
	Пентозы			Гексозы			
	арабиноза	ксилоза	сумма	галактоза	глюкоза	манноза	сумма
Корни	17	68	85	0	15	0	15
Стебли	18	69	87	0	13	0	13
Листья	19	25	44	16	40	0	56
Цветки	13	10	23	9	24	44	77
Плоды	8	12	20	22	58	0	80

Самым значительным содержанием пентоз характеризуются стебли и несколько меньшим корни (табл. 3). Обратная тенденция отмечена для гексоз. Из них в стеблях и корнях выявлена лишь глюкоза при самом низком её содержании. Разнообразный набор гексоз обнаружен в цветках, среди которых преобладала манноза. Наиболее высокое содержание гексоз определено в плодах и цветках (примерно в 3,5 – 4 раза больше, чем пентоз), значительно меньше - в листьях, в которых довольно близкое соотношение пентоз и гексоз, тем самым они занимают промежуточное положение, с одной стороны, по отношению к корням и стеблям, а с другой, к плодам и цветкам.

Выводы

Проведен сравнительный анализ содержания свободных сахаров (фруктозы, глюкозы, сахарозы) и связанных (арабинозы, ксилозы, галактозы, глюкозы, маннозы) в подземных и надземных органах голубики и установлено, что больше всего их накапливалось в плодах, среди которых доминировали гексозы, в частности, фруктоза, чем в известной мере обуславливается их использование при сахарном диабете.

ЛИТЕРАТУРА

1. Лечебные свойства пищевых растений / Т. Л. Кисилева [и др.]; под общ. ред. Т. Л. Кисилевой. – М.: Изд – во ФНКЭЦГМДЛ Росздрава, 2007. – 533с.
2. Лекарственные растения: энциклопедия / сост. И.Н. Путьрский, В.Н. Прохоров. – Минск: Книжный дом, 2003. – 656 с.
3. Попова Т.С. Количественное определение углеводов в почках черной смородины / Т.С. Попова, О.Г. Потанина // Изыскание и создание природных лекарственных средств: межвуз. сб. науч. тр. с Междунар. участием,

посвящ. 25 – летию кафедры фармакогнозии и ботаники / под. ред. Н. С. Фурсы. – Ярославль: ЯрМедиаГруп, 2009. – С. 237 – 238.

4. Фармакогнозия: учебник / под ред. В. Н. Ковалева. – Харьков: Прапор, 2000. – 704 с.

5. Чхве Тхэсон. Лекарственные растения / Чхве Тхэсон. – М.: Медицина, 1987. – 606 с.

THE ANALYSIS OF FREE AND BOUND CARBOHYDRATES IN THE UNDERGROUND AND OVERGROUND ORGANS OF VACCINIUM ULIGINOSUM

A. A. Talanov, N. S. Fursa

The content of free carbohydrates (fructose, glucose, saccharose) in *Vaccinium uliginosum* underground and overground organs was determined by the use of high-performance liquid chromatography and the content of fixed ones (arabinose, xylose, galactose, glucose, mannose) by the method of capillary electrophoresis and the characteristics of their accumulation were revealed.

***Key words:* blueberry, free associated carbohydrates.**

Фурса Н.С. - доктор. фарм. наук, профессор, заведующий кафедрой фармакогнозии и ботаники Ярославской медицинской академии; rector@yma.ac.ru