

Фундаментальная и прикладная химия, химическая технология

УДК 543.635.22

Профессор Я.И. Коренман

(Воронеж. гос. ун-т инж. технол.) кафедра физической и аналитической химии.
тел. (473)255-07-62

E-mail: moksнад@mail.ru

доцент Н.Я. Мокшина

(ВУНЦ ВВС «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского
и Ю.А.Гагарина») кафедра физики и химии

E-mail: moksнад@mail.ru

преподаватель А.А. Бычкова

(Воронеж. гос. ун-т инж. технол.) факультет среднего профессионального образования.
тел. (473)255-07-62

E-mail: rusalka_anna@mail.ru

Professor Ia.I. Korenman

(Voronezh state university of engineering technology) Department of physical and analytical
chemistry. phone (473) 255-07-62

E-mail: moksнад@mail.ru

associate Professor N.Ia. Mokshina

(VUNTS Air Force "Air force academy named after professor Zhukovsky and Iuri Gagarin")
Department of physics and chemistry

E-mail: moksнад@mail.ru

lecturer A.A. Bychkova

(Voronezh state university of engineering technology) Faculty of secondary vocational education.
phone (473)255-07-62

E-mail: rusalka_anna@mail.ru

Физико-химическое определение углеводов в пищевых продуктах и напитках

Physico-chemical determination of carbohydrates in the foods and beverages

Реферат. Изучена экстракция фруктозы, глюкозы, галактозы, сахарозы и лактозы из водно-солевых растворов гидрофильными растворителями (алифатические спирты, алкилацетаты, кетоны), их двойными и тройными смесями. В идентичных условиях установлены количественные характеристики экстракции. Установлено, что из изученных углеводов наиболее полно извлекаются дисахариды лактоза и сахароза. Оптимизированы условия для концентрирования и практически полного извлечения углеводов из водно-солевых растворов. Разработана методика экстракционно-потенциометрического селективного определения углеводов в пищевых продуктах и напитках. В качестве титранта применяли изопропанольный раствор борной кислоты. Разработанная методика позволяет отдельно определять моно- или дисахариды в молочных продуктах, в составе которых содержится 5 или менее углеводов. Предложен комплекс фотоколориметрических, поляриметрических, хроматографических и потенциометрических способов определения углеводов в водных средах и пищевых продуктах (диабетические кондитерские изделия, натуральные соки, кисломолочные продукты, мед). Для определения фруктозы, глюкозы и сахарозы в натуральных соках нами применены оптические методы (фотоэлектроколориметрия, поляриметрия). Методика экспрессна, не требует дорогостоящего оборудования и реагентов. Фруктозу и сахарозу в диабетических кондитерских изделиях определяли методом восходящей тонкослойной хроматографии. Проанализированы некоторые диабетические продукты на основе фруктозы, произведенных на кондитерских фабриках РФ. Продолжительность анализа 50-60 мин, погрешность селективного определения в пределах 5-7 %. Экстракты из меда и молока анализировали потенциометрически. Разработанная нами методика характеризуется следующими преимуществами по сравнению с ГОСТом: экспрессность (продолжительность анализа 30-35 мин), точность (относительная погрешность в пределах 5 %), не требуется дорогостоящего оборудования и реагентов, а также разбавления и фильтрации молока на стадии пробоотбора.

© Коренман Я.И., Мокшина Н.Я., Бычкова А.А., 2014

Summary. The extraction of fructose, glucose, galactose, sucrose and lactose from aqueous salt solutions, hydrophilic solvents (aliphatic alcohols, alkyl acetates, ketones) of double and triple mixtures has been studied. Under identical conditions set quantitative characteristics extraction has been established. It was found that from the all studied carbohydrates most fully extracted disaccharides lactose and sucrose. The conditions of concentration and almost complete recovery of carbohydrates from aqueous salt solutions has been optimized. The technique of extraction-potentiometric selective determination of carbohydrates in foods and beverages has been developed. As a titrant was used isopropanol solution of boric acid. The developed method allows to determine separately the mono- or disaccharides in milk, which include those contained 5 or less carbohydrates. The complex of photocolometric, polarimetric, potentiometric and chromatographic methods for determining carbohydrates in aqueous media and food (diabetic confectionery, juices, dairy products, honey) was proposed. To determine the fructose, glucose and sucrose in natural juices we used optical methods (photoelectrocolorimeters, polarimetry). Method is express, does not require expensive equipment and reagents. Fructose and sucrose in diabetic confectionery was determined by ascending thin layer chromatography. Some diabetic products based on fructose, produced by Russian confectionery factories has been analyzed. Duration analysis, 50-60 minutes, selective determination of error within 5-7%. Extracts from honey and milk were analyzed potentiometrically. We have developed a technique characterized by the following advantages compared with state standards: rapidity (analysis time 30-35 min), accuracy (relative error within 5 %), does not require expensive equipment and reagents, as well as dilution and filtration of milk stage sampling.

Ключевые слова: углеводы, экстракция, хроматография, фотоколориметрия, потенциометрия.

Keywords: carbohydrates, extraction, chromatography, photocolorimeter, potentiometry.

Углеводы составляют примерно 3/4 объёмов биологического мира, встречаются в свободной или связанной форме в любой растительной, животной или бактериальной клетке [1]. Наиболее распространённые углеводы (глюкоза, галактоза, фруктоза, сахароза, лактоза) (таблица 1) содержатся во многих плодах и ягодах, составляют основную часть пчелиного меда (их общее содержание в меде достигает 80 %). При этом на долю глюкозы и фруктозы приходится 80–90 % от всех сахаридов в меде, сахарозы – до 5 % [2].

Из моносахаридов для пищевой и фармацевтической промышленности наибольшее значение имеют альдозы (глюкоза, галактоза), из кетоз – фруктоза [3].

Среди невосстанавливающих дисахаридов особенно широко известна сахароза – важнейший гликозид для пищевой промышленности, в частности, широко применяется при выработке хлебопекарных и кондитерских изделий, а также как пищевая добавка к корму скоту, в бродильной промышленности – для производства алкогольной продукции методом ферментации.

Восстанавливающий дисахарид лактоза (молочный сахар), обеспечивающая питательную ценность молока, является незаменимым компонентом для питания новорожденных, исходным веществом в процессе брожения при получении кисломолочных продуктов. В пищевой промышленности лактоза применяется как частичный заменитель сахара в производстве печенья, хлебобулочных изделий, диетических продуктов [4]. Содержание лактозы в молочных продуктах различно (таблица 2) и колеблется в интервале от 0,8-1,9 (в разных

сортах масла) до 6,2-7,0 (в молоке различного производства). Наибольшим содержанием лактозы характеризуются сгущенное и сухое молоко; минимальным – твердые сорта сыров, сливочное мало и натуральный творог [5].

Цель данного исследования состоит в разработке комплекса методик селективного определения фруктозы, глюкозы, галактозы, сахарозы и лактозы в пищевых продуктах и напитках, включающих экстракцию углеводов из углеводсодержащих водных вытяжек и последующего анализа экстракта физико-химическими методами (рисунок 1).

Нами изучено извлечение углеводов из водных растворов растворителями разных классов. В качестве экстрагентов применяли полностью (этиловый, н.пропиловый, изопропиловый) или частично (н.бутиловый, изобутиловый, н.пентиловый, изопентиловый) растворимые в воде спирты, 1,2-диоксан, алкилацетаты (этилацетат, бутилацетат, пентилацетат), кетоны (ацетон, бутанон) и также не смешивающиеся с водой растворители – н.гексиловый и н.октиловый спирты; гексан, октан, nonан, хлороформ.

В идентичных условиях установлены коэффициенты распределения (D), рассчитана степень извлечения (R , %). Предварительно исследовано влияние характера и концентрации высаливателя, а также pH водного раствора на величину D [6].

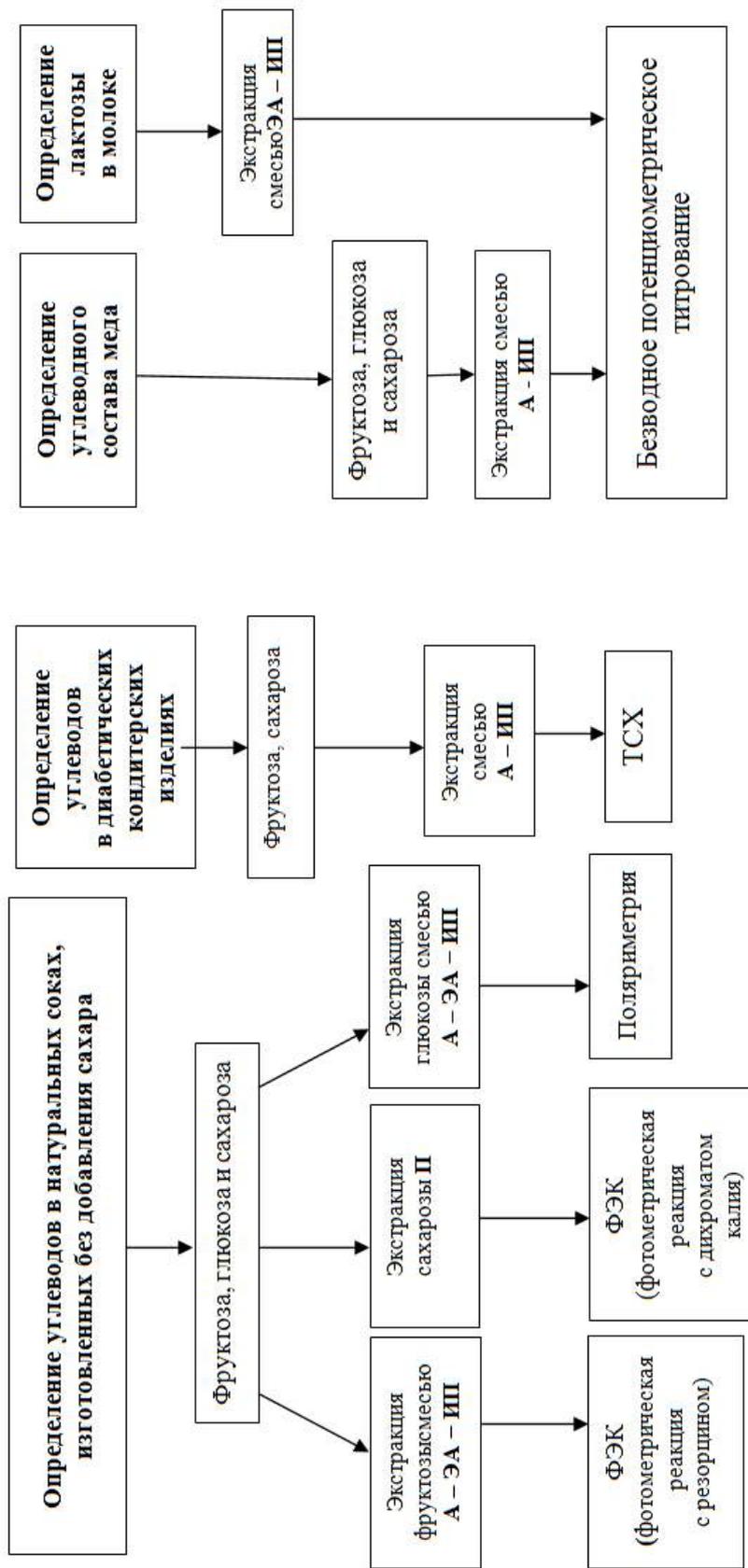


Рисунок 1. Комплексная схема определения углеводов
 А – ацетон, ЭА – этилацетат, ИП – изопропиловый спирт, П-н.пропиловый спирт.

Из изученных углеводов наиболее полно извлекаются дисахариды лактоза и сахароза; при экстракции н.пропиловым спиртом степень извлечения достигает 80,8 и 71,4 % соответственно, что объясняется повышенным содержанием спиртовых групп в молекуле дисахаридов по сравнению с моносахаридом. Более высокие количественные характеристики лактозы объясняются отношением лактозы к группе дисахаридов, образованных по типу трегалозы, т.е. возможностью перехода в более активную ациклическую форму. Наименьшие коэффициенты распределения установлены для моносахарида галактозы, спиртовые группы которой, вследствие своего пространственного расположения, затрудняют образование гидрато-сольватных комплексов с экстрагентом.

Спирты относятся к ассоциированным растворителям, однако при введении в систему спирт – вода дополнительного растворителя, например, этилацетата происходит ослабление межмолекулярных водородных связей, образующихся при ассоциации спирта, что усиливает сольватацию моно- и дисахаридов.

Изучено распределение фруктозы, глюкозы, галактозы, сахарозы и лактозы в системе этилацетат (ацетон) – алифатический спирт – сульфат аммония – вода. Предположение о влиянии первого компонента бинарной смеси на самоассоциацию спиртов подтверждается данными об экстракции смесями ацетон – спирт. Наибольшие коэффициенты D достигаются при экстракции смесями этилацетат – изопропиловый спирт и ацетон – изопропиловый спирт, минимальные – при экстракции смесью этилацетат – н.бутиловый спирт.

Применение трехкомпонентных смесей растворителей значительно повышает экстракционные характеристики моносахаридов. Добавление к активным компонентам смеси (спирт, эфир) ацетона значительно повышает коэффициенты распределения фруктозы, глюкозы и галактозы.

На основании установленных нами закономерностей экстракции [7, 8] разработаны эффективные экстракционные системы для извлечения углевода или группы углеводов с целью их определения в пищевых продуктах и напитках с применением фотометрии, хроматографии и потенциометрии.

Содержание глюкозы и фруктозы в фруктовых, овощных соках, нектарах и сокосодержащих напитках определяют фотометрически по реакции с фосфорилирующим комплексом ферментов согласно ГОСТ Р 51240–98 «Соки фруктовые и овощные. Метод определения D-глюкозы и D-фруктозы». Продолжительность фотометрического анализа с предварительной ферментативной обработкой составляет

50-80 мин при содержании глюкозы или фруктозы в анализируемом напитке 0,1-1,0 г/дм³.

Традиционный метод определения массовой доли сахарозы в сокосодержащих напитках основан на реакции ферментативного гидролиза и последующего анализа продуктов реакции фотометрическим методом (ГОСТ Р 51938–2002 «Соки фруктовые и овощные. Метод определения сахарозы»).

Анализируемый сок, насыщенный раствор сульфата аммония и селективный для моносахаридов экстрагент (смесь ацетон – этилацетат – изопропиловый спирт в соотношении 1 : 3 : 1) помещали в градуированные пробирки и экстрагировали 7–10 мин на вибросмесителе до установления межфазного равновесия. После расслаивания системы органическую фазу отделяли в делительной воронке и анализировали на фруктозу фотометрически по реакции с резорцином в сильнокислой среде (реакция Селиванова; $l = 0,5$ см; $\lambda = 490$ нм).

Содержание глюкозы определяли методом поляриметрии (стеклянная поляриметрическая трубка длиной 1 дм). Органическую фазу, содержащую глюкозу, помещали в поляриметрическую трубку, заполняли ее дистиллированной водой и измеряли угол вращения плоскости поляризации света.

Предварительно установлено, что при экстракции углеводов из натуральных соков в органическую фазу переходит 94 % фруктозы и 91 % глюкозы, при этом степень извлечения сахарозы не превышает 10 %. Погрешность определения содержания моносахаридов в органическом экстракте с не более 10 % (таблица 1).

Т а б л и ц а 1

Метрологические характеристики определения моносахаридов в натуральных соках; $n = 3, P = 0,95$

Аналит	Введено, мг	Найдено, мг	S	$\Delta\bar{x} = \frac{t_{p.f} \cdot S}{\sqrt{n}}$
Фруктоза	1,00	1,00	0,06	0,10
	5,00	4,82	0,25	0,46
	10,0	9,8	0,54	0,99
Глюкоза	1,00	0,96	0,07	0,12
	5,00	4,87	0,22	0,42
	10,0	9,9	0,52	1,14

В водной фазе сахарозу определяли методом фотоколориметрии по реакции с серно-кислым дихроматом калия ($\lambda = 540$ нм, $l = 0,5$ см). Относительная погрешность анализа не превышает 10 % ($S = 0,05 - 0,6$).

Проанализированы яблочные соки, изготовленные без добавления сахара производства РФ, в том числе напитки для детского пи-

тания (таблица 2). Установлено, что во всех проанализированных пробах сока из углеводов в наибольшем количестве содержится фруктоза, что характерно для соков, изготовленных из семечковых фруктов, например, яблок.

Массовая доля сахарозы не превышает допустимые для натурального яблочного сока 3 г/см³. Расхождение найденного общего содержания углеводов с заявленным производителем не превышает 5 %.

Таблица 2

Углеводный состав яблочных соков; n = 3, P = 0,95

Сок, производитель	Заявлено производителем, г/100 см ³	Найдено, г/100 г		
		фруктоза	глюкоза	сахароза
«Сады придонья», ОАО «НПГ Сады придонья»	11,2	5,2±0,4	4,6±0,3	1,2±0,1
«Сады придонья» детский, ОАО «НПГ Сады придонья»	11,0	5,6±0,4	4,2±0,3	1,0±0,1
«Мой», ОАО «НПГ Сады придонья»	11,3	5,4±0,5	4,4±0,4	1,5±0,1
«Спеленок», ОАО «НПГ Сады придонья»	11,0	4,8±0,4	4,7±0,3	0,8±0,1
«Тонус», ОАО «Лебедянский»	11,2	6,0±0,5	3,9±0,2	1,1±0,1

В производственных условиях содержание углеводов в кондитерских изделиях осуществляют согласно ГОСТу «Изделия кондитерские. Методы определения сахара» титриметрическим, фотометрическим или поляриметрическим методом. Такие методы применимы только для анализа пищевых продуктов на общее содержание редуцирующих сахаров.

Разработана экстракционно-хроматографическая методика раздельного определения фруктозы и сахарозы в водных вытяжках, насыщенных сульфатом аммония, включающая экстракцию смесью ацетона изопропилового спирта в соотношении 2 : 3. Смесью гидрофильных растворителей, как правило, обеспечивают практически полное извлечение фруктозы и сахарозы из водных вытяжек из диабетических продуктов (конфеты и печенье, изготовленные с применением фруктозы).

Навеску конфеты или печенья помещают в химический стакан, добавляют насыщенный раствор сульфат аммония и перемешивают при нагревании на водяной бане (90° С), жиры и мучную массу (твердый остаток) отделяют фильтрованием. К анализируемой пробе добавляют растворитель (соотношение водной и органической фаз 15 : 1), экстрагируют 5 мин, экстракт отделяют. Концентрат, содержащий сахарозу и фруктозу, анализируют методом восходящей хроматографии в тонком слое на пластинах «Silufol» или «Sorbfil», предварительно пропитанных смесью 1 М растворов сульфата и гидроксида аммония. В качестве подвижной фазы применяют смесь этилацетат – н.пропиловый спирт – концентрированная уксусная кислота – формамид – вода в объемном соотношении 5 : 5 : 1 : 1 : 3. Состав подвижной фазы для разделения фруктозы и сахарозы кислоты устанавливали эксперимен-

тально. Для проявления сахарозы и фруктозы пластину обрабатывают смесью 1 см³ 85 %-ной ортофосфорной кислоты и 10 см³ ацетона, содержащего по 1,0 г дифениламина и анилина, термостатируют при 100–110 °С. Пластины сканируют и обрабатывают с применением офисного сканера.

Общее содержание редуцирующих углеводов устанавливали фотометрически по реакции с ферроцианидом калия.

Результаты экстракционно-хроматографического определения фруктозы и сахарозы проверяли методом «введено – найдено» (таблица 3).

Таблица 3

Метрологические характеристики экстракционно-хроматографического определения углеводов в водных растворах; n = 3, P = 0.95

Углевод	Введено, мг	Найдено, мг	S	$\Delta\bar{x} = \frac{t_{\text{пр}} \cdot S}{\sqrt{n}}$
Фруктоза	1,0	1,0	0,04	0,1
	5,0	5,0	0,20	0,4
	50,0	49,8	0,32	0,6
Сахароза	1,0	1,0	0,05	0,1
	5,0	4,9	0,20	0,4
	50,0	49,4	0,25	0,5

В таблице 4 приводим результаты анализа некоторых диабетических продуктов на основе фруктозы произведенных в РФ (конфеты «суфле в шоколаде» и печенье). Установлено, что в проанализированных диабетических конфетах (печенье) содержание фруктозы 30 – 50 (10 – 30)г/100 г, сахарозы 10 – 16 (7 – 10)г/100 г продукта. В печенье «Без сахара на фруктозе» производства Воронежской кондитерской фабрики обнаружено лактозы 5±0,5 г на 100 г продукта.

Определение углеводов в кондитерских изделиях, изготовленных на основе фруктозы; n = 3, P = 0,95.

Продукт, производитель	Заявлено производителем, г/100 см ³	Найдено, г/100 г		
		фруктоза	сахароза	общее
конфеты «Суфле в шоколаде», ОАО «Воронежская КФ»	54,5	32,3±1,4	15,9±0,6	52,3±2,1
конфеты «Курага с суфле в шоколаде», ООО «Вишнево-городская КФ»	62,5	39,2±1,3	12,7±0,5	62,0±1,9
печенье «Добрый совет», ОАО «Воронежская КФ»	67,6	26,2±0,9	7,6±0,5	66,6±2,5
печенье «Без сахара на фруктозе», ОАО «Воронежская КФ»	67,7	11,8±0,9	9,8±0,3	65,2±2,3

Продолжительность анализа 50 мин. Погрешность определения в пределах 5–7 % при содержании сахарозы или фруктозы в анализируемом продукте на уровне 0,5–100 г/100 г.

Для цельного коровьего молока содержание лактозы находится в интервале 2,2–9,4 г/100 г. При этом, для молока высших сортов характерно содержание молочного сахара ~ 4,8 г/100 г; для молозива и стародойного молока 3,3–3,7 г/100 г; для восстановленного из сухого молока – 5,0–9,4 г/100 г. Согласно ГОСТ Р 51259-99, в молоке и молочных продуктах лактозу определяют фотометрическим методом с предварительной длительной ферментативной обработкой.

Разработана методика экстракционно-потенциометрического селективного определения углеводов в напитках [9]. В качестве титранта применен изопропанольный раствор борной кислоты (0,01 моль/дм³). Измерения проводили в стандартной потенциометрической ячейке с платиновым и хлоридсеребряным электродами. Разработанная методика позволяет отдельно определять моно- или дисахариды

в пищевых продуктах и напитках, в составе которых содержится не более пяти углеводов.

Способ определения лактозы в молоке включает экстракцию лактозы бинарной смесью растворителей (этилацетат – изопропиловый спирт в соотношении 1 : 4, степень извлечения лактозы 96 %) и ее последующее определение в органической фазе методом безводного потенциометрического титрования.

Методом «введено – найдено» установлено, что погрешность определения углеводов в йогуртовых напитках по предлагаемой методике не превышает 5 %.

Результаты анализа молока известных производителей представлены в таблице 5. Установлено, что в проанализированном молоке содержание лактозы менее 5 г на 100 см³ продукта, расхождения с данными производителя не превышают 4 %. Продолжительность анализа 40 мин, относительная погрешность не превышает 5 %.

Т а б л и ц а 5

Определение лактозы в молоке;

Молоко, производитель	Заявлено производителем, г/100 г	Найдено лактозы, г/100 г	S
«Квили-мили», ОАО «Молоко», г. Россошь	4,8	4,7±0,3	0,1
«Летний день», ОАО «Компания ЮНИМИЛК»	4,7	4,4±0,3	0,1
«Алексеевское», ЗАО «Алексеевский молочно-консервный комбинат»	4,7	4,5±0,3	0,2

Углеводный состав меда регламентируется ГОСТ Р 19792-2001. В натуральном цветочном меде, в зависимости от сорта растения-медоноса содержится редуцирующих углеводов не менее 76–82 г/100 г, сахарозы – не более 6–10 г/100 г. Массовую долю редуцирующих сахаров определяют фотометрически по реакции с феррицианидом калия.

Разработанный метод анализа углеводного состава меда включает экстракционное концен-

трирование фруктозы, глюкозы и сахарозы из водного-солевого раствора продукта бинарной смесью растворителей (ацетон – изопропиловый спирт в соотношении 1 : 1) и потенциометрический анализ концентрата.

К пробе цветочного меда добавляют насыщенный раствор сульфата аммония и перемешивают при нагревании до полного растворения. Полученный раствор помещают в мерную колбу и доводят до метки насыщенным

раствором сульфата аммония, экстрагируют 5 мин, после достижения фазового равновесия экстракт отделяют и анализируют методом потенциометрического титрования.

Проанализированы пробы цветочного полевого меда и меда отечественных произво-

дителей (ООО «Пчеловод»). Результаты представлены в таблице 6. Установлено, что во всех проанализированных пробах меда содержание сахарозы не превышает 10 г/100 г продукта, что соответствует требованиям ГОСТ для натурального цветочного меда [2].

Т а б л и ц а 6

Определение углеводов в цветочном меде; n = 3, P = 0,95.

Мед, производитель	Заявлено производителем, г/100 г	Найдено, г/100 г		
		фруктоза	глюкоза	сахароза
Натуральный полевой мед	-	40,5±1,9	29,7±1,2	6,5±0,3
«Цветочный мед», ООО «Пчеловод»	82	34,9±1,6	33,6±1,3	8,0±0,4
«Майский мед»	81	39,0±1,7	16,0±0,7	6,0±0,2

Минимально определяемые концентрации фруктозы, глюкозы и сахарозы в водных вытяжках из меда по предлагаемой методике раздель-

ного определения находятся в интервале 0,5 – 2 мкг/см³, относительная погрешность – 7 %.

ЛИТЕРАТУРА

1 Траубенберг С.Е., Осташенкова Н.В., Вяльцева И.В., Кобелева И.Б. и др. Пищевая химия (Углеводы, минеральные вещества, вода): учеб. пособие. М.: Изд. комплекс МГУПП, 2003. 122 с.

2 ГОСТ Р 19792-2001. Мед натуральный. Технические условия. М.: Стандартинформ, 2001. 27 с.

3 Нечаев А.П., Кочеткова А.А., Траубенберг С.Е. Пищевая химия. Санкт-Петербург: ГИОРД, 2001. 580 с.

4 Петров А.А., Бальян Х.В., Трошенко А.Т. Органическая химия. СПб: Иван Федоров, 2003. 624 с.

5 DeVrese M. Milk after infancy, dealing with lactose // On Food and Cooking, 2004, vol. 45, no. 5, pp. 14–15.

6 Коренман Я.И., Бычкова А.А., Чикалова А.М., Ким К.Б. Извлечение фруктозы из водных растворов алифатическими спиртами C₂ - C₆ // Вестник ВГУ, Серия: Химия, Биология, Фармация. 2011. №1. С. 44–48.

7 Бычкова А.А., Чикалова А.М., Коренман Я.И., Мокшина Н.Я. Закономерности экстракции глюкозы двойными и тройными смесями гидрофильных растворителей // В мире научных открытий. 2011. Т. 17. № 5. С. 289–296.

8 Коренман Я.И., Мокшина Н.Я., Бычкова А.А., Попова Н.Н. Экстракционно- потенциометрическое определение молочного сахара и продуктов его распада в водных средах // Материалы сб. «Химия и химическая технология», Караганда, Казахстан. 2012. Т. 2. С. 120–123.

REFERENCES

1 Traubenberg S.E., Ostashenkova N.V., Vial'tseva I.V., Kobeleva I.B. et al. Pishhevaia khimiia (Uglevody, mineral'nye veshchestva, voda) [Food Chemistry (carbohydrates, minerals , water)]. Moscow, Izd.compleks MGUPP, 2003. 122 p.(In Russ.).

2 GOST R 19792-2001. Med natural'nyi. Tekhnicheskie usloviya [Honey. Specifications.]. Moscow, Standartinform, 2001. 27 p.(In Russ.).

3 Nechaev A.P., Kochetkova A.A., Traubenberg S.E. Pishchevaia khimiia [Food Chemistry]. Sent-Petersburg, GIORD, 2001. 580 p. (In Russ.).

4 Petrov A.A., Balian H.V., Troshchenko A.T. Organicheskaia khimiia [Organic Chemistry]. Sent-Petersburg, Ivan Fedorov, 2003. 624 p. (In Russ.).

5 DeVrese M. Milk after infancy, dealing with lactose // On Food and Cooking, 2004, vol. 45, no. 5, pp. 14–15.

6 Korenman Ia.I., Bychkova A.A., Chikalova A.M., Kim K.B. Removing fructose from aqueous solutions aliphatic alcohols C₂ - C₆. Vestnik VGU, Seria: Khimiia, Biologiia, Farmatsiia. [Bulletin of VSU, Series: Chemistry, Biology, Pharmacy], 2011, no. 1, pp. 44-48. (In Russ.).

7 Bychkova A.A., Chikalova A.M., Korenman Ia.I., Mokshina N.Ia. Laws of glucose extraction double and triple hydrophilic solvent mixtures. V mire nauchnykh otkrytii. [In the world of scientific discoveries], 2011, vol. 17, no. 5, pp. 289-296. (In Russ.).

8 Korenman Ia.I., Mokshina N.Ia., Bychkova A.A., Popova N.N. Extraction- potentiometric determination of lactose and its degradation products in aqueous media. Materialy sb. «Khimiia i khimicheskaiia tekhnologiia» [Materials comp.

"Chemistry and chemical technology"]. Karaganda, 2012. vol. 2, pp. 120-123. (In Russ.).