УДК 664.8:663.813

## ИНТЕНСИФИКАЦИЯ ЭКСТРАКЦИИ ВИТАМИНОВ И ФЕНОЛОВ ИЗ ПЛОДОВ ДИКОРОСОВ

© 2016 Б.М. Гусейнова

Дагестанский государственный университет народного хозяйства, г. Махачкала

Статья поступила в редакцию 19.05.2016

Выявлена возможность изготовления высококачественных экстрактов из плодов ежевики, облепихи и шелковицы с применением водных растворов с различными концентрациями этанола и СВЧ-обработки. Результаты исследований свидетельствуют о том, что при соотношении сырье/экстрагент 1:3 и 70%-ном содержании этанола в экстрагенте произошло наибольшее извлечение из плодов витамина Р (рутина) и фенолов, а при 50%-ой концентрации – витамина С (аскорбиновой кислоты). Выявлена возможность усиления процесса экстракции нутриентов с применением предварительной обработки плодов СВЧ-энергией мощностью 0,5 мВт/см² и частотой 1667 МГц в течение 20 минут. Выход биокомпонентов в экстракт из ягод, подвергнутых влиянию микроволн, по сравнению с контрольным вариантом (без СВЧ-обработки), увеличился. Концентрация фенольных веществ в экстрактах повысилась в среднем на 28,5%; витаминов С и Р на 14,3% и 9% соответственно. Применение СВЧ-энергии привело к значительному сокращению времени экстракции.

Ключевые слова: экстракт, фенольные вещества, витамин, микроволновая обработка, растительное сырье

Экстракты относятся к продукции, получаемой из фруктов и ягод, обладающей большой пищевой и биологической ценностью, способной сохранять свои полезные свойства в течение продолжительного времени. Актуальной проблемой достижения их высокого качества является обеспечение наиболее полного извлечения ценных компонентов из используемого сырья. Степень поступления нутриентов в экстракт зависит от качества сырья, вида растворителя и условий проведения процесса экстракции.

**Цель работы:** определить технологические параметры получения высококачественных экстрактов из плодов ежевики сизой *Rubus coesias L.*, облепихи крушинолистой *Hippophae rhamnoides L.* и шелковицы черной *Morus nigra L.*, произрастающих в Дагестане.

Изучалось влияние различных концентраций этанола в экстрагенте, соотношений сырье/экстрагент, а также предварительной микроволновой обработки исходного дикорастущего растительного сырья на степень извлечения из него фенольных веществ, витаминов С (аскорбиновая кислота) и Р (рутин).

Объекты и методы исследований. Ежевика сизая *Rubus caesius L*. относится к семейству Розоцветные (Rosacea). Она распространена в Европейской части России, в Западной Сибири и на Кавказе. В отличие от малины, ягоды ежевики содержат большее разнообразие органических кислот, Р-активных веществ и более широкий спектр микроэлементов. Плоды ежевики нормализуют деятельность желудочно-кишечного тракта, обладают общеукрепляющим и успокаивающим действием. Они используются при лечении атеросклероза и гипертонии, гастритов, а также для выведения из организма радионуклидов.

Облепиха крушинолистая Hippophae rhamnoides L. оказывает общеукрепляющее, антиоксидантное действие. Это одно из немногих растений, в семенах и плодах которого накапливается масло. Облепиховое масло – ценный источник БАВ и имеет большое значение в медицине, пищевой промышленности. Плоды облепихи содержат весь комплекс БАВ: большую группу водо- и жирорастворимых витаминов, органические

Гусейнова Батуч Мухтаровна, доктор сельскохозяйственных наук, доцент кафедры естественнонаучных дисциплин. E-mail: batuch@yandex.ru

кислоты, белковые, минеральные и другие вещества.

Шелковица черная Morus nigra L. содержит вещества усиливающие кроветворение, обладающие антисептическим и мочегонным действием, способствующие восстановлению обмена веществ, нарушенного в результате различных заболеваний. Часто шелковицу применяют при язвенных поражениях полости рта и при легких формах диабета. В Китае шелковица рекомендуется при почечной недостаточности. Её плоды содержат сахара, лимонную и яблочную кислоту, пектины, фенолы, витамины, до 6,3% железа, а также другие полезные для здоровья химические соединения. Все вышеописанные ягоды дикорастущих растений, обладающие богатим биохимическим комплексом и фармакологическими свойствами, представляют большой интерес и могут быть успешно использованы для получения высококачественных экстрактов.

Опытные образцы ягод ежевики, облепихи и шелковицы предварительно измельчали до величины частиц 2-4 мм. В первой серии опытов в качестве экстрагента использовали 30%; 50% и 70%-ые концентрации этанола в воде. Опытные образцы плодов заливали водно-спиртовыми растворами в соотношениях 1:2, 1:3 и 1:5 (сырье/экстрагент) и выдерживали при температуре 20°С до полного прекращения извлечения изучаемых веществ. Во второй серии эксперимента для исследования влияния сверхвысокочастотной (СВЧ) энергии на процесс извлечения нутриентов, измельченные ягоды непосредственно перед заливом водноспиртовым раствором 40%-ной концентрации и в соотношении сырье / экстрагент - 1:3, подвергали СВЧ облучению мощностью 0,5 мВт/см<sup>2</sup> и частотой 1667 Мгц на волне 18 см. Настаивали сырье в водноспиртовом растворе в стеклянной посуде емкостью 3 л. Для лучшей экстракции его полностью погружали в экстрагент, слой которого над ним был не менее 7-8см. В обеих сериях опыта экстракцию вели до полного прекращения извлечения изучаемых веществ из плодов. В свежих ягодах и экстрактах определяли общепринятыми в биохимии методами массовую концентрацию витамина С - ГОСТ 24556-89, фенольных веществ и витамина Р - колориметрически, а содержание экстрактивных веществ - рефрактометрическим методом.

Статистическую обработку результатов исследований проводили с помощью пакета программ SPSS 12.0 для Windows. Стандартная ошибка среднего значения m варьировала в пределах 0,1-0,2 (экстрактивные вещества); 0,1-0,3 (фенольные вещества); 0,1-0,2 (витамин C) и 0,2-0,3 (витамин P).

Результаты исследований. Из фитохимических соединений особую значимость представляют фенольные соединения, обладающие противовоспалительными, антиаллергическими, антивирусными и противоканцерогенными свойствами. По данным ФАО / ВОЗ, с пищевыми продуктами человек ежедневно должен потреблять до 4 г фенольных соединений различной природы [1]. Известно, что витамин С – активный антиоксидант. Его дефицит провоцирует сбой в остеогенезе, потому что он является участником синтеза белка каллогена. Кроме того, витамин С играет важную роль в образовании транспортной формы витамина D в печени и его активных гормональных форм. Восполнение дефицита и поддержание регулярного потребления витамина С на уровне 60-100 мг/сут является необходимым условием успешной комплексной профилактики распространенного у нас в стране остеопороза [2, 3]. Физиологическое значение витамина Р заключается в поддержании стенок капиллярных кровеносных сосудов в упругом проницаемом состоянии, благодаря чему предотвращается их деформация при повышении кровяного давления. Между витаминами С и Р существует функциональная связь - синергизм, действие одного из них усиливается другим. Витамин Р взаимодействуя с витамином С предохраняет его от окисления.

Исследование нутриентного состава сырья, из которого получают экстракты, необходимо для составления четкого представления о том, каковы питательные особенности, фармакологические и общеукрепляющие свойства готового продукта. Как видно из табл. 1, среди опытных образцов свежих плодов облепиха оказалась наиболее богата фенольными веществами и витамином С, ежевика и шелковица – витамином Р. Поэтому можно сказать, что взятое для изучения растительное сырье обладает морфологическим и химическим полиморфизмом, ценными пищевыми и терапевтическими свойствами.

**Таблица 1.** Содержание нутриентов в свежих ягодах до экстракции

Объекты	Биокомпоненты			
исследова-	фенольные	витамин	витамин	
ния	вещества, %	С, мг%	Р, мг%	
ежевика	1,31	21,51	839,30	
облепиха	2,13	180,64	52,91	
шелковица	1,40	11,71	355,24	

Среднестатистические данные количественного содержания этих представителей биохимического состава в экстрактах ежевики, облепихи и шелковицы представлены в табл. 2, 3, 4 и 5. Табл. 2 иллюстрирует, каким образом концентрация этанола в экстрагенте и соотношение сырье/экстрагент повлияли на выход в экстракты из ягод фенольных веществ и витамина Р. Представлены данные, полученные после 14-ти дневного экстрагирования. В конце этого срока извлечение исследуемых биологически активных веществ прекратилось. Было установлено, что 30%, 50% и 70%-ое содержание этанола в водном растворе вызвало различный выход фенольных веществ и витамина Р, который был максимальным при использовании 70% водноспиртового раствора и минимальным при извлечении раствором этанола 30%й концентрации. С увеличением количества спирта в экстрагенте доля фенолов и витамина Р в экстрактах увеличивалась. Кроме того, выявлено, что извлечение этих нутриентов зависело и от соотношений сырье / экстрагент. Максимум экстрагирования как фенолов, так и витамина Р, наблюдался при соотношении сырье/экстрагент – 1:3.

Как показано в табл. 3, 50%-ая концентрация этанола в экстрагенте, независимо от соотношения сырье/экстрагент, вызвала наибольшее извлечение витамина С, который, как известно, быстро растворяясь в водных растворах, легко окисляется. Увеличение содержания спирта в растворе от 30 до 50% повысило его концентрацию в экстракте, а 70%-ое количество снизило растворимость витамина С за счет уменьшения доли воды в растворе. Максимум извлечения аскорбиновой кислоты, с применением 50%-ого содержания этанола в растворителе, был достигнут при соотношении сырье/экстрагент 1:3.

**Таблица 2.** Влияние концентрации этанола в экстрагенте и соотношение сырье/экстрагент на поступление в экстракт фенолов и витамина Р

Содержа- ние эта-	Выход фенольных веществ и витамина Р в экстракт пр различных соотношениях сырье:экстрагент				•	
нола в	1:2	1:3	1:5	1:2	1:3	1:5
экстраген-	фенольные вещества, % витамин Р, мг%			г%		
те, %	плоды ежевики					
30	0,61	0,72	0,65	423,05	433,07	420,16
50	0,67	0,73	0,66	448,47	472,52	457,08
70	0,75	0,89	0,78	510,25	569,88	505,04
	плоды облепихи					
30	0,97	1,05	1,01	23,91	27,56	22,15
50	1,02	1,10	1,04	25,01	27,87	23,93
70	1,12	1,26	1,13	28,93	33,75	28,01
	плоды шелковицы					
30	0,71	0,79	0,67	174,15	183,99	165,23
50	0,73	0,80	0,66	196,27	206,72	188,16
70	0,86	0,97	0,82	239,06	245,79	231,34

Таким образом, результаты исследований показали, что при соотношении сырье / экстрагент 1:3 и 70% содержании этанола в экстрагенте происходит наибольшее извлечение из плодов ежевики и облепихи

витамина P (рутина) и фенолов, а при 50% концентрации спирта – витамина C (аскорбиновой кислоты). Поэтому, есть основание говорить о том, что для получения экстрактов с заданным составом биокомпонентов

требуется тщательный выбор вида растительного сырья, а также соответствующей концентрации этанола в экстрагенте и оптимального соотношения сырье/экстрагент.

Таблица 3. Зависимость выхода витамина С от концентрации этанола в экстрагенте при различных соотношениях сырье/экстрагент, мг%

Содержание этанола в	Выход витамина С в экстракт при различных соотношениях сырье: экстрагент			
экстрагенте, %	1:2	1:3	1:5	
/0	плоды ежевики			
30	9,57	10,77	9,85	
50	12,10	13,52	11,97	
70	10,04	10,92	9,89	
	плоды облепихи			
30	83,6	85,78	83,02	
50	97,9	105,47	96,01	
70	81,96	84,70	80,14	
	плоды шелковицы			
30	5,08	5,95	4,97	
50	6,94	7,56	6,15	
70	5,89	6,1	5,06	

Таким образом, результаты исследований показали, что при соотношении сырье / экстрагент 1:3 и 70% содержании этанола в экстрагенте происходит наибольшее извлечение из плодов ежевики и облепихи витамина Р (рутина) и фенолов, а при 50% концентрации спирта – витамина С (аскорбиновой кислоты). Поэтому, есть основание говорить о том, что для получения экстрактов с заданным составом биокомпонентов требуется тщательный выбор вида растительного сырья, а также соответствующей концентрации этанола в экстрагенте и оптимального соотношения сырье/экстрагент.

В настоящее время в пищевой технологии особое внимание уделяется изучению различных физикохимических воздействий на сырье, предназначенное для производства целебных экстрактов. В этом аспекте исследуется влияние ультрафиолетовых и инфракрасных излучений, ультразвуковых волн, лучей лазера, электромагнитного излучения других частотных диапазонов. В ряде работ [4-6] показано, что микроволновое электромагнитное излучение является наиболее эффективным средством, способным интенсифицировать процесс экстракции и получать качественный продукт. Действием СВЧ-энергии обычно достигается большая скорость и достаточная равномерность нагрева, гигиеничность процесса экстракции и экономия тепловой энергии. При этом микроволновая обработка продуктов позволяет значительно увеличить степень извлечения биокомпонентов и улучшить качество экстракта, так как многие биологически активные вещества в экстрактах не разрушаются и сохраняют свои свойства. Нами с целью изучения возможности интенсифицикации процесса экстракции нутриентов применялась СВЧ-обработка исходного сырья.

Среднестатистические данные количественного содержания экстрактивных веществ в экстрактах, полученных из ежевики, облепихи и шелковицы без СВЧобработки и после действия микроволн различной продолжительности представлены в табл. 4 и 5, и показывают, что применение микроволн положительно повлияло на экстракцию нутриентов из плодов.

Увеличение времени воздействия СВЧ-энергии привело к возрастанию их выхода в экстракт. Например, в экстрактах шелковицы и облепихи, полученных после 20 минутной СВЧ-обработки сырья, содержание экстрактивных веществ соответственно стало больше на 4,0% и 9,4%, чем в экстрактах из сырья без микроволнового воздействия. Оптимальное время обработки плодов СВЧ-энергией до процесса экстракции, как показал эксперимент, составило 20 минут (табл. 4).

Кроме того, было выявлено, что предварительная обработка сырья СВЧ-энергией оказывает значительное влияние на продолжительность процесса экстракции. Как видно из рис. 1, длительность экстрагирования нутриентов из облепихи и шелковицы, подвергнутых воздействию СВЧ нагрева, сокращается примерно до трех суток (72 часов), тогда как при контрольном способе настаивания (по традиционной технологии) процесс заканчивается через 13-14 суток. На наш взгляд такой эффект интенсификации процесса получения экстрактов из дикорастущих плодов видимо, связан с тем, что при СВЧ нагреве в сырье образуется множество точечных источников тепла, в которых градиент температуры и давления направлен изнутри наружу, благодаря чему происходит ускоренное извлечение биологически активных компонентов.

**Таблица 4.** Зависимость выхода экстрактивных веществ из плодов облепихи и шелковицы от длительности их обработки СВЧ-энергией

Способ экстракции	Экстрактивные вещества, % от их общего содержания в плодах экстракт облепихи
без СВЧ-обработки	32,8
после СВЧ-обработки в течение 10 мин	33,7
после СВЧ-обработки в течение 15 мин	34,5
после СВЧ-обработки в течение 20 мин	35,9
после СВЧ-обработки в течение 25 мин	36,1
	экстракт шелковицы
без СВЧ-обработки	43,1
после СВЧ-обработки в течение 10 мин	43,9
после СВЧ-обработки в течение 15 мин	44,4
после СВЧ-обработки в течение 20 мин	44,8
после СВЧ-обработки в течение 25 мин	44,9

Как видно из табл. 5, результаты эксперимента иллострируют также отличия в воздействии микроволн на выход в экстракт фенолов и витаминов, что объясняется особенностями структуры их молекул, а также текстурой мякоти и плотностью кожицы, использованных в эксперименте плодов. Из представленного цифрового материала видно, что после настаивания в течение 72 часов при температуре 20°C выход биокомпонентов в экстракт из плодов опытных образцов при воздействии микроволн (в течение 20 минут) по сравнению с контрольным вариантом (без СВЧ-обработки), повысился в среднем: для фенольных веществ на 28,5%, витаминов С и Р на 14,3% и 9% соответственно.



исходного содержания Выход экстрактивных в плодах 26,7 20 Для экстракта 10 облепихи 0 2 6 0 4 8 10 12 14 16 Длительность экстракции, сутки б)

**Рис. 1.** Влияние предварительной обработки плодов облепихи и шелковицы СВЧ-энергией на длительность процесса экстрагирования экстрактивных веществ из них: а) после обработки плодов СВЧ-энергией; б) без обработки плодов СВЧ-энергией

**Таблица 5.** Влияние СВЧ-обработки плодов на выход нутриентов в экстракт

		=		
Способ экстракции	Феноль- ные ве- щества, %	Вита- мин С, мг%	Вита- мин Р, мг%	
	экстракт ежевики			
без СВЧ-обработки	0,73	13,52	472,52	
после СВЧ-обработки	0,89	15,80	582,47	
	экстракт облепихи			
без СВЧ-обработки	1,10	105,47	27,87	
после СВЧ-обработки	1,28	125,87	35,76	
	экстракт шелковицы			
без СВЧ-обработки	0,80	7,56	206,72	
после СВЧ-обработки	0,92	8,26	216.7	

Выводы: эксперименты показали, что при использовании экстрагента с хорошо подобранной концентрацией этанола в воде, с применением предварительной микроволновой обработки плодов можно получать экстракты с достаточным содержанием питательно ценных компонентов. Применение СВЧ-энергии приводит к значительному сокращению времени настаивания. Это позволяет считать, что определенные режимы микроволнового воздействия на плоды, использованные для получения экстрактов, вызывают интенсификацию процесса экстракции, ускоряя процесс получения высококачественных продуктов.

Результаты проведенных экспериментов могут быть с успехом использованы при получении много-компонентных продуктов функционального назначе-

ния на основе экстрактов. При этом моделирование их рецептур, можно осуществлять путем подбора соотношений экстрактов, обеспечивающих прогнозируемую пищевую и лечебно-профилактическую ценность готового продукта в соответствии с рекомендуемыми нормами физиологической потребности человека в полезных для здоровья пищевых веществах.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

- Гореньков, Э.С. Пищевая и биологическая ценность фруктовых и овощных соков, особенности технологии производства // Вопросы питания. 1999. №2. С. 27-29.
- Спиричев, В.Б. Витамины и минеральные вещества в комплексной профилактике и лечении остеопороза // Вопросы питания. 2003. №1. С. 41.
- Hernandes-Avila, M. Caffeine and other predictors of bone density among pre- and perimenopausal women / M. Hernandes-Avila, M.J. Stampfer, V.A. Ravnirar et al. // Epidemiology. 1993. №4. P. 128-134.
- Журавская-Скалова, Д.В. Активные методы интенсификации экстрагирования биологического сырья / Д.В. Журавская-Скалова, О.И. Квасенков // Хранение и переработка сельхозсырья. 2009. №12. С. 23-24.
- Исмаилов, Э.Ш. Использование микроволн в пищевом производстве / Э.Ш. Исмаилов, С.С. Шихалиев, Р.Г. Кулиева // Известия вузов. Пищевая технология. 2010. №2-3. С. 37-38.
- Гусейнова, Б.М. Интенсификация процесса экстракции нутриентов из плодов и ягод действием микроволн / Б.М. Гусейнова, Э.Ш. Исмаилов, Т.И. Даудова // Известия вузов. Пищевая технология. 2011. №4. С.50-52.

## INTENSIFICATION OF EXTRACTION OF VITAMINS AND PHENOLS FROM FRUITS OF WILD PLANTS

© 2016 B.M. Guseynova

## Dagestan State University of National Economy, Makhachkala

The possibility of production of high-quality extracts from blackberry, sea-buckthorn and mulberry fruits with use of water solutions with various concentration of ethanol and microwave processing is revealed. Results of researches demonstrate that at a ratio of raw materials / extragent 1:3 and the 70% content of ethanol in extragent have come the greatest extraction from fruits the vitamin P (routine) and phenols, and at 50% concentration – vitamin C (ascorbic acid). The possibility of strengthening the process of extraction the nutrients with application of preliminary processing of fruits the 0,5  $MW/cm^2$  microwave energy with frequency of 1667 MHz within 20 minutes is revealed. An exit of biocomponents in berries extract submitted influence of microwaves in comparison with control option (without microwave processing), has increased. Concentration of phenolic substances in extracts has increased on average by 28,5%; vitamins C and P for 14,3% and 9% respectively. Use of microwave energy has led to considerable reduction of time of extraction.

Key words: extract, phenolic substances, vitamin, microwave processing, vegetable raw materials