

А.М. Захарова, И.Н. Пушмина, А.В. Дятлов

## ИЗУЧЕНИЕ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА И СОДЕРЖАНИЯ ЭКСТРАКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ И ПОЛИСАХАРИДОВ В КЛУБНЯХ И ЛИСТЬЯХ СТАХИСА

Разработана технология получения экстракта из клубеньков стахиса с использованием в качестве экстрагента воды. Обоснован способ экстрагирования растительного сырья, приведена сравнительная характеристика содержания экстрактивных веществ в полученных экстрактах. Изучена зависимость массовой доли экстрактивных веществ от продолжительности ультразвукового воздействия. Изучены химический состав клубней, и полисахаридов в клубнях и листьях стахиса. Проведен качественный и количественный анализ биологически активных веществ, содержащихся в клубнях стахиса, установлено наличие разнообразных БАВ, таких как белки и углеводы. Показано, что содержание экстрактивных веществ составляет 28,6 %, содержание полисахаридов – 6,14 %. При экстрагировании листьев стахиса содержание экстрактивных веществ составляет 15,6 %, содержание полисахаридов – 2,52 %.

Стахис, химический состав, ультразвук, экстракция, пищевая ценность.

### Введение

В настоящее время функциональные ингредиенты растительного происхождения используются очень широко. Это порошки и криопорошки растений, сухие концентраты овощей, фруктов, трав и т.п.

Лекарственные растения являются уникальными источниками целебных соединений – биологически активных веществ (БАВ), применяющихся как для профилактики, так и для лечения различных заболеваний организма человека. В этом плане особый интерес представляет одно из древнейших овощных и лекарственных растений многолетняя культура стахис (*Stachys sieboldii* Mig.), известный также под названием «японский картофель». В связи с вышесказанным актуальными остаются вопросы изучения химического состава и экстрагирования БАВ из лекарственного растительного сырья для обогащения продуктов питания.

Во многих развитых странах обогащение продуктов питания регулируется на государственном уровне. В России в настоящее время устранение дефицита биологически активных веществ с помощью обогащения пищи предусматривается «Концепцией государственной политики в области здорового питания» и рядом всероссийских государственных программ: «Витаминизация пищи», «Сахарный диабет» и других.

Общей особенностью получения обогащенных продуктов является использование в качестве основы традиционных пищевых продуктов, которые обогащают биологически активными веществами путем дополнительного введения функциональных ингредиентов.

**Целью** данной работы является изучение химического состава клубней стахиса, выделение и определение содержания экстрактивных веществ и количественного содержания полисахаридов в клубнях и листьях стахиса.

### Объект и методы исследования

В рамках поставленной цели и сформулированных задач исследования был изучен химический со-

став зрелых клубней стахиса в зависимости от места произрастания. Исследование проведено с пятикратной повторяемостью. Обработку результатов проводили с использованием методов математической статистики. Результаты исследования представлены в табл. 1, где «Образец 1» – культура, выращенная в Краснодарском крае, «Образец 2» – в Московской области, «Образец 3» – стахис, выращенный в Кемеровской области.

Таблица 1

Химический состав зрелых клубней стахиса

Показатель	Образец 1	Образец 2	Образец 3
Сухие вещества, %	24,30±1,12	22,29±2,01	22,60±1,71
Углеводы, %	19,35±1,56	18,99±0,99	15,65±2,10
в том числе крахмал, %	0,27±0,10	0,26±0,08	0,25±0,03
Белки, %	1,53±0,05	1,50±0,04	1,49±0,05
Жиры, %	0,18±0,03	0,17±0,02	0,17±0,01
Аскорбиновая кислота, мг%	11,04±2,00	10,01±1,50	10,00±0,96
Минеральные вещества, мг%			
Na	1,95±0,08	1,91±0,09	1,96±0,06
K	486,00±5,16	480,00±9,01	478,00±6,33
Ca	33,27±2,50	32,33±1,90	32,99±2,01
Mg	24,99±0,98	24,59±1,45	23,81±0,92
Fe	1,29±0,02	1,27±0,08	1,32±0,06
Zn	0,76±0,04	0,71±0,04	0,79±0,09
Cu	0,19±0,08	0,21±0,03	0,22±0,04
Mn	0,18±0,02	0,17±0,05	0,19±0,05

Из данных табл. 1 можно заключить, что стахис – ценный диетический продукт, и химический состав зрелых клубней практически не отличается, несмотря на географическое место произрастания. Также весьма важно отметить, из литературных источников известно, что в состав углеводов данной культуры входит очень редко встречающийся в растениях тетрасахарид – стахиоза, который легко усваивается организмом.

Химический состав данного растительного сырья дает большие возможности для формирования качества и потребительских свойств продуктов питания, в том числе обогащенных, функциональных, поскольку характеризуется широким набором полезных нутриентов, аскорбиновой кислотой, макро- и микроэлементов и других биологически активных соединений.

В задачи следующего этапа исследования входило выделение и определение содержания экстрактивных веществ и полисахаридов в клубнях и листьях стахиса.

Экстракция представляет собой процесс, позволяющий выделять растворимые вещества из не растворимых в целом материалов. Процесс экстракции заключается в том, что растительное сырье обрабатывают экстрагентом, в который и переходят из растительного сырья извлекаемые вещества. Несмотря на разнообразие методов экстракции, каждый из них обладает своими достоинствами и недостатками. Традиционные методы экстракции (перколяция и мацерация) являются очень длительными и трудоемкими [1]. Нами выбран один из перспективных методов – ультразвуковая экстракция.

Для достижения максимального выхода ценных компонентов в жидкую фазу при сохранении ими своей нативной структуры применялся индивидуальный подход к выбору оптимальных режимов ультразвуковой обработки.

Преимуществами ультразвуковой экстракции по сравнению с другими способами являются:

- минимальное применение ручного труда;
- сокращение времени технологических процессов;
- удаление вредных примесей и стерилизация продукта.

В качестве экстрагента применялась дистиллированная вода как полярный растворитель с высокой ионизирующей способностью.

Для экстракции использовался стахис, выращенный в сибирских условиях на опытном участке в Кемеровской области.

Процесс экстрагирования, как правило, включает две фазы:

- осмотическое набухание с растворением содержимого клетки (движение растворителя внутрь клетки);
- экстрагирование (диализ), при котором из клетки через клеточные мембраны, поры и капилляры происходит транспорт экстрактивных веществ в объем растворителя.

Процесс набухания продолжается в среднем от 4 до 6 ч и зависит от скорости вытеснения воздуха из клетки. Кроме того, часть воздуха остается внутри клетки.

При применении ультразвука имеет место звукокапиллярный эффект, который не только ускоряет вытеснение пузырьков воздуха, но и создает условия для их растворения в жидкости. В результате имеет место резкое сокращение процесса набухания сырья [3].

Получение экстрактов проводили при комнатной температуре с помощью ультразвукового диспергатора. Для экстракции было взято соотношение сырья:экстрагент как 1:10 (по весу).

Ультразвуковая обработка экстрактов проводилась с помощью прибора УЗД1-0.063/22 (ультразвуковая техника). Он генерирует продольные механические колебания с частотой 22 кГц.

Во время работы прибора не допускался контакт насадки с чем-либо, кроме обрабатываемой среды. До экстракции сырье подвергали предварительной обработке. Стахис измельчали до размера частиц от 0,5 до 1 мм, что положительно влияло на увеличение коэффициента внутренней молекулярной диффузии. Измельчение частиц до размера менее 0,5 мм приводило к слеживанию частиц на дне емкости. Ультразвуковое воздействие на твердое растительное сырье осуществлялось с интенсивностью 20–22 кГц в течение 8–20 мин. Дальнейшее увеличение времени ультразвуковой обработки не приводило к увеличению содержания биологически активных веществ в растворе, а вызывало их разрушение и инактивацию.

Ультразвуковую обработку проводили следующим образом: ультразвуковой генератор настраивали по интенсивности воздействия. Навеску растительного сырья (10 г) насыпали в химический стаканчик и заливали 100 см<sup>3</sup> дистиллированной воды, после чего насадку генератора погружали в этот стаканчик и проводили обработку сырья.

Во время ультразвуковой обработки среда нагревалась до 32–37 °С (в зависимости от мощности ультразвука и продолжительности воздействия), что не приводило к инактивации полисахаридов.

После завершения обработки раствор отфильтровывали. Затем определяли сухой остаток. Полученное извлечение тщательно взбалтывали и фильтровали через сухой бумажный фильтр в сухую колбу вместимостью 150–200 см<sup>3</sup>; 25 см<sup>3</sup> фильтрата пипеткой переносили в предварительно высушенную при температуре 100–105 °С до постоянной массы и точно взвешенную фарфоровую чашку диаметром 7–9 см и выпаривали на водяной бане досуха. Чашку с остатком сушили при температуре 100–105 °С до постоянной массы, затем охлаждали в течение 30 мин в эксикаторе, на дне которого находился безводный хлорид кальция, и немедленно взвешивали.

Содержание экстрактивных веществ в процентах ( $X$ ) в пересчете на абсолютно сухое сырье вычисляли по следующей формуле:

$$X = \frac{m \times 200 \times 100}{m_1(100 - W)}, \quad (1)$$

где  $m$  – масса сухого остатка, г;  $m_1$  – масса сырья, г;  $W$  – потеря в массе при высушивании сырья, (%).

Потеря в массе при высушивании сырья ( $W$ ) в процентах определяли по формуле:

$$X = \frac{(m - m_1) \times 100}{m}, \quad (2)$$

где  $m$  – масса сырья до высушивания, г;  $m_1$  – масса сырья после высушивания, г [2].

Полученные данные представлены в табл. 2.

Таблица 2

Зависимость концентрации экстрагируемых веществ от времени ультразвукового воздействия

Часть растения	Время обработки, мин	Масса сухого остатка, г	Потеря в массе при высушивании, %	Содержание экстрактивных веществ %
Клубни	8	0,55	26,67	15
	10	0,93	17,70	22,6
	12	1,11	15,27	26,2
	14	1,17	14,60	27,4
	16	1,21	14,18	28,2
	18	1,33	6,99	28,6
	20	1,38	6,76	29,6
Листья	8	0,21	40,00	7
	10	0,38	20,83	9,6
	12	0,46	17,86	11,2
	14	0,54	15,63	12,8
	16	0,63	13,70	14,6
	18	0,68	12,82	15,6
	20	0,74	11,90	16,8

Зависимость массы сухого остатка от продолжительности обработки ультразвуком представлена на рис. 1.

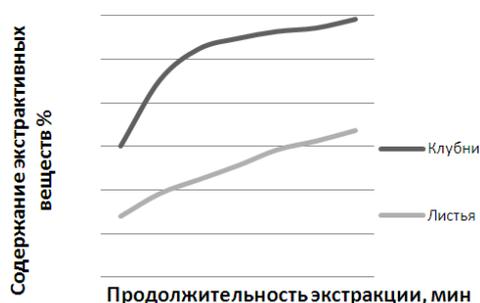


Рис. 1. Зависимость массы сухого остатка от продолжительности обработки ультразвуком (22 кГц)

Из вышеприведенных данных можно заключить, что концентрация экстрагируемых веществ прямо пропорционально зависит от продолжительности ультразвукового воздействия. Содержание экстрактивных веществ в клубнях стахиса значительно больше, чем в листьях, и составляет 29,6 и 16,8 % соответственно.

Дальнейшее увеличение продолжительности ультразвуковой обработки не приводит к увеличению содержания биологически активных веществ в растворе [1].

Следующим этапом стало определение количественного содержания полисахаридов в полученных экстрактах.

К 10 см<sup>3</sup> полученного экстракта прибавляли 30 см<sup>3</sup> 95 %-го спирта и подогрели на водяной бане в течение 15 мин. Через 30 мин содержимое центри-

фугировали с частотой вращения 5 тыс. об/мин в течение 15 мин. Высушенный до постоянной массы фильтр взвешивали на аналитических весах. Надосадочную жидкость при этом фильтровали через высушенный до постоянной массы фильтр. Осадок количественно переносили на фильтр. Фильтр промывали 10 см<sup>3</sup> 95 %-м спиртом и высушивали при температуре 100–105 °С до постоянной массы.

Содержание полисахаридов в пересчете на абсолютно сухое сырье в процентах вычисляли по формуле:

$$X = \frac{(m_2 - m_1) \cdot 250 \cdot 100 \cdot 100}{m \cdot 10 \cdot (100 - W)}, \quad (3)$$

где  $m$  – масса сырья, г;  $m_1$  – масса фильтра, г;  $m_2$  – масса фильтра с осадком, г;  $W$  – потеря в массе при высушивании сырья, г.

Полученные данные представлены в табл. 3.

Таблица 3

Общее содержание полисахаридов в пересчете на абсолютно сухое вещество

Часть растения	Масса сырья, г	Масса фильтра, г	Масса фильтра с осадком, г	Потеря в массе при высушивании, %	Содержание полисахаридов в пересчете на абсолютно сухое сырье, %
Клубни	0,023	1,013	1,036	2,22	5,88
	0,025	1,012	1,037	2,41	6,40
	0,024	1,013	1,037	2,31	6,14
Листья	0,01	1,012	1,022	0,98	2,52
	0,009	1,011	1,02	0,88	2,27
	0,011	1,013	1,024	1,07	2,78

Из данных табл. 3 можно заключить, что наибольшее количество полисахаридов содержится в клубнях стахиса и варьируется от 5,88 до 6,4 %. В листьях содержание полисахаридов значительно меньше и составляет от 2,52 до 2,78.

### Результаты и их обсуждение

В результате исследования и на основании математических расчетов было установлено, что при экстрагировании клубеньков стахиса содержание экстрактивных веществ составляет 28,6 %, содержание полисахаридов – 6,14 %. При экстрагировании листьев стахиса содержание экстрактивных веществ составляет 15,6 %, содержание полисахаридов – 2,52 %.

Таким образом, изучение химического состава клубней и определение содержания экстрактивных веществ и полисахаридов в клубнях и листьях стахиса показало диетическую направленность, высокую пищевую и биологическую ценность этой культуры, что открывает широкие возможности использования данного растительного сырья самостоятельно либо в составе функциональных ингредиентов сложного состава для обогащения биологически активными веществами пищевых продуктов как массового ассортимента, так и специализированных, способствующих повышению статуса питания населения.

## Список литературы

1. Вайнштейн, В.А., Двухфазная экстракция в получении лекарственных и косметических средств / В.А. Вайнштейн, И.Е. Каухова. – СПб.: Проспект Науки, 2010. – 104 с.
2. Государственная фармакопея Российской Федерации. – М., 2007. – 398 с.
3. Применение ультразвука высокой интенсивности в промышленности / В.Н. Хмелев, А.Н. Сливин, Р.В. Барсуков и др.; Алт. гос. техн. ун-т, БТИ. – Бийск: Изд-во Алт. гос. техн. ун-та, 2010. – 203 с.

ФГБОУ ВПО «Кемеровский технологический институт  
пищевой промышленности»,  
650056, Россия, г. Кемерово, б-р Строителей, 47.  
Тел/факс: (3842) 73-40-40,  
e-mail: office@kemtipp.ru

**SUMMARY**

**L.M. Zacharova, I.N. Pushmina, A.V. Dyatlov**

**CHEMICAL COMPOSITION AND CONTENT  
OF EXTRACTIVES AND POLYSACCHARIDES IN TUBERS AND LEAVES OF STACHYS**

The technology for producing an extract from tubers of stachys using water as an extractant has been developed. Proved and developed has been a process for extracting the plant raw material. A comparative analysis of the content of extractives in the obtained extracts is given. The dependence of the mass fraction of extractives on sonication duration has been studied. The chemical composition of tubers and polysaccharides in tubers and leaves of stachys has been studied. The qualitative and quantitative analysis of biologically active substances contained in the tubers of stachys has been done. The presence of a variety of biologically active substances such as proteins and carbohydrates has been established. It has been shown that the content of extractives is 28,6 % and that of polysaccharides is 6,14 %. When extracting the leaves of stachys the content of extractives is 15,6 % and that of polysaccharides is 2,52 %.

Stachys, chemical composition, ultrasound, extraction, nutritional quality.

Kemerovo Institute of Food Science and Technology,  
47, Boulevard Stroiteley, Kemerovo, 650056, Russia.  
Phone/fax: +7(3842) 73-40-40,  
e-mail: office@kemtipp.ru

*Дата поступления: 03.07.2013*

