

## ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ЭКСТРАКЦИИ И РЕЖИМНЫЕ ПАРАМЕТРЫ ПОЛУЧЕНИЯ ВОДНОГО ЭКСТРАКТА КОРНЯ СОЛОДКИ

**Максименко Юрий Александрович**, *д-р техн. наук, профессор, профессор кафедры «Технологические машины и оборудование», ФГБОУ ВО «Астраханский государственный технический университет», e-mail: [amxs1@yandex.ru](mailto:amxs1@yandex.ru)*

**Свирина Светлана Алексеевна**, *канд. техн. наук, ассистент кафедры «Технологические машины и оборудование», ФГБОУ ВО «Астраханский государственный технический университет», e-mail: [svetlanasv97@yandex.ru](mailto:svetlanasv97@yandex.ru)*

**Соколова Екатерина Владимировна**, *ассистент кафедры «Технологические машины и оборудование», ФГБОУ ВО «Астраханский государственный технический университет», e-mail: [k\\_sokolova93@mail.ru](mailto:k_sokolova93@mail.ru)*

**Коннова Ольга Ивановна**, *ассистент кафедры «Технология товаров и товароведение», ФГБОУ ВО «Астраханский государственный технический университет», e-mail: [okonnova88@gmail.com](mailto:okonnova88@gmail.com)*

ФГБОУ ВО «Астраханский государственный технический университет»,  
Россия, Астрахань, e-mail: [nayka@astu.org](mailto:nayka@astu.org)

**Аннотация:** Корень солодки известен широкой сферой применения в пищевой промышленности. Целью настоящей работы было исследование процессов экстракции и оценки влияния температуры и гидромодуля на продолжительность технологической операции и интенсивность массообмена. Были рассмотрены различные варианты проведения процесса экстракции, в том числе с циркуляционным перемешиванием и использованием микроволнового излучения. Полученные экстракты исследовались на соответствие требованиям государственного стандарта. Предложена конструкция экстрактора для интенсификации процесса экстрагирования.

**Ключевые слова:** корень солодки, экстракция, микроволновое излучение, интенсификация, гранулометрический состав, гидромодуль, время экстракции.

Корень солодки является уникальным и достаточно универсальным растительным сырьем, содержащим широкий спектр биологически активных веществ. В пищевой промышленности солодка широко применяется, например, для изготовления кофе, какао, маринадов, компотов, киселей, мучных изделий, халвы, карамели, пастилы и шоколада, а также в качестве вкусовой добавки.

В настоящее время активно выполняются исследования, направленные на: изучение функционально-технологических свойств корня солодки, полуфабрикатов и продуктов на его основе [1, 2]; совершенствование техники и технологий для переработки корня и получения его экстрактов [3, 4]; изучение, интенсификацию и моделирование массообменных процессов при экстракции

ценных компонентов [5, 6, 7, 8].

В рамках договора о научно-техническом сотрудничестве с ООО «Солодка-А» в научно-исследовательской лаборатории «Пищевые системы и биотехнологии» ФГБОУ ВО «Астраханский государственный технический университет» выполняются исследования по получению экстракта корня солодки, соответствующего требованиям ГОСТ 22840-77 Экстракт солодкового корня. Технические условия [9].

В качестве сырья для интенсификации процесса водной экстракции целевых компонентов из лакричного корня его дезинтегрировали до разной степени измельчения (ГОСТ 22839-88. Корни и корневища солодки. Технические условия. [10]), выращенный в Астраханской области в Красноярском районе. Измельчение корня осуществлялось на промышленных дробилках в производственных условиях ООО «Солодка-А». Измельченный корень содержал фракции различного размера. Для характеристики степени измельчения в ходе серии экспериментов произведена оценка гранулометрического (дисперсного) состава ситовым методом (таблица 1).

Таблица 1

Гранулометрический состав сырья – измельченного корня солодки

Размеры частиц фракций, мм	Масса фракций, г.	Масса фракций, %.
<0,5	10,839	10,84
0,5	1,935	1,94
1	16,842	16,84
2	17,849	17,85
3	39,700	39,70
5	12,455	12,46
7	0,380	0,38
<b>Всего</b>	<b>100,000</b>	<b>100,00</b>

В результате экспериментов установлено, что рациональные соотношения гидромодуля при экстрагировании корня солодки находятся в диапазоне 1:5..1:10, причем, в качестве экстрагента применялась вода, подготовленная в соответствии с требованиями ГОСТ Р 51232-98 «Вода питьевая» [11] и вода, полученная при водоподготовке в производственных условиях.

В ходе исследований процесса экстрагирования и оценки влияния температуры и гидромодуля на продолжительность технологической операции и интенсивность массообмена, экстракция корня солодки осуществлялась в следующих вариантах:

- 1) Экстрагирование при температуре гидромодуля  $t=15..20^{\circ}\text{C}$  и периодическом перемешивании в течение 48 часов.
- 2) Экстрагирование при температуре гидромодуля  $t=55..60^{\circ}\text{C}$

термостате и периодическом перемешивании в течение 30 часов.

3) СВЧ – экстрагирование при температуре гидро модуля  $t=55..60^{\circ}\text{C}$  при механическом (до 20 об./мин) и циркуляционном перемешивании в течение 3..4 часов, причем температура достигалась и поддерживалась с помощью СВЧ-нагрева при различной мощности в диапазоне 600..1000 Вт с периодическими остановками генераторов для исключения перегрева гидро модуля выше  $60^{\circ}\text{C}$  (рисунок 1).

4) Экстрагирование при температуре гидро модуля  $t=55..60^{\circ}\text{C}$  при механическом (до 20 об./мин) и циркуляционном перемешивании гидро модуля в течение 4-6 часов при различной кратности циркуляции (рисунок 1, без использования магнетронов).

5) Экстрагирование (перколяция) при температуре гидро модуля  $t=55..60^{\circ}\text{C}$  в течение 4-6 часов при различной кратности циркуляции экстрагента (рисунок 2, без использования магнетронов).

6) СВЧ – экстрагирование (перколяция) при температуре гидро модуля  $t=55..60^{\circ}\text{C}$  в течение 4-6 часов при различной кратности циркуляции экстрагента, причем температура достигалась и поддерживалась с помощью СВЧ-нагрева при различной мощности в диапазоне 600..1000 Вт (рисунок 2).

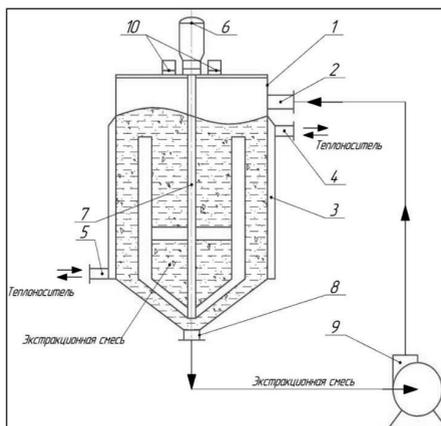


Рисунок 1 – Схема экстрагирования при механическом и периодическом перемешивании экстракционной смеси:

- 1 – емкость, 2, 8 – патрубки, 3 – контур терморегуляции (обогрев, охлаждение),
- 4, 5 – патрубки для входа/выхода теплоносителя,
- 6 – мотор-редуктор, 7 – рамная мешалка, 9 – насос, 10 – магнетрон

Время экстрагирования для всех вариантов устанавливалось по кривой экстракции и соответствовало времени достижения наибольшей равновесной концентрации сухих веществ в экстрагенте, которое далее практически не изменяется во времени процесса.

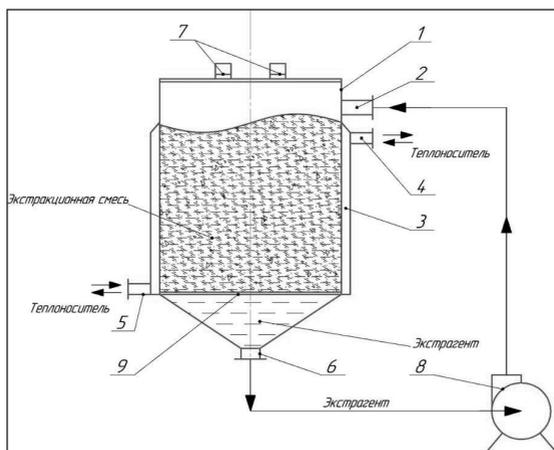


Рисунок 2 – Схема экстрагирования (перколяции) при циркуляции экстрагента:  
 1 – емкость, 2, 6 – патрубки, 3 – контур терморегуляции (обогрев, охлаждение),  
 4, 5 – патрубки для входа/выхода теплоносителя,  
 7 – магнетроны, 8 – насос, 9 – фильтрующая перегородка

На рисунке 3 представлены кривые экстракции для некоторых вариантов организации процесса при гидромодуле 1:5.

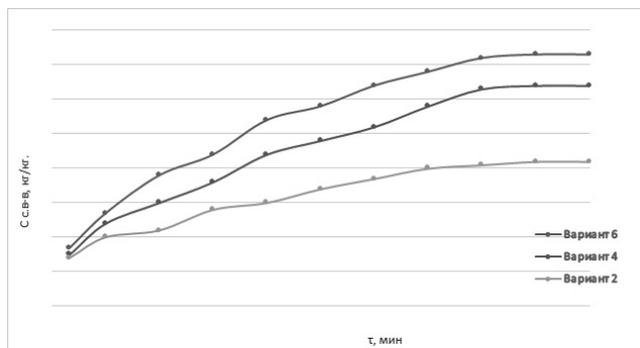


Рисунок 3 – Вариант 6 – СВЧ экстрагирование,  
 Вариант 4 – экстрагирование при циркуляционном перемешивании,  
 Вариант 2 – экстрагирование при периодическом перемешивании.

В результате экспериментов получены образцы экстрактов с содержанием сухих веществ 4..7%. Наибольшая интенсивность процесса экстракции соответствует вариантам с циркуляционным перемешиванием экстракционной смеси или экстрагента через слой сырья при перколяции.

Определение массовой доли влаги проводилось двумя методами: на анализаторе влажности «Эвлас – 2М» в соответствии с прилагаемой инструкцией и методикой [12] и по стандартной методике в соответствии с ГОСТ 22840-77 Экстракт солодкового корня. Технические условия [9].

Далее все полученные растворы подвергались фильтрованию и последующему вакуум-выпариванию при температуре до 60°C до достижения требуемой влажности не менее 32% и не более 38%. Образцы готового экстракта были исследованы на соответствие требованиям ГОСТ 22840-77 Экстракт солодкового корня. Технические условия [9]. Для всех образцов установлено соответствие основным требованиям стандарта, и, следовательно, все варианты могут быть рекомендованы к реализации на предприятии ООО «Солодка-А». Принимая во внимание необходимость рационального планирования производства следует отметить, что перспективным вариантом является перколяция при t=55-60°C и циркуляционном перемешивании экстрагента, причем это рационально с позиции снижения затрат на последующий нагрев экстракционного раствора при вакуум-выпаривании. Нагрев экстракционной смеси можно реализовывать прямым нагревом, СВЧ-нагревом или комбинированным способом. В таблице 2 представлены результаты испытаний для 5 и 6 вариантов организации процесса экстракции.

Таблица 2

Результаты испытаний экстракта (вариант 5 / вариант 6) на соответствие требований ГОСТ 22840-77 Экстракт солодкового корня. Технические условия

№ п/п	Наименование показателя	Ед. изм.	Результат испытаний	Норматив
<b>Органолептические показатели</b>				
1	Вкус	-	Соответствует	Приторно-сладкий, слегка раздражающий
2	Внешний вид	-	Соответствует	Густая однородная масса без комков и посторонних включений
3	Запах	-	Соответствует	Слабый, своеобразный
4	Цвет	-	Соответствует	Темно-коричневый
<b>Показатели качества</b>				
5	Глицирризиновая кислота	%	20,6 / 19,7	не менее 18
6	Массовая доля веществ, не растворимых в горячей воде	%	<b>2,4 / 2,4</b>	не более 2,5
<b>Физико-химические показатели</b>				
7	Влажность	%	<b>32,2 / 33,1</b>	не более 38, не менее 32
8	Массовая доля общей золы	%	6,2 / 6,1	не более 9

Для промышленной реализации экстракции корня солодки разработана конструкция СВЧ-экстрактора (патент №223871) [13], который рекомендовано использовать как отдельный аппарат в составе технологической линии или как корпус в двух- или трехкорпусной экстракционной установке.

В дальнейшем исследовании будут продолжены для оценки перспектив повторной экстракции сырья для его рационального использования и большего извлечения ценных водорастворимых компонентов. Актуальным представляется исследование процесса экстрагирования с использованием 2-х или 3-х стадийной экстракции в батарейных перколяторах. Кроме того, при экстракции по варианту перколяции слой сырья на фильтрующей перегородке в процессе используется как естественный фильтр для фильтрации экстрактивного раствора для дальнейшего его направления сразу на вакуум-выпаривание.

### Библиографический список

1. Солобаева Н.Ю., Черевач Е.И., Текутьева Л.А. Разработка технологии обогащенных сладких десертов на основе сапонинсодержащих растительных пенообразователей // *Технология и товароведение инновационных пищевых продуктов*. 2022. № 2 (73). С. 24-29.

2. Пьяникова Э.А., Ковалева А.Е., Быковская Е.И., Говядова И.А., Овчинникова Е.В. Влияние рецептурных компонентов хлеба цельнозернового пшеничного на его пищевую ценность // *Технологии пищевой и перерабатывающей промышленности АПК – продукты здорового питания*. 2023. № 1. С. 27-34.

3. Бородычев В.В., Константинова Т.Г., Новиков А.Е., Филимонов М.И. Прессование корней и корневищ солодки // *Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование*. 2020. № 1 (57). С. 249-260.

4. Саидов С.С., Каримов Р.К., Таджикибаева М.Р., Донияров Ф.Т., Ибодуллаева Г.Х.К., Эгамова М.К., Халилов М.Н. Оптимизация процесса экстракции корня солодки // *Universum: технические науки*. 2023. № 6-3 (111). С. 61-66.

5. Бабич О.О., Ульрих Е.В., Ларина В.В., Бахтиярова А.Х. Исследование состава и свойств экстрактов *Glycyrrhiza Glabra*, выращенной в Калининградской области, и перспективы ее применения // *Пищевые системы*. 2022. Т. 5. № 3. С. 261-270.

6. Белова О.А., Куркин В.А., Егоров М.В. Методика количественного определения суммы флавоноидов в траве солодки голой // *Фармация и фармакология*. 2023. Т. 11. № 2. С. 127-136.

7. Wanru Wang, Yunquan Yang, Kewen Tang Selective extraction of glabridin from *Glycyrrhiza glabra* crude extracts by sulfolbutylether- $\beta$ -cyclodextrin in a ternary extraction system. *Process Biochemistry*. 2023. Vol. 129, pp. 1-10. DOI: 10.1016/j.procbio.2023.02.027.

8. Can Peng, Yulong Zhu, Fulong Yan, Yue Su, Yaqin Zhu, Ziyu Zhang, Chijing Zuo, Huan Wu, Yunjing Zhang, Jiayi Kan, Daiyin Peng The difference of origin and extraction method significantly affects the intrinsic quality of licorice: A new method

for quality evaluation of homologous materials of medicine and food. Food Chemistry. 2021. Vol. 15. 127907. DOI: 10.1016/j.foodchem.2020.127907.

9. ГОСТ 22840-77 Экстракт солодкового корня. Технические условия.

10. ГОСТ 22839-88. Корни и корневища солодки. Технические условия.

11. ГОСТ Р 51232-98 Вода питьевая. Общие требования к организации и методам контроля качества.

12. Руководство по эксплуатации САП 022.00.00.000-02 РЭ анализатора влажности Эвлас-2М [Электронный ресурс] / Режим доступа: <http://static.biolight.ru/files/0003381-1.pdf>.

13. Патент Российская Федерация 223 871 U1. МПК C11B 1/10 (2006.01). Экстрактор: № 2023134914: заявл. 25.12.2023; опубл. 06.03.2024 / Максименко Ю.А., Коннова О.И., Александян И.Ю., Соколова Е.В., Неповинных Н.В.; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВО «Астраханский государственный технический университет».

## RESEARCH OF THE EXTRACTION PROCESS AND OPERATION PARAMETERS FOR OBTAINING AN AQUEOUS EXTRACT OF LICORICE ROOT

***Maksimenco Yuri Aleksandrovich***, Doctor of Engineering. Sciences, Professor,  
Professor of the Department of “Technological Machines and Equipment”,  
Astrakhan State Technical University,  
e-mail: [amxs1@yandex.ru](mailto:amxs1@yandex.ru)

***Svirina Svetlana Alekseevna***, Ph.D. tech. Sciences, assistant of the department of  
“Technological machines and equipment”, Astrakhan State Technical University,  
e-mail: [svetlanasv97@yandex.ru](mailto:svetlanasv97@yandex.ru)

***Sokolova Ekaterina Vladimirovna***, assistant of the department of “Technological  
machines and equipment”, Astrakhan State Technical University,  
e-mail: [k\\_sokolova93@mail.ru](mailto:k_sokolova93@mail.ru)

***Konnova Olga Ivanovna***, assistant of the department “Technology of goods and  
commodity science”, Astrakhan State Technical University,  
e-mail: [okonnova88@gmail.com](mailto:okonnova88@gmail.com)

Astrakhan State Technical University, Russia, Astrakhan, e-mail: [nayka@astu.org](mailto:nayka@astu.org)

**Abstract:** Licorice root is known for its wide range of uses in the food industry. The purpose of this work was to study extraction processes and assess the influence of temperature and hydraulic module on the duration of the technological operation and the intensity of mass transfer. Various options for carrying out the extraction process were considered, including circulation stirring and the use of microwave radiation. The extracts obtained were examined for compliance with the requirements of the state standard. An extractor design has been proposed to intensify the extraction process.

**Key words:** licorice root, extraction, microwave radiation, intensification, particle size distribution, hydromodulus, extraction time.