

DOI 10.58351/2949-2041.2026.33.4.024

**Хажобаев Темур Атаханович,**  
PhD по техническим наукам  
Институт химии растительных веществ  
Khajibaev Temur, PhD in Technical Sciences  
Institute of Chemistry of Plant Substances

**Одилова Севинч Бахром кизи**  
студент Филиала в городе Ташкент  
Российский химико-технологический университет  
имени Д.И.Менделеева  
Odilova Sevinch, student, Branch in Tashkent  
D.Mendeleev University of Chemical Technology of Russia

**Маматханова Мунирахон Ахматхон кизи**  
доктор технических наук  
Институт химии растительных веществ  
Mamatkhanova Munirakhon, Doctor of Technical Sciences  
Institute of Chemistry of Plant Substances

**Халилов Равшанжон Муратджанович**  
доктор технических наук, профессор  
Институт химии растительных веществ  
Khalilov Ravshanjon  
Doctor of Technical Sciences Professor  
Institute of Chemistry of Plant Substances

**Маматханов Ахматхон Умарханович**  
доктор технических наук, профессор  
Институт химии растительных веществ  
Mamatkhanov Akhmatkhon  
Doctor of Technical Sciences, Professor  
Institute of Chemistry of Plant Substances

**РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ПОЛУЧЕНИЯ  
СУХОГО ЭКСТРАКТА КОРНЕЙ И КОРНЕВИЩ *RHAPONTICUM CARTHAMOIDES*,  
СОДЕРЖАЩЕГО СУММУ ЭКДИСТЕРОИДОВ  
DEVELOPMENT OF TECHNOLOGY FOR OBTAINING A DRY EXTRACT  
FROM ROOTS AND RHIZOMES OF *RHAPONTICUM CARTHAMOIDES*  
CONTAINING TOTAL ECDYSTEROIDS**

**Аннотация.** Экстракцию корней и корневищ *Rhaponticum carthamoides* проводили 80%-ным этиловым спиртом с последующей очисткой водного концентрата хлороформом. Установлено, что наиболее эффективным экстрагентом для извлечения суммы экдистероидов из очищенного водного раствора является *n*-бутиловый спирт, обеспечивающий максимальную степень извлечения (97,5 %) уже после шестикратной экстракции, что существенно превышает эффективность исследованных смесей растворителей. Изучены условия распылительной сушки очищенного водного раствора экдистероидов. Показано, что оптимальными являются следующие параметры процесса: температура на входе 150–160 °С, на выходе 60–70 °С, скорость подачи раствора 3 л/ч, давление распыления 0,15 МПа, содержание сухих веществ в растворе 10–15 %. На основании полученных результатов разработана технология получения сухого экстракта корней и корневищ *Rhaponticum carthamoides*, обеспечивающая выход готового продукта 1,4 % от массы сырья при содержании суммы экдистероидов не менее 10 %



**Abstract.** The extraction of roots and rhizomes of *Rhaponticum carthamoides* was carried out using 80% ethyl alcohol followed by purification of the aqueous concentrate with chloroform. It was established that the most effective extractant for isolating total ecdysteroids from the purified aqueous solution is n-butyl alcohol, providing a maximum extraction degree (97.5%) after six extraction cycles, which significantly exceeds the efficiency of the studied solvent mixtures. The spray drying conditions of the purified aqueous ecdysteroid solution were investigated. It was shown that the optimal process parameters are as follows: inlet air temperature 150–160 °C, outlet temperature 60–70 °C, feed rate 3 L/h, atomization pressure 0.15 MPa, dry matter content in the solution 10–15%. Based on the obtained results, a technology for producing a dry extract from roots and rhizomes of *Rhaponticum carthamoides* was developed, ensuring a yield of 1.4% relative to the raw material mass with a total ecdysteroid content of not less than 10%

**Ключевые слова:** *Rhaponticum carthamoides*, Левзея сафлоровидная, корневища с корнями, экидстероиды, экидстерон, жидкостно-жидкостная экстракция, распылительная сушка, оптимизация процесса, сухой экстракт

**Keywords:** *Rhaponticum carthamoides*, *Leuzea carthamoides*, roots and rhizomes, ecdysteroids, ecdysterone, liquid–liquid extraction, spray drying, process optimization, dry extract

### Введение

Экидстероиды, выделяемые из ряда растений, обладают широким спектром фармакологической активности и используются при создании лекарственных средств и биологически активных добавок. Установлено, что они проявляют адаптогенное, анаболическое, антиоксидантное, иммуномодулирующее, гиполипидемическое и антидиабетическое действие, повышают резистентность организма, нормализуют обмен веществ, ускоряют восстановление после нагрузок и положительно влияют на сердечно-сосудистую и эндокринную системы [1, 2].

В ветеринарии экидстероиды применяются для профилактики и терапии заболеваний ЖКТ и повышения устойчивости животных к стрессовым факторам [3, 4]. В спортивной медицине их используют как средства, повышающие мышечную массу, выносливость и скорость восстановления. Доклинические исследования подтверждают их перспективность как гиполипидемических, противоишемических и антидиабетических соединений. На их основе разработаны тонизирующие, адаптогенные, актопротекторные и лактостимулирующие препараты [5–7].

Перспективным источником экидстероидов является *Rhaponticum carthamoides* (Willd.) Цзjin (левозея сафлоровидная) из семейства Asteraceae. Растение содержит широкий комплекс биологически активных веществ: сахара, инулин, органические кислоты, стероиды, фитостеролы, сапонины, витамины, фенольные соединения, флавоноиды, липиды, эфирные масла, алкалоиды, кумарины, а также микро- и макроэлементы. Из него выделены различные экидстероиды, включая экидстерон и его производные [8, 9].

На основе экидстерона создан препарат «Экидстен» с тонизирующим действием. Фракции липидов и флавоноидов растения применяются при разработке средств с гипоазотемической активностью и для косметической промышленности, а липиды отходов переработки проявляют антимикробные и дерматотропные свойства [10].

В связи с этим актуальна разработка биологически активной субстанции из корней и корневищ *Rhaponticum carthamoides*, содержащей сумму экидстероидов, для использования в медицине, косметологии и животноводстве как тонизирующего, адаптогенного, актопротекторного и лактостимулирующего средства.

Целью настоящего исследования является разработка биологически активной субстанции (в виде сухого экстракта) из корней и корневищ *Rhaponticum carthamoides*, содержащей сумму экидстероидов.

### Экспериментальная часть

В качестве исходного растительного сырья использовали корневища с корнями *Rhaponticum carthamoides*, содержащие 0,16 % экидстерона.



Содержание суммы экидистероидов в образцах сухих экстрактов определяли методом спектрофотометрии с пересчётом на химически чистый экидистерон.

*Приготовление раствора испытуемого образца:* около 0,050 г образца (точная навеска) растворяли в 96% этиловом спирте в мерной колбе вместимостью 100 мл, доводили объем до метки тем же спиртом и тщательно перемешивали. Далее 2 мл полученного раствора переносили в мерную колбу вместимостью 50 мл и доводили объем до метки тем же растворителем.

*Приготовление раствора стандартного образца экидистерона:* около 0,050 г стандартного образца химически чистого экидистерона, высушенного при 100–105 °С до постоянной массы, растворяли в 96% этиловом спирте в мерной колбе вместимостью 100 мл, доводили объем до метки этим же растворителем и перемешивали. Далее 2 мл раствора переносили в мерную колбу вместимостью 50 мл и доводили объем до метки. Раствор хранили в темном месте в колбе с притертой пробкой; срок хранения – 1 месяц.

Оптическую плотность полученных растворов измеряли на спектрофотометре при длине волны 242 нм в кювете с толщиной слоя 10 мм. В качестве раствора сравнения использовали 96% этиловый спирт. Параллельно измеряли оптическую плотность раствора стандартного образца экидистерона.

Содержание суммы экидистероидов в препарате (X, %) вычисляли по формуле:

$$X = \frac{D_1 \cdot a_0 \cdot 100 \cdot 100}{D_0 \cdot a_1 (100 - W)}; \quad (1)$$

где  $D_1$  – оптическая плотность испытуемого раствора;  $D_0$  – оптическая плотность раствора стандартного образца экидистерона;  $a_1$  – масса испытуемого образца, в граммах;  $a_0$  – масса стандартного образца экидистерона, в граммах;  $W$  – потеря в массе при высушивании, в процентах.

Для определения содержания сухого остатка в растворах и экстрактах 5 мл аналитической пробы помещали в предварительно взвешенную фарфоровую чашку, выпаривали на водяной бане и затем высушивали в сушильном шкафу при температуре  $102,5 \pm 2,5$  °С в течение 3 ч. После высушивания чашку охлаждали в эксикаторе в течение 30 мин и взвешивали. Массовую долю сухого остатка (%) рассчитывали по разности массы чашки с высушенным остатком и массы пустой чашки, отнесённой к массе анализируемой пробы [11].

Для изучения оптимальных условий извлечения экидистероидов из кубового остатка 4 кг измельчённого сырья пятикратно экстрагировали 80%-ным этиловым спиртом. Полученные экстракты объединяли, фильтровали и концентрировали до объёма 2 л. Затем концентрат разбавляли 4 л воды и повторно концентрировали до 4 л для удаления остаточного спирта. Полученный водный раствор экидистероидов обрабатывали хлороформом пять раз по 4 л [10]. После этого его разделяли на четыре равные части, из каждой из них экидистероиды экстрагировали различными органическими растворителями и их смесями по 1 л десятикратно в одинаковых условиях. Полученные извлечения упаривали под вакуумом, высушивали до постоянной массы и анализировали. На основании результатов исследования был определён селективный растворитель для извлечения экидистерона из водного раствора [12, 13].

С целью оптимизации условий распылительной сушки очищенного водного раствора экидистероидов, обеспечивающей получение сухого экстракта требуемого качества, проводили экспериментальные исследования по определению следующих параметров: температуры теплоносителя на входе и выходе, скорости подачи раствора, давления распыления и концентрации раствора [14].

Исследования проводили на распылительной сушилке Anhydro № 2 (Дания) с объёмом сушильной камеры 0,9 м<sup>3</sup>, мощностью калорифера 9 кВт и производительностью по испарению влаги до 10 л/ч при сушке воды.

Для этого полученные 80%-ные спиртовые экстракты из 20 кг корней и корневищ *Rhaponticum carthamoides* объединяли, фильтровали и удаляли этиловый спирт при температуре не выше 60 °С и вакууме 0,04–0,08 МПа. Сгущённый экстракт разбавляли очищенной водой в объёмном соотношении 1:1. Водный раствор пятикратно обрабатывали хлороформом методом жидкостно-жидкостной экстракции. Затем из очищенного концентрата экидистероиды



шестикратно извлекали *n*-бутанолом. Бутанольный экстракт сгущали и для удаления остатка органических растворителей разбавляли очищенной водой в объемном соотношении 1:1, после чего концентрировали до содержания сухих веществ 15 %.

Полученный водный раствор экидистероидов разделяли на 20 равных порций и подвергали сушке в распылительной сушилке при варьируемых технологических параметрах.

Эксперименты проводили при следующих условиях:

– *определение оптимальной температуры теплоносителя на входе*: первые 5 порций сушили при различных значениях температуры на входе и постоянной температуре на выходе – 70 °С, скорости подачи раствора 4 л/ч и давлении распыления 0,15 МПа;

– *определение оптимальной температуры теплоносителя на выходе*: следующие 5 порций сушили при фиксированной температуре на входе (150–160 °С) и различных значениях температуры на выходе при скорости подачи 4 л/ч и давлении распыления 0,15 МПа;

– *определение оптимальной скорости подачи раствора*: порции 11–13 сушили при температуре на входе 150–160 °С и на выходе 60–70 °С при различных скоростях подачи раствора и постоянном значении давления распыления 0,15 МПа;

– *определение оптимальной концентрации раствора*: порции 14–17 доводили до содержания сухих веществ 5, 10, 15 и 20 %. Сушку проводили при температуре на входе 150–160 °С и на выходе 60–70 °С, скорости подачи 3 л/ч и давлении распыления 0,15 МПа;

– *определение оптимального давления распыления*: последние три порции (18–20) с содержанием сухих веществ 15 % сушили при температуре на входе 150–160 °С и на выходе 60–70 °С, скорости подачи раствора 4 л/ч и при значениях давления распыления 0,1; 0,15 и 0,2 МПа.

### Результаты и их обсуждение

Ранее было предложено проводить экстракцию экидистероидов из корней и корневищ *Rhaponticum carthamoides* с использованием 80%-ного этанола при гидромодуле 1:16. Полученный объединённый экстракт упаривают, разбавляют водой в объемном соотношении 1:1, после чего гидрофобные примеси удаляют пятикратной обработкой хлороформом (1:1). Из обработанного раствора экидистерон извлекают восьмикратной экстракцией смесью хлороформа с изопропиловым спиртом (1:1) [15].

При разработке технологии получения биологически активной субстанции из корней и корневищ левзеи сафлоровидной, содержащей сумму экидистероидов, нами в качестве базовых стадий также были приняты экстракция 80%-ным этиловым спиртом и последующая обработка кубового остатка хлороформом. Однако стадию экстракции смесью хлороформа с изопропиловым спиртом (1:1) сочли нецелесообразной, поскольку данный экстрагент проявляет преимущественную селективность по отношению к индивидуальному экидистерону, а не к сумме экидистероидов.

В связи с этим была изучена динамика извлечения экидистероидов из очищенного водного раствора с использованием различных органических растворителей и их смесей (табл. 1).

Таблица 1

Динамика извлечения суммы экидистероидов из водного раствора различными органическими растворителями и их смесями

№ слива	Выход суммы экидистероидов, % от содержания в очищенном водном растворе			
	<i>n</i> -Бутиловый спирт	Хлороформ–изопропиловый спирт (1:1)	Экстракционный бензин– <i>n</i> -бутиловый спирт (1:1)	Экстракционный бензин–изопропиловый спирт (1:1)
1	36,5	2,5	1,5	8,5
2	64,6	12,5	16,5	15,2
3	82,6	27,5	31,4	22,4
4	92,4	47,3	43,7	28,9



5	96,2	62,4	50,7	35,6
6	97,5	74,5	57,5	42,3
7	97,5	84,6	63,2	49,2
8	–	91,2	69,2	55,7
9	–	93,5	75,6	60,2
10	–	94,1	80,6	62,4

Из данных, представленных в табл. 1, следует, что эффективность извлечения суммы экидистероидов существенно зависит как от природы экстрагента, так и от кратности экстракции. Наиболее высокие показатели достигнуты при использовании *n*-бутилового спирта. Уже на первой стадии извлекается 36,5 % целевых соединений; при увеличении числа сливов наблюдается интенсивный рост выхода: ко второму сливу – 64,6 %, к третьему – 82,6 %, к четвёртому – 92,4 %. После пятого и шестого сливов степень извлечения достигает 96,2 % и 97,5 % соответственно, тогда как дальнейшее увеличение кратности экстракции не приводит к существенному росту выхода, что указывает на достижение равновесного распределения.

Для системы хлороформ–изопропиловый спирт (1:1) характерна более плавная динамика процесса: степень извлечения возрастает от 2,5 % на первой стадии до 74,5 % на шестой и 94,1 % на десятой стадии. Несмотря на высокий конечный выход, данный экстрагент уступает *n*-бутиловому спирту по скорости извлечения.

Смеси экстракционного бензина с *n*-бутиловым и изопропиловым спиртами (1:1) характеризуются существенно более низкой эффективностью. Максимальный выход при использовании системы бензин–*n*-бутиловый спирт достигает 80,6 % к десятому сливу, тогда как смесь бензин–изопропиловый спирт обеспечивает лишь 62,4 % извлечения, что свидетельствует о низкой растворяющей способности данных систем по отношению к экидистероидам.

Полученные результаты позволяют заключить, что *n*-бутиловый спирт является наиболее эффективным экстрагентом для извлечения суммы экидистероидов из водных растворов. Его высокая эффективность, особенно на начальных стадиях процесса, вероятно, обусловлена оптимальным соотношением полярности растворителя и извлекаемых соединений, обеспечивающим их эффективное распределение в органическую фазу. Более низкая эффективность смешанных растворителей может быть связана с изменением их растворяющей способности и снижением селективности. В случае экстракционного бензина определяющим фактором является его низкая полярность, ограничивающая растворимость целевых веществ.

Таким образом, с учётом степени извлечения и технологических параметров процесса, оптимальным является проведение шестикратной экстракции *n*-бутиловым спиртом, обеспечивающей практически полное извлечение суммы экидистероидов (до 97,5 %) без увеличения числа стадий.

На начальном этапе разработки технологии получения сухого экстракта корней и корневищ *Rhaponticum carthamoides* сушку *n*-бутанольного экстракта осуществляли в сушильном шкафу при температуре не выше 60 °С и вакууме 0,6–0,8 кгс/см<sup>2</sup>. Однако данный метод характеризуется низкой интенсивностью массообмена и значительной продолжительностью процесса, что затрудняет его промышленное применение. В связи с этим дальнейшие исследования были направлены на использование распылительной сушки как более эффективного метода обезвоживания экстрактов.

Перед сушкой *n*-бутанольный экстракт концентрировали, переводили в водный раствор и исследовали влияние основных технологических параметров распылительной сушки.

Температура теплоносителя на входе является одним из ключевых факторов, определяющих интенсивность испарения влаги, кинетику сушки и качество получаемого продукта. С повышением температуры увеличивается скорость тепло- и массообмена, однако чрезмерно высокие значения могут приводить к термическому разрушению биологически



активных веществ. В связи с этим, с целью выбора рациональных условий распылительной сушки, были проведены исследования влияния температуры теплоносителя на входе в сушильную камеру (табл. 2).

Таблица 2

Влияние температуры теплоносителя на входе на выход продукта и качество сухого экстракта корней и корневищ *Rhaponticum carthamoides*

Температура теплоносителя на входе из сушильной камеры, °С	Выход сухого экстракта, % к массе сырья	Массовая доля влаги в сухом экстракте, %	Цвет сухого экстракта
140	1,1	3,4	Коричневый
150	1,5	3,6	Светло-коричневый
160	1,4	3,2	Светло-коричневый
170	1,2	2,9	Коричневый
180	1,0	2,6	Тёмно-коричневый

В соответствии с данными, представленными в табл. 2, установлено, что повышение температуры до 150–160 °С способствует увеличению выхода продукта за счёт более эффективного удаления влаги и снижения налипания. При этом достигается оптимальный баланс между скоростью сушки и сохранностью качества экстракта. Дальнейшее повышение температуры (170–180 °С) приводит к ухудшению органолептических характеристик (потемнение, появление запаха гари), что может свидетельствовать о частичной термической деструкции компонентов. Кроме того, наблюдается увеличение потери вследствие уноса мелкодисперсных частиц с потоком газа. При пониженных температурах (140 °С) процесс сушки протекает недостаточно интенсивно, что сопровождается налипанием материала на стенки камеры и снижением выхода. Таким образом, оптимальным является диапазон 150–160 °С.

Температура на выходе отражает степень завершённости процесса сушки и напрямую связана с остаточной влажностью продукта и его потерями. Исходя из этого, эксперименты были продолжены с целью изучения влияния температуры теплоносителя на выходе из сушильной камеры (табл. 3).

Таблица 3

Влияние температуры теплоносителя на выходе из сушильной камеры на выход продукта и качество сухого экстракта корней и корневищ *Rhaponticum carthamoides*

Температура теплоносителя на выходе из сушильной камеры, °С	Выход сухого экстракта, % к массе сырья	Массовая доля влаги в сухом экстракте, %	Цвет сухого экстракта
50	1,1	6,1	Коричневый
60	1,4	4,0	Светло-коричневый
70	1,3	3,8	Светло-коричневый
80	1,1	2,4	Коричневый
90	0,9	1,7	Тёмно-коричневый

Результаты, приведенные в табл. 3, показывают, что при температуре 50 °С продукт сохраняет повышенную влажность, что может отрицательно сказаться на его стабильности при хранении. Повышение температуры до 60–70 °С обеспечивает получение продукта с приемлемой влажностью при сохранении выхода. При более высоких значениях температуры (80–90 °С) наблюдается снижение выхода, что связано с уменьшением плотности частиц и их уносом с потоком воздуха. Таким образом, оптимальным является диапазон 60–70 °С.



Скорость подачи раствора определяет дисперсность распыла, время пребывания частиц в сушильной камере и эффективность теплообмена. Учитывая это, для установления влияния гидродинамических условий процесса были проведены исследования по изучению скорости подачи раствора в сушильную камеру (табл. 4).

Таблица 4

Влияние скорости подачи раствора на выход и качество сухого экстракта корней и корневищ *Rhaponticum carthamoides*

Скорости подачи раствора в сушильную камеру, л/ч	Выход сухого экстракта, % к массе сырья	Массовая доля влаги в сухом экстракте, %
2	1,2	3,1
3	1,4	3,4
4	1,1	3,9

На основании результатов, приведенных в табл. 4, установлено, что при скорости 3 л/ч достигается оптимальное соотношение между выходом и влажностью продукта. При меньшей скорости снижается производительность процесса, тогда как при увеличении до 4 л/ч ухудшается степень высушивания, что обусловлено сокращением времени контакта капель с теплоносителем и образованием более крупных частиц.

Концентрация сухих веществ в растворе оказывает существенное влияние на процесс распыления, вязкость системы и эффективность испарения влаги. В связи с этим, с целью оптимизации состава высушиваемой системы, были проведены исследования по изучению влияния концентрации раствора (табл. 5).

Таблица 5

Влияние концентрации высушиваемого водного раствора экидистероидов на выход и качество сухого экстракта корней и корневищ *Rhaponticum carthamoides*.

Массовая доля сухого остатка в высушиваемом водном растворе, %	Выход сухого экстракта, % к массе сырья	Массовая доля влаги в сухом экстракте, %	Цвет сухого экстракта
5	153,4	6,1	Коричневый
10	160,6	2,7	Светло-коричневый
15	180,4	3,0	Светло-коричневый
20	178,8	1,8	Коричневый

Показано, что растворы с содержанием сухого остатка 10–15 % являются оптимальными. При низкой концентрации (5 %) увеличиваются энергозатраты на испарение избыточной влаги, тогда как при высокой (20 %) возрастает вязкость системы, ухудшается распыление и наблюдается потемнение продукта, что может быть связано с локальным перегревом частиц.

Дополнительно установлено, что оптимальное давление распыления составляет 0,15 МПа, обеспечивая формирование мелкодисперсного аэрозоля и равномерное высушивание.

На основании проведённых исследований разработана технология получения сухого экстракта корней и корневищ *Rhaponticum carthamoides*, содержащего сумму экидистероидов. Воздушно-сухое сырьё предварительно измельчают до требуемой степени дисперсности, после чего загружают в экстрактор и подвергают пятикратной экстракции 80%-ным этиловым спиртом при температуре 20–25 °С (комнатная) с продолжительностью настаивания каждой стадии 6 часов. Полученные извлечения объединяют, фильтруют и концентрируют до густой массы. На завершающей стадии упаривания в систему добавляют очищенную воду и продолжают процесс до полного удаления этанола.

Полученный водный концентрат переносят в реактор и подвергают очистке от гидрофобных примесей путём пятикратной обработки хлороформом в объёмном соотношении 1:1. Очищенный водный раствор направляют на стадию извлечения суммы экидистероидов,



которую проводят шестикратной экстракцией *n*-бутиловым спиртом также в соотношении 1:1. Объединённые *n*-бутанольные извлечения концентрируют при температуре не выше 60 °С. В конце процесса упаривания добавляют очищенную воду и продолжают процесс до полного удаления *n*-бутанола.

Полученный концентрат доводят очищенной водой до содержания сухого остатка около 15 %, после чего при постоянном перемешивании подают в распылительную сушилку с использованием перистальтического насоса. Сушку проводят при температуре теплоносителя на входе 150–160 °С и на выходе 60–70 °С, скорости подачи раствора 3 л/ч и давлении распыления 0,15 МПа.

В результате реализации предложенной технологии получают сухой экстракт с выходом около 1,4 % от массы исходного сырья и содержанием суммы экидистероидов не менее 10 %, что свидетельствует о её эффективности и технологической целесообразности.

### Вывод

Разработана технология получения сухого экстракта корней и корневищ *Rhaponticum carthamoides*, содержащего сумму экидистероидов. Показано, что эффективная схема переработки сырья включает пятикратную экстракцию 80%-ным этиловым спиртом, последующую очистку водного концентрата пятикратной обработкой хлороформом и шестикратное извлечение целевых соединений *n*-бутиловым спиртом. Полученный концентрат суммы экидистероидов растворяют в воде и подвергают распылительной сушке при следующих оптимальных параметрах: температура теплоносителя на входе 150–160 °С, на выходе 60–70 °С, скорость подачи раствора 3 л/ч, давление распыления 0,15 МПа, содержание сухих веществ 10–15 %. Разработанная технология обеспечивает 1,4 % выхода сухого экстракта от массы исходного сырья при содержании суммы экидистероидов не менее 10 %.

**Финансовая поддержка.** Данная работа финансировалась за счет средств базового финансирования Института химии растительных веществ АН РУз

### Список литературы:

1. Cahlíková L., Macáková K., Chlebek J., Host'áková A., Kulhánková A., Opletal L. Ecdysterone and its activity on some degenerative diseases // *Natural Product Communications*. 2011. Vol. 6, No. 5. P. 707–718.
2. Das N., Mishra S. K., Bishayee A., Ali E. S., Bishayee A. The phytochemical, biological, and medicinal attributes of phytoecdysteroids: an updated review // *Acta Pharmaceutica Sinica B*. 2021. Vol. 11, No. 7. P. 1740–1766. <https://doi.org/10.1016/j.apsb.2020.10.012>.
3. Тимофеев Н. П. Достижения и проблемы в области изучения, использования и прогнозирования биологической активности экидистероидов. Обзор // *Бутлеровские сообщения*. 2006. Т. 8, № 2. С. 7–34.
4. Timofeev N. P. *Leuzea carthamoides* DC.: Application prospects as pharmacopreparations and biologically active components // In: *Functional Foods for Chronic Diseases* / Ed. D. M. Martirosyan. – Richardson, Texas, USA: D&A Incorporated, 2006. P. 105–120.
5. Isenmann E., Ambrosio G., Joseph J. F., Bloch W., Botezelli J. D., de Mello M. T., et al. Ecdysteroids as non-conventional anabolic agents: performance enhancement and safety // *Archives of Toxicology*. 2019. Vol. 93. P. 1807–1816. <https://doi.org/10.1007/s00204-019-02429-7>
6. Wilborn C. D., Taylor L., Poole C., Foster C. A., Willoughby D. S., Kreider R. B. Effects of a purported anabolic agent (20-hydroxyecdysone) on resistance training adaptations // *Journal of the International Society of Sports Nutrition*. 2006. Vol. 3. P. 19–26.
7. Báthori M., Pongrácz Z. Phytoecdysteroids – from isolation to their effects on humans // *Current Medicinal Chemistry*. 2005. Vol. 12. P. 153–172.
8. Kokoska L., Janovska D. Chemistry and pharmacology of *Rhaponticum carthamoides*: a review // *Phytochemistry*. 2009. Vol. 70, No. 7. P. 842–855. <https://doi.org/10.1016/j.phytochem.2009.04.008>.



9. Głazowska J., Kamiński M. M., Kamiński M. Chromatographic separation, determination and identification of ecdysteroids: focus on maral root (*Rhaponticum carthamoides*) // *Journal of Separation Science*. 2018. Vol. 41. P. 4304–4314. <https://doi.org/10.1002/jssc.201800506>.
10. Mamatkhanov A. U., Khalilov R. M., Mamatkhanova M. A. Complex processing of *Rhaponticum carthamoides* rhizomes with roots to produce ecdisten substance, total flavonoids, and lipid concentrate // *Pharmaceutical Chemistry Journal*. 2021. Vol. 54. P. 1040–1044. <https://doi.org/10.1007/s11094-021-02325-z>
11. Сидоров А. Б., Иванова В. Г. Определение сухого остатка в экстрактах лекарственного растительного сырья // *Журнал аналитической химии*. 2018. Т. 63, № 4. С. 215–219.
12. Mamatkhanov A. U., Khalilov R. M. Technology for obtaining ecdisten substance from the aerial part of *Silene praemixta* // *Pharmaceutical Chemistry Journal*. 2022. Vol. 56. P. 815–820. <https://doi.org/10.1007/s11094-022-02714-y>.
13. Халилов Р. М., Якубова М. Р. Разработка технологии производства субстанции силекбина на основе эктистероидов надземной части *Silene brahuica* // *Химия растительного сырья*. 2021. № 3. С. 319–327. <https://doi.org/10.14258/jcprm.2021039119>.
14. Абдурахманов Б. А., Ибрагимов Т. Ф., Сотимов Г. Б., Халилов Р. М. Оптимальные условия очистки и сушки сухого экстракта зверобоя из надземной части *Hypericum scabrum* и *Hypericum perforatum* // *Химико-фармацевтический журнал*. 2023. Т. 57, № 5. С. 24–29. <https://doi.org/10.30906/0023-1134-2023-57-5-24-29>.
15. Маматханов А. У., Саатов З., Сыров В. Н., Арипджанов А. К., Горовиц М. Б., Якубова М. Р., Шакиров Т. Т., Абубакиров Н. К. Способ получения эктистена // Патент РУз № 955. Бюллетень № 2. 1994

