Новая технология выделения эфирного масла из плодов укропа пахучего

**Н.Н. Бойко^{1,@}, Д.И. Писарев¹, Е.Т. Жилыкова¹, А.Ю. Малютина¹,
О.О. Новиков²**

¹Белгородский государственный национальный исследовательский университет, г. Белгород, 308015 Россия

²Центр коллективного пользования (научно-образовательный центр) «Центр контроля качества лекарств», Российский университет дружбы народов, Москва 117198, Россия

@Автор для переписки, e-mail: boykoniknik@gmail.com

Цель данной работы – изучение возможности применения перфторорганических растворителей для экстракции основных компонентов эфирного масла из плодов укропа пахучего. Для экстракции использовали измельченное сырье с фракцией частиц 0.1–0.5 мм. В исследовании использовали метод простой мацерации в течение 24 ч настаивания при соотношении сырье:экстрагент 1:10 (м/о) и температуре 24 ± 1 °С и метод циркуляционной экстракции в аппарате Сокслета при соотношении сырье:экстрагент 1:5 (м/о) в течение периода времени от 1 до 4 ч. Качественный анализ экстрактов проводили с помощью метода газовой хроматомасс-спектрометрии. Количественный анализ карвона проводили с помощью метода обращенно-фазовой ВЭЖХ. Выход карвона во все виды растворителей с помощью метода простой мацерации составил для гексана – $95 \pm 4\%$, для Noves 7100 – $92 \pm 3\%$, для Noves 1230 – $69 \pm 3\%$. Выход карвона в условиях циркуляционного метода экстракции за 60 мин циркуляции растворителя Noves 1230 составил $93 \pm 4\%$, а для Noves 7100 – $92 \pm 4\%$. Отмечено, что экстракт, полученный с помощью растворителя Noves 7100, загрязнен жирным маслом и требует дополнительной стадии очистки. Полученные результаты подтверждают высокую перспективность и целесообразность применения перфторорганических растворителей в фитотехнологии для выделения некоторых видов БАВ и эфирных масел из лекарственного растительного сырья.

Ключевые слова: плоды укропа пахучего, эфирное масло, карвон, перфторорганические растворители, Noves 1230, Noves 7100.

A New Technology for Extraction of Essential Oil from *Anethum graveolens* L. Fruits

**Nikolay N. Boyko^{1,@}, Dmitriy I. Pisarev¹, Elena T. Zhilyakova¹,
Anastasya Malyutina¹, Oleg O. Novikov²**

¹Belgorod National Research University, Belgorod 308015, Russia

²Test Department "Drugs Quality Control Center" of the Shared Research and Education Center, Peoples' Friendship University of Russia, Moscow 117198, Russia

@Corresponding author e-mail: boykoniknik@gmail.com

The aim of this work was to study the possibility of perfluoroorganic solvents use for extraction of main compounds of essential oil from *Anethum graveolens* L. fruits. We used *Anethum graveolens* L. fruits with particle size of 0.1–0.5 mm for extraction. We used the method of simple maceration for 24 hours, with raw material to solvent ratio of 1:10 w/v at 24±1°C. Besides, we used the method of circulation extraction in the Soxhlet extractor with raw material to solvent ratio of 1:5 w/v for 1 to 4 hours. The qualitative analysis of extracts was carried out by the method of GC-MS. The quantitative analysis of carvone was carried out by the method of RP HPLC at 240 nm analytical wavelength. The use of simple maceration method provided the following yields of carvone into all types of solvents: 95±4 % for n-hexane, 95±4 % for Novec 7100, and 69±3 % for Novec 1230. The use of the circulation method of extraction for 60 min of solvent circulation provided the following yields of carvone: 93±4 % for Novec 1230 and 92±4 % for Novec 7100. It was noted that the extract obtained with solvent Novec 7100 was contaminated by fatty oil and required an addition stage of purification. The results obtained suggest that perfluoro organic solvents have good prospects and applicability in the phytotechnology for the extraction of some types of biologically active compounds and essential oils from the plant raw material.

Keywords: *Anethum graveolens* L. fruits, essential oil, carvone, perfluoro organic solvents, Novec 1230, Novec 7100.

Введение

Одним из интересных растительных объектов в исследованиях является укроп пахучий *Anethum graveolens* L. Ценным сырьем этого растения являются его плоды. В данном виде сырья в значительных количествах содержатся: эфирное масло – до 4% (карвон до 60% и лимонен до 50%, фелландрен и др.), жирное масло – до 20%, белки – до 16%, углеводы – до 36%, обнаружены кумарины (эскулетин, скополетин, умбеллиферон), фурукумарины (бергаптен), фенолкарбоновые кислоты (кофейная, хлорогеновая, феруловая), флавоноиды и некоторые другие группы веществ [1]. Биологически активные вещества из плодов укропа пахучего имеют широкий спектр фармакологического действия: инсектицидное, антимикробное, противовоспалительное, ранозаживляющее, спазмолитическое, лактогонное, гиполипидмическое, сосудорасширяющее и др. [1–3].

Таким образом, исследования в области технологии выделения биологически активных веществ и в особенности эфирного масла из данного вида сырья являются актуальными.

В целом эфирные масла из растительного сырья получают с помощью следующих методов: прессования, гидродистилляции, экстракции, анфлеража, сорбции [4]. Каждый из этих методов применяется для определенного вида сырья и/или эфирного масла, классическим является метод гидродистилляции, он также входит во все фармакопеи мира как аналитический метод определения содержания эфирного масла.

Следует отметить, что наиболее перспективный метод – это экстракция с помощью сжиженных газов и сверхкритических флюидов [5–7]. Данный метод имеет ряд преимуществ в сравнении с гидродистилляцией: минимальное воздействие температуры на выделяемое эфирное масло, возможность организации последовательной комплексной переработки сы-

рья, умеренные энергозатраты. Однако ему присущ один существенный недостаток – необходимость применения дорогого специального оборудования, работающего под давлением.

В результате информационно-патентного поиска было обнаружено, что в качестве экстрагента для селективного выделения некоторых липофильных веществ можно использовать перфторорганические растворители. Данные растворители обладают рядом уникальных физико-химических свойств: низкой теплотой испарения, низкой температурой кипения, низким поверхностным натяжением, низкой токсичностью, высокой инертностью, они пожаро- и взрывобезопасны [6, 8–10].

Данные свойства обусловлены присутствием в углеродном скелете молекулы растворителя большого количества атомов фтора, которые способствуют образованию слабых межмолекулярных связей [11]. Поэтому применение перфторорганических растворителей в качестве экстрагентов в фитотехнологии для выделения некоторых видов липофильных БАВ и в частности эфирных масел представляется весьма целесообразным. Однако на данный момент системных исследований в области практического применения данных растворителей в фитотехнологии не проводилось.

Цель данной работы – изучить возможность применения перфторорганических растворителей для экстракции эфирного масла из плодов укропа пахучего.

Экспериментальная часть

Для исследований использовали: «Плоды укропа пахучего», произведенные ООО Аптека «Лекарственные растения» (г. Харьков, Украина), № 981117, срок годности до IX/2020 года, сырье соответствовало требованиям ФС.2.5.0043.15 Укропа пахучего плоды. Для экстракции использовали измельченное сырье с фракцией частиц 0.1–0.5 мм. Измельчение плодов

укропа пахучего осуществляли с помощью высокоскоростного измельчителя НС-500У (Китай), отбор нужной фракции частиц проводили с помощью лабораторных сит с размером ячеек 0.1–0.5 мм.

В качестве растворителей использовали Noves 1230, Noves 7100 компании 3М и *n*-гексан квалификации «х.ч.».

Методы экстракции: 1) простая мацерация в течение 24 ч настаивания, при соотношении сырье:экстрагент 1:10 (м/о) и температуре 24 ± 1 °С (точную навеску 1.0 г измельченного ЛРС помещают в герметичный флакон, заливают 10.0 мл растворителя, укупывают и оставляют для настаивания); 2) циркуляционная экстракция в аппарате Сокслета при соотношении сырье:экстрагент 1:5 (м/о) в течение времени от 1 до 4 ч (точную навеску 5.0 г измельченного ЛРС помещают в аппарат Сокслета, заливают 25.0 мл растворителя и проводят процесс экстракции в течение заданного промежутка времени). Растворитель отгоняли, экстракт растворяли в 10.0 мл этилацетата (точная навеска, около 9.0 г) и анализировали на содержание эфирного масла и нелетучих липофильных веществ (жирного масла) с помощью гравиметрии, а также на содержание карвона. Содержание карвона анализировали с помощью обращенно-фазовой ВЭЖХ (ОФ ВЭЖХ), приготовление образца осуществляли по следующей методике: 2.0 мл экстракта (точная навеска) этилацетатного раствора помещали в колбу на 10.0 мл, испаряли растворитель в токе воздуха в течение 10–15 мин и растворяли содержимое в 96%-ном этаноле. Полученный этанольный раствор центрифугировали при 13 000 об./мин в течение 5 мин для отделения масляной фазы.

Содержание эфирного масла в лекарственном растительном сырье (ЛРС) определяли по методу 1 ОФС.1.5.3.0010.15 ГФ РФ XIV «Определение содержания эфирного масла в лекарственном растительном сырье и лекарственных растительных препаратах» [12]. При этом полученное эфирное масло дополнительно взвешивали.

Содержание нелетучих липофильных веществ (жирного масла) в ЛРС определяли с использованием *n*-гексана по методу 1 ОФС.1.5.3.0006.15 ГФ РФ XIV «Определение содержания экстрактивных веществ в лекарственном растительном сырье и лекарственных растительных препаратах» [12].

Содержание эфирного масла в этилацетатном растворе определяли гравиметрическим методом по разности в потере массы при испарении растворителя при комнатной температуре и после нагревания в сушильном шкафу до 100 °С. Методика определения эфирного масла: этилацетатный раствор объемом 5.0 мл (точная навеска, около 4.5 г), помещали в бюкс, растворитель испаряли в токе воздуха в течение 10–15 мин и взвешивали бюкс. Содержание нелетучих липофильных веществ (жирного масла) в экстракте определяли гравиметрическим методом по

методике ОФС.1.2.1.0010.15 ГФ РФ XIV «Потеря в массе при высушивании» [12]. По полученной разности масс содержимого бюкса рассчитывали содержание эфирного масла.

Общее содержание нелетучих липофильных веществ (жирного масла) в ЛРС составляло $8.4 \pm 0.4\%$ мас., карвона – $1.48 \pm 0.05\%$ мас. (данное содержание карвона было принято за 100%), эфирного масла – $3.8 \pm 0.2\%$ мас. Качественный анализ экстрактов осуществляли с помощью метода газовой хроматомасс-спектрометрии (ГХ-МС). Анализ проводили на хроматомасс-спектрометре модели GCMS-QP2010 Ultra (Shimadzu, Япония). Условия хроматографического анализа: колонка ZEBRON ZB-5MS 30 мл $\times$ 0.25 мм ID $\times$ 0.25 мкм df; жидкая фаза – 5% polysilarylene-95% polydimethylsiloxane, температурный режим – 70 °С (изотерма 2 мин) – 200 °С (изотерма 5 мин), скорость подъема температуры 5°/мин; температура испарителя 210 °С; температура ионного источника 250 °С; температура интерфейса 250 °С; газ-носитель – гелий, скорость потока – 3.0 мл/мин; объем вводимой пробы – 1 мкл; режим детектирования – полный ионный ток (SCAN) в диапазоне m/z 30–500 Да, со скоростью сканирования 1000 и результирующим временем 0.5 с.

Количественный анализ карвона осуществляли с помощью метода ОФ ВЭЖХ с применением стандартного образца карвона от фирмы Sigma-Aldrich с содержанием $\geq 98.0\%$ (CAS 6485-4D-1). Анализ проводили на хроматографе фирмы Agilent Technologies, серии Agilent 1200 Infinity (США), условия анализа [13]: колонка Supelco Ascentis express C18 2.7 мкм $\times$ 100 мм $\times$ 4.6 мм; подвижная фаза: А – 1% водный раствор муравьиной кислоты; Б – этанол; градиентное элюирование: 0 мин – 90% А; 10 мин – 80% А; 20 мин – 70% А; 30 мин – 50% А; 40 мин – 10% А; скорость потока 0.5 мл/мин; температура колонки 35 °С, объем пробы 5 мкл; аналитическая длина волны 240 нм.

Основные параметры валидации метода анализа и пригодности ОФ ВЭЖХ-системы для определения карвона представлены в табл. 1.

Результаты и их обсуждение

Результаты исследования выхода карвона в различные растворители, которые были получены с помощью метода простой мацерации, представлены на рис. 1.

Как видно из данных, представленных на рис. 1, выход карвона во все виды растворителей очень высокий: для гексана он составил $95 \pm 4\%$, для Noves 7100 – $92 \pm 4\%$ и для Noves 1230 – $69 \pm 3\%$. Эти предварительные результаты говорят о хорошей растворяющей способности перфторорганических растворителей по отношению к низкомолекулярной и малополярной молекуле карвона.

Таблица 1. Основные параметры валидации метода анализа и пригодности ОФ ВЭЖХ-системы для определения карвона

Параметр	Фармакопейное ограничение [12]	Карвон*
Время удерживания, мин	-	31.6±0.2
Фактор асимметрии	0.8–1.5	0.81
Разрешение между пиками	≥1.5	2.63
Относительное стандартное отклонение, RSD, %	≤2.0	1.2
LOD, г/мл	-	$2.2 \cdot 10^{-5}$
LOQ, г/мл	-	$6.6 \cdot 10^{-5}$
Коэффициент детерминации, r^2	≥0.98	0.9999
Линейное регрессионное уравнение, $C(\text{г/мл}) = f(S(\text{мПЕ} \cdot \text{с}))$	-	$C = (1.86 \pm 0.03) \cdot 10^{-7} \cdot S$

*Среднее значение и его ошибку ($X \pm \Delta X$) вычисляли при числе повторов $n = 3$ и уровне значимости $P = 0.95$.

Типичная хроматограмма ГХ-МС экстракта, полученного при использовании перфторорганического растворителя Novex 1230, представлена на рис. 2.

Как видно из хроматограммы ГХ-МС (рис. 2), в экстракте на основе перфторорганического растворите-

ля Novex 1230 присутствует два доминирующих вещества и несколько минорных компонентов. Идентичная хроматограмма наблюдалась и у экстракта на основе растворителя Novex 7100. Результаты ГХ-МС-анализа полученных экстрактов представлены в табл. 2.

Рис. 1. Выход карвона в различные растворители при мацерации. Соотношение ЛРС: экстрагент 1:10 (м/о), температура 24 ± 1 °С, время настаивания 24 ч. Число повторов $n = 3$, уровень значимости $P = 0.95$.

Рис. 2. Хроматограмма ГХ-МС экстракта, полученного с помощью Novex 1230 (условия см. Эксперимент. часть). Ось Y – общий ионный ток (ТIC), $\times 10^7$; ось X – время выхода вещества, мин.

Таблица 2. Состав экстрактов, полученных с использованием растворителей Noves 1230/7100, определенный с помощью ГХ-МС-анализа

Название вещества	Время удерживания, мин	Относительная площадь пика*, %		Структурная формула вещества
		Noves 1230	Noves 7100	
альфа-Фелландрен	4.1±0.2	0.71±0.04	0.96±0.05
Лимонен	4.6±0.2	48.8±2.5	45.6±2.3
Дигидрокарвон	9.0±0.4	1.79±0.09	1.70±0.09
Карвон	10.3±0.4	45.6±2.4	44.8±2.3
Анетол	11.3±0.5	0.45±0.02	3.94±0.2

Как видно из данных табл. 2, состав экстрактов, которые были получены с помощью перфторорганических растворителей Noves 1230/7100, идентичен и представлен в основном лимоненом и карвоном. При этом соотношение относительных площадей пиков, соответствующих этим веществам, находится на уровне 1:1.

Заключительным этапом наших исследований являлось изучение зависимости выхода карвона от времени экстракции с помощью метода циркуляции экстрагента в аппарате Сокслета (давление 1 бар, температура 25 °С) для обоих перфторорганических растворителей. Полученные результаты представлены на рис. 3.

Как видно из рис. 3, динамика выхода карвона в исследуемые растворители идентична, что хорошо согласуется с нашими результатами, приведенными выше. Для растворителя Noves 1230 выход карвона из ЛРС составил 93±4% (1.38±0.05% мас.), выход эфирного масла – 3.6±0.2% мас., с содержанием карвона до 47.3% (время экстракции 60 мин). При этом в полученном экстракте жирное масло не было обнаружено. Для растворителя Noves 7100 выход карвона из ЛРС составил 92±4% (1.37±0.05% мас.), выход эфирного масла – 3.6±0.2% мас., с содержанием карвона до

Рис. 3. Зависимость выхода карвона от времени циркуляции растворителя Noves 1230/7100. Число повторов $n = 3$, уровень значимости $P = 0.95$.

45.1±2.3% (время экстракции – 60 мин). При этом в полученном экстракте было обнаружено жирное масло, выход которого достигал 2.4±0.2% мас.

В целом результаты проведенных экспериментов показывают сопоставимые значения по выходу карвона и эфирного масла для двух видов исследуемых перфторорганических растворителей. При этом

за 60–75 мин циркуляции растворителя можно ожидать выход карвона на уровне 90–95%. Однако следует отметить, что при использовании растворителя Noves 7100 получаемый продукт будет загрязнен жирным маслом приблизительно на 40%, что требует применения стадии дополнительной очистки, например, с использованием 96%-го эта-

нола. На данную технологию выделения эфирного масла из плодов укропа пахучего были поданы заявки на патенты РФ.

Полученные результаты сопоставимы с результатами выделения эфирного масла из данного вида ЛРС с помощью технологии сжиженных газов и сверхкритических флюидов (табл. 3).

Таблица 3. Результаты выделения эфирного масла из плодов укропа пахучего с использованием различных экстрагентов

	Zorca M. с соавт. [14]	Касьянов Г.И. с соавт. [5]	Nenov N. с соавт. [15]	Данное исследование	Данное исследование
Экстрагент	Сверхкритический диоксид углерода	Сжиженный диоксид углерода	Хладон 134а	Noves 1230	Noves 7100
Выход эфирного масла, %	4.77	3.0–4.5	0.65	3.6	1.37
Содержание карвона (в пересчете на относительную площадь пика хроматограммы ГХ-МС)	до 53.7%	до 19%	до 53.12%	до 47.3%	до 45.1%
Давление, бар	120	57	5	1	1
Температура, °C	40	20	18	25	25
Время экстракции, мин	120	90	75	60	60

Из приведенного информационного материала (табл. 3) можно видеть, что с применением сжиженного диоксида углерода и фреона 134а экстракция эфирного масла проходит за 75–120 мин, в то время как в наших условиях циркуляционного метода экстракции за 60 мин выход карвона в растворитель, как было показано выше, составляет более 90%. Полученные результаты позволяют заключить, что некоторые перфторорганические растворители могут использоваться в фитотехнологии для экстракции некоторых липофильных БАВ и в частности эфирных масел.

Выводы

Изучена возможность применения перфторорганических растворителей Noves 1230/7100 для экстракции основных компонентов эфирного масла из плодов укропа пахучего. В условиях простой мацерации выход карвона в растворитель Noves 1230

составил $69 \pm 3\%$, а для Noves 7100 – $92 \pm 4\%$, что сопоставимо с выходом для *n*-гексана – $95 \pm 4\%$. В условиях циркуляционного метода экстракции за 60 мин выход карвона в растворитель Noves 1230 составил $93 \pm 4\%$, а для Noves 7100 – $92 \pm 4\%$. Экстракт, полученный с помощью растворителя Noves 7100, был загрязнен жирным маслом и требовал дополнительной стадии очистки. Полученные результаты подтверждают высокую перспективность и целесообразность применения перфторорганических растворителей в фитотехнологии выделения некоторых видов БАВ и эфирного масла.

Финансовая поддержка

Результаты получены в рамках выполнения государственного задания № 12.6429.2017/БЧ «Комплексные исследования объектов растительного происхождения в процессе создания ряда целевых лекарственных форм для проктологии».

Список литературы:

1. Попова Н.В., Литвиненко В.И., Куцаян А.С. Лекарственные растения мировой флоры: энциклопедический справочник. Харьков: Діса плюс, 2016. 540 с.
2. Al-Snafi E. A. The pharmacological importance of *Anethum graveolens*. A review // Int. J. Pharmacy and Pharm. Sci. 2014. V. 6. Iss. 4. P. 11–13.
3. Yousofvand N., Soltany A. Effects of hydroalcoholic extract of dill (*Anethum graveolens*) on the serum levels of blood lipids (cholesterol, triglycerides, LDL and HDL) in male NMRI mice // J. Pharm., Chem. and Biol. Sci. 2015. V. 3. Iss. 1. P. 114–121.
4. Чуешов В.И., Гладух Е.В., Сайко И.В. [и др.] Технология лекарств промышленного производства: Пер. с украин. Винница: Новая Книга, 2014. Ч. 1. 696 с.

References:

1. Popova N.V., Litvinenko V.I., Kutsanyan A.S. Medicinal Plants of the World: Encyclopedic Handbook. Kharkov: Disa Plus Publ., 2016. 540 p. (in Russ.)
2. Al-Snafi E.A. The pharmacological importance of *Anethum graveolens*. A review. Int. J. Pharmacy and Pharm. Sci. 2014; 6(4):11-13.
3. Yousofvand N., Soltany A. Effects of hydroalcoholic extract of dill (*Anethum graveolens*) on the serum levels of blood lipids (cholesterol, triglycerides, LDL and HDL) in male NMRI mice J. Pharm., Chem. and Biol. Sci. 2015; 3(1):114-121.
4. Chueshov V.I., Gladukh E.V., Sayko I.V. [et al.] Technology of manufactured drugs: transl. from Ukrainian. Vinnitsa: Nonavaya Kniga Publ., 2014. V. 1. 696 p. (in Russ.)

5. Касьянов Г.И., Пехов А.В., Таран А.А. Натуральные пищевые ароматизаторы – CO₂ экстракты. М.: Пищевая промышленность, 1978. 176 с.
6. Технологии и стандартизация лекарств: Сб. науч. тр. Под ред. В.П. Георгиевского и Ф.А. Конева. Харьков: ООО «РИРЕГ», 2000. 784 с.
7. Зилфикаров И.Н. Челомбитко В.А., Алиев А.М. Обработка лекарственного растительного сырья сжиженными газами и сверхкритическими флюидами. Пятигорск, 2007. 244 с.
8. Industrial Solvents Handbook. Ed. by Ernest W. Flick. 5th ed. Westwood, New Jersey: Noyes Data Corporation Publ., 1998. 994 p.
9. Lemaire B., Mompon B., Surbled I., Surbled M. Method for fractionating essential oils using at least fluorinated solvent: Pat. EP 1307533B1. Priority Date 22.06.2000.
10. Lemaire B., Surbled M., Zwegers J., Mompon B. Method for extracting and fractionating fats with solvent, using at least a hydrofluoroether: Pat. US 6673952 B2. Publ. Date: 06.1.2004.
11. Новое в технологии соединений фтора: Пер. с японск. / Под ред. Н.И. Исиавы. М.: Мир, 1984. 592 с.
12. Государственная фармакопея Российской Федерации. XIV издание. Том I. Москва: Министерство здравоохранения Российской Федерации, 2018. Режим доступа: <http://femb.ru/femb/pharmacopea.php>. Дата обращения: 06.03.19.
13. Zhilyakova E.T., Novikov O.O., Pisarev D.I., Malyutina A.Y., Boyko N.N. Studying the polyphenolic structure of *Laurus nobilis* L. leaves // Indo Am. J. Pharm. Sci. 2017. V. 4. Iss. 9. P. 3066–3074.
14. Zorca M., Gainar I., Bala D. The CO₂ density variation in the supercritical extraction of anet essential oils // Analele Universității din București – Chimie, Anul. – XVI (serie nouă). 2007. V. I. P. 43–47.
15. Nenov N., Atanasova T., Stoilova I., Gochev V., Girova T., Stoyanova A. Low temperature extraction of essential oil bearing plants by liquefied gases. 11. Dill (*Anethum graveolens* L.). Scientific works. Vol. LX. Food Science, Engineering and Technologies. 18-19 October 2013. Plovdiv, 2013.
5. Kas'yanov G.I., Pekhov A.V., Taran A.A. Natural food flavors – CO₂ extracts. Moscow: Pishchevaya promyshlennost' (Food Industry) Publ., 1978. 176 p. (in Russ.)
6. Technology and standardization of drugs: Collection of research papers. Ed. by V.P. Georgievskiy and F.A. Konev. Kharkov: LLC "RIREG" Publ., 2000. 784 p. (in Russ.)
7. Zilfikarov I.N., Chelombit'ko V.A., Aliev A.M. Treatment of the plant raw material by liquefied gases and supercritical fluids. Pyatigorsk, 2007. 244 p. (in Russ.)
8. Industrial Solvents Handbook. Ed. by Ernest W. Flick. 5th ed. Westwood, New Jersey: Noyes Data Corporation Publ., 1998. 994 p.
9. Lemaire B., Mompon B., Surbled I., Surbled M. Method for fractionating essential oils using at least fluorinated solvent: Pat. EP 1307533B1. Priority Date 06/22/2000.
10. Lemaire B., Surbled M., Zwegers J., Mompon B. Method for extracting and fractionating fats with solvent, using at least a hydrofluoroether: Pat. US 6673952 B2. Pub. Date: 01/06/2004.
11. New in the technology of fluorinated compounds: transl. from Japanese. Ed. by N.I. Isikava. Moscow: Mir Publ., 1984. 592 p. (in Russ.)
12. State pharmacopoeia of Russian Federation. XIV ed. Vol. I. Moscow: Ministry of Healthcare of Russian Federation Publ., 2018. Access: <http://femb.ru/femb/pharmacopea.php>. Access Date 03/06/19.
13. Zhilyakova E.T., Novikov O.O., Pisarev D.I., Malyutina A.Y., Boyko N.N. Studying the polyphenolic structure of *Laurus nobilis* L. leaves. Indo Am. J. Pharm. Sci. 2017; 4(9): 3066-3074.
14. Zorca M., Gainar I., Bala D. The CO₂ density variation in the supercritical extraction of anet essential oils. *Analele Universității din București – Chimie, Anul. – XVI (serie nouă)*. 2007; 1:43-47.
15. Nenov N., Atanasova T., Stoilova I., Gochev V., Girova T., Stoyanova A. Low temperature extraction of essential oil bearing plants by liquefied gases. 11. Dill (*Anethum graveolens* L.). Scientific works. Vol. LX. Food Science, Engineering and Technologies. 18-19 October 2013. Plovdiv, 2013.

Об авторах:

Бойко Николай Николаевич, кандидат фармацевтических наук, младший научный сотрудник лаборатории технологии лекарств, доцент кафедры фармацевтической технологии, Белгородский государственный национальный исследовательский университет (Россия, 308015, г. Белгород, ул. Победы, д. 85). E-mail: boykoniknik@gmail.com. ORCID: 0000-0001-9222-2935.

Писарев Дмитрий Иванович, доктор фармацевтических наук, профессор кафедры общей химии, Белгородский государственный национальный исследовательский университет (Россия, 308015, г. Белгород, ул. Победы, д. 85). E-mail: pisarev@bsu.edu.ru. ORCID: 0000-0002-2996-7712.

Жиякова Елена Теодоровна, доктор фармацевтических наук, профессор, заведующий кафедрой фармацевтической технологии, Белгородский государственный национальный исследовательский университет (Россия, 308015, г. Белгород, ул. Победы, д. 85). E-mail: ezhilyakova@bsu.edu.ru.

Малютина Анастасия Юрьевна, кандидат фармацевтических наук, доцент кафедры общей химии, Белгородский государственный национальный исследовательский университет (Россия, 308015, г. Белгород, ул. Победы, д. 85). E-mail: malyutina_a@bsu.edu.ru. ORCID: 0000-0001-6170-2151.

Новиков Олег Олегович, доктор фармацевтических наук, профессор, заведующий Центром коллективного пользования (научно-образовательный центр) «Центр контроля качества лекарств», Российский университет дружбы народов (Россия, 117198, Москва, ул. Миклухо-Маклая, д. 8/2). E-mail: novikov@bsu.edu.ru. ORCID: 0000-0003-3145-6783.

About the authors:

Nikolay N. Boyko, Ph.D. (Pharmacy), Junior Research Scientist of the Laboratory of Technology of Drugs, Associate Professor of the Chair of Pharmaceutical Technology, Belgorod National Research University (85, Pobedy st., Belgorod, 308015, Russia). E-mail: boykoniknik@gmail.com. ORCID: 0000-0001-9222-2935.

Dmitriy I. Pisarev, D.Sc. (Pharmacy), Professor of the Chair of General Chemistry, Belgorod National Research University (85, Pobedy st., Belgorod, 308015, Russia). E-mail: pisarev@bsu.edu.ru. ORCID: 0000-0002-2996-7712.

Elena T. Zhilyakova, D.Sc. (Pharmacy), Professor, Head of the Chair of Pharmaceutical Technology, Belgorod National Research University (85, Pobedy st., Belgorod, 308015, Russia). E-mail: ezhilyakova@bsu.edu.ru.

Anastasya Yu. Malyutina, Ph.D. (Pharmacy), Associate Professor of the Chair of General Chemistry, Belgorod National Research University (85, Pobedy st., Belgorod, 308015, Russia). E-mail: malyutina_a@bsu.edu.ru. ORCID: 0000-0001-6170-2151.

Oleg O. Novikov, D.Sc. (Pharmacy), Professor, Head of the Test Department "Drugs Quality Control Center" of the Shared Research and Education Center, Peoples' Friendship University of Russia (8/2, Miklukho-Maklay st., Moscow, 117198, Russia). E-mail: ole9222@yandex.ru. ORCID: 0000-0003-3145-6783.

Для цитирования: Бойко Н.Н., Писарев Д.И., Жилиякова Е.Т., Малютин А.Ю., Новиков О.О. Новая технология выделения эфирного масла из плодов укропа пахучего // Тонкие химические технологии. 2019. Т. 14. № 2. С. 33–40. DOI: 10.32362/2410-6593-2019-14-2-33-40

For citation: Boyko N.N., Pisarev D.I., Zhilyakova E.T., Malyutina A.Yu., Novikov O.O. A new technology for extraction of essential oil from *Anethum graveolens* L. fruits. *Tonkie Khim. Tekhnol. = Fine Chemical Technologies*. 2019; 14(2):33-40. (in Russ.). DOI: 10.32362/2410-6593-2019-14-2-33-40