







С.Д. Рюмин¹  
Р.Ш. Хазиев¹ 
А.В. Немтарев² 

Спектрофотометрическое определение карвона в плодах и эфирном масле тмина обыкновенного: разработка и валидация методики

¹ Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Казанский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации, ул. Бутлерова, д. 49, г. Казань, 420012, Российская Федерация

² Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Казанский (Приволжский) федеральный университет», ул. Кремлевская, д. 18, корп. 1, г. Казань, 420008, Российская Федерация

✉ Рюмин Сергей Денисович; ryumin-2000@list.ru,
sergey.ryumin@kazanmu.ru

РЕЗЮМЕ

ВВЕДЕНИЕ. Плоды тмина обыкновенного применяются для лечения синдрома раздраженного кишечника и диспептических расстройств благодаря их выраженному спазмолитическому, противомикробному и ветрогонному действию. Спазмолитическая активность плодов тмина обусловлена преимущественно содержанием эфирного масла, преобладающим компонентом которого является карвон. Европейской фармакопеей 11 изд. регламентируется содержание карвона в эфирном масле, тогда как в Государственной фармакопее Российской Федерации XIV изд. стандартизация плодов тмина по содержанию карвона не предусмотрена.

ЦЕЛЬ. Разработка и валидация спектрофотометрической методики определения карвона в эфирном масле плодов тмина обыкновенного; проверка результатов спектрофотометрического определения методом газовой хроматографии – масс-спектрометрии.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ. В работе использовали плоды тмина обыкновенного (*Carum carvi* L.) производства ООО «Фирма Здоровье» серия 031224, срок годности до 11.2027, стандартный образец карвона с содержанием основного вещества 98,5% (Fluka), спектрофотометр UNICO 2802 (United Products & Instruments, Inc.), весы аналитические АДВ-200М (ГОСМЕТР), газовый хроматограф GC-MS QP2010 Ultra (Shimadzu), совмещенный с масс-селективным детектором. При спектрофотометрическом определении навески эфирного масла и стандартного образца карвона растворяли в 95% спирте и снимали оптические плотности растворов при длине волны 236 нм в кюветках с толщиной слоя 10 мм. Результаты спектрофотометрической методики подтверждали с помощью газовой хроматографии.

РЕЗУЛЬТАТЫ. Валидация спектрофотометрической методики количественного определения карвона, проведенная в соответствии с требованиями ОФС.1.1.0012 «Валидация аналитических методик» Государственной фармакопее Российской Федерации XV изд., показала ее специфичность, линейность, прецизионность и правильность. Результаты не отягощены систематической погрешностью. Относительное стандартное отклонение (RSD) не превышает 2,0%. Результаты спектрофотометрического определения карвона ($75,7 \pm 0,9\%$) коррелируют с результатами анализа методом газожидкостной хроматографии ($75,2 \pm 0,8\%$).

ВЫВОДЫ. Разработанная методика количественного определения карвона может быть использована для стандартизации как самих плодов тмина обыкновенного




венного путем введения дополнительного критерия оценки качества его эфирного масла в раздел «Количественное определение», так и эфирного масла тмина обыкновенного, используемого в качестве субстанции для изготовления лекарственных препаратов.

Ключевые слова: карвон; тмин обыкновенный; *Carum carvi*; лимонен; эфирное масло; валидация методики; количественное определение; спектрофотометрия; газожидкостная хроматография

Для цитирования: Рюмин С.Д., Хазиев Р.Ш., Немтарев А.В. Спектрофотометрическое определение карвона в плодах и эфирном масле тмина обыкновенного: разработка и валидация методики. *Регуляторные исследования и экспертиза лекарственных средств*. 2026;16(2):198–205. <https://doi.org/10.30895/1991-2919-2026-16-2-198-205>

Финансирование. Работа выполнена без спонсорской поддержки.

Потенциальный конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Sergey D. Ryumin¹ ✉ 
Ramil' Sh. Khaziev¹ 
Andrey V. Nemtarev² 

Spectrophotometric Determination of Carvone in Caraway Fruits and Essential Oil: Development and Validation of an Analytical Procedure

¹ Kazan State Medical University,
49 Butlerov St., Kazan 420012, Russian Federation

² Kazan (Volga Region) Federal University,
18/1 Kremlevskaya St., Kazan 420008, Russian Federation

✉ **Sergey D. Ryumin;** ryumin-2000@list.ru, sergey.ryumin@kazangmu.ru

ABSTRACT

INTRODUCTION. Caraway fruits are used in the treatment of irritable bowel syndrome and dyspeptic disorders due to their pronounced antispasmodic, antimicrobial, and carminative effects. The antispasmodic activity of caraway seeds is primarily due to their essential oil content, with carvone being the predominant component. The European Pharmacopoeia 11th edition regulates the carvone content in essential oils, while the State Pharmacopoeia of the Russian Federation XIV edition does not standardize caraway fruits based on their carvone content.

AIM. To develop and validate a spectrophotometric method for the quantification of carvone in the essential oil of caraway fruits and to verify the results of the spectrophotometric determination using gas chromatography – mass spectrometry.

MATERIALS AND METHODS. The study utilized caraway fruits (*Carum carvi* L.) manufactured by Firma Zdorovie LLC (batch 031224; expiry November, 2027), a carvone reference standard with a purity of 98.5% (Fluka), a UNICO 2802 spectrophotometer (United Products & Instruments, Inc.), ADV-200M analytical balance (GOSMETR), and a GC-MS QP2010 Ultra gas chromatograph (Shimadzu) coupled with a mass-selective detector. For spectrophotometric analysis, aliquots of the essential oil and the carvone reference standard were dissolved in ethanol, 95% (v/v). The absorbance of the solutions was measured at a wavelength of 236 nm in 10 mm path length cells. The results obtained by the spectrophotometric method were confirmed using gas chromatography.

RESULTS. Validation of the spectrophotometric method for the quantitative determination of carvone, carried out in accordance with the requirements of OFS.1.1.0012 “Validation of analytical methods” of the State Pharmacopoeia of the Russian Federation, XV ed., showed its specificity, linearity, precision, and accuracy. The results are not affected by systematic error. The relative standard deviation (RSD) value does not exceed 2.0%. The results of the spectrophotometric determination of carvone (75.7±0.9%) correlate with the results of the gas-liquid chromatography analysis (75.2±0.8%).

CONCLUSIONS. The developed analytical procedure for the quantitative determination of carvone can be employed for the standardization of caraway fruits by introducing an additional quality parameter for their essential oil in the "Assay" section. It is also suitable for the standardization of caraway essential oil when used as a substance for the manufacture of medicinal products.

Keywords: carvone; common caraway; *Carum carvi*; limonene; essential oil; method validation; quantitative determination; spectrophotometry; gas chromatography – mass spectrometry

For citation: Ryumin S.D., Khaziev R.Sh., Nemtarev A.V. Spectrophotometric determination of carvone in caraway fruits and essential oil: Development and validation of an analytical procedure. *Regulatory Research and Medicine Evaluation*. 2026;16(2):198–205. <https://doi.org/10.30895/1991-2919-2026-16-2-198-205>

Funding. The study was performed without external funding.

Disclosure. The authors declare no conflict of interest.

ВВЕДЕНИЕ

Тмин обыкновенный (*Carum carvi* L.) – эфиромасличное растение семейства сельдерейные (*Apiaceae*). Плоды тмина обыкновенного широко применяются в медицине для лечения синдрома раздраженного кишечника и диспептических расстройств благодаря их выраженным спазмолитическим, противомикробным и ветрогонным свойствам [1–3]. Спазмолитические свойства главным образом определяет эфирное масло плодов тмина, которое непосредственно влияет на клетки гладкой мускулатуры кишечника, расслабляя и уменьшая частоту их сокращений [4, 5]. Эти свойства обусловлены моноциклическими монотерпенами – карвоном (I) [6] и лимоненом (II) [7], суммарное содержание которых в эфирном масле тмина может превышать 90% [8, 9]. Спазмолитическая активность карвона выше, чем у лимонена [7]. Карвон действует подобно классическим блокаторам кальциевых каналов, вызывая расслабление мышц путем уменьшения поступления кальция внутрь клеток [7, 10].

Содержание карвона в эфирном масле регламентируется Европейской фармакопеей (Ph. Eur.) на уровне 50–65%, а лимонена – 30–45%¹. При этом в ряде публикаций было показано, что соотношение карвона и лимонена в эфирном масле плодов тмина может варьировать в широком диапазоне [11]. По мере созревания плодов содержание карвона возрастает на ~12%, а лимонена – снижается [11, 12]. Сортная принадлежность также влияет на компонентный состав эфирного масла тмина. Так, сорт Кергон содержит на ~9% больше карвона и на ~9% меньше лимонена, чем сорт Prochan [13]. Также большое влияние на накопление эфирного масла и его компонентный состав имеет географический

фактор. Содержание карвона в эфирном масле плодов тмина, заготовленных в разных странах, варьирует от 32,6 до 95,9%, а лимонена – от 1,5 до 51,3%, при этом только 5 образцов из 20 изученных по этим параметрам соответствовали требованиям Ph. Eur. [14]. Аналогичные результаты были получены и в других работах [14–16]: состав эфирного масла плодов тмина обыкновенного часто не соответствовал требованиям Ph. Eur.

Отметим, что продолжительность хранения плодов тмина не влияла на состав эфирного масла. Однако при хранении самого эфирного масла в ненадлежащих условиях наблюдалось окисление лимонена, а также полимеризация карвона, приводящая к пожелтению эфирного масла. Данные изменения в эфирном масле можно предотвратить путем хранения плодов и эфирного масла тмина в прохладном, защищенном от солнца и кислорода месте [9].

В Ph. Eur. включены как плоды тмина обыкновенного², так и его эфирное масло³. Плоды стандартизуют по содержанию эфирного масла (не менее 3%) с детектированием карвона методом тонкослойной хроматографии. Стандартизацию эфирного масла тмина проводят методом газовой хроматографии, количественно определяя его основные компоненты (карвон, лимонен, β-мирцен, *транс*-дигидрокарвон, *транс*-карвеол)⁴.

Идентификация плодов тмина, согласно требованиям Государственной фармакопеи Российской Федерации (ГФ РФ) XIV изд., проводится путем детектирования карвона и лимонена методом газожидкостной хроматографии (ГЖХ) с масс-спектрометрическим детектором,

¹ 01/2021:1080. Caraway fruit. European Pharmacopeia. 11.8 ed. Strasbourg: EDQM; 2015.

² Там же.

³ 01/2008:1817. Caraway oil. European Pharmacopeia. 11.8 ed. Strasbourg: EDQM; 2015.

⁴ Там же.

количественную стандартизацию проводят только по содержанию эфирного масла (не менее 2%)⁵. Таким образом, карвон выступает в роли маркерного соединения в качественном анализе плодов и эфирного масла тмина [17, 18]. На сайте Института фармакопеи и стандартизации в сфере обращения лекарственных средств ФГБУ «НЦЭСМП» Минздрава России размещен проект фармакопейной статьи «Тмина обыкновенного плодов масло эфирное», согласно которому определение хроматографического профиля проводится методом ГЖХ с количественным определением основных компонентов эфирного масла, в том числе карвона.

С учетом изложенных обстоятельств представляется актуальным дополнить стандартизацию плодов тмина обыкновенного по содержанию карвона. За счет сопряженной структуры карвон способен поглощать ультрафиолетовый свет в диапазоне длин волн от 230 до 240 нм, максимум поглощения приходится на 236 нм. При этом лимонен, не имеющий в своей структуре сопряженных двойных связей, не поглощает электромагнитное излучение при данных длинах волн [19]. Это дает возможность использовать спектрофотометрический метод для селективного определения карвона в эфирном масле тмина обыкновенного. Определение карвона в плодах тмина обыкновенного методом прямой спектрофотометрии перспективно для включения в фармакопейную статью «Тмина обыкновенного плоды», а также может использоваться как альтернативный метод стандартизации эфирного масла плодов тмина обыкновенного.

Цель работы – разработка и валидация спектрофотометрической методики определения карвона в эфирном масле плодов тмина обыкновенного; проверка результатов спектрофотометрического определения методом газовой хроматографии – масс-спектрометрии.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Объект исследования

Эфирное масло из плодов тмина обыкновенного получали методом гидродистилляции с использованием прибора Гинзберга, навеска сырья – 10,0 г, время перегонки – 2 ч. Плоды тмина обыкновенного (*Carum carvi* L.) (ООО «Фирма Здоровье», серия 031224, срок годности до 11.2027). Стандартный образец карвона с содержанием основного вещества 98,5% (Fluka) использовали для приготовления стандартных растворов и в методе добавок.

Оборудование

Спектрофотометр UNICO 2802 (United Products & Instruments, Inc.), весы аналитические АДВ-200М (ГОСМЕТР), газовый хроматограф GC-MS QP2010 Ultra (Shimadzu).

Методики пробоподготовки и анализа

Методика приготовления раствора эфирного масла: 0,025 г (точная навеска) эфирного масла плодов тмина обыкновенного помещали в мерную колбу вместимостью 25 мл, растворяли в 95% этиловом спирте и доводили до метки тем же растворителем (раствор А). Переносили 0,25 мл раствора А в мерную колбу вместимостью 25 мл и доводили объем раствора до метки тем же растворителем (раствор В).

Методика приготовления раствора карвона: 0,02 г (точная навеска) карвона помещали в мерную колбу вместимостью 25 мл, растворяли в 95% этиловом спирте и доводили до метки тем же растворителем (раствор С). Переносили 0,2 мл раствора С в мерную колбу вместимостью 25 мл и доводили объем раствора до метки тем же растворителем (раствор D).

Методика приготовления 7 растворов карвона для оценки линейности: 0,02 г (точная навеска) карвона помещали в мерную колбу вместимостью 25 мл, растворяли в 95% этиловом спирте и доводили до метки тем же растворителем (раствор С). В 7 мерных колб вместимостью 25 мл вносили аликвоты по 0,16, 0,18, 0,20, 0,22, 0,24, 0,26 и 0,28 мл раствора С и доводили объемы растворов до метки тем же растворителем (раствор D).

Оптическую плотность растворов В и D измеряли при длине волны 236 нм в кюветках с толщиной слоя 10 мм. В качестве раствора сравнения использовали 96% этиловый спирт.

Содержание карвона в эфирном масле (мг/г) рассчитывали по формуле (1). Открываемость (%) рассчитывали из отношения «найденно : введено» по формуле (2).

$$m_{\text{нд}} = \frac{A_x \times a_{\text{ст}} \times b_x \times P \times 1000}{A_{\text{ст}} \times a_x \times b_{\text{ст}} \times 100}, \quad (1)$$

$$R = \frac{m_{\text{нд}} \times 100}{m_{\text{вв}}}, \quad (2)$$

где A_x и $A_{\text{ст}}$ – оптическая плотность исследуемого и стандартного растворов соответственно; $a_{\text{ст}}$ – навеска карвона для приготовления стандартного раствора, г; a_x – навеска эфирного

⁵ ФС.2.5.0098.18 Тмина обыкновенного плоды. Государственная фармакопея Российской Федерации. XIV изд. М.; 2018.

масла для приготовления раствора, g ; b_x – разведение эфирного масла; b_{ct} – разведение карвона, где $b = \frac{V_{\text{колбы}}}{V_{\text{пипетки}}}$, R – чистота карвона, где

$m_{\text{вв}}$ – содержание карвона в эфирном масле плодов тмина обыкновенного, мкг.

Методика приготовления растворов карвона для построения калибровочной зависимости с использованием метода газовой хроматографии с масс-спектрометрическим детектированием (ГХ-МС): 0,25 г (точная навеска) карвона помещали в мерную колбу вместимостью 25 мл, растворяли в хлороформе и доводили до метки тем же растворителем (раствор Е). В 7 мерных колб вместимостью 5 мл вносили аликвоты по 0,50, 0,75, 1,00, 1,25, 1,50, 1,75 и 2,00 мл раствора Е, 0,50 мл стандартного раствора нонана в хлороформе ($C=15$ мг/мл) и доводили объемы растворов до метки тем же растворителем (раствор F).

Методика приготовления образцов масла тмина для метода ГХ-МС: в мерные колбы объемом 5 мл вносили по 0,0175 г (точная навеска) масла тмина, 0,5 мл стандартного раствора нонана в хлороформе ($C=15$ мг/мл) и доводили до метки хлороформом (раствор G).

ГХ-МС проводили с помощью газового хроматографа GC-MS QP2010 Ultra (Shimadzu), совмещенного с масс-селективным (МС) детектором, при следующих условиях: капиллярная колонка BP-1 (длина 60 м, диаметр 0,25 мм, толщина пленки 0,5 мкм) с запрограммированной температурой термостата от 70 °С в течение 2 мин, затем повышена до 200 °С со скоростью 10 °С/мин, выдерживалась при конечной температуре 15 мин. Общее время работы – 30 мин; давление – 355,7 кПа; температура инжектора – 200 °С; режим введения – 0,2 с делением потока 1:50; объем образца – 1 мкл; температура детектора – 220 °С; газ-носитель – гелий. Условия МС детектирования: температура ионного источника – 210 °С; ионизация электронами – 70 эВ; режим сбора данных – сканирование (m/z 45–500). Пики на хроматограммах идентифицировали с использованием программы GC-MS Solution real time analysis, а также путем сравнения экспериментальных значений индексов Ковача с указанными в литературе [20–24]. Индексы Ковача рассчитывали относительно времени удерживания стандартной серии алканов C8–C17 в экспериментальных условиях хроматографического разделения компонентов эфирного масла тмина.

Калибровочную зависимость для определения количественного содержания карвона в эфирном масле тмина обыкновенного методом ГХ-МС строили в координатах отношения интегральной интенсивности сигнала (площади под сигналом) карвона к интегральной интенсивности сигнала нонана от концентрации карвона: $(A_{\text{карвон}}/A_{\text{нонан}})=f(C_{\text{нонан}})$. В выбранном диапазоне концентраций карвона (1–4 мг/мл) калибровочная зависимость носила линейный характер ($R^2=0,998$).

Статистическую обработку результатов эксперимента проводили в соответствии с ГФ РФ⁶, используя программу Microsoft Excel.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Валидационную оценку методики количественного определения содержания карвона в эфирном масле тмина проводили по показателям: специфичность, линейность и аналитическая область методики, прецизионность и правильность в соответствии с требованиями ГФ РФ⁷.

Специфичность методики определяли, регистрируя спектры поглощения электромагнитного излучения спиртовых растворов карвона в концентрации 6,4 мкг/мл и спиртового раствора эфирного масла, полученного из плодов тмина обыкновенного с содержанием карвона 7,6 мкг/мл (рис. 1). Максимум поглощения карвона и эфирного масла наблюдается при длине волны 236 нм. Таким образом, предлагаемая методика количественного определения карвона в эфирном масле плодов тмина обыкновенного валидна по показателю «специфичность».

Линейность и аналитическую область методики устанавливали путем статистической обработки выборки, полученной в результате количественного определения 7 модельных проб (растворы D) на 7 уровнях концентрации в диапазоне 70–130% от количества карвона, принятого за 100% (7,24 мкг в 1 мл раствора). Определение проводили в трех повторностях. Зависимость «оптическая плотность : концентрация карвона, мкг/мл» имеет линейный характер и описывается уравнением: $y=a_x+b$, где $a=0,0607$, $b=0,0058$. Рассчитанное значение коэффициента линейной корреляции r составляет 0,9995, что отвечает условию $r \geq 0,99$ и позволяет сделать заключение о валидности по показателям линейность и аналитическая область методики в диапазоне концентраций карвона от 5,26 до 9,21 мкг/мл.

⁶ ОФС.1.1.0013.15 Статистическая обработка результатов химического эксперимента. Государственная фармакопея Российской Федерации. XIV изд. М.; 2018.

⁷ ОФС.1.1.0012 Валидация аналитических методик. Государственная фармакопея Российской Федерации. XV изд. М.; 2023.

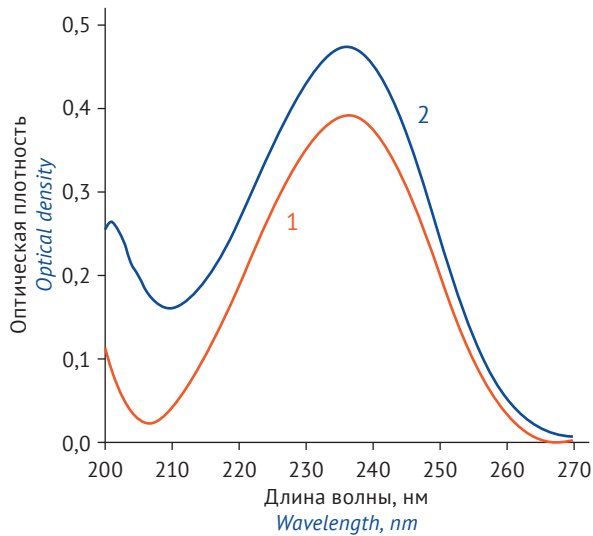


Рисунок подготовлен авторами по собственным данным / The figure was prepared by the authors using their own data

Рис. 1. УФ-спектры спиртовых растворов карвона (1) и эфирного масла из плодов тмина обыкновенного (2)

Fig. 1. UV spectra of alcohol solutions of carvone (1), essential oil from the fruits of caraway (2)

Прецизионность предложенной методики оценивали по повторяемости (сходимости) на 9 пробах на трех уровнях концентраций, входящих в диапазон построенной линейности. Однородность выборки проверяли с помощью Q-критерия⁸. Содержание карвона в образцах находилось на уровне $757,4 \pm 8,5\%$. Рассчитанные

значения Q_i меньше табличного $Q_{\text{табл}} = 0,46$ ($n=9$, $P=95\%$), стандартное относительное отклонение составило 1,5%, относительная ошибка среднего – 1,1%, что свидетельствует о прецизионности методики в условиях повторяемости.

Правильность предложенной методики проверяли методом добавок. Для этого к аликвоте раствора эфирного масла с содержанием карвона 4,84 мкг/мл, принятого за 100%, добавляли точно известное количество карвона в количестве 25, 50 и 75% от найденного значения карвона в эфирном масле тмина обыкновенного. Определение проводили в трех повторностях для каждой концентрации. Рассчитанные и найденные значения карвона в эфирном масле с добавками карвона близки, открываемость составила $99,82 \pm 0,38\%$, стандартное относительное отклонение – 0,5%, относительная ошибка среднего – 0,4%, что позволяет считать предлагаемую методику валидной по показателю «правильность».

В ходе ГЖХ-анализа в образцах эфирного масла плодов тмина обыкновенного было обнаружено 5 компонентов (табл. 1, рис. 2). Основными компонентами эфирного масла являются карвон ($75,2 \pm 0,8\%$) и лимонен (около $23,6 \pm 0,8\%$). Результаты спектрофотометрического определения карвона ($75,7 \pm 0,9\%$) коррелируют с результатами ГЖХ-анализа.

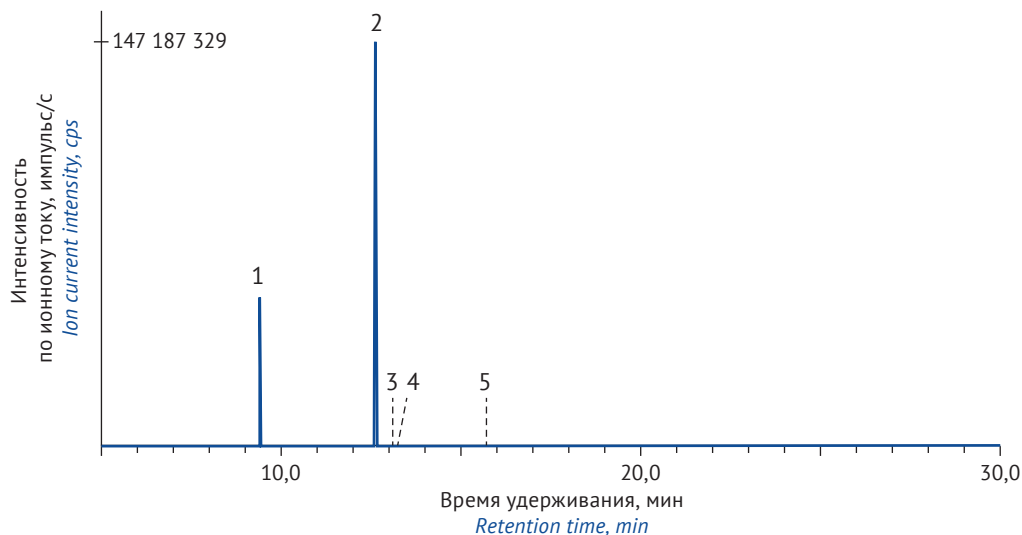


Рисунок подготовлен авторами по собственным данным / The figure was prepared by the authors using their own data

Рис. 2. Хроматограмма эфирного масла тмина (метод газовой хроматографии с масс-спектрометрическим детектированием). 1 – лимонен; 2 – карвон; 3 – перилловый альдегид; 4 – анетол; 5 – кариофиллен

Fig. 2. Chromatogram of caraway essential oil obtained using gas chromatography method with mass spectrometric detection. 1, limonene; 2, carvone; 3, perillaldehyde; 4, anetole; 5, caryophyllene

⁸ ОФС.1.1.0013 Статистическая обработка результатов физических, физико-химических и химических испытаний. Государственная фармакопея Российской Федерации. XIV изд. М.; 2018.

Таблица 1. Компонентный состав эфирного масла тмина по данным газовой хроматографии с масс-спектрометрическим детектированием (ГХ-МС)

Table 1. Composition of caraway essential oil identified by gas chromatography with mass spectrometric detection (GH-MS)

Номер пика <i>Peak number</i>	Время удерживания, мин <i>Retention time, min</i>	Название соединения <i>Name</i>	Индекс Ковача <i>Kovacs index</i>		C, масс%* <i>C, mass%*</i>	C, масс%** <i>C, mass%**</i>
1	9,403	Лимонен <i>Limonene</i>	1030	[20]	23,6±0,8	–
			1030	Эксперимент <i>Experiment</i>		
2	12,635	Карвон <i>Carvone</i>	1230	[21]	75,5±0,9	75,2±0,8
			1230	Эксперимент <i>Experiment</i>		
3	13,115	Перилловый альдегид <i>Perillaldehyde</i>	1262	Эксперимент <i>Experiment</i>	0,27±0,04	–
			1263	[22]		
4	13,246	Анетол <i>Anetole</i>	1271	Эксперимент <i>Experiment</i>	0,52±0,06	–
			1270	[23]		
5	15,685	Кариофиллен <i>Caryophyllene</i>	1442	[24]	0,15±0,02	–
			1442	Эксперимент <i>Experiment</i>		

Таблица составлена авторами по собственным данным и данным литературы / The table was prepared by the authors using their own data and literature data

Примечание. C, масс%* – значения массовых концентраций рассчитаны по данным ГХ-МС по полному ионному току (метод внутренней нормализации); C, масс%** – значения массовых концентраций определены по данным ГХ-МС по калибровочной зависимости для стандартных образцов (метод абсолютной калибровки).

«–» – отсутствие значений.

Note. C, mass%*, mass concentration values calculated according to the GC-MS data (internal normalization method); C, mass%**, mass concentration values determined according to the GC-MS data (absolute calibration method).

"–", missing values.

ВЫВОДЫ

1. Разработана спектрофотометрическая методика определения карвона в эфирном масле плодов тмина обыкновенного.
2. Проведена валидационная оценка методики спектрофотометрического определения карвона в эфирном масле плодов тмина обыкновенного. Систематическая ошибка отсутствует, предложенная методика валидна по показателям: специфичность, линейность и аналитическая область методики, прецизионность и правильность.

3. Результаты спектрофотометрического определения карвона (75,7±0,9%) коррелируют с результатами ГЖХ-анализа (75,2±0,8%).
4. Определение карвона в плодах тмина обыкновенного методом прямой спектрофотометрии в дальнейшем можно включить в фармакопейную статью «Тмина обыкновенного плоды», а также использовать как альтернативный метод стандартизации эфирного масла плодов.

ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

1. Madisch A, Frieling T, Zimmermann A, et al. Menthacarin, a proprietary peppermint oil and caraway oil combination, improves multiple complaints in patients with functional gastrointestinal disorders: A systematic review and meta-analysis. *Dig Dis.* 2023;41(3):522–32. <https://doi.org/10.1159/000528553>
2. Vranova V. Comprehensive therapy of upper functional dyspepsia: The potential of herbal medicines. *Ceska Slov Farm.* 2024;73(2):105–9. <https://doi.org/10.36290/csf.2024.012>
3. Al-Essa MK, Shafagoj YA, Mohammed FI, Afifi FU. Relaxant effect of ethanol extract of *Carum carvi* on dispersed intestinal smooth muscle cells of the guinea pig. *Pharm Biol.* 2010;48(1):76–80. <https://doi.org/10.3109/13880200903046161>
4. Krueger D, Schäuuffele S, Zeller F, et al. Peppermint and caraway oils have muscle inhibitory and pro-secretory activity in the human intestine *in vitro*. *Neurogastroenterol Motil.* 2020;32(2):e13748. <https://doi.org/10.1111/nmo.13748>
5. Micklefield GH, Greving I, May B. Effects of peppermint oil and caraway oil on gastroduodenal motility. *Phytother Res.* 2000;14(1):20–3. [https://doi.org/10.1002/\(sici\)1099-1573\(200002\)14:1<20::aid-ptr542>3.0.co;2-z](https://doi.org/10.1002/(sici)1099-1573(200002)14:1<20::aid-ptr542>3.0.co;2-z)
6. Silva CMS, Wanderley CWS, Lima-Junior FJB, et al. Carvone (R)-(-) and (S)-(+)-enantiomers inhibits upper gastrointes-

- tinal motility in mice. *Flavour Fragr J.* 2015;30(6):439–44. <https://doi.org/10.1002/ffj.3267>
7. De Sousa DP, Mesquita RF, de Araújo Ribeiro LA, de Lima JT. Spasmolytic activity of carvone and limonene enantiomers. *Nat Prod Commun.* 2015;10(11):1893–6. <https://doi.org/10.1177/1934578X1501001120>
 8. Mahboubi M. Caraway as important medicinal plants in management of diseases. *Nat Prod Bioprospect.* 2019;9(1):1–11. <https://doi.org/10.1007/s13659-018-0190-x>
 9. Bitterling H, Lorenz P, Vetter W, et al. Storage-related changes of terpene constituents in caraway (*Carum carvi* L.) under real-time storage conditions. *Ind Crops Prod.* 2021;170:113782. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2021.113782>
 10. Pina LTS, Serafini MR, Oliveira MA, et al. Carvone and its pharmacological activities: A systematic review. *Phytochemistry.* 2022;196:113080. <https://doi.org/10.1016/j.phytochem.2021.113080>
 11. Bouwmeester HJ, Davies JAR, Smid HG, Welten RSA. Physiological limitations to carvone yield in caraway (*Carum carvi* L.). *Ind Crops Prod.* 1995;4(1):39–51. [https://doi.org/10.1016/0926-6690\(95\)00009-2](https://doi.org/10.1016/0926-6690(95)00009-2)
 12. Fojtová J, Kocourková B, Lojková L, Kubáň V. The essential oil content in caraway species (*Carum carvi* L.). *Hort Sci (Prague).* 2003;30(2):73–9. <https://doi.org/10.17221/3818-HORTSCI>
 13. Raal A, Arak E, Orav A. The content and composition of the essential oil found in *Carum carvi* L. commercial fruits obtained from different countries. *J Essent Oil Res.* 2012;24(1):53–9. <https://doi.org/10.1080/10412905.2012.646016>
 14. Вагабова ФА, Мусаев АМ, Алиев АМ, Раджабов ГК. Дагестанские природные образцы тмина обыкновенного (*Carum carvi* L.) как источники терпеноидов. *Вопросы биологической, медицинской и фармацевтической химии.* 2019;22(12):44–50. Vagabova FA, Musaev AM, Aliev AM, Radjabov GK. Dagestan natural samples of common caraway (*Carum carvi* L.) as sources of terpenoids. *Problems of Biological, Medical and Pharmaceutical Chemistry.* 2019;22(12):44–50 (In Russ.). <https://doi.org/10.29296/25877313-2019-12-07>
 15. Acimovic M, Oljaca S, Tešević V, et al. Evaluation of caraway essential oil from different production areas of Serbia. *Hort Sci (Prague).* 2014;41(3):122–30. <https://doi.org/10.17221/248/2013-HORTSCI>
 16. Bosko R, Vagnerova I, Pluhackova H, et al. The variability of Caraway (*Carum carvi* L.) essential oils. *MendelNet.* 2016;23:30–4.
 17. Самылина ИА, Баева ЕА, Кузнецов РМ. Совершенствование требований к качеству плодов тмина. *Фармация.* 2017;66(5):37–40. Samylina IA, Baeva EA, Kuznetsov RM. Improving the quality requirements of cumint fruits. *Pharmacy.* 2017;66(5):37–40 (In Russ.). EDN: [ZBNEJR](https://doi.org/10.1007/978-3-319-50000-0_11)
 18. Самылина ИА, Баева ВМ, Кузнецов РМ. Совершенствование требований к качеству лекарственного растительного сырья плоды тмина, фенхеля и аниса обыкновенного. *Разработка и регистрация лекарственных средств.* 2017;(3):134–43. Samylina IA, Baeva VM, Kuznetsov RM. Improvement of quality requirements for crude herbal drugs of Fructus carvi, Fructus foeniculi and Fructus anisi vulgaris. *Drug Development & Registration.* 2017;(3):134–43 (In Russ.). EDN: [ZRODRB](https://doi.org/10.1007/978-3-319-50000-0_11)
 19. Berger S, Sicker D. *Classics in spectroscopy: Isolation and structure elucidation of natural products.* Weinheim: Wiley-VCH; 2009. <https://doi.org/10.1002/anie.200904430>
 20. Hoskovec M, Grygarová D, Cvaeka J, et al. Determining the vapour pressures of plant volatiles from gas chromatographic retention data. *J Chromatogr A.* 2005;1083(1–2):161–72. <https://doi.org/10.1016/j.chroma.2005.06.006>
 21. Engewald W, Knobloch T, Haufe G, et al. A novel method for terpene pattern determination of essential oils by selectivity tuning in GC. *Fresenius J Anal Chem.* 1991;341(10):641–3. <https://doi.org/10.1007/BF00322279>
 22. Hnawia E, Cabalion P, Raunicher I, et al. The leaf essential oil of *Murraya crenulata* (Turcz.) Oliver from New Caledonia. *Flavour Fragr J.* 2007;22(1):32–4. <https://doi.org/10.1002/ffj.1745>
 23. Stashenko EE, Martinez CR, Martinez JR, Shibamoto T. Catalytic transformation of anise (*Pimpinella anisum* L.) oil over zeolite Y. *J Hi Res Chromatogr.* 1995;18(8):501–3. <https://doi.org/10.1002/jhrc.1240180810>
 24. Shibamoto T, Kamiya Y, Mihara S. Isolation and identification of volatile compounds in cooked meat: Sukiyaki. *J Agric Food Chem.* 1981;29(1):57–63. <https://doi.org/10.1021/jf00103a015>

Вклад авторов. Все авторы подтверждают соответствие своего авторства критериям ICMJE. Наибольший вклад распределен следующим образом: С.Д. Рюмин – проведение эксперимента, анализ и интерпретация результатов, анализ литературы, написание текста рукописи; Р.Ш. Хазиев – идея и концепция исследования, интерпретация результатов; А.В. Немтарев – проведение эксперимента (газохроматографический анализ), анализ и интерпретация результатов.

Authors' contributions. All the authors confirm that they meet the ICMJE criteria for authorship. The most significant contributions were as follows. *Sergey D. Ryumin* conducted the experiment, analyzed and interpreted the data, analyzed the literature, drafted the manuscript. *Ramil' Sh. Khaziev* conceived the idea, conceptualized the study, interpreted the results. *Andrey V. Nemtarev* conducted an experiment (gas chromatographic analysis), analyzed and interpreted the data.

ОБ АВТОРАХ / AUTHORS

Рюмин Сергей Денисович / Sergey D. Ryumin

ORCID: <https://orcid.org/0009-0000-6226-291X>

Хазиев Рамиль Шамилович, канд. биол. наук, доцент / **Ramil' Sh. Khaziev**, Cand. Sci. (Biol.), Associate Professor

ORCID: <https://orcid.org/0009-0007-7200-6929>

Немтарев Андрей Владимирович, канд. хим. наук, доцент / **Andrey V. Nemtarev**, Cand. Sci. (Chem.), Associate Professor

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8478-2705>

Поступила 02.02.2026

После доработки 05.03.2026

Принята к публикации 21.04.2026

Received February 2, 2026

Revised March 5, 2026

Accepted April 21, 2026