

КОМПОНЕНТНЫЙ СОСТАВ И АНТИМИКРОБНАЯ АКТИВНОСТЬ ЭФИРНОГО МАСЛА *SOLIDAGO CANADENSIS*

Применение эфирномасличного сырья и эфирных масел в фармацевтической промышленности обусловлено содержащимися в них биологически активными веществами. Эфирные масла имеют ряд преимуществ перед синтетическими лекарственными препаратами, таких как мягкость действия, отсутствие токсических проявлений при терапевтических дозах, ограниченный диапазон противопоказаний и выраженное биорегулирующее действие при низких концентрациях. Эфирные масла в большинстве случаев не вызывают аллергических реакций и характеризуются высокой активностью в отношении штаммов микроорганизмов и вирусов, устойчивых к антибиотикам и синтетическим лекарственным препаратам.

По литературным данным важную роль в проявлении биологической активности эфирных масел проявляет характер распределения энантиомеров их основных компонентов.

Solidago canadensis L. (*Asteraceae*) – золотарник канадский – является многолетним корневищным растением, произрастающим в Северной Америке и широко распространенным в Азии, Европе и Австралии. В Беларуси растение считается инвазивным сорняком.

Эфирное масло *Solidago canadensis* (*S. canadensis*) используется в фитотерапии для лечения хронического нефрита, цистита, мочекаменной болезни, ревматизма и в качестве противовоспалительного средства. Различные виды экстрактов надземных и подземных частей *S. canadensis* проявили антимикробную активность в отношении *Listeria monocytogenes* и *Staphylococcus aureus*. По литературным данным эфирное масло *S. canadensis* обладает антибактериальными, противовирусными и противогрибковыми свойствами, обусловленными его компонентным составом. Однако известно, что качественный и количественный состав эфирного масла одного и того же растения существенно зависит от географических и климатических условий его произрастания.

В литературе имеются сведения о компонентном составе эфирного масла растений *S. canadensis*, произрастающих в различных климатических и географических зонах, однако публикации о компонентном составе, характере распределения энантиомеров основных

компонентов и биологической активности эфирного масла золотарника канадского отечественного происхождения отсутствуют.

Цель настоящей работы – хроматографическая идентификация и количественное определение основных компонентов и их энантиомеров в эфирном масле золотарника канадского, произрастающего в Республике Беларусь, а также изучение его антимикробных и антиоксидантных свойств.

Объектом исследования являлось эфирное масло, выделенное из надземной части свежего растительного сырья в фазе цветения, собранного в Минском районе в осенний период 2023 г. Эфирное масло получали из свежесобранного растительного сырья методом гидроdistилляции с последующей сушкой безводным сульфатом натрия.

Для установления компонентного и энантиомерного состава эфирного масла использовали газовый хроматограф: «Хроматэк-Кристалл», оснащенный пламенно-ионизационным детектором и капиллярной колонкой Cyclosil B (30 м×0,32 мм×0,25 мкм). Разделение осуществляли в следующем температурном режиме: $T_{исп} = 230\text{ }^{\circ}\text{C}$, $T_{дет} = 280\text{ }^{\circ}\text{C}$. Температура колонки ($T_{кол.}$) изменялась следующим образом – изотерма при $50\text{ }^{\circ}\text{C}$ в течение 5 мин, подъем температуры до $170\text{ }^{\circ}\text{C}$ со скоростью $2^{\circ}/\text{мин}$, изотерма в течение 40 мин в токе газа-носителя. Линейная скорость потока азота составляла $13,6\text{ см/с}$, величина сброса – 1:26. Объем вводимой пробы цельного эфирного масла составлял $0,1\text{ мкл}$. Временем удерживания несорбирующегося газа считали время выхода пика метана.

Идентификацию компонентов эфирных масел проводили сравнением времен удерживания идентифицируемых пиков с временами удерживания стандартных образцов или индексов Ковача со справочными данными. Количественные определения проводили методом внутренней нормализации по площадям газохроматографических пиков без использования корректирующих коэффициентов.

В условиях линейного градиента температуры расчет ИУ основных компонентов эфирных масел проводили по формуле:

$$ИУ = 100 \left\{ \frac{[t'_{R(x)} + q \lg t'_{R(x)}] - [t'_{R(n)} + q \lg t'_{R(n)}]}{[t'_{R(n+1)} + q \lg t'_{R(n+1)}] - [t'_{R(n)} + q \lg t'_{R(n)}]} + n \right\},$$

где $t'_{R(x)}$, $t'_{R(n)}$, $t'_{R(n+1)}$ – приведенные времена удерживания анализируемого компонента, n -алкана (C_nH_{2n+2}) и следующего n -алкана ($C_{n+1}H_{2n+4}$) соответственно, причем $t'_{R(n)} < t'_{R(x)} < t'_{R(n+1)}$.

Значение q определяли с использованием приведенных времен удерживания трех последовательно выходящих n -алканов по формуле:

$$q = \frac{t'_{R(n)} + t'_{R(n+2)} - 2t'_{R(n+1)}}{\lg(t'^2_{R(n+1)} / t'_{R(n)} \cdot t'_{R(n+2)})}.$$

Для количественных определений использовали метод внутренней нормализации без учета поправочных коэффициентов. Все измерения были проведены в четырехкратной повторности.

Антимикробную активность определяли методом диффузии растворов экстрактов в агар (метод бумажных дисков). В качестве тест-культур использовали санитарно-показательные микроорганизмы *Staphylococcus aureus*, *Salmonella alony*, *Bacillus subtilis*, *Clostridium* sp. Суточную культуру микроорганизмов (0,1 мл) распределяли шпателем по поверхности подсохшей плотной питательной среды в чашке Петри. На диски наносили по 10 мкл этанольных растворов экстрактов, выдерживали посеы при 4°C в течение 4 ч с последующим инкубированием в термостате при 30°C в течение 24 ч. Результат учитывали по наличию и диаметру зон ингибирования.

Антиоксидантную активность спиртовых экстрактов оценивали по содержанию полифенольных соединений. Для количественного определения полифенольных соединений в качестве фотометрического реагента использовали 18-молибдендифосфатный гетерокомплекс структуры Доусона (18-МФК). Сумму полифенольных соединений определяли методом градуировочного графика в расчете на стандартное вещество – рутин.

Средний выход эфирного масла из надземной части *S. canadensis* составил 0,50±0,05% в расчете на свежее сырье и 0,30 ± 0,03% в расчете на сухое сырье.

Хроматографический анализ эфирного масла *S. canadensis* позволил обнаружить более 40 компонентов, 25 из которых были идентифицированы. Главными компонентами являлись соединения монотерпенового ряда. Их суммарное содержание составляло более 50 %. Основной вклад вносили мирцен и сабинен, выходящие одним пиком на хроматограмме. Их концентрация достигала ≈25 %. Отмечено высокое содержание α-пинена (≈15 %) и лимонена (≈15 %). Концентрации β-пинена и фелландрена близки и составляют ≈3 %. Сесквитерпеновые соединения в образце представлены преимущественно гермакреном Д, содержание которого достигает ≈30%.

Разделение эфирного масла на хиральной колонке позволило установить, что α- и β-пинены, а также лимонен представлены преимущественно в виде (–)-формы (табл. 1).

Таблица 1 – Распределение энантиомеров компонентов в эфирном масле золотарника канадского

Соединение	Содержание энантиомеров, %	
	(–)	(+)
α -Пинен	99	1
β -Пинен	82	18
Лимонен	88	12

В табл. 2 приведены диаметры зон ингибирования тест-культур микроорганизмов 5%-ми этанольными растворами эфирного масла.

Таблица 2 – Диаметры зон ингибирования роста тест-культур растворами эфирного масла золотарника канадского

Тест-культуры бактерий	Диаметр зоны ингибирования роста, мм
<i>Staphylococcus aureus</i>	17
<i>Salmonella alony</i>	12
<i>Bacillus subtilis</i>	14
<i>Clostridium</i> sp.	14

Анализ полученных данных показывает, что рост грамположительных бактерий подавлялся эфирным маслом *S. canadensis* сильнее, чем рост грамотрицательных микроорганизмов, что связано с особенностями строения их клеточной стенки.

Показатель антиоксидантной активности спиртовых экстрактов золотарника канадского составляет $40 \pm 0,5$ мг рутина в расчете на 1 г растительного сырья.

Полученные хроматографические данные по компонентному и энантиомерному составу эфирного масла золотарника канадского и его биологической активности могут быть использованы при разработке фитопрепаратов направленного терапевтического действия, а также для установления подлинности и контроля качества эфирных масел.