



## Дослідження хімічного складу айланту найвищого (*Ailanthus altissima* (Mill.) Swingle)

О. І. Панасенко<sup>ID E,F</sup>, І. І. Аксьонова<sup>ID \*C,D</sup>, О. М. Денисенко<sup>B,E</sup>, В. І. Мозуль<sup>A,E,F</sup>, В. В. Головкін<sup>B</sup>

Запорізький державний медичний університет, Україна

A – концепція та дизайн дослідження; B – збір даних; C – аналіз та інтерпретація даних; D – написання статті; E – редагування статті; F – остаточне затвердження статті

Айлант найвищий – джерело різних класів біологічно активних сполук. Це зумовлює наявність у нього фітотоксичної, фумігантної, антиоксидантної, антимікробної, антигельмінтної дії. Але в фаховій літературі недостатньо відомостей щодо його хімічного складу, перспектив використання в медицині.

**Мета роботи** – за допомогою GS/MS-аналізу дослідити якісний і кількісний склад айланту найвищого листя та плодів, встановити можливі перспективи використання цієї рослини в медичній практиці як джерела потенційних лікарських засобів.

**Матеріали та методи.** Об'єкт дослідження – айланту найвищого листя та плоди. Настоянку одержали методом мацерації, сировину екстрагували метиловим спиртом за кімнатної температури протягом 10 днів. Якісне та кількісне визначення діючих сполук здійснили на газовому хроматографі Agilent 7890B GC System (Agilent, Santa Clara, CA, USA) з мас-спектрометричним детектором Agilent 5977 BGC /MSD (Agilent, Santa Clara, CA, USA) та хроматографічною колонкою DB-5ms (30 м × 250 мкм × 0,25 мкм).

**Результати.** Під час дослідження в листі ідентифікували 35 біологічно активних сполук, у плодах айланту найвищого – 41. Аналізуючи листя, виявили основні складові: фітол – 21,15 %, гексадеканова кислота – 8,53 %, α-токоспіро А – 8,14 %, 2-С-метил-міо-інозитол – 7,78 %. У плодах найбільшу частку становили α-токоферол – 13,35 %, вакценова кислота – 11,42 %, 2-етилгексилловий ефір бутанової кислоти – 9,77 %.

**Висновки.** Уперше за допомогою GS/MS встановили хімічний склад айланту найвищого листя та плодів. Ідентифікували 35 біологічно активних сполук у листі та 41 – у плодах. Основні компоненти листя: фітол – 21,15 %, гексадеканова кислота – 8,53 %, α-токоспіро А – 8,14 %; плодів: α-токоферол – 13,35 %, вакценова кислота – 11,42 %, 2-етилгексилловий ефір бутанової кислоти – 9,77 %. Результати можна використовувати для створення нових потенційних антимікробних, антиоксидантних і протизапальних лікарських засобів.

**Ключові слова:** айлант, біологічно активні сполуки, газова хроматографія.

**Актуальні питання фармацевтичної і медичної науки та практики. 2020. Т. 13, № 3(34). С. 341–348**

### Investigation of chemical composition of *Ailanthus Altissima* (Mill.) Swingle

O. I. Panasenko, I. I. Aksonova, O. M. Denysenko, V. I. Mozul, V. V. Holovkin

*Ailanthus altissima* (Mill.) Swingle is a source of various classes of biologically active compounds. This determines its phytotoxic, fumigant, antioxidant, antimicrobial, and anthelmintic action. However, the scientific literature lacks information about its chemical composition and prospects for use in medicine.

**The aim of the work.** The study of the qualitative and quantitative composition of *Ailanthus altissima* (Mill.) Swingle leaves and fruits by GS / MS analysis. Identify possible future prospects for the use of the test plant in medical practice as a source of potential medicines.

**Materials and research.** The object of research is *Ailanthus altissima* leaves and fruits. The tincture was obtained by maceration, the raw material was extracted with methyl alcohol at room temperature for 10 days. Qualitative and quantitative determination of active compounds was carried out on a gas chromatograph "Agilent 7890B GC System" (Agilent, Santa Clara, CA, USA) with mass spectrometric detector "Agilent 5977 BGC/MSD" (Agilent, Santa Clara, CA, USA) and chromatographic column DB-5ms (30 m × 250 μm × 0,25 μm).

**Results.** In the course of the study, 35 biologically active compounds were identified in the leaves and 41 – in the fruits of *Ailanthus altissima*. It has been found that the main components of leaves are phytol – 21.15 %, hexadecanoic acid – 8.53 %, α-tokospiro A – 8.14 %, 2-C-methyl-myoinositol – 7.78 %; the main components of fruits are α-tocopherol – 13.35 %, vaccenic acid – 11.42 %, butyric acid 2-ethylhexyl ester – 9.77 %. α-tocopherol is known for its antioxidant and anti-inflammatory effects.

#### ARTICLE INFO



<http://pharmed.zsmu.edu.ua/article/view/216188>

UDC 615.322:582.746.26.091-119.2

DOI: [10.14739/2409-2932.2020.3.216188](https://doi.org/10.14739/2409-2932.2020.3.216188)

Current issues in pharmacy and medicine: science and practice 2020; 13 (3), 341–348

Key words: *Ailanthus altissima*, phytochemicals, gas chromatography.

\*E-mail: [bruttik2@gmail.com](mailto:bruttik2@gmail.com)

Received: 15.09.2020 // Revised: 28.09.2020 // Accepted: 06.10.2020

**Conclusions.** It is for the first time when chemical composition of *Ailanthus altissima* leaves and fruits was established with GS/MS. 35 biologically active compounds in leaves and 41 in fruits of the studied object were identified. The main components of the leaves are phytol – 21.15 %, hexadecanoic acid – 8.53 %,  $\alpha$ -tocospiro A – 8.14 %, and these of the fruits comprise  $\alpha$ -tocopherol – 13.35 %, vaccine acid – 11.42 %, 2-ethylhexyl ester of butanoic acid – 9.77 %. The results can be used to create new potential antimicrobial, antioxidant and anti-inflammatory drugs.

**Key words:** *Ailanthus altissima*, phytochemicals, gas chromatography.

**Current issues in pharmacy and medicine: science and practice 2020; 13 (3), 341–348**

### Исследование химического состава айланта высочайшего (*Ailanthus altissima* (Mill.) Swingle)

А. И. Панасенко, И. И. Аксёнова, О. Н. Денисенко, В. И. Мозуль, В. В. Головкин

Айлант высочайший – источник различных классов биологически активных соединений. Это обуславливает наличие у него фитотоксического, фумигантного, антиоксидантного, антимикробного, антигельминтного действия. В научной литературе недостаточно сведений о его химическом составе и перспективах использования в медицине.

**Цель работы** – при помощи GS/MS-анализа исследовать качественный и количественный состав айланта высочайшего листьев и плодов. Установить возможные перспективы использования в медицинской практике в качестве источника потенциальных лекарственных средств.

**Материалы и методы.** Объект исследования – айлант высочайшего листья и плоды. Настойка получена методом мацерации, сырье экстрагировали метиловым спиртом при комнатной температуре в течение 10 дней.

Качественное и количественное определение действующих соединений проводили на газовом хроматографе Agilent 7890B GC System (Agilent, Santa Clara, CA, USA) с масс-спектрометрическим детектором Agilent 5977 BGC/MSD (Agilent, Santa Clara, CA, USA) и хроматографической колонкой DB-5ms (30 м × 250 мкм × 0,25 мкм).

**Результаты.** В ходе исследования в листьях идентифицировали 35 биологически активных соединений, в плодах айланта высочайшего – 41. В ходе анализа листьев установили основные составляющие: фитол – 21,15 %, гексадекановая кислота – 8,53 %,  $\alpha$ -токоспиро А – 8,14 %, 2-С-метил-мио-инозитол – 7,78 %. В плодах наибольшую часть составляли  $\alpha$ -токоферол – 13,35 %, вакценовая кислота – 11,42 %, 2-этилгексилловый эфир бутановой кислоты – 9,77 %.

**Выводы.** Впервые с помощью GS/MS установлен химический состав айланта высочайшего листьев и плодов. Результаты можно использовать для создания новых потенциальных антимикробных, антиоксидантных и противовоспалительных лекарственных средств.

**Ключевые слова:** айлант, биологически активные соединения, газовая хроматография.

**Актуальные вопросы фармацевтической и медицинской науки и практики. 2020. Т. 13, № 3(34). С. 341–348**

Айлант найвищий (*Ailanthus altissima* (Mill.) Swingle) – листяне дерево родини *Simarubaceae*, швидко росте, досягає висоти 20–30 м. Рослина походить із півдня Китаю, в Європу завезена в 1750 р., культивована як декоративна [8,18,21]. Завдяки невибагливості до умов зростання, алелопатії, наявності специфічного запаху айлант найвищий швидко витісняє місцеву флору та вважається інвазійним видом [9,14]. Часто кампанії з його викорінення є марними. Утім, рослину можна використовувати як джерело квазіноїдів – потенційних гербіцидів широкого спектра дії [5].

Так, італійські науковці досліджували фітотоксичність айлантону – квазіноїда, який міститься в айланті найвищому. Активність інгібування проростання та росту оцінювали на двох модельних видах – хрінниця сійна (*Lepidium sativum* L.) і редька посівна (*Raphanus sativus* L.). Результати досліджень показали позитивну динаміку й дали змогу говорити про перспективне використання айланту як біологічного рішення для боротьби з бур'янами [19,23]. У статті південнокорейських науковців розглянуто наявність антиоксидантної дії в етанольного екстракту паростків айланту на прикладі щурячої моделі [12]. Китайські вчені дослідили нейропротекторну активність бензойних похідних айланту найвищого,

але жодна зі сполук, які дослідили, не мала очевидної активності [24]. Колектив німецьких дослідників вивчав антигельмінтну дію айлантону проти *Caenorhabditis elegans*, висновки досліджень підтвердили доцільність використання айланту для лікування гельмінтозів [16]. Огляд фахової літератури показав наявність також цитотоксичної дії [15,25]. Крім того, екстракт айланту застосовують у зеленому синтезі [3,4]. У роботі болгарських учених описано фітотоксичну, фумігантну та репелентну активність [14], а російські науковці встановили наявність антимікробної дії [2].

Детальніший аналіз наукової літератури показав недостатність досліджень хімічного складу та біологічної дії айланту найвищого. Отже, актуальними є наступні дослідження айланту найвищого.

### Мета роботи

За допомогою GS/MS-аналізу дослідити якісний і кількісний склад айланту найвищого (*Ailanthus altissima* (Mill.) Swingle) листя та плодів, встановити можливі перспективи використання цієї рослини в медичній практиці як джерела потенційних лікарських засобів.

## Матеріали і методи дослідження

Об'єкт дослідження – айланту найвищого листя та плоди. Сировину заготовили в липні 2019 р. у фазу повного цвітіння та плодоношення (м. Запоріжжя). Настоянку виготовили методом мацерації, сировину екстрагували метиловим спиртом за кімнатної температури протягом 10 днів, згідно з методикою виготовлення настоянок [1]. У мікроколбу (1 мл) помістили 0,1 мл екстракту та довели метанолом до позначки 0,5 мл.

Якісне та кількісне визначення діючих сполук здійснили на кафедрі природничих дисциплін для іноземних студентів та токсикологічної хімії (зав. каф. – д-р фарм. н, професор О. І. Панасенко). Розведення досліджували на газовому хроматографі Agilent 7890B GC System (Agilent, Santa Clara, CA, USA) з мас-спектрометричним детектором Agilent 5977 BGC/MSD (Agilent, Santa Clara, CA, USA) та хроматографічною колонкою DB-5ms (30 м

× 250 мкм × 0,25 мкм). Під час аналізу дотримувалися таких умов: швидкість газу-носія (гелій) – 1,3 мл/хв; температура блоку введення проб – 200 °C → 12 °C/с → 265 °C; температура термостата: програмована, 70 °C (затримка 1 хв) → 10 °C/хв → 270 °C (затримка 4 хв); температура інтерфейсу ГХ/МС – 275 °C; джерела іонів – 230 °C; квадрупольного мас-аналізатора – 150 °C; об'єм інжекції – 0,5 мкл; поділ потоку – 1:5; тип іонізації: ЕІ при енергії електронів 70 еВ; 30–700 m/z. Для ідентифікації компонентів використовували бібліотеку мас-спектрів NIST14.

## Результати

У результаті досліджень у листі ідентифікували 35 (2 – в ізомерному стані) біологічно активних сполук, у плодах айланту найвищого – 41 (2 – в ізомерному стані) (табл. 1, 2).

Таблиця 1. Якісний і кількісний вміст біологічно активних сполук айланту найвищого листя

№ з/п	RT, хв	Компонент	Вміст, %
1.	3,463	Hexanoic acid, methyl ester	0,52
2.	4,345	Decane	0,66
3.	4,770	Butanedioic acid, dimethyl ester	0,76
4.	5,743	Undecane	3,43
5.	6,423	4H-Pyran-4-one, 2,3-dihydro-3,5-dihydroxy-6-methyl-	0,65
6.	9,900	1-(3,6,6-Trimethyl-1,6,7,7-tetrahydrocyclopenta[c]pyran-1-yl)ethanone	0,55
7.	10,294	Caryophyllene	0,4
8.	10,394	.beta.-D-Glucopyranose, 4-O-.beta.-D-galactopyranosyl-	1,55
9.	11,092	Silane, 1-hexenyltrimethyl-, (Z)-	3,24
10.	12,196	Acetic acid, (1,2,3,4,5,6,7,8-octahydro-3,8,8-trimethylnaphth-2-yl)methyl ester	0,5
11.	12,590	Desulphosinigrin	1,21
12.	12,744	Megastigmatrienone	0,66
13.	12,923	Myo-Inositol, 2-C-methyl-	7,78
14.	13,408	1-(2-[3-(2-Acetyloxiran-2-yl)-1,1-dimethylpropyl]cycloprop-2-enyl)ethanone	0,47
15.	13,514	1,2-Cycloheptanedione, 3,3,7,7-tetramethyl-, dihydrazone	0,71
16.	13,788	Methyl tetradecanoate	0,44
17.	13,983	Dihydroxanthin	0,89
18.	14,160	Tetradecanoic acid	1,63
19.	14,542	2-Cyclohexen-1-one, 4-hydroxy-3,5,5-trimethyl-4-(3-oxo-1-butenyl)-	0,73
20.	15,008	*Phytol, acetate	3,16
21.	15,261	Cyclopropanenonanoic acid, 2-[(2-butylcyclopropyl)methyl]-, methyl ester	0,85
22.	15,453	*Phytol, acetate	0,97
23.	15,851	Methyl hexadec-9-enoate	0,6
24.	15,908	Hexadecanoic acid, methyl ester	4,6
25.	16,249	n-Hexadecanoic acid	8,53
26.	16,470	2-Myristinoyl pantetheine	0,94
27.	16,560	trans-Sinapyl alcohol	0,61

Продовження таблиці 1.

№ з/п	RT, хв	Компонент	Вміст, %
28.	17,475	6,7-Dimethoxy-1,4-dihydro-2,3-quinoxalinedione	0,49
29.	17,593	9,12,15-Octadecatrienoic acid, methyl ester,(Z,Z,Z)-	4,31
30.	17,693	Phytol	21,15
31.	17,940	9,12,15-Octadecatrienoic acid, (Z,Z,Z)-	6,81
32.	20,877	3-Thiocyanatocarbazole	0,45
33.	21,114	1H-Cyclopropa[3,4]benz[1,2-е]azulene5,7b,9,9a-tetrol, 1a,1b,4,4a,5,7a,8,9-octahydro3-(hydroxymethyl)-1,1,6,8-tetramethyl-, 5,9,9atriacetate, [1aR-(1a.alpha.,1b.beta.,4a.beta.,5.beta.,7a.alpha.,7b.alpha.,8.alpha.,9.beta.,9a.alpha.)]-	0,54
34.	22,845	Ethyl iso-allocholate	0,62
35.	24,249	Squalene	7,8
36.	24,672	*.alpha.-Tocospiro A	4,77
37.	24,960	*.alpha.-Tocospiro A	3,37

Таблиця 2. Якісний і кількісний вміст біологічно активних сполук айланту найвищого плодів

№ з/п	RT, хв	Компонент	Вміст, %
1.	2,574	Ethanedioic acid, dimethyl ester	1,61
2.	3,889	2-Dodecenal, (E)-	0,39
3.	4,365	N-[3-[NAziridyl]propylidene]tetrahydrofurfurylamine	0,35
4.	5,725	1-Butanol, 2-methyl-, acetate	4,46
5.	6,432	2-Propyl-tetrahydropyran-3-ol	0,51
6.	6,670	.beta.-1,5-Dibenzoyl-2-deoxy-ribofuranose	0,57
7.	7,470	Benzene, (ethenylxy)-	0,57
8.	7,783	1,2,3-Propanetriol, 1-acetate	0,46
9.	8,069	cis-10-Heptadecenoic acid	0,34
10.	8,661	Barbituric acid, 2-thio-	0,34
11.	8,774	Phenol, 3-methyl-5-(1-methylethyl)-,methylcarbamate	0,37
12.	9,629	1,2,3-Benzenetriol	3,27
13.	10,452	*d-Mannose	4,2
14.	10,940	4-(2,4,4-Trimethyl-cyclohexa-1,5-dienyl)-but-3-en-2-one	0,67
15.	11,095	*d-Mannose	3,11
16.	12,328	1-Propene, 1-(ethylthio)-2-methyl-	4,39
17.	12,609	n-Butyric acid 2-ethylhexyl ester	9,77
18.	13,062	4,4,5,8-Tetramethylchroman-2-ol	1,13
19.	13,287	.alpha.-Methyl mannofuranoside	1,61
20.	13,411	1,5-Hexadien-3-ol, 3-methyl-6-(methylthio)-1-(2,6,6-trimethyl-1-cyclohexen-1-yl)-, (E,E)-	1,89
21.	13,974	(E)-4-(3-Hydroxyprop-1-en-1-yl)-2-methoxyphenol	1,19
22.	14,157	Tetradecanoic acid	0,64
23.	14,541	2-Cyclohexen-1-one, 4-hydroxy-3,5,5-trimethyl4-(3-oxo-1-butenyl)-	0,35
24.	14,792	7-Methyl-Z-tetradecen-1-ol acetate	0,8
25.	15,008	Ethanol, 2-(9-octadecenylxy)-, (Z)	0,35
26.	15,907	Hexadecanoic acid, methyl ester	1,18
27.	16,248	n-Hexadecanoic acid	8,52

Продовження таблиці 2.

№ з/п	RT, хв	Компонент	Вміст, %
28.	17,536	9,12-Octadecadienoic acid (Z,Z)-, methyl ester	3,73
29.	17,602	9-Octadecenoic acid, methyl ester, (E)-	2,35
30.	17,691	Phytol, acetate	1,07
31.	17,888	9,12-Octadecadienoic acid (Z,Z)	3,09
32.	17,944	cis-Vaccenic acid	11,42
33.	18,148	4-Androstene-3,17-dione 17-mono(Omethylxime)	0,7
34.	18,964	1H-2,8aMethanocyclopenta[a]cyclopropa[e]cyclodecen11-one, 1a,2,5,5a,6,9,10,10a-octahydro-5,5a,6-trihydroxy-1,4-bis(hydroxymethyl)-1,7,9-trimethyl-, [1S-(1.alpha.,1a.alpha.,2.alpha.,5.beta.,5a.beta.,6.beta.,8a.alpha.,9.alpha.,10a.alpha.)]-	0,47
35.	19,301	*1H-Cyclopropa[3,4]benz[1,2-e]azulene5,7b,9,9a-tetrol, 1a,1b,4,4a,5,7a,8,9-octahydro3-(hydroxymethyl)-1,1,6,8-tetramethyl-, 5,9,9atriacetate, [1aR-(1a.alpha.,1b.beta.,4a.beta.,5.beta.,7a.alpha.,7b.alpha.,8.alpha.,9.beta.,9a.alpha.)]-	0,38
36.	20,335	1H-2,8aMethanocyclopenta[a]cyclopropa[e]cyclodecen11-one, 1a,2,5,5a,6,9,10,10a-octahydro-5,5a,6-trihydroxy-1,4-bis(hydroxymethyl)-1,7,9-trimethyl-, [1S-(1.alpha.,1a.alpha.,2.alpha.,5.beta.,5a.beta.,6.beta.,8a.alpha.,9.alpha.,10a.alpha.)]-	0,41
37.	21,113	Hexadecanoic acid, 1-(hydroxymethyl)-1,2-ethanediyl ester	1,16
38.	21,539	4H-Cyclopropa[5',6']benz[1',2':7,8]azuleno[5,6-b]oxiren-4-one,8-(acetyloxy)-1,1a,1b,1c,2a,3,3a,6a,6b,7,8,8a-dodecahydro3a,6b,8a-trihydroxy-2a-(hydroxymethyl)-1,1,5,7-tetramethyl-,(1a.alpha.,1b.beta.,1c.beta.,2a.beta.,3a.beta.,6a.alpha.,6b.alpha.,7.alpha.,8.beta.,8a.alpha.)-	0,36
39.	21,850	*1H-Cyclopropa[3,4]benz[1,2-e]azulene5,7b,9,9a-tetrol, 1a,1b,4,4a,5,7a,8,9-octahydro3-(hydroxymethyl)-1,1,6,8-tetramethyl-, 5,9,9atriacetate, [1aR-(1a.alpha.,1b.beta.,4a.beta.,5.beta.,7a.alpha.,7b.alpha.,8.alpha.,9.beta.,9a.alpha.)]-	0,38
40.	22,813	9-Octadecenoic acid (Z)-, 2,3-dihydroxypropylester	1,62
41.	23,609	dl-alpha.-Tocopherol	13,35
42.	24,246	Squalene	2,83
43.	24,957	alpha.-Tocospiro A	0,82

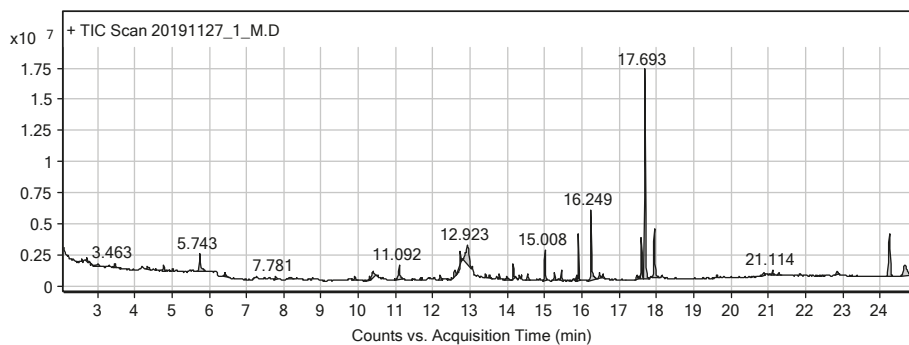


Рис. 1. Хроматограма компонентів айланту найвищого листя.

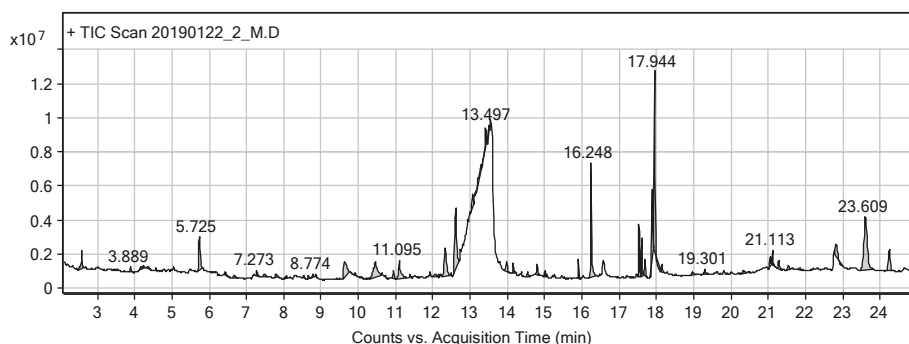


Рис. 2. Хроматограма компонентів айланту найвищого плодів.

Під час хімічного аналізу листя виявили найбільший уміст фітолу (21,15 %), що належить до класу терпенів, гексадеканової кислоти – 8,53 % (жирні кислоти),  $\alpha$ -токоспіро А – 8,14 % (терпени), 2-С-метил-міо-інозитулу (ароматичні сполуки) – 7,78 %. Встановили, що основна складова листя айланту найвищого – терпени (41,62 %), далі – жирні кислоти та їхні похідні (30,61 %) й ароматичні сполуки (9,59 %).

Щодо аналізу плодів, то найбільшу частку становили  $\alpha$ -токоферол – 13,35 % (гетероциклічні сполуки), вакценова кислота (жирні кислоти) – 11,42 %, 2-етилгексилловий ефір бутанової кислоти (похідні жирних кислот) – 9,77 %. Виявили доволі високий вміст моносахариду манози – 7,31 %. За процентним складом переважали жирні кислоти та їхні похідні (43,82 %), гетероциклічні (16,03 %) та ароматичні (14,35 %) сполуки, моносахариди (9,49 %), вміст терпенів – лише 4,73 %.

На хроматограмі настоянки листя айланту найвищого ідентифікували такі сполуки: фітол (RT = 17,693), гексадеканова кислота (RT = 16,249), фітолу ацетат (RT = 15,008) (рис. 1).

На хроматограмі компонентів плодів айланту найвищого ідентифікували  $\alpha$ -токоферол (RT = 23,609), вакценову кислоту (RT = 17,944), гексадеканову кислоту (RT = 16,248) (рис. 2).

## Обговорення

Огляд відомостей фахової літератури показав, що фітолу притаманна протизапальна дія. Так, успішними виявилися його випробування на моделі артриту, що викликаний ад'ювантом Фрейнда (CFA) на мишах [6]. Американські вчені розглянули його роль як потенційної дієтичної добавки для профілактики раку [11]. Протипухлинна дія підтверджена в дослідженнях бразильських, в'єтнамських науковців [17]. Індійські дослідники припускають, що його можна застосовувати для регенерації кісток [10].

$\alpha$ -токоферол відомий своєю антиоксидантною дією [22], а також може бути корисним терапевтичним засобом для осіб, які сприйнятливі до зараження *Pseudomonas aeruginosa*, внаслідок наявності протизапальної дії [7].  $\alpha$ -токоспіро А і сквален також характеризуються антиоксидантними властивостями [13].

Комплексу жирних кислот та їхніх похідних властива антимікробна, антиоксидантна дії [20].

Айлант найвищий можна рекомендувати як потенційне джерело антимікробних, антиоксидантних і протизапальних засобів.

## Висновки

1. Уперше за допомогою GS/MS встановили хімічний склад айланту найвищого листя та плодів.

2. Під час дослідження у листі ідентифікували 35 (2 – в ізомерному стані) біологічно активних сполук, у плодах айланту найвищого – 41 (2 – в ізомерному стані).

3. Основні компоненти листя: фітол (21,15 %), гексадеканова кислота (8,53 %),  $\alpha$ -токоспіро А (8,14 %).

У плодах переважав  $\alpha$ -токоферол (13,35 %), вакценова кислота (11,42 %), 2-етилгексилловий ефір бутанової кислоти (9,77 %).

4. Дослідження айланту найвищого листя та плодів є актуальним. Отримані результати можна використовувати для створення нових потенційних антимікробних, антиоксидантних і протизапальних лікарських засобів.

**Перспективи подальших досліджень.** Айланту найвищого листя та плоди – джерело потенційних лікарських засобів, які характеризуються антимікробною, антиоксидантною та протизапальною діями.

## Фінансування

Дослідження виконане в рамках сумісної комплексної роботи кафедри фармакогнозії, фармакології та ботаніки Запорізького державного медичного університету.

**Конфлікт інтересів:** відсутній.

**Conflicts of interest:** authors have no conflict of interest to declare.

## Відомості про авторів:

Панасенко О. І., д-р фарм. наук, професор, зав. каф. природничих дисциплін для іноземних студентів та токсикологічної хімії, Запорізький державний медичний університет, Україна.

ORCID ID: [0000-0002-6102-3455](https://orcid.org/0000-0002-6102-3455)

Аксьонова І. І., канд. фарм. наук, асистент каф. фармакогнозії, фармакології та ботаніки, Запорізький державний медичний університет, Україна.

ORCID ID: [0000-0002-3534-700X](https://orcid.org/0000-0002-3534-700X)

Денисенко О. М., канд. фарм. наук, доцент каф. фармакогнозії, фармакології та ботаніки, Запорізький державний медичний університет, Україна.

Мозуль В. І., канд. фарм. наук, доцент каф. фармакогнозії, фармакології та ботаніки, Запорізький державний медичний університет, Україна.

Головкін В. В., канд. фарм. наук, доцент каф. фармакогнозії, фармакології та ботаніки, Запорізький державний медичний університет, Україна.

## Information about authors

Panasenko O. I., Dr. hab., Professor, Head of the Department of Natural Sciences for Foreign Students and Toxicological Chemistry, Zaporizhzhia State Medical University, Ukraine.

Aksonova I. I., PhD, Teaching Assistant of the Department of Pharmacognosy, Pharmacology and Botany, Zaporizhzhia State Medical University, Ukraine.

Denysenko O. M., PhD, Associate Professor of the Department of Pharmacognosy, Pharmacology and Botany, Zaporizhzhia State Medical University, Ukraine.

Mozul V. I., PhD, Associate Professor of the Department of Pharmacognosy, Pharmacology and Botany, Zaporizhzhia State Medical University, Ukraine.

Holovkin V. V., PhD, Associate Professor of the Department of Pharmacognosy, Pharmacology and Botany, Zaporizhzhia State Medical University, Ukraine.

## Сведения об авторах:

Панасенко А. И., д-р фарм. наук, профессор, зав. каф. естественных дисциплин для иностранных студентов и токсикологической химии, Запорожский государственный медицинский университет, Украина.

Аксёнова И. И., канд. фарм. наук, ассистент каф. фармакогнозии, фармакологии и ботаники, Запорожский государственный медицинский университет, Украина.

Денисенко О. Н., канд. фарм. наук, доцент каф. фармакогнозии, фармакологии и ботаники, Запорожский государственный медицинский университет, Украина.

Мозуль В. И., канд. фарм. наук, доцент каф. фармакогнозії, фармакології і ботаники, Запорозький державний медичний університет, Україна.  
Головкін В. В., канд. фарм. наук, доцент каф. фармакогнозії, фармакології і ботаники, Запорозький державний медичний університет, Україна.

### Список літератури

- [1] Державна Фармакопея України / Держ. п-во «Наук.-експерт. фармакопейний центр». 1-е вид. Довповнення 2. Харків : PIPEF, 2008. 620 с.
- [2] Кочиева В. А. Айлант высочайший – друг или враг?. *Международный студенческий научный вестник*. 2017. № 4. С. 971-973.
- [3] Green synthesis of zinc oxide nanoparticles (ZnO-NPs) using *Ailanthus altissima* fruit extracts and antibacterial activity / A. M. Awwad, M. W. Amer, N. M. Salem, A. O. Abdeen. *Chemistry International*. 2020. Vol. 6, Iss. 3. P. 151-159. <https://doi.org/10.5281/zenodo.3559520>
- [4] Awwad A. M., Amer M. W. Biosynthesis of Copper Oxide Nanoparticles Using *Ailanthus Altissima* Leaf Extract and Antibacterial Activity. *Chemistry International*. 2020. Vol. 6, Iss. 4. P. 210-217. <https://doi.org/10.5281/zenodo.3670918>
- [5] Effect of temperature and salinity on germination and seedling establishment of *Ailanthus altissima* (Mill.) Swingle (Simaroubaceae) / A. Kheloufi, L. M. Mansouri, R. Zerrouni, O. Abdelhamid. *Reforesta*. 2020. No. 9. P. 44-53. <https://dx.doi.org/10.21750/REFOR.9.06.80>
- [6] Phytol, a Chlorophyll Component, Produces Antihyperalgesic, Anti-inflammatory, and Antiarthritic Effects: Possible NFκB Pathway Involvement and Reduced Levels of the Proinflammatory Cytokines TNF-α and IL-6 / A. M. S. Carvalho, L. Heimfarth, E. W. Pereira et al. *Journal of Natural Products*. 2020. Vol. 83, Iss. 4. P. 1107-1117. <https://doi.org/10.1021/acs.jnatprod.9b01116>
- [7] α-Tocopherol Attenuates the Severity of *Pseudomonas aeruginosa*-induced Pneumonia / B. M. Wagener, N. Anjum, C. Evans et al. *American journal of respiratory cell and molecular biology*. 2020. Vol. 63, Iss. 2. P. 234-243. <https://doi.org/10.1165/rncmb.2019-0185OC>
- [8] Verticillium wilt of *Ailanthus altissima* in Italy caused by *V. dahliae*: new outbreaks from Tuscany / C. Pisuttu, A. Marchica, R. Bernardi et al. *iForest – Biogeosciences and Forestry*. 2020. Vol. 13, Iss. 3. P. 238-245. <https://doi.org/10.3832/ifer3238-013>
- [9] Phytotoxic potential of selected essential oils against *Ailanthus altissima* (Mill.) Swingle, an invasive tree / E. Karalija, S. Dahija, A. Parić, S. Čavar Zeljković. *Sustainable Chemistry and Pharmacy*. 2020. Vol. 15. P. 100219. <https://doi.org/10.1016/j.scp.2020.100219>
- [10] An osteoinductive effect of phytol on mouse mesenchymal stem cells (C<sub>3</sub>H<sub>10</sub>T<sub>1/2</sub>) towards osteoblasts / G. Sanjeev, D. S. Sidharthan, S. Pranavkrishna et al. *Bioorganic and Medicinal Chemistry Letters*. 2020. Vol. 30, Iss. 11. P. 127137. <https://doi.org/10.1016/j.bmcl.2020.127137>
- [11] Phytol and its metabolites phytanic and pristanic acids for risk of cancer: current evidence and future directions / G. Bobe, Z. Zhang, R. Kopp et al. *European Journal of Cancer Prevention*. 2020. Vol. 29, Iss. 2. P. 191-200. <https://doi.org/10.1097/CEJ.0000000000000534>
- [12] Ethanol Extracts of *Oenothera laciniosa* sprout, *Equisetum arvense* L., and *Ailanthus altissima* Leaves Improve Antioxidant Activities in D-galactose Induced Aging Rat Model / H. Yoo, H. S. Kim, H. Kim et al. *Current Developments in Nutrition*. 2020. Vol. 4, Suppl. 2. P. 94. [https://doi.org/10.1093/cdn/nzaa040\\_094](https://doi.org/10.1093/cdn/nzaa040_094)
- [13] Bano I., Deora G. S. Preliminary phytochemical screening and GC-MS analysis of methanolic leaf extract of *Abutilon pannosum* (Forst. F.) Schlecht. from Indian Thar desert. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*. 2019. Vol. 8, Iss. 1. P. 894-899.
- [14] *Ailanthus altissima* and *Amorpha fruticosa* – invasive arboreal alien plants as cheap sources of valuable essential oils / E. Kozuharova, N. Benbassat, S. Berkov, I. Ionkova. *Pharmacia*. 2020. Vol. 67, Iss. 2. P. 71-81. <https://doi.org/10.3897/pharmacia.67.e48319>
- [15] Selective enrichment of ailanthone from leaves of *ailanthus altissima* by tandem reverse phase/molecularly imprinted solid phase extraction / L. Anfossi, C. Giovannoli, F. Di Nardo et al. *Microchemical Journal*. 2020. Vol. 158. <https://doi.org/10.1016/j.microc.2020.105198>
- [16] Extract and the quassinoid ailanthone from *Ailanthus altissima* inhibit nematode reproduction by damaging germ cells and rachis in the model organism *Caenorhabditis elegans* / S. Lehmann, F. Herrmann, K. Kleemann et al. *Fitoterapia*. 2020. Vol. 146. P. 104651. <https://doi.org/10.1016/j.fitote.2020.104651>
- [17] Phytol as an anticarcinogenic and antitumoral agent: An in vivo study in swiss mice with DMBA-Induced breast cancer / M. de Alencar, M. T. Islam, R. de Lima et al. *IUBMB Life*. 2019. Vol. 71, Iss. 2. P. 200-212. <https://doi.org/10.1002/iub.1952>
- [18] Allergy to *Ailanthus altissima* pollen: A local allergen to consider / J. Marti-Garrido, M. Corominas, M. Castillo-Fernández et al. *Journal of Investigational Allergology and Clinical Immunology*. 2020. Vol. 30, Iss. 6. P. 8. <https://doi.org/10.18176/jiaci.0577>
- [19] Activity of *Ailanthus altissima* (Mill.) Swingle Extract as a Potential Bioherbicide for Sustainable Weed Management in Horticulture / M. Caser, S. Demasi, F. Caldera et al. *Agronomy*. 2020. Vol. 10, Iss. 7. P. 965. <https://doi.org/10.3390/agronomy10070965>
- [20] Ali O. T., Mohammed M. J. Isolation, Characterization, and Biological Activity of some Fatty Acids and Volatile Oils from Iraqi *Eucalyptus microtheca* Plant. *International Journal of Pharmaceutical Quality Assurance*. 2020. Vol. 11, Iss. 1. P. 138-143. <https://doi.org/10.25258/ijpqa.11.1.21>
- [21] Field-inoculated *Ailanthus altissima* stands reveal the biological control potential of *Verticillium nonalfalfae* in the mid-Atlantic region of the United States / R. K. Brooks, K. L. Wickert, A. Baudoin et al. *Biological Control*. 2020. Vol. 148. P. 104298. <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2020.104298>
- [22] Maturation of sheep oocytes with antioxidant α-tocopherol which are activated by parthenogenesis / S. Gustina, H. Hasbi, I. Supriatna, M. A. Setiadi. *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science*. 2020. Vol. 492, Iss. 1. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/492/1/012070>
- [23] Ailanthone from *Ailanthus altissima* (Mill.) Swingle as potential natural herbicide / S. Demasi, M. Caser, F. Vanara et al. *Scientia Horticulturae*. 2019. Vol. 257. P. 108702. <https://doi.org/10.1016/j.scientia.2019.108702>
- [24] Benzoic acid derivatives from the root barks of *Ailanthus altissima* / Y.-Q. Du, Z.-Y. Yan, S.-C. Shi et al. *Journal of Asian Natural Products Research*. 2020. Published online: 06 Feb 2020. <https://doi.org/10.1080/10286020.2020.1715952>
- [25] Terpenylated coumarins from the root bark of *Ailanthus altissima* (Mill.) Swingle / Z. Yan, T. Lv, Y. Wang et al. *Phytochemistry*. 2020. Vol. 175. P. 112361. <https://doi.org/10.1016/j.phytochem.2020.112361>

### References

- [1] State Enterprise Ukrainian Scientific Pharmacopoeial Center of Medicines Quality. (2008, February 1). Derzhavna Farmakopeia Ukrainy. Dopovnennia 2 [The State Pharmacopoeia of Ukraine] (1<sup>st</sup> ed., Suppl. 1). Kharkiv: Naukovo-ekspertnyi farmakopeinyi tsentr. [in Ukrainian].
- [2] Kочиева В. А. (2017). Айлант высочайший – друг или враг? [*Ailanthus altissima* – friend or foe?]. *Mezhdunarodnyi studencheskii nauchnyi vestnik*, (4), 971-973. [in Russian].
- [3] Awwad, A. M., Amer, M. W., Salem, N. M., & Abdeen, A. O. (2020). Green synthesis of zinc oxide nanoparticles (ZnO-NPs) using *Ailanthus altissima* fruit extracts and antibacterial activity. *Chemistry International*, 6(3), 151-159. <https://doi.org/10.5281/zenodo.3559520>
- [4] Awwad, A. M., & Amer, M. W. (2020). Biosynthesis of Copper Oxide Nanoparticles Using *Ailanthus Altissima* Leaf Extract and Antibacterial Activity. *Chemistry International*, 6(4), 210-217. <https://doi.org/10.5281/zenodo.3670918>
- [5] Kheloufi, A., Mansouri, L. M., Zerrouni, R., & Abdelhamid, O. (2020). Effect of temperature and salinity on germination and seedling establishment of *Ailanthus altissima* (Mill.) Swingle (Simaroubaceae). *Reforesta*, (9), 44-53. <https://dx.doi.org/10.21750/REFOR.9.06.80>
- [6] Carvalho, A. M. S., Heimfarth, L., Pereira, E. W., Oliveira, F. S., Menezes, I., Coutinho, H., Picot, L., Antoniolli, A. R., Quintans, J. S., & Quintans-Júnior, L. (2020). Phytol, a Chlorophyll Component, Produces Antihyperalgesic, Anti-inflammatory, and Antiarthritic Effects: Possible NFκB Pathway Involvement and Reduced Levels of the Proinflammatory Cytokines TNF-α and IL-6. *Journal of Natural Products*, 83(4), 1107-1117. <https://doi.org/10.1021/acs.jnatprod.9b01116>
- [7] Wagener, B. M., Anjum, N., Evans, C., Brandon, A., Honavar, J., Creighton, J., Traber, M. G., Stuart, R. L., Stevens, T., & Pittet, J. F. (2020). α-Tocopherol Attenuates the Severity of *Pseudomonas aeruginosa*-induced Pneumonia. *American journal of respiratory cell and molecular biology*, 63(2), 234-243. <https://doi.org/10.1165/rncmb.2019-0185OC>
- [8] Pisuttu, C., Marchica, A., Bernardi, R., Calzone, A., Cotrozzi, L., Nali, C., Pellegrini, E., & Lorenzini, G. (2020). Verticillium wilt of *Ailanthus altissima* in Italy caused by *V. dahliae*: new outbreaks from Tuscany. *iForest – Biogeosciences and Forestry*, 13(3), 238-245. <https://doi.org/10.3832/ifer3238-013>

- [9] Karalija, E., Dahija, S., Parić, A., & Čavar Zeljković, S. (2020). Phytotoxic potential of selected essential oils against *Ailanthus altissima* (Mill.) Swingle, an invasive tree. *Sustainable Chemistry and Pharmacy*, 15, 100219. <https://doi.org/10.1016/j.scp.2020.100219>
- [10] Sanjeev, G., Sidharthan, D. S., Pranavkrishna, S., Pranavadithya, S., Abhinandan, R., Akshaya, R. L., Balagangadharan, K., Siddabathuni, N., Srinivasan, S., & Selvamurugan, N. (2020). An osteoinductive effect of phytol on mouse mesenchymal stem cells (C3H10T1/2) towards osteoblasts. *Bioorganic and Medicinal Chemistry Letters*, 30(11), 127137. <https://doi.org/10.1016/j.bmcl.2020.127137>
- [11] Bobe, G., Zhang, Z., Kopp, R., Garzotto, M., Shannon, J., & Takata, Y. (2020). Phytol and its metabolites phytanic and pristanic acids for risk of cancer: current evidence and future directions. *European Journal of Cancer Prevention*, 29(2), 191-200. <https://doi.org/10.1097/CEJ.0000000000000534>
- [12] Yoo, H., Kim, H. S., Kim, H., Ahn, S., & Zhou, X. (2020). Ethanol Extracts of *Oenothera lacinata* sprout, *Equisetum arvense* L., and *Ailanthus altissima* Leaves Improve Antioxidant Activities in D-galactose Induced Aging Rat Model. *Current Developments in Nutrition*, 4(Supplement\_2), 94. [https://doi.org/10.1093/cdn/nzaa040\\_094](https://doi.org/10.1093/cdn/nzaa040_094)
- [13] Bano, I., & Deora, G. S. (2019). Preliminary phytochemical screening and GC-MS analysis of methanolic leaf extract of *Abutilon pannosum* (Forst. F.) Schlecht. from Indian Thar desert. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, 8(1), 894-899.
- [14] Kozuharova, E., Benbassat, N., Berkov, S., & Ionkova, I. (2020). *Ailanthus altissima* and *amorpha fruticosa*-invasive arboreal alien plants as cheap sources of valuable essential oils. *Pharmacia*, 67(2), 71-81. <https://doi.org/10.3897/PHARMACIA.67.E48319>
- [15] Anfossi, L., Giovannoli, C., Di Nardo, F., Cavalera, S., Chiarello, M., Trotta, F., & Baggiani, C. (2020). Selective enrichment of aianthone from leaves of *ailanthus altissima* by tandem reverse phase/molecularly imprinted solid phase extraction. *Microchemical Journal*, 158. <https://doi.org/10.1016/j.microc.2020.105198>
- [16] Lehmann, S., Herrmann, F., Kleemann, K., Spiegler, V., Liebau, E., & Hensel, A. (2020). Extract and the quassinoid aianthone from *ailanthus altissima* inhibit nematode reproduction by damaging germ cells and rachis in the model organism *caenorhabditis elegans*. *Fitoterapia*, 146. 104651. <https://doi.org/10.1016/j.fitote.2020.104651>
- [17] de Alencar, M., Islam, M. T., de Lima, R., Paz, M., Dos Reis, A. C., da Mata, A., Filho, J., Cerqueira, G. S., Ferreira, P., E Sousa, J., Mubarak, M. S., & Melo-Cavalcante, A. (2019). Phytol as an anticarcinogenic and antitumoral agent: An in vivo study in swiss mice with DMBA-Induced breast cancer. *IUBMB life*, 71(2), 200-212. <https://doi.org/10.1002/iub.1952>
- [18] Martí-Garrido, J., Corominas, M., Castillo-Fernández, M., Belmonte, J., Pineda, F., & Leonart, R. (2020). Allergy to *Ailanthus altissima* pollen: A local allergen to consider. *Journal of Investigational Allergology & Clinical Immunology*, 30(6). <https://doi.org/10.18176/jiaci.0577>
- [19] Caser, M., Demasi, S., Caldera, F., Dhakar, N. K., Trotta, F., & Scariot, V. (2020). Activity of *ailanthus altissima* (mill.) swingle extract as a potential bioherbicide for sustainable weed management in horticulture. *Agronomy*, 10(7). <https://doi.org/10.3390/agronomy10070965>
- [20] Ali, O. T., & Mohammed, M. J. (2020). Isolation, characterization, and biological activity of some fatty acids and volatile oils from iraqi *eucalyptus microtheca* plant. *International Journal of Pharmaceutical Quality Assurance*, 11(1), 138-143. <https://doi.org/10.25258/ijpqa.11.1.21>
- [21] Brooks, R. K., Wickert, K. L., Baudoin, A., Kasson, M. T., & Salom, S. (2020). Field-inoculated *ailanthus altissima* stands reveal the biological control potential of *verticillium nonalfalfae* in the mid-atlantic region of the united states. *Biological Control*, 148, 104298. <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2020.104298>
- [22] Gustina, S., Hasbi, H., Supriatna, I., & Setiadi, M. A. (2020). Maturation of sheep oocytes with antioxidant -tocopherol which are activated by parthenogenesis. *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science*, 492(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/492/1/012070>
- [23] Demasi, S., Caser, M., Vanara, F., Fogliatto, S., Vidotto, F., Negre, M., Trotta, F., & Scariot, V. (2019). Aianthone from *ailanthus altissima* (mill.) swingle as potential natural herbicide. *Scientia Horticulturae*, 257, 108702. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2019.108702>
- [24] Du, Y. -Q., Yan, Z. -Y., Shi, S. -C., Hou, Z. -L., Huang, X. -X., & Song, S. -J. (2020). Benzoic acid derivatives from the root barks of *ailanthus altissima*. *Journal of Asian Natural Products Research*, Published online: 06 Feb 2020. <https://doi.org/10.1080/10286020.2020.1715952>
- [25] Yan, Z., Lv, T., Wang, Y., Shi, S., Chen, J., Binlin, Liu, Q., Huang, X., & Song, S. (2020). Terpenylated coumarins from the root bark of *Ailanthus altissima* (Mill.) Swingle. *Phytochemistry*, 175. <https://doi.org/10.1016/j.phytochem.2020.112361>