

<https://doi.org/10.15407/dopovidi2022.05.068>

УДК 544.02:581.6:615.322

І.В. Лагута¹, <https://orcid.org/0000-0001-5654-7185>

О.М. Ставинська¹, <https://orcid.org/0000-0001-9715-5292>

П.О. Кузема¹, <https://orcid.org/0000-0003-4028-4784>

В.М. Аніщенко², <https://orcid.org/0000-0001-5076-3549>

Р.В. Іванніков³, <https://orcid.org/0000-0001-5917-2980>

І.Ю. Парнікоза^{4,5,6}, <https://orcid.org/0000-0002-0490-8134>

О.О. Пороннік^{4,5}, <https://orcid.org/0000-0002-0105-6925>

Г.Ю. Мирюта^{4,5}, <https://orcid.org/0000-0003-2474-4293>

В.А. Кунах⁵, <https://orcid.org/0000-0002-9418-3172>

¹ Інститут хімії поверхні ім. О.О. Чуйка НАН України, Київ

² Інститут фізико-органічної хімії та вуглехімії ім. Л.М. Литвиненка НАН України, Київ

³ Національний ботанічний сад ім. М.М. Гришка НАН України, Київ

⁴ ДУ “Національний антарктичний науковий центр МОН України”, Київ

⁵ Інститут молекулярної біології і генетики НАН України, Київ

⁶ Національний університет “Києво-Могилянська академія”, Київ

E-mail: icvmtt34@gmail.com, okstavinskaya@yahoo.com, coralchance@gmail.com,

anishchvic@gmail.com, namor.iv22@gmail.com, ivan.parnikoza@gmail.com,

oksana_poronnik@ukr.net, amir_2605@ukr.net, kunakh@imbg.org.ua

Склад та антиоксидантні властивості екстрактів *Deschampsia antarctica* Ё. Desv. з різних місцезростань Морської Антарктики

Представлено членом-кореспондентом НАН України В.А. Кунахом

Досліджено склад і антиоксидантні властивості екстрактів, вилучених із рослин *Deschampsia antarctica* Ё. Desv., зібраних у регіоні Аргентинських островів – півострова Київ (Морська Антарктика). Склад екстрактів вивчено методами високоефективної рідинної хроматографії та мас-спектрометрії з матрично-активованою лазерною десорбцією/іонізацією; антиоксидантні властивості досліджено методом Фоліна–Чокальтеу та DPPH-тесту. Встановлено, що основними класами речовин, які містяться в екстрактах, є поліфенольні сполуки, зокрема флавоноїди, гідроксикоричні та гідроксibenзойні кислоти. Підтверджено, що флавоноїди переважно представлені глікозидами лютеоліну; склад та кількість фенольних сполук залежить від генотипу рослини, місця походження та умов навколишнього середовища. Виявлено, що загальний вміст

Цитування: Лагута І.В., Ставинська О.М., Кузема П.О., Аніщенко В.М., Іванніков Р.В., Парнікоза І.Ю., Пороннік О.О., Мирюта Г.Ю., Кунах В.А. Склад та антиоксидантні властивості екстрактів *Deschampsia antarctica* Ё. Desv. з різних місцезростань Морської Антарктики. *Допов. Нац. акад. наук Укр.* 2022. № 5. С. 68–78. <https://doi.org/10.15407/dopovidi2022.05.068>

поліфенолів у досліджених екстрактах знаходиться в діапазоні 4,33–10,93 мг/г сирової сировини; найбільшу кількість активних речовин містять екстракти, вилучені з рослин острова Україна, а найменшу – з острова Дарбу. Результати антиоксидантних досліджень показали, що екстракти виявляють високу антирадикальну активність і здатні за 60 хв інгібувати понад 50 % DPPH радикалів. Одержані дані щодо складу поліфенолів у рослинах *Deschampsia antarctica* Ё. Desv. можуть слугувати маркером для моніторингу кліматичних змін.

Ключові слова: *Deschampsia antarctica* Ё. Desv., рослинні екстракти, поліфенольні сполуки, антиоксидантні властивості.

Поліфенольні сполуки є однією із найпоширеніших груп вторинних метаболітів, що синтезуються рослинами. Вони можуть виконувати різні функції – зокрема, захисту від ультрафіолетового випромінювання, сигналінгу, пігментації й адаптації [1]. Практична значущість поліфенолів обумовлюється їх низькою токсичністю, а також вираженими антиоксидантними, антимікробними, протизапальними, фото- та кріопротекторними властивостями.

Відомо, що синтез поліфенолів у рослинах підвищується в умовах стресу. Судинні рослини Антарктики, зокрема *Deschampsia antarctica* Ё. Desv., що зростають у екстремальних умовах довкілля, можна розглядати як перспективне джерело поліфенольних сполук широкого спектра біологічної дії [2]. Як свідчать літературні дані, вилучені з *D. antarctica* сполуки виявляють антиоксидантні властивості, можуть використовуватися як фотопротекторні та антивікові агенти [3]. Також фенольні метаболіти *D. antarctica* мають протипухлинну активність і здатні інгібувати проліферацію клітин меланоми, пригнічувати ріст колоректальної карциноми та метастазів печінки [4].

Глобальне потепління, яке спостерігається останнє десятиріччя, сприяє збільшенню популяції антарктичних рослин у регіоні Аргентинських островів [5, 6]. Завдяки швидкому поширенню й успішній адаптації до кліматичних змін *D. antarctica* була запропонована як можливий індикатор глобального потепління та цінний об'єкт вивчення для розуміння толерантності організму рослин до стресів [7]. Існує припущення, що в майбутньому високі температури можуть спричинити морфологічні та анатомічні зміни в рослинах, зумовити зниження морозостійкості, справити негативний вплив на синтез корисних для практичного використання сполук [8, 9]. Беручи до уваги залежність накопичення поліфенольних сполук *D. antarctica* від абіотичних та біотичних факторів [2], на даному етапі уявляється доцільним порівняти вміст і склад поліфенолів у листках *D. antarctica* з регіону Аргентинських островів – півострова Київ і дослідити антиоксидантні властивості екстрактів, вилучених з цих рослин.

Зразки *D. antarctica* були зібрані під час сезону 24-ї та 25-ї Українських антарктичних експедицій у 2019–2020 рр. Рослинні матеріали збиралися в місцях, позбавлених впливу птахів та людини – на островах Україна, Дарбу, Лахіл, Великий Ялур, Галіндез та на Расмусен-Пойнт. Характеристика місць походження рослин, які використовувалися для приготування екстрактів, наведена в табл. 1.

Для приготування екстрактів використовували свіже листя рослин, яке заморожували до -20°C , потім розтирали і заливали метанолом з розрахунку 10 мл на 1 г сировини. Екстракцію проводили методом мацерації протягом 24 год.

Аналіз та визначення класів біологічно активних речовин проводили за допомогою автоматичного чотириканального рідинного хроматографа Agilent 1100 з діодно-матричним детектором та хімічною станцією на колонці Poroshell 120 EC-C18 2,1 150 мм 2,7 мкм. Хро-

матограми реєстрували при довжині хвиль 206, 254, 300, 350 та 450 нм. Кількість зареєстрованих у хроматограмах сполук різних класів оцінювали шляхом зіставлення площі відповідних сигналів із площею сигналів у хроматограмах реперних сполук — представників цих класів. Вміст гідроксикоричних кислот розраховували, виходячи зі значення коефіцієнта екстинкції для хлорогенової кислоти, гідроксибензойних кислот — для галлової кислоти, глікозидів лютеоліну — для орієнтину, флавоноїдів — для лютеоліну, глікозидів апігеніну — для вітексину.

Для якісного аналізу складу екстрактів застосовували метод часопрелітної мас-спектрометрії з матрично-активованою лазерною десорбцією/іонізацією (МАЛДІ МС). Мас-спектри фіксували в режимі реєстрації позитивних іонів з використанням мас-спектрометра Autoflex II (Bruker Daltonics Inc., Німеччина), обладнаного азотним лазером (337 нм). Зразки готували таким чином: 1 мкл екстракту наносили на сталеву мішень, після чого наносили 1 мкл матриці (насиченого розчину α -ціано-4-гідроксикоричної кислоти (НССА) у суміші розчинників — ацетонітрил, вода і трифтороцтова кислота (70 : 30 : 0,1)). Зразки було іонізовано в імпульсному режимі: довжина імпульсу 3 нс, частота 20 Гц. Спектри реєстрували в лінійному режимі з використанням затримки вилучення 10 нс і прискоро-

Таблиця 1. Місце походження та характеристика вихідних місцезростань *Deschampsia antarctica* регіону Аргентинських островів — півострова Київ

Місце походження рослин	Географічні координати. Характеристика умов зростання
Найбільший з островів Берселот — острів Україна*	–65.327700, –64.144800. Скеляста тераса у північній частині острова. Північна експозиція, 62 мн.р.м., 60 м до берегової лінії, тераса зі струмком талої води. Загальне проективне покриття рослинності (ЗПП) — 90 %, <i>D. antarctica</i> — 1 %, мохоподібні — 89 %
Расмусен-Пойнт	–65.246983, –64.085933. Верхівка скелястого плато в районі меморіального хреста. Північна експозиція, 60 мн.р.м., 20 м до узбережжя. ЗПП рослинності — 5–90 % (дуже локально), <i>D. antarctica</i> — 1–80 %, мохоподібні — 4–89 %
Острів Великий Ялур	–65.233983, –64.162683. Скельний схил на північному закінченні острова. Північна експозиція, 15 мн.р.м., 10 м до узбережжя. ЗПП рослинності — 5–50 %, <i>D. antarctica</i> — 1–10 %, мохоподібні — 4–40 %
Острів Галіндез	–65.247996, –64.242590. Скеляста тераса на північній частині острова на гребені Розточья, місце зростання популяції <i>Colobanthus quitensis</i> , 10 мн.р.м., 15 м до берегової лінії, 14 м до гнізда домініканських мартинів. ЗПП рослинності — 50–60 %, <i>D. antarctica</i> — 3 %, <i>Colobanthus quitensis</i> — <1 %, мохоподібні — 47–57 %
Острів Дарбу	–65.395220, –64.214920. Північно-східний мис острова в околицях скелястого гроту, скеляста тераса з виступами. Північна експозиція, 18 мн.р.м., 100 м до берегової лінії. ЗПП рослинності — 1–5 %, <i>D. antarctica</i> — 1 %, <i>Colobanthus quitensis</i> — <1 %, мохоподібні — <1 %
Острів Лахіл	–65.553641, –64.394930. Скеляста тераса на південному узбережжі острова, схил північної експозиції на південному узбережжі Південної затоки, 10 мн.р.м., 40 м до лінії узбережжя. ЗПП рослинності — 5–30 %, <i>D. antarctica</i> — 1 %, <i>Colobanthus quitensis</i> — 1 %, мохоподібні — 3–28 %

* Топоніміка регіону наведена за Н. Yevchun et al., Ukrainian Antarctic Journal, 2021.

ривальної напруги 20 кеВ. Одержані мас-спектри являли собою суму 20 індивідуальних спектрів, зареєстрованих у результаті опромінення 25 лазерними імпульсами в кожній окремії точці на мішені з нанесеним зразком. Ці мас-спектри аналізували за допомогою програмного забезпечення FlexAnalysis (Bruker Daltonics, Німеччина). Подальшу обробку мас-спектрів для виключення характерних іонів матриці НССА проводили за допомогою програмного забезпечення mMass [<http://www.mmass.org>]. Для ідентифікації іонів аналіту та віднесення до найбільш імовірних сполук враховували результати ВЕРХ відповідного аналізу екстрактів, а також дані літератури [8, 10].

Антиоксидантні властивості рослинних екстрактів досліджували, застосовуючи метод Фоліна—Чокальтеу та DPPH тест. Для визначення загального фенольного індексу [11] до 1 мл екстракту послідовно додавали 11,5 мл води, 5 мл 20 %-го розчину карбонату натрію, 1,25 мл реактиву Фоліна—Чокальтеу і 6,25 мл води, так що сумарний об'єм розчину становив 25 мл. Розчин перемішували 30 хв, вимірювали поглинання при 750 нм і розраховували загальний фенольний індекс згідно з [11].

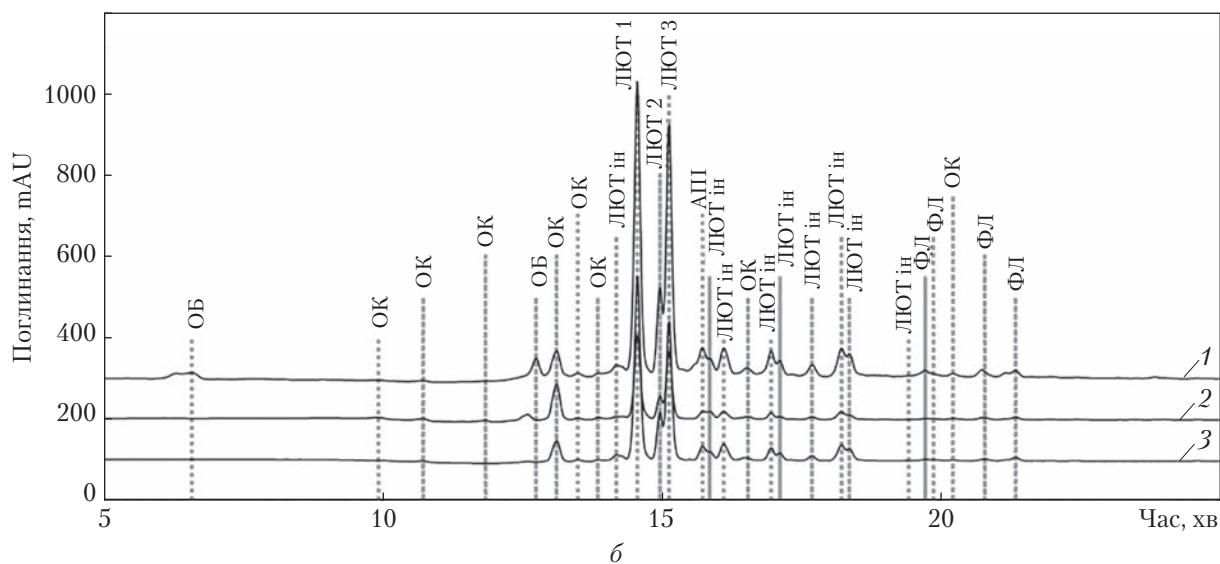
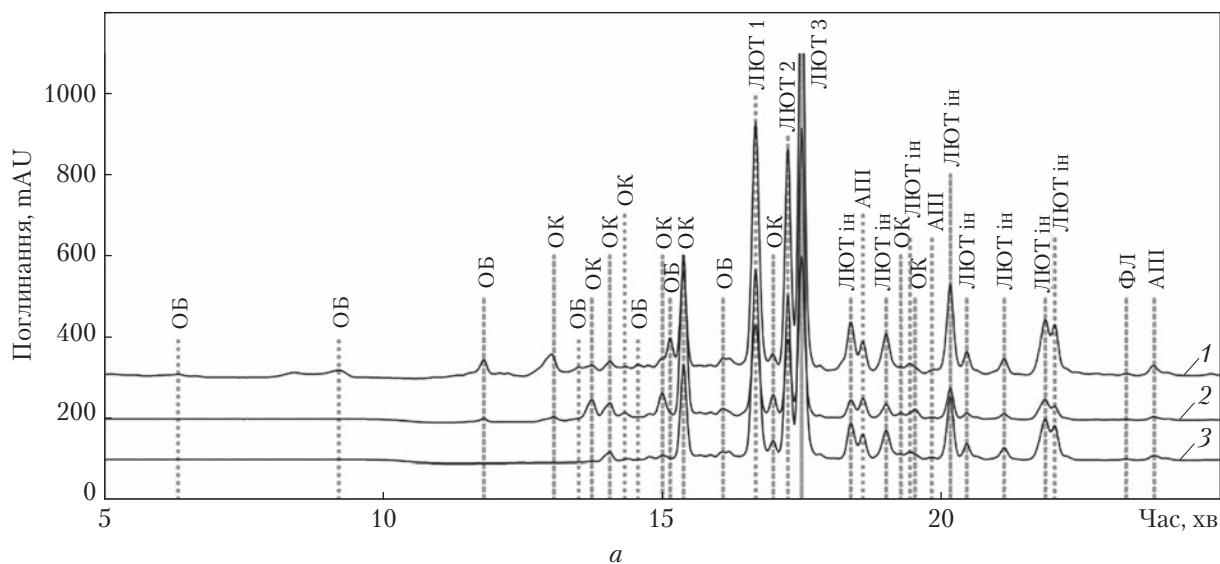
Антирадикальну активність екстрактів оцінювали за реакцією зі стабільним вільним радикалом 2,2-дифеніл-1-пікрілгідразилом (DPPH) [12]. За стандартною процедурою DPPH тесту 1 мл розчину, що досліджується, додають до 2 мл 70 %-го етанолу і 2 мл 0,15 мМ розчину DPPH у 70 %-му розчині етанолу, концентрацію стабільних радикалів у різний час після початку реакції визначають спектрофотометрично за зміною оптичної густини при максимумі поглинання розчину DPPH 520 нм. Оскільки всі досліджені екстракти виявили дуже велику активність у реакції (спостерігали миттєве зникнення забарвлення після додавання нерозведених екстрактів до розчину DPPH), перед тестуванням усі вони були розведені в 10 разів.

Приклади хроматограм рослинних екстрактів *D. antarctica* наведено на рис. 1, а, б. Для всіх інших екстрактів одержані подібні хроматограми, які відрізнялися одна від одної в основному площею піків, що відповідають різним групам сполук. Дані про вміст різних фенольних сполук у всіх досліджуваних зразках проілюстровано на рис. 1, в.

Як впливає з аналізу наведених даних, усі рослини *D. antarctica* мають аналогічний склад біоактивних сполук, зокрема поліфенолів, однак їх кількісний вміст значно відрізняється (див. рис. 1, в). Основними компонентами всіх екстрактів є прості феноли/гідроксибензойні кислоти, гідроксикоричні кислоти, флавоноїди та похідні всіх зазначених сполук. Найінтенсивніші сигнали в хроматограмах екстрактів можна віднести до трьох найпоширеніших глюкозидів лютеоліну (позначено як ЛЮТ 1, ЛЮТ 2 та ЛЮТ 3; інші похідні лютеоліну позначено як ЛЮТ ін); один із них визначено як орієнтин (лютеолін-8-С-глюкозид, пік ЛЮТ 2 на рис. 1). У всіх екстрактах другим за кількістю флавоноїдом є глікозид апігеніну; хроматограми екстрактів також містять досить інтенсивні сигнали сполук, віднесених до груп простих фенолів/гідроксибензойних кислот (та їх похідних) і гідроксикоричних кислот (та їх похідних).

Серед досліджених зразків найбільшу кількість біологічно активних сполук містили листки рослин з острова Україна (11,46 мг на 1 г сирової сировини), а найменшу — з острова Дарбу (4,33 мг/г), де жорсткіші кліматичні умови (див. табл. 1).

Зменшення вмісту активних речовин у зразках *D. antarctica* спостерігалось в ряду: о. Україна > о. Лахіл > Расмусен-Пойнт > о. Великий Ялур > о. Галіндес > о. Дарбу. Відмінності в кількісному вмісті поліфенолів можуть бути пояснені як різним походженням



досліджуваних рослин, умовами їхнього зростання, так і генетичними характеристиками рослини. Згідно з літературними даними, вміст фенольних сполук у листках з диплоїдним набором хромосом вищий порівняно з рослинами з іншим набором хромосом [13]. На відміну від рослин з інших місцезростань, рослини з острова Дарбу містять одну—три додаткові В-хромосоми [14].

Результати аналізу екстрактів методом МАЛДІ МС проілюстровано на рис. 2 (як приклад наведено мас-спектри двох екстрактів). Нижче обговорюються лише деякі найбільш інтенсивні піки в мас-спектрах. Дані добре узгоджуються з наведеними вище результатами хроматографічного дослідження і дають додаткову інформацію про склад компонентів екстрактів. Найінтенсивніший пік у мас-спектрах (див. рис. 2) відповідає значенню m/z 449, характерному для орієнтину. Спектри також містять сигнали з m/z 287, 329, 463, 595,

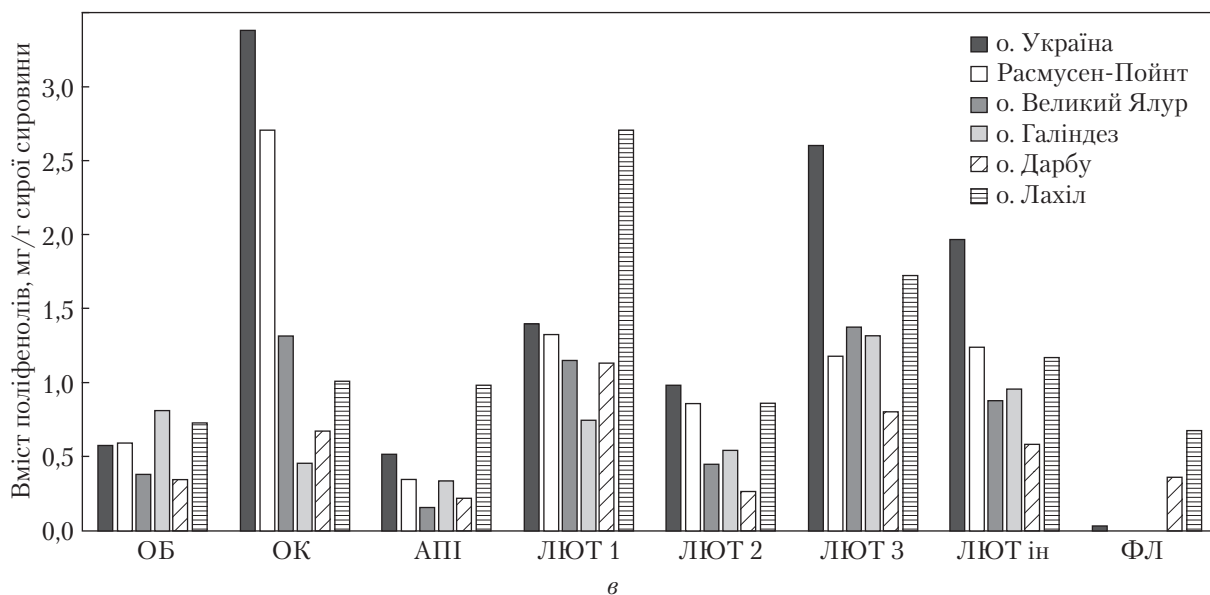


Рис. 1. Результати хроматографічних досліджень рослинних екстрактів зразків *Deschampsia antarctica*: фрагменти хроматограм (1 – 206 нм, 2 – 300 нм, 3 – 350 нм) екстрактів рослин з о. Україна (а) та о. Дарбу (б); вміст поліфенольних сполук у всіх досліджуваних екстрактах (в). Умовні позначення піків: ОБ – похідні простих фенолів та гідроксибензойних кислот; ОК – похідні гідроксикоричних кислот; ЛЮТ 1 – глюкозид лютеоліну 1; ЛЮТ 2 – глюкозид лютеоліну 2 (орієнтин); ЛЮТ 3 – глюкозид лютеоліну 3; ЛЮТ ін – інші похідні лютеоліну; АПІ – похідні апігеніну; ФЛ – інші флавоноїди

581, 637, які можна віднести до лютеоліну та його похідних, таких як триметильовий ефір лютеоліну, ізосвертіяпонін, ізосвертіяпонін 2''-O-β-арабінопіранозид, орієнтин 2''-O-β-арабінопіранозид, ізосвертіяпонін 2''-O-β-арабінопіранозид ацильований відповідно. Таким чином, сім сигналів можна віднести до лютеоліну/похідних лютеоліну, причому три з них (m/z 463, 449, 595) є одними з найпомітніших у мас-спектрах. Мас-спектри також показують наявність похідних апігеніну (m/z 579 (2''-O-β-арабінозид ізосвертізину)), а також інших флавоноїдів/похідних флавоноїдів (m/z 331 (трицин), 679 (глікозиди кемпферолу)). Дані також підтверджують наявність фенольних кислот (m/z 138 (гідроксибензойні кислоти), 207 (ванілінова кислота) та глюкозид кавової кислоти (m/z 343)). Одержані результати узгоджуються з літературними даними щодо вмісту основних поліфенольних сполук, виявлених у екстрактах судинних рослин *D. antarctica* [8]. Як впливає з аналізу наведених мас-спектрів екстрактів, у них також наявний характерний пік з m/z 593, який відповідає $[M+H]^+$ демагнізованого хлорофілу *a* – феїду *a* [15] і є результатом впливу матриці НССА на хлорофілвмісні екстракти.

Відомо, що високий вміст поліфенольних сполук у природній сировині обумовлює її значні антиоксидантні властивості. В табл. 2 наведено дані щодо загального вмісту поліфенолів у екстрактах рослин *D. antarctica* та ступінь інгібування ними DPPH радикалів.

Як свідчать одержані результати, чотири із шести досліджених екстрактів мали високу антиоксидантну активність, інгібуючи за 60 хв ~80–95 % радикалів DPPH. Найактивнішими в реакції з DPPH виявилися екстракти рослин, відібрані на островах Галіндез та

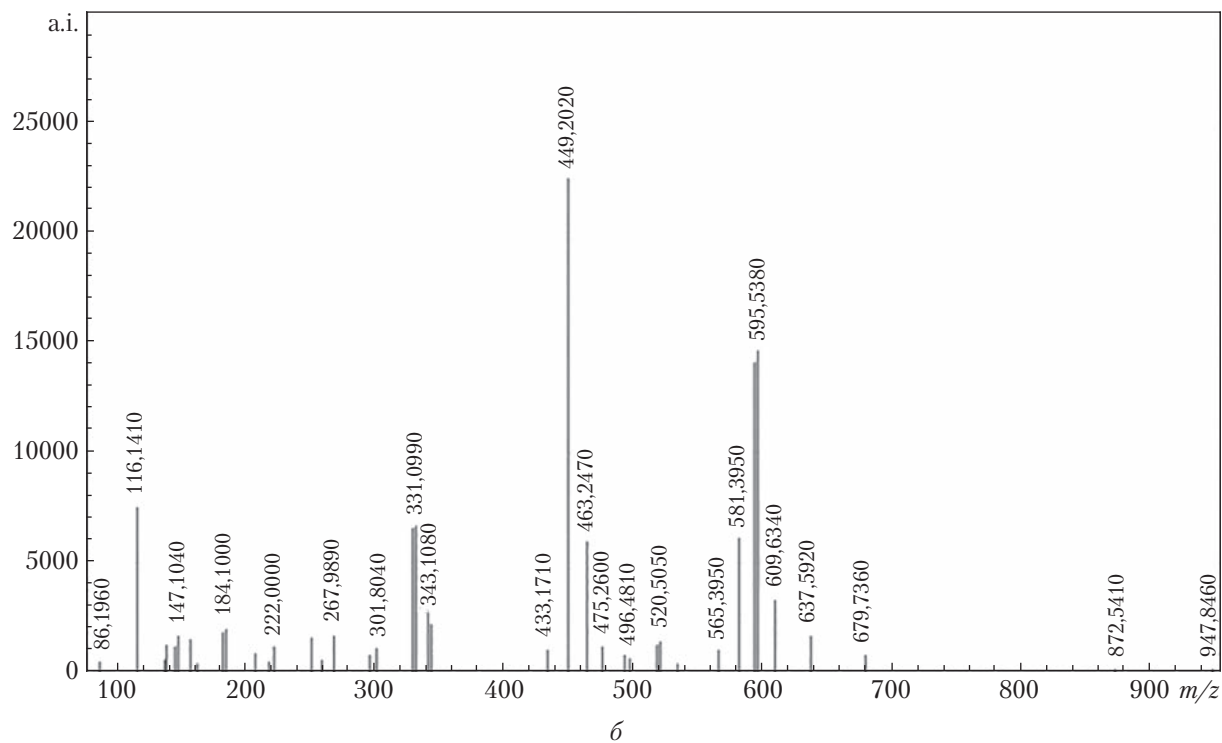
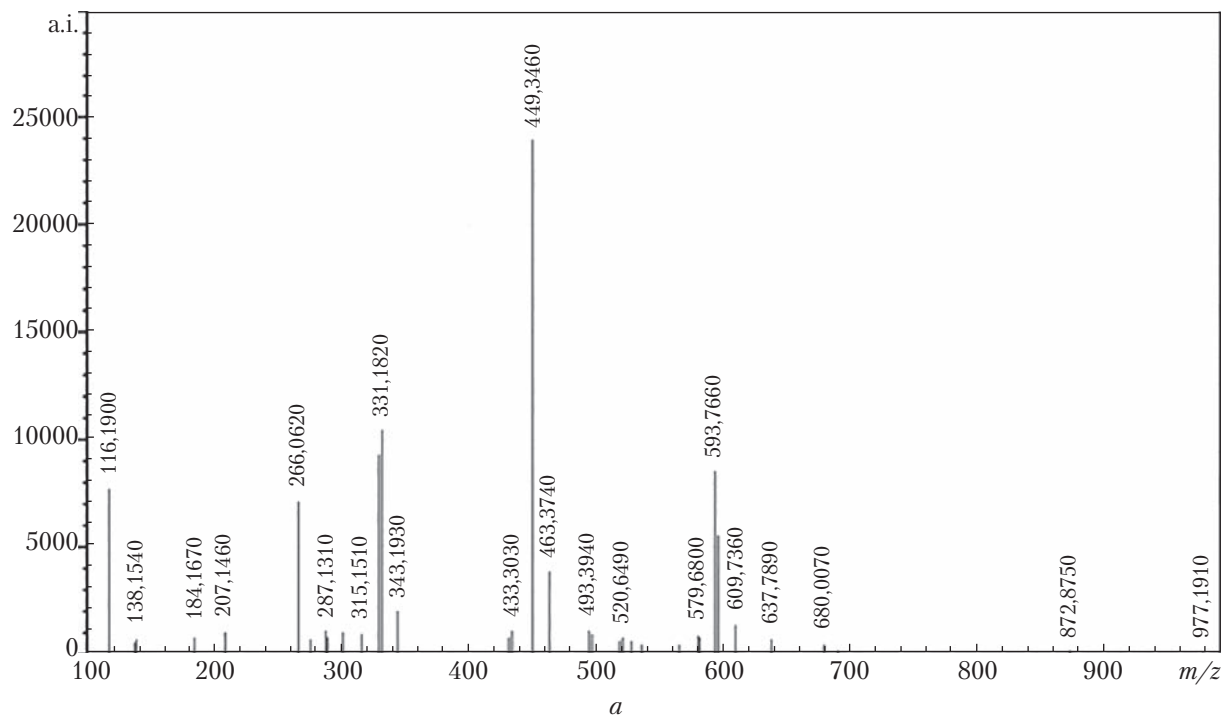


Рис. 2. МАЛДІ мас-спектри деяких екстрактів, одержаних із рослин *Deschampsia antarctica*, що походять з різних локалітетів регіону Аргентинських островів – півострова Київ: *а* – з о. Дарбу; *б* – з Расмуссен-Пойнта

Таблиця 2. Загальний вміст поліфенольних сполук у екстрактах *Deschampsia antarctica*, що походять із різних локалітетів регіону Аргентинських островів – півострова Київ, та їх антиоксидантні властивості

Місце походження <i>D. antarctica</i>	Сумарний вміст поліфенолів (мг/г) / загальний фенольний індекс	Ступінь інгібування DPPH радикалів*, %
Острів Україна	10,93 / 4,2	80
Расмусен-Пойнт	8,25 / 2,9	60
Острів Великий Ялур	5,72 / 4,4	95
Острів Галіндез	5,13 / 3,4	95
Острів Дарбу	4,33 / 2,1	40
Острів Лахіл	9,84 / 3,2	80

* Час реакції екстрактів із DPPH радикалом становив 60 хв.

Великий Ялур, які відновлювали близько 95 % радикалів. Екстрактам рослин з островів Україна та Лахіл притаманні схожі антиоксидантні властивості, ступінь інгібування ними радикалів становив 80 %. Найменшу активність у реакції з DPPH зареєстровано для екстрактів рослин з острова Дарбу, які інгібували близько 40 % радикалів. Варто зазначити, що одержані дані (див. рис. 1, в і табл. 2) не мали кореляції між загальним вмістом фенолів та активністю екстрактів у реакції з DPPH радикалами. Відсутність такої залежності може бути пов'язана з різним складом екстрактів: відомо, що деякі антиоксиданти (наприклад, аскорбінова кислота) характеризуються дуже швидкою взаємодією з радикалами, тоді як у випадку інших сполук (кавова кислота, галова кислота, євгенол) для повного перебігу реакції потрібно понад 7 год [12].

Таким чином, визначено склад та вміст поліфенолів у рослинах *Deschampsia antarctica* Ё. Desv., що походять із регіону Аргентинських островів – півострова Київ. Найбільшу кількість фенольних сполук містять рослини з острова Україна (10,93 мг/г сирової сировини), найменшу – з острова Дарбу (4,33 мг/г). Основними класами сполук, які містяться в екстрактах, виявилися флавоноїди, гідроксикоричні і гідроксibenзойні кислоти, а також їх похідні. Підтверджено, що флавоноїди переважно представлені глікозидами лютеоліну; склад і кількість фенольних сполук залежить від генотипу рослини, місця походження та умов навколишнього середовища. Показано, що навіть після розведення у 10 разів майже всі екстракти рослин *D. antarctica* у стандартних умовах DPPH тесту за 30 хв інгібують понад 50 % радикалів. Найактивнішими у реакції з DPPH (інгібування близько 95 % радикалів за 1 год) виявилися екстракти рослин з островів Галіндез та Великий Ялур. Отже, рослини *Deschampsia antarctica* є ефективними продуцентами біологічно активних сполук з яскраво вираженими антиоксидантними властивостями і можуть слугувати сировиною для одержання корисних природних антиоксидантів. Надалі одержані дані щодо складу рослинних екстрактів також можуть бути використані як індикатори змін рівня антарктичного УФ випромінювання та озону.

Дослідження виконані в рамках Державної цільової науково-технічної програми проведення досліджень в Антарктиці на 2011–2023 роки за фінансової підтримки ДУ “Національний антарктичний науковий центр МОН України”.

ЦИТОВАНА ЛІТЕРАТУРА

1. Brunetti C., Sebastiani F., Tattini M. Review: ABA, flavonols, and the evolvability of land plants. *Plant Sci.* 2019. **280**. P. 448–454. <https://doi.org/10.1016/j.plantsci.2018.12.010>
2. Köhler H., Contreras R.A., Pizarro M., Cortés-Antíquera R., Zúñiga G.E. Antioxidant responses induced by UVB radiation in *Deschampsia antarctica* Desv. *Front. Plant Sci.* 2017. **8**. Art. 921. <https://doi.org/10.3389/fpls.2017.00921>
3. Zamarrón A., Morel E., Lucena S.R., Mataix M., Pérez-Davó A., Parrado C., González S. Extract of *Deschampsia antarctica* (EDA) prevents dermal cell damage induced by UV radiation and 2,3,7,8-tetrachlorodibenzo-p-dioxin. *Int. J. Mol. Sci.* 2019. **20**, № 6. P. 1356–1373. <https://doi.org/10.3390/ijms20061356>
4. Malvicini M., Gutierrez-Moraga A., Rodriguez M.M., Gomez-Bustillo S., Salazar L., Sunkel C., Nozal L., Salgado A., Hidalgo M., Lopez-Casas P.P., Novella J.L., Vaquero J.J., Alvarez-Builla J., Mora A., Gidekel M., Mazzolini G. A tricin derivative from *Deschampsia antarctica* Desv. inhibits colorectal carcinoma growth and liver metastasis through the induction of a specific immune response. *Mol. Cancer Ther.* 2018. **17**, № 5. P. 966–976. <https://doi.org/10.1158/1535-7163.MCT-17-0193>
5. Cortés-Antíquera R., Pizarro M., Contreras R.A., Köhler H., Zúñiga G.E. Heatshock tolerance in *Deschampsia antarctica* Desv. cultivated in vitro is mediated by enzymatic and non-enzymatic antioxidants. *Front. Plant Sci.* 2021. **12**. 635491. <https://doi.org/10.3389/fpls.2021.635491>
6. Parnikoza I., Kozeretska I., Kunakh V. Vascular plants of the Maritime Antarctic: origin and adaptation. *Am. J. Plant Sci.* 2011. **2**, № 3. P. 381–395. <https://doi.org/10.4236/ajps.2011.23044>
7. Lee J., Noh E.K., Choi H.S., Shin S.C., Park H., Lee H. Transcriptome sequencing of the Antarctic vascular plant *Deschampsia antarctica* Desv. under abiotic stress. *Planta.* 2012. **237**. P. 823–836. <https://doi.org/10.1007/s00425-012-1797-5>
8. Webby R.F., Markham K.R. Isoswertiajaponin 2'-O- β -arabinopyranoside and other flavone-C-glycosides from the Antarctic grass *Deschampsia antarctica*. *Phytochemistry.* 1994. **36**, № 5. P. 1323–1326. [https://doi.org/10.1016/S0031-9422\(00\)89660-0](https://doi.org/10.1016/S0031-9422(00)89660-0)
9. Cavieres L.A., Sáez P., Sanhueza C., Sierra-Almeida A., Rabert C., Corcuera L.J., Alberdi M., Bravo L.A. Eco-physiological traits of Antarctic vascular plants: the importance in the responses to climate change. *Plant Ecol.* 2016. **217**. P. 343–358. <https://doi.org/10.1007/s11258-016-0585-x>
10. MALDI MS: A practical guide to instrumentation, methods and applications: Hillenkamp F., Peter-Katalinic J. (Eds.). Weinheim: Wiley, 2007. 346 p.
11. Alonso A.M., Domínguez C., Guillén D., Barroso C.G. Determination of antioxidant power of red and white wines by a new electrochemical method and its correlation with polyphenolic content. *J. Agric. Food Chem.* 2002. **50**, № 11. P. 3112–3115. <https://doi.org/10.1021/jf0116101>
12. Brand-Williams W., Cuvelier M.E., Berset C. Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. *LWT.* 1995. **28**, № 1. P. 25–30. [https://doi.org/10.1016/S0023-6438\(95\)80008-5](https://doi.org/10.1016/S0023-6438(95)80008-5)
13. Пороннік О.О., Парнікоза І.Ю., Мірюга Н.Ю., Мирюга Г.Ю., Грахов В.П., Навроцька Д.О., Кунах В.А. Рослини *Deschampsia antarctica* E. Desv. з різним числом хромосом в умовах вирощування *in vitro*. Довжина листків та вміст флавоноїдів у культурі *in vitro* та в природі. *Фактори експериментальної еволюції організмів.* 2017. **20**. С. 310–313. <https://doi.org/10.7124/FEEO.v20.785>
14. Amosova A.V., Bolsheva N.L., Samatadze T.E., Twardovska M.O., Zoshchuk S.A., Andreev I.O., Badaeva E.D., Kunakh V.A., Muravenko O.V. Molecular cytogenetic analysis of *Deschampsia antarctica* Desv. (Poaceae), Maritime Antarctic. *PLoS One.* 2015. **10**, № 9. e0138878. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0138878>
15. Suzuki T., Midonoya H., Shioi Yu. Analysis of chlorophylls and their derivatives by matrix-assisted laser desorption/ionization–time-of-flight mass spectrometry. *Anal. Biochem.* 2009. **390**, № 1. P. 57–62. <https://doi.org/10.1016/j.ab.2009.04.005>

Надійшло до редакції 07.05.2022

REFERENCES

1. Brunetti, C., Sebastiani, F. & Tattini, M. (2019). Review: ABA, flavonols, and the evolvability of land plants. *Plant Sci.*, 280, pp. 448-454. <https://doi.org/10.1016/j.plantsci.2018.12.010>
2. Köhler, H., Contreras, R.A., Pizarro, M., Cortés-Antiquera, R. & Zúñiga, G. E. (2017). Antioxidant responses induced by UVB radiation in *Deschampsia antarctica* Desv. *Front. Plant Sci.*, 8, Art. 921. <https://doi.org/10.3389/fpls.2017.00921>
3. Zamarrón, A., Morel, E., Lucena, S. R., Mataix, M., Pérez-Davó, A., Parrado, C. & González S. (2019). Extract of *Deschampsia antarctica* (EDA) prevents dermal cell damage induced by UV radiation and 2,3,7,8-tetrachlorodibenzo-p-dioxin. *Int. J. Mol. Sci.*, 20, No. 6, pp. 1356-1373. <https://doi.org/10.3390/ijms20061356>
4. Malvicini, M., Gutierrez-Moraga, A., Rodriguez, M. M., Gomez-Bustillo, S., Salazar, L., Sunkel, C., Nozal, L., Salgado, A., Hidalgo, M., Lopez-Casas, P. P., Novella, J. L., Vaquero, J. J., Alvarez-Builla, J., Mora, A., Gidekel, M. & Mazzolini, G. (2018). A tricin derivative from *Deschampsia antarctica* Desv. inhibits colorectal carcinoma growth and liver metastasis through the induction of a specific immune response. *Mol. Cancer Ther.*, 17, No. 5, pp. 966-976. <https://doi.org/10.1158/1535-7163.MCT-17-0193>
5. Cortés-Antiquera, R., Pizarro, M., Contreras, R.A., Köhler, H. & Zúñiga, G. E. (2021). Heat shock tolerance in *Deschampsia antarctica* Desv. cultivated in vitro is mediated by enzymatic and non-enzymatic antioxidants. *Front. Plant Sci.*, 12, 635491. <https://doi.org/10.3389/fpls.2021.635491>
6. Parnikoza, I., Kozeretska, I. & Kunakh, V. (2011). Vascular plants of the Maritime Antarctic: origin and adaptation. *Am. J. Plant Sci.*, 2, No. 3, pp. 381-395. <https://doi.org/10.4236/ajps.2011.23044>
7. Lee, J., Noh, E. K., Choi, H. S., Shin, S. C., Park, H. & Lee, H. (2012). Transcriptome sequencing of the Antarctic vascular plant *Deschampsia antarctica* Desv. under abiotic stress. *Planta*, 237, pp. 823-836. <https://doi.org/10.1007/s00425-012-1797-5>
8. Webby, R. F. & Markham, K. R. (1994). Isoswertiajaponin 2"-O-β-arabinopyranoside and other flavone-C-glycosides from the Antarctic grass *Deschampsia antarctica*. *Phytochemistry*, 36, No. 5, pp. 1323-1326. [https://doi.org/10.1016/S0031-9422\(00\)89660-0](https://doi.org/10.1016/S0031-9422(00)89660-0)
9. Cavieres, L.A., Sáez, P., Sanhueza, C., Sierra-Almeida, A., Rabert, C., Corcuera, L. J., Alberdi, M. & Bravo, L. A. (2016). Ecophysiological traits of Antarctic vascular plants: the importance in the responses to climate change. *Plant Ecol.*, 217, pp. 343-358. <https://doi.org/10.1007/s11258-016-0585-x>
10. Hillenkamp, F. & Peter-Katalinic, J. (Eds.). (2007). MALDI MS: A practical guide to instrumentation, methods and applications. Weinheim: Wiley.
11. Alonso, A. M., Domínguez, C., Guillén, D. & Barroso, C. G. (2002). Determination of antioxidant power of red and white wines by a new electrochemical method and its correlation with polyphenolic content. *J. Agric. Food Chem.*, 50, No. 11, pp. 3112-3115. <https://doi.org/10.1021/jf0116101>
12. Brand-Williams, W., Cuvelier, M. E. & Berset, C. (1995). Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. *LWT.*, 28, No.1, pp. 25-30. [https://doi.org/10.1016/S0023-6438\(95\)80008-5](https://doi.org/10.1016/S0023-6438(95)80008-5)
13. Poronnik, O. O., Parnikoza, I. Yu., Miryuta, N. Yu., Myryuta, G. Yu., Grahov, V. P., Navrotska, D. O. & Kunakh, V. A. (2017). *Deschampsia antarctica* E. Desv. plants with different chromosome number cultivated *in vitro*. Plants length and flavonoids in *in vitro* culture and in nature. *Factors of Experimental Evolution of Organisms*, 20, pp. 310-313 (in Ukrainian). <https://doi.org/10.7124/FEEO.v20.785>
14. Amosova, A. V., Bolsheva, N. L., Samatadze, T. E., Twardovska, M. O., Zoshchuk, S. A., Andreev, I. O., Badaeva, E. D., Kunakh, V. A. & Muravenko, O. V. (2015). Molecular cytogenetic analysis of *Deschampsia antarctica* Desv. (Poaceae), Maritime Antarctic. *PLoS One*, 10, No. 9, e0138878. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0138878>
15. Suzuki, T., Midonoya, H. & Shioi, Yu. (2009). Analysis of chlorophylls and their derivatives by matrix-assisted laser desorption/ionization–time-of-flight mass spectrometry. *Anal. Biochem.*, 390, No. 1, pp. 57-62. <https://doi.org/10.1016/j.ab.2009.04.005>

Received 07.05.2022

I.V. Laguta¹, <https://orcid.org/0000-0001-5654-7185>
O.N. Stavinskaya¹, <https://orcid.org/0000-0001-9715-5292>
P.O. Kuzema¹, <https://orcid.org/0000-0003-4028-4784>
V.M. Anishchenko², <https://orcid.org/0000-0001-5076-3549>
R.V. Ivannikov³, <https://orcid.org/0000-0001-5917-2980>
I.Y. Parnikozha^{4,5,6}, <https://orcid.org/0000-0002-0490-8134>
O.O. Poronnik^{4,5}, <https://orcid.org/0000-0002-0105-6925>
G.Y. Myryuta^{4,5}, <https://orcid.org/0000-0003-2474-4293>
V.A. Kunakh⁶, <https://orcid.org/0000-0002-9418-3172>

¹ Chuiko Institute of Surface Chemistry of the NAS of Ukraine, Kyiv

² L.M. Litvinenko Institute of Physical-Organic Chemistry and Coal Chemistry of the NAS of Ukraine, Kyiv

³ M.M. Gryshko National Botanic Garden of the NAS of Ukraine, Kyiv

⁴ State Institution National Antarctic Scientific Center of the MES of Ukraine, Kyiv

⁵ Institute of Molecular Biology and Genetics of the NAS of Ukraine, Kyiv

⁶ National University of Kyiv-Mohyla Academy, Kyiv

E-mail: icvmtt34@gmail.com, okstavinskaya@yahoo.com, coralchance@gmail.com, anishchvic@gmail.com, namor.iv22@gmail.com, ivan.parnikozha@gmail.com, oksana_poronnik@ukr.net, Amir_2605@ukr.net, kunakh@imbg.org.ua

COMPOSITION AND ANTIOXIDANT PROPERTIES OF *DESCHAMPSIA ANTARCTICA* É. DESV. EXTRACTS FROM DIFFERENT LOCATIONS OF THE MARITIME ANTARCTIC

The composition and antioxidant properties of extracts from *Deschampsia antarctica* É. Desv. plants collected at different northern islands of Maritime Antarctica were studied. The composition of the extracts was studied using high performance liquid chromatography and mass spectrometry with matrix-assisted laser desorption/ionization; antioxidant properties were studied using Folin-Ciocalteu method and DPPH test. Polyphenolic compounds, in particular flavonoids, hydroxycinnamic and hydroxybenzoic acids, were found to be the main classes of substances present in the extracts. It has been confirmed that flavonoids are predominantly represented by luteolin glycosides; the composition and amount of phenolic compounds being dependent on the plant genotype, place of origin and environmental conditions. The total polyphenol content in the studied extracts was found to be in the range of 4.33-10.93 mg per 1 g of raw material. The highest concentration of active substances was typical for the extracts from plants of the Ukraine Island (the largest of Berthelot Islands), and the lowest one – from plants of the Darboux Island. The results of antioxidant studies have shown that the extracts have high antiradical activity and are able to inhibit more than 50 % of DPPH radicals in 60 min. The data on the composition of polyphenols in *Deschampsia antarctica* plants can further serve as a marker for monitoring the climate change.

Keywords: *Deschampsia antarctica* É. Desv., plant extracts, polyphenolic compounds, antioxidant properties.