

ISSN 2786-6955

UDC 57:54:664

# BHT

# 2

BIOTA. HUMAN. TECHNOLOGY

International Scientific Journal

Electronic edition

2022





# BTH

# 2022 | 2

## International Scientific Journal

This is an international open-access, peer-reviewed electronic journal founded by the T.H. Shevchenko National University “Chernihiv Colehium”.

The Journal publishes original research papers, review articles and short communication papers in the fields of Biological Sciences, Health, Food and Chemical Technologies.

Responsibility for facts, quotations, private names, enterprises and organizations titles, geographical locations etc. to be barred by the authors.

The Editorial Office and Board do not always share the views and thoughts expressed in the articles published.

© T.H. Shevchenko National University  
“Chernihiv Colehium”, 2022

## Journal is reflected in the following databases:

Google Scholar  
V.I. Vernadskiy National Library of Ukraine  
Crossref

**Languages:** English, Polish, Ukrainian

**Frequency:** 3 numbers in year

**Founder:** T.H. Shevchenko National University “Chernihiv Colehium”

**Publisher:** T.H. Shevchenko National University “Chernihiv Colehium”

**Address of Editorial Office:** 53 Hetmana Polubotka Street, Chernihiv, 14013, Ukraine

**Tel.** +38(067)507-8805 (Oleksandr Lukash)

**Email:** bht.journal.nuchc@gmail.com

## EDITORIAL BOARD

**Oleksandr V. LUKASH**  
(Editor-in-Chief)

Doctor of Biological Sciences, Professor  
T.H. Shevchenko National University  
"Chernihiv Colehium", Ukraine

**Iryna M. KURMAKOVA**  
(Deputy Editor-in-Chief)

Doctor of Technical Sciences, Professor  
T.H. Shevchenko National University  
"Chernihiv Colehium", Ukraine

**Olena S. BONDAR**

Ph.D. in Technical Sciences, Associate Professor  
T.H. Shevchenko National University  
"Chernihiv Colehium", Ukraine

**Yulia V. BONDARENKO**

Ph.D. in Technical Sciences, Associate Professor  
National Technical University of Ukraine  
"Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute", Ukraine

**Olena E. CHYHYRYNETZ**

Doctor of Technical Sciences, Professor  
National Technical University of Ukraine  
"Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute", Ukraine

**Nataliia R. DEMCHENKO**

Ph.D. in Biological Sciences, Associate Professor  
T.H. Shevchenko National University  
"Chernihiv Colehium", Ukraine

**Natalia V. GREVTSEVA**

Ph.D. in Technical Sciences, Professor  
V.N. Karazin Kharkiv National University, Ukraine

**Olena V. HORODYSKA**

Ph.D. in Technical Sciences, Associate Professor  
T.H. Shevchenko National University  
"Chernihiv Colehium", Ukraine

**Vasyl V. HRUBINKO**

Doctor of Biological Sciences, Professor  
Ternopil Volodymyr Hnatiuk  
National Pedagogical University, Ukraine

**Yuri O. KARPENKO**

Ph.D. in Biological Sciences, Professor  
T.H. Shevchenko National University  
"Chernihiv Colehium", Ukraine

**Olena Yu. KUPCHYK**

Ph.D. in Chemical Sciences, Associate Professor  
T.H. Shevchenko National University  
"Chernihiv Colehium", Ukraine

**Natalia M. KURCHALUK**

Doctor of Biological Sciences, Professor  
Akademia Pomorska w Slupsku, Poland

**Svitlana V. KYRIIENKO**

Ph.D. in Biological Sciences, Associate Professor  
T.H. Shevchenko National University  
"Chernihiv Colehium", Ukraine

**Nadiia V. LAPYTSKA**

Ph.D. in Technical Sciences  
T.H. Shevchenko National University  
"Chernihiv Colehium", Ukraine

**Olga B. MEKHED**

Doctor of Pedagogical Sciences,  
Ph.D. in Biological Sciences, Professor  
T.H. Shevchenko National University  
"Chernihiv Colehium", Ukraine

**Nataliia V. TKACHUK**

(Managing Editor)

Ph.D. in Biological Sciences, Associate Professor  
T.H. Shevchenko National University  
"Chernihiv Colehium", Ukraine

**Olga I. SYZA**

(Deputy Editor-in-Chief)

Doctor of Technical Sciences, Professor  
T.H. Shevchenko National University  
"Chernihiv Colehium", Ukraine

**Kateryna V. RUBANKA**

Ph.D. in Technical Sciences, Associate Professor  
National University of Food Technologies, Ukraine

**Svitlana H. OLIINYK**

Ph.D. in Technical Sciences, Associate Professor  
State Biotechnological University, Ukraine

**Lee T. OSTROM**

Ph.D., Professor  
University of Idaho, USA

**Olga V. SAMOKHVALOVA**

Ph.D. in Technical Sciences, Professor  
State Biotechnological University, Ukraine

**Olesia M. SAVCHENKO**

Ph.D. in Technical Sciences, Associate Professor  
T.H. Shevchenko National University  
"Chernihiv Colehium", Ukraine

**Mariia I. SHANAIDA**

Doctor in Pharm. Sciences, Associate Professor,  
Ph.D. in Biological Sciences  
I. Horbachevsky Ternopil National Medical University, Ukraine

**Nataliia O. SMOLIAR**

Ph.D. in Biological Sciences, Associate Professor  
National University "Yuri Kondratyuk  
Poltava Polytechnic", Ukraine

**Halyna M. TKACHENKO**

Doctor of Biological Sciences, Professor  
Akademia Pomorska w Slupsku, Poland

**Andrei G. TSURYKAU**

Doctor of Biological Sciences, Associate Professor  
Francisk Skorina Gomel State University,  
Republic of Belarus

**Viktoria I. VOROBYOVA**

Ph.D. in Technical Sciences, Associate Professor  
National Technical University of Ukraine  
"Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute", Ukraine

**Viktor O. YANCHENKO**

Ph.D. in Pharmaceutical Sciences, Associate Professor  
T.H. Shevchenko National University  
"Chernihiv Colehium", Ukraine

**Alla O. ZHYDENKO**

Doctor of Biological Sciences, Professor  
T.H. Shevchenko National University "Chernihiv  
Colehium", Ukraine

**Liubov B. ZELENA**

Ph.D. in Biological Sciences, Senior Research Fellow  
Danylo Zabolotny Institute of Microbiology  
and Virology, NAS of Ukraine, Ukraine

## Foreword from the Editor-in-Chief

There is no need to convince readers of the first our issue that the natural environment is created and maintained by living organisms, the totality of which is biota. The study of the diversity of living, which began since the day of Hippocrates, Aristotle, and Theophrastus, has not lost its relevance in the modern scientific world. In the 21st century, the search for scientists in quite diverse – from inventory species diversity of ecosystems to the study of adaptation mechanisms of organisms and biota metagenomic studies.

The biota, for which there are no administrative boundaries, compensates for any environmental disturbances that do not exceed the threshold of destruction of the biota itself. This implies the need for international cooperation in various fields of living research. In order to bring together scholars who study different aspects of biotic potential of the environment and its conservation, we are launching the international scientific journal *Biota. Human. Technology*. We are the part of the Editorial Board of the Journal attracted scientists from different countries, who carry out scientific research in various fields of Biology, Ecology, Health, Food and Chemical Technologies.

We expect from our potential authors original articles dedicated to the results of diverse studies of living matter at different levels of the organization – from molecular to biosphere. We look forward to articles on the problems of the functioning of biological systems (including the human body), biodiversity protection of the environment, as well as healthy human nutrition and technological processes.

The BHT Journal pages always have a place to cover the results of scientific discussions which were made by researchers from all the world.

Respectfully Yours,  
Prof. O. Lukash



# CONTENTS

## PHYTOBIOTA

### ФІТОБІОТА

*Oleksandr Rak, Petro Buzunko, Ivanna Solokha*  
DROSERA SPECIES OF UKRAINIAN FLORA  
ВИДИ РОДУ *DROSERA* L. ФЛОРИ УКРАЇНИ  
[in Ukrainian]

- 7 -

## MICROBIOTA

### МІКРОБІОТА

*Liubov Zelena, Nataliia Tkachuk,  
Olena Okhmat, Sabrina Nevmyvaka*  
QUANTITATIVE ANALYSIS OF ENTEROCOCCI  
ISOLATED FROM DAIRY PRODUCTS  
КІЛЬКІСНИЙ АНАЛІЗ ЕНТЕРОКОКІВ,  
ВИДІЛЕНИХ З МОЛОЧНИХ ПРОДУКТІВ  
[in English]

- 22 -

*Halyna Tkachenko, Lyudmyla Buyun,  
Natalia Kurhaluk, Myroslava Maryniuk*  
THE ANTIBACTERIAL PROPERTIES OF ETHANOLIC EXTRACTS  
OBTAINED FROM LEAVES OF SOME PLANTS  
BELONGING TO THE *SANSEVIERIA* THUNB. GENUS  
AGAINST *ACINETOBACTER BAUMANNII* STRAIN  
АНТИБАКТЕРІАЛЬНІ ВЛАСТИВОСТІ ЕТАНОЛЬНИХ ЕКСТРАКТІВ,  
ОТРИМАНИХ З ЛИСТЯ ДЕЯКИХ РОСЛИН,  
ЩО НАЛЕЖАТЬ ДО РОДУ *SANSEVIERIA* THUNB.  
ЩОДО ШТАМУ *ACINETOBACTER BAUMANNII*  
[in English]

- 30 -

## MAN AND HIS HEALTH

### ЛЮДИНА ТА ЇЇ ЗДОРОВ'Я

*Paulina Labuda, Halyna Tkachenko, Natalia Kurhaluk*  
ANALYSIS OF OPINIONS OF RESPONDENTS  
ON THE KNOWLEDGE CONCERNING  
THE ROLE OF CHOLESTEROL  
IN PHYSIOLOGICAL PROCESSES  
ANALIZA OPINII RESPONDENTÓW  
NA TEMAT WIEDZY DOTYCZĄCEJ  
ROLI CHOLESTEROLU W PROCESACH  
FIZJOLOGICZNYCH  
[in Polish]

- 45 -

**Natalia Kurhaluk, Krzysztof Tota,  
Małgorzata Dubik-Tota, Halyna Tkachenko**  
LIPID PEROXIDATION IN THE BLOOD  
OF MALES AND FEMALES WITH MYOCARDIAL INFARCTION  
AND DIABETES MELLITUS TYPE 2  
INTENSYWNOŚĆ PROCESÓW PEROKSYDACJI LIPIDÓW  
WE KRWI KOBIET I MĘŻCZYŹN Z ZAWAŁAMI SERCA I CUKRZYCĄ TYPU 2  
[in Polish]

- 67 -

**Natalia Kurhaluk, Krzysztof Tota, Małgorzata Dubik-Tota, Halyna Tkachenko**  
LEVEL OF ALDEHYDIC AND KETONIC DERIVATIVES  
OF OXIDATIVELY MODIFIED PROTEINS  
IN THE BLOOD OF MEN AND WOMEN  
WITH MYOCARDIAL INFARCTIONS AND HYPOTHYROIDISM  
ANALIZA POZIOMU ALDEHYDOWYCH I KETONOWYCH POCHODNYCH  
OKSYDACYJNEJ MODYFIKACJI BIAŁEK WE KRWI KOBIET I MĘŻCZYŹN  
Z ZAWAŁAMI SERCA I NIEDOCZYNNOCIĄ TARCZYCY  
[in Polish]

- 79 -

 **FOOD TECHNOLOGIES**   
ХАРЧОВІ ТЕХНОЛОГІЇ

**Anna Novik, Nadiia Lapytska, Tamara Lystopad,  
Polina Boychenko, Alina Savchenko**  
DEVELOPMENT OF THE TECHNOLOGY OF A HIGH-PROTEIN  
FERMENTED DRINK ON A PLANT BASIS  
РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЇ ВИСОКОБІЛКОВОГО  
ФЕРМЕНТОВАНОГО НАПОЮ НА РОСЛИННІЙ ОСНОВІ  
[in English]

- 93 -

**Nadiia Lapytska, Olga Syza, Olena Gorodyska,  
Olesya Savchenko, Evgene Rebenok**  
THE IMPACT OF ROSEHIP OIL ON QUALITY OF RYE-WHEAT BREAD  
ВПЛИВ ОЛІЇ ПЛОДІВ ШИПШИНИ НА ФОРМУВАННЯ ЯКОСТІ  
ХЛІБА ЖИТНЬО-ПШЕНИЧНОГО  
[in Ukrainian]

- 106 -



**CHEMICAL TECHNOLOGIES**

**ХІМІЧНІ ТЕХНОЛОГІЇ**

***Viktoriiia Vorobyova***

**OPTIMIZATION OF THE COMPOSITION  
OF THE EXTRACTANT MIXTURE  
FOR THE EXTRACTION OF NATURAL ORGANIC COMPOUNDS  
FROM PROCESSING PRODUCTS OF VEGETABLE RAW MATERIALS  
AND THEIR FURTHER USE IN THE PRACTICE OF ANTI-  
CORROSION PROTECTION**

**ОПТИМІЗАЦІЯ СКЛАДУ РОЗЧИННИКА ДЛЯ ЕКСТРАКЦІЇ ПРИРОДНИХ  
ОРГАНІЧНИХ СПОЛУК ІЗ ПРОДУКТІВ ПЕРЕРОБКИ РОСЛИННОЇ СИРОВИНИ  
ДЛЯ ПОДАЛЬШОГО ЇХ ВИКОРИСТАННЯ В ПРАКТИЦІ АНТИКОРОЗІЙНОГО ЗАХИСТУ**

**[in English]**

**- 119 -**

***Olexandr Smolsky, Oleksandr Makei, Viktor Yanchenko, Viacheslav Poletai***  
**SYNTHESIS AND PRECLINICAL STUDY OF ANTIOXIDANT ACTIVITY OF**

**[1,2,4]TRIAZOLO[1,5-A]PYRIDINE DERIVATIVES**

**СИНТЕЗ ТА ДОКЛІНІЧНЕ ВИВЧЕННЯ АНТИОКСИДАНТНОЇ АКТИВНОСТІ  
ПОХІДНИХ [1,2,4]ТРИАЗОЛО[1,5-а]ПІРИДИНУ**

**[in Ukrainian]**

**- 129 -**



**ΡΗΥΤΟΒΙΟΤΑ**  
**ΦΙΤΟΒΙΟΤΑ**



UDC 582.662.2(477)

Oleksandr Rak, Petro Buzunko, Ivanna Solokha



## DROSERA SPECIES OF UKRAINIAN FLORA

ВИДИ РОДУ *DROSERA* L. ФЛОРИ УКРАЇНИ

DOI: 10.58407/bht.2.22.1

This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

© Rak, O., Buzunko, P., Solokha, I., 2022

## ABSTRACT

**Article's purpose.** Investigation of geographical distribution, ecological and coenotic features of habitats and protection of *Drosera species*.

**Methodology.** Field studies were conducted in 2014-2015 by using the route recognition method. Mapping schemes for distribution of *Drosera* species in the territory of Ukraine were made on the basis of literature analysis, on the results of herbarium data processing of M. M. Grishko National Botanical Garden of NAS of Ukraine (KWHА), M. G. Kholodnyi Institute of Botany (KW), Rivne Regional Museum of Local Lore (ROKM) and data from the Global Biodiversity Information Fund (GBIF).

**Scientific novelty.** Expeditions revealed atypical locations of *D. rotundifolia* and *D. intermedia*. In the hydrological nature reserve of the national importance "Ozero Sviate" (Chernihiv region, Kozelets district) *D. intermedia* grows together with *Nymphaea candida*. This is explained by the further overgrowth of the lake and its transformation into a meso-oligotrophic swamp. In the Rivne Nature Reserve, *D. rotundifolia* was found at the forest road passing through a swampy pine forest. *D. rotundifolia* grows at the road epiphytically, on old logs of pine, which covered the forest path. Unusual ecological-cenotic conditions of species growth can be explained by the fact that there is no competition for food and light with representatives of the *Ericales* order on the road, and wood is a good conductor of rain moisture.

**Conclusions.** It was found that there are 39 known species locations for *Drosera rotundifolia*, 40 – for *D. intermedia*, 26 – for *D. anglica*, and 3 species locations for *D. obovata* in the territory of Ukraine. In regard that all species of *Drosera* genus are endangered stenotopic species of sphagnum swamps or of other rare biotopes and all species of the genus except *Drosera rotundifolia* are listed in the Red Book of Ukraine, we propose to include *Drosera rotundifolia* to the new edition of the Red Book of Ukraine in the category "vulnerable".

**Key words:** ecological and cenotic characteristics, geographical distribution, *Drosera L.*, insectivorous plants, rare species of flora.

## АНОТАЦІЯ

**Мета роботи.** Дослідження географічного поширення, еколого-ценотичних особливостей місцезростань та охорона видів роду *Drosera*.

**Методологія.** Польові дослідження проводились в 2014-2015 рр. з використанням маршрутно-рекогносцирувального методу. Картосхеми поширення видів роду *Drosera* на території України виконані на основі аналізу літератури, за результатами опрацювання гербарних даних Національного ботанічного саду ім. М.М. Гришка НАН України (КВНА), Інституту ботаніки ім. М.Г. Холодного (KW), Рівненського обласного краєзнавчого музею (ROKM) та даних глобального інформаційного фонду з біорізноманіття GBIF.



**Наукова новизна.** В результаті експедиційних виїздів було виявлено нетипові місцезростання *Drosera rotundifolia* та *D. intermedia*. В гідрологічній пам'ятці природи загальнодержавного значення «Озеро Святе» (Чернігівська область, Козелецький район) *D. intermedia* зростає разом із *Nymphaea candida*. Це пояснюється подальшим заростанням озерної частини гідрологічної пам'ятки природи «Озеро Святе» та перетворенням її на мезо-оліготрофне болото. В Рівненському природному заповіднику *D. rotundifolia* виявлено на лісовій дорозі, що проходить через заболочений сосновий ліс. *D. rotundifolia* зростає на дорозі епіфітно на старих колодах із сосни, якими було вислано лісовий шлях. Незвичні еколого-ценотичні умови зростання виду можна пояснити тим, що на дорозі відсутня конкуренція за елементи живлення та світло із представниками порядку *Ericales*, а деревина є гарним провідником дощової вологи.

**Висновки.** Встановлено, що для *Drosera rotundifolia* на території України відомо 37 місцезнаходжень виду, для *D. intermedia* на території України відомо 40 місцезнаходжень виду, для *D. anglica* – відомо 25 локалітетів виду, а для *D. obovata* – 3. У зв'язку з тим, що всі представники роду *Drosera* є зникаючими стенотопними видами сфагнових боліт та інших рідкісних біотопів і всі види роду крім *Drosera rotundifolia* занесені до Червоної книги України, ми пропонуємо *Drosera rotundifolia* занести до нового видання Червоної книги України в категорії «вразливий».

**Ключові слова:** еколого-ценотична характеристика, географічне поширення, *Drosera* L., комахоїдні рослини, рідкісні види флори.

## Постановка проблеми

*Актуальність роботи.* Однією з основних проблем в Україні на сьогодні є збереження біорізноманіття в умовах інтенсивних змін клімату, рельєфу, природних об'єктів, біотопів, екосистем і середовища загалом [4; 12]. Особливо гостро стоїть проблема збереження надзвичайно вразливих стенотопних видів флори, до яких, зокрема, належать і представники роду *Drosera*, які виступають невід'ємною частиною біоценозів сфагнових боліт. Саме види роду *Drosera* є індикаторами змін клімату, коливання рівня ґрунтових вод, тощо. Тому дослідження географічного поширення, еколого-ценотичних особливостей місцезростань та охорони видів роду *Drosera* є актуальним завданням для розробки наукових основ збереження флористичного різноманіття України в цілому.

*Мета.* Дослідження географічного поширення, еколого-ценотичних особливостей місцезростань та охорона видів роду *Drosera* в Україні.

*Методологія.* Польові дослідження проводились у 2014-2015 рр. з використанням маршрутно-рекогносцирувального методу [15]. Картосхеми поширення видів роду *Drosera* на території України виконані на основі

аналізу літератури, за результатами опрацювання гербарних даних Національного ботанічного саду ім. М.М. Гришка НАН України (КВНА), Інституту ботаніки ім. М.Г. Холодного (KW), Рівненського обласного краєзнавчого музею (ROKM) та даних глобального інформаційного фонду з біорізноманіття GBIF (The Global Biodiversity Information Facility). Назви таксонів судинних рослин наводяться згідно С.Л. Мосякіна та М.М. Федорончука [13].

*Наукова новизна.* В результаті експедиційних виїздів було виявлено нетипові місцезростання *D. rotundifolia* та *D. intermedia*. Зокрема в гідрологічній пам'ятці природи загальнодержавного значення «Озеро Святе» (Чернігівська область, Козелецький район) *D. intermedia* зростає разом із *Nymphaea candida*. Це пояснюється подальшим заростанням озерної частини гідрологічної пам'ятки природи «Озеро Святе» та перетворенням її на мезо-оліготрофне болото. В Рівненському природному заповіднику *D. rotundifolia* виявлено на лісовій дорозі, що проходить через заболочений сосновий ліс. *D. rotundifolia* зростає на дорозі епіфітно на старих колодах із сосни, якими було вислано лісовий шлях. Незвичні

еколого-ценотичні умови зростання виду можна пояснити тим, що на дорозі відсутня конкуренція за елементи живлення та світло із представниками порядку *Ericales*, а деревина є гарним провідником дощової вологи.

### Результати дослідження

Варто зауважити, що рослини, які здатні до живлення комахами, цікавили вчених здавна. Важливий внесок у їх вивчення зробив Чарльз Дарвін, який розпочав свої дослідження і спостереження у 1860 р. Предметом дослідження стали *D. rotundifolia*, *D. intermedia*, *D. anglica* та ін. [7]. Тоді автор описав їх будову та функції.

Іншим вченим, який вивчав види родини *Droseraceae*, був вчений-академік М. Г. Холодний. Він підсумував основні особливості комахоїдних рослин. Йому належить коротка оцінка 500 видів, які відносять до 7 родин [10; 11].

На сьогодні базова інформація щодо географічного поширення видів родини *Droseraceae* наводиться у декількох публікаціях [1-3], а також формується на основі зібраних гербарних даних на території об'єктів природно-заповідного фонду.

*D. rotundifolia* L. – типовий арктично-бореальний вид. Загальний ареал включає помірну та субарктичну Євразію, Японію та Північну Америку. В Європі поширений в основному в хвойній зоні на території Польщі, Словаччини, Австрії, Німеччини, Данії та Естонії. Значна кількість місцезнаходжень виду зосереджена на території Скандинавських країн (Норвегія, Швеція та Фінляндія) [13].

Для території України відомі наступні місцезнаходження *D. rotundifolia*:

1. Вінницька область, Калинівський район, околиці м. Калинівки, Медвідська лесова дача, 2003, В. М. Вірченко, KW [17].
2. Вінницька область, Калинівський район, с. Горбків (?), болото по річці Згар, 1927, Д. Зеров, KW [17].

3. Волинська область, Любешівський район, с. Ветли, заплава озера Рогізне, 2014 р., І. Г. Качула, KW.
4. Волинська область, Любомльський район, с. Вишнівка, 1949, А. І. Барбарич, KW [17].
5. Волинська область, Ратнівський район, м. Заболоття, берег оз. Тур, 1949, А. І. Барбарич, KW [17].
6. Волинська область, Камінь-Каширський район, с. Нові Червища, 1998, В. Л. Шевчик, Д. М. Якушенко, Є. О. Воробйов, KW [17].
7. Волинська область, Камінь-Каширський район, с. Рудка-Червинська, 2007, Т. Л. Андриенко, KW [17].
8. Волинська область, Старовижівський район, с. Шкроби, болото біля оз. Синово, 1998, Н. І. Батова, KW [17].
9. Волинська область, Шацький район, с. Світязь, 1949, А. І. Барбарич, KW [17].
10. Волинська область, смт. Шацьк, оз. Карасинець 2005, В. І. Гончаренко, KW [17].
11. Волинська область, Шацький район, Національний природний парк «Шацький», Пульмівський рів, 2005, Д. М. Якушенко, KW [17].
12. Донецька область, Краснолиманський район, с. Ярова, 1979 р., В. М. Остапко, В. В. Кучеревський, KW.
13. Житомирська область, Коростишівський район, с. Осикове, 2008, Д. М. Якушенко, KW [17].
14. Житомирська область, Новоград-Волинський район, заказник Городницький (?), 1978, Т. Л. Андриенко, KW [17].
15. Житомирська область, Новоград-Овруцький район, с. Городець, 2006, Д. М. Якушенко, А. А. Орлов, KW [17].
16. Житомирська область, Овруцький район, с. Селезівка, Поліський природний заповідник, на верховому болоті, 2007 р., С. Я. Діденко, О. А. Ігнатюк, KWHA.

17. Житомирська область, Овруцький район, с. Червонка, заболочені береги по річці Червонка, 1963 р., Смик, КВНА.
18. Житомирська область, Овруцький район, с. Червонка, урочище Робеч і торфові болота, 1963 р., Смик, КВНА.
19. Житомирська область, Овруцький район, с. Усове, урочище Ямне на березі осушувального каналу, 1972 р., КВНА.
20. Житомирська область, Овруцький район, с. Усове, урочище Ямне на торфовищах, 1972 р., КВНА.
21. Околиці м. Житомир, 1925, Д. Зеров, П. Оксіюк, KW [17].
22. Житомирська область, Поліський заповідник, б. Мироши, 1972, Л. Балашов, KW [17].
23. Закарпатська область, Іршавський район, сфагнове болото під г. Бужора, 1968, В. І. Чопик, KW [17].
24. Закарпатська область, Перечинський район, долина Лумшори (?), 1948, Є. М. Брадіс, KW [17].
25. Закарпатська область, Рахівський район, підніжжя гори Близниці (Ближниця) у східній частині масиву Свидівець (Українські Карпати), між річками Чорною Тисою і Косівською, сфагнове болото, 1952 р., Руденко, КВНА.
26. Закарпатська область, Рахівський район, с. Чорна Тиса, сфагнове болото «Чорна багна», 1961 р., В. І. Чопик, КВНА.
27. Закарпатська область, Рахівський район, Хребет Свідовець, г. Крачунеска, 2007, Л. Н. Борсукевич, KW [17].
28. Закарпатська область, Тячівський район, околиці с. Лопухів, урочище Кердин, на сфагновому верховому болоті, 1957 р., С. С. Харкевич, КВНА.
29. Івано-Франківська область, Рожнятівський район, болото Мшана, 1967, В. І. Чопик, В. А. Дубовик, 2008, Д. М. Якушенко, KW [17].
30. Івано-Франківська область, Яремчанська міська рада, околиця смт. Ворохта, сосново-ялиновий ліс зі сфагнумом, в урочищі Малий Багончик, дуже часто зустрічається поблизу лісоскладу, 1961 р., С. С. Харкевич, КВНА.
31. Івано-Франківська область, Яремчанська міська рада, хребет Чорногора, с. Ворохта, 1967, В. І. Чопик, В. А. Дубовик, KW [17].
32. Околиці м. Київ, на болоті біля оз. Рибне, 1925, Д. Зеров, 1924, В. І. Липський, 1946, М. Котов, 1913, Ю. Н. Семенкович, KW [17].
33. Київська область, Баришівський район, околиці с. Коржі, 1922, Д. Зеров, 2008, І. Ольшанський, KW [17].
34. Київська область, Вишгородський район, хутор Толокунь, 1968, А. Зап'ятова, KW [17].
35. Київська область, Обухівський район, с. Підгірці, 1934, Т. Помагайбо, KW [17].
36. Львівська область, Бродівський район, околиці м. Броди, карбонатні болота, урочище Келепа, 2007 р., Т. С. Багацька, КВНА.
37. Львівська область, Буський район, с. Поповичі, кв. 36 Радехівського л-ва, 1986 р., А. В. Шумилова, KW.
38. Львівська область, Самборський район, околиці с. Білянка, 1960 р., Ю. Р. Шеляг-Сосонко, KW.
39. Львівська область, Турківський район, долина р. Гуснівка, 1986 р., О. Крисьта, І. Вайнагій, KW.
40. Львівська область, Турківський район, ур. Рацине, 1986 р., О. Крисьта, І. Вайнагій, KW.
41. Рівненська область, Володимирецький район с. Більська Воля, болото на березі оз. Біле, 1975, Г. Антонова, РОКМ [17].
42. Рівненська область, Володимирецький район, с. Озерці, б. Коза, Г. Антонова, 1975 р., РОКМ.
43. Рівненська область, Дубровицький район, заказник Почаївський, 1980 р., Т. Л. Андрієнко, В. Вірченко, В. М. Прядко, KW.

44. Рівненська область, Клесівський район, с. Ломек, 1950 р., Є. М. Брадіс, KW.
45. Рівненська область, Клесівський район, с. Єльня, б. Погоня, 1950 р., Є. М. Брадіс, KW.
46. Рівненська область, Острозький район, с. Буща, 2009 р., І. Ольшанський, KW.
47. Рівненська область, Поліський заповідник, б. Мороши, 1972 р., А. Балашев, KW.
48. Рівненська область, Рокитнівський район, с. Більськ, по стінкам канави від старої колії в лісі 2004 р., Н. М. Шиян, О. О. Орлов, І. О. Беднарська, KW.
49. Рівненська область, Рокитнівський район, с. Хміль, оз. Біле, 2004 р., Н. М. Шиян, О. О. Орлов, І. О. Беднарська, KW.
50. Рівненська область, Рокитнівський район, с. Хміль, в межах заболочених берегів оз. Чорне, 2013 р., Л. Л. Онук, О. І. Скакальська, І. О. Скоропляс, KW.
51. Рівненська область, Рокитнівський район, с. Березове, 1958 р., Л. Слипайлова, KW [17].
52. Рівненська область, Сарненський район, б. Кременне, 1976 р., А. Галкіна, РОКМ.
53. Сумська область, Серединна-Будський район, с. Сорокіне, 2008 р., Т. Базан, С. Панченко, KW.
54. Сумська область, Ямпільський район, с. Олине, 2003 р., Т. Л. Андрієнко, О. П. Чорноус, KW.
55. Харківська область, Клюквенське болото, 1907 р., Шміряєв, KW.
56. Харківська область, м. Зміїв, 1920 р., 1923 р., Є. В. Лавренко, KW.
57. Харківська область, Ізюмський район, с. Лиман, 1920 р., 1923 р., Є. В. Лавренко, KW.
58. Харківська область, м. Куп'янськ, 1910 р., М. Клоков, С. Піскунов, KW.
59. Херсонська область, Цюрупинський район, Козачелазерська сільська рада, Козачелазерська арена Нижньодніпровських пісків, урочище Раків Куточок [17].
60. Хмельницька область, Нетішинський район, м. Нетішин, на піску біля водосховища ХАЄС, Г. А. Чорна, М. М. Губарь, 2004 р., KW.
61. Хмельницька область, Ізяславський район, Михалівське лісництво, берег оз. Святе, 1952 р., А. Барбарич, KW.
62. Хмельницька область, Ізяславський район, ландшафтний парк «Малеванка», 2010 р., Л. С. Юглічек [17].
63. Черкаська область, м. Сміла, 1923 р., Д. Зеров, Ю. Клеопов, KW.
64. Чернігівська область, Козелецький район, РПЛ «Міжрічинський», болото Журавлине, ділянка з домінуванням осоки і пухівки піхвової, О. О. Рак, О. В. Лукаш, KWНА.

Для *D. rotundifolia* відомо 37 місцезнаходжень виду на території України. Переважна більшість локалітетів *D. rotundifolia* трапляється на Українському Поліссі. Аналіз географічного поширення *D. rotundifolia* свідчить про те, що на території Волинської та Чернігівської областей спостерігається незначне поширення досліджуваного виду порівняно з Житомирською і, головним чином, з Рівненською областями. В Українських Карпатах вид відсутній в буковинських Карпатах [6]. В Лісостеповій зоні України локалітети *D. rotundifolia* зосереджено здебільшого на терасах великих річок України: Дніпра (в меншій мірі), Дністра, Сіверського Дінця, Дунаю [5]. Найпівденніший локалітет виду знаходиться в Козачелазерській арені Нижньодніпровських пісків на території Херсонської області і, очевидно, є реліктовим. Таким чином, місцезнаходження *D. rotundifolia* зустрічаються в 15 областях України: Рівненській, Житомирській, Волинській, Тернопільській, Львівській, Івано-Франківській, Закарпатській, Черкаській, Чернігівській, Сумській, Харківській, Донецькій, Луганській, Хмельницькій та Херсонській (рис. 1).

*D. rotundifolia* зростає на верхових болотах, на берегах заболочених озер, а також на трясовинах – сфагнових болотах у напіввідкому мулі. Місцезростання *D. rotundifolia* приурочені до найнижчих і добре зволжених осокових купин. Також даний



Рис. 1. Картохсхема поширення *D. rotundifolia* L. на території України

вид зустрічається на вологих пісках і в стоячій воді болотних озерець зі сфагновими мохами. *D. rotundifolia* трапляється також на сплавинах, які формуються із зеленої рослинності і стеляться у вигляді ковдри, під якою у значній кількості є вода, а також на меліоративних каналах, де спостерігається неінтенсивне осушення [1-2].

*D. intermedia* Hayne. – арктично-бореальний вид, поширений в Європі, Північній Америці та на Кубі. В Європі зустрічається на території Польщі, Словаччини, Австрії, Німеччини, Данії та Естонії. Значна кількість місцезнаходжень виду зосереджена на території Скандинавських країн (Норвегія, Швеція та Фінляндія) [13].

Для території України відомі наступні місцезнаходження *D. intermedia*:

1. Волинська область, Любешівський район, с. Любешівська Воля, 2007 р., Т. Л. Андриєнко, KW.

2. Волинська область, Заболотненський район, с. Краска, 1949 р., Є. М. Брадiс, А. І. Барбарич, KW.
3. Волинська область, Шацький район, с. Пульмо, Д. Якушенко, 2005 р., KW.
4. Волинська область, Ратненський район, б. Піддушне, Є. М. Брадiс, 1949 р., KW.
5. Волинська область, Черемський район, західне узбережжя оз. Редичі, 2004 р., В. В. Коніщук, KW.
6. Волинська область, Любешівський район, Свितязьке лісництво, 1982 р., В. Терлецький, В. Охрiмович, KW.
7. Волинська область, Камiнь-Каширський район, с. Полиці ур. Блудимок, 1998 р., В. Л. Шевчик, Д. М. Якушенко, Є. О. Воробйов, KW.
8. Волинська область, Камiнь-Каширський район, с. Верхи, А. Ф. Бачурiн, 1949 р., KW.
9. Житомирська область, Коростенське

- лісництво, гідрологічний заказник «Хвощове болото», 2008 р., О. О. Орлов, КВ.
10. Житомирська область, Журжевицьке лісництво, 1929 р., Д. Зеров, КВ.
  11. Житомирська область, Овруцький район, Поліський заповідник, 1981 р., С. Ю. Попович, Л. Балашев, А. Шумілова, КВ.
  12. Житомирська область, с. Кованка, 2010 р., О. О. Орлов, КВ.
  13. Житомирська область, Городецьке лісництво, Т. Л. Андрієнко, О. І. Прядко, С. Ю. Попович, 1982 р., КВ.
  14. Житомирська область, с. Красилівка, Веледницьке лісництво, 2002 р., Д. Якушенко, КВ.
  15. Житомирська область, Олевський район, Пержанське лісництво, б. Мирото, 1968 р., Л. Балашев, КВ.
  16. Житомирська область, Коростенський ДЛМГ, Бехівське лісництво, б. Лозанове, 2008 р., О. О. Орлов, КВ.
  17. Житомирська обл., Поліський заповідник, Копищенське лісництво, б. Мироши, 1968 р., Л. Балашев, КВ.
  18. Житомирська область, Олевський район, с. Хочино, б. Хоминське, 1968 р., Л. Балашев, КВ.
  19. Київська область, Жукинське лісництво 155 – 156 кв., 1965 р., Л. Балашев, КВ.
  20. Київська область, с. Петровці, ур. Ільщане, 1914 р., 1926 р., Ю. Н. Семенкевич, КВ.
  21. Київська область, Чорнобильський район, с. Зорин, 1957 р., М. М. Бортняк, КВ.
  22. Київська область, Іванівський район, с. Пилява, б. Головате, 1968 р., А. Запятава, КВ.
  23. Київська область, околиці м. Київ, на болоті біля Рибного озера, 1921 р., 1925 р., Д. Зеров, КВ.
  24. Рівненська обл., Сарненський район, с. Клесів, Клесівське болото, 1951 р., А. І. Бачуріна, КВ.
  25. Рівненська обл., Рівненський природний заповідник, масив Сомино, 1978 р., 2004 р., Т. Л. Андрієнко, О. І. Прядко, КВ.
  26. Рівненська обл., ур. Кремінне–Сехівське, 1978 р., 2004 р., Т. Л. Андрієнко, О. І. Прядко, КВ.
  27. Рівненська обл., Карасинське лісництво, околиці с. Страшеве, 1950 р., А. Г. Барбарич, КВ.
  28. Рівненська обл., Зарічнлянський район, Степангородське лісництво, б. Морочне, 1976 р., Т. Л. Андрієнко, КВ.
  29. Рівненська обл., Зарічнлянський район, болото біля оз. Нобель, 1976 р., Т. Л. Андрієнко, КВ.
  30. Рівненська обл., Зарічнлянський район, с. Серники, 1950 р., Є. М. Брадіс, КВ.
  31. Рівненська обл., Рокитнянський район, с. Березове, 1958 р., Л. Сипайлова, КВ.
  32. Рівненська обл., Рокитнянський район, територія навколо оз. Біле, 2013 р., Л. Л. Онук, О. І. Скакальська, І. О. Скоропляс, КВ.
  33. Рівненська обл., Рокитнянський район, в межах території урочища Кобила, 2014 р., О. І. Скакальська, Л. Л. Онук, І. О. Скоропляс, КВ.
  34. Рівненська обл., Дубровицький район, Перебродське лісництво, болото біля ур. Махмерова гірка, 1975 р., Л. Балашев, КВ.
  35. Рівненська обл., заказник Почаєвський, 1980 р., Т. Л. Андрієнко, О. І. Прядко, КВ.
  36. Рівненська обл., болотний масив Переброди, 1975 р., Т. Л. Андрієнко, Н. Парахонська КВ.
  37. Рівненська обл., Володимирецький район, с. Озерці, 2000 р., Я. П. Дідух, КВ.
  38. Рівненська обл., Клесівський район, б. Любонька, 1971 р., Т. Л. Андрієнко, О. І. Прядко, КВ.
  39. Рівненська обл., Рокитнівський район, околиці с. Хміль, оз. Біле, Н. М. Шиян, О. О. Орлов, І. О. Беднарська, 2004 р., КВ.
  40. Рівненська обл., Березнівський район, б. Калина, 1951 р., А. Бачуріна, КВ.

*D. intermedia* на території України відомий із 40 локалітетів. Спостерігається поступове зменшення ареалу, що пов'язано з висушуванням боліт (знижується рівень підземних вод). Даний вид поширений переважно на Правобережному Поліссі (Волинська, Рівненська, Житомирська області), зустрічається також у центральній частині Українського Полісся (Київська область) (рис. 2).

*D. intermedia* є стенотопним видом, який пристосований до ґрунтів, бідних на поживні речовини, зростає на мезотрофних та оліготрофних сфагнових болотах. *D. intermedia* є теплолюбним і, порівняно з *D. rotundifolia*, вологолюбним видом. Зазвичай, *D. intermedia* уникає густотрав'янистих ділянок. Мало конкурентоспроможний вид, насіння проростає на оглеєних типах ґрунтів за умови наявності вологи [2; 8].

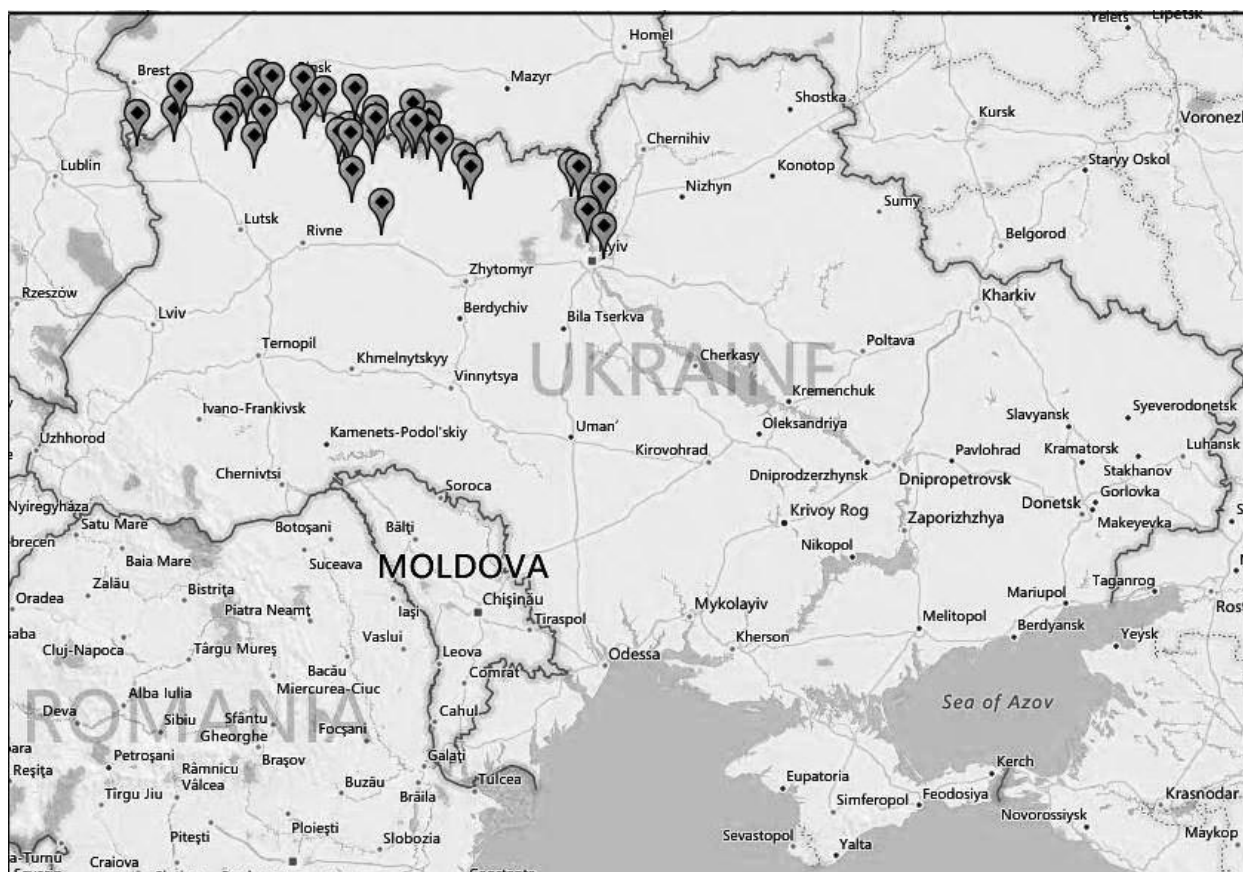


Рис. 2. Картографічне поширення *D. intermedia* Науне на території України

*Drosera anglica* Huds є видом, ареал якого включає помірну та субарктичну Євразію, Курильські острови, приатлантичну частину Північної Америки, Гавайські острови. На території Європи вид зустрічається в Польщі, Чехії, Австрії, Естонії, Швеції, Фінляндії та Норвегії [13].

Для території України відомі наступні локалітети виду:

1. Волинська обл., Ратнівський район, с. Гірники, 1949 р., А. І. Бачуріна, КВ.
2. Волинська обл., Ковельський район, с. Любче, 1998 р., В. В. Гелюта, КВ.
3. Волинська обл., Ковельський район, с. Скулин, заказник Нечимне, 1981 р., Т. Л. Андрієнко, КВ.
4. Волинська обл., Камінь-Каширський район, с. Житнівка, 1971 р., Т. Л. Андрієнко, КВ.

5. Волинська обл., Камінь-Каширський район, с.Верхи, 1949 р., Є. М. Брадіс, А. І. Бачуріна, KW.
6. Волинська обл., Любомльський район, б. Білка, 1976 р., Т. Л. Андрієнко, KW.
7. Волинська обл., Шацький район, с. Мельники, б. Уничі, 2004 р., В. І. Гончаренко, KW.
8. Волинська обл., Шацький район, Шацькі озера, 1991 р., Я. П. Дідух, KW.
9. Волинська обл., Маневицький район, Черемський заповідник, узбережжя оз. Редичі, 2002 р., В. В. Коніщук, KW.
10. Волинська обл., Маневицький район, м. Заболоття, берег оз. Тур, 1949 р., А. І. Барбарич, KW.
11. Житомирська обл., Овруцький район, с. Червонка, урочище Міжимки, болото, 1963 р., Смик, KWHA.
12. Житомирська область, Поліський природний заповідник, 2 км від с. Селезівка, верхове болото, 2007 р., С. Я. Діденко, О. А. Гнатюк, KWHA.
13. Житомирська область, Овруцький район, с. Усове, урочище Ямне, на березі осушувального каналу, 1972 р., І. І. Мороз, KWHA.
14. Житомирська область, Овруцький район, с. Усове, урочище Ямне, на торф'яниках, 1972 р., І. І. Мороз, KWHA.
15. Рівненська обл., Рокитнянський район, с. Березове, 1958 р., Л. Сіпайлова, KW.
16. Рівненська обл., Рокитнянський район, околиці с. Хміль, 2004 р., Н. М. Шиян, О. О. Орлов, І. О. Беднарська, KW.
17. Рівненська обл., Рокитнянський район, територія навколо оз. Біле, 2013 р., Л. Л. Онук, О. І. Скакальська, І. О. Скоропляс, KW.
18. Рівненська обл., Володимирецький район, с. Озерці, 2000 р., Я. П. Дідух, KW.
19. Рівненська обл., Володимирецький район, Білозерська дача біля с. Озерці, 2004 р., Т. Л. Андрієнко, О. І. Прядко, KW.
20. Рівненська обл., Дубровицький район, б. Переброди, 1975 р., М. Парахонська, KW.
21. Рівненська обл., Дубровицький район, 1955 р., І. М. Григора, KW.
22. Рівненська обл., Здолбунівський район, с. Батьківці, 1983 р., Т. Л. Андрієнко, KW.
23. Рівненська обл., Здолбунівський район, с. Дермань 2, болото Подзастав'є, 1984 р., Г. Антонова, ROKM.
24. Рівненська обл., Острозький район, с. Батьківці, осоково-гіпнове болото, 1983 р., Т. Л. Андрієнко, Г. Антонова, О. М. Сауш, ROKM.
25. Рівненська обл., Демидівський район, с. Товпизин, урочище біля глиняного кар'єру, 1987 р., Г. Антонова, ROKM.

*D. anglica* на території України відомий із 25 локалітетів. Даний вид поширений на Правобережному Поліссі (Волинська, Рівненська, Житомирська області) (рис. 3).

*Drosera obovata* Mert & W.D.J. Koch – гібридна форма росички круглолистої та англійської. Поширена на територіях, де головним чином зосередженні батьківські форми [10]. Загальний ареал включає субарктичну та помірну Євразію і Північну Америку. На території Європи даний вид був вивчений у Австрії, зокрема, у північній її частині [13]. На території України даний таксон відомий із 3-х локалітетів у місцях спільного зростання *D. rotundifolia* та *D. anglica* й зустрічається лише на Поліссі (рис. 4):

1. Київська область, Іванківський район, с. Пилява, б. Роги, 1968 р., А. Запятава, KW.
2. Київська область, Іванківський район, с. Пилява, б. Роги, 1923 р., Д. Зеров, П. Оксіюк, KW.
3. Рівненська область, Рокитнівський район – по краю берега о. Біле, с. Хміль, 2013 р., Л. Л. Онук, О. І. Скакальська, І. О. Скоропляс.





Рис. 3. Картохсхема поширення *D. anglica* Huds. на території України

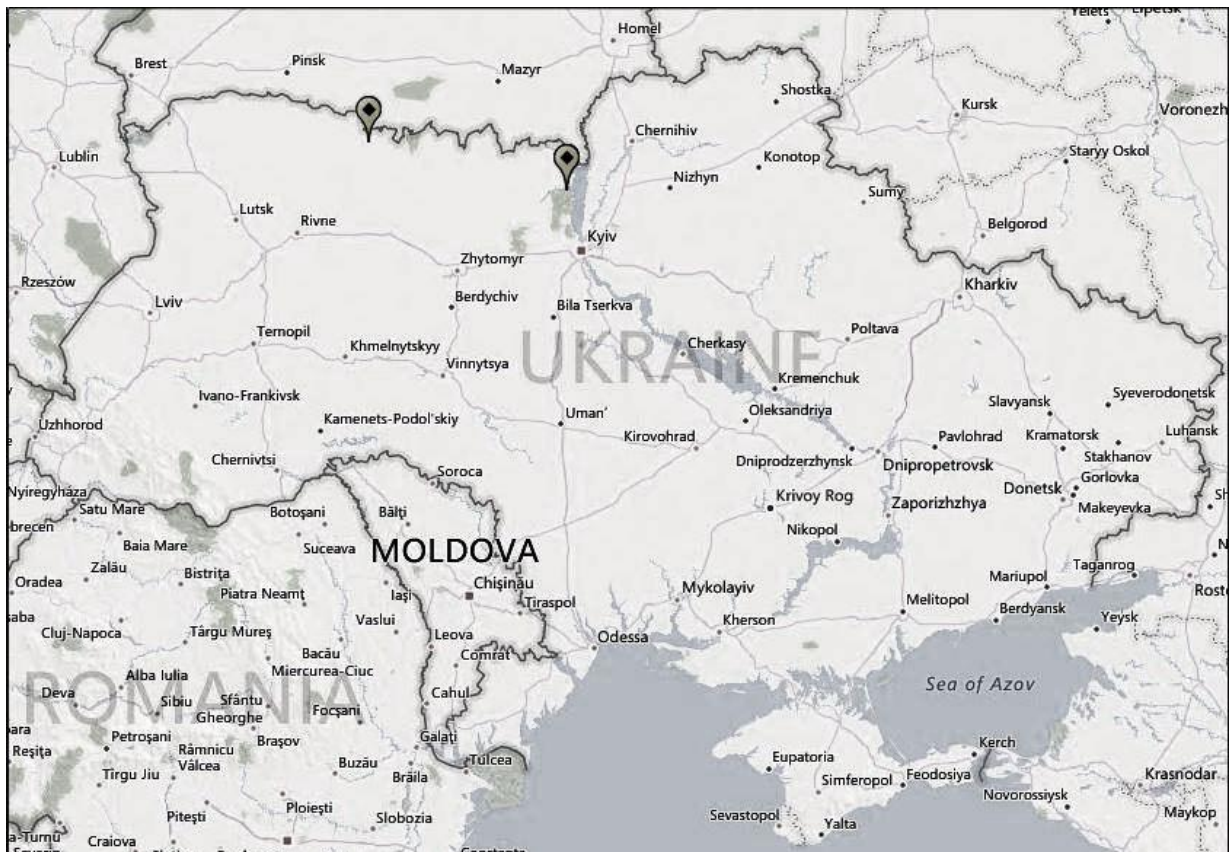


Рис. 4. Картохсхема поширення *D. obovata* Mert. & W.D.J. Koch на території України

Сьогодні цей вид приурочений до боліт у Національних природних заповідниках Полісся, зокрема на болоті Луки, що належить до каскаду Шацьких озер. На Західному Поліссі даний таксон зустрічається, зокрема, в заказниках Рівненської області: «Почаївському», «Острівському» [2]. Однак за даними системної бази GBIF *D. obovata* поширений на території Рівненської та Київської областей [9].

Варто зауважити, що *D. rotundifolia*, *D. intermedia*, *D. anglica* та *D. obovata* зростають на заболочених територіях, в заплавах річок, на торфовищах, сфагнових болотах, рідше на згарищах, але у зволжених місцях. Головним чином види зустрічаються на олігомезотрофних, мезотрофних болотах, де спостерігається наростання торфовища, що, в свою чергу, веде до поступового відриву від ґрунтових вод. Територія боліт зайнята як мезотрофними, так і олігомезотрофними угрупованнями з розрідженими *Betula pubescens* Ehrh., *B. pendula* Roth. заввишки до 2-3 м, *Alnus incana* L. та *Pinus sylvestris* L. Підлісок розріджений і представлений підростом *Betula pubescens*, *B. pendula*, *Alnus incana*. В трав'янисто-чагарничковому ярусі разом з видами роду *Drosera* зростають *Scheuchzeria palustris* L., *Eriophorum vaginatum* L., *Calluna vulgaris* (L.) Hill., *Ledum palustre* L., *Vaccinium uliginosum* L. [7; 14].

*D. anglica* є найбільш вологолюбним видом із усіх видів роду *Drosera*. Поширений на сфагнових болотах поруч з такими видами як: *Carex rostrata* Stok., *C. lasiocarpa* Ehrh., *C. limosa* L., *Menyanthes trifoliata* L., *Rhynchospora alba* (L.) Vahl. [2].

Чагарниковий ярус представлений *Frangula alnus* L. У трав'янисто-чагарниковому ярусі (навіть з проективним покриттям 90-100%) трапляються *Oxycoccus palustris* Pers., *Ledum palustre*, *Andromeda polifolia* L. У травостої також можна зустріти *Carex omskiana* Meinsh., *Carex lasiocarpa*, *Lysimachia vulgaris* L., *Equisetum palustre* L., *Scutellaria hastifolia* L. [2]. У моховому ярусі трапляється *Sphagnum majus* (Russow) C.E.O. Jensen.

В результаті експедиційних виїздів нами було виявлено нетипові місцезростання *D. rotundifolia* та *D. intermedia*. В гідрологічній

пам'ятці природи загальнодержавного значення "Озеро Святе" (Чернігівська область, Козелецький район) *Drosera intermedia* Hayne зростає в незвичному для себе угрупованні – разом із *Nymphaea candida* J. Presl & C. Presl. Це пояснюється подальшим заростанням озерної частини гідрологічної пам'ятки природи «Озеро Святе» та перетворенням її на мезо-оліготрофне болото. В деревному ярусі на заболоченій периферійній частині озера зустрічаються *Alnus glutinosa*, *Betula pubescens*, *Pinus sylvestris*, а в трав'янистому – *Calla palustris* L., *Eriophorum angustifolium* Honck., *Menyanthes trifoliata*, *Comarum palustre* L., *Oxycoccus palustris*, *Utricularia minor* L., *Phragmites australis* (Cav.) Trin. ex Steud.

В Рівненському природному заповіднику (Рівненська область, Володимирецький район) в Білоозерському лісництві вид родини *Droseraceae* (*D. rotundifolia*) виявлений на лісовій дорозі, що проходить через заболочений сосновий ліс, де в деревному ярусі домінує *Pinus sylvestris*, а в трав'янистому представлені *Vaccinium myrtillus* L., *Vaccinium uliginosum* L., *Ledum palustre*, *Oxycoccus palustris*, *Andromeda polifolia*, *Potentilla erecta* L. В моховому ярусі представлені зелені та сфагнові мохи із переважанням останніх. *D. rotundifolia* зростає на дорозі епіфітно на старих колодах із сосни, якими було вислано лісовий шлях. Незвичні еколого-ценотичні умови зростання виду можна пояснити тим, що на дорозі відсутня конкуренція за елементи живлення та світло із представниками порядку *Ericales*, а деревина є гарним провідником дощової вологи.

## Висновки

Встановлено, що для *Drosera rotundifolia* на території України відомо 37 місцезнаходжень виду, для *D. intermedia* на території України відомо 40 місцезнаходжень виду, для *D. anglica* – відомо 25 локалітетів виду, а для *Drosera obovata* – 3. У зв'язку з тим, що всі представники роду *Drosera* є зникаючими стенотопними видами сфагнових боліт та інших рідкісних біотопів, і всі види роду, крім

*Drosera rotundifolia*, занесено до Червоної книги України, ми пропонуємо *Drosera rotundifolia*

занести до нового видання Червоної книги України в категорії «вразливий».

## References

1. Andrienko, T. (2006). Fitoriznomanittia Ukrainського Polissia ta yoho okhорona [Phytodiversity of Ukrainian Polissya and its protection]. Kyiv, Ukraine : Fitosociocentr.  
Фіторізноманіття Українського Полісся та його охорона / заг. ред. Т. Л. Андрієнко. Київ : Фітосоціоцентр, 2006. 316 с.
2. Andriienko, T. L., and Protopopova, V. V. (2010). Komahoidni roslyny Ukrainy [Insectivorous plants of Ukraine]. Kyiv : Alterpres.  
Андрієнко Т. Л., Протопопова В. В. Комахоїдні рослини України. Київ : Альтерпрес, 2010. 80 с.
3. Andriienko, T., and Sheliag-Sosonko, Yu. (1983). Rastitelnyi mir Ukrainського Polesia v aspekte ego ohrany [Flora of Ukrainian Polissya in the aspect of its protection]. Kyiv : Naukova dumka.  
Андрієнко Т. Л., Шеляг-Сосонко Ю. Р. Растительный мир Полесья в аспекте его охраны. Киев : Наук. думка, 1983. 216 с.
4. Bairak, O. M., Proskurnia M. I., Steciuk, N. O., Sliusar, M. V., Tomin, E. F., and Hostudym, O. M. (2003). Etalony pryrody Poltavshchyny. [Etalons of Nature of Poltava region]. Poltava : Verstka.  
Еталони природи Полтавщини / О. М. Байрак та ін. Полтава : Верстка, 2003. 212 с.
5. Chorna, G. A. (2006). Flora vodoim i bolit Lisostepu Ukrainy. Sudynni roslyny [Flora of ponds and bogs of the Forest-Steppe Zone of Ukraine. Vascular plants]. Kyiv, Fitosotsiotsentr.  
Чорна Г. А. Флора водойм і боліт Лісостепу України. Судинні рослини. Київ : Фітосоціоцентр, 2006. 184 с.
6. Chornej, I., Budzhak, V., and Andriienko, T. (2008). Bolota Bukovynskykh Karpat [Marshes of Bukovina's Carpathians]. *Ukrainskyi botanichnyi zbornal - Ukrainian Botanical Journal*, 62(2), 80-189.  
Чорней І. І., Буджак В. В., Андрієнко Т. Л. Болота Буковинських Карпат. *Укр. ботан. журн.* 2008. №2. С. 180–189.
7. Darwin, Ch. (1875). Insectivorous plants. London : John Murray.
8. Didukh, Ya. P. (Ed.) (2009). Chervona knyha Ukrainy. Roslyny [Red Book of Ukraine. Plants.]. Kyiv, Globalkonsaltnh.  
Червона книга України. Рослинний світ / заг. ред. Я. П. Дідух. Київ : Глобалконсалтинг, 2009. 912 с.
9. Global Biodiversity Information Facility (n.d.): website. Retrieved from <http://www.gbif.org/>.
10. Holodnyi, M. (1938). Komahoidni roslyny [Insectivorous plants]. Kyiv Ukraine: vydavnytvo AN URSR.  
Холодний М. Г. Комахоїдні рослини. Київ : Вид-во АН УРСР, 1938. 108 с.

11. Holodnyi, N. H. (1948). Charls Darvin i sovremennye znaniia o nasekomoiadnykh rasteniiah [Charles Darwin and modern knowledge about insectivorous plants]. In V. L. Komarov, V. N. Sukachov & S. L. Sobol (Eds.), *Charlz Darvin. Sochineniia* (pp. 255-304). Leningrad, Izdatelstvo AN SSSR.  
Холодный Н.Г. Чарлз Дарвин и современные знания о насекомоядных растениях. *Чарлз Дарвин. Сочинения* / отв. ред. В. Л. Комаров, В. Н. Сукачев, С. Л. Соболев Ленинград : Изд-во АН СССР, 1948. С. 255-304 с.
12. Impacts, risks and vulnerabilities. (n.d.). Retrieved from <https://climate-adapt.eea.europa.eu/knowledge/adaptation-information/vulnerabilities-and-risks>.
13. Mosyakin, S. L., and Fedoronchuk, M. M. (1999). Vascular plants of Ukraine: a nomenclatural Checklist. Kiev, 345 p.
14. Nazarenko, I., Polchyna, S., and Nikorych, V. (2003). Gruntoznavstvo : navchalnyi posibnyk [Pedology : tutorial]. Chernivci, Ukraine : Knyhy – XXI.  
Назаренко І. І., Польчина С. М., Нікорич В. А. Грунтознавство : навч. посіб. Чернівці : Книги – XXI, 2003. 400 с.
15. Pakhomov, O., and Petrushevskiy, V. (2021). Prostorova orhanizatsiia bioheotsenoziv (chastyna 2). [Pedology : tutorial]. Dnipro : Arbuz.  
Пахомов, О. Є., Петрушевський, В. Б. Просторова організація біогеоценозів (частина 2). Навчально-методичний посібник для самостійної роботи. Дніпро: АРБУЗ, 2021. 34 с.
16. Pro pryodno-zapovidnyi fond Ukrainy : zakon Ukrainy vid 16 chervnia 1992 r. № 2456-XII [Act of Ukraine on nature-protected fund (Kyiv, 16.06.1992, № 2456-XII)]. Retrieved from <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2456-12>.  
Про природно-заповідний фонд України : Закон України від 16 червня 1992 р. № 2456-XII. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2456-12> (дата звернення: 11.01.2020).
17. Skakalskaia, O. I., and Batochenko, V. N. (2016). Tsenopopuliatsii *Drosera rotundifolia* L. na territirii urochishcha «Kempa» (Lvovskoi oblasti) [Coenopopulations of *Drosera rotundifolia* L. on the territory of the tract «Kempa» (Lviv region)]. *Scientific Issues of TNPU. Series: Biology.*, 67(3-4), 31-36.  
Скакальська О. І., Баточенко В. Н. Ценопопуляції *Drosera rotundifolia* L. на території урочища «Кемпа» (Львовської області). *Наукові записки Тернопільського педагогічного університету ім. І. Гнатюка. Серія: Біологія.* 2016. 3-4 (67). С. 31–36.
18. Umanets, O., and Moysiienko, I. (2012). Naipivdennisha znakhidka *Drosera rotundifolia* v Ukraini [Discovery of the southernmost locality of *Drosera rotundifolia* L. in Ukraine]. *Chornomorsky Botanical Journal*, 8(3), 342-346.  
Уманець О. Ю., Мойсієнко І. І. Найпівденніша знахідка *Drosera rotundifolia* в Україні. *Чорноморський ботанічний журнал.* 2012. Т.8, № 3. С. 342-346.

Received: 21.02.2020. Accepted: 28.11.2022. Published: 29.12.2022.

Cite this article in APA Style as:

Rak, O., Buzunko, P., and Solokha, I. (2022). Vidy rodu *Drosera* flory Ukrainy. [*Drosera* species of Ukrainian flora]. *BHT: Biota. Human. Technology*, 2, 7-20. (in Ukrainian)

## Information about the authors:

**Rak O.** [*in Ukrainian*: **Рак О.**] <sup>1</sup>, Ph.D. in Biol. Sc., Research fellow, email: aleksandr\_rak@ukr.net  
ORCID: 0000-0002-0403-9469  
M. M. Grishko National Botanical Garden,  
1 Timiryazevska Street, Kyiv, 01014, Ukraine

**Buzunko P.** [*in Ukrainian*: **Бузунко П.**] <sup>2</sup>, Postgraduate Student, email: petr.buzunko@gmail.com  
ORCID: 0000-0002-9466-8401  
Department of Ecology and Nature Conservation,  
T.H. Shevchenko National University "Chernihiv Colehium",  
53 Hetmana Polubotka Street, Chernihiv, 14013, Ukraine

**Solokha I.** [*in Ukrainian*: **Солоха І.**] <sup>3</sup>, Graduate Student, email: kachula.1694@gmail.com  
ORCID: 0000-0002-8042-5273  
Ecology department, National University of «Kyiv-Mohyla academy»,  
2 Skovorody Street, Kyiv, 04070, Ukraine

---

<sup>1</sup> Study design, data collection, statistical analysis, manuscript preparation.

<sup>2</sup> Data collection, statistical analysis.

<sup>3</sup> Data collection, statistical analysis, manuscript preparation.



**MICROBIOTA**  
**МІКРОБІОТА**



UDC 579.67:579.84/.86

Liubov Zelena, Nataliia Tkachuk, Olena Okhmat, Sabrina Nevmyvaka

QUANTITATIVE ANALYSIS OF ENTEROCOCCI ISOLATED FROM DAIRY PRODUCTS  
КІЛЬКІСНИЙ АНАЛІЗ ЕНТЕРОКОКІВ, ВИДІЛЕНИХ З МОЛОЧНИХ ПРОДУКТІВ

DOI: 10.58407/bht.2.22.2

This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

© Zelena, L., Tkachuk, N., Okhmat, O., Nevmyvaka, S., 2022

## ABSTRACT

**Purpose of the work.** To evaluate the number of enterococci in the dairy products of industrial manufacturing.

**Methodology.** Molecular-genetic methods were used to analyze enterococci in milk, kefir and sour cream samples. Metagenomic DNA was isolated from each product and used for amplification. PCR with specific primers to *Enterococcus* genus was carried out to amplify specific genome region and to detect enterococci in dairy products. Quantitative PCR (qPCR) with SYBR Green dye solution was performed to enumerate *Enterococcus* bacteria presented in three milk products. The melting curve analysis was used to define the specificity of amplification. The genome-equivalent values of enterococci in milk, kefir and sour cream were calculated using the standard curve analysis.

**Scientific novelty.** In the present research the quantitative analysis of enterococci in the three milk products of industrial manufacturing was conducted using metagenomic DNA and qPCR-analysis. There were no significant differences of enterococci number between dairy products.

**Conclusions.** The development of molecular-genetic methods and approaches gives a possibility to estimate the number of enterococci in dairy products by culture-independent way. The results suggested that similar amount of enterococci in all three dairy products can be due to their industrial production and using the same preservation agents. Although the genotyping and species identification of *Enterococcus* should be performed in the next researches.

The fermented milk products have an important and in general beneficial effect on human health. Despite qualitative and quantitative variability of microorganisms comprising the composition in milk products, lactic acid bacteria represent the most numerous group. The ambiguous features characterize bacteria belonging to *Enterococcus* genus: they contribute to the specific flavor and taste of dairy products and can be used as a probiotic and adjunct starters but, at the same time, they can be the source of virulence factors and be an indicator of poor hygienic conditions during production. Thus, it is important to perform quantitative analysis and control of enterococci in dairy products.

**Key words:** dairy products, enterococci, quantitative PCR

## АНОТАЦІЯ

**Мета роботи.** Оцінити кількість ентерококів у молочних продуктах промислового виробництва.

**Методологія.** Молекулярно-генетичні методи були використані для аналізу ентерококів у зразках молока, кефіру та сметани. Метагеномна ДНК виділяли з кожного продукту та використовували для ампліфікації. ПЛР з праймерами, специфічними до роду *Enterococcus* проводили з метою ампліфікації специфічної ділянки геному та для визначення ентерококів у молочних продуктах. Кількісну ПЛР (кПЛР) з використанням розчину барвника SYBR Green виконували з метою підрахунку бактерій *Enterococcus*, наявних у трьох молочних продуктах. Аналіз кривої плавління використовували для визначення специфічності ампліфікації.

Показники геном-еквівалентів ентерококів у молоці, кефіру та сметані розраховували із застосуванням аналізу стандартної кривої.

**Наукова новизна.** У представленому дослідженні кількісний аналіз ентерококів у трьох молочних продуктах промислового виробництва був виконаний із використанням метагеномної ДНК та кПЛР-аналізу. Між молочними продуктами не виявлено відмінностей у кількості ентерококів.

**Висновки.** Розвиток молекулярно-генетичних методів і підходів надає можливість оцінювати кількість ентерококів у молочних продуктах без їх культивування. Результати показали, що однакова кількість ентерококів у всіх трьох молочних продуктах може бути спричинена їх промисловим виробництвом та використанням однакових консервантів. Хоча генотипування та видова ідентифікація *Enterococcus* має бути проведена у наступних дослідженнях.

Ферментовані молочні продукти мають важливий та, загалом, сприятливий вплив на здоров'я людини. Незважаючи на якісну та кількісну варіабельність мікроорганізмів, що входять до складу молочних продуктів, молочнокислі бактерії є найчисленнішою групою. Бактерії роду *Enterococcus* характеризуються неоднозначними властивостями: вони сприяють специфічному аромату та смаку молочних продуктів і можуть використовуватися як пробіотики та додаткові закваски, але водночас вони можуть бути джерелом факторів вірулентності та бути індикатором поганих гігієнічних умов під час виробництва. Таким чином, важливо проводити кількісний аналіз і контроль ентерококів у молочних продуктах.

**Ключові слова:** молочні продукти, ентерококи, кількісна ПЛР

### Statement of the problem

The fermented foods are defined as the products of controlled microbial growth and enzymatic transformation of food components [16]. Dairy products are the group of the fermented food products that affect human health and, in general, have beneficial consequences. Consumption of fermented milk products have been going on for thousand years and the biochemical activity of microorganisms from a raw milk was used to produce the dairy products for thousand years too. Nowadays many researches have been devoted to the study of the effect of fermented dairy products on human health. The results of these studies demonstrated the positive effect of kefir consumption on the density and strength of bone tissue [19], suggested the decreasing of the risk of type 2 diabetes that was associated with yogurt consumption [7; 9], and also revealed the influence of fermented dairy products containing various microorganisms on the cognitive functions, in particular preventive effects against dementia, Alzheimer's disease [2]. These and other properties of fermented dairy products, having a positive effect on the physiological and mental state of a person, contribute to the growing popularity

of milk food [20], such as yogurts, kefir, acidophilic milk, koumiss, cheeses and other fermented milk products. The dairy products manufacturing occurs as homemade as industrial. The composition of microorganisms that are used for production varies in the species variability and in their quantity.

Lactic acid bacteria (LAB) play an important role in the food, agricultural and medical fields. Bacteria of the group are characterized as gram-positive, not forming spores, cocci or bacilli, and they produce lactic acid [12]. The group of LAB mainly includes representatives of four genera: *Lactobacillus*, *Leuconostoc*, *Pediococcus* and *Streptococcus*. Besides, LAB include representatives of the genus *Enterococcus* that can possess opposite features: produce unique organoleptic peculiarities and protect against spoilage or as a probiotic, and at the same time enterococci can carry virulence factors and be an indicator of poor hygienic condition of manufacturing. The conflicting characteristics of *Enterococcus* species make the detection and control of these bacteria an important and essential stage of dairy products manufacturing.



Detection and identification of microorganisms inhabiting various environments are performed both culture-dependent and culture-independent methods. The culture-independent methods are based on the molecular-genetic approaches and allow fast and accurate estimation of bacteria in the complex substrates and microorganisms' conglomerates.

The purpose of the presented study was to evaluate the number of enterococci in the dairy products of industrial manufacturing.

*Dairy products.* To perform the present research samples of three products manufactured by the same commercial company were chosen: milk, kefir and sour cream. 1 mL / mg of each dairy product was taken for the analyses.

*DNA isolation.* 0,1 mL or 0,1 mg of the dairy product was used for DNA isolation. Total bulk DNA was isolated using Genomic DNA Purification Kit (Thermo Scientific) according to the manufacturer's protocol with some modifications. Briefly, the samples were incubated with 0,4 mL of lysis buffer and 20  $\mu$ L of Proteinase K at 55 °C for 30 min. Then 0,5 mL of chloroform was added and the solution was mix by tube inverting. After centrifugation at 10000 rpm for 10 min the upper phase was transferred to the new tube and 2,5 V of 96 % ethanol was added. DNA was precipitated at -20 °C overnight. Then DNA was spinned down at 10000 rpm for 5 min, ethanol was removed and the pellet was washed with 70 % ethanol. After centrifugation at the same conditions, the pellet was dissolved in 40  $\mu$ L of deionized water. DNA concentration was measured using DS-11 FX+ DeNovix spectrophotometer / fluorometer.

*PCR-analysis.* To detect bacteria belonging to enterococci in dairy products PCR with genus-specific primers was performed. The sequences of forward and reverse primers were reported in [22]: 5'-TACTGACAAACCATTCATGATG-3' and 5'-ACTTCGTCACCAACGCGAAC-3'. The components of the reaction mix were 10  $\mu$ L of 2x DreamTaq PCR Master Mix (Thermo Scientific), 40 pmol of each primer and 50 ng of DNA. The total volume of 20  $\mu$ L was adjusted with deionized water. The PCR was

run for 1 cycle at 95 °C, 2 min; 30 cycles at 95 °C, 20 sec; 55 °C, 30 sec; 72 °C, 45 sec; and the final elongation step at 72 °C, 7 min. The Mastercycler Personal 5332 (Eppendorf) was used for amplification.

The results of the PCR were visualized with the agarose gel electrophoresis and ethidium bromide dye solution.

*Quantitative PCR.* To evaluate total amount of bacteria and enterococci in dairy products qPCR with SYBR Green dye solution was carried out. The amplification mix contained 12,5  $\mu$ L of 2x Maxima SYBR Green/Fluorescein qPCR Master Mix (Thermo Scientific), 20 pmol of each primer, 5  $\mu$ L of DNA template and the mix was adjusted up to 25  $\mu$ L with deionized water. Primers to 16S rRNA gene [23] were used to evaluate the total numbers of bacteria and genus-specific primers were used for *Enterococcus* quantification. Amplification was carried out using QuantStudio™ 3 Real-Time PCR System (Applied Biosystems). PCR cycling conditions were as follows: 1 cycle – 50 °C, 2 min; 95 °C, 10 min; 40 cycles – 95 °C, 15 sec; 58 °C, 15 sec; 72 °C, 1 min. The amplification was followed with the melting curve analysis: 95 °C, 15 sec; 60 °C, 1 min; 95 °C, 15 sec. Fluorescence of the DNA/SYBR Green complex was detected and measured at the elongation step (72 °C) of each reaction cycle. Amplification for each sample was carried out in duplicate and each amplification run included no template control (NTC).

The melting curve analysis was used to analyze the specificity of amplification. The standard curve analysis was used to calculate the reaction efficiency and the coefficient of determination ( $R^2$ ). The data were analyzed only if  $R^2$  was greater than 0,93 and PCR was repeated in case  $R^2$  was lower.

*Data analysis.* To calculate the relative (in comparison to the total numbers of bacteria) and absolute (genome / equivalent) quantity of enterococci the calibration curve method was used. Relative amount was estimated based on threshold cycle (Ct value) of 16S rDNA amplification and the weight / volume of dairy products taken for analysis.

The calibration curve analysis that represents the correlation between the threshold cycle (Ct value) and the logarithm of the standard sample concentration was used for the quantitative evaluation as described in [22]. 10-fold dilutions of DNA isolated from the type strain, *Enterococcus faecalis* CCM 7000<sup>T</sup>, was used as standard samples. The number of genome-equivalents of enterococci presented in the sample was calculated as it was reported in [22].

Statistical significance of the results was estimated with t-test.

## Research results

*Detection of enterococci in dairy products.* Bacteria of *Enterococcus* genus like other lactic acid bacteria are the common component of the dairy products. In the presented study, the three dairy products were analyzed by PCR-analysis with primers specific to enterococci. The amplicon of 112 bp characteristic to *Enterococcus* was revealed in all dairy products as shown in Fig. 1.

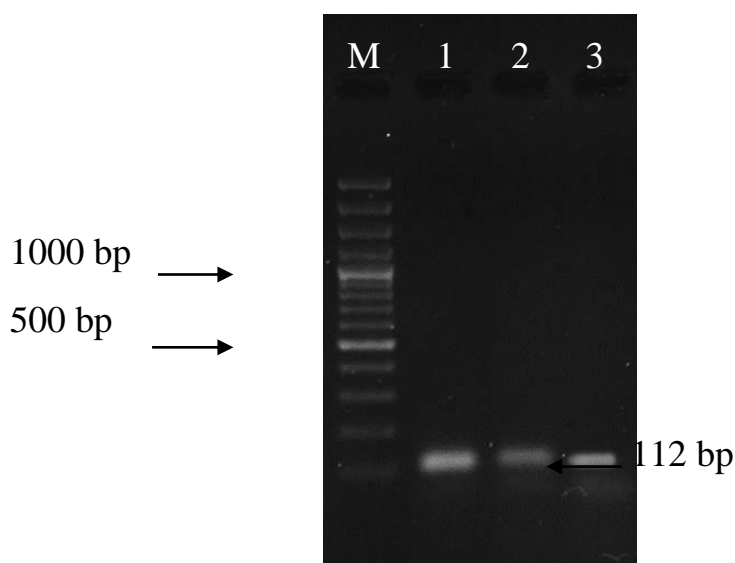


Fig. 1. Electrophoregram of the amplification with primers to *Enterococcus* genus.

M – DNA-ladder, 1 – milk, 2 – kefir, 3 – sour cream

*Evaluation of enterococci in dairy products.* The microbiome of the dairy products consists of various microorganisms, the majority of which are presented by lactic acid bacteria. Different representatives of these bacteria, including enterococci, were detected in many dairy products: raw milk [15; 21], kefir [5; 13], yogurt [18], cheese [1], cottage cheese [24], sour cream [6] and others. Results of metagenomic analyses performed in these studies revealed that the percentage of enterococci among all microorganisms varied in a wide range, from 0 to 15%, and depended on the type of dairy

products and the way of their production (home-made or industrial). In our research we have analyzed the amount of *Enterococcus* in milk, kefir and sour cream relatively to the total amount of bacteria in each product. In milk and kefir the amount of enterococci in relation to the total number of bacteria was the same but in sour cream enterococci amounted to 1,6 times larger number. Despite differences in the representation of enterococci between three milk products the absolute number of *Enterococcus* genus was not varied: in all samples analyzed the quantity of bacteria was almost the same (Table 1).

The number of genome-equivalents / mL (mg) of bacterial DNA in the dairy products

Bacterial genus	Milk	Kefir	Sour cream
<i>Enterococcus</i>	$(5,27 \pm 0,04) \times 10^5$	$(4,19 \pm 0,04) \times 10^5$	$(6,65 \pm 0,05) \times 10^5$

Note: The data are mean value  $\pm$  StD

The results obtained by qPCR-analysis revealed slight not significant variability of the numbers of enterococci between three dairy products manufactured by the same company. The microorganisms' compositions of milk and fermented milk products consist of various microbial species and differ by their qualitative and quantitative features. Enterococci have been often revealed in bacterial mixtures of many fermented products [3; 21]. As it was mentioned enterococci may be presented up to  $10^8$  colony-forming unit (CFU) / g in dairy products [8]. The level of these bacteria varied in different dairy products. It was shown that in raw bovine milk they were evaluated with an average count of  $2,48 \log_{10}$  CFU / mL [17] and in European raw milk enterococci varied from  $10^3$  cells / mL to  $10^5$  cells / mL [4]. The larger number of bacteria belonging to *Enterococcus* genus was observed in different type of cheeses:  $5,77 \log$  CFU / g in civil cheese [10];  $5,52 - 6,48 \log$  CFU / g in Iran cheeses and  $6,12 \log$  CFU / g in Turkish cheese [11].

Enterococci are widely distributed in the environment and are the important part of food products. They are known for their beneficial role of being starter or adjuncts starter cultures, of having probiotic peculiarities and developing of the organoleptic characteristics of the dairy products [4]. At the same time, enterococci can possess resistance to multiple antibiotics, carry potential virulence factors [6]. Besides, some of them are

opportunistic pathogens that cause diseases and thus, are harmful to human health [14].

The number of enterococci revealed in the research has been smaller than that detected in the previous study of homemade milk products [22]. The considerable difference between these results can be caused by the way of manufacturing: the homemade production might be accompanied with poor hygiene during milk handling and processing while industrial manufacturing might be associated with using some conservative agents against spoilage including induced by enterococci.

### Conclusions

The development of modern molecular-genetic methods and approaches allows fast and accurate detection of microorganisms in complex substrates, environmental samples, food products without their cultivation. Quantitative PCR (qPCR) is one of the culture-independent methods that was used in the presented study for estimation of enterococci in the dairy products. The results revealed insufficient differences of *Enterococcus* level between milk, kefir and sour cream that can be due to the same way of industrial production. Although *Enterococcus* species identification and genotyping should be performed further to analyze their safety.

### References

1. Amaral, D. M., Silva, L. F., Casarotti, S. N., Nascimento, L. C. S., and Penna, A. L. B. (2017). *Enterococcus faecium* and *Enterococcus durans* isolated from cheese: Survival in the presence of medications under simulated gastrointestinal conditions and adhesion properties. *Journal of dairy science*, 100(2), 933–949.

2. Ano, Y., and Nakayama, H. (2018). Preventive effects of dairy products on dementia and the underlying mechanisms. *International journal of molecular sciences*, 19(7), 1927–1937.
3. Bayili, G. R., Johansen, P., Nielsen, D. S., Sawadogo-Lingani, H., Ouedraogo, G. A., Diawara, B., and Jespersen, L. (2019). Identification of the predominant microbiota during production of lait caillé, a spontaneously fermented milk product made in Burkina Faso. *World Journal of Microbiology and Biotechnology*, 35(7), 1–13.
4. Bhardwaj, A., Malik, R. K., and Chauhan, P. (2008). Functional and safety aspects of enterococci in dairy foods. *Indian journal of microbiology*, 48(3), 317–325.
5. Biçer, Y., Telli, A. E., Sönmez, G., Turkal, G., Telli, N., and Uçar, G. (2021). Comparison of commercial and traditional kefir microbiota using metagenomic analysis. *International Journal of Dairy Technology*, 74(3), 528–534.
6. Chajęcka-Wierzchowska, W., Zadernowska, A., and García-Solache, M. (2020). Ready-to-eat dairy products as a source of multidrug-resistant *Enterococcus* strains: Phenotypic and genotypic characteristics. *Journal of dairy science*, 103(5), 4068–4077.
7. Chen, M., Sun, Q., Giovannucci, E., Mozaffarian, D., Manson, J. E., Willett, W. C., and Hu, F. B. (2014). Dairy consumption and risk of type 2 diabetes: 3 cohorts of US adults and an updated meta-analysis. *BMC Med.*, 12, 1–14.
8. Dapkevicius, M. D. L. E., Sgardioli, B., Câmara, S. P., Poeta, P., and Malcata, F. X. (2021). Current trends of enterococci in dairy products: A comprehensive review of their multiple roles. *Foods*, 10(4), 821–851.
9. Diaz-Lopez, A., Bullo, M., Martinez-Gonzalez, Corella D., Estruch, R., Fito, M., Gomez-Gracia, E., Fiol, M., de la Corte, F.J.G., Ros E. et al. (2016). Dairy product consumption and risk of type 2 diabetes in an elderly Spanish Mediterranean population at high cardiovascular risk. *Eur J Nutr.*, 55, 349–360.
10. Gelen, S. U., and Ceylan, Z. G. (2020). The Existence of *Enterococcus* spp. In Civil Cheese. *Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology*, 8(12), 2574–2576.
11. Hajikhani, R., Onal Darilmaz, D., Yuksekdog, Z. N., and Beyatli, Y. (2021). Assessment of some metabolic activities and potential probiotic properties of eight *Enterococcus* bacteria isolated from white cheese microbiota. *Antonie van Leeuwenhoek*, 114(8), 1259–1274.
12. Hayek, S.A., and Ibrahim, S.A. (2013). Current limitations and challenges with lactic acid bacteria: a review. *Food and Nutrition Sciences*. 4, 73–87.
13. Kazou, M., Grafakou, A., Tsakalidou, E., and Georgalaki, M. (2021). Zooming into the microbiota of home-made and industrial kefir produced in Greece using classical microbiological and amplicon-based metagenomics analyses. *Frontiers in Microbiology*, 12, 621069.

14. Krawczyk, B., Wityk, P., Gałęcka, M., and Michalik, M. (2021). The many faces of *Enterococcus* spp.—Commensal, probiotic and opportunistic pathogen. *Microorganisms*, 9(9), 1900.
15. Lauková, A., Focková, V., and Pogány Simonová, M. (2020). *Enterococcus mundtii* isolated from Slovak raw goat milk and its bacteriocinogenic potential. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17(24), 9504.
16. Marco, M. L., Heeney, D., Binda, S., Cifelli C. J., et al. (2017). Health benefits of fermented foods: microbiota and beyond. *Current opinion in biotechnology*, 44, 94–102.
17. McAuley, C. M., Britz, M. L., Gobius, K. S., and Craven, H. M. (2015). Prevalence, seasonality, and growth of enterococci in raw and pasteurized milk in Victoria, Australia. *Journal of dairy science*, 98(12), 8348–8358.
18. Ren, X., Li, M., and Guo, D. (2016). *Enterococcus xinjiangensis* sp. nov., isolated from yogurt of Xinjiang, China. *Current microbiology*, 73(3), 374–378.
19. Tu, M.-Y., Chen, H.-L., Tung, Y.-T., Kao, C.-C., Hu, F.-C., and Chen, C.-M. (2015). Short-Term effects of kefir-fermented milk consumption on bone mineral density and bone metabolism in a randomized clinical trial of osteoporotic patients. *PLOS ONE*, 10, 1–17.
20. Vijaya, K.B., Vijayendra, S.V.N., and Reddy, O.V.S. (2015). Trends in dairy and nondairy probiotic products – a review. *Journal of food science and technology*, 52, 6112–6124.
21. Yerlikaya, O., and Akbulut, N. (2020). In vitro characterisation of probiotic properties of *Enterococcus faecium* and *Enterococcus durans* strains isolated from raw milk and traditional dairy products. *International Journal of Dairy Technology*, 73(1), 98–107.
22. Zelenaia, L. B., Kovalenko, N. K., Oblap, R. V., Novak, N. B., and Golubets, R. A. (2012). Ispolzovanie PCR v realnom vrameni dlia kolichestvennoi ocenki molochnokislil i bifidobakterii v molochnih produktah [Use of real-time PCR for quantitative assessment of lactic acid bacteria and bifidobacteria in dairy products]. *Mikrobiologichnyi Zhurnal*, 74(1), 14–19.
23. Zelena, L., Gretskey, I., and Gromozova, E. (2014). Influence of ultrahigh frequency irradiation on *Photobacterium phosphoreum luxB* gene expression. *Central European Journal of Biology*, 9(10), 1004–1010.
24. Zelena, L. B. (2015). Some genomic features of *Enterococcus durans* isolated from fermented milk products. *Biosciences Research in Today's World*, 1(1), 10–13.

Received: 19.10.2022. Accepted: 28.11.2022. Published: 29.12.2022.

## Cite this article in APA Style as:

Zelena, L., Tkachuk, N., Okhmat, O., and Nevmyvaka, S. (2022). Quantitative analysis of enterococci isolated from dairy products. *BHT: Biota. Human. Technology*, 2, 22-29. (in English)

## Information about the authors:

**Zelena L.** [*in Ukrainian: Зелена Л.*] <sup>1</sup>, Ph.D. in Biol. Sc., Senior Researcher, email: zelenalyubov@gmail.com  
ORCID: 0000-0002-5148-1030 *Scopus-Author ID*: 6506970298  
Danylo Zabolotny Institute of Microbiology and Virology, NAS of Ukraine,  
154 Akademika Zabolotnoho Street, Kyiv, 03680, Ukraine  
Kyiv National University of Technology and Design,  
2 Nemyrovycha-Danchenka Street, Kyiv, 01011, Ukraine

**Tkachuk N.** [*in Ukrainian: Ткачук Н.*] <sup>2</sup>, Ph.D. in Biol. Sc., Assoc. Prof., email: nataliia.smykun@gmail.com  
ORCID: 0000-0002-5115-7716 *Scopus-Author ID*: 7801574248  
Department of Biology, T.H. Shevchenko National University "Chernihiv Colehium",  
53 Hetmana Polubotka Street, Chernihiv, 14013, Ukraine

**Okhmat O.** [*in Ukrainian: Охмат О.*] <sup>3</sup>, Ph.D. in Tech. Sc., Assoc. Prof., email: oxmat.oa@knutd.edu.ua  
ORCID: 0000-0003-0927-8706 *Scopus-Author ID*: 57194089217  
Kyiv National University of Technology and Design,  
2 Nemyrovycha-Danchenka Street, Kyiv, 01011, Ukraine

**Nevmyvaka S.** [*in Ukrainian: Невмивака С.*] <sup>4</sup>, Student, email: sabrinanevmyvaka@gmail.com  
ORCID: 0000-0001-7625-8209  
Kyiv National University of Technology and Design,  
2 Nemyrovycha-Danchenka Street, Kyiv, 01011, Ukraine

---

<sup>1</sup> Study design, statistical analysis, manuscript preparation

<sup>2</sup> Data collection, statistical analysis

<sup>3</sup> Study design, statistical analysis, manuscript preparation

<sup>4</sup> Data collection, statistical analysis

UDC 615.451.1:582.585.61

Halyna Tkachenko, Lyudmyla Buyun, Natalia Kurhaluk, Myroslava Maryniuk



THE ANTIBACTERIAL PROPERTIES OF ETHANOLIC EXTRACTS  
OBTAINED FROM LEAVES OF SOME PLANTS  
BELONGING TO THE *SANSEVIERIA* THUNB. GENUS  
AGAINST *ACINETOBACTER BAUMANNII* STRAIN  
АНТИБАКТЕРІАЛЬНІ ВЛАСТИВОСТІ ЕТАНОЛЬНИХ ЕКСТРАКТІВ, ОТРИМАНИХ З  
ЛИСТЯ ДЕЯКИХ РОСЛИН, ЩО НАЛЕЖАТЬ ДО РОДУ *SANSEVIERIA* THUNB.  
ЩОДО ШТАМУ *ACINETOBACTER BAUMANNII*

DOI: 10.58407/bht.2.22.3

This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

© Tkachenko, H., Buyun, L., Kurhaluk, N., Maryniuk, M., 2022

#### ABSTRACT

**Purpose:** In study, an attempt has been made to evaluate the antibacterial activity of seventeen plants belonging to the *Sansevieria* genus against *Acinetobacter baumannii* complex isolate, resistant to gentamicin and ciprofloxacin (specimen 3680, UK NEQAS). The aim of the present study was to evaluate the antibacterial capacity and to validate scientifically the inhibitory activity of some plants belonging to the *Sansevieria* genus for microbial growth attributed to their popular use and to propose new sources of antimicrobial agents.

**Methodology.** The leaves of *Sansevieria* plants, cultivated under glasshouse conditions, were sampled at M.M. Gryshko National Botanic Garden (NBG), National Academy of Science of Ukraine. Specifically, the leaves of *Sansevieria francisii* Chahin, *S. caulescens* N.E.Br., *S. suffruticosa* N.E.Br., *S. roxburghiana* Schult. & Schult.f., *S. metallica* Gérôme & Labroy, *S. gracilis* N.E.Br., *S. hyacinthoides* (L.) Druce, *S. cylindrica* Bojer ex Hook., *S. canaliculata* Carrière, *S. aethiopica* Thunb., *S. kirkii* Baker, *S. trifasciata* Prain, *S. forskaliana* (Schult. & Schult.f.) Hepper & J.R.I. Wood, *S. fischeri* (Baker) Marais, *S. dooneri* N.E.Br., *S. intermedia* N.E.Br., *S. parva* N.E.Br. were sampled for the study. Antimicrobial activity was determined using the agar disk diffusion technique.

**Scientific novelty.** Results proved that extracts obtained from the leaves of *S. dooneri* and *S. gracilis* were particularly active against *Acinetobacter baumannii* complex isolate (diameters of inhibition zones were 14-20.5 mm). It was followed by the activities of extracts from the *S. suffruticosa* (15.4 ± 1.11 mm), *S. fischeri* (14.7 ± 1.1 mm), *S. parva* (14.2 ± 1.1 mm), *S. canaliculate* (13.8 ± 1.18 mm), *S. trifasciata* leaves (13.7 ± 1.3 mm). Finally, the ethanolic extracts of *S. hyacinthoides* and *S. intermedia* showed fewer antimicrobial activities (diameters of inhibition zones ranged between 7.5 to 10 mm).

**Conclusions.** Hence, the ethanolic extracts derived from *S. dooneri* and *S. gracilis* exhibit a favorable antibacterial activity against *Acinetobacter baumannii*, indicating that these plants could be a good source of antibacterial agents to combat *A. baumannii*-mediated infections. Thus, the leaves of some plants belonging to the *Sansevieria* genus with antibacterial properties may offer alternative therapeutic agents against bacterial infections.

**Keywords:** *Sansevieria* genus, antibacterial activity, *Acinetobacter baumannii* complex isolate, agar diffusion susceptibility testing

## АНОТАЦІЯ

**Мета:** У дослідженні зроблено спробу оцінити антибактеріальну активність сімнадцяти рослин роду *Sansevieria* щодо комплексного ізоляту *Acinetobacter baumannii*, стійкого до гентаміцину та ципрофлоксацину (зразок 3680, UK NEQAS). Метою дослідження була оцінка антибактеріальної активності і наукове підтвердження інгібіторної активності деяких рослин, що належать до роду *Sansevieria*, щодо росту ізоляту *Acinetobacter baumannii*.

**Методологія.** Зразки листя рослин сансевієрії, культивованих в тепличних умовах, відбирали в Національному ботанічному саді імені М.М. Гришка (НБС) НАН України. Зокрема, листя *Sansevieria francisii* Chahin, *S. caulescens* N.E.Br., *S. suffruticosa* N.E.Br., *S. roxburghiana* Schult. & Schult.f., *S. metallica* Gérôme & Labroy, *S. gracilis* N.E.Br., *S. hyacinthoides* (L.) Druce, *S. cylindrica* Bojer ex Hook., *S. canaliculata* Carrière, *S. aethiopica* Thunb., *S. kirkii* Baker, *S. trifasciata* Prain, *S. forskaliana* (Schult. & Schult.f.) Hepper & J.R.I. Wood, *S. fischeri* (Baker) Marais, *S. dooneri* N.E.Br., *S. intermedia* N.E.Br., *S. parva* N.E.Br. були відібрані для дослідження. Антимікробну активність визначали за допомогою дифузійного методу з використанням чашок Петрі з нанесеною культурою мікроорганізма.

**Наукова новизна.** Результати підтвердили, що екстракти, отримані з листя *S. dooneri* та *S. gracilis*, виявляли особливу активність щодо комплексного ізоляту *Acinetobacter baumannii* (діаметр зон інгібування був 14-20,5 мм). Нижчу активність проявили екстракти з листя *S. suffruticosa* (15,4 ± 1,11 мм), *S. fischeri* (14,7 ± 1,1 мм), *S. parva* (14,2 ± 1,1 мм), *S. canaliculate* (13,8 ± 1,18 мм), *S. trifasciata* (13,7 ± 1,3 мм). Нарешті, спиртові екстракти з листя *S. hyacinthoides* і *S. intermedia* проявили найнижчу антимікробну активність (діаметр зон інгібування коливався від 7,5 до 10 мм).

**Висновки.** Таким чином, спиртові екстракти, отримані з *S. dooneri* і *S. gracilis*, проявили найвищу антибактеріальну активність щодо росту *Acinetobacter baumannii*, що вказує на те, що ці рослини можуть бути адекватним джерелом антибактеріальних засобів для боротьби з інфекціями, опосередкованими *A. baumannii*. Листя деяких рослин, що належать до роду *Sansevieria* з чітко визначеними антибактерійними властивостями, можна запропонувати як альтернативні терапевтичні засоби проти бактеріальних інфекцій.

**Ключові слова:** рід *Sansevieria*, антибактеріальна активність, *Acinetobacter baumannii*, диско-дифузійний метод Кірбі-Бауера

## Introduction

Genus *Sansevieria*, belonging to *Asparagaceae* family, comprises ca. 70 species worldwide, distributed mainly in dry or arid areas of the Old World tropics and subtropics [8; 30], with a distribution range from Africa to southeast Asia and the islands of the Indian Ocean [4; 26]. Representatives of this genus are usually xerophytic perennial rhizomatous plants that occur in dry tropical and subtropical parts of the world [8; 30]. Africa is the center of diversity for *Sansevieria* [12]. Some *Sansevieria* species occur in clumps at the bases of trees [8; 30].

*Sansevieria* is a source of white strong elastic fiber commonly used in the manufacture of rope, fishing lines, cordage, fine matting,

bowstring, and clothing [31]. It is well known that some *Sansevieria* species have horticultural value [17; 30]. For example, a number of species such as *S. cylindrical*, *S. trifasciata*, *S. roxburghiana*, *S. zeylanica* are grown as ornamental plants. Moreover, *S. trifasciata* is believed to have air-purifying properties, removing indoor toxins like formaldehyde, nitrogen and sulfur oxides [14]. It should be noted that some *Sansevieria* species have become widely naturalized in parts of the world. Escaped to the south and central Florida, *S. hyacinthoides* is listed as a Category II invasive plant by the Florida Exotic Pest Plant.

Comprehensive information concerning ethnobotanical uses of various *Sansevieria*



species in Kenya was presented and critically evaluated by Takawira-Nyenya and coauthors (2014) [32]. For example, Bally (1937) reported that *Sansevieria kirkii* Baker roots are used for the treatment of foot sores (cited by [32]). In studies carried out in Nakuru and Maragua districts of Kenya by Khalumba and co-workers (2005), they identified five use categories of *Sansevieria* plants, namely medicine (33 % of the reports), fibers (24 %), soil conservation (22 %), fodder (18 %), and other uses (14 %) for four species, *Sansevieria ebrenbergii* Schweinf. ex Baker, *S. parva*, *S. raffillii* N.E. Br., and *S. suffruticosa* N.E. Br. [17]. Chhabra and colleagues (1987) mentioned the use of *Sansevieria bagamoyensis* N.E.Br. for the treatment of convulsive fever in Tanzania [13]. Watt and Breyer-Brandwijk (1962) listed the use of *Sansevieria hyacinthoides* (L.) Druce in the treatment of toothache and earache and the use of the rhizome decoction of *S. kirkii* as a purgative both reported from East Africa [34]. Yet, Kiringe (2006) reported on the use of *Sansevieria volkensii* Gürke for the treatment of sexually transmitted diseases such as gonorrhoea [18]. In Kenya, Owuor and Kisangau (2006) included the use of *Sansevieria parva* N.E.Br. leaf sap for treatment of snakebite wounds and *S. kirkii* extracts for treatment of snakebite wounds [23]. Nevertheless, in spite of these data, Takawira-Nyenya with coauthors (2014) reported that the documentation of ethnobotanical uses of genus *Sansevieria* is incomplete [32].

Leaf and root preparations of the *S. liberica* Gérôme & Labroy are used in the treatment of hemorrhoids, pain, smallpox, chicken-pox, and measles, venereal diseases, malnutrition, paralysis, epilepsy, convulsions, and spasm, pulmonary troubles, and as vermifuge [9], as well as remedy for parasitic infections [7]. Preparations of the *S. liberica* are used in the treatment of ear and eye infections, inflammation (leaf juice), toothache (fruit juice together with fluid from snails), fever, headache, and cold (fume from burning leaves inhaled),

cough, pain, inflammation, infections, convulsion, diarrhea, and as stimulating tonic (root decoction) [3]. Adeyemi and co-workers (2009) have evaluated the antidiarrhoeal activity of aqueous root extract of *S. liberica* using various pharmacological models (the intestinal transit, castor oil-induced diarrhea, enter pooling, and gastric emptying). The aqueous root extract of *S. liberica* possesses antidiarrhoeal property due to inhibition of gastrointestinal propulsion and fluid secretion, possibly mediated through inhibition of the nitric oxide pathway. This justifies the use of the plant extract in traditional African medicine for the treatment of diarrhea [1]. The central nervous system depressant and anticonvulsant activities of the aqueous root extract of *S. liberica* on various animal models including pentobarbitone sleeping time and hole-board exploratory behavior for sedation tests, and strychnine, picrotoxin, bicuculline and pentylenetetrazole-induced convulsions in mice were investigated by Adeyemi and co-workers (2007). Their results indicated that the aqueous root extract of *S. liberica* has sedative and anticonvulsant activities, therefore, justifying its use in traditional African medicine [2].

*S. roxburghiana* Schult. & Schult.f. is used for coughs, rheumatism; as an expectorant, febrifuge, purgative, and tonic [16]. The study of Haldar and co-workers (2010) has demonstrated that the hydroalcoholic extract of *S. roxburghiana* rhizome exhibited remarkable antitumor activity against Ehrlich ascites carcinoma in Swiss mice that is plausibly attributable to its augmenting endogenous antioxidant mechanisms [16]. In addition, diethyl ether, alcohol, and acetone extracts of *S. roxburghiana* rhizome showed antibacterial activity against *Escherichia coli*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Klebsiella pneumoniae*, and *Staphylococcus aureus* [29].

In our study, an attempt has been made to evaluate the antibacterial activity of seventeen plants belonging to the *Sansevieria* genus against *Acinetobacter baumannii* complex isolate, resistant to gentamicin and ciprofloxacin (specimen 3680, UK NEQAS). The aim of the present study was to evaluate the antibacterial capacity and to validate scientifically the inhibitory activity of some plants belonging to the *Sansevieria* genus for microbial growth attributed to their popular use and to propose new sources of antimicrobial agents. The selected bacterial strain *A. baumannii* is an opportunistic pathogen and one of the six most important multidrug-resistant microorganisms in hospitals worldwide responsible for hospital-acquired nosocomial infections [5; 20]. This human pathogen is responsible for a vast array of infections, i.e. ventilator-associated and bloodstream infections in critically ill patients, and mortality rates can reach 35 % [5]. Due to the prevalence of infections and outbreaks caused by multi-drug resistant *A. baumannii*, few antibiotics are effective for treating infections caused by this pathogen [20].

## Materials and methods

*Collection of Plant Materials.* The leaves of *Sansevieria* plants, cultivated under glasshouse conditions, were sampled at M.M. Gryshko National Botanic Garden (NBG), National Academy of Science of Ukraine. Specifically, the leaves of *Sansevieria francisii* Chahin, *S. caulescens* N.E.Br., *S. suffruticosa* N.E.Br., *S. roxburghiana* Schult. & Schult.f., *S. metallica* Gérôme & Labroy, *S. gracilis* N.E.Br., *S. hyacinthoides* (L.) Druce, *S. cylindrica* Bojer ex Hook., *S. canaliculata* Carrière, *S. aethiopica* Thunb., *S. kirkii* Baker, *S. trifasciata* Prain, *S. forskaliana* (Schult. & Schult.f.) Hepper & J.R.I. Wood, *S. fischeri* (Baker) Marais, *S. dooneri* N.E.Br., *S. intermedia* N.E.Br., *S. parva* N.E.Br. were sampled for the study. Various databases available for searching collections of living plants, e.g. World Checklist of Selected Plant Families (WCSP, 2018), International Plant Names Index, The Plant List, have been used for the taxonomic identity of plants screened (Fig. 1).

*Preparation of Plant Extracts.* Freshly leaves were washed, weighed, crushed, and homogenized in 96 % ethanol (in the proportion of 1:19, w/w) at room temperature. The extracts were then filtered and investigated for their antimicrobial activity. All extracts were stored at 4°C until use.

*Bacterial strain.* For the study, *Acinetobacter baumannii* complex isolate 3680 (UK NEQAS, The United Kingdom National External Quality Assessment Service) was used. It contained an *A. baumannii* complex isolate, resistant to gentamicin and ciprofloxacin. The organism was borderline susceptible to imipenem and meropenem and only 14.3 % of participants reported intermediate or resistant [28].

*Agar diffusion susceptibility testing.* Antimicrobial activity was determined using the agar disk diffusion technique [6]. The *A. baumannii* strain was obtained from the Department of Bacteriology, Regional Hospital in Koszalin (West-Pomeranian Voivodeship, Poland). The strain was grown in a test tube containing 45 mL of sterile nutrient broth (Oxoid™ Ltd.) at 37 °C for 24 hours. The purity of the inoculum was confirmed by plating on appropriate selective media and microscopic examination of the Gram-stained smear. The culture was inoculated onto Mueller-Hinton (MH) agar plates. Sterile filter paper discs impregnated with extracts were applied over each of the culture plates. Isolates of bacteria were then incubated at 37 °C for 24 h. The plates were then observed for the zone of inhibition produced by the antibacterial activity of various ethanolic extracts obtained from the leaves of plants. The presence of inhibition zones around each of the paper discs after the period of incubation was regarded as the presence of antimicrobial action while the absence of any measurable zone of inhibition was interpreted as the absence of antimicrobial action. Negative control discs impregnated with sterile ethanol were used in each experiment. The plates were observed and photographs were taken. For each extract, eight replicate trials were conducted. Zone diameters were determined and averaged.



*S. aethiopica* Thunb.



*S. cylindrica* Bojer ex Hook.



*S. metallica* Gérôme & Labroy



*S. caulescens* N.E.Br.



*S. fisheri* (Baker) Marais



*S. canaliculata* Carrière



*S. francisii* Chahin.



*S. parva* N.E. Br.



*S. trifasciata* Prain



*S. kirkii* Baker

Fig. 1. Specimens of *Sansevieria* plants cultivated at M.M. Gryshko National Botanic Garden (Kyiv, Ukraine). Photo: Myroslava Maryniuk, Lyudmyla Buyun.

*Statistical analysis.* Statistical analysis of the data obtained was performed by employing the mean  $\pm$  standard error of the mean (S.E.M.). All variables were tested for normal distribution using the Kolmogorov-Smirnov test ( $p > 0.05$ ). In order to find significant differences (significance level,  $p < 0.05$ ) between groups, the Kruskal-Wallis test by ranks was applied to the data [35]. All statistical analyses were performed using STATISTICA 13.3 software (TIBCO Software Inc., Krakow, Poland). The following zone diameter criteria were used to assign susceptibility or resistance of bacteria to the phytochemicals tested: Susceptible (S)  $\geq 15$  mm, Intermediate (I) = 11-14 mm, and Resistant (R)  $\leq 10$  mm [22].

## Results and discussion

Antimicrobial activity of various ethanolic extracts obtained from leaves of some plants

belonging to the *Sansevieria* genus against *A. baumannii* measured as inhibition zone diameter is shown in Fig. 1 and 2. The present study has shown that ethanolic extracts obtained from leaves of these species exhibited intermediated activity against *A. baumannii*.

The diameters of inhibition zones ranged between 8 to 18.5 mm, which are also shown in Fig. 1. Extracts from the leaves of *S. dooneri* and *S. gracilis* were particularly active against strain tested (diameters of inhibition zones were  $17.1 \pm 1.3$  mm and  $15.5 \pm 0.9$  mm, respectively). It was followed by the activities of extracts from the *S. suffruticosa* ( $15.4 \pm 1.11$  mm), *S. fischeri* ( $14.7 \pm 1.1$  mm), *S. parva* ( $14.2 \pm 1.1$  mm), *S. canaliculata* ( $13.8 \pm 1.18$  mm), *S. trifasciata* leaves ( $13.7 \pm 1.3$  mm). Finally, the ethanolic extracts of *S. hyacinthoides* and *S. intermedia* showed less antimicrobial activities (diameters of inhibition zones were ranged between 7.5 to 10 mm) (Fig. 1 and 2).

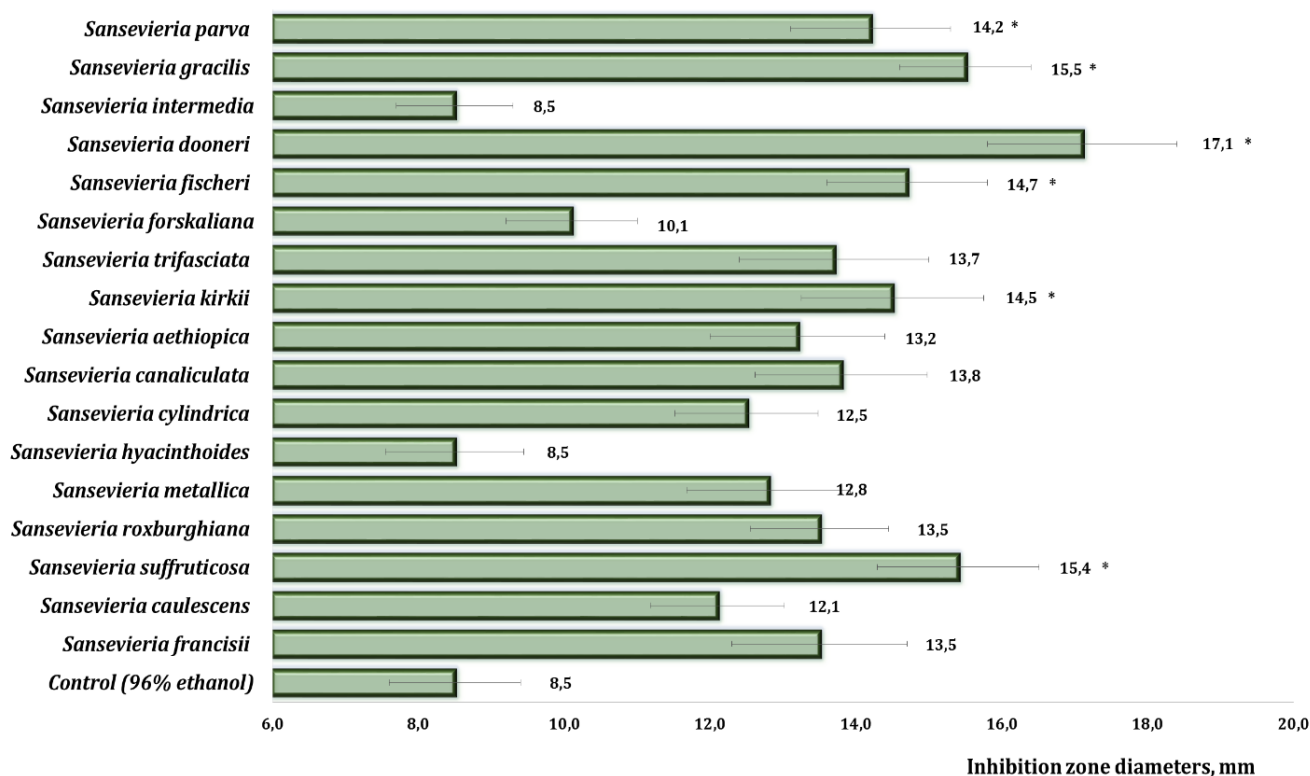


Fig. 1. The mean values of diameters of inhibition zones obtained by the impact of various ethanolic extracts derived from leaves of *Sansevieria* plants against *A. baumannii* ( $M \pm m$ ,  $n = 8$ ).

\* denote significant differences between the control (96% ethanol) and *Sansevieria* extracts ( $p < 0.05$ ).

The mean of diameters of inhibition zones of various ethanolic extracts obtained from leaves of *Sansevieria* plants against *A. baumannii* was increased by 58.8 %,  $p > 0.05$  (for *S. francisii*), 42.4 %,  $p > 0.05$  (for *S. caulescens*), 81.2 %,  $p < 0.05$  (for *S. suffruticosa*), 58.8 %,  $p > 0.05$  (for *S. roxburghiana*), 50.6 %,  $p > 0.05$  (for *S. metallica*), 82.4 %,  $p < 0.05$  (for *S. gracilis*), 47.1 %,  $p > 0.05$  (*S. cylindrica*), 62.4 %,  $p > 0.05$  (*S. canaliculata*),

55.3 %,  $p > 0.05$  (*S. aethiopica*), 70.6 %,  $p < 0.05$  (*S. kirkii*), 61.2 %,  $p > 0.05$  (*S. trifasciata*), 18.8 %,  $p > 0.05$  (*S. forskaliana*), 72.9 %,  $p < 0.05$  (for *S. fischeri*), 101.2 %,  $p < 0.05$  (*S. dooneri*), 67.1 %,  $p < 0.05$  (*S. parva*) compared to the negative control (96 % ethanol) (Fig. 1).

Detailed data regarding the diameters of inhibition zones of strain tested by the various plant extracts were recorded and presented in Fig. 2.

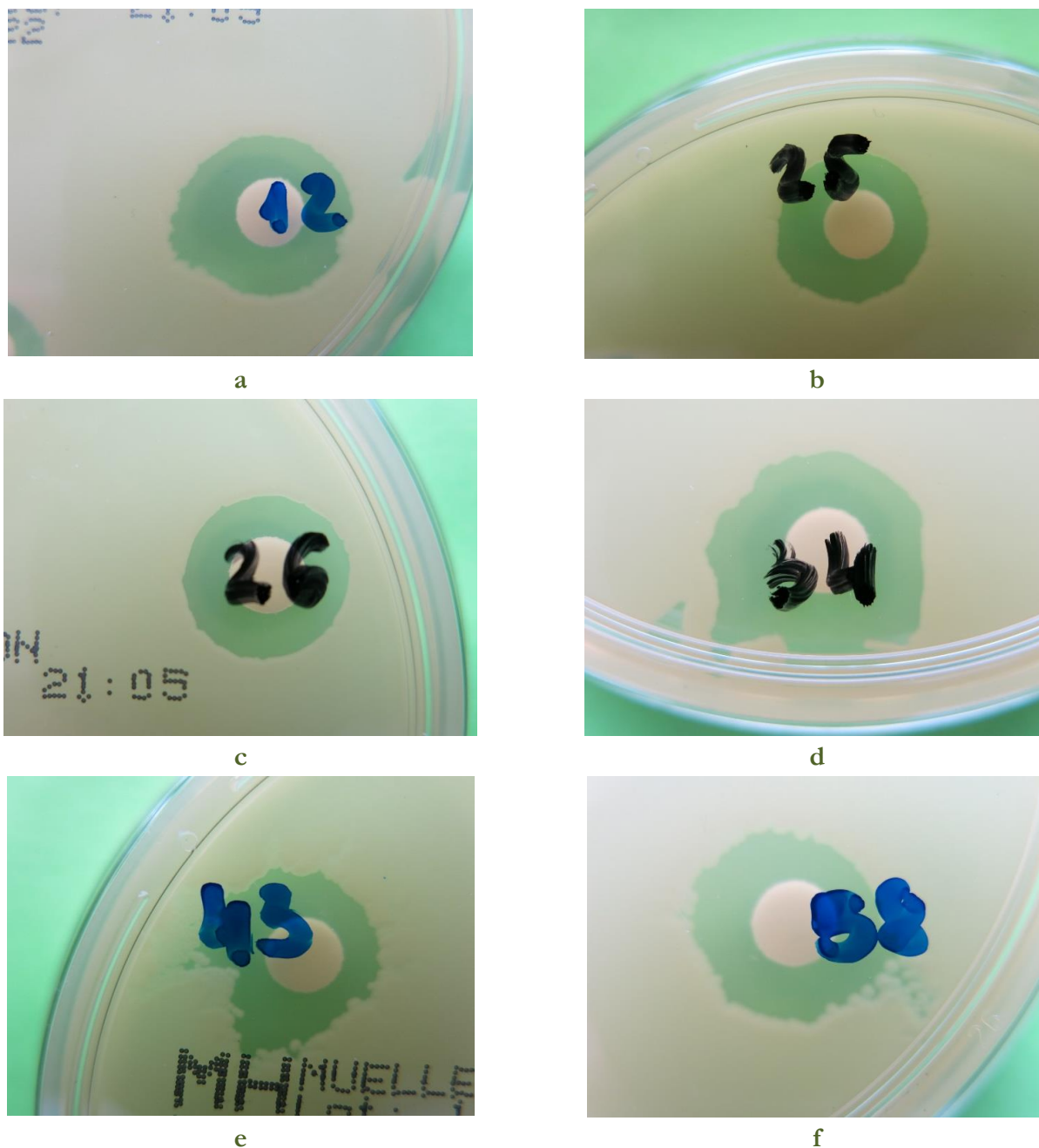


Fig. 2. Antimicrobial activity of various ethanolic extracts derived from leaves of *S. dooneri* (a), *S. fischeri* (b), *S. parva* (c), *S. gracilis* (d), *S. kirkii* (e), *S. suffruticosa* (f) against *A. baumannii* measured as inhibition zone diameter.

After the emergence of multi-drug resistant pathogens, the research for new remedy alternatives has led to the recognition of the potential of medicinal plant extracts for treating the infections associated with these species of microorganisms [27]. Therefore, this study aimed to determinate the antimicrobial activity of ten plants from the *Sansevieria* genus commonly used in traditional medicine in order to validate scientifically their therapeutic properties. The use of these plants in folk medicinal remedies for treating various health problems has already been reported, and the plants have been tested in the treatment of hemorrhoids, pain, smallpox, chicken-pox, and measles, venereal diseases, malnutrition, paralysis, epilepsy, convulsions, and spasm, pulmonary troubles, and as vermifuge [9], as well as remedy for parasitic infections [7].

By the agar diffusion method, the ethanolic extracts from *S. dooneri* and *S. gracilis* showed the highest anti-*A. baumannii* activity, evidencing that ethanol is an efficient organic solvent to be used for the extraction of bioactive plant materials. In our previous study [11], we have evaluated the antibacterial capacity of ten species of *Sansevieria* genus against *Staphylococcus aureus* in order to validate scientifically the inhibitory activity for microbial growth attributed by their popular use and to propose new sources of antimicrobial agents. Our results proved that the zones of inhibition ranged between 16 to 34 mm. Extracts from the leaves of *S. fischeri* and *S. francisii* were particularly active against tested organisms (diameters of inhibition zones comprise up to 34 mm). This was followed by the activities of extracts from the *S. parva*, *S. kirkii*, *S. aethiopica*, *S. caulescens*, *S. metallica* leaves (diameters of inhibition zones were ranged between 25 to 31 mm). The ethanolic extracts of *S. canaliculata* and *S. trifasciata* showed fewer antimicrobial

activities (diameters of inhibition zones ranged between 16 to 16.5 mm). The results proved that the ethanolic extracts from *S. fischeri*, *S. francisii*, *S. parva*, *S. kirkii*, *S. aethiopica*, *S. caulescens*, *S. metallica* exhibit a favorable antibacterial activity against *S. aureus* [11].

Our previous results also revealed the antimicrobial potential of these extracts against *Escherichia coli* strain [33]. The test organism was susceptible to extracts obtained from the leaves of *S. kirkii*, *S. arborescens*, *S. roxburghiana*, *S. francisii*, *S. forskaliana*, *S. cylindrica*, *S. trifasciata*, *S. canaliculata*, *S. caulescens*, *S. metallica*, *S. aethiopica* with diameters of inhibition zone from 12 to 24 mm. *Escherichia coli* isolate was resistant only to *S. hyacinthoides* extract and the diameter of zone inhibition around the rest ranged from 8 to 10 mm [33].

The antibacterial properties of ethanolic extract prepared from *Sansevieria aethiopica* against *E. coli*, *S. aureus*, and *P. aeruginosa* strains, were assessed [21]. For our previous study, a panel of organisms including *S. aureus* subsp. *aureus* Rosenbach ATCC®25923™ (mecA negative), *S. aureus* subsp. *aureus* Rosenbach ATCC®29213™ (mecA negative, Oxacillin sensitive, weak  $\beta$ -lactamase-producing strain), *S. aureus* NCTC®12493™ (mecA positive, Methicillin-resistant, EUCAST QC strain for cefoxitin), *E. coli* (Migula) Castellani and Chalmers ATCC®25922™, *E. coli* (Migula) Castellani and Chalmers ATCC®35218™, *P. aeruginosa* (Schroeter) Migula ATCC®27583™ were used. The results of antibacterial assays revealed that plant extract has exhibited the highest antibacterial activity against *S. aureus* as compared to the *E. coli* and *P. aeruginosa* strains. The diameters of inhibition zones were (26.35  $\pm$  1.26) mm, (16.15  $\pm$  1.47) mm, and (21.6  $\pm$  1.23) mm for *S. aureus* subsp. *aureus* Rosenbach ATCC®25923™, *S. aureus* subsp. *aureus* Rosenbach ATCC®29213™, and *S. aureus* NCTC®12493™, respectively. Conversely,

the extract has shown less antimicrobial activities against *P. aeruginosa*. The mean of the inhibition zone was  $(12.49 \pm 1.09)$  mm. Finally, the ethanolic extract of *S. aethiopica* leaves exhibited mild antibacterial activity against *E. coli* [mean of inhibition zone ranged  $(18.62 \pm 1.32)$  mm] for *E. coli* (Migula) Castellani and Chalmers ATCC®25922™ and  $(16.38 \pm 1.02)$  mm for *E. coli* (Migula) Castellani and Chalmers ATCC®35218™ [21]. The extract of *S. cylindrica* has shown better activity against *S. aureus* and *P. aeruginosa* strains compared to the *E. coli* strains. The diameters of inhibition zones were  $(22.5 \pm 1.24)$  mm,  $(20.5 \pm 1.3)$  mm, and  $(16.4 \pm 0.95)$  mm for *S. aureus* subsp. *aureus* Rosenbach ATCC®25923™, *S. aureus* subsp. *aureus* Rosenbach ATCC®29213™, and *S. aureus* NCTC®12493™, respectively. The extract of *S. cylindrica* has shown less antimicrobial activities against *P. aeruginosa* (Schroeter) Migula ATCC®27583™. Finally, the ethanolic extract exhibited mild antibacterial activity against *E. coli* strains [10].

Many *Sansevieria* species possess antibacterial activity against bacterial strains, as reported in many studies. For example, Febriani and co-workers (2019) found the profile of chemical compounds by thin layer chromatography method and determine the antibacterial activity of Lidah Mertua (*Sansevieria trifasciata* Prain.) leaves *in vitro* [15]. The result of the research on thin-layer chromatography showed that the compounds contained in the *S. trifasciata* leaves were polyphenols, steroids, and alkaloids. The antibacterial activity showed that n-hexane extract does not provide inhibitory activity. Minimum inhibitory concentration (MIC) values showed that ethyl acetate extract of *S. trifasciata* leaves inhibited the growth of *E. coli* and *S. aureus* at concentrations 50 mg/mL and 25 mg/mL with diameters of inhibition zone was 8.50 mm and 8.20 mm and methanol extract of

*S. trifasciata* leaves inhibited the growth of *E. coli* and *S. aureus* at concentration 12.5 mg/mL and 25 mg/mL with diameters of inhibition zone is 8.46 mm and 8.32 mm. The antibacterial activity revealed that n-hexane extract did not provide inhibitory activity, but ethyl acetate extract of *S. trifasciata* leaves inhibited the growth of *E. coli* and *S. aureus* [15].

By the agar diffusion method, the ethanolic extracts derived from *S. fischeri*, *S. francisii*, *S. parva*, *S. kirkii*, *S. aethiopica*, *S. caulescens*, and *S. metallica* showed anti-*S. aureus* activity, evidencing that ethanol is an efficient organic solvent to be used for the extraction of bioactive plant materials. The microbial growth inhibition capacity relies on the rich variety of phytochemicals including carbohydrates, saponins, flavonoids, phenols, alkaloids, anthocyanin and cyanine, glycosides, proteins, and phytosterols [24, 25]. The phytochemical screening revealed the high presence of alkaloids in the methanolic extract of *S. roxburghiana* compared to acetone, chloroform, and ether. Flavonoids were present in ethanolic and ether extracts in moderate proportions; saponins were present in ethanolic and methanolic extracts in moderate proportions. Steroids were shown in higher proportions in methanol, chloroform, and ether and moderate in acetone; terpenoid's presence was shown in chloroform and absent in all rest of the extracts. Tannins were high in acetone and methanol and moderate in ethanol and chloroform. Phenols were only in methanol fractions, while quinones were presented in methanol, chloroform, and ether at moderate levels [19].

Considering the medicinal importance of the tested microorganism, the findings of this study are considered to be very promising from the perspective of new drug discovery from plant sources. Further chemical analysis of the aforementioned plant extracts should be performed to determinate their chemical

composition and identify precisely the exact phytochemicals responsible for antimicrobial activity as well as to assess their *in vivo* efficacy, toxicity, potential adverse effects, interactions, and contraindications.

### Conclusions

Our results proved that extracts obtained from the leaves of *S. dooneri* and *S. gracilis* were particularly active against *Acinetobacter baumannii* complex isolate (diameters of inhibition zones were 14-20.5 mm). It was followed by the activities of extracts from the *S. suffruticosa* ( $15.4 \pm 1.11$  mm), *S. fischeri* ( $14.7 \pm 1.1$  mm), *S. parva* ( $14.2 \pm 1.1$  mm), *S. canaliculate* ( $13.8 \pm 1.18$  mm), *S. trifasciata* leaves ( $13.7 \pm 1.3$  mm). Finally, the ethanolic extracts of *S. hyacinthoides* and *S. intermedia* showed less antimicrobial activities (diameters of inhibition zones were ranged between 7.5 to

10 mm). Hence, the ethanolic extracts derived from *S. dooneri* and *S. gracilis* exhibit a favorable antibacterial activity against *Acinetobacter baumannii*, indicating that these plants could be a good source for the antibacterial agents to combat *A. baumannii*-mediated infections. Thus, the preliminary screening assay indicated that the leaves of *S. cylindrica* with antibacterial properties may offer alternative therapeutic agents against bacterial infections. Thus, the leaves of some plants belonging to the *Sansevieria* genus with antibacterial properties may offer alternative therapeutic agents against bacterial infections. On the basis of the results obtained, we conclude that the crude extracts of some *Sansevieria* species exhibited significant antimicrobial activity and properties that support folkloric use in the treatment of some diseases as broad-spectrum antimicrobial agents.

### References

1. Adeyemi, O. O., Akindele, A. J., Ogunleye, E. A. (2009). Evaluation of the antidiarrhoeal effect of *Sansevieria liberica* Gérôme & Labroy (Agavaceae) root extract. *Journal of Ethnopharmacology*, 123, 3, 459-463.
2. Adeyemi, O. O., Yemitan, O. K., Adebisi, O. O. (2007). Sedative and anticonvulsant activities of the aqueous root extract of *Sansevieria liberica* Gérôme & Labroy (Agavaceae). *Journal of Ethnopharmacology*, 113, 1, 111-114.
3. Akindele, A. J., Wani, Z. A., Sharma, S., Mahajan, G., Satti, N. K., Adeyemi, O. O., Mondhe, D. M., Saxena, A. K. (2015). *In Vitro* and *In Vivo* Anticancer Activity of Root Extracts of *Sansevieria liberica* Gérôme & Labroy (Agavaceae). *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine*, 2015, 560404.
4. Alfani, A., Ligrone, R., Fioretto, A., Virzo de Santo, A. (1989). Histochemistry, ultrastructure and possible significance of dead parenchyma cells with specialized walls in the leaf and rhizome of *Sansevieria*. *Plant Cell and Environment*, 12, 249-259.
5. Antunes, L. C., Visca, P., Towner, K. J. (2014). *Acinetobacter baumannii*: evolution of a global pathogen. *Pathogens and Disease*, 71, 3, 292-301.
6. Bauer, A. W., Kirby, W. M., Sherris, J. C., Turck, M. (1966). Antibiotic susceptibility testing by a standardized single disk method. *American Journal of Clinical Pathology*, 45, 4, 493-496.



7. Bero, J., Hannaert, V., Chataigné, G., Hérent, M.F., Quetin-Leclercq, J. (2011). *In vitro* antitrypanosomal and antileishmanial activity of plants used in Benin in traditional medicine and bio-guided fractionation of the most active extract. *Journal of Ethnopharmacology*, 137, 2, 998–1002.
8. Brown, N. E. (1915). A monograph of all the known species. Royal Botanic Gardens, Kew. *Bulletin of Miscellaneous Information*, 5, 185–261.
9. Burkill, H. M. (1985). The Useful Plants of West Tropical Africa, 3.
10. Buyun, L., Tkachenko, H., Góralczyk, A., Maryniuk, M., Osadowski, Z. (2018). A promising alternative for treatment of bacterial infections by *Sansevieria cylindrica* Bojer ex Hook leaf extract. *Agrobiodiversity for Improving Nutrition, Health and Life Quality*, 2, 82–93.
11. Buyun, L., Tkachenko, H., Osadowski, Z., Maryniuk, M. (2016). Antibacterial activity of certain *Sansevieria* species against *Staphylococcus aureus*. *Słupskie Prace Biologiczne*, 13, 19–36.
12. Carlquist, S., Schneider, E. L. (2007). Origins and nature of vessels in monocotyledons. 9. *Sansevieria*. *South African Journal of Botany*, 73, 196–203.
13. Chhabra, S. C., Mahunnah, R. L. A., Mshiu, E. N. (1987). Plants used in traditional medicine in Eastern Tanzania. I. Pteridophytes and Angiosperms (*Acanthaceae* to *Canellaceae*). *Journal of Ethnopharmacology*, 21, 253–277.
14. El-Sadek, M., Koriesh, E., Fujii, E., Moghazy, E., El-Fatah, Y. A. (2012). Correlation between some components of interior plants and their efficiency to reduce Formaldehyde, Nitrogen and Sulfur Oxides from indoor air. *International Research Journal of Plant Science*, 3, 10, 222–229.
15. Febriani, Y., Mierza, V., Handayani, N.P., Surismayanti, S., Ginting I. (2019). Antibacterial Activity of Lidah Mertua (*Sansevieria Trifasciata* Prain.) Leaves Extract on *Escherichia coli* and *Staphylococcus aureus*. *Open Access Macedonian Journal of Medical Sciences*, 7(22), 3882-3886.
16. Haldar, P. K., Kar, B., Bhattacharya, S., Bala, A., Kumar, S. R.B. (2010). Antidiabetic activity and modulation of antioxidant status by *Sansevieria roxburghiana* rhizome in streptozotocin-induced diabetic rats. *Diabetologia Croatica*, 39, 4, 115–123.
17. Khalumba, M. L., Mbugua, P. K., Kung'u, J. B. (2005). Uses and conservation of some highland species of the genus *Sansevieria* Thunb. in Kenya. *African Crop Science Conference Proceedings*, 7, 527–532.
18. Kiringe, J. W. (2006). A survey of traditional health remedies used by the Maasai of Southern Kaijiado District, Kenya. *Ethnobotany Research and Applications*, 4, 61–73.
19. Kumar, H. G., Kumari, P. J. 2015. Phytochemical analysis of secondary metabolites and antimicrobial activity of *Sansevieria roxburghiana*. *World Journal of Pharmaceutical Research*, 4(2), 1072-1077.

20. Lee, C. R., Lee, J. H., Park, M., Park, K. S., Bae, I. K., Kim, Y. B., Cha, C. J., Jeong, B. C., Lee, S. H. (2017). Biology of *Acinetobacter baumannii*: Pathogenesis, Antibiotic Resistance Mechanisms, and Prospective Treatment Options. *Frontiers in Cellular and Infection Microbiology*, 7, 55.
21. Maryniuk, M., Tkachenko, H., Buyun, L., Kurhaluk, N., Góralczyk, A., Tomin, W., Osadowski, Z. (2019). *In Vitro* Antibacterial Activity of Ethanolic Extract Derived from Leaves of *Sansevieria aethiopica* Thunb. (*Asparagaceae*). *Agrobiodiversity for Improving Nutrition, Health, and Life Quality*, 3, 165–177.
22. Okoth, D. A., Chenia, H. Y., Koorbanally, N. A. (2013). Antibacterial and antioxidant activities of flavonoids from *Lannea alata* (Engl.) Engl. (*Anacardiaceae*). *Phytochemistry Letters*, 6, 476–481.
23. Owuor, B. O., Kisangau D. P. (2006). Kenyan medicinal plants used as antivenin: A comparison of plant usage. *Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine*, 2, 7, 1–8.
24. Philip Deepa, Kaleena, P.K., Valivittan, K. (2011). GC-MS analysis and antibacterial activity of chromatographically separated pure fractions of leaves of *Sansevieria roxburghiana*. *Asian Journal of Pharmaceutical and Clinical Research*, 4(4), 130-133.
25. Philip Deepa, Kaleena, P.K., Valivittan, K., Girish Kumar, C.P. (2011). Phytochemical screening and antimicrobial activity of *Sansevieria roxburghiana*. *Middle-East Journal of Scientific Research*, 4: 512-518.
26. Purseglove, J. W. (1972). Tropical crops. Monocotyledons 1. London, UK: Longman groups Ltd.
27. Rojas, R., Bustamante, B., Bauer, J., Fernández, I., Albán, J., Lock, O. (2003). Antimicrobial activity of selected Peruvian medicinal plants. *Journal of Ethnopharmacology*, 88, 2-3, 199–204.
28. Seaton, S., Fagan, E. J., Sahni, M., Thomas, A., Shah, P., Mutso, M., Rughooputh, S. (2017). Results from the 2016 antimicrobial susceptibility testing, external quality assessment (EQA) exercise organized for EARS-Net participants. In: *Proceedings of 27<sup>th</sup> European Congress of Clinical Microbiology and Infectious Diseases*, Vienna, Austria, 22 - 25 April 2017. Category: 3b. Resistance surveillance & epidemiology: Gram-negatives. EV0546.
29. Sheela, D. J., Jeeva, S., Shamila, I. M. R., Packia Lekshmi, N. C. J., Raja Brindha, J. (2012). Antimicrobial activity and phytochemical analysis of *Sansevieria roxburghiana* leaf. *Asian Journal of Plant Science and Research*, 2, 1, 41–44.
30. Staples, G. W., Herbst, D. R. (2005). A Tropical Garden Flora: Plants cultivated in the Hawaiian Island and other tropical places. Honolulu, Hawaii: Bishop Museum Press.
31. Takawira, R., Nordal, I. (2002). The genus *Sansevieria* (family *Dracaenaceae*) in Zimbabwe. *Acta Horticulturae*, 572, 189–198.

32. Takawira-Nyenyanya, T., Newton, L. E., Wabuye, E., Stedje, B. (2014). Ethnobotanical uses of *Sansevieria* Thunb. (*Asparagaceae*) in Coast Province of Kenya. *Ethnobotany Research and Application*, 12, 1, 51–69.
33. Tkachenko, H., Buyun, L., Osadowski, Z., Maryniuk, M. (2017). The antibacterial activity of certain *Sansevieria* Thunb. species against *Escherichia coli*. *Agrobiodiversity for improving nutrition, health and life quality*, 1, 446–453.
34. Watt, J. M., Breyer-Brandwijk, M. G. (1962). *The Medicinal and Poisonous Plants of Southern and Eastern Africa*. Edinburgh, Scotland: E & S Livingstone Ltd.
35. Zar, J.H. (1999). *Biostatistical Analysis*. 4<sup>th</sup> ed., Englewood Cliffs, New Jersey, USA: Prentice-Hall Inc.

Received: 25.10.2022. Accepted: 08.12.2022. Published: 29.12.2022.

Cite this article in APA Style as:

Tkachenko, H., Buyun, L., Kurhaluk, N., and Maryniuk, M., (2022). The antibacterial properties of ethanolic extracts obtained from leaves of some plants belonging to the *Sansevieria* Thunb. genus against *Acinetobacter baumannii* strain. *BHT: Biota. Human. Technology*, 2, 30-43. (in English)

Information about the authors:

**Tkachenko H.** [*in Ukrainian: Ткаченко Г.*] <sup>1</sup>, Dr. of Biol. Sc., Prof., email: halyna.tkachenko@apsl.edu.pl  
ORCID: 0000-0003-3951-9005  
Department of Zoology and Animal Physiology, Institute of Biology and Earth Sciences,  
Pomeranian University in Słupsk,  
22b Arciszewski Street, Słupsk, 76-200, Poland

**Buyun L.** [*in Ukrainian: Буюн Л.*] <sup>2</sup>, Dr. of Biol.Sc., Senior Scientist, email: buyun.li@nas.gov.ua  
ORCID: 0000-0002-9158-6451  
Department of tropical and subtropical plants, M.M. Gryshko National Botanic Garden,  
National Academy of Science of Ukraine  
1 Tymiriazivska Street, Kyiv, 01014, Ukraine

**Kurhaluk N.** [*in Ukrainian: Курхалюк Н.*] <sup>3</sup>, Dr. of Biol. Sc., Prof., email: natalia.kurhaluk@apsl.edu.pl  
ORCID: 0000-0002-4669-1092  
Department of Zoology and Animal Physiology, Institute of Biology and Earth Sciences,  
Pomeranian University in Słupsk,  
22b Arciszewski Street, Słupsk, 76-200, Poland

**Мару́ніук М.** [*in Ukrainian: Мари́нюк М.*] <sup>4</sup>, Senior Engineer, email: mariniuk.m.m@nas.gov.ua  
ORCID: 0000-0003-2590-448X  
Department of tropical and subtropical plants, M.M. Gryshko National Botanic Garden,  
National Academy of Science of Ukraine  
1 Tymiriazievskya Street, Kyiv, 01014, Ukraine

---

<sup>1</sup> Study design, statistical analysis, manuscript preparation

<sup>2</sup> Study design, statistical analysis, manuscript preparation

<sup>3</sup> Study design, statistical analysis, manuscript preparation

<sup>4</sup> Data collection, statistical analysis



**MAN AND HIS HEALTH**  
ЛЮДИНА ТА ЇЇ ЗДОРОВ'Я



UDC 665.238:612

Paulina Labuda, Halyna Tkachenko, Natalia Kurhaluk



## ANALYSIS OF OPINIONS OF RESPONDENTS ON THE KNOWLEDGE CONCERNING THE ROLE OF CHOLESTEROL IN PHYSIOLOGICAL PROCESSES

ANALIZA OPINII RESPONDENTÓW NA TEMAT WIEDZY DOTYCZĄCEJ  
ROLI CHOLESTEROLU W PROCESACH FIZJOLOGICZNYCH

DOI: 10.58407/bht.2.22.4

This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

© Labuda, P., Tkachenko, H., Kurhaluk, N., 2022

### ABSTRACT

Interest in cholesterol has grown significantly, especially in recent years, as it has become clear that cholesterol is a substance necessary for the normal functioning of the body: it regulates the properties of cell membranes; participates in the synthesis of vitamin D, which maintains the proper level of calcium and phosphorus in the body and determines the development and maintenance of bones; stimulates the production of antibodies; participates in the synthesis of bile acids and steroid hormones.

**Purpose:** The aim of this study was to analyze the opinions of women and men of all ages on the knowledge of the role of cholesterol in physiological processes.

**Methodology.** The research was conducted in 2017-2019 among the inhabitants of Słupsk, Bytów, Miastko, Sławno, the commune of Potęgowo and Czarna Dąbrówka (Pomeranian and West-Pomeranian voivodeships). Overall, 330 respondents took part in the study, including 274 women (83 %) and 56 men (17 %).

**Scientific novelty.** The respondents largely knew which group of chemical compounds cholesterol belongs to. Less than half of the respondents knew the cholesterol fractions. Most of the respondents correctly answered the question about the general functions of cholesterol. More than half of the respondents knew that the liver is the organ responsible for the production of cholesterol. Regarding the prevention of cardiovascular diseases, respondents knew that there are many factors influencing the prevention of cardiovascular diseases. The respondents did not know products that have a high cholesterol content. The respondents identify the elevated level of cholesterol mainly with problems with the cardiovascular system. Unfortunately, almost the entire group of respondents believes that elevated cholesterol should be reduced as soon as possible, regardless of the reason for its increase.

**Conclusions.** The respondents associated cholesterol with something bad and suggested that its elevated level should be reduced in all situations. Cholesterol was also considered by the respondents as a factor that is very important in the development of cardiovascular diseases.

**Keywords:** cholesterol, opinions, respondents, women, men, Pomeranian region, Poland

### STRESZCZENIE

Zainteresowanie cholesterolem znacznie wzrosło, zwłaszcza w ostatnich latach, kiedy stało się jasne, że cholesterol jest substancją niezbędną do prawidłowego funkcjonowania organizmu: reguluje właściwości błon komórkowych; bierze udział w syntezie witaminy D, która utrzymuje prawidłowy

poziom wapnia i fosforu w organizmie oraz warunkuje rozwój i utrzymanie kości; stymuluje produkcję przeciwciał; uczestniczy w syntezie kwasów żółciowych i hormonów steroidowych.

**Cel badań:** Celem niniejszych badań była analiza opinii kobiet i mężczyzn różnego wieku na temat wiedzy dotyczącej roli cholesterolu w procesach fizjologicznych.

**Metodologia.** Badania zostały przeprowadzone w latach 2017-2019 wśród mieszkańców Słupska, Bytowa, Miastka, Sławno, gminy Potęgowo i Czarnej Dąbrówki (województwo pomorskie i zachodnio-pomorskie). Ogółem w badaniu udział wzięło 330 osób, w tym 274 kobiety (83 %) i 56 mężczyzn (17 %).

**Nowatorstwo naukowe.** Ankietowani w dużej mierze wiedzą do jakiej grupy związków chemicznych należy cholesterol. Niespełna połowa ankietowanych znała frakcje cholesterolu. Respondenci w większości odpowiedzieli prawidłowo na pytanie dotyczące ogólnych funkcji cholesterolu. Z kolei na pytanie o poszczególne funkcje cholesterolu ankietowani nie znali odpowiedzi. Ponad połowa ankietowanych wie, że wątroba jest organem odpowiedzialnym za produkcję cholesterolu. Jeśli chodzi o profilaktykę chorób układu sercowo-naczyniowego, to respondenci wiedzą, że istnieje wiele czynników mających wpływ na profilaktykę chorób układu sercowo-naczyniowego. Ankietowani nie znają produktów, które posiadają wysoką zawartość cholesterolu. Podwyższony poziom cholesterolu ankietowani utożsamiają głównie z problemami z układem sercowo-naczyniowym. Niestety prawie cała grupa ankietowanych uważa, że podwyższony poziom cholesterolu należy jak najszybciej obniżyć, niezależnie od przyczyny jego podwyższenia.

**Wnioski.** Podsumowując, ankietowani kojarzą cholesterol jako coś złego oraz twierdzą, że jego podwyższony poziom w każdej sytuacji powinno się obniżyć. Cholesterol jest również uważany przez ankietowanych za czynnik mający bardzo duże znaczenie w powstawaniu chorób układu sercowo-naczyniowego.

**Słowa kluczowe:** cholesterol, opinie, respondenci, kobiety, mężczyźni, województwo pomorskie, Polska

## Wprowadzenie

Zainteresowanie cholesterolem znacznie wzrosło szczególnie w ostatnich latach [26]. Ma to związek z szeregiem badań naukowych, które dowodzą, że cholesterol nie jest tak niekorzystny jak twierdzono dotychczas [16]. Większość społeczeństwa jest utwierdzona w micie o „groźnym” cholesterolu, i bezskutecznie oraz bezpodstawnie próbuje obniżyć jego poziom [4]. Cholesterol jest substancją niezbędną do prawidłowego funkcjonowania organizmu [28]. Cholesterol w organizmie człowieka reguluje właściwości błon komórkowych. Jest to bardzo istotne, ponieważ obecność cholesterolu w błonach komórkowych zmniejsza ich płynność. Dlatego też ilość cholesterolu jest różna w różnych typach komórek [2; 22; 36]. Cholesterol bierze również udział w syntezie witaminy D. Ta funkcja cholesterolu jest bardzo ważna ze względu na rolę jaką pełni witamina D w organizmie człowieka [10; 34]. Główną funkcją witaminy D jest utrzymanie w organizmie

prawidłowego poziomu wapnia i fosforu. Wpływa ona także na prawidłowy rozwój kości i utrzymanie ich w dobrej formie. Pobudza również komórki do wytwarzania przeciwciał chroniących układ odpornościowy i zmniejsza ryzyko wystąpienia nadciśnienia, nowotworów i chorób autoimmunologicznych. Jest także pomocna w utrzymaniu zdrowych mięśni i stawów [10; 32]. Kolejną funkcją cholesterolu jest jego udział w syntezie kwasów żółciowych [25; 33] oraz w syntezie hormonów sterydowych [20; 26].

Uznane normy cholesterolu są wartościami umownymi [4; 26]. U niektórych osób wartości te są niemożliwe do osiągnięcia. Fizjologicznie poziom cholesterolu wzrasta wraz z wiekiem. Dopiero po ukończeniu 60. roku życia poziom cholesterolu zaczyna nieznacznie spadać [19]. Z badań naukowych wynika, że wysoki poziom cholesterolu zmniejsza ryzyko zachorowania na chorobę Parkinsona [12]. Co więcej, chorzy na raka, dzieci z autyzmem oraz osoby popełniające

samobójstwo bardzo często mają niski poziom cholesterolu we krwi [5-6; 11; 35].

Bardzo często pierwszym skojarzeniem odnośnie cholesterolu jest miażdżyca. Tutaj należy rozróżnić cholesterol całkowity od cholesterolu utlenionego. Cholesterol sam w sobie nie jest przyczyną miażdżycy. Przyczyną miażdżycy są stany zapalne i nadmierna oksydacja [9]. Błazki miażdżycowe składają się jedynie z 1 % utlenionego cholesterolu. Miażdżyca tworzy się w naczyniach krwionośnych z trwających latami stanów zapalnych organizmu, w wyniku czego utleniony cholesterol się w nich odkłada [7]. W związku z tym należałoby się skupić nad przyczynami stanów zapalnych i nadmiernej oksydacji zachodzącej w organizmie. Tymi przyczynami są na przykład: palenie papierosów, zbyt duża ilość węglowodanów w diecie, stres, choroby jelit (w tym u niektórych osób nietolerancja glutenu lub kazeiny), nieprawidłowy stosunek kwasów tłuszczowych omega 6 do kwasów tłuszczowych omega 3 i in. [18; 23].

Wysoki poziom cholesterolu we krwi jest sygnałem problemów zdrowotnych, a nie ich powodem. Przyczyn może być wiele – od zaburzeń metabolicznych, zwiększonej przepuszczalności jelit, niedoczynności tarczycy do przyczyn mających podłoże genetyczne [27]. Warto od czasu do czasu profilaktycznie wykonać lipidogram. Badanie jedynie całkowitego cholesterolu jest mało przydatne, ponieważ nie obrazuje wartości poszczególnych frakcji. W lipidogramie bardzo istotny jest stosunek ilości frakcji lipoprotein o dużej gęstości (HDL) do całkowitego cholesterolu (powinien wynosić 1:4 lub więcej). Kolejnym wskaźnikiem jest stosunek ilości trójglicerydów do HDL. Ten wskaźnik powinien wynosić powyżej 2 mg/dl [3].

W leczeniu większości przypadków hiperlipidemii nadrzędną rolę odgrywa modyfikacja stylu życia, obejmująca wzrost poziomu aktywności fizycznej oraz zmianę nawyków żywieniowych [15]. Fitoterapia

również odgrywa ważną rolę w leczeniu hiperlipidemii. Istnieje wiele roślin leczniczych, które mają zdolność obniżania poziomu cholesterolu. Przykładami ziół, które wykorzystują w celu obniżenia poziomu cholesterolu są: aloes zwyczajny (*Aloe vera* (L.) Burm.f.), babka płesznik (*Plantago indica* L.), mięta zwyczajna (*Mentha × piperita* L.), mniszek pospolity (*Taraxacum officinale* F.H. Wigg.), kozieradka pospolita (*Trigonella foenum-graecum* L.), hibiskus (*Hibiscus* spp.), lucerna siewna (*Medicago sativa* L.), rokitnik zwyczajny (*Elaeagnus rhamnoides* (L.) A. Nelson) i ostryż długi (*Curcuma longa* L.) [8; 24; 29-30]. Na szczególną uwagę zasługują także herbaty, które korzystnie wpływają na profil lipidowy. Do takich herbat należy herbata zielona, herbata czerwona oraz yerba mate [13].

Istnieje także wiele innych substancji wykazujących korzystny wpływ na poziom cholesterolu we krwi. Przykładem takich substancji są antyoksydanty, które poprzez ograniczanie procesów utleniania wpływają na obniżenie poziomu cholesterolu we krwi. Znajdują się one w wielu składnikach odżywczych pochodzenia naturalnego. Do wyżej wspomnianych antyoksydantów należą między innymi: witamina C, witamina E, karotenoidy oraz flawonoidy [17]. Produktami spożywczymi, które wykazują pozytywny wpływ na profil lipidowy są również: soja, lecytyna, migdały, jabłka, fasola, czosnek i produkty z owsa [1; 14; 21; 31; 37].

Biorąc pod uwagę aktualność danego tematu, postanowiliśmy w niniejszym badaniu przeanalizować opinię kobiet i mężczyzn różnego wieku na temat wiedzy dotyczącej roli cholesterolu w procesach fizjologicznych.

### **Materiał źródłowy i metody badań**

Badania zostały przeprowadzone w latach 2017-2019 wśród mieszkańców Słupska, Bytowa, Miastka, Sławno, gminy Potęgowo i Czarnej Dąbrówki (województwo pomorskie i zachodnio-pomorskie). Wśród ankietowanych



byli zarówno mężczyźni jak i kobiety w różnym wieku, z czego przeważającą część ankietowanych stanowiły kobiety (83,03 %), natomiast odsetek mężczyzn wyniósł 16,97 %. Najwięcej ankietowanych było w przedziale wiekowym między od 21 do 40 lat, gdzie kobiet było 88 (aż 26,67 % wszystkich ankietowanych), a mężczyzn 18 (5,45 % wszystkich ankietowanych). Drugą równie liczną grupą byli ankietowani w przedziale wiekowym powyżej 60. roku życia, w tej grupie było 91 kobiet (27,58 % wszystkich ankietowanych) i 13 mężczyzn (3,94 % wszystkich ankietowanych). Natomiast pozostałe grupy przedstawiają się następująco: 92 osoby do 20. roku życia (76 kobiet i 16 mężczyzn). Odsetek kobiet w tym przedziale wiekowym wyniósł 23,03 %, natomiast odsetek mężczyzn – 4,85 %. W przedziale wiekowym 41-60 lat ankietowanych było 19 kobiet i 9 mężczyzn. Z czego odsetek kobiet wyniósł 5,76 %, a odsetek mężczyzn 2,73 %. Respondenci wraz z ankietą dostali informację o jej autorze, celowości oraz anonimowości badania. Ogółem w badaniu udział wzięło 330 osób, w tym 274 kobiety (83 %) i 56 mężczyzn (17 %).

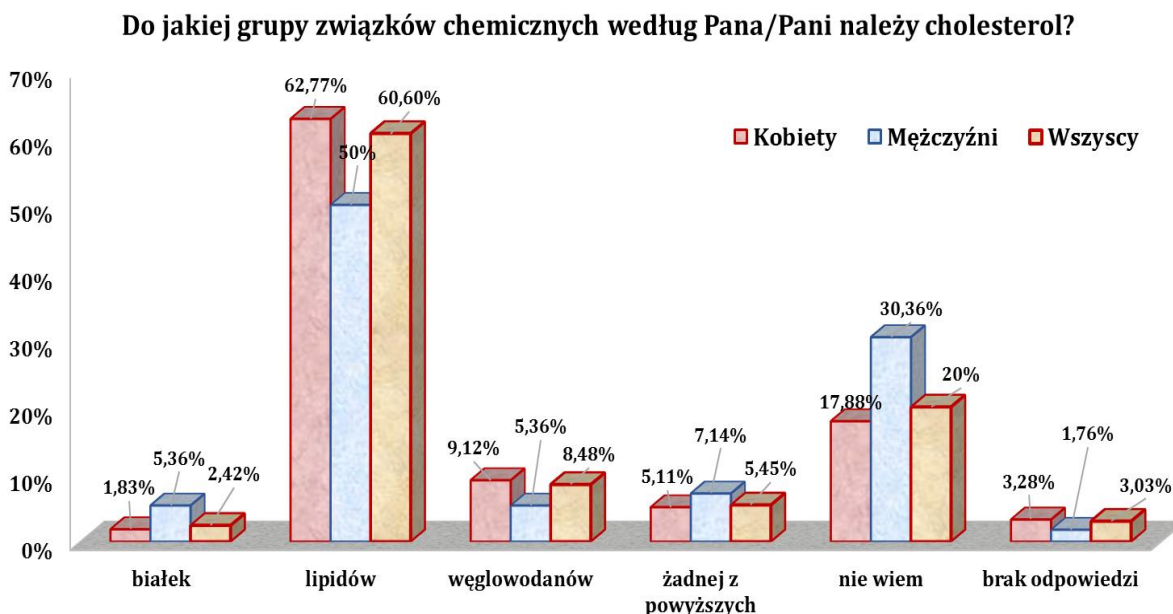
Ankieta stanowiła narzędzie badawcze, które jest opracowaniem własnym. Celem badań ankietowych była analiza opinii kobiet i mężczyzn w różnym wieku na temat funkcji cholesterolu i jego potencjalnego wpływu na układ sercowo-naczyniowy. Ankieta zawierała następujące pytania: 1) Do jakiej grupy związków chemicznych według Pana/Pani należy cholesterol? 2) Czy Pan/Pani wie do której z poniższych grup należą: LDL, HDL oraz trójglicerydy? 3) Czy Pan/Pani wie jakie funkcje pełni cholesterol w organizmie człowieka? 4) Jak Pan/Pani uważa – której spośród poniższych funkcji nie pełni cholesterol? 5) Który organ

według Pana/Pani jest odpowiedzialny za produkcję cholesterolu? 6) W którym z poniższych produktów według Pana/Pani występuje najwyższy poziom cholesterolu w 100g produktu? 7) Czy orientuje się Pan/Pani kiedy występuje podwyższony poziom cholesterolu? 8) Czy kiedykolwiek badał/a Pan/Pani poziom cholesterolu? 9) Czy przyjmuje Pan/Pani leki obniżające poziom cholesterolu? 10) Czy został/a Pan/Pani poinformowana przez lekarza o mechanizmie działania oraz możliwych skutkach ubocznych leków obniżających poziom cholesterolu? 11) Czy choruje Pan/Pani na miażdżycę lub chorobę wieńcową? 12) Czy ktoś z członków Pana/Pani rodziny choruje/chorował na miażdżycę lub chorobę wieńcową? 13) Czy uważa Pan/Pani, że przyczyną rozwoju miażdżycy oraz choroby wieńcowej jest tylko nadmierny poziom cholesterolu? 14) Czy uważa Pan/Pani, że podwyższony poziom cholesterolu należy koniecznie jak najszybciej obniżyć? 15) Który z poniższych czynników uważa Pan/Pani za najważniejszy w profilaktyce chorób układu krążenia?

Wyniki zostały opracowane, używając programu Microsoft Excel 2007. W każdej ankiecie obliczony został udział procentowy odpowiedzi do każdego pytania w danej grupie odnośnie do odpowiedzi występujących przy pytaniach. Do wykonania wykresów posłużono się programem Microsoft Excel 2007.

### Wyniki badań

Ujęcie procentowe odpowiedzi respondentów niezależnie od wieku z uwzględnieniem płci oraz procentowe ujęcie odpowiedzi wszystkich respondentów niezależnie od płci i wieku, na temat wiedzy jaką posiadają o tym, do jakiej grupy związków chemicznych należy cholesterol zostało przedstawione na rycinie 1.



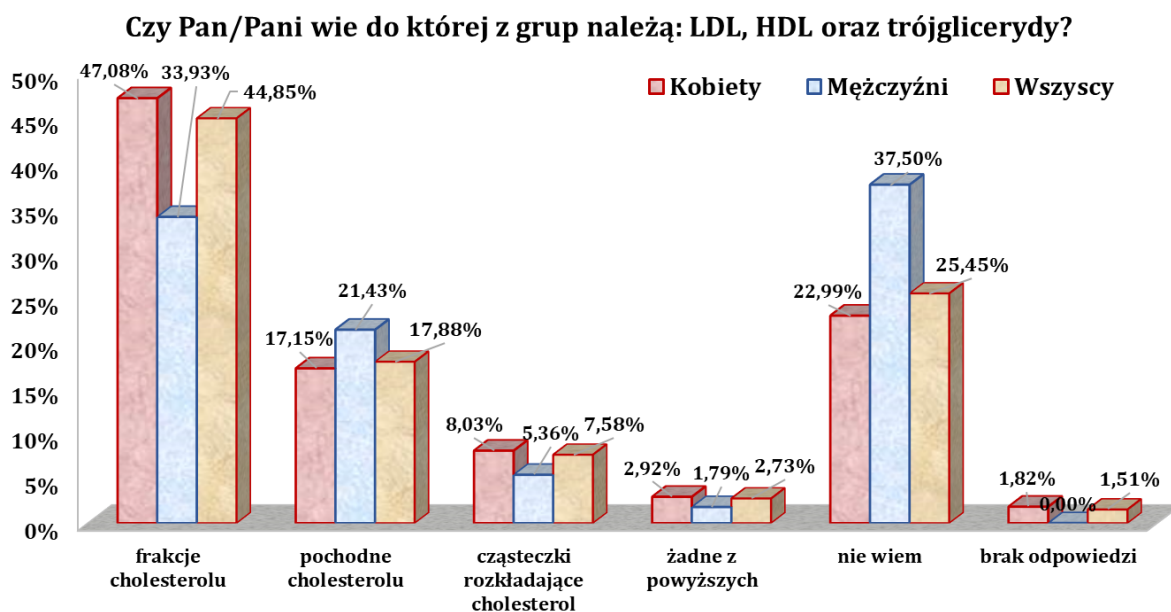
**Ryc. 1.** Ujęcie procentowe odpowiedzi respondentów niezależnie od wieku z uwzględnieniem płci oraz procentowe ujęcie odpowiedzi wszystkich respondentów niezależnie od płci i wieku, na temat wiedzy jaką posiadają o tym, do jakiej grupy związków chemicznych należy cholesterol.

Źródło: opracowanie własne.

Rycina 1 przedstawia odpowiedzi respondentów na pytanie dotyczące tego, do której z wymienionych grup chemicznych należy cholesterol. Poprawnej odpowiedzi udzieliło 62,77 % ankietowanych kobiet i 50 % ankietowanych mężczyzn (ogółem 60,60 % wszystkich ankietowanych). Tylko 1,83 % ankietowanych kobiet, 5,36 % ankietowanych mężczyzn (2,42 % wszystkich respondentów) odpowiedziało, że cholesterol należy do białek. Nieco więcej ankietowanych (9,12 % kobiet, 5,36 % mężczyzn i 8,48 % wszystkich ankietowanych) stwierdziło, że cholesterol należy do grupy węglowodanów. Podobny odsetek ankietowanych – 5,11 % kobiet i 7,14 % mężczyzn (5,45 % wszystkich respondentów) uznało, że cholesterol nie należy do żadnej z wymienionych grup związków chemicznych. Odpowiedzi na to pytanie nie znało 17,88 % kobiet i 30,36 % mężczyzn, czyli w sumie 20 % wszystkich ankietowanych. Odpowiedzi na to pytanie nie udzieliło 3,28 % kobiet i 1,76 % mężczyzn (3,03 % wszystkich ankietowanych) (ryc. 1).

Ujęcie procentowe odpowiedzi respondentów niezależnie od wieku z uwzględnieniem płci oraz procentowe ujęcie odpowiedzi wszystkich respondentów niezależnie od płci i wieku, na temat wiedzy jaką posiadają o tym do której z grup należą: lipoproteiny o niskiej gęstości (LDL), lipoproteiny o wysokiej gęstości (HDL) oraz trójglicerydy zostało przedstawione na rycinie 2.

Kolejne pytanie ankiety dotyczyło odpowiedzi respondentów na temat frakcji cholesterolu. Poprawnej odpowiedzi na to pytanie udzieliło 47,08 % kobiet i 33,93 % mężczyzn (ogółem 44,85 % wszystkich ankietowanych). Natomiast, 17,15 % ankietowanych kobiet i 21,43 % ankietowanych mężczyzn (ogółem 17,88 % wszystkich respondentów) zakwalifikowało LDL, HDL oraz trójglicerydy do pochodnych cholesterolu. Tylko 8,03 % kobiet i 5,36 % mężczyzn (ogółem 7,58 % wszystkich ankietowanych) uznało, że frakcje LDL, HDL oraz trójglicerydy to cząsteczki rozkładające cholesterol.



**Ryc. 2.** Ujęcie procentowe odpowiedzi respondentów niezależnie od wieku z uwzględnieniem płci oraz procentowe ujęcie odpowiedzi wszystkich respondentów niezależnie od płci i wieku, na temat wiedzy jaką posiadają o tym, do której z grup należą: LDL, HDL oraz trójglicerydy.

Źródło: opracowanie własne.

Podobnie, 2,92 % kobiet i 1,79 % mężczyzn (ogółem 2,73 % wszystkich ankietowanych) uznało, że żadna z powyższych odpowiedzi nie jest poprawna. Odpowiedzi na to pytanie nie znało 22,99 % kobiet i 37,50 % mężczyzn (ogółem 25,45 % wszystkich ankietowanych). Odpowiedzi na to pytanie nie udzieliło 1,82 % kobiet i 0% ankietowanych mężczyzn (ogółem 1,51 % wszystkich respondentów) (ryc. 2).

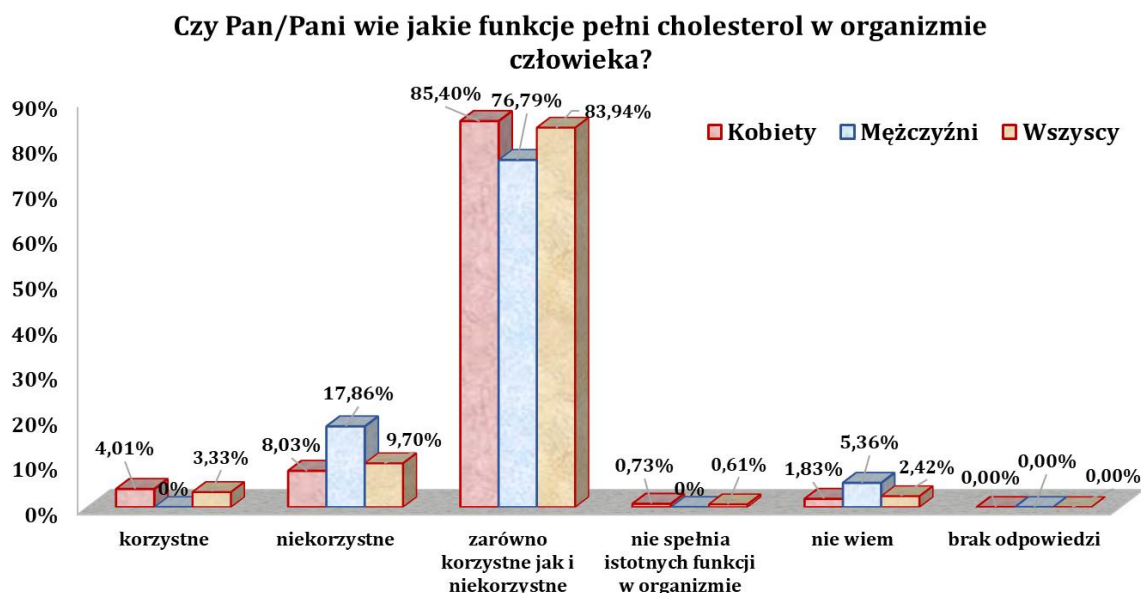
Ujęcie procentowe odpowiedzi respondentów niezależnie od wieku z uwzględnieniem płci oraz procentowe ujęcie odpowiedzi wszystkich respondentów niezależnie od płci i wieku, na temat wiedzy jaką posiadają o funkcjach jakie pełni cholesterol w organizmie człowieka zostało przedstawione na rycinie 3.

Powyzsze pytanie ankiety dotyczyło funkcji pełnionych przez cholesterol w organizmie człowieka. To pytanie uzyskało bardzo wysoki procent poprawnych odpowiedzi.

Prawidłową odpowiedź wskazało 85,40 % kobiet i 76,79 % mężczyzn (ogółem 83,94 % wszystkich ankietowanych). Tylko 4,01 % kobiet i żaden z

mężczyzn (ogółem 3,33 % wszystkich respondentów) uznało, że cholesterol pełni jedynie korzystne funkcje w organizmie człowieka. Z kolei 8,03 % kobiet i 17,86 % mężczyzn (ogółem 9,70 % wszystkich ankietowanych) uznało, że cholesterol pełni jedynie negatywne funkcje w organizmie człowieka. Kolejną grupą były osoby, które uznały, że cholesterol nie spełnia istotnych funkcji w organizmie. Odsetek ten wyniósł 0,73 % kobiet i 0 % mężczyzn (ogółem 0,61 % wszystkich ankietowanych). Odpowiedzi na to pytanie nie znało 1,83 % kobiet i 5,36 % mężczyzn (ogółem 2,42 % wszystkich respondentów). Wszyscy ankietowani udzieliли odpowiedzi na to pytanie (ryc. 3).

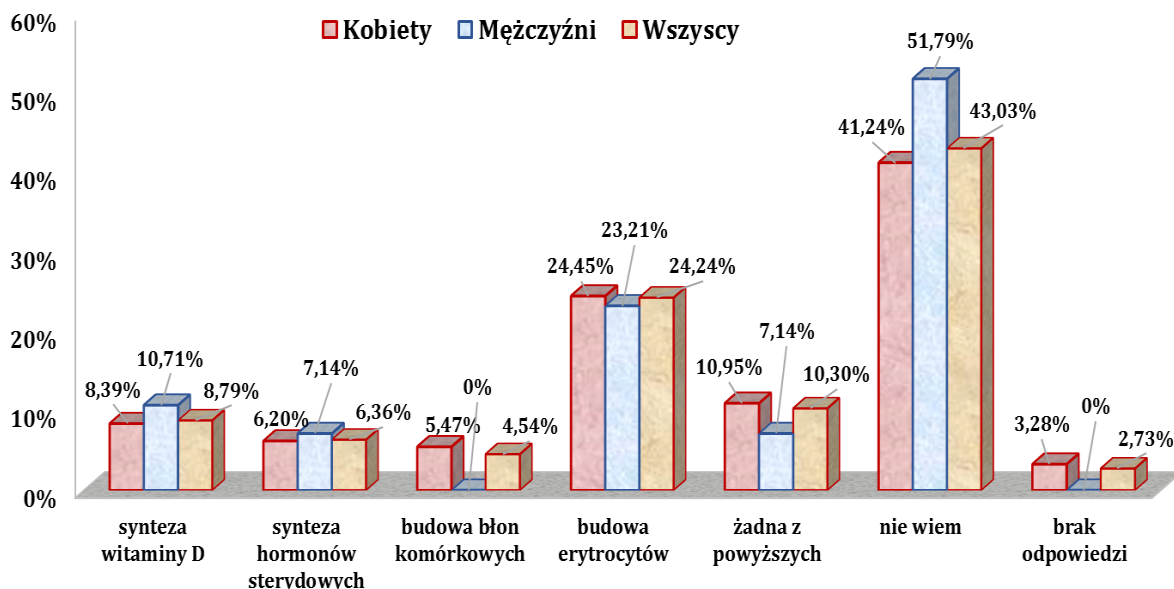
Ujęcie procentowe odpowiedzi respondentów niezależnie od wieku z uwzględnieniem płci oraz procentowe ujęcie odpowiedzi wszystkich respondentów niezależnie od płci i wieku, na temat wiedzy jaką posiadają o konkretnych funkcjach pełnionych przez cholesterol zostało przedstawione na rycinie 4.



Ryc. 3. Ujęcie procentowe odpowiedzi respondentów niezależnie od wieku z uwzględnieniem płci oraz procentowe ujęcie odpowiedzi wszystkich respondentów niezależnie od płci i wieku, na temat wiedzy jaką posiadają o funkcjach jakie pełni cholesterol w organizmie człowieka.

Źródło: opracowanie własne.

#### Jak Pan/Pani uważa - której z poniższych funkcji nie pełni cholesterol?



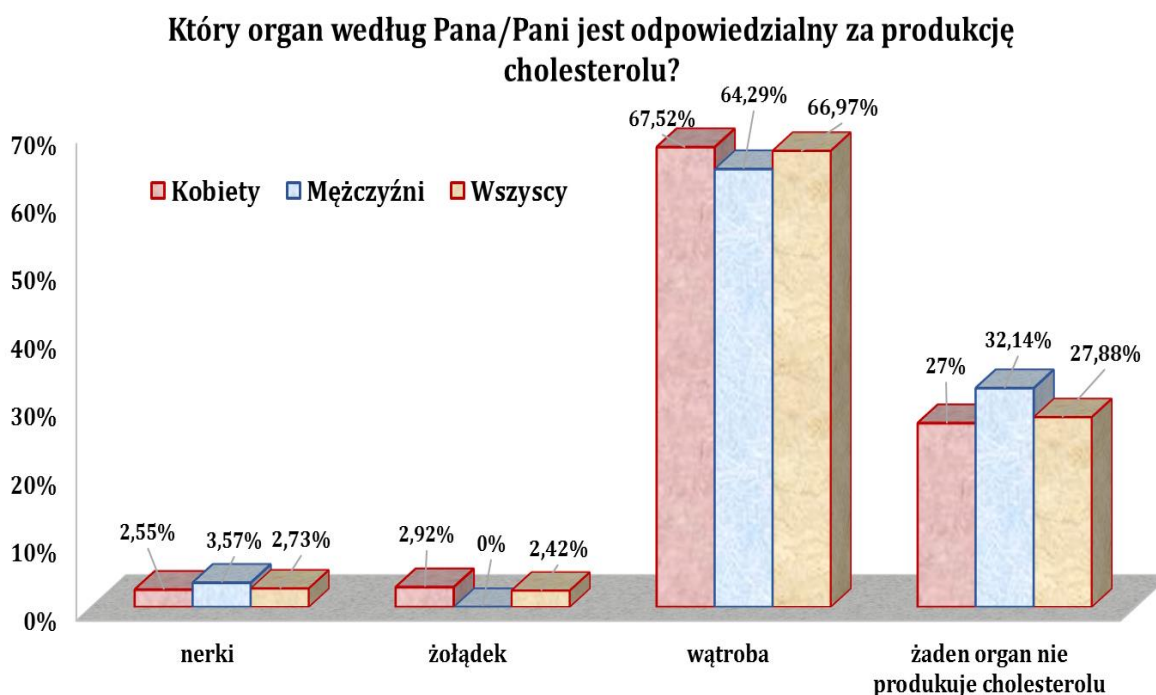
Ryc. 4. Ujęcie procentowe odpowiedzi respondentów niezależnie od wieku z uwzględnieniem płci oraz procentowe ujęcie odpowiedzi wszystkich respondentów niezależnie od płci i wieku, na temat wiedzy jaką posiadają o konkretnych funkcjach pełnionych przez cholesterol.

Źródło: opracowanie własne.

Rycina 4 przedstawia odpowiedzi ankietowanych na pytanie dotyczące konkretnych funkcji pełnionych przez cholesterol. To pytanie uzyskało bardzo niski procent poprawnych odpowiedzi. Odsetek ten wyniósł 10,95 % u kobiet i 7,14 % u mężczyzn (ogółem 10,30 % wszystkich ankietowanych). Podobnie, 8,39 % kobiet i 10,71 % mężczyzn (ogółem 8,79 % wszystkich ankietowanych) uważa, że cholesterol nie bierze udziału w syntezie witaminy D. Tak samo, 6,20 % kobiet i 7,14 % mężczyzn (ogółem 6,36 % wszystkich ankietowanych) jest zdania, że cholesterol nie bierze udziału w syntezie hormonów sterydowych. Tylko 5,47 % kobiet i 0 % mężczyzn (ogółem 4,54 % wszystkich ankietowanych) odpowiedziało, że cholesterol nie bierze udziału w budowie błon komórkowych. Natomiast 24,45% kobiet i 23,21%

mężczyzn (ogółem 24,24 % wszystkich ankietowanych) stwierdziło, że cholesterol nie bierze udziału w formowaniu struktur komórkowych erytrocytów. Odpowiedzi na to pytanie nie znało 41,24 % kobiet i 51,79 % mężczyzn (ogółem 43,03 % wszystkich ankietowanych). Ta odpowiedź była najczęstszą odpowiedzią, która wybierali ankietowani. Odpowiedzi na to pytanie nie udzieliło 3,28 % kobiet i 0 % mężczyzn (ogółem 2,73 % wszystkich ankietowanych) (ryc. 4).

Ujęcie procentowe odpowiedzi respondentów niezależnie od wieku z uwzględnieniem płci oraz procentowe ujęcie odpowiedzi wszystkich respondentów niezależnie od płci i wieku, na temat wiedzy jaką posiadają o organie, który jest odpowiedzialny za produkcję cholesterolu zostało przedstawione na rycinie 5.



Ryc. 5. Ujęcie procentowe odpowiedzi respondentów niezależnie od wieku z uwzględnieniem płci oraz procentowe ujęcie odpowiedzi wszystkich respondentów niezależnie od płci i wieku, na temat wiedzy jaką posiadają o organie, który jest odpowiedzialny za produkcję cholesterolu.

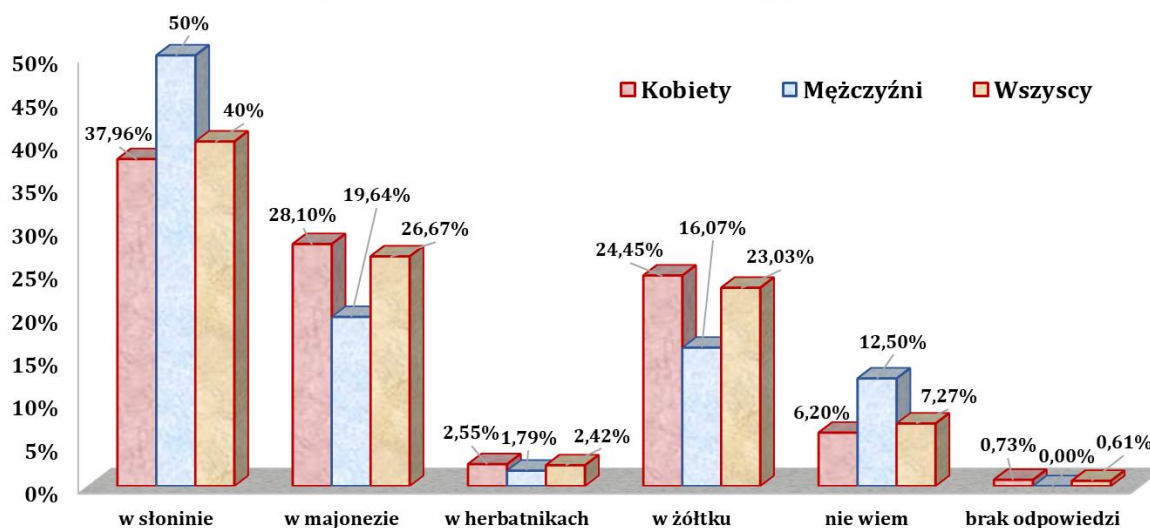
Źródło: opracowanie własne.

Pytanie 5 dotyczyło organu, który jest odpowiedzialny za produkcję cholesterolu. To pytanie uzyskało wysoki procent poprawnej odpowiedzi (odsetek ten wyniósł ponad 60 %). Poprawnej odpowiedzi na to pytanie udzieliło 67,52 % kobiet i 64,29 % mężczyzn (ogółem 66,97 % wszystkich ankietowanych). Tylko 2,55 % kobiet i 3,57 % mężczyzn (ogółem 2,73 % wszystkich ankietowanych) uznało, że organem odpowiedzialnym za produkcję cholesterolu są nerki. Z kolei 2,92 % kobiet i 0 % mężczyzn (ogółem 2,42 % wszystkich respondentów) jest zdania, że organem produkującym cholesterol jest żółtek.

Ostatnią grupę respondentów stanowiły osoby, które uznały, że żaden organ nie produkuje cholesterolu. Odsetek tych osób wyniósł 27 % u kobiet oraz 32,14 % u mężczyzn (ogółem 27,88 % wszystkich respondentów) (ryc. 5).

Ujęcie procentowe odpowiedzi respondentów niezależnie od wieku z uwzględnieniem płci oraz procentowe ujęcie odpowiedzi wszystkich respondentów niezależnie od płci i wieku, na temat wiedzy jaką posiadają o produktach zawierających największą ilość cholesterolu w 100 g produktu zostało przedstawione na rycinie 6.

**W którym z poniższych produktów według Pana/Pana występuje najwyższy poziom cholesterolu w 100g produktu?**



**Ryc. 6. Ujęcie procentowe odpowiedzi respondentów niezależnie od wieku z uwzględnieniem płci oraz procentowe ujęcie odpowiedzi wszystkich respondentów niezależnie od płci i wieku, na temat wiedzy jaką posiadają o produktach zawierających największą ilość cholesterolu w 100 g produktu.**

Źródło: opracowanie własne.

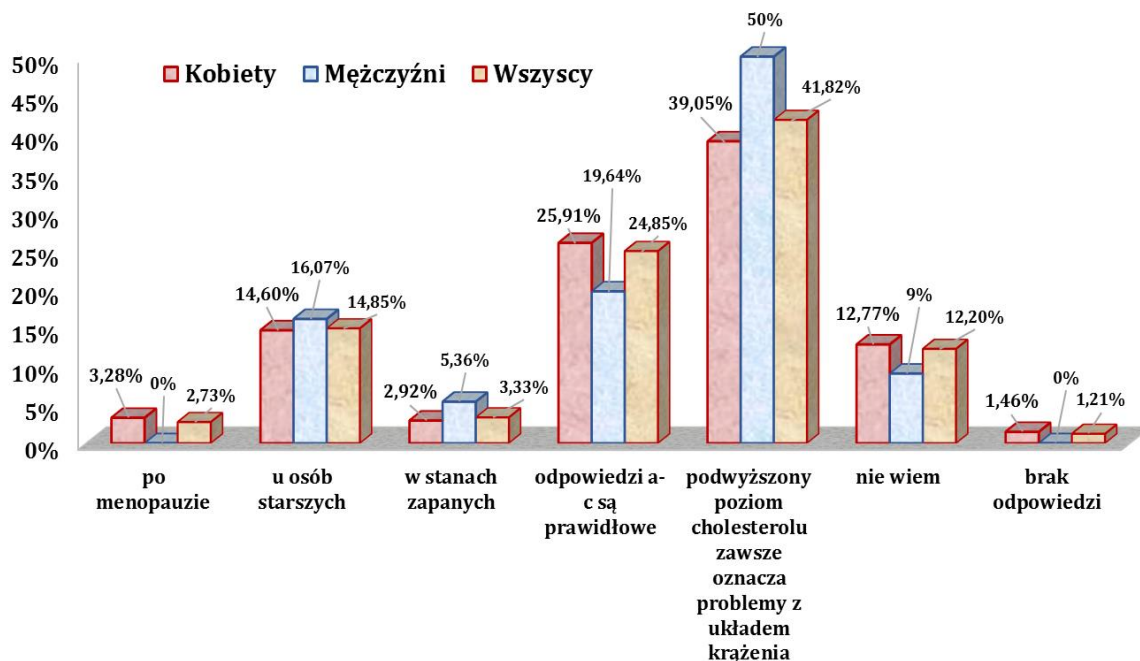
Kolejne pytanie dotyczyło produktów zawierających największą ilość cholesterolu w przeliczeniu na 100 g produktu. Najwięcej ankietowanych uważa, że spośród wymienionych produktów najbogatszym w cholesterol jest słonina. I to właśnie ten produkt przychodzi na myśl największej grupie ankietowanych w kontekście poziomu cholesterolu. Takiej odpowiedzi udzieliło 37,96 % kobiet i 50 % mężczyzn (ogółem 40 % wszystkich ankietowanych). Podobnie, 28,10 % kobiet i 19,64 % mężczyzn (ogółem 26,67 % wszystkich ankietowanych)

uważa, że najwięcej cholesterolu spośród wymienionych produktów posiada majonez. Tylko 2,55 % kobiet i 1,79 % mężczyzn (ogółem 2,42 % wszystkich respondentów) uważa, że najwięcej cholesterolu znajduje się w herbatnikach. Poprawnej odpowiedzi na to pytanie udzieliło 24,45 % kobiet i 16,07 % mężczyzn (ogółem 23,03 % wszystkich ankietowanych). Odpowiedzi na to pytanie nie znało 6,20 % kobiet i 12,50 % mężczyzn (ogółem 7,27 % wszystkich respondentów). Odpowiedzi na to pytanie nie udzieliło 0,73 % kobiet i 0 % mężczyzn (ogółem 0,61 % wszystkich ankietowanych) (ryc. 6).

Ujęcie procentowe odpowiedzi respondentów niezależnie od wieku z uwzględnieniem płci oraz procentowe ujęcie odpowiedzi wszystkich respondentów

niezależnie od płci i wieku, na temat wiedzy jaką posiadają o sytuacjach, w których występuje podwyższony poziom cholesterolu zostało przedstawione na rycinie 7.

### Czy orientuje się Pan/Pani kiedy występuje podwyższony poziom cholesterolu?



Ryc. 7. Ujęcie procentowe odpowiedzi respondentów niezależnie od wieku z uwzględnieniem płci oraz procentowe ujęcie odpowiedzi wszystkich respondentów niezależnie od płci i wieku, na temat wiedzy jaką posiadają o sytuacjach w których występuje podwyższony poziom cholesterolu.

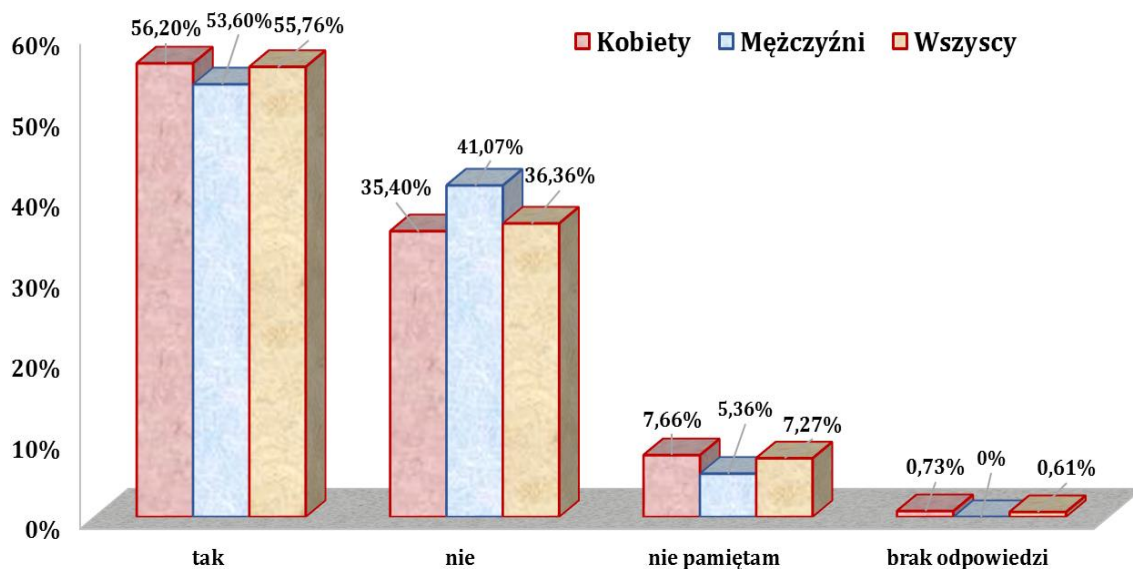
Źródło: opracowanie własne.

Rycina 7 przedstawia ujęcie procentowe odpowiedzi ankietowanych na pytanie dotyczące sytuacji, w których występuje podwyższony poziom cholesterolu. Niestety najczęściej ankietowanych uznało, że podwyższony poziom cholesterolu zawsze oznacza problemy z układem krążenia. Takiej odpowiedzi udzieliło 39,05 % kobiet i 50 % mężczyzn (ogółem 41,82 % wszystkich ankietowanych). Poprawnej odpowiedzi na to pytanie udzieliło 25,91 % kobiet i 19,64 % mężczyzn (ogółem 24,85 % wszystkich respondentów). Natomiast, 3,28 % kobiet i 0 % mężczyzn (ogółem 2,73 % wszystkich ankietowanych) uznało, że podwyższony poziom cholesterolu występuje po menopauzie. Natomiast, 14,60 % kobiet i 16,07 % mężczyzn (ogółem 14,85 % wszystkich respondentów) uznało, że podwyższony

poziom cholesterolu występuje u osób starszych. Tylko 2,92 % kobiet i 5,36 % mężczyzn (ogółem 3,33 % wszystkich respondentów) odpowiedziało, że podwyższony poziom cholesterolu występuje w stanach zapalnych. Odpowiedzi na to pytanie nie znało 12,77 % kobiet i 9 % mężczyzn (ogółem 12,20 % wszystkich ankietowanych). Odpowiedzi na to pytanie nie udzieliło 1,46 % kobiet i 0 % mężczyzn (ogółem 1,21 % wszystkich respondentów) (ryc. 7).

Ujęcie procentowe odpowiedzi respondentów niezależnie od wieku z uwzględnieniem płci oraz procentowe ujęcie odpowiedzi wszystkich respondentów niezależnie od płci i wieku, o tym, czy ankietowani badali swój poziom cholesterolu zostało przedstawione na rycinie 8.

### Czy kiedykolwiek badał/a Pan/Pani poziom cholesterolu?



Ryc. 8. Ujęcie procentowe odpowiedzi respondentów niezależnie od wieku z uwzględnieniem płci oraz procentowe ujęcie odpowiedzi wszystkich respondentów niezależnie od płci i wieku, o tym, czy ankietowani badali swój poziom cholesterolu.

Źródło: opracowanie własne.

Powyższe pytanie ankiety przedstawia ujęcie procentowe odpowiedzi respondentów o tym, czy badali swój poziom cholesterolu. Spośród wszystkich ankietowanych co druga osoba wykonywała badanie profilu lipidowego. Aż 56,20 % kobiet i 53,60 % mężczyzn (ogółem 55,76 % wszystkich ankietowanych) wykonywało badanie poziomu cholesterolu we krwi. Podobnie, 35,40 % kobiet i 41,07 % mężczyzn (ogółem 36,36 % wszystkich ankietowanych) nie wykonywało badania poziomu cholesterolu we krwi. Natomiast 7,66 % kobiet i 5,36 % mężczyzn (ogółem 7,27 % wszystkich respondentów) nie pamięta czy wykonywało badanie profilu lipidowego czy też nie. Odpowiedzi na to pytanie nie udzieliło 0,73 % kobiet i 0 % mężczyzn (ogółem 0,61 % wszystkich ankietowanych) (ryc. 8).

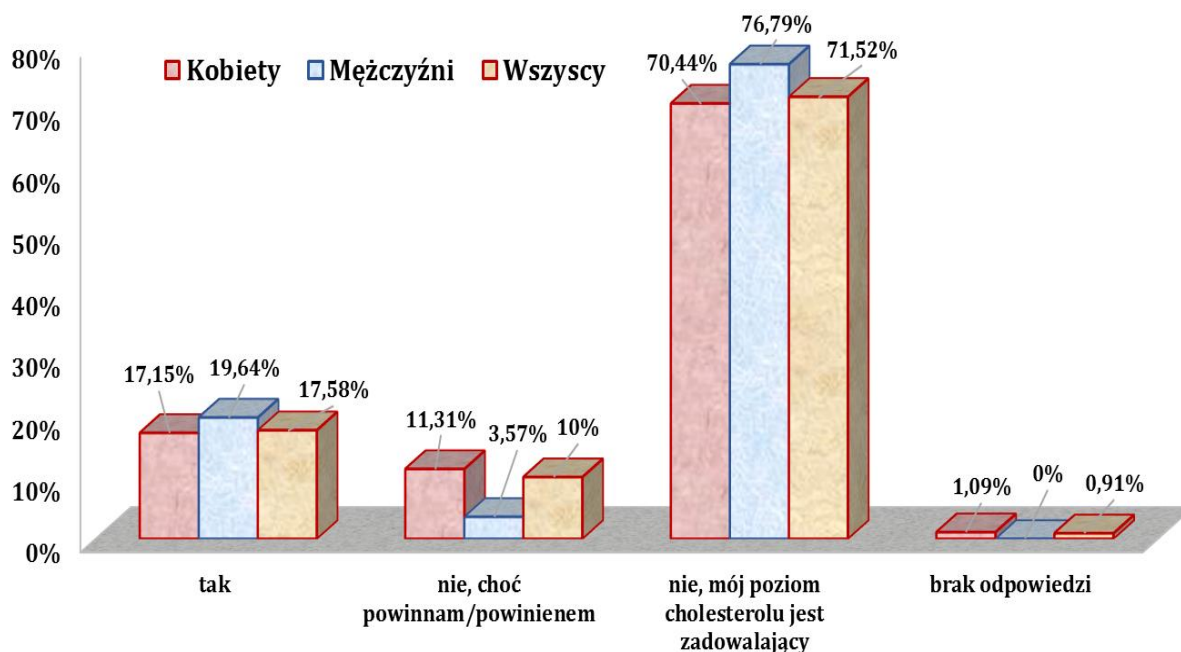
Ujęcie procentowe odpowiedzi respondentów niezależnie od wieku z uwzględnieniem płci oraz procentowe ujęcie odpowiedzi wszystkich respondentów niezależnie od płci i wieku, o tym, czy przyjmują

leki obniżające poziom cholesterolu zostało przedstawione na rycinie 9.

Rycina 9 przedstawia odpowiedzi na pytanie dotyczące leków obniżających poziom cholesterolu. Ankietowani mieli odpowiedzieć czy przyjmują leki obniżające poziom cholesterolu czy też nie. Znaczna większość ankietowanych, bo aż około 70 %, nie przyjmuje leków obniżających poziom cholesterolu. Podobnie, 70,44 % kobiet i 76,79 % mężczyzn (ogółem 71,52 % wszystkich ankietowanych) nie przyjmuje leków obniżających poziom cholesterolu i uważa, że ich poziom cholesterolu jest zadowalający. Z kolei 11,31 % kobiet i 3,57 % mężczyzn (ogółem 10 % wszystkich respondentów) nie przyjmuje leków obniżających poziom cholesterolu, choć przyznają, że powinni. Identycznie, 17,15 % kobiet i 19,64 % mężczyzn (ogółem 17,58 % wszystkich ankietowanych) przyjmuje leki obniżające poziom cholesterolu. Odpowiedzi na to pytanie nie udzieliło 1,09 % kobiet i 0 % mężczyzn (ogółem 0,91 % wszystkich respondentów) (ryc. 9).



### Czy przyjmuje Pan/Pani leki obniżające poziom cholesterolu?



Ryc. 9. Ujęcie procentowe odpowiedzi respondentów niezależnie od wieku z uwzględnieniem płci oraz procentowe ujęcie odpowiedzi wszystkich respondentów niezależnie od płci i wieku, o tym, czy przyjmują leki obniżające poziom cholesterolu.

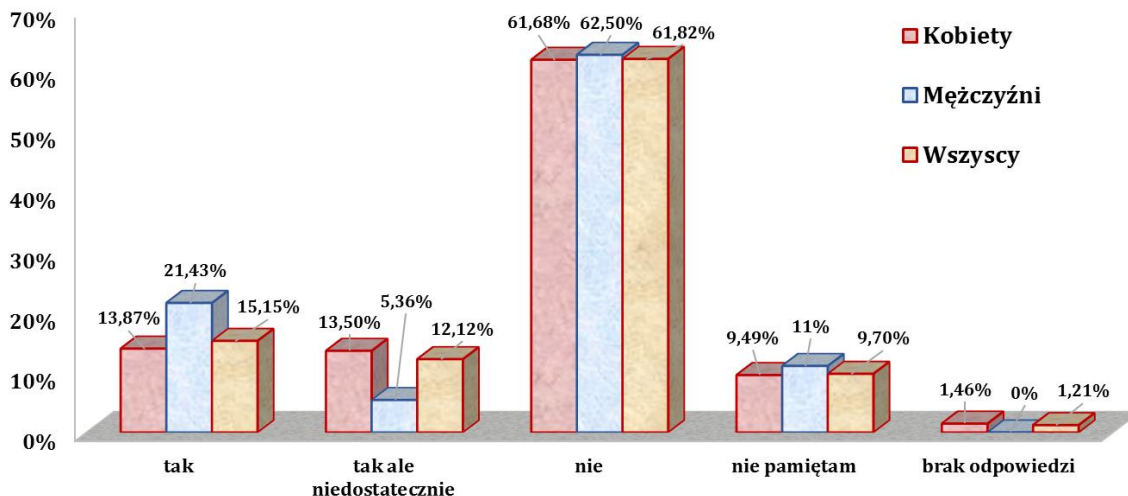
Źródło: opracowanie własne.

Ujęcie procentowe odpowiedzi respondentów niezależnie od wieku z uwzględnieniem płci oraz procentowe ujęcie odpowiedzi wszystkich respondentów niezależnie od płci i wieku, czy zostali poinformowani przez lekarza o mechanizmie działania oraz skutkach ubocznych leków obniżających poziom cholesterolu zostało przedstawione na rycinie 10.

Rycina 10 przedstawia ujęcie procentowe odpowiedzi respondentów na pytanie dotyczące informowania przez lekarzy o mechanizmie działania oraz możliwych skutkach ubocznych leków obniżających poziom cholesterolu. Wyniki analizy ankiet wykazały, że 13,87 % kobiet i 21,43 % mężczyzn (ogółem 15,15 % wszystkich respondentów) przyznaje, że zostało poinformowanych przez lekarza o mechanizmie działania oraz skutkach ubocznych leków

obniżających poziom cholesterolu. Tylko 13,50 % kobiet i 5,36 % mężczyzn (ogółem 12,12 % wszystkich respondentów) przyznaje, że zostało poinformowanych o mechanizmie działania i skutkach ubocznych leków obniżających poziom cholesterolu ale niedostatecznie. Aż 61,68 % kobiet i 62,50 % mężczyzn (ogółem 61,82 % wszystkich ankietowanych) odpowiedziało, że nie została im udzielona przez lekarza informacja na temat mechanizmu działania i skutkach ubocznych leków obniżających poziom cholesterolu. Tylko 9,49 % kobiet i 11 % mężczyzn (ogółem 9,70 % wszystkich respondentów) nie pamięta czy otrzymało taką informację od lekarza czy też nie. Odpowiedzi na to pytanie nie udzieliło 1,46 % kobiet i 0 % mężczyzn (ogółem 1,21 % wszystkich ankietowanych) (ryc. 10).

**Czy został/a Pan/Pani poinformowany przez lekarza o mechanizmie działania oraz o możliwych skutkach ubocznych leków obniżających poziom cholesterolu?**



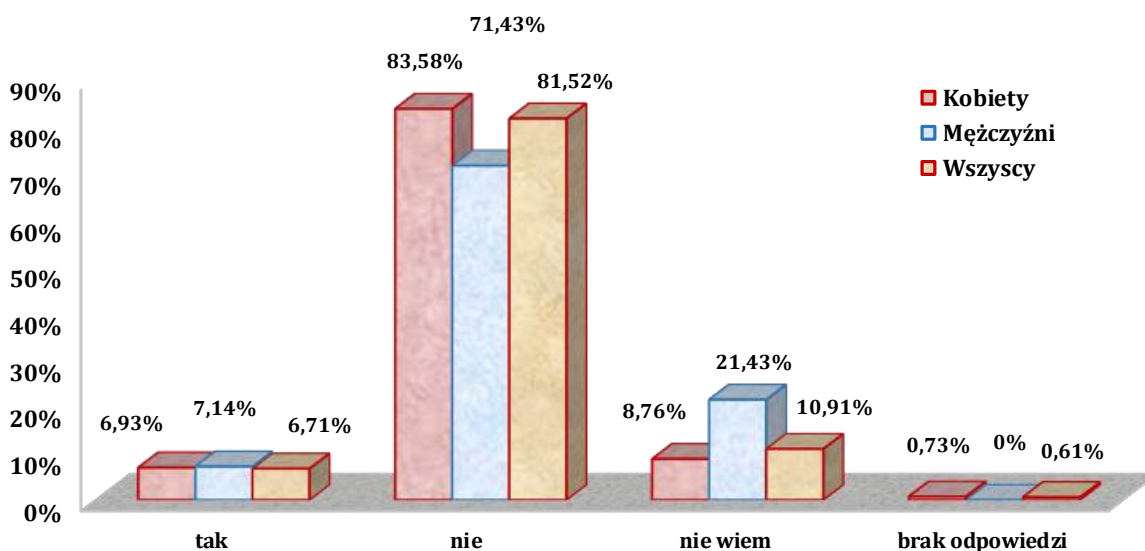
Ryc. 10. Ujęcie procentowe odpowiedzi respondentów niezależnie od wieku z uwzględnieniem płci oraz procentowe ujęcie odpowiedzi wszystkich respondentów niezależnie od płci i wieku, czy zostali poinformowani przez lekarza o mechanizmie działania oraz skutkach ubocznych leków obniżających poziom cholesterolu.

Źródło: opracowanie własne.

Ujęcie procentowe odpowiedzi respondentów niezależnie od wieku z uwzględnieniem płci oraz procentowe ujęcie odpowiedzi wszystkich

respondentów niezależnie od płci i wieku, o tym, czy ankietowani chorują na miażdżycę lub chorobę wieńcową zostało przedstawione na rycinie 11.

**Czy choruje Pan/Pani na miażdżycę lub chorobę wieńcową?**



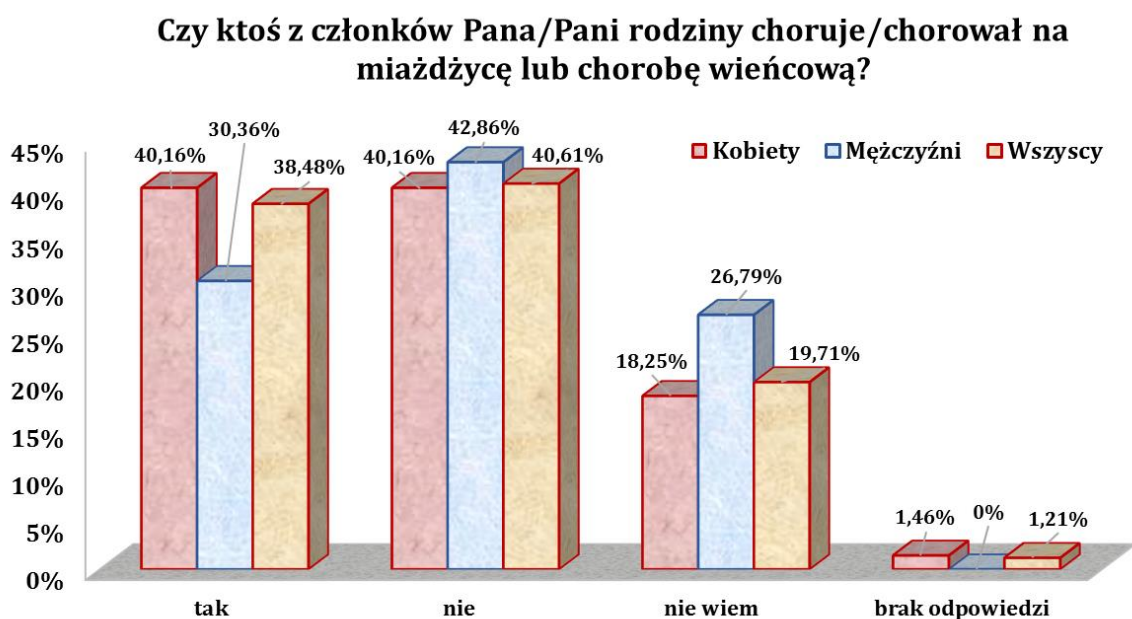
Ryc. 11. Ujęcie procentowe odpowiedzi respondentów niezależnie od wieku z uwzględnieniem płci oraz procentowe ujęcie odpowiedzi wszystkich respondentów niezależnie od płci i wieku, o tym, czy ankietowani chorują na miażdżycę lub chorobę wieńcową.

Źródło: opracowanie własne.

Kolejne pytanie ankiety dotyczyło zachorowań na miażdżycę lub chorobę wieńcową wśród ankietowanych. Większość spośród ankietowanych respondentów (około 80% nie choruje na miażdżycę, ani na chorobę wieńcową). Takich osób było 83,58 % wśród ankietowanych kobiet oraz 71,43 % wśród ankietowanych mężczyzn (ogółem 81,52 % wszystkich ankietowanych). Tylko 6,93 % kobiet i 7,14 % mężczyzn (ogółem 6,71 % wszystkich respondentów) choruje na miażdżycę lub chorobę wieńcową. Z kolei 8,76 % kobiet i 21,43 % mężczyzn nie wie czy choruje

na wyżej wymienione choroby czy też nie. Odpowiedzi na to pytanie nie udzieliło 0,73 % kobiet i 0 % mężczyzn (ogółem 0,61 % wszystkich ankietowanych) (ryc. 11).

Ujęcie procentowe odpowiedzi respondentów niezależnie od wieku z uwzględnieniem płci oraz procentowe ujęcie odpowiedzi wszystkich respondentów niezależnie od płci i wieku, czy ktoś z członków rodziny ankietowanych osób choruje/chorował na miażdżycę lub chorobę wieńcową zostało przedstawione na rycinie 12.



Ryc. 12. Ujęcie procentowe odpowiedzi respondentów niezależnie od wieku z uwzględnieniem płci oraz procentowe ujęcie odpowiedzi wszystkich respondentów niezależnie od płci i wieku, czy ktoś z członków rodziny ankietowanych osób choruje/chorował na miażdżycę lub chorobę wieńcową.

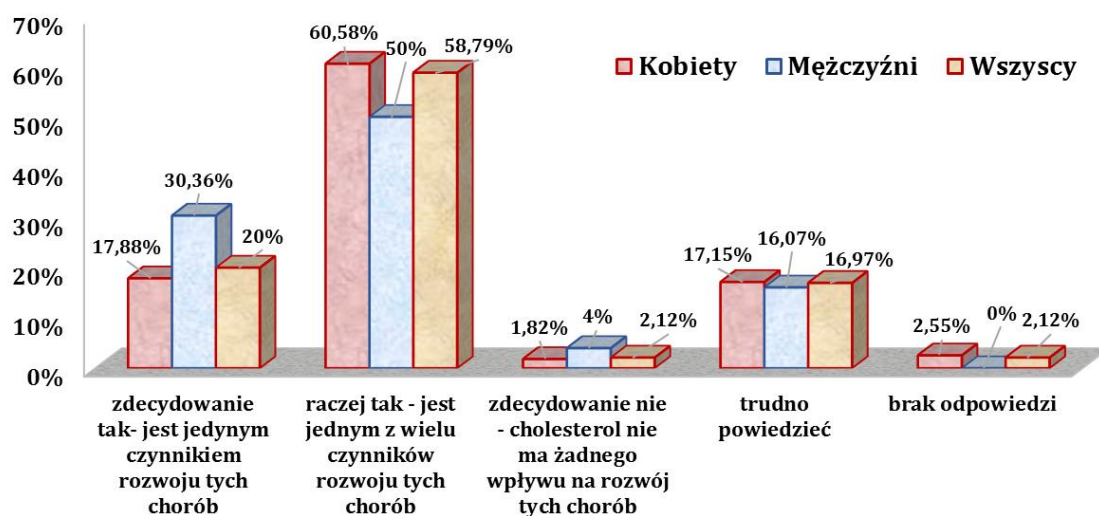
Źródło: opracowanie własne.

Pytanie 12 dotyczyło stanu zdrowia członków rodziny ankietowanych. Docelowo chodziło tutaj o to, czy ktoś z członków rodziny ankietowanych osób choruje/chorował na miażdżycę lub chorobę wieńcową. Wyniki analizy ankiet wykazały, że 40,16 % kobiet i 30,36 % mężczyzn (ogółem 38,48 % wszystkich ankietowanych) odpowiedziało, że ktoś z członków ich rodziny choruje/chorował na miażdżycę lub chorobę wieńcową. Natomiast 40,16 % kobiet i 42,86 % mężczyzn (40,61 % wszystkich respondentów) odpowiedziało, że nikt z członków ich rodziny nie choruje/nie chorował na miażdżycę lub chorobę

wieńcową. Z kolei 18,25 % kobiet i 26,79 % mężczyzn (ogółem 19,71 % wszystkich ankietowanych) nie wie czy ktoś z członków ich rodziny choruje/chorował na miażdżycę lub chorobę wieńcową. Odpowiedzi na to pytanie nie udzieliło 1,46 % kobiet i 0 % mężczyzn (ogółem 1,21 % wszystkich ankietowanych) (ryc. 12).

Ujęcie procentowe odpowiedzi respondentów niezależnie od wieku z uwzględnieniem płci oraz procentowe ujęcie odpowiedzi wszystkich respondentów niezależnie od płci i wieku, na temat wiedzy jaką posiadają o przyczynach rozwoju miażdżycy i choroby wieńcowej zostało przedstawione na rycinie 13.

### Czy uważa Pan/Pani, że przyczyną rozwoju miażdżycy oraz choroby wieńcowej jest tylko nadmierny poziom cholesterolu?



Ryc. 13. Ujęcie procentowe odpowiedzi respondentów niezależnie od wieku z uwzględnieniem płci oraz procentowe ujęcie odpowiedzi wszystkich respondentów niezależnie od płci i wieku, na temat wiedzy jaką posiadają o przyczynach rozwoju miażdżycy i choroby wieńcowej.

Źródło: opracowanie własne.

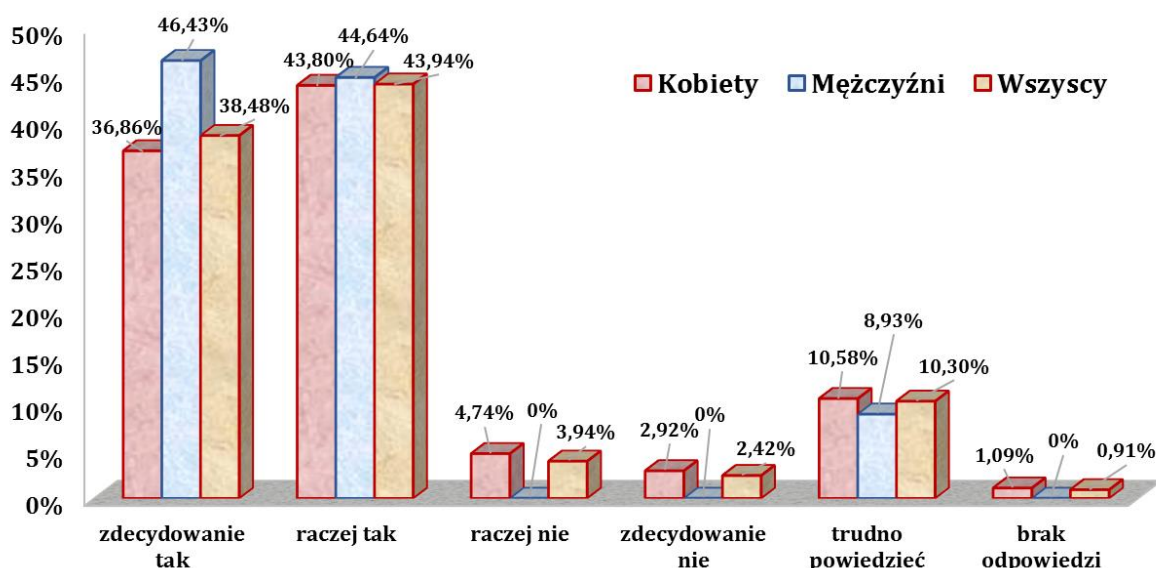
Kolejne pytanie dotyczyło przyczyn rozwoju miażdżycy. Wyniki analizy ankiet wykazały, że 17,88 % kobiet i 30,36 % mężczyzn (ogółem 20 % wszystkich ankietowanych) jest zdania, że cholesterol jest jedynym czynnikiem rozwoju miażdżycy. Aż 60,58 % kobiet i 50 % mężczyzn (ogółem 58,79 % wszystkich ankietowanych) uważa, że cholesterol jest jednym z wielu czynników rozwoju miażdżycy. Tylko 1,82 % kobiet i 4 % mężczyzn (ogółem 2,12 % wszystkich ankietowanych) stwierdziło, że cholesterol nie ma żadnego wpływu na rozwój tych chorób. Z kolei 17,15 % kobiet i 16,07 % mężczyzn (ogółem 16,97 % wszystkich respondentów) nie ma konkretnego zdania na ten temat i trudno im powiedzieć jaki wpływ ma cholesterol na powstawanie chorób układu sercowo-naczyniowego. Odpowiedzi na to pytanie nie udzieliło 2,55 % kobiet i 0 % mężczyzn (ogółem 2,12 % wszystkich respondentów) (ryc. 13).

Ujęcie procentowe odpowiedzi respondentów niezależnie od wieku z uwzględnieniem płci oraz procentowe ujęcie odpowiedzi wszystkich respondentów niezależnie od płci i wieku, na temat wiedzy jaką posiadają na temat podwyższonego poziomu cholesterolu zostało przedstawione na rycinie 14.

Przedostatnie pytanie ankiety dotyczyło wiedzy

ankietowanych na temat podwyższonego poziomu cholesterolu. Większość ankietowanych uważa, że w przypadku podwyższonego poziomu cholesterolu należy go jak najszybciej obniżyć. Aż 36,86 % kobiet i 46,43 % mężczyzn (ogółem 38,48 % wszystkich ankietowanych) uważa, że podwyższony poziom cholesterolu zdecydowanie należy jak najszybciej obniżyć. Podobnie 43,80 % kobiet i 44,64 % mężczyzn (ogółem 43,94 % wszystkich respondentów) twierdzi, że podwyższony poziom cholesterolu raczej należałoby jak najszybciej obniżyć. Tylko 4,74 % kobiet i 0 % mężczyzn (3,94 % wszystkich ankietowanych) jest zdania, że podwyższonego poziomu cholesterolu raczej nie należy jak najszybciej obniżać. Podobnie, 2,92 % kobiet i 0 % mężczyzn (ogółem 2,42 % wszystkich ankietowanych) uważa, że podwyższonego poziomu cholesterolu zdecydowanie nie należy jak najszybciej obniżać. Zdania na ten temat nie ma 10,58 % kobiet i 8,93 % mężczyzn (ogółem 10,30 % wszystkich ankietowanych). Tej grupie ankietowanych trudno było określić czy podwyższony poziom cholesterolu należy jak najszybciej obniżyć czy też nie. Odpowiedzi na to pytanie nie udzieliło 1,09 % kobiet i 0 % mężczyzn (ogółem 0,91 % wszystkich respondentów) (ryc. 14).

### Czy uważa Pan/Pani, że podwyższony poziom cholesterolu należy koniecznie jak najszybciej obniżyć?



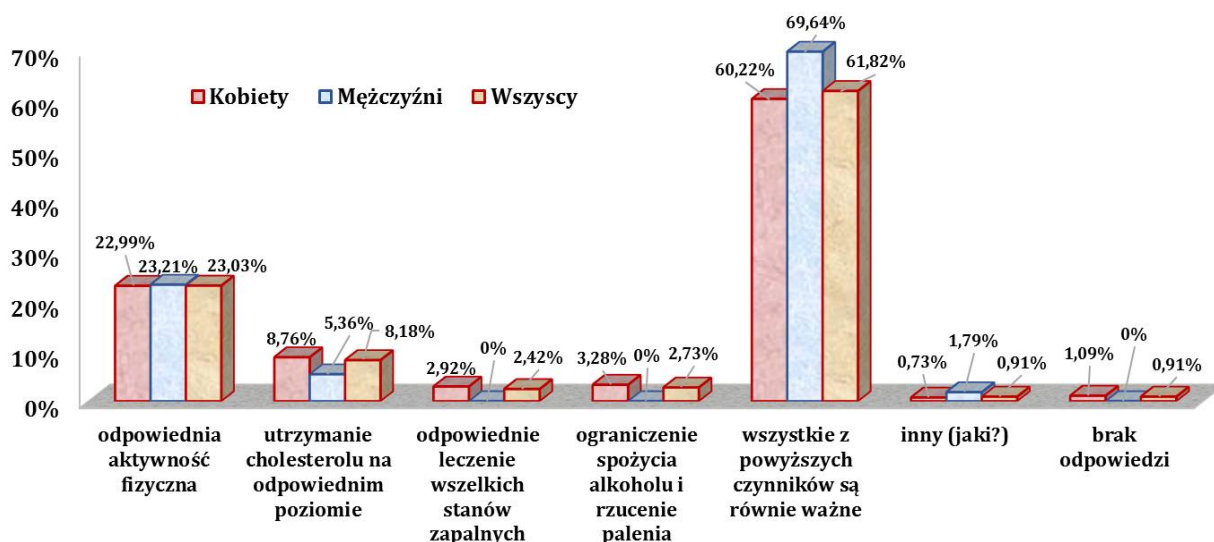
Ryc. 14. Ujęcie procentowe odpowiedzi respondentów niezależnie od wieku z uwzględnieniem płci oraz procentowe ujęcie odpowiedzi wszystkich respondentów niezależnie od płci i wieku, na temat wiedzy jaką posiadają na temat podwyższonego poziomu cholesterolu.

Źródło: opracowanie własne.

Ujęcie procentowe odpowiedzi respondentów niezależnie od wieku z uwzględnieniem płci oraz procentowe ujęcie odpowiedzi wszystkich

respondentów niezależnie od płci i wieku, na temat wiedzy jaką posiadają o profilaktyce chorób układu krążenia zostało przedstawione na rycinie 15.

### Który z poniższych czynników uważa Pan/Pani za najważniejszy w profilaktyce chorób układu krążenia?



Ryc. 15. Ujęcie procentowe odpowiedzi respondentów niezależnie od wieku z uwzględnieniem płci oraz procentowe ujęcie odpowiedzi wszystkich respondentów niezależnie od płci i wieku, na temat wiedzy jaką posiadają o profilaktyce chorób układu krążenia.

Źródło: opracowanie własne.

Ostatnie pytanie ankiety dotyczyło profilaktyki chorób układu sercowo-naczyniowego. Ankietowani mieli wybrać czynnik, który według nich jest najważniejszy w profilaktyce układu sercowo-naczyniowego. Najwięcej ankietowanych uważa, że wszystkie wymienione czynniki są równie ważne w profilaktyce układu sercowo-naczyniowego. Takiej odpowiedzi udzieliło 60,22 % kobiet i 69,64 % mężczyzn (ogółem 61,82 % wszystkich respondentów). Z kolei, 22,99 % kobiet i 23,21 % mężczyzn (ogółem 23,03 % wszystkich respondentów) jako najważniejszy czynnik w profilaktyce układu sercowo-naczyniowego wybrało odpowiednią aktywność fizyczną. Tylko 8,76 % kobiet i 5,36 % mężczyzn (ogółem 8,18 % wszystkich respondentów) uważa, że utrzymanie cholesterolu na odpowiednim poziomie jest najważniejszym czynnikiem w profilaktyce układu sercowo-naczyniowego. Podobnie, 2,92 % kobiet i 0 % mężczyzn (ogółem 2,42 % wszystkich ankietowanych) jest zdania, że odpowiednie leczenie wszelkich stanów zapalnych jest najważniejszym czynnikiem w profilaktyce układu sercowo-naczyniowego. Analogicznie, 3,28 % kobiet i 0 % mężczyzn (ogółem 2,73 % wszystkich respondentów) jako najważniejszy czynnik w profilaktyce układu sercowo-naczyniowego wybrało ograniczenie spożycia alkoholu i rzucenie palenia. Tylko 0,73 % kobiet i 1,79 % mężczyzn (ogółem 0,91 % wszystkich respondentów) podało inny czynnik, który według nich jest najważniejszy w profilaktyce układu sercowo-naczyniowego. Odpowiedzi na to pytanie nie udzieliło 1,09 % kobiet i 0 % mężczyzn (ogółem 0,91 % wszystkich ankietowanych) (ryc. 15).

W badaniu „*Choroby układu krążenia – świadomość i profilaktyka*”, które zostało przeprowadzone SW Research na zlecenie Z.T. Kruszwicka w dniach 29-31.07.2019 r. na reprezentatywnej próbie 1630 dorosłych Polaków, sprawdzono wiedzę Polaków w zakresie czynników oddziałujących na poziom cholesterolu we krwi. Wyniki tego badania

wykazały, że zdaniem 91,4 % kobiet i 78,6 % mężczyzn, styl życia ma wpływ na poziom cholesterolu. Największą świadomość w tym zakresie deklarują respondenci w wieku 25-34 lata (87,1 % opinii) [38, 39]. Jak zadeklarowali respondenci, na pytanie, które czynniki nie wpływają na poziom cholesterolu, najczęściej wskazywano odpowiedzi takie jak wypoczynek na świeżym powietrzu (50 % opinii) oraz odpowiednia jakość i długość snu (48 %). Niemal co czwarty Polak (24 %) uważa, że również stres nie przekłada się na poziom cholesterolu oraz brak ruchu (18 %) i spożywanie tłuszczów pochodzenia zwierzęcego (18 %). Niepokojący może być fakt, że spory odsetek respondentów jako czynnik niewpływający na poziom cholesterolu wskazuje spożywanie słodczy i fast-foodów (16 %) oraz otyłość i nadwagę (15 %). Respondenci najczęściej wskazywali, że wypoczynek na świeżym powietrzu nie ma wpływu na poziom cholesterolu we krwi – tę błędną odpowiedź wskazała połowa ankietowanych. Co więcej, aż 18% wskazało na brak ruchu, jako czynnik niewpływający na stężenie LDL [38-39].

### Podsumowanie

Celem niniejszych badań była analiza opinii kobiet i mężczyzn różnego wieku na temat wiedzy dotyczącej roli cholesterolu w procesach fizjologicznych. Ankieta obrazuje postrzeganie i wiedzę na temat cholesterolu. Większość pytań cechowała się niskim lub średnim odsetkiem prawidłowych odpowiedzi. Było również kilka pytań, które procentowo wypadły korzystnie. Ankietowani w dużej mierze wiedzą do jakiej grupy związków chemicznych należy cholesterol. Niespełna połowa ankietowanych znała frakcje cholesterolu. Respondenci w większości odpowiedzieli prawidłowo na pytanie dotyczące ogólnych funkcji cholesterolu. Z kolei na pytanie o poszczególne funkcje cholesterolu ankietowani nie znali odpowiedzi. Ponad połowa ankietowanych wie, że wątroba jest organem odpowiedzialnym za produkcję cholesterolu.

Jeśli chodzi o profilaktykę chorób układu sercowo-naczyniowego, to respondenci wiedzą, że istnieje wiele czynników mających wpływ na profilaktykę chorób układu sercowo-naczyniowego. Ankietowani nie znają produktów, które posiadają wysoką zawartość cholesterolu. Podwyższony poziom cholesterolu ankietowani utożsamiają głównie z problemami z układem sercowo-naczyniowym. Niestety prawie cała grupa ankietowanych uważa, że

podwyższony poziom cholesterolu należy jak najszybciej obniżyć, niezależnie od przyczyny jego podwyższenia. Podsumowując, ankietowani kojarzą cholesterol jako coś złego oraz twierdzą, że jego podwyższony poziom w każdej sytuacji powinno się obniżać. Cholesterol jest również uważany przez ankietowanych za czynnik mający bardzo duże znaczenie w powstawaniu chorób układu sercowo-naczyniowego.

### References

1. Andersson, K. E., Hellstrand, P. (2012). Dietary oats and modulation of atherogenic pathways. *Molecular Nutrition & Food Research*, 56, 7, 1003–1013.
2. Axmann, M., Strobl, W. M., Plochberger, B., Stangl, H. (2019). Cholesterol transfer at the plasma membrane. *Atherosclerosis*, 290, 111–117.
3. Azevedo Ade, C. (1995). Normalizar o lipidograma. Por quê, como e quanto? [To normalize the lipidogram. Why, how, and how much?]. *Arquivos Brasileiros de Cardiologia*, 64, 2, 145–148.
4. Cortes, V. A., Busso, D., Maiz, A., Arteaga, A., Nervi, F., Rigotti, A. (2014). Physiological and pathological implications of cholesterol. *Frontiers in Bioscience (Landmark Ed.)*, 19, 3, 416–428.
5. De Berardis, D., Conti, C. M., Serroni, N., Moschetta, F. S., Carano, A., Salerno, R. M., Cavuto, M., Farina, B., Alessandrini, M., Janiri, L., Pozzi, G., Di Giannantonio, M. (2009). The role of cholesterol levels in mood disorders and suicide. *Journal of Biological Regulators & Homeostatic Agents*, 23, 3, 133–140.
6. Esposito, C. M., Buoli, M., Ciappolino, V., Agostoni, C., Brambilla, P. (2021). The Role of Cholesterol and Fatty Acids in the Etiology and Diagnosis of Autism Spectrum Disorders. *International Journal of Molecular Sciences*, 22, 7, 3550.
7. Geovanini, G. R., Libby, P. (2018). Atherosclerosis and inflammation: overview and updates. *Clinical Science (London, England)*, 132, 12, 1243–1252.
8. Gholipour, S., Sewell, R. D. E., Lorigooini, Z., Rafieian-Kopaei, M. (2018). Medicinal Plants and Atherosclerosis: A Review on Molecular Aspects. *Current Pharmaceutical Design*, 24, 26, 3123–3131.
9. Groenen, A. G., Halmos, B., Tall, A. R., Westerterp, M. (2021). Cholesterol efflux pathways, inflammation, and atherosclerosis. *Critical Reviews in Biochemistry and Molecular Biology*, 56, 4, 426–439.
10. Hanel, A., Carlberg, C. (2020). Vitamin D and evolution: Pharmacologic implications. *Biochemical Pharmacology*, 173, 113595.

11. Huang, B., Song, B. L., Xu, C. (2020). Cholesterol metabolism in cancer: mechanisms and therapeutic opportunities. *Nature Metabolism*, 2, 2, 132–141.
12. Jin, U., Park, S. J., Park, S. M. (2019). Cholesterol Metabolism in the Brain and Its Association with Parkinson's Disease. *Experimental Neurobiology*, 28, 5, 554–567.
13. Khan, N., Mukhtar, H. (2013). Tea and health: studies in humans. *Current Pharmaceutical Design*, 19, 34, 6141–6147.
14. Kim, I. S., Yang, W. S., Kim, C. H. (2021). Beneficial Effects of Soybean-Derived Bioactive Peptides. *International Journal of Molecular Sciences*, 22, 16, 8570.
15. Last, A. R., Ference, J. D., Menzel, E. R. (2017). Hyperlipidemia: Drugs for Cardiovascular Risk Reduction in Adults. *American Family Physician*, 95, 2, 78–87.
16. Luo, J., Yang, H., Song, B. L. (2020). Mechanisms and regulation of cholesterol homeostasis. *Nature Reviews Molecular Cell Biology*, 21, 4, 225–245.
17. Malekmohammad, K., Sewell, R.D.E., Rafieian-Kopaei, M. (2019). Antioxidants and Atherosclerosis: Mechanistic Aspects. *Biomolecules*, 9, 8, 301.
18. Marchio, P., Guerra-Ojeda, S., Vila, J. M., Aldasoro, M., Victor, V. M., Mauricio M. D. (2019). Targeting Early Atherosclerosis: A Focus on Oxidative Stress and Inflammation. *Oxidative Medicine and Cellular Longevity*, 2019, 8563845.
19. Marchionni, N., Orso, F. (2016). Cholesterol: until which age 'the lower the better'? *Monaldi Archives for Chest Disease*, 84, 1-2, 749.
20. Miller, W. L. (2017). Steroidogenesis: Unanswered Questions. *Trends in Endocrinology & Metabolism*, 28, 11, 771–793.
21. Ossoli, A., Pavanello, C., Calabresi, L. (2016). High-Density Lipoprotein, Lecithin: Cholesterol Acyltransferase, and Atherosclerosis. *Endocrinology and Metabolism (Seoul)*, 31, 2, 223–229.
22. Paukner, K., Králová Lesná, I., Poledne, R. (2022). Cholesterol in the Cell Membrane – An Emerging Player in Atherogenesis. *International Journal of Molecular Sciences*, 23, 1, 533.
23. Raggi, P., Genest, J., Giles, J.T., Rayner, K.J., Dwivedi, G., Beanlands, R.S., Gupta, M. (2018). Role of inflammation in the pathogenesis of atherosclerosis and therapeutic interventions. *Atherosclerosis*, 276, 98–108.
24. Rastogi, S., Pandey, M. M., Rawat, A. K. (2016). Traditional herbs: a remedy for cardiovascular disorders. *Phytomedicine*, 23, 11, 1082–1089.
25. Russell D. W. (2003). The enzymes, regulation, and genetics of bile acid synthesis. *Annual Review of Biochemistry*, 72, 137–174.



26. Schade, D. S., Shey, L., Eaton, R. P. (2020). Cholesterol Review: A Metabolically Important Molecule. *Endocrine Practice*, 26, 12, 1514–1523.
27. Schlienger, J. L., Goichot, B., Pradignac, A. (1998). Cholestérolémie et pathologie: le point [Cholesterolemia and pathology: update]. *La Revue de Médecine Interne*, 19, 3, 180–184.
28. Schoop, V., Martello, A., Eden, E.R., Höglinger, D. (2021). Cellular cholesterol and how to find it. *Biochimica et Biophysica Acta – Molecular and Cell Biology of Lipids*, 1866, 9, 158989.
29. Shaito, A., Thuan, D. T. B., Phu, H. T., Nguyen, T. H. D., Hasan, H., Halabi, S., Abdelhady, S., Nasrallah, G. K., Eid, A.H., Pintus, G. (2020). Herbal Medicine for Cardiovascular Diseases: Efficacy, Mechanisms, and Safety. *Frontiers in Pharmacology*, 11, 422.
30. Singh, S. (2019). Herbal Approach for Management of Atherosclerosis: a Review. *Current Atherosclerosis Reports*, 21, 4, 12.
31. Sobenin, I. A., Myasoedova, V. A., Iltchuk, M. I., Zhang, D. W., Orekhov, A. N. (2019). Therapeutic effects of garlic in cardiovascular atherosclerotic disease. *Chinese Journal of Natural Medicines*, 17, 10, 721–728.
32. Tuckey, R. C., Cheng, C. Y. S., Slominski, A. T. (2019). The serum vitamin D metabolome: What we know and what is still to discover. *Journal of Steroid Biochemistry and Molecular Biology*, 186, 4–21.
33. Wang, Y., Yutuc, E., Griffiths, W. J. (2021). Cholesterol metabolism pathways – are the intermediates more important than the products? *FEBS Journal*, 288, 12, 3727–3745.
34. Warren, T., McAllister, R., Morgan, A., Rai, T. S., McGilligan, V., Ennis, M., Page, C., Kelly, C., Peace, A., Corfe, B. M., Mc Auley, M., Watterson, S. (2021). The Interdependency and Co-Regulation of the Vitamin D and Cholesterol Metabolism. *Cells*, 10, 8, 2007.
35. Xu, H., Zhou, S., Tang, Q., Xia, H., Bi, F. (2020). Cholesterol metabolism: New functions and therapeutic approaches in cancer. *Biochimica et Biophysica Acta – Reviews on Cancer*, 1874, 1, 188394.
36. Yeagle, P. L. (1985). Cholesterol and the cell membrane. *Biochimica et Biophysica Acta*, 822, 3-4, 267–287.
37. Zuraini, N. Z. A., Sekar, M., Wu, Y. S., Gan, S. H., Bonam, S. R., Mat Rani, N. N. I., Begum, M. Y., Lum, P. T., Subramaniam, V., Fuloria, N. K., Fuloria, S. (2021). Promising Nutritional Fruits Against Cardiovascular Diseases: An Overview of Experimental Evidence and Understanding Their Mechanisms of Action. *Vascular Health and Risk Management*, 17, 739–769.
38. <https://www.portalspozywczy.pl/technologie/wiadomosci/co-polacy-wiedza-o-cholesterolu-badanie,174793.html>
39. <https://infowire.pl/generic/release/457663/fastfoody-slodycze-i-stres-bez-wplywu-na-poziom-cholesterolu-co-polacy>.

## АНАЛІЗ УЯВЛЕНЬ РЕСПОНДЕНТІВ ЩОДО РОЛІ ХОЛЕСТЕРИНУ У ФІЗІОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСАХ

### АНОТАЦІЯ

Інтерес до холестерину значно зріс, особливо в останні роки, скільки з'ясовано, що холестерин – речовина, необхідна для нормального функціонування організму: регулює властивості клітинних мембран; бере участь у синтезі вітаміну D, що підтримує в організмі належний рівень кальцію і фосфору й визначає розвиток та підтримку кісток; стимулює вироблення антитіл; бере участь у синтезі жовчних кислот та стероїдних гормонів.

**Мета:** Метою цього дослідження був аналіз уявлень жінок і чоловіків різного віку щодо знань про роль холестерину у фізіологічних процесах.

**Methodology.** Дослідження проводили у 2017-2019 роках серед жителів міст Слупськ, Битув, Мястко, Славно, гміни Потенгово та Чарна Домбрувка (Поморське та Західно-Поморське воєводства). Загалом у дослідженні взяли участь 330 респондентів, з них 274 жінки (83 %) і 56 чоловіків (17 %).

**Наукова новизна.** Як виявили результати нашого дослідження, респонденти переважно знали, до якої групи хімічних сполук належить холестерин. Менше половини респондентів знали про фракції холестерину. Більшість респондентів правильно відповіли на питання про загальні функції холестерину. Більше половини респондентів знали, що печінка є органом, відповідальним за продукцію холестерину. Що стосується профілактики серцево-судинних захворювань, респонденти відповіли, що існує багато факторів, які впливають на профілактику серцево-судинних захворювань. Респонденти не зазначили продуктів з високим вмістом холестерину. Підвищений рівень холестерину респонденти пов'язують переважно з проблемами серцево-судинної системи. На жаль, майже вся група респондентів вважає, що підвищений рівень холестерину необхідно знизити якомога швидше, незалежно від причини його підвищення.

**Висновки.** Респонденти асоціювали холестерин з чимось поганим і припускали, що його підвищений рівень потрібно знижувати у будь-яких випадках. Холестерин також розглядався респондентами як дуже важливий фактор у розвитку серцево-судинних захворювань.

**Ключові слова:** холестерин, уявлення, респонденти, жінки, чоловіки, Поморський регіон, Польща

Received: 25.10.2022. Accepted: 08.12.2022. Published: 29.12.2022.

#### Cite this article in APA Style as:

Labuda P., Tkachenko, H., Kurhaluk, N. (2022). Analiza opinii respondentów na temat wiedzy dotyczącej roli cholesterolu w procesach fizjologicznych [Analysis of opinions of respondents on the knowledge concerning the role of cholesterol in physiological processes]. *ВНТ: Biota. Human. Technology*, 2, 45-66. (in Polish)

#### Information about the authors:

Labuda P. [*in Ukrainian: Лабу́да П.І.*]<sup>1</sup>, Student, email: paulinalabuda9527@wp.pl  
Institute of Biology and Earth Sciences, Pomeranian University in Słupsk,  
22b Arciszewski Street, Słupsk, 76-200, Poland

**Тkachenko H.** [*in Ukrainian: Ткаченко Г.*]<sup>2</sup>, Dr. of Biol. Sc., Prof., email: halyna.tkachenko@apsl.edu.pl  
ORCID: 0000-0003-3951-9005  
Department of Zoology and Animal Physiology, Institute of Biology and Earth Sciences,  
Pomeranian University in Słupsk,  
22b Arciszewski Street, Słupsk, 76-200, Poland

**Kurhaluk N.** [*in Ukrainian: Курхалюк Н.*]<sup>3</sup>, Dr. of Biol. Sc., Prof., email: natalia.kurhaluk@apsl.edu.pl  
ORCID: 0000-0002-4669-1092  
Department of Zoology and Animal Physiology, Institute of Biology and Earth Sciences,  
Pomeranian University in Słupsk,  
22b Arciszewski Street, Słupsk, 76-200, Poland

---

<sup>1</sup> Data collection, statistical analysis

<sup>2</sup> Study design, statistical analysis, manuscript preparation

<sup>3</sup> Study design, statistical analysis, manuscript preparation

UDC 616.127-005.8+616.379-008.64]:612.397

Natalia Kurhaluk, Krzysztof Tota, Małgorzata Dubik-Tota, Halyna Tkachenko



LIPID PEROXIDATION IN THE BLOOD OF MALES AND FEMALES WITH MYOCARDIAL INFARCTION AND DIABETES MELLITUS TYPE 2  
INTENSYWNOŚĆ PROCESÓW PEROKSYDACJI LIPIDÓW WE KRWI KOBIET I MĘŻCZYŹN Z ZAWAŁAMI SERCA I CUKRZYCĄ TYPU 2

DOI: 10.58407/bht.2.22.5

This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

© Kurhaluk, N., Tota, K., Dubik-Tota, M., Tkachenko, H., 2022

#### ABSTRACT

Individuals with diabetes have a four-fold risk of developing coronary heart disease than those without diabetes. Dyslipidemia and hypertension associated with diabetes are additional risk factors for heart attack and myocardial infarctions. Oxidative stress induces many chronic diseases, especially diabetes and heart disease.

**Purpose:** determination of lipid peroxidation markers in males and females with type 2 diabetes, individuals who have had myocardial infarctions, and individuals with type 2 diabetes and myocardial infarctions compared with healthy individuals.

**Methodology.** The criteria for inclusion in the study were individuals with type 2 diabetes with a duration of at least 10 years, individuals with type 2 diabetes who had at least two myocardial infarcts, and healthy individuals (the control group of different genders), aged 35-71. In the obtained plasma, the level of lipid peroxidation (concentration of 2-thiobarbituric acid reacting substances) was assessed.

**Scientific novelty.** Our study showed a significant increase in lipid peroxidation biomarker levels in all subjects compared to the control group. Males had a higher level of lipid peroxidation compared to females, indicating that men with type 2 diabetes and/or myocardial infarctions were more exposed to the harmful effects of oxidative stress. An increase in lipid peroxidation markers in the plasma of individuals with myocardial infarctions and diabetes compared to healthy individuals was observed. This may indicate the key importance of oxidative stress in the pathology of diabetes and myocardial infarctions. Analysis of multifactorial variance among a group with type 2 diabetes and myocardial infarction has shown the increase in the level of lipid peroxidation markers is influenced by the male gender.

**Conclusions.** Increased plasma level of oxidative stress biomarkers was observed in both groups with myocardial infarctions and type 2 diabetes, as well as with diabetes and myocardial infarctions compared to the control group. In addition, a greater increase in lipid peroxidation in males compared to the female group was observed. The results obtained are another step in understanding the metabolic alterations in diabetes and myocardial infarction.

**Keywords:** myocardial infarction, type 2 diabetes, lipid peroxidation, 2-thiobarbituric acid reactive substances (TBARS), females, males

#### STRESZCZENIE

U osób chorujących na cukrzycę ryzyko wystąpienia choroby niedokrwiennej serca jest cztery razy wyższe niż u osób bez cukrzycy, a współistniejące z cukrzycą dyslipidemia i nadciśnienie tętnicze stanowi dodatkowy czynnik ryzyka zawału serca. Stres oksydacyjny towarzyszy wielu chorobom przewlekłym, zwłaszcza cukrzycy i chorobom serca.

**Cel badań:** Zwracając uwagę na aktualność podjętego problemu, celem naszych badań było oznaczenie poziomu markerów peroksydacji lipidów u kobiet i mężczyzn z cukrzycą typu 2, u osób po zawałach serca oraz osób z cukrzycą typu 2 i zawałami serca w porównaniu z osobami zdrowymi.

**Metodologia.** Kryteriami włączenia do badania były osoby z cukrzycą typu 2, trwającą, co najmniej 10 lat, osoby z cukrzycą typu 2, które przeszły co najmniej dwa zawały serca oraz osoby zdrowe, które stanowiły grupę kontrolną, różnej płci, w wieku 35-71 lat.

**Nowatorstwo naukowe.** W naszym badaniu wykazano duży wzrost produktów peroksydacji lipidów u wszystkich badanych osób w porównaniu do grupy kontrolnej. Mężczyźni mieli wyższy poziom peroksydacji lipidów w porównaniu do grupy kobiet, co może świadczyć o tym, że mężczyźni z cukrzycą typu 2 i/lub z zawałami serca w większym stopniu narażeni są na szkodliwe działanie stresu oksydacyjnego.

**Wnioski.** Analizując poziom markerów stresu oksydacyjnego (peroksydacji lipidów) we krwi osób różnej płci, zdrowych, z zawałami serca, cukrzycą oraz zawałami serca i cukrzycą, zaobserwowaliśmy wzrost markerów peroksydacji lipidów u osób z zawałami serca i cukrzycą w porównaniu z osobami zdrowymi. Może to świadczyć o kluczowym znaczeniu stresu oksydacyjnego w patologii cukrzycy i zawału serca. Analiza wariancji wieloczynnikowej u osób z cukrzycą typu 2 i zawałami serca wykazała, że w przebiegu tych chorób na wzrost poziomu markerów peroksydacji lipidów ma wpływ płeć męska.

**Słowa kluczowe:** zawał mięśnia sercowego, cukrzyca typu 2, peroksydacja lipidów, substancje reagujące z kwasem 2-tiobarbiturowym (TBARS), kobiety, mężczyźni

## Wprowadzenie

Według Polskiego Towarzystwa Diabetologicznego (PTD) cukrzyca (DM, łac. *Diabetes Mellitus*) stanowi grupę chorób metabolicznych, która charakteryzuje się występowaniem hiperglikemii, będącą wynikiem defektu wydzielania/działania insuliny lub oboma tymi nieprawidłowościami. Przewlekłe utrzymująca się hiperglikemia skutkuje uszkodzeniem, zaburzeniem czynności i niewydolnością wielu narządów, głównie oczu, nerek, nerwów i naczyń krwionośnych [4; 36].

Wyróżnia się cztery typy cukrzycy:

1. Cukrzyca typu 1 (ok. 8-10 % wszystkich chorych na cukrzycę [7; 36]:

- ✓ autoimmunologiczna,
- ✓ idiopatyczna.

2. Cukrzyca typu 2 (ok. 90 % wszystkich chorych na cukrzycę [36; 43].

3. Inne specyficzne typy cukrzycy (tzw. cukrzycy o znanej etiologii), występujące w przebiegu genetycznych defektów czynności komórki  $\beta$  lub działania insuliny, chorób zewnątrzwydzielniczej części trzustki [7; 36].

4. Cukrzyca ciążowa [7; 36].

Cukrzyca stanowi jeden z najważniejszych wyzwań zdrowotnych współczesnego świata. Według najnowszych danych Międzynarodowej Federacji Diabetologicznej (IDF) obecnie na świecie cukrzyca dotyka 424,877 mln osób, z czego w Polsce na cukrzycę choruje 2,235 mln. Ta ogromna liczba chorych stanowi jedno z największych wyzwań medycyny XXI wieku, a ciągły wzrost przypadków zachorowań na cukrzycę związany jest przede wszystkim ze wzrostem występowania nadwagi i otyłości oraz starzenia się społeczeństw (<https://idf.org>).

Cukrzyca typu 2 początkowo przebiega bezobjawowo, i dlatego przez długie lata pozostaje nierozpoznana. Odsetek nierozpoznanej cukrzycy w Europie wynosi około 37,9 %, a w Polsce ten odsetek mieści się w przedziale około 22-33 %. Natomiast częstość występowania cukrzycy w oparciu o dane z całego świata jest wyższy u mężczyzn niż u kobiet (9,1 % vs. 8,4 %), a ryzyko cukrzycy typu 2 rośnie wraz z wiekiem, z przewagą u osób w wieku powyżej 50 lat (<https://idf.org>). W Polsce obserwuje się znaczne rozbieżności w ilości zachorowań na cukrzycę w poszczególnych

województwach. Różnice wynikają między innymi z różnic w rozkładach obszarów wiejskich i miejskich, nawyków żywieniowych, stylu życia, a także dostępu do opieki zdrowotnej. Według badań IDF częstość występowania cukrzycy wśród mieszkańców miast jest wyższa w porównaniu do mieszkańców wsi (10,2 % wobec 6,9 %) (<https://idf.org>). Natomiast przeprowadzone badanie przez Departament Analiz i Strategii Ministerstwa Zdrowia wykazało, że częstość występowania cukrzycy wśród mieszkańców województwa lubelskiego jest znacząco niższe w stosunku do województwa lubuskiego i innych województw, właśnie ze względu na jeden z najniższych wskaźników urbanizacji w kraju [20].

Bardzo trudno oszacować, jaka jest dokładna śmiertelność z powodu cukrzycy, ponieważ nie jest uważana za główną przyczynę zgonu, lecz dopiero jej powikłania, będące skutkiem przewlekłej mikro- i makro-angiopatii. Ryzyko chorób sercowo-naczyniowych u osób chorych na cukrzycę wzrasta od dwóch do trzech razy, ryzyko amputacji kończyn dolnych wzrasta od 10 do 20 razy, a ryzyko rozwoju zaawansowanej choroby nerek (ESRD) wzrasta dziesięciokrotnie (<https://idf.org>).

W patologii cukrzycy i choroby niedokrwiennej serca ważną rolę odgrywają nadmiernie produkowane reaktywne formy tlenu i azotu, które uszkadzają białka, lipidy i DNA. W wyniku wzrostu stężenia RFT (ROS, ang. *reactive oxygen species*) i RFA (RONS, ang. *reactive oxygen and nitrogen species*), przewyższających systemy antyoksydacyjne w komórce, dochodzi do zjawiska stresu oksydacyjnego [21; 24].

Peroksydacja lipidów jest jednym z ważniejszych procesów biologicznych związanych z działaniem reaktywnych form tlenu i azotu. Zwiększona peroksydacja lipidów wykazuje ścisły związek z wysokim poziomem glikemii i stresem oksydacyjnym w cukrzycy [38]. Jest to proces, w którym utleniacze, takie jak wolne rodniki, atakują lipidy zawierające podwójne wiązanie (wiązania) węgiel-węgiel, zwłaszcza wielonienasycone kwasy tłuszczowe

(PUFA) w wyniku czego powstają nadtlenuki tych związków i wolne rodniki alkilowe, które reagując z cząsteczką tlenu, tworzą wolnorodnikowe nadtlenuki lipidowe (LOOH) [8; 25]. Ponieważ lipidy stanowią główny składnik błon komórkowych najbardziej podatne są na modyfikację oksydacyjną. Glikolipidy, fosfolipidy i cholesterol są również celami niszczącej i potencjalnie śmiertelnej modyfikacji peroksydacyjnej [9].

Peroksydacja lipidów lub reakcja tlenu z nienasyconymi lipidami daje szeroką gamę produktów utleniania (TBARS). Głównym końcowym produktem peroksydacji lipidów jest dialdehyd malonowy (MDA, ang. *malondialdehyde*) oraz 4-hydroksynonenal (4-HNE), które mogą reagować z zasadami DNA, prowadząc do mutacji genów, zmniejszenia płynności i funkcji receptorowych oraz utraty integralności błony komórkowej [5; 14; 30]. Produkty peroksydacji lipidów, takie jak propanal i heksanal hamują syntezę białek, działanie makrofagów oraz zmieniają sygnały chemotaktyczne oraz aktywność wielu enzymów [13; 29; 34]. MDA od wielu lat jest szeroko stosowanym biomarkerem peroksydacji lipidów i jednym z najbardziej popularnych i wiarygodnych markerów, które określają stres oksydacyjny w diagnostyce klinicznej [11; 42]. Innym, uznanym bioaktywnym markerem peroksydacji lipidów jest reaktywny aldehyd 4-HNE, który jest produktem peroksydacji mikrosomalnych lipidów wątrobowych [34].

W procesie peroksydacji lipidów powstaje szeroka gama produktów utleniania. Głównym produktem peroksydacji komponentu lipidowego błon komórkowych i jednocześnie często stosowanym wskaźnikiem uszkodzeń oksydacyjnych jest aldehyd malonowy (MDA, ang. *malondialdehyde*) [6; 41]. Do pomiaru MDA wykorzystuje się reakcję barwną pomiędzy aldehydem malonowym a kwasem 2-tiobarbiturowym (TBA, ang. *2-thiobarbituric acid*) [10]. Reakcja ta, mimo że jest bardzo czuła, stanowi jednak niespecyficzną reakcję, gdyż oprócz dialdehydu malonowego z kwasem

2-tiobarbiturowym mogą wchodzić w reakcję również inne związki, tj. bilirubina, kwas sialowy, czy produkty degradacji cukrów. Dlatego też w diagnostyce dla produktów tej reakcji często używa się ogólnie przyjętej nazwy, substancje reagujące z kwasem 2-tiobarbiturowym (TBARS, *2-thiobarbituric acid reactive substances*) [40].

Zwracając uwagę na aktualność podjętego problemu, celem naszych badań było oznaczenie poziomu markerów peroksydacji lipidów we krwi kobiet i mężczyzn z cukrzycą typu 2, u osób po zawałach serca oraz osób z cukrzycą typu 2 i zawałami serca w porównaniu z osobami zdrowymi.

### **Materiały i metody badań**

*Materiał źródłowy.* Materiał do badań zebrano w latach 2015–2018 u 225 osób mieszkających na terenie Pomorza Środkowego, hospitalizowanych w Szpitalu Wojewódzkim w Koszalinie i w Słupsku. Kryteriami włączenia do badania były osoby z cukrzycą typu 2, trwającą, co najmniej 10 lat, osoby z cukrzycą typu 2, które przeszły co najmniej dwa zawały serca oraz osoby zdrowe, które stanowiły grupę kontrolną, różnej płci, w wieku 35-71 lat. Na przeprowadzenie powyższego badania uzyskano zgodę Komisji Bioetycznej przy Okręgowej Izbie Lekarskiej w Gdańsku (2015). Charakterystykę badanych grup przedstawiono poniżej.

Wszystkie osoby, biorące udział w badaniu, zostały poinformowane o jego celu i wyraziły na nie zgodę. Do przeprowadzenia badań podmiotowych posłużono się kwestionariuszem ankiety składającym się z 7 otwartych pytań dotyczących palenia papierosów, aktywności fizycznej, wywiadu rodzinnego w kierunku cukrzycy i zawałów serca oraz liczby zawałów serca.

Ocena stężenia markerów stresu oksydacyjnego zostało przeprowadzone u 225 osób, 132 mężczyzn (58,67 %) i u 93 kobiet (41,33 %) w wieku 35-71 lat, zamieszkałych na terenie Pomorza Środkowego.

Wszystkie osoby zostały podzielone na grupy:

*Grupa 1:* 50 zdrowych ochotników.

Grupa 1 liczyła 39 mężczyzn w wieku 35-70 lat i 11 kobiet w wieku 35-68 lat. Wszyscy ochotnicy, którzy wzięli udział w badaniu, byli czynnymi funkcjonariuszami straży pożarnej. Z racji wykonywanego zawodu, w którym liczniejszą grupę stanowią mężczyźni, grupa kobiet jest mniejsza.

Spośród ochotników wyłoniono osoby zdrowe na podstawie przedstawionych badań laboratoryjnych wymienionych powyżej z okresu ostatnich trzech miesięcy oraz przeprowadzono wywiad-ankietę w kierunku występowania chorób, chorób w rodzinie, aktywności fizycznej i palenia tytoniu.

*Grupa 2:* 65 osób, które przeszły co najmniej dwa zawały serca.

Ta grupa liczyła 33 mężczyzn w wieku 38-71 lat i 32 kobiety w wieku 36-71 lat. Grupę osób badanych wyłoniono na podstawie ankiety, przeprowadzonej w Szpitalu Wojewódzkim w Koszalinie i w Słupsku na oddziale kardiologii, a typ i rodzaj zawałów serca uzyskano z kart informacyjnych przedstawionych przez osoby badane po uzyskaniu zgody. Dodatkowe informacje na temat przebiegu zawałów, chorób w rodzinie, aktywności fizycznej i palenia tytoniu otrzymano po przeprowadzeniu ankiety.

*Grupa 3:* 60 osób chorych na cukrzycę typu 2.

Grupa badanych osób z cukrzycą liczyła 35 mężczyzn w wieku 30-70 lat i 25 kobiet w wieku 35-70 lat. Grupę osób badanych wyłoniono na podstawie przeprowadzonej ankiety w Szpitalu Wojewódzkim w Koszalinie i w Słupsku na oddziale wewnętrznym, a rodzaj schorzenia uzyskano z przedstawionych badań laboratoryjnych (będących wskaźnikami cukrzycy) i karty informacyjnej leczenia szpitalnego.

*Grupa 4:* 50 osób chorych na cukrzycę typu 2, które przeszły co najmniej dwa zawały serca.

Do tej grupy zaliczono 25 mężczyzn w wieku 35-70 lat i 25 kobiet w wieku 33-70 lat. Grupę osób badanych wyłoniono na podstawie wywiadu-ankiety, przeprowadzonej w Szpitalu Wojewódzkim w Koszalinie i w Słupsku na oddziale kardiologii. Informacje na temat

przebiegu zawałów serca i cukrzycy uzyskano na podstawie kart informacyjnych leczenia szpitalnego oraz badań laboratoryjnych.

*Pobieranie i przygotowanie materiału.* Materiał do badań stanowiła krew pobrana z żyły łokciowej do probówek z K<sub>3</sub>-EDTA i z cytrynianem sodu. Krew pobierano w warunkach szpitalnych, który następnie odwirowano w wirówce (3 min/3000 obr.). Otrzymane osocze przeniesiono do odpowiednio oznakowanych probówek i zamrożone w temp. -25°C. W uzyskanym osoczu, natychmiast po rozmrożeniu wykonano analizy w kierunku oceny parametrów stresu oksydacyjnego w laboratorium Zakładu Zoologii i Fizjologii Zwierząt Instytutu Biologii i Nauk o Ziemi Akademii Pomorskiej w Słupsku.

*Stężenie końcowych produktów peroksydacji lipidów.* Oznaczanie stężenia produktów peroksydacji lipidów z kwasem 2-tiobarbiturowym ma na celu określenie poziomu dialdehydu malonowego (MDA), który jest produktem końcowym peroksydacyjnych zmian występujących w lipidach wywołanych przez stres oksydacyjny. Jest on wykorzystywany w celu stwierdzenia nasilenia peroksydacji lipidów. Przy pomocy kwasu 2-tiobarbiturowego (TBA) został oznaczony barwny produkt danej reakcji. Metoda ta służy do znakowania barwnych produktów kompleksów trimetynowych łączących się z kwasem 2-tiobarbiturowym (substancje reagujące z kwasem 2-tiobarbiturowym, TBARS). W tej metodzie intensywność zabarwienia odczytywana jest przy długości fali 532 nm [17].

*Analiza statystyczna.* Przeprowadzono analizy statystyczne przy użyciu pakietu IBM SPSS Statistics 23. Za jego pomocą wykonano analizę podstawowych statystyk opisowych wraz z testami Kołmogorowa-Smirnowa, dwuczynnikowe analizy wariancji w schemacie międzygrupowym. Wyniki wyrażono jako średnią ± S.D. (odchylenie standardowe). Różnice przy  $p < 0,05$  uznano za statystycznie istotne [44].

## Wyniki badań i ich omówienie

Peroksydacja lipidów jest procesem, w

którym utleniacze, takie jak wolne rodniki tlenowe, atakują lipidy błon komórkowych, zwłaszcza wielonienasycone kwasy tłuszczowe (PUFA), zawierające podwójne wiązanie (wiązania węgiel-węgiel) oraz glikolipidy, fosfolipidy i cholesterol [16; 45]. W związku z tym, że wspomniane składniki komórkowe odpowiedzialne są za utrzymanie integralności błon komórkowych, rozległa peroksydacja lipidów wpływa na skład, strukturę i dynamikę błon komórkowych, a tym samym na uszkodzenie komórek i powstawania chorób [37].

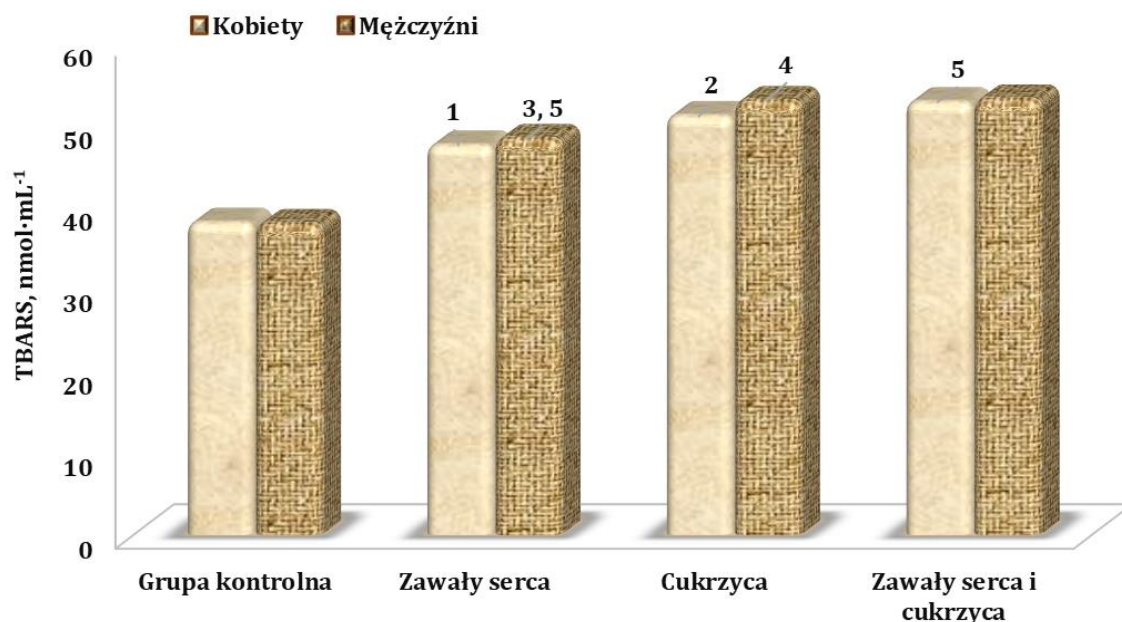
Intensywność procesów peroksydacji lipidów we krwi kobiet i mężczyzn z zawałami serca, cukrzycą oraz zawałami serca i cukrzycą przedstawiono na ryc. 1.

Najwyższy poziom TBARS odnotowaliśmy u mężczyzn z zawałami serca i cukrzycą (53,17 nmol/ml). Kobiety wykazały mniejszy o 9,7 % ( $p = 0,026$ ) poziom TBARS w tej samej grupie. Dodatkowo zaobserwowaliśmy wzrost TBARS u mężczyzn z zawałami serca o 29,6 % ( $p = 0,000$ ) oraz u mężczyzn z cukrzycą o 41,3% ( $p = 0,000$ ) w porównaniu do mężczyzn zdrowych. Z kolei u kobiet z zawałami serca oraz u kobiet z cukrzycą zaobserwowano wzrost TBARS produktów odpowiednio o 27,5 % ( $p = 0,001$ ) i o 36,3 % ( $p = 0,000$ ) w porównaniu do kobiet zdrowych.

W naszym badaniu wykazano duży wzrost produktów peroksydacji lipidów u wszystkich badanych osób w porównaniu do grupy kontrolnej. Mężczyźni mieli wyższy poziom TBARS w porównaniu do grupy kobiet, co może świadczyć o tym, że mężczyźni z cukrzycą typu 2 i/lub z zawałami serca w większym stopniu narażeni są na szkodliwe działanie stresu oksydacyjnego.

W celu wyjaśnienia wpływu płci na poziom markerów peroksydacji lipidów osób z cukrzycą, z zawałami serca oraz z zawałami serca i cukrzycą przeprowadzono wieloczynnikową analizę wariancji. Otrzymane wyniki poddane analizie wariancji wieloczynnikowej przedstawiono w tabeli 1.





Ryc. 1. Intensywność procesów peroksydacji lipidów (TBARS, nmol/ml) we krwi kobiet i mężczyzn zdrowych (grupa kontrolna), z zawałami serca, cukrzycą typu 2 oraz z zawałami serca i cukrzycą. Zmiany statystycznie istotne dla relacji: 1. grupa kontrolna (kobiety) – zawały serca (kobiety) ( $p = 0,001$ ), 2. grupa kontrolna (kobiety) - cukrzyca (kobiety) ( $p = 0,000$ ), 3. grupa kontrolna (mężczyźni) – zawały serca (mężczyźni) ( $p = 0,000$ ), 4. grupa kontrolna (mężczyźni) - cukrzyca (mężczyźni) ( $p = 0,000$ ), 5. zawały serca i cukrzyca (mężczyźni) – zawały serca (mężczyźni) ( $p = 0,026$ ).

Tabela 1

Analiza wariancji wieloczynnikowej dla peroksydacji lipidów (TBARS) u osób z zawałami serca, z cukrzycą typu 2, z zawałami serca i cukrzycą typu 2

Grupy	Liczba stopni swobody, df	Suma kwadratów	Średni kwadrat	F	Współczynnik determinacji R-kwadrat, R <sup>2</sup>
<i>Osoby z zawałami serca</i>					
Grupa	2	3835,21	1462,19	36,52***	0,218
Płeć	1	285,64	285,64	2,24	0,011
<i>Osoby z cukrzycą typu 2</i>					
Grupa	3	5711,15	1903,72	39,72**	0,354
Płeć	1	268,64	268,64	4,41*	0,021
<i>Osoby z zawałami serca i cukrzycą typu 2</i>					
Grupa	4	4935,25	1762,69	26,82***	0,295
Płeć	1	852,16	852,16	7,43**	0,033

Notatka: \* – różnice statystycznie istotne przy  $p < 0,05$ ; \*\* – różnice statystycznie istotne przy  $p < 0,01$ ; \*\*\* – różnice statystycznie istotne przy  $p < 0,001$ .

Jak wynika z przeprowadzonej analizy wariacji wieloczynnikowej u osób z cukrzycą typu 2 proces peroksydacja lipidów był determinowany takim czynnikiem jak płeć męską. Analiza wariacji wieloczynnikowej u osób z cukrzycą typu 2 i zawałami serca wykazała, że w przebiegu tych chorób na wzrost poziomu TBARS również istotny wpływ ma taki czynnik jak płeć męska (w 3,3 %,  $p < 0,01$ ) (Tabela 1).

Jak wynika z wyników naszych badań, zwiększony poziom biomarkerów stresu oksydacyjnego w osoczu zaobserwowano zarówno u osób z zawałami serca, z cukrzycą typu 2, jak i z cukrzycą i zawałami serca w porównaniu do grupy kontrolnej. Dodatkowo odnotowaliśmy większy wzrost TBARS u mężczyzn w porównaniu do kobiet. Podobne wyniki badań przedstawiono w kilku opracowaniach [31-32; 39].

W badaniach wielu autorów został potwierdzony wzrost markerów stresu oksydacyjnego u cukrzyków z zawałami serca [1-2; 12; 22; 28; 35] oraz u osób z zawałami serca [15; 19; 23]. W ostatnich badaniach Madonna i wsp. (2019) potwierdzili fakt, że ryzyko chorób sercowo-naczyniowych u osób z cukrzycą jest znacznie wyższe niż u osób bez tej choroby, oraz że ryzyko chorób sercowo-naczyniowych, choroby niedokrwiennej serca i zawału serca jest różne u kobiet i mężczyzn [27]. Rzeczywiście, istnieją doniesienia, że względne ryzyko śmiertelnej choroby wieńcowej związanej z cukrzycą jest o 50% wyższe u kobiet niż u mężczyzn [3; 26].

Z pewnością związek między płcią a stresem oksydacyjnym jest ważny, ponieważ stres oksydacyjny jest związany z wieloma chorobami, które przebiegają inaczej u mężczyzn

i kobiet [18]. Naskręt i wsp. (2013) w swoim badaniu wywnioskowali, że cukrzyca stanowi istotną przyczynę wzrostu częstości występowania powikłań sercowo-naczyniowych we wszystkich grupach wiekowych, niezależnie od płci, typu schorzenia oraz czasu jej trwania [33].

### Podsumowanie

Analizując poziom markerów stresu oksydacyjnego tj. peroksydacja lipidów we krwi osób różnej płci, zdrowych, z zawałami serca, cukrzycą oraz zawałami serca i cukrzycą, zaobserwowaliśmy wzrost markerów peroksydacji lipidów u osób z zawałami serca i cukrzycą w porównaniu z osobami zdrowymi. Może to świadczyć o kluczowym znaczeniu stresu oksydacyjnego w patologii przebiegu cukrzycy i zawału serca. Analiza wariacji wieloczynnikowej u osób z cukrzycą typu 2 i zawałami serca wykazała, że wzrost poziomu markerów peroksydacji lipidów u osób z cukrzycą typu 2 i zawałami serca był uzależniony od płci męskiej. Obecnie poznanie mechanizmów procesów oksydacji przyczyniło się do powstania specyficznych i czułych metod do pomiaru występujących często w niskich stężeniach markerów stresu oksydacyjnego i obrony antyoksydacyjnej. Największe znaczenie mają biomarkery, których pomiar możliwy jest z materiałów takich jak krew, osocze, surowica, czy bioptat, dzięki czemu z łatwością i minimalną inwazyjnością mogą być one monitorowane u pacjentów w trakcie przebiegu choroby. W niniejszym badaniu, poziom peroksydacji lipidów jest adekwatnym biomarkerem w ocenie zmian metabolicznych zachodzących we krwi osób różnej płci z zawałami serca, cukrzycą oraz zawałami serca i cukrzycą.

### References

1. Al-Koofee, D. A. (2013). Study of malondialdehyde, reduced glutathione, and peroxy-nitrite levels in type 2 diabetics patients. *Journal of Applied Chemistry*, 2, 1581–1588.

2. Al-Rawi, N. H. (2011). Oxidative stress, antioxidant status and lipid profile in the saliva of type 2 diabetics. *Diabetes and Vascular Disease Research*, 8, 22–28.
3. Al-Salameh A., Chanson P., Bucher S., Ringa V., Becquemont L. (2019). Cardiovascular Disease in Type 2 Diabetes: A Review of Sex-Related Differences in Predisposition and Prevention. *Mayo Clinic Proceedings*, 94, 2, 287–308.
4. Banasiak, W., Sieradzki, J. (red.). (2009). Cukrzyca: Kompendium. [Diabetes: A Compendium]. Gdańsk, Poland: Via Medica, p. 1-13.
5. Bandeira, E., Neves, A. P., Costa, C., Bandeira, F. (2012). Association between vascular calcification and osteoporosis in men with type 2 diabetes. *Journal of Clinical Densitometry*, 15, 1, 55–60.
6. Chen, J., Zeng, L., Xia, T., Li, S., Yan, T., Wu, S., Qiu, G., Liu, Z. (2015). Toward a biomarker of oxidative stress: a fluorescent probe for exogenous and endogenous malondialdehyde in living cells. *Analytical Chemistry*, 87, 16, 8052–8056.
7. Czupryniak, L., Strojek, L., Siemaszko, I. (red.). (2016). Cukrzyca – epidemiologia, definicja i klasyfikacja [Diabetes mellitus – epidemiology, definition and classification]. *Diabetologia*, 2, 11–19.
8. Dąbrowska, M., Zielińska, A., Nowak, I. (2015). Produkty utleniania lipidów jako potencjalny problem zdrowotny oraz analityczny [Lipid oxidation products as a potential health and analytical problem]. *Chemik*, 69, 29, 89–94.
9. Escudero-López, B., Ortega, Á., Cerrillo, I., Rodríguez-Griñolo, M.R., Muñoz-Hernández, R., Macher, H.C., Martín, F., Hornero-Méndez, D., Mena, P., Del Rio, D., Fernández-Pachón, M.S. (2018). Consumption of orange fermented beverage improves antioxidant status and reduces peroxidation lipid and inflammatory markers in healthy humans. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 98, 7, 2777–2786.
10. Ghani, M. A., Barril, C., Bedgood, D. R. Jr, Prenzler P. D. (2017). Measurement of antioxidant activity with the thiobarbituric acid reactive substances assay. *Food Chemistry*, 230, 195–207.
11. Giera, M., Lingeman, H., Niessen, W. M. A. (2012). Recent advancements in the LC- and GC-based analysis of malondialdehyde (MDA): a brief overview. *Chromatographia*, 75, 9-10, 433–440.
12. Goodarzi, M. T., Varmaziar, L., Navidi, A. A., Parivar, K. (2008). Study of oxidative stress in type 2 diabetic patients and its relationship with glycated hemoglobin. *Saudi Medical Journal*, 29, 503–506.
13. Gradinaru, D., Borsa, C., Ionescu, C., Margina, D. (2013). Advanced oxidative and glycoxidative protein damage markers in the elderly with type 2 diabetes. *Journal of Proteomics*, 13, 181–184.
14. Guo, L., Chen, Z., Amarnath, V., Davies, S. S. (2012). Identification of novel bioactive aldehyde-modified phosphatidylethanolamines formed by lipid peroxidation. *Free Radical Biology and Medicine*, 53, 6, 1226–1238.

15. Henning, R. J. (2018). Type-2 diabetes mellitus and cardiovascular disease. *Future Cardiology*, 14, 6, 491–509.
16. Higdon, A., Diers, A. R., Oh, J.Y., Landar, A., Darley-USmar, V. M. (2012). Cell signalling by reactive lipid species: new concepts and molecular mechanisms. *Biochemical Journal*, 442, 3, 453-464.
17. Kamyshnikov, V. S. (2009). Spravochnik po kliniko-biokhimicheskim issledovaniyam i laboratornoy diagnostike [Reference book on clinic and biochemical researches and laboratory diagnostics]. Moscow, Russia, MEDpress-inform.  
Камышников В.С. Справочник по клинико-биохимическим исследованиям и лабораторной диагностике. Москва: МЕДпресс-информ, 2009.
18. Kander, M. C., Cui, Y., Liu, Z. (2017). Gender difference in oxidative stress: a new look at the mechanisms for cardiovascular diseases. *Journal of Cellular and Molecular Medicine*, 21, 5, 1024-1032.
19. Kitano, D., Takayama, T., Nagashima, K., Akabane, M., Okubo, K., Hiro, T., Hirayama, A. (2016). A comparative study of time-specific oxidative stress after acute myocardial infarction in patients with and without diabetes mellitus. *BMC Cardiovascular Disorders*, 16, 102.
20. Klimek, M., Knap, J., Tulwin, T., Trojnar, M., Dzida, G. (2018). Ocena zależności między częstością występowania cukrzycy a wybranymi czynnikami demograficznymi [Assessment of the relationship between the incidence of diabetes and selected demographic factors]. *Diabetologia Praktyczna*, 4, 3, 155–161.
21. Kryczyk, J., Zagrodzki, P. (2013). Selen w chorobie Gravesa Basedowa [Selenium in Graves' disease]. *Postępy Higieny i Medycyny Doświadczalnej*, 67, 491–498.
22. Kumawat, M., Singh, I., Singh, N., Singh, V., Kharb, S. (2012). Lipid peroxidation and lipid profile in type 2 diabetes mellitus. *WebmedCentral Biochemistry*, 3, 2–9.
23. Kurian, G. A., Rajagopal, R., Vedantham, S., Rajesh, M. (2016). The Role of Oxidative Stress in Myocardial Ischemia and Reperfusion Injury and Remodeling: Revisited. *Oxidative Medicine and Cellular Longevity*, 2016, 1656450.
24. Lobo, V., Patil, A., Phatak, A., Chandra, N. (2010). Free radicals, antioxidants and functional foods: impact on human health. *Pharmacognosy Reviews*, 4, 8, 118–126.
25. Ma, K. Nunemaker, C. S., Wu, R., Chakrabarti, S. K., Taylor-Fishwick, D. A., Nadler, J. L. (2010). 12-Lipoxygenase Products Reduce Insulin Secretion and  $\beta$ -Cell Viability in Human Islets. *Journal of Clinical Endocrinology and Metabolism*, 95, 2, 887–893.
26. Maas, A. H., Appelman, Y. E. (2010). Gender differences in coronary heart disease. *Netherlands Heart Journal*, 18, 598–602.

27. Madonna, R., Balistreri, C. R., De Rosa, S., Muscoli, S., Selvaggio, S., Selvaggio, G., Ferdinandy, P., De Caterina, R. (2019). Impact of Sex Differences and Diabetes on Coronary Atherosclerosis and Ischemic Heart Disease. *Journal of Clinical Medicine*, 8, 1, 98.
28. Mahadevan, K., Velavan, S. (2012). Assessment of salivary lipid peroxidation and protein oxidation status in patients with diabetic and oral cancer. *International Journal of Bioscience and Medicine*, 1, 66–68.
29. Massey, K. A., Nicolaou, A. (2011). Lipidomics of polyunsaturated-fatty-acid-derived oxygenated metabolites. *Biochemical Society Transactions*, 39, 5, 1240–1246.
30. Mondal, L. K., Bhaduri, G., Bhattacharya, B. (2018). Biochemical scenario behind initiation of diabetic retinopathy in type 2 diabetes mellitus. *Indian Journal of Ophthalmology*, 66, 4, 535–540.
31. Mushtaq, S., Ali, T., Altaf, F., Abdullah, M., Murtaza, I. (2015). Stress-responsive factor regulation in patients suffering from type 2 diabetes and myocardial infarction. *Turkish Journal of Medical Sciences*, 45, 1, 148–152.
32. Nair, A., Nair, B. J. (2017). Comparative analysis of the oxidative stress and antioxidant status in type II diabetics and nondiabetics: A biochemical study. *Journal of Oral and Maxillofacial Pathology*, 21, 3, 394–401.
33. Naskręt, D., Araszkiwicz, A., Wierusz-Wysocka, B. (2013). Choroba niedokrwienne u pacjenta z cukrzycą [Ischemic disease in a diabetic patient]. *Forum Medycyny Rodzinnej*, 3, 109–114.
34. Niki, E. (2014). Biomarkers of lipid peroxidation in clinical material. *Biochimica et Biophysica Acta*, 1840, 2, 809–817.
35. Padalkar, R. K., Shinde, A. V., Patil, S. M. (2012). Lipid profile, serum malondialdehyde, superoxide dismutase in chronic kidney diseases and type 2 diabetes mellitus. *Biomedical Research*, 23, 2, 207–210.
36. Polskie Towarzystwo Diabetologiczne. (2017). Zalecenia kliniczne dotyczące postępowania u chorych na cukrzycę [Polish Diabetological Society. Clinical recommendations for the management of diabetes]. *Diabetologia Praktyczna/ [Practical Diabetology]*, 3, Suppl. A.
37. Rodríguez-Zavala, J. S., Calleja, L. F., Moreno-Sánchez, R., Yoval-Sánchez, B. (2019). Role of aldehyde dehydrogenases in physiopathological processes. *Chemical Research in Toxicology*, 32, 3, 405–420.
38. Salgueiro, A. C., Leal, C. Q., Bianchini, M. C., Prado, I. O., Mendez, A. S., Puntel, R. L., Folmer, V., Soares, F. A., Avila, D. S., Puntel, G. O. (2013). The influence of *Bauhinia forficata* Link subsp. *pruinosa* tea on lipid peroxidation and non-protein SH groups in human erythrocytes exposed to high glucose concentrations. *Journal of Ethnopharmacology*, 148, 1, 81–87.

39. Shahid, S. U., Shabana, Humphries S. (2018). The SNP rs10911021 is associated with oxidative stress in coronary heart disease patients from Pakistan. *Lipids in Health and Disease*, 17, 1, 6.
40. Siwek, M., Sowa-Kucma, M., Styczeń, K., Misztak, P., Szewczyk, B., Topor-Madry, R., Nowak, G., Dudek, D., Rybakowski, J. K. (2016). Thiobarbituric Acid-Reactive Substances: Markers of an Acute Episode and a Late Stage of Bipolar Disorder. *Neuropsychobiology*, 73, 2, 116–122.
41. Tsikas, D. (2017). Assessment of lipid peroxidation by measuring malondialdehyde (MDA) and relatives in biological samples: Analytical and biological challenges. *Analytical Biochemistry*, 524, 13–30.
42. Wang, X., Lei, X. G., Wang, J. (2014). Malondialdehyde regulates glucose-stimulated insulin secretion in murine islets via TCF7L2-dependent Wnt signaling pathway. *Molecular and Cellular Endocrinology*, 382, 1, 8–16.
43. Whiting, D. R., Guariguata, L., Weil, C. (2011). IDF diabetes atlas: global estimates of the prevalence of diabetes for 2011 and 2030. *Diabetes Research and Clinical Practice*, 94, 311–321.
44. Zar, J. H. (1999). *Biostatistic Analysis*. 4<sup>th</sup> ed., New Jersey, USA: Prentice Hall Inc.
45. Zielinski, Z. A., Pratt, D. A. (2017). Lipid Peroxidation: Kinetics, Mechanisms, and Products. *Journal of Organic Chemistry*, 82, 6, 2817–2825.

## ПЕРЕКИСНЕ ОКИСНЕННЯ ЛІПІДІВ У КРОВІ ЧОЛОВІКІВ ТА ЖІНОК ХВОРИХ НА ІНФАРКТ МІОКАРДА ТА ЦУКРОВИЙ ДІАБЕТ 2 ТИПУ

### АНОТАЦІЯ

Пацієнти з цукровим діабетом (ЦД) мають у чотири рази більший ризик розвитку ішемічної хвороби серця, ніж люди без цієї патології. Дисліпідемія та артеріальна гіпертензія, асоційовані з ЦД, є додатковими факторами ризику серцевого нападу та інфаркту міокарда. Окиснювальний стрес лежить в основі багатьох хронічних захворювань, особливо ЦД і хворіб серця.

**Мета досліджень:** визначення рівня маркерів перекисного окиснення ліпідів у чоловіків і жінок, хворих на ЦД 2 типу, осіб, які перенесли інфаркт міокарда, а також осіб із ЦД 2 типу та інфарктом міокарда в порівнянні зі здоровими особами.

**Методологія.** Критеріями включення в дослідження були: 1) особи з ЦД 2 типу тривалістю не менше 10 років, 2) особи з ЦД 2 типу, які перенесли щонайменше два інфаркти міокарда, 3) здорові особи (контрольна група різної статі) віком 35-71 р. В отриманій плазмі оцінювали рівень перекисного окиснення ліпідів (концентрація речовин, що реагують з 2-тіобарбітуровою кислотою).

**Наукова новизна.** Наше дослідження показало значне підвищення рівня біомаркерів перекисного окиснення ліпідів у всіх пацієнтів порівняно з контрольною групою. Чоловіки мали вищий рівень перекисного окиснення ліпідів порівняно з жінками, що вказує на те, що чоловіки з діабетом 2 типу та/або інфарктом міокарда були більш схильні до шкідливого впливу окиснювального стресу. Спостерігали також підвищення рівня маркерів перекисного окиснення ліпідів у плазмі крові осіб з інфарктом міокарда та ЦД порівняно з показниками у здорових осіб. Це може свідчити про ключове значення окиснювального стресу в патології ЦД та інфаркту міокарда. Аналіз мультифакторної дисперсії в групі хворих на ЦД 2 типу та інфаркт міокарда показав, що чоловіча стать має значний вплив на підвищення рівня маркерів перекисного окиснення ліпідів у крові.

**Висновки.** Підвищений рівень біомаркерів окиснювального стресу в плазмі спостерігався в обох групах з інфарктом міокарда та ЦД 2 типу, а також з ЦД та інфарктом міокарда порівняно з контрольною групою. Крім того, спостерігали вищий рівень перекисного окислення ліпідів у чоловіків порівняно з жіночою групою. Отримані результати є ще одним кроком у розумінні метаболічних змін при діабеті та інфаркті міокарда.

**Ключові слова:** інфаркт міокарда, цукровий діабет 2 типу, перекисне окиснення ліпідів, ТБК-активні продукти (TBARS), жінки, чоловіки

Received: 25.10.2022. Accepted: 08.12.2022. Published: 29.12.2022.

Cite this article in APA Style as:

Kurhaluk, N., Tota, K., Dubik-Tota, M., and Tkachenko, H., (2022). Intensywność procesów peroksydacji lipidów we krwi kobiet i mężczyzn z zawałami serca i cukrzycą typu 2 [Lipid peroxidation in the blood of males and females with myocardial infarction and diabetes mellitus type 2]. *BHT: Biota. Human. Technology*, 2, 67–78. (in Polish)

Information about the authors:

**Kurhaluk N.** [*in Ukrainian: Курхалюк Н.*]<sup>1</sup>, Dr. of Biol. Sc., Prof., email: natalia.kurhaluk@apsl.edu.pl  
ORCID: 0000-0002-4669-1092  
Department of Zoology and Animal Physiology, Institute of Biology and Earth Sciences,  
Pomeranian University in Słupsk,  
22b Arciszewski Street, Słupsk, 76-200, Poland

**Tota K.** [*in Ukrainian: Тота К.*]<sup>2</sup>, Ph.D. in Biol.Sc., email: krzysztof.tota@apsl.edu.pl  
Department of Nursing and Medical Rescue, Institute of Health Sciences,  
Pomeranian University in Słupsk,  
22b Arciszewski Street, Słupsk, 76-200, Poland

**Dubik-Tota M.** [*in Ukrainian: Дубік-Тота М.*]<sup>3</sup>, Ph.D. in Biol.Sc., email: malgorzata.dubik@apsl.edu.pl  
Department of Nursing and Medical Rescue, Institute of Health Sciences,  
Pomeranian University in Słupsk,  
22b Arciszewski Street, Słupsk, 76-200, Poland

**Tkachenko H.** [*in Ukrainian: Ткаченко Г.*]<sup>4</sup>, Dr. of Biol. Sc., Prof., email: halyna.tkachenko@apsl.edu.pl  
ORCID: 0000-0003-3951-9005  
Department of Zoology and Animal Physiology, Institute of Biology and Earth Sciences,  
Pomeranian University in Słupsk,  
22b Arciszewski Street, Słupsk, 76-200, Poland

<sup>1</sup> Study design, statistical analysis, manuscript preparation

<sup>2</sup> Data collection, statistical analysis

<sup>3</sup> Data collection, statistical analysis

<sup>4</sup> Study design, statistical analysis, manuscript preparation

UDC 616.127-005.08+616.441-008.64]517.112

Natalia Kurhaluk, Krzysztof Tota, Małgorzata Dubik-Tota, Halyna Tkachenko



LEVEL OF ALDEHYDIC AND KETONIC DERIVATIVES OF OXIDATIVELY  
MODIFIED PROTEINS IN THE BLOOD OF MEN AND WOMEN WITH  
MYOCARDIAL INFARCTIONS AND HYPOTHYROIDISM  
ANALIZA POZIOMU ALDEHYDOWYCH I KETONOWYCH POCHODNYCH  
OKSYDACYJNEJ MODYFIKACJI BIAŁEK WE KRWI KOBIET I MĘŻCZYŹN Z ZAWAŁAMI  
SERCA I NIEDOCZYNNOSCIĄ TARCZYCY

DOI: 10.58407/bht.2.22.6

This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

© Kurhaluk, N., Tota, K., Dubik-Tota, M., Tkachenko, H., 2022

#### ABSTRACT

Oxidative stress and excessive reactive oxygen species production play considerable roles in infarction-induced injury impairing cardiac functions, as well as thyroid diseases.

**Purpose:** assessment of the oxidative stress markers, including oxidation of proteins [concentrations of aldehydic and ketonic derivatives of oxidatively modified proteins (OMB)] in the blood of individuals with hypothyroidism and/or myocardial infarction living in the Central Pomerania.

**Methodology.** The level of oxidative stress markers was assessed among 225 individuals, i.e. 132 males (58.67 %) and 93 females (41.33 %) aged 35-71 years residing in Central Pomerania. In the obtained plasma, an assessment of levels of aldehydic and ketonic derivatives of oxidatively modified protein analyses was carried out.

**Scientific novelty.** The highest level of aldehydic and ketonic derivatives of oxidatively modified proteins was found in the group of males with myocardium infarctions and hypothyroidism compared to other groups. In females, an increase in aldehydic and ketonic derivatives was observed in the group with myocardial infarctions and in the group with hypothyroidism compared to the control group, while a decrease in aldehydic and ketonic derivatives was observed in subjects with myocardial infarction compared to individuals both with myocardial infarctions and hypothyroidism. In males, an increase in aldehydic and ketonic derivatives in both groups with myocardial infarctions and with hypothyroidism compared to the control group was observed, while in relation to the individuals with myocardial infarctions and hypothyroidism there was a decrease in aldehydic and ketonic derivatives in the group with myocardial infarctions and a decrease in ketonic derivatives in individuals with hypothyroidism. In addition, a decrease in the level of ketonic derivatives in the males with myocardial infarction and hypothyroidism compared to the group of females was observed.

**Conclusions.** In the course of myocardial infarction, gender affects the level of the aldehydic derivatives of oxidative modification of proteins. Among individuals with hypothyroidism, the increase of ketonic derivatives of oxidatively modified proteins is also affected by sex. Analysis of oxidative stress markers depending on the sex may provide a biochemical basis for epidemiological differences in susceptibility to disease between sexes and suggest different strategies for risk assessment, diagnosis, and treatment specifically targeted at groups of males and females of different ages.

**Keywords:** aldehydic and ketonic derivatives of oxidatively modified proteins, hypothyroidism, myocardial infarction, females, males



## STRESZCZENIE

Markery stresu oksydacyjnego i obrony antyoksydacyjnej mogą pełnić rolę czynników predykcyjnych wielu chorób u osób różnego wieku.

**Cel badań:** Dlatego postawiono za cel przeanalizowanie zmian stężenia markerów stresu oksydacyjnego, m.in. oksydacji reszt aminokwasowych [stężenie aldehydowych i ketonowych pochodnych oksydacyjnie modyfikowanych białek (OMB)] u osób z niedoczynnością tarczycy i/lub zawałami serca, mieszkającymi na terenie Pomorza Środkowego.

**Metodologia.** Ocena stężenia markerów stresu oksydacyjnego została przeprowadzona u 225 osób, mianowicie, 132 mężczyzn (58,67 %) i u 93 kobiet (41,33 %) w wieku 35-71 lat, zamieszkających na terenie Pomorza Środkowego.

**Nowatorstwo naukowe.** Najwyższy poziom aldehydowych i ketonowych pochodnych OMB odnotowano w grupie mężczyzn z zawałami serca i hipotyreozą w porównaniu do pozostałych grup. U kobiet zaobserwowano wzrost aldehydowych i ketonowych pochodnych w grupie z zawałami serca oraz w grupie z hipotyreozą, w stosunku do grupy kontrolnej, zaś w stosunku do osób z zawałami serca i hipotyreozą odnotowano spadek aldehydowych i ketonowych pochodnych u badanych z zawałami serca. U mężczyzn zaobserwowano wzrost aldehydowych i ketonowych pochodnych w grupie z zawałami serca oraz u osób z hipotyreozą w stosunku do grupy kontrolnej, zaś w stosunku do badanych osób z zawałami serca i hipotyreozą odnotowano spadek aldehydowych i ketonowych pochodnych w grupie z zawałami serca oraz spadek ketonowych pochodnych u osób z hipotyreozą. Dodatkowo, w obrębie osób z zawałami serca i hipotyreozą odnotowano spadek poziomu ketonowych pochodnych w grupie mężczyzn w porównaniu do grupy kobiet.

**Wnioski.** W przebiegu zawałów serca na poziom aldehydowych pochodnych enzymatycznej modyfikacji białek wpływa płeć. U osób z niedoczynnością tarczycy na wzrost ketonowych pochodnych enzymatycznej modyfikacji białek w przebiegu tej choroby również wpływa płeć.

**Słowa kluczowe:** aldehydowe i ketonowe pochodne oksydacyjnie modyfikowanych białek (OMB), niedoczynność tarczycy, zawał mięśnia sercowego, kobiety, mężczyźni

## Wprowadzenie

W ciągu ostatnich kilku dziesięcioleci odnotowano znaczny wzrost nieprawidłowości endokrynologicznych, a rosnąca ekspozycja środowiskowa na substancje zaburzające gospodarkę hormonalną, niehigieniczny tryb życia i czynniki genetyczne przyczyniają się do zaburzeń endokrynologicznych w różnych populacjach na całym świecie [4].

Hormony tarczycy (HT, ang. *thyroid hormones*) odgrywają ważną rolę w regulowaniu wielu procesów metabolicznych i produkcji energii w całym ustroju [18]. Od działania hormonów tarczycy zależy praca serca, funkcjonowanie narządów wewnętrznych oraz mózgu [13; 31].

W ciągu ostatnich lat obserwuje się dynamiczny wzrost zachorowań na choroby tarczycy, które dotyczą aż 9-15% dorosłej populacji kobiet i mniejszy odsetek dorosłych

mężczyzn [6; 14; 26]. Ta swoista dla płci chorobowość wynika prawdopodobnie z mechanizmu autoimmunologicznego leżącego u podstaw najczęstszych postaci chorób tarczycy, w tym choroby Gravesa i Hashimoto [33]. Jednak wraz z wiekiem, szczególnie po ósmej dekadzie życia, częstość występowania choroby u mężczyzn wzrasta do równego u kobiet [33].

Schorzenia tarczycy dotyczą niemal wszystkich komórek i narządów, ale wykazują szczególny tropizm do komórek serca i naczyń obwodowych [13; 33]. Dlatego jedne z najbardziej charakterystycznych i typowych objawów chorób tarczycy to głównie te, które wynikają z działania HT na serce i powodując zaburzenia układu sercowo-naczyniowego (CDV, ang. *Cardiovascular Diseases*) [15]. Objawy ze strony układu sercowo-naczyniowego występują zarówno w nadczynności, jak i w niedoczynności tarczycy, gdyż HT wpływają na czynność pompy

sodowo-potasowej i pompy wapniowej, bezpośrednio wpływających na czynność serca [8; 13]. Zarówno w nadczynności, jak i niedoczynności tarczycy dochodzi do zmiany kurczliwości serca i zużycia tlenu przez mięsień sercowy, pojemności minutowej, obwodowego oporu naczyniowego i ciśnienia krwi [11; 13].

Choroby serca i naczyń krwionośnych stanowią duży problem zdrowotny w Polsce, a choroba niedokrwienna jest najczęstszą pojedynczą przyczyną zgonów [22]. Pomimo, że kontrola głównych czynników ryzyka zawału serca i wszechobecna profilaktyka pozwoliła na zmniejszenie nie tylko chorobowości, ale także umieralności z powodu choroby niedokrwiennej serca [20; 27], nadal stanowi główną przyczynę zgonów zarówno w Polsce, jak i w całej Unii Europejskiej [7]. Przy obecnych trendach zachorowań i tempie starzenia się populacji Polski szacuje się, że liczba zgonów z powodu chorób serca już w 2020 r. przekroczy 200 tys. Stwierdzono, że choć zawał serca rozwija się u kobiet średnio 7–10 lat później niż u mężczyzn, to jednak kobiety po osiągnięciu 75. roku życia stanowią większość pacjentów z ostrym zespołem wieńcowym (ACS, ang. *acute coronary syndrome*) [7; 17].

Zawał mięśnia sercowego (AMI, ang. *acute myocardial infarction*) jest spowodowany brakiem równowagi pomiędzy zapotrzebowaniem, a podażą mięśnia sercowego w tlen. W większości przypadków AMI spowodowany jest zamknięciem światła tętnicy wieńcowej i powstaniem w tym miejscu zakrzepu krwi [2]. Zawał mięśnia sercowego stanowi duże zagrożenie dla przyszłych zdarzeń sercowo-naczyniowych dla osób, które przeżyły zawał w przeszłości. Wiąże się bowiem z powikłaniami, najczęściej w postaci niewydolności serca, niedomykalności zastawek lub arytmii i prowadzi do zwiększonej śmiertelności wśród tej grupy osób [3; 20].

Ponieważ serce jest obligatoryjnym organem tlenowym i aby utrzymać metabolizm komórkowy, w wyniku stałej pracy mitochondriów, które zapewniają dostarczenie

ATP w celu utrzymania funkcji kurczliwości, wytwarza stale duże ilości wolnych rodników tlenowych (RFT, Reaktywne Formy Tlenu; ROS, ang. *Reactive Oxygen Species*) [28]. Badania kliniczne i eksperymentalne sugerują, że w uszkodzonym mięśniu sercowym produkcja reaktywnych form tlenu jest wysoce zwiększona [15; 28]. Tlen jest końcowym akceptorem elektronów w łańcuchu transportu elektronów i przy braku wystarczającej ilości tlenu zapotrzebowanie serca w energię nie jest w pełni zaspokajane i dochodzi do niedotlenienia [12]. Kompensacja polega na szybszej pracy serca, co w konsekwencji doprowadza do generowania jeszcze większych ilości RFT [25].

W związku z tym, że metaboliczne działanie hormonów tarczycy ściśle wiąże się z chorobami serca i generowaniem reaktywnych form tlenu i stresu oksydacyjnego, spowodowane przez nie uszkodzenia mogą mieć wpływ na endogenny system obrony antyoksydacyjnej. Jednak wciąż mało badań nad zmiennością statusu oksydacyjnego i enzymów antyoksydacyjnych powiązanych z zaburzeniami tarczycy u osób z wieloma incydentami wieńcowymi.

W tym celu osoby z chorobami tarczycy i wielokrotnym zawałem serca zostały zaproponowane, by przybliżyć problem aktualnych zagrożeń wynikających z rozwoju współczesnych chorób cywilizacyjnych, takich jak choroby gruczołu tarczowego i związane z nimi choroby serca. Markery stresu oksydacyjnego i obrony antyoksydacyjnej mogą pełnić rolę czynników predykcyjnych tych chorób u osób różnego wieku i płci oraz badania mogą wyjaśnić podejścia profilaktyczne, np. poprzez stosowanie odpowiednich antyoksydantów.

Dlatego zwracając uwagę na aktualność danego problemu, postawiono za cel przeanalizowanie zmian markerów stresu oksydacyjnego, m.in. oksydacji reszt aminokwasowych białek [stężenie aldehydowych i ketonowych pochodnych oksydacyjnie modyfikowanych białek (OMB)] we

krwi osób z niedoczynnością tarczycy i/lub zawałami serca, mieszkającymi na terenie Pomorza Środkowego.

### **Materiały i metody badań**

*Grupy randomizacji.* Materiał do badań zebrano u 225 osób na terenie Pomorza Środkowego. Do badania włączone zostały osoby z niedoczynnością tarczycy i zawałem serca w wieku 35-71 lat, które wyraziły zgodę na udział w badaniu oraz ochotnicy spośród pracowników Państwowej Straży Pożarnej w Koszalinie. Przed włączeniem do badania, każda osoba wyraziła pisemną zgodę na udział po zapoznaniu się z protokołem badania. Z wszystkimi osobami przeprowadzono ankietę, zawierającą pytania na temat występowania i przebiegu chorób, występowania chorób w rodzinie, poziomie aktywności fizycznej i palenia tytoniu. Zgoda na badanie została zaakceptowana przez Izbę Lekarską w Gdańsku w 2015 roku.

Ocena stężenia markerów stresu oksydacyjnego została przeprowadzona u 225 osób, mianowicie, 132 mężczyzn (58,67 %) i u 93 kobiet (41,33 %) w wieku 35-71 lat, zamieszkałych na terenie Pomorza Środkowego.

Wszystkie osoby zostały podzielone na następujące grupy:

*Grupa 1:* 60 zdrowych ochotników. Do tej grupy wliczono 49 mężczyzn w wieku 35-70 lat i 11 kobiet w wieku 35-68 lat. Wszyscy ochotnicy, którzy wzięli udział w badaniu byli czynnymi funkcjonariuszami Państwowej Straży Pożarnej w Koszalinie. Z racji wykonywanego zawodu, w którym liczniejszą grupę stanowią mężczyźni, grupa kobiet była mniejsza. Spośród ochotników wyłoniono osoby zdrowe na podstawie przedstawionych badań laboratoryjnych wymienionych powyżej z okresu ostatnich trzech miesięcy oraz przeprowadzono wywiad-ankietę w kierunku występowania chorób, chorób w rodzinie, aktywności fizycznej i palenia tytoniu.

*Grupa 2:* 65 osób, które przeszły co najmniej dwa zawały serca. Grupę stanowiły 33 mężczyzn w wieku 38-71 lat i 32 kobiety w wieku 36-71

lat. Grupę osób badanych wyłoniono na podstawie wywiadu-ankiety, przeprowadzonej w Szpitalu Wojewódzkim w Koszalinie i w Słupsku na oddziale kardiologii, a typ i rodzaj zawałów serca uzyskano z kart informacyjnych przedstawionych przez osoby badane po uzyskaniu zgody. Dodatkowe informacje na temat przebiegu zawałów, chorób w rodzinie, aktywności fizycznej i palenia tytoniu otrzymano po przeprowadzeniu ankiety.

*Grupa 3:* 60 osób z niedoczynnością tarczycy. Do tej grupy zaliczono 35 mężczyzn w wieku 30-70 lat i 25 kobiet w wieku 35-70 lat. Grupę osób badanych wyłoniono na podstawie przeprowadzonej ankiety w Szpitalu Wojewódzkim w Koszalinie i w Słupsku na oddziale wewnętrznym, a rodzaj schorzenia uzyskano z przedstawionych badań laboratoryjnych i karty informacyjnej leczenia szpitalnego.

*Grupa 4:* 58 osób z niedoczynnością tarczycy, które przeszły co najmniej dwa zawały serca. Grupę stanowiły 25 mężczyzn w wieku 35-70 lat i 33 kobiety w wieku 33-70 lat. Grupę osób badanych wyłoniono na podstawie wywiadu-ankiety, przeprowadzonej w Szpitalu Wojewódzkim w Koszalinie i w Słupsku na oddziale kardiologii. Informacje na temat przebiegu zawałów serca i hipotyreozy uzyskano na podstawie kart informacyjnych leczenia szpitalnego oraz badań laboratoryjnych.

*Pobieranie i przygotowanie materiału.* Materiał do badań stanowiła krew pobrana z żyły łokciowej do probówek z K<sub>3</sub>-EDTA i z cytrynianem sodu. Krew pobierano w warunkach szpitalnych, następnie odwirowano w wirówce (5 min/3000 obr.). Otrzymane osocze przeniesiono do odpowiednio oznakowanych probówek i zamrożone w temp. -21°C. W uzyskanym osoczu, natychmiast po rozmrożeniu wykonano analizy w kierunku oceny stężenia aldehydowych i ketonowych pochodnych oksydacyjnej modyfikacji białek (OMB) w laboratorium Zakładu Zoologii i Fizjologii Zwierząt Instytutu Biologii i Nauk o Ziemi Akademii Pomorskiej w Słupsku.

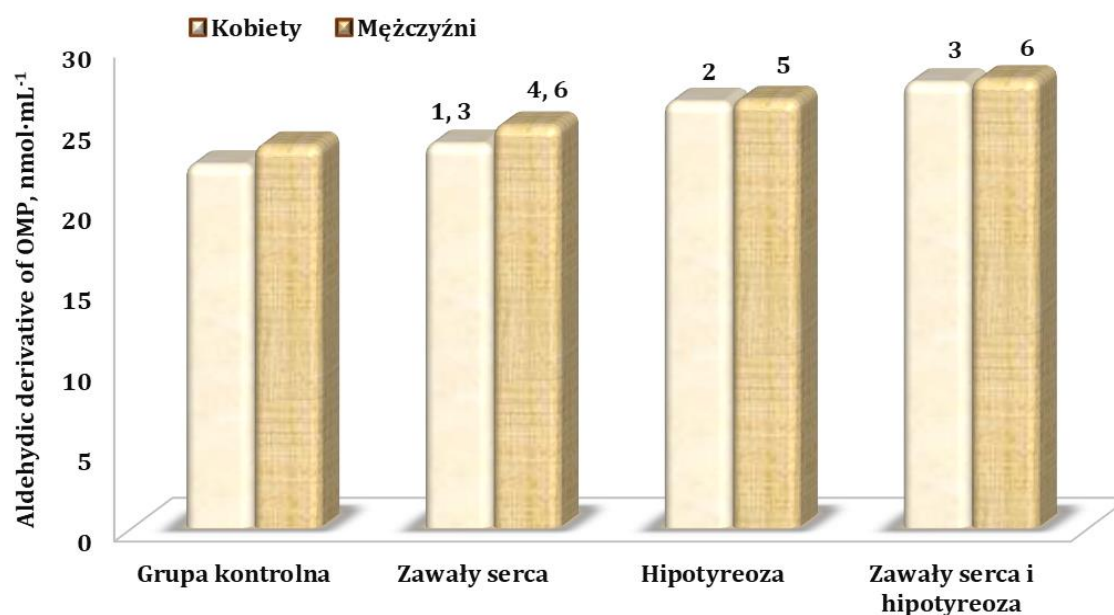
Oznaczanie poziomu aldehydowych i ketonowych pochodnych oksydacyjnej modyfikacji białek (OMB). Metoda bazuje się na reakcjach utleniania reszt aminokwasowych z 2,4-dinitrofenylohydrazyną (DNFH) z tworzeniem 2,4 denitrofenilhydrazonów. Poziom OMB oznacza się poprzez tworzenie grup aldehydowych i ketonowych w związkach reszt aminokwasowych białek osocza krwi. Pochodne aldehydowe i ketonowe oznacza się przy długości fali 370 nm i 430 nm [9; 19].

*Analiza statystyczna.* Przeprowadzono analizy statystyczne przy użyciu pakietu IBM SPSS Statistics 23. Za jego pomocą wykonano analizę podstawowych statystyk opisowych wraz z testami Kołmogorowa-Smirnowa, dwuczynnikowe analizy wariancji w schemacie międzygrupowym. Wyniki wyrażono jako średnią  $\pm$  S.E.M. (błąd odchylenia standardowego). Różnice przy  $p < 0,05$  uznano

za statystycznie istotne. Otrzymane wyniki poddano analizie statystycznej wykorzystując analizę wariancji wieloczynnikowej [36].

### Wyniki badań i ich omówienie

Oksydacja białek charakteryzuje się wprowadzeniem grup karbonylowych do łańcucha bocznego. Oznaczenie liczby grup karbonylowych pozwala ocenić oksydacyjne uszkodzenia białek w organizmie [5; 16; 24; 29; 32]. W tym celu następnym etapem badań była ocena poziomu aldehydowych i ketonowych pochodnych oksydacyjnej modyfikacji białek we krwi osób z zawałami serca, niedoczynnością tarczycy, oraz zawałami serca i niedoczynnością tarczycy z podziałem na płeć, którą przedstawiono na ryc. 1.

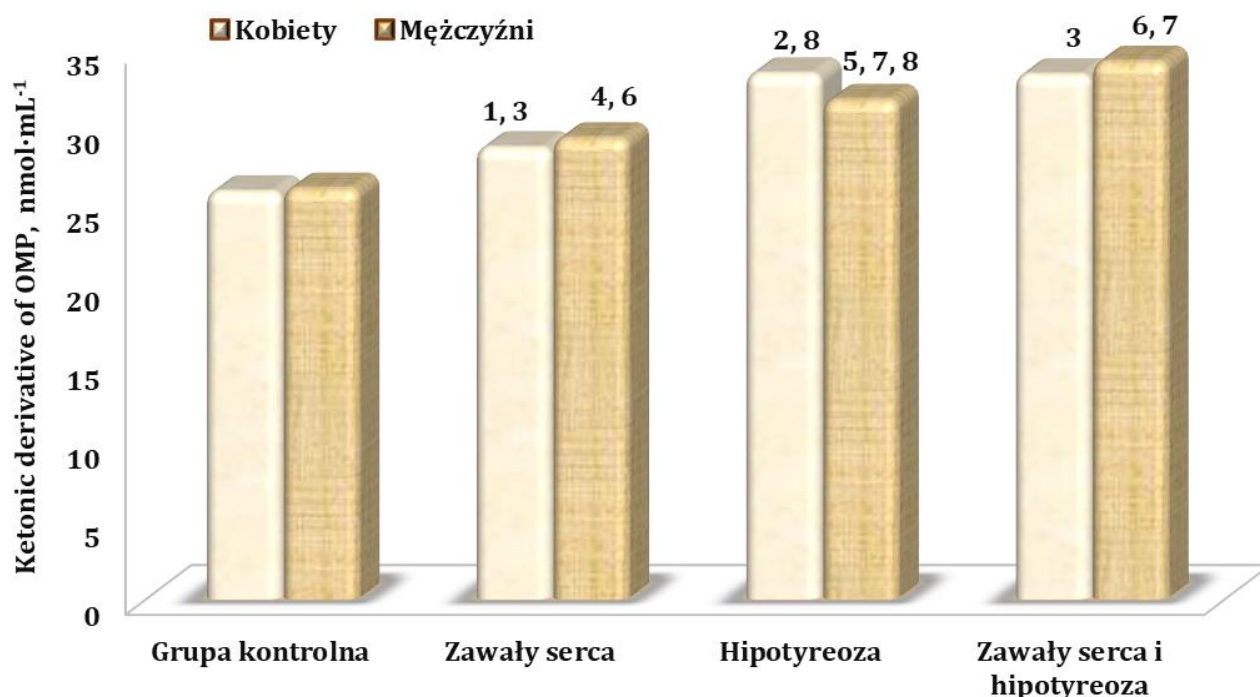


Ryc. 1. Poziom produktów oksydacyjnej modyfikacji białek ( $OMB_{370}$ ,  $nmol \cdot mL^{-1}$ ) we krwi kobiet i mężczyzn zdrowych (grupa kontrolna), z przebytymi zawałami mięśnia sercowego, niedoczynnością tarczycy oraz przebytymi zawałami serca i niedoczynnością tarczycy.

Zmiany statystycznie istotne dla relacji: 1. grupa kontrolna (kobiety) – zawały serca (kobiety) ( $p = 0,011$ ), 2. grupa kontrolna (kobiety) – hipotyreoza (kobiety) ( $p = 0,000$ ), 3. zawały serca i hipotyreoza (kobiety) – zawały serca (kobiety) ( $p = 0,000$ ), 4. grupa kontrolna (mężczyźni) – zawały serca (mężczyźni) ( $p = 0,000$ ), 5. grupa kontrolna (mężczyźni) – hipotyreoza (mężczyźni) ( $p = 0,000$ ), 6. zawały serca i hipotyreoza (mężczyźni) – zawały serca (mężczyźni) ( $p = 0,000$ ).

Najwyższy poziom aldehydowych i ketonowych pochodnych OMB odnotowano w grupie mężczyzn z zawałami serca i hipotyreozą (odpowiednio 27,66 i 34,05 nmol·mL<sup>-1</sup>) w porównaniu do pozostałych grup. U kobiet zaobserwowano wzrost aldehydowych i ketonowych pochodnych o 14,2% (p = 0,011) i 11,1% (p = 0,035) odpowiednio w grupie z zawałami serca oraz wzrost o 25,4% (p = 0,000) i 28,2% (p = 0,000) w grupie z hipotyreozą, w stosunku do grupy kontrolnej, zaś w stosunku do osób z zawałami serca i hipotyreozą odnotowano spadek aldehydowych i ketonowych pochodnych o 12,9 % (p = 0,000) i 14,7 % (p = 0,000) u badanych z zawałami serca. U mężczyzn zaobserwowano wzrost

aldehydowych i ketonowych pochodnych o 15,4 % (p = 0,000) i 9,6 % (p = 0,001) w grupie z zawałami serca oraz wzrost aldehydowych i ketonowych pochodnych o 22,5% (p = 0,000) i 19,1 % (p = 0,000) u osób z hipotyreozą w stosunku do grupy kontrolnej, zaś w stosunku do badanych osób z zawałami serca i hipotyreozą odnotowano spadek aldehydowych i ketonowych pochodnych o 9,7 % (p = 0,000) i 14,5 % (p = 0,000) w grupie z zawałami serca oraz spadek ketonowych pochodnych o 7,1 % (p = 0,013) u osób z hipotyreozą. Dodatkowo, w obrębie osób z zawałami serca i hipotyreozą odnotowano spadek poziomu ketonowych pochodnych w grupie mężczyzn o 4,6 % (p = 0,026) w porównaniu do grupy kobiet.



Ryc. 2. Poziom produktów oksydacyjnej modyfikacji białek (OMB<sub>430</sub>, nmol·mL<sup>-1</sup>) we krwi kobiet i mężczyzn zdrowych (grupa kontrolna), z przebytymi zawałami mięśnia sercowego, niedoczynnością tarczycy oraz przebytymi zawałami serca i niedoczynnością tarczycy.

Zmiany statystycznie istotne dla relacji: 1. grupa kontrolna (kobiety) – zawały serca (kobiety) (p = 0,035), 2. grupa kontrolna (kobiety) – hipotyreoza (kobiety) (p = 0,000), 3. zawały serca i hipotyreoza (kobiety) – zawały serca (kobiety) (p = 0,000), 4. grupa kontrolna (mężczyźni) – zawały serca (mężczyźni) (p = 0,001), 5. grupa kontrolna (mężczyźni) – hipotyreoza (mężczyźni) (p = 0,000), 6. zawały serca i hipotyreoza (mężczyźni) – zawały serca (mężczyźni) (p = 0,000), 7. zawały serca i hipotyreoza (mężczyźni) – hipotyreoza (mężczyźni) (p = 0,013), 8. hipotyreoza (kobiety) – hipotyreoza (mężczyźni) (p = 0,026).

W grupie osób z niedoczynnością tarczycy i zawałami serca wykazano znaczny wzrost produktów enzymatycznej modyfikacji białek (Ryc. 1 i 2). Wskazuje to na ważną rolę stresu oksydacyjnego w rozwoju tych chorób. Nasze wyniki są zgodne z wynikami innych badaczy, którzy wykazali znaczący wzrost markerów stresu oksydacyjnego we krwi pacjentów z zawałem

serca i niedoczynnością tarczycy [10; 23].

Analiza wariancji wieloczynnikowej dla aldehydowych i ketonowych pochodnych enzymatycznej modyfikacji białek (OMB<sub>370</sub> i OMB<sub>430</sub>) u osób z zawałami serca, z niedoczynnością tarczycy, z zawałami serca i niedoczynnością tarczycy została przedstawiona w Tabelach 1 i 2.

Tabela 1

Analiza wariancji wieloczynnikowej dla aldehydowych pochodnych enzymatycznej modyfikacji białek (OMB<sub>370</sub>) u osób z zawałami serca, z niedoczynnością tarczycy, z zawałami serca i niedoczynnością tarczycy

Grupy	Liczba stopni swobody, df	Suma kwadratów	Średni kwadrat	F	Współczynnik determinacji R-kwadrat, R <sup>2</sup>
<i>Osoby z zawałami serca</i>					
Grupa	2	10254,21	412,32	54,15***	0,351
Płeć	1	212,32	212,32	5,34**	0,024
<i>Osoby z niedoczynnością tarczycy</i>					
Grupa	3	867,25	275,19	46,94***	0,403
Płeć	1	6,84	6,84	0,89	0,001
<i>Osoby z zawałami serca i niedoczynnością tarczycy</i>					
Grupa	4	923,88	307,96	46,94***	0,403
Płeć	1	2,34	2,34	1,42	0,001

Notatka: \* – różnice statystycznie istotne przy  $p < 0,05$ ; \*\* – różnice statystycznie istotne przy  $p < 0,01$ ; \*\*\* – różnice statystycznie istotne przy  $p < 0,001$ .

W przeprowadzonej analizie wariancji wieloczynnikowej stwierdziliśmy, że w przebiegu zawałów serca na poziom aldehydowych pochodnych enzymatycznej modyfikacji białek wpływa płeć; u mężczyzn odnotowano wartość 2,4% ( $p < 0,01$ ). U osób z niedoczynnością tarczycy, na wzrost ketonowych pochodnych enzymatycznej modyfikacji białek w przebiegu tej choroby również wpływa płeć (w 2,4 %,  $p < 0,05$ ) (Tabela 1).

Istnieje wiele dowodów na to, że zarówno niedoczynności, jak i nadczynności tarczycy towarzyszy wzrost wolnych rodników tlenowych i znaczna aktywacja stresu oksydacyjnego, który może być odpowiedzialny za większość objawów i powikłań tych schorzeń [1; 21; 34]. Związane jest to z tym, że hormony tarczycy wpływają na

mitochondria, na produkcję i zużycie energii w komórkach oraz zwiększoną produkcję RFT [35; 37]. Co więcej, istnieją dowody potwierdzające rolę procesów oksydacyjnych w patogenezie choroby Gravesa-Basedowa [37]. Ponieważ choroba Gravesa-Basedowa jest chorobą autoimmunologiczną charakteryzującą się obecnością autoprzeciwciał w surowicy [30], które indukują reakcję zapalną, zwiększa się ilość wolnych rodników, które należą do jej produktów [34]. Według Ali i Sultan (2011), nadczynność tarczycy prowadzi do wzrostu tempa przemiany materii i metabolizmu oksydacyjnego. Autorzy dowiedli, że poziom produktów peroksydacji lipidów był wyższy u osób z hipertyreozą w porównaniu z osobami zdrowymi [1].

Tabela 2

Analiza wariancji wieloczynnikowej dla ketonowych pochodnych enzymatycznej modyfikacji białek (OMB<sub>430</sub>) u osób z zawałami serca, z niedoczynnością tarczycy, z zawałami serca i niedoczynnością tarczycy

Grupy	Liczba stopni swobody, df	Suma kwadratów	Średni kwadrat	F	Współczynnik determinacji R-kwadrat, R <sup>2</sup>
<i>Osoby z zawałami serca</i>					
Grupa	2	1654,35	524,69	52,14***	0,354
Płeć	1	4,65	4,65	0,51	0,004
<i>Osoby z niedoczynnością tarczycy</i>					
Grupa	3	1543,65	521,13	54,17***	0,312
Płeć	1	148,63	148,63	5,21*	0,024
<i>Osoby z zawałami serca i niedoczynnością tarczycy</i>					
Grupa	4	1492,20	497,40	60,35**	0,464
Płeć	1	0,01	0,01	0,01	0,000

Notatka: \* – różnice statystycznie istotne przy  $p < 0,05$ ; \*\* – różnice statystycznie istotne przy  $p < 0,01$ ; \*\*\* – różnice statystycznie istotne przy  $p < 0,001$ .

### Podsumowanie

W grupie osób z niedoczynnością tarczycy i zawałami serca wykazano znaczny wzrost produktów enzymatycznej modyfikacji białek. Średnich wartości aldehydowych i ketonowych pochodnych oksydacyjnej modyfikacji białek wyższe wartości odnotowaliśmy w grupie

mężczyzn w porównaniu do grupy kobiet. W przebiegu zawałów serca na poziom aldehydowych pochodnych enzymatycznej modyfikacji białek wpływa płeć. U osób z niedoczynnością tarczycy na wzrost ketonowych pochodnych enzymatycznej modyfikacji białek w przebiegu tej choroby również wpływa płeć.

### References

1. Ali, A. A., Sultan, P. (2011). The effects of hyperthyroidism on lipid peroxidation, erythrocyte glutathione and glutathione peroxidase. *Journal of Medical Biochemistry*, 30, 1, 11–14.
2. Ambrose, J. A., Singh, M. (2015). Pathophysiology of coronary artery disease leading to acute coronary syndromes. *F1000prime Reports*, 7, 08.
3. Ashfaq, A., Sharif, H. (2012). Mechanical complications following acute myocardial infarction. *Journal of the Pakistan Medical Association*, 62, 8, 861–865.

4. Badr, E., Dine, F. M. M., Nabil, I. M., Dwedar, F. I. 2017. The effect of tributyltin on thyroid follicular cells of adult male albino rats and the possible protective role of green tea: a toxicological, histological and biochemical study. *Egyptian Journal of Forensic Sciences*, 7, 1, 7.
5. Barsotti, A., Fabbi, P., Fedele, M., Garibaldi, S., Balbi, M., Bezante, G. P., Risso, D., Indiveri, F., Ghigliotti, G., Brunelli, C. (2011). Role of advanced oxidation protein products and thiol ratio in patients with acute coronary syndromes. *Clinical Biochemistry*, 44, 8–9, 605–611.
6. Brent, G. A. (2012). Mechanisms of thyroid hormone action. *Journal of Clinical Investigation*, 122, 3035–3043.
7. Cierniak-Piotrowska, M., Marciniak, G., Stańczak, J. (2015). Statystyka zgonów i zachorowalności z powodu chorób układu krążenia [Statistics of incidence and morbidity due to cardiovascular diseases.]. In: Zachorowalność i umieralność na choroby układu krążenia, a sytuacja demograficzna Polski [Incidence and mortality from cardiovascular diseases and the demographic situation of Poland]. Rządowa Rada Ludnościowa, Warszawa, Polska.
8. Danzi, S., Klein, I. (2014). Thyroid disease and the cardiovascular system. *Endocrinology & Metabolism Clinics of North America*, 43, 2, 517–528.
9. Dubinina Ye. Ye., Burmistrov S. O., Khodov D. A., Porotov I. G. (1995). Okislitel'naya modifikatsiya belkov syvorotki krovi cheloveka, metod yeye opredeleniya [Oxidative modification of human serum proteins. A method of determining it]. *Voprosy Meditsinskoi Khimii [The issue of medicinal chemistry]* 41, 1, 24–26.  
Дубинина Е.Е., Бурмистров С.О., Ходов Д.А., Поротов И.Г. Окислительная модификация белков сыворотки крови человека, метод ее определения. *Вопросы медицинской химии*. 1995. 41(1). С. 24–26.
10. Elnakish, M. T., Ahmed, A. A., Mohler, P. J., Janssen, P. M. (2015). Role of Oxidative Stress in Thyroid Hormone-Induced Cardiomyocyte Hypertrophy and Associated Cardiac Dysfunction: An Undisclosed Story. *Oxidative Medicine and Cellular Longevity*, 2015, 854265.
11. Elnakish, M. T., Hassanain, H. H., Janssen, P. M., Angelos, M. G., Khan, M. (2013). Emerging role of oxidative stress in metabolic syndrome and cardiovascular diseases: important role of Rac/NADPH oxidase. *Journal of Pathology*, 231, 3, 290–300.
12. Farías, J. G., Molina, V. M., Carrasco, R. A., Zepeda, A. B., Figueroa, E., Letelier, P., Castillo, R. L. (2017). Antioxidant Therapeutic Strategies for Cardiovascular Conditions Associated with Oxidative Stress. *Nutrients*, 9, 9, 966.
13. Fater-Dębska, A., Gworys, P., Brzeziński, J., Gawor, Z. (2007). Zaburzenia tyreometaboliczne a niewydolność serca [Thyreometabolic disorders and heart failure]. *Endokrynologia Polska*, 58, 3, 228–235.



14. Gawrychowski, J., Jastrzab, B. (2014). Choroby tarczycy i przytarczyc, Diagnostyka i leczenie [Diseases of the thyroid and parathyroid glands, diagnosis and treatment]. Warszawa, Polska: Wydawnictwo Medipage.
15. Hirata, Y., Yamamoto, E., Tokitsu, T., Fujisue, K., Kurokawa, H., Sugamura, K., Sakamoto, K., Tsujita, K., Tanaka, T., Kaikita, K., Hokimoto, S., Sugiyama, S., Ogawa, H. (2015). The Pivotal Role of a Novel Biomarker of Reactive Oxygen Species in Chronic Kidney Disease. *Medicine (Baltimore)*, 94, 25, e1040.
16. Huang, W. J., Zhang, X., Chen, W. W. (2016). Role of oxidative stress in Alzheimer's disease (Review). *Biomedical Reports*, 4, 519–522.
17. Ibanez, B., James, S., Agewall, S., Antunes, M. J., Bucciarelli-Ducci, C., Bueno, H., Caforio, A. L. P., Crea, F., Goudevanos, J. A., Halvorsen, S., Hindricks, G., Kastrati, A., Lenzen, M. J., Prescott, E., Roffi, M., Valgimigli, M., Varenhorst, C., Vranckx, P., Widimský, P. (ESC). (2018). Wytyczne ESC dotyczące postępowania w ostrym zawale serca z uniesieniem odcinka ST w 2017 roku [2017 ESC guidelines for the management of acute ST-segment elevation myocardial infarction]. *Kardiologia Polska*, 76, 2, 229–313.
18. Klein, I., Danzi, S. (2007). Thyroid disease and the heart. *Circulation*, 116, 15, 1725–1735.
19. Levine, R. L., Garland, D., Oliver, C. N., Amic, A., Climent, I., Lenz, A.G., Ahn, B. W., Shaltiel, S., Stadtman, E. R. (1990). Determination of carbonyl content in oxidatively modified proteins. *Methods in Enzymology*, 186, 464–478.
20. Machura, M., Hudzik, B., Gąsior, M. (2017). Mechaniczne powikłania zawału serca [Mechanical complications of a heart attack]. *Folia Cardiologica*, 12, 6, 565–569.
21. Marcocci, C., Leo, M., Altea, M. A. (2012). Oxidative stress in Graves' disease. *European Thyroid Journal*, 1, 2, 80–87.
22. Moreyra, A. E., Huang, M. S., Wilson, A. C., Deng, Y., Cosgrove, N. M., Kostis, J. B; MIDAS Study Group (MIDAS 13). 2010. Trends in incidence and mortality rates of ventricular septal rupture during acute myocardial infarction. *American Journal of Cardiology*, 106, 8, 1095–1100.
23. Münzel, T., Camici, G. G., Maack, C., Bonetti, N. R., Fuster, V., Kovacic, J. C. 2017. Impact of Oxidative Stress on the Heart and Vasculature: Part 2 of a 3-Part Series. *Journal of the American College of Cardiology*, 70, 2, 212–229.
24. Ozenirler, S., Erkan, G., Konca Degertekin, C., Ercin, U., Cengiz, M., Bilgihan, A., Yilmaz, G., Akyol, G. (2014). The relationship between advanced oxidation protein products (AOPP) and biochemical and histopathological findings in patients with nonalcoholic steatohepatitis. *Journal of Digestive Diseases*, 15, 3, 131–136.

25. Petrulea, M. S., Duncea, I., Muresan, A. (2009). Thyroid hormones in excess induce oxidative stress in rats. *Acta Endocrinologica*, 5, 2, 155–164.
26. Ponichtera, A., Borowiak, A. (2008). Choroby tarczycy jako poważny problem medyczny w Polsce [Thyroid diseases as a serious medical problem in Poland]. *Nursing Topics*, 16, 1-2, 192–198.
27. Rembek, M., Goch, A., Goch, J. H. (2007). Wczesne i odległe rokowanie u chorych z ostrymi zespołami wieńcowymi i nadciśnieniem tętniczym [Early and long-term prognosis in patients with acute coronary syndrome]. *Arterial Hypertension*, 11, 1, 60–65.
28. Sies, H. (2017). Hydrogen peroxide as a central redox signaling molecule in physiological oxidative stress: oxidative eustress. *Redox Biology*, 11, 613–619.
29. Sinha, A.K., Abdelgawad, H., Giblen, T., Zinta, G., De Rop, M. (2014). Anti-Oxidative Defences Are Modulated Differentially in Three Freshwater Teleosts in Response to Ammonia-Induced Oxidative Stress. *PLoS One*, 9, 4, e95319.
30. Smith, T.J. (2010). Pathogenesis of Graves' orbitopathy: a 2010 update. *Journal of Endocrinological Investigation*, 33, 6, 414–421.
31. Swoboda, R., Kajdaniuk, D. (2009). Rola śródbłonna naczyniowego w nadczynności tarczycy [The role of the vascular endothelium in hyperthyroidism]. *Endokrynologia, Otyłość i Zaburzenia Przemiany Materii [Endocrinology, Obesity and Metabolic Disorders]*, 5, 2, 81–86.
32. Tkachenko, H., Kurhaluk, N., Grudniewska, J. (2015). Biomarkers of oxidative stress and antioxidant defences as indicators of different disinfectants exposure in the heart of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss* Walbaum). *Aquaculture Research*, 46, 679–689.
33. Tomczyńska, M., Salata, I., Saluk, J. (2017). Autoimmunizacyjne choroby tarczycy jako czynnik ryzyka chorób układu sercowo-naczyniowego [Autoimmune thyroid disease as a risk factor for cardiovascular diseases]. *Choroby Serca i Naczyni* [Heart and Vascular Diseases], 14, 1, 30–38.
34. Valko, M., Leibfritz, D., Moncol, J., Cronin, M. T. D., Mazur, M., Telser, J. (2007). Free radicals and antioxidants in normal physiological functions and human disease. *International Journal of Biochemistry & Cell Biology*, 39, 1, 44–84.
35. Venditti, P., Di Stefano, L., Di Meo, S. (2010). Oxidative stress in cold-induced hyperthyroid state. *Journal of Experimental Biology*, 213, Pt. 17, 2899–2911.
36. Zar, J.H. (1999). *Biostatistic Analysis*. 4<sup>th</sup> ed., New Jersey, USA: Prentice Hall Inc.
37. Žarković, M. (2012). The Role of Oxidative Stress on the Pathogenesis of Graves' Disease. *Journal of Thyroid Research*, 2012, 302537.

## РІВЕНЬ АЛЬДЕГІДНИХ ТА КЕТОНОВИХ ПОХІДНИХ ОКИСНЮВАЛЬНО ЗМОДИФІКОВАНИХ БІЛКІВ У КРОВІ ЧОЛОВІКІВ ТА ЖІНОК З ІНФАРКТМ МІОКАРДА ТА ГІПОТИРЕОЗОМ

## АНОТАЦІЯ

Окиснювальний стрес і надмірна продукція активних форм кисню відіграють значну роль у ушкодженнях, викликаних інфарктом, порушуючи функції серця, а також захворюваннях щитоподібної залози.

**Мета роботи:** оцінка рівня маркерів окиснювального стресу, включаючи окиснення білків [концентрації альдегідних і кетонів похідних окиснювально модифікованих білків (ОМБ)] в крові осіб з гіпотиреозом та/або інфарктом міокарда, що проживають у Поморському воєводстві (Польща).

**Методологія.** Рівень маркерів окиснювального стресу було оцінено серед 225 осіб, тобто 132 чоловіків (58,67 %) та 93 жінок (41,33 %) у віці 35-71 років, які проживають у Поморському воєводстві. В отриманій від пацієнтів плазмі проводили аналіз рівнів альдегідних і кетонів похідних окиснювально модифікованих білків.

**Наукова новизна.** Найвищий рівень альдегідних та кетонів похідних окиснювально модифікованих білків виявлено у групі чоловіків з інфарктом міокарда та гіпотиреозом порівняно з іншими групами. У жінок спостерігалось збільшення рівня альдегідних і кетонів похідних у групі з інфарктом міокарда і в групі з гіпотиреозом порівняно з контрольною групою, тоді як зниження рівня альдегідних і кетонів похідних спостерігалось у осіб з інфарктом міокарда порівняно з особами з обома патологіями (інфаркт міокарда і гіпотиреоз). У чоловіків спостерігалось збільшення альдегідних і кетонів похідних в плазмі в обох групах з інфарктом міокарда та з гіпотиреозом порівняно з контрольною групою. По відношенню до осіб з інфарктом міокарда та гіпотиреозом, у групі осіб з інфарктом міокарда спостерігалось зниження рівня альдегідних та кетонів похідних ОМБ, а в осіб з гіпотиреозом – зниження рівня кетонів похідних. Крім того, спостерігалось також зниження рівня кетонів похідних в плазмі у чоловіків з інфарктом міокарда та гіпотиреозом порівняно з групою жінок.

**Висновки.** У перебігу інфаркту міокарда на рівень альдегідних похідних окиснювальної модифікації білків впливає стать пацієнтів. Серед осіб з гіпотиреозом збільшення рівня кетонів похідних окиснювально модифікованих білків також залежить від статі. Аналіз рівня маркерів окиснювального стресу залежно від статі може створити біохімічну основу для епідеміологічних відмінностей у сприйнятливості до захворювань між статями та дозволить запропонувати різні стратегії для оцінки ризику, діагностики та лікування, спеціально націлених на групи чоловіків і жінок різного віку.

**Ключові слова:** альдегідні та кетонів похідні окиснювально модифікованих білків, гіпотиреоз, інфаркт міокарда, жінки, чоловіки

Received: 25.10.2022. Accepted: 08.12.2022. Published: 29.12.2022.

Cite this article in APA Style as:

Kurhaluk, N., Tota, K., Dubik-Tota, M., and Tkachenko, H., (2022). Analiza poziomu aldehydowych i ketonowych pochodnych oksydacyjnej modyfikacji białek we krwi kobiet i mężczyzn z zawałami serca i niedoczynnością tarczycy [Level of aldehydic and ketonic derivatives of oxidatively modified proteins in the blood of men and women with myocardial infarctions and hypothyroidism]. *BHT: Biota. Human. Technology*, 2, 79-91. (in Polish)

## Information about the authors:

**Kurhaluk N.** [*in Ukrainian: Курхалюк Н.*] <sup>1</sup>, Dr. of Biol. Sc., Prof., email: natalia.kurhaluk@apsl.edu.pl  
ORCID: 0000-0002-4669-1092  
Department of Zoology and Animal Physiology, Institute of Biology and Earth Sciences,  
Pomeranian University in Słupsk,  
22b Arciszewski Street, Słupsk, 76-200, Poland

**Tota K.** [*in Ukrainian: Тота К.*] <sup>2</sup>, Ph.D. in Biol.Sc., email: krzysztof.tota@apsl.edu.pl  
Department of Nursing and Medical Rescue, Institute of Health Sciences,  
Pomeranian University in Słupsk,  
22b Arciszewski Street, Słupsk, 76-200, Poland

**Dubik-Tota M.** [*in Ukrainian: Дубік-Тота М.*] <sup>3</sup>, Ph.D. in Biol.Sc., email: malgorzata.dubik@apsl.edu.pl  
Department of Nursing and Medical Rescue, Institute of Health Sciences,  
Pomeranian University in Słupsk,  
22b Arciszewski Street, Słupsk, 76-200, Poland

**Tkachenko H.** [*in Ukrainian: Ткаченко Г.*] <sup>4</sup>, Dr. of Biol. Sc., Prof., email: halyna.tkachenko@apsl.edu.pl  
ORCID: 0000-0003-3951-9005  
Department of Zoology and Animal Physiology, Institute of Biology and Earth Sciences,  
Pomeranian University in Słupsk,  
22b Arciszewski Street, Słupsk, 76-200, Poland

---

<sup>1</sup> Study design, statistical analysis, manuscript preparation

<sup>2</sup> Data collection, statistical analysis

<sup>3</sup> Data collection, statistical analysis

<sup>4</sup> Study design, statistical analysis, manuscript preparation



**FOOD TECHNOLOGIES**  
ХАРЧОВІ ТЕХНОЛОГІЇ



UDC 637.18:663.15

Anna Novik, Nadiia Lapytska, Tamara Lystopad, Polina Boychenko, Alina Savchenko

DEVELOPMENT OF THE TECHNOLOGY OF A HIGH-PROTEIN FERMENTED DRINK  
ON A PLANT BASISРОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЇ ВИСОКОБІЛКОВОГО ФЕРМЕНТОВАНОГО НАПОЮ  
НА РОСЛИННІЙ ОСНОВІ

DOI: 10.58407/bht.2.22.7

This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

© Novik, A., Lapytska, N., Lystopad, T., Boychenko, P., Savchenko, A., 2022

## ABSTRACT

The article presents the results of the study of plant-based substitutes for dairy products. For this purpose, it is proposed to use chickpeas and flax seeds.

The optimal amount of water for soaking chickpea grains has been experimentally established, which is 3.3 parts per 1 part of grain raw material. It was established that the optimal ratio of chickpeas : water for the purpose of grinding raw materials is 1: 8. The optimal ratio of chickpea and flax liquid base was also established, which is 3:1, respectively.

The bacterial composition of starters for fermenting a drink has been selected. It has been proven that the studied drinks are almost not inferior in the amount of essential amino acids to cow's milk and can act as a worthy alternative to it. In addition, it was established that the proteins of the proposed chickpea-flax drink are well absorbed by the human body.

According to research, the developed chickpea-flax fermented drink is dominated by polyunsaturated fatty acids (3.51 %), among which 2.63 % is linolenic acid. The drink also contains oleic acid in the amount of 1.26 %, which belongs to monounsaturated fatty acids. According to the ratio of fatty acids  $C_{18:2}:C_{18:1}$  and  $C_{18:2}:C_{18:3}$ , the drink corresponds to the ideal lipid.

It is shown that yogurts based on these starters have higher sensory indicators compared to traditional drinks.

**The purpose of the article** is the scientific substantiation and development of the optimal formulation and production technology of a high-protein fermented beverage based on chickpeas and flax protein.

**Methodology.** Microbiological, physicochemical and sensorial research methods were used. Processing of the results was carried out using MS Excel databases.

**The scientific novelty** is that during the development of the concept of creating technologies for new fermented drinks, in which the protein content is increased and the amino acid composition is improved by adding chickpeas and flax protein.

**Conclusions.** The prospect of using fermented beverages made on a plant basis has been proven. It was established that the developed drink samples were based on a set of indicators (amino acid composition and soon, potential biological value of protein, utilitarian coefficient of amino acid composition of protein, indicator of "excess content" of essential amino acids, ratio of fatty acids  $C_{18:2}:C_{18:1}$  and  $C_{18:2}:C_{18:3}$ ) are characterized by high biological value of proteins and lipids. The recipe composition of a high-protein fermented chickpea-linseed drink is substantiated and the optimal ratio of water: vegetable protein preparations in the recipe composition is determined.

**Key words:** fermented drinks, plant-based substitutes for dairy products, vegan yogurts, chickpea and flax protein

## АНОТАЦІЯ

В роботі наведено результати дослідження заміників молочних продуктів виготовлених на рослинній основі. З цією метою запропоновано використовувати зерна нуту і насіння льону.

Дослідним шляхом встановлена оптимальна кількість води для замочування зерен нуту, що складає 3,3 частини на 1 частину зернової сировини. Встановлено, що оптимальним співвідношенням нут : вода за метою подрібнення сировини є 1 : 8. Також підібрано оптимальне співвідношення нутової і лляної рідкої основи, що становить 3 : 1 відповідно.

Підібрано бактеріальний склад заквасок для сквашування напою. Доведено, що досліджувані напої майже не поступаються у кількості незамінних амінокислот коров'ячому молоку і можуть виступати йому гідною альтернативою. Крім того встановлено, що білки запропонованого нутово-лляного напою добре засвоюються організмом людини.

Згідно з дослідженнями в розробленому нутово-лляному ферментованому напої переважають поліненасичені жирні кислоти (3,51 %), серед яких 2,63 % – це ліноленова кислота. Також напій містить олеїну кислоту в кількості 1,26 %, що належить до мононенасичених жирних кислот. За показниками співвідношення жирних кислот C<sub>18:2</sub>:C<sub>18:1</sub> і C<sub>18:2</sub>:C<sub>18:3</sub> напій відповідає ідеальному жиру.

Показано, що йогурти на цих заквасках мають вищі органолептичні показники в порівнянні з традиційними напоями.

**Мета статті** полягає у науковому обґрунтуванні і розробці оптимальної рецептури та технології виробництва високобілкового ферментованого напою на рослинній основі нуту і лляного протеїну.

**Методологія.** Під час проведення роботи використовували мікробіологічні, фізико-хімічні та органолептичні методи досліджень. Опрацювання результатів здійснювали за допомогою баз даних MS Excel.

**Наукова новизна** полягає в тому, що під час розробки концепції створення технологій нових ферментованих напоїв, в яких збільшено білковий вміст і удосконалено амінокислотний склад шляхом додавання нуту і лляного протеїну.

**Висновки:** Показано перспективність використання ферментованих напоїв на рослинній основі. Встановлено, що розроблені зразки напою за комплексом показників (амінокислотним складом та скором, потенційною біологічною цінністю білка, коефіцієнтом утилітарності амінокислотного складу білка, показником «надлишкового вмісту» незамінних амінокислот, співвідношення жирних кислот C<sub>18:2</sub>:C<sub>18:1</sub> і C<sub>18:2</sub>:C<sub>18:3</sub>) характеризуються високою біологічною цінністю білків і ліпідів. Обґрунтовано рецептурний склад високобілкового ферментованого нутово-лляного напою і визначено оптимальне співвідношення вода : рослинні білкові препарати у рецептурному складі.

**Ключові слова:** ферментовані напої, рослинні заміники молочних продуктів, йогурти веганські, протеїн нутовий та лляний

### Formulation of the problem

*Relevance of work.* Interest in alternative food products is constantly growing. With the need to feed a growing global population, new sources of nutrients are a constant concern for both companies and consumers. While consumers prefer products that are made from natural raw materials, without artificial additives, have increased nutritional value and have certain properties for providing the body with food nutrients.

Every year, the number of consumers who choose a plant-based diet (vegetarianism and veganism), which completely or partially excludes

products of animal origin from the diet, is increasing. This is due to the desire to avoid the common “diseases of civilization” in our time – cardiovascular diseases, atherosclerosis, hypertension, allergies, various neoplasms, etc.

Special attention needs to be paid to the nutrition of people who suffer from an allergy to cow's milk casein, as well as from such a hereditary disease as hypolactasia, i.e., the inability of the body to absorb milk sugar – lactose. In the body of sick people, there is an insufficient amount of protein, vitamins, and minerals, which leads to a functional disorder of the body. In order to provide adequate

nutrition for such people, it is necessary to create and constantly expand the range of products, the composition of which should be as close as possible to the composition of cow's milk.

Although plant-based substitutes for dairy products (PSDP) have existed for centuries as a traditional part of various cultures, interest in them is now growing and the market for such products is expanding rapidly.

Today, the most popular alternative to cow's milk is still soy milk, as well as almond and rice milk substitutes.

The PSDP market is driven by many interests and is influenced by different opinions. At the present time, most consumers choose PSDP not because of need, but because they prefer this product category.

The market for alternatives from plant substitutes is developing especially rapidly in Western countries. On store shelves, there are various options for plant substitutes for dairy products, which have a pleasant taste profile and high nutritional value [9]. A good example of such products are fermented plant-based yogurts, which have recently challenged dairy-based yogurts. The attitude of consumers to new products was previously studied using a specific scale of their innovativeness, which involves the willingness to try and use new developments in food [4].

Fermented foods and beverages of plant origin have attracted increasing attention in recent years due to their beneficial effects on health and increased stability during production and storage, which is desirable from a technological point of view [13].

*Analysis of recent research and publications.*

Plant-based substitutes for dairy products are aqueous extracts of crushed plant material. Nowadays, there are many types of raw materials from which such drinks are made. However, due to the relative novelty of the product, there is currently no classification of such drinks in the literature. In some scientific works, an attempt is made at a general classification of these products, according to which five categories of drinks are distinguished, namely on the basis of [6]:

- cereals (oats, rice, corn);
- legumes (soybeans, peanuts, lupins);
- nuts (almonds, coconut, pistachios, hazelnuts, walnuts);
- seeds (sesame, sunflower, flax, hemp);

- pseudocereals (quinoa, amaranth, teff) [10].

There is a method for the production of vegetable drinks, which involves the homogenization of vegetable oils (corn, linseed, soybean or sunflower oil) with water in the presence of plant-based proteins (pea, legume or soy proteins), polysaccharides (gum arabic or beet pectin), phospholipids (soy or sunflower lecithin) or saponins (quilays) to form an oil-in-water emulsion [1; 12].

During the production of plant drinks, several stages of processing can be applied. However, the general scheme of the modern process on an industrial scale is mostly the same: the plant material is either soaked and subjected to wet grinding, or the raw material is subjected to dry grinding, after which the flour is extracted in water. Often this slurry is filtered or strained to remove grinding waste and insoluble plant material. Standardization and addition of other ingredients such as oil, flavoring, sugar and consistency stabilizers may be applied afterwards depending on the desired consistency and quality of the finished product [5].

Initially, the oil-soluble ingredients are dissolved in the oil phase, while the water-soluble ingredients (including the hydrophilic emulsifier) are dissolved in the aqueous phase. Next, a preliminary emulsion mixture is obtained by mixing the oil phase and the water phase. A finely dispersed emulsion is formed by passing a preliminary emulsion mixture through a mechanical device ("homogenizer") that further splits the oil droplets. Different types of homogenizers can be used to achieve the desired oil droplet sizes (eg, colloid mills, high-pressure valve homogenizers, microfluidizers, and sonicators). Next, the plant drinks usually undergo some form of heat treatment to deactivate any enzymes or microbes that could cause spoilage or health problems, while maintaining the high quality of the product [5].

In some cases, new technological techniques such as ultrasound, pulsed electric field treatment, ohmic heating, and homogenization at high and ultrahigh pressure are used to increase stability without the use of additives. As a rule, the application of the above technologies is aimed at inactivating microorganisms and enzymes, reducing the size of particles and reducing viscosity to increase the physical stability of a plant-based drink [1].



In the field of “plant milk” production, several areas of innovation are being explored. One of them is the possibility of producing mixtures of “plant milk”. Mixes such as almond-oat and almond-coffee drinks are becoming fashionable and increasingly popular with consumers. It is also expected that the market and types of fermented plant-based drinks will grow in the future. Also, in the coming years, the commercial application of advanced non-thermal technologies for the production of “plant milk” is expected [1].

*Purpose of work:* to scientifically justify and develop the production technology of fermented chickpea-flax drink;

*Methodology.* During the research were used: organic chickpeas of the “Ahimsa” brand (Certificate “Organic Standard” UA-BIO-108 №21-0306-07-01; ETKO UA-3254-101-2020.NOP); flax protein of the “Organic Oils” brand (Technical Conditions of Ukraine 10.4-39764614-003:2019); drinking water (Sanitary rules and regulations 2.2.4-171-10 and State Standard of Ukraine 7525-2014).

Sampling for sensory, physicochemical and microbiological studies was carried out in accordance with State Standards 26809 and IDF 122B.

During the research, the titrated acidity of drinks was determined by the titrimetric method according to State Standard 3624-92 (method using the phenolphthalein indicator).

The conditional viscosity of the product was determined by the time it took for the drink to flow out of a 100 ml pipette with an outlet diameter of 5.0 mm at a temperature of 20°C in seconds.

The mass fraction of dry substances (based on

sucrose) in the drink was determined by the refractometric method according to the State Standard of Ukraine 4855:2007.

The nutritional value was determined by calculation with the help of data taken from reference literature, regarding the composition of raw materials [10].

The amino acid score was calculated according to a well-known method relative to the ideal protein [2].

The warranty expiration date was established based on the dynamics of changes in a complex of sensory, physicochemical and microbiological indicators under conditions of proper storage.

During the research, the recipe composition of high-protein fermented chickpea-flax drink was developed; the optimal ratio of water: vegetable protein preparations in the prescription composition is determined.

*Scientific novelty* is that the concept of creating technologies for new fermented drinks based on chickpeas and flax protein with previously predicted health properties has been developed, the protein content has been increased and the amino acid composition of plant-based drinks has been improved by adding flax protein to the chickpea liquid base.

## Research results

Based on the study of the properties of raw material components of PSDP, as well as existing production technologies, technology, technological scheme of manufacture and recipe for fermented drink on a plant-based – chickpeas and flax protein were developed.

In the Table 1 shows the draft recipe composition of samples of high-protein fermented chickpea-flax drink with and without additives.

Table 1

Project recipe composition of high-protein fermented chickpea-flax drink

№	Name of raw materials	Required amount of raw materials (per 100 l), %		
		Sample №1 (without additives)	Sample №2 (with sugar)	Sample №3 (with additives)
1	2	3	4	5
1	Chickpeas (grains)	15.8	15.8	15.8
2	Drinking water	79.7	74.7	73.2
3	Food salt	1	1	1
4	Flax protein	4.5	4.5	4.5

Continuation of Table 1

1	2	3	4	5
5	Sugar-sand	-	5	5
6	Agar-agar	-	-	1.5
7	Citric acid	-	1	1
8	Vanillin	-	-	0.05
9	Leaven	0.5	0.5	0.5
Output		100	100	100

Chickpea drink is the basis for the preparation of chickpea-flax fermented drink; therefore it was important to choose the optimal amount of raw materials and water at all stages of production of the liquid base. It was found experimentally that 3.3 parts of water are needed to soak 1 part of chickpeas. For crushing swollen chickpeas, the optimal ratio of chickpeas:water is 1:8, respectively.

Next, the optimal indicators of temperature and time of heat treatment of the obtained suspension were determined. Based on literary sources, the following technological parameters were chosen: 15-20 min at a temperature of 100°C [7-8; 16]. During heat treatment, the suspension must be periodically stirred so that the chickpea starch does not form a dense clot and is evenly distributed throughout the volume. At a temperature of 50-70°C, denaturation of the protein with its dehydration is observed, in particular, absorption of water from the environment by pasteurized starch. Pasted starch forms a strong jelly in the cells, which affects the consistency of the drink. Gelation of starch is accompanied by the dissolution of starch polysaccharides during heat treatment, which leads to the accumulation of water-soluble substances, and the partial hydrolysis of oligosaccharides and starch leads to an increase in the total amount of sugars. During cooling to room temperature, the chickpea base thickens and acquires the consistency of liquid jelly.

Chickpea protein was extracted in a water-

salt solution for 45-60 minutes, followed by filtration through a double-layer cheesecloth to separate insoluble residues. The ratio of water:protein is 10:1, respectively. Extraction is carried out with the aim of extracting water- and salt-soluble proteins, as well as to prevent "flouriness" in taste.

The optimal ratio of chickpea and flax liquid base was chosen experimentally, which is 3:1, respectively.

At the next stage of the research, starter cultures of starter culture were introduced into the obtained liquid chickpea-linen base.

After thorough mixing, the chickpea-linseed drink was divided into three equal parts:

- only starter cultures were introduced into sample №1;

- a sweetener in the form of granulated sugar and an acidity regulator citric acid were added to sample №2;

- sweetener (sugar-sand), acidity regulator (citric acid), consistency stabilizer (agar-agar) and flavoring (vanillin) were added to sample №3.

As a control, there was already commercially available yogurt, made by using "plant milk" as a substitute for dairy raw materials, namely "Alpro Soy Vanilla Yogurt".

Samples of new fermented drinks are shown in Fig. 1.

Different types of sourdough starters, which contain fermentation polycultures of bacteria, were experimentally selected for the study (Table 2).

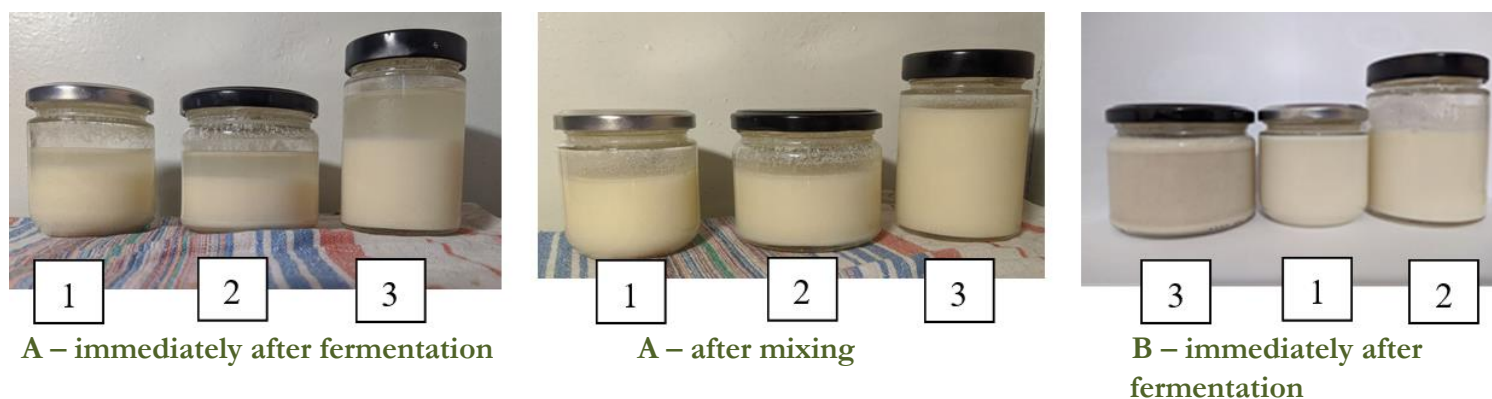


Fig. 1. Samples of fermented chickpea-flax drink fermented with sourdough  
A – “Probio yogurt” (Vivo) and B – “Vegan yogurt” (Vivo): 1 – with sugar; 2 – with additives;  
3 – without additives

Table 2

Bacterial composition of starter cultures used to ferment samples of chickpea-flax drink [11]

Name of the leaven	Bacterial composition	Characteristics of leaven
Vegan yogurt (Vivo)	<i>Streptococcus thermophiles</i> ; <i>Lactobacillus delbrueckii</i> ssp. <i>Bulgaricus</i>	Does not contain components of animal origin and lactose. Suitable for making vegan yogurt based on soy milk or lactose-free yogurt based on lactose-free cow's milk. 1 bag of sourdough is designed to prepare from 1 to 2 liters of yogurt
Probio yogurt (Vivo)	<i>Streptococcus thermophiles</i> ; <i>Lactobacillus delbrueckii</i> ssp. <i>Bulgaricus</i> ; <i>Lactobacillus acidophilus</i> (2 strains); <i>Bifidobacterium lactis</i> (2 strains); <i>Lactobacillus casei</i> ; <i>Lactobacillus rhamnosus</i> ; <i>Lactobacillus paracasei</i> ; <i>Bifidobacterium infantis</i>	It can be used in the form of a fermented milk product, and in its pure form, without fermentation. The number of bacteria in the bag is enough for the guaranteed fermentation of 3 liters of animal milk (at the end of the shelf life of the starter)

Samples were fermented in a multicooker “Mirta” (MC-2209) using the “yogurt” mode for 16 hours at a temperature of 40°C. The obtained samples were cooled and stored at a temperature of 4 °C for 24 hours. During cooling, the texture of fermented beverages thickened.

The nutritional value reflects the full range of useful properties of a food product and is characterized, first of all, by its chemical composition. The chemical composition and energy value of chickpea-flax fermented drinks are given in the Table 3.

Table 3

Chemical composition and energy value of chickpea-flax fermented drink

Name of sample	Content, g/100 g				Energy value, kcal/100 g
	Proteins	Lipids	Carbohydrates	Food fibers	
1	2	3	4	5	6
Control	3.2	1.9	13.6	-	85
Sample №1	4.8	1.1	8	2.1	61.1

Continuation of Table 2

1	2	3	4	5	6
Sample №2	4.8	1.1	13	2.1	83.2
Sample №3	4.8	1.1	13	2.1	84.1

The analysis of research results shows that experimental samples of chickpea-flax fermented drink are characterized by increased nutritional value due to the content of proteins and carbohydrates. The relatively high content of the latter in samples № 2 and № 3 is explained by the specificity of the raw material and added sugar. Compared to the control "Alpro Soy Vanilla Yogurt", the developed drinks differ in higher protein content and lower lipid content,

as well as the presence of dietary fibers.

An important indicator of the biological value of a protein is its closeness to the ideal. Taking into account the fact that the fermented chickpea-flax drink is offered to replace dairy products, a comparison of the content of essential amino acids in the proteins of the drink with a similar indicator in cow's milk and with the reference protein was carried out, as well as the calculated amino acid rate (Table 4).

Table 4  
Comparison of the content of essential amino acids of the developed drink with cow's milk and reference protein

Name of amino acid	Content, g/100 g of protein				
	Reference protein according to FAO/WHO	Cow's milk protein	Amino acid rate, %	Chickpea-flax protein drink	Amino acid rate, %
Threonine	25	44	176	45	180
Lysine	48	78	163	61	127
Methionine + cystine	23	33	144	36	157
Phenylalanine + tyrosine	41	102	249	84	205
Histidine	16	27	169	30	186
Isoleucine	30	47	157	52	173
Leucine	61	95	156	76	125
Tryptophan	6,6	14	212	16	242
Valin	40	64	160	58	145
<b>Total essential amino acids</b>	290.6	504		458	

From the Table 4 shows that the protein of the fermented chickpea-flax drink has a high nutritional value, as it contains all essential amino acids in quantities exceeding the values established by FAO/WHO experts

for the reference protein. Comparing with cow's milk, we can conclude that the chickpea-flax drink is almost not inferior in the amount of essential amino acids and can be a worthy alternative.

The biological value of proteins depends primarily on the balanced amino acid composition of essential ones. All 20 amino acids are necessary for the construction of the vast majority of proteins in the human body, and in certain ratios that are as close as possible to those in the proteins of the human body. Violation of the balance of the amino acid composition of the protein leads to a violation of the synthesis of its own proteins, destroying the dynamic balance of protein anabolism and catabolism towards the predominance of the breakdown of its own proteins, in particular enzyme proteins. Lack of one or another essential amino acid limits the use of other amino acids in the process of protein biosynthesis. Proteins can have one or more limiting amino acids.

The analysis of these values of amino acid rate indicates an excess of all essential amino acids in chickpea-flax fermented drink. Amino acids with an amino acid rate of less than 100% are not included, i.e. the content of each essential amino acid meets the requirements of human needs in reference protein according to the requirements of FAO/WHO (2013) [2].

It should be noted that tryptophan and methionine + cystine have the lowest content among protein amino acids of chickpea-flax fermented drink. The amino acid index, which shows the completeness of the protein, exceeds the recommended values.

The utilitarian coefficient reflects the balance of essential amino acids in relation to the standard, but a more informative indicator of the balance of the composition of essential amino acids is the indicator of comparative redundancy.

The coefficient of comparative redundancy characterizes the total mass of essential amino acids, which is not used for anabolic needs in such a quantity of product protein, which is equivalent to the potentially utilized content of 100 g of reference protein. The smaller the value of the coefficient of comparative redundancy, the better balanced essential amino acids and therefore more rationally can be used by the body [14].

The potential biological value of the fermented chickpea-flax drink is 90%, which indicates a high level of amino acid balance (Table 5).

Table 5

Indicators of biological value of proteins of fermented chickpea-flax drink

Indicator	The value of the biological value of proteins in the drink	Recommended values
Potential biological value of protein, %	90	100
Amino acid rate difference coefficient, %	10	0
U, units	0.74	U → 1.0
$\sigma_c$ , g/100 g of protein	0.13	$\sigma_c \rightarrow 0$
The ratio of essential amino acids / total amino acids	0.77	0.4

The utilitarian coefficient of the amino acid composition (U) indicates a high possibility of utilization of amino acids by the body, and a low indicator of comparative redundancy ( $\sigma_c$ ) means that proteins are well absorbed by the

body. The ratio of essential amino acids to total ones slightly exceeds the norm.

The functional features and biological value of food lipids are determined by their fatty acid composition (Table 6).

Table 6

Evaluation of compliance of the fatty acid composition of the lipids of chickpea-flax fermented drink with the recommended norms of their consumption

Name of fatty acids	Mass fraction of fatty acids, % of the total amount of fatty acids	Recommended amount, g/day [3]
Saturated, including	0.63	25
Miristynova (C14:0)	0.40	
Palmytnova (C16:0)	0.23	
Monounsaturated, including	1.26	30
Oleinova (C18:1)	1.26	
Oleinova, including	3.51	11
Linoleic (C18:2) $\omega$ 6	1.15	
Linolenic (C18:3) $\omega$ 3	2.36	

Analysis of the composition of fatty acids showed that polyunsaturated fatty acids (3.51 %) predominate in the developed chickpea-flax fermented drink. The developed drink contains oleic acid (the monounsaturated fatty acid), the content of which is 1.26 %. The dominant fraction among polyunsaturated fatty acids is irreplaceable

linolenic acid, the content of which is 2.63 %. Among saturated fatty acids, myristic acid prevails (0.40 %).

The digestibility of lipids depends not only on the content of individual groups of fatty acids, but also on their ratio, which characterizes the biological effectiveness of the product's lipids (Table 7).

Table 7

Indicators of biological efficiency of lipids of chickpea-flax fermented drink

Ratio	Lipids	
	Ideal lipid [15]	Lipids of chickpea-flax fermented drink
SFA:MUFA:PUFA	1:1:1	1:2:5.57
PUFA:SFA	0.2-0.4	5.57
C <sub>18:2</sub> :C <sub>18:1</sub>	> 0.25	0.91
C <sub>18:2</sub> :C <sub>18:3</sub>	> 7.0	0.19

The ratio of SFA:MUFA:PUFA does not meet the requirements for ideal lipid : content of MUFA is twice and PUFA is 5.5 times higher than the recommended ratio of ideal lipid, respectively. According to the ratios of C<sub>18:2</sub>:C<sub>18:1</sub> and C<sub>18:2</sub>:C<sub>18:3</sub> fatty acids, the drink corresponds to ideal lipid.

Product quality is determined not only by sensory properties, but also by the product's nutritional and energy value.

Ready-made plant-based drinks do not reach the acidity recommended by the State Standard of Ukraine for ordinary milk yogurts (norm – 80-140). The highest acidity was found in sample (34 °T).

In terms of sucrose content, only sample № 1 (4.0) is inferior to milk yogurt (the norm is at least 5.0). The low sucrose content in this case is explained by the fact that there is no added sugar in chickpea-flax drink №1.

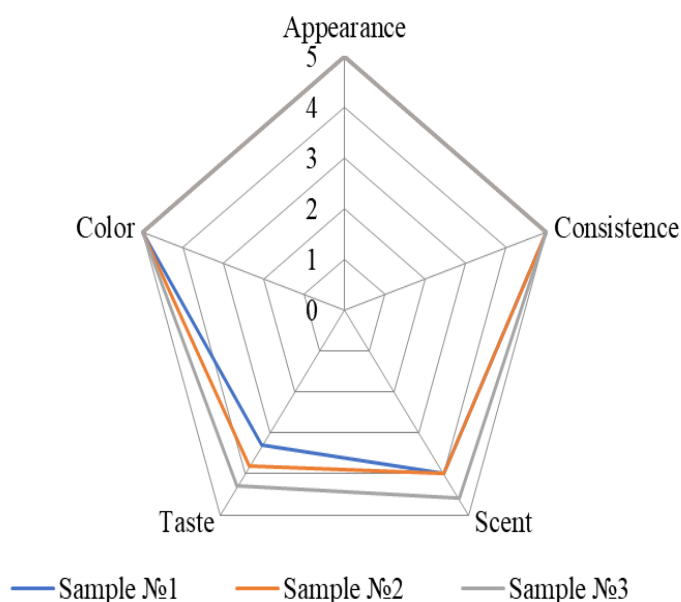
The process of whey separation in chickpea-flax drink is not very different from yogurt based on cow's milk. Indicators indicate less serum release from the plant drink, as its ability to retain serum is less.

The analysis of research results shows that experimental samples of chickpea-flax fermented drink are characterized by increased nutritional value due to the content of protein and carbohydrates. The relatively high content of carbohydrates in samples № 2 and № 3 is explained by the specificity of raw materials and added sugar. Compared to control ("Alpro Soy

Vanilla Yogurt"), the developed drinks differ in higher protein content and lower lipid content, as well as the presence of dietary fiber.

The protein quality indicator is the biological value, which is determined by the qualitative and quantitative content of amino acids and a set of coefficients characterizing the degree of protein assimilation by the body.

Based on the results of the sensory evaluation, a profilogram of the sensory indicators of the quality of the experimental samples of the chickpea-flax fermented drink was created (Fig. 2).



**Fig. 2. Profilogram of sensory quality indicators of experimental samples of chickpea-flax fermented drink**

The results of sensory evaluation of chickpea-flax fermented drink show that the developed samples are characterized by high sensory indicators. Thus, sample №3 with additives received the highest total score of 18.9 points out of a possible 20. The color of the drinks is mainly white and creamy, uniform throughout the mass. The samples had a pleasant, moderately intense smell and taste, characteristic of this type of product and raw material. The consistency of the test samples was homogeneous, viscous, without gas formation. Before tasting, the drinks were mixed, because

during the storage process, whey separated, which is typical for this type of product.

### Conclusions

The obtained results confirm the experimentally selected different types of starters, which contain fermentation polycultures of bacteria. A batch of samples fermented with "Probio Yogurt" (Vivo) starter, had worse sensory indicators than the samples fermented with "Vegan Yogurt" (Vivo) starter. Therefore, control samples for tasting were prepared using the second starter. According to the results of the sensory evaluation of

the chickpea-flax fermented drink, sample № 3 with additives (sugar, citric acid, agar-agar, vanillin) received the highest overall score. In terms of flavor profile, this sample is more like a traditional dairy yogurt flavor.

Developed samples of chickpea-flax fermented drink are characterized by increased nutritional value due to the content of protein and carbohydrates. Compared to the control (Alpro Soy Vanilla Yogurt), the developed drinks differ in higher protein content and lower lipid content, as well as the presence of dietary fiber.

The biological value of the developed drinks is characterized by the content of all essential amino

acids. According to a complex of indicators (amino acid composition and speed, potential biological value of protein, utilitarian coefficient of amino acid composition of protein, indicator of “excess content” of essential amino acids), developed samples of chickpea-flax fermented drink are characterized by high biological value of proteins.

The ratio of SFA:MUFA:PUFA does not meet the requirements for ideal lipid. The content of MUFA is twice as high, and PUFA is 5.5 times higher than the recommended ratio of ideal lipid, respectively. According to the ratios of C<sub>18:2</sub>:C<sub>18:1</sub> and C<sub>18:2</sub>:C<sub>18:3</sub> fatty acids, the drink corresponds to ideal lipid.

## References

1. Aydar, E.F., Tutuncu, S., & Ozcelik, B. (2020). Plant-based milk substitutes Bioactive compounds, conventional and novel processes, bioavailability studies, and health effects. *Journal of Functional Foods*, 70. DOI: 10.1016/j.jff.2020.103975.
2. Dietary protein quality evaluation in human nutrition: Report of an FAO Expert Consultation. Rome (Italy): FAO, 2013. 66 p. URL: <http://www.fao.org/3/a-i3124e.pdf>.
3. Dudenko, N. V. (2013). *Nutrytsiologhiia: navch. posib. [Nutritionology: manual]*. Kharkiv: Svit Knyh. Дуденко Н. В. *Нутриціологія: навч. посіб.* Харків: Світ Книг, 2013. 560 с.
4. Huotilainen, A., Pirttilä-Backman, A.-M., & Tuorila, H. (2006). How innovativeness relates to social representation of new foods and to the willingness to try and use such foods. *Journal of Food Quality Preference*, 17 (5), 353–361. DOI:10.1016/j.foodqual.2005.04.005.
5. Jeske, S., Zannini, E., & Arendt, E. (2018). Past, present and future: The strength of plant-based dairy substitutes based on gluten-free raw materials. *Food Research International*, 110, 42–51. DOI: 10.1016/j.foodres.2017.03.045.
6. Lapytska, N. V. (2021). *Tekhnolohiia napoiv, ekstraktiv ta kontsentrativ: navch. posibnyk [Technology of drinks, extracts and concentrates: manual]*. Chernihiv: T.H. Shevchenko National University “Chernihiv Colehium”. Лapiцька Н. В. *Технологія напоїв, екстрактів та концентратів: навч. посібник*. Чернігів: НУЧК імені Т. Г. Шевченка, 2021. 217 с.
7. Li, W., Wei, M., Wu, J., Rui, X., & Dong, M. (2016). Novel fermented chickpea milk with enhanced level of  $\gamma$ -aminobutyric acid and neuroprotective effect on PC12 cells. *PeerJ*. DOI: 10.7717/peerj.2292.



8. Luana, R., & Rodrigues de Alencar, E. (2020). Development of novel plant-based milk based on chickpea and coconut. *LWT-food Science and Technology*, 128, 96–106. DOI: 10.1016/j.lwt.2020.109479.
9. Mäkinen, O.E. et al. (2016). Foods for Special Dietary Needs: Non-dairy Plant-based Milk Substitutes and Fermented Dairy-type Products. *Critical reviews in food science and nutrition*, 56(3), 339–349. DOI: 10.1080/10408398.2012.761950.
10. Motuzka, Yu., & Koshelnyk, A. (2019). Rynok analogiv molochnykh produktiv roslynnoho pokhodzhennia: svitovi trendy [The market of analogues of plant-based dairy products: global trends]. *Tovary i rynky - Goods and markets*, 3, 38–49. DOI: 10.31617/tr.knute.2019(31)04.  
Мотузка Ю., Кошельник А. Ринок аналогів молочних продуктів рослинного походження: світові тренди. *Товари і ринки*. 2019. №3. С. 38–49. DOI: 10.31617/tr.knute.2019(31)04.
11. Produktsiia kompanii VIVO [Products of VIVO company]. URL: <https://www.zakvaski.com/products/>  
Продукція компанії VIVO. URL: <https://www.zakvaski.com/products/>
12. Sánchez-Zapata, E., Fernández-López, J., & Angel Pérez-Alvarez, J. (2012). Tiger Nut (*Cyperus esculentus*) commercialization: health aspects, composition, properties, and food applications. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 11(4), 366–377. DOI: 10.1111/j.1541-4337.2012.00190.x. 3.
13. Sethi, S., Tyagi, S.K., & Anurag, R.K. (2016). Plant-based milk alternatives an emerging segment of functional beverages: a review. *Journal of Food Science and Technology*, 53(9), 3408–3423. DOI: 10.1007/s13197-016-2328-3.
14. Sydorenko, O., Apach, M., & Burkatska, H. (2016). Biologichna tsinnist bilkiv *Rapana venosa* [Biological value of *Rapana venosa* proteins]. *Tovary i rynky - Goods and markets*, 1, 159–168. URL: <http://tr.knute.edu.ua/files/2016/21/18.pdf>.  
Сидоренко О., Апач М., Буркацька Г. Біологічна цінність білків *Rapana venosa*. *Товари і ринки*. 2016. № 1. С. 159–168. URL: <http://tr.knute.edu.ua/files/2016/21/18.pdf>.
15. Tsypryan, V.I. (2007). Hihiena kharchuvannia z osnovamy nutrytsiologii: pidruch. u 2-kh kn. [Nutritional hygiene with the basics of nutrition: a textbook in 2 books]. Kyiv: Medytsyna.  
Ципріяні В.І. Гігієна харчування з основами нутриціології: підруч. у 2-х кн. К.: Медицина, 2007. 544 с.
16. Zhang, X., Zhang, Sh., Xie, B., & Sun, Zh. (2021). Influence of Lactic Acid Bacteria Fermentation on Physicochemical Properties and Antioxidant Activity of Chickpea Yam Milk. *Journal of Food Quality*, 2021, 1-9. DOI: 10.1155/2021/5523356.

Received: 24.11.2022. Accepted: 26.12.2022. Published: 29.12.2022.

## Cite this article in APA Style as:

Novik, A., Lapytska, N., Lystopad, T., Boychenko, P., and Savchenko, A., (2022). Development of the technology of a high-protein fermented drink on a plant basis. *BHT: Biota. Human. Technology*, 2, 93-105. (in English)

## Information about the authors:

**Anna Novik** [*in Ukrainian: Новік Г.*] <sup>1</sup> Ph.D. in Tech. Sc., Assoc. Prof., e-mail: anna.novik.82.zukr.net  
ORCID: 0000-0003-4045-4878, *ResearcherID*: G-8283-2019  
Department of food technology, Oles Honchar Dnipro National University,  
Gagarina str., 72, Dnipro, Ukraine, 49010, Ukraine

**Nadiya Lapytska** [*in Ukrainian: Лапицька Н.*] <sup>2</sup> Ph.D. in Tech. Sc., Assoc. Prof., e-mail: nadegda.lapitskaja@gmail.com  
ORCID: 0000-0003-2431-4373  
Department of Chemistry, Technology and Pharmacy, T.H. Shevchenko National University «Chernihiv Colehium»,  
53 Hetmana Polubotka Street, Chernihiv, 14013, Ukraine

**Tamara Lystopad** [*in Ukrainian: Листопад Т.*] <sup>3</sup> Ph.D. in Tech. Sc., e-mail: lystopad.tamara.88@gmail.com  
ORCID: 0000-0002-5669-6778 *ResearcherID*: Q-9734-2017  
LLC "AUTOCOM DNIPRO"

**Polina Boychenko** [*in Ukrainian: Бойченко П.*] <sup>4</sup> master, e-mail: linaboichenko@ukr.net  
Department of food technology, Oles Honchar Dnipro National University,  
Gagarina str., 72, Dnipro, Ukraine, 49010, Ukraine

**Alina Savchenko** [*in Ukrainian: Савченко А.*] <sup>5</sup> Assistant, e-mail: savkalka3@gmail.com  
ORCID: 0000-0002-2649-8412, *ResearcherID*: ADT-972-2022,  
Department of food technology, Oles Honchar Dnipro National University, Dnipro.  
Gagarina str., 72, Dnipro, Ukraine, 49010, Ukraine

---

<sup>1</sup> Study design, statistical analysis, manuscript preparation

<sup>2</sup> Data collection, statistical analysis,

<sup>3</sup> Data collection, statistical analysis

<sup>4</sup> Statistical analysis, manuscript preparation

<sup>5</sup> Statistical analysis

UDC 664.644:579.67

Nadiia Lapytska, Olga Syza, Olena Gorodyska, Olesya Savchenko, Evugene Rebenok



## THE IMPACT OF ROSEHIP OIL ON QUALITY OF RYE-WHEAT BREAD

ВПЛИВ ОЛІЇ ПЛОДІВ ШИПШИНИ НА ФОРМУВАННЯ ЯКОСТІ  
ХЛІБА ЖИТНЬО-ПШЕНИЧНОГО

DOI: 10.58407/bht.2.22.8

This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

© Lapytska, N., Syza, O., Gorodyska, O., Savchenko, O., Rebenok, E., 2022

## ABSTRACT

In the study, it was aimed to use rosehip oil for the quality improvement of rye-wheat bread, made by a single-phase method. Use 1% of the oil to total mass of flour has almost no effect on the quality of the product, however it has positive influence on porosity, specific volume and dimensional stability of bread. Adding 3...5 % of rosehip oil allows to increase the indicators of porosity, specific volume and dimensional stability of ready products by 8.3...16.7 %, 15.0...30.0 % and 9.3...16.3 % respectively. Addition of 7 % of rosehip oil as maximum amount, caused decreasing of given quality indicators to 5% addition of the oil addition, but still remain higher by 11.7 %, 20.0 % and 11.6 % respectively compare to initial bread. To investigate the reason of such effect, tests for studying activity of the dough microflora and their impact on the gluten, on acidity accumulation during the ripening process, on falling number of wheat and rye flour and also on their mixture were conducted.

Adding 3...7 % of rosehip oil increase microflora activity of rye-wheat dough. Increasing amount of rosehip oil, significantly increase activity of lactic acid bacteria and dough-raising power. In this regard, the acid accumulation intensifies, which is a positive result but it's does not explain decreasing quality of ready product when 7 % of oil was added.

It's possible to explain quality decreasing of ready product because addition of 7% rosehip has impact on wheat gluten and on rye falling number, also on wheat rye mixture. It was found out that oil dosage causes significantly increase strength of gluten. Gluten extensibility decreases by 1.5 times, elasticity by 28.3 % compared to the control sample. The amount of raw gluten also decreases by 45.5 %. Rosehip oil has a similar effect on the "fall number" parameter. This is especially noticeable when studying a model system made of rye flour.

**The purpose of the article** is investigation the impact which rose hip oil can made on the quality of rye-wheat bread made by a single-phase method.

**Methodology.** Microbiological, physicochemical and organoleptic research methods were used during the work. Processing of the results was carried out using MC Excel databases.

**The scientific novelty.** It was first time investigated possibility of using rosehip fruit oil to improve the quality of rye-wheat bread; established its effect on the activity of microflora of rye-wheat dough; studied the effect on quality indicators of rye, wheat flour and their mixture.

**Conclusions:** it was found out that for improving the properties of rye-wheat bread made by a single-phase method, it is advisable to use rosehip fruit oil in the amount of 3...5% of the total mass of flour.

**Key words:** rye-wheat bread, rosehip oil, quality indicators

## АНОТАЦІЯ

В роботі наведено результати досліджень показників якості житньо-пшеничного хліба, виготовленого однофазним способом, з додаванням олії плодів шипшини в діапазоні дозувань 1...7 %. Встановлено, що використання запропонованої добавки в кількості 1 % від загальної маси борошна не є доцільним, оскільки майже не впливає на якість готових виробів, проте виявлено позитивну динаміку в зміні пористості, питомого об'єму та формостійкості хліба. Використання олії плодів шипшини в кількості від 3 до 5 % дозволяє підвищити показники пористості, питомого об'єму та формостійкості готових виробів на 8,3...16,7 %, 15,0...30,0 % та 9,3...16,3 % відповідно. В той же час за максимальної кількості олії плодів шипшини (7 %) наведені показники якості починають знижуватись порівняно із такими за внесення добавки в кількості 5 %, проте все одно залишаються вищими на 11,7 %, 20,0 % та 11,6 % відповідно. Для виявлення причини такої дії олії було проведено ряд досліджень, направлених на вивчення активності бродильної мікрофлори житньо-пшеничного тіста, зміні накопичення його кислотності в процесі дозрівання, впливу на клейковину пшеничного борошна, а також число падіння житнього, пшеничного борошна та їх суміші.

Дані досліджень впливу добавки в кількості 3...7 % на активність бродильної мікрофлори житньо-пшеничного тіста показали, що із збільшенням дозування олії плодів шипшини активність молочнокислих бактерій та підймальна сила дріжджів значно зростає. У зв'язку з цим передбачувано інтенсифікується процес кислотонакопичення, що є позитивним результатом, і не пояснює зниження якості готових виробів за внесення 7% добавки.

Зниження якості готових виробів за додавання 7 % олії плодів шипшини було пояснено при вивченні впливу її на клейковину пшеничного борошна та на число падіння житнього, пшеничного борошна та їх суміші. Встановлено, що таке дозування добавки спричиняє значне укріплення клейковини. Її розтяжність знижується в 1,5 рази, пружність – на 28,3 % порівняно із контрольним зразком. Кількість сирої клейковини при цьому також знижується на 45,5 %. Аналогічний вплив має олія плодів шипшини й на показник «число падіння». Особливо це помітно при вивченні модельної системи із житнього борошна.

**Мета статті** – дослідити вплив олії плодів шипшини на формування якості житньо-пшеничного хліба, виготовленого однофазним способом.

**Методологія.** Під час проведення роботи використовували мікробіологічні, фізико-хімічні та органолептичні методи досліджень. Опрацювання результатів здійснювали за допомогою баз даних MS Excel.

**Наукова новизна** полягає в тому, що вперше досліджено можливість використання олії плодів шипшини для покращення якості житньо-пшеничного хліба; встановлено її вплив на активність мікрофлори житньо-пшеничного тіста; вивчено дію на показники якості житнього, пшеничного борошна та їх суміші.

**Висновки:** в ході досліджень встановлено, що для покращення фізико-хімічних показників якості житньо-пшеничного хліба виготовленого однофазним способом, доцільно використовувати олію плодів шипшини в кількості 3...5% від загальної маси борошна.

**Ключові слова:** житньо-пшеничний хліб, олія плодів шипшини, показники якості

## Постановка проблеми

*Актуальність роботи.* Темп життя сучасної людини зростає щоденно. Це спричиняє споживання їжі «на ходу». Високою популярністю в цьому аспекті користується свіжа випічка пекарень малої потужності, адже їх асортимент легко підлаштовується під попит споживача. Завдяки цьому вони витісняють з ринку продукцію великих хлібо заводів. В результаті цього знижується споживання саме житніх та

житньо-пшеничних сортів хліба, оскільки технологія їх виготовлення є складною, тривалою та багатоетапною, потребує більше часу та складнішого обладнання для реалізації технологічного процесу й отримання готового продукту.

У зв'язку із ситуацією, що склалася, гостро постає питання щодо спрощення технології виробництва житньо-пшеничних сортів хліба та підлаштування її до умов малих пекарень.

З цією метою науковці пропонують використовувати підкислювачі та сухі закваски, що призводить до зниження фізико-хімічних і органолептичних показників якості хліба [18]. Він є «біднішим» і на есенціальні речовини, що не вписується в концепцію здорового харчування. Тому пошук добавок, які б сприяли покращенню показників якості житньо-пшеничного хліба, виготовленого за однофазною технологією і додатково збагачували його широким спектром мінеральних речовин, вітамінів тощо, є актуальним завданням на сьогоднішній день.

*Аналіз останніх досліджень та публікацій.* З метою прискорення технологічних процесів виробництва житньо-пшеничного хліба та додаткового його збагачення науковці пропонують використовувати рослинну сировину та продукти її переробки у вигляді порошків, екстрактів, паст тощо [2; 4]. Особливу увагу серед усього асортименту можливих збагачувачів привертають плоди шипшини та продукти їх переробки, адже саме в них міститься широкий спектр вітамінів, мінеральних речовин, ефірні олії, харчові волокна та інші корисні для організму людини сполуки.

Плоди шипшини й продукти їх переробки знайшли своє місце у парфумерно-косметичній промисловості та у фітотерапії [9; 16; 17; 20], оскільки доведена їх потужна антиоксидантна, імуностимулююча, гастропротекторна, протидіабетична та ін. дія. В харчовій промисловості ця лікарська рослина і продукти з неї знайшла широке застосування при виробництві квасу, безалкогольних та кисломолочних напоїв, питних йогуртів, спреду, чайних та кавових напоїв, кондитерських виробів [5-6; 11; 15; 19]. У наведених технологіях шипшина використовується у вигляді порошків, екстрактів, сиропів, шроту та олії з плодів

шипшини. Використання такої сировини дозволяє покращити показники якості продукції за її використання, надати їй антиоксидантних, анальгетичних та протизапальних властивостей, збагатити готову продукцію широким спектром біологічно активних речовин та подовжити термін її придатності.

Слід зазначити, що в хлібопеченні плоди шипшини та продукти їх переробки застосовуються переважно для виробництва пшеничних сортів хліба. В різних роботах пропонується використовувати з цією метою водні та сироваткові екстракти з даної лікарської рослини в кількостях 30,0% та 15,0% до маси борошна [7]. Це дозволяє покращити структурно-механічні властивості пшеничного тіста, прискорити проходження мікробіологічних процесів завдяки активації бродильної мікрофлори та отримати готові вироби з високими органолептичними та фізико-хімічними показниками якості.

При вивченні можливості використання порошку із плодів шипшини для збагачення пшеничного хліба, в роботі [8] пропонується використовувати його в кількості 5,0% до маси борошна, а в роботі [1] розглядається можливість сумісного використання порошків із плодів шипшини та горобини в кількості 1,0...3,0 % від маси борошна. Авторами доведено покращення фізико-хімічних показників якості хліба за рахунок укріплення клейковини пшеничного борошна, а також прискорення мікробіологічних процесів дозрівання пшеничного тіста.

При вивченні шляхів збагачення житньо-пшеничних сортів хліба доведена ефективність використання шроту плодів шипшини. Встановлено, що його внесення до рецептури житньо-пшеничного хліба сприяє активації бродильної мікрофлори, інтенсифікується кислотонакопичення і газоутворення в тісті. Хліб за внесення 2,0...6,0 % цієї добавки має вищі

порівняно з контролем фізико-хімічні показники якості та зберігає свіжість протягом більш тривалого часу. Проте додавання максимальної кількості шроту (6,0 %) викликає неприємний смак у готових виробів, тому авторами пропонується використовувати цю добавку в кількості 2,0...4,0 % від загальної маси борошна [12-13]. Відомо, що шрот – це побічний продукт отримання олії шляхом екстракції [14]. В роботах, наведених вище, використано CO<sub>2</sub>-шрот виробництва НВ ТОВ «Житомирбіопродукт». На даному підприємстві він є побічним продуктом технологічного процесу виробництва олії плодів шипшини. Відомостей про її використання в технології хліба нами не знайдено. Враховуючи її хімічний склад, багатий на ненасичені жирні кислоти, каратиноїди, вітаміни А, Е та С, вважали за доцільне вивчити вплив олії плодів шипшини (ОПШ) на формування якості житньо-пшеничного хліба, адже відомо, що ненасичені жирні кислоти в поєднанні з рослинними жирами та жиророзчинними вітамінами мають позитивний вплив на пористість і питомий об'єм хліба. Враховуючи високу антиоксидантну активність ОПШ, можна припустити, що вироби за її використання будуть зберігати свіжість протягом більш тривалого часу.

*Мета роботи:* дослідити вплив олії плодів шипшини на показники якості житньо-пшеничного хліба, активність бродильної мікрофлори та формування структури тіста.

*Методологія.* Під час проведення досліджень використовували борошно житнє обдирне (ДСТУ 8891-2018), борошно пшеничне першого сорту (ГСТУ 46004-99), сіль кухонну харчову (ДСТУ 3583-2015), питну воду (СанПіН 2.2.4-171-10 та ДСТУ 7525-2014), олію плодів шипшини виробництва НВ ТОВ «Житомирбіопродукт» та суху житню закваску «Puratos Othello Norma» (виробник «Puratos», Бельгія).

Тісто готували із житнього обдирного та пшеничного борошна першого сорту у співвідношенні 1:1 вологістю 47 % з використанням сухої житньої закваски (2,5 % від маси житнього борошна), солі кухонної (1,5 %) та дріжджів хлібопекарських пресованих (2,0 %). Дослідний інтервал олії із плодів шипшини становив 1...7 % від загальної маси борошна. Олію вносили як додаткову сировину у сольовий розчин під час замішування тіста. Контролем слугував зразок хліба без добавок. Тривалість дозрівання контрольних і дослідних зразків становила 90 хв. Виброджене тісто піддавали формуванню, а сформовані тістові заготовки – вистоюванню за температури 30...35 °С та вологості 75...85 %. Вистояні тістові заготовки випікали на поду та у формах за температури 180...220 °С із зволоженням пекарної камери. Визначення показників якості готових виробів проводили після повного їх вистигання не раніше ніж через 3 години після випікання.

Показники пористості, питомого об'єму, вологості та кислотності готового хліба, вплив ОПШ на клейковину пшеничного борошна та інтенсивність кислотонакопичення тіста визначали за стандартними методиками, наведеними в роботі [3].

Для визначення активності молочнокислих бактерій 20 г житньо-пшеничного тіста і 40 см<sup>3</sup> дистильованої води з температурою (39 ± 1) °С розтирали в ступці до однорідної консистенції і відбирали у дві пробірки по 10 см<sup>3</sup> отриманої суспензії. В одну з пробірок додавали 1 см<sup>3</sup> 0,05 %-го водного розчину метиленового синього, інша пробірка слугувала контролем для порівняння кольору. Пробірки закривали гумовими корками, збовтували та поміщали у термостат із температурою 40 °С. Фіксували час, за який у них знебарвлюється метиленовий синій [3].

Підймальну силу дріжджів визначали арбітражним методом за ДСТУ 4812:2007, вимірюючи час, за який тісто підніметься на 70 мм.

Зміни вуглеводно-амілазного комплексу борошна за умови додавання олії плодів шипшини вивчали за показником «число падіння» [10].

Наукова новизна полягає в тому, що досліджено вплив олії плодів шипшини на показники якості житньо-пшеничного хліба, встановлено закономірність формування якості готових виробів від проходження

мікробіологічних процесів та формування структури тіста.

### Результати дослідження

На першому етапі досліджень визначали вплив ОПШ на фізико-хімічні показники якості житньо-пшеничного хліба. Результати визначень наведено в табл. 1.

Таблиця 1

Фізико-хімічні показники якості житньо-пшеничного хліба за додавання олії плодів шипшини

Показник якості	Значення показника за вказаного дозування ОПШ				
	контроль (без добавок)	1%	3%	5%	7%
Вологість, %	46,2	46,3	46,4	46,5	46,6
Кислотність, град	6,0	6,0	6,4	6,8	7,3
Пористість, %	60,0	62,0	65,0	70,0	67,0
Питомий об'єм, см/100 г	2,0	2,1	2,3	2,6	2,4
Формостійкість, Н/D	0,43	0,45	0,47	0,50	0,48

Отримані дані свідчать, що внесення олії в кількості 1 % має не суттєвий вплив на показники якості хліба, але все ж прослідковується тенденція до їх покращення. У зв'язку з цим використовувати наведене дозування у подальших дослідженнях не вважали за доцільне.

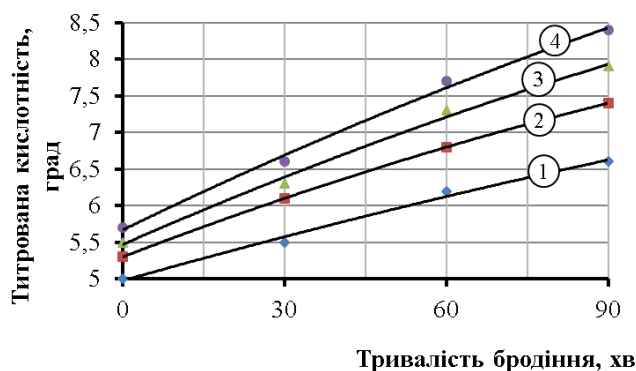
Встановлено, що внесення ОПШ в кількості від 3 % до 5 % сприяє підвищенню показників пористості, питомого об'єму та формостійкості житньо-пшеничного хліба порівняно з контрольним зразком на 8,3...16,7 %, 15,0...30,0 % та 9,3...16,3 % відповідно. Наведений позитивний ефект може бути викликаний активацією бродильної мікрофлори житньо-пшеничного тіста за рахунок багатого на вітаміни та мінеральні речовини хімічного складу олії, а також позитивним впливом аскорбінової кислоти, що в значній кількості міститься в ній (264,4 мг/100 г), на білково-протеїназний комплекс пшеничного борошна, як складової рецептури житньо-пшеничного хліба.

Слід зазначити, що внесення олії в максимальній кількості (7 %) спричиняє зниження пористості, питомого об'єму та формостійкості готових виробів порівняно із аналогічними показниками за додавання 5 % ОПШ на 4,3 %, 7,7% та 4,0 % відповідно, але порівняно з контрольним зразком наведені показники все одно залишаються вищими відповідно на 11,7 %, 20 % та 11,6 %. Така дія добавки, ймовірно, пов'язана із значним укріпленням клейковини пшеничного борошна, що спричиняє її руйнування, а також – кислотним гідролізом крохмалю як житнього, так і пшеничного борошна, що в комплексі із руйнуванням клейковини погіршує якість готових виробів. Тому на наступному етапі досліджень вважали за необхідне вивчити вплив олії плодів шипшини на інтенсивність кислотонакопичення, бродильну мікрофлору житньо-пшеничного тіста, а також на якість клейковини пшеничного борошна й на число падіння житнього, пшеничного борошна та їх суміші.

В ході дослідження встановлено, що вологість дослідних виробів знаходиться у межах похибки порівняно з контрольним зразком, що є передбачуваним, адже внесена добавка не містить в своєму складі некрохмальних полісахаридів, які здатні в більшій мірі поглинати й утримувати поглинуту вологу. Це свідчить про те, що в ході технологічного процесу для

замішування тіста кількість води збільшувати не потрібно.

Як видно з даних табл. 1, кислотність виробів за внесення ОПШ в діапазоні дозувань від 3 % до 7 % зростає на 6,7...21,7 %, що може свідчити про інтенсифікацію процесу кислотонакопичення. Це і було підтверджено в ході досліджень кислотності житньо-пшеничного тіста протягом часу дозрівання (рис. 1).



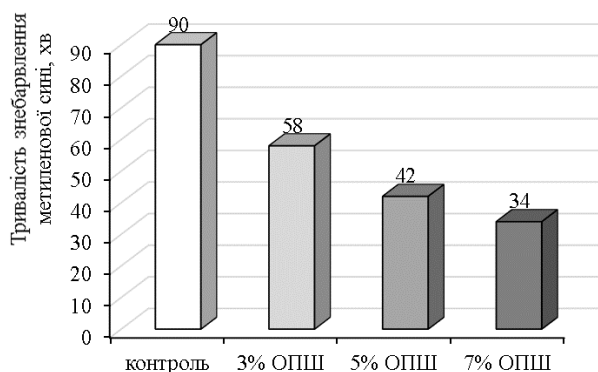
**Рис. 1.** Зміна титрованої кислотності житньо-пшеничного тіста за внесення олії плодів шипшини: 1 – контроль (без добавок); з додаванням: 2 – 3% ОПШ; 3 – 5% ОПШ; 4 – 7% ОПШ

Із наведених даних видно, що внесення олії плодів шипшини сприяє збільшенню як початкової кислотності житньо-пшеничного тіста, так і більш інтенсивному її накопиченню під час дозрівання. Так, початкова кислотність підвищується на 7,0...15,0 %, що викликано вищою кислотністю олії плодів шипшини порівняно із житнім та пшеничним борошном. Наприкінці експерименту кислотність дослідних зразків тіста вища порівняно з контрольним зразком на 11,9...27,0 %, що є позитивним чинником для проведення технологічного процесу на сухих житніх заквасках, оскільки нижча кислотність такого тіста, порівняно із тістом на виробничих заквасках, є недоліком прискореної технології й спричиняє зниження органолептичних показників якості готового хліба.

Інтенсифікація кислотонакопичення відбувається за рахунок активації бродильної мікрофлори житньо-пшеничного тіста, що можливо завдяки внесенню додаткових поживних речовин з олією плодів шипшини для діяльності молочнокислих бактерій та дріжджів. Це припущення було підтверджено в ході досліджень впливу добавки на активність молочнокислих бактерій (рис. 2) та на підймальну силу дріжджів (табл. 2).

Згідно з отриманими даними щодо впливу ОПШ на активність молочнокислих бактерій можна сказати, що її додавання до житньо-пшеничного тіста сприяє скороченню тривалості знебарвлення метиленової сині на 55,2 %, у 2,1 та 2,6 рази відповідно. також експериментально встановлено, що на підймальну силу дріжджів дана добавка має аналогічний вплив (табл. 2).





**Рис. 2. Активність молочнокислих бактерій в житньо-пшеничному тісті за додавання олії плодів шипшини**

Таблиця 2

**Вплив олії плодів шипшини на підймальну силу дріжджів**

Дозування олії плодів шипшини, % до маси борошна	Значення показника
Контроль	52,5
3% ОПШ	45,0
5% ОПШ	38,5
7% ОПШ	30,2

Так, за внесення 3 % ОПШ підймальна сила дріжджів збільшується на 16,7 %, за додавання 5 % – на 36,4 %, за внесення 7 % – на 73,8%. Поряд із аналогічним збільшенням активності молочнокислих бактерій це свідчить про позитивний вплив запропонованої добавки на бродильну мікрофлору житньо-пшеничного тіста. Все це, в свою чергу, буде сприяти кращій газоутворювальній здатності житньо-пшеничного тіста та підвищенню фізико-

хімічних показників готових виробів (табл. 1).

Для виявлення передумов зниження якості хліба із додаванням ОПШ в кількості 7 % було проведено дослідження впливу добавки на клейковину пшеничного борошна (табл. 3), адже відомо, що даний показник відіграє визначальну роль у формуванні якості виробів, до складу яких входить пшеничне борошно.

Таблиця 3

**Показники якості клейковини пшеничного борошна за додавання олії плодів шипшини**

Показник	Значення показника в зразках клейковини			
	контроль (без добавок)	З додаванням ОПШ, % від загальної маси борошна		
		3	5	7
Кількість сирої клейковини, %	27,2	25,6	22,3	18,7
Пружність, од. приладу	77,0	73,0	69,0	60,0
Розтяжність, см	20,0	17,0	12,0	8,0

Встановлено, що якість клейковини за вмісту ОПШ покращується. Розтяжність зменшується на 17,6...150,0 %, пружність – на 5,5...28,3 %, що свідчить про значне укріплення клейковини. Слід зазначити, що додавання максимальної кількості олії плодів шипшини (7%) робить клейковину пшеничного борошна короткою, що, скоріш за все, негативно вплине на якість готових виробів. Кількість сирієї клейковини в зразках за додавання добавки також знижується із збільшенням її дозування на 6,3 %, 22,0 % та 45,5 % відповідно. Втрата клейковинних білків у дослідних зразках пов'язана із значним їх укріпленням та,

як результат, крихкістю й втратами під час відмивання. Такий ефект при застосуванні ОПШ насамперед обумовлений наявністю у її складі аскорбінової кислоти, що виступає потужним окисником тіолових груп клейковинних білків, що зумовлює посилення клейковинного каркасу.

Зміцнювальний ефект ОПШ на клейковину можуть мати й поліфеноли, що в значній кількості містяться в ній. Вони утворюють комплекси з білками та укріплюють клейковину [2]. На користь цього припущення свідчить зміна кольору клейковини (рис. 3).



**Рис. 3. Зміна кольору клейковини пшеничного борошна залежно від дозування олії плодів шипшини:**

**1 – контроль (без добавок); з додаванням: 2 – 3% ОПШ; 3 – 5% ОПШ; 4 – 7% ОПШ**

Важливе значення для формування якості хліба, до складу якого входить житнє борошно, має показник «число падіння», що вказує на в'язкість водно-борошняної суспензії, адже відомо, що в'язкість тіста є визначальним критерієм формування якості хліба з житнього борошна та суміші його з пшеничним. Тому наступним етапом досліджень було вивчення впливу олії плодів шипшини на число падіння житнього, пшеничного борошна та їх суміші. Результати наведено на рис. 4.

Встановлено, що внесення олії плодів шипшини спричиняє розрідження водно-борошняної суспензії із всіма зразками борошна. Із збільшенням дозування олії до всіх зразків модельних систем ефект посилюється. Це, скоріш за все, пов'язано із створенням оптимальних умов для дії амілолітичних ферментів, що створюються в модельній системі за рахунок високої концентрації органічних кислот в олії. Особливо такий ефект помітний при вивченні модельної системи із житньо

го борошна, число падіння в ній зменшується на 6,8...26,3 % порівняно із системою без добавок. Число падіння в пшеничних водно-борошняних модельних системах із ОПШ порівняно з контрольним зразком змінюється менш інтенсивно – на 7,7...17,9 %, а в системі із суміші житнього та пшеничного борошна – на 8,8...24,8 %.

Такі дані свідчать про руйнування крохмалю, в переважній кількості, житнього борошна за внесення добавки за рахунок його кислотного гідролізу. Це буде спричиняти зниження в'язкості тіста із суміші житнього та пшеничного борошна. Особливо такий ефект помітний за максимального дозування дослідної олії (7 %). Поряд із значним укріпленням клейковини за максимальної кількості ОПШ (табл. 3) це спричиняє погіршення якості готових виробів, що спостерігалось при вивченні фізико-хімічних показників якості житньо-пшеничного хліба (табл. 1). Таким чином, для подальших досліджень олію плодів шипшини краще використовувати в кількості від 3 до 5 %.

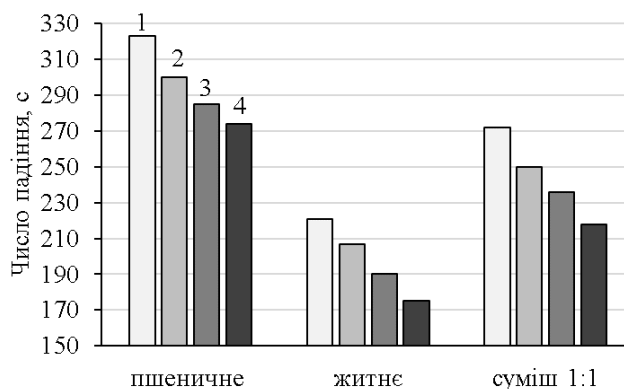


Рис. 4. Показник «число падіння» пшеничного, житнього борошна та їх суміші за додавання олії плодів шипшини:

1 – контроль (без добавок); з додаванням: 2 – 3 % ОПШ; 3 – 5 % ОПШ; 4 – 7 % ОПШ

## Висновки

В роботі доведено доцільність використання олії плодів шипшини в кількості від 3 до 5 % для підвищення показників якості житньо-пшеничного хліба, виготовленого однофазним способом. Використання такої добавки дозволяє підвищити показники пористості, питомого об'єму та формостійкості готових виробів на 8,3...16,7 %, 15,0...30,0 % та 9,3...16,3 % відповідно.

Доведено, що покращення якості хліба обумовлене активацією бродильної мікрофлори житньо-пшеничного тіста, а саме – збільшенням активності молочнокислих бактерій та покращенням підйимальної сили дріжджів. Все це сприяє більш інтенсивному

(на 11,9...20,0 %) кислотонакопиченню, що позитивно впливає на органолептичні показники якості житньо-пшеничного хліба та має позитивний вплив на газоутворення в тісті.

Покращення якості готових виробів із олією плодів шипшини в наведеному діапазоні дозувань значною мірою пов'язані з укріпленням клейковини пшеничного борошна, як одного із структуроутворювачів житньо-пшеничного тіста.

Отже, використання олії плодів шипшини в технології житньо-пшеничного хліба є перспективним і доцільним напрямком, що дозволяє отримати вироби з високими показниками якості.

## References

1. Aparsheva V. V. (2011). Poroshkoobraznyi produkt yz plodov shypovnyka i riabyuny v tekhnolohyy khlebobulochnykh yzdelyi [Powdered product from rose hips and mountain ash in the technology of bakery products]. *Yzvestyia VUZov. Pyshevaia tekhnolohyia*. 5–6, 102–103.  
Апаршева В. В. Порошкообразный продукт из плодов шиповника и рябины в технологии хлебобулочных изделий. *Известия ВУЗов. Пищевая технология*. 2011. № 5–6. С. 102–103.
2. Cherevko O. I., Mykhailov V. M., Samokhvalova O. V. ta in. (2021). Tekhnolohiia ozdorovchykh khlibobulochnykh i kondyterskykh vyrobiv z vykorystanniam netradytsiinoi syrovyny [Technology of healthy bakery and confectionery products using non-traditional raw materials]. Kharkiv, Ukraine: Vyd-vo Ivanenka I. S.  
Черевко О. І., Михайлов В. М., Самохвалова О. В. та ін. Технологія оздоровчих хлібобулочних і кондитерських виробів з використанням нетрадиційної сировини: монографія. Харків: Вид-во Іваненка І. С., 2021. 193 с.

3. Drobot, V. I., Arsenieva, L. Yu., Bilyk, O. A. et al. (2006). *Laboratornyi praktykum z tekhnolohii khlibopekarskoho ta makaronnoho vyrobnytstv* [Laboratory workshop on the technology of baking and pasta production]. Kyiv, Ukraine: Tsentr navchalnoi literatury  
Дробот В. І., Арсенєва Л. Ю., Білик О. А. та ін. *Лабораторний практикум з технології хлібопекарського та макаронного виробництв*. Київ: Центр навч. літ., 2006. 341 с.
4. Drobot V. I. ta in. (2016). *Innovatsiini tekhnolohii diietychnykh ta ozdorovchykh khlibobulochnykh vyrobiv* [Innovative technologies of dietary and healthy bakery products]. Kyiv, Ukraine: Kondor-Vydavnytstvo.  
Дробот В. І. та ін. *Інноваційні технології дієтичних та оздоровчих хлібобулочних виробів: монографія*. Київ: Кондор-Видавництво, 2016. 242 с.
5. Hrek O. V., Krasulia O. O., Naumenko H. V. (2013). *Sklad spreadu z shrotom iz plodiv shypshyny* [The composition of the spread with rose hip meal]. utility model patent 84511 Ukraina: MPK (2013.01), A23D7/00; Patent holder National University of Food Technologies. № 201304768 ; Declared. 15.04.2013; Published. 25.10.2013, Bulletin. № 20.  
Склад спреда з шротом із плодів шипшини: пат. на корисну модель 84511 Україна: МПК (2013.01), A23D7/00 / Грек О. В., Красуля О. О., Науменко Г. В.; власник НУХТ. № 201304768 ; заявл. 15.04.2013; опубл. 25.10.2013, Бюл. № 20.
6. Hyrka O. I. (2015). *Chaini napoi funktsionalnoho pryznachennia na osnovi fitodobavok* [Functional tea drinks based on phytoadditions]. *Tovaroviznavchyi visnyk*. 8, 164–169  
Гирка О. І. *Чайні напої функціонального призначення на основі фітодобавок*. *Товарознавчий вісник*. 2015. № 8. С. 164–169.
7. Lebedenko T., Korkach H., Kozhevnikova V., Novichkova T. (2019). *Methods of regulating physical properties of dough using phytoextracts*. *Food Science and Technology*. 12(4), 52–62. <https://doi.org/10.15673/fst.v12i4.1182>
8. Lukyn A. A., Merenkova S. P. (2015). *Razrabotka tekhnolohyy u retseptury khlebobulochnoho yzdelyia s poroshkom shypovnyka* [Development of technology and recipes for bakery products with rosehip powder]. *Tekhnolohyia y tovarovedenye ynnovatsyonnykh pyshchevykh produktov*. 3, 43–49. <https://rucont.ru/efd/494430>  
Лукин А. А., Меренкова С. П. *Разработка технологии и рецептуры хлебобулочного изделия с порошком шиповника*. *Технология и товароведение инновационных пищевых продуктов*. 2015. № 3. С. 43–49. URL: <https://rucont.ru/efd/494430>
9. Menshov N. P. y dr. (2015). *Yzuchenye hastroprotektornoj aktyvnosti masla, poluchennoho yz semian shypovnyka* [Study of the gastroprotective activity of oil obtained from rose hips]. *Nauchnie vedomosti. Medytsyna. Farmatsyia*. 4(201), 172–175.  
Меньшов Н. П. и др. *Изучение гастропротекторной активности масла, полученного из семян шиповника*. *Научные ведомости. Медицина. Фармация*. 2015. Вып. 29, № 4(201). С. 172–175.

10. Metodyka provedennia kvalifikatsiinoi ekspertyzy sortiv roslyn na prydatnist do poshyrennia v Ukraini. Metody vyznachennia pokaznykiv yakosti produktsii roslynnytstva. (2016). [Methodology for the qualification examination of plant varieties for suitability for distribution in Ukraine. Methods of determining plant production quality indicators]. Kyiv  
 Методика проведення кваліфікаційної експертизи сортів рослин на придатність до поширення в Україні. Методи визначення показників якості продукції рослинництва. Київ, 2016. 158 с.
11. Mukoid R. M., Ivanov Ye. I., Vasyliv V. P. (2018)/ Vyhotovlennia kvasu z netradytsiinoi syrovyny [Production of kvass from non-traditional raw materials]. *Bioresursy i pryrodokorystuvannia*, 10(3–4), 235–240  
 Мукоїд Р. М., Іванов Є. І., Василів В. П. Виготовлення квасу з нетрадиційної сировини. *Біоресурси і природокористування*. 2018. Т. 10. № 3–4. С. 235–240. URL: <https://doi.org/10.31548/bio2018.03.030>
12. Oliinyk S. H., Samokhvalova O. V., Lapytska N. V. (2019). Vplyv shrotu plodiv shypshyny na protsesy dozrivannia ta yakist zhytno-pshenychnoho khliba [The influence of rosehip fruit meal on ripening processes and quality of rye-wheat bread]. *Naukovi pratsi NUKbT*. 25 (6), 250–259.  
 Олійник С. Г., Самохвалова О. В., Лапицька Н. В. Вплив шроту плодів шипшини на процеси дозрівання та якість житньо-пшеничного хліба. *Наукові праці НУХТ*. 2019. Т. 25, № 6. С. 250–259.
13. Oliinyk S., Samokhvalova O., Lapitska N., Kucheruk Z. (2020). Studying the influence of meats from wheat and oat germs, and rose hips, on the formation of quality of rye-w heat dough and bread. *Eastern European Journal of Advanced Technologies. Technology and equipment of food production*. 1/11(103), 59–65.
14. Oseiko M. I. (2006). Tekhnolohiia roslynnykh olii [Technology of vegetable oils]. Kyiv, Ukraine  
 Осейко М. І. Технологія рослинних олій: підручник. Київ, 2006. 280 с.
15. Palahyna M.V. y dr. (2018). Yspolzovanye dalnevostochnykh shypovnykov v tekhnolohyy pytevykh yohurtov [The use of Far Eastern wild roses in the technology of drinking yoghurts]. *Syre y dobavky. Pyshechevaia promishlennost*. 6, 50–52.  
 Палагіна М.В. и др. Использование дальневосточных шиповников в технологии питьевых йогуртов. Сырье и добавки. Пищевая промышленность. 2018. № 6. С. 50–52.
16. Paunovik D., Kalusevic A., Petrovic T. et al. (2019). Assessment of Chemical and Antioxidant Properties of Fresh and Dried Rosehip (*Rosa canina* L.). *Not Bot Horti Agrobo*. 47(1), 108–113.
17. Peshuk L. V., Bavika L. I., Demydov I. M. (2007). Tekhnolohiia parfumerno-kosmetychnykh produktiv [Technology of perfumery and cosmetic products]. Kyiv, Ukraine  
 Пешук Л. В., Бавіка Л. І., Демидов І. М. Технологія парфумерно-косметичних продуктів: навч. посібник. Київ, 2007. 376 с.
18. Sylchuk T. A., Zuiko V. I., Tsyruhnikova V. V. (2016). Doslidzhennia zminy fizychnykh vlastyvostei zhytno-pshenychnoho tista pry vykorystanni pidkysliuvachiv [Study of changes in the physical properties of rye-wheat dough when using acidifiers] *Khimiia kharchovykh produktiv i materialiv. Novi vydy syrovyny*. 10(1), 48–53  
 Сильчук Т. А., Зуйко В. І., Цирульнікова В. В. Дослідження зміни фізичних властивостей житньо-пшеничного тіста при використанні підкислювачів. *Хімія харчових продуктів і матеріалів. Нові види сировини*. 2016. Т. 10, № 1. С. 48–53.

19. Typsyna N. N., Matushev V. V., Selyvanov N. Y., Chepelev N. Y. (2016). Razrabotka retseptur muchnykh yzdelyi s yspolzovanyem plodov shypovnyka [Development of recipes for flour products using rose hips]. *Vestnyk Altaiskoho gosudarstvennogo abrnarboho unyversyteta*. 1(135), 161–165.

Типсина Н. Н., Матюшев В. В., Селиванов Н. И., Чепелев Н. И. Разработка рецептур мучных изделий с использованием плодов шиповника. *Вестник Алтайского государственного аграрного университета*. 2016. № 1(135). С. 161–165.

20. Yilmaz S. O., Ercisli S. (2011) Antibacterial and antioxidant activity of fruits of some rose species from Turkey. *Romanian Biotechnol. Lett.* 16(4). 124–148.

Received: 24.11.2022. Accepted: 23.12.2022. Published: 29.12.2022.

Cite this article in APA Style as:

Lapytska, N., Syza, O., Gorodyska, O., Savchenko, O., and Rebenok, E. (2022). Vplyv olii plodiv shypshyny na formuvannia yakosti khliba zhytno-pshenychnoho [The impact of rosehip oil on quality of rye-wheat bread]. *BHT: Biota. Human. Technology*, 2, 106-117. (in Ukrainian)

Information about the authors:

**Nadiia Lapytska** [*in Ukrainian: Лапицька Н.*] <sup>1</sup>, Ph.D. in Tech. Sc., Assoc. Prof., email: nadegda.lapitskaja@gmail.com  
ORCID: 0000-0003-2431-4373  
Department of Chemistry, Technology and Pharmacy, T.H. Shevchenko National University «Chernihiv Colehium», 53 Hetmana Polubotka Street, Chernihiv, 14013, Ukraine

**Olga Syza** [*in Ukrainian: Сиза О*] <sup>2</sup>, Sc.D. in Tech. Sc., Prof., email: syza7@ukr.net  
ORCID: 0000-0003-4624-9656, *Scopus-Author ID*: 6602398626, *ResearcherID*: H-1156-2016  
Department of Chemistry, Technology and Pharmacy, T.H. Shevchenko National University «Chernihiv Colehium», 53 Hetmana Polubotka Street, Chernihiv, 14013, Ukraine

**Olena Gorodyska** [*in Ukrainian: Городиська О*] <sup>3</sup>, Ph.D. in Tech. Sc., Assoc. Prof., email: gorelena84@gmail.com  
ORCID: 0000-0002-9563-8386, *Scopus-Author ID*: 57205562073, *ResearcherID*: H-1426-2016  
Department of Chemistry, Technology and Pharmacy, T.H. Shevchenko National University «Chernihiv Colehium», 53 Hetmana Polubotka Street, Chernihiv, 14013, Ukraine

**Olesya Savchenko** [*in Ukrainian: Савченко О.*] <sup>4</sup>, Ph.D. in Tech. Sc., Assoc. Prof., email: savchenkolm68@ukr.net  
ORCID: 0000-0002-0385-7232, *Scopus-Author ID*: 7006763332, *ResearcherID*: H-1217-2016  
Department of Chemistry, Technology and Pharmacy, T.H. Shevchenko National University «Chernihiv Colehium», 53 Hetmana Polubotka Street, Chernihiv, 14013, Ukraine

**Euvgene Rebenok** [*in Ukrainian: Ребенко Є.*] <sup>5</sup>, Ph.D. in Tech. Sc., Assoc. Prof., email: biz\_corp@ukr.net  
Department of Chemistry, Technology and Pharmacy, T.H. Shevchenko National University «Chernihiv Colehium», 53 Hetmana Polubotka Street, Chernihiv, 14013, Ukraine

<sup>1</sup> Study design, statistical analysis, manuscript preparation

<sup>2</sup> Statistical analysis, manuscript preparation

<sup>3</sup> Data collection, statistical analysis

<sup>4</sup> Data collection, Statistical analysis

<sup>5</sup> Data collection



**CHEMICAL TECHNOLOGIES**  
**ХІМІЧНІ ТЕХНОЛОГІЇ**



UDC 66.061:620.197.3

Viktoriia Vorobyova



OPTIMIZATION OF THE COMPOSITION OF THE EXTRACTANT MIXTURE FOR THE EXTRACTION OF NATURAL ORGANIC COMPOUNDS FROM PROCESSING PRODUCTS OF VEGETABLE RAW MATERIALS AND THEIR FURTHER USE IN THE PRACTICE OF ANTI-CORROSION PROTECTION

ОПТИМІЗАЦІЯ СКЛАДУ РОЗЧИННИКА ДЛЯ ЕКСТРАКЦІЇ ПРИРОДНИХ ОРГАНІЧНИХ СПОЛУК ІЗ ПРОДУКТІВ ПЕРЕРОВКИ РОСЛИННОЇ СИРОВИНИ ДЛЯ ПОДАЛЬШОГО ЇХ ВИКОРИСТАННЯ В ПРАКТИЦІ АНТИКОРОЗІЙНОГО ЗАХИСТУ

DOI: 10.58407/bht.2.22.9

This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

© Vorobyova, V., 2022

**ABSTRACT**

**Purpose.** To theoretically substantiate and experimentally confirm the conceptual approach to the use of the *i*-PrOH-EtOH-H<sub>2</sub>O extractant system for obtaining plant extracts of grape, apricot, peach and tomato pomace with multifunctional anti-corrosion purposes.

**Methodology.** The optimization of the three-component composition of the extractant system was carried out by the Scheffe simplex grid planning method with the construction of concentration triangles, the quantitative content of the sum of phenolic compounds, the total content of flavonoids, and the sum of volatile compounds was used as a response function, and the "composition-anticorrosion efficiency" dependence was established in neutral water and air environments.

**Scientific novelty.** Use of the *i*-PrOH-EtOH-H<sub>2</sub>O extractant system in the ratio of propanol - 50 ÷ 40 %; ethanol - 25 ÷ 30 %; water - 15 ÷ 25 % with a polarity index ~ 5.9 ÷ 6.3, is a criterion parameter for the extraction of substances that belong to different groups of natural organic compounds: plants secondary metabolism terpene and polyphenolic compounds.

**Conclusions.** It was established that the optimal use of the *i*-PrOH-EtOH-H<sub>2</sub>O extractant system with a percentage ratio of solvents in the range of 50-40 %; 25 ÷ 30 %; 15 ÷ 25 %, respectively. The calculated polarity index is in the range of ~ 5.87 ÷ 6.37 and is a criterion parameter for the system of extractants relative to the studied raw materials. By comparing the areas of optima with the construction of simplex lattice plans where the inhibitory effect is selected as the response function, it was established that the criterion parameters of the component composition of the extracts for their use as multifunctional inhibitors are the total content of phenolic compounds at the level of ~90 ÷ ≥150 mg of the extract, flavonoids ~ 22 ÷ ≥56 mg of extract and 70 ÷ ≥ 96 mg of terpene compounds per 100 g of extract.

**Key words:** terpene and polyphenolic compounds. corrosion inhibitor, grape, apricot, peach, tomato cake

**АНОТАЦІЯ**

**Мета роботи.** Теоретично обґрунтувати та експериментально підтвердити концептуальний підхід до використання системи екстрагентів *i*-PrOH-EtOH-H<sub>2</sub>O для отримання рослинних екстрактів жмиха винограду, абрикосу, персика та томату багатофункціонального протикорозійного призначення.



**Методологія.** Оптимізацію трикомпонентного складу системи екстрагенту проведено методом симплекс-градкового планування Шеффе з побудовою концентраційних трикутників, як функція відгуку використовували кількісний вміст суми фенольних сполук, загального вмісту флавоноїдів, та суми летких сполук та встановлення залежності "склад-протикорозійна ефективність" у нейтральних водних та повітряних середовищах.

**Наукова новизна.** Використання системи екстрагентів *i*-PrOH-EtOH-H<sub>2</sub>O у співвідношенні у діапазоні пропанолу – 50 – 40 %; етанолу – 25 ÷ 30 %; води – 15-25 %. із індексом полярності ~ 5,9 – 6,3, є критеріальним параметром для забезпечує вилучення речовин, які належать до різних груп природніх органічних сполук: терпенових та поліфенольних сполук.

**Висновки.** Встановлено, що оптимальним є використання системи екстрагентів *i*-PrOH-EtOH-H<sub>2</sub>O із відсотковим співвідношенням розчинників у діапазонах 50 – 40 %; 25-30 %; 15-25 %, відповідно. Розрахований індекс полярності знаходиться у межах ~ 5.87 – 6.37 і є критеріальним параметром для системи екстрагентів відносно досліджуваної сировини. Співставленням областей оптимумів із побудовою симплекс решітчастих планів де у якості функцій відгуку обрано ступінь захисту (інгібуючу дію, Z %) встановлено, що межевими параметрами компонентного складу екстрактів для їх використання як багатофункціональних інгібіторів є загальний вміст фенольних сполук на рівні ~ 90÷≥150 мг екстракту, флавоноїдів ~ 22÷≥56 мг екстракту та 70 ÷ ≥96 мг терпенових сполук на 100 г екстракту.

**Ключові слова:** терпенові та поліфенольні сполуки, інгібітор корозії, виноград, абрикос, персик, виноград, абрикос, персик, томат жом

## Introduction

The problem of ensuring the reliable functioning of equipment/products operating/operated in aggressive corrosive environments, which is a condition for ensuring effective technological processes in various industries, is becoming more and more relevant both in Ukraine and around the world [1]. According to the EU strategy, regulations related to the use of toxic solvents, the constant increase in the price of raw materials, are a stimulating factor for the development of modern, environmentally safe anti-corrosion protection products, which are aimed at the economic development of society, and provide for the effective use of innovative, resource-saving "green" chemical technologies based on natural organic compounds of secondary natural resources [3-7]. Despite the rapid global development of research in the vector of obtaining "green" corrosion inhibitors based on plant raw materials, the absolute majority of them are directed to selective action in a certain corrosive environment, and the scientific basis of their production with systematic, scientifically based and generalized data, regarding the establishment of criterion parameters technologies for obtaining plant extracts, their influence on the component composition and protective effect, are almost absent. At the same

time, waste from the food/plant industry is a source of a wide range of natural organic compounds [5]. The purposeful selection of a solvent/solvent system can provide multifunctionality of inhibitory protection in various corrosive environments, and the combination of plant extracts with additives - synergists to solve the classic problem of instability and briefly duration of their protective action, and become the basis for the development of new highly effective corrosion inhibitors of a wide spectrum of protective action for various purposes.

The most industrially demanded and at the same time scientifically unresolved and urgent issue is the development of multifunctional corrosion inhibitors with high efficiency of action in corrosive-aggressive water and air/atmospheric environments [5-7]. Purposeful creation of "green" corrosion inhibitors of this type should be based on extracting from plant raw materials a mixture of a wide range of substances belonging to different classes of organic compounds with different physicochemical properties. Therefore, *the aim* of the work was to justify the scientific principles of developing an optimal extractant/ system of extractants for obtaining multifunctional corrosion inhibitors based on its use.

## Results of the research

The results of the research presented in the previous section indicate that in order to obtain extracts that would contain both terpenes and a wide list of polyphenolic compounds for further effective use in anti-corrosion protection, it is necessary to optimize the composition of the extractant mixture. Optimization of the composition of the three-component mixture for the studied types of plant raw materials was carried out by the simplex method (Scheffe simplex grid planning method) on the basis of preliminary experimental data for individual solvents (*i*-PrOH, EtOH, H<sub>2</sub>O) and additional quantitative determination of the total content of phenolic compounds, flavonoids and GC-MS analysis content of terpene compounds. Ethanol (EtOH)(X1), 2-propanol (*i*-PrOH) (X2) and water (H<sub>2</sub>O) (X3) were used as components for calculating simplexes. The corresponding simplex lattice plans were obtained for the optimization of

the composition and the subsequent conduct of the experiment and obtaining extracts. The following parameters were selected as response functions: the total content of polyphenolic compounds, flavonoids, and the content of volatile compounds. Examination of the three-component systems shows that the contour plots show a rather limited optimized experimental field of the proportional mixture for the extraction of volatile compounds, while the optimum zone (optimal area) for the extraction of polyphenolic compounds and flavonoids was much wider (Fig. 1-2). Concentration triangles when optimizing the composition of the extractant of polyphenolic compounds indicates that the optimum zone is focused almost in the center of the triangle with a slight admixture to the region of the propanol/water binary mixture. The highest value of the total content of phenolic compounds is predicted to be at the level of 90-230 mg/100 g of extract in terms of Quercetin.

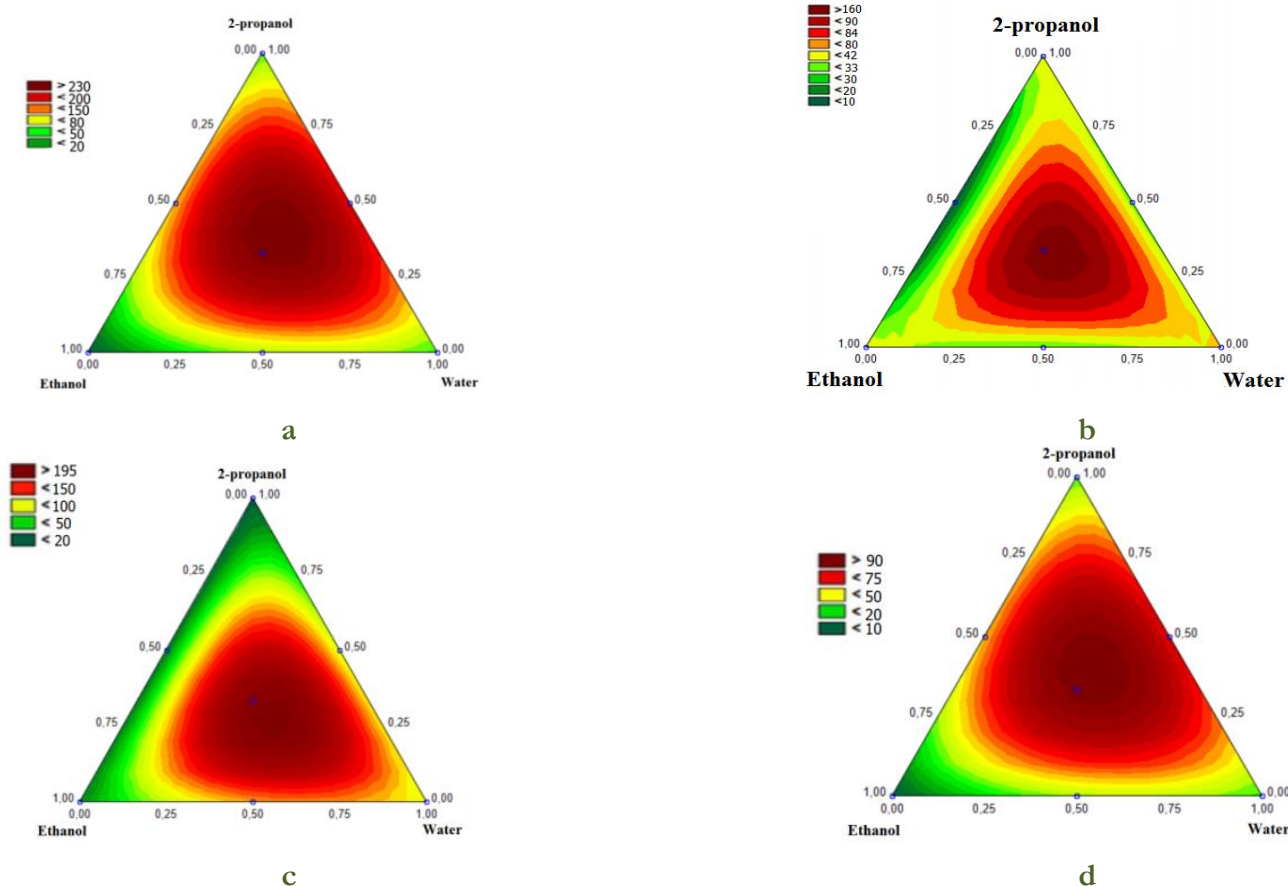


Fig.1. Dependencies of the total content of phenolic compounds on the composition of the extractant for grape cake (a), apricot (b), peach (c) and tomato (d)

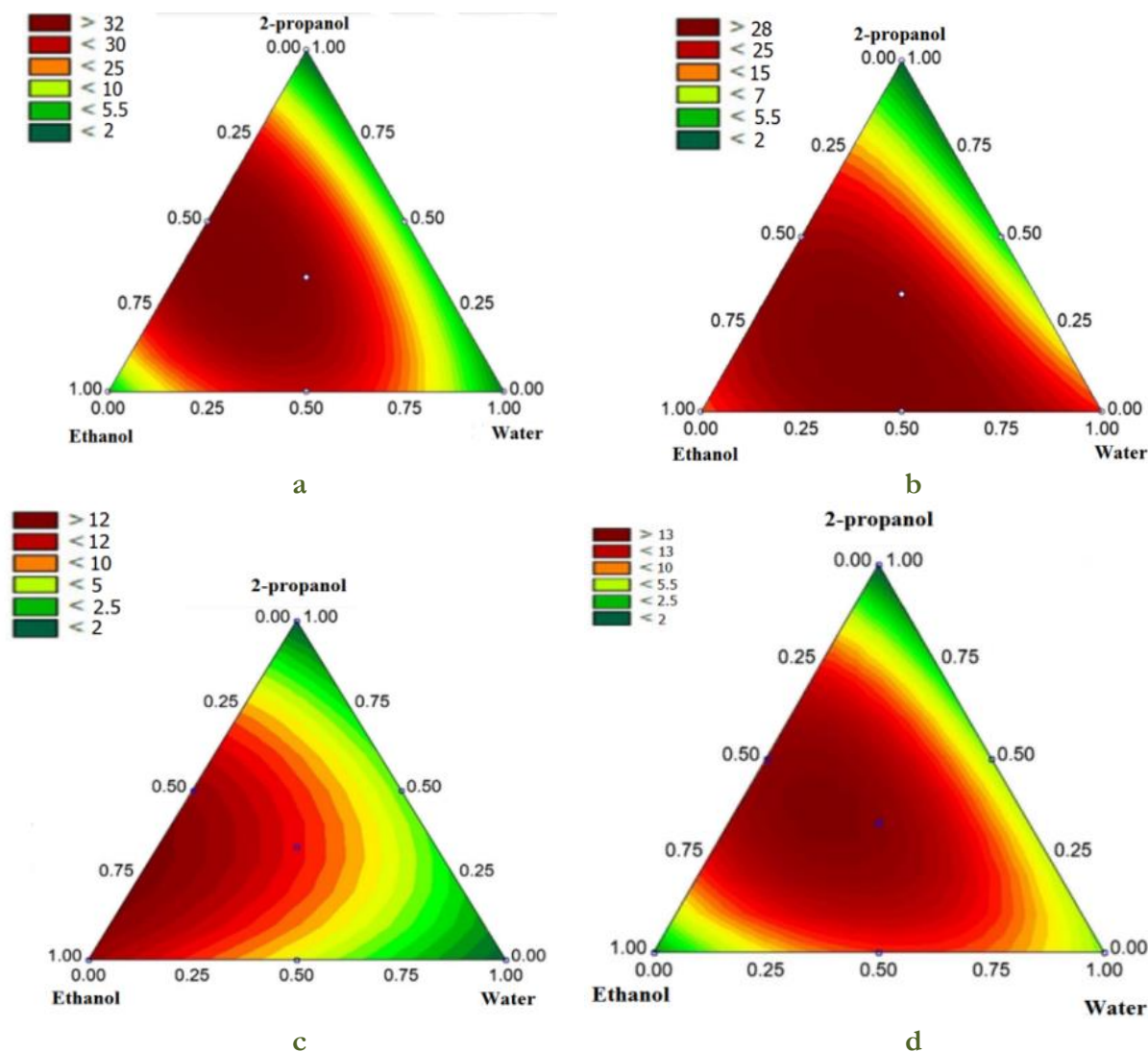


Fig. 2. Dependence of the total content of flavonoids on the composition of the extractant for grape cake (a), apricot (b), peach (c) and tomato (d)

In this way, summarizing the results of optimizing the composition of the extractant mixture according to the criterion parameters of the content of polyphenolic compounds [6], flavonoids and the content of volatile compounds and taking into account the purpose of extractant selection, which would collectively contribute to the extraction of a wide list of the above-mentioned classes of compounds, the *i*-PrOH-EtOH-H<sub>2</sub>O extractant system in the ratio in

the range of *i*-PrOH - 50 – 40 %; EtOH – 25 – 30 %; H<sub>2</sub>O - 15-25% according to calculations based on experimental data is predicted to be the most optimal. Corresponding simplex lattice plans were built and implemented, where the inhibitory effect was chosen as the response function. Simplex analysis shows that the optimal composition of this mixture for the studied extracts is as follows: EtOH - 55 – 75 %; *i*-PrOH - 20-50 %; H<sub>2</sub>O - 45 – 70 %.

The analysis of concentration triangles indicates that for the extraction of flavonoids for all studied types of plant raw materials, it is effective to use a mixture with a relatively high content of ethanol and water, the proportion of propane is less than a third (Fig. 2). The highest value of the total content of flavonoids is predicted to be at the level of 25-30 mg/100 g of extract in terms of gallic acid. The ratio of propanol/ethanol/water components, which is predicted to be effective for the extraction of flavonoids according to the calculated optimization results, is in the following ranges: EtOH – 65 – 77 %; *i*-PrOH - 20-30 %;

H<sub>2</sub>O - 55-80 %. It is natural that for the extraction of volatile compounds, the optimum zone is located almost at the top of the triangle, which indicates the effective use of propane in an almost predominant amount (Fig. 3). Depending on the type of plant material, the optimum zone shifts either to the binary mixture of *i*-PrOH-EtOH or *i*-PrOH - H<sub>2</sub>O. Simplex analysis shows that the optimal composition of this mixture for the studied extracts is as follows: EtOH - 5 – 15 %; *i*-PrOH - 60 – 80 %; H<sub>2</sub>O - 5 – 70 %. It is also quite obvious that the area of maximum antioxidant activity is located closer to the top of the ethanol side (Fig. 4) [7].

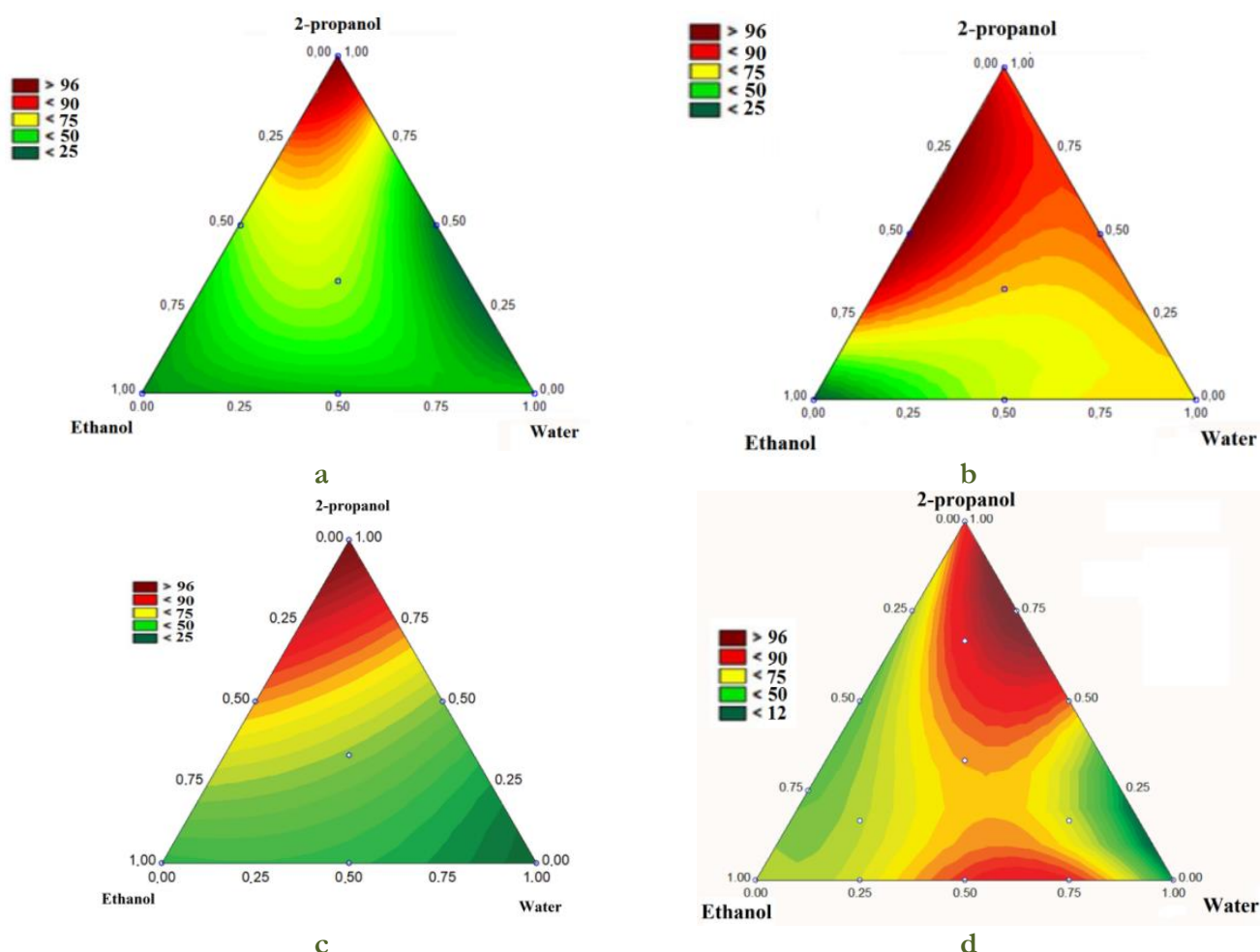


Fig. 3. Dependencies of the total content of terpene compounds according to the results of GC-MS for grape cake (a), apricot (b), peach (c) and tomato (d)

It is natural that for the extraction of volatile compounds, the optimum zone is located almost at the top of the triangle, which indicates the effective use of propanol in an almost predominant amount. Depending on the type of plant material, the optimum zone shifts either to the binary mixture of *i*-PrOH:EtOH or *i*-PrOH:H<sub>2</sub>O. Simplex analysis shows that the optimal composition of this mixture for the studied extracts is as follows: EtOH - 5 - 15 %; *i*-PrOH - 60 - 80 %; H<sub>2</sub>O - 5 - 70 %.

In this way, summarizing the results of optimizing the composition of the extractant mixture according to

the criterion parameters of the content of polyphenolic compounds, flavonoids and the content of volatile compounds and taking into account the purpose of extractant selection, which would collectively contribute to the extraction of a wide list of the above-mentioned classes of compounds, the *i*-PrOH-EtOH-H<sub>2</sub>O extractant system in the ratio in the range of *i*-PrOH - 50 - 40 %; EtOH - 25-30 %; H<sub>2</sub>O - 15-25 % according to calculations based on experimental data is predicted to be the most optimal. Corresponding simplex lattice plans were built and implemented, where the inhibitory effect was chosen as the response function (Fig. 5).

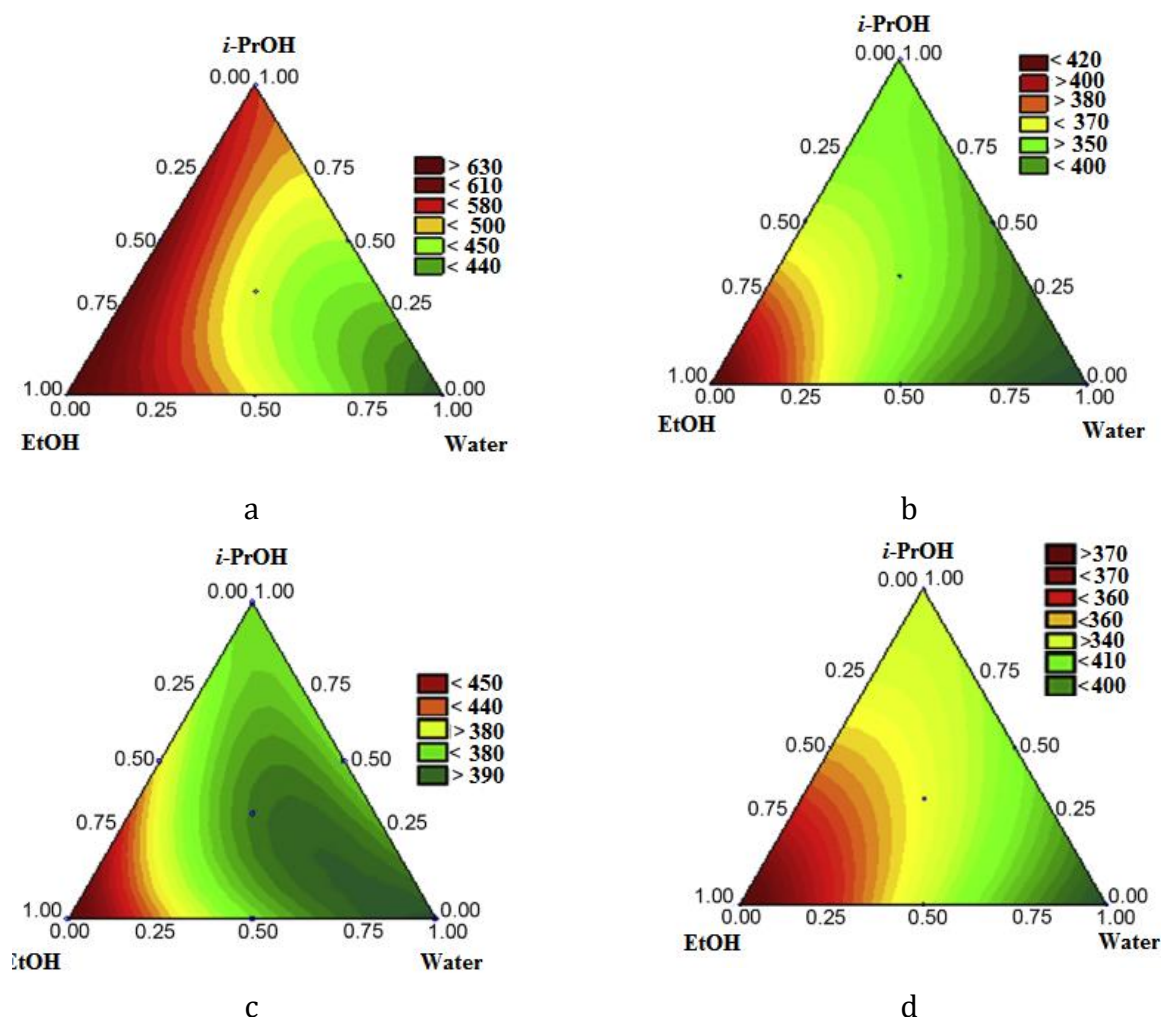
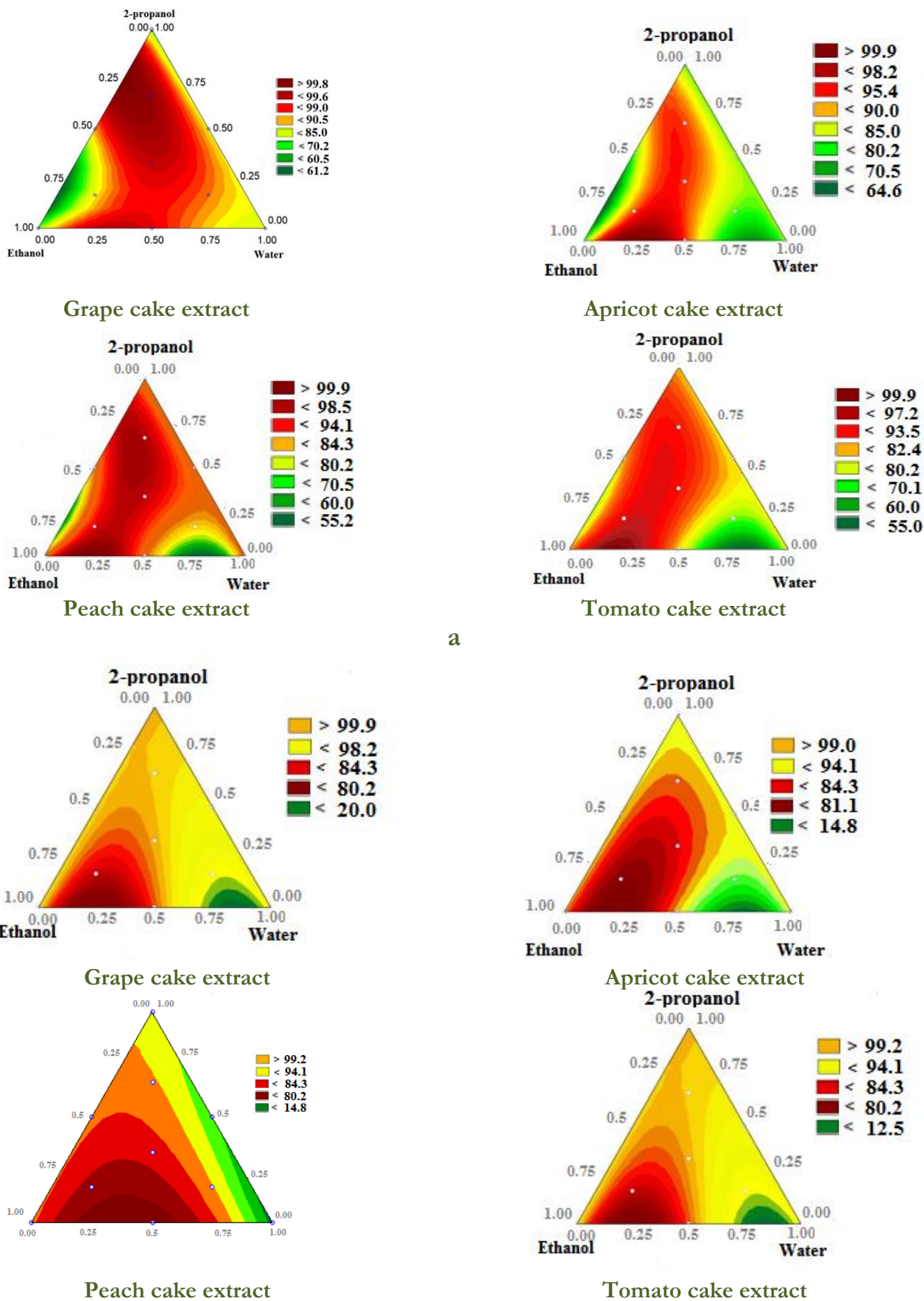


Fig. 4 Change in total antioxidant activity depending on the type of solvent for grape (a), apricot (b), peach (c) and tomato cake (d)



a

b

Fig. 5. Dependence of the degree of protection of steel in aqueous solutions (a) and in atmospheric corrosion conditions (b) on the composition of the i-PrOH-EtOH-H<sub>2</sub>O solvent

The dependence of the degree of protection of steel in aqueous solutions (NaCl) and in conditions of atmospheric corrosion (conditions of periodic condensation of moisture) on the composition of the solvent used for the extraction of plant raw materials was established. The effectiveness of inhibition was determined by the gravimetric method within 20 days. It has been confirmed that sufficient inhibition efficiency is expected when using extracts obtained with an optimized solvent composition, *i*-PrOH-EtOH-H<sub>2</sub>O extractant system in a ratio in the range of *i*-PrOH – 50 – 40 %; EtOH - 25-30 %; H<sub>2</sub>O - 15-25 %.

Taking into account the established percentages of the components of the mixture of extractants, the calculated values of the polarity indices for the system vary from ~5.8 to 6.3. For further use, the system in the ratio of *i*-PrOH-EtOH-H<sub>2</sub>O/45:30:25 (polarity index 6.37) was selected as optimal and further used as a solvent for the extraction of plant raw materials and to evaluate the inhibitory efficiency in various corrosive environments as a multifunctional corrosion inhibitor.

It was established that the optimal use of the *i*-PrOH-EtOH-H<sub>2</sub>O extractant system with a percentage ratio of solvents in the range of 50-40 %; 25-30 %; 15-25 %, respectively. The calculated polarity index is in the range of ~ 5.87 - 6.37 and is a criterion parameter for the system of extractants relative to the studied raw materials. By comparing the areas of optima with the construction of simplex lattice plans where the inhibitory effect is selected as the response function (Fig. 5), it was established that the criterion parameters of the component composition of the extracts for their use as multifunctional inhibitors are the total content of phenolic compounds at the level of ≥ 90-150 mg of the extract, flavonoids ≥ 22-56 mg of extract and 70-96 mg of terpene compounds per 100 extract, total antioxidant activity in the range of ≥ 350-470 mg ascorbic acid equivalent/g extract (mg ASA/g extract). This approach regarding the use of *i*-PrOH-EtOH-H<sub>2</sub>O/45:30:25 was used for the extraction of plant raw materials of other representatives of the processing products of fruit and berry crops [8]. A high inhibition efficiency of the obtained extracts was established in the two investigated corrosion conditions/environments (Tables 1-2).

Table 1

The degree of inhibitory efficiency of steel when using a solvent relative to other types of raw materials  
(21 days of anti-corrosion tests)

Extract	Inhibitory efficiency, IE %	
	As volatile corrosion inhibition Conditions of periodic moisture condensation, film formation time 72 hours	3 % NaCl C=1500 ppm, t= 20 °C
Plum cake	99.4	96.5
Nectarine cake	99.0	97.3
Apple cake	98.4	95.6

Table 2

## Indicators of antioxidant activity and component composition of fruit and berry processing products

Extract	Antioxidant activity, mg AsA/g extract	Total content of phenolic compounds mg / flavonoids Total content of phenolic compounds, HA/ Quercetin/ /100 g of extract	Total content of terpene compounds
Plum cake	460	128/39	74
Nectarine cake	492	144/42	75
Apple cake	410	147/30	72

### Conclusions

Based on the results of determining the influence of the type of extractant on the quantitative total content of polyphenolic compounds, flavonoids and anthocyanins and the quantitative content of volatile compounds determined by the GC-MS method, the optimization of the three-component composition of the extractant system was carried out using the

method of simplex-gradient planning with the construction of concentration triangles, and it was established that the use of the system *i*-PrOH-EtOH-H<sub>2</sub>O extractants with a ratio in the concentration ranges of *i*-PrOH – 50 – 40 %; EtOH – 25-30 %; H<sub>2</sub>O – 15-25 % is the most effective, the calculated value of the polarity index varies between ~ 5.9 - 6.37.

### References

1. Abdul, Q.M., Shahzadi, S. K., Bashir, A., Muni,r A., Shahzad, S. (2017). Evaluation of Phenolic Compounds and Antioxidant and Antimicrobial Activities of Some Common Herbs. *International Journal of Analytical Chem.*, 1–6.
2. Alcântara, M. A., de Lima, B. P.I., de Albuquerque, M., Bruno Raniere, L., de Lima, A. E. A., da Silva, J. J. C., de Andrade, V. É., dos Santos, N.A., de Magalhães ,C. A.M.T. (2019). Effect of the solvent composition on the profile of phenolic compounds extracted from chia seeds. *Food Chem.*, 275, 489 – 496.
3. Bosso, A., Guaita M., Petrozziello, M. (2016). Influence of solvents on the composition of condensed tannins in grape pomace seed extracts. *Food Chem.*, 207, 162 –169.
4. Clara, M., Ángeles, C., Xana, Á., Ángel, S. (2022). The reuse of bio-waste from the invasive species *Tradescantia fluminensis* as a source of phenolic compounds. *J.of Clean. Prod.*, 336,130293.



5. Herrera-Pool, E., Ramos-Díaz, A. L., Lizardi-Jiménez, M. A., Pech-Cohuo, S., Ayora-Talavera, T., Cuevas-Bernardino, J. C., Pacheco N. (2021). Effect of solvent polarity on the Ultrasound Assisted extraction and antioxidant activity of phenolic compounds from habanero pepper leaves (*Capsicum chinense*) and its identification by UPLC-PDA-ESI-MS/MS. *Ultras.Sonochem.*, 76, 105658.
6. Vorobyova, V., Shakun, A., Chygyrynets', O., Skiba M. (2019). Determination of the chemical composition of the extract of apricot pomace (*Prunus armeniaca* L.). *Chem. & Chem. Techn.*, 13(3), 391 – 398.
7. Vorobyova V.I., Skiba M.I., Shakun A.S., S.V. Nahirniak (2019). Relationship between the inhibition and antioxidant properties of the plant and biomass wastes extracts – A Review. *Int. J. Corros. Scale Inhib.*, 8(2), 150 – 178.
8. Vorobyova V., Skiba M., Gnatko E. (2023) Agri-food wastes extract as sustainable-green inhibitors corrosion of steel in sodium chloride solution: A close look at the mechanism of inhibiting action, *South African J. of Chem.Eng.*, 43, 273 – 295.

Received: 19.11.2022. Accepted: 24.12.2022. Published: 29.12.2022.

**Cite this article in APA Style as:**

Vorobyova, V. (2022). Optimization of the composition of the extractant mixture for the extraction of natural organic compounds from processing products of vegetable raw materials and their further use in the practice of anti-corrosion protection. *BHT: Biota. Human. Technology*, 2, 119–128. (in English)

**Information about the authors:**

**Vorobyova V.** [*in Ukrainian: Воробйова В.*], Ph.D. in Tech. Sc., Assoc. Prof., e-mail: vorobyovavika1988@gmail.com  
ORCID: 0000-0001-7479-9140 Scopus Author ID: 55808771000  
Department of Physical Chemistry, National Technical University of Ukraine «Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute»,  
37, Prosp. Peremohy, Kyiv, Ukraine, 03056

UDC 547.79:615.017

Olexandr Smolsky, Oleksandr Makei, Viktor Yanchenko, Viacheslav Poletai



SYNTHESIS AND PRECLINICAL STUDY OF ANTIOXIDANT ACTIVITY OF  
[1,2,4]TRIAZOLO[1,5-A]PYRIDINE DERIVATIVES  
СИНТЕЗ ТА ДОКЛІНІЧНЕ ВИВЧЕННЯ АНТИОКСИДАНТНОЇ АКТИВНОСТІ  
ПОХІДНИХ [1,2,4]ТРИАЗОЛО[1,5-а]ПІРИДИНУ

DOI: 10.58407/bht.2.22.10

This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

© Smolsky, O., Makei, O., Yanchenko, V., Poletai, V., 2022

### ABSTRACT

**Purpose.** Synthesis and study of antioxidant properties of [1,2,4]triazolo[1,5-a]pyridine derivatives and their potential toxicity using preclinical diagnostic methods.

**Methodology.** Derivatives of [1,2,4]triazolo[1,5-a]pyridine were synthesized on the basis of 2-aminopyridines and ethyl isothiocyanatocarbonate, with subsequent cyclization of intermediate adducts. The resulting 2-amino[1,2,4]triazolo[1,5-a]pyridines were reacted with isoamyl nitrite in the presence of CuHal<sub>2</sub>, which led to the synthesis of volatile 2-halogeno[1,2,4]triazolo[1,5-a]pyridine. The toxicity of the obtained compounds was studied by the degree of hemolysis of erythrocytes in a hypotonic NaCl solution. The intensity of free-radical oxidation of lipids was assessed spectrophotometrically by the formation of TBA-active products. The antioxidant activity of the substances was determined by inhibiting the oxidation of adrenaline under conditions of artificial oxidative stress.

**Scientific novelty.** For the first time, the antioxidant activity of the [1,2,4]triazolo[1,5-a]pyridine derivatives described in the paper was investigated and their toxicity was studied according to the degree of hemolysis of erythrocytes in a hypotonic NaCl solution.

**Conclusions.** The *in vitro* cytotoxicity study model showed that compounds 5a and 5b, which contain bromine atoms in the 2, 5, and 7 positions of the pyridinotriazole heterosystem, exert the greatest influence on the stability of erythrocyte membranes.

The study of antioxidant activity showed that the highest values of antioxidant activity are characteristic of compounds of the 4a-d series, namely compounds 4b and 4c, which are characterized by the presence of an amino group in the 2nd position and the presence of a bromine atom as a substitute in the 1st and 5th positions of the pyridine fragment of the heterosystem.

The dynamics of antioxidant activity on the model of inhibition of adrenaline oxidation confirms the opinion about the lowest toxicity and the highest ability to inhibit the formation of reactive oxygen species of compounds 4b and 4c (40.16 and 38.82% relative to ionol).

So, with the use of preclinical diagnostic methods, we proved the presence of physicochemical activity in a number of investigated compounds. 2-amino-[1,2,4]triazolo[1,5a]pyridine derivatives with a bromine atom as a substitute in the pyridine fragment of the molecule should be considered as potential antioxidants in the future, and the studied condensed system can be considered a promising heterocyclic framework for creating potential antioxidant agents.

**Key words:** [1,2,4]triazolo[1,5-a]pyridine derivatives, synthesis, antioxidant activity

## АНОТАЦІЯ

**Мета роботи.** Синтез та вивчення антиоксидантних властивостей похідних [1,2,4]триазоло[1,5-а]піридину та їх потенційної токсичності за допомогою методів доклінічної діагностики.

**Методологія.** Похідні [1,2,4]триазоло[1,5-а]піридину синтезовані на основі 2-амінопіридинів та етил ізотіаціанатокарбонату, з наступною циклізацією проміжних аддуктів. Отримані 2-аміно[1,2,4]триазоло[1,5-а]піридини вводили в реакцію з ізоамілітритом в присутності  $\text{CuHal}_2$ , що привело до синтезу похідних 2-галогено[1,2,4]триазоло[1,5-а]піридину. Токсичність отриманих сполук вивчали за ступенем гемолізу еритроцитів у гіпотонічному розчині  $\text{NaCl}$ . Інтенсивність перебігу вільно-радикального окиснення ліпідів оцінювали спектрофотометрично за утворенням ТБК-активних продуктів. Антиоксидантну активність речовин визначали шляхом інгібування окиснення адреналіну в умовах штучного оксидативного стресу *in vitro*.

**Наукова новизна.** Вперше досліджено антиоксидантну активність описаних в роботі похідних [1,2,4]триазоло[1,5-а]піридину та вивчено їх токсичність за ступенем гемолізу еритроцитів у гіпотонічному розчині  $\text{NaCl}$ .

**Висновки.** На моделі *in vitro* вивчення цитотоксичності показало, що найбільший вплив на стійкість еритроцитарних мембран чинять сполуки **5a** та **5b**, які містять в якості замісника атома бром у 2, 5 та 7 положеннях піридинотриазольної гетеросистеми.

Дослідження антиоксидантної активності показало, що найвищі значення антиоксидантної активності характерні для сполук ряду **4a-d**, а саме сполук **4b** та **4c**, для яких характерним є наявність аміногрупи в 2 положенні та присутність в якості замісника атома Бром у 1-му та 5-му положенні піридинового фрагменту гетеросистеми.

Динаміка антиоксидантної активності на моделі інгібування окиснення адреналіну підтверджує думку про найменшу токсичність та найвищу здатність до інгібування утворення активних форм кисню сполук **4b** та **4c** (40,16 та 38,82% відносно іонулу).

Отже, з використанням методів доклінічної діагностики нами доведено наявність фізико-хімічної активності в ряду досліджених сполук. В якості потенційних антиоксидантів в майбутньому слід розглядати похідні 2-аміно-[1,2,4]триазоло[1,5а]піридину з атомом Бром у якості замісника у піридиновому фрагменті молекули, а досліджувану конденсовану систему можна вважати перспективним гетероциклічним каркасом для створення потенційних антиоксидантних агентів.

**Ключові слова:** похідні[1,2,4]триазоло[1,5-а]піридину, синтез, антиоксидантна активність

## Постановка проблеми

*Актуальність роботи.* Широке використання відомих, а також розробка нових оригінальних лікарських засобів визначає необхідність обов'язкової доклінічної оцінки нешкідливості та специфічних властивостей потенційних біологічно-активних сполук.

Останнім часом у сучасній токсикологічній практиці широкого розповсюдження набули поруч із традиційними доклінічні методи дослідження [7], до яких відносять: використання безхребетних організмів, рослин, мікроорганізмів, ембріонального і личинкового

матеріалу, культур клітин, математичного моделювання, застосування ряду фізичних і хімічних методів.

Базовою причиною для більш широкого введення у практику доклінічних досліджень з використанням модельних біологічних та фізико-хімічних систем є етичні міркування щодо виключення чи обмеження експериментів на теплокровних тваринах.

Однією із актуальних проблем сучасної токсикології є оцінка селективної мембрано-токсичної дії нових синтезованих сполук ще на стадії їх експериментального вивчення.

Оскільки дослідження токсичної дії хімічних речовин на біологічні мембрани у дослідах *in vivo* є складним процесом, все більшого поширення набуває скринінг мембранотоксичної дії біологічно активних речовин у дослідах *in vitro* з використанням простих моделей мембран, зокрема еритроцитів. Уніфікація цих методів дає можливість екстраполювати дані на людину, що має важливе токсиколого-гігієнічне значення.

В останні роки широкого розповсюдження набули методи оцінки фізико-хімічних та біологічних властивостей за допомогою модельних систем *in vitro*. До них відносяться системи емульсії жовткових ліпопротеїдів або препаратів полієнових ВЖК для оцінки антиоксидантних властивостей. Також за рахунок експресності та доступності широко використовують системи, де в якості субстрату використовується певна реактивна молекула, наприклад, адреналін як об'єкт окиснення в модельованих умовах [9].

У широкій різноманітності сполук, які містять гетероциклічне ядро, важливе місце посідають похідні піридину та триазолу. Серед похідних 1,2,4-триазолу знайдено сполуки, які проявляють протисудомну, антидепресивну, антиоксидантну, проти-запальну, анальгезуючу, антибактеріальну, протигрибкову, противірусну, протипухлинну та інші дії [1; 2; 6; 13; 19; 25]. На основі піридинового ядра також створено значну кількість сучасних біологічно-активних речовин з широким спектром фармакологічної активності [3; 10; 15; 16].

У світлі викладеного досить актуальними представляються дослідження, пов'язані з синтезом конденсованих систем триазолопіридину. Авторами було синтезовано ряд похідних [1,2,4]триазоло[1,5-а]піридину, які відрізняються замісниками у 2 положенні триазольного циклу та в піридиновому кільці гетеросистеми. Для здійснення пошуку нових вискоєфективних антиоксидантів, отримані гетеросистеми було

досліджено на антиоксидантну активність, що зумовлює актуальність даної роботи.

*Аналіз останніх досліджень та публікацій.*

Дослідження [5] антиоксидантної активності (АОА) 4-тіопохідних хіноліну при ініціюванні вільнорадикальних процесів у дослідженнях *in vitro* на чотирьох моделях активації вільно радикального окислення показали, що для тіопохідних хіноліну характерна висока антиоксидантна активність. Особливий інтерес представляють похідні гетерилтіокарбонових кислот, які у багатьох випадках перевершують референт-антиоксиданти.

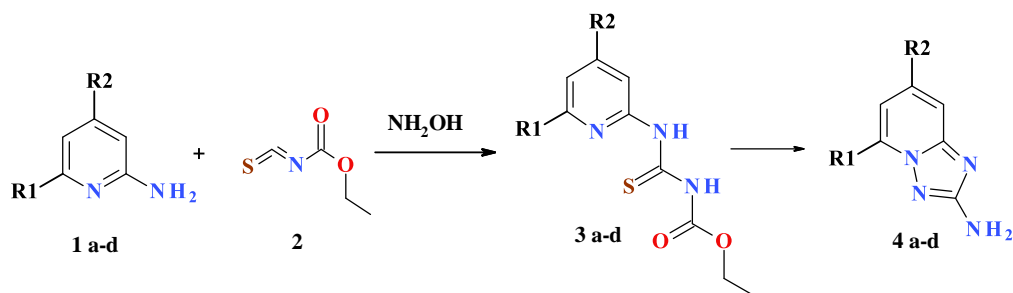
В роботі [4] описано синтез ряду 3-арил-4,7-дигідроксикумаринів та вивчено їх антиоксидантну активність. Розрахунок показника АОА засвідчив, що описані сполуки здатні пригнічувати процес окиснення на рівні іонолу, а активність 3-(4-метоксифеніл)-4,7-дигідроксикумарину перевищувала активність іонолу при концентраціях до 20,0 мкг/мл.

Авторами [22] отримано результати визначення АОА похідних 1,2,4-триазолу в модельних дослідах в умовах  $Fe^{2+}$ -індукованого перекисного окиснення ліпідів (ПОЛ). Визначено, що із 12 досліджуваних сполук 8 з різною мірою вираженості здатні пригнічувати генерацію вільних радикалів.

При дослідженні АОА солей 2-((4-R-3-(морфолінометил)-4Н-1,2,4-триазол-5-іл)тіо)ацетатних кислот [24] серед 10 досліджуваних сполук 9 у різному ступені вираженості були здатні пригнічувати генерацію вільних радикалів та проявляли АОА активність. Авторами встановлено, що введення до молекули вільної аміногрупи за  $N_4$  атомом ядра 1,2,4-триазолу супроводжується посиленням АОА досліджуваних речовин.

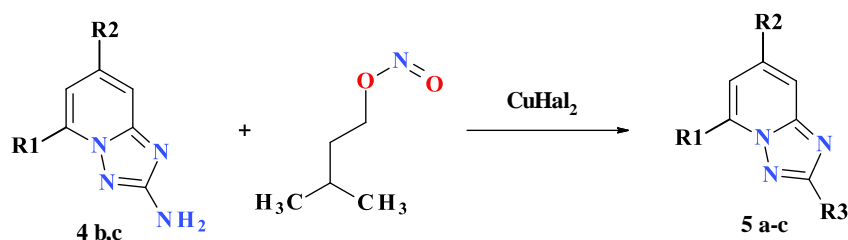
*Метою роботи* є синтез та вивчення антиоксидантних властивостей похідних [1,2,4]триазоло[1,5-а]піридину і їх потенційної токсичності за допомогою методів доклінічної діагностики.

*Методологія.* Похідні [1,2,4]триазоло[1,5-а]піридину (**4a-d**) були синтезовані на основі 2-амінопіридинів (**1a-d**) та етил ізотіоціанату



a:  $R_1=H, R_2=H$ ; b:  $R_1=H, R_2=Br$ ; c:  $R_1=Br, R_2=H$ ; d:  $R_1=H, R_2=Cl$ .

Отримані 2-аміно[1,2,4]триазоло[1,5-а]піридини **4b,c** вводили в реакцію з ізоамілітритом в присутності  $CuHal_2$  за методом [21], що привело до заміщення



5a:  $R_1=Br, R_2=H, R_3=Br$ ;

5b:  $R_1=H, R_2=Br, R_3=Br$ ;

5c:  $R_1=H, R_2=Br, R_3=Cl$ .

Спектри ЯМР  $^1H$  для синтезованих сполук записували на апараті Bruker VXR-300 (Німеччина), робоча частота – 299,945 МГц, в  $DMCO-d_6$  з використанням ТМС як внутрішнього стандарту.

Визначення токсичності ґрунтується на встановленні здатності речовин впливати на резистентність еритроцитів, що оцінюється за ступенем їх гемолізу у гіпотонічному (0,55 %) розчині NaCl шляхом вимірювання поглинання загального гемоглобіну при 540 нм на спектрофотометрі СФ-46 [11; 18; 20].

карбонату **2**, з наступною циклізацією проміжних етил N-(2-піридилкарбамтоїл)карбаматів (**3a-d**) за методом [8].

аміногрупи у другому положенні триазолопіридинової системи на галоген та синтезовано 2-галогено[1,2,4]триазоло[1,5-а]піридини **5a-c**.

Потенційну біологічну активність похідних даного ряду досліджували на двох моделях *in vitro* діагностики: на моделі  $Fe^{2+}$ -залежного неферментативного перекисного окислення ліпідів у емульсії жовткових ліпопротеїдів та моделі аутоокиснення адреналіну.

Антиоксидантну активність речовин визначали шляхом інгібування утворення активних форм кисню в умовах штучного оксидативного стресу. Інтенсивність протікання вільно-радикального окиснення ліпідів оцінювали спектрофотометрично за утворенням ТБК-активних продуктів [17].

Експериментальні показники всіх досліджуваних речовин порівнювали з загально-відомими антиоксидантами іонолом [26] та тролоксом [23], які широко застосовуються в медицині в якості інгібіторів вільно-радикальної патології [12].

Математичну обробку отриманих даних виконували загально-прийнятими статистичними методами [14].

### Результати дослідження

Визначення цитотоксичності включало визначення прямої гемолітичної дії випробуваного агента, а також визначення

здатності останнього викликати зміну динаміки гемолізу еритроцитів – «зсув еритрограми». Випробуваний агент вважали цитотоксичним, якщо інкубація суспензії еритроцитів з агентом, за умови подальшого його видалення, призводила до зсуву еритрограми.

Встановлено, що в ізотонічних розчинах натрію хлориду гемоліз еритроцитів посилюється усіма досліджуваними сполуками по відношенню до обох стандартних речовин - як іонолу (рис. 1), так і тролоксу (рис.2).

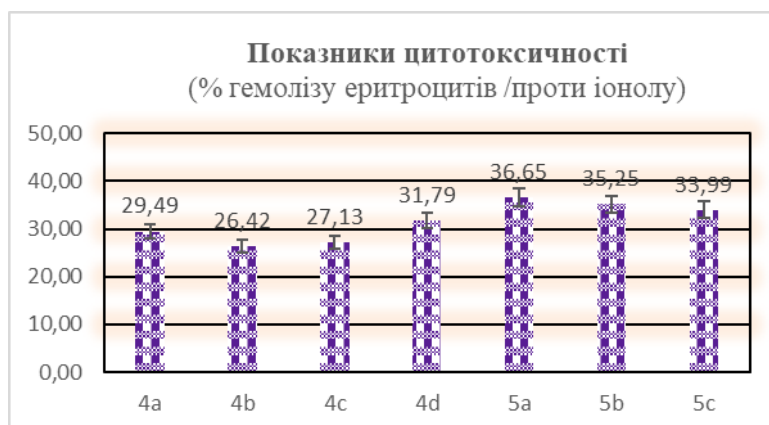


Рис.1. Показники цитотоксичності для похідних [1,2,4]триазоло[1,5-а]піридину (проти іонолу) ( $p < 0,05$ ,  $n = 5$ )

Проте відмічено певну залежність між активністю сполук та природою та локалізацією замісників. Так, найменші значення цитотоксичності характерні для

сполук **4a-c**, а найбільші – для сполук **5a** та **5b**.

Відносно тролоксу динаміка подібна, проте показники цитотоксичності збільшуються (рис.2).

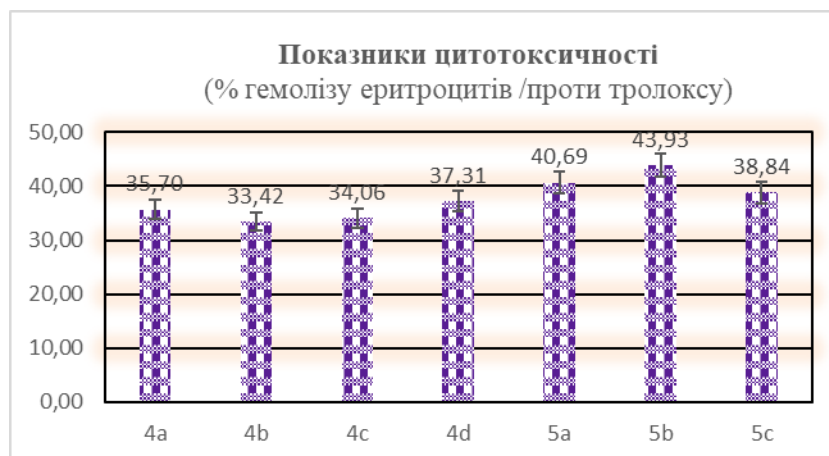


Рис.2. Показники цитотоксичності для похідних [1,2,4]триазоло[1,5-а]піридину (проти тролоксу) ( $p < 0,05$ ,  $n = 5$ )

Таким чином, найбільший вплив на стійкість еритроцитарних мембран чинять сполуки **5a** та **5b**, що містять в якості замісника атом бром у 2, 5 та 7 положеннях піридинотриазолового гетероциклу.

Встановлено, що найвищі значення АОА

характерні для сполук ряду **4a-d**, а саме сполук **4b** та **4c**, для яких характерним є наявність аміногрупи в 2 положенні та присутність бром у 1-му та 5-му положенні піридинового фрагменту гетеросистеми (рис.3,4).

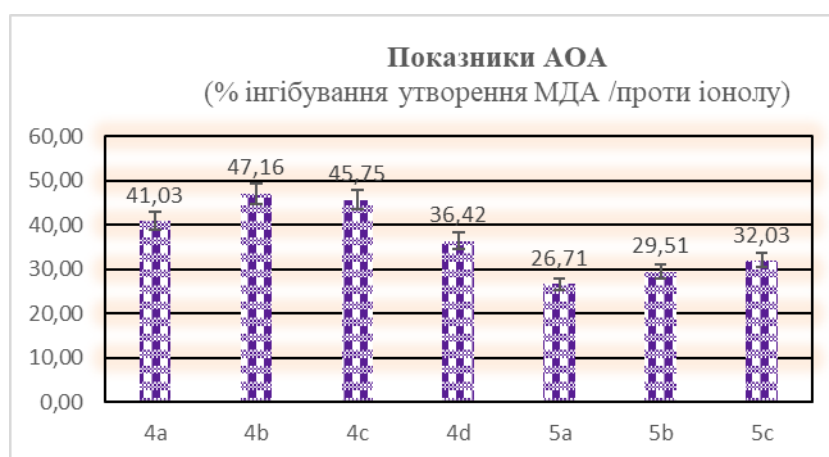


Рис.3. Антиоксидантна активність похідних [1,2,4]триазоло[1,5-а]піридину на моделі емульсії жовткових ліпопротеїдів в умовах штучного оксидативного стресу *in vitro* (проти іонулу) ( $p < 0,05$ ,  $n = 5$ )

Проте заміна аміногрупи на галоген, а саме бром у другому положенні гетеросистеми (сполуки **5a** та **5b**) різко зменшує здатність речовин інгібувати вільно-радикальні процеси. Слід відмітити, що заміна замісника бром на

хлор у другому положенні гетеросистеми (сполука **5c**) майже на 20 % збільшує її АОА та наближує до активності сполуки **4d**, яка також містить атом хлору, але в сьомому положенні гетеросистеми.

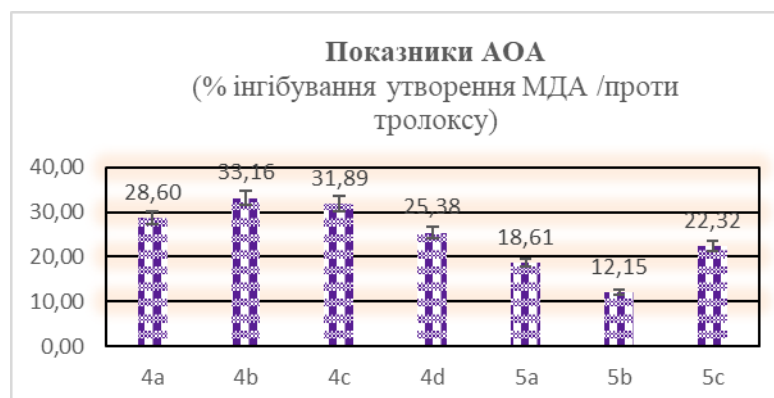


Рис.4. Антиоксидантна активність похідних [1,2,4]триазоло[1,5-а]піридину на моделі емульсії жовткових ліпопротеїдів в умовах штучного оксидативного стресу *in vitro* (проти тролоксу) ( $p < 0,05$ ,  $n = 5$ )

На нашу думку, зміна здатності речовин до інгібування вільно-радикальних процесів може бути пов'язана із перерозподілом електронної густини та можливим створенням «антирадикальної пастки» на

триазолопіридиновою фрагменті молекули.

Відзначаємо, що динаміка активності відносно іонолу та тролоксу дещо подібна, проти відносно іонолу показники мають більші значення.

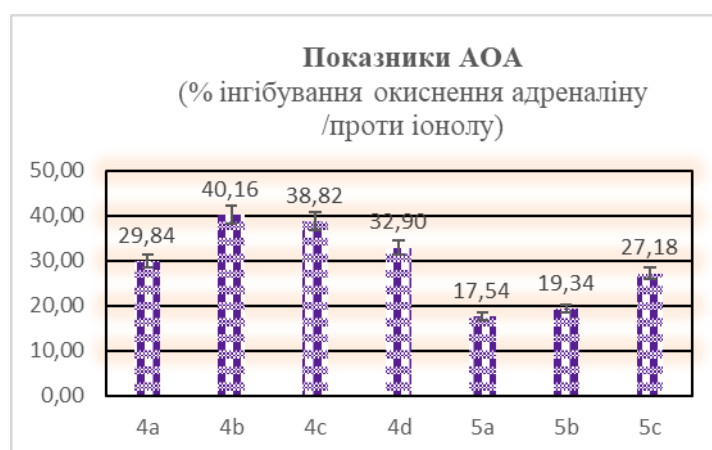


Рис.5. Антиоксидантна активність похідних [1,2,4]триазоло[1,5-*a*]піридину на моделі аутоокиснення адреналіну в умовах штучного оксидативного стресу *in vitro* (проти іонолу) ( $p < 0,05$ ,  $n = 5$ )

Динаміка антиоксидантної активності на моделі інгібування окиснення адреналіну (рис.5) підтверджує думку про найменшу токсичність та, відповідно, найвищу здатність до інгібування утворення активних форм кисню (АФК) сполуками **4b** та **4c** (40,16 та 38,82 % відносно іонолу). Проте найменшу здатність до знешкодження АФК проявляють сполуки **5a** та **5b**, що містять в якості замісника атоми бромів в 2, 5 та 7 положеннях піридинотриазолового гетероциклу.

**[1,2,4]Триазоло[1,5-*a*]піридин-2-амін 4a.** Процедура А. У круглодонній колбі об'ємом 100 мл розчиняють 2-амінопіридин **1a** (0,01 моль) в 50 мл безводного діоксану. До отриманого розчину прикапують при перемішуванні за кімнатної температури розчин етил ізотіаціанатокарбонату (0,01 моль) у 10 мл безводного діоксану. Отриману суміш перемішують при 20-25°C 4 години. Розчинник упарюють на роторі. Сухий

залишок розтирають з холодним пропан-2-олом, фільтрують, та отримують етил (піридин-2-ілкарбамотіол)карбамат **2a**. Вихід – 89,4 %. Т.пл. 104-105°C.

Процедура Б. У конічній колбі до розчину солянокислого  $\text{NH}_2\text{OH}$  (0,05 моль) у 36 мл води додають 36 мл EtOH та проливають при перемішуванні 0,03 моль DIPEA. До отриманої суміші при перемішуванні додають тіосечовину **2a** (0,01 моль) та перемішують 1 годину при 20-25°C, а потім нагрівають до кипіння та підтримують температуру протягом 4 годин. Після охолодження суміш упарюють на роторі. Залишок змішують з 50 мл  $\text{H}_2\text{O}$ , фільтрують, промивають холодною водою, холодним *i*-PrOH, гексаном. Вихід – 78,2%. Т.пл. 108-109°C (із ацетонітрилу). Спектр ЯМР  $^1\text{H}$ ,  $\delta$ , м.д., (300 МГц,  $\text{DMSO-d}_6/\text{TMS}$ ): 5.98 (2H, с,  $\text{NH}_2$ ), 6.67 (1H, д,  $\text{Pu}$ ); 7.38 (2H, м,  $\text{Pu}$ ); 8.55 (1H, д,  $\text{Pu}$ ). Знайдено, %: N 41.7.  $\text{C}_6\text{H}_6\text{N}_4$ . Розраховано, %: N 41.8.



**[1,2,4]Триазоло[1,5-а]піридин-2-амін 4а.** Процедура А. У круглодонній колбі об'ємом 100 мл розчиняють 2-амінопіридин **1а** (0,01 моль) в 50 мл безводного діоксану. До отриманого розчину прикапують при перемішуванні за кімнатної температури розчин етил ізотіаціанатокарбонату (0,01 моль) у 10 мл безводного діоксану. Отриману суміш перемішують при 20-25°C 4 години. Розчинник упарюють на роторі. Сухий залишок розтирають з холодним пропан-2-олом, фільтрують та отримують етил (піридин-2-ілкарбамотіоїл)карбамат **2а**. Вихід – 89,4%. Т.пл. 104-105°C.

Процедура Б. У конічній колбі до розчину солянокислого NH<sub>2</sub>OH (0,05 моль) у 36 мл води додають 36 мл EtOH та проливають при перемішуванні 0,03 моль DIPEA. До отриманої суміші при перемішуванні додають тіосечовину **2а** (0,01 моль) та перемішують 1 годину при 20-25°C, а потім нагрівають до кипіння та підтримують температуру протягом 4 годин. Після охолодження суміш упарюють на роторі. Залишок змішують з 50 мл H<sub>2</sub>O, фільтрують, промивають холодною водою, холодним *i*-PrOH, гексаном. Вихід – 78,2%. Т.пл. 108-109°C (із ацетонітрилу). Спектр ЯМР <sup>1</sup>H, δ, м.д., (300 МГц, DMSO-d<sub>6</sub>/TMC): 5.98 (2H, с, NH<sub>2</sub>), 6.67 (1H, д, Py); 7.38 (2H, м, Py); 8.55 (1H, д, Py). Знайдено, %: N 41.7. C<sub>6</sub>H<sub>6</sub>N<sub>4</sub>. Розраховано, %: N 41.8.

**7-Бromo[1,2,4]триазоло[1,5-а]піридин-2-амін 4b** отримують аналогічно речовині **4а**. Вихід – 74,3 %. Т.пл. 190-192°C (із етанолу). Спектр ЯМР <sup>1</sup>H, δ, м.д., (300 МГц, DMSO-d<sub>6</sub>/TMC): 6.21 (2H, с, NH<sub>2</sub>), 7.05 (1H, д, Py); 7.78 (1H, с, Py); 8.52 (1H, д, Py). Знайдено, %: N 29.1. C<sub>6</sub>H<sub>5</sub>N<sub>4</sub>Br. Розраховано, %: N 29.3.

**5-Бromo[1,2,4]триазоло[1,5-а]піридин-2-амін 4с** отримують аналогічно речовині **4а**. Вихід – 75,6%. Т.пл. 203-205°C (із етанолу). Спектр ЯМР <sup>1</sup>H, δ, м.д., (300 МГц, DMSO-d<sub>6</sub>/TMC): 6.25 (2H, с, NH<sub>2</sub>),

7.18 (1H, д, Py); 7.45 (2H, м, Py). Знайдено, %: N 29.2. C<sub>6</sub>H<sub>5</sub>N<sub>4</sub>Br. Розраховано, %: N 29.3.

**7-Хлоро[1,2,4]триазоло[1,5-а]піридин-2-амін 4d** отримують аналогічно речовині **4а**. Вихід – 69,2 %. Т.пл. 189-190°C (із ацетонітрилу). Спектр ЯМР <sup>1</sup>H, δ, м.д., (300 МГц, DMSO-d<sub>6</sub>/TMC): 6.15 (2H, с, NH<sub>2</sub>), 6.95 (1H, д, Py); 7.58 (1H, с, Py); 8.57 (1H, д, Py). Знайдено, %: N 33.3. C<sub>6</sub>H<sub>5</sub>N<sub>4</sub>Cl. Розраховано, %: N 33.2.

**2,5-Дибromo[1,2,4]триазоло[1,5-а]піридин 5а.** Через безводний CH<sub>3</sub>CN пропускають газоподібний аргон протягом 15 хвилин, потім розчиняють 0,01 моль амін **4с** та 0,01 моль CuBr<sub>2</sub>. До отриманої суміші прикапують при перемішуванні 0,02 моль ізоамілінітрилу. Отриману суміш перемішують протягом години та нагрівають до кипіння. Температуру кипіння підтримують протягом години. Далі охолоджують та перемішують протягом 12 годин за кімнатної температури, упарюють в вакуумі, додають 100 мл CH<sub>2</sub>Cl<sub>2</sub>, 70 мл 1н HCl та перемішують до утворення однорідної суміші. Утворений осад фільтрують. Вихід – 58,3%. Т.пл. 134-135°C. (із тетрагідрофурану). Спектр ЯМР <sup>1</sup>H, δ, м.д., (300 МГц, DMSO-d<sub>6</sub>/TMC): 6.68 (2H, м, Py); 7.89 (1H, д, Py). Знайдено, %: N 15.3. C<sub>6</sub>H<sub>3</sub>N<sub>3</sub>Br<sub>2</sub>. Розраховано, %: N 15.2.

**2,7-Дибromo[1,2,4]триазоло[1,5-а]піридин 5b** отримують аналогічно речовині **5а**. Вихід – 61,4%. Т.пл. 183-184°C. (із тетрагідрофурану). Спектр ЯМР <sup>1</sup>H, δ, м.д., (300 МГц, DMSO-d<sub>6</sub>/TMC): 7.48 (1H, д, Py); 8.24 (1H, с, Py); 8.94 (1H, д, Py). Знайдено, %: N 15.3. C<sub>6</sub>H<sub>3</sub>N<sub>3</sub>Br<sub>2</sub>. Розраховано, %: N 15.2.

**5-Бromo-3-хлоро[1,2,4]триазоло[1,5-а]піридин 5с** отримують аналогічно речовині **5а**. Вихід – 54,8%. Т.пл. 129-130°C. (із ацетонітрилу). Спектр ЯМР <sup>1</sup>H, δ, м.д., (300 МГц, DMSO-d<sub>6</sub>/TMC): 7.68 (2H, м, Py); 7.87 (1H, д, Py). Знайдено, %: N 18.0. C<sub>6</sub>H<sub>3</sub>N<sub>3</sub>BrCl. Розраховано, %: N 18.1.

## Висновки

Таким чином, вивчення цитотоксичності на моделі *in vitro* показало, що найбільший вплив на стійкість еритроцитарних мембран чинять сполуки **5a** та **5b**, що містять в якості замісника атома бром у 2, 5 та 7 положеннях піридинотриазолового гетероциклу.

Дослідження антиоксидантної активності показало, що найвищі значення АООА характерні для сполук ряду **4a-d**, а саме сполук **4b** та **4c**, для яких характерним є наявність аміногрупи в 2 положенні та присутність в якості замісника атома Бром у 1-му та 5-му положенні піридинового фрагменту гетеросистеми.

Динаміка антиоксидантної активності на моделі інгібування окиснення адреналіну

підтверджує думку про найменшу токсичність та, відповідно, найвищу здатність до інгібування утворення активних форм кисню сполук **4b** та **4c**. (40,16 та 38,82 % відносно іонолу).

Отже, з використанням методів доклінічної діагностики нами доведено наявність фізико-хімічної активності в ряду досліджених сполук. В якості потенційних антиоксидантів в майбутньому слід розглядати похідні 2-аміно-[1,2,4]триазоло[1,5a]піридину з атомом Бром у якості замісника у піридиновому фрагменті молекули, а досліджувану конденсовану систему можна вважати перспективним гетероциклічним каркасом для створення потенційних антиоксидантних агентів.

## References

1. Al-Soud, Y. A., Al-Dweri, M. N., & Al-Masoudi, N. A. (2004). Synthesis, antitumor and antiviral properties of some 1, 2, 4-triazole derivatives. *Il Farmaco*, 59(10), 775-783.
2. Al-Soud, Y. A., Al-Masoudi, N. A., & Ferwanah, A. E. R. S. (2003). Synthesis and properties of new substituted 1, 2, 4-triazoles: potential antitumor agents. *Bioorganic & medicinal chemistry*, 11(8), 1701-1708.
3. Altaf, A. A., Shahzad, A., Gul, Z., Rasool, N., Badshah, A., Lal, B., & Khan, E. (2015). A review on the medicinal importance of pyridine derivatives. *J. Drug Des. Med. Chem*, 1(1), 1-11.
4. Bondarenko, S. P. (2012) Syntez ta antyoksydantna aktyvnist' 3-aryl-4,7-dyhidroksykumaryniv [Synthesis and antioxidant activity of 3-aryl-4,7-dihydroxycoumarins]. *Ukrainica Bioorganica Acta*, 2, 13-16.  
Бондаренко С. П. Синтез та антиоксидантна активність 3-арил-4,7-дигідроксикумаринів. *Ukrainica Bioorganica Acta*, 2012, № 2. С. 13-16.

5. Brazhko, O. A., Kornet, M. M., Dobrodub, I. V., Omel'yanchyk, L. O., & Zavhorodniy, M. P. (2009). Antyoksydantna aktyvnist' 4-tiopokhidnykh khinolynu u doslidakh *in vitro*. [Antioxidant activity of quinoline 4-thio derivatives in in vitro experiments]. *Visnyk DoNU, ser. A: Pryrodnychi nauky*, (2), 294-298.  
Бражко О. А., Корнет, М. М., Добродуб, І. В., Омелянчик, Л. О., & Завгородній, М. П. (2009). Антиоксидантна активність 4-тіопоксидних хіноліну у дослідях *in vitro*. *Вісник ДоНУ, сер. А: Природничі науки*, (2), 294-298.
6. Demirbas, A., Sahin, D., Demirbas, N., & Karaoglu, S. A. (2009). Synthesis of some new 1, 3, 4-thiadiazol-2-ylmethyl-1, 2, 4-triazole derivatives and investigation of their antimicrobial activities. *European journal of medicinal chemistry*, 44(7), 2896-2903.
7. Doklinichni dosiedzhennya likars'kykh zasobiv (metodychni rekomendatsiyi) (2001). [Preclinical studies of medicinal products (methodical recommendations)]. Za redaktsiyeyu: chlen-kor. AMN Ukrayiny O.V. Stefanova – Kyiv, Ukraine, 59-72.  
Доклінічні дослідження лікарських засобів (методичні рекомендації) / За редакцією: член-кор. АМН України О.В. Стефанова. Київ: Авіцена, 2001. С. 59- 72.
8. Duga Benjamin J., Gingrich Diane E., Mesaros Eugen F. (2012). A Selective, Orally Bioavailable 1,2,4-Triazolo[1,5-a]pyridine-Based Inhibitor of Janus Kinase 2 for Use in Anticancer Therapy. *Discovery of CEP-33779. Journal of Medicinal Chemistry*, 55(11), 5243–5254.
9. Hubs'kyu, Yu. I., Byelenichev, I. F (2002). Metody otsinky antyoksydantnykh vlastyvostry fiziohichno-aktyvnykh spoluk pry initsiyuvanni vil'no-radykal'nykh protsesiv v doslidakh in vitro: Metodychni rekomendatsiyi [Methods for assessing the antioxidant power of physiologically active diseases during the initiation of free-radical processes in the follow-up in vitro: methodical recommendations]. Kyiv, Ukraine, 3-5.  
Губський Ю.І., Беленічев І.Ф. Методи оцінки антиоксидантних властивостей фізіологічно-активних сполук при ініціюванні вільно-радикальних процесів в дослідях *in vitro*: Методичні рекомендації. Київ, 2002. С. 3-5.
10. Khan, E. (2021). Pyridine derivatives as biologically active precursors; organics and selected coordination complexes. *ChemistrySelect*, 6(13), 3041-3064.
11. Kryklyvyy, I. A., Rekun, H. M., Artyukh, H. P. (1979). Metody vyvchennya funktsional'nykh vlastyvostry hemoglobina [Methods of studying the functional properties of hemoglobin]. Kyiv, Ukraine, 191-201.  
Крикльвий І. А., Рекун Г.М., Артюх Г.П. Методи вивчення функціональних властивостей гемоглобіна. Київ: Наукова думка, 1979. С. 191-201.
12. Kulagin, O. L., Kurkin, V. A., Dodonov, N. S. (2007). Antioksidantnaya aktivnost' nekotorykh fitopreparatov, sodержashchikh flavonoidy [Antioxidant activity of some herbal preparations containing flavonoids]. *Farmatsiya - Pharmacy*, 55(2), 30–32.  
Кулагин О.Л., Куркин В. А., Додонов Н. С. Антиоксидантная активность некоторых фитопрепаратов, содержащих флавоноиды. *Фармация*, 2007, Т. 55, № 2. С. 30–32.

13. Küçükgül, Ş. G., & Çıkla-Süzgün, P. (2015). Recent advances bioactive 1,2,4-triazole-3-thiones. *European journal of medicinal chemistry*, 97, 830-870.
14. Lakin, G. V. (1990). *Biometriya [Biometrics]*. Moscow, Russian Federation.  
Лакин Г. В. Биометрия. Москва: Высшая школа, 1990. 351 с.
15. Mohammad Abu-Taweel, G., Ibrahim, M. M., Khan, S., Al-Saidi, H. M., Alshamrani, M., Alhumaydhi, F. A., & Alharthi, S. S. (2022). Medicinal importance and chemosensing applications of pyridine derivatives: A review. *Critical Reviews in Analytical Chemistry*, 1-18.
16. Nechipadappu, S. K., & Trivedi, D. R. (2017). Structural and physicochemical characterization of pyridine derivative salts of anti-inflammatory drugs. *Journal of Molecular Structure*, 1141, 64-74.
17. Nizhenkovs'ka, I.V., Nizhenkovs'ky, O. I., Vil'chyns'ka, V. V. (2012). Protsesy lipoperoksydatsiyi ta stan AO systemy v miokardi shchuriv za umov intoksykatsiyi antratsyklinovymy antybiotyky [The processes of lipid peroxidation and the state of the antioxidant system in the myocardium of the eyes under the mind of intoxication with anthracycline antibiotics]. *Suchasni problemy toksykolohiyi - Current problems of toxicology*, 2, 45-47.  
Ніженковська І.В., Ніженковський О. І., Вільчинська В. В. Процеси ліпопероксидації та стан АО системи в міокарді щурів за умов інтоксикації антрацикліновими антибіотиками. *Сучасні проблеми токсикології*, 2012, № 2. С. 45-47.
18. Novikov, V.E., Makarov, S.N., Shemyakina, Ye.V. (1999). Primenimost' eritrotsitarnoy modeli dlya opredeleniya toksichnosti ksenobiotikov [Applicability of the erythrocyte model to determine the toxicity of xenobiotics]. *2-y S'yезд biofizikov RF - 2nd Congress of Biophysicists of Russian Federation*. Moscow, Russian Federation, 23-27 avg, 899.  
Новиков В.Э., Макаров С.Н., Шемякина Е.В. Применимость эритроцитарной модели для определения токсичности ксенобиотиков. *2-й Съезд биофизиков РФ*, Москва, 23-27 авг., 1999: Тез. докл. Т. 3. Москва, 1999. С. 899.
19. Palaska, E., Şahin, G., Kelicen, P., Durlu, N. T., & Altinok, G. (2002). Synthesis and anti-inflammatory activity of 1-acylthiosemicarbazides, 1, 3, 4-oxadiazoles, 1, 3, 4-thiadiazoles and 1, 2, 4-triazole-3-thiones. *Il Farmaco*, 57(2), 101-107.
20. Pil'kevych, N.B., Razdaybedin, V.M., Boyarchuk, O.D. (2007). Hemoglobin: struktura, biokhimiya ta patolohiya: Navchal'nyy posibnyk dlya studentiv vyshchyykh navchal'nykh zakladiv [Hemoglobin: structure, biochemistry and pathology: Study guide for students of higher educational institutions]. Luhans'k: Ukraine, 48.  
Пількевич Н.Б. Раздайбедін В.М., Боярчук О.Д. Гемоглобін: структура, біохімія та патологія: Навчальний посібник для студентів вищих навчальних закладів. Луганськ: Альма-матер, 2007. С. 48.
21. Potts, K. T., Burton, H. R., Roy, S. K. (1966). Reactions of the s-Triazolo[4,3-a]pyridine Ring System. *Journal of Organic Chemistry*, 31, 265-273.

22. Pruhlo, YE. S. (2017). Antyoksydantna aktyvnist' soley 2-(5-R-4-amino-1, 2, 4-triazol-3-iltio) otstovoykh kyslot [Antioxidant activity of 2-(5-R-4-amino-1, 2, 4-triazol-3-ylthio) acetic acid salts]. *Aktual'ni pytannya farmatsevtichnoyi i medychnoyi nauky ta praktyky - Current issues of pharmaceutical and medical science and practice.*, 10, 3(25), 311-315.  
Пругло Є. С. (2017). Антиоксидантна активність солей 2-(5-R-4-аміно-1, 2, 4-тріазол-3-ілтіо) оцтових кислот. *Актуальні питання фармацевтичної і медичної науки та практики*, Т. 10, №3(25). С. 311-315.
23. Roberta, R., Pellehryni, N., Protehhyente, A. (1999). Antyoksydantna aktyvnist' troloksu, shcho zastosovuyet' yak pokrashchenyy test na znebarvlennya kation-radykala ABTS [Antioxidant activity of trolox applied as an improved ABTS radical cation decolorization test]. *Free Radical Biology and Medicine*, 26, 1231-1237.  
Роберта Р., Пеллегрині Н., Протеггенте А. Антиоксидантна активність тролоксу, що застосовується як покращений тест на знебарвлення катіон-радикала ABTS. *Free Radical Biology and Medicine*, 1999, Vol. 26. С. 1231-1237.
24. Shcherbyna, R. O., Panasenko, O. I., Knysh, YE. H. (2016). Vyvchennya antyoksydantnoyi aktyvnosti soley 2-((4-R-3-(morfolinometylen)-4H-1, 2, 4-triazol-5-il) tio) atsetatnykh kyslot [Study of antioxidant activity of salts of 2-((4-R-3-(morpholinomethylene)-4H-1, 2, 4-triazol-5-yl) thio) acetic acids]. *Ukrayins'kyi biofarmatsevtichnyy zhurnal - Ukrainian biopharmaceutical journal*, (1), 37-40.  
Щербина, Р. О., Панасенко, О. І., Книш, Є. Г. Вивчення антиоксидантної активності солей 2-((4-R-3-(морфолінометилен)-4H-1, 2, 4-тріазол-5-іл) тіо) ацетатних кислот. *Український біофармацевтичний журнал*, 2016, (1), 37-40.
25. Shneine, J. K., & Alaraji, Y. H. (2016). Chemistry of 1, 2, 4-triazole: a review article. *Spectroscopy*, 9(9b), 9c.
26. Zenkov, N.K., Kandalintseva, N.V., Lankin, V.Z. (2003). Fenol'nyye bioantioksidanty [Phenolic Antioxidants]. Novosibirsk, Russian Federation.  
Зенков Н.К., Кандалинцева Н.В., Ланкин В.З. Фенольные биоантиоксиданты. Новосибирск: СО РАМН, 2003. 328 с.

Received: 09.12.2022. Accepted: 24.12.2022. Published: 29.12.2022.

Cite this article in APA Style as:

Smolsky, O., Makei, O., Yanchenko, V., and Poletai, V. (2022). Synthesis and preclinical study of antioxidant activity of [1,2,4]triazolo[1,5-a]pyridine derivatives. *BHT: Biota. Human. Technology*, 2, 129-141. (in English)

## Information about the authors:

**Smolsky O.** [*in Ukrainian: СМольський О.*] <sup>1</sup>, Ph.D. in Biol. Sc., Assoc. Prof., email: alexsmolsky@gmail.com  
ORCID: 0000-0002-7942-3414

Department of Chemistry, Technology and Pharmacy, T.H. Shevchenko National University «Chernihiv Colehium»,  
53 Hetmana Polubotka Street, Chernihiv, 14013, Ukraine

**Makei O.** [*in Ukrainian: Макей О.*] <sup>2</sup>, teacher, email: alexmckey2017@gmail.com

Department of Chemistry, Technology and Pharmacy, T.H. Shevchenko National University «Chernihiv Colehium»,  
53 Hetmana Polubotka Street, Chernihiv, 14013, Ukraine

**Yanchenko V.** [*in Ukrainian: Янченко В.*] <sup>3</sup>, Ph.D. in Pharm. Sc., Assoc. Prof., email: v.o.yanchenko@gmail.com

ORCID: 0000-0002-6727-4124 Scopus-AuthorID: 6602531355 ResearcherID: AAC-9900-2020

Department of Chemistry, Technology and Pharmacy, T.H. Shevchenko National University «Chernihiv Colehium»,  
53 Hetmana Polubotka Street, Chernihiv, 14013, Ukraine

**Poletai V.** [*in Ukrainian: Полегай В.*] <sup>4</sup>, Ph.D. in Biol. Sc., Assoc. Prof., email: v\_poletaj@ukr.net

ORCID: 0000-0002-0231-2740

Department of Biology, T.H. Shevchenko National University «Chernihiv Colehium»,  
53 Hetmana Polubotka Street, Chernihiv, 14013, Ukraine

---

<sup>1</sup> Study design, statistical analysis, manuscript preparation

<sup>2</sup> Data collection, statistical analysis

<sup>3</sup> Study design, statistical analysis, manuscript preparation

<sup>4</sup> Data collection, statistical analysis



T.H. Shevchenko National University "Chernihiv Colehium"  
Pomeranian University in Słupsk  
Mezyn National Nature Park  
Chernihiv Regional Organization of the All-Ukrainian Ecological League

*Dear colleagues!*

We invite you to take part in the VII International Scientific Conference "Natural resources of border areas under a changing climate", which will be held on **September 27-29, 2023**.

**Focus of the conference:**

- Biological resources;
- Water resources;
- Land resources;
- Mineral resources;
- Protected areas;
- Recreational resources, tourism and human health;
- Military action and natural resources

**Conference languages:**

Ukrainian, Polish, English.

**Conference Calendar**

Submitting applications and abstracts: **March 31, 2023 – August 31, 2023**

Mailing the second newsletter out – **September 10, 2023**

**Publications**

- **The abstracts** will be published before the conference. **The payment of publication of abstracts - free.**
- **The articles** based on the reports presented at the conference can be published in the International scientific journal "Biota. Human. Technology".

**Requirements for the abstracts**

The abstracts are given in one of the conference languages (Ukrainian, Polish, English) in the **Microsoft Word** text editor. The volume – **1 full page A4, without listing sources of information**. Font – **Times New Roman, 14 pt**, spacing – indent **1 cm**, fields (all) – **2 cm**. Tables and drawings (black and white only) are given in the text. The name of the file is the name of the first (sole) author in the language of the abstract, for example: Klui\_abstract.

The abstracts structure:

**The title (in the middle, without indentation, bold type)**

***The name and surname of the author(-s) (in the middle, without indentation, bold type, italics)***

*The institution, town, country, e-mail (in the middle, without indentation, italics).*

The abstract text of the report (paragraph indent – 1 cm); the references are given in brackets, for example: (Dalowski, Geter, Turwin, 2019) or (<http://mezinpark.com.ua/rekrtsiya/vyznni-pamtky/402-2>).

**E-mailing by:** [conf\\_narbac\\_2019@ukr.net](mailto:conf_narbac_2019@ukr.net)

**Application\* for participation in the conference**

**"Natural resources of border areas under a changing climate"**

**(NARBAC 2023), September, 27–29, 2023**

.....  
Full name  
.....  
Degree and academic rank  
.....  
Institution, position  
.....  
Address  
Telephone: .....,  
official private  
e-mail: .....

**I declare participating in the conference**

**1.  with the report      2.  with the poster (poster report)      3.  in absentia (publication of abstracts)**

**Subject of the report.....**

\*The application form in the Microsoft Word text editor is attached as a separate file

**The application for participation in the conference and abstracts should be sent to the organizing committee's e-mail:**

[conf\\_narbac\\_2019@ukr.net](mailto:conf_narbac_2019@ukr.net)

SCIENTIFIC EDITION

**BHT** 

**Biota. Human. Technology**

International Scientific Journal

**BHT : Biota. Human. Technology** / Національний університет  
«Чернігівський колегіум» імені Т.Г. Шевченка; гол. ред.  
О.В. Лукаш. 2022. №2. 143 с.

Designer – N. Tkachuk

Editing – O. Lukash, I. Kurmakova, O. Syza, N. Tkachuk, O. Klimova

Administrator of site – N. Tkachuk

Designers cover – N. Tkachuk

Passed for printing 29.12.2022

Format A4

Editorial and Publishing Department of T.H. Shevchenko National University  
“Chernihiv Colehium”, 53 Hetmana Polubotka Street, Chernihiv, 14013, Ukraine

Phone: +38(046)265-1799

nuchk.tipograf@gmail.com