

UNIWERSYTET

W czasach pandemii

pod redakcją
Anny Woźniak i Joanny Zeyland



WYDAWNICTWO UNIWERSYTETU PRZYRODNICZEGO W POZNANIU

UNIWERSYTET
w czasach
pandemii



DOFINANSOWANO ZE ŚRODKÓW BUDŻETU PAŃSTWA

PROGRAM DOSKONAŁA NAUKA
MODUŁ WSPARCIE KONFERENCJI
NAUKOWYCH

DOFINANSOWANIE 35 330,00 zł
CAŁKOWITA WARTOŚĆ 41 330,00 zł

PATRONAT HONOROWY



UNIWERSYTET
PRZYRODNICZY
W POZNANIU

JM Rektor Uniwersytetu Przyrodniczego w Poznaniu

prof. dr hab. Krzysztof Szoszkiewicz

PATRONAT MEDIALNY



NAUKA
W POLSCE

Perspektywy



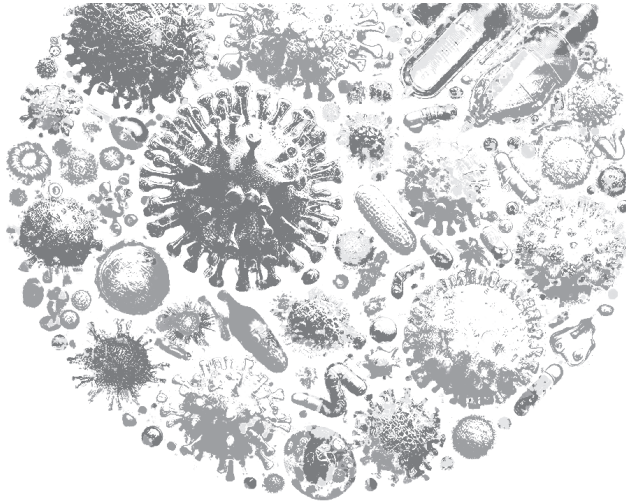
Studia.pl

UNIwersYTET

W czasach

pandeMii

pod redakcją
Anny Woźniak i Joanny Zeyland



WYDAWNICTWO UNIwersYTETU PRZYRODnicZEGO W POZNANIU

Przewodniczący Komitetu Redakcyjnego
prof. dr hab. Jacek Wójtowski

Redaktor Wydziału Rolnictwa, Ogrodnictwa i Bioinżynierii
prof. UPP dr hab. Stanisław Grześ

Recenzentka
prof. UŁ dr hab. Beata Sadowska, Uniwersytet Łódzki

Publikacja dofinansowana ze środków budżetu państwa w ramach programu
Ministra Edukacji i Nauki pod nazwą „Doskonała nauka – Wsparcie konferencji naukowych”
nr projektu DNK/SP/546933/2022, kwota dofinansowania: 35 330 zł,
całkowita wartość projektu 41 330 zł.

©Copyright by Wydawnictwo Uniwersytetu Przyrodniczego w Poznaniu, Poznań 2023



Książka jest dostępna na licencji Creative Commons – Uznanie autorstwa – Użycie
niekomercyjne – Bez utworów zależnych 4.0 Międzynarodowe (CC BY-NC-ND 4.0)

Redakcja: Kamila Sowińska

Skład komputerowy: KEAMI HOUSE

Projekt okładki: Jacek Grzeškowiak

Ilustracja na okładce Pixabay z wykorzystaniem AI

ISBN 978-83-67112-69-7 książka drukowana
ISBN 978-83-67112-70-3 online pdf
doi: 10.17306/978-83-67112-70-3

WYDAWNICTWO UNIWERSYTETU PRZYRODNICZEGO W POZNANIU

ul. Witosza 45, 61-693 Poznań
tel.: 61 848 7808, e-mail: wydawnictwo@up.poznan.pl
www.wydawnictwo.up.poznan.pl

Wydanie I, ark. wyd. 4,5.

Wersja elektroniczna dostępna na stronie
<https://wydawnictwo.up.poznan.pl/books.html?dostepnosc=open%20access>
oraz w serwisie <https://www.ibuk.pl/>

PRZEDMOWA

Kryzys wywołany przez pandemię COVID-19 rzucił ludzkości nowe wyzwania o wymiarze globalnym oraz lokalnym. Tym samym instytucje, w tym również te szkolnictwa wyższego, podjęły radykalne kroki mające na celu spowolnienie procesu rozprzestrzeniania się wirusa SARS-CoV-2, by dać badaczom więcej czasu na opracowanie metod leczenia i zapobiegania chorobie COVID-19. Dynamicznie zmieniająca się sytuacja epidemiczna zmusiła nas do wytyczenia nowych ścieżek w zarządzaniu istotnymi elementami życia, w tym nauką oraz nauczaniem. Ta nowa rzeczywistość wymogła na wielu uczelniach wyższych inne niż wcześniej podejście do nauczania, w szczególności w odniesieniu do cyfryzacji i wspomaganego cyfrowo uczenia się i nauczania, otwartej nauki, badań, zapewniania jakości, autonomii uczelni, finansowania i zaangażowania obywatelskiego.

Oddajemy w Państwa ręce monografię *Uniwersytet w czasach pandemii*, powstałej na kanwie konferencji naukowo-technicznej pt. „**Uniwersytet w czasach pandemii: nauka, dydaktyka, administracja**”, zorganizowanej w grudniu 2022 roku. Była to druga edycja tego wydarzenia, które miało na celu szeroko rozumianą wymianę doświadczeń i wskazanie nowych obszarów badawczych związanych z pandemią. Chcieliśmy zachęcić do dyskusji nad aktualnymi w tamtym pandemicznym czasie zagadnieniami naukowymi w kraju i na świecie. Choć główny nurt naszych zainteresowań dotyczył tematyki związanej z pandemią COVID-19, nie ograniczaliśmy naszych prelegentów i uczestników wyłącznie do tej sfery. Pandemia COVID-19 zainicjowała bowiem wiele zmian w podejmowanej tematyce badawczej, nad czym również dyskutowano podczas konferencji. Podobne podejście przyjęliśmy w tej monografii. W opracowaniu znajdują się zatem rozdziały dotyczące aspektów zdrowia publicznego, dydaktyki oraz badań naukowych prowadzonych w okresie pandemii.

SPIS TREŚCI

ROZDZIAŁ 1.

ANALIZA POSTPANDEMICZNA: EDUKACJA, SPOŁECZEŃSTWO

JOANNA ZEYLAND, ANNA WOŹNIAK

Nauka, dydaktyka i administracja, ale nie tylko... społeczność akademicka
Uniwersytetu Przyrodniczego w Poznaniu wobec pandemii COVID-19 11

KAROLINA LEWANDOWSKA, SEBASTIAN SZCZĘSNY

Promocja studiów w czasach postpandemicznych 21

ROZDZIAŁ 2.

ANALIZA POSTPANDEMICZNA:

NAUKA W UJĘCIU INFEKcji WYWOŁYWANEJ WIRUSEM GRYPY

LIDIA B. BRYDAK

Grypa – problem stale aktualny dla zdrowia publicznego zwłaszcza w przebiegu
pandemii COVID-19 31

ROZDZIAŁ 3.

ANALIZA POSTPANDEMICZNA:

DORÓBEK NAUKOWY WYBRANYCH KÓŁ STUDENCKICH DZIAŁAJĄCYCH NA UNIWERSYTECIE PRZYRODNICZYM W POZNANIU

PRZEMYSŁAW GAWRYSIĄK, OLIVIA KOŃCZAK, MACIEJ LENORT, KINGA DRZEWIECKA

Wpływ stężenia alkoholu etylowego i czasu maceracji na zawartość związków
fenolowych w nalewkach z ziół 43

DAWID PEKSYK, JAKUB SKÓRNICKI, JĘDRZEJ DOBROGOJSKI, MAŁGORZATA PIETROWSKA-BOREK Regulacja ekspresji wybranych genów związanych z autofagią przez cyklodekstryny w zawieszinowych kulturach komórkowych <i>Vitis vinifera</i> cv. Monastrell	61
DAMIAN TOMASZEWSKI, MICHAŁ ŻABIEREK Wpływ zmiany ciśnienia w ogumieniu ciągnika rolniczego na moc uciągu oraz zużycie paliwa	79

ROZDZIAŁ I

**ANALIZA POSTPANDEMICZNA:
EDUKACJA, SPOŁECZEŃSTWO**

JOANNA ZEYLAND*, ANNA WOŹNIAK

Katedra Biochemii i Biotechnologii

Wydział Rolnictwa, Ogrodnictwa i Bioinżynierii

Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu

Nauka, dydaktyka i administracja, ale nie tylko... społeczność akademicka Uniwersytetu Przyrodniczego w Poznaniu wobec pandemii COVID-19

Science, didactics and administration, but not only ...
the academic community of the Poznań University of Life Sciences
and the COVID-19 pandemic

Streszczenie

Kryzys wywołany przez pandemię COVID-19 rzucił wiele nowych i nieoczekiwanych wyzwań instytucjom szkolnictwa wyższego. Uniwersytety podjęły radykalne kroki, by spowolnić rozprzestrzenianie się wirusa SARS-CoV-2. Zupełnie nowa sytuacja epidemiczna zmusiła je do wytyczenia nowych ścieżek i podjęcia zupełnie nowych aktywności. Unia Europejska w reakcji na epidemię wskazała, że działania powinny się koncentrować na czterech priorytetach:

- ograniczeniu rozprzestrzeniania się wirusa
- zapewnieniu dostaw sprzętu medycznego
- promowaniu badań nad terapiami i szczepionkami
- wspieraniu zatrudnienia, firm i gospodarki.

Jako uczelnia wyższa wpisaliśmy się w te działania i podjęliśmy wyzwanie, które rzuciła nam aktualna rzeczywistość.

Słowa kluczowe: pandemia, COVID-19, masowe szczepienia, aspekty społeczne

Abstract

The crisis triggered by the COVID-19 pandemic challenged institutions of higher education in many new and unexpected ways. Universities were forced to take extreme attempts to slow down the spread of SARS-CoV-2. This entirely new epidemic situation forced us to set new paths and undertake completely new activities. The European Union, in response to the epidemic, indicated that actions should focus on four priorities:

* joanna.zeyland@up.poznan.pl

- limiting the spread of the virus,
- ensuring the supply of medical equipment
- promoting research into therapies and vaccines
- supporting employment, companies and the economy

As a university, we joined in with these activities and took up the challenge posed by the current reality.

Keywords: COVID-19, pandemic, massive vaccinations, social aspects

Wprowadzenie

Kryzys wywołany pandemią COVID-19 rzucił nowe i nieoczekiwane wyzwania instytucjom szkolnictwa wyższego. Uniwersytety podjęły radykalne kroki, by spowolnić rozprzestrzenianie się wirusa SARS-CoV-2. Zupełnie nowa sytuacja epidemiczna wytyczyła nowe ścieżki w zarządzaniu kryzysowym. Ówczesna rzeczywistość wymusiła na wielu uczelniach wyższych zmiany w podejściu do nauczania, w szczególności w odniesieniu do cyfryzacji i wspomaganego cyfrowo uczenia się i nauczania, otwartej nauki, badań, zapewniania jakości, autonomii uczelni, finansowania i zaangażowania obywatelskiego. W marcu 2020 roku, w zderzeniu z rozprzestrzeniającym się patogenem SARS-CoV-2, na chwilę cały świat, również ten uczelniany, musiał wyhamować. Z dnia na dzień mury uniwersyteckich budynków opustoszały, a całe życie uczelniane przeniesiono do wirtualnej rzeczywistości. Nagle sieć internetowa stała się miejscem spotkań, komunikacji oraz wymiany informacji naukowej (w wersji rozszerzonej, bo przecież funkcjonowała już wcześniej). Paradoksalnie, przy jednoczesnym dużym ograniczeniu stacjonarnych badań naukowych wynikających z kolejnych globalnych lub lokalnych lockdownów, wymiana informacji naukowej znacząco przyspieszyła. Bariery przestrzenna, czasowa i gospodarcza przestały istnieć w szczególności w kwestii badań naukowych dotyczących walki z koronawirusem. Uniwersytety stały się centrum badań nad nowymi metodami leczenia oraz szczepionkami, a w drugiej kolejności rezerwuarem ludzi dobrej woli wspierających walkę z pandemią wywołaną wirusem SARS-CoV-2 (choć, jeśli o kolejność chodzi, w zasadzie należałoby obie te aktywności traktować na równi, by nie obniżać wagi żadnej z nich). Oczekiwania społeczeństwa wobec realizacji przede wszystkim naukowej misji uczelni wyższych były ogromne.

Spółeczna odpowiedzialność uczelni

Wirusa i mechanizmów jego działania oraz długoterminowych skutków zdrowotnych nie poznano jeszcze całkowicie. W tym przypadku liczy się przede wszystkim czas – wieloletnia perspektywa, której na obecną chwilę nam brakuje. Za globalne działania w walce z wirusem SARS-CoV-2 odpowiada Światowa Organizacja Zdrowia, która 11 marca 2020 roku uznała COVID-19 za globalną pandemię. Unia Europejska, w reakcji na zaistniałą sytuację epidemiczną, wskazała, że działania powinny się koncentrować na czterech priorytetach:

1. ograniczeniu rozprzestrzeniania się wirusa
2. zapewnieniu dostaw sprzętu medycznego
3. promowaniu badań nad terapiami i szczepionkami
4. wspieraniu zatrudnienia, firm i gospodarki.

Wirus SARS-CoV-2 wywołał globalną pandemię, która oprócz implikacji zdrowotnych miała i nadal ma kolosalne skutki ekonomiczne i społeczne. Jednym z aspektów o charakterze społecznym jest przyjęcie aktywnej postawy w walce z pandemią oraz jej skutkami. W 2019 roku Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu (UPP) został sygnatariuszem Deklaracji Społecznej Odpowiedzialności Uczelni, co potwierdziło dobrowolne zaangażowanie się w promowanie idei zrównoważonego rozwoju, zarówno w programach edukacyjnych oraz badaniach naukowych, jak i dbałości o ład organizacyjny uczelni, powstałe na fundamentach społecznej odpowiedzialności. W 2020 roku na społeczność akademicką Uniwersytetu Przyrodniczego w Poznaniu czekał niespodziewany egzamin z odpowiedzialności obywatelskiej – pandemią COVID-19. Pierwszym krokiem w działaniach było powołanie na mocy Zarządzenia nr 42/2020 Rektora Uniwersytetu Przyrodniczego w Poznaniu z dnia 2 kwietnia 2020 roku koordynatora działań UPP wspierających zwalczanie epidemii wywołanej wirusem SARS-CoV-2 (autorki tego tekstu). Jego działania miały się skoncentrować na:

1. monitorowaniu zasobów sprzętowych oraz lokalowych, które mogłyby wspomóc diagnostykę wirusa SARS-CoV-2, i dysponowaniu nimi
2. monitorowaniu zasobów materiałów zużywalnych, odczynników oraz środków ochrony osobistej w dyspozycji jednostek UPP
3. koordynacji udziału pracowników w podejmowanych działaniach zwalczających epidemię wywołaną wirusem SARS-CoV-2

4. współpracy z jednostkami naukowo-badawczymi i diagnostycznymi funkcjonującymi na terenie Poznania prowadzącymi badania w kierunku SARS-CoV-2
5. informowaniu wspólnoty uniwersyteckiej o stanie działań zwalczających epidemię spowodowanej SARS-CoV-2 oraz pojawiających się w związku z tym potrzebach.

Wsparcie instytucji zasobami osobowymi

Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu, jako uczelnia wyższa o profilu przyrodniczym dysponująca pracownikami doświadczonymi w posługiwaniu się nowoczesnymi technikami biologii molekularnej i diagnostyki, a także kształcąca biotechnologów o specjalności diagnostyka genetyczna, nie mogła pozostać obojętna na wyzwania rzucane przez dynamicznie zmieniającą się rzeczywistość. Kadra Uniwersytetu wsparła przede wszystkim Wojewódzką Stację Sanitarno-Epidemiologiczną (WSSE) w Poznaniu. Do prac laboratoryjnych oraz biurowych w WSSE w Poznaniu włączyli się zarówno pracownicy, jak i doktoranci Uniwersytetu. Doświadczeni specjaliści z technologii żywności i żywienia, biochemii, chemii, biologii i biotechnologii uczestniczyli w pracach w laboratorium diagnostycznym SARS-CoV-2. Wolontariuszy z mniejszym doświadczeniem kierowano do pracy biurowo-administracyjnej. Praca trwała przez dwadzieścia cztery godziny na dobę, siedem dni w tygodniu. Ukończone studia podyplomowe oraz zrealizowane staże w specjalistycznych laboratoriach w czasie studiów doktoranckich oraz podczas pracy zawodowej stały się ogromnym atutem w trudnej i wymagającej pełnej koncentracji pracy diagnostycznej.

Kolejną instytucją, którą wsparła kadra Uniwersytetu Przyrodniczego w Poznaniu, była Powiatowa Stacja Sanitarno-Epidemiologiczna w Poznaniu. Tym razem prace wspomagające obejmowały wyłącznie działania o charakterze organizacyjno-biurowym, dlatego dużą aktywnością mogli wykazać się studenci Uniwersytetu. Podobnie stało się w przypadku działań na rzecz Narodowego Funduszu Zdrowia, w którym studenci mogli jednocześnie zrealizować praktyki zawodowe, wspierając Telefoniczną Informację Pacjenta oraz Infolinię Narodowego Programu Szczepień Przeciw COVID-19.

Kiedy społeczność uniwersytecka angażowała się w działania wspierające walkę z pandemią wirusa SARS-CoV-2, na świecie trwały intensywne prace nad opracowaniem skutecznej szczepionki przeciwko koronawirusowi. W grudniu 2020 roku Europejska Agencja Leków dopuściła do użytku

pierwszą szczepionkę wyprodukowaną przez Pfizer-BioNTech. Na początku 2021 roku rozpoczęto w Polsce szczepienia określonych grup zawodowych oraz wiekowych, a niedługo po tym przystąpiono do szczepień powszechnych, które okazały się najskuteczniejsze przeciwko zachorowaniu na COVID-19. Program szczepień musiał być zrealizowany zgodnie z planem, w możliwie krótkim czasie. Największy punkt masowych szczepień przeciwko COVID-19 w Poznaniu zlokalizowano na terenie Międzynarodowych Targów Poznańskich (MTP), a instytucją obsługującą medycznie punkt był Szpital Kliniczny Przemieniania Pańskiego Uniwersytetu Medycznego w Poznaniu. Do obowiązków wolontariuszy, wśród których znaleźli się pracownicy, doktoranci oraz studenci Uniwersytetu Przyrodniczego w Poznaniu, należała pomoc w obsłudze ruchu w hali szczepień, regulacja kolejek do punktów szczepień, pomoc informacyjna dla osób zgłaszających się do szczepień, a także wykonywanie czynności o charakterze przygotowawczym. Współpraca pomiędzy wolontariuszami a punktem szczepień na terenie MTP zakończyła się w dniu, w którym punkt oficjalnie wygasił swoją działalność.

Wsparcie instytucji zasobami sprzętowo-materiałowymi

Badania o charakterze laboratoryjnym od lat prowadzone na Uniwersytecie Przyrodniczym w Poznaniu, a także bogato wyposażone w wysoko wyspecjalizowane urządzenia pracownie badawcze umożliwiły zaangażowanie się UPP również we wsparcie sprzętowo-materiałowe instytucji. Monitoring zasobów sprzętowych oraz materiałów zużywalnych, odczynników oraz środków ochrony osobistej pozwolił na ocenienie potencjału Uniwersytetu w tym zakresie. W dyspozycji jednostek Uniwersytetu znajdowało się wiele sprzętów przydatnych do wykrywania wirusa (aparaty RT-PCR, wirówki, termobloki, pipety automatyczne, autoklawy, mobilne lampy UV itd.) oraz materiałów zużywalnych i odczynników (probówek, końcówek do pipet z filtrami, zestawów do izolacji RNA), a także środków ochrony osobistej (rękawiczek jednorazowych, środków odkażających, masek, przyłbic, gogli, fartuchów jednorazowych itd.). Sprzęt niezbędny do diagnostyki wirusa SARS-CoV-2 czasowo wypożyczono Wojewódzkiej Stacji Sanitarno-Epidemiologicznej w Poznaniu oraz Laboratorium Diagnostycznemu COVID-19 w Instytucie Genetyki Człowieka Polskiej Akademii Nauk w Poznaniu. Materiały zużywalne oraz środki ochrony osobistej przekazano również do WSSE w Poznaniu oraz do Szpitala Klinicznego im. Karola Jonschera Uniwersytetu Medycznego w Poznaniu.

Wsparcie inicjatywy „Nauka przeciw pandemii”

Szerząca się antywiedza na temat szczepień przeciw COVID-19 sprawiła, że część społeczeństwa była i nadal jest nieufna wobec tej procedury medycznej. Zaprzeczając potrzebie szczepień, wiele osób postawiło na szali nie tylko siebie jako jednostkę, ale też życie najbliższych, znajomych i współpracowników. Dlatego jako instytucja sygnująca Deklarację Społecznej Odpowiedzialności Uczelni, Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu wsparł inicjatywę „Nauka przeciw pandemii” i włączył się w propagowanie wiedzy na temat szczepień przeciw COVID-19. „Nauka przeciw pandemii” zreszta uznanych ekspertów ze środowiska naukowego, którzy zjednoczyli siły na rzecz propagowania rzetelnych informacji na temat konieczności szczepień przeciw COVID-19 oraz innowacyjnych technologii zastosowanych w szczepionkach. Do najważniejszych celów tego projektu należały:

1. rozpowszechnianie zweryfikowanej, merytorycznej wiedzy o szczepieniach przeciw COVID-19
2. edukowanie na temat zastosowania innowacyjnych technologii w szczepieniach przeciw COVID-19
3. dostarczanie sprawdzonych informacji na temat tych zagadnień przedstawicielom środowiska medycznego, mediom oraz ogółowi społeczeństwa
4. wspieranie wszystkich działań zmierzających do świadomego poddaniu się szczepieniu jak największej części społeczeństwa.

W ramach udziału Uniwersytetu Przyrodniczego w Poznaniu w inicjatywie „Nauka przeciw pandemii” odbyły się trzy spotkania on-line pod wspólnym tytułem. „Wszystko, co chcielibyście wiedzieć o wirusie SARS-CoV-2 oraz szczepionkach przeciw COVID-19”. Ich celem było przekazanie zweryfikowanej i merytorycznej wiedzy o wirusie SARS-CoV-2 oraz szczepionkach przeciw COVID-19. W spotkaniach uczestniczyli prof. dr hab. Jacek Wysocki i dr hab. n.med. Piotr Rzymiski, będący członkami Rady Programowej inicjatywy „Nauka przeciw pandemii”. Spotkania zorganizowano przede wszystkim dla społeczności akademickiej Uniwersytetu Przyrodniczego w Poznaniu, ale w wydarzeniu mógł wziąć udział każdy. Nagrania z zarejestrowanymi spotkaniami nadal są dostępne na kanale YouTube UPP.

W ramach kampanii informacyjnej na temat szczepień przeciwko COVID-19 wśród polskich producentów rolnych w branżowym miesięczni-

ku „Top Agrar Polska” (największej gazecie rolniczej w Polsce) ukazał się artykuł *Co wiemy o szczepionkach przeciw COVID-19* (Zeyland, 2021).

Szczepienia społeczności akademickiej

Szczepienia pierwszą dawką preparatu przeciwko COVID-19 dla większości pracowników oraz doktorantów Uniwersytetu Przyrodniczego w Poznaniu odbyły się w marcu 2021 roku w punkcie szczepień zlokalizowanym na terenie Międzynarodowych Targów Poznańskich. Wydarzenie to zainicjowało rozpoczęcie działań wspierających na rzecz tego punktu (więcej na ten temat w części „Wsparcie instytucji zasobami osobowymi”). Drugą dawkę preparatu pracownicy i doktoranci przyjęli już pod okiem wolontariuszy z UPP. W październiku, wraz z rozpoczęciem nowego roku akademickiego 2021/2022, przy udziale wolontariuszy UPP, na terenie MTP zorganizowano akcję szczepienia studentów zagranicznych Uniwersytetu. Doświadczenie zdobyte w trakcie wolontariatu w punkcie szczepień przeciwko COVID-19 pozwoliło zorganizować i przeprowadzić akcję szczepień na terenie Uniwersytetu Przyrodniczego w Poznaniu we współpracy z Wielkopolskim Urzędem Wojewódzkim w Poznaniu. Podczas trwającej siedem dni akcji w grudniu 2021 roku szczepionkę przyjęło ponad 640 osób. Wspomniana wyżej kampania informacyjna na temat skuteczności oraz bezpieczeństwa szczepień przeciwko COVID-19, sprawna organizacja i zaangażowanie części społeczności akademickiej działania wolontariackie na rzecz punktu szczepień wpłynęły pozytywnie na poziom wyszczepienia pracowników i doktorantów UPP, który sięgnął blisko 89%.

Konferencja „Uniwersytet w czasach pandemii...”

O problemach w czasach pandemii w szerokim kontekście dyskutowali uczestnicy zdalnej konferencji „Uniwersytet w czasach pandemii: nauka, dydaktyka, administracja” zorganizowanej w 2020 roku przez Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu oraz podczas jej drugiej edycji dwa lata później. Ideą tych konferencji była wymiana doświadczeń i wskazanie nowych obszarów badawczych związanych z ówczesną sytuacją epidemiczną w kraju i na świecie. Konferencje zainicjowały i podsumowały dyskusję nad rozwijającymi się zagadnieniami naukowymi i problemami badawczymi

podejmowanymi w czasie pandemii na Uniwersytecie Przyrodniczym w Poznaniu oraz w innych naukowych ośrodkach krajowych i zagranicznych. Zaprezentowano również problemy związane ze spowodowanymi rozwojem pandemii zmianami organizacyjnymi w dydaktyce. W szczególności przedyskutowano tematykę zdalnego nauczania oraz nowych metod zdobywania wiedzy i umiejętności w okresie zagrożenia SARS-CoV-2. Konferencje stanowiły okazję do integracji środowiska pracowników naukowych i dydaktycznych, studentów oraz specjalistów zaangażowanych w różnych działach administracji, którzy od kilku miesięcy pozbawieni byli kontaktu osobistego. Podczas konferencji poruszono tematy badawcze zmierzające do poznania skali rozprzestrzeniania, mechanizmów i skutków zakażenia SARS-CoV-2 oraz ogólniejsze problemy epidemiologiczne czy uwarunkowania środowiskowe. W swojej części studenci zaprezentowali przede wszystkim działania kół naukowych podczas trwania pandemii. Przedstawiono również spostrzeżenia i opinie na temat zdalnego nauczania, narzędzi e-learningowych, a także przygotowania do zdalnego procesu dyplomowania.

Podsumowanie

Celem artykułu było przedstawienie działań pozanaukowych społeczności Uniwersytetu Przyrodniczego, chociaż w czasie wolnym od badań. Ogromne zaangażowanie UPP we wsparcie instytucji zasobami ludzkimi oraz materiałowo-sprzętowymi nie spowodowało obniżenia aktywności naukowej pracowników Uniwersytetu, ale otworzyło nowe obszary badawcze, których tematyka opisano w podrozdziale „Uniwersytet w czasach pandemii...”. Wyniki badań prowadzonych na skutek pandemii COVID-19 przez naukowców z Uniwersytetu Przyrodniczego w Poznaniu opublikowano w zagranicznych oraz polskich czasopismach naukowych (Rzymki i in., 2022; Uglis i in., 2022; Kalinowski i Łuczak, 2021; Józefowicz, 2021; Wądołowska i in., 2021; Rzymki i in., 2021; Zawadka, 2021; Just i Echaust, 2020; Murawiec i Tryjanowski, 2020).

Z oczywistych względów Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu nie był w stanie odpowiedzieć na wszystkie potrzeby wynikające z pojawienia się pandemii COVID-19. Wsparcie przekierowano do instytucji zajmujących się diagnostyką SARS-CoV-2, leczeniem pacjentów, obsługą administracyjną spraw związanych z pandemią oraz szczepieniami. Pandemia SARS-CoV-2 udowodniła wszystkim, że to, co kiedyś uważaliśmy za niemożliwe, jest

w rzeczywistości osiągalne. Zamiast wracać do tak zwanej normalności, świadomie lub nie, budujemy nową rzeczywistość, która zagości w naszym środowisku akademickim na dłużej, stając się z czasem normalnością.

Bibliografia

- Józefowicz, K. (2021). Urban tourism and Covid-19 in Poland. *Region*, 8(2), 187–199.
- Just, M. Echaust, K. (2020). Stock market returns, volatility, correlation and liquidity during the COVID-19 crisis: Evidence from the Markov switching approach. *Finance Res. Lett.*, 37, 101775. <https://doi.org/10.1016/j.frl.2020.101775>
- Kalinowski, S., Łuczak, A. (2021). Social (in)security the ambivalence of villagers' perceptions during COVID-19. *Probl. Polit. Społ.*, 54 (3), 48–67.
- Murawiec, S., Tryjanowski, P. (2020). Psychiatrya patrzy na ptaki w czasie pandemii COVID-19: obserwacje, introspekcje, interpretacje. *Psychiatr. Psychol. Klin.*, 20(2), 94–97.
- Rzymiski, P., Zeyland, J., Poniedziałek, B., Małecka, I., Wysocki, J. (2021). The perception and attitudes toward COVID-19 vaccines: A cross-sectional study in Poland. *Vaccines*, 9(4), 382.
- Rzymiski, P., Sikora, D., Zeyland, J., Poniedziałek, B., Kiedik, D., Falfushynska, H., Fal, A. (2022). Frequency and Nuisance Level of Adverse Events in Individuals Receiving Homologous and Heterologous COVID-19 Booster Vaccine. *Vaccines*, 10(5), 754.
- Uglis, J., Jęczmyk, A., Zawadka, J., Wojcieszak-Zbierska, M.M., Pszczoła, M. (2022). Impact of the COVID-19 pandemic on tourist plans: a case study from Poland. *Curr. Issues Tour.*, 25(3), 405–420. <https://doi.org/10.1080/13683500.2021.1960803>
- Wądołowska, L., Drywień, M., Hamułka, J., Socha, P., Borawska, M., Friedrich, M., Lange, E. (2021). Dietary recommendations during the Covid-19 pandemic. Statement of the Committee of Human Nutrition Science of the Polish Academy of Sciences. *Rocz. PZH*, 72(2), 209–220.
- Zawadka, J., Jęczmyk, A., Uglis, J., Wojcieszak-Zbierska, M. (2021). Plany turystyczne mieszkańców miast w dobie pandemii COVID-19. *Warsztaty z Geografii Turyzmu*, 11, 13–34.
- Zeyland, J. (2021). Co wiemy o szczepionkach? *Top Agrar Polska*, 01.

KAROLINA LEWANDOWSKA*, SEBASTIAN SZCZĘSNY

Centrum Edukacji i Rozwoju EFEKTY Sp. z o.o., Poznań

Promocja studiów w czasach postpandemicznych

Promoting studies in the post-pandemic era

Streszczenie

Zagrożenie COVID-19, zdalna edukacja, wojna w Ukrainie, drożyzna i rosnąca inflacja to czynniki, które utrudniają rekrutację na studia. Miniporadnik „Jak promować kierunki studiów w trudnych czasach?” przedstawi diagnozę najważniejszych wyzwań marketingowych ogólnouczelnianych biur promocji oraz działań promocyjnych poszczególnych wydziałów i instytutów. Analizę przeprowadzono na podstawie wyników badań opinii zebranych przez Centrum Edukacji i Rozwoju EFEKTY w okresie październik–listopad 2022 roku. Były to internetowe badanie ankietowe opinii studentów i kandydatów na studia na portalu Studia.pl (1550 respondentów) oraz badania opinii władz dziekańskich i pełnomocników ds. promocji na temat wydziałowej promocji rekrutacji w serwisie Efekty.pl (250 respondentów). Wyciągnięto z nich wnioski, że poza powszechnymi obawami kandydatów na studia pojawiły się nowe, związane z ich słabszą konstrukcją psychiczną („pokolenie płatków śniegu”), na które mocno wpływa otoczenie, w tym zagrożenie wojną, sytuacja gospodarcza i pandemia. Dlatego władze uczelni, wydziałów i instytutów będą musiały prowadzić bardziej profesjonalnie działania marketingowe, aby uniknąć zagrożenia spadku liczby i poziomu wiedzy kandydatów w kolejnych rekrutacjach.

Słowa kluczowe: promocja, marketing, studia wyższe, pandemia, rekrutacja

Abstract

The threat of COVID-19, remote education, the war in Ukraine, high prices and rising inflation are the factors hampering university recruitment. Mini-guide “How to promote study courses in difficult times?” presents a diagnosis of the most important marketing challenges of university-wide promotion offices and the promotional activities of individual departments and institutes. The analysis was based on the results of surveys conducted by the EFEKTY Center for Education and Development in October-November 2022: this was an online survey of the opinions of students and university applicants on Studia.pl (1550 respondents) and a survey of the opinions of the dean's authorities and

* k.lewandowska@efekty.pl

promotion officers on faculty recruitment promotion on Efekty.pl (250 respondents). Conclusions: in addition to the traditional concerns of college candidates, new ones have emerged, related to the weaker mental structure (“snowflake generation”), and heavily influenced by the external environment, including the threats of war, economic situation and pandemics. Therefore, the authorities of universities, departments and institutes will have to conduct marketing activities more professionally to avoid the danger of a decline in the number and “quality” of applicants in future recruitment periods.

Keywords: promotion, marketing, higher education, pandemic, recruitment

Wprowadzenie

Czas pandemii COVID-19 i związanej z nią izolacji był bardzo trudny z punktu widzenia akademickiej dydaktyki oraz procesu pozyskiwania i kształcenia studentów przez wszystkie uczelnie w Polsce. Wymagał wprowadzenia zdalnego nauczania i czasowego wstrzymania stacjonarnego kształcenia. Pomimo formalnego zakończenia okresu pandemii zapewne będzie miał on wpływ na kształt rekrutacji i prowadzenia studiów. Dodatkowo, zanim jeszcze doszło do uspokojenia sytuacji covidowej, pojawił się kolejny czynnik zaburzający standardowe procesy kształcenia studentów – wojna w Ukrainie. Trzecim czynnikiem niestandardowym dotyczącym rzeczywistość akademicką jest skokowy wzrost inflacji oraz pogorszenie sytuacji gospodarczej w Polsce. Wszystkie te zjawiska wpłynęły nie tylko na uczelniane procesy rekrutacji i organizacji zajęć dydaktycznych, ale i na emocje młodzieży – potencjalnych kandydatów na studia.

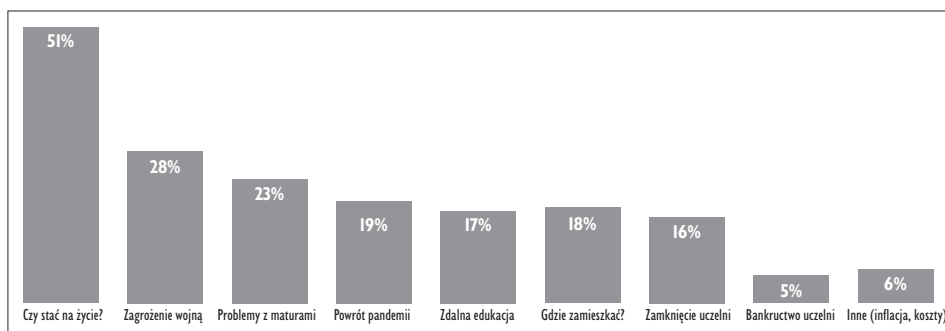
Jak zatem skutecznie komunikować się z kandydatami na studia mającymi za sobą trzy tak silnie negatywne doświadczenia życiowe? To zagadnienie interesujące nie tylko z punktu widzenia władz uczelnianych i administracji szkół wyższych, ale i podmiotów związanych ze wspieraniem świata akademickiego w obszarach zarządzania i marketingu. Dlatego w Centrum Edukacji i Rozwoju EFEKTY przeprowadziliśmy dwa projekty badawcze związane z sytuacją na rynku promocji rekrutacji w okresie postpandemicznym: badanie opinii użytkowników portalu Studia.pl oraz badanie opinii władz dziekańskich.

Stare i nowe obawy kandydatów na studia

„Co Cię martwi w nadchodzącym roku szkolnym i akademickim?” – o to zapytaliśmy młodych ludzi korzystających z portalu Studia.pl. Badanie opi-

nii „Obawy kandydatów na studia na 2023 rok” przeprowadzono od października do grudnia 2022 roku w formie ankiety internetowej na próbie 1550 respondentów – uczniów liceów i techników oraz studentów. Spośród nich maturzyści 2023 stanowili 46%, maturzyści z kolejnych lat (2024, 2025 i później) – 18%, studenci – 26%, pozostali 10%.

W przygotowanej ankiecie można było zaznaczyć więcej niż jedną odpowiedź. Przyszli maturzyści i studenci mieli wskazać typowe dla tego etapu edukacji obawy: o wybór przyszłościowego kierunku studiów, dobry wynik na egzaminach maturalnych, drogę zawodową po ukończeniu studiów. Wśród odpowiedzi wymieniono nowe zagrożenia, związane z wojną w Ukrainie, narastającą inflacją i drożyzną, możliwością powrotu pandemii koronawirusa oraz wprowadzaniem przez szkoły i uczelnie zdalnej edukacji z powodów epidemicznych i finansowych. Panel badania uzupełniono pytaniami o doświadczenia i oczekiwania związane ze zdalną edukacją.



Ryc. 1. Nowe obawy kandydatów na studia

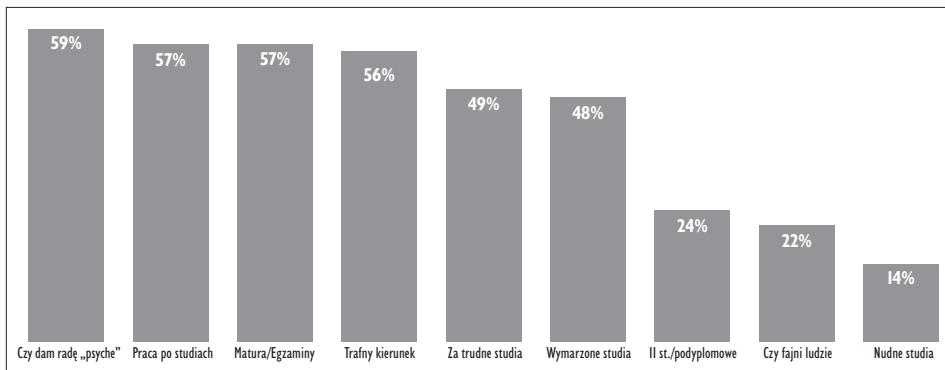
Fig. 1. New concerns for university applicants

Aż 59% młodzieży obawia się, czy da sobie radę psychicznie i emocjonalnie. To największe zmartwienie wskazywane w badaniu, porównywalne ze strachem o znalezienie w przyszłości dobrej pracy po studiach (57% wskazań). W ankiecie badacze umieścili zagrożenie w związku z opiniami specjalistów o kruchości psychiki wśród nastolatków. Mówi się nawet o społecznym, kulturowym i socjologicznym zjawisku nazywanym „pokoleniem płatków śniegu”. W badaniu potwierdzono, że maturzyści i studenci nie tylko wymagają wsparcia psychologicznego, ale że są świadomi swojej niestabilności psychicznej i emocjonalnej. Te obawy są wzmacniane przez płynące w 2022 roku z mediów i social mediów poczucie zagrożenia: wybuch wojny tuż za granicą Polski, brak definitywnego uporania się z pandemią koronawi-

rusa, wieści o lawinowo rosnących cenach i zamykaniu edukacji stacjonarnej na uczelniach z powodów oszczędności. Aż 28% respondentów obawia się, że w Polsce wybuchnie wojna. Pytanie, czy takie spojrzenie jest uzasadnione i realistyczne? A może wynika z nieco skrzywionego oglądu świata w ekranie smartfona? Twórcy tego badania skłaniają się ku temu drugiemu wyjaśnieniu.

W badaniu na portalu Studia.pl mocno wybrzmiewają obawy związane z nie najlepszą sytuacją gospodarczą Polski. Ponad połowa respondentów (51%) obawia się, czy będzie ją stać na życie podczas studiów. Nieco ponad jedna szóstka młodzieży martwi się o to, czy znajdzie akademik lub stancję. Niewątpliwie na te obawy składają się zarówno wzrost cen, jak i sama dostępność miejsc do zamieszkania. Ich powodem są niekorzystne tendencje, takie jak większy popyt (wywołany między innymi przez uchodźców z Ukrainy i osoby z brakiem zdolności kredytowej na kredyt hipoteczny po wzrostach stóp procentowych) oraz malejąca podaż (spowolnienie inwestycji w budownictwie mieszkaniowym).

Warto także zwrócić uwagę na wyniki otwartego pytania o „inne obawy”. Zaznaczyło je 6% respondentów, a zdecydowana większość dotyczyła finansów osobistych i rodzinnych. Jedna z osób napisała: „Najbardziej mnie martwi koszt utrzymania się nawet z pomocą rodziców, aby ich nie obciążyć, i rynek wynajmu nieruchomości jest okrutny, inflacja”.



Ryc. 2. Typowe obawy kandydatów na studia

Fig. 2. Typical concerns of university applicants

Trzeba podkreślić, że studenci i maturzyści często wskazywali typową obawę o dość przecież odległą perspektywę znalezienia pracy po studiach. Znajdowała się ona tym samym poziomie, co lęk o zdanie matury i sesji na

studiach. Łączymy ten wynik z poczuciem niepewności co do przyszłości gospodarki, w szczególności rynku pracy w Polsce.

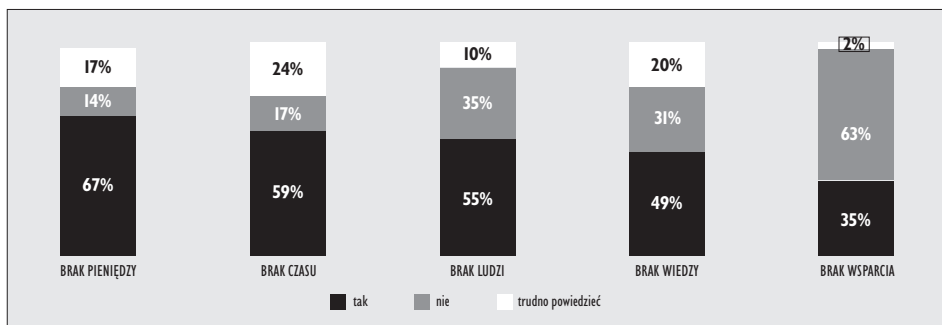
Nasze badanie pokazuje, że rekrutacja na studia w 2022 roku przebiegała w wyjątkowo trudnej rzeczywistości, a w 2023 roku może być jeszcze większym wyzwaniem. Poza nowymi zagrożeniami trzeba zmagać się z typowymi obawami kandydatów na studia. Około 56% młodzieży martwi się, czy trafnie wybierze kierunek studiów, a 48% zastanawia się, czy dostanie się na ten wymarzony. Jeśli dodamy do tego lęki ze sfery psyche i sytuacji materialnej, można obawiać się tąpnięcia – spadku zainteresowania studiami w przyszłorocznej rekrutacji. Znacząca jest także liczba osób, które mają wątpliwości, czy po studiach I stopnia warto iść na studia magisterskie uzupełniające (II stopnia), zamiast po prostu szukać pracy z dyplomem licencjata lub inżyniera (25% respondentów).

Zmieniająca się sytuacja materialna kandydatów może doprowadzić do odrodzenia studiów zaocznych. Dojazd w weekendy na płatne, niestacjonarne studia może okazać się w praktyce tańszy niż pobyt przyjezdnego studenta na bezpłatnym kierunku dziennym. Pozytywnym zjawiskiem na uczelniach jest tendencja do podnoszenia kompetencji marketingowych, żeby skutecznie docierać do najwłaściwszych kandydatów. W naszych webinarach na temat komunikacji z kandydatami na studia i studentami bierze udział każdorazowo od 150 do 200 przedstawicieli uczelni.

Promocja rekrutacji na wydziałach

„Jak wygląda wydziałowa promocja rekrutacji?” – o to zapytaliśmy dziekanów. Badanie opinii przeprowadzono w październiku 2022 roku i styczniu 2023 roku w formie ankiety internetowej na próbie 250 respondentów – przedstawicieli kolegów dziekańskich, dyrekcji instytutów oraz władz i pełnomocników ds. promocji. Pytaliśmy o problemy oraz wyzwania związane z promocją na poziomie podstawowych jednostek uczelnianych, o relacje z centralnymi działami promocji, o sposób prowadzenia działań marketingowych oraz o ocenę skutków promocji rekrutacji i związane z nią plany.

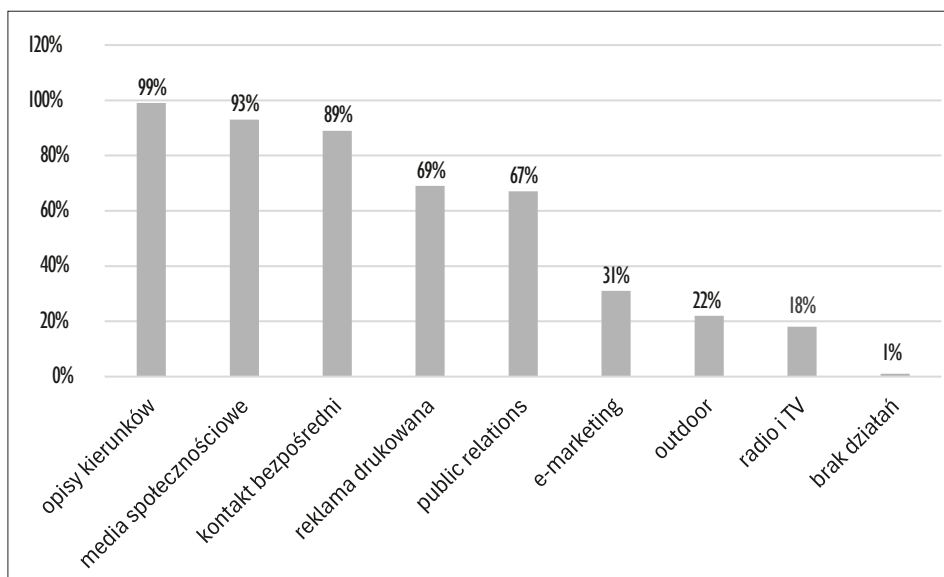
Najczęściej wskazywany problem to budżet na działania promocyjne – pozbawienie lub ograniczenie środków finansowych wydziałów na własną aktywność marketingową. Kolejnym co do ważności problemem wskazywanym w badaniu jest czas – przeciążenie pracą wśród pracowników wydziałowych zajmujących się promocją. Jedyne co trzecia jednostka biorąca udział w badaniu ma wydziałowego/instytutowego specjalistę ds. promocji. Warto



Ryc. 3. Co jest problemem w wydziałowej promocji rekrutacji?

Fig. 3. What is the problem with faculty recruitment promotion?

dodać, że najczęściej promocją na wydziałach zajmują się osoby, dla których jest to dodatkowe działanie obok działalności dydaktycznej i naukowej lub administracyjnej. W tej sytuacji nie dziwi, że połowa przedstawicieli świata akademickiego biorącego udział w badaniu narzeka na brak specjalistycznej wiedzy o marketingu lub zbyt mały jej poziom wśród pracowników wydziałowych zajmujących się promocją. Najlepiej na tym tle prezentuje się

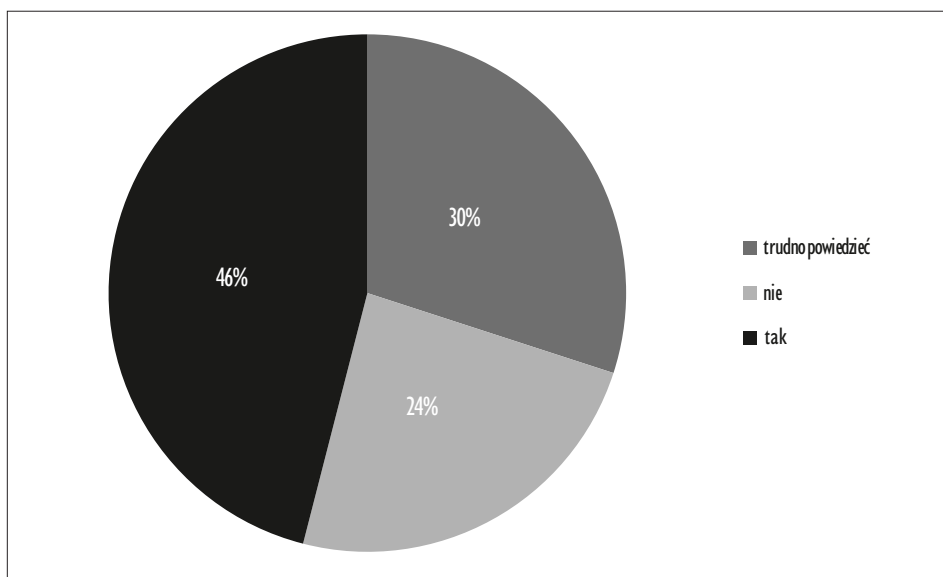


Ryc. 4. Jak wygląda wydziałowa promocja rekrutacji?

Fig. 4. What does faculty recruitment promotion look like?

wsparcie ze strony uczelnianych działach promocji i marketingu. Ponad 60% respondentów ocenia współpracę z nim jako dobrą lub wzorcową.

Jak wygląda wydziałowa promocja rekrutacji? Zapytaliśmy w badaniu o różne konkretne rodzaje prowadzonych działań marketingowych, a następnie pogrupowaliśmy je według klasyfikacji powszechnie stosowanej w marketingu. To zbudowało obraz powszechności danego narzędzia marketingowego, niezależnie od wykorzystanych form promocji. Z badania wynika, że najpowszechniej stosowane są formy „bezpłatne”, takie jak sporządzanie opisów kierunków studiów dla kandydatów na studia na ogólnodostępne strony internetowe i do ulotek dla kandydatów, prowadzenie wydziałowych/instytutowych mediów społecznościowych, wyjazdy do szkół, drzwi otwarte na wydziałach i targi edukacyjne. Cudzysłów przy słowie „bezpłatne” został użyty nieprzypadkowo, ponieważ w każdej z tych aktywności działania mają swój określony koszt, jednak jest on niejako ukryty. Mamy tu na myśli czas pracy osób zajmujących się daną działalnością (tworzenie opisów, organizacja i przeprowadzanie spotkań z kandydatami), utracone korzyści (np. wykorzystanie potencjału pracowników, którzy w tym samym czasie mogliby np. prowadzić badania naukowe i przygotowywać publikacje) oraz konsumpcję budżetu centralnego (finansowanie uczestnictwa w targach z budżetu działu



Ryc. 5. Czy są trudności z dotarciem do właściwych kandydatów?

Fig. 5. Are there difficulties in reaching the proper candidates?

promocji lub rekrutacji). Najbardziej skuteczny obecnie e-marketing jest stosowany jedynie przez jedną trzecią ankietowanych.

Jedynie jedna trzecia respondentów odpowiedziała, że nie ma trudności ma w dotarciu z wydziałowymi działaniami promocyjnymi do właściwych kandydatów. Pozostali albo je dostrzegają, albo nie wiedzą, jaką skuteczność mają prowadzone działania.

Podsumowanie

Prognozujemy, że sytuacja związana z rynkiem kandydatów na studia nie poprawi się w najbliższym czasie. Zarówno znane od dawna, jak i nowe obawy związane z przyszłością młodych ludzi będą się utrzymywać i wpływać na ich decyzje o kontynuowaniu edukacji po szkole średniej. Z drugiej strony obserwuje się zainteresowanie promocją rekrutacji nie tylko po stronie administracji centralnej uczelni, ale i jednostek wydziałowych i instytutowych. Są one w wielu przypadkach zaangażowane w dotarciu z komunikacją marketingową do potencjalnych studentów. Starają się przełamywać swoje ograniczenia związane z problemami finansowymi, personalnymi i brakiem specjalistycznej wiedzy marketingowej. Wskazuje na to duże zainteresowanie webinarami i szkoleniami organizowanymi przez Centrum Edukacji i Rozwoju EFEKTY na temat promocji wydziałów i instytutów. W latach 2020–2022 wzięło w nich udział łącznie ponad 500 przedstawicieli podstawowych jednostek uczelnianych. Profesjonalizacja działań związanych z promocją rekrutacji i zwiększenie jej efektów może pomóc w uniknięciu zagrożeń postpandemicznych związanych z dydaktyką, w tym zamykania kierunków studiów i zwalniania wykładowców.

ROZDZIAŁ II

**ANALIZA POSTPANDEMICZNA:
NAUKA W UJĘCIU INFEKCJI
WYWOŁYWANEJ WIRUSEM GRYPY**

LIDIA B. BRYDAK

Kierownik Zakładu Badania Wirusów i Kierownik Krajowego Ośrodka ds. Grypy,
Narodowy Instytut Zdrowia Publicznego
Państwowy Zakład Higieny-Państwowy Instytut Badawczy, Warszawa
lbrydak@pzh.gov.pl

Grypa – problem stale aktualny dla zdrowia publicznego, zwłaszcza w przebiegu pandemii COVID-19

Influenza – a constantly relevant problem health,
especially during the COVID-19 pandemic

Praca została wysłana do Organizatorów 12.05.2023 r.

Streszczenie

Zmienność wirusa grypy jest jego bardzo charakterystyczną cechą. Grypa to choroba bardzo zakaźna, w Polsce lekceważona, o czym świadczy kompromitujący procent zaszczepionej populacji na przestrzeni wielu sezonów epidemicznych. Musimy zdawać sobie sprawę, że wirus grypy, zwłaszcza typu A, obecny jest również w bogatym rezerwarze zwierzęcym, a zwłaszcza u ptactwa. W XX wieku wybuchły trzy pandemie wirusa grypy. Pierwsza z nich, w latach 1918–19, hiszpanka, najtragiczniejsza w swoich wielorakich skutkach, spowodowała utworzenie przez Światową Organizację Zdrowia (ang. World Health Organization, WHO) w 1947 roku sieci Globalnego Nadzoru nad Grypą. W obecnym kształcie nosi ona nazwę Międzynarodowego Nadzoru nad Grypą (ang. Global Influenza Surveillance and Response System, GISRS) i ze względu na działania z zakresu dostarczania izolatów wirusów grypy, raportowania aktywności wirusów i wymiany informacji pomiędzy różnymi ośrodkami GISRS ma priorytetowe znaczenie dla zdrowia publicznego.

Szczepienia przeciwko grypie są obecnie najskuteczniejszą metodą walki z wirusem, stanowią również efektywne i relatywnie najtańsze narzędzie zapobiegania powikłaniom pogrypowym, w tym również zgonom.

Słowa kluczowe: wirus grypy, pandemia, nadzór epidemiologiczny, biologia molekularna, zdrowie publiczne

Abstract

The very characteristic feature of the influenza virus is its variability. Though disregarded in Poland, influenza remains a highly contagious disease, as evidenced by the embarrassingly low percentage of the population vaccinated over many epidemic seasons. We need to be aware that the influenza virus, especially type A, is also present in a numerous animal species, and especially in birds. There were three influenza virus pandemics in the 20th century. Based on the analysis of many fundamental facts, in my opinion, there is a possibility of a fourth influenza virus pandemic. The outbreak of the first Spanish flu pandemic in 1918-19, the most tragic in its multiple consequences, resulted in the creation of the Global Influenza Surveillance network by the World Health Organization in 1947. In its current form, this is called the *Global Influenza Surveillance and Response System* (GISRS) and is of priority importance for public health due to activities in the field of providing influenza virus isolates, reporting virus activity and exchanging information between other GISRS centers.

Vaccination against influenza is currently the most effective method of fighting the virus. It is also an effective and relatively the cheapest tool for preventing post-influenza complications, including deaths.

Keywords: influenza virus, pandemic, epidemiological surveillance, molecular biology, public health

Wprowadzenie

Mimo że wirus grypy jest bardzo zakaźny, spowodowane przez niego infekcje są lekceważone. Grypa była, jest i będzie problemem zdrowia publicznego, a wynika to z wielu powodów: dużej zmienności antygenowej wirusa grypy, w szczególności typu A, obecności wirusa grypy w bogatym rezerwuarze zwierzęcym oraz niskiego odsetka zaszczepienia populacji przeciwko grypie, zwłaszcza w Polsce (Brydak, 2008). W XX wieku wybuchły trzy pandemie grypy. Najtragiczniejszą w skutkach pod każdym względem była hiszpanka, która według aktualnych danych spowodowała 50–100 mln zgonów.

Istniejący obecnie Globalny System Nadzoru nad Grypą (ang. Global Influenza Surveillance and Response System, GISRS) ma podstawowe znaczenie dla zdrowia publicznego, głównie dzięki monitoringowi aktywności wirusów i ich charakterystyce molekularnej. Ponadto w dobie szybkiego tempa życia w krajach wysoko uprzemysłowionych, powinniśmy zdawać sobie sprawę, że szczepienie przeciwko grypie to najskuteczniejsza, najtańsza metoda zapobiegania powikłaniom pogrypowym, a niejednokrotnie zgonom (Brydak, 2008).

Globalny nadzór nad grypą

Po tragicznych skutkach pandemii hiszpanki, w 1947 roku WHO utworzyła Globalny System Nadzoru nad Grypą (GIRS). Dzięki tak szeroko zorganizowanemu nadzorowi naukowcy są w stanie zidentyfikować wirusy grypy krążące w świecie oraz określić cechy ich patogenności, wskazując na te typy / podtypy, które mogą wywołać pandemię grypy. Dane gromadzone w GISPR są pomocne również w procesie doboru składu antygenowego szczepionki przeciwko grypie. Do sprawowania nadzoru GISRS powołano siedem ośrodków ds. grypy (ang. WHO Collaborating Centre for Reference Research on Influenza), które współpracują z ośrodkami referencyjnymi WHO w Londynie, Atlancie, Tokio, Pekinie oraz Centrum Współpracy WHO ds. Badań nad Ekologią Grypy u Zwierząt (ang. WHO Collaborating Center for Studies on the Ecology Influenza in Animals) w Memphis i Melbourne, a także Centrum Współpracy WHO ds. Kontaktów Zwierzęta-Człowiek ds. Zakażeń Zoonotycznych i Grypy (ang. WHO Collaborating for Studies on the Animal-human Interface Department of Zoonotic Infections and Influenza) w Nowosybirsku (www.who.int/en). Polska w tej sieci nadzoru znajduje się od 1957 roku za pośrednictwem Krajowego Ośrodka ds. Grypy.

Od 2004 roku nasz kraj włączono również do zintegrowanego systemu nadzoru epidemiologicznego i wirusologicznego nad grypą, który prowadzony jest w tej samej populacji (SENTINEL). Na obszarze Polski system ten współdziała z szesnastoma wojewódzkimi stacjami sanitarno-epidemiologicznymi oraz lekarzami pierwszego kontaktu. Należy podkreślić, że sezon epidemiczny grypy 2004/2005 był pierwszym, w którym system nadzoru SENTINEL zaczął funkcjonować w Polsce, po spełnieniu warunków postawionych przez WHO, które zostały zrealizowane przez Kierownika Krajowego Ośrodka ds. Grypy (Brydak, 2008). Ośrodek ten znajduje się w Zakładzie Badania Wirusów Grypy w Narodowym Instytucie Zdrowia Publicznego PZH – Państwowy Instytut Badawczy w Warszawie.

Krajowy Ośrodek ds. Grypy w sezonie epidemicznym 2013/2014 opracował innowacyjny internetowy system nadzoru nad grypą w Polsce (Bednarska i in., 2016). Dane raportowane są w następujących siedmiu grupach wiekowych: 0–4, 5–9, 10–14, 15–25, 26–44, 45–64 i powyżej 65 r.ż. Raport tygodniowy z aktualnymi danymi wirusologicznymi o krążących subtypach wirusa grypy typu A i liniach wirusa grypy typu B oraz z danymi epidemiologicznymi rejestrowany jest na stronie FluNews Europe.

Diagnostyka laboratoryjna grypy

Diagnostyka laboratoryjna grypy oparta jest na potwierdzeniu obecności specyficznych antygenów wirusa. Takie testy wykonuje się przy użyciu różnych metod biologii molekularnej lub wykryciu przyrostu poziomu przeciwciał (Bodding i in., 2022). Od wielu lat na rynku farmaceutycznym dostępne są testy tzw. przyłóżkowe, w większości oparte na technice immunochromatograficznej. Jednak z uwagi na możliwość wystąpienia fałszywie ujemnych wyników, zwłaszcza w okresie dużej aktywności wirusa, badania diagnostyczne powinny być rozszerzone, a wynik potwierdzony analizą z wykorzystaniem metod biologii molekularnej i badania materiału genetycznego wirusa. Metodyka ta uwzględnia izolację wirusa grypy, która prowadzona jest w 11-dniowych zarodkach kurzych i w hodowlach tkankowych. Materiałem do badań mogą być: wymaz z nosogardzieli, aspirat odessany z nosowej części gardła, popłuczyny oskrzelowe, płyn mózgowo-rdzeniowy, wysięk z ucha środkowego i materiał biopsyjny uzyskany od pacjenta. W przypadku analiz serologicznych oznaczenie przyrostu poziomu przeciwciał wykonuje się z surowicy pacjenta.

Sytuacja wirusologiczna i epidemiologiczna

W marcu 2020 roku, czyli w sezonie epidemicznym 2019/2020, ogłoszono pandemię wirusa SARS-CoV-2. W tabeli 1 przedstawiono sytuację wirusologiczną i epidemiologiczną w Polsce w sezonach epidemicznych 2015/2016–2022/2023. Dane jednoznacznie wskazują, że w sezonie epidemicznym 2020/2021 lockdown, jak również przechodzenie na pracę zdalną, nauczanie zdalne w szkołach, obowiązkowe noszenia maseczek oraz częste używanie środków dezynfekcyjnych miały znaczny wpływ na liczebność przypadków grypy i wirusów grypopodobnych. W tabeli 1 uwzględniono dane w sezonie epidemicznym 2022/2023 uzyskane do 2 grudnia 2022 roku (do momentu konferencji „Uniwersytet w czasach pandemii – nauka, dydaktyka, administracja”, podczas której referowano to opracowanie). Jak widać na przedstawionych danych, w zależności od sezonu epidemicznego liczba zachorowań i podejrzeń zachorowań na grypę jest różna. Różni się także liczba badanych prób.

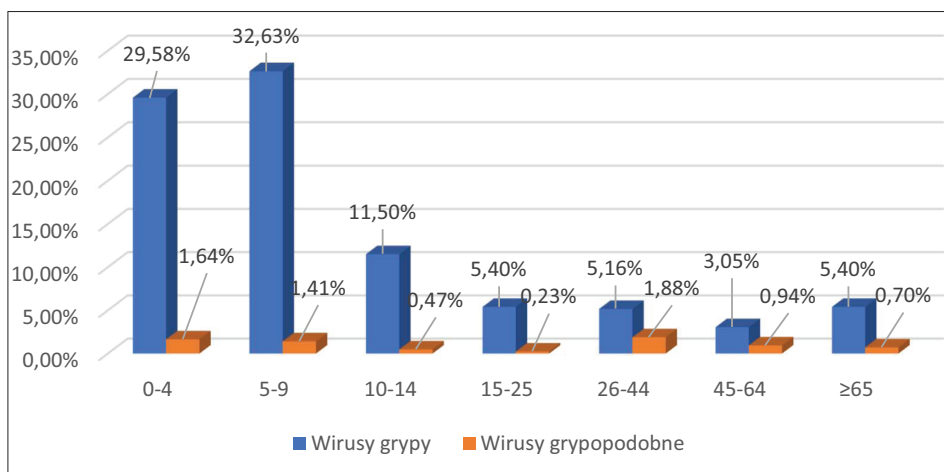
W Polsce okres pandemii COVID-19 upłynął pod znakiem diagnostyki głównie w kierunku wirusa SARS-CoV-2. Pomimo bardzo licznych starań, liczba badań nad innymi wirusami oddechowymi, a zwłaszcza wirusa-

Tab. 1. Sytuacja wirusologiczna i epidemiologiczna w sezonach epidemicznych 2015/2016-2022/2023 (opracowano na podstawie Brydak i in., 2022)

Tab. 1. Virological and epidemiological situation in the epidemic seasons 2015/2016-2022/2023 (based on Brydak i in., 2022)

Sezon epidemiczny	Liczba zachorowań i podejrzeń zachorowań na grypę	Zgony	Skierowania do szpitala	Przebadano	Próby potwierdzone – grypa						Łącznie pozytywnych
					A niesubtypowane	A/H1N1/pdm09	A/H3N2/	B Linia B/Victoria	B Linia B/Yamagata		
2015/2016	4 107 077	140	15 969	8 868	941	1 480	1	1 084	*	3 506	
2016/2017	4 919 110	25	16 890	4 007	1 368	0	242	30	*	1 640	
2017/2018	5 337 619	48	18 320	5 604	557	265	18	1 602	*	2 442	
2018/2019	4 675 043	150	17 499	5 229	482	1 281	37	18	*	1 818	
2019/2020	3 873 502	65	17 555	5 108	1 073	212	87	63	*	1 435	
2020/2021	2 409 206	1	5 332	2 286	1	0	0	0	*	1	
2021/2022	3 524 192	6	11 881	2 237	217	0	135	56	*	408	
2022/2023*	1 133 886	0	4 194	843	14	0	4	3	0	21	

mi grypy, została ograniczona. Z pełną odpowiedzialnością pozwolę sobie stwierdzić, że liczba zgonów z powodu powikłań pogrypowych w Polsce jest niedoszacowana, ponieważ zgony niejednokrotnie są rejestrowane z powodu podstawowej choroby, z jaką pacjent zgłosił się do szpitala. W sezonie epidemicznym 2022/2023 w ciągu zaledwie dwóch miesięcy wydano 4 194 skierowań do szpitala. Zgodnie z danymi opublikowanymi przez Boddington i in. (2022), w ciągu każdego sezonu epidemicznego grypy zaraża się od 10% do 30% dzieci (Brydak i in., 2018). Na podstawie analiz wirusów przy pomocy biologii molekularnej, prowadzonych przez wiele sezonów epidemicznych, można stwierdzić, że grupa, którą można uznać za forpocztę rozsiewającą grypę w populacji, to grupa małych dzieci w wieku 0–4 – 29,58%, 5–9 – 32,6% oraz 10–14 – 11,50% (ryc.1).



Ryc. 1. Zachorowania na grypę i wirusy grypopodobne w grupach wieku w sezonie epidemicznym 2021/2022 w Polsce. Łącznie w sezonie epidemicznym 2021/2022 przebadano 2 317 prób od pacjentów w kraju. Dodatkowo wyniki potwierdzono u 408 osób, czyli 18,24%. Zarejestrowano 3 752 037 podejrzenia zachorowań na grypę i wirusy grypopodobne, 12 413 skierowań do szpitala oraz 6 zgonów (wg. NIZP PZH-PIB) do dnia 30.09.2022 r.

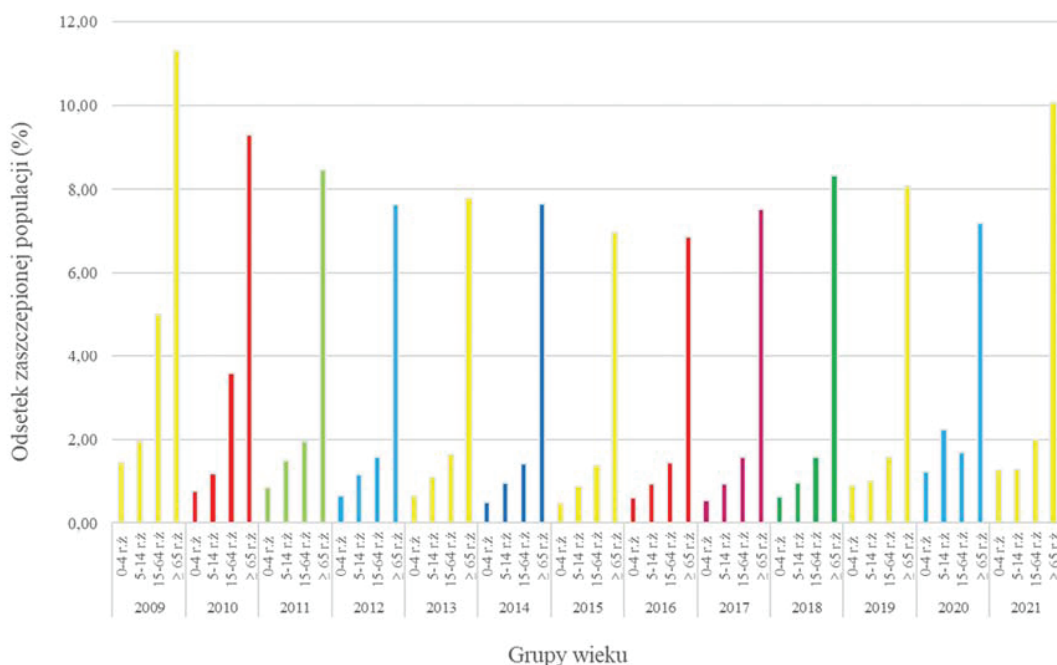
Fig. 1. Confirmations of cases of influenza and influenza-like viruses in age groups in the 2021/2022 epidemic season in Poland. In total, 2,317 samples from patients in the country were tested in the 2021/2022 epidemic season. Positive results were confirmed in 408 or 18.24%. 3,752,037 suspected cases of influenza and flu-like virus, 12 413 referrals to hospital, and 6 deaths (according to NIPHNIH-NRI) were registered until September 30, 2022

Szczepienia przeciwko grypie

Nie można zaprzeczyć, że szczepienie przeciwko grypie to najtańsza i najskuteczniejsza metoda zapobiegania powikłaniom pogrypowym, w tym zgonów.

W sezonie epidemicznym 2022/2023 procent zaszczepionej populacji w Polsce to jedynie 5,7% (ryc. 2), pomimo rekomendacji wielu międzynarodowych i krajowych towarzystw naukowych oraz solidnych, wielowątkowych działań edukacyjnych.

W Zakładzie Badania Wirusów Grypy, Krajowego Ośrodka ds. Grypy w NIZP PZH-PIB, przy współpracy z klinicystami przeprowadzono badania dotyczące oceny odpowiedzi humoralnej na szczepienia przeciwko grypie w grupach podwyższonego ryzyka (tab. 2) (Ciszewski, 2006). Analizy te przeprowadzono u pacjentów z 32 jednostkami chorobowymi, zarówno



Ryc. 2. Odsetek osób zaszczepionych w Polsce w danym przedziale wiekowym w stosunku do ogólnej liczby ludności w kraju w przedziale wiekowym (%) w latach 2009–2021

Fig. 2. Percentage of people vaccinated in Poland in a given age range in relation to the total population in the country in the age range (%) in 2009–2021

u dzieci, osób dorosłych, jak i seniorów. Rezultatem tych badań było zabezpieczenie epidemiologiczne pacjentów z grup podwyższonego ryzyka. Trzeba podkreślić, że wyniki polskich badań pacjentów z ostrymi incydentami sercowo-naczyniowymi zostały wysoko ocenione i włączone do Europejskich Zaleceń Kardiologicznych szczepień przeciwko grypie (Brydak i in., 2022).

Tab.2. Charakterystyka pacjentów z grup podwyższonego ryzyka, u których wykonano ocenę odpowiedzi humoralnej na szczepienia przeciwko grypie (opracowanie Brydak)

Tab.2. Characteristics of patients from high-risk groups who underwent assessment of humoral response to influenza vaccination (based on Brydak)

Badania przeprowadzone w Zakładzie Badania Wirusów Grypy, Krajowy Ośrodek ds. Grypy w NIZP PZH-PIB przy współpracy z klinicystami, w grupach podwyższonego ryzyka, gdzie oceniano odpowiedź humoralną na szczepienia przeciwko grypie
Dzieci w wieku 6.-35. m.ż., 3.-8. r.ż., 9.-12. r.ż., 13.-20. r.ż.
<p>W wieku 6-35 m.ż., 3-8 m.ż., 9-12 r.ż., 13-20 r.ż.</p> <p>Z ostrą białaczką limfoblastyczną (OBL), szczepione w różnym okresie od zakończenia leczenia</p> <p>Z hemofilią lekką i ciężką</p> <p>Z dysplazją oskrzelowo-płucną</p> <p>Z przewlekłą niewydolnością nerek, poddane ciągłej ambulatoryjnej dializie otrzewnowej oraz z przewlekłą niewydolnością nerek, szczepione jednorazowo i dwukrotnie</p> <p>Zakażone HIV</p> <p>Po splenektomii, szczepione w grupach wieku: 0-5 r.ż., 6-10 r.ż., 11-15 r.ż., powyżej 16 r.ż., <i>(praca doktorska)</i></p> <p>Z niedokrwistością aplastyczną</p> <p>Z astmą</p> <p>Z nieswoistym zapaleniem jelit</p>
Dorośli:
<p>Dorośli w wieku 21-30 r.ż., 31—40 r.ż., 41-50 r.ż., 51-64 r.ż. powyżej 64 r.ż. <i>(2 prace doktorskie)</i></p> <p>Skoszarowani studenci WAM</p> <p>Pacjenci przewlekle chorzy,</p> <p>Z ostrą białaczką limfoblastyczną (OBL)</p> <p>Z przewlekłą niewydolnością nerek <i>(część pracy habilitacyjnej)</i></p> <p>Z przewlekłą niewydolnością nerek leczeni hemodializoterapią</p> <p>Po allogeniczej transplantacji nerek,</p> <p>Zakażeni HIV z różnymi poziomami CD4, z objawami AIDS i bez objawów</p> <p>Z nowotworem piersi, tarczycy</p> <p>Z astmą <i>(część pracy doktorskiej)</i></p>

Z POChP (*część pracy doktorskiej*)

Z grupy młodych i seniorów (*praca doktorska*)

Z ostrymi incydentami sercowo-naczyniowymi (*część pracy habilitacyjnej*) *wyniki włączone do ESC**

Z toczniem (*praca doktorska*)

Z nieziarniczymi chłoniakami złośliwymi (*praca doktorska*)

Z pierwotnymi układowymi zapaleniami naczyń ziarniniakowatością Wegenera

Elitarna grupa sportowców szczepionych szczepionką przeciwko grypie na półkuli północnej i południowej (2015/2016).

Pacjenci z chorobami przewlekłymi, zdrowi i chorzy pacjenci poddani hemodializie (*część pracy habilitacyjnej*).

Osoby po 55 r.ż., szczepione 4-walentną szczepionką przeciwko grypie w sezonie epidemicznym 2018/2019 (*praca doktorska*),

Pacjenci z nadwagą (*praca doktorska*),

Pacjenci z grupy seniorów z określonym poziomem witaminy D (*praca doktorska*)

*Wyniki polskich badań pacjentów z ostrymi incydentami sercowo-naczyniowymi (Ciszewski et al., 2006) zostały wysoko ocenione i włączone do europejskich zaleceń kardiologicznych odnośnie do szczepień przeciwko grypie (Task Force Members, Eur Heart J. 2013).

W sezonie epidemicznym 2019/2020 w Zakładzie Badania Wirusów Grypy, jednym ze 149 krajowych ośrodków ds. grypy na świecie, zlokalizowanym w NIZP PZH-PIB, przeprowadzono badania roli przeciwciał przeciwhemaglutyninowych podczas pandemii wirusa SARS-CoV-2. Należy zauważyć, że uzyskane wyniki badań wykonanych z wykorzystaniem surowicy ozdrowieńców po przebytej infekcji SARS-CoV-2 podkreślają rolę przeciwciał przeciwhemaglutyninowych w łagodnym przebiegu infekcji. Warto mieć na uwadze, że szczepienie przeciwko grypie podnosi poziom przeciwciał przeciwhemaglutyninowych bez względu na wiek (Kondratiuk i in., 2023).

Rozpatrując problematykę szczepień przeciwko grypie w grupie dzieci, należy zauważyć, że odsetek ten jest na bardzo niskim poziomie, choć obecnie dostępne są trzy rodzaje szczepionek, w tym jedna podawana donosowo (Kondratiuk i in., 2023).

Wsparcie finansowe

Praca była finansowana przez Narodowy Instytut Zdrowia Publicznego PZH-Narodowy Instytut Badawczy, Grant badawczy BI-1/2022.

Podziękowanie

Autorka składa podziękowanie lekarzom i pracownikom Wojewódzkich Stacji Sanitarno-Epidemiologicznych uczestniczących w programach SENTINEL i NON-SENTINEL za wkład w system nadzoru nad grypą w Polsce.

Bibliografia

- Bednarska, K., Hallmann, E., Kondriatiuk, K., Rabczenko, D., Brydak, L.B. (2016). Innowacje w nadzorze nad grypą w Polsce. *Prob Hig Epidemiol.*, 97(2), 101–105.
- Bodding, N.L., Mangtani, P., Zhao, H., Verlander, N.Q., Ellis, J., Andrews, N., Pebody, R.G. (2022). Live-attenuated influenza Vaccine effectiveness against hospitalization in children aged 2-6 years, the first three seasons of the childhood influenza vaccination program in England, 2013/14-2015/16. *Influenza Other Respir Viruses*, 16(5), 897–905.
- Brydak, L.B. (2008). Grypa. Pandemia grypy – mit czy realne zagrożenie? Warszawa: Wyd. Rytm.
- Brydak, L.B. (2018). Skutki zdrowotne i ekonomiczne zakażeń grypą w aspekcie zdrowia publicznego w Polsce. W: E. Nowakowska (red.), *Farmakoekonomika w zarządzaniu zasobami ochrony zdrowia* (s. 274–283). Warszawa: Wyd. Wolters Kluwer.
- Brydak, L.B., Szymański, K., Kondriatiuk, K., Poznańska, A., Kolondra, A., Hallmann, E. (2022). Importance of Influenza Anti-Hemagglutinin Antibodies During the SARS-CoV-2 Pandemic in the 2019 Epidemic Season. *Med. Sci. Monit.*, 20; e936495.
- Ciszewski, A., Bilińska, Z.T., Brydak, L.B., Machała, M., Księżycka, E., Maczyńska, R., Rużyło, W. (2006). *ESC Guidelines European Heart 2008*. Warszawa: Narodowy Instytut Zdrowia Publicznego – Państwowy Zakład Higieny.
- Kondriatiuk, K., Łuniewska, K., Szymański, K., Hallmann, E., Brydak, L.B. (2023). Influenza and influenza like virus infection in children under 14 years of age: investigation of 725 cases in the 2021/2022 influenza epidemic season in Poland. *Med. Sci. Monit*, 29, e940368:10.12659/MSM.940368

ROZDZIAŁ III

**ANALIZA POSTPANDEMICZNA:
DOROBEK NAUKOWY
WYBRANYCH KÓŁ STUDENCKICH
DZIAŁAJĄCYCH
NA UNIWERSYTECIE PRZYRODNICZYM
W POZNANIU**

PRZEMYSŁAW GAWRYSIAK, OLIWIA KOŃCZAK, MACIEJ LENORT*

Koło Naukowe Chemii Stosowanej „Spectrum”

Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu

KINGA DRZEWIECKA

Katedra Chemii, Wydział Leśny i Technologii Drewna

Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu

Wpływ stężenia alkoholu etylowego i czasu maceracji na zawartość związków fenolowych w nalewkach z ziół

Effect of ethanol concentration and maceration time on the content
of phenolic compounds in herbal tinctures

Streszczenie

Nalewki ziołowe mają szerokie zastosowanie prozdrowotne. Zioła są bogatym źródłem przeciwutleniaczy, a w szczególności polifenoli (flawonoidów, kwasów fenolowych). Polifenole zawarte w ziołach i ekstraktach z ziół, dzięki swojej budowie chemicznej, posiadają prozdrowotne właściwości, działają między innymi przeciwzapalnie, przeciwutleniająco, przeciwdrobnoustrojowo oraz zapobiegają chorobom układu krwionośnego (w tym miażdżycy) i neurologicznym.

Celem pracy było określenie wpływu stężenia alkoholu (40- i 70-procentowego) oraz czasu maceracji (3 tygodnie i 9 miesięcy) na zawartość związków fenolowych w nalewkach z popularnych ziół, przygotowanych zarówno ze świeżego, jak i suszonego materiału roślinnego. W badaniach wykorzystano dostępne w obrocie detalicznym zioła w formie świeżej (w doniczkach) oraz suszone (zioła przyprawowe lub do zaparzania), pakowane w torebki oraz w saszetki do ekspresowego zaparzania. Próbkę ziół świeżych i suszonych (0,5 g) zalewano 10 mL alkoholu etylowego (40- i 70-procentowego) i pozostawiano do maceracji w temperaturze pokojowej, w ciemności. Po upływie 3 tygodni i 9 miesięcy ekstrakty poddawano analizie całkowitej zawartości związków fenolowych metodą kolorymetryczną przy użyciu odczynnika Folina-Ciocalteu. Największą zawartością związków fenolowych, zarówno po 3 tygodniach, jak i po 9 miesiącach macerowania, charakteryzowała się nalewka z rozmarynu (spośród ziół świeżych) oraz melisy suszonej. Nalewki z ziół suszonych cechowała nieco wyższa zawartość związków fenolowych niż przygotowanych z ziół świeżych. Dłuższy czas macerowania wpłynął

* macieklenort@gmail.com

korzystnie na poziom związków fenolowych w przypadku większości ziół, szczególnie w przypadku nalewek z rozmarynu i melisy. Natomiast dla szalwii suszonej oraz nalewek z mięty dłuższa maceracja powodowała zmniejszenie zawartości polifenoli. Etanol 70-procentowy lepiej działał na ekstrakcję polifenoli z ziół świeżych, natomiast 40-procentowy był korzystniejszym wyborem dla ziół suszonych.

Słowa kluczowe: związki fenolowe, zioła, przeciwutleniające, nalewki ziołowe, maceracja

Abstract

Herbal tinctures have a wide range of health-promoting applications. Herbs are a rich source of antioxidants, especially polyphenols (flavonoids, phenolic acids). Due to their chemical structure, polyphenols contained in herbs and herbal extracts have health-promoting properties, including anti-inflammatory, antioxidant, and antimicrobial effects. They also prevent cardiovascular diseases (including atherosclerosis) and neurological diseases.

The purpose of this study was to determine the effect of alcohol concentration (40% and 70%) and maceration time (3 weeks and 9 months) on the content of phenolic compounds in tinctures of popular herbs, prepared from both fresh and dried plant material. Commercially available fresh (potted) and dried herbs (spice or brewing herbs), packaged in bags and in sachets for express brewing, were used in the study. Samples of fresh and dried herbs (0.5 g) were poured into 10 mL of ethanol (40 and 70%) and left to macerate in the dark at room temperature. After 3 weeks and 9 months, the extracts were centrifuged and analyzed for their total content of phenolic compounds using the colorimetric method using Folin-Ciocalteu reagent. The highest content of phenolic compounds after both 3 weeks and 9 months of maceration was determined for rosemary tincture (among fresh herbs) and dried lemon balm. Tinctures from dried herbs were characterized by a slightly higher content of phenolic compounds than those prepared from fresh herbs. A longer maceration time had a positive effect on the level of phenolic compounds for most herbs, especially for rosemary and lemon balm tinctures, while for dried sage and mint tinctures, longer maceration resulted in a lower polyphenol content. Ethanol 70% worked better for extracting polyphenols from fresh herbs, while 40% was a better choice for dried herbs.

Keywords: phenolic compounds, herbs, antioxidants, herbal tinctures, maceration

Wprowadzenie

Nalewki ziołowe to skoncentrowane wyciągi roślinne powstałe na bazie alkoholu. Alkohol ma zdolność do wyciągania szerszego spektrum substancji czynnych niż woda, pozwala na wydobycie z ziół nierozpuszczalnych w wodzie substancji czynnych odznaczających się walorami leczniczymi. Nalewki przygotowuje się najczęściej z suszonych ziół, które zalewa się alkoholem,

czasami dodaje się także cukier albo miód. Jest to najważniejszy etap w całej produkcji, nazywany maceracją, który polega na ekstrakcji związków bioaktywnych z materiału roślinnego poprzez zalanie go alkoholem i przechowywanie. Produkt uzyskany w wyniku maceracji nazywamy nalewem. Czas maceracji jest zależny od rodzaju użytych surowców, zastosowanej metody oraz stężenia alkoholu. Może on wynosić od kilku dni do kilku miesięcy. Macerację przeprowadzamy w szczelnie zamkniętych naczyniach, aby zapobiec stratom wynikłym z parowania alkoholu. Nalewki ziołowe mają szerokie zastosowanie w leczeniu. Pomagają w problemach z trawieniem oraz bezsennością, korzystnie wpływają na pracę serca i innych narządów, łagodzą ból przy migrenie. Stosuje się je również do obniżenia ciśnienia krwi oraz rozgrzania organizmu przy wychłodzeniu i przeziębieniu.

Nalewka z melisy działa uspokajająco, pomaga w stanach lękowych, zmniejsza bezsenność, rozluźnia napięcie i redukuje uczucie niepokoju, pozwalając organizmowi na wyciszenie i odpoczynek. Reguluje pracę układu pokarmowego, wpływa na zwiększenie wydzielania soku żołądkowego, działa przeciwwirusowo i przeciwbakteryjnie. Zawarte w świeżych liściach melisy garbniki i olejek eteryczny hamują replikację niektórych wirusów oraz namnażanie się bakterii, w tym licznych drobnoustrojów bytujących w jamie ustnej oraz zasiedlających żołądek pałeczek *Helicobacter pylori*, odpowiedzialnych za chorobę wrzodową żołądka i dwunastnicy (Róžański, 2009).

Rozmaryn swoje lecznicze właściwości zawdzięcza zawartości flawonoidów, garbników, triterpenów i olejków eterycznych. Dzięki nim nalewka z rozmarynu wspomaga odporność oraz pomaga w zwalczaniu infekcji wirusowych i bakteryjnych. Można ją stosować jako kurację wzmacniającą po zabiegach chirurgicznych. Jest bardzo pomocna w leczeniu nadciśnienia tętniczego objawiającego się szumami w uszach czy zawrotami głowy. Pomaga zwalczać dolegliwości związane z żeńskim układem moczowo-płciowym, takie jak upławy, bolesne miesiączki czy skąpe krwawienia.

Nalewka z majeranku, zwana majeranówką, to źródło glikozydów flawonoidowych i fenolowych, które jako silne antyoksydanty zmniejszają stan zapalny i wspierają odporność organizmu. Zawiera garbniki – związki o silnym działaniu obkurczającym naczynia krwionośne, w związku z czym jest pomocna w zwalczaniu wybroczyn, mikrowylewów i biegunek. Obecne w majeranówce fitosterole zmniejszają utlenianie cholesterolu, a tym samym hamują rozwój i odkładanie się w tętnicach blaszki miażdżycowej. Ponadto ekstrakt z majeranku hamuje replikację wirusów opryszczki *Herpes simplex* (Róžański, 2009).

Nalewka z szafalii lekarskiej, dzięki zawartym w niej flawonoidom, zmniejsza objawy łuszczycy oraz grzybicy. Fitohormony i witaminy opóźniają procesy starzenia się skóry oraz zwalczają stres oksydacyjny. Nalewka ta pomaga w regulacji zbyt obfitych miesiączek i zmniejsza dolegliwości związane z zespołem napięcia przedmiesiączkowego (PMS), działa antyseptycznie i grzybobójczo, dlatego stosuje się ją do leczenia ran, owrzodzeń jamy ustnej, a także aft, pleśniawek, nadwrażliwych i krwawiących dziąseł (Hać-Szymańczuk, 2011).

Mięta ma doskonały wpływ na układ trawienny. Najważniejszym składnikiem sporządzonej z niej nalewki jest mentol, który posiada właściwości przeciwbólowe i odświeżające. Dodatkowo związek ten pobudza wydzielanie kwasu żołądkowego, a dzięki temu łagodzi objawy niestrawności, w tym ból brzucha, nudności, wymioty i zaparcia, działa żółciopędnie oraz pobudza apetyt (Różański, 2009).

Do głównych związków bioaktywnych zawartych w nalewkach z ziół należą związki fenolowe. Pod względem strukturalnym dzielimy je na kwasy fenolowe i flawonoidy. Pierwsze posiadają grupę hydroksylową oraz karboksylową, natomiast druga grupa związków jest pochodną 2-fenylbenzo- γ -pironu. Do kwasów fenolowych należą kwasy benzoesowe (np. kwas salicylowy i galusowy) oraz cynamonowe (np. kwas kawowy, ferulowy, kumarowy i synapinowy). W tkankach roślinnych związki te występują w postaci związanej, tj. w formie glikozydów oraz estrów; połączone ze ścianami komórkowymi, tłuszczami czy flawonoidami, z kolei związki powstałe w wyniku połączenia fenolokwasów to depsyne. Należące do drugiej grupy związków fenolowych flawonoidy mają zróżnicowaną budowę z elementem wspólnym w postaci szkieletu węglowego o strukturze flawanu (C6-C3-C6), tj. dwa pierścienie benzenowe i łączący je pierścień pironu lub piranu. Do tej grupy związków zalicza się barwniki oraz substancje nadające smak, tj. flawonole, izoflawony, antocyjany, chalkony, flawony, flawonony. Flawonoidy występują w roślinach jako wolne cząsteczki, ale częściej są połączone z cukrami, tworząc glikozydy.

Związki fenolowe w roślinach gromadzone są głównie w wakuolach i uczestniczą w wielu czynnościach życiowych (fotosynteza, regulacja ekspresji genów, oddychanie oraz proces tworzenia organów roślinnych). Flawonoidy obecne w wakuolach epidermalnych liścia stanowią dobrą barierę ochronną przed promieniowaniem UV, mogą pochłoniąć nawet do 90% promieniowania (Małolepsza i Urbanek, 2000). Dodatkowo chronią roślinę przed roślinożercami, insektami oraz patogenami. Szkodniki z rodzaju owadów łusko skrzydłych (*Lepidoptera*) pod wpływem flawonoidów ograniczają

rozwój larw, natomiast związki zawarte w liściach dębu odstraszaają piędzika przedzimka. Człowiekowi przynoszą również szereg korzyści zdrowotnych, wykazując działanie przeciwnowotworowe, przeciwutleniające czy hamujące procesy neurodegeneracyjne. Mogą stanowić skład nutraceutyków, a jako związki bioaktywne występują w specjalistycznej żywności o określonym zastosowaniu (Golonko, 2015).

Podstawową funkcją związków fenolowych jest ochrona przed wolnymi rodnikami, wynikająca z ich właściwości przeciwutleniających. Wolne rodniki to z jednej strony cząsteczki sygnałowe, występujące podczas reakcji stresowej w organizmach, ale w wysokich stężeniach prowadzą do utlenienia składników komórkowych, uszkodzenia, a nawet śmierci komórki. Oddziaływania wolnych rodników z kwasami nukleinowymi mogą skutkować uszkodzeniami nici DNA i w konsekwencji powstaniem mutacji oraz indukcji nowotworzenia. Wolne rodniki sprzyjają miażdżycy, otyłości, stanom zapalnym oraz chorobom neurodegeneracyjnym. Wyróżnia się kilka przyczyn powstawania wolnych rodników, tj. niewłaściwa dieta, promieniowanie UV, zanieczyszczenia środowiska, używki oraz nadmierny stres (Golonko, 2015). Flawonoidy posiadają właściwości hamujące działanie enzymów wytwarzających wolne rodniki, dodatkowo chelatują żelazo i miedź, katalizatory reakcji, w wyniku których powstają reaktywne formy tlenu. Związki fenolowe, szczególnie te posiadające grupy hydroksylowe w pozycji orto i para, przenoszą protony i elektrony, ulegając jednocześnie utlenieniu i tym samym neutralizując wolne rodniki (Sadowska, 2011). Flawonoidy z grupy orto-dihydroksyflawonoidów (posiadające liczne grupy hydroksylowe w pierścieniu B, np. katechiny, luteolina, kwercetyna) oraz inne związki z dużą liczbą grup hydroksylowych posiadają silne właściwości antyoksydacyjne. Polifenole mogą poddawać się jednoelektronowemu utlenianiu, odbierając wolne elektrony od reaktywnych form tlenu i tworząc mniej niebezpieczne rodniki flawonoidowe. Struktura pierścienia B, a w szczególności kąt nachylenia tej części związku w stosunku do reszty, ma kluczowe znaczenie przy wyłapywaniu wolnych elektronów. Omawiane wymiatacze wolnych rodników uczestniczą również w usuwaniu nadtlenu wodoru oraz regulacji enzymów wytwarzających reaktywne formy tlenu, takie jak oksydazy ksantynowe, lipoksygenazy oraz peroksydazy. W wyniku działania przeciwutleniającego flawonoidy dzielimy na „wychwytywacze” reaktywnych form tlenu, inhibitory enzymów oraz takie, które nie posiadają właściwości antyoksydacyjnych (Małolepsza i Urbanek, 2000). Ważną rolą przeciwutleniaczy jest zapobieganie chorobom układu krążenia. Polifenole zapobiegają utlenianiu lipoprotein o niskiej gęstości, co obniża ryzyko zachorowania na miażdżycę.

Przeciwnowotworowe działanie związków fenolowych nie ogranicza się tylko do zapobiegania uszkodzeniom DNA, ale polega również na hamowaniu powstawania naczyń krwionośnych odżywiających guzy oraz działaniu jako inhibitory enzymów odpowiedzialnych za proliferację komórek nowotworowych (Sadowska, 2011).

W przypadku przygotowania nalewek z materiału suszonego szczególne znaczenie dla zachowania jak najwyższej zawartości przeciwutleniaczy i aktywności biologicznej otrzymanego maceratu mają warunki suszenia i przechowywania suszu. W celu uzyskania dobrej jakości nalewki należy zadbać o właściwe warunki suszenia. Celem suszenia jest zahamowanie przemiany materii, co skutkuje zatrzymaniem zmian w składzie chemicznym rośliny. Dzieje się tak, ponieważ usuwamy z materiału roślinnego wodę niezbędną enzymom roślinnym do właściwego funkcjonowania. Brak wody i wysoka temperatura suszenia powodują zahamowanie aktywności enzymów. Właściwe suszenie powoduje zmniejszenie liczby drobnoustrojów w produkcie końcowym oraz znaczne obniżenie masy i objętości materiału roślinnego. Suszenie materiału roślinnego może odbywać się w warunkach naturalnych, tj. na wolnym powietrzu, lub w pomieszczeniach półotwartych, gdzie stosuje się niewymuszony obieg powietrza, bez dostępu światła słonecznego, bądź w warunkach sztucznych, kiedy korzysta się z wentylowanych pomieszczeń z możliwością ustawienia temperatury i ciśnienia. Sposób suszenia materiału roślinnego uzależniony jest od składników aktywnych w nim występujących. Większość materiałów roślinnych zawierających glikozydy suszymy w temperaturze 40–60°C, a te zawierające olejek eteryczny wymagają temperatury niższej, tj. do 35°C. Materiał roślinny zawierający flawonoidy można suszyć w wysokich temperaturach (nawet do 100°C). Przygotowany w procesach suszenia materiał roślinny musi być przechowywany w zaciemnionych, pozbawionych wilgoci i dobrze wentylowanych magazynach (Józefczyk, 2021). Według aktualnych badań suszenie wpływa negatywnie na zawartość związków prozdrowotnych występujących w ziołach. Podczas suszenia zmienia się zawartość i skład olejków eterycznych, wynika to z dużej wrażliwości tych substancji na działanie wysokiej temperatury. W zależności od gatunku zmienia się retencja substancji lotnych. Suszenie estragonu przeprowadzone w temperaturze powietrza 90°C powoduje istotne obniżenie zawartości olejków w porównaniu do procesów prowadzonych w temperaturach 45°C i 60°C. Najwyższy poziom retencji lotnych związków obserwowano bezpośrednio po suszeniu w temperaturze 90°C, zaś aromat w znacznie większym stopniu ulatniał się w trakcie przechowywania (Arabhosseini, 2007). U większości gatunków temperatura pokojowa powoduje zachowanie

większej ilości substancji warunkujących aromat ziół, jednak ten proces jest czasochłonny i trudny w kontroli warunków. Suszenie powoduje również znaczące zmiany w zawartości polifenoli. Negatywny wpływ podwyższonej temperatury podczas suszenia konwekcyjnego potwierdziły badania Arslan i in. (2010). Po suszeniu konwekcyjnym mięty pieprzowej w 50°C zawartość związków fenolowych zmniejszyła się o 54% w stosunku do świeżego materiału. Podczas suszenia naturalnego (20–30°C) oraz mikrofalowego (700 W) nastąpiło zwiększenie udziału związków polifenolowych o 16% i 45% w porównaniu do wartości po suszeniu konwekcyjnym w 50°C.

Cel pracy

Celem pracy było określenie wpływu stężenia alkoholu etylowego (40- i 70-procentowego) oraz czasu maceracji (3 tygodnie i 9 miesięcy) na zawartość związków fenolowych w nalewkach z popularnych ziół, przygotowanych zarówno ze świeżego, jak i suszonego materiału roślinnego.

Materiały i metody

W badaniach wykorzystano dostępne w obrocie detalicznym zioła w formie świeżej (w doniczkach) oraz suszone (zioła przyprawowe lub do zaparzania), pakowane w torebki oraz w saszetki do ekspresowego zaparzania.

Rozmaryn lekarski (*Rosmarinus officinalis*) to gatunek należący do rodziny jasnotowatych, rośnie dziko na wybrzeżach Morza Śródziemnego i w południowej części Krymu. Jest to wiecznie zielony krzew o ciemnozielonych, skórzastych liściach podwiniętych na brzegu. Może osiągnąć wysokość do 2 metrów, łodyga drewnieje po drugim roku. W Polsce jest uprawiany tylko szklarniowo. Był rośliną znaną i wykorzystywaną już w starożytności.

Wykazuje działanie przeciwdrobnoustrojowe, konserwujące i antyoksydacyjne. Rozmaryn stosuje się w postaci suszonych lub świeżych liści oraz olejku eterycznego. Rozmaryn jest rośliną bogatą w związki wykazujące działanie biologiczne. Surowiec zawiera flawonoidy (luteolinę, genkwaniinę, diosmetynę i ich glikozydy), garbniki (8%), di- i triterpeny, kwasy fenolowe, a wśród nich wyodrębniony po raz pierwszy z rozmarynu w połowie XX w. kwas rozmarynowy. Pod koniec XX w. przebadano potencjał terapeutyczny tego kwasu na organizmach zwierzęcych i stwierdzono, że wchłania się dobrze zarówno z przewodu pokarmowego, jak i przez skórę,

stabilizuje błony biologiczne, chroni przed działaniem promieniowania UV i wolnych rodników. Rozmaryn wykazuje także właściwości przeciwdrobnoustrojowe, w tym aktywność wirusostatyczną przeciw wirusom HSV-1 (opryszczki typu 1) oraz ludzkiego niedoboru odporności (HIV-1). Ekstrakty rozmarynu mają działanie przeciwbakteryjne wobec drobnoustrojów *Streptococcus mutans* i *Streptococcus sobrinus*, odpowiedzialnych za rozwój choroby próchnicowej. Wśród najsilniej działających aktywnych składników rozmarynu zidentyfikowano także karnozol i kwas karnozynowy. Związki te aż w 90% są odpowiedzialne za właściwości przeciwutleniające preparatów z rozmarynu, odgrywają ważną rolę w hamowaniu peroksydacji lipidów oraz znacznie redukują stężenie różnych aminoglikozydów. Wykazują także działania przeciwbakteryjne, przeciwalergiczne, przeciwwirusowe, przeciwbólowe, zmniejszają ryzyko powstawania nowotworów, miażdżycy, cukrzycy oraz stymulują krążenie krwi. Wykorzystuje się je również w walce z artretyzmem i reumatyzmem oraz ogólnym osłabieniu organizmu. W przemyśle kosmetycznym, podobnie jak w lecznictwie, stosuje się olejek rozmarynowy i ziele rozmarynu. Olejek rozmarynowy stosowany jest jako środek zapachowy przy produkcji perfum i kosmetyków (Nowak, 2013; Moore, 2016).

Origanum majorana to łacińska nazwa majeranku, znanego również jako lebiodka. Jak wiele ziół pochodzi z rejonu Morza Śródziemnego. W pozostałych częściach Europy rozprzestrzenił się w średniowieczu. W sprzyjających warunkach jest to wieloletni półkrzew, jednakże w Polsce ze względu na występowanie mrozów zazwyczaj nie przeżywa zimy. Osiąga 30–40 cm wysokości, pędy są gęsto pokryte drobnymi, delikatnymi, eliptycznymi listkami. Majeranek kwitnie od czerwca do pierwszych przymrozków, kwiaty mają białą barwę, są drobne. Ziele nabiera intensywnego aromatu po suszeniu, żywe jest mniej aromatyczne. Stosuje się go w kuchni polskiej do dań ciężkostrawnych, tłustych mięs i zup, ponieważ nadaje potrawie ziołowego, lekkiego aromatu oraz wspomaga trawienie. Zawiera w częściach zielonych olejek majerankowy, którego składnikami są terpinen, terpinenol, terpineol i borneol. Ponadto we fragmentach zielonych można wyróżnić także seskwiterpeny, związki garbnikowe, flawonoidy i stosunkowo dużą zawartość rutyny. Dzięki tym substancjom majeranek wykorzystywany w lecznictwie ma działanie łagodzące na układ trawienny, pomaga w nieżytach żołądka, chorobach układu pokarmowego, zalecany jest przy biegunkach. Ma działanie uspokajające, a podany w formie inhalacji udroźnia drogi oddechowe. W starożytności był używany jako środek antyseptyczny, przeciw zatruciom, a także do konserwowania żywności. Tradycyjnie jest wykorzystywany

w problemach ze snem, przy cukrzycy, astmie czy nerwowości. W badaniach na szczurach i myszach udowodniono działanie kojące nerwy i konwulsje, przeciwcukrzycowe, przeciwmutagenne. Wykorzystując odpowiednie drobnoustroje, wykazano działanie przeciwbakteryjne oraz przeciwgrzybiczne. Ponadto olejki eteryczne z majeranku wpływają odstraszająco na insekty (Róžański, 2009; Vasudeva, 2015).

Melisa lekarska (*Melissa officinalis* L.) to bylina należąca, podobnie jak inne zioła, do rodziny jasnotowatych. Występuje też pod innymi nazwami, takimi jak pszczelnik, starzynek czy cytrynowe ziele, co wiąże się z jej aromatem. Rośnie dziko w Afryce Północnej, Europie Południowej i Azji. Obecnie jest rozprzestrzeniona i znana na całym świecie. Roślina dorasta do 60 cm wysokości. Liście są gładkie, połyskujące, szeroko jajowate z karbowanymi brzegami. Na górnej powierzchni i wzdłuż nerwów występują rozproszone włoski. Wiosną i latem roślina zakwita jasnożółto. Melisa jest miododajna i bardzo lubiana przez pszczoły. Jej ludowa nazwa, pszczelnik, nawiązuje do tradycji natarcia nowego ula zielelem melisy, co gwarantowało szybkie zagnieżdżenie się pszczół. Ziele ma intensywny, przyjemny, cytrynowy aromat dzięki zawartości olejku eterycznego, w którego skład wchodzi cytral (geranial i neral), cytronelal, geraniol, β -pinen, α -pinen, β -kariofilen i kumen. Inne składniki aktywne, które możemy znaleźć w melisie, to garbniki, flawonoidy, kwasy fenolowe, związki triterpenowe. Najsilniejsze działanie wykazują kwasy ferulowy, rozmarynowy, kawowy i *p*-kumarynowy (Kazimierzak, 2011). Melisa jest stosowana w formie naparu, ekstraktów olejowych bądź nalewek leczniczych. Ma działanie przeciwwirusowe, co może pomagać w leczeniu zakażeń, np. opryszczki czy w zakażeniach gardła. Wiele z substancji aktywnych hamuje działanie wolnych rodników. Pomaga przy cukrzycy oraz w leczeniu wrzodów żołądka. Jest bezpieczna dla kobiet ciężarnych i karmiących piersią, ponadto może łagodzić poranne mdłości, jednak stosowana pod koniec ciąży może opóźnić poród. Najbardziej znanym i cenionym działaniem melisy jest działanie uspokajające. Za działanie antydepresyjne, obniżające poziom lęku i pomagające w zasypianiu odpowiedzialne są zawarte w melisie aldehydy terpenowe (Daly, 2010).

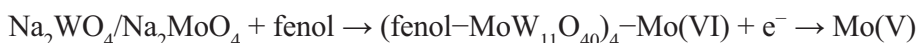
Szałwia lekarska (*Salvia officinalis* L.) to roślina wieloletnia z rodziny jasnotowatych. Roślina ma formę okrągłego krzewu o zdrewniałych łodygach, na których co roku wyrastają omszone podłużne, owalne, średniej wielkości liście. Kolor liści opisuje się jako turkusowy lub szarzielony. Szałwia wytwarza fioletowe kwiaty zebrane w kłosa. Aromat rośliny jest silny, gorzkawy, balsamiczny. Liści tej rośliny, dzięki ich właściwościom, od wieków używa się w kuchni i tradycyjnej medycynie, w której *S. officinalis* jest

stosowana w leczeniu łagodnej niestrawności (takiej jak zgaga i wzdęcia), nadmiernej potliwości, zaburzeń poznawczych związanych z wiekiem oraz stanów zapalnych gardła i skóry (Ghorbani i Esmaeilzadeh, 2017). W ostatnich latach temat prozdrowotnych właściwości szałwii podejmuje się coraz częściej. Badania ujawniły szeroki zakres działań farmakologicznych szałwii lekarskiej, w tym działanie przeciwnowotworowe, przeciwzapalne, przeciwutleniające, przeciwdrobnoustrojowe, przeciwmutagenne, przeciw otępieniu, hipoglikemiczne i hipolipidemiczne (Ghorbani i Esmaeilzadeh, 2017). Za wymienione właściwości odpowiadają liczne składniki bioaktywne, między innymi związki fenolowe, takie jak monoterpenuoidy, diterpenuoidy, triterpenuoidy, seskwiterpenuoidy. Alkoholowe i wodne ekstrakty *S. officinalis* są bogate we flawonoidy, zwłaszcza kwas rozmarynowy i 7-O-glukozyd luteoliny. W metanolowym ekstrakcie *S. officinalis* wykryto również kwasy fenolowe, takie jak kwas kawowy i kwas 3-kawoilochinowy (Lima, 2007). Szałwia przyjmowana w regularnych odstępach może przyczynić się do obniżenia poziomu całkowitego cholesterolu, a szczególnie jego frakcji LDL, poprawy pamięci oraz doraźnie uśmierzać ból gardła. Najbardziej wartościowe jest jej działanie przeciwnowotworowe (Ghorbani i Esmaeilzadeh, 2017). Pomimo tych zbawiennych właściwości przyjmowanie szałwii przez dłuższy czas lub w zbyt dużych dawkach może mieć negatywne skutki, takie jak wymioty, ślinotok, tachykardia, a nawet drgawki. Nie zaleca się korzystania z szałwii w czasie ciąży i karmienia piersią.

Mięta (*Mentha*) to rodzaj roślin należących do rodziny jasnotowatych. Wyróżnia się ok. 24 gatunków mięty, które występują na wszystkich kontynentach poza Antarktydą i Ameryką Południową. Optymalne warunki dla mięty to wilgotne i cieniste siedliska. Roślina rozwija się jako bylina o płożących się kłęczach. Łatwo się ukorzenia i rozmnaża. Niektóre gatunki dorastają nawet do 1 m wysokości, ale w polskich ogrodach osiągają wysokość do 70 cm. Zależnie od gatunku liście mają kształt od podłużnie jajowatego do okrągłego. Liście są cienkie, duże, omszone. Mięta zawiązuje fioletowe drobne kwiaty zebrane w okółkach. Ziele ma silny, świeży i bardzo charakterystyczny aromat, który zawdzięcza olejкови eterycznemu i zawartemu w nim mentolowi. Ponadto mięta, podobnie jak inne zioła, zawiera garbniki, flawonoidy, fitosterole i kwasy organiczne. Przypisuje się jej właściwości wspomagające działanie układu trawiennego, ponieważ pobudza wydzielanie soków żołądkowych, działa żółciopędnie oraz pomaga przy wzdęciach. Polecana jest przy bólach brzucha, ponieważ rozkurcza mięśnie gładkie przewodu pokarmowego. Wspomaga apetyt oraz łagodzi nudności, przez co poleca się ją kobietom w ciąży. Olejek miętowy, używany do inhalacji,

ułatwia oddychanie, zwalcza ból głowy i odpręża, znajdując zastosowanie przy migrenach (Golonko, 2015).

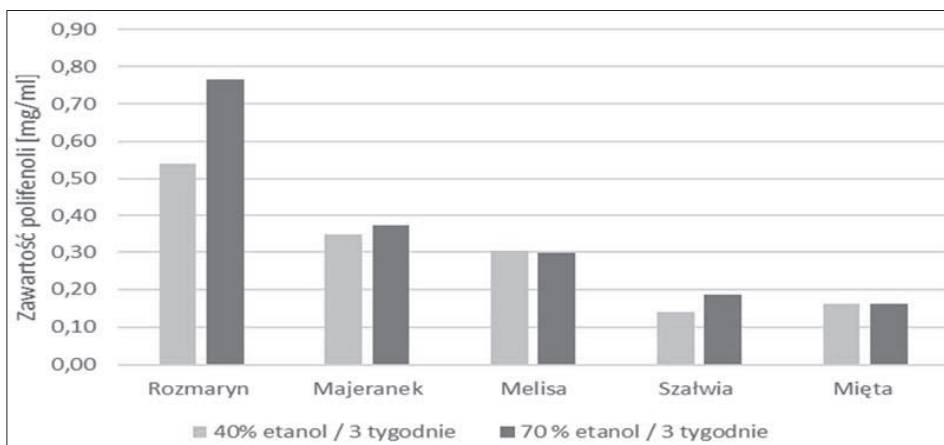
Metodyka pracy polegała na zalewaniu 0,5-gramowych próbek ziół świeżych i suszonych 10 mL alkoholu etylowego (40- i 70-procentowego) i pozostawieniu ich do maceracji w temperaturze pokojowej, w ciemności. Po upływie 3 tygodni i 9 miesięcy ekstrakty wirowano i analizowano całkowitą zawartość związków fenolowych metodą kolorymetryczną przy użyciu odczynnika Folina-Ciocalteu. Odczynnik ten to mieszanina wolframianu sodu, siarczanu litu, molibdenianu sodu, wody bromowej oraz stężonych kwasów (solnego i fosforowego) i używany jest do ilościowego oznaczania związków fenolowych i polifenolowych w warunkach *in vitro*. Podczas reakcji odczynnika z próbką następuje utlenienie zawartych w niej związków fenolowych. W zasadowym środowisku reakcji (pH 10), obecne w odczynniku Folina-Ciocalteu sole kwasów fosfowolframowego i fosfomolibdenowego redukują się. Powstały w wyniku reakcji produkt barwy niebieskiej oznacza się ilościowo poprzez pomiar intensywności absorpcji światła (Agbor, 2014).



W celu oznaczenia całkowitej zawartości związków fenolowych do 100 μL ekstraktu dodawano 1 mL odczynnika Folina-Ciocalteu i po 30 sekundach 3 mL 10-procentowego roztworu węglanu sodu (Na_2CO_3). Po 30 minutach inkubacji w temperaturze pokojowej (w ciemności) próbki wirowano i przenoszono do kuwet PS, po czym rejestrowano wartość absorbancji przy $\lambda = 765 \text{ nm}$ z użyciem spektrofotometru Cary 100 Bio UV-Vis (Varian). Jako wzorzec stosowano kwas galusowy, a ekstrakty rozcieńczano w zależności od użytej krzywej wzorcowej.

Wyniki

Po 3 tygodniach maceracji świeżych ziół najwyższą zawartość związków fenolowych oznaczono w przypadku nalewki z rozmarynu (do $\sim 0,77 \text{ mg/mL}$), średnią dla majeranku i melisy ($0,33\text{--}0,38 \text{ mg/mL}$) i najniższą w przypadku szałwii i mięty ($0,14\text{--}0,19 \text{ mg/mL}$) (ryc. 1). Stężenie alkoholu użytego do maceracji wpływało na zwiększenie wydajności ekstrakcji związków fenolowych z rozmarynu i szałwii, natomiast dla pozostałych ziół nie obserwowano istotnych różnic przy zastosowaniem 40- i 70-procentowego etanolu.



Ryc. 1. Całkowita zawartość związków fenolowych w materiale świeżym (czas maceracji: 3 tygodnie)

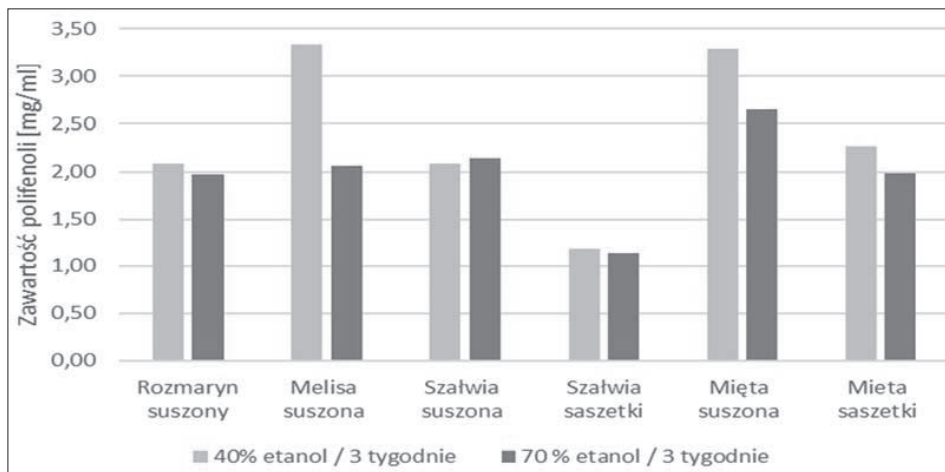
Fig. 1. Total content of phenolic compounds in fresh material (maceration time: 3 weeks)

Nalewki z ziół suszonych po 3 tygodniach maceracji cechowało wyższe stężenie związków fenolowych niż z ziół świeżych, przy czym najwyższe wartości odnotowano dla mięty i melisy (do ~3,3 mg/mL) (ryc. 2), natomiast niższe dla rozmarynu i szalwii (~2,1 mg/mL). Nalewki z mięty i szalwii pozyskane z saszetek do przygotowania naparów ekspresowych charakteryzowała istotnie niższa zawartość związków fenolowych niż z ziół suszonych sprzedawanych w torebkach. Zastosowanie 40-procentowego etanolu wpłynęło pozytywnie na zawartość ekstrahowanych związków fenolowych, szczególnie w przypadku melisy i mięty.

Wydłużenie czasu maceracji prowadziło do zwiększenia ilości związków fenolowych w nalewkach i nasiliło różnice między ekstraktami z różnymi stężeniami alkoholu (ryc. 3). Najwyższe stężenie polifenoli odnotowano w przypadku rozmarynu (do ~1,5 mg/mL), niższe dla majeranku > melisy > szalwii (odpowiednio do 0,75, 0,60 i 0,41 mg/mL) i najniższe w przypadku mięty (do 0,08 mg/mL) przy ekstrakcji 70-procentowym etanolem.

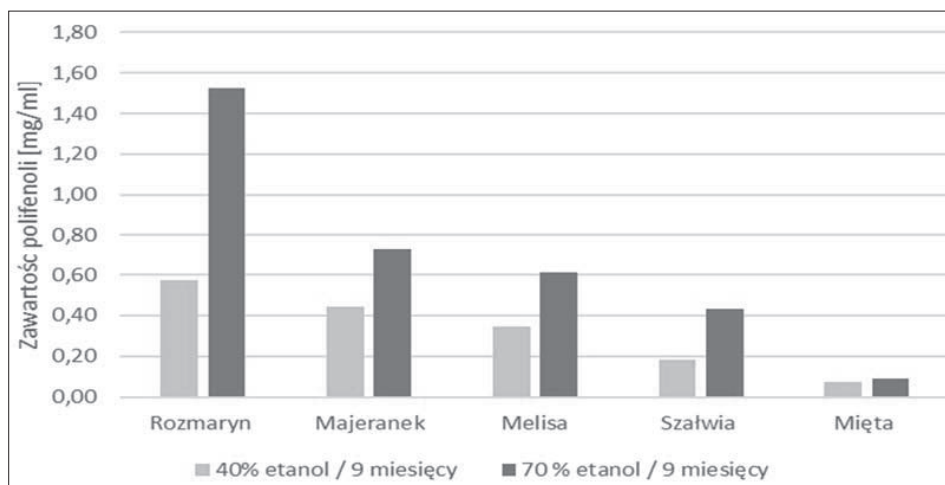
Wydłużenie czasu maceracji ziół suszonych wpłynęło pozytywnie na zawartość związków fenolowych tylko w przypadku nalewki z suszonej melisy i rozmarynu (ryc. 4). Dla pozostałych ziół nie obserwowano istotnego wzrostu, a w przypadku suszonej szalwii i mięty z torebek wystąpił spadek stężenia polifenoli w nalewce w czasie przedłużonego przechowywania. W przypadku ziół suszonych nie zaobserwowano wpływu stężenia etanolu na zawartość związków fenolowych, tak jak w przypadku ziół świeżych.

Wyjątkiem jest rozmaryn, dla którego odnotowano wyższą zawartość związków fenolowych przy niższym stężeniu alkoholu.



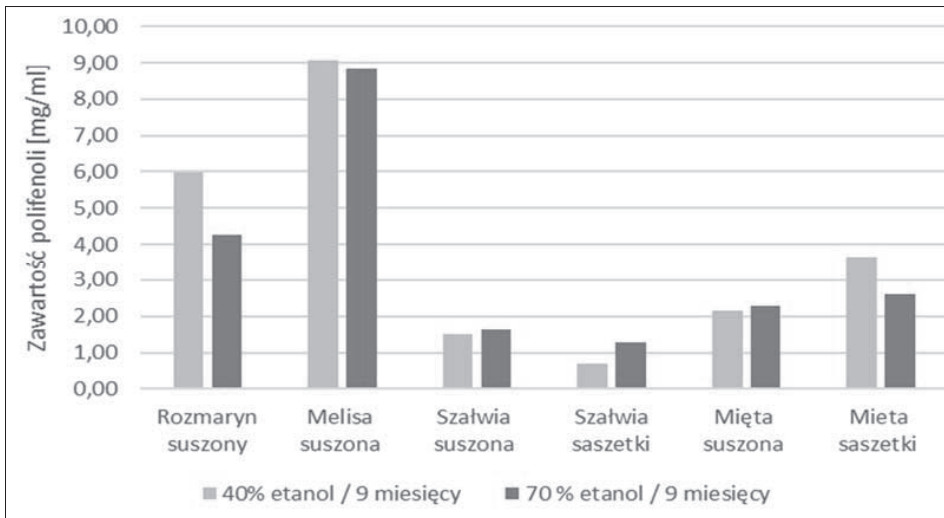
Ryc. 2. Całkowita zawartość związków fenolowych w materiale suszonym (czas maceracji: 3 tygodnie)

Fig. 2. Total content of phenolic compounds in dried material (maceration time: 3 weeks)



Ryc. 3. Całkowita zawartość związków fenolowych w materiale świeżym (czas maceracji: 9 miesięcy)

Fig. 3. Total content of phenolic compounds in fresh material (maceration time: 9 months)



Ryc. 4. Całkowita zawartość związków fenolowych w materiale suszonym (czas maceracji: 9 miesięcy)

Fig. 4. Total content of phenolic compounds in dried material (maceration time: 9 months)

Dyskusja

Związki fenolowe występują w roślinach świeżych, w tym owocach oraz warzywach, a także w roślinach przetworzonych używanych do sporządzenia naparów, stosowanych jako przyprawy, używanych do wytwarzania naturalnych kosmetyków czy leków. Konsumenci coraz częściej sięgają po naturalne kosmetyki, pojawiają się trendy przygotowywania kosmetyków samodzielnie z surowca roślinnego, pozyskanego bez stosowania oprysków. W tym celu wykorzystywane są całe rośliny lub ekstrakty, gdyż syntetyczne związki mogą podrażniać skórę i wywoływać alergię (Pieszko i Zaręba, 2013). Podobne trendy dotyczą również przemysłu farmaceutycznego oraz kulinariów. Dzięki swojej budowie chemicznej polifenole zawarte w ziołach i ekstraktach z ziół posiadają prozdrowotne właściwości, działają przeciwzapalnie, przeciwutleniająco, przeciwdrobnoustrojowo oraz zapobiegają chorobom układu krwionośnego (w tym miażdżycy) i neurologicznym (Sadowska, 2011). Badane rośliny to popularne zioła przyprawowe (rozmaryn i majeranek) i stosowane w formie naparów (melisa, mięta i szalwia). W publikacji Pieszko i Zaręby (2013) sprawdzano całkowitą zawartość polifenoli w orzechu, mięcie, brzoście, truskawkach, pokrzywie oraz rzepie. Badano zawartość polifenoli

w naparach wodnych i metanolowych oraz porównano metody oznaczania stężenia polifenoli, w tym metodę Folin-Ciocalteu, stosowaną również w naszych badaniach, metodę błękitu pruskiego oraz metodę z wykorzystaniem 1,10-fenantroliny. Wykazano różnice ilościowe w zawartości związków fenolowych między naparami wodnymi a metanolowymi, jednak określono je jako mieszczące się w granicach błędów użytych metod oznaczania. Wykazano też różnice w stężeniu polifenoli w zależności od metody. Najwyższe udokumentowane stężenia obserwowane są w próbkach, w których do analiz użyto błękitu pruskiego. Wyjątek stanowią liście orzecha (najwyższe stężenie przy metodzie wykorzystującej odczynnik Folin-Ciocalteu). W opisywanej publikacji stężenie polifenoli dla mięty suszonej badanej metodą F-C wyniosło średnio 29,85 mg/g, natomiast w naszych badaniach wahało się między 1,4 mg/g (mięta świeża, 40-procentowy etanol, 9 miesięcy) do 73 mg/g (mięta saszetki, 40-procentowy etanol, 9 miesięcy) w przeliczeniu na masę użytego materiału. Zespół Kazimierczak i in. (2011) porównywał wpływ uprawy konwencjonalnej i ekologicznej na zawartość polifenoli w rozmarynie, melisie, mięcie oraz szalwii. Wykazano, że większość ziół uprawianych metodą ekologiczną zawiera wyższe stężenie związków fenolowych. Najwyższe stężenia polifenoli (kwasów fenolowych oraz flawonoidów) stwierdzono w rozmarynie, najmniej kwasów fenolowych zaobserwowano w mięcie, natomiast flawonoidów w melisie (Kazimierczak i in., 2012). Przedstawione w naszej pracy wyniki częściowo potwierdzają te badania i wskazują na najwyższe stężenia polifenoli w nalewce z melisy oraz rozmarynu, natomiast najniższe w nalewce z szalwii i mięty. Dodatkowo zauważono wpływ czasu ekstrakcji na zawartość związków fenolowych w nalewkach. Dłuższy czas maceracji korzystnie wpływa na zawartość cennych substancji bioaktywnych w niektórych ziołach suszonych (rozmaryn, melisa, mięta w saszetkach) oraz wszystkich ziołach w formie żywej, z wyjątkiem mięty.

Wnioski

Nalewki ziołowe stanowią bogate źródło związków fenolowych, co potwierdza ich właściwości prozdrowotne i terapeutyczne. Przedstawione badania wskazują na istotne różnice w zawartości bioaktywnych związków fenolowych w nalewkach przygotowanych z popularnych ziół oraz opisują wpływ stężenia alkoholu i czasu maceracji na ich poziom.

Największą zawartość związków fenolowych zarówno po 3 tygodniach, jak i po 9 miesiącach macerowania oznaczono w przypadku nalewki z roz-

marynu (spośród ziół świeżych) oraz melisy suszonej. Nalewki z ziół suszonych cechowała nieco wyższa zawartość związków fenolowych niż przygotowanych z ziół świeżych, przy czym po uwzględnieniu suchej masy można przypuszczać, że w wyniku suszenia materiału roślinnego następuje utrata właściwości prozdrowotnych zależna od temperatury i czasu suszenia. Dłuższy czas macerowania wpłynął korzystnie na poziom związków fenolowych w przypadku wybranych ziół, szczególnie w przypadku nalewek z rozmarynu i melisy, natomiast dla szalwii suszonej oraz nalewek z mięty dłuższa maceracja powodowała zmniejszenie zawartości polifenoli. Etanol 70-procentowy lepiej przeprowadzał ekstrakcję polifenoli z ziół świeżych, natomiast 40-procentowy jest korzystniejszy w przypadku ziół suszonych.

Bibliografia

- Agbor, G. A., Vinson, J. A., Donnelly, P. E. (2014). Folin-Ciocalteu reagent for polyphenolic assay. *Int. J. Food Sci. Nutr. Diet.*, 3(8), 147–156.
- Arabhosseini, A., Huisman, W., Van Boxtel, A., Müller, J. (2007). Long-term effects of drying conditions on the essential oil and color of tarragon leaves during storage. *J. Food Eng.*, 79(2), 561–566. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2006.02.014>
- Arslan, D., Özcan, M. M., Mengeş, H. O. (2010). Evaluation of drying methods with respect to drying parameters, some nutritional and colour characteristics of peppermint (*Mentha × piperita* L.). *Energy Convers. Manag.*, 51(12), 2769–2775. <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2010.06.013>
- Daly, T., Jiwan, M. A., O'Brien, N. M., Aherne, S. A. (2010). Carotenoid content of commonly consumed herbs and assessment of their bioaccessibility using an in vitro digestion model. *Plant Foods Hum. Nutr.*, 65, 164–169. <https://doi.org/10.1007/s11130-010-0167-3>
- Ghorbani, A., Esmaeilzadeh, M. (2017). Pharmacological properties of *Salvia officinalis* and its components. *J. Tradit. Complement. Med.*, 7(4), 433–440. <https://doi.org/10.1016/j.jtcm.2016.12.014>
- Golonko, A., Kalinowska, M., Świsłocka, R., Świdorski, G., Lewandowski, W. (2015). Zastosowanie związków fenolowych i ich pochodnych w przemyśle i medycynie. *Bud. Inż. Środ.*, 6(4), 161–179.
- Hać-Szymańczuk, E., Lipińska, E., Błażej, S., Bieniak, K. (2011). Ocena aktywności przeciwbakteryjnej szalwii lekarskiej (*Salvia officinalis* L.). *Bromatologia i Chemia Toksykologiczna*, 44(3), 667–672.
- Józefczyk, A. (2021). Jak zadbać o dobry materiał roślinny do produkcji ekstraktów? *Zdrowie z natury*. Pobrane z: <https://www.herbaya.pl/zdrowie-z-natury/jak-zadbac-o-dobry-material-roslinny-do-produkcji-ekstraktow>.
- Kazmierczak, R., Hallmann, E., Sokołowska, O., Rembiałkowska, E. (2011). Zawartość związków bioaktywnych w roślinach zielarskich z uprawy ekologicznej i konwencjonalnej. *J. Res. Appl. Agric. Eng.*, 56(3), 200–205.
- Kazmierczak, R., Hallmann, E., Ardasińska, B., Łoś, B., Rembiałkowska, E. (2012). Wpływ ekologicznego i konwencjonalnego systemu uprawy na zawartość związków fenolowych w roślinach zielarskich. *J. Res. Appl. Agric. Eng.*, 57(3), 198–203.

- Lima, C. F., Valentao, P. C., Andrade, P. B., Seabra, R. M., Fernandes-Ferreira, M., Pereira-Wilson, C. (2007). Water and methanolic extracts of *Salvia officinalis* protect HepG2 cells from t-BHP induced oxidative damage. *Chem.-Biol. Interact.*, 167(2), 107–115. <https://doi.org/10.1016/j.cbi.2007.01.020>
- Małolepsza, U., Urbanek, H. (2000). Flawonoidy roślinne jako związki biochemicznie czynne. *Wiad. Bot.*, 44(3–4), 27–37.
- Moore, J., Yousef, M., Tsiani, E. (2016). Anticancer effects of rosemary (*Rosmarinus officinalis* L.) extract and rosemary extract polyphenols. *Nutr.*, 8(11), 731.
- Nowak, K., Ogonowski, J., Jaworska, M. (2013). Rozmaryn – roślina bogata w związki biologicznie czynne. *Chemik*, 67(2), 133–135.
- Pieszko, C., Zaremba, A. (2013). Zawartość związków fenolowych w ekstraktach z próbek materiału roślinnego. *Bromatologia i Chemia Toksykologiczna*, XLVI, 4, 434–439.
- Różański H. (2009). Majeranek – Majorana w praktycznej fitoterapii. *Medycyna dawna i współczesna*. Pobrane z: <https://rozanski.li/703/majeranek-majorana-w-praktycznej-fitoterapii/>.
- Sadowska, A., Świdorski, F., Kromołowska, R. (2011). Polifenole – źródło naturalnych przeciwutleniaczy. *Postępy Techniki Przetwórstwa Spożywczego*, 1, 108–111.
- Vasudeva, N. (2015). *Origanum majorana* L.-Phyto-pharmacological review. *Indian J. Nat. Prod. Res.*, 6(4), 261–267.

DAWID PEKSYK, JAKUB SKORNICKI
Koło Naukowe Studentów Biotechnologii OPERON
Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu

JĘDRZEJ DOBROGOJSKI, MAŁGORZATA PIETROWSKA-BOREK*
Katedra Biochemii i Biotechnologii, Wydział Rolnictwa, Ogrodnictwa i Bioinżynierii
Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu

Regulacja ekspresji wybranych genów związanych z autofagią przez cyklodekstryny w zawiesinowych kulturach komórkowych *Vitis vinifera* cv. Monastrell

*Regulation of selected genes expression related to autophagy
by cyclodextrins in suspension cell cultures of *Vitis vinifera* cv. Monastrell*

Streszczenie

β -Cyklodekstryny (β -CD) to cykliczne oligosacharydy zbudowane z siedmiu glukozowych podjednostek (heptamer) połączonych wiązaniami α -1,4-glikozydowymi. Budową przypominają niektóre frakcje oligosacharydowe ścian komórkowych grzybów i alg, przez co można wykorzystywać je jako elicytory w kulturach komórkowych *Vitis vinifera* L. cv. Monastrell (winorośl właściwa), indukując mechanizmy odpowiedzi obronnej komórek. Jednym z procesów podlegających regulacji pod wpływem czynników stresowych jest autofagia. Celem badań było określenie wpływu β -CD na syntezę jednego ze stilbenów, jakim jest *trans*-resweratrol (*t*-R), ekspresję genów związanych z autofagią oraz żywotność komórek *V. vinifera*. Zaobserwowano, że po 120 godzinach traktowania komórek β -CD ilość *t*-R była około 150-krotnie wyższa niż w zawiesinie kontrolnej i nie wpłynęła negatywnie na żywotność komórek. Ponadto ekspresja genów *ATG6*, *ATG8c*, *ATG8i*, *ATG11* oraz *TOR* kodujących białka odpowiedzialne za procesy autofagowe uległa zahamowaniu pod wpływem β -CD. Uzyskane wyniki wskazują, że po długotrwałym traktowaniu β -CD zawiesinowej kultury komórkowej *V. vinifera* komórki uruchamiają odpowiedź antyoksydacyjną, jednak nie zaobserwowano indukcji w tych komórkach procesów autofagowych.

Słowa kluczowe: autofagia, β -cyklodekstryny, *trans*-resweratrol, szlak fenylopropanoidowy, geny *ATG*

* małgorzata.pietrowska-borek@up.poznan.pl

Abstract

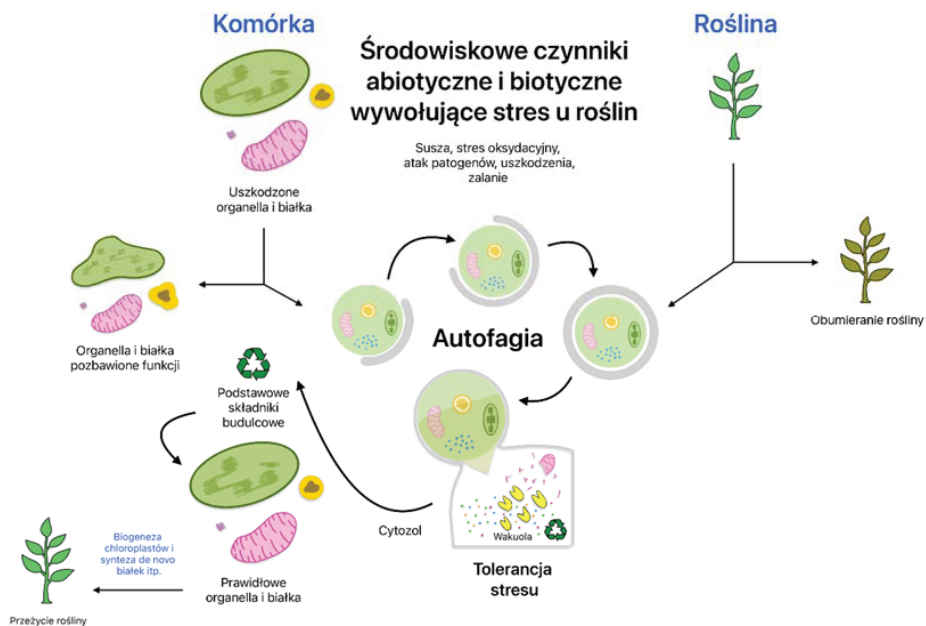
Cyclodextrins (β -CDs) are cyclic oligosaccharides consisting of seven glucose subunits bounded via α -(1,4)-glycosidic linkages. β -CDs share structural similarities with specific oligosaccharide fractions of fungal and algal cell walls. They can therefore be used as elicitors in *Vitis vinifera* L. cv. Monastrell cell cultures by inducing cell defense responses. One of the processes subject to regulation under stress factors is autophagy. The aim of this study was to determine how β -CDs affected the production of one of the stilbenes, *trans*-resveratrol (*t*-R), as well as the expression of genes involved in autophagy and the viability of *V. vinifera* cells. It was found that 120 hours of cell suspension culture treatment with β -CDs resulted in an approximately 150-fold higher amount of *t*-R than in the control. Moreover, the treatment did not adversely affect cell viability. Additionally, the expression of *ATG6*, *ATG8c*, *ATG8i*, *ATG11* and *TOR* genes encoding the autophagy-related proteins was inhibited under β -CDs treatment. The findings demonstrate that *V. vinifera* cells activate an antioxidant response after long-lasting β -CD treatment. However, no induction of autophagic processes in these cells was observed.

Keywords: autophagy, cyclodextrins, *trans*-resveratrol, phenylpropanoid pathway, *ATG* genes

Wprowadzenie

Rośliny bezustannie narażone są na czynniki środowiskowe wywołujące stres, który w sposób niekorzystny wpływa na ich rozwój, wzrost oraz produktywność. Odpowiedź roślin na czynniki stresowe ma charakter kompleksowy i może prowadzić do zmiany ekspresji genów, tempa wzrostu czy metabolizmu komórek (Verma, 2013). Wyróżnia się dwa rodzaje czynników stresowych: biotyczne i abiotyczne. Czynniki wywołujące stres abiotyczny mają charakter fizyczny lub chemiczny i są to między innymi metale śladowe, promieniowanie UV, zalanie, deficyt wody lub susza, ekstremalne temperatury, zbyt wysokie zasolenie oraz toksyny. Natomiast stres biotyczny ma podłoże biologiczne, gdyż powodują go głównie grzyby, bakterie, wirusy, owady oraz inne rośliny (Sah, 2016). Ewolucyjnie wykształcone roślinne mechanizmy obronne wymuszone zostały poprzez ciągłe zmiany czynników środowiskowych i pozwalają roślinom na zwalczanie stresu (Gull, 2019). Jednym z procesów podlegających zmianom pod wpływem środowiska jest autofagia. Niekorzystne czynniki wywołujące stres u roślin wpływają m.in. na uszkodzenia organelli komórkowych i białek. W przypadku gdy proces autofagii nie zostanie uruchomiony, dochodzi do utraty funkcji struktur wewnątrzkomórkowych, co bezpośrednio może przyczyniać się do obumierania rośliny. Uruchomienie autofagii powoduje recykling elementów komórki,

które przekształcane są do podstawowych składników budulcowych, dzięki czemu roślina może odbudować organelle o prawidłowej strukturze. Zjawisko to prowadzi do regeneracji rośliny (ryc. 1) (Signorelli, 2019).



Ryc. 1. Schemat przedstawiający przebieg autofagii na dwóch poziomach, komórki oraz całej rośliny (według Signorelli i in., 2019)

Fig. 1. Scheme showing the course of autophagy at both cell and whole plant level (according to Signorelli et al., 2019)

Autofagia

Autofagia to proces fizjologiczny zachodzący w komórkach wszystkich organizmów eukariotycznych. Proces ten polega na degradacji różnych elementów komórki, takich jak cytoplazma, organelle komórkowe czy uszkodzone białka, zapewniając tym samym homeostazę organizmu. W optymalnych warunkach wzrostu i rozwoju rośliny procesy autofagii zachodzą na poziomie bazowym, z niewielką intensywnością, nasilając się w wyniku działania czynników stresowych. W latach 60. ubiegłego wieku odkryto zależność zachodzącą pomiędzy warunkami stresowymi działającymi na organizm a dezintegracją poszczególnych elementów komórki, prowadzącą do zwalczania

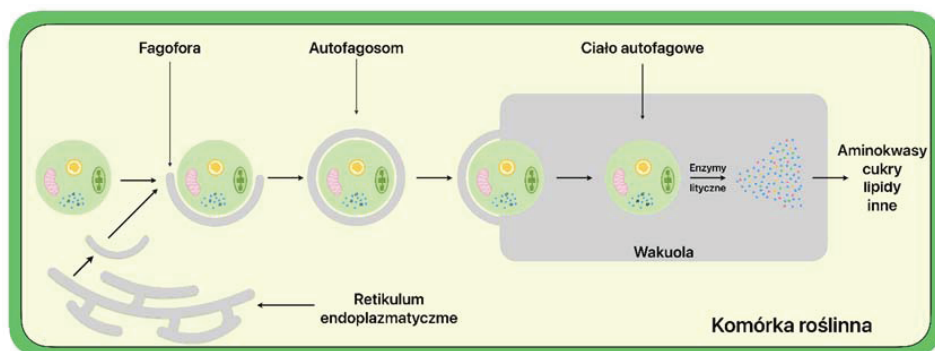
stresu. W tamtym okresie uważano jednak, że proces autofagii jest nieselektywny i działa w dużym zakresie w odniesieniu tylko do całych komórek. Dziś wiadomo natomiast, że procesy autofagii są selektywne i kontrolowane przez poszczególne białka lub inne molekuly sygnałowe. Zjawisko to określa się mianem *autofagii selektywnej*. Działanie takiego selektywnego procesu ograniczone jest do degradacji określonego elementu komórki (Li i Vierstra, 2012; Signorelli, 2019; Veljanovski i Batoko, 2014). W zależności od zakresu działania wyróżnia się trzy typy autofagii, które opisano poniżej.

Makroautofagia związana jest z degradacją fragmentu cytoplazmy ze znajdującymi się w niej przeznaczonymi do rozkładu organellami i innymi elementami komórki. Przebieg autofagii w komórce roślinnej przedstawiono na rycinie 2. Proces ten obejmuje powstawanie przejściowych struktur autofagowych, otoczonych pojedynczą, dwuwarstwową błoną lipidowo-białkową, której donorem w przypadku roślin jest retikulum endoplazmatyczne. Powstały autofagosom, czyli w pełni wykształcony pęcherzyk autofagowy, zawiera wewnątrz elementy przeznaczone do dezintegracji. Kolejnym etapem jest fuzja błon autofagosomu z błoną zewnętrzną wakuoli. Wewnątrz wakuoli powstaje otoczone pojedynczą błoną ciało autofagowe, które pod wpływem enzymów litycznych zawartych w wakuoli zostaje natychmiast zdegradowane do podstawowych elementów odżywczych i budulcowych, takich jak aminokwasy, białka, lipidy (Le Bars, 2014; Sanchez-Wandelmer, 2015; Yoshimoto i Ohsumi, 2014).

Mikroautofagia pomija powstawanie autofagosomu. W tym przypadku fragment cytoplazmy przeznaczony do rozkładu jest wchłaniany bezpośrednio do wakuoli na drodze zagłębiania się tonoplastu. Po wchłonięciu niewielkiego fragmentu przeznaczonego do degradacji wewnątrz wakuoli powstaje ciało autofagowe, które ulega enzymatycznemu rozkładowi (Reumann, 2010; Soon i Park, 2008).

Megaautofagia ma charakter nieselektywny i powoduje spustoszenie wewnątrz komórki. Opiera się na powiększaniu wakuoli oraz zmianach w przepuszczalności tonoplastu, co zmniejsza jego selektywność, a nawet prowadzi do przerwania jego ciągłości. Skutkiem tego jest uwalnianie zawartości wakuoli wraz z obecnymi w niej enzymami litycznymi powodującymi całkowitą degradację elementów znajdujących się wewnątrz komórki. Ten typ autofagii ściśle związany jest z programowaną śmiercią komórek roślinnych (Borek, 2015; Wierzchowiecka, 2008).

Autofagia może mieć również charakter ściśle selektywny w odniesieniu do poszczególnych organelli i struktur komórkowych, takich jak retikulum



Ryc. 2. Schemat przebiegu makroautofagii w komórce roślinnej (według Borek, 2015)

Fig. 2. Scheme of macroautophagy in a plant cell (according to Borek, 2015)

endoplazmatyczne, rybosomy, chloroplasty czy peroksysomy, które bezpośrednio powiązane są z detoksykacją reaktywnych form tlenu (RFT) w komórkach roślinnych. W tym ściśle selektywnym typie autofagii główną rolę odgrywają białka markerowe ATG, które znakują organelle przeznaczone do degradacji. Białka ATG odpowiedzialne są również za kształtowanie autofagosomu i kierowanie przebiegiem całego procesu autofagii (Borek, 2015).

β -Cyklodekstryny

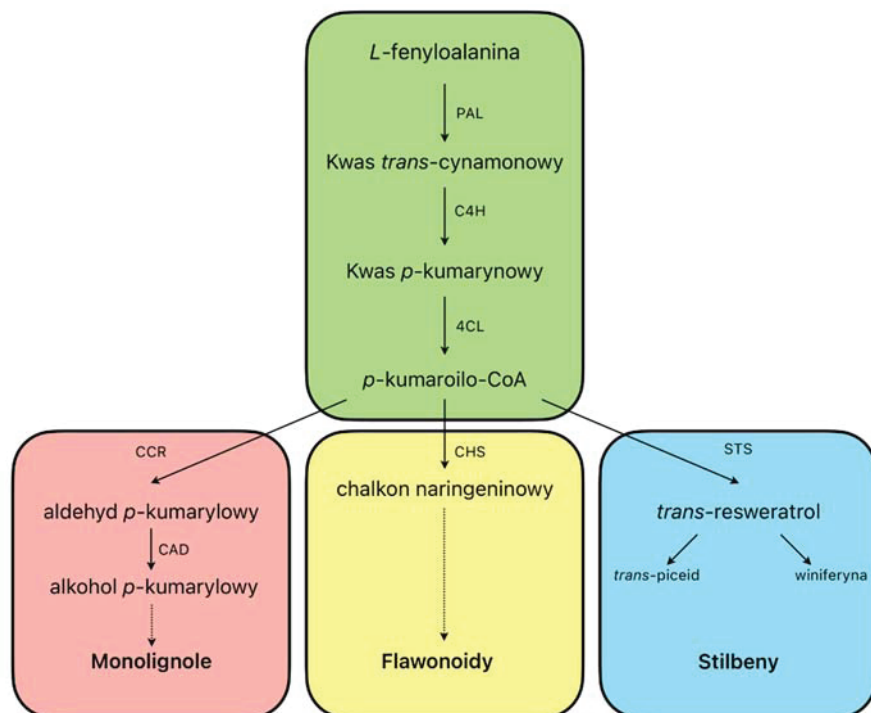
β -Cyklodekstryny (β -CD) to cykliczne oligomery złożone z siedmiu reszt glukozy połączonych ze sobą wiązaniem α -1,4-glikozydowym. Indukują odpowiedzi obronne w roślinnych zawiesinowych kulturach komórkowych. Budową przypominają niektóre frakcje oligosacharydowe ze ścian komórkowych grzybów i alg, które skutecznie indukują szlak fenylopropanoidowy, przyczyniając się do wzrostu akumulacji *trans*-resweratrolu (*t*-R) (Lijavetzky, 2008; Pietrowska-Borek, 2014). Związki te mają zdolność tworzenia inkluzyjnych kompleksów typu „gospodarz–gość”, za których trwałość odpowiadają siły van der Waalsa, wiązania wodorowe lub oddziaływania typu dipol-dipol. Posiadają właściwość sekwestracji, czyli „wyłapywania” jednej substancji przez drugą. Potrafią sekwestrować *t*-R wewnątrz swojego pierścienia. Jednym z warunków powstania takiego kompleksu jest to, że cząsteczka „gość” musi całkowicie bądź w znacznej części wniknąć do wnętrza β -CD (Makiela, 2019).

Szlak fenylopropanoidowy

Rośliny wyposażone są w szereg mechanizmów obronnych umożliwiających zwalczanie niepożądanych efektów spowodowanych przez niekorzystne czynniki środowiskowe. Jednym z mechanizmów jest aktywacja szlaku fenylopropanoidowego, który stanowi źródło szerokiej gamy związków biorących udział m.in. w reakcjach obronnych indukowanych zarówno biotycznymi, jak i abiotycznymi czynnikami stresowymi (ryc. 3) (Dixon i Paiva, 1995; Sharma, 2019). Fenylopropanoidy należą do grupy związków pochodzących ze szkieletu węglowego fenyloalaniny i jako metabolity wtórne nie wykazują czynnego udziału w podstawowych procesach komórkowych, takich jak oddychanie, fotosynteza czy synteza białek i kwasów nukleinowych. Nie są one jednak mniej ważne, gdyż odgrywają kluczową rolę w oddziaływaniu roślin ze środowiskiem (Sharma, 2019).

Pierwszą reakcją szlaku fenylopropanoidowego jest przekształcenie *L*-fenyloalaniny do kwasu *trans*-cynamonowego pod wpływem działania enzymu amoniakolizazy fenyloalaniny (PAL). Powstały kwas *trans*-cynamonowy ulega przemianie do kwasu *p*-kumarynowego w wyniku aktywności 4-hydroksylazy kwasu cynamonowego (C4H). Następnie ligaza 4-kumaroilo-CoA (4CL) katalizuje powstawanie *p*-kumaroilo-CoA. Na tym etapie szlak fenylopropanoidowy ulega rozgałęzieniu prowadzącemu do syntezy trzech głównych grup fenylopropanoidów. Dwa enzymy, reduktaza cynamylo-CoA (CCR) oraz dehydrogenaza alkoholu cynamylowego (CAD) stanowią początek wieloetapowych przemian enzymatycznych prowadzących do syntezy monolignoli. Powstałe związki odgrywają ważną rolę we wzroście i rozwoju roślin oraz stanowią barierę chroniącą przed szkodnikami i patogenami. W procesie lignifikacji wysycają ściany komórkowe, usztywniając je i zapewniając odporność mechaniczną (Ithal, 2007; Liu, 2018; Moura, 2010; Schuetz, 2014). Syntaza chalkonowa (CHS) wykorzystuje *p*-kumaroilo-CoA i trzy cząsteczki malonylo-CoA jako substrat do syntezy chalkonu naringeninowego, z którego na drodze przemian powstają flawonoidy. Grupa tych związków pełni wiele funkcji, m.in. regulują wzrost komórek oraz chronią przed skutkami stresu wywołanego przez czynniki abiotyczne i biotyczne (Rodríguez De Luna, 2020). Co więcej, flawonoidy wykazują właściwości przeciwutleniające, polegające między innymi na usuwaniu RFT, aktywacji enzymów antyoksydacyjnych, chelatowaniu jonów metali (Korkina i Afanas'Ev, 1997; Procházková, 2011). Szlak fenylopropanoidowy to również źródło stilbenów, których przedstawicielem jest *t*-R posiadający silne właściwości antyoksydacyjne (Ndiaye, 2011). W syntezie stilbenów kluczową rolę odgrywa syntaza stilbenowa (STS), która katali-

zuje powstanie z *p*-kumaroilo-CoA *t*-R (ryc. 3) (Dixon i Paiva, 1995; Sharma, 2019). Stilbeny jako fitoaleksyny posiadają również właściwości przeciwdrobnoustrojowe. Ich nagromadzenie następuje na skutek działania niekorzystnych czynników środowiskowych (Chong, 2009).



Ryc. 3. Schemat szlaku fenylpropanoidowego; PAL, amoniakoliza fenylalaniny; C4H, 4-hydroksylaza kwasu cynamonowego; 4CL, ligaza 4-kumaroilo-CoA; CCR, reduktaza cynamylo-CoA; CAD, dehydrogenaza alkoholu cynamylowego; CHS, syntaza chalkonowa; STS, syntaza stilbenowa

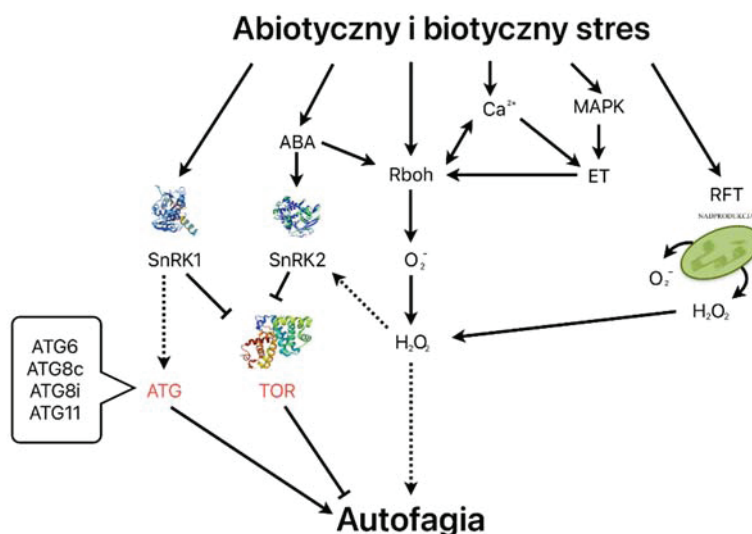
Fig. 3. Scheme of the phenylpropanoid pathway; PAL, phenylalanine ammonia lyase; C4H, cinnamate 4-hydroxylase; 4CL, 4-coumarate-CoA ligase; CCR, cinnamoyl-CoA reductase; CAD, cinnamyl alcohol dehydrogenase; CHS, chalcone synthase; STS, stilbene synthase

W reakcji na niekorzystne czynniki środowiskowe oprócz indukcji szlaku fenylpropanoidowego dochodzi m.in. do uruchomienia procesów autofagowych. Jedną z molekuł sygnałowych zaangażowanych w transdukcję sygnału wywołanego przez niesprzyjające warunki jest kwas abscysynowy (ABA).

Poziom ABA w komórce jest kluczowy w procesie odpowiedzi rośliny na stres, np. suszę czy atak patogenów (Woźny, 2010). Jako regulator ekspresji genów wpływa m.in. na biosyntezę białek detoksyfikujących RFT, czynników transkrypcyjnych oraz regulatorowych kinaz, takich jak SNR grupy 1 (SnRK1) oraz grupy 2 (SnRK2) (Belda-Palazón, 2020). Sugeruje się, że SnRK1 regulują aktywność białek ATG (Signorelli, 2019), spośród których można wyróżnić białka (*i*) ATG6 biorące udział w procesie transportu pęcherzyka autofagowego (Shangguan, 2018); (*ii*) ATG8 pełniące funkcję podczas formowania autofagosomu (Shangguan, 2018); (*iii*) ATG11 zaangażowane w proces mitofagii (Borek, 2015). Zarówno SnRK1, jak i SnRK2 powodują hamowanie ekspresji genu odpowiedzialnego za białkową kinazę serynowo-treoninową (TOR). TOR wpływa na wyciszenie aktywacji procesów autofagowych przez regulację fosforylacji kompleksów białek z grupy ATG (ryc. 4) (Fu, 2020; Pu, 2017; Soto-Burgos i Bassham, 2017). Powszechnie wiadomo, że czynniki abiotyczne i biotyczne indukują stres oksydacyjny u roślin, w wyniku którego dochodzi do wzmożonej produkcji RFT. W niewielkich ilościach RFT pełnią funkcję cząsteczek sygnałnych, a spowodowane przez nie uszkodzenia są natychmiastowo neutralizowane. Natomiast gdy ilość RFT w komórkach jest zbyt wysoka, roślina może uruchamiać procesy autofagii (Woźny, 2010). Autofagia zachodzi również intensywnie w warunkach deficytu składników odżywczych (Floyd, 2012). Dlatego też w celu zbadania zależności pomiędzy β -CD jako czynnikiem wywołującym odpowiedź na stres biotyczny a uruchomieniem procesu autofagii badania przeprowadzono na zawieszinach komórkowych *V. vinifera* rosnących w optymalnych warunkach żywieniowych. Badania obejmowały analizy akumulacji *t*-R w pożywkach, ekspresji genów kodujących białka ATG oraz TOR. Ponadto zbadano wpływ β -CD na żywotność komórek winorośli. Wiadomo, że β -CD przyczyniają się do wzmożonej produkcji *t*-R, który jako antyoksydant działa neutralizująco na powstające w komórkach roślinnych RFT (ryc. 4) (Morales, 1998).

Cel pracy

Celem badań było określenie wpływu β -CD na przeżywalność komórek, syntezę jednego ze stilbenów, jakim jest trans-resweratrol (*t*-R), oraz ekspresję genów związanych z autofagią.



Ryc. 4. Hipotetyczny szlak transdukcji sygnału wywołanego czynnikami biotycznymi i abiotycznymi prowadzącego do autofagii; ABA, kwas abscysynowy; MAPK, kinazy aktywowane mitogenami; ET, etylen; Rboh, oksydaza NADPH; RFT, reaktywne formy tlenu; O₂^{•-}, anionorodnik ponadtlenkowy; H₂O₂, nadtlenek wodoru; SnRK1, kinaza SNR 1; SnRK2, kinaza SNR 2; ATG, białka autofagowe; TOR, białkowa kinaza serynowo-treoninowa (według Signorelli, 2019)

Fig. 4. Hypothetical signal transduction pathway induced by biotic and abiotic factors leading to autophagy; ABA, abscisic acid; MAPK, mitogen-activated protein kinase; ET, ethylene; Rboh, respiratory burst homolog; ROS, reactive oxygen species; O₂^{•-}, superoxide; H₂O₂, hydrogen peroxide; SnRK1, SNR kinase 1; SnRK2, SNR kinase 2; ATG, autophagic proteins; TOR, target of rapamycin (according to Signorelli, 2019)

Materiały i metody

Materiał roślinny. Badania prowadzono na zawieszinowej kulturze komórek *Vitis vinifera* cv. Monastrell w kolbkach na płynnej pożywce Gamborg B5 (pH 6,0) (Almagro, 2015). Zarówno kultury kontrolne, jak i traktowane 50 mM β-CD wytrząsano w ciemności w temperaturze 25°C przy 110 obr./min. (Lijavetzky, 2008). Po 120 godzinach komórki oddzielono od pożywki, ważono, a następnie mrożono w ciekłym azocie i przechowywano w -85°C do czasu oznaczeń.

Oznaczanie ilości *t*-R w pożywce, na której rosły komórki *V. vinifera* za pomocą wysokosprawnej chromatografii cieczowej. Do oznaczenia ilości *t*-R

w pożywce, na której rosły komórki *V. vinifera*, zastosowano metodę wysokosprawnej chromatografii cieczowej (HPLC). Rozdział prowadzono na kolumnie LiChrospher® 100 RP-18 (250 mm × 4 mm, 5 μm, Merck). Fazę ruchomą stanowiła mieszanina 0,05% wodny roztwór kwasu trifluoroctowego (TFA) (bufor A), metanolu:acetonitrylu (v/v, 6:4) i 0,05% TFA (bufor B). Analizę prowadzono w następującym gradiencie buforów: 0 min, 10% B; 5 min, 15% B; 40 min, 35% B; 45 min, 65% B; 50 min, 65% B; and 55 min, 10% B przy przepływie 1 ml min⁻¹. Objętość prób kontrolnych nakładanych na kolumnę wynosiła 100 μl, natomiast prób traktowanych 5 μl. Rozdział monitorowano przy 308 nm (UV-Vis DAD). Ilościowe oznaczenie *t*-R dokonano przez porównanie z krzywą wzorcową dla *t*-R o czystości >99% (Sigma-Aldrich, R-5010).

Żywotność komórek. Żywotność komórek badano przy użyciu zestawu Plant Cell Viability Assay Kit (Sigma-Aldrich). Komórki oraz barwniki (fluoresceina i jodek propidyny) przygotowano zgodnie z instrukcjami dostarczonymi przez producenta. Wyniki barwienia oceniano przy użyciu mikroskopu fluorescencyjnego ZOE Fluorescent Cell Imager z filtrami FS09 ($\lambda_{exc} = 495$ nm, $\lambda_{emi} = 517$ nm) oraz FS15 ($\lambda_{exc} = 538$ nm, $\lambda_{emi} = 617$ nm). Żywe komórki są uwidaczniane za pomocą dwuocianu fluoresceiny, który jest rozkładany przez enzym esterazę, dając produkt fluoryzujący (Fernandez-Da Silva i Menéndez-Yuffá, 2006) (ryc. 6). Jodek propidyny to barwnik barwiący kwasy nukleinowe, przenika przez uszkodzone błony komórkowe i łączy się z DNA; komórki zabarwione są martwe (Poborilova, 2013).

Analiza ekspresji genów związanych z autofagią. Całkowite RNA izolowano z 0,5 g komórek z użyciem zestawu RNeasy Plant Mini Kit (QIAGEN) zgodnie z instrukcjami producenta. Stężenie i jakość wyizolowanego RNA zbadano spektrofotometrycznie z użyciem NanoDrop™ 2000 (Thermo Scientific™) oraz elektroforetycznie w 1-procentowym żelu agarozowym z buforem TBE (Tris/kwas borowy/EDTA). Próby RNA zanieczyszczone DNA traktowano DNazą (TURBO DNA-free™ Kit, Invitrogen). Następnie syntetyzowano cDNA za pomocą zestawu High-Capacity cDNA Reverse Transcription Kit (Applied Biosystems™) zgodnie z instrukcjami podanymi przez producenta. Zmiany ekspresji badanych genów określano wykorzystując metodę Q-PCR. Do badań użyto odpowiednie startery zamieszczone w tabeli 1. Próby normalizowano względem genu referencyjnego *Efa1* (Lijavetzky, 2008), względną ekspresję wyznaczono ze wzoru $2^{-\Delta\Delta Ct}$ (Livak i Schmittgen, 2001). Analizy wykonano w trzech powtórzeniach. Do badań użyto iTaq™ Universal SYBR Green Supermix (BioRad) i termocyklera

CFX96™ Real-Time System C1000 Touch™ Thermal Cycler (BioRad). Wyniki opracowano w programie BioRad CFX Manager™.

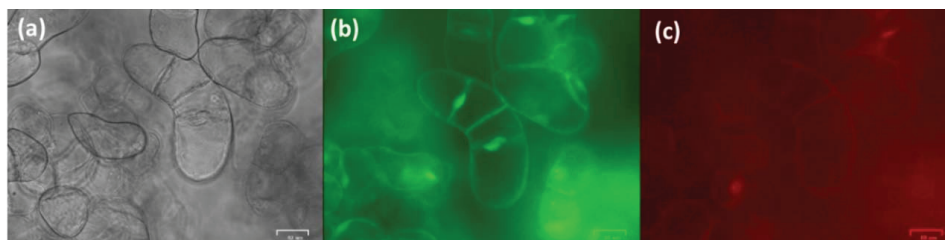
Tab. 1. Sekwencje starterów dla badanych genów (Shangguan, 2018)

Tab. 1. Primer sequences of the studied genes (Shangguan, 2018)

Symbol genu	ID genu	Sekwencja forward (5'–3')	Sekwencja reverse (5'–3')
VvATG6	VIT_15s0046g00950	GTTCTACTCCGACTCCTCTCGC	TGCCTTCCAGACTGGCTTACA
VvATG8c	VIT_19s0090g00580	TCAAATTGGAACACCCCTCGA	ACAGTCAGATCAGCAGGAACCA
VvATG8i	VIT_07s0005g02200	AAATACCCAGATCGAGTCCCGG	TCCAGGAGTCAGATGAAGCCTG
VvATG11	VIT_11s0037g00730	CACAGCAGCACCGTATCCATTC	CTGTGGGAGCTGCTACAGTTCT
VvTOR	VIT_03s0088g00450	CCGCCAAAGAAAGTGCCTTCAT	AGACTGCAGGTCCAGGGTAGTA
EFa1	XP_002284964.1	GAACTGGGTGCTTGATAGGC	AACCAAAATATCCGGAGTAAAAGA

Wyniki

Żywotność komórek traktowanych β -CD. Żywotność komórek określano na podstawie podwójnego barwienia FDA (dwooctan fluoresceiny) oraz PI (jodek propidyny). Na rycinie 5 przedstawiono komórki (a) w świetle widzialnym; (b) barwione FDA; (c) barwione PI.

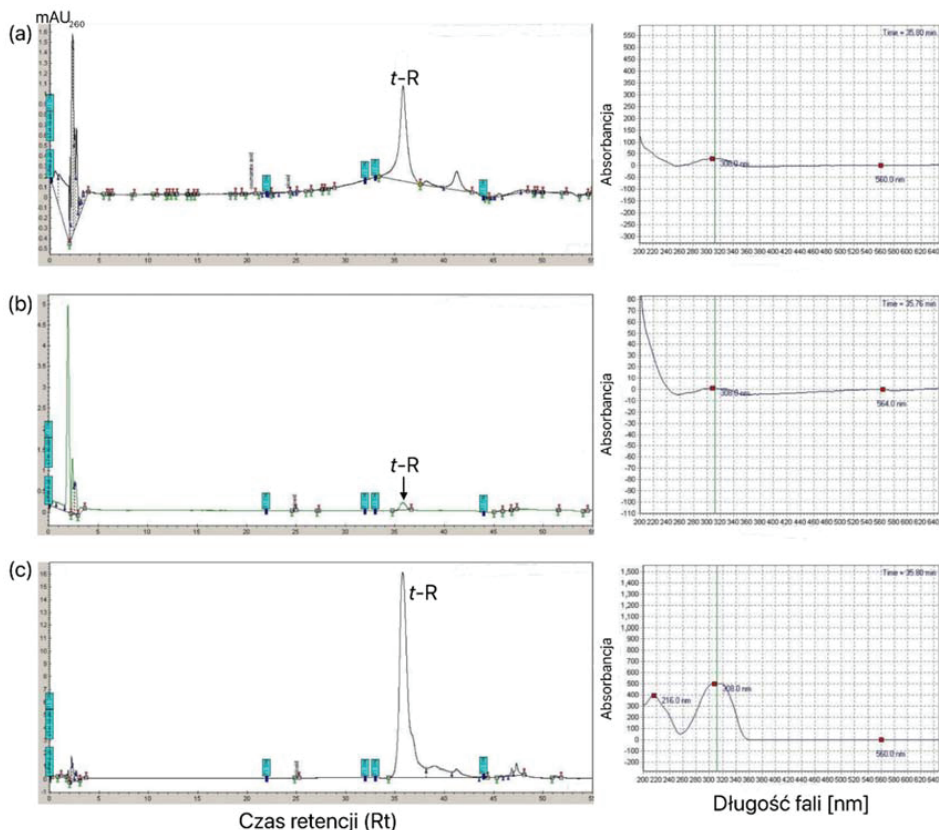


Ryc. 5. Ocena żywotności komórek *V. vinifera* traktowanych 50 mM β -CD przez 120 godzin z użyciem zestawu Plant Cell Viability Assay Kit (Sigma-Aldrich). Obrazy uzyskano z wykorzystaniem mikroskopu ZOE Fluorescent Cell Imager (a) mikroskop świetlny, oraz filtrów (b) FS09 $\lambda_{exc} = 495$ nm, $\lambda_{emi} = 517$ nm i (c) FS15 $\lambda_{exc} = 538$ nm, $\lambda_{emi} = 617$ nm

Fig. 5. Viability of *V. vinifera* cells treated with 50 mM β -CD for 120 hours using the Plant Cell Viability Assay Kit (Sigma-Aldrich). Images were obtained using the ZOE Fluorescent Cell Imager microscope (a) light microscope, and filters (b) FS09 $\lambda_{exc} = 495$ nm, $\lambda_{emi} = 517$ nm i (c) FS15 $\lambda_{exc} = 538$ nm, $\lambda_{emi} = 617$ nm

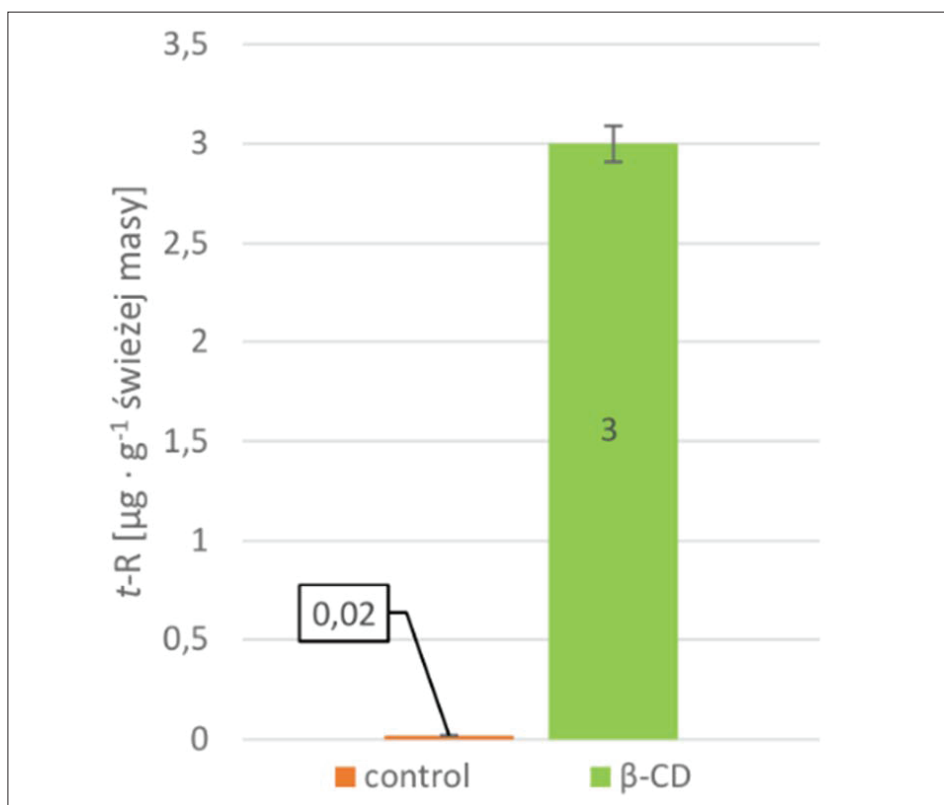
Ilość *t*-R. Oznaczenie ilości *t*-R przeprowadzono przy pomocy metody HPLC. Uzyskany pik *t*-R identyfikowano porównując czas retencji (R_t) i widmo dla wzorca *t*-R (ryc. 6). W obu przypadkach R_t wynosił około 36 minut. Na rycinie 6 przedstawiono zestawienie chromatogramów: (a) wzorca *t*-R; (b) próby kontrolnej; (c) próby traktowanej β -CD.

Ilość *t*-R wyrażono w $\mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$ świeżej masy. W komórkach kontrolnych ilość *t*-R wynosiła $0,02 \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$ świeżej masy. Natomiast w traktowanych β -CD zaobserwowano wzrost akumulacji *t*-R, którego stężenie wynosiło $3 \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$ świeżej masy (ryc. 7). W próbie traktowanej β -CD ilość *t*-R była około 150-krotnie wyższa niż w próbie kontrolnej.



Ryc. 6. Zestawienie chromatogramów: (a) wzorec *t*-R; (b) próba kontrolna; (c) próba traktowana β -CD

Fig. 6. Chromatograms of: (a) *t*-R pattern; (b) control; (c) β -CD-treated sample

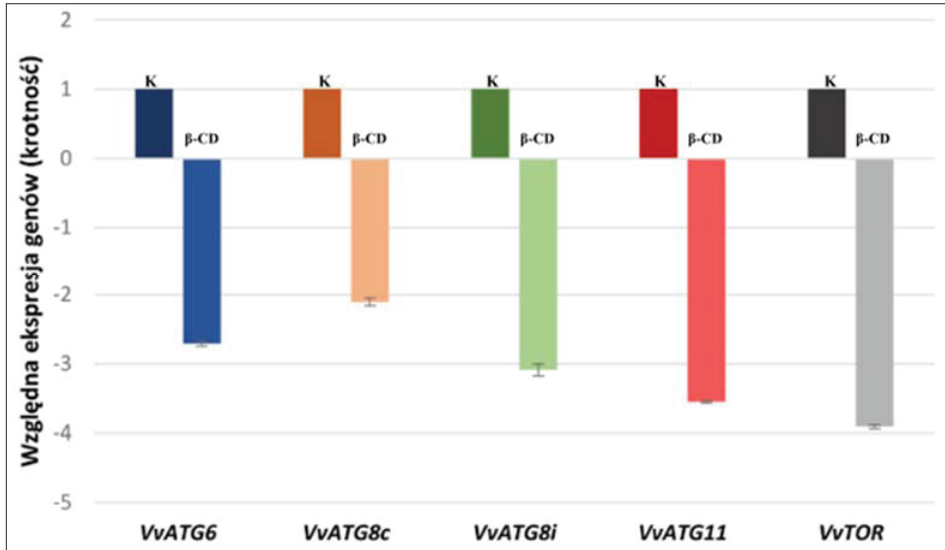


Ryc. 7. Zawartość t-R w pożywkach, na których rosły komórki *V. vinifera* kontrolne oraz traktowane 50 mM β -CD przez 120 godzin.

Fig. 7. Content of t-R in media growing *V. vinifera* cells: control and treated with 50 mM β -CD for 120 hours

Wpływ β -CD na ekspresję genów związanych z autofagią. Jednym ze sposobów monitorowania indukcji reakcji obronnych jest analiza zmian ekspresji genów kodujących białka kluczowe dla danego mechanizmu. Takie geny nazywane są genami markerowymi. W niniejszej pracy przeprowadzono analizę ekspresji markerowych genów autofagowych: *VvATG6*, *VvATG8c*, *VvATG8i*, *VvATG11* i *VvTOR* w zawieszinowej kulturze komórkowej *V. vinifera* pod wpływem β -CD. Uzyskane wyniki przedstawione na rycinie 6 wskazują, że poziom ekspresji wszystkich genów obniżył się. Najsilniejszą inhibicję zaobserwowano dla genu *VvTOR*, gdzie odnotowano czterokrotny spadek ekspresji w porównaniu do ekspresji tego genu w próbach kontrolnych. Ponadto wykazano, że ekspresja *VvATG6*, *VvATG8i* i *VvATG11* uległa

około trzykrotnemu, a gen *VvATG8c* dwukrotnemu obniżeniu w porównaniu do kontroli. Wartość ekspresji wybranych genów w warunkach kontrolnych przyjęto za 1.



Ryc. 8. Względna ekspresja genów kodujących białka ATG i TOR. K, komórki kontrolne; β -CD, komórki traktowane β -CD

Fig. 8. Relative gene expression of ATG and TOR. K, control cells; β -CD, cells treated with β -CD

Dyskusja

Ciągłe narażenie roślin na zmieniające się czynniki środowiskowe wymusiły wytworzenie oraz rozwój mechanizmów obronnych. Mechanizmy te często są specyficzne gatunkowo i to dzięki nim rośliny zwiększają swoje szanse na przetrwanie niekorzystnych warunków (Verma, 2013). Metabolity wtórne, takie jak fenylopropanoidy, których przedstawicielem jest *t*-R, mogą brać udział w odpowiedzi roślin na czynniki stresowe zarówno biotyczne, jak i abiotyczne. Związek ten wykazuje właściwości m.in. antyoksydacyjne (Dixon i Paiva, 1995). Co więcej, zainteresowanie *t*-R wzrosło z punktu widzenia farmakologicznego, gdyż wykazuje on również właściwości kardioprotekcyjne i przeciwnowotworowe (Bradamante, 2004; Fernández-Pérez, 2012; Vang, 2011). Roślina o dużej zawartości stilbenów to *Vitis vinifera*. Znana jest sze-

roka gama związków wykorzystywanych jako elicytory, które swoją budową i właściwościami naśladują biotyczne bodźce stresowe i skutecznie indukują reakcje obronne u roślin. Ich przykłady to jasmonian metylu, koronatyna i β -CD (Almagro, 2015; Lijavetzky, 2008). Almagro i in. (2015) wykazali, że po 96 godzinach traktowania komórek *V. vinifera* β -CD o stężeniu 50 mM akumulacja *t*-R wyniosła do $201 \pm 56 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$, co stanowiło około 200-krotny wzrost w porównaniu do kontroli. Natomiast w badaniach przeprowadzonych na 120-godzinnej zawieszinowej kulturze komórkowej *V. vinifera* wykazano 150-krotny wzrost akumulacji *t*-R pod wpływem 50 mM β -CD (ryc. 7). Uzyskane wyniki wskazują na długotrwałe działanie procesów antyoksydacyjnych w komórkach traktowanych β -CD. Do procesów podlegających zmianom pod wpływem czynników stresowych należy autofagia. Z danych literaturowych wiadomo, że procesy autofagii mogą być regulowane przez bodźce stresowe. Jednym z nich są jony miedzi (Cu^{2+}) obecne w środowisku, np. aplikowane jako oprysk na liście w postaci roztworu CuSO_4 w stężeniu 400 μM . Powodowało on wzrost ekspresji genów *VvATG6*, *VvATG8c*, *VvATG8i* oraz genu *VvTOR* (Fu, 2020; Shangguan, 2018). Wzrost ekspresji genów *VvATG8c*, *VvATG8i*, *VvATG11* obserwowano pod wpływem suszy, natomiast w przypadku zalania ekspresja genów *VvATG6* oraz *VvATG8i* ulegała indukcji (Shangguan, 2018). Wyniki prezentowane w niniejszej pracy wskazują na hamujący wpływ β -CD na ekspresję markerowych genów autofagowych w komórkach *V. vinifera* (ryc. 8). Co więcej, nie zaobserwowano zmian w żywotności komórek. Autofagia nie zaszła w komórkach pomimo obniżonej ekspresji genu *VvTOR* kodującego inhibitor tych procesów (Fu, 2020). Istotny wpływ na zahamowanie procesu autofagii mógł mieć również skład pożywki, na której prowadzono zawieszinowe kultury komórek. Pożywka ta zawierała 20 $\text{g} \cdot \text{l}^{-1}$ sacharozy jako źródło węgla i 0,25 $\text{g} \cdot \text{l}^{-1}$ hydrolizatu kazeiny jako źródło aminokwasów. Brak źródeł węgla oraz aminokwasów mogłoby przyspieszyć indukcję procesu autofagii. W celu uzyskania jednoznacznej odpowiedzi, czy β -CD wpływają na procesy związane z autofagią, wymagane jest przeprowadzenie eksperymentów z użyciem pożywki ubogiej w źródło węgla i aminokwasy oraz wprowadzenie kilku punktów czasowych.

Podziękowanie

Praca finansowana była z tematów nr 506.181.01 i 506.181.09 prowadzonych w ramach działalności statutowej Uniwersytetu Przyrodniczego w Poznaniu.

Bibliografia

- Almagro, L., Belchí-Navarro, S., Martínez-Márquez, A., Bru, R., Pedreño, M. A. (2015). Enhanced extracellular production of trans-resveratrol in *Vitis vinifera* suspension cultured cells by using cyclodextrins and coronatine. *Plant Physiol. Biochem.*, 97, 361–367. <https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2015.10.025>
- Belda-Palazón, B., Adamo, M., Valerio, C., Ferreira, L. J., Confraria, A., ..., Baena-González, E. (2020). A dual function of SnRK2 kinases in the regulation of SnRK1 and plant growth. *Nat. Plants*, 6(11), 1345–1353. <https://doi.org/10.1038/s41477-020-00778-w>
- Borek, S., Ruta-Piosik, M., Paluch, E., Pietrowska-Borek, M. (2015). Selektywne rodzaje autofagii. *Postępy Biologii Komórki*, 42(3), 505–538.
- Bradamante, S., Barenghi, L., Villa, A. (2004). Cardiovascular protective effects of resveratrol. *Cardiovasc. Drug Rev*, 22(3), 169–188. <https://doi.org/10.1111/j.1527-3466.2004.tb00139.x>
- Chong, J., Poutaraud, A., Hugueney, P. (2009). Metabolism and roles of stilbenes in plants. *Plant Sci.*, 177(3), 143–155. <https://doi.org/10.1016/j.plantsci.2009.05.012>
- Dixon, R. A., Paiva, N. L. (1995). Stress-Induced Phenylpropanoid Metabolism. *Plant Cell*, 7, 1085–1097.
- Fernandez-Da Silva, R., Menéndez-Yuffá A. (2006). Viability in protoplasts and cell suspensions of *Coffea arabica* cv. Catimor. *Electron. J. Biotechnol.*, 9(5).
- Fernández-Pérez, F., Belchí-Navarro, S., Almagro, L., Bru, R., Pedreño, M. A., Gómez-Ros, L. V. (2012). Cytotoxic effect of natural trans-resveratrol obtained from elicited *Vitis vinifera* cell cultures on three cancer cell lines. *Plant Foods Hum. Nutr.*, 67(4), 422–429. <https://doi.org/10.1007/s11130-012-0327-8>
- Floyd, B. E., Morriss, S. C., Macintosh, G. C., Bassham, D. C. (2012). What to eat: evidence for selective autophagy in plants. *J. Integr. Plant Biol.*, 54(11), 907–920. <https://doi.org/10.1111/j.1744-7909.2012.01178.x>
- Fu, L., Wang, P., Xiong, Y. (2020). Target of rapamycin signaling in plant stress responses. *Plant Physiology*, 182(4), 1613–1623. <https://doi.org/10.1104/pp.19.01214>
- Gull, A., Lone, A. A., Ul, N., Wani, I. (2019). Abiotic and biotic stress in plants. W: A. B. de Oliveira (red.), *Abiotic and Biotic Stress in Plants*. Londyn: IntechOpen.
- Ithal, N., Recknor, J., Nettleton, D., Maier, T., Baum, T. J., Mitchum, M. G. (2007). Developmental transcript profiling of cyst nematode feeding cells in soybean roots. *Mol. Plant Microbe Interact.*, 20(5), 510–525. <https://doi.org/10.1094/MPMI-20-5-0510>
- Korkina, L. G., Afanas'Ev, I. B. (1997). Antioxidant and chelating properties of flavonoids. *Adv. Pharm.*, 38(C), 151–163. [https://doi.org/10.1016/S1054-3589\(08\)60983-7](https://doi.org/10.1016/S1054-3589(08)60983-7)
- Le Bars, R., Marion, J., Le Borgne, R., Satiat-Jeunemaitre, B., Bianchi, M. W. (2014). ATG5 defines a phagophore domain connected to the endoplasmic reticulum during autophagosome formation in plants. *Nat. Com.*, 5(1), 1–10. <https://doi.org/10.1038/ncomms5121>
- Li, F., Vierstra, R. D. (2012). Autophagy: A multifaceted intracellular system for bulk and selective recycling. *Trends Plant Sci.*, 17(9), 526–537. <https://doi.org/10.1016/j.tplants.2012.05.006>
- Lijavetzky, D., Almagro, L., Belchí-Navarro, S., Martínez-Zapater, J. M., Bru, R., Pedreño, M. A. (2008). Synergistic effect of methyljasmonate and cyclodextrin on stilbene biosynthesis pathway gene expression and resveratrol production in Monastrell grapevine cell cultures. *BMC Res. Notes*, 1, 132. <https://doi.org/10.1186/1756-0500-1-132>
- Liu, Q., Luo, L., Zheng, L. (2018). Lignins: Biosynthesis and Biological Functions in Plants. *Int. J. Molecular Sci.*, 19(2), 335. <https://doi.org/10.3390/ijms19020335>

- Livak, K. J., Schmittgen, T. D. (2001). Analysis of relative gene expression data using real-time quantitative PCR and the 2(-Delta Delta C(T)) Method. *Methods*, 25(4), 402–408. <https://doi.org/10.1006/meth.2001.1262>
- Makiela, D. (2019). Oddziaływanie β -cyklodekstryny z lipidami i nanostrukturami węglowymi – symulacje komputerowe. Katowice: Uniwersytet Śląski.
- Morales, M., Bru, R., García-Carmona, F., Ros Barceló, A., Pedreño, M. A. (1998). Effect of dimethyl- β -cyclodextrins on resveratrol metabolism in Gamay grapevine cell cultures before and after inoculation with *Xylophilus ampelinus*. *Plant Cell, Tissue and Organ Culture*, 53(3), 179–187. <https://doi.org/10.1023/A:1006027410575>
- Moura, J. C. M. S., Bonine, C. A. V., de Oliveira Fernandes Viana, J., Dornelas, M. C., Mazzafera, P. (2010). Abiotic and biotic stresses and changes in the lignin content and composition in plants. *J. Integr. Plant Biol.*, 52(4), 360–376. <https://doi.org/10.1111/j.1744-7909.2010.00892.x>
- Ndiaye, M., Philippe, C., Mukhtar, H., Ahmad, N. (2011). The grape antioxidant resveratrol for skin disorders: Promise, prospects, and challenges. *Arch. Biochem. Biophys.*, 508(2), 164–170. <https://doi.org/10.1016/j.abb.2010.12.030>
- Pietrowska-Borek, M., Czekala, Ł., Belchí-Navarro, S., Pedreño, M. A., Guranowski, A. (2014). Diadenosine triphosphate is a novel factor which in combination with cyclodextrins synergistically enhances the biosynthesis of trans-resveratrol in *Vitis vinifera* cv. Monastrell suspension cultured cells. *Plant Physiol. Biochem.*, 84, 271–276. <https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2014.09.019>
- Poborilova, Z., Opatrilova R., Babula P. (2013). Toxicity of aluminium oxide nanoparticles demonstrated using a BY-2 plant cell suspension culture model. *Environ. Exp. Bot.*, 91, 1–11. <https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2013.03.002>
- Procházková, D., Boušová, I., Wilhelmová, N. (2011). Antioxidant and prooxidant properties of flavonoids. *Fitoterapia*, 82(4), 513–523. <https://doi.org/10.1016/j.fitote.2011.01.018>
- Pu, Y., Soto-Burgos, J., Bassham, D. C. (2017). Regulation of autophagy through SnRK1 and TOR signaling pathways. *Plant Signal. Behav.*, 12, 12. <https://doi.org/10.1080/15592324.2017.1395128>
- Reumann, S., Voitsekhovskaja, O., Lillo, C. (2010). From signal transduction to autophagy of plant cell organelles: Lessons from yeast and mammals and plant-specific features. *Protoplasma*, 247(3–4), 233–256. <https://doi.org/10.1007/s00709-010-0190-0>
- Rodríguez De Luna, S. L., Ramírez-Garza, R. E., Serna Saldívar, S. O. (2020). Environmentally friendly methods for flavonoid extraction from plant material: impact of their operating conditions on yield and antioxidant properties. *Sci. World J.*, 6792069. <https://doi.org/10.1155/2020/6792069>
- Sah, S. K., Reddy, K. R., Li, J. (2016). Abscisic acid and abiotic stress tolerance in crop plants. *Front. Plant Sci.*, 4, 7, 571. <https://doi.org/10.3389/fpls.2016.00571>
- Sanchez-Wandelmer, J., Ktistakis, N. T., Reggiori, F. (2015). ERES: sites for autophagosome biogenesis and maturation? *J. Cell Sci.*, 128(2), 185–192. <https://doi.org/10.1242/jcs.158758>
- Schuetz, M., Benske, A., Smith, R. A., Watanabe, Y., Tobimatsu, Y., Ralph, J., Demura, T., Ellis, B., Samuels, A. L. (2014). Laccases direct lignification in the discrete secondary cell wall domains of protoxylem. *Plant Physiol.*, 166(2), 798–807. <https://doi.org/10.1104/pp.114.245597>
- Shangguan, L., Fang, X., Chen, L., Cui, L., Fang, J. (2018). Genome-wide analysis of autophagy-related genes (ARGs) in grapevine and plant tolerance to copper stress. *Planta*, 247(6), 1449–1463.
- Sharma, A., Shahzad, B., Rehman, A., Bhardwaj, R., Landi, M., Zheng, B. (2019). Response of phenylpropanoid pathway and the role of polyphenols in plants under abiotic stress. *Molecules*, 24(13), 2452.

- Signorelli, S., Tarkowski, Ł. P., Van den Ende, W., Bassham, D. C. (2019). Linking autophagy to abiotic and biotic stress responses. *Trends Plant Sci.*, 24(5), 413–430. <https://doi.org/10.1016/j.tplants.2019.02.001>
- Soon, I. K., Park, O. K. (2008). Autophagy in plants. *J. Plant Biol.*, 51(5), 313–320. <https://doi.org/10.1007/BF03036132>
- Soto-Burgos, J., Bassham, D. C. (2017). SnRK1 activates autophagy via the TOR signaling pathway in *Arabidopsis thaliana*. *PloS one*, 12(8). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0182591>
- Vang, O., Ahmad, N., Baile, C. A., Baur, J. A., Brown, K., ..., Wu, J. M. (2011). What is new for an old molecule? Systematic review and recommendations on the use of resveratrol. *PloS one*, 6(6). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0019881>
- Veljanovski, V., Batoko, H. (2014). Selective autophagy of non-ubiquitylated targets in plants: Looking for cognate receptor/adaptor proteins. *Front. Plant Sci.*, 5, 308. <https://doi.org/10.3389/fpls.2014.00308>
- Verma, S., Nizam, S., Verma, P. K. (2013). Biotic and abiotic stress signaling in plants. W: Sarwat, M., Ahmad, A., Abdin, M. Z. (red.), *Stress Signaling in Plants: Genomics and Proteomics Perspective*. Volume 1 (s. 25–50). New York: Springer.
- Wierzchowiecka, M., Samardakiewicz, S., Wozny, A. (2008). Programowana śmierć komórki roślinnej – proces o „wielu twarzach”. *Kosmos*, 57(1–2), 43–52.
- Woźny, A., Garnczarska, M., Goździcka-Józefiak, A., Krzesłowska, M., Legocka, J., ..., Wyka, T. (2010). Reakcje komórek roślinnych na czynniki stresowe. Tom 2. Poznań: Wydawnictwo Naukowe UAM.
- Yoshimoto, K., Ohsumi, Y. (2014). Unveiling the molecular mechanisms of plant autophagy-from autophagosomes to vacuoles in plants. *Plant Cell Res.*, 24(1), 23–41. <https://doi.org/10.1093/pcp/pcy112>

DAMIAN TOMASZEWSKI, MICHAŁ ŻABIAREK*

Studenckie Koło Naukowe Inżynierii Rolniczej SKNIR

Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu

Wpływ zmiany ciśnienia w ogumieniu ciągnika rolniczego na moc uciągu oraz zużycie paliwa

Effect of changing the tyre pressure of an agricultural tractor on tractive power and fuel consumption

Streszczenie

W pracy przedstawiono wpływ zmiany ciśnienia w ogumieniu ciągnika rolniczego CLAAS AXION 830 na wydajność pracy, moc uciągu oraz na jednostkowe zużycie paliwa. Podczas badań polowych stwierdzono, że obniżając ciśnienie w ogumieniu z wartości 2,0 barów do wartości 0,8 bara w ogumieniu osi tylnej oraz 0,6 bara w ogumieniu osi przedniej, można uzyskać wzrost średniej mocy uciągu o 28% oraz spadek średniego jednostkowego zużycia paliwa o 15%.

Słowa kluczowe: ciśnienie, moc uciągu, zużycie paliwa, zagęszczenie gleby

Abstract

This article presents the effects of changing the tyre pressure of a CLAAS AXION 830 agricultural tractor on work efficiency, tractive power and specific fuel consumption. In field tests, it was found that by lowering the tyre pressure from 2.0 bar to 0.8 bar in the rear axle tyres and 0.6 bar in the front axle tyres, an increase of 28% in average pulling power and a decrease of 15% in average specific fuel consumption could be achieved.

Keywords: pressure, tractive power, fuel consumption, soil compaction

Wprowadzenie

Rosnące koszty energii i środków produkcji powodują konieczność optymalizacji ekonomicznej w rolnictwie. Dużą część kosztów w produkcji rolniczej stanowią koszty eksploatacji ciągników i maszyn. Sprawność techniczna oraz poprawna regulacja ciśnienia w ogumieniu wpływa na maksymalizację

* knir.up.poznan@gmail.com

wydajności pracy oraz zmniejszenia kosztów użytkowania ciągników i maszyn rolniczych.

Dobór optymalnego ciśnienia w ogumieniu i zwiększenie powierzchni kontaktu opon z podłożem poprzez zastosowanie kół bliźniaczych, a także dociążenie ciągnika to rozwiązania wpływające na jednostkową energochłonność wykonywanej pracy. Konsekwencjami niestosowania wymienionych rozwiązań są zwiększone zużycie paliwa oraz zmniejszenie wydajności pracy. Najbardziej niekorzystnym aspektem nieprawidłowego przygotowania maszyny do pracy jest wysoki poślizg kół uniemożliwiający wykorzystanie siły uciągu i powodujący niszczenie struktury gleby. W artykule opublikowanym na portalu Farmtrac (2022) czytamy, że aby podczas pracy uzyskać najlepszy uciąg, należy z kół spuścić ciśnienie powietrza, dzięki czemu opona lepiej przylega do gruntu. Z tego samego powodu istotny jest dobór opon o odpowiedniej szerokości, by powierzchnia styku ogumienia z podłożem zapewniała dobry uciąg bez nadmiernego wzrostu oporów toczenia. Dlatego przygotowując maszyny do pracy, należy pamiętać o prawidłowym doborze ciśnienia w ogumieniu.

Cel pracy

Celem badań było porównanie parametrów charakteryzujących pracę ciągnika CLAAS AXION 830, tj. zużycia paliwa oraz mocy uciągu, podczas zmian ciśnienia w ogumieniu w zakresie od 2,0 do 0,6 barów.

Zakres przeprowadzonych prac badawczych obejmował porównanie średniej mocy uciągu oraz średniego jednostkowego zużycia paliwa podczas pracy dla trzech dobranych wcześniej wariantów ciśnienia w ogumieniu.

Materiały i metody

Badania przeprowadzono w drugiej połowie marca 2022 roku, na polach zlokalizowanych w Niepruszewie w gminie Buk w powiecie poznańskim w województwie wielkopolskim. Realizowało je Studenckie Koło Naukowe Inżynierii Rolniczej we współpracy z firmami Claas Polska oraz Michelin. Jako obiektu badanego do testów został użyty ciągnik rolniczy, CLAAS AXION 830 o mocy 235 KM wyposażony w opony Michelin o rozmiarach: VF 600/70 R30 na osi przedniej oraz VF 710/70 R42 na osi tylnej.

Prędkość, z jaką poruszał się badany ciągnik, wynosiła $7,5 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$, co w przeliczeniu dawało $2,1 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$. Badania przeprowadzono w trzech różnych wariantach ciśnień.

Pierwsza wartość ciśnienia w ogumieniu wynosiła 2,0 bary. Określono ją na podstawie doświadczeń pracowników firmy Michelin, z których wynika, że rolnicy często stosują w oponach ciągników tak wysokie ciśnienie, sugerując się jedynie „dobrym” wyglądem opony, nieuginającej się za bardzo na twardej nawierzchni. Również w artykule opublikowanym na portalu „Oknem Rolnika” (2022) można przeczytać, że ciśnienie w oponach rolniczych to skomplikowany temat. Wiele osób nie zdaje sobie sprawy, że nie powinno się pompować ogumienia do wartości podanych na oponach (zwykle 2,5–3,5 bara), ponieważ jest to wyłącznie ciśnienie montażowe i nie zaleca się go do pracy opony. Dlatego średnia wartość wynosi zazwyczaj około 1,6 bara, przy czym rzeczywista wartość tego parametru powinna zostać dostosowana do prac oraz warunków, na jakie zostaje wystawiony traktor.

Kolejną wartością ciśnienia zastosowaną w trakcie badań w ogumieniu było 1,2 bara. Wartość ta została dobrana jako optymalna przez system CEMOS oferowany przez firmę CLAAS w ciągnikach tej marki. Wśród funkcjonalności tego systemu dostępne są optymalizacja maszyny oraz wspomaganie operatora zarówno podczas doboru parametrów podlegających regulacji, jak i samej pracy ciągnikiem. System CEMOS podpowiedział, w jaki sposób należy dobrać obciążenie osi ciągnika oraz odpowiednie ciśnienie w ogumieniu poszczególnych osi, dla wykonywanej czynności, czyli hamowania badanego ciągnika.

Ostatnimi wartościami ciśnienia w ogumieniu ciągnika, jakie zastosowano podczas badań, były odpowiednio 0,8 bara w ogumieniu na osi przedniej oraz 0,6 bara w ogumieniu na osi tylnej. Ostatnie wartości ciśnienia dobrano na podstawie danych katalogowych opon oraz sugestii pracowników firmy Michelin.

Do zebrania danych pomiarowych posłużyły niezbędne narzędzia badawcze. Pierwszym urządzeniem była miernica FCM–100 służąca do pomiaru ilości zużytego oleju napędowego. Samo urządzenie składa się z dwóch części: sterownika rejestrującego dane o ilości paliwa zużytego przez silnik ciągnika oraz przepływomierza owalnokołowego instalowanego w układzie paliwowym. Oba elementy były połączone ze sobą przewodami. Miernica umożliwiła dokładne sprawdzenie, ile paliwa zużywał silnik ciągnika podczas przejazdu na wcześniej ustalonym odcinku pomiarowym. Trasę przejazdu ustalono za pomocą miary i słupków wyznaczających odcinek testo-

wy o długości 100 m do przejazdu zerowego w celu dokonania kalibracji sprzętu. Miernicę zużycia paliwa zamontowano na ciągniku i wpięto w jego układ paliwowy zgodnie z instrukcją montażu dostarczoną przez producenta. Pomiaru rozpoczęto od zerowania wskazań miernicy na początku odcinka pomiarowego, natomiast na jego końcu zapisano pomiar zużycia paliwa. Dzięki oprogramowaniu silnika można oszacować, ile paliwa zużył silnik. Po analizie końcowej między ciągnikiem a miernicą występowały niekiedy różnice, stąd ostateczne wyniki oparto na pomiarach z miernicy paliwowej. Z miernicy otrzymano informację o zużyciu paliwa wyrażonym w $\text{dm}^3 \cdot \text{h}^{-1}$. Znając gęstość paliwa, która wynosiła $820 \text{ g} \cdot (\text{dm}^3)^{-1}$, możliwe było obliczenie chwilowego zużycia paliwa wyrażonego w $\text{g} \cdot \text{h}^{-1}$. Ostatnim krokiem obliczeniowym dotyczącym zużycia paliwa było podzielenie chwilowego zużycia paliwa ($\text{g} \cdot \text{h}^{-1}$) przez moc uciągu osiąganą na danym odcinku wyrażoną w kW, którą również mierzono podczas badań. Otrzymany wynik określał jednostkowe zużycie paliwa wyrażone w $\text{g} \cdot (\text{kW} \cdot \text{h})^{-1}$.

Do obliczenia wyżej wymienionych wartości posłużyły następujące wzory:

- moc efektywna na zaczepie N_{ez} :

$$N_{ez} = F_z \cdot V \cdot \frac{1000}{3600} \text{ [kW]}$$

F_z – siła na zaczepie

V – prędkość [km/h]

- godzinowe zużycie paliwa G_e :

$$G_e = G_{ev} \cdot \rho_p \text{ [g/h]}$$

G_{ev} – średnie zużycie paliwa

ρ_p – gęstość oleju napędowego

- jednostkowe zużycie paliwa g_e :

$$g_e = \frac{G_e}{N_{ez}} \text{ [g/kWh]}$$

Drugim narzędziem pomiarowym do zebrania niezbędnych danych był dynamometr AXIS FB100 o maksymalnym zakresie pomiarowym 100 kN. Częstotliwość pomiaru urządzenia wynosiła do 40 pomiarów na sekundę,

natomiast dokładność pomiarowa dynamometru to $\pm 0,1\%$ zakresu, w tym przypadku 100 N. Urządzenie to rejestrowało w czasie rzeczywistym dane o sile uciągu badanego ciągnika. Uzyskiwane podczas badań wartości siły uciągu ciągnika CLAAS AXION 830 były generowane przez drugi, większy ciągnik, którego układ napędowy skonfigurowano w taki sposób, aby poruszał się on z prędkością mniejszą od ciągnika badanego o ok. 1 km/h, hamując w ten sposób ciągnik badany. Traktorem hamującym był CLAAS AXION 960 o mocy 445 KM. Użycie tak dużego ciągnika holowanego miało na celu wygenerowanie możliwie jak największej siły oporu, aby uzyskać jak największą siłę uciągu ciągnika testowanego. Ciągniki połączono ze sobą sztywnym holem uzupełnionym elementem elastycznym – krótkim odcinkiem stalowej liny. Przetwornik siły dynamometru zamocowano za pomocą połączenia śrubowego w środkowej części sztywnego holu. Przetwornik połączono przewodem sygnałowym z urządzeniem rejestrującym znajdującym się w kabinie ciągnika.

Kolejnym niezbędnym elementem wykorzystanym podczas badania był system nawigacji polowej. Odbiornik GNSS NovAtel ProPak-V3 wyposażony w moduł smallTRIP QUAD do pobierania poprawek RTKnet z systemu ASG Eupos zamontowano na badanym ciągniku. Taka konfiguracja odbiornika pozwala na uzyskanie dokładności pozycjonowania na poziomie 2,5 cm dla pojazdu pozostającego w ruchu.

Odbiornik GNSS pozwolił na przeprowadzenie pomiarów długości testowego odcinka oraz średniej wartości poślizgu kół napędowych badanej maszyny CLAAS AXION830 na tym odcinku. Wartość poślizgu obliczano poprzez odniesienie średniej prędkości rzeczywistej, osiągniętej podczas przejazdu bez obciążenia na 100 metrowym odcinku, na którym równocześnie dokonywano kalibracji czujnika prędkości teoretycznej testowego ciągnika, do średniej prędkości osiągniętej przez badany ciągnik na odcinku testowym podczas jego przejazdu z maksymalną możliwą do wygenerowania siłą uciągu. Dla obu przejazdów stosowano identyczne nastawy układu napędowego badanego ciągnika, które miały zagwarantować utrzymywanie stałej prędkości teoretycznej wynoszącej $8 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$.

Narzędziem pomiarowym do dokładnego określenia masy ciągnika oraz sprawdzenie rozłożenia jego masy na obie osie, była waga podkładowa. Pomiary masy całkowitej ciągnika oraz mas obciążających przednią i tylną oś były istotne, ponieważ zmierzone wartości wprowadzono do systemu CEMOS badanego ciągnika i na ich podstawie określono optymalną wartość ciśnienia w ogumieniu, adekwatną do wykonywanej pracy.

Wyniki

W tabeli 1 przedstawiono uśrednione wartości otrzymane z przeprowadzanych badań.

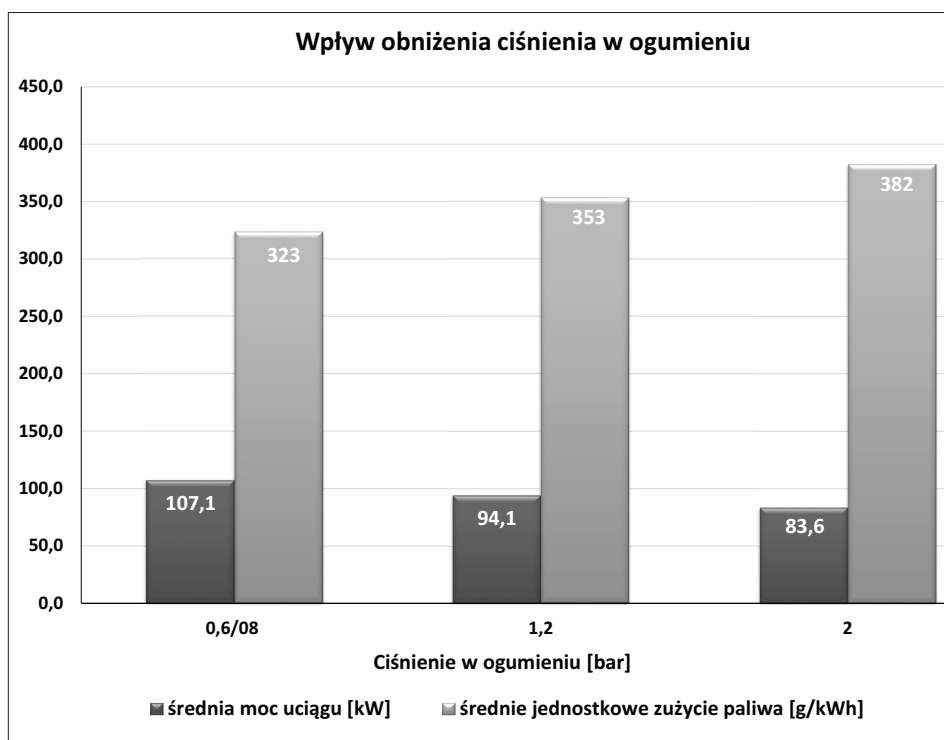
Tabela 1. Średnie wartości otrzymanych wyników

Table 1. Average values of the results obtained

Ciśnienie w ogumieniu		0,6/0,8 bara		1,2 bara		2,0 bary	
Parametr	Jednostka	odcinek 1	odcinek 2	odcinek 1	odcinek 2	odcinek 1	odcinek 2
Średnia siła uciągu	kN	49,3	52,0	45,9	44,4	40,0	39,9
Średnia prędkość	km·h ⁻¹	7,7	7,5	7,5	7,5	7,6	7,5
Średnia prędkość	m·s ⁻¹	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1
Średnie zużycie paliwa	dm ³ ·h ⁻¹	42,1	42,4	40,7	40,4	38,3	39,7
Gęstość paliwa	g·(dm ³) ⁻¹	820,0					
Godzinowe zużycie paliwa	g·h ⁻¹	34484,0	34733,3	33371,9	33142,4	31378,6	32522,0
Moc uciągu	kW	105,1	109,0	95,7	92,5	84,0	83,1
Średnia moc uciągu	kW	107,1		94,1		83,6	
Średnie jednostkowe zużycie paliwa	g·(kW·h) ⁻¹	323		353		382	

Przy ciśnieniu w ogumieniu równym 2,0 bary otrzymana moc uciągu wynosiła 83,6 kW, co przełożyło się na 382 g·(kW·h)⁻¹ średniego jednostkowego zużycia paliwa. Po obniżeniu ciśnienia w ogumieniu do 1,2 bara moc uciągu wzrosła do 94,1 kW, natomiast średnie jednostkowe zużycie paliwa spadło do 353 g·(kW·h)⁻¹. Przy najniższym dopuszczalnym ciśnieniu w ogumieniu (0,6/0,8) moc uciągu wyniosła 107,1 kW, natomiast średnie jednostkowe zużycie paliwa spadło aż do 323 g·(kW·h)⁻¹. Otrzymane wartości przedstawione są na rycinie 1.

Dla lepszego zobrazowania otrzymanych różnic uzyskane wartości przedstawiono w formie procentowej (ryc. 2). Za punkt odniesienia przyjęto wartości uzyskane dla ciśnienia w ogumieniu wynoszącego 2,0 bary. Obniżając ciśnienie w ogumieniu do 1,2 bara, uzyskano wzrost mocy ucią-



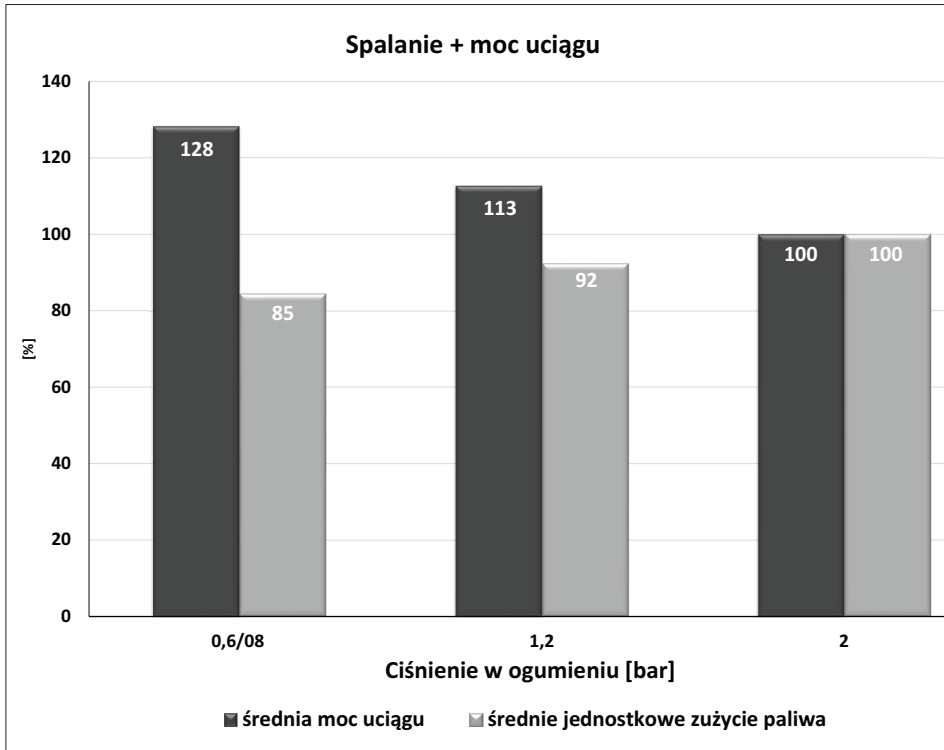
Ryc. I. Wpływ ciśnienia zastosowanego w ogumieniu ciągnika CLAAS AXION 830 na moc uciągu i jednostkowe zużycie paliwa

Fig. I. Effect of tyre pressure in CLAAS AXION 830 on tractive power and per unit fuel consumption

gu o 13%, a także spadek jednostkowego zużycia paliwa na poziomie 8%. Po obniżeniu ciśnienia do minimalnych dopuszczalnych wartości ciśnienia w ogumieniu, nastąpił wzrost mocy uciągu do 28%, podczas gdy jednostkowe zużycie paliwa spadło o 15%.

Dyskusja

Uzyskane wyniki wskazują, że im niższe jest zastosowane ciśnienie w ogumieniu, tym większa okazuje się uzyskiwana moc uciągu, a jednocześnie mniejszy staje się poślizg kół napędowych oraz spada jednostkowe zużycie paliwa. Zmniejszanie ciśnienia w ogumieniu determinowane jest przez jego konstrukcję.



Ryc. 2. Wpływ ciśnienia zastosowanego w ogumieniu ciągnika CLAAS AXION 830 na moc uciągu i jednostkowe zużycie paliwa (wartości procentowe)

Fig. 2. Effect of tyre pressure in CLAAS AXION 830 on tractive power and per unit fuel consumption (percentages)

Duża część rolników zdaje sobie sprawę, że stosuje zbyt wysokie ciśnienie w ogumieniu, jednak nie decyduje się na jego obniżanie, tłumacząc się czasochłonnością takich działań. Wielu użytkowników twierdzi, że zmiana ciśnienia w ogumieniu jest kłopotliwa, szczególnie w przypadku wykonywania prac, podczas których trzeba okresowo wjeżdżać na pole i wyjeżdżać z niego, np. nawożąc obornik za pomocą rozrzutnika obornika czy też rozlewać gnojowicy. Dotyczy to również innych prac, które wymagają regularnego przejazdu po utwardzonych drogach. W przypadku całodniowej pracy ciągnika z maszyną na polu, między innymi orki, regulacja ciśnienia w ogumieniu wydaje się być korzystniejszym rozwiązaniem. Dzieje się tak, gdyż operator musiałby wyregulować ciśnienie tylko przed rozpoczęciem pracy i po jej zakończeniu. Niezależnie od charakteru wykonywanych prac wyni-

ki przeprowadzonych badań wskazują na korzyści wynikające z obniżenia ciśnienia w ogumieniu oraz konieczność jego odpowiedniego doboru do wykonywanej pracy.

Po analizie wyników badań stwierdzono, że obniżając ciśnienie w oponach, można uzyskać wymierne korzyści. Wśród najważniejszych należy wymienić zwiększenie mocy uciągu ciągnika i mniejsze jednostkowe zużycie paliwa. Wspomniane korzyści pozytywnie wpłyną na wykonywane prace polowe. Głównym aspektem, który przekonać wszystkich użytkowników, jest mniejsze zużycie paliwa, a co za tym idzie, większa ekonomia pracy.

Bibliografia

- Farmtrac (2022). Jakie czynniki mają wpływ na spalanie paliwa w ciągniku rolniczym? Pobrane z: <https://farmtrac.pl/aktualnosci/jakie-czynniki-maja-wplyw-na-spalanie-paliwa-w-ciagniku-rolniczym/>.
- Okiem rolnika (2022). Jakie ciśnienie w oponach rolniczych? Pobrane z: <https://www.okiemrolnika.pl/jakie-cisnienie-w-oponach-rolniczych>.

ISBN 978-83-67112-69-7



9 788367 112697

