



UNIwersytet
PRZYRODNICZY
WE WROCLAWIU

Problematyka nauk przyrodniczych i technicznych – Tom 3

Wrocław 2019

Problematyka nauk przyrodniczych i technicznych – Tom 3

Monografia naukowa pokonferencyjna

XXIV Międzynarodowa Konferencja Studenckich Kół Naukowych

Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu, Wrocław, 16-17 maja 2019 r.

Redakcja:

Arkadiusz Dyjakon

Aleksander Krzyś

Wrocław 2019

Redakcja naukowa:

Dr inż. Arkadiusz Dyjakon
Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu
Wydział Przyrodniczo-Technologiczny
Instytut Inżynierii Rolniczej
Zakład Niskoemisyjnych Źródeł Energii i Gospodarki Odpadami

Dr inż. Aleksander Krzyś
Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu
Wydział Przyrodniczo-Technologiczny
Instytut Inżynierii Rolniczej
Zakład Inżynierii Produkcji Zwierzęcej i Bioenergetyki

Wszystkie opublikowane rozdziały otrzymały pozytywne recenzje

Monografia zawiera zbiór tematycznych prac prezentowanych przez uczestników podczas XXIV Międzynarodowej Konferencji Studenckich Kół Naukowych, która odbyła się w dniach 16-17 maja 2019 roku na Uniwersytecie Przyrodniczym we Wrocławiu. Zawarte w niniejszej publikacji artykuły zostały zamieszczone na odpowiedzialność ich autorów, którzy przesłali ich treści Organizatorom konferencji oraz zatwierdzili poprawki recenzentów i korektorów.

Monografia jest dostępna w systemie OPEN ACCES

ISBN 978-83-948516-2-0

Wydawca:
DSS UPWR
Dział Spraw Studenckich Uniwersytetu Przyrodniczego we Wrocławiu
ul. C.K. Norwida 25, 50-375 Wrocław
tel.71 320 5146, fax 71 328 32 21
e-mail: dss@upwr.edu.pl

Serdeczne podziękowania za wsparcie udzielone studentom oraz pomoc w organizacji konferencji dla:

Pełnomocnika Rektora ds. Studenckich Kół Naukowych
Dr hab. inż. Ryszarda Polechońskiego, prof. nadzw.

Kuratorów Wydziałowych SKN:

Prof. dr hab. inż. Jana Kempnińskiego z Wydziału Inżynierii Kształtowania Środowiska i Geodezji

Dr hab. inż. Agnieszki Nawirskiej-Olszańskiej, prof.nadzw. z Wydziału Biotechnologii i Nauk o Żywności

Dr hab. Artura Niedźwiedzia, prof. nadzw. z Wydziału Medycyny Weterynaryjnej

Dr hab. inż. Janiny Zawieji z Wydziału Przyrodniczo-Technologicznego

Dr inż. Przemysław Pokornego z Wydziału Biologii i Hodowli Zwierząt

Wszystkich opiekunów Studenckich Kół Naukowych.

Spis treści

Ewelina Berbeć, Agata Kuklińska, Bartosz Luboń	
BADANIE KONCENTRACJI SPOR <i>NOSEMA SPP.</i> W MIODZIE POCHODZĄCYM Z RÓŻNYCH ŹRÓDEŁ.....	5
Karolina Błaszczuk	
WYMAGANIA SIEDLISKOWE I POKARMOWE PSZENICY OZIMEJ	14
Joanna Dalecka, Julia Ptak	
OCENA RYZYKA ZAWODOWEGO PRACOWNIKÓW OBSŁUGI ELEKTROWNI WIATROWEJ.	28
Hubert Kasprzak	
BIOINDYKACJA ZANIECZYSZCZEN SO ₂ Z WYKORZYSTANIEM KRÓTKOPĘDÓW BRZOZY BRODAWKOWEJ (<i>BETULA PENDULA</i>) I JABŁONI DOMOWEJ (<i>MALUS DOMESTICA</i>).....	41
Martyna Lizak, Natalia Moszczyńska, Marika Musmanow	
PRAWNE INSTRUMENTY OCHRONY POWIETRZA.....	50
Bartosz Luboń, Ewelina Berbeć, Agata Kuklińska, Bartek Matyjewicz, Mikołaj Sadek	
BADANIE WYBRANYCH PARAMETRÓW MIODÓW POCHODZĄCYCH Z RÓŻNYCH ŹRÓDEŁ.....	61
Agnieszka Maćków	
WPŁYW POLA ELEKTROMAGNETYCZNEGO I MAGNETYCZNEGO NA ROZWÓJ I WZROST PIEPRZYCY SIEWNEJ (<i>Lepidium sativum</i>) I ŻYTA ZWYCZAJNEGO (<i>Secale cereale</i>)	71
Martyna Morawska, Tomasz Półbrat	
ZAWARTOŚĆ WYBRANYCH SKŁADNIKÓW ODŻYWCZYCH W LARWIE MĄCZNIKA MŁYNARKA (<i>TENEbrio MOLITOR</i>) W ZALEŻNOŚCI OD STADIUM I FAZY WZROSTU	86
Mateusz Pawłowski	
ANALIZA CECH WYPIEKOWYCH WYBRANYCH TYPÓW MAKI I ICH PRZYDATNOŚĆ DO WYPIEKU CHLEBA	96
Tomasz Półbrat, Martyna Morawska	
OPTIMALIZACJA PRODUKCJI KWASU DOKOZAHEKSAENOWEGO PRZEZ MIKROALGII <i>SCHIZOCHYTRIUM SP.</i> - PRACA PRZEGLĄDOWA	106
Łukasz Sobol, Katarzyna Stasiak	
OGRANICZENIE ZUŻYCIA ENERGII ELEKTRYCZNEJ W POJEŹDZIE GASTRONOMII MOBILNEJ PRZY WYKORZYSTANIU PANELI FOTOWOLTAICZNYCH.....	117
Zuzanna Staniszevska, Natalia Spyra	
ANALIZA CZASU POBIERANIA RÓŻNYCH RODZAJÓW PASZY TREŚCIWEJ PRZEZ KONIE	134
Katarzyna Wiewióra, Jakub Milewski, Michał Sierakowski	
RÓŻNORODNOŚĆ GATUNKOWA SSAKÓW STOBRAWSKIEGO PARKU KRAJOBRAZOWEGO W OPARCIU O MATERIAŁ Z FOTOPUŁAPEK	142
Adrianna Żelobowska, Klaudia Klepuszewska	
WEGAŃSKIE PIANKI - INNOWACYJNY PRODUKT NA RYNKU SŁODYCZY.....	155

BADANIE KONCENTRACJI SPOR *NOSEMA SPP.* W MIODZIE POCHODZĄCYM Z RÓŻNYCH ŹRÓDEŁ

Ewelina Berbec^{1*}, Agata Kuklińska¹, Bartosz Luboń¹

¹Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu, Studenckie Koło Naukowe Pszczelarzy "Apis", Wydział Biologii i Hodowli Zwierząt, Katedra Higieny Środowiskai Dobrostanu Zwierząt, ul. Chelmońskiego 38c, 51-630 Wrocław.

*ewelanina.nina@gmail.com

Abstrakt

Badania miały na celu ocenę obecności spor *Nosema spp.* w miodzie dostępnym w sprzedaży. Analizowano również, czy koncentracja różniła się znacząco w miodach pochodzących z różnych źródeł: miody z pasiek ekologicznych; kupione bezpośrednio od wybranego pszczelarza oraz dostępne w supermarketach. Badane były dwie odmiany miodu: wielokwiatowy i lipowy. Badanie koncentracji spor przeprowadzono metodą hemocytometryczną, licząc spory w kratkach komory Thoma. Dla każdej próbki przeprowadzono trzy niezależne analizy, każdą w trzech powtórzeniach. Słowa kluczowe: pszczoła miodna, *Apis mellifera*, nosemoza, miód

1. Wprowadzenie

1.1. Nosemoza

Nosemoza jest jedną z najpowszechniejszych chorób pszczoły miodnej (*Apis mellifera* L.). Obecnie jest ona rozpowszechniona na wszystkich kontynentach, na których występuje pszczoła miodna, łącznie z Australią. Zakażenie pszczoły mikrosporidiami *Nosema apis* oraz *Nosema ceranae*, wywołującymi tę chorobę, zachodzi drogą pokarmową. Patogen atakuje głównie komórki nabłonka jelita środkowego, które nie jest wyścielone warstwą chityny tak jak jelito przednie i tylne, można je jednak znaleźć także w cewkach Malpighiego, ciałach tłuszczowych czy jajnikach matki pszczelej. Namnażanie patogena następuje w komórkach nabłonka. Jedna infekująca spora przyczynia się do powstania finalnie czterech spor, które po naruszeniu błony komórkowej gospodarza wydostają się z powrotem do treści jelitowej, skąd mogą zarażać sąsiadujące komórki lub wydostać się z kałem na zewnątrz organizmu gospodarza i przyczynić się do rozprzestrzenienia infekcji w rodzinie. Jednym z objawów wysokiego poziomu infekcji nosemozą jest biegunka u pszczół, a niestrawiony do końca pokarm sprawia że kał jest słodki i chętnie zlizywany przez pozostałe pszczoły tworzące rodzinę. Dużą koncentrację spor można stwierdzić także w gruczołach gardzielowych, które u młodych robotnic odpowiadają za produkcję mleczka pszczelego (którym karmione są larwy i matka, co stanowi kolejną drogę zakażenia), natomiast u starszych za produkcję enzymów biorących udział w przetwarzaniu nektaru na miód [8, 9]. W efekcie w zakażonych rodzinach

spory *Nosema spp.* występują także w miodzie, a ich koncentracja jest skorelowana ze stopniem zakażenia rodziny [11].

Potencjalnym rezerwuarem spor *Nosema spp.* w rodzinie pszczelej w kolejnych sezonach może być wosk, którego pszczołom nie udało się dokładnie oczyścić z kału, a w którym spory długo mogą zachować żywotność [9]. Zjawisko to ma szczególne znaczenie wiosną. Od niedawna pod kątem zawartości spor *Nosemy* zaczęto badać także inne produkty pszczele, w tym miód [3, 11].

1.2 Miód ekologiczny

Jedynie miód pochodzący z pasiek ekologicznych może posiadać na etykiecie znak rolnictwa ekologicznego. Prowadzenie pasieki ekologicznej wymaga przestrzegania restrykcyjnych wymagań, mających za zadanie utrzymać produkt o najwyższych standardach jakościowych. Przede wszystkim ważna jest tutaj lokalizacja pasieki - w promieniu 3 km źródłem pożytku powinny być zasadniczo ekologiczne uprawy i dzika roślinność, nie powinny być tam stosowane chemiczne środki ochrony roślin, a normy dotyczące stężenia zanieczyszczeń powietrza, gleby i wody nie mogą zostać przekroczone. Utrzymywane rasy pszczoł powinny być dobrze zaadaptowane do warunków środowiska, dlatego też zalecane są rasy lokalne. Na terenie Polski najlepiej nadaje się rasa środkowoeuropejska *Apis mellifera mellifera* i kraińska *Apis mellifera carnica*. Zabronione jest tak, jak i w pasiekach konwencjonalnych stosowanie antybiotyków w celu leczenia i profilaktyki chorób. Problem stanowi pozyskiwanie węzy wolnej od akarycydów, gdyż należałoby utworzyć w wytwórniach węzy osobną linią dla wosku ekologicznego. W związku z tym zaleca się m.in. pozwolenie pszczołom na wybudowanie własnych plastrów, bez zastosowania węzy. W celach leczniczych i profilaktycznych dopuszczone jest stosowanie preparatów ziołowych i homeopatycznych, a także określonych kwasów organicznych i olejków eterycznych. Z nosemozą zaleca się walczyć głównie poprzez likwidację rodzin z objawami biegunki, stanowiących źródło zakażenia dla zdrowych rodzin. Zakażona rodzina może też zostać przeniesiona do czystego, odkażonego lodowatym kwasem octowym ula, stare plastry powinno się spalić, a rodzinie dostarczyć nowych. Należy ją ocieplić i podkarmić rzadkim syropem. Zapasowe plastry powinny być regularnie odkażane [7, 12].

2. Cel pracy

Celem pracy było zbadanie, czy w miodach dostępnych w sprzedaży obecne są spory mikrosporidiów z rodzaju *Nosema*, a następnie zbadanie różnicy kontaminacji sporami *Nosema*

spp. badanych grup miodów. Wyniki wykorzystano do oszacowania stopnia porażenia nosemozą rodzin pszczelich, z których badany miód pochodził.

3. Materiał i metody badawcze

Do badań własnych pozyskano miody z trzech grup, różniących się pochodzeniem: miody z pasiek z certyfikatem ekologicznym; kupione bezpośrednio u wybranego pszczelarza oraz dostępne w losowo wybranych supermarketach. Każda grupa obejmowała po 3 różne miody w 2 odmianach: lipowy oraz wielokwiatowy, łącznie przebadano 18 miodów. Z każdego miodu naważono po trzy próbki, każdą sprawdzono trzykrotnie pod kątem zawartości spor *Nosema spp.*

Miody oznakowano kodem trzyliterowym w następujący sposób:

- pierwsza litera: - odmiana miodu: L (lipowy) i W (wielokwiatowy);
- druga litera - grupa: E (ekologiczny), S (dostępny w losowo wybranych supermarketach), P (kupiony od wybranego pszczelarza);
- trzecia litera: alfabetycznie A-S (indywidualne oznaczenie danego miodu).

Spory *Nosema spp.* pozyskano z próbek miodu metodą opisaną przez Sarıbiyık i Özkırım [11]. Z każdego badanego miodu naważono do plastikowych falkonów po 3 próbki, o masie 1g ($\pm 0,1$). Następnie do każdej z nich dodano 9 ml roztworu soli fizjologicznej 0,9% NaCl i rozpuszczano miód przy pomocy wytrząsarki laboratoryjnej. Tak przygotowane próbki wirowano przez 10 min z prędkością 3000 rpm. Ostrożnie zbierano całkowicie supernatant z falkonów. Następnie pozostały osad zalewano 1 ml soli fizjologicznej (0,9% NaCl) aby go zawiesić. Otrzymaną zawiesinę nanoszono za pomocą pipety Pesteura na powierzchnię w komorze zliczeniowej Thoma i zliczano spory *Nosema spp.* W tym celu obserwowano 16 dużych kwadratach pod mikroskopem świetlnym, powiększenie 400x. Każdy roztwór sprawdzono trzykrotnie. Dla każdego miodu otrzymano 9 wyników, z których obliczono średnią arytmetyczną. Przeliczono zawartość spor w 1g miodu wg wzoru:

$$X=D \cdot 15625 \quad (1)$$

gdzie:

X - zawartość spor w 1g miodu, spor/g miodu,

D - średnia ilość spor w 16 dużych kwadratach komory Thoma dla danego miodu, spor,
15 625 - współczynnik, wynik ilorazu objętości badanego roztworu (1 cm^3), oraz objętości 16 dużych kwadratów komory hemocytometrycznej ($6,4 \cdot 10^{-5} \text{ cm}^3$).

Analizę statystyczną przeprowadzono posługując się pakietem statystycznym R, wersja 3.4.4. Analizę istotności różnic między badanymi grupami przeprowadzono za pomocą testu nieparametrycznego Kruskalla-Wallisa.

4. Analiza i dyskusja uzyskanych wyników

Wyniki liczebności spor w przeliczeniu na 1g miodu przedstawiono na rysunku 1. Dane dotyczące ilości spor w przeliczeniu na 1 g miodu w badanych miódach różnią się od siebie w sposób istotny statystycznie ($p < 2,2 \cdot 10^{-16}$). Uzyskane wyniki w badaniach własnych potwierdzają, że spory *Nosema spp.* znajdują się w miodzie. Spośród badanych miódów tylko 2 były niemalże wolne od spor *Nosemy*: LEB i LPH. Najwyższą koncentrację spor wykazano w miodzie LPI ($3,6 \cdot 10^5$ spor/g), wysokie wartości charakteryzowały również miody WEK ($3,1 \cdot 10^5$ spor/g), WSM ($2,5 \cdot 10^5$ spor/g) i WSO ($3,0 \cdot 10^5$ spor/g). Sarıbiyık i Özkırım [11] w swoich badaniach wykazali zależność między stopniem zainfekowania rodziny pszczelej nosemozą a zawartością spor *Nosemy* w miodzie. Proporcja ilości spor na pszczołę do ilości spor w 1 g miodu wynosiła 100:1,63. Wyniki te pozwoliły autorom na wyprowadzenie wzoru pozwalającego oszacować liczbę spor w ciele pszczoły na podstawie badania miodu, pochodzącego z danej rodziny:

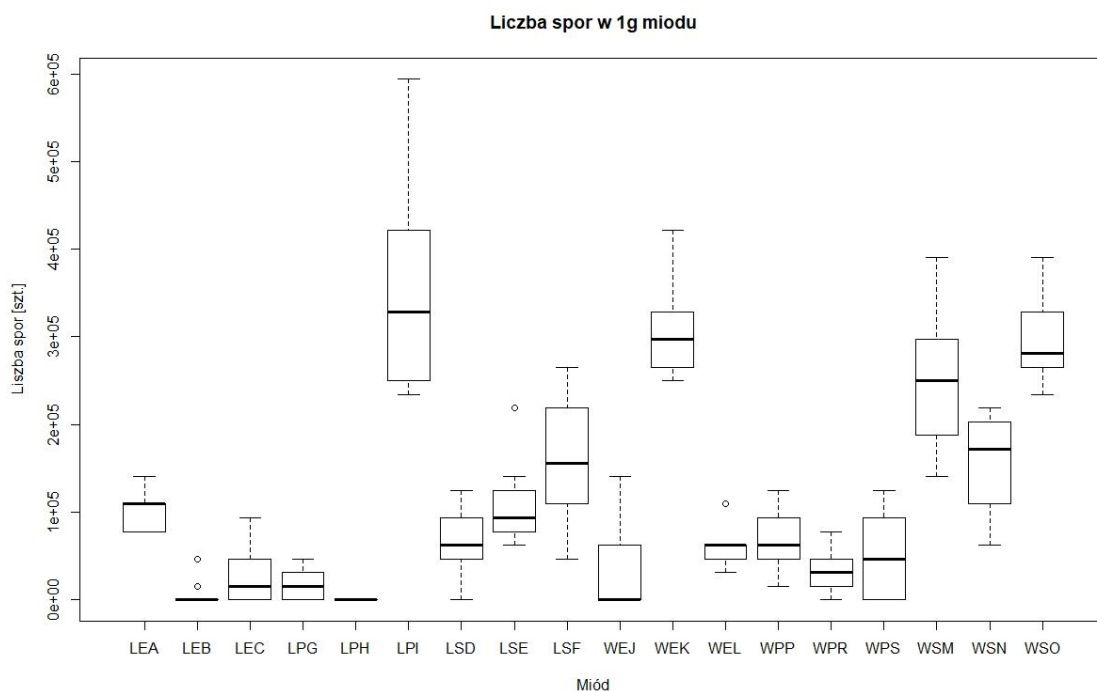
$$Y = \frac{100 \cdot X}{1,63} = 61,35 \cdot X \quad (2)$$

gdzie:

Y - ilość spor *Nosema spp.* w przeliczeniu na pszczołę, spor/pszczołę,

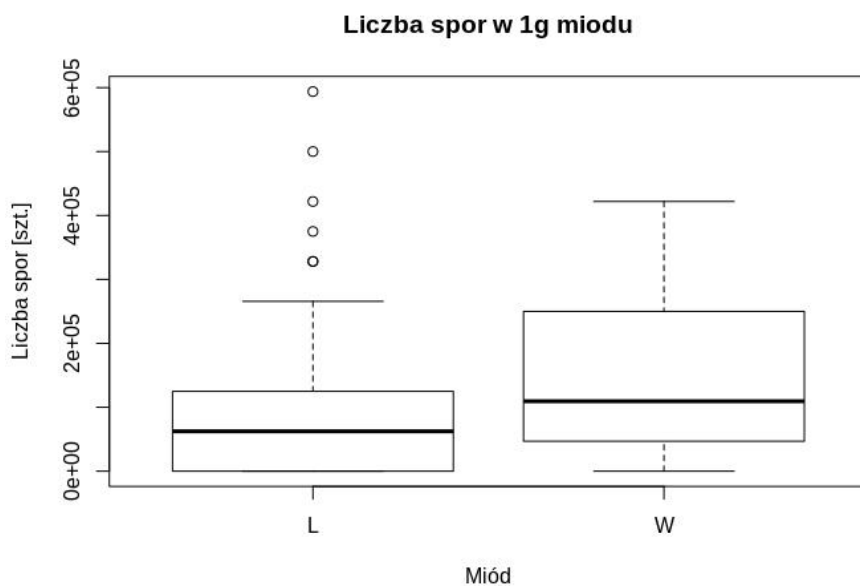
X - zawartość spor w 1g miodu, spor/g miodu.

Stosując wzór (2) można łatwo obliczyć, że dla podanych wyżej miódów o najwyższej zawartości spor *Nosema spp.* stopień porażenia rodziny wynosi odpowiednio $22,09 \cdot 10^6$, $19,02 \cdot 10^6$, $15,34 \cdot 10^6$ i $18,40 \cdot 10^6$ spor/pszczołę, jest zatem wysoki. Dla porównania, Özkırım i in. [5] w badaniach prowadzonych przez 8 lat w 72 prowincjach Turcji, pobierając pszczoły do badań z danego ula 4 razy w roku i uzyskując materiał badawczy w liczbie 1041 próbek pszczoł stwierdził najwyższy poziom zarażenia sporami *N. apis* na poziomie $69 \cdot 10^6$ spor/pszczołę. W badaniach Pohoreckiej i in. [6] przeanalizowano materiał pochodzący z 588 rodzin pszczelich zlokalizowanych w 200 pasiekach na całym terytorium Polski przez dwa lata w okresie wiosennym. Najwyższy stwierdzony w tej pracy poziom zakażenia w próbkach żywych pszczoł wyniósł $35,4 \cdot 10^6$, a martwych - aż $76,9 \cdot 10^6$ spor/pszczołę. Uzyskane wyniki badań niektórych miódów wskazują więc na wysoki poziom zakażenia rodzin, z których pochodzą, jednakże z innych badań wiemy, że może on być nawet kilkakrotnie wyższy.



Źródło: opracowanie własne

Rys. 1. Koncentracja spor *Nosema spp.* w przeliczeniu na 1g miodu.
(Oznaczenia skrótove badanych miodów: opis w tekście rozdziale 2)



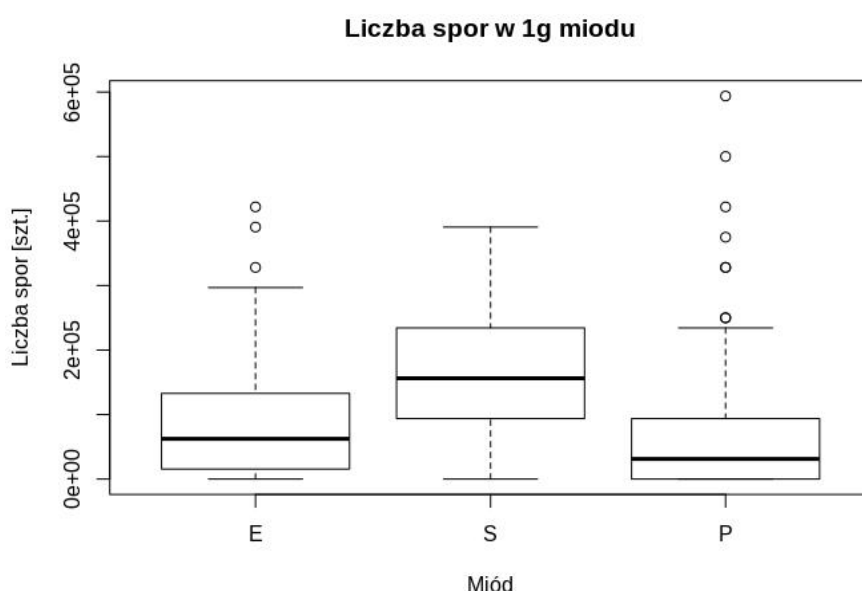
Źródło: opracowanie własne

Rys. 2. Koncentracja spor *Nosema spp.* w przeliczeniu na 1g miodu:
w miodzie lipowym (L) i wielokwiatowym (W)

Porównano liczebność spor *Nosema spp.* w badanych odmianach miodu (rys. 2), wyniki różniły się istotnie statystycznie ($p = 4,8 \cdot 10^{-4}$). Wyższą zawartość spor w przeliczeniu na 1 g miodu stwierdzono w miodzie wielokwiatowym (średnia wartość: $1,51 \cdot 10^5$ spor/gram miodu), niższą natomiast w lipowym (średnia wartość: $0,95 \cdot 10^5$ spor/gram miodu). Różnica może wynikać z dynamiki rozwoju nosekozy w ciągu roku oraz odmiennego czasu produkcji przez

pszczoły miodu tych dwóch odmian miodu. Miód wielokwiatowy jest pierwszym miodem pozyskiwanym w trakcie sezonu pszczelarskiego. Jest produkowany przez pszczoły od wczesnej do późnej wiosny. To na ten okres przypada najintensywniejszy w ciągu roku rozwój nosemozy. Szczególnie gatunku *Nosema apis*, gdyż sprzyjają temu częste jeszcze w tym okresie chłodniejsze, deszczowe dni oraz chwilowe braki zapasów pyłku, a pszczoły są osłabione po zimowli. *Nosema ceranae* nie charakteryzuje się tak uregulowanym cyklem rozwoju, ale wiadomo, że preferuje wysokie temperatury. Najwyższe ilości spor *Nosema spp.* obserwuje się w kwietniu-maju, później poziom infekcji powoli spada, kolejny wzrost następuje dopiero pod koniec lata - jesienią. Lipy będące głównym źródłem nektaru dla miodu lipowego kwitną od pierwszej połowy czerwca do początku lipca. W tym czasie intensywność zakażenia nosemozą wykazuje tendencję spadkową, co może być przyczyną niższej zawartości spor w miodzie lipowym w przeprowadzonych badaniach [1, 2, 10, 13, 14].

Porównano także różnice w liczebności spor *Nosema spp.* pomiędzy badanymi grupami miodów o różnym pochodzeniu. Różnice wartości okazały się być istotne statystycznie ($p = 2,55 \cdot 10^{-7}$). Najwięcej spor stwierdzono w grupie miodów dostępnych w losowo wybranych supermarketach (średnia wartość $1,73 \cdot 10^5$), mniej spor było obecnych w grupie miodów z pasiek ekologicznych (średnia wartość $1,04 \cdot 10^5$), najmniej natomiast w grupie miodów kupionych bezpośrednio od wybranego pszczelarza (średnia wartość $0,87 \cdot 10^5$) (rys. 3). Jednak, w tej ostatniej grupie występowały też najwyższe wartości spośród wszystkich badanych miodów.



Źródło: opracowanie własne

Rys. 3. Liczebność spor *Nosema spp.* w przeliczeniu na 1g miodu w miodach: ekologicznych (E), dostępnych w losowo wybranych supermarketach (S), kupionych od wybranego pszczelarza (P).

Średnia koncentracja spor w grupie obejmującej wszystkie badane miody wynosiła $1,22 \cdot 10^5$ spor/gram miodu, co po przeliczeniu daje $7,4 \cdot 10^6$ spor/pszczołę. Dla porównania, wg danych podanych przez APHIS Honey Bee Survey Reports [1] dotyczących średniego poziomu zakażenia nosemozą w poszczególnych miesiącach roku uzyskanych na podstawie badań przeprowadzonych w Stanach Zjednoczonych w latach 2009-2016 gromadząc dane z łącznie 6698 przebadanych próbek pszczół, infekcja przyjmuje następujące wartości: w kwietniu $0,8 \cdot 10^6$, w maju $0,5 \cdot 10^6$, w czerwcu $0,3 \cdot 10^6$ spor/pszczołę. Wskazywałoby to na znacznie wyższy średni poziom zakażenia nosemozą rodzin pszczelich, od których pochodził badany miód.

Otrzymane wyniki w badaniach własnych wskazują na pewną tendencję występującą w rodzinach pszczelich, jednakże nie można jednoznacznie wnioskować nad stopniem porażenia rodzin pszczelich sporami opierając się o wyniki ze wzoru (2). Jest to spowodowane tym, iż został on opracowany na podstawie wyników badań pochodzących ze zbyt małej liczby publikacji. Nieznane są jeszcze dokładnie czynniki mogące wpłynąć na stosunek stopnia zakażenia rodziny do ilości spor *Nosema spp.* w miodzie. Nie wiadomo również, czy stosunek ten jest taki sam dla obu gatunków *Nosema apis* i *Nosema cerenae*, a także jaki wpływ mają odmienne warunki geograficzne, a co za tym idzie klimatyczne i pożytkowe (badania, na podstawie których opracowano wzór (2) zostały przeprowadzone w Turcji). Dodatkowo, ze względu na niewielką ilość spor *Nosema spp.* w miodzie nawet przy bardzo zakażonych rodzinach wyniki obarczone są dużym błędem. Niemniej jednak badania własne potwierdzają tendencję jaka została opisana w jedynie kilku publikacjach. Poruszona tematyka w ramach badań własnych skłania do dalszej analizy i badania tego zagadnienia.

5. Podsumowanie

Badania wykazały, że w dostępnych na polskim rynku miodach spory *Nosema spp.* są obecne, i to we wszystkich badanych grupach, zarówno wg podziału opierającego się na pochodzeniu, jak i odmianie miodu. Obecność spor w miodzie nie zmienia jego wartości konsumpcyjnej, może być natomiast wskaźnikiem poziomu zakażenia nosemozą rodzin pszczelich, od których pochodzi.

Literatura

- [1] APHIS Honey Bee Survey Reports, https://bip2.beeinformed.org/state_reports/, dostęp: 13.04.2019r.

- [2] Fahey R., Rennich K., Madella S., Nessa A., Swan N., Steinhauer N., i in.: 2015 – 2016 National Honey Bee Disease Survey Report, https://beeinformed.org/wp-content/uploads/2018/11/2015-2016-Summary-Report_Finalpdf.pdf, dostęp: 14.04.2019r.
- [3] Giersch T., Berg T., Galea F., Hornitzky M.: *Nosema ceranae* infects honey bees (*Apis mellifera*) and contaminates honey in Australia, *Apidologie*, 2009, Vol. 40(2), s. 117–123.
- [4] Gisder S., Hedtke K., Möckel N., Frielitz M.-C., Linde A., Genersch E.: Five-Year Cohort Study of *Nosema* spp. in Germany: Does Climate Shape Virulence and Assertiveness of *Nosema ceranae*?, *Applied and Environmental Microbiology*, 2010, Vol. 76(9), s. 3032-3028.
- [5] Özkırım A., Schiesser Aygün., Keskin N.: Dynamics of *Nosema Apis* and *Nosema Ceranae* Co-Infection Seasonally in Honey Bee (*Apis Mellifera L.*) Colonies, *Journal of Apicultural Science*, 2019, 10.2478/jas-2019-0001.
- [6] Pohorecka K., Bober A., Skubida M., Zdańska D.: The Spring Assessment of *Nosema* Spp. Infection in Honey Bee Colonies (*Apis mellifera L.*) - Sampling as an Important Aspect of a Reliable Diagnosis, *Journal of Apicultural Science*, 2018, Vol. 62(1), s. 61-66.
- [7] Polska Ekologia: Czym jest miód ekologiczny?, <http://www.polskaekologia.org/index.php/aktualnosci/32-uncategorised/173-czym-jest-miod-ekologiczny>, dostęp: 14.04.2019r.
- [8] Ptaszyńska A., Borsuk G., Anusiewicz M., Mułenko W.: Location of *Nosema* spp. spores within the body of the honey bee, *Medycyna weterynaryjna*, 2012, Vol. 68(10), s. 618-621.
- [9] Ptaszyńska A., Mułenko W.: Wybrane aspekty budowy, taksonomii oraz biologii rozwoju mikrosporydiów z rodzaju *Nosema*, *Medycyna weterynaryjna*, 2013, Vol. 69(12), 716-725.
- [10] Rennich, K., Pettis J., Vanengelsdorp D., Bozarth R., i in.: 2010-2011 National Honey Bee Pests and Diseases Survey Report, 2011, s. 1-17.
- [11] Sarıbiyık C., Özkırım A.: The Transition Ratio of *Nosema* spp. Spores From Colonies to Honey Versus Honey to Colonies, *Journal of Agricultural Science*, 2018, Vol. 11(1), s. 72-80.
- [12] Skubida P., Skowronek W., Szewczyk A.: Prowadzenie pasiek metodami ekologicznymi. Materiały dla rolników, Krajowe Centrum Rolnictwa Ekologicznego -

Regionalne Centrum Doradztwa Rozwoju Rolnictwa i Obszarów Wiejskich w Radomiu,
GP RCDRRiOW w Radomiu, Radom 2004.

- [13] Stevanovic J., Simeunovic P., Gajic B., Lakic N., Radovic D., Fries I., Stanoimirovic Z.: Characteristics of *Nosema ceranae* infection in Serbian honey bee colonies, *Apidologie*, Springer Verlag, 2013, 44 (5), s. 522-536.
- [14] Traver B., Williams M., Fell R.: Comparison of within hive sampling and seasonal activity of *Nosema ceranae* in honey bee colonies, *Journal of Invertebrate Pathology*, 2012, Vol. 109(2), s. 187-193.

THE RESEARCH ON SPORES *NOSEMA SPP.* CONCENTRATION IN HONEY FROM DIFFERENT SOURCES

Abstract

The aim of the study was to investigate if inside available on the market honey *Nosema spp.* spores are current, and also if theirs presence and concentration differ significantly in honey from different sources: honey from ecological apiaries; bought directly from beekeeper and available in supermarkets. Two kinds of honey was examined: multifloral and linden honey. Research on spore concentration was conducted by hemocytometric method, by counting spores in Thoma slide squares. Every sample was measured three times, each in three repeats.

Keywords: honeybee, *Apis mellifera*, nosemosis, honey

Opiekun pracy:

dr inż. Paweł Migdał

dr Ewa Popiela-Pleban

Recenzenci:

dr inż. Paweł Migdał

dr hab. inż. Adam Roman

WYMAGANIA SIEDLISKOWE I POKARMOWE PSZENICY OZIMEJ

Karolina Błaszczak

Uniwersytet Technologiczno-Przyrodniczy w Bydgoszczy, Wydział Rolnictwa i Biotechnologii,
Studenckie Koło Chemii Rolnej, ul. Seminaryjna 5, 85-236 Bydgoszcz
Autor korespondencyjny: barczak@utp.edu.pl

Abstrakt

Pszenica ozima należy do rodziny wiechlinowatych, pochodzi ze środkowej i południowo-zachodniej Azji. Obok jęczmienia jest zbożem najdawniej uprawianym. W skali globalnej pod względem wielkości produkcji zajmuje trzecie miejsce, po kukurydzy i ryżu. Wyróżnia się około 20 gatunków pszenicy. W Polsce uprawia się pszenicę zwyczajną, twardą, szorstką, orkisz, samopszą, płaskurkę oraz polską. Dominuje uprawa formy ozimej. W 2017 roku jej areal wynosił 2,39 mln ha, a wielkość zbiorów 11,67 mln ton. W ostatnich latach ma miejsce w naszym kraju spadek udziału pszenicy ozimej w strukturze zasiewów, co wynika przede wszystkim z zastępowania tradycyjnego pieczywa innymi produktami i wzrostem zainteresowania uprawą kukurydzy.

Słowa kluczowe: pszenica, warunki uprawy, potrzeby pokarmowe

1. Wprowadzenie

1.1. Znaczenie gospodarcze pszenicy

Pszenica (*Triticum aestivum* L.) należąca do rodziny wiechlinowatych (*Poaceae*) pochodzi z południowo-zachodniej Azji. Jest gatunkiem znanym i uprawianym już od ponad 6000 lat. Rodzaj *Triticum* liczy ponad 20 gatunków oraz tysiące odmian hodowlanych i uprawnych [1]. W Polsce uprawia się pszenicę zwyczajną, twardą, szorstką, orkisz, samopszą, płaskurkę oraz polską. Ten kosmopolityczny gatunek spośród wszystkich zbóż ma największe znaczenie w Europie, Ameryce Pn i Pd, Australii, a także wschodniej Azji. W Polsce jej zasiewy zajmują 2,39 mln ha (tab. 1) [2], natomiast światowy areal jest około 100 razy większy. Forma ozima ma znaczną przewagę nad mniej plenną formą jarą [1, 3].

Pszenica uprawiana jest przede wszystkim na cele konsumpcyjne — do produkcji mąki, a po przemiale - do wypieku ciast, makaronów oraz pieczywa, natomiast po rozdrobieniu ziarna powstają kasze: manna i perłowa [4]. Ziarniaki pszenicy zawierają dużo glutenu, a także dostarczają witamin: B₁, B₂, C, D, E, K, P i soli mineralnych, a podkiełkowane ziarno pszenicy jest źródłem karotenoidów, tokoferoli i związków fenolowych [5]. Objętościowa sucha pasza z pszenicy przeznaczona dla zwierząt hodowlanych stanowi bogate źródło składników pokarmowych [6], natomiast słoma przyorywana po żniwach użyźnia glebę, będąc cennym źródłem substancji organicznej [7]. Ziarno pszenicy wykorzystywane jest także w przemyśle gorzelnicznym i browarnicznym do produkcji alkoholi: spirytusu, wódek oraz piwa [8].

1.2. Perspektywy uprawy pszenicy

Na przestrzeni lat 1960-2015 dokonał się duży postęp biologiczny, co spowodowało zwiększenie wydajności m.in. pszenicy ozimej. Począwszy od lat 60. XX wieku do przełomu wieków utrzymywała się tendencja wzrostowa powierzchni uprawy tego gatunku, natomiast od kilkunastu lat zauważyć można spadek zainteresowania rolników uprawą pszenicy na rzecz bardziej opłacalnych gatunków, jakimi są: kukurydza oraz rzepak [2].

W roku 2017 uprawa podstawowych zbóż wraz z mieszankami zbożowymi była prowadzona na powierzchni 7,60 mln ha, z czego pszenica zajmowała 2,39 mln ha. Pod względem areału kolejne miejsca zajmują: pszenżyto (1,2 mln ha), jęczmień (0,95 mln ha), żyto (0,87 mln ha), owies (0,5 mln ha) oraz mieszanki zbożowe (ponad 1,1 mln ha) [2]. Zbiór zbóż ozimych w Polsce w 2010 oraz 2017 roku przedstawiono w tabeli 1.

Tabela 1. Zbiory zbóż ozimych w Polsce

Zboża ozime	Zbiór ziarna (mln t)	
	2010	2017
Pszenica	9,41	11,67
Żyto	2,85	2,61
Jęczmień	3,40	3,79
Pszenżyto	3,57	3,98

Źródło: Rocznik..., GUS, 2018

Średni plon zbóż ozimych wraz z mieszankami zbożowymi w roku 2017 wynosił w Polsce $40,2 \text{ Mg}\cdot\text{ha}^{-1}$, a pszenicy – $48,8 \text{ Mg}\cdot\text{ha}^{-1}$ (tabela 2).

Ziarno zbóż przeznaczane jest na cele przemysłowe, konsumpcyjne, paszowe oraz reprodukcyjne. Ich przetwórstwo w Polsce w blisko 80% wykorzystuje ziarno pszenicy, na drugim miejscu znajduje się żyto z udziałem wynoszącym około 18%. Spadek udziału pszenicy ozimej w strukturze zasiewów przede wszystkim wynika ze zmieniającego się stylu odżywiania. Tradycyjne pieczywo jest coraz częściej zastępowane innymi produktami, m.in. kaszami, a także - płatkami kukurydzianymi i owsianymi. Stosowanie diety wykluczającej udział produktów zbożowych dotyczy przede wszystkim osób chorujących na celiakię. W chorobie tej organizm nie toleruje białek zapasowych tworzących gluten znajdujący się w ziarnie pszenicy [8].

Tabela 2. Średnia wielkość plonów ziarna zbóż ozimych w Polsce (Rocznik... GUS, 2018)

Zboża ozime	Plon (Mg·ha ⁻¹)
Pszenica	48,8
Żyto	30,6
Jęczmień	39,8
Pszenżyto	38,2

Źródło: Rocznik... GUS, 2018

W ostatnich latach wzrósł udział zasiewów jedynie pszenicy twardej (*Triticum durum* L.), która ze względu na wysoką ilość glutenu, coraz częściej jest wykorzystywana do produkcji makaronów [9].

Analiza rynków światowych wskazuje, że w najbliższych latach zmniejszy się powierzchnia uprawy pszenicy ozimej, przy jednoczesnym osiągnięciu relatywnie wysokich plonów ziarna. Zjawisko to będzie konsekwencją przede wszystkim postępu biologicznego. Przewiduje się również, że wielkoobszarowi, wyspecjalizowani rolnicy uprawiać będą więcej pszenżyta i kukurydzy [10].

2. Wymagania siedliskowe pszenicy ozimej

2.1. Warunki glebowe

Gleba stanowi jeden z najważniejszych czynników, który w istotnym stopniu wpływa na wielkość plonu pszenicy ozimej i innych roślin zbożowych [11]. O żyzności gleb decydują: skład mechaniczny, zawartość próchnicy i składników mineralnych, stopień zakwaszenia, a także stosunki powietrzno-wodne [12]. Pszenica ozima ma wyższe wymagania glebowe niż pszenżyto, żyt, a także owies [11]. Zalecana jest uprawa na glebach żyznych, o wysokiej zasobności w składniki pokarmowe [13]. Z tego powodu pszenicę powinno uprawiać się na kompleksach pszennych dobrych i bardzo dobrych lub na żytnich bardzo dobrych. Najwyższe plony uzyskuje się na glebach zasobnych w próchnicę i przewiewnych, które charakteryzują się dużą pojemnością sorpcyjną i dobrze magazynują wodę. Korzystne pH gleby dla pszenicy ozimej nie może być niższe niż 6,2. W warunkach kwaśnego odczynu gleby konieczne jest wapnowanie [13,14].

Niepokojącym zjawiskiem obserwowanym w Polsce od dłuższego czasu jest uprawa pszenicy w monokulturze, co prowadzi m.in. do tzw. zmęczenia gleby. Dochodzi do pogorszenia właściwości fizyko-chemicznych, a także do niekorzystnych zmian w aktywności biologicznej. Mikroflora (bakterie, grzyby) oraz mikrofauna mają znaczący wpływ na przyswajalność składników pokarmowych przez rośliny oraz ich zdrowotność [15]. System korzeniowy pszenicy ozimej jest stosunkowo słabo rozwinięty, dlatego roślina ta wykazuje

mniejszą zdolność pobierania składników pokarmowych znajdujących się w głębszych warstwach profilu glebowego. Obniżenie plonu ziarna pszenicy uprawianej w monokulturze wywołane jest również znaczącym przerzedzeniem ładu i zmniejszeniem liczby ziaren w kłosie [16]. Badania Woźniaka [17] potwierdziły, że dwukrotny wysiew pszenicy na tym samym stanowisku spowodował w roku następczym słabe wyrównanie ładu oraz obniżenie zawartości białka i mokrego glutenu w ziarnie.

Najwyższy plon ziarna pszenicy ozimej uzyskuje się w wyniku uprawy na utrzymanych w wysokiej kulturze madach, lessach, czarnoziemach i rędzinach. Nie zaleca się uprawy na glebach zakwaszonych (kwaśnych i bardzo kwaśnych), podmokłych oraz lekkich piaszczystych [18].

2.2. Warunki pogodowe

Czynnikami pogodowymi, które determinują rozwój pszenicy ozimej, a także wysokość jej plonu są: poziom i rozkład opadów oraz temperatury, a także światło [19]. Pszenica ozima, która jest rośliną dnia długiego, ma duże wymagania świetlne. Faza krzewienia wymaga dostępu do 14 godzin światła przez kilkanaście dni [13, 20]. Kiełkowanie rozpoczyna się już w temperaturze nieco powyżej 0°C. Wszystkie oziminy przechodzą okres jarowizacji prowadzący do indukowania kwitnienia. Wysiew ziarna w odpowiednich warunkach temperaturowych wpływa na efektywniejsze wschody oraz krzewienie i ukorzenianie się roślin zimą, co powoduje lepsze przezimowanie. Opóźnienie siewu przyczynia się do obniżenia mrozoodporności pszenicy. Duży wpływ na stan roślin po zimie ma czynnik odmianowy, czyli dobór odmian zimotrwałych, a także nawożenie przedsiewne. Optymalny zakres temperatur podczas krzewienia to 8-12°C, natomiast podczas wegetacji przedział ten powinien wynosić 15-20°C [13, 19].

Największe wymagania w stosunku do wody pszenica wykazuje w fazach kwitnienia, kłoszenia i zawiązywania ziarna. Niedobór wody w okresach krytycznych znacząco obniża ilość i jakość uzyskanego plonu. Do zwiększenia zawartości glutenu przyczynia się ciepła i przekropna pogoda w miesiącach letnich. Natomiast chłody i duża wilgotność w tym okresie wpływa niekorzystnie, powodując zwiększoną aktywność α -amylazy, która przyczynia się do wylegania zboża oraz porastania ziarna [21].

Pszenica, w stosunku do innych gatunków roślin, posiada najwyższy współczynnik transpiracji (300-600). Optymalna ilość opadów zimą, to około 200 mm i stanowi to zapas, z którego roślina może korzystać w czasie suchej wiosny. Jeżeli w maju utrzymują się wysokie temperatury przy niewielkich opadach, zapasy wilgoci glebowej szybko wyczerpują się, co

powoduje utratę dolnych kłosów. Bardzo niepożądanym zjawiskiem jest susza w czerwcu, która w połączeniu z wysoką temperaturą, ujemnie oddziałuje na łan pszenicy, powodując żółknięcie źdźbeł. Dochodzi wówczas do zbyt wczesnego dojrzewania ziarna i obniżenia jego plonu [3, 13, 19].

2.3. Zmianowanie

W efektywnej uprawie pszenicy bardzo duże znaczenie ma stanowisko uprawy. Wszystkie odmiany pszenicy, zarówno formy ozimej, jak i jarej, charakteryzują się dużymi wymaganiami pokarmowymi. W uprawie po przedplonach o średniej jakości, plon ziarna tego gatunku w porównaniu z uprawą na bardzo dobrych stanowiskach, spada od 5 do 10%, natomiast po złych – obniża się o 20-25%. Zalecana jest uprawa po roślinach, które wcześniej schodzą z pola, są wolne od chorób i chwastów, oraz pozostawiają w glebie dużo wartościowych resztek poźniwnych [16, 22]. Korzystny przedplon dla pszenicy formy ozimej stanowią: lucerna, koniczyna, rzepak ozimy oraz strączkowe grubonasienne, szczególnie groch. Zadowalający plon można uzyskać w uprawie po ziemniakach średnio późnych, lnie i owsie. Znaczne obniżenie plonu ziarna pszenicy ma miejsce w wyniku uprawy po życie, jęczmieniu ozimym, pszenżycie ozimym i jarym [19]. Badania Woźniaka [17] pozwoliły stwierdzić, że wyższe plony uzyskuje się w wyniku uprawy pszenicy po grochu niż po ziemniakach, a badania Piekarczyka [23] dowodzą, że kłos pszenicy posiada większą liczbę ziaren o wysokich parametrach jakościowych, gdy przedplonem jest łubin wąskolistny, niż na stanowisku, na którym uprawiano wcześniej jęczmień jary. Wyższy plon można uzyskać w uprawie po grochu, a także po mieszkach pszenżyta jarego oraz pszenicy jarej wraz z grochem siewnym niż po uprawie typowych mieszanek zbożowych. Nie zaleca się uprawiać pszenicy po kukurydzy odchwaszczanej za pomocą triazyn [22, 24]. Wysoki udział pszenicy w zmianowaniu powoduje obniżenie wskaźnika sedymentacji, zawartości białka, glutenu, gęstości ziarna oraz zwiększenie zawartości całkowitego popiołu [17]. Wysycenie zmianowania zbożami wpływa na obniżenie potencjału plonotwórczego poprzez porażenie roślin chorobami grzybowymi, m.in. zgorzelą podstawy źdźbła. Uprawie omawianego gatunku w monokulturze towarzyszy o 75% większe prawdopodobieństwo porażenia łanu zgorzelą siewek w porównaniu z uprawą ze zróżnicowanym płodozmianem. Brak zmianowania wpływa na zwiększenie obecności chwastów, w szczególności: miotłą zbożową, owsem głuchym, tobołkiem polnym, bratkiem polnym, perzem rozłogowym i innymi chwastami dwuliściennymi [18, 22].

2.4. Dobór odmiany

Współczesne prace hodowlane dążą do pozyskania odmian plennych, charakteryzujących się ulepszonymi cechami jakościowymi oraz wyższą odpornością na choroby [25]. Dobór odmiany jest ważnym czynnikiem wpływającym na wielkość i jakość plonu ziarna pszenicy. Odpowiednio dobrana odmiana powinna być odporna na suszę i działanie niskich temperatur, na choroby grzybowe i szkodniki, a także na wyleganie. Należy zwrócić szczególną uwagę na kryteria jakościowe, które decydują o kierunku użytkowania ziarna [22]. W doborze konkurencyjnej odmiany w stosunku do chwastów ważne znaczenie mają takie cechy, jak: tempo wzrostu, wysokość rośliny, kąt ustawienia i powierzchnia liści oraz architektura łanu [26]. Odmiany współczesne, mają obniżoną konkurencyjność w stosunku do chwastów ze względu na skrócenie źdźbła [27].

Wśród odmian pszenicy występujących na polskim rynku wyróżnia się następujące typy: elitarny, jakościowy, chlebowy, ciasteczkowy oraz paszowy. Typ jakościowy (A) odznacza się liczbą opadania 240 s, zawartością białka w ziarnie – 12,5%, sedymentacją – 54 ml, wodochłonnością mąki – 54,8%, wydajnością – 70%, rozmiękczeniem ciasta – 90 j Br, oraz objętością chleba – 600 cm³ [28]. Ziarno posiadające dużą ilość glutenu przeznaczone jest do wyrobu makaronów. Ważną cechą technologiczną odmian jest jakość glutenu, którą determinują takie cechy, jak barwa, elastyczność oraz zdolność do wiązania wody. O wartości technologicznej pszenicy ozimej decydują również: masa tysiąca ziaren, grubość łuski, a także barwa, szklistość i wypełnienie ziarniaków oraz ich zapach [29].

Jak wynika z danych COBORU [30] najkorzystniej plonującymi odmianami pszenicy ozimej w sezonie wegetacyjnym 2016/2017 są: KWS Magic, Speedway, Linus, KWS Dacanto, Meister, Jenga, KWS Livius, Artist, Kepler, Patras, Oxal, Kreda, Forum, KWS, Mulan, Fakir, Sailor, Platin, Torrild, Pengar, Praktik, Bamberka, Julius i Skagen.

3. Wymagania pokarmowe pszenicy ozimej

Pszenica ozima jest gatunkiem o wysokich wymaganiach pokarmowych. O jakości ziarna w dużym stopniu decydują czynniki genetyczne, ale na uzyskanie wysokich parametrów jakościowych wpływa również nawożenie. Dostępne w handlu jakościowe odmiany pszenicy ozimej posiadają zdeterminowaną genetycznie wysoką technologiczną jakość, która przy zachowaniu prawidłowej agrotechniki pozwala na uzyskanie plonów o wysokiej jakości [31]. Nawożenie jest bardzo ważnym czynnikiem plonotwórczym i w sposób decydujący wpływa nie tylko na wielkość uzyskanego plonu, ale także determinuje zawartość i jakość białka,

koncentrację glutenu i jego rozpląwalność, wartość wskaźnika sedymentacyjnego oraz rozmiękczenie ciasta. Pszenica uprawiana na paszę potrzebuje mniej azotu niż ta z przeznaczeniem technologicznym [19, 32].

Wiązkowy system korzeniowy pszenicy ozimej pozwala na pobieranie makroelementów: N, P, K, S, Ca, Mg i Na oraz mikroelementów: Fe, B, Mn, Zn, Cu, Mo, Cl i Ni. Występowanie składników pokarmowych w formach przyswajalnych dla roślin jest niezbędnym czynnikiem uzyskania wysokiego plonu. Zarówno niedobór, jak i nadmiar składników, jest niekorzystny dla roślin. Stąd kluczową rolę odgrywa zbilansowane nawożenie [33].

3.1. Azot

Azot jest najsilniej działającym plonotwórczo składnikiem pokarmowym. Do wytworzenia 1 t ziarna i odpowiedniej masy słomy pszenica ozima pobiera 22-26 kg N·ha⁻¹ [34]. Niedobór tego pierwiastka prowadzi do obniżenia liczby źdźbeł, redukcji kłosek i liczby kwiatów płodnych, co w konsekwencji znacząco obniża plon, ponieważ zachodzi redukcja masy ziarniaków oraz zmniejszenie zawartości białka. Szkodliwe działanie wywołuje również zbyt intensywne nawożenie azotem, które może prowadzić do nadmiernego zagęszczenia łanu pszenicy ozimej. Zbyt gęsty łan powoduje silną konkurencję roślin w stosunku do wody, co jest szczególnie niebezpieczne w krytycznych okresach jej niedoboru [35]. Azot, który rośliny pobierają w formach: amonowej NH₄⁺ oraz azotanowej N-NO₃⁻, koncentruje się w młodszych liściach, posiadających najwyższy współczynnik wzrostowy. Składnik ten pobierany przez korzenie jest metabolizowany, a następnie przemieszcza się do górnej części rośliny, gdzie grupy aminowe ulegają przekształceniu na aminokwasy, z których syntetyzowane są białka. Prawidłowe zaopatrzenie w azot korzystnie wpływa na pobieranie fosforu, potasu i magnezu przez pszenicę ozimą. [13, 32, 35].

3.2. Fosfor

Ważnym składnikiem pokarmowym w agrotechnice pszenicy ozimej jest fosfor, który korzystnie oddziałuje na rozkrzewianie roślin, podwyższa ich odporność na niskie temperatury oraz suszę. Prawidłowa ilość tego składnika pokarmowego zapobiega wyleganiu pszenicy, chroni przed porażeniem roślin chorobami grzybowymi oraz skraca czas dojrzewania ziarna. Do wyprodukowania 1 t ziarna pszenica ozima pobiera średnio 8 kg P₂O₅ [13]. Zawartość fosforu w roślinie zależy m.in. od nawożenia azotowego [36].

Na pobieranie i przyswajanie fosforu decydujący wpływ ma odczyn gleby. Składnik ten w warunkach zasadowych tworzy trudno rozpuszczalne związki z wapniem i magnezem, a na

glebach silnie zakwaszonych powstają niedostępne dla roślin fosforany żelaza i glinu. W warunkach tych pojawiają się specyficzne przebarwienia liści pszenicy ozimej, a także zachodzi opóźnienie kwitnienia. Rośliny pobierają ten składnik wyłącznie w formach jonowych: H_2PO_4^- oraz HPO_4^{2-} , które przemieszczają się w głąb systemu korzeniowego w wyniku procesu dyfuzji. W celu uzyskania zadowalającej efektywności nawożenia fosforem należy zastosować go przed siewem pszenicy ozimej [37].

3.3. Potas

Zawartość ogólna potasu w polskich glebach waha się w granicach 0,8-2,5%. Pierwiastek ten występuje w glebie w postaci: aktywnej, wymiennej, związanej oraz w sieci krystalicznej, a pobierany jest przez rośliny w postaci K^+ . Jego ilość zależy od składu mineralnego gleby i zawartości części spławialnych. Potas występuje w glinokrzemianach i krzemianach, które nie są dostępne dla roślin. Jest on łatwo wymywany z gleb organicznych i lekkich. W największych ilościach występuje w formach nieprzyswajalnych na glebach ciężkich. Do uwsteczniania potasu w glebie przyczynia się niska zawartość materii organicznej, wysokie pH, ograniczone nawożenie mineralne oraz wysoka zawartość minerałów ilastych. Niedobór tego składnika może wywołać również susza. Objawami deficytu potasu jest chloroza wierzchołkowa liści i ich krawędzi, a w dalszym etapie – nekrozy [13, 38]. Z kolei zbyt intensywne nawożenie potasem powoduje zasolenie podłoża.

Do wyprodukowania 1 tony ziarna pszenica ozima średnio pobiera 5 kg K_2O . Gatunek ten najintensywniej pobiera potas od początku strzelania w źdźbło aż do zakończenia fazy kłoszenia [35].

3.4. Wapń

Wapń, który jest dostępny dla roślin w formie Ca^{2+} , wchodzi w skład ścian komórkowych, decydując o ich przepuszczalności, a w warunkach obniżonych opadów stabilizuje micelle oraz membrany komórkowe. Wapnowanie gleby, na której uprawiana jest pszenica ozima, wpływa na zawartość manganu i cynku oraz innych mikroelementów w ziarnie [39]. Na zaopatrzenie pszenicy ozimej w wapń, wpływ ma zakwaszenie gleby oraz ujawniająca się w tych warunkach toksyczność glinu, która powoduje zahamowanie rozwoju systemu korzeniowego. Do wyprodukowania 1 tony ziarna pszenica ozima zużywa średnio 1 kg CaO [13].

3.5. Magnez

Magnez jako podstawowy składnik chlorofilu, występujący w chloroplastach, jest pierwiastkiem niezbędnym w procesie fotosyntezy [40]. Pierwiastek ten bierze udział w metabolizmie białek, węglowodanów i tłuszczów, intensyfikując ich zawartość w ziarnie. Optymalna zawartość magnezu kształtuje odporność pszenicy w warunkach krótkotrwałej suszy oraz działania niskich temperatur. Na pobieranie tego pierwiastka przez rośliny znacząco oddziałuje odczyn gleby oraz nawożenie azotem i fosforem. Najwyższą przyswajalność magnezu obserwuje się w zakresie pH od 5,5 do 7,2. Największą zawartością tego składnika charakteryzują się mady, czarnoziemy oraz gleby brunatne [32, 41]. Do wyprodukowania 1 tony ziarna pszenica pobiera 2 kg MgO. Niedobór tego pierwiastka, często utajony, spowalnia rozwój pszenicy ozimej, ogranicza pobieranie innych składników (najbardziej fosforu), zmniejsza odporność roślin na choroby grzybowe, obniża zawartość białka w ziarnie, pogarszając jakość biologiczną plonu, a przede wszystkim zaburzając syntezę chlorofilu, niezbędnego procesie fotosyntezy. Magnez pobierany jest przez system korzeniowy i liście w postaci kationów [35, 39].

3.6. Siarka

Siarka jest pierwiastkiem o dużym rozpowszechnieniu w różnych elementach środowiska, zaliczanym w żywieniu roślin, do najważniejszych składników pokarmowych. Wchodzi w skład aminokwasów białkowych: cystyny, cysteiny i metioniny, jako składnik glutationu ma udział w procesach oksydoredukcyjnych, wpływa też na syntezę ligniny, kwasów tłuszczowych oraz witaminy B₁ i H [40].

Od końca ubiegłego wieku obserwuje się postępujący niedobór siarki w glebach Polski [41], co jest następstwem przede wszystkim obniżenia emisji SO₂ do atmosfery.

Najwięcej siarki znajduje się w torfach, lecz jest ona na ogół niedostępna dla roślin, natomiast najmniej zawierają jej gleby lekkie i bardzo lekkie, o niskiej zawartości próchnicy, ponieważ w takich glebach siarka jest szybko wmywana [32].

Pszenica ozima, podobnie jak inne rośliny zbożowe, nie wykazuje dużych potrzeb w stosunku do siarki, jednak wysoki niedobór tego pierwiastka ujemnie wpływa na przyswajanie i wykorzystanie azotu, który jest najbardziej plonotwórczym pierwiastkiem. Powoduje to zahamowanie rozwoju ziarna i obniżenie wielkości plonu. W wyniku niedoboru siarki dochodzi do strat azotu. Azotany (V) przenikają w głąb profilu glebowego, a następnie do wód

gruntowych. Zjawisko to niekorzystnie oddziałuje na środowisko, może inicjować eutrofizację wód [42].

Siarka pobierana jest przez rośliny w formie jonów siarczanowych (VI). Niedobór tego składnika powoduje zahamowanie syntezy białka oraz zwiększenie zawartości niebiałkowych związków azotowych, m.in. szkodliwych amidów i azotanów (V). Objawia się to jasnozielonymi przebarwieniami młodych liści pszenicy, które stają się kruchsze i cieńsze, a także bardziej podatne na choroby grzybowe. Symptomy te są podobne do objawów wywołanych niedoborem azotu i magnezu. Pszenica pobiera z plonem 15-30 kg·ha⁻¹ siarki [34].

3.7. Mikroelementy

Pszenica ozima do prawidłowej wegetacji oprócz makroelementów, wymaga również mikroelementów, które są składnikami, bądź aktywatorami enzymów w procesach metabolicznych. Omawiany gatunek jest szczególnie wrażliwy na deficyt miedzi. Pierwiastek ten bierze udział w procesach fotosyntezy, oddychania oraz w biosyntezie chloroplastów i białek. Pierwiastek ten jest pobierany przez rośliny w formie Cu²⁺ w ilości 120 g·ha⁻¹ [34].

Mangan pobierany jest przez rośliny zbożowe w formie jonu Mn²⁺ w ilości około 500 g·ha⁻¹. Pierwiastek ten reguluje pobieranie żelaza i fosforu z gleby oraz bierze udział w fotosyntezie, a jego niedobór objawia się tzw. szarą plamistością. Jest aktywatorem dekarboksylazy, kinazy, hydrolazy, a także odgrywa dużą rolę w oddychaniu komórkowym [43].

Cynk stanowi składnik polimerazy RNA - jego niedobór prowadzi do zahamowania produkcji hormonu wzrostu pszenicy ozimej. Składnik ten pobierany jest przez pszenicę w postaci Zn²⁺ w ilości 350 g·ha⁻¹ [44]. Cynk jest bardzo ważnym pierwiastkiem w dokarmianiu roślin, a jego niedobór skutkuje zahamowaniem wytwarzania tryptofanu, biorącego udział w syntezie regulatorów wzrostu [45].

Bor kształtuje rozwój stożka wzrostu od początku kiełkowania, jest składnikiem budulcowym ściany komórkowej, reguluje procesy kwitnienia i zapylania. Pierwiastek ten przez pszenicę ozimą jest pobierany w postaci jonowej w ilości 115 g·ha⁻¹.

Molibden pobierany jest przez omawiany gatunek w ilości 7 g·ha⁻¹ jako jon Mn²⁺. Niedobór tego pierwiastka wywołuje liczne chlorozy oraz zahamowanie rozwoju pszenicy ozimej, a przyczyną tego zjawiska jest kwaśny odczyn gleby [44, 46].

Podstawową funkcją fizjologiczną żelaza jest udział w procesach oddychania oraz w transporcie elektronów. Pierwiastek ten jest częścią składową oksydazy i cytochromu oraz

katalazy i peroksydazy, decyduje o prawidłowym przebiegu biosyntezy DNA oraz ma wpływ na podziały komórkowe [43].

Literatura:

- [1] Szempliński W. (red.): Rośliny rolnicze, UWM Olsztyn, 2012. ss. 470.
- [2] Rocznik Statystyczny Rolnictwa, GUS, 2018.
- [3] Chotowski J. (red.): Rynki i technologie produkcji roślin uprawnych, Wieś Jutra, Warszawa 2005, ss. 346.
- [4] Podbielkowski Z., Sudnik-Wojciechowska B.: Słownik roślin użytkowych, PWRiL, Warszawa 2015, ss. 487.
- [5] Makarska E., Michalak M., Wesołowska-Trojanowska M.: Wpływ światła lasera na wartość siewną oraz poziom antyoksydantów wybranych odmian pszenicy ozimej, *Acta Agrophysica*, 2004, 4, 2, 407-417.
- [6] Jamroz D. (red.): Żywnienie zwierząt i paszoznawstwo, III, *Paszoznawstwo*, 2004., ss. 453.
- [7] Spiak Z., Piszcz Z., Kotecki A.: Wpływ przyorywania słomy z dodatkiem azotu mineralnego na zawartość azotu w glebie, *Nawozy i Nawożenie*, 2002, 1, 247-255.
- [8] www.arr.gov.pl
- [9] Spychaj R., Gil Z., Bojarczuk J.: Wpływ intensywności uprawy na plonowanie i jakość ziarna nowych linii ozimej pszenicy twardej, *Fragmenta Agronomica*, 2013, 30, 3, 159-171.
- [10] Świtoński M., Malepszy S.: Postęp biologiczny w rolnictwie w erze genomiki i modyfikacji genetycznych, *Nauka*, 2012, 1, 25-35.
- [11] Noworolnik K.: Wpływ jakości gleby na plonowanie pszenicy jarej i jęczmienia jarego, *Acta Agrophysica*, 2008, 11, 2, 457-464.
- [12] Noworolnik K., Terelak H.: Plonowanie jęczmienia jarego i owsa oraz ich mieszanki w zależności od warunków glebowych, *Rocznik Gleboznawczy*, 2005, 56, 3, 4, 60-66.
- [13] Gąsiorowski H. (red.): Pszenica - chemia i technologia, PWRiL Poznań, 2004, ss. 600.
- [14] Błażewicz-Woźniak M., Kęsik T., Konopiński M.: Uprawa roli i roślin z elementami herbologii, UP, Lublin 2014, ss. 303.
- [15] Martyniuk S., Gajda A., Kuś J.: Microbiological and biochemical properties of soils under cereals grown in the ecological, conventional and integrated system, *Acta Agrophysica*, 2001, 52, 185-192.

- [16] Suwara I., Lenart S., Gawrońska-Kulesza A.: Wzrost i plonowanie pszenicy ozimej po 50. latach zróżnicowanego nawożenia i zmianowania, *Acta Agrophysica*, 2007, 10, 3, 695-704.
- [17] Woźniak A.: Wpływ przedplonów na plon i jakość ziarna pszenicy ozimej, *Acta Scientiarum, Polonorum, Agricultura*, 2006, 5, 2, 99-106.
- [18] Artyszak A., 2006. *Technologia pszenicy ozimej*. Rzeczpospolita SA, Warszawa, ss. 104
- [19] Karczmarczyk S. (red.): *Agrotechnika roślin uprawnych*, AR Szczecin, 2005, ss. 344.
- [20] Woźniak A., Staniszewski M.: Wpływ warunków pogodowych na jakość technologiczną ziarna pszenicy jarej cv. Opatka i pszenicy ozimej cv. Korweta, *Acta Agrophysica*, 2007, 9, 2, 525-540.
- [21] Miś A.: Wpływ wybranych czynników na wodochłonność i właściwości reologiczne glutenu pszenicy zwyczajnej (*Triticum aestivum* L.), *Acta Agrophysica*, 2005, 8, 128.
- [22] Jasińska Z., Kotecki A. (red.): *Szczegółowa uprawa roślin, I*, AR Wrocław, 2003, ss. 490.
- [23] Piekarczyk M.: Wartość przedplonowa łubinu wąskolistnego i jęczmienia jarego dla pszenicy ozimej w zależności od sposobu odchwaszczania łąnu, *Acta Scientiarum Polonorum, Agricultura*, 2007, 6, 3, 59-67.
- [24] Buraczyńska D., Ceglarek F.: Plonowanie pszenicy ozimej po różnych przedplonach, *Acta, Scientiarum Polonorum, Agricultura*, 2008, 7, 1, 27-37.
- [25] Shewry P., R.: Improving the protein content and composition of cereal grain, *Journal of Cereal Science*, 2007, 46, 239-250.
- [26] Feledyn-Szewczyk B.: Ocena współczesnych i dawnych odmian pszenicy ozimej w aspekcie ich konkurencyjności z chwastami w warunkach rolnictwa ekologicznego, *Polish Journal of Agronomy*, 2011, 6, 11-16.
- [27] Didon U. M. E.: Variation between barley cultivars in early response to weed competition, *Journal of Agronomy and Crop Science*, 2002, 188, 176-184.
- [28] Ignaczak S.: *Rośliny zbożowe*, ATR Bydgoszcz, 2000., ss. 95.
- [29] Knapowski T., Ralcewicz M.: Evaluation of qualitative features of Mikon cultivar winter wheat grain and flour depending on selected agronomic factors, *Electronic Journal of Polish Agricultural Universities, Agronomy*, 2004, 7, 1-12.
- [30] COBORU (Centralny Ośrodek Badania Odmian Roślin Uprawnych): *Biuletyn odmian 2017*, Słupia Wielka.

- [31] Podolska G.: Wpływ dawki i sposobu nawożenia azotem na plon i wartość technologiczną ziarna odmian pszenicy ozimej, *Acta Scientiarum Polonorum, Agricultura*, 2008, 7, 1, 57-65.
- [32] Kościelniak W., Dreczka M.: Nowoczesna uprawa zbóż, APRA, Poznań 2009, ss.240.
- [33] Michalak A.: *Biologia: jedność i różnorodność*, PWN, Warszawa 2008, ss. 873.
- [34] www.nawozy.eu
- [35] Szczepaniak W.: Jak efektywnie nawozić pszenicę ozimą azotem?, *Agrotechnika, Poradnik Rolnika*, 2013, 2, 1-17.
- [36] Knapowski T., Murawska B., Klupczyński Z., Ralcewicz M.: Uproszczony bilans fosforu w zależności od zróżnicowanego nawożenia azotem pszenicy ozimej, *Prace Naukowe Akademii Ekonomicznej*, 2001, 888, 238-245.
- [37] Sapek B., Sapek A.: Uwalnianie mineralnych form fosforu w glebie i zawartość tego składnika w runi łąkowej w warunkach przewagi opadowej gospodarki wodą, *Woda-Środowisko-Obszary Wiejskie*, 2006, 6, 17, 65-82.
- [38] Grzebisz W.: Potas - system nawożenia, *Akademia Rolnicza*, Poznań 2011, ss. 29.
- [39] Błaziak J.: Ocena zmian zawartości mikroelementów w zbożach pod wpływem wapnowania i magnezowania gleby, *Annales UMCS*, 2007, 42, 1, 78-84.
- [40] Kopcewicz J.: *Podstawy biologii roślin*, PWN, Warszawa 2012, ss. 372.
- [41] Barczak B.: Siarka jako składnik pokarmowy kształtujący wielkość i jakość plonów wybranych roślin uprawnych, *Rozprawy 144, UTP, Bydgoszcz* 2010, ss.133.
- [42] Martyn W., Jońca M.: Wybrane właściwości chemiczne wód powierzchniowych w byłej kopalni siarki Jeziórko jako wskaźnik stanu środowiska po zakończeniu rekultywacji terenów górniczych, *Acta Agrophysica*, 2008, 8, 2, 449-458.
- [43] Nogowska M.: Funkcje biologiczne makro-i mikroelementów, *Farmacja Polska*, 2000, 56, 995-1003.
- [44] Górecki R., Grzesiuk S.: *Fizjologia plonowania roślin*, UWM Olsztyn, 2002, ss. 582.
- [45] Barczak B., Nowak K., Kozera W., Majcherczak E.: Wpływ nawożenia mikroelementami na zawartość kationów w ziarnie owsa, *Journal of Elementology*, 2006, 11, 1, 13-20.
- [46] Koziara W.: Wpływ nawozów dolistnych i adiuwanta na plonowanie pszenicy ozimej, *Pamiętnik Puławski*, 2004, 135, 91-99.

HATCH AND FOOD SPECIES OF WINTER WHEAT

Abstract

Winter wheat belongs to the family of Poaceae, comes from central and south-west Asia. Besides barley, it is the most cultivated cereal. On a global scale, in terms of volume of production it has third place, after corn and rice. There are about 20 species of wheat. In Poland, common wheat are: grown, hard, rough, spelled, samopsza, płaskurka and Polish wheat. The winter form is dominating. In 2017, its area amounted to 2.39 million ha, and the harvest size was 11.67 million tonnes. In recent years, the share of winter wheat in the sowing structure has been decreasing in our country, which is mainly the result of replacing traditional bread with other products. It is also because of growing interest in maize cultivation.

Keywords: wheat, growing conditions, nutritional needs

Opiekun pracy:

dr hab. Bożena Barczak, prof. UTP

Recenzenci:

dr inż. Tomasz Knapowski

dr inż. Anna Wondołowska-Grabowska

OCENA RYZYKA ZAWODOWEGO PRACOWNIKÓW OBSŁUGI ELEKTROWNI WIATROWEJ.

Joanna Dalecka, Julia Ptak

Państwowa Wyższa Szkoła Zawodowa im. Angelusa Silesiusa w Wałbrzychu, Instytut Przyrodniczo – Techniczny, BHP Ergo- Koło Naukowe, ul. Zamkowa 4, 58 – 300 Wałbrzych.
jula.ptak@poczta.onet.pl
joannadalecka10@gmail.com

Streszczenie

Celem pracy było przedstawienie oceny ryzyka pracowników obsługi turbiny wiatrowej. Do oceny ryzyka została wybrana Elektrownia wiatrowa Vestas V80 o mocy 2 MW. Ocena zagrożeń stwarzanych przez turbiny została wykonana metodą RISC SCORE, rozpoczynając od identyfikacji zagrożeń środowiska pracy dla czynników mierzalnych, takich jak na przykład hałas - charakteryzowany jego natężeniem, czy zapylenie – charakteryzowane jego stężeniem. Metodę oceny ryzyka zawodowego wykorzystującą tę zasadę przedstawiono w normie PN-N-18002. Przeprowadzona ocena ryzyka zawodowego pozwala na wybór środków ochrony koniecznych do zastosowania lub kontroli ryzyka na podstawie wspomnianych wcześniej ekspozycji, prawdopodobieństwa zdarzenia oraz możliwych skutków.
Słowa kluczowe: ryzyko zawodowe, elektrownie wiatrowe

Wprowadzenie

Energia odnawialna jest obecnie bardzo ważnym elementem energetyki. Ochrona środowiska narzuca państwu poszukiwanie ekologicznych źródeł energii, które dadzą duże oszczędności. Przykładem takich rozwiązań są elektrownie wiatrowe. Do ich zalet można zaliczyć czystość ekologiczną związaną z brakiem spalania i emisji gazów do atmosfery. Co więcej, elektrownie wiatrowe nie zaburzają stanu wód gruntowych, co ma miejsce przy wydobyciu węgla, gazu łupkowego oraz energii geotermalnej. Jednak elektrownie wiatrowe budzą kontrowersje z uwagi na możliwe niekorzystne oddziaływanie na środowisko i organizmy żywe. W wielu publikacjach zwraca się uwagę na hałas wytwarzany przez elektrownie wiatrowe, którym są hałas słyszalny i infradźwiękowy. Innym zagrożeniem jest ruch łopat, mogący stworzyć zagrożenie dla ptaków. Również potężne elementy ruchome (łopaty) mogą oderwać się od konstrukcji, powodując stan zagrożenia dla ludzi i zwierząt w pobliżu wiatraka. Podczas użytkowania elektrowni zauważono także występowanie nieprawidłowości dotyczących zwłaszcza drożnych dojazdów do stanowisk pracy i dobrze widocznych dróg ewakuacyjnych, środków ochrony indywidualnej, wydawania pisemnych poleceń, a także opracowania instrukcji i wykonywania prac. Skutkiem tego mogą być awarie i wypadki przy pracy.

Ze względu na to, że elektrownie wiatrowe produkują prąd tylko w określonych warunkach wiatrowych, tutaj w zakresie prędkości wiatru od 3 do 25 m/s, konieczne jest

współdziałanie z innymi źródłami energii, takimi jak elektrownie węglowe. Aby ochronić ludzi przed negatywnymi skutkami oddziaływania elektrowni wiatrowych, zalecane jest budowanie elektrowni w odległościach od 2,5 do nawet 8 kilometrów od miejsca zamieszkania.

W pracy podjęto się próby oceny ryzyka zawodowego, ponoszonego przez pracowników obsługujących elektrownie wiatrowe.

Charakterystyka obiektu

Elektrownia wiatrowa Vestas V80 o mocy 2 MW posiada wirnik z trzema łopatom o regulowanym kącie nachylenia oraz ruchomą gondolą. Średnica wirnika wynosi 80m. Jego praca sterowana jest za pomocą systemu OptiSpeed, który pozwala na efektywną pracę przy różnych prędkościach wiatru. Wszystkie elektrownie wiatrowe typu V80 wyposażone są w system OptiTip służący do regulowania kąta nachylenia łopat. Za pomocą tego systemu położenie łopat jest dostosowane do aktualnej siły wiatru. Pozwala to na optymalizację procesu produkcji i poziomu hałasu, którego poziom, w zależności od prędkości wiatru (od 4 do 14 m/s), powoduje hałas od 80 do 110 dB. Łopaty wykonane są z włókien szklanych utwardzonych żywicą. Stalowe wkłady łączą łopaty z łożyskami kulkowymi, umocowanymi za pomocą śrub do głowicy wirnika, którego obroty przenoszone są do generatora poprzez wał i przekładnię. Przekładnia stanowi połączenie układu planetarnego i ślimakowego. Od 4-biegunowego asynchronicznego generatora oddzielona jest bezobsługowym, kompozytowym sprzęgłem.

Podczas wiatru o większej sile, systemy OptiSpeed i OptiTip utrzymują produkcję energii na nominalnym poziomie niezależnie od gęstości i temperatury powietrza. Przy niższych prędkościach optymalizują produkcję poprzez zmianę ilości obrotów i kąta nachylenia łopat. Zatrzymanie elektrowni wiatrowej realizowane jest poprzez pełne wychylenie łopat wirnika. Dodatkowy hamulec używany podczas przestojów, zamontowany jest na szybkoobrotowym wale przekładni głównej. Wszystkie funkcje elektrowni wiatrowej są kontrolowane za pomocą mikroprocesorowych układów sterujących. Cały system, łącznie z transformatorem średniego napięcia, znajduje się w gondoli. Zmiana wychylenia łopat wirnika realizowana jest za pomocą układu hydraulicznego. Dostarcza on również ciśnienia potrzebnego do poprawnego działania hamulców.

Jeżeli elektrownia wiatrowa znajduje się w stanie EMERGENCY STOP, zatrzymanie wirnika powodowane jest tylko poprzez wychylenie łopat. W przypadku użycia przycisku awaryjnego zatrzymania, użyte są również hamulce hydrauliczne.

Zbudowana z włókna szklanego gondola chroni umieszczone wewnątrz urządzenia przed deszczem, śniegiem, pyłem, nadmiernym nasłonecznieniem, itp. Centralnie umieszczony wąż

pozwała na dostęp z wnętrza wieży. Wewnątrz gondoli znajduje się dźwig serwisowy o udźwigu 800 kg, który w razie potrzeby może być zwiększony do 8000 kg.

Stalowa wieża w kształcie rury jest zabezpieczona przed czynnikami zewnętrznymi i wyposażona w windę [1].

Zasady postępowania przy obsłudze elektrowni wiatrowej

O ile nie jest to konieczne, nie zaleca się przebywania w pobliżu elektrowni wiatrowej w odległości mniejszej niż 400 metrów. Podczas zewnętrznych oględzin pracującej elektrowni wiatrowej nie wolno stawać w płaszczyźnie pracy wirnika. Obserwację należy prowadzić z kierunku, z którego wieje wiatr.

Operator (serwisant) może przebywać w pobliżu nieosłoniętych urządzeń wysokiego napięcia po uprzednim odłączeniu napięcia, zabezpieczeniu przed ponownym załączeniem i uziemieniu w widocznym miejscu. Czynności te powinny być nadzorowane i wykonywane przez osoby posiadające stosowne uprawnienia.

Pracownik ma możliwość obsługi elektrowni wiatrowej z panelu sterującego znajdującego się u podstawy wieży. Jest on wyposażony w klawisze funkcyjne oraz wyświetlacz, który pokazuje chwilowe parametry pracy elektrowni wiatrowej i niektóre dane statystyczne.

Wszystkie operacje powinny być wykonane zgodnie z podanymi w instrukcji wskazówkami.

Podczas wykonywania okresowych przeglądów elektrowni wiatrowej należy postępować zgodnie z następującymi wskazówkami:

1. Unieruchomienie elektrowni wiatrowej.

Przyciśnięcie przycisku PAUSE na kontrolerze powoduje pełne wychylenie łopat wirnika, natomiast przycisku awaryjnego zatrzymania – unieruchomienie elektrowni wiatrowej.

2. Wejście po drabinie do gondoli elektrowni wiatrowej.

Przed rozpoczęciem wspinania należy zawsze upewnić się, czy pod wspinającymi się nikogo nie ma. Podczas wspinaczki, uchwyt upręży zabezpieczającej przed upadkiem z wysokości musi być zapięty na linie lub szynie prowadzącej. Podczas przypinania i wypinania uchwytu, należy asekurować się liną wykorzystując mocowania drabiny. Po przejściu przez podest należy zamknąć właz.

3. Podczas prac przy kontrolerze wyłącznik awaryjny w gondoli musi być wyłączony i zabezpieczony przed przypadkowym włączeniem.

4. Podczas prac prowadzonych w pobliżu generatora, powinien on być odłączony i zabezpieczony przed przypadkowym włączeniem. W wypadku prowadzenia prac w głowicy wirnika należy bezwzględnie zablokować wirnik.
5. Przegląd zawsze musi być wykonywany przez co najmniej dwie osoby.
6. Oblodzenie łopat wirnika stwarza zagrożenie dla przebywających w pobliżu elektrowni wiatrowej. Należy zachować szczególną ostrożność podczas uruchamiania elektrowni wiatrowej i upewnić się, że nikt nie znajduje się w zasięgu łopat.

Zagrożenie substancjami chemicznymi

Niektóre substancje użyte w elektrowni wiatrowej mogą być niebezpieczne dla zdrowia, dlatego należy unikać ich kontaktu ze skórą i ubraniami. Podczas przeglądu przekładni nie powinno się wdychać oparów gorącego oleju.

02324 MEROPA 320

Zgodnie z obowiązującymi przepisami, produkt nie jest klasyfikowany jako niebezpieczny, jednakże długotrwałe narażenie na jego działanie może powodować negatywne skutki dla zdrowia.

Wdychanie pary lub mgły w niezwykle wysokich stężeniach podczas kontaktu, w niedostatecznie wentylowanych pomieszczeniach lub zamkniętych przestrzeniach, mogą działać drażniąco na nos i gardło oraz powodować ból głowy, mdłości i senność.

Przy krótkim kontakcie ze skórą nie działa drażniąco. Przedłużający się kontakt, taki jak z ubraniami zwilżonym produktem, może spowodować odłuszczenie skóry lub podrażnienie, objawiające się lokalnym zaczerwienieniem [2].

RANDO HDZ LT 32

Zawiera mniej niż 3% ekstraktu DMSO, wg IP 346, i nie jest klasyfikowany jako rakotwórczy. Składniki niebezpieczne wchodzące w skład preparatu występują w stężeniu nie klasyfikującym preparat jako niebezpieczny, jednakże długotrwałe narażenie na jego działanie może powodować negatywne skutki dla zdrowia.

Pary lub mgła w niezwykle wysokich stężeniach, w niedostatecznie wentylowanych pomieszczeniach lub zamkniętych przestrzeniach podczas wdychania, mogą działać drażniąco na nos i gardło oraz powodować ból głowy, mdłości i senność

Przy krótkim kontakcie nie działa drażniąco. Przedłużający się kontakt, taki jak z ubraniem zwilżonym produktem, może spowodować odłuszczenie skóry lub podrażnienie, objawiające się lokalnym zaczerwienieniem z możliwością niewielkiego dyskomfortu [3].

HAVOLINE XLC+B (OF02)

Związek toksyczny dla narządu docelowego (wielokrotne poddawanie działaniu), określany jako kategoria 2, H373. 2.2.

Może powodować uszkodzenie narządów (Nerka) poprzez długotrwałe lub powtarzane narażenie (H373), gdyż zawiera Glikol Etylenowy. Nie przypuszcza się, aby powodował długotrwałe lub istotne podrażnienie oczu, a kontakt ze skórą nie powinien być szkodliwy. Nie przypuszcza się, aby był szkodliwy w przypadku inhalacji. Wdychanie tego materiału w stężeniach przewyższających zalecane wartości graniczne narażenia może powodować zaburzenia w centralnym układzie nerwowym. Skutki niekorzystnego oddziaływania na centralny układ nerwowy mogą obejmować bóle i zawroty głowy, mdłości, wymioty, osłabienie, problemy z koordynacją ruchową, niewyraźne widzenie, senność, stany splątania lub dezorientacji. Przy bardzo wysokim poziomie narażenia skutki niekorzystnego oddziaływania na centralny układ nerwowy mogą obejmować depresję oddechową, dreszcze lub drgawki, utratę przytomności, śpiączkę albo zgon.

Opóźnione lub inne objawy działania na zdrowie mogą pojawić się, ponieważ związek ten zawiera substancję, która może powodować uszkodzenie nerek poprzez długotrwałe wdychanie w stężeniach przekraczających zalecaną granicę narażenia [4].

Pozostałe zagrożenia

Zagrożenia fizyczne takie jak mechaniczne, elektryczne, temperaturowe zostały scharakteryzowane w rozdziale 6, w tabeli 1. Zagrożenia biologiczne nie występują.

Metodyka

W pracy zagrożenia zidentyfikowano na podstawie wywiadów i literatury [5]. Przy ocenie ryzyka zawodowego pracownika posłużono się metodą Risk Score przedstawioną poniżej.

Metoda Risk Score [6] jest jakościową, wskaźnikową metodą oceny ryzyka, w której określane w definicji ryzyka prawdopodobieństwo skutków zdarzenia jest uszczegółowione i przedstawione przez dwa parametry ryzyka, tj. ekspozycję na zagrożenie

i prawdopodobieństwo wystąpienia zdarzenia. Zgodnie ze wzorem (1) wartościowanie w tej metodzie opisuje iloczyn trzech parametrów.

$$R = S \cdot E \cdot P \quad (1)$$

gdzie parametrami ryzyka R są:

S – możliwe skutki zdarzenia (straty spowodowane przez zdarzenie), -,

E – ekspozycja na zagrożenie, -,

P – prawdopodobieństwo wystąpienia zdarzenia, -.

Szacowanie wartości poszczególnych parametrów ryzyka przedstawiono poniżej.

S - skutki zdarzenia

Wartość S	Szacowanie straty	Straty ludzkie
100	poważna katastrofa	wiele ofiar śmiertelnych
40	katastrofa	kilka ofiar śmiertelnych
15	bardzo duża	jedna ofiara śmiertelna
7	duża	ciężkie uszkodzenia ciała
3	średnia	absencja
1	mała	udzielenie pierwszej pomocy

E - ekspozycja na zagrożenie

Wartość E	Charakterystyka
10	stała
6	częsta (codzienna)
3	sporadyczna (raz na tydzień)
2	okazyjna (raz w miesiącu)
1	minimalna (kilka razy w roku)
0,5	znikoma (raz w roku)

P - prawdopodobieństwo wystąpienia zdarzenia

Wartość P	Prawdopodobieństwo	Charakterystyka	Szansa	w %
10	bardzo prawdopodobne	50	0,5	$5 \cdot 10^{-1}$
6	całkiem możliwe	10	0,1	10^{-1}
3	praktycznie możliwe	1	0,01	10^{-2}
1	mało prawdopodob., możliwe	10^{-1}	0,001	10^{-3}

0,5	tylko sporadycznie możliwe	10^{-2}	0,0001	10^{-4}
0,2	możliwe do pomyślenia	10^{-3}	0,00001	10^{-5}
0,1	teoretycznie możliwe	10^{-4}	0,000001	10^{-6}

Po określeniu wskaźnika ryzyka R , wartościowanie ryzyka odbywa się według przyjętej w metodzie skali.

R – ryzyko

Wartość R	Kategoria ryzyka	Działanie zapobiegawcze
$R \leq 20$	akceptowalne	wskazana kontrola
$20 < R \leq 70$	małe	potrzebna kontrola
$70 < R \leq 200$	istotne	potrzebna poprawa
$200 < R \leq 400$	duże	potrzebna natychmiastowa poprawa
$R > 400$	bardzo duże	wskazane wstrzymanie pracy

Identyfikacja i charakterystyka zagrożeń

W tabeli 1 przedstawiono identyfikację i charakterystykę zagrożeń na stanowisku obsługi elektrowni wiatrowej.

Tabela 1. Identyfikacja i charakterystyka zagrożeń

Zagrożenie	Źródło zagrożenia	Stopień strat	Zastosowane środki ochrony
Ostre wystające krawędzie	Urządzenia mechaniczne w gondoli	Otarcia, ogólne potłuczenie ciała, siniaki, guzy, złamania	Rękawice ochronne
Uderzenia o nieruchome przedmioty	Bardzo ograniczona przestrzeń wewnątrz gondoli	Otarcia, ogólne potłuczenie ciała, siniaki, guzy, złamania	Wzmoczona uwaga
Uderzenia przez poruszające się przedmioty	Transportowane części, narzędzia i inne środki potrzebne do okresowej obsługi, o nieokreślonej masie najczęściej nie wielkiej ale na dużej wysokości	Otarcia, ogólne potłuczenie ciała, siniaki, guzy, złamania, śmierć	Odpowiednie do transportowanych elementów środki transportu – wciąganie, haki pasy, torba na narzędzia, itp. Środki ochrony indywidualnej – okulary i hełm ochronny
Pochwycenie	Części związaną z kontrolowanym lub niekontrolowanym ruchem, osłonięte osłonami pełnymi lub z siatki	otarcia, ogólne potłuczenie ciała, siniaki, guzy, złamania, śmierć	Oslony pełne lub z siatki osłaniające części związaną z kontrolowanym lub niekontrolowanym ruchem, oznakowanie znakami i barwami bezpieczeństwa
Zgniecenie lub zmiżdżenie	Urządzenia mechaniczne, narzędzia elementy konstrukcji, okresowa obsługa i naprawy	Ogólne potłuczenie ciała,	Postępowanie zgodne z procedurą

		złamanie kości, śmierć	
Cięcie lub obcięcie	Urządzenia mechaniczne Obsługa okresowa, naprawy, transport części, narzędzi i materiałów	Skaleczenia, amputacje palców i kończyn	Postępowanie zgodne z instrukcjami obsługi i napraw. Stosowanie środków ochrony indywidualnej – rękawice ochronne.
Wytrysk cieczy pod ciśnieniem	Układy hydrauliczne Ciśnienie oleju 160 i 200bar	Rozcięcia tkanki, uszkodzenia oczu.	Postępowanie zgodne z instrukcjami obsługi i napraw. Stosowanie środków ochrony indywidualnej – okulary ochronne itp.
Kontakt z częściami pod napięciem elektrycznym (dotyk bezpośredni) – zakres napięć niebezpiecznych	Instalacja i elementy urządzeń będące pod napięciem Prąd przemienny: generator 690V; transformator 690V/15kV; inne urządzenia 230/400V. Prąd stały: bateria kondensatorów max 1050V DC	Poparzenia, porażenia łukiem elektrycznym, śmierć	Postępowanie zgodne z instrukcjami obsługi i napraw. Okresowe pomiary elektryczne. Środki ochrony indywidualnej stosowane przy pracach elektrycznych
Zbliżeniem się do części będących pod wysokim napięciem	Instalacja i elementy urządzeń będące pod napięciem. Prąd przemienny: generator 690V; transformator 690V/15kV; inne urządzenia 230/400V. Prąd stały: bateria kondensatorów max 1050V DC	Poparzenia, porażenia łukiem elektrycznym, śmierć	Postępowanie zgodne z instrukcjami obsługi i napraw. Środki ochrony indywidualnej stosowane przy pracach elektrycznych
Kontakt z obiektami lub materiałami o bardzo wysokiej temperaturze, płomieniem lub wybuchem, jak również promieniowaniem źródeł ciepła	Olej w układzie chłodzącym. Wyciek lub wyrzut oleju o temperaturze do 60°C, a w przypadku awarii do 90°C.	Oparzenia I i II stopnia, śmierć	Postępowanie zgodne z instrukcjami obsługi i napraw.
Warunki pogodowe	Zmienne temperatury – lato, zima	Przeziębienia, odmrożenia, udar cieplny	Ubranie robocze dostosowane do warunków pogodowych. W lecie przerwy w pracy i podawania napojów.
Hałas	Hałas urządzeń mechanicznych i śmigła Poziom hałas śmigła 63 dB(A). Poziom hałas w gondoli nie określony (podczas obsługi wiatrak nie pracuje)	Ze względu na poziom hałas poniżej 80 dB, zagrożenie można pominąć	Nie wymagane
Kontakt z substancjami drażniącymi	Substancje użyte w elektrowni wiatrowej Smar stały - Klueberplex BEM 34-132 i GRAFLOSCON A-G 1 ULTRA Olej przekładniowy - MEROPA 320/02324 Olej Hydrauliczny - RANDO HDZ LT 32/32773	Podrażnienia skóry, oczu	Postępować zgodnie z zaleceniami podanymi w kartach charakterystyk.

	Koncentrat płynu do chłodziw HAVOLINE XLC+B (OF02) / 33068		
Kontakt z substancjami szkodliwymi	Olej przekładniowy - MEROPA 320/02324 Olej Hydrauliczny - RANDO HDZ LT 32/32773 Koncentrat płynu do chłodziw HAVOLINE XLC+B (OF02) / 33068	Niewielkie zatrucia, w przypadku spożycia HAVOLINE XLC+B (OF02) / 33068 uszkodzenia nerek, uszkodzenie układu nerwowego.	Postępować zgodnie z zaleceniami podanymi w kartach charakterystyk.
Pożar wybuch	Pożar urządzeń instalacji elektrycznych oraz instalacji hydrauliki siłowej i układów chłodzenia Możliwy pożar w gondoli w ograniczonej przestrzeni, utrudnionej drodze ewakuacji i udzielenia pomocy	Zatrucie, śmierć	Zastosowanie podręcznych środków gaśniczych – odpowiednie gaśnice. Środki ewakuacji umieszczone w dostępnym miejscu
Przeciążenie narządu ruchu	Niewłaściwa pozycja lub nadmierny wysiłek Ograniczona przestrzeń pracy	Choroby układu ruchu, zwyrodnienia	Stosowanie przerwy w pracy
Przeciążenie narządu wzroku	Niewłaściwe oświetlenie miejscowe Ograniczona przestrzeń pracy bez stałego oświetlenia	Osłabienie wzroku	Przy niedoświetleniu używać oświetlenia przenośnego
Nadmierne lub małe obciążenie psychiczne, stresy	Praca na wysokości i w środowisku prądu elektrycznego Świadomość skutków zagrożenia	Stres, zmęczenie psychiczne, nerwice	Dopuszczanie do pracy pracowników na podstawie badania lekarskich.
Upadek na niższy poziom	Wypadnięcie osób z urządzeń do transportu ludzi Kosz transportowy i wciągnik ewakuacyjny Kosz transportowy i wciągnik ewakuacyjny	Kalectwo, śmierć	Zgodność z wymaganiami – dopuszczenie do eksploatacji przez UDT

Ocena ryzyka zawodowego

W tabeli 2 przedstawiono ocenę ryzyka zawodowego pracownika obsługi elektrowni wiatrowej.

Tabela 2. Ocena ryzyka zawodowego pracownika obsługi elektrowni wiatrowej metodą RISK SCORE

Zagrożenie	Możliwe skutki	Ekspozycja	Prawdopodobieństwo zdarzenia	Ryzyko
	Szacowane straty	Opis	Charakterystyka	Kategoria ryzyka/działania zapobiegawcze
Ostre wystające krawędzie	S = 3 Średnia Absencja	E=2 Okazyjna Raz w miesiącu	P=1 Mało prawdopodobne, możliwe	R = 6 Akceptowalne. Wskazana kontrola aby ryzyko pozostało na tym samym poziomie
Uderzenia o nieruchome przedmioty	S = 3 Średnia Absencja	E=2 Okazyjna Raz w miesiącu	P=0,5 Tylko sporadycznie możliwe	R = 3 Akceptowalne. Wskazana kontrola aby ryzyko pozostało na tym samym poziomie

Uderzenia przez poruszające się przedmioty	S = 15 Bardzo duża Jedna ofiara śmiertelna	E=2 Okazyjna Raz w miesiącu	P=0,5 Tylko sporadycznie możliwe	R = 15 Akceptowalne. Wskazana kontrola aby ryzyko pozostało na tym samym poziomie
Pochwycenie	S = 7 duża ciężkie uszkodzenie ciała	E=2 Okazyjna Raz w miesiącu	P=0,5 Tylko sporadycznie możliwe	R = 7 Akceptowalne. Wskazana kontrola aby ryzyko pozostało na tym samym poziomie
Zgniecenie lub zmiżdżenie	S = 15 Bardzo duża Jedna ofiara śmiertelna	E=2 Okazyjna Raz w miesiącu	P=0,5 Tylko sporadycznie możliwe	R = 15 Akceptowalne. Wskazana kontrola aby ryzyko pozostało na tym samym poziomie
Cięcie lub obcięcie	S = 7 duża ciężkie uszkodzenie ciała	E=2 Okazyjna Raz w miesiącu	P=0,5 Tylko sporadycznie możliwe	R = 7 Akceptowalne. Wskazana kontrola aby ryzyko pozostało na tym samym poziomie
Wytrysk cieczy pod ciśnieniem	S = 7 duża ciężkie uszkodzenie ciała	E=2 Okazyjna Raz w miesiącu	P=0,5 Tylko sporadycznie możliwe	R = 7 Akceptowalne. Wskazana kontrola aby ryzyko pozostało na tym samym poziomie
Kontakt z częściami pod napięciem elektrycznym (dotyk bezpośredni) – zakres napięć niebezpiecznych	S = 15 Bardzo duża Jedna ofiara śmiertelna	E=2 Okazyjna Raz w miesiącu	P=0,5 Tylko sporadycznie możliwe	R = 15 Akceptowalne Wskazana kontrola aby ryzyko pozostało na tym samym poziomie
Zbliżeniem się do części będących pod wysokim napięciem	S = 15 Bardzo duża Jedna ofiara śmiertelna	E=2 Okazyjna Raz w miesiącu	P=0,5 Tylko sporadycznie możliwe	R = 15 Akceptowalne. Wskazana kontrola aby ryzyko pozostało na tym samym poziomie
Kontakt z obiektami lub materiałami o bardzo wysokiej temperaturze, płomieniem lub wybuchem, jak również promieniowaniem źródeł ciepła	S = 15 Bardzo duża Jedna ofiara śmiertelna	E=2 Okazyjna Raz w miesiącu	P=0,5 Tylko sporadycznie możliwe	R = 15 Akceptowalne. Wskazana kontrola aby ryzyko pozostało na tym samym poziomie
Warunki pogodowe	S = 3 Średnia Absencja	E=2 Okazyjna Raz w miesiącu	P=1 Mało prawdopodobne, możliwe	R = 6 Akceptowalne. Wskazana kontrola aby ryzyko pozostało na tym samym poziomie
Kontakt z substancjami drażniącymi	S = 3 Średnia Absencja	E=2 Okazyjna Raz w miesiącu	P=1 Mało prawdopodobne, możliwe	R = 6 Akceptowalne. Wskazana kontrola aby ryzyko pozostało na tym samym poziomie
Kontakt z substancjami szkodliwymi	S = 7 duża ciężkie uszkodzenie ciała	E=2 Okazyjna Raz w miesiącu	P=0,5 Tylko sporadycznie możliwe	R = 7 Akceptowalne. Wskazana kontrola aby ryzyko pozostało na tym samym poziomie
Pożar wybuch	S = 15 Bardzo duża	E=2 Okazyjna	P=0,5	R = 15

	Jedna ofiara śmiertelna	Raz w miesiącu	Tylko sporadycznie możliwe	Akceptowalne. Wskazana kontrola aby ryzyko pozostało na tym samym poziomie
Przeciążenie narządu ruchu	S = 7 duża ciężkie uszkodzenie ciała	E=2 Okazyjna Raz w miesiącu	P=0,5 Tylko sporadycznie możliwe	R = 7 Akceptowalne. Wskazana kontrola aby ryzyko pozostało na tym samym poziomie
Przeciążenie narządu wzroku	S = 7 duża ciężkie uszkodzenie ciała	E=2 Okazyjna Raz w miesiącu	P=0,5 Tylko sporadycznie możliwe	R = 7 Akceptowalne. Wskazana kontrola aby ryzyko pozostało na tym samym poziomie
Nadmierne lub małe obciążenie psychiczne, stresy	S = 7 duża ciężkie uszkodzenie ciała	E=2 Okazyjna Raz w miesiącu	P=0,5 Tylko sporadycznie możliwe	R = 7 Akceptowalne. Wskazana kontrola aby ryzyko pozostało na tym samym poziomie
Upadek na niższy poziom	S = 15 Bardzo duża Jedna ofiara śmiertelna	E=2 Okazyjna Raz w miesiącu	P=0,5 Tylko sporadycznie możliwe	R = 15 Akceptowalne. Wskazana kontrola aby ryzyko pozostało na tym samym poziomie

Źródło: opracowanie własne

Ryzyko zawodowe pracownika obsługi elektrowni wiatrowej dla wszystkich zagrożeń, mimo poważnych skutków, pozostaje na najniższym poziomie. Przyczyną tego jest z jednej strony bardzo krótka ekspozycja na dane zagrożenie, z drugiej brak wypadków.

Podsumowanie

Elektrownia wiatrowa [1] jest miejscem, w którym pracownik jest narażony na szereg zagrożeń, między innymi mechanicznych, termicznych, elektrycznych, związanych z materiałami szkodliwymi i substancjami chemicznymi oraz na występowania ryzyka spowodowanego nieoczekiwanym uruchomieniem maszyny lub obrotem jej elementu ruchomego. W elektrowniach wiatrowych występuje także szereg problemów bezpieczeństwa pracy [2-5], takich jak nieprawidłowości, które dotyczą między innymi braku drożnych i dobrze oznaczonych dojazdów do stanowisk pracy i dróg ewakuacyjnych, środków ochrony indywidualnej, wydawania pisemnych poleceń oraz wykonywania prac, a także opracowania instrukcji, wynikających między innymi z niedostatecznej świadomości zagrożeń zarówno pracodawców jak pracowników.

Dzięki systemowi OptiSpeed, dostosowującemu pracę do prędkości wiatru, regulującemu kąt nachylenia łopat, możliwa jest optymalizacja ich hałasu, a przy silniejszych wiatrach systemy OptiSpeed i OptiTip utrzymują produkcję energii na nominalnym poziomie niezależnie od gęstości i temperatury powietrza, a wieża w kształcie rury jest zabezpieczona przed czynnikami zewnętrznymi, co chroni umieszczone wewnątrz urządzenia. Przy obsłudze

elektrowni występuje szereg koniecznych zasad postępowania dotyczących pracowników, jak i serwisantów, które powinny być nadzorowane i wykonywane przez osoby posiadające stosowne uprawnienia, zwłaszcza przy wykonywaniu przeglądów okresowych.

Poziom ryzyka zawodowego dla pracownika obsługi elektrowni wiatrowej został wyznaczony metodą Risc Score [6]. Dla zagrożeń takich jak: uderzenie przez spadające przedmioty, zmiżdżenie lub zgniecenie, kontakt z energią elektryczną, kontakt z obiektami lub materiałami o bardzo wysokiej temperaturze, pożarem lub wybuchem czy upadkiem na niższy poziom mimo bardzo dużych skutków poziom ryzyka zawodowego jest najniższy z możliwych, ze względu na brak wypadków i bardzo małą ekspozycję. Wyznaczając poziom ryzyka dla występujących zagrożeń można ustalić i podjąć konieczne do zastosowania środki ochrony, zarówno zbiorowej, jak i indywidualnej (rękawice, hełm ochronny, okulary ochronne-pamiętając o szkoleniu pracowników o zasadach ich odpowiedniego stosowania), od dostosowania otoczenia i maszyn do norm, które nie są spełniane, przez stosowanie środków ochrony przy pracach elektrycznych, oznaczenie stref z nimi związanych zagrożeniami termicznymi, oznakowanie kolorami i znakami bezpieczeństwa osłon i innych elementów stwarzających zagrożenie oraz pamiętać o stosowaniu zasad określonych w instrukcji i postępować zgodnie z procedurami.

Literatura

- [1] http://www.elektrowniewiatrowe.pl/innepliki/V80_pol.pdf
- [2] http://www.eko-oil.pl/db/oferta/1411558367_Meropa.pdf
- [3] <http://texacopolska.pl/produkty/rando-hd-z/>
- [4] docplayer.pl/31627354-Karta-charakterystyki-preparatu-niebezpiecznego.html
- [5] www.ciop.pl/CIOPortalWAR/appmanager/ciop/pl?_nfpb=true&_pageLabel=P30001831335539182278&html_tresc_root_id=300008556&html_tresc_id=300008591&html_klucz=19558&html_klucz_spis, Mariusz Dąbrowski, Andrzej Dąbrowski: PROBLEMY BEZPIECZEŃSTWA PRACY W ELEKTROWNIACH WIATROWYCH: Maszyny Elektryczne - Zeszyty Problemowe Nr 2/2017 (114); http://www.komel.katowice.pl/ZRODLA/FULL/114/ref_04.pdf
- [6] Romanowska-Słomka I., Słomka A.: Ocena ryzyka zawodowego, Tarbonus, Wydanie IV, Kraków -Tarnobrzeg 2018

ANALYSIS OF RISK ASSESSMENT - WIND TURBINE

Abstract

The purpose of this assignment is to present the occasional risk assessment of staff members of a wind farm. The Vestas V80 wind farm with a capacity of 2 MW had been selected for occupational risk assessment. This wind farm has a rotor with three blades with an adjustable angle of inclination and a mobile gondola. The diameter of the rotor is 80 m. The wind farm is controlled by the OptiSpeed system, which allows for effective work at different wind speeds. The purpose of this assignment was to analyse the hazards posed by wind turbines. The risk was assessed using the RISK SCORE method. The first steps of this risk assessment was to identify and characterise hazards in the work environment. The occupational risk for all physical and chemical hazards was at the lowest level. This was due to the very short exposure to these hazards and due to the fact that there were no accidents. The occupational risk assessment allows to choose the protection measures necessary to apply or control risks on the basis of the mentioned exposures, probability of an event and possible effects.

Key words: occupational risk assessment, wind farms

Opiekun pracy:

dr inż. Adam Słomka

Recenzenci:

dr inż. Beata Cieniawska

dr hab. inż. Szymon Salamon

BIOINDYKACJA ZANIECZYSZCZEN SO₂ Z WYKORZYSTANIEM KRÓTKOPĘDÓW BRZOZY BRODAWKOWEJ (*BETULA PENDULA*) I JABŁONI DOMOWEJ (*MALUS DOMESTICA*) I

Hubert Kasprzak^{1*}

¹Uniwersytet Wrocławski, Wydział Nauk Biologicznych, Katedra Ekologii, Biogeochemii i Ochrony Środowiska, Studenckie Koło Naukowe Ekologów, ul. Kanonia 6/8 50-328 Wrocław

*hubertvon@gmail.com

Abstrakt

Wiedza na temat stanu środowiska, w tym zanieczyszczenia atmosfery, jest niezbędna do właściwego funkcjonowania społeczeństwa. W przypadku braku stacji pomiarowych i ograniczeń monitoringu instrumentalnego pomocne jest wykorzystanie bioindykacji. Jako dobra metoda bioindykacyjna zanieczyszczeń środowiska sugerowany jest pomiar długości krótkopędów brzozy brodawkowej. Jednak gatunek ten nie zawsze jest obecny w centrach miejscowości. Podobną budowę morfologiczną pędów wykazuje częsty gatunek ogrodowy – jabłoń domowa. W niniejszej pracy testowano możliwość wykorzystania tego ostatniego gatunku do bioindykacji skażenia atmosfery. Badania prowadzono w dwóch sezonach wegetacyjnych, na sześciu stanowiskach w zachodniej Polsce. Stanowiska różniły się poziomem koncentracji dwutlenku siarki (SO₂) w atmosferze. Na każdym stanowisku mierzono z 3 drzew każdego gatunku, po 125 krótkopędów. W sumie pomierzono 4 500 krótkopędów. Wyniki wskazują, że gatunki różnią się istotnie średnią długością krótkopędów (4,93 mm – brzoza i 6,41 mm jabłoń). U obydwu gatunków krótkopędy były krótsze na stanowiskach o mniejszym stężeniu SO₂. Wyniki sugerują także, że jabłoń domowa może być dobrym bioindykatorem skażenia powietrza związkami siarki.

Słowa kluczowe: emisja zanieczyszczeń, bioindykator, SO₂, jabłoń domowa, brzoza brodawkowata

1. Wprowadzenie

Zróznicowanie długości krótkopędów u brzozy brodawkowej (*Betula pendula*) w reakcji na zanieczyszczenie zanieczyszczenia tlenkami siarki i innymi szkodliwymi substancjami, jest wykorzystywane do bioindykacji stanu środowiska. Sarosiek i Woźakowska-Natkaniec [1] wykazali, że długotrwałe skażenie powietrza atmosferycznego przedłuża biologiczną aktywność krótkopędów. Powoduje to, że krótkopędy brzozy z zanieczyszczonego regionu są dłuższe niż krótkopędy z drzew rosnących na czystych stanowiskach [2]. Nasuwającym się pytaniem jest, czy inne gatunki drzew wytwarzające krótkopędy również mogą posłużyć jako indykatory zanieczyszczeń powietrza tlenkami siarki. Celem badań było sprawdzenie czy drzewa jabłoni domowej (*Malus domestica*) także mogą być użytecznym bioindykatorem stanu środowiska.

1.1. Badane gatunki

Mierzono długości krótkopędów dwóch gatunków: jabłoni domowej *Malus domestica* i brzozy brodawkowej *Betula pendula* Roth. Jabłoń domowa różni się od jabłoni dzikiej wyraźnym owłosieniem działek kielicha od zewnątrz. Gatunek ten jest wyjątkowo zmienny,

m.in. bardzo różna może być barwa kwiatów oraz wielkość, kolor i rumieniec owoców [3]. Inne gatunki jabłoni mają węższe, bardziej zaostrome liście o słabszym owłosieniu [4]. Ponieważ zróżnicowanie reakcji przyrostowych na skażenie środowiska pomiędzy różnymi odmianami jabłoni domowej nie jest znane analizowano tylko jedną odmianę – szampion. Brzoza brodawkowata (*Betula pendula* Roth) to drzewo osiągające do 25 m wysokości. Ma białą korę, łuszczącą się okrężnie, w dolnej części pnia ciemną, twardą, silnie spękaną. Młode jednoroczne gałązki są wiotkie, ciemne z jasnymi przetchlinkami, pokryte mniej lub więcej gęsto kropelkami żywicznej wydzieliny. Pączki są jajowate, wydłużone, ostro zakończone, a liście ostro zakończone, często o wydłużonym wierzchołku [5]. Jest to gatunek pionierski, może być sadzona na najbardziej suchych i jałowych piaszczystych glebach, na wydmach, nieużytkach przemysłowych (rekultywacja). Doskonale znosi zanieczyszczenia atmosfery [3].

2.1. Pobór prób w terenie i pomiary długości krótkopędów

Krótkopędy obcinano z gałęzi drzew do wysokości 3 metrów nad poziomem gruntu. Próbkę pobierano z 4 części korony, zgodnie z kierunkami geograficznymi. Ponieważ drzewa rosły w rozproszeniu, nie brano pod uwagę efektu ocienienia przez sąsiednie drzewa. Pomiarów długości obciętych krótkopędów dokonywano na papierze milimetrowym. Aby zapobiec niekontrolowanemu zróżnicowaniu wyników związanym ze stanem zdrowotnym drzew, do poboru prób wybierano tylko drzewa zdrowo wyglądające (bez obumarłych gałęzi czy symptomów chloroz lub nekroz), mające ok. 20 - 30 lat. Na każdym stanowisku pobrano po 125 krótkopędów z każdego z 3 drzew obu gatunków (6 drzew na stanowisko) (rys. 1).



Źródło: materiały własne

Rys. 1. Krótkopędy jabłoni i brzozy pochodzące ze stanowisk w Sobczycach i Wschowie

2.2. Stanowiska badawcze

W roku 2014 przebadano 24 drzewa 2 gatunków pochodzących z 4 różnych stanowisk podzielonych na względnie czyste (Dębiec i Bogucin) i zanieczyszczone (Naratów i Tarpno). Podziału dokonano na podstawie położenia względem potencjalnych źródeł emisji tlenków siarki. W lipcu roku 2015 dodatkowo wyznaczono dwa nowe stanowiska o znanym poziomie zanieczyszczeń w Sobczycach i Wschowie. Informacje o poziomie zanieczyszczeń uzyskano od Delegatur WIOŚ w Legnicy i w Zielonej Górze. Zanieczyszczone stanowisko w Sobczycach należące do legnicko-głogowskiego okręgu zagrożenia ekologicznego, położone jest w odległości 10 km od Huty Miedzi Głogów (rys. 2).



Źródło: materiały własne

Rys. 2. Lokalizacja stanowiska w Sobczycach w stosunku do Huty Miedzi Głogów (KGHM Polska Miedz S. A.)

Czyste stanowisko we Wschowie położone jest blisko lasu, a w okolicy nie ma dużych zakładów przemysłowych. Uzyskano także dane o zanieczyszczeniach tlenkami siarki we Wschowie i w Sobczycach z ostatnich 5 lat (tabela 1).

Tabela 1. Stężenia tlenku siarki w powietrzu w Sobczycach i Wschowie (w $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ SO₂) [7,8,9]

	2014	2013	2012	2011	2010	2009
Wschowa	Brak danych	7	7	7	7	7,3
Sobczyce	4,7	5,3	3,7	Brak danych	5,5	6,6

Źródło: Biuletyn informacji publicznej

2.3. Metody statystyczne

Obliczono podstawowe parametry statystyczne rozkładu długości krótkopędów w badanych grupach: średnią arytmetyczną, odchylenie standardowe, medianę, modalną, wariancję oraz współczynnik zmienności [1]. Istotność zróżnicowania długości krótkopędów pomiędzy analizowanymi stanowiskami testowano wykonując analizę wariancji i wyliczając najmniejszą istotną różnicę - NIR. Do określenia istotności zróżnicowania zmienności

krótkopędów pomiędzy gatunkami wykonano test t-Studenta. W celu zbadania różnic między średnimi długościami krótkopędów jabłoni i brzozy na wszystkich stanowiskach wykonano test post-hoc Tukeya. Jako poziom istotności statystycznej popełnienia błędu I rodzaju przyjęto próg 0,05 [1]. Obliczenie wykonano w programie STATISTICA.

3. Wyniki

Pomierzono w sumie 4500 krótkopędów, po 2250 pomiarów dla każdego z gatunków. Podstawowe statystyki długości krótkopędów przedstawiają tabela 2, 3, 4. Fakt, iż w większości wypadków średnia długość krótkopędów brzozy jest większa od ich mediany świadczy o tym, że dominują krótkopędy mniejsze od średniej. Ma to wpływ na współczynnik zmienności krótkopędów. Im większa jest różnica między średnią długości a jej medianą, tym większy jest współczynnik zmienności (tabela 2). W przypadku krótkopędów jabłoni (tabela 3) dostrzec można bardzo podobną sytuację jak u brzozy.

Tabela 2. Statystyki opisowe długości krótkopędów brzozy brodawkowatej na stanowiskach w Naratowie, Tarpnie, Dębcu, Bogucinie w 2014 roku (gwiazdką zaznaczono stanowiska zanieczyszczone tlenkami siarki)

	Max, mm	Średnia, mm	Odchylenie Standardowe	Modalna, mm	Mediana, mm	Wariancja	Współczynnik zmienności
Naratów*	13	4,72	2,27	4	4	5,15	52,95%
Tarpno*	14	4,64	2,45	4	4	5,67	48,20%
Dębiec	14	4,07	1,84	3	3	3,38	45,17%
Bogucin	9	3,83	1,38	3	3	1,90	36,06%

Źródło: opracowanie własne

Tabela 3. Statystyki opisowe długości krótkopędów jabłoni domowej na stanowiskach w Naratowie, Tarpnie, Dębcu, Bogucinie w 2014 roku (gwiazdką zaznaczono stanowiska zanieczyszczone tlenkami)

	Max, mm	Średnia, mm	Odchylenie Standardowe	Modalna, mm	Mediana, mm	Wariancja	Współczynnik zmienności
Naratów*	17	7,69	3,01	7	7	10,39	45,45%
Tarpno*	19	6,63	3,23	5	6	9,03	42,02%
Dębiec	13	5,66	2,14	4	5	4,56	37,83%
Bogucin	19	6,01	2,17	5	6	4,68	36,05%

Źródło: opracowanie własne

U obu gatunków, w obu latach badań stwierdzono istotne zróżnicowanie długości krótkopędów pomiędzy stanowiskami zanieczyszczonymi i czystymi (tabela 2-3). Oba gatunki charakteryzują się większymi wartościami średnimi i maksymalnymi długości krótkopędów na stanowiskach zanieczyszczonych. Analiza wariancji pomiarów z roku 2014 wykazała istotność zmienności długości krótkopędów pomiędzy stanowiskami, a wyliczony NIR wynoszący 0,29 mm dla długości krótkopędów brzozy i 0,39 mm dla jabłoni pozwala stwierdzić, że stanowisko w Bogucinie wraz ze stanowiskiem kontrolnym w Dębcu różnią się od stanowisk w Tarpnie i Naratowie. Wartość NIR jest wyższa o 0,10 mm dla jabłoni niż dla brzozy, co potwierdza, że

krótkopędy jabłoni są generalnie dłuższe od krótkopędów brzozy. W roku 2015 dokonano pomiarów na stanowiskach we Wschowie i Sobczycach, gdzie znany jest poziom zanieczyszczenia tlenkami siarki (tabela 4). Pomiary krótkopędów z tamtych obszarów potwierdziły wpływ zanieczyszczeń tlenkami siarki na ich długość, co pokazują rysunki 3 i 4. Dla brzoź różnica na stanowiskach między najwyższym a najniższym współczynnikiem zmienności wynosi ponad 13% natomiast dla jabłoni już tylko niecałe 5%. Tendencja ta pokrywa się z poprzednimi wynikami. Istotność zróżnicowania długości krótkopędów brzoź i jabłoni przedstawia tabela 5.

Tabela 4. Statystyki opisowe długości krótkopędów jabłoni i brzozy na stanowiskach w Sobczycach i Wschowie w 2015 roku

	Max, mm	Średnia, mm	Odchylenie Standardowe	Modalna, mm	Mediana, mm	Wariancja	Współczynnik zmienności
Sobczyce jabłoń	13	6,72	2,27	4	4	5,15	42,59%
Sobczyce brzoza	14	5,82	2,58	5	6	6,66	44,31%
Wschowa jabłoń	14	5,75	2,18	5	6	4,79	38,09%
Wschowa brzoza	9	4,57	1,42	4	4	2,03	31,07%

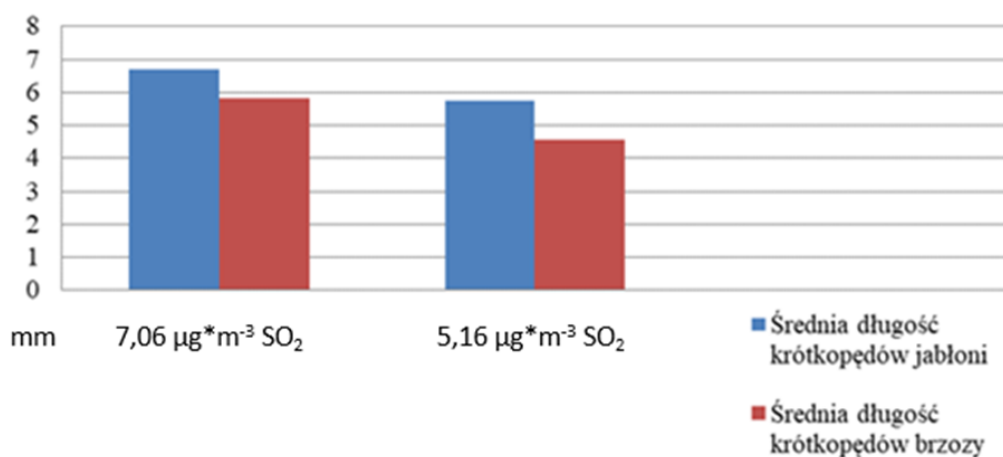
Źródło: opracowanie własne

Tabela 5. Porównanie długości krótkopędów brzozy i jabłoni testem t-Studenta z roku 2015 ze stanowisk w Sobczycach i Wschowie

	Średnia Sobczyce	Średnia Wschowa	P - Wariacji	Iloraz F - Wariacje
Brzoza	5,82 mm	4,64 mm	$<10^{-2}$	3,37
Jabłoń	6,72 mm	5,76 mm	$<10^{-2}$	1,69

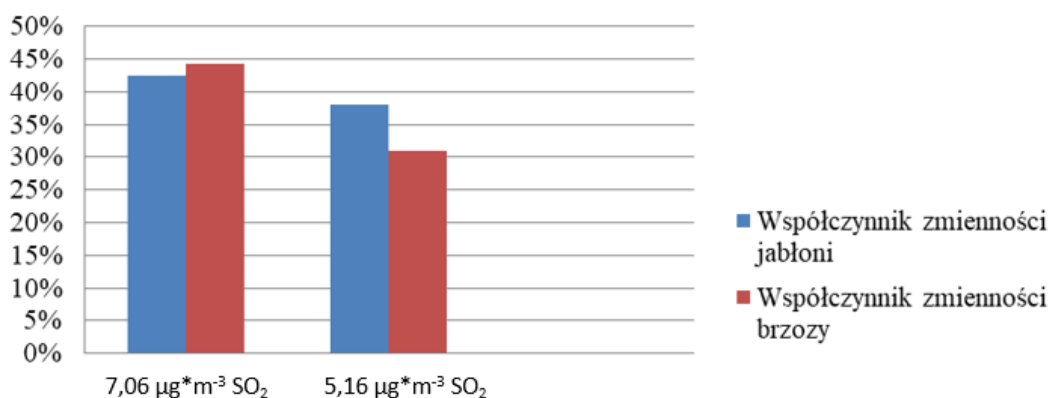
Źródło: opracowanie własne

Porównanie z sobą długości krótkopędów brzoź i jabłoni ze wszystkich stanowisk testem post-hoc Tukeya pozwoliło na wyciągnięcie kilku dodatkowych wniosków. Krótkopędy brzoź z zanieczyszczonego Naratowa i Tarpna różnią się istotnie statystycznie długością od krótkopędów brzoź z niezanieczyszczonego Bogucina, a krótkopędy brzoź z zanieczyszczonego Sobczyc różnią się istotnie statystycznie długością od krótkopędów brzoź z niezanieczyszczonego Dębca. W przypadku jabłoni natomiast krótkopędy z zanieczyszczonego Tarpna i Naratowa różnią się istotnie statystycznie długością od krótkopędów jabłoni z niezanieczyszczonej Wschowy. Ciekawym jest także fakt, iż krótkopędy brzozy z zanieczyszczonego Sobczyc nie różnią się istotnie statystycznie długością od krótkopędów jabłoni z niezanieczyszczonego Dębca, Bogucina, Wschowy. Zarówno u brzozy, jak i u jabłoni występuje reakcja na zanieczyszczenia, co pokazują rysunki 3 i 4.



Źródło: opracowanie własne

Rys. 3. Średnia długość krótkopędów na stanowiskach w Sobczycach i we Wschowie w zależności od średniego zanieczyszczenia SO₂ z ostatnich dostępnych 5 lat



Źródło: opracowanie własne

Rys. 4. Współczynnik zmienności długości krótkopędów ze stanowisk w Sobczycach i we Wschowie w zależności od średniego zanieczyszczenia z ostatnich dostępnych 5 lat

4. Podsumowanie

Krótkopędy brzoź przyrastają w Europie Środkowej zazwyczaj 2-3 lata, rzadziej 4-5, zaś wyjątkowo 6-10 i przyrastają corocznie o 1-2 mm. W przypadku zanieczyszczenia atmosfery krótkopędy brzoź żyją znacznie dłużej [5], a wieloletnia kumulacja przyrostu powoduje, że całkowite długości są większe. Fakt ten jest wykorzystywany w indykacji skażeń środowiska tlenkami siarki. Należy tu także dodać, że brzoza może wykazywać również zmienność długości krótkopędów w zależności od zanieczyszczenia środowiska metalami ciężkimi [10]. Badania przeprowadzone we Wschowie i Sobczycach, gdzie znany był poziom zanieczyszczeń tlenkami siarki umożliwiły wykazanie zależności pomiędzy długościami krótkopędów, a mierzonym poziomem zanieczyszczeń. Dzięki temu istniały podstawy do porównywania reakcji jabłoni domowych na zanieczyszczenia. Współzależność między długościami krótkopędów obu gatunków pozwala stwierdzić, że krótkopędy jabłoni i brzoź w podobny

sposób reagują na zanieczyszczenia środowiska. Samecka-Cymerman i inni w swojej pracy [6] podają średnie długości krótkopędów brzozy brodawkowej we Wrocławiu wynoszące od 3 mm w terenie o mniejszym stopniu zanieczyszczenia środowiska, a do 5 mm w miejscach bardziej zanieczyszczonych. Wyniki te są podobne do prezentowanych w tej pracy. Długości krótkopędów brzozy brodawkowej podane przez Sarosieka i Wożakowską-Natkaniec [1] wahają się od 21,8 mm na terenie zanieczyszczonym – Turoszów, do 12 mm na terenie czystszy – Szczawno-Zdrój. Długości te są znacznie większe od tych podanych przez Samecką-Cymerman i innych [6] oraz wyników niniejszych badań. Wskazuje to na konieczność kontynuowania pomiarów. Wyniki badań sugerują, że jabłoń domowa również może być wykorzystywana, jako bioindykator zanieczyszczeń środowiska tlenkami siarki. Jabłonie rosnące na obszarze o większym poziomie zanieczyszczenia tlenkami siarki miały istotnie większą długość krótkopędów, od tych jabłoni, które były od nich oddalone. Warto zwrócić uwagę na różnice maksymalnego i minimalnego współczynnika zmienności. Na wszystkich stanowiskach różnica ta jest największa u brzozy. Można z tego wywnioskować, iż gatunek *Betula pendula* jest efektywniejszym bioindykatorem zanieczyszczeń środowiska tlenkami siarki ponieważ jego krótkopędy w bardziej wyraźny sposób na nie reagują. Brzoza brodawkowa jest także gatunkiem bardziej powszechnym, co jest bardzo ważne w przypadku gatunków stosowanych w bioindykacji. Stanowi ona w przybliżeniu 7% drzewostanów w Polsce [11]. Z uwagi na rozległy zasięg geograficzny i warunki występowania, zaliczane są powszechnie do drzew o małych wymaganiach siedliskowych [5]. Jabłoń domowa jest często sadzona przez człowieka, jako roślina uprawna. W podobny sposób jak brzoza reaguje na zanieczyszczenia środowiska, więc również może być stosowana w bioindykacji tlenków siarki w środowisku. Jabłoń to gatunek zbiorowy obejmujący liczne odmiany owocowe, niektóre podkładowe oraz kilka rzadko uprawianych odmian ozdobnych – powstałych przez „udomowienie” i pochodzący od kilku zbliżonych do siebie gatunków europejskich i azjatyckich. W Polsce bardzo częsty jest w sadach [12]. Pojawiającym się tu problemem związanym z wykorzystaniem jabłoni jako indykatorów zanieczyszczeń środowiska tlenkami siarki z pewnością jest występowanie jej wielu odmian różniących się od siebie, powstałych na skutek krzyżówek dokonanych przez człowieka. W związku z tym gatunek *Betula pendula* Roth jest lepszym bioindykatorem zanieczyszczeń środowiska tlenkami siarki niż gatunek *Malus domestica*. Wskazują na to wyniki zarówno z roku 2014, jak i 2015. Generalnie możemy stosować jabłonie do indykacji zanieczyszczeń, gdyż w podobny sposób jak brzoza na nie reagują.

Literatura

- [1] Sarosiek J., Wożakowska-Natkaniec H.: Brzozy indykatorem skażeń chemicznych powietrza atmosferycznego na Dolnym Śląsku, Uniwersytet Wrocławski, 1987.
- [2] Samecka-Cymerman A., Kolon K., Kempers A. J.: Short shoots of *Betula pendula* Roth. as bioindicators of urban environment pollution in Wrocław (Poland), *Trees*, 2009, Vol. 23, s. 923-929.
- [3] Seneta W., Dolatowski J.: *Dendrologia*, PWN, Warszawa 2008.
- [4] Johnson O., More D.: Przewodnik Collinsa, 1600 gatunków i odmian drzew rosnących w Europie, MULTICO, Warszawa, 2017.
- [5] Białobok S.: *Brzozy Betula L.*, Polska Akademia Nauk, Instytut Dendrologii w Kurniku Koło Poznania, Warszawa 1979.
- [6] Łomnicki A.: *Wprowadzenie do statystyki dla przyrodników*, PWN, Warszawa 2007.
- [7] Wojewódzki Inspektorat Ochrony Środowiska. Ocena Jakości Powietrza na terenie Województwa Dolnośląskiego w 2009 \ 2010 \ 2011 \ 2012 \ 2013 roku
- [8] <http://80.53.180.198/dane-pomiarowe/automatyczne> (dostęp 16.03.2017)
- [9] http://www.wroclaw.pios.gov.pl/pliki/powietrze/ocena_2009.pdf \2010\2011\2012\2013\ (dostęp 16.03.2017)
- [10] Franiel I., Babczyńska A.: The Growth and Reproductive Effort of *Betula pendula* Roth in a Heavy-Metals Polluted Area D, *Pol. J. Environ. Stud.*, 2011, Vol. 20(4), s.1097–1101
- [11] Raport o stanie lasów w Polsce 2013 – biuletyn informacji publicznej
- [12] Kościelny S., Sękowski B.: *Drzewa i krzewy, klucze do oznaczania*, Państwowe wydawnictwo rolnicze i leśne, Warszawa 1970.

BIOINDICATION OF SO₂ CONTAMINATION WITH SHORT SHOOTS OF SILVER BIRCH (*BETULA PENDULA*) AND ORCHARD APPLE (*MALUS DOMESTICA*)

Abstract

Knowledge regarding environment quality, including atmosphere pollution, is essential to human well-being. In case of lack of measuring stations, as well as limitations of instrumental measuring the bioindication is useful. As a good indicator of environment pollution, a short shoots length of silver birch are suggested. However, this species is often absent in cities center. Similar shoots morphology reveal also a frequent domestic tree: orchard apple. In this examination, I tested the possibility of implementation of this species as a bioindicator of air pollution. The study was performed in two years, on six sites, placed in western Poland. The studied sites differ in terms of concentration of atmospheric sulfur dioxide (SO₂). In each site, I measured 3 trees of each species, 125 short shoots per tree. In sum measured was 4 500 short shoots. The results show that the species differ significantly in short shoots length (4.93 mm birch, and 6.41 mm – apple). In both species, the length was shorter in sites less pollutes by SO₂. The results suggest that orchard apple can be used as a good bioindicator of air pollution by sulfur compounds.

Keywords: atmospheric pollution, bioindicators, SO₂, orchard apple, silver birch.

Opiekun pracy:

dr hab. Tomasz Szymura, prof. UWr

Recenzenci:

dr hab. Tomasz Szymura, prof. UWr,

dr inż. Ludmiła Polechońska

PRAWNE INSTRUMENTY OCHRONY POWIETRZA

Martyna Lizak^{1*}, Natalia Moszczyńska^{2*}, Marika Musmanow^{3*}

¹ Państwowa Wyższa Szkoła Zawodowa im. Angelusa Silesiusa w Wałbrzychu, Studenckie Koło Naukowe Administratywistów „Ministrare”, ul. Zamkowa 4, 58-300 Wałbrzych

* martyna.lizak96@wp.pl

² Państwowa Wyższa Szkoła Zawodowa im. Angelusa Silesiusa w Wałbrzychu, Studenckie Koło Naukowe Administratywistów „Ministrare”, ul. Zamkowa 4, 58-300 Wałbrzych

* natalia_moszczyńska@wp.pl

³ Państwowa Wyższa Szkoła Zawodowa im. Angelusa Silesiusa w Wałbrzychu, Studenckie Koło Naukowe Administratywistów „Ministrare”, ul. Zamkowa 4, 58-300 Wałbrzych

* m.musmanow@onet.pl

Abstrakt

Celem niniejszego artykułu jest wskazanie instrumentów prawnych, które są stosowane w zakresie ochrony jakości powietrza. W tym celu zanalizowano szereg aktów prawnych służących utrzymaniu jakości powietrza na odpowiednim poziomie, jak i wpływających na poprawę jakości powietrza. Istotnym dla realizacji założonego celu okazało się wykorzystanie analitycznoprawnej metody badawczej, polegającej na egzegezie tekstu prawnego z zakresu ochrony środowiska. W artykule uwzględniono również najważniejsze programy, które realizuje Gmina Wałbrzych w zakresie ochrony powietrza.

Słowa kluczowe: prawo ochrony środowiska, ochrona powietrza, jakość powietrza

1. Wprowadzenie

Niewątpliwie zagadnienie ochrony powietrza przed zanieczyszczeniami jest niezwykle ważnym i aktualnym problemem ze względu na jakość życia obywateli w danym mieście. Warto zaznaczyć, że zanieczyszczone powietrze negatywnie oddziałuje na funkcjonowanie każdego mieszkańca, co może również doprowadzić do szeregu schorzeń takich jak m.in. choroby układu oddechowego, krążeniowego, choroby płuc, alergie, czy wreszcie do powstawania nowotworów.

Celem niniejszego artykułu jest wskazanie instrumentów prawnych, które są stosowane w zakresie ochrony jakości powietrza. W tym celu zanalizowano szereg aktów prawnych służących utrzymaniu jakości powietrza na odpowiednim poziomie, jak i wpływających na poprawę jakości powietrza. Na potrzeby badań przyjęto hipotezę obejmującą twierdzenie, że regulacje prawne związane z ochroną środowiska są wystarczającym narzędziem w zakresie ochrony powietrza.

W artykule uwzględniono nie tylko przepisy ustaw ale też lokalne regulacje związane głównie z programami w zakresie ochrony powietrza realizowanymi w Gminie Wałbrzych, które mają przyczynić się przede wszystkim do podwyższenia jakości życia mieszkańców. Przeanalizowanie płaszczyzny ustawowej jak i płaszczyzny związanej z lokalnymi regulacjami pozwoli na szerokie spektrum odniesienia do analizowanej materii.

Ochrona środowiska jest bezsprzecznie obowiązkiem władz publicznych zgodnie z postanowieniami Konstytucji Rzeczypospolitej Polskiej z dnia 2 kwietnia 1997 r [10]. Działalność władz każdego szczebla wynika jednak z zupełnych i spójnych regulacji ustawowych. Zakres ochrony determinowany jest zatem kompetencjami odpowiednich organów wynikającymi z przepisów prawa. Trzeba również podkreślić, że ochrona powietrza przed zanieczyszczeniami stanowi istotny element europejskiej polityki ochrony środowiska, obejmujący aktualnie ponad 20 aktów prawnych, dlatego w artykule przeprowadzono również analizę oceny regulacji ochrony jakości powietrza w Polsce na tle ustawodawstwa krajowego i unijnego.

2. Zakres systemu prawnego ochrony powietrza

Należy zaznaczyć, że powietrze jako jeden z elementów przyrodniczych niezbędny do istnienia człowieka, świata roślinnego, jak i zwierzęcego podlega kompleksowej ochronie prawnej [8]. Podstawowym aktem prawnym w zakresie ochrony powietrza jest ustawa z dnia 27 kwietnia 2001 r. – Prawo ochrony środowiska (dalej jako: „u.p.o.ś.”) [26]. Ustawa ta wprowadza ogólne zasady ochrony powietrza, które mają na celu zapewnienie jak najlepszej jego jakości oraz wyznaczają obowiązki w zakresie utrzymania poziomów substancji w powietrzu w dopuszczalnych granicach. Zgodnie z art. 3 pkt 26 u.p.o.ś. ilekroć w ustawie jest mowa o powietrzu, rozumie się przez to powietrze znajdujące się w troposferze, z wyłączeniem wnętrza budynków i miejsc pracy [5].

W myśl art. 85 u.p.o.ś. „ochrona powietrza polega na zapewnieniu jak najlepszej jego jakości, w szczególności przez: 1) utrzymanie poziomów substancji w powietrzu poniżej dopuszczalnych dla nich poziomów lub co najmniej na tych poziomach, 2) zmniejszanie poziomów substancji w powietrzu co najmniej do dopuszczalnych, gdy nie są one dotrzymane, 3) zmniejszanie i utrzymanie poziomów substancji w powietrzu poniżej poziomów docelowych albo poziomów celów długoterminowych lub co najmniej na tych poziomach”.

Bez wątpienia ochrona środowiska jest konstytucyjnym obowiązkiem władz publicznych zgodnie z postanowieniami art. 74 ust. 2 Konstytucji RP. Przepis art. 68 ust. 4 Konstytucji RP stanowi, że władze publiczne są obowiązane do zapobiegania negatywnym dla zdrowia skutkom degradacji środowiska.

Regulacje prawne w zakresie ochrony powietrza można podzielić na cztery grupy. Po pierwsze są to regulacje administracyjne, które obejmują pozwolenia, zezwolenia oraz zgłoszenia, w których są ustalone, m.in. wartości dopuszczalne emisji dla tych instalacji. Po drugie regulacje finansowe, do których zalicza się opłaty za wprowadzone do powietrza ilości

substancji zanieczyszczających, jak również kary za nieprzestrzeganie wymagań zawartych w decyzjach administracyjnych. Po trzecie można wskazać na regulacje ekonomiczne, czyli handel uprawnieniami do emisji prowadzony przez uprawnione przedsiębiorstwa oraz po czwarte na regulacje strategiczne, które dotyczą zarządzania limitami sektorowymi oraz krajowymi emisji wybranych substancji, obejmujący w tym krajowy, jak również międzynarodowy handel uprawnieniami do emisji [1].

Głównymi źródłami, które przyczyniają się do pogorszenia jakości powietrza należą przede wszystkim smog oraz kwaśne deszcze. W wyniku emisji szkodliwych substancji przez m.in. przemysł, spalania kopalnych paliw, jak również wzrostu natężenia ruchu drogowego wydzielane kwasy przedostają się do atmosfery, które rozpuszczają się w opadach, takich jak deszcz, śnieg i mgła, jednocześnie obniżając ich współczynnik pH. Do najistotniejszych substancji tworzących kwasy zalicza się dwutlenek siarki (SO₂), tlenki azotu (NO_x) oraz amoniak (NH₃). Z kolei smog może powstać w miejscu, które spełnia dwa warunki. Po pierwsze powstaje on w dolinie, co w dużym stopniu wstrzymuje boczny dopływ powietrza oraz po drugie panuje w nim pogoda inwersyjna [21].

3. Instrumenty prawne wykorzystywane w zakresie ochrony powietrza

Należy podkreślić, że uzyskanie zamierzonego przez ustawodawcę celu jest możliwe przy wykorzystaniu zarówno odpowiednich, jaki i skutecznych instrumentów. Można powiedzieć, że prawne instrumenty ochrony środowiska są to „narzędzia”, czyli konkretne rozwiązania prawne, które wynikają z obowiązujących przepisów [14].

Według definicji J. Bocia „Instrument prawny to wyróżniony nazwowo i strukturalnie element osobno określonej w prawie czynności czy toku czynności, które warunkują lub wywołują sobą skutek prawny tworzący nową sytuację prawną służącą realizacji ustawowych celów ochrony środowiska”. Powinien on przede wszystkim spełniać rolę samodzielną w praktyce administracyjnej, jak również mieć charakter materialnoprawny. Do instrumentów, które służą ochronie przed zanieczyszczeniami zaliczyć należy w szczególności: instrumenty administracyjnej kontroli wstępnej, instrumenty administracyjnej kontroli bieżącej, środki finansowo-prawne, instrumenty odpowiedzialności prawnej oraz ograniczone kompensacje [1].

Instrumenty prawne powinny być ukierunkowane na konkretną ochronę co przyczynić się może do zwiększenia skuteczności tych instrumentów. Nawiązując do kierunków prawnych ochrony powietrza oraz towarzyszących im instrumentów prawnych ochrony, wyróżnić możemy podstawowe i uniwersalne zasoby środowiska, których sposoby ochrony zostały określone w art. 82 u.p.o.ś. Zgodnie z niniejszym art. 82 u.p.o.ś. ochrona zasobów środowiska

jest realizowana w szczególności poprzez określenie standardów jakości środowiska oraz kontrolę ich osiągnięcia, a także podejmowanie działań służących ich nieprzekraczaniu lub przywracaniu. Po drugie ochrona zasobów środowiska ma na celu ograniczanie emisji na zasadach określonych w tytule III u.p.o.ś [9].

Można wyróżnić różne próby klasyfikacji prawnych instrumentów dotyczących ochrony środowiska, w zależności od przyjętego podziału. Wyodrębnia się instrumenty prawne oparte na standardach jakości powietrza oraz na programach naprawczych, które mają na celu ich przestrzeganie. Z kolei innym kryterium klasyfikacji są działania polegające na przeciwdziałaniu oraz kontrolowaniu zanieczyszczeń [14].

Należy zaznaczyć, że każdy Wojewódzki Fundusz Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej prowadzi własną gospodarkę finansową oraz odrębną politykę dofinansowywania zadań z zakresu ochrony środowiska, a kierunki udzielanego wsparcia finansowego w głównej mierze zależą od wniosków, jakie składają poszczególni beneficjenci. Zdecydowanie większość przedsięwzięć z zakresu ochrony powietrza dofinansowana jest na działania w zakresie termomodernizacji obiektów (głównie użyteczności publicznej) i zastosowania odnawialnych źródeł energii [7].

O skali wykorzystania w ochronie powietrza instrumentów finansowych świadczyć może wielkość zasobów przeznaczanych na tą ochronę. W latach 2014–2020 na działania związane z ochroną powietrza planuje się przeznaczyć środki finansowe pochodzące z następujących źródeł: Narodowego Funduszu Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej – ok. 5,8 mld zł, Wojewódzkich Funduszy Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej – ok. 3,1 mld zł oraz Programu Operacyjnego Infrastruktura i Środowisko na lata 2014–2020 – suma środków przeznaczonych na ochronę środowiska ok. 101,56729 mld zł (24,215 mld EUR), przy wkładzie krajowym wynoszącym ok. 3,055 mld zł (728, 402 mln EUR). W zakresie natomiast perspektywy finansowej UE na lata 2014–2020 główne źródło finansowania działań w obszarze ochrony powietrza będzie stanowił Program Operacyjny „Infrastruktura i Środowisko na lata 2014–2020” przyjęty przez Komisję Europejską w dniu 16 grudnia 2014 r [4].

4. Główne programy ochrony powietrza realizowane w Gminie Wałbrzych

Działalność Gminy Wałbrzych w zakresie ochrony środowiska swym zakresem obejmuje liczne programy, które mają służyć poprawie jakości powietrza. W tym celu należy wskazać na najważniejsze programy, które są realizowane w Gminie Wałbrzych.

Pierwszym takim programem jest Program „Zielony Wałbrzych 2020”, który jest jak się wydaje ambitnym i zarazem realnym planem podwyższenia jakości życia w Wałbrzychu do

roku 2020 poprzez radykalną poprawę stanu środowiska naturalnego w Mieście Wałbrzych. W programie tym ujęto 7 najważniejszych obszarów działania, z tego jednym z nich jest właśnie powietrze. Należy zaznaczyć, że jakość powietrza w Wałbrzychu radykalnie poprawiła się w ciągu ostatnich 20 lat. Istotne znaczenie miała przede wszystkim likwidacja zakładów przemysłu węglowego oraz modernizacja zakładów koksowniczych. Podkreślenia wymaga fakt, że czystość powietrza w Wałbrzychu należy do najlepszych w Polsce wśród miast powyżej 100 tys. mieszkańców. Jednakże problemem istotnym z punktu widzenia jakości życia pozostaje problem zanieczyszczenia powietrza pyłem zawieszonym tzw. PM10, gdzie źródłem tego zanieczyszczenia jest tzw. niska emisja. Celem działań w zakresie ograniczenia tzw. niskiej emisji jest właśnie osiągnięcie w 2020 r. całorocznego utrzymywania parametrów powietrza w granicach normy [23].

Kolejnym programem, który ma się przyczynić do poprawy jakości powietrza w Mieście Wałbrzych jest „Program Ograniczenia Niskiej Emisji”. Głównym celem opracowania tego programu jest przede wszystkim zwrócenie uwagi na problem niskiej emisji w gminie oraz określenie działań w zakresie obniżenia poziomu niskiej emisji, które są spowodowane spalaniem paliw w indywidualnych źródłach ciepła. Działania te mają zmierzać do poprawy stanu powietrza w Wałbrzychu. Ponadto „Program Ograniczenia Niskiej Emisji” tworzony jest właśnie w celu zmniejszenia emisji zanieczyszczeń pyłowo-gazowych, które dostają się do powietrza z sektora komunalno-bytowego. Działanie to jest jedynym skutecznym sposobem na zmniejszenie tego zjawiska oraz polega na udzieleniu pomocy finansowej dla wszystkich osób, które decydują się na modernizację systemu grzewczego. Obszarowy zasięg Programu ma dać gwarancję znacznej poprawy stanu jakości powietrza w mieście [24].

Trzecim kluczowym programem jest program gospodarki niskoemisyjnej, który został opracowany dla 15 gmin Aglomeracji Wałbrzyskiej na lata 2014-2020 z perspektywą do 2030 r. Przede wszystkim ma się on przyczynić do redukcji emisji gazów cieplarnianych, do zwiększenia udziału energii pochodzącej z źródeł odnawialnych, jak również do redukcji zużycia energii finalnej, co ma zostać zrealizowane poprzez podniesienie efektywności energetycznej, a także do poprawy jakości powietrza na obszarach, na których są odnotowywane przekroczenia jakości poziomów dopuszczalnych stężeń w powietrzu. Działania zawarte w tym programie mają w efekcie przede wszystkim prowadzić do redukcji emisji zanieczyszczeń do powietrza, w tym pyłów, dwutlenku siarki oraz tlenków azotu oraz co najważniejsze mają przyczynić się do poprawy stanu środowiska i jakości życia mieszkańców Aglomeracji Wałbrzyskiej na terenie 15 gmin, które wchodzi w skład

Aglomeracji Wałbrzyskiej. Główny cel jaki postawiono to jest poprawa standardów jakości powietrza w perspektywie lat 2015-2030 [25].

Warto zaznaczyć, że przekraczanie norm jakości powietrza w okresie grzewczym jest ważnym problemem dla miasta Wałbrzycha. Dlatego też „Program Ograniczenia Niskiej Emisji dla miasta Wałbrzycha”, który został przyjęty Uchwałą Nr LXI/624/2014 Rady Miejskiej Wałbrzycha z dnia 15 maja 2014 r., o którym pisano wcześniej służy przede wszystkim poprawie jakości powietrza, a tym samym również jakości życia oraz zdrowia mieszkańców. Jednym ze sposobów poprawy stanu powietrza w gminie, przyjętym w Programie Ograniczenia Niskiej Emisji dla miasta Wałbrzycha jest właśnie między innymi wymiana źródeł ciepła na bardziej ekologiczne. W związku z powyższym w dniu 15 maja 2014 r. została przyjęta Uchwała Nr LXI/625/2014 w sprawie określenia zasad i trybu udzielenia dotacji ze środków budżetu Gminy Wałbrzych na dofinansowanie kosztów zadań inwestycyjnych związanych z ograniczeniem niskiej emisji na terenie miasta Wałbrzycha. W tym celu w 2014 roku udzielono 142 dotacje celowe na kwotę w wysokości 556 335,42 zł, w 2015 r. dotowanych było 110 inwestycji na kwotę 475 562,28 zł, natomiast w 2017 r. zostało udzielonych 295 dotacji dla wniosków zaległych z roku 2016 na łączną kwotę 1 304 964,01 zł. W 2017 r. przedłożonych zostało 120 wniosków na łączną kwotę dofinansowania 417 287,13 zł, natomiast w 2018 r. mieszkańcy złożyli 732 wnioski na łączną kwotę dofinansowania ponad 3 mln zł, gdzie wnioski te następnie będą weryfikowane oraz realizowane w roku 2019 [22].

4. Regulacje unijne a regulacje krajowe w zakresie ochrony powietrza

Główną rolę w zakresie przepisów prawa unijnego dotyczących ochrony powietrza odegrało przede wszystkim przystąpienie Wspólnoty w 1981 r. do Konwencji genewskiej z dnia 13 listopada 1979 r. w sprawie transgranicznego zanieczyszczenia powietrza na dalekie odległości i późniejszych protokołów do niej. Celem konwencji genewskiej jest przede wszystkim skonstruowanie oraz rozwijanie współpracy międzynarodowej w ramach zwalczania zanieczyszczenia powietrza i jego skutków, szczególnie w odniesieniu do zanieczyszczeń, które przenoszone są na dalekie odległości [11]. Ważną rolę w rozwoju przepisów prawnych dotyczących ochrony powietrza odegrała również Konwencja wiedeńska z dnia 22 marca 1985 r. o ochronie warstwy ozonowej [12], która jest aktem ramowym, zobowiązującym państwa do działań kontrolno-pomiarowych, czyli prowadzenia systematycznych badań stanu stratosferycznej warstwy ozonowej i skutków jej osłabienia [3].

Z kolei kolejna Ramowa Konwencja Narodów Zjednoczonych z dnia 9 maja 1992 r. w sprawie zmian klimatu, zwana Konwencją klimatyczną, zakłada, że zmiany klimatu

i negatywne skutki tych zmian mają charakter globalny a przeciwdziałanie im wymaga maksymalnie rozwiniętej współpracy wszystkich państw. Podstawowym celem konwencji klimatycznej jest stosownie do art. 2 „doprowadzenie (...) do ustabilizowania koncentracji gazów cieplarnianych w atmosferze na poziomie, który zapobiegałby niebezpiecznej antropogenicznej ingerencji w system klimatyczny (...)” [16]. Na III Sesji Konferencyjnej Stron Ramowej Konwencji Narodów Zjednoczonych w sprawie zmian klimatu, obradującej w okresie od 1 do 10 grudnia 1997 r. przyjęto Protokół z Kioto [15]. Zawiera on zobowiązanie dla 38 krajów rozwiniętych do zmniejszenia emisji gazów cieplarnianych o ok. 5,2% w stosunku do emisji z 1990 r [3].

Obecnie fundamentalnym aktem prawnym obowiązującym w Unii Europejskiej w zakresie jakości powietrza jest przyjęta w następstwie strategii tzw. dyrektywa ramowa 2008/50/WE z 21.05.2008 r. w sprawie jakości powietrza i czystsze powietrze dla Europy (tzw. dyrektywa CAFE). Zgodnie z art. 1 dyrektywa CAFE ustanawia środki mające na celu m.in.: zdefiniowanie i określenie celów dotyczących jakości powietrza, wyznaczonych w taki sposób, aby unikać, zapobiegać lub ograniczać szkodliwe oddziaływanie na zdrowie ludzi i środowisko jako całość; ocenę jakości powietrza w państwach członkowskich na podstawie wspólnych metod i kryteriów; uzyskiwanie informacji na temat jakości powietrza, pomocnych w walce z zanieczyszczeniami powietrza i uciążliwościami oraz w monitorowaniu długoterminowych trendów i poprawy stanu powietrza wynikających z realizacji środków krajowych i wspólnotowych [2].

Przejawem wdrażania unijnych regulacji prawnych do prawa krajowego jest podejmowanie przez państwo wszelkich działań, opracowywanie programów oraz innych instrumentów prawnych, mających na celu poprawę stanu powietrza. W Polsce, to właśnie dyrektywa CAFE została transponowana do polskiego porządku prawnego ustawą Prawo ochrony środowiska, która reguluje kwestie w zakresie ochrony powietrza, jednocześnie uwzględniając wymogi harmonizacji z normami ekologicznymi UE [20]. Należy podkreślić, że wraz z przystąpieniem Polski do UE związała się ona z prawem UE, gdzie tym samym ma ona obowiązek wdrażania prawa unijnego, jednocześnie zobowiązując się do jego wykonywania z dniem przystąpienia. Podkreślenia wymaga, że Komisja Europejska na bieżąco monitoruje państwa członkowskie pod kątem zaległości we wdrażaniu prawa UE oraz jakości, jak również kompletności dokonanej transpozycji. Ponadto od wielu lat Polska stara się dostosować swoje prawodawstwo do tego prawa [6].

Mając na uwadze cele ochrony środowiska oraz utrzymujący się niedostateczny stan jakości powietrza w Polsce, w tejże ustawie znajduje się przepis art. 91c, który stanowi, że

„w przypadku, gdy przekroczenie poziomów dopuszczalnych lub docelowych substancji w powietrzu występuje na znacznym obszarze kraju, a działania podjęte przez organy administracji samorządowej nie wpływają na poprawę stanu jakości powietrza, minister właściwy do spraw środowiska może opracować Krajowy Program Ochrony Powietrza”.

Krajowy Program Ochrony Powietrza (KPOP) to dokument o charakterze strategicznym, który wyznacza cele oraz kierunki działań, jakie powinny zostać uwzględnione w programach ochrony powietrza przede wszystkim na szczeblu lokalnym. Celem KPOP jest poprawa jakości powietrza na obszarze całej Polski. W szczególności obejmuje to obszary o najwyższych stężeniach zanieczyszczeń powietrza oraz tereny, na których występują duże skupiska ludności. Jakość powietrza powinna zostać naprawiona co najmniej do stanu niezagrażającego zdrowiu ludzi, stosownie do wymogów prawodawstwa Unii Europejskiej, transponowanego do polskiego prawodawstwa, a w perspektywie do roku 2030 do celów wyznaczonych przez Światową Organizację Zdrowia [13].

Oprócz przepisów rangi ustawowej zagadnienia związane z ochroną powietrza regulowane są rozporządzeniami Ministra Środowiska – są to m.in. Rozporządzenie z dnia 2 sierpnia 2012 r. w sprawie stref, w których dokonuje się oceny jakości powietrza [17], Rozporządzenie z dnia 14 sierpnia 2012 r. w sprawie krajowego celu redukcji narażenia [18], czy też Rozporządzenie z dnia 24 sierpnia 2012 r. w sprawie poziomów niektórych substancji w powietrzu [19].

5. Podsumowanie

Podsumowując, należy stwierdzić, że atmosfera jest dynamicznym elementem środowiska, a jego zanieczyszczenia stanowią środowiskowe zagrożenie zarówno dla życia, jak i zdrowia ludzi. Dlatego też niezwykle istotny dla skuteczności podejmowanych działań naprawczych jest rozwój oraz efektywne wdrożenie długoterminowych strategii, które mają na celu ograniczenie ryzyka negatywnego wpływu tych zanieczyszczeń. Dodatkowo powoduje to, że problemy ekologiczne stają się również problemami transgranicznymi.

Zagadnienie prawne dotyczące ochrony powietrza stało się w ostatnim czasie bardzo powszechne ze względu na coraz gorszy stan powietrza w Polsce. Z uwagi na ten fakt oraz to, że powietrze jest jednym z najważniejszych elementów przyrody niezbędnym zarówno dla człowieka, zwierząt jak i również dla roślin, w zakresie ochrony powietrza stosowane są różne instrumenty prawne mające na celu protekcję tego zasobu przyrody. Analiza przepisów krajowych, jak i przepisów Unii Europejskiej przedstawiona w publikacji wskazuje na adekwatność tych regulacji w stosunku do przedmiotu ochrony.

Zgodnie z założoną hipotezą można zatem stwierdzić, że regulacje prawne związane z ochroną środowiska są wystarczającym narzędziem w zakresie ochrony powietrza.

Ochrona powietrza jest jednak procesem ciągłym, uzależnionym nie tylko od wprowadzonych instrumentów prawnych jego ochrony, ale też od zmieniających się warunków środowiska związanych m.in. z globalnym ociepleniem. Problem zatem zasadniczo może sprowadzać się do stałego reagowania na zmieniające się czynniki środowiskowe i dostosowywania regulacji prawnych do zmieniających się warunków otoczenia.

Istotną rolę w związku z tym należy przypisać ochronie lokalnej i przewidzianym na każdym szczeblu samorządu terytorialnego programom. Szereg programów z zakresu ochrony środowiska, które są realizowane w Gminie Wałbrzych przysłużyło się poprawie jakości powietrza. Czystość powietrza w Wałbrzychu należy do najlepszych w Polsce wśród miast powyżej 100 tys. mieszkańców

Literatura

- [1] Boć B., Rotko J.: Organizacja i instrumenty prawnej ochrony powietrza, w: Prawna ochrona powietrza i handel uprawnieniami emisyjnymi w Polsce i w Niemczech, red. J. Boć, red. K. Nowacki, Kolonia Limited, Wrocław 2006, s. 102.
- [2] Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady 2008/50/WE z dnia 21 maja 2008 r. w sprawie jakości powietrza i czystszej powietrza dla Europy (Dz. U. UE. L. z 2008 r. Nr 152, str. 1 z późn. zm.).
- [3] Górski M.: Ochrona powietrza w prawie międzynarodowym i wspólnotowym, w: Prawo ochrony środowiska, red. M. Górski, C.H. Beck, Warszawa 2018, s. 287-289.
- [4] <https://powietrze.gios.gov.pl/pjp/documents/download/102161> (dostęp: 06.04.2019 r.).
- [5] <https://sjp.pwn.pl/> (dostęp: 14.04.2019 r.)
- [6] https://www.kul.pl/files/500/Kozinska_06.pdf (dostęp: 15.04.2019 r.).
- [7] <https://www.nik.gov.pl/plik/id,7764,vp,9732.pdf> (dostęp: 06.04.2019 r.).
- [8] Iwanek-Chachaj E.: Ochrona powietrza, w: Prawo ochrony środowiska, red. J. Stelmasiak, LexisNexis, Warszawa 2010, s. 218.
- [9] Iwańska B.: Ochrona powietrza w systemie prawa ochrony środowiska, „Europejski Przegląd Sądowy” 2017, nr 7, s. 4-14
- [10] Konstytucja Rzeczypospolitej Polskiej z dnia 2 kwietnia 1997 r. (t.j.: Dz. U. z 2009 r. nr 114, poz. 946).
- [11] Konwencja genewska z dnia 13 listopada 1979 r. w sprawie transgranicznego zanieczyszczenia powietrza na dalekie odległości (Dz. U. z 1985 r. poz. 311).

- [12] Konwencja wiedeńska z dnia 22 marca 1985 r. o ochronie warstwy ozonowej (Dz. U. z 1992 r. poz. 488).
- [13] Ministerstwo Środowiska, Krajowy Program Ochrony Powietrza do 2020 r. (z perspektywą do 2030), Warszawa 2015, s. 5, <https://www.gov.pl/web/srodowisko> (dostęp: 14.04.2019 r.).
- [14] Mokrosz M.: Prawne instrumenty zapewnienia standardów jakości powietrza, w: Prawne instrumenty ochrony powietrza. Wybrane Zagadnienia, red. F. Nawrota, red. E. Radecka, Grupa INFOMAX, Katowice 2018, s. 70.
- [15] Protokół z Kioto z dnia 11 grudnia 1997 r. do Ramowej Konwencji Narodów Zjednoczonych z dnia 9 maja 1992 r. w sprawie zmian klimatu (Dz. U. z 2005 r. poz. 1684).
- [16] Ramowa Konwencja Narodów Zjednoczonych z dnia 9 maja 1992 r. w sprawie zmian klimatu (Dz. U. z 1996 r. poz. 238).
- [17] Rozporządzenie z dnia 2 sierpnia 2012 r. w sprawie stref, w których dokonuje się oceny jakości powietrza (Dz. U. z 2012 r. poz. 914).
- [18] Rozporządzenie z dnia 14 sierpnia 2012 r. w sprawie krajowego celu redukcji narażenia (Dz. U. z 2012 r. poz. 1030).
- [19] Rozporządzenie z dnia 24 sierpnia 2012 r. w sprawie poziomów niektórych substancji w powietrzu (Dz. U. z 2012 r. poz. 1031).
- [20] Rudnicki M.: Prawnofinansowe aspekty zadań publicznych jednostek samorządu terytorialnego związanych z ochroną środowiska, KUL, Lublin 2006.
- [21] Seidler Ch.: Podstawy nauk o środowisku, w: Zintegrowane zarządzanie środowiskiem, red. A. F. Caekelbergh, red. M. Kramer, red. A. Kryński, Wolters Kluwer, Warszawa 2013, s. 39-40.
- [22] UCHWAŁA NR LV/683/18 RADY MIEJSKIEJ WAŁBRZYCHA z dnia 26 kwietnia 2018 r. w sprawie zmiany uchwały Rady Miejskiej Wałbrzycha Nr LXI/625/2014 z dnia 15 maja 2014 roku w sprawie określenia zasad i trybu udzielenia dotacji celowej ze środków budżetu Gminy Wałbrzych na dofinansowanie kosztów zadań inwestycyjnych związanych z ograniczeniem niskiej emisji na terenie miasta Wałbrzycha, bip.um.walbrzych.pl/uchwaly/24 (dostęp: 14.04.2019 r.).
- [23] UCHWAŁA NR LVIII/583/2014 RADY MIEJSKIEJ WAŁBRZYCHA z dnia 20 lutego 2014 r. w sprawie przyjęcia Programu "Zielony Wałbrzych 2020", <http://bip.um.walbrzych.pl/uchwaly/24> (dostęp: 14.04.2019 r.).

- [24] UCHWAŁA NR LXI/624/2014 RADY MIEJSKIEJ WAŁBRZYCHA z dnia 15 maja 2014 r. w sprawie przyjęcia "Programu Ograniczenia Niskiej Emisji dla miasta Wałbrzycha", bip.um.walbrzych.pl/uchwaly/24 (dostęp: 14.04.2019 r.).
- [25] UCHWAŁA NR X/139/2015 RADY MIEJSKIEJ WAŁBRZYCHA z dnia 27 sierpnia 2015 r. w sprawie przyjęcia do realizacji Planu Gospodarki Niskoemisyjnej na lata 2014-2020 z perspektywą do 2030 r. dla Gminy Wałbrzych z uwzględnieniem zapisów części wspólnej Planu dla Aglomeracji Wałbrzyskiej, bip.um.walbrzych.pl/uchwaly/24 (dostęp: 14.04.2019 r.).
- [26] Ustawa z dnia 27 kwietnia 2001 r. – Prawo ochrony środowiska.

LEGAL INSTRUMENTS OF THE AIR PROTECTION

Abstract

The purpose of this article is to indicate of legal instruments in the field of air quality protection. For this purpose, it was analysed series of legal means used ensuring maintenance of air quality at an appropriate level, as well as affecting to improve air quality. Important for the implementation of the intended purpose turned out analytical and legal use of the research method, based on the exegesis of the legal text in the field of environmental protection. The article also includes the most important programs, implemented by the Wałbrzych commune in the field of air protection.

Keywords: environmental law, air protection, air quality

Opiekun pracy:

dr Łukasz Mikowski

Recenzenci:

dr Klaudia Stelmaszczyk

dr hab. Paweł Borszowski prof. nadzw. UW r

BADANIE WYBRANYCH PARAMETRÓW MIODÓW POCHODZĄCYCH Z RÓŻNYCH ŹRÓDEŁ

Bartosz Luboń^{1*}, Ewelina Berbeć¹, Agata Kuklińska¹, Bartek Matyjewicz¹, Mikołaj Sadek¹

¹Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu, Biologii i Hodowli Zwierząt, SKN Apis, ul. Chelmońskiego 38c, 51-630 Wrocław

*lubonbartosz@gmail.com

Abstrakt

Miód pszczeli jest naturalnym produktem wytwarzanym przez pszczołę miodną *Apis mellifera*, do którego człowiek w procesie przetwórstwa nic nie dodał ani nic nie odebrał. Ostateczny skład miodu obejmuje zarówno wydzieliny roślinne, jak i zwierzęce, a po części także produkty powstałe w wyniku zachodzących między nimi reakcji oraz składniki mineralne, czy też kwasy organiczne. Badania miały na celu ocenę różnic w wybranych parametrach miodów: wielokwiatowego i lipowego pochodzących z pasiek ekologicznych, konwencjonalnych oraz dostępnych w supermarketach. Badano m.in. takie parametry takie jak kwasowość ogólna, przewodność elektrolityczna oraz zawartość wody.

Słowa kluczowe: Miód, właściwości fizykochemiczne miodu

1. Wprowadzenie

Historia metody badania przewodności w miodach przedstawił Elster w roku 1924. Przedstawione przez niego metody posłużyły do wyznaczania składu miodu w zależności od jego przewodności [1]. W pracy Kędzia, Holderna-Kędzia [2008], dowiedziono, że różne typy miodów mają charakterystyczne wartości cech fizykochemicznych.

2. Cele Pracy

Praca ma na celu sprawdzenie, czy w miodach występują odchylenia od norm, a także kontrole podstawowych parametrów fizykochemicznych miodów, możliwych do nabycia przez konsumentów. Badanie prowadzone jest w trosce o nabywców miodu, w ramach kontroli czy jakość miodów jest dla nich satysfakcjonująca.

3. Powstawanie miodu

Miód jest naturalną słodką substancją wytwarzaną przez pszczoły z nektaru kwiatów lub wydzielin żywych części roślin, lub z wydzielin owadów ssących soki żywych części roślin, które pszczoły zbierają, przenoszą, składają i pozostawiają do dojrzewania w plastrach z wosku pszczelego. Miód powstaje podczas gdy surowiec zebrany przez pszczoły zbieraczki z pożytków pszczelich zostaje przetworzony poprzez dodanie do niego wydzieliny gruczołów gardzielowych, która oprócz enzymów rozkładających wielocukru na cukry proste zawiera także wiele różnorodnych substancji biologicznie czynnych. Takich jak: białka, sole mineralne

itd. Wzbogacenie miodu w te substancje następuje, gdy robotnica pszczoły miodnej przenosi zawartość wola miodnego na języczek (proces ten jest powtarzany kilkakrotnie). W ten sposób powstaje tak zwany nakrop. Jest on rozkładany w komórkach plastrów i w miarę odparowywania z niego wody oraz uzupełniana go w substancje czynne, przenoszony jest przez pszczoły coraz wyżej, aż do momentu, w którym wartość wody spadnie poniżej 20%. W momencie, gdy zawartość wody osiągnie oczekiwany poziom, pszczoły zasklepiają komórkę za pomocą wieczka woskowego [2, 3]. Miód pszczeli jest produktem, do którego człowiek nic nie dodał ani nic nie odebrał [3].

4. Właściwości fizykochemiczne miodu

Kolor miodu można zdefiniować jako ciągły zakres od koloru bardzo jasnego przez odcienie bursztynowe, aż do kolorów bardzo ciemnych, prawie czarnych [4]. Dojrzały miód jest gęsty, a dodatkowo bardzo lepki. Miód nie jest klarowną substancją. Przyczyną tego jest duża zawartość pyłków oraz w mniejszym stopniu krystalizacja. Miód jest substancją, w którym przesycony roztwór cukrów zaczyna przechodzić w fazę stałą. Proces ten nazywany jest krystalizacją. Istnieje sporo czynników wpływających na długość pozostawania miodu w fazie ciekłej. Między innymi jest to zawartość wody, stosunek glukozy do fruktozy, której mniejsza ilość przyspiesza proces krystalizacji oraz ilości dekstryn, których mniejsza ilość również wpływa pozytywnie na proces krystalizacji. Najważniejszym czynnikiem środowiskowym jest temperatura. Wyższa temperatura (między 20°C a 40°C) spowalnia proces krystalizacji lub go całkowicie powstrzymuje, przy jeszcze wyższych temperaturach dochodzi do całkowitej dekrystalizacji miodu co ma negatywny wpływ na jego skład oraz właściwości (temperatura powyżej 45°C). Powoduje to denaturację białek i wpływa negatywnie na aktywność biologiczną miodu, czyli enzymów zawartych w nim zawartych. Sposób krystalizacji miodu uzależniony jest od gatunku miodu, np. miód rzepakowy krystalizuje w ciągu tygodnia od daty zbioru, akacjowy, przechowywany w temperaturze 20 stopni pozostaje w postaci płynnej przez kilka miesięcy [2]. Kolor miodu definiowany jest przez karotenoidy, flawony i antocyjany. Miód jest substancją ubogą w witaminy. Tylko niektóre gatunki, takie jak wrzosowy czy spadziowy cechują się minimalnymi ilościami witamin z grupy B, A, C i PP [2, 3, 5, 6].

W miodzie wykryto 80 związków aromatycznych. Są to między innymi związki należące do kwasów karboksylowych, aldehydów, ketonów, alkoholi, węglowodorów i fenoli [5].

5.1 Skład miodu

5.1.1 Węglowodany (cukry)

Węglowodany stanowią około 95% suchej masy miodu, choć wartość ta może osiągać nawet 99% dla miodów wiosennych [2, 3, 5]. W miodzie zidentyfikowano około 25 różnych cukrów. Między innymi melecytozę, kobiozę, nigerozę, turanozę, izomaltozę, melecytoze i inne [5, 7, 8]. Głównymi cukrami wchodzącymi w skład miodu są glukoza i fruktoza, które stanowią od 70% do 80% [9]. Występowanie dużej ilości cukrów prostych takich jak fruktoza i glukoza, spowodowane jest rozpadem sacharozy, głównego cukru pobieranego z roślin i hydrolizującego na polisacharydy za pomocą inwertazy, a także pochodzą bezpośrednio z nektaru. Ilość sacharozy nie przekracza 5% ogólnej ilości cukrów w miodzie [2]. Skład ilościowy cukrów, według Maurizio 1962a, 1964b może być jednym ze wskaźników pochodzenia miodu. Dekstryny w miodzie, mają zdolność tworzenia roztworów koloidalnych i są silnie prawoskrętne. W porównaniu z dekstrynami pozyskanymi ze skrobi, mają mniejszy ciężar cząsteczkowy, nie barwią się po dodaniu jodu i alkohol nie powoduje ich wytrącenia.

5.1.2 Kwasy

Zawartość kwasów w miodzie jest niska, lecz mają one znaczący wpływ na smak. Większość kwasów dodawane jest przez pszczoły [5]. W miodach występują kwasy, takie jak: octowy, mrówkowy, mlekowy, bursztynowy, piroglutaminowy, jabłkowy, cytrynowy i najbardziej dominujący: glukonowy [10, 11]. Kwas glukonowy jest produktem utlenienia glukozy przez oksydazę glukozową. Ten właśnie proces powoduje powstawanie H_2O_2 , związku o silnym antybakteryjnym działaniu [2, 5]. Większość miodów ma odczyn kwaśny, co oznacza, że wartość pH jest mniejsza niż 7. Miody mają właściwości buforujące.

5.1.3 Związki mineralne i witaminy

Składniki mineralne, stanowią w miodzie od 0.1 do 0.3% obojętności [5], są to między innymi potas (K), żelazo (Fe), wapń (Ca), sód (Na), mangan (Mn), fosfor (P), kobalt (Co), miedź (Cu). Biopierwiastkiem najczęściej występującym w miodzie jest potas [2, 5]. Mikroelementy, takie jak chlor (Cl), fosfor (P), magnez (Mg), A także witaminy A, B₁, B₂, B₆, B₁₂, C, kwas foliowy, kwas pantotenowy i biotyny.

5.1.6 Enzymy, białka i aminokwasy

Ilość wolnych aminokwasów w miodach nektarowych wynosi średnio 175 mg na 100g [2]. Największy udział wśród aminokwasów stanowi kwas asparaginowy, kwas glutaminowy i leucyna, lecz głównym aminokwasem jest prolina, która stanowi 49% wszystkich aminokwasów [5].

Miód zawiera również w swoim składzie enzymy, takie jak: invertaza wspomagająca przemianę cukrów złożonych na proste, alfa i beta amylazy wspomagające magazynowanie oraz trawiące cukry złożone do maltozy, fosfataza, oksydaza glukozowa i katalaza produkujące H₂O₂. Nadtlenek wodoru ma właściwości przeciw bakteryjne [3, 5, 6]. Badanie amylaz oraz invertazy jest wykorzystywane w celu oceny jakości miodu, jego świeżości, a także zafałszowań w miodach [5].

5.2 Woda w miodzie

Zawartość wody dla większości miodów powinna znajdować się w przedziale od 15 do 20%, z wyjątkiem miodu wrzosowego, dla którego wartością graniczną jest 23% [8]. Jeżeli ilość wody będzie ponad wskazaną wartość jest to znaczna wada miodu, ponieważ może to przyczynić się do rozpoczęcia procesu fermentacji alkoholowej.

5.3 Przewodność elektrolityczna miodu

Miody lipowe i wielokwiatowe należą do miodów letnich, charakteryzujących się największą kwasowością i aktywnością enzymatyczną [3]. Dla miodów tych średnia wartość przewodności elektrolitycznej wynosi $4,20 \cdot 10^{-4} \text{ S} \cdot \text{cm}^{-1}$ a dla miodów wielokwiatowych, średnia wartość wynosi $5,3 \cdot 10^{-4} \text{ S} \cdot \text{cm}^{-1}$.

6. Metodyka badań

Przedmiotem badań były 2 wybrane odmiany miodu: lipowy i wielokwiatowy, które opisane są literami L i W. Pochodziły one z 3 różnych źródeł. Pierwszą grupę stanowiły miody z losowo wybranych pasiek z certyfikatem ekologicznym z terenu całego kraju, były to miody oznaczone literą E. Drugą – miody dostępne w losowo wybranych supermarketach, do których przypisano literę H. Trzecią natomiast miody kupione bezpośrednio od wybranych pszczelarzy opisane literą P. Każdą próbę analizowano 3 krotnie, stąd ostatnim symbolem opisującym miód jest cyfra mieszcząca się w przedziale od 1 do 3.

Każda grupa obejmowała 3 różne miody, łącznie przebadano 18 miódów w 54 powtórzeniach. Każdą próbkę badano 3 krotnie, co daje 9 badań na grupę, z wyjątkiem miodu J, gdzie bazowano na dwóch próbach dotyczącej kwasowości i jednej próbie dotyczącej przewodności (ze względu na zbyt małą ilość próbki).

6.1 Badanie zawartości wody

W celu wyznaczenia wody użyto refraktometru RHN1 – ATC. Badanie to miało za zadanie ocenić ilość suchej masy w miodzie, wymaganej do liczenia przewodnictwa elektrolitycznego w miodzie.

6.2 Badanie kwasowości ogólnej

Do kolbki stożkowej odmierzano 10 gramów miodu, po czym dodawano 50 cm³ wody i mieszano do momentu całkowitego rozpuszczenia miodu. Następnie dodawano 3 krople fenoloftaleiny, po czym miareczkowano do uzyskania różowej barwy. Następnie prowadzono ocenę zmiany zabarwienia.

Kwasowość ogólną obliczano ze wzoru:

$$Xi = \frac{100}{M} \cdot V \cdot C \quad (1)$$

gdzie:

C - stężenie molowe r-ru NaOH, mol·dm⁻³,

V - objętość roztworu NaOH zużyta do miareczkowania, ml³,

100 - współczynnik do przeliczania kwasowości w stopniach na 100g lub 100 ml produktu, -,

M - masa próbki, g.

6.3 Badanie przewodności elektrolitycznej

W zlewce odważano 5 gram wybranego miodu, w przeliczeniu na suchą masę według wzoru:

$$M = \frac{5g \cdot 100}{MS} \quad (2)$$

gdzie:

M - potrzebna naważka, g,

MS - zawartość suchej masy, która jest równa 100% - zawartość wody, %.

Tak odważoną ilość miodu rozpuszczano w niewielkiej ilości wody. Kolejno zawartość przenoszono do kolbki miarowej i uzupełniano do objętości 25 ml. Przygotowany roztwór, przenoszono do wąskiej zlewki, następnie umieszczano roztwór w naczyniu pomiarowym i odczytywano wynik.

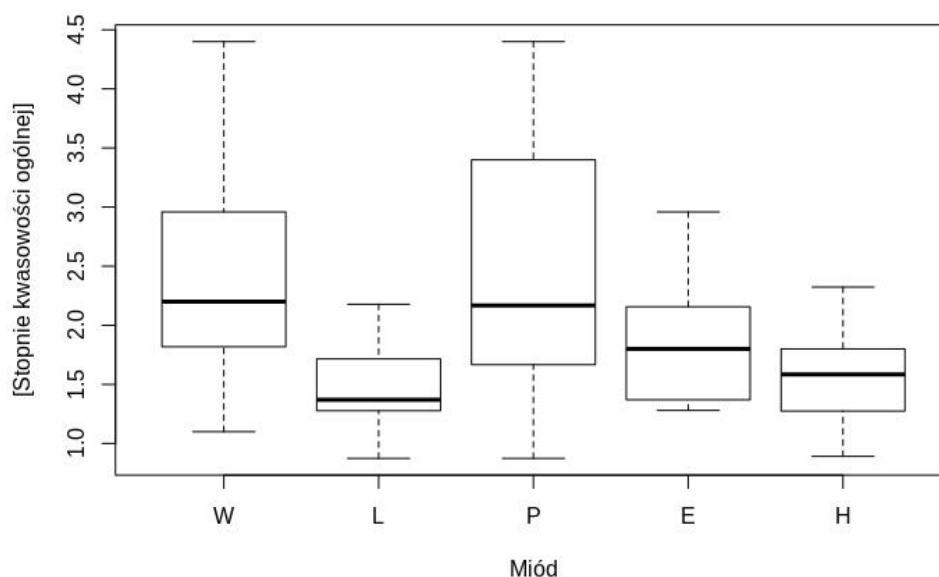
6.4 Normy i statystyka

Zgodnie z wymogami fizykochemicznymi dla miodów pszczelich zawartymi w Rozporządzenie Ministra Rolnictwa i Rozwoju Wsi z dnia 29 maja 2015 r., które zastąpiło PN-88/A077626, kwasowość ogólna powinna zawierać się w zakresie od 1 do 5 stopni. Przewodność właściwa powinna wynosić nie mniej niż 200 (dla miodów nektarowych) i 600 (miody nektarowo-spadziowe). Poziom wodny w miodzie nie powinien wynosić więcej niż 20%.

Analizę statystyczną przeprowadzono posługując się pakietem statystycznym R, wersja 3.4.4. Analizę istotności różnic między badanymi grupami przeprowadzono za pomocą testu nieparametrycznego Kruskalla-Wallisa, a testy post hoc wykonane zostały testem Dunncan'a.

7. Analiza i dyskusja uzyskanych wyników

Wyniki z oceny kwasowości ogólnej w poszczególnych grupach zamieszczono na rysunku 1. Wartości między grupą P (pozyskaną od pszczelarzy) i H (zakupioną w supermarketach) okazały się statystycznie różne (na poziomie istotności 0,01095). Grupy E i P (poziom istotności 0,18), oraz E i H (poziom istotności 0,22) są statystycznie do siebie podobne. Pomiędzy stopniami kwasowości w rodzajach miodu L (Lipowy) i W (Wielokwiatowy) odnotowane istotne statystycznie różnice (poziom istotności $4,95 \cdot 10^{-7}$).



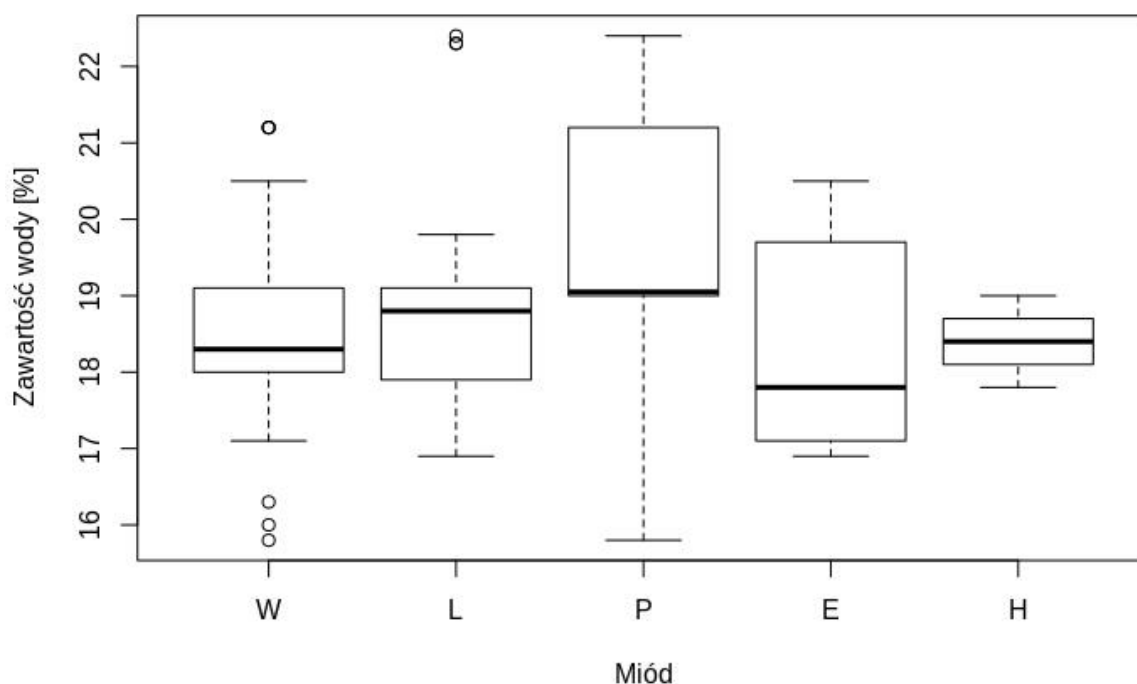
Źródło: opracowanie własne

Rys. 1. Stopnie kwasowości ogólnej z uwzględnieniem podziału na pochodzenie oraz rodzaj danego miodu

Stopnie kwasowości ogólnej, służą jako podstawowy wyznacznik zafałszowań miodu. Wszystkie badane próbki znajdowały się w wartościach referencyjnych i zgodnych z obowiązującą normą.

Podczas analizy statystycznej zawartości wody w miodach (rys. 2), określono statystycznie istotne różnice w wynikach między grupami E i P (poziom istotności 0,0105), a także H i P (poziom istotności 0,0186). W grupach E i H nie zaobserwowano statystycznie istotnych różnic (poziom istotności 0,844). Zawartość wody pomiędzy rodzajami miodów L i W nie różni się w sposób statystycznie istotny (poziom istotności 0.544).

Warto wspomnieć, że miody LP2, WP2 i WE1 przekraczają dopuszczalną zawartość wody w miodzie. Stanowi to wadę produktu, ponieważ mogą zachodzić w nich procesy fermentacyjne, które mają niekorzystny wpływ na nasze zdrowie, poprzez wytwarzanie się alkoholi, głównie etanolu. Miody te nie powinny być długo przechowywane. Według prawa nie powinny one zostać przekazane do sprzedaży bezpośredniej, ponieważ nie spełniają wymagań, jakie stawia norma na miód pszczeleli w zakresie jakości handlowej. Dwa z trzech miodów, w których zawartość wody jest zbyt wysoki pochodziły do pszczelarzy. Wartości te były wyższe o 2%.



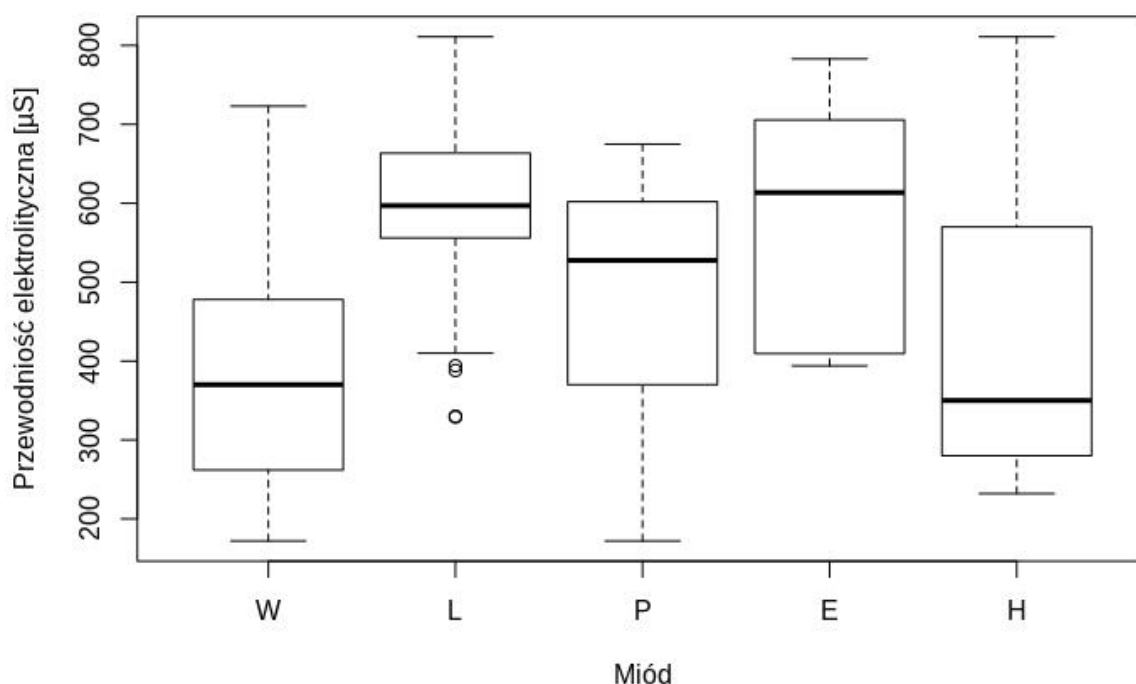
Źródło: opracowanie własne

Rys. 2. Zawartość wody w badanych grupach miodów z uwzględnieniem podziału na pochodzenie oraz rodzaj danego miodu

Porównano przewodność elektrolityczną w badanych grupach miodów (rys. 3). Wyniki analizy statystycznej wskazują na różnice statystycznie istotne między grupami E i H (poziom

istotności 0,003). Natomiast nie zauważono różnic statystycznie istotnych pomiędzy grupami E i P (poziom istotności 0,168) a także H i P (poziom istotności 0,116). Uzyskane wartości przewodności dla miodów lipowych i wielokwiatowych różnią się w sposób istotny statystycznie (poziom istotności $1,58 \cdot 10^{-5}$).

Przewodność elektrolityczna bada się, aby przyporządkować miody do konkretnych rodzajów. Miody spadziowe charakteryzują się większą przewodnością [2, 3, 5]. W badanych miodach tylko próbka WP3 wykazała niższy niż referencyjny poziom przewodności. Jest to przejawem mono odmianowości tego miodu [12]. Co więcej, warto zauważyć, że większy udział spadzi występuje w miodach lipowych aniżeli wielokwiatowych. Jest to ściśle skorelowane z miejscem pozyskiwania miodu, gdyż spadź występuje głównie na drzewach iglastych, ale także na dębach i lipach.



Źródło: opracowanie własne
Rys. 3. Przewodnictwo elektrolityczne w miodzie

8. Podsumowanie

Z przeprowadzonych badań wynika, że stan miodów ekologicznych, ze sklepów oraz od pszczelarzy mieści się w wymaganych normach. Wyniki badań własnych wskazują na konieczność nieustannej analizy podstawowych właściwości fizykochemicznych miodów pszczelich. Ze względu na możliwe fałszowanie i niespełnianie przez nie norm co wykazano w badaniach własnych dla wybranych miodów. Badania własne wskazują również na możliwość wykrycia odchyleń od normy nawet przy podstawowych analizach. Nieustanna

kontrola rynku produktów pszczelich w sposób znaczący przyczynia się do utrzymania ich w najwyższej jakości i daje poczucie bezpieczeństwa konsumentowi.

Literatura

- [1] Łuczycka D.: Właściwości dielektryczne wybranych odmian miodu, Inżynieria Rolnicza 5(123) /2010, Wrocław 2010.
- [2] Banaszak J., Cymborski B., Chmielewski W., Chorbiński P., Chuda-Mickiewicz B., Demianowicz A., Gałuszka H., Gliński Z., Gromisz M., Hartwig A., Jabłoński B., Jasiński Z., Marzec J., Marcinkowski J., Pidek A., Prabucki J., Rybak-Chmielewska H., Romaniuk K., Tworek K., Tomaszewska B., Szymaś B., Warakomska Z., Wilde J., Wilkaniec Z., Woyke J., Wójtowski F.: Pszczelnictwo, Wydawnictwo Promocyjne „Albatros”, Szczecin 1998.
- [3] Roman A.: Podstawy Pszczelarstwa, Wydawnictwo Akademii Rolniczej we Wrocławiu, Wrocław 2006.
- [4] Doner LW., White JW.: The T3C/12C ratio in honey, J. Apic. Res., 17(2): 94–99.
- [5] Bogdanov S.: Honey Composition, The Honey Book, Chapter 5, Bee Product Science, 2011.
- [6] Curyło J., Zalewski W.: Skład miodu pszczelego, Pszczelnicze Zeszyty Naukowe, 1, 1, 39-49, 1957.
- [7] Aso K., Wanatable T.: Studies on honey, II Isolation of kolibiose, nigerose, maltose and isomaltose from honey, J. Agric Res, 11m 1m 109-115, 1959.
- [8] Haban N., White J.W.Jr.: Composition of honey, Archs, Biochem, Biophys, 80, 386-392, London 1975.
- [9] Godlewska M., Świsłocka R.: FIZYKOCHEMICZNE I PRZECIWDROBNOUSTROJOWE WŁAŚCIWOŚCI MIODÓW Z REJONU PODLASIA, Wydział Budownictwa i Inżynierii Środowiska, Białystok 2015.
- [10] Curyło J., Rybak H.: Kwasowość krajowych miodów odmianowych i „syropu pszczelego” (SP), Oddział Pszczelnictw IS 1973.
- [11] Adenekan M., O., Amusa N., A., Lawal A., O., Okpeze V., E.: Physico-chemical and microbiological properties of honey samples obtained from Ibadan, Journal of Microbiology and Antimicrobials Vol. 2(8), pp. 100-104, November 2010. ISSN 2141-2308
- [12] Majewska E.: Wykorzystanie konduktometrii do określania zawartości składników mineralnych w miodzie, 3(20) Supl., Kraków, 1999

THE RESEARCH ON SELECTED PARAMETERS OF HONEY FROM DIFFERENT SOURCES

Abstract

Bee honey is a natural product produced by the honey bee *Apis mellifera*, to which man in the processing process did not add or receive anything. The final composition of honey includes both plant and animal secretions, and partly also products resulting from reactions occurring between them, as well as minerals or organic acids. The research aimed to assess the differences in selected honey parameters: multiflorous and linden from organic, conventional and available apiaries. Research included such parameters as total acidity, electrolytic conductivity and water content. Keywords: Honey, physicochemical properties of honey

Opiekun pracy:

dr inż. Paweł Migdał

Recenzenci:

dr hab. inż. Adam Roman

dr inż. Paweł Migdał

WPLYW POLA ELEKTROMAGNETYCZNEGO I MAGNETYCZNEGO NA ROZWÓJ I WZROST PIEPRZYCY SIEWNEJ (*LEPIDIUM SATIVUM*) I ŻYTA ZWYCZAJNEGO (*SECALE CEREALE*)

Agnieszka Maćków^{1*}

¹Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie, Koło Naukowe „Żywnienie zwierząt”, ul. Oczapowskiego 14, 10-719 Olsztyn

*aga.mackow@gmail.com

Abstrakt

Podjęto badania, których celem była ocena wpływu oddziaływania pola elektromagnetycznego oraz pola magnetycznego na kiełkowanie, rozwój oraz wzrost wegetatywny dwóch gatunków roślin uprawnych – pieprzycy siewnej i żyta zwyczajnego. W doświadczeniu do wytworzenia stałego pola magnetycznego użyto dwóch magnesów półkolistych ferrytowych (o indukcji min. 0,4 T), natomiast pole elektromagnetyczne zostało wyindukowane poprzez leżankę do magnetoterapii (o częstotliwości 60Hz). Przeprowadzone badania wykazały, iż wpływ pola elektromagnetycznego i magnetycznego powoduje zróżnicowane skutki podczas poszczególnych etapów rozwoju roślin. W fazie końcowej odnotowano intensywniejszy wzrost roślin oraz procentowo większy odsetek ziaren wykiełkowanych. Należy zauważyć jednak, iż zastosowanie pól elektromagnetycznego oraz magnetycznego jako nieinwazyjnych stymulatorów wzrostu jest procesem bardzo skomplikowanym.

Słowa kluczowe: nasiona pieprzycy, ziarno żyta, pole elektromagnetyczne, pole magnetyczne, kiełkowanie, wzrost wegetatywny

1. Wprowadzenie

Rolnictwo jest ważnym sektorem wytwórczym kraju. Prężnie rozwijająca się gospodarka, ukierunkowuje rolnictwo na zwiększenie produkcji żywności i pasz, przy czym coraz ważniejsze są działania kompensujące problemy wynikające z niekorzystnych zmian klimatu, w tym suszy. W chowie zwierząt gospodarskich jednym z podstawowych czynników odpowiadających za sukces jest zapewnienie prawidłowo zbilansowanej diety. Podawanie zwierzętom wysokiej jakości paszy zwiększa przyrosty masy ciała oraz ilość i jakość pozyskiwanych produktów (mięso, mleko, jaja, wełna). Niezbilansowana dawka pokarmowa jest czynnikiem skutkującym pogorszeniem stanu zdrowia, przyczynia się do występowania wielu chorób lub jest czynnikiem sprzyjającym wystąpieniu danej jednostki chorobowej.

Zadania stawiane przed rolnictwem wymuszają poszukiwanie nowych metod intensyfikacji produkcji, w celu pozyskiwania coraz większych plonów przy zachowaniu dobrej jakości składników pokarmowych. Do realizacji takiego celu mogą zostać wykorzystane m.in. chemiczne środki ochrony roślin, naturalne hormony – auksyny, a także powszechnie stosowane nawozy sztuczne i mineralne. Środki te zawierają jednak charakterystyczny skład biochemiczny i oddziałują na środowisko oraz zwierzęta, które spożywają pasze zawierające pozostałości tych środków. Dodatkowym faktem, który należy wziąć pod uwagę jest

wzrastająca społeczna świadomość o szkodliwym wpływie substancji chemicznych na organizmy żywe. W szybkim tempie wzrasta ilość konsumentów preferujących zakup produktów ekologicznych. Dla kupującego ważny jest sposób produkcji żywności, wszelkie substancje użyte podczas procesu wytwarzania oraz jakość otrzymanego produktu końcowego.

Jednym z możliwych sposobów wzrostu produkcji żywności jest wykorzystanie metod fizycznych, co umożliwi zmniejszenie stosowania w uprawie środków chemicznych. Przykładem metod fizycznych, których zastosowanie potencjalnie zwiększy ilość zebranych plonów, jest użycie pola elektromagnetycznego i magnetycznego.

Na podstawie dotychczasowych doświadczeń wykazano specyficzne właściwości pola magnetycznego. Udowodniono ich wpływ na polaryzację oraz potencjał błon komórkowych, co przyczynia się do zwiększenia ich przepuszczalności i transportu substancji. W szczególności zauważono znaczną wymianę jonów sodu [1], który jest wartościowym składnikiem roślin/surowców paszowych przeznaczonych na skarmianie zwierząt. Odnotowano także, iż nawozy zawierające w swym składzie sól pozwalają uzyskać wysokie plony i ich dobrą jakość, nawet na terenach wilgotnych. Pierwiastek ten ułatwia tworzenie fruktozy oraz jej przemianę w glukozę, która następnie magazynowana jest w korzeniu – proces łatwy do zaobserwowania w buraku cukrowym. Ułatwia niektórym roślinom C4 przyswajanie dwutlenku węgla z powietrza przy jego niskiej koncentracji [2].

Pole magnetyczne wzmacnia elektroosmotyczne procesy fizjologiczne, stymuluje reakcje biochemiczne, w tym reakcje z udziałem enzymów i hormonów. Efektem oddziaływania pola magnetycznego jest lepsze zaopatrzenie tkanek w tlen i lepsze jego wykorzystanie – intensyfikacja procesów oddychania oraz zwiększenie wychwytywania tlenu przez tkanki. Usprawnia proces wnikania jonów wapnia do komórek, aktywność pompy sodowo – potasowej oraz absorpcję białek. Pośrednio wpływa na zwiększenie zawartości kwasu deoksyrybonukleinowego poprzez oddziaływanie na zawarty w komórkach magnez. Wpływając na pierwiastki takie jak: mangan, potas czy wanad uczestniczy w przemianie cukrów [1]. Pole magnetyczne pośrednio wspomaga również transport wody w roślinie [3]. Zmianie ulega pH wody zawartej w organizmie i stężenie rozpuszczonych w niej gazów – przykładowo tlenu. Woda uzyskuje właściwości bakteriobójcze, a także zmienia się szybkość krystalizacji [4]. Pole elektromagnetyczne wykazuje silniejszy wpływ na ustroje żywe, niż pole magnetyczne, ze względu na osiągnięte wyższe częstotliwości, działanie indukcji oraz powiązane pole elektryczne [5]. Szybkie narastanie i zanikanie pola magnetycznego indukują większe wartości napięcia elektrycznego w tkankach, będące przyczyną wielu zachodzących w nich zjawisk elektrycznych, czego dalszą konsekwencją jest podgrzewanie tkanek [1].

Wiedza na temat oddziaływania pól magnetycznego i elektromagnetycznego znacznie się poszerza, jednakże nauka w dalszym ciągu nie jest w stanie wytłumaczyć i przewidzieć wszystkich skutków wpływających na organizmy żywe. Należy mieć na uwadze także zagadnienie samej budowy organizmów – pierwiastków budujących poszczególne struktury, zachodzące procesy biochemiczne oraz występowanie kryptochromów. Występowanie kryptochromów u eukariota wydaje się mieć znaczny wpływ na sumaryczną wartość odbierania pola magnetycznego. Kryptochromy są przyporządkowane do specyficznej podklasy receptorów światła niebieskiego – flawoprotein. Odpowiadają za udział w regulacji procesów kiełkowania, elongacji, fotoperiodyzmu oraz innych reakcji wzrostowych roślin [5]. O ile współdziałanie kryptochromów z polem magnetycznym w przypadku roślin nie jest do końca wyjaśnione, o tyle w ostatnich latach dobrze poznano mechanizm występujący u ptaków. Badania sugerują, że kryptochromy ułatwiają nawigację ptaków podczas ich migracji, ponieważ są podstawą funkcjonowania ich magnetycznego zmysłu używanego do wyczuwania pola magnetycznego Ziemi [6]. Co więcej badania przeprowadzone na rudzikach dowiodły, iż ptaki te nie tylko czują, ale i widzą pole magnetyczne [7]. Kryptochrom jako receptor powszechnie obecny jest w siatkówce zwierząt. Przechodzi w stan aktywny z niesparowanym elektronem (uaktywnia się także FAD) po pobudzeniu przez promieniowanie fali światła o odpowiedniej długości. Szybko wracają ze stanu aktywnego do stanu klasycznego, ale czas tego powrotu uzależniony jest od pola magnetycznego. Linie pola magnetycznego w postaci łagodnych zmian jasności nakładają się na widziany obraz w siatkówce ptaków. Obraz krajobrazu charakteryzuje się wyraźnymi, ostrymi konturami, jest więc łatwo przez ptaka rozpoznawany [7].

2. Cel badań

Celem badań była ocena oddziaływania pola elektromagnetycznego i stałego pola magnetycznego na wzrost i rozwój pieprzycy siewnej (*Lepidium sativum*) i żyta zwyczajnego (*Secale cereale*).

3. Materiały i metody

3.1. Charakterystyka sprzętu doświadczalnego

Badania przeprowadzono w warunkach laboratoryjnych z wykorzystaniem źródła pola magnetycznego w postaci dwóch różnoimiennych biegunów magnesów półkolistych ferrytowych o indukcji min. 0,4 T oraz źródła pola elektromagnetycznego w postaci leżanki do magnetoterapii o częstotliwości 60Hz. Niezmiennie pole magnetyczne zostało wytworzone poprzez dwa różnoimienne bieguny magnesów półkolistych ulokowanych w odległości 20cm od siebie - po przeciwnych stronach wazonu z nasionami roślin. Mikroskopijne prądy wytwarzane przez ruch obrotowy elektronów wokół jąder oraz ich elementarne momenty magnetyczne związane ze spinem, wytwarzają w trwałych magnesach pole magnetyczne. Oba magnesy zachowują się jak dipole magnetyczne. Suma pól magnetycznych wytwarzanych przez te dipole tworzy pole magnesu. Należy pamiętać, iż wraz z oddalaniem magnesów od siebie, niezależnie od ich kształtów, siła oddziaływania między nimi będzie proporcjonalna do $1/r^4$, gdzie r to odległość między dipolami [8].

Indukcja pola elektromagnetycznego – zmiennego pola magnetycznego o częstotliwości 60 Hz, została osiągnięta poprzez przepływający prąd przemienny 230V przez leżankę do magnetoterapii firmy Magner. Otrzymano indukcję 10 mT.

3.2. Charakterystyka badanych roślin

Pieprzycą siewną (*Lepidium sativum*) jest gatunkiem rośliny dwuliściennej, jednorocznej z rodziny kapustowatych, natomiast żyto zwyczajne (*Secale cereale*) zaliczane jest do zbóż z rodziny wiechlinowatych, roślin jednorocznych. Gatunki te charakteryzują się niskimi wymaganiami glebowymi oraz termicznymi. Wysiew pieprzycy siewnej nawet w warunkach domowych możliwy jest przez cały rok, bez specjalnych wymogów. Żyto zwyczajne posiada dużą odporność na mróz - w uprawie głównie spotyka się odmiany ozime. Wybrane rośliny uprawia się łatwo, nasiona kiełkują stosunkowo szybko, a rośliny szybko wzrastają na wysokość. Wykorzystywane są głównie jako żywność. Pieprzycą siewną to bogate źródło witamin (C, B₁, K), dodatek do sałatek, surówek, zup; a żyto zwyczajne służy między innymi do wypieku chleba oraz jako pasza dla zwierząt gospodarskich.

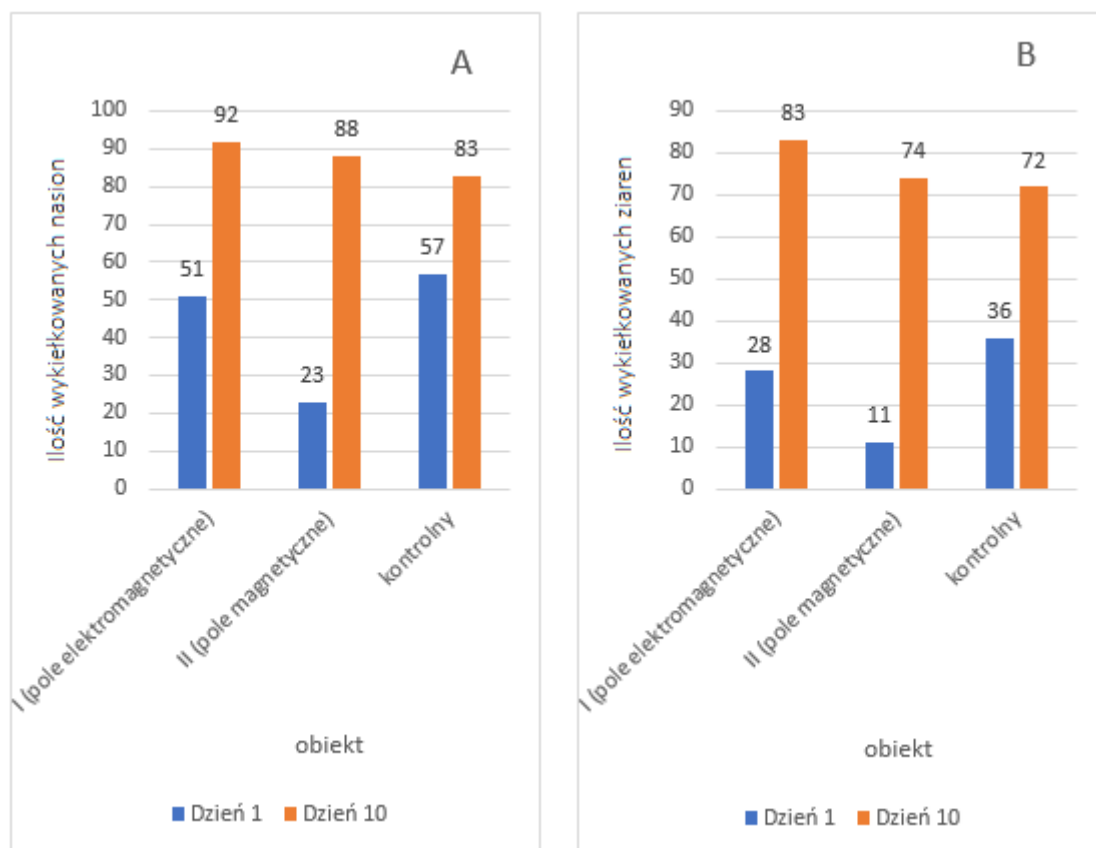
3.3. Opis doświadczenia

Wyróżniono trzy obiekty badawcze: obiekt kontrolny (nie poddany działaniu ani pola magnetycznego ani elektromagnetycznego), obiekt I poddany działaniu pola

elektromagnetycznego i obiekt II poddany działaniu pola magnetycznego. Wazony wypełniono jednakową ilością gleby uniwersalnej, po czym wysiano do nich po 100 nasion pieprzycy siewnej i po 100 ziaren żyta zwyczajnego w 5-ciu powtórzeniach. Wazony znajdowały się w jednakowej odległości od okna, nawadniane były jednakową miarą wody i utrzymywane w temperaturze pokojowej. Oceniano fazę kiełkowania i wzrostu roślin wysianych przez okres 10 dni. Zestawiono procentową ilość wykiełkowanych nasion pierwszego i dziesiątego dnia od rozpoczęcia badania oraz mierzono osiągnięte wysokości obu gatunków roślin każdego dnia trwania doświadczenia. Zebrane wyniki zestawiono i porównano.

4. Wyniki

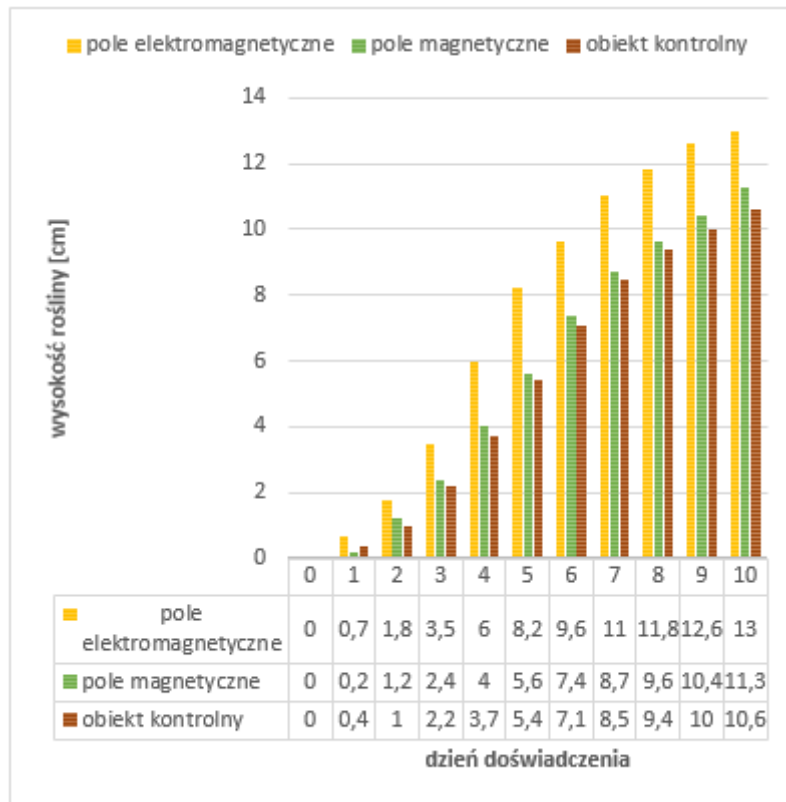
Kiełkowanie pieprzycy siewnej zachodziło w szybkim tempie, faza imbibicji zajęła około 10 godzin. Na następny dzień (określony jako dzień 1) po siewie z części łupin nasiennych rozwinęły się korzonki oraz łodyżki. Ziarno żyta zwyczajnego cechowała dłuższa faza kataboliczna, w wyniku której w 1 dniu widoczne były jedynie korzonki, a epikotyl rozwinął się dopiero w czasie kolejnej doby. Najwięcej nasion pieprzycy siewnej wykiełkowało w obiekcie kontrolnym – 57% zasianych nasion, o 6% mniej nasion umieszczonych w polu elektromagnetycznym (obiekt I), a najniższe wyniki osiągnięto dla nasion znajdujących się w stałym polu magnetycznym (obiekt II), gdzie wykiełkowało jedynie 23% nasion (rys.1A). W pierwszym dniu doświadczenia liczba skiełkowanych ziaren żyta zwyczajnego była mniejsza niż pieprzycy i wynosiła: 36% w obiekcie kontrolnym, 28% w obiekcie I oraz 11% w obiekcie II (rys. 1B). Pod koniec doświadczenia ponownie obliczono całkowitą ilość nasion, które uległy kiełkowaniu. Pieprzyca siewna osiągnęła całkowite wschody w 92% w obiekcie I i 88% w obiekcie II, co daje nam odpowiednio 9% i 5% więcej niż w obiekcie kontrolnym (rys. 1A). W obiekcie kontrolnym w przypadku żyta uzyskano 72% wschodów, który były mniejsze o 9% od uzyskanych w obiekcie I i o 2% mniejsze od wschodów uzyskanych w obiekcie II (rys. 1B). Przedstawione wyniki dokumentują odmienne skutki oddziaływań pól elektromagnetycznego i magnetycznego w 1 dniu po siewie nasion, gdy najwięcej nasion wykiełkowało w obiekcie kontrolnym, podczas gdy w 10 dniu doświadczenia znaczącą przewagę we wschodach uzyskano w obiekcie I (czyli nasion umieszczonych w polu elektromagnetycznym).



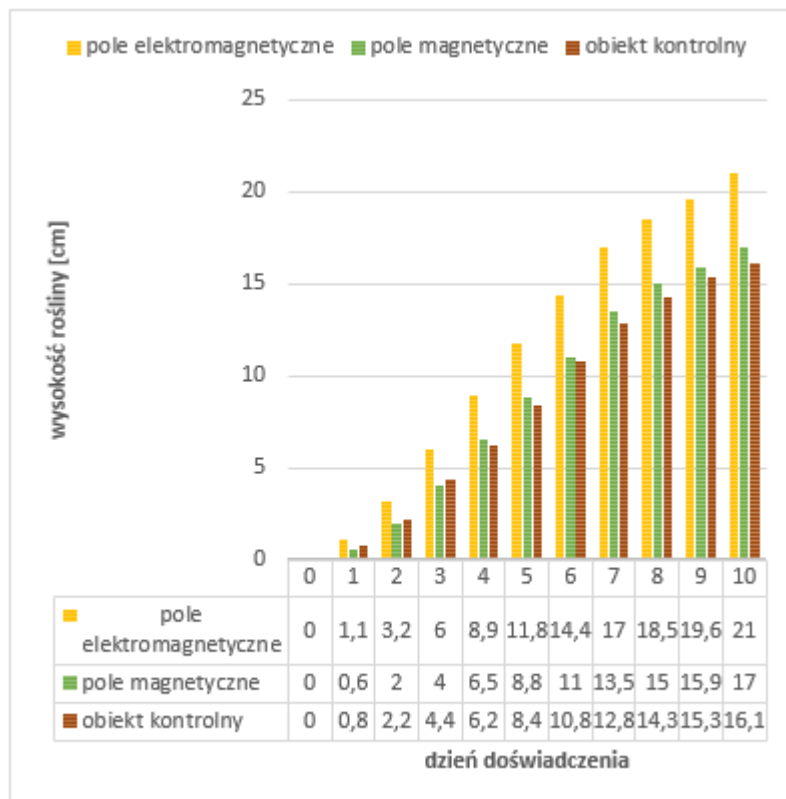
Źródło: opracowanie własne

Rys. 1. Ilość wykiełkowanych nasion pieprzycy siewnej (A) i ziaren żyta zwyczajnego (B) w pierwszym i ostatnim dniu eksperymentu

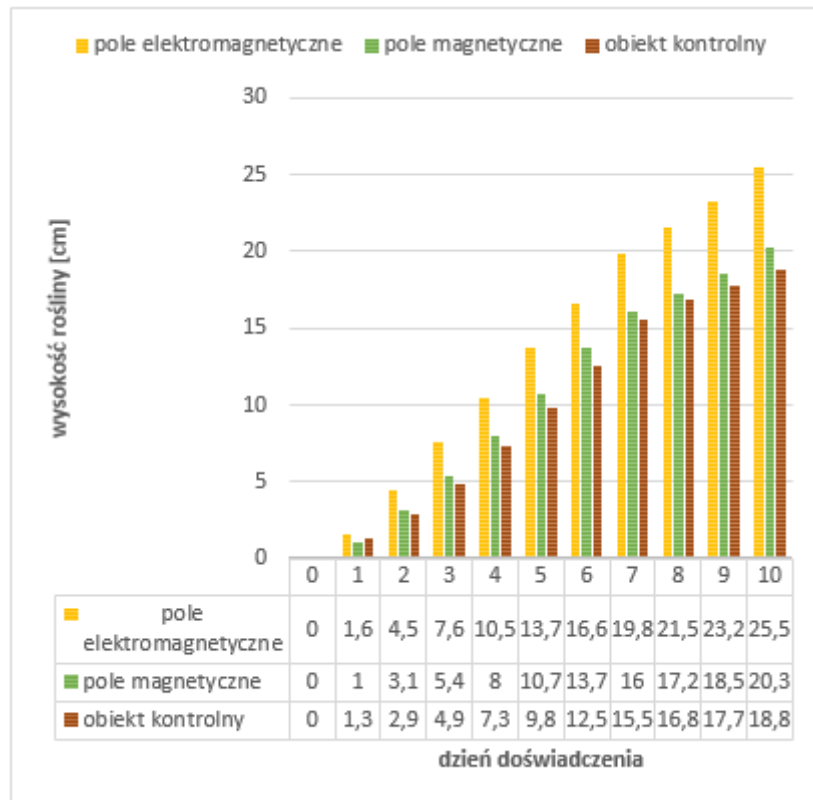
Drugim elementem badanym w doświadczeniu była wysokość, jaką osiągały rośliny. Faza anaboliczna przebiegała z wyraźną ekspresją. Bez względu na czynniki sprzyjające wzrostowi okazało się pole elektromagnetyczne. Siewki umieszczone w tej grupie (obiekt I) od momentu wykiełkowania odznaczały się najwyższym wskaźnikiem elongacji, niższym wzrostem charakteryzowała się rośliny z obiektu II, niewiele wyższe od roślin z obiektu kontrolnego. Ostatniego dnia doświadczenia różnice w wysokościach były znaczne, ponieważ średnia wysokość żyta zwyczajnego w obiekcie I uzyskała wartość większą o 30,4%, a w obiekcie II o 5,6% w porównaniu do obiektu kontrolnego. Natomiast maksymalna wysokość roślin z obiektu I była większa o 35,6% w porównaniu do obiektu kontrolnego, a roślin z obiektu II o 8% (rys. 4). Wielkości odnotowane przy pomiarze pieprzycy siewnej w stosunku do obiektu kontrolnego były większe o 22,6% w obiekcie I i o 6,6% w obiekcie II. Wyniki pomiarów wysokości w kolejnych dniach doświadczenia przedstawiono na wykresie (rys. 2).



Źródło: opracowanie własne
Rys. 2. Średnia wysokość roślin pieprzycy siewnej



Źródło: opracowanie własne
Rys. 3. Średnia wysokość roślin żyta zwyczajnego



Źródło: opracowanie własne
Rys. 4. Maksymalna wysokość roślin żyta zwyczajnego

5. Dyskusja

Zastosowanie w rolnictwie czynników fizycznych, jakimi są pole elektromagnetyczne i magnetyczne, jest potencjalną nieinwazyjną metodą, która przyczynić się może do wzrostu plonów. Przeprowadzone badania własne potwierdzają taką możliwość. Polepszenie procesu kiełkowania u niektórych gatunków zbóż wykazali: Hirota [9], Pietruszewski [10], Pittman i Anstey [11], Podleśny i Sowiński [12] – badacze wykorzystali ziarna pszenicy, fasolę, groch siewny oraz inne gatunki. Mimo wieloletnich badań, wiedza o biologicznym wpływie pól magnetycznych wciąż jest niewielka, bowiem działanie pól magnetycznych na ustroje żywe jest zjawiskiem bardzo złożonym [1]. Autorzy publikacji zaznaczają również bardzo ważny fakt, iż same nasiona roślin są niezwykle złożonym systemem, bardzo kompleksową strukturą i nie zawsze ich stan może być kontrolowany [13].

Obserwacje prowadzone przez naukowców wykazały, że wiele gatunków roślin, rosnących nawet przez cały okres życia w polu o częstotliwości sieciowej 50Hz charakteryzuje się lepiej rozwiniętym systemem korzeniowym, większą powierzchnią asymilacyjną liści i zawartością suchej masy. Efektem jest lepszy pobór substancji odżywczych i wody z gleby, zwiększenie wydajności fotosyntezy, co skutkuje wzrostem wydajności [14]. Niewątpliwie

najistotniejszym czynnikiem do przeprowadzenia procesu fotosyntezy jest obecność światła. Światło jest szczególnym przykładem pola magnetycznego – falą elektromagnetyczną o określonej częstotliwości i długości. Charakteryzuje się określonym wektorem i energią, które sumują się z parametrami pola magnetycznego o tym samym kierunku wektora, w wyniku czego siła oddziaływania światła staje się większa, a fotosynteza efektywniejsza.

Dodatkowo ze względu na pole elektryczne rośliny te tworzą żywotniejsze i zdrowsze siewki, szybciej rosnące i dające większe plony [15]. Pole elektryczne wpływa na zmianę tempa wzrostu poszczególnych części i całych roślin poprzez zmianę stężenia hormonów (cząsteczek obdarzonych ładunkiem elektrycznym). Do wywołania efektu wystarczają nawet ich niewielkie zmiany stężenia (od 10^{-11} do 10^{-10} mola) [16].

Stałe pole magnetyczne o niewielkiej indukcji korzystnie wpływa na plonowanie – zwiększa odporność na stres środowiskowy – w tym niedobór wody w glebie, podwyższa zawartość chlorofilu i kwasów nukleinowych, zwiększa powierzchnię asymilacyjną liści, zawartość suchej masy, liczbę organów generatywnych, liczbę i masę nasion. [13].

Autorzy zaznaczają, iż nawet silne, stałe pola magnetyczne (o indukcji ponad 10 T) nie powodują niekorzystnych skutków, chociaż ich energia jest wystarczająca do wywołania zmian struktur komórkowych [17]. Jeśli stosuje się pole magnetyczne indukowane prądem przemiennym, należy zadbać by natężenie przepływającego prądu nie było za wysokie. Może to spowodować nasilone zjawiska elektryczne, ze względu na szybkie narastanie i zanikanie pola magnetycznego. Zmiany te indukują większe wartości napięcia elektrycznego w tkankach, czego dalszą konsekwencją jest ich podgrzewanie [1]. Pole elektryczne o natężeniu przekraczającym 20 kV/m wywołuje efekt termiczny, nadmierne parowanie i niszczy szczytowe części roślin [18]. Przemienne pole magnetyczne o niskiej częstotliwości – do 300Hz wywołuje jedynie efekty nietermiczne (których mechanizm działania nie został dotychczas w pełni poznany). Wykazuje energię zbyt niską, więc nie wywołuje efektów termicznych - nie podnosi temperatury obiektu [15]. Większość prowadzonych badań dotyczyła pól o częstotliwościach sieciowych 50 i 60 Hz. Stwierdzono korzystny ich wpływ na kiełkowanie nasion, wzrost, rozwój, metabolizm i plonowanie roślin. Ich plon był większy oraz wykazywał lepszą jakość i walory technologiczne.

Nawet, jeśli zastosujemy pole elektromagnetyczne o niskiej częstotliwości, pole to może być za silne dla nasion i może negatywnie wpłynąć na początkowe fazy kiełkowania i dopiero z czasem wzrostu wegetatywnego zwiększyć szybkość wzrostu siewek [15]. Różne gatunki roślin charakteryzują się innym przedziałem indukcji, która wpływa na wzrost pozytywnie, np. najsilniej wpływa na szybkość kiełkowania ziarniaków pszenicy pole

o indukcji 1,5 mT i 5 mT [15]. Bezwzględnie należy mimo to przestrzegać, aby pole elektromagnetyczne nie przekroczyło częstotliwości 300 Hz. Energia pola elektromagnetycznego wysokiej częstotliwości jest dostatecznie wysoka, aby zmieniać słabe wiązania chemiczne i spowodować zmianę budowy centrów aktywnych enzymów. W konsekwencji zmienia się specyficzność enzymów i szybkości reakcji, a więc zmianie ulegają cykle metaboliczne [19].

W rozważaniu nad mechanizmem wpływu pola magnetycznego stałego oraz indukowanego przepływem prądu elektrycznego, ważną rolę odgrywa skład biochemiczny roślin. Pierwiastki i substancje budujące tkanki organizmów żywych dzielimy na diamagnetyki, paramagnetyki oraz ferromagnetyki. Przykładem diamagnetyków są białka, ferromagnetykami natomiast pierwiastki licznie występujące takie jak żelazo, nikiel i kobalt [20]. Ze względu na zmienny skład biochemiczny na poszczególnych etapach rozwoju roślin, wpływ pola magnetycznego może być inny. Faza imbibicji i kataboliczna - do momentu samego pęknięcia łupiny nasiennej i pojawienia się łodyżki oraz korzenia – przebiegała jednocześnie we wszystkich badanych próbach. Odmienną cechą, była różnica między siłą a energią kiełkowania, objawiająca się w różnicy ilości wykiełkowanych nasion pierwszego dnia, a w obserwacji końcowej (rys. 1). Jest to najprawdopodobniej spowodowane cudzożywnością w podanym etapie rozwoju. Roślina czerpie substancje odżywcze, takie jak białka, zawarte w liścieniach lub bielmie [21]. Białka, jak już wspomniano klasyfikowane są jako diamagnetyki. Oznacza to, iż wypychane są z zewnętrznego pola magnetycznego, osłabiając jego działanie [20]. Nasiona z obiektu kontrolnego najliczniej wykiełkowały dnia pierwszego, gdyż białka były wypychane z łupin nasiennych. Zaobserwowane opóźnienie wzrostu w tej fazie mogło być spowodowane także zbyt silnym polem magnetycznym, w wyniku czego, początkowo kiełkowanie jest spowolnione, a następnie różnice wzrostu są nadrabiane w czasie wegetacji (przyrost w fazie wegetacji szybszy niż roślin bez oddziaływania pola magnetycznego) [15]. Innym powodem może być sposób przygotowania nasion do siewu. W doświadczeniu nasion nie poddano przedsięwziętym zabiegom z użyciem dodatkowych czynników fizycznych. Wszystkie nasiona zostały zasiane jednego dnia i wówczas włączono pole elektromagnetyczne i magnetyczne. Badania grochu siewnego wskazują, iż w konsekwencji przedsięwziętej obróbki polem magnetycznym nasiona są pobudzone do kiełkowania i występuje 2 dniowe przyspieszenie tego procesu oraz wyraźne skrócenie okresu wschodów [12]. Pole magnetyczne jest czynnikiem fizycznym oddziałującym na procesy biochemiczne i fizjologiczne w nasionach. Pobudza nasiona do kiełkowania i powoduje szybszy wzrost oraz rozwój wyrosłych z nich nasion.

Wykorzystanie takich czynników fizycznych w przedsięwzięciu przygotowaniu nasion, zyskuje dużą aprobatę, ponieważ zabiegi te uznawane są za bezpieczne dla środowiska [12].

Oddziaływanie pola magnetycznego zmieniło się, kiedy wzrastać zaczęły wytworzone organy, wówczas najlepsze wyniki wykazały rośliny, na które działało pole elektromagnetyczne (rys. 2, 3, 4). Powodem, dla którego nasiona umieszczone w danych polach zareagowały zwiększonym wzrostem pieprzycy siewnej oraz żyta zwyczajnego, są mikro- i makroelementy budujące rośliny. Ważną rolę odgrywają tlen, sód, potas, mangan, magnez, wanad – pierwiastki klasyfikowane do paramagnetyków, czyli w małym stopniu wzmacniające pole magnetyczne. Najważniejsze dla rozważań są żelazo, nikiel i kobalt, pierwiastki te wykazują właściwości ferromagnetyczne [20]. Mają tysiące razy większą zdolność do namagnesowania, jak również bardzo dużą pozostałość magnetyczną. Reszta składników biochemicznych organizmów to diamagnetyki (tak jak białka). Nie konkurują one z para- i ferromagnetykami, gdyż przenikalność magnetyczna względna diamagnetyków nie zależy od natężenia pola magnetycznego. Można wnioskować, że pole magnetyczne wywołuje zwiększoną działalność składników chemicznych będących ferromagnetykami, jak i również wspomaga w pewnym stopniu paramagnetyki [22]. Tabela 1 przedstawia skutki oddziaływania pola magnetycznego w zależności od pierwiastka, na który działa [1, 3, 23].

Tabela 1. Skutki oddziaływania pola magnetycznego w zależności od pierwiastka, na który działa [1, 3, 23]

Skutek	Pierwiastek
Polaryzacja i zmiana potencjału błon komórkowych	Na
Zwiększenie przepuszczalności i ogólnego transportu przez błony komórkowe	Na
Wzmożenie wymiany jonów	Na
Elektroosmotyczne procesy fizjologiczne	Na
Stymulacje reakcji biochemicznych, w tym reakcji z udziałem enzymów i hormonów	K, Co
Lepsze zaopatrzenie tkanek w tlen	Fe
Intensyfikacja procesów oddychania	Fe
Zwiększenie wychwytywania tlenu przez tkanki	Fe
Wnikanie Ca ²⁺ do komórek	Ca
Przemiana materii - cukrów	Mn, K, V
Aktywność pompy sodowo-potasowej	Na, K
Zwiększenie zawartości DNA	Mg
Wspomagające działanie w procesach wzrostu	Ni

Źródło: opracowanie własne na podstawie [1, 3, 23]

Pierwiastki te przez wymianę kontaktową kompleksu sorpcyjnego i przyciąganie przez siły elektro- i magnetyczne, sprawiły odchylenie i rozrost organów w kierunku danych pól [3]. W wyniku tego rośliny umieszczone w polu elektromagnetycznym rosły wysoko w górę, zaś rośliny w stałym polu magnetycznym wyginały się w stronę jednego bieguna. Ich liście stały się najszersze, najpełniejsze, o najbardziej żywej barwie, a wysokości były zróżnicowane ze względu na położenie względem magnesu. Wynika to z obrotu pod wpływem zewnętrznego

pola magnetycznego elementarnych momentów magnetycznych ferromagnetyków, w kierunku zgodnym ze zwrotem indukcji zewnętrznego pola magnetycznego [20].

Udział w efekcie odchylenia w kierunku działających pól biorą także amyloplasty. Jest to rodzaj magnetotropizmu, bowiem najkorzystniejszy wzrost korzeni, pędów czy kielkujących łagiewek ziaren występuje w ułożeniu nasion zgodnie z liniami sił pola magnetycznego, które rozpoznawane są przez znajdujące się w komórkach amyloplasty [24]. Poprzez oddziaływanie na te cząsteczki, pole magnetyczne nadaje kierunek wydłużającym się częściom roślin. Wytyczony kierunek wzmacniany jest przez modulacje szybkości wzrostu związane ze zmianami stężenia hormonów, które jako substancje obdarzone ładunkiem także są wrażliwe na działanie pola elektromagnetycznego [24]. Dodatkowo pole magnetyczne wspomaga działanie niklu, którego brak powoduje ograniczenie wzrostu [23].

Poprzez eksperymenty prowadzone na temat wpływu pola magnetycznego na organizmy żywe, odkryto istnienie kryptochromów, które pełnią funkcję detektorów UV i światła niebieskiego, ale także pola magnetycznego, u roślin regulują kiełkowanie, elongację, fotoperiodyzm i inne reakcje wzrostowe [5]. W ich budowie wyróżniono dwunukleotyd flawinoadeninowy (FAD). Ten ulegając reakcji utleniania i redukcji wytwarza pary rodników, które mogą występować w dwóch stanach spinowych: singletowym i tripletowym. Przejście pomiędzy stanami spinowymi indukuje impuls elektryczny [25]. Pole magnetyczne wpływa na częstość zmiany stanów spinowych rodników. Kryptochromy znaleziono u wielu gatunków zwierząt i roślin – w procesie ewolucji w ich budowie u różnorodnych gatunków organizmów żywych zaszły niewielkie zmiany, ale sama budowa sugeruje, że wszystkie organizmy mogą wyczuwać pole elektromagnetyczne [26]. Szczególnie dobrze poznano mechanizm działania kryptochromów u rudzików, u których odpowiedzialne są za lokalizację w przestrzeni i widzenie wektora pola magnetycznego [6]. U roślin fotorecepcja światła niebieskiego wykorzystywana jest jako sygnał do rozwoju i wzrostu [27]. Kryptochromy, obok chlorofilu, są jedynymi białkami, o których wiadomo, że tworzą fotoindukowane pary rodnikowe *in vivo* [28]. Receptory kryptochromów powodują odpowiedź na światło niebieskie poprzez fotomorfogenezę, pomagają kontrolować rozwój nasion i sadzonek, a także przejście z fazy wegetatywnej w genertywną [29]. Zagadnienie to wymaga, jednakże wielu badań, aby mechanizm zarówno u roślin, jak i zwierząt został lepiej poznany [30].

Publikacje naukowe wskazują na korzystny wpływ pola elektromagnetycznego na rozwój i wzrost roślin, przy czym należy zwrócić uwagę, iż szczególnie dobrze widoczne pozytywne oddziaływanie pól obserwowalne jest u nasion charakteryzujących się słabą jakością siewną [31]. Prowadzi to do różnic w nasileniu obserwowanych pozytywnych skutków przede

wszystkim w początkowym okresie kiełkowania, a także rozbieżności rezultatów uzyskiwanych przez różnych autorów [12, 32].

6. Podsumowanie

Pole elektromagnetyczne i pole magnetyczne mogą posłużyć w rolnictwie jako nieinwazyjne czynniki zewnętrzne stymulujące rozwój roślin. Zastosowanie przed wysiewem nasion roślin uprawnych pola elektromagnetycznego o niskiej częstotliwości i stałego pola magnetycznego, pozytywnie wpływa na przebieg kiełkowania i wzrostu wegetatywnego. Nasiona pieprzycy siewnej (*Lepidium sativum*) oraz ziarno żyta zwyczajnego (*Secale cereale*) poddane na działanie odpowiednio pola elektromagnetycznego i magnetycznego, odznaczały się szybszym wzrostem, przyrostem na wysokość oraz procentowo zwiększoną liczbą ostatecznie wykiełkowanych nasion. Szczególnie wysokie wyniki uzyskuje się wskutek użycia pola elektromagnetycznego.

Literatura

- [1] Mika T., Kasprzak W.: Fizykoterapia, Wydawnictwo Lekarskie PZWL, Warszawa 2006
- [2] http://www.kali-gmbh.com/plpl/fertiliser/advisory_service/nutrients/sodium.html (dostęp 29.03.2019)
- [3] Czerwiński W.: Fizjologia roślin, PWN, Warszawa 1977
- [4] <https://rehaprestige.pl/fizykoterapia> (dostęp 25.03.2019)
- [5] Kopcewicz J., Lewak S.: Fizjologia roślin, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2002
- [6] Heyers D., Manns M., Luksch H., Güntürkün O., Mouritsen H.: A visual pathway links brain structures active during magnetic compass orientation in migratory birds, PLoS One, 2007, 2(9):e937
- [7] <http://www.ks.uiuc.edu/Research/cryptochrome/> (dostęp 02.04.2019)
- [8] <https://zapytajfizyka.fuw.edu.pl/pytania/jak-i-dlaczego-oddzialuja-ze-soba-magnesy/> (dostęp 15.02.2019)
- [9] Hirota N., Nagagawa J., Kitazawa K.: Effects of a magnetic field on the germination of plants, Journal of Applied Physics, 1999, Vol. 85, 8: 5717-5719
- [10] Pietruszewski S.: Effect of magnetic seed treatment on yield of wheat, Seed Science & Technology, 1993, 21: 621-626

- [11] Pittman U.J., Anstey H.: Magnetic treatment of seed orientation of a single-harvest snap beans (*Phaseolus vulgaris* L.), Proceedings of the American Society for Horticultural Science, 1967, 91: 310-314.
- [12] Podleśny J., Sowiński M.: Wpływ traktowania nasion polem magnetycznym na wzrost, rozwój i dynamikę gromadzenia masy grochu siewnego (*Pisum sativum* L.), Inżynieria Rolnicza, 2005, Vol. 4 (64): 103-110
- [13] Pietruszewski S., Muszyński S., Dziwulska A.: Electromagnetic fields and electromagnetic radiation as noninvasive external stimulants for seeds, International Agrophysics, 2007, 21: 95–100
- [14] Kopeć B.: Wykorzystanie energii pola elektrycznego dla przedsięwziętej produkcji nasion, Postępy Nauk Rolniczych, 1984, 3:51–63].
- [15] Rochalska M.: Wpływ pól elektromagnetycznych na florę i faunę, Medycyna Pracy, 2009, 60(1):43 – 50
- [16] Soja G., Kunsch B., Gerzabek R., Reichenauer T., Soja A.M., Rippar G.: Growth and yield of winter wheat (*Triticum aestivum* L.) and corn (*Zea mays* L.) near a high voltage transmission line, Bioelectromagnetics, 2003, 24:91–102
- [17] Fernandez L., Teran Z., Leon H.: The effect of magnetically treated irrigation water to quality of onion seedlings growth in zeoionics, Cultivos Tropicales, 1996, 17(2):55–59
- [18] Davies M.S.: Effects of 60 Hz electromagnetic fields on early growth in three plant species and replication of previous results, Bioelectromagnetics, 1996, 17:154–161
- [19] Adria A.K.: Biophysical limits on thermal effects of RF and microwave radiation, Bioelectromagnetics, 2003, 24:39–48
- [20] Wolska A.: Elektromagnetyzm, Państwowe Zakłady Wydawnictw Szkolnych, Warszawa 1972
- [21] Duda J., Gumiński S.: Fizjologia roślin, PWN, Wrocław 1974
- [22] <http://brasil.cel.agh.edu.pl/~08plozinski/pole-magnetyczne/materialy.html> (dostęp 07.07.2007)
- [23] Bednarczuk B.: Tablice szkolne: biologia, Adamantan, Warszawa 2010
- [24] Audus L.: Magnetotropism: A new plant growth response, Nature, 1960, 185:132–134
- [25] Brocklehurst B.: Magnetic fields and radical reactions: recent developments and their role in nature, Chemical Society Reviews, 2002, 31:301–311
- [26] Solovyov J.A., Chandler D.E., Schulten K.: Magnetic field effect in Arabidopsis thaliana cryptochrome-1, Biophysical Journal, 2007, 92:2711–2726

- [27] Brautigam C.A., Smith B.S., Ma Z., Palnitkar M., Tomchick D.R., Machius M., Deisenhofer J.: Structure of the photolyase-like domain of cryptochrome 1 from *Arabidopsis thaliana*, *Proceeding of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 2004, 101 (33): 12142-7.
- [28] Hore, P. J.; Mouritsen H.: The Radical-Pair Mechanism of Magnetoreception, *Annual Review of Biophysics*, 2016, 45 (1): 299–344
- [29] Pedmale U.V., Huang S.S., Zander M., Cole B.J., Hetzel J., Ljung K., Reis P.A., Sridevi P., Nito K., Nery J.R., Ecker J.R., Chory J.: Cryptochromes Interact Directly with PIFs to Control Plant Growth in Limiting Blue Light, *Cell*, 2016, 164 (1–2): 233-245.
- [30] Song S.H., Dick B., Penzkofer A., Pokorny R., Batschauer A., Essen L.O.: Absorption and fluorescence spectroscopic characterization of cryptochrome 3 from *Arabidopsis thaliana*, *Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology*, 2006, 85 (1): 1–16
- [31] Szyrmer J., Klimont K.: Wpływ światła lasera na jakość nasion fasoli (*Phaseolus vulgaris* L.), *Biuletyn IHAR*, 1999, 210: 165-168
- [32] Grzesiuk S., Kulka K.: *Fizjologia i biochemia nasion*, PWRiL, Warszawa 1986

THE INFLUENCE OF THE ELECTROMAGNETIC AND MAGNETIC FIELDS ON THE DEVELOPMENT AND GROWTH OF GARDEN CRESS (*LEPIDIUM SATIVUS*) AND RYE (*SECALE CEREALE*)

Abstract

Research was undertaken to estimate the impact of the electromagnetic and magnetic fields on the germination, development and vegetative growth of two species of crops - cress and rye. In the experiment, two semicircular magnets were used to create a permanent magnetic field, while the electromagnetic field was induced through a magnetic therapy couch. The conducted research has shown that the influence of the electromagnetic and magnetic field causes different effects during particular stages of plant development. In the final phase, a more intensive growth of plants and a higher percentage of germinated seeds were noted. However, it should be noted, that the use of electromagnetic and magnetic fields as non-invasive growth stimulators is a very complicated process.

Keywords: cress seeds, rye grain, electromagnetic field, magnetic field, germination, vegetative growth

Opiekun pracy:

dr hab. Kazimierz Obremski

Recenzenci:

dr hab. Józef Tyburski, prof. UWM

dr inż. Magdalena Serafin-Andrzejewska

ZAWARTOŚĆ WYBRANYCH SKŁADNIKÓW ODŻYWCZYCH W LARWIE MĄCZNIKA MŁYNARKA (*TENEBRIO MOLITOR*) W ZALEŻNOŚCI OD STADIUM I FAZY WZROSTU

Martyna Morawska^{1*}, Tomasz Półbrat¹

¹Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu, Wydział Biologii i Hodowli Zwierząt, Studenckie Koło Naukowe Żywnienia Zwierząt, ul. Norwida 25, 50-375 Wrocław

*m.morawska1996@gmail.com

Abstrakt

W związku z rosnącym zapotrzebowaniem na alternatywne surowce paszowe dla zwierząt gospodarskich i towarzyszących, proponuje się wykorzystanie w tym celu owadów. Mącznik młynarek (*Tenebrio molitor*) posiada predyspozycje do produkcji masowej i zastosowania w żywieniu. Nasza obecna wiedza na temat hodowli, parametrów chowu i procesu przetwarzania pozyskiwanego z niego materiału jest jednak nadal niekompletna. Zbadano liofilizowane próby mącznika młynarka w stadiach: imago, poczwarki oraz larwy na czterech różnych etapach rozwoju larwalnego (klasyfikowane na podstawie długości ciała). Dokonano analizy podstawowej składu materiału doświadczalnego (białka ogólnego, tłuszczu surowego, popiołu surowego, włókna ogólnego). Dane na temat składu pokarmowego poszczególnych prób badawczych pozwalają określić, w jakim stadium oraz fazie wzrostu mącznik młynarek posiada najbardziej pożądane cechy jako komponent paszowy.

Słowa kluczowe: owady gospodarskie, alternatywne źródło białka, pasze

1. Wprowadzenie

Światowa populacja ludzi stale rośnie; szacuje się, że w roku 2018 Ziemię zamieszkiwało ok. 7,6 miliarda przedstawicieli gatunku *Homo sapiens sapiens*. To blisko 2,5 razy więcej, niż zaledwie 60 lat temu [1]. Ponadto, szacunki FAO wskazują, że do roku 2050 liczba ta wzrośnie do 9 miliardów. Wiąże się to z nowymi wyzwaniami - chociażby ze zwiększającym się zapotrzebowaniem na żywność. Rosnące bogactwo gospodarce i siła nabywcza sprawiają, że dla sprostania zapotrzebowaniu konsumentów konieczne będzie produkowanie o 60% więcej pożywienia w stosunku do obecnego poziomu [2]. Zarówno w krajach wysokorozwiniętych, jak i uboższych, stale poszukuje się nowych rozwiązań, które pozwolą na wyżywienie rozrastających się społeczności. Jednocześnie coraz większą uwagę zwraca się na aspekt środowiskowy - tzw. *ecological footprint* związany z produkcją roślinną i zwierzęcą.

Chów i hodowla zwierząt gospodarskich wymagają stałych dostaw zbilansowanych pasz, które będą pokrywać potrzeby bytowe i produkcyjne inwentarza. Od czasu wykrycia sposobów przenoszenia się gąbczastych encefalopatii i w konsekwencji wycofania mączek mięsno-kostnych ze składników pasz stosowanych w Unii Europejskiej [3], szczególnie trudne stało się zbilansowanie diety zwierząt gospodarskich pod względem zapotrzebowania na białko. Rolę głównego nośnika tego ważnego składnika pokarmowego przejęły przede wszystkim mączki

rybne i poekstrakcyjna śruta sojowa. Akwakultura nie jest jednak w stanie sprostać zapotrzebowaniu sektora produkcji zwierzęcej, zaś zasoby naturalnych łowisk kurczą się z roku na rok. Do istotnych problemów należy także konieczność pozyskiwania nowych terenów na grunty rolne pod uprawę soi, co niejednokrotnie okupione jest wycinką lasów i degradacją naturalnych ekosystemów.

Intensyfikacja upraw zbożowych i sojowych oraz dążenie do uzyskiwania większych plonów może okazać się niewystarczającym rozwiązaniem wobec rosnącego zapotrzebowania na żywność; konieczne jest także racjonalne gospodarowanie produktami ubocznymi, które są traktowane jako materiały odpadowe. Wiele spośród tych produktów mogłoby być wtórnie wykorzystanych w łańcuchu żywności, o ile uda się opracować rozwiązania, które okażą się zarówno opłacalne, jak i bezpieczne dla konsumentów oraz środowiska. Jedną z propozycji jest wykorzystanie owadów, które mogłyby posłużyć zarówno do redukcji odpadów organicznych, jak też jako źródło pełnowartościowego białka w diecie zwierząt gospodarskich i towarzyszących. Ich produkcja wymaga niewiele miejsca i może odbywać się w wertykalnych fermach, co może znacząco zmniejszyć rozmiar obszarów rolno-przemysłowych niezbędnych do produkcji pasz. Cechuje je także krótki czas cyklu produkcyjnego, niewielkie zapotrzebowanie na wodę (większości gatunków owadów wystarcza woda pobierana bezpośrednio z pożywieniem), stosunkowo niska emisja gazów i odorów w porównaniu z większymi zwierzętami gospodarskimi, a także bardzo dobra wydajność (jako substrat paszowy wykorzystuje się praktycznie całe owady) [2]. Ponadto, owadzie odchody mają potencjał do stosowania ich w roli nawozów organicznych. Mnogość gatunków owadów oraz różnorodność ich cech i przystosowań sprawia także, że do każdego warunków można dobrać indywidualnie gatunek o najbardziej pożądanym właściwościach. Pogłębianie wiedzy na temat owadów gospodarskich pozwoli nam lepiej wykorzystać ich potencjał.

Mącznik młynarek (*Tenebrio molitor*) należy do gatunków towarzyszących człowiekowi od stuleci. Pierwotnie był uważany za szkodnika, spotykanego powszechnie w europejskich spichlerzach i młynach. Z uwagi na niewielkie wymagania pokarmowe i tolerancję na szeroki zakres temperatur, szybko stał się gatunkiem kosmopolitycznym. Od początku XX wieku systematycznie rosło także zainteresowanie mącznikiem hodowanym celowo i wykorzystywanym w roli owada karmowego (przede wszystkim jako pokarm dla utrzymywanych w niewoli owadożernych zwierząt egzotycznych). W ten sposób zapoczątkowano produkcję mącznika na skalę masową [4].

W naturze larwy oraz osobniki dorosłe (imago) mącznika młynarka najchętniej żerują na pełnym ziarnie, mące oraz różnego rodzaju odpadach zbożowych, ale chętnie odżywiają się

także owocami, warzywami, mięsem i odpadami rzeźnymi czy produktami mleczarskimi. Uznaje się je za gatunek wszystkożerny. Obserwacje hodowców oraz najnowsze badania dowodzą, że larwy mącznika są również zdolne do jedzenia niektórych rodzajów plastiku [5]. Rodzaj diety wpływa znacząco na przyrosty, przeżywalność i zdolności reprodukcyjne owadów; może także oddziaływać na ich skład. Podkreśla się jednak, że niezależnie od typu pożywki, larwy mącznika przejawiają dużą zdolność do wykorzystania pasz o niskiej wartości biologicznej. Według różnych źródeł, zawartość białka w larwie mącznika waha się od 44 do nawet 57% w suchej masie (SM), zaś tłuszczu - od 27 do 42% SM [4, 6, 7]. Duże znaczenie ma również zawartość włókna (głównie chityny), zwykle oscylująca w granicach 6-8% SM. Zaobserwowane przez badaczy rozbieżności w proporcji białka do tłuszczu w ciele mącznika są dość znaczące, co z kolei rodzi pytanie, jakie czynniki mają na nią wpływ.

Opisanie parametrów i ich umiejętne zastosowanie jest kluczem do uzyskiwania produktu o pożądanym składzie (w zależności od potrzeb bogatego w tłuszcz lub białko). Przypuszcza się, że istotną rolę może odgrywać m. in. skład i konsystencja pożywki, warunki środowiskowe (temperatura, wilgotność), a także faza wzrostu. Dawno zauważono już różnice w składzie analitycznym występujące pomiędzy stadiami: larwalnym, poczwarką i osobnikiem dorosłym (imago). Formą najczęściej spotykaną w handlu i najchętniej stosowaną w żywieniu zwierząt są larwy powyżej tzw. 10 instaru (stadium pomiędzy kolejnymi linieniami larwalnymi), mierzące powyżej 2 cm długości ciała. Stadium poczwarki oraz imago budzi mniejsze zainteresowanie z uwagi na domniemaną wyższą zawartość włókna (chityny). Istnieje jednak szansa, że różne instary wykazują się zróżnicowaną proporcją białka do tłuszczu. Podobną zależność opisano już u gatunku *Hermetia illucens* (Diptera: Stratiomyidae), wskazując na dynamiczne zmiany w składzie ciała zachodzące wraz ze wzrostem owadów [8].

Celem poniższej pracy było zbadanie udziału białka ogólnego (BO), tłuszczu surowego (TS), włókna surowego (WS) oraz popiołu surowego (PS) w larwach o wymiarach <1,5 cm, 1,5-2 cm i >2 cm. Dokonano również analizy ww. składników w ciałach poczwerek i imago *T. molitor*.

2. Materiały i metody

Materiał do badań pozyskano z własnej hodowli prowadzonej przy współpracy Studenckiego Koła Naukowego Żywienia Zwierząt i Studenckiego Koła Naukowego Terrarystów "Heloderma" na Wydziale Biologii i Hodowli Zwierząt Uniwersytetu Przyrodniczego we Wrocławiu. Kolonia mączników była utrzymywana w stałych warunkach i bez dolewów obcych genów przez okres odpowiadający ponad 6 kolejnym pokoleniom *T.*

molitor. Owady były utrzymywane na pożywce stanowiącej mieszaninę otrębów i paszy dla kur niosek; wodę pozyskiwały ze świeżych owoców i warzyw dostarczanych dwa razy w tygodniu. Wszystkie badane stadia (larwy, poczwarki, imago) były utrzymywane w tym samym pomieszczeniu i poddawane działaniu tych samych czynników środowiskowych ($T=28^{\circ}\text{C}\pm 3$, $\text{RH}=50\%\pm 5$, fotoperiod naturalny). Badania były przeprowadzane kolejno w styczniu i kwietniu 2018 roku.

Na potrzeby badania wyszczególniono pięć grup (rys. 1), a kryterium podziału stanowiło stadium oraz - w przypadku larw - faza wzrostu owada (instar) szacowana na podstawie długości ciała: 1) larwy o długości $<1,5$ cm, 2) larwy o długości 1,5-2 cm, 3) larwy o długości >2 cm, 4) poczwarki, 5) imago.



Źródło: opracowanie własne

Rys. 1. Grupy *T. molitor* przygotowane do analiz, zaklasyfikowane na podstawie stadium i fazy wzrostu

Selekcji osobników dokonano ręcznie oraz przy pomocy sit o różnej średnicy oczek. Owady poddano minimum jednodniowej głodówce w celu oczyszczenia przewodu pokarmowego. Następnie umieszczono je w warunkach chłodniczych ($T<5^{\circ}\text{C}$) na okres od kilku dni do tygodnia, po czym bezpośrednio poddano próbki procesowi liofilizacji. Wygląd liofilizowanego mącznika (tu: w stadium poczwarki) przedstawia rysunek 2.



Źródło: opracowanie własne

Rys. 2. Zdjęcie poglądowe przedstawiające wygląd próby (gr. 4 – poczwarki) po liofilizacji

Część materiału umieszczono w suszarce i ważono aż do momentu uzyskania stałej wagi (po odparowaniu całej wody). Wyznaczono współczynnik liofilizacji i zawartość SM we wszystkich grupach. Liofilizowane owady rozdrobniono na mączkę przy użyciu moździerza (rys. 3). Stopień rozdrobnienia prób przedstawia rysunek 4.



Źródło: opracowanie własne

Rys. 3. Rozdrabnianie prób liofilizatu



Źródło: opracowanie własne

Rys. 4. Rozdrobniony materiał przygotowany do przeprowadzenia analiz

Udział popiołu surowego zbadano poprzez spalenie substancji organicznej w próbach. Przy ustalaniu zawartości białka ogólnego posłużono się metodą Kjeldahla, zaś do szacowania udziału tłuszczu surowego w próbach wykorzystano metodę Soxhleta, zgodnie z normami AOAC (2006).

3. Wyniki

Wyniki analiz przedstawiono w odniesieniu do suchej masy, która dla grup wynosiła kolejno: 1) 37,4%; 2) 39,8%; 3) 39,9%; 4) 45,6%; 5) 37,5% (tabela 1). Wyliczono średnią zawartość danych składników w poszczególnych próbach oraz odchylenie standardowe.

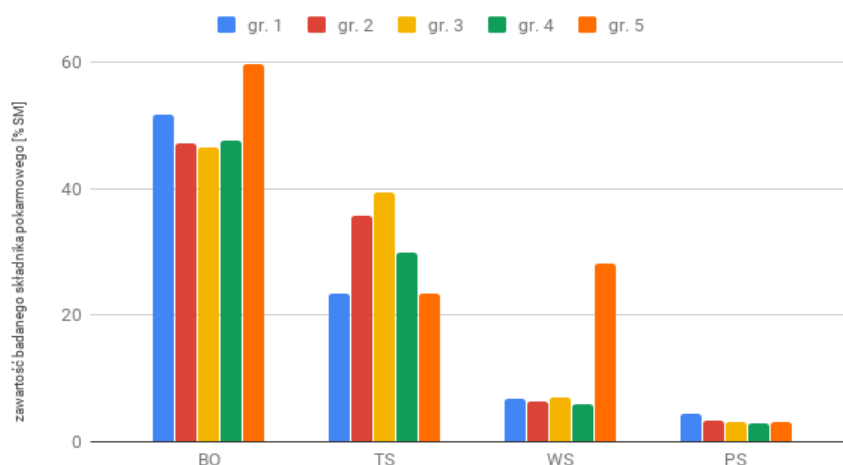
Tabela 1. Zawartość badanych składników analitycznych w poszczególnych grupach *T. molitor*, wyrażona jako procent suchej masy (SM)

analizowany składnik pokarmowy (% SM)	Grupa				
	1	2	3	4	5
białko ogólne (BO)	51,6±4,3	47,2±3,4	46,6±0,9	47,6±9,7	59,7±2,1
tłuszcz surowy (TS)	23,4±0,1	35,6±3,7	39,4±2,3	29,8±7,5	23,3±0,2
włókno surowe (WS)	6,7±0,9	6,3±1,8	7,0±0,0	5,9±3,3	28,1±8,1
popiół surowy (PS)	4,4±0,1	3,4±0,7	3,1±0,2	3,0±0,8	3,1±0,2

Źródło: opracowanie własne

Zawartość białka ogólnego była podobna u wszystkich grup; relatywnie najniższa w grupie 3 (larwy o długości powyżej 2 cm), najwyższa zaś w grupie 5 (imago). Największą rozbieżność w wynikach analiz zanotowano w grupie 4 (poczwarki). Odsetek tłuszczu surowego w ciałach owadów rósł systematycznie wraz z rozmiarem larw; najwyższą

koncentrację zanotowano w grupie 3. W grupie 4 zanotowano wyraźny spadek zawartości TS, a w grupie jego 5 wartość była najniższa spośród wszystkich grup, podobna do poziomu koncentracji tłuszczu w grupie 1. Również w tym przypadku największym odchyleniem standardowym charakteryzowała się grupa 4. Zawartość włókna surowego była zbliżona we wszystkich grupach larwalnych (1-3) oraz w grupie 4. Wyraźny wzrost udziału WS zanotowano w grupie 5, gdzie wyniósł aż 28,1% SM. W przypadku tego składnika, najszerszy zakres wyników uzyskano dla grupy 5. Popiół surowy charakteryzował się zbliżonymi wynikami we wszystkich badanych grupach; jedynie grupa 1 odznaczała się nieznacznie wyższym poziomem. Nie zaobserwowano także znaczących odchyżeń między wynikami poszczególnych analiz; relatywnie największe zanotowano dla grupy 4. Różnice w zawartości badanych pierwiastków pomiędzy wszystkimi grupami zostały przedstawione na rysunku 5.



Źródło: opracowanie własne

Rys. 5. Zawartość badanych składników pokarmowych (wyrażonych w % SM) w różnych stadiach i fazach wzrostu *T. molitor*.

4. Podsumowanie

Wyniki analiz sugerują, że poszczególne stadia mącznika młynarka różnią się między sobą składem chemicznym, co w konsekwencji wpływa na wartość komponentu paszowego. Larwy kolejnych instarów odznaczały się rosnącym udziałem tłuszczu. Zawartość białka, włókna i popiołu nie różni się jednak znacząco pomiędzy osobnikami larwalnymi. Relatywnie najwyższy udział BO zanotowano w grupie 5, co pozwala wysnuć przypuszczenie, że również imago *T. molitor* mogłyby stać się obiecującym materiałem paszowym. Niestety, wraz z wyższą zawartością białka zaobserwowano wyraźnie większy udział włókna, który u osobników imago jest spowodowany obecnością dużych ilości chityny stanowiącej budulec dla pancerzyków owadów dorosłych. Dodatkowo należy zauważyć, że stadium imago odznaczało się niską

zawartością suchej masy w świeżym materiale, więc do uzyskania określonej ilości białka należałoby pozyskać więcej owadów niż w przypadku późnych instarów stadium larwalnego.

Wybór najbardziej pożądanego stadium i fazy wzrostu jest uzależniony od planowanego sposobu ich późniejszego wykorzystania. Olej ekstrahowany z larw mącznika może służyć jako surowiec paszowy, np. w diecie kurcząt brojlerów w zastępstwie dla oleju sojowego bądź palmowego [9]. Zapotrzebowanie na tłuszcz najlepiej pokryją larwy późnych instarów, mierzące powyżej 2 cm długości czyli forma najczęściej dostępna w handlu (tzw. "towarówki"). W przypadku chęci pozyskania możliwie dużych ilości białka, można rozważyć wykorzystanie mniejszych larw, poczwerek lub imago; te ostatnie cechują się jednak zdecydowanie wyższym poziomem włókna, co może być niepożądane w paszach niektórych zwierząt gospodarskich (np. kurcząt brojlerów). Dodatkowo istnieje ryzyko, że obecność włókna ograniczy przyswajalność białka [10]. Pozyskiwanie larw wczesnych instarów jako substratów paszowych może z kolei okazać się nieuzasadnione ekonomicznie; owady byłyby uśmiercane na długo przed osiągnięciem najwyższej masy ciała, a ich możliwości biodegradacji odpadów organicznych nie zostałyby w pełni wykorzystane.

Interesujące z żywieniowego punktu widzenia wydają się wyniki grupy 4. Okazuje się, że poczwarki *T. molitor* mogą charakteryzować się typowym dla swojego gatunku, wysokim poziomem białka, a zarazem niższą w porównaniu z larwami późnych instarów zawartością tłuszczu. Proporcji tej nie zaburza również włókno, które utrzymuje się na poziomie zbliżonym do larwalnych - a nawet niższym od nich. Potencjalna możliwość wykorzystania poczwerek mącznika młynarka w paszach dla zwierząt może stanowić temat przyszłych badań. Należy jednak zwrócić uwagę na dynamiczną naturę przemian, które zachodzą w ciele owada w tym stadium rozwoju [11]. Fakt, że to właśnie w grupie poczwerek uzyskiwano najwyższe wartości odchylenia standardowego dla poszczególnych składników analitycznych również wskazuje na dużą niepewność wyników charakteryzującą to stadium.

Uzyskane w badaniu wartości białka ogólnego w larwach są zbliżone do efektów opisywanych w innych publikacjach. Udział tłuszczu także jest podobny - bądź nieznacznie niższy w przypadku grupy 1, tzn. w grupie larw o najmniejszej długości ciała, należących do najwcześniejszych instarów. Zaobserwowana różnica może wynikać z faktu, że badaniom poddawano zazwyczaj larwy późniejszych instarów, które są łatwiejsze do pozyskania i szerzej dostępne w handlu, a także częściej stosowane w żywieniu. Wyniki analizy włókna surowego w larwach są najbardziej zbliżone do danych uzyskanych przez Kroncke i wsp [7]. Zawartość popiołu surowego nie odbiega od wyników podawanych przez innych autorów, chociaż jego poziom w larwach grupy 1 jest nieznacznie wyższy od przeciętnego [4, 6, 7].

Porównanie wyników uzyskanych dla grup 4 i 5 (poczwerek i imago) z doniesieniami innych autorów nastrocza pewien problem, ponieważ stadia te są uznawane za mało użyteczne do celów paszowych i w związku z tym rzadko poddaje się je analizom. Badania potwierdziły przypuszczenie o wysokiej zawartości włókna w ciałach osobników imago.

Z przeprowadzonych analiz wynika, że pomiędzy stadium i fazą wzrostu mącznika młynarka a jego składem analitycznym może istnieć zależność. Oznacza to, że kontrolując moment segregacji osobników przeznaczanych na materiał paszowy, możemy w pewnej mierze decydować o składzie ostatecznego produktu. Może się to okazać istotne z ekonomicznego punktu widzenia, szczególnie w produkcji wielkotowarowej. Potwierdzenie zaobserwowanych zależności wymaga jednak dalszych badań przeprowadzonych na większych grupach i przy dużej liczbie replikacji. Warte zbadania są także inne czynniki wpływające na wartość odżywcza mącznika oraz ewentualne korelacje między nimi a stadium i fazą wzrostu owadów.

Literatura

- [1] The World Bank, <https://data.worldbank.org/indicator/sp.pop.totl> (dostęp 1.04.2019)
- [2] Hanboonsong Y., Jamjanya T., Durst P. B.: Six-legged livestock: edible insect farming, collection and marketing in Thailand. FAO, Bangkok, 2013.
- [3] Rozporządzenie Parlamentu Europejskiego i Rady (WE) nr 999/2001 z dnia 22 maja 2001 r., ustanawiające zasady dotyczące zapobiegania, kontroli i zwalczania niektórych przenośnych gąbczastych encefalopatii.
- [4] Jones L. D., Cooper R. W., Harding R. S.: Composition of Mealworm *Tenebrio molitor* Larvae, *The Journal of Zoo Animal Medicine*, 1972, Vol. 3 (4), s. 34-41.
- [5] Bożek M., Hanus-Lorenz B., Rybak J.: The studies on waste biodegradation by *Tenebrio molitor*, *EKO-DOK*, 2017, Vol. 17, s. 7.
- [6] Siemianowska E., Kosewska A., Aljewicz M., Skibniewska K. A., Polak-Juszczak L., Jarocki A., Jędras M.: Larvae of mealworm (*Tenebrio molitor* L.) as European novel food, *Agricultural Sciences*, 2013, Vol. 4, (6), s. 287-291.
- [7] Kroncke N., Boschen V., Woyzichovski J., Demtroder S., Benning R.: Comparison of suitable drying processes for mealworms (*Tenebrio molitor*), *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 2018, Vol. 50.
- [8] Liu X., Chen X., Wang H., Yang Q., ur Rehman K., Li W., Cai M., Li Q., Mazza L., Zhang J., Yu Z., Zheng L.: Dynamic changes of nutrient composition throughout the entire life cycle of black soldier fly, *PLoS ONE*, 2017, Vol. 12 (8).

- [9] Benzertiha A., Kierończyk B., Rawski M., Kołodziejcki P., Bryszak M., Józefiak D.: Insect Oil as An Alternative to Palm Oil and Poultry Fat in Broiler Chicken Nutrition, *Animals*, 2019, Vol. 9 (116).
- [10] De Marco M., Martínez S., Hernandez F., Madrid J., Gai F., Rotolo C., Belforti M., Bergero D., Katz H., Dabbou S., Kovitvadhi A., Zoccarato I., Gasco L., Schiavone A.: Nutritional value of two insect larval meals (*Tenebrio molitor* and *Hermetia illucens*) for broiler chickens: Apparent nutrient digestibility, apparent ileal amino acid digestibility and apparent metabolizable energy, *Animal Feed Science and Technology*, 2015, Vol. 209, s. 211-218.
- [11] Moran M. R.: Changes in the Fat Content during Metamorphosis of the Mealworm, *Tenebrio molitor* Linnaeus, *New York Entomological Society*, 1959, Vol. 67 (3/4), s. 213-216.

THE NUTRIENTS COMPOSITION OF MEALWORM LARVAE (*TENEBRIO MOLITOR*) DEPENDING ON THE STAGE AND GROWTH PHASE

Abstract

Due to the growing demand for alternative feed raw materials for livestock and companion animals, it is proposed to use insects for this purpose. Mealworm (*Tenebrio molitor*) has a predisposition for mass production and use in nutrition. Our current knowledge about breeding parameters and the processing of the material obtained from it is still incomplete. The research material consisted of lyophilized mealworms in the stage of imago, pupae and larvae in four different instars (classified on the basis of body length). The basic composition of the experimental material (total protein, crude fat, ash, general fiber) was analyzed. Data on the nutritional composition of individual trials allow to determine at what stage and growth phase the mealworm has the most desirable characteristics as a feed component.

Keywords: farm insects, alternative protein, feed

Opiekun pracy:

mgr inż. Martyna Wilk

Recenzenci:

dr Yekaterina Zonova

dr Tomasz Hikawczuk

ANALIZA CECH WYPIEKOWYCH WYBRANYCH TYPÓW MĄKI I ICH PRZYDATNOŚĆ DO WYPIEKU CHLEBA

Mateusz Pawłowski

Uniwersytet Technologiczno-Przyrodniczy w Bydgoszczy, Wydział Rolnictwa i Biotechnologii,
Studenckie Koło Naukowe Chemii Rolnej, ul. Seminaryjna 5, 85-236 Bydgoszcz
barczak@utp.edu.pl

Abstrakt

Oceniono trzy typy mąki pszennej zakupione w markecie Auchan oraz w sklepie osiedlowym BSS Spółem, pod kątem możliwości wykorzystania ich do wypieku chleba. Oprócz dokonania wypieku i analizy objętości chleba uzyskanego ze 100 g mąki, oznaczono również następujące parametry technologiczne zakupionych typów mąki: ilość białka ogólnego, wydajność i jakość kompleksu białkowego (zawartość mokrego glutenu, wskaźnik sedymentacji) oraz wodochłonność mąki. Stwierdzono, że wraz ze wzrostem typu badanej mąki (450, 550, 650) zwiększały się wartości wszystkich badanych wskaźników technologicznych. Wszystkie badane typy mąki przekraczały minimalną wydajność glutenu podawaną w Polskich Normach, z kolei jakość glutenu, charakteryzowana przez wskaźnik sedymentacji, osiągnęła poziom pozwalający zaklasyfikować wszystkie typy do grupy jakościowej – B. Z mąki typu 650 zakupionej zarówno w sieci Auchan, jak i w osiedlowym sklepie spożywczym BSS Spółem, wypieczono chleby o największej objętości. Słowa kluczowe: mąka, typy mąki, chleb, cechy wypiekowe

1. Wprowadzenie

Mąkę przeznacza się przede wszystkim na cele konsumpcyjne - jako surowiec dla przemysłu cukierniczego i piekarniczego. W największej ilości mąka jest wykorzystywana do produkcji chleba. Jakość pieczywa zależy od wartości technologicznej mąki, która jest zdeterminowana gatunkiem i odmianą zboża, warunkami klimatycznymi i glebowymi podczas jego wegetacji, warunkami dojrzewania i zbioru oraz sposobem przemiału ziarna [1].

Wymagania konsumentów w stosunku do pieczywa są wysokie, ponieważ jego udział w diecie jest znaczący. Dostarcza ono do organizmu ważne składniki pokarmowe, takie jak: błonnik pokarmowy, białko, wapń, żelazo, węglowodany. Jest to produkt będący ważnym źródłem nie tylko składników odżywczych, ale i energii. Z tego względu mąka do produkcji pieczywa musi być właściwie dobrana, z uwzględnieniem jej różnorodnych cech. Surowiec o odpowiedniej charakterystyce zapewnia pieczywo o wysokich walorach użytkowych, zaspokajających potrzeby konsumenta [2]. W celu poprawiania i wzbogacania składu chemicznego pieczywa, a także jego smaku, stosuje się różnego rodzaju dodatki - otręby, nasiona, warzywa, owoce, itp. [3].

Polacy najczęściej spożywają pieczywa mieszanego, mniej – pszennego, a najmniej - żytniego. W Polsce dziesięć lat temu konsumowano około 73 kg pieczywa rocznie na osobę, co klasyfikowało nasz kraj pod tym względem na 5. miejscu w Europie [4]. Następne lata

skutkowały spadkiem spożycia chleba, przy czym tendencja ta utrzymywała się również w innych krajach, a Polska nadal znajduje się wśród krajów, w których spożycie omawianego asortymentu jest największe. Podkreślenia wymaga fakt, że coraz większa liczba konsumentów zwraca uwagę na walory żywieniowe spożywanych produktów i zastępuje pieczywo jasne, bardziej oczyszczone i jednocześnie zawierające mniej składników mineralnych, pieczywem żytnim – mniej oczyszczonym, o większej wartości [5].

W Polsce rocznie produkuje się 2,2 mln ton mąki pszennej, która wyróżnia się największym, bo 65% udziałem na rynku mącznym w Polsce. Każda mąka charakteryzuje się określoną wartością wypiekową. Pojęcie to odnosi się do cech mąki gwarantujących uzyskanie wysokiej wydajności, odpowiedniego kształtu i tekstury pieczywa. Mąka musi spełniać pewne wymagania określone w Polskich Normach. Do kryteriów jakości tego surowca zalicza się: ilość popiołu, zawartość i rozpuszczalność glutenu, kwasowość tłuszczową, stopień rozdrobnienia, aktywność enzymów amylolitycznych, a także wartości sensoryczne. Przy ocenie mąki bierze się pod uwagę również właściwości reologiczne ciasta [6]. Metody oceny mąki dzieli się na: pośrednie i bezpośrednie. Bezpośrednim kryterium oceny jest próbny wypiek laboratoryjny, a do pośrednich zalicza się metody reologiczne i analityczne. Wypiek chleba stanowi najbardziej miarodajną metodę oceny wartości mąki, ale jest procesem długotrwałym i mimo unowocześniania technologii, nie można go przyspieszyć [7].

Celem pracy jest analiza źródeł literaturowych dotyczących właściwości mąki, jako surowca wykorzystywanego do otrzymywania różnego rodzaju pieczywa. Praktyczną częścią pracy była ocena mąki pszennej trzech typów (450, 550 i 650), zakupionych w dwóch miejscach, tj. w markecie Auchan i w sklepie osiedlowym, pod względem możliwości ich wykorzystania do wypieku chleba.

2. Zboża i mąka w przemyśle młynarskim

W 2017 roku w Polsce zbiory zbóż – jęczmienia, pszenżyta, pszenicy, owsa, żyta oraz mieszanek zbożowych - z powierzchni 7,6 mln ha wynosiły 31,9 mln ton. Do produkcji mąki wykorzystuje się przede wszystkim pszenicę, żyto oraz pszenżyto. Przemiał zbóż obejmuje 2/3 ziarna, które przeznaczone jest do spożycia. Produkcja mąki żytniej stanowi około 10% mąki pszennej (tabela 1). W przemyśle piekarniczym głównym surowcem do wypieku chleba są mąki pszenne oraz żytnie. W Polskich Normach dla przetworów zbożowych typ mąki określa zawartość popiołu, czyli stałej pozostałości, która powstaje podczas procesu jej spalania w temperaturze 700⁰C. Występuje wiele typów mąki, a system gatunkowania ułatwia kontrolę jakości przemiału w młynie [8]. Mąka pochodząca z przemiału całego ziarna, w którego skład

wchodzi głównie bielmo, wykazują stosunkowo niskie wartości popiołu w porównaniu z mąką z przemiału ziarna wraz z zewnętrznymi częściami, zwłaszcza z okrywą owocowo-nasienną. Im wyższy wskaźnik popiołowości, tym mąka jest ciemniejsza [9].

Tabela 1. Przemiał zbóż oraz produkcja mąki żytniej, pszennej i pieczywa świeżego w Polsce w latach 2010-2014 (tys. ton)

Rok	Przemiał zbóż	Produkcja		
		mąki żytniej	mąki pszennej	pieczywa świeżego
2010	3420	201	2230	1675
2011	3400	214	2201	1601
2012	3410	219	2207	1675
2013	3445	221	2230	1745
2014	3445	220	2230	1740

Źródło: Jurga, 2015: Sytuacja na krajowym rynku zbóż i jego przetwórstwa [10]

2.1. Typy mąki

2.1.1. Mąka pszenna

Typami mąki pszennej mającymi zastosowanie w przemyśle piekarsko-cukierniczym są:

- 450 tortowa,
- 500 krupczatka,
- 550 luksusowa,
- 750 chlebowa,
- 1400 sitkowa,
- 1850 typu graham,
- 2000 razowa,
- 2000 śrutowa razowa.

Wyżej wymienione typy mąki wykazują odmienną kwasowość, zawartość popiołu, wilgotność, barwę, a także ilość glutenu. Są przeznaczone nie tylko do wypieku pieczywa, ale również do innych celów - np. mąka typu 450 i 500 gatunkowana jako wysokojakościowa mąka jasna, służy do wyrobów cukierniczych, a typy 550 i 750 - do wypieku chleba. Mąka tortowa wyróżnia się niższą zawartością glutenu od pozostałych typów. Wartość ta zależy od ilości białek - gliadyny i gluteniny, które po zmieszaniu z wodą tworzą strukturę glutenu [1].

2.1.2. Mąka żytnia

W przemyśle piekarsko-cukierniczym wykorzystywane są następujące typy mąki żytniej:

- Typ 580,
- Typ 650,
- Typ 800,
- Typ 950,
- Typ 1400 sitkowa,
- Typ 1850 starogardzka,
- Typ 2000 razowa.

Mąka żytnia wyprodukowana w wyniku przemiału ziarna żyta wyróżnia się intensywnym posmakiem oraz łagodnym, swoistym zapachem. W zależności od stopnia rozdrobnienia przybiera barwę białą z odcieniem szarym, zielonkawym lub żółtym [1]. Mielona wraz z okrywą owocowo-nasienną bogata jest w tłuszcz, składniki mineralne, białko i witaminy. Te ostatnie uzyskuje się w wyniku tzw. wysokiego przemiału – powstaje wówczas mąka o dużym udziale składników popielnych, bogata w witaminy z grupy B oraz pierwiastki, takie jak Mg, Fe, i P. Mąka żytnia wykazuje również wysoką zawartość węglowodanów, stanowiącą nawet 72-78% jej masy. Zawartość białka szacuje się od 5,5 g do 7,9 g na 100 g produktu [11].

Mąka żytnia charakteryzuje się słabszym glutenem niż ten, który znajduje się w mące pszennej. W związku z tym wykorzystuje się jedynie te typy mąki, które wykazują odpowiednią jego ilość. Słabszy gluten powoduje, że trudno uzyskać ciasto o gąbczastej strukturze i dlatego też prowadzi się proces zakwaszania. Kwas mlekowy, który powstaje podczas fermentacji powoduje pęcznienie glutenu. Aby uzyskać bardziej wyrośnięte pieczywo żytnie, dodaje się mąkę pszenną w ilości nie przekraczającej 15% jego masy [11].

3. Materiał i metody badań

Analizowanym materiałem badawczym była mąka pszenna trzech typów, tj. 450, 550 i 650. Została ona zakupiona w dwóch różnych sklepach znajdujących się na terenie Bydgoszczy w dniu 5.11.2018 r. Jednym z miejsc zakupu był supermarket sieci Auchan, drugim - sklep osiedlowy należący do branży BSS Spółem.

Auchan to sieć hipermarketów pochodząca z Francji, której właścicielami jest rodzina Mulliez oraz pracownicy firmy tworzący Akcjonariat Pracowniczy. Pierwszy hipermarket został otwarty w 1961 roku we dzielnicy miasta Roubaix, o nazwie Auchan, skąd wzięła się nazwa sieci. Jest ona grupą o zasięgu międzynarodowym, która na koniec sierpnia 2018 roku

uprawiała działalność handlową w 888 hiper- i 864 supermarketach Simply. Działa i cały czas się rozwija, utrzymując swoje obiekty handlowe w 15 krajach na całym świecie. Oprócz Polski, Centra Handlowe omawianej sieci znajdują się m.in. we Włoszech, w Rosji, Portugalii, Hiszpanii, na Węgrzech, Tajwanie, Ukrainie, we Francji, w Luksemburgu, Rumunii oraz w Chinach. Sieć sklepów Auchan prezentuje szeroki asortyment spożywczy oraz inne produkty własnej marki. Oferuje ponad 60 tysięcy produktów, tworząc przestrzeń wolnego wyboru dla swoich klientów.

Bydgoska Spółdzielnia Spożywców BSS Spółem, to firma działająca w branży spożywczej. W Bydgoszczy posiada około 70 sklepów znajdujących się na osiedlach miasta. Są to sklepy o małej powierzchni, z ograniczonym asortymentem produktów z przewagą żywności, soków, napojów oraz wyrobów tytoniowych.

W celu dokonania oceny zakupionych typów mąki pod względem ich przydatności do wypieku chleba zostały one zweryfikowane poprzez wykonanie analiz wybranych cech wypiekowych. Były nimi: wodochłonność mąki i zawartość białka ogólnego, które oznaczono za pomocą analizatora całego ziarna (Infratec 1241, FOSS), ilość mokrego glutenu zgodnie z normą PN-ISO-5531 przy pomocy zestawu do glutenu, wartość wskaźnika sedymentacyjnego Zeleny'ego według normy PN-ISO-5529 oraz objętość chleba ze 100 g mąki na podstawie normy PN-A-74108. Wszystkie powyżej wymienione parametry zostały oznaczone w Laboratorium Oceny Jakości Ziarna Zbóż dla Przetwórstwa Spożywczego Pracowni Chemii Rolnej WRiB Uniwersytetu Technologiczno-Przyrodniczego w Bydgoszczy.

4. Wyniki i dyskusja

Asortyment mąki znajdujący się na półkach sklepowych jest bardzo duży. Konsumenci nabywający ten wykorzystywany wielokierunkowo w gospodarstwach domowych produkt, powinni być pewni, że cechuje się on optymalnymi wartościami wszystkich wskaźników jakościowych.

Jednym z parametrów charakteryzujących wartość wypiekową mąki pszennej jest zawartość białka ogólnego [12, 13]. W mące typu 450, 550 i 650 zakupionych w markecie sieci Auchan oraz w sklepie osiedlowym BSS Spółem oznaczono zawartość tego składnika, która wynosiła odpowiednio: 115, 119 i 122 g·kg⁻¹ s.m. oraz 117, 119 i 123 g·kg⁻¹ s.m. (tabela 2). Wykazano, że wraz z wyższym typem mąki, zwiększała się w niej koncentracja białka ogólnego.

Tabela 2. Wartości wybranych wskaźników technologicznych mąki pszennej zakupionej w sklepach w Bydgoszczy

Nazwa sklepu/ typ mąki		Parametr				
		Zawartość białka	Wydajność glutenu	Wskaźnik sedimentacji	Wodochłonność mąki	Objętość chleba
		[g·kg ⁻¹]	[%]	[cm ³]	[%]	[cm ³]
Auchan	450	115	25,9	37,1	59,9	511
	550	119	29,0	39,6	61,3	523
	650	122	31,5	41,4	62,4	535
Sklep osiedlowy	450	117	26,1	37,2	58,3	504
	550	119	29,1	39,5	60,9	525
	650	123	31,5	41,2	62,7	538

Źródło: opracowanie własne

Zależności tej nie potwierdziły badania Achremowicza i in. [7] nad mąką typu 450, 550 i 650, które wykazały zawartość białka odpowiednio na poziomie: 98, 114 i 106 g·kg⁻¹ s.m. Badana przez autorów mąka o nazwach handlowych Lubella i Smoryń cechowała się bardzo niskimi zawartościami tego składnika, wynoszącymi 89,0 i 87,8 g·kg⁻¹ s.m. Z kolei mąka uzyskana z różnego przemiału ziarna zebranego z doświadczeń polowych przeprowadzonych przez Harasim i Wesołowskiego [13], Murawską i in. [14], Knapowskiego i in. [15], osiągnęły zawartości białka w granicach, odpowiednio: 117-128 g·kg⁻¹, 95-123 g·kg⁻¹ oraz od 99 do 127 g·kg⁻¹. Z kolei bardzo wysoką jego ilość (136-149 g·kg⁻¹ s.m.) uzyskano w badaniach Makarewicza i in. [16].

Kompleks białkowy mąki charakteryzuje ilość i jakość glutenu mokrego. Wydajność tego składnika według Polskiej Normy nie może być niższa niż 25%, z kolei Rothkaehl i Abramczyk [18] podają poziom 27% jako ten, który jest minimalny do uzyskania dobrej jakości pieczywa. Zatem mąka zakupiona do analiz w badaniach własnych w markecie sieci Auchan oraz w sklepie osiedlowym BSS Społem, w których oznaczona zawartość glutenu wyniosła od 25,9 do 31,5% (tabela 2), są odpowiednie do wypieku chleba ze względu na osiągnięcie wyższych w stosunku powyżej podanych wartości minimalnych. Zbliżone wyniki, dla mąki pszennej z przemiału laboratoryjnego uzyskali Harasim i Wesołowski [13], natomiast znacznie bardziej zróżnicowany zakres wydajności glutenu mokrego podają inni autorzy. Np. Achremowicz i in. [7] dla mąki pszennej typów 450, 550 i 650 wykazali wartości tej cechy na poziomie odpowiednio: 26,0; 30,3 i 25,0%. Z kolei w tych badaniach dla mąk pochodzących z przemiału laboratoryjnego, w zależności od odmiany pszenicy, zawartość glutenu wahała się w przedziale od 24,7 do 45,2%. Murawska i in. [14] oraz Knapowski i in. [15] dla tego typów mąki, jak podane powyżej, zanotowali wartości w zakresach odpowiednio: 21,4-30,3% oraz 25,5-32,0%. Wyższą, w porównaniu do wyników badań własnych, wydajnością glutenu mokrego charakteryzowała się mąka badana przez Makarewicz i in. [16].

W przeprowadzonych badaniach jakość glutenu, związana ze wskaźnikiem sedymentacji, pozwalała według COBORU [17] zaklasyfikować typy mąki do grupy jakościowej B. Według Rothkaehl i Abramczyk [18] typy 450 i 550 charakteryzują się dobrymi, a typ 650 - bardzo dobrymi, cechami wypiekowymi. Porównując uzyskane wyniki w stosunku do wartości minimalnych (34%) dla grupy jakościowej według COBORU [17] oraz dla mąki dobrej (30 cm^3) według Rothkaehl i Abramczyk [18], stwierdzono wartości, odpowiednio: 9,1-21,8% oraz 23,7 – 38,0%. Średnia wartość wskaźnika sedymentacji mąki z przemiału polskich i angielskich odmian pszenic ozimych, badanych przez Murawską i in. [14] wynosiła średnio 41 cm^3 (zakres od 16 do 58 cm^3), a dla pszenicy odmiany Monsun charakteryzowała się wartościami od 34,3 do $37,6 \text{ cm}^3$ [15].

Parametr farinograficzny, jakim jest wodochłonność mąki, jest bardzo ważny dla piekarzy, głównie z ekonomicznego punktu widzenia, gdyż determinuje wydajność ciasta. W przeprowadzonych badaniach osiągnął bardzo wysokie wartości - od 58,3 do 62,7% (tabela 2). Minimum dla omawianego parametru, podane przez Podolską i Sułek [19] dla pszenic w celu wykorzystania do wypieku chleba, kształtuje się na poziomie 53,7%. Podane powyżej wartości decydują o możliwości wykorzystania całego badanego asortymentu do wypieku chleba (klasa elitarna), zwłaszcza uzyskane dla typu 650. Spychaj-Fabisiak i in. [20] dla badanych typów mąki uzyskali wodochłonność w przedziale od 58,4 do 59,0%. Z kolei chłonięcie wody na poziomie 53,8-67,2% oraz 57,3-64,7% stwierdzono w pracach Achremowicza i in. [7] oraz Knapowskiego i in. [15].

Omawiane cechy technologiczne mają istotny wpływ i determinują wartość bezpośredniego wskaźnika wypiekowego, jakim jest objętość wypieczonego chleba. W przeprowadzonych badaniach z mąki typu 650 zakupionej zarówno w sieci Auchan, jak i w osiedlowym sklepie spożywczym BSS Spółem, wypieczono chleby o największej objętości (tabela 2). Wartości tej cechy jakościowej były wyższe w stosunku do wartości uzyskanych z mąki typów 450 oraz 550, odpowiednio o: 4,7 i 2,3% oraz 6,7 i 2,5%. Wykorzystanie komercyjnych typów mąki do produkcji chleba przez Achremowicza i in. [7] skutkowało wypieczeniem asortymentu o objętościach $353,4 \text{ cm}^3$ (typ 650), $318,2 \text{ cm}^3$ (typ 550) oraz $346,2 \text{ cm}^3$ (typ 450). Spychaj-Fabisiak i in. [20] uzyskali niższe wartości objętości chleba ($425\text{-}444 \text{ cm}^3$) wypieczonego z mąki odmiany Zebra. Z kolei mąka z przemiału ziarna otrzymanego z doświadczeń polowych przeprowadzonych przez Knapowskiego i in. [15] pozwoliła na wypiek chlebów, które charakteryzowały się objętością w granicach od 432 do 520 cm^3 .

5. Podsumowanie

Badaniami objęto mąkę typu 450, 550 i 650, zakupioną w supermarkecie Auchan oraz w sklepie osiedlowym. Po oznaczeniu w poszczególnych typach mąki podstawowych parametrów technologicznych, takich jak: zawartość białka ogólnego, ilość mokrego glutenu, wartość wskaźnika sedymentacyjnego według Zeleny'ego, wodochłonność mąki oraz objętość chleba ze 100 g mąki, stwierdzono, że wszystkie typy mąki zakupione w sieci Auchan i w sklepie spożywczym BSS Społem, charakteryzowały się dobrymi lub bardzo dobrymi wartościami wskaźników technologicznych, co pozwoliło na uzyskanie chleba o objętości powyżej 500 cm³, a różnice w wartościach badanych cech związane z miejscem zakupu były niewielkie. Za najlepszą mąkę, z której uzyskano największą objętość pieczywa w warunkach laboratoryjnych, należy uznać typ 650, niezależnie od miejsca jej zakupu.

Literatura

- [1] Borowy T., Kubiak M. S.: Wartość technologiczna mąki, *Przeg. Zboż.-Młyn.*, 2013, Vol. 6, s. 9-11.
- [2] Różyło R., Laskowski J.: Porównanie cech jakościowych chleba pszennego wypieczonego z ciasta prowadzonego jednofazowo i dwufazowo, *Żywność. Nauka. Technol. Jakość*, 2009, Vol. 5(66), s. 83-95.
- [3] Kawka A.: Współczesne trendy w produkcji piekarskiej – wykorzystanie owsa i jęczmienia jako zbóż niechlebowych, *Żywność. Nauka. Technol. Jakość*, 2010, Vol. 3(70), s. 25-37.
- [4] Nowakowski G.: Branża piekarnicza w Polsce - stan i wyzwania, *Przeg. Zboż.-Młyn.*, 2006, Vol. 9, s. 13-15.
- [5] Piekut M.: Spożycie produktów zbożowych w Polsce – poziom, struktura, determinanty, *Przeg. Zboż.-Młyn.*, 2015, Vol. 9, s. 7-9.
- [6] Szafrńska A.: Jakość mąki pszennej handlowej produkowanej w krajowych zakładach młynarskich, *Przeg. Zboż.-Młyn.*, 2014, Vol. 7, s. 16-18.
- [7] Achremowicz B., Berski W., Gambuś H.: Wykorzystanie metody SRC (Solvent Retention Capacity) do oceny jakości technologicznej mąk pszennych, *Żywność. Nauka. Technol. Jakość*, 2010, Vol. 6(73), s. 34-45.
- [8] Jakubczyk T., Haber T.: *Analiza zbóż i przetworów zbożowych*, SGGW-AR, Warszawa, 1981.

- [9] Piesiewicz H.: Gatunkowanie mąk piekarskich u naszych wschodnich sąsiadów, *Przeg. Zboż.-Młyn.*, 2014, Vol. 11, s. 9-10.
- [10] Jurga R.: Sytuacja na krajowym rynku zbóż i jego przetwórstwa, *Przeg. Zboż.-Młyn.*, 2015, Vol. 7, s. 2-4.
- [11] Czerwińska D.: Wartość odżywcza i walory zdrowotne żyta, mąki żytniej i pieczywa żytniego, *Przeg. Zboż.-Młyn.*, 2011, Vol. 6, s. 11-13.
- [12] Ralcewicz M., Knapowski T., Kozera W., Barczak B.: Technological value of 'Zebra' spring wheat depending on the nitrogen and magnesium application method, *JCEA*, 2009, Vol. 10(3), s. 223-232.
- [13] Harasim E., Wesołowski M.: Wpływ retardanta Modus 250EC i nawożenia azotem na plonowanie i jakość ziarna pszenicy ozimej, *Fragm. Agron.*, 2013, Vol. 30(3), s. 70-77.
- [14] Murawska B., Spychaj-Fabisiak E., Keutgen AJ, Wszelaczyńska E, Pobereżny J.: Cechy technologiczne badanych odmian ziarna pszenicy ozimej uprawianych w warunkach Polski i Wielkiej Brytanii, *Inż. Apar. Chem.*, 2014, Vol. 53(2), s. 96-98.
- [15] Knapowski T, Kozera W., Murawska B., Wszelaczyńska E., Pobereżny J., Mozolewski W., Keutgen A.J.: Ocena parametrów technologicznych wybranych odmian pszenicy ozimej pod względem wypiekowym, *Inż. Apar. Chem.*, 2015, Vol. 54(5), s. 255-256.
- [16] Makarewicz A., Gąsiorowska B., Cybulska A.: Wpływ dolistnego nawożenia azotem na wybrane parametry jakościowe ziarna pszenicy ozimej, *Fragm. Agron.*, 2012, Vol. 29(1), s. 105 – 113.
- [17] COBORU – Lista odmian roślin rolniczych wpisanych do krajowego rejestru odmian w Polsce Centralnego Ośrodka Badań Odmian Roślin Uprawnych w Słupi Wielkiej, 2017.
- [18] Rothkaehl J., Abramczyk D.: Wartość technologiczna odmian pszenicy uprawianych w Polsce, *Przeg. Zboż.-Młyn.*, 2007, Vol. 8, s. 2-4.
- [19] Podolska G., Sułek A.: Główne elementy technologii produkcji decydujące o wysokiej jakości ziarna pszenicy, *Pam. Puł.*, 2003, Vol. 130, s. 597-605.
- [20] Spychaj-Fabisiak E., Ralcewicz M., Knapowski T., Kozera W., Barczak B., Nowak K., Majcherczak E., Murawska B., Janowiak J.: Effect of foliar fertilization with nitrogen and magnesium on chemical composition, biological value and baking quality of spring wheat grain, Rozdział w monografii "Understanding the Requirements for Development of Agricultural Production and of Rural Areas in the Kuyavian-Pomeranian Province as a Result of Scientific Research" pod red. E. Śliwińskiej i E. Spychaj-Fabisiak, Wyd. UTP w Bydgoszczy, 2009, s. 359-374.

ANALYSIS OF BAKING CHARACTERISTICS OF SELECTED SPECIES OF FLOUR AND THEIR SUITABILITY FOR BAKING BREAD

Abstract

Three types of wheat flours were purchased in two places - in the Auchan supermarket and in the BSS Społem estate shop, for the possibility of using them for baking bread. In addition to baking and analyzing the bread volume with 100 g of flour, the following technological parameters of the purchased types of flour were also determined: the amount of total protein, yield and quality of the protein complex (wet gluten content, sedimentation index) and water absorption of flour. It was found that along with the increase in the type of flours examined (450, 550, 650), the values of all the technological indicators studied increased. All types of flour tested exceeded the minimum gluten yield given in Polish Standards. In turn, the quality of gluten, characterized by the sedimentation index, reached the level that allows to classify all flours into the quality group - B. In summary, all types of flour bought in the Auchan chain and the Społem BSS grocery store were characterized by good or very good values of technological indicators.

Keywords: flour, types of flour, bread, baking characteristics

Opiekun pracy:

dr hab. Bożena Barczak, prof. UTP

Recenzenci:

Prof. dr hab. inż. Marcin Kozak

dr hab. Janina Zawieja

OPTYMALIZACJA PRODUKCJI KWASU DOKOZAHEKSAENOWEGO PRZEZ MIKROALGII *SCHIZOCHYTRIUM SP.* - PRACA PRZEGLĄDOWA

Tomasz Półbrat^{1*}, Martyna Morawska¹

¹Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu, Wydział Biologii i Hodowli Zwierząt, Studenckie Koło Naukowe Żywnienia Zwierząt

*tomasz.polbrat3@gmail.com

Abstrakt

Mikroalgi coraz częściej stają się źródłem surowców wykorzystywanych w produkcji żywności dla ludzi i zwierząt. Surowce te cechują się zwykle relatywnie wysoką ceną z uwagi na nadal niską efektywność produkcji biomasy alg. Spadek cen nierozzerwalnie wiąże się z optymalizacją produkcji, charakterystyczną każdego gatunku, a czasami i szczepu. Celem pracy jest przyjrzenie się dotychczasowym wynikom badań dotyczących optymalizacji produkcji oleju z mikroalg *Schizochytrium sp.* Rodzaj ten cechuje wysoki procentowy udział kwasu dokozaheksaenowego (DHA) w składzie wolnych kwasów tłuszczowych, przy stosunkowo wysokiej produktywności liczonej w gramach suchej masy na litr medium. Optymalizacja produkcji DHA wiąże się z wykorzystaniem odpowiedniego źródła i stężenia węgla oraz azotu, zapewnieniem algom właściwego środowiska do wzrostu, na który składa się temperatura wody, odczyn, zasolenie, natlenienie i należyty ruch medium w którym odbywa się wzrost mikroorganizmów.

Słowa kluczowe: DHA, SCO, glony

1. Wprowadzenie

Wielonienasycone kwasy tłuszczowe (ang. polyunsaturated fatty acids, PUFA) w ostatnich latach stały się tematem modnym w środowisku naukowym, co jest pokłosiem rosnącej świadomości na ich zapotrzebowanie przez organizm człowieka i rozlicznych korzyści płynących z zaspokajania ich niedoborów. Skład, dawka jak i źródło pochodzenia tłuszczu w pożywieniu człowieka są ważne. Do tej pory ryby słonowodne były podstawowym źródłem PUFA jednak coraz częściej zwraca się uwagę na problem przełowienia oraz wysoką zawartość metali ciężkich w ich mięsie [1]. By wyjść naprzeciw oczekiwaniom konsumentów, zaczęto pozyskiwać wielonienasycone kwasy tłuszczowe z innych organizmów w tym z mikroalg, które rozmnażane w kontrolowanych warunkach stały się znaczącym na rynku źródłem kwasów omega-3 nie niosącym zagrożenia w postaci negatywnego oddziaływania na środowisko i zawartości metali ciężkich [2]. Produkcja mikroalg ograniczana jest nadal stosunkowo wysoką ceną produktu, związaną ze specyficznymi optymalnymi warunkami wymaganymi do wzrostu, a także formą w jakiej końcowy produkt jest dostępny dla klienta [3]. Dlatego też wielonienasycone kwasy tłuszczowe omega-3 (w tym najważniejszy z komercyjnego i zdrowotnego punktu widzenia kwas dokozaheksaenowy - DHA) pozyskiwane z mikroalg stanowią zwykle dodatek do żywności i suplementów diety.

Mikroalgi wykorzystywane do produkcji DHA charakteryzują się wysoką efektywnością tego procesu, określaną w $\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$ suchej masy (s.m.) uzyskanej z roztworu wody i pożywki, wysoką zawartością tłuszczu surowego (t.s.) w s.m., oraz wysokiego udziału DHA w t.s. Gatunkami które spełniają te wymagania i znajdują zastosowanie w przemysłowej produkcji kwasów omega-3 są *Thraustochytrium sp.*, *Ulkenia sp.*, *Cryptocodinium cohnii* oraz *Schizochytrium sp* [4]. Tzw. olej z organizmów jednokomórkowych (ang. Single Cell Oil, SCO) otrzymywany z wymienionych mikroalg używa się następnie w formie dodatku do żywności.

2. Przegląd literatury

Parametry produkcyjne mikroalg są, obok potencjału genetycznego, zależne od zapewnionych parametrów środowiskowych. Dokładniejsze zbadanie optymalnych warunków środowiska do produkcji wielonienasyconych kwasów tłuszczowych obniżyłoby cenę SCO i pozwoliło na powszechniejsze jego wykorzystanie [3]. W związku z wieloletnimi badaniami nad bezpieczeństwem w spożyciu oleju z *Schizochytrium sp.* [5,6] od 2019 roku istnieje możliwość jego zastosowania jako dodatku do każdego produktu spożywczego produkowanego w Unii Europejskiej (w tym mleko dla niemowląt, jaja, soki i suplementy diety) [7].

Niniejsza praca ma na celu przybliżenie tematu optymalizacji parametrów środowiskowych wpływających najsilniej na produktywność *Schizochytrium sp.*

2.1. Źródło węgla

Do intensywnego namnażania się mikroalg potrzebne jest odpowiednio wysokie stężenie substancji będących źródłem węgla. Ich brak sprawia, że mikroorganizm do propagacji wykorzystuje substancje zapasowe, co jest wysoce niekorzystne w przypadku rodziny *Thraustochytriidae* magazynującej głównie tłuszcze (z wysokim udziałem DHA) [8].

Kultywacja *Schizochytrium sp.* jest możliwa przy użyciu różnych cukrów tj. glukoza, fruktoza, mannoza i galaktoza [9], ale także alkoholu cukrowego jakim jest glicerol [10]. Na przestrzeni kilkunastu ostatnich lat poddano badaniu parametry produkcyjne wyżej wymienionej mikroalgi na różnych pożywkach. Mikroorganizm ten nie potrafi wydajnie wykorzystać polisacharydów co potwierdziły badania Wu i in. [11] którzy porównali przyrost mikroalg *Schizochytrium sp.* na pożywkach zawierających mono- i polisacharydy. Uzyskane wyniki wskazywały na spadek produktywności o około 40% w przypadku uprawy na pożywce skrobiowej. Badania te wskazały również na niższy udział t.s. w biomacie alg żywionych skrobią, co może wskazywać na trudności tych mikroorganizmów z rozkładaniem wiązań α -glikozydowych. Wyniki te zgadzają się z badaniami Yokochi i in. [12] oraz Chatdumrong i in.

[13]. Badania Yokochi i in. [12] zakładały również wykorzystanie disacharydów jako źródło węgla. Szczepy utrzymywane na laktozie, maltozie i sacharozie uzyskały wynik trzykrotnie niższy niż glukoza, generując s.m. komórek (ang. Dry Cell Weight, DCW) na poziomie $5 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$.

Glukoza, fruktoza i glicerol są najczęściej wykorzystywanymi surowcami do zaspokojenia zapotrzebowania *Schizochytrium sp.* na węgiel niezbędny do wytworzenia struktur komórkowych. Chatdumrong i in. [13] wskazują na podobne wyniki produkcji biomasy dla pożywki opartej na glukozie i fruktozie. Roztwory glukozy i fruktozy (3%) wygenerowały produkcję odpowiednio $13,4 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$ i $14,3 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$ DCW. Oba te cukry uzyskały również stosunkowo wysoki udział t.s. w biomacie odpowiednio 49,7% i 49,1%, a co najważniejsze podobną zawartość DHA na litr pożywki tj. $362,1 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ i $392,5 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$. Stosunkowo niska cena, wysoka dostępność, łatwość w rozpuszczaniu i wysokie wyniki produkcyjne powodują, że oba te cukry (z lekkim wskazaniem na glukozę) stały się najpopularniejszymi źródłami węgla w produkcji oraz badaniach alg *Schizochytrium sp.* [9,14,15].

Badania prowadzone przez Sahina i in. [9] wykazały, że glicerol jako źródło węgla zapewnia podobnie wysokie przyrosty co glukoza. Mikroorganizmy utrzymywano osobno na pożywce o stężeniu 0,324% glicerolu oraz 0,4% glukozy, zapewniając identyczne warunki środowiska. Skutkiem tej kompozycji pożywki było wytworzenie biomasy w ilości odpowiednio $3,58 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$ i $5,15 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$. Pomimo dużo niższej ilości biomasy pozyskanej z mikroalg utrzymanych na glicerolu, otrzymano z nich 25% więcej g DHA na litr pożywki (odpowiednio $0,4 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$ i $0,3 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$). Zhu i in. [16] również zbadali wpływ źródła węgla w medium na wyniki produkcyjne mikroalg *Schizochytrium sp.* Pożywka z zawartością glicerolu spowodowała produkcję biomasy na poziomie $12,18 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$, a zawartość DHA na poziomie $0,68 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$, natomiast medium z zawartością glukozy spowodowało wytworzenie biomasy na poziomie $8,78 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$ i DHA w ilości $0,51 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$. Warunki środowiska dla wszystkich prób były identyczne. Badania te zatem potwierdzają, że glicerol może stanowić wartościową alternatywę dla źródła węgla wobec cukrów prostych w żywieniu mikroalg *Schizochytrium sp.* [10,20].

Bez względu na źródło węgla w pożywce, ważnym elementem komponowania jej składu jest zastosowanie substratu w stężeniu na tyle wysokim by umożliwić łatwy dostęp mikroorganizmom bez uzyskania efektu inhibicji. Zauważono bowiem, że zbyt duże stężenie glukozy w początkowej pożywce ogranicza namnażanie się mikroalg *Schizochytrium sp.* [23]. Rozwiązaniem problemu inhibicji rozwoju mikroalg przy zbyt dużym stężeniu źródła węgla w pożywce jest zastosowanie technologii “fed-batch”, tzn. dawkowanie substratu w trakcie uprawy. Dawki substancji podawane są, gdy poziom cukru (lub glicerolu) zostanie obniżony poniżej ustalonej przez nas wartości (zwykle $<35\%$ stanu inicjacji) [24].

2.2. Źródło azotu

Pożywka na której dokonuje się wzrost mikroalg musi zawierać również azot. Wynika to z tendencji mikroorganizmów do ciągłego namnażania się w granicach tolerancji specyficznych dla danych warunków środowiska, co generuje to stałe zapotrzebowanie na nowo syntetyzowane białko. Producentowi biomasy alg zależy na intensywnym wzroście mikroorganizmów, co uzyskuje się przez podanie do pożywki odpowiednio dużej ilości azotu. Dostarczenie azotu *ad libidum* powoduje jednak spadek udziału t.s. w tym DHA jako materiału zapasowego, z uwagi na ciągłe i intensywne namnażanie się mikroalg. Powszechną praktyką stało się zatem ograniczanie azotu w pożywce po pierwszych dwóch dniach uprawy przy jednoczesnym zapewnieniu źródła węgla. Takie działanie powoduje akumulację substancji węglowych i przekształcanie ich w lipidy (zwykle trójglicerydy) [24,27]. Komponując pożywkę należy pamiętać o zachowaniu odpowiedniego stosunku węgla do azotu. Najczęściej spotykane proporcje w literaturze znajdują się w przedziale 3-15:1. Wysoki stosunek C:N pozwala osiągnąć wysoki udział tłuszczu i DHA w biomase algi, ale jednocześnie obniża biomasę pozyskiwaną z litra uprawy [10,13,16].

Źródłami azotu dla mikroalg mogą być zarówno substancje organiczne, jak i nieorganiczne. Przykładami organicznych źródeł azotu są: ekstrakt drożdżowy, hydrolizat śruty sojowej i roztwór peptydów [4,10,16]. Brak jest jednoznacznego wskazania literaturowego, które z wymienionych organicznych źródeł azotu umożliwia osiągnięcie najwyższych wyników produkcyjnych. Na uwagę zasługuje jednak znaczna różnica cenowa tych surowców. Koszt zakupu kilograma ekstraktu drożdżowego to od 11,4 do 19 PLN·kg⁻¹ [17]. Z kolei cena poekstrakcyjnej śruty sojowej wynosi ok. 1,4 PLN·kg⁻¹ [18], przy czym należy doliczyć koszty hydrolizy. Cena kilograma peptonów z mieszanki mięsnej wynosi natomiast od 0,95 do 2 PLN·kg⁻¹ [19]. Substancjami nieorganicznymi stosowanymi w produkcji *Schizochytrium sp.* są glutaminian monosodowy (ang. monosodium glutamate, MSG) oraz siarczan amonu (IV) [15,20]. Koszt MSG waha się na poziomie 2,28-5,70 PLN·kg⁻¹ [21], natomiast koszt siarczanu amonu to zaledwie 0,5 PLN·kg⁻¹ [22]. Siarczan amonu, pomimo swojej niskiej ceny, nie stanowi dobrego źródła azotu - przy wysokim stężeniu działa inhibującą na wzrost, jednak niewielki dodatek (1,5 g·L⁻¹ pożywki) zwiększa ilość DHA w s.m. [20]. MSG jest natomiast szeroko wykorzystywane jako źródło azotu [15]. Badania Lan i in. [25] wskazują również, że dodatek MSG do medium w ilości 0,8 g·L⁻¹ może powodować wzrost aktywności dehydrogenazy glukozo-6-fosforanowej (enzym regenerujący NADPH), co pozytywnie wpływa na wykorzystanie glukozy zawartej w pożywce.

2.3. Napowietrzenie

Mikroalga *Schizochytrium sp.* aby pozyskać energię przeprowadza proces fermentacji tlenowej, a synteza wielonienasyconych kwasów tłuszczowych odbywa się przy zastosowaniu niezależnych od tlenu enzymów dwoma szlakami enzymatycznymi - FAS (Fatty Acid Synthase patchway) i PKS (Polyketide Synthase pathway) [26,27,28]. Badania optymalizujące wzrost *Schizochytrium sp.* wskazują na zależność wysokiej gęstości komórek od znacznego natlenienia medium w pierwszym okresie uprawy, tj. w okresie dostępnego azotu w pożywce (pierwsze 48 godzin) [29]. Ważnym wskaźnikiem wysycenia tlenem pożywki jest Współczynnik Transferu Tlenu (ang. Oxygen Transfer Coefficient, K_{La}), który pośrednio wskazuje na łatwość pobrania przez mikroalgi tlenu z otoczenia. Współczynnik Transferu Tlenu opisuje wzór [30]:

$$K_{La} = 2,99 \cdot 10^{-3} (P_g/V_L)^{0,891} \cdot V_S^{0,556} \quad (1)$$

gdzie:

P_g - moc rozproszona (przez wirnik) w stanie gazowym, W,

V_L - objętość cieczy, m³,

V_S - prędkość filtracji, m·s⁻¹.

Elementami wpływającymi na K_{La} są ilość rozpuszczonego tlenu w wodzie, ruch wody i ilość cieczy (pożywki). Równie ważna jak wielkość K_{La} , jest również homogeniczność pożywki pod względem natlenienia, szczególnie przy próbach komercjalizacji produkcji mikroalg [4]. Chang i in. [10] zbadali wpływ natlenienia na wzrost i zawartość DHA w s.m. alg. Najwyższe wyniki pod względem uzyskanej biomasy i DHA otrzymano stosując bardzo wysoki K_{La} wynoszący 1802, wynikający z mieszania pożywki z prędkością 600 obrotów na minutę oraz natleniania 2 m³ powietrza na minutę 30 litrowego zbiornika. Pomimo krótszego o 24 godziny czasu fermentacji, grupa natleniana z największą intensywnością (1802 K_{La}) charakteryzowała się o około 42,9% wyższą zawartością s.m. komórek, od grupy mniej natlenionej (568 K_{La}). Udział DHA w kwasach tłuszczowych dla grupy natlenionej silniej, również był wyższy o ponad 5 punktów procentowych. Natlenianie w tym badaniu przebiegało niezmiennie, co jak sugerują niektóre badania [26,31], może negatywnie wpływać na ilość uzyskanego DHA. Qu i in. [26] dzięki zaproponowanemu dwufazowemu natlenianiu uzyskali wzrost zawartości s.m. komórek o 25%, o 43% t.s. oraz o 64% zawartości DHA w s.m., w porównaniu do jednofazowego natleniania. Fakt ten może być tłumaczony zwiększonym zużyciem węgla z pożywki silnie wysyconej tlenem w natlenianiu jednofazowym do oddychania komórkowego, co może przekładać się na zmniejszenie zużycia pożywki do celów akumulacji materiałów zapasowych. Dwufazowe natlenianie jest konsekwencją obserwacji, z których wynika, że wzrost komórek *Schizochytrium sp.* można podzielić na 2 okresy, tj.:

1) okres wzrostu komórek, kiedy najintensywniej zwiększa się ilość mikroalg, zwykle w tym ciągu tej trwającej około 40 godzin fazie nie obserwuje się akumulacji materiałów zapasowych;

2) okres intensywnej akumulacji materiałów zapasowych, gdy znacznie spowalnia proces namnażania nowych komórek. Należy pamiętać, że zwiększona podaż tlenu w pierwszej fazie wzrostu komórek zwiększy również popyt na węgiel w pożywce.

2.4. Odczyn pożywki

Pomimo wysokiej istotności odczynu środowiska na wzrost mikroorganizmów, w wielu badaniach dotyczących optymalizacji wzrostu mikroalg *Schizochytrium sp.* nie odnotowywano go, bądź też odnotowywano jedynie wartości początkowe (odczyn medium przed zasiedleniem mikroalgami) [4,14,26]. Yin i in. [32] zbadali wpływ regulacji odczynu pożywki na namnażanie mikroalg *Schizochytrium sp.* i produkcję przez nie DHA. Wyniki wskazały na wzrost produktywności mikroorganizmów przy rozdzieleniu wzrostu na dwie fazy (podobnie jak przy natlenianiu). Pierwsza faza rozpoczyna się przy inokulacji pożywki mikroalgami i trwa do wyczerpania przez nie źródła azotu (zwykle około 40 godzin). Mikroorganizmy w tej fazie namnażały się najlepiej przy pH równym 7. Druga faza rozpoczynała się wraz z wyczerpaniem źródła azotu i kończyła zbiorem mikroalg, a zakładała utrzymanie odczynu pożywki na poziomie równym 5 pH. Badania te potwierdziły również zakres tolerancji odczynu pożywki, w którym mikroalgi zachowują możliwość namnażania. Przy pH równym 4, *Schizochytrium sp.* namnaża się powoli, przy czym proces ten ustaje po około 22 godzinach od inokulacji. Natomiast w środowisku zasadowym (8 pH) nie rozwija się. Wyniki te są w zgodzie z badaniami Wu i in. [11]. Yin i in. [32] również zbadali wpływ substancji regulującej odczyn na wzrost mikroalg. Najkorzystniejszym sposobem regulacji była regulacja odczynem przy użyciu 6% wody amoniakalnej i 0,5 M kwasu cytrynowego. Woda amoniakalna zmieniając odczyn pożywki w kierunku zasadowym dodatkowo stanowiła źródło azotu. Kwas cytrynowy natomiast oprócz skutecznego obniżania pH, wchodzi w szlak cyklu Krebsa, a więc jego podaż wpływa na szlaki enzymatyczne FAS i PKS. Kwas cytrynowy w badaniu wpłynął pozytywnie na uzyskaną ilość DHA na litr pożywki, zwiększając jego wartość o 19% w stosunku do wyniku uzyskanego gdy jako regulator odczynu użyto 2 M HCl.

2.5. Temperatura

Optymalna temperatura do wzrostu mikroalg *Schizochytrium sp.* mieści się w granicach 20-30°C. Potwierdzają to badania Chatdumrong i in. [13], którzy zbadali wpływ pożywki o temperaturze 15, 20, 25 i 30°C na wzrost i produktywność mikroalg. Temperatury w zakresie

od 20 do 30°C, okazały się w równym stopniu wspierać wzrost mikroorganizmu. Wyniki te są w zgodzie z badaniami Yokochi i in. [12] i Zhu i in. [16], którzy również wskazali optymalne temperatury na zawierające się w tym przedziale (odpowiednio 25°C i 23°C dla poszczególnych zespołów badawczych). Badania Zhu i in. [33] wskazują na możliwość osiągnięcia korzystnych wyników produkcyjnych przez mikroalgi *Schizochytrium sp.* nawet w 16°C. Z uwagi na brak w dostępnej literaturze wyników dotyczących precyzyjnego określenia optymalnej temperatury oraz zmian optimum dla różnych faz wzrostu należy oczekiwać w przyszłości dalszych badań tego zagadnienia.

2.6. Zasolenie

Schizochytrium sp. jest mikroalgą izolowaną z wód lasów namorzynowych Azji oraz Oceanii [2]. Stopień zasolenia tych wód jest różny i zależy od stopnia zalania lasu przez wody morskie, jednak zwykle utrzymuje się on w kategorii wody słonej (34 - 44‰) [34]. Zhu i in. [33] wskazują na optymalny wzrost mikroalg *Schizochytrium sp.* w pożywce o zasoleniu 1,8-3,6‰, gdzie najwyższy udział DHA w wolnych kwasach tłuszczowych występował przy zasoleniu równym 1,8‰. Optymalny wzrost przy dużo wyższym zasoleniu (8,75‰) uzyskiwały mikroalgi w badaniu Chatdumrong i in. [13]. Yokochi i in. [12] i Zhu i in. [16] natomiast określili optymalne zasolenie (wartość dla której uzyskano najwyższą ilość biomasy na litr medium) na wynoszące odpowiednio 17,5‰ i 18‰. Takie rozbieżności wynikają najprawdopodobniej z różnic w warunkach środowiskowych i składu chemicznego pożywki. Wszystkie powyższe badania były jednak zgodne co do możliwości wzrostu *Schizochytrium sp.* w warunkach słodkowodnych (zasolenie bliskie 0‰).

3. Podsumowanie

Rosnący popyt na SCO uzasadnia starania czynione przez naukowców by optymalizować i rozwijać produkcję tej substancji. Największe zainteresowanie naukowe tematem oleju ekstrahowanego z mikroalg obserwuje się w Azji Południowo-Wschodniej, gdzie ulokowanych jest najwięcej przedsiębiorstw produkcyjno-handlowych zaopatrujących znaczną część rynku światowego w SCO. Produkcja tego typu oleju oprócz dostarczenia PUFA, ma również potencjał generowania nowych substytutów dla tłuszczu kakao i produkcji biodiesla [35]. Większość nowych prac badawczych z tego regionu dotyczących mikroalg skupia się na komercjalizacji i próbach efektywnego zwiększania skali upraw mikroalg bez negatywnego wpływu na skład uzyskiwanego SCO. Pomimo stosunkowo dobrego ustalenia optymalnych

warunków środowiskowych dla mikroalg *Schizochytrium sp.*, zapewnienie ich podczas wielkotowarowej produkcji jest nie łatwe. Dobrym przykładem jest próba zapewnienia odpowiedniego natlenienia mikroalgom uprawianym w 7000 litrowym bioreaktorze. Problem stanowiło odpowiednie zaprogramowanie i ustawienie wirników, by umożliwić przepływ medium, która w czasie wzrostu mikroalg nabiera cech cieczy nieniutonowskiej. Wydaje się zatem, że pozostaje nadal dużo pracy pod względem optymalizacji produkcji tych mikroorganizmów.

Literatura

- [1] Naylor R.L., Goldburg R.J., Primavera J., Kautsky N., Beveridge M.C. M., Clay J., Folke C., Lubchenco J., Mooney H., Troell M.: Effects of Aquaculture on World Fish Supplies, *Issues in Ecology*, 2001, Vol. 8, s. 1-14.
- [2] Hakim A.R.: The potential of heterotrophic microalgae (*Schizochytrium sp.*) as a source of DHA, *Squalen*, 2012, Vol 7 (1), s. 29-38.
- [3] Acién F.G., Fernández J.M., Magán J.J., Molina E.: Production cost of a real microalgae production plant and strategies to reduce it, *Biotechnology Advances*, 2012, Vol. 30 (6), s. 1344-1353.
- [4] Guo D.S., Ji X.J., Ren L.J., Li G.L., Sun X.M., Chen K.Q., Gao S., Huang H.: Development of a scale-up strategy for fermentative production of docosahexaenoic acid by *Schizochytrium sp.*, *Chemical Engineering Science*, 2018, Vol. 176, s. 600-608
- [5] Fedorova-Dahms I., Marone P.A., Bauter M., Ryan A.S.: Safety evaluation of Algal Oil from *Schizochytrium sp.*, *Food and Chemical Toxicology*, 2011, Vol. 49 (12), s. 3310-3318.
- [6] Mara Renewables Corporation: GRAS Determination of DHA Algal Oil for Use in Infant Formula, 2016, Vol. 1, s. 1-14.
- [7] Komisja Europejska: Commission Implementing Regulation (EU) 2019/109 authorising an extension of use of *Schizochytrium sp.* oil as a novel food under Regulation (EU) 2015/2283 of the European Parliament and of the Council, and amending Commission Implementing Regulation (EU) 2017/2470, 2019, Pobrane z: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:32019R0109&from=EN>
- [8] Holdsworth J.E., Ratledge C.: Lipid Turnover in Oleaginous Yeasts, *Journal of General Microbiology*, 1988, Vol.134, s. 339-346.

- [9] Sahin D., Tas E., Altindag U.H.: Enhancement of docosahexaenoic acid (DHA) production from *Schizochytrium* sp. S31 using different growth medium conditions, *AMB Express*, 2018, Vol. 8, s. 7-15.
- [10] Chang G., Gao N., Tian G., Wu Q., Chang M., Wang X.: Improvement of docosahexaenoic acid production on glycerol by *Schizochytrium* sp. S31 with constantly high oxygen transfer coefficient, *Bioresources Technology*, 2013, Vol. 142, s. 400-406.
- [11] Wu S.T., Yu S.T., Lin L.P.: Effect of culture conditions on docosahexaenoic acid production by *Schizochytrium* sp. S31, *Process Biochemistry*, 2005, Vol. 40, s. 3103–3108.
- [12] Yokochi T., Honda D., Higashihara T., Nakahara T.: Optimization of docosahexaenoic acid production by *Schizochytrium limacinum* SR21, *Applied Microbiology and Biotechnology*, 1998, Vol. 49, s. 72-76.
- [13] Chatdumrong W., Yongmanitchai W., Limtong S., Worawattanamateekul W.: Optimization of Docosahexaenoic Acid (DHA) Production and Improvement of Astaxanthin Content in a Mutant *Schizochytrium limacinum* Isolated from Mangrove Forest in Thailand, *Kasetsart Journal - Natural Science*, 2007, Vol. 41, s. 324-334.
- [14] Ren L.J., Feng Y., Li J., Qu L., Huang H.: Impact of phosphate concentration on docosahexaenoic acid production and related enzyme activities in fermentation of *Schizochytrium* sp., *Bioprocess and Biosystems Engineering*, 2013, Vol. 36(9), s. 1177-1183.
- [15] Sun L., Ren L., Zhuang X., Ji X., Yan J., Huang H.: Differential effects of nutrient limitations on biochemical constituents and docosahexaenoic acid production of *Schizochytrium* sp. *Bioresource Technology*, 2014, Vol. 159, s. 199-206.
- [16] Zhu L., Zhang X., Ren X., Zhu Q.: Effects of Culture Conditions on Growth and Docosahexaenoic Acid Production from *Schizochytrium limacinum*, *Journal of Ocean University of China*, 2007, Vol. 7(1), s. 83-88.
- [17] www.alibaba.com/product-detail/Bulk-yeast-extract-industrial-fermentation-yeast_60723937613.html?spm=a2700.7724857 (dostęp: 25.03.2019)
- [18] www.agrolok.pl/notowania/notowania-sruty-sojowej.htm (dostęp: 25.03.2019)
- [19] www.alibaba.com/product-detail/Meat-Powder-Beef-Chicken-Pork-Duck_50039887283.html?spm=a2700.7724857 (dostęp: 25.03.2019)
- [20] Ren L.J., Sun L.N., Zhuang X.Y., Qu L., Ji X.J., Huang H.: Regulation of docosahexaenoic acid production by *Schizochytrium* sp.-effect of nitrogen addition, *Bioprocess and Biosystems Engineering*, 2014, Vol. 37(5), s. 865-872.

- [21] www.brightfactory.en.made-in-china.com/product/vCondeWVyhkx/China-Best-Price-Seasonings-Monosodium-Glutamate-Msg.html (dostęp: 25.03.2019)
- [22] www.alibaba.com/product-detail/Ammonium-Sulphate-Caprolactam-Grade-Crystalline-Fertilizer_60769116791 (dostęp: 25.03.2019)
- [23] Ganuza E., Anderson A.J., Ratledge C.: High-cell-density cultivation of *Schizochytrium* sp. in an ammonium/pH-auxostat fed-batch system, *Biotechnology Letters*, 2008, Vol. 30, s. 1559-1566.
- [24] de Swaaf M.E., Sijtsma L., Pronk J.T.: High-cell-density fed-batch cultivation of the docosahexaenoic acid producing marine alga *Cryptocodinium cohnii*, *Biotechnology and Bioengineering*, 2003, Vol. 81, s. 666–672.
- [25] Lan W.Z., Qin W.M., Yu L.J.: Effect of glutamate on arachidonic acid production from *Mortierella alpina*, *Letters in Applied Microbiology*, 2002, Vol. 35(4), s.357-360.
- [26] Qu L., Ji X.J., Ren L.J., Nie Z.K., Feng Y., Wu W.J., Ouyang P.K., Huang H.: Enhancement of docosahexaenoic acid production by *Schizochytrium* sp. using a two-stage oxygen supply control strategy based on oxygen transfer coefficient, *Letters in Applied Microbiology*, 2011, Vol. 52(1), s. 22-27.
- [27] Ratledge C., Wynn J.: The biochemistry and molecular biology of lipid accumulation in oleaginous microorganisms, *Advances in Applied Microbiology*, 2002, Vol. 51, s. 1-51.
- [28] Metz J.G., Roessler P., Facciotti D., Levering C., Dittrich F., Lassner M., Valentine R., Lardizabal K., Domergue F., Yamada A., Yazawa K., Knauf V., Browse J.: Production of polyunsaturated fatty acids by polyketide synthases in both prokaryotes and eukaryotes, *Science*, 2001, Vol. 293(5528), s. 290-293.
- [29] Ren L.J., Ji X.J., Huang H., Qu L., Feng Y., Tong Q.Q., Ouyang P.K.: Development of a stepwise aeration control strategy for efficient docosahexaenoic acid production by *Schizochytrium* sp., *Applied Microbiology and Biotechnology*, 2010, Vol. 87(5), s. 1649–1656.
- [30] Labík L., Moucha T., Petříček R., Rejl J.F., Valenz L., Haidl J.: Volumetric mass transfer coefficient in viscous liquid in mechanically agitated fermenters - measurement and correlation, *Chemical Engineering Science*, 2017, Vol. 170, s. 451–463.
- [31] Chi Z.Y., Liu Y., Frear C., Chen S.L.: Study of a two-stage growth of DHA-producing marine algae *Schizochytrium limacinum* SR21 with shifting dissolved oxygen level, *Applied Microbiology and Biotechnology*, 2009, Vol. 81(6), s. 1141–1148.

- [32] Yin F.W. , Zhang Y.T., Jiang J.Y., Guo D.S., Gao S., Gao Z.: Efficient docosahexaenoic acid production by *Schizochytrium* sp. via a two-phase pH control strategy using ammonia and citric acid as pH regulators, *Process Biochemistry*, 2019, Vol. 77, s. 1-7.
- [33] Zhu L.Y., Zhang X.C., Ji L., Song X.J., Kuang C.H.: Changes of lipid content and fatty acid composition of *Schizochytrium limacinum* in response to different temperatures and salinities, *Process Biochemistry*, 2007, Vol. 42, s. 210–214.
- [34] Saravanakumar A., Rajkumar M., Sesh-Serebiah J., Thivakaran G.A.: Seasonal variations in physico-chemical characteristics of water, sediment and soil texture in arid zone mangroves of Kachchh-Gujarat, *Journal of Environmental Biology*, 2008, Vol. 29(5), s. 725-732.
- [35] Huang C., Chen X., Xiong L., Chen X., Ma L., Chen Y.: Single cell oil production from low-cost substrates-the possibility and potential of its industrialization, *Biotechnology Advances*, 2013, Vol. 31(2), s. 129–139.

OPTIMIZATION OF PRODUCTION OF DOCOZAHEXAENOIC ACID BY MICROALGAE *SCHIZOCHYTRIUM* SP. - REVIEW WORK

Abstract

In last years interest in microalgae has increased and they becoming a source of raw materials used in the production of food for humans and feed for animals. These raw materials are usually characterized by a relatively high price due to the still low effectiveness of the production of algae biomass. The drop in prices is inextricably linked to the optimization of production, characteristic of each species, and sometimes also of the strain. The aim of the work is to look at the previous findings regarding the means of optimization of oil production from microalgae *Schizochytrium* sp. This genus is characterized by a high percentage of docosahexaenoic acid (DHA) in the composition of free fatty acids, with relatively high productivity calculated in grams of dry matter per liter of medium. The optimization of DHA production involves the use of an appropriate source and concentration of carbon and nitrogen, ensuring algae proper environment for growth, which consists of water temperature, pH, salinity, oxygenation and movement of the medium in which the growth of microorganisms takes place.

Keywords: DHA, SCO, algae

Opiekun pracy:

dr Kamil Sierżant

Recenzenci:

dr Yekaterina Zonova

dr Tomasz Hikawczuk

OGRANICZENIE ZUŻYCIA ENERGII ELEKTRYCZNEJ W POJEŹDZIE GASTRONOMII MOBILNEJ PRZY WYKORZYSTANIU PANELI FOTOWOLTAICZNYCH

Łukasz Sobol^{1*}, Katarzyna Stasiak¹

¹Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu, Wydział Przyrodniczo-Technologiczny, Studenckie Koło Naukowe „Bioenergia”, ul. Chełmońskiego 37a, 51-630 Wrocław

*lukasz.sobol@europa.com

Abstrakt

Mobilna gastronomia to dynamicznie rozwijający się trend, który w ciągu ostatnich lat popularyzowany jest również w Polsce. Wzrost liczby food trucków zauważalny jest już nie tylko w miejscowościach turystycznych, ale również na ulicach miast. Mobilność tego typu gastronomii pozwala czasowo na stacjonowanie w różnych, często odległych miejscach, co niemożliwe jest w przypadku tradycyjnych lokali. Stawia to jednak przed właścicielami wyzwania zarówno logistyczne, jak i związane z zapewnieniem energii zasilającej specjalistyczny sprzęt w pojazdach. Obecnie wykorzystuje się do tego celu paliwa konwencjonalne, których zasoby są ograniczone, a ich zużycie negatywnie oddziałuje na środowisko. Celem pracy była analiza techniczno-ekonomiczna możliwości zastosowania instalacji fotowoltaicznej w jednostce gastronomii mobilnej, która pokrywa część zapotrzebowania na energię elektryczną, przy jednoczesnym ograniczeniu emisji dwutlenku węgla do atmosfery. Rozważając specyfikę oferowanej usługi obliczono zapotrzebowanie energetyczne generowane przez użytkowane sprzęty. Z kolei, na podstawie możliwości montażowych dobrano moc instalacji PV oraz podzespoły wraz z układem magazynowania energii. W efekcie, dokonano analizy prostego okresu zwrotu nakładów inwestycyjnych (SPBT). Wykazano, że zamontowanie paneli fotowoltaicznych pozwoliło na pokrycie 15% zapotrzebowania food trucka na energię elektryczną. Zastosowanie hybrydowej instalacji, w perspektywie czasu, generuje oszczędności wynikające z ograniczenia zużycia oraz zakupu oleju napędowego. Wiąże się to również z ograniczeniem emisji dwutlenku węgla, który negatywnie oddziałuje na środowisko.

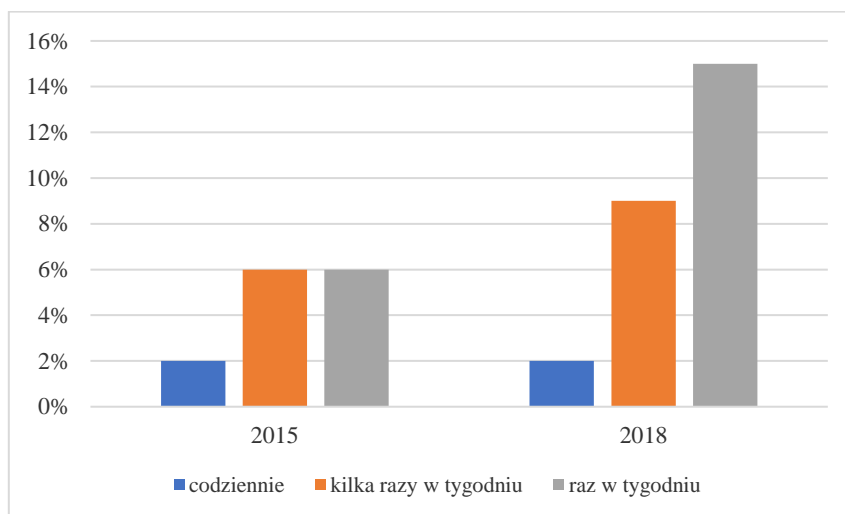
Słowa kluczowe: gastronomia mobilna, emisja CO₂, instalacja fotowoltaiczna, analiza techniczno-finansowa

1. Wprowadzenie

Gastronomia w Polsce to stale dynamicznie rozwijający się sektor usług, o czym może świadczyć odnotowany przez GUS w 2017 roku, wzrost ogólnej liczby placówek gastronomicznych na poziomie 1%, w porównaniu do roku ubiegłego. Liczbę placówek gastronomicznych w 2017 roku szacowano na ponad 70,1 tys., z czego około 37,6% stanowiły punkty gastronomiczne [1], do których zalicza się pojazdy gastronomii mobilnej (food truck), będące jedną z największych innowacji polskiego sektora gastronomicznego w XXI wieku [2].

Rosnąca liczba lokali może być odpowiedzią na zmianę trybu życia polskich obywateli, wiążącą się ze wzrostem średnich płac, próbą oszczędności czasu, a także zwiększeniem świadomości, co do jakości produktów spożywczych. Według badań przeprowadzonych na zlecenie firmy MAKRO Cash&Carry Polska, wynika, że co raz więcej Polaków decyduje się na regularne spożywanie posiłków na mieście (rys. 1), a procent obywateli między 18 a 50

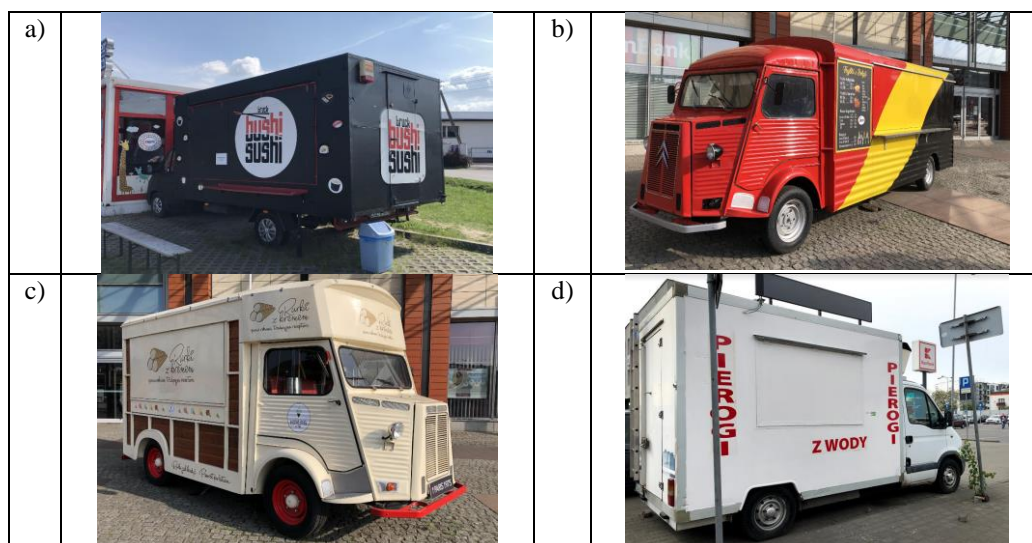
rokiem życia, którzy w ostatnich 6 miesiącach korzystali z usług lokali gastronomicznych oscyluje wokół 95-99%. Udział osób starszych jest niewiele niższy i stanowi 84% [3].



Źródło: opracowanie własne na podstawie [3,4]

Rys. 1. Porównanie częstotliwości preferencji żywienia się Polaków na mieście w roku 2015 oraz 2018

Wśród najnowszych trendów gastronomicznych w Polsce, szczególnie zauważalne jest zjawisko pojawiania się na ulicach miast pojazdów gastronomii mobilnej różnej specjalizacji (rys. 2).

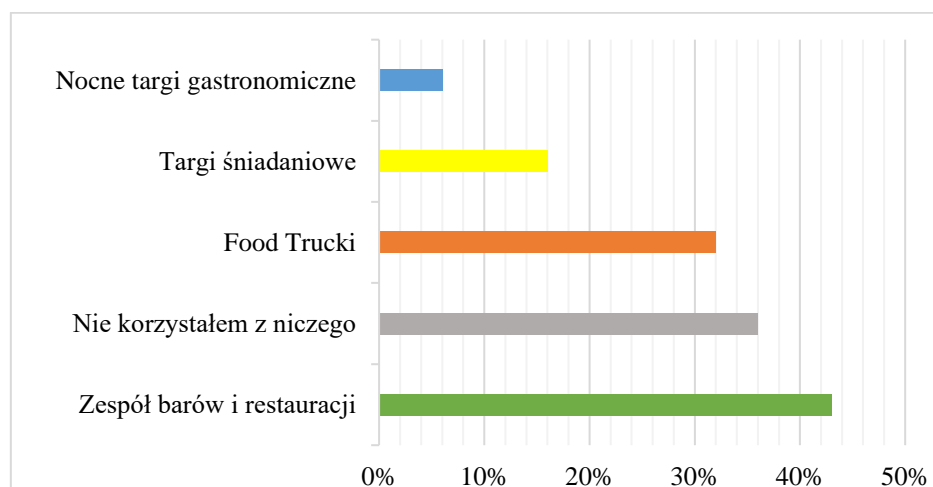


Źródło: fotografie własne

Rys. 2. Przykłady pojazdów gastronomii mobilnej różnej specjalizacji

Food trucki to pojazdy, które przystosowane są do wydawania posiłków i w większości przypadków bazują na gotowych wyrobach i półproduktach. Poza kompleksami gastronomicznymi są one obecnie jednymi z najczęściej wybieranych konceptów gastronomicznych (rys. 3). Można przypuszczać, że food trucki swoją popularność zawdzięczają kilku czynnikom. Przede wszystkim czas przygotowania i wydania potrawy jest

znacząco krótszy niż w tradycyjnej placówce gastronomicznej, a wygoda podania i dogodna lokalizacja w pobliżu często odwiedzanych miejsc, jak również pracy czy placówek edukacyjnych znacząco wpływa na konkurencyjność tego biznesu.



Źródło: opracowanie własne na podstawie [5]

Rys. 3. Najchętniej odwiedzane koncepty gastronomiczne

Jednak, ze względu na swoją specyfikę funkcjonowania, pojazdy gastronomii mobilnej stwarzają ich właścicielom pewne bariery. Dotyczą one nie tylko wyzwań logistycznych, wiążących się z ograniczoną powierzchnią użytkową i ładownością pojazdu, ale również pokrycia zapotrzebowania na energię elektryczną. Wyposażenie pojazdów stanowią specjalistyczne urządzenia o dużej mocy, wobec czego dzienne zapotrzebowanie na energię, w zależności od oferowanej usługi, może wahać się od 5 do 80 kWh. Obecnie do tych celów wykorzystuje się najczęściej agregaty prądotwórcze, zasilane olejem napędowym. Jednak niepożądany hałas podczas pracy generatora prądu oraz ilość powstających spalin w okresie jego eksploatacji negatywnie wpływa na bliskie otoczenie. Wymusza to poszukiwanie przez właścicieli konkurencyjnych rozwiązań, które byłyby w stanie zredukować wspomniane uciążliwości.

Pewną alternatywą może okazać się inwestycja w instalację fotowoltaiczną, która mogłaby zastąpić lub przynajmniej ograniczyć wykorzystanie agregatu prądotwórczego. Wiązałoby się to z wieloma korzyściami ekologicznymi oraz prawdopodobnie, w perspektywie czasu, finansowymi. Instalację wyposażyć można również w akumulatory (np. żelowe), które w razie nadwyżki produkowanej energii będą magazynować jej nadmiar. Jest to tak zwany system off-grid. Jednak w przypadku, gdy zapotrzebowanie na energię elektryczną jest większe niż maksymalna moc instalacji, takie rozwiązanie staje się nieekonomiczne i często zbędne [10]. Wspomniane ryzyko istnieje w przypadku użytkowania food trucka, ponieważ na jego wyposażenie składają się specjalistyczne sprzęty o dużym poborze mocy. Rozwiązaniem może

okazać się połączenie hybrydowe, gdzie panele fotowoltaiczne służyłyby jedynie do współzasilania urządzeń elektrycznych znajdujących się wewnątrz pojazdu. W efekcie, prowadziłyby to do odciążenia agregatu prądotwórczego i zmniejszenia emisji dwutlenku węgla do atmosfery, co w przypadku pojazdów mobilnych ma istotne znaczenie.

a)



b)



c)



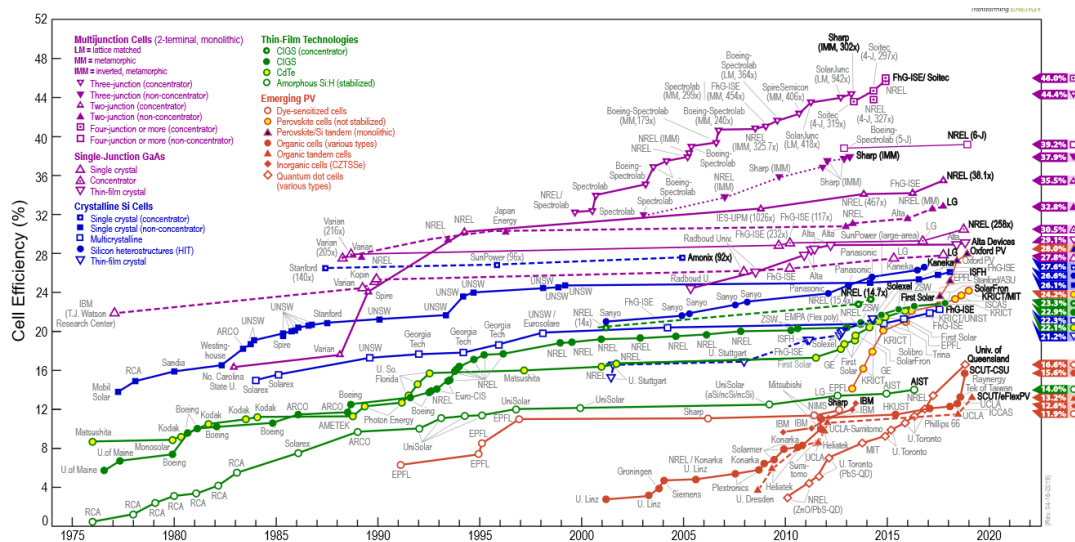
d)



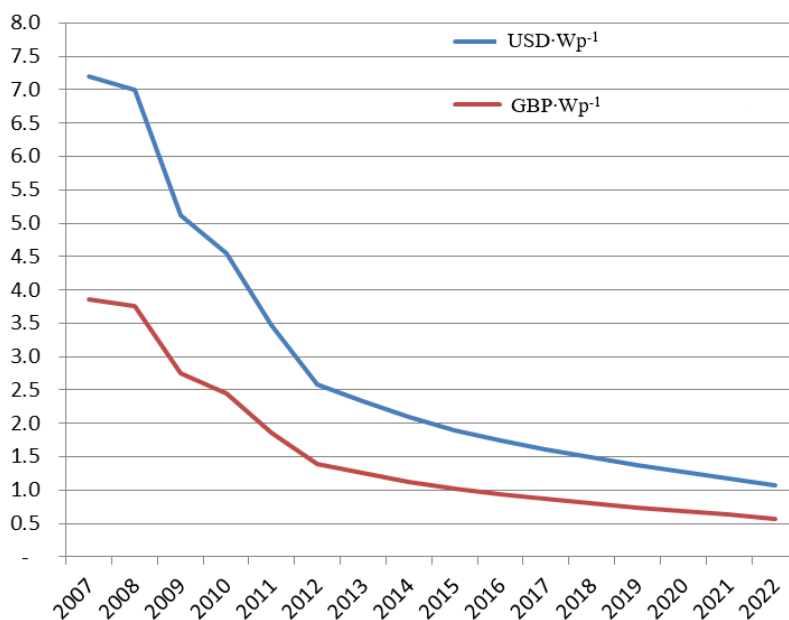
Rys. 5. Przykłady zastosowań paneli fotowoltaicznych na jednostkach mobilnych [19, 20, 21, 22]

Notowany w ostatnich latach rozwój technologiczny produkcji paneli fotowoltaicznych, wiążący się ze zwiększeniem ich sprawności (rys. 6), a także obniżeniem ich cen (rys. 7) powoduje, że wykorzystanie systemów PV znajduje swoje zastosowanie również w przypadku instalacji mobilnych (rys. 5). Przykładami obiektów mobilnych, na których możliwy jest montaż instalacji fotowoltaicznych to [7]:

- łodzie żaglowe, motorowe i inne jednostki pływające;
- samoloty, szybowce i inne jednostki latające;
- autobusy, samochody i inne pojazdy elektryczne;
- kampery oraz przyczepy kempingowe.



Rys. 6. Sprawność paneli fotowoltaicznych w różnych technologiach w latach 1976-2019 [8]



Rys. 7. Zmiana cen paneli fotowoltaicznych w latach [2007-2022] [9]

Przy wyborze umiejscowienia instalacji fotowoltaicznej należy zwrócić uwagę na istotną kwestię mobilności pojazdu gastronomicznego. Nieodpowiedni montaż może pozbawić pojazd tej podstawowej cechy, która jest niezwykle istotna w koncepcji food trucków. Aby zapobiec ewentualnej niepraktyczności rozwiązania należy rozważyć następujące możliwości [7]:

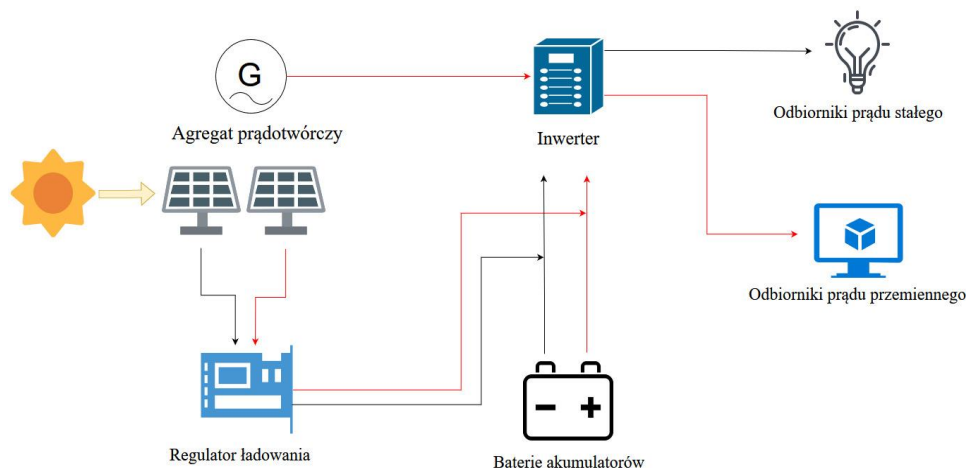
- niezależna instalacja naziemna rozkładana na podłożu stałym poza pojazdem;
- instalacja ruchoma (pozwalająca na zmianę kąta położenia paneli względem słońca) umiejscowiona na dachu;
- instalacja stała umiejscowiona na dachu.

Słusznym rozwiązaniem wydaje się instalacja umiejscowiona na dachu, ruchoma lub stała. Taki montaż zredukuje ryzyko uszkodzenia paneli w trakcie rozkładania i składania instalacji oraz wypełni zwykle nieużytkowaną powierzchnię. Jednak w przypadku instalacji stałej o optymalnym kącie nachylenia paneli ograniczona zostaje mobilność pojazdu, gdyż jego położenie musi być dostosowane do padających promieni słonecznych. Wymusza to na użytkownikach odpowiednie parkowanie, co może utrudniać pracę punktu gastronomicznego. Z drugiej strony inwestycja w ruchome elementy systemu fotowoltaicznego może wiązać się z montażem mniejszej liczby paneli z uwagi na wzajemne ryzyko zacienienia. Innym problemem są wyższe koszty takiej instalacji oraz ich nadzór. W przypadku ograniczonej powierzchni dachowej, sytuacja ta jest niepożądana. Najlepszym rozwiązaniem wydaje się być instalacja stała. Płaskie położenie paneli nie wpłynie na mobilność pojazdu, chociaż wpłynie w pewnym stopniu na ograniczenie wydajności pracy instalacji. Przyczyną jest kąt pochylenia paneli PV wynoszący 0° , co nie jest optymalną wartością zapewniającą najwyższą sprawność wytwarzania energii elektrycznej.

Istotną barierą montażową są także ograniczone wymiary dachu. Moc instalacji zależeć będzie od płaskiej powierzchni, na której panele fotowoltaiczne mogą zostać zamontowane. Pożądanym jest, aby na dachu nie znajdowały się okna, wentylator lub klimatyzacja, które znacznie zmniejszą możliwości zagospodarowania. Zmniejszyłoby to moc instalacji, a tym samym, ilość wytwarzanej energii.

Aby zapewnić sprawne działanie systemu pozwalające na zasilenie urządzeń, należy rozprowadzić w pojeździe instalację prądu stałego o napięciu 12 V oraz przemiennego o napięciu 230 V [11]. Zmiana wysokości napięcia i natężenia prądu, która niezbędna jest do funkcjonowania sprzętów stanowiących wyposażenie food trucka, możliwa będzie dzięki zastosowaniu inwertera (rys. 8).

Celem pracy jest analiza techniczno-ekonomiczna zastosowania instalacji fotowoltaicznej zamontowanej na dachu pojazdu gastronomii mobilnej, która częściowo pokryje zapotrzebowanie na energię elektryczną oraz ograniczy emisję dwutlenku węgla do atmosfery.



Źródło: opracowanie własne

Rys. 8. Schemat instalacji fotowoltaicznej dedykowanej dla pojazdów gastronomii mobilnej

2. Metodyka badawcza

2.1. Założenia do instalacji fotowoltaicznej

Projektowana instalacja ma za zadanie częściowo pokryć zapotrzebowanie na energię elektryczną pojazdu gastronomii mobilnej. Przyjęto następujące założenia:

- panele zamontowano płasko na dachu, co ma na celu wyeliminowanie problemów z parkowaniem oraz transportem;
- niezbędne wymiary dachu przyjęto na podstawie danych dla Opla Movano B Kontener (rys. 9);



Rys. 9. Opel Movano B Kontener zaaranżowany na potrzeby mobilnej gastronomii [12]

- pojazd obsługują dwie osoby;
- food truck znajduje się w miejscowości nadmorskiej Łeba ($54^{\circ}45'40''N$ $17^{\circ}33'26''E$);
- eksploatacja odbywa się w okresie od kwietnia do września;
- usługą oferowaną w food trucku jest sprzedaż lodów;

- na instalację elektryczną w pojeździe składa się sieć prądu stałego o napięciu 12V oraz prądu przemiennego o napięciu 230 V.

2.2. Obliczenie projektowe instalacji fotowoltaicznej

Celem optymalnego zaprojektowania instalacji fotowoltaicznej w pojeździe gastronomii mobilnej niezbędne jest określenie dobowego zapotrzebowania na energię elektryczną, wyznaczoną w oparciu o moc i czas pracy urządzeń:

Tabela 1. Dienne zapotrzebowanie na energię elektryczną

Urządzenie	Moc	Ilość	Czas pracy	Dzienne zapotrzebowanie na energię elektryczną
	W	szt.	h·doba ⁻¹	Wh·doba ⁻¹
Żarówka LED	3	3	4	36
Szafa chłodnicza podblatowa	85	2	6,2	1054
Szafa mroźnicza	500	1	16,6	8300
Witryna chłodnicza nastawcza	170	1	17,5	2975
Automat do bitej śmietany	300	1	2,5	750
Urządzenie do napojów lodowych	700	1	10,5	7350
Urządzenie do lodów włoskich	800	1	8	6400
Radio	40	1	12	480
Pompka do wody	40	1	3	120
Grzałka do wody	900	1	2,5	2250
Kasa fiskalna	100	1	2,5	250
			Suma	29965

Źródło: opracowanie własne na podstawie wywiadu środowiskowego

Całkowite zapotrzebowanie na energię elektryczną E_c obliczono według wzoru:

$$E_c = \sum n_i \cdot N_i \cdot t_i \quad (1)$$

gdzie:

E_c – całkowite zapotrzebowanie na energię elektryczną, kWh·doba⁻¹,

n_i – ilość urządzeń jednego rodzaju, szt.,

N_i – moc urządzenia, kW,

t_i – czas pracy urządzenia, h·doba⁻¹

Wymaganą moc instalacji fotowoltaicznej PV_N mogącej pokryć całkowite zapotrzebowanie na energię elektryczną, z uwzględnieniem nasłonecznienia dla przyjętej lokalizacji, a także wpływających na eksploatację paneli PV obliczono z równania:

$$PV_N = \frac{E_c}{Z_1 \cdot Z_2 \cdot Z_3 \cdot V_{str}} \quad (1)$$

gdzie:

PV_N – projektowana moc nominalna instalacji fotowoltaicznej, W,

Z_1 – średnia dzienna liczba godzin słonecznych w warunkach STC, zależna od położenia geograficznego i danego miesiąca roku (przyjęto $Z_1 = 5,42 \text{ h} \cdot \text{doba}^{-1}$, tab. 2) $\text{h} \cdot \text{doba}^{-1}$,

Z_2 – współczynnik związany z odchyleniem panelu PV od płaszczyzny poziomej (przyjęto $Z_2 = 1$, tab. 3),

Z_3 – współczynnik związany z temperaturą panelu (przyjęto $Z_3 = 0,91$, tab. 4),

V_{str} – współczynnik uwzględniający straty elektryczne (przyjęto $V_{str} = 0,76$).

Tabela 2. Współczynnik Z_1 określający średnią liczbę godzin słonecznych w odniesieniu do położenia i miesiąca w roku (znormalizowany do STC) [4]

Miesiąc	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
$Z_1, \text{h} \cdot \text{doba}^{-1}$	0,924	1,69	4,01	5,56	6,07	5,99	5,55	5,05	4,29	2,64	1,18	0,727

Tabela 3. Współczynnik Z_2 związany z odchyleniem panelu PV od płaszczyzny poziomej [15]

Rok		Azymut												
		-90°	-75°	-60°	-45°	-30°	-15°	0°	15°	30°	45°	60°	75°	90°
Nachylenie	90°	0,69	0,70	0,74	0,78	0,74	0,78	0,81	0,82	0,82	0,80	0,73	0,69	0,69
	80°	0,71	0,77	0,82	0,87	0,90	0,92	0,92	0,91	0,89	0,86	0,81	0,76	0,71
	70°	0,78	0,84	0,9	0,94	0,97	0,99	1,00	0,99	0,97	0,93	0,89	0,83	0,77
	60°	0,84	0,90	0,95	1,00	1,04	1,06	1,05	1,05	1,03	0,99	0,94	0,89	0,83
	50°	0,89	0,95	1,00	1,04	1,06	1,10	1,10	1,10	1,07	1,04	0,99	0,94	0,88
	40°	0,93	0,98	1,03	1,07	1,10	1,12	1,13	1,12	1,10	1,06	1,02	0,97	0,92
	30°	0,96	1,00	1,04	1,08	1,11	1,12	1,13	1,12	1,10	1,07	1,04	1,00	0,95
	20°	0,98	1,01	1,04	1,07	1,09	1,10	1,10	1,10	1,09	1,07	1,04	1,01	0,97
	10°	0,99	1,01	1,03	1,04	1,05	1,06	1,06	1,06	1,05	1,04	1,03	1,01	0,99
	0°	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00

Tabela 4. Współczynnik Z_3 związany z temperaturą panelu PV [16]

Miesiąc	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Z_3	1,00	1,00	0,98	0,96	0,93	0,90	0,88	0,88	0,90	0,94	0,97	0,99

Ograniczenie zużycia oleju napędowego V_{ON} przez agregat prądotwórczy, w wyniku montażu paneli fotowoltaicznych, obliczono według wzoru:

$$V_{ON} = \frac{P_{pv} \cdot t_{sez}}{Q_P} \quad (3)$$

gdzie:

V_{ON} – ilość unikniętego zużycia oleju napędowego, $\text{dm}^3 \cdot \text{rok}^{-1}$,

P_{PV} – ilość produkowanej energii elektrycznej przez dobraną instalację fotowoltaiczną, $\text{kWh} \cdot \text{doba}^{-1}$,

t_{sez} – czas trwania sezonu (przyjęto $t_{sez} = 183$ doby), doba,

Q_P – efektywność konwersji agregatu prądotwórczego (przyjęto $Q_P = 3,375 \text{ kWh} \cdot \text{dm}^{-3}$ [17]), $\text{kWh} \cdot \text{dm}^{-3}$.

Koszt uniknięty wynikający z montażu instalacji fotowoltaicznej w pojeździe gastronomii mobilnej, można wyrazić wzorem:

$$V_{SEZ} = V_{ON} \cdot C_{ON} \quad (4)$$

gdzie:

V_{SEZ} – koszt uniknięty w sezonie, PLN·rok⁻¹,

V_{ON} – uniknięte zużycie oleju napędowego, dm³·rok⁻¹,

C_{ON} – koszt oleju napędowego (przyjęto $C_{ON}= 5,14$ PLN·dm⁻³ [18]), PLN·dm⁻³.

Pojemność akumulatorów, pełniących funkcję układu magazynowania energii, wytworzonej z instalacji fotowoltaicznej obliczono według wzoru:

$$C = \frac{R_{aku} \cdot P_{pv} \cdot F}{U} \quad (5)$$

gdzie:

C – pojemność akumulatora, Ah,

R_{aku} – maksymalny stopień rozładowania akumulatora (przyjęto 50% [16], stąd $R_{aku}= 2$)

F – współczynnik związany z rezerwą energii ($F= 2,5 - 4$ [16], przyjęto $F= 2,5$),

U – napięcie systemu baterii akumulatorów (przyjęto $U=12$ V), V.

Prosty okres zwrotu inwestycji $SPBT$ obliczono przyjmując koszty inwestycyjne oraz uniknięty koszt oleju napędowego, według równania:

$$SPBT = \frac{K_{INW}}{V_{SEZ}} \quad (6)$$

gdzie:

$SPBT$ – prosty okres zwrotu inwestycji, lata,

K_{INW} – poniesione koszty inwestycyjne, PLN,

V_{SEZ} – oszczędności w sezonie, PLN·rok⁻¹.

W oparciu o opracowany przez Krajowy Ośrodek Bilansowania i Zarządzania Emisjami wskaźnik emisyjności We_{CO_2} dla energii elektrycznej wyprodukowanej w instalacjach spalania oleju napędowego, roczną ilość emisji dwutlenku węgla, jaką uniknięto dzięki zastosowaniu w pojeździe instalacji fotowoltaicznej wyliczono z równania:

$$E'_{CO_2} = V_{ON} \cdot Q_p \cdot We_{CO_2} \quad (7)$$

gdzie:

E'_{CO_2} – roczna uniknięta emisja dwutlenku węgla, kg,

We_{CO_2} – wskaźnik emisyjności dwutlenku węgla dla energii elektrycznej wyprodukowanej w instalacjach spalania oleju napędowego (przyjęto $We_{CO_2}= 0,266$ kg·kWh⁻¹ [23]), kg·kWh⁻¹.

3. Dyskusja wyników

W pracy wyznaczono średnie zapotrzebowanie na energię elektryczną, pobieraną przez urządzenia, składające się na wyposażenie pojazdu gastronomii mobilnej. Ze względu na założoną specjalizację usług food trucka, przyjęto praktyczne rozwiązanie dla właścicieli pojazdu (tab. 1), zawierając urządzenia najczęściej wykorzystywane w tym rodzaju usługi.

Umieszczenie instalacji na dachu jednostki mobilnej ma wpływ na jej wielkość i moc. Uwzględniając ograniczenia dostępnej powierzchni dachu pojazdu gastronomii mobilnej, zdecydowano się na montaż czterech paneli fotowoltaicznych o mocy nominalnej $300 \text{ W} \cdot \text{szt}^{-1}$ (rys. 10). Panele PV pokrywają możliwie jak największą dostępną, nieużytkową powierzchnię dachową, równocześnie nie wpływając negatywnie na pracę pojazdu gastronomii mobilnej. W rozpatrywanym przypadku, miesięczna produkcja energii elektrycznej przez instalację jest zmienna (rys. 11), ze względu na zmienne promieniowanie słoneczne. Średnią dzienną ilość produkowanej energii elektrycznej PPV wyznaczono według równania:

$$P_{PV} = P_n \cdot Z_1 \cdot Z_2 \cdot Z_3 \cdot V_{str} \quad (8)$$

gdzie:

P_{PV} – ilość produkowanej energii elektrycznej przez dobraną instalację fotowoltaiczną, $\text{kWh} \cdot \text{doba}^{-1}$,

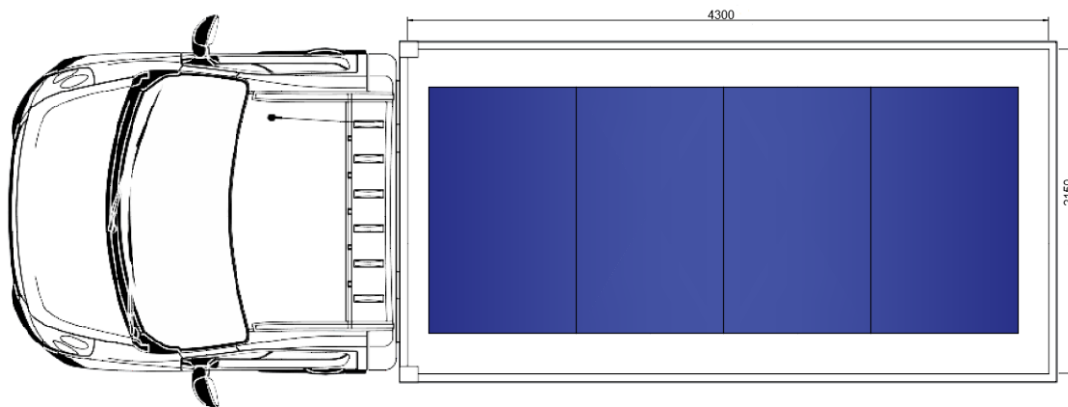
P_n – sumaryczna moc instalacji fotowoltaicznych (przyjęto $P_n = 1,2 \text{ kW}$), kW,

Z_1 – średnia, dzienna ilość godzin słonecznych w okresie pracy (przyjęto $Z_1 = 5,42 \text{ h} \cdot \text{doba}^{-1}$), $\text{h} \cdot \text{doba}^{-1}$,

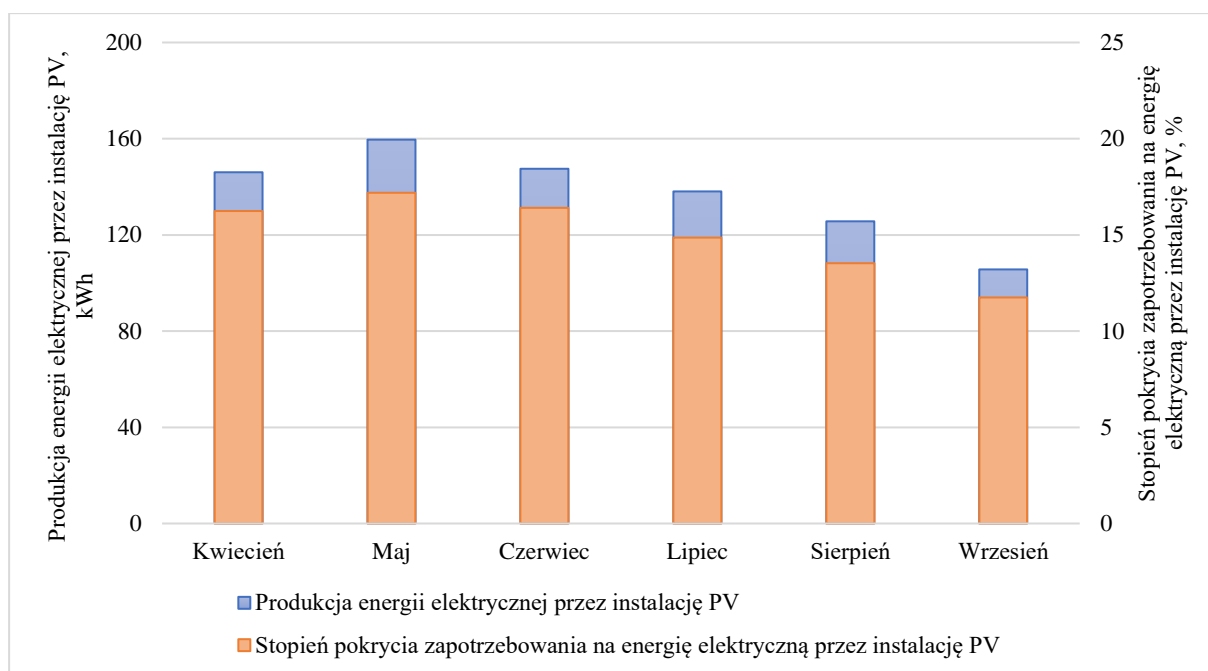
Z_2 – współczynnik związany z odchyleniem od płaszczyzny poziomej (przyjęto $Z_2 = 1$),

Z_3 – współczynnik związany z temperaturą modułu w okresie pracy (przyjęto $Z_3 = 0,91$),

V_{str} – współczynnik uwzględniający straty elektryczne (przyjęto $V_{str} = 0,76$).



Źródło: Opracowanie własne
Rys. 10. Sposób rozmieszczenia instalacji na pojeździe



Źródło: opracowanie własne

Rys. 11. Produkcja energii elektrycznej przez instalację fotowoltaiczną oraz stopień pokrycia zapotrzebowania na energię elektryczną

Średniorocznie, zaprojektowana instalacja jest w stanie wytworzyć 822 kWh, co pozwala na zaoszczędzenie 244 dm³ oleju napędowego i 15% pokrycia całościowego zapotrzebowania na energię elektryczną. Największy uzysk energii przypada na okres kwiecień-czerwiec (159,6-146,04 kWh), kiedy promieniowanie słoneczne osiąga najwyższe wartości, będąc dostępne około 6 godzin dziennie. Pozwala to na pokrycie w 16,6% zapotrzebowania na energię elektryczną w pierwszych trzech miesiącach pracy food trucka. W późniejszym okresie, ze względu na spadającą wartość promieniowania słonecznego, instalacja jest w stanie średnio pokryć 13,4% całkowitego zapotrzebowania, produkując 138-106 kWh energii elektrycznej miesięcznie.

Kluczowym elementem analizy techniczno-ekonomicznej są poniesione koszty inwestycyjne, a także okres ich zwrotu. W największym stopniu, zależą one od zapotrzebowania na energię elektryczną urządzeń, będących wyposażeniem pojazdu gastronomii mobilnej oraz pojemności akumulatorów, pełniących rolę układu magazynowania energii.

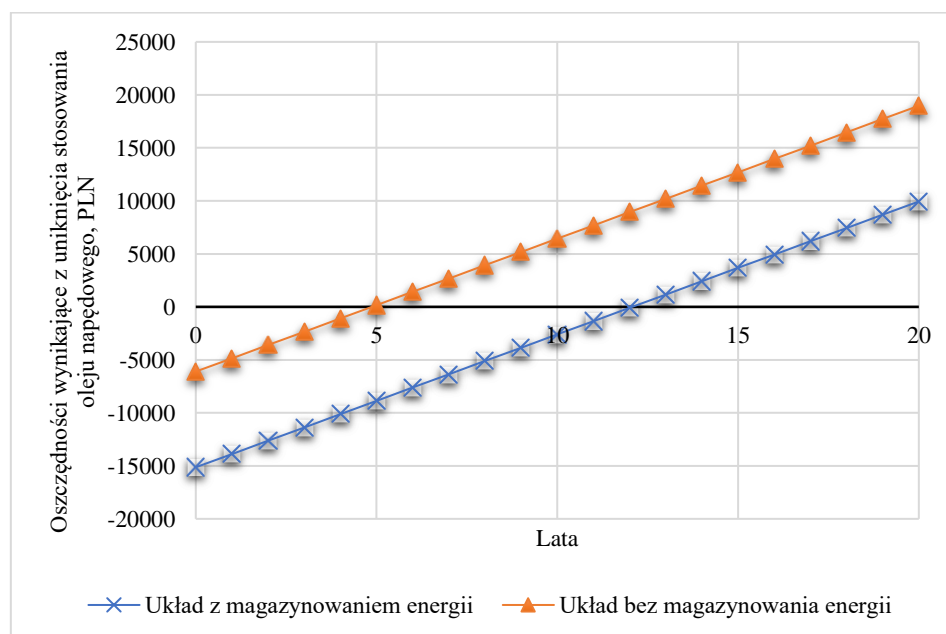
Prosty okres zwrotu inwestycji (SPBT) jest okresem niezbędnym do odzyskania początkowych nakładów, poniesionych przez realizację przedsięwzięcia. Liczony jest od momentu uruchomienia inwestycji. Ta metoda nie uwzględnia stopy procentowej, upływu czasu, ani zjawisk z tym związanych, jak np. inflacja [24]. Analizę wskaźnika dla rozpatrywanego pojazdu przedstawiono na rysunku 12.

W przypadku pracy pojazdu gastronomii mobilnej, zyskiem jest uniknięty koszt zakupu oleju napędowego, jaki zostałby zużyty przez agregat prądowórczy do produkcji energii elektrycznej. W trakcie półrocznego sezonu użytkowania pojazdu, przy obecnej cenie oleju napędowego $C_{ON} = 5,14 \text{ PLN} \cdot \text{dm}^{-3}$, zysk kształtuje się na poziomie $1253,59 \text{ PLN} \cdot \text{rok}^{-1}$. Przyjmując przedstawione w tabeli 5 średnie koszty inwestycyjne, związane z instalacją fotowoltaiczną dla pojazdu gastronomii mobilnej, okres zwrotu dla tego przedsięwzięcia wynosi 12 lat, jednak ze względu na prognozowane w przyszłych latach podwyżki cen paliw, wskaźnik ten może ulec znacznemu skróceniu. Warto zaznaczyć, że 60% ceny realizacji instalacji fotowoltaicznej stanowią akumulatory, bez których okres zwrotu skróciłby się do 4,9 lat, co może być atrakcyjnym rezultatem dla mobilnej gastronomii.

Tabela 5. Zestawienie kosztów instalacji fotowoltaicznej

Element systemu solarnego	Koszt jednostkowy	Ilość	Koszt całkowity
	PLN	szt.	PLN
Panel fotowoltaiczny 300 W	650	4	2600
Akumulator żelowy 1000 Ah	4870	1	4870
Akumulator żelowy 800 Ah	4160	1	4160
Inwerter solarny	1500	1	1500
Przewody	500	-	500
Montaż i regulacja	1500	-	1500
		Suma	15130

Źródło: opracowanie własne na podstawie ofert z branży energetyki słonecznej



Źródło: opracowanie własne

Rys. 12. Prosty okres zwrotu inwestycji instalacji fotowoltaicznej, zamontowanej na dachu pojazdu gastronomii mobilnej

Biorąc pod uwagę istotny współcześnie aspekt ekologiczny, przeprowadzono analizę korzyści dla środowiska związanych z montażem instalacji fotowoltaicznej. Dzięki wspomaganemu zasilaniu food trucka przez niekonwencjonalne źródło energii obliczono ograniczenie emisji dwutlenku węgla w wysokości 219,3 kg rocznie, zakładając wykorzystanie instalacji jedynie w okresie kwiecień-wrzesień. Przyjmując okres eksploatacji instalacji fotowoltaicznej sięgający nawet 20 lat, pozwoliłoby to na uniknięcie emisji około 4385 kg CO₂.

4. Wnioski

Na podstawie przeprowadzonej analizy, uwzględniającej czynniki, takie jak: zapotrzebowanie na energię, dostępną, nieużytkowaną powierzchnię dachową, koszt inwestycji oraz jej wpływ na środowisko, można rozważyć opłacalność przedsięwzięcia.

W przypadku rozpatrywanego pojazdu gastronomii mobilnej niemożliwe jest zapewnienie pełnej autonomii energetycznej. Wyposażenie food trucka stanowi specjalistyczny sprzęt o dużej mocy i znacznym zużyciu energii elektrycznej. Ze względu na ograniczoną dostępną powierzchnię dachu, wytworzenie wystarczającej ilości energii potrzebnej do zasilania urządzeń, dla przyjętych założeń, nie jest możliwe. Jednak zamontowana instalacja fotowoltaiczna pozwoliła na zaspokojenie 15% ogólnego zapotrzebowania na energię elektryczną. Wynik ten jest zadowalający i spełnia podstawowe założenie pracy.

Niemożność zapewnienia autonomii energetycznej wymusza dostarczenie energii z konwencjonalnego źródła energii jakim jest agregat prądotwórczy zasilany olejem napędowym. Powoduje to emisję szkodliwych substancji do atmosfery. Jednak dzięki przyłączeniu instalacji fotowoltaicznej ograniczona zostaje emisja dwutlenku węgla w trakcie pracy food trucka. Takie rozwiązanie ma korzystny wpływ na środowisko.

Zważając na okres eksploatacji food trucka w miesiącach o wysokich wartościach promieniowania słonecznego przedsięwzięcie wydaje się być uzasadnione. Oprócz wspomnianych korzyści ekologicznych ważnym aspektem inwestycji są generowane przez nią oszczędności. W rozważanym przypadku ujawniają się one poprzez zmniejszenie udziału energii produkowanej przez agregat prądotwórczy, zmniejsza to koszty zakupu oleju napędowego, którego ceny stale rosną na przestrzeni ostatnich lat [25].

Warto zaznaczyć możliwość wykorzystywania instalacji fotowoltaicznej również w okresie październik-marzec, poza sezonem pracy food trucka. Energia wyprodukowana przez instalację fotowoltaiczną może wspomóc gospodarstwo domowe lub budynki gospodarcze. Takie zastosowanie wygeneruje dodatkowe oszczędności, poprzez zmniejszenie

zapotrzebowania na energię pobraną z sieci. Dodatkowe wykorzystanie instalacji może realnie wpłynąć na skrócenie prostego okresu zwrotu inwestycji (SPBT).

Hybrydowe połączenie paneli fotowoltaicznych i agregatu prądotwórczego udowadnia możliwość wszelakiego zastosowania odnawialnych źródeł energii. Montowanie ich na pojazdach mobilnych zwiększa spektrum rozwiązań oraz sprawia, że energia odnawialna staje się dostępna i powszechna dla użytkowników. Wykorzystanie odnawialnych źródeł energii może mieć również pozytywny wpływ na wizerunek i postrzeganie firmy przez klientów, co stwarza możliwość zwiększenia przychodów ze sprzedaży usług/produktów.

Literatura

- [1] Główny Urząd Statystyczny, Rynek Wewnętrzny w 2017 r., Warszawa 2018,
- [2] Ziętara H., Gastronomia mobilna jako innowacja w sektorze polskiej gastronomii, Prace Naukowe / Uniwersytet Ekonomiczny w Katowicach, Innowacje w turystyce : wybrane praktyki działań, s. 63-78,
- [3] Polska na talerzu 2015 - Polski Rynek HoReCa (2015), Raport firmy MAKRO Cash and Carry,
- [4] Polska na talerzu 2018 - Polski Rynek HoReCa (2018), Raport firmy MAKRO Cash and Carry,
- [5] Polska na talerzu 2017 - Polski Rynek HoReCa (2017), Raport firmy MAKRO Cash and Carry,
- [6] Polska na talerzu 2016 - Polski Rynek HoReCa (2016), Raport firmy MAKRO Cash and Carry,
- [7] Dyjakon A., Kobel P., Stępień P., Białowiec A., Zastosowanie paneli fotowoltaicznych w przyczepie kempingowej, Alternatywne źródła energii – wybrane zagadnienia, 2016, Wydawnictwo Naukowe TYGIEL sp. z o. o, ISBN 978-83-65598-11-0, s. 204–221,
- [8] <https://www.nrel.gov/pv/cell-efficiency.html> (data dostępu: 07.04.2019),
- [9] <http://l2classica.com/prices-of-solar-panels.html/prices-of-solar-panels-home-new> (data dostępu: 07.04.2019),
- [10] Habiera K., Dyjakon A., Instalacje fotowoltaiczne na autobusach komunikacji miejskiej jako sposób na ograniczenie zanieczyszczenia środowiska w mieście, Aktualne zagadnienia z zakresu energetyki, 2018, Wydawnictwo Naukowe TYGIEL sp. z o.o., ISBN 978-83-65932-35-8, s. 86–98,
- [11] Rudzka K., Dyjakon A., Wachowiak A., Możliwości wykorzystania paneli fotowoltaicznych w kamperze, Odnawialne źródła energii i gospodarka odpadami oraz

- ochrona i gospodarowanie zasobami przyrody – wybrane problemy w Polsce, 2016, Wydawnictwa Państwowej Wyższej Szkoły Zawodowej w Tarnowie, ISBN 978-83-941202-5-2, s. 103–112,
- [12] https://blyss.pl/produkty/zabudowy-samochodow/opel-movano-food-truck-dorazancji_1 (data dostępu: 28.03.2019),
- [13] https://www.opel.pl/bypass/download/pl/Movano_Conversions_11.0_Long-PL.pdf (data dostępu: 28.03.2019),
- [14] <http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/apps4/pvest.php> (data dostępu: 28.03.2019),
- [15] <http://www.instsani.pl/upload/image/PV7.ht8.jpg> (data dostępu: 28.03.2019),
- [16] Klugmann-Radziemska E., *Odnawialne Źródła Energii. Przykłady obliczeniowe*, Wydawnictwo Politechniki Gdańskiej, 2018,
- [17] <https://allegro.pl/oferta/agregat-lombardini-kohler-smg6me-l-6kw-230v-diesel-7954720277> (data dostępu: 14.04.2019),
- [18] <https://www.e-petrol.pl/notowania/rynek-krajowy/ceny-stacje-paliw> (data dostępu 04.04.2019),
- [19] https://pbs.twimg.com/media/Du2e_XWXgAAv2RC.jpg (data dostępu: 01.04.2019),
- [20] <http://www.cleantechconcepts.com/wordpress/wp-content/uploads/2018/04/Unmanned-Arial-Vehicle.jpg> (data dostępu: 01.04.2019),
- [21] https://www.soundingonline.com/.image/t_share/MTUzMDQ1NTc1ODY3MTE1MTI4/lifestyle-speeding-boat.jpg (data dostępu: 01.04.2019),
- [22] <https://www.myvan.com/wp-content/uploads/fly-images/113269/mercedes-benz-freightliner-mt45-foodtruck-green-truck-1700x911-1700x911-c.jpg> (data dostępu: 01.04.2019),
- [23] http://www.kobize.pl/uploads/materialy/materialy_do_pobrania/monitorowanie_raportowanie_weryfikacja_emisji_w_eu_ets/WO_i_WE_do_stosowania_w_SHE_2017.pdf (data dostępu: 28.03.2019),
- [24] Patusiak R., *Ocena efektywności inwestycji*, CeDeWu, Warszawa 2009, s. 17–18,
- [25] <https://www.autocentrum.pl/paliwa/ceny-paliw/> (data dostępu: 02.04.2019)

Reduction of electricity consumption in a food truck using photovoltaic panels

Abstract

Mobile gastronomy is a dynamically developing trend, which in recent years has also been popularized in Poland. The increase in the number of food trucks is noticeable not only in tourist destinations, but also on the streets of cities. The mobility of this type of gastronomy allows for temporary stationing in various, often distant places, which is impossible in the case of traditional restaurants. However, this poses logistic challenges to the owners, as well as challenges related to the provision of power supply for specialist equipment in vehicles. Conventional fuels are currently being used for this purpose, which are limited in terms of resources, and their consumption has a negative impact on the environment. The aim of the study was to analyze the technical and economic feasibility of using the photovoltaic installation in a mobile gastronomy unit that covers part of the demand for electricity, while at the same time reducing carbon dioxide emissions to the atmosphere. Considering the specific nature of the offered service, the following energy needs were calculated by the equipment used. On the other hand, on the basis of assembly possibilities, the following photovoltaic installation power was selected and components including the energy storage system. As a result, the following analysis was carried out a simple payback time for capital expenditure (SPBT). It has been shown that the installation of photovoltaic panels has allowed a coverage of 15% of the food truck's need for electricity. The use of a hybrid installation, in the long run, generates savings resulting from the reduction of consumption and purchase of diesel fuel. This also implies a reduction in carbon dioxide emissions, which has a negative impact on the environment.

Keywords: mobile gastronomy, CO₂ emissions, photovoltaic installation, technical and financial analysis

Opiekun pracy:

dr inż. Arkadiusz Dyjakon

Recenzenci:

dr inż. Przemysław Bukowski

dr inż. Przemysław Kobel

ANALIZA CZASU POBIERANIA RÓŻNYCH RODZAJÓW PASZY TREŚCIWEJ PRZEZ KONIE

Zuzanna Staniszevska*, Natalia Spyra

Uniwersytet Technologiczno-Przyrodniczy, Wydział Hodowli i Biologii Zwierząt, Koło Naukowe LEVADA, ul. Mazowiecka 26, 85-796 Bydgoszcz

*zstaniszewska23@gmail.com

Abstrakt

W warunkach naturalnych konie same dostosowywały czas, miejsce oraz rodzaj pobieranego pokarmu. Udomowienie tych wolnożyjących zwierząt istotnie wpłynęło na ich sposób i jakość odżywiania. Przystosowanie się koni do wymagań stawianych przez człowieka, spowodowało znaczny wzrost zapotrzebowania na energię, co wiązało się z wprowadzeniem większej ilości pasz treściwych do ich diety. Podawanie dużej ilości tego rodzaju pokarmu zakłóca pracę układu pokarmowego. Z fizjologicznego punktu widzenia ważne jest, aby rodzaj i forma zadawanej paszy treściwej wpływała na długość żucia, a tym samym na produkcję śliny, która odgrywa istotną rolę w prawidłowym funkcjonowaniu układu trawiennego konia. Celem badań było określenie zależności między rodzajem zadanej paszy a długością jej pobierania i żucia. Potrzebny na to czas jest dodatnio skorelowany z ilością wydzielanej śliny. Badaniu poddano kilka rodzajów paszy. Wyniki wskazują na różnice istotne statystycznie pomiędzy czasem pobierania owsa moczzonego w stosunku do pozostałych pasz.

Słowa kluczowe: żywienie koni, pasza treściwa, układ pokarmowy, trawienie u koni

1. Wprowadzenie

W środowisku naturalnym konie większość czasu spędzały na poszukiwaniu, pobieraniu i żuciu pokarmu. Brak woreczka żółciowego i stosunkowo mało pojemny żołądek sprawiły, że konie przystosowały się do ciągłego pobierania niewielkich porcji pokarmu [1,4]. Taki sposób odżywiania stanowił optymalne warunki zarówno pod względem fizjologicznym jak i psychicznym [4]. Niestety udomowienie koni i zamknięcie ich w stajniach całkowicie zmieniło ich dotychczasową dietę. Obecnie to właściciel decyduje o rodzaju, ilości, czasie podawanych pasz oraz technice żywienia. Stajenny system utrzymania odbiega od naturalnych warunków bytowych. Chcąc zapewnić zwierzętom dobrostan i komfort psychiczny, stosowana technika żywienia powinna być jak najbliższym odwzorowaniem zachowań wolnożyjących koni [4].

Podstawą żywienia każdego konia powinny być pasze objętościowe, w ilości około 60% dawki pokarmowej [1]. Z fizjologicznego punktu widzenia, bez względu na wykonywaną pracę, pasze objętościowe powinny mieć największy udział w całej dawce pokarmowej, w odpowiedniej ilości dla konia i bezwzględnie wysokiej jakości [10].

Pasze treściwe to uzupełnienie do pasz objętościowych, a ich udział w dawce pokarmowej wzrasta wraz z intensywnością użytkowania konia. Stanowią one doskonałe źródło energii. Ich zadaniem jest pokrycie zwiększonego zapotrzebowania energetycznego

związanego z wymaganiami stawianymi zwierzęciu przez człowieka. Pasze treściwe dzielimy na pasze pochodzenia przemysłowego oraz tradycyjne (gospodarskie) [1].

Przykładami pasz treściwych pochodzenia przemysłowego są musli oraz granulaty, które jako mieszanki pełnowartościowe są dużym ułatwieniem dla właścicieli, ponieważ ich skład jest dokładnie opracowywany przez specjalistów z dziedziny żywienia zwierząt, tak aby zawierały wszystkie składniki pokarmowe (makro i mikroelementy) uwzględniające potrzeby bytowe poszczególnych grup koni. Dodatkowo forma musli lub granulatu uniemożliwia zwierzętom wybieranie poszczególnych składników, zmusza do zjedzenia całej porcji, tym samym wydłuża się proces żucia i produkcji śliny, która jest buforem kwasów żołądkowych.

Do pasz treściwych gospodarskich można zaliczyć: owies, jęczmień, żyto, kukurydzę. W Polsce najczęściej stosowany jest owies, ze względu na: najniższą cenę, najwyższą zawartość włókna surowego, wysoką zawartość skrobi, zboże to odznacza się najlepszą przyswajalnością w porównaniu do pozostałych [4]. Jest to jedyne ziarno, które można skarmiać bez uprzedniej obróbki (gniecenia, śrutowania). Owies podawany jest koniom w postaci całego ziarna, gnieciony oraz moczony. Jako korzystny wpływ całego ziarna na funkcjonowanie układu pokarmowego podaje się mechaniczne drażnienie ścianek przewodu przez odpowiednio twarde plewki – łuski, co powoduje zwiększenie wydzielania soków trawiennych [2]. W tabeli 1 zestawiono zalety i wady wynikające ze stosowania różnych form owsa.

Tabela 1. Zalety i wady skarmiania różnych form owsa

	OWIES CAŁY	OWIES MOCZONY	OWIES GNIECIONY
ZALETY	możliwość ścierania zębów za pomocą łusek wymuszenie wydzielania śliny	odpowiedni dla koni z problemami oddechowymi i trudnościami w przeżuwanii łuska łatwiejsza do strawienia zachowanie witaminy E w łusce oczyszczenie owsa z zanieczyszczeń, pyłów dodatkowe nawodnienie paszy uniknięcie pęcznienia ziarna w przewodzie pokarmowym	idealny dla źrebiąt i koni starszych możliwość podania mniejszej ilości z podobnym efektem żywieniowym
WADY	zmniejszona przyswajalność składników odżywczych	niemożliwość magazynowania, owies należy moczyć na bieżąco niebezpieczeństwo rozpoczęcia procesu fermentacji = zbyt długie moczenie, zbyt wysoka temperatura	podatność na utlenianie (strata witaminy E) brak możliwości magazynowania niemożliwość stosowania u koni z astmą

Źródło: opracowanie własne

2. Charakterystyka układu pokarmowego konia

Układ pokarmowy konia można podzielić na 4 główne obszary: jama ustna i zęby, żołądek, jelito cienkie oraz jelito grube (rys. 1).

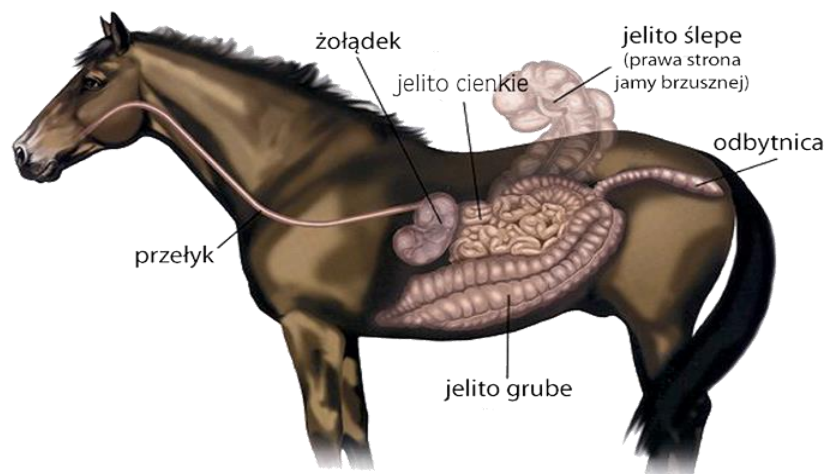
Górna warga z siekaczami umożliwia odgryzanie kawałków paszy w wybiórczy sposób. Następnie pokarm przesuwa się na zęby trzonowe i przedtrzonowe, których zadaniem jest rozdrobnienie paszy na jak najmniejsze kawałki, zanim zostaną połknięte. Sam proces rozdrabniania jest bardzo ważny, ponieważ soki trawienne lepiej wnikają do drobniejszych cząstek paszy [6], przygotowując pokarm do trawienia w jelicie cienkim.

Ważnym elementem długiego i dokładnego żucia jest wytwarzanie śliny, która ma za zadanie nawilgocenie i lubrykację pokarmu do formy łatwej do połknięcia oraz zapobiega niedrożności przełyku. Ślina zawiera również wodorowęglan wapnia, który ma działanie alkalizujące - stanowi pierwszy mechanizm zapobiegający zakwaszeniu żołądka [3]. Jeśli pasza jest dobrze przeżuta (pogryziona) i wymieszana ze śliną, łatwiej łączy się z sokiem żołądkowym. Proces trawienia i fermentacji przebiega płynnie, a co za tym idzie zmniejsza ryzyko rozwoju wrzodów żołądka [6]. Jama gębowa oddzielona jest od przełyku tzw. żagielkiem podniebienia, który jest tak silny, iż nie pozwala na cofanie się gazów i treści pokarmowej, dlatego konie nie mają odruchu wymiotnego, a nadmiar gazu może powodować kolkę [1,8].

Żołądek konia leży pod przeponą. Pojemność żołądka konia jest bardzo mała, może on rozszerzyć się do objętości ok. 18 litrów, ale nigdy nie powinien być wypełniony w ilości większej niż w 2/3 ze względu na połowiczne wyściełanie ścian żołądka warstwą gruczołową [5]. Dochodzi tutaj do wstępnego trawienia i rozkładu paszy.

Jelito cienkie biegnie od żołądka do jelita grubego i mierzy ok. 21 m, a jego pojemność wynosi ok. 30 litrów. Ma formy licznych pętli leżących w pobliżu okrężnicy małej. Sok trzustkowy i żółć łączą się z wydzieliną z jelita cienkiego i trawią rozpuszczalne węglowodany, białko i tłuszcz. Przy udziale mikroflory bakteryjnej zachodzi tutaj największy rozkład i wchłanianie skoncentrowanej części pokarmu, a także minerałów i większości witamin. Pozostała, włóknista część pokarmu oraz niestrawiona skrobia i białko bardzo szybko opuszczają jelito cienkie (już po 60 minutach) [5].

Kolejnym odcinkiem jest jelito grube, które stanowi aż 60% całej objętości przewodu pokarmowego i ma około 8 metrów długości [5]. Występujące w nim olbrzymie ilości mikroorganizmów rozkładają w procesach fermentacyjnych włókno zawarte w paszy i uwalniają substancje, które są wykorzystywane przez konia jako źródło energii.



Rys. 1. Układ trawienny konia [9]

3. Problematyka pracy

Umożliwienie koniowi odpowiednio długiego czasu żucia sprzyja obfitej produkcji zasadowej śliny, przyczyniając się do prawidłowej pracy żołądka [4]. Ilość śliny, którą wytwarza koń, warunkowana jest czasem pobierania paszy, a czas pobierania paszy zależy od struktury i rozdrobnienia pokarmu [4]. Im pasza, jest krócej żuta, tym mniej śliny wytworzy koń. Na pobranie 1 kg siana koń potrzebuje około 40-50 min [4], natomiast w pobieraniu pasz treściwych czas ten zostaje znacznie skrócony. Im lepiej pokarm jest przeżuty, rozdrobniony i nawilżony śliną, tym lepsze jest wchłanianie jego składników oraz wykorzystanie ich przez organizm [7].

Owies można skarmiać bez rozdrabniania, jeśli zwierzęta mają zdrowe zęby [4]. Należy unikać zbytnio rozdrobnionego ziarna, ze względu na pylenie oraz powstawanie w żołądku kleistej treści pokarmowej [1]. Wielu właścicieli koni jako jedno z kryteriów wyboru rodzaju paszy, w szczególności formy podania owsa, podaje czas pobierania i żucia. Badania miały na celu zmierzenie czasu potrzebnego na pobranie wybranych pasz i określenie istotnych różnic.

4. Metodyka badań

Badania przeprowadzono w warunkach stajennych. Obserwacji poddano 7 dorosłych koni rasy wielkopolskiej o średniej wieku 15 lat. U wszystkich koni przeprowadzono kontrolę uzębienia i nie stwierdzono żadnych nieprawidłowości, mogących wpłynąć na czas pobierania paszy.

Do obserwacji wykorzystano 5 rodzajów pasz treściwych: owies cały, owies gnieciony, owies moczony, musli oraz granulat. Każdy rodzaj paszy przygotowano bezpośrednio przed podaniem w celu zachowania świeżości i smakowitości (z wyjątkiem owsa moczono*).

Każda pasza podawana była przez 5 kolejnych dni, równocześnie wszystkim badanym osobnikom (łącznie 25 dni). Do analizy statystycznej wykorzystano średni czas pobierania określonej paszy. Odmierzano na wadze po 1 kg paszy dla każdego konia, a następnie umieszczano ją w siedmiu jednakowych pojemnikach, aby ułatwić jej podanie do żłobu.

W danym dniu konie otrzymały tylko jeden rodzaj paszy. Karmienie odbywało się o zbliżonej porze, po powrocie z padoku, przed zadaniem paszy objętościowej. Czas potrzebny na zjedzenie paszy mierzono za pomocą stopera od momentu zadania paszy do karmidła do całkowitego zjedzenia i przeżucia paszy. Koniom na czas jedzenia zapewniono spokój i wyeliminowano wszelkie bodźce, które mogłyby działać rozpraszająco i zakłócać pobór paszy. Przygotowanie jednej porcji owsa moczzonego polegało na odmierzeniu 1 kilograma owsa i 2 litrów wody. Tak przygotowany owies moczono każdego dnia przez 24 h w chłodnym, zacienionym pomieszczeniu. Po upływie określonego czasu, paszę odsączano na sicie z nadmiaru wody i odmierzano na wadze po 1 kg dla każdego konia.

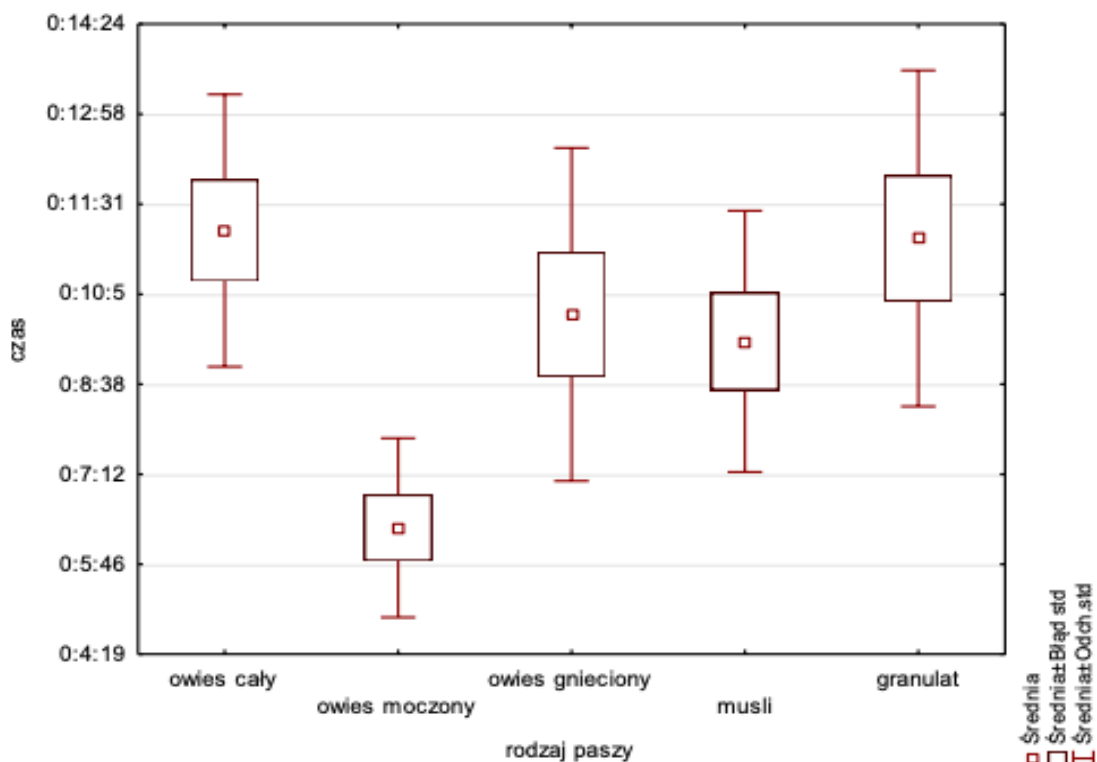
5. Wyniki

Wyniki wskazują na różnice istotne statystycznie pomiędzy czasem pobierania owsa moczzonego w stosunku do pozostałych pasz treściwych. Średnio najkrótszy czas odnotowano dla owsa moczzonego 06:21 minuty, najdłuższy dla owsa całego 11:06 minuty (Tabela 2). Na rysunku 2 przedstawiono rozkład średnich czasów pobierania paszy przez konie.

Tabela 2. Średnie wyniki pobierania i żucia pasz treściwych (min)

	SONATA	ROGATKA	D-SAMDO	CEZAR	KARI	ATLANTA	MANTRA
OWIES CAŁY	8:00	9:20	12:10	13:00	9:25	13:50	11:56
OWIES MOCZONY	6:00	5:30	4:39	8:50	5:15	7:20	6:50
OWIES GNIECIONY	9:00	6:47	7:30	12:50	7:30	12:40	12:00
MUSLI	6:36	7:16	7:36	10:40	11:00	10:24	11:44
GRANULAT	7:45	11:30	7:30	10:50	14:32	13:47	10:54

Źródło: opracowanie własne



Źródło: opracowanie własne
Rys. 2. Rozkład średnich czasu zjadania/pobierania paszy

Ze względu na poziom istotności ($p < 0,05$), odnotowano istotną statystycznie różnicę pomiędzy rodzajami paszy, dotyczącą czasu ich spożywania/ pobrania (Tabela 3).

Tabela 3. Różnice w wynikach czasu spożywania pomiędzy rodzajami paszy.

df	H=	poziom p
(4, N=35)	14,803	0,005

Źródło: opracowanie własne

Z analizy statystycznej testem NIR Fischera wynika, że wyniki czasowe owsa moczzonego różnią się istotnie od pozostałych rodzajów paszy (Tabela 4).

Tabela 4. Wyniki testu NIR Fischera dla wyników czasu spożywania paszy

Nr	Rodzaj paszy	{1}	{2}	{3}	{4}	{5}
		11:06	06:20	09:45	09:19	10:58
1	owies cały		0,000	0,275	0,152	0,917
2	owies moczony	0,000		0,008	0,019	0,001
3	owies gnieciony	0,275	0,008		0,723	0,321
4	musli	0,152	0,019	0,723		0,182
5	granulat	0,917	0,001	0,321	0,182	

Źródło: opracowanie własne

6. Podsumowanie i wnioski

Uzyskane wyniki obserwacji wykazały różnice w długości pobierania danych pasz treściwych. Można wywnioskować, że pasze przeżuwane krócej, spowodują zmniejszenie ilości wydzielanej śliny, co może mieć niekorzystny wpływ na prawidłowe funkcjonowanie układu pokarmowego, głównie żołądka. Według przeprowadzonej analizy, owies moczony powinien być najrzadziej stosowanym rodzajem paszy treściwej, ponieważ zjadany jest najszybciej.

Literatura

- [1] Drewka M., Mlynek J., Kapelański W., Monkiewicz M., Mlynekova E.: Wybrane aspekty chowu i użytkowania koni, Wydawnictwa Uczelniane Uniwersytetu Technologiczno- Przyrodniczego w Bydgoszczy, Bydgoszcz 2015
- [2] Fedorski J.: Poradnik dla hodowców i miłośników koni, PWRiL, Poznań 2003.
- [3] Higgins G.: Anatomia i fizjologia w treningu konia, Akademia Jeździecka, Warszawa 2013
- [4] Meyer H., Coenen M.: Żywienie koni, PWRiL, Warszawa 2009.
- [5] Pilliner S.: Praktyczne żywienie koni i kuców, SIMA WLW, Warszawa 2008.
- [6] Steenbergen M., Hulsen J.: Sygnały koni. Obserwuj, analizuj, działaj, Roodbont Agricultural Publishers, 2017
- [7] Urbaniak-Czajka B.: Własny koń, Oficyna Wydawnicza Hoża, Warszawa 2003
- [8] Whitaker J., Whitelaw I.: Koń. Kompendium wiedzy, MULTICO Oficyna Wydawnicza, Warszawa 2009
- [9] www.hartog-lucerne.pl/uklad-trawienny-konia (12.04.2019)
- [10] www.equista.pl/editorial/423/ywienie-pasze-treściwe-stosowane-w-diecie-koni (dostęp 07.04.2019)

TIME ANALYSIS OF EATING DIFFERENT TYPES OF CONCENTRATED FEED BY HORSES

Abstract

In the natural environment, horses could choose the time, place and type of food that they want to eat. The domestication of these free-living animals has significantly influenced their diet. Adaptation of horses to their owner's requirements resulted in a significant increase in horses energy needs, and because of that concentrated feed was introduced to their diet. Large intake of this feed can cause many problems with the horse's digestive system. From a physiological point of view, it is important that type and form of feed affects the length of chewing, and thus the production of saliva which is essential for proper functioning of the horse's digestive system. The objective of this work was to determine the relationship between the type of feed and the length of its chewing. The time needed for this is positively correlated with the amount of saliva that is secreted. Five types of concentrated feed were tested. The results show significant differences between eating soaked oats in water and other feeds.

Keywords: horse feeding, concentrated feed, horse's digestive system

Opiekun pracy:

Dr inż. Magdalena Drewka

Recenzenci:

Dr inż. Natasza Święcicka

Dr inż. Maciej Dobrowolski

RÓŻNORODNOŚĆ GATUNKOWA SSAKÓW STOBRAWSKIEGO PARKU KRAJOBRAZOWEGO W OPARCIU O MATERIAŁ Z FOTOPUŁAPEK

Katarzyna Wiewióra¹, Jakub Milewski¹, Michał Sierakowski²

¹Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu, Wydział Biologii i Hodowli Zwierząt, Studenckie Koło Naukowe Teriologów, ul. Kozuchowska 7, 51-631 Wrocław, katarzyna.wiewiora13@gmail.com, jakubmilewski13@o2.pl

² Stobrawski Park Krajobrazowy Ładza, ul. Reymonta 3, 46-034 Pokój, m.sierakowski@zopk.pl

Abstrakt

Fotopułapki są urządzeniami stosowanymi w nieinwazyjnych badaniach zwierząt, w szczególności ssaków i ptaków. Sprzęt ten charakteryzuje się niewielkimi rozmiarami oraz prostą budową. Służy do nagrywania materiału filmowego i robienia zdjęć, przy jednoczesnym braku ingerencji w środowisko. Umożliwia między innymi efektywną obserwację zwierząt (w tym osobników aktywnych nocą), gromadzenie danych dotyczących ich zachowań oraz określenie liczebności populacji danych gatunków. Za pomocą fotopułapek badano różnorodność gatunkową ssaków Stobrawskiego Parku Krajobrazowego w okresie od stycznia 2016 do sierpnia 2018 roku. Urządzenia rozmieszczono w ośmiu lokalizacjach na terenie nadleśnictw Kup i Kluczbork. Na podstawie 483 niezależnych obserwacji stwierdzono obecność 17 gatunków ssaków, reprezentujących 9 rodzin z 4 rzędów. Najliczniej i najczęściej rejestrowanymi gatunkami były: lis rudy (*Vulpes vulpes*), borsuk europejski (*Meles meles*) i dzik euroazjatycki (*Sus scrofa*). Wśród odnotowanych ssaków najczęściej reprezentowaną rodziną była rodzina łąsicowatych (Mustelidae) stanowiąca 41% rejestracji.

Słowa kluczowe: fotopułapki, ssaki, różnorodność gatunkowa, bezinwazyjne badanie ssaków

1. Wprowadzenie

Ssaki (*Mammalia*) charakteryzują się bogatą różnorodnością morfologiczną, fizjologiczną, ekologiczną i behawioralną. Dzięki wykształceniu odpowiednich cech adaptacyjnych zwierzęta te zdołały skolonizować wszystkie kontynenty świata. Zasięg ich występowania obejmuje zarówno siedliska o łagodnych, jak i surowych warunkach klimatycznych (np. niedźwiedź polarny *Ursus maritimus* przystosowany jest do życia na terenach podbiegunowych) [33]. Według opublikowanego przez Wilsona i Reedera trzeciego wydania opracowania naukowego pod tytułem "Mammal Species of the World" globalna liczebność znanych gatunków ssaków na rok 2005 wynosiła 5 416 (w tym 5 341 żyjących, 75 niedawno wymarłych). Wraz z nowymi odkryciami liczba ta ciągle wzrasta [29].

Ssaki pełnią wielorakie funkcje w ekosystemach. Prócz oczywistych, przyczyniają się m.in. do procesu zapylania kwiatów, rozprzestrzeniania nasion, regulowania liczebności populacji owadów, ograniczania przenoszenia przez nich chorób [6, 18, 20]. Istnieje hipoteza, poparta dowodami, że niektóre grupy wchodzące w skład taksonu *Mammalia* są wskaźnikami ogólnego stanu zdrowia ekosystemu [16]. Rozpatrując kwestię kluczowej roli ssaków

w układach ekologicznych, należy brać pod uwagę istotę występowania różnorodności gatunkowej, która ma znaczący wpływ na trwałość tychże układów.

W przeszłości badania fauny ssaków, zwłaszcza większych, polegały na tropieniach i obserwacjach w ich naturalnym środowisku. Działania te były czasochłonne, żmudne i inwazyjne, m.in. mogły wywoływać u zwierząt niepotrzebny stres. Rozwiązaniem tego problemu okazało się wydarzenie z początku XX wieku, gdy przy użyciu lampy błyskowej i automatycznej migawki sfotografowano pierwsze wolno żyjące zwierzęta. Uświadomiono sobie, że sprzęt, który wykorzystano do wykonania zdjęć, może być przydatny w dokumentacji naukowej, bez wyraźnej ingerencji w przyrodę. Niestety, ze względu na swoją cenę, wagę i potrzebę stałego zasilania okazał się on niepraktyczny [43]. Przełom nastąpił dopiero w latach 80-tych XX wieku, kiedy zbudowano układ zintegrowanych fotopułapek z czujnikami ruchu - stymulującymi pracę przyrządów [17].

Fotopułapki, jako urządzenia służące do wykonywania zdjęć i filmów z dźwiękiem, charakteryzują się znaczną lekkością, niższą niż w przypadku tradycyjnych kamer ceną oraz wyposażeniem w baterie (o żywotności do kilkudziesięciu dni), kartę pamięci, wyświetlacze, czujniki ruchu i lampę na podczerwień [22, 43]. To właśnie dzięki lampie na podczerwień możliwe jest fotografowanie lub nagrywanie zwierząt o aktywności nocnej.

Fotopułapki umieszcza się zazwyczaj przy ścieżkach i drogach (np. w Parku Narodowym Harzu w Niemczech) [2]. Najwięcej przydatnych informacji uzyskuje się jednakże z urządzeń rozlokowanych na obszarach, gdzie ingerencja człowieka jest znikoma.

Fotopułapki stosuje się w jakościowych i ilościowych badaniach nieinwazyjnych, dotyczących monitoringu dzikich zwierząt, głównie ptaków i ssaków [22]. Umożliwiają one obserwacje zachowań między- i wewnątrzgatunkowych, szacowanie wielkości populacji, a także pozyskiwanie danych o aktywności dobowej, sposobie użytkowania siedlisk i rozmieszczeniu przestrzennym gatunków lub osobników [1, 19, 25, 31, 32, 37, 42, 43]. Stanowią też efektywniejszą alternatywę dla tradycyjnych metod, pozwalając na szybsze stwierdzenie występowania na wybranym obszarze nowych gatunków, potencjalnie zanikłych (takich jak żbik europejski *Felis silvestris* w Gorczańskim Parku Narodowym) oraz tych, które prowadzą skryty tryb życia [9, 10, 30, 31, 38].

Przykładem wykorzystania fotopułapek są badania drapieżników takich jak niedźwiedź brunatny *Ursus arctos*, wilk szary *Canis lupus*, ryś euroazjatycki *Lynx lynx*, ryś kanadyjski *Lynx canadensis*, ryś rudy *Lynx rufus*, gronostaj europejski *Mustela erminea* czy jaguar amerykański *Panthera onca* [11, 12, 14, 21, 25, 27, 35, 39, 41, 43]. Innym przykładem mogą być obserwacje zwierząt w Kampinoskim Parku Narodowym, wśród których znalazły się: wydra europejska

Lutra lutra, szop pracz *Procyon lotor*, wizon amerykański *Neovison vison*, dzik euroazjatycki *Sus scrofa*, jeleni szlachetny *Cervus elaphus*, daniel zwyczajny *Dama dama*, orzeł przedni *Aquila chrysaetos*, bocian czarny *Ciconia nigra*, czapla siwa *Ardea cinerea*, żuraw zwyczajny *Grus grus* oraz trzmiełojad zwyczajny *Pernis apivorus*. W przypadku tych badań aparaty zarejestrowały także osobniki chore i kalekie [22].

Informacje zapisane na kartach pamięci fotopułapek są wykorzystywane w ramach projektowania przedsięwzięć mających na celu m.in. ochronę czynną różnorodności gatunkowej zwierząt zaobserwowanych na nagraniach i fotografiach.

Celem badań było określenie różnorodności gatunkowej ssaków Stobrawskiego Parku Krajobrazowego w oparciu o analizę materiału z fotopułapek.

2. Teren badań

Monitoring ssaków prowadzono na terenie Stobrawskiego Parku Krajobrazowego. Stobrawski Park Krajobrazowy (50°50'N, 17°38'E) położony jest w północnej części województwa opolskiego, w makroregionie Nizina Śląska i zajmuje powierzchnię 52 636 ha. Powstał 29 września 1999 r. na podstawie rozporządzenia wojewody opolskiego [36].

Teren Parku ma charakter nizinny o łagodnym klimacie. Średnia roczna temperatura wynosi 8,5°C. Suma opadów rocznych waha się od 620-680 mm. Pokrywa śnieżna zalega 50-60 dni, odpowiednio w zachodniej i wschodniej części parku. Obszar badań cechuje się dużym zalesieniem (80%), licznymi siedliskami wodno-błotnymi oraz małą gęstością zaludnienia. Powierzchnie leśne składają się z monokultur sosnowych, starodrzewiów, łągów i grądów. Badania prowadzono na terenie nadleśnictw Kup i Kluczbork, gdzie dominującymi gatunkami są sosna zwyczajna *Pinus sylvestris*, brzoza brodawkowata *Betula pendula* i świerk pospolity *Picea abies*. Fotopułapki rozmieszczano na śródleśnych polanach oraz przy używanych przez zwierzęta przejściach przez ciek wodne [3].

3. Materiały i metody

Monitoring prowadzono od 2016 do 2018 roku, uwzględniając miesiące styczeń-luty, czerwiec-sierpień i październik-grudzień. Łącznie monitorowano ssaki w ośmiu lokalizacjach na terenie dwóch nadleśnictw. Do zebrania danych wykorzystane zostały fotopułapki firmy Bushnell model Trophy 14MP Aggressor HD Realtree ustawione w trybie rejestracji potrójnych zdjęć i 10-sekundowych filmów. Sprzęt montowano na drzewach tak, aby obszar przed obiektywem był wolny od roślinności. Z uwagi na to, że celem badań było rejestrowanie naturalnych zachowań ssaków, zwierzęta nie były przywabiane zanętą.

Kontrola fotopułapek odbywała się średnio co trzy tygodnie. Łącznie zebrano 483 niezależne rejestracje ssaków. Kolejne obserwacje danego gatunku traktowano jako niezależne, jeśli zwierzę zostało zarejestrowane minimum 2 godziny po pierwszej rejestracji. Wszystkie nagrania analizowano po przeniesieniu do komputera, oznaczając gatunek nagranych osobników (w przypadku nieostrych nagrań zwierzęta oznaczano do poziomu rodziny).

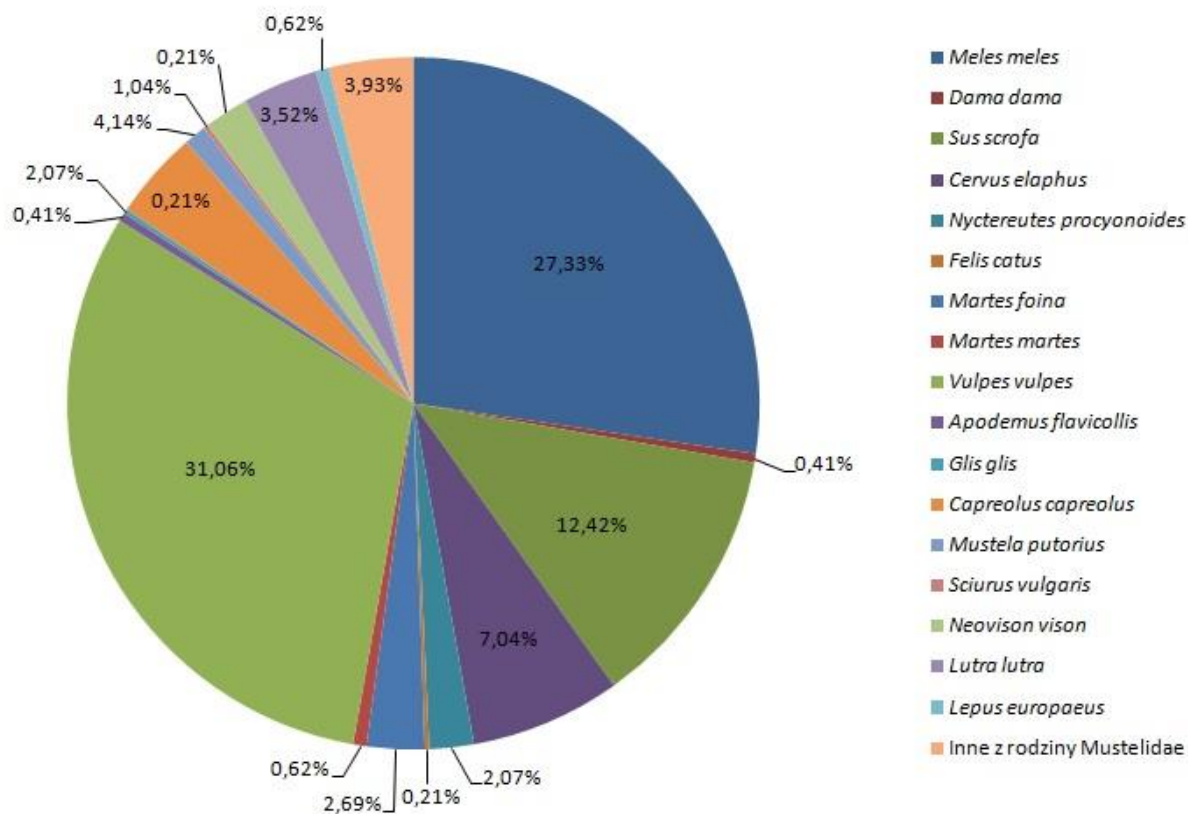
4. Wyniki

W oparciu o 483 niezależne obserwacje na badanym obszarze Stobrowskiego Parku Krajobrazowego zidentyfikowano 17 gatunków ssaków z 9 rodzin (Tabela 1, Rys. 1).

Tabela 1. Wykaz zarejestrowanych gatunków ssaków wraz z liczbą obserwacji, łączną liczbą poszczególnych gatunków i ich procentowym udziałem

Gatunek	Rodzina	Liczba rejestracji	Łączna liczba osobników	Procent [%] rejestracji
Borsuk europejski (<i>Meles meles</i>)	Mustelidae	132	135	27,33
Daniel zwyczajny (<i>Dama dama</i>)	Cervidae	2	2	0,41
Dzik euroazjatycki (<i>Sus scrofa</i>)	Suidae	60	118	12,42
Jeleń szlachetny (<i>Cervus elaphus</i>)	Cervidae	34	55	7,04
Jenot azjatycki (<i>Nyctereutes procyonoides</i>)	Canidae	10	12	2,07
Kot domowy (<i>Felis catus</i>)	Felidae	1	1	0,21
Kuna domowa (<i>Martes foina</i>)	Mustelidae	13	13	2,69
Kuna leśna (<i>Martes martes</i>)	Mustelidae	3	3	0,62
Lis rudy (<i>Vulpes vulpes</i>)	Canidae	150	153	31,06
Myszarka leśna (<i>Apodemus flavicollis</i>)	Muridae	2	2	0,41
Popielica szara (<i>Glis glis</i>)	Mustelidae	1	1	0,21
Sarna europejska (<i>Capreolus capreolus</i>)	Gliridae	20	23	4,14
Tchórz zwyczajny (<i>Mustela putorius</i>)	Cervidae	5	5	1,04
Wiewiórka pospolita (<i>Sciurus vulgaris</i>)	Mustelidae	1	1	0,21
Wizon amerykański (<i>Neovison vison</i>)	Sciuridae	10	10	2,07
Wydra europejska (<i>Lutra lutra</i>)	Mustelidae	17	18	3,52
Zając szarak (<i>Lepus europaeus</i>)	Leporidae	3	3	0,62
Inne	Mustelidae	19	19	3,93
Ogółem		483	574	

Najliczniej rejestrowane były ssaki drapieżne Carnivora reprezentowane przez lisa rudego – 31,06% (Rys. 2A), borsuka europejskiego – 27,33% (Rys. 2D), a także wydrę europejską, kunę leśną i kunę domową, jenota azjatyckiego, wizona amerykańskiego oraz tchórza zwyczajnego. Odnotowano również obecność jednego kota domowego.



Rys. 1. Procentowy udział gatunków w nagraniach

Spośród kopytnych Ungulata najczęstszym obserwowanym gatunkiem był dzik euroazjatycki – 12,42% (Rys. 2B), ale zarejestrowano też jelenia szlachetnego, sarnę europejską i daniela zwyczajnego.

Rząd gryzoni Rodentia reprezentowała w zarejestrowanym materiale myszarka leśna i wiewiórka pospolita. Najciekawszą obserwacją przedstawiciela tego rzędu była rejestracja popielicy szarej, schodzącej z drzewa na ziemię (Rys. 2C).

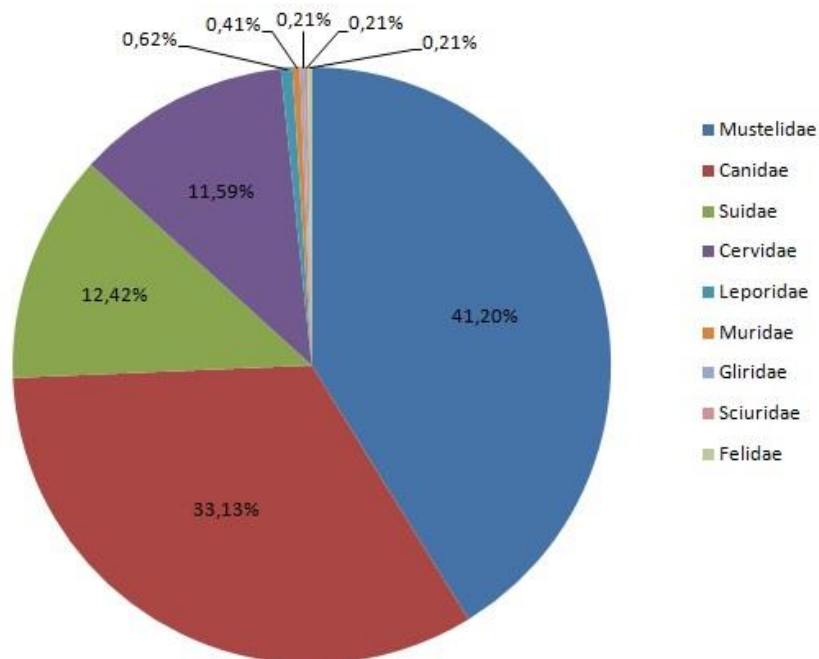
Z rzędu zającokształtnych Lagomorpha odnotowano występowanie zająca szaraka. Ssak ten pojawiał się trzykrotnie.



Fot.: Michał Sierakowski, Katarzyna Wiewióra

Rys. 2. Ssaki zarejestrowane przez fotopułapki w Stobrawskim Parku Krajobrazowym:
 A - lis rudy, B - dzik euroazjatycki, C - popielica szara, D - borsuk europejski

Spośród wszystkich rodzin ssaków, których przedstawiciele odnotowano na badanym obszarze, najliczniej reprezentowana była rodzina łąsicowatych Mustelidae (Carnivora). Procentowy udział tej rodziny wśród wszystkich, których przedstawiciele odnotowano, wyniósł 41,2% (Rys. 3). Udało się zarejestrować aż 6 gatunków należących do tego taksonu.



Rys. 3. Procentowy udział poszczególnych rodzin ssaków w nagraniach

5. Dyskusja

Fotopułapki, jako urządzenia coraz częściej stosowane przez naukowców w badaniach nad zwierzętami, dostarczają istotnych danych na temat funkcjonowania tych organizmów w ekosystemach, bez konieczności ingerencji w ich życie. Ze względu na wiele zalet praktycznych aparaty te stosuje się również w obserwacjach teriofauny w Stobrowskim Parku Krajobrazowym.

Fauna ssaków Stobrowskiego Parku Krajobrazowego charakteryzuje się dużym bogactwem gatunkowym. Na terenie Parku stwierdzono występowanie 49 gatunków, w tym 21 objętych ochroną ścisłą i jeden objęty ochroną częściową [3]. Podczas badań z wykorzystaniem fotopułapek, których wyniki przedstawiono w tej pracy udało się zarejestrować i zidentyfikować 17 gatunków ssaków (w tym jednego udomowionego – kota *F. catus*). To ponad jedna trzecia składu teriofauny Parku. Biorąc pod uwagę fakt, iż rejestracja obserwacji nie była prowadzona w sposób ciągły (przez cały rok kalendarzowy), wydaje się, że skuteczność metody wykorzystującej fotopułapki jest zadowalająca.

Najliczniej odnotowanym gatunkiem ssaka był lis rudy (ok. 30% rejestracji – Tab. 1, Rys. 1). Uzyskany wynik może mieć związek z obserwowanym wzrostem liczebności tego drapieżnika w Polsce [7]. Na zjawisko wzrostu populacji lisów wpłynęły czynniki takie jak: ograniczenie polowań, wprowadzenie szczepień przeciw wściekliznie, a także powiększanie zasięgu występowania tego gatunku o obszary przemysłowe i zurbanizowane, dodatkowe źródła pokarmowe, a także zmiany klimatyczne [8, 15, 24, 26, 34]. Duża liczebność lisa rudego w Stobrowskim Parku Krajobrazowym sugeruje też brak konkurencji ze strony większych drapieżników oraz występowanie na jego terytorium dużej ilości pożywienia.

Drugim najczęściej rejestrowanym gatunkiem był borsuk (ok. 27% rejestracji – Tab. 1, Rys. 1). Stobrowski Park Krajobrazowy charakteryzuje się obecnością znacznych obszarów leśnych oraz gleb o dużej żyzności, co czyni ten teren odpowiednim siedliskiem dla tego gatunku. Borsuk bowiem z sukcesem zasiedla środowiska leśne, szczególnie preferując tereny pagórkowate, gdzie zakłada swoje nory. Zwierzęta te, znane z prowadzenia nocnego trybu życia, odbywają wędrówki (nawet kilka kilometrów) w poszukiwaniu pożywienia [44]. Fakt, że borsuk jest dużym ssakiem o masywnej sylwetce, poruszającym się wyłącznie po ziemi tłumaczy łatwość rejestracji tego gatunku.

Trzecim gatunkiem, który charakteryzował się wysoką frekwencją w Stobrowskim Parku Krajobrazowym, był dzik euroazjatycki (12,42% rejestracji – Tab. 1, Rys. 1). Na obszarze Europy, nie wyłączając Polski, odnotowuje się w ostatnich latach wzrost liczności osobników

tego gatunku [5]. Znaczący wpływ na dynamikę zmian w populacjach dzika euroazjatyckiego mają czynniki środowiskowe [4, 13]. Należą do nich przede wszystkim zasobność bazy pokarmowej i zmieniające się warunki klimatyczne. Przyczyniają się one do zaburzeń hormonalnych, które z kolei prowadzą do przedłużenia okresu rui, a także obniżenia wieku rozrodczego u tego gatunku [23].

Jedną z ciekawszych obserwacji z wykorzystaniem fotopułapek było zachowanie popielicy szarej podczas jej nocnej wędrówki. Gatunek ten charakteryzuje się nadrzewnym trybem życia, drzewa stanowią dla tych gryzoni bazę pokarmową i stwarzają możliwość przemieszczania się. Popielice, jako ssaki nadrzewne, tylko w sporadycznych przypadkach schodzą na ziemię [40]. Tymczasem zarejestrowany osobnik zszedł po pniu na ziemię i tam żerował.

Przedstawione w Tabeli 1 dane, dotyczące łącznej liczebności osobników danego gatunku, świadczą o różnicach w trybie życia ssaków kopytnych i drapieżnych. Wiele gatunków kopytnych okresowo lub przez cały sezon żyje w stadach. Sarny w okresach zimowych zbierają się w grupy. Podobnie jest u dzików, które tworzą niewielkie stada składające się z osobników młodych i samic [28]. Nagrania z fotopułapek rejestrowały stada złożone niekiedy nawet z 6 dzików. Inaczej jest natomiast u ssaków drapieżnych. Na większości nagrań obserwowano pojedyncze osobniki lub pary. Parami nagrywano lisy, borsuki, jenoty i wydry. W przypadku borsuków może wynikać to z faktu, że wędrówek w poszukiwaniu pożywienia nie odbywają w grupie. Lisy natomiast zwykle prowadzą samotny, koczowniczy tryb życia [28].

5. Podsumowanie

Przeprowadzone badania pokazują, że wykorzystanie fotopułapek do badań teriofauny, szczególnie większych ssaków, daje dobre rezultaty. Metoda ta jest nieinwazyjna i tania, a przede wszystkim nie wymaga dużego nakładu pracy i czasu. Fotopułapki pozwalają na identyfikację gatunków oraz obserwację ich zachowań bez ingerencji w życie zwierząt. Umożliwiają także obserwacje gatunków rzadkich oraz tych o skrytym trybie życia i nocnej aktywności, a więc takich, których obserwacje trudno stwierdzić w obserwacjach bezpośrednich. Fotopułapki mogą zatem stanowić wartościową metodę uzupełniającą w badaniach teriofauny.

Literatura

- [1] Ancrenaz M., Hearn A.J., Ross J., Sollmann R., Wilting A. 2012. Handbook for wildlife monitoring using camera-traps. BBEC II Secretariat, Kota Kinabalu, Sabah, Malaysia.
- [2] Anders O., Middelhoff T.L. 2016. Abundanz und Dichte des Luchses (*Lynx lynx*) im westlichen Harz. Die ergebnisse eines systematischen Fotofallenmonitorings im Herbst Und Winter 2014/2015. Säugetierkundliche Informationen, Jena 10, H. 51: 213-224.
- [3] Badora K., Furmanek M., Hebda G., Nowak A., Nowak S., Spałek K., Trela A. 2003. Opracowanie pomocnicze do sporządzonego planu ochrony Stobrowskiego Parku Krajobrazowego. BIO-PLAN, Krasiejów.
- [4] Bieber C., Ruf T. 2005. Population dynamics in wild boar *Sus scrofa*: Ecology, elasticity of growth rate and implications for the management of pulsed resource consumers. *Journal of Applied Ecology* 42(6): 1203-1213.
- [5] Bombik E., Wysokińska A., Kondracki S., Górski K., 2007: Zmiany liczebności i poziom eksploatacji populacji dzika (*Sus scrofa* L.) w okręgach łowieckich województwa mazowieckiego. *Rocz. Nauk. PTZ* 3, 1: 125–132.
- [6] Boyles J.G., Cryan P.M., McCracken G.F., Kunz T.H. 2011 Economic importance of bats in agriculture. *Science* 332: 41–42. (doi:10.1126/science.1201366)
- [7] Bresiński W., Panek M., 2000. Zwierzyna drobna jako element bioróżnorodności środowiska przyrodniczego. Materiały II krajowej konferencji, Włocławek, 7.–9.9.2000. Włocławek: Włocławskie Towarzystwo Naukowe, pp. 163–171.
- [8] Budny M., Panek M., Bresiński W., Kamieniarz R., Kolonoś B., Mąka H. 2010. Sytuacja zwierząt łownych w Polsce w latach 2009–2010. *Biuletyn Stacji Badawczej w Czempiniu* Nr 7.
- [9] Carbone C., Christie S., Conforti K., Coulson T., Franklin N., Ginsberg J., Griffiths M., Holden J., Kawanishi K., Kinnaird M. 2001. The use of photographic rates to estimate densities of tigers and other cryptic mammals. *Animal Conservation* 4: 75–79.
- [10] Claridge A.W., Mifsud G., Dawson J., Saxon M.J. 2005. Use of infrared digital cameras to investigate aspects of the social behaviour of cryptic species. *Wildlife Research* 31: 645–650.
- [11] Clevenger A.P., Waltho N. 2005. Performance indices to identify attributes of highway crossing structures facilitating movement of large mammals. *Biological Conservation* 121: 453–464.

- [12] Galaverni M., Palumbo D., Fabbri E., Caniglia R., Greco C., Randi E. 2011. Monitoring wolves (*Canis lupus*) by non-invasive genetics and camera trapping: a small-scale pilot study. *European Journal of Wildlife Research* 58: 47–58.
- [13] Geisser H., Reyer H.U., 2005: The influence of food and temperature on population density of wild boar *Sus scrofa* in the Thurgau (Switzerland). *J. Zool.* 267, 89–96.
- [14] Gompper M.E., Kays R.W., Ray J.C., Lapoint S.D., Bogan D.A., Cryan J.R. 2006. A comparison of noninvasive techniques to survey carnivore communities in northeastern North America. *Wildlife Society Bulletin* 34: 1142–1151.
- [15] Goszczyński J., Misiorowska M., Juszko S. 2008. Changes in the density and spatial distribution of red fox dens and cub numbers in central Poland following rabies vaccination. *Acta Theriologica* 53: 121–127.
- [16] Jones G., Jacobs D.S., Kunz T.H., Willig M.R., Racey P. 2009. Carpe noctem: the importance of bats as bioindicators. *Endangered Species Res.* 8: 93–115. (doi:10.3354/esr00182)
- [17] Kays R.W., Slauson K.M. 2008. Remote cameras. W: Long R.A., MacKay P., Zielinski W.J., Ray J.C. (red.). *Noninvasive survey methods for carnivores*. Island Press, Washington, Covelo, London: 110–140.
- [18] Keesing F., Belden L.K., Daszak P., Dobson A., Harvell C.D., Holt R.D., Hudson P., Jolles A., Jones K.E., Mitchell C.E., Myers S.S., Bogich T., Ostfeld R.S. 2010. Impacts of biodiversity on the emergence and transmission of infectious diseases. *Nature* 468: 647–652. (doi:10.1038/nature09575)
- [19] Kuijper D.P.J., Verwijmeren M., Churski M., Zbyryt A., Schmidt K., Jędrzejewska B., Smit C. 2014. What cues do ungulates use to assess predation risk in dense temperate forests? *PLoS ONE* 9 (1): e84607.
- [20] Kunz T.H., Braun deTorrez E., Bauer D., Lobova T., Fleming T.H. 2011. Ecosystemservices provided by bats. *Ann. NY Acad. Sci.* 1223: 1–38. (doi:10.1111/j.1749-6632.2011.06004.x)
- [21] Mendoza E., Martineau P.R., Brenner E., Dirzo R. 2011. A novel method to improve individual animal identification based on camera-trapping data. *Journal of Wildlife Management* 75: 973–979.
- [22] Olszewski A. 2016. Zastosowanie fotopułapek jako nieinwazyjnej metody badania zwierząt w Kampinoskim Parku Narodowym – pierwsze wyniki. 18: 4[49A].
- [23] Pałubicki J., Grajewski J., Łabudzki L. 2011. Wpływ struktury pozyskania dzików na rozwój populacji i wielkość szkód łowieckich - model polski i niemiecki. 5: 110-121.

- [24] Panek M., Bresiński W. 2002. Red fox *Vulpes vulpes* density and habitat use in rural area of western Poland in the end of 1990s, compared with the turn of 1970s. *Acta Theriologica* 47: 433–442.
- [25] Pirga B. 2014. Monitoring zwierząt drapieżnych zachodzących na obszar Bieszczadzkiego Parku Narodowego w sezonach 2012/2013 oraz 2013/2014. *Maszynopis, Bieszczadzki Park Narodowy, Lutowiska*: 1-27.
- [26] Post E., Forchhammer M.C., Bret-Harte M.S., Callaghan T.V., Christensen T.R., Elberling B., Fox A.D., Gilg O., Hik D.S., Høye T.T., Ims R.A., Jeppesen E., Klein D.R., Madsen J., McGuire A.D., Rysgaard S., Schindler D.E., Stirling I., Tamstorf P., Tyler N.J.C., van der Wal R., Welker J., Wookey P.A., Schmidt N.M., Aastrup P. 2009. Ecological dynamics across the arctic associated with recent climate change. *Science* 325: 1355–1358.
- [27] Poszig D.C., Apps C.D., Dibb A. 2004. Predation on two mule deer, *Odocoileus hemionus*, by a Canada Lynx, *Lynx canadensis*, in the Southern Canadian Rocky Mountains. *Canadian Field-Naturalist* 118: 191–194.
- [28] Praca zbiorowa. 2015. Ilustrowana encyklopedia ssaków Polski. Fenix: 50-51
- [29] Reeder D.M., Helgen K., Wilson D.E. 2007. Global trends and biases in new mammal species discoveries. *Occasional Papers, Museum of Texas Tech. Univ.* 269: 1–36.
- [30] Rovero F., Rathbun G., Perkin A., Jones T., Ribble D.O., Leonard C., Mwakisoma R., Doggart N. 2008. A new species of giant sengi or elephantshrew (genus *Rhynchocyon*) highlights the exceptional biodiversity of the Udzungwa Mountains of Tanzania. *Journal of Zoology* 274: 126–133.
- [31] Rovero F., Zimmermann F., Berzi D., Meek P. 2013. “Which camera trap type and how many do I need?” A review of camera features and study designs for a range of wildlife research applications. *Hystrix* 24: 148–156.
- [32] Samejima H., Ong R., Lagan P., Kitayama K. 2012. Camera-trapping rates of mammals and birds in a Bornean tropical rainforest under sustainable forest management. *Forest Ecology and Management* 270: 248–256.
- [33] Schipper J., Chanson J.S., Chiozza F., Cox N.A., Hoffmann M., Katariya V., Lamoreux J., Rodrigues A.S.L., Stuart S.N., Temple H.J., Baillie J., Boitani L., Lacher Jr. T.E., Mittermeier R.A., Smith A.T., Absolon D., Aguiar J.M., Amori G., Bakkour N., Baldi R., Berridge R.J., Bielby J., Black P.A., Blanc J.J., Brooks T.M., Burton J.A., Butynski T.M., Catullo G., Chapman R., Cokeliss Z., Collen B., Conroy J., Cooke J.G., da Fonseca G.A.B., Derocher A.E., Dublin H.T., Duckworth J.W., Emmons L., Emslie

- R.H., Festa-Bianchet M., Foster M., Foster S., Garshelis D.L., Gates C., Gimenez-Dixon M., Gonzalez S., Gonzalez-Maya J.F., Good T.C., Hammerson G., Hammond P.S., Happold D., Happold M., Hare J., Harris R.B., Hawkins C.E., Haywood M., Heaney L.R., Hedges S., Helgen K.M., Hilton-Taylor C., Hussain S.A., Ishii N., Jefferson T.A., Jenkins R.K.B., Johnston C.H., Keith M., Kingdon J., Knox D.H., Kovacs K.M., Langhammer P., Leus K., Lewison R., Lichtenstein G., Lowry L.F., Macavoy Z., Mace G.M., Mallon D.P., Masi M., McKnight M.W., Medellín R.A., Medici P., Mills G., Moehlman P.D., Molur S., Mora A., Nowell K., Oates J.F., Olech W., Oliver W.R.L., Oprea M., Patterson B.D., Perrin W.F., Polidoro B.A., Pollock C., Powel A., Protas Y., Racey P., Ragle J., Ramani P., Rathbun G., Reeves R.R., Reilly S.B., Reynolds III J.E., Rondinini C., Rosell-Ambal R.G., Rulli M., Rylands A.B., Savini S., Schank C.J., Sechrest W., Self-Sullivan C., Shoemaker A., Sillero-Zubiri C., De Silva N., Smith D.E., Srinivasulu C., Stephenson P.J., van Strien N., Talukdar B.K., Taylor B.L., Timmins R., Tirira D.G., Tognelli M.F., Tsytulina K., Veiga L.M., Vié J.C., Williamson E.A., Wyatt S.A., Xie Y., Bruce E. Young B.E. 2008. The status of the World's land and marine mammals: diversity, threat and knowledge. *Science* 322: 225–230. (doi:10.1126/science.1165115)
- [34] Scott D.M., Berg M.J., Tolhurst B.A., Chauvenet A.L.M., Smith G.C., Neaves K., Lochhead J., Baker P.J. 2014. Changes in the distribution of red foxes (*Vulpes vulpes*) in urban areas in Great Britain: findings and limitations of a media-driven nationwide survey. *PLoS ONE* 9: e99059. DOI: 10.1371/journal.pone.0099059.
- [35] Soisalo M.K., Cavalcanti S.M.C. 2006. Estimating the density of a jaguar population in the Brazilian Pantanal using camera-traps and capture-recapture sampling in combination with GPS radio-telemetry. *Biological Conservation* 129: 487–496.
- [36] Stobrawski PK. W zopk [online]. [Dostęp 22.03.2019r.] Dostępny w: <https://zopk.pl/pl/stobrawski-pk/ogolnie-o-parku>.
- [37] Swann D.E., Kawanishi K., Palmer J. 2010. Evaluating Types and Features of Camera Traps in Ecological Studies: A Guide for Researchers. W: O'Connell A.F., Nichols J.D., Karanth U.K. (eds.). *Camera Traps in Animal Ecology: Methods and Analyses*. Springer, Tokyo, Dordrecht, London, Heidelberg, New York: 27-43.
- [38] Szwagrzyk J., Loch J., Bodziarczyk J., Plančiková M. 2016. Różnorodność, którą trudno zobaczyć. W jaki sposób nowe metody pozyskiwania informacji zmieniły naszą wiedzę o tym, co i jak żyje w naszych lasach? *R. 18. Zeszyt 49A / 4*: 17-27.

- [39] Śmietana W. 2013. Koncepcja monitoringu liczebności i rozmieszczenia wilka *Canis lupus* w Polsce. Roczniki Bieszczadzkie 21: 212-233.
- [40] Terlecka M.K. 2012. Problem ochrony i reintrodukcji popielicy w Polsce. Wydawnictwo ARMAGRAF.
- [41] Weingarth K., Heibl C., Knauer F., Zimmermann F., Bufka L., Heurich M. 2012. First estimation of Eurasian lynx (*Lynx lynx*) abundance and density using digital cameras and capture-recapture techniques in a German national park. Animal Biodiversity and Conservation 35 (2): 197–207.
- [42] Wereszczuk A. 2015. Occurrence of wild mammals and birds in villages – the use of camera traps in the evaluation of species composition. Chrońmy Przyrodę Ojczyzną 71 (1): 9–16.
- [43] Wierzbowska I.A., Loch J., Armatys P., Matysek M. 2015. The study of wildlife in Gorce National Park with the use of a non-invasive technique – the first results of camera-trapping. Chrońmy Przyrodę Ojczyzną 71 (1): 3–8.
- [44] Wiewióra K. 2017. Preferencje siedliskowe borsuka (*Meles meles*). Praca licencjacka. Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu.

MAMMALS DIVERSITY IN STOBRAWA LANDSCAPE PARK BASED ON FOOTAGE FROM CAMERA TRAPS

Abstract

Camera traps are devices used in non-invasive examination of animals, particularly mammals and birds. This equipment is characterized by small size and simple construction. It serves to record footage and take photos without an interference in the environment. It allows, among others, effective observation of animals (including individuals with nocturnal activity), gathering behavior data and size assessment of species populations. The species diversity of mammals from the Stobrawa Landscape Park in the period from January 2016 to August 2018 was studied with the use of camera traps. The devices were located in eight locations within the Kup and Kluczbork forest districts. Based on 483 independent observations, 17 mammalian species representing 9 families from 4 orders were found. The most numerous and most frequently registered species were: red fox (*Vulpes vulpes*), european badger (*Meles meles*) and wild boar (*Sus scrofa*). Among the recorded mammals, the most frequently represented family was Mustelidae - 41% of the records.

Keywords: camera traps, mammals, species diversity, non-invasive examination of mammals

Opiekun pracy:

dr Magdalena Moska

Recenzenci:

dr hab. inż. Wojciech Kruszyński

dr Magdalena Moska

WEGAŃSKIE PIANKI - INNOWACYJNY PRODUKT NA RYNKU SŁODYCZY

Adrianna Żełobowska^{1*}, Klaudia Klepuszewska¹

¹Uniwersytet Ekonomiczny w Poznaniu, Studenckie Koło Naukowe Towaroznawstwa Żywności SPECTRUM, Katedra Towaroznawstwa Żywności, Wydział Towaroznawstwa, Al. Niepodległości 10, 61-875 Poznań

*adriannazelobowska@gmail.com

Abstrakt

Szerokie zainteresowanie dietą roślinną oraz produktami, które wykazują podobne właściwości do produktów zwierzęcych, skutkuje opracowywaniem nowych produktów zgodnych z wymaganiami diety wegańskiej. Na rynku słodyczy można znaleźć wiele wegańskich produktów jednak nie można zakupić pianek pozbawionych żelatyny, co stało się punktem wyjścia do podjęcia badań w tym obszarze. Celem niniejszego projektu była analiza pożądalności cech organoleptycznych zaprojektowanych wegańskich pianek zawierających substancje barwiące. Ponadto dokonano porównania, pod kątem ceny oraz wartości odżywczej zaprojektowanych pianek z piankami Marshmallows obecnymi na rynku.

Słowa kluczowe: pianki, dieta wegańska, żelatyna, naturalne substancje barwiące

1. Wprowadzenie

Prawoślaz lekarski (ang. *Marsh Mallow* lub powszechnie *Marshmallow*), *Althaea officinalis*, jest naturalną, krzewiastą byliną powszechnie uprawianą w Europie. Dawniej, słuź pochodzący z korzenia prawoślazu lekarskiego wykorzystywano jako zagęstnik. Sproszkowane korzenie podgrzewano z cukrem, co tworzyło delikatną, słodką masę – piankę marshmallow [1]. Obecnie, w produkcji pianek prawoślaz został zastąpiony żelatyną [1, 2].

Pianki Marshmallows pojawiły się na rynku w XIX wieku. Pianki są popularne zarówno wśród dzieci, jak i dorosłych oraz są spożywane z dodatkami lub bez nich. W Stanach Zjednoczonych, a także w innych krajach, pianki są często zanurzane lub dodawane do gorącej czekolady lub kawy. W Stanach Zjednoczonych popularnym i tradycyjnym przysmakiem jest pianka, którą opieka się nad otwartym ogniem. Pianka jest nadziewana na patyk lub szpikulec i krótko ogrzewana. Tworzy się wtedy skarmelizowana zewnętrzna skórka, a wewnątrz staje się ciekłe. Opieczoną piankę można zjeść w całości lub tylko jej warstwę zewnętrzną, ponownie opiekając pozostałość. Innym specjałem w Stanach Zjednoczonych jest bardzo słodki krem piankowy (ang. Marshmallow cream) lub masa piankowa, popularna wśród dzieci [3].

Do wytwarzania pianek używa się sacharozy, żelatyny i wody. Niezbędne jest podgrzanie składników, aby odparować nadmiar wody. Na dużą skalę obróbkę termiczną przeprowadza się w miedzianych kotłach. Pierwszym etapem produkcji jest wymieszanie wszystkich składników. W następnym dodaje się środki barwiące i smakowe. Gdy masa jest gotowa, wprowadza się do niej pod ciśnieniem powietrze aż do uzyskania pożądanej gęstości roztworu. Mieszanina jest

formowana przez wytlaczanie do postaci miękkih wałków, cięta na części, które obtacza się w skrobi kukurydzianej i w sproszkowanym cukrze. W celu uzyskania innych kształtów pianek, w wytłaczarce instaluje się odpowiednią końcówkę. Podczas procesu wytłaczania, mieszanina zastyga w postaci gąbczastej struktury. W celu uatrakcyjnienia produktu dodawane są proszki owocowe, jogurtowe lub mleko w proszku. Produkt ma wtedy wyższą wartość odżywczą [4]. Niestety pianki marshmallows zawierają bardzo duże ilości sacharozy. W literaturze tematu podejmowane są próby redukcji zawartości sacharozy w piankach poprzez zastosowanie izomaltulozy [5].

Przeciętny Polak spożywa rocznie aż o 12 kg więcej cukru, który pochodzi z żywności przetworzonej, niż 10 lat temu, biorąc pod uwagę słodkie przekąski i gotowe potrawy. Trzech na pięciu dorosłych Polaków ma nadwagę, a co czwarty jest otyły. Widoczna jest redukcja spożywania sacharozy w formie kryształu, rafinowanej lub pudru, ale z drugiej strony konsumowane są coraz większe ilości sacharozy pochodzącej z żywności przetworzonej, która jest obecna w dosładzanych produktach, słodyczach i napojach [6, 7].

Istotnym trendem obserwowanym na rynku żywności jest wzrost liczby wegan, vegetarian i osób ograniczających spożycie mięsa. Wegetarianizm polega na wyłączeniu z diety mięsa, ryb, owoców morza oraz produktów pochodzących z uboju tj. smalec oraz żelatynę. Natomiast weganie stosują powyższe zasady z dodatkowym wyłączeniem produktów odzwierzęcych t.j. mleko, jaja, miód [8, 9]. Według danych firmy Mintel z 2017 roku, w Polsce 2 na 10 konsumentów w wieku 24-34 lat spożywa więcej produktów wegetariańskich niż roku temu [10].

Na rynku można znaleźć wiele wegańskich słodyczy. Naukowcy podejmują badania w celu zastąpienia żelatyny w piankach innymi substancjami o działaniu żelującym (m.in. ksantan i guar) [11], jednak nadal nie można kupić pianek pozbawionych żelatyny. Dlatego też po analizie elementów rynku została podjęta decyzja o zaprojektowaniu wegańskich pianek. Celem pracy była konsumencka ocena zaprojektowanych produktów oraz porównanie, pod kątem ceny oraz wartości odżywczej, zaprojektowanych pianek z piankami Marshmallows obecnymi na rynku.

2. Materiał i metody badawcze

Materiał badawczy stanowiły 4 rodzaje wegańskich pianek, które przygotowano z aquafaby, gumy guar, soku z cytryny, wody, agaru, syropu glukozowego, sacharozy, mąki z tapioki, ekstraktu cytrynowego i produktów spożywczych o właściwościach barwiących tj. kurkumy, spiruliny oraz ekstraktu z buraka.

W pierwszym etapie wszystkie składniki niezbędne by przygotować bazę tj. 125 g aquafaby, 1,8 g gumy guar, 2 g soku z cytryny ubito na średnich obrotach, przy pomocy miksera marki Bosch. Następnie zwiększono obroty i ubijano przez 10 minut. W kolejnym kroku w rondlu o grubym dnie umieszczono 4 g agaru, do którego dodano 62,5 g wody destylowanej, po czym całość odstawiono na 3 minuty. Po tym czasie dodano 125 g syropu glukozowego oraz 100 g sacharozy. Całość gotowano na średnim ogniu do wrzenia, a następnie schłodzono i dodano do wcześniej przygotowanej bazy wraz z przesianą mąką z tapioki 12 g. Całość ubito mikserem na średnich obrotach przez kolejne 10 minut. Na koniec dodano aromat cytrynowy oraz rozpuszczone w wodzie produkty nadające barwę. Masę przelano do foremek o wymiarach 22x22 cm wyłożonych uprzednio papierem do pieczenia. Po 10 minutach pianki były gotowe do spożycia. Warianty zaprojektowanych pianek przedstawiono w tabeli 1.

Tabela 1. Warianty zaprojektowanych wegańskich pianek

Oznaczenie próbki	Produkt użyty w celu nadania barwy
A	Brak (pianka kontrolna)
B	Spirulina
C	Kurkuma
D	Ekstrakt z buraka

Źródło: opracowanie własne

Ocenę pożądalności pianek przeprowadzono z wykorzystaniem siedmiostopniowej skali hedonicznej [12, 13], w której poszczególne kategorie oznaczały:

1. bardzo nie lubię
2. średnio nie lubię
3. trochę nie lubię
4. ani nie lubię, ani lubię
5. dość lubię
6. średnio lubię
7. bardzo lubię

Ocenie pożądalności poddano 5 wyróżników sensorycznych: barwę, zapach, konsystencję, smak oraz ogólną pożądalność. Próbki przedstawiono konsumentom w losowej kolejności. Ponadto konsumenci zostali zapytani o to, czy domyślają się jakie produkty odpowiadają za barwę próbek, czy unikają żelatyny w produktach spożywczych oraz czy są na diecie. Respondenci mieli za zadanie również wskazać, którą próbkę kupiliby, gdyby była dostępna na rynku oraz którą zamówiliby do napoju.

Preferencja próbek określono przy zastosowaniu metody szeregowania, która polega na uszeregowaniu próbek pod względem określonej cechy jakościowej - w tym wypadku uszeregowanie produktu od najmniej atrakcyjnego do najbardziej. Każdorazowo próbka najmniej atrakcyjna otrzymała rangę 4, a najbardziej atrakcyjna – rangę 1 [12, 13].

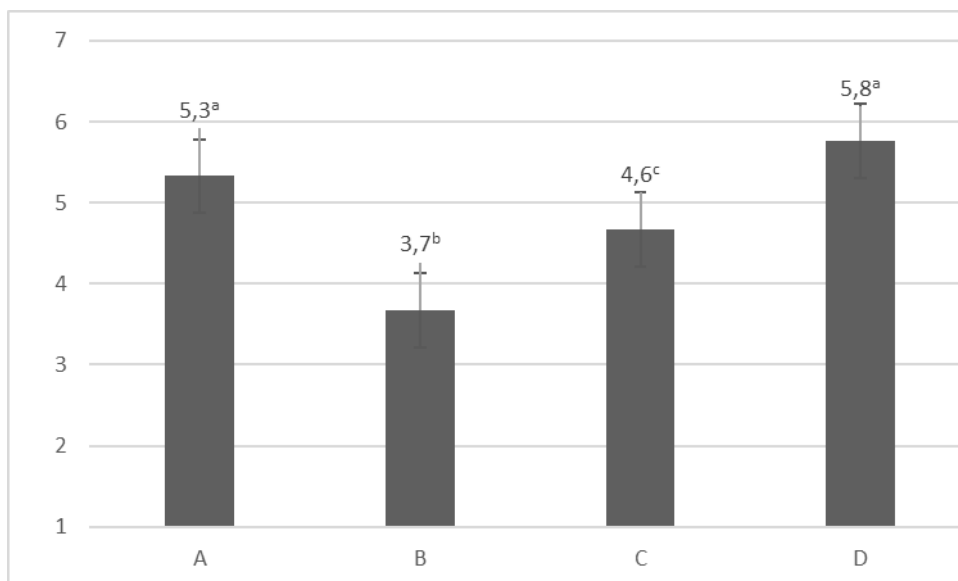
Pozyskane dane były opracowywane przy użyciu programu Microsoft Office Excel 2007 i Statistica 13.3. Obliczono podstawowe miary, takie jak średnia i odchylenie standardowe, a następnie w celu zweryfikowania istotności różnic pomiędzy wartościami średnimi przeprowadzono analizę wariacji ANOVA z testem post-hoc Tukey'a, przy poziomie istotności $\alpha=0,05$. W przypadku analizy wyników z oceny preferencji zliczono liczbę poszczególnych rang dla każdej próbki.

3. Wyniki i dyskusja

Badanie zostało przeprowadzone na Uniwersytecie Ekonomicznym w Poznaniu w lutym 2019 roku. Udział w nim wzięło 79 osób, z czego znaczną część stanowiły kobiety (87%) w wieku 18-25 lat. 90% badanych osób nie przebywało na żadnej diecie, natomiast 5% stosowało dietę wegetariańską.

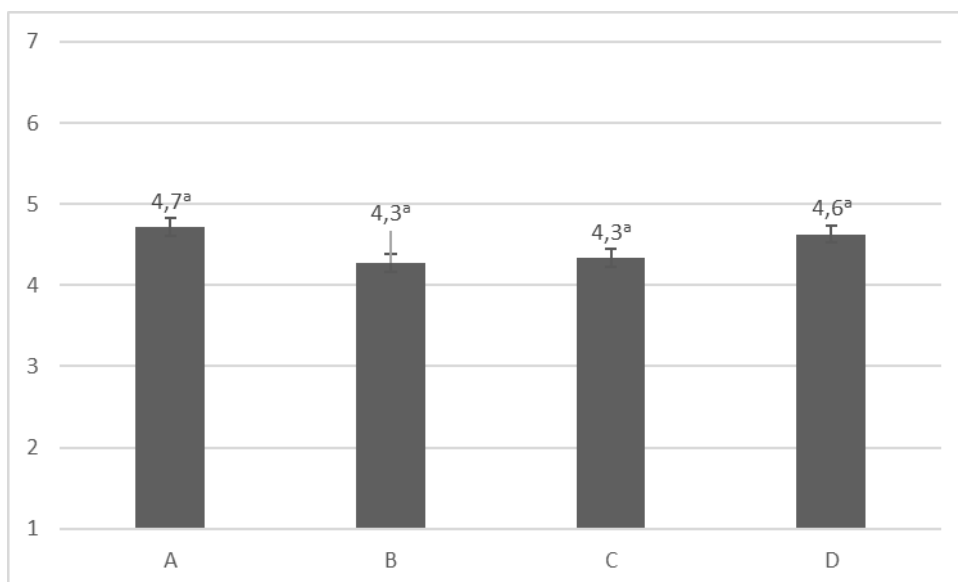
Pierwsza część oceny konsumenckiej obejmowała ocenę pożądalności barwy, zapachu, konsystencji, smaku oraz ogólnej pożądalności przygotowanych pianek. Z otrzymanych wyników można wywnioskować, że wystąpiły różnice w ocenie pomiędzy poszczególnymi próbkami.

Pod względem barwy respondenci najwyżej ocenili próbkę D z dodatkiem ekstraktu z buraka (nota 5,8) oraz próbkę kontrolną (nota 5,3) (rys. 1). Jednak były to oceny na umiarkowanym poziomie lubienia. Najniżej oceniono próbkę B, z dodatkiem spiruliny, co może świadczyć o tym, że barwa zielona nie jest pozytywnie kojarzona ze słodczymi. Ankietowani zaznaczali ponadto, że intensywnie żółta barwa kojarzy im się ze sztucznymi barwnikami.



Źródło: opracowanie własne
 Rys. 1. Pożądalność barwy wegańskich pianek
 *Objaśnienia próbek w tabeli 1

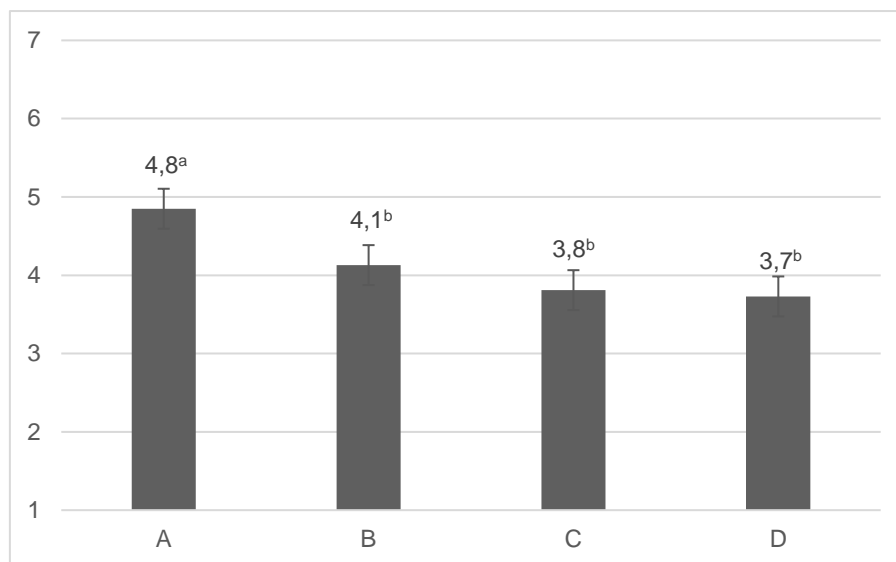
Aby w gotowych próbkach nie była wyczuwalna nuta zapachowa mączna dodany został aromat cytrynowy. Miał on na celu poprawienie walorów zapachowych. Konsumenty ocenili zapach wszystkich próbek na porównywalnym poziomie, który kształtował się od 4,3 do 4,7 (rys. 2).



Źródło: opracowanie własne
 Rys. 2. Pożądalność zapachu wegańskich pianek

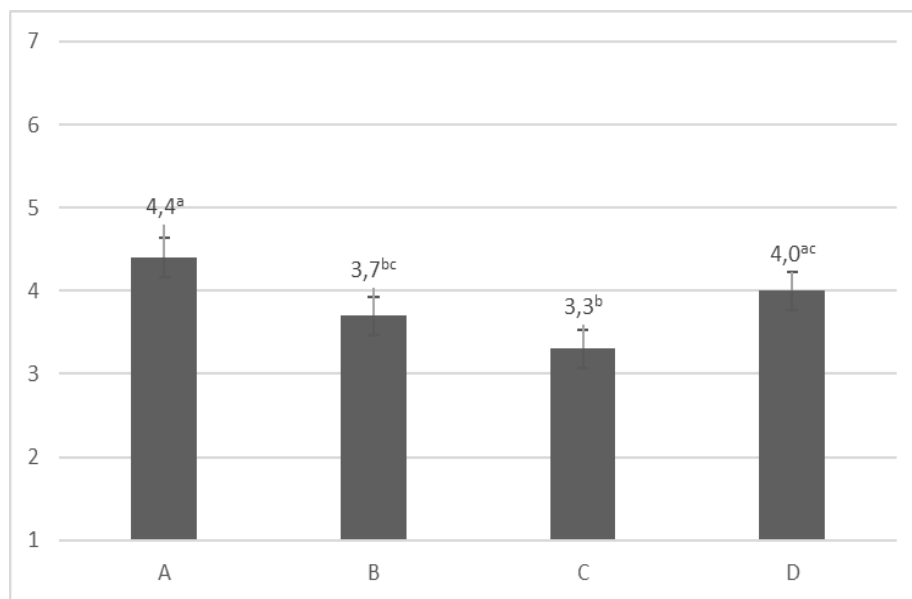
Konsumenty ocenili konsystencję próbek B, C, D na podobnym poziomie, przyznając noty od 3,7 do 4,1. Najwyżej oceniono konsystencję próbki kontrolnej (nota 4,8). Wielu badanych zwracało uwagę na to, że ze względu na dość specyficzną konsystencję- półstałą,

mieli problem ze zjedzeniem produktu. Pomimo zastosowania takich samych składników bazowych stopień lubienia konsystencji poszczególnych próbek różnił się od siebie. Najprawdopodobniej miało na to wpływ użycie różnych substancji nadających barwę. Kurkuma dodana do próbki C, spirulina w próbce B oraz ekstrakt z buraka w próbce D znacznie pogorszyły konsystencję pianek (rys. 3).



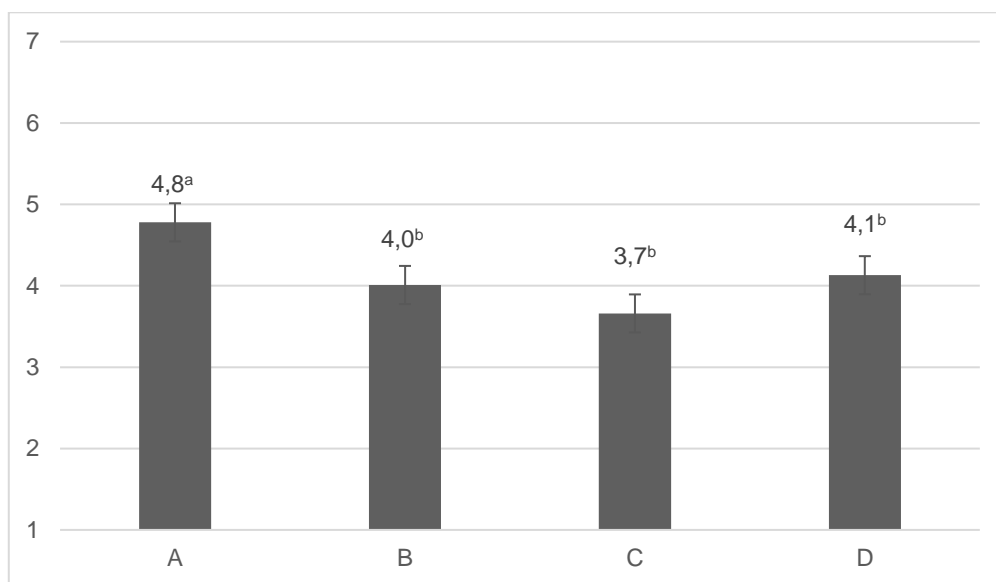
Źródło: opracowanie własne
Rys. 3. Pożądalność konsystencji wegańskich pianek

Poprzez użycie dużej ilości cukru w produkcie, która była niezbędna do otrzymania właściwej struktury produktu, konsumenci ocenili smak próbki A na poziomie „dość lubię”. Badani zwracali uwagę na to, że przyznaliby wyższą ocenę, gdyby pianki były mniej słodkie. Najniżej pod względem smaku została oceniona próbka C z dodatkiem kurkumy. Wpływ na to miał zapewne intensywny zapach kurkumy, który również nie był zbyt pozytywnie odbierany (rys. 4).



Źródło: opracowanie własne
Rys. 4. Pożądalność smaku wegańskich pianek

Analizując ocenę pożądalności ogólnej (rys. 5) można zauważyć, że próbka kontrolna została oceniona istotnie najlepiej uzyskując akceptację badanych konsumentów (nota 4,8 punktów na skali 7-stopniowej). Pozostałe pianki z dodatkiem substancji barwiących zostały ocenione na statystycznie tożsamym poziomie w zakresie not od 3,7 do 4,1, co odpowiada kategorii „ani nie lubię ani lubię”.



Źródło: opracowanie własne
Rys. 5. Ogólna pożądalność wegańskich pianek

W celu lepszego zobrazowania otrzymanych wyników, średnie wartości z oceny sensorycznej wegańskich pianek zaprezentowano w zbiorczej tabeli 2. Próbkę bez dodatku substancji barwiącej o barwie białej została oceniona najlepiej pod względem barwy,

konsystencji, smaku oraz ogólnej pożądalności. W przypadku oceny barwy równie wysoko została oceniona pianka z dodatkiem z ekstraktu z buraka. Dodatek spiruliny, kurkumy i ekstraktu z buraka wpłynął niekorzystnie na ocenę konsystencji i smaku, co przełożyło się na niższą ocenę pożądalności ogólnej barwnych pianek.

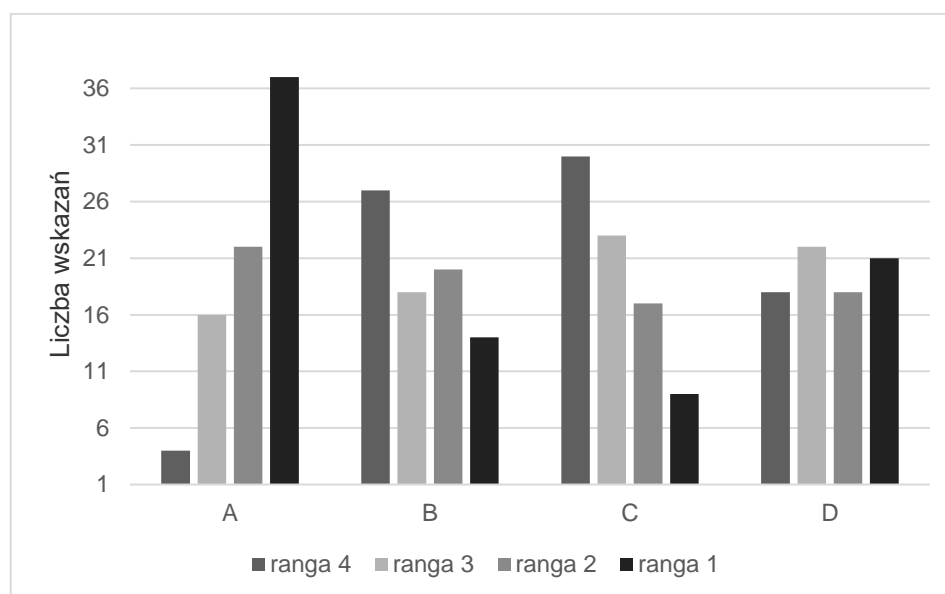
Tabela 2. Pożądalność cząstkowa oraz ogólna badanych wegańskich pianek

Próbka	Barwa	Zapach	Konsystencja	Smak	Ogólna pożądalność
A	5,3 ^a ± 1,4	4,7 ^a ± 1,3	4,8 ^a ± 1,5	4,4 ^a ± 1,5	4,8 ^a ± 1,2
B	3,7 ^b ± 1,7	4,3 ^a ± 1,5	4,1 ^b ± 1,5	3,7 ^{bc} ± 1,7	4,0 ^b ± 1,4
C	4,6 ^c ± 1,6	4,3 ^a ± 1,4	3,8 ^b ± 1,4	3,3 ^b ± 1,7	3,7 ^b ± 1,4
D	5,8 ^a ± 1,3	4,6 ^a ± 1,2	3,7 ^b ± 1,5	4,0 ^{ac} ± 1,6	4,1 ^b ± 1,4

Źródło: opracowanie własne

*Wartości średnie w kolumnach oznaczone tymi samymi małymi literami nie różnią się istotnie statystycznie od siebie ($p < 0,05$).

Metoda szeregowania potwierdziła wcześniej uzyskane wyniki (rys. 6). Konsumenty wyróżnili próbkę A oraz D, najczęściej nadając im rangę 1. Tym samym uznali je za najbardziej atrakcyjne. Najgorzej badani ocenili próbkę C. Najczęściej przyznawali jej rangę 4, która oznaczała że uważali ją za najmniej atrakcyjną.



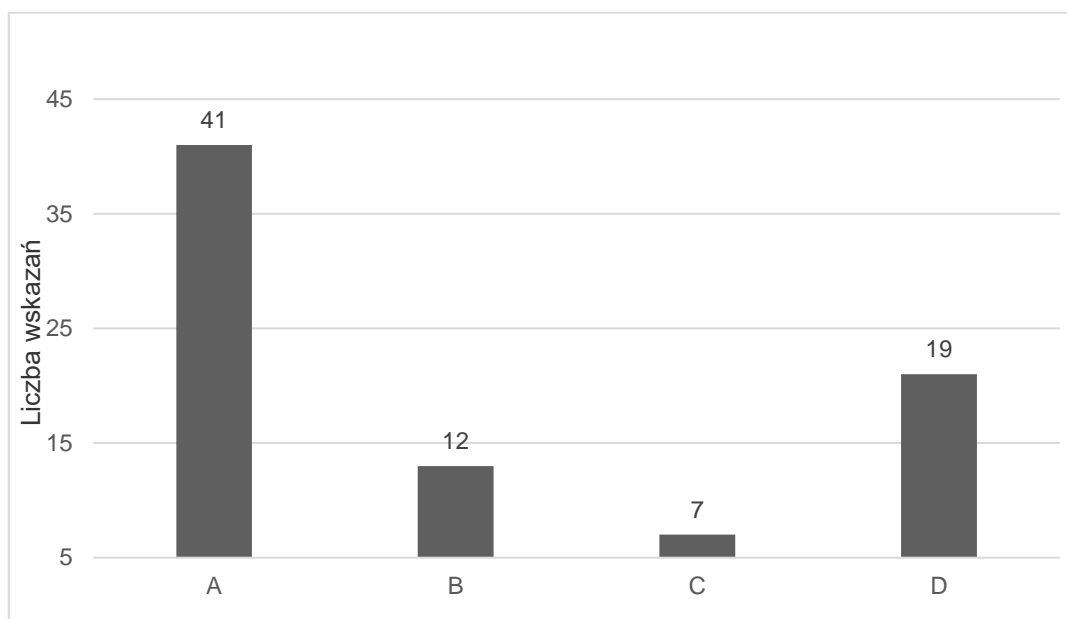
Źródło: opracowanie własne

Rys. 6. Preferencja konsumentów dotycząca wegańskich pianek

Respondenci zostali zapytani o produkty, które mogły ukształtować barwę pianek. W badanych próbkach zostały użyte następujące produkty, które nadały barwę piankom: spirulina (pianka B), kurkuma (pianka C), oraz ekstrakt z buraka (pianka D). W przypadku

pianek C oraz D badani wskazali w większości poprawne odpowiedzi. Najczęstszym niepoprawnym wskazaniem w przypadku pianki B był szpinak, który według większości osób odpowiedzialny był za zieloną barwę próbki.

Konsumenci poproszeni o określenie chęci zakupu wybranej pianki najczęściej wskazywali próbkę kontrolną. Takiego wyboru dokonała ponad połowa badanych (41 osób). Natomiast próbka C była najrzadziej wskazywana przez respondentów (7 osób). Takie wyniki mogły mieć swoje podłoże w zróżnicowaniu atrakcyjności barwy wyżej wymienionych pianek (rys. 7).



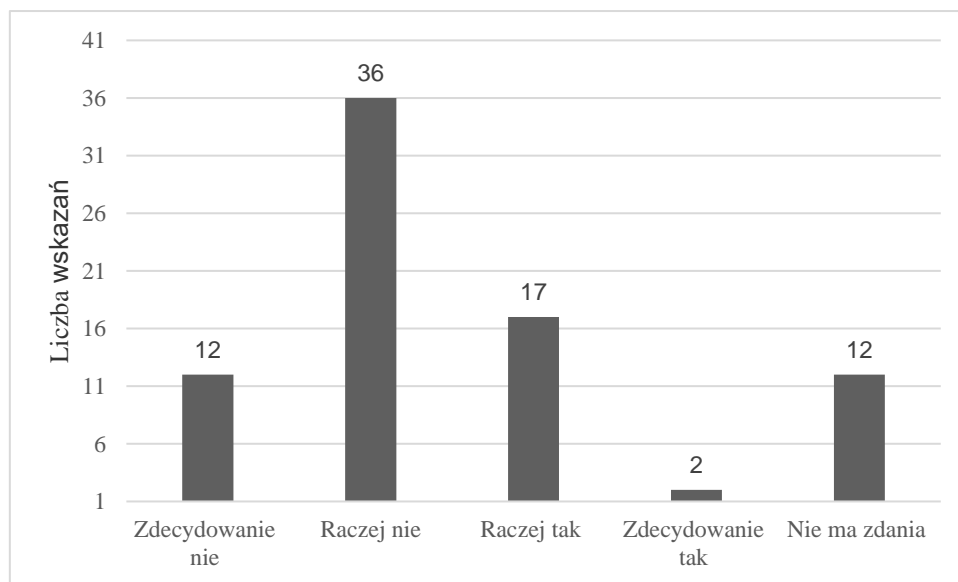
Źródło: opracowanie własne
Rys. 7. Wyrażona chęć zakupu wegańskich pianek

W dalszej części badania konsumenci zostali zapytani o chęć zamówienia wyrobu do napoju. Większość osób, bo aż 77% nie była skłonna do zamówienia, ze względu na specyficzną konsystencję produktu, która według badanych nie była atrakcyjna do spożycia wraz z napojem.

W dalszej części badania zadano pytanie na temat unikania żelatyny w produktach spożywczych. Większa część osób ankietowanych (36 osób) raczej nie unika jej. Niewielka część respondentów (19 osób) zwraca uwagę na to, aby w spożywanych produktach nie było żelatyny (rys. 8). Może być to spowodowane tym, że wśród badanych jedynie osób 5% było na diecie wegetariańskiej. Pozostali ankietowani nie stosowali żadnej diety (90%) lub byli na diecie niskokalorycznej.

Przeprowadzona została także analiza asortymentu pianek typu Marshmallows dostępnych w dyskontach, supermarketach na terenie Poznania oraz sklepach internetowych.

Analizę przeprowadzono w okresie od stycznia do lutego 2019 roku. Przeanalizowano dostępne rodzaje pianek, ich smaki, formy, stosowane składniki, wartość odżywczą oraz cenę. Pianki Marshmallows mogą zawierać różne aromaty m.in. arbuzy, bananowy, borówkowy, jagodowy, jabłkowy, malinowy, truskawkowy. Niektóre z nich posiadają także niecodzienny kształt i formę np. postaci z bajek, zwierząt czy też figur geometrycznych.



Źródło: opracowanie własne

Rys. 8. Częstotliwość unikania żelatyny w produktach spożywczych

Tabela 3. Wartość odżywcza oraz średnia cena wybranych produktów dostępnych na rynku

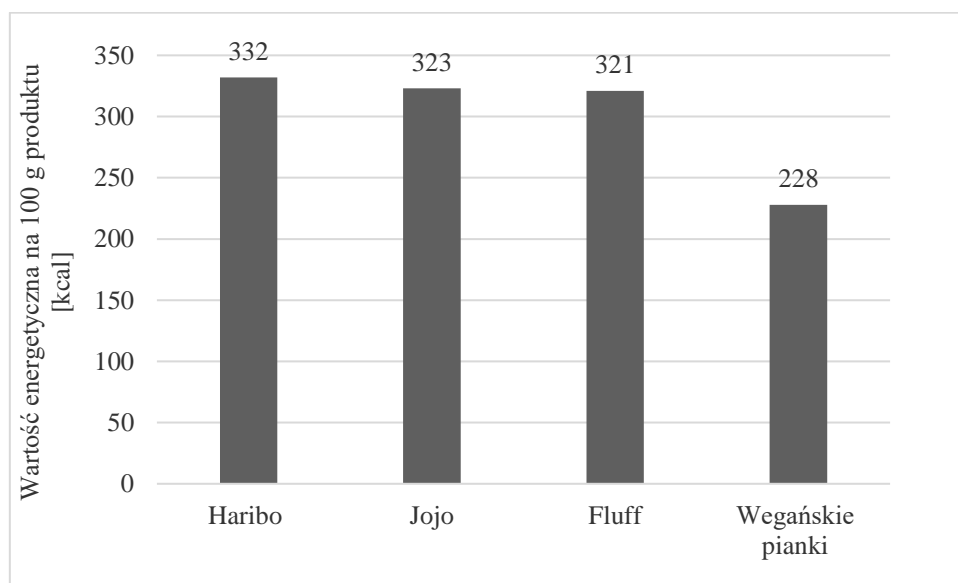
Wartość odżywcza na 100 g produktu	HARIBO	JOJO	FLUFF
Wartość energetyczna	332 kcal	322 kcal	321 kcal
Tłuszcze	0,5 g	0,2 g	0,3 g
Węglowodany	80 g	78 g	83 g
Białko	3,5 g	4,2 g	0,8 g
Sól	0,02 g	0,2 g	0,1 g
Błonnik	Brak danych	0,1 g	0,1 g
Średnia cena na 100 g produktu	4,5 zł	2,9 zł	6,1 zł

Źródło: opracowanie własne na podstawie informacji na opakowaniach produktów

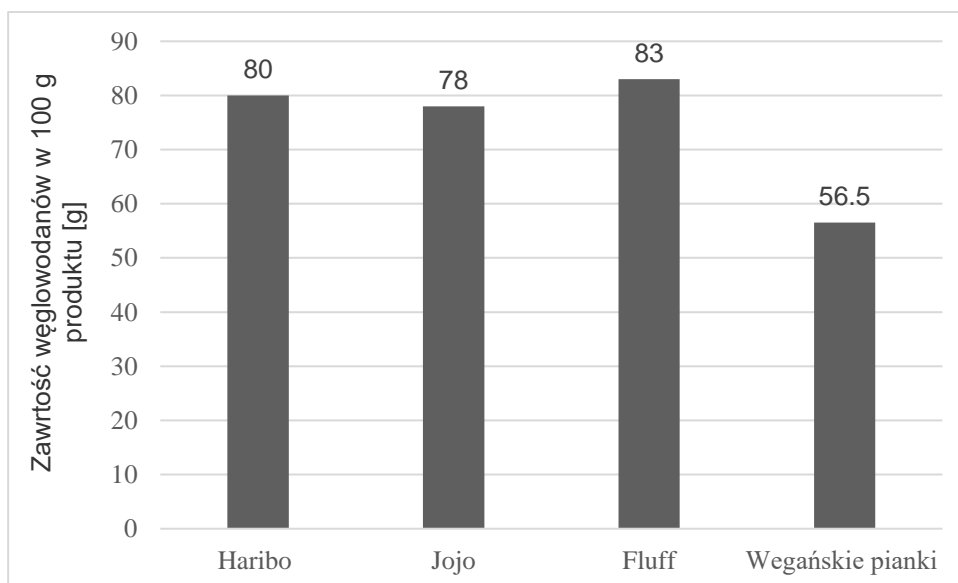
Na podstawie analizy wybrano 3 produkty, które pojawiły się najczęściej na rynku. Porównano ich wartość odżywczą oraz średnią cenę (tabela 3). Wybrane produkty mają zbliżoną wartość energetyczną. Pewne różnice odnotowano w zawartości węglowodanów, białka oraz soli. Najwięcej węglowodanów zawierają produkty marki Fluff (83 g w 100 g

produktu), ale jednocześnie zawierają najmniej białka (0,8 g). Produkty Jojo wyróżniają się największą zawartością soli (0,2 g), białka (4,2 g) w 100 gramach produktu. Nieco wyższą wartość energetyczną w stosunku do pozostałych produktów wykazują pianki firmy Haribo.

Obliczono także wartość energetyczną i zawartość węglowodanów zaprojektowanych wegańskich pianek i porównano ją z trzema wybranymi produktami obecnymi na rynku. Zestawiając z produktami Haribo, Jojo oraz Fluff zaprojektowane pianki wegańskie charakteryzują się najniższą kalorycznością (rys. 9) oraz najmniejszą zawartością cukru w 100 g produktu (rys. 10).



Źródło: Opracowanie własne na podstawie informacji na opakowaniach produktów i badań własnych
Rys. 9. Porównanie wartości energetycznej pianek handlowych z piankami wegańskimi



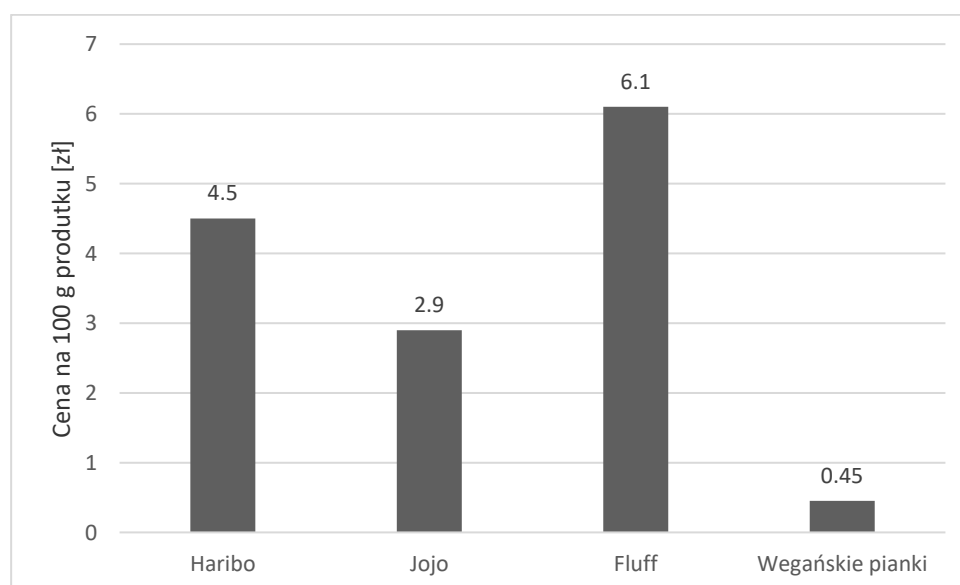
Źródło: Opracowanie własne na podstawie informacji na opakowaniach produktów i badań własnych
Rys. 10. Porównanie zawartości węglowodanów w piankach handlowych oraz wegańskich

Porównane zostały także składy produktów dostępnych na rynku z wegańskimi piankami (tabela 4).

Tabela 4. Porównanie składu wybranych pianek dostępnych na rynku z wegańskimi

Składnik	Haribo	Jojo	Fluff	Wegańskie pianki
Sacharoza	+	+	+	+
Syrop glukozowy/kukurydziany	+	+	+	+
Woda	+	+	+	+
Żelatyna	+	+	+	-
Skrobia	+	+	+	-
Barwniki	+	+	+	-
Aromaty/Wanilina	+	+	+	+
Białka jaj	-	-	+	-
Dekstryny	+	-	-	-
Substancje barwiące	-	-	-	+

Źródło: Opracowanie własne na podstawie analizy opakowań produktów i własnej receptury



Źródło: opracowanie własne

Rys. 11. Porównanie cen wybranych produkt z wegańskimi piankami

Skład wytworzonych pianek jest dużo krótszy od składu pianek dostępnych w sklepach detalicznych. Wegańskie pianki są zatem świetną alternatywą dla produktów obecnych na półkach sklepowych. Wykonując je samemu, można mieć pewność, że nie będą one zawierały substancji, których nadmierne spożywanie może przyczyniać się do wielu chorób. Zakup surowców niezbędny do wykonania 100 g produktu jest również dużo tańszy niż zakup 100 g

produktu gotowego (rys. 11). Składniki potrzebne do ich wykonania można znaleźć w większości sklepów detalicznych.

3. Podsumowanie i wnioski

Zaprojektowane pianki wegańskie zostały zaakceptowane przez konsumentów pod względem większości badanych cech organoleptycznych. Próbka kontrolna, bez dodatku substancji o właściwościach barwiących, została wyróżniona pod względem konsystencji, smaku oraz ogólnej pożądalności, co przełożyło się także na najwyższą preferencję. W przypadku barwy najbardziej atrakcyjna okazała się próbka z dodatkiem ekstraktu z buraka oraz próbka kontrolna. Zapach próbek został oceniony na zbliżonym poziomie. Natomiast próbka D została wskazana jako najbardziej atrakcyjna pod względem barwy.

Największą aprobatą została obdarzona próbka kontrolna, co przełożyło się na największą liczbę deklaracji chęci zakupu, gdyby była dostępna na rynku. Zaprojektowane pianki wegańskie wypadają korzystnie pod względem wartości energetycznej oraz zawartości węglowodanów w stosunku do wybranych pianek Marshmallows dostępnych na rynku.

W celu zwiększenia atrakcyjności pianek należałoby dopracować ich konsystencję oraz ograniczyć ilość użytej sacharozy. Należałoby także podjąć próbę zastosowania innych niż spirulina czy kurkuma substancji o właściwościach barwiących, by zwiększyć pożądalność cech pianek.

Literatura

- [1] P. Capek, Jozef Rosík, Alžbeta Kardošova, Rudolf Toman. Polysaccharides from the root of the marsh mallow (*Althaea officinalis* L., var. Rhobusta): structural features of an acidic polysaccharide. *Carbohydrate Research* 1987; 164: 443-452.
- [2] P. P. Ghavi, The extraction process optimization of antioxidant polysaccharides from Marshmallow (*Althaea officinalis* L.) roots, *International Journal of Biological Macromolecules* 75, 2015, 51–57
- [3] <http://www.food-info.net/pl/products/sweets/marshmallows.htm> (dostęp 15.03.2019)
- [4] <http://mistrzbranzy.pl/artykuly/pokaz/Napowietrzona-slodycz-pianki-Marshmallow-1069.html> (dostęp 15.03.2019)
- [5] A.Periche A.Heredia I. Escriche A. Andrés M.L.Castelló, Potential use of isomaltulose to produce healthier marshmallows, *LWT - Food Science and Technology*, June 2015, Vol. 62, Issue 1, Part 2, Pages 605-612.

- [6] Raport „Cukier, otyłość – konsekwencje. Przegląd literatury, szacunki dla Polski” Departament Analiz i Strategii, Narodowy Fundusz Zdrowia, 2019
- [7] Chun-Qing Zhang, Marco Cheuk-Yiu Wong, Ru Zhang, Kyra Hamilton, Martin S. Hagger Adolescent sugar-sweetened beverage consumption: An extended Health Action Process Approach, *Appetite*, 2019, Volume 141
- [8] Borawska M.H., Malinowska M.: *Wegetarianizm: zalety i wady*, PZWL, Warszawa 2009
- [9] James Waters, A model of the dynamics of household vegetarian and vegan rates in the U.K., *Appetite* 127 (2018) 364–372
- [10] <http://ekodostawcy.pl/produkty-wegetarianskie-na-wzroscie/> (dostęp 15.03.2019)
- [11] M. Mardani, S. Yeganehzad, N. Ptichkina, Y. Kodatsky, O. Kliukina, i in. Study on foaming, rheological and thermal properties of gelatin-free marshmallow, *Food Hydrocolloids*, August 2019, Vol. 93, Pages 335-341
- [12] Baryłko-Pikielna, N. i Matuszewska I.: *Sensoryczne badania żywności*, Wyd. II., Wydawnictwo Naukowe PTTŻ, Kraków 2014
- [13] Lawless, H.T., Heymann, H. (2010). *Sensory evaluation of food*. New York: Springer.

VEGAN MARSHMALLOW, AN INNOVATIVE PRODUCT ON CONFECTIONERY MARKET

Abstract

The wide interest in vegetable diet and products that show similar properties to animal products results in the development of new products that meet the requirements of the vegan diet. On the confectionery market you can find many vegan substitutes, however, you can not purchase Marshmallows without gelatin, which became the starting point for undertaking research in this area. The aim of this project was to assess consumers' taste of vegan Marshmallows containing natural dyes. In addition, a comparison was made between designed Marshmallows on the market. The scope of work included, thanks to the conducted research, it can be concluded that the white one - without the addition of dyes - was rated the highest, in relation to the smell, consistency and taste.

Keywords: vegan diet, gelatin

Opiekun pracy:

dr inż. Maria Sielicka

Recenzenci:

dr hab. inż. Inga Klimczak

dr inż. Dorota Klensporf-Pawlik



ISBN 978-83-948516-2-0



9 788394 851620

Wydawca

Dział Spraw Studenckich
Uniwersytetu Przyrodniczego
we Wrocławiu

