

POSTĘPY NAUKI I TECHNOLOGII PRZEMYSŁU ROLNO-SPOŻYWCZEGO

t. 75 nr 3-4

Warszawa 2020

Rada Programowa

prof. dr hab. Włodzimierz Bednarski
dr hab. inż. Piotr Kielczyński, prof. IPPT PAN
prof. dr hab. Agnieszka Kita
prof. dr hab. Danuta Kolożyn-Krajewska
dr hab. inż. Iwona Konopka, prof. UWM
prof. dr hab. Józef Korczak
prof. dr hab. Grażyna Podolska
prof. dr hab. Zdzisław Targoński

Kolegium Redakcyjne

Redaktor Naczelny – dr hab. inż. Renata Jędrzejczak, prof. IBPRS

Redaktorzy tematyczni: dr Beata Bartodziejska, dr hab. inż. Andrzej Baryga, dr inż. Katarzyna Kotarska, dr hab. inż. Dariusz Lisiak, prof. IBPRS, dr inż. Katarzyna Piasecka-Józwiak, dr inż. Elżbieta Polak, dr hab. inż. Stanisław Ptasznik, prof. IBPRS, dr inż. Sylwia Skąpska, dr hab. inż. Barbara Sokołowska, prof. IBPRS, dr inż. Anna Szafrąńska, dr inż. Elżbieta Wojtowicz

Recenzenci

dr hab. inż. Arkadiusz Artyszak
dr inż. Wioletta Drożdż
dr hab. Małgorzata Gumienna, prof. UPP
dr hab. inż. Jacek Kasperski, prof. PWr
dr hab. inż. Piotr Kielczyński, prof. IPPT PAN
dr hab. inż. Edyta Kordialik-Bogacka, prof. PŁ
mgr inż. Dorota Michałowska
dr hab. Halina Polkowska-Motrenko
dr inż. Katarzyna Ratusz
dr inż. Aleksander J. Rostocki
dr hab. inż. Urszula Samotyja, prof. UEP
prof. dr hab. Krystyna A. Skibniewska
dr hab. Daria Szymanowska-Powałowska, prof. UPP
dr hab. inż. Kamil Śmierciew, prof. PB
dr hab. inż. Hanna Śmigielska, prof. UEP
dr inż. Rafał Tarakowski
dr hab. Małgorzata Wroniak, prof. SGGW

Sekretarz Redakcji Działu Biotechnologia i Działu Żywność Pochodzenia Roślinnego
– mgr Lila Nabiałek

Instytut Biotechnologii Przemysłu Rolno-Spożywczego im. prof. Wacława Dąbrowskiego
ul. Rakowiecka 36, 02-532 Warszawa
tel. 22 606 36 99, lila.nabialek@ibprs.pl

Sekretarz Redakcji Działu Żywność Pochodzenia Zwierzęcego i Działu Tłuszcze Jadalne
– dr inż. Halina Makala

Instytut Biotechnologii Przemysłu Rolno-Spożywczego im. prof. Wacława Dąbrowskiego,
Zakład Technologii Mięsa i Tłuszczu, ul. Jubilerska 4, 04-190 Warszawa
tel. 22 509 70 26, halina.makala@ibprs.pl

Czasopismo wydawane jest w wersji pierwotnej drukowanej
Czasopismo recenzowane
Wydawnictwo Instytutu Biotechnologii Przemysłu Rolno-Spożywczego
im. prof. Wacława Dąbrowskiego
ISSN 2083-5809
Projekt graficzny okładki – INNOVA
nakład 80 egz.

SPIS TREŚCI

Zjawisko powstawania fazy stałej oleju kameliowego pod wysokim ciśnieniem, w temperaturze pokojowej Wiśniewski R., Wilczyńska T.	5
Porównanie składu kwasów tłuszczowych wybranych margaryn miękkich obecnych na rynkach polskim i hiszpańskim w aspekcie prozdrowotnym Noszka B.	14
Wpływ dodatków roślinnych na uprawę bocznika ostrygowatego <i>Pleurotus ostreatus</i> (Jacq.) P. Kumm Vlasenko K., Stepnevskaja J., Kuznetsova O.	29
Rola wybranych związków bioaktywnych o działaniu fotoprotekcyjnym Dąbrowska A.	46
Odporność i transformacja. Raport 5 Grupy Ekspertów ds. Prognoz SCAR „Zasoby naturalne i systemy żywnościowe: przemiany w kierunku ‘bezpiecznej i sprawiedliwej’ przestrzeni operacyjnej” Jędrzejczak R.	67
Informacje dla autorów	76

CONTENTS

Solidification phenomenon of camellia oil under high pressure at room temperature Wiśniewski R., Wilczyńska T.	5
Comparison of the fatty acids composition of selected soft margarines present on the polish and spanish markets in the pro-health aspect Noszka B.	14
Effect of plant additives on cultivation of oyster <i>Pleurotus ostreatus</i> (Jacq.) P. Kumm Vlasenko K., Stepnevskaja J., Kuznetsova O.	29
The role of selected bioactive compounds with photoprotection activity Dąbrowska A.	46
Resilience and transformation. Report of the 5th SCAR Foresight Exercise Expert Group “Natural resources and food systems: transition towards a ‘safe and just’ operating scale” Jędrzejczak R.	67

SOLIDIFICATION PHENOMENON OF CAMELLIA OIL UNDER HIGH PRESSURE AT ROOM TEMPERATURE

Roland Wiśniewski¹⁾²⁾³⁾, Teresa Wilczyńska²⁾

¹⁾Prof. Wacław Dąbrowski Institute of Agricultural and Food Biotechnology,
36 Rakowiecka, 02-532 Warsaw, Poland

²⁾National Centre for Nuclear Research,
05-400 Otwock-Świerk, Poland

³⁾Warsaw University of Technology,
Politechnika Square 1, 00-662 Warsaw, Poland

roland.wisniewski@gmail.com

Summary

The pure, cold pressed, China origin, camellia oil (tea seed oil) has been investigated under high hydrostatic pressure up to 400 MPa. The solidification (phase transition) at room temperature takes place under pressure of little below 200 MPa. The full decomposition of its high pressure phase takes place at pressure of about 80 MPa. So a wide hysteresis is observed. This phenomenon has been observed and detected using following methods: volume change measurements under constant pressure (the volume decrease by about 3% was observed) and relative dielectric permittivity measurements (it decreasing by about 10% was found). As post-pressure effects: a large increase of viscosity and absorbance spectra were observed too.

Keywords: high pressure, phase transition, camellia oil, dielectric permittivity, volume changes, optical properties

ZJAWISKO POWSTAWANIA FAZY STAŁEJ OLEJU KAMELIOWEGO POD WYSOKIM CIŚNIENIEM, W TEMPERATURZE POKOJOWEJ

Streszczenie

Czysty, tłoczony na zimno olej kameliowy, pochodzenia chińskiego, został zbadany pod wysokim ciśnieniem hydrostatycznym do 400 MPa. Przejście fazowe do fazy stałej, w temperaturze pokojowej, zachodziło pod ciśnieniem niewiele poniżej 200 MPa. Zupełny rozkład fazy wysokociśnieniowej zachodzi pod ciśnieniem około 80 MPa. Obserwuje się więc

szeroką histerezę. Zjawisko to zaobserwowano i wykryto przy użyciu następujących metod: pomiaru zmian objętości pod stałym ciśnieniem (zaobserwowano spadek objętości o około 3%) i pomiaru względnej przenikalności dielektrycznej (stwierdzono spadek o około 10%). W związku z występującymi efektami pociśnieniowymi zaobserwowano również duży wzrost lepkości i absorpcji widmowej.

Słowa kluczowe: wysokie ciśnienie, olej kameliowy, zestalanie, przenikalność dielektryczna, zmiany objętościowe, efekty optyczne

INTRODUCTION

High pressure techniques lately play an important role in contemporary practical technologies, among others, in food processing and preservation. Polish scientists in those fields - especially in edible oils - have an important part that is clearly seen in world literature, namely in the review article written by [Zulkurnain et al. 2018] (authors of 30% of papers are from polish laboratories). Among different oils camellia oil is widely used in food industry and in cosmetic areas. Camellia oil has specific properties connected with absence of even a small amount of free fatty acids. Therefore it is used for lubricants technology in corrosion sensitive precision mechanisms. Camellia oil has a positive influence on skin health and therefore is used in medicine and the cosmetic industry. Authors have used Chinese camellia *Sinensis* 705281 delivered by PH BASTA, e-mail: sklep@dluta.pl. The first information about camellia oil investigations under high pressure was presented in 46EHPRG and 21AIRAPT, as a poster [Wiśniewski, Wilczyńska 2008], and in Annual Report of NCNR [Wiśniewski, Wilczyńska 2009]. There is no information about camellia oil in the above mentioned review on lipid properties under high pressure conditions. The pure, cold pressed Chinese origin, camellia oil (bought by a special medicament company) has been investigated at room temperature under high hydrostatic pressure up to 400 MPa. The main component of camellia oil and other many oils are triglycerides of different fatty acid compositions (triacylglycerols). Used here camellia oil consists mostly of triolein molecules i.e. triglycerides of oleic acid (about weight 80%) then triglycerides of palmitic acid (about 9%) and triglycerides of linoleic acid (about 8%). Two first components have one double carbon bond, together 90% of all particles, which means that almost one component matters for which influence of pressure should be close to those as for pure triolein [Wiśniewski et al. 2001]. Molecules of camellia oil have flat character - glycerine based with three rod-like hacked chains of radical acids. Chemical contents of interested by us oil (main fatty acid components in weight %) in wide

market is as following: Palmitic Acid $C_{16:0}$ 6-11, Oleic Acid $C_{18:1}$ 70-85, Linoleic Acid $C_{18:2}$ 5-10 and Stearic Acid $C_{18:0}$ 1.5-3, Linolenic Acid $C_{18:3}$ 1, Arachidic Acid $C_{20:0}$ < 1.5, Ecosenoic Acid $C_{20:1}$ < 0.8, minor components.

MATERIAL AND METHODS

Simple piston-cylinder high pressure apparatus very similar to those, described wider in [Wiśniewski et al. 2001], was used. The two columns 30 Tons hydraulic press of small dimensions, constructed in Institute Chemical Chemistry of Polish Academy of Science, by politeness has been obtained and used.

Volume change measurements and displacements of the piston were conducted using two 0.01 mm sensitive dial-gauges. For correction of the volume changes the calculation of high pressure apparatus deformation was done. The calculated corrections were essential only for the highest applied, in this experiment, pressure. Dielectric permittivity measurements were performed with a small measuring cylindrical capacitor of capacity, in air, $C_o = 25$ pF. For measurements of observed magnitudes, the multimeter Fluke Company 787B of increased accuracy and RLC bridge, produced by Meratronik Instruments C315A were used. Accuracy of pressure measurements of 0.5%, using resistance manganin sensors, was determined by use of the 0.05 accuracy class dead weight pressure standard. In the case of capacity measurements (1 kHz basic frequency and of 1 V an amplitude of basic signal) sensitivity was of 0.1 pF but uncertainty of capacity pressure changes was estimated as high as 0.3 pF. Complicated procedure of static relative permittivity measurement makes its high relative uncertainty, but no higher than 2%. Measurements were carried out at the room temperature - 24 Celsius degree with stability of 1 Celsius degree but we can expect small errors connected with this.

RESULTS AND DISCUSSION

Basic results of volume changes of camellia oil on pressure is presented in Fig. 1. The pressure was slowly increased step by step. Initial measurement points were obtained after waiting for a period of time until practically no changes of measurement parameter was observed. At pressure close to expected phase change the waiting time was enlarged even to 24 hours. That is connected with long relaxation time, which was earlier observed in the case of castor oil investigations. From presented measurement data one can see that phase transition takes place at pressure of about 190 MPa with about 2% of volume change. Then

normal compressibility of high pressure camellia phase at pressure up to 400 MPa was observed. At decreasing pressure a wide specific hysteresis was observed. It seems that fully decomposition of the high pressure phase takes place at pressure of (80 – 60) MPa.

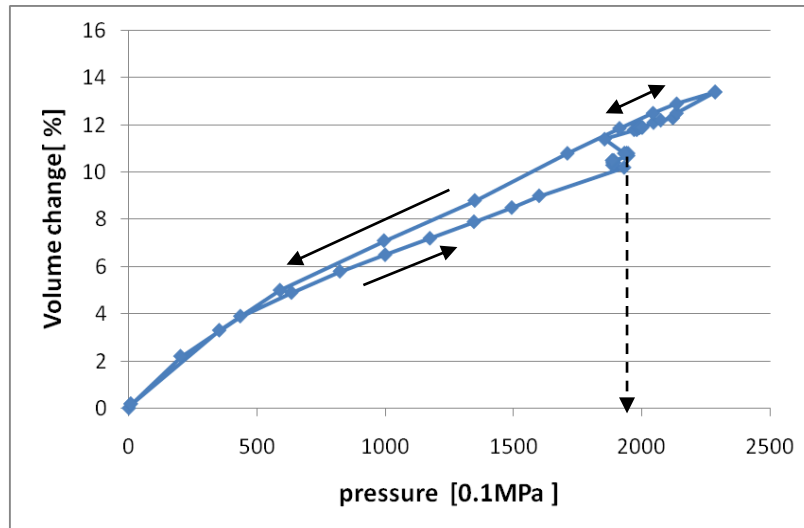


Figure 1. Relative changes of volume of camellia oil during the pressure cycle: normal state > increasing pressure > phase transition [(194.2±2.0) MPa, 48h - transition time] > increasing pressure up to programmed limit (225 MPa) > decreasing pressure > high-pressure phase decomposition (60 MPa) > normal condition
Względne zmiany objętości próbki oleju kameliowego w cyklu ciśnieniowym: stan normalny > wzrost ciśnienia > przejście fazowe > dalszy wzrost ciśnienia do 225 MPa > obniżanie ciśnienia > dekompozycja fazy wysokociśnieniowej, 60MPa > powrót do warunków normalnych

The results for relative permittivity measurements are presented in Fig. 2. It can be seen that the initial part of the diagram shows a non-regular rise of permittivity. According to the theory of dielectric materials the dielectric constant is proportional to the number of dipoles per unit of volume. But the observed effect is too small and not regular. Maybe compression makes decreasing the dipole value of camellia molecules. At pressure close to 200 MPa, using the time procedure as for volume change measurements, a drop of permittivity by about 10% (much less than in the case of castor oil) can be observed. The return to small value of pressure shows that up to pressure of 80 MPa the regular changes of permittivity takes place. That confirms high pressure phase decomposition.

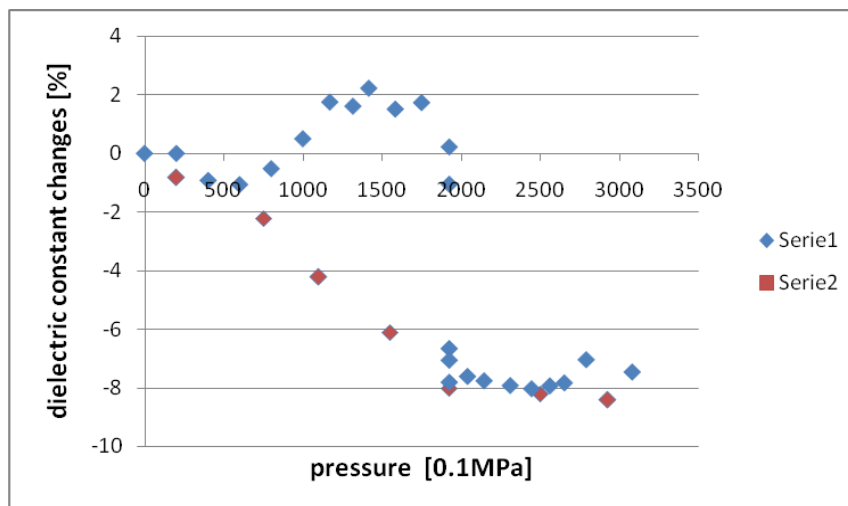


Figure 2. Relative changes in value of relative static permittivity (ϵ_0) of camellia oil during full pressure cycle (serie 1 - for increasing pressure, serie 2 – for decreasing one). Solidification process is demonstrated by decreasing ϵ_0 by about 10%

Względne zmiany wartości liczbowej względnej stałej dielektrycznej (ϵ_0) oleju kameliowego w pełnym cyklu ciśnieniowym (seria 1- przy narastającym ciśnieniu, sera 2- przy spadającym). Proces powstawania fazy stałej wykazuje się 10% spadkiem ϵ_0 .

Observation of $\tan\delta$, representing dielectric losses, should attain maximum in the middle of phase change pressure range. In the case of camellia oil there has been noted similar changes as in the case of rapeseed oil - not regular changes during high pressure phase formation. Regular changes were observed earlier in the case of castor oil one. [Wiśniewski et al. 1994].

Also investigations related to absorbance spectra of camellia oil under pressure were done and obtained results are presented in Fig. 3.

The post-pressure effect for camellia oil in spectra absorbance in visible–infrared range have been observed. In Fig. 3 the line of black colour (1) – presents cell absorption, blue colour (2) - oil absorption before pressure treatment, dark blue (3) – just after pressure treatment and red colour line (4) – measurement after two months later.

From Fig. 3 one can see that investigated the spectrum of camellia oil has only one pick, belonging to radicals oleic acid chains and that it has - during pressure procedure - the same character. The transmittance after phase transition decreases in clear ratio, practically all over whole range observation, see Fig. 3. In this case a spectrometer Hewlett - Packard Chem. Static System was used.

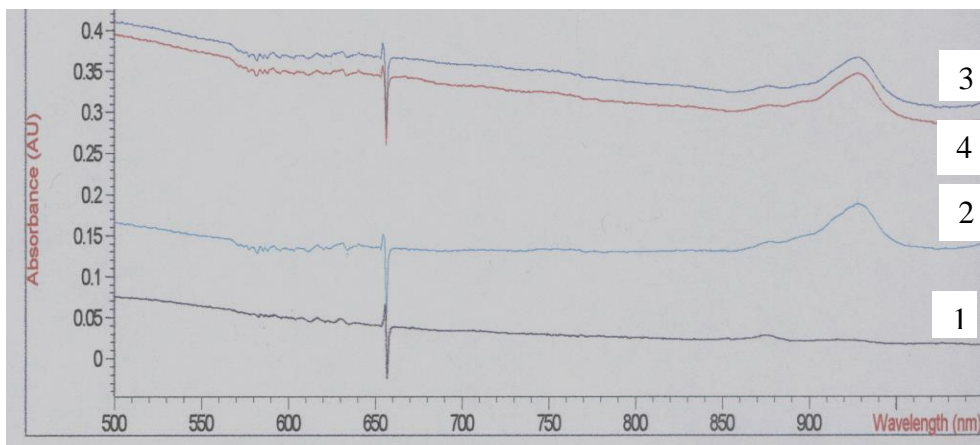


Figure 3. Post-pressure effect for camellia oil in the case of absorbance spectra in visible–infrared range. Black colour (1) – absorption cell, blue colour (2) - oil before pressure treatment, dark blue (3) – just after pressure treatment, red colour (4) – measurement after two months later

Pociśnieniowy efekt w oleju kameliowym w spektralnym pochłanianiu w zakresie widzialnym i w podczerwieni. Kolor czarny (1) – absorpcja aparaturowa, kolor niebieski (2) - układu po napełnieniu przed ciśnieniem, czarny kolor (3) - absorpcja oleju mierzona tuż po dekompozycji fazy wysokociśnieniowej, kolor czerwony (4) - po dwóch miesiącach później

It is interesting why in the case of camellia oil observed above phenomenon has opposite behavior to the behavior of castor and rapeseed oils, see Fig. 4.

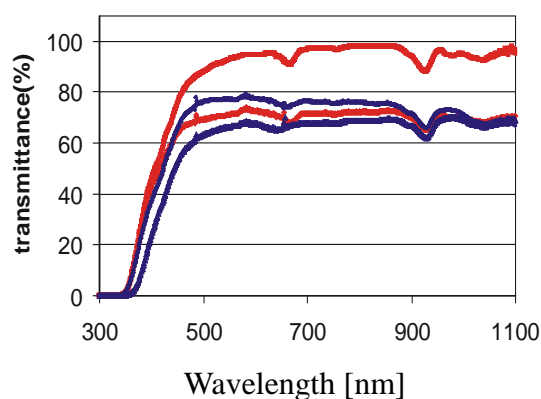


Figure 4. Spectral transmittance of castor oil (red color) and for rapeseed oil (blue color) before (low lines) and after decomposition of their high pressure phases (upper lines)

Spektralna przenikalność oleju rycynowego (czerwony kolor) i oleju rzepakowego (kolor niebieski) przed (linie dolne) i po dekompozycji ich faz wysokociśnieniowych (górne linie)

Here spectra measurements were done using special, of low absorbing, cuvettes. Independent of this fact a correction of experimental data was done.

It was interesting to know if pressure treatment (including phase transition) changes other camellia properties or not. Therefore control measurements, after a pressure procedure on camellia oil, in the form of kinematic viscosity measurements (performed in the specialist laboratory using a method defined in PN-ISO 3104:2004) were undertaken. Measurements pointed out a large increase from $(87.84 \pm 0.31) \text{ mm}^2/\text{s}$ to $(155.66 \pm 0.10) \text{ mm}^2/\text{s}$ (dynamic viscosity $\approx 155 \text{ mPas}$) at temperature 21°C , (77%) and from $(40.69 \pm 0.45) \text{ mm}^2/\text{s}$ to $(64.05 \pm 0.10) \text{ mm}^2/\text{s}$ (dynamic viscosity $\approx 64 \text{ mPas}$) at temperature of 40°C , (56%). The dynamic viscosity of the pure triolein, at room temperature, is equal to 54 mPas and is about 40% smaller than those of camellia oil dynamic viscosity, equal to 87 mPas .

Some data about the shape of glyceride particles (e.g. triolein - main component of camellia oil) before and after pressure induced solidification is given by [Tefelski 2013], see Appendix. According to this Author full triolein high pressure phase was attained by him at pressure 250 MPa , but in paper by [Kos et al. 2007] a much higher, namely about 350 MPa what is closer to our data 320 MPa , [Wiśniewski et al. 2001].

CONCLUSIONS

The phenomenon of phase change transition in camellia oil is similar to the cases of soya and rapeseed oils which are simple high pressure phase transition opposite to the castor oil high pressure phase which is, most probably, a new phase obtained in specific conditions. Also comparing Fig. 3 with Fig. 4, one can see, that the character of behaviour of camellia oil and castor and rapeseed oils, in the case of optic properties are fundamentally different (different signs of changes in absorbance or in transmittance). Specific but common for those oils properties (of high pressure phases), at decreasing pressure, is wide hysteresis; so constructing phase diagrams for those oils this fact should be taken under consideration. What is the reason for viscosity increasing, in the case of camellia oil after pressure procedure, is the open problem. Two effects are possible - large increases of intermolecular forces or generation of the more complicated shape of main component molecules [Tefelski 2013]. So we can see two un reversible effects: hydro-mechanical (the increasing of the viscosity) and optical one (the increasing of the absorbance in the optical IR-V region). This last effect was observed by [Kos et al. 2007], for pure triolein.

Currently, the pressure-testing of liquid lipids are quite advanced. They must demonstrate the full desirability of using pressure technology in food processing and preservation by demonstrating advantages and exclude the possibility of producing, for example, carcinogenic compounds [Kos et al. 2007].

ACKNOWLEDGEMENTS

The authors would like to thank Dr hab. Zofia Grażyna Żukowska from WUT, Faculty of Chemistry, for spectra measurements. Thanks to Professor Ph. D. Hab. Eng. Arthur Hugo Świergiel, director of Institute of Agricultural and Food Biotechnology, Warsaw, for his interest in developing of our investigations in the directed by him Institute.

REFERENCES

1. Wiśniewski R, Jędrzejewski J., Siegoczyński R.M. (1994). Electric permittivity and dielectric loss of castor oil during its transformation to the high pressure phase. *High Pressure Research*, v.13, 41-48
2. Kos A., Tefelski D.B., Kościeszka R., Rostocki A.J., Roszkiewicz A, Ejchart W., Jastrzębski C., Siegoczyński R.M. (2007). Certain physico-chemical properties of triolein and methyl alcohol – triolein mixture under pressure. *High Pressure Research* v. 27:1, 39-42
3. Tefelski D.B. (2013). Studies of phase dynamics due to high pressure in selected glycerides and fatty acids. Doctoral Dissertation, Warsaw University of Technology, Faculty of Physics
4. Wiśniewski R., Wilczyńska T. (2008). Solidification phenomenon in camellia oil under high pressure in room temperature. Spain, Valencia, 46EHPRG, Conference program
5. Wiśniewski R., Wilczyńska T. (2009). Solidification phenomenon in camellia oil under high pressure in room temperature, Institute of Atomic Energy POLATOM, Otwock-Świerk, now National Centre for Nuclear Research (Poland). Annual Report
6. Wiśniewski R., Siegoczyński R.M., Długosz A., Przewłocki M., Szymański M., Trzeciecki M. (2001). Investigation of triolein under high pressure. *High Temperatures High Pressures*, 33, 231-236
7. Zulkurnain M., Maleky F., Balasubramaniam V.M., (2016). High Pressure Processing on Lipids Thermophysical Properties and Crystallisation Kinetics. *Food Eng. Review*, Balasubramaniam mI@osu.edu

APPENDIX

The structures of camellia oil components are very complicated. On Fig. 5, as the example - on the left side - structure of triolein particles are shown.

The high pressure phases are - under normal conditions - unstable. Thanks to our construction of the quick demounting high pressure apparatus, authors some years ago, were

able to take pictures of the high pressure phase of the castor oil and just after its returning to the normal state, see picture Fig. 5 on the right.

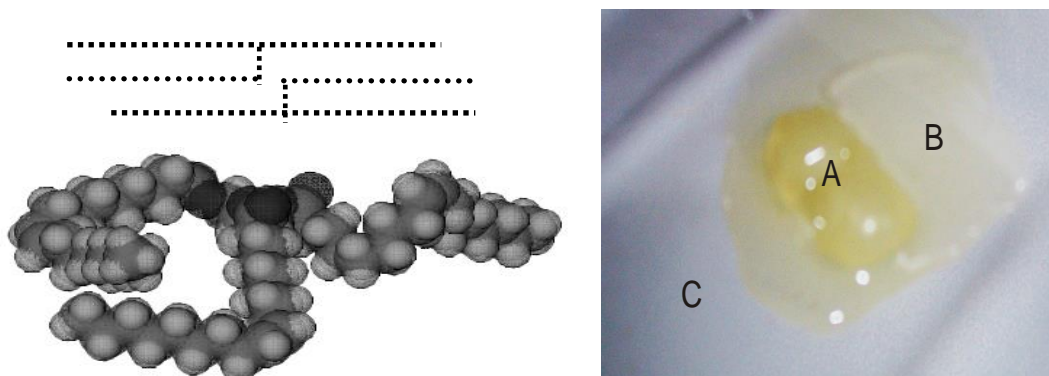


Figure 5. On the left: the model of the triolein molecule, the main component of camellia oil, in its liquid state and schematically two triolein molecules in chair conformations after solidification in β structure [Tefelski, 2013]. On the right the picture of the castor oil high pressure phase under atmospheric pressure – A, its phase after coming to normal state – B and the picture of the surface of the ceramic cuvette - C

Po lewej: model cząsteczki trójoleinianu - głównego składnika oleju kameliowego - w stanie płynnym i model schematyczny dwóch krzeselkowych konformacji molekuł trójoleinianu w stanie stałym, tworzące β fazę [Tefelski, 2013]. Po prawej zdjęcie fazy wysokociśnieniowej oleju rycynowego pod ciśnieniem atmosferycznym - A, jego fazy po przejściu w stan normalny - B, powierzchni ceramicznej kuwety – C

COMPARISON OF THE FATTY ACIDS COMPOSITION OF SELECTED SOFT MARGARINES PRESENT ON THE POLISH AND SPANISH MARKETS IN THE PRO-HEALTH ASPECT

Barbara Noszka

Dział Badań i Rozwoju, Zakłady Tłuszczowe „Bielmar” Sp. z o.o. w Bielsku-Białej

barbara.noszka@bielmar.com.pl

Summary

The aim of this work was to compare selected margarines from the Polish and Spanish markets in aspect of fatty acid composition. For the study were used 10 types of soft margarines (5 from Poland, 5 from Spain) with different levels of total fat content. The fatty acid composition was determined by gas chromatography of methyl esters. The analysis of the FA composition showed a generally lower level of saturated fatty acids in the samples of margarines from Poland. Both in products from Spain and Poland, the level of trans fatty acids was less than 1%. The content of monoenoic fatty acids in Spanish products was significantly lower than in margarines from Poland. In each of the margarines from Poland, a significant share of C18:3 acid (ALA) in the total PUFA value was found. The comparison of polyenic fatty acids of Spanish and Polish products indicates the higher nutritional value of Polish margarines.

Keywords: soft margarine, fatty acids composition, gas chromatography, emulsion, *trans* fatty acids

PORÓWNANIE SKŁADU KWASÓW TŁUSZCZOWYCH WYBRANYCH MARGARYN MIĘKKICH OBECNYCH NA RYNKACH POLSKIM I HISZPAŃSKIM W ASPEKTCIE PROZDROWOTNYM

Streszczenie

Celem pracy było porównanie wybranych margaryn z rynku polskiego i hiszpańskiego w aspekcie składu kwasów tłuszczowych. Do badań zastosowano 10 rodzajów margaryn miękkich (5 z Polski, 5 z Hiszpanii), o zróżnicowanym poziomie ogólnej zawartości tłuszczu. Oznaczenie składu kwasów tłuszczowych przeprowadzono metodą chromatografii gazowej. Analiza składu kwasów tłuszczowych margaryn wykazała ogólnie niższy poziom nasyconych

kwasów tłuszczowych w próbach polskich margaryn. Zarówno w produktach hiszpańskich jak i polskich poziom izomerów *trans* kwasów tłuszczowych stanowił poniżej 1%. Zawartość monoenurowych kwasów tłuszczowych w produktach hiszpańskich, kształtowała się na znacząco niższym poziomie w porównaniu z margarynami polskimi. W każdej z margaryn z Polski stwierdzono istotny udział kwasu C18:3 (ALA) w całkowitej wartości PUFA. Porównanie polienowych kwasów tłuszczowych produktów hiszpańskich i polskich wskazuje na wyższe walory żywieniowe margaryn polskich.

Słowa kluczowe: margaryna miękka, skład kwasów tłuszczowych, chromatografia gazowa, emulsja, olej rzepakowy, olej słonecznikowy, izomery *trans*

INTRODUCTION

Fatty acids (FA) are monocarboxylic aliphatic compounds that differ in the length of the carbon chain and the number of double bonds between carbon atoms. Due to the presence and location of the double bond in the carbon chain, fatty acids are divided into saturated fatty acids (SFA), monoenic fatty acids (MUFA) and polyenic fatty acids (PUFA) (Mojska et al., 2020).

Saturated fatty acids do not have double bonds, while MUFAs have one double bond, PUFA polyenic fatty acids have two or more double bonds (Łoźna et al. 2012). The position of the double bond in the carbon chain classifies unsaturated fatty acids into the n-3, n-6, n-7 or n-9 families. This means that the first double bond is at 3rd, 6th, 7th or 9th carbon atom respectively, counting from the carbon of the methyl group -CH₃, which is called the omega carbon. (Mojska et al. 2020). Most unsaturated fatty acids are in the *cis* configuration as well as in small amounts in the *trans* configuration. Trans Fatty Acids (TFA) exist as *trans*-MUFA or *trans*-PUFA. The *trans*-PUFAs may have at least one double bond in the *trans* position and the remainder may be in the *cis* configuration (Turck & Curtui 2017). Both SFA and MUFA are synthesized in the human body (Dutkowska & Rachoń 2015).

Polyenic fatty acids C18: 3 α -linolenic ALA belonging to n-3 and C18:2 linoleic LA belonging to n-6, are a special case, since they cannot be formed in the human body. These acids are precursors for the synthesis of (LC-PUFA) long-chain polyunsaturated fatty acids, they must be supplied from food to the body. In the presence of the enzymes: elongase and Δ -6, Δ -5, Δ -4 desaturases, C18: 2 LA and C18: 3 ALA acids undergo changes in the body consisting in elongation of their structure and formation of double bonds. As a result of the synthesis, LC-PUFAs are formed, which include: arachidonic acid C20:4 (ARA) n-6,

eicosapentaenoic acid C20:5 (EPA) and docosahecasenoic acid C22:6 (DHA), classified as n-3 (Dutkowska & Rachoń 2015), (Burdge & Calder 2005), (Materac et al. 2013), (Lee et al. 2016). Omega-3 and omega-6 fatty acids are necessary for the proper growth, development and proper functioning of all organs in the human body, especially the cardiovascular system, the eye's retina and the brain (Contreras & Stanley 2002).

The appropriate level of essential fatty acids (EFAs) in the body prevents heart attacks, strokes, regulates blood pressure, prevents cardiac arrhythmias and inhibits the formation of blood clots in the coronary vessels (Materac et al. 2013), (Ziemlański & Budzyńska-Topolowska 1991), (Marciniak-Łukasiak 2011), (Larqué et al. 2003). The best source of EFAs in the diet are vegetable oils and food products containing them. LC-PUFAs such as EPA and DHA are delivered to the body in large amounts along with the consumption of oily sea fish and seafood (Lee et al. 2009), (Tur et al. 2012), (Sicińska et al. 2015). Saturated fatty acids play mainly an energetic role. Excess SFA intake contributes to raising the level of LDL cholesterol and affects blood clotting. Monoenic fatty acids, in addition to providing energy, reduce the concentration of total cholesterol in blood plasma (Hunter et al. 2010), (Łoźna et al. 2012).

The European Food Safety Authority (EFSA) provides the following recommendation as regards fat intake as published in the “Dietary References Values for Nutrients Summary Report” (Turck & Curtui 2017). The reference intake (RI) of total fat for an adult is 20 – 35% of recommended daily energy intake. An adequate intake (AI) dose has been established for PUFAs. For C18:2 LA linoleic acid, the AI level is 4% of recommended daily energy intake, while for C18:3 α -linolenic acid ALA it is 0,5%. According to the EFSA recommendation, the total adequate intake of EPA and DHA acids was set at level of 250 mg per day. For SFA and TFA, EFSA recommends that the daily intake should be as low as possible. No dietary references values have been established monounsaturated fatty acids.

Margarine, as a product containing fat, is an important part of the diet. It can be a carrier of valuable pro-health ingredients. This is due to the fact that it is a product that it is a product consumed in a repeatable way, which means that people who use margarine for spreads, usually do it systematically and in repetitive amounts (Pilska 2020), (Ostasz & Kondratowicz-Pietruszka 2010). The nutritional value of margarines results mainly from the fact that they are an important source of fats in the human diet. In the recipes of oil-fat blends of soft margarines, the content of liquid oils ranges from 60 to 80%. Solid fats, forming a crystal lattice and enabling the creation of a stable emulsion, constitute only from 20 to 40% (Garsetti et al. 2016), (Krygier 2010).

The high proportion of liquid oils with a low proportion of solid fats results in soft margarines distinguished by a low level of SFA and a high level of unsaturated fatty acids, including polyenic acids belonging to the n-6 and n-3 families (Okręglińska et al. 2017). The high content of liquid oils in the recipes of soft margarines largely determines the composition of fatty acids. Local production and historical conditions influence the type of liquid oils most often used in margarine production, which may affect the nutritional value of the products. In Poland, Germany, the Czech Republic and Slovakia, due to the dominant cultivation of rapeseed, rapeseed oil is mainly used. In countries such as Spain, France, Hungary, which are the main sunflower producers, the consumption of sunflower oil prevails (Boczar & Goryńska-Goldmann 2005).

The aim of the study was to compare the fatty acid composition of selected soft margarines from the Polish and Spanish markets.

MATERIAL AND METHODS

Ten brands (five from Poland and five from Spain) of soft margarines with different levels of total fat content were examined. Samples were stored under refrigeration 5°C until they were analyzed. Each margarine was analyzed 3 times. In order to avoid advertising the products and to ensure an objective evaluation, the samples are marked with the following codes:

MP1-80 - soft margarine 80% of total fat. The composition of the fat blend, according to the information on the packaging: rapeseed, sunflower and palm oils;

MP2-60 - soft margarine 60% of total fat. The composition of the fat blend, according to the information on the packaging: oils rapeseed and sunflower, palm fat;

MP3-60 - soft margarine 60% of total fat. The composition of the fat blend, according to the information on the packaging: oils rapeseed and palm;

MP4-40 - soft margarine 40% of total fat. The composition of the fat blend, according to the information on the packaging: oils: rapeseed, palm and sunflower;

MP4-39 - soft margarine 39% of total fat. The composition of the fat blend, according to the information on the packaging: oils: rapeseed and sunflower, palm fat;

From the Spanish market, 5 margarines were tested. The material was marked with the codes:

MH1-60 - soft margarine 60% of total fat. The composition of the fat blend, according to the information on the packaging: oils: sunflower, soybean, linseed and palm fat;

MH2-60 - soft margarine 60% of total fat. The composition of the fat blend, according to the information on the packaging: sunflower oil, fats: palm, coconut;

MH3-50 - soft margarine 50% of total fat. The composition of the fat blend, according to the information on the packaging: sunflower oil and fats: palm, coconut;

MH4-40 - soft margarine 40% of total fat. The composition of the fat blend, according to the information on the packaging: oils: sunflower, palm, and palm fat;

MH5-40 - soft margarine 40% of total fat. The composition of the fat blend, according to the information on the packaging: rapeseed oil; and fats: palm, coconut.

The fatty acid composition was determined by gas chromatography. Transformations of triacylglycerols into fatty acid methyl esters were carried out according to the PN-EN ISO 12966-2:2017-05 standard. The obtained fatty acid methyl esters were separated using a Hewlett-Packard 6890 gas chromatograph with a flame ionization detector. A 30 m long capillary column was used; diameter 0.25 mm, film thickness 0.20 μm , with CP Sil 88 stationary phase. Column temperature was 180°C (1 min) – 225°C, $\Delta t = 10^\circ\text{C} / \text{min}$, detector and dispenser temperature - 250°C. Carrier gas: helium. Flow 1.8 cm^3 / min . Split: 200: 1. The individual fatty acid methyl esters were identified by their retention times and compared to the FAME reference standards from Sigma and Supelco. The percentage of fatty acids was calculated from the integration of the peak areas and expressed as the percentage of individual fatty acids in relation to the total amount of fatty acids.

Measured values are expressed as mean $x \pm$ standard deviation (SD). The ANOVA test was used to perform the analysis of variance by F. Fisher's method. Using the Tukey's test, at the significance level $\alpha = 0.05$, the obtained mean results were compared. Statistical analyzes were performed using the Statistica 13.1 program.

RESULTS AND DISCUSSION

The contribution of individual fatty acids in the test margarines, expressed as a [% m/m], shown in Table 1 and 2. Characteristic saturated fatty acids for margarines from both the Polish and Spanish markets are: C16:0 palmitic acid, C18:0 stearic acid and C12:0 lauric acid. For margarines from Poland, the C16:0 content was the most 12.7% for the MP1-80 sample, and the least 6.5% for the MP5-39 sample. The share of palmitic acid in margarines from Spain ranged from 10.2% for the MH1-60 margarine to 5.9% for the MH5-40. The C12:0 and C18:0 acids did not constitute a significant share in the total SFA content. The sum of saturated fatty acids for individual samples is presented in Figure 1. In the 60% fat margarines, differences in the total share of saturated fatty acids were found. The MH1-60 and MH2-60 margarines were characterized by a significantly higher level of SFA than products

from Poland with the same fat content. The MP2-60 and MP3-60 samples contained 13.3% and 13.2% SFA, respectively, for the Spanish MH1-60 and MH2-60 margarine it was 15.1% and 17.9%. The semi-skimmed margarines MP4-40 and MH4-40 showed statistically significant difference in the total SFA content. The sample from Poland was characterized by a lower level of saturated fatty acids. The MP5-39 and MH5-40 semi-fatty margarines did not differ significantly in terms of the total SFA content. In the samples from Poland, the highest level of TFA was 0.4% for the MP1-80 and MP2-60 margarines. The obtained results of Polish products were consistent with the results of research on the content of TFA in soft margarines, carried out by the National Institute of Food and Nutrition and Department of Social Medicine and Public Health, Medical University of Warsaw in 2017. The presented results of the content of *trans* isomers for the tested soft margarine were below 1% (Okreglicka et al. 2017). The TFA content for Spanish products was the highest 0.2% for the MH2-60 and MH3-50 samples. The obtained *trans* isomer level results were consistent with the results of the Spanish margarine research conducted by Iciar Astiasarán in 2017. (Astiasarán et al. 2017).

Table 1. Fatty acids composition [% m/m]
Skład kwasów tłuszczowych [% m/m]

Samples code	MP1-80		MP2-60		MP3-60		MP4-40		MP5-39		MH1-60		MH2-60		MH3-50		MH4-40		MH5-40	
	\bar{x}	SD	\bar{x}	SD	\bar{x}	SD	\bar{x}	SD	\bar{x}	SD	\bar{x}	SD	\bar{x}	SD	\bar{x}	SD	\bar{x}	SD	\bar{x}	SD
C8:0	0,19a	0,01	0,09b	0,08	0,15ab	0,02	0,11ab	0,02	0,17ab	0,03	0,11ab	0,01	0,45c	0,03	0,17ab	0,02	0,44c	0,01	0,19a	0,01
C10:0	0,21bc	0,10	0,09	0,08	0,15ab	0,02	0,12a	0,00	0,16ab	0,02	0,11a	0,01	0,40d	0,02	0,15ab	0,00	0,37d	0,01	0,25c	0,01
C12:0	2,93d	0,08	1,73a	0,25	2,52c	0,03	1,57a	0,04	2,08b	0,22	1,18e	0,04	3,82g	0,02	2,13b	0,01	3,42f	0,04	2,68cd	0,06
C14:0	1,22a	0,09	0,74bc	0,04	0,93d	0,02	0,63b	0,01	0,81cd	0,05	0,58b	0,02	1,31a	0,14	0,91cd	0,03	1,27a	0,02	1,18a	0,01
C16:0	12,66g	0,57	8,52cd	0,04	7,95c	0,15	6,69b	0,07	6,47ab	0,33	10,16f	0,03	9,55ef	0,12	9,07de	0,05	6,17ab	0,01	5,96a	0,07
C16:1 n-7	0,16b	0,06	0,07a	0,06	0,26c	0,02	0,08ab	0,01	0,08ab	0,01	0,10ab	0,01	0,08ab	0,00	0,05a	0,01	0,07a	0,00	0,04a	0,01
C18:0	2,69e	0,32	1,71c	0,09	1,26b	0,08	0,97ab	0,02	1,17ab	0,03	2,54e	0,04	2,07d	0,07	1,85cd	0,01	1,1ab	0,02	0,92a	0,01
C18:1 n-9	27,78f	0,82	29,02g	0,4	31,9h	0,24	20,47d	0,15	16,78ab	0,23	17,21ab	0,28	17,43ab	0,09	16,52a	0,07	18,99d	0,03	18,08c	0,02
C18:2 n-6	29,77g	0,33	14,97e	0,55	9,98b	0,31	6,33d	0,07	9,65b	0,53	24,26c	0,16	24,12c	0,03	18,17f	0,17	7,73a	0,02	7,58a	0,01
C18:3 n-3	1,29ab	0,11	2,21bc	0,09	4,03e	0,11	2,17bc	0,05	1,09ab	0,05	3,01c	0,17	0,41a	0,02	0,54a	0,02	0,10d	0,00	2,41c	0,01
C20:0	0,29c	0,1	0,24bc	0,02	0,25bc	0,02	0,19ab	0,01	0,13a	0,01	0,17ab	0,02	0,13a	0	0,14a	0,01	0,15ab	0,00	0,17ab	0,02
C20:1 n-9	0,43bc	0,18	0,44bc	0,04	0,57c	0,02	0,37bd	0,01	0,22ad	0,01	0,14a	0,01	0,08a	0,01	0,13a	0,01	0,22ad	0,01	0,45bc	0,00
C22:0	0,39d	0,08	0,16ac	0,15	0b	0	0,08ab	0,01	0,11ab	0,01	0,28cd	0,04	0,22ac	0,01	0,19ac	0,01	0b	0	0,08ab	0,01
C22:1 n-9	0,01ab	0,02	0a	0	0,03ab	0,05	0,04ab	0,02	0,07b	0,02	0,02ab	0,03	0a	0,01	0a	0,01	0a	0,01	0a	0,01

\bar{x} – mean value / wartość średnia; SD – standard deviation / odchylenie standardowe; n = 3; a,b,c,d,e,f,g – mean values in rows and denoted by different letters differ statistically significantly ($p < 0.05$) / wartości średnie w wierszach oznaczone różnymi literami różnią się statystycznie istotnie ($p < 0,05$)

Table 2. The share of SFA, MUFA, PUFA and TFA fatty acids expressed in [% m/m]
Zawartość kwasów tłuszczowych SFA, MUFA, PUFA i TFA wyrażonych w [% m/m]

Samples code	MP1-80		MP2-60		MP3-60		MP4-40		MP5-39		MH1-60		MH2-60		MH3-50		MH4-40		MH5-40	
	\bar{x}	SD	\bar{x}	SD	\bar{x}	SD	\bar{x}	SD	\bar{x}	SD	\bar{x}	SD	\bar{x}	SD	\bar{x}	SD	\bar{x}	SD	\bar{x}	SD
TFA Σ C18:1t C18:2t	0,4b	0,07	0,4b	0,25	<0,1	0,01	<0,1	0,01	0,3bc	0,09	0,1a	0,03	0,2abc	0,02	0,2abc	0,03	<0,1	0,02	<0,1	0,01
Σ SFA	20,6f	0,96	13,3a	0,30	13,2a	0,23	10,4b	0,09	11,1bc	0,50	15,1d	0,04	17,9e	0,02	14,6d	0,09	12,9a	0,04	11,4c	0,03
Σ MUFA	28,4f	0,93	29,5g	0,48	32,8h	0,22	20,9e	0,17	17,2a	0,27	17,5ab	0,31	17,6ab	0,09	16,7a	0,07	19,3cd	0,02	18,6a	0,02
Σ PUFA	31,1g	0,43	17,2e	0,64	14,0d	0,20	8,5a	0,04	10,7b	0,50	27,3	0,33	24,5c	0,05	18,7f	0,15	7,8a	0,02	9,9b	0,02

\bar{x} – mean value / wartość średnia; SD – standard deviation / odchylenie standardowe; n = 3; a,b,c,d,e,f,g – mean values in rows and denoted by different letters differ statistically significantly (p < 0.05) / wartości średnie w wierszach oznaczone różnymi literami różnią się statystycznie istotnie (p < 0,05)

The level of *trans* fatty acids in all tested margarines was below 1% and was in accordance with the requirements commission regulation (EU) 2019/649 of 24 April 2019 amending Annex III to Regulation (EC) No 1925/2006 of the European Parliament and of the Council as regards *trans* fat, other than *trans* fat naturally occurring in fat of animal origin establishing the maximum level of *trans* isomers. The regulation apply in the EU from April 1, 2021. It limits a maximum of 2 g of *trans* isomers per 100 g of fat in food intended for the final consumer and in food intended to be supplied to retail trade.

The participation of monoenoic fatty acids in margarines from Poland ranged from 32.8% for the MP3-60 sample to 17.2% for the MP5-39. Margarines from Spain were characterized by a significantly lower and less diversified level of MUFA. The MH4- 40 sample contained the highest amount - 19.3%, whereas the MH3- 50 sample contained the lowest - 16.7%. Both in the case of margarines from the Polish and Spanish markets, C18:1 oleic acid belonging to the n-9 family had the largest share among monoenic fatty acids. The amounts of the remaining monounsaturated acids C16:1 n-7, C20:1 n-9 and C22:1 n-9 were less than 1%. The share of MUFA in the tested margarines is presented in Figure 2.

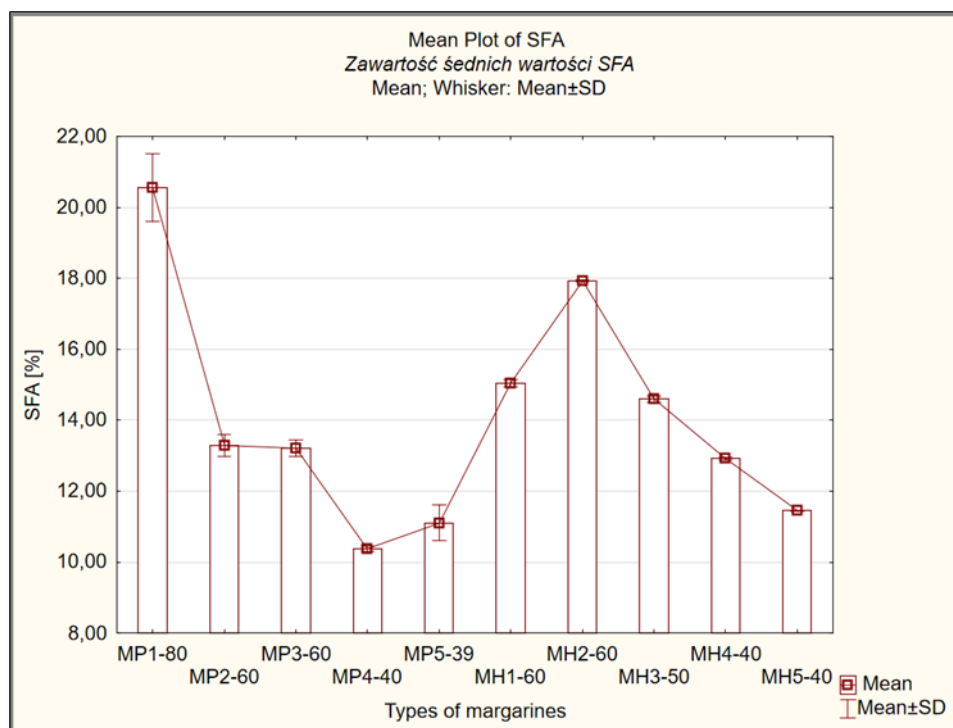


Figure 1. The content of saturated fatty acids – SFA
Zawartość nasyconych kwasów tłuszczowych - SFA

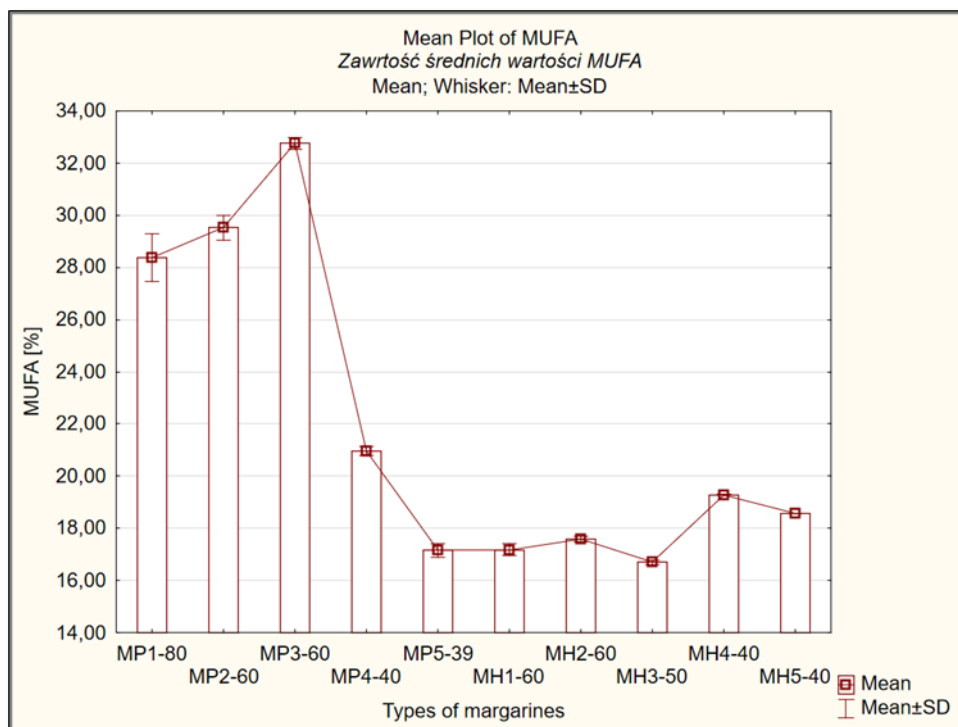


Figure 2. The content of monounsaturated fatty acids – MUFA
Zawartość monoenowych kwasów tłuszczowych - MUFA

The presence of C18:3 ALA acid was found in all Polish samples. The highest level of 4.0% was observed in MP3-60, the lowest 1.1% in MP5-39. ALA acid values for the remaining test ranged from 1.3% to 2.2%. The participation of the C18:2 LA acid in individual margarines from Poland ranged from 6.3% for MP4-40 to 29.8% for MP1-80. The total content of polyenic fatty acids ranged from 8.5% for MP4-40 to 31.1% for MP1-80. The share of C18:3 ALA in Spanish margarines was at the level of 3.0% for the sample MH1-60, down to just 0.1% for margarine MH4-40. For the remaining margarines, the participation of α -linolenic acid ranged from 2.4% to 0.4%. The C18:2 LA acid level was the highest for margarine MH1-60 - 24.3%. Test MH5-40 was characterized by the lowest amount of LA acid, 7.6%. Among Spanish margarines, sample MH1-60 had the highest total value of 27.3% as for PUFA. The lowest amount of polyunsaturated fatty acids, 7.8%, was found in product MH4-40. The content of polyenic fatty acids in all tested margarines is presented in Figure 3. The PUFA share in each of the tested samples is directly proportional to the total fat content. The high level of fat in the product translates into a high level of polyenic fatty acids. In the margarines from Spain, MH2-60 and MH3-60, a statistically significantly higher level of PUFA was observed compared to margarines from Poland with a similar total fat content. However, the profile of fatty acids included in PUFA should be distinguished.

In margarines from Poland, in each case, there are two types of polyenic acids: C18:2 LA belonging to n-6 and C18:3 ALA belonging to n-3, where ALA constitutes a significant share in the total PUFA value. The presence of both C18: 2 n-6 and C18:3 n-3 acids allows for the synthesis in the human body of long-chain LC-PUFA towards the acids C20:4 ARA, n-6, as well as C20:5 EPA and C22:6 DHA, n-3. In margarines from Spain the share of α -linolenic acid is statistically significantly lower than in products from Poland. In the case of samples MH2-60, MH3-50 and MH4-40, the total participation of polyenic fatty acids corresponds to the content C18: 2 LA, n-6.

Among the margarines from Spain, a significant share of the C18:3 ALA acid in the total PUFA content concerned only the samples MH1-60 and MH5-30. The participation of C18:2 linoleic and C18:3 α -linolenic in the tested margarines is shown in Figure 4.

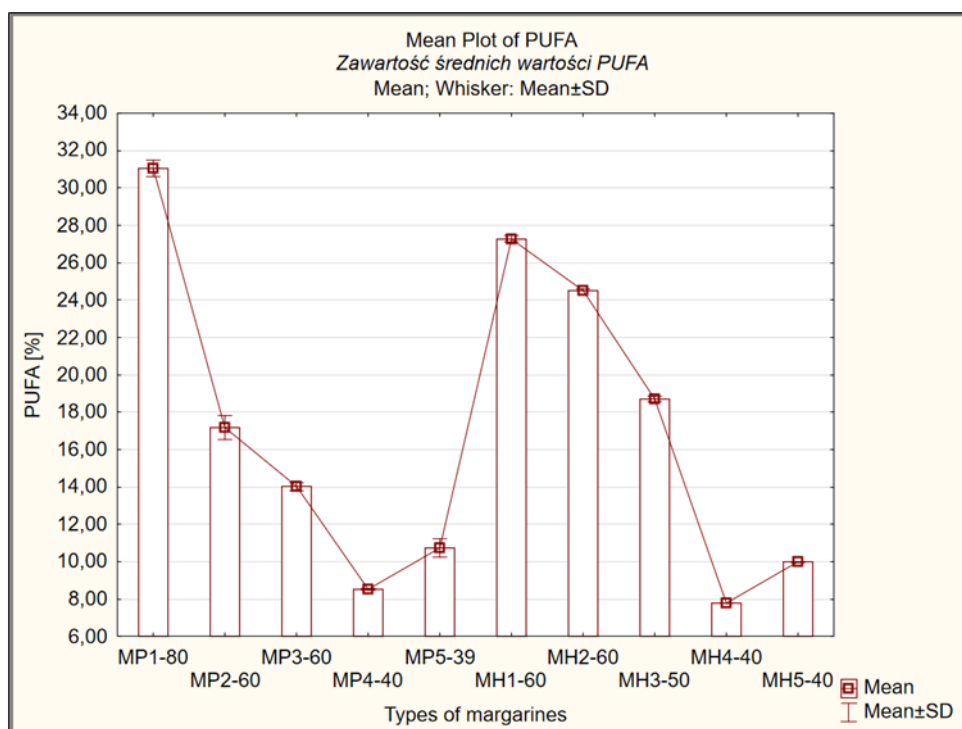


Figure 3. The content of polyunsaturated fatty acids – PUFA
Zawartość polienowych kwasów tłuszczowych – PUFA

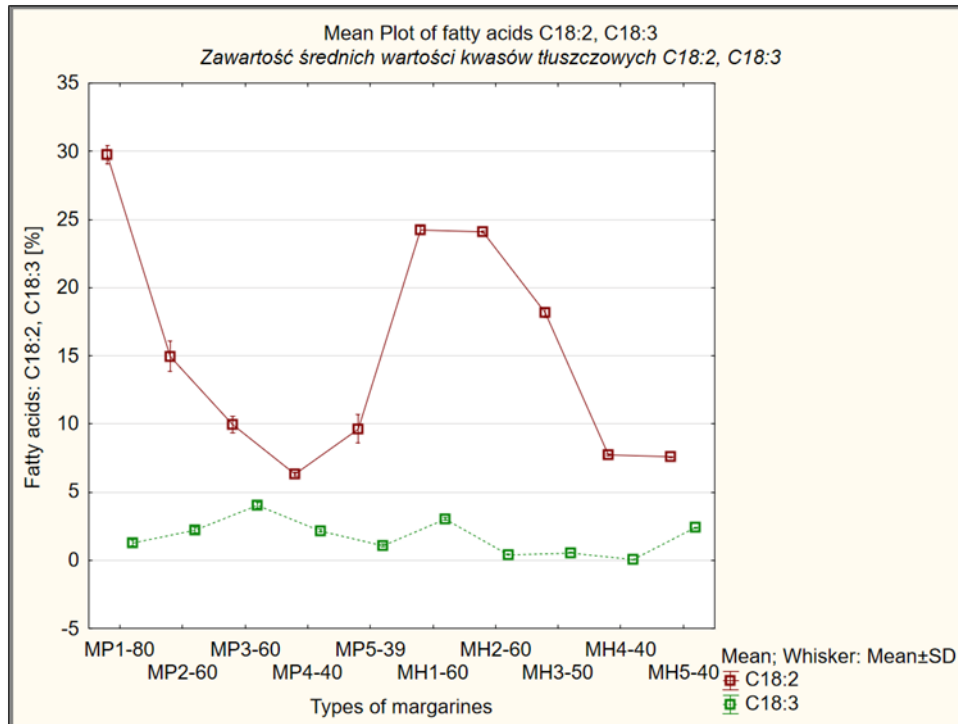


Figure 4. The content of polyenic fatty acids C18: 2 LA and C18: 3 ALA
Zawartość polienowych kwasów tłuszczowych C18:2 LA i C18:3 ALA

In order to indicate the nutritional role of margarines among the population in the countries in question, their intake volume should be taken into consideration. According to literature data in Poland, approximately 4.4 kg of margarines are consumed per person annually (Rosiak, 2016). In Spain, including butter, it is only 1.2 kg (Partearroyo et al. 2019), (Varela-Moreiras et al. 2013), (Moreno et al. 2002). It is also important to analyze the intake of other fats that are the source of EFAs in the diet. In 2016, the consumption of vegetable oils in Poland was approximately 5.7 kg per person, of which only 0.1 kg was olive oil. The remaining are mainly rapeseed and sunflower oils (Rosiak 2016). According to data from 2019 (Partearroyo et al. 2019), in Spain, the annual intake of vegetable oils was 7.7 kg per person, of which 6.4 kg was olive oil and 1.3 kg was other vegetable oils. Moreover, Poland and Spain differ significantly in terms of the intake of fish and seafood, which are the source of n-3 EPA and DHA. In Poland, it is about 12-13.5 kg per person (Mojska et al. 2020), while in Spain 22.7 kg (Partearroyo et al. 2019).

Taking into account the intake of margarines, vegetable oils and fish, it can be noticed that in Spain the main source of n-3 fatty acids is fish and seafood. Vegetable oils (mainly olive oil) and, to a lesser extent, margarines provide the diet of Spaniards mainly with fatty acids belonging to the n-6 and n-9. The relatively low consumption of fish in Poland makes it

necessary to supply n-3 fatty acids with other dietary components. These are mainly vegetable oils (mainly rapeseed) and soft margarines, which are the source of C18:3 ALA and C18:2 LA acids, precursors of LC-PUFA synthesis.

CONCLUSIONS

1. The conducted research gave an overview of the profile of fatty acids occurring in soft margarines on the Polish and Spanish market and showed the differentiation between them.
2. The analysis of the fatty acid composition of margarines showed lower level of SFA in the samples of margarines from Poland.
3. Both in products from Spain and Poland, the amount of trans isomers of fatty acids was below 1%.
4. The participation of monoenic fatty acids in Polish products was significantly higher than in margarines from Spain.
5. Products from Poland were characterized by a more favorable profile of polyenic fatty acids in terms of nutritional suitability. In each of the margarines, a significant share of the C18: 3 acid (ALA) in the total PUFA composition was found.
6. Comparison of polyunsaturated fatty acids of Spanish and Polish products shows higher nutritional value of Polish margarines.

REFERENCES

1. Astiasarán I., Abella, E., Gatta, G., Ansorena, D. (2017). Margarines and Fast-Food French Fries: Low Content of trans Fatty Acids. *Nutrients* 9(7), pp. 662-682
2. Boczar P., Goryńska-Goldmann E. (2005). Kształtowanie się spożycia olejów roślinnych w Polsce, UE i w świecie. *Stowarzyszenie Ekonomistów Rolnictwa i Agrobiznesu Roczniki Naukowe Tom VII, zeszyt 8*, pp. 20-24
3. Burdge G., Calder P. (2005). Conversion of alpha-linolenic acid to longer-chain polyunsaturated fatty acids in human adults. *Reproduction Nutrition Development* 45, pp. 581-597
4. Commission Regulation (EU) 2019/649 of 24 April 2019 amending Annex III to Regulation (EC) No 1925/2006 of the European Parliament and of the Council as regards trans fat, other than trans fat naturally occurring in fat of animal origin

5. Contreras M., Stanley R. (2002). Recent studies on interactions between n-3 and n-6 polyunsaturated fatty acids in brain and other tissues. *Current Opinion Lipidology Journal*, 13(3), pp. 267-272
6. Dutkowska A., Rachoń D. (2015). Rola kwasów tłuszczowych n-3 oraz n-6 w prewencji chorób układu sercowo-naczyniowego. *Choroby Serca i Naczyń*, 12(3), pp. 154-159
7. Garsetti M., Balentine D.A., Zock P.L, Blom W.A.M. (2016). Fat composition of vegetable oil spreads and margarines in the USA in 2013: a national marketplace analysis. *International Journal of Food Sciences and Nutrition* 67:4, pp. 372-382
8. Hunter J., Hang P., Kris-Etherton P. (2010). Cardiovascular disease risk of dietary stearic acid compared with trans, other saturated and unsaturated fatty acids: a systematic review. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 91, pp. 91-129
9. Krygier K. (2010). *Współczesne margaryny. Aspekty technologiczne i żywieniowe.* Wydawnictwo Naukowo-Techniczne, pp. 141-158
10. Larqué E., Galaret M., Pérez-Llamas F., Zamora S. (2003). Fatty acid composition and nutritional relevance of most widely consumed margarines in Spain. *Grasas y Aceites* Vol. 54. Fasc. 1, pp. 65-70
11. Lee J., Lee H., Kang S., Park W. (2016). Fatty Acid Desaturases, Polyunsaturated Fatty Acid Regulation, and Biotechnological Advances. *Nutrient*, 8(1), p. 23
12. Lee J., O'Keefe J., Lavie C., Harris W. (2009). Omega-3 fatty acids: cardiovascular benefits, sources and sustainability. *Nature Reviews Cardiology* , 6 pp.753-758
13. Łoźna K., Kita A., Styczyńska M., Birnat J. (2012). Skład kwasów tłuszczowych olejów zalecanych w profilaktyce chorób cywilizacyjnych. *Probl Hig Epidemiol* 93(4), pp. 871-875
14. Marciniak-Łukasiak K. (2011). Rola i znaczenie kwasów tłuszczowych omega-3. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość.* 79(6), pp. 23-35
15. Materac E., Marczyński Z., Bodek K. (2013). Rola kwasów tłuszczowych omega-3 i omega-6. *Bromat. Chem. Toksykol*, 46(2), pp. 225-233
16. Mojska H., Kłosiewicz-Latoszek L., Jasińska-Melon E., Gielecińska I., 2020. Normy żywienia dla populacji Polski i ich zastosowanie pod redakcją Jarosz M., Rychlik E., Stoś K., Charzewska J. *Narodowy Instytut Zdrowia Publicznego – Państwowy Zakład Higieny*, pp. 98-122
17. Moreno L., Sarría A., Popkin B. (2002). The nutrition transition in Spain: a European Mediterranean country. *European Journal of Clinical Nutrition* (56), pp. 992-1003
18. Okreglicka K., Mojska H., Jarosz A.J.M. (2017). Skład kwasów tłuszczowych, w tym

- izomerów trans nienasyconych kwasów tłuszczowych w wybranych tłuszczach spożywczych dostępnych w Polsce. *Żywność Człowieka i Metabolizm*, 44(1 pp.5-17)
19. Ostasz L., Kondratowicz-Pietruszka E. (2010). Struktura asortymentowa oraz zmiany poziomu spożycia masła i tłuszczów roślinnych w Polsce. *Zeszyty Naukowe nr 841, Uniwersytetu Ekonomicznego w Krakowie*, pp. 65-83
 20. Partearroyo T., Samaniego-Vaesken M.D.L., Ruiz E., Aranceta-Bartrina J., Gil Á., González-Gross M., Ortega R.M., Serra-Majem L., Varela-Moreiras G. (2019). Current Food Consumption amongst the Spanish ANIBES Study Population. *Nutrients* (11), pp. 2663
 21. Pilska M. (2020). Wiedza i postrzeganie tłuszczów a zwyczaje żywieniowe polskich konsumentów produktów do smarowania pieczywa. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 27,1(122), pp. 148-163
 22. Rosiak E. (2016). Spożycie tłuszczów w Polsce i Unii Europejskiej. *Zeszyty Naukowe Szkoły Głównej Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie Problemy Rolnictwa Światowego*, 16(2) pp. 279-288
 23. Sicińska P., Pytel E., Kurowska J., Koter-Michalak M. (2015). Suplementacja kwasami omega w różnych chorobach. *Postępy Higieny i Medycyny Doświadczalnej*, 69 pp. 838-852
 24. Turck D., Curtui V. (2017). Dietary Reference Values for nutrients Summary Report. *EFSA Supporting Publications*, 14(12), pp. 1-92
 25. Tur J.A., Bibiloni M.M., Sureda A., Pons A. (2012). Dietary sources of omega 3 fatty acids: public health risks and benefits. *British Journal of Nutrition*, vol. 107, pp. 23-52
 26. Varela-Moreiras G., Ruiz E., Valero T., Ávila J.M., Pozo S. (2013). The Spanish diet: an update. *Nutrición Hospitalaria* vol.28, no. 5, pp. 13-20
 27. Ziemiański Ś., Budzyńska-Topolowska J. (1991). *Tłuszcze pożywienia i lipidy ustrojowe*. Wydawnictwo Naukowe. PWN Warszawa

WPLYW DODATKÓW ROŚLINNYCH NA UPRAWĘ BOCZNIAKA OSTRYGOWATEGO *PLEUROTUS OSTREATUS* (JACQ.) P. KUMM

Katarzyna Vlasenko¹⁾, Jana Stepnevskaja²⁾, Olga Kuznetsova¹⁾

¹⁾ Ukraiński Państwowy Uniwersytet Technologii Chemicznej, Dniepr

²⁾ SCF Natural Sp. z o.o., Centrum Produkcyjno-Logistyczne, Suchodoły

jstepnevskaja@scfnatural.pl

Streszczenie

Celem badań było określenie wpływu dodatków roślinnych do podłoża z łuski słonecznikowej na możliwość modyfikacji związków aromatycznych odmian *P. ostreatus* (IBK-549, IBK-551, IBK-1535), oraz na ich wzrost i plonowanie. Jako dodatki do podłoża stosowano suchą masę roślin leczniczych - perełkowiec japoński (*Styphnolobium japonicum*), chmiel zwyczajny (*Humulus lupulus* L.), nagietek lekarski (*Calendula officinalis* L.) w stężeniu 1%.

W badaniach stwierdzono pozytywny wpływ suchej masy perełkowca na plonowanie boczników, a także na wzrost intensywności ziołowych i kwiatowych nut aromatu owocników grzyba *Pleurotus ostreatus*. Za pomocą analizy profilu sensorycznego i UV- spektroskopii, stwierdzono również wzrost intensywności cech drzewnych, ziołowych, rybnych i mięsnych aromatu odmian bocznika owocujących przy stosowaniu szyszek chmielu jako dodatku do podłoża. Modyfikacja podłoża kwiatkami nagietka doprowadziła do przesunięcia profilu aromatycznego grzybów w kierunku nut zapachowych ryb. Za pomocą spektroskopii ultrafioletowej stwierdzono o 1,2–2,6-krotny wzrost zawartości związków aromatycznych owocników otrzymanych na podłożu wzbogaconym w dodatki roślinne. Użycie roślin leczniczych, jako dodatków do podłoża, pozwala modyfikować aromat grzybów *P. ostreatus*.

Słowa kluczowe: bocznik ostrygowaty *Pleurotus ostreatus* (Jacq.) P. Kumm. chmiel zwyczajny (*Humulus lupulus* L.), perełkowiec japoński (*Styphnolobium japonicum*), nagietek lekarski (*Calendula officinalis* L.)

EFFECT OF PLANT ADDITIVES ON CULTIVATION OF OYROGATE *PLEUROTUS OSTREATUS* (JACQ.) P. KUMM

Summary

The aim of the research was to determine the effect of plant additives to the sunflower husk substrate on the possibility of modifying aromatic compounds of *P. ostreatus* strains (IBK-549, IBK-551, IBK-1535), and on their growth and yielding. Dry matter of medicinal plants was used as additives to the substrate - Japanese pearl (*Styphnolobium japonicum*), Hops (*Humulus lupulus* L.), *Calendula officinalis* L. in a concentration of 1%.

The studies showed a positive effect of pear-tree dry matter on oyster mushroom yielding, as well as an increase in the intensity of herbal and floral aromas of *P. ostreatus* fruiting bodies. By means of the analysis of the sensory profile and UV-spectroscopy, an increase in the intensity of the wood, herbal, fish and meat characteristics of the fruit-bearing oyster mushroom strains was also found when using hop cones as an additive to the substrate. The modification of the substrate with calendula flowers has shifted the mushroom's aromatic profile towards the fish's scent notes. Using ultraviolet spectroscopy, a 1.2–2.6-fold increase in the content of aromatic compounds in fruiting bodies obtained on a substrate enriched with plant additives was found. So lending as additives to the substrate of medicinal plants allows you to modify the main aroma of mushrooms.

Keywords: *Pleurotus ostreatus* (Jacq.) P. Kumm, *Humulus lupulus* L., *Styphnolobium japonicum* L., *Calendula officinalis* L.

WSTĘP

Istnieje ogromna ilość produktów żywnościowych w przemyśle spożywczym i wśród nich jest dużo innowacyjnych produktów, które znacznie różnią się od tradycyjnych nie tylko wyglądem, ale także technologią produkcji. Ich rozwój odbywa się w dwóch głównych kierunkach - pozyskiwaniu żywności o korzystnym wpływie na zdrowie, zbilansowanej we wszystkich parametrach biologicznych i wzbogaconej w mikroelementy, a także tworzeniu nowoczesnej żywności, która nie tylko świetnie wygląda i smakuje, ale jeszcze musi spełniać wszystkie normy żywienia człowieka [Guine i in. 2016].

Wytwarzanie głównych grup nowoczesnych produktów spożywczych, zarówno tradycyjnych, jak i funkcjonalnych, jest niemożliwe bez użycia dodatków do żywności, aromatów, składników fizjologicznie funkcjonalnych itd. Stosowanie takich dodatków pozwala uzupełnić brakujące nuty smaku i aromatu.

Wiadomo, że owocniki jadalnego grzyba *Pleurotus ostreatus* (Jacq.) P. Kumm. zawierają dużo różnych związków organicznych - białka, lipidy, polisacharydy, kwasy organiczne, oraz związki, które mają aktywność biologiczną (enzymy, witaminy, prowitaminy itp.) [Deepalakshmi, Mirunalini 2014]. Ponadto dużo badań przeprowadzonych przez naukowców na całym świecie wskazuje na szeroki zakres aktywności biologicznej grzyba *P. ostreatus*, który znajduje zastosowanie w medycynie i jest obiecującym grzybem leczniczym [Papaspzydria i in. 2011]. Owocniki grzyba tego gatunku mają również charakterystyczny zapach grzybowy [Omarini i in. 2010] i dlatego mogą być stosowane w przemyśle spożywczym jako modyfikatory aromatu lub jako dodatek do żywności funkcjonalnej. Wśród związków fenolowych owocników grzybów *P. ostreatus* wyróżnia się zarówno kwasy fenolowe jak i flawonoidy, zawartość których może być zwiększona przez modyfikację składu podłoża [Ferrer-Romero i in. 2019]. Obok związków fenolowych ważnym bioaktywnym składnikiem grzybów są terpenoidy, należą do nich zarówno monoterpenoidy, seskwiterpenoidy, di-, tri-, jak i pochodne skwalenu, czyli steroidy [Jasicka-Misiak 2020]. Kwasy organiczne występujące w grzybach odpowiadają za ich smak i aromat. Modyfikacja głównego zapachu owocników grzybów znacznie rozszerzy zakres ich stosowania.

Jedną z ważniejszych cech grzybów jest ich zdolność do znaczącego pobierania różnych pierwiastków z podłoża, co może być wykorzystywane w uprawie w celu poprawy właściwości hodowanych owocników. Udowodniono, że synteza wielu składników w owocnikach grzybów *P. ostreatus* może być regulowana poprzez zmianę warunków ich uprawy. Wzbogacanie podłoża w mikroelementy [Vlasenko i in. 2017, Koutrotsios i in. 2020], związki, które mają aktywność biologiczną [Ferrer-Romero i in. 2019] lub pozostałości ziół [Jin i in. 2020] pozwala uzyskać owocniki cechujące się podwyższoną ich zawartością, zmodyfikowanym składem chemicznym oraz większą wydajnością. Dlatego celem pracy było zbadanie syntezy substancji zapachowych odmian *P. ostreatus*, a także ich kulturowych i morfologicznych parametrów wzrostu, przez modyfikację składu podłoża.

Rośliny lecznicze: chmiel zwyczajny (*Humulus lupulus* L.) [Farago i in. 2009], perełkowiec japoński (*Styphnolobium japonicum* L.) [He i in. 2016, Kite i in. 2009,] oraz nagietek lekarski (*Calendula officinalis* L.) [Ashwlayan i in. 2018, Jan i in. 2017] zastosowano jako dodatki do podłoża, przede wszystkim jako źródło polifenoli, chociaż te rośliny zawierają także kompleks substancji biologicznie czynnych, które mogą potencjalnie wpływać na syntezę związków aromatycznych grzybów.

MATERIAŁ I METODY BADAŃ

Badanie przeprowadzono w Katedrze Biotechnologii Ukraińskiego Państwowego Uniwersytetu Technologii Chemicznej w Dnieprze w latach 2018-2019. Jako materiał biologiczny wykorzystano trzy odmiany jadalnego grzyba *Pleurotus ostreatus* (Jacq.) P. Kumm. – IBK-549, IBK-551 i IBK-1535, uzyskane z kolekcji grzybów Instytutu Botaniki, Narodowej Akademii Nauk Ukrainy [Bisko i in. 2016], a także dzikie grzyby tj. borowik szlachetny *Boletus edulis* Bull., zebrane w obwodzie dniepropietrowskim (Ukraina) jesienią 2018 roku.

Łuska słonecznika została wybrana jako podłoże do owocników. Jako dodatki do podłoża wykorzystano suszone i zmielone młynkiem elektrycznym rośliny lecznicze, a mianowicie kwiatki nagietka (KN), szyszki chmielu (SZ) i nasiona perełkowca (NS) w stężeniu 1% do masy podłoża. Po wymieszaniu komponentów podłoże nawilżono do wilgotności 75%-80% i pasteryzowano, a następnie schłodzono do temperatury 22°C.

Ocenę wzrostu grzybni przeprowadzono w warunkach laboratoryjnych. Opcją kontrolną (K) było podłoże (łuska słonecznika) bez dodatków. Każde podłoże przygotowano w pięciu powtórzeniach. Przygotowanie i pasteryzację substratów przeprowadzono zgodnie z konwencjonalnymi metodami. Zaszczepianie i inkubację próbek *P. ostreatus* przeprowadzono zgodnie z metodą opisaną we wcześniejszych pracach [Vlasenko i in. 2017]. Zbierano owocniki po I i II fazie owocowania. Ciała owocowe odmian *P. ostreatus*, a także próbki *B. edulis*, suszono w temperaturze (40-45)°C w suszarce do stałej masy (wilgotność 8%-10%).

Podczas procesu uprawy określono następujące parametry wzrostu grzybni *P. ostreatus*: czas rozwoju substratu grzybni, czas pojawienia się primordium, liczbę utworzonych pędów na 100 g podłoża, plon owocników na podłożu I i II fazy owocowania.

Profil sensoryczny aromatu próbek suszonych grzybów oznaczano według normy ISO [ISO 13299:2016]. W celu przeprowadzenia analizy sensorycznej wysuszone próbki owocników grzybowych zmielono, porcję 1 g umieszczono w szklanych naczynkach wagowych i podgrzano do 30°C w celu lepszej emisji substancji aromatycznych. Panel sensoryczny do oceny zapachów składał się z 8 osób. Główne atrybuty zapachu zostały określone zgodnie z wcześniejszym opisem [Vlasenko i in. 2017]. Najpierw określono charakterystyczne atrybuty zapachu, a następnie stopień intensywności każdego z nich w 5-punktowej skali gdzie: 0 – brak zapachu, 1 – zapach jest rozpoznawalny lub wyczuwalny, 2 – niski poziom intensywności zapachu, 3 – średni poziom intensywności

zapachu, 4 – silny poziom intensywności zapachu, 5 – bardzo silna intensywność zapachu. Próbkę testową oceniono trzykrotnie. Do budowy profili zapachowych suszonych grzybów wykorzystano oprogramowanie Microsoft Office Excel 2007.

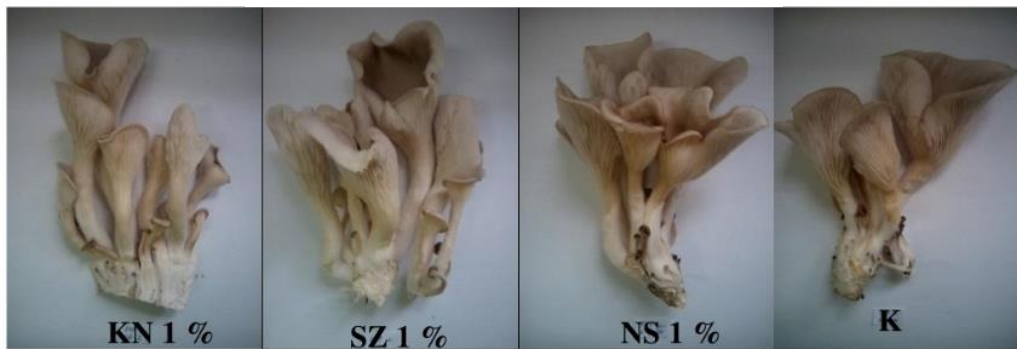
Badanie spektrofotometryczne przeprowadzono po ekstrakowaniu związków aromatycznych z próbek suszonych owocników grzybów heksanem zgodnie z wcześniej opracowaną metodą [Vlasenko i in. 2017]. Dla oceny zawartości związków aromatycznych wyekstrahowanych z owocników wykorzystano spektrofotometr UV-Vis SF-2000.

Uzyskane dane były przetwarzane statystycznie przy użyciu oprogramowania Statistica 10.0 i zastosowaniu jednokierunkowej analizy wariancji. Badanie przeprowadzono w pięciu powtórzeniach. Różnice między dwiema wartościami uznawano za istotne przy $p \leq 0,05$.

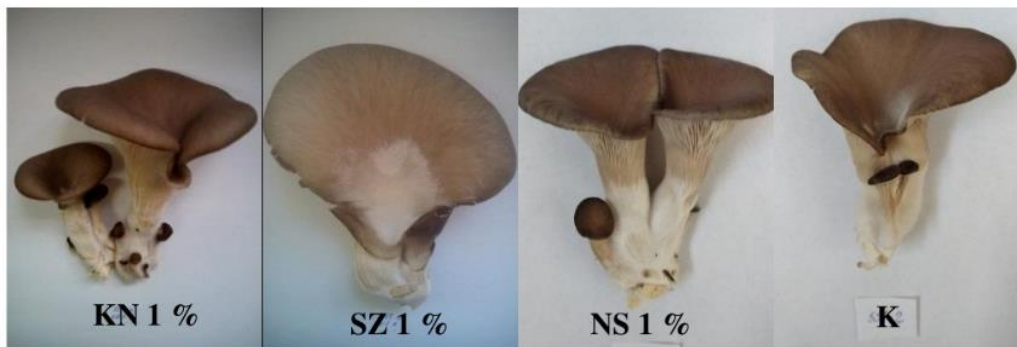
WYNIKI I DYSKUSJA

Szybkość wzrostu grzybnicy bocznika zależała od odmiany oraz podłoża. Parametry morfologiczne owocników *P. ostreatus* wyhodowanych na łusce słonecznika bez dodatków i z badanymi dodatkami nie różniły się (Rysunek 1). Ale dodatki roślinne do podłoża wpłynęły na parametry wzrostu różnych odmian *P. ostreatus* (tabela 1).

P. ostreatus, strain IBK-549



P. ostreatus, strain IBK-551



P. ostreatus, strain IBK-1535



Rysunek 1. Cechy morfologiczne owocników *P. ostreatus* różnych odmian uprawianych na łusce słonecznika (K) oraz na podłożu z dodatkiem roślinnym (fot. Vlasenko)
*Morphological characteristics of the *P. ostreatus* strains cultivated on sunflower husk (K) supplemented with the addition of plants (photo. Vlasenko)*

Grzybnia wszystkich odmian była biała, puszysta, średniej gęstości, równomiernie pokrywająca podłoże. Czas pojawienia się primordium i formowania uprawy oraz fazy owocowania zmieniał się w zależności od odmiany *P. ostreatus*. Odmiana IBK-549 była pierwsza, która utworzyła owocniki, 2-10 dni później utworzyły je odmiany IBK-551 i IBK-1535.

Badanie wykazało, że dodawanie do podłoża szyszek chmielu doprowadziło do

zmniejszenia wzrostu grzybów odmian IBK-549 i IBK-551 w 1,4-1,5 razy, ze względu na zawartość w chmielu α - i β -kwasów, które mogą opóźniać procesy wzrostu grzybów dzięki blokowaniu ich proteolitycznych enzymów [Huszczka i in 2008]. Ale wydajność substratu pierwszej fazy owocowania w tych odmianach spadła nieznacznie o 1,1-1,2 razy.

Dodatek do podłoża kwiatów nagietka miał również negatywny wpływ na plon owocników odmian IBK-1535 i IBK-551, odnotowano spadek plonu o odpowiednio 1,2 i 1,4 razy. Można to wytłumaczyć obecnością znacznej ilości terpenoidów i kumaryny w kwiatach nagietka co powoduje hamowanie procesu glikolizy oraz syntezę dużych ilości kwasów organicznych i prowadzi do modyfikacji głównego zapachu owocników grzybów [Smirnov i in. 2002].

Natomiast dodatek nasion perełkowca do łuski słonecznika wpłynął odwrotnie, doprowadził do zwiększenia plonu handlowego grzybów *P. ostreatus*. Dodatek ten miał pozytywny wpływ na plon pierwszej fazy każdej odmiany bocznika, który wzrósł o 1,2 - 1,5 razy (tabela 1).

Wpływ dodatku nasion perełkowca na procesy wzrostu grzybów jest związany z obecnością związków fenolowych, a mianowicie rutyny i kwercetyny, które pełnią funkcje zarówno przeciwutleniaczy, jak i inhibitorów tyrozynazy [Wang i in. 2003, Lai i in. 2014]. W ten sposób dodatek do podłoża jest w stanie zahamować tworzenie się produktów peroksydacji lipidów, co powoduje aktywację procesów wzrostu grzybów [Ferrer-Romero i in. 2019]. Tak więc, stosując nasiona perełkowca jako dodatek do głównego substratu w hodowli bocznika odmiany IBK-1535 zwiększy całkowitą wydajność prawie dwukrotnie w porównaniu z próbą kontrolną.

Wydajność na podłożu drugiej fazy odmian owocujących *P. ostreatus* hodowanych na łusce słonecznika z dodatkiem roślinnym nie różniła się istotnie od próby kontrolnej, co wskazuje na częściowe dostosowanie grzybów do wzrostu w obecności badanych dodatków.

Grzyby *B. edulis* mają najbardziej charakterystyczny typowy aromat grzybowy [Moliszewska 2014] i dlatego są stosowane na świecie jako standard w analizie sensorycznej i spektrofotometrycznej [Li i in. 2016]. Wiadomo jednak, że warunki wzrostu, cechy klimatyczne i inne wskaźniki środowiskowe wpływają na właściwości biochemiczne, smakowe i aromatyczne grzybów. Dlatego przeprowadziliśmy badania organoleptyczne i spektrofotometryczne owocników *B. edulis* zebranych w obwodzie dniepropietrowskim, jako próbki referencyjnej do porównania z hodowanymi odmianami bocznika *P. ostreatus*.

Tabela 1. Parametry wzrostu owocników trzech odmian *P. ostreatus* w zależności od dodatku wzbogacającego podłoże uprawowe
The growth parameters of P. ostreatus strains depending on the additive enriching the growing medium

Wersja podłoża	Czas pojawienia się owocników, dzień	Pierwszy rzut owoców, dzień	Ilość pęczków grzybów na 100 g podłoża, szt.	Wydajność grzybów pierwszej fazy owocowania, g/100 g	Wydajność grzybów drugiej fazy owocowania, g/100 g
<i>P. ostreatus</i>, odmiana IBK-549					
K	13	17	22,9±1,2	23,4±2,0	6,6±0,5
KN 1 %	13	17	23,1±1,5	21,1±1,6	5,3±0,4
SZ 1 %	13	17	15,1±0,4*	19,0±0,5	4,7±0,1*
NS 1 %	13-15	18-20	23,4±1,7	35,9±1,2*	5,0±0,3
<i>P. ostreatus</i>, odmiana IBK-551					
K	16-17	21-24	8,7±0,4	20,3±1,4	5,4±0,4
KN 1 %	15-17	22-27	8,0±1,2	14,3±2,2	4,7±0,6
SZ 1 %	17	22	6,4±0,6*	18,2±1,4	5,1±0,4
NS 1 %	16-19	23-27	7,6±0,1	24,9±0,7*	4,8±0,5
<i>P. ostreatus</i>, odmiana IBK-1535					
K	15-16	27-30	11,1±0,8	15,6±0,8	4,8±0,4
KN 1 %	15-16	27-30	11,6±0,6	13,0±0,4*	4,1±0,1
SZ 1 %	15-17	27-30	11,8±1,4	13,3±0,9	4,1±0,3
NS 1 %	16-19	28-30	16,9±1,6*	18,4±0,3*	7,1±1,0

(KN) dodatek kwiatów nagietka, (SZ) szyszek chmielu, (NS) nasion perełkowca, (K) – opcja kontrolna
 Wartości są średnimi z pięciu powtórzeń ± SE;

* - średnia różni się znacznie w porównaniu do kontroli ($p \leq 0.05$)

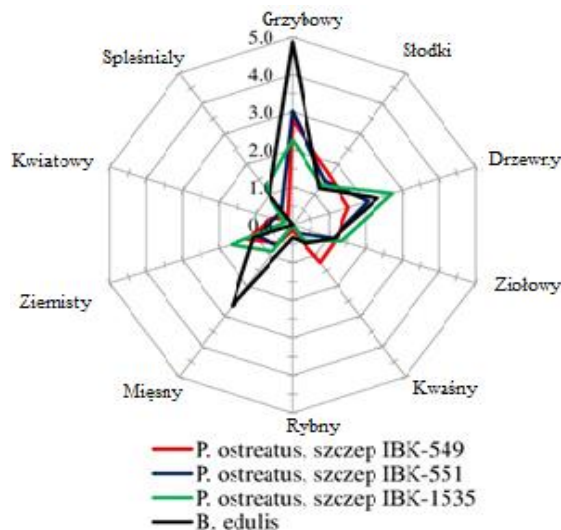
Podczas analizy sensorycznej komisja ekspertów określiła następujące atrybuty aromatu suszonych próbek grzybów: grzybowy, słodki, drzewny, ziołowy, kwaśny, rybny, mięsny, ziemisty, kwiatowy, spleśniały.

Wyniki analizy sensorycznej próbek suszonych grzybów *P. ostreatus* różnych odmian, a także próbki *B. edulis*, podano w postaci wykresu radarowego (rysunek 2).

Profile sensoryczne zapachu wysuszonych owocników (rysunek 2) pokazują, że intensywność zapachu grzybowego składnika w *B. edulis* jest o 1,5-1,7 razy wyższa w porównaniu do hodowanych odmian *P. ostreatus*. Według analizy organoleptycznej *B. edulis* ma również zapach mięsny, który jest o 2,6–4,5 razy większy od *P. ostreatus*.

Inne składniki aromatu grzybowego, takie jak drzewny, ziołowy i ziemisty odmian *P. ostreatus* nie różnią się dużo od *B. edulis*. Ale intensywność zapachu słodkiego hodowanych owocników *P. ostreatus* jest o 1,2-1,4 razy wyższa od *B. edulis*. Z analizy

sensorycznej wynikało, że grzyby *B. edulis* nie posiadają kwiatowego zapachu, w przeciwieństwie do odmian grzybów *P. ostreatus*, gdzie intensywność tego składnika, choć niezbyt wysoka, ale w połączeniu ze słodkim, tworzy charakterystyczny przyjemny odcień aromatu tego grzyba.



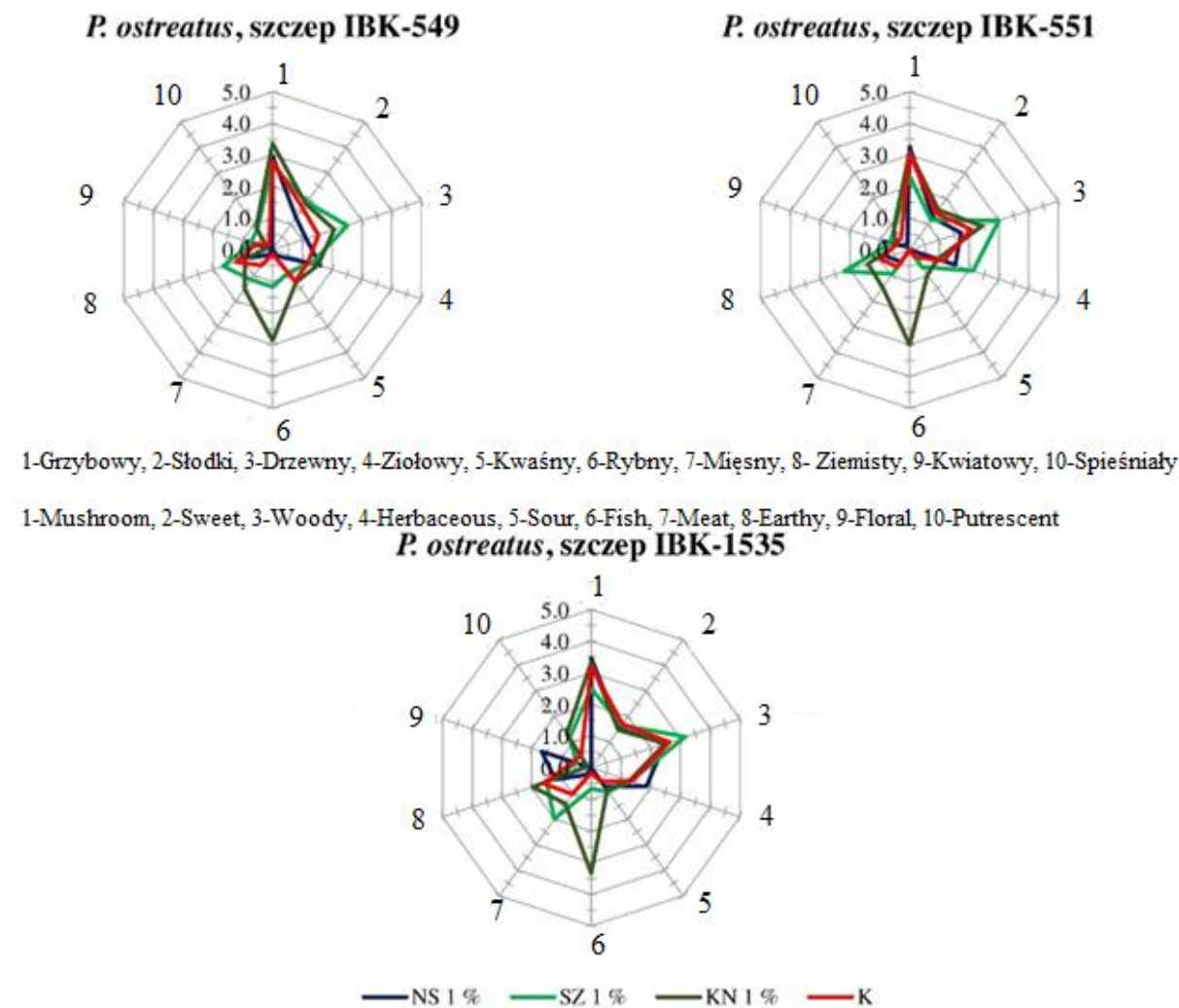
Rysunek 2. Wykres radarowy profilowej oceny zapachu suszonych grzybów *P. ostreatus* i *B. edulis*
Radar profile for odor profile evaluation of dried P. ostreatus and B. edulis mushrooms

Wyniki analizy sensorycznej próbek suszonych grzybów *P. ostreatus* różnych odmian hodowanych na łusce słonecznika z dodatkiem roślinnym, w porównaniu z próbą kontrolną na podłożu bez dodatków, przedstawiono także w postaci wykresu radarowego (rysunek 3). Dane te wskazują, że profil aromatu próbek grzybów różni się w zależności od zastosowanego wariantu dodatku do podłoża.

Po dodaniu do podłoża nasion perełkowca nie zaobserwowano istotnych różnic w zawartości substancji aromatycznych w owocnikach we wszystkich badanych odmianach *P. ostreatus*. Nastąpił jedynie niewielki wzrost intensywności ziołowego składnika zapachu dla odmiany IBK-1535 o 1,4 razy i kwiatowego o 1,7-2,8 razy dla odmian IBK-551 i IBK-153. Ale dla odmiany IBK-549 odnotowano 5,3-krotne zmniejszenie kwaśnego zapachu. W próbkach odmiany IBK-551 ten składnik zapachu w ogóle nie był wyczuwalny. Pozytywny wpływ nasion perełkowca na zapach odnotowano na wyhodowanych na takim podłożu grzybach *P. ostreatus*, gdyż oceniono znacznie mniejszy wpływ spleśniałych nut grzybów, co może być spowodowane hamowaniem syntezy niskomolekularnych kwasów organicznych grzybów.

Zastosowanie jako dodatku do głównego podłoża szyszek chmielowych doprowadziło do

wzrostu intensywności nut drzewnych i ziemistych o 1,2-2,3 razy dla wszystkich badanych odmian *P. ostreatus*. Nastąpiła także znacząca modyfikacja składników aromatycznych grzybów poprzez zwiększenie zapachów rybnego i mięsnego o 2,0-9,0 razy (odmiany IBK-549 i IBK-1535), ziołowych i kwaśnych – o 1,9-2,5 razy (odmiana IBK-551). Odnotowano również obniżenie zapachu grzybowego we wszystkich badanych odmianach o 1,1-1,3 razy.



Rysunek 3. Porównanie profili aromatów sensorycznych próbek odmian suszonych grzybów *P. ostreatus* uprawianych na łusce słonecznika z dodatkiem roślin leczniczych
*Comparison of sensory aroma profiles of samples of dried *P. ostreatus* strains grown on sunflower husk with the addition of medicinal plants*

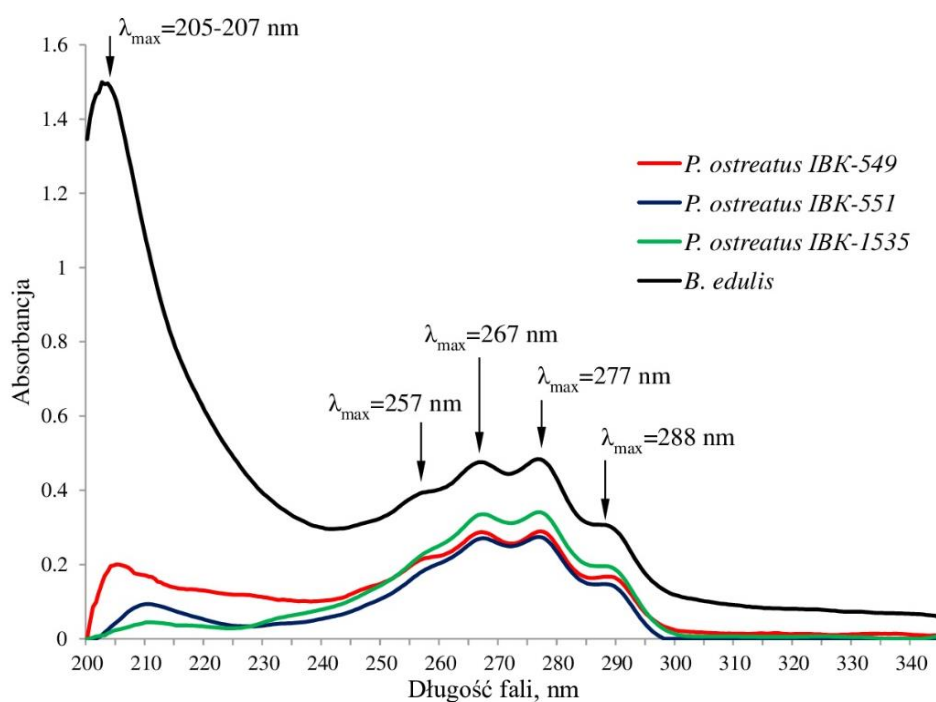
Przy użyciu kwiatków nagietka, jako dodatku do podłoża, udało się osiągnąć jeszcze większą modyfikację zapachu. Spowodowało to przesunięcie profili zapachowych badanych odmian w kierunku rybnego zapachu. Stwierdzono wzrost o 19,5-30,0 razy dla wszystkich badanych odmian. Nastąpił także wzrost mięsnego zapachu o 1,4-2,6 razy. Dla odmiany

IBK-549 odnotowano również wzrost zapachu grzybowego o 1,2 razy i drzewnego o 1,4 razy.

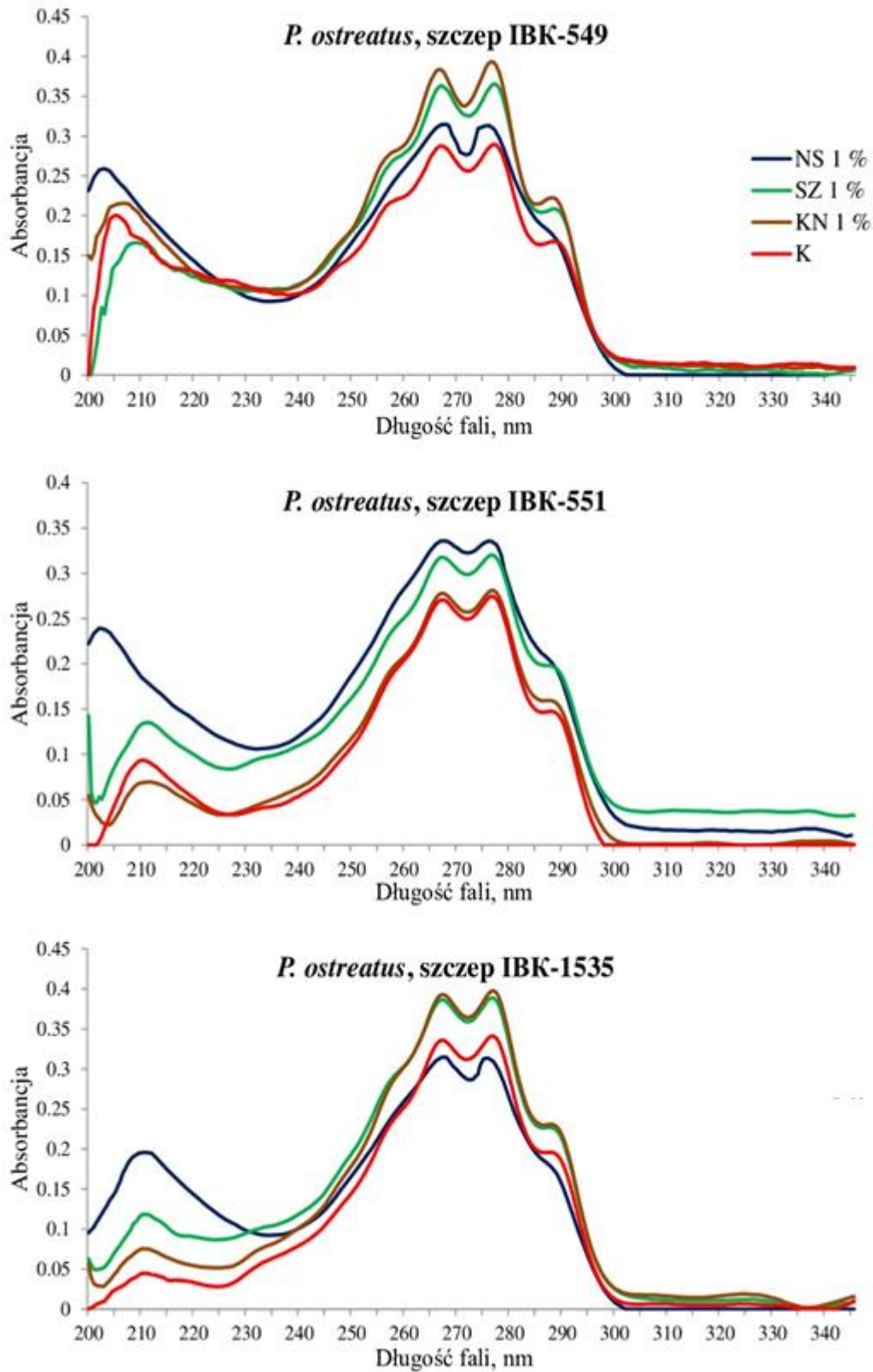
Związki aromatyczne wysuszonych owocników badanych odmian *P. ostreatus*, a także *B. edulis* wyekstrahowano heksanem. Analiza spektrofotometryczna badanych ekstraktów wykazała podobieństwo do organoleptycznej oceny próbek suszonych owocników grzybów (rysunek 4).

Stwierdzono, że dominującym składnikiem mieszaniny związków aromatycznych grzybów jest 1-okten-3-ol [Nyegue i in. 2003]. To właśnie ten alkohol jest odpowiedzialny za niepowtarzalny zapach grzybów [Fraatz, Zorn 2011]. Badanie optycznych właściwości ekstraktów suszonych owocników *B. edulis*, których zapach uważany jest za referencyjny i typowo grzybowy, wykazało obecność głównego maksimum absorpcji przy 205-207 nm. Intensywność maksimum absorpcji światła ekstraktu z *B. edulis* przy długości fali 205-207 nm jest dużo większa od ekstraktów z *P. ostreatus*.

Aby zidentyfikować pachnące substancje grzybów, w poprzednich badaniach uzyskaliśmy UV-spektrum absorpcji roztworu 1-okten-3-olu w heksanie, który ma maksymalną absorpcję światła przy $\lambda = 205-207$ nm [Vlasenko i in. 2017]. Oznacza to, że ten związek, który zawiera chromofor etylenu i powoduje absorpcję światła w określonym zakresie długości fal, jest głównym składnikiem mieszaniny związków aromatycznych owocników *B. edulis*.



Rysunek 4. UV- spektrum ekstraktów wysuszonych owocników *B. edulis* i *P. ostreatus*
UV spectra of extracts of dried samples of B. edulis and P. ostreatus strains



Rysunek 5. UV- spektrum ekstraktów wysuszonych owocników *P. ostreatus* hodowanych na łusce słonecznika z dodatkiem roślin leczniczych
UV spectra of hexane extracts of P. ostreatus strains cultivated on sunflower husk supplemented with medicinal plants

Intensywność maksimów absorpcji światła w obszarze 250-300 nm dla ekstraktu *B. edulis* była o 3,1-4,5 razy mniejsza od głównego maksimum przy długości 207 nm. Wiadomo, że związki zawierające chromofor karbonylowy (aldehydy i ketony) są optycznie aktywne w tym zakresie [Yadav 2004]. Według autorów [Nyegue i in. 2003] w ekstraktach z owocników grzybów zidentyfikowano 1-okten-3-on, 1-oktan-3-on, n-oktanal, 2-oktanal i inne związki odpowiedzialne za zapachy kwiatowe, drzewne, słodkie, ziemiste aromatu grzybów.

Analiza spektrofotometryczna pokazuje, że grzyb *B. edulis* zawiera najwięcej 1-okten-3-olu, który odpowiada za charakterystyczny grzybowy zapach [Li i in. 2016]. Parametry spektrofotometryczne są w pełni skorelowane z danymi profilowej analizy sensorycznej, zgodnie z którymi *B. edulis* otrzymał maksymalną ocenę dla zapachu grzybowego i dlatego jest uznany za standard tego zapachu.

W przeciwieństwie do *B. edulis*, ekstrakty z owocników odmian *P. ostreatus* zawierają o 1,2-1,4 (odmiana IBK-549), oraz o 2,5-2,9 (odmiana IBK-551), i o 7,3-7,6 (odmiana IBK-1535) razy większą intensywność absorpcji światła w obszarze 250-290 nm, niż przy 200-210 nm, co potwierdza bardziej wyraźny drzewny, kwiatowy, ziemisty zapach tych grzybów ze względu na wyższe stężenie aldehydów i ketonów optycznie aktywnych przy długości fal 257-260, 267, 277-278 i 288-290 nm.

Analiza spektrofotometryczna badanych ekstraktów boczniaków *P. ostreatus* hodowanych na łusce słonecznika z dodatkami (rysunek 5) wykazała podobieństwo do oceny organoleptycznej wysuszonych owocników tych grzybów.

Przy stosowaniu nasion perełkowca, jako dodatku do głównego podłoża, zaobserwowano niewielkie przesunięcie maksimum w zakresie 200-215 nm dla ekstraktów wszystkich badanych odmian. Wzrosła również intensywność absorpcji światła ekstraktów odmian IBK-549 o 1,1-1,3 razy i IBK-551 o 1,2-2,6 razy w zakresie długości fal 250-300 nm, co jest spowodowane wzrostem syntezy aldehydów i ketonów odpowiedzialnych za zapach kwiatowy, słodki oraz ziemisty badanych owocników. Natomiast odmiana IBK-1535 wykazała zmniejszenie intensywności absorpcji światła w tym zakresie, co może być spowodowane szybkim wzrostem biomasy.

Użycie szyszek chmielu, jako dodatku do podłoża, doprowadziło do zwiększenia syntezy związków aromatycznych w odmianach IBK-551 o 1,2-1,4 razy i IBK-1535 o 1,2-2,6 razy, co jest potwierdzone wzrostem absorbancji ekstraktów grzybowych w całym zakresie długości fal. Odnotowano istotną modyfikację związków aromatycznych odmiany IBK-549 o czym świadczy wzrost absorpcji światła o 1,3 razy w zakresie 235-295 nm i jej zmniejszenie

w zakresie 200-210 nm.

Przy stosowaniu kwiatów nagietka wzrost absorpcji światła przez wyciągi grzybowe odmian IBK-549 i IBK-1535 stanowił 1,1-1,7 razy w całym zakresie długości fal, co wiąże się ze zwiększoną syntezą kompleksu zapachowych związków o różnym charakterze chemicznym przez grzyby *P. ostreatus*.

Wnioski wypływające z zastosowania obu metod - analizy profilu sensorycznego próbek suszonych grzybów oraz badań spektrofotometrycznych są podobne.

WNIOSKI

Badanie pokazało perspektywy wykorzystania roślin leczniczych jako modyfikujących syntezę związków aromatycznych dodatków do podłoża w przemysłowej uprawie grzybów jadalnych.

Odnotowano pozytywny wpływ nasion perełkowca na wszystkie badane odmiany grzyba, nie tylko na plon owocników, który wzrósł o 17,9%-53,4% w porównaniu z próbą kontrolną, ale również na zwiększenie o 1,4-2,8 razy intensywności zapachu ziołowego i kwiatowego grzybów *P. ostreatus*.

Stosowanie jako dodatku do substratu szyszek chmielowych pozwala zwiększyć syntezę związków aromatycznych odpowiedzialnych za nuty drzewne, ziołowe, rybne i mięsne składników zapachu grzybów o 1,2-9,0 razy w porównaniu z próbą kontrolną.

Dodanie kwiatów nagietka do podłoża podczas hodowli odmian *P. ostreatus* spowodowało przesunięcie profilu aromatu grzybów w kierunku atrybutu zapachu rybnego. Odnotowano wzrost jego intensywności o 19,5-30,0 razy w porównaniu z próbą kontrolną.

Spektroskopia ultrafioletowa wykazała wzrost intensywności absorpcji światła o 1,2-2,6 razy dla ekstraktów z owocników zebranych na podłożach wzbogaconych w rośliny lecznicze, co wynika ze zwiększonej syntezy aromatycznych związków przez grzyby.

Badanie pokazało możliwość modyfikacji tradycyjnego aromatu grzybów odmian *P. ostreatus* przez użycie niewielkich ilości dodatków roślinnych do podłoża, co spowodowało syntezę związków aromatycznych, wzmacniając indywidualne nuty zapachowe grzyba. Zwiększa to możliwości wykorzystania grzybów jadalnych jako dodatków aromatyzujących do żywności i będzie promować tworzenie nowych innowacyjnych form produktów na ich podstawie.

PIŚMIENNICTWO

1. Ashwlayan V.D., Kumar A., Verma M., Garg V.K., Gupta S.K. (2018). Therapeutic potential of *Calendula officinalis*. Pharmacy & Pharmacology International Journal, 6(2), 149-155
2. Bisko N.A., Lomberg M.L., Mytropolska N.Y., Mykchaylova O.B. (2016): The IBK Mushroom Culture Collection. Kyiv, M. G. Kholodny Institute of Botany, National Academy of Sciences of the Ukraine: «Alterpres»
3. Deepalakshmi K., Mirunalini S. (2014). *Pleurotus ostreatus*: an oyster mushroom with nutritional and medicinal properties. J Biochem Technol, 5(2), 718-726
4. ISO 13299:2016. Sensory analysis. Methodology. General guidance for establishing a sensory profile
5. Farago J., Psenakova I., Faragova N. (2009). The use of biotechnology in hop (*Humulus lupulus* L.) improvement. Nova Biotechnologica, 9(3), 279-293
6. Ferrer-Romero J.C., Mas-Diego S.M., Beltran-Delgado Y., Rodríguez-Quiala Y., Quevedo H.J.M. (2019) Optimization of medium composition for the production of *Pleurotus ostreatus* biomass and phenols in submerged fermentation with response surface methodology. Tecnología Química 39(1), 1-16
7. Fraatz M.A., Zorn H. (2011). Fungal Flavours. In: Hofrichter M. (eds) Industrial Applications. The Mycota (A Comprehensive Treatise on Fungi as Experimental Systems for Basic and Applied Research). Springer, Berlin, Heidelberg, 10, 249-268
8. Guine R., Ramalhosa E., Valente L.P. (2016). New foods, new consumers: innovation in food product development. Current Nutrition & Food Science, 12(3), 175-189
9. He X., Bai Y., Zhao Z., Wang X., Fang J., Huang L. et al. (2016). Local and traditional uses, phytochemistry, and pharmacology of *Sophora japonica* L.: A review. Journal of Ethnopharmacology, 187, 160-182
10. Huszcza E., Bartmańska A., Anioł M., Maczka W., Zołnierczyk A., Wawrzeńczyk C. (2008) Degradation of hop bitter acids by fungi. Waste Management 28(8), 1289-1498
11. Jan N., Andrabi K.I., John R. (2017). *Calendula officinalis* – An important medicinal plant with potential biological properties. PINSA, 83(4), 769-787
12. Jasicka-Misiak I. (2020). Grzyby wielkoowocnikowe jako źródło substancji bioaktywnych. WICHAP, 74(1-2), 71-87
13. Jin Z., Hou Q., Niu T. (2020) Effect of cultivating *Pleurotus ostreatus* on substrates supplemented with herb residues on yield characteristics, substrates degradation, and

- fruiting bodies properties. Journal of the Science of Food and Agriculture 100(13)
14. Kite G.C., Veitch N.C., Boalch M.E., Lewis G.P., Leon C.J., Simmonds M.S. (2009). Flavonol tetraglycosides from fruits of *Styphnolobium japonicum* (Leguminosae) and the authentication of Fructus *Perelkowcae* and Flos *Perelkowcae*. Phytochemistry, 70(6), 785-794
 15. Koutrotsios G., Danezis G., Georgiou C., Georgios Z. (2020). Elemental Content in *Pleurotus ostreatus* and *Cyclocybe cylindracea* Mushrooms: Correlations with Concentrations in Cultivation Substrates and Effects on the Production Process. Molecules, 25(2179), 1-15
 16. Lai J.S., Lin C.C., Chiang T.M. (2014). Tyrosinase inhibitory activity and thermostability of the flavonoid complex from *Sophora japonica* L. (Fabaceae). Trop J Pharm Res, 13(2), 243-247
 17. Li Y., Zhang J., Li T., Yang T., Wang Y., Liu H. (2016). Ultraviolet spectroscopy used to fingerprint five wild-grown edible mushrooms (*Boletaceae*) collected from Yunnan, China. J Spectrosc, 3, 1-8
 18. Masoudi M., Movahedi M. (2017). Estrogenic activity of *Humulus lupulus* L. Der Pharmacia Lettre, 9(3), 80-87
 19. Nyegue M., Zollo P.H.A., Bessiere J.M., Rapior S. (2003). Volatile components of fresh *Pleurotus ostreatus* and *Termitomyces shimperi* from Cameroon. J Essent Oil Bear Pl, 6(3), 153-160
 20. Omarini A., Nepote V., Grosso N.R., Zygadlo J.A., Alberto E. (2010). Sensory analysis and fruiting bodies characterization of the edible mushrooms *Pleurotus ostreatus* and *Polyporus tenuiculus* obtained on leaf waste from the essential oil production industry. IJFST, 45, 466-474
 21. Papaspyridia L.M., Aligiannisb N., Christakopoulou P., Skaltsounisb A.L., Fokialakis N. (2011). Production of bioactive metabolites with pharmaceutical and nutraceutical interest by submerged fermentation of *Pleurotus ostreatus* in a batch stirred tank bioreactor. Procedia Food Sci, 1, 1746-1752
 22. Smirnov V.F., Kuzmin D.A., Smirnova O.Y., Trofimov A.N. (2002) Dejjsgvie terpeioidov na fiziologo-biokhimicheskuju aktivnost gribov – destruktorov promyshlennykh materialov. Himija rastitelnogo syrja, 4, 29-33
 23. Vlasenko E., Kuznetcova O., Stepnevskaya J. (2017). Influence of mineral substances on the synthesis of volatile organic compounds by *Pleurotus ostreatus* in the process of solid phase cultivation. Regulatory Mechanisms in Biosystems, 8(4), 489-496

24. Vlasenko E.N., Stepnevskaya J.V., Kuznetsova O.V. (2017). Synthesis of aroma compounds by *Pleurotus ostreatus* (Jacq.: Fr.) Kumm. cultured on various substrates. *Biotechnologia Acta*, 10(4), 59-67
25. Wang J.H., Lou F.C., Wang Y.L., Tang Y.P. (2003). A flavonol tetraglycoside from *Sophora japonica* seeds. *Phytochemistry*, 63, 463-465
26. Yadav L.D.S. (2004): *Organic Spectroscopy*. Springer Science & Business Media

ROLA WYBRANYCH ZWIĄZKÓW BIOAKTYWNYCH O DZIAŁANIU FOTOPROTEKCYJNYM

Adrianna Dąbrowska

Instytut Biotechnologii Przemysłu Rolno-Spożywczego im. prof. Wacława Dąbrowskiego,
Zakład Mikrobiologii,
ul. Rakowiecka 36, 02-532 Warszawa
adrianna.dabrowska@ibprs.pl

Streszczenie

Promieniowanie ultrafioletowe (UV) poprzez stymulowanie powstania wolnych rodników, a także wywoływanie stanu zapalnego w komórkach skóry przyczynia się do powstania czerniaka, a także nieczerniakowych nowotworów skóry. Bioaktywne składniki diety takie jak karotenoidy, polifenole oraz betalainy oddziałują na ścieżki sygnałowe w komórkach nowotworowych, czego skutkiem jest zmiana profilu ekspresji genów. W poniższej pracy opisano badania dotyczące wybranych związków bioaktywnych o działaniu fotoprotekcyjnym, które mogą mieć wpływ na opracowanie strategii terapeutycznych i profilaktycznych nowotworów skóry, a także wyjaśniają zależności pomiędzy składnikami pokarmowymi a rozwojem tych schorzeń.

Słowa kluczowe: nowotwory skóry, karotenoidy, polifenole, batacyjaniny

THE ROLE OF SELECTED BIOACTIVE COMPOUNDS WITH PHOTOPROTECTION ACTIVITY

Summary

Ultraviolet (UV) radiation contributes to the formation of melanoma, as well as non-melanoma skin cancers by stimulating the formation of free radicals, as well as causing inflammation in skin cells. Bioactive components of the diet such as carotenoids, polyphenols and betalaines affect signaling pathways in cancer cells, resulting in a change in the gene expression profile. The following paper describes the research on selected bioactive compounds with photoprotective properties that may influence the development of therapeutic and preventive strategies for skin cancer, and explain the relationship between nutrients and the development of these diseases.

Keywords: skin cancers, carotenoids, polyphenols, betacyanins

WSTĘP

Czerniaki skóry należą do najbardziej złośliwych nowotworów człowieka, a nieczerniakowe nowotwory skóry to jedne z najczęściej rozpoznawanych nowotworów u rasy kaukaskiej. Za występowanie chorób nowotworowych skóry odpowiedzialne jest przede wszystkim narażenie na oddziaływanie promieniowania ultrafioletowego, które prowadzi do uszkodzeń komórek skóry na drodze interakcji z wolnymi rodnikami, a także wzrostu poziomu stanu zapalnego. Polifenole, karotenoidy oraz betalainy wykazują bogate właściwości fotoprotekcyjne oraz przeciwnowotworowe. W pracy przytoczone zostały dostępne informacje na temat związków należących do tych grup, które mają potencjał w działaniu terapeutycznym, profilaktycznym, a także pełnią funkcję w rozwoju nowotworów skóry poprzez oddziaływanie z komórkowymi szlakami przekazywania sygnału, w wyniku czego wykazują działanie przeciwzapalne, antyoksydacyjne, proapoptotyczne, a także stymulujące proces autofagii.

NOWOTWORY SKÓRY – ETIOLOGIA, RODZAJE, TERAPIA

Nowotwory skóry rozwijają się pod wpływem czynników genetycznych i środowiskowych. Fototyp I i II skóry, czyli jasna karnacja i jasne włosy, piegi, liczne znamiona barwnikowe, a także tendencja do oparzeń, stanowią czynniki ryzyka rozwoju tych chorób (Lamperska i in. 2006). Bodźcem środowiskowym przyczyniającym się do rozwoju nowotworów skóry jest ekspozycja na promieniowanie ultrafioletowe. Szczególnie niebezpieczne są krótkie okresy narażenia na intensywne promieniowanie u osób nieprzyzwyczajonych do wysokich dawek promieniowania (de Gruijl 1999; Ramirez, Federman i Kirsner 2005).

Dawki promieniowania ultrafioletowego powodują, że skóra jest narażona na oddziaływanie stresu fotooksydacyjnego, który przyczynia się do powstawania nowotworów – czerniaka oraz nieczerniakowych nowotworów skóry (NNS) (Matsumura i Ananthaswamy 2004). Podczas ekspozycji na światło wzbudzone fotouczulacze mogą tworzyć wolne rodniki na drodze reakcji transferu elektronu. W taki sposób powstają na przykład reaktywne formy tlenu - ROS (ang. *Reactive Oxygen Species*). Z kolei tlen singletowy powstaje na drodze przekazania energii z wzbudzonego fotouczulacza do tlenu w stanie podstawowym (Di Mascio i in. 2019; Stahl i Sies 2020). Powstałe w ten sposób cząsteczki ROS oddziałują na szlaki przekazywania sygnału związane z czynnikiem transkrypcyjnym NF- κ B (ang. *Nuclear Factor Kappa-Light-Chain-Enhancer of Activated B Cells*), kinazą janusową JAK

(ang. *Janus Kinase*), cząsteczką sygnałową STAT (ang. *Signal Transducer and Activator of Transcription*), czy też czynnikiem transkrypcyjnym Nrf2 (ang. *Nuclear Factor Erythroid 2-Related Factor 2*). Interferencja ROS w te szlaki sygnałowe prowadzi do zmian w ekspresji genów powiązanych z aktywacją stanu zapalnego, proliferacją komórek oraz apoptozą. Efektem działania ROS jest ponadto niszczenie cząsteczek aktywnych biologicznie, na przykład DNA, a także zmniejszenie integralności komórek skóry (Bosch i in. 2015). W efekcie działania promieniowania UV zachodzi również immunosupresja spowodowana zmniejszeniem liczby oraz aktywności epidermalnych komórek Langerhansena (Timares, Katiyar i Elmetts 2008). Zmiany te są czynnikami niszczącymi skórę i przyczyniającymi się do karcynogenezy.

Za powstawanie reaktywnych form tlenu w skórze odpowiedzialne jest w 95% promieniowanie UVA (Biesalski i Obermueller-Jevic 2001). Z kolei promieniowanie UVB jest absorbowane głównie przez keratynocyty i powoduje bezpośrednio mutacje w DNA, czym może przyczyniać się do powstawania nowotworów (Matsumura i Ananthaswamy 2004). Warto zaznaczyć, że również promieniowanie ze spektrum widzialnego o długości fali między 400 a 700 nm może przyczyniać się do uszkodzeń skóry, które potencjalnie mogą prowadzić do karcynogenezy. Widzialne światło może powodować rumień, uszkodzenia termalne, melanogenezę (Randhawa i in. 2015). Może również indukować produkcję ROS, syntezę cytokin prozapalnych oraz ekspresję metaloproteiny macierzy pozakomórkowej 1 - MMP-1 (ang. *Matrix Metalloproteinase 1*) (Liebel i in. 2012).

Czerniaki skóry to jedne z najbardziej złośliwych nowotworów występujących u człowieka (Wolnicka-Głubisz i Płonka 2007). Ich etiologia jest związana z neuroektodermalnymi komórkami melanocytarnymi (Rutkowski i in. 2013). Nowotwory te przyczyniają się do niezwykle wysokiej dynamiki wzrostu liczby zachorowań. W latach 1980-2010 odnotowano około trzykrotny wzrost liczby przypadków czerniaka skóry w Polsce (Rutkowski i in. 2013). Ważnym opisywanym czynnikiem ryzyka rozwoju choroby są oparzenia słoneczne przebyte w dzieciństwie (Kapka-Skrzypczak i in. 2014).

Nieczerniakowe nowotwory skóry to jedne z najczęściej występujących nowotworów u człowieka i stanowią około 30% nowotworów występujących u rasy kaukaskiej (Kapka-Skrzypczak i in. 2014). Najczęściej pojawia się rak podstawnokomórkowy – BCC (ang. *Basal Cell Carcinoma*), który wywodzi się z nierogowaczących komórek warstwy podstawnej naskórka. Nowotwór ten może stać się złośliwy i dawać przerzuty do sąsiednich organów i tkanek, najczęściej w obrębie głowy i szyi. Bardzo ważne w terapii jest unikanie dalszych zmian skórnych wywołanych działaniem promieniowania słonecznego (Chen i in. 2015).

Innym przykładem NNS jest rak kolczystokomórkowy – SCC (ang. *Squamos Cell Carcinoma*), który wywodzi się z wrzecionowatych komórek warstwy kolczystej. Jest to nowotwór o niskim stopniu zróżnicowania histologicznego, gwałtownym wzroście, z tendencją do rozległego naciekania miejscowego oraz tworzenia przerzutów, głównie do węzłów chłonnych. SCC rozwija się w skórze, która uległa uszkodzeniu dawką kumulacyjną promieniowania UV (Kapka-Skrzypczak i in. 2014; Ramirez i in. 2005).

Na dzień dzisiejszy terapiami wykorzystywanymi w leczeniu nowotworów skóry są chemioterapia, immunoterapia, radioterapia oraz terapia celowana molekularnie. Te sposoby leczenia są drogie, toksyczne, a także w niektórych przypadkach mogą nie dawać dobrych rezultatów. Dlatego konieczne jest poszukiwanie nowych terapii oraz terapii uzupełniających. W tym zakresie badanie bioaktywnych związków o działaniu fotoprotekcyjnym mogą okazać się bardzo pomocne.

FITOZWIĄZKI I ICH ROLA W PROCESIE NOWOTWORZENIA

Polifenole

Polifenole to związki, które wykazują działanie protekcyjne na skórę wobec szkodliwego działania promieniowania UV (Adhami i in. 2008; Nichols i Katiyar 2010). Fitozwiązki działają antyoksydacyjne, przeciwzapalnie oraz immunomodulująco (Perron i Brumaghim 2009). Znajdujące się w herbacie polifenole mogą stymulować apoptozę komórek nowotworowych skóry i zwiększają aktywność genów supresorowych, a tym samym mogą być pomocne w terapii i prewencji nowotworów skóry (Halder i in. 2008). Źródłem polifenoli w diecie są warzywa, owoce, czekolada, kawa, herbata czy wino. Do grupy polifenoli należą takie związki chemiczne jak: kwasy fenolowe, flawonoidy, katechiny, stylbeny, proantocyjanidyny, ellagitaniny oraz antocyjany (Perron i Brumaghim 2009).

Właściwości antyoksydacyjne polifenoli są związane między innymi z ich zdolnością do interakcji z jonami metali. Jony metali biorą udział w generowaniu ROS, a tym samym stresu oksydacyjnego (Perron i Brumaghim 2009). Dzięki strukturze polifenoli, w której obecne są grupy fenolowe, możliwe jest reagowanie z reaktywnymi formami tlenu i reaktywnymi formami azotu RNS (ang. *Reactive Nitrogen Species*). Wodór w grupach fenolowych pełni rolę donora w reakcjach terminalnych dla ROS (rodnik hydroksylowy, anionorodnik ponadtlenkowy) i RNS (tlenek azotu, dwutlenek azotu). Dzięki temu hamowane jest generowanie kolejnych wolnych rodników (Manach i in. 2004). Co więcej, polifenole mogą chelatować jony metali ciężkich zaangażowanych w powstawanie wolnych rodników. Związki polifenolowe zawarte w herbacie mają zdolność chelatowania jonów miedzi oraz

udowodnione właściwości ochronne lipoprotein o niskiej gęstości LDL przed peroksydacją (Yokozawa i in. 1997). Dzięki właściwościom chelatującym, związki należące do polifenoli mogą również chronić przed nagromadzeniem się toksycznych metali ciężkich w organizmie. Spożywanie zielonej herbaty może zmniejszać adsorpcję żelaza i zmniejszać jego stężenie w organizmie (Liao, Kao i Hiipakka 2001).

Polifenole wykazują również prooksydacyjne działanie na komórki nowotworowe. Mogą one generować reaktywne formy tlenu w komórkach nowotworowo zmienionych, co prowadzi do indukcji procesu apoptozy, zatrzymania cyklu komórkowego, spowolnienia proliferacji komórek. Efekty te są osiągnięte dzięki modulacji ścieżek przekazywania sygnału EGFR/MAPK (ang. *Epidermal Growth Factor Receptor/Mitogen Activated Protein Kinase*), PI3K/Akt (ang. *Phosphatidylinositide 3-Kinases/Protein Kinase B*) (Avtanski i Poretsky 2018; Balasubramanian, Efimova i Eckert 2002), NF- κ B (Gong i in. 2003) oraz czynników przeciwzapalnych (Singh i Katiyar 2013). Efekt prooksydacyjny polifenoli jest ściśle zależny od ich dawki. Związki, które w niższych dawkach opisywane są jako antyoksydacyjne, po podaniu w wyższym stężeniu mogą wykazywać efekt prooksydacyjny i mieć działanie cytotoksyczne (Kim, Quon i Kim 2014).

Bardzo ważną właściwością polifenoli w protekcji antynowotworowej skóry jest zdolność do absorpcji promieniowania UV ze względu na swoją strukturę chemiczną. Związki te mają zdolność do adsorpcji całego spektrum promieniowania ultrafioletowego UVB, a także części spektrum UVA i UVC. Właściwości antyoksydacyjne, immunomodulujące oraz przeciwzapalne działają w synergii z właściwościami adsorpcyjnymi UV sprawiając, że polifenole działają silnie fotoprotekcyjnie. Po podaniu doustnym myszom z nowotworem skóry spowodowanym promieniowaniem UVB polifenoli wyizolowanych z winogron wykazano obniżenie się proliferacji komórek nowotworowych i tym samym ograniczenie wzrostu guza (Mittal, Elmetts i Katiyar 2003).

Związki należące do flawonoidów mogą mieć wpływ na ścieżki przekazywania sygnału w komórce, co prowadzi do inicjacji procesu apoptozy w komórkach nowotworowych (Lin i in. 2008, 2011; Tuorkey 2016). Celem aktywności flawonoidów są JNK, NF- κ B i białko p53. Aktywacja ścieżki sygnałowej kinazy JNK prowadzi do aktywacji białka p53. W takiej sytuacji dochodzi do inaktywacji Bcl-2, aktywacji Bax, a więc depolararyzacji błony mitochondrialnej i uwolnienia cytochromu C. W tym momencie dochodzi do aktywacji kaskady kaspaz - prokaspaza 9, kaspaza 9, kaspaza 3, kaspaza 7 i zachodzi proces apoptozy. Polifenole mogą również wiązać się z receptorami związanymi ze śmiercią komórkową znajdującymi się na powierzchni komórek, co prowadzi do włączenia śmierci komórkowej

w krótszej ścieżce. Powoduje to aktywację kaspazy 3, która z kolei aktywuje kaspazę 7, co prowadzi do śmierci komórkowej. Kolejnym działaniem polifenoli mogącym przyczynić się do indukowania śmierci komórek nowotworowych jest hamowanie ekspresji antyapoptotycznych genów dzięki oddziaływaniu z NF- κ B oraz JNK (Lin i in. 2008, 2011; Tuorkey 2016).

Polifenole znajdujące się w zielonej herbacie mogą stymulować apoptozę oraz zatrzymanie cyklu komórkowego komórek nowotworowych. Mogą łączyć się z inhibitorem proteaz MG132, co prowadzi do apoptozy komórek przez degradację deacetylaz histonów klasy I – HDAC (ang. *Histone Deacetylase*). Proces apoptozy zachodzi w tym wypadku dzięki podwyższonemu poziomowi acetylacji histonu H3 w rejonie promotora proapoptotycznego genu Bax. Połączenie polifenoli zielonej herbaty z MG132 skutkuje również zatrzymaniem cyklu komórkowego w fazie G0/G1 dzięki acetylacji histonu H3 w rejonie promotora genu p21^{WAF1/CIP1} (Thakur, Gupta i Gupta 2012).

Galusan epigallokatechiny - EGCG (ang. *Epigallocatechin-3-Gallate*), związek należący do polifenoli wyizolowanych z zielonej herbaty, ma wpływ na indukowanie autofagii, dzięki czemu przedłuża żywotność komórek, jak również wpływa na pozbywanie się uszkodzonych organelli komórkowych, co jest ważne w przeciwdziałaniu procesowi nowotworzenia. Mechanizm ten zachodzi na drodze zależnej od ścieżki sygnałowej mTOR (ang. *Mammalian Target of Rapamycin Kinase*) i niezależnie od kinazy PKA (ang. *Protein Kinase A*) (Holczer i in. 2018). W badaniach nad wpływem EGCG na nowotwory skóry wykazano, że ten związek jest zdolny do obniżania stężenia cAMP (ang. *Cyclic Adenosine Monophosphate*) w komórkach nowotworowych dzięki obniżeniu poziomu ekspresji genów kodujących białka PI3K i p-Akt. Ponadto, poddanie komórek działaniu EGCG powoduje zmniejszenie ekspresji c-Myc i czynnika wzrostu śródbłonna naczyniowego VEGF (ang. *Vascular Endothelial Growth Factor*), dzięki obniżeniu poziomu ich regulatora beta-kateniny (Singh i Katiyar 2013). Na modelu mysim czerniaka EGCG zmniejszał adhezję, migrację oraz agregację komórek. Wpływał na molekularny mechanizm regulacji ekspresji genów w komórkach nowotworowych poprzez obniżenie poziomu MMP-9 (Liu i in. 2001).

Resweratrol, który jest związkiem należącym do stylbenów, znajduje się w skórcie ciemnych winogron (Nichols i Katiyar 2010), sosnach, śliwkach, jagodach, a także orzeszkach ziemnych (Pandey i Rizvi 2009). W badaniach przedklinicznych sprawdzono działanie resweratrolu w nowotworach skóry, piersi, prostaty, przewodu pokarmowego oraz płuc (Bishayee 2009). W mysich modelach komórek nowotworowych skóry resweratrol wykazał antynowotworowe działanie poprzez indukcję systemów antyoksydacyjnych,

apoptozy, zbilansowanie stanu zapalnego, hamowanie cyklu komórkowego (Afaq, Adhami i Ahmad 2003; Aziz, Afaq i Ahmad 2005; Sajadimajd i in. 2020). Głównym mechanizmem działania przeciwnowotworowego działania resweratrolu jest najprawdopodobniej modulacja genetycznych oraz epigenetycznych regulatorów (Sajadimajd i in. 2020). Wykazano, że resweratrol ma zdolność hamowania aktywności metylotransferaz DNA poprzez demetylację genów supresorowych w stanach nowotworowych przełyku, żołądka, jelita grubego (Lee i in. 2012). Co więcej resweratrol może indukować zatrzymanie cyklu komórkowego w fazie S. Dzieje się to dzięki oddziaływaniu resweratrolu ze szlakiem sygnałowym ATM/ATR-Chk1/2-Cdc25C (ang. *Ataxia Telangiectasia Mutated/Checkpoint Kinase 1/2-M-Phase Inducer Phosphatase 3*) poprzez fosforylację Cdc2-tyr15 (ang. *Cyclin-dependent kinase 1*), co hamuje jej działanie (Zhang 2015). ATM fosforyluje p53, co powoduje jego stabilizację. Wtedy białko p53 powoduje zatrzymanie cyklu w fazie G1/S. Zahamowanie aktywności Cdk7 (ang. *Cyclin-Dependent Kinase 7*) i Cdc2 przez resweratrol prowadzi do zatrzymania cyklu w fazie S oraz G2/M. Resweratrol działa również hamująco na proliferację komórek nowotworowych naskórka dzięki zmniejszeniu poziomu ekspresji cykliny D1, D2, E, co powoduje obniżenie poziomu Cdk-2, Cdk-4, Cdk-6. Ponadto resweratrol w tych warunkach opowiada za podniesienie ekspresji p21^{WAF1/CIP1} (Estrov i in. 2003; Wu i in. 2015).

Kolejnym polifenolem o działaniu przeciwnowotworowym jest kurkumina, zawarta między innymi w kurkumie (*Curcuma longa* L.). Ma ona właściwości antyoksydacyjne, przeciwzapalne oraz zdolność indukowania apoptozy w komórkach nowotworowych (Brouet i Ohshima 1995; Kunnumakkara, Anand i Aggarwal 2008). Kurkumina ma zdolność zmniejszenia adhezji komórek nowotworowych do podłoża poprzez zmniejszenie wiązania integryny z białkami macierzy zewnątrzkomórkowej. Co więcej, dzięki regulacji szlaków przekazywania sygnału kurkumina wpływa na zwiększenie ekspresji genów supresorowych nowotworów TIMP-2 (ang. *Tissue Inhibitor of Metalloproteinases 2*), Nm23 (ang. *Nucleoside Diphosphate Kinase*) oraz E-kadheryny (Ray i in. 2003). Badania z zakresu nutrigenomiki wskazują, że kurkumina reguluje ekspresję wielu genów poprzez oddziaływanie z czynnikami transkrypcyjnymi. Aktywuje czynniki p53, NrF2, ATF3, PPAR-u, ktz zakresu nutrigenomiki (Aggarwal i Sung 2009). Pod wpływem działania kurkuminy aktywowana zostaje ekspresja genu p21 przez p53, a także gen kodujący oksygenazę hemową HO-1 poprzez czynnik NrF2. Z kolei w wyniku oddziaływania kurkuminy z czynnikiem PPAR- γ zahamowana zostaje ekspresja genu kodującego cyklinę D1 (Aggarwal i Sung 2009). Kurkumina oddziałuje również z czynnikiem NF- κ B, dzięki czemu bierze udział w regulacji ekspresji genów,

których produkty związane są z przebiegiem stanu zapalnego, na przykład cytokin IL-1, IL-6, IL-8 (Aggarwal 2004).

Karotenoidy

Ważnymi składnikami pożywienia mogącymi chronić skórę przed działaniem stresu fotooksydacyjnego są karotenoidy. Do grupy tych związków należą między innymi β -karoten, likopen, fitoen czy fitofluen. Wykazują działanie protekcyjne przeciw rumieniowi wywołanemu przez promieniowanie ultrafioletowe przez wychwytywanie wolnych rodników, adsorpcję promieniowania UV, wygaszanie tlenu singletowego. Dzięki swoim właściwościom karotenoidy działają ochronnie i zabezpieczają przed dermatozami wywołanymi promieniowaniem (Balić i Mokos 2019; Stahl i Sies 2012).

Karotenoidy to pigmenty roślinne o kolorach żółtym, pomarańczowym i czerwonym rozpuszczalne w tłuszczach (Khoo i in. 2011). Ich biosynteza zachodzi w roślinach, algach, grzybach oraz bakteriach (Alscher i Hess 2017). Swoje właściwości karotenoidy zawdzięczają strukturze, w której znajduje się C40 poliizoprenoid z serią sprzężonych wiązań podwójnych działających jako chromofor absorbujący światło. Do karotenoidów zaliczane są karoteny - niepolarne węglowodory, do których należą α - i β -karoten i likopen. Drugą grupą należącą do karotenoidów są ksantofile. Ich cząsteczki mają polarny obszar złożony z grupy zawierającej tlen - grupy hydroksylowej lub ketonowej. Do ksantofili należą na przykład astaksantyna, zeaksantyna, luteina, a także β -kryptoksantyna (Alscher i Hess 2017; Chinembiri i in. 2014). Znanych jest ponad 800 karotenoidów, jednak w organizmie człowieka do tej pory udało się oznaczyć jedynie kilka z nich, w tym zeaksantynę, luteinę, a także α - i β -kryptoksantynę, α - i β -karoten i likopen.

W diecie człowieka źródłami karotenoidów są głównie warzywa, owoce, zielone liście, a w mniejszym stopniu także algi (Deming i Erdman 1999; Rodriguez-Concepcion i in. 2018). Karotenoidy z przewodu pokarmowego wchłaniane są dzięki połączeniu z chylomikronami, po czym transportowane są wraz z limfą, a następnie z krwią w formie lipoprotein do tkanek (Darvin i in. 2009). Związki α - i β -karoten, a także β -kryptoksantyna pełnią funkcję prowitaminy A (Eroglu i in. 2012). Karotenoidy wykazują działanie antyoksydacyjne dzięki zmniejszeniu liczby reaktywnych form tlenu (Milani i in. 2017). Zdolność do wygaszania tlenu singletowego przez karotenoidy zwiększa się wraz ze wzrostem liczby sprzężonych wiązań podwójnych w cząsteczkach tych związków (Milani i in. 2017). Jednak podobnie jak w przypadku polifenoli, karotenoidy mogą w wysokich stężeniach wykazywać efekt prooksydacyjny (Eichler, Sies i Stahl 2002).

Karotenoidy w skórze występują w ilości zależnej od spożycia, suplementacji, a także

efektywnej biodostępności spożywanych produktów (Mayne i in. 2010). Co ciekawe, okazało się β -karoten oraz likopen mogą lokalizować się w ludzkiej skórze w wyższej ilości niż zeaksantyna i luteina, co może wskazywać na lepsze właściwości fotoprotekcyjne β -karotenu oraz likopenu (Mayne i in. 2013).

Karotenoidy wykazują działanie fotoprotekcyjne zarówno przy podawaniu doustnym, jak i aplikacji na skórę. Czas interwencji powinien wynosić przynajmniej 10 tygodni (Camera i in. 2009; Durrani 2008; Grether-Beck i in. 2017). Większość karotenoidów wykazuje maksimum absorpcji długości fali odpowiadającej światłu widzialnemu. Z kolei bezbarwne karotenoidy, takie jak fitoen oraz fitofluen mają maksima absorpcji w spektrum promieniowania UVA jak i UVB (Boukari i in. 2015; Stahl i Sies 2012). Związki te mają również zdolność interferencji w szlaki przekazywania sygnału aktywowane przez promieniowanie UV. Na tej zasadzie modulują odpowiedź stresową oraz hamują proces zapalny powstający pod wpływem promieniowania UV (Wertz i in. 2004, 2005).

Likopen w rozpuszczalnikach organicznych jest najefektywniejszym związkiem należącym do karotenoidów w wygaszaniu tlenu singletowego (Di Mascio, Kaiser, i Sies 1989). Wykazuje silne działanie antyoksydacyjne i ochronne podczas poddawania komórek ludzkich działaniu stresu oksydacyjnego (Di Mascio i in. 1989; Pirayesh Islamian i Mehrali 2015). Wykazano, że codzienne spożycie pasty pomidorowej bogatej w likopen podawanej w oliwie z oliwek przez 12 tygodni ogranicza uszkodzenia skóry wywołane promieniowaniem UV jak rumień, uszkodzenia mitochondrialnego DNA, a także macierzy pozakomórkowej ECM (ang. *Extracellular Matrix*) (Rizwan i in. 2011). Likopen wykazuje działanie hamujące proces nowotworzenia, a także ma zdolność wpływu na szlaki przekazywania sygnału powodując tym samym ekspresję genów odpowiedzialnych za proces apoptozy (Cooperstone i in. 2017). Likopen działa fotoprotekcyjnie przez obniżenie ekspresji HO-1 (ang. *Heme Oxygenase-1*) oraz ICAM-1 (ang. *Intracellular Adhesion Molecule*) (Grether-Beck i in. 2017).

β -karoten zapobiega rumieniowi powstającemu pod wpływem promieniowania UV (Köpcke i Krutmann 2008; Marini i in. 2014; White i Jahnke 2002). Fotoprotekcyjny efekt w przypadku tej cząsteczki obserwowany jest przy dostarczaniu wraz z dietą lub suplementacją w dawce większej niż 12 mg dziennie przez przynajmniej 10 tygodni (Heinrich i in. 2003). β -karoten ma działanie ochronne przed powstawaniem mutacji w mitochondrialnym DNA ludzkich fibroblastów poddanych działaniu promieniowania UV (Offord i in. 2002). Wykazano również liczne działania ochronne tej cząsteczki przed nowotworzeniem. β -karoten może opóźnić wystąpienie nowotworu a także zredukować wzrost guza (Epstein 1977). Hamuje efekt wzmożonej fotokarcynogenezy indukowanej

benzopirenem (Santamaria i in. 1983). W komórkach czerniaka indukuje apoptozę dzięki aktywacji kaspazy 3, 8 oraz 9 (Palozza i in. 2003). Oraz odpowiedzialny jest za regulację genów biorących udział w procesie apoptozy – Bcl-2, p53 (Guruvayoorappan i Kuttan 2007).

Można wnioskować, że przyjmowanie β -karotenu wraz z dietą może wykazywać działanie protekcyjne na skórę. Jednak ważne jest, aby właściwie dobrać dawkę przyjmowanego produktu lub suplementu, ponieważ wysokie dawki tego związku przy podawaniu u osób narażonych na rozwój nowotworów, na przykład u palaczy tytoniu, prowadziły do wzrostu częstości wystąpienia nowotworu płuc o około 20%. Mogło to być związane z łączeniem produktów rozpadu β -karotenu z receptorem kwasu retinowego indukując szlak przekazywania sygnału, który może być związany z karcynogenezą (Eroglu i in. 2012; Pryor, Stahl, i Rock 2000).

Betacyjaniny

Burak ćwikłowy (*Beta vulgaris* L. subs. *vulgaris*) jest bogaty w bioaktywne składniki, między innymi polifenole, karotenoidy, saponiny, flawonoidy, a także pigmenty rozpuszczalne w wodzie jak betalainy, do których należą czerwone betacyjaniny (Hadipour i in. 2020). Aktywność antyoksydacyjna soku z buraka jest wyższa niż soku z pomidora, marchwi, pomarańczy, ananasa (Ryan i Prescott 2010). Ekstrakt z buraka ćwikłowego w badaniach na modelach zwierzęcych wykazywał działanie terapeutyczne w nowotworach wątroby (Kapadia i in. 2003:1), przełyku (Lechner i in. 2010), płuc (Kapadia i in. 1996) oraz skóry (Kapadia i in. 1996, 2003). Z kolei fermentowany oraz świeży sok z buraka wykazał działanie antymutagenne w teście Ames (Klewicka 2010).

Obiecującym składnikiem aktywnym o potencjalnym zastosowaniu w terapii nowotworów w buraku ćwikłowym są betacyjaniny, z których 95% zawartości w buraku stanowią betaniny (Azeredo 2009). Wpływają one zarówno na komórki nowotworowe, jak i na środowisko wzrostu guza (Lechner i Stoner 2019). Klewicka E. wnioskuje, że jednymi z substancji odpowiedzialnych za właściwości antymutagenne soku z buraka są z pewnością betacyjaniny (Klewicka 2010). Ponadto związki te działają na mechanizmy molekularne komórek, które przeszły transformację nowotworową powodując ich apoptozę (J Kapadia i in. 2011; Lechner i in. 2010). Betaniny oddziałują z czynnikiem transkrypcyjnym Nrf2 i wpływają na regulację ekspresji docelowych genów związanych między innymi z reakcjami antyoksydacyjnymi. W efekcie tego działania wzrasta poziom ekspresji genów kodujących enzymy odpowiedzialne za detoksykację (Krajka-Kuźniak i in. 2013). Co więcej, związki te mają zdolność do neutralizacji stanu zapalnego wywołanego przez uwalnianie z neutrofilii reaktywnych form tlenu - ROS (ang. *Reactive Oxygen Species*) i HClO (Allegra i in. 2005).

Za właściwości przeciwutleniające betanin odpowiedzialne są grupy fenolowe i cykliczne w ich cząsteczce (Han i in. 2014). Co więcej, betacyjaniny zmniejszają napływ neutrofilów do miejsca zapalenia (Kapadia i in. 2003; Martinez i in. 2015) oraz mają właściwości hamujące angiogenezę (Lechner i in. 2010).

ŹRÓDŁA FITOZWIĄZKÓW O DZIAŁANIU FOTOPROTEKCYJNYM W DIECIE

Spośród setek związków należących do grupy karotenoidów, w diecie człowieka obecnych jest ponad 50 związków (Khachik i in. 1997). Beta-karoten jest związkiem należącym do karotenoidów, który występuje w największej ilości w spożywanym przez człowieka pożywieniu (Arscott 2013). Związek ten znajduje się przede wszystkim w owocach i warzywach o ciemnopomarańczowym kolorze takich jak mango, morela, kantalupa, marchew, czerwona papryka, słodkie ziemniaki i dynia oraz zielonych warzywach, takich jak brokuły, jarmuż i boćwina. Alfa-karoten jest często spotykany w tych produktach wraz z beta-karotenem, ale zazwyczaj w niższych stężeniach. W najwyższej ilości ten związek obecny jest w marchwi oraz w niektórych odmianach dyni (Campbell i in. 1994). Z kolei beta-kryptoksantyna jest spotykana w najwyższej ilości w tropikalnych owocach takich jak mango, papaja, pomarańcze i mandarynki. Głównymi źródłami likopenu są warzywa i owoce o czerwonym i różowym kolorze, przede wszystkim pomidor i jego przetwory, arbuz i czerwony grejpfrut (Arscott 2013).

Ponad 800 związków należących do polifenoli zostało zidentyfikowanych w produktach spożywczych, głównie w owocach i warzywach, w tym w owocach jagodowych, pełnoziarnistych płatkach, a także w kakao, kawie, herbacie i winie (Neveu i in. 2010). Profil zawartości polifenoli różni się pomiędzy konkretnymi rodzajami produktów spożywczych. Kawa jest źródłem dużej ilości kwasu fenolowego, wino - stilbenów i antocyjanidyn, cytrusy - flawonoidów, a soja - izoflawonów (Pérez-Jiménez i in. 2010). Co więcej, zawartość polifenoli zależy ściśle od kraju pochodzenia produktu, sposobu jego przetworzenia oraz przechowywania (Hernández-Jiménez i in. 2013). Fermentacja herbaty może zwiększać zawartość polifenoli, a także sprawia, że profil zawartości tych związków w fermentowanej herbacie jest inny niż w produkcie wyjściowym (Wu i in. 2012). W przetworzonych produktach zawierających owoce jagodowe można zwiększyć zawartość polifenoli poprzez dodatek zmiksowanych owoców zamiast klarowanych soków (Scalbert i Williamson 2000).

Betalainy znajdują się w wielu roślinach w kwiatach, korzeniach, liściach, nasionach i owocach, jednak ich występowanie w produktach spożywczych jest ograniczone.

Betacyjaniny, takie jak betanina znajdują się na przykład w czerwonym buraku, a pomarańczowe betaksantyny znajdują się w owocach, na przykład indoksantyna znajduje się w gruszcze kaktusowej. Betalainy obecne są również w owocu pitaji, kaktusa, a także w boćwinie szwajcarskiej. Stabilność betalain w produktach spożywczych jest zmniejszana przez ekspozycję na tlen, wodę, światło oraz wysoką temperaturę (Rodriguez-Amaya 2019).

PODSUMOWANIE

Polifenole, karotenoidy oraz betacyjaniny, dzięki bogatym właściwościom fotoprotekcyjnym oraz przeciwnowotworowym, mogą być obiecującym uzupełnieniem terapii nowotworów skóry. Mają zdolność do oddziaływania z komórkowymi szlakami przekazywania sygnałów, co powoduje zmiany w ekspresji genów, których produkty odpowiedzialne są za proces apoptozy, stan zapalny, autofagię, generowanie wolnych rodników, oddziaływanie z macierzą zewnątrzkomórkową, czy też zatrzymanie cyklu komórkowego. Dzięki swoim właściwościom polifenole, karotenoidy oraz betacyjaniny mogą okazać się równie przydatne w terapii innych chorób skóry o podłożu zapalnym.

PIŚMIENNICTWO

1. Adhami V.M., Syed D.N., Khan N., Afaq F. (2008). Phytochemicals for Prevention of Solar Ultraviolet Radiation-Induced Damages. *Photochemistry and Photobiology* 84(2):489–500. doi: 10.1111/j.1751-1097.2007.00293.x
2. Afaq F., Adhami V.M., Ahmad N. (2003). Prevention of Short-Term Ultraviolet B Radiation-Mediated Damages by Resveratrol in SKH-1 Hairless Mice. *Toxicology and Applied Pharmacology* 186(1):28–37. doi: 10.1016/s0041-008x(02)00014-5
3. Aggarwal B.B. (2004). Nuclear Factor-KB: The Enemy Within. *Cancer Cell* 6(3):203–8. doi: 10.1016/j.ccr.2004.09.003
4. Aggarwal B.B., Sung B. (2009). Pharmacological Basis for the Role of Curcumin in Chronic Diseases: An Age-Old Spice with Modern Targets. *Trends in Pharmacological Sciences* 30(2):85–94. doi: 10.1016/j.tips.2008.11.002
5. Allegra M., Furtmüller P.G., Jantschko W., Zederbauer M., Tesoriere L., Livrea M.A., Obinger C. (2005). Mechanism of Interaction of Betanin and Indicaxanthin with Human Myeloperoxidase and Hypochlorous Acid. *Biochemical and Biophysical Research Communications* 332(3):837–44. doi: 10.1016/j.bbrc.2005.05.031
6. Alscher R.G., Hess J.L. (2017). *Antioxidants in higher plants*. CRC press
7. Arscott S.A. (2013). Food sources of carotenoids. S. 3–19 w *Carotenoids and human health*. Springer

8. Avtanski D., Poretsky L. (2018). Phyto-polyphenols as potential inhibitors of breast cancer metastasis. *Molecular Medicine* 24. doi: 10.1186/s10020-018-0032-7
9. Azeredo H.M.C. (2009). Betalains: properties, sources, applications, and stability – a review. *International journal of food science & technology* 44(12):2365–76
10. Aziz M.H., Afaq F., Ahmad N. (2005). Prevention of Ultraviolet-B Radiation Damage by Resveratrol in Mouse Skin Is Mediated via Modulation in Survivin. *Photochemistry and Photobiology* 81(1):25–31. doi: 10.1562/2004-08-13-RA-274
11. Balasubramanian S., Efimova T., Eckert R.L. (2002). Green Tea Polyphenol Stimulates a Ras, MEKK1, MEK3, and P38 Cascade to Increase Activator Protein 1 Factor-Dependent Involucrin Gene Expression in Normal Human Keratinocytes. *Journal of Biological Chemistry* 277(3):1828–36. doi: 10.1074/jbc.M110376200
12. Balić A., Mokos M. (2019). Do We Utilize Our Knowledge of the Skin Protective Effects of Carotenoids Enough? *Antioxidants* 8(8):259. doi: 10.3390/antiox8080259
13. Biesalski H.K., Obermueller-Jevic U.C. (2001). UV Light, Beta-Carotene and Human Skin-Beneficial and Potentially Harmful Effects. *Archives of Biochemistry and Biophysics* 389(1):1–6. doi: 10.1006/abbi.2001.2313
14. Bishayee A. (2009). Cancer Prevention and Treatment with Resveratrol: From Rodent Studies to Clinical Trials. *Cancer Prevention Research (Philadelphia, Pa.)* 2(5):409–18. doi: 10.1158/1940-6207.CAPR-08-0160
15. Bosch R., Philips N., Suárez-Pérez J.A., Juarranz A., Devmurari A., Chalensouk-Khaosaat J., González S. (2015). Mechanisms of Photoaging and Cutaneous Photocarcinogenesis, and Photoprotective Strategies with Phytochemicals. *Antioxidants (Basel, Switzerland)* 4(2):248–68. doi: 10.3390/antiox4020248
16. Boukari F., Jourdan E., Fontas E., Montaudié H., Castela E., Lacour J.-P., Passeron T. (2015). Prevention of Melasma Relapses with Sunscreen Combining Protection against UV and Short Wavelengths of Visible Light: A Prospective Randomized Comparative Trial. *Journal of the American Academy of Dermatology* 72(1):189-190.e1. doi: 10.1016/j.jaad.2014.08.023
17. Brouet I., Ohshima H. (1995). Curcumin, an Anti-Tumour Promoter and Anti-Inflammatory Agent, Inhibits Induction of Nitric Oxide Synthase in Activated Macrophages. *Biochemical and Biophysical Research Communications* 206(2):533–40. doi: 10.1006/bbrc.1995.1076
18. Camera E., Mastrofrancesco A., Fabbri C., Daubrawa F., Picardo M., Sies H., Stahl W. (2009). Astaxanthin, canthaxanthin and β -carotene differently affect UVA-induced oxidative damage and expression of oxidative stress-responsive enzymes. *Experimental dermatology* 18(3):222–31
19. Campbell D.R., Gross M.D., Martini M.C., Grandits G.A., Slavin J.L., Potter J.D. (1994). Plasma carotenoids as biomarkers of vegetable and fruit intake. *Cancer Epidemiology and Prevention Biomarkers* 3(6):493–500

20. Chen A.C., Martin A.J., Choy B., Fernández-Peñas P., Dalziel R.A., McKenzie C.A., Scolyer R.A., Dhillon H.M., Vardy J.L., Krickler A., St George G., Chinniah N., Halliday G.M., Damian D.L. (2015). A Phase 3 Randomized Trial of Nicotinamide for Skin-Cancer Chemoprevention. *The New England Journal of Medicine* 373(17):1618–26. doi: 10.1056/NEJMoa1506197
21. Chinembiri T.N., du Plessis L.H., Gerber M., Hamman J.H., du Plessis J. (2014). Review of Natural Compounds for Potential Skin Cancer Treatment. *Molecules (Basel, Switzerland)* 19(8):11679–721. doi: 10.3390/molecules190811679
22. Cooperstone J.L., Tober K.L., Riedl K.M., Teegarden M.D., Cichon M.J., Francis D.M., Schwartz S.J., Oberyszyn T.M. (2017). Tomatoes Protect against Development of UV-Induced Keratinocyte Carcinoma via Metabolomic Alterations. *Scientific Reports* 7(1):5106. doi: 10.1038/s41598-017-05568-7
23. Darvin M.E., Fluhr J.W., Caspers P., van der Pool A., Richter H., Patzelt A., Sterry W., Lademann J. (2009). In Vivo Distribution of Carotenoids in Different Anatomical Locations of Human Skin: Comparative Assessment with Two Different Raman Spectroscopy Methods. *Experimental Dermatology* 18(12):1060–63. doi: 10.1111/j.1600-0625.2009.00946.x
24. Deming D.M., Erdman J.W. (1999). Mammalian carotenoid absorption and metabolism. *Pure and Applied Chemistry* 71(12):2213–23
25. Di Mascio P., Kaiser S., Sies H. (1989). Lycopene as the Most Efficient Biological Carotenoid Singlet Oxygen Quencher. *Archives of Biochemistry and Biophysics* 274(2):532–38. doi: 10.1016/0003-9861(89)90467-0
26. Di Mascio P., Martinez G.R., Miyamoto S., Ronsein G.E., Medeiros M.H.G., Cadet J. (2019). Singlet Molecular Oxygen Reactions with Nucleic Acids, Lipids, and Proteins. *Chemical Reviews* 119(3):2043–86. doi: 10.1021/acs.chemrev.8b00554
27. Durrani A. (2008). Determination of alpha lipoic acid content in dietary supplements and foodstuffs using high performance liquid chromatography with different detection modes.
28. Eichler O., Sies H., Stahl W. (2002). Divergent Optimum Levels of Lycopene, β -Carotene and Lutein Protecting Against UVB Irradiation in Human Fibroblasts. *Photochemistry and photobiology* 75(5):503–6
29. Epstein J.H. (1977). Effects of β -carotene on ultraviolet induced cancer formation in the hairless mouse skin. *Photochemistry and photobiology* 25(2):211–13
30. Eroglu A., Hruszkewycz D.P., dela Sena C., Narayanasamy S., Riedl K.M., Kopec R.E., Schwartz S.J., Curley R.W., Harrison E.H. (2012). Naturally Occurring Eccentric Cleavage Products of Provitamin A β -Carotene Function as Antagonists of Retinoic Acid Receptors. *The Journal of Biological Chemistry* 287(19):15886–95. doi: 10.1074/jbc.M111.325142
31. Estrov Z., Shishodia S., Faderl S., Harris D., Van Q., Kantarjian H.M., Talpaz M., Aggarwal B.B. (2003). Resveratrol Blocks Interleukin-1 β -Induced Activation of the Nuclear Transcription Factor NF-KappaB, Inhibits Proliferation, Causes S-Phase Arrest,

- and Induces Apoptosis of Acute Myeloid Leukemia Cells. *Blood* 102(3):987–95. doi: 10.1182/blood-2002-11-3550
32. Gong L., Li Y., Nedeljkovic-Kurepa A., Sarkar F.H. (2003). Inactivation of NF-KappaB by Genistein Is Mediated via Akt Signaling Pathway in Breast Cancer Cells. *Oncogene* 22(30):4702–9. doi: 10.1038/sj.onc.1206583
33. Grether-Beck S., Marini A., Jaenicke T., Stahl W., Krutmann J. (2017). Molecular Evidence That Oral Supplementation with Lycopene or Lutein Protects Human Skin against Ultraviolet Radiation: Results from a Double-Blinded, Placebo-Controlled, Crossover Study. *The British Journal of Dermatology* 176(5):1231–40. doi: 10.1111/bjd.15080
34. de Grujil F.R. (1999). Skin Cancer and Solar UV Radiation. *European Journal of Cancer* (Oxford, England: 1990) 35(14):2003–9. doi: 10.1016/s0959-8049(99)00283-x
35. Guruvayoorappan C., Kuttan G. (2007). β -Carotene down-regulates inducible nitric oxide synthase gene expression and induces apoptosis by suppressing bcl-2 expression and activating caspase-3 and p53 genes in B16F-10 melanoma cells. *Nutrition research* 27(6):336–42
36. Hadipour E., Taleghani A., Tayarani-Najaran N., Tayarani-Najaran Z. (2020). Biological effects of red beetroot and betalains: A review. *Phytotherapy Research*
37. Halder B., Bhattacharya U., Mukhopadhyay S., Giri A.K. (2008). Molecular Mechanism of Black Tea Polyphenols Induced Apoptosis in Human Skin Cancer Cells: Involvement of Bax Translocation and Mitochondria Mediated Death Cascade. *Carcinogenesis* 29(1):129–38. doi: 10.1093/carcin/bgm233
38. Han J., Zhang Z., Yang S., Wang J., Yang X., Tan D. (2014). Betanin Attenuates Paraquat-Induced Liver Toxicity through a Mitochondrial Pathway. *Food and Chemical Toxicology: An International Journal Published for the British Industrial Biological Research Association* 70:100–106. doi: 10.1016/j.fct.2014.04.038
39. Heinrich U., Gärtner C., Wiebusch M., Eichler O., Sies H., Tronnier H., Stahl W. (2003). Supplementation with Beta-Carotene or a Similar Amount of Mixed Carotenoids Protects Humans from UV-Induced Erythema. *The Journal of Nutrition* 133(1):98–101. doi: 10.1093/jn/133.1.98
40. Hernández-Jiménez A., Gil-Muñoz R., Ruiz-García Y., López-Roca J.M., Martínez-Cutillas A., Gómez-Plaza E. (2013). Evaluating the Polyphenol Profile in Three Segregating Grape (*Vitis vinifera* L.) Populations. *Journal of Analytical Methods in Chemistry* 2013:e572896. doi: 10.1155/2013/572896
41. Holczer M., Besze B., Zábó V., Csala M., Bánhegyi G., Kapuy O. (2018). Epigallocatechin-3-Gallate (EGCG) Promotes Autophagy-Dependent Survival via Influencing the Balance of MTOR-AMPK Pathways upon Endoplasmic Reticulum Stress. *Oxidative Medicine and Cellular Longevity* 2018:6721530. doi: 10.1155/2018/6721530
42. Kapadia G.J., Azuine M.A., Rao G.S., Arai T., Iida A., Tokuda H. (2011). Cytotoxic effect of the red beetroot (*Beta vulgaris* L.) extract compared to doxorubicin (Adriamycin) in the human prostate (PC-3) and breast (MCF-7) cancer cell lines. *Anti-Cancer Agents In*

- Medicinal Chemistry (Formerly Current Medicinal Chemistry-Anti-Cancer Agents) 11(3):280–84
43. Kapadia G.J., Tokuda H., Konoshima T., Nishino H. (1996). Chemoprevention of Lung and Skin Cancer by Beta Vulgaris (Beet) Root Extract. *Cancer Letters* 100(1–2):211–14. doi: 10.1016/0304-3835(95)04087-0
 44. Kapadia G.J., Azuine M.A., Sridhar R., Okuda Y., Tsuruta A., Ichiishi E., Mukainake T., Takasaki M., Konoshima T., Nishino H. (2003). Chemoprevention of DMBA-induced UV-B promoted, NOR-1-induced TPA promoted skin carcinogenesis, and DEN-induced phenobarbital promoted liver tumors in mice by extract of beetroot. *Pharmacological Research* 47(2):141–48
 45. Kapka-Skrzypczak L., Dudra-Jastrzębska M., Czajka M., Raszewska-Famielec M., Popek S., Sawicki K., Kruszewski M. (2014). Charakterystyka kliniczna oraz molekularne podstawy nowotworów skóry. *Hygeia Public Health* 49(1):39–45
 46. Khachik F., Spangler C.J., Smith J.C., Canfield L.M., Steck A., Pfander H. (1997). Identification, Quantification, and Relative Concentrations of Carotenoids and Their Metabolites in Human Milk and Serum. *Analytical Chemistry* 69(10):1873–81. doi: 10.1021/ac961085i
 47. Khoo H.-E., Prasad K.N., Kong K.-W., Jiang Y., Ismail A. (2011). Carotenoids and Their Isomers: Color Pigments in Fruits and Vegetables. *Molecules* 16(2):1710–38. doi: 10.3390/molecules16021710
 48. Kim H.-S., Quon M.J., Kim J. (2014). New Insights into the Mechanisms of Polyphenols beyond Antioxidant Properties; Lessons from the Green Tea Polyphenol, Epigallocatechin 3-Gallate”. *Redox Biology* 2:187–95. doi: 10.1016/j.redox.2013.12.022
 49. Klewicka E. (2010). Fermented beetroot juice as a factor limiting chemical mutations induced by MNNG in *Salmonella typhimurium* TA98 and TA100 strains. *Food Technology and Biotechnology* 48(2):229–33
 50. Köpcke W., Krutmann J. (2008). Protection from Sunburn with β -Carotene-A Meta-analysis. *Photochemistry and photobiology* 84(2):284–88
 51. Krajka-Kuźniak V., Paluszczak J., Szaefer H., Baer-Dubowska W. (2013). Betanin, a Beetroot Component, Induces Nuclear Factor Erythroid-2-Related Factor 2-Mediated Expression of Detoxifying/Antioxidant Enzymes in Human Liver Cell Lines. *The British Journal of Nutrition* 110(12):2138–49. doi: 10.1017/S0007114513001645
 52. Kunnumakkara A.B., Anand P., Aggarwal B.B. (2008). Curcumin Inhibits Proliferation, Invasion, Angiogenesis and Metastasis of Different Cancers through Interaction with Multiple Cell Signaling Proteins. *Cancer Letters* 269(2):199–225. doi: 10.1016/j.canlet.2008.03.009
 53. Lamperska K., Przybyła A., Kaczmarek A., Leporowska E., Mackiewicz A. (2006). Podłoże genetyczne czerniaka–badania własne i przegląd piśmiennictwa. *Współcz Onkol* 10:297–302

54. Lechner J.F., Stoner G.D. (2019). Red Beetroot and Betalains as Cancer Chemopreventative Agents. *Molecules* (Basel, Switzerland) 24(8). doi: 10.3390/molecules24081602
55. Lechner J.F., Wang L.-S., Rocha C.M., Larue B., Henry C., McIntyre C.M., Riedl K.M., Schwartz S.J., Stoner G.D. (2010). Drinking Water with Red Beetroot Food Color Antagonizes Esophageal Carcinogenesis in N-Nitrosomethylbenzylamine-Treated Rats. *Journal of Medicinal Food* 13(3):733–39. doi: 10.1089/jmf.2008.0280
56. Lee H., Zhang P., Herrmann A., Yang C., Xin H., Wang Z., Hoon D.S.B., Forman S.J., Jove R., Riggs A.D., Yu H. (2012). Acetylated STAT3 Is Crucial for Methylation of Tumor-Suppressor Gene Promoters and Inhibition by Resveratrol Results in Demethylation. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 109(20):7765–69. doi: 10.1073/pnas.1205132109
57. Liao S., Kao Y.H., Hiipakka R.A. (2001). Green Tea: Biochemical and Biological Basis for Health Benefits. *Vitamins and Hormones* 62:1–94. doi: 10.1016/s0083-6729(01)62001-6
58. Liebel F., Kaur S., Ruvolo E., Kollias N., Southall M.D. (2012). Irradiation of Skin with Visible Light Induces Reactive Oxygen Species and Matrix-Degrading Enzymes. *The Journal of Investigative Dermatology* 132(7):1901–7. doi: 10.1038/jid.2011.476
59. Lin Y., Shi R., Wang X., Shen H.M. (2008). Luteolin, a flavonoid with potential for cancer prevention and therapy. *Current Cancer Drug Targets* 8(7):634–46. doi: 10.2174/156800908786241050
60. Lin Y.-S., Tsai P.-H., Kandaswami C.C., Cheng C.-H., Ke F.-C., Lee P.-P., Hwang J.-J., Lee M.-T. (2011). Effects of Dietary Flavonoids, Luteolin, and Quercetin on the Reversal of Epithelial–Mesenchymal Transition in A431 Epidermal Cancer Cells. *Cancer Science* 102(10):1829–39. doi: 10.1111/j.1349-7006.2011.02035.x
61. Liu J.-D., Chen S.-H., Lin C.-L., Tsai S.-H., Liang Y.-C. (2001). Inhibition of Melanoma Growth and Metastasis by Combination with (–)-Epigallocatechin-3-Gallate and Dacarbazine in Mice. *Journal of Cellular Biochemistry* 83(4):631–42. doi: 10.1002/jcb.1261
62. Manach C., Scalbert A., Morand C., Rémésy C., Jiménez L. (2004). Polyphenols: Food Sources and Bioavailability. *The American Journal of Clinical Nutrition* 79(5):727–47. doi: 10.1093/ajcn/79.5.727
63. Marini A., Jaenicke T., Grether-Beck S., Le Floc’h C., Cheniti A., Piccardi N., Krutmann J. (2014). Prevention of Polymorphic Light Eruption by Oral Administration of a Nutritional Supplement Containing Lycopene, β -Carotene, and *Lactobacillus Johnsonii*: Results from a Randomized, Placebo-Controlled, Double-Blinded Study. *Photodermatology, Photoimmunology & Photomedicine* 30(4):189–94. doi: 10.1111/phpp.12093
64. Martinez R.M., Longhi-Balbinot D.T., Zarpelon A.C., Staurengo-Ferrari L., Baracat M.M., Georgetti S.R., Sassonia R.C., Verri W.A., Casagrande R. (2015). Anti-Inflammatory Activity of Betalain-Rich Dye of Beta Vulgaris: Effect on Edema,

- Leukocyte Recruitment, Superoxide Anion and Cytokine Production. *Archives of Pharmacal Research* 38(4):494–504. doi: 10.1007/s12272-014-0473-7
65. Matsumura Y., Ananthaswamy H.N. (2004). Toxic Effects of Ultraviolet Radiation on the Skin. *Toxicology and Applied Pharmacology* 195(3):298–308. doi: 10.1016/j.taap.2003.08.019
66. Mayne S.T., Cartmel B., Scarmo S., Jahns L., Ermakov I.V., Gellermann W. (2013). Resonance Raman Spectroscopic Evaluation of Skin Carotenoids as a Biomarker of Carotenoid Status for Human Studies. *Archives of Biochemistry and Biophysics* 539(2):163–70. doi: 10.1016/j.abb.2013.06.007
67. Mayne S.T., Cartmel B., Scarmo S., Lin H., Leffell D.J., Welch E., Ermakov I., Bhosale P., Bernstein P.S., Gellermann W. (2010). Noninvasive Assessment of Dermal Carotenoids as a Biomarker of Fruit and Vegetable Intake. *The American Journal of Clinical Nutrition* 92(4):794–800. doi: 10.3945/ajcn.2010.29707
68. Milani A., Basirnejad M., Shahbazi S., Bolhassani A. (2017). Carotenoids: Biochemistry, Pharmacology and Treatment. *British Journal of Pharmacology* 174(11):1290–1324. doi: 10.1111/bph.13625
69. Mittal A., Elmetts C.A., Katiyar S.K. (2003). Dietary feeding of proanthocyanidins from grape seeds prevents photocarcinogenesis in SKH-1 hairless mice: Relationship to decreased fat and lipid peroxidation. *Carcinogenesis* 24(8):1379–88. doi: 10.1093/carcin/bgg095
70. Neveu V., Perez-Jiménez J., Vos F., Crespy V., du Chaffaut L., Mennen L., Knox C., Eisner R., Cruz J., Wishart D., Scalbert A. (2010). Phenol-Explorer: An Online Comprehensive Database on Polyphenol Contents in Foods. *Database: The Journal of Biological Databases and Curation* 2010:bap024. doi: 10.1093/database/bap024
71. Nichols J.A., Katiyar S.K. (2010). Skin Photoprotection by Natural Polyphenols: Anti-Inflammatory, Antioxidant and DNA Repair Mechanisms. *Archives of Dermatological Research* 302(2):71–83. doi: 10.1007/s00403-009-1001-3
72. Offord E.A., Gautier J.-C., Avanti O., Scaletta C., Runge F., Krämer K., Applegate L.A. (2002). Photoprotective potential of lycopene, β -carotene, vitamin E, vitamin C and carnosic acid in UVA-irradiated human skin fibroblasts. *Free Radical Biology and Medicine* 32(12):1293–1303
73. Palozza P., Serini S., Torsello A., Di Nicuolo F., Maggiano N., Ranelletti F.O., Wolf F.I., Calviello G. (2003). Mechanism of activation of caspase cascade during β -carotene-induced apoptosis in human tumor cells. *Nutrition and cancer* 47(1):76–87
74. Pandey K.B., Rizvi S.I. (2009). Plant polyphenols as dietary antioxidants in human health and disease. *Oxidative Medicine and Cellular Longevity* 2(5):270–78
75. Jara P.-J., Neveu V., Vos F., Scalbert A. (2010). Systematic Analysis of the Content of 502 Polyphenols in 452 Foods and Beverages: An Application of the Phenol-Explorer Database. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 58(8):4959–69. doi: 10.1021/jf100128b

76. Perron N.R., Brumaghim J.L. (2009). A Review of the Antioxidant Mechanisms of Polyphenol Compounds Related to Iron Binding. *Cell Biochemistry and Biophysics* 53(2):75–100. doi: 10.1007/s12013-009-9043-x
77. Pirayesh I.J, Mehrali H. (2015). Lycopene as A Carotenoid Provides Radioprotectant and Antioxidant Effects by Quenching Radiation-Induced Free Radical Singlet Oxygen: An Overview. *Cell Journal (Yakhteh)* 16(4):386–91
78. Pryor W.A., Stahl W., Rock C.L. (2000). Beta Carotene: From Biochemistry to Clinical Trials. *Nutrition Reviews* 58(2 Pt 1):39–53. doi: 10.1111/j.1753-4887.2000.tb07810.x
79. Ramirez C.C., Federman D.G., Kirsner R.S. (2005). Skin Cancer as an Occupational Disease: The Effect of Ultraviolet and Other Forms of Radiation. *International Journal of Dermatology* 44(2):95–100. doi: 10.1111/j.1365-4632.2005.02301.x
80. Randhawa M., Seo I.S., Liebel F., Southall M.D., Kollias N., Ruvolo E. (2015). Visible Light Induces Melanogenesis in Human Skin through a Photoadaptive Response. *PloS One* 10(6):e0130949. doi: 10.1371/journal.pone.0130949
81. Ray S., Chattopadhyay N., Mitra A., Siddiqi M., Chatterjee A. (2003). Curcumin Exhibits Antimetastatic Properties by Modulating Integrin Receptors, Collagenase Activity, and Expression of Nm23 and E-Cadherin. *Journal of Environmental Pathology, Toxicology and Oncology: Official Organ of the International Society for Environmental Toxicology and Cancer* 22(1):49–58
82. Rizwan M., Rodriguez-Blanco I., Harbottle A., Birch-Machin M.A., Watson R.E.B., Rhodes L.E. (2011). Tomato Paste Rich in Lycopene Protects against Cutaneous Photodamage in Humans in Vivo: A Randomized Controlled Trial. *The British Journal of Dermatology* 164(1):154–62. doi: 10.1111/j.1365-2133.2010.10057.x
83. Rodriguez-Amaya D.B. (2019). Update on Natural Food Pigments - A Mini-Review on Carotenoids, Anthocyanins, and Betalains. *Food Research International* 124:200–205. doi: 10.1016/j.foodres.2018.05.028
84. Rodriguez-Concepcion M., Avalos J., Bonet M.L., Boronat A., Gomez-Gomez L., Hornero-Mendez D., Limon M.C., Meléndez-Martínez A.J., Olmedilla-Alonso B., Palou A., Ribot J., Rodrigo M.J., Zacarias L., Zhu C. (2018). A Global Perspective on Carotenoids: Metabolism, Biotechnology, and Benefits for Nutrition and Health. *Progress in Lipid Research* 70:62–93. doi: 10.1016/j.plipres.2018.04.004
85. Rutkowski P., Wysocki P.J., Nasierowska-Guttmejer A., Grzesiakowska U., Herman K., Nowecki Z.I., Polkowski W., Kalinka-Warzocha E., Świtaj T., Zaucha R. (2013). Czerniaki skóry. Zalecenia postępowania diagnostycznoterapeutycznego w nowotworach złośliwych - 2013 r.
86. Ryan L., Prescott S.L. (2010). Stability of the Antioxidant Capacity of Twenty-Five Commercially Available Fruit Juices Subjected to an in Vitro Digestion. *International Journal of Food Science & Technology* 45(6):1191–97. doi: 10.1111/j.1365-2621.2010.02254.x
87. Sajadimajd S., Bahramsoltani R., Iranpanah A., Patra J.K., Das G., Gouda S., Rahimi R., Rezaei-amiri E., Cao H., Giampieri F., Battino M., Tundis R., Campos M.G., Farzaei

- M.H., Xiao J. (2020). Advances on Natural Polyphenols as Anticancer Agents for Skin Cancer. *Pharmacological Research* 151:104584. doi: 10.1016/j.phrs.2019.104584
88. Santamaria L., Bianchi A., Arnaboldi A., Andreoni L., Bermond P. (1983). Dietary carotenoids block photocarcinogenic enhancement by benzo (a) pyrene and inhibit its carcinogenesis in the dark. *Experientia* 39(9):1043–45
89. Scalbert A., Williamson G. (2000). Dietary Intake and Bioavailability of Polyphenols. *The Journal of Nutrition* 130(8S Suppl):2073S-85S. doi: 10.1093/jn/130.8.2073S
90. Singh T., Katiyar S.K. (2013). Green Tea Polyphenol, (-)-Epigallocatechin-3-Gallate, Induces Toxicity in Human Skin Cancer Cells by Targeting β -Catenin Signaling. *Toxicology and Applied Pharmacology* 273(2):418–24. doi: 10.1016/j.taap.2013.09.021
91. Stahl W., Sies H. (2012). β -Carotene and other carotenoids in protection from sunlight. *The American journal of clinical nutrition* 96(5):1179S-1184S
92. Stahl W., Sies H. (2020). Nutritional protection against photooxidative stress in human skin and eye. S. 389–402 w *Oxidative Stress*. Elsevier
93. Thakur V.S., Gupta K., Gupta S. (2012). Green Tea Polyphenols Causes Cell Cycle Arrest and Apoptosis in Prostate Cancer Cells by Suppressing Class I Histone Deacetylases. *Carcinogenesis* 33(2):377–84. doi: 10.1093/carcin/bgr277
94. Timares L., Katiyar S., Elmetts C.A. (2008). DNA Damage, Apoptosis and Langerhans cells – Activators of UV-induced Immune Tolerance. *Photochemistry and photobiology* 84(2):422–36. doi: 10.1111/j.1751-1097.2007.00284.x
95. Tuorkey M.J. (2016). Molecular targets of luteolin in cancer. *European Journal of Cancer Prevention* 25(1):65–76. doi: 10.1097/CEJ.0000000000000128
96. Wertz K., Buchwald Hunziker P., Seifert N., Riss G., Neeb M., Steiner G., Hunziker W., Goralczyk R. (2005). β -carotene interferes with ultraviolet light A-induced gene expression by multiple pathways. *Journal of investigative dermatology* 124(2):428–34
97. Wertz K., Seifert N., Buchwald Hunziker P., Riss G., Wyss A., Lankin C., Goralczyk R. (2004). β -carotene inhibits UVA-induced matrix metalloprotease 1 and 10 expression in keratinocytes by a singlet oxygen-dependent mechanism. *Free Radical Biology and Medicine* 37(5):654–70
98. White A.L., Jahnke L.S. (2002). Contrasting Effects of UV-A and UV-B on Photosynthesis and Photoprotection of Beta-Carotene in Two *Dunaliella* Spp. *Plant & Cell Physiology* 43(8):877–84. doi: 10.1093/pcp/pcf105
99. Wolnicka-Głubisz A., Płonka P. (2007). Rola promieniowania UV w etiopatogenezie czerniaka skóry. *Współczesna Onkologia = Contemporary Oncology* 11(9)
100. Wu C., Xu H., Héritier J., Andlauer W. (2012). Determination of Catechins and Flavonol Glycosides in Chinese Tea Varieties. *Food Chemistry* 132(1):144–49. doi: 10.1016/j.foodchem.2011.10.045
101. Wu Z., Liu B., Cailing E., Liu J., Zhang Q., Liu J., Chen N., Chen R., Zhu R. (2015). Resveratrol Inhibits the Proliferation of Human Melanoma Cells by Inducing G1/S Cell

Cycle Arrest and Apoptosis. *Molecular Medicine Reports* 11(1):400–404. doi: 10.3892/mmr.2014.2716

102. Yokozawa T., Dong E., Liu Z.W., Shibata T., Hasegawa M., Watanabe H., Oura H. (1997). Magnesium Lithospermate B Ameliorates Cephaloridine-Induced Renal Injury. *Experimental and Toxicologic Pathology: Official Journal of the Gesellschaft Fur Toxikologische Pathologie* 49(5):337–41. doi: 10.1016/S0940-2993(97)80100-5
103. Zhang P.-Y. (2015). Polyphenols in Health and Disease. *Cell Biochemistry and Biophysics* 73(3):649–64. doi: 10.1007/s12013-015-0558-z

ODPORNOŚĆ I TRANSFORMACJA
RAPORT 5 GRUPY EKSPERTÓW DS. PROGNOZ SCAR
„ZASOBY NATURALNE I SYSTEMY ŻYWNOŚCIOWE: PRZEMIANY
W KIERUNKU ‘BEZPIECZNEJ I SPRAWIEDLIWEJ’
PRZESTRZENI OPERACYJNEJ”

Renata Jędrzejczak

Międzyzakładowa Grupa ds. Prawa Paszowego i Żywnościowego
Instytutu Biotechnologii Przemysłu Rolno-Spożywczego im. prof. Wacława Dąbrowskiego,
ul. Rakowiecka 36, 02-532 Warszawa
renata.jedrzejczak@ibprs.pl

Streszczenie

Omówiony został 5 Raport Stałego Komitetu ds. Badań Rolniczych (SCAR) opracowany przez niezależną grupę ekspertów i opublikowany pod koniec 2020 roku. Adresowany jest do Komisji Europejskiej, krajów członkowskich Unii Europejskiej i krajów stowarzyszonych. Raport wyjaśnia w jaki sposób badania i innowacje w trzech konkretnych obszarach: dieta, bioróżnorodność i obieg zamknięty, mogą pomóc przyspieszyć postęp społeczny i gospodarczy oraz odbudowę Europy po pandemii COVID-19. Stanowi ważny wkład w proces strategicznego procesu planowania w zakresie kształtowania polityki badawczej i działań koordynacyjnych.

Słowa kluczowe: SCAR, Raport, dieta, bioróżnorodność, obieg zamknięty

RESILIENCE AND TRANSFORMATION
REPORT OF THE 5th SCAR FORESIGHT EXERCISE EXPERT GROUP
“NATURAL RESOURCES AND FOOD SYSTEMS: TRANSITION TOWARDS
A ‘SAFE AND JUST’ OPERATING SCALE”

Summary

5th Report of the Standing Committee on Agricultural Research (SCAR) was elaborated by a group of independent experts, and published at the end of 2020. It is addressed to European Commission, member states of the European Union and associated countries. The report explain how research and innovation in three specific areas: diet, biodiversity, and circularity can help speed up social and economic progress, and rebuilding Europe after the

COVID-19 pandemic. It provides an important contribution to the strategic planning process for research policy and coordination activities.

Keywords: SCAR, Report, diet, biodiversity, circularity

Stały Komitet ds. Badań Rolniczych (SCAR - the Standing Committee on Agricultural Research)

SCAR utworzony został w 1974 roku i ponownie powołany w 2005 roku. Doradza Komisji Europejskiej (KE) i krajom członkowskiej Unii Europejskiej (UE) w zakresie badań w dziedzinie rolnictwa, leśnictwa i rybołówstwa oraz szeroko rozumianej biogospodarki. Komitet odgrywa ważną rolę w łączeniu badań naukowych i innowacji oraz w usuwaniu barier dla innowacji. Prowadzi badania prognostyczne (takie jak niniejszy raport) i przekazuje swoje wnioski. Zrzesza podmioty innowacyjne (rolników, doradców, naukowców, przedsiębiorstwa, organizacje pozarządowe itp.) i pomaga budować pomosty między badaniami a praktyką. Obecnie SCAR reprezentuje 37 różnych krajów, a członkami są ministerstwa lub inne organizacje z Krajów Członkowskich UE oraz obserwatorzy z Krajów Kandydujących i Stowarzyszonych.

WSTĘP

Eksperci od lat ostrzegali przed nadchodzącymi kryzysami wskutek zmian klimatu, strat bioróżnorodności, narastających nierówności społecznych, a także możliwymi pandemiemi paraliżującymi świat. Z tym ostatnim świat aktualnie się zmierza, a odbudowa życia po pandemii koronawirusa COVID-19 będzie zdaniem Ekspertów SCAR, wymagać wprowadzenia wielu zmian. Szczególną uwagę zwrócono na sposób produkcji i konsumpcji żywności, mających bezpośredni wpływ na zdrowie i środowisko, biorąc pod uwagę kilka istotnych faktów:

- 8% ludności na świecie jest niedożywionych w różnym stopniu, podczas gdy 39% ma nadwagę lub jest otyłych,
- straty bioróżnorodności są na alarmującym poziomie; 1 mln gatunków roślin i zwierząt grozi wyginięcie,
- rolnictwo i produkcja żywności odpowiedzialne są za 30% emisję gazów cieplarnianych,
- około 1/3 produkowanej żywności jest marnotrawione za około 1 biliona €.

Problemy te, choć znane nie od dziś, zostały bardziej uwidocznione w wyniku pandemii przyczyniającej się do znacznych ograniczeń gospodarczych i społecznych. ONZ przewiduje również, że pandemia przyczyni się do rozszerzania się obszaru głodu na świecie. Konieczne jest zatem podjęcie działań zmierzających do przekształcenia społeczeństw w bardziej odporne, zwłaszcza na nieprzewidziane gwałtowne zmiany.

Unia Europejska (UE) podjęła już szereg ambitnych kroków, m.in. wprowadzając prawo

do neutralności pod względem emisji dwutlenku węgla do 2050 r., a także szereg nowych polityk i programów jak: *Zielony Ład (Green Deal)*, *Bioróżnorodność (Biodiversity)*, *Od pola do stołu (From farm to fork)*, *Gospodarka w obiegu zamkniętym (The circular economy)*. Jednak ich ostateczny sukces będzie w dużej mierze zależał od europejskich badań i innowacji (R&I), a Raport prognostyczny SCAR przedstawia dalsze kroki związane m.in. rekomendacjami dla nowego programu UE w zakresie badań i innowacji – *Horyzont Europa (Horizon Europe)*.

Zrealizowanie koncepcji bezpiecznej i bardziej sprawiedliwej Europy wymaga spełnienia 11 celów, które należy osiągnąć do 2050 roku, tj.:

1. zerowy poziom emisji gazów cieplarnianych netto,
2. przywrócenie poziomu bioróżnorodności z 2000 r.,
3. odbudowa ekosystemu 2/3 ziem w UE,
4. utrzymanie zużycia wody w rolnictwie na aktualnym poziomie,
5. zmniejszenie wprowadzenia do środowiska fosforu o 81% i azotu o 86%,
6. zmniejszenie stosowania pestycydów o 75%,
7. poprawa zdrowia ludzi poprzez utrzymanie BMI na poziomie 18,5-25,
8. eliminacja dyskryminacji ze względu na płeć,
9. traktowanie wszystkich zwierząt zgodnie z rygorystycznymi standardami dobrostanu,
10. zapewnienie godziwych dochodów dla rolników,
11. zapewnienie powszechnego dostępu do internetu na obszarach rolniczych.

Cele te można osiągnąć poprzez przeprowadzenie zmian w trzech głównych obszarach, przedstawionych poniżej.

(1): ZRÓWNOWAŻONA I ZDROWA DIETA

Poziom niedożywienia populacji europejskiej jest nieznaczny, natomiast problemem stało się przekarmienie. Oszacowano, że ok. 52% dorosłej populacji europejskiej ma nadwagę (BMI>25), a ok. 15% jest otyłych (BMI>30). Jako przyczyny wskazuje się na zbyt wysokie spożycie mięsa, ziemniaków i innych produktów skrobiowych, a za mało warzyw, owoców, roślin strączkowych, orzechów i nasion. Skutkuje to wzrostem wskaźników chorób przewlekłych starzejącego się społeczeństwa europejskiego i przeciążeniem systemu opieki zdrowotnej. Dodatkowo, produkcja zwierzęca jest, znaczącym źródłem emisji gazów cieplarnianych, a uprawa roślin odpowiedzialna jest za wprowadzanie do gleb znacznych ilości azotu i fosforu.

Podsumowując, to co jemy jest nierozzerwanie związane z naszym wpływem na

środowisko. Zmiana nawyków żywieniowych (mało mięsa, dużo warzyw) wymaga ogromnego wysiłku, przezwyciężenia wielu barier, w tym zmian struktury przemysłu spożywczego, preferencji konsumenckich i działań uświadamiających przez organizacje społeczne. Ostatecznie może to przyczynić się do zmniejszenia wielu problemów żywieniowych i środowiskowych.

Zaproponowano następujące tematy badawcze w tym obszarze:

- Rozwój rolnictwa, rybołówstwa i leśnictwa skutkujący bardziej zróżnicowaną i pożywną dietą.
- Opracowywanie nowej, zrównoważonej żywności (ekologiczna, lokalna, świeża), modeli produkcji i przetwarzania żywności oraz kryteriów jakości żywności.
- Analizowanie i monitorowanie wpływu spożywanej żywności na środowisko i społeczeństwo.
- Projektowanie miejskich środowisk umożliwiających wybieranie i kupowanie zdrowej i zrównoważonej żywności.
- Edukacja, komunikacja i zachęcanie konsumentów do spożywania zrównoważonej i zdrowej żywności.

(2): ŻYWNOŚĆ W ‘OBIEGU ZAMKNIĘTYM’

Jednym z najpoważniejszych problemów systemów rolno-spożywczych jest marnotrawienie żywności. Wprowadzenie koncepcji gospodarki w obiegu zamkniętym, do którego UE i wiele innych krajów obecnie dąży, ma na celu położenia temu kresu poprzez zaprojektowanie obiegu zamkniętego dla wszystkich produktów i stworzenie kaskadowego łańcucha dostaw łączącego wyjście z jednego procesu z wejściem do drugiego. Opracowany przez Komisję Europejską (KE) w ramach strategii ‘Zielonego Ładu’ - ‘Plan Działania Gospodarki w Obiegu Zamkniętym’ (*Circular Economy Action Plan*) na lata 2020-2023, uznano za krok we właściwym kierunku.

Obserwowany jest równoczesny wzrost liczby zwolenników „agroekologii”, umożliwiającej lepsze wykorzystanie naturalnego agroekosystemu. Rolnicy stosujący ekologiczne zasady uprawy, w naturalny sposób przyczyniają się do poprawy stanu gleb, zwracając większą uwagę na płodozmian, okrywą upraw i inteligentne łącznie roślin oraz stosowanie nawozów organicznych. Wskazane byłoby zapewnienie im większego dostępu do technologii cyfrowych umożliwiających redukcję strat plonów na polu, komunikację z klientem i bardziej efektywne zarządzanie.

Z kolei, w zakładach przemysłu spożywczego należałoby wprowadzić optymalizację

produkcji w szerszym zakresie, w celu zminimalizowania zużycia energii i wody, znajdując jednocześnie nowe zastosowania dla produkcji pobocznych.

Zaproponowano następujące tematy badawcze w tym obszarze w dwóch ujęciach:

‘Silny zrównoważony rozwój w rolnictwie’

- Opracowanie metod zmniejszenia ilości odpadów i osiągnięcie obiegu zamkniętego w rolnictwie, leśnictwie i akwakulturze.
- Rozwijanie *‘Rolnictwa regeneracyjnego’*, wykorzystującego naturalne metody poprawy stanu gleb, i sprzyjającego zrównoważonemu rozwojowi, różnorodności i produktywności w rolnictwie.
- Opracowanie i wdrożenie strategii radykalnej redukcji zużycia antybiotyków, syntetycznych pestycydów i nawozów w rolnictwie.
- Opracowanie sposobów na bardziej opłacalne ekonomicznie i odporne na kryzysy rolnictwo, rybołówstwo i leśnictwo.
- Wzbogacenie oferty usług na terenach wiejskich i rolniczych dla poprawy warunków bytowania ich mieszkańców.

‘Kształtowanie biotechnologicznej gospodarki w obiegu zamkniętym’

- Budowa nowej logistycznej i cyfrowej infrastruktury na potrzeby obiegu zamkniętego.
- Wypracowanie nowych sposobów współpracy przemysłu lub regionów na rzecz obiegu zamkniętego.
- Opracowanie nowych technologii dla biorafinerii neutralnych pod względem emisji CO₂.
- Wprowadzenie nowego podejścia do zarządzania biogospodarką w obiegu zamkniętym.
- Opracowywanie nowych modeli biznesowych zachęcających ludzi do stosowania i wspierania praktyk dotyczących żywności w obiegu zamkniętym.
- Opracowanie nowych materiałów, biotworzyw, technik przetwarzania odpadów.
- Identyfikowanie konkurencyjnych wartości i wizji interesariuszy oraz zarządzanie nimi.

Wprowadzenie obiegu zamkniętego w gospodarce wymaga połączenia różnych łańcuchów dostaw, zwłaszcza w skali regionalnej, a także wsparcia sieci przedsiębiorstw i zainteresowanych stron za pośrednictwem infrastruktury fizycznej i informacyjnej. Jednocześnie konieczne jest zapewnienie uczciwych cen we wszystkich elementach łańcucha dostaw. Można tego dokonać poprzez nową politykę fiskalną (np. dotacje na dostęp do

kredytów) i inne mechanizmy wsparcia, co mogłoby skłonić przedsiębiorców do stosowania bardziej zamkniętych modeli gospodarowania. Niezbędne jest również ulepszenie systemu informacyjnego oraz zwiększenie poziomu identyfikowalności produktu dotyczącego jego pochodzenia oraz kosztu środowiskowego. Działania te są kluczowe w urzeczywistnieniu gospodarki w obiegu zamkniętym.

(3): WIĘKSZA RÓŻNORODNOŚĆ

W ostatnich latach idea różnorodności – w przyrodzie, społeczeństwie i gospodarce została zagrożona. Wg Międzypaństwowej Naukowo-Politycznej Platformy ds. Bioróżnorodności i Usług Ekosystemowych (*IPBES – Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services*) do 2016 r. zniknęło z ziemi ok. 9% wszystkich udomowionych ras ssaków wykorzystywanych do celów spożywczych lub rolniczych, a kolejny milion gatunków roślin i zwierząt jest zagrożony wyginięciem.

Różnorodność ma istotne znaczenie dla systemu, gdyż zapewnia jego alternatywność i odporność. W odniesieniu do społeczeństwa, różnorodność sprzyja kreatywności i nowym pomysłom. W gospodarce różnorodność ogranicza cykliczność, która mogłaby powodować, że wszystkie sektory mogłyby jednocześnie rozwijać się i upadać. W odniesieniu do żywności i rolnictwa różnorodność umożliwia spożywanie zróżnicowanej i zbilansowanej diety oraz zapewnia ochronę przed klęskami żywiołowymi lub katastrofami ludzkimi. Dążenie do zwiększenia różnorodności w rolnictwie, żywności i społeczeństwie dla większej ich odporności należy realizować zgodnie z zaleceniami KE przedstawionymi w najnowszej *Strategii Bioróżnorodności oraz Zielonego Ładu*.

Zaproponowano następujące tematy badawcze w tym obszarze jako klucz do odporności:

- Zróżnicowanie systemów rolnictwa i produkcji żywności oraz modeli zrównoważonego przetwarzania żywności.
- Dywersyfikacja kanałów sprzedaży detalicznej żywności.
- Wspieranie roli małych gospodarstw rolnych i rybackich.
- Interdyscyplinarne badania naukowe zapewniające długoterminową stabilność w rolnictwie i systemach żywnościowych oraz mniejszą podatność na gwałtowne zmiany.
- Monitoring, pomiary i upowszechnianie wiedzy o usługach związanych z ekosystemami.

Umożliwienie rolnikom inwestowania w dywersyfikację produktów i usług

w gospodarstwach wymaga tworzenia bardziej zróżnicowanych łańcuchów dostaw i rynków. Dzisiejsze strategie produkcyjne, często oparte na skali masowości, specjalizacji i korzyści ekonomicznych, powinny być stopniowo zastępowane strategiami biznesowymi opartymi na celach związanych z różnorodnością i ekonomią. Polityki środowiskowe (przepisy, normy, zachęty podatkowe) są niezbędne dla zapewnienia zainteresowania tymi opcjami większych przedsiębiorstw. Jednocześnie konieczna jest większa spójność pomiędzy politykami klimatyczną, rolniczą i socjalną oraz budżetem publicznym zwłaszcza na początkowym etapie działalności. Należy również zachęcać firmy do szerszego spojrzenia na wyznaczone cele i większego „ukierunkowania na misję”, poprzez zwiększenie odpowiedzialności społecznej i środowiskowej, a nie tylko na zyski. Pozwoliłoby to na prowadzenie polityki ochrony bioróżnorodności opartej częściowo na dobrowolnych zobowiązaniach biznesowych.

ROLA BADAŃ I INNOWACJI

Dokonanie ww. zmian, wymaga odpowiednich narzędzi, tj. badań i innowacji, niezbędnych nie tylko do zrozumienia problemów i ich rozwiązań, ale również do ukierunkowania decydentów i uzyskiwania szerokiego poparcia społecznego. Wiedza jest niezbędna do tworzenia polityk np. rolnej, środowiskowej, zdrowotnej, społecznej i pomaga ocenić wpływ każdej z nich. Pozwala również na tzw. strategiczne zarządzanie niszą, polegające na wspieraniu małych innowacji, które mogłyby zrewolucjonizować sposób produkcji i konsumpcji żywności. Konieczne staje się zatem, zbudowanie konsensusu opartego na dowodach naukowych pomiędzy wszystkimi zaangażowanymi stronami – rolnikami, konsumentami, przedsiębiorcami, politykami i in. Opracowany program *FOOD 2030* nakreśla politykę UE w zakresie badań i innowacji mając na celu zmianę systemów żywnościowych zapewniających każdemu człowiekowi wystarczającą ilość wartościowej żywności po przystępnej cenie. Zastosowano w niej systemowe podejście do czterech nadrzędnych priorytetów: (1) żywienie dla zrównoważonej i zdrowej diety, (2) przyjazne dla klimatu i zrównoważone środowiskowo systemy żywnościowe, (3) systemy żywnościowe w obiegu zamkniętym i zasobooszczędne oraz (4) innowacje. Taką strategię można uznać za kamień węgielny transformacji systemu żywnościowego.

Analiza szerokiego wachlarza powiązanych ze sobą problemów dotyczących żywności i rolnictwa pozwoliła na zidentyfikowanie kilku przekrojowych obszarów badawczych, wymagających szczególnej uwagi przy opracowywaniu programów unijnych lub krajowych, jak:

- Żywność, dobrobyt, społeczeństwo – wpływ na jakość życia

- Innowacje społeczne – tworzenie nowych firm, partnerstw, usług
- Agroekologia – upowszechnianie ekologii w rolnictwie
- Transformacja cyfrowa biogospodarki – wsparcie dla zmian
- Przewidywanie – wczesne dostrzeganie zagrożeń
- Finanse na przeprowadzenie zmian – dotacje na badania i inwestycje.

Te obszernie tematy nakreślają program badań transformacyjnych, który powinien być wdrażany w synergii z długoterminowymi strategiami politycznymi KE. Muszą być one oparte na współpracy – nie tylko pomiędzy naukowcami, ale także rolnikami, producentami, konsumentami i innymi społecznościami, których dotyczą, z istotnym wsparciem technologii cyfrowych. Ponadto, dla osiągnięcia ww. omówionych trzech obszarów wymagających zmian, potrzebna będzie obecnie znacznie większa kreatywność. Zidentyfikowanych zostało również kilka obszarów, w których nadal potrzebne jest dalsze budowanie potencjału:

- Łączność pomiędzy nauką-polityką-społeczeństwem – umożliwiająca podejmowanie właściwych decyzji przez decydentów na podstawie dowodów naukowych zebranych i opracowanych przez ekspertów.
- Partnerstwo – w celu zjednoczenia nauki, rolnictwa i społeczeństwa.
- Długoterminowe sieci R&I (badawczo-innowacyjne), których czas trwania dopasowany byłby do długoterminowego charakteru *Celów Zrównoważonego Rozwoju ONZ*.
- Współpraca międzynarodowa, która w ramach R&D ma kluczowe znaczenie w badaniach nad żywnością i rolnictwem i wymaga od UE znalezienia nowych, elastycznych narzędzi do jej promowania, po epidemii COVID-19.
- Nowe typy projektów we współpracy, które powinny być interdyscyplinarne i angażować wszystkie zainteresowane strony w społeczeństwie, aby mieć charakter transformacyjny, jak np. *Horyzont Europa*.
- Polityki zarządzania – niezbędna jest większa spójność pomiędzy różnymi regulacjami i stworzenie jednolitej polityki żywnościowej w UE, co jednocześnie mogłoby wymusić ściślejszą współpracę międzysektorową.

Kryzys COVID-19 pokazał, że instytucje które uważane były za sprawnie działające, mogą nie być odporne na nieprzewidziane kryzysy. W sektorze rolno-spożywczym dążenie do „bezpiecznej i sprawiedliwej przestrzeni operacyjnej”, będzie wymagało skupienia uwagi na głównych zmianach, które muszą być wprowadzone, aby zachować zdolność adaptacji w trakcie i po kryzysie. Badania i innowacje stanowią kluczowe narzędzia do ich realizacji.

Opracowano na podstawie:

EC 2020. Resilience and transition. Report of the 5th Foresight Expert Group “Natural resources and food systems: Transitions towards a ‘safe and just’ operating space”. Directorate-General for Research and Innovation. Healthy Planet. <https://scar-europe.org/images/FORESIGHT/FINAL-REPORT-5th-SCAR-Foresight-Exercise.pdf>

Informacje dla autorów

„Postępy Nauki i Technologii Przemysłu Rolno-Spożywczego” są wydawnictwem ciągłym (kwartalnikiem) publikowanym przez Instytut Biotechnologii Przemysłu Rolno-Spożywczego im. prof. Wacława Dąbrowskiego (IBPRS).

Prace kwalifikowane są do druku na podstawie recenzji. Artykuły powinny być napisane w sposób zwięzły i rzeczowy oraz zgodnie z zasadami pisowni polskiej.

Objętość prac nie powinna przekraczać 15 stron maszynopisu formatu A4. Tekst należy napisać czcionką Times New Roman 12 pkt (tytuł pracy – 14 pkt) z zachowaniem odstępu pomiędzy wierszami 1,5, marginesy 2,5 cm i wcięcia akapitów 0,75 cm i zapisać w formacie Word for Windows 97-2003. Tekst powinien być wyjustowany z numeracją na dole strony. Tabele, rysunki i wykresy należy umieścić w tekście. Tytuły tabel należy umieszczać nad tabelami, a rysunków pod rysunkami. Numeracja powinna odpowiadać chronologii ich pojawiania się w tekście (np. tabela 1, rysunek 1). Skróty jednostek miar i wyniki oznaczeń powinny być zgodne z Międzynarodowym Układem Jednostek SI. Tytuły tabel (nagłówki) i rysunków należy podać w języku polskimi i angielskim (*kursywą*). Kursywą należy wyróżnić: symbole i wielkości fizyczne, jedno- i wieloliterowe skróty wyrazów w indeksach oraz nazwy łacińskie.

W treści cytowane powinny być tylko dokumenty publikowane np.

- [Kowalski 2002]
- [Kowalski, Szewczyk 2003]
- [Kowalski 2002; Szewczyk 2000; Słowik 1999]
- [Kowalski i in. 2004] – jeżeli jest więcej niż dwóch autorów

Nie powinno się jednorazowo cytować więcej niż pięć pozycji literatury.

Układ pracy (wszystkie tytuły wypośrodkowane i wytłuszczone)

TYTUŁ PRACY (14 pkt)

Autorzy (**Imię i Nazwisko**) 12 pkt

Miejsce pracy (nazwa instytucji, adres, e-mail pierwszego autora)

Streszczenie (do 20 wierszy)

Słowa kluczowe (do 6 słów)

TYTUŁ PRACY W J. ANGIELSKIM 12 pkt

Streszczenie w j. angielskim (**Summary**)

Słowa kluczowe w j. angielskim (**Key words**)

WPROWADZENIE lub WSTĘP

Tekst uwzględniający podział na ułatwiające lekturę rozdziały i podrozdziały oraz ilustracje graficzne i tabelaryczne.

PIŚMIENNICTWO (spis ułożony alfabetycznie, numerowany) tylko dokumenty publikowane

W przypadku prac doświadczalnych układ powinien zawierać dodatkowo:

MATERIAŁ I METODY BADAŃ

WYNIKI I DYSKUSJA (wyniki z badań w syntetycznym zestawieniu)

WNIOSKI

Przykłady:

- artykuł z czasopisma
Funk P. (2004). Soki owocowe. *Przem. Ferm. Owoc.-Warz.*, 48, 8-9
- wydawnictwa zwarte
Ball S. (2001). *Antyoksydanty w medycynie i zdrowiu człowieka*. Warszawa: Medyk Sp. z o.o.
Żywność wygodna i żywność funkcjonalna. (1999). Pr. zbior. pod red. F. Świderskiego. Warszawa: WNT
- rozdział w książce
Brusiło J. (2008). *Żywność modyfikowana genetycznie – Ocena etyczna globalnego eksperymentu*. W: *Zrównoważone rolnictwo a bezpieczna żywność*. Kraków: PTTŻ
- czasopismo elektroniczne
Komorowska A., Sieliwanowicz B., Mrówka E., Stecka K., Hałasińska A. (2003). *Studies on yeast extracts enriched in 5'nucleotides flavour enhancers obtained from spent brewery yeast*. *Electr. J. Pol. Agricult. Univ., Biotechnol.*, 6, 1.
<http://www.ejpan.media.pl/series/volume6/issue1/biotechnology/index.html>
- materiały z konferencji
Górniak W. (2003). *Grupy jakościowe ziarna pszenicy a kierunki jego wykorzystania*. W: *Ogólnopolska Konferencja Naukowa – Jakość a wykorzystanie ziarna zbóż*. 15–16 października 2003. Puławy: JUNG [CD-ROM]

Redakcja zastrzega sobie prawo do dokonywania w tekście poprawek redakcyjnych niewpływających na treść merytoryczną artykułu bez porozumienia z Autorami.

Artykuł należy przesłać e-mailem na adres Sekretarza Redakcji Działu i jeden egzemplarz wydrukowany.

Redakcja Działów Biotechnologia i Żywność Pochodzenia Roślinnego
Instytut Biotechnologii Przemysłu Rolno-Spożywczego im. prof. Wacława
Dąbrowskiego
ul. Rakowiecka 36,
02-532 Warszawa
Sekretarz – Lila Nabiałek, tel. 22 606 36 99, e-mail: lila.nabialek@ibprs.pl

Redakcja Działów Żywność Pochodzenia Zwierzęcego i Tłuszcze Jadalne
Instytut Biotechnologii Przemysłu Rolno-Spożywczego im. prof. Wacława
Dąbrowskiego
Zakład Technologii Mięsa i Tłuszczu
ul. Jubilerska 4,
04-190 Warszawa
Sekretarz – Halina Makąła, tel. 22 509 70 26, e-mail: halina.makala@ibprs.pl