

# **Badania i Rozwój Młodych Naukowców w Polsce**

## **Nauki przyrodnicze**

Część III - Żywnienie i żywność



[www.mlodzinaukowcy.com](http://www.mlodzinaukowcy.com)

Poznań 2019

**Redakcja naukowa**

dr inż. Jędrzej Nyckowiak, UPP

dr hab. Jacek Leśny prof. UPP

**Wydawca**

Młodzi Naukowcy

[www.mlodzinaukowcy.com](http://www.mlodzinaukowcy.com)

[wydawnictwo@mlodzinaukowcy.com](mailto:wydawnictwo@mlodzinaukowcy.com)

**ISBN (całość 978-83-66139-81-7)**

**ISBN (wydanie online 978-83-66392-36-6)**

**ISBN (wydanie drukowane 978-83-66392-35-9)**

Ilość znaków w książce: 674 tys.

Ilość arkuszy wydawniczych: 16.8

Data wydania: sierpień 2019

Niniejsza pozycja jest monografią naukową. Jej rozdziały zostały wydrukowane zgodnie z przesłanymi tekstami po ich zaakceptowaniu przez recenzentów. Odpowiedzialność za zgodne z prawem wykorzystanie użytych materiałów ponoszą autorzy poszczególnych rozdziałów.

## Spis treści

<b>1. Wpływ preparatu serwatkowego na technologię oraz wydatek twarogów</b>	<b>7</b>
<i>Brożek Oskar Michał, Bohdziewicz Krzysztof</i>	
<b>2. Ocena wpływu przechowywania zliofilizowanego mleka owczego, krowiego oraz ich mieszanek na wybrane parametry pików przemian fazowych przy wykorzystaniu DSC</b>	<b>15</b>
<i>Brożek Oskar Michał, Bohdziewicz Krzysztof</i>	
<b>3. Białko S100A4 w mleku kobiecym</b>	<b>22</b>
<i>Agnieszka Chrustek, Dorota Olszewska-Słonina, Elena Sinkiewicz-Darol</i>	
<b>4. Enzyme immobilization in food processes</b>	<b>29</b>
<i>Katarzyna Czyżewska</i>	
<b>5. The characteristic of enzymatic preparations in immobilized form and their application possibilities - a review</b>	<b>35</b>
<i>Katarzyna Czyżewska</i>	
<b>6. Charakterystyka i właściwości kefirów roślinnych</b>	<b>40</b>
<i>Ćwierz Justyna, Jaruga Sylwia, Foks Agata, Bakalarz Monika</i>	
<b>7. Przeciwbakteryjny potencjał ziół i przypraw</b>	<b>46</b>
<i>Ćwierz Justyna, Bakalarz Monika, Foks Agata, Mateusz Grajek</i>	
<b>8. Projekt diety i zalecenia żywieniowe w zaburzeniu odżywiania</b>	<b>52</b>
<i>Joanna Doniec, Barbara Borczak, Elżbieta Sikora, Joanna Kapusta-Duch, Olga Sularz, Joanna Skoczylas</i>	
<b>9. Wpływ kofeiny na organizm człowieka</b>	<b>58</b>
<i>Joanna Doniec, Aleksandra Wąs, Barbara Borczak, Elżbieta Sikora, Joanna Kapusta-Duch, Olga Sularz</i>	
<b>10. Produkty uboczne pochodzące z przemysłu spożywczego jako potencjalne dodatki wzbogacające do żywności ekstrudowanej</b>	<b>64</b>
<i>Katarzyna Lisiecka, Agnieszka Wójtowicz, Kamila Kasprzak</i>	
<b>11. Alternatywne metody ekspandowania pelletów przekąskowych</b>	<b>69</b>
<i>Katarzyna Lisiecka, Anna Rodzeń, Sybilla Kłapsia</i>	
<b>12. Zawartość likopenu i właściwości przeciwutleniające wybranych soków pomidorowych</b>	<b>75</b>
<i>Katarzyna Łupina, Dariusz Kowalczyk</i>	
<b>13. Właściwości przeciwutleniające i przeciwdrobnoustrojowe miodu</b>	<b>81</b>
<i>Katarzyna Łupina</i>	
<b>14. Zanieczyszczenia mikrobiologiczne piwa</b>	<b>86</b>
<i>Magdalena Michalak, Patryk Ostanek, Magdalena Polak-Berecka</i>	
<b>15. Zanieczyszczenia mikrobiologiczne wina</b>	<b>92</b>
<i>Patryk Ostanek, Magdalena Michalak, Jacek Jachuła</i>	
<b>16. Otyłość jako choroba cywilizacyjna - rola diety w utrzymaniu prawidłowego BMI</b>	<b>98</b>
<i>Moczko Joanna</i>	
<b>17. Porównanie ogólnych błędów żywieniowych osób nietreningujących do błędów żywieniowych sportowców</b>	<b>106</b>
<i>Moczko Joanna</i>	

<b>18. Wpływ różnych parametrów zacierania na stopień odfermentowania brzezki piwnej</b>	<b>113</b>
<i>Marcin Natoniewski, Leszek Rydzak, Krzysztof Mitrus, Katarzyna Niewęglowska, Ewelina Surdacka, Anna Rodzeń</i>	
<b>19. Nietermiczne metody utrwalania żywności</b>	<b>120</b>
<i>Niedźwiedz Iwona, Polak-Berecka Magdalena</i>	
<b>20. Zawartość związków polifenolowych w suszonych ziołach przyprawowych</b>	<b>126</b>
<i>Iwona Piękoś, Weronika Gajdzik, Joanna Nieć, Sylwia Jaruga</i>	
<b>21. Charakterystyka i właściwości zdrowotne wybranych przypraw</b>	<b>132</b>
<i>Iwona Piękoś, Weronika Gajdzik, Joanna Nieć, Karolina Sobczyk</i>	
<b>22. Ocena preferencji żywieniowych w grupach osób zróżnicowanych wiekowo</b>	<b>137</b>
<i>Sularz Olga, Kierońska Ewelina, Skoczylas Joanna, Doniec Joanna, Drozdowska Mariola, Koronowicz Aneta</i>	
<b>23. Projekt diety i zalecenia żywieniowe dla osoby chorej na cukrzycę typu 2</b>	<b>144</b>
<i>Sularz Olga<sup>(1)</sup>, Bielawska Anna, Skoczylas Joanna, Doniec Joanna, Drozdowska Mariola, Koronowicz Aneta</i>	
<b>24. Środki słodzące a przemysł spożywczy cz. 1</b>	<b>150</b>
<i>Szaniawska Magdalena</i>	
<b>25. Środki słodzące w przemyśle spożywczy cz. 2</b>	<b>157</b>
<i>Szaniawska Magdalena</i>	
<b>26. Żywność funkcjonalna a choroby układu oddechowego</b>	<b>164</b>
<i>Gabriela Widelska, Kamila Kasprzak, Aleksandra Dymek, Dominik Straszak, Monika Drózd, Magdalena Maciejewska – Turska</i>	
<b>27. Żywność funkcjonalna w diecie wspinaczy jako jeden z warunków dobrej aklimatyzacji</b>	<b>169</b>
<i>Gabriela Widelska, Kamila Kasprzak, Aleksandra Dymek, Dominik Straszak, Monika Drózd, Magdalena Maciejewska -Turska</i>	
<b>28. Rośliny z rodziny Apiaceae – źródło substancji leczniczych i odżywczych</b>	<b>175</b>
<i>Jarosław Widelski, Gabriela Widelska, Kamila Kasprzak, Dominik Straszak, Monika Drózd, Aleksandra Dymek</i>	
<b>29. Owoce roślin egzotycznych i ich prozdrowotne właściwości</b>	<b>181</b>
<i>Wiśniewski Patryk, Górecka Izabela</i>	

## Przedmowa

Szanowni Państwo, wydawnictwo „Młodzi Naukowcy” oddaje do rąk czytelnika kolekcję monografii. Znajdują się tutaj pozycje dotyczące nauk przyrodniczych, nauk medycznych i nauk o zdrowiu, nauk technicznych i inżynierskich oraz szeroko pojętych nauk humanistycznych i społecznych.

W prezentowanych monografiach poruszany jest szeroki przekrój zagadnień, jednak każda z osobna składa się z kilkunastu rozdziałów, spójnych tematycznie, dających jednocześnie bardzo dobry przegląd tematyki naukowej jaką zajmują się studenci studiów doktoranckich lub ich najmłodsi absolwenci, którzy uzyskali już stopień doktora.

Czytelnikom życzymy wielu przemyśleń związanych z tematyką zaprezentowanych prac. Uważamy, że doktoranci i młodzi badacze z pasją i bardzo profesjonalnie podchodzą do swojej pracy, a doświadczenie jakie nabierają publikując prace w monografiach wydawnictwa „Młodzi Naukowcy”, pozwoli im udoskonalać swój warsztat pracy. Dzięki temu, z pewnością wielu autorów niniejszych prac, z czasem zaczną publikować prace naukowe w prestiżowych czasopismach. Przyczyni się to zarówno do rozwoju nauki, jak i każdego autora, budując jego potencjał naukowy i osobisty.

*Redakcja*



# 1. Wpływ preparatu serwatkowego na technologię oraz wydatek twarogów

The effect of the whey concentrate addition on technology and yield of tvarogs

Brożek Oskar Michał, Bohdziewicz Krzysztof

Katedra Mleczarstwa i Zarządzania Jakością, Wydział Nauki o Żywności, Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie

Brożek Oskar Michał: oskar.brozek@uwm.edu.pl

Słowa kluczowe: koncentrat białek serwatkowych, sery twarogowe, wartość odżywcza

## Streszczenie

Celem podjętych badań było określenie wpływu preparatu białek serwatkowych na proces produkcji oraz retencję składników mleka podczas wyrobu kwasowych serów twarogowych.

W skali „pilot plant” przeprowadzono 3 wyroby kontrolne twarogów oraz 3 wyroby doświadczalne z dodatkiem koncentratu białek serwatkowych (uzyskanego w wyniku nanofiltracyjnego zagęszczania serwatki pozyskanej po produkcji twarogów).

W preparacie serwatkowym, mleku przerobowym, twarogu oraz serwatce oznaczano: kwasowość czynną i potencjalną, zawartość suchej masy, popiołu, tłuszczu, białka, azotu ogólnego, amoniakalnego i rozpuszczalnego.

Koncentrat serwatkowy wykazywał pewne zróżnicowanie. Stwierdzono w nim niewielkie różnice zawartości suchej masy, białka i popiołu. Wprowadzenie preparatu serwatkowego do mleka skutkowało wzrostem zawartości suchej substancji oraz białka, przy czym w serwatce po twarogach doświadczalnych także stwierdzono zwiększenie udziału składników suchej masy, białka i popiołu. Retencja składników suchej masy mleka twarogów doświadczalnych wynosiła 57,15% wobec 54,51% dla twarogów kontrolnych. Przekładało się to na zbliżone wielkości sera uzyskanych ze 100 litrów surowca: 11,17 kg twarogów doświadczalnych i 11,20 kg twarogów kontrolnych.

Wykazano, iż dodatek (do 10%) preparatu białek serwatkowych nie wpłynął na dynamikę ukwaszania mleka pod wpływem LAB. Nie skutkowało również innymi, istotnymi modyfikacjami parametrów technologicznej obróbki skrzepu, ziarna i gęstwy twarogowej, a także nie obniżało jakości twarogów.

## 1. Wstęp

Klasyczna technologia produkcji twarogów polega na ukwaszeniu mleka poprzez kwas mlekowy, który jest wytwarzany przez bakterie fermentacji mlekowej, do punktu izoelektrycznego kazeiny (pH=4,6) (Bohdziewicz 2009, Godula i in. 2018). Następnie skrzep zostaje poddany wielu zabiegom technologicznym, w celu koncentracji składników suchej masy. Taka technologia związana jest z określoną retencją składników mleka do produktu. Wykorzystane jest jedynie około 75% białek mleka (głównie kazeiny), zaś pozostałe 25% procent przechodzi do serwatki (Bohdziewicz 2010).

Białka mleka krowiego dzieli się według klasycznego podziału na: kazeiny (78-85% wszystkich białek mleka), białka serwatkowe (15-25% wszystkich białek mleka) oraz pozostałe, do których można zaliczyć białka otoczek kuleczek tłuszczowych, stanowiące ok. 0,1% udział wszystkich białek mleka (Sikorski 2007). Wszystkie białka mleka krowiego wykazują dużą wartość żywieniową, szczególnie ze względu na zawartość niezbędnych aminokwasów. Białka te wykazują działanie antybakteryjne, przeciwwirusowe, antykancerogenne, a także immunomodulacyjne. Czynniki uczestniczą w przemianach metabolicznych organizmu oraz neutralizują toksyny (Szpendowski i in. 2004). Białka serwatkowe wyróżniają się tym, że ich skład aminokwasowy znacznie przekracza zapotrzebowanie człowieka, co zwiększa wartość żywieniową produktów, które są wytworzone z tych białek (Sikorski 2007; Siemianowski 2013).

Podczas procesu technologicznego na wydatek twarogów oraz na retencję składników suchej masy mleka ma wpływ wiele czynników, w tym jakość surowca, proces ukwaszania, charakterystyka kultur startowych, stan urządzeń itd. Nie da się jednak uniknąć przejścia części składników mleka do serwatki (Siemianowski 2015; Żylińska i in. 2014).

Po raz pierwszy w Polsce szersze badania nad pełniejszym wykorzystaniem białek serwatkowych w serowarstwie prowadzono w latach 70-tych XX wieku. Wtedy opracowano metodę termiczno-wapniową, gdzie do mleka dodawano chlorku wapnia, a następnie poddawano pasteryzacji w temperaturze 85-95°C, dzięki czemu otrzymano produkt zwany serwitem. Ten sposób pozwolił na wydzielenie do 96% białek mleka w formie kooprecypitatów, co podnosiło wartość żywieniową twarogów (Śmietana i in. 1994). W tej technologii wystąpiły jednak pewne niedogodności związane ze zwięzłością skrzepu, co utrudniało jego obróbkę, a przez to wpływało na reologię twarogów (Bohdziewicz 2010). Oprócz tego sposobu, opracowano także metodę polegającą na dodatku enzymu - transglutaminazy, co pozwoliło uzyskać skrzep o strukturze zbliżonej do tego, który otrzymuje się w klasycznej technologii produkcji twarogów. Zwiększenie tym sposobem wykorzystania białek serwatkowych, przełożyło się na zwiększenie wartości odżywczej oraz na zmianę pewnych właściwości produktu (Bohdziewicz 2010, Juśkiewicz i in. 2012). W technologii produkcji serków twarogowych o homogennej strukturze, różniącej się od klasycznych twarogów w celu szerszego wykorzystania białek mleka wyróżnia się m.in. metoda termowirówkowa, która pozwoliła na ograniczenie uciążliwych prac podczas wytwarzania twarogów w porównaniu do metody tradycyjnej, a także wykorzystanie technik membranowych (głównie ultrafiltracji) (Siemianowski i Szpendowski 2015). Proces ultrafiltracji pozwala na wykorzystanie około 100% tłuszczu mleka przerobowego i ok. 95% białka, w tym znacznej części białek serwatkowych. W tych dwóch przypadkach jednak nie można powiedzieć o produkcji klasycznych twarogów (Siemianowski i Szpendowski 2015).

Inne metody stosowane w celu zwiększenia udziału składników mleka w produkcji twarogów, polegają na pozyskaniu i przetworzeniu serwatki, w tym produkcji preparatów białkowych i koncentratów, a także na wytworzeniu partykułowanych białek serwatkowych, które są zawracane następnie do produkcji twarogów. Zastosowanie tych rozwiązań jest związane z dodatkowymi nakładami pracy, czasu, energii oraz wyposażenia technologicznego (Bohdziewicz 2010; Szpendowski i in. 2007). Przetwórstwo serwatki skupia się głównie na koncentracji składników jej suchej masy. Do tego celu stosuje się zagęszczenie wyparne oraz procesy membranowe, w tym odwróconą osmozę, ultrafiltrację i nanofiltrację. Zastosowanie tych zabiegów pozwala na otrzymanie koncentratów o zawartości suchej substancji na poziomie około 15-18%, przy czym preparaty te mogą być dalej zagęszczane do uzyskania 40-60% suchej masy, a następnie dodatkowo mogą być poddane proszkowaniu (Kroll i Budzyński 2001). Ze względu na konieczność przetworzenia serwatki kwaśnej, jaka powstaje po produkcji twarogów, najkorzystniejszą techniką membranową jest nanofiltracja, ponieważ pozwala ona na odkwaszenie i demineralizację, przy jednoczesnym zagęszczeniu (Dec i Chojnowski 2003).

Celem pracy było określenie wpływu dodatku preparatu białek serwatkowych na proces produkcji oraz retencję składników mleka podczas wyrobu kwasowych serów twarogowych.

## 2. Materiał i metody

Przedmiot badań stanowiło sześć warów twarogów wyprodukowanych w Hali Technologicznej Uniwersytetu Warmińsko-Mazurskiego w Olsztynie (w skali „pilot plant”). Uzyskano trzy wary twarogów klasycznych, jako wyrób kontrolny (K1, K2, K3) oraz trzy wary z dodatkiem koncentratu białek serwatkowych, które zostały uzyskane w wyniku nanofiltracyjnego zagęszczania serwatki kwaśnej pozyskanej po produkcji twarogów kwasowych (D1, D2, D3).

Do koncentratu wprowadzono 10% mleka odtłuszczonego, homogenizowano całość, a następnie pasteryzowano (80°C/20s). Ten koncentrat dodawano do odtłuszczonego mleka (pasteryzacja: 75-76°C/15s) i ochłodzono do temp. zaprawiania (27°C). Dodano kultury startowe CHN-19 firmy Christian Hansen i mierzono dynamikę ukwaszania. Po uzyskaniu skrzepu, proces prowadzono według standardów typowych przy wyrobie twarogów kwasowych wg zaleceń Polskiej Normy PN-91/A86300. Uzyskaną gęstwą przetrzymywano w formach firmy Alpma, a po



wychłodzeniu do 8°C, twarogi zapakowano w folię barierową i przechowywano w warunkach chłodniczych w 6°C.

Dokonano następujących oznaczeń w mleku surowym, przerobowym oraz preparacie serwatkowym:

- kwasowość potencjalna (°SH) - według PN-68/A-86122
  - kwasowość czynna (pH) - według PN-68/A-86122
  - zawartość tłuszczu - według Standard IDF 152A
  - zawartość białka - według PN-75/A-04018
  - zawartość suchej masy - według Standard IDF 21B
  - zawartość popiołu - według Standard IDF 27
- Natomiast w twarogach świeżych oznaczono:
- kwasowość potencjalną (°SH) - według PN-68/A-86122
  - kwasowość czynną (pH) - według PN-68/A-86122
  - zawartość tłuszczu - według Standard IDF 152A
  - zawartość białka - według PN-75/A-04018
  - zawartość suchej masy - według Standard IDF 4
  - zawartość popiołu - według Standard IDF 27

### 3. Wyniki i dyskusja

Surowcem do produkcji twarogów było mleko odtłuszczone, w którym zawartość tłuszczu osiągnęła 0,10%. Mleko przerobowe w próbie kontrolnej i doświadczalnej było porównywalnej jakości (Tab. 1). Kwasowość potencjalna mieściła się w zakresie 6,6-7,4°SH, natomiast czynnej w przedziale pH = 6,62-6,75. Procentowa ilość składników suchej masy w największym stopniu różniła się w przypadku białka w próbie doświadczalnej, gdzie dla D3 wynosiła 9,29%, zaś dla D1 - 9,94%. W przypadku popiołu różnice były bardzo niewielkie (w zakresie od 0,72-0,77%), zaś całkowita zawartość suchej masy wahała się w przedziale 2,24-2,94%. Koncentrat serwatkowy był wytwarzany każdorazowo z serwatki po produkcji twarogów, przy czym wykazywał pewne zróżnicowanie (Tab. 2). Pewne różnice odnotowano między kwasowością potencjalną poszczególnych prób. W przypadku D1 odnotowano najniższą kwasowość (14,4°SH), zaś w przypadku D2 najwyższą - 16,2°SH. Kwasowość czynna wykazywała niewielkie zróżnicowanie (w zakresie pH = 6,20-6,43). Największe różnice w zawartości składników koncentratu odnotowano w przypadku białka, którego było najmniej w próbce D2 (16,45%) a najwięcej w próbce D3 (17,84%). Zawartość suchej masy wykazywała niewielkie zróżnicowanie i wahała się w zakresie 2,96-3,02%. Do surowca próby doświadczalnej dodano koncentratu serwatkowego, przez co zwiększyła się różnica w kwasowości potencjalnej próbek (od 7,4 do 8,0°SH), zaś różnice między kwasowością czynną były niewielkie (w zakresie pH = 6,65-6,70). Ilość suchej substancji różniła się między próbkami, gdzie w przypadku D3 wyniosła 2,46%, a w przypadku D1 - 2,64, co związane było z podobną różnicą w zawartości białka (odpowiednio w próbce D3 - 10,22%, zaś w próbce D1 - 10,60%). Nie odnotowano różnic w procentowej zawartości popiołu pomiędzy próbkami.

Kwasowość potencjalna i czynna twarogów świeżych (Tab. 2) różniła się pomiędzy próbą kontrolną a doświadczalną, przy czym były one mniejsze dla próby kontrolnej (w zakresie 70-76°SH i pH = 4,41-4,53) w porównaniu do próby doświadczalnej (w zakresie 76-78°SH i pH = 4,52-4,77). Skład twarogu najbardziej różnił się w przypadku zawartości suchej masy, przy czym największą wartość uzyskano w próbce K1 (35,74%) a najmniejszą w przypadku K3 (28,68%), natomiast w przypadku białka najmniejszą wartość odnotowano w przypadku D3 (23,38%), która była zbliżona do próbki D3 (23,52%), zaś największą w przypadku D1 (28,62%). Zawartość tłuszczu w suchej masie wykazywała zróżnicowanie między próbkami (w zakresie 2,80-3,49%), natomiast najmniejszą wartość popiołu zaobserwowano w próbce D3 a największą w przypadku próbki K2 (2,61%).

Po produkcji twarogów próby kontrolnej uzyskano serwatkę, którą następnie przeznaczono do przygotowania koncentratu serwatkowego. Preparat ten dodano do mleka przerobowego próby doświadczalnej. Dokonano oznaczeń kwasowości i składu fizykochemicznego serwatki uzyskanej po produkcji serów z próby kontrolnej i doświadczalnej (Tab. 3). Kwasowość potencjalna próbek z próby

kontrolnej była wyższa niż w próbie doświadczalnej (odpowiednio w zakresie 24,2-28,0°SH i 23,0-26,6°SH), natomiast kwasowość czynna serwatki była wyższa w przypadku próby doświadczalnej w porównaniu do próby kontrolnej (odpowiednio w zakresie pH = 4,66-4,81 i pH = 4,54-4,60). Zawartość suchej masy była wyższa i mniej zróżnicowana w przypadku serwatki próby doświadczalnej (od 0,85% do 0,90%), natomiast w przypadku próby kontrolnej jej zróżnicowanie było większe (w zakresie 0,75-0,84%). Było to związane z zawartością białka, którego ilość była większa w przypadku serwatki pochodzącej z twarogów z koncentratem serwatkowym niż próbie kontrolnej (odpowiednio 7,53-7,77% i 6,21-6,57%), podobnie w przypadku zawartości popiołu (odpowiednio 0,72-0,77 w próbie doświadczalnej i 0,55-0,61% w próbie kontrolnej).

**Tab. 1.** Kwasowość oraz skład mleka przerobowego, koncentratu serwatkowego oraz ich mieszanin dla poszczególnych wyrobów.

Wy-rób	Kwasowość		Skład [%]			
	Potencjalna [°SH]	Czynna [pH]	Tłuszcz	Białko	Sucha masa	Popiół
Mleko przerobowe (odtłuszczone)						
K1	7,2 ± 0,3	6,69 ± 0,01	0,1 ± 0,00	9,54 ± 0,04	2,79 ± 0,01	0,73 ± 0,01
K2	7,0 ± 0,3	6,62 ± 0,02	0,1 ± 0,00	9,45 ± 0,05	2,24 ± 0,00	0,72 ± 0,00
K3	7,4 ± 0,3	6,70 ± 0,01	0,1 ± 0,00	9,77 ± 0,04	2,94 ± 0,00	0,77 ± 0,02
D1	7,4 ± 0,3	6,68 ± 0,03	0,1 ± 0,00	9,94 ± 0,06	2,60 ± 0,01	0,77 ± 0,00
D2	6,8 ± 0,3	6,75 ± 0,02	0,1 ± 0,00	9,60 ± 0,15	2,49 ± 0,00	0,75 ± 0,03
D3	6,6 ± 0,3	6,69 ± 0,01	0,1 ± 0,00	9,29 ± 0,04	2,40 ± 0,01	0,75 ± 0,00
Koncentrat serwatkowy						
D1	14,4 ± 0,7	6,43 ± 0,02	0,5 ± 0,00	17,30 ± 0,00	3,00 ± 0,01	1,04 ± 0,01
D2	16,2 ± 0,7	6,20 ± 0,04	0,5 ± 0,00	16,45 ± 0,03	2,96 ± 0,00	1,02 ± 0,00
D3	15,6 ± 0,7	6,26 ± 0,01	0,5 ± 0,00	17,84 ± 0,01	3,02 ± 0,00	1,15 ± 0,01
Mleko przerobowe z koncentratem białek serwatkowych						
D1	8,0 ± 0,3	6,66 ± 0,01	0,1 ± 0,00	10,60 ± 0,00	2,64 ± 0,01	0,79 ± 0,00
D2	7,7 ± 0,3	6,70 ± 0,03	0,1 ± 0,00	10,22 ± 0,03	2,53 ± 0,01	0,78 ± 0,01
D3	7,4 ± 0,3	6,65 ± 0,03	0,1 ± 0,00	10,06 ± 0,01	2,46 ± 0,00	0,79 ± 0,01

**Tab. 2.** Cechy fizykochemiczne twarogu świeżego

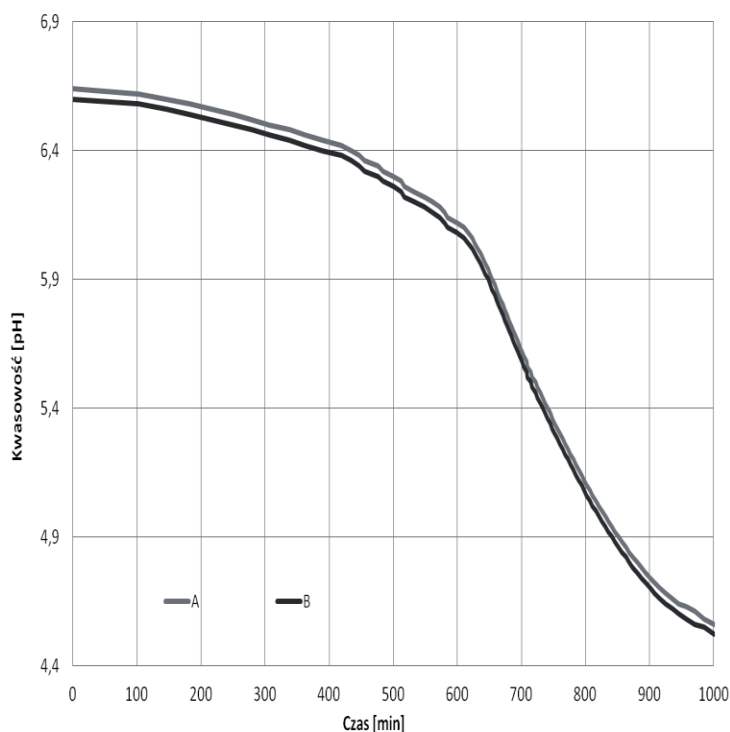
Wyrób	Kwasowość		Skład [%]			
	Potencjalna [°SH]	Czynna [pH]	Sucha masa	Tłuszcz w suchej masie	Białko	Popiół
K1	76 ± 3	4,53 ± 0,00	35,74 ± 0,31	2,80 ± 0,00	25,09 ± 0,05	2,40 ± 0,01
K2	72 ± 3	4,41 ± 0,00	32,35 ± 0,42	3,09 ± 0,00	26,49 ± 0,00	2,61 ± 0,01
K3	70 ± 3	4,49 ± 0,00	28,68 ± 0,26	3,49 ± 0,00	23,52 ± 0,08	2,48 ± 0,08
D1	76 ± 3	4,77 ± 0,00	34,75 ± 0,13	2,88 ± 0,00	28,62 ± 0,10	2,18 ± 0,01
D2	78 ± 3	4,52 ± 0,00	29,49 ± 0,15	3,39 ± 0,00	24,11 ± 0,03	2,33 ± 0,08
D3	78 ± 3	4,64 ± 0,00	32,56 ± 0,68	3,07 ± 0,00	23,38 ± 0,02	2,00 ± 0,04

**Tab. 3.** Cechy fizykochemiczne serwatki

Wyrób	Kwasowość		Skład [%]			
	Potencjalna [°SH]	Czynna [pH]	Tłuszcz	Białko	Sucha masa	Popiół
K1	27,0 ± 2,8	4,60 ± 0,04	0,1 ± 0,00	6,21 ± 0,12	0,82 ± 0,01	0,55 ± 0,00
K2	24,2 ± 2,8	4,56 ± 0,03	0,1 ± 0,00	6,57 ± 0,05	0,75 ± 0,00	0,57 ± 0,02
K3	28,0 ± 2,8	4,54 ± 0,02	0,1 ± 0,00	6,47 ± 0,01	0,84 ± 0,00	0,61 ± 0,00
D1	23,0 ± 2,8	4,81 ± 0,05	0,1 ± 0,00	7,53 ± 0,29	0,89 ± 0,00	0,77 ± 0,01
D2	26,6 ± 2,8	4,66 ± 0,01	0,1 ± 0,00	7,77 ± 0,09	0,90 ± 0,00	0,77 ± 0,01
D3	24,4 ± 2,8	4,74 ± 0,02	0,1 ± 0,00	7,77 ± 0,04	0,85 ± 0,00	0,72 ± 0,02

W praktyce produkcyjnej jednym z najistotniejszych wyróżników technologicznych jest dynamika ukwaszania mleka. Jej zmiany oraz prawidłowa kontrola wpływa na wydatek sera, retencję składników mleka, a także na inne wskaźniki produktu finalnego. W przypadku produkcji twarogów z dodatkiem preparatu serwatkowego nie zaobserwowano wpływu tego dodatku na zmianę dynamiki ukwaszania mleka w porównaniu do produkcji twarogów klasycznych w próbie kontrolnej (Rys. 1),

co świadczy o tym, że koncentrat białek serwatkowych może być z powodzeniem zastosowany do produkcji twarogów, bez wpływu na zmianę dynamiki ukwaszania mleka.



**Rys. 1.** Krzywe ukwaszania mleka z dodatkiem preparatu serwatkowego (B) i próby kontrolnej (A)

Oceniając retencję związków azotowych, określono ich udział w poszczególnych surowcach i produktach poprzez oznaczenie zawartości azotu rozpuszczalnego i amoniakalnego (Tab. 4). Największe różnice stwierdzono pomiędzy zawartością azotu rozpuszczalnego (odpowiednio kontrolnej w zakresie 0,31-0,56% a w doświadczalnej 0,33-0,53%). Znaczną różnicę w zawartości azotu rozpuszczalnego stwierdzono także między próbkami koncentratu serwatkowego (w D3 - 0,84%, zaś w D2 - 2,62%). Zawartość azotu rozpuszczalnego w twarogach świeżych nie różniła się znacząco między próbkami, przez co nie zauważono znaczącego wpływu dodatku koncentratu serwatkowego, natomiast w przypadku serwatki największą wartość odnotowano w próbkach K1 i K3 (1,16%) a najmniejszą w przypadku K2 (0,82%), przy czym udział azotu rozpuszczalnego w serwatce próby doświadczalnej mieścił się w granicach 1,05-1,14%. W przypadku zawartości azotu amoniakalnego nie stwierdzono znaczących różnic w przypadku próby kontrolnej i doświadczalnej, jednak w tej drugiej próbie była ona większa w przypadku mleka przerobowego, twarogów i serwatki w porównaniu do próby kontrolnej.

W celu oceny retencji związków mineralnych, przeprowadzono oznaczenie procentowej zawartości popiołu w mleku przerobowym, koncentracie serwatkowym, jako surowcach, oraz twarogach i serwatce, jako produktach procesu technologicznego (Tab. 5). Zawartość popiołu była większa w próbie doświadczalnej mleka przerobowego (od 0,75 do 0,77%) niż w próbie kontrolnej (od 0,73 do 0,77%). W przypadku twarogów świeżych, większą ilość popiołu stwierdzono w grupie kontrolnej (2,40-2,61%) niż w grupie doświadczalnej (2,00-2,33%). Było to związane z przejściem składników mineralnych do serwatki, przy czym w próbie kontrolnej zawartość popiołu w serwatce mieściła się w granicach od 0,55 do 0,61%, natomiast w próbie doświadczalnej od 0,72-0,77%.

Retencja składników mleka w przeliczeniu na suchą masę w twarogach była większa w przypadku próby doświadczalnej, gdzie mieściła się w zakresie od 55,16% do 59,91%, zaś w próbie

kontrolnej była mniejsza (od 51,84% do 56,86%) (Tab. 6). Przekładało się to na średnią wartość retencji składników mleka, która była wyższa w twarogach próby doświadczalnej (57,15%) w porównaniu z próbą kontrolną (54,51%). Świadczy to o tym, że dodatek koncentratu serwatkowego wpłynął na zatrzymanie większej ilości składników w suchej masie twarogów.

**Tab. 4.** Zawartość azotu rozpuszczalnego i amoniakalnego

Wyrób	Mleko przerobowe	Koncentrat białek serwatkowych	Twarogi świeże	Serwatka
Azot rozpuszczalny [%]				
K1	0,56 ± 0,00	-	0,20 ± 0,00	1,16 ± 0,00
K2	0,39 ± 0,00	-	0,20 ± 0,00	0,82 ± 0,00
K3	0,31 ± 0,00	-	0,20 ± 0,00	1,16 ± 0,00
D1	0,53 ± 0,00	2,55 ± 0,00	0,16 ± 0,00	1,07 ± 0,00
D2	0,48 ± 0,00	2,62 ± 0,00	0,20 ± 0,00	1,14 ± 0,00
D3	0,33 ± 0,00	0,84 ± 0,00	0,20 ± 0,00	1,05 ± 0,00
Azot amoniakalny [%]				
K1	0,04 ± 0,00	-	0,03 ± 0,00	0,04 ± 0,00
K2	0,04 ± 0,00	-	0,03 ± 0,00	0,03 ± 0,00
K3	0,05 ± 0,00	-	0,03 ± 0,00	0,03 ± 0,00
D1	0,05 ± 0,00	0,12 ± 0,00	0,04 ± 0,00	0,04 ± 0,00
D2	0,06 ± 0,00	0,12 ± 0,00	0,04 ± 0,00	0,03 ± 0,00
D3	0,06 ± 0,00	0,14 ± 0,00	0,04 ± 0,00	0,03 ± 0,00

**Tab. 5.** Zawartość popiołu

Wyrób	Surowiec [%]		Produkt [%]	
	Mleko przerobowe	Koncentrat serwatkowy	Twarogi świeże	Serwatka
K1	0,73 ± 0,03	-	2,40 ± 0,01	0,55 ± 0,00
K2	0,73 ± 0,00	-	2,61 ± 0,01	0,57 ± 0,02
K3	0,77 ± 0,02	-	2,47 ± 0,08	0,61 ± 0,01
D1	0,77 ± 0,01	1,04 ± 0,01	2,18 ± 0,01	0,77 ± 0,00
D2	0,75 ± 0,00	1,02 ± 0,00	2,33 ± 0,08	0,77 ± 0,01
D3	0,75 ± 0,00	1,15 ± 0,00	2,00 ± 0,04	0,72 ± 0,02

**Tab. 6.** Wartość retencji w przeliczeniu na suchą masę w twarogach

Wyrób	Retencja [%]	Srednia [%]
K1	54,85	54,51
K2	51,84	
K3	56,86	
D1	55,16	57,15
D2	56,39	
D3	59,91	

Przy porównywalnym poziomie azotu ogólnego i białka między próbami (Tab. 7), retencja białka i azotu ogólnego w poszczególnych wyrobach mieściła się w zakresie 23,52-26,49% w próbie kontrolnej, zaś w próbie doświadczalnej od 21,18 do 28,61% w przypadku twarogu, natomiast w przypadku serwatki, w próbie doświadczalnej, retencja składników była zauważalnie mniejsza, co świadczy o tym, że więcej związków azotowych pozostało w produkcie, zwiększając jego wartość odżywczą.

**Tab. 7.** Wartość retencji białka i azotu ogólnego w poszczególnych wyrobach

Wyrób	Surowiec		Serwatka			Produkt	
	N ogólny [%]	Białko [%]	N ogólny [%]	Białko [%]	Retencja [%]	N ogólny [%]	Białko [%]
K1	0,44	2,79	0,13	0,82	70,61	3,93	25,09
K2	0,35	2,24	0,12	0,75	66,52	4,15	26,49
K3	0,46	2,94	0,13	0,84	71,43	3,69	23,52
D1	0,41	2,62	0,14	0,89	66,03	4,49	28,61
D2	0,40	2,55	0,14	0,90	64,71	3,32	21,18
D3	0,39	2,49	0,13	0,85	65,86	3,66	23,38

Jednym z najważniejszych wskaźników produkcyjnych w przypadku twarogu, jest jego wydatek, czyli ilość uzyskanego produktu ze 100 litrów mleka przerobowego (Tab. 8). W próbie kontrolnej wydatek mieścił się w zakresie od 10,59 do 12,05 kg twarogu/100l mleka przerobowego, zaś w przypadku próby doświadczalnej w zakresie od 10,79 do 11,80 kg twarogu/100l mleka przerobowego. Średnia wartość wydatku była nieznacznie większa w grupie kontrolnej (11,20), w porównaniu do próby doświadczalnej (11,17), jednak wartości te pod względem wydajności produkcji są do siebie na tyle zbliżone, aby uznać, że dodatek koncentratu serwatkowego nie wpływa na wydatek twarogów, natomiast zastąpienie do 10% mleka przerobowego koncentratem białek serwatkowych pozwala na obniżenie kosztów zakupu mleka.

**Tab. 8.** Wydatek poszczególnych produkcji [kg twarogu/100l mleka przerobowego]

Wyrób	Wydatek	Średnia
K1	10,95	11,20
K2	10,59	
K3	12,05	
D1	10,92	11,17
D2	11,80	
D3	10,79	

#### 4. Wnioski

Dodatek (do 10%) preparatu białek serwatkowych nie wpływa na dynamikę ukwaszania mleka pod wpływem bakterii fermentacji mlekowej.

Zastosowanie koncentratu serwatkowego nie skutkuje innymi, istotnymi modyfikacjami parametrów procesu technologicznej obróbki skrzepu, ziarna i gęstwy twarogowej. Nie obniża również jakości twarogów, zaś podnosił jego wartość odżywczą.

#### 5. Literatura

- Bohdziewicz K (2010) Wpływ transglutaminazy na proces produkcji, wydatek oraz jakość twarogów. *Przegląd Mleczarski* 2: 4-9.
- Bohdziewicz K (2009) Twaróg – pierwszy świeży ser świata. *Przegląd Mleczarski* 2: 4-8.
- Dec B, Chojnowski W (2003) Zastosowanie procesu nanofiltracji w przetwórstwie serwatki. *Przegląd Mleczarski* 4: 134-136.
- Godula K, Dmytrów I, Mituniewicz-Małek A i in. (2018) Stabilność przechowalnicza twarogów tradycyjnych i bezlaktozowych. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość.* 25(4): 140-149.
- International Standard IDF 27 (1965) Determination of the ash content of processed cheese products.
- International Standard IDF 21B (1987) Milk, cream and evaporated milk. Determination of total solids content (Reference method).
- International Standard IDF 152 (1997) Milk and milk products. General guidance on the use of butyrometric methods.
- International Standard IDF 4 (2004) Cheese and processed cheese - Determination of the total solids content (Reference method).
- Kroll J, Budzyński J (2001) Zastosowanie procesów membranowych w przetwórstwie serwatki. *Przegląd Mleczarski* 4: 134-136.
- Polska Norma PN-68/A86122 (1968) Mleko - metody badań. Wydawnictwo Normalizacyjne, Warszawa.
- Polska Norma PN-75/A-04018 (1975) Oznaczanie azotu metodą Kiejdahla i przeliczanie na białko. Wydawnictwo Normalizacyjne, Warszawa.
- Polska Norma PN-91/A86300 (1991) Mleko i przetwory mleczarskie. Sery twarogowe niedojrzewające. Wydawnictwo Normalizacyjne, Warszawa.
- Siemianowski K, Szpendowski J, Bohdziewicz K i in. (2013) Wartość odżywcza twarogu kwasowego otrzymanego z mleka zagęszczonego wyparnie oraz metodą ultrafiltracji (UF). *Nauki Inżynierskie i Technologie* 4 (11): 111-119.

- Siemianowski K i Szpendowski J (2015) Metody wyłączenia białek serwatkowych w technologii niedojrzewających kwasowych serów twarogowych. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość.* 5(102): 23-32.
- Sikorski ZE (2007) Białka - budowa i właściwości. W: *Chemia żywności*, red. Z.E. Sikorskiego. Wyd. Naukowo-Techniczne, Warszawa, Tom II: 193-194.
- Szpendowski J, Kłobukowski J, Bohdziewicz K i in. (2004) Characteristics of the chemical composition of the nutritive value of protein in selected curd cheeses. *Polish Journal of Natural Sciences* 2: 143-150.
- Szpendowski J, Śmietana Z, Płodzień T i in. (2007) Technologia serów twarogowych o podwyższonej wartości odżywczej. *Przegląd Mleczarski* 1: 3-9.
- Śmietana Z, Szpendowski K, Bohdziewicz K i in. (1994) Ogólne zasady produkcji twarogu i serków twarogowych. Część II - Ze wszystkich białek mleka. *Przegląd Mleczarski* 2: 41-43.
- Żylińska J, Siemianowski K, Bohdziewicz K i in. (2014) Kultury starterowe do produkcji twarogów kwasowych - rola i oczekiwania. *Postępy Mikrobiologii* 53(3): 288-298.

## **2. Ocena wpływu przechowywania zliofilizowanego mleka owczego, krowiego oraz ich mieszanek na wybrane parametry pików przemian fazowych przy wykorzystaniu DSC**

Evaluation of the impact of storage of freeze-dried ewe's milk and cow's milk and their mixtures on selected parameters of phase changes peaks using DSC

Brożek Oskar Michał, Bohdziewicz Krzysztof

Katedra Mleczarstwa i Zarządzania Jakością, Wydział Nauki o Żywności, Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie

Brożek Oskar Michał: oskar.brozek@uwm.edu.pl

Słowa kluczowe: skaningowa kalorymetria różnicowa, przemiany termiczne, zafałszowania żywności

### **Streszczenie**

Celem podjętych badań było określenie możliwości wykorzystania skaningowej kalorymetrii różnicowej (DSC) do oceny wpływu przechowywania zliofilizowanego mleka owczego, krowiego oraz ich mieszanek na wybrane parametry pików przemian fazowych.

Przedmiotem badań było mleko pochodzące od owiec rasy wschodniofryzyskiej oraz krów rasy holsztyńsko-fryzyskiej z gospodarstw hodowlanych na terenie województwa Warmińsko-Mazurskiego. W czerwcu 2017 roku z mleka owczego przygotowano próbki z rosnącym co 10% udziałem mleka krowiego, które zamrożono, zliofilizowano i umieszczono w tyglach pomiarowych. Przeprowadzono analizę termiczną w zakresie temperatur od  $-50^{\circ}\text{C}$  do  $90^{\circ}\text{C}$  według sekwencji grzanie/chłodzenie/grzanie. Zaobserwowane na termogramach piki, porównano pod względem zmian wartości ich charakterystycznych parametrów takich, jak maksimum pików, początek przemiany fazowej oraz szerokość pików w połowie jego wysokości, przy zwiększaniu udziału mleka krowiego w próbce mleka owczego. Pomiarów powtórzono na tym samym materiale badawczym po roku – w czerwcu 2018.

W obu badanych próbkach piki przemian fazowych w próbkach mleka krowiego charakteryzowały się większą zmianą przepływu ciepła niż w mleku owczym. Wykazano, że roczne przechowywanie zliofilizowanych próbek mleka ma wpływ na otrzymywane wartości charakterystycznych parametrów pików przemian fazowych, co wymaga przeprowadzenia szerszych badań nad oceną zmian przechowalniczych wpływających na właściwości termiczne zliofilizowanego mleka, przy wykorzystaniu DSC w analizie mleka owczego i krowiego oraz ich mieszanek.

### **1. Wstęp**

Skaningowa kalorymetria różnicowa, w skrócie DSC, należy do grupy metod termoanalitycznych, których istotą pomiaru jest obserwacja przemian fazowych zachodzących pod wpływem zmian temperatury w badanym materiale badawczym. Przemiany te są charakterystyczne dla każdej substancji chemicznej i mogą być endotermiczne lub egzotermiczne, czyli pobierać bądź oddawać energię do otoczenia. Do tych przemian zalicza się m.in. krystalizację, topnienie, oksydację, transformacje polimorficzne, przejście szkliste, żelowanie oraz wiele innych (Szumera 2012). Czujniki w urządzeniu pomiarowym pozwalają porównać ilość energii, która jest pobrana bądź oddana z badanej próbki, zamkniętej w hermetycznym tyglu pomiarowym, w wyniku zajścia przemian fazowych w stosunku do pustego tygla, stanowiącego próbkę odniesienia. Reakcje fazowe są zazwyczaj niskoenergetyczne, przez co w celu ich pomiaru wymagane jest zastosowanie bardzo czułych i odpowiednio dokładnych narzędzi. Wymagania te osiągnięto stosując właśnie skaningową kalorymetrię różnicową, dzięki której możliwe jest zaobserwowanie bardzo niewielkich różnic w cechach fizykochemicznych materiału badawczego (np. w składzie chemicznym) (Żontała i in. 2015).

Początkowo technika DSC używana była jako standardowa metoda do badania polimerów, a także wykorzystywana w farmacji, zaś jej użycie w technologii i analizie żywności jest stosunkowo nowe (od lat 80-tych XX wieku) (Kowalska 2017). Dotychczas znalazła zastosowanie w analizie wielu produktów spożywczych, np. oliwy z oliwek (Chiavaro i in. 2000), skrobi (Aparicio i in. 2009; Chen i in. 2007), soi (Li i in. 2014), miodów (Tomaszewska-Gras i Kijowski 2010), ryb (Schubring 2005), owoców morza (Thanonkaew i in. 2006), mięsa (Kajitani i in. 2011), mleka (Osthoff i in. 2011), serów dojrzewających (Avramis i in. 2003), twarogów (Brożek i Bohdziewicz 2018), masła (Tomaszewska-Gras 2016), proszku mlecznego (Pugliese i in. 2016; Ostrowska-Ligęza i in. 2012), a także do badania zafałszowań żywności (Aktaş i Kaya 2001). DSC znalazła ponadto zastosowanie do określenia właściwości termokinetycznych produktów spożywczych (Sivapirakasam i in. 2013) oraz kontroli jakości żywności (Tomaszewska-Gras 2016).

Liofilizacja jest procesem polegający na usunięciu większości wody z produktu, przy obniżonym ciśnieniu, co w konsekwencji zabezpiecza go przed zmianami chemicznymi, fizycznymi i związanymi z rozwojem mikroorganizmów. Mleko liofilizowane można przechowywać przez okres kilku miesięcy bez zauważalnych zmian jakościowych, jednak przykładowo w zliofilizowanym mleku klaczy po 4 miesiącach następują widoczne zmiany barwy, smaku i zapachu, których powodem jest zajście wielu przemian fazowych [Dańków i in. 2013]. Aby DSC znalazło zastosowanie w analizie mleka owczego, krowiego oraz ich mieszanek, konieczne jest sprawdzenie, czy długi czas przechowywania zliofilizowanej próbki nie wpływa istotnie na uzyskiwane wyniki.

Celem pracy było określenie możliwości wykorzystania skaningowej kalorymetrii różnicowej (DSC) do oceny wpływu czasu przechowywania zliofilizowanego mleka owczego, krowiego oraz ich mieszanek na wybrane parametry pików przemian fazowych.

## 2. Materiał i metody

Przedmiot badań stanowiło mleko pochodzące od krów rasy holsztyńsko-fryzyskiej oraz owiec rasy wschodniofryzyskiej, które pochodziły z gospodarstw hodowlanych na terenie województwa Warmińsko-Mazurskiego. W czerwcu 2017 roku z mleka owczego przygotowano do analizy próbki z rosnącym co 10% udziałem mleka krowiego. Badane próbki zamrożono, zliofilizowano a następnie po odważeniu umieszczono w hermetycznie zamykanych aluminiowych tyglach pomiarowych. Pozostały materiał badawczy w stanie zliofilizowanym przechowywano przez rok w zamkniętych hermetycznie pojemnikach (bez dostępu powietrza) w warunkach pokojowych, w celu powtórzenia analiz.

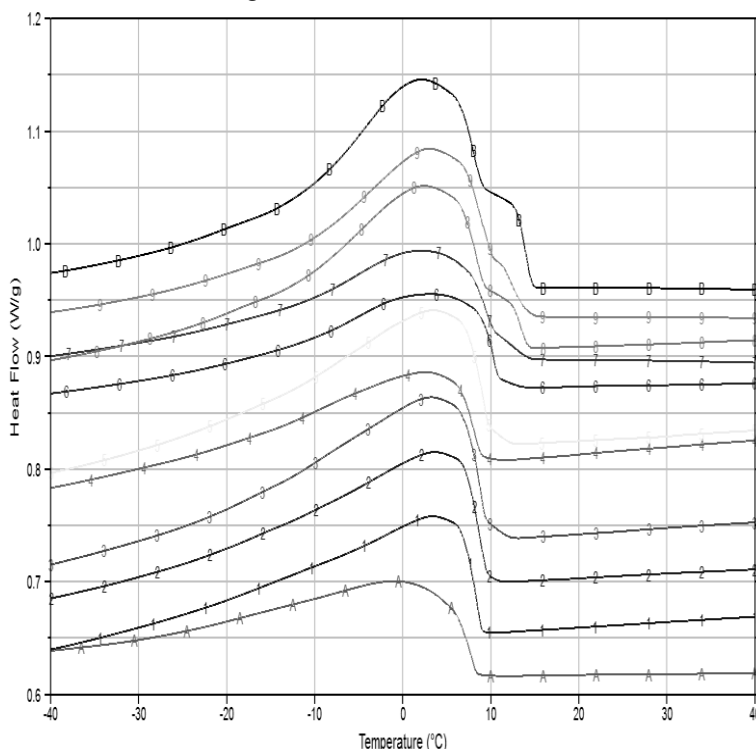
Przeprowadzono analizę termiczną za pomocą skaningowego kalorymetru różnicowego TA Instruments DSC Q10 z zamkniętym układem chłodzącym RCS według sekwencji grzanie/chłodzenie/grzanie, w zakresie temperatur od  $-50^{\circ}\text{C}$  do  $90^{\circ}\text{C}$ . Wyniki przedstawiono w postaci krzywych DSC, obrazujących przepływ ciepła w zależności od temperatury. Wykorzystując oprogramowanie TA Instruments Universal Analysis 2000 przeanalizowano zaobserwowane na termogramach piki, ze względu na zmianę wartości rejestrowanych charakterystycznych parametrów takich, jak maksimum pików, początek przemiany fazowej, szerokość pików w połowie jego wysokości  $T_w$  oraz temperatura początkowa przemiany szklistej  $T_{g\text{onset}}$ , przy zwiększaniu udziału mleka krowiego w próbce mleka owczego. Pomiar powtórzono na tym samym materiale badawczym po roku - w czerwcu 2018. Przeprowadzono analizę statystyczną, w tym obliczenie p value i współczynników korelacji Pearsona przy poziomie istotności  $\alpha=0,05$ , wykorzystując program STATISTICA 13.0.

## 3. Wyniki i dyskusja

Wyniki analizy termicznej mleka krowiego, owczego oraz ich mieszanek zostały zaprezentowane w formie termogramów, przedstawiających przepływ ciepła (W/g) od temperatury ( $^{\circ}\text{C}$ ). W przeprowadzonej sekwencji doświadczenia zaobserwowano dwa piki przemian fazowych. Pierwszy wystąpił w czasie chłodzenia próbki od temperatury  $90^{\circ}\text{C}$  do  $-50^{\circ}\text{C}$  (Rys. 1), natomiast drugi pik został zaobserwowany podczas ogrzewania próbki od temperatury  $-50^{\circ}\text{C}$  do  $30^{\circ}\text{C}$ . W wyniku porównania pików, które wystąpiły w cyklu chłodzenia próbek (Rys. 1) zauważono pewne



przesunięcie pików względem siebie i różnice w ich wysokości. Kształt termogramu mleka krowiego różnił się wyraźnie od mleka owczego, przy czym mieszanina mleka owczego z mlekiem krowim zaczęła przybierać formę piku mleka krowiego, dopiero przy 80% dodatku mleka krowiego do mleka owczego. Termogramy próbek mleka, które zostały przeanalizowane przed okresem przechowywania materiału badawczego w formie zliofilizowanej miały podobny przebieg do próbek, które przebadano po rocznym okresie przechowywania, jednak różniły się one w pewnym zakresie kształtem, wysokością oraz przesunięciem w badanym zakresie temperaturowym. Świadczy to o pewnych zmianach w materiale zliofilizowanym, które nastąpiły w czasie przechowywania próbek. Ze względu na ograniczoną objętość publikacji nie przedstawiono porównania kształtu pików przed i po okresie przechowywania materiału badawczego.



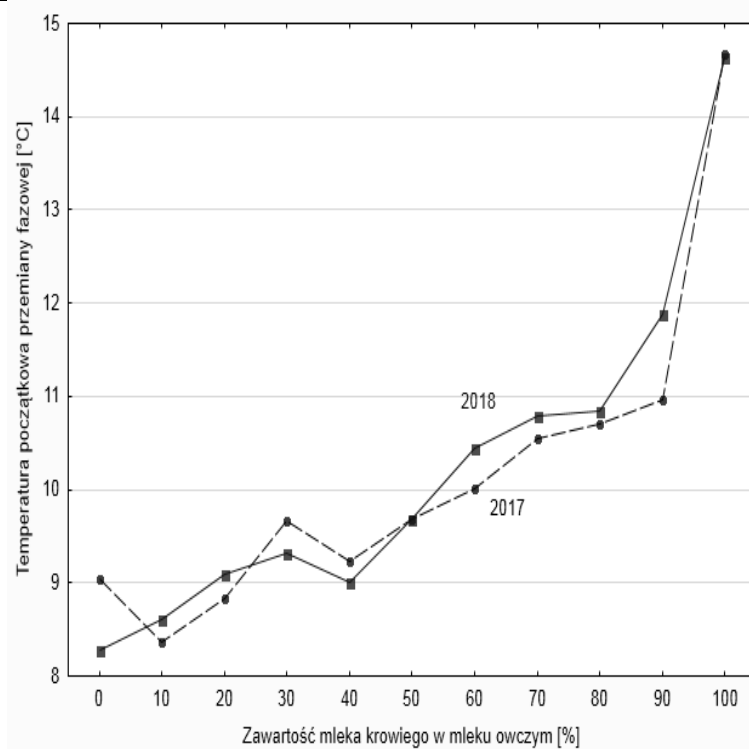
**Rys. 1.** Porównanie pików przemian fazowych występujących podczas chłodzenia próbek od temperatury 90°C do -50°C po okresie przechowywania próbek: mleka pełnego owczego (A), mleka pełnego krowiego (B) i w mieszkach mleka owczego z mlekiem krowim, w których kolejne cyfry oznaczają 10% dodatek mleka krowiego do mleka owczego, w stosunku do poprzedniej próbki

Ze wszystkich charakterystycznych parametrów piku przemian fazowych, jedynie w przypadku temperatury początkowej przemiany fazowej zauważono statystycznie istotne różnice ( $r=0,827$ ;  $p=0,002$ ) między poszczególnymi próbkami mieszanek mleka owczego z mlekiem krowim (Tab. 1). Najmniejszą wartość tego parametru, w przypadku próbek mleka przed okresem przechowywania, odnotowano przy 10% dodatku mleka krowiego do mleka owczego (8,37°C), jednak nie odbiegała ona znacząco od wartości uzyskanej w próbce pełnego mleka owczego (9,04%), natomiast największą wartość osiągnięto w przypadku mleka krowiego (14,68°C). W pozostałych próbkach mieszanek mleka wartości temperatury początku przemiany fazowej zwiększały się wraz z dodatkiem mleka krowiego do mleka owczego. Podobne, lecz nieznacznie silniejsze zależności zaobserwowano w przypadku próbek mleka po okresie przechowywania ( $r=0,901$ ;  $p<0,001$ ). W tej próbce najmniejszą wartość analizowanego parametru osiągnięto w próbce zawierającej pełne mleko owcze (8,28°C), zaś najwyższą ponownie w przypadku próbki mleka krowiego (14,64°C).

Pozostałe wyniki pomiaru próbek mieszanek oraz pełnego mleka krowiego przed okresem przechowywania różniły się w pewnym stopniu od wyników uzyskanych w analizie materiału badawczego po okresie przechowywania, lecz zaobserwowano praktycznie stałą tendencję do wzrostu wartości temperatury początku reakcji fazowej w kierunku zwiększania udziału mleka krowiego w analizowanych próbkach (Rys. 2).

**Tab. 1.** Wartości temperatury początku reakcji fazowej pik, który został odnotowany w czasie chłodzenia próbek od 90°C do -50°C w zależności od rodzaju mleka i czasu przechowywania.

Rodzaj mleka	Udział mleka krowiego [%]	Temperatura początku reakcji fazowej [°C]	
		Przed okresem przechowywania	Po okresie przechowywania
Owcze	Pełne	9,04 ± 0,46	8,28 ± 0,19
Mieszana mleka owczego z mlekiem krowim	10	8,37 ± 0,39	8,61 ± 0,52
	20	8,83 ± 0,55	9,10 ± 0,74
	30	9,66 ± 0,41	9,32 ± 0,50
	40	9,23 ± 0,13	9,01 ± 0,05
	50	9,68 ± 0,39	9,68 ± 0,54
	60	10,01 ± 0,63	10,44 ± 0,82
	70	10,55 ± 0,55	10,80 ± 0,76
	80	10,71 ± 0,09	10,84 ± 0,08
	90	10,97 ± 0,53	11,89 ± 0,08
Krowie	Pełne	14,68 ± 0,06	14,64 ± 0,07



**Rys. 2.** Zmiana wartości temperatury początku przemiany fazowej, który wystąpił podczas ochładzania próbki od temperatury 90°C do -50°C a stopniem zawartości mleka krowiego w mleku owczym w zależności od czasu przechowywania w pik. (2017 - przed okresem przechowywania próbek, 2018 - po okresie przechowywania próbek)

Przy porównaniu pików, które wystąpiły w cyklu grzania próbek od temperatury  $-50^{\circ}\text{C}$  do  $30^{\circ}\text{C}$  zauważono większe przesunięcie pików względem siebie niż w pikach obserwowanych podczas chłodzenia próbek. Termogram mleka krowiego w tym przypadku również różnił się od termogramu mleka owczego, przy czym ich przebieg był podobny. W tym cyklu pomiarów, podobnie jak w przypadku chłodzenia próbek, zaobserwowano niewielkie różnice między termogramami próbek mleka przed i po okresie przechowywania, jednak ze względu na ograniczoną objętość publikacji nie przedstawiono ich porównania graficznego.

Pik przemian fazowych, który został zaobserwowany w cyklu grzania próbki od temperatury  $-50^{\circ}\text{C}$  do  $30^{\circ}\text{C}$ , charakteryzował się różnicami w wartościach czterech charakterystycznych parametrów, w odróżnieniu od pików, który wystąpił podczas ochładzania próbki od temperatury  $90^{\circ}\text{C}$  do  $-50^{\circ}\text{C}$ . W przypadku maksimum pików (Tab. 2) zauważono wyraźną różnicę między wartościami notowanymi w poszczególnych próbkach mieszanek mleka, a także między próbkami przed ( $r=0,981$ ;  $p<0,001$ ) i po okresie przechowywania materiału badawczego w stanie zliofilizowanym ( $r=0,936$ ;  $p<0,001$ ). Najmniejsze wartości tego parametru określono w przypadku mleka pełnego owczego (odpowiednio  $13,36$  i  $14,93^{\circ}\text{C}$ ), natomiast największe wartości osiągnięto w próbce mleka pełnego krowiego (odpowiednio  $16,25$  i  $17,61^{\circ}\text{C}$ ). Zaobserwowano również, że wraz ze zwiększaniem zawartości mleka krowiego w próbkach, wartość maksimum pików wzrasta. W przypadku szerokości pików w połowie jego wysokości  $T_w$  (Tab. 2) stwierdzono statystycznie istotne różnice między wartością tego parametru w poszczególnych próbkach, jednak zmiany te w przypadku próby, której nie poddano rocznemu przechowywaniu, były nierównomierne ( $r=-0,888$ ;  $p<0,001$ ), mimo tego, że wartości zmniejszały się w stronę mleka krowiego. W drugiej próbie nie odnotowano podobnych wahań wartości między próbkami ( $r=-0,986$ ;  $p<0,001$ ). Największe wartości szerokości pików w połowie jego wysokości odnotowano w przypadku mleka pełnego owczego (odpowiednio w próbce przed okresem przechowywania  $7,19^{\circ}\text{C}$ , zaś po okresie przechowywania  $5,98^{\circ}\text{C}$ ), natomiast najmniejsze wartości osiągnięto w próbkach mleka pełnego krowiego po okresie przechowywania ( $3,22^{\circ}\text{C}$ ). W próbce, w której nie zastosowano rocznego okresu przechowywania zaobserwowano najmniejszą wartość przy 80% substytucji mleka owczego mlekiem krowim ( $3,45^{\circ}\text{C}$ ), jednak wartość ta była bardzo zbliżona do próbek z 90% dodatkiem mleka krowiego i pełnego mleka krowiego (odpowiednio  $3,45$  i  $3,52^{\circ}\text{C}$ ).

**Tab. 2.** Wartości maksimum pików oraz szerokości pików w połowie jego wysokości  $T_w$ , odnotowane w pikach, który wystąpił podczas ogrzewania próbek od  $-50^{\circ}\text{C}$  do  $30^{\circ}\text{C}$  w zależności od typu mleka i czasu przechowywania (A - przed rocznym okresem przechowywania, B - po rocznym okresie przechowywania)

Rodzaj mleka	Udział mleka krowiego [%]	Maksimum pików [ $^{\circ}\text{C}$ ]		Szerokość pików w połowie jego wysokości $T_w$ [ $^{\circ}\text{C}$ ]	
		A	B	A	B
Owce	Pełne	$13,36 \pm 0,22$	$14,93 \pm 0,08$	$7,19 \pm 0,13$	$5,98 \pm 0,31$
Mieszana mleka owczego z mlekiem krowim	10	$13,67 \pm 0,17$	$14,96 \pm 0,42$	$6,36 \pm 0,63$	$5,68 \pm 0,29$
	20	$13,91 \pm 0,11$	$15,55 \pm 0,39$	$4,74 \pm 0,13$	$5,53 \pm 0,13$
	30	$14,07 \pm 0,22$	$15,18 \pm 0,37$	$5,32 \pm 0,43$	$4,94 \pm 0,52$
	40	$14,38 \pm 0,45$	$15,78 \pm 0,09$	$4,23 \pm 0,50$	$5,27 \pm 0,46$
	50	$15,01 \pm 0,11$	$16,06 \pm 0,71$	$4,87 \pm 0,20$	$4,62 \pm 0,46$
	60	$14,85 \pm 0,40$	$16,93 \pm 0,70$	$3,67 \pm 0,45$	$4,40 \pm 0,13$
	70	$15,42 \pm 0,18$	$17,38 \pm 0,42$	$4,00 \pm 0,07$	$4,05 \pm 0,08$
	80	$15,16 \pm 0,52$	$16,46 \pm 0,22$	$3,45 \pm 0,06$	$3,89 \pm 0,49$
Krowie	90	$15,90 \pm 0,25$	$17,38 \pm 0,80$	$3,52 \pm 0,23$	$3,72 \pm 0,18$
	Pełne	$16,25 \pm 0,29$	$17,61 \pm 0,21$	$3,60 \pm 0,47$	$3,22 \pm 0,40$

Kolejnym parametrem oznaczonym jako istotny statystycznie w celach oceny dodatku mleka krowiego do mleka owczego w pikach występujących w trakcie grzania próbek od temperatury  $-50^{\circ}\text{C}$  do  $30^{\circ}\text{C}$ , była temperatura początku reakcji fazowej (Tab. 3). Jej wartości wzrastały wraz z dodatkiem mleka krowiego do mleka owczego w obu badanych próbkach, jednak wartości tego parametru uległy znacznej zmianie po roku przechowywania zliofilizowanego materiału badawczego. Porównywalnie silne zależności odnotowano w przypadku próby po rocznym przechowywaniu materiału badawczego

( $r=0,922$ ;  $p<0,001$ ) i próby, której nie przechowywano przez rok ( $r=0,919$ ;  $p<0,001$ ). Najmniejsze wartości temperatury początku reakcji fazowej osiągnięto w przypadku próby, gdzie nie stosowano rocznego okresu przechowywania w próbce mleka pełnego owczego ( $6,04^{\circ}\text{C}$ ), zaś w drugiej próbie, wartości w zakresie do 30% dodatku mleka krowiego były do siebie bardzo zbliżone ( $9,73$ - $10,14^{\circ}\text{C}$ ). Największe wartości tego parametru osiągnięto w dwóch próbach w przypadku pełnego mleka krowiego (odpowiednio  $12,00$  i  $14,18^{\circ}\text{C}$ ). Ostatnim charakterystycznym parametrem pików, którego różnice między próbkami okazały się istotne statystycznie, była temperatura początkowa reakcji szklistej -  $T_{\text{g onset}}$  (Tab. 3). Jej wartości wzrastały wraz z udziałem mleka krowiego w próbkach, jednak zjawisko to było dość wyraźne dopiero od poziomu 40% dodatku mleka krowiego do mleka owczego. W próbie przed okresem przechowywania mleka zliofilizowanego najmniejsze wartości osiągnięto w zakresie do 40% udziału mleka krowiego ( $10,10$ - $10,92^{\circ}\text{C}$ ), natomiast w próbie po okresie przechowywania zakres ten był węższy i do 30% zawartości mleka krowiego różnice pomiędzy poszczególnymi próbkami były niewielkie (w zakresie  $11,20$ - $11,98^{\circ}\text{C}$ ), przy czym nagle wzrosły i osiągnęły podobne wartości od poziomu 60% dodatku mleka krowiego do mleka owczego (w zakresie  $14,13$ - $14,70^{\circ}\text{C}$ ).

**Tab. 3.** Wartości temperatury początkowej oraz  $T_{\text{g onset}}$  pików, który został odnotowany w czasie ogrzewania próbek od  $-50^{\circ}\text{C}$  do  $30^{\circ}\text{C}$  w zależności od rodzaju mleka i czasu przechowywania (A - przed rocznym okresem przechowywania, B - po rocznym okresie przechowywania).

Rodzaj mleka	Udział mleka krowiego [%]	Temperatura początku reakcji fazowej [ $^{\circ}\text{C}$ ]		$T_{\text{g onset}}$ [ $^{\circ}\text{C}$ ]	
		A	B	A	B
Owcze	Pełne	$6,04 \pm 0,70$	$9,86 \pm 0,90$	$10,74 \pm 0,32$	$11,98 \pm 0,47$
Mieszanka mleka owczego z mlekiem krowim	10	$8,70 \pm 0,15$	$10,14 \pm 0,40$	$10,66 \pm 0,14$	$11,20 \pm 0,47$
	20	$8,60 \pm 0,50$	$9,93 \pm 0,30$	$10,10 \pm 0,54$	$11,41 \pm 0,78$
	30	$7,29 \pm 0,41$	$9,73 \pm 0,44$	$10,92 \pm 0,04$	$11,47 \pm 0,69$
	40	$9,98 \pm 0,70$	$11,04 \pm 0,40$	$10,68 \pm 0,42$	$12,26 \pm 0,01$
	50	$9,28 \pm 0,71$	$11,48 \pm 0,49$	$11,55 \pm 0,35$	$12,47 \pm 0,59$
	60	$10,58 \pm 0,63$	$12,55 \pm 0,39$	$12,36 \pm 1,07$	$14,22 \pm 0,49$
	70	$10,73 \pm 0,72$	$13,69 \pm 1,00$	$13,06 \pm 0,40$	$14,70 \pm 0,85$
	80	$10,98 \pm 0,93$	$12,01 \pm 0,26$	$12,96 \pm 0,42$	$14,13 \pm 0,83$
	90	$11,90 \pm 0,99$	$13,43 \pm 0,57$	$13,13 \pm 1,01$	$14,62 \pm 0,08$
Krowie	Pełne	$12,00 \pm 0,41$	$14,18 \pm 1,26$	$13,30 \pm 0,52$	$14,32 \pm 0,49$

#### 4. Wnioski

Czas przechowywania próbek (1 rok) ma istotnie statystyczny wpływ na wartości niektórych charakterystycznych parametrów pików przemian fazowych, takich jak maksimum pików, temperatura początku reakcji fazowej, szerokość pików w połowie jego wysokości  $T_w$  i  $T_{\text{g onset}}$  podczas ogrzewania próbki zliofilizowanego mleka krowiego, owczego oraz ich mieszanek od temperatury  $-50^{\circ}\text{C}$  do  $30^{\circ}\text{C}$ .

Zmiany wartości wybranych charakterystycznych parametrów pików przemian fazowych w wyniku rocznego przechowywania próbek mają mały wpływ na wartość współczynnika korelacji Pearsona, określającego zależności między zmianą wartości tych parametrów a dodatkiem mleka krowiego do mleka owczego, co oznacza, że analiza szeregu zliofilizowanych próbek, przy różnym czasie ich przechowywania ma niewielki, jednak zauważalny wpływ na określanie dodatku mleka krowiego do mleka owczego przy pomocy DSC.

#### 5. Literatura

Aktaş N, Kaya M (2001) Detection of Beef Body Fat and Margarine in Butterfat by Differential Scanning Calorimetry. Journal of Thermal Analysis and Calorimetry 66(3): 795-801.

- Aparicio C, Resa P, Elvira L i in. (2009) Assessment of starch gelatinization by ultrasonic and calorimetric techniques. *Journal of Food Engineering* 94(3-4): 295-299.
- Avramis CA, Wang H, McBride BW i in. (2003) Physical and Processing Properties of Milk, Butter, and Cheddar Cheese from Cows Fed Supplemental Fish Meal. *Journal of Dairy Science* 86(8): 2568-2576.
- Brożek OM, Bohdziewicz K (2018) DSC analysis of tvarogs depending on the fat content. *Aparatura Badawcza i Dydaktyczna* 23(2): 83-90.
- Chen L, Li L, Liu H i in. (2007) Retrogradation of corn starch after thermal treatment at different temperatures. *Carbohydrate Polymers* 69(4): 756-762.
- Chiavaro E, Vittadini E, Rodriguez-Estrada MT i in. (2000) Differential scanning calorimeter application to the detection of refined hazelnut oil in extra virgin olive oil. *Food Chemistry* 110: 248–256.
- Dańków R, Teichert J, Pikul J i in. (2013) Charakterystyka cech żywieniowych i jakościowych liofilizatów wytworzonych z mleka kłaczy. *Nauka Przyroda Technologie* 7(4): 1-10.
- Kajitani S, Fukuoka M, Sakai N (2011) Kinetics of Thermal Denaturation of Protein in cured pork meat. *Japan Food Engineering Journal* 12: 19-26.
- Kowalska D (2017) Różnicowa kalorymetria skaningowa DSC, ciśnieniowa różnicowa kalorymetria skaningowa PDSC, StepScan DSC, temperaturowo modulowana DSC szybka i super szybka DSC w badaniu żywności. *Aparatura Badawcza i Dydaktyczna* 22(3): 128-138.
- Li S, Wei Y, Fang Y i in. (2014) DSC study on the thermal properties of soybean protein isolates/corn starch mixture. *Journal of Thermal Analysis and Calorimetry* 115(2): 1633-1638.
- Ostrowska-Ligęza E, Górka A, Wirkowska M (2012) An assessment of various powdered baby formulas by conventional methods (DSC) or FT-IR spectroscopy. *Journal of Thermal Analysis and Calorimetry* 110(1): 465-471.
- Osthoff G, Hugo A, Joubert CC i in. (2011) DSC of Milk Fats from Various Animals with High Levels of Medium-Chain, Unsaturated and Polyunsaturated Fatty Acids. *South African Journal of Chemistry* 64: 241-250.
- Pugliese A, Paciulli M, Chiavaro E (2016) Characterization of commercial dried milk and some of its derivatives by differential scanning calorimetry. *Journal of Thermal Analysis and Calorimetry* 123(3): 2583-2590.
- Sivapirakasam SP, Mohamed MN, Surianarayanan M i in. (2013) Evaluation of thermal hazards and thermo-kinetic parameters of a matchhead composition by DSC and ARC. *Thermochimica Acta* 557: 13-19.
- Schubring R (2005) Characterizing protein changes caused by application of high hydrostatic pressure on muscle food by means of DSC. *Journal of Thermal Analysis and Calorimetry* 82(1): 229-237.
- Szumera M (2012) Charakterystyka wybranych metod termicznych. Cz. 1. LAB Laboratoria, Aparatura, Badania 17(6): 28–34.
- Thanonkaew A, Benjakul S, Visessanguan W (2006) Chemical composition and thermal property of cuttlefish (*Sepia pharaonis*) muscle. *Journal of Food Composition and Analysis* 19(2-3): 127-133.
- Tomaszewska-Gras J (2016) Rapid quantitative determination of butter adulteration with palm oil using the DSC technique. *Food Control* 60: 629-635.
- Tomaszewska-Gras J, Kijowski J (2010) Zastosowanie różnicowej kalorymetrii skaningowej DSC do oceny właściwości termodynamicznych miodu pszczelego i substancji stosowanych do jego fałszowania. *Nauka. Przyroda. Technologie* 4(2): 1-9.
- Żontała K, Łopacka J, Lipińska A, i in. (2015) Zastosowanie różnicowej kalorymetrii skaningowej w analizie żywności. *Postępy Techniki Przetwórstwa Spożywczego* 1: 113-117.

### 3. Białko S100A4 w mleku kobiecym

S100A4 in human breast milk

Agnieszka Chrustek<sup>(1)</sup>, Dorota Olszewska-Słonina<sup>(1)</sup>, Elena Sinkiewicz-Darol<sup>(2)</sup>

<sup>(1)</sup> Katedra Patobiochemii i Chemii Klinicznej, Wydział Farmaceutyczny, Collegium Medicum w Bydgoszczy, Uniwersytet Mikołaja Kopernika w Toruniu

<sup>(2)</sup> Bank Mleka Kobiecego Wojewódzkiego Szpitala Zespołonego w Toruniu  
Opiekun naukowy: dr hab. n. med. Dorota Olszewska-Słonina, prof. UMK

Chrustek Agnieszka: a.chrustek@cm.umk.pl

Słowa Kluczowe: karmienie piersią, test immunoenzymatyczny

#### Streszczenie

Mleko kobiece jest niezwykle cennym darem matki dla dziecka ze względu na jego skład. Poza walorami odżywczymi, podkreśla się istotny efekt wspomagania układu odpornościowego niemowląt poprzez aktywność skierowaną przeciw drobnoustrojom. Dodatkowo mleko matki wykazuje działanie przeciwzapalne oraz immunomodulacyjne, a także wpływa na morfologiczny i czynnościowy stan przewodu pokarmowego. Celem pracy była ocena stężenia białka wiążącego jony wapnia (S100A4) w mleku kobiecym oraz korelacja pomiędzy stężeniem białka S100A4 a stężeniem melatoniny. Wykazano obecność białka S100A4 w mleku kobiecym (0,0 - 389,6 pg/ml), a także ujemną korelację pomiędzy stężeniem melatoniny a poziomem białka S100A4 ( $r=-0,345$ ;  $p=0,195$ ). Białko S100A4 zaangażowane jest w takie procesy jak: gojenie się ran, włóknienie, angiogenezę, proliferację oraz apoptozę, natomiast obecność tego białka w mleku jest zagadką.

#### 1. Wstęp

Karmienie piersią, zwłaszcza wyłączone, do szóstego miesiąca życia dziecka i kontynuowane w późniejszym czasie, jest promowane od wielu lat przez Światową Organizację Zdrowia, Fundusz Narodów Zjednoczonych na Rzecz Dzieci (UNICEF), Europejskie Towarzystwo Gastroenterologii, Hepatologii i Żywnienia Dzieci (ESPGHAN), Amerykańską Akademię Pediatrii (AAP) oraz ministerstwa zdrowia wielu krajów, w tym Polski (Jeleń i in. 2014). Nie ustalono górnej granicy karmienia piersią, WHO zaleca 2 lata i więcej, AAP do roku lub dłużej, natomiast ESPGHAN uważa, że karmienie piersią powinno odbywać się tak długo jak życzy sobie tego dziecko i matka (AAP 2005; WHO 2002; Jeleń i in 2014; ). Nie wykazano szkodliwości długiego karmienia piersią, są badania które wskazują na pozytywne działanie długoterminowego karmienia mlekiem matki (Jeleń i in. 2014). Karmienie piersią wzmacnia więź między matką a dzieckiem, wpływa na rozwój niemowlęcia, a także zmniejsza ilość zgonów czy też hospitalizacji. Dzieci karmione mlekiem matki rzadziej zapadają na infekcje układu pokarmowego, moczowego, oddechowego, cukrzycę, białaczkę, astmę oraz alergię. Poza korzyściami dla dziecka chroni organizm matki. Zmniejsza ryzyko krwawienia poporodowego, przyspiesza inwolucję macicy, zwiększa remineralizację kości w okresie poporodowym, zmniejsza ryzyko zapadania na depresję poporodową oraz na raka jajnika, a także piersi (Szajewska i in. 2016).

Niemowlęta pozbawione mleka kobiecego przez większą część dziejów ludzkości nie miały szans na przeżycie. Dla kobiet, które nie mogły wykarmić dzieci rozwiązaniem było zatrudnienie mamek, niestety karmienie takie oprócz plusów miało też minusy i wiązało się to z umieralnością niemowląt. Przełomem okazało się wprowadzenie w XIX wieku pasteryzacji oraz sterylizacji mleka w oparciu o dostępną wiedzę bakteriologiczną. Historia pokazuje, że w pierwszych kilkadziesiąt latach XX wieku żywnienie sztuczne było uznawane za lepsze od mleka matki. W tych czasach w krajach rozwijających się nastąpił znaczny wzrost śmiertelności niemowląt karmionych mlekiem modyfikowanym. Dopiero badania Johna Gerarda w 1974 roku wykazały obecność kompleksów immunologicznych w pokarmie ludzkim. Od tego czasu zaczęto inaczej postrzegać karmienie niemowląt. Uznano, że mleko kobiece jest najodpowiedniejszym pokarmem dla dzieci urodzonych

o czasie, a także wcześniaków, ze względu na jego funkcjonalny skład. Dostępność mleka modyfikowanego dla niemowląt sprawia jednak, że matki często rezygnują z karmienia piersią bezpośrednio po urodzeniu dziecka lub później. Niejednokrotnie są do tego zachęcane przez położne, pielęgniarki, lekarzy oraz najbliższe osoby przy najmniejszych problemach z naturalnym karmieniem (Nehring-Gugulska 2017). Tabela 1 przedstawia porównanie składu mleka modyfikowanego do mleka ludzkiego (Tab. 1).

Mleko matki nazwano „złotym standardem” w żywieniu niemowląt. Jest ono wydzieliną gruczołów piersiowych, tworzoną *de novo* przez nabłonek wydzielniczy pęcherzyków mlecznych pod wpływem hormonów kompleksu laktogennego z substratów dostarczonych z krwią i limfą (Nehring-Gugulska 2017). Mleko ludzkie jest koloidalnym roztworem trigliceroli, węglowodanów, białek, składników mineralnych, czynników wzrostu, hormonów, witamin i innych związków biologicznie aktywnych (Rys. 1). Jego skład zależy od fazy laktacji oraz od czynników matczyńskich, takich jak m.in. dieta, rasa i środowisko. Okres laktacji dzieli się na 3 fazy: mleko początkowe (*colostrum*, siara), mleko przejściowe oraz mleko dojrzałe. Niektórzy naukowcy wyróżniają także 4 fazę laktacji, mleko mam długokarmiących. Mleko początkowe zawiera więcej sIgA, białka, cholesterolu, sodu, potasu, retinolu, karotenu i witaminy E, natomiast mniej tłuszczu w porównaniu z mlekiem dojrzałym (Kowalska i in. 2015).

Mleko kobiece spełnia wiele funkcji, przede wszystkim ochrania organizm dziecka przez stymulację odporności swoistej oraz nieswoistej, działa przeciwwzapalnie, przeciwbakteryjnie oraz antyoksydacyjnie. Matka wytwarza około 740 ml mleka dojrzałego o kaloryczności średnio 75 kcal na dobę. Im dłużej trwa karmienie oraz im lepiej opróżniony jest gruczoł piersiowy, tym większa jest przepuszczalność nabłonka wydzielniczego oraz więcej tłuszczu znajduje się w pokarmie (Nehring-Gugulska 2017). Mleko matek długokarmiących (po 12 miesiącach) nadal ma wysokie wartości odżywcze i zawiera więcej białka i kalorii niż mleko matek karmiących 3-miesięczne dzieci (Nehring-Gugulska 2017). Podczas procesu odstawienia, mleko składem przypomina mleko początkowe, ponieważ charakteryzuje się wzrostem sIgA (Hale i Hartman 2007). Na dzień dzisiejszy nie wszystkie funkcje oraz mechanizmy działania składników mleka kobiecego zostały odkryte, a nauka dostarcza wciąż nowych danych wyjaśniających fenomen bioaktywności pokarmu ludzkiego. Jednym z niepoznanych składników mleka ludzkiego jest białko S100A4.

Białko S100A4 jest cząsteczką posiadającą dwa motywy wiążące jony wapnia, występującą w komórce oraz w przestrzeni zewnątrzkomórkowej. Znane jest także jako: metastasin, calvasculin, mts1, p9Ka, FSP1, CAPL, pEL98, 18A2, 42A. Należy do rodziny białek S100, która składa się z 24 różnych protein (S100A2-A16, S100B, S100P, S100G, S100Z). S100A4 jest białkiem o niskiej masie cząsteczkowej (od 10 do 12 kDa), występuje jako homo- lub heterodimer. Ludzki gen *S100A4* zlokalizowany jest na chromosomie 1q21, składa się z czterech egzonów, z których pierwsze dwa są niekodujące (Boye i Mælandsmo, 2010). Białka S100 nie posiadają aktywności enzymatycznej, natomiast zyskują aktywność poprzez interakcję z innymi białkami i modulację ich działania. Białko S100A4 wiąże się z aktywną, miozyną mięśniową IIA i IIB, tropomiozyną, p53, lipryną 1, aminopeptydazą metioninową 2, CCN3, S100A1, p37 oraz septyną 2,6 i 7. W przestrzeni pozakomórkowej białko oddziałuje z receptorami na powierzchni komórki, np. wieloligandowymi receptorami produktów zaawansowanej glikacji (RAGE), receptorami nabłonkowego czynnika wzrostu (EGFR), aneksyną II, a także z proteoglikanami siarczanu heparanu (HSPG) (Rys. 2) (Boye i Mælandsmo, 2010). Swoją zdolność do pełnienia różnorodnych funkcji biologicznych zawdzięcza zmianie konformacyjnej. Bierze udział w takich procesach jak: proliferacja, apoptoza, różnicowanie i morfogeneza komórek organizmu, a także w gojeniu się ran, włóknieniu, angiogenezie oraz wzroście nerwów. S100A4 wykazuje ekspresję w komórkach nowotworowych i uczestniczy w migracji komórek i progresji nowotworowej. Podwyższony poziom tej cząsteczki zaobserwowano w wielu typach nowotworów złośliwych oraz w przerzutach nowotworu. Zmienione poziomy ekspresji białka S100A4 obserwuje się w schorzeniach takich jak: kardiomiopatie, schorzenia neurodegeneracyjne oraz procesy zapalne (Boye i Mælandsmo, 2010). Działanie białka S100A4 może powodować obniżenie poziomu E-kadheryny, lipryny beta1, a także wzrost poziomu metaloproteinaz, m.in. MMP-2 oraz MMP-13). Uważa się, że białko S100A4 może służyć jako użyteczny marker w ocenie rozwoju i postępu choroby nowotworowej (Czernecki i in 2017).

**Tab. 1.** Porównanie składu mleka modyfikowanego i mleka ludzkiego.

MLEKO MODYFIKOWANE		MLEKO LUDZKIE		
WODA	MINERAŁY	WODA	MINERAŁY	NUKLEOTYDY
WĘGLOWODANY	- cytrynian potasu	WĘGLOWODANY	- magnez	AZOTY
- laktoza,	- fosforan potasu	-laktoza,	- miedź	NIEBIAŁKOWE
maltodekstryna	- chlorek wapnia	oligosacharydy	- jod	AMINOKWASY
BIAŁKA	- cytrynian sodu	BIAŁKA	- selen	KREATYNA
- koncentrat z	- chlorek magnezu	-białka serwatki	- cholina	MOCZNIK
serwatki	- siarczan	(ALFA-LACT,	- chrom	PEPTYDY
TŁUSZCZE	żelazowy	HAMLET)	- kobalt	LEUKOCYTY
- palmowy,	- siarczan cynku	TŁUSZCZ	- fluor	IMMUNOGLOBULINY
sojowy,	- chlorek sodu	-triglicerydy	- nikiel	RYBONUKLEAZA
kokosowy	- siarczan miedzi	- DHA	- wapń	LAKTOFERYNA
- olej szafranowy	- jodek potasu	- AHA	- sól	INHIBITORY
- olej <i>M. alpina</i>	- siarczan	- ALA	- potas	PROTEAZ
- olej <i>C. cohnii</i>	manganu	- EPA	- żelazo	HORMONY
WITAMINY	- selenian sodu	- kwas linolowy	- cynk	- melatonina
- askorbinian sodu	ENZYMY	- wolne kwasy	- chlorek	- kortyzol
- inozytol	- trypsyna	tłuszczowe	- fosfor	- T3, T4
- octan alfa-	LECYTYNA	- jednonienasycone	WITAMINY	- TSH
tokoferylu	SOJOWA	kwasy tłuszczowe	- beta-karoten	- TRH
- amid kwasu	AMINOKWASY	- nasycone kwasy	- witamina B6	- prolaktyna
nikotynowego	- L-karnityny	tłuszczowe	- witamina BB	- oksytocyna
- pantotnian	- tauryna	- fosfolipidy	- witamina B12	- insulina
wapnia	NUKLEOTYDY	- sfingolipidy	- witamina C	- hormon
- ryboflawina		- sterole	- witamina D	uwalniający
- chlorowodorek		CZYNNIKI	- witamina E	gonadotropinę
pirydoksyny		WZROSTU	- witamina K	- hormony tkanki
- kwas foliowy		- cytokiny	- tiamina	tłuszczowej
- biotyna		- interleukiny	- ryboflawina	- prostaglandyny
- witamina D3		- VEGF	- niacyna	- prostacykliny
- witamina B12		- EGF	- kwas foliowy	ENZYMY
		- gastryny	- biotyna	- amylaza
		- neurotensyny		- katalaza
				- lipaza
				- lizozym
				- fosfatazy

## 2. Material i Metody

Materiał do badań stanowiło 13 próbek mleka kobiecego pochodzącego od dawczyń z Banku Mleka Kobięcego Wojewódzkiego Szpitala Zespołowego w Toruniu o pojemności 20 ml ze zbiórki dobowej. Każdą próbkę mleka kobiecego rozporcjowano do kilku probówek o pojemności 5 ml i przechowywano w temperaturze -80°C do czasu oznaczenia.

Próbki mleka kobiecego przed oznaczeniem wirowano przy 1500xg przez 15 min w temperaturze 4°C.

### 2.1 Oznaczenie wartości energetycznej

Wartość energetyczna próbek mleka kobiecego została oznaczona w Banku Mleka Kobięcego Wojewódzkiego Szpitala Zespołowego w Toruniu przy pomocy analizatora MIRIS (Miris HMA, Szwecja) według procedury producenta.

### 2.2 Oznaczenie stężenia S100A4

Stężenie S100A4 w 13 próbkach mleka kobiecego oznaczono za pomocą gotowego, komercyjnego testu immunoenzymatycznego (Human S100A4 ELISSA Kit, abbexa) według procedury producenta.

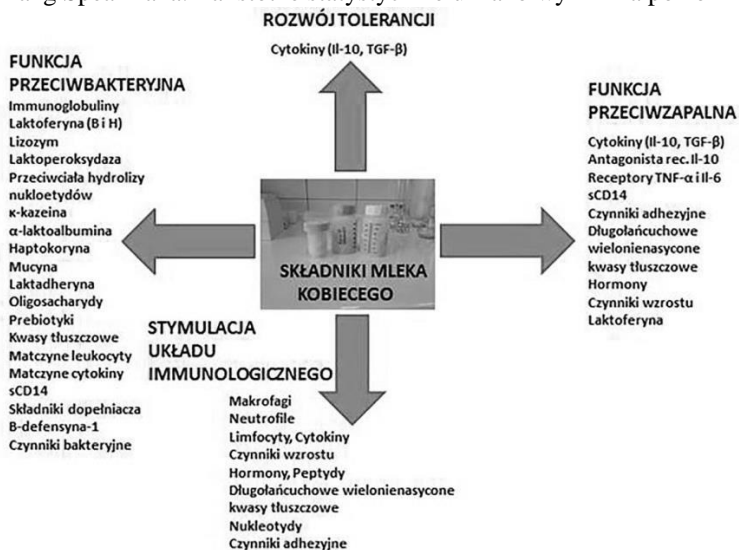


### 2.3 Oznaczenie stężenia melatoniny

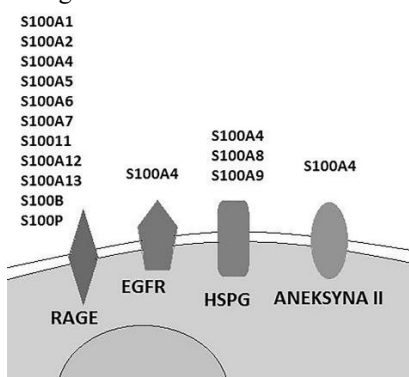
Stężenie melatoniny w 13 próbkach mleka kobiecego oznaczono za pomocą gotowego, komercyjnego testu immunoenzymatycznego (Melatonin ELIS Kit, IBL International) według procedury producenta.

### 2.4 Metody statystyczne

Do przeprowadzenia analizy statystycznej wykorzystano pakiet oprogramowania Statistica 13,1 firmy StatSoft®. Normalność rozkładu zweryfikowano testem Shapiro-Wilka. Nie stwierdzono normalności rozkładu analizowanych zmiennych ilościowych. Zmienność parametrów zaprezentowano w postaci mediany, wartości minimalnych i maksymalnych (min-max) oraz rozstępu międzykwartylnego (IQR). W celu oceny siły związku pomiędzy badanymi parametrami posłużono się testem korelacji rang Spearmana. Za istotne statystycznie uznano wyniki na poziomie  $p < 0,05$ .



Rys. 1. Składniki mleka kobiecego.



Rys. 2. Schematyczne przedstawienie receptorów wiążących się z białkiem S100A4 oraz przykłady innych białek z rodziny S100 wiążących się z wymienionymi receptorami.

## 3. Wyniki

### 3.1 Charakterystyka 13 próbek mleka pochodzącego od dawczyń z Banku Mleka Kobiecego w Toruniu

Próbki pochodziły od kobiet będących w 3 fazie laktacji oraz rodzących w różnych tygodniach ciąży (Hbd). Średnia wartość energetyczna próbek mleka kobiecego wynosiła 63,3 kcal natomiast średnia wieku dawczyń  $31 \pm 7$  lat (Tab. 2).

**Tab. 2.** Charakterystyka 13 próbek mleka od dawczyń.

Nr. próbki	Wiek dawczyni [lat]	Hbd [tyg]	Okres laktacji [tyg]	Wartość energetyczna [kcal]
1	33	40	40	65
2	31	38	40	72
3	37	35	5	66
4	30	40	16	56
5	29	40	16	62
6	34	41	18	67
7	24	32	16	56
8	39	32	8	61
9	30	39	40	54
10	34	39	24	66
11	25	27	12	62
12	33	39	8	66
13	33	40	20	70
IQR	4	5	12	5
Mediana	33	39	16	65
Minimum	24	27	8	56
Maximum	39	40	40	72

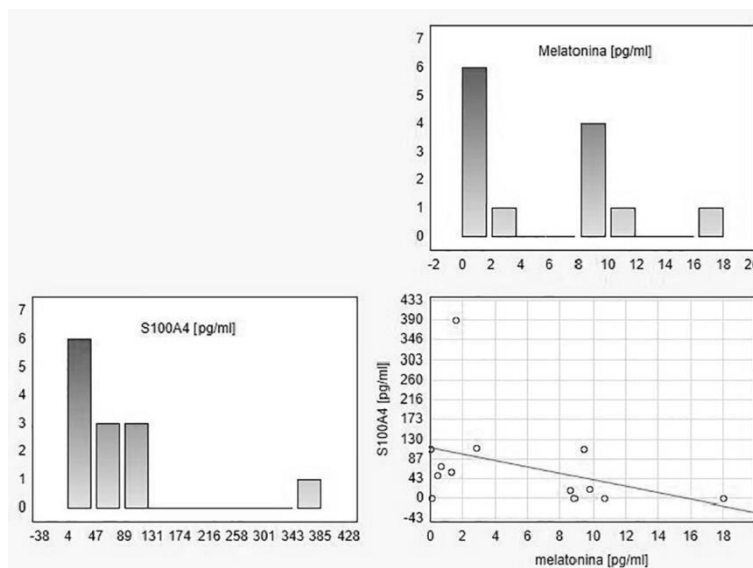
Oznaczenie stężenia S100A4 oraz melatoniny w mleku kobiecym

Stężenie białka S100A4 w próbkach mleka kobiecego wynosiło 0,0 - 389,6 pg/ml (Me = 51,0, IQR= 108,8), natomiast stężenie melatoniny wynosiło 0,0 - 18,03 pg/ml (Me = 2,797, IQR = 8,712).

Związek pomiędzy stężeniem melatoniny a poziomem białka S100A4 i danymi klinicznymi

Nie stwierdzono istotnych statystycznie korelacji pomiędzy stężeniem białka S100A4 i melatoniny, a wiekiem matek, tygodniem porodu, tygodniem laktacji i wartością energetyczną mleka matki.

Obserwowano ujemną korelację pomiędzy stężeniem białka S100A4 i stężeniem melatoniny, jednak również nie była ona istotna statystycznie ( $\rho = -0,345$ ;  $p = 0,195$ ) (Rys. 3).



**Rys. 3.** Korelacja pomiędzy stężeniem melatoniny [pg/ml] a poziomem białka S100A4 [pg/ml].

#### 4. Dyskusja i wnioski

Badania wykazały obecność białka S100A4 w różnym stężeniu (0,0 - 389,6 pg/ml) w próbkach mleka kobiecego pochodzących od dawczyń z Banku Mleka Wojewódzkiego Szpitala Zespołonego w Toruniu, będących w trzeciej fazie laktacji. Znaczące różnice między próbkami nie były zależne od wieku kobiety, od tygodnia, w którym nastąpił poród ani od tygodnia laktacji. Na dzień dzisiejszy nie ma doniesień naukowych o występowaniu białka S100A4 w mleku kobiecym. Dostępne dane literaturowe podają jedynie stężenie białka S100A4 w osoczu krwi. U osób zdrowych w osoczu krwi, według Gong i in. (2015), stężenie białka S100A4 wynosi od 0,00 do 41,5 pg/ml. Porównując stężenia białka S100A4, jakie uzyskano w mleku badanych dawczyń z danymi publikowanymi w pracy Gong i in. (2015) można zauważyć, że stężenie w/w białka w mleku kobiecym było nawet około dziesięciokrotnie wyższe w porównaniu do osocza osób zdrowych. Przyczyna tego zjawiska jest nieznaną, podobnie jak funkcja białka S100A4 oraz mechanizm jego działania w mleku kobiecym. Istnieją doniesienia, że białko to odgrywa znaczącą rolę w rozwoju gruczołu sutkowego. Podczas badania ekspresji białka S100A4 zauważono zwiększony jego poziom w komórkach zrębowych gruczołu sutkowego, a najwyższy w okresie wydłużenia przewodu mlecznego (Andersen i in 2011). Możliwe, że występowanie białka S100A4 w mleku kobiecym związane jest z jego obecnością w komórkach sutka.

W badaniach własnych zaobserwowano ujemną korelację między stężeniem melatoniny a poziomem białka S100A4. Zależność ta nie była istotna statystycznie, jednak warto powtórzyć doświadczenie na grupie badanej o większej liczebności. Stężenie melatoniny w próbkach mleka kobiecego wynosiło od 0,0 do 18,03 pg/ml, natomiast według literatury w osoczu wynosi 10-20 pg/ml w ciągu dnia, a następnie wzrasta w nocy nawet do 80-150pg/ml (Zisapel 2003). Stężenia melatoniny w analizowanych próbkach są porównywalne do stężeń „dziennej” melatoniny w osoczu. Melatonina jest indoloaminą, syntetyzowaną głównie przez szyszynkę, ale także produkowaną poza szyszynką w tkankach układu pokarmowego, przez komórki krwi, soczewki i siatkówki oka, nerek, tarczycy, jajników, mózdzku, żółci, szpiku kostnego oraz płynu mózgowo rdzeniowego. Substancja ta w komórce działa na cztery sposoby: w wyniku wiązania się z receptorami błonowymi, poprzez oddziaływanie z receptorami jądrowymi, poprzez bezpośrednie wiązanie się z białkami cytoplazmatycznymi oraz jako antyoksydant. Melatonina jako składnik mleka kobiecego ma ogromne znaczenie. Oprócz działania pronasennego, może wykazywać działanie antyoksydacyjne, bakteriobójcze, a także łagodzić występowanie kolek u niemowląt (Engler i in 2012; Katzer i in 2016; Singh i Jadhav 2014).

Literatura naukowa donosi, że w mleku kobiecym występuje białko S100B w stężeniu od 30 do 929mg/l (Ruisong i in 2011). Gazzolo i in. (2003) zbadali poziom białka w mleku początkowym, mleku przejściowym i mleku dojrzałym. Stężenie tego białka było znacznie wyższe w mleku dojrzałym (117,9 ±36,7µg/l) niż w mleku przejściowym (106,7±38,1 µg/l) oraz w mleku początkowym (74,6±37,6 µg/l). Wykazano korelację między poziomem białka S100B w mleku kobiecym a wiekiem ciążowym. Gazzolo i in. sugerują, że S100B w mleku kobiecym może mieć istotne znaczenie w dojrzewaniu mózgu u dzieci. Warto zauważyć, że stężenie S100B w mleku dojrzałym jest wyraźnie wyższe niż w innych płynach biologicznych, takich jak: krew pępowinowa, krew obwodowa, mocz, płyn mózgowo-rdzeniowy i płyn owodniowy (Gazzolo i in 2003). Ruisong i in. (2011) przeprowadzili podobne badania na mleku kobiecym, w którym zbadano stężenie białka S100B, czynnika neurotroficznego pochodzenia mózgowego (BDNF) oraz glejopochodnego czynnika neurotroficznego (GDNF). Stężenie białka S100B po 3, 10, 30 oraz 90 dniach po porodzie wynosiło odpowiednio: 1249,79±398,10, 1345,05±539,16, 1481,00±573,30 oraz 1414,39±621,31 ng/l. Poziom BDNF wynosił: 10,99±4,55, 13,01±5,88, 13,35±6,43 oraz 2,83±5,47µg/l, natomiast poziom GDNF - 10,90±1,685, 11,38±1,00, 11,29±3,10 oraz 11,40±2,21 g/l. Wykazano związek między masą ciała oraz poziomem BDNF a stężeniem białka S100B (Ruisong i in 2011). Badania sugerują, że część białka S100B obecnego w mleku kobiecym jest wydzielana przez komórki nabłonkowe sutka (Gazzolo i in 2003). Ruisong i in. sugerują, że S100B jest cytokiną pełniącą funkcję troficzną. Dodatkowo białko to może być nową adipokiną ze względu na korelację z BMI kobiet (Ruisong i in 2011).

Podsumowując, przedstawione badania wykazały obecność białka S100A4 w mleku kobiecym w różnym stężeniu (0,0 - 389,6 pg/ml). Na dzień dzisiejszy nie wiadomo jaką funkcję pełni owo białko w mleku kobiecym, dlatego warto przeprowadzić badania w liczniejszej grupie badanej oraz poszerzyć je o dodatkowe parametry charakteryzujące mleko kobiece, w tym BDFN, inne białka z rodziny S100, a także ocenę statusu oksydacyjno-antyoksydacyjnego. Warto także skorelować stężenia oznaczonych parametrów laboratoryjnych z czynnikami matczynymi, takimi jak: BMI, dieta, Hbd, faza laktacji oraz wysiłek fizyczny. Mleko kobiece jest materiałem nadal nie do końca poznanym i ze względu na jego niezwykle właściwości, warto poświęcić mu więcej uwagi.

## 5. Literatura

- AAP (2005) Section on Breastfeeding. Breastfeeding and the use of human milk. *Pediatrics* 11:496–506.
- Andersen K, Mori H, Fata J (2011) The metastasis-promoting protein S100A4 regulates mammary branching morphogenesis. *Developmental Biology* 352:181–190.
- Boye K, Mælandsmo GM et al. (2010) S100A4 and Metastasis A Small Actor Playing Many Roles. *The American Journal of Pathology* 176 (2):528-35.
- Cohen EA, Hadash A, Shehadeh N et al. (2012) Breastfeeding may improve nocturnal sleep and reduce infantile colic: potential role of breast milk melatonin. *European Journal of Pediatrics* 171(4):729-32.
- Czerniak B, Olszewska-Słonina D, Cwynar A (2017) S100A4, MACC-1, REG-4 promising biomarkers of metastasis in cancer. *Wiadomości Lekarskie* 3(2):604-607.
- Gazzolo D, Bruschetini M, Lituaniai M et al. (2004) Levels of S100B protein are higher in mature human milk than in colostrum and milk-formulae milks. *Clinical Nutrition* 23:23–26.
- Gazzolo D, Monego G, Corvino V, et al. (20013) Human milk contains S100B protein. *Biochimica et Biophysica Acta* 1619: 209–12.
- Gong XJ Song XY, Wei H et al. (2015) Serum S100A4 levels as a novel biomarker for detection of acute myocardial infarction. *European Review for Medical and Pharmacological Sciences* 19(12):2221-5.
- Hale TW, Hartman PE (2007) *Textbook of Human Lactation*. Hale Publishing, Amarillo, Texas.
- Jeleń K, Musiał-Morsztyn D, Bogdał D et al. (2014) Breastfeeding over the Centuries. Part II – Current Initiatives and Recommendations. *Pielęgniarstwo i Zdrowie Publiczne* 4 (1): 65–68.
- Katzer D, Pauli L, Mueller A (2016) Melatonin Concentrations and Antioxidative Capacity of Human Breast Milk According to Gestational Age and the Time of Day. *Journal of Human Lactation* 32(4):1-6.
- Kowalska D, Gruczyńska E, Bryś J (2015) Mother's milk – first food in human life. *Problemy Higieny i Epidemiologii* 96(2): 387-398.
- Nehring-Gugulska M (2017) Karmienie piersią lub mlekiem kobiecym jako złoty standard w żywieniu niemowląt – część 1. *Pediatrics po dyplomie* 5:1-15.
- Ruisong L, Wei X, Zhihong Z et al. (2011) S100B Protein, Brain-Derived Neurotrophic Factor, and Glial Cell Line-Derived Neurotrophic Factor in Human Milk. *Plos One* 6 (6):1-6.
- Singh M, Jadhav MR (2014) Melatonin: functions and ligands. *Drug Discovery Today* 19:1410-8.
- Szajewska D, Horvath A, Rybak A et al. (2016) Breastfeeding. A Position Paper by the Polish Society for Paediatric Gastroenterology, Hepatology and Nutrition. *Standardy Medyczne/Pediatrics* 13: 9-24.
- WHO (2002) Global Strategy for infant and young child feeding. Annex 2. [W:] *Infant and young child nutrition*. Geneva: 55 WHA, Report by the Secretariat.
- Zisapel N (2003) Melatonin and sleep. *Aktualności Neurologiczne* 3:173-80.

## **4. Enzyme immobilization in food processes**

Katarzyna Czyżewska

Division of Bioprocess and Biomedical Engineering, Faculty of Chemistry, Wrocław University of Science and Technology

Katarzyna Czyżewska: katarzyna.czyzewska@pwr.edu.pl

Keywords: enzyme immobilization, encapsulation, chemical binding, hydrogels, synthetic carriers

### **Abstract**

Enzyme immobilization is recognized as an important solution related to industrial biocatalysis. The variety of immobilization methods, as well as the availability to sophisticated carriers create the new possibilities for industrial biocatalysis. The food industry expects the utilization of natural compounds, thus the biocatalysis approach is recognized as an interesting and environmental friendly solution. To obtain a high conversion level based on biocatalysis, the application of enzymes from extremophilic microbial sources and their immobilization is widespread. The scaffolds used to creation of immobilized enzyme preparations should meet the requirements related to non-toxicity. In this case, biopolymers are appreciated. Moreover, the research attention is focused on synthetic compounds, which allow the creation of lasting and stable carriers for enzyme binding.

### **1. Introduction**

The growing demand for rapid and highly efficient bioconversion enforces the application of sophisticated enzymes, which are used mainly in immobilized form. Moreover, the advanced microbiological screening allows the isolation of various enzymes, which exhibit a great activity and stability at the wide range of pH and temperature. Enzyme immobilization, as well as enzyme isolation from extremophilic microbial sources, are appreciated by the food industry, mainly baking, dairy products and beverages processes (Homaei 2015). The drawbacks of traditional biocatalysis, in which enzyme is used in native form (suspended in the total volume of the reaction mixture) can be alleviated by enzyme immobilization, which is related to the improvement of long-term stability at operational conditions, shelf-storage life as well as it allows to enzyme re-using. Enzyme binding to the solid support brings satisfactory results and leads to obtaining a highly efficient enzymatic preparation. The food industry, in contrast to another enzyme industrial application (e.g. animal feed, textile, pulp and paper, detergents, wastewater treatment, biofuel, and pharmaceutical areas), requires using of specific carriers, which must be safe for health. The recent literature reports indicate on biopolymers potential as well as various synthetic materials. Figure 1 presents the most important steps, which determine the biocatalysis efficiency during food processes. Examples of enzyme applications in food industry and carriers used for enzyme binding will be presented in the following sections.

### **2. Enzymes in food processing**

Food industry engages a wide range of enzymes including oxidoreductases, transferases, hydrolases, lyases, and isomerases. All of them are applied to the efficient conversion of complex substrates to foodstuffs. Their substrate specificity and stability at operational conditions related to a wide range of pH and temperature are appreciated in beverages as well as solid products processes (Fernandes 2010). Due to a large number of enzymes in food applications, two examples will be described in detail,  $\beta$ -galactosidase and glucose oxidase.

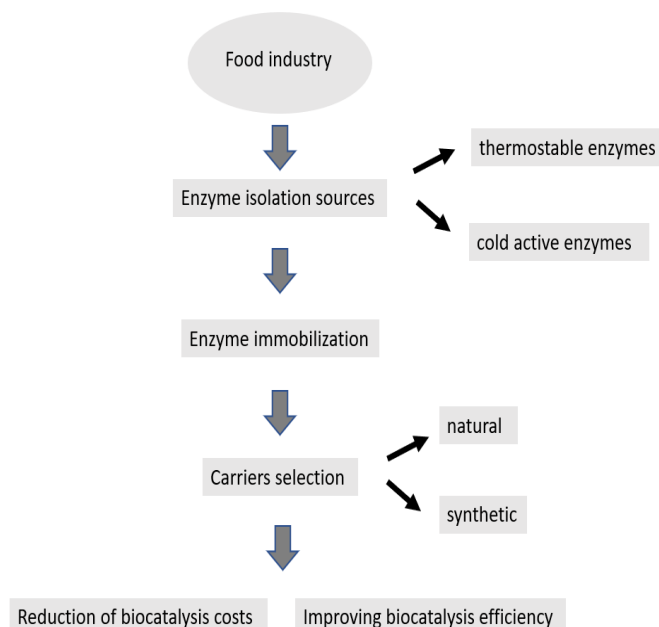
#### **2.1 $\beta$ -galactosidase**

$\beta$ -galactosidase (EC 3.2.1.23) is classified as hydrolase, which catalyzes the lactose conversion to glucose and galactose. The enzymatic lactose hydrolysis leads to the reduction of lactose intolerant problem, allows to galacto-oligosaccharides generation and biodegradability of whey (Mlichova and Rosenberg 2006). The phenomenon of lactose intolerant is not only limited to

milk but also milk-related products such as milk candy, condensed milk, frozen concentrated milk, yogurt as well as ice cream (Ahlawat et al. 2018). The addition of  $\beta$ -galactosidase improves digestibility, solubility as well as the sweetness of milk products due to the generation of monosaccharides (Agyei et al. 2015).

The sources of  $\beta$ -galactosidase isolation are divided into plant, animal, and microorganisms, in which the microbial production (yeasts, fungi, bacteria, actinomycetes) plays an important role (Mlichova and Rosenberg 2006). To commercial applications of  $\beta$ -galactosidase the species like *Aspergillus oryzae*, *Aspergillus niger*, *Aspergillus sphaericus*, *Kluyveromyces fragilis*, *Kluyveromyces lactis* are preferred (Ahlawat et al. 2018).

The  $\beta$ -galactosidase isolation sources determine enzyme properties, specificity, and structure, including molecular weight and pH and temperature optimum.  $\beta$ -galactosidase exhibit pH and temperature optimum range like 3.0 – 5.0 and 50 – 60°C, 6.5 – 7.0 and 30 – 35°C as well as 6.0 – 7.2 and 40 – 65°C for fungi, yeasts, and bacteria, respectively. All microorganisms used to milk, and dairy processes have GRAS status (Generally Recognized As Safe). Moreover, the recent literature reports (Jensen et al. 2017; Alikkunju et al. 2016) indicate on the application of thermostable and cold-active  $\beta$ -galactosidase. In the first case, the high process temperature decreases mixture viscosity and microbial contaminations. The second leads to the preservation of taste and nutritional values by enzyme action under mild conditions. The application possibilities of  $\beta$ -galactosidase are improved by efficient enzyme immobilization like entrapment, cross-linking, adsorption and combination of these methods (Mlichova and Rosenberg 2006; Saqib et al. 2017).



**Fig. 1.** The efficiency of biocatalysis in food applications.

## 2.2 Glucose oxidase

Glucose oxidase (EC 1.1.3.4) belongs to oxidoreductase and catalyzes the oxidation of  $\beta$ -D-glucose to D-gluconolactone and hydrogen peroxide. Many reports indicate the product inhibition during glucose oxidase activity. Both D-gluconolactone, as well as hydrogen peroxide, decrease the catalytic activity of glucose oxidase. Moreover, the accumulation of hydrolysis products reduces the pH of the reaction mixture. Depending on the enzyme isolation sources, the molecular weight of glucose oxidase is defined as 150 – 186 kDa, the optimum temperature and pH range is 20 – 50°C and 4 – 7, respectively. Glucose oxidase is produced by some fungi and insects. In natural systems, glucose oxidase is responsible for antibacterial and antifungal action, thanks to the production of hydrogen peroxide. Moreover, glucose oxidase can assist in lignin degradation and infection of plants.

Glucose oxidase has GRAS status, thus it is commonly used in food processes. It can be used as an additive in liquid or in powder form. It exhibits antioxidant, preservative and stabilizer properties. In industrial processes the antimicrobial action is desirable. Glucose oxidase can act together with lactoperoxidase system, which is recognized as a defense mechanism against foreign microorganisms. The system of lactoperoxidase consists of lactoperoxidase, thiocyanate and hydrogen peroxide. The last two components acting as activators. The lactoperoxidase system generates active intermediates, which have antimicrobial properties and are safe for human. The utilization of the lactoperoxidase system is common when the access to refrigeration is limited. The connection of the lactoperoxidase system with glucose oxidase activity can be used during cheese production. It is also popular in non-dairy applications, like toothpaste, shampoos, meat and fish processing. During breadmaking glucose oxidase improves texture. It reduces the Millard browning by glucose consuming, e.g. during dry egg powder production. It allows oxygen removal, which is considered as a problem, especially in high-fat foods, like mayonnaise. In some beverages, such as wine and beer, glucose oxidase helps to maintain the taste and flavor. The action of oxygen scavenger can extend the shelf-life of seafood. By the glucose consuming, glucose oxidase leads to a reduction of alcohol content in wine. Finally, it can be used to gluconic acid production, which is applied during textile dyeing, metal surface cleaning, acting as additives, detergents, and pharmaceuticals, and to obtaining glucose sensors and fuel cells (Wong et al. 2008).

### **3. Carriers for enzyme immobilization in food processes**

The selection of appropriate carriers to enzyme binding determines the efficiency of enzymatic catalysis. The ideal carrier should be cheap, stable at operational conditions, provides a large surface to enzyme binding and allows to substrates and products diffusion to the active site of the enzyme. Carriers for enzyme binding can be classified in various groups, among them hydrogels, smart polymers, gold, and magnetic nanoparticle are popular (Homaei 2015).

Among biopolymers, the hydrogels group plays an important role. The immobilization process can be carried out by the using of natural or synthetic hydrogels. The most important obstacle related to enzyme entrapment into the hydrogel matrix is the problem of enzyme leaching from capsules, especially when an enzyme has lower molecular weight, below 240 kDa. To overcome this phenomenon the enzyme size is increased by cross-linking. Moreover, the creation of polyelectrolyte complexes brings satisfactory results (Homaei 2015).

The economic aspect is considered as a key factor, which determines the profitability and commercialization of immobilization methods. In this case, the cost of carriers, chemicals, and equipments which are necessary to immobilization must be considered. Moreover, the stability and half-life of obtained preparations are evaluated. The obtained reports indicate on the growing world market for industrial enzymes, in which the immobilized preparations form an important group. The most important enzymes used as immobilized preparations in food applications are  $\beta$ -galactosidase, lipase, nitrile hydratase, aminoacylase, raffinase, invertase, thermolysin, glucoamylase, papain and tyrosinase (Homaei 2015). Bioreactors with immobilized enzymes (the packed-bed reactor) are used to production of high-fructose corn syrup (isomerase), lactose hydrolysis and production of whey hydrolysates (lactase), production of inverted sugar syrup (invertase), production fructooligosaccharides ( $\beta$ -fructofuranosidase) and production of modified triacylglycerols (lipase) (Fernandes 2010).

The food industry requires specific operational conditions, related to the wide range of pH and temperatures. Furthermore, during substrate conversion by immobilized enzyme, the scaffolds which are safe for human life, stable at processes conditions, cheap and biodegradable should be applied (Fernandes 2010).

Enzymes in immobilized form are used to the creation of biosensors for food analysis. Biosensors in contrast to traditional methods allow to rapid detection of specific compounds in food samples. The most popular enzymes used to immobilization in biosensors are D-fructose dehydrogenase for fructose detection,  $\beta$ -galactosidase for lactose detection,  $\alpha$ -amylase for starch detection, alcohol dehydrogenase for ethanol detection, citrate lyase for citric acid detection and many others. The high selectivity and specificity of obtained preparations lead to miniaturization,

production of low-cost sensors and fast analysis which is important for rapid and efficient detection in various stages of food processes (Singh et al. 2018).

#### 4. Immobilization of $\beta$ -galactosidase

To obtaining the lactose-free milk and milk-related products various methods of enzyme immobilization are proposed. Among them, the biocatalysis inside bioreactor with immobilized  $\beta$ -galactosidase is considered as an effective and profitable solution. As a result, glucose and galactose are produced and can be consumed by people with lactose intolerant. Moreover, the dairy industry due to the character of milk substrate is exposed to microbial contaminations, especially in the large-scale and during continuous processes. The application of immobilized glucose oxidase leads to overcome this hindrance (Singh et al. 2018).

Agyei et al. (2015) indicate on the application of bio-affinity immobilization of  $\beta$ -galactosidase by the using of concanavalin A layered Celite 545 as a support. The proposed solution brings satisfactory results and immobilized preparations show higher activity than cross-linked preparations. Moreover, after the immobilization procedure, the storage stability was improved.

Physical adsorption due to the enzyme binding at mild conditions leads to enhancement of lactose hydrolysis in skim milk by  $\beta$ -galactosidase immobilized on polyvinyl chloride (PVC) as well as on silica gel membrane. These preparations can be used in a flow reactor. The satisfactory results bring also adsorption of  $\beta$ -galactosidase from *Thermus* sp. onto PEI-Sepabeads and DEAE-Agarose (Penasar et al. 2010).

Cross-linked  $\beta$ -galactosidase e.g. via glutaraldehyde exhibit greater stability, better recyclable, greater resistance on product inhibition, and finally better efficiency of lactose hydrolyze in batch processes (Agyei et al. 2015). To effective covalent binding of  $\beta$ -galactosidase, the various supports are proposed, such as egg shells, calcium alginate, polyvinyl alcohol, corn grits, silica gel activated by  $TiCl_3$  and  $FeCl_3$ , gelatin, Eupergit C, graphite surface, nylon membrane, cotton fabric and chitosan beads (Penasar et al. 2010).

Encapsulation of  $\beta$ -galactosidase into the hydrogel matrix is also common. In this case, the chitosan capsules can be created. To improvement immobilization efficiency the addition of glutaraldehyde is proposed. The obtained results show the enhancement of  $\beta$ -galactosidase stability after immobilization at 40° and 20°C, which is three to five times better than in native enzyme. Immobilized preparations of  $\beta$ -galactosidase retained 80% of initial activity after 3 months incubation in 10°C.  $\beta$ -galactosidase encapsulated in chitosan capsules allows to 95% conversion rate after four batches at 25°C (Agyei et al. 2015). In entrapment approach, immobilizing agents like alginate with  $BaCl_3$ , polyacrylamide gel, nylon-6, zeolite, agarose bead, calcium alginate as well as poly(vinyl)alcohol hydrogel are common (Penasar et al. 2010).

The reactor design during lactose-free milk production is related to the various configurations of reactors, which contain immobilized  $\beta$ -galactosidase. Biocatalysis inside reactor space is related with membrane reactor, fluidized-bed-reactor, hollow-fiber reactor, packed-bed reactor as well as a stirred-tank reactor. To choose an appropriate reactor system the factors like cost, surface area, reagents viscosity, and homogeneity must be considered (Agyei et al. 2015).

#### 5. Immobilization of glucose oxidase

Glucose oxidase in immobilized form is applied in many industrial applications, including food processes. Based on literature reports, immobilized glucose oxidase can be used to removal of glucose in egg white. This approach leads to elimination of the browning phenomenon and enhances the resistance against microorganism during storage. To obtain satisfactory results, the adsorption on Amberlite UP 900 anion exchange resin and cross-linking with glutaraldehyde is proposed. The activity and stability of immobilized preparations were appropriate for food processes in industrial scale. Moreover, to avoid the foaming of egg white via oxygen, which is generated during glucose conversion, the special fluidized-bed bioreactor with large oxygenator membrane surface was applied (Sisak et al. 2006).



Many reports indicate on co-immobilization of glucose oxidase and catalase. In this solution, the product of reaction which is catalyzed by glucose oxidase (hydrogen peroxide) is consumed by catalase. Catalase generates oxygen which acts as a substrate for glucose oxidase. This enzymatic cascade is common in food applications. To co-immobilization, the supports like polycationic cotton cloth and hen egg white foam matrix can be used (Sisak et al. 2006). The glucose oxidase-catalase system can be applied during the production of wine with reduced alcohol content and production of deoxygenating liquid foodstuffs (Ozyilmaz and Tukul 2007).

Immobilization and co-immobilization procedures may cause decreasing enzyme activity. To overcome this problem the addition of substrate or competitive inhibitor to the coupling mixture brings satisfactory results. The co-immobilization of glucose oxidase and catalase onto Florisil in the presence of glucose significantly improved the activity and reusability of enzymes (Ozyilmaz and Tukul 2007).

Co-immobilization of glucose oxidase and catalase can be carried out inside chitosan microsphere modified by lysine. It has been shown that after the immobilization procedure, the obtained enzymatic preparation allows to 68.9% of glucose conversion and maintain 94% of initial activity after 12<sup>th</sup> cycles. Furthermore, the improvement of resistance to acidic environmental as well as thermotolerance was observed. The proposed solution can be used to liquid foodstuffs deoxygenation, gluconic acid production, fermentation processes and to glucose measurements in food products (Zhang et al. 2013).

## **6. Future and perspectives**

The rapid development of material engineering allows the creation of novel supports for enzyme immobilization. Due to the specific properties of obtained carriers, the proposed immobilized preparations exhibit the high catalytic activity. Moreover, the low cost of carriers production used in food processes and their biodegradability encourage to immobilized enzymes application, which affects the profitability of biocatalysis in industry processes.

## **7. References**

- Agyei D, Shanbhag BK, He L (2015) Enzyme Engineering (immobilization) for food applications. *Improving and Tailoring Enzymes for Food Quality and Functionality 2015*: 213-235.
- Ahlatwat S, Kumawat M, Babele PK (2018) Microbials Enzymes in Food Technology. *Enzymes in food technology. Improvements and Innovatives 2018*: 13-24.
- Alikkunju AP, Sainian N, Silvester R, et al. (2016) Screening and Characterization of Cold-active  $\beta$ -Galactosidase Producing Psychrotrophic *Enterobacter ludwigii* from the Sediments of Arctic Fjord. *Applied Biochemistry and Biotechnology* 180(3): 477-490.
- Fernandes P (2010) Enzymes in Food Processing: A Condensed Overview on Strategies for Better Biocatalysts. *Enzyme Research 2010*: 1-19.
- Homaei A (2015) Enzyme Immobilization and its Application in the Food Industry. *Advances in Food Biotechnology 2015*: 145-164.
- Jensen TO, Pogrebnyakov I, Bach Falkenberg K, et al. (2017) Application of the thermostable  $\beta$ -galactosidase, BgaB, from *Geobacillus stearothermophilus* as a versatile reporter under anaerobic and aerobic conditions. *ABM Express* 7: 1-10.
- Mlichova Z, Rosenberg M (2006) Current trends of  $\beta$ -galactosidase application in food technology. *Journal of Food and Nutrition Research* 45(2): 47-54.
- Ozyilmaz G, Tukul SS (2007) Simultaneous Co-Immobilization of Glucose Oxidase and Catalase in Their Substrates. *Applied Biochemistry and Microbiology* 43(1): 29-35.
- Penasar PS, Kumari S, Penasar R (2010) Potential Applications of Immobilized  $\beta$ -galactosidase in Food Processing Industries. *Enzyme Research 2010*: 1-16.
- Saqib S, Akram A, Halim SA, et al. (2017) Sources of  $\beta$ -galactosidase and its applications in food industry. *3 Biotech* 7(79): 1-7.

- Singh A, Singh Negi M, Dubey A, et al. (2018) Methods of Enzyme Immobilization and Its Applications in Food Industry. *Microbial Enzymes in Food Technology. Enzymes in food technology. Improvements and Innovatives 2018*: 111-127.
- Sisak C, Csan'adi Z, R'onay E, et al. (2006) Elimination of glucose in egg white using immobilized glucose oxidase. *Enzyme and Microbial Technology* 39: 1002-1007.
- Wong CM, Wong KH, Chen XD (2008) Glucose oxidase: natural occurrence, function, properties and industrial applications. *Applied Microbiology and Biotechnology* 78(6): 927-938.
- Zhang J, Zhou X, Wang D, et al. (2013) Studies on the co-immobilized GOD/CAT on cross-linked chitosan microsphere modified by lysine. *Journal of Molecular Catalysis B: Enzymatic* 97: 80-86.

## **5. The characteristic of enzymatic preparations in immobilized form and their application possibilities - a review**

Katarzyna Czyżewska

Division of Bioprocess and Biomedical Engineering, Faculty of Chemistry, Wrocław University of Science and Technology

Katarzyna Czyżewska: katarzyna.czyzewska@pwr.edu.pl

Keywords: enzyme immobilization, carrier selection, encapsulation, polymeric matrix

### **Abstract**

Industrial biocatalysis requires the application of sophisticated enzymatic preparations to achieve a high conversion level. The most popular solution for enhanced biocatalysis yield is enzyme immobilization. The variation of enzyme immobilization methods as well as the properties of offered scaffolds lead to the creation of novel enzymatic preparations, which are desirable in industrial applications. The appropriate carrier selection is recognized as one of the most important factors, which determines the profitability and usefulness of obtained preparations.

### **1. Introduction**

The literature reports indicate various methods for enzyme immobilization. They can be classified as three main groups, like enzyme binding to the solid support, enzyme entrapment or encapsulation in the hydrogel matrix and finally, carrier-free cross-linking with bifunctional reagents. The first of them can be divided into physical adsorption and chemical binding (Torres-Salas et al. 2011). In industrial processes, enzyme immobilization enables the continuous production, improves enzyme stability and leads to the absence of the enzyme in the product stream. The world market for immobilized enzymes is evaluated as a small fraction of the total enzyme market. To enhance the profitability of the immobilized enzymes, the obtained preparations should enable a new application or be more attractive than the soluble enzymes. The possibility of enzyme reusing is encouraging especially for customers (DiCosimo et al. 2013). In the next sections, the issue of carrier selection, enzyme encapsulation and entrapment, as well as some hinderance related to enzyme immobilization, will be presented.

### **2. The carrier selection to enzyme immobilization**

The carrier selection plays an important role by the creation of efficient immobilized enzymatic preparations. It is possible to use natural or synthetic carriers. Regardless of carrier sources, the carriers for enzyme binding should meet specific properties, like mechanical strength, chemical and physical stability, chemical functionality, length of spacer arm, porosity as well as hydrophobicity. Moreover, they should take into account the enzyme properties and provide the maximum enzyme loading and prevent enzyme leaching. Finally, they should be cheap, capable of regeneration, non-toxic, biodegradable and resistant to microbial attack (Torres-Salas et al. 2011; Mohamada et al. 2015).

The selection of the appropriate carrier for enzyme immobilization depends on the type of enzyme, reaction media and reaction conditions. The differences in physiological and morphological characteristics of carriers determine the immobilization efficiency as well as the catalytic properties of obtained preparations. The available supports for enzyme immobilization can be classified as organic and inorganic, as well as divided into natural and synthetic polymers. The most common carriers are characterized as mesoporous materials with the large surface to enzyme binding, also in matrix pores. The possibility of enzyme loading in carrier's pores ensures better enzyme protection from the environment. The most popular carriers for enzyme binding are carboxymethyl-cellulose, starch, collagen, modified sepharose, ion exchange resins, silica, agarose, threated porous glass as well as other polymers.

Based on the current state of knowledge, the issue of enzyme immobilization is well known and described in the literature. The proposed solutions allow to enzyme separation, its reuse, take into account to downstream processing and allow improve biocatalysis efficiency in operational conditions. Moreover, the design of immobilized biocatalysts based on screening of several methodologies can be related to the creation of suboptimal conditions for industrial processes. In this case, the silico analysis help predicts the location of amino acid residues as well as protein domains, which are necessary for enzyme binding to the solid support. Thus, the utilization of silico analysis and molecular modeling with experimental research are desirable in modern biocatalysis. The proposed solution allows the prediction of the best protein-carrier combinations which maximize the polar as well as ionic and hydrophobic interactions. Furthermore, it is possible for the prediction of pH dependence during immobilization and protein orientations on mesoporous materials (Torres-Salas et al. 2011).

Nowadays, the research attention is focused on the imitation of biological systems and the creation of multienzymatic preparations in immobilized form. The literature reports show three main methods to obtain multienzymatic systems: stepwise immobilization, mixed immobilization, and co-immobilization. Each of them is burdened with same restrictions and their efficiency is closely related to the components of the multienzymatic system, enzyme's molecular weight, pH and temperature optimum values, the proportion of each enzyme as well as cascade bottleneck (Ji et al. 2016). The justifiability of multi-enzymatic immobilization is clearly visible in cascade reactions, in which the conversion product/products of the first reaction function simultaneously as a substrate for downstream reactions. Moreover, this approach leads to the improvement of upstream processes, when the product inhibition may occur (Sperl and Sieber 2018).

The possibility of controlled immobilization onto porous materials via modulation of apparent immobilization rate leads to the creation of different distribution patterns, which affects on biocatalysis efficiency. It is important in case of the proteins with different groups, which are responsible for protein-support interactions. Furthermore, the presented approach is desired during immobilization of multienzymatic systems on the same carrier, which is activated by different reactive groups (Singh et al. 2013).

Currently, the utilization of nanoparticles, nanotubes, nanofibres as well as nanocomposites is considered as a great alternative for traditional carriers. The nanoscaffolds provide the large available surface for enzyme binding, high mechanical properties, and reduction of diffusion limitation. Moreover, they allow easy separation from the reaction mixture and enzyme reuse. The presented characteristic of nanoscaffolds and their advantages alleviate the cost of carriers. The nanoscaffolds are recognized as an interesting solution, which facilitates the synthesis of nanoenzyme particles in high solid content without the utilization of additional compounds, like surfactants or toxic reagents, allows the particle size tailoring and finally creates well-defined core-shell nanoparticles, in which enzyme is localized in the shell (Mohamada et al. 2015).

The available technology of surface analysis allows evaluate the three-dimensional structure of the carrier and controls the orientation of the enzyme, which ensures high stability and activity of immobilized preparations. The most popular technology for surface analysis are thermal gravimetric analysis (TGA), field emission scanning electron microscopy (FESEM), scanning electron microscopy (SEM), transmission electron microscopy (TEM), X-ray photoelectron spectroscopy (XPS), surface plasmon resonance (SPR), circular dichroism (CD) spectroscopy, atomic force microscopy (AFM), microcalorimetry, forest resonance energy transfer (FRET), scanning electrochemical microscopy (SECM) and time-of-flight secondary ion mass spectroscopy (TOF-SIMS) (Mohamada et al. 2015).

### **3. Entrapment and encapsulation in polymeric matrix**

Entrapment, the method of irreversible enzyme immobilization, allows the substrate and product diffusion and retains the enzyme inside the polymeric matrix. It improves mechanical stability by creating an optimal microenvironment for the enzyme, without the addition of harmful compounds, which are presented during chemical binding. To obtain the ideal conditions for enzyme activity,

materials like polymers, sol-gels, polymer/sol-gel composites as well as inorganic materials are preferred.

Hydrogels, both natural and synthetic, are considered as interesting support for enzyme inclusion. Moreover, the mild operational conditions which are related to enzyme encapsulation remain enzyme activity after immobilization procedure. The simplest method of enzyme entrapment is gelation of polyanionic and polycationic polymers by the addition of multivalent ions (Zdarta et al. 2018; Mohamada et al. 2015).

The biodegradable biopolymers due to their physical and chemical properties, widespread availability and low-cost production are appreciated in the biocatalysis and function as effective supports for enzyme immobilization. Many reports present the satisfactory results of enzyme binding and entrapment to polymeric structure (Bezerra et al. 2015; Dwevedi 2016). The renewable polymeric scaffolds for enzyme immobilization include a wide range of natural components. Among them, alginate is commonly used as a popular carrier to immobilization of various enzymes (Bezerra et al. 2015).

Alginate, the natural polymer obtained from brown algae and microorganism, like *Pseudomonas* and *Azotobacter* is recognized as the most popular biopolymer used as a matrix for enzyme immobilization (Datta et al. 2013). Many reports present the satisfactory results of enzyme encapsulation into the alginate matrix (Datta et al. 2013; Mahajan et al. 2010). In terms of chemical composition, alginate is a linear copolymer consisted of  $\alpha$ -L-guluronic and  $\beta$ -D-mannuronic acids. Moreover, the wide variations in the proportion of mentioned acids determine the alginate mechanical properties. Alginate as a matrix for enzyme immobilization is widely used in industrial processes, like food, textile, paper and medical (Bezerra et al. 2015; Datta et al. 2013). The alginate properties, like biocompatibility, low cost and mild gelation by divalent cations addition emphasize their application potential. The recent research shows the satisfactory results of alginate matrix utilization during nanoparticle production for the release of active compounds, such as enzymes and drugs. Furthermore, alginate applications allow the creation of a copolymeric structure to prepare more stable supports (Bezerra et al. 2015; Lee and Mooney 2012).

The synthetic polymers, which exhibit great biodegradable properties, and which are considered as renewable, recyclable and finally sustainable material can rival with their natural counterparts (Tanase et al. 2015). Polyvinyl alcohol (PVA), the vinyl polymer is recognized as a non-toxic, water-soluble, biocompatible and biodegradable material. Its main chains are joined by C-C bonds, thus a great chemical and mechanical properties can be observed. It is obtained from the polymerization of vinyl acetate. The created poly(vinyl acetate) is submitted to hydrolysis during which the acetate groups are the replacement by hydroxyl groups. PVA can be classified as partially and completely hydrolyzed and its properties are depended on molecular weight and hydrolysis degree. This synthetic polymer is widely used in the preparation of various blends with natural polymers like chitosan, nanocellulose, starch, and lignocellulosic fillers. Based on the literature review it can be used in industrial applications such as wastewater treatment and agriculture. The formation of a hybrid structure, in which PVA is mixed with other polymers improves its biodegradability and functionality. To the creation of PVA beads, the crosslinking in borax (sodium tetraborate decahydrate) and boric acid is common (Tanase et al. 2015). The mechanism of PVA-borate crosslinking is recognized as a two diol complex, in which two units of PVA chain with one borate ion crate the crosslink. The shape of PVA- boric acid beads depends on the viscosity of the dripping solution and the crosslinking time. Moreover, the current state of knowledge allows the rapid selection of polymer and crosslinking bath concentration to obtain the desired shape and size of capsules (Weibel et al. 2018).

The utilization of hydrogel/enzyme dots allows the performance of the multi-enzymatic reactions in microfluid devices. In the presented approach the catalytic activity of two tri-enzymatic cascades (first:  $\beta$ -galactosidase, glucose oxidase, horseradish peroxidase and second: phospholipase D, choline oxidase and horseradish peroxidase) was maintained over several weeks. Furthermore, the proposed immobilized preparation was characterized by minimally leak out of the hydrogel dots (Simon et al. 2019).

The application of natural and synthetic polymers including alginate and PVA creates the possibility of hybrid supports creation for enzyme immobilization. These constructions allow the creation of mixed-polymeric beads (e.g. alginate – PVA beads). The properties of obtained hybrid capsules lead to the formation of sophisticated structures to increase biocatalysis efficiency. The polymeric hybrid capsules are characterized by the great mechanical properties in extreme conditions related to mechanical stirring and temperature. Moreover, the literature reports show the satisfactory results of enzyme immobilization into hybrid beads, consisting of sodium alginate-chitosan (Kühn et al. 2017), chitosan-cellulose (Trivedi et al. 2018) and calcium alginate-starch (Bezerra et al. 2015). In the case of PVA, the popular combination is created with chitosan and sodium alginate (Jiang et al. 2018).

#### 4. The difficulties in enzyme immobilization

The utilization of immobilized biocatalysts on an industrial scale requires specific technical and economic factors. Moreover, in most cases, the benefits of immobilization must be multiple-fold to show the useful aspect of industrial biocatalysis (Chapman et al. 2018).

The creation of satisfactory scaffolds for enzyme binding and their successful scale-up as entrapment preparations must overcome the hindrance relate to mass transfer limitations of the substrate through the scaffold, enzyme leaching, low total catalytic mass of prepared conjugates, loss of enzyme activity upon immobilization, unfavorable alternation in kinetic properties, cost of carrier and fixing agents and cost of immobilization process. Moreover, the selected carrier can be a subject for fouling (Chapman et al. 2018; DiCosimo et al. 2013).

The presented immobilization methods are related to some limitations. In the case of physical adsorption, the interactions between enzyme and carrier are too weak and the enzyme can leakage from the carrier. The covalent binding can solve the problem of enzyme leaking but it can lead to conformational changes of the enzyme and loss of enzymatic activity. Finally, the creation of cross-linking enzyme aggregates despite the cost reduction due to the exclusion of the carrier can also change enzyme conformation (Simon et al. 2019).

The variation of scaffold pore diameter, as well as the extremal operational conditions, conformational beads changes and differences in enzymes molecular weight, may cause enzyme leakage from the carrier. Furthermore, the problem is more complicated in multi-enzymatic cascades, which can imitate the interior biological systems. The finding of an effective method for enzyme retention in the polymer matrix with simultaneously ensuring good diffusion properties both for substrate and product streams is desirable. Enzyme diffusion from the hydrogel matrix is related to gel porosity, concentration gradients and permeability of the thin-film coatings. The literature report indicates on the application of self-assembled ultrathin film coatings, which reduce enzyme leaching from alginate beads. Moreover, the nanofilm coatings improve alginate beads stability upon phosphate buffer and biological environments (Zhu et al. 2005).

#### 5. Future and perspectives

The development of material engineering allows creating sophisticated carriers for enzyme immobilization. Moreover, the available techniques of surface analysis ensure the appropriate carrier selection and improve immobilization yield. Nowadays, immobilized enzymes enhance biocatalysis efficiency in industrial scale and can mimic natural biological systems, which engage multienzymatic cascades. The new materials and scaffolds, which can reduce the limitations in mass transfer and remain enzyme on the carrier surface or inside hydrogel structures are still desirable.

This work was supported by Statutory Activity of Wrocław University of Science and Technology, Faculty of Chemistry, Project No. 0402/0027/18.

#### 6. References

Bezerra CS, Farias Lemos CMG, Sousa M, et al. (2015) Enzyme immobilization onto renewable polymeric matrixes: Past, present, and future trends. *Journal of Applied Polymer Science* 42125: 1-15.

- Chapman J, Ismail AE, Dinu CZ (2018) Industrial Applications of Enzymes: Recent Advances, Techniques, and Outlooks. *Catalysts* 8: 1-26.
- Datta S, Christena LR, Rajaram YRS (2013) Enzyme Immobilization: an overview of techniques and support materials. *3 Biotech* 3(1): 1-9.
- DiCosimo R, McAuliffe J, Poulouse AJ, et al. (2013) Industrial use of immobilized enzymes. *Chemical Society Reviews* 42(15): 1-38.
- Dwevedi A (2016) Matrices for Enzyme Immobilization. *Enzyme Immobilization. Advances in Industry, Agriculture, Medicine, and the Environment* 2016: 30-33.
- Ji Q, Wang B, Tan J, et al. (2016) Immobilized multienzymatic systems for catalysis of cascade reactions. *Process Biochemistry* 51(9):1193-1203.
- Jiang Y, Zhuang C, Zhong Y, et al. (2018) Effect of bilayer coating composed of polyvinyl alcohol, chitosan, and sodium alginate on salted duck eggs. *International Journal of Food Properties* 21 (1): 867-877.
- Kühn PT, Rozenbaum RT, Perrels E, et al. (2017) Anti-Microbial Biopolymer Hydrogel Scaffolds for Stem Cell Encapsulation. *Polymers* 9: 1-9.
- Lee KY, Mooney DJ (2012) Alginate: properties and biomedical applications. *Progress in Polymer Science* 37(1): 106-126.
- Mahajan R, Gupta VK, Sharma J (2010) Comparison and suitability of gel matrix for entrapping higher content of enzymes for commercial applications. *Indian Journal of Pharmaceutical Science* 72(2): 223-228.
- Mhamada NR, Marzukia NHC, Buanga NA, et al. (2015) An overview of technologies for immobilization of enzymes and surface analysis techniques for immobilized enzymes. *Biotechnology & Biotechnological Equipment* 29(2): 205-220.
- Simon D, Obst F, Haefner S, et al. (2019) Hydrogel / enzyme dots as adaptable tool for noncompartmentalized multi-enzymatic reactions in microfluid devices. *Reaction Chemistry & Engineering* 4: 67-77.
- Singh RK, Tiwari MK, Singh R, et al. (2013) From protein Engineering to Immobilization: Promising Strategies for the Upgrade of Industrial Enzymes. *International Journal of Molecular Sciences* 14: 1232-1277.
- Sperl JM, Sieber V (2018) Multienzyme Cascade Reactions - Status and Recent Advances. *ACS Catalysis* 8: 2385-2396.
- Tanase EE, Popa ME, Rapa M, et al. (2015) Preparation and characterization of biopolymer blends based on polyvinyl alcohol and starch. *Romanian Biotechnological Letters* 20(2): 10306-10315.
- Tores-Salas P, Monte-Martinez A, Cutino-Avila B, et al. (2011) Immobilized Biocatalysts: Novel Approaches and Tools for Binding Enzymes to Supports. *Advanced Materials* 20: 1-8.
- Trivedi P, Saloranta-Simell T, Maver U, et al. (2018) Chitosan–Cellulose Multifunctional Hydrogel Beads: Design, Characterization and Evaluation of Cytocompatibility with Breast Adenocarcinoma and Osteoblast Cells. *Bioengineering* 5(3): 1-16.
- Weibel MI, Mengatto LN, Luna JA, et al. (2018) Accurate prediction of shape and size of polyvinyl alcohol beads produced by extrusion dripping. *Iranian Polymer Journal* 27 (3): 161-170.
- Zdarta J, Meyer AS, Jesionowski T, et al. (2018) A General Overview of Support Materials for Enzyme Immobilization: Characteristics, Properties, Practical Utility. *Catalysts* 8 (92): 1-27.
- Zhu H, Srivastava R, Brown Q, et al. (2005) Combined Physical and Chemical Immobilization of Glucose Oxidase in Alginate Microspheres Improves Stability of Encapsulation and Activity. *Bioconjugate Chemistry* 16(6): 1451-1458.

## 6. Charakterystyka i właściwości kefirów roślinnych

### Characteristics and properties of plants kefir

Ćwierz Justyna<sup>(1)</sup>, Jaruga Sylwia<sup>(2)</sup>, Foks Agata<sup>(1)</sup>, Bakalarz Monika<sup>(1)</sup>

<sup>(1)</sup> Studenckie Koło Naukowe Promocji Zdrowia, Katedra Dietetyki, Wydział Zdrowia Publicznego w Bytomiu, Śląski Uniwersytet Medyczny w Katowicach

<sup>(2)</sup> Zakład Promocji Zdrowia, Katedra Dietetyki, Wydział Zdrowia Publicznego w Bytomiu, Śląski Uniwersytet Medyczny w Katowicach

Opiekun naukowy: dr. n. med. Joanna Woźniak-Holecka

Ćwierz Justyna: cwierz.justyna@wp.pl

Słowa kluczowe: ocena organoleptyczna, roślinne napoje fermentowane, substytuty nabiału

#### Streszczenie

Kefir roślinny to produkt otrzymany w wyniku fermentacji mlekowo-alkoholowej napojów roślinnych. W zależności od zastosowanego surowca, sposobu jego obróbki oraz metody wytwarzania, kefir roślinny jest różnicowanym źródłem składników mineralnych, błonnika, nienasyconych kwasów tłuszczowych i probiotyków. Roślinne zamienniki kefirów mogą być dodatkowo fortyfikowane wapniem oraz witaminą D, dzięki czemu zyskują wartość żywieniową podobną do produktów tradycyjnych. Istotnym wyzwaniem technologicznym jest zapewnienie odpowiednich właściwości sensorycznych produktu. Produkty fermentowane mają dłuższy okres trwałości, wyższe wartości odżywcze oraz strawność, a także lepszy smak. Kombinacja tych czynników oraz zastosowanie pełnowartościowych surowców roślinnych warunkuje powstanie nowej grupy produktów spożywczych o unikatowych właściwościach prozdrowotnych. Ostatnie trendy żywieniowe wykazują zwiększone zainteresowanie konsumentów napojami roślinnymi potocznie nazywanymi mlekami. Napoje roślinne wykorzystywane są do produkcji sfermentowanych produktów na wzór produktów mlecznych.

Celem badań było stworzenie kefiru z surowców roślinnych, który będzie stanowił substytut dla tradycyjnych kefirów z mleka. Przedstawiono właściwości kefirów roślinnych oraz perspektywę ich wykorzystania, a także przeprowadzono ocenę organoleptyczną wśród studentów Śląskiego Uniwersytetu Medycznego w Katowicach.

Uzyskane wyniki pozwalają stwierdzić, że za pomocą grzybka tybetańskiego można wyprodukować kefir roślinny o akceptowalnych przez konsumentów cechach organoleptycznych.

#### 1. Wstęp

Proces fermentacji wykorzystywany jest od tysięcy lat. Produkty fermentowane mają dłuższy okres trwałości, poprawie ulega ich smak, a także strawność. Obecnie technika fermentacji jest powszechnie stosowana w przetwórstwie warzyw, owoców, zbóż, mięsa i mleka. Fermentowane produkty mleczne są popularne na całym świecie, wśród nich wymienić można np. lasii (Indie), skyr (Islandia), viili (Finlandia), filmmjolk (Skandynawia). Do najpopularniejszych - fermentowanych produktów spożywanych w Polsce możemy zaliczyć zsiadłe mleko, kefir i jogurt (Arslan 2015).

Kefir to fermentowany, kremowy napój mleczny wywodzącym się z Kaukazu. Napój ten powstaje w wyniku fermentacji mlekowo-alkoholowej, która przeprowadzana jest przez złożoną mieszaninę mikroorganizmów będących w związku symbiotycznym. Z uwagi na zawartość mieszaniny kwasu mlekowego, dwutlenku węgla oraz aldehydu octowego gotowy produkt posiada przyjemny orzeźwiający, musujący smak. W tradycyjnej technologii produkcji kefirów wykorzystywane są grzybki kefirowe, nazywane również ziarnami kefirowymi. Wyglądem przypominają one pojedyncze miniaturowe kwiaty kalafiora w kolorze od białego do żółtego. Mają rozmiary od 0,3 do 2cm, nieregularny kształt. Dzięki obecności zarówno bakterii jak i drożdży w swym składzie, przeprowadzają jednocześnie dwa typy fermentacji – mlekową oraz alkoholową, które odpowiadają za unikalny smak kefiru. Do jego uzyskania dochodzi, jeżeli grzybki kefirowe



umieszczone są w mleku o temperaturze w granicach 18-20°C, utrzymującej się przez 24-36 godzin (Mojka 2013).

W skład mikrobiomu klasycznych ziaren kefirowych wchodzi bakterie oraz drożdże, żyjące ze sobą w symbiozie. Zdecydowaną ich większość (83-90%) stanowią pałeczki z rodzaju *Lactobacillus* (*Lb. caucasicus*, *Lb. desidiosus*, *Lb. brevis*, *Lb. celebiosus*, *Lb. casei*, *Lb. casei subsp. alactosus*), następnie drożdże (10-17%), które można podzielić na fermentujące laktozę (*Candida kefir*, *C. pseudotropicalis*, *Bretanomyces anomalus*) i niefermentujące laktozy (*Saccharomyces uvarum* *S. carlsbergensis*, *S. unisporus*, *S. delbrueckii*, *S. globosus*, *Kluyveromyces lactis*), a pozostałość to bakterie kwasu octowego (*Acetobacter sp.*) oraz mezofilne paciorkowce mlekowe *Lactococcus* (*Lc. lactis subsp. lactis*, *Lc. lactis subsp. lactis biovar diacetylactis*, *Lc. lactis subsp. cremoris*) i *Leuconostoc*. Gotowy kefir znacznie różni się ilością i stosunkiem obecnych w nim drobnoustrojów, w szczególności laktokoków, ponieważ namnażają się one w różnym tempie (Żelazowski 2015; Ziarno 2007).

Wygląd oraz właściwości strukturalne ziaren kefirowych, czyli sztywność i zarazem sprężystość, zawdzięczane są szkieletowi składającemu się z polisacharydów, białek, elementów komórkowych oraz wielu wciąż niezidentyfikowanych komponentów o budowie przestrzennej siateczki, przypominającej gąbkę. W składzie wyróżnić należy kefiran, polisacharyd zbudowany z D-glukozy i D-galaktozy w stosunku 1:1, rozpuszczalny w wodzie, stanowiący 25% suchej masy ziarna kefirowego, który odpowiada za wzajemne połączenie mikroflory obecnej w grzybku kefirowym. Uważa się, że to on powoduje, iż mikrobiom zamieszkały w ziarnie kefirowym występuje zgodnie z dokładnie określonym wzorem – obwodowe części zawierają prawie wyłącznie bakterie, w środku zdecydowanie dominują drożdże, a środkowe części zawierają zarówno bakterie jak i drożdże, których stosunek uzależniony jest od odległości od centrum ziarna (Pogačić i in. 2013).

Aby grzybki kefirowe mogły zachować swą żywotność, należy regularnie (co 20-48h) przенosić je do świeżej pożywki. Utrzymywanie ich za długo w tym samym mleku, w za wysokiej temperaturze lub zbyt częste obmywanie w wodzie doprowadza do niepożądanego zmiany składu mikrobiomu lub jego obumarcia. Najlepszym sposobem na przechowywanie niewykorzystywanych aktualnie do produkcji kefiru grzybków jest przechowywanie ich w warunkach chłodniczych (Farnworth 2005). Zastosowanie niejednorodnych technik w produkcji kefiru może oddziaływać na parametry fizykochemiczne i sensoryczne wyrobu. Kefir zwykle posiada 89-90% wilgoci, 6,0% węglowodanów, 3,0% białka, 0,2% tłuszczu oraz 0,7% popiołu. Najważniejszymi cechami fizycznymi napojów poddanych fermentacji są właściwości reologiczne, które różnią się w zależności od mechanizmu ogrzewania, chłodzenia, temperatury indukcji oraz składu i rodzaju wykorzystanego surowca (Seher 2015; Temiz i in. 2017).

Z technologicznego punktu widzenia napoje roślinne to zawiesiny rozpuszczonego i rozdrobnionego w wodzie materiału roślinnego. Współcześnie do produkcji wegańskiego substytutu mleka krowiego wykorzystuje się orzechy, nasiona oleiste, nasiona strączkowe oraz zboża. Napoje te produkowane są w wielu wariantach, na rynku można spotkać między innymi wersję słodzoną, niesłodzoną, niskotłuszczową jak również fortyfikowaną wapniem, witaminą A oraz D. Roślinne napoje fermentowane mogą stanowić alternatywę wzbogacenia mikroflory przewodu pokarmowego dla osób z nietolerancją laktozy, z alergią na mleko krowie oraz osób stosujących dietę wegańską (Hoffmann i in. 2015; Mäkinen i in. 2016).

Dieta wegańska zyskuje na popularności. Wielu ludzi decyduje się taki sposób żywienia ze względu na współczucie dla zwierząt, ochronę środowiska oraz jako prewencję przed chorobami cywilizacyjnymi. Produkcja produktów roślinnych jest bardziej korzystna dla środowiska niż hodowla zwierząt. Hodowla zwierząt powoduje również zanieczyszczenie środowiska. Szacuje się, że farmy zwierzęce są powodem ok. 70% zanieczyszczeń rzek i jezior w Stanach Zjednoczonych.

Innym zagrożeniem, jakie niesie ze sobą hodowla zwierząt to stosowanie antybiotyków. Powszechne stosowanie tych środków powoduje uodpornienie się bakterii na ich działanie. Ta odporność może być przenoszona na ludzi, co stanowi poważny problem zdrowia publicznego, ponieważ powoduje zwiększoną zachorowalność, śmiertelność oraz wyższe koszty opieki zdrowotnej (Melina i in. 2016).

## 2. Materiał i metody

Do produkcji kefirów roślinnych wykorzystano ziarna kefirowe tzw. grzybka tybetańskiego. Materiał do badań stanowiły napoje roślinne: napój sojowy *Boisson Soja Nature* firmy *Carrefour*, napój migdałowy *Bio Pure Almond Drink* firmy *The Bridge* oraz napój kokosowy firmy *Aroy-D*. Przygotowano również próbkę kontrolną w postaci mleka krowiego. Napoje zaszczerpiono za pomocą ziaren kefirowych w temperaturze pokojowej. Następnie zostały pozostawione w temperaturze pokojowej na 24h w celu fermentacji. Po zakończonej fermentacji napoje przechowywano w temperaturze 5°C.

Kefiry roślinne poddano ocenie organoleptycznej studentom dietetyki Śląskiego Uniwersytetu Medycznego w Katowicach. Uczestnictwo w badaniach było anonimowe i dobrowolne. W badaniu wzięło udział 59 osób, jednak analizie poddano 43 ankiety ze względu na popełnione błędy w ich wypełnianiu przez respondentów.

Do badań został wykorzystany autorski kwestionariusz opracowany zgodnie z normami PN-ISO 22935-2:2013-07 Mleko i przetwory mleczne - Analiza sensoryczna - Część 2: Zalecane metody oceny sensorycznej oraz PN-ISO 22935-3:2013-07 Mleko i przetwory mleczne - Analiza sensoryczna - Część 3: Wytyczne do oceny zgodności właściwości cech sensorycznych ze specyfikacjami produktu z zastosowaniem metody punktowej. Parametry, które zostały poddane ocenie to: smak kwaśny, smak gorzki, smak słodki, barwa biała, gęstość konsystencji, oddzielenie faz (rozwarstwienie). Zadaniem respondentów była ocena natężenia danej cechy na skali 9 stopniowej. Numer 1 oznaczał najniższe nasilenie danej cechy, a 9 najmocniejsze. Ocenie sensorycznej podano próbki kefiru o temperaturze pokojowej w ilości około 20 ml w zakodowanych pojemniczkach plastikowych o pojemności 50 ml. Jako neutralizator smaku pomiędzy próbkami użyto wodę destylowaną. Bazę danych oraz interpretację wyników sporządzono w programie Excel 2010.

## 3. Wyniki

W celu wyprodukowania kefirów użyto napojów roślinnych o jak najmniejszej ilości substancji dodatkowych. Napój sojowy *Boisson Soja Nature* firmy *Carrefour* w swoim składzie zawierał: sok sojowy 98% (woda, nasiona soi 6,9%), koncentrat soku owocowego (jabłkowy i winogronowy). Napój migdałowy *Bio Pure Almond Drink* firmy *The Bridge* zawierał: wodę źródlaną, pastę z włoskich migdałów (6%), z kolei skład napoju kokosowego firmy *Aroy-D* przedstawiał się następująco: ekstrakt z kokosa 70%, woda, emulgator (E435).

Wybór napojów o jak najprostszym składzie pozwolił na uniknięcie zafałszowania procesu produkcji kefirów. Substancje dodatkowe stosowane często przez producentów tego typu napojów mogłyby wpłynąć niekorzystnie na wyrób końcowy.

Wszystkie kefiry roślinne charakteryzowały się brakiem stabilnej konsystencji. Kefiry miały niejednorodną konsystencję oraz widoczne rozwarstwienie. W porównaniu do kefiru wyprodukowanego z mleka krowiego różnica była znacząca. Mediana ocen konsystencji kefiru krowiego wynosiła 6 z kolei dla kefirów roślinnych 2 dla kefiru sojowego oraz 3 dla kefiru migdałowego i kokosowego. Wyniki dla oceny parametru gęstości były podobne dla kefirów z mleka krowiego i roślinnych. Po uśrednieniu ocen za gęstość kefir krowi oraz sojowy otrzymał notę 5 natomiast kefir kokosowy i sojowy 4.

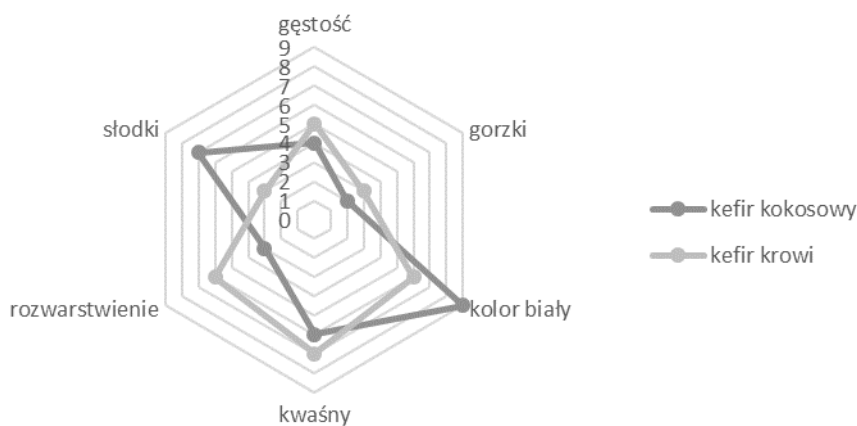
Barwy ocenianych kefirów znacząco się między sobą różniły. Oceniający stwierdzili, że produktem o najbielszej barwie był kefir kokosowy. Średnia ocen wynosiła 9. Kolejno dla kefiru krowiego ocena wynosiła 6, migdałowego 3. Najniższą notę otrzymał kefir sojowy – średnia ocen wynosiła 1.

Pod względem smaku najgorszy według respondentów był kefir migdałowy – miał najbardziej gorzki smak i był najmniej intensywny pod względem smaku kwaśnego. Kefir sojowy miał wyczuwalny kwaśny smak, jednak podobnie jak migdałowy, sojowy otrzymał wysoką notę pod względem smaku gorzkiego (Rys.1). Najlepszy, a za razem najbardziej podobny w smaku do kefiru krowiego był kefir kokosowy. Średnia ocen za smak gorzki w przypadku kefiru kokosowego wynosiła 2 z kolei dla kefiru krowiego 3. Smak kwaśny kefiru kokosowego otrzymał notę 6, a krowiego 7.

Kefir kokosowy znacząco różnił się od zwykłego pod względem smaku słodkiego. Średnia ocen dla tego parametru w przypadku kefiru kokosowego wynosiła 7, a dla krowiego 3 (Rys.2).



**Rys. 1.** Ocena organoleptyczna kefirów roślinnych. Źródło: opracowanie własne na podstawie wyników badania.



**Rys. 2.** Porównanie oceny organoleptycznej kefiru krowiego oraz kefiru kokosowego. Źródło: opracowanie własne na podstawie wyników badania.

Według subiektywnej oceny respondentów kefir sojowy najczęściej określano mianem kwaśnego – 37,21%, a następnie gorzkiego – 23,26% respondentów. Wyczuwano również soję oraz posmak drożdży. Smak kefiru migdałowego 39,5% ankietowanych określiło jako gorzki. 11,6% respondentów określiło kefir z napoju migdałowego jako słodki. Pojawiały się również takie odpowiedzi jak: migdałowy, orzechowy i drożdżowy. W przypadku kefiru kokosowego 53,49% respondentów wpisało, że najbardziej wyczuwa smak kokosu. Wyczuwano również smak słodki, kwaśny lub słodko-kwaśny.

#### 4. Dyskusja

W literaturze można znaleźć informację na temat prób wyprodukowania fermentowanych napojów roślinnych, w tym kefirów. Cui i wsp. podjęli próbę wyprodukowania kefirów z napoju pozyskanego z orzecha włoskiego. Analiza sensoryczna polegała na ocenie smaku kefirów, których fermentacja zachodziła w różnych temperaturach. Najbardziej optymalne w smaku były kefiry

wyprodukowane w temperaturze 30°C. Na smak wpływ miał również dodatek sacharozy. W przyszłych badaniach nad kefirami roślinnymi należałoby podjąć próby ich produkcji z dodatkiem substancji słodzących, które korzystnie wpłynęłyby na ich smak (Cui XH i in. 2013).

W pracy Dadkhah i wsp. ocenie sensorycznej poddano kefir wyprodukowany z dodatkiem 2%, 3%, 4% i 5% ziaren kefirów do napoju sojowego. Kefiry były poddane fermentacji w temperaturze 22°C i 25°C. Temperatura nie miała wpływu na oceniane parametry. Wpływ miała za to ilość ziaren kefirowych. Najbardziej kwaśny oraz najwyższą notę za teksturę otrzymał kefir wyprodukowany w temperaturze 22°C z dodatkiem 4% ziaren kefirowych. Wynika z tego, że ilość ziaren kefirowych ma wpływ na cechy organoleptyczne kefiru. W przyszłych badaniach należałoby zwrócić uwagę na ich ilość i podjąć próbę uzyskania takiej proporcji ziaren do napojów, która pozwoliłaby uzyskać kefir o jak najlepszych parametrach organoleptycznych. (Dadkhah i in. 2011).

Zielińska w swojej pracy badawczej podjęła próbę wyprodukowania napoju fermentowanego z „mleka” sojowego firmy Polgrunt. W badaniu tym analizowano zmianę smaku, zapachu oraz konsystencji podczas przechowywania napoju fermentowanego sojowego produkowanego przez 6 godzin w temperaturze 37°C przy użyciu *Lactobacillus casei* KN291. Ocena organoleptyczną przeprowadzono w pierwszym dniu oraz po 7 dniach przechowywania. Podczas pierwszej oceny sensorycznej ankietowani ocenili smak słodki na 5 punktów, gorzki na 3, a kwaśny na 6. Po upływie czasu intensywność smaku gorzkiego oraz kwaśnego wzrosła, natomiast słodkiego zmalała. W badaniu zwrócono uwagę na problem ze stabilizacją cech jakościowych. To samo stanowiło problem w badaniu własnym w szczególności niezadawalająca była konsystencja kefirów. W badaniu Zielińskiej, wykazano, że warunki przechowywania fermentowanych napojów roślinnych mają wpływ na ich cechy jakościowe. W kolejnych próbach produkcji fermentowanych napojów roślinnych należałoby opracować takie warunki przechowywania produktów, które pozwoliłyby na stabilizację ich cech jakościowych (Zielińska 2005).

Puerari i wsp. wyprodukowali kefir na bazie pulpy kakaowca. Do fermentacji użyto ziaren kefirowych. Napoje zostały ocenione przy pomocy 9 stopniowej skali hedonistycznej. Oceniano smak, wygląd oraz zapach. Najbardziej preferowane były napoje poddane fermentacji w temperaturze 10°C przez 48 i 72 godziny. Niższą ocenę otrzymały kefir fermentowane w temperaturze 25°C. Autorzy badania uzasadnili różnice w ocenie innym poziomem kwasowości i stężenia alkoholu (Puerari i in. 2012).

W badaniach przeprowadzonych przez Sundararajana i wsp. podjęto próbę stworzenia kefiru na bazie soku wyciśniętego z czapetki kuminowej z dodatkiem ziaren kefirowych. Ocena organoleptyczna przeprowadzona była za pomocą dziewięciopunktowej skali hedonicznej. Ocenie podlegały próbki podzielone na 3 partie - pierwszą utrzymywano w temperaturze 10°C przez 72 godziny, drugą w temperaturze 25°C przez 48 godzin, natomiast trzecią w temperaturze 25°C przez 72 godziny. Najwyższą ocenę uzyskała próbka pierwsza, której smak akceptowalny był przez 90% respondentów. Dla próbki drugiej i trzeciej było to odpowiednio 55% i 60%. Wynika z tego, że czas oraz temperatura mają duży wpływ na cechy organoleptyczne fermentowanych napojów roślinnych. W badaniu własnym przy ocenie organoleptycznej nie uwzględniono czasu oraz temperatury fermentacji. W przyszłych badaniach nad kefirami roślinnymi ocenie organoleptycznej należałoby poddać napoje o różnym czasie i temperaturze ich fermentacji (Sundararajan i in. 2016).

## 5. Wnioski

Przeprowadzona analiza wyników wykazała rozbieżność parametrów próbek w zakresie natężenia cech takich jak: konsystencja, smak, barwa.

Po zsumowaniu wszystkich ocen uzyskanych podczas oceny konsumenckiej wykazano, że najmniej pożądanym kefirem pod względem smaku wśród badanej próby był kefir migdałowy. Z kolei pod względem barwy najmniej pożądanym kefirem był sojowy.

Przeprowadzona ocena sensoryczna wykazała, że kefir uzyskany z napoju kokosowego może zastąpić pod względem organoleptycznym kefir pochodzenia krowiego.

W przyszłych badaniach należy zwrócić uwagę na wpływ ilości ziaren kefirowych, temperatury fermentacji, czasu przechowywania oraz dodatków słodzących na cechy produktu końcowego.

## 6. Literatura

- Arslan S (2015) A review: chemical, microbiological and nutritional characteristics of kefir; *CyTA– Journal of Food*; 13 (3): 340-345
- Cui XH, Chen SJ, Wang Y et.al. (2013) Fermentation conditions of walnut milk beverage inoculated with kefir grains, *Food Science and Technology* 50(1), 349-352
- Dadhah S, Pourahmad R, Assadi MM, et.al (2011), Kefir production from soymilk, *Annals of Biological Research* 2(6), 293-299
- Farnworth ER. (2005) Kefir – a complex probiotic. *Food Science and Technology Bulletin: Functional Foods*; 2(1): 1–17.
- Hoffmann M, Kostyra E (2015) Jakość sensoryczna i wartość odżywcza wegańskich substytutów mleka krowiego; *Postępy Techniki Przetwórstwa Spożywczego*; 1: 52-57
- Mäkinen OE, Wanhalinna V, Zannini E. et.al. (2016) Foods for special dietary needs: non-dairy plant-based milk substitutes and fermented dairy-type products; *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*; 56:339–34
- Melina V, Craig W, Levin S (2016) Position of the Academy of Nutrition and Dietetics: Vegetarian Diets. *Journal of the Academy of Nutrition and Dietetics*, 116(12):1970-1980
- Mojka K (2013) Charakterystyka mlecznych napojów fermentowanych. *Problemy Higieny i Epidemiologii*; 94(4): 722-729.
- Pogačić T, Šinko S, Zamberlin Š. et al. (2013) Microbiota of kefir grains. *Mljekarstvo*; 63(1): 3-14.
- Puerari C, Magalhães KT, Schwan RF (2012), New cocoa pulp-based kefir beverages: Microbiological, chemical composition and sensory analysis, *Food Research International* 48(2) 634-640
- Sundararajan A, Thangavel G, Mani A et. al. (2016) Evaluation of nutraceutical properties of Jamun squash Probioticated using kefir seeds, *Pakistan Journal of Food Sciences* 26(3), 2016: 109-118
- Temiz H, Dağyıldız K. et al. (2017) Effects of Microbial Transglutaminase on Physicochemical, Microbial and Sensorial Properties of Kefir Produced by Using Mixture Cow's and Soymilk. *Korean J Food Sci Anim Resour*; 37(4): 606–616.
- Żelazowski P. (2015) *Życie w mlecznych napojach fermentowanych, Życie... i o nim interdyscyplinarnie*, edycja: 1, Wydawnictwo Diecezji Siedleckiej UNITAS: 212-227.
- Ziarno M.(2007) Charakterystyka komercyjnych kultur starterowych stosowanych w przemyśle mleczarskim. *Medycyna Weterynaryjna*; 63(8): 909-913.
- Zielińska D (2005) Dobór szczepów bakterii *Lactobacillus* i ustalenie warunków fermentacji napoju sojowego; *ŻYWNOSĆ. Nauka. Technologia. Jakość*; 2 (43) Supl., 289 – 297

## 7. Przeciwbakteryjny potencjał ziół i przypraw

Antibacterial potential of herbs and spices

Ćwierz Justyna<sup>(1)</sup>, Bakalarz Monika<sup>(1)</sup>, Foks Agata<sup>(1)</sup>, Mateusz Grajek<sup>(2)</sup>

<sup>(1)</sup> Studenckie Koło Naukowe Promocji Zdrowia, Katedra Dietetyki, Wydział Zdrowia Publicznego w Bytomiu, Śląski Uniwersytet Medyczny w Katowicach

<sup>(2)</sup> Zakład Zdrowia Publicznego, Katedra Polityki Zdrowia Publicznego, Wydział Zdrowia Publicznego w Bytomiu, Śląski Uniwersytet Medyczny w Katowicach

Opiekun naukowy: Joanna Woźniak-Holecka

Ćwierz Justyna: cwierz.justyna@wp.pl

**Słowa kluczowe:** ziołolecznictwo, antybiotyki, olejki eteryczne

### Streszczenie

Zioła i przyprawy powszechnie używane w kuchni, od lat były również stosowane w tradycyjnej medycynie jako środki lecznicze na wiele schorzeń. Do tych roślin należą m.in. oregano, rozmaryn, imbir, czosnek. Rozwój nauki pozwolił na udowodnienie terapeutycznego działania przypraw i ziół. Jedną z właściwości prozdrowotnych tych roślin jest ich działanie przeciwbakteryjne. Coraz większy problem stanowi odporność wielu szczepów bakterii na działanie antybiotyków. Substancje o działaniu przeciwbakteryjnym zawarte w roślinach mogą stanowić pewną możliwość walki z mikroorganizmami. Poszukuje się również alternatyw dla syntetycznych substancji konserwujących żywność z powodu ich negatywnego wpływu na zdrowie i zwiększonego zainteresowania konsumentów żywnością pozbawioną syntetycznych dodatków.

### 1. Wstęp

W ostatnich latach obserwuje się problem z leczeniem chorób pochodzenia bakteryjnego. Ich terapia lecznicza często nie przynosi tak zadowalającego efektu jak kiedyś. Kolejne pokolenia bakterii w odpowiedzi na stosowanie antybiotyków przechodzą mutacje genetyczne. Dzięki temu zyskują odporność na działanie antybiotyków. Jest to powód, dla którego środki przeciwbakteryjne nie są już tak skuteczne jak kiedyś. Do bakterii, których szczepy mogą być odporne na działanie środków przeciwbakteryjnych należą m.in. *Staphylococcus aureus*, *Pseudomonas aeruginosa* oraz *Escherichia coli* (Liu i in. 2017). Oporność bakterii na antybiotyki jest przyczyną 700 tys. przypadków zgonów na świecie rocznie. Przypuszcza się, że do 2050 roku zakażenia będą powodem większej ilości zgonów niż choroby nowotworowe. Związane jest to z nieprawidłowym stosowaniem antybiotyków – zażywaniem zbyt małych dawek lub stosowaniem ich gdy nie ma takiej potrzeby (Kościńska i Sitkiewicz 2017).

Oprócz nadużywania antybiotyków, przyczyną tego zjawiska jest również stosowanie konserwantów. Słabe kwasy, do których należy kwas sorbowy i benzooesanowy, są bardzo skutecznymi środkami konserwującymi, jednakże ich stosowanie może przyczynić się do rozwoju odporności mikrobiologicznej drobnoustrojów (Liu i in. 2017). Środki konserwujące stanowią także zagrożenie dla zdrowia. Spożywane w nadmiernych ilościach mogą być przyczyną wymiotów, osłabienia, drgawek, bólu głowy, a w dłuższej perspektywie również chorób nowotworowych (Bag i Chattopadhyay 2015). Zachodzi zatem potrzeba szukania nowych substancji, które byłyby pomocne w walce z patogennymi mikroorganizmami. Obserwuje się zwiększone zainteresowanie związkami pochodzenia roślinnego, posiadającymi potencjalne, terapeutyczne działanie. Właściwości przeciwdrobnoustrojowe wykazują substancje bioaktywne zawarte w niektórych ziołach i przyprawach (Król i in. 2013).

### 2. Opis zagadnienia

Zioła i przyprawy od wieków znajdują zastosowanie w kuchni oraz medycynie. Cenione są za smak i aromat, które nadają potrawom oraz ze względu na ich działanie farmakologiczne.

Właściwości to znane od wielu lat zostało potwierdzone w badaniach naukowych (Jiang 2019). Działanie przeciwdrobnoustrojowe ziół i przypraw od stuleci wykorzystywane jest w celu konserwacji potraw oraz leczenia infekcji. W ostatnich latach badania naukowe potwierdziły, że metabolity wtórne obecne w tych roślinach mają właściwości przeciwbakteryjne. Dzięki tym właściwościom mogą być one w przyszłości wykorzystywane do opracowania nowych środków przeciwbakteryjnych wobec patogenów chorobotwórczych i psujących żywność (Liu i in. 2017). Metabolitami wtórnymi odpowiedzialnymi za działanie antybakteryjne są olejki eteryczne, czyli skondensowana postać fundamentalnej części czynnych składników tych roślin. Wpływają one na nastrój psychiczny człowieka oraz posiadają właściwości przeciwdrobnoustrojowe (bakterie, wirusy, grzyby) (Kudelka i Kosowska 2008).

Działanie przeciwbakteryjne olejków eterycznych z ziół i przypraw związane jest z ich wysoką lipofilnością. Dzięki tej właściwości mogą bez problemu przenikać przez ścianę i błonę komórkową wielu różnych drobnoustrojów, zaburzając integralność ich struktur, które prowadzą do lizy komórki bakterii. Cytotoksyczne działania olejków eterycznych, w szczególności niektórych terpenów, zauważono w badaniach *in vitro* u różnorodnych bakterii, głównie bakterii Gram-dodatnich oraz w słabszym stopniu Gram-ujemnych. Różnica w sile oddziaływania olejków eterycznych pomiędzy tymi dwoma grupami bakterii wynika prawdopodobnie z odmienności w budowie ich ścian komórkowych (Król i in. 2013). Potencjalne środki przeciwbakteryjne uzyskane z przypraw i ziół mogą znaleźć również zastosowanie w przemyśle spożywczym, stanowiąc alternatywę dla konserwantów. W przeciwieństwie do środków konserwujących zioła i przyprawy uznano za generalnie bezpieczne (GRAS) ponieważ do tej pory nie udokumentowano negatywnych skutków zdrowotnych spowodowanych ich stosowaniem (Bag i Chattopadhyay 2015).

### **3. Przegląd literatury**

#### **3.1 Oregano**

Oregano, znane również jako lebidka pospolita, jest rośliną z rodzaju jasnotowatych (*Lamiaceae*). Znajduje zastosowanie jako przyprawa kuchenna. Charakteryzuje się intensywnym zapachem oraz gorzkim posmakiem. Występuje w Azji Środkowej, Ameryce Północnej oraz Europie, w tym na całym terenie Polski (Hać-Szymańczuk i in. 2012).

Ekstrakty oraz olejki eteryczne pozyskane z oregano wykazują wysoce skuteczne działanie przeciwdrobnoustrojowe. Zaliczane są do grupy jednych z najbardziej aktywnych środków wobec mikroorganizmów chorobotwórczych. Wykazano skuteczność dla szerokiego spektrum bakterii oraz pleśni, takich jak *Bacillus*, *Enterobacter*, *Staphylococcus aureus*, *Listeria monocytogenes*, *Aspergillus*, *Candida*, *Fusarium*, *Penicillium* i *Rhizopus*, z czego większą podatność zaobserwowano w stosunku do bakterii Gram-dodatnich (Hać-Szymańczuk i in. 2012). Działanie przeciwdrobnoustrojowe oregano przypisuje się związkom terpenowym takim jak karwakrol, 1,4-cyneol oraz  $\gamma$ -terpinen. Substancje te hamują wzrost i rozwój bakterii, poprzez uszkodzenie ich błony komórkowej. W konsekwencji następuje zachwianie integralności komórki, doprowadzające do wycieku składników wewnątrzkomórkowych (Hać-Szymańczuk i in. 2014).

#### **3.2 Rozmaryn**

Rozmaryn lekarski (*Rosmarinus officinalis*) to zimozielony krzew z rodziny jasnotowatych (*Lamiaceae*), osiągający wysokość do 3m. Występuje w klimacie śródziemnomorskim, w Polsce hodowany jest najczęściej jako ozdobna roślina doniczkowa. Przyprawę stanowią ciemnozielone liście, które są wąskie i podwijają się przy brzegach (Kędzia i in. 2018). W skład surowca wchodzi między innymi: olejki lotne, flawonoidy, garbniki, gorczyce, trójterpeny, saponiny, fitosterole, żywice, kwas rozmarynowy, kamfora, cineol, borneol, pinen oraz kamfen, z czego najistotniejsze właściwości przeciwbakteryjne przypisuje się 1,8-cineolowi. Wykazano, że wyciągi oraz olejki eteryczne na bazie rozmarynu lekarskiego są skutecznymi bakteriostatykami wobec *Micrococcus sp.*, *Bacillus subtilis*, *Tetracoccus sp.* (niewrażliwe na działanie olejku eterycznego ze świeżych liści), *Proteus vulgaris* (niewrażliwe na ekstrakty wodne z suszonych liści), *Proteus mirabilis* oraz *Escherichia coli* (wrażliwe wyłącznie na olejek eteryczny ze świeżych liści), *Vibrio vulnificus* oraz *Aeromonas hydrophila*, z czego większą wrażliwość zaobserwowano dla bakterii Gram-dodatnich.

Mechanizm działania przeciwdrobnoustrojowego polega głównie na uszkodzaniu błon komórkowych mikroorganizmów i zmianie aktywności zakotwiczonych w niej białek. Właściwości przeciwdrobnoustrojowe olejków eterycznych oraz wyciągów z rozmarynu lekarskiego z powodzeniem mogą być wykorzystywane do utrwalania produktów spożywczych, stanowiąc bezpieczną alternatywę dla sztucznych konserwantów (Hać-Szymańczuk i in. 2009).

### 3.3 Tymianek

Tymianek pospolity (*Thymus vulgaris L.*) oraz tymianek hiszpański (*Thymus zygis L.*) to krzewinki o drobnych, różowych kwiatach zebranych ze szczytu łodygi. Występują powszechnie w rejonie Morza Śródziemnomorskiego. Uprawiane są również w Polsce (Nowak i Nawrot 2009). Działanie przeciwbakteryjne olejków pozyskiwanych z tymianku związane jest z obecnością takich substancji bioaktywnych jak tymol (główna substancja obecna w olejku eterycznym) oraz karwakrol. Najsilniejszą substancją przeciwbakteryjną jest karwakrol. Dzięki jego obecności tymianek, podobnie jak oregano, wykazuje silne działanie antybakteryjne wobec *Listeria monocytogenes* oraz *Escherichia coli*. Olejki eteryczne tymianku skuteczne są również w zwalczaniu *Bacillus cereus*, *Campylobacter jejuni*, *Salmonella enteritidis*, *Staphylococcus aureus*, *Yersinia enterocolitica*, oraz *Shigella flexneri* (Sakkas i Papadopoulou 2017). Działanie tymolu – głównego składnika olejka eterycznego, polega na zmianie przepuszczalności błon komórkowych poprzez wiązanie się z białkami błonowymi za pomocą wiązania hydrofobowego i wodorowego. W bakterii *Escherichia coli* zauważono, że mechanizm działania polega na zmniejszeniu zawartości wewnątrzkomórkowego trójfosforanu adenyliny (ATP), co zwiększa pozakomórkowe ATP, w konsekwencji prowadząc do zaburzeń funkcjonowania błon komórkowych. Zauważono również, że tymol wykazuje całkowicie inne działanie na bakterie Gram-dodatnie i Gram-ujemne. Jednak mechanizm tego zjawiska nie jest do końca poznany i wymaga dalszych badań (Liu i in. 2017).

### 3.4 Bazylia

Bazylija (*Ocimum basilicum L.*) należy do rodziny roślin Lamiaceae. Jest jedną z najstarszych przypraw kuchennych. Występuje powszechnie w tropikalnych i subtropikalnych regionach Azji, Afryki i Ameryki Środkowej i Południowej oraz w rejonach Morza Śródziemnego (Sakkas H & Papadopoulou C 2017). Główną bioaktywną substancją olejków eterycznych bazylii jest linalool. Wykazuje on działanie przeciwbakteryjne wobec takich mikroorganizmów jak *Staphylococcus aureus*, *Pasteurella multocida*, *Escherichia coli* oraz *Bacillus subtilis* (Liu Q, i.in 2017). Silva V.A i in. w swojej pracy zbadali wpływ olejków eterycznych na działanie antybiotyków wobec bakterii *Staphylococcus aureus*. Z badań wynika, że nasilają one działanie antybiotyku o nazwie imipenem. Spowodowane jest synergistycznym działaniem obu substancji (Silva V.A 2016). Należy zwrócić uwagę na fakt, że działanie olejków eterycznych jest zależne od pór roku. Największą aktywność przeciwdrobnoustrojową wykazują olejki pochodzące z upraw zimowych i jesiennych (Liu Q, i in. 2017).

### 3.5 Cynamon

Cynamon jest to przyprawa o przyjemnym zapachu oraz korzennym smaku. Otrzymywana jest w skutek wysuszenia młodej kory różnych gatunków cynamonowca (głównie cynamonowca cejlońskiego i wonnego) w formie kawałków lub sproszkowanej, o rdzawym zabarwieniu (Szydłowska i Zielińska 2017).

Każdy cynamonowiec produkuje olejek eteryczny, którego skład zależny jest od gatunku rośliny. Podstawowym składnikiem olejku jest aldehyd cynamonowy (68-75%) oraz eugenol (8-10%). W skład surowca również wchodzi między innymi: aldehyd benzoesowy oraz dihydrocynamonowy i kuminol, kwas cynamonowy, octan cynamylu, linalol, limonen,  $\alpha$ -pinen i 1,8-cyneol. Ekstrakty i olejki na bazie kory bądź liści cynamonowca cejlońskiego przejawiają intensywne działanie względem wirusów, bakterii oraz grzybów. Wykazano dużą wrażliwość na olejek szczepów Gram-dodatnich ziarniaków takich jak *Enterococcus faecalis*, *Staphylococcus epidermidis*, *S. aureus*, *Streptococcus agalactiae*, *S. pyogenes*, *S. pneumoniae* oraz Gram-dodatnich pałeczek *Corynebacterium spp.* oraz *Bacillus cereus*, *B. subtilis*, *B. brevis*. Olejek z cynamonowca posiada również aktywność w stosunku do Gram-ujemnych bakterii, między innymi: *Klebsiella*



*pneumoniae*, *Salmonella typhi*, *S. typhimurium*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Proteus vulgaris*, *P. mirabilis*, *Haemophilus influenzae*, *Escherichia coli*, *Helicobacter pylori*. Ponadto w kilku badaniach zaobserwowano reakcje między olejkiem i bakteriami beztlenowymi, np. *Bifidobacterium longum*, *B. breve*, *Clostridium difficile* (Kędzia 2011).

Działanie przeciwdrobnoustrojowe cynamonu przypisuje się głównemu składnikowi jego olejku – aldehydowi octowemu. Mechanizm działania polega na hamowaniu biosyntezy ściany komórkowej, zaburzeniu funkcji błon komórkowych oraz hamowaniu aktywności specyficznych enzymów (Liu i in. 2017). Właściwości przeciwdrobnoustrojowe olejków eterycznych oraz wyciągów z cynamonowca cejlońskiego z powodzeniem mogą być wykorzystywane w lecznictwie w celu zapobiegania zatruciom pokarmowym oraz prewencji wrzodów żołądka i dwunastnicy (Kędzia 2011).

### 3.6 Imbir

Imbir lekarki (*Zingiber officinale*) to wieloletnia roślina zielna z rodziny imbirowatych (*Zingiberaceae*). Stosowany był powszechnie w tradycyjnej medycynie perskiej, indyjskiej oraz chińskiej. Za cechy sensoryczne i właściwości prozdrowotne imbiru odpowiedzialna jest obecność fitoskładników. Jedną z właściwości prozdrowotnych imbiru jest jego aktywność przeciwdrobnoustrojowa, związana z składnikiem aktywnym – gingerolem (Kulczyński i Gramza-Michałowska 2016; Liu i in. 2017).

Chakotiya A.S i wsp. przebadali wpływ ekstraktu z imbiru na Gram-ujemną bakterię *Pseudomonas aeruginosa*. Bakteria ta odpowiedzialna jest za wiele infekcji związanych m.in. z płucami, układem moczowym, oczami, skórą, uszami. W badaniach dowiedziono, że ekstrakt z imbiru hamuje wzrost bakterii i ma potencjał w zwalczeniu zakażeń nią wywołanych w stadium przedklinicznym i klinicznym. Dokładny mechanizm działania ekstraktu z imbiru nie został do końca poznany i wymaga dalszych badań (Chakotiya A.S i in. 2017). Do innych bakterii, których rozwój hamuje ekstrakt z kłącza imbiru należą: *Enterobacter aerogenes*, *Proteus vulgaris*, *Escherichia coli*, *Bacillus subtilis*, *Listeria monocytogenes*, *Staphylococcus aureus*, *Klebsiella pneumoniae*, *Streptococcus spp* (Kulczyński i Gramza-Michałowska 2016).

### 3.7 Czosnek

Czosnek to roślina z rodzaju *allium*. Od czasów antycznych stanowi składnik tradycyjnych potraw, a także znajduje zastosowanie w medycynie tradycyjnej. Substancje zawarte w czosnku wykazują działanie przeciwbakteryjne dzięki obecności związków siarkowych - allicyny oraz flawonoidów (Sharifi-Rad i in. 2016; Kędzia 2010).

Z badań wynika, że substancje zawarte w olejkach eterycznych czosnku wykazują działanie przeciwdrobnoustrojowe wobec takich chorobotwórczych bakterii jak *Helicobacter pylori* oraz *Streptococcus mutans*. Wrażliwe na działanie czosnku są również prątki gruźlicy (Kędzia 2010). Do innych bakterii wobec których substancje bioaktywne zawarte w czosnku wykazują działanie przeciwdrobnoustrojowe należą *Aeromonas*, *Pseudomonas*, *Citrobacter*, *Klebsiella*, *Escherichia*, *Lactobacillus*, *Micrococcus*, *Leuconostoc*, *Bacteroides*, *Proteus*, *Providentia*, *Shigella*, *Salmonella*, *Vibrio*, *Staphylococcus*, *Bacillus*, *Campylobacter*, *Salmonella*, *Shigella*, *Yersinia*, *Bacteroides* oraz *Listeria*. Olejki eteryczne roślin z rodzaju *allium* mogą stanowić alternatywę dla konserwantów. Substancje bioaktywne w nich zawarte zapobiegają rozwojowi patogennych mikroorganizmów w żywności (Sharifi-Rad i in. 2016). Ifesan i wsp. zbadali wpływ ekstraktu z łupin czosnku na patogenne bakterie obecne w gotowanej wołowinie. Wykazano, że dodatek olejków eterycznych tych roślin zmniejszył populacje takich bakterii jak *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli* and *Proteus vulgaris* (Ifesan i in. 2014). Mechanizm działania związków w czosnku polega na przenikaniu przez błony komórkowe i uszkodzeniu takich organelli jak mitochondria. Dodatkowo indukują ekspresje genów odpowiedzialnych za procesy redukcji i utleniania oraz za odpowiedź komórkową na lekarstwa i gład (Liu i in. 2017). Brak stabilność substancji bioaktywnych zawartych w roślinach z rodzaju *allium* stanowi utrudnienie w ich stosowaniu w przetwórstwie spożywczym. Efekt przeciwbakteryjny jest zależny od zawartości tłuszczu, chemicznej struktury żywności, zawartości białka, aktywności wody, pH, czy enzymów obecnych w żywności. Dodatkowe utrudnienie

w zastosowaniu olejków eterycznych jako konserwantów stanowi ich intensywny smak i zapach (Sharifi-Rad i in. 2016).

#### 4. Podsumowanie

Niektóre zioła i przyprawy stosowane powszechnie w kuchni mają udowodnione antybakteryjne działanie wobec wielu bakterii. Do tych przyprawa należą m. in. oregano, rozmaryn, tymianek, bazylika, imbir, cynamon, czy czosnek. Z powodu mutacji bakterii, część antybiotyków staje się coraz mniej skuteczna w ich unieszkodliwianiu. Substancje zawarte w ziołach i przyprawach są dla nich potencjalną alternatywą. Przeciwdrobnoustrojowe działanie wykazują znajdujące się w nich olejki eteryczne, będące skoncentrowanymi mieszaninami różnych bioaktywnych substancji roślin.

Potencjał przeciwbakteryjny ziół i przypraw może znaleźć również zastosowanie w przemyśle spożywczym. Olejki eteryczne mogłyby być stosowane w celu przedłużenia trwałości żywności. Stanowiłoby to alternatywę dla konserwantów, które pomimo, że są skuteczne, w nadmiernych ilościach stwarzają zagrożenie zdrowotne i powodują oporność bakterii. Problemem w stosowaniu wyciągów ziół i przypraw jako środka antybakteryjnego stanowi brak stabilności oraz wrażliwość na różne czynniki środowiskowe zawartych w nich substancji. Dodatkowo nie jest znany mechanizm wszystkich ziół i przypraw, które wykazują działanie przeciwbakteryjne. W przyszłych badaniach należy skupić się nad rozwiązaniami, które pomogą w osiągnięciu tej stabilności, dzięki czemu będą one mogły stanowić skuteczny i bezpieczny środek przeciwbakteryjny.

#### 5. Literatura

- Bag A, Chattopadhyay, RR (2015) Evaluation of Synergistic Antibacterial and Antioxidant Efficacy of Essential Oils of Spices and Herbs in Combination. *PloS one* 10(7).
- Chakotiya AS, Tanwar A, Narula A, et.al (2017) Zingiber officinale: Its antibacterial activity on *Pseudomonas aeruginosa* and mode of action evaluated by flow cytometry. *Microbial Pathogenesis* 107: 254-60.
- Hać-Szymańczuk E, Lipińska E, Chlebowska-Śmigiel A (2014) Porównanie działania przeciwdrobnoustrojowego olejków eterycznych z szałwii (*Salvia officinalis* L.) i oregano (*Origanum vulgare* L.). *Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych* 577: 53-62.
- Hać-Szymańczuk E, Lipińska E, Grzegorzówka O (2012) Ocena Aktywności przeciwbakteryjnej Oregano (*Origanum vulgare* L.). *Bromatologia i Chemia Toksykologiczna* 3: 308-314.
- Hać-Szymańczuk E, Roman J, Bednarczyk K (2009) Ocena aktywności przeciwbakteryjnej olejku eterycznego, wyciągu wodnego oraz preparatu handlowego z rozmaryny lekarskiego (*Rosmarinus officinalis*). *Bromatologia i Chemia Toksykologiczna* 3: 979-984.
- Ifesan BOT, Fadipe EA, Ifesan BT (2014) Investigation of Antioxidant and Antimicrobial Properties of Garlic Peel Extract (*Alliumsativum*) and Its Usesas Natural Food Additive in Cooked Beef. *Journal of Scientific Research & Reports* 3(5):711-721.
- Jiang T (2019) Health Benefits of Culinary Herbs and Spices. *Journal of AOAC International* 102(2): 395-404.
- Kędzia A (2010) Przeciwdrobnoustrojowe działanie czosnku (*Allium sativum* L.). *Postępy Fitoterapii* 1: 46-52.
- Kędzia A (2011) Aktywność olejku cynamonowego (*Oleum Cinnamomi*) wobec bakterii beztlenowych. *Borgis - Postępy Fitoterapii* 1: 3-8.
- Kędzia A, Kędzia AW, Wiśniewska J (2018) Przeciwbakteryjne działanie olejku rozmarynowego (*Oleum Rosmarini*) na bakterie beztlenowe. *Postępy fizjoterapii* 19(2): 98-105.
- Kozińska A, Sitkiewicz I (2017) "Nowe" i "stare" antybiotyki - mechanizmy działania i strategię poszukiwania leków przeciwbakteryjnych. *Kosmos. Problemy Nauk Biologicznych* 1(314): 109-124.
- Król SK, Skalicka-Woźniak K, Kandfer-Szerszeń M i wsp. (2013) Aktywność biologiczna i farmakologiczna olejków eterycznych w leczeniu i profilaktyce chorób infekcyjnych. *Postępy Higieny i Medycyny Doświadczalnej* 67: 1000-1007.

- Kudelka W, Kosowska A (2008) Składniki przypraw i ziół przyprawowych determinujące ich funkcjonalne właściwości oraz ich rola w żywieniu człowieka i zapobieganiu chorobom. *Zeszyty Naukowe / Uniwersytet Ekonomiczny w Krakowie* 781: 82-111.
- Kulczyński B, Gramza-Michałowska A (2016) Znaczenie żywieniowe imbiru. *Bromat. Chem. Toksykol.* 49(1): 57-63.
- Liu Q, Meng X, Li Y, et.al. (2017) Antibacterial and Antifungal Activities of Spices. *International Journal of Molecular Sciences* 18: 1283.
- Nowak G, Nawrot J, (2009) Surowce roślinne i związki naturalne stosowane w chorobach układu oddechowego. *Herba Polonica* 55(4): 178-213.
- Sakkas H, Papadopoulou C. (2017) Antimicrobial Activity of Basil, Oregano, and Thyme Essential Oils. *J. Microbiol. Biotechnol.* 27(3): 429–438.
- Sharifi-Rad J, Mnayer D, Tabanelli G et.al (2016) Plants of the genus *Allium* as antibacterial agents: From tradition to pharmacy. *Cellular and Molecular Biology* 62(9): 57-68.
- Silva VA, Pereira da Sousa J, de Luna Freire Pessoa H et. al. (2016) *Ocimum basilicum*: Antibacterial activity and association study with antibiotics against bacteria of clinical importance. *Pharmaceutical Biology* 54(5): 863-867.
- Szydłowska A, Zielińska D (2017) Wpływ dodatku przyprawy z suszonej kory cynamonowca na przeżywalność potencjalnie probiotycznych szczepów bakterii w musach dyniowo-jabłkowych i ich jakość sensoryczną. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość* 24, 4 (113): 48 – 58.

## 8. Projekt diety i zalecenia żywieniowe w zaburzeniu odżywiania

Project of diet and dietary recommendations in eating disorder

Joanna Doniec, Barbara Borczak, Elżbieta Sikora, Joanna Kapusta-Duch, Olga Sularz,  
Joanna Skoczylas

Katedra Żywnienia Człowieka, Wydział Technologii Żywności Uniwersytet Rolniczy w Krakowie

Joanna Doniec: a.doniec124@gmail.com

Słowa kluczowe: żywienie, kompulsywne objadanie, leczenie

### Streszczenie

Zaburzenia odżywiania należące do zaburzeń behawioralnych, fizycznych oraz fizjologicznych można podzielić na: *Anorexia nervosa*, *Bulimia nervosa* oraz *Binge eating disorder (BED)*. Liczba przypadków rocznie rośnie w wyniku utożsamiania pożywienia z potrzebami emocjonalnymi, wpływem osób trzecich bądź mediów. *Binge eating disorder (BED)* mimo zwiększającej się ilości przypadków zachorowań wciąż jest błędnie korelowany z innymi jednostkami chorobowymi i niedostatecznie poznany. Nieleczony *Binge eating disorder (BED)* może mieć negatywny wpływ nie tylko na funkcjonowanie psychospołeczne ale również na zdrowie somatyczne i osobowość. Podstawą leczenia oraz prewencji zaburzeń odżywiania jest odpowiednio dobrany spersonalizowany sposób żywienia, modyfikacja stylu życia oraz w szczególności psychoterapia i farmakoterapia. Celem pracy było skomponowanie jadłospisu siedmiodniowego dla osoby cierpiącej na zespół kompulsywnego objadania się. Jadłospis został opracowany w oparciu o zalecenia i normy żywieniowe Instytutu Żywności i Żywnienia. Dieta bazowała na zasadach racjonalnego żywienia i charakteryzowała się zwiększoną zawartością produktów bogatych w tryptofan. W wyniku zastosowania punktowej oceny całodziennego jadłospisu według Bielińskiej stwierdzono, iż dieta została skomponowana prawidłowo.

### 1. Wstęp

Żywnienie jest niezbędnym czynnikiem wymaganym do prawidłowego funkcjonowania organizmu, bierze udział w regulacji poczucia głodu oraz sytości. Jest postrzegane zarówno w kontekście fizjologicznym jak i psychologicznym. W sytuacji gdy pokarm zostaje nadto utożsamiany z potrzebami emocjonalnymi, zależny od wpływu mediów bądź osób trzecich może dojść do występowania zaburzeń odżywiania (Koszowska i in. 2013). Zaburzenia procesu odżywiania są coraz częstszym problemem dotyczącym różne grupy wiekowe. W trakcie przeprowadzonych badań w grupie 250 osób zaburzenia odżywiania stwierdzono u 62% badanych. Odniesiono się również do najczęstszych przyczyn występowania zaburzeń. Wykazano, iż w większości przypadków są one indukowane poprzez: preferowane w obrębie czasopism style odżywiania się, występujące w mediach reklamy dotyczące produktów żywieniowych, aktualnie modny sposób żywienia, brak akceptacji własnego wyglądu, chęć poprawy samopoczucia, presje ze strony bliskich osób dotyczące wyglądu oraz chęć uzyskania akceptacji w obrębie własnej grupy społecznej (Kędra i Pietras 2011). Odnosząc się do międzynarodowej klasyfikacji *The International Statistical Classification of Diseases, and Related Health Problems, tenth revision (ICD-10)* zaburzenia odżywiania klasyfikowane są jako zaburzenia behawioralne bezpośrednio związane z zaburzeniami fizjologicznymi oraz czynnikami fizycznymi (IPiN Kraków-Warszawa 1997). Klasyfikacja *Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders. IV<sup>th</sup> edition (DSM-IV)* przedstawia podział zaburzeń odżywiania a na trzy główne typy:

1. Anoreksja (*Anorexia nervosa*) z dalszym podziałem obejmującym: jadłowstręt bulimiczny oraz jadłowstręt restrykcyjny.
2. Bulimia (*Bulimia nervosa*) z dalszym podziałem obejmującym: bulimię bez przeczyszczenia się oraz z przeczyszczeniem się.

3. Zespół gwałtownego przejadania się (zespół kompulsywnego objadania, *Binge eating disorder*) (American Psychiatric Association 1994).

Anoreksja (*Anorexia nervosa*) jest zaburzeniem odżywiania związanym ze świadomą obsesyjną redukcją masy ciała. Jadłowstręt bulimiczny odnosi się do chorych, którzy spożywają zwiększoną ilość pokarmu, aby kolejno go zwrócić na drodze użycia środków o charakterze przeczyszczającym bądź wymiotów. Odrębnym typem zaburzenia jest jadłowstręt restrykcyjny, w przypadku którego dochodzi do redukcji ilości pokarmu lub/ i intensywnych ćwiczeń (Lewitt i in. 2008). *Anorexia nervosa* w większości przypadków indukowana nieudaną próbą odchudzenia się rozwija się w sposób skryty i zatajony. Początkowo chory stosuje duże restrykcje w stosunku do produktów węglowodanowych, kolejno włącza wzmożony wysiłek fizyczny do codziennego funkcjonowania. Na dalszym etapie ubytek masy ciała wynosi 40% w stosunku do początkowej masy ciała, w skrajnych przypadkach sięga nawet do 60% (Józefik 1999). Terapia lecznicza jadłowstrętu odbywa się głównie w warunkach ambulatoryjnych. Wymaga wielodyscyplinarnego zespołu specjalistycznego w, którego skład wchodzi: psychiatra, internista, fizjoterapeuta, dietetyk posiadający odpowiednie kwalifikacje w tematyce leczenia zaburzeń odżywiania oraz personel pielęgniarski. Głównymi celami procesu leczniczego są powrót chorego do należytej masy ciała oraz wyleczenie towarzyszących zaburzeniu żywieniowemu zaburzeń psychicznych. Kluczowe jest także podjęcie próby niwelacji destrukcyjnego sposobu myślenia o własnej sylwetce i przywrócenie ogólnie przyjętych zachowań społecznych (Lieb i in. 2007). W celu uzyskania wyżej wymienionych efektów leczniczych stosuje się leczenie farmakologiczne, psychoterapeutyczne oraz żywieniowe. (Bator i in. 2011). Najistotniejszym elementem procesu leczniczego *Anorexia nervosa* jest indywidualne podejście do pacjenta. Spersonalizowany plan żywieniowy, terapia oraz wsparcie farmakologiczne nie jest jednak gwarantem sukcesu. Tak ważne jak kwalifikacje personelu medycznego są również chęci pacjenta, gdyż bez odpowiedniej motywacji proces terapeutyczny nie zostanie odpowiednio przeprowadzony (Lewitt i in. 2008).

*Bulimia nervosa* przejawia się epizodami żarłoczości oraz prób usunięcia pokarmu z organizmu, może to następować w wyniku przeczyszczania się bądź bez przeczyszczania się (American Psychiatric Association 1994). Najczęściej zaburzenie to rozwija się na etapie dojrzewania. Pośród czynników warunkujących wystąpienie bulimii wymienia się obniżoną samoocenę oraz sposób postrzegania siebie, który zaburzony może prowadzić do drastycznych prób jego zmiany. Kolejno uwarunkowania społeczno-kulturowe, w tym presję ze strony społeczeństwa oraz mediów. Dodatkowo stres czy szeroko rozumiane kryzysy rodzinne, które mogą wpływać negatywnie na kondycję psychiczną. Bulimia podobnie jak anoreksja najczęściej rozwija się u kobiet które wielokrotnie podejmowały nieudane próby zredukowania masy ciała. W większości przypadków leczenie *Bulimia nervosa* odbywa się w warunkach ambulatoryjnych oraz obejmuje dwie formy terapii. Farmakoterapia angażująca leki antydepresyjne w przypadku leczenia bulimii jest bardziej efektowna niż w przypadku *Anorexia nervosa*. W sytuacji zastosowania takiej formy leczniczej należy jednak pamiętać, iż u niektórych pacjentów skutki uboczne zastosowania leków antydepresyjnych mogą prowadzić do znaczących problemów terapeutycznych. Kolejną formą terapii jest leczenie powikłań bulimii oraz stanów związanych z zagrożeniem życia. W przypadku tej formy leczenia istotne jest przeciwdziałanie destrukcyjnym skutkom działania stosowanych leków o charakterze odwadniającym oraz przeczyszczającym (Józefik 1999).

Zgodnie z klasyfikacją *Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders. IV<sup>th</sup> edition* (DSM-IV) kompulsywne objadanie się (*Binge eating disorder*) jest trzecim podstawowym obok bulimii oraz anoreksji typem zaburzeń odżywiania (American Psychiatric Association 1994). Występowanie napadów żarłoczości niezakończonych zachowaniami o charakterze kompensacyjnym stanowi podstawę do odróżnienia *Binge eating disorder* od *Bulimia nervosa* (Banach i Szymańska 2011). Podobnie jak w przypadku innych zaburzeń odżywiania charakterystyka czynników predysponujących do zainicjonowania zespołu kompulsywnego objadania się jest złożona oraz wieloczynnikowa. Wyróżniono trzy główne grupy czynników etiologicznych: aspekty o podłożu psychologicznym, czynniki o podłożu socjokulturowym oraz elementy biologiczne związane z funkcjonowaniem organizmu (Bąk-Sosnowska 2009). Wskazanie liczby osób cierpiących na *Binge eating disorder* jest niezwykle trudne, gdyż większość danych jakimi dysponujemy odnosi się do

specyficznej grupy pacjentów. Są to osoby otyłe, ze stwierdzonymi zaburzeniami odżywiania oraz objęte podstawową opieką medyczną. Pośród nich około 1%-2% mężczyzn cierpi na zespół kompulsywnego objadania się oraz 2%-3% kobiet. Należy jednak zaznaczyć, iż napadowe epizody objadania się bez stwierdzonego *BED* wykazuje 21% ogólnej populacji wszystkich kobiet w Polsce. W przypadku otyłych odsetek ten wynosi 25%, w sytuacji stosowania przez te osoby nieprawidłowo zbilansowanej diety procent przypadków wzrasta do poziomu 45%. Podstawę diagnostyki zespołu kompulsywnego objadania się stanowi skala *Binge eating disorder*. Obejmuje ona 16 pytań odnoszących się do czynników behawioralnych oraz poznawczych zaburzenia. Do kryteriów diagnostyki zespołu kompulsywnego objadania się zaliczyć można epizody napadów żarłoczności pojawiające się czasowo (przynajmniej 2 razy w tygodniu przez okres pół roku). Dodatkowo uczucie dyskomfortu po spożyciu oraz przyśpieszona i nieograniczona, aż do poczucia fizycznych dolegliwości konsumpcja (Striegel-Moore i Franco 2003). Przez wzgląd na złożoność aspektów predysponujących do *Binge eating disorder*, również sposób leczenia jest wielotorowy i może przybierać różne postaci. Oparty jest jednak o trzy główne nurty terapii. Pierwszy z nich to zastosowanie terapii farmakologicznej lekami trójpierścieniowymi (TCAs), inhibitorami wychwytu zwrotnego serotoniny (SSRIs) bądź sibutraminami – substancjami działającymi na mózgowy ośrodek sytości (Carter i in. 2003). Kolejną terapią jest uwzględnienie zmiany nawyków żywieniowych odwołujące się zwłaszcza do nauki racjonalnego sposobu odżywiania. Wspomagane spożyciem produktów o wysokiej koncentracji tryptofanu. Aminokwas ten w organizmie ulega przekształceniu do serotoniny, która wpływa na uczucie zadowolenia oraz wzmaga późniejszy selektywny wybór zdrowych odpowiedników produktów. Ostatnią formą stosowanej terapii jest psychoterapia łącząca leczenie behawioralno-poznawcze, interpersonalne, behawioralne oraz strategie samopomocowe (Bąk-Sosnowska 2009).

Wciąż niedostateczny poziom wiedzy dotyczącej zespołu kompulsywnego objadania się (*Binge eating disorder*) sprawia, iż jest on błędnie korelowany jako element składowy otyłości. Dodatkowo osoby, które obserwują u siebie objawy charakterystyczne dla *BED* w większości przypadków nie poszukują pomocy bądź robią to dopiero gdy zwiększeniu ulegnie ich masa ciała. Stąd poza pomocą i terapią leczniczą osób ze stwierdzonym zespołem kompulsywnego objadania się, kluczowa jest także profilaktyka i szerzenie wiedzy w społeczeństwie dotyczącej tego problemu (Banach i Szymańska 2011).

## 2. Materiały i metody

Celem pracy było ułożenie 7-dniowego jadłospisu dla osoby chorej na *Binge eating disorder*. Plan żywieniowy został opracowany w oparciu o zalecenia oraz normy Instytutu Żywności i Żywienia. Dieta bazowała na zasadach racjonalnego sposobu odżywiania się. Charakteryzowała się zwiększoną podażą produktów będących źródłem tryptofanu.

Modelowa osoba dla której został sporządzony plan żywienia to 22-letnia kobieta o masie ciała 68kg oraz 168 cm wzrostu i aktywności fizycznej na poziomie PAL=1,6.

W trakcie planowania 7-dniowego planu sposobu odżywiania zwrócono uwagę na odpowiednią podaż: energii, białka, tłuszczu, węglowodanów, błonnika, wapnia, magnezu, witaminy D oraz witaminy B<sub>2</sub>. Plan obejmował pięć posiłków każdego dnia żywieniowego.

W niniejszej pracy przedstawiono zalecenia żywieniowe oraz przykładowe 3 dni jadłospisu.

## 3. Wyniki i dyskusja

W oparciu o dostępną wiedzę z zakresu racjonalnego odżywiania się sformułowano zasady dotyczące zaleceń żywieniowych oraz modyfikacji stylu życia.

1. Każdego dnia należy spożywać 4-5 posiłków z zachowaniem równych odstępów czasowych 2-4h.

2. Sposób żywienia powinien charakteryzować się urozmaiceniem oraz dostarczać odpowiedniej w stosunku do indywidualnego zapotrzebowania ilości energii i podstawowych składników odżywczych.

3. Potrawy nie powinny być przygotowywane poprzez smażenie na głębokim tłuszczu. Inne techniki przygotowywania posiłków są dopuszczalne.

4. Należy ograniczyć codzienną podaż cukrów prostych oraz produktów będących ich źródłem.

5. Należy ograniczyć do minimum lub/i wykluczyć pojadanie oraz jedzenie napadowe.

6. Jadłospis powinien obejmować produkty o wysokiej koncentracji tryptofanu. Zaliczyć do nich można: ser mozzarella oraz żółty; nasiona słonecznika, dyni i sezamu; mięso drobiowe i wieprzowe; siemię lniane; orzechy; płatki owsiane; kakao; łososia; makrelę; pstrąg; tuńczyka; dorsza; jajko gotowane; mleko; brokuł, szpinak i kalafior oraz banana (Bąk-Sosnowska 2009; Ciborowska i Rudnicka 2015; Stępień i in. 2014; )

Racjonalna i urozmaicona dieta składająca się z 5 posiłków dziennie umożliwia zapobieganie występowaniu napadów głodu przy zachowaniu jednakowych odstępów pomiędzy nimi. Dodatkowo spersonalizowana i pokrywająca zapotrzebowanie na podstawowe składniki odżywcze przeciwdziała jedzeniu napadowemu (Bąk-Sosnowska 2009). W badaniach respondenci deklarowali, że przy niedostatecznej podaży składników odżywczych z dietą oraz zbyt dużych odstępach między posiłkami pojadali pomiędzy posiłkami. W ankiecie wykazano, iż w przypadku braku racjonalnego żywienia respondenci spożywali od 1 do 4 razy w tygodniu chipsy (41%), frytki (21%) oraz pizzę (9%) (Bartosiuk i in. 2012).

Poniżej przedstawiono przykładowe trzy dni spośród 7-dniowego autorskiego planu żywieniowego.

### DZIEŃ 1

**Śniadanie:** owsianka na mleku z migdałami i owocami (ananas, morele i figi suszone), sok marchewkowy

**II Śniadanie:** banan z jogurtem naturalnym, zielona herbata

**Obiad:** krem z zielonego groszku, indyk z brązowym ryżem, warzywami (bakłażan, cukinia, dynia) oraz pestkami dyni, woda

**Podwieczorek:** kanapki z wędzonym łososiem i awokado, herbata zielona

**Kolacja:** sałatka warzywna z soczewicą (roszponka, pomidor, papryka czerwona, oliwki czarne, soczewica), sosem jogurtowo-musztardowym i orzechami, herbata czerwona

### DZIEŃ 2

**Śniadanie:** kanapki z pieczywa żytniego z wędliną, serem żółtym i warzywami (pomidor i świeży szpinak), sok pomarańczowy

**II Śniadanie:** jogurt naturalny z truskawkami i musli, herbata zielona

**Obiad:** zupa krem z selera, łosoś z warzywami duszony (bakłażan, cukinia, czerwona papryka), kasza oraz surówka z selera marchwi i jabłka, sok jabłkowy

**Podwieczorek:** Sałatka owocowa z orzechami, herbata biała

**Kolacja:** Pizza razowa z sosem z pomidorów, serem i sałatą, woda

### DZIEŃ 3

**Śniadanie:** Kanapki z pieczywa żytniego z wędzonym wędzorem i pomidorem, herbata zielona

**II Śniadanie:** Kisiel porzeczkowy, sok warzywno-owocowy

**Obiad:** Zupa ogórkowa, pierś z indyka z ryżem i surówką z buraków, woda

**Podwieczorek:** Koktajl owocowy truskawkowo-jagodowy z płatkami jaglanymi i migdałami na kefirze

**Kolacja:** sałatka warzywna z serem fetą (pomidor, ogórek, sałata, papryka, cebula, feta), herbata biała

Doniesienia naukowe potwierdzają, że tryptofan spożyty wraz z pokarmem ulega w organizmie przekształceniu do serotoniny. Natomiast pożądanym efektem spożycia produktów zawierających wysoką koncentrację tego aminokwasu jest poprawa nastroju (Pietrzykowska i Wierusz-Wysocka 2008). Biorąc pod uwagę obydwie wyżej wspomniane czynniki użyto w planowanej diecie surowców bogatych w tryptofan. Jadłospis charakteryzował się również odpowiednim (30g/dobę) spożyciem błonnika. W planowanej diecie użyto produktów pełnoziarnistych, warzyw oraz owoców. Są one codziennym źródłem włókna pokarmowego w diecie. Zgodnie z doniesieniami literaturowymi włókno to powoduje pęcznienie treści pokarmowej wewnątrz żołądka tym samym powodując uczucie pełności i zmniejszając odczuwalny głód. W efekcie powodowało to także zmniejszenie objętości racji pokarmowych przy jednoczesnym przekonaniu o pełności (Warren i in. 2003). W badaniach wykazano, że spożycie 29g błonnika dziennie przyczyniało się do zmniejszenia kaloryczności pobieranych posiłków o 14% (Burley i in. 1993). W rozlicznych pozycjach literaturowych wykazano uzależniające działanie tłuszczów nasyconych oraz cukrów prostych. Występują one w zmożonych ilościach w obrębie produktów o wysokim stopniu przetworzenia (Spring i in. 2008). W celu uniknięcia surowców żywnościowych charakteryzujących się skoncentrowaną zawartością cukrów prostych lub/i tłuszczów nasyconych w planowanym jadłospisie użyto wyłącznie produktów świeżych i o niskim stopniu przetworzenia. Tym samym motywując pacjenta do samodzielnego przygotowywania posiłków bazując na zdrowych oraz racjonalnych wyborach żywnościowych.

Ponadto utworzony jadłospis poddano punktowej ocenie wdł. Bielińskiej. W każdym z analizowanych dni żywnościowych uzyskano wartość mieszczącą się w przedziale od 34 do 40 punktów. Wynik ten mieszczący się w zakresie od 31 do 40 punktów sugeruje, iż autorski plan żywnościowy został opracowany prawidłowo.

#### 4. Wnioski

Na podstawie powyższej pracy sformułowano niniejsze wnioski:

- A. Chęć pokrycia potrzeb emocjonalnych za pomocą żywności w największym stopniu prowadzi do występowania zaburzeń odżywiania.
- B. Czynniki zewnętrzne jak masmedia, Internet, bliscy oraz znajomi w dużej mierze wpływają na sposób odżywiania się.
- C. Wiedza na temat zespołu kompulsywnego objadania się (*Binge eating disorder*) pozostaje wciąż niedostateczna.
- D. *Binge eating disorder* nie powinien być błędnie korelowany z otyłością oraz bagatelizowany.
- E. Ważnym aspektem terapii leczniczej kompulsywnego objadania się (*Binge eating disorder*) jest modyfikacja sposobu żywienia oraz zaleceń żywieniowych.

#### 5. Bibliografia

- American Psychiatric Association (1994) Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders IV th edition, American Psychiatric Association.
- Bąk-Sosnowska M (2009) Interwencja psychologiczna w zespole kompulsywnego jedzenia, *Psychiatria Polska* XLIII (4):445-456.
- Banach J, Szymańska J (2011) Zespół gwałtownego objadania się – stan wiedzy, *Current Problems of Psychiatry* 12(3):318-321.
- Bartosiuk E, Markiewicz-Żukowska R, Puścion A, Mystkowska K (2012) Ocena spożycia żywności typu „fast-food” oraz napojów energetyzujących i alkoholu wśród grupy studentek Uniwersytetu Medycznego w Białymstoku, *Bromatologia i Chemia Toksykologiczna* XLV 3: 766-770.
- Bator E, Bronkowska M, Ślepecki D, Biernat J (2011) Anoreksja–przyczyny, przebieg, leczenie, *Nowiny Lekarskie* 80 3:184-191.
- Burley VJ, Paul AW, Blundell JE (1993) Sustained post-ingestive action of dietary fiber: effects of a sugar-beet-fiber-supplemented breakfast on satiety, *Journal of Human Nutrition and Dietetics*: 253-560



- Carter WP, Hudson JI, Lalonde JK, Pindyck L, McElroy SL, Pope HG. Jr (2003) Pharmacologic treatment of binge eating disorder, *International Journal of Eating Disorders* 34 (suplement): 74-88.
- Ciborowska H, Rudnicka A (2015) *Dietetyka Żywnienie zdrowego i chorego człowieka*, Wydawnictwo Lekarskie PZWL.
- IPiN Kraków-Warszawa (1997) *Klasyfikacja zaburzeń psychicznych i zaburzeń zachowania w ICD-10*.
- Józefik B (1999) *Anoreksja i bulimia psychiczna Rozumienie i leczenie zaburzeń odżywiania się*, Józefik B. (red.) Wydawnictwo Uniwersytetu Jagiellońskiego.
- Kędra E, Pietras J (2011) Zaburzenia odżywiania-znak naszych czasów, *Problemy Higieny i Epidemiologii* 92 (3):530-534.
- Koszowska A, Dittfeld A, Zubelewicz-Szkodzińska B (2013) Psychologiczny aspekt odżywiania oraz wpływ wybranych substancji na zachowania i procesy myślowe, *Hygeia Public Health* 2013 48(3): 279-284.
- Lewitt A, Brzęczek K, Krupienicz A (2008) Interwencje żywieniowe w leczeniu anoreksji – wskazówki dietetyczne, *Endokrynologia Otyłość i zaburzenia przemiany materii* 2008 tom 4 nr. 3:128-136.
- Lieb K, Heblinger B, Jacob G (2007) *Przypadki kliniczne w psychiatrii i psychoterapii*, Wydawnictwo Elsevier Urban & Partner.
- Pietrzykowska E, Wierusz-Wysocka B (2008) Psychologiczne aspekty nadwagi, otyłości i odchudzania się, *Polski Merkurusz Lekarski XXIV*: 472-276.
- Spring B, Schneider K, Smith M, Kendzor D, Appelhans B, Hedeker D (2008) Abuse potential of carbohydrates for overweight carbohydrate cravers, *Psychopharmacology* 197:637-647.
- Stępień A, Walecka-Kapica E, Błońska A, Klupińska G (2014) Rola tryptofanu i serotoniny w patogenezie i leczeniu zespołu jelita nadwrażliwego, *Folia Medica Lodziensia* 41/2:139-154.
- Striegel-Moore RH, Franko DL (2003) Epidemiology of binge eating disorder, *International Journal of Eating Disorders* 34:19-29.
- Warren JM, Henry CJK, Kendall DW (2003) Low glycemic index breakfasts and reduced food intake in preadolescent children, *Journal of Pediatrics* 112:414.

## 9. Wpływ kofeiny na organizm człowieka

The influence of caffeine on human organism

Joanna Doniec, Aleksandra Wąs, Barbara Borczak, Elżbieta Sikora, Joanna Kapusta-Duch, Olga Sularz

Katedra Żywnienia Człowieka, Wydział Technologii Żywności Uniwersytet Rolniczy w Krakowie

Joanna Doniec: a.doniec124@gmail.com

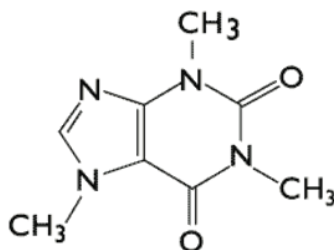
Słowa kluczowe: kawa, herbata, napoje energetyczne, preferencje żywieniowe

### Streszczenie

Kofeina jest najpowszechniejszą substancją o działaniu psychostymulującym. Dziennie około 80%-90% osób dorosłych spożywa ją wraz z dietą świadomie bądź nieświadomie. Jest substancją pochodzenia roślinnego, naturalnie występującą w owocach (owoce drzewa kawowego), liściach (liście krzewu herbacianego) oraz nasionach (nasiona kakaowca). Umiarkowane spożycie kofeiny na poziomie do 400mg/osobę/dobę przez dorosłe, zdrowe osoby nie przyczynia się do pogorszenia stanu zdrowia. Natomiast nadmierna konsumpcja trwające przez długi czas może powodować uzależnienia oraz mieć toksyczny wpływ na organizm. Celem pracy było zbadanie nawyków i preferencji żywieniowych oraz wiedzy dotyczącej kofeiny wśród 400 studentów. Respondenci udzielali odpowiedzi za pomocą autorskiej ankiety internetowej. Podjęto również próbę oszacowania spożycia tej substancji z popularnych używek (kawa, herbata oraz napoje energetyczne) przez populację poddaną badaniu. Dane zebrano oraz przeanalizowano odnosząc się do odpowiedzi ankietowanych osób. Spożyciem kofeiny w codziennej diecie charakteryzowało się 96,5% respondentów, jednakże na podstawie danych szacunkowych dzienna dawka nie przekraczała wielkości uznanej za bezpieczną dla zdrowej osoby dorosłej.

### 1. Wstęp

Kofeina należy do alkaloidów purynowych, ma charakter zasadowy. Jest to związek chemiczny o nazwie 1,3,7-trimetyloksantyna (**Rys. 1**). Jest jedną z najczęściej spotykanych substancji aktywnych biologicznie występujących w żywności.



**Rys. 1** Wzór chemiczny kofeiny.

Produkty, w skład których wchodzi kofeina można podzielić na dwie podstawowe grupy. Pierwszą z nich stanowią elementy diety w których związek ten występuje naturalnie takie jak kawa, herbata oraz kakao. Kolejną grupą jest cały asortyment napojów energetycznych, suplementów diety, leków oraz napojów typu coca-cola do których kofeina została dodana w procesie produkcji (Wierzejska 2012).

Ziarno kawowca zawiera średnio od 1% do 3% kofeiny. Koncentracja tego alkaloidu w kawie jest zależna od odmiany i tak *Coffea arabica* zawiera od 1% do 1,5%, a *Coffea canephora* (robusta) od 2,4% do 2,8%. W średniej porcji naparu (140ml-230ml) ogólna zawartość kofeiny waha się w przedziale od 27mg do 153mg. Jest ona zależna od sposobu prażenia i mielenia ziaren, wielkości

odmierzonej porcji kawy oraz sposobu przygotowania naparu i metody zaparzania (Harland 2000). Nie bez znaczenia pozostaje także stopień rozdrobnienia kawy, gdyż bezpośrednio wpływa on na proces ekstrakcji kofeiny z ziarna kawowca. Zgodnie z badaniami największą zawartością kofeiny charakteryzuje się kawa rozpuszczalna, a najmniejszą koncentracją tego alkaloidu kawa mielona z kawy ziarnistej (Jarosz i in. 2009). Podobnie w przypadku herbaty zawartość kofeiny (teiny) jest w dużej mierze zależna od stopnia rozdrobnienia liści, wielkości porcji użytego surowca oraz warunków i czasu sporządzania naparu. Waha się ona w przedziale od 14mg do 65mg (Harland 2000; Horzic i in. 2009). Zawartość 1,3,7-trimetyloksantyny w naparze herbacianym zmienia się w zależności od czasu zaparzania. Przeprowadzone badania wskazują, iż wraz z wydłużaniem parzenia zawartość kofeiny rośnie, a jej największy udział odnotowano w herbatach z 5 minutowym czasem parzenia (Jarosz i in. 2009). Zawartość kofeiny w produktach pozyskiwanych z ziarna kakaowca jest zależna od udziału tego surowca w produkcji. Przepisy prawne określają udział masy kakaowej w wyrobach czekoladowych określając jej udział minimalny, co bezpośrednio wiąże się zawartością kofeiny w niej obecnej. Koncentracja tego alkaloidu w czekoladzie waha się w przedziale od 18mg do 74mg w 100g produktu (Jarosz i in. 2009). Napoje energetyzujące ze względu na brak odpowiednich regulacji prawnych są mocno zróżnicowane pod względem zawartości kofeiny, a tendencja udziału 1,3,7-trimetyloksantyny w ich składzie jest wciąż rosnąca. W najpowszechniejszej w Polsce puszcze o objętości 250ml znajduje się średnio 83mg kofeiny. Większą koncentracją tego alkaloidu charakteryzują się produkty o nazwie „energy shot” mające mniejszą objętość przy jednakowej lub większej zawartości kofeiny (Wierzejska 2012). Wśród suplementów diety oraz leków 1,3,7-trimetyloksantyna jest najczęściej składnikiem przeciwbólowych oraz pobudzających leków bez recepty, substancji o działaniu moczopędnym oraz stosowanych w przypadkach astmy oskrzelowej. Wchodzi także w skład suplementów diety wspomagających odchudzanie (Stoś i Bogusz-Kaliś 2008).

Kofeina prawie całkowicie oraz stosunkowo szybko wchłania się w przewodzie pokarmowym. Osiąga maksymalne stężenie we krwi w czasie od 30min do 120min od spożycia. Wraz z krwią ulega transportowi do tkanek organizmu, pokonuje barierę krew - łożysko oraz przechodzi do mleka matki. Ostatecznie ulega metabolizowaniu w wątrobie. Produktem rozpadu kofeiny są teofilina, teobromina oraz paraksantyna, a kwas 1-metylomoczowy jest głównym jej metabolitem końcowym. Tempo oraz intensywność procesu przemiany tego alkaloidu w organizmie są zależne od czynników genetycznych, środowiskowych oraz od stanu fizjologicznego organizmu (Grosso i Bracken 2005; Babu i in. 2008).

W odpowiednio umiarkowanych oraz racjonalnych dawkach kofeina wzmacnia koncentrację oraz zmniejsza uczucie senności i zmęczenia przyczyniając się tym samym do wzmagania sprawności myślenia. Ten alkaloid niewątpliwie jest uznawany za substancję o działaniu psychostymulującym. Wzmacnia pozytywny nastrój, tolerancję na wysiłek fizyczny, czujność, koncentrację oraz funkcję psychomotoryczne. Jednakże w przypadku zbyt dużej podaży może negatywnie oddziaływać na układ nerwowy. W takich przypadkach przyczynia się do bezsenności, uczucia niepokoju, napadów lękowych czy zaburzeń koordynacji ruchowej (Bojarowicz i in. 2012). Spożycie na poziomie 3 filiżanek dziennie przyczynia się do zwiększenia przepływu krwi poprzez rozszerzenie tętnic wieńcowych co może przyczyniać się do obniżenia ryzyka choroby wieńcowej (Zawadzka Ben-Dor 2007; Bawa 2008). Nadmierne spożycie kawy oraz innych źródeł 1,3,7-trimetyloksantyny może mieć jednak negatywny wpływ na układ krwionośny przyczyniając się do zwiększenia ciśnienia tętniczego, stężenia cholesterolu ogółem i frakcji LDL oraz poziomu homocysteiny (Bawa 2008). Korzystne oddziaływanie tego alkaloidu w stosunku do układu pokarmowego odnosi się do stymulacji sekrecji soku żołądkowego oraz zwiększania tempa i intensywności przemiany materii (Zawadzka Ben-Dor 2007). Opozycyjnie podaż przekraczająca 400mg/dobę może powodować zwiększone ryzyko wystąpienia choroby refluksowej oraz zapalenia błony śluzowej żołądka i jelit. Dodatkowo nasila objawy o charakterze dyspeptycznym (Wierzbicka i in. 2010). Niewątpliwym działaniem kofeiny jest pobudzanie czynności układu oddechowego, przez co wchodzi w skład środków rozszerzających oskrzela (Schmidt i in. 2007). Ponadto 1,3,7-trimetyloksantyna działa obkurczająco na naczynia krwionośne w mózgu, stąd charakteryzuje się działaniem usmierzającym ból oraz migreny (Malinauskas i in. 2007). W piśmiennictwie często zwraca się uwagę na korelację pomiędzy

wzmocnionym spożyciem kofeiny, a zwiększonym ryzykiem osteoporozy zwłaszcza u kobiet (Wierzbińska i in. 2010). Śmiertelna dawka kofeiny w ilości 10 gramów, nie jest możliwa do pobrania wraz z pożywieniem (Nawrot i in. 2003). Podsumowanie to pokazuje, iż kofeina może wywierać zarówno prozdrowotny jak i negatywny wpływ na organizm, kluczowe w spożyciu produktów o wysokiej koncentracji tego alkaloidu jest więc zachowanie umiaru.

Należy również wspomnieć o przeciwwskazaniach do spożycia kofeiny, które są bardzo ważne w przypadku kobiet w ciąży gdyż substancja ta z łatwością pokonuje barierę łożyskową. W następstwie osiąga we krwi oraz tkankach zbliżone stężenie co u matki. Kolejną grupą osób, dla których spożycie tego alkaloidu jest przeciwwskazane są dzieci u których skutki jego spożycia mogą być odmienne niż w przypadku osób dorosłych. Tym samym mogą przyczynić się do zbyt dużego pobudzenia ośrodkowego układu nerwowego, tachykardii, zwiększonej diurezy oraz ciężkich wymiotów. Ponadto nadmiar kofeiny w wieku dziecięcym może również prowadzić do nieprawidłowego przyrostu masy kostnej i gęstości kości (Bojarowicz i in. 2012).

## 2. Materiały i metody

Celem badania było uzyskanie informacji dotyczący nawyków i preferencji żywieniowych oraz wiedzy badanej populacji studentów dotyczącej skutków nadmiernego spożycia kofeiny. Oszacowano również wartość pobrania tej substancji przez osoby ankietowane z popularnymi używkami – kawą, herbatą oraz napojami energetyzującymi.

Badanie zostało przeprowadzone za pomocą autorskiej ankiety obejmującej 33 pytania. Dane zebrano drogą internetową w listopadzie 2014 roku. Ankieta obejmowała metryczkę składającą się z pytań dotyczących: płci, wieku, podjętych studiów oraz miejsca stałego zamieszkania respondenta. Pytania obejmujące nawyki żywieniowe oraz preferencje respondentów odnosiły się do: rodzaju źródła kofeiny, pory dnia spożycia i jej częstotliwości oraz powodów konsumpcji i jej skutków. Przedmiotem tematycznym były produkty zawierających kofeinę (kawa, herbata, energy drinks, kakao, czekolada, napoje typu coca-cola). Pytania dotyczące wiedzy respondentów obejmowały znajomość zawartości (w mg) kofeiny w produktach będących ich źródłem oraz wiedzę dotyczącą negatywnych dla zdrowia skutków spożycia tej substancji.

Podjęto również próbę oszacowania dziennego spożycia kofeiny (w mg/osobę/dobę) z najpowszechniejszymi produktami będącymi jej źródłem (kawa, herbata oraz napoje energetyczne). Jako wartości referencyjne przyjęto zawartości kofeiny w naparach odpowiednio na poziomie (w mg kofeiny/200ml): 146 w kawie rozpuszczalnej, 92,5 w kawie mielonej, 42 w herbacie białej, 35,5 w herbacie czarnej oraz 32 w herbacie zielonej (Jarosz i in. 2009)

Grupę badaną stanowiło 400 studentów, w tym 262 kobiety (65,5%) oraz 138 mężczyzn (34,5%). Największy odsetek stanowili respondenci o przedziale wiekowym 21-25 lat (68,25%) oraz w wieku <20 lat (24,75%). Osoby o przedziale wiekowym 26-30 lat stanowiły 5,75% grupy, a najmniejsza część respondentów była w wieku >30 lat (1,25%). Największy odsetek respondentów pochodził z województwa małopolskiego (63% ankietowanych). Studenci z grupy badanej w większości uczęszczali na studia o kierunku technicznym (55%).

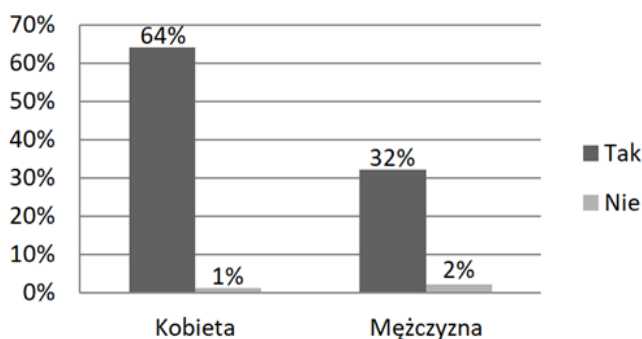
## 3. Wyniki i dyskusja

Respondenci poproszeni o scharakteryzowanie ich stylu życia wybierając kilka z poniższych wskazywali następujące cechy: siedzący tryb życia (28,75%) ciągły stres (25%), dużo pracy (24,75%), problemy ze snem lub/i niewyspanie (22,75%) lub palenie papierosów (17,25%).

96,5% ankietowanych zadeklarowało spożycie produktów będących źródłem kofeiny w tym kawy, herbaty, kakao oraz napojów energetycznych i typu cola. W grupie tej 64% stanowiły kobiety, natomiast 32% mężczyźni. Tylko 1% kobiet oraz 2% mężczyzn w ankiecie określiło brak spożycia produktów o wysokiej koncentracji kofeiny (**Rys. 2**).

Pytani o porę spożycia napojów zawierających kofeinę respondenci odpowiadali: rano do godziny 9.00 (30,25%), przed południem w przedziale godzinowym 9.00-11.00 (24,5%), w południe (13%), popołudniu od 13.30 do 17.00 (32%), wieczorem do godziny 20.00 (15,75%) oraz w nocy (13,5%). 47% badanych nie spożywało napojów będących źródłem kofeiny na czczo, a 25%

stosowało taką konsumpcję. Natomiast w 28% przypadków spożycie na czczo zdarzało się od czasu do czasu. Najczęściej napoje te spożywane były w domu (63,5%), rzadziej w pracy (14,75%) oraz na uczelni (13,25%). W lokalu napoje zawierające kofeinę spożywało wyłącznie 3,25% respondentów, a 2,75% z nich konsumowało w innych miejscach, 2,5% zadeklarowało brak spożycia takich napojów. W ankiecie poproszono również o scharakteryzowanie objawów towarzyszących spożyciu napojów zawierających w składzie kofeinę. Do grupy najczęstszych skutków spożycia zaliczono odpowiedzi ankietowanych: zmniejszenie senności (58,75%), ogólne pobudzenie po spożyciu (41%), poprawę nastroju w wyniku konsumpcji (35,75%), poprawę koncentracji (32%) oraz uczucie odprężenia u 21% badanych. Ankietowani zaznaczali także negatywne odczucia jak: szybsze bicie serca (17,75%), trzęsące się ręce (8,75%), wzmożone pragnienie (8%) oraz podwyższone ciśnienie i kołatanie serca (7,75%), zaburzenia snu (6,75%), biegunka (5,25%) oraz mdłości (4,5%). W odczuciach po spożyciu kawy pojawiły się także w mniejszej liczbie odpowiedzi dotyczące: niepokoju (2,25%), bólu głowy (2%), zgagi (1,75%), dreszczy (1,5%), zmęczenia (1,25%) oraz omdlenia (1%). Dotychczasowe badania również podkreślają, że kofeina może mieć zarówno korzystny jak i negatywny wpływ na organizm (Nawrot 2009).



**Rys. 2** Spożycie napojów zawierających kofeinę i jej pochodnych z kawą, herbatą, kakao napojami energetycznymi i typu cola.

Wśród ankietowanych 35,75% nie piło kawy, 32% spożywało filiżankę kawy dziennie, 21,25% dwie filiżanki kawy każdego dnia, 7,50% sięgało po kawę trzy razy dziennie, a 2,75% czterokrotnie. Natomiast 5 i więcej porcji kawy każdego dnia spożywało 1,25% respondentów. Większość ankietowanych spożywała kawę w ilości nie przekraczającej wartości uznanych za umiarkowane (maksymalnie 3-4 filiżanki dziennie), co tym samym nie miało negatywnego oddziaływania na ich zdrowie (Makarewicz-Wujec i Kozłowska – Wojciechowska 2000). W przypadku spożycia kawy w 47,25% przypadków była to kawa rozpuszczalna, 27,25% konsumowało kawę mieloną. Jedna osoba z grupy spożywała kawę bezkofeinową. Najczęstszymi dodatkami do kawy wskazywanymi przez respondentów były mleko, śmietanka oraz cukier. Rzadziej osoby poddane badaniu sięgały po słodziki, syropy smakowe, kakao, czekoladę, miód, kardamon czy cynamon, w celu urozmaicenia smaku naparu. Najpowszechniejszymi powodami spożycia kawy przez respondentów okazały się jej walory smakowe (53%) oraz chęć uczucia pobudzenia i energii (42%). W swoich odpowiedziach ankietowani kierowali się także: towarzystwem (30%), pomocą w zachowaniu koncentracji i wydajności po spożyciu kawy (25%), przyzwyczajeniem (23%) oraz innymi powodami (2%). Pytani o sytuacje w jakich konsumują kawę respondenci najrzadziej sięgali po kawę w przypadku intensywnej pracy fizycznej i przed treningiem (5,5%). W kategorii inne (11,25%) podali takie powody jak niedobór snu czy sesja egzaminacyjna. 19% ankietowanych jako powód spożycia podawało niesprzyjające warunki atmosferyczne. 33% osób sięgało po kawę w przypadku intensywnej pracy umysłowej. Najczęściej (34,75%) osoby z grupy wykazywały w ankiecie, iż zazwyczaj piją tyle samo kawy, a jej spożycie nie ulega zmianie w zależności od sytuacji.

W przypadku herbaty respondenci najrzadziej sięgali po jej białą odmianę (4%), a częściej po zieloną (31%). Największą popularnością charakteryzowała się herbata czarna, którą spożywało 60% ankietowanych. Pięć procent osób udzielających odpowiedzi nie pijało herbaty w

ogóle. Osoby z grupy badanej najczęściej wypijały dwie filiżanki herbaty dziennie (30,75%), rzadziej jedną (27,5%), trzy (16,5%) bądź cztery (8,75%). Pięć i więcej filiżanek herbaty wypijało 5,5% ankietowanych.

Największy odsetek respondentów zadeklarowało konsumpcję napojów energetycznych kilka razy w roku (37,75%). Natomiast 29% spośród nich nie spożywało takich produktów. Częstotliwość spożycia była rozbieżna i tak: 10,5% zadeklarowało spożycie kilka razy w miesiącu, a 8,25% spożywało napoje energetyczne raz w miesiącu. 5,75% kilka razy w tygodniu, natomiast 6,75% raz w tygodniu. Wśród ankietowanych znalazły się także osoby (2%) które codziennie sięgały po napój energy drink. Sumaryczny wynik osób deklarujących jakąkolwiek konsumpcję niezależnie od rozbieżności częstotliwości na poziomie 71% jest nieznacznie wyższy niż popularność napojów energetycznych na poziomie 67% uzyskana w badaniach z udziałem 92 studentami z Warszawy (Kopacz i in. 2012). Najczęściej były to produkty marki: Tiger (62,75%), RedBull (53,75%), Black (50,75%) oraz Burn (40,25%). Najpowszechniejszymi powodami sięgania po napoje energetyczne wskazanymi przez ankietowanych były: wspomaganie przed egzaminem oraz w trakcie nauki (37,75%), spożycie przy zwiększonym wysiłku fizycznym (18,5%) oraz konsumpcja podczas imprezy (15,00%). Rzadziej respondenci wskazywali na konsumpcję tych produktów w trakcie wzmózonego pragnienia (10,5%) oraz w innych wypadkach (12%). Powody sięgania po napoje energetyczne pokrywają się z tymi uzyskanymi w badaniach w Warszawie, w których wspomaganie koncentracji również było najważniejsze dla ankietowanych (Kopacz i in. 2012). Zapytano także respondentów o objętość napoju po jakiej odczuwają pożądane efekty i tak: 35,75% deklaruje, iż poniżej objętości 500ml, 18% nie odczuwało żadnych efektów spożycia, 14,75% ankietowanych skuteczność odczuwało po konsumpcji 500ml do 1l. U 0,5% osób biorących udział w badaniu odczucie pożądanych efektów następowało dopiero po spożyciu powyżej 1l napoju energetycznego. Dominującym źródłem informacji dotyczących napojów energetycznych był wśród respondentów Internet (64%). Następnie telewizja (44,5%), prasa (12,25%), radio (10,5%) oraz inne źródła jak znajomi, etykiety czy rówieśnicy.

W trakcie ankiety sprawdzono także wiedzę respondentów dotyczącą kofeiny oraz jej wpływu na zdrowie. 83,5% ankietowanych nie potrafiło prawidłowo określić zawartości kofeiny w produktach będących jej źródłem. Spośród 16,5% osób które zadeklarowały wiedzę na ten temat, wyłącznie 2 osoby błędnie oszacowały zawartość tego alkaloidu w naparze. Kolejne pytanie miało sprawdzić wiedzę ankietowanych dotyczącą szkodliwości spożycia produktów będących źródłem kofeiny. 56% respondentów uważała, że substancja ta wykazuje szkodliwe działanie wyłącznie w wzmózonych ilościach. 31,5% stwierdziło, iż kofeina w małych ilościach jest nieszkodliwa. 11,75% studentów określiło ten alkaloid jako szkodliwy nawet w niewielkich ilościach. Natomiast 0,75% respondentów uważało, że kofeina jest nieszkodliwa nawet przy wzmózonej podaży.

Podjęto także próbę oszacowania spożycia kofeiny przez respondentów, pochodzącej z popularnie spożywanych produktów jak kawa, herbata oraz napoje energetyzujące. Większym spożyciem charakteryzowała się grupa kobiety niż grupa mężczyzn. Przyjmując bezpieczną dawkę na poziomie <400mg/osobę/dobę można stwierdzić, iż w badanej populacji nie został przekroczony ten poziom (Nawrot 2009). (Rys. 3).

Grupa / Źródło	Kobiety	Mężczyźni	Ogółem
Kawa	146,7	127,1	136,9
Herbata	69,1	70,4	69,7
Napoje energetyzujące	5,9	6,9	6,25
<b>SUMA [mg/os./dzień]</b>	<b>221,7</b>	<b>197,5</b>	<b>212,85</b>

**Rys. 3** Spożycie kofeiny przez kobiety i mężczyzn (źródła kofeiny kawa, herbata oraz napoje energetyczne [mg/osobę/dobę]).

#### 4. Wnioski

W wyniku przeprowadzonego badania stwierdzono, iż:

- A. Kofeina była obecna w codziennym sposobie żywienia 96,5% ankietowanych, a głównymi jej źródłami były kawa rozpuszczalna, herbata czarna oraz napoje energetyczne marki Tiger, RedBull, Black oraz Burn.
- B. Wśród respondentów kobiety częściej spożywały produkty będące źródłem kofeiny niż mężczyźni.
- C. Głównymi celami spożycia napojów zawierających kofeinę były chęć pobudzenia oraz eliminacja uczucia zmęczenia i senności.
- D. Napoje zawierające w swoim składzie kofeinę najrzadziej były konsumowane w lokalach, natomiast najczęściej w domu.
- E. Badana populacja charakteryzowała się spożyciem dziennym kofeiny na poziomie nie większym niż 400mg, stąd uznanym za bezpieczny dla zdrowia.

#### 5. Bibliografia

- Babu KM, Church RJ, Lewander W (2008) Energy drinks: The new eye-opener for Adolescents, *Clinical Pediatric Emergency Medicine* 9: 35- 42.
- Bawa S (2008) Wpływ kofeiny na zdrowie człowieka. Kawa i herbata: używka globalna cz. 2, *Bezpieczeństwo i Higiena Żywności* 12 (65): 32-35.
- Bojarowicz H, Przygoda M (2012) Kofeina. Cz. I. Powszechność stosowania kofeiny oraz jej działanie na organizm, *Problemy Higieny i Epidemiologii* 93(1): 8- 13.
- Grosso LM, Bracken MB (2005) Caffeine metabolism, genetics and perinatal outcomes: a review of exposure assessment considerations during pregnancy, *Annals of Epidemiology* 15: 460- 466.
- Harland B.F (2000) Caffeine and Nutrition 16 (7/8): 522- 526.
- Horzić D, Komes D, Belscak A, Kovacević Ganić K, Iveković D, Karlović D (2009) The composition of polyphenols and methylxanthines in teas and herbal infusions, *Food Chemistry* 115: 441- 448.
- Jarosz M, Wierzejska R, Mojska H, Świdarska K, Siuba M (2009) Zawartość kofeiny w produktach spożywczych, *Bromatologia i Chemia Toksykologiczna XLII* (3): 776-781.
- Kopacz A, Wawrzyniak A, Hamułka J, Górnicka M (2012) Badania uwarunkowań spożywania napojów energetyzujących przez studentów, *Rocznik Państwowego Zakładu Higieny* 63 (4): 491- 497.
- Makarewicz-Wujec M, Kozłowska-Wojciechowska M (2000) Żyjmy dłużej. Napoje energetyzujące, *Medipress Publishing* 6: 42-43.
- Malinauskas B M, Aeby VG, Overton RF, Carpenter-Aeby T, Barber-Heidal K (2007) A survey of energy drink consumption patterns among college students, *Nutrition Journal* 6: 35.
- Nawrot P, Jordan S, Eastwood J, Rotstein J, Hugenholtz A, Feeley M (2003) Effects of caffeine on human health, *Food Additives & Contamination* 20/1: 1- 30.
- Schmidt B, Roberts R.S, Davis P, Doyle LW, Barrington KJ, Ohlsson A, Solimano A, Tin W (2007) Long-term effects of caffeine therapy for apnea of prematurity, *The New England Journal of Medicine* 8 (357): 1893-1901.
- Stoś K, Bogusz-Kaliś W (2008) Rodzaje suplementów diety. W: *Suplementy diety a zdrowie* pod red. M. Jarosza PZWL 15-22.
- Wierzbicka E, Gałkowska K, Brzozowska A (2010) Ocena spożycia kofeiny z całodzienną racją pokarmową w wybranej grupie dorosłych kobiet, *Problemy Higieny i Epidemiologii* 91 (4): 564- 571.
- Wierzejska R (2012) Kofeina- powszechny składnik diety i jej wpływ na zdrowie. *Rocznik Państwowego Zakładu Higieny* 63 Nr 2 141-147.
- Zawadzka-Ben Dor R (2007) Kofeina - rachunek szans i rozczarowań, *Przegląd Piekarski i Cukierniczy* 11 102-103.

## 10. Produkty uboczne pochodzące z przemysłu spożywczego jako potencjalne dodatki wzbogacające do żywności ekstrudowanej

By-products from the food industry as potential enrichment additives for extruded food

Katarzyna Lisiecka<sup>(1)</sup>, Agnieszka Wójtowicz<sup>(1)</sup>, Kamila Kasprzak<sup>(2)</sup>

<sup>(1)</sup>Katedra Techniki Ciepłej i Inżynierii Procesowej, Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie

<sup>(2)</sup>Katedra Chemii, Uniwersytet Medyczny w Lublinie

Opiekun naukowy: dr hab. Agnieszka Wójtowicz

Katarzyna Lisiecka: katarzyna.zelizko@gmail.com

Słowa kluczowe: kawa, siemię lniane, ekstruzja, ekstrudaty

### Streszczenie

Przemysł spożywczy generuje znaczne ilości produktów ubocznych, część z nich jest lub może zostać ponownie zagospodarowana. Przykładem takiego zarządzania może być wykorzystanie np. łuski kawowej, która powstaje w wyniku prażenia ziaren kawy czy makuchów lnianych uzyskiwanych podczas wyłaczania oleju z siemienia lnianego do wytwarzania żywności wzbogaconej. W literaturze można odnaleźć wiele informacji, które donoszą, iż wspomniane produkty uboczne mogą zawierać cenne składniki, takie same jak te występujące w ich pierwotnych postaciach. Proces obróbki technologicznej, jakim jest ekstruzja, wydaje się być jedną z najmniej inwazyjnych metod przetwarzania ciśnieniowo-termicznego, i może być wykorzystany do zagospodarowania tego rodzaju surowców do wyrobu nowych produktów. Poniższa praca zawiera charakterystykę wybranych produktów ubocznych, które mogą stanowić potencjalne dodatki w recepturach żywności ekstrudowanej.

### 1. Wstęp

Przystąpienie do związku polityczno-gospodarczego, jakim jest Unia Europejska, narzuciło Polsce szereg działań korygujących w różnych sektorach państwowych. Znaczne zmiany objęły działania przedsiębiorstw, zarówno produkcyjnych, jak i przetwórczych z sektora spożywczego. Zwiększono wymagania jakościowe oraz zwrócono uwagę na aspekty ochrony środowiska, dlatego też dokonano m. in. próby rozpoznania problematyki gospodarki odpadami w przemyśle spożywczym. Całkowita identyfikacja zagadnienia okazała się być bardzo problematyczna, gdyż w Polsce przeważają małe i średnie jednostki produkcyjne. Prowadzone w nich ewidencje odpadów nie są wystarczająco dokładne, tak więc oszacowanie ich ilości jest znacznie utrudnione. Ogólna charakterystyka pokazuje, iż większość odpadów z sektora rolno-spożywczego zostaje ponownie zagospodarowana (Białecka 2008). Przykładem takiego produktu ubocznego, który może być użyty do dalszej produkcji jest łuska kawowa, która może stanowić wartościowy dodatek bogaty w węglowodany, białko, związki organiczne, np. hemicelulozy, celulozy, ligniny i pektyny, azot i potas (Al-Yousef i Amina 2018). Innym potencjalnym cennym surowcem wzbogacającym, powstałym w wyniku działalności sektora spożywczego, są wyłoki z siemienia lnianego. Te pozostałości po procesie tłoczenia oleju z ziaren siemienia lnianego posiadają cenne składniki odżywcze, tj. lipidy, białka, błonnik rozpuszczalny czy ligniny (Gutiérrez i in. 2010).

### 2. Opis zagadnienia

W XXI wieku konsument i jego potrzeby kreują trendy na nowe produkty w sektorze przetwórstwa spożywczego. Wiedza na temat upodobań osób nabywających produkty jest niezbędna producentom, którzy muszą liczyć się z tym, iż produkt niezadowolony przez odbiorców będzie musiał zniknąć ze sklepowych półek. Strategia obejmująca zaprojektowanie asortymentu interesującego z punktu widzenia współczesnego konsumenta musi zawierać kilka kluczowych



elementów. Oczekuje się przede wszystkim żywności, która będzie wyprodukowana w sposób bezpieczny, z zachowaniem najwyższych walorów sensorycznych, przy czym powinna charakteryzować się również właściwościami prozdrowotnymi i jednocześnie wymaga się od niej wygody w użyciu. Standardy żywieniowe i akceptacja konsumentów dają możliwość rozpowszechniania poprawnego stylu życia, który jest powiązany bezpośrednio ze zdrową i zrównoważoną dietą (Babicz-Zielińska 2010).

Przykładem procesu, który umożliwia uzyskanie wysokiej jakości asortymentu spożywczego oraz wykorzystuje szeroką gamę dodatków będących produktami ubocznymi przemysłu spożywczego jest ekstruzja. Ten rodzaj obróbki HTST (ang. high temperature-short time) umożliwia uzyskanie szerokiej gamy produktów przeznaczonych zarówno dla ludzi, jak i dla zwierząt (Wójtowicz i in. 2018). Do najpopularniejszych produktów uzyskiwanych z wykorzystaniem ekstruzji zaliczyć można się chrupki przeznaczone do bezpośredniego spożycia, galanterię śniadaniową i cukierniczą, teksturaty białkowe, pieczywo chrupkie czy makarony instant (Moscicki 2011). Działanie wysokiej temperatury oraz obróbka mechaniczna w czasie trwania procesu ekstruzji może doprowadzić do skleikowania skrobi, denaturacji białek, enzymów, mikroorganizmów i inaktywacji antyżywnościowych składników. Jednocześnie jest to sposób przetwarzania, który charakteryzuje się wysoką wydajnością, niskim zużyciem energii elektrycznej, jest relatywnie tani, a co najważniejsze pozwala na modelowanie właściwości produktu finalnego. W literaturze istnieje wiele doniesień na temat zastosowania procesu ekstruzji jako metody na wzbogacanie żywności w związki odżywcze i prozdrowotne (Oniszczuk i in. 2017; Wójtowicz i in. 2018).

### **3. Przegląd literatury**

Na całym świecie zidentyfikowano ponad 80 gatunków kawy. Jednakże tylko dwie odmiany są ważne z punktu widzenia ekonomicznego. Do przedstawicieli najbardziej pożądaných gatunków należą kawa Arabica (*Coffea arabica*) oraz kawa Canephora (*Coffea canephora*), która znana jest również pod nazwą handlową Robusta. Przy czym to kawa Arabica stanowi 70% rynku kawowego. Istnieją dwa warianty produkcji najpopularniejszej kawy na świecie. Pierwszym z nich jest produkcja kawy na sucho. Jest to metoda prosta i najczęściej używana na wschodzie Afryki. Polega na zebraniu ziaren kawy i rozrzuconiu ich na maty, na których suszą się przez okres kilku tygodni. Po pewnym czasie za pomocą łuszcarki dochodzi do oddzielenia pożądaných ziaren od pozostałych zbędnych warstw. Metoda ta wymaga jednak długiego czasu i większego nakładu pracy ludzkiej. Drugą metodą przetwarzania jest tzw. metoda mokra, która umożliwia uzyskanie produktu w krótszym czasie, lecz jest droższa w porównaniu do metody suchej. Przetwarzanie na mokro jest najbardziej rozpowszechnione w Ameryce Łacińskiej i obejmuje więcej etapów. Ziarna oddziela się mechanicznie, po czym moczy się je w wodzie przez dobę i poddaje fermentacji. Proces ten kończy się starannym czyszczeniem i wysuszeniem ziaren. Popularność kawy wynika z jej walorów smakowych i korzyści zdrowotnych związanych z jej konsumpcją. Najważniejszymi składnikami przyczyniającymi się do charakterystyki prozdrowotnej kawy są kofeina i polifenole (Ndayambaje i in. 2018). Ponadto, badania statystyczne pokazują, iż kawa jest drugim najczęściej kupowanym produktem na świecie. Jednakże w wyniku jej przetwarzania dochodzi do wygenerowania dużej ilości produktów ubocznych (Murthy i Naidu 2012), gdyż owoc ziarna kawy otoczony jest wieloma warstwami okrywy. Najbardziej zewnętrzną powłokę stanowi epikarp, będący twardą skórką otaczającą delikatną warstwę miąższu. Kolejne warstwy to powierzchnia pektynowa, endokarp oraz łuska, która bezpośrednio przylega do ziaren owocu kawowca (Głowacka i in. 2018). Łuska kawowa powstająca w wyniku prażenia ziaren kawy jest przykładem jednego z wielu produktów ubocznych. Posiada ona wysoką zawartość rozpuszczalnego błonnika pokarmowego. Jednocześnie odznacza się właściwościami przeciwutleniającymi, które związane są nie tylko z występowaniem związków fenolowych w uzyskanej łusce, ale także z obecnością m.in. melanoidyny i innych związków powstałych w wyniku reakcji Maillarda (podczas procesu prażenia) (Murthy i Naidu 2012). Związki powstałe w wyniku reakcji brązowienia nieenzymatycznego - melanoidy stanowią nową grupę potencjalnych przeciwutleniaczy. Z chemicznego punktu widzenia są to polimery o dużej masie cząsteczkowej z ubarwieniem brązowym. Wpływają istotnie na smak, zapach oraz barwę produktów, w których występują. Związki z tej grupy systematycznej wykazują działanie nie tylko

przeciwutleniające, ale także antymutagenne. Ponadto, mogą również wpływać na obniżenie poziomu cholesterolu lub stymulację wzrostu bakterii jelitowych. Istnieją również doniesienia naukowe, które świadczą o słuszności zastosowania tych związków przy terapii antybiotykowej przeciwko bakterii gram-ujemnej *Helicobacter pylori* (Michalska i Zieliński 2007). Innymi wartościowymi związkami, znajdującymi się w strukturach łuski kawowej, są m.in. kwasy chlorogenowe, kwas protokatechowy i galusowy oraz flawonoidy. Wśród kwasów chlorogenowych na największą uwagę zasługuje kwas kawoilochinowy (3-CQA), któremu przypisuje się właściwości przeciwbakteryjne, przeciwwirusowe czy antyancerogenne. Podobne właściwości przypisywane są kwasom protokatechowemu i galusowemu. Oba wymienione związki charakteryzują się aktywnościami przeciwdrobnoustrojowymi, przeciwzapalnymi i właściwościami cytotoksycznymi oraz ochronnymi dla układu nerwowego. Flawonoidy wywierają szereg pozytywnych efektów, do których należy m.in. korzystny wpływ na podstawowe funkcje komórek, czy też ograniczenie uszkodzeń makromolekuł (Głowacka i in. 2018). W łusce kawy, oprócz związków fenolowych, występuje również kofeina (1,3,7-trimetyloksantyna). Jest ona organicznym związkiem chemicznym, alkaloidem, który występuje m.in. w kawie, kakao, herbacie czy owocach guarany. Powszechnie dodaje się ten związek do napojów gazowanych lub napojów energetyzujących. Ponadto, kofeina jest najbardziej rozpowszechnioną metyloksantyną obecną w diecie (Sánchez-Sellero i in. 2018). Związek ten wpływa na poprawę wydajności ludzkiego ciała, ponieważ działa jak środek pobudzający dla mięśnia sercowego, wydzielin żołądkowych, diurezy, ośrodka układu nerwowego oraz układu oddechowego. Ze względu na wymienione właściwości kofeina w zwiększonej ilości spożywana jest głównie przez sportowców, którzy za jej pomocą chcą poprawić swoją wydolność fizyczną, a także umysłową. Kofeina jest na ogół bezpieczna, gdy jest spożywana w umiarkowanej ilości. Wysoka zawartość kofeiny jest szczególnie niebezpieczna dla kobiet w ciąży, gdyż grozi urodzeniem potomstwa o niskiej wadze urodzeniowej. Przedawkowanie kofeiny może objawiać się pod postacią drżenia, lęku, bezsenności, osłabienia, kołatania serca, zaburzeń ze strony przewodzenia pokarmowego, czy podwyższonego poziomu ciśnienia krwi. Natomiast spożycie kofeiny powyżej 200 mg w ciągu doby może prowadzić do śmierci, ponieważ taka ilość jest uważana za toksyczną (Furtado i in. 2019).

Len (*Linum usitatissimum* L.) uprawiany jest głównie dla włókien oraz nasion (siemienia lnianego), które można z niego pozyskać. Pochodne lnu mają zastosowanie w przemyśle tekstylnym, farmaceutycznym, spożywczym oraz lakierniczym. Optymalny poziom pH dla uprawy lnu wynosi około 5,0–5,5. Niezachowanie optymalnych warunków może skutkować otrzymaniem lnu o niższej jakości oraz mniej wydajnego plonu z uprawianego pola (Dmitriev i in. 2019). Siemię lniane to nasiona lnu zawierające olej, który po rafinacji nadaje się do celów spożywczych. Obecnie len uprawiany jest w pięćdziesięciu krajach na świecie. Jednakże większość upraw znajduje się na półkuli północnej. Największym producentem oraz eksporterem siemienia lnianego jest Kanada. Do krajów przodujących w produkcji nasion lnu należą również Indie, Chiny, Stany Zjednoczone oraz Etiopia. Siemię lniane cieszy się dobrym statusem wśród nasion oleistych ze względu na swoje wszechstronne zastosowanie. Jest niezwykle cenne pod względem odżywczym, gdyż zawiera wysoką zawartość kwasu alfa-linolenowego (ALA), błonnika pokarmowego, a także wysokiej jakości białka i fitoestrogeny. W związku z tym siemię lniane jest przedmiotem rosnącego zainteresowania dietetyków i badaczy ze względu na jego potencjalne korzyści zdrowotne związane z zawartości biologicznie czynnych składników (Kajla i in. 2014). Siemię lniane uprawia się przede wszystkim w celu pozyskania oleju jadalnego (Mannucci i in. 2019). Uzyskany olej lniany jest bogatym źródłem niezbędnych kwasów tłuszczowych np. kwasu alfa-linolenowego (w ilości 50–60%), witaminy E (poziom tokoferolu waha się od 20 do 70 mg na każde 100 g oleju) oraz witaminy A, a zatem stanowi ważny składnik funkcjonalnych produktów spożywczych. Jednak wielonienasycone kwasy tłuszczowe obecne w oleju lnianym są wysoce podatne na utlenianie i mogą tworzyć aktywne wolne rodniki, które w obecności ciepła, światła, reaktywnych form tlenu, jonów metali itp., przekształcają się w wodoronadtlenki i wtórne produkty utleniania, takie jak aldehydy, ketony i inne polimery o wysokiej masie cząsteczkowej. Obecność takich produktów utleniania może zmienić właściwości fizykochemiczne olejów i skrócić czas przydatności do spożycia, wartość odżywczą, teksturę, wygląd i smak. Dlatego konieczne jest utrzymanie poprawnej stabilności oksydacyjnej olejów lnianych w zakresie przetwarzania oraz przechowywania. Dodatkowo, podczas jego produkcji generowane są

znaczne ilości produktów ubocznych, jakimi są makuchy lniane (Mohanani i in. 2018). Uzyskane wyciągi z nasion lnu zawierają białka i nutraceutyki, dlatego można je aplikować jako wartościowy dodatek do żywności czy pasz przeznaczonych dla zwierząt. W literaturze można odnaleźć informacje, iż makuchy pochodzące z tłoczenia oleju na zimno nadają się do wzbogacania paszy dla koni, gdyż są wtedy łatwiej strawne dla zwierzęcia w porównaniu z ziarnami siemienia lnianego. Ponadto, istnieją liczne rozważania badaczy, które donoszą, iż stosowanie produktu ubocznego z nasion lnu w paszach może w konsekwencji doprowadzić również do otrzymania produktów pochodzenia zwierzęcego o znacznie podwyższonej jakości (Mannucci i in. 2019). Wyciągi z siemienia lnianego stanowią potencjalne źródło lipidów, białek, rozpuszczalnego błonnika oraz lignanów (Gutiérrez i in. 2010). Głównym przedstawicielem wśród lignanów w siemieniu lnianym jest diglukozyd sekoizolaricirezinolu. Związkowi temu przypisuje się szereg korzyści zdrowotnych, m.in. działanie ochronne przed chorobami układu krążenia, cukrzycą, nowotworami i stresem psychicznym. Ponadto, spożyty diglukozyd sekoizolaricirezinolu pod wpływem działania enzymów mikroflory jelitowej przekształca się w enterodiol i enterolakton. Związki te potocznie nazywa się ludzkimi (ssaczymi) lignanami (Kezimana i in. 2018), które wykazują podobieństwo strukturalne do estradiolu oraz estrogenu, dlatego też należą do rodziny fitoestrogenów. Badania epidemiologiczne sugerują możliwe prewencyjne działanie enterolaktonu i enterodiolu wobec niektórych nowotworów, chorób sercowo-naczyniowych i osteoporozy. Doświadczenia wykonywane na zwierzętach karmionych pokarmami bogatymi w lignany roślinne oraz badania *in vitro* wykazały działanie ochronne wobec raka przewodu pokarmowego (Jansen i in. 2005). Kilku badaczy ustaliło jednak, iż w produktach powstałych z obróbki nasion lnu można również wyodrębnić związki o działaniu negatywnym, np. cyjanogenne glukozydy (Mannucci i in. 2019). W literaturze istnieją doniesienia, które wykazują korelacje pomiędzy podwyższoną zawartością cyjanku w diecie a występowaniem chorób tj. konzo, „fried leg”, tropikalna neuropatia ataksyjna, powiększenie tarczycy oraz kretynizm (Tokpohozin i in. 2016). Jednakże, według najnowszych badań, przechowywanie produktów wytworzonych z siemienia lnianego w niskich temperaturach powoduje zmniejszenie zawartości tych związków, co zapobiega ich ewentualnej toksyczności (Mannucci i in. 2019).

#### **4. Podsumowanie**

Opis wybranych produktów ubocznych pochodzących z przetwórstwa spożywczego ukazał podstawowe informacje związane z pozyskiwaniem i właściwościami łuski kawowej oraz wyciągów z siemienia lnianego. Przedstawione charakterystyki dotyczą charakterystyki substancji zawartych w tych produktach. Zwrócono również uwagę na konieczność zapewnienia prawidłowych warunków przechowywania, które odpowiadają za utrzymanie jakości produktów ubocznych w późniejszym okresie. Wykazano, że możliwe jest wykorzystanie łuski kawowej oraz makuchów lnianych jako dodatków do fortyfikowania żywności w celu wzbogacenia asortymentu wyrobów ekstrudowanych w związki prozdrowotne. Jednakże, na uwadze należy mieć fakt, iż wymagane jest empiryczne podejście w celu zaproponowania odpowiedniej technologii produkcji danego wyrobu spożywczego z uwzględnieniem wszystkich parametrów procesowych. Badawcze podejście do tematu może pozwolić na uzyskanie finalnego produktu, który będzie posiadał korzystne właściwości prozdrowotne wprowadzone od zastosowanych dodatków w jak największej ilości.

#### **5. Literatura**

- Al-Yousef HM, Amina M (2018) Essential oil of Coffee arabica L. husks: a brilliant source of antimicrobial and antioxidant agents. *Biomedical Research* 29(1): 174-180.
- Babicz-Zielińska E (2010) Postawy konsumentów wobec nowej żywności. *Zeszyty naukowe akademii morskiej w Gdyni* 65: 16-22.
- Białecka B (2008) Gospodarka odpadami z przemysłu rolno-spożywczego w województwie śląskim. *Problemy Ekologii* 12(1): 28-32.
- Dmitriev AA, Krasnov GS, Rozhmina TA i in. (2019) Flax (*Linum usitatissimum* L.) response to non-optimal soil acidity and zinc deficiency. *BMC Plant Biology* 19(1): 54.

- Furtado AL, Gonçalves MCO, Inocencio CVM i in. (2019) Electrodeposition of 4-benzenesulfonic acid onto a graphite-epoxy composite electrode for the enhanced voltammetric determination of caffeine in beverages. *Journal of Analytical Methods in Chemistry* 2019: 1-11.
- Głowacka R, Górska A, Wirkowska-Wojdyła M (2018) Kawowa łuska srebrzysta – nowa, naturalna alternatywa pozyskiwania wybranych związków bioaktywnych. *Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych* 592: 15-25.
- Gutiérrez C, Rubilar M, Jara C i in. (2010) Flaxseed and flaxseed cake as a source of compounds for food industry. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition* 10(4): 454-463.
- Jansen GHE, Arts ICW, Nielen MWF i in. (2005) Uptake and metabolism of enterolactone and enterodiol by human colon epithelial cells. *Archives of Biochemistry and Biophysics* 435(1): 74-82.
- Kajla P, Sharma A, Sood DR (2014) Flaxseed—a potential functional food source. *Journal of Food Science and Technology* 52(4): 1857-1871.
- Kezimana P, Dmitriev AA, Kudryavtseva A i in. (2018) Secoisolariciresinol diglucoside of flaxseed and its metabolites: biosynthesis and potential for nutraceuticals. *Frontiers in Genetics* 9: 641.
- Mannucci A, Castagna A, Santin M i in. (2019) Quality of flaxseed oil cake under different storage conditions. *LWT - Food Science and Technology* 104: 84-90.
- Michalska A, Zieliński H (2007) Produkty reakcji Maillarda w żywności. *ŻYWNOSĆ. Nauka. Technologia. Jakość* 2(51): 5-16.
- Mohanan A, Nickerson MT, Ghosh S (2018) Oxidative stability of flaxseed oil: Effect of hydrophilic, hydrophobic and intermediate polarity antioxidants. *Food Chemistry* 266: 524-533.
- Moscicki L (2011) Extrusion-cooking techniques. Applications, Theory and Sustainability. WILEY-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, Weinheim, Germany.
- Murthy PS, Naidu MM (2012) Sustainable management of coffee industry by-products and value addition- A review. *Resources, Conservation and Recycling* 66: 45-58.
- Ndayambaje JB, Nsabimana A, Dushime S i in. (2018) Microbial identification of potato taste defect from coffee beans. *Food Science & Nutrition* 7: 287–292.
- Oniszczyk A, Olech M, Oniszczyk T i in. (2017) Extraction methods, LC-ESI-MS/MS analysis of phenolic compounds and antiradical properties of functional food enriched with elderberry flowers or fruits. *Arabian Journal of Chemistry* doi:10.1016/j.arabjc.2016.09.003.
- Sánchez-Sellero I, San-Román-Rodríguez E, Santos-Pérez S i in. (2018) Caffeine intake and Menière's disease: Is there relationship?. *Nutritional Neuroscience* 21(9): 624-631.
- Tokpohozin SE, Fischer S, Sacher B i in. (2016)  $\beta$ -d-Glucosidase as “key enzyme” for sorghum cyanogenic glucoside (dhurrin) removal and beer bioflavouring. *Food and Chemical Toxicology* 97: 217-223.
- Wójtowicz A, Zalewska-Korona M, Jabłońska-Ryś E i in. (2018) Chemical characteristics and physical properties of functional snacks enriched with powdered tomato. *Polish Journal of Food and Nutrition Sciences* 68(3): 251-261.

## **11. Alternatywne metody ekspandowania pelletów przekąskowych**

Alternative methods for snack pellets expansion

Katarzyna Lisiecka<sup>(1)</sup>, Anna Rodzeń<sup>(2)</sup>, Sybilla Kłapsia<sup>(3)</sup>

<sup>(1)</sup>Katedra Techniki Ciepłej i Inżynierii Procesowej, Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie

<sup>(2)</sup>Katedra Energetyki i Środków Transportu, Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie

<sup>(3)</sup>Katedra Biologicznych Podstaw Technologii Żywności i Pasz, Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie

Opiekun naukowy: dr hab. Agnieszka Wójtowicz

Katarzyna Lisiecka: katarzyna.zelizko@gmail.com

Słowa kluczowe: przekąski, ekstruzja, mikrofała

### **Streszczenie**

Rynek przekąsek na całym świecie oferuje szereg słonych oraz słodkich produktów, które są dostępne bez ograniczeń na sklepowych półkach. Ich spożycie stale wzrasta, co powoduje, iż ten rodzaj produktów od pewnego czasu stanowi jeden z posiłków spożywanych w ciągu dnia. Jednak niektóre cechy dostępnych przekąsek nie dla wszystkich konsumentów są zadowalające, dlatego coraz więcej producenci wprowadzają modyfikacje istniejących wyrobów lub wprowadzają nowe produkty oparte na nowych recepturach. Kierunek takich działań zakłada produkcję produktów zdrowszych a niekiedy o właściwościach typowo prozdrowotnych, co wynika głównie z trendów żywieniowych. Jednakże zdrowsza wersja produktu nie musi koniecznie zawierać dodatkowego składnika prozdrowotnego. Niekiedy, tj. w przypadku pelletów przekąskowych uzyskiwanych na drodze ekstruzji, do uzyskania zdrowszej przekąski wystarczy wybór alternatywnej metody ekspandowania, która ogranicza ilość tłuszczu w produkcie.

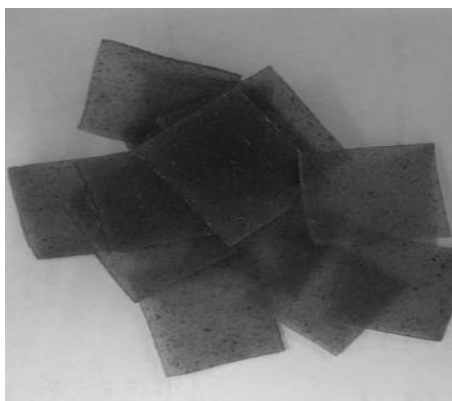
### **1. Wstęp**

Obecny styl życia, który charakteryzuje się ograniczonym czasem wolnym i wydłużonymi godzinami pracy, sprawił, że konsumenci zaczęli spożywać produkty gotowe do bezpośredniego spożycia. Dzieci na całym świecie są przyzwyczajane do spożywania przekąsek w ciągu dnia. Przemysł spożywczy wychodzi naprzeciw potrzebom konsumentów i stale zwiększa ilość oferowanych wyrobów gotowych do bezpośredniej konsumpcji, nie wymagających skomplikowanej obróbki kulinarnej. Wśród najpopularniejszych procesów, które pozwalają otrzymać tego rodzaju asortyment, na szczególną uwagę zasługuje ekstruzja. Ten rodzaj procesu należy do technologii HTST (ang. high temperature-short time), gdzie podczas obróbki ciśnieniowo-termicznej w ekstruderze dochodzi do mieszania, gotowania i formowania produktów o unikatowych cechach (Bisharat i in. 2013). Obecnie w większości krajów odnotowuje się stale wzrastającą konsumpcję produktów przekąskowych, co czyni ten asortyment nieodłącznym elementem codziennej diety. W związku z tym wartość energetyczna oraz odżywcza tych produktów powinny spełniać ściśle określone wymagania. W praktyce przemysłowej stosuje się zabiegi wzbogacania przekąsek w pełnowartościowe składniki funkcjonalne, białka i błonnik, jak również w substancje o właściwościach antyoksydacyjnych. Wśród słonych przekąsek najpopularniejszą grupę stanowią chipsy ziemniaczane oraz ekstrudaty przeznaczone do bezpośredniego spożycia (chrupki) lub pellety, które stanowią półprodukt przeznaczony do dodatkowej obróbki w celu uzyskania wyrobów ekspandowanych (Pęksa i in. 2010). Produkty ekstrudowane są powszechnie spożywane na całym świecie. Płatki śniadaniowe oraz przekąski produkowane metodą ekstruzji są ważną częścią diety, szczególnie dla najmłodszych konsumentów. Zbożowe produkty śniadaniowe spożywane regularnie sprzyjają utrzymaniu prawidłowej masy ciała, a także minimalizują ryzyko nadwagi oraz otyłości. Surowcami zwykle używanymi do produkcji przekąsek są ziarna zbóż. Nie zawierają one jednak pewnych niezbędnych składników odżywczych, takich jak witamina A, D i B<sub>12</sub> czy pierwiastków tj. wapń, żelazo i cynk. W związku z tym pełnowartościowe przekąski mogą być przygotowywane

poprzez włączenie do ich składu wielu wartościowych składników, stosunkowo tanich, takich jak owoce, warzywa i ekstrakty roślinne (Bhat i in. 2019). Obok tego rodzaju przekąsek powodzeniem cieszą się również prażone orzeszki oraz wyroby piekarnicze występujące pod postacią paluszków lub precelków (Niżniowska i Mościcki 2004).

## 2. Opis zagadnienia

Przekąski powstałe na drodze puffingu oraz ekstruzji są obecnie bardzo popularne, ze względu na szeroką gamę produktów, które są powszechnie dostępne dla konsumentów. Asortyment przekąsek obejmuje wyroby tradycyjne, kategorii wyrobów prozdrowotnych, a także takich, które są przeznaczone dla ściśle określonej grupy konsumentów (np. przekąski bezglutenowe) (Parker 2018). Wśród produktów ekstrudowanych na szczególną uwagę zasługują pellety (rys 1.), które stanowią półprodukt przeznaczony do dalszej obróbki termicznej celem uzyskania finalnego wyrobu przeznaczonego do bezpośredniego spożycia (Gałka 2005).



**Rys. 1.** Pellety przekąskowe wytworzone metodą ekstruzji.

Głównymi składnikami, które są stosowane do produkcji wyrobu pośredniego (pelletu) są surowce zbożowe bądź ziemniaczane (Wroniak i in. 2016). Przekąski ekstrudowane charakteryzują się rozdętą strukturą i chrupką teksturą. Te właściwości tekstualne osiąga się na ogół przez zastosowanie surowców skrobiowych pełniących rolę strukturotwórczą (Philipp i in. 2017). Produkcja pelletów zbliżona jest do produkcji płatków śniadaniowych. Jednakże etap krojenia produktu wraz z suszeniem przypomina bardziej metody stosowane podczas produkcji makaronów (Gałka 2005). Podział pelletów, w zależności od urządzeń zestawionych w linię produkcyjną, dzieli je na różne typy. Najpopularniejsze są formy krótkie, które są odcinane bezpośrednio przy głowicy urządzenia formującego. Ten rodzaj pelletów wymaga wyposażenia linii produkcyjnej w mieszalnik, ekstruder, former, podsuszacz i suszarnię. Drugi rodzaj pelletów stanowią wyroby wyrzynane z taśmy ciasta, zaliczają się do nich półprodukty laminowane, perforowane czy trójwymiarowe. Pellety laminowane wytwarzane są z dwóch lub więcej taśm ciasta, które uprzednio poddaje się walcowaniu, dzięki czemu uzyskane pellety mają równomierny kształt oraz grubość. Podstawowa linia technologiczna do produkcji tego rodzaju produktów składa się z mieszalnika, formera, walca laminującego, krajalnicy bądź wyrzynarki, podsuszacza oraz suszarki (Mościcki i in. 2007). W przedstawionym podziale to pellety przestrzenne stanowią najbardziej skomplikowaną odmianę omawianych półproduktów. Swym wyglądem przypominają poduszeczki lub rożki. W przemyśle spożywczym do wyprodukowania tego rodzaju półproduktów przeznaczonych na przekąski niezbędny jest ekstruder, który wytwarza wstęgi ciasta. A następnie podaje się je do wyrzynarko-obcinarzek, gdzie są wycinane i zlepiane wzdłuż brzegów w różnorodne kształty pelletów przestrzennych. Typowa linia produkcyjna dla tego typu pelletów zawiera mieszalnik, ekstruder, schładzacz, wyrzynarko-obcinarzkę oraz system suszenia stopniowego (Niżniowska i Mościcki 2004). W celu uzyskania trwałego pelletu o szklistej strukturze należy wyłaczać produkty przez matrycę przy niskim ciśnieniu tak, aby uniknąć niepożądanego ekspansji. Wysuszenie półproduktu do poziomu wilgotności 10-13% umożliwia stabilne przechowywanie bez chłodzenia, co ułatwia transport i wpływa na długi okres przydatności produktu. Natomiast uzyskanie finalnego ekspandowanego

produktu możliwe jest dzięki różnym zabiegom, wśród nich wyróżnić można rozprężanie przez smażenie zanurzeniowe w rozgrzanym oleju, ogrzewanie mikrofalowe, pod wpływem gorącego powietrza lub gwałtownej różnicy ciśnień (Gutiérrez-Cano i in. 2018).

## 2. Przegląd literatury

Ekspandowanie pelletów poprzez smażenie jest najpopularniejszą metodą otrzymywania przekąsek. Jednakże produkt końcowy (rys. 2) może zawierać nawet do 38% tłuszczu w składzie, co wpływa negatywnie na wartość odżywczą przekąsek smażonych. Zmiany we frakcji tłuszczowej odgrywają kluczową rolę w stabilności przechowalniczej takich snacków, które wymagają dodatkowej ochrony podczas przechowywania, np. pakowania w atmosferze modyfikowanej (Nemš i Pęksa 2018). Zmiany obserwowane w tłuszczu pochłoniętym przez usmażone pellety podczas magazynowania nazywane są jęlczeniem indukowanym. Proces ten jest wywoływany głównie przez hydrolizę oraz utlenianie tłuszczu. Konwersja hydrolityczna przebiega zazwyczaj ze stałą szybkością przez cały okres przechowywania. Natomiast tempo zmian oksydacyjnych zależy od rodzaju tłuszczu użytego do smażenia, a szczególnie od stopnia nasycenia (Nemš i Pęksa 2018). Utlenianie lipidów jest główną przyczyną pogorszenia jakości produktów spożywczych. Proces ten może zachodzić zarówno z udziałem trójglicerydów (lipidów neutralnych), jak i fosfolipidów (lipidów polarnych) znajdujących się w produktach. Utlenianie w aspekcie przechowywania jest poważnym problemem, który wymaga wciąż empirycznego podejścia w celu opracowania optymalnych parametrów. Zmiany oksydacyjne mogą powodować utratę charakterystycznego smaku, koloru, obniżyć wartość związków odżywczych w produkcie oraz mogą prowadzić do tworzenia toksycznych związków. Utlenianie zachodzi za pomocą kilku mechanizmów molekularnych, w wyniku których dochodzi do utworzenia reaktywnych prekursorów tlenu i wolnych rodników (Ahmed i in. 2016). Należy wspomnieć również, iż promienie słoneczne przyczyniają się do utleniania tłuszczu, dlatego należy chronić produkty przed kontaktem ze światłem (Nemš i Pęksa 2018). Przy czym zmiany oksydacyjne można zmniejszać poprzez używanie przeciwutleniaczy oraz czynników chelatujących jako inhibitorów utleniania lipidów (Ahmed i in. 2016). Obecnie wzrasta zainteresowanie właściwościami przeciwutleniającymi ziół i ekstraktów ziołowych, zarówno w sektorze produkcyjnym, jak i w instytucjach zajmujących się badaniami naukowymi, ze względu na ich właściwości antyoksydacyjne, które mogą spowalniać bądź eliminować przemiany oksydacyjne tłuszczów podczas przechowywania. Ich aktywność przeciwutleniająca jest wynikiem występowania wielu substancji, w tym niektórych witamin, flawonoidów, terpenoidów, karotenoidów, fitoestrogenów czy innych związków, które dodane do produktów lub do oleju podczas smażenia mogą wpływać na poprawę trwałości przechowalniczej produktów smażonych (Suhaj 2006).



**Rys. 2.** Snacki ziemniaczane powstałe po wysmażeniu pelletów w tłuszczu roślinnym.

W porównaniu z klasycznymi metodami termicznymi ekspandowanie pelletów przekąskowych za pomocą mikrofal (rys. 3) uważane jest za metodę bardziej wydajną, szybszą oraz eliminującą potrzebę stosowania tłuszczu. Niemniej jednak, ekspandowanie pelletów w domowej kuchence mikrofalowej jest bardziej skomplikowanym procesem niż tradycyjne smażenie (Gutiérrez-

Cano i in. 2018). Powszechnie występującymi problemami podczas ekspandowania mikrofalowego pelletów w warunkach domowych mogą być zbyt duża ilość jednocześnie ekspandowanych pelletów, nieprawidłowe ekspandowanie lub jego brak, przypalenie czy brak charakterystycznego dźwięku informującego o zakończeniu operacji rozprężania struktury. W domowych kuchenkach mikrofalowych występuje silna nierównomierność pola elektromagnetycznego. W związku z tym niektóre pellety otrzymują niewystarczającą moc mikrofal, aby się rozprężyć, równocześnie tracą wilgoć z powodu odparowania wody.



**Rys. 3.** Snacki ziemniaczane wyekspandowane przy użyciu mikrofal.

Podobne problemy pojawiały się również w przypadku popcornu przeznaczanego do ekspandowania mikrofalowego w okresie wprowadzania produktu na rynek, ale zostały one racjonalnie rozwiązane, m.in. przez zastosowanie susceptorów w opakowaniach. Ten etap rozwoju produktu nie został jeszcze osiągnięty w przypadku pelletów skrobiowych, które nadal nie są tak popularne w porównaniu z popcornem. Różnica pomiędzy popcornem a pelletami skrobiowymi polega na występowaniu w ziarnach kukurydzy owocni, która w przypadku popcornu stanowi barierę mechaniczną chroniącą przed utratą wilgoci jeszcze przed ekspandowaniem. Umożliwia tym samym rozprężenie wewnętrznej struktury bielma kukurydzy pod wyższym ciśnieniem niż ma to miejsce w przypadku pelletów skrobiowych. Dodatkowo, ekspandowaniu kukurydzy towarzyszy charakterystyczny dźwięk (van der Sman i Bows 2017). Przy konwencjonalnym ogrzewaniu materiał pochłania energię w wyniku gradientów termicznych poprzez konwekcję, przewodzenie lub promieniowanie. W przeciwieństwie do tego zjawiska, energia mikrofalowa oddziałuje bezpośrednio z cząsteczkami materiału, co prowadzi do cieplnej konwersji struktur biologicznych, a nie transferu cieplnego. W związku z tym energia mikrofalowa może skrócić czas przetwarzania i zużycie energii, a tym samym poprawić efektywność energetyczną. W momencie kiedy energia mikrofalowa jest stosowana do obróbki materiałów na bazie skrobi, czynnikiem inicjującym proces ogrzewania jest zawartość wody w produkcie. W związku z tym, gdy matryca skrobiowa nagrzewa się i wzrasta temperatura, cząsteczki wody przekształcają się w przegrzaną parę, tworząc lokalnie wysokie ciśnienie. Jeśli temperatura jest wystarczająco wysoka, matryca pelletu poddawana jest przejściu fazowemu ze stanu szklistego do gumowego, a w połączeniu z wysokim ciśnieniem przegrzanej pary, rozszerza się. Po rozprężeniu, jeśli energia mikrofalowa zostanie wyłączona, pellety ostygną i uzyskają kruchą strukturę z wolnymi przestrzeniami wewnątrz uformowanymi po odparowaniu wody z wnętrza produktu. Jeżeli jednak energia jest utrzymywana przez zbyt długi okres, dochodzi do przypalenia pelletów (Gutiérrez i in. 2017).

Ekspandowanie pelletów z użyciem gorącego powietrza jako czynnika rozprężającego to kolejna metoda, która umożliwia otrzymanie przekąsek przeznaczonych do bezpośredniego spożycia. Ekspandowanie powietrzne uzależnione jest od kilku zmiennych, do których zaliczyć można temperaturę oraz czas działania powietrza na materiał, a także czynniki tj. początkowa zawartość wilgoci oraz skrobi w materiale przeznaczonym do rozdymania. Działanie gorącego powietrza powoduje przekształcenie wody zawartej w produkcie w parę wodną, w wyniku czego dochodzi do ekspandowania (Nath i in. 2007). Ekspandowanie poprzez wykorzystanie przemian fazowych wody umożliwia znaczne zwiększenie objętości. W większości przypadków przemianie fazowej



poddawana jest woda, rzadziej inne składniki płynne zawarte w roślinie. Dla nasion oraz owoców i warzyw można wyróżnić dwie metody ekspandowania z użyciem przemiany fazowej wody. Pierwsza z metod, suszenie fluidyzacyjne w złożu fluidalnym, umożliwia wyekspandowanie warzyw skrobiowych m.in. ziemniaków, marchwi, dyni. Proces ten prowadzi do znacznego skrócenia czasu odwodnienia i wpływa na poprawę tekstury uzyskanych produktów (Nath i in. 2007). Ekspandowanie w strumieniu gorącego powietrza jest jedną z dobrze znanych metod produkcji przetworów zbożowych o niskiej wilgotności. Przeprowadzono liczne badania nad ekspandowaniem nasion w złożu fluidalnym. Wyniki badań dotyczące nasion amarantusa ogrzewanych powietrzem o temperaturze wahającej się pomiędzy 180°C a 350°C przy prędkości przepływu powietrza w zakresie od 0,6 do 1,33 m s<sup>-1</sup> pokazują, iż na jakość uzyskanego produktu wpływ ma przede wszystkim końcowa temperatura materiału i czas trwania procesu. Dodatkowo, w nasionach, które zostały podane działaniu gorącego powietrza, obserwowano wyższą zawartość błonnika (Zapotoczny i in. 2006).

Kolejną metodą ekspandowania jest puffing, który wykorzystuje wysoką temperaturę i różnicę ciśnień do modyfikowania cech fizykochemicznych żywności w celu nadania produktom specyficznych cech. Przemysłowy puffing prowadzony jest zazwyczaj na dwa sposoby. Pierwszy z nich to szybkie ogrzewanie pod ciśnieniem atmosferycznym, natomiast druga metoda wykorzystuje gwałtowne zmniejszenie ciśnienia w ogrzewanym cylindrze (armatce), co wpływa na nagłe odparowanie wody zawartej w produkcie (Kim i in. 2018). Podczas puffingu dochodzi do znacznego ekspandowania objętościowego, co przyczynia się do powstania porowatej struktury materiału. Oprócz zmian fizycznych obserwuje się również szereg przemian chemicznych m.in. denaturację białek, co wpływa finalnie na dezaktywację enzymów, skleikowanie skrobi oraz przemiany cukrów zachodzące na skutek reakcji Maillarda (An i in. 2011). Technologia puffingu znajduje szerokie zastosowanie w obszarze produkcji galanterii śniadaniowej, ekspandowanych ziaren zbóż oraz przekąsek, zwłaszcza w krajach azjatyckich i Stanach Zjednoczonych. Zastosowanie armatek ciśnieniowych do puffingu nie wymaga rozdrabniania, mieszania czy też wyłaczania surowców. Umożliwia zachowanie pierwotnego kształtu ziarna, smaku czy zapachu w porównaniu z typową ekstruzją (Huang i in. 2018).

### **3. Podsumowanie**

Przegląd literatury pokazał dotychczasowy stan wiedzy o dostępnych metodach, które mogą być stosowane do ekspandowania półproduktów w postaci pelletów przekąskowych. Przedstawione charakterystyki zawierają opis zagadnień, które odnoszą się do mechanizmu działania procesu oraz głównych parametrów, które mają wpływ na cechy otrzymanych produktów. Podkreślono, iż najpopularniejszą metodą ekspandowania jest wysmażanie w głębokim tłuszczu. Jednakże ze względu na dużą ilość tłuszczu, jaka znajduje się w końcowym produkcie, nie jest to metoda korzystna z punktu widzenia żywieniowego. Jako formy alternatywne przedstawiono ekspandowanie przy użyciu mikrofal oraz rozprężanie przy użyciu gorącego powietrza i różnicy ciśnień. Metody beztłuszczowego otrzymywania zdrowszych snacków stają się coraz bardziej docenianą formą otrzymywania produktu finalnego i mogą stanowić nowy trend wśród przekąsek o obniżonej zawartości tłuszczu czy przekąsek niskokalorycznych. Wprowadzenie tych metod do produkcji przemysłowej wymaga doświadczalnego podejścia do tematu i wykonania odpowiednich prób na wyspecjalizowanych liniach produkcyjnych. Poznawcze podejście do problematyki ekspandowania pelletów może pozwolić na rozwój metod alternatywnych, które przyniosą wiele korzyści dla jakości produktu końcowego oraz dla zdrowia konsumentów.

### **4. Literatura**

- Ahmed M, Pickova J, Ahmad T i in. (2016) Oxidation of lipids in foods. *Sarhad Journal of Agriculture* 32(3): 230-238.
- An YE, Ahn Sch, Yang DCh i in. (2011) Chemical conversion of ginsenosides in puffed red ginseng. *LWT - Food Science and Technology* 44: 370-374.

- Bhat NA, Wani IA, Hamdani AM, Gani A (2019) Effect of extrusion on the physicochemical and antioxidant properties of value added snacks from whole wheat (*Triticum aestivum* L.) flour. *Food Chemistry* 276: 22-32.
- Bisharat GI, Oikonomopoulou VP, Panagiotou NM i in. (2013) Effect of extrusion conditions on the structural properties of corn extrudates enriched with dehydrated vegetables. *Food Research International* 53(1): 1-14.
- Gałka A (2005) Wpływ procesu smażenia na właściwości fizyczne pelletów ziemniaczanych. *Inżynieria Rolnicza* 9(11): 101-108.
- Gutiérrez JD, Catalá-Civera JM, Bows J i in. (2017) Dynamic measurement of dielectric properties of food snack pellets during microwave expansion. *Journal of Food Engineering* 202: 1-8.
- Gutiérrez-Cano JD, Hamilton IE, Catalá-Civera JM i in. (2018) Effect of water content on the dynamic measurement of dielectric properties of food snack pellets during microwave expansion. *Journal of Food Engineering* 232: 21-28.
- Huang R, Pan X, Lv J i in. (2018) Effects of explosion puffing on the nutritional composition and digestibility of grains. *International journal of food properties* 21(1): 2193-2204.
- Kim W, Kim SY, Kim DO i in. (2018) Puffing, a novel coffee bean processing technique for the enhancement of extract yield and antioxidant capacity. *Food Chemistry* 240:594-600.
- Mościcki L, Mitrus M, Wójtowicz A (2007) Technika ekstruzji w przemyśle rolno-spożywczym. PWRiL, Warszawa.
- Nath A, Chattopadhyay PK, Majumdar GC (2007) High temperature short time air puffed ready-to-eat (RTE) potato snacks: Process parameter optimization. *Journal of Food Engineering* 80(3): 770-780.
- Nemš A, Pęksa A (2018) Polyphenols of coloured-flesh potatoes as native antioxidants in stored fried snacks. *LWT - Food Science and Technology* 97: 597-602.
- Niżniowska A, Mościcki L (2004) Produkcja pelletów. *Przegląd Zbożowo-Młynarski* 48(1): 36-37.
- Parker L (2018) All puffed up. Ingredient and technological innovations are driving all areas of puffed and extruded snacks forward. *Snack Food & Wholesale Bakery* 107(7): 36-42.
- Pęksa A, Miedzianka J, Kita A i in. (2010) The quality of fried snacks fortified with fiber and protein supplements. *Potravinarstvo* 4(2): 59-64.
- Philipp C, Buckow R, Silcock P i in. (2013) Instrumental and sensory properties of pea protein-fortified extruded rice snacks. *Food Research International* 102: 658-665.
- Suhaj M (2006) Spice antioxidants isolation and their antiradical activity: a review. *Journal of Food Composition and Analysis* 19: 531-537.
- Van der Sman RGM, Bows JR (2017) Critical factors in microwave expansion of starchy snacks. *Journal of Food Engineering* 211: 69-84.
- Wroniak M, Prejs D, Janowicz M i in. (2016) Wybrane cechy jakościowe przekąsek pszennych i ziemniaczanych smażonych w różnych tłuszczach. *Postępy Techniki Przetwórstwa Spożywczego* 2: 54-61.
- Zapotoczny P, Markowski M, Majewska K i in. (2006) Effect of temperature on the physical, functional, and mechanical characteristics of hot-air-puffed amaranth seeds. *Journal of Food Engineering* 76(4): 469-476.

## **12. Zawartość likopenu i właściwości przeciwutleniające wybranych soków pomidorowych**

Lycopene content and antioxidant properties of selected tomato juices

Katarzyna Łupina, Dariusz Kowalczyk

Katedra Biochemii i Chemii Żywności, Wydział Nauk o Żywności i Biotechnologii, Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie

Słowa kluczowe: aktywność przeciwrodnikowa, ABTS<sup>\*+</sup>, karotenoidy, barwa

### **Streszczenie**

Główny karotenoid znajdujący się w pomidorach – likopen to cenny związek, który charakteryzuje się potwierdzonym działaniem prozdrowotnym. Najbardziej znane są jego właściwości przeciwutleniające, hepatoprotekcyjne oraz chemoprewencyjne. Podstawowe źródła likopenu w diecie człowieka to produkty z pomidorów. W niniejszej pracy zbadano zawartość likopenu oraz aktywność przeciwrodnikową (wobec ABTS<sup>\*+</sup>) soków pomidorowych. Ponadto w produktach oznaczono barwę, pH, zawartość suchej masy, a także przeprowadzono ocenę organoleptyczną. Przeprowadzone badania wykazały, że soki pomidorowe mają zróżnicowaną jakość. Średnia zawartość likopenu w analizowanych produktach wynosiła ~80 mg/kg. Po upływie 30 minut zdolność do neutralizacji rodnika ABTS<sup>\*+</sup> kreowała się na poziomie od 67,53% do 89,81%. Silne zdolności przeciwutleniające niektórych soków, mogły mieć związek z wysoką zawartością likopenu w ich składzie.

### **1. Wstęp**

Żywność pochodzenia roślinnego stanowi cenne źródło substancji biologicznie aktywnych, z których wiele to przeciwutleniacze. W ogólnym znaczeniu są to związki, które hamują wszelkie reakcje utleniania, w tym mają zdolność indukcji działania enzymów o charakterze przeciwutleniającym oraz hamowania aktywności enzymów prooksydacyjnych. Liczną grupą należącą do tego rodzaju związków są karotenoidy. W świecie zwierząt i roślin odgrywają przede wszystkim rolę barwników, które nadają pigment od żółtego po czerwony. Wiele z nich występuje w codziennej diecie człowieka, a najpopularniejsze to  $\alpha$ - i  $\beta$ -karoten, luteina, zeaksantyna i likopen. Karotenoidy charakteryzują się silną aktywnością przeciwutleniającą wobec wielu reaktywnych form tlenu. Przykładowo, likopen jest niezwykle efektywny w walce z rodnikiem tlenu azotu <sup>\*</sup>NO<sub>2</sub>, który odpowiada za uszkodzenia limfocytów (Szajdek i Borowska 2004).

Likopen jest alkenem syntetyzowanym przez rośliny oraz niektóre bakterie autotroficzne. Związek jest odporny na większość termicznych procesów kulinarnych, np. gotowanie czy duszenie na parze, jednak jest wrażliwy na działanie światła, tlenu oraz jonów metali. Zaleca się przechowywać produkty bogate w likopen w ciemnych naczyniach lub zacienionych pomieszczeniach. Likopen znajduje się w wielu owocach i warzywach, ale jego podstawowym źródłem w codziennej diecie są pomidory spożywane na surowo lub w formie przetworzonej. Stężenie likopenu w świeżych pomidorach może wynosić od 83 do 141 mg/kg i jest uzależniona od stopnia ich dojrzałości i odmiany. Inne surowce w których związek jest obecny to papaja, gujawa, różowy grejpfrut, brzoskwinie, arbuz, dzika róża. Pomidory poddane procesom technologicznym stanowią najlepsze źródło związku, ponieważ obróbka cieplna powoduje przekształcenie się likopenu do postaci lepiej wchłanianej w przewodzie pokarmowym. Z uwagi na fakt, że związek rozpuszcza się w tłuszczach warto dodać do potraw przygotowywanych z pomidorów niewielkie ilości tłuszczu w celu poprawienia stopnia jego przyswajalności (García-Valverde i in. 2013; Belter i in. 2011; Nowak i Żmudzińska-Żurek 2009).

Metabolizm likopenu i jego biodostępność zależy w dużej mierze od rodzaju pokarmu z jakim go przyjmujemy oraz obecności tłuszczu. Związek trafiając do dwunastnicy oraz żołądka, wchodzi w skład fazy lipidowej następnie poddawany jest działaniu enzymu – lipazy trzustkowej oraz

żółci jelitowej. Następnie może się on wchłaniać w jelicie cienkim na drodze transportu biernego lub przez transportery karotenoidów znajdujące się w nabłonku jelita. Wchłanianie związku może się zmniejszyć przy obecności w treści żołądka dużych ilości błonnika, substytutów tłuszczu, sterole roślinne oraz leki powodujące obniżenie poziomu cholesterolu. Jego transport z układu pokarmowego do wątroby odbywa się w postaci chylomikronów. Następnie w wątrobie tworzy kompleksy z lipoproteinami o bardzo małej gęstości, które powracają do krwiobiegu i przenoszą likopen do wszystkich tkanek organizmu. Dieta bogata w ten związek zmniejsza ryzyko wystąpienia chorób układu sercowo-naczyniowego, nowotworów, schorzeń wątroby, a także zapobiega rozwojowi miażdżycy (Srivastava i Srivastava 2015; Belter i in. 2011).

Celem niniejszej pracy było określenie zawartości likopenu i właściwości przeciwutleniających wybranych soków pomidorowych dostępnych na rynku. określono również parametry fizykochemiczne soków oraz podano je ocenie sensorycznej. Ponadto zbadano zależności występujące pomiędzy wybranymi wyróżnikami jakości.

## 2. Materiały i Metody

Przedmiotem badań były soki pomidorowe zakupione na rynku lubelskim. Spośród badanych produktów, dziewięć wytworzono z surowców pochodzących z upraw konwencjonalnych (S1-S9), natomiast dwa z upraw ekologicznych (S10 i S11). Soki różniły się składem, który przedstawiono poniżej:

- S1-** sok pomidorowy z zagęszczonego soku, sok pomidorowy, sól morską;
- S2-** sok pomidorowy (100%) z zagęszczonego soku, sól;
- S3-** przecier z zagęszczonych przecierów oraz przecier i sok z pomidorów, sól;
- S4-** sok z zagęszczonego soku pomidorowego, sól;
- S5-** sok pomidorowy z zagęszczonego soku pomidorowego, sól, kwas cytrynowy
- S6-** świeże pomidory (99%), sól, woda;
- S7-** sok pomidorowy odtworzony z zagęszczonego soku pomidorowego (99,5%), sól;
- S8-** sok pomidorowy z zagęszczonego soku pomidorowego (100%), sól;
- S9-** przecier z pomidorów (99%), sól;
- S10-** sok z pomidorów ekologicznych (99,5%), sól naturalna;
- S11-** sok pomidorowy z pomidorów pochodzących z upraw ekologicznych, sól.

Barwę soków określano w systemie CIE L\*a\*b\* wykonano przy zastosowaniu kolorymetru NH-310. Pomiar pH soków wykonano za pomocą pH-metru Elemetron CP-401 przy użyciu elektrody ERH-115. Zawartość suchej masy oznaczano metodą suszarkową (105°C, 24h). Wszystkie analizy fizykochemiczne wykonano w 3 powtórzeniach.

Oznaczenie zawartości likopenu metodą spektrofotometryczną przeprowadzono wg metody Fisha i in. (2002). Do 0,5 g próbki dodano 5 cm<sup>3</sup> acetonu zawierającego 0,05% (w/v) butylohydroksytoluen, 5 cm<sup>3</sup> 99,8% etanolu i 10 cm<sup>3</sup> heksanu. Mieszaninę wytrząsano (250 obr/min) przez 15 min w lodzie. Po tym czasie dodano 3 cm<sup>3</sup> wody dejonizowanej i próbki wytrząsano ponownie przez 5 minut. Następnie próbki odstawiano na 5 min w celu separacji faz, po czym mierzono absorbancję fazy heksanowej przy długości fali 503 nm wobec heksanu. Zawartość likopenu wyliczano korzystając z wzoru podanego przez Javanmardi i Kubota (2006):

Zawartość likopenu (mg/kg) =  $(x/y) \times A_{503} \times 3,12$ , gdzie: x- ilość heksanu (ml), y- masa próbki (g), A<sub>503</sub>- absorbancja przy długości fali 503 nm, 3,12- molowy współczynnik ekstynkcji likopenu

Właściwości przeciwutleniające oznaczano wobec rodnika ABTS<sup>•+</sup> zgodnie z metodą podaną przez Millera i in. (1993). 1 g zmieszano z 10 cm<sup>3</sup> wody destylowanej. Rozcieńczony sok poddano wirowaniu przez 10 minut z prędkością 15 000 obr/min. Otrzymany ekstrakt wykorzystano do badań. Do kuwety pomiarowej spektrofotometru wprowadzono 0,04 cm<sup>3</sup> ekstraktu i 1,8 cm<sup>3</sup> wodnego roztworu ABTS<sup>•+</sup> o stężeniu 7 mmol/dm<sup>3</sup>. Absorbancję badanych próbek mierzono po upływie 30 minut przy długości fali 734 nm. Próbę kontrolną przygotowano używając 0,04 cm<sup>3</sup> wody destylowanej w miejsce badanego ekstraktu. Aktywność przeciwutleniającą wyrażono jako % redukcji ABTS<sup>•+</sup>, wyliczony przy użyciu wzoru:

% neutralizacji ABTS<sup>•+</sup> =  $(1 - \text{absorbancja próbki badanej} / \text{absorbancja próbki kontrolnej}) \times 100$

Analizy sensorycznej dokonał dziesięcioosobowy panel sensoryczny przeszkolony w zakresie metody 5-punktowej oceny badanych wyróżników (w której wartość 5 odpowiada poziomowi jakości „bardzo dobry”, a wartość 1 poziomowi jakości „zły”).

Otrzymane wyniki poddano analizie statystycznej z wykorzystaniem programu STATISTICA 13.1. Różnice pomiędzy wartościami średnimi badanych parametrów weryfikowano testem Fishera. Współczynniki korelacji (r) pomiędzy parametrami wyznaczono przy pomocy testu korelacji Pearsona.

### 3. Wyniki i Dyskusja

Odpowiednie wybarwienie pomidorów z których przygotowywane są soki, wpływa znacząco na późniejszą barwę wytworzonych z nich produktów. Barwa pomidorów zależy głównie od obecności karotenoidów, w tym likopenu (Skiepmo i in. 2015). Wszystkie analizowane soki pomidorowe zostały poddane pomiarowi barwy, którego wyniki obrazuje Tab. 1. Parametr L\* określający jasność badanych próbek mieścił się w zakresie 35,95-38,63. Analiza statystyczna wyników wykazała, że wszystkie próbki istotnie różniły się pod względem jasności. Parametr a\* przyjmował wartości dodatnie co świadczy o barwie czerwonej próbek. Najintensywniejszym czerwonym zabarwieniem i jednocześnie niewielką jasnością charakteryzował się sok S7, dla którego wartości tych cech wynosiły odpowiednio 13,43 i 36,05. Najślabszą barwę czerwoną (7,70) zaobserwowano w przypadku ekologicznego soku pomidorowego S10. Wartości b\* określające barwę od niebieskiej (-b\*) do żółtej (+b\*) przyjmowały wartości dodatnie i mieściły się w granicach 5,7-7,84. Najwyższe wartości parametru b\*, odpowiadające najintensywniejszej żółtej barwie, posiadał sok S6, zaś najmniejsze sok S5.

**Tab. 1.** Wyróżniki barwy soków pomidorowych.

Sok	L*	a*	b*
S1	36,57±0,01 <sup>e</sup>	10,13±0,01 <sup>c</sup>	6,60±0,02 <sup>f</sup>
S2	35,95±0,01 <sup>a</sup>	10,55±0,01 <sup>d</sup>	5,86±0,01 <sup>c</sup>
S3	37,52±0,00 <sup>h</sup>	10,65±0,01 <sup>e</sup>	7,64±0,00 <sup>a</sup>
S4	36,18±0,00 <sup>c</sup>	11,29±0,01 <sup>i</sup>	6,09±0,01 <sup>e</sup>
S5	36,05±0,00 <sup>b</sup>	11,17±0,01 <sup>g</sup>	5,70±0,01 <sup>b</sup>
S6	38,63±0,00 <sup>k</sup>	10,89±0,01 <sup>f</sup>	7,84±0,01 <sup>j</sup>
S7	36,85±0,00 <sup>f</sup>	13,43±0,01 <sup>k</sup>	7,14±0,01 <sup>h</sup>
S8	37,63±0,00 <sup>j</sup>	11,23±0,01 <sup>h</sup>	7,64±0,01 <sup>a</sup>
S9	36,95±0,00 <sup>g</sup>	11,43±0,00 <sup>j</sup>	6,93±0,00 <sup>g</sup>
S10	37,56±0,00 <sup>i</sup>	7,70±0,00 <sup>a</sup>	7,51±0,01 <sup>i</sup>
S11	36,36±0,00 <sup>d</sup>	9,70±0,01 <sup>b</sup>	6,04±0,00 <sup>d</sup>

a-k wartości średnie oznaczone tym samym indeksem literowym w obrębie tej samej cechy nie różnią się statystycznie istotnie (p>0.05)

Badane soki pomidorowe charakteryzowały się zbliżonymi wartościami pH, które zawierało się w przedziale 4,02-4,33 (Tab. 2). Podobny zakres wartości pH soków pomidorowych opublikował Suwała (2009). Autor poddał analizie różne soki warzywne w tym pomidorowe i uzyskał wartości pH od 3,97 do 4,42.

W niniejszej pracy oznaczono również zawartość suchej masy w analizowanych sokach. Otrzymane wyniki były zróżnicowane, co prawdopodobnie jest związane z odmiennym składem

produktów, m.in. różną ilością dodanej wody czy soli. Największą zawartość suchej masy (5,51%) odnotowano w soku S10, z kolei najmniejszą (4,55%) w soku S11.

Dostępne dane literaturowe wykazują że zawartość likopenu w dojrzałych surowych pomidorach może wynosić od 7,2 do 42 mg/kg. Stężenie likopenu w sokach pomidorowych może zawierać się w przedziale od 50 do nawet 116 mg/kg likopenu. Największe ilości związku znajdują się w sokach otrzymanywanych z soku zagęszczonego (Skiepmo i in. 2015). Tab. 2 przedstawia zawartość likopenu w analizowanych sokach pomidorowych. Średnia zawartość tego związku w próbkach wynosiła 80,93 mg/kg. Sok pomidorowy (S7) produkowany przez jedną z marek wykorzystujących surowce konwencjonalne odznaczał się szczególnie wysokim poziomem likopenu - 111,57 mg/kg. Najmniejsze stężenie badanego związku odnotowano w jednym z produktów pochodzącym z upraw ekologicznych (S10) – 35,44 mg/kg. Uzyskane wyniki są zróżnicowane, jednak w dostępnych danych literaturowych można zauważyć podobną tendencję. Hallman i Rembiałkowska (2008) przeprowadziły badania, w których oznaczyły zawartość likopenu w sokach pomidorowych pochodzących z upraw konwencjonalnych i ekologicznych. Stężenie likopenu w sokach produkowanych z różnych odmian pomidorów wahało się od 25,6 mg/kg do 96,6 mg/kg. Odmienne zawartości likopenu w badanych próbkach oraz w innych dostępnych danych literaturowych mogą być spowodowane różnorodnym składem soków, wykorzystaniem do produkcji różnych odmian pomidorów oraz stosowaniem przez wytwórców innych metod produkcyjnych. Agarwal i in. (2001) przeprowadzili badania, w których zbadali zawartość likopenu w świeżych pomidorach oraz przetworach pomidorowych. W przypadku soku pomidorowego badacze otrzymali wyniki podobne do tych przedstawionych w niniejszej pracy, tj. zawartość likopenu w badanym produkcie wynosiła 101,6 mg/kg. Dodatkowo autorzy zbadali preferencje żywieniowe konsumentów Kanady, w celu określenia m.in. źródeł dziennego spożycia likopenu. Wykazano, że zaraz po świeżych pomidorach (50%), sok pomidorowy stanowił drugie ważne źródło likopenu (8,7%) w diecie Kanadyjczyków.

W niniejszej pracy odnotowano niską korelację pomiędzy zawartością suchej masy a stężeniem likopenu w produktach ( $r=0,2$ ). Sok S10 zawierający największą ilość suchej masy, nie wyróżniał się znaczną ilością likopenu, wręcz przeciwnie zawierał go najmniej. Zauważono, jednak bardzo dużą zależność pomiędzy zawartością likopenu a barwą czerwoną ( $a^*$ ) soków pomidorowych ( $r=0,88$ ). Jest to ważna informacja dla konsumentów, ponieważ pozwala sądzić, że wybór soku pomidorowego o intensywnej barwie czerwonej gwarantuje jego lepszą jakość oraz większy potencjał prozdrowotny.

W niniejszej pracy zbadano aktywność przeciwutleniającą soków pomidorowych poprzez oznaczenie zdolności redukcji rodnika ABTS<sup>•+</sup> (Tab.2). Produkty (nawet po rozcieńczeniu) wykazywały stosunkowo wysokie aktywności przeciwutleniające. Najwyższą aktywność przeciwrodnikową zaobserwowano w dwóch sokach pochodzących z surowców konwencjonalnych (S4 i S7), która wynosiła odpowiednio 89,75% i 89,45% po 30 minutach reakcji. Najmniejszą zdolnością do redukcji rodnika ABTS<sup>•+</sup> (67,33%) charakteryzował się sok pomidorowy oznaczony jako S5. W niniejszej pracy postawiono hipotezę, że właściwości przeciwutleniające badanych próbek mogły mieć duży związek z obecnością likopenu. Wyznaczona korelacja pomiędzy zawartością likopenu a właściwościami przeciwutleniającymi wykazała jednak umiarkowaną zależność pomiędzy tymi parametrami ( $r=0,4$ ). Brak większej zależności, może być spowodowany obecnością w sokach innych związków przeciwutleniających takich jak kwas askorbinowy, związki polifenolowe oraz inne karotenoidy. Ponadto należy podkreślić, że analizie poddano wodne ekstrakty soków, pozbawione cząstek stałych, w których jak można sądzić znajdowała się największa ilość likopenu – barwnika nie rozpuszczalnego w wodzie. Nieco większy stopień zależności ( $0,5 < r < 0,7$ ) pomiędzy zawartością likopenu a właściwościami przeciwutleniającymi odnotowali Kowalczyk i Baraniak (2012) w przypadku ketchupów łagodnych.

Właściwości przeciwutleniające i zawartość likopenu badali również Sahlin i in. (2003), którzy nie skupiali się na konkretnych produktach lecz poddali pomidory obróbce termicznej tj. gotowaniu, pieczeniu i smażeniu. W tym przypadku zauważono istotną zależność pomiędzy tymi dwoma parametrami. Większe stężenie likopenu warunkowało zwiększone właściwości przeciwutleniające.

Badane soki pomidorowe poddano ocenie sensorycznej, a średnie wyniki przedstawiono w Tab. 3. Określono smak soków jako bardzo dobry w przypadku próbek S4, S5 i S7 natomiast najslabszą ocenę otrzymał sok S10. Jako najprzyjemniejszy i najintensywniejszy określono zapach soków S3 oraz S6, natomiast najmniej wyczuwalną wonią pomidorów charakteryzowały się próbki S9 oraz S11. W przypadku barwy ocenę bardzo dobrą przyznano produktowi oznaczonemu jako S6. Najlepsze średnie ocen sensorycznych otrzymały soki z upraw konwencjonalnych S3, S4, S5, S6 oraz S7, w przypadku których średnia ocen wynosiła 4,33. Co ciekawe, sok S10 charakteryzujący się najmniejszą średnią ocen (2,33), odznaczał się również najmniejszą ilością likopenu i najmniej czerwoną barwą. Z kolei sok S7, który odznaczał się najsilniejszym czerwonym zabarwieniem, największą zawartością likopenu oraz silnymi właściwościami przeciwutleniającymi, znalazł się w grupie najlepiej ocenianych soków pod względem jakości sensorycznej.

**Tab. 2.** pH, sucha masa (s.m.), zawartość likopenu oraz zdolności redukcji rodnika ABTS<sup>\*+</sup> soków pomidorowych.

Sok	pH	s.m. (%)	Zawartość likopenu (%)	Redukcja rodnika ABTS <sup>*+</sup> (%)
S1	4,20±0,00 <sup>f</sup>	5,15±0,00 <sup>a</sup>	79,27±6,17 <sup>c</sup>	75,95±1,80 <sup>ab</sup>
S2	4,11±0,00 <sup>e</sup>	5,25±0,00 <sup>a</sup>	92,06±7,55 <sup>b</sup>	79,42±2,50 <sup>bd</sup>
S3	4,27±0,01 <sup>ad</sup>	4,75±0,00 <sup>b</sup>	69,45±1,37 <sup>a</sup>	75,80±0,59 <sup>ab</sup>
S4	4,26±0,00 <sup>a</sup>	5,16±0,00 <sup>a</sup>	95,76±3,12 <sup>b</sup>	89,75±0,31 <sup>e</sup>
S5	4,02±0,01 <sup>b</sup>	4,89±0,00 <sup>bc</sup>	92,98±8,94 <sup>b</sup>	67,33±1,20 <sup>f</sup>
S6	4,14±0,01 <sup>c</sup>	5,51±0,00 <sup>e</sup>	66,06±4,43 <sup>a</sup>	73,30±2,76 <sup>a</sup>
S7	4,16±0,01 <sup>c</sup>	7,05±0,02 <sup>g</sup>	111,57±5,46 <sup>e</sup>	89,45±3,32 <sup>e</sup>
S8	4,26±0,01 <sup>a</sup>	5,10±0,00 <sup>a</sup>	75,50±3,34 <sup>a</sup>	82,55±1,67 <sup>d</sup>
S9	4,29±0,02 <sup>d</sup>	5,05±0,00 <sup>ac</sup>	95,66±9,24 <sup>b</sup>	80,43±0,08 <sup>cd</sup>
S10	4,02±0,01 <sup>b</sup>	5,76±0,00 <sup>f</sup>	35,44±0,60 <sup>d</sup>	77,51±0,41 <sup>bc</sup>
S11	4,33±0,02 <sup>g</sup>	4,55±0,00 <sup>d</sup>	71,26±3,56 <sup>a</sup>	73,30±1,55 <sup>a</sup>

a-g wartości średnie oznaczone tym samym indeksem literowym w obrębie tej samej cechy nie różnią się statystycznie istotnie (p>0.05)

#### 4. Wnioski

W niniejszej pracy udowodniono umiarkowany związek ( $r=0,4$ ) pomiędzy zawartością likopenu a właściwościami przeciwutleniającymi soków pomidorowych. Podobnie, odnotowano niską korelację pomiędzy zawartością suchej masy a stężeniem likopenu ( $r=0,2$ ). Stwierdzono natomiast występowanie bardzo wysokiej korelacji ( $r=0,88$ ) pomiędzy zawartością likopenu a barwą czerwoną soków pomidorowych. Jest to ważna informacja dla konsumentów, ponieważ pozwala sądzić, że wybór soku pomidorowego o intensywnej barwie czerwonej gwarantuje jego lepszą jakość oraz większy potencjał prozdrowotny. Przedstawione wyniki wskazują, że dostępne na rynku soki pomidorowe znacząco różnią się pod względem składu, jakości sensorycznej oraz zawartości związków prozdrowotnych. Mogą one różnić się nawet trzykrotnie pod względem zawartości likopenu. Spośród wszystkich analizowanych prób najwyższymi wartościami badanych wyróżników jakości charakteryzował się sok pochodzący z upraw konwencjonalnych - S7, który miał najsilniejsze czerwone zabarwienie i największą zawartość likopenu oraz odznaczał się silnymi właściwościami przeciwutleniającymi. Co więcej został oceniony sensorycznie jako bardzo dobry. Najslabszym jakościowo produktem okazał się sok pomidorowy z upraw ekologicznych S10, z uwagi na niskie

wartości większości badanych parametrów. Niska jakość tego produktu mogła wynikać z faktu, że nie był on wyprodukowany z zagęszczonego soku pomidorowego.

**Tab.3.** Średnia ocena sensoryczna badanych soków pomidorowych.

Sok	Smak	Zapach	Barwa	Średnia ocena
S1	3	4	3	3,33
S2	3	4	4	3,66
S3	4	5	4	4,33
S4	5	4	4	4,33
S5	5	4	4	4,33
S6	3	5	5	4,33
S7	5	4	4	4,33
S8	3	4	4	3,66
S9	4	1	3	2,66
S10	1	3	3	2,33
S11	4	1	4	3,00

## 5. Literatura

- Agarwal A, Honglei Shen MA, Agarwal S, i in. (2001). Lycopene Content of Tomato Products: Its Stability, Bioavailability and In Vivo Antioxidant Properties. *Journal of Medicinal Food* 4(1): 9–15.
- Belter A, Giel-Pietraszuk M, Oziewicz S, i in. (2011). Likopen – występowanie, właściwości oraz potencjalne zastosowanie. *Postępy Biochemii* 57(4): 372–380.
- García-Valverde V, Navarro-González I, García-Alonso J, i in. (2013). Antioxidant bioactive compounds in selected industrial processing and fresh consumption tomato cultivars. *Food and Bioprocess Technology* 6: 391–402.
- Hallmann E, Rembiałkowska E (2008). Ocena wartości odżywczej i sensorycznej pomidorów oraz soku pomidorowego z produkcji ekologicznej i konwencjonalnej. *Journal of Research and Applications in Agricultural Engineering* 53(3): 88–95.
- Kowalczyk D, Baraniak B (2012). Zawartość likopenu i właściwości przeciwutleniające wybranych ketchupów łagodnych. *Bromatologia i Chemia Toksykologiczna* 3: 494–499.
- Nowak K, Żmudzińska-Żurek B. (2009). Pomidory – najlepsze źródło likopenu. *Przemysł Spożywczy* 63(6): 26–29.
- Sahlin E, Savage G, Lister C (2004). Investigation of the antioxidant properties of tomatoes after processing. *Journal of Food Composition and Analysis* 17(5): 635–647.
- Skiepmo N, Chwastowska-Siwiecka I, Kondratowicz J (2015). Właściwości likopenu i jego wykorzystanie do produkcji żywności funkcjonalnej. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość* 103(6): 20–32.
- Srivastava S, Srivastava AK (2015). Lycopene; chemistry, biosynthesis, metabolism and degradation under various abiotic parameters. *Journal of Food Science and Technology* 52(1): 41–53.
- Suwała G (2009). Analiza jakości wybranych soków warzywnych w aspekcie wymagań Polskiej Normy oraz wytycznych kodeksu praktyki AIJN. *Zeszyty Naukowe Uniwersytetu Ekonomicznego w Krakowie* 834: 189–203.
- Szajdek A, Borowska J (2004). Właściwości przeciwutleniające żywności pochodzenia roślinnego. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość* 4(41): 5–28.



### **13. Właściwości przeciwutleniające i przeciwdrobnoustrojowe miodu**

Antioxidant and antimicrobial properties of honey

Katarzyna Łupina

Katedra Biochemii i Chemii Żywności, Wydział Nauk o Żywności i Biotechnologii, Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie

Katarzyna Łupina: katarzyna.lupina@gmail.com

Słowa kluczowe: drobnoustroje, przeciwutleniacze, aktywność przeciwdrobnoustrojowa,

#### **Streszczenie**

Obecnie zwraca się szczególną uwagę na żywność, która jest nie tylko źródłem energii lecz odznacza się również działaniem prozdrowotnym. W leczeniu wielu schorzeń wykorzystuje się nie tylko farmakoterapię, lecz także produkty charakteryzujące się pozytywnym wpływem na organizm człowieka. Przeprowadzone badania coraz częściej potwierdzają terapeutyczne działanie naturalnego miodu pszczelego, którego lecznicze właściwości były wykorzystywane przez stulecia. Produkt to przesycony roztwór cukrów, zawierający szereg innych różnorodnych składników, takich jak białka, aminokwasy, enzymy, kwasy organiczne, minerały, pierwiastki śladowe, witaminy i znaczne ilości związków fenolowych. Bogaty skład chemiczny miodu warunkuje jego wartość odżywczą oraz właściwości przeciwutleniające, bakteriobójcze, przeciwzapalne i wiele innych. W niniejszej pracy przedstawiono najnowsze doniesienia na temat efektów terapeutycznych jakie gwarantuje miód.

#### **1. Wstęp**

Naturalny miód pszczeli według Rozporządzenia Rady (WE) nr 1234/2007 z dnia 22 października 2007 roku to „naturalnie słodka substancja produkowana przez pszczoły *Apis mellifera* z nektaru roślin lub wydzielin żywych części roślin lub wydalin owadów wysysających żywe części roślin, zbieranych przez pszczoły, przerabianych przez łączenie specyficznych substancji z pszczoł, składanych, odwodnionych, gromadzonych i pozostawionych w plastrach miodu do dojrzwania”. Skład miodu, jego aromat, barwa oraz smak zależy przede wszystkim od rodzaju kwiatów z których jest pozyskiwany. Niebagatelne znaczenie ma również rejon geograficzny w którym znajduje się pasieka, klimat, gatunek pszczoł odpowiedzialnych za jego produkcję oraz warunki w jakich przetwarza się, pakuje i przechowuje odwirowany miód (Da Silva i in. 2016). Wyróżniamy wiele rodzajów miodu. Produkt możemy przede wszystkim podzielić pod względem jego pochodzenia. Kryterium to pozwala wyróżnić miody nektarowe, spadziowe oraz nektarowo–spadziowe. Kolejna klasyfikacja umożliwia wyodrębnienie konkretnych odmian zależnych od pochodzenia roślinnego. Miód odmianowy musi spełniać niezbędne parametry jakościowe i ilościowe, ponieważ od tego zależy jego skład i walory lecznicze. Odmianę określa się na podstawie zawartości pyłku przewodniego, zapachu, barwy, konsystencji oraz smaku. Dodatkowo biorąc pod uwagę barwę produktu wyróżniamy miody jasne i ciemne (Puścion–Jakubik i Borawska 2016).

Wszelkie wartości energetyczne i prozdrowotne jakimi odznacza się miód wiążą się z kompozycją związków chemicznych które wchodzi w jego skład. Produkt może zawierać około 200 różnych substancji, jednak jego główne elementy składowe to węglowodany i woda oraz dodatkowo enzymy, kwasy organiczne, witaminy, minerały, barwniki, a także znaczne ilości różnorodnych substancji lotnych i związków fenolowych. Dane literaturowe podają, że zawartość cukrów mieści się w granicach od 60% do 85%, w zależności od rodzaju i odmiany miodu. Główne związki należące do tej grupy to glukoza i fruktoza. W niewielkich ilościach występują również disacharydy i wielocukry. Wartość energetyczna miodu jest ściśle związana z zawartością węglowodanów oraz stosunkiem glukozy do fruktozy w produkcie. Co więcej, cukry odpowiadają w dużej mierze za jego cechy fizykochemiczne np. lepkość, higroskopijność, szybkość krystalizacji. Miód zawiera zazwyczaj większe ilości fruktozy niż glukozy, poza pewnymi wyjątkami (miód rzepakowy oraz z mniszka lekarskiego) w przypadku, których przeważa frakcja glukozy, przez co

ulegają o wiele szybszej krystalizacji. Dokładny profil cukrowy produktu jest badany przez wielu naukowców na całym świecie, którzy odkryli w jego składzie obecność takich związków jak np. sacharoza, trehaloza, ramnoza, maltoza, izomaltoza, rafinoza, palatynoza. Niezwykle ważna jest zawartość wody w miodzie, która powinna wynosić ok. 17% (inne wartości są dopuszczalne w przypadku wybranych odmian). Ilość wody jest wyznacznikiem jakości produktu, ponieważ jej nadmiar może prowadzić do fermentacji miodu i rozwoju mikroorganizmów. Skutkiem tego są negatywne zmiany, które wpływają na smak, jakość i właściwości miodu. W produkcji znajdują się niewielkie ilości białka, którego źródłem są głównie pyłki przewodnie oraz wydzieliny z gruczołów ślinowych i gardła pszczoł. Na frakcję białkową składają się aminokwasy (np. prolina, kwas glutaminowy i asparaginowy, glutamina, lizyna, tyrozyna) i enzymy (inwertaza,  $\alpha$  i  $\beta$ -glukozydaza, katalaza, fosfataza kwaśna, oksydaza glukozowa, diastaza). W miodzie obecne są znaczne ilości kwasów organicznych odpowiadających za kwasowość miodu, jego smak, aromat i konserwowanie. W produkcji zidentyfikowano niewielkie ilości różnorodnych związków mineralnych, przy czym w największym stężeniu występuje potas, sód, wapń i magnez. Zawartość witamin w miodzie jest nieznaczna, w jego składzie znajdują się głównie witaminy z grupy B oraz kwas askorbinowy. Za właściwości lecznicze produktu w dużej mierze odpowiadają związki polifenolowe, przede wszystkim flawonoidy. Dużą zaletą wykrytych w miodzie polifenoli, jest ich odporność na działanie wysokiej temperatury. Wyróżniają się działaniem przeciwzapalnym, przeciwutleniającym, przeciwzakrzepowym oraz przeciwnowotworowym. Najpopularniejsze substancje należące do tej grupy i występujące w miodzie to pochodne kwasu benzoowego oraz cynamonowego, kemferol, kwercetyna, luteolina, apigenina oraz antocyjany (Wilczyńska i Przybyłowski 2009; Da Silva i in. 2016; Machado De Melo 2018).

Wykorzystanie miodu w celach leczniczych odbywa się różnymi drogami, w zależności od rodzaju schorzenia. Miód doustnie przyjmuje się w czystej, naturalnej postaci lub jako roztwór o odpowiednim rozcieńczeniu, a także w formie tabletek i mieszanek. Produkt może być również podawany w postaci syropów w połączeniu z dodatkami ziołowymi, owocowymi czy warzywnymi. W przypadku ran i uszkodzeń skóry, stosuje się aplikacje miejscowe. Dobrym rozwiązaniem są okłady z czystego miodu naturalnego lub w postaci roztworu, które przykładają się bezpośrednio do rany. Produkt dodaje się również do kąpieeli wodnych, w przypadku których stężenie miodu wynosi 20–40%. Często stosowane są specjalnie przygotowane maści (Tichonov i in. 2017).

## **2. Opis Zagadnienia**

Celem niniejszej pracy jest przegląd i analiza dostępnych danych literaturowych dotyczących właściwości przeciwutleniających i przeciwdrobnoustrojowych miodu. Przedstawione badania laboratoryjne i kliniczne opisują efekty stosowania miodu we współczesnej medycynie oraz obrazują metody jego wykorzystania.

## **3. Przegląd Piśmiennictwa**

Miód w swoim składzie zawiera znaczne ilości przeciwutleniaczy, dzięki czemu może być wykorzystywany jako element terapii i profilaktyki wielu chorób, których patogenezą opiera się na negatywnym działaniu wolnych rodników oraz stresu oksydacyjnego. Kwas galusowy, należący do fenoli odznacza się najsilniejszymi właściwościami przeciwutleniającymi w miodzie. Dane literaturowe potwierdzają, że istnieje silna korelacja pomiędzy zawartością fenoli ogółem, a aktywnością przeciwutleniającą produktu. Związki o działaniu przeciwrodnikowym obecne w miodzie, są rozpuszczalne zarówno w wodzie jak i w lipidach, dlatego mogą działać na różnych poziomach komórkowych. Miód neutralizuje przede wszystkim rodniki nadtlenkowe, nadtlenkowe i hydroksylowe (Oryan i in. 2016). Pieszko i in. (2015) przebadali miód, kawę oraz herbatę pod względem ogólnej zawartości polifenoli, które są głównymi substancjami odpowiadającymi za właściwości przeciwutleniające w wymienionych produktach. Wyniki tych badań pokazały, że zawartość związków polifenolowych w miodzie zależy przede wszystkim od jego pochodzenia. Miody jasne (mniskowy, nawłociowy, fasolowy) zawierały znacznie mniej tych substancji, niż miody ciemne (gryczany, spadziowy). Największe stężenie substancji z tej grupy

zawierał miód gryczany - 1081,9 µg/g, natomiast najmniej akacjowy - 193,7 µg/g. Z kolei Wilczyńska (2015) skupiła się na badaniu bezpośredniej aktywności przeciwutleniającej miodu manuka wobec rodnika DPPH<sup>•</sup>. Aktywność przeciworodnikowa wszystkich próbek oscylowała w granicach 75%. Inne badania pokazują, że niektóre odmiany polskich miodów charakteryzują się równie silną zdolnością zmiatania wolnych rodników. Najsilniejszym działaniem odznaczał się miód gryczany oraz pochodzący ze spadzi iglastej (Hołderna – Kędzia i Kędzia 2006). W ostatnich latach coraz więcej badań klinicznych skupia się na wykorzystaniu miodu i jego działania przeciwutleniającego w leczeniu cukrzycy. Sadeghi i in. (2019) przeprowadzili badania z udziałem 53 pacjentów cierpiących na cukrzycę typu 2, których podzielono na grupę badaną i kontrolną. Dietę osób należących do grupy poddanej interwencji żywieniowej, wzbogacono o 50 g miodu na okres 8 tygodni. Ostatecznie, badanie wykazało, że spożycie takiej ilości miodu doprowadziło do wzrost hemoglobiny glikowanej we krwi (HbA1c). Wzrost stężenia HbA1c może zaostrzać objawy cukrzycy. Jednocześnie w grupie badanej zmniejszył się obwód talii pacjentów, co jednak może nie być związane z wprowadzeniem do diety miodu lecz wpływem wielu innych czynników. Przedstawione wyniki badań sugerują, że miód należy wprowadzać z dużą ostrożnością do diety osób z zaburzeniami metabolizmu węglowodanów, mimo że jest to produkt o silnych właściwościach przeciwutleniających.

Współczesna medycyna znacznie częściej wykorzystuje przeciwdrobnoustrojowe właściwości miodu, stosując go jako alternatywę dla terapii tradycyjnymi lekami. Niektóre odmiany charakteryzują się szerokim spektrum działania wobec wielu patogenów bakteryjnych z grupy Gram-dodatnich i Gram-ujemnych względem których, antybiotyki nie zawsze są skuteczne. Szczepy bakterii, które są niewrażliwe na antybiotykoterapię mogą prowadzić do rozwoju niekontrolowanych i niebezpiecznych dla życia zakażeń. Działanie przeciwdrobnoustrojowe miodu opiera się na kilku mechanizmach. Jednym z głównych czynników powodujących lizę komórek patogennych jest obecność nadtlenu wodoru (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>), który powstaje dzięki interakcjom pomiędzy oksydazą glukozową obecną w miodzie, a wysiękami z ran. Silne właściwości przeciwdrobnoustrojowe miodu mogą być związane również z jego działaniem stymulującym układ odpornościowy, wysoką osmolalnością i niskim pH oraz zawartością przeciwutleniaczy i metabolitów tlenu azotu. Interesującą substancją warunkującą działanie przeciwdrobnoustrojowe jest metyloglioksal obecny w miodzie manuka, który pochodzi z nowozelandzkiej rośliny *Leptospermum scoparium*. Ten rodzaj miodu może być wykorzystywany do celów leczniczych jeżeli zawiera minimum 400 g tego związku na 1 kg miodu. Wykazano, że działanie przeciwbakteryjne miodu jest skuteczniejsze po jego rozcieńczeniu (Oryan i in. 2016; Kędzia i Hołderna–Kędzia 2017; Meo i in. 2017). Różnorodność substancji i mechanizmów odpowiedzialnych za działanie przeciwdrobnoustrojowe miodu sprawia, że możemy go stosować w wielu odmiennych schorzeniach. Dzięki obecności antybiotycznych substancji termostabilnych, miody nawet po ogrzewaniu w wysokich temperaturach nie tracą swoich właściwości. Związki należące do tej grupy to np. kwas benzoesowy obecny we wszystkich odmianach miodu czy kwas syringowy i kwas 3,4,5-trimetoksybenzoesowy zidentyfikowany w miodzie manuka (Kędzia i Hołderna–Kędzia 2008).

Wiele badań określa stopień działania przeciwdrobnoustrojowego miodu po przez sprawdzenie wpływu jego obecności na wzrost koloni konkretnych szczepów bakterii. Godlewska i Świsłocka (2015) zbadały działanie różnych odmian miodu na stopień hamowania wzrostu znanych drobnoustrojów: *Escherichia coli* i *Staphylococcus aureus*. Otrzymane wyniki pokazały, że zastosowanie 50% stężenia miodu powoduje skuteczne hamowanie wzrostu bakterii. Najsilniejszym działaniem odznaczały się miody ciemne (gryczany, spadziowy, wrzosowy, leśny), w przypadku których strefa hamowania wzrostu mikroorganizmów wynosiła od 8 do 11 mm względem pałeczek *Escherichia coli*. Pozostałe odmiany miodu (nektarowo-spadziowy, mniszkowy, lipowy, rzepakowy, malinowy, bławatkowy, akacjowy) charakteryzowały się nieco słabszym działaniem względem badanego szczepu tj. strefy hamowania wzrostu wahały się od 4,9 mm do 7,1 mm. W przypadku *Staphylococcus aureus* najsilniejszą inhibicję strefy wzrostu wykazywały: miód gryczany, leśny oraz wrzosowy (strefy hamowania wzrostu równe 9–9,5mm), pozostałe odmiany natomiast wykazywały słabsze działanie (strefy hamowania wzrostu równe od 4 mm do 7 mm). Przeprowadzone doświadczenie pokazuje, że wszystkie miody odznaczały się właściwościami

przeciwdrobnoustrojowymi, jednak miody ciemne najsilniej hamowały wzrost mikroorganizmów. Wykazano, że bakterie Gram–ujemne są nieco bardziej wrażliwe na działanie miodu, niż Gram–dodatnie.

Dane literaturowe dostarczają wielu informacji na temat stosowania miodu w przypadku ran różnorodnego pochodzenia. Imran i in. (2015) przeprowadzili badanie, w którym zbadali działanie opatrunków impregnowanych miodem beri, pochodzącego z kwiatów Głóźny polskiej (*Ziziphus jujuba*), na owrzodzenia stopy cukrzycowej. Grupę badawczą i kontrolną stanowili pacjenci ze stwierdzonym zespołem stopy cukrzycowej, których rany zostały ocenione jako 1 i 2 stopień owrzodzenia według skali Wagnera. Pacjenci z grupy kontrolnej (169 osób) leczeni byli opatrunkami z solą fizjologiczną, natomiast przydzieleni do grupy badanej (179 osób) specjalnymi okładami z dodatkiem miodu. Obserwacje prowadzono przez maksymalnie 4 miesiące. Ostatecznie, ilość całkowicie wyleczonych ran w grupie badanej była o ok. 19% większa, w porównaniu do grupy pacjentów leczonych wyłącznie opatrunkami z solą fizjologiczną. Dodatkowo średni czas trwania procesu leczenia w grupie badanej był o 11 dni krótszy, niż w grupie kontrolnej. Przedstawione wyniki pozwalają stwierdzić, że stosowanie miodu w przypadku ran spowodowanych zespołem stopy cukrzycowej jest uzasadnione i może dawać pozytywne efekty. Wykorzystanie miodu jest zalecane zwłaszcza jeśli u pacjentów istnieją przeciwwskazania do prowadzenia antybiotykoterapii. Inne badanie przeprowadzone przez Nikpour i in. (2019) opisuje z kolei działanie miodu i kurkuminy na rany powstałe u kobiet na skutek cesarskiego cięcia. W tym przypadku monitorowano stopień gojenia się ran i ulgę w bólu przez 10 dni. Pierwsza grupa badana licząca 30 kobiet otrzymywała do smarowania ran kremy z miodem. Pacjentki z drugiej grupy badanej o takiej samej liczebności stosowały kremy z kurkumina, natomiast licząca 29 kobiet grupa kontrolna otrzymała kremy placebo. W ostatecznym etapie badań stwierdzono nieznaczne różnice pomiędzy wszystkimi grupami pod względem intensywności odczuwania bólu i stopnia gojenia się ran. Mniejsza ilość pacjentek wymagała dodatkowego leczenia przeciwbólowego w grupach gdzie zastosowano interwencję niż w grupie placebo. Badanie pokazało istotność kliniczną działania miodu jako środka nie tylko skutecznego we wspomaganium gojenia się ran, lecz również jako czynnik przeciwbólowy. Autorzy badania uważali, że miód zmniejsza odczuwanie bólu dzięki zdolności blokowania syntezy prostaglandyn E<sub>2</sub>, F<sub>2α</sub> i tromboksanu B<sub>2</sub>. Miód może znaleźć również zastosowanie w leczeniu ran będących powikłaniami po przeprowadzonej radioterapii. Charalambous i in. (2018) zbadali wpływ płukanek z miodu tymiankowego na zapalenie jamy ustnej występującej po zastosowaniu terapii z użyciem promieniowania jonizującego. Badania przeprowadzono z udziałem 72 osób cierpiących na raka głowy i szyi, którzy zostali podzieleni na grupę badaną i kontrolną. Płukanki składały się z 20 ml miodu i 100 ml oczyszczonej wody. Wykonywane były przez pacjentów trzy razy dziennie przez 7 tygodni (15 minut przed i po radioterapii oraz po upływie 6 godzin). Płukanki miodowe wprowadzono w 4 tygodniu terapii. Pacjenci w grupie kontrolnej stosowali w tych samych odstępach czasu zwykle solanki do płukania jamy ustnej. W porównaniu z grupą kontrolną, u pacjentów stosujących roztwory miodu tymiankowego, zaobserwowano mniejszy stopień rozwoju zapalenia jamy ustnej, utrzymanie masy ciała, zmniejszenie bólu związanego z połykaniem i statystycznie wyższą jakość życia. Badanie pozwoliło potwierdzić, iż konkretne odmiany miodu mogą być z powodzeniem wykorzystywane do łagodzenia negatywnych skutków radioterapii.

#### 4. Podsumowanie i Wnioski

Przedstawione dane literaturowe pokazują, że miód coraz częściej wykorzystywany jest we współczesnej medycynie. Popularne staje się stosowanie produktu w różnorodnych formach jako dodatkowy element terapii w przypadku wielu schorzeń. Miód stwarza nowe alternatywy leczenia, zwłaszcza kiedy u pacjentów istnieją przeciwwskazania do stosowania farmakoterapii. Niezwykle cenne są właściwości przeciwdrobnoustrojowe miodu z uwagi na fakt, że coraz częściej szczepy bakteryjne wytwarzają silną odporność na działanie antybiotyków, co może prowadzić do rozwoju poważnych zakażeń i powikłań. Zawartość znacznej ilości związków przeciwutleniających sprawia, że produkt staje się elementem profilaktyki wobec wielu chorób, których patogenezą związana jest z negatywnym działaniem wolnych rodników. W niektórych przypadkach, sprawdzenie rzeczywistych efektów działania miodu wymaga przeprowadzenia kolejnych, bardziej

szczegółowych badań. Obecny stan wiedzy pozwala sądzić, że miód jest produktem, który warto umieścić w codziennej diecie i w dalszym ciągu wykorzystywać w specjalistycznym leczeniu medycznym.

## 5. Literatura

- Charalambous M, Raftopoulos V, Paikousis L i in. (2018) The effect of the use of thyme honey in minimizing radiation - induced oral mucositis in head and neck cancer patients: A randomized controlled trial. *European Journal of Oncology Nursing* 34: 89–97.
- Da Silva PM, Gauche C, Gonzaga LV i in. (2016) Honey: Chemical composition, stability and authenticity. *Food Chemistry* 196: 309–23.
- Godlewska M, Świśłocka R (2015) Fizykochemiczne i przeciwdrobnoustrojowe właściwości miodów z rejonu Podlasia. *Kosmos Problemy Nauk Biologicznych* 64(2): 347–352.
- Hołderna–Kędzia E, Kędzia B (2006) Badania nad przeciwutleniającymi właściwościami miodu pszczelego. *Acta Agrobotanica* 59(1): 265–569.
- Imran M, Hussain MB, Baig M (2015) A Randomized, Controlled Clinical Trial of Honey-Impregnated Dressing for Treating Diabetic Foot Ulcer. *Journal of the College of Physicians and Surgeons Pakistan* 25: 721–725.
- Kędzia B, Hołderna–Kędzia E (2017) Współczesne poglądy na mechanizm przeciwdrobnoustrojowego działania miodu. *Postępy Fitoterapii* 18(4): 290–297.
- Machado De–Melo AA, de Almeida–Muradian LB, Sancho MT i in. (2018) Composición propiedades de la miel de *Apis mellifera*: una revisión. *Journal of Apicultural Research* 57: 5–37.
- Meo SA, Al–Asiri SA, Mahesar AL i in. (2017) Role of honey in modern medicine. *Saudi Journal of Biological Sciences* 24: 975–978.
- Nikpour M, Delavar AM, Khafri S i in. (2018) The Use of Honey and Curcumin for Episiotomy Pain Relief and Wound Healing: A Three-Group Double-Blind Randomized Clinical Trial. *Nursing and Midwifery Studies* 8(1): 45–49.
- Oryan A, Alemzadeh E, Moshiri A (2016) Biological properties and therapeutic activities of honey in wound healing: A narrative review and meta-analysis. *Journal of Tissue Viability* 25: 98–118.
- Peszko C, Grabowska J, Jurek N (2015) Oznaczanie polifenoli i wybranych pierwiastków w kawie, herbacie i miodach. *Bromatologia i Chemia Toksykologiczna* 4: 653–659.
- Puścion–Jakubik A, Borawska MH (2016) Odmianowe miody pszczele – pyłki główne i towarzyszące jako podstawa ich zaklasyfikowania. *Problemy Higieny i Epidemiologii* 97(3): 275–278.
- Sadeghi F, Salehi S, Kohanmoo A i in. (2019) Effect of Natural Honey on Glycemic Control and Anthropometric Measures of Patients with Type 2 Diabetes: A Randomized Controlled Crossover Trial. *International Journal of Preventive Medicine* 10(3).
- Tichonov AI, Bondarenko LA, Jarnych TG i in. (2017) Kędzia B, (red). *Miód naturalny w medycynie i farmacji*. Wydawca: Gospodarstwo Pasieczne „SADECKI BARTNIK” Sp. z o.o., Stróże.
- Wilczyńska A (2013) Skład chemiczny i właściwości antyoksydacyjne miodu manuka. *Problemy Higieny i Epidemiologii* 94: 873–875.
- Wilczyńska A, Przybyłowski P (2009) Charakterystyka związków fenolowych zawartych w miodach. *Zeszyty Naukowe Akademii Morskiej w Gdyni* 11: 33–38.

## 14. Zanieczyszczenia mikrobiologiczne piwa

Microbial contamination of beer

Magdalena Michalak<sup>(1)</sup>, Patryk Ostanek<sup>(2)</sup>, Magdalena Polak-Berecka<sup>(1)</sup>

<sup>(1)</sup>Katedra Biotechnologii, Mikrobiologii i Żywnienia Człowieka, Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie

<sup>(2)</sup>Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie

Opiekun naukowy: dr hab. Magdalena Polak-Berecka, prof. UP

Magdalena Michalak: magdalena.michalak@up.lublin.pl

Słowa kluczowe: piwo, kontaminacja, bakterie kwasu mlekowego, bakterie kwasu octowego, grzyby

### Streszczenie

Produkcja piwa jest procesem wieloetapowym. Na każdym z etapów produkcji napojów alkoholowych pojawia się niebezpieczeństwo zanieczyszczenia mikrobiologicznego. Rozwój niepożądanych mikroorganizmów skutkuje zmianą cech sensorycznych produktu oraz stwarza ryzyko zanieczyszczenia go toksycznymi metabolitami.

Wśród mikroorganizmów odpowiedzialnych za niekorzystne zmiany cech jakościowych piwa wymienia się: bakterie kwasu mlekowego (LAB), bakterie kwasu octowego (AAB), dzikie szczepy drożdży oraz grzyby strzępkowe. Bakterie kwasu mlekowego, np. *Lactobacillus brevis* oraz *Pediococcus damnosus* powodują powstawanie niepożądanych zapachów i kwaśnego posmaku piwa. Bakterie kwasu octowego (*Acetobacter* spp., *Gluconobacter* spp.) zwiększają kwasowość napojów alkoholowych, nadając im nieprzyjemny posmak. Dzikie szczepy drożdży (np. z rodzaju *Brettanomyces*, *Pichia*, *Hansenula*) wytwarzają aldehydy, fenole i lotne kwasy zmieniające cechy organoleptyczne napojów alkoholowych. Z kolei grzyby strzępkowe (*Alternaria* spp., *Fusarium* spp.) mogą produkować kancerogenne mykotoksyny.

### 1. Wprowadzenie

Piwo to otrzymywany w wyniku fermentacji alkoholowej brzojki piwnej napój alkoholowy, będący najstarszym i najczęściej spożywanym napojem alkoholowym na świecie. Produkt ten, podobnie jak większość produktów fermentowanych, powstaje w wyniku działania mikroorganizmów, które wykazują szereg biologicznych aktywności zapewniających produktom odpowiednie wartości odżywcze, bezpieczeństwo, a także walory smakowe (Liu i in. 2015).

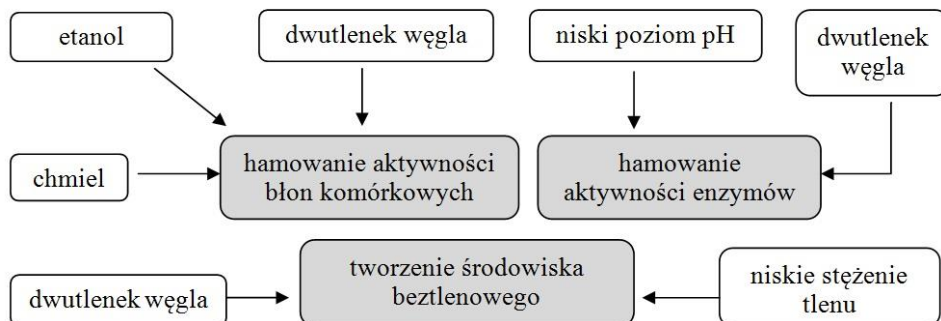
Zanieczyszczenia mikrobiologiczne są ciągłym problemem w przemyśle spożywczym. Pomimo że cechy fizykochemiczne i składniki piwa (niskie pH produktu, wysoką kwasowość i występowanie różnych związków przeciwdrobnoustrojowych) w znacznym stopniu ograniczają występowanie szkodliwej mikroflory, w napojach tych znajdować się mogą różne gatunki mikroorganizmów przyczyniających się do pogorszenia ich jakości (Shabani i Devolli 2010). Następnym występowania niepożądanych drobnoustrojów może być szereg zmian w napojach alkoholowych, takich jak nieprzyjemny posmak (np. maślany posmak diacetylu), mętnienie, zmiana lepkości, czy ograniczenie wzrostu drożdży przeprowadzających proces fermentacji. Te niepożądane zmiany corocznie przynoszą zakładom produkcyjnym miliardy złotych strat (Esmaili i in. 2015).

W pracy przedstawiono przegląd literatury dotyczącej niepożądanych drobnoustrojów występujących w piwie oraz ich negatywny wpływ na jakość produktu. Zwrócono także uwagę na czynniki ograniczające rozwój niekorzystnej mikroflory.

### 2. Piwo jako środowisko życia i rozwoju mikroflory

Zawartość alkoholu etylowego (0,5 – 10% wag.), obecność dwutlenku węgla (0,5%), występowanie związków goryczkowych chmielu (około 17 – 55 ppm izo- $\alpha$ -kwasów) oraz niska wartość pH (3,8 – 4,7) i obniżona zawartość tlenu (< 0,1 ppm) oraz substancji odżywczych powodują

wysoką stabilność mikrobiologiczną piwa (Paradh i Hill 2016; Geissler i in. 2015). Rys. 1 przedstawia obecne w piwie czynniki hamujące wzrost mikroorganizmów oraz mechanizmy ich działania. Mikrobiologiczna stabilność piwa uzależniona jest również od poszczególnych etapów jego produkcji. Procesy te obejmują: zakwaszanie słołu, zacieranie, warzenie brzeczki, pasteryzację, filtrację oraz chłodzenie gotowego wyrobu (Vrieskoop i in. 2012).



**Rys. 1.** Czynniki hamujące i ich sposoby ograniczania rozwoju mikroorganizmów w piwie.

Piwo jest bardziej podatne na niepożądaną wzrost mikroorganizmów w sytuacji, gdy jeden bądź więcej czynników hamujących jest nieobecny lub występuje na obniżonym poziomie (Vrieskoop i in. 2012). Przykładowo, Vaughan i in. (2005) zauważyli, że piwa o podwyższonej wartości pH, niskiej zawartości alkoholu etylowego i niższym poziomie dwutlenku węgla, oraz te z dodatkiem cukru (zwiększona ilość składników odżywczych) były bardziej podatne na skażenie.

### 2.1 Etanol

Właściwości przeciwdrobnoustrojowe piwa znane były już w 1935 roku, kiedy Shimwell wykazał, że napoje zawierające wyższe stężenie etanolu były bardziej odporne na zanieczyszczenie przez bakterię *Saccharobacillus pastorianus* (obecnie *Lactobacillus brevis*). Alkohol etylowy przyczynia się do denaturacji białek komórkowych, zaburza metabolizm oraz odpowiada za lizę komórek mikroorganizmów (Paradh i Hill 2016).

Zawartość etanolu powyżej 5% wag. zwiększa przepuszczalność membran komórkowych, co z kolei podnosi wrażliwość na niskie pH, umożliwiając przechodzenie zwiększonej ilości protonów do cytoplazmy. W efekcie prowadzi to do zaburzenia homeostazy w komórkach drobnoustrojów (Vrieskoop i in. 2012).

### 2.2 pH

Większość piw charakteryzuje się niską wartością pH (Geissler 2015). Niskie pH umożliwia przenikanie słabych kwasów organicznych do wnętrza komórek powodując ich zakwaszenie, destrukcję systemów enzymatycznych oraz ograniczenie zdolności do pobierania substancji odżywczych. Pomimo niekorzystnego pH środowiska zewnętrznego, mikroorganizmy próbują utrzymać stabilne, prawie neutralne wewnątrzkomórkowe pH (Beales 2004). W sytuacji, gdy mechanizmy pasywnej i aktywnej homeostazy są przepracowane, dochodzi do głodu, a w konsekwencji prowadzi to do śmierci.

Oprócz działania bezpośredniego, niskie pH piwa wykazuje efekt synergistyczny z substancjami gorzyczkowymi chmielu. Mianowicie, związki zawarte w chmielu odznaczają się zwiększoną aktywnością antybakteryjną przy niższych wartościach pH (Vrieskoop i in. 2012).

### 2.3 Chmiel

Chmiel dodawany jest do piwa, by nadać mu charakterystycznej gorzkości i aromatu. Substancje zawarte w chmielu należą do dwóch grup: żywic oraz olejków eterycznych. Spośród nich, największe znaczenie mają żywice wśród których wyróżnia się  $\alpha$ -kwasy (humulon i jego izomery) oraz  $\beta$ -kwasy (lupulon i jego izomery). Podczas gotowania brzeczki  $\alpha$ -kwasy ulegają izomeryzacji do lepiej rozpuszczalnych izo- $\alpha$ -kwasów nadających piwu gorzycz oraz zapewniających właściwości

przeciwdrobnoustrojowe. Pomimo, iż  $\beta$ -kwasu cechują się aktywnością przeciwdrobnoustrojową, odznaczają się niską rozpuszczalnością w brzeczce, a przez to mają niewielkie znaczenie w odporności piwa na patogeny (Vriesekoop i in. 2012).

Nierozpuszczalne formy związków chmielu mają działanie antymikrobiologiczne, z kolei wpływ zjonizowanych form na patogeny jest niewielki. Wykazano, że składniki chmielu (lupulon, humulon, izohumulon) uszkadzały błonę komórkową bakterii *Bacillus subtilis*, co powodowało zahamowanie aktywnego transportu sacharydów i aminokwasów przez membranę, przez co oddychanie, synteza białek, DNA, a także RNA zostaje zaburzona (Sakamoto i Konings 2003).

Związki zawarte w chmielu mogą też przenikać przez ścianę komórkową drobnoustrojów w formie nienaruszonej. Zachowują się one wtedy jak jonofory kationowe, które rozpraszają transbłonowy gradient pH, w konsekwencji prowadząc do zahamowania wzrostu mikroorganizmów wrażliwych (Paradh i Hill 2016).

#### 2.4 Dwutlenek węgla

Obecność dwutlenku węgla ( $\text{CO}_2$ ), podobnie jak brak tlenu, zwiększa mikrobiologiczną odporność piwa. Dwutlenek węgla powstaje podczas początkowego procesu fermentacji piwa, a jego ilość ulega dodatkowo zwiększeniu poprzez bezpośrednie wprowadzenie  $\text{CO}_2$  lub w wyniku wtórnej fermentacji do osiągnięcia wartości 0.5%. Związek ten prowadzi do zahamowania rozwoju patogenów w wyniku kilku mechanizmów: zapewnienie środowiska anaerobowe, uniemożliwiając wzrost mikroorganizmom tlenowym, obniżenie pH, wpływ na reakcje karboksylacji i dekarboksylacji, a także odgrywanie bezpośredniej roli w hamowaniu wzrostu drobnoustrojów (Rys. 1) (Paradh i Hill 2016; Vriesekoop i in. 2012).

#### 2.5 Niedobór substancji odżywczych

Zawartość substancji odżywczych dostępnych dla wzrostu mikroorganizmów, w tym węglowodanów, aminokwasów i niektórych witamin z grupy B, jest niewielka w większości piw ze względu na wykorzystanie ich przez drożdże podczas procesu fermentacji (Vriesekoop i in. 2012).

### 3. Negatywny wpływ mikroflory na piwo

#### 3.1 Bakterie kwasu mlekowego

Bakterie kwasu mlekowego (LAB, ang. lactic acid bacteria) to Gram-dodatnie, nieprzetrwalnikujące pałeczki lub ziarniaki, które są fakultatywnie beztlenowymi mikroorganizmami należącymi do rzędu *Lactobacillales*. Podczas gdy rozwój większości Gram-dodatnich bakterii jest silnie hamowany przez chmiel dodawany podczas produkcji piwa, niewielka liczba specyficznych dla piwa LAB wykształciła zdolność do przeżycia w obecności chmielu (występowanie genu *horA*). Szacuje się, że LAB odpowiadają za 60 – 70% wszystkich skażeń powstających w piwie (Yin i in. 2018). Spośród nich, największy udział w zanieczyszczeniu piwa mają gatunki: *Lactobacillus brevis* oraz *Pediococcus damnosus* (Vriesekoop i in. 2012). *L. brevis* powoduje powstawanie nieprzyjemnego posmaku i aromatu napoju, jak również wysoką mętność końcowego produktu. Co więcej, wykazując zdolność do fermentacji dekstryn i skrobi, bakteria ta może przyczyniać się do nadmiernego odfermentowania piwa, a także do zwiększenia jego kwasowości. Zdolność *L. brevis* do rozwoju w piwie jest cechą zależną od szczepu i uwarunkowana jest w dużej mierze preferencjami określonych nisz środowiskowych. Zauważono, że bakterie *L. brevis* obecne w piwie mają tendencję do zmniejszania rozmiarów swoich komórek prawdopodobnie w celu redukcji powierzchni kontaktu ze związkami antybakteryjnymi występującymi w fermentowanym napoju (Paradh 2013; Satora i Tuszyński 2004). *P. damnosus* również ma zdolność do produkcji niepożądanych posmaków i aromatów. Skażone piwo odznacza się wówczas wysoką kwasowością oraz „maślanym” posmakiem powstającym w wyniku syntezy diacetylu (Satora i Tuszyński 2004; Vriesekoop i in. 2012). Niektóre szczepy *P. damnosus* wytwarzają egzopolisacharydy, które wiążą się w formie otoczek z powierzchnią ściany komórkowej bądź są wydzielane w formie śluzu na zewnątrz komórki a przez to zwiększają lepkość piwa (Jurkowski i Błaszczuk 2012; Paradh 2013).

*Lactobacillus lindneri* to kolejna z bakterii należąca do LAB, przyczyniająca się do skażenia piwa. Bakterie te charakteryzują się słabym wzrostem na wielu podłożach mikrobiologicznych



i często powodują niewykrywalne podczas procesu warzenia piwa zanieczyszczenia fermentowanego napoju (Suzuki 2011). *L. lindneri*, podobnie jak *L. brevis* ma zdolność do zmniejszania rozmiarów swoich komórek, dzięki czemu bakterie te mogą przenikać przez filtry membranowe stosowane do usuwania zanieczyszczeń z piwa. Jednak w odróżnieniu od innych LAB, piwo zanieczyszczone tą bakterią jest mniej mętne i nie obserwuje się nieprzyjemnego posmaku (Paradh 2013).

Inne gatunki należące do rodzaju *Lactobacillus* (*L. buchneri*, *L. coryneformis*, *L. plantarum*, *L. casei* i *L. curvatus*) są mniej rozpowszechnione w piwie. Bakterie te mają bowiem mniejszą oporność na związki goryczkowe chmielu, jednak mogą prowadzić do skażenia piwa o podwyższonych wartościach pH (Paradh 2013; Satora i Tuszyński 2004).

Oprócz *P. damnosus*, w piwie zidentyfikowano kilka innych gatunków należących do rodzaju *Pedococcus*, w tym: *P. claussenii*, *P. acidilactici*, *P. inopinatus*, *P. parvulus*, *P. dextrinicus*, *P. pentosaceus*, lecz tylko niektóre z nich są zdolne do skażenia fermentowanego napoju. *P. inopinatus* oraz *P. dextrinicus* zanieczyszczają piwo o podwyższonym poziomie pH (4,2) oraz o niższej zawartości etanolu zawierające także niewielką ilość  $\alpha$ -izo-kwasów. Niektóre szczepy *P. claussenii*, produkując egzopolisacharydy, przyczyniają się do wzrostu lepkości napoju. Nie odnotowano natomiast żadnych zanieczyszczeń w piwie spowodowanych przez gatunki *P. acidilactici* i *P. pentosaceus* (Esmaeili i in. 2015; Turvey i in. 2016).

### 3.2 Enterobacteriaceae

*Enterobacteriaceae* to rodzina Gram-ujemnych, fakultatywnych beztlenowców, do których zalicza się m.in. rodzaje *Citrobacter*, *Enterobacter*, *Escherichia*, *Klebsiella*, *Salmonella*, *Serratia* oraz *Shigella*. Spośród tak szerokiej grupy mikroorganizmów tylko niewielką liczbę bakterii można znaleźć w piwie, np. *Shimwellia pseudoproteus*, *Rahnella aquatilis*, *Citrobacter freundii*. *S. pseudoproteus* ma zdolność do psucia piwa i brzezki poprzez produkcję acetoiny, kwasu mlekowego, propanolu, DMS (siarczku dimetylu), izobutanolu i 2,3-butanodiolu. Zanieczyszczenie tą bakterią występuje najczęściej podczas dodawania drożdży do fermentora i może powodować znaczący problem w pierwszej dobie fermentacji, do czasu aż pH spadnie poniżej wartości 4,5. Pozostałe wspomniane dwa gatunki bakterii wpływają na jakość piwa na skutek produkcji różnorodnych posmaków i aromatów w wyniku wytwarzania diacetylu, DMS, acetoiny, acetaldehydu, kwasu mlekowego i 2,3-butandiolu. Produkcja tych związków następuje zazwyczaj na początku fermentacji piwa. Sposobem pozbycia się tego problemu jest użycie w procesie fermentacji wysoce aktywnych kultur startowych drożdży, które szybko zwiększają stężenie etanoluhamującego produkcję posmaków (Ashtavinayak i Elizabeth 2016).

### 3.3 Bakterie kwasu octowego

Bakterie kwasu octowego (AAB, ang. acetic acid bacteria) to tlenowe, Gram-ujemne pałeczki należące do rodziny *Acetobacteraceae*. Spośród nich, wady piwa powoduje 10 gatunków bakterii *Acetobacter* oraz jeden gatunek *Gluconobacter* (*G. oxydans*). AAB są zazwyczaj ściśle tlenowe, jednak wyizolowano także szczepy pochodzące z piwa beczkowego będące mikroorganizmami mikroaerofilnymi. Bakterie kwasu octowego mają zdolność do przetrwania w warunkach wysokiego stężenia etanolu (powyżej 10%) oraz do utleniania go do kwasu octowego, co prowadzi do pojawienia się w piwie octowego posmaku oraz zapachu (Vriesekoop i in. 2012). Obecnie, w nowoczesnych zakładach piwowarskich dzięki wdrożeniu skutecznych metod czyszczenia oraz odpowiednich procesów sanitarnych, a także dzięki efektywnemu usuwaniu tlenu z procesów następujących po fermentacji, bakterie kwasu octowego nie stanowią już znaczącego zagrożenia dla browarnictwa (Paradh 2013).

### 3.4 Zymomonas

*Zymomonas mobilis* jest bakterią beztlenową, tolerującą tlen, która wykorzystuje szlak Entnera-Doudoroffa, aby całkowicie zużyć w procesie fermentacji ograniczoną ilość substratów (glukoza, fruktoza i sacharoza) do wytworzenia etanolu. Bakterie te nie fermentują laktozy, maltozy i celobiozy z powodu braku genów odpowiedzialnych za produkcję enzymów potrzebnych do metabolizmu tych cukrów. Tłumaczy to fakt występowania bakterii *Zymomonas* jedynie w piwach, w których jako cukier używana jest sacharoza. *Z. mobilis* dużo częściej występuje w cydrach,

w zakładach piwowarskich natomiast został wykryty podczas procesu butelkowania. Piwo skażone przez te bakterie ma zazwyczaj „owocowy” bądź „siarczkowy” posmak, ze względu na wytwarzanie wysokich stężeń aldehydu octowego oraz siarkowodoru w procesie fermentacji (Satora i Tuszyński 2004; Vriesekoop i in. 2012).

### 3.5 *Pectinatus* spp.

Ściśle beztlenowe bakterie z rodzaju *Pectinatus* przyczyniają się do powstawania wad głównie w niepasteryzowanym i niskoalkoholowym piwie. Rozwijają się bowiem przy stężeniu etanolu do 4,5%, a ich wzrost zostaje całkowicie zahamowany przy stężeniu 5,5%. Wzrost bakterii *P. cerevisiophilus*, *P. frisingensis* i *P. haikarae* w piwie odpowiada za powstawanie kwasowego smaku oraz zapachu „zgniłych jaj”, z powodu wytwarzania siarkowodoru, kwasów tłuszczowych oraz merkaptanu metylu (siarkowego analogu metanolu) (Ashtavinayak i Elizabeth 2016). Ponadto, bakterie z rodzaju *Pectinatus* syntetyzują podczas wzrostu znaczne ilości kwasów: propionowego, octowego, mlekowego i bursztynowego, jak również acetoiny - związków, które przyczyniają się do zmętniania piwa (Esmaeili i in. 2015).

### 3.6 *Megasphaera* spp.

Bakterie z rodzaju *Megasphaera* to obligatoryjne beztlenowce, wrażliwe na wysokie stężenia etanolu. Wzrost tych bakterii zostaje zahamowany przy stężeniu alkoholu powyżej 2,8% (Satora i Tuszyński 2004). Z tego względu są one wykrywane zazwyczaj tylko na początku procesu fermentacji (Paradh 2013). *M. kristinae* odpowiada za tworzenie owocowego aromatu piwa, szkody w piwowarstwie może powodować również *M. cerevisiae* wywołując zmętnienie i nieprzyjemny zapach. Objawy zakażenia powodowanego przez rodzaj *Megasphaera* są zbliżone do tych wywołanych przez rodzaj *Pectinatus*. Mianowicie, piwa zanieczyszczone przez te bakterie charakteryzują się mętnością (wysoki poziom siarkowodoru), mogą również zawierać stosunkowo duże ilości kwasów tłuszczowych: masłowego, izowalerianowego, kapronowego, oraz acetoinę (Satora i Tuszyński 2004; Vriesekoop i in. 2012).

### 3.7 Drożdże

Oprócz bakterii, wady w piwie powodują również dzikie drożdże. Spośród rodzajów drożdży zanieczyszczających piwo można wyróżnić: *Brettanomyces*, *Candida*, *Torulaspora*, *Pichia*, *Debaryomyces* oraz *Zygosaccharomyces*. Syntetyzują one fenole, kwasy tłuszczowe i estry, które przyczyniają się do powstania charakterystycznych posmaków w piwie. Drożdże dzikie odznaczają się również zdolnością do zmętniania piwa.

Drożdże dzikie często wykazują większą aktywność enzymu pektynoesterazy w porównaniu z czystymi kulturami drożdży piwowarskich. Odszczepiając hydrolitycznie od cząsteczki pektyny grupę metoksylową –OCH<sub>3</sub>, enzym ten przyczynia się do zwiększenia ilości szkodliwego alkoholu metylowego w piwie (Esmaeili i in. 2015).

Obecność drożdży *Candida versatilis*, *Hansenula anomala*, *Rhodotorula glutinis* oraz *Brettanomyces anomalus* zwiększa zawartość nitrozoamin w piwie. Prowadzi to do powstania azotynów, z których powstają niebezpieczne dla zdrowia człowieka nitrozwiązki. Szkodliwa jest zwłaszcza dimetylonitrozoamina (DMNA), a także formaldehyd i diazometan. Mają one działanie mutagenne oraz rakotwórcze (Satora i Tuszyński 2004; Turvey i in. 2016).

### 3.8 Grzyby

Pomimo tego, iż grzyby nie są typowymi mikroorganizmami zanieczyszczającymi piwo, ich obecność w jęczmieniu może powodować negatywny wpływ na jakość słodu, brzeczki, czy też gotowego wyrobu. Wśród nich znajdują się grzyby należące do rodzajów *Alternaria*, *Fusarium*, *Cladosporium* i *Epicoccum*. Ich rozwój w słodzie powoduje powstawanie niepożądanych, cierpkich posmaków piwa. Grzyb *Aspergillus fumigatus* jest odpowiedzialny za nieświeży zapach napoju. Ponadto, niektóre gatunki grzybów w określonych warunkach środowiskowych są zdolne do produkcji toksyn. Rodzaje *Penicillium* i *Aspergillus* wytwarzają aflatoksyny – mykotoksyny o właściwościach mutagennych (Esmaeili i in. 2015).

Metabolity wtórne – polipeptydy i peptydoglukany, syntetyzowane podczas słodowania między innymi przez grzyby z rodzajów *Rhizopus*, *Penicillium*, *Aspergillus* czy *Fusarium* inicjują proces wypieniania się piwa (Satora i Tuszyński 2004).

#### **4. Podsumowanie**

W nowoczesnych zakładach produkcyjnych, ryzyko zanieczyszczenia mikrobiologicznego piwa wiąże się głównie ze wzrostem wybranych szczepów bakterii z rodzaju *Lactobacillus* i *Pediococcus*, a także innych ściśle beztlenowych bakterii Gram-ujemnych. Dodatkowo, ryzykiem są grzyby, w tym dzikie drożdże. Istotnym czynnikiem sprzyjającym mikrobiologicznemu psuciu się napojów alkoholowych, a przede wszystkim piwa jest wzrost produkcji napojów niskoalkoholowych lub bezalkoholowych, co zapewnia bardziej sprzyjające warunki do rozwoju niekorzystnej mikroflory.

Zanieczyszczenia mikrobiologiczne piwa prowadzą do znacznych strat finansowych. W celu zachowania właściwych cech jakościowych i zapewnienia bezpieczeństwa konsumentom, niezbędna jest kontrola higieny w zakładach produkcyjnych.

#### **5. Bibliografia**

- Ashtavinayak P, Elizabeth HA (2016) Review: Gram Negative Bacteria in Brewing. *Advances in Microbiology* 6, 195-209.
- Esmaili S, Mogharrabi M, Safi F et al. (2015) The common spoilage microorganisms of beer: occurrence, defects and determination – a review. *Carpathian Journal of Food Science and Technology* 7, 70-74.
- Geissler AJ, Jürgen B, Kamp K et al. (2015) Metabolic strategies of beer spoilage lactic acid bacteria in beer. *International Journal of Food Microbiology* 216, 60-61.
- Jurkowski M, Błaszczuk M (2012) Charakterystyka fizjologiczno-biochemiczna bakterii fermentacji mlekowej. *Kosmos*. Warszawa, 3, 496-501.
- Liu Y, Rousseaux S, Tourdot-Maréchal R et al. (2015) Wine microbiome :A dynamic world of microbial interactions. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition* 57, 856 - 873.
- Paradh A (2013) Pectinatus and Megasphaera RNA-based novel detection method. *Edinburgh*, 22-25.
- Paradh A, Hill AE (2016) Review: Gram Negative Bacteria in Brewing. *Advances in Microbiology* 6, 195-196.
- Sakamoto K, Konings WN (2003) Beer spoilage bacteria and hop resistance. *International Journal of Food Microbiology* 89(2-3), 105-124.
- Satora P, Tuszyński T (2004) Zakażenia mikrobiologiczne piwa. *Laboratorium-Przegląd Ogólnopolski* 4, 3-10.
- Shabani L, Devolli A (2010) Microbial spoilage in beer processing by biofilms. *Natura Montenegrina* 9, 655-662.
- Suzuki K (2011) 125th anniversary review: microbiological instability of beer caused by spoilage bacteria. *Journal of The Institute of Brewing* 117, 131.
- Turvey M. E, Weiland F, Meneses J et al. (2016) Identification of beer spoilage microorganisms using the MALDI Biotyper platform. *Applied Microbiology and Biotechnology* 100, 2761.
- Vaughan A, O'sullivan T, Van Sinderen D (2005) Enhancing the microbiological stability of malt and beer - A review. *Journal of Institute of Brewing* 111, 355-371.
- Vriesekoop F, Krahl M., Hucker B et al. (2012) 125th Anniversary Review: Bacteria in brewing: The good, the bad and the ugly. *Journal of the Institute of Brewing* 118(4), 335-345.
- Yin H, Dong J, Yu J et al. (2018) A novel horA genetic mediated RCA detection of beer spoilage *Lactobacillus* Microbial Pathogenesis 114, 311-314.

## 15. Zanieczyszczenia mikrobiologiczne wina

Microbial contamination of wine

Patryk Ostanek<sup>(1)</sup>, Magdalena Michalak<sup>(2)</sup>, Jacek Jachuła<sup>(3)</sup>

<sup>(1)</sup>Koło Naukowe Biochemików Żywności i Żywienia, Katedra Biochemii i Chemii Żywności, Wydział Nauk o Żywności i Biotechnologii, Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie

<sup>(2)</sup>Katedra Biotechnologii, Mikrobiologii i Żywienia Człowieka, Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie

<sup>(3)</sup>Katedra Botaniki i Fizjologii Roślin, Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie

Opiekun naukowy: dr hab. Magdalena Polak-Berecka, prof. UP

Patryk Ostanek: patryk.ostanek@gmail.com

Słowa kluczowe: wino, kontaminacja, drożdże, bakterie kwasu mlekowego, bakterie kwasu octowego

### Streszczenie

Główną rolą mikroorganizmów w produkcji wina jest przekształcanie cukrów zawartych w winogronach w alkohol, zmniejszenie kwasowości moszczu oraz wytworzenie pożądanego smaku i aromatu. Niektóre drobnoustroje mogą jednak wywierać niekorzystny wpływ na wino, prowadząc do pogorszenia jakości i wartości produktu. Obecność bakterii kwasu mlekowego (ang. LAB), zwłaszcza *Oenococcus oeni*, pozytywnie wpływa na jakość sensoryczną wina, jednak niektóre LAB, takie jak *Lactobacillus* sp., czy *Pediococcus* sp. mogą wytwarzać niepożądane związki lotne. Konsekwencją zanieczyszczenia bakteryjnego wina jest gorzki smak produktu, lepka konsystencja, czy kwaśny i "maślany" posmak. Istnieje również ryzyko zanieczyszczenia napoju kancerogennym karbaminianem etylu oraz aminami biogennymi syntetyzowanym przez LAB. W przypadku grzybów, rodzaj *Brettanomyces* uważany jest za główną przyczynę psucia się wina i stanowi w ostatnich latach jeden z ważniejszych problemów winiarstwa. Zakażenia tymi drożdżami wiążą się z produkcją etylofenoli, które odpowiedzialne są za charakterystyczny "mysi", "koński", czasem określany jako "apteczny" zapach napoju.

### 1. Wprowadzenie

Winiarstwo określane jako sztuka przetwarzania owoców w celu uzyskania wina, swoją historią sięga ponad 7000 lat. Pomimo tego, że koncepcja przekształcania moszczu winogronowego w wino nie jest trudna do zrozumienia, produkcja smacznego i stabilnego produktu, który nie psuje się podczas przechowywania, wymaga dużego doświadczenia ze strony producenta. Obecnie proces otrzymywania wina nie różni się znacznie od praktyk stosowanych przez starożytnych Egipcjan czy Greków, jednak współczesne zakłady produkcyjne posiadają znacznie większą kontrolę nad kolejnymi etapami wytwarzania wina, podczas których możliwy jest rozwój niepożądanego mikroflory (Bartowsky 2009).

Główna rola mikroorganizmów w produkcji wina polega na przekształcaniu cukrów zawartych w winogronach w alkohol, zmniejszeniu kwasowości moszczu oraz wytworzeniu pożądanego profilu smakowo-zapachowego. Pomimo iż warunki panujące w winie w dużym stopniu hamują występowanie niepożądanego mikroflory, w napoju tym mogą pojawiać się drobnoustroje pogarszające jego jakość (Du Toit i Pretorius 2000). W wyniku kontaminacji może dochodzić do szeregu zmian w winie, takich jak nieprzyjemny posmak, mętnienie, zmiana lepkości, czy też ograniczenie wzrostu drożdży winiarskich przeprowadzających proces fermentacji. Opisane zmiany, pomimo rozwiniętych systemów produkcyjnych prowadzą do strat sięgających miliardów złotych rocznie (Esmaeili i in. 2015).

Jednym z celów w procesie produkcji wina jest ograniczenie ryzyka pojawienia się niepożądanego mikroflory. Niniejszy przegląd skupia się na zanieczyszczeniach wina powodowanych przez bakterie i grzyby oraz podsumowuje czynniki, które hamują rozwój niekorzystnej mikroflory w napoju alkoholowym.

## **2. Wino jako środowisko życia i rozwoju mikroflory**

Wino, jako fermentowany napój alkoholowy, stanowi niekorzystne dla większości drobnoustrojów wywołujących skażenia żywności środowisko rozwoju. Specyficzny skład chemiczny tego trunku decyduje o jego aromacie, walorach smakowych, jak również trwałości (Robinson i in. 2014).

### **2.1 Etanol**

Stężenie etanolu w winie czerwonym wynosi od 12 do 16 % wag., zaś w winie białym- 11 – 15% wag. (Britton i in. 2016). Alkohol etylowy osłabia integralność błon komórkowych drobnoustrojów oraz zmienia II-, III- i IV-rzędową strukturę białek. Mikroorganizmy zasiedlające wino różnią się stopniem tolerancji na alkohol etylowy. Bakterie o morfologii pałeczek są w większości odporne na działanie etanolu; podczas gdy ziarniaki zaliczane są do grupy drobnoustrojów wrażliwych na bójcze działanie alkoholu etylowego (Košmerl i in. 2013).

### **2.2 Składniki pokarmowe**

Wino, pomimo stosunkowo wysokiej wartości odżywczej surowca, nie jest środowiskiem bogatym w składniki pokarmowe. Jest to konsekwencja przebiegających w procesie produkcji wina reakcji fermentacji. Niezbędne do rozwoju większości mikroorganizmów związki zawierające przyswajalny azot oraz cukry zostają wykorzystane przez drożdże *Saccharomyces cerevisiae* (fermentacja alkoholowa) oraz bakterie *Oenococcus oeni* (fermentacja jabłkowo-mlekowa) (Smith i Divol 2016).

### **2.3 pH**

Wartość pH determinuje czas rozpoczęcia i długość trwania procesu fermentacji jabłkowo-mlekowej (Košmerl i in. 2013). Wino odznacza się pH w przedziale 3-4. W takich warunkach dochodzi do przenikania kwasów organicznych do wnętrza komórek mikroorganizmów i ograniczenia możliwości pobierania przez nie składników pokarmowych (Vriesekoop i in. 2012). Odczyn środowiska wpływa również na skład gatunkowy bakterii zdolnych do przeprowadzenia fermentacji jabłkowo-mlekowej. *Oenococcus* spp. dominują przy pH 3,5, natomiast powyżej tej wartości rozwijają się *Pediococcus* spp. oraz *Lactobacillus* spp. (Košmerl i in. 2013).

### **2.4 Dwutlenek siarki**

Dwutlenek siarki dodawany jest do wina w celu zahamowania rozwoju niepożądanych mikroorganizmów tlenowych, głównie bakterii kwasu octowego. Aktywność przeciwbakteryjna SO<sub>2</sub> jest wynikiem jego zdolności do przenikania przez błony komórkowe. Związek ten wpływa również na utrzymanie niskiego pH ograniczającego rozwój niepożądaną mikroflory (Košmerl i in. 2013). W odpowiednim stężeniu dwutlenek siarki hamuje również fermentację (Bartowsky i Henschke 2008).

### **2.5 Związki fenolowe**

Związki fenolowe występują naturalnie w winogronach i winie. Niewielka ich zawartość może pozostawać bez wpływu na mikroorganizmy lub pozytywnie oddziaływać na tempo ich namnażania. W wyższych stężeniach (wzbogacanie wina) związki fenolowe mogą hamować rozwój niepożądanych mikroorganizmów, np. kwas hydroksycynamonowy powoduje zahamowanie rozwoju bakterii z rodzaju *Lactobacillus* (García-Ruiz i in. 2008).

## **3. Negatywny wpływ mikroflory na wino**

### **3.1 Bakterie kwasu mlekowego**

Jak podają Bae i in. (2006) bakterie kwasu mlekowego występują w moszczu w liczbie 10<sup>2</sup>-10<sup>3</sup> jtk/ml. Pochodzą one z powierzchni owoców lub powierzchni roboczych winiarni.

Bakterie kwasu mlekowego przeprowadzają fermentację jabłkowo-mlekową, a przez to odgrywają istotną rolę w kształtowaniu cech jakościowych win. Wiele gatunków LAB wywołuje

jednak pogorszenie jakości trunku. Należą do nich przede wszystkim bakterie z rodzaju *Pediococcus*, heterofermentatywne gatunki *Lactobacillus* oraz bakterie z rodzaju *Leuconostoc* (Costello i in. 2001).

Bakterie z rodzaju *Pediococcus* oraz *Lactobacillus* powodują zmianę zapachu i smaku wina z powodu produkcji znacznych ilości kwasu octowego (podwyższenie kwasowości) oraz diacetylu, który nadaje „maślany” posmak. Dodatkowo, heterofermentatywne *Lactobacillus* spp. mogą syntetyzować 2-acetylo-3,4,5,6-tetrahydropirydynę, odpowiedzialną za „mysi” zapach wina (Panakhov 2016).

Niektóre gatunki bakterii z rodzaju *Leuconostoc* oraz *Pediococcus* mogą przyczyniać się do zwiększania lepkości wina. Syntetyzują bowiem zewnątrzkomórkowe polisacharydy, których obecność sprawia, że trunek jest śluzowaty. Do ich rozwoju dochodzi zwykle w czasie przechowywania i dojrzewania wina. Szczególnie często z zakażonego wina izoluje się bakterie *Pediococcus parvus* wydzielające  $\beta$ -glukan o wysokiej masie cząsteczkowej (Dols-Lafargue i in. 2008).

LAB wykazują również zdolność do wytwarzania prekursorów karbaminianu etylu, związku o działaniu kancerogennym. Bakterie *Lactobacillus brevis* oraz *Pediococcus pentosaceus* mogą za pomocą deiminazy argininy rozkładać argininę do cytruliny i amoniaku. Szlak degradacji argininy jest jednym z przystosowań LAB do wzrostu w warunkach niskiego pH. Cytrulina następnie przekształcana jest przez transkarbamylazę ornitynową do karbamoilofosforanu. Karbamoilofosforan może dalej zostać przekształcony przy udziale kinazy karbaminianu do dwutlenku węgla, amoniaku oraz adenozyntroójfosforanu. Niecałkowity rozkład argininy sprzyja jednak nagromadzeniu metabolitów pośrednich- cytruliny i karbamoilofosforanu, które reagują z etanolem, prowadząc do powstania karbaminianu etylu (Jiao i in. 2014).

Do niekorzystnie wpływających na zdrowie człowieka substancji syntetyzowanych przez LAB należą również aminy biogenne (BA) tworzone w reakcji dekarboksylacji aminokwasów. Zwiększona aktywność dekarboksylaz u bakterii kwasu mlekowego w winie uznawana jest za jeden z mechanizmów przystosowania do niskiego pH i pozyskiwania dodatkowych źródeł energii. Wśród bakterii kwasu mlekowego zdolnych wytwarzających aminy biogenne wymienia się m. in. *Lactobacillus buchneri*, *L. hilgardii*, *L. brevis*, *L. mali*, *L. plantarum* oraz *Leuconostoc mesenteroides*. BA są produkowane głównie podczas fermentacji jabłkowo-mlekowej. Do wzrostu stężenia amin biogennych może dochodzić również w czasie dojrzewania wina. Do najczęściej występujących w winach amin biogennych należą: histamina, putrescyna, etylamina, kadaweryna, metylamina i tyramina (Soufleros i in. 2007). Spożycie trunku zawierającego aminy biogenne może prowadzić do pojawienia się wysypki, hipotensji, wymiotów, bólu głowy. Obecność BA obniża również jakość wina. Największe straty powoduje obecność putrescyny i kadaweryny, nadających winu zapach gnijącego mięsa (Košmerl i in. 2013).

### 3.2 Bakterie kwasu octowego

Bakterie kwasu octowego (*Acetobacter* spp., *Gluconobacter* spp. i *Gluconacetobacter* spp.) mogą powodować zakażenia wina na każdym etapie produkcji. Najczęściej wymieniane AAB wywołujące pogorszenie jakości wina to: *Gluconobacter oxydans*, *Acetobacter aceti*, *Acetobacter pasteurianus*, *Gluconacetobacter liquefaciens* i *Gluconacetobacter hansenii* (Bartowsky 2009). Najliczniej na powierzchni zdrowych winogron występuje *G. oxydans*-  $10^2$ - $10^5$  jtk/ml. Z kolei na owocach uszkodzonych lub zakażonych grzybami *Botrytis* spp. gwałtownie rośnie jednak liczba komórek *Acetobacter* spp. Na początku fermentacji rozwijać się mogą *Acetobacter aceti*, *A. pasteurianus* i *G. oxydans*, jednak zazwyczaj tylko w obecności produkujących etanol drożdży *S. cerevisiae*, bowiem AAB znacznie efektywniej wykorzystują etanol niż cukry jako źródło węgla. W dalszych fazach fermentacji rozwijają się również bakterie *Gluconobacter liquefaciens*. Wina dojrzewające zagrożone są natomiast rozwojem *A. pasteurianus* i *Gluconacetobacter hansenii* (Du Toit i Pretorius 2000).

Bakterie kwasu octowego nawet przy niewielkim dostępie tlenu przekształcają etanol do aldehydu octowego oraz kwasu octowego, zmieniając zapach i smak wina. Mogą również produkować octan etylu, nadający winu cierpki smak i zapach zmywacza do paznokci (Bartowsky 2009). Choć AAB należą do bakterii tlenowych, rozwijają się również na dnie beczek. Oznacza to,

że są w stanie przeżyć nawet przy znikomej dostępności tlenu, zatem każda operacja umożliwiająca kontakt trunku z powietrzem (pompowanie, transport) stwarza ryzyko namnożenia bakterii kwasu octowego (Bartowsky i Henschke 2008). Użycie dwutlenku siarki w celu utrzymania warunków beztlenowych nie zawsze jednak w pełni hamuje wzrost AAB (Du Toit i Pretorius 2000).

### 3.3 Grzyby strzępkowe

Zakażenia grzybami strzępkowymi (pleśniami) mogą prowadzić do znacznych strat finansowych zarówno z powodu obniżenia plonu owoców, jak i obniżenia jakości wina. Grzybem często atakującym winogrona jest *Botrytis cinerea* wywołujący chorobę zwaną szara pleśnią. Zakażone owoce ulegają pękaniu, co sprzyja ich kolonizacji przez bakterie kwasu octowego, grzyby *Aspergillus* spp., *Alternaria* spp. i *Rhizopus niger*. Konsekwencje namnożenia *B. cinerea* to: nadprodukcja polisacharydów utrudniających przetwarzanie soku, produkcja enzymu grzybowego-lakazy, wywołującego utratę koloru wina czerwonego i brązowienie oraz rozkład komponentów aromatu wina białego, produkcja obcych zapachów, spadek zawartości związków fenolowych i kwasów organicznych. *B. cinerea* współdziałając z *Penicillium expansum* odpowiada również za charakterystyczny ziemisty zapach. *B. cinerea* w specyficznych warunkach może jednak nadawać winu szlachetny aromat i zwiększać zawartość cukru, np. w winach Tokaji Aszu, Sauternes i Amarone (Steel i in. 2013).

Kolejnym patogenem zagrażającym plantacjom winogron jest *Erysiphe necator* wywołujący mączniaka prawdziwego winorośli. Wino ze skażonych owoców ma wówczas mniej intensywny kolor i podwyższoną kwasowość (Stummer i in. 2003).

Sok z winogron i wino może ulec zakażeniu grzybami z rodzaju *Aspergillus*, przede wszystkim *A. carbonarius*, *A. niger* i *A. tubingensis* produkującym ochratoksynę A. Jest to jedna z mykotoksyn o działaniu nefrotoksycznym, immunosupresyjnym i kancerogennym. *A. niger* może również wytwarzać kancerogenne fumonizyny (Logrieco i in. 2010).

### 3.4 Drożdże

Zanieczyszczenie wina drożdżami „dzikimi” może pojawiać się na 3 etapach: zbiorze winogron (mikroflora powierzchni owoców), produkcji wina (mikroflora pomieszczeń produkcyjnych) oraz jego butelkowaniu (Loureiro i Malfeito-Ferreira 2003). Na powierzchni winogron dominują drożdże dzikie, m. in. z rodzaju *Hanseniaspora*, *Kloeckera* i *Candida*, natomiast liczebność komórek drożdży winiarskich *Saccharomyces cerevisiae* jest niewielka (Strauss i in. 2001). Powierzchnie pomieszczeń produkcyjnych kolonizowane są najczęściej przez *S. cerevisiae*, *Pichia anomala*, *P. membranefaciens*, *Candida* spp. i *Cryptococcus* spp. (Loureiro i Malfeito-Ferreira 2003). Butelkowanie jest etapem, w którym dochodzi do zakażenia drożdżami dzikimi najczęściej win słodkich i niektórych białych wytrawnych. Dochodzi wówczas do powtórnej fermentacji, powstawania osadów lub odkwaszania wina. Dzikie szczepy drożdży produkują szereg metabolitów negatywnie wpływających na cechy organoleptyczne wina (Tab. 1), powodując obniżenie jego wartości rynkowej lub wyłączenie produktu z obrotu handlowego (Puértolas i in. 2009).

## 4. Podsumowanie

Podczas procesu produkcji wina mogą pojawić się zanieczyszczenia mikrobiologiczne, które niekorzystnie wpływają na wygląd, smak i zapach napoju, prowadząc do wycofania produktu z obrotu handlowego, a co za tym idzie- znacznych strat finansowych. Największe zagrożenie dla produkcji wina stanowią bakterie kwasu mlekowego i octowego, a także dzikie drożdże z rodzaju *Brettanomyces*, *Pichia*, *Candida*, *Hanseniaspora* i *Kloeckera*. Wszystkie z wymienionych grup posiadają zdolność do wytwarzania niepożądanych metabolitów wtórnych, które mogą hamować rozwój pożądaną mikroflory oraz odpowiadają za obcy posmak, nieprzyjemny aromat lub zmianę konsystencji produktu finalnego. Ponadto niektóre gatunki z rodzaju *Candida*, *Pichia*, *Metschnikowia* i *Saccharomyces* zdolne są do formowania biofilmu. Kluczowe dla bezpieczeństwa zdrowotnego konsumentów jest przestrzeganie zasad HACCP w procesie produkcji wina.

**Tab. 1.** Drożdże najczęściej wywołujące zmiany cech jakościowych wina (Du Toit i Pretorius 2000, zmienione).

<b>Drożdże</b>	<b>Niepożądane działanie</b>
<i>Brettanomyces intermedius</i>	Produkcja lotnych fenoli zmieniających właściwy zapach wina na „apteczny”, „mysi” lub „koński”, produkcja kwasu octowego
<i>Candida vini</i> <i>C. stellata</i> <i>C. pulcherrima</i> <i>C. krusei</i>	Utlenianie etanolu- zmiana zapachu oraz smaku przez zwiększenie zawartości aldehydu octowego, lotnych kwasów tłuszczowych i estrów, produkcja biofilmu
<i>Hanseniaspora uvarum</i>	Produkcja kwasu octowego i jego estrów, produkcja toksyn killerowych
<i>Pichia anomala</i>	Produkcja kwasu octowego, octanu etylu, octanu izoamylu, produkcja biofilmu
<i>Metschnikowia pulcherrima</i>	Formowanie biofilmu, produkcja octanu etylu oraz aldehydu octowego
<i>Pichia farinosa</i> <i>P. membranaefaciens</i> <i>P. vini</i>	Synteza aldehydu octowego, formowanie „kredowego” biofilmu
<i>Saccharomyces cerevisiae</i>	Powtórna fermentacja
<i>Saccharomyces ludwigii</i>	Produkcja aldehydu octowego, powstawanie zbrylonego lub śluzowatego osadu
<i>Schizosaccharomyces pombe</i>	Powtórna fermentacja dojrzewającego wina, odkwaszanie wina
<i>Zygosaccharomyces bailii</i>	Wtórna fermentacja z wydzieleniem znacznych ilości dwutlenku węgla, produkcja kwasu octowego i jego estrów, zmętnienie wina

## 5. Bibliografia

- Bae S, Fleet GH, Heard GM (2006) Lactic acid bacteria associated with wine grapes from several Australian vineyards. *Journal of Applied Microbiology* 100(4), 712-727.
- Bartowsky EJ (2009) Bacterial spoilage of wine and approaches to minimize it. *Letters in Applied Microbiology* 48(2), 149-156.
- Bartowsky EJ, Henschke PA (2008) Acetic acid bacteria spoilage of bottled red wine—a review. *International Journal of Food Microbiology* 125(1), 60-70.
- Britton A, O’neill D, Bell S (2016) Underestimating the alcohol content of a glass of wine: the implications for estimates of mortality risk. *Alcohol and Alcoholism* 51(5), 609-614.
- Caffarra A, Rinaldi M, Eccel E et al. (2012) Modelling the impact of climate change on the interaction between grapevine and its pests and pathogens: European grapevine moth and powdery mildew. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 148, 89-101.
- Costello PJ, Lee TH, Henschke P (2001) Ability of lactic acid bacteria to produce N-heterocycles causing mousy off-flavour in wine. *Australian Journal of Grape and Wine Research* 7(3), 160-167.
- Dols-Lafargue M, Lee HY, Le Marrec C et al. (2008) Characterization of gtf, a glucosyltransferase gene in the genomes of *Pediococcus parvulus* and *Oenococcus oeni*, two bacterial species commonly found in wine. *Applied and Environmental Microbiology* 74(13), 4079-4090.



- Du Toit M, Pretorius IS (2000) Microbial spoilage and preservation of wine: using weapons from nature's own arsenal—a review. *South African Journal for Enology and Viticulture* 21, 74-96.
- García-Ruiz A, Bartolomé B, Martínez-Rodríguez AJ et al. (2008) Potential of phenolic compounds for controlling lactic acid bacteria growth in wine. *Food Control* 19(9), 835-841.
- Jiao Z, Dong Y, Chen Q (2014) Ethyl carbamate in fermented beverages: presence, analytical chemistry, formation mechanism, and mitigation proposals. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety* 13(4), 611-626.
- Košmerl T, Šučur S, Prosen H (2013) Biogenic amines in red wine: The impact of technological processing of grape and wine. *Acta Agriculturae Slovenica* 101(2), 249-261.
- Logrieco A, Ferracane R, Visconti A et al. (2010) Natural occurrence of fumonisin B2 in red wine from Italy. *Food Additives and Contaminants* 27(8), 1136-1141.
- Loureiro V, Malfeito-Ferreira M (2003) Spoilage yeasts in the wine industry. *International Journal of Food Microbiology* 86(1-2), 23-50.
- Panakhov TM (2016) Prospects of using oak wood integrated processing products in winemaking, dealing with shortcomings on the base of implementing oak wood derivative products. *Indian Journal of Science and Technology* 9(22), 1-15.
- Puértolas E, López N, Condón S et al. (2009) Pulsed electric fields inactivation of wine spoilage yeast and bacteria. *International Journal of Food Microbiology* 130(1), 49-55.
- Robinson AL, Boss PK, Solomon PS et al. (2014) Origins of grape and wine aroma. Part 1. Chemical components and viticultural impacts. *American Journal of Enology and Viticulture* 65(1), 1-24.
- Smith BD, Divol B (2016) *Brettanomyces bruxellensis*, a survivalist prepared for the wine apocalypse and other beverages. *Food Microbiology* 59, 161-175.
- Soufleros EH, Bouloumpasi E, Zotou A et al. (2007) Determination of biogenic amines in Greek wines by HPLC and ultraviolet detection after dansylation and examination of factors affecting their presence and concentration. *Food Chemistry* 101(2), 704-716.
- Steel CC, Blackman JW, Schmidtke LM (2013) Grapevine bunch rots: impacts on wine composition, quality, and potential procedures for the removal of wine faults. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 61(22), 5189-5206.
- Strauss MLA, Jolly NP, Lambrechts MG et al. (2001) Screening for the production of extracellular hydrolytic enzymes by non-*Saccharomyces* wine yeasts. *Journal of Applied Microbiology* 91(1), 182-190.
- Stummer BE, Francis IL, Markides AJ et al. (2003) The effect of powdery mildew infection of grape berries on juice and wine composition and on sensory properties of Chardonnay wines. *Australian Journal of Grape and Wine Research* 9(1), 28-39.
- Vriesekoop F, Krahl M, Hucker B et al. (2012) 125th Anniversary Review: Bacteria in brewing: The good, the bad and the ugly. *Journal of the Institute of Brewing* 118(4), 335-345.

## 16. Otyłość jako choroba cywilizacyjna - rola diety w utrzymaniu prawidłowego BMI

Obesity as a civilization disease. Diet role in maintaining a healthy BMI

Moczko Joanna

Katedra Inżynierii Biosystemów, Wydział Inżynierii Produkcji i Logistyki, Politechnika Opolska

Moczko Joanna: joannamoczko@gmail.com

Słowa kluczowe: BIA, siatki centylowe, wzór Brocka – Brugsha, wskaźnik Rohrera, WHR

### Streszczenie

Otyłość jest uznawana za jedną z największych chorób cywilizacyjnych. Z roku na rok ilość osób otyłych wzrasta. Coraz częściej podwyższoną wagę ciała diagnozuje się u dzieci, co jest niebezpieczne, ponieważ u tych osób w wieku dorosłym istnieje większe prawdopodobieństwo wystąpienia chorób o podłożu cukrzycowym, sercowo naczyniowym, a co za tym idzie przedwczesną śmierć. Wyróżnia się trzy rodzaje otyłości: uogólniona, kynoidalna i aneroidalna. Główną przyczyną powstawania otyłości jest siedzący tryb życia, zmniejszona aktywność fizyczna, częste spożycie węglowodanów, zwłaszcza cukrów i słodzonych napoi oraz nasyconych kwasów tłuszczowych. Do metod diagnozowania otyłości zalicza się: stosowanie wzoru Brocka – Brugsha, BMI, WHR, wskaźnik Rohrera, pomiar fałdów skórno-tłuszczowych, BIA, a dla dzieci siatki centylowe. W celu utrzymania prawidłowej wagi ciała zaleca się zmianę nawyków żywieniowych na zdrowsze oraz zwiększenie aktywności fizycznej.

### 1. Wstęp

Otyłość jest uznawana przez Światową Organizację Zdrowia (who.int) za „ogólnoswiatową epidemię”. W ciągu ostatniego roku z powodu nadwagi i otyłości umarło 2,8 milionów ludzi. Ten problem nie dotyczy już tylko krajów wysokorozwiniętych, ale także krajów średniorozwiniętych i niskorozwiniętych. Występowanie otyłości potrojiło się pomiędzy 1975, a 2016 rokiem. W 2016 roku więcej niż 1,9 miliardów dorosłych miało nadwagę, a aż 650 milionów zmagало się z otyłością. Jeśli chodzi o dzieci w wieku przedszkolnym, 41 milionów miało wagę powyżej normy. Jest to dość niebezpieczne ze względu na fakt, że u dzieci z nadwagą bardzo często stają się otyłymi dorosłymi. Jest także bardziej prawdopodobne, że u tych dzieci mogą rozwinąć się choroby o podłożu cukrzycowym i sercowo naczyniowym w młodszym wieku, co może spowodować przedwczesną śmierć (who.int). W Stanach Zjednoczonych Ameryki występowanie otyłości i nadwagi dotyczy 33% dorosłej populacji (Gajewska 2011). Jeszcze w 1991 roku otyłość dotyczyła 10-14% mieszkańców USA. Jeśli chodzi o Polskę to w 2009 roku 44,8% ludności miało wartość wskaźnika BMI w normie. Natomiast nadwagę i otyłość wykazywało kolejno 36,4% i 15,8%. W roku 2014 BMI w normie miało 43,9% ludności polskiej. Natomiast na nadwagę i otyłość cierpiało kolejno 36,6% i 16,7% ludności (rys. 1). W sumie ilość osób w wieku 15 lat i więcej z nadwagą i otyłością na rok 2014 wynosiła 53,3 % (GUS 2016). Największy wzrost otyłości odnotowano dla ludzi w wieku 60 lat i więcej (1,2 punkty procentowe) oraz 30-44 lat (0,9 punktów procentowych). Pozostałe wartości przedstawione zostały w tab. 1.

Dane dotyczące wagi ciała z uwzględnieniem podziału między kobiety i mężczyzn przedstawia rys. 2. Pod koniec 2014 r. ponad 62% ogółu mężczyzn ważyło zbyt dużo (44% miało nadwagę, a 18% zaliczono do grupy ludzi otyłych). Wśród kobiet prawie 46% ważyło zbyt dużo (30% miało nadwagę, a kolejne 16% stanowiły kobiety otyłe)(GUS 2014).

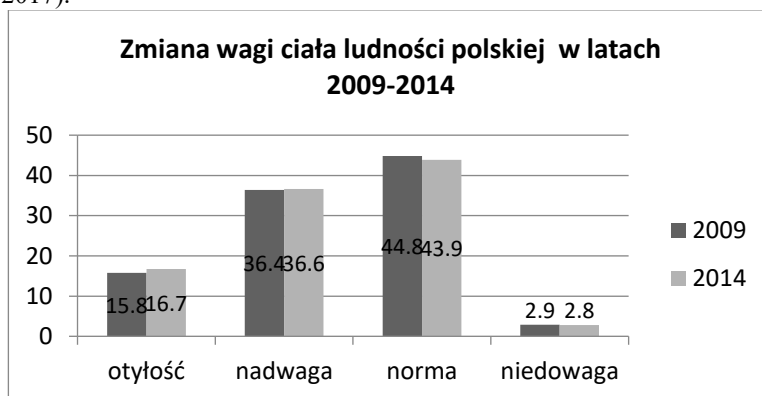
Biorąc pod uwagę poszczególne województwa, największe wartości otyłości wśród ludności odnotowano w województwie pomorskim (19%). W tym samym województwie odnotowano największą liczbę otyłych kobiet (18,8%). Natomiast jeśli chodzi o otyłość wśród mężczyzn, najwięcej ma województwo łódzkie (21,2%). Najwięcej ludzi oraz kobiet z nadwagą ma

województwo śląskie (kolejno 40,1% i 36,3%). Najwięcej mężczyzn z nadwagą jest w województwie małopolskim (48,9%). W województwie opolskim natomiast na nadwagę cierpi 38,6% ludności, z czego 46,5% to mężczyźni, a 31,6% kobiety. Otyłych ludzi jest na Opolszczyźnie 17,7%, z czego 19,2% mężczyzn i 16,3% kobiet (GUS 2016).

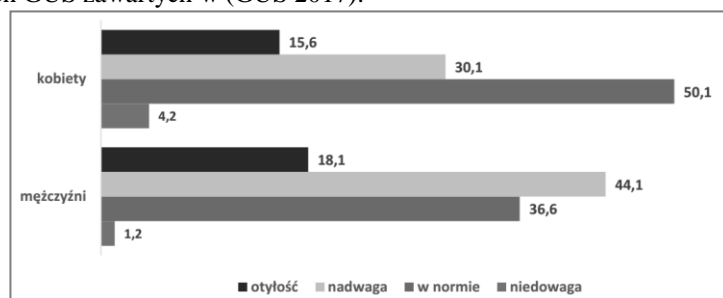
**Tab.1.** Waga ciała ludności polskiej w latach 2009-2014.

Wyszczególnienie	Rok	Ogółem	Wiek				
			0-14	15-29	30-44	45-59	>60
Otyłość	2009	15,8	x	4,2	12,0	21,8	25,0
	2014	16,7	x	4,4	12,9	21,3	26,2
Nadwaga	2009	36,4	x	20,1	37,4	43,1	44,6
	2014	36,6	x	19,9	36,4	43,3	43,7
Norma	2009	44,8	x	67,8	48,6	34,2	29,4
	2014	43,9	x	67,8	48,5	34,4	28,9
Niedowaga	2009	2,9	x	7,9	2,0	0,9	1,1
	2014	2,8	x	7,9	2,2	1,0	1,2

Źródło: (GUS 2017).



**Rys.1.** Zmiana wagi ciała ludności polskiej w latach 2009-2014. Źródło: opracowanie własne na podstawie danych GUS zawartych w (GUS 2017).



**Rys.2.** Waga ciała osób dorosłych w 2014 r. (w procentach). Źródło: (GUS 2014).

Dużą rolę w zapobieganiu zwalczaniu otyłości odgrywa rząd, partnerzy międzynarodowi, organizacje pozarządowe, stowarzyszenia zajmujące się tą tematyką, sektor prywatny, a przede wszystkim społeczeństwo, dlatego trzeba dbać o zwiększanie świadomości u ludzi. Najlepszą drogą zapobiegania otyłości jest zapobieganie zwiększeniu masy ciała. Nie od dziś mówi się, że lepiej i łatwiej jest zapobiegać niż leczyć. Ważne, aby już od wczesnych lat życia uczyć dzieci prawidłowego spożywania pokarmów, braku pośpiechu przy jedzeniu, odpowiednim rozdrabnianiu i przeżuwananiu kęsów, wytworzeniu prawidłowych nawyków żywieniowych, odczuwania głodu

i sytości, która jest istotna dla komfortu psychicznego. Istotne jest też, aby zawsze pamiętać o aktywności fizycznej w każdym wieku (Biesalski i Grimm 2007; Gajewska 2011; Mrdjenovic i Levitsky 2003; Mrdjenovic i Levitsky 2005).

Otyłość jest definiowana jako „nieprawidłowe i nadmierne nagromadzenie tłuszczu, które może osłabiać organizm” (who.int). W książce „Podstawy żywienia i dietoterapia” otyłość oznacza masę ciała zwiększoną o 20% lub więcej w odniesieniu do należnej masy ciała dla określonego wzrostu. Pojęcie otyłości olbrzymiej pojawia się momencie osiągnięcia zwiększonej masy ciała o 30% lub więcej w odniesieniu do należnej masy ciała. Natomiast nadwaga pojawia się, gdy osiągnięciem masę ciała o 10% większą niż należąca masa ciała (Biesalski i Grimm 2007; Gajewska 2011).

## 2. Rodzaje otyłości

Ze względu na wartość wskaźnika WHR rozróżniamy trzy typy otyłości (Biesalski i Grimm 2007; Gajewska 2011):

- A. Otyłość uogólniona – tkanka tłuszczowa rozmieszczona jest równomiernie w obrębie całego ciała. Ten typ otyłości występuje zazwyczaj u osób, u których problemy z wagą rozpoczęły się już w dzieciństwie.
- B. Otyłość kynoidalna (pośladkowo-udowa) – otyłość pośladkowo-udowa rozpoznawana dla wartości WHR dla kobiet poniżej 0,85 i dla mężczyzn poniżej 1,0. Ze względu na charakterystyczny wygląd nazywana jest otyłością typu „gruszki”. Dotyczy bioder, ud i pośladków i występuje głównie kobiet.
- C. Otyłość aneroidalna (brzuszna) – otyłość brzuszna diagnozowana jest gdy wskaźnik WHR u kobiet wynosi co najmniej 0,85, a u mężczyzn 1,0. Otyłość brzuszna występuje również, gdy obwód pasa jest większy niż 102 cm u mężczyzn i 88 cm u kobiet. Inaczej zwana jest otyłością centralną, trzewną, wisceralną, czy typu jabłko. Spotykana jest częściej u mężczyzn. Tłuszcz gromadzi się wokół ważnych życiowo narządów. Głównymi przyczynami jej powstawania jest złe odżywianie, brak sportu i nadużywanie alkoholu, a także może mieć podłoże genetyczne, hormonalne i psychiczne. Otyłość brzuszna może prowadzić do takich powikłań jak: cukrzyca, choroby układu krążenia, choroba wieńcowa, miażdżyca, nadciśnienie. Może być także składową zespołu metabolicznego.

## 3. Przyczyny otyłości

Do głównych przyczyn rozwoju otyłości zalicza się siedzący tryb życia i zła dieta, to jest nadmierne spożywanie węglowodanów i nasyconych kwasów tłuszczowych (Biesalski i Grimm 2007; Gajewska 2011; Levitsky i in. 2005). Mówi się także, że otyłość jest wynikiem braku równowagi między kaloriami spożytymi, a kaloriami zużytymi do dziennych aktywności (who.int). Epidemia otyłości spowodowana jest zjadaniem większych porcji pokarmów, dużego spożycia słodzonych i słodkich napojów, a także zmniejszenia spożycia bogatej w błonnik pokarmowy żywności. Błonnik pokarmowy odpowiedzialny jest za regulowanie pracy jelit i poprawia ich perystaltykę, buforuje i wiąże nadmiar kwasu solnego w żołądku, co wpływa na zwiększone wydzielanie soków trawiennych. Dodatkowo wspomaga odchudzanie, ponieważ pochłania wodę i powoduje pęcznienie pożywienia, co sprawia uczucie sytości i pełności żołądka. W rozwoju otyłości znaczenie mają zaburzenia równowagi hormonalnej, zwłaszcza przy niedostatecznym wytwarzaniu tyroksyny przy niedoczynności tarczycy, a także hormony, które wpływają na uczucia sytości lub głodu. Także czynniki genetyczne mają wpływ na występowanie otyłości. Najbardziej powszechną genetyczną przyczyną otyłości jest zespół Pradera-Willego. Jest to choroba spowodowana mutacją na chromosomie 15, związana z brakiem kontroli spożycia pożywienia (Gajewska 2011). Dodatkowo przyjmowanie leków antypsychotycznych oraz posiadanie podskórnych implantów środków antykoncepcyjnych prowadzi często do zwiększenia masy ciała (Funk i in. 2005). Niejednokrotnie osoby otyłe przyznają się do niskiej dziennej aktywności fizycznej, a dodatkowo siedzący tryb pracy i odpoczynek bierny jest powodem zaburzeń w wydatkowaniu energii co prowadzi do zaburzeń masy ciała i jej wzroście. Uważa się, że nawet 150 minut tygodniowych ćwiczeń o umiarkowanej

intensywności zmniejsza ryzyko wystąpienia choroby niedokrwiennej serca, cukrzycy, raka jelita grubego i raka piersi oraz pozytywnie przekłada się na aspekt walki z nadwagą i otyłością (who.int).

#### **4. Skutki otyłości**

Nadmierne gromadzenie tkanki tłuszczowej zwłaszcza w okolicach jamy brzusznej sprzyja powstawaniu zespołu metabolicznego oraz miażdżycy. To właśnie otyłość metaboliczna jest powiązana z występowaniem cukrzycy (typu 2), choroby niedokrwiennej serca i nadciśnienia, niektórych nowotworów oraz chorób nerek (Flegal i in. 2007). Inne choroby, które mogą przebiegać jednocześnie z otyłością i mogą być z nią bezpośrednio związane to zwyrodnieniowa choroba stawów, kamica żółciowa i zespół bezdechu śródśennego (Biesalski i Grimm 2007; Gajewska 2011).

#### **5. Metody diagnozowania otyłości**

Do oceny składu ciała i stopnia jego odżywienia stosuje się wiele metod opierających się głównie na równaniach matematycznych (Biernat 2009; Biesalski i Grimm 2007):

- 1) Wzór Brocka – Brugsha, który określa należną masę ciała według danego wzoru:

$$\text{Nmc} = \text{wzrost [cm]} - \begin{matrix} 100 \text{ dla wzrostu } 155 - 164 \text{ cm} \\ 105 \text{ dla wzrostu } 165 - 174 \text{ cm} \\ 110 \text{ dla wzrostu } >174 \text{ cm} \end{matrix}$$

Wynikiem tego wzoru jest wartość idealnej masy ciała. Odchylenie od tej wartości o 10 – 20 % oznacza nadwagę, natomiast odchylenie o 20 % oznacza otyłość.

- 2) BMI – wskaźnik wzrostowo - wagowy, który jest ilorazem masy ciała wyrażonej w kilogramach do kwadratu wzrostu wyrażonego w metrach.
- 3) WHR – wskaźnik obwodu talii do obwodu bioder. Wskaźnik określa czy organizm ma typ otyłości organizmu genoidalny lub androidalny.
- 4) Wskaźnik Rohrera klasyfikujący budowę ciała: smukłą, średnią oraz masywną, na podstawie proporcji między masą ciała podaną w gramach, a sześcianem wzrostu podanego w centymetrach.
- 5) Pomiar fałdów skórno – tłuszczowych. Za pomocą fałdomierza mierzy się fałdy na ramieniu nad tricepsem oraz pod bicipsem, pod dolnym kątem łopatki oraz nad grzebieniem talerza biodrowego. Wyniki podstawia się pod odpowiednie wzory i otrzymuje się wartość masy tłuszczu raz wartość beztłuszczowej masy ciała.

Powyższe metody niejednokrotnie są obarczone dużym błędem zarówno pomiarowym jak i interpretacyjnym. Ciężko jest oszacować dokładny skład ciała dla osób uprawiających sport powyżej ośmiu godzin tygodniowo. Zbyt duża masa ciała nie zawsze oznacza nadwagę lub otyłość. Osoby takie mają inne proporcje składu ciała. Większa część ich organizmu to tkanka mięśniowa. Za najdokładniejszą metodę oceny składu ciała uznaje się zatem pomiar bioimpedancji elektrycznej – BIA. Polega ona na pomiarze całkowitego oporu elektrycznego ciała, stosując zestawy elektrod, które są połączone z analizatorem odczytującym wyniki (Krupienicz i in. 2007). Metodę tę przeprowadza się w sposób szybki, bezpieczny i nieinwazyjny ([izz.waw.pl](http://izz.waw.pl)). Wyniki pomiarów są wysoce powtarzalne i wiarygodne (Krupienicz i in. 2007). Tkanki ciała w zależności od zawartości wody wykazują odmienny opór elektryczny. Tkanka mięśniowa, składająca się większości z wody nie stawia oporu, natomiast tkanka tłuszczowa, która zawiera zaledwie 20 % wody słabo lub prawie wcale nie przewodzi prądu elektrycznego ([izz.waw.pl](http://izz.waw.pl)). Na tkanki miękkie działa się prądem elektrycznym o danej częstotliwości oraz o stałym, niskim natężeniu. Analizę składu ciała metodą BIA można stosować u osób zdrowych i chorych w różnym wieku. Technika pomiaru tym sposobem jest bardzo popularna w gabinetach dietetycznych, do kontroli stanu odżywiania, do prognozowania ryzyka wystąpienia chorób sercowo – naczyniowych i metabolicznych oraz w medycynie sportowej (Dźygadło i in. 2012). Obecnie analizatory są stosowane w gabinetach dietetycznych i lekarskich, szpitalach, na siłowniach, w klubach fitness, ośrodkach sportowych i wypoczynkowo – rekreacyjnych oraz w salonach piękności i SPA (Sankowska 2014).

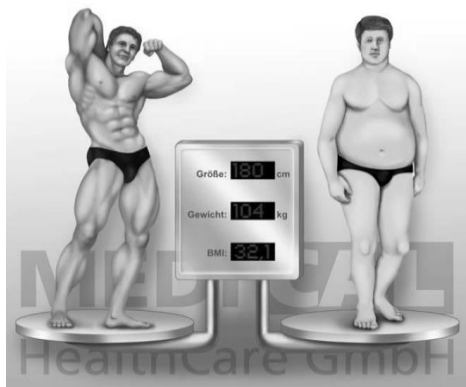
#### **6. Wskaźnik BMI i jego znaczenie przy diagnozowaniu otyłości**

BMI (z ang. Body Mass Index) – wskaźnik masy ciała – to najprostsze i najbardziej powszechne narzędzie do określenia prawidłowej masy ciała. Do obliczenia wartości BMI stosuje się

proporcję między masą ciała wyrażonej w kilogramach, a wzrostem wyrażonym w metrach podniesionym do kwadratu. Wzór został zaproponowany przez belgijskiego matematyka Adolpha Queteleta (Biesalski i Grimm 2007; Gajewska 2011). Jedną z wad jest fakt, że wskaźnik BMI nie przedstawia składu ciała. Dla przykładu można porównać dwie osoby o takim samym wzroście oraz wadze: jedną uprawiającą sport, drugą nie wykazującą żadnej aktywności fizycznej (Rys. 3).

Obie osoby na wadze mają ten sam wzrost (180 cm) oraz tą samą wagę (104 kg). Podstawiając dane do wzoru zaproponowanego przez Queteleta otrzymujemy wartość BMI 32,1 kg/m<sup>2</sup>. Po lewej stronie na wadze stoi sportowiec, który może pochwalić się dobrą budową ciała i umięśnieniem. Nie jest widoczne w żadnym segmencie otłuszczenie. W tym przypadku nie można mówić o zaburzeniach odżywiania oraz o nadwadze czy otyłości, bo wiadomo, że mięśnie są ciężkie a ponadto zajmują dużo mniejszą objętość niż tłuszcz. Dlatego w tym wypadku należy przeprowadzić bardziej szczegółowe badania dotyczące bezpośrednio składu ciała, chociażby metodą bioimpedancji elektrycznej. Natomiast osoba po prawej stronie ma znaczące problemy z masą ciała, co widać gołym okiem, pod postacią znaczącej otyłości brzusznej (medical.de).

Wartości BMI określiła szczegółowo Światowa Organizacja Zdrowia (tab. 2), według której prawidłowa masa ciała odpowiada BMI od 18,5 do 25 kg/m<sup>2</sup>. U osób obciążonych ryzykiem występowania zespołu metabolicznego zalecane jest BMI ≤ 21 kg/m<sup>2</sup> (James 2008).



**Rys. 3.** Ilustracja ukazująca różnice w wyglądzie osób o identycznym BMI i różnym składzie ciała. Źródło: Materiały edukacyjne: <http://www.medi-cal.de/files/medi-cal/pdf/03-koerperkompartimente.pdf>, dostęp z dnia 23.12.2014 r.

**Tab. 2.** Międzynarodowa klasyfikacja niedowagi, nadwagi i otyłości dla dorosłych według wskaźnika BMI.

Klasyfikacja	BMI
Niedowaga	<18,50
Silna szczupłość	<16,00
Umiarkowana szczupłość	16,00 – 16,99
Łagodna szczupłość	17,00 – 18,49
Prawidłowa masa	18,50 – 24,99
Nadwaga	25,00 – 29,99
Otyłość	≥30,00
Otyłość I stopnia	30,00 – 34,99
Otyłość II stopnia	35,00 – 39,99
Otyłość III stopnia	≥40,00

Źródło: [http://apps.who.int/bmi/index.jsp?introPage=intro\\_3.html](http://apps.who.int/bmi/index.jsp?introPage=intro_3.html), dostęp z dnia 23.12.2014r.

W przeprowadzonych przeze mnie badaniach nad grupą sportowców wytrzymałościowych, do których zaliczyłam sędziów piłki nożnej ze względu na specyfikę ich pracy udowodniono twierdzenie, że u sportowców nie powinno brać się pod uwagę wskaźnika BMI. W porównaniu z wartością tkanki tłuszczowej BMI wykazywało wartości zawyżone. BMI dla dużej liczby badanych wskazało nadwagę, mimo że tkanka tłuszczowa była w normie. Wskaźnik BMI wzrósł proporcjonalnie do wzrostu masy ciała. Duże wartości spowodowane były wzrostem masy ciała, a dokładniej tkanki mięśniowej (Moczko i Matuszek 2015).

## **7. Siatki centylowe**

Percentyl wzrostu i wagi dziecka to wartość statystyczna mówiąca, ile procent dzieci waży lub mierzy tyle samo lub mniej niż badane dziecko. Jeśli zostanie zważone sto dzieci i masa jednego z nich będzie znajdowała się na 5 percentylu, to oznaczać to będzie, że tylko pięcioro dzieci w danej grupie jest lżejszych, a pozostałe będą mieć większą masę ciała. Jeśli dziecko ma wagę równą 75 percentylowi dla danego wieku, oznacza to, że w losowej próbie 100 dzieci w tym wieku przeciętnie 75 z nich będzie od niego lżejszych. Na podstawie tego tworzy się siatki centylowe, które są wykresami, na których pokazane są centyle przypisane do określonej wagi i wzrostu dzieci w różnym wieku i różnej płci (siatki dla dziewczynek i chłopców są różne). Wartość powyżej 85 percentyla u dzieci świadczy o nadwadze, natomiast powyżej 90 percentyla o otyłości. Wartość poniżej 10 percentyla świadczy o niedoborze substancji pokarmowych, co może przełożyć się na problemy ze wzrostem (Biesalski i Grimm 2007; Gajewska 2011).

## **8. Rola diety w utrzymaniu prawidłowej wartości wskaźnika BMI**

Dla osób, które chcą walczyć z nadwagą lub otyłością, a także chcą zapobiec nadmiernemu przyroście masy ciała, można zaproponować wdrożenie zasad racjonalnego odżywiania przedstawionych przez Instytut Żywności i Żywienia (Biernat 2009; izz.waw.pl). Należy pamiętać, że szybka redukcja masy ciała nie jest zalecana, ponieważ w takim wypadku łatwo jest o tzw. efekt jo-jo. Najbardziej optymalną wartością zmniejszania wagi jest około 0,25-0,5 kilograma na tydzień. Umożliwia to utrzymanie stałej redukcji masy ciała i niskie prawdopodobieństwo powrotu dawnej masy ciała po zakończonym okresie redukcji (Biesalski i Grimm 2007; Gajewska 2011).

Umiarkowana redukcja masy ciała (10 kg) powoduje poprawę zdrowia organizmu, na którą składają się między innymi: zmniejszenie ogólnej śmiertelności (>20%), zmniejszenie stężenia cholesterolu ogółem o 10%, zmniejszenie stężenia triacylogliceroli o 20-30%, zmniejszenie ciśnienia krwi (skurczowego o ok. 7 mm Hg, rozkurczowego o ok. 3 mm Hg) (Biesalski i Grimm 2007).

Terapia otyłości składa się z dwóch okresów. Pierwszy okres to redukcja masy ciała. Drugi okres to utrzymanie obniżonej masy ciała. W pierwszej fazie dąży się do zmniejszenia podaży energii o 500-800 kcal/dzień. Może to być osiągnięte poprzez zmniejszenie spożycia węglowodanów i białek oraz tłuszczów (zwłaszcza zamiana spożycia tłuszczów zwierzęcych na tłuszcze roślinne). Diety redukcyjne dzieli się ze względu na stopień redukcji podaży energii (Biesalski i Grimm 2007):

- A. Zbilansowana dieta mieszana o obniżonej wartości energetycznej – jest to dieta, w której spożywa się naturalne produkty spożywcze o wysokiej wartości odżywczej. Dzienna kaloryczność tej diety to 1200 kcal.
- B. Dieta o niskiej wartości energetycznej (LCD) – jest to dieta, w której następuje specjalny wybór naturalnych produktów spożywczych lub produktów zastępujących posiłki i w której mniej niż 25% energii jest pozyskiwana z tłuszczów. Kaloryczność dzienna tej diety to 800-1200 kcal.
- C. Dieta o bardzo niskiej wartości energetycznej (VLCD) – jest to dieta płynna, w której stosuje się białka o wysokiej wartości odżywczej z niezbędnymi kwasami tłuszczowymi. Dodatkowo trzeba w tej diecie wspomagać suplementami elektrolitów, witamin i składników mineralnych. Kaloryczność dzienna tej diety to 400-800 kcal i jest stosowana tylko u osób z wskaźnikiem BMI o wartości  $\geq 30$  kg/m<sup>2</sup>, u których szybkie zmniejszenie masy ciała jest wskazane ze względów medycznych.

Stosowanie diet płynnych nie powinno trwać dłużej niż 12 tygodni. Do redukcji masy ciała można stosować diety ubogie w węglowodany, ale także nie mogą być stosowane przez dłuższy czas, ponieważ są niedostateczne w składniki, które występują w produktach wysokowęglowodanowych. Dla leczenia otyłości można też stosować diety o niskiej wartości indeksu glikemicznego, ale jak dotąd ich stosowanie nie przyniosło spektakularnych sukcesów w porównaniu z innymi dietami redukcyjnymi. Bardzo ważne jest, aby nie stosować diet, w których występuje zbyt duża ilość oraz zbyt mała ilość tłuszczów. Istotne znaczenie dla stosowania diet redukcyjnych jest jednocześnie łączenie ich ze zwiększeniem aktywności ruchowej, co ma duże znaczenie dla obniżenia masy ciała i późniejszego jej utrzymania. Zmiana zachowań i nauczenie się nowych nawyków żywieniowych i zdrowotnych może przyczynić się do utrzymania obniżonej masy ciała. Ważne jest, aby obniżenie masy ciała nie przebiegało zbyt szybko, aby łatwiejsze było późniejsze utrzymanie tej masy ciała. Dlatego powinno się dobierać diety, które będą zbilansowane i indywidualnie dobrane do potrzeb pacjenta, głównie pod względem redukcji wartości energetycznej (Biesalski i Grimm 2007; Gajewska 2011). Badania Mizgier i wsp. z 2010 dowodzą, że bardzo dobrą opcją dla zwalczania nadwagi i otyłości jest dieta śródziemnomorska (Mizgier i in. 2010).

Gdy zawiedzie leczenie dietetyczne, w przypadku, w którym pacjent ma BMI na poziomie  $>30 \text{ kg/m}^2$  można przeprowadzić terapię farmakologiczną przez doświadczonych terapeutów (Biesalski i Grimm 2007; Gajewska 2011).

## 9. Wnioski

Otyłość jest jedną z największych chorób cywilizacyjnych XXI wieku. Ilość ludzi otyłych w ciągu ostatnich lat potroiła się. Dlatego warto zwrócić uwagę na podniesienie świadomości ludzi odnośnie otyłości, jej przyczyn i konsekwencji. Dzięki temu można będzie zapobiec otyłości i nadwadze, jeszcze przed jej wystąpieniem. Powinno się podnieść świadomość przede wszystkim rodziców, którzy powinni od najmniejszych lat nauczyć swoje dzieci prawidłowych nawyków żywieniowych, prawidłowego dobierania pokarmów i zjadania ich, a także którzy nauczą dzieci zdrowego stylu życia, jakim poza spożywaniem pokarmów jest jeszcze zażywanie aktywności i spędzania wolnego czasu aktywnie i przede wszystkim na świeżym powietrzu.

## 10. Literatura

- Autor anonimowy (2014) Analyse der Körperzusammensetzung, dostęp na stronie <http://www.medical.de/> z dnia 15.07.2014 r.
- Biernat J (red.) (2009) Wybrane zagadnienia z nauki o żywieniu człowieka, Wyd. Uniwersytetu Przyrodniczego we Wrocławiu, Wrocław
- Biesalski HK, Grimm P (2007) Żywnienie. Atlas i podręcznik, Wy. Edra, Urban & Partner, Wrocław
- Dzygdało B, Łepicka-Klusek C, Pilewski B (2012) Wykorzystanie analizy impedancji bioelektrycznej w profilaktyce i leczeniu nadwagi i otyłości. *Probol. Hig. Epidemiol*, 93(2): 274-280
- Flegal KM, Graubard BI, Williamson DF, Gail MH (2007) Cause-specific excess deaths associated with underweight, overweight and obesity. *JAMA* 298 (17): 2028-2037
- Funk S, Miller MM, Mishell DR Jr et al. (2005) Safety and efficacy of Implanon, a single-rod implantable contraceptive containing etonogestrel. *Contraception* 71 (5): 319-326
- Gajewska D (red.) (2011) Podstawy żywienia i dietoterapia, Elsevier Urban & Partner, Wrocław
- Instytut Żywności i Żywienia, Przed wizytą – bioimpedancja elektryczna, dostęp na <http://www.izz.waw.pl> z dnia 25.02.2014
- Jakość życia w Polsce, edycja 2016, Główny Urząd Statystyczny, Warszawa, dostęp na <http://www.stat.gov.pl> z dnia 05.12.2017 r.
- James WP (2008) The epidemiology of obesity: the size of the problem. *J Intern Med.* 263 (4): 336-352
- Krupienicz A, Lewitt A, Mądro E (2007) Podstawy teoretyczne i zastosowania analizy impedancji bioelektrycznej (BIA). *Endokrynologia, otyłość, zaburzenia przemiany Materii*, tom 3 nr 4: 79-84



- Levitsky DA, Obarzanek E, Mrdjenovic G et al. (2005) Imprecise control of energy intake: absence of reduction in food intake following overfeeding in young adults. *Physiol Behav* 84 (5): 669-675
- Mały rocznik statystyczny Polski 2017, Główny Urząd Statystyczny, Warszawa, s. 223
- Mizgier M, Jeszka J, Jarząbek-Bielecka G (2010) Rola diety śródziemnomorskiej w zapobieganiu nadwadze i otyłości, niektórym chorobom dietozależnym oraz jej wpływ na długość życia. *Nowiny Lekarskie*, 79, 6: 451–454
- Moczko J, Matuszek D (2015) Analiza składu ciała i zasady żywienia sportowców wytrzymałościowych, praca inżynierska obroniona na Politechnice Opolskiej dnia 7.02.2015 roku.
- Mrdjenovic G, Levitsky DA (2003) Nutritional and energetic consequences of sweetened drink consumption in 6- to 13-year-old children. *J Pediatr* 142 (6): 604-610
- Mrdjenovic G, Levitsky DA (2005) Children eat what they are served: the imprecise regulation of energy intake. *Appetite* 44 (3): 273-282
- Rocznik Statystyczny województw 2016, Główny Urząd Statystyczny, Warszawa s. 425
- Sankowska P (2014) Analiza składu ciała. *Food Forum*, wiosna-lato nr 1 (4): 81-84
- Zdrowie i zachowanie zdrowotne mieszkańców Polski w świetle Europejskiego Ankietowego Badania Zdrowia (EHIS) 2014 r., notka informacyjna Głównego Urzędu Statystycznego z dnia 01.12.2015 r.
- WHO Global Database on Body Mass Index – BMI classification, dostępne na World Wide Web dnia 23.12.2014 r.
- <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs311/en/> z dnia 05.12.2017 r.

## 17. Porównanie ogólnych błędów żywieniowych osób nietreningujących do błędów żywieniowych sportowców

Comparison of non-active persons general feeding mistakes to athletes feeding mistakes

Moczko Joanna

Katedra Inżynierii Biosystemów, Wydział Inżynierii Produkcji i Logistyki, Politechnika Opolska

Moczko Joanna: joannamoczko@gmail.com

Słowa kluczowe: żywnienie sportowców, Piramida Zdrowia i Żywienia, piramida szwajcarska

### Streszczenie

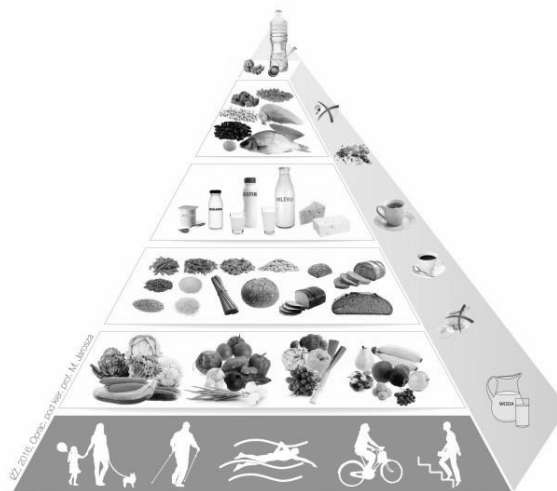
Odżywianie jest najważniejszą potrzebą fizjologiczną, ponieważ dostarcza organizmowi energię do pracy i prawidłowego funkcjonowania. Zalecenia żywieniowe są przedstawione na Piramidzie Prawidłowego Żywienia oraz na piramidzie szwajcarskiej, w przypadku sportowców. W artykule zostały zebrane i przedstawione najczęściej występujące błędy żywieniowe dzieci, młodzieży osób dorosłych, a także sportowców na podstawie artykułów naukowych i badań przeprowadzonych przez innych autorów.

### 1. Wstęp

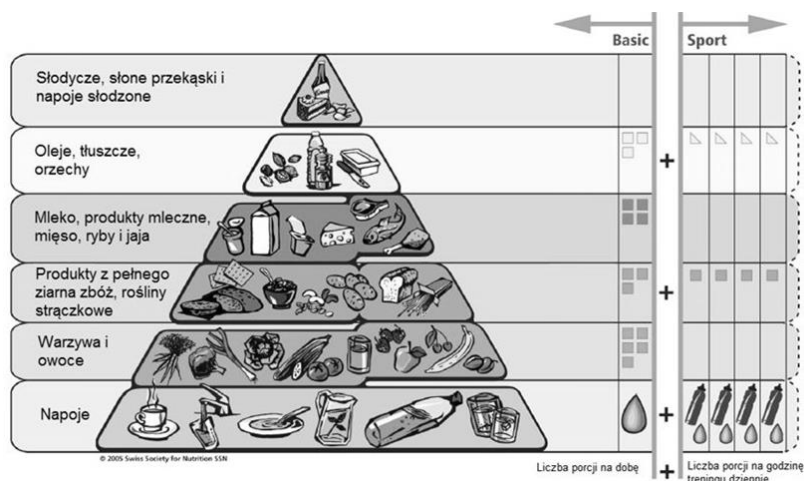
Odżywianie jest jedną z ważniejszych potrzeb fizjologicznych organizmu. Podstawowym celem pożywienia jest dostarczenie składników energetycznych, regulujących i budulcowych potrzebnych do codziennego funkcjonowania organizmu. Prawidłowe odżywianie pozwala zachować zdrowie i dobre samopoczucie. Dlatego tak istotne jest stosowanie się do prawidłowych zaleceń odżywiania. Zasady prawidłowego żywienia i odpowiedniego doboru produktów przedstawia Piramida Zdrowia i Żywienia (Rys. 1).

Aktualne zalecenia żywieniowe dla sportowców przedstawione są na modelu piramidy szwajcarskiej (Rys. 2). Została ona zaprezentowana w roku 2008 w Lozannie przez Szwajcarskie Towarzystwo Żywieniowe (Swiss Society for Nutrition).

Celem artykułu jest przedstawienie najczęściej popełnianych błędów żywieniowych przez dzieci, młodzież, osoby dorosłe i sportowców.



Rys. 3 Piramida prawidłowego żywienia i aktywności fizycznej (IŻŻ).



**Rys. 4** Szwajcarska piramida żywienia (<https://skndietetykow.wum.edu.pl/content/piramida-zywieniowa-dla-sportowcow>).

## 2. Podstawowe błędy we współczesnym żywieniu

Głównym celem odżywiania jest dostarczenie energii do życia i funkcjonowania ludzkiego organizmu. Żywność jest także niezbędna w celach regulacyjnych i budulcowych. Prawidłowe odżywianie jest szczególnie istotne zwłaszcza w przypadku dzieci i młodzieży, ponieważ jest to czas intensywnego rozwoju i wzrostu. Codzienna dieta powinna być dostosowana do wieku, płci, trybu życia, a także budowy ciała. Nieprawidłowe odżywianie może powodować niedożywienie lub choroby cywilizacyjne, do których należą między innymi: otyłość, cukrzyca, choroby układu krążenia.

Wśród dzieci w wieku przedszkolnym najczęściej występującymi nieprawidłowościami w odżywianiu jest spożywanie zbyt dużej ilości kalorii (Sykut-Domańska i in. 2015). Może to doprowadzić do rozwoju nadwagi i otyłości, która w wieku dorosłym może być powodem wystąpienia chorób układu krążenia oraz cukrzycy. Głównym źródłem kalorii wśród dzieci to przede wszystkim tłuszcze i cukry proste (Sykut-Domańska i in. 2015). Do produktów najczęściej spożywanych zalicza się fast foody, chipsy, słodycze, słodzone napoje.

Młodzież także często żywi się niezgodnie z prawidłowymi zasadami żywienia. Podobnie jak dzieci w wieku przedszkolnym, spożywają w nadmiernej ilości produktu typu fast food oraz słodycze (Łagowska i in. 2011). Głównym błędem popełnianym przez młodzież jest spożywanie żywności o niskiej wartości odżywczej, ale wysokiej wartości energetycznej, co może spowodować występowanie nadmiernej masy ciała wśród młodzieży szkolnej (Łagowska i in. 2011; Oblacińska 2007). Kolejną nieprawidłowością jest niedostateczna ilość spożywanych produktów będących źródłem błonnika, przede wszystkim warzyw i owoców (Oblacińska 2007). Młodzież spożywa zbyt dużo tłuszczów zwierzęcych, a także zbyt dużo słodzonych napojów. Bardzo dużą popularnością w tym kręgu cieszą się napoje energetyzujące. Produkty te zawierają dużo sacharozy i mogą powodować rozwój masy ciała oraz zaburzeń metabolicznych, a także uszkodzenia płytki nazębnej. Wiele młodych ludzi ma duże problemy z oszacowaniem zjadanej żywności. Często nie zwracają uwagi na przekąski, które zjadają w przerwach między posiłkami lub na napoje, które spożywają. To powoduje niejednokrotnie spożywanie zbyt dużej liczby kalorii w codziennej diecie (Łagowska i in. 2011). W obecnych czasach dostrzega się także zbyt niski poziom aktywności fizycznej młodzieży (Łagowska i in. 2011). W szkołach obserwuje się częste zwolnienia z zajęć wychowania fizycznego, a na osiedlach boiska sportowe niszczeją. W zdrowym stylu życia istotne jest zarówno prawidłowe żywienie, jak i aktywny tryb życia.

Wśród osób dorosłych najczęstszym błędem jest nieprawidłowa ilość kalorii w diecie, która często jest zbyt wysoka niż zalecana. Kolejną nieprawidłowością jest pomijanie poszczególnych posiłków (McCrary 2014) oraz podjadanie między posiłkami (Gruszka i Malczyk 2012; Bronkowska

i in. 2010). Do najczęściej wybieranych przekąsek między posiłkami są wybierane słodczyce i słone przekąski. Następnym błędem żywieniowym jest nieregularność spożywania posiłków. Regularne jedzenie wpływa na mniejsze spożycie energii, niższy poziom cholesterolu LDL, mniejszy wyrzut insuliny, a także utrzymanie prawidłowej masy ciała i profilu lipidowego i węglowodanowego (Gruszka i Malczyk 2012). Zalecenia żywieniowe dla dorosłych przewidują 4-5 posiłków przyjmowanych o stałych godzinach, co 3-4 godziny. Ponadto najważniejszym posiłkiem dnia jest śniadanie, które często jest pomijane. Pierwszy posiłek dnia powinien być zjedzony do jednej godziny po przebudzeniu. Ostatni posiłek dnia powinien być spożyty nie później niż 2-3 godziny przed snem i powinna być lekka i niewielka, żeby nie obciążać układu pokarmowego na czas snu. Tymczasem w wielu domach zdarza się, że kolacja jest duża, obfita i ciężkostrawna (Gruszka i Malczyk 2012). Bardzo często w diecie dorosłego człowieka występują nieprawidłowości dotyczące składu posiłków. Przede wszystkim w codziennej diecie występuje zbyt duża ilość cukrów prostych i tłuszczów zwierzęcych. Bardzo często spożywane są napoje słodzone, a także słodczyce (Gruszka i Malczyk 2012). W diecie występują nieprawidłowe proporcje kwasów tłuszczowych (Hammad i Jones 2017). Obecnie spożywa się mało ryb, które zawierają nienasycone kwasy tłuszczowe, a spożywa się więcej produktów zawierających nasycone kwasy tłuszczowe. Prawidłowa proporcja powinna być odwrotna, czyli więcej nienasyconych kwasów tłuszczowych, a mniej nasyconych kwasów tłuszczowych. Nieprawidłowości odnotowuje się także w sposobie przyrządzania dań mięsnych. Dorośli często wybierają smażenie, czasem na głębokim tłuszczu. Ponadto popularne jest spożywanie konserw oraz tłustych mięs, wędlin i nabiału (Gruszka i Malczyk 2012). Wśród niektórych mówi się także o fobii cholesterolowej, która polega na całkowitym wyeliminowaniu cholesterolu z diety (Eriksen et al. 2017). Cholesterol bierze udział w syntezie witaminy D, ponadto odgrywa rolę w budowie hormonów płciowych i kory nadnerczy (Packenpaugh 2011; Ciborowska 2018; Szostak i Cybulska 2017). Normy dla stężenia cholesterolu całkowitego we krwi wynosi do 200 mg/dl]. Z czego frakcja LDL powinna wynosić do 115 mg/dl, a frakcja HDL powyżej 40 mg/dl dla mężczyzn i 45 mg/dl dla kobiet (Packenpaugh 2011). Jednym z błędów żywieniowych jest także zbyt niskie spożycie olejów roślinnych: rzepakowego, słonecznikowego, oliwy z oliwek (Ciborowska 2018). W diecie osób dorosłych występuje w nadmiarze sól i cukier (He i MacGregor 2015). Ponadto często są stosowane przyprawy typu „Vegeta” i „Kucharek” (Gruszka i Malczyk 2012). Ten rodzaj przypraw zawiera glutaminian sodu. W pracy He (He et al. 2011) zauważono związek między spożywaniem glutaminianu sodu, a występowaniem otyłości.

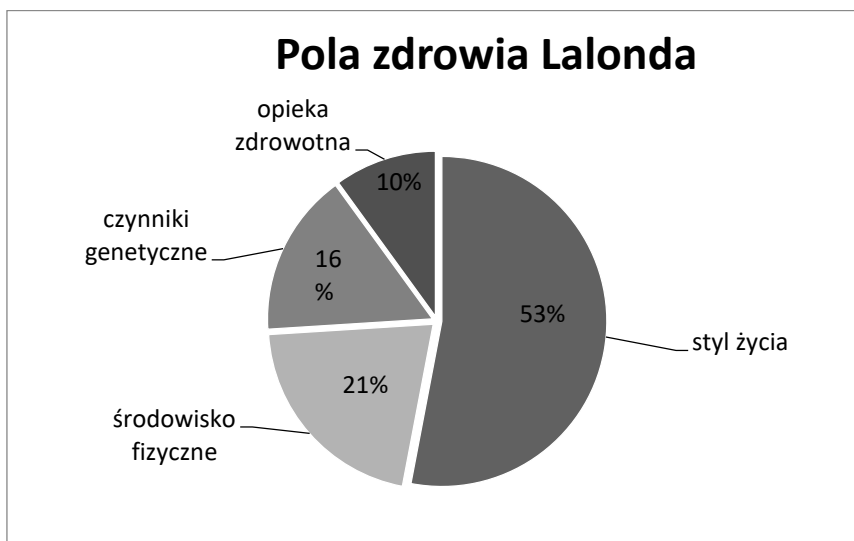
Wśród osób dorosłych często występuje zbyt niskie spożycie produktów zawierających błonnik. Są to przede wszystkim warzywa, owoce oraz suche nasiona roślin strączkowych. Produkty te są pomijane w diecie, mimo że owoce i warzywa powinny znajdować się w każdym posiłku, a nasiona roślin strączkowych powinny pojawiać się w jadłospisie raz w tygodniu (Gruszka i Malczyk 2012). Zbyt niskie spożycie produktów bogatych w błonnik może być źródłem zaparcia, a także może powodować zwiększenie masy ciała. Pomijanie w diecie warzyw i owoców może być przyczyną niedoborów witamin i składników mineralnych (Ciborowska 2018). Ponadto w diecie człowieka dorosłego w niedostatecznej ilości występują grube kasze, płatki nieprzetworzone, pieczywo razowe i pełnoziarniste (Gruszka i Malczyk 2012), a także produkty mleczne (Ciborowska 2018). Ograniczenie spożywania nabiału może skutkować niepokryciem zapotrzebowania na wapń.

U osób dorosłych często występuje problem zbyt niskiej ilości spożywanych płynów, zwłaszcza wody. Dzienna norma spożycia wody wynosi minimum 1,5-2 litrów. W upalne dni lub po wzmożonym wysiłku fizycznym ilość spożywanej wody powinna wzrosnąć, żeby nie doprowadzić do odwodnienia, które jest dla organizmu ludzkiego niebezpieczne. Moment odczuwania pragnienia przez człowieka jest sygnałem, że organizm jest w 2 % odwodniony. Jeśli dojdzie do odwodnienia 20 % organizm ludzki umiera (Ciborowska 2018).

Współcześnie nie dostrzega się znaczenia aktywności fizycznej. Siedzący tryb życia, jedzenie w pośpiechu, wysokie tempo życia powoduje, że brakuje czasu na aktywność fizyczną, która jest jednym z czynników wpływających na zdrowie według teorii Marca Lalonda z 1974 roku (Lalonde 1974). Zgodnie z założeniami M. Lalonda na zdrowie wpływa (Rys 3):

- A. styl życia, w skład którego wchodzi: odżywienie, reakcja na stres, aktywność fizyczna,
- B. genetyka i cechy wrodzone,

- C. środowisko: socjalne, fizyczne, psychiczne i praca
- D. opieka zdrowotna i służba zdrowotna.



**Rys. 5** Model holistycznego determinantu zdrowia według Blum i Lalonde z 1973 roku. (Lalonde 1974).

W życiu dorosłych brakuje aktywności fizycznej nie tylko w formie uprawiania sportu, ale nawet w formie codziennego spaceru (Gruszka i Malczyk 2012).

### 3. Błędy w żywieniu sportowców

Zasady żywienia w sporcie są podobne do ogólnych zasad odżywiania. Najistotniejszą kwestią w prawidłowym żywieniu sportowca jest dostosowanie podaży energii do energii wydatkowanej (Frączek i in. 2013). Ze względu na tak duże zapotrzebowanie energetyczne sportowców wskazane jest spożywanie pięciu posiłków dziennie (Kopeć i in. 2013; Gacek 2011). Posiłki powinny być różnorodne, urozmaicone i regularne. Kolacja powinna być zjedzona przynajmniej na dwie godziny przed snem. Wśród sportowców istotne jest żeby częściej spożywali produkty mleczne oraz owoce i warzywa oraz ryby (Kopeć i in. 2013). Mleko i produkty mleczne są składnikami pełnowartościowego białka oraz są dobrym źródłem wapnia. Prawidłowe nawyki żywieniowe sportowców zawarte są na Rys. 4.

Według literatury najczęściej występującymi błędami żywieniowymi grupie sportowców jest:

- A. Nie jedzenie pierwszego śniadania lub przystąpienie do treningu na czczo (Gacek 2011, Kopeć i in. 2013; Szczepańska i Spałkowska 2012; Kałużny i in. 2016), mimo że zaleca się uzupełnianie zasobów energetycznych przed przystąpieniem do wysiłku fizycznego. Takie zachowanie może powodować ograniczenie zdolności wysiłkowych, a nawet utratę sił (Kałużny i in. 2016).
- B. Zbyt mała ilość posiłków w ciągu dnia – (Gacek 2011; Kopeć i in. 2013; Szczepańska i Spałkowska 2012; Kałużny i in. 2016), mimo że wskazuje się za prawidłowe spożywanie 4-5 posiłków dziennie (Kałużny i in. 2016). Taki model zapewnia odpowiedni poziom glukozy przez cały dzień, dzięki czemu sportowiec nie jest narażony na spadek koncentracji, a ponadto nie będzie odczuwał ociężałości i zmęczenia (Frączek i in. 2013). Z drugiej strony spożywanie posiłków w dużych odstępach czasu często skutkuje ich zjedzeniem w dużej objętości co powoduje obciążenie układu pokarmowego (Szczepańska i Spałkowska 2012).
- C. Nieregularne spożywanie posiłków (Gacek 2011; Frączek i in. 2013; Gacek i Popek 2018; Szczepańska i Spałkowska 2012; Kałużny i in. 2016; Kopeć i in. 2013). Regularność posiłków pozwala w odpowiedni sposób dostarczyć składników odżywczych. Ponadto sprzyja

magazynowaniu glikogenu i jego odbudowie po zakończeniu aktywności fizycznej. Dzięki temu organizm może sprawniej się regenerować, a także nie występują w nim wahania glukozy we krwi oraz przyrost masy tłuszczowej (Szczepańska i Spałkowska 2012). Nieregularność posiłków może spowodować obniżenie koncentracji, wytrzymałości, siły i ogólnego zdrowia sportowca (Kopeć i in. 2013).

- D. Zbyt niskie spożycie mleka i produktów mlecznych (Gacek 2011; Frączek i in. 2013; Kopeć i in. 2013). Zaleca się spożywanie 4-5 porcji produktów mlecznych dziennie, przede wszystkim u młodych sportowców, ponieważ potrzebują w większej ilości wapnia. Brak produktów mlecznych w diecie może skutkować niedoborami wapnia, a ten jest niezbędny w regulowaniu pobudliwości nerwowo-mięśniowej oraz do kontroli równowagi kwasowo-zasadowej ustroju (Gacek i Popek 2018). Ponadto mleko i jego przetwory są dobrym źródłem pełnowartościowego białka (Kopeć i in. 2013).
- E. Mała ilość spożywanych jaj (Kopeć i in. 2013).
- F. Niewystarczająca częstość spożywania ryb o preferowanie mięsa wieprzowego (Gacek 2011; Szczepańska i Spałkowska 2012; Kopeć i in. 2013; Frączek i in. 2013). Ryby w diecie należy wprowadzać przynajmniej dwa razy w tygodniu, ponieważ są źródłem kwasów tłuszczowych omega 3. Zwłaszcza ryby morskie są produktami o dużej wartości odżywczej. Są źródłem pełnowartościowego białka, wielonienasyconych kwasów tłuszczowych, a także witamin (B, A, D) i składników mineralnych (Mg, Ca, F, J, Se) (Kopeć i in. 2013).
- G. Wysokie spożycie tłuszczów zwierzęcych oraz cholesterolu (Gacek i Popek 2018). Powoduje to niskie spożycie tłuszczów pochodzenia roślinnego (Frączek i in. 2013).
- H. Niewystarczająca ilość spożywanych owoców i warzyw, które powinny być spożywane kilka razy dziennie (Gacek 2011; Kopeć i in. 2013; Gacek i Popek 2018; Frączek i in. 2013). Te składniki zawierają antyoksydanty, składniki mineralne, witaminy oraz błonnik (Gacek 2011). Warzywa najlepiej jeść na surowo, w całości, jako surówki lub sałatki. Nie spożywanie ich we właściwej ilości może skutkować niedoborem zwłaszcza witamin antyoksydacyjnych oraz witamin z grupy B. Może to ograniczyć zdolności wysiłkowe. Owoce i warzywa to grup produktów, które mają niski lub średni indeks glikemiczny (Frączek i in. 2013). Owoce i warzywa działają alkalizująco (Kopeć i in. 2013).
- I. Niskie spożycie suchych nasion roślin strączkowych (Szczepańska i Spałkowska 2012).
- J. Zbyt częste spożywanie produktów typu fast food, słodczy i napojów gazowanych (Gacek 2011; Szczepańska i Spałkowska 2012; Gacek i Popek 2018). Przyjmowanie znacznej ilości słodczy jest sprzeczne z zaleceniami dietetycznymi, ale ze względu na zwiększone zapotrzebowanie kaloryczne sportowców, pozwala zapewnić im odpowiednią podaż energii. Mimo wszystko powinno się ograniczać zwłaszcza węglowodany rafinowane (Gacek 2011). Produkty typu fast food, zawierają izomery trans kwasów tłuszczowych, które należy ograniczać (Frączek i in. 2013).
- K. Nie picie płynów małymi porcjami w zalecanych odstępach czasu w trakcie treningu, mimo że według zaleceń płyny powinny być przyjmowane małymi porcjami, zarówno w trakcie jak i po wysiłku (Gacek 2011).
- L. Nie spożywanie wystarczającej ilości płynów dziennie (Gacek 2011; Szczepańska i Spałkowska 2012). Prawidłowa ilość wypijanych dziennie płynów powinna wynosić powyżej 2,5 litra dziennie (Kałużny i in. 2016).
- M. Spożywanie wody gazowanej, zwłaszcza w trakcie wysiłku fizycznego (Gacek 2011). Gacek M. donosi, że takie postępowanie może spowodować obniżenie wentylacji płuc na skutek podniesienia diafragmy oraz nasilenia diurezy.
- N. Podejmowanie treningu zaraz po spożytym posiłku (Szczepańska i Spałkowska 2012; Kałużny i in. 2016). Właściwy czas spożycia posiłku przed aktywnością fizyczną wynosi około 1-2 godziny. Nieprzestrzeganie tej zasady może skutkować wystąpieniem zaburzeń w obrębie układu pokarmowego.
- O. Zbyt późne spożywanie posiłków przed snem (Kałużny i in. 2016).
- P. Spożywanie napojów gazowanych lub energetyzujących (Szczepańska i Spałkowska 2012; Gacek 2011; Gacek i Popek 2018; Frączek i in. 2013; Kałużny i in. 2016) oraz alkoholu

(Kałużny i in. 2016). Spożywanie napojów energetycznych niesie za sobą duże konsekwencje jeśli odbywa się to regularnie. Może powodować uzależnienia, insulino oporność, otyłość i cukrzycę (Kałużny i in. 2016). Natomiast spożywanie alkoholu skutkować odwonieniem organizmu, osłabieniem zdolności termoregulacyjnych, obniżeniem wydolności organizmu. Alkohol spożywany w większych ilościach może powodować uzależnienia, a także może być źle postrzegane przez społeczeństwo (Kałużny i in. 2016).

- Q. Niedostateczne spożycie pełnoziarnistego pieczywa i grubych kasz (Szczepańska i Spałkowska 2012; Gacek 2011; Frączek i in. 2013; Gacek i Popek 2018). Produkty zbożowe powinny być głównym źródłem węglowodanów w diecie sportowca (Gacek i Popek 2018). Niskie spożycie produktów zbożowych z niskiego przemiału może prowadzić do niedoboru witaminy z grupy B oraz błonnika. Często spożywane jest pieczywo jasne oraz kluski (Kopeć i in. 2013).

Prawidłowe zachowania żywieniowe
<ul style="list-style-type: none"><li>• Spożywanie 4-5 posiłków dziennie</li><li>• Spożywanie posiłków regularnie tj. co 3h</li><li>• Spożywanie posiłku 2-3h przed wysiłkiem fizycznym</li><li>• Spożywanie posiłku 1-2h po wysiłku fizycznym</li><li>• Spożywanie posiłku najpóźniej do 2h przed snem</li><li>• Spożywanie produktów zbożowych codziennie</li><li>• Spożywanie warzyw kilka razy dziennie</li><li>• Spożywanie owoców kilka razy dziennie</li><li>• Spożywanie mleka i produktów mlecznych codziennie</li><li>• Spożywanie produktów białkowych – mięso i wędliny codziennie</li><li>• Spożywanie produktów białkowych – ryby (kilką razy w tygodniu)</li><li>• Spożywanie produktów białkowych – nasiona roślin strączkowych kilka razy w miesiącu</li><li>• Uzupelnianie płynów w podczas treningu</li><li>• Uzupelnianie płynów po treningu</li><li>• Uzupelnianie płynów wodą mineralną</li><li>• Uzupelnianie płynów napojami gazowanymi</li><li>• Wypijanie powyżej 2,5 litrów wody dziennie</li><li>• Spożywanie napojów energetycznych kilka razy w tygodniu</li><li>• Spożywanie alkoholu kilka razy w tygodniu</li></ul>

**Rys. 6** Prawidłowe zachowania żywieniowe (Kałużny i in. 2016).

#### 4. Wnioski

Wykrywanie błędów żywieniowych jest jednym z głównych celów oceny stanu odżywienia. Dokonuje się jej stosując: wywiad żywieniowy, badania lekarskie, badania antropometryczne i badania biochemiczne (badania krwi, moczu). Dzięki tym analizom można zapobiec wielu chorobom powstałym na wskutek złego odżywiania, a wśród sportowców można zabiec powstaniu wielu kontuzjom, a także zwiększyć wydolność organizmu.

#### 5. Literatura

Sykut-Domańska E, Rzedzicki Z, Zarzycki P, Sobota A, Wirkijowska A, Kuzawińska E, Kot A, Bartoszek K (2015) Ocena żywienia dzieci w wieku przedszkolnym w województwie lubelskim w Trendy w żywieniu człowieka pod. red. Karwowskiej M i Gustawa W, Wydawnictwo Naukowe PTTŻ, Kraków, s. 343-354

- Łagowska K, Woźniewicz M, Jeszka J (2011) Porównanie nawyków żywieniowych młodzieży z uwzględnieniem płci oraz poziomu aktywności fizycznej, ROCZN. PZH, 62, Nr 3, 335 – 342
- Oblacińska A (2007) Zachowania żywieniowe. W: w: Otyłość u polskich nastolatków – epidemiologia, styl życia, samopoczucie. Raport z badań uczniów gimnazjum w Polsce Instytut Matki i Dziecka. Oblacińska A., Jodkowska M. Warszawa, 54–73.
- McCrary MA (2014) Meal skipping and variables related to energy balance in adults: a brief review, with emphasis on the breakfast meal. *Physiol Behav.*; 134:51-4.
- Gruszka J, Malczyk E (2012) Sposób żywienia pacjentów zgłaszających się do gabinetu dietetycznego, BROMAT. CHEM. TOKSYKOL. – XLV, 3, str. 619–627
- Bronkowska M, Golecki M, Słomian J, et al. (2010) Zwyczaje żywieniowe osób z rozpoznanyim obturacyjnym bezdechem podczas snu. *Bromat. Chem. Toksykol.*, XLIII,1,41-50.
- Hammad SS, Jones PJ. (2017) Dietary fatty acid composition modulates obesity and interacts with obesity-related genes. *Lipids.*;52(10):803-22.
- Eriksen BMS, Bjørkly S, Lockertsen Ø, Færden A, Roaldset JO. (2017) Low cholesterol level as a risk marker of inpatient and post-discharge violence in acute psychiatry – A prospective study with a focus on gender differences. *Psychiatry Res.*;255:1-7.
- Ciborowska H, Rudnicka A (2018) *Dietetyka – żywienie zdrowego i chorego człowieka*, Wydawnictwo PZWŁ, wydanie IV, Warszawa
- Peckenpaugh NJ (2011) Gajewska D (red. wyd. I polskiego), *Podstawy żywienia i dietoterapia*, Elsevier Urban & Partner, Wrocław .
- Szostak WB, Cybulska B, Kłósiewicz-Latoszek L (2017) Cholesterol, w: *Normy żywienia dla populacji Polski*, red. nauk. Jarosz M., wyd. Instytutu Żywności i Żywienia, Warszawa
- He K, Shufa D, Pengcheng X, et al. (2011) Consumption of monosodium glutamate in relation to incidence of overweight in Chinese adults: China Health and Nutrition Survey (CHNS). *Am. J. Clin. Nutr.*,93,6,1328-1336.
- He FJ, MacGregor GA (2015) Salt and sugar: their effects on blood pressure. *Pflugers Arch.*;467(3):577-86.
- Lalonde M (1974) A New Perspective on the Canadians. W Working Document, Minister of National Health and Welfare, Ontario
- Frączek B, Brzozowska E, Morawska M (2013) Ocena zachowań żywieniowych zawodników trenujących gry zespołowe w świetle rekomendacji piramidy żywieniowej dla sportowców, *Probl Hig Epidemiol*, 94(2):280-285
- Gacek M (2011) Zwyczaje żywieniowe grupy osób wyczynowo uprawiających siatkówkę, ROCZN. PZH, 62, Nr 1, 77 – 82
- Kopec A, Nowacka E, Klaja A, Leszczyńska T (2013) Częstotliwość spożycia wybranych grup produktów spożywczych przez sportowców trenujących piłkę nożną, *Probl Hig Epidemiol*, 94(1): 151-157
- Kałużny K, Śpica D, Drobik P, Michalska A, Kałużna A, Kochański B, Zukow W (2016) Ocena oraz porównanie zachowań żywieniowych u osób uprawiających sport zawodowo i amatorsko, *Journal of Education, Health and Sport.*;6(2):301-310
- Szczepańska E, Spałkowska A (2012) Zachowania żywieniowe sportowców wyczynowo uprawiających siatkówkę i koszykówkę, *Rocz Panstw Zakł Hig*, 63, Nr 4, 483 – 489
- Gacek M, Popek A (2018) Analiza zachowań żywieniowych mężczyzn wyczynowo i amatorsko trenujących piłkę siatkową, *Sport i Turystyka. Środkoeuropejskie Czasopismo Naukowe*, t. I, nr 2, s. 93-102



## **18. Wpływ różnych parametrów zacierania na stopień odfermentowania brzeczki piwnej**

The influence of selected mashing parameters on the degree of fermentation of beer wort

Marcin Natoniewski<sup>(1)</sup>, Leszek Rydzak<sup>(1)</sup>, Krzysztof Mitrus<sup>(1)</sup>, Katarzyna Niewęglowska<sup>(2)</sup>, Ewelina Surdacka<sup>(3)</sup>, Anna Rodzeń<sup>(4)</sup>

<sup>(1)</sup> Katedra Inżynierii i Maszyn Spożywczych, Wydział Inżynierii Produkcji, Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie

<sup>(2)</sup> Katedra Warzywnictwa i Roślin Leczniczych, Wydział Ogrodnictwa i Architektury Krajobrazu, Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie

<sup>(3)</sup> Katedra Turystyki i Rekreacji, Wydział Agrobiotechnologii, Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie

<sup>(4)</sup> Katedra Energetyki i Środków Transportu, Wydział Inżynierii Produkcji, Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie

Opiekun naukowy: dr hab. inż. Leszek Rydzak, prof. nadzw. UP

Marcin Natoniewski: marcin.natoniewski@gmail.com

Słowa kluczowe: wysładzanie, drożdże piwowarskie, przerwy temperaturowe, enzymy

### **Streszczenie**

Piwo to napój liczący tysiące lat, jednak do dziś zachowuje się niektóre z tradycyjnych rozwiązań podczas jego wytwarzania. Celem przeprowadzonych badań było określenie wpływu wykorzystanych szczepów drożdży i warunków fermentacji na stopień odfermentowania brzeczki piwnej. Proces zacierania brzeczki przeprowadzono metodą infuzyjną uwzględniając określone parametry zacierania tj. czas i temperaturę. Brzeczki zaszczepiono dwoma rodzajami drożdży zarówno górnej jak i dolnej fermentacji. Próbkę fermentowały w temperaturze 13°C i 20°C, następnie badano stopień ich odfermentowania. Stwierdzono, że wyższy stopień odfermentowania charakteryzował brzeczki zaszczepione drożdżami dolnej fermentacji, niezależnie od temperatury przeprowadzenia procesu fermentacji.

### **1. Wstęp**

Piwo jest napojem fermentowanym, którego historia warzenia sięga czasów starożytności. Już 6 tysięcy lat temu piwo stanowiło podstawę diety ludności ubaidzkiej. W średniowieczu powstały pierwsze browary o znacznej mocy produkcyjnej. Należały one głównie do klasztorów, dworów i miast. Technologię i receptury przekazywano z pokolenia na pokolenie. Jakość otrzymanego piwa była przypadkowa, gdyż nie znano przyczyn i skutków reakcji chemicznych zachodzących podczas jego wytwarzania. W Europie piwo rozpowszechniło się dzięki mnichom klasztornym, którzy udoskonalali produkcję tego trunku (Meussdoerffer 2009; Cabras i Higgins 2016).

Na każdym etapie wytwarzania piwa wykorzystuje się duże ilości wody, która powinna spełniać określone wymagania dotyczące składu chemicznego. Proces produkcji piwa polega na enzymatycznym rozszczepieniu białek i skrobi znajdujących się w ziarnach zbóż. Odkrycie przyczyny fermentacji alkoholowej, podczas której następuje zamiana cukrów (maltozy, glukozy, fruktozy) na alkohol etylowy i dwutlenek węgla, było początkiem badań wodnych roztworów słodowych z udziałem drożdży. W XIV wieku podczas wytwarzania piwa dodawano chmielu jako przyprawy goryczkowej i aromatyzującej (Jamroz i in. 2006; Burberg i Zarnkow 2009; Marjanowski 2011; Bonin 2014).

Na rynku dostępne są piwa otrzymywane metodą górnej fermentacji przy udziale odpowiednich szczepów drożdży z gatunku *Saccharomyces cerevisiae*. Fermentację górną stosuje się od czasów, gdy nie znano jeszcze sztucznego schładzania i wykorzystywano temperaturę otoczenia. Charakterystyczna dla tego rodzaju jest fermentacja w temperaturze 12-25°C. Proces fermentacji

górną przebiega dość szybko a piwo zawiera dużą ilość wyższych alkoholi i estrów. Piwa tego rodzaju można wzbogacić dodając do zasypu ciemny słód, który pozytywnie wpływa na cechy sensoryczne (Klepcka i Fornal 2004; Sroka i in. 2015)

W Polsce dominują jednak klasyczne, jasne piwa dolnej fermentacji typu lager. Nowoczesne metody wytwarzania pozwalają utrzymać zbliżoną jakość i powtarzalność smaku każdej uwarzonej warki. Eksperymenty prowadzone w latach 1863 - 1866 przez Ludwika Pasteura dotyczące procesu pasteryzacji, sterylizacji i czystych szczepów drożdży piwowskich, były początkiem udoskonalania procesu fermentacji. W 1883 roku Emil Christian Hansen wyhodował czyste kultury drożdży piwowskich dolnej fermentacji. Udowodnił, że ogromny wpływ na jakość piwa ma zastosowanie odpowiedniego rodzaju drożdży. Wyselekcjonowany szczep drożdży nazwany *Saccharomyces carlsbergensis*, wykorzystuje się do produkcji piw typu lager. Pod koniec XIX wieku powstało wiele ośrodków naukowo-badawczych zajmujących się technologią piwowarstwa. W Europie powstały wyspecjalizowane szkoły m. in. w Berlinie, Bawarii, Wiedniu, Gandawie, Warszawie oraz Pradze (Buzrul et al. 2005; Synak i Rydzkowski 2009). Innowacje wprowadzone podczas produkcji piwa znacznie wpłynęły na smak i jakość piwa. W 1875 roku Line zaczął produkować urządzenia przystosowane do chłodzenia brzezki. W 2000 roku zmodernizowano istniejące browary przemysłowe, zrezygnowano z fermentacji w kadziach otwartych na rzecz fermentacji zamkniętej (tanks cylindryczno-stożkowe) unowocześniając tym samym technologię produkcji (Śmiechowska i Wawszczak 2004). Prowadzone przez wielu naukowców badania przyczyniły się do powstania zautomatyzowanych słodowni oraz browarów wytwarzających wiele gatunków piw (Esslinger i Narziss 2012).

Zacieranie jest najważniejszym procesem podczas wytwarzania brzezki. W trakcie zacierania dochodzi do przejścia składników organicznych z ześrutowanego słołu do roztworu w postaci ekstraktu. Ekstrakt powstaje podczas działania enzymów w ich optymalnych warunkach. Celem zacierania jest rozkład skrobi do cukrów i dekstryn. Podczas zacierania podnosi się temperaturę zacieru do temperatur optymalnych dla działania enzymów. Do zacieru mogą być dodawane różne surowce niesłodowane tj. syropy i cukry wpływające na przyspieszenie procesu i zmianę właściwości brzezki (Foszczyńska i Dziuba 2003).

W zależności od metody zacierania wyróżnia się dwa sposoby zacierania brzezki: infuzyjne i dekokcyjne. Zacieranie infuzyjne polega na zastosowaniu jednej lub kilku przerw temperaturowych w celu aktywacji pożądaných enzymów. Zacieranie dekokcyjne polega na odebraniu części zacieru i gotowaniu w określonych warunkach a następnie wlewniu go z powrotem do zacieru głównego. Zabieg ten można powtórzyć kilkukrotnie w celu poprawy cech sensorycznych i organoleptycznych gotowego piwa (Lewis i Young 2001; Kunze 2014).

Celem pracy było określenie wpływu wykorzystanych szczepów drożdży i warunków fermentacji na stopień odfermentowania brzezki piwnej. Proces zacierania brzezki przeprowadzono metodą infuzyjną uwzględniając określone parametry zacierania tj. czas i temperaturę. Brzezki zaszczepiono dwoma rodzajami drożdży zarówno górnej jak i dolnej fermentacji. Próbkę fermentowały w temperaturze 13°C i 20°C, następnie badano stopień ich odfermentowania.

## 2. Materiał i Metody

Materiałem badawczym był słód jęczmienny typu pilzneńskiego ze słodowni Viking Malt. Został on wyprodukowany z ziarna jarego jęczmienia dwurzędowego z sezonu wegetacyjnego 2018. Czystczenie słołu przeprowadzono na laboratoryjnym separatorze pneumatycznym. Sortowanie ziarna jęczmienia przeprowadzono na laboratoryjnym separatorze sitowo-pneumatycznym.

Wilgotność słołu określano zgodnie z normą PN-EN ISO 712:2012. Proces rozdrabniania przeprowadzono na młynku laboratoryjnym ML 155. Szerokość szczeliny ustalono doświadczalnie w taki sposób, aby rozdrobniony słód zawierał trzy frakcje: grubą, drobną i mączną oraz nieuszkodzoną łuskę. Stosunek grysu grubego do drobnego i mąki wynosił 1:3.

Proces zacierania brzezki piwnej przeprowadzono w 30 litrowym naczyniu stalowym, zachowując stałą proporcję: 600ml wody na 100g śruty. Temperatura zacieru podczas gotowania wzrastała z prędkością 1°C/min. Słód zasypywano po osiągnięciu temperatury wody 52°C, ze względu na bezwładność cieplną słołu. Każdorazowo, po osiągnięciu żądanej temperatury brzezkę

mieszano i izolowano naczynia przed oddawaniem ciepła za pomocą folii aluminiowej. Pomiar temperatury prowadzono za pomocą termometru cyfrowego z dokładnością do 0,1°C.

Ustalono optymalne warunki dla przeprowadzenia metody infuzyjnej. Zacier zagotowano utrzymując temperaturę 50°C przez 10 minut, 62°C przez 30 minut oraz 72°C przez 30 minut. Proces zacierania infuzyjnego zakończono mash out'em (wygrzewem) w temperaturze 78°C i odfiltrowano.

Filtrację zacieru przeprowadzono metodą wysładzania ciągłego. Otrzymany zacier przelano do specjalnego pojemnika z tworzywa sztucznego wyposażonego w filtrator z opłotu. Pierwsze 5 litrów brzezki przedniej zawrócono z powrotem do zacieru w celu zminimalizowania zmętnienia. Po odfiltrowaniu 20 litrów brzezki przedniej dolano 10 litrów wody o temperaturze 72°C. Filtrację przerwano po odfiltrowaniu 28 litrów brzezki. Podczas filtracji zachowano jednolity przepływ brzezki.

Otrzymaną brzezkę przednią gotowano w naczyniu stalowym do osiągnięcia temperatury 100°C. Proces warzenia trwał 65 minut w ciśnieniu atmosferycznym bez przykrycia pokrywką, w celu odparowania niekorzystnych aromatów, głównie DMS. Podczas warzenia brzezkę chmielono granulataми chmieli aromatycznych i goryczkowych, wyprodukowanych w 2017 roku (Tab. 1). O kolejność ich dodawania do gotującej się brzezki decydowała zawartość  $\alpha$ -kwasów.

**Tab. 3.** Charakterystyka chmielu oraz ilość i sposób jego dawkowania.

Chmiel	Citra	Amarillo	Cascade
Zawartość $\alpha$ -kwasów [%]	13,5	9,2	6,7
Czas dawkowania [min]	1	30	60
Ilość [g]	20	20	30

Kolejnym etapem było schłodzenie brzezki do uzyskania temperatury nastawnej, wymaganej do zadania drożdży piwowarskich. Dla drożdży górnej fermentacji temperatura brzezki wynosiła 20°C, dla drożdży dolnej fermentacji 13°C. Chłodzenie przeprowadzono za pomocą cylindrycznej chłodnicy ze stali nierdzewnej o długości rurki 6,1m i średnicy wewnętrznej 6mm. Chłodnicę zasilala woda pod ciśnieniem o temperaturze 7°C. Schłodzenie 28 litrów trwało 40 minut. Po schłodzeniu brzezkę dodatkowo napowietrzano przelewając ją do fermentora ze znacznej wysokości.

Do przeprowadzenia procesu fermentacji zastosowano dwa rodzaje drożdży piwowarskich. Odpowiednie dla fermentacji górnej drożdże Safale US-05 oraz dla fermentacji dolnej drożdże Saflager w-34/70 produkcji firmy Fermentis. Tego rodzaju drożdże suszone są metodą liofilizacji i pakowane w postaci sypekowej, dlatego przed użyciem poddano je rehydratacji, czyli uwodnieniu 11,5 gramowej saszetki drożdży i odstawieniu pod przykryciem na 15 minut. Tak uzyskane gęstwy drożdżowe dodawano do brzezek o odpowiednich temperaturach.

Fermentację prowadzono w zdezynfekowanych pirosiarczanem sodu fermentorach z zamontowanymi rurkami fermentacyjnymi, które zapewniały odprowadzenie wytwarzanego przez drożdże dwutlenku węgla.

Zawartość cukru w brzezce mierzono za pomocą optycznego refraktometru Abbego. Każdorazowo szkło refraktometru przemywano wodą destylowaną, następnie nalewano kilka kropel badanej brzezki. Pomiar każdej próbki wykonywano trzykrotnie, następnie wyciągano średnią arytmetyczną.

### 3. Wyniki

Dla zapewnienia przejrzystości wyników badań zastosowano szereg skrótów objaśnionych w tabeli 1. Ocenę brzezek laboratoryjnych przeprowadzono zgodnie z normami analityki EBC.

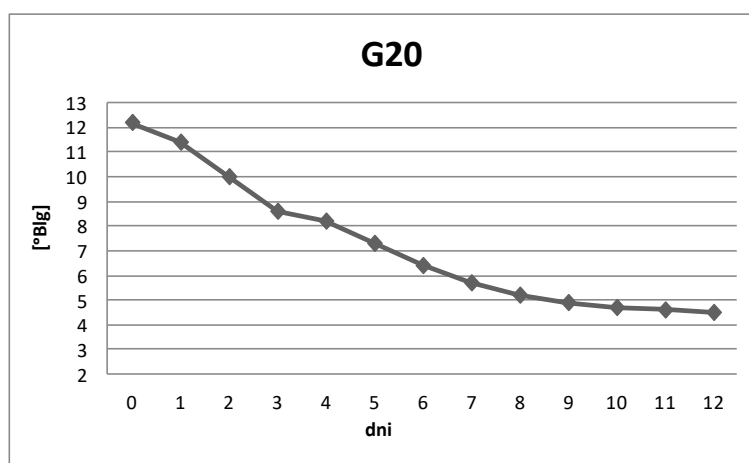
Poniżej (Rys. 1) przedstawiono przebieg fermentacji brzezki uzyskanej metodą zacierania infuzyjnego o początkowej zawartości ekstraktu 12,2°Blg, zaszczeploną drożdżami US-05, fermentowaną w temperaturze 20°C.

Największe odfermentowanie zaobserwowano przez pierwsze trzy dni fermentacji, kiedy wystąpił okres fermentacji burzliwej. W tym czasie poziom ekstraktu obniżył się o 3,2°Blg z 12,2°Blg do 8,6°Blg. Od dnia czwartego do dziewiątego fermentacja przebiegała w zbliżonym tempie do

osiągnięcia wartości 4,9°Błg. Po dniu dziesiątym zaobserwowano znaczny spadek szybkości fermentacji, która ostatecznie zakończyła się na poziomie 4,5°Błg.

**Tab. 1.** Objasnienie skrótów użytych w rozdziale.

Lp.	Skrót	Objasnienie
1	G20	Brzeczka uzyskana metodą zacierania infuzyjnego o ekstrakcie 12,2°Błg, zaszczipiona drożdżami US-05, fermentowana w temperaturze 20°C
2	D20	Brzeczka uzyskana metodą zacierania infuzyjnego o ekstrakcie 12,2°Błg, zaszczipiona drożdżami w34/70, fermentowana w temperaturze 20°C
3	G13	Brzeczka uzyskana metodą zacierania infuzyjnego o ekstrakcie 12,2°Błg, zaszczipiona drożdżami US-05, fermentowana w temperaturze 13°C
4	D13	Brzeczka uzyskana metodą zacierania infuzyjnego o ekstrakcie 12,2°Błg, zaszczipiona drożdżami w34/70, fermentowana w temperaturze 13°C



**Rys. 1.** Wyniki badań przebiegu fermentacji brzeczki uzyskanej metodą zacierania infuzyjnego, o początkowej zawartości ekstraktu 12,2°Błg, zaszczipionej drożdżami US-05, fermentowanej w temperaturze 20°C.

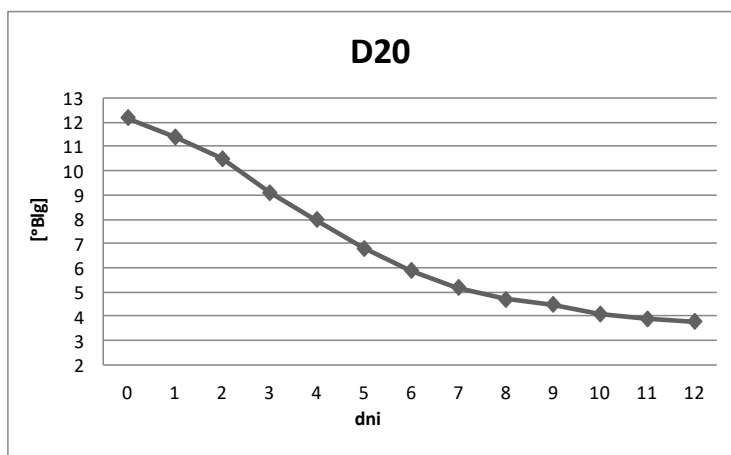
Poniżej (Rys. 2) przedstawiono przebieg fermentacji brzeczki uzyskanej metodą zacierania infuzyjnego o początkowej zawartości ekstraktu 12,2°Błg, zaszczipioną drożdżami w-34/70, fermentowaną w temperaturze 20°C.

Przez pierwsze dwa dni miara zmiany zawartości ekstraktu wyniosła 0,8°Błg, zaś między drugim a trzecim dniem różnica ta była największa i wyniosła 1,4°Błg. Między dniem trzecim a dziesiątym zawartość ekstraktu spadła z 9,1°Błg do 4,5°Błg. Od dnia 10 zaobserwowano spowolnione tempo fermentacji, która zakończyła się na wartości 3,8°Błg.

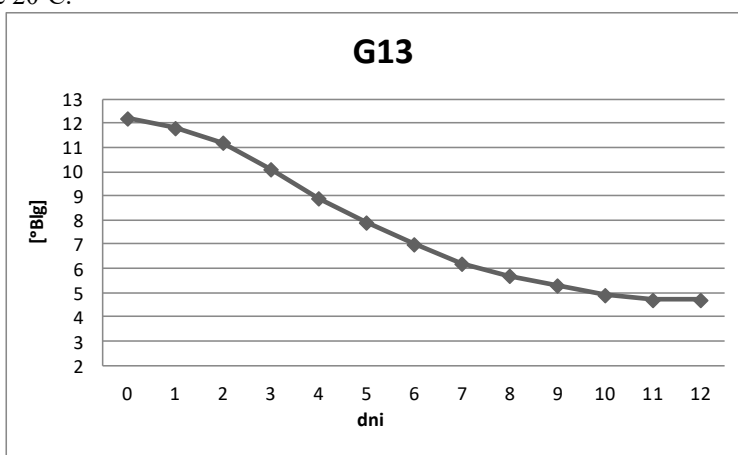
Poniżej (Rys. 3) przedstawiono przebieg fermentacji brzeczki uzyskanej metodą zacierania infuzyjnego o początkowej zawartości ekstraktu 12,2°Błg, zaszczipioną drożdżami US-05, fermentowaną w temperaturze 13°C.

Początkowo proces fermentacji przebiegał powolnie. Zaobserwowano jednak, że między dniem drugim a siódmym nastąpiło znaczne przyspieszenie fermentacji. Przez ten czas zawartość ekstraktu zmniejszyła się o 5°Błg z 11,2°Błg do 6,2°Błg. W końcowym etapie fermentacja przebiegała w podobnym tempie. Zawartość ekstraktu w ostatnim dniu osiągnęła wartość 4,7°Błg.

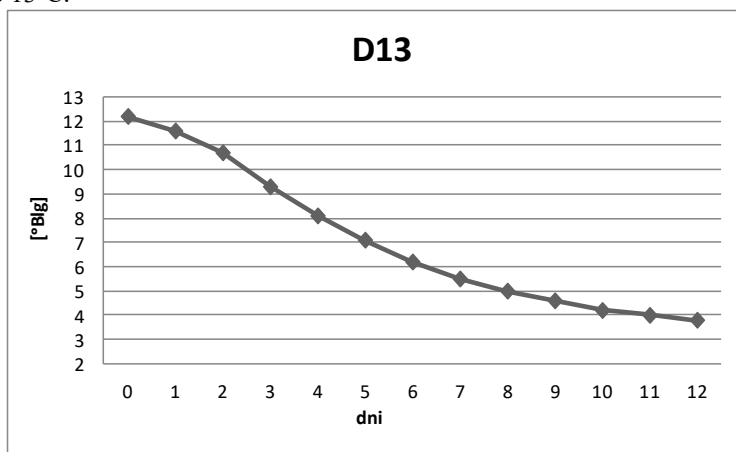
Poniżej (Rys. 4) przedstawiono przebieg fermentacji brzeczki uzyskanej metodą zacierania infuzyjnego o początkowej zawartości ekstraktu 12,2°Błg, zaszczipioną drożdżami w 34/70, fermentowaną w temperaturze 13°C.



**Rys. 2.** Wyniki badań przebiegu fermentacji brzezki uzyskanej metodą zacierania infuzyjnego, o początkowej zawartości ekstraktu 12,2°B/g, zaszczerpionej drożdżami w34/70, fermentowanej w temperaturze 20°C.



**Rys. 3.** Wyniki badań przebiegu fermentacji brzezki uzyskanej metodą zacierania infuzyjnego, o początkowej zawartości ekstraktu 12,2°B/g, zaszczerpionej drożdżami w34/70, fermentowanej w temperaturze 13°C.



**Rys. 4.** Wyniki badań przebiegu fermentacji brzezki uzyskanej metodą zacierania infuzyjnego, o początkowej zawartości ekstraktu 12,2°B/g, zaszczerpionej drożdżami w34/70, fermentowanej w temperaturze 13°C.

Pierwsze dwa dni fermentacji charakteryzowały się zbliżonym spadkiem zawartości ekstraktu z 12,2°Błg do 10,7°Błg. Odnotowano, że od dnia drugiego do końca fermentacji, proces spowalniał w podobnym tempie każdego kolejnego dnia, osiągając ostatecznie wartość 3,8°Błg w dniu dwunastym.

Poniżej (Rys. 5) przedstawiono wartości stopnia odfermentowania brzeczki piwnych. Wartości te policzono ze wzoru:

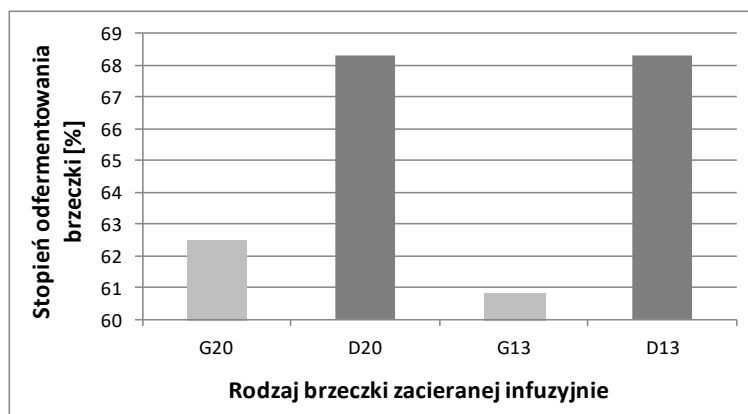
$$S = (E - E_p) \div E * 100\%$$

gdzie:

$S$  – stopień odfermentowania

$E$  – ekstrakt brzeczki nastawnej w temp. 20°C; [%wag. (1°Błg=1% wag. ekstraktu)]

$E_p$  – ekstrakt pozorny piwa oznaczony w temp. 20°C; [% wag.]



Rys. 5. Stopień odfermentowania brzeczki uzyskanych metodą infuzyjną.

Wyższy stopień odfermentowania brzeczki uzyskano dzięki zastosowaniu drożdży dolnej fermentacji w34/70, zarówno dla brzeczki fermentowanych w temperaturze 13°C i 20 °C, gdzie osiąga wartość 68,33%. Niższy stopień odfermentowania charakteryzował drożdże górnej fermentacji US-05, które w temperaturze 20°C uzyskały stopień odfermentowania na poziomie 62,5%. Zaś najniższy stopień odfermentowania wystąpił po zadaniu tych samych drożdży w temperaturze 13°C, gdzie wyniósł 60,83%.

#### 4. Dyskusja i wnioski

Fermentację można podzielić na dwa podstawowe etapy. Pierwszy etap zachodzi zaraz po dodaniu drożdży. W fazie tej zachodzi intensywne ich namnażanie w wyniku czego występuje fermentacja burzliwa. Przyjmuje się, że fermentacja burzliwa trwa taką ilość dni, ile procent ekstraktu zawiera brzeczka nastawna minus dwa dni. Drugim etapem fermentacji jest leżakowanie. Proces ten polega na oddzieleniu nadmiaru drożdży oraz powolnej fermentacji pozostałych cukrów. Zwykle przeprowadza się go w obniżonej temperaturze co pozwala na lepsze wysycenie piwa dwutlenkiem węgla. Leżakowanie piwa powinno odbywać się w warunkach nadciśnienia (Burberg i Zarnkow 2009). Stopień odfermentowania brzeczki określa jaki procent ekstraktu, który uległ przemianom w alkohol i dwutlenek węgla. Odfermentowanie ekstraktu zależy od intensywności przebiegu fermentacji w poszczególnych jego etapach. Przyjęto, że końcowy stopień odfermentowania dla piw jasnych dolnej fermentacji wynosi powyżej 65% (Kunze 2014). W technologii browarniczej zastosowanie karagenu pozwala przyspieszyć naturalną sedymentację cząstek białkowych znajdujących się w brzeczce. Z badań przeprowadzonych przez Poredę i współautorów wynika, że zastosowanie karagenu do wstępnej klaryfikacji brzeczki nie wpływa istotnie na przebieg fermentacji oraz stopień odfermentowania (Poreda i in. 2014). Na podstawie uzyskanych wyników badań stwierdzono, że wyższym stopniem odfermentowania charakteryzowały się brzeczki zaszczipione

drożdżami dolnej fermentacji, niezależnie od temperatury przeprowadzenia procesu fermentacji metodą infuzyjną. Zaobserwowano również, że proces fermentacji odbywający się w wyższej temperaturze przebiega szybciej i bardziej burzliwie niż w niższej.

## 5. Literatura

- Analytica-EBC (2009). Method 4.11.1 Fermentability, Final Attenuation of Laboratory Wort from Malt: Reference Method. Fachverlag Hans Carl, Nürnberg, Germany.
- Błażej S (2014) Wybrane zagadnienia z technologii przemysłu fermentacyjnego. Wydawnictwo SGGW. Warszawa, 35-40.
- Bonin S (2014) Technologia produkcji piwa i ocena jego jakości. Wybrane zagadnienia z technologii przemysłu fermentacyjnego. Wydawnictwo SGGW. Warszawa, 35-51.
- Burberg F, Zarnkow M (2009) Special production methods. Handbook of Brewing: Processes, Technology, Markets, WILEY-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA. Weinheim, 235-256.
- Buzrul S, Alpas H, Bozoglu F (2005) Effect of high hydrostatic pressure on quality parameters of lager beer. Journal of the Science of Food and Agriculture. 85(10): 1672-1676.
- Cabras I, Higgins D.M (2016) Beer, brewing, and business history. Business History, 1-16.
- Esslinger H.M, Narziss L (2012) Beer. Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry. Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, Weinheim, 177-220.
- Foszczyńska B, Dziuba E (2003) Wpływ słoju pszenżytniego na fizykochemiczne i organoleptyczne właściwości piw. Biotechnologia, 2(1-2): 105-116.
- Jamroz J, Mazurek A, Góra M i in. (2006) Właściwości przeciwutleniające wyciągów otrzymanych z gorzyczkowych odmian chmielu. Acta Agrophysica, 7(1): 81-85.
- Klepacka J, Fornal L (2004) Związki fenolowe i ich wpływ na jakość piwa. Przemysł Fermentacyjny i Owocowo-Warzywny, 48(11): 6-8.
- Kunze W (2014) Technology Brewing and Malting, 5th English Edition.
- Lewis M.J, Young T.W (2001) Piwowarstwo. Wydawnictwo naukowe PWN. Warszawa.
- Marjanowski J (2011) Wymagania jakościowe wody do produkcji piwa oraz metody przygotowania wody w przemyśle piwowarskim. Przemysł Fermentacyjny i Owocowo-Warzywny, 55(09): 10-12.
- Meusdoerffer F.G (2009) A comprehensive history of beer brewing. Handbook of Brewing: Processes, Technology, Markets. Weinheim: Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, 1-42.
- PN-EN ISO 712: 2012. Ziarno zbóż i przetwory zbożowe. Oznaczanie wilgotności. Metoda odwoławcza.
- Polska Norma: PN-A-79082. Słód browarny.
- Poreda A, Sterczyńska M, Jakubowski M, Zdaniewicz M (2014) Klarowanie brzezki piwnej przy użyciu karagenu – aspekty technologiczne i jakościowe. Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych, 576, 89-98.
- Śmiechowska M, Wawszczak S (2004) Piwo jako produkt regionalny Wielkopolski. Zarządzanie produktem w warunkach globalizacji gospodarki. Red. J. Kall i B. Sojkin. Wyd. AE w Poznaniu, Poznań, 257-264.
- Sroka W, Wiśniewski R, Lachowicz S (2015) Otrzymywanie piwa górnej fermentacji typu Ale w skali mikrotechnicznej. Zagadnienia aktualnie poruszane przez młodych naukowców, 2, 162-167.
- Synak J, Rydzkowski T (2009) Technologia produkcji piwa jasnego pełnego oraz wpływ wybranych dodatków smakowych na jego cechy organoleptyczne i trwałość. Przemysł Fermentacyjny i Owocowo-Warzywny, 53(03): 18-22.

## 19. Nietermiczne metody utrwalania żywności

Non-thermal methods of food preservation

Niedźwiedź Iwona, Polak-Berecka Magdalena

Katedra Biotechnologii, Mikrobiologii i Żywnienia Człowieka, Wydział Nauk o Żywności i Żywnienia Człowieka, Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie

Opiekun naukowy: prof. dr hab. Magdalena Polak-Berecka

Niedźwiedź Iwona: koptukowniak.i@gmail.com

Słowa kluczowe: wysokie ciśnienie hydrostatyczne, pulsacyjne pole elektryczne, zimna plazma

### Streszczenie

Wzrastająca świadomość konsumentów w obszarze przemysłu spożywczego spowodowała wzrost zapotrzebowania na zdrową oraz bezpieczną żywność. Doprowadziło to do zwiększonego zainteresowania naukowców, nowymi nietermicznymi technologiami obróbki żywności, które nie wywierałyby negatywnego wpływu na końcowy produkt spożywczy. Do takich technologii zalicza się m.in. wysokie ciśnienie hydrostatyczne, ultradźwięki, światło pulsacyjne czy zimną plazmę. Liczne badania nad tymi metodami wykazały ich potencjalną skuteczność w uzyskaniu bezpiecznych produktów z jednoczesnym zachowaniem ich jakości. Pomimo to należy przeprowadzić dalsze badania, które umożliwią określenie krytycznych parametrów procesu i pozwolą na osiągnięcie optymalnych wyników, które zagwarantują bezpieczne i wysokiej jakości produkty spełniające wymagania konsumentów.

### 1. Wstęp

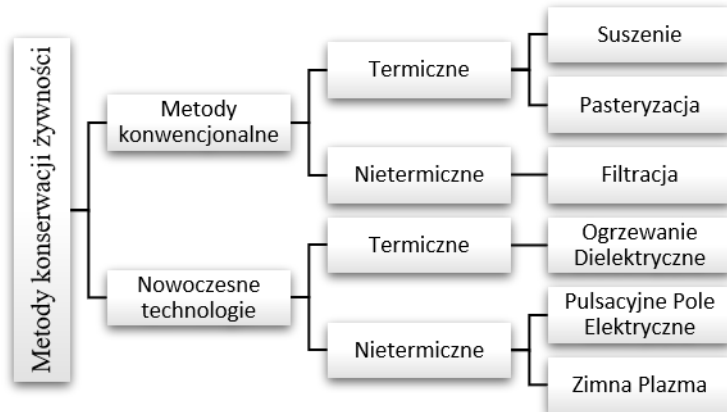
Idea ochrony żywności stopniowo zmieniała się przez wiele lat. Początkowo jej celem było uzyskanie produktów bezpiecznych z możliwością długoterminowego przechowywania. Dzisiaj, konsumenci cenią sobie produkty minimalnie przetworzone, bogate w substancje odżywcze i związki wywierające korzystny wpływ na nasze zdrowie tj. polifenole, zawarte m.in. w owocach. W przemyśle spożywczym zwykle stosowane są konwencjonalne metody utrwalania żywności, które w większości wykorzystują podwyższoną temperaturę jako czynnik sterylizujący. Metody te zapewniają skuteczną redukcję mikroorganizmów, ale również powodują znaczną utratę związków termolabilnych oraz mogą negatywnie wpływać na właściwości sensoryczne, fizykochemiczne i odżywcze żywności. W związku z tym ilość badań nad metodami alternatywnymi, prowadzonymi w łagodnych warunkach temperaturowych w ostatnich dziesięcioleciach ciągle rośnie (Roobab i in. 2018). Do nowoczesnych metod utrwalania żywności zaliczamy m.in. wysokie ciśnienie hydrostatyczne, pulsujące pole elektryczne, ultradźwięki jak również zimną plazmę (Rys. 1.). Skuteczność nietermicznych technologii w zapewnieniu mikrobiologicznego bezpieczeństwa uzależniona jest od szeregu parametrów prowadzenia procesu. Ich właściwa optymalizacja jest konieczna do uzyskania skutecznej redukcji liczby komórek drobnoustrojów, a tym samym do otrzymania bezpiecznego produktu. Niniejszy przegląd ma na celu podsumowanie aktualnych informacji na temat nowych nietermicznych metod utrwalania żywności (Barba i in.2018).

### 2. Przegląd literatury

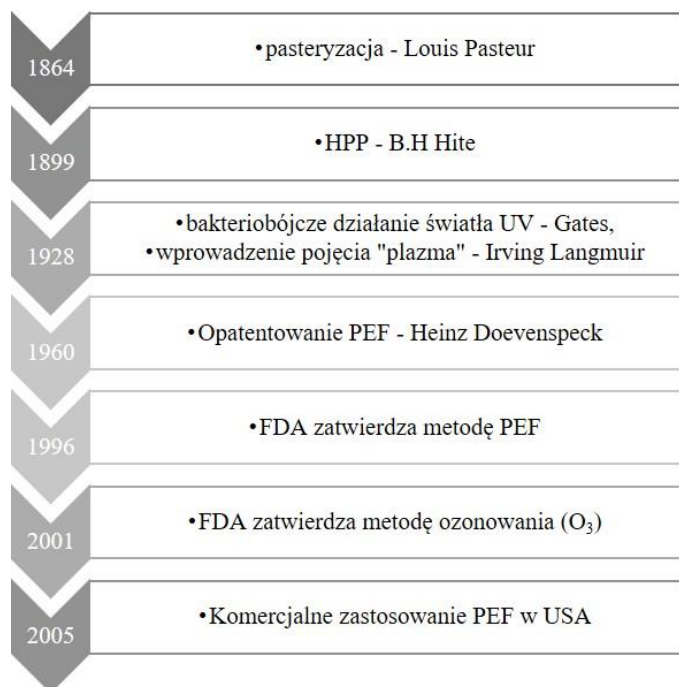
Jednym z najważniejszych punktów w historii nauk o żywności było wynalezienie sposobu konserwowania produktów spożywczych w butelkach przez francuskiego wynalazcę Nicolasa Appert'a, którego metoda została opatentowana w 1810 roku przez angielskiego brokera Petera Durand'a. Na podstawie jego techniki w późniejszym czasie zaczęto produkować żywność zakonserwowaną, jednak butelki zastąpiono puszkami. Kolejnym przełomowym wydarzeniem było odkrycie w 1864 roku procesu pasteryzacji przez Louisa Pasteur'a., który wykazał, że obróbka termiczna inaktywuje niepożądane mikroorganizmy w winie (Tewari i Juneja 2007). Pomimo, że



procesy obróbki żywności wykorzystujące ciepło jako czynnik inaktywujący komórki drobnoustrojów wykazują wysoką skuteczność w dekontaminacji, zaczęto zauważać, że wpływają również niekorzystnie na kolor, smak oraz jakość odżywczą produktu. W związku z tym przemysł spożywczy zaczął poszukiwać rozwiązań alternatywnych, bądź synergicznych, które zapewniłyby efektywną dekontaminację bez pogorszenia cech sensorycznych i utraty wartościowych składników odżywczych. Doprowadziło to do zwiększonej ilości badań nad technologiami nietermicznymi (Rys. 2.), które będą wywierać minimalny wpływ na jakość produktu (Misra i in. 2016).



**Rys. 1.** Klasyfikacja wybranych metod wykorzystywanych w konserwacji żywności. Na podstawie Vanga i in. 2015.



**Rys. 2.** Oś czasu przedstawiająca rozwój metod termicznych i nietermicznych przetwarzania żywności. Na podstawie Misra i in 2016.

### 2.1 Wysokie ciśnienie hydrostatyczne (HHP)

Technologia wysokich ciśnień (HHP - high hydrostatic pressure), należy do nietermicznych metod konserwacji żywności, która opiera się na zastosowaniu wysokich ciśnień (100-800MPa), przy niskiej temperaturze ( $\leq 45^{\circ}\text{C}$ ), wpływając tym samym tylko w niewielkim stopniu na smak, teksturę, wygląd oraz wartość odżywczą produktu (Muntean i in. 2016). Materiałem poddanym działaniu

technologii HPP może być zarówno żywność płynna, jak i stała, charakteryzująca się wysoką wilgotnością (Muntean i in 2016). Metoda ta wykorzystywana jest w celu wydłużenia trwałości żywności lub do modyfikowania jej właściwości. Przedłużenie trwałości uzyskuje się w wyniku inhibicji aktywności enzymów bądź na skutek redukcji liczby mikroorganizmów (Pietrzak 2010). Inaktywacja mikrobiologiczna z wykorzystaniem HPP znana jest od końca XIX wieku, jednak na skale przemysłową wykorzystuje się ją dopiero od ostatnich 20 lat kiedy to postęp technologiczny umożliwił konstrukcję zbiorników wysokociśnieniowych o wysokiej trwałości (Muntean i in 2016). Inaktywacja drobnoustrojów przez HHP wynika głównie ze zmian morfologicznych komórek tj. deformacja i zmiana struktury błony komórkowej. Efektywność inaktywacji mikrobiologicznej zależy od rodzaju drobnoustroju oraz jego aktywności metabolicznej. Dane z piśmiennictwa wskazują, że bakterie Gram ujemne są bardziej wrażliwe na działanie wysokiego ciśnienia niż bakterie Gram dodatnie. Ponadto przypuszcza się, że kształt komórek również wywiera znaczący wpływ (komórki małe są bardziej odporne niż komórki duże). Poza właściwościami mikroorganizmów do najważniejszych parametrów wpływających na efektywność działania HHP należy wysokość ciśnienia, czas trwania procesu oraz temperatura. Przez lata odnotowano wiele doświadczeń potwierdzających skuteczne działanie HHP w inaktywacji mikroorganizmów zawartych w produktach pochodzenia roślinnego, produktach jajecznych, mlecznych, mięsnych oraz owocach morza i napojach (Morales de la Pena i in. 2018). Pomimo wielu zalet tej metody takich jak krótki czas trwania procesu, brak toksyczności czy zachowania właściwości odżywczych produktu, posiada ona również wady. Do najważniejszych z nich zalicza się drogi sprzęt, wpływ na aktywność enzymów oraz ograniczenia związane z wilgotnością produktu poddawanego obróbce przy użyciu tej metody (Muntean i in. 2016).

## 2.2 Pulsacyjne pole elektryczne (PEF)

Proces PEF polega na stosowaniu krótkich impulsów pól elektrycznych o wysokim natężeniu w zakresie od 15–80 kV / cm wytwarzanych z częstotliwością 1 Hz w krótkim czasie (od mikrosekundy do milisekundy). Metoda ta posiada kilka krytycznych parametrów, które należy wziąć pod uwagę przy optymalizacji przetwarzania, w tym natężenie pola elektrycznego (E), czas obróbki, kształt oraz szerokość impulsu, częstotliwość i polaryzację impulsów, a także temperaturę. Wśród nich, natężenie pola elektrycznego jest uważany za czynnik, który ma największy wpływ na powstawanie uszkodzeń w komórkach mikroorganizmów (Morales de la Pena i in. 2018). Oczekuje się, że wraz ze wzrostem natężenia oraz czasu trwania procesu nastąpi zwiększona inaktywacja komórek drobnoustrojów. Podobnie na skuteczność PEF duży wpływ ma rodzaj mikroorganizmu i charakterystyka medium. Mechanizm działania PEF na komórki mikroorganizmów nie jest dokładnie poznany, jednak przypuszcza się, że głównym wpływ na inaktywację mikroorganizmów ma proces elektroporacji, w trakcie którego w wyniku działania prądu elektrycznego na powierzchni błony komórkowej powstają pory. W zależności od rodzaju mikroorganizmu ich odporność na impulsy napięcia elektrycznego mogą się różnić. Różnice te związane są z właściwościami ich błony, która może być różnej grubości, jak również uzależnione są od wielkości i kształtu danego mikroorganizmu. Podobnie jak w przypadku HPP komórki wegetatywne bakterii Gram dodatnich są bardziej odporne niż komórki Gram ujemne. Natomiast do tej pory nie potwierdzono działania PEF na formy przetrwalnikowe (Oziembłowski i in. 2013). W żywności głównie inaktywacji poddaje się gatunki bakterii takie jak: *Escherichia coli*, *Listeria innocua*, *Staphylococcus aureus*, *Enterobacteriaceae* i *Pseudomonas fluorescens* (Niakousari i in. 2018). Próby zastosowania pulsacyjnego pola elektrycznego w technologii żywności podejmowano m.in. w przemyśle piwowarskim, jak również winiarskim. Poza napojami alkoholowymi, sprawdzano efektywność procesu na surowcach roślinnych tj. kokosy, ziemniaki, marchew i mango. W celu zwiększenia bezpieczeństwa mikrobiologicznego razem z metodą PEF można stosować inne metody tj: promieniowanie jonizujące, mikrofiltracje czy dodatki chemiczne. Procesowi utrwalania produktu żywnościowego za pomocą pulsacyjnego pola elektrycznego towarzyszy ogrzewanie produktu. Wynika to z zasady, że im więcej zostanie dostarczonej energii do układu w czasie, tym wyższa będzie temperatura. Rozwiązaniem tego jest chłodzenie produktu, lub kontrolowany wzrost temperatury, który może stać się dodatkowym czynnikiem sterylizującym (Oziembłowski i in. 2013).

### 2.3 Ultradźwięki

Ultradźwięki (US – ultrasound) są to fale dźwiękowe o wysokiej częstotliwości ok. 20 kHz, niesłyszalne przez człowieka (Gallo 2018). W technologii żywności określenie to odnosi się do fal o częstotliwości od 20-100 kHz. Metoda ta uważana jest za prostą, tanią oraz energooszczędną. W doniesieniach naukowych sugeruję się, że ultradźwięki mogą potencjalnie zapewnić bezpieczeństwo żywności na skutek inaktywacji mikroorganizmów zarówno w modelowych systemach jak i w żywności takiej jak mleko czy soki owocowe. Pomimo to metoda ta wykazuje lepszą skuteczność w połączeniu z innymi technikami np. łagodnym podwyższeniem temperatury (Morales-de la Peña, M 2018). Poza zastosowaniem ultradźwięków do inaktywacji komórek drobnoustrojów, w zależności od intensywności fal metodę tą można zastosować w przemyśle spożywczym do aktywacji lub dezaktywacji enzymów, mieszania i homogenizacji, emulgowania, zmiękczenia mięsa, a także do odgazowania i atomizacji preparatów spożywczych (Gallo 2018).

### 2.4 Technologia pulsacyjnego światła

Technologia pulsacyjnego światła (PL – pulsed light) wykorzystuje intensywne i krótkie impulsy świetlne (100-400  $\mu$ s) o szerokim spektrum (200-1110 nm) (Morales-de la Peña i in. 2018). Do ich wytworzenia stosuje się urządzenia zbudowane z jednej bądź kilku ksenonowych lamp, zasilacza oraz urządzenia, przesyłającego wysokoprądowe impulsy. Pierwsze doniesienia świadczące o możliwości inaktywacji mikroorganizmów przy pomocy światła pojawiły się na początku XX wieku, kiedy stwierdzono, że promienie UV-C wykazuje działanie letalne w stosunku do mikroorganizmów (Wiktor 2016). Badania naukowe sugerują, że za inaktywację komórek drobnoustrojów metodą PL odpowiada efekt fotochemiczny lub fototermiczny. Ekspozycja żywych komórek na działanie UV-C indukuje powstawanie dimerów pirymidyny, które łącząc się kowalencyjnie, uniemożliwiają tworzenie nowych nici DNA. Na skutek tego nie jest możliwa dalsza replikacja materiału genetycznego co prowadzi do inaktywacji mikroorganizmów, a w konsekwencji do dekontaminacji naświetlanej powierzchni. Dane literaturowe wskazują na możliwość wykorzystania PL w technologii żywności w dekontaminacji powierzchni owoców i warzyw, produktów płynnych np. soków, jak również w odkażaniu mięsa. Pataro i inni (2011) przeprowadzili badania dotyczące wpływu pulsacyjnego światła na jakość mikrobiologiczną soku jabłkowego i pomarańczowego, zanieczyszczonych komórkami *E.coli* oraz *L. innocua*. Naukowcy uzyskali wyniki potwierdzające inaktywacyjny wpływ PL na komórki mikroorganizmów. Otrzymali oni redukcję liczby badanych drobnoustrojów na poziomie od 15,5 do 50 % (*E.coli*) oraz od 48 – 67 % (*L. innocua*). Ponadto w doświadczeniu tym stwierdzono, że skuteczność działania tej metody była wprost proporcjonalna do wielkości dostarczonej energii (Pataro i in. 2011). Poza optymalizacją dawki energii, w procesie PL należy również zwrócić uwagę na parametry takie jak: przezroczystość materiału, liczbę impulsów, moc, długość fali, a także czas trwania procesu. Syamaladevi i in. dodatkowo stwierdzili, że skuteczność UV w odkażaniu powierzchni jabłek, wiśni, truskawek i malin zależy od morfologii powierzchni owoców (Morales-de la Peña i in. 2018).

### 2.5 Zimna plazma

Zimna plazma (CP – cold plasma) jest jedną z najnowszych metod nietermicznego konserwowania żywności, która wykazuje ogromny potencjał jako nowa technika dekontaminacji. Plazma uważana za czwarty stan materii jest rodzajem zjonizowanego gazu, zawierającego wiele naładowanych cząstek, reaktywnych związków, cząsteczek w stanie wzbudzonym i podstawowym oraz fotonów UV (Bourke i in. 2017). Mechanizm procesu sterylizacji przy użyciu zimnej plazmy nie został jeszcze dokładnie poznany. Na integralność błon, znaczący wpływ wywierają siły elektrostatyczne. Wytworzone przez plazmę naładowane cząstki, gromadzą się po zewnętrznej stronie membrany doprowadzając do jej dezintegracji. Przerwanie ciągłości struktur powierzchniowych komórek jest również efektem procesu elektroporacji. Kolejnym możliwym mechanizmem odpowiadającym za inaktywację mikroorganizmów jest degradacja DNA wywołana działaniem promieniowania UV. Obecne w plazmie fotony mogą powodować zmiany w strukturze materiału genetycznego, prowadząc do powstania dimerów zasad azotowych i uszkadzając zdolność do replikacji DNA. Udział każdego z wyżej wymienionych mechanizmów oraz ich skuteczność

w inaktywacji biologicznej jest różny i zależy przede wszystkim od parametrów procesu generowania plazmy, czynników środowiskowych oraz rodzaju i właściwości niszczonego drobnoustrojów (Liao i in 2017). Do najważniejszych parametrów, które wpływają na skuteczność tej metody możemy zaliczyć; rodzaj użytego gazu, typ oraz moc zastosowanego generatora plazmy, wilgotność, pH, napięcie prądu, czas trwania procesu, rodzaj matrycy oraz charakterystyczne właściwości niszczonego drobnoustroju. Temperatura prowadzenia procesu przy użyciu zimnej plazmy jest zbliżona do temperatury otoczenia i dodatkowo w porównaniu z konwencjonalnymi metodami technika ta zużywa znacznie mniej wody, przy niższych kosztach procesy (Guo i Kong 2018). Zimna plazma nie jest wprowadzona do przemysłu jednak wiele danych literaturowych wskazuje, że w przyszłości może ona zostać potencjalnie wykorzystana jako alternatywna metoda przetwarzania żywności.



**Rys. 3.** Krytyczne parametry procesu i mechanizm działania na komórki drobnoustrojów wybranych nietermicznych metod konserwowania żywności. Na podstawie Morales de la Pena i in. 2018.

### 3. Podsumowanie

Nowoczesne technologie przetwarzania żywności stają się obiecującym rozwiązaniem, które w przyszłości może zastąpić konwencjonalne metody dekontaminacji. Metody te posiadają wiele zalet, do których możemy zaliczyć m.in. niską temperaturę prowadzenia procesu, stosunkowo mały koszt, tworzenie nietoksycznych produktów ubocznych oraz brak negatywnego wpływu na środowisko. Pomimo dużego zainteresowania szerokiej grupy naukowców do tej pory nie poznano dokładnych mechanizmów działania tych metod na komórki różnych grup drobnoustrojów. Dlatego też konieczne jest przeprowadzenie dalszych badań, które pozwolą wyjaśnić molekularny mechanizm odpowiedzi komórkowej drobnoustrojów poddanych tym procesom. Dodatkowo konieczne są dalsze badania które w sposób precyzyjny wyjaśnią interakcje poszczególnych metod z żywnością oraz pozwolą na optymalizację warunków prowadzenia procesu w taki sposób, by inaktywacja komórek drobnoustrojów była na wyższym poziomie, a ingerencja we właściwości produktu była minimalna.

### 4. Literatura

Bourke P, Ziuzina D, Han L i in. (2017) Microbiological interactions with cold plasma. Journal of Applied Microbiology 123: 308-324.

- Gallo M, Ferrara L, Naviglio D (2018) Application of ultrasound in food science and technology: A perspective. *Foods* 7(10): 164.
- Guo L, Kong MG (2018) Cold atmospheric-pressure plasma induces DNA–protein crosslinks through protein oxidation. *Free Radical Research* 52: 783-798.
- Konopacka D, Płocharski W, Siucińska K (2015) Możliwości zastosowania ultradźwięków w przemyśle owocowo-warzywnym. *Przemysł Fermentacyjny i Owocowo-Warzywny* 4: 16-20.
- Liao X, Liu D, Xiang Q i in. (2017) Inactivation mechanisms of non-thermal plasma on microbes: a review. *Food Control* 75: 83-91.
- Misra NN, Schlüter O, Cullen PJ (2016) Plasma in Food and Agriculture. W: Misra NN, Schlüter O, Cullen PJ Cold Plasma in food and agriculture. Academic Press 1-16.
- Morales-de la Peña M, Welti-Chanes J, Martín-Belloso O (2018) Novel technologies to improve food safety and quality. *Current Opinion in Food Science* 30: 1-7.
- Muntean MV, Marian O, Barbieru V i in. (2016) High pressure processing in food industry– characteristics and applications. *Agriculture and Agricultural Science Procedia* 10: 377-383.
- Niakousari M, Gahruei HH, Razmjooei M i in. (2018) Effects of innovative processing technologies on microbial targets based on food categories: Comparing traditional and emerging technologies for food preservation. W: Innovative technologies for food preservation Academic Press 133-185.
- Oziembłowski M, Dróżdż T, Wrona P (2013) Oddziaływanie Pulsacyjnych Pól Elektrycznych (PEF) na mikroorganizmy w kontekście technologii żywności. *Przegląd Elektrotechniczny* 12(89): 222-225.
- Pataro G, Muñoz A, Palgan I i in. (2011) Bacterial inactivation in fruit juices using a continuous flow Pulsed Light (PL) system. *Food Research International* 44: 1642–1648.
- Pietrzak D (2010) Perspektywy stosowania wysokich ciśnień w produkcji żywności wygodnej z mięsa drobiowego. *Żywność Nauka Technologia Jakość* 17(2): 16-28.
- Roobab U, Aadil RM Madni GM i in. (2018) The impact of nonthermal technologies on the microbiological quality of juices: a review. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety* 17(2): 437-457.
- Tewari G, Juneja VK (2007) *Advances in thermal and non-thermal food preservation*. Blackwell Publishing.
- Vanga SK, Singh A, Raghavan V (2015) Review of conventional and novel food processing methods on food allergens. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition* 57(10): 2077–2094.
- Wiktor A, Czyżewski J, Hankus M i in. (2016) Zastosowanie pulsacyjnego światła w technologii żywności: przegląd literatury. *Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych* 586: 79-88.

## 20. Zawartość związków polifenolowych w suszonych ziołach przyprawowych

The content of polyphenolic compounds in dried spice herbs

Iwona Piękoś<sup>(1)</sup>, Weronika Gajdzik<sup>(1)</sup>, Joanna Nieć<sup>(2)</sup>, Sylwia Jaruga<sup>(3)</sup>

<sup>(1)</sup> Studenckie Koło Naukowe Promocji Zdrowia, Katedra Dietetyki, Wydział Zdrowia Publicznego w Bytomiu, Śląski Uniwersytet Medyczny w Katowicach

<sup>(2)</sup> Zakład Żywnienia Człowieka, Katedra Dietetyki, Wydział Zdrowia Publicznego w Bytomiu, Śląski Uniwersytet Medyczny w Katowicach

<sup>(3)</sup> Zakład Promocji Zdrowia, Katedra Dietetyki, Wydział Zdrowia Publicznego w Bytomiu, Śląski Uniwersytet Medyczny w Katowicach

Opiekun naukowy: dr hab. n. o zdr Joanna Woźniak-Holecka

Piękoś Iwona: nastii6@o2.pl

Słowa kluczowe: przeciwutleniacze, kwas galusowy, spektrofotometria UV-VIS

### Streszczenie

Polifenole to wtórne metabolity roślinne, powstające w wyniku biosyntezy kwasu szikimowego i octanowo-matanolowego. Związki te należą do grupy przeciwutleniaczy, które opóźniają wolnorodnikowe reakcje tłuszczów i substancji nietłuszczowych, chroniąc organizm przed stresem oksydacyjnym. Wiele z tych związków ze względu na silne działanie przeciwutleniające zmniejsza ryzyko wystąpienia chorób układu sercowo-naczyniowego i nowotworów. Celem badania było oznaczenie całkowitej zawartości polifenoli w suszonych ziołach przyprawowych. Materiał do badań stanowiło 5 suszonych ziół (bazylia, majeranek, tymianek, rozmaryn i oregano), znanej na polskim rynku firmy, zakupionych w handlu detalicznym. Próbkę do oznaczeń przygotowano wykorzystując ich wodne napary. Całkowitą zawartość polifenoli oznaczono metodą spektrofotometryczną z wykorzystaniem odczynnika Folina-Ciocalteu'a wg Singleton i Rossi z modyfikacjami własnymi. Poddane analizie suszone zioła przyprawowe są dobrym źródłem polifenoli. Największą całkowitą zawartość polifenoli oznaczono w majeranku, a najmniejszą w rozmarynie.

### 1. Wstęp

Ziołami nazywamy rośliny zawierające związki chemiczne, które oddziałują na organizm człowieka. Wyróżnia się m.in. zioła lecznicze, przyprawowe czy aromatyczne. Głównymi substancjami czynnymi znajdującymi się w ziołach są: olejki eteryczne, alkaloidy, garbniki, glikozydy, fitoncydy, kwasy organiczne, witaminy i sole mineralne. Są one obecne zarówno w nadziemnych (pędy, liście, kłącza, kora, kwiaty, owoce, nasiona, pączki), jak i podziemnych częściach roślin (korzenie). Walory smakowe, zapachowe

i lecznicze ziół były cenione już w dawnych czasach, choć wtedy nie znano jeszcze dokładnie ich mechanizmów oddziaływania na organizm człowieka. Wiedza o ziołach była przekazywana z pokolenia na pokolenie, co pozwoliło na kontynuowanie tradycji ich wykorzystania. Dawniej możliwości wykorzystania i pozyskania ziół były ograniczone do lokalnych roślin. Obecnie postęp technologiczny oraz rozwój transportu pozwala na pozyskanie ziół niemal z każdego zakątka świata (Przeor i Flaczyk 2014).

W ostatnich latach coraz bardziej zwraca się uwagę na zawarte w żywności składniki bioaktywne, które korzystnie oddziałują na zdrowie. Składniki biologicznie czynne mogą przyczyniać się do obniżenia ryzyka wystąpienia chorób dietozależnych, których liczba

z roku na rok wzrasta na całym świecie. Do chorób tych zaliczamy między innymi cukrzyce typu 2, nadciśnienie tętnicze, miażdżycę, choroby układu sercowo-naczyniowego, nowotwory i inne. Największą uwagę badaczy przyciągają związki o charakterze przeciwutleniającym, których najbogatszym źródłem są warzywa, owoce, a także zioła. Do grupy tych substancji należą m.in.

związki polifenolowe, które oprócz działania antyoksydacyjnego, wykazują także działanie przeciwnowotworowe, przeciwzapalne czy przeciwwirusowe (Sadowska i in. 2011). Polifenole to wtórne metabolity roślinne, powstające w wyniku biosyntezy kwasu szikimowego i octanowomatanolowego (Kozłowska i Ścibisz 2012). Mogą one powstawać na drodze dwóch różnych przemian metabolicznych. Pierwsza z nich to cykl kwasu szikimowego, w wyniku którego powstają kwasy hydroksycynamonowe i kumaryny. Na drodze przemian kwasu octowego powstają natomiast proste fenole i chinony. Związki o bardziej skomplikowanej budowie powstają za sprawą połączenia dwóch wyżej wymienionych cykli.

Wzrost i reprodukcja roślin są kształtowane poprzez występowanie w nich polifenoli. Wpływają one również na powstawanie cech sensorycznych produktów żywnościowych, poprzez nadawanie cierpkiego czy gorzkiego smaku, odpowiedniej barwy, włóknienia, a nawet występowania osadu czy naturalnego zmetnienia. To wszystko zależy od rodzaju związku, jaki występuje w danym produkcie (Jeszka i in. 2010). Polifenole są bardzo zróżnicowaną grupą, a ich zawartość w produktach jest uzależniona od odmiany, warunków uprawy oraz klimatu. Związki te opóźniają wolnorodnikowe reakcje tłuszczów i substancji nietłuszczowych, chroniąc organizm ludzki przed stresem oksydacyjnym. Właściwości te świadczą o ich prozdrowotnym działaniu. Warto zatem zadbać o odpowiednie, regularne dostarczanie ich wraz z codzienną dietą. Rośliny przyprawowe będące jednym ze źródeł polifenoli najczęściej spożywane są w formie świeżej bądź suszonej jako dodatek do mięs, przetworów warzywnych, ziemniaczanych, zakąsek itp. (Kozłowska i Ścibisz 2012). Powszechnie wykorzystywane i dostępne zioła w Polsce to: majeranek, tymianek, oregano i bazylija.

Majeranek ogrodowy (*Origanum majorana* L.) należący do rodziny jasnowatych powszechnie występuje jako roślina o barwie szarzielonej i charakterystycznym zapachu. W sprzedaży najczęściej dostępną formą jest majeranek otarty. Roślina ta uprawiana jest w całej Europie i najczęściej wykorzystuje się ją w celach przyprawowych i leczniczych. Majeranek ma silny aromat, specyficzny zapach i gorzki smak, co sprawia, iż jest bardzo popularny. Ze względu na swoje właściwości wspomagające trawienie, wykorzystywany jest głównie jako przyprawa do potraw ciężkostrawnych, zawierających w swoim składzie fasolę, groch, tłuste mięsa takie jak wieprzowina czy baranina. Stosowany jest również bardzo często jako zamiennik soli, może być zatem pomocny w komponowaniu diety z ograniczoną podażą sodu. Nie wpływa na powstanie słonego posmaku, jednak dobrze zastępuje sól, nadając potrawie charakterystyczny aromat. Majeranek wykazuje ponadto wiele właściwości leczniczych. Jego główne działanie skupia się na wspomaganiu pracy układu trawiennego, posiada on bowiem działanie wiatropędne, ułatwia trawienie oraz zwiększa wydzielanie soku żołądkowego. Może być również stosowany jako środek przeciwzapalny w postaci maści łagodzącej stany zapalne śluzówki nosa u dzieci. Działa także łagodząco w przebiegu infekcji jamy ustnej jako krople do płukania gardła. Warto też wspomnieć o działaniu antyseptycznym i niwelującym objawy trądziku za sprawą zawartego w nim olejku cynamonowego i goździkowego, a także możliwości wykorzystania go w aromaterapii oraz jako środek wspomagający leczenie reumatyzmu. Przyprawa ta może być wykorzystywana jako dodatek do potraw w postaci świeżej czy suszonej, coraz częściej obserwuje się również wykorzystanie uzyskanych z niego ekstraktów (Newerli-Guz 2012).

Tymianek (*Thymus vulgaris*) najczęściej wykorzystywany jest jako przyprawa do wędlin, sosów, sałatek, mięs. Jest bogatym źródłem olejków eterycznych, których ilość sięga nawet 5,4%, zawiera także flawonoidy, fenolokwasy, garbniki, saponiny oraz triterpeny. Tymianek wykazuje działanie antyseptyczne, przeciwrheumatyczne oraz przeciwbakteryjne. Znalazł zastosowanie wspomagające w przebiegu zakażeń dróg oddechowych. Pomocny w chorobach reumatycznych za sprawą działania rozgrzewającego. Pomaga ponadto w leczeniu niestrawności i ułatwia trawienie (Przeor i Flaczyk 2014).

Oregano (*Origanum vulgare*) to roślina przyprawowa bogata w związki fenolowe o silnym działaniu przeciwutleniającym. Badania wykazały, że posiada ona 3-20 razy większą aktywność antyoksydacyjną niż inne zioła, 42 razy większą niż jabłka, 30 razy większą niż ziemniaki, 12 razy większą niż pomarańcze i 4 razy większą niż jagody. Właściwości antybakteryjne oregano wpływają na hamowanie rozwoju bakterii *Helicobacter pylori*, co może być pomocne u osób z rozpoznaną chorobą wrzodową żołądka, a także zmniejszać ryzyko jej powstawania. Chociaż oregano jest

przyprawą charakterystyczną dla krajów regionu śródziemnomorskiego, w ostatnich latach z powodzeniem uprawiana jest także w Polsce. Najczęściej wykorzystuje się suszoną postać ze względu na jej dużą trwałość (Jałoszyński i in. 2008).

Bazylija (*Ocimum basilicum* L.) to kolejna popularna i chętnie stosowana w kuchni wielu Polaków przyprawa. Ziele bazylii zawiera oprócz olejku eterycznego, także związki saponinowe, alkaloidy, terpenoidy, flawonoidy, taniny, związki fenolowe, antocyjany czy antrachinony. Dzięki swojemu bogatemu składowi, bazylija ma działanie pobudzające wydzielanie soku żołądkowego, poprawiające trawienie i przyswajanie składników pokarmowych. Ponadto wpływa na zwiększenie apetytu. Wspomniany wcześniej olejek eteryczny ekstrahowany z bazylii charakteryzuje się ziołowo-korzennym lub cytrynowym zapachem oraz słodką i chłodzącą nutą balsamiczną. Ma on m.in. działanie przeciwbakteryjne, przeciwgrzybicze, immunomodulujące, przeciwutleniające. Poszczególne składniki wchodzące w skład olejku eterycznego wykazują dodatkowe, wielokierunkowe działanie, mianowicie linalol może działać uspokajająco, a eugenol – chemoprewencyjnie (Nurzyńska-Wierdak 2012).

Rozmaryn (*Rosmarinus of cinalis* L.) stosowany jest już od czasów starożytnych. To przyprawa będąca źródłem flawonoidów, garbników, kwasów fenolowych, di- i triterpenów, a także olejku eterycznego. Olejek ten posiada charakterystyczny, ziołowo-drzewny zapach, podobny do kamfory. Dodatkowo ma także korzenny, gorzko-ostry smak z wyczuwalnym chłodzącym posmakiem. Ziele rozmarynu wykazuje działanie hamujące skurcze mięśni gładkich jelit, dróg moczowych i żółciowych. Wpływa na poprawę trawienia i perystaltyki jelit. Olejek pozyskiwany z rozmarynu znalazł za to zastosowanie w schorzeniach reumatycznych, stosowany zewnętrznie wykazuje działanie przeciwbólowe. Ponadto pełni funkcję bakteriostatyczną i bakteriostaticzną. Poza tradycyjnym stosowaniem rozmarynu do potraw, głównie zawierających mięso, roślina ta znalazła zastosowanie także w produkcji nalewek i likierów (Nowak i in. 2013).

Celem badania było oznaczenie całkowitej zawartości polifenoli w opisanych powyżej suszonych ziołach przyprawowych.

## 2. Materiał i Metody

Materiał do badań stanowiło 5 rodzajów ziół suszonych (bazylija, majeranek, tymianek, rozmaryn i oregano), pochodzących od znanej na polskim rynku firmy. Zioła te zostały zakupione w handlu detalicznym. Próbkę do oznaczeń przygotowano wykorzystując ich wodne napary. Całkowitą zawartość polifenoli oznaczono metodą spektrofotometryczną z wykorzystaniem odczynnika Folina-Ciocalteu'a wg Singleton i Rossi (Singleton i Rossi 1965) z modyfikacjami własnymi. Krzywą kalibracyjną wykreślono dla kwasu galusowego, wynik wyrażając jako mg GAE w 100 g badanego produktu. Oznaczenia wykonano w 3 powtórzeniach.

Do przeprowadzenia badania pobrano po 0,5 g każdego z suszonych ziół, które następnie zalano 100 ml wrzącej wody i zaparzano pod przykryciem przez 15 minut. Po zaparzeniu próbki przesączono przez sączek miękki i odstawiono, aż do uzyskania temperatury pokojowej naparu. Następnie pobrano po 0,5 ml każdego z naparów i umieszczono w kolbach miarowych o pojemności 10 ml. Dodano 5 ml wody destylowanej i 0,5 ml odczynnika Folina-Ciocalteu'a. Po upływie 3 minut dodano 1,5 ml 20% roztworu  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ , uzupełniono do kreski wodą destylowaną i wymieszano. Jednocześnie przygotowano ślepą próbę, wykorzystując wodę destylowaną zamiast ekstraktu ziołowego. Tak przygotowane próbki zostały umieszczone w cieplarni w temperaturze 40 stopni Celsjusza na 30 minut. Po upływie tego czasu wykonano oznaczenie przy użyciu spektrofotometru jednowiązkowego (Halo SB-10, firma Dynamica). Absorbancję mierzono przy długości fali  $\lambda=765$  nm.

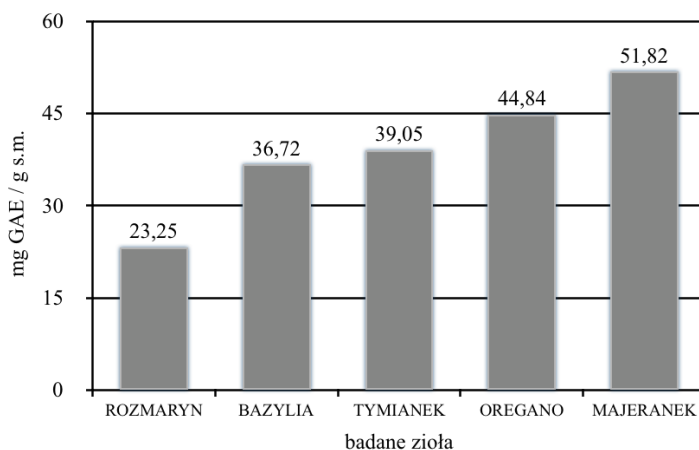
Całkowitą zawartość polifenoli oznaczono stosując metodę krzywej wzorcowej, w której dla serii roztworów kwasu galusowego o znanym stężeniu wykonano pomiary absorbancji. Pomiar każdego ze wzorców przeprowadzono w trzech powtórzeniach. Z otrzymanych wyników wykreślono krzywą  $y = a \cdot x + b$ . Na podstawie absorbancji odczytanych dla badanych naparów ziół, obliczono całkowitą zawartość polifenoli, wyrażając wynik jako mg GAE w 100 g badanego produktu.



### 3. Wyniki i dyskusja

Spośród przebadanych ziół najniższą zawartość polifenoli oznaczono w rozmarynie (23,25 mg GAE / g s.m.). Bazylia charakteryzowała się znacznie większą zawartością tych substancji - 36,72 mg GAE / g s. m., podobnie jak tymianek (39,05 mg GAE / g s.m. W oregano całkowita zawartość polifenoli wynosiła blisko 45 mg GAE / g s.m. Największą ilość związków fenolowych otrzymano w przypadku majeranku (51,82 mg GAE / g s.m.) (Rys. 1).

Całkowitą zawartość polifenoli w badanych próbkach ziół, wyrażoną w ekwiwalentach kwasu galusowego (mg GAE/g badanego produktu) obliczono z równania krzywej wzorcowej  $y=0,083x+0,004$ ;  $R^2=0,999$ . Dokładne wyniki obliczeń podano na wykresie (Rys. 1).



**Rys.1.** Średnia zawartość polifenoli w badanych ziołach, wyrażona jako ekwiwalent kwasu galusowego [mg GAE/g s.m.].

Wyniki odnoszące się do całkowitej zawartości polifenoli w badanych własnych nie odbiegają znacząco od wartości uzyskanych przez innych badaczy. Należy jednak zaznaczyć, że metodologia tych badań często znacznie się różni, a w związku z tym, także otrzymane wyniki mogą być odmienne. W badaniu Newerli-Guz (Newerli-Guz 2012) sprawdzano całkowitą zawartość polifenoli w 16 próbkach majeranku pochodzących od różnych producentów. Wszystkie zioła zostały zakupione w Polsce, jednak w przypadku 6 z nich, deklarowanym krajem pochodzenia był Egipt. Do wykonania oznaczeń wykorzystano zmodyfikowaną metodę z użyciem odczynnika Folina-Ciocalteu'a. Różnice pomiędzy metodologią tego badania, a badań własnych polegały na bezpośrednim dodaniu 2,5 ml 0,2 N odczynnika F-C do badanego roztworu, po czym próbka została odstawiona na 5 minut, a następnie dodano 2 ml 75g/L węgla sodu i inkubowano przez 120 minut w temperaturze 25°C. Także długość fali różniła się od badań własnych, mianowicie  $\lambda=760$  nm. Uzyskane przez tych badaczy wyniki mieściły się w granicach  $26,66\pm 1,36$  -  $98,43\pm 6,92$  mg GAE/g produktu. Warto zauważyć, że wyższe wartości obserwowano w przypadku próbek pochodzenia egipskiego.

Modnicki i Balcerek (Modnicki i Balcerek 2009) także badali zawartość polifenoli w ziołach przyprawowych dostępnych na rynku polskim. W swoim badaniu wykorzystali ekstrakty wodne bazylii, oregano i tymianku, jednak metodologia badania różniła się od tej zastosowanej w badaniu własnym. Otrzymane wyniki oscylowały w przypadku bazylii w granicach  $1,38\pm 0,08$  -  $2,21\pm 0,04$  mg GAE/g produktu, oregano  $2,00\pm 0,02$  -  $3,53\pm 0,10$ , tymianku  $2,00\pm 0,11$  -  $2,11\pm 0,01$ . Wszystkie wyniki przedstawiono jako procent (%) suchej masy produktu. Przekształcając wyniki własne na jednostkę użytą w cytowanym badaniu uzyskano średnio 3,67 % s.m. w przypadku bazylii; 4,48 % s.m. oregano oraz 3,91 % s.m. tymianku.

Samsonowicz (Samsonowicz 2014) również zbadała całkowitą zawartość polifenoli w ziołach, przy wykorzystaniu ich ekstraktów, zarówno wodnych, jak i etanolowych. Analizowane zostały suszone zioła tj.: tymianek i oregano pochodzące z upraw ekologicznych. W tym przypadku

metodyka wykonania oznaczenia także różniła się od badania własnego. Do przygotowania ekstraktu użyto 1 g badanego zioła oraz 10 ml wrzącej wody, a następnie całość utrzymywano w stanie wrzenia przez 15 minut. Do wykonania próbki użyto 0,1 ml ekstraktu i 0,3 ml odczynnika F-C. Roztwór pozostawiono na 3 minuty, po czym dodano 0,5 ml 14% Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> i 4 ml wody redystylowanej. Otrzymane próbki odstawiono w ciemne miejsce na 1 godzinę, a pomiar wykonywano przy  $\lambda=784$  nm. Całkowita zawartość polifenoli w wodnych ekstraktach oregano wynosiła 10,176±0,940 mg/g surowca, a w przypadku tymianku 18,859±1,954 mg/g surowca.

W badaniu Cosio i in. (Cosio i in. 2006) oznaczano zawartość polifenoli w metanолоwych ekstraktach ziół suszonych. Wyniki otrzymane dla oregano mieściły się w granicach 18,4±0,1 - 24,0±0,2 mg GAE/g s.m. W przypadku tymianku najniższy uzyskany wynik był równy 11,6±0,9 mg GAE/g s.m., a najwyższy 14,1±1,2 mg GAE/g s.m. W badaniu tym sprawdzano także całkowitą zawartość polifenoli w rozmarynie, a uzyskane wyniki mieściły się w granicach 27,5±1,9 - 35,1±1,7 mg GAE/g s.m. Warto zaznaczyć, że uzyskane wyniki znacznie odbiegają od wyników badania własnego.

Słowianek i Leszczyńska (Słowianek i Leszczyńska 2016) również dokonały oceny całkowitej zawartości polifenoli i aktywności przeciwutleniającej w ziołach. Zbadano 28 przypraw dostępnych w handlu detalicznym, pochodzących od trzech polskich producentów. W tym badaniu próbki ekstrahowano przy użyciu 5 ml 80% metanolu przez godzinę w temperaturze pokojowej. Zawartość polifenoli określono zgodnie z metodą Folina-Ciocalteu'a. Największą zawartość polifenoli oznaczono w tymianku (71,7±3,52 mg GAE/g s.m), co daje wynik prawie dwukrotnie większy niż otrzymany w badaniach własnych. W oregano wyniki kształtowały się na poziomie 51,3±0,21 mg GAE/g s.m. W przypadku majeranku wartość ta była nieco mniejsza (41,6±0,78 mg GAE/g s.m.). Najmniejszą zawartość związków fenolowych odnotowano w przypadku bazylii (26,5±2,32 mg GAE/g s.m.). Różnice Wyniki dotyczące całkowitej zawartości polifenoli w badanych ziołach Słowianek i Leszczyńskiej (Słowianek i Leszczyńska 2016) mogą odbiegać od wyników oznaczeń własnych ze względu na rozbieżności w wykorzystanej długości fali do pomiarów absorbancji ( $\lambda=760$  nm). W tym przypadku oznaczeń wykonywano dla ekstraktów metanолоwych, natomiast w badaniach własnych były to roztwory wodne.

#### 4. Wnioski

- A. Przebadane suszone zioła przyprawowe (bazylia, majeranek, tymianek, rozmaryn, oregano) mogą stanowić jedno ze źródeł polifenoli dostarczanych wraz z dietą.
- B. Największą całkowitą zawartość polifenoli spośród badanych ziół oznaczono w majeranku, a najmniejszą w rozmarynie.
- C. Ze względu na zawartość polifenoli w suszonych ziołach przyprawowych, zalecane jest włączenie ich do codziennej diety, nie tylko ze względu na ich działanie przeciwutleniające, ale także jako alternatywę dla soli kuchennej, której nadmiar przyczynia się do występowania nadciśnienia tętniczego.

#### 5. Literatura

- Cosio MS, Buratti S, Mannino S et al. (2006) Use of an electrochemical method to evaluate the antioxidant activity of herb extracts from the Labiatae family. *Food Chemistry* 97: 725-731.
- Jałoszyński K, Figiel A, Wojdyło A (2008) Drying kinetics and antioxidant activity of oregano. *Acta Agrophysica* 11: 81-90.
- Jeszka M, Flaczyk E, Kobus- Cisowska J i in. (2010) Związki fenolowe - charakterystyka i znaczenie w technologii żywności. *Nauka Przyroda Technologie* 4(2): 1-13.
- Kozłowska M, Ścibisz I (2012) Badanie zawartości polifenoli i aktywności przeciwutleniającej ekstraktów z roślin przyprawowych podczas ich przechowywania. *Bromat. Chem. Toksykol.* 45: 358-363.
- Modnicki D, Balcerek M (2009) Estimation of total polyphenols contents in *Ocimum basilicum* L., *Origanum vulgare* L. and *Thymus vulgaris* L. commercial samples. *Herba polonica* 55: 35-42.

- Newerli-Guz J (2012) Przeciwtleniające właściwości majeranku ogrodowego *Origanum majorana* L. *Probl Hig Epidemiol* 93: 834-837.
- Nowak K, Jaworska M, Ogonowski J (2013) Rozmaryn – roślina bogata w związki biologicznie czynne. *Chemik* 67(2): 11-13.
- Nurzyńska-Wierdak R (2012) *Ocimum basilicum* L. – wartościowa roślina przyprawowa, lecznicza i olejkodajna. Praca przeglądowa. *Annales Universitatis Mariae Curie-Skłodowska Lublin – Polonia* 22(1): 20-30.
- Przeor M, Flaczyk E (2014) Porównanie aktywności przeciwutleniającej przypraw ziołowych stosowanych w kuchni polskiej i suszu liści morwy białej. *Postępy Techniki Przetwórstwa Spożywczego* 01: 56-60.
- Sadowska A, Świdorski F, Kromołowska R (2011) Polifenole - źródła naturalnych przeciwutleniaczy. *Postępy Techniki Przetwórstwa Spożywczego* 01: 108-111.
- Samsonowicz M (2014) Ocena wpływu wybranych kationów metali na aktywność przeciwdrobnikową etanolowych i wodnych ekstraktów tymianku i oregano. W: *Właściwości produktów i surowców żywnościowych. Wybrane zagadnienia*. Red. Tarko T, Duda-Chodak A, Witczak M i in. Oddział Małopolski PTTŻ, Kraków: 238-247.
- Singleton VL, Rossi JA (1965) Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagents. *Am. J. Enol. Vitic* 16: 144-158.
- Słowianek M, Leszczyńska J (2016) Antioxidant properties of selected culinary spices. *Herba Pol* 62(1): 29-41.

## 21. Charakterystyka i właściwości zdrowotne wybranych przypraw

Characteristics and health properties of selected spices

Iwona Piękoś<sup>(1)</sup>, Weronika Gajdzik<sup>(1)</sup>, Joanna Nieć<sup>(2)</sup>, Karolina Sobczyk<sup>(3)</sup>

<sup>(1)</sup> Studenckie Koło Naukowe Promocji Zdrowia, Katedra Dietetyki, Wydział Zdrowia Publicznego w Bytomiu, Śląski Uniwersytet Medyczny w Katowicach

<sup>(2)</sup> Zakład Żywnienia Człowieka, Katedra Dietetyki, Wydział Zdrowia Publicznego w Bytomiu, Śląski Uniwersytet Medyczny w Katowicach

<sup>(3)</sup> Zakład Ekonomiki i Zarządzania w Ochronie Zdrowia, Wydział Zdrowia Publicznego w Bytomiu, Śląski Uniwersytet Medyczny w Katowicach

Opiekun naukowy: dr hab. Joanna Woźniak-Holecka

Piękoś Iwona: nastii6@o2.pl

Słowa kluczowe: czosnek, kurkuma, cynamon, pieprz czarny, papryka

### Streszczenie

Przyprawy to substancje nadające przygotowywanym potrawom smak, zapach, a często także barwę. Poza tymi właściwościami, wykazują także działanie prozdrowotne. Do powszechnie stosowanych przypraw zalicza się m.in.: czosnek, pieprz, paprykę, kurkumę, cynamon i imbir. Ich działanie jest szerokie, począwszy od wpływu na gospodarkę lipidową, węglowodanową, poprzez działanie przeciwutleniające, przeciwbakteryjne, przeciwgrzybicze, antykancerogenne, po wpływ immunomodulujący i inne. Czosnek swoje działanie zawdzięcza przede wszystkim związkowi siarkowemu takim jak np. allicyna. Cynamon ma zastosowanie w zaburzeniach gospodarki węglowodanowej, ze względu na poprawę insulinowrażliwości. Kurkuma i zawarte w niej kurkuminy charakteryzuje się intensywnym żółtym kolorem, ale także różnokierunkowym działaniem m.in. hamowaniem przebiegu chorób układu nerwowego oraz coraz częściej występujących chorób metabolicznych. Kolejną, niezwykle często i powszechnie stosowaną przyprawą jest pieprz czarny, który także cechuje się działaniem prozdrowotnym, mianowicie działa m.in.: przeciwplytkowo, przeciwutleniająco, przeciwbólowo, a nawet antydepresyjne, czy hepatoprotekcyjnie. Swoje właściwości zawdzięcza piperynie. Substancje zawarte w papryce wykazują działanie profilaktyczne w kierunku nowotworów, chorób układu sercowo-naczyniowego, cukrzycy, a nawet chorób neurodegeneracyjnych. Coraz częściej doceniane są jej ostre odmiany (chili), zawierające kapsaicynę. Ostatnią omówioną przyprawą jest imbir. Zawarte w nim związki bioaktywne działają m.in.: wspomagająco w leczeniu nudności, wymiotów u kobiet w ciąży, antyagregacyjne, wspomagająco w zmniejszaniu bólu menstruacyjnego.

### 1. Wstęp

W każdej kuchni świata można wyróżnić charakterystyczne, często stosowane przyprawy, które jednoznacznie kojarzą się z potrawami z danego regionu. Stosowane są one przede wszystkim w celu nadania smaku i aromatu, jednak nie jest to ich jedyna funkcja. Poza właściwościami sensorycznymi, wiele przypraw wykazuje działanie prozdrowotne, polegające m.in. na: działaniu przeciwzapalnym, przeciwnowotworowym, antyoksydacyjnym, immunomodulującym czy wspomagającym działanie układu pokarmowego. Wprowadzenie ich do codziennej diety może wpłynąć pozytywnie na zdrowie, jednak potrzebne są dalsze badania nad ustaleniem zalecanej ilości, wywołującej określony efekt w organizmie. Instytut Żywności i Żywnienia (<http://www.izz.waw.pl/zasady-prawidowego-ywienia>) zaleca stosowanie ziół w celu poprawy smaku potraw, przy jednoczesnym ograniczeniu spożycia soli kuchennej. To działanie może wpłynąć pozytywnie na zmniejszenie ryzyka wystąpienia coraz bardziej rozpowszechnionego w naszym społeczeństwie nadciśnienia tętniczego oraz nowotworu żołądka. Do powszechnie stosowanych przypraw zalicza się m.in.: czosnek, pieprz czarny, paprykę, a także ze względu na coraz bardziej

popularne wprowadzanie do codziennej diety potraw charakterystycznych dla kuchni innych krajów – imbir, kurkumę, czy cynamon. Warto wspomnieć, iż Polska jest jednym z uznanych producentów ziół przyprawowych na świecie. W naszym kraju zioła były wykorzystywane w celach leczniczych już od czasów średniowiecza, a obecnie sztuka leczenia roślinami zwana jest fitoterapią (Przeor i Flaczyk 2014). W ostatnich latach spożycie przypraw wzrosło, jednakże nadal jest ono mniejsze niż w dawnych czasach. Zauważalne jest, iż w regionach, w których dominuje kuchnia bezmięсна, wykorzystanie przypraw utrzymuje się na wyższym poziomie, w przeciwieństwie do kuchni bazujących na produktach mięsnych. Przeciętny mieszkaniec Europy zjada ok. 0,5 g przypraw na dobę. Ludność Azji i Afryki Północnej spożywa o wiele więcej przypraw, co związane jest

z uprawą ponad 60 gatunków ziół w tych regionach (Żwirska i in. 2015).

Celem pracy było przedstawienie charakterystyki, a także właściwości zdrowotnych wybranych przypraw.

## **2. Przegląd literatury**

### **2.1 Czosnek (*Allium sativum* L.)**

Właściwości zdrowotne czosnku nie są nowym odkryciem. Stosowany jest on od wielu lat ze względu na swoje właściwości. Świeży ząbek składa się w głównej mierze

z wody, a także z węglowodanów i białka. Czosnek zawiera dodatkowo witaminy i składniki mineralne takie jak witamina C, witaminy z grupy B, potas, fosfor, żelazo, selen czy mangan (Matysiak i in. 2015). Do najważniejszych substancji zawartych w czosnku należą: allicyna (powstająca z alliny pod wpływem działania alliinazy (Sicińska i in. 2015), disulfid diallilowy, sulfid diallilowy oraz S-allo cysteina. Są to pochodne siarkoorganiczne. Do właściwości wykazywanych przez czosnek zalicza się działanie:

- A. Przeciwrzybicze, przeciwbakteryjne – szerokie działanie w kierunku licznych bakterii (np. *Salmonella*, *Escherichia*, *Klebsiella*, *Clostridium* i in.), grzybów (np. *Candida Albicans*), pierwotniaków (*Entamoeba histolytica*). Działanie to związane jest z wnikaniem bioaktywnych substancji zawartych w czosnku do komórki i wpływem na składniki cytoplazmy i enzymy (Dymarska i in. 2016).
- B. Regulujące ciśnienie tętnicze krwi – wykazano, że suplementacja sproszkowanego czosnku spowodowała spadek zarówno skurczowego ciśnienia tętniczego krwi, jak i rozkurczowego.
- C. Regulujące glikemię – związki siarkowe zawarte w czosnku zwiększają wydzielanie insuliny, ale także wpływają na poprawę wrażliwości insulinowej organizmu (badanie na modelu zwierzęcym) (Sicińska i in. 2015).
- D. Przeciwzapalne – działanie to związane jest z obecnością grup hydroksylowych, które są połączone z pierścieniem aromatycznym. Czosnek ma także właściwości przeciwutleniające. Co ciekawe, w badaniu Matysiak i in. (Matysiak i in. 2015) wykazano, że wyższy potencjał przeciwutleniający wykazuje ekstrakt z czosnku chińskiego, w porównaniu do polskiego.

Ponad to wykazano przeciwmiażdżycowe, przeciwzakrzepowe, przeciwnowotworowe, a także immunomodulujące działanie czosnku. Aby móc korzystać z pozytywnego oddziaływania, należy przyjmować jego odpowiednią ilość. Proponowane jest przyjmowanie 4g świeżego czosnku każdego dnia lub odpowiednik przyjmowany w kapsułkach, zawierający 300 mg czosnku, w 2-3 porcjach (Dymarska i in. 2016).

### **2.2 Cynamon (*Cinnamomum zeylanicum*, *Cinnamomum cassia*)**

Cynamonowiec należy do rodziny wawrzynowatych, a najpopularniejsze gatunki tej rośliny to cynamonowiec cejloński i wonny. Popularna przyprawa – cynamon, otrzymywana jest z wysuszonej kory właśnie cynamonowca. Poza cenionymi walorami aromatycznymi, cynamon ma także wpływ na zdrowie. Wykazano, że może on poprawiać insulinowrażliwość poprzez pobudzający wpływ na szlak sygnałowy insuliny w mięśniach szkieletowych, a także powodować wzrost dokomórkowego transportu glukozy. W badaniach na modelu zwierzęcym wykazano, że lepszy wpływ w tym zakresie wykazywała odmiana kasja w porównaniu do cynamonu cejlońskiego. U chorych na cukrzycę typu 2 korzystne może okazać się wprowadzenie cynamonu do codziennej diety. Badania w tej grupie osób wykazały obniżenie stężenia glukozy w surowicy krwi, a także

poprawę parametrów profilu lipidowego, jednak potrzeba większej ilości badań, aby poznać szczegółowy wpływ oraz zalecaną dawkę, która będzie powodowała zamierzony efekt. Poza wpływem na gospodarkę węglowodanową i lipidową krwi, cynamon ma dodatkowo działanie przeciwbakteryjne oraz antyoksydacyjne, a jego pozytywny wpływ na pacjentów z chorobą Alzheimera powoduje, że także ta grupa chorych powinna rozważyć wprowadzenie cynamonu do żywienia (Ekiert i Dochniak 2015).

### 2.3 Kurkuma (*Curcuma longa* L.)

Kurkuma to kłącze ostryżu długiego zaliczanego do rodziny imbirowatych. W literaturze możemy również spotkać się z inną nazwą tej rośliny – szafran indyjski. Uprawa kurkumy rozciąga się na terenie Chin, Tajwanu, Bengal, Sri Lanki, Jawy, a nawet Peru czy Australii, jednak światową potęgą w jej uprawie są niewątpliwie Indie (Wierońska 2017). Roślina ta najczęściej wykorzystywana jest jako przyprawa w kuchni azjatyckiej. Jest ona naturalnym żółtym barwnikiem żywności, nadającym piękny kolor potrawom oraz wzbogacającym ich smak za sprawą mieszanki „curry” w której jest dominującym składnikiem. Kurkuma jest również cennym składnikiem żywieniowym. To źródło wielu składników mineralnych oraz witamin m.in.: wapnia, potasu, żelaza, witaminy B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub>, B<sub>3</sub> oraz witaminy C (Lal 2012). Swoją niesamowitą aromatem kurkuma zawdzięcza zawartym w niej olejkach eterycznym, wśród których można wyróżnić: ar-turmeron, alfa-turmeron i beta-turmeron. Biologicznie aktywne substancje występujące w tej roślinie nazywane są kurkuminoidami i to właśnie one odpowiadają za jej barwę. Wyróżniono trzy najbardziej charakterystyczne związki polifenolowe: kurkumina, demetoksykurkumina oraz bisdemetoksykurkumina (Przybylska 2015). Za sprawą tych związków kurkuma stała się obiektem badań naukowych, wykazano bowiem, iż posiada ona właściwości przeciwzapalne, przeciwutleniające, a nawet przeciwnowotworowe. Może być pomocna w hamowaniu rozwoju pasożytów, grzybów i bakterii chorobotwórczych. Wykazano również jej pozytywny wpływ na hamowanie przebiegu chorób układu nerwowego oraz coraz częściej występujących chorób metabolicznych. Działanie przeciwzapalne kurkuminoidów może być wykorzystywane wspomagająco w leczeniu chorób o podłożu zapalnym, do których zalicza się m.in.: zapalenia stawów, kości, reumatoidalne zapalenie stawów czy alergie. Należy tutaj wspomnieć, iż procesy zapalne mogą przyczyniać się do rozwoju chorób neurodegeneracyjnych poprzez wpływ na śmierć komórek nerwowych w wyniku nadmiernej produkcji wolnych rodników bądź tlenu azotu. Cytokiny prozapalne tj. czynnik martwicy guza (TNF, *Tumor Necrosis Factor*) i interleukiny mogą przyczyniać się do odkładania się złogów białek np. amyloidu lub innych białek o charakterze patologicznym. Badania wykazały, że przeciwzapalne właściwości kurkuminoidów wpływają na obniżenie stężenia cytokin prozapalnych w organizmie, a co za tym idzie obniżają ryzyko rozwoju chorób neurodegeneracyjnych (Wierońska 2017). Działanie przeciwnowotworowe kurkuminoidów jest powiązane z właściwościami przeciwzapalnymi tych związków, ponieważ mechanizm działania jest bardzo podobny w obu przypadkach. Wpływ na procesy nowotworowe polega m.in. na: hamowaniu białek NF-κB, kinazy białkowej C i cyklooksygenazy 2, często aktywowanej w procesach zapalnych, spowalnianiu metabolizmu kwasu arachidonowego oraz hamowaniu działania cytokin zapalnych (Dütschmann i in. 2016). Pozytywny wpływ spożycia związków zawartych w kurkumie zaobserwowano również w przypadku chorób metabolicznych. Wykazano bowiem, iż spożycie kurkumy na poziomie 100 mg/ kg masy ciała spowodowało obniżenie stężenia glukozy we krwi oraz przyrostu tkanki tłuszczowej u pacjentów. Inni badacze dowiedli, że wykazuje ona pozytywny wpływ na gospodarkę lipidową organizmu, obniżając stężenie cholesterolu frakcji LDL oraz regulując funkcje komórek tłuszczowych (Wierońska 2017).

### 2.4 Pieprz (*Piper nigrum* L.)

Pieprz jest dobrze znaną i bardzo powszechnie stosowaną przyprawą. Roślina, z której pochodzi, to kwitnąca winorośl z rodziny *Piperaceae*. Uprawiana jest w regionach takich jak Brazylia, Indonezja czy Indie. W swoim składzie zawiera piperynę o szerokim działaniu, m.in.: przeciwplytkowym, przeciwutleniającym, przeciwbólowym, a nawet antydepresyjnym, czy hepatochronnym. Wywiera także wpływ poprawiający funkcje poznawcze. W aspekcie antykancerogenności, pieprz czarny wpływa na hamowanie nowotworzenia. Doniesiono, iż piperyna zmniejsza zachorowalność na raka płuc poprzez zmianę peroksydacji lipidów i aktywację enzymów

antyoksydacyjnych. Piperyna wpływa także na przewod pokarmowy. Usprawnia ona proces trawienia i skraca czas przejścia pokarmu przez przewod pokarmowy. Wykazano, że piperyna zwiększa produkcję śliny oraz wydzielanie soku żołądkowego. Substancja ta wykazuje również właściwości stymulujące wątrobę do wydzielania kwasów żółciowych, które z kolei odgrywają kluczową rolę w procesie trawienia tłuszczów. Piperyna wpływa także na wydzielanie enzymów trawiennych takich jak: lipaza trzustkowa, jelitowa, amylaza, trypsyna i chymotrypsyna, co wykazały liczne badania na zwierzętach. Należy pamiętać, iż piperyna może wpływać na wchłanianie niektórych substancji. Zwiększa wchłanianie wielu leków i składników odżywczych z przewodu pokarmowego za pomocą różnych mechanizmów. Powoduje zmianę dynamiki i wzrost przepuszczalności błony komórkowej w miejscu wchłaniania. Piperyna zwiększa okres półtrwania niektórych substancji, takich jak beta-karoten i koenzym Q10 oraz zmniejsza metabolizm wielu leków poprzez hamowanie enzymów takich jak cytochrom BS, CYP3A4, cytochrom NADPH, UDPglukuronyltransferaza, dehydrogenaza UDP-glukozy (UDP-GDH) i hydroksylaza węglowodorowa arylu (AAH). Poprzez hamowanie działania enzymów piperyna powoduje zwiększenie biodostępności popularnych antybiotyków np. amoksycyliny i ampicyliny (Damanhour i Ahmad 2014). Analizując wpływ piperyny na procesy zachodzące w organizmie, należy zaznaczyć, że substancja ta ulega zniszczeniu w wyniku działania wysokiej temperatury, a więc także podczas procesu gotowania potrawy, przede wszystkim pod ciśnieniem (największe straty) (Meghwal i Goswami 2013).

### 2.5 Papryka (*Capsicum* L.)

Papryka roczna należy do rodziny psiankowatych. Inna nazwa tej rośliny to pieprzowiec roczny bądź ostry albo papryka owocowa. Wyróżniamy odmiany słodkie oraz ostre. Słodkie charakteryzują się większymi, owalnymi owocami, natomiast ostre przybierają kształty wydłużone i są dużo mniejsze. Papryka zawdzięcza swoje kolorowe barwy substancjom o charakterze antyoksydacyjnym, tj.: karotenoidom, chlorofilowi czy luteinie. W składzie tej rośliny znajdują się również związki fenolowe czy flawonoidy. Bardzo często roślina ta jest wykorzystywana w postaci sproszkowanej, jako przyprawa. Badania wykazały, iż substancje zawarte w papryce wykazują działanie profilaktyczne w zakresie nowotworów, chorób układu sercowo-naczyniowego, cukrzycy, a nawet chorób neurodegeneracyjnych. Coraz częściej doceniane są ostre odmiany papryki (chili) z rodzaju *Capsicum*, zawierające piekący alkaloid – kapsaicynę (Florkowska i in. 2018). Papryka chili najczęściej wykorzystywana jest w formie suszonej do nadawania ostrego smaku, szczególnie w kuchni meksykańskiej, chociaż w ostatnich latach skupiono się również na jej właściwościach wpływających na metabolizm oraz profilaktykę chorób. Kapsaicyna wykazuje działanie przeciwbólowe, wpływa na procesy termoregulacji oraz odpowiada za metabolizm w obrębie tkanki tłuszczowej. Obserwuje się również inne właściwości tj.: obniżające ciśnienie tętnicze, przeciwutleniające czy chroniące przed rozwojem drobnoustrojów, jednak nie są one tak silne jak wyżej wymienione. W przemyśle farmaceutycznym jest wykorzystywana do produkcji środków przeciwbólowych tj.: roztworów, maści, kremów czy plastrów pomocnych w przebiegu chorób przewlekłych np. zapaleń w obrębie stawów. Kapsaicyna może działać wspomagająco w procesie zmniejszania masy ciała, za sprawą jej wpływu na termogenezę organizmu (Pieńko 2013).

### 2.6 Imbir (*Zingiber* Boehm.)

Imbir jest rośliną należącą do rodziny imbirowatych (*Zingiberaceae*). Uprawiany jest w ciepłym i wilgotnym klimacie. Roślina ta stanowi źródło makroelementów tj.: magnezu, fosforu czy potasu. Do związków bioaktywnych w nim zawartych zalicza się: oleożywicę, olejki eteryczne, monotereny, seskwiterpeny, gingerole, zingeron i wiele innych. Korzeń imbiru zarówno świeży, jak i suszony znalazł swoje zastosowanie jako przyprawa o wyraźnym smaku i aromacie, jednak już w dawnych czasach odkryto jego właściwości lecznicze (Glibowski i in. 2017). Zawarte w imbirze związki bioaktywne wykazują działanie m.in.: przeciwutleniające, przeciwdrobnoustrojowe i przeciwzapalne. Imbir działa wspomagająco w leczeniu nudności, wymiotów u kobiet w ciąży, jednak coraz częściej podkreśla się jego działanie w profilaktyce cukrzycy i nadciśnienia tętniczego. Wykazuje on działanie antyagregacyjne, zapobiega tym samym tworzeniu się zakrzepów prowadzących do incydentów sercowo-naczyniowych (Kluszczyński i in. 2016). Korzeń imbiru działa wspomagająco w zmniejszaniu bólu menstruacyjnego, który związany jest ze wzrostem

produkcji prostaglandyn. Imbir natomiast wykazuje właściwości hamujące cyklooksygenazy i lipooksygenazy, które uczestniczą w tworzeniu tych związków. Roślina ta wspomaga także prawidłową pracę wątroby, ponieważ zmniejsza nasilenie odkładania kolagenu oraz neutralizuje wolne rodniki (Glibowski i in. 2017).

### 3. Podsumowanie

Substancje stosowane powszechnie jako przyprawy – nadające smak, zapach oraz barwę przyprawie, poza walorami sensorycznymi, wykazują także liczne działania prozdrowotne. Mogą wpływać na zmniejszenie procesów zapalnych czy hamowanie nowotworzenia. Coraz częściej można zaobserwować ich korzystny wpływ na gospodarkę lipidową bądź węglowodanową organizmu, co oznacza możliwe ograniczenie rozwoju popularnych chorób dietozależnych. Stosowanie przypraw pozwala na zmniejszenie użycia soli do przygotowywania posiłków, co pozytywnie wpływa na parametry ciśnienia tętniczego krwi, chroniąc przed wystąpieniem nadciśnienia.

### 4. Literatura

- Damanhoury ZA, Ahmad A (2014) A Review on Therapeutic Potential of Piper nigrum L. (Black Pepper): The King of Spices. *Med Aromat Plants* 3: 161.
- Dütmann S, Schiborr C, Kocher A et al. (2016) Intratumoral Concentrations and Effects of Orally Administered Micellar Curcuminoids in Glioblastoma Patients. *Nutrition and Cancer* 68(6): 943-8.
- Dymarska E, Grochowalska A, Krauss H i in. (2016) Naturalne modyfikatory odpowiedzi immunologicznej. *Probl Hig Epidemiol* 97(4): 297-307.
- Florkowska K, Duchnik W, Nowak A i in. (2018) Właściwości antyoksydacyjne papryki ostrej odmiany Hungarian yellow. *Pomeranian J Life Sci* 64(3): 126-131.
- Glibowski P, Długołęcka A, Grdeń A in. (2017) Właściwości prozdrowotne imbiru. *Bromat. Chem. Toksykol* 2: 115-121.
- <http://www.izz.waw.pl/zasady-prawidowego-ywienia> (dostęp: 14.04.2019)
- Lal J (2012) Turmeric, curcumin and our life: a review. *Bull Environ Pharmacol Life Sci* 1(7): 11-17.
- Matysiak M, Gaweł-Bęben K, Rybczyńska K i in. (2015) Porównanie wybranych właściwości biologicznych czosnku (*Allium Sativum* L.) pochodzącego z Polski i Chin. *Żywność Nauka Technologia Jakość* 2(99): 160-169.
- Meghwal M, Goswami TK (2013) Piper nigrum and Piperine: An Update. *Phytother. Res* 27: 1121–1130.
- Ekiert K, Dochniak M (2015) Superfoods – idealne uzupełnienie diety czy zbędny dodatek? *Piel. Zdr. Publ* 5(4): 401–408.
- Kulczyński B, Gramza-Michałowska A (2016) Znaczenie żywieniowe imbiru. *Bromat. Chem. Toksykol* 49(1): 57-63.
- Pieńko T (2013) Kapsaicyna- właściwości, zastosowania i perspektywy. *Biul. Wydz. Farm. WUM* 2: 11-17.
- Przeor M, Flaczyk E (2014) Porównanie aktywności przeciwutleniającej przypraw ziołowych stosowanych w kuchni polskiej i suszu liści morwy białej. *Postępy Techniki Przetwórstwa Spożywczego* 1: 56-60.
- Przybylska S (2015) Kurkumina- prozdrowotny barwnik kurkumy. *Probl Hig Epidemiol* 96(2): 414-420.
- Sicińska P, Pytel E, Maćczak A i in. (2015) Zastosowanie różnych suplementów diety w zespole metabolicznym. *Postępy Hig Med Dosw* 69: 25-33.
- Wierońska J (2017) Kurkuma- roślinne panaceum. *Wszechświat* 118(4-6): 117-125.
- Żwirska J, Żyła K, Błaszczuk E i in. (2015) Źródła wiedzy i zastosowanie przypraw ziołowych przez osoby dorosłe zamieszkujące okręg małopolski i śląski. *Bromat. Chem. Toksykol* 48(3): 594-598.



## **22. Ocena preferencji żywieniowych w grupach osób zróżnicowanych wiekowo**

Evaluation of food preferences in people of different ages of groups

Sularz Olga, Kierońska Ewelina, Skoczylas Joanna, Doniec Joanna, Drozdowska Mariola,  
Koronowicz Aneta

Katedra Żywienia Człowieka, Wydział Technologii Żywności, Uniwersytet Rolniczy w Krakowie  
Opiekun naukowy: dr hab. inż. Aneta Koronowicz

Sularz Olga: sularz.olga@gmail.com

Słowa Kluczowe: prawidłowe żywienie, preferencje żywieniowe, normy żywienia

### **Streszczenie**

Celem pracy była ocena preferencji żywieniowych w grupach osób zróżnicowanych wiekowo tj. dzieciństwa, wczesnej oraz późnej dorosłości. Badania ankietowe przeprowadzono wśród 120 osób zamieszkałych na terenie województwa małopolskiego. Kwestionariusz ankiety obejmował pytania dotyczące ilości spożywanych posiłków w ciągu dnia, częstotliwości spożywania wybranych produktów spożywczych oraz występowania chorób dietozależnych. Uzyskane wyniki potwierdziły że preferencje żywieniowe są zróżnicowane w zależności od wieku.

### **1. Wstęp**

Właściwy sposób żywienia warunkuje prawidłowy rozwój oraz funkcjonowanie organizmu człowieka. Nieodpowiednio zbilansowana dieta może przyczyniać się do zaburzenia stanu zdrowia oraz do rozwoju wielu chorób tj. otyłość, cukrzyca typu 2, nowotwory czy choroby układu krążenia. Złe nawyki żywieniowe i niski poziom aktywności fizycznej, a także powszechny dostęp do wysokoprzetworzonej i wysokokalorycznej żywności sprawiły, że zachorowalność na tzw. choroby dietozależne gwałtownie wzrosła. Sposób żywienia determinowany jest w znacznym stopniu przez nawyki oraz przyzwyczajenie żywieniowe. Kluczową rolę w ich powstawaniu odgrywają rodzice, gdyż nawyki żywieniowe kształtowane są już od najmłodszych lat, a niewłaściwe mogą być powielane w życiu dorosłym (Gawęcki, Roszkowski 2009). Według najnowszych badań najkorzystniejsze jest rozłożenie ogólnej wartości energetycznej dziennego pożywienia na 5 posiłków (pierwsze śniadanie powinno dostarczać 25-30% wartości energetycznej całodobowej, drugie śniadanie 5-10%, obiad 30-35%, podwieczorek 5-10% i kolacja 15-20%), co zmniejsza ryzyko podjadania pomiędzy posiłkami, a także przyczynia się do utrzymania stałego poziomu glukozy we krwi (Kolanowski 2016; Instytut Żywności i Żywienia 2019). Istotne jest również ustalenie stałych godzin przyjmowania posiłków, ponieważ sprzyja to lepszemu spożyciu składników odżywczych przez organizm oraz poprawie przemiany materii (Jarosz 2017).

Zasady prawidłowego żywienia przedstawiane są w "Piramidzie Zdrowego Żywienia i Aktywności Fizycznej", która stanowi kompendium wiedzy dotyczącej żywności i żywienia. Poszczególne piętra piramidy żywienia obejmują odpowiednio zhierarchizowane produkty spożywcze dostarczające do organizmu energię oraz składniki odżywcze (Całyniuk i in. 2011). U jej podstawy znajdują się różne formy aktywności fizycznej, która powinna być zapewniona w ilości co najmniej 30-45 minut dziennie. Istotną grupę produktów spożywczych stanowią warzywa i owoce, które są bogatym źródłem związków o właściwościach przeciwutleniających. Badania potwierdzają, że ich konsumpcja znacznie zmniejsza ryzyko występowania chorób układu sercowo-naczyniowego, cukrzycy oraz niektórych rodzajów nowotworów. Zgodnie z zaleceniami Instytutu Żywności i Żywienia warzywa i owoce powinno spożywać się w odpowiednich proporcjach: 75% produktów z tej grupy powinny stanowić warzywa, a 25% owoce, przy czym należy przyjmować je w ilości przynajmniej 400g, w co najmniej 5 porcjach (Instytut Żywności i Żywienia 2019, Jarosz 2017). Kolejną grupą są produkty zbożowe, będące ważnym źródłem błonnika pokarmowego, witamin z grupy B, magnezu, cynku, miedzi oraz selenu. Produkty zbożowe, ze względu na wysoką zawartość węglowodanów stanowią jeden z głównych źródeł energii, potrzebnej do wzrostu i rozwoju

organizmu. Obecność witamin z grupy B tj. tiamina, witamina B<sub>6</sub> oraz niacyna sprawia, że opisywane produkty mają także pozytywny wpływ na funkcjonowanie układu nerwowego (Jarosz 2017; Czerwińska 2015). Produkty mleczne, według rekomendacji Instytutu Żywności i Żywnienia powinny być spożywane codziennie w ilości przynajmniej 2 szklanek mleka przez osoby dorosłe oraz 3-4 szklanek przez dzieci i młodzież (4-18 lat). Produkt ten może być zastępowany przez przetwory mleczne, tj. jogurt, kefir czy ser twarogowy. Mleko i jego przetwory cechują się wysoką zawartością białka, witamin B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub>, B<sub>6</sub>, B<sub>12</sub> oraz kwasu foliowego. Są także bogate w wapń i magnez, dlatego tak ważna jest ich obecność w codziennej diecie (Instytut Żywności i Żywnienia 2019, Jarosz 2017). Mięso, zwłaszcza czerwone oraz jego przetwory należy ograniczyć do 0,5 kg/tyg. Według badań Międzynarodowej Agencji Badań nad Rakiem większe spożycie tych produktów może zwiększać ryzyko zachorowań na niektóre nowotwory (Instytut Żywności i Żywnienia 2019). W zamian wskazuje się na inne produkty zasobne w białko tj. rośliny strączkowe oraz jaja. Wysoką wartością odżywczą charakteryzuje się mięso ryb, a zwłaszcza ryb morskich, szczególnie ze względu na obecność wielonienasyconych kwasów tłuszczowych (Czerwińska 2015; Jarosz 2017). Na szczycie piramidy żywienia znajdują się tłuszcze, wśród których tłuszcze zwierzęce, ze względu na obecność nasyconych kwasów tłuszczowych powinny być zastępowane przez tłuszcze roślinne, najlepiej w postaci surowej (Instytut Żywności i Żywnienia 2019).

Racjonalne żywienie powinno być dostosowane między innymi do wieku. Kluczowym okresem pod tym względem jest dzieciństwo, czyli czas kiedy młody człowiek zaczyna nabywać określone nawyki i przyzwyczajenia żywieniowe. W okresie dzieciństwa często obserwuje się zmniejszenie apetytu oraz ograniczenie preferencji żywieniowych, które przejawiają się konsumowaniem tylko wybranych produktów spożywczych (Horvarth i Szajewska 2017). Dieta dziecka powinna być zróżnicowana i zawierać trzy pełnowartościowe posiłki oraz dwa uzupełniające. W żywieniu osób dorosłych należy wziąć pod uwagę rodzaj wykonywanej pracy oraz związany z nią stopień aktywności fizycznej. Zbyt duża ilość przyjmowanych kilokalorii może być przyczyną nadmiernej masy ciała, która jest istotnym czynnikiem ryzyka występowania wielu chorób tj. cukrzyca typu 2, udar mózgu czy choroby układu sercowo-naczyniowego. Aby go zmniejszyć należy unikać produktów zawierających duże ilości cholesterolu, tłuszczów nasyconych, cukrów prostych oraz soli. Dla prawidłowego funkcjonowania organizmu ważne jest odpowiednie zbilansowanie codziennej diety, aby dostarczać wraz z nią nie tylko odpowiednią ilość energii, ale także wszystkie niezbędne składniki odżywcze (Czerwińska 2015).

## 2. Materiał i Metody

Badania ankietowe o charakterze anonimowym przeprowadzono w 2019 roku, stosując dobór celowy. Zamierzeniem było m.in. porównanie ilości spożywanych posiłków w ciągu dnia, częstotliwości spożywania wybranych produktów spożywczych oraz występowania chorób dietozależnych w trzech grupach **zróżnicowanych wiekowo**. W badaniach wzięło udział łącznie 120 osób zamieszkałych na terenie województwa małopolskiego. Ankiety zostały wypełnione przez 41 rodziców dzieci w wieku 4-9 lat, 40 osób w okresie wczesnej dorosłości (20-30 lat) oraz 39 osób w okresie późnej dorosłości (52-64 lata).

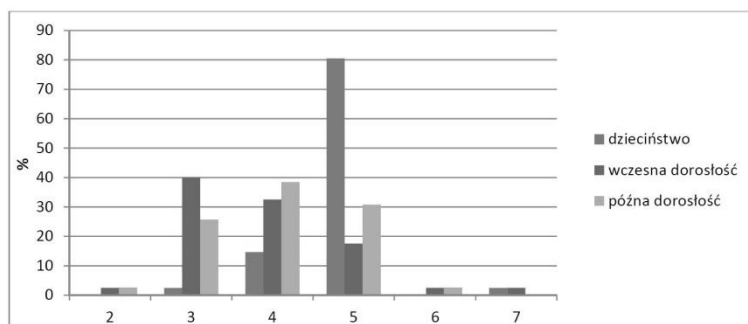
Do zbadania istotności statystycznej zastosowano test niezależności chi-kwadrat oraz obliczono iloraz szans (OR). Jako najwyższe, możliwe do zaakceptowania prawdopodobieństwo popełnienia błędu przyjęto  $p=0,005$ .

## 3. Wyniki

### 3.1 Pytanie 1: Ile posiłków spożywa Pan/Pani w ciągu dnia?

W okresie dzieciństwa większość respondentów (80,5%) deklarowała spożywanie 5 posiłków w ciągu doby. Z drugiej grupy wiekowej, czyli okresu wczesnej dorosłości najczęściej wskazywano na spożywanie 3 posiłków dziennie (40%), niewiele mniej 32,5% badanych osób deklarowało spożycie 4 posiłków, a jedynie 17,5% respondentów na 5 posiłków w ciągu dnia. W trzeciej, najstarszej grupie wiekowej większość ankietowanych zadeklarowała spożywanie 4 posiłków na dobę. Wśród osób z okresu wczesnej dorosłości szansa występowania w codziennym

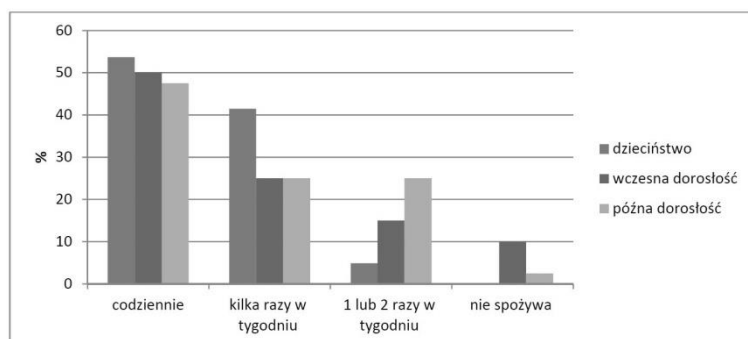
jadłospisie 4 lub 5 posiłków jest mniejsza w porównaniu do szansy ich wystąpienia w pierwszej (OR=0,5) i trzeciej grupie wiekowej (OR=0,7). Testem  $\chi^2$  wykazano zależność pomiędzy ilością spożywanych posiłków, a wiekiem ( $p=0,005$ ) (Rys.1).



**Rys. 1.** Odpowiedź na pytanie: "Ile posiłków spożywa Pan/Pani w ciągu dnia?"

### 3.2 Pytanie 2: Jak często spożywa Pan/Pani mleko i produkty mleczne?

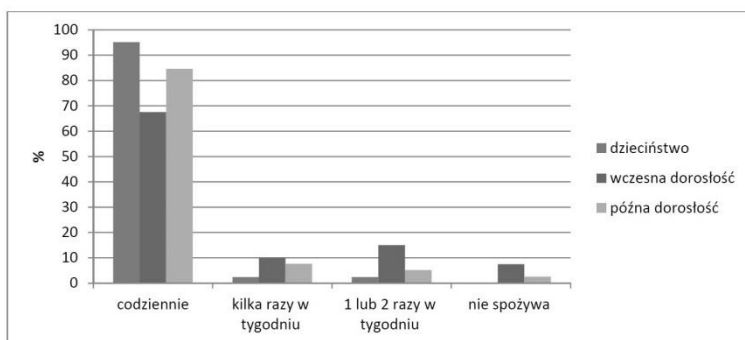
Zdecydowana większość ankietowanych spożywa mleko i produkty mleczne każdego dnia. Największy odsetek osób sięgających po ten rodzaj produktów spożywczych stanowiły dzieci, wśród których 53,7% spożywa je codziennie, a 41,5% kilka razy w tygodniu. W okresie wczesnej dorosłości 50% respondentów wskazało, że konsumuje mleko i produkty mleczne każdego dnia, 25% kilka razy w tygodniu, a 10% nie spożywa ich wcale. W ostatniej grupie wiekowej 47% osób zadeklarowało codzienne spożycie mleka i jego przetworów, 25% osób określiło, że spożywa je kilka razy w tygodniu bądź raz lub dwa razy w tygodniu, a 2,5% nie spożywa ich w ogóle. W okresie dzieciństwa szansa na wystąpienie wyżej wymienionych produktów w codziennej diecie jest wyższa niż w drugiej (OR=1,1) i trzeciej (OR=1,1) grupie wiekowej. Testem  $\chi^2$  wykazano, że częstotliwość spożycia mleka i produktów mlecznych jest niezależna od wieku ( $p=0,005$ ) (Rys. 2).



**Rys. 2.** Odpowiedź na pytanie: "Jak często spożywa Pan/Pani mleko i produkty mleczne?"

### 3.3 Pytanie 3: Jak często spożywa Pan/Pani produkty zbożowe?

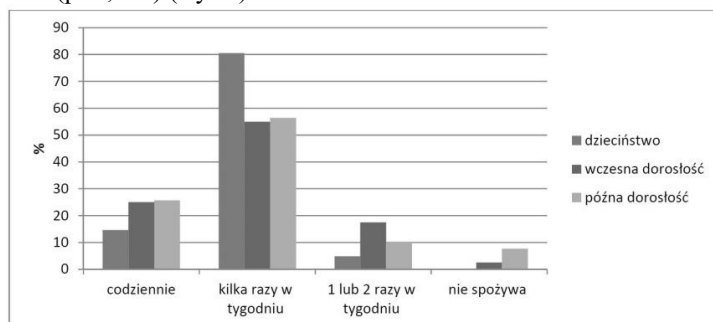
Produkty zbożowe są spożywane przez większość ankietowanych każdego dnia. Wśród osób z pierwszej grupy wiekowej, ponad 95% konsumuje produkty zbożowe codziennie. Żadna z badanych osób nie udzieliła odpowiedzi negatywnej, tzn. że nie spożywa produktów zbożowych. W kolejnej grupie wiekowej 67,5% osób jada wyżej wymienione produkty codziennie, 15% respondentów wskazało, że spożywa je raz lub dwa razy w tygodniu, a 10% kilka razy w tygodniu. 7,5% osób wyklucza produkty zbożowe całkowicie. Wśród ankietowanych z ostatniej grupy wiekowej 84,4% badanych zadeklarowało spożycie produktów zbożowych każdego dnia, podczas gdy 2,6% osób nie jada ich w ogóle. W okresie dzieciństwa szansa na wystąpienie w codziennej diecie produktów zbożowych jest wyższa niż w drugiej (OR=1,4) i trzeciej grupie wiekowej (OR=1,2). Testem  $\chi^2$  wykazano, że częstotliwość spożycia produktów zbożowych jest niezależna od wieku ( $p=0,005$ ) (Rys. 3).



Rys. 3. Odpowiedź na pytanie: "Jak często spożywa Pan/Pani produkty zbożowe?"

#### 3.4 Pytanie 4: Jak często spożywa Pan/Pani mięso i przetwory mięsne?

Mięso i przetwory mięsne są spożywane kilka razy w tygodniu przez zdecydowaną większość respondentów. Wśród osób z pierwszej grupy wiekowej było to 80,5% ankietowanych, natomiast w okresie wczesnej i późnej dorosłości po około 55%. Niewielki odsetek ankietowanych stanowiły osoby całkowicie rezygnujące z mięsa i jego przetworów, gdyż stanowiły 2,5% i 7,5% odpowiednio dla osób w okresie wczesnej i późnej dorosłości. W okresie dzieciństwa szansa na spożycie mięsa i przetworów mięsnych kilka razy w tygodniu jest większa niż w drugiej (OR=1,5) i trzeciej grupie wiekowej (OR=1,4). Testem  $\chi^2$  wykazano, że częstotliwość spożycia mięsa jest niezależna od wieku ( $p=0,005$ ) (Rys.4).



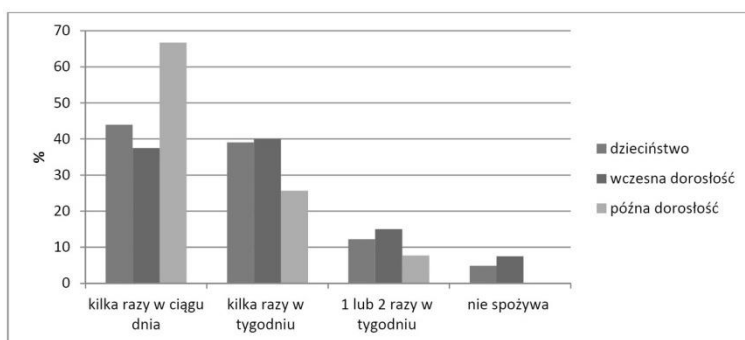
Rys. 4. Odpowiedź na pytanie: "Jak często spożywa Pan/Pani mięso i przetwory mięsne?"

#### 3.5 Pytanie 5: Jak często spożywa Pan/Pani owoce?

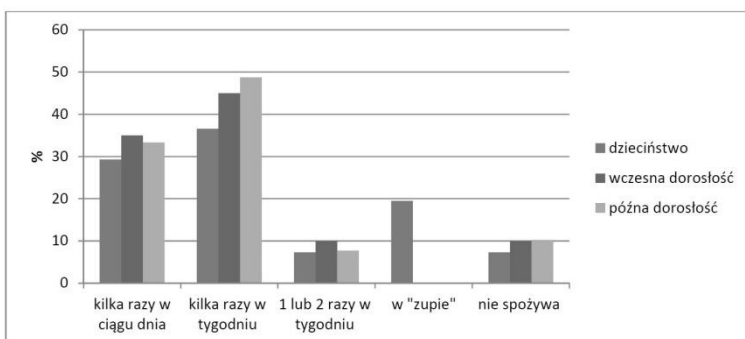
Większość respondentów wskazała, że spożywa owoce każdego dnia. Wśród pierwszej grupy badanych 43,8% deklaroowało, że spożywa je codziennie, 39% kilka razy w tygodniu, a 4,9% nie jada ich w ogóle. W okresie wczesnej dorosłości podobny odsetek osób spożywa owoce codziennie i kilka razy w tygodniu. Było to odpowiednio 37,5% i 40%. U niewielkiej części ankietowanych (7,5%) owoce nie wchodzi w skład codziennej racji pokarmowej. W grupie „późna dorosłość” najwięcej osób (66,7%) deklaroowało spożycie owoców codziennie. W okresie późnej dorosłości szansa na konsumpcje owoców kilka razy w ciągu dnia jest wyższa niż w pierwszej (OR=1,5) i drugiej grupie wiekowej (OR=1,8). Testem  $\chi^2$  wykazano, że częstotliwość spożycia owoców jest niezależna od wieku ( $p=0,005$ ) (Rys.5).

#### 3.6 Pytanie 6: Jak często spożywa Pan/Pani warzywa?

Najwięcej respondentów deklaroowało spożycie warzyw kilka razy w tygodniu. Było to odpowiednio 36,6% ankietowanych w okresie dzieciństwa, 45% w okresie wczesnej dorosłości oraz 48,7% w okresie późnej dorosłości. W drugiej grupie wiekowej duży odsetek stanowiły osoby konsumujące warzywa kilka razy w ciągu dnia (35%). 10% respondentów z drugiej i trzeciej grupy wiekowej wskazało, że nie spożywa warzyw w ogóle. W okresie dzieciństwa szansa na spożycie warzyw kilka razy w ciągu dnia jest niższa niż w drugiej (OR=0,8) i trzeciej grupie wiekowej (OR=0,9). Testem  $\chi^2$  wykazano, że częstotliwość spożycia warzyw jest niezależna od wieku ( $p=0,005$ ) (Rys.6).



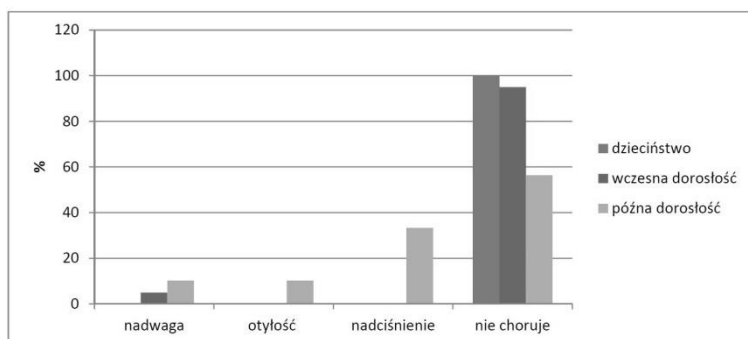
Rys. 5. Odpowiedź na pytanie: "Jak często spożywa Pan/Pani owoce?"



Rys. 6. Odpowiedź na pytanie: "Jak często spożywa Pan/Pani warzywa?"

### 3.7 Pytanie 7: Czy występują u Pana/Pani choroby dietozależne?

W pierwszej grupie wiekowej, u żadnego z respondentów nie występują choroby związane z dietą. W okresie wczesnej dorosłości, zdecydowana większość ankietowanych także nie cierpiała na choroby dietozależne. Jedynie 5% osób miało nadwagę. Najwięcej chorób związanych z dietą występowało u osób w okresie późnej dorosłości, wśród których 10% respondentów zmagало się z nadmierną masą ciała, a 32% cierpiało na nadciśnienie tętnicze. W okresie późnej dorosłości szansa na pojawienie się chorób dietozależnych jest wyższa niż w okresie wczesnej dorosłości (OR=10,8). Testem  $\chi^2$  wykazano, że istnieje zależność pomiędzy występowaniem chorób dietozależnych i wiekiem (p=0,005) (Ryc.7).



Rys. 7. Odpowiedź na pytanie: "Czy występują u Pana/Pani choroby dietozależne?"

## 4. Dyskusja i wnioski

Z przeprowadzonych badań wynika, że zdecydowana większość dzieci (80,5%) spożywa 5 posiłków dziennie. Uzyskane wyniki są podobne do tych otrzymanych przez Kowalczę i wsp., które wskazują, że ponad 80% dzieci jada 5 posiłków w ciągu dnia (Kowalczę i in. 2015). W okresie wczesnej dorosłości jedynie 17,5% ankietowanych spożywa 5 posiłków. Najwięcej, bo aż 40% osób

z tej grupy wiekowej konsumuje 3 posiłki, a 32,5% osób deklaruje spożycie 4 posiłków w ciągu doby. Romanowska-Tołłoczko w swoich badaniach, przeprowadzonych wśród studentów trzech wrocławskich uczelni uzyskała podobne rezultaty. Wynika z nich, że połowa badanej grupy konsumuje 3 posiłki w ciągu dnia, a 20% jada 4 lub ponad 4 razy dziennie (Romanowska-Tołłoczko, 2011). Wśród ostatniej grupy wiekowej, czyli osób w okresie późnej dorosłości, 97,5% respondentów deklarowało konsumpcję co najmniej 3 posiłków w ciągu doby. Na podobną tendencję wskazują dane uzyskane przez CBOS, gdzie codzienne spożycie przynajmniej 3 posiłków dziennie wskazało 82% respondentów (CBOS 2019). W badaniach, ankietowanych pytano także o spożycie wybranych produktów spożywczych tj. mleko i produkty mleczne, produkty zbożowe, mięso i jego przetwory, warzywa i owoce. Produkty mleczne należą do żywności spożywanej często. Większość respondentów sięga po nie każdego dnia. Grupą osób, która najczęściej spożywa produkty mleczne są dzieci (53,7% konsumuje je codziennie, a 41,5% kilka razy w tygodniu). W badaniach Kowalczke i wsp. wykazano, że ponad 15% dzieci spożywa produkty mleczne jako przekąskę, ponad 25% na podwieczorek, a około 10% jako napój (Kowalczke i in. 2015). W okresie wczesnej dorosłości mleko i produkty mleczne są również często konsumowane, gdyż codzienne ich spożycie deklaruje około 50% respondentów. Odmienne wyniki uzyskali Rodziewicz-Gruhn oraz Połacik. Wynika z nich, że osoby w tej grupie wiekowej konsumują produkty mleczne średnio 3-4 razy w ciągu tygodnia (Rodziewicz-Gruhn, Połacik 2013). Produkty zbożowe przez większość ankietowanych są spożywane każdego dnia. W przypadku dzieci, jest to ponad 95%. Nieco mniejsze (67% osób) codzienne spożycie produktów zbożowych zadeklarowali ankietowani z drugiej oraz trzeciej grupy wiekowej (84,6%). Kolejną grupą produktów spożywczych o którą pytani byli respondenci, było mięso i jego przetwory. Spożycie kilka razy w tygodniu zadeklarowało 80,5% osób w najmłodszej grupie wiekowej i po około 55% respondentów w grupie osób z okresu wczesnej i późnej dorosłości. Nieco inne rezultaty uzyskano w badaniach sposobu żywienia, przeprowadzonych przez Kowalczke i wsp. wśród studentek dietetyki siedleckiej uczelni. Wykazano z nich, że najwięcej osób (38%) w okresie wczesnej dorosłości konsumuje mięso 2-3 razy w tygodniu (Kowalczke i in. 2015). W zakresie konsumpcji warzyw i owoców, codzienną konsumpcję owoców deklarowało 43,8% dzieci, podobnie jak w badaniach opublikowanych przez Newerli-Guz oraz Kulwиковską (47,5% dzieci spożywało owoce i warzywa 2-3 razy w ciągu dnia) (Newerli-Guz, Kulwиковska 2014). W okresie wczesnej dorosłości, owoce spożywane były każdego dnia przez 37,5% ankietowanych. Odmienne wyniki uzyskała w swoich badaniach Kowalczke i wsp., w których odsetek młodzieży akademickiej spożywającej owoce codziennie był wyższy i wynosił 58%. W każdej z badanych grup najwięcej respondentów przyznawało, że warzywa obecne są w ich jadłospisie kilka razy w tygodniu. Było to odpowiednio 36,6% ankietowanych w pierwszej, 45% w drugiej i 48,7% w trzeciej grupie wiekowej. Z badań własnych wynika, że we wszystkich grupach wiekowych owoce są częściej konsumowane niż warzywa. Na pytanie o występowanie chorób związanych z dietą, zdecydowana większość respondentów odpowiadała negatywnie. W pierwszej grupie wiekowej nie odnotowano żadnej z wymienionych chorób, co jest ściśle powiązane z wiekiem badanych osób. 5% osób w okresie wczesnej dorosłości cierpiało na nadwagę. Najwięcej chorób dietozależnych występowało u osób w okresie późnej dorosłości (10% osób zmagало się z nadwagą i otyłością, a 32% osób cierpiało na nadciśnienie tętnicze). Analiza GUS wykazała, że u 32% osób w wieku 18-79 lat zdiagnozowano nadciśnienie tętnicze, a u 46% kobiet oraz u 65% mężczyzn występuje nadmierna masa ciała (GUS 2018).

Z przeprowadzonych badań wynika, że dzieci zdecydowanie lepiej przestrzegają zasad dotyczących rekomendowanej ilości spożywanych posiłków niż osoby w okresie dorosłości. Zauważyć można również odmienne preferencje żywieniowe u badanych grup wiekowych. Wśród respondentów, częstotliwość konsumpcji mleka, produktów zbożowych, mięsa oraz warzyw i owoców była zróżnicowana i nie zawsze zgodna z zaleceniami Instytutu Żywności i Żywienia.

Na podstawie uzyskanych wyników, można stwierdzić, że:

- A. Ilość oraz regularność spożywanych posiłków w ciągu dnia zależy od wieku.
- B. Częstotliwość spożycia mleka i produktów zbożowych jest niezależna od wieku.
- C. Częstotliwość spożycia oraz rodzaj wybieranego mięsa nie są zależne od wieku.
- D. Owoce są spożywane częściej niż warzywa we wszystkich badanych grupach wiekowych.

- E. Występuje zależność pomiędzy wiekiem, a występowaniem chorób zależnych od diety. Najwyższe prawdopodobieństwo wystąpienia chorób dietozależnych obserwuje się u osób w okresie późnej dorosłości.

## 5. Literatura

- Całyniuk B, Grochowska-Niedworok E, Białek A, Czech N, Kukielczak A (2011) Piramida żywienia – wczoraj i dziś, *Problemy Higieny i Epidemiologii*, 92(1): 20-24.
- Czerwińska D (2015) *Zasady żywienia*, Wydawnictwo Szkolne i Pedagogiczne.
- Gawęcki J, Roszkowski W (2009) *Żywność człowieka a zdrowie publiczne*, Wydawnictwo PWN, t. 3.
- Horvarth A, Szajewska H (2017) *Żywność i leczenie żywieniowe u dzieci i młodzieży*, Medycyna praktyczna.
- Jarosz M (2017) *Dietetyka, żywność, żywienie w prewencji i leczeniu*, Wydawca Instytut Żywności i Żywienia.
- Jarosz M (2017) *Normy żywienia dla populacji Polski*, Instytut Żywności i Żywienia im. Prof. dra med. Aleksandra Szczygła.
- Kolanowski W (2016) *Podstawy żywienia człowieka*, Wydawnictwo Uniwersytetu Przyrodniczo-Humanistycznego w Siedlcach.
- Kowalcze K, Turyk Z, Drywień M (2015) Wybrane zwyczaje i zachowania żywieniowe studentek dietetyki Uniwersytetu Przyrodniczo-Humanistycznego w Siedlcach, *Współczesne kierunki działań prozdrowotnych*, red. A. Wolska-Adamczyk, WSiLiZ, Warszawa, 145, 148-150.
- Newerli-Guz J, Kulwikowska K (2014) *Zachowania żywieniowe i preferencje dzieci w wieku przedszkolnym*, 83.
- Pobrano 15.01.2019 r., z: [https://www.cbos.pl/SPISKOM.POL/2014/K\\_115\\_14.PDF](https://www.cbos.pl/SPISKOM.POL/2014/K_115_14.PDF)
- Pobrano 14.01.2019 r., z: <http://www.izz.waw.pl/pl/zasady-prawidowego-zywienia>
- Pobrano 27.12.2018 r., z: [https://stat.gov.pl/files/gfx/portalinformacyjny/pl/defaultaktualnosci/5513/10/1/1/zdrowie\\_i\\_zachowania\\_zdrowotne\\_mieszkanow\\_polski\\_w\\_swietle\\_badian\\_ehis\\_2014.pdf](https://stat.gov.pl/files/gfx/portalinformacyjny/pl/defaultaktualnosci/5513/10/1/1/zdrowie_i_zachowania_zdrowotne_mieszkanow_polski_w_swietle_badian_ehis_2014.pdf)
- Rodziewicz-Gruhn J, Połacik J (2013) *Diagnoza nawyków żywieniowych studentów różnych kierunków studiów w Akademii im. Jana Długosza w Częstochowie*, 180.
- Romanowska-Tołoczko A (2011) *Styl życia studentów oceniany w kontekście zachowań zdrowotnych*, 92.

## 23. Projekt diety i zalecenia żywieniowe dla osoby chorej na cukrzycę typu 2

Diet plan and nutritional recommendations for a person with type 2 diabetes

Sularz Olga<sup>(1)</sup>, Bielawska Anna, Skoczylas Joanna, Doniec Joanna, Drozdowska Mariola, Koronowicz Aneta

Katedra Żywnienia Człowieka, Wydział Technologii Żywności, Uniwersytet Rolniczy w Krakowie  
Opiekun naukowy: dr hab. inż. Aneta Koronowicz

Sularz Olga: sularz.olga@gmail.com

Słowa Kluczowe: insulinooporność, dietoterapia, węglowodany

### Streszczenie

Cukrzyca typu 2 jest najczęściej występującym na świecie typem cukrzycy, a liczba zachorowań wzrasta każdego roku. Patogeneza choroby obejmuje dwa główne zaburzenia tj. insulinooporność oraz upośledzenie wydzielania insuliny przez komórki  $\beta$  wysp trzustkowych. Wpływ na powstawanie cukrzycy mają zarówno czynniki genetyczne jak i środowiskowe tj. niska aktywność fizyczna czy spożywanie zbyt dużych ilości pokarmu. Celem niniejszej pracy było sporządzenie projektu diety wraz z zaleceniami żywieniowymi dla osoby chorej na cukrzycę typu 2.

### 1. Wstęp

Gwałtowny wzrost zachorowań na cukrzycę typu 2 jest jednym z kluczowych problemów medycyny w XXI wieku. Cukrzyca zaliczana jest do chorób metabolicznych, tzn. wynikających z zaburzenia przemian biochemicznych zachodzących w organizmie. Zmiana stylu życia, niska aktywność fizyczna oraz powszechny dostęp do niezdrowej żywności sprawiły, że cukrzyca i otyłość należą obecnie do najczęściej występujących zaburzeń metabolicznych w krajach rozwiniętych (Baranik i Ostrowska 2011). Z informacji opublikowanych przez Światową Organizację Zdrowia (WHO) wynika, że w 2014 roku 422 miliony osób na świecie cierpiało z powodu hiperglikemii. Przewiduje się, że w Polsce w 2040 roku około 11% populacji będzie dotknięte tą chorobą (World Health Organization 2016; Pawlak i Derlacz 2011).

Zgodnie z definicją WHO, mianem cukrzycy określa się schorzenie o zróżnicowanej etiologii, które cechuje się przewlekłą hiperglikemią powstałą na skutek zaburzenia wydzielania i/lub działania insuliny (Bergmann i in. 2012). Wyróżniono 4 główne typy cukrzycy tj. cukrzyca typu 1, typu 2, cukrzyca ciężarnych oraz cukrzyca o znanej etiologii (Korzeniowska i Jabłeczka 2008). Cukrzyca typu 1, nazywana również młodzieńczą jest chorobą immunologiczną występującą u około 10% wszystkich chorych. W przebiegu choroby dochodzi do zaburzenia sekrecji insuliny na skutek niszczenia komórek  $\beta$  wysp trzustkowych. Proces destrukcji komórek związany jest z reakcją autoimmunologiczną, która inicjowana jest zarówno przez czynniki genetyczne jak i środowiskowe. Największy odsetek, bo aż 90% wszystkich zachorowań na cukrzycę stanowi typ 2, który dotyka najczęściej osoby po 40 roku życia. Kluczową rolę w jego powstawaniu odgrywają dwa zasadnicze defekty patofizjologiczne tj. insulinooporność oraz zaburzenie sekrecji insuliny. W warunkach fizjologicznych, insulina jest wydzielana przez komórki  $\beta$  trzustki po każdym posiłku, w celu ułatwienia transportu glukozy do komórek. Mianem insulinooporności określane jest stan, w którym funkcjonowanie insuliny jest upośledzone. W wyniku tego zaburzenia, tkanki obwodowe nie są w stanie zwiększyć pobierania glukozy ani przyspieszyć tempa metabolizmu w odpowiedzi na działający hormon. Stale narastająca insulinooporność tkanek oraz współistniejąca hiperglikemia sprawiają, że komórki  $\beta$  wysp trzustkowych zmuszane są do syntetyzowania i sekrecji coraz większych ilości hormonu. Doprowadza to do osłabienia gruczołu, degradacji komórek  $\beta$  oraz niedoboru insuliny (Pawlak i Derlacz 2011; Korzeniowska i Jabłeczka 2008). Leczenie insulinooporności nie jest łatwe, jednak uważa się, że stosowanie niskokalorycznej diety wraz z odpowiednią ilością aktywności fizycznej może przyczynić się do obniżenia ryzyka zachorowania na cukrzycę typu 2. Z badań przeprowadzonych przez amerykańskich naukowców w ramach projektu



DPP (*Diabetes Prevention Program*) wynika, że obniżenie masy ciała o 7% znacznie lepiej chroni przed rozwojem cukrzycy typu 2 niż leczenie farmakologiczne (Pawlak i Derlacz 2011).

Cukrzyca typu 2 jest chorobą o złożonej etiologii. Wśród głównych czynników ryzyka rozwoju choroby wyróżnia się: pochodzenie etniczne, otyłość brzuszna, brak aktywności fizycznej, wiek oraz występowanie innych chorób tj. nadciśnienie tętnicze czy zaburzenia lipidowe. W patogenezie tej choroby nie mniej istotny jest udział czynników genetycznych. Ze względu na ich rolę w powstawaniu cukrzycy typu 2 wyróżniono cukrzycę monogenową oraz cukrzycę uwarunkowaną wielogenowo (Skupień i in. 2006). Postać monogenowa wynika z mutacji zachodzącej w pojedynczym genie, co skutkuje zmianą poziomu ekspresji oraz funkcji białka będącego jego produktem. Cukrzyca uwarunkowana wielogenowo powstaje w wyniku synergii pomiędzy czynnikami genetycznymi oraz środowiskowymi i obejmuje znacznie większy odsetek zachorowań. Predyspozycja do zachorowania na cukrzycę typu 2 jest związana z występowaniem niektórych polimorfizmów w genach, co skutkuje zmianą ekspresji lub sekwencji aminokwasów w białkach (Skupień i in. 2006; McCarthy i Froguel 2002). Ze względu na stopniowy rozwój hiperglikemii i powolne narastanie objawów, choroba często pozostaje przez wiele lat bezobjawowa i nierozpoznana. Cukrzyca diagnozowana jest na podstawie testów biochemicznych, wśród których podstawowym badaniem jest pomiar stężenia glukozy we krwi (Korzeniowska i Jabłeczka 2008). Pomiar glikemii może być wykonywany zarówno na czczo, po co najmniej 8 godzinach od spożycia posiłku jak i niezależnie od pory jego spożycia (glikemia przygodna). Istotny jest także pomiar glikemii poposiłkowej, w której poziom glukozy we krwi oznaczany jest po 1-2 godzinach po posiłku. Wykazano, że glikemia po posiłku koreluje z ryzykiem wystąpienia incydentów sercowo-naczyniowych i spowodowaną przez nie śmiertelnością. U zdrowego człowieka, prawidłowe stężenie glukozy na czczo powinno mieścić się w przedziale 70-99 mg/dl (3,9-5,5 mmol/l). W czasie spożywania posiłku następuje wzrost stężenia glukozy na skutek wchłaniania węglowodanów. O wartości glikemii po posiłku decyduje szybkość wchłaniania jelitowego oraz zmiany poziomu insuliny i glukagonu. Jej wartość maksymalna występuje około godziny po rozpoczęciu spożywania pokarmu i powraca do stanu wyjściowego po 2-3 godzinach. Nadmierny wzrost glikemii u osób cierpiących na cukrzycę typu 2 spowodowany jest zniesieniem wczesnej fazy wydzielania insuliny (Korzeniowska i Jabłeczka 2008; Wolnik i Orłowska-Kunikowska 2007). W przypadku uzyskania nieprawidłowego wyniku pomiaru stężenia glukozy, konieczne jest wykonanie doustnego testu tolerancji glukozy OGTT (oral glucose tolerance test). Gdy glikemia w osoczu krwi żyłnej po 120 minutach od podania glukozy wynosi  $\geq 200$  mg/dl ( $\geq 11,1$  mmol/l) diagnozowana jest cukrzyca. W związku z gwałtownym wzrostem zachorowań na cukrzycę, Amerykańskie Towarzystwo Diabetologiczne (ADA) rekomenduje wykonywanie badań przesiewowych w celu wykrycia choroby u osób dorosłych powyżej 45 roku życia przy braku objawów hiperglikemii lub poniżej tego wieku, jeżeli współistnieją inne czynniki ryzyka tj. nadwaga lub otyłość, stan przedcukrzycowy, dyslipidemia, choroby układu sercowo-naczyniowego (American Diabetes Association 2017; Walicka i in. 2011; Cox i Edelman 2010). Z uwagi na duże ryzyko wystąpienia powikłań zdrowotnych, wszystkie kobiety w ciąży powinny być poddawane badaniom profilaktycznym, które obejmują wywiad lekarski, badanie przedmiotowe oraz pomiar poziomu glukozy we krwi żyłnej (Cypryk 2016).

Przy planowaniu diety dla osoby chorej na cukrzycę, należy uwzględnić indywidualne zalecenia dietetyczne oraz wziąć pod uwagę kilka czynników tj. masa ciała, wskaźnik BMI, poziom aktywności fizycznej oraz współistnienie innych chorób (Włodarek i in. 2014; Baranik i Ostrowska 2011). Kluczową rolą dietoterapii jest zapewnienie prawidłowego stężenia glukozy we krwi, a także uzyskanie optymalnej masy ciała. Istotne jest również utrzymanie odpowiedniego ciśnienia tętniczego, aby zminimalizować ryzyko zachorowania na choroby układu krążenia. Żywnienie osób chorych na cukrzycę typu 2 powinno bazować na ogólnych zasadach zdrowego żywienia. Pacjenci często zmagają się z nadmierną masą ciała, dlatego też powinni mieć zapewnioną dietę z obliczonym deficytem kalorycznym, co będzie skutkowało jej stopniową utratą. Wykazano bowiem, że redukcja masy ciała o około 10% pozwala na zmniejszenie insulinooporności, obniżenie stężenia trójglicerydów, a także poprawia tolerancję glukozy (American Diabetes Association 2017; Skrypnik i in. 2013). Według zaleceń dotyczących postępowania dietetycznego, u osób chorych na cukrzycę

węglowodany powinny pokrywać około 45% zapotrzebowania na energię, przy czym rekomendowane są węglowodany o niskim (poniżej 50) indeksie glikemicznym. 30-35% wartości energetycznej diety przypada na tłuszcze, z których tłuszcze nasycone mogą stanowić nie więcej niż 10% całkowitej wartości kalorycznej diety. Spożycie białka powinno zapewniać 15-20% dziennego spożycia energii, przy czym u niektórych pacjentów pozytywny wpływ może mieć zastępowanie białek zwierzęcych przez białka roślinne (Polskie Towarzystwo Diabetologiczne 2017; Juruć i in. 2014).

## 2. Materiał i metody

Celem pracy było sporządzenie projektu diety wraz z zaleceniami żywieniowymi dla młodej kobiety chorej na cukrzycę typu 2. Plan żywieniowy przygotowano w postaci przykładowego jadłospisu zgodnie z normami Instytutu Żywności i Żywienia. Aby uniknąć niedoborów żywieniowych, zaproponowany jadłospis został zbilansowany zarówno pod względem wydatku energetycznego jak i mikro i makroskładników.

Pacjentka to 21-letnia kobieta z rozpoznaną w 2014 roku cukrzycą typu 2. Po zdiagnozowaniu choroby, zgodnie z zaleceniami lekarza prowadzącego, przyjmowała lek przeciwcukrzycowy SIOFOR 500, początkowo 1x dziennie, następnie 2x dziennie i 3x dziennie. Po dwóch latach stosowania SIOFOR 500, ze względu na brak poprawy stanu zdrowia, zwiększono dawkę poprzez podawanie SIOFOR 850. Podczas leczenia postępowano zgodnie z zaleceniami Polskiego Towarzystwa Diabetologicznego. U pacjentki wykonano test doustnego obciążenia glukozą oraz wyznaczono krzywą cukrową i insulinową przy przyjmowaniu leku SIOFOR 850, 3x na dobę. Stwierdzono, że poziom glukozy we krwi mieści się w granicach normy, co świadczy o korzystnym wpływie zastosowanego leku na metabolizm węglowodanów. Otrzymany wynik stężenia insuliny, 2 godziny po doustnym obciążeniu glukozą był nieprawidłowy, co mogło wskazywać na występowanie insulinooporności.

W badaniu przeprowadzono ocenę stanu odżywienia pacjentki na podstawie wskaźnika BMI (Body Mass Index), wyliczono podstawową przemianę materii (PPM) oraz całodobowy wydatek energetyczny i na tej podstawie oszacowano zapotrzebowanie energetyczne, wraz z udziałem ilościowym poszczególnych makroskładników.

W pracy przedstawiono przykładowe 3 dni jadłospisu wraz z zaleceniami żywieniowymi.

## 3. Wyniki i dyskusja

Podczas leczenia cukrzycy typu 2, kluczowym elementem, wspomagającym tradycyjną farmakoterapię jest stosowanie odpowiedniej diety. W niniejszej pracy opisano przykładowy plan żywieniowy dla osoby chorej na cukrzycę typu 2, który sporządzono w oparciu o normy żywienia obowiązujące dla populacji polskiej od 2017 roku. W celu utrzymania odpowiedniego poziomu glukozy we krwi, zaleca się spożywanie 4-5 posiłków w ciągu doby (Mędreła-Kuder 2011). Badania Bulzackiej i Mikulskiej wykazały dużą niesystematyczność w regularności spożywania posiłków wśród osób po 50 roku życia, co skutkuje wahaniami stężenia glukozy we krwi (Bulzacka i Mikulska 2007). W przykładowym jadłospisie uwzględniono 5 posiłków, a rozkład energii na poszczególne posiłki kształtował się następująco: I śniadanie 25%, II śniadanie 10%, obiad 30%, podwieczorek 10%, kolacja 25%. Istotnym elementem dietoterapii w leczeniu cukrzycy jest dobór odpowiednich produktów węglowodanowych pod względem indeksu (IG) i ładunku glikemicznego (ŁG). Znajomość IG pozwala ocenić jak produkty bogate w węglowodany oddziałują na poziom glukozy we krwi po upływie 2 godzin od posiłku. W diecie osób chorych powinny znajdować się produkty o niskim ładunku glikemicznym (ŁG<10). Dobrym źródłem węglowodanów dla pacjentów z cukrzycą są pełnoziarniste produkty zbożowe, które stanowią także doskonałe źródło błonnika, witamin z grupy B oraz składników mineralnych (Baranik i Ostrowska 2011). Według zaleceń Polskiego Towarzystwa Diabetologicznego minimalna dzienna podaż włókna pokarmowego w diecie osób obciążonych cukrzycą typu 2 powinna wynosić 25 g lub 15g/1000 kcal diety (Polskie Towarzystwo Diabetologiczne 2017). Badania Andersona i wsp. wykazały, że wzrost spożycia błonnika przyczynia się do obniżenia odpowiedzi glikemicznej po spożyciu posiłku (Anderson i in.

2004). W zaproponowanej diecie podaż tego składnika zwiększono do 35 g na dobę, co pozwala na zmniejszenie wahań stężenia glukozy we krwi pacjentki. Ograniczono także spożycie łatwo przyswajalnych węglowodanów tj. glukoza czy sacharoza oraz uwzględniono produkty z pełnego przemiału o niskim indeksie glikemicznym. Niewielka wartość energetyczna warzyw sprawia, że należą one do najrzadziej ograniczanych w diecie produktów spożywczych. Stanowią cenne uzupełnienie błonnika oraz antyoksydantów tj. kwas askorbinowy, beta karoten czy flawonoidy. Ze względu na wysoką zawartość węglowodanów, dieta cukrzycowa zakłada ograniczenie spożycia owoców do 200-300 g dziennie, co zostało uwzględnione w planowanym jadłospisie. Konsumpcja warzyw i owoców przyczynia się do obniżenia gęstości energetycznej, która uważana jest za czynnik zwiększający ryzyko wystąpienia otyłości. Wykazano również, że spożywanie produktów pochodzenia roślinnego obniża wartości hemoglobiny glikowanej u osób nie cierpiących na zaburzenia gospodarki węglowodanowej (Włodarek i Głąbska 2010). W diecie osób chorych na cukrzycę powinno się uwzględnić również odpowiedni sposób przygotowywania potraw. Zaleca się przyrządzanie posiłków poprzez gotowanie w wodzie, na parze, z wykorzystaniem grilla, duszenie lub pieczenie w folii. Warto zauważyć, że warzywa gotowane cechują się wyższym indeksem glikemicznym, co skutkuje szybszym wzrostem stężenia glukozy we krwi. Z badań przeprowadzonych przez Bulzacką i Mikulską wynika, że ponad 80% pacjentów najczęściej deklarowała smażenie jako najczęściej wybieraną formę obróbki cieplnej produktów spożywczych (Baranik i Ostrowska 2011; Bulzacka i Mikulska 2007). W przedstawionym jadłospisie dominują głównie potrawy duszone oraz gotowane.

Poniższa dieta została zaprojektowana w sposób pozwalający na utrzymanie odpowiedniego poziomu glukozy we krwi z uwzględnieniem preferencji żywieniowych pacjentki.

**Tab.1.** Założenia diety.

<b>Energia</b>	<b>2202, 24 kcal</b>	
Białko	20%	110,11 g
Tłuszcze	30%	73,41 g
Węglowodany	50%	275,28 g

**Tab. 2.** Przykładowe 3 dni jadłospisu.

**Dzień 1**

	<b>Energia [kcal]</b>	<b>Białko [kcal]</b>	<b>Tłuszcze [kcal]</b>	<b>Węglowodany [kcal]</b>
<b>I Śniadanie:</b> sałatka, kanapki z chudym mięsem oraz jogurt z jagodami goji	570,4	33,5	15,2	67,8
<b>II Śniadanie:</b> płatki i otręby gryczane z mlekiem kokosowym bez cukru	252,5	5,5	11,4	29,3
<b>Obiad:</b> zupa jarzynowa, gulasz z kaszą oraz surówką z selera i jabłka	661,3	32,9	18	83,8
<b>Podwieczorek:</b> jaja faszerowane pastą z awokado z chrupkim chlebem	237,2	9,3	12,8	19,4
<b>Kolacja:</b> pełnoziarniste naleśniki ze szpinakiem	539,2	24,3	18,8	64,5
<b>SUMA</b>	2260,6	105,5	76,2	264,8
<b>ZALOŻENIE</b>	2202,24	110,11	73,41	275,28
<b>% REALIZACJI</b>	102,65	95,81	103,8	96,19

**Dzień 2**

	<b>Energia [kcal]</b>	<b>Białko [kcal]</b>	<b>Tłuszcze [kcal]</b>	<b>Węglowodany [kcal]</b>
<b>I Śniadanie:</b> kanapki z bazyliowo-kurczakową pastą z sałatką z nasionami chia	560,8	28,8	13,4	68,8
<b>II Śniadanie:</b> grejpfrut z jogurtem naturalnym i orzechami	226,9	7,7	8,4	30,4
<b>Obiad:</b> chłodnik z botwinki i dorsz duszony w porach z brokołem i kaszą jaglaną	682,5	39,7	20,2	77
<b>Podwieczorek:</b> sałatka z chrupkim chlebem	283,1	4,2	20,8	15
<b>Kolacja:</b> koktajl – maślanka z pomarańczą i kanapka z mięsem z kurczaka	589,9	30,5	7,8	89
<b>SUMA</b>	2343,2	110,9	70,6	280,2
<b>ZAŁOŻENIE</b>	2202,24	110,11	73,41	275,28
<b>% REALIZACJI</b>	106,4	100,71	96,17	101,78

**Dzień 3**

	<b>Energia [kcal]</b>	<b>Białko [kcal]</b>	<b>Tłuszcze [kcal]</b>	<b>Węglowodany [kcal]</b>
<b>I Śniadanie:</b> kanapki z pastą cieciorowo-orzechową i pomidorki koktajlowe z kiełkami	585,7	17,2	19,6	72,1
<b>II Śniadanie:</b> brzoskwinia z serkiem homogenizowanym	262,4	22,7	1,5	37,7
<b>Obiad:</b> pieczeń z indyka ze szpinakiem i kaszą gryczaną z brokołem gotowanym	657,1	50,6	16,8	68,9
<b>Podwieczorek:</b> bułka grahamka z hummusem i kiełkami	240,8	7,6	7	34,1
<b>Kolacja:</b> sałatka z awokado i szparagami z pieczywem wieloziarnistym	551,4	18,7	29,9	44,1
<b>SUMA</b>	2297,4	116,8	74,8	256,9
<b>ZAŁOŻENIE</b>	2202,24	110,11	73,41	275,28
<b>% REALIZACJI</b>	104,32	106,07	101,89	93,32

#### 4. Wnioski

- A. Prawidłowe żywienie jest ważnym komponentem leczenia i zapobiegania rozwojowi cukrzycy typu 2, ponieważ przyczynia się do utrzymania odpowiedniego stężenia glukozy we krwi.
- B. Terapia powinna uwzględniać zróżnicowaną dietę, odpowiednią ilość aktywności fizycznej, ograniczenie stosowania używek tj. alkohol i papierosy oraz unikanie stresu.
- C. Cukrzyca bardzo często współtowarzyszy otyłości, dlatego u pacjentów z nadmierną masą ciała konieczne jest stosowanie diety niskokalorycznej pozwalającej na jej redukcję.
- D. Istotnym aspektem leczenia cukrzycy typu 2 jest odpowiednia edukacja pacjentów w zakresie zdrowego żywienia i aktywności fizycznej.

#### 5. Literatura

- American Diabetes Association (2017) Standards of medical care in diabetes. The Journal of Clinical and Applied Research and Practice, Diabetes Care.
- Anderson JW, Randles KM, Kendall CW, Jenkins DJ (2004) Carbohydrate and fiber recommendations for individuals with diabetes: a quantitative assessment and meta-analysis of the evidence. Journal of the American College of Nutrition, 23: 5-17.
- Baranik A, Ostrowska L (2011) Praktyczne zalecenia dotyczące żywienia chorych z cukrzycą typu 2 i otyłością. Forum Zaburzeń Metabolicznych, 2, 4: 222–230.
- Bergmann K, Olender K, Odrowąż-Sypniewska G (2012) Rola otyłości i stanu zapalnego w cukrzycy typu 2 – znane fakty, nowe kontrowersje. Journal of Laboratory Diagnostics, 48, 3:313-322.
- Bulzacka M, Mikulska A (2007) Styl życia chorych na cukrzycę typu 2 w wieku 50 - 55 lat a zapotrzebowanie na edukację zdrowotną. Ann. Univ. Mariae Curie-Skłodowska, LXII, Suppl. XVIII, 306 – 316.
- Cox ME, Edelman D (2010) Testy przesiewowe i diagnostyczne w cukrzycy typu 2. Diabetologia po Dyplomie, 7, 1:34-39.
- Cypryk K (2016) Cukrzyca ciążowa — rozpoznawanie i leczenie. Ginekologia i Perinatologia Praktyczna 1, 2:41–44.
- Juruć A, Pisarczyk-Wiza D, Wierusz-Wysocka B (2014) Zalecenia dietetyczne i zachowania żywieniowe u osób z cukrzycą typu 1 — czy mają wpływ na kontrolę metaboliczną? Diabetologia Kliniczna 3(1): 22–30.
- Korzeniowska K, Jabłecka A (2008) Cukrzyca (Część I). Farmacja współczesna 1: 231-235.
- McCarthy MI, Froguel P (2002) Genetic approaches to the molecular understanding of type 2 diabetes. The American Journal of Physiology-Endocrinology and Metabolism 283: E217–E225.
- Mędrela-Kuder E (2011) Prawidłowa dieta w cukrzycy typu II jako forma rehabilitacji chorych. Roczniki Państwowego Zakładu Higieny, 62, 2:219 - 223.
- Pawlak J, Derlacz RA (2011) Mechanizm powstawania oporności na insulinę w tkankach obwodowych. Postępy Biochemii 57 (2): 200-206.
- Polskie Towarzystwo Diabetologiczne (2017) Zalecenia kliniczne dotyczące postępowania u chorych na cukrzycę 2017. Via Medica Journals.
- Skrypnik D, Skrypnik K, Suliburska J, Bogdański P, Pupek-Musialik D (2013) Dietoterapia wybranych chorób metabolicznych. Forum Zaburzeń Metabolicznych 4, 2: 80–89.
- Skupień J, Klupa T, Małecki MT (2006) Podłoże genetyczne cukrzycy typu 2. Diabetologia Praktyczna 7 (2): 67–77.
- Walicka M, Czerwińska E, Marcinowska-Suchowierska E (2011) Cukrzyca – odrębności diagnostyczne i terapeutyczne u osób w wieku podeszłym. Postępy Nauk Medycznych, 14, 5: 372-378.
- Włodarek D, Lange E, Kozłowska L, Głąbska D (2014) Dietoterapia. Wydawnictwo Lekarskie PZWL, Warszawa.
- Włodarek D, Głąbska D (2010) Zwyczaje żywieniowe osób chorych na cukrzycę typu 2. Diabetologia Praktyczna, 11, 1:17-23.
- Wolnik B, Orłowska-Kunikowska E (2007) Hiperglikemia poposiłkowa i jej znaczenie w praktyce klinicznej. Choroby Serca i Naczyń, 4, 1: 10–17.
- World Health Organization (2016) WHO ogłasza nowe dane o cukrzycy na świecie. WHO, Warszawa.

## 24. Środki słodzące a przemysł spożywczy cz. 1

Sweeteners in food industry part 1

Szaniawska Magdalena

Katedra Chemii Fizycznej, Wydział Chemii, Uniwersytet Marii Curie-Skłodowskiej w Lublinie  
Opiekun naukowy: dr hab. Katarzyna Szymczyk, prof. UMCS

Szaniawska Magdalena: magdalena.szaniawska@poczta.umcs.lublin.pl

Słowa Kluczowe: środki słodzące, sorbitol, aspartam

### Streszczenie

Substancje słodzące są dodatkami do żywności, które w produktach spożywczych zastępują cukier. Są one coraz częściej stosowane, gdyż są alternatywnym źródłem słodkiego smaku dla diabetyków. Ponadto ze względu na rosnące zainteresowanie konsumentów zdrowym trybem życia, coraz większą popularnością cieszą się produkty o obniżonej wartości energetycznej, czyli takie które zamiast sacharozy zawierają substancje intensywnie słodzące. W Polsce dopuszczone są następujące substancje intensywnie słodzące: acesulfam K, aspartam, sól aspartamu i acesulfamu, kwas cyklaminyowy i jego sole sodowe i wapniowe, neohespydryna DC, sacharyna i jej sole sodowa, potasowa i wapniowa, sukraloza, taumaryna, neotam czy stewia.

Najważniejsze zalety substancji intensywnie słodzących to: obniżenie kaloryczności, zachowanie słodkiego smaku, brak wpływu na stężenie glukozy we krwi, nie stwarzanie warunków do rozwoju próchnicy. Dzięki powyższym właściwościom substancje te mogą być pomocne w zapobieganiu i leczeniu otyłości, można je stosować zarówno w żywności dla diabetyków, jak i w żywności dla osób, które bez rezygnacji z słodkiego smaku chciałyby ograniczyć spożycie energii. Korzyści płynące ze stosowania tych substancji w żywności skłania producentów do stosowania ich w coraz szerszej gamie produktów. Celem niniejszej pracy jest charakterystyka substancji stosowanych jako słodzące w przemyśle spożywcym.

### 1. Wstęp

Substancje słodzące to naturalne oraz syntetyczne dodatki do żywności, które charakteryzują się różnym stopniem słodkości. Mogą być one dodawane do żywności w celu nadania słodkiego smaku:

- środkiem spożywczym o obniżonej co najmniej o 30% wartości energetycznej w porównaniu z oryginalnymi lub podobnymi środkami spożywczymi
- środkiem spożywczym bez dodatku cukru tzn. bez żadnego dodatku monosacharydów, disacharydów lub jakichkolwiek środków spożywczych o właściwościach słodzących (Waszkiewicz-Robak i in. 2007).

Środki słodzące mają na celu zaspokojenie występujących u człowieka potrzeb słodkiego smaku oraz poprawę cech organoleptycznych wielu produktów spożywczych. Mają one inną niż sacharoza intensywność słodzący. Słodycz substancji określa się jako stosunek intensywności słodkości jednostki wagowej danej substancji do sacharozy, której słodkość przyjmuje się za 1.

### 2. Opis zagadnienia i przegląd literatury

Intensywność smaku słodkiego określa się przez wyznaczenie wartości progowej badanych związków, czyli jak najmniejszego stężenia, przy którym smak słodki jest jeszcze wyczuwalny. Można również określić siłę słodzącą badanego związku w odniesieniu do substancji przyjętej za wzorcową (Miśkiewicz i in. 2012). W Tab. 1 przedstawiono wartość słodyczy dla wybranych substancji słodzących.

Idealny środek słodzący powinien charakteryzować się następującymi cechami:

- nietoksyczny,
- taka sama lub wyższa słodycz niż sacharozy,

- bezkaloryczny lub niskokaloryczny,
- bezbarwny,
- łatwo rozpuszczalny w wodzie,
- stabilny w wysokich temperaturach i podczas przechowywania,
- powinien ulegać prawidłowej przemianie materii,
- nie powinien wywoływać próchnicy zębów,
- powinien być odporny na zmiany pH,
- nie powinien wchodzić w reakcję z innymi składnikami żywności,
- nie powinien zmieniać cech sensorycznych produktów (Miśkiewicz i in. 2012).

**Tab. 1** Słodycz wybranych substancji słodzących.

Substancja słodząca	Słodycz
Sorbitol	0,6-0,7
Taumaryna	2000-2500
Acesulfam K	130-200
Neohesperdyna DC	1000-3000
Sacharyna	300-550
Neotam	7000-13000
Monelina	1500-3000

Zgodnie z rozporządzeniem Parlamentu Europejskiego i Rady (WE) nr 1333/2008 z 16 grudnia 2008 roku substancje słodzące powinny spełniać co najmniej jeden z następujących celów:

- zastępować cukier w żywności o obniżonej wartości energetycznej,
- w żywności nie powodującej próchnicy zębów lub w żywności bez dodatku cukru zastępować cukier,
- umożliwiać przedłużenie okresu przydatności produktu do spożycia,
- umożliwiać produkcję żywności specjalnego przeznaczenia żywieniowego.

Według rozporządzenia Parlamentu Europejskiego i Rady (WE) nr 1333/2008 z 16 grudnia 2008 roku substancje słodzące nie mogą być stosowane w żywności dla niemowląt i małych dzieci, w tym żywności dietetycznej specjalnego przeznaczenia medycznego dla niemowląt i małych dzieci (Świąder i in. 2011).

Substancje słodzące od wielu lat stosowane są w przemyśle spożywczym jako składniki produktów o obniżonej wartości energetycznej. Używa się ich m.in. w produkcji napojów, gum do żucia, deserów, dżemów czy jogurtów.

Cukry jako środki słodzące są stosowane od dawna. Najpierw stosowano miód, potem sacharozę i cukry otrzymane ze skrobi. Cukry nie są traktowane jako dodatki do żywności, ale jako jej składniki. Powszechnie obecne w produktach spożywczych pełnią wiele ważnych funkcji w produkcji i utrwalaniu żywności. Cukry są stosowane nie tylko jako substancje wywołujące odczucie słodkiego smaku, ale również jako ułatwiające dyfuzję lotnych związków smakowych i zapachowych (Miśkiewicz i in. 2012).

Cukry są odpowiedzialne również za nadawanie tekstury, hamowanie procesu denaturacji białek, przedłużanie trwałości wyrobu, utrzymanie odpowiedniego poziomu wilgoci, a także za obniżenie aktywności wody, przez co działają konserwująco.

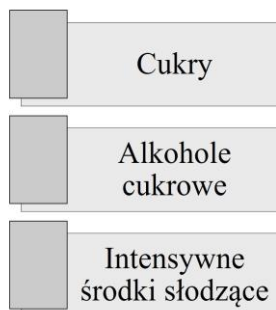
Cukry wpływają także na kolor wyrobu. W wyrobach ciastkarskich dodatek cukru zwiększa plastyczność ciasta, ale jego nadmiar powoduje rozplątanie się surowego ciasta herbatnikowego oraz zwiększa jego przylepność, która utrudnia proces formowania (Miśkiewicz i in. 2012). Zastąpienie cukrów substancją intensywnie słodzącą lub ich mieszaniną pozwala na znacznie obniżenie wartości energetycznej produktów, dzięki czemu mogą być stosowane w dietach redukujących masę ciała.

## 2.1 Podział substancji słodzących

Substancje słodzące zasadniczo można podzielić na trzy podstawowe grupy, przedstawione na rys. 1.

Substancje słodzące można sklasyfikować również według następujących kryteriów:

- 1) konsystencji
  - proszki;
  - syropy;
- 2) pochodzenia
  - naturalne;
  - syntetyczne;



**Rys. 1.** Podział substancji słodzących.

- 3) Wartości energetycznej
  - substancje dostarczające energii;
  - substancje nie dostarczające energii;
- 4) Funkcji technologicznej
  - półsyntetyczne;
  - wypełniacze;
  - środki słodzące (Miśkiewicz i in. 2012).

Stosuje się również klasyfikację z podziałem na następujące grupy i podgrupy:

- Cukry: mono i disacharydy:
  - niedozwolone dla diabetyków: sacharoza, glukoza, maltoza;
  - dozwolone dla diabetyków;
- Poliole (Alditole): półsyntetyczne, wypełniające o małej słodkości: sorbitol, mannitol, laktitol, ksylitol;
- Syntetyczne: intensywne substancje słodzące: aspartam, acesulfam K, sacharyna;
- Naturalne: słodkie białka, intensywnie słodzące, wzmacniające smak: taumaryna, mirakulina, stewia, monelina (Miśkiewicz i in., 2012).
  - Produkty zawierające substancje słodzące dzieli się również na:
    - Produkty zawierające naturalnie występujące cukry.
    - Produkty o niskiej zawartości cukrów, czyli takie, w których zawartość cukru wynosi do 5g/100g lub 2,5g/100ml produktu.
    - Produkty nie zawierające cukrów tzn. takie, w których zawartość cukru wynosi do 500mg/100g/100ml produktu (do 0,5%).
    - Produkty bez dodatku cukru, czyli takie, do których nie wprowadzono cukru podczas produkcji.
    - Produkty light, czyli produkty o obniżonej co najmniej o 30% wartości energetycznej (Miśkiewicz i in. 2012).

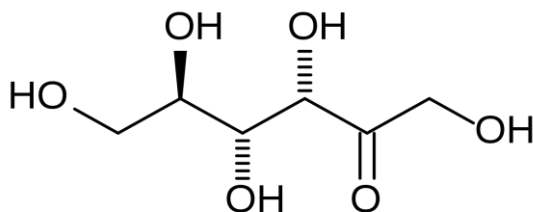
## 2.2 Monosacharydy i disacharydy

### Fruktoza

Fruktoza (Rys. 2) jest białym, drobnokrystalicznym monosacharydem o temperaturze topnienia 100°C. Omawiany związek otrzymywany jest drogą częściowej enzymatycznej hydrolizy



inuliny, która jest otrzymywana metodą ekstrakcji z korzenia cykorii ([www.zarzyccy.pl/slodziki.html](http://www.zarzyccy.pl/slodziki.html)). Fruktozę zawierają w dużych ilościach maliny.



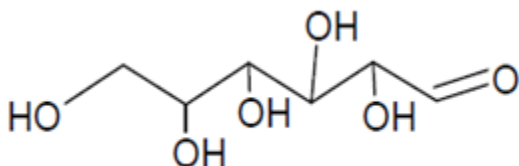
**Rys. 2.** Wzór cząsteczki fruktozy

Fruktoza jest substancją łatwo rozpuszczalną w wodzie, o wartości energetycznej równej 17,2 kJ/g. W handlu występuje w postaci syropu o zawartości 75-85% fruktozy. Fruktoza stosowana jest jako zamiennik cukru, jako substancja maskująca posmak syntetycznych słodzików, a także jako środek do obniżania temperatury zamrażania. Omawiany związek w podwyższonej temperaturze powoduje nieenzymatyczne zbrunatnienie. Ten monosacharyd stosowany jest w żywności dla diabetyków, jako składnik napojów, przecierów, dżemów owocowych czy galaretek. Fruktoza nie nadaje się do produktów o długim okresie składowania ([www.zarzyccy.pl/slodziki.html](http://www.zarzyccy.pl/slodziki.html)).

#### Glukoza

Glukoza to białe drobnokrystaliczne ciało stałe zaliczane do monosacharydów, które dobrze rozpuszcza się w wodzie. Przemysłowo glukoza otrzymywana jest przez hydrolizę skrobi z mąki ziemniaczanej i kukurydzianej, występuje ona również w znacznych ilościach w owocach, szczególnie w winogronach i miodzie.

Słodycz glukozy (Rys. 3) wynosi 0,75, a jej stężenie we krwi utrzymuje się na stałym poziomie równym 80-120 mg. Należy pamiętać, że zbyt duża ilość glukozy we krwi oznacza chorobę zwaną cukrzycę.



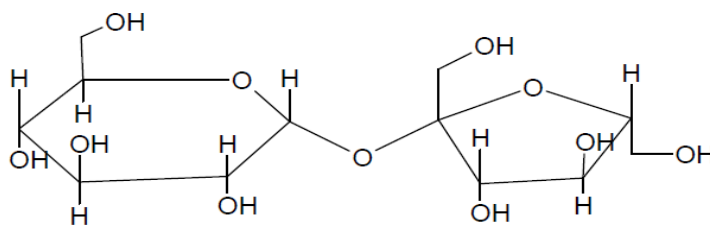
**Rys. 3.** Wzór cząsteczki glukozy.

#### Sacharoza

Sacharoza (Rys. 4) jest to disacharyd zbudowany z jednej cząsteczki glukozy i jednej cząsteczki fruktozy. Jest ona substancją nietoksyczną i dobrze rozpuszczalną w wodzie, występująca w postaci bezbarwnego, krystalicznego proszku. Sacharoza pozyskiwana jest z buraków cukrowych lub trzciny cukrowej w procesach przemysłowego oczyszczania. Źródłami sacharozy o mniejszym znaczeniu jest sorgo cukrowe i klon cukrowy (Piękoś 1995). Ponadto sacharoza występuje w wielu owocach.

Końcowy produkt przeróbki buraka cukrowego czy trzciny cukrowej zawiera czysty węglowodan, pozbawiony wszelkich składników odżywczych (głównie witamin z grupy B), dlatego słodząc herbatę dostarczamy organizmowi tylko pustych kalorii (4 kcal/g).

To właśnie sacharozę potocznie nazywamy „cukrem” i używamy jej do słodzenia napoi i przygotowywania potraw. Należy jednak pamiętać, że zbyt duża ilość tego disacharydu może prowadzić do wielu poważnych chorób m.in. próchnicy zębów, cukrzycy typu 2, otyłości, miażdżycy naczyń krwionośnych czy chorób serca (<http://portal.abczdrowie.pl/co-to-jest-sacharoza>).



Rys. 4. Struktura cząsteczki sacharozy.

### 2.3 Poliole

Poliole są to półsyntetyczne substancje słodzące o charakterze wypełniaczy o stosunkowo niskiej intensywności słodkości. Wiele alkoholi cukrowych takich jak ksylitol, sorbitol, mannitol występują naturalnie w owocach, jakkolwiek większość poliolei produkowanych jest przemysłowo prze redukcję (uwodornienie) odpowiednich cukrów np. sorbitol powstaje z glukozy, mannitol z fruktozy, ksylitol z ksylozy, laktitol z laktozy, a izomalt jest mieszaniną pochodnych sorbitolu i mannitolu (Okolska i in. 1996).

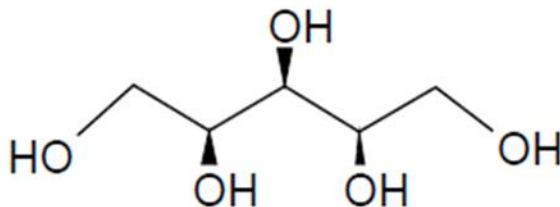
Poliole klasyfikowane są jako substancje odżywcze, które dostarczają energii porównywalnej z sacharozą, dla tych substancji słodzących nie określono AID (AID- dopuszczalne dzienne pobranie wyrażone w mg/kg ciała) tzn. zawartość tych substancji w środkach spożywczych nie jest limitowana (Okolska i in. 1996).

Alkohole wielowodorotlenowe ze względu na inny metabolizm w organizmie człowieka, w porównaniu z cukrami naturalnymi, charakteryzują się około 40% mniejszą wartością energetyczną. Absorpcja polialkoholi w jelicie cienkim przebiega powoli, dlatego nie zwiększają one gwałtownie stężenia glukozy we krwi i w efekcie nie stymulują wydzielania insuliny. Stąd też te związki często są używane w produkcji żywności przeznaczanej dla diabetyków. Ze względu na małą słodkość przeważnie stosuje się je razem z substancjami intensywnie słodzącymi takimi jak aspartam, acesulfam K i sacharyna (<http://dieta.mp.pl/zasady/show.html?id=63310>).

Poliole znajdują zastosowanie w przemyśle spożywczym dzięki ich właściwościom słodzącym. Ze względu na właściwości higroskopijne są one również stosowane jako inhibitory krystalizacji, stabilizatory, substancje utrzymujące wilgoć i teksturę produktów, wypełniacze do produkcji: wyrobów cukierniczych (ciast, deserów, gum do żucia czy przetworów owocowych).

#### Ksylitol

Ksylitol (Rys. 5) jest to pięciowęglowy alkohol polihydroksylowy, który odznacza się dobrą rozpuszczalnością w wodzie i umiarkowaną higroskopijnością. Posiada on specyficzną cechę absorbowania ciepła (-36,6 cal/g) podczas rozpuszczania w jamie ustnej, co daje wrażenie miłego chłodu. Ksylitol pomaga w przyswajaniu wapnia, dlatego pozytywnie działa na zęby i kości, jest on również bezpieczny dla diabetyków.



Rys. 5. Struktura cząsteczki ksylitolu.

Ksylitol otrzymywany jest z różnych źródeł np. z łupin nasiennych, z trocin drzewa (głównie brzozy). Materiały te zawierają średnio 20-35% ksylanu, który jest przekształcany w reakcji hydrolizy

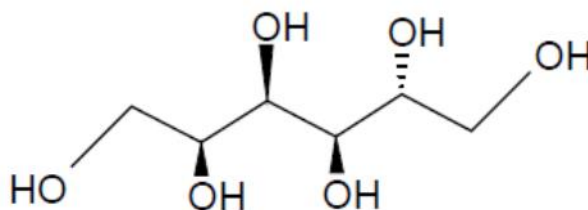
do ksylozy, a ta z kolei jest przekształcana w wyniku hydrogenacji do ksylitolu (Berner-Strzelczyk i in. 2004).

Ksylitol powstaje również podczas fermentacji biologicznej lub w wyniku działania kwasem szczawiowym na materiały celulozowe. Ponadto ksylitol występuje w roślinach takich jak: truskawki, maliny, śliwki, gruszki, porzeczki czy kalafior (Berner-Strzelczyk 2004).

Ksylitol stosowany jest w przemyśle spożywczym do słodzenia głównie gum do żucia i cukierków ze względu na działanie przeciwpróchnicze. Pomaga on również w przyswajaniu wapnia, dlatego pozytywnie działa na zęby i kości. Ksylitol zalecany jest dla osób zagrożonych i dotkniętych osteoporozą, gdyż zwiększa przyswajanie wapnia, poprawiając tym samym konsystencję kości. Omawiany związek wzmacnia mineralizację szkliwa zębowego, efektywnie regenerując drobne ubytki. Jednocześnie hamuje on procesy próchniczne oraz zapalenie dziąseł. Ksylitol jest przetwarzany w organizmie z minimalnym udziałem insuliny, wskutek czego ma indeks glikemiczny dziewięciokrotnie niższy od cukru, dzięki temu jest bardzo bezpieczny dla diabetyków. Ponadto ten alkohol polihydroksylowy posiada prawie dwa razy mniej kalorii niż cukier. Redukując wydzielanie insuliny polialkohol przeciwdziała otyłości oraz procesom przedwczesnego starzenia ([www.zarzyccy.pl/slodziki.html](http://www.zarzyccy.pl/slodziki.html)).

#### Sorbitol

Sorbitol (Rys.6) jest polialkoholem produkowanym w postaci ziarnistego białego, krystalicznego proszku lub płatków bez zapachu. Omawiana substancja bardzo dobrze rozpuszcza się w wodzie, wykazuje wysoką higroskopijność, absorbuje ciepło podczas rozpuszczania (-26 cal/g) i jest ona zdolna do obniżania temperatury zamarzania roztworu (Berner-Strzelczyk i in. 2004).



**Rys. 6.** Struktura cząsteczki sorbitolu.

Sorbitol posiada łagodnie słodki smak o silnym efekcie chłodzącym, a jego temperatura topnienia zależy od zawartości wody w cząsteczce. Ten alkohol polihydroksylowy wykazuje 50-60% słodkości sacharozy. W handlu dostępne są syropy o zawartości 30% i 50% sorbitolu.

Sorbitol jest nietoksyczny, dlatego nie określa się dla niego ADI, jednak spożywanie w ilości 25-50 g /dzień może wywoływać działanie przeczyszczające, a w większych ilościach może powodować zaburzenia trawienia.

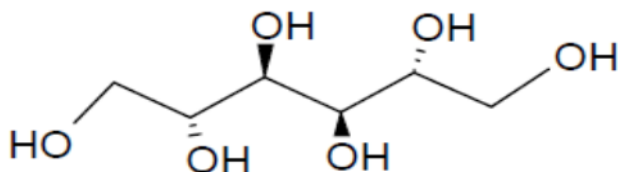
Sorbitol maskuje gorzki posmak sacharyny. Ze względu na dużą rozpuszczalność zwiększa on ciśnienie osmotyczne roztworów i tym samym działa konserwująco. Ponadto ze względu na to, że w cząsteczce sorbitolu nie występuje grupa karbonylowa odznacza się on większą stabilnością niż jednocukry. Omawiany związek jest trwały podczas gotowania i pieczenia, nie ulega fermentacji i rozkładowi bakteriologicznemu. Sorbitol wykazuje również zdolność maskowania śladów metali ciężkich, tworząc z nimi związki kompleksowe (Nowak, Mitka 2006).

Sorbitol występuje m.in. w owocach jarzębiny, czereśni, winogron, jabłek oraz w algach. Ze względu na duże światowe zapotrzebowanie na skalę przemysłową otrzymuje się również w wyniku redukcji D- glukozy. Ze względu na słodki smak i brak toksyczności sorbitol znalazł zastosowanie w przemyśle spożywczym, także jako składnik produktów przeznaczonych dla osób chorych na cukrzycę, ze względu na to, że nie podwyższa poziomu cukru we krwi w takim stopniu jak cukier.

Sorbitol stosuje się jako pochłaniacz wilgoci w produktach spożywczych, ma działanie konserwujące, opóźnia jęłczenie, a przy wypieku ciast może być stosowany wraz z drożdżami. W cukiernictwie sorbitol stosowany jest do produkcji czekolady dla diabetyków oraz jako dodatek do pieczywa poprawiający jego pulchność, miękkość smak. Dodatek sorbitolu do karmelków zapobiega niekorzystnym zmianom zachodzącym podczas ich starzenia się. Jednak wyroby cukiernicze zawierające sorbitol mają gorszy smak w porównaniu z produkowanymi na cukrze (Nowak, Mitka 2006).

#### Mannitol

Mannitol (Rys. 7) jest to alkohol cukrowy występujący u roślin i zwierząt. Stanowi on rodzaj materiału energetycznego i ochronnego, wchodzi również w skład tkanek i jest substancją osmotycznie czynną. Mannitol ma ogromne zastosowanie w przemyśle spożywczym. Ze względu na swój słodki smak, mannitol daje dodatkowy efekt chłodzenia – jest używany przy wyrobieniu niektórych słodczy, głównie gum do żucia. Ponadto jest on dobrym nośnikiem, wypełniaczem, środkiem przeciwzbrylającym i utrzymującym wilgoć produktu. Mannitol jest dodawany do dżemów, galaretek, marmolad, nadzienia i produktów mleczarskich. Ponadto jest on droższy niż pokrewny sorbitol ([www.zarzyccy.pl/słodzik.html](http://www.zarzyccy.pl/słodzik.html)).



Rys. 7. Struktura cząsteczki mannitolu.

### 3. Literatura

- Berner-Strzelczyk A, Kołodziejska J, Zgoda MM (2004) Poliole – Sorbitol i Ksylitol – kariogenne substytutu cukru. *Bromatologia i Chemia Toksykologiczna* 37: 175-180.  
<http://dieta.mp.pl/zasady/show.html?id=63310>  
<http://portal.abczdrowie.pl/co-to-jest-sacharoza>  
<http://www.zarzyccy.pl/słodziki.html>
- Miśkiewicz K, Rosicka-Kaczmarek J, Nebesny E (2012) Substancje słodzące w produktach spożywczych. *Przegląd Piekarski i Cukierniczy* 2: 58-59.
- Nowak K, Mitka K (2006) Sorbitol E 420 - naturalny dodatek do żywności cz.2. *Przemysł Fermentacyjny i Owocowo-Warzywny* 10: 40-41.
- Nowak K, Mitka K (2006) Sorbitol E 420 - naturalny dodatek do żywności cz.1. *Przemysł Fermentacyjny i Owocowo-Warzywny* 7/8: 77-78.
- Okolska G, Skrzypek B, Stoś K (1996) Substancje słodzące zastępujące cukier stosowane w przemyśle spożywczym. *Nowa Medycyna* 21: 31-34.
- Piękoś R (1995) Naturalne substancje słodzące oraz znoszące i indukujące słodki smak. *Wiadomości zielarskie* 5.
- Świąder K, Waszkiewicz-Robak B, Świdorski F (2011) Substancje intensywnie słodzące w żywności-korzyści i zagrożenia. *Problemy Higieny i Epidemiologii* 92: 392-396.
- Waszkiewicz-Robak B, Świąder K, Świdorski F (2007) Substancje intensywnie słodzące Cz. I. Właściwości i warunki ich stosowania w żywności. *Przemysł Spożywczy* 61: 22-26.

## **25. Środki słodzące w przemyśle spożywczym cz. 2**

Sweeteners in food industry part 2

Szaniawska Magdalena

Katedra Chemii Fizycznej, Wydział Chemii, Uniwersytet Marii Curie-Skłodowskiej w Lublinie  
Opiekun naukowy: dr hab. Katarzyna Szymczyk, prof. UMCS

Szaniawska Magdalena: magdalena.szaniawska@poczta.umcs.lublin.pl

Słowa Kluczowe: środki intensywnie słodzące, taumatyna, stewia, aspartam, sacharyna

### **Streszczenie**

Substancje słodzące to substancje stosowane do nadania żywności słodkiego smaku. Są to związki, które mają słodki smak i nie zawierają kalorii bądź związki, których smak słodki jest na tyle intensywny, że w produktach spożywczych można je stosować w stężeniach na tyle niskich, aby nie przyczyniły się znacząco do ogólnej kaloryczności produktów końcowych. Większość niskokalorycznych substancji słodzących jest kilkaset razy słodsza niż cukier stołowy, co oznacza, że dodanie nawet bardzo małej ilości substancji jest wystarczające do osiągnięcia efektu słodzącego. Niska kaloryczność produktów słodzonych tymi substancjami powoduje, że są one powszechnie stosowane w produktach przeznaczonych dla osób dbających o szczupłą sylwetkę. Natomiast nieobecność lub niska zawartość cukru w tych produktach powoduje, że są one wybierane przez osoby dbające o zdrowie swoich zębów oraz konsumentów cierpiących na cukrzycę.

Celem niniejszej pracy jest charakterystyka substancji stosowanych jako słodzące w przemyśle spożywczym, w drugiej części szczególnie substancji z grupy intensywnie słodzących, zarówno naturalnych, jak i sztucznych.

### **1. Wstęp**

Substancje intensywnie słodzące często nazywane są słodzikami lub niskokalorycznymi substancjami słodzącymi. Do substancji intensywnie słodzących zaliczamy zarówno substancje syntetyczne otrzymane na drodze syntezy chemicznej jak i naturalne substancje intensywnie słodzące (Świąder i in. 2011). Substancje intensywnie słodzące ze względu na swoją wysoką siłę słodzącą, w celu nadania smaku słodkiego mogą być stosowane w wielokrotnie mniejszych ilościach niż sacharoza.

Ponadto słodycz tych substancji zwiększa się przy zastosowaniu ich w mieszaninach z innymi substancjami intensywnie słodzącymi, z którymi wykazują działanie synergistyczne np.: zmieszanie aspartamu z acesulfamem K powoduje zwiększenie intensywności słodyczy o około 60% w stosunku do intensywności smaku słodkiego poszczególnych słodzików. Dodatkowo substancje intensywnie słodzące posiadają właściwości wzmacniające i utrwalające niektórych smaków i aromatów (Świąder i in. 2011).

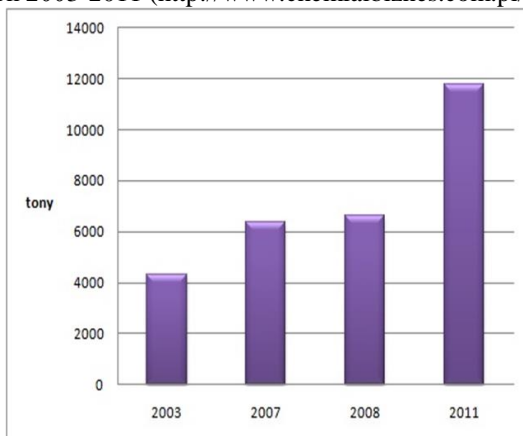
Wiele substancji intensywnie słodzących w odróżnieniu od sacharozy, wykazuje poza słodkim smakiem także inne posmaki, takie jak: gorzki, metaliczny, cierpki, lukrecjowy i ostatecznie większość z nich wykazuje słodycz, która pojawia się z opóźnieniem i dłużej utrzymuje się w stosunku do słodyczy naturalny cukrowców. Właściwości te w zależności od zastosowania w danym produkcie mogą być uznane za korzystne lub wywierające negatywny wpływ na produkt finalny (Świąder i in. 2011).

Jedną z ważniejszych właściwości substancji intensywnie słodzących jest to, że nie stwarzają warunków do rozwoju próchnicy zębów, a także nie powodują podwyższenia poziomu glukozy we krwi. Jest to dość istotne w przypadku ludzi chorych na cukrzycę lub u osób z nadwagą bądź otyłością, usuwających lub ograniczających cukier w diecie, u których zastosowanie środków słodzących pozwala na odczuwanie przyjemności wynikającej ze smaku słodkiego (Świąder i in. 2011).

Zgodnie z wynikami badań toksykologicznych, substancje słodzące mogą wpływać na organizm człowieka korzystnie np. nie podnosząc poziomu glukozy we krwi, ale mogą powodować

szereg niepożądanych zmian. Rodzaj tych zmian i ich nasilenie jest zwykle ściśle uzależnione od dawki substancji słodzącej (Świąder i in. 2011).

Wartość światowego rynku substancji intensywnie słodzących ocenia się obecnie na 1,3 mld dol. Największy udział w tym rynku ma sukraloza (36%). Najwięcej substancji intensywnie słodzących wytwarzanych jest w Ameryce Płn., a sukraloza stanowi aż 48% amerykańskiego rynku słodzików. Sukralozę otrzymuje się z sacharozy i jest ona ok. 600 razy słodsza od tego cukru. Sukraloza jest uznana za całkowicie bezpieczną substancję słodzącą (E955), która w przewodzie pokarmowym bardzo słabo się wchłania, nie ulega rozkładowi i nie dostarcza energii. Jest odporna na wysokie temperatury, dlatego można ją stosować do wypieków. Rys. 1 przedstawia światowe zużycie sukralozy w latach 2003-2011 (<http://www.chemiaibiznes.com.pl/artykuly/drukuj/19>).



Rys. 1. Światowe zużycie sukralozy.

Producenci żywności stosujący substancje intensywnie słodzące są zobowiązani do umieszczenia na etykiecie opakowania następujących informacji:

- „zawiera substancje słodzące”
- „zawiera źródło fenyloalaniny” w przypadku gdy aspartam wchodzi w skład produktu
- „na bazie” w przypadku słodzików stołowych, wymienia się nazwę substancji słodzącej wchodzącej w ich skład (Waszkiewicz i in. 2007).

W większości przypadków stosowanie środków intensywnie słodzących ma na celu wywołanie odczucia słodkiego smaku. Ze względu na obniżoną wartość energetyczną substancje intensywnie słodzące stosowane są przez osoby cierpiące na choroby powodowane upośledzeniem metabolizmu związków cukrowych, np. na cukrzycę czy otyłość, jak również przez konsumentów dbających o zdrowie i ograniczających spożycie cukrów (głównie sacharozy) w diecie (Świerczek i in. 2016).

Dostępność oraz opatentowane metody syntezy sprawiły, że opisywane związki o wysokiej intensywności smaku słodkiego znalazły szerokie zastosowanie. Zawierają je produkty spożywcze, m.in. orzeźwiające napoje bezalkoholowe oznaczane jako „light”, „dietetic” lub „sugar-free”, przetwory mleczne (jogurty, lody, zimne desery, puddingi), dżemy i marmolady, słodczyce, słodziki do kawy i herbaty, majonezy, sałatki mięsne oraz rybne, płatki śniadaniowe oraz gumy do żucia (słodka otoczka utrzymująca smak). Mogą one pełnić także rolę dodatków do żywności dietetycznej i leków, np. syropów, bezcukrowych kropli na kaszel czy tabletek. Używane są także w pastach do zębów i płynach do płukania jamy ustnej (Świąder i Waszkiewicz-Robak 2006).

## 2. Opis zagadnienia i przegląd literatury

### 2.1 Substancje intensywnie słodzące naturalne

Do substancji intensywnie słodzących pochodzenia naturalnego zaliczamy taumatynę i stewię.

Taumatyna jest to naturalna substancja białkowa składająca się z 207 reszt aminokwasowych połączonych 9 mostkami siarczkowymi, spinającymi ją mocno zapobiegając denaturacji. Znajduje się

ona w owocach *Thaumatococcus daniellii* pochodzących z Afryki Zachodniej. Taumatyna jest metabolizowana w organizmie jak każde inne białko pożywienia. Charakteryzuje się ona dużą siłą słodzącą, ok 2000-3000 razy większą niż sacharoza. Taumatyna jest całkowicie bezpieczna i nie wymaga limitowania. Wytrzymuje ona warunki pasteryzacji i UTH, zachowuje także znaczną stabilność w środowisku o szerokim zakresie pH (Kolanowski i Waszkiewicz-Robak 1998). Taumatyna po raz pierwszy została dopuszczona jako naturalny dodatek do żywności w 1979 r. w Japonii. Obecnie dozwolona jest w produktach spożywczych w Unii Europejskiej, a także w Australii, Meksyku, USA, Japonii. Natomiast w Polsce taumatyna została dopuszczona do obrotu od stycznia 1998 r. jako dodatek do produkcji niektórych wyrobów spożywczych po uzyskaniu zgody Głównego Inspektora Sanitarnego (Drzewiecka 2016).

Czysta taumaryna jest aktywna elektrostatycznie i może wchodzić w reakcję z pewną grupą barwników, z anionowymi polisacharydami soków owocowych. Oprócz właściwości intensywnie słodzących taumaryna wykazuje także wpływ na modyfikowanie smaku i wzmacnianiu aromatu potraw i napojów oraz maskowania niektórych posmaków (Kolanowski i Waszkiewicz-Robak 1998).

Taumatyna wykazuje synergizm w połączeniu z innymi substancjami intensywnie słodzącymi oraz wzmacniającymi smak i aromat. Połączenie np. 10 części taumatyny na milion aspartamu pozwala zredukować dawkę aspartamu co najmniej o 30%, otrzymując taką samą intensywność słodkości. Dodatkowo taumatyna przedłuża czas odczuwania słodkości, a tym samym przyjemnych doznań smakowych. Taumatyna stosowana jest jako jedyna substancja słodząca w stężeniach powyżej poziomu słodkości odpowiadającemu 10 % roztworu sacharozy. Ta naturalna substancja intensywnie słodząca wykazuje podobny smak do lukrecji, który nie zawsze korzystnie wpływa na smak wyrobów. Stosowanie taumatyny nabiera coraz szerszego znaczenia, szczególnie z uwagi na unikatowe i nowe możliwości poprawy jakości sensorycznej produktów spożywczych i umożliwienie zmniejszenia dawki wielu dodatkowych substancji aromatyczno- smakowych (Kolanowski i Waszkiewicz-Robak 1998).

Taumatyna skutecznie wzmacnia intensywność odczuwania wielu smaków i aromatów. Efektywnie łagodzi ostrość niektórych związków aromatycznych, przez co umożliwia większy dodatek substancji aromatyczno-smakowych bez obawy o przykry bądź zbyt ostry posmak, np. w produktach aromatyzowanych ekstraktem kawy bez wywoływania posmaku gorzkiego. Wraz z bezpośrednim wzmacnianiem odczuwania aromatu oraz smaku taumatyna działa synergicznie z innymi, naturalnie dodanymi lub obecnymi substancjami wzmacniającymi aromat lub smak, np. glutaminianem sodu i 5-nukleotydami (Kolanowski i Waszkiewicz-Robak 1998, Dłużewska i Krygier 2005).

Stewia jest to rodzaj obejmujący 240 gatunków. Odmiana *stevia rebaudiana* posiada liście, które są ok. 35 razy słodsze od buraka cukrowego. Słodki smak stewia zawdzięcza glikozydom, które mogą stanowić ponad 10% masy suchego liścia. Substancje te nie są trawione przez człowieka, dlatego też mają zero kalorii. W liściach stewii znaleziono 8 glikozydów, z których dwa (stewiozyd i rebaudiozyd A) mają największe znaczenie, a pozostałe występują w niewielkich ilościach. (<http://stewia.info.pl/>).

Stewia charakteryzuje się następującymi cechami:

- ma zero kalorii;
- jest słodsza 250-450 razy od cukru;
- rozpuszczalna w wodzie i alkoholach;
- odporna na wysoką temperaturę (do 200°C), dzięki czemu może być używana do gotowania i pieczenia;
- stabilna w kwaśnych i zasadowych płynach (pH 3-9);
- może być długo przechowywana;
- nie powoduje próchnicy zębów;
- nie podnosi poziomu cukru we krwi, więc jest bezpieczna dla diabetyków;
- jest bezpieczna dla osób chorych na fenylketonurię;
- jest nietoksyczna;
- słodziki ze stewii nie ulegają fermentacji(<http://stewia.info.pl/>).

Stewia od dawna była dostępna jako zioło w sklepach ze zdrową żywnością, ale w produktach skierowanych na szerszy rynek pojawiła się dopiero w roku 2008, po zaakceptowaniu jej przez Agencję do Spraw Żywności i Leków FDA (ang. *Food and Drug Administration*) jako dodatek do żywności. W Unii Europejskiej sprzedaż i spożywanie stewii stały się możliwe dopiero w 2011 roku, po udowodnieniu, że roślina w żaden sposób nie szkodzi ludziom (<http://stewia.zielniczek.pl/>).

## 2.2 Substancje intensywnie słodzące sztuczne

Substancje intensywnie słodzące otrzymywane są na drodze syntezy chemicznej. Tab. 1 przedstawia wybrane właściwości substancji intensywnie słodzących, m.in. dopuszczalną dzienną dawkę ADI (ang. *acceptable daily intake*) a w Tab. 2 przedstawiono charakterystykę ich słodzczy.

**Tab. 1** Wybrane właściwości sztucznych substancji intensywnie słodzących.

Nazwa	Symbol	ADI [mg/kg]	Wartość energetyczna [kcal/kg]
Aspartam	E951	50	4
Acesulfam K	E950	9-15	0
Neohesperydyna DC	E959	brak danych	2
Kwas cyklaminowy i jego sole	E952	7-11	0
Sacharyna i jej sole	E954	2,5-5	0
Sukraloza	E955	5	0
Neotam	-	2	0

**Tab. 2** Charakterystyka słodzczy wybranych substancji intensywnie słodzących.

Nazwa	Słodczyk	Charakterystyka słodzczy
Aspartam	160-200	Smak czysty, słodki
Acesulfam K	150-200	Słodczyk szybko pojawiająca się, lecz też szybko zanika. W wyższych stężeniach ma posmak gorzki, metaliczny
Neohesperydyna DC	400-600	Smak lukrecjowy, gorzkawy, mentolowy posmak, słodczyk dłużej utrzymująca się
Kwas cyklaminowy i jego sole	30-40	Smak słodko-kwaśny, słodczyk narastająca i długo utrzymująca się. Przy wyższych stężeniach ma gorzki posmak
Sacharyna i jej sole	300-500	Gorzki, metaliczny posmak
Sukraloza	300-800	Czysta słodczyk, dłużej odczuwalna
Neotam	7000-13000	Smak czysty, słodki, dłużej odczuwalny

Aspartam (Rys. 2) jest estrem metylowym L-asparagini-L-feniloalaniny. Zbudowany jest on z naturalnych aminokwasów i jest metabolizowany przez organizm. Przy rozkładzie aspartamu powstaje m.in. fenyloalanina, dlatego też wszystkie produkty z aspartamem muszą być zaopatrzone w tą informację. W stanie stałym omawiany związek jest trwały, ale rozkłada się pod wpływem temperatury powyżej 100-1200C, a w roztworach wodnych również pod wpływem pH i czasu. Jest on również słabo rozpuszczalny w wodzie. Stosowanie aspartamu ograniczone jest jego trwałością. Nie może on być stosowany do produkcji pieczywa cukierniczego i wyrobów poddawanych długotrwałej obróbce termicznej (Okolska i in. 1996).

Aspartam stosuje się głównie do produkcji napojów bezalkoholowych zazwyczaj gazowanych, ale także do produkcji gum do żucia, lodów, napojów w proszku, słodzików stołowych, produktów dietetycznych, suplementów żywnościowych (Okolska i in. 1996).

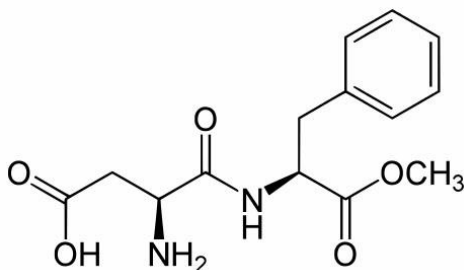
Acesulfam K (Rys. 3) ma wysoką temperaturę rozkładu (225°C) i jest dobrze rozpuszczalny w wodzie. Ponadto nie ulega on zmianom w trakcie obróbki termicznej i w trakcie przechowywania. Jest stabilny w produktach o pH > 2,0 aż do odczynów słabo alkalicznych. Nawet przy przechowywaniu żywności w temperaturze do 30-40°C przez kilka miesięcy, poziom intensywności słodzczy Acesulfamu K nie ulegnie zmianie.

Acesulfam K jest stosowany najczęściej w napojach bezalkoholowych, deserach i przetworach mlecznych, żywności pieczonej, cukierkach odświeżających oddech, przekąskach,

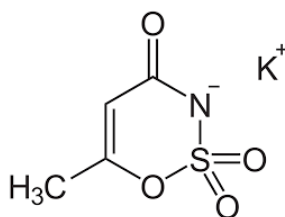


wyrobach cukierniczych, gumach do żucia, galaretkach, dżemach i innych przetworach owocowo – warzywnych, musztardach, a także w produktach dietetycznych i suplementach diety (Waszkiewicz-Robak i in. 2007).

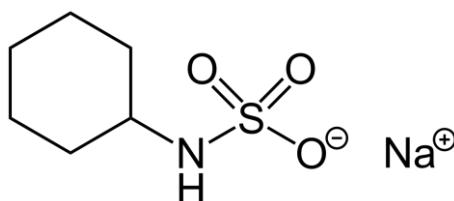
Cyklaminiany są to sole potasu, sodu (Rys. 4) lub wapnia kwasu cykloheksylosulfamowego. Cyklaminiany sodu i wapnia są elektrolitami, które silnie jonizują w roztworach i mają małą pojemność buforową. Wykazują one dobrą stabilność podczas przetwarzania i przechowywania żywności. Cyklaminiany wykazują synergizm smakowy z sacharyną maskując w ten sposób jej niekorzystny, metaliczny posmak. Ponadto są stabilne w wysokiej temperaturze, co umożliwia ich stosowanie w żywności pieczonej i gotowanej (Waszkiewicz-Robak i in. 2007).



**Rys. 2.** Wzór cząsteczki aspartamu.



**Rys. 3.** Wzór cząsteczki acesulfamu K.



**Rys. 4.** Struktura cząsteczki cykcalminianu sodu.

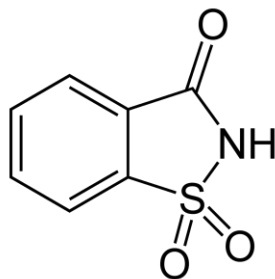
Sacharyna (Rys. 5) jest to imid kwasu o-sulfobenzoesowego. Wykazuje ona synergizm z aspartamem, cykloaminianem i sacharozą. Stosuje się ją zazwyczaj w formie soli sodowej w kombinacji z innymi słodzikami, do napojów bezalkoholowych, gum do żucia, deserów, przetworów owocowych oraz sosów (Waszkiewicz-Robak i in. 2007).

Neohespydryna DC (Rys.6) jest pochodną flawonu – produkowana jest syntetycznie, ale związki o podobnej budowie występują w warunkach naturalnych w roślinach. Jest ona stabilna w formie stałej i w roztworach wodnych o pH 2-6 oraz podczas ogrzewania.

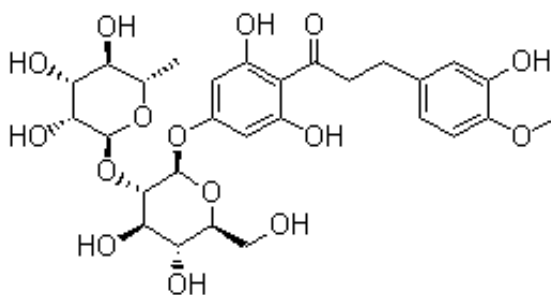
Powyższe właściwości sprawiają, że ta naturalna substancja intensywnie słodząca stosowana jest do produkcji środków spożywczych poddawanych pasteryzacji lub procesom UTH. Neohespydryna DC jest zwykle stosowana w połączeniu z innymi słodzikami (Okolska i in. 1996).

W takich mieszaninach wykazuje ona wyraźnie efekt synergistyczny i może poprawić jakość mieszanek (wzmacnia smak oraz aromat produktów). Neohespydrynę DC stosuje się ją do

produkcji: napojów bezalkoholowych, deserów, wyrobów cukierniczych, gum do żucia, preparatów wspomagających odchudzanie, produktów dietetycznych, przetworów owocowo- warzywnych (Okolska i in. 1996)



Rys. 5. Struktura cząsteczki sacharyny.



Rys. 6. Wzór chemiczny cząsteczki neohesperydyny DC.

### 3. Podsumowanie

Dieta współczesnego człowieka bogata jest w różnego rodzaju substancje słodzące. Najpowszechniej stosowanym związkiem jest sacharoza, dostępna na rynku polskim jako cukier buraczany. Problemy z niezakaźnymi chorobami przewlekłymi, w tym z cukrzycą i otyłością, nasiliły badania w kierunku pozyskania bezpieczniejszych i zarazem wydajniejszych zamienników.

Substancje intensywnie słodzące pochodzenia naturalnego, takie jak: taumatyna i glicyryzyna oraz otrzymane w wyniku procesów chemicznych: neotam, alitam, związki cyklaminianowe i sacharynianowe, acesulfam-K, aspartam, jak również ich sole, przewyższają intensywnością smaku słodkiego cukier. W przeciwieństwie do sacharozy nie mają wartości odżywczej, ale są związkami o niskiej wartości energetycznej. Jest to szczególnie ważne dla diabetyków i osób dbających o zdrowy styl życia. Opisanie substancje intensywnie słodzące są bardzo wydajne. Już niewielka ich ilość w produkcie wywołuje odczucie intensywnego słodkiego smaku, co zostało wykorzystane przy produkcji napojów orzeźwiających, słodzików stołowych, słodczy, dżemów, majonezów, przetworów mlecznych, gum do żucia, kosmetyków do higieny jamy ustnej oraz lekarstw. Odporność na wysokie temperatury i zmienne pH pozwoliły na zastosowanie tych substancji także w piekarnictwie.

### 4. Literatura

- Dłużewska E, Krygier K (2005) Wzmacniacze smaku. *Przemysł Spożywczy* 50: 18-19.  
Drzewiecka A (2016) Charakterystyka użytkowa i właściwości fizykochemiczne naturalnej substancji słodzącej taumatyny. *Nauki Inżynierskie i Technologie* 20: 32-42.  
<http://www.chemiainbiznes.com.pl/artykuly/drukuj/19>  
<http://stewia.info.pl/>

<http://stewia.zielniczek.pl/>

- Kolanowski W, Waszkiewicz-Robak B (1998) Taumatyna – środek intensywnie słodzący pochodzenia naturalnego. *Żywność. Żywnienie a zdrowie*, 1.
- Okolska G, Skrzypek B, Stoś K (1996) Substancje słodzące zastępujące cukier stosowane w przemyśle spożywczym. *Nowa Medycyna* 21: 31-34.
- Świąder K, Waszkiewicz-Robak B, Świdorski F (2011) Substancje intensywnie słodzące – korzyści i zagrożenia. *Problemy Higieny i Epidemiologii* 92: 392-396.
- Świąder K, Waszkiewicz-Robak B, Świdorski F (2011) Substancje intensywnie słodzące w żywności. *Przemysł Spożywczy* 5: 32-36.
- Świąder K, Waszkiewicz-Robak B (2006) Intensywność słodzących wybranych substancji słodzących. *ŻYWNOSĆ. Nauka. Technologia. Jakość* 46: 138-191.
- Świerczek U, Borowiecka A, Feder-Kubis J (2016) Struktura, właściwości i przykłady zastosowań syntetycznych substancji słodzących. *ŻYWNOSĆ. Nauka. Technologia. Jakość* 107: 15-25.
- Waszkiewicz-Robak B, Świąder K, Świdorski F (2007) Substancje intensywnie słodzące Cz. I. Właściwości i warunki ich stosowania w żywności. *Przemysł Spożywczy* 61: 22-26.
- Waszkiewicz-Robak B, Świąder K, Świdorski F (2007) Substancje intensywnie słodzące Cz. II. Bezpieczeństwo zdrowotne. *Przemysł Spożywczy* 6: 16-18.

## 26. Żywność funkcjonalna a choroby układu oddechowego

Functional food and respiratory diseases

Gabriela Widelska<sup>(1)</sup>, Kamila Kasprzak<sup>(1)</sup>, Aleksandra Dymek<sup>(2)</sup>, Dominik Straszak<sup>(3)</sup>, Monika Drózd<sup>(4)</sup>, Magdalena Maciejewska – Turska<sup>(2)</sup>

<sup>(1)</sup> Katedra Chemii Zakład Chemii Nieorganicznej, Uniwersytet Medyczny w Lublinie

<sup>(2)</sup> Katedra Farmakognozji Z Pracownią Roślin Leczniczych, Uniwersytet Medyczny w Lublinie

<sup>(3)</sup> Katedra i Zakład Syntezy i Technologii Chemicznej Środków Leczniczych, Uniwersytet Medyczny w Lublinie

<sup>(4)</sup> Katedra Chemii Zakład Chemii Organicznej, Uniwersytet Medyczny w Lublinie

Gabriela Widelska: gabrielachodun@yahoo.com

Słowa kluczowe: nutraceutyki, astma, rak płuc

### Streszczenie

Żywnością funkcjonalną możemy określić produkty spożywcze, które dzięki dodatkowym składnikom (minerałom, ekstraktom roślinnym, białkom itd.) podnoszą odporność organizmu, zapobiegają schorzeniom cywilizacyjnym (m. in. chorobom układu oddechowego, miażdżycy, nadciśnieniu, chorobom układu sercowo-naczyniowego, chorobom nowotworowym, cukrzycy), wspomagają terapię określonych chorób, przyczyniając się tym samym do odzyskania dobrostanu fizycznego i psychicznego organizmu oraz jego dalszego utrzymania.

Przy produkcji wielu postaci żywności funkcjonalnej używane są ekstrakty pochodzące z licznych roślin zawierających substancje aktywne w tym związki polifenolowe, charakteryzujące się licznymi właściwościami prozdrowotnymi. Źródłem takich związków mogą być m.in. kwiatostany lipy czy kwiat dziewanny, a także wiele innych.

### 1. Wstęp

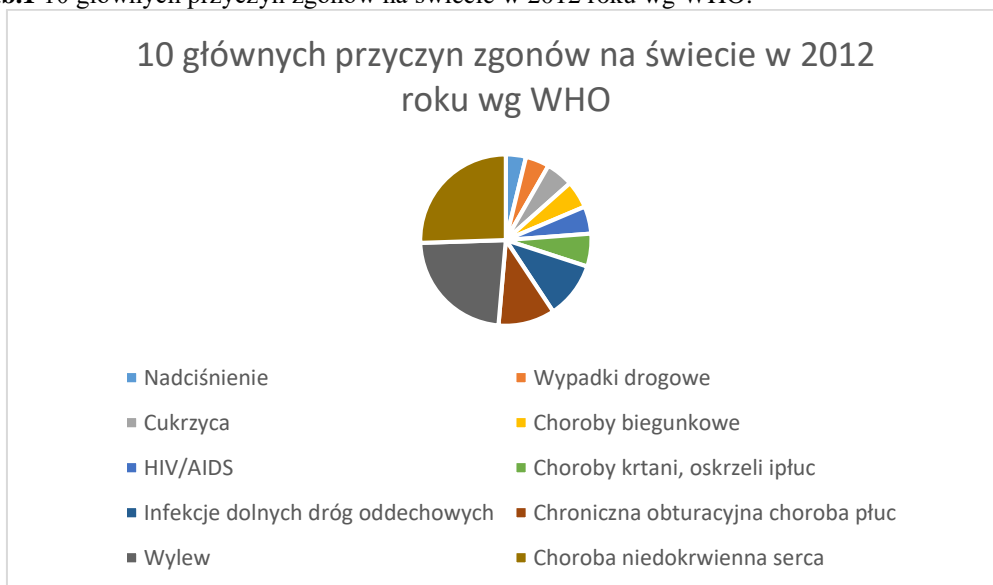
Światowa Organizacja Zdrowia podała, że w 2012 roku do 10 najczęstszych przyczyn zgonów na świecie należały niedokrwienna choroba serca (7.4 miliona ludzi), zawał (6.7 miliona), infekcje dróg oddechowych (3.1 miliona) i przewlekła obturacyjna choroba płuc (3.1 miliona) (Tab.1). Rak płuc w 2012 roku doprowadził do śmierci 1.6 miliona osób natomiast w roku 2000 ilość zgonów wynosiła 1.2 miliona. Pozostałe choroby powiązane z układem oddechowym jak na przykład astma i grypa również zbierają śmiertelne żniwo. Nie mniej jednak główny zabójca wśród licznych chorób na świecie ma powiązania z układem oddechowym i prowadzi do ok. 8 milionów zgonów rocznie, co plasuje go na niechlubnym podium głównych przyczyn śmierci na świecie (WHO 2014).

### 2. Opis zagadnienia

Naturalne terapie ziołowe tak jak i stosowanie suplementów diety z roku na rok staje się coraz bardziej popularne, zaś przyjmowanie leków konwencjonalnych obarczone jest możliwością wystąpienia licznych działań niepożądanych. W konsekwencji terapie naturalnymi składnikami pozyskiwanymi z roślin są postrzegane i zalecane jako bezpieczne uzupełnienie klasycznego leczenia (Ram i in. 2011). Bardzo istotne jest zatem ciągle pogłębianie wiedzy na temat możliwości zastosowania substancji roślinnych już nie tylko jako leków czy suplementów diety ale jako dodatku do żywności funkcjonalnej. Żywność funkcjonalna staje się co raz popularniejsza na całym świecie i nie dzieje się tak bez powodu. Pierwsze wzmianki na temat nutraceutków pochodzą z lat 80-tych XX wieku, kiedy to Japończycy naukowcy idąc za naukami i tradycją filozoficzną Dalekiego Wschodu, zaniechali wyraźnego rozróżnienia między pożywieniem a lekiem. Skonstruowano również definicję żywności funkcjonalnej mówiącą o tym, że jest to żywność pochodzenia naturalnego, która dzięki określonym modyfikacjom pozytywnie wpływa zarówno na utrzymanie dobrego stanu zdrowia jak i może być wykorzystywana w terapii chorób już istniejących. Każde prozdrowotne działanie

pożywienia (poza oczywistą funkcją odżywczą) by zostało one uznane za żywność funkcjonalną musi być uprzednio potwierdzone licznymi i dokładnymi badaniami klinicznymi. Ponadto ważne jest by żywność ta przypominała żywność konwencjonalną, a swoje korzystne działanie musi wykazywać w dawkach odpowiadających standardowemu spożyciu danego pożywienia. Nie może występować w postaci tabletek, kapsułek czy kropli ale musi stanowić część składową prawidłowej diety. Najważniejsze korzyści z jej spożycia to: przeciwdziałanie chorobom cywilizacyjnym, wspieranie leczenia już istniejących schorzeń, sprzyjanie dobrostanowi fizycznemu i psychicznemu oraz hamowanie procesów starzenia (Tanna i in. 2018). Bardzo przydatne może się zatem okazać zastosowanie żywności funkcjonalnej zarówno w terapii jak i prewencji chorób układu oddechowego. Wiele roślinnych dodatków do pożywienia może powodować aktywację śluzu w przewodzie oddechowym do walki z drobnoustrojami oraz ułatwiać usuwanie niepożądanych ciał obcych. Te części składowe roślin zapewniające zarówno smaki zapach żywności mogą spełniać również funkcję wykrztusną, udrażniającą, przeciwkaszlową, przeciwdrobnoustrojową oraz łagodzącą podrażnienia w układzie oddechowym. Dzięki odpowiednim modyfikacjom żywność funkcjonalna może powodować wzrost wydzielania śluzu, może działać destrukcyjnie na liczne patogeny, zmniejszać stan zapalny, a także poprzez rozrywanie połączeń wodorowych może wpływać na zmniejszanie lepkości wydzielanego do światła układu oddechowego śluzu (Pearson i in. 2007).

**Tab.1** 10 głównych przyczyn zgonów na świecie w 2012 roku wg WHO.



### 3. Przegląd literatury

Astma jest niejednorodną chorobą, najczęściej charakteryzującą się chronicznym stanem zapalnym dróg oddechowych z towarzyszącym świszczącym, splotym oddechem, dusznościami i kaszlem. Istniejący podział wskazuje na zewnątrzpochodną (tzw. atopową) oraz wewnątrzpochodną (nieatopową) postać astmy. W pierwszym przypadku proces zapalny inicjuje reakcja alergenu z immunoglobulinami klasy E, znajdującymi się na receptorach mastocytów i bazofilów. Wydzielane są mediatory zapalenia obkurczające oskrzela oraz prozapalne cytokiny, których zadaniem jest pobudzenie migracji eozynofików i limfocytów do punktu zapalnego. Natomiast nie wykazano udziału alergenów i IgE w powstawaniu nieatopowej postaci astmy (Ram i in. 2011). Zaobserwowano także nieprawidłowości w profilu wytwarzanych cytokin. Odnotowano ponad to zmniejszenie uwalniania przez makrofagi interleukiny 12 (IL-12), a w dalszej kolejności przewagę różnicowania się limfocytów Th0 w limfocyty Th2, wyzwalające nadmierne ilości interleukiny 4 i 5 (IL-4 i IL-5) oraz jednoczesny niedobór limfocytów Th1. Niektórzy naukowcy wysuwają przypuszczenia, że powodem zmiany fenotypu limfocytów Th0 w Th2 jest coraz rzadsze narażenie na jakiegokolwiek

infekcje dróg oddechowych w dzieciństwie (Boskabady i in. 2007). Obydwa rodzaje astmy mają ze sobą wiele cech wspólnych (udział eozynofiliów, limfocytów T, cytokin). Wykazano również, że astma atopowa po pewnym czasie może przypominać astmę nieatopową. Cały proces zapalny nie zależy wówczas aż w tak istotnym stopniu od kontaktu z alergenem, ale od uwalnianych przez komórki prozapalne mediatorów. Atakowi astmy często towarzyszy świszczący oddech, ucisk w klatce piersiowej, duszności i kaszel, wszystkie te objawy mogą ustąpić spontanicznie lub na skutek zastosowania odpowiednich leków. Najczęściej w terapii astmy wykorzystywane jest podanie kortykosteroidów za pomocą inhalatora doustnego. Badania kliniczne prowadzone nad możliwością stosowania leków ziołowych wykazały znaczną poprawę jeśli chodzi o zmniejszenie dyskomfortu snu, ilości napadów kaszlu i jego intensywności u pacjentów ze stwierdzoną astmą o etiologii alergicznej stosujących regularnie herbaty ziołowe (zawierające rumianek, anyż, kminek, szafran, koper włoski, czarnuszkę, lukrecję i kardamon) w porównaniu do tych otrzymujących placebo (Haggag i in. 2003). Dieta i odżywianie mogą znacząco wpływać na zapoczątkowanie i rozwój przewlekłego stanu zapalnego w układzie oddechowym. Jak stwierdzono w badaniach astmatycy mają znacznie niższe stężenie likopenu i witaminy A w surowicy krwi w porównaniu z grupą kontrolną, którą stanowili zdrowi osobnicy (Riccioni i in. 2007). Wykazano również, że dieta bogata w ryby lub w żywność funkcjonalną wzbogaconą w kwasy omega-3 także działa ochronnie na układ oddechowy w przypadku astmy pochodzenia alergicznego. Zaobserwowano w szczególności działanie przeciwzapalne kwasu oleinowego i heksadecanowego, które z powodzeniem może być zastosowane w terapii astmy (Ruxton i in. 2005). Dodatkowo zaobserwowano, że spożywanie świeżych owoców bogatych w witaminę C zmniejsza częstotliwość występowania objawów astmy oraz poprawiają funkcjonowanie płuc u dzieci (Swee-Ling i Suahila 2016). Jeden z możliwych i obiecujących dodatków do żywności może stanowić ekstrakt z rośliny *Euphorbia hirta* L., zawierającej w swoim składzie fitol wraz z jego izomerem (3,7,11,15-tetrametylo-2-heksadecen-1-ol), olejki eteryczne, alkaloidy, taniny i saponiny. Roślina ta regularnie stosowana jest do leczenia astmy i chorób płuc w Nigerii oraz Afryce Wschodniej i Zachodniej, przy czym nie przygotowuje się z niej typowego ekstraktu, a wyciska jej sok bezpośrednio do wody i w takiej postaci jest ona podawana chorym. Wykazano także, że obecne w składzie chemicznym fitole wytwarzane na drodze hydrolizy chlorofilu, stanowią część składową witaminy K i E – popularnych antyoksydantów zapobiegających rozwojowi stanu zapalnego w przewodzie oddechowym (Hultqvist i in. 2006). Inna roślina, *Nigella sativa* L. (kminek czarny) także posiada działanie przeciwastmatyczne. W randomizowanych badaniach kontrolnych przeprowadzono testy na grupie 29 chorych na astmę osób. Czternaścioro stanowiło grupę kontrolną, natomiast piętnaście osób leczonych było 0,1% ekstraktem z *Nigella sativa* w dawce 15mg/kg masy ciała. Wykazano znaczną poprawę (spadek liczby ataków astmatycznych, brak występowania świszczącego oddechu) u pacjentów stosujących ekstrakt w stosunku do grupy kontrolnej (Boskabady i in. 2007). Popularna w Nigerii *Asystasia gangetica* L. badana była pod kątem jej właściwości spazmolitycznych i przeciwzapalnych, których siła działania różniła się w zależności od użytego do ekstrakcji rozpuszczalnika (Aka i in. 2003). Inne rośliny o udowodnionym potencjale przeciwastmatycznym to *Allium sativum* (czosnek pospolity), *Allium ascolanicum* (szalotka), *Anacardium occidentale* (nerkowiec), *Zingiber officinale* (imbir), *Mimosa pigra* (mimoza), *Eugenia aromatica* (goździk). Wszystkie one stanowią mogą źródło ekstraktów, części składowych żywności funkcjonalnej.

Przewlekła obturacyjna choroba płuc (POChP) jest główną chorobą układu oddechowego i trzecią w kolejności po chorobie niedokrwiennej serca i udarze mózgu przyczyną zgonów na świecie. POChP charakteryzuje się niedrożnością dróg oddechowych i przewlekłą niewydolnością oddechową połączoną z długotrwałe utrzymującym się stanem zapalnym. Przewlekła obturacyjna choroba płuc może być i najczęściej jest spowodowana dychaniem toksycznych substancji między innymi pochodzących z dymu papierosowego. Toksyny te powodują przewlekłe zapalenie układu oddechowego i pęcherzyków płucnych, a następnie przewlekłe zapalenie oskrzeli i oskrzelików, a w ostateczności także rozedmę płuc. Dodatkowo występuje przerost gruczołów wydzielających śluz do przewodu oddechowego, może wytworzyć się naciek zapalny oraz dojść do zwłóknienia tkanki płucnej. Pokarm bogaty w witaminy C i E może zapobiegać i leczyć POChP, dodatkowo stwierdzono, że to właśnie palacze, u których stres oksydacyjny jest na wysokim poziomie, są bardziej podatni na

suplementację antyoksydantami. Wykazano, że dla osób niepalących dzienna protekcyjna dawka witaminy C wynosi 60mg/dobę, zaś dla palaczy wynosi ona 100mg/dobę (Romieu i Trenga 2001). Zaobserwowano, że zawarte w roślinach z rodzaju *Similax* kemferol, izoramnetyna, kwercetyna, engeletyna i ester n-butyłowy kwasu kofeinowego, a także gingerol pozyskiwany z imbiru *Zingiber officinale* hamowały aktywację czynnika NF-κB, biorącego udział w powstawaniu procesu zapalnego w układzie oddechowym (Swee-Ling i Suahila 2016). Dodatkowo wykazano, że obecna w *Curcuma longa* kurkumina była skuteczna w eksperymentalnym leczeniu zapalenia oskrzeli i rozedmy płuc. Zauważono jej wpływ na obniżenie charakterystycznych dla POChP parametrów molekularnych, ilości utleniaczy, rozległości stanu zapalnego (Ram i in. 2011). Cennym źródłem materiału roślinnego do produkcji żywności funkcjonalnej jest tradycyjna medycyna chińska. Odnotowano skuteczność wielu ekstraktów roślinnych (schizander, krotoszcz, imbir,żeń-szeń), które między innymi wzmacniają przeciwciała charakterystyczne dla antygeny w błonie śluzowej układu oddechowego przez co podnoszą odporność samego przewodu oddechowego i zmniejszają narażenie na powstawanie stanu zapalnego (Swee-Ling i Suahila 2016). Także tradycyjna medycyna Indii i Meksyku raz po raz zaskakuje możliwościami wykorzystania ekstraktów roślinnych. *Ocimum sanctum* L. (bazylija święta) dzięki swoim właściwościom stosowana jest w leczeniu zapalenia oskrzeli i przeziębienia. *Argemone ochroleuca* L. dzięki zawartości berberyny, działa zwiotczająco na mięśnie tchawicy co pomocne jest w terapii POChP. Stwierdzono także, że wyciąg z tymianka (*Thymus vulgaris* L.) hamował indukowany endoteliną skurcz tchawicy co także niesie korzyści dla chorych na astmę i POChP (Sanchez-Mendoza i in. 2008).

Grypa wywołwana jest przez wirus ortomyksowy (RNA-wirus). To ostra choroba dróg oddechowych charakteryzująca się gwałtownym początkiem z gorączką, bólem głowy, bólem mięśni, bólem gardła oraz suchym, nieproduktywnym kaszlem. Choroba ta najczęściej kończy się samoistnie, niemniej jednak jest ona niezwykle istotna ze względu na łatwość z jaką się rozprzestrzenia, możliwość wystąpienia poważnych komplikacji oraz zdolność wirusa do szybkich mutacji. Warto zauważyć, że grypa może być również chorobą śmiertelną zwłaszcza u małych dzieci, ludzi starszych oraz osób z obniżoną odpornością (Zakay-Rones i in. 2004). Podstawą terapii grypy jest stosowanie chemioterapeutyków o działaniu przeciwwirusowym, czasem dołączane są substancje pochodzenia naturalnego także o właściwościach antywirusowych. Syntetyczne substancje, głównie analogi nukleozydów, blokery kanałów jonowych oraz wirusowe inhibitory neuroamidazy, mogą powodować zarówno działania niepożądane u ludzi jak i wpływać na rozwój lekoopornych odmian wirusa. Wirus grypy namnaża się tylko w komórkach gospodarza, dlatego leki muszą w pierwszej kolejności przeniknąć przez błonę komórkową, by następnie jak najbardziej selektywnie zahamować replikację wirusa nie wykazując przy tym cytotoksyczności. Ustalono, że związki ziołowe mogą w dwojaki sposób działać na wirusa grypy. Po pierwsze, poprzez bezpośrednią inaktywację wirusa, po drugie, hamowanie wirusa pośrednio przez indukowanie interferonu i wpływ na wzrost odporności (Wang i in. 2006). Etanolowy ekstrakt z *Agrimonia pilosa* wykazuje szerokie działanie przeciwwirusowe, zarówno przeciwko wirusowi HIV, HBV, oraz wszystkim trzem podtypom wirusa ludzkiej grypy (Shin i in. 2010). Bogata w polifenole roślina śródziemnomorska *Cistus incanus* wywiera silną aktywność przeciwwirusową zarówno względem wirusa grypy ludzkiej jak i ptasiej. Ponadto nie zauważono działania szkodliwego względem komórek gospodarza, a stosowany według tradycyjnych zaleceń z południa Europy nie wykazuje żadnych działań niepożądanych (Droebner i in. 2007). *Echinacea purpurea* to kolejna roślina, której aktywne składniki wykazują silne działanie przeciwwirusowe, zarówno przeciwko grypie ludzkiej, ptasiej i świńskiej. *Sambucus nigra* działa przeciwko wirusowi grypy oraz wirusowi opryszczki. Dodatkowo łagodzi przeziębienie i stan zapalny zatok. W randomizowanej podwójnie ślepej próbie przebadano 60 pacjentów z grypą, którym podawano ekstrakt z czarnego bzu. Stwierdzono złagodzenie objawów chorobowych, skrócony czas trwania oraz brak współistnienia powikłań (Zakay-Rones i in. 2004).

#### **4. Podsumowanie**

Dolegliwości związane z płucami są jednymi z głównych przyczyn śmiertelności na świecie. Konwencjonalne terapie nie są w stanie do końca rozwiązać problemu. Już w czasach starożytnych dostrzegano właściwości terapeutyczne roślin w chorobach układu oddechowego. Od tamtego czasu

wykryto i potwierdzono szereg właściwości substancji pochodzenia naturalnego, które skutecznie wykorzystywane są w leczeniu. Mają one działanie przeciwkaszlowe, zwiotczające mięśnie, rozszerzające oskrzela, wpływające na ruchy rzęsek. Ich działanie poza badaniami potwierdza także częstość stosowania w tradycyjnych medycynach Chin, Indii czy Meksyku. Wykorzystanie ekstraktów roślinnych jako składników żywności funkcjonalnej otwiera nowe możliwości zarówno w prewencji jak i terapii chorób układu oddechowego.

## 5. Literatura

- Akah P, Ezike A, Nwafor S (2003) Evaluation of the anti-asthmatic property of *Asystasia gangetica* leaf extracts. *Journal of Ethnopharmacology* 89(1): 25-36
- Boskabady M, Javan H, Sajady M i in. (2007) The possible prophylactic effect of *Nigella sativa* seed extract in asthmatic patients. *Fundamental & Clinical Pharmacology* 21(5): 559-566
- Droebner K, Ehrhardt C, Poetter A i in. (2007) CYSTUS052, a polyphenol-rich plant extract, exerts anti-influenza virus activity in mice. *Antiviral Research* 76(1): 1-10
- Haggag E, Abou-Moustafa M, Boucher W i in. (2003) The effect of a herbal water-extract on histamine release from mast cells and on allergic asthma. *Journal of Herbal Pharmacotherapy* 3(4): 41-54
- Hultqvist M, Olofsson P, Gelderman K (2006) A new arthritis therapy with oxydative burst inducers. *PLaS Medicine* 3(9): 1-17
- Pearson W, Charch A, Brewer D i in. (2007) Pilot study investigating the ability of an herbal composite to alleviate clinical signs of respiratory dysfunction in horses with recurrent airway obstruction. *Canadian Journal of Veterinary Research* 71(2): 145-151
- Ram A, Balachandar S, Vijayananth P i in. (2011) Medicinal plants useful for treating chronic obstructive pulmonary disease (COPD): Current status and future perspectives. *Fitoterapia* 82(2): 141-151
- Riccioni G, Bucciarelli T, Mancini B i in. (2007) Plasma lykopen and antioxidant vitamins in asthma: the PLAVA study. *Journal of Asthma* 44(6): 429-432
- Romieu I, Trenga C (2001) Diet and obstructive lung diseases. *Epidemiologic Reviews* 23: 268-287
- Ruxton C.H.S, Cakler P.C, Reed S.C (2005) The impact of the long-chain n-3 polyunsaturated fatty acids on human health. *Nutrition Research Reviews* 18(1): 113-129
- Shin W, Lee K, Park M i in. (2010) Broad-spectrum antiviral effect of *Agrimonia pilosa* extract on influenza viruses. *Microbiology Immunology* 54: 11-19
- Sanchez-Mendoza M, Castillo-Henkel C, Navarrete A (2008) Relaxant action mechanism of berberine identified as the active principle of *Argemone ochroleuca* Seet in Guinea-pig tracheal smooth muscle. *Journal of Pharmacy and Pharmacology* 60(2): 229-236
- Swee-Ling L, Suahila M (2016) Functional food and dietary supplements for lung health. *Trends in Food Science & Technology* 57: 74-82
- Tanna B, Choudhary B, Mishra A (2018) Metabolite profiling, antioxidant, scavenging and anti-proliferative activities of selected tropical green seaweeds reveal the nutraceutical potential of *Caulerpa* spp. *Algal Research* 36: 96-105
- Wang X, Jia W, Zhao A i in. (2006) Anti-influenza agents from plants and traditional Chinese medicine. *Phytotherapy Research* 20(5): 335-341
- WHO (World Health Organisation) (2014) The 10 leading causes of death in the world, 2000 and 2012. WHO
- Zakay-Rones Z, Thom E, Wollan T i in. (2004) Randomized study of the efficacy and safety of oral elderberry extract in the treatment of influenza A and B virus infections. *The Journal of International Medical Research* 32: 132-140



## **27. Żywność funkcjonalna w diecie wspinaczy jako jeden z warunków dobrej aklimatyzacji**

Functional food in climbers' diet as one of the conditions for good acclimatization

Gabriela Widelska<sup>(1)</sup>, Kamila Kasprzak<sup>(1)</sup>, Aleksandra Dymek<sup>(2)</sup>, Dominik Straszak<sup>(3)</sup>, Monika Drózd<sup>(4)</sup>, Magdalena Maciejewska -Turska<sup>(2)</sup>

<sup>(1)</sup> Katedra Chemii Zakład Chemii Nieorganicznej, Uniwersytet Medyczny w Lublinie

<sup>(2)</sup> Katedra Farmakognozji Z Pracownią Roślin Leczniczych, Uniwersytet Medyczny w Lublinie

<sup>(3)</sup> Katedra i Zakład Syntezy i Technologii Chemicznej Środków Leczniczych, Uniwersytet Medyczny w Lublinie

<sup>(4)</sup> Katedra Chemii Zakład Chemii Organicznej, Uniwersytet Medyczny w Lublinie

Gabriela Widelska: gabrielachodun@yahoo.com

Słowa kluczowe: nutraceutyki, choroba wysokogórska, Sideritis scardica

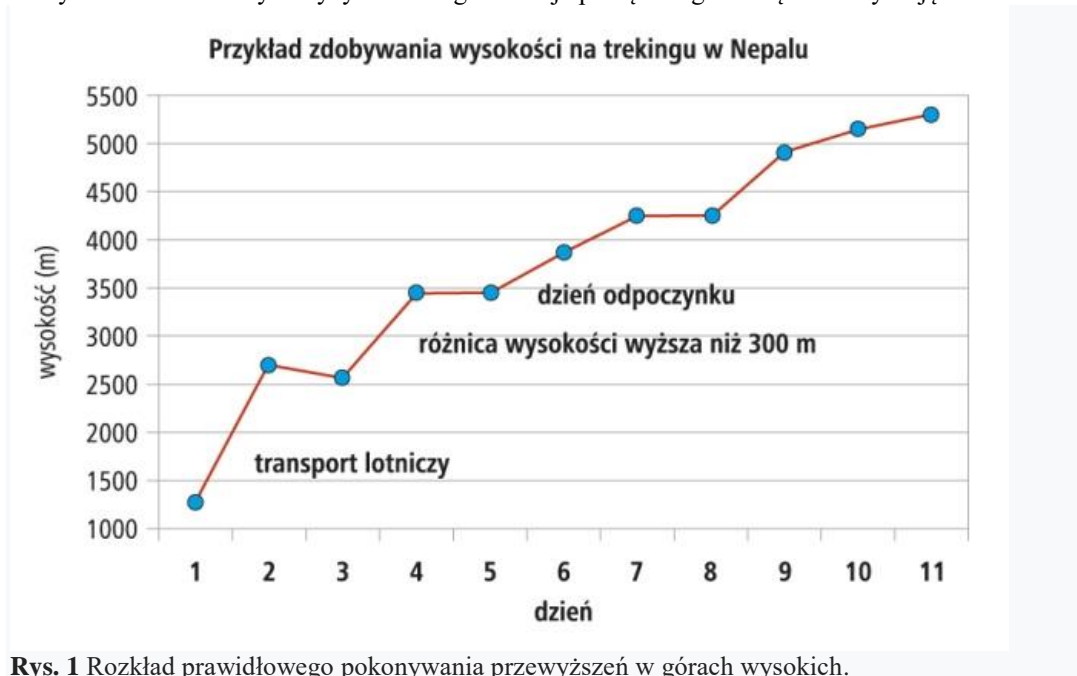
### **Streszczenie**

W górach wysokich warunki do normalnego funkcjonowania organizmu nie istnieją. Niezwykle ważna jest zatem odpowiednia aklimatyzacja dostosowana zarówno do każdego uczestnika jak i do przewidywanej maksymalnej wysokości na jaką planowana jest wspinaczka. Podczas procesu aklimatyzacji coraz częściej nacisk kładzie się na odpowiednią dietę bogatą w antyoksydanty, substancje przeciwzapalne i zwiększające produkcję hemoglobiny. Z uwagi na to, że nie możliwym jest zabranie w góry całego zapasu medykamentów badacze poszukują świeżych rozwiązań. Takim niewątpliwie staje się zastąpienie tradycyjnych posiłków żywnością funkcjonalną, a więc taką, która dzięki odpowiednim modyfikacjom wykazuje działanie prozdrowotne lub może być stosowana w terapii schorzeń. Z sukcesem jako produkty dodawane do żywności funkcjonalnej stosowane są wyciągi roślinne, między innymi z miłorzębu japońskiego lub gojnika. Dzięki nim proces aklimatyzacji w górach wysokich przebiega sprawniej i jest efektywniejszy.

### **1. Wstęp**

Główną cechą charakteryzującą duże wysokości jest grożące osobom na niej przebywającym niedotlenienie organizmu. Większość ludzi może jednak skutecznie zaaklimatyzować się do dużych wysokości. Na proces aklimatyzacji składa się kilka etapów, między innymi krótkoterminowa hiperwentylacja i długoterminowa kompensacja poprzez zwiększone pobieranie tlenu, jego transport i zużycie spowodowane zwiększoną masą czerwonych krwinek, mioglobiny i mitochondriów. Osoby, u których aklimatyzacja nie przebiegała prawidłowo lub celowo została zarzucona narażone są na różnego rodzaju choroby wysokościowe, w tym ostra choroba góraska (AMS- Acute Mountain Sickness), wysokościowy obrzęk płuc (HAPE- High-Altitude Pulmonary Edema), wysokościowy obrzęk mózgu (HACE- High-Altitude Cerebral Edema) czy dużo łagodniejszy wysokogórski ból głowy. Ponieważ każdy organizm jest inny, również wspinacze wysokogórscy różnie reagują na zmianę wysokości dlatego też bardzo ciężko przewidzieć jest u kogo wystąpią objawy a u kogo nie. Współcześni naukowcy dzięki szerokim możliwościom w celu zdiagnozowania lub określenia mechanizmów działania choroby mogą bazować na wiedzy z zakresu genomiki, proteomiki, metabolomiki, transkryptomiki i wielu innych. Dzięki takiemu podejściu łatwiejsze i przede wszystkim możliwe staje się zrozumienie patogenezy chorób wysokogórskich. Poznanie ułatwia także przeprowadzenie prawidłowej aklimatyzacji, a ta zależy przede wszystkim od odpowiedniego wcześniejszego przygotowania, które rozpoczyna się dużo wcześniej przed wyprawą. Należy także pamiętać jak istotny jest czas w jakim zdobywamy wysokości i jak ważne zachowanie jest odpowiedniego tempa. Stara maksyma alpinistów „wspinaj się wysoko ale śpij nisko”, choć coraz częściej negowana przez rządne dokonani środowisko alpinistów miała swoje logiczne uzasadnienie.

Stopniowe zdobywanie góry (Rys.1) przy wspomaganii się odpowiednim sprzętem, zbilansowanym i indywidualnie dobranym wyżywieniem gwarantuje pełną i długotrwałą aklimatyzację.



Rys. 1 Rozkład prawidłowego pokonywania przewyższeń w górach wysokich.

## 2. Opis zagadnienia

Odżywianie odgrywa niezwykle ważną rolę w osiągnięciu optymalnej wydolności w każdym sporcie, a już szczególnie istotna jest w sportach wyczynowych, do których niewątpliwie zalicza się alpinizm. Wyczynowość tego sportu (choć przez niektórych uważanego za zwykłą fanaberię) łączy w sobie wysoką aktywność fizyczną z ekstremalnie niedogodnymi warunkami środowiskowymi, mającymi niezwykle destrukcyjny wpływ na organizm wspinacza. Często przypadłością powiązaną z odżywianiem jest występująca w górach wysokich anoreksja wywołana niedotlenieniem i objawiająca się najczęściej na wysokościach powyżej 6000 m n.p.m.. Badania wykazały, że organizm może utleniać tłuszcze i węglowodany w prawidłowy sposób do wysokości 5000 m, a w związku z tym każda zaobserwowana utrata wagi do tej wysokości może być przypisana niedostatecznej podaży kalorii (Zamboni i in. 1996). Utrata wagi powyżej 5000 m wydaje się być jednak nieunikniona i wynikająca z braku apetytu oraz spowodowanych chorobą wysokościową wymiotów i nudności. Niezwykle ważne są zatem wszelkie mechanizmy kompensacyjne zapewniające stały przyływ energii, bądź to w postaci samoregulacji metabolizmu wspinacza, bądź poprzez dostarczane pożywienie.

Ogólnie przyjmuje się, że ludzka dieta powinna zawierać 55-65% węglowodanów, 12-20% białek i 20-30% tłuszczów, choć ostatnie zalecenia WHO sugerują zwiększenie udziału węglowodanów w diecie do poziomu 75%. Niektórzy autorzy popierają jednak zwiększenie na dużych wysokościach spożycia białka kosztem tłuszczu. Proponują także spożycie co najmniej 7g węglowodanów na kilogram masy ciała wspinacza i odpowiednio 1,5-2g białka na kilogram masy ciała, zaś pozostałe kalorie dostarczać w postaci tłuszczu. Szczególną ostrożność należy zachować podczas stosowania tradycyjnej, bogatej w tłuszcze diety. Może ona, na skutek niewystarczającej ilości łatwo dostępnych węglowodanów doprowadzić do przewlekłego zmęczenia mięśni. Ponadto dieta bogata w kwasy tłuszczowe wymaga znacznie większej ilości tlenu do ich zmetabolizowania, co wpływa na spowolnienie procesu aklimatyzacji (Mariscal-Arcas i in. 2010). W badaniach prowadzonych w komorze hiperbarycznej, gdzie niedotlenienie spowodowane wysokością było symulowane poprzez stopniową dekompresję, wykazano utratę wagi badanych, w stosunku do grupy kontrolnej znajdującej się w warunkach normalnego ciśnienia. Obie grupy, zarówno badana jak

i kontrolna spożywały takie same zestawy posiłków, zaś utrata wagi była wprost proporcjonalna do symulowanej wysokości (Rose i in. 1988). Wykazano, że hipoksja hiperbaryczna, powiązana z anoreksją górską i osłabionym wchłanianiem jelitowym, jest jedną z przyczyn utraty masy ciała u wspinaczy wysokogórskich. Istotny jest także poziom saturacji tlenu w organizmie, nasycenie na poziomie około 70% jest niezbędne dla zachowanie odpowiedniego wchłaniania w jelicie cienkim. W przeszłości naukowcy wielokrotnie spierali się nad rolą węglowodanów podczas aklimatyzacji. Czy wpływ na nią ma aktywność metaboliczna tłuszczu, czy udział węglowodanów nie zmienia się w zależności od wysokości, jak i czy wpływ mają ćwiczenia fizyczne wykonywane jeszcze na wysokości poziomu morza? Nie ma zbyt wielu dowodów na to, że długotrwała (bądź nagła) ekspozycja na znaczną wysokość zwiększa zapotrzebowanie na konkretny mikroskładnik pokarmowy. Choć pojawiają się doniesienia o korzyściach płynących z dodatkowej suplementacji żelaza i witaminy E (Mariscal-Arcas i in. 2010). Dodatkowo badania nad wpływem temperatury i wydatku energetycznego sugerują, że w przypadku ekspozycji na promieniowanie ultrafioletowe przy jednoczesnym obniżonym poziomie tlenu w atmosferze wskazana byłaby suplementacja antyoksydantami. Co stałoby się gdyby wszystkie te składniki zamiast w formie klasycznych tabletek dostarczać wraz z pożywieniem? Idealnym w tym przypadku rozwiązaniem dla wszystkich uprawiających sporty ekstremalne, nie tylko alpinistów, byłaby żywność funkcjonalna. Żywnością funkcjonalną możemy określić te produkty spożywcze, które dzięki swym dodatkowym składnikom wpływają na zachowanie stanu zdrowia lub biorą czynny udział w terapii chorób już istniejących. Nutraceutyki powinny przynosić korzystne działanie już podczas stosowania ich jako składników codziennej, normalnej diety. Co więcej muszą one mieć formę klasycznych produktów żywnościowych, a nie tabletek, pigułek czy innych znanych nam klasycznych postaci leków. Do produkcji żywności funkcjonalnej bardzo często używane są ekstrakty roślinne, zawierające w swoim składzie liczne substancje aktywne, w tym związki o działaniu przeciwutleniającym, co może być wykorzystane podczas aklimatyzacji jako jeden z czynników ją wspomagających.

Na dużych wysokościach długotrwałe spożywanie witamin i innych substancji o właściwościach antyoksydacyjnych może zapobiegać spowolnieniu przepływu krwi oraz zmianom dokonywanym w tkankach na skutek działania wolnych rodników (Bailey i in. 2000). Wszelkie zabiegi, także te dietetyczne, mające na celu zachowanie lub zwiększenie płynności krwi, a także wpływające na odkształcalność błony czerwonych krwinek, a przez to poprawiające transport tlenu do tkanek, wpływają bardzo korzystnie na aklimatyzujący w górach organizm. Wspomniane mechanizmy dietetyczne wpływające na płynność błony to między innymi suplementacja wielonienasyconymi kwasami tłuszczowymi i przeciwutleniaczami, które chroniłyby wielonienasycone kwasy tłuszczowe w tkankach przed wolnymi rodnikami. Uzasadnione wydaje się także uzupełnianie diety preparatami żelaza, które wspomagają syntezę hemoglobiny na dużych wysokościach (Berglung 1992).

### **3. Przegląd literatury**

W 2002 roku grupa Hiszpańskich wspinaczy podjęła próbę wejścia na mierzącą 7710m górę Jannu w Himalajach. Celem badania była analiza i ocena stosowanej przez himalaistów diety. Wszyscy uczestnicy wyprawy w wieku od 27 do 42 lat posiadali spore doświadczenie górskie i byli w doskonałej kondycji fizycznej. W trakcie eksperymentu wykazano, że dzienne zapotrzebowanie kaloryczne wspinacza mieści się w granicach 3800-6000 kcal w zależności od prowadzonej podczas wspinaczki aktywności fizycznej. Obserwowana utrata wagi (15 % przy wysokości 5300-8000m) może znacząco wpływać na osłabienie zarówno stanu psychicznego jak i fizycznego (Mariscal-Arcas i in. 2010). Niektóre badania sugerują, że spożywanie węglowodanów na pewnej wysokości poprawia natlenienie krwi i zapewnia bardziej wydajne źródło energii w porównaniu z tłuszczami i białkiem. Spożywanie jednak tych ostatnich na odpowiednim, zalecanym poziomie, w połączeniu z płynną glukozą, miało na celu zapewnienie prawidłowego funkcjonowania organizmu w warunkach wysokiego katabolizmu. Jak wykazano dieta zastosowana podczas wyprawy (bogata w tłuszcze uboga w węglowodany) nie sprzyjała aklimatyzacji, ponieważ metabolizm nadmiernej ilości tłuszczu wymagał zwiększonych dostaw tlenu, co z kolei odbywało się kosztem niedotlenienia innych tkanek.

Niedostateczne spożycie węglowodanów skutkuje słabszą regeneracją mięśni i wątroby, powodując wzrost hiperglikemii, katabolizm białek i ostatecznie prowadzi do spadku wagi.

W 2009 roku ukazały się badania prowadzone nad wpływem wyciągu z miłorzębu japońskiego (*Ginkgo biloba*) na zdolności adaptacyjne organizmu wspinaczy do znacznych wysokości (Leadbetter i in. 2009). W artykule o dość dwuznacznym tytule: „*Ginkgo biloba*. Zapobiega i nie zapobiega ostrej chorobie górskiej” zaprezentowano dwuczęściowe badania z trzecią, kontrolną grupą przyjmującą placebo. Dwie pierwsze grupy przyjmowały ekstrakt z miłorzębu japońskiego w dawce 80mg co 12 godzin, począwszy od dnia poprzedzającego wspinaczkę. W pierwszej grupie ochotników przyjmujących ekstrakt z *Ginkgo biloba* wykazano zmniejszoną częstość i spadek nasilenia ostrej choroby wysokogórskiej w porównaniu do grupy kontrolnej. W drugiej zaś grupie wyniki były całkowicie odmienne, a mianowicie nie zaobserwowano żadnego wpływu wyciągu roślinnego na zdolności aklimatyzacyjne organizmu wspinaczy. Dopiero dużo później dostrzeżone błędy w samym projekcie badania. Zakwalifikowani ochotnicy jak się okazało nie byli dostatecznie przebadani, a w związku z tym zamiast idealnie zdrowych wspinaczy do badania zakwalifikowano osoby z astmą i stanem zapalnym układu oddechowego (co już jest jednym i bardzo istotnym czynnikiem wystąpienia choroby wysokogórskiej). Dodatkowo rozbieżności w wynikach mogą wynikać z faktu, że do badania zostały wykorzystane różne preparaty i jak wynika z analizy przeprowadzonej po opisywanym eksperymencie, w znaczącym stopniu zaważyło to nie tylko na jakości badań ale i na ich wiarygodności. Od wielu lat bowiem ukazują się artykuły i pełne zachwyty nad działaniem miłorzębu japońskiego, i te o zgoła odmiennym wydźwięku (Moraga i in. 2007; Gertsh i in. 2004). Zastosowanie miłorzębu japońskiego jako składnika żywności funkcjonalnej dla sportowców jest jak najbardziej uzasadnione. Jest to znana od wieków roślina pozytywnie wpływająca na stan naczyń krwionośnych (w tym naczyń mózgowych) oraz znakomicie wpływająca na funkcje poznawcze i pamięć. Dodatkowo wpływa hamująco na powstawanie zakrzepów, które są realnym zagrożeniem utraty zdrowia lub życia dla osób przebywających na znacznych wysokościach w warunkach przewlekłej hipoksji (Jafarian i in. 2007).

Kolejne doniesienia o skuteczności substancji pochodzenia naturalnego w procesie zdobywania aklimatyzacji dotyczą popularnej śródziemnomorskiej rośliny *Sideritis scardica*. Napary z pędów kwiatowych tej ciekawej rośliny od wieków uważane są za panaceum na wszelkie schorzenia. Wykazuje działanie przeciwzapalne, antyseptyczne i łagodzące podrażnienia. Ekstrakt jest pomocny we wszystkich schorzeniach związanych z niewydolnością układu oddechowego. Dodatkowo gojnik (tak brzmi polska nazwa *Sideritis scardica*) obniża ciśnienie krwi co korzystnie wpływa na cały układ krwionośny i jest pożądane w czasie aklimatyzacji. Wykazuje również działanie przeciwutleniające, dzięki czemu zapobiega rozwojowi stresu oksydacyjnego na znacznych wysokościach. Skład chemiczny ekstraktu z gojnika również zasługuje na uwagę i zawiera między innymi flawonoidy, diterpeny, steroidy, irydoidy, kumaryny, lignany i olejki eteryczne (Tadić i in. 2012). Obecność polifenoli w tym kwasu hydroksy-cynamonowego jest najprawdopodobniej odpowiedzialna za korzystne dla aklimatyzacji efekty, a mianowicie wzrost przepływu krwi w mózgu, wzrost wysycenia tlenem, zmniejszenie bólów głowy wywołanych wysokością oraz wzrost funkcji kognitywnych wspinacza. Mechanizm działania ekstraktu najprawdopodobniej związany jest ze zdolnością zapobiegania przez polifenole wychytowi zwrotnemu neuroprzekaźnika monoaminowego. Naukowcy porównali ponadto działanie ekstraktu *Sideritis scardica* z ekstraktem z *Ginkgo biloba*. W porównaniu do grupy kontrolnej przyjmującej placebo, to właśnie w grupie poddanej działaniu ekstraktów z gojnika zaobserwowano lepsze i szybsze działanie. Wykazano ponadto większą skuteczność *Sideritis scardica* podczas badania utlenowania hemoglobiny oraz wzrost nasycenia tlenem w korze przedczołowej podczas testów poznawczych (Wightman i in. 2018). Roślina ta zatem dzięki swoim właściwościom stanowi idealny materiał do produkcji żywności funkcjonalnej mającej wspomagać aklimatyzację.

Kolejną substancją godną uwagi jest pierzga. Jest o substancja wytwarzana przez pszczoły, będąca pyłkiem kwiatowym zmieszany z miodem i zakonserwowany przez pszczoły w procesie fermentacji. Skład chemiczny pierzgi jest niezwykle bogaty i zawiera: białka (10-40%), węglowodany (fruktoza i glukoza), tłuszcze nasycone i nienasycone (fosfolipidy i fitosterole), związki polifenolowe (flawonoidy, kwasy fenolowe, leukotrieny, katechiny), związki triterpenowe

(kwas oleanowy i ursulowy), a także ogromne pokłady mikro- i makroelementów. Dzięki temu bogactwu składników pierzga może być fałszywie uznawana za remedium na każde schorzenie. Tak oczywiście nie jest. Co jest jednak pewne to jej działanie wzmacniające organizm, które od lat wykorzystywane jest przez wspinaczy, zabierających woreczki z pierzgą wysoko w góry. Ponadto wykazano, że pobudza układ krwiotwórczy do wytwarzania hemoglobiny i erytrocytów, nawet w przypadkach gdy nie skuteczne okazywały się preparaty zawierające żelazo. Właściwość ta jest niezwykle cenna podczas zdobywania aklimatyzacji w terenie wysokogórskim. (Ozcani in. 2019).

#### **4. Podsumowanie**

Skąd u niektórych ludzi taka chęć zdobywania najwyższych szczytów? Najprostsza odpowiedź padła kiedyś z ust wybitnego polskiego himalaisty Jerzego Kukuczki: ludzie jadą w góry bo są. Choć być może bardzo prosta ale również bardzo szczerą odpowiedź, rzucającą światło na sposób myślenia i postępowania wielu aktywnych wspinaczy. Oprócz naturalnych zdolności i wyszkolenia technicznego, niezwykle ważne staje się obecnie przygotowanie jeszcze przed właściwą wspinaczką. Już często na poziomie morza wspinacze intensywnie trenują by zwiększyć swoją wytrzymałość fizyczną na dużych wysokościach. Choć mijają lata, wszystko staje się coraz doskonalsze, w dalszym ciągu podstawą sukcesu (jakim jest niewątpliwie zdobycie szczytu i bezpieczny powrót do bazy) jest odpowiednia aklimatyzacja. Istnieje wiele procedur mających ją ułatwiać i sprawić, że będzie ona jeszcze trwalsza. W ostatnich latach duży nacisk kładzie się na odpowiednią, sprzyjającą aklimatyzacji dietę. Idealnym rozwiązaniem zdaje się wykorzystanie odpowiedniej żywności funkcjonalnej, zawierającej w swoim składzie naturalne substancje, które swym działaniem nie tylko usprawnią proces aklimatyzacji ale także korzystnie wpłyną na zdrowie i stan fizyczny uczestników wyprawy.

#### **5. Literatura**

- Bailey DM, Davies B, Milledge JS i in. (2000) Elevated plasma cholecystokinin at high altitude: metabolic implications for the anorexia of acute mountain sickness. *High Altitude Medicine & Biology* 1: 9-23
- Berglung B (1992) High-altitude training. Aspects of haematological adaptation. *Sports Medicine* 14: 289-303
- Gertsh JH, Basnyat B, Johnson EW i in. (2004) Randomised, double blind, placebo controlled comparison of ginkgo biloba and acetazolamide for prevention of acute mountain sickness among Himalayan trekkers: the prevention of high altitude illness trial (PHAIT). *British Medical Journal* 328(7443): 797
- Jafarian S, Gorouhi F, Salimi S i in. (2007) Sumatriptan for prevention of acute mountain sickness: randomized clinical trial. *Annals of Neurology* 62(3): 273-277
- Leadbetter G, Keyes L, Maakestad M i in. (2009) Ginkgo biloba Does-and Does Not-Prevent Acute Mountain Sickness. *Wilderness and Environmental Medicine* 20: 66-71
- Mariscal-Arcas M, Carvajal C, Monteagudo C i in. (2010) Nutritional analysis of diet at base camp of a seven thousand-metre mountain in the Himalayas. *Revista Andaluza de Medicina del Deporte* 3(4): 127-132
- Moraga FA, Flores A, Serra J i in. (2007) Ginkgo biloba decreases acute mountain sickness in people ascending to high altitude at Ollague (3696m) in northern Chile. *Wilderness and Environmental Medicine* 18:251-257
- Ozcan MM, Aljuhaimi F, Babiker EE i in. (2019) Determination of antioxidant activity, phenolic compound, mineral contents and fatty acids compositions of bee pollen grains collected from different locations. *Journal of Apicultural Science* 63(1): 69-79
- Rose MS, Houston CS, Fulco CS i in. (1988) Operation Everest. II: Nutrition and body composition. *Journal of Applied Physiology* 65: 2545-2551
- Tadić VM, Jeremic I, Dobric S i in. (2012) Anti-inflammatory, gastroprotective and cytotoxic effects of *Sideritis scardica* extracts. *Planta Medicina* 78(5):415-427

- Wightman E, Jackson P, Khan J i in. (2018) The acute and chronic cognitive and cerebral blood flow effects of a Sideritis scardica (greek mountain tea) extract: a double blind, randomized, placebo controlled, parallel groups study in healthy humans. *Nutrients* 10:955-978
- Zamboni M, Armellini F, Turcato E i in. (1996) Effect of altitude on body composition during mountaineering expeditions: interrelationships with changes in dietary habits. *Annals of Nutrition & Metabolism* 40(6): 315-324

## 28. Rośliny z rodziny *Apiaceae* – źródło substancji leczniczych i odżywczych

Plants from *Apiaceae* family – source of medicinal and nutritious substances

Jarosław Widelski<sup>(1)</sup>, Gabriela Widelska<sup>(2)</sup>, Kamila Kasprzak<sup>(2)</sup>, Dominik Straszak<sup>(3)</sup>,  
Monika Drózd<sup>(4)</sup>, Aleksandra Dymek<sup>(1)</sup>

<sup>(1)</sup> Katedra Farmakognozji Z Pracownią Roślin Leczniczych, Uniwersytet Medyczny w Lublinie

<sup>(2)</sup> Katedra Chemii Zakład Chemii Nieorganicznej, Uniwersytet Medyczny w Lublinie

<sup>(3)</sup> Katedra i Zakład Syntezy i Technologii Chemicznej Środków Leczniczych, Uniwersytet Medyczny w Lublinie

<sup>(4)</sup> Katedra Chemii Zakład Chemii Organicznej, Uniwersytet Medyczny w Lublinie

Jarosław Widelski: [jwidelski@pharmacognosy.org](mailto:jwidelski@pharmacognosy.org)

Słowa kluczowe: podagrycznik, kolendra, marchewnik anyżkowy, substancje lecznicze

### Streszczenie

Rośliny z rodziny selerowatych (*Apiaceae*) są wykorzystywane od wieków zarówno w celach leczniczych, jak i kulinarnych, zarówno jako przyprawy oraz główne składniki posiłków. Ich bogaty skład chemiczny, na który składają się olejki eteryczne, związki polifenolowe (flawonoidy i fenolokwasy) oraz kumaryny determinuje ich różnorodną aktywność farmakologiczną. Poniższy artykuł przedstawia zaledwie kilka z gatunków należących do tej tak istotnej w życiu człowieka rodziny roślin.

### 1. Wstęp

Rodzina Baldaszkowatych (*Umbelliferae*) niszcząca dziś poprawniejszą według systematyków nazwę Selerowatych (*Apiaceae*) to jedna z tych rodzin z królestwa roślin, które towarzyszą człowiekowi przy posiłku, w chorobie jak i zdrowiu, często mieszając te na pozór odległe funkcje. Liczne gatunki roślin o charakterystycznych baldachach reprezentujące tę rodzinę to wykorzystywane powszechnie w kuchni: marchew zwyczajna (*Daucus carota* L.), pietruszka zwyczajna (*Petroselinum sativum* Hoffm.), pasternak (*Pastinaca sativa* L.), seler (*Apium graveolens* L.), a także dziesiątki przypraw: koper włoski (*Foeniculum vulgare* Mill.), kolendra (*Coriandrum sativum* L.), lubczyk (*Levisticum officinale* Koch.) oraz wiele innych.

W tym doborowym towarzystwie, a w zasadzie w rodzinie występują również osobniki bardzo niebezpieczne takie jak powodujący w najlepszym wypadku fotouczulenie, a w najgorszym zagrażające życiu poparzenia barszcz sosnowskiego (*Heracleum sosnovskyi* Manden.) oraz liczne rośliny, które są silnymi truciznami np. szczywól plamisty (*Conium maculatum* L.) czy szalejadowity (*Cicuta virosa* L.).

### 2. Przegląd literatury

#### 2.1 Podagrycznik

Podagrycznik pospolity (*Aegopodium podagraria* L.), noszący ludową nazwę koziej stópki, gierszu lub barszcznicy, jest chwastem równie pospolicie występującym na terenie Europy i Azji, co trudnym do wytopienia. Swą żywotność zawdzięcza, zdolności do odrastania nawet z bardzo małych fragmentów kłączy. W kuchni używane jest świeże ziele podagrycznika, które cechując się gorzkawym smakiem, nadaje surowkom, sałatko oraz zupom pikantnego smaku i charakterystycznego aromatu (Szymanderska 2014). Podagrycznik, ze względu na swoje wartości odżywcze był cenioną jarzyną w całej średniowiecznej Europie. Świadczy o tym fakt, że można było go kupić, jako warzywo na krakowskich straganach (Kunstman i in. 2012). Udokumentowane stosowanie nadziemnych części rośliny do przyrządzania zupy znalazło odzwierciedlenie w jego ludowej nazwie – barszcznica (Kunstman i in. 2012). Choć w Polsce kulinarne zastosowania podagrycznika, kiedyś dosyć powszechne, są praktycznie zapomniane, to w krajach skandynawskich

oraz północnych Niemczech jest on głównym składnikiem wiosennej zupy „siedmiu dzikich ziół”. W krajach tych młode, nie w pełni rozwinięte liście (wtedy są najsmaczniejsze) zbierane są i po ugotowaniu stanowią wiosenną jarzynkę lub mogą być podobnie jak szpinak duszone z masłem (po uprzednim zblanszowaniu) (Szymanderska 2014). Ze starszych pędów przygotowuje się sałatki i surówki lub marynuje, ewentualnie kisi (Szymanderska 2014).

Kłącza i liście podagrycznika, były już od starożytności stosowane w medycynie ludowej. O jego przeznaczeniu najdobitniej świadczy sama nazwa rośliny, która stosowana była w leczeniu dny moczanowej, chorób reumatycznych oraz rwy kulszowej (Kunstman i in. 2012).

Pomimo powszechności jego występowania i kulinarnego oraz leczniczego stosowania od wieków skład chemiczny podagrycznika jest stosunkowo słabo poznany. Pod względem aktywności farmakologicznej najistotniejszą grupą są związki wielonienasycone, o charakterze łańcuchowym, czyli związki poliacyetylenowe, czyli związki poliinowe, wśród których wymienić można: falkarinol (panaksynol, cis-heptadeka-1,9-dieno-4,6-diino-3-ol), falkarindiol (cis-heptadeka-1,8-dieno-4,6-diino-3,10-diol), falkarinon (cis-heptadeka-1,9-dieno-4,6-diino-3-on) oraz falkarinolon (cis-heptadeka-1,9-dieno-4,6-diino-9-ol-3-on) (Christensen, Brandt, 2006; Kunstman i in., 2012). Obecność alifatycznych C<sub>17</sub>- poliacyetylenów, zwłaszcza typu falkarinolu jest cechą charakterystyczną dla roślin z rodziny selerowatych (*Apiaceae*) (Christensen, Brandt, 2006). Związki poliacyetylenowe tego typu powstają z kwasu oleinowego w wyniku procesów dehydrogenacji i β-oksydacji (Christensen i Brandt 2006).

Falkarinol oraz falkarindiol wykazują działanie przeciwzapalne oraz zapobiegają agregacji płytek krwi, co jest związane ze zdolnością do inhibicji lipooksygenazy (LOX) i 15-hydroksy dehydrogenazy prostaglandyn, co hamuje przemianę kwasu arachidonowego i powstawanie prozapalnych prostaglandyn (Alanko i in. 1994; Christensen i Brandt 2006). Aktywność związków obecnych w podagryczniku i ich właściwości antyzapalne wyjaśniają powód stosowania przetworów z tej rośliny w dnie moczanowej i innych przypadłościach artretycznych. Poza tym związki poliacyetylenowe (falkarinol oraz falkarindiol) wykazują działanie przeciwdrobnoustrojowe (Christensen i Brandt 2006).

Innym istotnym składnikiem obecnym w podagryczniku jest olejek eteryczny, zawierający głównie mono- i seskwiterpeny, którego zarówno skład jakościowy jak i ilość zależy dużym stopniu od miejsca pozyskania materiału roślinnego, który posłużył do jego destylacji. Dominującym zdecydowanie składnikiem olejku eterycznego uzyskanego z *Aegopodium podagraria* był sabinen (ponad 60%), w znaczenie mniejszych ilościach obecne były: α- i β-pinen (ok. 4 %), myrcen, octan etylu, α-tujon oraz β-felandren (Paramonov i wsp., 2000). Skład chemiczny podagrycznika uzupełniają związki polifenolowe : flawonoidy (pochodne kwercyiny i kemferolu) oraz kwasy fenolowe (Kunstman i in. 2012).

Ponadto występują tu furanokumaryny typu angularnego: angelicyna (we wszystkich organach) oraz apteryna (obecna w korzeniu) (Ojala 2000).

## 2.2 Kolendra

Kolendra siewna (*Coriandrum sativum* L.) to jednoroczna roślina z rodziny *Apiaceae* pochodząca ze wschodniej części strefy śródziemnomorskiej, a obecnie uprawiana na masową skalę w Europie, ale przede wszystkim w Azji oraz północnej Afryce. Jest to jedna z najpopularniejszych przypraw. Jako przyprawa i roślina lecznicza znana była powszechnie stosowana już w Starożytnym Rzymie.

Dojrzałe nasiona kolendry cechują się słodkawym i aromatycznym zapachem, z delikatną nutką cytrusową, zaś niedojrzałe charakteryzuje nieprzyjemny zapach (określany jako przypominający pluskwy).

Liście o świeżym, charakterystycznie aromatycznym zapachu doskonale komponują się z wieloma ostrymi potrawami z Indii oraz Bliskiego Wschodu.

Zmielone nasiona kolendry są jednym z podstawowych składników indyjskiej mieszanki curry. Służy także często do nadania niepowtarzalnego aromatu zupom oraz sosom. Równie często jest niezbędnym składnikiem marynat do mięs. Z kolendry, jako przyprawy korzysta również chętnie kuchnia arabska dodając ją do dań z jagnięciny i wszelkiego typu farszów.



Owoce kolendry używane są też do przyprawiania niektórych gatunków chleba, pierników i różnych ciast oraz cukierków. Są też składnikiem niektórych aperitifów czy likierów (Ożarowski i Jaroniewski 1987).

Ze względu na przeciwutleniające właściwości zarówno olejku eterycznego uzyskanego z kolendry, jak i ekstraktów często są one używane w przemyśle spożywczym jako zamienniki, dla substancji syntetycznych (Wei i in. 2019).

Podstawowym składnikiem czynnym owoców kolendry (*Fructus Coriandri*) jest olejek eteryczny, którego podstawowym składnikiem jest linalol (do 70%) oraz ok. 30 innych związków, wśród których wymienić można (geraniol, terpinen oraz  $\alpha$ - i  $\beta$ -pinen). Reguła w przypadku olejków eterycznych, że jego skład różni się może w zależności od pochodzenia owocu. Ponadto w owocach obecne są flawonoidy, związki kumarynowe (umbeliferon i skopoletyna), fitosterole, kwasy polifenolowe (kwas kawowy i chlorogenowy), do 20 % oleju tłustego (Ożarowski i Jaroniewski 1987).

Inny skład chemiczny charakteryzuje nadziemne części kolendry w czasie kwitnienia, kiedy to dominują w nim związki fenolowe w postaci: kwasów fenolowych (ferulowego, galusowego, kawowego, salicylowego), kumaryn (eskuliny, eskuletyny, skopoletyny, 4-hydroksykumaryny czy umbeliferonu) oraz związki flawonoidowe (hyperozyd, rutyna, hesperydynam, diosmina, luteolina, apigenina) (Oganiesyan i in. 2007).



**Rys. 1** Dojrzałe owoce kolendry siewnej (*Coriandrum sativum* L.)

Na właściwości farmakologiczne owoców kolendry podstawowy wpływ ma obecność olejku eterycznego, a głównie obecnego w nim linalolu, który działa spazmolitycznie (rozkurczowo) na mięśnie gładkie przewodu pokarmowego oraz dróg żółciowych. Skutkiem tej aktywności, jest zniesienie stanów spastycznych, zwłaszcza gdy mięśnie gładkie były w stanie nadmiernego skurczu (Lamer-Zarawska i in. 2007). Przywraca to prawidłową perystaltykę jelit, przechodzenie przez nie treści jelitowych, a także swobodne odchodzenie gazów (*remedium carminativum*). Zmniejszenia napięcia mięśni gładkich w obrębie dróg żółciowych ułatwia przepływ żółci do dwunastnicy, co ułatwia zarówno proces trawienia pokarmów jak i przyswajanie składników odżywczych (Chalal i in. 2017; Ożarowski i Jaroniewski 1987).

Olejek kolendrowy działając przeciwbakteryjnie może również przyczynić się do przywrócenia naturalnej flory bakteryjnej.

Ze względu na opisane właściwości owoce kolendry stosuje się głównie w schorzeniach przewodu pokarmowego, zwłaszcza w tych przebiegających ze zmniejszonym wydzielaniem soku żołądkowego, nadmiernych stanach skurczowych jelit, zaburzeniach przepływu żółci czy nadmiernej fermentacji w jelitach.

### 2.3 Marchewnik anyżkowy

Marchewnik anyżkowy (*Myrrhis odorata* L.) nazywany też mirnikiem wonnym czy trzebulą hiszpańską to wysoko bylina, która przypomina wyglądem delikatną paproć (Szymanderska, 2014). Jego nasiona były używane jako przyprawa już w Starożytności i to zarówno w Grecji i Rzymie. Jego nazwa gatunkowa w języku łacińskim pochodzi od greckiego słowa określającego wonną żywicę – *mirra* (Szymanderska 2014).

Ciekawostką jest, że marchewnik jest jedną z niewielu roślin, które charakteryzując się słodkim smakiem mogą być spożywane zarówno przez diabetyków jak i osoby odchudzające się. (Szymanderska 2014). Liście marchewnika są delikatne i cechują się łagodnym smakiem i charakterystycznym anyżkowym zapachem, który traci wraz z kwitnieniem rośliny. Charakterystyczny zapach młodych liści marchewnika jest spowodowany składem olejku eterycznego, który jest w nich obecny, a zwiera jako dominujący komponent anetol (82-85 %) (Tkachenko i Zenkevich 1993).

Niedojrzałe nasiona jedzone są na surowo lub służą do posypywania sałatek. Posiekane świeże liście dodawane są do omletów, zup oraz gotowane są razem z kwaśnymi owocami w celu zmniejszenia ich cierpkości (Rancic i in. 2007). Korzeń macerowany w brandy ma ogólne właściwości tonizujące, łagodne działanie antyseptyczne i ułatwiające trawienie (Rancic i in. 2007). Napary z liści *Myrrhis odorata* L. polecane są jako środek na anemię u osób starszych (Bremness 1995). Największy wpływ na aktywność marchewnika ma olejek eteryczny, którego głównym składnikiem jest p-cymen (ok. 60 %). Poza tym występują w nim  $\alpha$ -terpinen,  $\beta$ -pinen, kamfen, limonen,  $\delta$ -kadinen oraz  $\alpha$ -selinen (Rancic i in. 2005). Olejek ten wykazuje aktywność przeciwdrobnoustrojową (Rancic i in. 2005).

Oprócz tego w liściach marchewnika wonnego zawierają flawonoidy np. 7-O-glukozyd kemferolu oraz cynarynę oraz inne związki polifenolowe, co wpływa na właściwości przeciwutleniające ekstraktów otrzymanych z tego organu (Ferrer i in. 2016).



Rys. 2 Owoce marchewnika anyżkowego (*Myrrhis odorata* L.).

## 2.4 Arcydzięgiel litwor

Arcydzięgiel litwor lub arcydzięgiel lekarski (*Archangelica officinalis* Hoffm.) ma w potocznym języku wiele nazw: ziele Świętego Ducha, gołębia pokrzywa, lubszcza, angelika, anżelika, anielskie ziele, anielski korzeń, dzięgiel wielki czy korzeń piersiowy (Szymanderska 2014).

Przyprawę stanowią mogą w zasadzie wszystkie części rośliny, zarówno owoce, korzeń i świeże liście, które charakteryzują się ostrym, przyjemnym korzennym zapachem i nieco gorzkawym i piekącym smakiem (Szymanderska, 2014). Kraje północnej Europy traktują łądzyki arcydzięgla jak jarzynę, podczas gdy Francuzi sporządzają z niego konfitury (Szymanderska 2014).

Kandyzowane ogonki liściowe arcydzięgla litwora służą do ozdabiania tortów i ciast. Ze względu na swój intensywny i charakterystyczny zarazem smak wyciągi z tej rośliny służą do wyrobu likierów ziołowych lub aromatycznych wódek w tym polskiej litworówki czy dzięgielówki (Ożarowski i Jaroniewski 1987). Świeże korzenie arcydzięgla duszone jak i gotowane można podawać jak jarzynkę (Szymanderska 2014).

Wszystkie części *Archangelica officinalis* Hoffm. zawierają olejek eteryczny. W olejku z korzeni dominuje  $\beta$ -felandren, podczas gdy  $\alpha$ -felandren jest głównym składnikiem w owocach. Skład olejku eterycznego uzupełniają inne terpeny takie jak cymen, kamfen oraz limonen.

Drugą ważną grupą związków naturalnych występujących w arcydzięglu są kumaryny należące zarówno do kumaryn prostych (umbeliferon, umbeliprenina, ostenoł i ostol) jak i fruranokumaryn (ksantotoksyna, ksantotoksol, angelicyna, imperatoryna, bergapten, oksypeucedanina). W arcydzięglu obecne są również licznie kwasy organiczne (kwas angelikowy, cutrynowy, fumarowy czy kawowy) oraz fitosterole i flawonoidy (Lamer-Zarawska i in. 2007; Ożarowski i Jaroniewski 1987).

Przetwory z arcydzięgla zwiększają wydzielanie soku żołądkowego z uwagi na odruch wywołany gorzkim smakiem. Następuje zwiększeniu diurezy i wydzielania potu, co przyspiesza usuwanie toksyczny produktów przemiany materii z organizmu. Furanokumaryny oraz niektóre ze składników olejku eterycznego działają rozkurczowo na mięśnie gładkie przewodu pokarmowego oraz dróg żółciowych (*remedium cholagogum* i *carminativum*).

Jedną z furanokumaryn, angelicyna wyróżnia się działaniem uspokajającym (sedatywnym). Olejek eteryczny wykazuje właściwości bakterio i grzybobójcze.

Przetwory z korzenia arcydzięgla stosowane są zatem w różnego rodzaju zaburzeniach trawiennych wynikających ze zbyt małego wydzielania soku żołądkowego i problemów z prawidłowym przepływem żółci, a objawiających się bólami brzucha, wzdęciami, brakiem łaknienia czy stanami spastycznymi.

Ponad to stosuje się z powodzeniem przetwory z arcydzięgla w umiarkowanym pobudzeniu nerwowym.

## 3. Podsumowanie

Rodzina selerowatych (baldaszkowatych) obejmuje wiele gatunków wśród których występują zarówno rośliny lecznicze i przyprawowe. Najczęściej bywa tak, że funkcja terapeutyczna i kulinarna są połączone. Związki naturalne występujące w tych gatunkach, wśród których wymienić można olejki eteryczne, kumaryny, związki polifenolowe czy poliinowe wpływają zarówno na aktywność biologiczną jak walory smakowo-zapachowe roślin. Potwierdza to zasadność stosowania przypraw z rodziny selerowatych, które nie tylko dodają potrawom korzystnych cech, ale też wpływają pozytywnie na organizm człowieka.

## 4. Literatura

Alanko J, Kurahashi Y, Yoshimoto T (1994) Panaxynol, poliacyetylene compound isolated from oriental medicines, inhibits mammalian lipoxygenases. *Biochemical Pharmacology* 48(10): 1979-1981

Bremness L (1995) *Herbs. Eyewitness-handbooks*. A DK Publishing: 77-193

- Chahal KK, Singh R, Kumar A i in. (2017) Chemical composition and biological activity of *Coriandrum sativum* L. : a review. *Indian Journal of Natural Products and Resources* 8(3): 193-203
- Christensen LP, Brandt K (2006) Bioactive polyacetylenes in food plants of the Apiaceae family: Occurrence, bioactivity and analysis. *Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis*: 41: 683 - 693
- Farzaei MH, Abbasabadi Z, Ardekani MRS i in. (2013) Parsley: a review of ethnopharmacology, phytochemistry and biological activities. *Journal of Traditional Chinese Medicine* 33(6): 815-826
- Ferrer DB, Venskutonis PR, Talou T i in. (2016) Bioactive compounds and antioxidant properties of *Myrrhis odorata* deodorized residue leaves extracts from Lithuania and France origin. *The Pharmaceutical and Chemical Journal* 3(3): 43-48
- Kunstman P, Wojcińska M, Popławska P (2012) Podagrycznik pospolity (*Aegopodium podagraria* L.), *Postępy Fitoterapii* 4: 244-249
- Lamer-Zarawska E, Kowal-Gierczak B, Niedworok J (2007) *Fitoterapia i leki roślinne*. Wydawnictwo Lekarskie PZWL, Warszawa
- Oganessian ET, Nersesyan ZM, Parkhomenko AY (2007) Chemical composition of the above-ground part of *Coriandrum sativum*. *Pharmaceutical Chemistry Journal* 41(3): 30 - 34
- Ojala T. (2000) *Biological screening of plant coumarins*. Academic dissertation, Helsinki
- Ożarowski A, Jaroniewski J (1987) *Rośliny lecznicze i ich praktyczne zastosowanie*. Instytut Wydawniczy Związków Zawodowych, Warszawa
- Paramonov EA, Khalilova AZ, Odinokov VN i in. (2000) Identification and biological activity of volatile organic compounds isolated from plants and insects. III. Chromatography-mass spectrometry of volatile compounds of *Aegopodium podagraria*. *Chemistry of Natural Compounds* 36(6): 584-6
- Rancic A, Sokovic M, Vukojevic J i in. (2005) Chemical composition and antimicrobial activities of essential oils of *Myrrhis odorata* (L.) Scop, *Hypericum perforatum* L. and *Helichrysum arenarium* (L.) Moench. *Journal of Essential Oil Research* 17: 341-345
- Szymanderska H (2014) *Z łąki na talerz*. Świat Książki, Warszawa
- Tkachenko KG, Zenkevich IG (1993) Chemical composition of leaf oil of *Myrrhis odorata* (L.) Scop. *Journal of Essential Oil Research* 5: 329 - 331
- Wei JN, Liu ZH, Zhao YP i in. (2019) Phytochemical and bioactive profile of *Coriandrum sativum* L. *Food Chemistry* 286: 260-267

## **29. Owoce roślin egzotycznych i ich prozdrowotne właściwości**

Fruits of exotic plants and their pro-health properties

Wiśniewski Patryk, Górecka Izabela

Katedra Towaroznawstwa i Badań Żywności, Wydział Nauki o Żywności, Uniwersytet Warmińsko – Mazurski w Olsztynie

Opiekun naukowy: dr n. wet. inż. Magdalena Polak – Śliwińska

Wiśniewski Patryk: paatrykk.w@wp.pl

Słowa Kluczowe: mangostan właściwy, ananas jadalny, granat właściwy, pitahaya, awokado

### **Streszczenie**

Współcześnie owoce egzotyczne bardzo często stanowią część składową naszej diety. Fakt ten wynika zarówno z atrakcyjnego, niespotykanego wyglądu, ciekawego smaku, a przede wszystkim z zawartości cennych składników bioaktywnych. Celem pracy było przybliżenie właściwości prozdrowotnych wybranych owoców egzotycznych - mangostanu, ananasa, granatu, pitahaya oraz awokado. Każdy z owoców charakteryzował się wysoką zawartością związków biologicznie czynnych sprzyjających utrzymaniu zdrowia. Owoce egzotyczne stanowią niewątpliwie dobre źródło niezbędnych witamin i innych związków przyczyniających się do prawidłowego funkcjonowania organizmu. Ze względu na ich walory zdrowotne warto włączyć je do codziennej diety.

### **1. Wstęp**

Żywność pochodzenia roślinnego, owoce, jak i warzywa są źródłem wielu składników odżywczych, tj. błonnika, węglowodanów, białka, tłuszczów, składników mineralnych i witamin, jak i składników nieodżywczych, wywierających korzystny wpływ na ludzki organizm.

W literaturze coraz częściej opisywane są badania, które dowodzą, że zwiększenie spożycia owoców i warzyw może zapobiec lub przynajmniej ograniczyć ryzyko wystąpienia wielu chorób dietozależnych (udar, zawału, nadciśnienia czy choroby wieńcowej serca). Zwiększenie spożycia żywności pochodzenia roślinnego może też ograniczyć czy zniwelować przyrosty masy ciała, redukując w pewien sposób ryzyko cukrzycy typu 2, a także niektórych chorób oczu, demencji i osteoporozy. Istnieje też prawdopodobieństwo zmniejszenia zachorowalności na nowotwory przy zwiększonej konsumpcji warzyw i owoców. Niezadawalające efekty terapeutyczne oraz liczne działania niepożądane przypisywanej przez specjalistów farmakoterapii, przyczyniły się do wzrostu badań nad tzw. „super żywnością” (z ang. „superfood”), którą określa się naturalne produkty żywnościowe, o nietypowych wartościach odżywczych, a także zawierających składniki pokarmowe o prozdrowotnych właściwościach dla zdrowia człowieka, między innymi awokado, jagody acai, nasiona chia, aloes, jarmuż i inne (Banach i in. 2017, Cieślik i in. 2017; Dżugan i in. 2016, Przeor i Flarczyk 2015). W ostatnich latach ze względu na gwałtowny rozwój handlu międzynarodowego (import) zaobserwowano wzrost spożycia owoców egzotycznych, czego niewątpliwie korzystnym aspektem było wzbogacenie rynku różnorodnością dostępnych dla konsumentów gatunków o równie korzystnych właściwościach, tj. mangostan, ananas, granat, pitaya i awokado.

### **2. Charakterystyka prozdrowotnych właściwości wybranych owoców roślin egzotycznych**

#### **2.1 Mangostan właściwy**

Mangostan właściwy (*Garcinia mangostana* L.) nazywany jest również garcynią, smaczeliną, żółtopłą bądź żółcieczą. Roślina ta pochodzi z Azji Południowo-Wschodniej, przypuszczalnie z Archipelagu Malajskiego (Indonezja). Obecnie uprawiany jest także w północnej Australii, Brazylii, Birmie, Ameryce Środkowej, na Hawajach, w Indiach, Indonezji, Malesji, Sri Lance, Tajlandii, Wietnamie i innych krajach tropikalnych. Owoce mangostanu zbliżony jest

wielkością do mandarynki. Posiada grubą skórkę o ciemnofioletowej barwie (Cieślik i in. 2017). Miąższ owocu jest biały, miękki i soczysty, smak słodki i lekko kwaśny (z nutą cytrusów i brzoskwiń), zaś masa wynosi około 75–113 g (z czego około 29% całkowitej masy stanowi część jadalna). Ze względu na walory sensoryczne owoc mangostanu nazywany jest „królem owoców” oraz staje się coraz bardziej popularny i pożądanym na całym świecie. Spożywany jest na surowo lub w postaci przetworzonej (soki, dżemy, konfitury i wina). Dodaje się go także do herbat, jogurtów czy lodów (Kulczyński i in. 2015). W składzie chemicznym owocu przeważają węglowodany. Cukry proste stanowią około 16 % (głównie fruktoza i glukoza). Mangostan jest bogatym źródłem błonnika pokarmowego, a także witamin. Warto zwrócić uwagę na dużą ilość witamin z grupy B (tiamina, ryboflawina) oraz rozpuszczalnych w tłuszczach ( $\beta$ -karoten, tokoferole). Stwierdzono także znaczną liczbę składników mineralnych (między innymi sód, potas, wapń, magnez, żelazo, fosfor, cynk, miedź) i wiele substancji biologicznie aktywnych, głównie przeciwutleniaczy (Cieślik i in. 2017). Analiza owoców mangostanu wykazała obecność w nich polifenoli na poziomie 7,51 mg GAE w 1 g suchej masy (GAE – ang. gallic acid equivalent, ekwiwalent kwasu galusowego), zaś w innych badaniach przeprowadzonych metodą z odczynnikiem Folina oznaczono zawartość związków fenolowych na poziomie 85 mg GAE w 100 g świeżej masy owocu. Wśród związków fenolowych stwierdzono największą zawartość antocyjanów (6,82 mg CGE – ang. cyanidin-3-glucoside equivalent, ekwiwalent glukozydu 3-cyjanidyny) oraz tanin (2,81 mg CE – ang. catechin equivalent, ekwiwalent katechiny). Ważną grupę fitoskładników zawartych w mangostanie stanowią ksantony (Kulczyński i in. 2015). Głównymi ksantonami znajdującymi się w owocach mangostanu są  $\alpha$ - i  $\gamma$ -mangostyna. Ksantony występujące w owocach mangostanu mają działanie hipolipemiczne (obniżają poziom frakcji LDL cholesterolu), hipotensyjne (obniżają ciśnienie tętnicze krwi), hipoglikemiczne (obniżają glikemię), zapobiegają miażdżycy, chronią mięsień sercowy, zapobiegają otyłości (powodują utratę masy ciała), przeciwdziałają chorobom Alzheimer’a i Parkinsona. Dodatkowo wykazano ich właściwości przeciwwgrzybicze, przeciwbakteryjne, przeciwwirusowe, przeciwzapalne, przeciwgorączkowe, immunostymulujące, przeciwnowotworowe i hamujące proces starzenia się organizmu (Cieślik i in. 2017).

## 2.2 Ananas jadalny

Ananas jadalny (*Ananas comosus* L.) z rodziny bromeliowatych (*Bromeliaceae*) jest wieloletnią byliną pochodzącą z Ameryki Południowej. Charakteryzuje się sztywnymi, równoległymi, łukowo wygiętymi liśćmi, które kończą się ostrym i kłującym wierzchołkiem tworzącym rozetę. Owocostan nazywany jest jagodostanem i rozwija się z całego kwiatostanu żeńskiego. Dojrzały miąższ owoców charakteryzuje się kolorem żółtawozielonym do pomarańczowego i ma słodko-kwaśny smak, jest aromatyczny i soczysty (Zielonka-Brzezicka i in. 2017). Głównym składnikiem ananasa jest woda, stanowiąca aż 85,3–87,0% jego objętości. Jest to owoc niskokaloryczny - w 100 g zawarte jest około 50 kcal, które pochodzą głównie z węglowodanów - sacharozy, glukozy i fruktozy (Zdrojewicz i in. 2018). Ananas jest znanym na całym świecie owocem, spożywanym zarówno w formie świeżej, jak i przetworzonej. Zawiera enzymy, mogące wspomagać funkcjonowanie układu pokarmowego, działające przeciwnowotworowo i przeciwwirusowo. Jedną z najlepiej poznanych substancji czynnych, których źródłem jest ananas, jest bromelaina, którą pozyskuje się z łodyg, owoców i liści. Ma ona działanie przeciwzapalne, zmniejsza ból u pacjentów z artretyzmem oraz ryzyko tworzenia się blaszki miażdżycowej i powstawania zakrzepów. (Zielonka-Brzezicka i in. 2018). Ananas zawiera wiele cennych składników, które korzystnie wpływają na funkcjonowanie organizmu człowieka. Stanowi on bogate źródło witamin (szczególnie witaminy C) i minerałów. Jeden dojrzały ananas pokrywa około 16,2 % dziennego zapotrzebowania osoby dorosłej na witaminę C, zaś zaledwie pół szklanki soku z tego owocu zapewni 28 mg witaminy C, co stanowi 50 % dziennego zapotrzebowania. Witamina ta należy do antyoksydantów i chroni zdrowe komórki przed działaniem wolnych rodników. Innym ważnym związkiem występującym w ananasie jest kwas hydroksybursztynowy, zwany również kwasem jabłkowym. Do jego cennych właściwości należą: wzmacnianie odporności organizmu, udział w ujędrnianiu i wygładzaniu skóry, zmniejszanie ryzyka zatrucia metalami, zapobieganie chorobom dziąseł. Ananasy zawierają mangan, który zaliczany jest do pierwiastków śladowych. Jest

on kofaktorem wielu enzymów, a także bierze udział w budowie kości i tkanki łącznej. Jedna szklanka soku dostarcza 1,3 mg tego pierwiastka, co pokrywa 73 % dziennego zapotrzebowania (Zdrojewicz i in. 2018).

### 2.3 Granat właściwy

Granat właściwy (*Punica granatum* L.), nazywany także granatowcem właściwym, należy do rodziny granatowcowatych (*Punicaceae*) i pochodzi z rejonów Morza Śródziemnego oraz z Bliskiego i Środkowego Wschodu. Zaliczany jest on do krzewów. Charakteryzuje się pomarańczowymi kwiatami i owocami o kulistym kształcie, które pokryte są purpurową lub ciemnożółtą, twardą, skórzastą okrywą. Wewnątrz owocu znajduje się czerwony, jadalny miąższ, o słodko-kwaskowatym smaku. Granat odznacza się dużą zawartością cukrów, która wynosi około 10-20%. Owoce zawierają cenne biopierwiastki, między innymi wapń, cynk, potas, selen i miedź. W skórce znajdują się garbniki (do 30 %), zaś w korze alkaloidy, w ilości 0,3-0,7 %. Owoc jest bogaty w antocyjany, z których najważniejsze to delfinidyna, pelargonidyna, cyjanidyna (Zielonka-Brzezińska i in. 2017). Granat jest jednym z najobfitszych źródeł przeciwutleniaczy (wśród owoców ustępuje tylko dzikiej róży). Antyoksydanty znajdują się we wszystkich częściach owocu, tj. skórce, nasionach i miąższu. Stwierdzono, że sok granatu poddany żywej fermentacji ma nawet 75-krotnie wyższą zawartość bioaktywnych przeciwutleniaczy. Bioaktywne składniki nadają mu działanie przeciwwirusowe, przeciwnowotworowe, przeciwzapalne, przeciwbakteryjne, przeciwutleniające (Dżugan i in. 2016). Granat jest uznawany za znakomity surowiec do produkcji preparatów o charakterze hipotensyjnym. Hosseini i współpracownicy wykazali, że przyjmowanie 1000 mg ekstraktu granatu przez 30 dni skutkuje obniżeniem masy ciała, poziomu glukozy i insuliny oraz poprawę profilu lipidowego u pacjentów z otyłością i nadwagą w porównaniu z grupą placebo (Przeor i Flarczyk 2015). Główne działania prozdrowotne granatu to: leczenie chorób układu krążenia, cukrzyca, ochrona mózgu i układu nerwowego (choroba Alzheimera), hamowanie rozwoju raka prostaty, piersi, jelit i płuc, hamowanie czynników aktywujących stany zapalne, szczególnie w chorobach reumatycznych. Już w starożytności granat stosowany był jako środek robakobójczy oraz jako inhibitor kaszlu. Stosowany był do leczenia infekcji, ran czy zapaleń. Jest środkiem łagodzącym podrażnienia, pobudzającym krążenie i przeciwdziałającym miażdżycy. Niezależnie od jakości surowca i sposobu wytwarzania sok z granatu charakteryzuje się wysoką wartością prozdrowotną (Dżugan i in. 2016).

### 2.4 Pitahaya

Pitahaya (Pitahya, pitaya, pitajaya, pitajuia, pitalla lub smoczy owoc) jest ogólnym terminem obejmującym kilka różnych gatunków owoców, wśród których wymienia się: owoce o żółtej skórce i białym miąższu – *yellow pithaya* (*S. megalanthus* (Schum.) oraz owoce o czerwonej skórce i białym lub czerwonym miąższu – *red pitahaya* (*Hylocereus* spp.), obejmujący łącznie 16 gatunków. *Hylocereus* spp. jest najpowszechniej występującym i wykorzystywanym w przemyśle gatunkiem.

Większość odmian pitahaya wywodzi się z Ameryki Łacińskiej (z Meksyku i Kolumbii), część z nich prawdopodobnie z Indii Zachodnich. Dziś spotykane są w regionach tropikalnych i subtropikalnych na całym świecie.

Owoce charakteryzują się szeregiem cech wpływających na ich atrakcyjność. Jedną z cech, na którą warto zwrócić uwagę jest kolor miążgi. Owoce zyskały popularność komercyjną w wielu krajach ze względu na charakterystyczny wygląd i potencjalne korzyści zdrowotne.

Jadalna część owocu (miąższ) stanowi 60 – 80 % masy dojrzałych owoców. Zawiera 82 – 88 % wody o całkowitej zawartości substancji rozpuszczalnych między 7 i 11 g L<sup>-1</sup> w owocach dojrzałych. Składniki rozpuszczalne składają się głównie z cukrów redukujących (glukozy i fruktozy) oraz oligosacharydów o różnych masach cząsteczkowych. W zależności od metodyki wykorzystywanej do oznaczania cukrów autorzy wykrywali różne ilości ww. cukrów. Niektórzy z nich, wykorzystując metody enzymatyczne, stwierdzili obecność sacharozy.

Na obniżenie wartości sensorycznej soku uzyskiwanego z owoców pitahaya wpływ ma wysoki stosunek zawartości cukru do kwasu – ze względu na niską kwasowość (2,4 – 3,4 g L<sup>-1</sup>), dlatego też zaleca się spożywanie mieszaniny uzyskanego soku z bardziej kwaśnym sokiem



otrzymywanym np. z cytryn. Do głównych kwasów obecnych w uzyskiwanym soku z owoców pitahaya zaliczamy kwas cytrynowy i kwas L – mlekowy [Stintzing i in. 2003].

Tak jak w przypadku cukrów, zawartość białka w owocach różni się w zależności od zastosowanej metodologii badań. Kształtuje się ona w granicach 0,3 – 1,5 %. Różnice w zawartości białka mogą wynikać również z obecności betalainy – czerwonego pigmentu zawierającego azot. Dominującym aminokwasem występującym w soku uzyskiwanym z owoców pitahaya jest prolina – wysoka zawartość na poziomie 1,1 – 1,6 g L<sup>-1</sup>. Potas, magnez oraz wapń to minerały występujące w soku w największej zawartości. W badaniach wykazano, że betalainy, a także zawarte w miększu polifenole cechuje silna aktywność przeciwutleniająca. Ich zawartość kształtuje się na poziomie 10,3 – 13,8 mg na 100 g owocu (Wu i in. 2016).

Smocze owoce mogą być utrwalane różnymi technikami mającymi zastosowanie w przemyśle spożywczym: zamrażanie, zagęszczanie, suszenie, czy też fermentację. Pozyskiwanie składników (barwników naturalnych i pektyn) z miększu oraz skórki owocu odbywa się za pomocą metod ekstrakcji przemysłowej i tradycyjnej (Esquivel i in. 2007).

## 2.5 Awokado

Awokado (*Persea americana* Mill.; *P. gratissima* Gaertn., określane też jako *Laurus persea* L. (rodzina Lauraceae)) to gatunek uprawiany obecnie na ogromną skalę na całym świecie. 70 gatunków z rodzaju *Persea* występuje w cieplejszych regionach Ameryki Północnej, Środkowej i Południowej, natomiast 80 gatunków spotyka się we wschodniej i południowo – wschodniej Azji.

Owoc awokado charakteryzuje się cienką, bądź grubą, szorstką skórką, gruszkowatym lub kulistym kształtem. Dojrzewa dopiero po zbiorach, a nie tak jak w przypadku innych owoców – bezpośrednio na drzewie. Na całym świecie występuje wiele odmian awokado. Najbardziej znanymi i sprzedawanymi są odmiany Hass i Fuerte.

Awokado cenione jest za swoją wysoką wartość odżywczą, ze względu na duże zróżnicowanie pod względem zawartości związków fitochemicznych. Miększ awokado w porównaniu do innych owoców bogaty jest w znaczne ilości włókien nierozpuszczalnych (70 %) i rozpuszczalnych (30 %), a także w białko, cukry (sacharozę i węglowodany 7 – węglowe) oraz lipidy (Cowan i Wolstenholme 2016; Dreher i Davenport 2013; Alvarez i in. 2012).

Zawartość i zróżnicowanie lipidowe uznawane jest za najważniejszą z cech opisujących ww. owoc. Profil kwasów tłuszczowych jest niezwykle różnorodny – począwszy od występowania w oleju z awokado lipidów polarnych takich jak glikolipidy i fosfolipidy, jak również jednonienasyconych kwasów tłuszczowych (kwasy oleinowy i palmitoleinowy), biorących udział w obniżaniu poziomu cholesterolu LDL we krwi na korzyść zwiększania poziomu cholesterolu HDL, małe ilości wielonienasyconych kwasów tłuszczowych (kwas linolowy) i znaczna zawartość nasyconych kwasów tłuszczowych (kwasy palmitynowy i stearynowy). W oleju z awokado wyróżniono również inne kwasy tłuszczowe, których zawartość kształtuje się na niewielkim poziomie (kwasy mirystynowy, linolenowy i eikozowy) (Ranade i Thiagarajan 2015; Zafar i Sidhu 2011; Alvarez i in. 2012; Cowan i Wolstenholme 2016; Duarte i in. 2016).

Owoce awokado stanowią również cenne źródło związków mineralnych, takich jak: potas, fosfor, magnez, wapń i sód i inne, w tym żelazo i cynk (które występują w mniejszej ilości). Kolejną istotną zaletą awokado jest niewątpliwie obecność szeregu witamin, wpływających na ogólne zdrowie i samopoczucie - β-karoten, witamina E, retinol, kwas askorbinowy, tiamina, ryboflawina, niacyna, pirydoksyna i kwas foliowy. Zawartość poszczególnych składników w owocach jest charakterystyczne dla danej odmiany i w dużej mierze zależy również od klimatu, stopnia dojrzałości, składu gleby i sposobu uprawy (Alvarez i in. 2012; Duarte i in. 2016).

Produkcja awokado, ze względu na rosnące zapotrzebowanie na ten owoc do celów zarówno spożywczych, jak i leczniczych, wzrasta diametralnie. Produkcja dostosowywana jest do różnych regionów tropikalnych, z czego za 30 % całkowitej jego produkcji odpowiada Meksyk (Araujo i in. 2018).

Owoc awokado wykazuje szereg właściwości zdrowotnych – oprócz zapobieganiu miażdżycy i chorobom serca (poprzez obniżanie poziomu złego cholesterolu i obniżaniu ciśnienia



krwi) wykazuje właściwości przeciwnowotworowe. Zalecany jest w przypadku zachorowań na cukrzycę typu 2. Wpływa na poprawną pracę wątroby, a także łagodzi stany zapalne żołądka i jelit.

W produkcji przemysłowej dojrzewanie owoców odbywa się w specjalnych warunkach – obecności etylenu i w kontrolowanej temperaturze. Każdy z procesów wpływa na cechy jakościowe produktu. Przemysłowo w przetwórstwie awokado zastosowanie znajdują następujące technologie: liofilizacja, zamrażanie, zastosowanie mikrofal, a także technika wysokich ciśnień (Alvarez i in. 2012; Zafar i Sidhu 2011).

### **3. Podsumowanie**

Właściwości prozdrowotne wielu owoców tropikalnych sprawiają, że stają się one bardzo pożądane, zwłaszcza dzięki zapobieganiu objawom przewlekłych chorób cywilizacyjnych, w tym chorób dietozależnych oraz wielu chorób nowotworowych. W związku z tym faktem, stanowią obiekt zainteresowania naukowców oraz konsumentów na całym świecie. Nie wszystkie z owoców tropikalnych są dostępne na rynku w Polsce w postaci nieprzetworzonej, co wynika z ich niewielkiej trwałości, stąd prozdrowotne efekty są bardziej widoczne przy systematycznym spożywaniu soków, składem najbardziej zbliżonych do świeżego owocu.

Działanie prozdrowotne, wynikające ze znaczącej zawartości witamin, związków przeciwutleniających i innych składników bioaktywnych, jest powodem coraz częstszego wykorzystywania tych owoców w produkcji przede wszystkim żywności wzbogaconej. Cenne bioaktywne składniki roślinne spowalniają procesy starzenia oraz rozwój chorób neurodegeneracyjnych, wpływając korzystnie na poprawę samopoczucia i polepszenie jakości życia.

### **4. Literatura**

- Alvarez, LD, Moreno A O, Ochoa FG (2012) Avocado. in M. Siddiq (Ed.). Tropical and subtropical fruits: Postharvest physiology, processing and packaging, Oxford: Wiley-Blackwell, 437–454.
- Araujo GR, Rodriguez-Jasso MR, Ruiz AH, Pintado EMM, Aguilar CN (2018) Avocado by-products: Nutritional and functional properties, Trends in Food Science & Technology, 80, 51–60.
- Banach K, Rutkowska B, Glibowski P (2017) Polska „super żywność” w prewencji chorób nowotworowych, Bromatologia i Chemia Toksykologiczna, L, 2, 106-114.
- Bellec F L, Vaillant F, Imbert E (2006) Pitahaya (Hylocereus spp.): a new fruit crop, a market with a future, Fruits, 61, 237–250.
- Cieślik I, Cieślik E, Mentel I, Bartyzel K (2017) Działanie lecznicze owoców mangostanu właściwego (Garcinia mangostana L.), Postępy Fitoterapii, 18 (1), 66-70.
- Dreher ML, Davenport A J (2013) Hass avocado composition and potential health effects. Critical Reviews in Food Science and Nutrition, 53(7), 738–750.
- Duarte PF, Chaves MA, Borges CD, Mendonça, CRB (2016). Avocado: Characteristics, health benefits and uses. Ciência Rural, 46(4), 747–754.
- Dżugan M, Kisała J, Wesołowska M (2016) Zawartość składników bioaktywnych w soku z owoców granatu (Punica Granatum) w zależności od metody wytwarzania, Rola procesów technologicznych w kształtowaniu jakości żywności, 143-153.
- Esquivel P, Stintzing FC, Carle R (2007) Pigment pattern and expression of colour in fruits from different Hylocereus sp. genotypes. Innovative Food Science & Emerging Technologies 8(3), 451-457.
- Kulczyński B, Gramza-Michałowska A, Sidor A (2015) Właściwości prozdrowotne mangostanu, Nauka, Przyroda, Technologie, 9(4), 58.
- Ranade SS, Thiagarajan P (2015). A review on Persea americana Mill. (Avocado)- its fruit and oil. International Journal of Pharm Tech Research, 8(6), 72–77.
- Wu L-C, Hsu H-W, Chen Y-C i in., (2006) Antioxidant and antiproliferative activities of red pitaya. Food Chem 95, 319–327.

- Zafar T, Sidhu JS (2011) Avocado: Production, quality, and major processed products. In N. Sinha (Vol. Ed.), Handbook of vegetables and vegetable processing: Oxford: Wiley-Blackwell, 1871, 525–543.
- Zdrojewicz Z, Chorbińska J, Bieżyński B, i in., (2018) Prozdrowotne właściwości ananasa, *Pediatrics i Medycyna Rodzinna*, 14(2), 133–142
- Zielonka-Brzezicka J, Synowiec L, Nowak A, Klimkowicz A (2017) Wybrane owoce jako źródło cennych składników stosowanych w kosmetologii, *Postępy Fitoterapii*, 18(2), 126-131.
- Zielonka-Brzezicka J., Nowak A., Klimowicz A., i in., (2018) Ocena aktywności antyoksydacyjnej ananasa jadalnego (*Ananas comosus*), *Pomeranian Journal of Life Sciences*, 64(3), 132-138.