

Moda na flawonoidy – o co tyle szumu?

Paulina Maciejewska, Natalia Skrzypczak

Uniwersytet Gdański, Wydział Biologii

E-mail: p.maciejewska.648@studms.ug.edu.pl; n.skrzypczak.921@studms.ug.edu.pl

tutor: dr hab. Agnieszka Kowalkowska, prof. UG

Uniwersytet Gdański, Wydział Biologii,

Katedra Cytologii i Embriologii Roślin

Słowa kluczowe: flawonoidy, antyoksydanty, kwercetyna, luteolina, genisteina, apigenina

W obecnych czasach jesteśmy coraz częściej zasypywani produktami, które zawierają zbalansowane dla naszego zdrowia i urody przeciwutleniające. Zadaniem tych modnych związków jest ochrona organizmu przed stresem oksydacyjnym, który stopniowo wyniszcza nasze ciało. Flawonoidy to związki roślinne należące do grupy antyoksydantów. Odpowiadają one między innymi za barwę, smak, a także... odporność roślin. Głównym ich źródłem w naszej diecie są owoce i warzywa, a także herbaty oraz wina (Kumar i Pandey, 2013). Z biegiem lat ludzie stają się coraz bardziej świadomi wpływu żywności na ich zdrowie, dlatego też liczba badań nad flawonoidami roślinnymi ciągle wzrasta. Co w nich takiego wyjątkowego? Czy naprawdę warto podążać za modą?

Trochę historii, systematyki i niesamowitych właściwości

Flawonoidy należą do grupy antyoksydantów, chroniących organizm przed działaniem tzw. wolnych rodników. Znalazły one szerokie zastosowanie w farmacji, medycynie i kosmetyce.

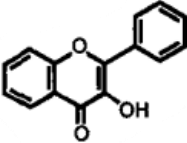
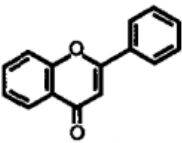
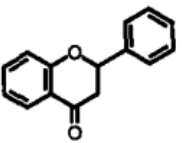
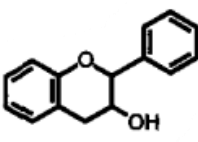
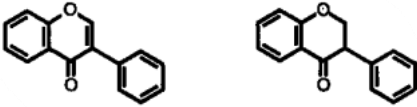
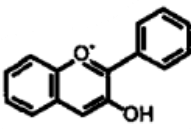
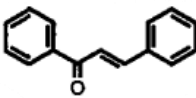
Ze względu na dużą złożoność strukturalną flawonoidy podzielone zostały na kilka grup, w tym m.in. na (Bravo, 1998):

1. flawonole, do których należą m.in. kemferol, kwercetyna, mirycetyna i fisetyna,
2. flawony, np. luteolina czy apigenina,
3. flawanony, takie jak hesperedyna, naryngenina,
4. izoflawony – genisteina, daidzeina,
5. antocyjany – cyjanidyna, malwidin, pelargonidyna,
6. flawanole – np. katechina, epikatechina,
7. chalkony

Zróznicowanie flawonoidów przekłada się na szerokie spektrum ich działania. Co ciekawe, już w 1930 r. odkryto jednego

z przedstawicieli tej grupy związków – rutynę, która ze względu na właściwości zdrowotne uznawana była wówczas za witaminę P (Kałwa, 2019).

Tab. 1. Podział flawonoidów i ich występowanie (Bravo, 1998; Panche i in., 2016)

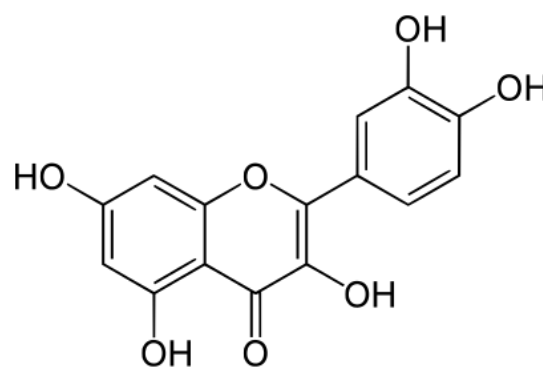
RODZAJE FLAWONOIDÓW	PODSTAWOWA STRUKTURA	WYSTĘPOWANIE
FLAWONOLE		Cebula, czerwone wino, herbata, jarmuż, sałata, pomidory, winogrona, jabłka, jagody
FLAWONY		Seler, czerwona papryka, pietruszka, mięta, rumianek, miłorząb dwuklapowy
FLAWANONY		Owoce cytrusowe: pomarańcze, cytryny, winogrona
FLAWANOLE		Banany, jabłka, jagody, brzoskwinie, gruszki
IZOFLAWONY		Soja, rośliny strączkowe
ANTOCYJANY		Żurawina, czarne porzeczki, czerwone winogrona, maliny, truskawki, jeżyny, borówki, jagody
CHALKONY		Pomidory, gruszki, truskawki, mącznica lekarska, niektóre produkty pszenne

Flawonoidy odznaczają się istotnymi właściwościami przeciwzapalnymi, przeciwalergicznymi, przeciwutleniającymi czy przeciwnowotworowymi, m.in. dzięki zdolności niszczenia wadliwych komórek. Flawonoidy wykazują również szereg właściwości pozytywnie oddziałujących na układ sercowo-naczyniowy, w tym m.in.: działanie przeciwmiażdżycowe, obniżenie ciśnienia tętniczego krwi oraz wzmocnienie naczyń krwionośnych. Te wszystkie aspekty mogą z pewnością zachęcić do ich spożywania osoby z problemami układu krążenia. Udowodniono też, że niektóre flawonoidy hamują działanie oksydazy ksantynowej – enzymu, który prowadzi do zwiększenia poziomu kwasu moczowego w surowicy (Panche i in., 2016). Takie właściwości mogą okazać się szczególnie przydatne w leczeniu dny moczanowej czy też kamieni nerkowych. Również panie w okresie menopauzalnym z pewnością docenią działanie flawonoidów, które z powodzeniem mogą łagodzić objawy niedoboru estrogenów (Kałwa, 2019). Niewykluczone, że ze względu na ich zdolność opóźniania procesów starzenia, możemy je uznać również za słynny „eliksir młodości”.

Kwercetyna

Kwercetyna (Ryc. 1) należy do grupy flawonoli, czyli flawonoidów zawierających grupę ketonową (C=O) i odznacza się najsilniejszymi właściwościami antyoksydacyjnymi wśród wszystkich flawonoidów. Najbardziej znanymi pochodnymi kwercetyny są izokwercytryna oraz rutyna. Obydwa związki mają swój udział we wzmocnieniu działania witaminy C, poprawiając jej przyswajalność w organizmie (dlatego też rutyna jest nieodłącznym elementem m.in. leków na przeziębienie zawierających witaminę C) (Kałwa, 2019). Dodatkowo kwercetyna ma zdolność do chelatowania (wyłapywania i wiązania) związków, które są dla nas toksyczne, np.

metali ciężkich, takich jak ołów, rtęć, czy kadm (Shumakova i in., 2020). Kwercetyna skutecznie hamuje kumulowanie się płytek krwi, tym samym zapobiegając tworzeniu się zakrzepów (Osman i in., 1998). Warte uwagi są również jej właściwości przeciwalergiczne i przeciwzapalne. Co więcej, kwercetyna tłumy rozwój komórek nowotworowych oraz zapobiega powstawaniu chorób neurodegeneracyjnych. Zdolność do hamowania enzymu acetylocholinoesterazy prowadzi do podwyższenia poziomu acetylocholiny w ośrodkowym układzie nerwowym, łagodząc dzięki temu objawy łagodnej lub umiarkowanej postaci choroby Alzheimerera (Khan i in., 2009). Jej działanie przeciwbakteryjne może przyczynić się do ulgi np. w chorobie wrzodowej. Natomiast ze względu na właściwości przeciwwirusowe, kwercetyna znalazła również zastosowanie w leczeniu chorób wywołanych przez wirusa HIV, HSV, grypy, czy polio (Kałwa, 2019). Osoby pragnące zrzucić parę kilogramów z pewnością docenią jej zdolności do redukcji masy tkanki tłuszczowej (Nabavi i in., 2015). Kwercetyna posiada bardzo szerokie spektrum działania i może być zażywana zarówno przez osoby borykające się z różnymi chorobami, jak i profilaktycznie.



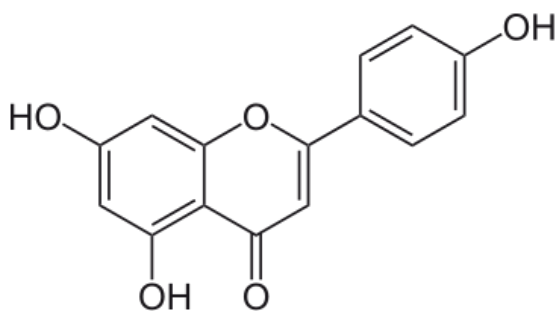
Ryc. 1. Wzór chemiczny kwercetyny $C_{15}H_{10}O_7$ [1]

Apigeninia

Apigeninia (Ryc. 2) to kolejny flawon, który odznacza się szczególnie właściwościami.

Wykazuje interakcje z receptorami w centralnym układzie nerwowym. Oddziałuje na układ nerwowy i prowadzi do zwiększonej produkcji nowych neuronów w organizmie. Tym samym zwiększa nadzieję na skuteczne terapie chorób neurodegeneracyjnych, m.in. choroby Alzheimera i Parkinsona. Wykazuje cytostatyczne i cytotoksyczne działanie przeciw różnym komórkom nowotworowym, działanie przeciwmiażdżycowe i ochronne w nadciśnieniu tętniczym (Salehi i in., 2019).

Apigenina działa uspokajająco i wyciszająco. Dodatkowo jest silnym aktywatorem kanału jonowego TRPV4, który pobudza wzrost nowej chrząstki w stawach. Kanał ten stanowi cel dla nowych terapii leczenia choroby zwyrodnieniowej stawów, w tym regeneracji chrząstki (O'Connor i in., 2014).



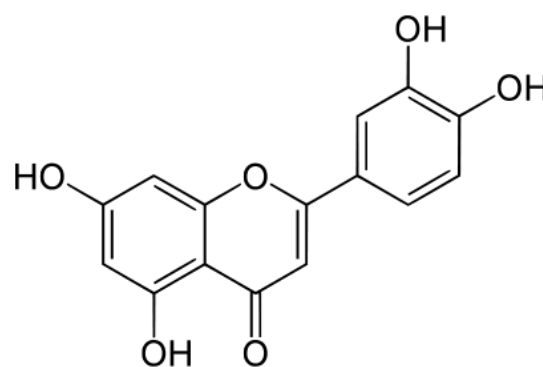
Ryc. 2. Wzór chemiczny apigeniny $C_{15}H_{10}O_5$ [2]

Luteolina

Luteolina (Ryc. 3) ma szeroki zakres aktywności biologicznej. Wysokie jej spożycie obniża ryzyko występowania zawału mięśnia sercowego (Kałwa, 2019). Luteolina charakteryzuje się aktywnością cytotoksyczną przy niskich stężeniach (Sak, 2016). Może być wykorzystana jako substancja wspomagająca leczenie chemioterapeutyczne. Zapobiega zmianom DNA wywołanym przez różne czynniki rakotwórcze. Jest w stanie indukować apoptozę komórek rakowych (Kałwa, 2019). Ponadto, luteolina wykazuje działanie przeciwwirusowe. Wirus syncytium nabłonka

oddechowego (RSV) jest główną przyczyną ostrej infekcji dolnych dróg oddechowych u niemowląt, dzieci i dorosłych z obniżoną odpornością. Luteloina wpływa ograniczająco na replikację RSV i powiązane z nią mechanizmy (Wang i in., 2020). Udowodniono, że substancja ta wykazuje korzystne działanie neuroprotektoryjne (Xu i in. 2014). Obniża patologiczną aktywność w obszarze mikrogleju, dzięki czemu chroni mózg przed degeneracją (Jang i in., 2010).

Mimo tego, że luteolina oddziałuje pozytywnie na organizm, może również wykazywać działanie toksyczne. Luteolina posiada zdolność do indukowania topoisomazy II – enzymu pośredniczącego w uszkodzeniu DNA (Kałwa, 2019). Może również nasilać objawy wywołanego dekstranem sodu (DSS) swoistego zapalenia okrężnicy poprzez blokowanie cząsteczek ochronnych w komórkach jelitowych, które zapobiegają stanom zapalnym w okrężnicy z powodu DSS (Kanwal i in., 2017).

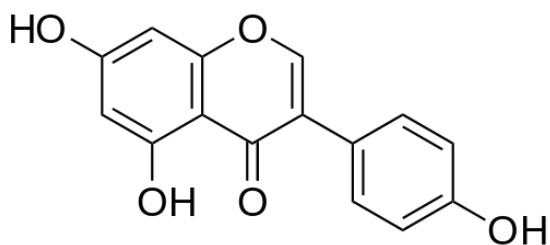


Ryc. 3. Wzór chemiczny luteoliny $C_{15}H_{10}O_6$ [3]

Genisteina

Izoflawonoidy, do których należy genisteina (Ryc. 4) uważane są za fitoestrogeny, ze względu na wysokie podobieństwo struktury oraz działania do hormonów steroidowych, a w szczególności estrogenu (Křížová i in., 2019). Ze względu na wiele właściwości zdrowotnych i szerokie zastosowanie, genisteina

stała się ostatnio bardzo popularnym związkiem. Zaobserwowano podobieństwo genisteiny do estrogenów oraz fakt, że genisteina łagodzi objawy przekwitania u kobiet (Węgrzyn i in., 2018). Kobiety po menopauzie które włączyły do swojej diety soję, doświadczyły zmniejszenia uderzeń gorąca o 45% (Albertazz i in., 1999). Dodatkowo przeciwparazytyczne działanie genisteiny okazało się skuteczną bronią w zwalczaniu takich pasożytów jak: tasiemiec, przywra czy motyllica wątrobowa. Co więcej, zastosowanie genisteiny stało się ważnym krokiem w leczeniu mukopolisacharydoz. Mukopolisacharydoza to choroba genetyczna spowodowana mutacją w genach kodujących enzymy degradujące glikozoaminoglikany (GAG) (Węgrzyn i in., 2018). Wykazano skuteczność genisteiny w hamowaniu procesu syntezy GAG w komórkach pacjentów, którzy chorowali na różne typy mukopolisacharydoz (MPS I, II, IIIA oraz IIIB) (Piotrowska, 2006).



Ryc. 4. Wzór chemiczny genisteiny $C_{15}H_{10}O_5$ [4]

Szybko starzejące się społeczeństwo jest obecnie przyczyną stale rosnącej liczby chorych na choroby neurodegeneracyjne. Do chorób tych należy między innymi choroba Alzheimera. Charakteryzuje się ona zwiększonym odkładaniem β -amyloidu i dysfunkcją neuronów, która skutkuje upośledzeniem zdolności uczenia się oraz pamięci. Prawdopodobieństwo zachorowania na tę chorobę oprócz wieku zwiększają predyspozycje genetyczne i stres oksydacyjny

(Bagheri i in., 2011). Genisteina izoflawonu sojowego łagodzi zaburzenia wywołanych przez płytkę β -amyloidową. Wykazuje ona zdolności antyoksydacyjne, w związku z tym zapobiega utlenianiu się wolnych rodników, które powszechnie są produkowane w Chorobie Alzheimera (Devi, 2017).

Nie tylko choroby neurodegeneracyjne są przedmiotem zainteresowania w badaniu potencjalnych właściwości leczniczych genisteiny. Genisteina może być równie skutecznie wykorzystana w profilaktyce chorób autoimmunologicznych, alergicznych lub stanów zapalnych spowodowanych rozregulowaniem mechanizmów komórkowych. Spadek odporności alergicznej po podaniu genisteiny powodowany jest przez hamowanie wydzielania histaminy, która odpowiada za widoczne objawy alergii (Węgrzyn i in., 2018). Niestety jednak trzeba znać umiar, gdyż zbyt wysoka dawka izoflawonoidu, szczególnie we wczesnym okresie życia, może mieć skutek odwrotny i zaostrzać objawy zapalenia (Seibel i in., 2008). Dzięki temu, że genisteina reguluje układ immunologiczny, znajduje zastosowanie w wielu chorobach autoimmunologicznych, takich jak reumatoidalne zapalenie stawów, cukrzyca typu I, stwardnienie rozsiane, czy toczeń (Węgrzyn i in., 2018). Panie w wieku menopauzalnym, u których poziom estrogenów jest niewystarczający, mają zdecydowanie większe predyspozycje do wystąpienia chorób autoimmunologicznych, co wskazuje na silne powiązanie stężenia tych hormonów z zaburzeniami pracy układu odpornościowego (Gameiro i in., 2010). Strukturalne podobieństwo fitoestrogenów, w tym genisteiny, do estrogenów, daje nadzieję na chociaż częściową pomoc w łagodzeniu objawów menopauzy czy chorób immunologicznych. Twierdzenie takie wymaga jednak dokładniejszych badań. Na dzień dzisiejszy stwierdzono natomiast, że podanie genisteiny chorym cierpiącym na przewlekłe limfocytowe

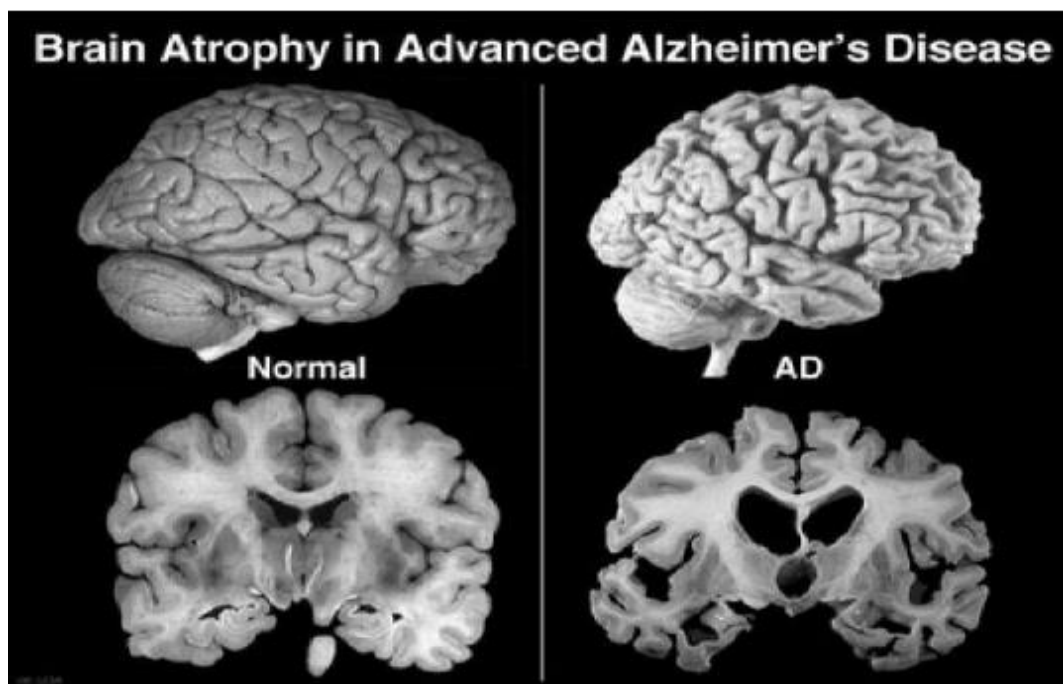
zapalenie tarczycy, czyli niezwykle rozpowszechnione i znane wszystkim Hashimoto, powodowało obniżenie poziomu TSH, auto-przeciwciała anty-TPO i anty-TG oraz wzrostu T4 (Zhang i in., 2017). Czyżby znaleziono kandydata umożliwiającego wyleczenie potencjalnie niewyleczalnej przypadłości? Bardzo możliwe.

Flawonidy a choroby neurodegeneracyjne

W pewnym momencie życia człowiek musi stanąć twarzą w twarz z procesem starzenia. Ten nieodwracalny mechanizm fizjologiczny sprzyja występowaniu chorób neurodegeneracyjnych. Choroby neurodegeneracyjne są powszechną przyczyną upośledzenia funkcji poznawczych u osób starszych (Erkkinen i in., 2018). Schorzenia neurodegeneracyjne to główna przyczyna niepełnosprawności (Stephenson i in., 2018).

Choroba Alzheimera jest najczęstszą przyczyną demencji, a zwiastunową postacią tego schorzenia są łagodne zaburzenia poznawcze, które charakteryzują się dysfunkcją neuropoznawczą i niewielkimi trudnościami w sprawności funkcjonalnej. To wyniszczające schorzenie z czasem prowadzi do znaczącego upośledzenia funkcji poznawczych i pogorszenia funkcjonowania (Chandra i in., 2019)

Mózg osoby cierpiącej na chorobę Alzheimera znacząco różni się od mózgu osoby zdrowej (Ryc. 5) (Bagad, 2013). Początkowo choroba Alzheimera uszkadza neurony i ich połączenia w częściach mózgu zaangażowanych w pamięć, w tym w korze śródwęczowej i hipokampie. Następnie oddziałuje na obszary kory mózgowej, które odpowiadają za język, rozumowanie i zachowania społeczne (National Institute on Aging, 2017). W końcu wiele innych obszarów mózgu przestaje funkcjonować prawidłowo.



Ryc. 5. Porównanie tkanek mózgu zdrowej osoby z mózgiem osoby cierpiącej na Alzheimera w zaawansowanym stadium choroby (Bagad i in., 2013)

Co więcej, regiony wysokoplastyczne są podatne na szkodliwy wpływ normalnego starzenia się i to czyni je jeszcze bardziej podatnymi na dodatkowe, patologiczne zmiany związane z chorobą Alzheimera (Fjell i in., 2014). Okazuje się, że flawonoidy pochodzenia roślinnego mają szeroki zakres działań, które mogą sprawić, że będą szczególnie skuteczne w blokowaniu związanych z wiekiem szlaków toksyczności związanych z chorobami neurodegeneracyjnymi (Maher, 2019). Flawonoidy wywierają cały szereg działań neuroprotektoryjnych w mózgu, w tym potencjał do promowania pamięci, uczenia się i usprawniania funkcji poznawczych. Spożycie flawonoidów w diecie przekłada się na tak zwaną ewolucję poznawczą, na którą składa się zachowanie sprawności poznawczej wraz z upływającym czasem. Wykazano, że wzbogacenie diety o spożycie produktów bogatych we flawonoidy, jest w stanie przyczynić się do zmniejszenia ryzyka wystąpienia zaburzeń poznawczych i chorób neurodegeneracyjnych. Spożycie flawonoidów zawartych w produktach zawierających kakao może poprawić pamięć i koncentrację. Zwiększenie spożycia produktów bogatych we flawonoidy może zmniejszyć ryzyko wystąpienia zaburzeń poznawczych i chorób neurodegeneracyjnych (Dochniak i Ekiert, 2015). Dieta bogata w flawonoidy stosowana przez osoby w wieku powyżej 65 roku życia obniża ryzyko wystąpienia demencji starczej (Dochniak i Ekiert, 2015). Flawonoidy cytrusowe, takie jak naringenina i hesperydyna, mogą przekraczać barierę krew-mózg (BBB) i zapobiegać degradacji neuronów (Devi i in., 2021). Preparaty miłorzębu są najszerzej stosowanym preparatem w leczeniu łagodnych zaburzeń poznawczych, dzięki temu, że zawierają 60 substancji aktywnych w 3 głównych grupach (flawonoidy, glikozydy i terpenoidy). Reasumując, te dietetyczne substancje są skuteczne w łagodzeniu przebiegu starzenia neuronalnego i behawioralnego.

Podsumowanie, czyli bilans zysków i strat

Flawonoidy jak każde związki zażywane w nadmiarze mogą mieć niekorzystne efekty, np. zmniejszenie biodostępności pierwiastków, witamin czy kwasu foliowego, a także powodować nieprawidłową czynność tarczycy. Natomiast prawidłowa suplementacja niesie zyski, takie jak: hamowanie uszkodzeń DNA, odtruwanie organizmu, wzmacnianie naczyń krwionośnych, poprawa wzroku (antocyjany), uzupełnienie niedoborów estrogenu (izoflawonoidy), zmniejszenie stanów depresyjnych i lękowych (apigenina), działanie przeciwnowotworowe, przeciwalergiczne, przeciwzapalne, przeciwzakrzepowe i wiele innych. Pomimo licznych „przeciw” wydaje się, że warto być „za” i doświadczyć zbawionego wpływu flawonoidów na własnej skórze. Spożywanie tych substancji nie tylko poprawia ogólne funkcjonowanie organizmu, ale również pozytywnie przyczynia się do modulowania przebiegu neuronalnego starzenia się. Flawonoidy stanowią skuteczną broń w walce z chorobami neurodegeneracyjnymi. Potrafią odmienić życie niejednego pacjenta, który doświadczył znacznego pogorszenia funkcji poznawczych na skutek starzenia się organizmu. Antyoksydacyjne związki, które znajdziemy w roślinach mają ogromny potencjał, który nie od dziś fascynuje naukowców i inspiruje ich do dalszych badań nad tymi niesamowitymi substancjami. Skoro już wiemy o co tyle szumu, to czy warto podążyć za modą? W tym przypadku – zdecydowanie tak.

Literatura:

Albertazzi, P., Pansini, F., Bottazzi, M., Bonaccorsi, G., De Aloysio, D., Morton, M.S., 1999. Dietary soy supplementation and phytoestrogen levels. *Obstetrics & Gynecology*, 94(2): 229-231.

- Bagad, M., Chowdhury, D., Khan, Z., 2013. Towards understanding Alzheimer's Disease: An Overview. *Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences*, 4: 286-298.
- Bravo, L., 1998. Polyphenols: chemistry, dietary sources, metabolism, and nutritional significance. *Nutrition reviews*, 56(11): 317-333.
- Bagheri, M., Joghataei, M.T., Mohseni, S., Roghani, M., 2011. Genistein ameliorates learning and memory deficits in amyloid β (1-40) rat model of Alzheimer's disease. *Neurobiology of Learning and Memory*, 95(3): 270-276.
- Chandra, A., Dervenoulas, G., Politis, M., 2019. Magnetic resonance imaging in Alzheimer's disease and mild cognitive impairment. *Journal of neurology* 266(6), 1293-1302.
- Devi, K.P., Shanmuganathan, B., Manayi, A., 2017. Molecular and Therapeutic Targets of Genistein in Alzheimer's Disease. *Molecular Neurobiology*, 54: 7028-7041.
- Devi, S., Kumar, V., Singh, S.K., Dubey, A.K., Kim, J.-J., 2021. Flavonoids: Potential Candidates for the Treatment of Neurodegenerative Disorders. *Biomedicines*, 9: 99.
- Dochniak, M., Ekiert, K., 2015. Nutrition in Prevention and Treatment of Alzheimer's and Parkinson's Diseases. *Nursing and Public Health*, 5(2): 199-208.
- Erkkinen, M.G., Kim, M.O., Geschwind, M.D., 2018. Clinical Neurology and Epidemiology of the Major Neurodegenerative Diseases. *Cold Spring Harbor perspectives in biology* 10(4)a033118.
- Fjell, A.M., McEvoy, L., Holland, D., Dale, A.M., Walhovd, K.B., 2014. What is normal in normal aging? Effects of aging, amyloid and Alzheimer's disease on the cerebral cortex and the hippocampus. *Progress in Neurobiology*, 117: 20-40.
- Gameiro, C.M., Romão, F., Castelo-Branco, C., 2010. Menopause and aging: changes in the immune system – a review. *Maturitas*, 67(4): 316-320.
- Jang, S., Dilger, R.N., & Johnson, R.W., 2010. Luteolin inhibits microglia and alters hippocampal-dependent spatial working memory in aged mice. *The Journal of nutrition*, 140(10): 1892-1898.
- Kałwa, K., 2019. Właściwości antyoksydacyjne flawonoidów oraz ich wpływ na zdrowie człowieka. *Kosmos*, 68(1): 153-159.
- Kanwal, R., Yang, X., Shankar, E., Gupta, S., 2017. Luteolin selectively inhibits EZH2 and blocks H3K27 methylation in prostate cancer cells. *Cancer Research Supplement*, 77(13): 2230.
- Khan, M.T.H., Orhan, I., Şenol, F.S., Kartal, M., Şener, B., Dvorská, M., Šmejkal, K., Šlapetová, T., 2009. Cholinesterase inhibitory activities of some flavonoid derivatives and chosen xanthone and their molecular docking studies. *Chemico-Biological Interactions*, 181(3): 383-389.
- Křížová, L., Dadáková, K., Kašparovská, J., & Kašparovský, T., 2019. Isoflavones. *Molecules*, 24(6), 1076.
- Kumar, S., Pandey, A.K., 2013. Chemistry and biological activities of flavonoids: an overview. *The Scientific World Journal*, 2013: 162750.
- Maher, P., 2019. The Potential of Flavonoids for the Treatment of Neurodegenerative Diseases. *International Journal of Molecular Sciences*, 20: 123056.
- O'Connor, C.J., Leddy, H.A., Benefield, H.C., Liedtke, W.B., Guilak, F., 2014. TRPV4-mediated mechanotransduction regulates the metabolic response of chondrocytes to dynamic loading. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 111(4): 1316-1321.
- Osman, H.E., Maalej, N., Shanmuganayagam, D., Folts, J.D., 1998. Grape juice but not orange or grapefruit juice inhibits platelet activity in dogs and monkeys (*Macaca fascicularis*). *The Journal of nutrition*, 128(12): 2307-2312.
- Panche, A.N., Diwan, A.D., Chandra, S.R., 2016. Flavonoids: an overview. *Journal of Nutritional Science*, 5: e47.

- Piotrowska, E., Jakóbkiewicz-Banecka, J., Barańska, S., Tylki-Szymańska, S., Czartoryska, B., Węgrzyn, A., Węgrzyn, G., 2006. Genistein-mediated inhibition of glycosaminoglycan synthesis as a basis for gene expression-targeted isoflavone therapy for mucopolysaccharidoses. *European Journal of Human Genetics*, 14: 846-852.
- Sak, K., Kasemaa, K., Everaus, H., 2016. Potentiation of luteolin cytotoxicity by flavonols fisetin and quercetin in human chronic lymphocytic leukemia cell lines. *Food & Function*, 14: 7(9): 3815-24.
- Salehi, B., Venditti, A., Sharifi-Rad, M., Kręgiel, D., Sharifi-Rad, J., Durazzo, A., Lucarini, M., Santini, A., Souto, E.B., Novellino, E., Antolak, H., Azzini, E., Setzer, W.N., Martins, N., 2019. The Therapeutic Potential of Apigenin. *International Journal of Molecular Sciences*, 20(6): 1305.
- Seibel J, Molzberger AF, Hertrampf T, Laudenbach-Leschowski U, Degen GH, Diel P., 2008. In utero and postnatal exposure to a phytoestrogen-enriched diet increases parameters of acute inflammation in a rat model of TNBS-induced colitis. *Arch Toxicol*. 82(12):941-50.
- Shukla, S., Gupta, S., 2010. Apigenin: a promising molecule for cancer prevention. *Pharmaceutical Research*, 27(6): 962-978.
- Shumakova A.A., Shipelin V.A., Apryatin S.A., Gmoshinski I.V., 2020. The content of essential and toxic microelements in the organs of mice of various lines receiving a high-carb high-fat diet and supplemented with quercetin. *Vopr Pitan*, 89(2):28-45
- Stephenson, J., Nutma, E., Van der Valk, P., Amor S. 2018. Inflammation in CNS neurodegenerative diseases. *Immunology*, 154(2): 204-219.
- Wang S., Ling Y., Yao Y., Zheng G., Chen W., 2020. Luteolin inhibits respiratory syncytial virus replication by regulating the MiR-155/SOCS1/STAT1 signaling pathway. *Virology journal*, 17(1): 187.
- Węgrzyn, G., Pierzynowska, K., Podlacha, M., Brokowska, J., Gaffke, L., Mantej, J., Tukaj, S., 2018. Molekularne mechanizmy działania genisteiny w świetle terapii chorób genetycznych i immunologicznych. *Postępy Biochemii*, 64(4): 262-276.
- Xu, J., Wang, H., Ding, K., Zhang, L., Wang, C., Li, T., Wei, W., Lu, X., 2016. Luteolin provides neuroprotection in models of traumatic brain injury via the Nrf2-ARE pathway. *Free Radical Biology and Medicine* 71: 186-195.
- Zhang, K., Wang, Y., Ma, W., Hu, Z., Zhao, P., 2017. Genistein improves thyroid function in Hashimoto's thyroiditis patients through regulating Th1 cytokines. *Immunobiology*, 222(2): 183-187.

Źródła internetowe:

- [1] <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Quercetin.svg>
- [2] <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Apigenin.svg>
- [3] <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Luteolin.svg>
- [4] <https://pl.wikipedia.org/wiki/Plik:Genistein.svg>
- Dr Lucas, 2020. Właściwości flawonoidów. [https://drlucas.com.pl/pl/blog/Wlasciwosci-flawonoidow-Neuroprotekt/22_\(data_opublikowania:11.11.2020\)](https://drlucas.com.pl/pl/blog/Wlasciwosci-flawonoidow-Neuroprotekt/22_(data_opublikowania:11.11.2020))
- Medpak. Apigenina - co to jest, działanie, zastosowanie. [https://medpak.com.pl/module/ph_simpleblog/module-ph_simpleblog-single?sb_category=poradniki&rewrite=apigenina-co-to-jest-dzialanie-zastosowanie_\(dostep:07.09.2021\)](https://medpak.com.pl/module/ph_simpleblog/module-ph_simpleblog-single?sb_category=poradniki&rewrite=apigenina-co-to-jest-dzialanie-zastosowanie_(dostep:07.09.2021))
- National Institute on Aging [https://www.nia.nih.gov/health/what-happens-brain-alzheimers-disease_\(dostep:07.09.2021\)](https://www.nia.nih.gov/health/what-happens-brain-alzheimers-disease_(dostep:07.09.2021))

Notka o Autorkach: Absolwentki Biologii medycznej I stopnia na Wydziale Biologii Uni-

wersytetu Gdańskiego. W kręgu naszych zainteresowań znajduje się przede wszystkim układ nerwowy, choroby neurodegeneracyjne oraz fizjologia zwierząt. Jako studentki biologii mamy świadomość jak bardzo dieta jest w stanie zmienić funkcjonowanie na-

szego organizmu. Uważamy, że antyoksydanty, a w szczególności flawonoidy to substancje o niesamowitym potencjale. Esej powstał jako efekt pracy po ćwiczeniach warsztatowych *Współczesne problemy naukowe w biologii - tutoring naukowy*.