

MAGDALENA ULANOWSKA, BEATA OLAS

Katedra Biochemii Ogólnej
Instytut Biochemii
Wydział Biologii i Ochrony Środowiska
Uniwersytet Łódzki
Pomorska 141/143, 90-236 Łódź
E-mail: magdalena.ulanowska@edu.uni.lodz.pl

FITOZWIĄZKI – WAŻNE SKŁADNIKI SUPLEMENTÓW DIETY ORAZ ICH WPŁYW NA ZDROWIE CZŁOWIEKA

WSTĘP

Fitozwiązki to bioaktywne syntetyzowane przez rośliny substancje chemiczne, chroniące rośliny przed szkodliwym działaniem środowiska zewnętrznego, wywoływanych m.in. przez drobnoustroje, promieniowanie UV, toksyczne związki i inne niekorzystne warunki panujące w miejscu ich występowania, takie jak stres czy susza. Ponadto, determinują one barwę, aromat i smak roślin oraz wpływają na regulację ich wzrostu. Fitozwiązki charakteryzują się właściwościami bakteriobójczymi, grzybobójczymi, owadobójczymi i antyoksydacyjnymi, które są ściśle związane z ich budową chemiczną, odpowiadającą m.in. za neutralizację wolnych rodników. Z tego względu mogą one bezpośrednio oddziaływać na organizm człowieka poprzez działanie protekcyjne i lecznicze wobec wielu chorób, związanych m.in. ze stresem oksydacyjnym (KOCHE i współaut. 2016). Fitozwiązki dzięki właściwościom leczniczym i odżywczym mogą stanowić istotne komponenty suplementów diety (KOSS-MIKOŁAJCZYK i BARTOSZEK 2019). Suplement diety, według ustawy „Bezpieczeństwo żywności i żywienia”, to środek spożywczy, który stosuje się nie w celu leczniczym, lecz jedynie, aby uzupełnić dietę w różne składniki odżywcze lub fizjologiczne. Mimo to, suplementy mogą istotnie oddziaływać na organizm, efektywnie wspomagając farmakoterapię, przy jednoczesnym niewielkim ryzyku pojawienia się niepożądanych skutków (OSTROWSKA i KRZEWIŃSKI 2017). Celem pracy jest przedstawienie najnowszej wiedzy na temat roli fitozwią-

ków zawartych w roślinach w produkcji suplementów diety oraz ich wpływ na zdrowie człowieka.

FITOZWIĄZKI CEBULI, CZOSNKU, IMBIRU I POMIDORA W SUPLEMENTACH DIETY – OGÓLNA CHARAKTERYSTYKA

Skład suplementów diety charakteryzuje się dużym zróżnicowaniem, jednak główny komponent tych preparatów stanowią rośliny lub ich wyciągi, dodawane w dopuszczalnej dawce substancji bioaktywnych (SCHLEGEL-ZAWADZKA i BARTECZKO 2009). Dużym zainteresowaniem jako składniki suplementów cieszą się przyprawy, które oprócz pełnienia funkcji konserwantów i ulepszczy smaku, wykazują działanie prozdrowotne. Powszechnie stosowane są rośliny takie jak: cebula zwyczajna (*Allium cepa*), czosnek pospolity (*Allium sativum*) i imbir lekarski (*Zingiber officinale*), posiadające liczne właściwości terapeutyczne, ściśle związane z tym, iż stanowią bogate źródło fitozwiązków. Sugeruje się, że w suplementach diety często znajdują się czynne farmakologicznie składniki, które mogą przyczyniać się do regulacji homeostazy przez oddziaływanie na aktywność płytek krwi (inhibicję agregacji płytek krwi) oraz redukcję kwasu arachidonowego na skutek różnych mechanizmów, np. interakcji farmakodynamicznych. Duże znaczenie w tym kontekście mają wymienione już rośliny oraz pomidor (*Solanum lycopersicum* L.). Jest to ściśle związane z ich składem chemicznym, m.in. zawartością związków fenolowych czy

organosiarkowych (izotiocyjanin) w przypadku czosnku. Przedmiotem badań jest także wpływ suplementów diety na proces krzepnięcia krwi – ich samodzielne działanie lub w połączeniu z lekami przeciwplatekcyjnymi, np. aspiryną (OLAS 2018, 2019). Związki fenolowe obecne w cebuli są powszechnie znane jako silne antyoksydanty, które również znalazły zastosowanie w produkcji suplementów diety. Kwercetyna, jako związek uzupełniający dietę, stanowi składnik licznych suplementów diety, wykorzystywanych w leczeniu cukrzycy i zaburzeń wchłaniania. Ponadto, wchodzi w skład środków antyalergicznymi (Zdrovit, Alercal), preparatów poprawiających kondycję skóry, włosów i paznokci (Artilane) oraz produktów wpływających na narząd wzroku (Amerisus) (KOBYLIŃSKA i JANAS 2015). Dzięki zdolności do wzmacniania działania kwasu askorbinowego, kwercetyna znalazła także zastosowanie do produkcji wielu leków (KALWA 2019).

Czosnek pospolity zawiera wiele ważnych substancji bioaktywnych. Bezwonne ekstrakty czosnku obecne w suplementach diety to dobra alternatywa dla osób, które odczuwają dyskomfort związany z charakterystycznym zapachem i smakiem czosnku. Suplementy bazujące na czosnku suszonym i sproszkowanym stanowiły przedmiot badań już od połowy lat 80. ubiegłego wieku i skupiały się głównie na wpływie tego surowca na poziom cholesterolu w surowicy oraz na ciśnienie krwi. Większość przeprowadzonych badań klinicznych nad potencjalnym leczniczym działaniem czosnku na układ sercowo-naczyniowy bazowało na przyjmowaniu suplementów standaryzowanych pod względem potencjału alliny lub allicyny (patrz: Fitozwiązki czosnku – allina, allicyna i ajoen).

(LAWSON i HUNSAKER 2018). Najczęściej czosnek przyjmowany jest w postaci surowej, jednak znane są także komercyjne preparaty produkowane na jego podstawie. Taki środek powinien zawierać dzienną dawkę allicyny w ilości 6-10 mg (LIS i współaut. 2013). U osób dorosłych cierpiących na choroby układu krążenia czosnek jest stosowany w dawce: jeden średniej wielkości ząbek czosnku dziennie od 0,5 do 1 g suchego proszku z czosnku na dobę, ewentualnie w formie środków zawierających od 6 do 10 mg alliny w jednej dawce dziennie (NOWAK 2009). Przy suplementacji czosnkiem należy pamiętać, że surowiec ten stosowany wraz ze środkami przeciwgorączkowymi (np. paracetamolem) może powodować wzrost ryzyka wystąpienia dysfunkcji wątroby, a podczas jednoczesnego przyjmowania czosnku i preparatów antykoagulacyjnych występuje ryzyko krwawień. Na czosnek powinny uważać także kobiety karmiące, ponieważ związki siarki mogą przedo-

stawać się do mleka (LIS i współaut. 2013, PROKOP i ASTEL 2017). Ostatnio popularność zyskał także czosnek niedźwiedzi, stosowany jako przyprawa konserwująca żywność i dodatek do potraw oraz w postaci oleju czosnkowego. Na rynku pojawiły się także parafarmaceutyki i suplementy diety produkowane na jego bazie (DŽUGAN i współaut. 2014).

Z podziemnych kłączy imbiru wytwarza się proszki, syropy i oleje, stosowane są także w produkcji suplementów diety, jako dodatek do produktów spożywczych i napojów. Badania kliniczne sugerują, że pożądane skutki farmakologiczne uzyskuje się przy dawce od 250 mg do 1 g korzenia w formie sproszkowanej, pod postacią kapsułek podawanych do czterech razy na dobę (KIELISZEK i współaut. 2020). Ze względu na przeciwnymiotne działanie imbiru, jest on zalecany np. w przypadku wystąpienia choroby lokomocyjnej, niestrawności czy braku łaknienia, a także dla kobiet spodziewających się dziecka, dla których zalecane jest przyjmowanie od 2 do 4 g imbiru w 2-3 porcjach dziennie, aby złagodzić nudności ciążowe. Na rynku istnieje wiele preparatów zawierających ten niezwykle cenny surowiec, m.in. kapsułki wypełnione kłączem w postaci sproszkowanej, ekstrakty suche i płynne czy pastylki do żucia. Imbir można spożywać jako surowiec świeży: wyciskać, gotować lub przygotowywać w postaci herbaty imbirowej z korzenia (ŁAŻEWSKA i współaut. 2019, ABDULWASE i współaut. 2020).

W przypadku pomidora, to wyizolowany likopen (związek organiczny należący do karotenoidów o właściwościach antyoksydacyjnych) stanowi składnik suplementów diety i podawany jest np. w formie kapsułek. Likopen jest powszechnym komponentem suplementów diety – warto wybierać jednak produkty jednocześnie wzbogacone o oleje roślinne, ponieważ tłuszcze zwiększają dyspersję likopenu, a tym samym biodostępność – jego stężenie we krwi będzie wówczas wyższe (BELTER i współaut. 2011). Ostatnio naukowcy uznali rozpuszczalny w wodzie ekstrakt z pomidora, o nazwie handlowej Fruitflow, za pierwszy komercyjny produkt w Europie, w którego skład wchodzi biodostępne związki o aktywności kardioprotekcyjnej i przeciwzapalnej. Jego właściwości najprawdopodobniej skorelowane są z obecnością likopenu o działaniu antyoksydacyjnym [hamowanie utleniania cholesterolu oraz frakcji lipoprotein o niskiej gęstości (LDL)] oraz przeciwzapalnym, istotnych w zapobieganiu miażdżycy (OLAS 2018). Stosowanie likopenu ma wiele zalet – brak skutków ubocznych przy odpowiednich dawkach, szeroka dostępność i niskie koszty (MOZOS i współaut. 2018).

FITOZWIĄZKI ZAWARTE W CEBULI

CYJANIDYNA I GLIKOZYD-3-O CYJANIDYNY

Cyjanidyna to purpurowo-różowy (w pH obojętnym) związek należący do antocyjanidyn (antocyjany) o budowie C6-C3-C6, który występuje m.in. w cebuli czerwonej, nadając jej kolor (METRANI i współaut. 2020). Antocyjanidyny to związki chemiczne zwane też aglikonami, zaś ich glikozydy nazywane są antocyjanami (RYK 2018). Antocyjany stosowane są jako barwniki spożywcze, a ze względu na swoje cenne właściwości prozdrowotne, m.in. antyoksydacyjne, stanowią istotny komponent żywności (SALUK-JUSZCZAK 2010). Średnia zawartość cyjanidyny w cebuli czerwonej wynosi około 13 mg na 100 g produktu (GHERIBI 2011). Związek ten wykazuje aktywność przeciwglikową. Glikacja to nieenzymatyczna N-glikozylacja białek, w wyniku której powstaje wiązanie pomiędzy grupą karbonylową cukrowca lub jego pochodnych a pierwszorzędową grupą aminową białka. Reakcja ta jest wzmożona szczególnie w hiperglikemii związanej z cukrzycą, a nagromadzenie końcowych produktów procesu może prowadzić do dysfunkcji białek ustrojowych (KLEPACKA 2013). Cyjanidy-

na wykazuje zdolność do inhibicji jelitowej α -glukozydazy i trzustkowej α -amylazy - enzymów regulujących trawienie węglowodanów, a także zdolnych do stymulacji wydzielania insuliny (SUANTAWEE i współaut. 2020). Wyniki badań SUANTAWEE i współaut. (2020) przeprowadzone na szczurach sugerują, że cyjanidyna to środek zapobiegający uszkodzeniom oksydacyjnym i apoptozie w komórkach β -trzustki, wywołanym przez metyloglioksal - związek stymulujący glikację białek. Zatem cyjanidyna może stanowić istotny składnik żywności funkcjonalnej oraz nutraceutyków o aktywności przeciwcukrzycowej (SUANTAWEE i współaut. 2020). Nutraceutyki są definiowane jako substancje o aktywności biologicznej, znajdujące się w środkach spożywczych lub żywności, mające pozytywny wpływ na zdrowie, np. działając prewencyjnie lub leczniczo wobec różnych chorób, np. sercowo-naczyniowych (OLEDZKA 2007, OLAS 2018). Glikozyd-3-O-cyjanidyny (Cy-3-G, C3G) jest wytwarzany w szlaku flawan-3-olu (OLIVAS-AGUIRRE i współaut. 2016). OLIVAS-AGUIRRE i współaut. (2016) opracowali tabelę, podsumowującą dotychczasową wiedzę o mechanizmach działania glikozydu-3-O-cyjanidyny na komórki i różne linie komórkowe (Tabela 1).

Tabela 1. Działanie glikozydu-3-O-cyjanidyny na poszczególne linie komórkowe lub komórki (OLIVAS-AGUIRRE i współaut. 2016). Zmodyfikowano.

Linia komórkowa/komórki	Dawka glikozydu-3-O-cyjanidyny	Mechanizm działania
Eryocyty	10-100 μ M	Spadek cholesterolu i TBARS w błonach komórkowych
Ludzkie adherentne makrofagi (z komórek U937), komórki nabłonkowe jamy ustnej (GMSM-K) i fibroblasty dziąsła (HGF-1)	5-25 μ g/mL	Spadek poziomu IL-6 w makrofagach, cytoprotekcja linii komórkowych GMSM-K, HGF-1 wobec toksyczności nikotyny
Ludzka linia komórkowa raka żołądka (KATO III)	12,5 μ M	Spadek VacA produkowanej przez <i>Helicobacter pylori</i> , indukującej śmierć komórek
Adipocyty (3T3-L1)	50 μ M	Spadek transkrypcji lipazy za pośrednictwem FoxO1
Ludzki nowotwór wątroby (HepG2)	1-100 μ M	Wzrost utleniania kwasów tłuszczowych, zwiększenie aktywności AMPK
Adipocyty	0,5-50 μ M + kwas dokozaheksanowy	Spadek lipolizy podstawowej oraz markerów stanu zapalnego
Linia komórkowa mysiego grasiczaka (EL4 T)	2,5-5,0 μ g/mL	Spadek IL-13 i IL-4 przez inhibicję GATA-2
Linia komórkowa ludzkiego raka jelita (HT-29)	25 μ M	Spadek poziomu IL-8, azotynu oraz PGE2
Linia komórkowa ludzkiego raka jajnika (HO-8910PM)	IC ₅₀ , 13,8 μ g/mL	Wzrost apoptozy, spadek ekspresji mucyny 4

Glikozyd-3-O-cyjanidyny przyczynia się do spadku poziomu cholesterolu i substancji reagujących z kwasem tiobarbiturowym (ang. thiobarbituric acid reactive substances, TBARS) w błonach komórkowych erytrocytów u osób z hipercholesterolemią. TBARS stanowią istotny parametr stosowany do badania peroksydacji lipidów w komórkach, ze względu na to, iż produkty wolnorodnikowego utleniania lipidów powodują zmiany właściwości fizycznych błon komórkowych. Tak więc glikozyd cyjanidyny wpływa na zmniejszenie peroksydacji lipidów w błonach komórkowych erytrocytów, zaś obniżenie ilości cholesterolu pozwala na zwiększenie ich płynności (GROSICKA-MACIĄG 2011, DUCHNOWICZ i współaut. 2012). Z kolei w ludzkich adherentnych makrofagach z komórek U937 (modelowa linia komórkowa stosowana w badaniach biomedycznych), komórkach nabłonkowych jamy ustnej (GMSM-K) i ludzkich fibroblastach dziąsła (HGF-1) związek ten powoduje inhibicję wydzielania interleukiny 6 indukowanego przez lipopolisacharyd (zmniejsza reakcję zapalną) oraz neutralizuje cytotoksyczne działanie nikotyny na komórki nabłonka i fibroblasty, dzięki czemu może stanowić obiecujący środek prewencyjny lub leczniczy w chorobach przyzębia związanych z paleniem papierosów (DESJARDINS i współaut. 2012). *Helicobacter pylori* charakteryzuje się wieloma czynnikami wirulencji. Jednym z nich jest produkcja toksyny wakuolizującej A (VacA), która prowadzi do uszkodzenia komórek nabłonka w żołądku. Badania wykazały, że C3G hamuje wydzielanie tej toksyny w zależności od zastosowanej dawki, poprzez inhibicję syntezy białka podjednostki A układu wydzielania (podjednostka A układu wydzielania, SecA), związanego z translokacją białek bakteryjnych. Zatem glikozyd-3-O-cyjanidyny przyczynia się do spadku śmiertelności komórek żołądka, spowodowanej działaniem *H. pylori* (KIM i współaut. 2014). W adipocytach (3T3-L1) glikozyd cyjanidyny prowadzi do osłabienia O-glikozylacji (stymulowanej przez glukozę) czynnika transkrypcyjnego FoxO1, co bezpośrednio wpływa na spadek ekspresji lipazy triglicerydów. Ten mechanizm świadczy o zdolności regulacji transkrypcji lipazy triglicerydów, a tym samym inhibicji lipolizy adipocytów za pośrednictwem czynnika FoxO1, co w przyszłości może mieć potencjalne zastosowanie w przypadku hiperlipidemii związanej z cukrzycą (GUO i współaut. 2012a). Ponadto, Cy3G w połączeniu z kwasem dokozahexaenowym powodował spadek lipolizy podstawowej, co także było związane ze zmniejszeniem ekspresji lipazy triglicerydowej, w ekspresji której uczestniczy FoxO1. Dodatkowo, Cy3G zmniejszał poziom markerów stanu

zapalnego (BJÖRK i współaut. 2016). W badaniu na linii komórkowej ludzkiego nowotworu wątroby glikozyd cyjanidyny prowadził do wzrostu aktywności kinazy białkowej aktywowanej przez AMP (AMPK) w sposób zależny od kinazy kalmodulinowej. Przyczyniał się także do stymulacji ekspresji palmitoilotransferazy karnitynowej I, co wpłynęło na znaczny wzrost utleniania kwasów tłuszczowych w komórkach HepG2 (linia komórkowa ludzkiego nowotworu wątroby). Wykazano, że Cy3G ma zdolność do regulacji homeostazy lipidów w wątrobie poprzez szlak sygnałowy zależny od AMPK, co może dać możliwość zastosowania tego związku w zapobieganiu i leczeniu niealkoholowej stłuszczeniowej choroby wątroby związanej z otyłością (GUO i współaut. 2012b). Sugeruje się, że chlorek glikozydu-3-O-cyjanidyny może mieć także zastosowanie jako środek przeciwalergiczny, ponieważ ma zdolność inhibicji specyficznego dla limfocytów T czynnika transkrypcyjnego GATA-3 w reakcjach alergicznych, jednocześnie prowadząc do hamowania ekspresji interleukin: IL-4 i IL-13 w limfocytach T, odgrywających kluczową rolę w patogenezie różnych chorób alergicznych, takich jak atopowe zapalenie, astma czy alergiczny nieżyt nosa (PYO i współaut. 2014). Badanie linii komórkowej ludzkiego raka jelita miało na celu wykazanie ochronnego działania glikozydu-3-O-cyjanidyny przed reakcją zapalną wywołaną przez cytokiny, w porównaniu ze znanym lekiem przeciwzapalnym - kwasem 5-aminosalicylowym. Wykazano, że glikozyd-3-O-cyjanidyny w warunkach *in vitro* efektywnie hamuje produkcję markerów prozapalnych: NO, PGE2 (prostaglandyna E2) i IL-8, indukowaną przez cytokiny, a także powoduje inhibicję ekspresji iNOS (syntaza tlenu azotu) i cyklooksygenazy 2, przy znacznie niższym stężeniu niż kwas 5-aminosalicylowy, co sugeruje jego wyższą skuteczność przeciwzapalną (SERRA i współaut. 2013). ZENG i współaut. (2012) udowodnili, że C3G ma zdolność do inhibicji proliferacji komórek raka jajnika przy IC₅₀ (stężenie związku hamujące wzrost komórek w 50%) wynoszącym około 13,8 mg/L, oraz wykazali wysoki wskaźnik apoptozy tych komórek i spadek ekspresji mucyny 4. Tak więc glikozyd-3-O-cyjanidyny charakteryzuje się aktywnością przeciwnowotworową w przypadku raka jajnika.

KEMFEROL

Cebula to bardzo cenne źródło składników odżywczych w diecie, w tym flawonoidów. Skład fitozwiązków różni się w zależności od odmiany, miejsca i sposobu uprawy, zaś zawartość flawonoidów jest inna w poszczególnych częściach cebuli; najbogatsze

sza w nie jest warstwa zewnętrzna (METRANI i współaut. 2020). Jednym z głównych związków występujących w cebuli jest kemferol (3,5,7-trihydroksy-2-(4-hydroksyfenilo)-4H-1-benzopiran-4-on), należący do flawonoli (MAKOWSKA-WAŚ i JANECZKO 2004). Jego największą zawartością charakteryzuje się warstwa zewnętrzna cebuli czerwonej i fioletowej. Jest to związek o niskiej masie cząsteczkowej (286,2 g/mol) i żółtej barwie, który jest szeroko rozpowszechniony w przyrodzie; występuje w wielu roślinach i żywności pochodzenia roślinnego (CALDERÓN-MONTAÑO i współaut. 2011). Wykazuje właściwości antyoksydacyjne. Dzięki obecności flawonoidów cebula charakteryzuje się wielokierunkowym działaniem, m.in.: przeciwutleniającym, przeciwnowotworowym, przeciwzakrzepowym, przeciwzapalnym, przeciwbakteryjnym, przeciwgrzybicznym, immunoprotekcyjnym, hepatoprotekcyjnym i neuroprotekcynym. Ponadto, może zapobiegać chorobom układu krążenia poprzez regulację poziomu lipidów we krwi oraz poprawę funkcji śródbłonna. Cebula podawana zwierzętom modelowym doustnie (dawka 50 mg/kg masy ciała na dobę) wykazuje efekty terapeutyczne, jednak jej zbyt wysokie stężenie może przyczynić się do niekorzystnych zmian w organizmie (GALAVI i współaut. 2020). Kemferol ma potwierdzone właściwości antyoksydacyjne zarówno *in vitro*, jak i *in vivo*. Za jego aktywność przeciwutleniającą odpowiada podwójne wiązanie w C2-C3, a także grupa OH w C3, C4' i C5, C7. Działanie antyoksydacyjne kemferolu związane jest z jego zdolnością do zmiatania anionów nadtlenkowych, rodnika hydroksylowego czy nadtlenoazotynu. Inne mechanizmy antyoksydacyjne kemferolu obejmują: inhibicję aktywności enzymów stymulujących syntezę reaktywnych form tlenu, np. oksydazy ksantynowej, chelatowanie jonów żelaza i miedzi oraz zwiększenie ekspresji enzymów antyoksydacyjnych, np. dysmutazy ponadtlenkowej czy katalazj. Zapobiega także peroksydacji lipidów i utlenianiu lipoprotein o małej gęstości (frakcja LDL cholesterolu), co ma chronić organizm przed wystąpieniem miażdżycy. Antybakteryjne właściwości kemferolu zostały potwierdzone *in vivo* podczas badania mongolskich myszokoczków, którym podano doustnie bakterię *H. pylori*. Po czterech tygodniach przyjmowania kemferolu (dwa razy na dobę przez 10 dni) zaobserwowano wyraźny spadek liczebności kolonii *Helicobacter* w żołądku zwierząt. Ponadto, kemferol wykazuje synergistyczne działanie z antybiotykami takimi jak: ryfampicyna, wankomycyna czy klindamycyna, w przypadku antybiotykoopornych szczepów bakterii (CALDERÓN-MONTAÑO i współaut. 2011).

Jako silny promotor apoptozy, ma zdolność do modyfikacji komórkowych szlaków sygnałowych, a jednocześnie wykazuje znacznie mniejszą toksyczność dla komórek prawidłowych, w porównaniu ze znanymi lekami chemioterapeutycznymi. Liczne badania potwierdziły, że dieta będąca źródłem kemferolu zmniejsza ryzyko wystąpienia raka u osób palących papierosy, co związane jest z przerwaniem przez kemferol szlaku receptora węglowodorów arylowych, aktywowanego przez czynniki rakotwórcze obecne np. w dymie papierosowym, przez zablokowanie wiązania receptora z substancją mutageną. Sugeruje się, że kemferol, bezpieczny i tani element diety, stanowi potencjalny środek w chemoprewencji raka jajnika. Aktywność przeciwnowotworowa kemferolu jest także związana z poprawą biodostępności związków przeciwnowotworowych, ponieważ wykazuje on powinowactwo do białek transportowych – wiąże się z nimi, zapobiegając wydalaniu chemioterapeutyków z komórek nowotworowych (CHEN i CHEN 2013). Liczne badania *in vitro* i *in vivo* dowiodły, że kemferol, jego glikozydy oraz rośliny bogate w ten flawonoid, wykazują działanie neuroprotekcynne. Aktywność ta wiąże się ze zdolnością do: zmniejszenia uszkodzeń niedokrwiennych mózgu poprzez inhibicję aktywności metaloproteiny, zapobiegania akumulacji nitrotryzyn oraz ochrony komórek przed stresem oksydacyjnym. Co więcej, kemferol może obniżać poziom β amyloidu, co ma szczególne znaczenie w przypadku choroby Alzheimera (CALDERÓN-MONTAÑO i współaut. 2011).

KWERCETYNA

Kwercetyna (3,3',4',5,7-pentahydroksyflawon) to szeroko rozpowszechniony fitozwiązek o udowodnionym działaniu prozdrowotnym, który należy do flawonoidów (grupa flawonoli), a jej źródłem jest m.in. czerwona cebula. Za bioaktywność odpowiada jej struktura chemiczna: obecność trzech pierścieni aromatycznych oraz pięć grup -OH. Optymalny zakres jej spożycia waha się od 25 do 35 mg na dzień, a aglikonu kwercetyny jako suplementu diety 1g na dobę. W produktach spożywczych kwercetyna zazwyczaj związana jest z innymi związkami, często w postaci β -glikozydów połączonych np. z rutynozą, ramnozą i glukozą (KOBYLŃSKA i JANAS 2015, KAŁWA 2019). Zawartość glikozydów kwercetyny jest inna dla różnych odmian cebuli: w żółtej i czerwonej to od 25 do 65 g/kg, a w białej nieco mniej, około 10 mg/kg. Nagromadzenie kwercetyny wzrasta w cebuli w kierunku od wewnętrznych do zewnętrznych liści. Jest ona jednym z najsilniejszych przeciwutleniaczy pochodzenia roślinnego, a jej działanie opiera się na:

- neutralizacji wolnych rodników (tlen singletowy, rodnik hydroksylowy, tlenek azotu i inne) w żywności i komórkach organizmu;
- inhibicji aktywności enzymów uczestniczących w tworzeniu reaktywnych form tlenu;
- hamowaniu enzymatycznej peroksydacji fosfolipidów w błonie komórkowej;
- chelatowaniu jonów metali (Fe^{2+} , Cu^{2+});
- inhibicji aktywności oksydaz;
- modulacji katalizatorów biorących udział w procesach przeciwrodnikowych, takich jak: dysmutaza ponadtlenkowa czy transferaza glutationowa;
- zwiększaniu stabilności struktur komórkowych, przyczyniając się do ich większej oporności na działanie czynników szkodliwych (KOBYLIŃSKA i JANAS 2015, KAŁWA 2019).

Kwercetyna chroni neurony przed uszkodzeniami oksydacyjnymi i hamuje tworzenie się włókien β -amyloidu mających znaczenie w rozwoju choroby Alzheimera. Obniża poziom cytokin prozapalnych, jednocześnie stymulując regenerację komórek nerwowych. Reguluje także ekspresję cyklooksygenazy 2, wpływając na procesy zapalne. Badania na mysim modelu wykazały, że długotrwała suplementacja kwercetyny zmniejsza dysfunkcję mitochondriów poprzez przywracanie potencjału błony mitochondrialnej, obniża syntezę reaktywnych form tlenu oraz stymuluje syntezę ATP. Badania *in vitro* wykazały, że jej aktywność antyoksydacyjna zależy od zastosowanego stężenia; ma działanie terapeutyczne na neurony wyłącznie w niskich stężeniach (5 i 10 μM) (KHAN i współaut. 2019). Kwercetyna działa antybakteryjnie poprzez inhibicję wzrostu *H. pylori*, co ma istotne znaczenie w prewencji i leczeniu wrzodów żołądka spowodowanych tą bakterią. Natomiast jej działanie przeciwwirusowe pozwala na przyłączanie się do białek w płaszczu wirusa HIV, a tym samym dezaktywację DNA wirusa, a także na ograniczenie przedostawania się cząstek wirusa HIV-1 do limfocytów CD4 oraz hamowanie działania odwrotnej transkryptazy (KAŁWA 2019). Kwercetyna wykazuje także właściwości przeciwnowotworowe przez:

- blokowanie proliferacji komórek nowotworowych w fazie G1 i G2/M, wpływając na białka regulatorowe, np. cykliny czy kinazy cyklinozależne;
- inhibicję ekspresji białek szoku cieplnego, których nadekspresja w komórkach nowotworowych zapewnia im oporność na chemioterapeutyki (kwercetyna prowadzi do zwiększenia ich wrażliwości na leki przeciwnowotworowe);

- regulację poziomu ekspresji białek z rodziny Bcl-2 (regulują uwalnianie cytochromu c z mitochondriów), należących do protoonkogenów;

- działanie synergistyczne z innymi związkami (np. cytostatykami), co powoduje nasilenie aktywności przeciwnowotworowej;
- aktywność ochronną wobec komórek prawidłowych, niezmutowanych.

Kwercetyna, dzięki aktywności proapoptycznej wobec komórek zmienionych nowotworowo, ma obiecujący potencjał terapeutyczny i być może w przyszłości znajdzie zastosowanie jako skuteczny lek przeciwnowotworowy (KOBYLIŃSKA i JANAS 2015).

FITOZWIAZKI CZOSNKU – ALLINA, ALLICYNA I AJOEN

Czosnek pospolity ze względu na bogactwo związków o dużej aktywności biologicznej nazywany jest „naturalnym antybiotykiem”. Jedną z głównych substancji biologicznych w tym surowcu jest allina (sulfo-tlenek S-allilocysteiny) – siarkoorganiczny związek chemiczny (CHLEBDA-SIERAGOWSKA i współaut. 2012). Obróbka mechaniczna czosnku powoduje katalityczny rozkład alliny przez allinazę do m.in. allicyny i ajoenu (tiosulfonian dialilu). Wszystkie te związki zawierają w swojej budowie siarkę. Czosnek, nawet w niskich stężeniach, działa antybakteryjnie, także na szczepy antybiotykooporne; najsilniej oddziałuje na bakterie beztlenowe, mniejszą aktywność wykazuje wobec tlenowych bakterii Gram-dodatnich i Gram-ujemnych, wykazuje także właściwości grzybobójcze (CHLEBDA-SIERAGOWSKA i współaut. 2012, TADEUSIEWICZ i współaut. 2014, MATYSIAK i współaut. 2015). Allicyna należy do aminokwasów i odpowiada za ostry zapach i smak czosnku. Charakteryzuje się działaniem przeciwwakrzepowym, przeciwmiażdżycowym, przeciwnowotworowym, obniżającym ciśnienie krwi i poziom tłuszczów w surowicy, a dzięki zdolności do przenikania przez błonę komórkową ma istotne znaczenie w przebiegu reakcji biochemicznych (TADEUSIEWICZ i współaut. 2014, MATYSIAK i współaut. 2015). Związki czosnku wykazują działanie antyagregacyjne płytek krwi, co najprawdopodobniej związane jest z inhibicją syntezy tromboksanu, na skutek zahamowania działania cyklooksygenazy. W badaniu przeprowadzonym na grupie pacjentów z chorobą wieńcową zaobserwowano, iż po dwóch tygodniach suplementacji ekstraktem z czosnku wzrosło rozszerzenie śródbłonna zależne od przepływu krwi w tętnicy ramiennej oraz zmniejszył się poziom interleukiny-6 (WILLIAMS i współaut. 2005). LIS i współaut. (2013) wykazali, że stosowanie 250 mg/

Tabela 2. Efekty suplementacji czosnku, podawanego w różnej postaci, u osób ze schorzeniami sercowo-naczyniowymi (Lis i współaut. 2013). Zmodyfikowano.

Preparat	Badani	Dawka i czas trwania suplementacji	Efekty
Surowy czosnek	30 dorosłych osób z hipercholesterolemią	10 g/d. przez 42 dni	Spadek poziomu cCh i TG; wzrost poziomu HDL
Czosnek w proszku	51 osób z chorobą układu krążenia	300 mg/d. przez 12 miesięcy	Spadek poziomu cCh i LDL Spadek poziomu cCh i LDL,
	42 mężczyzn z łagodną hipercholesterolemią	600 mg/d. przez 12 miesięcy	wzrost poziomu HDL
Ekstrakt czosnku	23 osoby dorosłe z hipercholesterolemią, w tym 13 z nadciśnieniem	ok. 10 g/d. przez 4 miesiące	Spadek poziomu cCh, LDL i TG; wzrost poziomu HDL; spadek ciśnienia skurczowego i rozkurczowego krwi
Olej czosnkowy	20 osób z nadciśnieniem	250 mg/d. przez 2 miesiące	Spadek ciśnienia skurczowego i rozkurczowego krwi; spadek poziomu oxLDL
Macerat czosnkowy	70 dorosłych osób z nadciśnieniem	1620 mg/d. przez 30 dni	Spadek poziomu cCh, LDL i TG

cCh – choleserol całkowity; LDL – lipoproteiny o niskiej gęstości, oxLDL – oksydowane lipoproteiny o niskiej gęstości, HDL – lipoproteiny o wysokiej gęstości, TG – triglicerydy

dzień oleju z czosnku przez okres dwóch tygodni powodowało spadek skurczowego i rozkurczowego ciśnienia krwi u osób z nadciśnieniem. Skutki suplementacji czosnku u osób z chorobami układu krążenia przedstawiono w Tabeli 2.

Badania kliniczne osób przyjmujących sproszkowany czosnek, zawierający 1,3% aliny w dawce 600-900mg na dobę przez około trzy miesiące, wykazały spadek skurczowego ciśnienia tętniczego krwi o 11 mmHg oraz ciśnienia rozkurczowego o 5 mmHg (GAJDA 2019). Obecne w wyciągu z czosnku związki siarkowe, m.in. allicyna, mają zdolność inhibicji aktywacji czynnika NF- κ B (np. w makrofagach), biorącego udział w transkrypcji wielu genów związanych z reakcją zapalną (Lis i współaut. 2013). Natomiast ajoen, który powstaje na skutek samokondensacji allicyny, stanowi główny składnik ekstraktu eterowego z czosnku. Hamuje on agregację płytek krwi, a także charakteryzuje się aktywnością przeciwwirusową i dlatego czosnek może być skutecznym środkiem przeciwko wirusowi opryszczki, HIV, wirusowi wywołującemu cytomegalie i wirusowemu zapaleniu płuc (LUTOMSKI 2001, Lis i współaut. 2013, TADEUSIEWICZ i współaut. 2014). W badaniu na komórkach wątroby szczurów potraktowanych ajoenem zaobserwowano spadek produkcji cholesterolu o 18%. Natomiast w ludzkich komórkach HepG2, zarówno ajoen, jak i allicyna, istotnie obniży-

ły syntezę cholesterolu – odpowiednio o 19 i 18% (Lis i współaut. 2013). Wyizolowany z ekstraktu czosnkowego ajoen wykazuje *in vitro* synergistyczne działanie przeciwbakteryjne z tobramycyną, powodując obniżenie żywotności bakterii *Pseudomonas aeruginosa* w biofilmie. Badania JAKOBSENA i współaut. (2012) na myszach z zakażeniem płuc wykazały eliminację infekcji *P. aeruginosa* pod wpływem ajoenu, co potwierdziło jego antibakteryjne działanie. Ostatnio popularność zyskał czosnek niedźwiedzi, który zawiera dużą ilość związków siarki, m.in. allinę i allicynę, przy czym zawartość alliny w świeżych liściach wynosi od 0,25 do 1,15%, zaś w materiale suszonym w umiarkowanych warunkach jej ilość nie przekracza 2%. Skład chemiczny powoduje, że czosnek niedźwiedzi wykazuje szereg właściwości prozdrowotnych: łagodzi zatrucia metalami ciężkimi, zapobiega nadmiernej agregacji płytek krwi, rozrzedza krew i ulepsza jej przepływ w naczyniach krwionośnych. Pomaga także w leczeniu chorób skóry, np. trądziku, a także ma korzystny wpływ na regenerację flory bakteryjnej po antybiotykoterapii. Co więcej, wodne ekstrakty jego świeżych liści charakteryzują się działaniem antibakteryjnym wobec takich szczepów bakterii jak: *Salmonella enteritidis*, *Pseudomonas aeruginosa* czy *Escherichia coli*, oraz przeciwko drożdżom: *Candida albicans* i *Saccharomyces cerevisiae* (DŽUGAN i współaut. 2014). Badania przepro-

wadzone przez BERETTA i współaut. (2017) na sześciu warzywach z rodzaju *Allium* (czosnek, cebula, cebula siedmiolatka, por, szczypiorek, szalotka) wykazały, że wszystkie mają aktywność antypłytkową, a najsilniejsze zdolności antyagregacyjne wykazywał czosnek. Jest to najprawdopodobniej związane z obecnością wielu związków fenolowych i związków siarki, które poza właściwościami przeciwpłytkowymi, wykazują zdolności antibakteryjne i grzybobójcze.

LIKOPEN – NAJWAŻNIEJSZY ZWIĄZEK OBECNY POMIDORZE

Istotnym związkiem, wchodzącym w skład pomidora i innych czerwonych warzyw i owoców, jest likopen (ψ, ψ -karoten), należący do grupy karotenoidów, o udowodnionych (w badaniach *in vitro* i *in vivo*) właściwościach prozdrowotnych. Na skład chemiczny pomidorów bezpośrednio wpływają warunki uprawy i faza rozwoju owoców. Optymalna temperatura dla syntezy likopenu mieści się w zakresie 16-22°C, zaś jej gwałtowny wzrost prowadzi do tworzenia z likopenu β -karotenu. Przypuszcza się, że gotowanie dojrzałych pomidorów sprzyja zwiększeniu biodostępności karotenoidów, a ich ilość jest większa w przetworach (przeciery, koncentraty, sosy, zupy) niż w surowych owocach. Jest to skorelowane z wydzielaniem likopenu ze skórek podczas obróbki termicznej i przekształcaniem formy *trans*- do *cis*-likopenu. Z kolei suszone pomidory odznaczają się wysoką zawartością witamin: C, A, B₁, B₂, B₆ (STORY i współaut. 2010, ZDROJEWICZ i współaut. 2016, GWÓZDŹ i GĘBCZYŃSKI 2017). Zawartość likopenu w różnych produktach na bazie pomidorów przedstawiono w Tabeli 3.

Likopen to wielonienasycony węglowodór, tetraterpen, zawierający 11 sprzężonych i 2 nieskoniugowane podwójne wiązania w łańcuchu alkilowym (STORY i współaut. 2010, GWÓZDŹ i GĘBCZYŃSKI 2017). Uważa się, że taka struktura decyduje o jego właściwościach antyoksydacyjnych; posiada zdolność eliminacji tlenu singletowego dwukrotnie większą niż β -karoten i dziesięciokrotnie większą niż α -tokoferol. Ponadto, charakteryzuje się stukrotnie większą aktywnością przeciwutleniającą w porównaniu do witaminy E i C (ANTARTANI i ASHOK 2011, SKIEPKO i współaut. 2015). Likopen roślinny występuje zazwyczaj jako izomer *trans*. Izomeryzacja izomeru *trans* do bardziej biodostępnego izomeru *cis* zachodzi w warunkach kwaśnych (np. kwasu żołądkowego) oraz w wyniku ekspozycji na światło i energię cieplną (MOZOS i współaut. 2018). Jedną z głównych właściwości karotenoidów jest działanie an-

Tabela 3. Zawartość likopenu w wybranych produktach pomidorowych (SKIEPKO i współaut. 2015). Zmodyfikowano.

Rodzaj produktu	Zawartość likopenu [mg/100g ś.m.]
Pomidor świeży	0,72-4,2
Pomidor gotowany	3,7
Sok pomidorowy	5,0-11,6
Sos pomidorowy	6,2
Koncentrat pomidorowy	5,4-150
Zupa pomidorowa	7,99
Proszek pomidorowy	112,6-265
Sos pomidorowy do pizzy	12,7
Ketchup pomidorowy	9,9-13,4

tyoksydacyjne, które znalazło zastosowanie w protekcji i leczeniu m.in. miażdżycy, schorzeń związanych z narządem wzroku, nowotworów szyjki macicy i gruczołu sutkowego u kobiet oraz prostaty, za co w dużej mierze odpowiada likopen (GWÓZDŹ i GĘBCZYŃSKI 2017). Funkcją likopenu jest neutralizacja rodnika hydroksylowego, dwutlenku azotu (które przyczyniają się do niekorzystnych zmian w limfocytach) i rodnika tiolowego, a także zapobieganie utlenianiu białek, DNA, lipidów i frakcji LDL cholesterolu (WIKTOROWSKA-OWCZAREK 2013). Chroni także przed niekorzystnymi zmianami mitochondriów i komórek śródłonka wywołanymi przez stres oksydacyjny. Ponadto, ma zdolność do modulacji produkcji enzymów antyoksydacyjnych, np. dysmutazy ponadtlenkowej i katalazy. Likopen odgrywa także ważną rolę w łagodzeniu skutków wystąpienia stresu oksydacyjnego u osób palących - stanowi jeden z głównych karotenoidów zmniejszających ryzyko miażdżycy u obecnych i byłych palaczy (MOZOS i współaut. 2018). Co więcej, likopen pozwala na eliminację ognisk przerzutowych oraz inhibicję namnażania komórek nowotworowych (GWÓZDŹ i GĘBCZYŃSKI 2017). Spożywanie pomidorów pozwala także na obniżenie poziomu cholesterolu we krwi, a także zminimalizowanie ryzyka wystąpienia chorób sercowo-naczyniowych, ze względu na istotny spadek podatności frakcji LDL cholesterolu na utlenianie, co świadczy o działaniu kardioochronnym (ZDROJEWICZ i współaut. 2016, GWÓZDŹ i GĘBCZYŃSKI 2017). Tak więc, likopen przyczynia się do pierwotnej i wtórnej profilaktyki chorób sercowo-naczyniowych.

Główne mechanizmy działania likopenu obejmują aktywność przeciwmiażdżycową, przeciwutleniającą, przeciwzapalną, przeciwnadciśnieniową, przeciwplytkową, przeciwapoptotyczną, działanie ochronne na śródbłonek oraz zdolność do zmniejszenia sztywności tętnic. Aktywność przeciwplytkowa chroni przed wystąpieniem zawału serca i udaru, ale w dużej mierze zależy od zastosowanego stężenia. Mechanizm tego działania jest ściśle związany ze zdolnością tego karotenoidu do interakcji m.in. z tromboksanem, trombiną, kolagenem, czynnikiem von Willebranda, selektyną P i mediatorami zapalenia. Zaobserwowano także, że likopen może nasilać przeciwplytkowe działanie aspiryny. Spożywanie co najmniej 7 porcji produktów (m.in. pomidorów) na bazie likopenu w ciągu tygodnia znacznie zmniejszyło ryzyko wystąpienia chorób sercowo-naczyniowych w ciągu siedmiu lat u kobiet po menopauzie, nie cierpiących wcześniej na zaburzenia sercowo-naczyniowe ani na raka (MOZOS i współaut. 2018). Badania przeprowadzone na kobietach w ciąży wykazały, że suplementacja likopenem istotnie wpłynęła na zmniejszenie częstości występowania wewnątrzmacicznego ograniczenia wzrostu płodu i pozwoliła uzyskać ogólne lepsze wyniki okołoporodowe, w porównaniu z grupą kontrolną nie przyjmującą tego suplementu (ANTARTANI i ASHOK 2011). Sugeruje się, że likopen może mieć działanie neuroprotektoryjne w ośrodkowym układzie nerwowym (OUN). Hipotezę tę potwierdzają niektóre wcześniejsze badania dotyczące jego roli w ograniczeniu zaburzeń neurodegeneracyjnych i psychiatrycznych. Wykazano, że suplementacja likopenem może poprawić zdolności poznawcze u myszy transgenicznych i osłabić toksyczność komórkową indukowaną β amyloidem w hodowanych neuronach. Opisano także zdolność likopenu do inhibicji zaburzeń funkcji poznawczych i motorycznych w przypadku choroby Huntingtona, spowodowanych przez kwas 3-nitropropionowy. Likopen może również stanowić potencjalny środek przeciwdepresyjny, będący skuteczną alternatywą dla znanych leków na tę chorobę, co może być skorelowane z jego przeciwzapalnym wpływem na komórki układu nerwowego (CHEN i współaut. 2019). Pomidor oraz produkty otrzymywane z jego owoców stanowią ważny element diety człowieka ze względu na obecność związków mających znaczenie prozdrowotne, głównie karotenoidów, w tym likopenu. Pozwalają na obniżenie częstości występowania chorób sercowo-naczyniowych i nowotworów (GWÓZDZ i GĘBCZYŃSKI 2017).

GINGEROLE – ZWIĄZKI OBECNE W IMBIRZE

Imbir jest źródłem związków bioaktywnych, w tym fitoskładników, takich jak związki lotne (np. kamfen, linalool, cineol) i nielotne (np. shogaole, zingerony). Jedną z najważniejszych substancji obecnych w imbirze są gingerole (np. 6-gingerol, 10-gingerol), grupa związków charakteryzujących się budową fenolową z łańcuchami bocznymi o różnej długości. Występują w ilości od 4 do 7,5% masy surowca i to one w głównej mierze decydują o ostrym smaku kłącza imbiru (ŁĄŻEWSKA i współaut. 2019). Wyróżnia je nietrwałość termiczna w roztworach wodnych; na skutek dehydratacji tworzą wówczas shogaole. Gingerole i shogaole nadają imbirowi właściwości farmakologiczne (AKBAR 2020). Działa on: przeciwbakteryjnie, przeciwwirusowo, przeciwbólowo, przeciwzapalnie, antyoksydacyjnie, przeciwgorączkowo, przeciwnowotworowo, przeciwhiperglikemicznie i przeciwlipidemicznie. Dzięki szerokiej aktywności znalazł zastosowanie w leczeniu niestrawności, wzdęć, nudności, wrzodów, a także w przypadku zapalenia stawów i zapalenia płuc (ŁĄŻEWSKA i współaut. 2019, ABDULWASE i współaut. 2020). Eksperymentalnie wykazano, że imbir przyczynia się do pobudzenia produkcji kwasu żółciowego przez wątrobę oraz aktywności lipazy trzustkowej, dzięki czemu powoduje nasilenie procesu trawienia i wchłaniania tłuszczów przy stosowaniu diety wysokotłuszczowej, a także do wzrostu aktywności takich enzymów jak tripsyna czy chymotrypsyna. Badania przeprowadzone na myszach pozwoliły wykazać, iż suplementacja imbirem przyczynia się do kształtowania flory jelitowej, większej liczebności bakterii rodzaju *Bifidobacterium* oraz m.in. *Allobaculum* wytwarzających krótkołańcuchowe kwasy tłuszczowe. Z kolei doświadczenia na szczurach dowiodły, iż podawanie imbiru przyczyniło się do wzrostu powierzchni jelita cienkiego, odpowiadającej za wchłanianie pokarmu oraz zwiększenia przyswajalności żelaza, cynku i wapnia, co pozwala wywnioskować, iż imbir ma działanie protekcyjne na przewód pokarmowy. Za zdolności przeciwrakowe imbiru odpowiadają m.in. flawonoidy, kwasy fenolowe i polifenole. Do naturalnych przeciwutleniających należy także 6-gingerol, który stanowi istotny inhibitor syntezy tlenu azotu i ma właściwości ochronne wobec makrofagów przed szkodliwym wpływem nadtlenoazotu. Działanie antyoksydacyjne imbiru polega na neutralizacji wolnych rodników w organizmie, inhibicji peroksydacji lipidów oraz utleniania frakcji LDL cholesterolu, wspomaganie enzymów antyoksydacyjnych oraz

endogennych przeciwutleniaczy (KIELISZEK i współaut. 2020). KIELISZEK i współaut. (2020) wykazali, że wodny ekstrakt imbiru ma zdolność redukcji jonu żelaza III do jonów żelaza II oraz zmiatania DPPH (2,2-difenyl-1-pikrylohydrazyl). Badania ŁĄŻEWSKIEJ i współaut. (2019) dowiodły, że imbir, dzięki zawartości m.in. 6-gingeorlu i 6-shogaolu, ma istotne znaczenie w prewencji raka przewodu pokarmowego, co jest ściśle związane z modulacją cząsteczek sygnałowych [NF- κ B (czynn timer jądrowy kappa B), TNF- α (czynn timer martwicy nowotworów) czy COX-2 (cyklooksygenaza 2)]. 6-gingerol stanowi także silny inhibitor syntetazy prostaglandyn *in vitro*. Wodny ekstrakt z imbiru w zależności od stężenia wpływał na inhibicję agregacji płytek krwi indukowaną *in vitro* przez ADP, adrenalinę, kolagen i kwas arachidonowy (IMTIYAZ i współaut. 2013). W badaniu, w którym grupie osób przez ponad 12 tygodni podawano suplementy imbiru (3 kapsułki, każda zawierająca 500 mg sproszkowanego surowca) wykazano, że poziom aminotransferazy alaninowej, cholesterolu całkowitego i frakcji LDL we krwi na czczo, wskaźnika insulinooporności, białka C-reaktywnego w surowicy oraz fetuiny-A znacznie spadła w porównaniu z kontrolą. Na podstawie otrzymanych wyników można wywnioskować, że suplement imbiru może być stosowany jako terapia uzupełniająca w celu zmniejszenia insulinooporności, enzymów wątrobowych i stanów zapalnych u pacjentów z niealkoholowym stłuszczeniem wątroby (RAFIE i współaut. 2020). 6-gingerol stanowi niezwykle istotny związek antyoksydacyjny, który pełni ważną rolę w inhibicji transformacji, hiperprolifracji i procesów zapalnych, determinujących końcowe etapy nowotworzenia, tworzenia się naczyń włosowatych i powstawania przerzutów. Jego działanie opiera się na aktywacji szlaku VEGF (czynn timer wzrostu śródbłonka naczyniowego, odgrywający rolę w rozwoju i progresji nowotworu) i podwyższeniu poziomu genów supresorowych, działających hamująco na procesy proliferacji komórkowej. 6-gingerol może także modylować białka adhezyjne oraz hamować migrację różnych rodzajów komórek nowotworowych. Dzięki tak różnokierunkowym właściwościom, dobrej dostępności i korzystnej cenie, imbir stanowi potencjalny środek do wspomagania leczenia onkologicznego i innych schorzeń (SKOTNICKA i współaut. 2017).

Streszczenie

Fitozwiązki to substancje chemiczne produkowane przez rośliny, wykazujące aktywność biologiczną i charakteryzujące się cennymi dla człowieka właściwościami prozdrowotnymi. Ze względu na szerokie zastosowanie, dobrą dostępność i niską cenę stanowią ważne komponenty suplementów diety, podawane w odpowiednio

dobranej dawce, w różnej formie. Dzięki wartościom terapeutycznym są celem licznych badań i mogą mieć znaczenie jako potencjalne leki przeznaczone do walki z chorobami o różnym podłożu.

LITERATURA

- ABDULWASE R., ABBAS A. B., YAN S., 2020. *Ginger as a commercial product in China*. MOJ Biol. Med. 5, 1-2.
- AKBAR S., 2020. *Zingiber officinale Rosc. (Zingiberaceae)*. Handbook of 200 Medical Plants. Springer, Cham., doi.org/10.1007/978-3-030-16807-0_199.
- ANTARTANI R., ASHOK K., 2011. *Effect of lycopene in prevention of preeclampsia in high risk pregnant women*. J. Turkish-German Gynecol. Assoc. 12, 35-38.
- BELTER A., GIEL-PIETRASZUK M., OZIEWICZ S., CHOMCZYŃSKI P., BARCISZEWSKI J., 2011. *Likopen – występowanie, właściwości oraz potencjalne zastosowanie*. Post. Bioch. 57, 372-380.
- BERETTA H. V., BANNOUD F., INSANI M., BERLI F., HIRSCHEGGER P., GALMARINI C. R., CAVAGNARO P. F., 2017. *Relationships between bioactive compound content and the antiplatelet and antioxidant activities of six allium vegetable species*. Food Technol. Biotechnol. 55, 266-275.
- BJÖRK C., WILHELM U., MANDRUP S., LARSEN B. D., BORDONI A., HEDÉN P., RYDÉN M., ARNER P., LAURENCIKIENE J., 2016. *Effects of selected bioactive food compounds on human white adipocyte function*. Nutrit. Metabol. 13, 1-10.
- CALDERÓN-MONTAÑO J. M., BURGOS-MORÓN E., PÉREZ-GUERRERO C., LÓPEZ-LÁZARO M., 2011. *A review on the dietary flavonoid kaempferol*. Mini-Rev. Med. Chem. 11, 298-344.
- CHEN A. Y., CHEN Y. C., 2013. *A review of the dietary flavonoid, kaempferol on human health and cancer chemoprevention*. Food Chem. 138, 2099-2107.
- CHEN D., HUANG C., CHEN Z., 2019. *A review for the pharmacological effect of lycopene in central nervous system disorders*. Biomed. Pharmacother. 111, 791-801.
- CHLEBDA-SIERAGOWSKA E., SKREZYPIEC-SPRING M., SZELAG A., 2012. *Rola preparatów ziołowych w profilaktyce infekcji u sportowców*. Strzelectwo Sportowe 9, 35-40.
- DESJARDINS J., TANABE S., BERGERON C., GAFNER S., GRENIER D., 2012. *Anthocyanin-rich black currant extract and cyanidin-3-O-glucoside have cytoprotective and anti-inflammatory properties*. J. Med. Food 15, 1445-1450.
- DUCHNOWICZ P., BRONCEL M., PODSEDEK A., KOTER-MICHALAK M., 2012. *Hypolipidemic and antioxidant effects of hydroxycinnamic acids, quercetin, and cyanidin 3-glucoside in hypercholesterolemic erythrocytes (in vitro study)*. Eur. J. Nutrit. 51, 435-443.
- DZUGAN M., KORDIAKA R., KACÁŃIOVÁ M., WE-SOŁOWSKA M., 2014. *Czosnek niedźwiedzi (Allium ursinum) jako uzupełnienie wiosennej diety*. [W:] *Właściwości produktów i surowców żywnościowych. Wybrane zagadnienia*. TARKO T., DUDA-CHODAK A., WITCZAK M., NAJGEBAUER-LEJKO D. (red.). Kraków, Oddz. Małopolski PTTŻ, Univ. Roln., pp. 248-258.
- GAJDA E., 2019. *Fitoterapia i dieta w zapobieganiu i leczeniu nadciśnienia tętniczego*. Post. Fitoterap. 20, 73-80.
- GALAVI A., HOSSEINZADEH H., RAZAVI B. M., 2020. *The effects of Allium cepa L. (onion) and its*

- active constituents on metabolic syndrome: A review. *Iranian J. Basic Med. Sci.* 23, 1-14.
- GHERIBI E., 2011. Związki polifenolowe w owocach i warzywach. *Medycyna Rodzinna* 4, 111-115.
- GROSICKA-MACIAG E., 2011. Biologiczne skutki stresu oksydacyjnego wywołanego działaniem pestycydów. *Post. Hig. Med. Dośw.* 65, 357-366.
- GUO H., GUO J., JIANG X., LI Z., LING W., 2012a. Cyanidin-3-O- β -glucoside, a typical anthocyanin, exhibits antilipolytic effects in 3T3-L1 adipocytes during hyperglycemia: Involvement of FoxO1-mediated transcription of adipose triglyceride lipase. *Food Chem. Toxicol.* 50, 3040-3047.
- GUO H., LIU G., ZHONG R., WANG Y., WANG D., XIA M., 2012b. Cyanidin-3-O- β -glucoside regulates fatty acid metabolism via an AMP-activated protein kinase-dependent signaling pathway in human HepG2 cells. *Lipids Health Disease* 11, 1-13.
- GWÓZDZ E., GEBCZYŃSKI P., 2017. Owoce pomidora źródłem karotenoidów. *Medycyna Rodzinna* 20, 211-214.
- IMTIYAZ S., RAHEMAN K., SULTANA A., 2013. Zingiber officinale Rosc.: A traditional herb with medicinal properties. *TANG* 3, 1-7.
- JAKOBSEN T. H., VAN GENNIP M., PHIPPS R. K. i wspóla., 2012. Ajoene, a sulfur-rich molecule from garlic, inhibits genes controlled by quorum sensing. *Antimicrob. Agents Chemoth.* 56, 2314-2325.
- KALWA K., 2019. Właściwości antyoksydacyjne flawonoidów oraz ich wpływ na zdrowie człowieka. *Kosmos* 68, 153-159.
- KHAN H., ULLAH H., ASCHNER M., CHEANG W. S., AKKOL E. K., 2019. Neuroprotective effects of quercetin in Alzheimer's Disease. *Biomolecules* 10, 59-79.
- KIELISZEK M., EDRIS A., KOT A. M., PIWOWAREK K., 2020 Biological activity of some aromatic plants and their metabolites, with an emphasis on health-promoting properties. *Molecules* 25, 1-20.
- KIM S. H., WOO H., PARK M., RHEE K. J., MOON C., LEE D., SEO W. D., KIM J. B., 2014. Cyanidin 3-O-glucoside reduces *Helicobacter pylori* VacA-induced cell death of gastric KATO III cells through inhibition of the SecA pathway. *Int. J. Med. Sci.* 11, 742-747.
- KLEPACKA A. 2013. Przeciwniklacyjne właściwości ekstraktów roślinnych bogatych w polifenole. *Post. Fitoterap.* 2, 127-131.
- KOBYLIŃSKA A., JANAS K. M., 2015. Prozdrowotna rola kwercetyny obecnej w diecie człowieka. *Post. Hig. Med. Dośw.* 69, 51-62.
- KOCHE D., SHIRSAT R., KAWALE M., 2016. An overview of major classes of phytochemicals: their types and role in disease prevention. *Hislopia J.* 9,1-11.
- KOSS-MIKOŁAJCZYK I., BARTOSZEK A., 2019. Bioaktywne fitozwiązki w chemoprewencji przewlekłych chorób niezakaźnych - owoce i warzywa czy suplementy diety? *Żywność Nauka Technologia Jakość* 26, 5-14.
- LAWSON L. D., HUNSAKER S. M., 2018. Allicin bioavailability and bioequivalence from garlic supplements and garlic foods. *Nutrients* 10, 812-861.
- LIS I., BOGDAŃSKI P., NOWAK G., 2013. Zastosowanie czosnku w profilaktyce chorób układu sercowo-naczyniowego. *Forum Zaburzeń Metabolicznych* 4, 210-215.
- LUTOMSKI J., 2001. Fascynacja czosnkiem - wczoraj i dziś. *Post. Fitoterap.* 1, 7-14.
- ŁAŻEWSKA D., MIETKIEWSKA K., STUDZIŃSKA-SROKA E., 2019. Imbir lekarski - roślina o właściwościach neuroochronnych. *Post. Fitoterap.* 4, 268-276.
- MAKOWSKA-WĄS J., JANECKO Z., 2004. Biodostępność polifenoli roślinnych. *Post. Fitoterap.* 3, 126-137.
- MATYSIAK M., GAWEL-BEBEN K., RYBCZYŃSKA K., GMIŃSKI J., SURMA S., 2015. Porównanie wybranych właściwości biologicznych czosnku (*Allium sativum* L.), pochodzącego z Polski i Chin. *Żywność Nauka Technologia Jakość* 2, 160-169.
- METRANI R., SINGH J., ACHARYA P., JAYAPRAKASHA G. K., PATIL B. S., 2020. Comparative metabolomics profiling of polyphenols, nutrients and antioxidant activities of two red onion (*Allium cepa* L.) cultivars. *Plants* 9, 1077-1094.
- MOZOS I., STOIAN D., CARABA A., MALAINER C., HORBIAŃCZUK J. O., ATANASOV A. G., 2018 Lycopen and vascular health. *Front. Pharmacol.* 9, 521.
- NOWAK G., 2009. Surowce roślinne stosowane w chorobach układu krążenia i serca. *Herba Pol.* 55, 100-120.
- OLAS B., 2018. Dietary supplements with antiplatelet activity: a solution for everyone? *Adv. Nutr.* 9, 51-57.
- OLAS B., 2019. Anti-aggregatory potential of selected vegetables - promising dietary components for the prevention and treatment of cardiovascular disease. *Adv. Nutr.* 10, 280-290.
- OLEDZKA R., 2007. Nutraceutyki, żywność funkcjonalna - rola i bezpieczeństwo stosowania. *Bromatol. Chemia Toksykol.* 40, 1-8.
- OLIVAS-AGUIRRE F. J., RODRIGO-GARCIA J., DEL MARTINES-RUIZ N. R., CARDENAS-ROBLES A. I., MENDOZA-DIAZ S. O., ALVAREZ-PARIRILLA E., GONZÁLEZ-AGUILAR G. A., DE LA ROSA L. A., RAMOS-JIMÉNEZ A., WALL-MEDRANO A., 2016. Cyanidin-3-O-glucoside: physical-chemistry, foodomics and health effects. *Molecules* 21, 1-30.
- OSTROWSKA M., KRZEWIŃSKI Z., 2017. Nowe leki roślinne. <https://www.ncbr.gov.pl/potrzuje-wiedzy-uczelniainstytut/sciezki-komercjalizacji-b-r/szczegoly/news/nowe-leki-roslinne-50179/>.
- PROKOP P., ASTEL A., 2017. Rola suplementacji w zbilansowanym żywieniu człowieka (Cz. I). *Laboratoria Aparatura Badania* 4, 46-51.
- PYO M. Y., YOON S. J., YU Y., PARK S., JIN M., 2014. Cyanidin-3-glucoside suppresses Th2 cytokines and GATA-3 transcription factor in EL-4 T cells. *Biosci. Biotechnol. Biochem.* 78, 1037-1043.
- RAFIE R., HOSSEINI S. A., HAJJANI E., SAKI MALEHI A., MARD S. A., 2020. Effect of ginger powder supplementation in patients with non-alcoholic fatty liver disease: a randomized clinical trial. *Clin. Exp. Gastroenterol.* 23, 35-45.
- RYK M., 2018. Izolowanie antocyjanów na drodze ekstrakcji z komórek kapusty głowiastej czerwonej (*Brassica oleracea* var. *Capitata* f. *rubra*), winogron (*Vitis Vinifera* subsp. *Vinifera* i bakłażanów (*Solanum melongena*). *Acta Juvenum* 3, 109-115.
- SALUK-JUSZCZAK J., 2010. Antocyjany jako składnik żywności funkcjonalnej stosowanej w profilaktyce chorób układu krążenia. *Post. Hig. Med. Dośw.* 64, 451-458.
- SCHLEGEL-ZAWADZKA M., BARTECZKO M., 2009. Ocena stosowania suplementów diety pochodzenia naturalnego w celach prozdrowotnych przez osoby dorosłe. *Żywność Nauka Technologia Jakość* 4, 375-387.

- SERRA D., PAIXÃO J., NUNES C., DINIS T. C., ALMEIDA L. M., 2013. *Cyanidin-3-glucoside suppresses cytokine-induced inflammatory response in human intestinal cells: Comparison with 5-aminosalicylic acid*. PLoS One 8, doi: 10.1371/journal.pone.0073001.
- SUANTAWEE T., THILAVECH T., CHENG H., ADISAKWATTANA S., 2020. *Cyanidin Attenuates Methylglyoxal-Induced Oxidative Stress and Apoptosis in INS-1 Pancreatic β -Cells by Increasing Glyoxalase-1 Activity*. Nutrients 12, 1319-1330.
- SKIEPKO N., CHWASTOWSKA-SIWIECKA I., KONDRATOWICZ J., 2015. *Właściwości likopenu i jego wykorzystanie w produkcji żywności funkcjonalnej*. Żywność Nauka Technologia Jakość 6, 20-32.
- SKOTNICKA M., GOLAN M., SZMUKAŁA N., 2017. *Rola naturalnych przeciwutleniaczy pochodzenia roślinnego w profilaktyce nowotworowej*. Ann. Academiae Medicae Gedanensis 47, 119-127.
- STORY E. N., KOPEC R. E., SCHWARTZ S. J., HARRIS G. K., 2010. *An update on the health effects of tomato lycopene*. Ann. Rev. Food Sci. Technol. 1, 189-210.
- TADEUSIEWICZ J., KRYSZTOFIK A., OLAS B., 2014. *Czosnek – panaceum na choroby układu krążenia?* Kosmos 63, 37-44.
- WIKTOROWSKA-OWCZAREK A., 2013. *Przeciwutleniające właściwości pomidora (*Lycopersicon esculentum* L.)*. Post. Fitoter. 3, 195-199.
- ZDROJEWICZ Z., PACHURA E., PACHURA P., 2016. *Działanie lecznicze owoców pomidora zwyczajnego*. Post. Fitoter. 17, 44-48.
- ZENG L., GAO J., ZHANG R., 2012. *Study on anti-tumor effect of cyanidin-3-glucoside on ovarian cancer*. Zhongguo Zhong Yao Za Zhi 37, 1651-1654.

KOSMOS Vol. 70, 1, 103–114, 2021

MAGDALENA ULANOWSKA, BEATA OLAS

Department of General Biochemistry, Institute of Biochemistry, Faculty of Biology and Environmental Protection, University of Łódź, Pomorska 141/143, 90-236 Łódź, E-mail: magdalena.ulanowska@edu.uni.lodz.pl

PHYTOCHEMICALS – IMPORTANT INGREDIENTS OF DIET SUPPLEMENTS AND THEIR IMPACT ON HUMAN HEALTH

Summary

Phytochemicals are chemical substances produced by plants, exhibiting biological activity and having health-promoting properties that are valuable to humans. Due to the wide application, good availability and low price, they are important components of dietary supplements, administered in a properly selected dose, in various forms. Thanks to their therapeutic values, they are the target of numerous studies and may be of importance as potential drugs to fight diseases of various origins.

Key words: garlic, ginger, health of human, lycopene, onion, phytochemicals, supplements, tomato