

## **Możliwości wykorzystania tanin w ochronie zdrowia zwierząt i ludzi**

***Marcin Barszcz, Jacek Skomial***

*Instytut Fizjologii i Żywienia Zwierząt im. Jana Kielanowskiego PAN,  
ul. Instytucja 3, 05-110 Jabłonna  
e-mail: m.barszcz@ifzz.pan.pl*

**Słowa kluczowe:** taniny, biosynteza, aktywność prozdrowotna, człowiek, zwierzęta

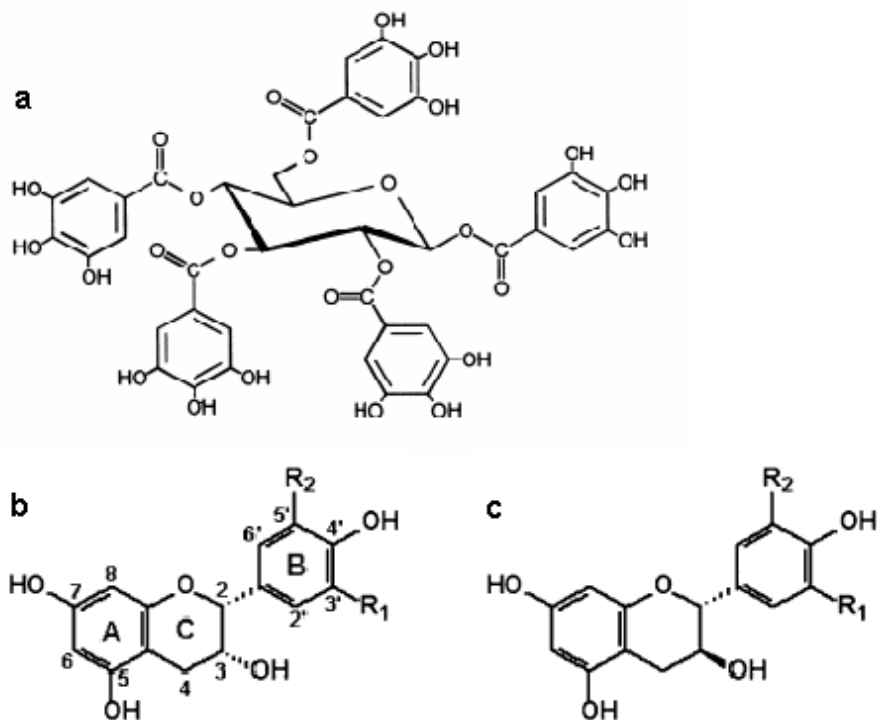
### **Wstęp**

Termin „tanina” był pierwotnie używany do opisu substancji znajdujących się w ekstraktach roślinnych, stosowanych do utrwalania skór zwierzęcych [18]. Substancje niezbędne w tym procesie, garbniki, zostały później zidentyfikowane jako związki o zróżnicowanej masie cząsteczkowej i budowie. Taniny zdefiniowano jako naturalnie występujące, rozpuszczalne w wodzie związki polifenolowe o masie cząsteczkowej między 500 a 3000 Da, zdolne do tworzenia kompleksów z białkami, polisacharydami, a także jonami metali [18, 41]. Na podstawie budowy i reaktywności wyróżniono taniny hydrolizujące i skondensowane. Są one obecne w wielu produktach pochodzenia roślinnego używanych jako żywność dla ludzi lub pasza dla zwierząt [18]. Taniny są tradycyjnie zaliczane do czynników antyżywnościowych. Do niekorzystnych efektów ich działania należy m.in. pogorszenie smaku paszy, zmniejszenie jej pobrania przez zwierzęta, zmniejszenie przepuszczalności jelita dla składników pokarmowych oraz tempa wzrostu, podrażnienie przewodu pokarmowego i inhibicja enzymów trawiennych [4, 22, 50]. Taniny zostały także poznane jako substancje o właściwościach prozdrowotnych. Z tego powodu przeżywają obecnie renesans jako silne przeciwutleniacze, środki przeciwbakteryjne, przeciwwirusowe i przeciwnowotworowe [13]. Prozdrowotny potencjał tanin może zostać wykorzystany również w produkcji zwierzęcej.

## Budowa chemiczna i biosynteza tanin

Jedną z dwóch wielkich grup tanin są taniny hydrolizujące. Związki te są łatwo hydrolizowane przez kwasy, zasady lub enzymy do monomerycznych produktów [18, 41]. W centrum cząsteczki znajduje się rdzeń cukrowy, którym może być glukoza lub inne węglowodany, np. hamameloza, kwas szikimowy, chinowy, a nawet pektyny. Grupy hydroksylowe sacharydu są częściowo lub całkowicie zestryfikowane resztami kwasu galusowego lub jego pochodnymi, np. kwasem heksahydroksydifenowym i m-digalusowym. Estry kwasu galusowego to galotaniny. Są one najprostszymi taninami, z których w wyniku rozkładu powstaje glukoza i kwas galusowy. Dobrze znaną galotaniną jest kwas taninowy o wzorze sumarycznym  $C_{76}H_{52}O_{46}$ . Rdzeń tej cząsteczki stanowi pentagalusan glukozy, do którego, poprzez wiązania depsydowe, przyłączone są kolejne jednostki kwasu galusowego (rys. 1a). W kwasie taninowym na jeden mol glukozy przypada 8–10 moli kwasu galusowego [33].

Drugi rodzaj tanin hydrolizujących to elagotaniny. Są to estry cukru i kwasu heksahydroksydifenowego (HHDP), który w roztworze wodnym spontanicznie ulega laktonizacji do kwasu elagowego. Podczas hydrolizy elagotanin uwalniana jest glukoza i kwas elagowy razem z kwasem galusowym, a czasem także inne kwasy o strukturze zbliżonej do kwasu galusowego [41].



Rysunek 1. Pentagalusan glukozy i starterowe flawan-3-ole proantocyjanidyn [11, 13]

Prekursorem tanin hydrolizujących jest kwas galusowy. Znane są główne etapy przekształceń tego związku do złożonych galusanów glukozy i elagotanin [37]. Otwarta pozostaje jednak kwestia mechanizmu syntezy samego kwasu w roślinach wyższych. Za najbardziej prawdopodobny mechanizm jego syntezy uważana jest bezpośrednia aromatyzacja kwasu dehydroszikimowego [37].

Biosyntezę tanin hydrolizujących można podzielić na trzy etapy. Początkowa sekwencja składa się z reakcji od wolnego kwasu galusowego do 1,2,3,4,6-penta-O-galusanu- $\beta$ -D-glukopiranozy. Produkt końcowy pierwszej części reakcji, penta-galusan glukozy, odgrywa zasadniczą rolę jako natychmiastowy prekursor dwóch kolejnych szlaków, z których jeden prowadzi do złożonych galotanin, natomiast drugi do elagotanin [13].

Specyficznym metabolitem na szlaku biosyntezy tanin hydrolizujących jest  $\beta$ -glukogalina. Z powodów termodynamicznych, estryfikacja kwasu galusowego i glukozy do tego związku jest zależna od udziału aktywnego intermediatu o wysokim potencjale do transferu grup. Badania enzymologiczne wykazały, że związkiem tym jest powszechny metabolit, UDP-glukoza [13].

„Proste” galusany glukozy są przekształcane do złożonych galotanin przez addycję kolejnych reszt galusanowych do pentagalusanu glukozy, w celu uzyskania meta-depsydowych grup, które charakteryzują tę klasę fenolowych związków roślinnych. Należy podkreślić, że proces ten nie jest zwykłą kontynuacją reakcji estryfikacji z poprzednich etapów, ponieważ nowo wprowadzane fragmenty galusanowe łączą się z fenolowymi grupami hydroksylowymi, których chemiczne właściwości różnią się znacznie od alifatycznych grup hydroksylowych glukozy. Zaskakujące było zatem odkrycie, że surowe preparaty enzymatyczne z liści sumaka (*Rhus typhina* L.) katalizują kolejne transformacje pentagalusanu glukozy do złożonych galotanin, zgodnie z takim samym mechanizmem jak wcześniej, tzn. przy użyciu  $\beta$ -glukogaliny jako specyficznego donora reszt kwasu galusowego. Badania enzymatyczne ujawniły istnienie licznych izoenzymów w liściach sumaka, które *in vitro* uczestniczą w acylacji pentagalusanu glukozy do wyżej podstawionych pochodnych. Spośród nich wyizolowano i scharakteryzowano cztery galusanotransferazy (A–D), różniące się właściwościami [13].

W przeciwieństwie do ograniczonego występowania galotanin w przyrodzie, elagotaniny są typowymi składnikami wielu roślin. Związki te przedstawiają olbrzymią różnorodność struktury, która wynika z wielu możliwości połączenia reszt HHDP z glukozą, a zwłaszcza z ich silnej tendencji do tworzenia różnych pochodnych di- i oligomerycznych, które są połączone wiązaniami C-C i C-O-C. Reszty kwasu HHDP pochodzą z dehydrogenacji sąsiednich grup galusanowych pentagalusanu glukozy. Reszty kwasu galusowego przy C<sub>4</sub> i C<sub>6</sub> łączą się, dając jedną grupę kwasu HHDP, co prowadzi do powstania telimagrandiny II, głównego metabolitu elagotaninowego, który może być poddawany kolejnym reakcjom utleniania [13].

Na podstawie badań immunohistochemicznych stwierdzono, że głównym miejscem powstawania i odkładania tanin hydrolizujących są komórki mezofilu liścia. Cytotoksyczne taniny hydrolizujące są gwałtownie wydzielane do apoplastu lub są bezpośrednio wytwarzane i odkładane w tym przedziale komórkowym, w którym mogą wykazać potencjał ochronny bez uszkodzania komponentów cytoplazmatycznych [13].

Taniny skondensowane (niehydrolizujące) pod względem struktury są bardziej złożone niż taniny hydrolizujące. Określane są również jako proantocyjanidyny, gdyż podczas kwaśnej hydrolizy jednostki wydłużające się przekształcają do zabarwionych antocyjanidyn, co stanowi podstawę klasycznego oznaczania tych związków [11]. Związki te od dawna są stosowane jako garbniki. Nadają cierpki, ściągający smak herbacie, winom i sokom owocowym [11]. Przy niższych stężeniach związki te chronią białko, natomiast przy wyższych koncentracjach pogarszają jakość zielonek [49]. Taniny skondensowane uważa się także za przyczynę ostrego zapalenia płuc u pracowników młynów bawełnianych i elewatorów zbożowych [54]. Chemia proantocyjanidyn była badana przez wiele dekad. W związku z oddziaływaniem na zdrowie roślin, ludzi i zwierząt substancje te stają się celem modyfikacji genetycznych, które mają za zadanie poprawić jakość pasz i wartości zdrowotne diety człowieka [11].

Taniny niehydrolizujące są pochodnymi flawonoidów, zróżnicowanej grupy metabolitów o charakterystycznym szkieletie węglowym C<sub>6</sub>-C<sub>3</sub>-C<sub>6</sub>. Są to oligomery lub polimery, które w przeciwieństwie do tanin hydrolizujących nie zawierają jednostek cukrowych [41].

Monomery proantocyjanidyn składają się z odmian dwóch różnych serii izomerów. Pierwszą tworzą izomery zawierające jedną, dwie lub trzy grupy hydroksylowe w pierścieniu B, drugą epimery różniące się konfiguracją grupy 3-hydroksylowej w pierścieniu C, reprezentowane przez 2,3-trans katechinę i 2,3-cis epikatechinę. Katechina i epikatechina są określane jako monomery flawan-3-olowe. Inicjują one proces polimeryzacji przez reagowanie z flawan-3,4-diolami, np. leukocyjanidyną, w celu wytworzenia dimeru proantocyjanidynowego [1].

Struktura tanin skondensowanych różni się w zależności od natury starterowych flawan-3-oli i jednostek wydłużających (stereochemii i modelu hydroksylacji), pozycji i stereochemii wiązania w stosunku do „niższej” jednostki, stopnia polimeryzacji oraz obecności lub braku modyfikacji takich jak estryfikacja grup 3-hydroksylowych [11]. Model hydroksylacji pierścienia B pary katechina/epikatechina jest determinowany przez obecność lub brak enzymów, 3'-hydroksylazy flawonoidowej oraz 3',5'-hydroksylazy flawonoidowej. Są to monoooksygenazy cytochromu P<sub>450</sub>, które działają wcześniej na szlaku biosyntezy proantocyjanidyn [11]. Efektem braku aktywności tych enzymów jest pierścień B zhydroksylowany tylko w pozycji 4', co daje parę (-)-epiafzelechina/(+)-afzelechina. Obecność obu enzymów prowadzi do powstania pary (-)-epigalokatechina/(+)-galokatechina (rys. 1b, c).

Oligomeryczne proantocyjanidyny składające się z takich samych jednostek, z dwiema grupami hydroksylowymi (3' i 4') w pierścieniu B nazywane są procyjani-

dynami, podczas gdy mieszane oligomery z przynajmniej jedną jednostką zawierającą tylko grupę 4'-hydroksylową lub 3',4',5'-trzyhydroksylowy model, są określane odpowiednio propelargonidynami i prodelfinidynami.

Proantocyjanidyny typu B (B1 – B4) różnią się tylko ułożeniem starterowych jednostek, (+)-katechiny i (–)-epikatechiny oraz jednostek wydłużających. Ich tworzenie musi podlegać ścisłej kontroli enzymatycznej, dlatego że różne typy dimerów są charakterystyczne dla określonych gatunków roślin, np. procyjanidyna B1 występuje w winogronach, sorgu i żurawinie, B2 w jabłku, ziarnie kakaowca oraz wiśni, B3 w truskawce i baziach wierzbowych, a B4 w malinie i jeżynie [11].

W taninach skondensowanych rzadko występują inne jednostki niż flawan-3-ole. Dość często jednak grupa OH – przy atomie węgla C<sub>3</sub> – jest estrowo związana z kwasem galusowym, jak w przypadku proantocyjanidyn z pestek winogron. Dzięki metodzie HPLC oraz spektrometrii masowej określono szczegółowe profile proantocyjanidynowe dla ponad 40 źródeł pożywienia [11]. Taniny skondensowane wywodzą się ze szlaku flawonoidowego, prowadzącego do barwników antocyjanowych i intensywnie badanego na poziomie biochemicznym i genetycznym [11]. Przez wiele lat przypuszczano, że biosynteza proantocyjanidyn jest odgałęzieniem szlaku flawonoidów na poziomie leukoantocyjanidyny. Jednostki flawan-3-oli pochodzą zarówno ze szlaku fenylopropanowego jak i przemian malonylo-CoA [2].

Cały czas trwają rozważania nad enzymatycznym lub nieenzymatycznym mechanizmem kondensacji prowadzącym do powstania proantocyjanidyn. Za prekursorzy jednostek wydłużających w taninach skondensowanych zostały uznane metylochion lub karbokation pochodzący od leukoantocyjanidyny. Fundamentalne wsparcie dla tej hipotezy dała kondensacja katechiny lub epikatechiny z leukocyjanidyną pochodzącą od dihydrokwercetyny w warunkach *in vitro* [11].

Powstawanie monomerów tanin skondensowanych zachodzi w cytoplazmie, natomiast produkty końcowe gromadzone są w wakuolach [1]. Międzykomórkowy i wewnątrzkomórkowy transport metabolitów roślinnych nie został dobrze poznany. Prawdopodobne jest jednak to, że transport z miejsca syntezy do miejsca magazynowania jest krytycznym punktem w biosyntezie i gromadzeniu tanin skondensowanych [11].

## Występowanie i funkcje tanin w roślinach

Taniny znajdują się w ponad 80% roślin drzewiastych i w 15% gatunków dwuliściennych roślin zielnych [48]. Taniny skondensowane występują w większości grup roślin nagonasiennych oraz są szeroko rozprzestrzenione w drzewiastych roślinach okrytozalążkowych. Proantocyjanidyny i monomeryczne flawan-3-ole oraz ich pochodne są obecne w owocach, korze, liściach oraz nasionach roślin [11]. Związków tych nie wykryto w wielu zielnych roślinach okrytonasiennych oraz w bardzo prymitywnych roślinach naczyniowych [2]. Taniny hydrolizujące występują tylko w roślinach dwuliściennych [48]. Mogą znajdować się w drewnie, korze, liściach, owocach

i galasach. Pewne gatunki roślin wytwarzają albo galotaniny albo elagotaniny, podczas gdy inne syntetyzują mieszaniny zawierające taniny hydrolizujące i skondensowane [33, 48].

Niektóre ważne gatunki roślin używane jako żywność dla ludzi lub pasza dla zwierząt zawierają znaczne ilości tanin, np. ziarno sorga, prosa, jęczmienia, nasiona rzepaku i wielu roślin strączkowych. Owoce, w których obecne są taniny i inne związki polifenolowe to: jabłka, banany, jeżyny, daktyle, winogrona, brzoskwinie, gruszki, śliwki, maliny i truskawki [18]. Spośród tych gatunków winogrona zawierają prawdopodobnie największą ilość tanin skondensowanych, których koncentracja jest największa w pestkach [51].

Taniny hydrolizujące i skondensowane występują w liściach drzew, krzewów i zielnych roślin motylkowatych, które są ważnym źródłem pożywienia dla przeżuwaczy, zwłaszcza na terenach pustynnych i półpustynnych [18]. Zawartość tanin w liściach drzew i krzewów różni się znacząco między gatunkami. W przeliczeniu na suchą masę może wynosić od 1,5 do 30% [18]. Niektóre rośliny motylkowate, takie jak lucerna, esparceta, nostrzyk, koniczyna czerwona i koniczyna biała, znane są z tego, że zawierają znaczne ilości tanin hydrolizujących lub skondensowanych, albo obydwie grupy tych polifenolowych związków. W odniesieniu do nasion roślin strączkowych taniny wykryto w fasoli, grochu, bobiku, cieciorce, fasolniku chińskim i soczewicy. W większości nasion są to taniny skondensowane [18].

Wysoką koncentrację tanin stwierdzano w ziarnie sorga. Zawartość tanin, wyrażona jako procentowy równoważnik katechiny, wahała się od 3,6–10,2% [18]. W odmianach uprawnych ilość tanin zwykle nie przekracza 1% [51]. W innych zbożach ilości te są podobne lub mniejsze. W różnych odmianach jęczmienia całkowita zawartość tych substancji wynosiła od 0,55 do 1,23%, w pszenicy mniej niż 0,7%, a w życie poniżej 0,5% [18, 50].

Taniny są uważane za związki chemiczne służące roślinom do obrony przed patogenami i roślinożercami. Obrona ta jest uważana za siłę napędową w ewolucji wielu substancji w królestwie roślin [40] i mogła odegrać główną rolę w kształtowaniu cech biochemicznych tanin [2]. Proantocyjanidyny wyewoluowały przypuszczalnie w późnym dewonie lub karbonie [2]. Wydaje się, że umiejscowienie tych związków w wewnętrznej warstwie okrywy nasiennej wielu gatunków jest klasycznym przykładem pierwszej linii obrony. Z funkcją ochronną związana jest także obecność proantocyjanidyn we włoskach wydzielniczych [11].

Taniny mają właściwości przeciwbakteryjne i przeciwgrzybowe [48]. Zdolność do wiązania żelaza stanowi jeden z mechanizmów przeciwbakteryjnej aktywności proantocyjanidyn. Brak tego pierwiastka powoduje silne ograniczenie wzrostu bakterii [11]. Taniny skondensowane tworzą kompleksy z jonami metali wykorzystując grupy o-difenolowe. Z tej właściwości rośliny mogą też czerpać inne korzyści. Dzięki zdolności do wiązania jonów metali komonica błotna (*Lotus pedunculatus* CAV.) jest odporna na duże stężenia aluminium w glebie i może gromadzić ten metal w bogatych w taniny wakuolach znajdujących się w korzeniach [11].

## Pozytywne oddziaływanie tanin na organizmy zwierząt

Taniny są związkami o wielokierunkowym oddziaływaniu na organizmy zwierząt, którym dotychczas najczęściej przypisywano właściwości przeciwwyżwieniowe. Działanie tanin może mieć jednak aspekt pozytywny, który pozwala zaliczyć je do nutraceutyków. Nutraceutykiem jest każda substancja, która jest pokarmem lub jego częścią i ma pozytywny wpływ na zdrowie, dzięki czemu może być zastosowana w profilaktyce i terapii różnych chorób. Nutraceutykami mogą być izolowane składniki pokarmowe, dodatki do żywności, specyficzne diety, produkty ziołowe oraz przetworzone pokarmy lub napoje [47].

Taniny, dostarczane z paszą w umiarkowanych ilościach, mogą korzystnie wpływać na produkcję zwierzęcą. Zasugerowano, że nieznaczna cierpkość, wynikająca z obecności tych polifenolowych związków, poprawia smakowitość paszy i stymuluje jej pobieranie przez zwierzęta. Tłumaczyłoby to również preferowanie przez ludzi napojów, takich jak herbata lub czerwone wino, w których obecne są taniny. Preferencje te u człowieka tłumaczy się zmysłem smaku szczególnie wrażliwym na obecność tych substancji.

Niektóre rośliny zawierające taniny (gatunki z rodzajów: *Acacia*, *Dichrostachys*, *Dorycnium*, *Hedysarum*, *Leucaena*, *Lotus*, *Onobrychis*, *Populus*, *Rumex* i *Salix*), stosowane jako pasza dla przeżuwaczy, mogą mieć pozytywny wpływ wynikający głównie z oddziaływania na trawienie białek. Taniny mogą redukować ilość białka trawionego w żwaczu i zwiększać jego ilość, podlegającą trawieniu w jelicie cienkim [30, 53]. Dokładny mechanizm działania, prowadzący do poprawy wykorzystania białka, nie jest w pełni zrozumiały. Doświadczenia *in vitro* doprowadziły do postawienia hipotezy mówiącej, że kompleksy białek z taninami powstają przy pH panującym w żwaczu (pH 6–7), a obniżenie wartości pH w trawieńcu poniżej 3,5 oraz wzrost pH w jelicie cienkim powyżej 7 powoduje uwolnienie białek z kompleksów. Umożliwia to trawienie białka w żołądku oraz sprawia, że staje się ono dostępne dla enzymów trawiennych wydzielanych przez trzustkę [34]. Badania nad taninami komonicy zwyczajnej wykazały, że nie tylko odwracalne wiązanie z białkiem, ale także zmniejszenie populacji bakterii proteolitycznych w żwaczu owcy, przyczynia się do ograniczenia trawienia białka w tej części przewodu pokarmowego [29, 30].

Umiarkowane stężenia tanin wpływały korzystnie na tempo wzrostu przeżuwaczy, zwiększały wydajność mleczną oraz płodność, a u owiec przyspieszały wzrost wełny. Korzyści te wynikają z większej dostępności i absorpcji aminokwasów w jelicie cienkim [30]. U owiec żywionych komonicą zwyczajną, aminokwasy są wchłaniane na całej długości jelita cienkiego, a nie tylko w początkowym jego odcinku, co ma miejsce w przypadku neutralizacji tanin glikolem polietylenowym [53]. Według Aerts i in. [2] do poprawy wykorzystania białka przez owce wymagana jest zawartość tanin skondensowanych na poziomie 2–4% suchej masy.

Taniny wpływają korzystnie nie tylko na metabolizm białka. Mogą także poprawiać dobrostan zwierząt przez zapobieganie wzdęciom i inwazjom pasożytów wewnętrznych [2, 30]. Dowody na to, że zwierzęta używają roślin w celach leczniczych są ciągle niejednoznaczne [17]. Spożywanie przez kozy zielonki z *Lespedeza cuneata*, zawierającej 50 g tanin skondensowanych (CTs) w kg s.m., spowodowało znaczną redukcję (od 57 do 100%) liczby jaj nicieni w kale oraz liczby samych nicieni należących do rodzajów: *Haemonchus*, *Teladorsagia* i *Trichostrongylus* [31]. Duży udział suszonych liści *Acacia karroo* HAYNE (ok. 240 g CTs kg<sup>-1</sup>) w dawce pokarmowej dla kóz również istotnie zmniejszył liczbę jaj pasożytów oraz stopień zarobaczenia przez *Haemonchus contortus* (RUDOLPHI) COBB [20].

Ostatnie badania pokazały, że taniny quebracho (*Schinopsis lorentzii* ENGL.) wywierały bezpośredni wpływ przeciwpasożytniczy na ważnego z ekonomicznego punktu widzenia nicienia *Trichostrongylus colubriformis* (GILES) [5]. Dieta jagniąt miała istotny wpływ na wylęganie się larw tego pasożyta z jaj oraz ich rozwój. Z odchodów jagniąt żywionych *Dorycnium rectum* (L.) SER. i komonimą zwyczajną, czyli roślinami bogatymi w taniny, uzyskiwano istotnie mniej larw niż od jagniąt, których paszę stanowiły koniczyna biała, lucerna i siekiernica włoska (*Hedysarum coronarium* L.) zawierające mniej tanin [36]. Według Ramirez-Restrepo i in. [42] komonica zwyczajna wyeliminowała potrzebę odrobaczania maciorek przed wykotem.

Inhibujące działanie tanin zależy od gatunku rośliny [34]. Dokładne mechanizmy, dzięki którym pasze zawierające taniny zdolne są przeciwdziałać skutkom inwazji pasożytów, nie są jednak znane. Zaobserwowana w warunkach *in vitro* aktywność przeciwpasożytnicza tanin quebracho, mogłaby zostać przypisana zdolności do tworzenia kompleksów z białkami. Taniny mogłyby wiązać wolne białko znajdujące się w studzienkach do odżywiania larw, prowadząc w ten sposób do ich zagłodzenia i śmierci. Rozwój pasożytów mógłby zostać zaburzony także w wyniku absorpcji tanin skondensowanych w ich przewodzie pokarmowym. Równie prawdopodobna jest śmierć larw, spowodowana utworzeniem kompleksu tanin z kutikulą larwy, bogatą w glikoproteinę [5]. Taniny skondensowane mogą działać na pasożyty przewodu pokarmowego pośrednio, poprzez wywieranie wpływu na organizm gospodarza. Chroniąc białko przed rozkładem w żwaczu, taniny zwiększają jego dostępność w jelicie cienkim, przyczyniając się do wzmocnienia odpowiedzi immunologicznej przeciwko pasożytom [5].

Do kontroli pasożytów wewnętrznych u owiec, z minimalnym użyciem środków odrobaczających, zaproponowano metodę żywienia, w której rośliny zawierające proantocyjanidyny i wolne od nich są podawane zwierzętom na przemian [2]. Odkrycia te mają duże znaczenie, ponieważ hodowla owiec i kóz boryka się z problemem, jaki stanowi rozwój odporności nicieni na środki syntetyczne. Powoduje to znaczne straty w Afryce, Ameryce Południowej i Australii oraz zaczyna stanowić problem także w USA [34]. W związku z tym konieczne jest poszukiwanie nowych metod



kontroli [2]. Zielonki zawierające taniny skondensowane mogłyby zostać użyte do kontrolowania inwazji pasożytów przewodu pokarmowego i zmniejszyć potrzebę doustnego podawania środków odrobaczających [31].

Powszechnym zaburzeniem u bydła żywnego świeżą zielonką z roślin motylkowatych jest wzdęcie. Spowodowane jest ono powstaniem w żwaczu stabilnej białkowej piany, która zapobiega uwalnianiu gazów fermentacyjnych. Prowadzi to do rozszerzenia żwacza [2], a w dalszej kolejności do ucisku na serce i płuca, w wyniku czego może nastąpić śmierć zwierzęcia poprzez uduszenie. Przeciętne roczne straty z tego powodu w Australii szacowane są na 180 mln USD, a w USA na ponad 310 mln USD [2]. Występowaniu wzdęć sprzyja m.in. spożywanie przez zwierzęta młodych, soczystych zielonek z koniczyny lub lucerny [34]. Przyczyną wzdęć nie są natomiast rośliny motylkowate zawierające taniny, np. komonica i esparceta. Do zapobiegania tym zaburzeniom wystarczająca jest koncentracja tanin skondensowanych na poziomie 1–5 g kg<sup>-1</sup>, czyli ok. 0,5% s.m. [24]. Od wielu lat wiadomo, że pasze zawierające proantocyjanidyny nie powodują wzdęć, gdyż związki te destabilizują białkową pianę [2]. Taniny mogą także powodować inhibicję wzrostu bakterii żwaczowych wytwarzających szlam, co również zostało zaproponowane jako możliwy mechanizm ochrony przeżuwaczy przed wzdęciami [34].

Obecność lub dodatek tanin do paszy dla zwierząt ma także korzystny wpływ na produkcję lotnych kwasów tłuszczowych w jelicie grubym [6], co może oddziaływać na strukturę i funkcje przewodu pokarmowego.

Taniny mogą także znaleźć zastosowanie w zapobieganiu innym schorzeniom u zwierząt. Produkt oparty na kastalaginie z kasztana jadalnego jest obecnie używany w profilaktyce i leczeniu biegunek u bydła i świń, których przyczyną są zmiany w diecie. Korzystne działanie tego preparatu polega na zapobieganiu stratom wody przez błonę śluzową [21]. W przypadku biegunek u cieląt, skuteczny okazał się wyciąg z zielonej herbaty. Obecne w nim polifenole stymulują wzrost korzystnych bakterii *Bifidobacterium* i *Lactobacillus*, a hamują rozwój szkodliwych, np. *Clostridium perfringens* [3, 34]. Prebiotyczne działanie zostało przypisane procyjanidynom [51].

Polifenole, zwłaszcza te z grupami hydroksylowymi w pozycji orto lub para, wyróżnia łatwość włączania się w reakcje redoks. W związku z ich zdolnością do transferu protonów i elektronów, nie tylko podlegają utlenianiu, ale także biorą udział w oksydacji substratów, które nie reagują z tlenem [23]. Taniny hydrolizujące i skondensowane są skutecznymi antyoksydantami o aktywności większej niż proste związki fenolowe [14].

Antyoksydanty dzieli się zazwyczaj na główne i podrzędne [26]. Ich funkcja polega na zmiataniu wolnych rodników i reaktywnych form tlenu, dzięki czemu chronią one przed utlenieniem nienasycone kwasy tłuszczowe, wchodzące w skład błon komórkowych ludzi i zwierząt [7]. Antyoksydanty główne, przerywające reakcję łańcuchową, reagują z rodnikami lipidowymi, przekształcając je w bardziej stabilne produkty. Antyoksydanty podrzędne, czyli prewencyjne, zmniejszają tempo inicjacji

reakcji łańcuchowej lub rozkładają wodoronadtlenki do form nierodnikowych. Roślinne związki fenolowe oraz niektóre produkty ich degradacji są wielofunkcyjne, pełnią rolę zarówno przeciwutleniaczy głównych jak i podrzędnych. Mogą działać jak związki redukujące, chelatujące jony metali oraz gaszące tlen singletowy [26]. Tworzenie kompleksów z jonami metali, zwłaszcza żelazem i miedzią, powoduje utratę ich aktywności katalitycznej. Ma to duże znaczenie w aktywności przeciwutleniającej związków fenolowych, gdyż jony tych metali powodują powstawanie wolnych rodników w reakcji Fentona [7, 26].

Ważnymi przeciwutleniaczami są elagotanniny. Ten rodzaj tanin hydrolizujących obejmuje bardzo skuteczne inhibitory lipooksygenazy. Zahamowanie aktywności tego enzymu prowadzi do ograniczenia oksydacji lipidów w organizmie. Inhibicja lipooksygenazy powoduje także zmniejszenie syntezy leukotrienów, związków, które aktywują komórki żerne. W ten sposób elagotanniny przyczyniają się do ograniczenia reakcji zapalnej ustroju [7].

## Taniny jako prozdrowotny składnik diety człowieka

Potencjał prozdrowotny tanin może być wykorzystywany nie tylko w produkcji zwierzęcej i medycynie weterynaryjnej, ale również w medycynie ludzkiej. Ostatnio prowadzone badania skupiają się na efektach terapeutycznych i profilaktycznych, takich jak zapobieganie zmianom miażdżycowym w naczyniach krwionośnych i wychwytywanie wolnych rodników [23].

Stres oksydacyjny jest czynnikiem chorobotwórczym. Powstające w jego wyniku reaktywne formy tlenu (RFT), takie jak anionorodnik ponadtlenkowy, nadtlenuk wodoru i rodnik hydroksylowy, atakują cząstki biologiczne, prowadząc do uszkodzeń komórek lub tkanek [7, 23]. Powstawanie RFT oraz hiperglikemia u chorych na cukrzycę są przyczyną powikłań: retinopatii, neuropatii i nefropatii [16]. Dzięki właściwościom przeciwutleniającym, taniny mogą pełnić bardzo ważną rolę w hamowaniu mechanizmów oksydacyjnych, które jak podają Rocha-Guzmán i in. [44], mogą prowadzić do chorób zwyrodnieniowych. Dieta pełni także ważną rolę w kontrolowaniu cukrzycy typu drugiego. Dowody wskazują na to, że proso, które jest bogatym źródłem tanin i innych przeciwutleniaczy, ma potencjalnie korzystny wpływ, gdyż jego spożywanie łagodzi lub opóźnia pojawianie się powikłań związanych z cukrzycą [16]. Badania przeprowadzone na szczurach, u których cukrzyca została wywołana alloxanem, wykazały obniżenie poziomu glukozy i cholesterolu we krwi zwierząt otrzymujących proso w diecie. Zaobserwowano również przywrócenie właściwego poziomu białka we krwi, zmniejszenie ilości substancji reagujących z kwasem tiobarbiturowym (TBARS), zahamowanie glikacji kolagenu oraz przywrócenie aktywności enzymów, biorących udział w ochronie organizmu przed stresem oksydacyjnym: dysmutazy ponadtlenkowej, katalazy, peroksydazy glutationowej i reduktazy glutationowej [16].

Z żywieniowego punktu widzenia taniny są interesujące również ze względu na ich wpływ na metabolizm lipidów. Szczególne znaczenie ma działanie hipocholesterolemiczne oraz ochrona frakcji lipoprotein o małej gęstości (LDL) przed utlenieniem [27]. Badania kliniczne, genetyczne i epidemiologiczne pokazują, że podniesiony poziom LDL, który jest główną lipoproteiną przenoszącą cholesterol w osoczu, stanowi ważny czynnik ryzyka wystąpienia miażdżycy. Wydaje się, że wolnorodnikowe utlenianie wielonienasyconych kwasów tłuszczowych, które wchodzi w skład LDL, może odgrywać ważną rolę w rozwoju tej choroby [27]. Utlenione LDL (Ox-LDL) są przyjmowane przez makrofagowy receptor resztkowy (receptor typu scavenger), co skutkuje akumulacją estrów cholesterolu i tworzeniem komórek piankowatych. Ox-LDL promują miażdżycę także poprzez rekrutację i zatrzymanie monocytów w blaszce wewnętrznej naczynia krwionośnego, cytotoksyczność w stosunku do komórek śródbłonna oraz przez stymulację adhezji monocytów do śródbłonna [19]. Wchłonięte polifenole mogą łączyć się z LDL osocza i chronić je przed utlenieniem [28, 52]. W związku z tym zdolność antyoksydacyjna polifenoli może mieć duże znaczenie w zapobieganiu miażdżycy, tym bardziej że substancje te, według Sánchez-Moreno i in. [45], są lepszymi przeciwutleniaczami niż inne powszechnie stosowane antyoksydanty, np. witamina C i E.

Niektóre badania wskazują na powiązanie zwiększonego poziomu związków fenolowych w diecie z obniżoną śmiertelnością z powodu choroby wieńcowej [27]. Korzyści związane z aktywnością antyoksydacyjną ekstraktu proantocyjanidyn z pestek winogron (GSPE) zostały ocenione na licznych modelach zwierzęcych i komórkowych [11]. Żywienie szczurów GSPE z pestek czerwonych winogron przez 3 tygodnie, wpływało korzystnie na regenerację serca w czasie reperfuzji po niedokrwieniu, co zostało powiązane ze znaczną redukcją poziomu wolnych rodników [39]. Efekt ochronny GSPE stwierdzono także w przypadku kardiomiocytów kurcząt [46]. Próby kliniczne przeprowadzone na ludziach wykazały, że spożywanie GSPE może istotnie obniżyć ilość utlenionych LDL, które są markerem chorób sercowo-naczyniowych [11] oraz obniżyć poziom nadtlenujących lipidów w osoczu w czasie fazy poposiłkowej [35]. Może to wyjaśnić korzystny wpływ picia czerwonego wina w czasie posiłku. Dodatkowym atutem wyciągu z pestek winogron jest jego bezpieczeństwo, co zostało potwierdzone w badaniach na zwierzętach laboratoryjnych, którym przez długi okres podawano wystandaryzowane ekstrakty GSPE [43].

Stężenie cholesterolu we krwi może być regulowane przez jego biosyntezę, usuwanie z obiegu, wchłanianie cholesterolu pokarmowego oraz wydalanie z żółcią i odchodami. Komórkowa homeostaza cholesterolu jest bardzo ważna w zapobieganiu chorobom układu sercowo-naczyniowego. Wyniki licznych badań potwierdzają korzystny wpływ inhibitorów reduktazy hydroksymetyloglutarylo-CoA (HMG-CoA) i acylotransferazy cholesterolowej (ACAT) na hipercholesterolemię i miażdżycę [38]. Aktywność tych dwóch enzymów została zahamowana przez dodatek 0,1% kwasu tanninowego do paszy dla szczurów. Ponadto związek ten istotnie obniżył poziom

cholesterolu i triacylogliceroli we krwi, zwiększył stosunek cholesterolu związanego z frakcją HDL do cholesterolu całkowitego, spowodował zmniejszenie indeksu aterogenego oraz istotne zwiększenie ilości steroli w kale [38]. Podobne efekty uzyskano u hipercholesterolemicznych szczurów, stosując bogate w polifenole wyłoki z winogron [27].

Taniny wykazują również właściwości antynowotworowe. Jak wcześniej wspomniano elagotaniny powodują zahamowanie aktywności lipooksygenazy i ograniczenie oksydacji lipidów. Ma to znaczenie w hamowaniu promocji nowotworów, gdyż utlenione metabolity kwasu arachidonowego mają właściwości karcynogenne [26]. Terapia z zastosowaniem agrimoniny, antynowotworowej elagotaniny z *Agrimonia pilosa* LEDEB., pobudziła cytotoksyczne, adherencyjne komórki wysięku otrzewnowego (PEC) oraz aktywność komórek NK. Zasugerowano, że elagotaniny przejawiają antynowotworowe działanie przez wzmocnienie odpowiedzi immunologicznej w organizmie. Potwierdziło to także badanie oenoteiny B, elagotaniny o unikalnej budowie makrocyclicznej z wiesiołka czerwonielihowego (*Oenothera erythrosepala* BORBÁS), która po zastosowaniu *in vivo* indukowała wiele komórek PEC. Makrofagi te były cytostatyczne w stosunku do komórek nowotworowych myszy. Uwalniały one czynnik aktywujący limfocyty (LAF) o aktywności interleukiny-1, która jest wytwarzana przez makrofagi człowieka. Uważa się, że oenoteina B pełni w organizmie funkcję immunomodulatora lub immunoregulatora. Wydaje się, że głównym mechanizmem jej antynowotworowego działania jest bezpośrednia stymulacja makrofagów [32].

Taniny skondensowane wyizolowane z czarnej fasoli, w warunkach *in vitro* hamowały wzrost komórek nowotworowych okrężnicy, piersi i prostaty. Ich cytotoksyczne działanie polegało na obniżeniu poziomu ATP, co pociągało za sobą zmniejszenie aktywności proliferacyjnej i migracyjnej komórek. Taniny powodowały również zmiany morfologiczne wskazujące na apoptozę [8].

Kolejnym aspektem działania przeciwnowotworowego tanin jest inhibicja aktywności niektórych enzymów bakteryjnych. Mikroflora przewodu pokarmowego ssaków pełni ważną rolę w metabolizmie i toksyczności substancji endo- i egzogennych. W wielu przypadkach produkty bakteryjnej przemiany materii w jelicie grubym są związane ze szkodliwym wpływem na organizm gospodarza. Mogą prowadzić do inicjacji i promocji tumorogenezy [51]. Reakcje enzymatyczne, prowadzące do powstawania toksycznych i karcynogennych substancji, obejmują w szczególności hydrolizę glikozydów i glukuronidów oraz redukcję związków azotowych. W przemianach tych biorą udział enzymy takie jak: nitroreduktaza,  $\beta$ -glukozydaza i  $\beta$ -glukuronidaza. Negatywny wpływ ma także mucynaza, która zmienia właściwości bariery ochronnej w okrężnicy [51]. Żywienie szczurów paszą zawierającą taniny skondensowane w ilości 71 mg kg<sup>-1</sup>, spowodowało zahamowanie aktywności tych szkodliwych enzymów bakteryjnych. Podawane procyjanidyny wywarły jednocześnie pozytywny wpływ na procesy fermentacyjne w okrężnicy, o czym świadczył zwiększony poziom lotnych

kwasów tłuszczowych [51]. Dodatek kwasu taninowego do diet dla szczurów w ilości 1% i 1,5% również powoduje zmniejszenie aktywności  $\beta$ -glukuronidazy [6].

Taniny mogą znaleźć zastosowanie w wielu dziedzinach medycyny. Ekstrakty z oczaru wirginijskiego (*Hamamelis virginiana* L.) są szeroko używane w terapii chorób skóry oraz zaburzeń przewodu pokarmowego. Wykorzystywane są także w przemyśle kosmetycznym. Znajdują się w nich polisacharydy, taniny hydrolizujące, proantocyjanidyny oraz pochodne flawan-3-oli, pośród których są dime-ryczne proantocyjanidyny z galusanem epigalokatechiny i katechiny oraz niezwykle jednostką starterową, katechiną połączoną wiązaniem estrowym z 4-hydroksybenzo-esanem [10, 15]. W badaniach aktywności antymutagennej związków występujących w korze *H. virginiana*, frakcja proantocyjanidyn okazała się najskuteczniejsza w ochronie DNA przed uszkodzeniami powodowanymi przez benzopiren [9]. Pozytywny wpływ miała także na stymulację proliferacji keratynocytów oraz ochronę skóry przed podrażnieniem [10]. Działanie ochronne wykazują także proantocyjanidyny winogron, które stosowane miejscowo, są skutecznymi środkami zapobiegającymi poparzeniom słonecznym [11].

Wśród dość szerokiego spektrum oddziaływania tanin wspomnieć należy także, że np. sok z żurawiny amerykańskiej (*Vaccinium macrocarpon* AIT.) zalecany jest w przypadku infekcji dróg moczowych oraz zapalenia gruczołu krokowego, gdyż zapobiega adherencji patogennych szczepów *E. coli*. Sok ten zawiera wysokie stężenia antocyjanin, glikozydów flawonolowych, kwasów fenolowych oraz proantocyjanidyn. Taniny skondensowane stanowią aktywną frakcję, składającą się głównie z tetra- i pentamerów epikatechiny, z co najmniej jednym wiązaniem typu A [12].

Kilka proantocyjanidyn typu A wyizolowano z *Ecdysanthera utilis* HAYATA, rośliny używanej w tradycyjnej medycynie tajwańskiej jako środek przeciwbólowy, przeciwzapalny i przeciwskurczowy. Silne działanie przeciwzapalne wynika z obecności substancji immunomodulatorowych, których większość stanowiła procyjanidyna A1. Wydaje się, że związek ten działa przez blokowanie produkcji interferonu  $\gamma$  oraz interleukiny-2 [25].

## Podsumowanie

Taniny są wtórnymi metabolitami roślin, należącymi do polifenolowych związków o dużej masie cząsteczkowej i złożonej budowie, za których biosyntezę odpowiada szereg enzymów. Występują w wielu roślinach, chroniąc je przed licznymi patogenami i roślinożercami. W żywieniu zwierząt działanie tanin jest wielokierunkowe i zależy od ich pochodzenia, budowy, a także gatunku zwierząt. Związki te, w umiarkowanych stężeniach, zwiększają ilość białka trawionego w jelicie cienkim, przyczyniając się do poprawy wykorzystania paszy. Ma to pozytywny wpływ na przyrosty przeżuwaczy, wydajność mleczną, kształtowanie okrywy włosowej u owiec i wskaźniki płodności. Taniny mogą znaleźć zastosowanie w profilaktyce różnych

schorzeń u przeżuwaczy, m.in. wzdęć, biegunek i inwazji pasożytów przewodu pokarmowego. Potencjał prozdrowotny tych związków umożliwia także ich wykorzystanie w ochronie zdrowia ludzi. Taniny są bardzo silnymi przeciwutleniaczami, które zmiatają wolne rodniki i reaktywne formy tlenu, chroniąc w ten sposób organizm przed chorobami układu sercowo-naczyniowego oraz opóźniając rozwój powikłań u chorych na cukrzycę. Wykazują również właściwości hipocholesterolemiczne i antynowotworowe, aczkolwiek mechanizm tego oddziaływania oraz skuteczność różnych dawek tych związków wymaga dalszych badań.

## Literatura

- [1] Abrahams S., Lee E., Walker A.R., Tanner G.J., Larkin P.J., Ashton A.R. 2003. The Arabidopsis TDS4 gene encodes leucoanthocyanidin dioxygenase (LDOX) and is essential for proanthocyanidin synthesis and vacuole development. *Plant J.* 35: 624–636.
- [2] Aerts R.J., Barry T.N., Mcnabb W.C. 1999. Polyphenols and agriculture: beneficial effects of proanthocyanidins in forages. *Agric. Ecosyst. Environ.* 75: 1–12.
- [3] Ahn Y.J., Sakanaka S., Kim M., Kawamura T., Fujisawa T., Mitsuoka T. 1993. Effect of green tea extract on growth of intestinal bacteria. *Microb. Ecol. Health Dis.* 6: 3–9.
- [4] Al-Mamary M., Al-Habori M., Al-Aghbari A., Al-Obeidi A. 2001. In vivo effects of dietary sorghum tannins on rabbit digestive enzymes and mineral absorption. *Nutr. Res.* 21: 1393–1401.
- [5] Athanasiadou S., Kyriazakis I., Jackson F., Coop R.L. 2001. Direct anthelmintic effects of condensed tannins towards different gastrointestinal nematodes of sheep: in vitro and in vivo studies. *Vet. Parasitol.* 99: 205–219.
- [6] Barszcz M., Taciak M., Skomial J. 2010. Modification of caecal fermentation by tannic acid and protein in rats. W: Crovetto M. (red.) Energy and protein metabolism and nutrition. 3rd EAAP International Symposium on Energy and Protein Metabolism and Nutrition, 6–10 September 2010, Parma, Italy: 399–400.
- [7] Bartnikowska E. 1995. Bioaktywne substancje w pokarmach dla ludzi i zwierząt (cz. III). Antyoksydanty. *Magazyn Wet.* 4: 333–337.
- [8] Bawadi H.A., Bansode R.R., Trappey II A., Truax R.E., Losso J.N. 2005. Inhibition of Caco-2 colon, MCF-7 and Hs578T breast, and DU 145 prostatic cancer cell proliferation by water-soluble black bean condensed tannins. *Cancer Lett.* 218: 153–162.
- [9] Dauer A., Hensel A., Lhoste E., Knasmüller S., Mersch-Sundermann V. 2003. Genotoxic and antigenotoxic effects of catechin and tannins from the bark of *Hamamelis virginiana* L. in metabolically competent, human hepatoma cells (Hep G2) using single cell gel electrophoresis. *Phytochem.* 63: 199–207.
- [10] Deters A., Dauer A., Schnetz E., Fartasch M., Hensel A. 2001. High molecular compounds (polysaccharides and proanthocyanidins) from *Hamamelis virginiana* bark: influence on human skin keratinocyte proliferation and differentiation and influence on irritated skin. *Phytochem.* 58: 949–958.
- [11] Dixon R.A., Xie D.-Y., Sharma S.B. 2005. Proanthocyanidins – a final frontier in flavonoid research? *New Phytol.* 165: 9–28.
- [12] Foo L.Y., Lu Y., Howell A.B., Vorsa N. 2000. The structure of cranberry proanthocyanidins which inhibit adherence of uropathogenic P-fimbriated *Escherichia coli* in vitro. *Phytochem.* 54: 173–181.
- [13] Grundhöfer P., Niemetz R., Schilling G., Gross G.G. 2001. Biosynthesis and subcellular distribution of hydrolyzable tannins. *Phytochem.* 57: 915–927.
- [14] Hagerman A.E., Riedl K.M., Jones G.A., Sovik K.N., Ritchard N.T., Hartzfeld P.W., Riechel T.L. 1998. High molecular weight plant polyphenolics (tannins) as biological antioxidants. *J. Agric. Food Chem.* 46: 1887–1892.
- [15] Hartisch C., Kolodziej H. 1996. Galloylhamamelosides and proanthocyanidins from *Hamamelis virginiana*. *Phytochem.* 42: 191–198.
- [16] Hegde P.S., Rajasekaran N.S., Chandra T.S. 2005. Effects of the antioxidant properties of millet species on oxidative stress and glycemic status in alloxan-induced rats. *Nutr. Res.* 25: 1109–1120.
- [17] Hutchings M.R., Athanasiadou S., Kyriazakis I., Gordon I.J. 2003. Can animals use foraging behaviour to combat parasites? *Proc. Nutr. Soc.* 62: 361–370.
- [18] Jansman A.J.M. 1993. Tannins in faba beans (*Vicia faba* L.) – antinutritional properties in monogastric animals. Ph. D. Thesis, Wageningen.

- [19] Jialal I., Devaraj S. 1996. The role of oxidized low density lipoprotein in atherogenesis. *J. Nutr.* 126: 1053S–1057S.
- [20] Kahiya C., Mukaratirwa S., Thamsborg S.M. 2003. *Acacia nilotica* and *Acacia karoo* diets on *Haemonchus contortus* infection in goats. *Vet. Parasitol.* 115: 265–274.
- [21] Krisper P., Tisler V., Skubic V., Rupnik I., Kobal S. 1992. The use of tannin from chestnut (*Castanea vesca*). *Basic Life Sci.* 59: 1013–1019.
- [22] Kulasek G., Leontowicz H., Krzemiński R. 1995. Bioaktywne substancje w pokarmach dla ludzi i zwierząt (cz. I). Czynniki antyżywniowe. *Magazyn Wet.* 4: 39–45.
- [23] Lampart-Szczapa E., Korczak J., Nogala-Kalucka M., Zawirska-Wojtasiak R. 2003. Antioxidant properties of lupin seed products. *Food Chem.* 83: 279–285.
- [24] Li Y.G., Tanner G., Larkin P. 1996. The DMACA-HCL protocol and threshold proanthocyanidin content for bloat safet in forage legumes. *J. Sci. Food Agric.* 70: 89–101.
- [25] Lin L.-C., Kuo Y.-C., Chou C.-J. 2002. Immunomodulatory proanthocyanidins from *Ecdysanthera utilis*. *J. Nat. Prod.* 65: 505–508.
- [26] Macheix J.J., Fleuriot A. 1994. Phenolic compounds in food, enzymatic browning and antioxidative properties. W: Kozłowska H., Fornal J., Zduńczyk Z. (red.) Bioactive Substances in Food of Plant Origin. Proc. Int. Euro Food Tox IV Conference. 22–24 Sept., Olsztyn, Polska: 97–113.
- [27] Martín-Carrón N., Goñi I., Larrauri J.A., García-Alonso A., Saura-Calixto F. 1999. Reduction in serum total and LDL-cholesterol concentrations by a dietary fiber and polyphenol-rich grape product in hypercholesterolemic rats. *Nutr. Res.* 19: 1371–1381.
- [28] Meyer A.S., Yi O.S., Pearson D.A., Waterhouse A.L., Frankel E.N. 1997. Inhibition of human low-density lipoprotein oxidation in relation to composition of phenolic antioxidants in grapes (*Vitis vinifera*). *J. Agric. Food Chem.* 45: 1638–1643.
- [29] Min B.R., Attwood G.T., Reilly K., Sun W., Peters J.S., Barry T.N. 2002. Lotus corniculatus condensed tannins decrease in vivo populations of proteolytic bacteria and affect nitrogen metabolism in the rumen of sheep. *Can. J. Microbiol.* 48: 911–921.
- [30] Min B.R., Barry T.N., Attwood G.T., McNabb W.C. 2003. The effect of condensed tannins on the nutrition and health of ruminants fed fresh temperate forages: a review. *Anim. Feed Sci. Technol.* 106: 3–19.
- [31] Min B.R., Hart S.P. 2003. Tannins for suppression of internal parasites. *J. Anim. Sci.* 81: 102–109.
- [32] Miyamoto K.-I., Nomura M., Sasakura M., Matsui E., Koshiura R., Murayama T., Furukawa T., Hatano T., Yoshida T., Okuda T. 1993. Antitumor activity of oenothein B, a unique macrocyclic ellagitannin. *Cancer Sci.* 84: 99–103.
- [33] Mueller-Harvey I. 2001. Analysis of hydrolysable tannins. *Anim. Feed Sci. Technol.* 91: 3–20.
- [34] Mueller-Harvey I. 2006. Unravelling the conundrum of tannins in animal nutrition and health. *J. Sci. Food Agric.* 86: 2010–2037.
- [35] Natella F., Belelli F., Gentili V., Ursini F., Scaccini C. 2002. Grape seed proanthocyanidins prevent plasma postprandial oxidative stress in humans. *J. Agric. Food Chem.* 50: 7720–7725.
- [36] Niezen J.H., Waghorn G.C., Graham T., Carter J.L., Leathwick D.M. 2002. The effect of diet fed to lambs on subsequent development of *Trichostrongylus colubriformis* larvae in vitro and on pasture. *Vet. Parasitol.* 105: 269–283.
- [37] Ossipov V., Salminen J.-P., Ossipova S., Haukioja E., Pihlaja K. 2003. Gallic acid and hydrolysable tannins are formed in birch leaves from an intermediate compound of the shikimate pathway. *Biochem. Syst. Ecol.* 31: 3–16.
- [38] Park S.-Y., Bok S.-H., Jeon S.-M., Park Y.B., Lee S.-J., Jeong T.-S., Choi M.-S. 2002. Effect of rutin and tannic acid supplements on cholesterol metabolism in rats. *Nutr. Res.* 22: 283–295.
- [39] Pataki T., Bak I., Kovacs P., Bagchi D., Das D.K., Toskai A. 2002. Grape seed proanthocyanidins improved cardiac recovery during reperfusion after ischemia in isolated rat hearts. *Am. J. Clin. Nutr.* 75: 894–899.
- [40] Peters D.J., Constabel C.P. 2002. Molecular analysis of herbivore – induced condensed tannin synthesis: cloning and expression of dihydroflavonol reductase from trembling aspen (*Populus tremuloides*). *Plant J.* 32: 701–712.
- [41] Pleszczyńska M., Szczodrak J. 2005. Taniny i ich rozkład enzymatyczny. *Biotechnol.* 68: 152–165.
- [42] Ramirez-Restrepo C.A., Barry T.N., López-Villalobos N., Kemp P.D., McNabb W.C. 2004. Use of *Lotus corniculatus* containing condensed tannins to increase lamb and wool production under commercial dryland farming conditions without the use of anthelmintics. *Anim. Feed Sci. Technol.* 117: 85–105.
- [43] Ray S.D., Badchi D., Lim P.M., Bagchi M., Gross S.M., Kothari S.C., Preuss H.G., Stohs S.J. 2001. Acute and long-term safety evaluation of a novel IH 636 grape seed proanthocyanidin extract. *Res. Commun. Mol. Pathol. Pharmacol.* 109: 165–197.

- [44] Rocha-Guzmán N.E., González-Laredo R.F., Ibarra-Pérez F.J., Nava-Berúmen C.A., Gallegos-Infante J.A. 2007. Effect of pressure cooking on the antioxidant activity of extracts from three common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) cultivars. *Food Chem.* 100: 31–35.
- [45] Sánchez-Moreno C., Jiménez-Escrig A., Saura-Calixto F. 2000. Study of low-density lipoprotein oxidizability indices to measure the antioxidant activity of dietary polyphenols. *Nutr. Res.* 20: 941–953.
- [46] Shao Z.-H., Becker L.B., Vanden Hoek T.L., Schumacker P.T., Li C.-Q., Zhao D., Wojcik K., Anderson T., Qin Y., Dey L., Yuan C.-S. 2003. Grape seed proanthocyanidin extract attenuates oxidant injury in cardiomyocytes. *Pharmacol. Res.* 47: 463–469.
- [47] Siddhuraju P., Becker K. 2007. The antioxidant and free radical scavenging activities of processed cowpea (*Vigna unguiculata* (L.) WALP.) seed extracts. *Food Chem.* 101: 10–19.
- [48] Silanikove N., Perevolotsky A., Provenza F.D. 2001. Use of tannin-binding chemicals to assay for tannins and their negative postingestive effects in ruminants. *Anim. Feed Sci. Technol.* 91: 69–81.
- [49] Singh B., Bhat T.K., Sharma O.P. 2001. Biodegradation of tannic acid in an in vitro ruminal system. *Livest. Prod. Sci.* 68: 259–262.
- [50] Sokół J.L. 1997. Związki antyodżywcze występujące w ziarnie zbóż. *Trzoda Chlewna* 35: 66–67.
- [51] Tebib K., Besancon P., Rouanet J.-M. 1996. Effects of dietary grape seed tannins on rat cecal fermentation and colonic bacterial enzymes. *Nutr. Res.* 16: 105–110.
- [52] Teissedre P.L., Frankel E.N., Waterhouse A.L., Peleg H., German J.B. 1996. Inhibition of in vitro human LDL oxidation by phenolic antioxidants from grapes and wines. *J. Sci. Food Agric.* 70: 55–61.
- [53] Wang Y., Waghorn G.C., McNabb W.C., Barry T.N., Hedley M.J., Shelton I.D. 1996. Effect of condensed tannins in *Lotus corniculatus* upon the digestion of methionine and cysteine in the small intestine of sheep. *J. Agric. Sci. (Camb.)* 127: 413–421.
- [54] Wróblewski K., Muhandiram R., Chakrabarty A., Bennick A. 2001. The molecular interaction of human salivary histatins with polyphenolic compounds. *Eur. J. Biochem.* 268: 4384–4397.

## Possibilities of tannins utilization in the protection of animals and human health

**Key words:** tannins, biosynthesis, health-promoting activity, man, animals

### Summary

Tannins are polyphenolic compounds, with a high molecular weight between 500 and 3000 Da and capacity to form complexes with other compounds, especially proteins. They are divided into hydrolysable and condensed. Tannins are found in many plant species where they play a role in the defence against pathogens and herbivores. This protective effects have an important influence on animal health and production. In a moderate concentrations tannins may improve feed efficiency in ruminants and protect animals from digestive tract disease. Tannins may be useful also in human medicine. They are strong antioxidants preventing from cardiovascular disease and the development of complications in humans suffering from diabetes mellitus. Tannins have also hypocholesterolemic and antitumour properties.