

## Pożywienie a próchnica zębów. Część 2. Żywność zawierająca polifenole

Food and dental caries. Part 2. Nutrition containing polyphenols

<sup>1</sup>Department of Paediatric Dentistry, Medical University of Warsaw

Head of Department: Professor Dorota Olczak-Kowalczyk, MD, PhD

<sup>2</sup>Department of Conservative and Paediatric Dentistry, Wrocław Medical University

Head of Department: Professor Urszula Kaczmarek, MD, PhD

<sup>3</sup>Specialisation in the Department of Conservative and Paediatric Dentistry, Wrocław Medical University

Head of Department: Professor Urszula Kaczmarek, MD, PhD

### SŁOWA KLUCZOWE

pożywienie, polifenole, próchnica zębów

### STRESZCZENIE

Naturalne składniki pożywienia, a zwłaszcza polifenole, mogą oddziaływać na bytującą w jamie ustnej mikroflorę, powodując hamowanie wzrostu i metabolizmu bakterii próchnicotwórczych i promując przez to wzrost korzystnych gatunków drobnoustrojów. Polifenole stanowią szeroką grupę związków chemicznych występujących powszechnie w diecie. Z różnych naturalnych produktów wyizolowano ponad 8000 związków fenolowych. Zawierają je: owoce, warzywa, płatki zbożowe, kakao, herbata, kawa naturalna i zbożowa oraz kulinarnie stosowane zioła i przyprawy. W badaniach przeprowadzonych na zwierzętach oraz *in vitro* i *in vivo* wykazano redukcję rozwoju próchnicy spowodowaną polifenolami zawartymi w produktach spożywczych. Mechanizm działania tych związków w aspekcie zapobiegania rozwojowi próchnicy jest wieloraki. Polega na hamowaniu wzrostu bakterii próchnicotwórczych i obniżaniu produkcji przez nie kwasów, inhibicji aktywności bakteryjnej glukozylotransferazy, zmniejszaniu adherencji bakterii *Streptococcus mutans* do powierzchni zębów oraz zahamowaniu aktywności ślinowej amylazy. Wiedza odnośnie bioaktywnych składników produktów spożywczych może przyczynić się do wyboru funkcjonalnego pożywienia, które oprócz wartości odżywczej korzystnie oddziałuje na stan uzębienia.

### KEYWORDS

food, polyphenols, dental caries

### SUMMARY

Natural food ingredients, polyphenols in particular, can influence the oral microflora, inhibiting the growth and metabolism of cariogenic bacteria and promoting the growth of beneficial microbial species. Polyphenols are a broad group of chemical compounds commonly found in the diet. More than 8,000 phenolic compounds have been isolated from various natural products. They are present in fruits, vegetables, cereals, cocoa, natural and grain coffee, as well as culinary herbs and spices. Animal studies as well as *in vitro* and *in vivo* studies demonstrated caries reduction due to polyphenols contained in food products. The mechanism of anticariogenic action of these compounds is complex.

It involves the inhibition of the growth of cariogenic bacteria, reduction of bacterial acid production, inhibition of bacterial glucosyltransferase activity, reduction of *Streptococcus mutans* adherence to dental surface as well as inhibition of salivary amylase. Knowledge on the bioactive components of food products can make a contribution to the choice of functional food, which apart from the nutritive properties can also have a beneficial impact on dental condition.

W ostatnich latach wzrasta zainteresowanie naturalnymi składnikami pokarmowymi, które oddziałują na rezydentną florę jamy ustnej w aspekcie zarówno promowania wzrostu korzystnych gatunków drobnoustrojów, jak i hamowania wzrostu i metabolizmu bakterii związanych z chorobą próchnicową. Wśród nich na szczególną uwagę zasługują związki polifenolowe (1-6).

Polifenole są związkami fenolowymi tworzącymi szeroką grupę naturalnych substancji występujących w wielu roślinach, owocach, warzywach, nasionach oraz liściach niektórych drzew. Wyizolowano ponad 8000 związków fenolowych z różnych naturalnych produktów. Ze względu na duże zróżnicowanie pod względem struktury i właściwości, trudne jest ich usystematyzowanie. Biorąc pod uwagę bardzo ogólnie strukturę chemiczną podstawowego szkieletu węglowego tych związków, wyróżnia się flawonoidy oraz kwasy fenolowe będące pochodnymi kwasów benzoowego i cynamonowego. Wśród flawonoidów rozróżnia się podklasy, które także są wysoce zróżnicowane: flawony (apigenina, hesperetyna, luteolina), flawanony (naringenina, hesperedyna, taksifolina), flawonole (kwercetyna, kemferol, mirycetyna, rutyna), flawanole (katechina, epikatechina, epigalokatechina), izoflawony (daidzeina, genisteina, glicyteina) i antocyjany (np. cyjanidyna, malwidyna, delfinidyna) (7).

Polifenole występują powszechnie w diecie zawierającej: owoce, warzywa, płatki zbożowe, czekolada i suche rośliny strączkowe. Jednak ich głównym źródłem są: owoce, soki owocowe, napoje pochodzenia roślinnego, herbata i kawa (8).

Herbata jest wodnym naparem suszonych liści rośliny *Camellia sinensis*. Wiele jest rodzajów herbat. Najpopularniejsze z nich to herbata czarna, zielona, biała, czerwona (pu-erh) i ulung (oolong). Liście herbaty zawierają ok. 36% polifenoli, z których większość (ok. 80%) stanowią katechiny. Najbardziej istotnym składnikiem w odniesieniu do zdrowia jamy ustnej są katechiny, takie jak: galusan epigalokatechiny, galusan epikatechiny, epigalokatechina i epikatechina. Są one utlenionymi polifenolami zbiorczo nazywanymi taninami (1). W wielu badaniach wykazano hamujące oddziaływanie na rozwój próchnicy zawartych w herbacie polifenoli. U szczurów karmionych dietą próchnicotwórczą z dodatkiem 0,1% polifenoli z zielonej herbaty zanotowano hamowanie o 40% rozwoju próchnicy (9). Przeciwpółchnicowe działanie ekstraktów różnego typu herbat polega na hamowaniu wzrostu bakterii próchnicotwórczych i produkcji przez nie kwasów, inhibicji aktywności bakteryjnej glukozylotransferazy, obniżaniu adhezencji bakterii *Streptococcus*

Recent years have witnessed an increased interest in natural food ingredients, which have effects on the oral microflora by both, promoting the growth of beneficial microbes and inhibiting the growth and metabolism of cariogenic bacteria. Among these, particular attention should be paid to polyphenols (1-6).

Polyphenols are phenolic compounds that form a large group of natural substances found in a number of plants, fruits, vegetables, seeds and the leaves of some trees. More than 8,000 phenolic compounds have been isolated from various natural products. Systematisation of these compounds is difficult due to significant variations in their structure and properties. Considering the very general chemical structure of the carbon skeleton of these compounds, flavonoids and phenolic acids derived from benzoic and cinnamic acids may be distinguished. The following subclasses, which are also highly differentiated, may be distinguished in the group of flavonoids: flavones (apigenin, hesperetin, luteolin), flavanones (naringenin, hesperedin, taxifolin), flavonols (quercetin, kaempferol, myristin, rutin), flavanols (catechin, epicatechin, epigallocatechin), isoflavones (daidzein, genistein, glycitein) and anthocyanins (e.g. cyanidin, malvidine, delphinidine) (7).

Polyphenols are commonly found in diets containing fruits, vegetables, cereals, chocolate and dry legumes. However, fruits, fruit juices, plant-based beverages, tea and coffee are the main source of these compounds (8).

Tea is a water infusion of *Camellia sinensis* leaves. There are many types of teas, with black, green, white, red (pu-erh) and ulung (oolong) teas being most popular. Tea leaves contain about 36% of polyphenols, most of which (about 80%) are catechins. Catechins such as epigallocatechin gallate, epicatechin gallate, epigallocatechin and epicatechin are the most important ingredients for oral health. They belong to oxidised polyphenols collectively referred to as tannins (1). A number of studies demonstrated the inhibitory effects of tea polyphenols on caries. A study in rats on a cariogenic diet supplemented with 0.1% of green tea polyphenols demonstrated a 40% inhibition of caries (9). The anticariogenic effects of extracts from different types of tea involve the inhibition of the growth of cariogenic bacteria and thus their production of acids, inhibition of bacterial glucosyltransferase

*mutans* do powierzchni zębów oraz hamowania aktywności  $\alpha$ -amylazy. W warunkach *in vitro* stwierdzono działanie antybakteryjne wyekstrahowanych z czarnej i czerwonej herbaty polifenoli wobec planktonicznych bakterii *Streptococcus mutans* i *Streptococcus sobrinus* oraz zmniejszanie proporcji bakterii produkujących kwasy (10-12). Istotną redukcję kolonii bakterii *Streptococcus mutans* i *Lactobacilli* spp. w ślinie zanotowano po płukaniu jamy ustnej (przez tydzień 3 razy dziennie) ekstraktem zielonej herbaty (13). Awadella i wsp. (14) wykazali istotny spadek poziomu bakterii *Streptococcus mutans* w ślinie i płytce oraz wartości wskaźnika krwawienia dziąseł (GBI) po 7 dniach płukania 3 razy dziennie jamy ustnej 2% naparem zielonej herbaty. Z kolei płukanie jamy ustnej galusanem epigalokatechiny, będącym jedną z katechin zawartych w zielonej herbacie, z następowym płukaniem roztworem sacharozy powodowało mniejszy spadek pH płytki świadczący o redukcji produkcji kwasów przez florę bakteryjną (15). Zatem można sugerować, że picie zielonej herbaty po posiłku zawierającym ulegające fermentacji węglowodany może sprzyjać utrzymaniu odczynu płytki powyżej poziomu demineralizującego i zapobiegać rozwojowi próchnicy. Wskazują na to również obserwacje kliniczne, gdyż u dzieci pijących nawykowo 1-3 filiżanki herbaty dziennie w porównaniu z pijącymi tylko 1-2 filiżanki w tygodniu stwierdzono istotnie niższe wartości PUWZ i wskaźnika płytki (16). Z kolei w warunkach *in vivo* wykazano, że płukanie jamy ustnej 1,5% naparem czarnej herbaty po spożyciu krakersów powoduje hamowanie aktywności  $\alpha$ -amylazy, enzymu hydrolizującego skrobię do maltozy i innych węglowodanów o niskiej masie cząsteczkowej, które stanowią substrat dla bakterii produkujących kwasy (17). Herbata jest także źródłem fluoru, którego zawartość w zależności od gatunku i miejsca uprawy jest zróżnicowana, waha się od 0,34 do 3,71 ppm (18). Zatem ochronne przed próchnicą działanie herbaty może być wynikiem zarówno antybakteryjnego działania polifenoli, jak i fluoru oddziałującego na procesy demineralizacji i remineralizacji.

Kawa jest źródłem wielu bioaktywnych związków, między innymi polifenoli (taniny), kofeiny i antyoksydantów. Zawartość tych składników jest zróżnicowana w zależności od gatunku kawy i sposobu sporządzenia. Ekstrakty kawy zielonej i palonej dwóch najczęściej używanych gatunków kawy *Coffea arabica* i *Coffea robusta* zakłócają adsorpcję *Streptococcus mutans* do hydroksyapatytu pokrytego śliną. Aktywnymi związkami zawartymi w kawie są: trygonelina, kofeina, kwas chlorogenowy. Adsorbują się one do zęba, przeciwdziałając interakcji receptorów na jego powierzchni z bakteryjnymi adhezynami. Zaobserwowano ponadto hamowanie bakteryjnej glukozylotransferazy (19). Podobne działanie wykazują gotowane i niegotowane wodne roztwory handlowo dostępnej kawy, zarówno mielonej ziarnistej, jak i rozpuszczalnej (1, 13, 20). Anila Namboodiripad i Kori (21) wykazali u osób przez wiele lat pijących kawę bez cukru i mleka niższe wartości PUWZ (2,9) niż u osób niespożywających kawy (4,0) lub pijących ją z cukrem

activity, reduction of *Streptococcus mutans* adherence to dental surface as well as inhibition of salivary alpha-amylase. Polyphenols extracted from black and red tea showed *in vitro* activity against planktonic *Streptococcus mutans* and *Streptococcus sobrinus* as well as reduced the proportion of acid producing bacteria (10-12). A significant reduction of salivary *Streptococcus mutans* and *Lactobacilli* spp. was observed after oral rinsing (3 times a day for one week) with green tea extract (13). Awadella et al. (14) showed a significant reduction of salivary and plaque *Streptococcus mutans* as well as reduced gingival bleeding index (GBI) after 7 days of oral rinsing (3 x daily) with 2% green tea infusion. Oral rinsing with epigallocatechin gallate, which is one of green tea catechins, followed by oral rinsing with sucrose solution resulted in a lower decrease in plaque pH indicating reduced acid production by bacterial flora (15). Therefore, it may be suggested that drinking green tea after a meal containing fermentable carbohydrates may help maintain plaque pH above the demineralising threshold, and thus prevent caries. This is also confirmed by clinical observations showing that children habitually drinking 1-3 cups of tea daily had significantly lower DMFT and plaque index values compared to those drinking only 1-2 cups weekly (16). *In vivo* studies demonstrated that oral rinsing with 1.5% black tea infusion after consumption of crackers inhibited the activity of alpha-amylase, an enzyme hydrolysing starch to maltose and other low-molecular weight carbohydrates, which are the substrate for acid producing bacteria (17). Tea is also a source of fluoride, the content of which ranges between 0.34 to 3.71 ppm, depending on the species and the place of growing (18). Therefore, the anti-cariogenic activity of tea may result from both, the antibacterial effects of polyphenols and the effects of fluoride on the demineralisation and remineralisation processes.

Coffee is a source of multiple bioactive compounds, including polyphenols (tannins), caffeine and antioxidants. The content of these compounds varies depending on the type of coffee and how it is prepared. Green and roasted coffee extracts of the two most commonly used types of *Coffea arabica* and *Coffea robusta* impair *Streptococcus mutans* adsorption to a hydroxyapatite coated by saliva. Trygonelin, caffeine, chlorogenic acid are active compounds contained in coffee. They are adsorbed to the teeth, preventing the interaction between tooth surface receptors and bacterial adhesins. Furthermore, an inhibition of bacterial glucosyltransferase was observed (19). A similar activity was shown for boiled and unboiled aqueous solutions of commercially available coffee, both ground and instant (1, 13, 20). Anila Namboodiripad and Kori (21) showed lower DMFT (2.9) values in individuals with long-term consumption of

i mlekiem (5,5). Zatem kawa może pomagać w zapobieganiu próchnicy, jeśli konsumowana jest bez dodatków.

Kawy zbożowe, powstające w wyniku prażenia ziaren zbóż, są również źródłem polifenoli. Popularnym napojem jest kawa z palonego jęczmienia, którego przykładem jest kawa Inka zawierająca ok. 72% prażonego zboża (jęczmień, żyto) oraz cykorię i buraki cukrowe. Wykazano, że kawa z palonego jęczmienia zawiera komponenty antyadhezyjne, które zakłócają adsorpcję bakterii *Streptococcus mutans* do hydroksyapatytu (22). Napój z prażonego i zmielonego korzenia cykorii jest substytutem kawy prawdziwej. Zawiera on również polifenole. Wykazano antybakteryjne działanie 100% roztworu cykorii wobec *Streptococcus mutans* manifestujące się redukcją liczby kolonii bakterii. Z kolei dodanie cykorii do kawy naturalnej powodowało zarówno zmniejszenie liczby drobnoustrojów, jak i obniżenie adhezji bakteryjnej. Zatem zarówno cykorii, jak i kawa wykazują działanie przeciwp próchnicowe, które następuje w odmienny sposób, tj. cykorii działa przeciwbakteryjnie, a kawa zmniejsza adhezję bakterii próchnicotwórczych (23).

Ślodycze, w tym czekolada i czekoladki postrzegane są jako jeden z czynników przyczynowych rozwoju próchnicy. Jednakże zawartość w nich kakao może w pewnej mierze hamować rozwój choroby (24). Ito i wsp. (25) wykazali, że dodanie rozpuszczalnego w wodzie ekstraktu ze sproszkowanego kakao do kariogennego modelu żywienia (biała czekolada) zwierząt zakażonych bakteriami *Streptococcus sobrinus* istotnie redukowało próchnicę poprzez hamowanie glukozylotransferaz bakteryjnych. Wyniki te sugerują, że dodanie ekstraktu kakao do próchnicotwórczego pożywienia może kontrolować próchnicę. Pentamery polifenoli zawarte w kakao istotnie redukują powstawanie biofilmu i produkcję kwasów przez bakterie *Streptococcus mutans* i *Streptococcus sanguis*. Jednakże takie oddziaływanie ekstraktu kakao nie powoduje zmniejszenia próchnicotwórczości sacharozy. Natomiast ekstrakt z łusek kakao posiada działanie antybakteryjne i redukuje aktywność glukozylotransferazy bakteryjnej (26). Wykazano, że zastosowanie zmielonej łuski z nasion kakaowca, będącej produktem przemysłowym, do płukania jamy ustnej redukowało o 20,9% liczbę bakterii *Streptococcus mutans* oraz zmniejszało wartości wskaźnika płytki (13).

Świeże owoce spożywane jako składowa diety mieszanej nie powodują próchnicy, ale konsumowane w ekstremalnie dużych ilościach mogą przyczyniać się do wzrostu choroby (27). Badania przeprowadzone na zwierzętach nad próchnicotwórczością owoców wykazały, iż pomimo zawartości sacharozy, fruktozy i maltozy owoce są w zasadzie niepróchnicotwórcze, ze względu na zawartość zróżnicowanych ilości polifenoli i stymulowanie wydzielania śliny. Jednakże różne rodzaje owoców wykazują różnorodny potencjał próchnicotwórczy – owoce cytrusowe są niepróchnicotwórcze, ale jabłka, banany i winogrona mogą powodować rozwój choroby. Niemniej przyjmuje się, że próchnicotwórcze oddziaływanie różnych owoców oraz warzyw jest znacznie niższe niż samej sacharozy (28). Jednakże bardzo wysoka

coffee with no sugar or milk compared to those who did not consume coffee (4.0) or consumed coffee with sugar and milk (5.5). Thus coffee can help in the prevention of dental caries if consumed without additives.

Grain coffee, which is produced from roasted cereal grains, is also a source of polyphenols. Roasted barley coffee, e.g. Inka beverage containing about 72% of roasted cereal (barley, rye) as well as chicory and sugar beet, is a popular beverage. It was shown that roasted barley coffee contains anti-adhesive components, which inhibit *Streptococcus mutans* adsorption to hydroxyapatite (22). Roasted and ground chicory root beverage is a substitute for real coffee. It also contains polyphenols. Antimicrobial activity of 100% chicory solution against *Streptococcus mutans*, manifested in a reduced number of bacterial colonies, was shown. The addition of chicory to natural coffee reduced both the number of microorganisms and bacterial adhesion. Therefore, both chicory and coffee exhibit anticariogenic activity via different mechanisms of action, i.e. chicory has antibacterial activity, whereas coffee inhibits the adherence of cariogenic bacteria (23).

Confectionery, including chocolate and chocolate products, is considered to be one of cariogenic factors. However, their cocoa content can to a certain extent inhibit the development of caries (24). Ito et al. (25) showed that addition of water-soluble cocoa powder extract to a cariogenic nutrition model (white chocolate) in animals infected by *Streptococcus sobrinus* significantly reduced caries by inhibiting bacterial glucosyltransferases. These findings indicate that the addition of cocoa extract to cariogenic food may help control caries. Polyphenolic pentamers contained in cocoa significantly reduce the development of biofilm and production of acids by *Streptococcus mutans* and *Streptococcus sanguis*. However, such effects of cocoa extract do not reduce the cariogenicity of sucrose. Cocoa husk extract, on the other hand, has antibacterial activity and reduces the activity of bacterial glucosyltransferase (26). It was demonstrated that the use of ground cocoa husk, which is an industrial product, for oral rinsing led to a 20.9% reduction in the number of *Streptococcus mutans* bacteria and decreased the plaque index (13).

Fresh fruits consumed as a component of a mixed diet do not cause caries, but when consumed in very large quantities, they may contribute to the disease (27). Animal studies on the cariogenicity of fruits showed that despite their content of sucrose, fructose and maltose, fruits are in principle non-cariogenic due to their content of various amounts of polyphenols and stimulatory effects on saliva production. However, different types of fruits show different cariogenic potential. Citrus fruits are non-carcinogenic,

konsumpcja jabłek lub winogron może zwiększać intensywność próchnicy. Grobler i Blignaut (29) zaobserwowali u osób spożywających duże ilości jabłek lub winogron większą liczbę zębów dotkniętych próchnicą (odpowiednio 24,2 i 17,4 zęba) w porównaniu z grupą kontrolną (9,9 zęba).

Z kolei Wu (30) stwierdził, iż bogate w proantocyjanidy ekstrakty z nasion winogron w warunkach *in vitro* wpływają pozytywnie na procesy demineralizacyjno-remineralizacyjne sztucznej zmiany próchnicowej na korzeniu. Sugerował zatem ich potencjalne działanie jako naturalnego czynnika remineralizującego próchnicę korzenia. Zaobserwowano również pewne działania antybakteryjne czerwonego i białego wina wobec paciorkowców jamy ustnej (31).

Rodzynki (suszone winogrona) zawierają polifenole, antyoksydanty, flawonoidy i żelazo. Ich słodki smak wynika z zawartości głównie glukozy i fruktozy. Tradycyjnie uważane są za promujące próchnicę z powodu wysokiej zawartości cukru i retencji w jamie ustnej. Jednakże wykazano, że konsumpcja rodzynek nie powoduje spadku pH w jamie ustnej poniżej wartości krytycznej, a także nie pozostają one dłużej w jamie ustnej niż inne pożywienie. Ponadto zawierają różne antyoksydanty i hamują bakterie *Streptococcus mutans*. Związkami chemicznymi w rodzynekach odpowiedzialnymi za hamowanie wzrostu patogenów jamy ustnej są m.in. kwasy oleanowy, linolenowy i linolowy oraz betulina. Kwas oleanolowy obniża *in vitro* adhezję biofilmu utworzonego przez bakterie *Streptococcus mutans*. Badając wpływ otrębów zbożowych zawierających rodzynki na kwasotwórczość płytki w warunkach *in vivo*, wykazano, że rodzynki nie obniżają pH płytki poniżej 6. W porównaniu z komercyjnymi płatkami zbożowymi lub płatkami z rodzynekami, mniejszy spadek pH obserwowano u dzieci spożywających mieszaninę rodzynek i płatków, kiedy nie dodawano do nich cukru (30, 32). W oparciu o te dane rodzynki można uznać za bezpieczną, słodką przekąskę.

Żurawina jest bogata w polifenole, zwłaszcza flawonoidy, i wywiera korzystne działanie biologiczne. Działanie przeciwpróchnicowe żurawiny oparte jest na hamowaniu przyczepiania się i tworzenia biofilmu przez *Streptococcus mutans* oraz obniżaniu produkcji kwasów. Weiss i wsp. (33) w badaniu klinicznym wykazali, że płukanie jamy ustnej wyizolowaną z żurawiny frakcją o wysokiej masie cząsteczkowej powodowało po 6 tygodniach redukcję mikroflory jamy ustnej, a zwłaszcza bakterii *Streptococcus mutans*. Natomiast w warunkach *in vitro* frakcja ta hamowała adhezję *Streptococcus sobrinus* do powierzchni hydroksyapatytu pokrytego śliną. W innym badaniu stwierdzono, że sok żurawinowy blokuje adhezję *Streptococcus mutans* do miejsc wiązania glukanu, a przez to hamuje rozwój biofilmu i produkcję kwasów bakteryjnych (34).

Obecne w granatach polifenole, takie jak ellagitannina, wykazują silne działanie antybakteryjne i hamujące adhezję bakterii próchnicotwórczych. Zatem ekstrakty z granatu mogą być stosowane w formie rozpuszczalnych pastylek w celu zapobiegania próchnicy (35).

whereas apples, bananas and grapes may cause the disease. Nevertheless, it is assumed that the cariogenic activity of different fruits and vegetables is considerably lower compared to sucrose (28). On the other hand, high consumption of apples or grapes may increase the intensity of caries. Grobler and Blignaut (29) observed higher numbers of caries-affected teeth in individuals who consumed large amounts of apples and grapes (24.2 and 17.4 teeth, respectively) compared to controls (9.9 teeth). Wu (30) found that proanthocyanidin-rich grape seed extracts have positive *in vitro* effects on the demineralisation and remineralisation processes in artificial root caries. Therefore, the author suggested their potential activity as a factor remineralising root caries. Furthermore, antibacterial effects of red and white wine against oral streptococci were observed (31).

Raisins (dried grapes) contain polyphenols, antioxidants, flavonoids and iron. Their sweet taste is mainly due to glucose and fructose content. It is traditionally believed that raisins promote caries due to their high sugar content and oral retention. However, it was shown that consumption of raisins does not induce a decrease in oral pH below the critical threshold, as well as that their oral retention is not longer compared to other food products. Furthermore, they contain various antioxidants and have inhibitory effects on *Streptococcus mutans*. Oleonic acid, linolenic and linoleic acids as well as betulin are chemical compounds contained in raisins, which are responsible for inhibiting the growth of oral pathogens. The oleonic acid reduces *in vitro* adherence of the biofilm formed by *Streptococcus mutans*. A study *in vivo* on effects of bran containing raisins on acid formation in dental plaque demonstrated that raisins do not reduce pH below 6. Compared to commercial cereal flakes or raisins flakes, lower pH drops were observed in children who consumed a mix of raisins and flakes when no sugar was added (30, 32). Based on these findings, raisins may be considered a safe, sweet snack.

Cranberry is rich in polyphenols, flavonoids in particular, and has beneficial biological effects. The anticariogenic activity of cranberry involves the inhibition of adherence and biofilm formation by *Streptococcus mutans* and reduction of acid production. Weiss et al. (33) showed in their clinical trial that oral rinsing with high-molecular-weight fraction isolated from cranberry reduced oral microflora, *Streptococcus mutans* in particular, after 6 weeks. An *in vitro* that fraction inhibited the adhesion of *Streptococcus sobrinus* to a salivary layer on a hydroxyapatite surface. Another study found that cranberry juice blocked *Streptococcus mutans* adhesion to glucan-binding sites, and thus inhibited the formation of biofilm and bacterial acid production (34).

Propolis jest żywiczną mieszaniną zawierającą liczne flawonoidy, którą pszczoły zbierają z kwiatów i wykorzystują do uszczelniania otwartych przestrzeni w ulu. Wykazuje znaczną aktywność antybakteryjną wobec wielu drobnoustrojów jamy ustnej i hamuje adhezję bakterii *Streptococcus mutans* i *Streptococcus sobrinus* (36). Zmniejsza również syntezę rozpuszczalnych w wodzie glukanów bakteryjnych. Szczury zainfekowane bakteriami *Streptococcus mutans* i karmione dietą próchnicotwórczą z wodnym roztworem propolisu wykazały nieco mniejszą intensywność próchnicy niż karmione bez tego dodatku (37).

Ponadto płukanie jamy ustnej 3 razy dziennie przez 7 dni roztworem propolisu bez zmiany nawyków higienicznych i dietetycznych powodowało redukcję poziomu *Streptococcus mutans* u ok. 50% badanych (38). Aplikacja propolisu po opracowaniu ubytku próchnicowego narzędziami ręcznymi istotnie zmniejszyła liczbę bakterii pozostawionych w tkankach zęba, a zatem działała jako środek dezynfekujący, który może zapobiegać rozwojowi próchnicy wtórnej (39). Dodanie propolisu do pasty do zębów zamiennie redukowało liczbę bakterii w jamie ustnej, a zwłaszcza *Streptococcus mutans* (40). Również zastosowanie lakieru zawierającego propolis wykazało satysfakcjonujące działanie antybakteryjne (41).

Polifenole zawarte są także w stosowanych kulinarnie ziołach i przyprawach, takich jak: kolendra, oregano, koper, pietruszka, rozmaryn, tymianek, szaflwia, cynamon, goździki, gałka muszkatołowa, imbir, kurkuma i czosnek (42). Działanie niektórych z nich zbadano w aspekcie działania przeciwp próchnicowego.

Goździki będące nierozkwitłymi, wysuszonymi pąkami kwiatowymi drzewa goździkowego służą jako przyprawa aromatyczna. Stanowią źródło znacznych ilości związków fenolowych, w tym flawonoidów. Zawarty w nich olejek goździkowy ma działanie antymutagenne, przeciwzapalne, antyoksydacyjne, przeciwzakrzepowe i przeciw pasożytnicze. Eugenol będący fenylopropenem jest głównym składnikiem olejku goździkowego. W stomatologii stosowany jest jako środek analgetyczny, miejscowo znieczulający i przeciwbakteryjny (hamuje do 70% drobnoustrojów) w formie pasty lub mieszaniny jako dodatek do materiałów stomatologicznych. Wykazano w warunkach *in vitro* preferencyjne hamowanie wzrostu bakterii *Streptococcus mutans* (43). Zaobserwowano także hamowanie dekalcyfikacyjnego działania soku jabłkowego na szkliwo po dodaniu olejku goździkowego lub jego aktywnych składników – eugenolu i octanu eugenilu (44). Zawarty w cynamonie olejek cynamonowy i aldehyd cynamonowy hamują szerokie spektrum bakterii jamy ustnej, w tym *Streptococcus mutans* (45). W warunkach *in vitro* i *in vivo* wykazano również, że ekstrakt imbiru zmniejsza liczbę bakterii *Streptococcus mutans* w biofilmie w następstwie hamowania adhezji i syntezy nierozpuszczalnych glukanów. Aktywnymi związkami antybakteryjnymi imbiru są polifenole – flawonoidy i taniny (46). Nasiona muszkatołowca,

Polyphenols present in grenades, such as ellagitannin, exhibit strong antibacterial activity and inhibit the adherence of cariogenic bacteria. Therefore, grenade extracts may be used in the form of soluble lozenges to prevent caries (35).

Propolis is a resinous mixture rich in flavonoids that honey bees collect from flowers and use as a sealant for unwanted open spaces in the hive. The substance shows significant antibacterial activity against oral microorganisms and inhibits the adherence of *Streptococcus mutans* and *Streptococcus sobrinus* (36). It also reduces the synthesis of water-soluble bacterial glucans. Rats infected with *Streptococcus mutans* and fed on aqueous propolis solution showed slightly less severe caries compared to rats on propolis-free diet (37).

Furthermore, oral rinsing with propolis 3 times a day for 7 days with no additional hygienic or dietary changes reduced *Streptococcus mutans* levels in approx. 50% of subjects (38). Application of propolis after caries removal using hand instruments significantly reduced the number of residual bacterial colonies in dental tissue; therefore the substance acts as a disinfectant, which may prevent secondary caries (39). Adding propolis to toothpaste significantly reduced the number of oral bacteria, *Streptococcus mutans* in particular (40). The use of varnish containing propolis also showed satisfactory antibacterial effects (41).

Polyphenols are also contained in culinary herbs and spices, such as coriander, oregano, dill, parsley, rosemary, thyme, sage, cinnamon, cloves, nutmeg, ginger, turmeric and garlic, some of which were analysed in terms of their anticariogenic activity (42).

Cloves, which are dormant dried flower buds of a clove tree, are used as an aromatic spice. They are a source of significant amounts of phenolic compounds, including flavonoids. The clove oil they contain has antimutagenic, anti-inflammatory, antioxidative, anticoagulant and antiparasitic activity. Eugenol, which belongs to phenylpropenes, is the main component of clove oil. In dentistry, it is used as an analgesic, local anesthetic and an antibacterial agent (inhibits up to 70% of microorganisms) in the form of paste or a mixture as an additive in dental materials. Preferential *in vitro* inhibition of the growth of *Streptococcus mutans* was demonstrated (43). Also, inhibition of the decalcification effects of apple juice on enamel following the administration of clove oil or its active components, i.e. eugenol and eugenyl acetate, was observed (44). Cinnamon oil and cinnamaldehyde contained in cinnamon inhibit a broad spectrum of oral bacteria, including *Streptococcus mutans* (45). *In vitro* and *in vivo* studies also showed that ginger extract reduced the number of *Streptococcus mutans* in the biofilm as a result of inhibited adhesion and synthesis of insoluble glucans. Polyphenols, such as flavonoids and tannins,

stosowane jako przyprawa pod nazwą gałka muszkatołowa, zawierają związek polifenolowy – macelignan, który działa antybakteryjnie wobec *Streptococcus mutans*, *Lactobacilli* spp. i redukuje powstawanie biofilmu (47).

Czosnek w celach leczniczych i kulinarnych stosowany był już w starożytności. Szeroko zostały zbadane jego właściwości przeciwbakteryjne, przeciwgrzybicze, przeciw-wirusowe i antyoksydacyjne. Stanowi on źródło różnych biologicznie aktywnych fitocząsteczek, w tym flawonoidów, kwasów fenolowych oraz witamin. Wykazano, że w warunkach *in vitro* ekstrakty czosnku proporcjonalnie do stężenia (40 lub 70%) i czasu działania (30 lub 60 s) hamują liczbę kolonii bakterii w ślinie (od 78 do 90,8%) (48). Stosowany jako 3% płukanka wykazywał istotne działanie antybakteryjne (49).

Lukrecja jest rośliną z rodziny bobowatych, której korzeń wraz z odłogami używany jest w ziołolecznictwie, przemyśle kosmetycznym i spożywczym. Ekstrakt lukrecji wykazuje silne działanie antybakteryjne wobec bakterii *Streptococcus mutans*. Kwas lukrecjowy będący głównym aktywnym składnikiem lukrecji posiada własności kariostatyczne poprzez hamowanie glikolizy bakteryjnej, zapobieganie powstawaniu kwasów z dietetycznych cukrów i zwiększanie potencjału buforującego płytki. Lizaki z lukrecją stosowane 2 razy dziennie przez 10 dni redukują znacznie liczbę bakterii próchnicotwórczych u ludzi. Jednakże lukrecja posiada specyficzny smak i powoduje przebarwienie zębów i z tego powodu ma ograniczone zastosowanie jako środek przeciwpróchnicowy (1). Jednakże, Ahn i wsp. (50) określili minimalne wartości stężenia bakteriobójczego działania ekstraktu z lukrecji wobec 14 szczepów bakterii *Streptococcus mutans* wyizolowanych z jamy ustnej i wnioskowali, że już niskie stężenie (16 µg/mL) może być efektywne w zapobieganiu próchnicy.

Powszechnie do pożywienia i napojów dodawane są różne środki konserwujące, a wśród nich najczęściej benzoosan sodu, sorbinian potasu i azotan sodu. Środki te zachowują się jak słabe kwasy i powodują zakwaszenie cytoplazmy bakterii (1). Oddziaływanie benzooesanu potwierdzają wyniki badania przeprowadzonego na zwierzętach, gdyż zwierzęta karmione dietą próchnicotwórczą z dodatkami benzooesanu i fluoru wykazały większą redukcję próchnicy niż karmione tylko z dodatkiem fluoru (51). Również badanie przeprowadzone w warunkach *in situ* wykazało istotną redukcję grubości biofilmu i żywotności jego bakterii po stosowaniu 0,1% benzooesanu i 0,1% sorbinianu, która była jednak niższa niż po aplikacji 0,2% chlorheksydyny (52).

## PODSUMOWANIE

Znajomość bioaktywnych składników zawartych w produktach spożywczych może przyczynić się do wyboru funkcjonalnego pożywienia, które oprócz wartości odżywczej korzystnie oddziałuje na stan uzębienia.

are active substances of ginger (46). Nutmeg seeds, which are used as a spice called nutmeg, contain a polyphenol compound – macelignan, which has antibacterial activity against *Streptococcus mutans*, *Lactobacilli* spp. and reduces biofilm formation (47).

Garlic was used for medical and culinary purposes already in ancient times. Its antimicrobial, antifungal, antiviral and antioxidant properties have been widely studied. It is a source of biologically active phytochemicals, including flavonoids, phenolic acids and vitamins. It was shown that garlic extracts inhibit the number bacterial colonies in saliva *in vitro* condition (78 to 90.8%) proportionally to concentration (40 or 70%) and time of exposure (30 or 60 seconds) (48). When used as a 3% oral rinse, it showed significant antibacterial activity (49).

Licorice is a plant of the bean family, whose roots and stolons are used in herbal medicine, as well as cosmetic and food industry. Licorice extract shows strong antibacterial activity against *Streptococcus mutans*. Glycyrrhizic acid, which is the main active substance of licorice, shows cariostatic properties by inhibiting bacterial glycolysis, preventing the formation of acids from dietary carbohydrates and increasing the plaque buffering potential. Licorice lollipops used twice daily for 10 days significantly reduce the number of cariogenic bacteria in humans. However, licorice has a specific flavour and causes dental discoloration; therefore its use as an anticariogenic agent is limited (1). However, Ahn et al. (50) determined the minimal bactericidal levels of licorice extract against 14 strains of *Streptococcus mutans* isolated from the oral cavity and found that even low levels (16 µg/mL) may be effective in caries prevention.

It is a common practice to add preservatives, including sodium benzoate, potassium sorbate and sodium nitrate, into food products and beverages. However, these agents act like weak acids and cause acidification of the bacterial cytoplasm (1). The effects of benzoate were confirmed in animal studies, where animals on cariogenic diet supplemented with benzoate and fluoride showed higher reduction of caries compared to animals receiving fluoride alone (51). An *in situ* study also showed a significant reduction in biofilm thickness and bacterial viability after administration of 0.1% and 0.1% sorbate. However this reduction was lower compared to 0.2% chlorhexidine (52).

## CONCLUSIONS

Knowledge on the bioactive components of food products can make a contribution to the choice of functional food, which apart from the nutritive properties can also have a beneficial impact on dental condition.

**KONFLIKT INTERESÓW  
CONFLICT OF INTEREST**

Brak konfliktu interesów  
None

**ADRES DO KORESPONDENCJI  
CORRESPONDENCE**

\*Urszula Kaczmarek  
Katedra i Zakład Stomatologii  
Zachowawczej i Dziecięcej  
Uniwersytet Medyczny  
im. Piastów Śląskich we Wrocławiu  
ul. Krakowska 26, 50-425 Wrocław  
tel. +48 (71) 784-03-61  
urszula.kaczmarek@umed.wroc.pl

**PIŚMIENNICTWO/REFERENCES**

1. van Loveren C, Broukal Z, Oganessian E: Functional foods/ingredients and dental caries. *Eur J Nutr* 2012; 51 (suppl. 2): S15-S25.
2. Gazzani G, Daglia M, Papetti A: Food components with anticaries activity. *Curr Opin Biotechnol* 2012; 23: 153-159.
3. Signoretto C, Canepari P, Stauder M et al.: Functional foods and strategies contrasting bacterial adhesion. *Curr Opin Biotechnol* 2012; 23: 160-167.
4. Cheng L, Li J, He L, Zhou X: Natural products and caries prevention. *Caries Res* 2015; 49 (suppl. 1): 38-45.
5. Sandhu KS, Gupta N, Gupta P et al.: Caries protective food: A futuristic perspective. *Int J Adv Health Sci* 2014; 1: 21-25.
6. Petti P, Scully C: Polyphenols, oral health and disease: A review. *J Dent* 2009; 37: 413-423.
7. Gheribi E: Związki polifenolowe w owocach i warzywach. *Med Rodz* 2011; 4: 111-115.
8. Lolayekar N, Shanbhag C: Polyphenols and oral health. *RSBO* 2012; 9: 74-84.
9. Sakanaka S, Shimura N, Aizawa M et al.: Preventive effect of green tea polyphenols against dental caries in conventional rats. *Biosci Biotech Biochem* 1992; 56: 592-594.
10. Wu CD: The impact of food components and dietary factors on oral health. *J Food Drug Analysis* 2012; 20 (suppl. 1): 270-274.
11. Goenka P, Sarawgi A, Karun V et al.: *Camellia sinensis* (Tea): Implications and role in preventing dental decay. *Pharmacogn Rev* 2013; 7: 152-156.
12. Sasaki H, Matsumoto M, Tanaka T et al.: Antibacterial activity of polyphenol components in oolong tea extract against *Streptococcus mutans*. *Caries Res* 2004; 38: 2-8.
13. Ferrazzano GF, Roberto L, Amato I et al.: Antimicrobial properties of green tea extract against cariogenic microflora: an *in vivo* study. *J Med Food* 2011; 14: 907-911.
14. Awadella HI, Rgab MH, Fayed MT et al.: Evaluation of the effect of green tea on dental caries and composite restorations. *TAF Prev Med Bull* 2011; 10: 269-274.
15. Hirasawa M, Takada K, Otake S: Inhibition of acid production in dental plaque bacteria by green tea catechins. *Caries Res* 2006; 40: 265-270.
16. Elvin-Lewis M, Steelman R: The anticariogenic effects of tea drinking among Dallas school children. *J Dent Res* 1986; 65: 198.
17. Arya V, Taneja L: Inhibition of salivary amylase by black tea in high-caries and low-caries index children: A comparative *in vivo* study. *Ayu* 2015; 36: 278-282.
18. Chan JT, Koh SH: Fluoride content in caffeinated, decaffeinated and herbal teas. *Caries Res* 1996; 30: 88-92.
19. Namboodiripad PC, Srividya K: Can coffee prevent caries? An *in vitro* study. *Internet J Dent Sci* 2009; 7: 2-5.
20. Daglia M, Tarsi R, Papetti A et al.: Antiadhesive effect of green and roasted coffee on *Streptococcus mutans*' adhesive properties on saliva-coated hydroxyapatite beads. *J Agric Food Chem* 2002; 50: 1225-1229.
21. Anila Namboodiripad P, Kori S: Can coffee prevent caries? *J Conserv Dent* 2009; 12: 17-21.
22. Papetti A, Pruzzo C, Daglia M et al.: Effect of barley coffee on the adhesive properties of oral streptococci. *J Agric Food Chem* 2007; 55: 278-284.
23. Sharma R, Reddy VK, Prashant G et al.: Antimicrobial and anti-adherence activity of various combinations of coffee-chicory solutions on *Streptococcus mutans*: An *in vitro* study. *J Oral Maxillofac Pathol* 2014; 18: 201-206.
24. Nirmala S, Quadar MA, Veluru S: pH modulation and salivary sugar clearance of different chocolates in children: A randomized clinical trial. *J Indian Soc Pedod Prev Dent* 2016; 34: 10-16.
25. Ito K, Nakamura Y, Tokunaga T et al.: Anti-cariogenic properties of a water-soluble extract from cacao. *Biosci Biotechnol Biochem* 2003; 67: 2567-2573.
26. Osawa K, Miyazaki K, Shimura S et al.: Identification of cariostatic substances in the cacao bean husk: their anti-glucosyltransferase and antibacterial activities. *J Dent Res* 2001; 80: 2000-2004.
27. Moynihan P, Petersen PE: Diet, nutrition and the prevention of dental disease. *Publ Health Nutr* 2004; 7: 201-226.
28. Stephan RM: Effects of different types of human foods on dental health in experimental animals. *J Dent Res* 1996; 45: 1551-1561.



29. Grobler SR, Blignaut JB: The effect of a high consumption of apples or grapes on dental caries and periodontal disease in humans. *Clin Prev Dent* 1989; 11: 8-12.
30. Wu CD: Grape products and oral health. *J Nutr* 2009; 139 (suppl.): 1818S-1823S.
31. Daglia M, Papetti A, Grisoli P et al.: Antibacterial activity of red and white wine against oral streptococci. *J Agric Food Chem* 2007; 55: 5038-5042.
32. Wong A, Young DA, Emmanouil DE et al.: Raisins and oral health. *J Food Sci* 2013; 78 (suppl. 1): A26-A29.
33. Weiss EI, Kozlovsky A, Steinberg D et al.: A high molecular mass cranberry constituent reduces mutans streptococci level in saliva and inhibits *in vitro* adhesion to hydroxyapatite. *FEMS Microbiol Lett* 2004; 232: 89-92.
34. Koo H, Nino de Guzman P, Schobel BD et al.: Influence of cranberry juice on glucan-mediated processes involved in *Streptococcus mutans* biofilm development. *Caries Res* 2006; 40: 20-27.
35. Li L, Guo L, Wolinsky L et al.: The antimicrobial activity of pomegranate polyphenol extract (POMx) lozenges in a saliva-derived biofilm model system. *Dent Open* 2015; 2: 112-120.
36. Ikeno K, Ikeno T, Miyazawa C: Effects of propolis on dental caries in rats. *Caries Res* 1991; 25: 347-351.
37. Suzuki CO, Date CE, Suza DC, Schemizuj MT: Influence of propolis on caries – an *in vivo* study in rats. *Revista Saude* 2009; 3: 20-24.
38. Duailibe SA, Gonçalves AG, Ahid FJ: Effect of a propolis extract on *Streptococcus mutans* counts *in vivo*. *J Appl Oral Sci* 2007; 15: 420-423.
39. Prabhakar AR, Karuna YM, Yavagal C, Deepak BM: Cavity disinfection in minimally invasive dentistry – comparative evaluation of *Aloe vera* and propolis: A randomized clinical trial. *Contemp Clin Dent* 2015; 6 (suppl. 1): S24-S31.
40. Mohsin S, Manohar B, Rajesh S, Asif Y: The effects of a dentifrice containing propolis on *Mutans Streptococci*: a clinico-microbiological study. *Ethiop J Health Sci* 2015; 25: 9-16.
41. De Luca MP, Franca JR, Macedo FA et al.: Propolis varnish: antimicrobial properties against cariogenic bacteria, cytotoxicity, and sustained-release profile. *Biomed Res Int* 2014; 2014: 348647. DOI: 10.1155/2014/348647.
42. Opara EI, Chohan M: Culinary herbs and spices: their bioactive properties, the contribution of polyphenols and the challenges in deducing their true health benefit. *Int J Mol Sci* 2014; 15: 19183-19202.
43. Uju DE, Obioma NP: Anticariogenic potentials of clove, tobacco and bitter kola. *Asian Pac J Trop Med* 2011; 4: 814-818.
44. Marya CM, Satija G, Avinash J et al.: *In vitro* inhibitory effect of clove essential oil and its two active principles on tooth decalcification by apple juice. *Int J Dent* 2012; 2012: 759618.
45. Gupta C, Kumari A, Garg AP et al.: Comparative study of cinnamon oil and clove oil on some oral microbiota. *Acta Biomed* 2011; 82: 197-199.
46. Hasan S, Danishuddin M, Khan AU: Inhibitory effect of zingiber officinale towards *Streptococcus mutans* virulence and caries development: *in vitro* and *in vivo* studies. *BMC Microbiol* 2015; 15: 1. DOI: 10.1186/s12866-014-0320-5.
47. Chung JY, Choo JH, Lee MH, Hwang JK: Anticariogenic activity of macelignan isolated from *Myristica fragrans* (nutmeg) against *Streptococcus mutans*. *Phytomedicine* 2006; 13: 261-266.
48. Borhan-Mojabi K, Sharifi M, Karagah T: Efficacy of different concentrations of garlic extract in reduction of oral salivary microorganisms. *Arch Iran Med* 2012; 15: 99-101.
49. Chavan SD, Shetty NL, Kanuri M: Comparative evaluation of garlic extract mouthwash and chlorhexidine mouthwash on salivary *Streptococcus mutans* count – an *in vitro* study. *Oral Health Prev Dent* 2010; 8: 369-374.
50. Ahn S-J, Song Y-D, Mah S-J et al.: Determination of optimal concentration of deglycyrrhizinated licorice root extract for preventing dental caries using a bacterial model system. *J Dent Sci* 2014; 9: 214-220.
51. Davis BA, Raubertas RF, Pearson SK, Bowen WH: The effects of benzoate and fluoride on dental caries in intact and desalivated rats. *Caries Res* 2001; 35: 331-337.
52. Arweiler NB, Lenz R, Sculean A et al.: Effect of food preservatives on *in situ* biofilm formation. *Clin Oral Investig* 2008; 12: 203-208.

nadesłano/submitted:

10.04.2017

zaakceptowano do druku/accepted:

28.04.2017