

DOROTA OLCZAK-KOWALCZYK<sup>1</sup>, MONIKA MYSIĄK-DĘBSKA<sup>2</sup>, KATARZYNA DĘBSKA-ŁASUT<sup>3</sup>,  
WOJCIECH GRZEBIELUCH<sup>2</sup>, \*URSZULA KACZMAREK<sup>2</sup>

## Pożywienie a próchnica zębów. Część 1. Mleko i produkty mleczne

Food and dental caries. Part 1. Milk and dairy products

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

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

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

Head of Department: Professor Urszula Kaczmarek, DMD, PhD

<sup>3</sup>Department of Periodontology, Medical University of Wrocław

Head of Department: Professor Marek Ziętek, DMD, PhD

### SŁOWA KLUCZOWE

mleko, produkty mleczne,  
próchnica zębów

### STRESZCZENIE

Mleko i produkty mleczne mają niski potencjał próchnicotwórczy i uznawane są za kariostatyczne. Wykazano ich działanie ochronne wobec próchnicy w badaniach na szczurach oraz *in vitro* i *in situ*. Analizy żywieniowe u ludzi potwierdzają także korzystne oddziaływanie konsumpcji mleka i produktów mlecznych. Mechanizm ich działania jest wieloraki i wynika ze złożonego składu chemicznego. Kazeiny i peptydy zmniejszają adhezję bakterii próchnicotwórczych i obniżają aktywność bakteryjnych glukozylotransferaz, powodując zmniejszenie biomasy i kwasotwórczości płytki oraz powstawanie nierozpuszczalnych polisacharydów bakteryjnych. Wolniejsza fermentacja laktozy niż sacharozy nie obniża pH płytki do poziomu krytycznego dla demineralizacji. Wysoka zawartość wapnia i fosforanów w mleku i jego produktach działa ochronnie wobec ataku kwasów poprzez przesylenie płytki i śliny jonami wapnia i fosforanowymi sprzyjającymi remineralizacji. Przeciwp próchnicowe działanie zawartej w mleku kazeiny wykorzystano, opracowując bioaktywny kompleks zawierający fosfopeptydy kazeiny (CPP) i amorficzny fosforan wapnia (ACP) wykorzystywany do kontroli próchnicy. Jednakże wykazano, że konsumpcja słodzonego mleka i produktów mlecznych powoduje pewien wzrost ryzyka próchnicy.

### KEYWORDS

milk, dairy products, dental caries

### SUMMARY

Milk and dairy products have a low cariogenic potential and are recognized to be cariostatic. Their protective influence against dental caries has been demonstrated in experiments on rats and *in vitro* or *in situ* studies. Analyses of dietary habits in humans also seem to confirm the beneficial impact of milk and dairy products consumption. Their mechanism of action is multiple, resulting from its complex chemical composition. Caseins and peptides reduce the adhesion of cariogenic bacteria, and diminish the activity of bacterial glucosyltransferases, leading to the reduction of plaque biomass and

acidity as well as formation of bacterial insoluble polysaccharides. The slower lactose than sucrose fermentation does not reduce dental plaque pH to the level critical for demineralization. The high content of calcium and phosphates in milk and dairy products ensures protection against acid attacks through biofilm saturation with calcium and phosphates, thus promoting remineralisation. Caries protective effect of casein present in milk has been used to formulate a bioactive complex containing casein phosphopeptides (CPP) and amorphous calcium phosphate (ACP), utilized for caries control. It has been showed however, that consumption of sweetened milk and dairy products can lead to some increase of caries risk.

Stan zdrowotny jamy ustnej jest w pewnym stopniu związany z fizycznymi i chemicznymi właściwościami przyjmowanego pożywienia. Dobrze poznano związek częstej konsumpcji ulegających fermentacji węglowodanów (sacharozy i przetworzonej skrobi) z ryzykiem próchnicy. Udowodniono również korzystny wpływ na zęby polioli – alkoholi cukrowych, niefermentowanych przez bakterie płytki środków słodzących zastępujących cukier. Natomiast kwaśne pożywienie, zwłaszcza zawierające kwasy cytrynowy i fosforanowy, stanowi ryzyko rozwoju erozji zębów. Wiedza ta spowodowała wzrost zainteresowania oddziaływaniem składników pożywienia, zarówno pasywnych, jak i aktywnych, na stan zdrowotny jamy ustnej w aspekcie zapobiegania chorobom (1). W Japonii w latach 80. XX wieku powstała koncepcja funkcjonalnego pożywienia oznaczająca żywność będącą elementem codziennej diety, której składniki promują zdrowie i zmniejszają ryzyko choroby. Może je stanowić produkt oparty na składnikach naturalnych lub wzbogacony w składowe o udokumentowanym korzystnym efekcie prozdrowotnym (związki mineralne, witaminy, ekstrakty roślinne). Żywność taka nazywana „żywnością o określonym zdrowotnym zastosowaniu” (Foods for Specified Health Use – FOSHU) produkowana jest w Japonii na skalę przemysłową, ale w Europie nie została jeszcze zdefiniowana legislacyjnie (2). Jednakże zarówno pasywne, jak i aktywne oddziaływanie pewnych funkcjonalnych składników pożywienia na stan zdrowia jest uznawane przez Europejski Urząd ds. Bezpieczeństwa Żywności (European Food Safety Authority – EFSA), w tym korzystny wpływ bezcukrowych gum do żucia na stan uzębienia (3).

Celem pracy jest omówienie pożywienia, którego składniki mogą modulować rozwój procesu próchnicowego. W części pierwszej przedstawiono oddziaływanie mleka i produktów mlecznych, a w drugiej innych składników pożywienia zawierających polifenole.

## SKŁAD CHEMICZNY MLEKA I PRODUKTÓW MLECZNYCH

Od wielu wieków mleko i produkty mleczne stanowią istotny element odżywiania. Obecnie głównie spożywane jest mleko krowie i jego przetwory. Szacuje się, że w skali roku spożycie mleka na osobę wynosi 40,69 l, sera 11-11,4 kg i jogurtu 6,48 kg (4). Pełne mleko jest płynem zawierającym 87,4% wody, a na pozostałe stałe składowe

Oral health is to some degree related to the physical and chemical properties of the ingested foods. The relationship between frequent consumption of carbohydrates subject to fermentation (sucrose and processed starch) and the risk for caries has been well investigated and documented. Also the beneficial effect of polyols (sugar alcohols i.e. sweeteners not fermented by plaque bacteria) on teeth has been documented. Acidic foods, on the other hand, especially those containing citric and phosphoric acids may cause teeth erosion. Such knowledge has led to an increasing interest taken in the effect of food ingredients, both active and passive, on oral health cavity from the point of view of disease prevention (1). The idea of functional food, meaning foods consumed as a part of daily diet, containing factors that promote health and reduce the risk of various diseases was first introduced in Japan in the 1980s. Functional foods may be products based on natural ingredients, or enriched (fortified) with components of documented beneficial, pro-health effect (such as minerals, vitamins, plant extracts). Such foods, officially termed Foods for Specified Health Use (FOSHU) are produced in Japan on an industrial scale, yet have not been defined by legislation in Europe so far (2). Nonetheless, both active and passive effect of some functional food ingredients on health is recognized by the European Safety Authority (EFSA), including the beneficial impact of sugar-free gums on the condition of teeth (3).

The aim of this study is discuss foods whose ingredients may modulate the caries process. In part one the properties of milk and dairy products are presented, whereas part two discusses other ingredients containing polyphenols.

## THE CHEMICAL COMPOSITION OF MILK AND DAIRY PRODUCTS

For ages, milk and dairy products have been staples of human diet. In present times, it is mainly cow's (bovine) milk and its derivatives (dairy products) that are consumed on a large scale. The annual intake of milk is estimated at 40.69 l per person, cheese 11-11.4 kg per person, and yoghurt 6.48 kg per person (4). Full fat (whole) milk is a liquid containing 87.4% water, and in its remaining part comprised in 4.7% by fat, 3.5% by protein (including 2.8% of casein and 0.6% of whey proteins),

przypada 3,7% tłuszczu, 3,4% białka (w tym 2,8% kazeiny i 0,6% białek serwatkowych), 4,8% laktozy i 0,6% związków mineralnych. Ogółem mleko krowie zawiera ponad 100 składników chemicznych, wśród których istotne znaczenie odżywcze mają: białka, wapń, fosforany, potas, witaminy D, A, B<sub>12</sub> i B<sub>3</sub>. Zawartość kaloryczna mleka lub produktów mlecznych uzależniona jest od ilości tłuszczu. Mleko stanowi heterogenną mieszaninę białek, wśród których dominuje kazeina (80%) rozdzielana elektroforetycznie na cztery główne komponenty: alfa-, beta-, gamma- i kappa-kazeinę (kappacynę). Kazeina precipituje przy pH 4,6 i ta właściwość wykorzystywana jest przy produkcji serów. Natomiast w białkach serwatkowych, stanowiących ok. 20%, dominuje beta-laktoglobulina i alfa-laktoalbumina i znajdują się także w mniejszych ilościach albuminy, immunoglobuliny A, G i M, proteozo-peptony, laktoferyna i transferyna. Mleko ma znaczną wartość odżywczą, ponieważ jest źródłem zróżnicowanych ilości wszystkich 9 aminokwasów niesyntetyzowanych w organizmie (5-7).

Dostępne są na rynku różne rodzaje mleka (niepasteuryzowane, pasteryzowane, pasteryzowane w wysokiej temperaturze – UHT, mikrofiltrowane, skondensowane, zagęszczone, bez laktozy) zawierające zróżnicowaną ilość tłuszczu oraz smakowe (z dodatkiem aromatów, barwników i cukrów), produkty mleczne – jogurty (pitne, naturalne, owocowe, kremowe, śniadaniowe), kefiry, maślanki, zsiadłe mleka, wzbogacone napoje mleczne (z dodatkami wapnia, kwasu omega-3, probiotyków, błonnika prebiotycznego), smakowe napoje mleczne (np. czekoladowe, owocowe), twarogi i twarde żółte sery. Fermentacja mleka powoduje wytwarzanie kwasu mlekowego, co wiąże się ze spadkiem pH i hamowaniem wzrostu wielu patogenów jamy ustnej. Produktami fermentowanego mleka są: jogurt (powstający w wyniku dodania bakterii *Lactobacillus delbrueckii* ssp. *bulgaricus* lub *Streptococcus salivarius* ssp. *thermophilus*), kefir (zawierający specyficzne mikroorganizmy, tzw. ziarna kefirowe), zsiadłe mleko (będące następstwem fermentacji bakterii znajdujących się w świeżym mleku) i maślanka (powstająca po oddzieleniu tłuszczu od zmaślonej śmietany i zawierająca kwas mlekowy). Wiele jest gatunków serów, które ze względu na sposób wytwarzania i proces dojrzewania dzieli się na: podpuszczkowe (miękkie, np. brie, gorgonzola, bryndza, półtwarde (np. tyłzycki) i twarde (np. gouda)), kwasowe (niedojrzewające – twaróg, i dojrzewające – gomółka) kwasowo-podpuszczkowe (cottage cheese) i zwarowe (ricotta) (5).

## SKŁADNIKI MLEKA WPŁYWAJĄCE NA PROCES PRÓCHNICOWY

Od ponad 60 lat oceniane jest oddziaływanie mleka i produktów mlecznych na rozwój próchnicy zębów zarówno w badaniach doświadczalnych, jak i klinicznych. Zawierają one oprócz zasadniczych składników przeciwapróchnicowych, takich jak: wapń, fosforany, kazeina i lipidy, wiele

4.8% by lactose and 0.6% by minerals. Overall, cow's milk contains over 100 chemical components, among which proteins, calcium, phosphates, potassium, vitamins D, A, B<sub>12</sub> and B<sub>3</sub> are the most important nutrition-wise. The calorie content of milk and dairy products depends on their fat content. Milk is a heterogeneous combination of proteins, with casein playing a dominant role (80%). Using electrophoresis, casein may be separated into four components, namely alpha-, beta-, gamma- and kappa-casein. Casein precipitates only at a pH of 4.6, and this quality is used for cheese making. Whey proteins, that account approximately for 20% of milk content, predominantly contain beta-lactoglobulin and alpha-lactalbumin, while also including albumins, immunoglobulins A, G and M, Proteose-Peptones, lactoferrin and transferrin. Milk has important nutritive value, as it is a source of varying amounts of all the 9 amino acids not synthesized by the human body (5-7).

Various types of milk (non-pasteurized, pasteurized, UHT, micro-filtered, condensed, thickened, lactose-free milk) are commercially available, as well as milk with different amounts of fat, and the so-called flavoured milks (milk with added aromas, dyes, and sugars), dairy products, such as yoghurts (drinking, natural, fruit, cream, breakfast varieties), kefir (kefir), buttermilk, fermented (cultured) milk, fortified milk (with the addition of calcium, Omega-3 acids, probiotics, prebiotic fiber), milkshake-like drinks (e.g. chocolate or fruit milkshakes), and a plethora of various cheese varieties.

Fermentation of milk results in the production of lactic acid, associated with pH decrease thus inhibiting the growth of multiple pathogens in the oral cavity. Fermented milk products include yoghurt (produced by adding *Lactobacillus delbrueckii* ssp. *Bulgaricus* and *Streptococcus salivarius* ssp. *thermophilus* bacteria to milk), kefir (based on a unique microorganism culture known as kefir grains), fermented milk (produced as a result of the fermentation of fresh milk bacteria, and also known as fermented or sour milk) and buttermilk (produced by skimming churned cream, and containing lactic acid). Cheeses come in a plethora of varieties, classified according to the method of their production and maturation into the following types: rennet-based (soft, such as brie, gorgonzola, Polish sheep "bryndza" cheese, semihards, e.g. Tilsiter cheese, and hards, e.g. Gouda cheese), high-acid (non-maturing – cottage cheese, and maturing – gomolka), those combining a high-acid and rennet-based formula (white cheese), and whey-based (ricotta) (5).

## MILK COMPONENTS THAT AFFECT THE CARIES PROCESS

For over 60 years, the effect of milk and dairy products on the development of caries has been analysed, both in clinical trials and empirical studies. Apart from a number

bioaktywnych składowych, które mogą odgrywać pewną rolę w zapobieganiu próchnicy. W tabeli 1 zestawiono bioaktywne białka znajdujące się w mleku. Na przykład, lakto-peroksydaza i lizozym hamują metabolizm glukozy bakterii *Streptococcus mutans*, laktoferyna zmniejsza adhezję tych drobnoustrojów do pokrytego śliną hydroksyapatytu, a 3 i 5 frakcja proteozo-peptonów obniża demineralizację hydroksyapatytu w warunkach *in vitro* (8).

Badania laboratoryjne, eksperymentalne i obserwacje kliniczne wskazują, że mleko i produkty mleczne mają nie tylko niski potencjał próchnicotwórczy, ale także mogą być uważane za kariostatyczne. Komitet Ministerstwa Zdrowia ds. Medycznych Aspektów Polityki Żywności w Wielkiej Brytanii (Committee on the Medical Aspects of Food Policy – COMA) opracował w 1992 roku raport na temat związku cukrów dietetycznych ze zdrowiem (9). Dietetyczne cukry zgodnie z dostępnością dla próchnicotwórczych bakterii podzielono na: wewnętrzne – naturalnie związane ze strukturą komórkową pożywienia, i zewnętrzne – cukry wolne w pożywieniu lub dodawane do pożywienia. Cukry wewnętrzne zawarte w naturalnej strukturze pożywienia są mniej dostępne dla bakterii, tj. nie są w pełni uwalniane w jamie ustnej, a zatem są mniej próchnicotwórcze (np. cukry zawarte w jabłku jedzonym na surowo lub w surowych warzywach, ale nie w soku z jabłek czy jabłku pieczonym). Cukry zewnętrzne z kolei podzielono na cukry mleczne i niemleczne. Zewnętrzne cukry mleczne są dostępne dla bakterii (ang. *milk-extrinsic sugars* – MES), ale nie powodują

of essentially cariostatic components such as calcium, phosphates, casein, and lipids, milk and its derivatives contain numerous bioactive ingredients which may also play some role in inhibiting and preventing tooth decay. Table 1 lists bioactive proteins present in milk. For instance, lactoperoxidase and lysozyme inhibit glucose metabolism of *Streptococcus mutans*, whereas lactoferrin reduces the adherence of these organisms to saliva-covered hydroxyapatite (HA), and Proteose-Peptide components 3 and 5 (PP3 and PP5) have been found to reduce demineralization of HA under *in vitro* conditions (8).

Laboratory studies, experiments and clinical observations suggest that milk and dairy products not only have a low cariogenic potential, but may be considered cariostatic. In 1992, a report on the relationship between dietary sugars and health was developed by Committee on the Medical Aspects of Food Policy (COMA) (9). Dietary sugars, according to their availability to carious bacteria, were divided into intrinsic sugars – naturally integrated into the cellular structure of food, and extrinsic sugars – those which are free in the food or added to it. Intrinsic sugars, integrated into the natural structure of food, are less available for bacterial metabolism, i.e. they are not fully released and absorbed in the oral cavity, thus being less cariogenic (e.g. sugars present in raw apples or in raw vegetables, but not in apple juice or baked apples). Extrinsic sugars were, in turn, divided into milk sugars and non-milk extrinsic sugars. Milk extrinsic sugars (MES) are available

**Tab. 1.** Bioaktywne białka w mleku krowim według van Loveren i wsp. (8)

Ochronne białka	immunoglobuliny proteozo-peptony laktoferyna transferyna
Czynniki wzrostu	naskórkowy czynnik wzrostu (EGF) tkankowy czynnik wzrostu $\beta$ (TGF- $\beta$ ) insulinopodobny czynnik wzrostu (IGF-1)
Enzymy	lakto-peroksydaza lizozym plazmina oksydaza ksantynowa oksydaza glukozy
Hormony	hormon uwalniający tyreotropinę (THR) somatostatyna (SIH) kalcytonina insulina relaksyna hormon tyreotropowy (TSH) hormon luteinizujący (LH) peptyd uwalniający gastrynę (GRP) hormon adrenokortykotropowy (ACTH) prolaktyna

**Tab. 1.** Bioactive proteins in bovine milk, according to van Loveren et al. (8)

Protective proteins	immunoglobulins Proteose-Peptides lactoferrin transferrin
Growth factors	epidermal growth factor (EGF) tissue growth factor $\beta$ (TGF- $\beta$ ) insulin-like growth factor 1 (IGF-1)
Enzymes	lactoperoxidase lysozyme plasmin xanthine oxidase glucose oxidase
Hormones	thyrotropin-releasing hormone (THR) somatostatin calcitonin insulin relaxin thyroid-stimulating hormone (TSH) luteinizing hormone (LH) gastrin-releasing peptide (GRP) adrenocorticotrophic hormone (ACTH) prolactin

próchnicy z powodu ochronnych składników znajdujących się w mleku. Natomiast najbardziej próchnicotwórcze są zewnętrzne cukry niemleczne (ang. *non-milk extrinsic sugar* – NMES). Są to cukry dodawane do przygotowywanego pożywienia (np. cukier stołowy, miód, świeże soki owocowe, syropy).

#### WPLYW NA BIOFILM I METABOLIZM BAKTERII

Kariostatyczne oddziaływanie mleka stwierdzono w badaniu doświadczalnym, wykazując, że szczury zainfekowane bakteriami *Streptococcus sobrinus* karmione dietą próchnicotwórczą i pojone mlekiem lub mlekiem ze zredukowaną laktozą rozwijały mniej próchnicy w porównaniu do kontroli (10). W innym badaniu stwierdzono, że pozbawione gruczołów ślinowych szczury pojone 2% mlekiem lub mlekiem ze zredukowaną laktozą pozostawały wolne od próchnicy w przeciwieństwie do zwierząt pojonych roztworem sacharozy lub laktozy. Sugerowało to, iż pełne mleko lub mleko ze zredukowaną laktozą może stanowić substytut śliny u pacjentów z hiposalivacją (11). Również później przeprowadzone badania na zwierzętach zainfekowanych bakteriami *Streptococcus mutans* i karmionych mlekiem wykazały istotnie mniejszy rozwój próchnicy w bruzdach i na powierzchniach gładkich zębów (12). Natomiast w badaniach *in vitro* wykazano, że kazeina i peptydy redukują adhezję próchnicotwórczych streptokoków i ich kolonizację. Hamują nie tylko adhezję bakterii *Streptococcus mutans* do pokrytego śliną hydroksyapatytu, ale także zmniejszają aktywność bakteryjnych glukozylotransferaz. Ponadto, peptydy zawarte we frakcji serwatkowej, tj. proteozo-peptony, chronią tkanki zęba przed demineralizacją (10, 13-17). Podobny efekt zaobserwowano w warunkach *in situ* – płukanie jamy ustnej mlekiem i kappa-kazeiną wpływało negatywnie na przyczepianie się bakterii do błonki ślinowej (pellicle) powstałej na dyskach hydroksyapatytu i obniżało aktywność glukozylotransferaz, co sugerowało podobne działanie w warunkach klinicznych (18). Bazując na przeciwpróchnicowym działaniu zawartej w mleku kazeiny, opracowano bioaktywny kompleks zawierający fosfopeptydy kazeiny (ang. *casein phosphopeptides* – CPP) i amorficzny fosforan wapnia (ang. *amorphous calcium phosphate* – ACP). CPP stabilizuje fosforan wapnia w roztworze i powoduje wzrost poziomu wapnia i fosforanu w płytce, pomagając utrzymać ich stan przesyconia w odniesieniu do szkliwa. Uwalniane z kompleksu jony wapnia i fosforanowe wchodzą do pryzmatów szkliwa i naprawiają kryształ apatytu. Kompleks ten zawarty jest w specjalnym kremie (Tooth Mousse, MI Paste), a także dodawany jest do past do zębów, płukanek i gumy do żucia w celu kontroli próchnicy (19).

W innym badaniu przeprowadzonym *in vitro* wykazano zmniejszenie biomasy i kwasotwórczości płytki oraz hamowanie powstawania nierozpuszczalnych polisacharydów bakteryjnych po traktowaniu biofilmu pełnym mlekiem

for bacterial metabolism, yet they do not cause caries, owing to the protective factors present in milk. The highest cariogenic potential is attributed to non-milk extrinsic sugars (NMES), added to food, and including substances such as table sugar, honey, fresh fruit juices, and syrups.

#### EFFECT ON BIOFILM AND BACTERIAL METABOLISM

The cariostatic effect of milk was determined in an empirical study, which showed rats infected with *Streptococcus sobrinus* bacteria, fed with a cariogenic diet, but also given milk or lactose reduced milk, to develop less caries than the control group (10). Another study showed that desalivated rats given 2% milk or lactose reduced milk, remained caries-free, as opposed to animals fed a sucrose or lactose solution. This suggested that whole milk or lactose reduced milk may serve as a substitute to saliva in patients with hyposalivation (11). Also later studies conducted on animals infected with *Streptococcus mutans* bacteria and fed with milk showed significantly less fissure and smooth surface involvement (12). *In vitro* studies, in turn, demonstrated casein and peptides to reduce the adhesion of cariogenic streptococcus bacteria and their colonization. Not only do they inhibit the adhesion of *Streptococcus mutans* bacteria to saliva-covered hydroxyapatite, but also inhibit the activity of bacterial glucosyltransferases. Additionally, peptides present in whey, i.e. Proteose-Peptides protect dental tissues against demineralization (10, 13-17). A similar effect was observed under *in situ* conditions; rinsing the oral cavity with milk and kappa-casein negatively influenced the adhesion of bacteria to the salivary pellicle forming on the HA discs, and curbed the activity of glucosyltransferases, suggesting a similar effect in clinical conditions (18). Based on the anti-caries potency of the casein found in milk, a bioactive complex of casein phosphopeptides (CPP) and amorphous calcium phosphate (ACP) has been developed. The CPP stabilize the ACP, increasing calcium and phosphate concentration in the dental plaque, thus facilitating the enamel's supersaturation with their ions. The released calcium and phosphate ions enter enamel prisms and restore apatite crystals. The CPP-ACP complex is available in the form of a specialist cream (Tooth Mousse, MI Paste), as well as added to toothpastes, mouthwashes, and chewing gums for better caries prevention (19).

Another study conducted *in vitro* demonstrated reduced biomass and plaque acidity, as well as inhibited production of nonsoluble bacterial polysaccharides as a result of treating biofilm with whole milk and 4.5% lactose solution (20). Under *ex vivo* conditions, in turn, yoghurt was shown, despite having some effect on the oral bacterial flora, not to colonize the oral cavity with its own bacteria (21).

i 4,5% roztworem laktozy (20). Z kolei w warunkach *ex vivo* wykazano, że jogurt, pomimo pewnego oddziaływania na florę bakteryjną jamy ustnej, nie powoduje zasiedlenia jamy ustnej bakteriami zawartymi w tym produkcie (21).

Mleko zawiera ok. 4-5% laktozy, która może być fermentowana przez bakterie biofilmu. Jednak, gdy bakterie nie są zaadaptowane do metabolizmu laktozy, to jej fermentacja jest istotnie wolniejsza niż sacharozy (22). Metabolizm sacharozy obniża pH poniżej 5,0, natomiast laktozy tylko do ok. 6,0. Przyjmuje się, że pH poniżej 5,5 powoduje demineralizację szkliwa, a niższe niż 6,2 cementu i zębiny. Zatem konsumpcja mleka lub sera powoduje mniejsze wytwarzanie kwasów w płytce, które nie inicjują demineralizacji szkliwa (23).

### WPLYW NA PROCESY DEMINERALIZACJI I REMINERALIZACJI

Wysoka zawartość wapnia i fosforanów w mleku i jego produktach działa ochronnie wobec ataku kwasów (24). Po spożyciu jogurtu i sera zaobserwowano istotny wzrost stężenia wapnia i fosforanów w płytce oraz korelację pH płytki z ich koncentracją (25). Zatem produkty mleczne bez dodatku cukru mogą być zalecane jako desery w celu kontroli próchnicy. W innym badaniu oznaczano poziomy wapnia i fosforanów po spożyciu mleka, sera i aplikacji preparatu Tooth Mousse zawierającego kompleks CPP-ACP, wykazując istotny, ale przejściowy wzrost ich koncentracji. Wszystkie zastosowane produkty powodowały jednakowo korzystne nasycenie śliny odpowiednimi do remineralizacji ilościami wapnia i fosforanów (26). W warunkach *in situ* porównano wpływ żucia twardego sera na proces demineralizacji w odniesieniu do żucia parafiny. Wykazano, że rozmiękczone napojem coca cola powierzchnia szkliwa ulegała utwardzeniu w następstwie wchłaniania wapnia i fosforanów po żuciu sera, natomiast sama stymulacja wydzielania śliny żuciem parafiny nie powodowała takiego efektu (27). W badaniu przeprowadzonym na modelu eksperymentalnego biofilmu utworzonego przez bakterie *Streptococcus mutans* UA159 wykazano, że tylko mleko pełne i wolne od laktozy pozwala na utrzymanie pH powyżej progu demineralizacji, natomiast mleko odtuszczone i półotłuszczone powoduje podobną do sacharozy demineralizację, a zatem tłuszcze, które adsorbują się do powierzchni szkliwa, pełnią ochronną rolę (28).

### ZWIĄZEK KONSUMPCJI MLEKA I JEGO PRODUKTÓW Z INTENSYWNOŚCIĄ PRÓCHNICY

Petti i wsp. (29) wykazali negatywną słabą korelację spożycia mleka przez 6-11-letnie dzieci z intensywnością próchnicy. Jednakże silniejszy ten związek występował u osób niestosujących preparatów fluorkowych, ze złą

Milk contains approx. 4-5% of lactose, which can be fermented by biofilm bacteria. However, when the bacteria are not adapted to the metabolism of lactose, its fermentation occurs at a significantly slower rate than that of sucrose (22). As a result of sucrose metabolism, the plaque pH decreases below 5.0, whereas lactose metabolism brings it down only to 6.0. pH < 5.5 is assumed to cause demineralization of the enamel, whereas pH < 6.2 – demineralization of the dentine and the cementum. Thus, ingestion of milk or cheese leads to reduced acid production in the plaque, thereby preventing enamel demineralization (23).

### THE EFFECT ON DEMINERALIZATION AND REMINERALIZATION PROCESSES

The high content of calcium and phosphates in milk and dairy products has a protective effect against acid attack on dental tissues (24). Consumption of yoghurt and cheeses has been observed to cause a significant increase of calcium and phosphates concentration in the plaque, correlated with the plaque's pH (25). Hence, dairy products without added sugar may be recommended as desserts for better control of caries. In another study, calcium and phosphates levels were measured after ingestion of milk, cheese, and application of Tooth Mousse formula containing the CPP-ACP complex, demonstrating a significant yet transient increase in their concentration. All the products used in this experiment led to equally favourable saturation of saliva with amounts of calcium and phosphates allowing remineralization (26). Under *in situ* conditions, the impact of chewing hard cheese on the demineralization process was compared against the effect of chewing paraffin. It was demonstrated that dental surface (enamel) softened by a Cola-type soft drink was then hardened pursuant to calcium and phosphate absorption after chewing cheese, whereas saliva production as such, stimulated by chewing paraffin, did not have the same impact (27). In a study conducted on an experimental model of biofilm produced by *Streptococcus mutans* UA 159 bacteria it was shown that only whole milk and lactose-free milk allowed to maintain the pH level above the remineralization threshold, whereas fat-free and semi-skimmed milk cause demineralization similar to that facilitated by sucrose, indicating that fats adsorbed on the enamel's surface play a protective role (28).

### THE RELATIONSHIP BETWEEN MILK AND DAIRY PRODUCTS CONSUMPTION AND THE SEVERITY OF CARIES

Petti et al. (29) showed a weak negative correlation between the ingestion of milk by 6-11-year olds and the severity of caries. However, the relationship was stronger in participants not using fluoride formulas, with poor oral

higieną jamy ustnej i wysoką konsumpcją cukru. Z kolei Petridou i wsp. (30), badając 12-17-letnie dzieci, wykazali istotny związek spożycia produktów mlecznych z niższymi wartościami PUW/Z i PUW/P. Zaobserwowano także, iż częsta konsumpcja sera była negatywnie związana z rozwojem próchnicy (31). Natomiast Tanaka i wsp. (32), bazując na danych dietetycznych i badaniu klinicznym uzębienia 3-letnich dzieci, wykazali negatywną i związaną z ilością spożycia zależność konsumpcji jogurtu z próchnicą, jednak nie stwierdzili związku między konsumpcją mleka i sera a próchnicą. Z analizy diety przeprowadzonej wśród dzieci przedszkolnych wynikał wzrost ryzyka próchnicy o 24% u dzieci pijących mleko słodzone w porównaniu z pijącymi niesłodzone mleko (33).

### SŁODZONE MLEKO I PRODUKTY MLECZNE A PRÓCHNICA

Wzrost konsumpcji słodzonego, smakowego mleka i napojów mlecznych stwarza kwestię odnośnie ich próchnicotwórczości. Wcześniej przeprowadzone badania na zwierzętach doświadczalnych wykazały, że podawanie roztworu mleka z sacharozą powodowało mniejszy wzrost próchnicy niż wodnego roztworu sacharozy, co sugerowało umiarkowanie kariostatyczne właściwości mleka przyjmowanego jednocześnie z substratem węglowodanowym. Jednakże karmienie zwierząt mlekiem zawierającym 2-5% sacharozy powodowało znamieny wzrost liczby bakterii *Streptococcus sobrinus* (10). Badania wewnątrzustnej płytki ujawniły wzrost produkcji kwasów przy zawartości 5% sacharozy w mleku (34). Oceniono także kariogenny potencjał mleka czystego i smakowego u szczurów zainfekowanych bakteriami *Streptococcus mutans*. Zwierzęta karmione samym mlekiem wykazały istotnie mniej próchnicy niż pojone mlekiem smakowym lub słodzonym zwykłym mlekiem, z wyjątkiem mleka czekoladowego. Dalsza analiza danych doprowadziła do konkluzji, iż mleko smakowe zawierające 5% sacharozy wykazuje umiarkowany potencjał próchnicotwórczy (12). Natomiast inne badania *in vitro* wskazują, że dodanie 10% sacharozy do pełnego mleka zwiększało jego próchnicotwórczość do poziomu 10% roztworu sacharozy (28). Z badań przeprowadzonych w Pakistanie wynikał wzrost ryzyka próchnicy o 19% u dzieci przedszkolnych konsumujących smakowe, słodzone mleko (33). Zatem, ponieważ słodzone produkty mleczne mają wartość odżywczą i na ogół nie są spożywane tak często jak inne słodzone napoje, to ich okazjonalna konsumpcja może być akceptowana.

### PODSUMOWANIE

W oparciu o wyniki przytoczonych badań można stwierdzić, że mleko i produkty mleczne mają niski potencjał próchnicotwórczy i mogą być uznawane za kariostatyczne.

hygiene, and high sugar consumption. Petridou et al. (30), in turn, when studying 12- and 17-year olds demonstrated a significant relationship to exist between dairy products consumption and lower DMFT and DMFS indices. It was also shown that more frequent consumption was negatively correlated with caries development (31). Tanaka et al. (32), in turn, based on dietary data and a clinical study of dentition in 3-year olds showed a negative and associated with the intake level correlation of yoghurt consumption with caries, yet they did not find a relationship between the consumption of milk and cheese and caries. An analysis of diet of preschool children showed a 24% increase in the risk for caries in children drinking sweetened milk as compared with children drinking plain milk (33).

### SWEETENED MILK AND DAIRY PRODUCTS AND CARIES

The increase in the consumption of sweetened, flavoured milk and milk-based drinks raises the question of their cariogenicity. Earlier studies conducted on laboratory animals demonstrated that feeding them with a milk-based sucrose solution caused less aggravation of caries than caused by a water-based sucrose solution, thus suggesting the moderately cariostatic potential of milk administered together with a carbohydrate substrate. Nonetheless, feeding animals with milk containing 2-5% sucrose led to a significant increase of *Streptococcus sobrinus* bacteria (10). Studies of oral plaque showed increased acid production with 5% sucrose content in milk (34). The cariogenic potential of plain and flavoured milk in rats infected with *Streptococcus mutans* was also evaluated. Animals fed with plain milk had significantly less severe caries than animals fed with flavoured or sweetened plain milk, with the exception of chocolate-flavoured milk. Further analysis of the data led to the conclusion that flavoured milk containing 5% sucrose shows a moderate cariogenic potential (12). Other *in vitro* studies, however, demonstrate that adding 10% of sucrose to whole milk increased its cariogenicity to the level of a 10% sucrose solution (28). Studies conducted in Pakistan showed an increase in the risk for caries by 19% in preschool children drinking flavoured, sweetened milk (33). Hence, as sweetened dairy products have nutritive value and in general are not consumed as frequently as other sweetened drinks, their occasional consumption may be treated as acceptable.

### CONCLUSIONS

Based on the results of the above-discussed studies, it may be concluded that milk and dairy products have a low cariogenic potential, and may be recognized as cariostatic.

**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. Wang X, Lussi A: Introduction: functional foods and oral health. *Eur J Nutr* 2012; 51 (suppl. 2): S13-S14.
2. Serafini M, Stanzione A, Foddai S: Functional foods: traditional use and European legislation. *Int J Food Sci Nutr* 2012; 63 (suppl. 1): 7-9.
3. EFSA Panel on Dietetic Products, Nutrition and Allergies (NDA): Scientific Opinion on the substantiation of a health claim related to sugar free chewing gum and reduction of tooth demineralisation which reduces the risk of dental caries pursuant to Article 14 of Regulation (EC) No 1924/2006. *EFSA J* 2010; 8(10): 1775; <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.2903/j.efsa.2010.1775/pdf>.
4. Światkowska M: Mleko – podstawa diety i gospodarki żywnościowej. *Biuletyn Informacyjny Agencji Rynku Rolnego* 2014; 3: 2-11.
5. Miller GD, Jarvis JK, McBean LD: Handbook of Dairy Foods and Nutrition. National Dairy Council. 3<sup>rd</sup> ed. Taylor & Francis Group, LLC 2007.
6. Rugg-Gunn A, Woodward M: Milk and oral health; <http://www.borrowfoundation.org/assets/uploads/milk-and-oral-health.pdf>.
7. Levine RS: Milk, flavoured milk products and caries. *Br Dent J* 2001; 191: 20.
8. van Loveren C, Broukal Z, Oganessiss E: Functional foods/ingredients and dental caries. *Eur J Nutr* 2012; 51 (suppl. 2): S15-S25.
9. Sugar and health. Parliamentary Office of Science and Technology Briefing Note: 1992, 31; <http://researchbriefings.files.parliament.uk/documents/POST-PN-31/POST-PN-31.pdf>.
10. Bowen WH, Pearson SK: Effect of milk on cariogenesis. *Caries Res* 1993; 27: 461-466.
11. Bowen WH, Pearson SK, van Wuyckhuysen BC, Tabak LA: Influence of milk, lactose-reduced milk, and lactose on caries in desalivated rats. *Caries Res* 1991; 25: 283-286.
12. Al-Jobair A, Khounghanian R: Evaluating the cariogenic potential of flavored milk: an experimental study using rat model. *J Contemp Dent Pract* 2015; 16: 42-47.
13. Grenby TH, Andrews AT, Mistry M, Williams RJ: Dental caries-protective agents in milk and milk products: investigations *in vitro*. *J Dent* 2001; 29: 83-92.
14. Malkoski M, Dashper SG, O'Brien-Simpson NM et al.: Kappacin, a novel antibacterial peptide from bovine milk. *Antimicrob Agents Chemother* 2001; 45: 2309-2315.
15. Neeser JR, Golliard M, Woltz A et al.: *In vitro* modulation of oral bacterial adhesion to saliva-coated hydroxyapatite beads by milk casein derivatives. *Oral Microbiol Immunol* 1994; 9: 193-201.
16. Vacca-Smith AM, Bowen WH: The effect of milk and kappa casein on streptococcal glucosyltransferase. *Caries Res* 1995; 29: 498-506.
17. Johansson I: Milk and dairy products: possible effects on dental health. *Scan J Nutr* 2001; 46: 119-122.
18. Vacca Smith AM, Bowen WH: The effects of milk and kappa-casein on salivary pellicle formed on hydroxyapatite discs *in situ*. *Caries Res* 2000; 34: 88-93.
19. Reema SD, Lahiri PK, Roy SS: Review of casein phosphopeptides-amorphous calcium phosphate. *Chin J Dent Res* 2014; 17: 7-14.
20. Muñoz-Sandoval C, Muñoz-Cifuentes MJ, Giacaman RA et al.: Effect of bovine milk on *Streptococcus mutans* biofilm cariogenic properties and enamel and dentin demineralization. *Pediatr Dent* 2012; 34: e197-201.
21. Petti S, Tarsitani G, D'Arca AS: A randomized clinical trial of the effect of yoghurt on the human salivary microflora. *Arch Oral Biol* 2001; 46: 705-712.
22. Birkhed D, Imfeld T, Edwardsson S: pH changes in human dental plaque from lactose and milk before and after adaptation. *Caries Res* 1993; 27: 43-50.
23. Jensen ME, Wefel JS: Effects of processed cheese on human plaque pH and demineralization and remineralization. *Am J Dent* 1990; 3: 217-223.
24. Grenby TH, Andrews AT, Mistry M, Williams RJ: Dental caries-protective agents in milk and milk products: investigations *in vitro*. *J Dent* 2001; 29: 83-92.
25. Ravishankar TL, Yadav V, Tangade PS et al.: Effect of consuming different dairy products on calcium, phosphorus and pH levels of human dental plaque: a comparative study. *Eur Arch Paediatr Dent* 2012; 13: 144-148.



26. Hegde AM, Naik N, Kumari S: Comparison of salivary calcium, phosphate and alkaline phosphatase levels in children with early childhood caries after administration of milk, cheese and GC tooth mousse: an in vivo study. *J Clin Pediatr Dent* 2014; 38: 318-325.
27. Gedalia I, Ionat-Bendat D, Ben-Mosheh S, Shapira L: Tooth enamel softening with a cola type drink and rehardening with hard cheese or stimulated saliva *in situ*. *J Oral Rehabil* 1991; 18: 501-506.
28. Giacaman RA, Muñoz-Sandoval C: Cariogenicity of different commercially available bovine milk types in a biofilm caries model. *Pediatr Dent* 2014; 36: 1E-6E.
29. Petti S, Simonetti R, Simonetti D'Arca A: The effect of milk and sucrose consumption on caries in 6-to-11-year-old Italian schoolchildren. *Eur J Epidemiol* 1997; 13: 659-664.
30. Petridou E, Athanassouli T, Panagopoulos H, Revinthi K: Sociodemographic and dietary factors in relation to dental health among Greek adolescents. *Community Dent Oral Epidemiol* 1996; 24: 307-311.
31. Papas AS, Joshi A, Belanger AJ et al.: Dietary models for root caries. *Am J Clin Nutr* 1995; 61: 417S-422S.
32. Tanaka K, Miyake Y, Sasaki S: Intake of dairy products and the prevalence of dental caries in young children. *J Dent* 2010; 38: 579-583.
33. Dawani N, Nisar N, Khan N et al.: Prevalence and factors related to dental caries among pre-school children of Saddar town, Karachi, Pakistan: a cross-sectional study. *BMC Oral Health* 2012; 12: 59.
34. Thomson ME, Dever JG, Pearce EI: Intra-oral testing of flavoured sweetened milk. *N Z Dent J* 1984; 80: 44-46.

**nadesłano/submitted:**

09.02.2017

**zaakceptowano do druku/accepted:**

28.02.2017