

Dental Plak Oluşumundan Sorumlu Mikroorganizmalar ve Bunların Tüketilen Gıdalarla İlişkisi

Burcu Türkmen¹, Kamuran Ayhan², Evrim Güneş Altuntaş^{1*}

¹ Ankara Üniversitesi Biyoteknoloji Enstitüsü Merkez Laboratuvarı, 06110, Tandoğan, Ankara

² Ankara Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Gıda Mühendisliği Bölümü, 06100, Dışkapı, Ankara

Öz

Biyofilm yapıları yüzeylere DNA, protein ve polisakkarit içeren bir ekzopolisakkarit tabaka içinde tutunan mikroorganizma kümeleri olarak tanımlanmaktadır. Dental plak diğer bir deyişle biyofilm diş yüzeylerinde pek çok nedenle oluşabilmektedir. Daha çok streptokok türlerinin neden olduğu bu yapılarda farklı pek çok mikroorganizmanın var olduğu çeşitli çalışmalarda gösterilmiştir. Dental plak olarak başlayan yapıların diş çürükleri ve hastalıkları ile ilişkili olduğu da bilinmektedir. Dolayısıyla, ağız ve diş sağlığını korumak açısından biyofilm yapılarını engelleyebilecek önlemlerin alınması gerekmektedir. Tükettiğimiz gıdaların çoğunun plak oluşumuna katkıda bulunduğu, özellikle sakkaroz başta olmak üzere karbonhidratların bakteriyel yapıların gelişimini teşvik ettiği ileri sürülmektedir. Buna karşın, bazı bitki ekstraktlarının biyofilm oluşumunu azaltıcı/engelleyici etkisinin olduğu ileri sürülmektedir. Günlük diyetimizde yer alan bitkisel gıdalar diş sağlığının korunması açısından önem arz etmektedir. Son yıllarda özellikle probiyotik gıda tüketiminin insanların immün sistemi ve bazı hastalıklara karşı korunmasındaki etkisi ise çeşitli araştırmalarla gösterilmiştir. Dental plak oluşumunun önlenmesi bakımından, bu gibi gıdaların tüketimi ile probiyotik mikroorganizmaların biyofilm yapısındaki popülasyonunun artırılması ve streptokok kaynaklı hastalık etmeni bakterilerin uzaklaştırılmasında olumlu etki oluşturduğu ifade edilmektedir. Sonuç olarak, günlük diyetimizde yer alan gıdaların dental plak oluşumuna olumlu ya da olumsuz yönde katkısı söz konusudur.

Anahtar Kelimeler: Dental plak, Gıda tüketimi, Bitkisel gıdalar, Probiyotik

The Microorganisms Responsible for Dental Plaque Formation and The Relation of These Microorganisms with Consumed Foods.

Abstract

Biofilms are determined as the microorganism communities that are adherent into exopolysaccharide containing DNA, protein and polysaccharide. Dental plaque, in other word biofilm, can be formed on tooth surfaces due to many reasons. It is exhibited in various studies that many microorganisms are included in this structure which is formed by mainly streptococci. It is also known that the formation starts with dental plaque may be in the relationship between dental caries and diseases. Therefore, in order to protect oral health some precautions should be taken to prevent biofilm formation. It is asserted that consumed food has contribution on dental plaque formation, the carbohydrates especially saccharose encourage the bacterial growth. Whereas, decreasing/inhibiting effect of some plant extracts on biofilms are put forward. The plant origin foods in our Daily diet are significant to sustain tooth health. In recent years the effect of probiotic food consuming on the immune system of people and protective effect against diseases has been presented in various studies. It is determined that in order to inhibition of dental plaque formation, with the consumption of such foods, increasing the population of probiotic microorganisms in biofilms and removing the pathogenic bacteria like streptococci create a positive impact. As a conclusion, the foods involved in our daily diet have a positive or negative impact on dental plaque formation.

Keywords: Dental plaque, Food consumption, Plant foods, Probiotics

* e-mail: egunes@ankara.edu.tr

1. Giriş

Temel bilim dallarından biri olan mikrobiyolojinin ortaya çıkışında en önemli araç olan mikroskop, 17. yy.'da Danimarkalı kumaş tüccarı Antonie van Leeuwenhoek tarafından icat edilmiştir. Leeuwenhoek, icadı ile sadece kumaşları incelemekle kalmamış, dişlerinde biriken tortuyu da mikroskop ile incelemiştir. Yaptığı incelemelerde çok sayıda küçük canlının insan diş yüzeyinde yaşadığını fark eden Leeuwenhoek, dişlerini sirke ile yıkadıktan sonra da örnek olarak inceleme yapmış ve dişindeki tortu dışında yaşayan hayvancıkların öldüğünü ancak tortu içerisinde bulunanlara sirkenin etki etmediğini görmüştür [1].

Leeuwenhoek'un bu tespitlerinden sonra 1978 yılına kadar biyofilm yapısından söz edilmemiştir. Costerton ve ark. 1978 yılında yaptıkları çalışmada bakterinin büyük bir kısmının biyofilm adı verilen besleyici bir oluşum içerisinde olduğunu ve hatta biyofilm içerisindeki durumu ile serbest bulunan şekli arasında bazı farklılıklar olduğunu göstermişlerdir [2]. Bundan sonra yapılan mikroskopik gözlemlerde bakterinin doğadaki sıvısal ekosistemlerde çoğalmasının çok yüksek oranda biyofilm aracılığı ile olduğu gösterilmiştir. Günümüzde okyanusların derinlikleri ve derin yer altı suları hariç biyofilmin tüm doğal ekosistemde oluşabildiği kabul edilmektedir [3].

Adaptasyon veya uyum, doğal seleksiyonda (doğal seçim) başarılı olmuş, ona sahip olan organizmayı evrimsel olarak daha uyumlu kılan bir özelliktir [4]. Hayatı devam ettirme ve uyumun köşe taşı olan genetik adaptasyon; genlerde birbirini takip eden mutasyon ve rekombinasyonlar ile ya mevcut genetik materyal ya da yeni genetik materyal kazanarak ortaya çıkmaktadır. Bakterilerin gen ifadesindeki esneklik, onların biyolojik ortamlarda her an değişebilen koşullara hızla ayak uydurabilmesini sağlamaktadır. Bakterinin ortama adapte olarak, sistematik gen ekspresyonu ile büyüme ve çoğalmasını devam ettirebilmek için oluşturduğu biyofilm, bakteri adaptasyonu ile ilgili en önemli klinik örneği oluşturmaktadır [5]. Biyofilm yapıları genellikle başarılı bir şekilde ortama adapte olurlar ve bu nedenle bu yapılarla mücadele oldukça zordur. Bu nedenle biyofilm yapıları ile etkin ve hızlı mücadele yöntemleri son yıllarda oldukça dikkat çeken bir konudur..

Dental plak; diş üzerinde mikroorganizmalar, lökositler, makrofajlar, ölü epitelyum hücreleri, tükürük glikoproteinleri ve bir miktar yiyecek artıklarının oluşturduğu birikim olarak tanımlanmaktadır. Biyofilm oluşumunun ilk aşaması, kazanılmış mine pelikülünün meydana gelmesidir. Bu oluşum tükürükteki çeşitli glikoproteinlerin diş minesine üzerinde oluşturduğu ince bir tabakadır. Bu tabakanın uzaklaştırılmamasına bağlı olarak ağız sağlığı bozulmakta ve diş çürükleri meydana gelmektedir [6]. Gıdaların dental plak ve diş çürükleri ile olan ilişkisi, ağız sağlığının korunması ve diş kayıplarının engellenmesi için üzerinde durulması ve araştırılma yapılması gereken bir konudur. Sakkarozun bilinen en karyojenik karbonhidrat olduğu yapılan çalışmalar ile gösterilmiştir [7]. Günlük diyetimizde tükettiğimiz gıdalarda bulunan asitler de ağız pH'sının düşmesine, dolayısıyla diş minesinin erozyonuna sebep olmaktadır.

2. Biyofilm Yapısı ve Oluşumu

Biyofilmler, bir yüzeye yapışarak kendi ürettikleri polimerik yapıda jelsi bir tabaka içinde yaşayan mikroorganizmaların oluşturduğu topluluk olarak ifade edilmektedir [8]. Bir başka tanımlamaya göre biyofilm, mikroorganizmaların farklı yüzeyler üzerinde ekzopolisakkarit (EPS) tabakası içerisinde

oluşturduğu yoğun agregatlar olarak tanımlanmaktadır [9]. Biyofilm oluşumu in vivo olarak canlı hücrelerde veya in vitro olarak cansız yüzeylerde görülebilmektedir. Nem miktarının fazlalığı ve besin maddelerinin ortamda bulunması biyofilm oluşumunu arttırmaktadır. Biyofilmlerin oluşumuna ve gelişmesine bakteri suşu, yüzey özellikleri, pH, besin miktarı, sıcaklık gibi çeşitli çevresel faktörler de etkili olmaktadır.

Biyofilm, bünyesinde barındırdıkları bakterileri nem, sıcaklık ve pH değişiklikleri gibi çevresel faktörlerdeki değişimlerin ve ultraviyole ışığa maruz kalmanın zararlarından korur. Ek olarak, besinlerin depolanması ve artıkların uzaklaştırılmasının kolaylaştırılması gibi avantajlar da sağlamaktadır. Bakterilerin ekzopolisakkarit matriks içerisinde gömülü halde bulunmaları, onların fagosite edilmelerini güçleştirir ve antimikrobiyel ajanların bakterilere nüfuz etmesini engeller [10].

Biyofilmler tek bir mikroorganizma türünden oluşabileceği gibi birden fazla mikroorganizma türünden de oluşturulabilirler. Farklı türleri bünyesinde bulunduran biyofilmlerde, her tür kendi mikro kolonisini oluşturur. Mikro koloniler birbirlerinden su kanalları vasıtası ile ayrılmışlardır. Bu su kanalları içerisindeki su akışı besin maddelerinin ve oksijenin difüzyonunu sağlar [11].

Biyofilm kütlelerinin yaklaşık %97 gibi büyük bir kısmını su oluşturmaktadır. Diğer bileşenler; %1-2 EPS (ekzopolisakkarit), %1-2 globuler glikoproteinler ve diğer proteinler, %1-2 nükleik asit, lipid ve fosfolipitlerdir. Bu oranlar biyofilm içerisinde bulunan mikroorganizmaların çeşidine, fizyolojik özelliklerine, gelişme ortamının doğasına, genel fiziksel özelliklere ve akışkanın tipine göre değişebilmektedir [12].

Polisakkarit, DNA, protein ve sudan oluşan ekzopolisakkarit matriks hücrelerin yüzeye tutunmasını sağlar. Yüzeye sıkı bir şekilde tutunan bakteri burada çoğalmaya başlar ve önce mikrokolonileri sonra da büyüterek ve genişleyerek biyofilm tabakasını oluşturur. EPS üretimi, bakterinin yüzeye dönüşümsüz tutunmasını sağlar ve biyofilm oluşumunun bir göstergesidir [13].

EPS jel, viskoelastik davranış sergilemekte olup protein, Ca^{+2} iyonları, ve polisakkaritler ile daha da sağlamlaşmaktadır [14]. Bunun yanı sıra biyofilm yapısında hidrolaz, liyaz, glikozidaz, esteraz ve diğer bazı enzimleri bulundurmakta ve bu enzimler biyofilmin fiziksel özelliklerine etki etmektedir. Enzim faaliyetleri sonucunda oluşan düşük molekül ağırlıklı parçalanma ürünleri, biyofilm içerisinde bulunan bakterilerin metabolizmasında karbon ve enerji kaynağı olarak kullanılabilir [12].

Biyofilm yapısı saf kültürler için mikroorganizmanın türüne, çoklu kültürler için ise substrata özgüdür. Heterojen bir içeriğe sahip biyofilmlerde yapı çoğunlukla düzensizdir. Bu yapı etrafındaki akış oranı, farklı türlerin sayısı ve tipine bağlı olarak değişmektedir. Biyofilm kalınlığı laminer ve türbülanslı akış arasında maksimum seviyededir. Laminer akışın olduğu alanlarda biyofilm kalınlığı substrata ulaşabilirliğe, türbülanslı akışın bulunduğu ortamda ise aşınmaya bağlı olarak değişmektedir [15].

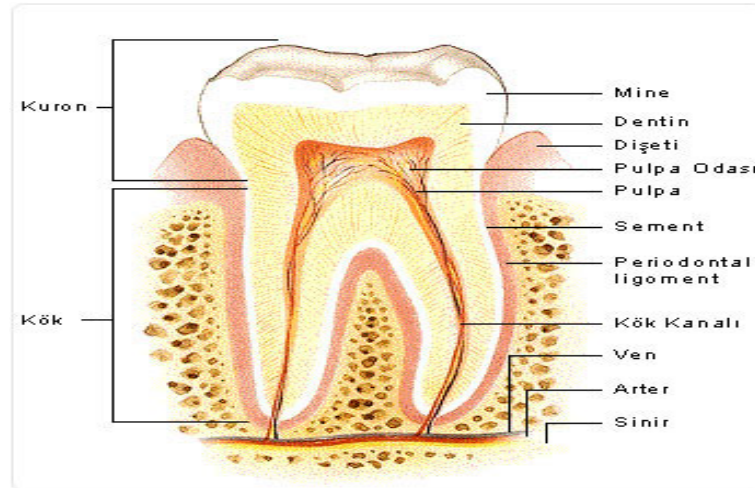
Son yıllarda biyofilm üzerinde yapılan çalışmalarda, su ve besin maddesinin dağıtıldığı kılcal damar su kanallarının bulunduğu gözenekli bir yapısının olduğu belirlenmiştir. Bu kılcal damar su kanalları mikrokolonilerin hem altında hem de arasında bulunmaktadır. Besinlerin biyofilm tabakasının tabanına ulaşması bu özel kanallarla gerçekleşmektedir. Taşıma işlemi su yardımıyla ya da pasif difüzyonla kolaylaştırılır. Ayrıca su kanallarının biyofilm içerisine oksijen taşıdığı da belirlenmiştir [16].

Biyofilm gelişimi dinamik bir proses olmakla birlikte, substrat difüzyon limiti ve kayma gerilimi gibi çevresel koşullardan etkilenen bir yapıdır. Biyofilm gelişimi özellikle çevresel koşullara ve biyofilm

içerisindeki bakterinin özelliklerine bağlıdır. Gelişim taze besiyeri sağlandıkça devam eder. Ancak ortamdaki besin maddeleri tükenince, kolonilerin yüzey ile olan bağlantıları zayıflar ve hücreler planktonik modlarına geri dönerler. [17].

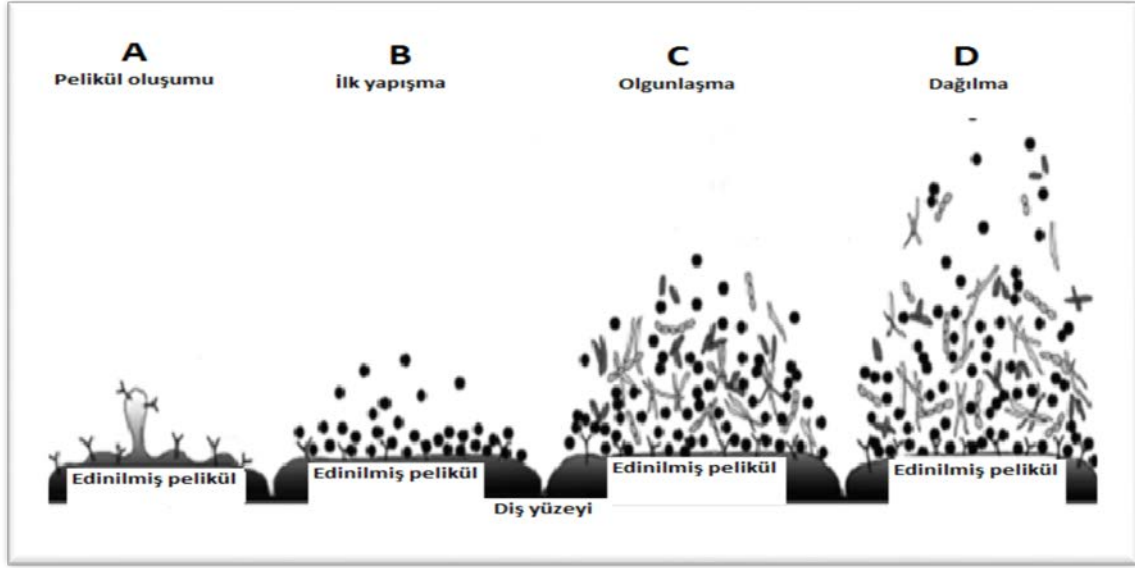
3. Dental Plak

Dental plak, diş üzerinde mikroorganizmalar, lökositler, makrofajlar, ölü epitelyum hücreleri, tükürük glikoproteinleri ve bir miktar yiyecek artıklarının oluşturduğu birikim olarak tanımlanmaktadır (6). Dental plağın yapısı incelendiğinde, mine ve sement gibi diş yüzeylerinin normalde glikoproteinlerden oluşan ince bir pelikül tabakası ile örtülü olduğu görülür. Bu tabaka mekanik işlemlerle uzaklaştırılırsa birkaç dakika gibi çok kısa bir sürede yeniden oluşmakta ve diş yüzeyinde bakterilerin tutunmasında aktif rol oynamaktadır. Peliküle ilk tutunan yapılar, kok formunda bakteriler, az sayıda epitelyum hücresi ve nötrofillerdir. İlk birkaç saat içerisinde uzaklaştırılmayan mikroorganizmaların oluşturduğu mikro koloniler ile plak giderek karmaşık bir yapıya dönüşür [18]. Bir dişin yapısında bulunan temel kısımlar Şekil 1’de görülmektedir [19].



Şekil 1. Bir dişin yapısında bulunan temel kısımlar [19]

Dental plak oluşumunun ilk aşaması pelikül adı verilen tükürük proteinleri ve glikoproteinlerinin kısmen diş yüzeyine çökmesi ile oluşan ince, zara benzeyen, hücresiz, düz, renksiz, şeffaf film tabakasının oluşmasıdır [20]. Pelikül tabakasına bakterilerin yapışması ise biyofilm oluşumunun ikinci aşamasıdır. Bu aşamadaki bağlanma geri dönüşümlü bir bağlanmadır ve bakteriler pelikülden kolayca ayrılabilirler. Pelikül tabakasına bakterinin tutunmasının ardından EPS üretimi başlar ve diğer bakterilerin peliküle yapışması ile plak yavaş yavaş büyür (Şekil 2), [21]. *Actinomyces*, *Streptococcus*, *Haemophilus*, *Capnocytophaga*, *Veillonella* ve *Neisseria* cinslerine ait türler diş yüzeyine tutunan ilk bakterilerdir. Diş yüzeyine daha sonra tutunacak olan bakteriler, ilk kolonize olan bakterileri hücre yüzeylerindeki polisakkarit ve protein reseptörlerinden tanırlar ve onlara tutunurlar. Sonra tutunan bakteriler *Fusobacterium nucleatum*, *Treponema* spp, *Tannerella forsythensis*, *Porphyromonas gingivalis*, *Aggregatibacter actinomycetemcomitans* türleridir [22, 23]. Belirtilen bakteri türleri her zaman bir arada yaşamamaktadır. Streptokok ve *Neisseria* türlerinin sayısı azaldığı zaman, *Actinomyces*, *Corynebacterium*, *Fusobacterium* ve *Veillonella* türlerinin sayısı artmaktadır [24].



Şekil 2 Dental plak oluşum aşamaları [21].

3.1 Dental Plak Oluşumunda Yer Alan Mikroorganizmalar

Ağız mikroflorasında 700'den fazla bakteri türü diş, dil, ağız mukozası, damak ve periodontal cep gibi bölgelere kolonize olmuşlardır. Bu bakterilerin büyük bir kısmı ağız sağlığı için faydalıyken, bir kısmı da zararlıdır. Bilimsel çalışmalar özellikle ağız sağlığını tehdit eden patojenler üzerinde yoğunlaşmıştır. [25].

Streptococcus mutans bilinen en önemli karyojenik bakteridir. Hemen hemen her insanın ağız boşluğunda bulunmaktadır. *Streptococcus mutans*'ın diş yüzeyine tutunabilmesi ortamda sakkaroz ve diş çürüklerine neden olabilecek diğer şekerlerin fermentasyonu sonucu ortaya salınan asitlerin varlığına bağlıdır [26]. Nes ve arkadaşlarının yaptığı çalışmalara göre streptokoklar ağız florası içinde aynı ortamda bulunan bakterilere kıyasla çok fazla bakteriyosin üretmektedirler. Streptokokların bu özellikleri ağız içerisinde baskın flora olmalarında oldukça etkilidir [27]. Kısıtlı yaşam alanı ve besin varlığı nedeni ile biyofilm içerisinde farklı bakteri türleri kendi aralarında rekabet etmektedirler. *S. mutans* ve *S. sanguinis* birbirlerinin gelişimlerini inhibe eden iki bakteridir. Buna göre; *S. mutans* sayısı yüksekse *S. sanguinis* sayısı azdır. Ortamda bulunan besin miktarı bu iki bakteri arasındaki rekabette önemli rol oynamaktadır. Besin miktarı yeterli ise iki bakteri de gelişebilmekte, biyofilm oluşumu için ilk hangisinin kolonize olduğu fark etmemektedir [28].

Biyofilm oluşumunda ilk kolonize olan bakterilerden *Streptococcus sanguinis* tarafından üretilen H_2O_2 antimikrobiyel etkilidir ve *S. mutans* ve diğer anaerobik periodontal patojenlerin gelişimini inhibe etmektedir [29].

Streptococcus gordonii diş eti üzerinde oluşan pelikül üzerine ilk tutunan bakterilerden biri olup, *S. mutans* ve *S. gordonii* de birbiri ile rekabet eden bakterilerdir. *Streptococcus oralis* ve *Streptococcus oligofermentans* dental plak oluşumuna katılan bakteriler arasındadır ve *S. oligofermentans* da H_2O_2 üreterek *S. mutans* gelişimini inhibe eder [30].

Bir diğer bakteri türü olan *Porphyromonas gingivalis*, diş eti epitelyum hücrelerine fimbriaları ile tutunur ve hücrelerin içerisine girer. Genellikle Gram pozitif bir bakteri aracılığı ile dişlerin yüzeyine tutunurlar. Tutunmasına olanak sağlayan bakteri ya *Streptococcus salivarius* ya da *Actinomyces viscosus*'tur. *P. gingivalis* periodontal dokularda iltihaplanmalara neden olur. On üç yaşından büyük 160 milyon gönüllünün diş plağı florasının incelendiği bir çalışmada katılanların %90'ında bu bakteri tespit edilmiştir [31].

Fusobacterium nucleatum olgun diş plağında baskın bir şekilde bulunan Gram negatif bir bakteridir. Zorunlu bir anaerob olan *P. gingivalis*' in biyofilm içerisinde gelişebilmesi için oksijensiz bir ortam sağlar [32].

Biyofilm içinde rastlanılan *Lactobacillus casei* genellikle diş çürüklerine neden olan bir diğer bakteridir. Bu tür fazla miktarda laktik asit üretmekte ve geniş bir pH aralığında gelişme özelliği göstermektedir. *S. mutans* bu bakterinin diş yüzeyine tutunmasını kolaylaştırmaktadır. *Lactobacillus paracasei* ise *P. gingivalis*, *P. intermedia*, *T. forsythensis*, *S. salivarius* ve *S. sanguinis* türlerinin gelişimini inhibe eden ve bu bakterilerin sitoplazmik membranında porlar oluşturan bir bakteriyosin üretmektedir. [33]

Actinomyces naeslundii dental plak oluşumu sırasında diş ve diş etine ilk kolonize olan bakterilerden biridir. Periodontal hastalıklara ve diş köklerinde çürüklere neden olmaktadır. Protein oksidasyonu sırasında H_2O_2 'yi kullanır ve birçok bakteriyi bu kuvvetli oksitleyici ajanın zararlarından korur [34].

Veillonella patojen olmayan fakat ürettiği endotoksin ile periodontise sebep olan bir bakteridir. *S.mutans*'ın ürettiği organik asitleri kullanır ve vitamin K üreticisidir [35].

3.2 Dental Plak Oluşumunda Gıdaların Etkisi

Günlük diyetimiz içerisinde aldığımız şekerler, dişlerimizde dental plak oluşturan bakteriler tarafından kullanılarak organik asitlere dönüştürülür ve diş minesinin ve dentin tabakasının demineralize olmasına neden olurlar. Şekerler ve diğer fermente edilebilen karbohidratların organik asitlere dönüştürülmesi sonucunda pH düşer. Dişin sert dokusu pH 5,5'te demineralize olmaya başlamaktadır. Tüm bu olayların ardından diş çürükleri ortaya çıkmaktadır [36].

Yakın zamana kadar yapılan, şekerler ve diş çürükleri arasındaki ilişkinin araştırıldığı birçok çalışmada, günlük diyet ile en fazla alınan şeker olan sakkaroz üzerinde durulmuştur. Fakat günümüzde, sanayileşmiş ülkelerin günlük diyetleri; sakkaroz, glikoz, laktoz, fruktoz, glikoz şurupları, yüksek fruktozlu mısır şurupları ve diğer sentetik oligosakkaritler ile ileri işlem görmüş nişastanın bir arada bulunduğu şeker karışımlarından oluşmaktadır [37]. Ağız florasında bulunan bakteriler bütün mono ve disakkaritleri asit üretmek için kullanabilirler. Ancak mono ve disakkaritlerin diş çürüklerine olan etkilerinin araştırıldığı hayvan denemelerinde herhangi bir farklılığa dair veri bulunmamaktadır. Sadece laktozun, erken plak oluşumuna katılan bakteriler tarafından diğer şekerlere kıyasla daha az kullanıldığı ve sonuçta daha az asit üretildiği kaydedilmiştir [38]. Ayrıca *S.mutans* ile enfekte edilen fareler ile yapılan başka bir çalışmada, sakkarozun diğer şekerlere kıyasla daha fazla kullanıldığı ve karyojenik olduğu tespit edilmiştir [36].

Turku'nun insanlar ile yapmış olduğu çalışmalarda, tatlandırıcı olarak sakkaroz ve fruktozun bulunduğu diyetlerin diş çürüklerine sebebiyetleri arasında bir farklılık saptanmamıştır. Finlandiya'da 1970'lerde gerçekleştirilen Turku çalışmasında, günlük diyetle sakkarozun yerine fruktoz veya ksilitol bulunması durumunda diş çürüklerinin oluşma durumu araştırılmıştır. Çalışma sonuçlarına göre; sakkaroz ve fruktozun diyetle bulduklarında diş çürüğüne sebebiyet vermeleri arasında bir fark gözlenmezken, günlük diyetle sakkaroz yerine ksilitol kullanımının önemli oranda diş çürüğünü azalttığı tespit edilmiştir[36, 39].

İsveç'te okul öncesi çocuklarda gerçekleştirilen Malmo isimli çalışmada sakkaroz yerine invert şeker kullanımının (%50 fruktoz + %50 glikoz) sakkaroz kullanımına oranla diş çürüğü oluşumunu %20-25 oranında azalttığı belirlenmiştir [36, 40].

Niştasta insanların günlük diyetlerinde oldukça fazla yer tutan bir karbonhidrattır. Niştastanın çiğ ya da pişmiş olarak tüketilmesi sonucunda biyofilm içerisindeki bakteriler tarafından kullanımı araştırmacıların ilgi odağı olmuştur. Niştasta tükürükte bulunan amilaz enzimi ile niştasta, glikoz, maltoz ve maltotriosa parçalanmakta ve plak bakterileri tarafından kullanılmaktadır. Plak pH'sının ölçüldüğü biyofilm çalışmalarında niştasta içeren gıdaların, pH'yı 5,5'in altına düşürdüğü saptanmıştır. Niştasta içeren gıdaların pH düşürme kapasitesi, sakkaroz ve sakkarozca zengin gıdalar kadar değildir. Hayvanlar üzerinde yapılan çalışmalar sonucunda pişmiş niştastanın çiğ niştastaya göre daha fazla karyojenik olduğu belirtilmiştir. Fakat pişmiş niştastanın diş çürüğü oluşumu üzerindeki etkisi sakkarozun etkisinin yarısı kadardır. Sakkaroz ve niştasta içeren gıdalar ise sadece niştasta içeren gıdalardan daha karyojeniktir [41].

Gıdalara glikoz şurupları ve maltodekstrinler gibi glikoz polimerlerinin eklenmesi sanayileşmiş ülkelerde hızla artmaktadır. Dental plak pH'sı üzerinde yoğunlaşan çalışmalar göstermektedir ki, maltodekstrinler ve glikoz şurupları bakteriler tarafından tüketilmekte ve diş çürüklerine neden olmaktadır. Gıdalara sentetik sindirilemeyen oligosakkaritlerin (prebiyotikler) eklenmesi de hızla artmaktadır. Yapılan in vitro denemelerde isomaltooligosakkarit ve glikooligosakkaritin sakkarozdan daha az asidik olduğu saptanmıştır. Yine gıdalarda geniş bir kullanım alanına sahip olan fruktooligosakkaritin sakkaroz kadar ağız içi ortam pH'sını düşürme kapasitesine sahip olduğu bilinmektedir [36].

Dental plak oluşturan bakterilerin gelişimlerini inhibe eden gıdalar ve gıda bileşenleri de araştırmacıların ilgi odağı haline gelmiştir. Yeşil çay ekstraktlarının diğer polifenoller ile olan etkileşimi tıbbi alanda önemli bir potansiyel teşkil etmektedir. Yeşil çay *Streptococcus mutans*'ın gelişimini inhibe eden bir bitkidir ve bileşiminde bulunan gallokateşin bakteri inhibisyonunu en fazla sağlayan bileşendir. Minimum inhibisyon konsantrasyonu 250 mg/mL civarındadır [42].

Yeşil çay ve kekik ekstraktlarının diş yüzeyinde biyofilm oluşturan bakteriler üzerindeki inhibitör etkisi Badali ve ark. [43] tarafından araştırılmıştır. Çalışmada yeşil çay ekstraktının 28 adet streptokok izolatının 21'i üzerinde 8-12 mm arasında değişen inhibisyon zonları oluşturduğu, kekik ekstraktının ise 28 adet izolattan 26'sı üzerinde 7-12.5 mm aralığında değişen zonlarda etki gösterdiği gözlenmiştir. Araştırmacılar elde ettikleri sonuçlara göre bu iki bitki ekstraktının dişlerde sorun yaratan ve biyofilm oluşturma yeteneğinde olan *Streptococcus* spp. ile mücadelede etkili olabileceğini öne sürmüşlerdir.

Steviosid, stevia bitkisinden elde edilen ve Güney Amerika’da yüzyıllardan beri tatlandırıcı ve tedavi edici olarak kullanılan bir gıda katkısıdır. Steviosid maddesi dildeki tat cisimcikleri tarafından normal şekerin 250-300 katı daha şekerli olarak algılanmaktadır [44]. Fernando ve ark. [45] yaptığı çalışmada 9 kişiden 3 gün boyunca dişlerini fırçalamamaları istenmiş ve 4. günde oluşan biyofilmin pH’sı ölçülmüştür. Şeker içerikleri farklı test solüsyonları hazırlanmış ve kişilerden 10 mL test solüsyonu (test solüsyon içeriği I-%93 laktoz, %7 steviosid, II-%6,8 sakkarin, %13,6 siklamat ve %0,82 steviosid, III-%18 sakkaroz (pozitif kontrol), IV-mineralli su (negatif kontrol), V-%93 laktoz solüsyonu) ile gargara yapmaları istenmiştir. Sonuçlar incelendiğinde en belirgin pH düşüşü sakkaroz çözeltisinde, sonrasında %93 laktoz çözeltisinde gözlemlenmiştir. Bunları sırası ile laktoz+steviosid, sakkarin+siklamat+steviosid ve son olarak mineralli su takip etmiştir. Gönüllülerin, dentin mineralizasyonu için kritik pH olan 6,5’e sakkaroz çözeltisi, laktoz çözeltisi ve steviosid+laktozu kullandıktan sonra ulaştıkları kaydedilmiştir. Verilerin analiz edilmesi sonucunda laktoz içeren steviosid tatlandırıcılarının dentin için karyojenik olduğu belirtilmiştir.

4. Sonuç

Diş çürüğü ve diş eti hastalıkları, insanların çok büyük bir kısmını cinsiyet ve yaş gözetmeksizin etkileyen bir problemdir. Oluşumunda, günlük diyet dahilinde alınan fermente olabilen karbonhidratların ağız florasında bulunan bakteriler tarafından kullanılması ile oluşan organik asitlerin rolü çok büyüktür. Diş çürüklerine en çok sebep olan *Streptococcus mutans*’ın gelişimini destekleyen sakkarozun diyet içerisindeki miktarının azaltılmasının ve plak bakterileri tarafından fermente edilemeyen tatlandırıcıların kullanılmasının çürük oluşumunu azaltmada etkili olduğu son yıllarda yapılan çalışmalar ile gösterilmiştir. Biyofilm oluşumu ve gelişiminin incelendiği matematiksel modelleme çalışmaları ise son yıllarda büyük bir ivme kazanmıştır. Dental plak oluşturan bakterilerin modellemesinin yapılmasının, oluşumun engellenmesini ve önlem alınmasını kolaylaştıracağı tahmin edilmektedir.

5. Teşekkür

Bu derleme Burcu Türkmen’in Yüksek Lisans Seminer çalışmasından (Ankara Üniversitesi Biyoteknoloji Enstitüsü) özetlenmiş olup, İç Anadolu Bölgesi 2. Tarım ve Gıda Kongresinde (TARGID 2015) poster bildiri olarak sunulmuştur.

6. Kaynaklar

- [1] Yan He, Brandon W., Peterson Marije A., Jongsma Yijin R., Prashant K., Sharma Henk J., Busscher Henny C., van der Mei., “Stress relaxation analysis facilitates a quantitative approach towards antimicrobial penetration into biofilms”. *PLoS One*, May 27, 8(5), 2013
- [2] Costerton J.W., Geesey G.G., Cheng K.J. “How bacteria stick” *Sci Am*, 238(1), 86-95, 1978
- [3] Wanner O., Eberl H., Morgenroth E., Noguera D., Picioreanu C., Rittmann B., Loosdrecht M., “Mathematical modeling of biofilms”, *IWA Biofilm Specialists Conference*, 2014
- [4] Sterelny K., Griffiths P.E., “Sex and Death: An introduction to philosophy of biology” p.217 *University of Chicago Press*. ISBN O-226-77304-3, 1999

- [5] Öztürk Ş., Sakarya S., Öncü S., Ertuğrul M. “Biyofilmler ve yabancı cisim enfeksiyonları”, *Klimik Dergisi*, 21(3), 79-86, 2008
- [6] Çoğulu D., Menderes M., Ersin N., “Süt dişlenme döneminde biyofilm varlığının ağız ve diş sağlığı üzerine etkisi”, *Selçuk Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Dergisi*, 18, 63-67, 2009
- [7] Zero D.T., “Sugars – The arch criminal” *Caries Res*, May- Jun; 38(3), 277-85, 2004
- [8] Leone S., Molinaro A., Alfieri F., Cafaro V., Lanzetta R., Donato A., Parrilli M., “The biofilm matrix of *Pseudomonas* sp. OX1 grown on phenol is mainly constituted by alginate oligosaccharides”, *CarbohydrRes*, 341, 2456 – 2461, 2006
- [9] Donlan R.M., Priede J.A., Heyes C.D., Sanii L., Murga R., Edmonds P., El-Sayed I., El-Sayed M.A., “Model system for growing and quantifying *Streptococcus pneumoniae* biofilms in situ and in real time”, *Applied and Environmental Microbiology*, 70(8), 4980–4988, 2004
- [10] Çiftçi Z., “Kronik tonsillitte biofilmin rolü”, T.C. Taksim Eğitim ve Araştırma Hastanesi KBB Kliniği, *Uzmanlık Tezi*, 69 sayfa, Basılmamıştır, 2005.
- [11] Ölmez Z., “Süt sanayisinde biyofilm oluşturan mikroorganizmalar ve biyofilm oluşumunun önlenmesi”, *Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Isparta, 2009
- [12] Allison D.G., “The biyofilm matrix”, *Biofouling*, 19 (2), 139-150, 2003
- [13] Padera R.F., “Infection in ventricular assist devices: the role of biofilm”, *Cardiovasc Pathol*, 15, 264– 270, 2006
- [14] Hussain M., Wilcox M.H., White P.J., “The slime of coagulase negative staphylococci: biochemistry and relation to adherence”, *FEMS Microbiol.*10, 191-207, 1993
- [15] Poulsen L.V., “Microbial biofilm in food processing”, *Lebensm. Wiss. u. Techn.*,32 (6), 321-326, 1999
- [16] Costerton J.W., Lewandowski Z., Caldwell D.E., Korber D.R., Lappin-Scott H.M., “Microbial biofilms”, *AnnuRevMicrobiol.* 49, 711-745, 1995
- [17] Gün İ., Ekinci F., “Biyofilmler: yüzeylerdeki mikrobiyel yaşam”, *Gıda* 34 (3), 165-173, 2009
- [18] Odyakmaz S., “Mikrobiyel dental plak ile diş eti hastalıkları arasındaki ilişki”, *Ege Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Periodontoloji Ana Bilim Dalı Bitirme Tezi*, İzmir, 2004
- [19] <http://senardis.com/diseti.php> (Erişim Tarihi: 23.03.2015)
- [20] <http://www.saglikmutluluk.net/dis-plagi/> (Erişim Tarihi: 08.03.2015)
- [21] Huang R., Li M., Gregory R.L., “Bacterial interactions in dental biofilm”. *Virulence*, 2, 435-444, 2011
- [22] Foster J.S., Kolenbrander P.E., “Development of a multispecies oral bacterial community in a saliva-conditioned flow cell”, *Appl Environ Microbiol*, 70, 4340-8, 2004
- [23] Kolenbrander P.E., Andersen R.N., Blehert D.S., Eglund P.G., Foster J.S., Palmer R.J., “Communication among oral bacteria”, *Microbiology and Molecular Biology Reviews*, 66, 486-505, 2002
- [24] Ritz H.L., “Microbial population shifts in developing human dental plaque”, *Archives of Oral Biology*, 12, 1561-8, 1967

- [25] Marsh P.D., “Dental plaque: biological significance of a biofilm and community life-style”, *Journal of Clinical Periodontology*, 32,7-15, 2005
- [26] Oh S., Lee J., Kim G., Shim G., Back J., “Anticariogenic activity of a bacetracin produced by lactooccus bacteria”, *Food Sci Biotech*, 12, 9-12, 2003
- [27] Nes I.F., Diep D.B., Holo H., “Bacteriocin diversity in *Streptococcus* and *Enterococcus*”, *J Bacteriol*, 189, 1189-98, 2007
- [28] Kreth J., Merritt J., Shi W., Qi F., “Competition and Coexistence between *Streptococcus mutans* and *Streptococcus sanguinis* in the dental biofilm. *J Bacteriol*, 187(21), 7193–7203, 2005
- [29] Kreth J., Zhang Y., Herzberg M.C., “Streptococcal antagonism in oral biofilms: *Streptococcus sanguinis* and *Streptococcus gordonii* interference with *Streptococcus mutans*”, *J Bacteriol*, 190(13), 4632–4640, 2008
- [30] Shank E.A., Kolter R., “New developments in microbial interspecies signaling”, *Current Opinion in Microbiology*, 12(2), 205–214, 2009
- [31] Aydın M., “Porphyromonas gingivalis”, Ed. Cengiz, Mısırlıgil, Aydın. *Tıp ve diş hekimliğinde genel ve özel mikrobiyoloji*, S:633-644, Ankara, 2004
- [32] Bradshaw D.J., Marsh P.D., Watson G.K., Allison C., “Role of *Fusobacterium nucleatum* and coaggregation in anaerobe survival in planktonic and biofilm oral microbial communities during aeration”, *Infect Immun*, 66, 4729-32, 1998
- [33] Pangsomboon K., Bansal S., Martin G.P., Suntainalert P., Kaewnopparat S., Srichana T., “Further characterization of a bacteriocin produced by *Lactobacillus paracasei* HL32”, *Journal of Applied Microbiology*, 106, 1928–1940, 2009
- [34] Jakubovics N.S., Gill S.R., Iobst S.E., Vickerman M.M., Kolenbrander P.E., “Regulation of gene expression in a mixed-genuscommunity: stabilized arginine biosynthesis in *Streptococcus gordonii* by coaggregation with *Actinomyces naeslundii*”, *J Bacteriol*, 190, 3646-57, 2008
- [35] Marcotte H., Lavoie M.C., “Oral microbial ecology and the role of salivary immunoglobulin A”, *Microbiol Mol Biol Rev*, 62, 71-109, 1998
- [36] Moynihan P., Petersen P., “Diet, nutrition and the prevention of dental diseases”, *Public Health Nutrition*, 7(1A), s:201–226, 2004
- [37] Touger-Decker R., van Loveren C., “Sugars and dental caries”, *Am J Clin Nutr*, 78, 881–892, 2003
- [38] Jenkins G.N., Ferguson D.B., “Milk and dental caries”, *British Dental Journal*, 120, 472–7, 1966
- [39] Scheinin A., Makinen K.K., Ylitalo K., “Turku sugar studies, V. Final report on the effect of sucrose, fructose and xylitol diets on the caries incidence in man”, *Acta Odontologica Scandinavica*, 34, 179–98, 1976
- [40] Frostell G., Birkhed D., Edwardsson S., Goldberg P., Petersson L-P., Priwe C., et al., “Effect of partial substitution of invert sugar from sucrose in combination with duraph attreatment on caries development in pre-school children: the Malmo Study”, *Caries Research*, 25, 304–10, 1991
- [41] Edgar W.M., “Prediction of the cariogenicity of various foods”, *International Dental Journal*, 35, 190–4, 1985

- [42] Sakanaka S., Kim M., Taniguchi M., Yamamoto T., “Antibacterial substances in jabanees green tea extracts aganist *Streptococcus mutans*”, ***Agr Biol Chem***, 53, 2307-2311, 1989
- [43] Ariafar M.N., Altuntas E.G., İlçe B.Y., Diani M., Akçelik N., “Kekik ve yeşil çay ekstraktının biyofilm oluşturan ve dişlerden izole edilmiş olan *Streptococcus* spp. üzerindeki etkisi”, 8. *Gıda Mühendisliği Kongresi*, Ankara, 7-9 Kasım, 2013
- [44] <http://tr.wikipedia.org/wiki/Stevia> (Erişim Tarihi: 14.03.2015)
- [45] Giongo F., Mua B., Parolo C., Carlén A., Maltz M., “Effects of lactose-containing stevioside sweeteners on dental biofilm acidogenicity”, ***Braz Oral Res***, (São Paulo) 28(1), 1-6, 2014