

Araştırma Makalesi / Research Paper

Türkiye’de Yetiştirilen Yerli Bazı Ceviz Çeşitlerinin Fiziksel Özellikleri ve Kimyasal Bileşenleri

Emre Bakkalbaşı, Özay Mentеш Yılmaz, Nevzat Artık

Ankara Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Dışkapı, Ankara
E-posta: mentes@eng.ankara.edu.tr

ÖZET

Çok geniş bir kullanım alanına sahip olan ceviz meyveleri, bileşiminde insan sağlığı üzerine olumlu etkileri olan birçok besin ögesini barındırmaktadır. Bu çalışmada, ülkemizde yetiştirilen (Yalova 1, Yalova 3, Yalova 4, Şebin, Bilecik, Şen 1 çeşitleri ve Kaman 5 tipi olmak üzere) 7 farklı ceviz örneğinin bazı fiziksel özellikleri ve kimyasal bileşim ögeleri 2 yıl (2004-2005) tekrarlı olarak belirlenmiştir. Ceviz örneklerinde meyve ağırlığı, iç ağırlık ve randıman değerleri sırasıyla 8.98-18.79g, 4.37-8.58g ve %44.90-59.54 arasında değişmiştir. En yüksek iç ağırlık her iki yılda Yalova 1 çeşidine ait iken en yüksek randıman 2004 yılında hasadı yapılmış Şebin çeşidine ait olmuştur. Çeşitlere ait kimyasal bileşim ögelerinden kuru madde, kül, yağ, protein, ham selüloz ve şeker değerleri sırasıyla %96.67-97.70, %1.57-1.94, %61.41-72.56, %11.40-16.74, %5.99-9.22 ve %1.24-3.19 arasında değişim göstermiştir. Çeşitlerin yağ asidi dağılımı incelendiğinde, doymamış yağ asidi oranı %90.21-92.03 ve çoklu doymamış yağ asidi oranı %61.83-75.32 arasında bulunmuştur. Çeşitler arasında Yalova 1 çeşidi yüksek meyve ve iç ağırlığı, Yalova 4 çeşidi yüksek yağ içeriği ve Şebin çeşidi ile Kaman 5 tipi de yüksek randıman ve çoklu doymamış yağ asitliği oranı ile dikkat çekmektedirler.

Anahtar Kelimeler: Ceviz, Meyve ağırlığı, Randıman, Doymamış yağ asidi, Çoklu doymamış yağ asidi

Physical Properties and Chemical Composition of Some Walnut Cultivars Grown in Turkey

ABSTRACT

Walnuts have been used widely and contain nutritive compounds with beneficial effects on human health. In this study, physical and chemical properties of walnut varieties (Yalova 1, Yalova 3, Yalova 4, Şebin, Bilecik, Şen 1 varieties and Kaman 5 type) grown in Turkey were determined in the years of 2004 and 2005. Nut weight, kernel weight and kernel ratio of walnut samples varied in the range of 8.98-18.79g, 4.37-8.58g and 44.90-59.54 %, respectively. Yalova 1 variety had the highest kernel weight in both two years. On the other hand, Şebin variety harvested in year 2004 had the highest kernel ratio. Dry matter, ash, oil, protein, raw cellulose and sugar content of shelled walnuts varied in the range of 96.67-97.70%, 1.57-1.94%, 61.41-72.56%, 11.40-16.74%, 5.99-9.22% and 1.24-3.19%, respectively. In walnut oil, unsaturated fatty acids and polyunsaturated fatty acids constituted to 90.21-92.03% and 61.83-75.32% of total fatty acids, respectively. Among walnut varieties, Yalova 1 variety had remarkably high nut and kernel weights while Yalova 4 variety had high oil content. The kernel ratio and polyunsaturated fatty acids content of Şebin variety and Kaman 5 type were markedly high.

Key Words: Walnut, Nut weight, Kernel ratio, Unsaturated fatty acid, Polyunsaturated fatty acid

GİRİŞ

Bazı araştırmacılar tarafından anavatanı Anadolu olarak da gösterilen ceviz (*Juglans regia* L.) Balkanlardan, Türkiye, Lübnan, Irak'ın kuzey bölgeleri, İran, Kafkas dağları, Afganistan ve Çin'e kadar olan bölgede doğal yayılım göstermektedirler [1, 2]. Farklı bölgelerde yetişen cevizler 15 farklı türe sahip olup bu türler içinde *Juglans regia* L. büyüklüğü, tatlılığı, ince kabuğa sahip

olması ve kolay kırılması nedeniyle en fazla yetiştirilen ve en fazla ticari öneme sahip olan türdür [3].

Ceviz (*J. regia* L.) ülkemiz içinde önemli bir ürün olup, yıllık 129.614 ton ceviz üretimi ile Türkiye, Dünya ceviz üretiminde Çin, ABD ve İran'dan sonra 4. sırada yer almaktadır [4]. Ceviz ülkemizin hemen her bölgesinde meyvesi ve kerestesi için yetiştirilmektedir [1]. Cevizler aroma ve tadı geliştirmek, görünüm ve gevrekliği arttırmak ve gıdaları süsleyip renklendirmek amacıyla

çeşitli ürünlerde kullanılmaktadırlar. Ayrıca yalnız başlarına veya diğer sert kabuklu meyveler ile birlikte, şeker, bal ve şuruplar ile karıştırılarak çeşitli macunların yapımında da kullanılmaktadırlar. Tüm bunların yanında cevizler çok çeşitli geleneksel ürünlerin (pestil, bastık, ceviz ezmesi, süt cevizinden; ceviz reçeli, ceviz şekeri, ceviz salamurası vb.) üretiminde de kullanılmaktadırlar. Ayrıca çeşitli gamlar ve şekerleme kaplamaları ile kaplanarak tüketilebilecekleri de bildirilmektedir [2, 5-8].

Çok geniş bir kullanım alanına sahip olan cevizler, bileşiminde insan sağlığı üzerine olumlu etkileri olan değerli besin öğelerini içerir ve bu nedenle insan diyetinde önemli bir yere sahiptir. Ceviz bileşiminin belirlenmesi üzerine özellikle yurt dışında oldukça fazla çalışma bulunmaktadır. İtalya'da yetiştirilen 4 farklı ceviz çeşidinin kimyasal kompozisyon değerleri belirlenmiş ve ceviz çeşitlerinin en büyük iki bileşeninin yağlar ve proteinler olduğu bulunmuştur. Bileşenlerden su %3.2-4.4, protein %12.0-19.6, yağ %61.3-73.8, kül %1.8-2.3 ve şeker %2.2-4.5 değerleri arasında bulunmuştur [9]. Türkiye'deki cevizler açısından bakıldığında, Koyuncu ve ark. [10] Van ili ve Bahçesaray ilçesinden toplanan 20 adet ceviz tipi üzerinde çalışmış ve yağ oranını %62.08-70.16, protein içeriğini %12.87-18.97, nem miktarını %2.13-3.59 ve kül miktarını %0.84-2.12 arasında bulmuşlardır.

Oldukça farklı besin öğeleri içermelerine karşın cevizlerin en önemli besin öğesi yağlardır. Cevizler yaklaşık %52-70 değerleri arasında yağ içermektedirler. Cevizler yüksek yağ içeriğinden daha çok ceviz yağının yağ asidi dağılımı ile dikkat çekmektedirler. Ceviz yağı esansiyel yağ asitlerince zengin olup yağ asidi bileşimi büyük oranda oleik, linoleik ve linolenik asitlerden oluşmaktadır. Ceviz yağının yaklaşık %50-70'inin çoklu doymamış yağ asitlerinden oluştuğu ve sert kabuklu meyveler içinde en yüksek linoleik asit seviyesine sahip olduğu bildirilmektedir (~%60 linoleik asit, ~ %11 linolenik asit) [9, 11]. Yüksek oranda çoklu doymamış yağ asidi içeriği nedeniyle ceviz tüketiminin toplam plazma ve LDL kolesterolünü düşürdüğü ve bunun da kalp-damar hastalıklarını önlediği bildirilmektedir [12]. Abbey ve ark. [13] günlük diyetle 68g ceviz ilavesinin toplam ve LDL kolesterolünü sırasıyla %5 ve %9 oranında düşürdüğünü bildirmişlerdir. Diğer sert kabuklu meyvelerde olduğu gibi yağ içeriği ve yağ asidi dağılımı cevizlerinde besinsel ve ekonomik değerini belirlemektedir ve bu değerler çeşide ve yetiştirme koşullarına bağlı olarak değişmektedir [14].

Bu çalışmada ülkemizde yetiştirilen bazı standart ceviz çeşitleri ve 1 ceviz tipinin bazı fiziksel özellikleri ile bazı kimyasal bileşim öğeleri 2 yıl tekrarlı olarak belirlenmiştir. Gelişen piyasa koşulları ceviz üreticilerinin standart çeşitlerden kapama bahçelerde yetiştiricilik yapmasını ve elde edilen ürünlerin ambalajlanarak satılmasını zorunlu kılmaktadır. Elde ettiğimiz veriler üretici ve işletmelerin çeşitler hakkında ihtiyaç duydukları bilgileri sağlayacak, etiket bilgilerinin hazırlanmasına ve besin tablolarının oluşturulmasına yardımcı olacaktır.

MATERYAL ve YÖNTEM

Materyal

Bu çalışmada, Türkiye'de yetiştirilen 6 farklı çeşit (Yalova 1 Yalova 3 Yalova 4, Şebin, Bilecik, Şen 1) ve 1 ceviz tipine (Kaman 5) ait örnekler incelenmiştir. Çalışma 2004 ve 2005 yıllarında hasadı yapılan örneklerde üç tekerrürlü olarak yapılmıştır. Yalova 4, Şebin, Bilecik ve Şen 1 çeşitleri Yalova ilinde bulunan Atatürk Bahçe Kültürleri Araştırma Enstitüsü'nden alınmıştır. Yalova 1 ve Yalova 3 çeşitleri Denizli ilindeki ve Kaman 5 tipi ise Kırşehir ili Kaman ilçesindeki yerel üreticilerden (orijinal ağacından) temin edilmişlerdir. Bazı çeşitlerden iklim şartlarından dolayı numune temin edilememiştir. Örnekler analiz edilinceye kadar -30°C'de kabuklu olarak muhafaza edilmişlerdir.

Yöntem

Fiziksel Analizler

Örneklerdeki fiziksel analizler her tekerrürden tesadüfi olarak seçilmiş 10 adet ceviz örneğinde yapılmıştır. Çeşitlerin fiziksel özelliklerinden meyve ağırlığı ve iç ağırlığı tartılarak, randıman değerleri ise iç ağırlığın tane ağırlığına yüzde oranı ile belirlenmiştir. Hunter renk değerleri (L, a ve b) ise Konica Minolta (CR 400) Chromameter ile ölçülmüş ceviz içlerinde belirlenmiştir.

Kimyasal Analizler

Örneklerin kuru madde miktarı TS 1276 No'lu metoda göre [15], ham selüloz Özkaya ve Kahveci'ye [16] göre, pH ve titrasyon asitliği Cemeroglu'na [17] göre yapılmıştır. Toplam yağ (metot no 948.22), protein (NX5,30)(metot no 950.48) ve kül (metot no 923.03) değerleri AOAC'ye [18] göre belirlenmiştir.

Toplam ve çoklu doymamış yağ asidi oranlarının belirlenmesi için öğütülmüş ceviz içleri örnek yağ içeriğinin 10 katı hekzan ile (örnek yağ içeriğinin %70 olduğu kabul edilerek tüm örneklerde 140mL hekzan kullanılmıştır) homojenize (10000d/d, 30 saniye) edilerek 2 saat süresince dairesel çalkalayıcıda (200d/d) tutulmuştur. Süre sonunda kap içeriği filtre edilerek kalan posa üzerine başlangıçtaki kadar hekzan ilave (140mL) edilip tekrar dairesel çalkalayıcıda (200d/d) 2 saat tutulmuştur. Süre sonunda kap içeriği tekrar filtre edilerek aynı işlem üçüncü kez uygulanmıştır. Her aşamada toplanan filtratlar birleştirilerek ekstraksiyon çözeltisi *rotary* evaporatörde uzaklaştırılarak yağ elde edilmiştir. Elde edilen yağa bir spatül susuz sodyum sülfat eklenerek filtre edilmiş ve elde edilen yağlar amber renkli cam şişelere alınarak şişelerin kapakları azot gazı akışı altında kapatılmış ve analiz edilinceye kadar -30°C'de muhafaza edilmiştir.

Ekstraksiyon sonucu elde edilen yağlardan yağ asidi metil esterleri IUPAC Method 2.301'e göre hazırlanmıştır [19]. Ceviz içlerine ait yağ asitleri dağılımının belirlenmesi için yağ asitleri metil esterleri Shimadzu marka 2010 model gaz kromatografi cihazı kullanılarak belirlenmiştir. GC çalışma koşullarından

enjeksiyon sıcaklığı 230 °C ve split oranı 100:1 dir. Kolon olarak JW scientific DB 23 (30m x 0.25mm iç çap x 0.250µm film kalınlığı) kullanılmıştır ve kolon sıcaklığı 190 °C'ye ayarlanmıştır. Analizlerde FID dedektör kullanılmış ve dedektör sıcaklığı 240 °C'ye ayarlanmıştır. Taşıyıcı gaz helyum, akış oranı 0.9ml/dakikadır.

Ceviz çeşitlerinin şeker dağılımı Bernardez ve ark.'na [20] ait metod modifiye edilerek belirlenmiştir. 0.2g örnek 2.5mL su ile 65 °C'de ultrasonik banyoda 30 dakika tutulmuş ve süre sonunda örnekler 15 dakika 15000g'de santrifuj edilmiştir. Elde edilen üst faz ayrılıp posaya aynı işlem ikinci kez uygulanmıştır. Elde edilen berrak üst fazlar birleştirilip 5ml'ye tamamlanmış ve 0.45µm filtreden geçirilerek HPLC'ye enjekte edilmiştir. Çalışmada Shimadzu SCL-10A sistem kontrolörü, Shimadzu LC-10 AD-VP dereceli pompa, Rheodyne 7725i (20µL) örnek valfi, Shimadzu RID-10A dedektör, Shimadzu CTO-10AS kolon fırını ve Shimadzu DGU-14A degaz ünitesinden oluşan Shimadzu (Japonya) marka HPLC cihazı kullanılmıştır. Ceviz çeşitlerinin şeker dağılımının belirlenmesi için HPLC cihazında VA 300/7.8 Nucleogel Sugar Pb kolonu kullanılmış ve kolon sıcaklığı 80 °C'dir. Mobil faz olarak %100 deiyonize su kullanılmış ve mobil fazın akış hızı 0.3mL/dakika (izokratik akış) olarak ayarlanmıştır. Refraktif indeks dedektörü kullanılmıştır. Şekerlerin miktarları, örnekler ait pik alanlarının 10000mg/kg olarak hazırlanmış glukoz, fruktoz ve sakaroz çözeltilerine ait pik alanlarına oranlanması sonucunda bulunmuştur.

İstatistiksel Analizler

Çalışma sonucunda elde edilen veriler varyans analizi tekniği ile gruplar arasındaki farklılıklar Duncan çoklu karşılaştırma testi ile değerlendirilmiştir. Varyans analizleri Minitab 15 paket programı ile Duncan çoklu karşılaştırma testleri ise MSTAT paket programı ile yapılmıştır.

BULGULAR ve TARTIŞMA

2004 ve 2005 yıllarında hasat edilen ceviz örneklerinin fiziksel analiz sonuçları Tablo 1'de gösterilmiştir. Elde ettiğimiz sonuçlar incelendiğinde, ceviz çeşitlerinin meyve ağırlığının 8.98g ile 18.79g arasında, iç ağırlığının 4.37g ile 8.58g arasında ve randıman değerlerinin %44.90 ile %59.54 arasında değiştiği görülmektedir. Hem meyve ağırlığı hem de iç ağırlığa bakıldığında her iki yılda ceviz çeşitlerinde en yüksek değer Yalova 1 çeşidine ait olurken en düşük değerler 2004 yılında Şebin ve 2005 yılında Bilecik çeşidine ait olmuştur. Yıllara göre değerler incelendiğinde en dikkat çekici farklılık Bilecik çeşidinin meyve ağırlığında görülmüştür. Bilecik çeşidinin meyve ağırlığı 2004 yılında 13.30g iken 2005 yılında 9.48g olmuştur. Bu durum cevizlerin yetiştirildiği yıla ait iklim koşulları ve yetiştirme tekniklerinden kaynaklanabilir. Fiziksel

özellikler içinde randıman değeri tüm sert kabuklu meyvelerde olduğu gibi cevizler içinde özellikle ekonomik açıdan önemli bir parametredir. Çeşitlerin randıman değerleri incelendiğinde, her iki yılda da Yalova 1, Bilecik ve Şen 1 düşük randıman değerlerine sahip olurken, Yalova 3, Yalova 4 ve Kaman 5 orta değerlere sahip olmuşlardır. En yüksek randıman değerine ise Şebin çeşidi sahip olmuştur. Değerler incelendiğinde yüksek meyve ve iç ağırlığına sahip olan çeşitlerin düşük randıman değerlerine sahip olduğu, düşük meyve ve iç ağırlığına sahip çeşitlerin ise yüksek randıman değerlerine sahip olduğu görülmektedir. Özkan [21] Niksar ve Pazar ilçelerinde yetiştirilen 53 ceviz tipinde tane ağırlığı, iç ağırlığı ve randıman değerlerinin sırasıyla 6.44-14.46g, 2.13-7.48g ve %25.60-62.73 arasında değiştiğini bildirmiştir. Çağlarımak [22] ise Tokatta yetiştirilen 5 farklı ceviz genotipinde aynı fiziksel özelliklerin sırasıyla 8.15-14.95g, 3.46-5.0g ve %44.50-50.91 arasında değiştiğini bildirmiştir. Almanya da yetiştirilen 10 farklı ceviz varyetesinin ise meyve ağırlığının 9.9-14.0g ve randıman değerlerinin %39.2-48.6 arasında olduğu bildirilmiştir [14]. Çalışmada kullandığımız Yalova 3, Yalova 4, Şebin, Bilecik ve Kaman 5'e ait meyve ve iç ağırlığı değerlerinin kaynaklarda bildirilen değerler ile uyumlu olduğu, ancak Yalova 1 ve Şen 1'e ait değerlerin kaynaklarda bildirilen değerlerden biraz yüksek olduğu görülmektedir. Çalışmamız sonucunda bulunan randıman değerlerinin ise kaynaklarda bildirilen değerler ile uyumlu olduğu görülmektedir [14, 21, 22].

Cevizlerde iç rengi hem çeşit özelliği hem de hasat sonrası işlemlerin bir sonucu olarak ortaya çıkan önemli bir kalite parametresidir. Örneklere ait renk değerleri incelendiğinde parlaklığın göstergesi olan L değerinin 39.41 ile 47.63 arasında değiştiği ve her iki yılda da en düşük L değerine Yalova 1 çeşidinin, en yüksek L değerine ise Kaman 5 tipinin sahip olduğu görülmüştür. Kırmızı rengin göstergesi olan +a değeri 0.84 ile 1.77 arasında değişirken, L değerinin aksine, Kaman 5 tipi düşük değerlere ve Yalova 1 çeşidi yüksek değerlere sahip olmuştur. Sarı renk göstergesi olan +b değeri ise 10.16 ile 12.79 arasında değişmiştir. L değerinde olduğu gibi +b değerinde de her iki yılda Kaman 5 tipi en yüksek değerlere sahip olmuştur. Değerler incelendiğinde Yalova 1 ve Yalova 3 çeşitleri dışında örneklerde yüksek L değerleri ile birlikte yüksek +b değerleri tespit edilmiştir, ancak +a değerleri ile net bir ilişki gözlenmemiştir. Bu nedenle L ve +b değerlerinin cevizlerde yüksek olması istenen renk parametreleri olarak kullanılması önerilmektedir. +a değerinin ise kararma göstergesi olabileceği ve mümkün olduğunca düşük olması istenen renk parametresi gibi değerlendirilmesinin doğru olacağı düşünülmektedir. Yapılan kaynak taramaları sonucunda ceviz içlerinin Hunter renk değerlerine ait herhangi bir literatür verisine ulaşılamamıştır.

Tablo 1. Türkiye’de yetiştirilen bazı ceviz çeşitlerinin fiziksel özellikleri (n=30)

Çeşit	Yıl	Meyve Ağırlığı (g)	İç Ağırlığı (g)	Randıman (%)	Hunter Renk Değerleri		
					L	a	b
Yalova 1	2004	18.79±0.3 ^{abA}	8.56±0.16 ^{abA}	45.58±0.42 ^{ca}	39.41±0.84 ^{ca}	1.77±0.04 ^{abA}	11.71±0.18 ^{abA}
	2005	18.51±0.46 ^{abA}	8.58±0.24 ^{abA}	46.29±0.38 ^{ca}	40.78±1.11 ^{ba}	1.44±0.35 ^{abA}	12.01±1.05 ^{abA}
Yalova 3	2004	12.67±0.21 ^{bcA}	6.40±0.13 ^{ba}	50.55±0.61 ^{ba}	39.49±0.96 ^{ca}	1.39±0.4 ^{abA}	10.16±0.51 ^{ca}
	2005	13.75±0.27 ^{cb}	6.85±0.19 ^{ca}	49.82±0.79 ^{ba}	43.11±1.01 ^{abA}	0.93±0.23 ^{abA}	12.79±0.31 ^{ab}
Yalova 4	2004	-	-	-	-	-	-
	2005	14.28±0.2 ^c	7.08±0.13 ^c	49.57±0.47 ^b	44.76±0.69 ^a	0.99±0.1 ^a	11.93±0.32 ^{ab}
Şebin	2004	8.98±0.27 ^d	5.40±0.24 ^c	59.54±0.93 ^a	43.47±0.04 ^b	1.24±0.17 ^{ab}	10.60±0.2 ^c
	2005	-	-	-	-	-	-
Bilecik	2004	13.30±0.25 ^{ba}	6.22±0.18 ^{ba}	46.64±0.69 ^{ca}	44.62±0.51 ^{ba}	1.16±0.04 ^{abA}	11.59±0.03 ^{ba}
	2005	9.48±0.35 ^{db}	4.37±0.19 ^{cb}	45.87±0.91 ^{ca}	44.96±1.49 ^{abA}	1.37±0.46 ^{abA}	11.45±0.08 ^{abA}
Şen 1	2004	-	-	-	-	-	-
	2005	17.28±0.85 ^b	7.79±0.46 ^b	44.90±1.19 ^c	40.55±0.81 ^b	1.68±0.37 ^a	10.22±0.42 ^b
Kaman 5	2004	12.27±0.27 ^{ca}	6.27±0.18 ^{ba}	50.97±0.48 ^{ba}	47.63±0.15 ^{abA}	0.84±0.01 ^{ba}	12.48±0.05 ^{abA}
	2005	14.01±0.32 ^{cb}	7.53±0.21 ^{bcB}	53.63±0.47 ^{ab}	46.05±1.15 ^{abA}	1.04±0.3 ^{abA}	12.67±0.02 ^{abA}

Değerler ortalama±standart hata şeklinde verilmiştir. Üst simge olarak gösterilen küçük harfler Duncan çoklu karşılaştırma testine göre aynı yıl içinde çeşitler arasındaki farklılığı, büyük harfler aynı çeşitte yıllar arasındaki farklılığı göstermektedir (P<0.05). - bulunduğu yıla ait örnek temin edilememiştir.

Tablo 2’de görüldüğü gibi ceviz çeşitlerinin kuru madde miktarları %96.67-97.71 gibi dar bir aralıkta değişmiştir. Farklı çeşitlerden elde ettiğimiz kuru madde değerlerinin farklı araştırmacılar tarafından tespit edilen %95.6 ile

%97.51 aralığındaki değerler ile uyumlu olduğu [6, 9, 22, 23], ancak Savage’nin [24] bildirdiği %93.3-94.9 kuru madde değerlerinden biraz yüksek olduğu tespit edilmiştir.

Tablo 2. Türkiye’de yetiştirilen bazı ceviz çeşitlerinin kuru madde miktarları ile yağ ve yağlı oluşturan doymamış yağ asidi içerikleri (n=3)

Çeşit	Yıl	Kuru Madde Miktarı (%)	Yağ (%)	Doymamış Yağ Asidi Oranı (%)	
				Doymamış Yağ Asidi Oranı (%)	Çoklu Doymamış Yağ Asidi Oranı (%)
Yalova 1	2004	96.82±0.23 ^{abA}	61.47±0.38 ^{abA}	91.56±0.04 ^{abA}	61.83±3.58 ^{abA}
	2005	96.83±0.07 ^{abA}	65.40±0.56 ^{ab}	92.03±0.61 ^{abA}	63.63±9.08 ^{abA}
Yalova 3	2004	97.03±0.09 ^{abA}	65.06±0.29 ^{ba}	91.31±0.51 ^{abA}	66.36±0.54 ^{abA}
	2005	97.23±0.01 ^{bb}	69.37±0.71 ^{bb}	90.78±1.19 ^{abA}	65.03±5.80 ^{abA}
Yalova 4	2004	-	-	-	-
	2005	96.88±0.24 ^a	72.56±0.57 ^c	90.59±0.56 ^a	68.17±3.10 ^a
Şebin	2004	97.71±0.22 ^c	68.23±1.12 ^d	90.92±0.23 ^a	73.4±1.90 ^c
	2005	-	-	-	-
Bilecik	2004	97.14±0.07 ^{ba}	65.78±0.64 ^{bcA}	90.21±0.74 ^{abA}	72.36±1.87 ^{ca}
	2005	96.67±0.1 ^{ab}	67.80±0.23 ^{ba}	91.66±0.16 ^{abA}	75.32±0.11 ^{abA}
Şen 1	2004	-	-	-	-
	2005	96.82±0.13 ^a	67.41±1.13 ^b	91.40±0.55 ^a	64.78±2.93 ^a
Kaman 5	2004	97.02±0.05 ^{abA}	66.73±0.04 ^{cdA}	91.02±0.87 ^{abA}	68.24±0.42 ^{bcA}
	2005	96.81±0.15 ^{ab}	67.87±1.2 ^{ba}	91.70±0.81 ^{abA}	68.09±3.32 ^{abA}

Değerler ortalama±standart hata şeklinde verilmiştir. Üst simge olarak gösterilen küçük harfler Duncan çoklu karşılaştırma testine göre aynı yıl içinde çeşitler arasındaki farklılığı, büyük harfler aynı çeşitte yıllar arasındaki farklılığı göstermektedir (P<0.05). - bulunduğu yıla ait örnek temin edilememiştir.

Ceviz çeşitlerinin kimyasal bileşimi incelendiğinde ise en fazla bulunan bileşen gurubunun yağlar olduğu görülmektedir. Tablo 2’de görüldüğü gibi ceviz çeşitlerinin yağ içeriği %61.47 ile %72.56 değerleri arasında değişmiştir. En yüksek yağ miktarına 2005 yılında hasat edilen Yalova 4 çeşidi sahip olmuştur. Savage [24] Avrupa, Amerika ve Yeni Zelanda’daki 12

farklı ceviz çeşidinin yağ içeriklerini %62.6-70.3 arasında, Garcia ve ark. [14] Almanya’daki 10 farklı ceviz çeşidinin yağ miktarlarını %63.5-72.9 arasında ve Beyhan ve ark. [25] Darende’den selekte edilen 10 ceviz tipinin yağ içeriklerini %59.18-71.43 aralığında tespit etmişlerdir. Çalışmamızda ceviz sonuçlarına ilişkin değerlerin yukarıda bildirilen kaynak verileri ile uyumlu

olduğu görülmektedir. Yağ tüketimi sağlık riskleri ile ilişkilendirilmesine karşılık önemli olanın tüketilen yağın tipi ve yağ asidi dağılımı olduğuna dair genel bir mutabakat vardır. Özellikle çoklu doymamış yağ asitlerinin insan beslenmesinde çok önemli bir yere sahip olduğu bildirilmektedir [26, 27]. Çeşitlerin toplam çoklu doymamış yağ asitlerinin linoleik ve linolenik asitlerden oluştuğu ve %61.83 ile %75.32 arasında değiştiği tespit edilmiştir. En düşük toplam çoklu doymamış yağ asidi oranına her iki yılda da Yalova 1 çeşidinin, en yüksek orana ise her iki yılda da Şebin ve Bilecik çeşitlerinin sahip olduğu tespit edilmiştir. Ceviz çeşitlerine ait yağın yağ asidi dağılımının %90'dan fazlasını doymamış yağ asitlerinin oluşturduğu ve %90.21 ile %92.03 gibi dar bir aralıkta değiştiği tespit edilmiştir. Bu durum ceviz yağının beslenme açısından ne kadar değerli olduğunu ve işleme ve depolama süresince oksidasyona karşı ne kadar duyarlı olduğunu göstermektedir.

Ceviz çeşitlerinde en fazla bulunan ikinci bileşen gurubu ise proteinler olmuştur (Tablo 3). Çeşitlerin protein içerikleri %12.48 ile %16.90 arasında değişmiştir. En yüksek protein içeriğine her iki yılda da Yalova 1 çeşidinin sahip olduğu, en düşük protein içeriğine ise 2004 yılında Bilecik çeşidinin sahip olduğu belirlenmiştir. Çeşitlerin protein içerikleri yıllara göre karşılaştırıldığında Bilecik çeşidinde yıllar arasında önemli bir farklılık dikkat çekmektedir. Bilecik çeşidinde ortaya çıkan bu durum iklim, yetiştirme alanı ve yetiştirme koşullarındaki farklılıkların yanında çeşit özelliğinden de kaynaklanabilir. Çalışmamız sonucunda elde ettiğimiz protein sonuçlarının, Ruggeri ve ark.'nın [9] İtalya'da yetiştirilen 4 farklı ceviz çeşidi için bildirdikleri %12.0-19.6 ve Savage'nin [24] bildirdiği %13.6-18.1'lik protein içerikleri ile uyumlu olduğu görülmektedir.

Tablo 3. Türkiye'de yetiştirilen bazı ceviz çeşitlerinin kimyasal bileşimi (n=3)

Çeşit	Yıl	Titrasyon Asitliği (mg/100g)	pH	Protein (N x 5.30) (%)	Ham Selüloz (%)	Kül (%)
Yalova 1	2004	0.45±0.01 ^{aA}	5.77±0.04 ^{aA}	15.32±0.43 ^{aA}	5.99±2.5 ^{abA}	1.68±0.00 ^{aA}
	2005	0.65±0.15 ^{aA}	5.85±0.06 ^{aA}	16.90±0.96 ^{aA}	6.10±0.64 ^{aA}	1.79±0.11 ^{abA}
Yalova 3	2004	0.39±0.01 ^{bA}	5.98±0.01 ^{cdA}	14.57±0.57 ^{abA}	6.01±0.38 ^{abA}	1.74±0.04 ^{abA}
	2005	0.57±0.07 ^{abA}	5.79±0.07 ^{aA}	14.69±0.52 ^{abcA}	6.27±0.85 ^{aA}	1.57±0.1 ^{aA}
Yalova 4	2004	-	-	-	-	-
	2005	0.34±0.01 ^c	5.90±0.01 ^a	13.0±0.57 ^c	7.92±0.04 ^{bc}	1.76±0.05 ^{ab}
Şebin	2004	0.32±0.07 ^c	6.00±0.01 ^d	13.09±1.25 ^b	9.22±0.04 ^b	1.94±0.01 ^c
	2005	-	-	-	-	-
Bilecik	2004	0.36±0.01 ^{bcA}	5.90±0.05 ^{bcA}	12.48±1.13 ^{bA}	8.22±0.13 ^{abA}	1.90±0.06 ^{bcA}
	2005	0.38±0.03 ^{bcA}	5.91±0.03 ^{aA}	16.42±1.00 ^{abB}	6.75±1.03 ^{abA}	1.74±0.01 ^{abA}
Şen 1	2004	-	-	-	-	-
	2005	-	-	16.00±1.71 ^{ab}	8.93±0.26 ^c	1.88±0.2 ^b
Kaman 5	2004	0.35±0.035 ^{bcA}	5.82±0.05 ^{abA}	15.46±0.43 ^{aA}	5.72±1.0 ^{aA}	1.72±0.13 ^{aA}
	2005	0.39±0.06 ^{bcA}	5.90±0.07 ^{aA}	14.18±0.38 ^{cdA}	7.15±0.29 ^{abA}	1.62±0.06 ^{abA}

Değerler ortalama±standart hata şeklinde verilmiştir. Üst simge olarak gösterilen küçük harfler Duncan çoklu karşılaştırma testine göre aynı yıl içinde çeşitler arasındaki farklılığı, büyük harfler aynı çeşitte yıllar arasındaki farklılığı göstermektedir (P<0.05). - bulunduğu yıla ait yeterli örnek temin edilememiştir.

Ceviz çeşitlerinde diğer büyük bileşen gurubu ise ham selüloz olmuştur. Çeşitlerde ham selüloz miktarı %5.72 ile %9.22 arasında değişmiştir (Tablo 3). Diğer kimyasal bileşenlerden kül miktarı %1.57 ile %1.94 arasında, çeşitlerin pH değerleri ise 5.77 ile 6.00 arasında olduğu belirlenmiştir. Ceviz çeşitlerinin ham selüloz, kül, pH ve titrasyon asitliği değerlerinin yıllara göre önemli bir değişim göstermediği görülmektedir (Tablo 3).

Tablo 4'ten görüldüğü gibi ceviz çeşitlerinde toplam şeker miktarının %1.24 ile %3.19 arasında değiştiği tespit edilmiştir. Toplam şeker içinde baskın şeker gurubu sakaroz iken glukoz ve fruktoz miktarı oldukça düşüktür. 2004 ve 2005 yılında hasat edilen ceviz

çeşitlerine ait içlerde sakaroz miktarı %0.78-2.78, glukoz miktarı %0.17-0.42 ve fruktoz miktarı %0.19-0.34 arasında değişmiştir. Ruggeri ve ark. [9] İtalya'da yetiştirilen dört farklı ceviz çeşidinde, glukoz miktarının 0.08-0.17g/100g arasında, fruktoz miktarlarının iz miktar ile 0.14g/100g arasında, sakaroz miktarının ise 2.17-4.22g/100g arasında bulunduğunu, rafinoz ve stakiyoz'un ise tespit edilemediğini bildirmişlerdir. Çalışmamız sonucunda elde ettiğimiz veriler Ruggeri ve ark.'na [9] ait veriler ile kıyaslandığında bulduğumuz glukoz ve fruktoz değerlerinin bildirilen değerlerden biraz yüksek ve sakaroz değerlerinin ise bildirilen değerler ile uyumlu olduğu görülmektedir (Tablo 4).

Tablo 4. Türkiye’de yetiştirilen bazı ceviz çeşitlerinin şeker dağılımı (n=3)

Çeşit	Yıl	Glukoz (%)	Fruktoz (%)	Sakaroz (%)	Toplam (%)
Yalova 1	2004	0.42±0.04 ^{abA}	0.28±0.04 ^{abA}	1.39±0.09 ^{ca}	2.10±0.01 ^{ba}
	2005	0.23±0.03 ^{bcB}	0.23±0.05 ^{ba}	0.78±0.10 ^{cb}	1.24±0.18 ^{eb}
Yalova 3	2004	0.39±0.05 ^{abA}	0.26±0.01 ^{bb}	1.85±0.15 ^{bca}	2.50±0.09 ^{abA}
	2005	0.39±0.04 ^{abA}	0.34±0.01 ^{abA}	0.99±0.02 ^{cb}	1.71±0.07 ^{db}
Yalova 4	2004	-	-	-	-
	2005	0.20±0.04 ^{bc}	0.20±0.01 ^b	2.16±0.06 ^b	2.56±0.01 ^{bc}
Şebin	2004	0.21±0.01 ^c	0.22±0.01 ^b	2.72±0.04 ^a	3.15±0.06 ^a
	2005	-	-	-	-
Bilecik	2004	0.29±0.05 ^{bca}	0.34±0.04 ^{abA}	2.38±0.03 ^{abA}	3.01±0.06 ^{abA}
	2005	0.17±0.03 ^{ca}	0.19±0.01 ^{bb}	2.78±0.19 ^{abA}	3.14±0.14 ^{abA}
Şen 1	2004	-	-	-	-
	2005	0.27±0.01 ^b	0.23±0.06 ^b	2.33±0.41 ^{ab}	2.83±0.34 ^{ab}
Kaman 5	2004	0.23±0.04 ^{ca}	0.25±0.00 ^{ba}	2.71±0.5 ^{abA}	3.19±0.57 ^{abA}
	2005	0.23±0.02 ^{bca}	0.23±0.01 ^{bb}	1.88±0.09 ^{ba}	2.33±0.11 ^{ca}

Değerler ortalama±standart hata şeklinde verilmiştir. Üst simge olarak gösterilen küçük harfler Duncan çoklu karşılaştırma testine göre aynı yıl içinde çeşitler arasındaki farklılığı, büyük harfler aynı çeşitte yıllar arasındaki farklılığı göstermektedir ($P<0.05$). - bulunduğu yıla ait örnek temin edilememiştir.

SONUÇ

2004 ve 2005 yılına ait fiziksel analiz sonuçları incelendiğinde, Yalova 1 ve Şen 1 çeşitleri yüksek meyve ve iç ağırlığa sahip olmasına karşın, bu çeşitler Bilecik çeşidi ile birlikte düşük randıman değerine sahip olmuşlardır. En düşük meyve ve iç ağırlığa sahip Şebin, Kaman 5 tipi ve Yalova 3 çeşidi ise yüksek randıman değerine sahip olmuşlardır. Yüksek randıman değeri ticari olarak istenen önemli bir parametredir. Sonuçlar göstermiştir ki yüksek meyve ve iç ağırlığa sahip büyük yapılı ceviz çeşitleri düşük randımana sahip olurken küçük yapılı cevizler yüksek randımana sahip olmuşlardır. Ayrıca çeşitlerden Şebin, Kaman 5, Yalova 1 ve Şen 1 ince kabuk yapısına sahip olup, kırılmaları ve içlerinin zedelenmeden çıkartılması oldukça kolaydır. Çalışmadan elde edilen sonuçlara göre Şebin çeşidi ve Kaman 5 tipinin hem yüksek randıman değeri hem de ince kabuk yapılı nedeniyle ceviz içi eldesi ve kullanıma hazır ürün olarak piyasaya sürülmesi için uygun olduğu söylenebilir. Yalova 3 çeşidi yüksek randımana sahip olmasına karşılık, kabuğunun kolay kırılmaması ceviz içinin parçalanmadan veya zedelenmeden çıkartılmasını oldukça güçleştirmekte ve kayıp oranını artırmaktadır. Cevizlerin renk değerleri incelendiğinde genellikle yüksek L değerlerine yüksek +b değerlerinin eşlik ettiği görülmüştür. Ancak +a değerleri ile net bir ilişki gözlenmemiştir. L ve +b değerlerinin cevizlerde yüksek olması istenen renk parametreleri olarak kullanılması önerilmektedir. +a değerinin ise kararma göstergesi olabileceği ve mümkün olduğunca düşük değerlerde olmasının istenmesinin doğru olacağı düşünülmektedir. Ancak renk parametrelerin rakamsal olarak optimumlarının belirlenmesi için bu değerleri duyuusal testlerle birlikte ele alacak çalışmaların yapılması gerekmektedir.

Ceviz çeşitlerinde en büyük bileşen gurubu yağlar olurken ikinci sırada protein gelmiştir. Yağ alımının sağlık riskleri bilinmesine karşın besinsel ve ekonomik bakımdan önemli olanın yağın tipi ve yağ asidi dağılımı olduğu kabul edilmektedir. Çalışma sonucunda Türkiye’ye ait bazı ceviz çeşidi ve tipinin yağlarını oluşturan yağ asitlerinin %90’dan fazlasının doymamış yağ asitlerinden, %60’tan fazlasının ise çoklu doymamış yağ asitlerinden oluştuğu tespit edilmiştir. Bu durum beslenme açısından istenen bir özellik olmasına karşın ceviz çeşitlerini oksidasyona karşı daha hassas hale getirmektedir. Bu nedenle çeşitlerden Şebin, Bilecik ve Kaman 5 yüksek randıman değerleri yanında yüksek çoklu doymamış yağ asidi değerlerine de sahip olarak hem ticari açıdan hem de beslenme açısından en dikkat çekici çeşitler olmuşlardır. Ancak özellikle çoklu doymamış yağ asidi içeriklerinin yüksek olması nedeniyle bu çeşitlerin işlenmeden taze tüketimde kullanılması daha doğru olacaktır. İşleme ve depolama için hem kolay kırılan kabuğu hem de düşük çoklu doymamış yağ asidi içeriği nedeniyle Yalova 1 çeşidinin seçilmesi doğru olacaktır. Ayrıca Yalova 4 çeşidi de yüksek yağ içeriği nedeniyle ceviz yağı üretimi için ekonomik açıdan daha uygun bir çeşit olarak gözükmektedir.

TEŞEKKÜR

Bu çalışmada yer alan verilerin bir kısmı Türkiye 10. Gıda Kongresinde (21-23 Mayıs 2008, ERZURUM) poster bildirisi olarak sunulmuştur. Bu çalışmanın gerçekleştirilmesi için finansal destek sağlayan TÜBİTAK’a teşekkür ederiz (Proje No: TOVAG 104 O 168).

KAYNAKLAR

- [1] Davis, P.H., 1982. *Flora of Turkey and The East Aegean Islands*. Vol. 7, University Of Edinburg, England.
- [2] Şen, S.M.,1986. *Ceviz Yetiştiriciliği*. Eser Matbaası, Samsun, Türkiye.
- [3] Rosengarten, F., 1984. *The Book of Edible Nuts*. Walker, New York.
- [4] Anon 2005. <http://faostat.fao.org/>
- [5] Anon 1991. The California Walnut- The Wander Nut. *Food Trade Review*, January: 25-27
- [6] Payne, T., 1985. California Walnuts and Light Foods. *Cereal Foods World* 30 (3): 215-218.
- [7] Akbaş, H., 1993. Farklı Yöre Çeşitlerinden Derlenen Cevizlerin Teknolojik Özelliklerinin Araştırılması. Ondokuz Mayıs Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, Samsun, Türkiye.
- [8] Torun, B., 1999. Ceviz Ezmesi Üretim Yöntemi Kalitesi ve Raf Ömrünün Geliştirilmesi. Akdeniz Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, Antalya, Türkiye, 90 s.
- [9] Ruggeri, S., Cappelloni ,M., Gambelli, L., Nicoli ,S., Carnovale, E., 1998. Chemical composition and nutritive value of nuts grown in Italy. *Italian Journal of Food Science* 10 (3): 243-252.
- [10] Koyuncu, F., Koyuncu, M.A., Erdal, İ., Yaviç, A., 2002. Chemical composition of fruits of some walnut (*Juglans regia* L.) selections. *Gıda* 27 (4): 247-251.
- [11] Zwarts L, Savage GP, McNeil DL. 1999. Fatty acid content of New Zealand-grow walnuts (*Juglans regia* L). *International Journal of Food Science and Nutrition* 50: 189-194.
- [12] Anon 2002. News Stand. *Total Health* 22 (4): 16.
- [13] Abbey, M., Noaks, M., Belling, G.B., Nestel ,P.J., 1994. Partial replacement of saturated fatty acids with almonds or walnuts lowers total plasma cholesterol and low-density-lipoprotein cholesterol. *American Journal of Clinical Nutrition* 59: 995-999.
- [14] Garcia, J.M., Agar, I.T., Streif , J., 1994. Lipid characterization in kernels from different walnut cultivars. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry* 18: 195-198.
- [15] Anon 1991. Ceviz İçi Standardı (Standart No: TS 1276). TSE, Ankara.
- [16] Özkaya, H., Kahveci, B., 2005. *Tahıl ve Ürünleri Analiz Yöntemleri*. Gıda Teknolojisi Derneği yayınları No:31, Ankara, Türkiye.
- [17] Cemerolu, B., 1992. *Meyve ve Sebze İşleme Endüstrisinde Temel Analiz Metotları*. Biltav Yayınları, Ankara, Türkiye.
- [18] AOAC 2000. Official Methods of Analysis. 17th edition, Association of Official Analytical Chemists, Washington, DC, USA.
- [19] Anon 1987. International Union of Pure and Applied Chemistry Standard Methods for Analysis of Oils, Fats and Derivatives. 7th Edition, Blackwell Scientific, Oxford.
- [20] Bernardez, M.M., Miguelez, J.M., Queijeiro, J.G., 2004. HPLC determination of sugars in varieties of chestnut fruits from Galicia (Spain). *Journal of Food Composition and Analysis* 17: 63-67.
- [21] Özkan, Y., 1996. Niksar ve Pazar ilçelerinde yetiştirilen bazı ceviz tiplerinin meyve özellikleri. *GOP Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi* 13 (1): 1-13.
- [22] Çağlarırnak, N., 2003. Biochemical and physical properties of some walnut genotypes. *Nahrung* 1: 28-32.
- [23] Al-Bachir, M., 2004. Effect of gamma irradiation on fungal load, chemical and sensory characteristics of walnuts (*Juglans regia* L.). *Journal of Stored Products Research* 40: 355-362.
- [24] Savage, G.P., 2001. Chemical composition of walnuts grown in New Zealand. *Plant Food for Human Nutrition* 56: 75-82.
- [25] Beyhan, O.E., Kaya, I., Şen, S.M., Doğan, M., 1995. Fatty acid composition of walnut (*Juglans regia* L.) types selected in Darende. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry* 19: 299-302.
- [26] Harper, C.R., Jacobson, T.A., 2001. The fats of life, the role of omega-3 fatty acids in the prevention of coronary heart disease. *Archives of Internal Medicine* 161: 2185-2192.
- [27] Hunter, J.E., 1990. n-3 Fatty acids from vegetable oils. *American Journal of Clinical Nutrition* 51: 809-814.

UHT Sütlerin Bazı Kalite Kriterlerinin ve Antioksidan Aktivitelerinin Belirlenmesi

Ceren Sönmez, Güldem Ertaş, Özge Duygu Okur, Zeynep Güzel-Seydim

Süleyman Demirel Üniversitesi, Mühendislik-Mimarlık Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Isparta
E-posta: dokur@mmf.sdu.edu.tr

ÖZET

Bu çalışmada sade ve aromalı süt örneklerinin antioksidan aktiviteleri ile bazı kimyasal özelliklerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Sade, çilek aromalı ve çikolatalı süt olmak üzere 6 farklı firmadan alınan karton kutu ambalajlı UHT sütler kullanılmıştır. Örneklerde titrasyon asitliği, pH, yağ, toplam kuru madde ve kül analizleri yapılmış olup, toplam fenolik madde içeriği ve toplam antioksidan aktiviteleri TEAC (Trolox Eşdeğer Antioksidan Aktivitesi, ABTS) ve ORAC (Oksijen Radikal Absorbans Kapasitesi) yöntemleriyle belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlara göre çilek aromalı, çikolatalı ve sade sütlerde toplam fenolik madde içeriği sırasıyla 1152.93 ± 57.82 , 1587.52 ± 229.84 ve 1030.10 ± 19.31 mg gallik asit eşdeğeri (GAE)/L, TEAC değerleri sırasıyla 5.38 ± 0.28 , 6.25 ± 0.53 ve 4.31 ± 0.51 mM Trolox eşdeğeri, ORAC değerleri ise sırasıyla 3.38 ± 0.36 , 4.31 ± 0.57 ve 2.98 ± 0.15 μmol Trolox eşdeğeri/mL olarak bulunmuştur. Antioksidan aktiviteleri, toplam fenolik madde içeriği ve ORAC bakımından ürünler arasında en düşük değerler sade süt örneklerinde tespit edilmiştir. Çikolatalı sütlerde toplam antioksidan aktivite değerleri en yüksek belirlenmiştir ($p < 0.001$).

Anahtar Kelimeler: Süt, Toplam antioksidan aktivite, ORAC, TEAC, ABTS, Toplam fenol içeriği

Determination of Some Quality Characteristics and Antioxidant Activities of UHT Milks

ABSTRACT

Total antioxidant activity and some quality properties were determined in UHT plain milk and chocolate- and strawberry-flavoured milk samples of six different brands. Total titratable acidity, pH, fat, total solids, total ash analysis, total phenolic content and total antioxidant activity using TEAC (Trolox Equivalent Antioxidant Capacity, ABTS) and ORAC (Oxygen Radical Absorbance Capacity) assays were determined in milk samples. Results indicated that total phenolic content, TEAC and ORAC values of strawberry-flavoured, chocolate-flavoured and plain milk samples ranged between 1152.93 ± 57.82 , 1587.52 ± 229.84 and 1030.10 ± 19.31 mg gallic acid equivalents (GAE)/L, 5.38 ± 0.28 , 6.25 ± 0.53 and 4.31 ± 0.51 mM Trolox equivalent, and 3.38 ± 0.36 , 4.31 ± 0.57 and 2.98 ± 0.15 μmol Trolox equivalents/mL, respectively. The lowest total phenolic content, TEAC and ORAC values were determined in plain milk samples. The highest total antioxidant activity was determined in chocolate-flavoured milk samples ($p < 0.001$).

Key Words: Milk, Total antioxidant activity, ORAC, TEAC, ABTS, Total phenolic content

GİRİŞ

Atomik ya da moleküler yapılarda çiftlenmemiş tek elektron bölümlerine "serbest oksijen radikali" ismi verilmektedir. Diğer moleküllerle kolayca elektron alışverişine girebilen bu moleküllere "reaktif oksijen partikülleri" de denilmektedir [4]. Bu radikaller, hücredeki diğer moleküllerle kolayca etkileşime girerek oksidatif stres oluşumuna neden olmaktadır. Oksidatif stres, temel hücre bileşenlerinde hasara neden olarak yaşa bağlı çeşitli hastalıklara neden olmaktadır [3]. Serbest

radikallerin etkisinden korunmak için yüksek antioksidan içeriği olan gıdalarla beslenme önemlidir. Çoğunlukla polifenolik yapıdaki antioksidan maddeler meyvelerde ve sebzelerde yüksek miktarda bulunmakta olup bunların en önemlileri tokoferoller, flavonoidler, karotenoidler ve askorbik asittir [7, 15, 21, 22].

Süt, insan beslenmesi için temel bir gıdadır. Yüksek besin değerinin yanı sıra sütün bileşiminde de antioksidan maddeler bulunmaktadır. Bu antioksidanlar protein yapıda olan ve olmayan antioksidanlar olarak

ikiye ayrılmaktadır. Protein yapıda olmayan antioksidanlar; A, C, E vitaminleri ile fenolik bileşiklerden kaynaklanmaktadır. Protein grupta ise, proteolitik enzimler (pepsin, tripsin), peptitler (Trp-Tyr- Ser-Leu-Ala-Met-Ala-Ser-Asp-Ile) ve süt proteinlerinden kazein (α -kazein, β -kazein, K-kazein), β -laktoglobulin yer almakta ve yüksek antioksidan özelliğe sahip oldukları bilinmektedir [8].

Antioksidan bileşiklerin etki mekanizmaları farklılıklar göstermektedir. Örneğin, E vitamini lipit oksidasyonu sırasında oluşan peroksil radikallerini yakalayarak etkisiz hale getirmekte ve böylelikle otooksidasyonu engellemektedir. Ancak kendisi bir radikale dönüşmekte ve bu radikal de C vitamini tarafından indirgenerek yeniden E vitamini dönüşürmektedir. Oluşan C vitamini radikali de vücut mekanizmaları tarafından özellikle askorbat peroksidazca etkisizleştirilmektedir. Fenolik maddeler ise antioksidan etkilerini yapılarında bulunan OH gruplarındaki hidrojeni radikale vererek, serbest radikal üreten lipoksigenaz enzimini etkisiz hale getirmekte ve serbest radikal üreten reaksiyonlardaki metal katalizörleri ile şelatlar oluşturarak bunu gerçekleştirmektedir [2]. Süt ve süt ürünlerinde fenolik maddeler, hayvanın beslenmesinde kullanılan yemler, aminoasit katabolizması, fenolik bileşenlerin fonksiyonel nedenlerle ürüne doğrudan eklenmesi ve çevreden kontamine olmaları gibi nedenlerden dolayı bulunabilmektedir [9].

Serum proteinlerinin muhtemel antioksidan mekanizmaları ise; laktoferrin ve peynir altı suyu albümini ve tirozin ile sistein gibi aminoasitler tarafından da serbest radikallerin etkisiz hale getirilmesine dayanmaktadır [10, 11]. Serum proteinlerinin antioksidan aktiviteleri, sülfidril gruplarının varlığına bağlıdır ve bu gruplar bulunmadığında aktivite kaybolmaktadır [18]. Kazeinler ise lipit peroksidasyonunu inhibe edebilmektedirler [5].

Çalışmamızda beslenme açısından öneme sahip olan karton kutu ambalajlı sade ve aromalı sütlerin çeşitli kalite parametreleri ve antioksidan özelliklerinin tespit edilmesi amaçlanmıştır.

MATERYAL ve METOT

Materyal

Bu çalışmada kullanılan karton kutu ambalajlı UHT süt örnekleri 6 farklı markadan 3 farklı zamanda piyasadan temin edilmiştir. Örnekler 2 paralelli olarak analiz edilmiştir. Aynı marka örnekler farklı zamanlarda alınarak aynı parti üretim olmaması amaçlanmıştır.

Metot

Örneklerin toplam asitlik, pH, yağ, kuru madde ve kül analizleri AOAC prosedürlerine uygun olarak yapılmıştır [1]. Toplam fenolik madde içeriği Folin-Ciocalteu ayracı kullanılarak spektrofotometre (Shimadzu Scientific Instruments, Inc., Tokyo, Japonya) ile 760nm de ölçülerek belirlenmiştir. Sonuçlar mg GAE (gallik asit eşdeğeri)/L olarak verilmiştir. Örneklerin Troloks eşdeğeri (TE) antioksidan aktiviteleri (TEAC) ise 2,2'-azinobis (3-ethylbenzthiazolin-6-sulfonik asit) radikal (ABTS+) inhibisyonunun Troloks ile karşılaştırılmasına göre spektrofotometre ile 734 nm dalga boyunda ölçülerek tespit edilmiştir [13]. Oksijen Radikal Absorbans Kapasitesi (ORAC), spektrofotometrik olarak ORAC-Florescein yöntemiyle 485 – 520 nm (eksitasyon ve emisyon) dalga boylarında Biotek HT Synergy mikropilaka okuyucusu (Winooski, Vermont, USA) kullanılarak Gen 5TM programı ile belirlenmiştir [6].

İstatistiksel Değerlendirme

Elde edilen sonuçlar tanımlayıcı istatistik ve karşılaştırma testleri ile SAS V8 [14] paket programı kullanılarak değerlendirilmiştir.

ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA

Farklı süt örneklerindeki bazı kimyasal analiz sonuçları Tablo 1'de gösterilmiştir. Tüm örneklerin asitlikleri uygun olarak tespit edilmiştir [22, 23]. Çilek aromalı ve çikolatalı sütte yağ oranları sade süte göre düşük olmasına karşın kuru madde oranlarının yüksek olmasının nedeni içerdikleri kakao ve/veya şekerden dolayı çözünür kuru madde oranının artmasından kaynaklanmaktadır.

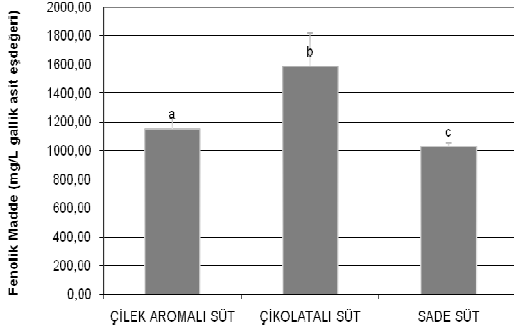
Tablo 1. Üç farklı süt örneğine ait kimyasal analiz sonuçları

Örnek	Toplam Asitlik (SH)	pH	% Yağ	% Kuru Madde	% Kül
Çilek Aromalı Süt	7.73±0.20	6.67±0.02	1.40±0.09	14.61±0.51	0.68±0.02
Çikolatalı Süt	6.67±0.20	6.76±0.04	1.65±0.21	16.62±0.54	0.82±0.05
Sade Süt	7.73±0.17	6.7±0.02	3.15±0.06	11.14±0.06	0.70±0.02

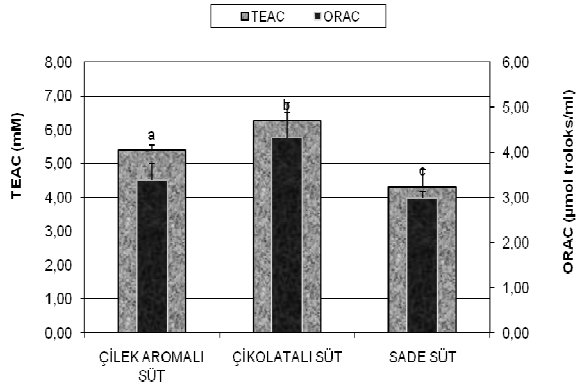
Örneklerin Folin-Ciocalteu ayracı kullanılarak spektrofotometrik yöntemle göre belirlendiği toplam fenolik madde içerikleri Şekil 1'de, TEAC (ABTS) ve ORAC yöntemlerine göre belirlenen toplam antioksidan aktivite değerleri Şekil 2'de sunulmuştur. Elde edilen

sonuçlara göre çilek aromalı, çikolatalı ve sade sütlerde sırasıyla toplam fenolik madde içeriği; 1046.60-1414.60 mg GAE/L, 834.60-2347.20 mg GAE/L, 936.60-1066.60 mg GAE/L aralığında tespit edilmiştir. Toplam antioksidan aktivite iki farklı yöntemle belirlenmiş, çilek

aromalı, çikolatalı ve sade sütte sırasıyla TEAC değerleri 5.6-6.54, 3.81-7.04 ve 2.82-6.29 mM Troloks eşdeğeri, ORAC değerleri ise, 2.42-5.09, 3.11-6.89 ve 2.26-3.29 μmol Troloks eşdeğeri/mL aralığında bulunmuştur.



Şekil 1. Çilek Aromalı, Çikolatalı ve Sade Sütlerin Toplam Fenolik Madde İçerikleri (a,b,c kodlamaları örnekler arasındaki farklılığı ($p < 0.001$) temsil etmektedir)



Şekil 2. Çilek Aromalı, Çikolatalı ve Sade Sütlerin TEAC ve ORAC Değerleri (a,b,c harfleri örnekler arasındaki farklılığı ($p < 0.001$) temsil etmektedir)

Belirli oranlarda portakal, çilek, muz, şeftali, kayısı, elma, limon, havuç ve tropikal bazı meyve suları ile yağsız sütün karıştırılmasıyla elde edilen içeceklerin toplam fenolik madde ve antioksidan aktivite içeriklerinin belirlenmesi üzerine yapılan çalışmada, özellikle çilek, muz, portakal (%25), yağsız süt (%20) örneğinde elde edilen toplam fenolik bileşimlerin konsantrasyonu $84.7 \pm 0.03 \text{ mg/100 mL GAE}$, TEAC değeri ise $3.41 \pm 0.05 \text{ mmol Troloks eşdeğeri/L}$ olarak bulunmuştur. Ürün içeriğinde su, şeker, kalsiyum tuzları, stabilizör (pektin), sitrik asit, vitamin C, aromalar, vitamin A ve renklendirici olarak allura red kullanılmıştır [26]. Nar, çilek, kiraz, yaban mersini ve Frenk üzümü gibi koyu renkli meyve sularında yapılan diğer bir çalışmada toplam fenolik madde içeriği ve antioksidan aktiviteleri belirlenmiş ve çilekli meyve sularında toplam fenolik madde içeriği 1302.1 mg/L GAE , toplam antioksidan içeriği ise $3,95 \text{ mM Troloks}$ olarak bulunmuştur [14]. Yapılan çalışmada da çilek aromalı sütün antioksidan aktivitelerinde, farklı markalar arasında önemli farklılıklar olduğu tespit edilmiştir ($p < 0.001$). Kakao tanelerinin ve çikolatalı ürünlerin yüksek polifenolik madde içeriklerinden dolayı

diğer fenolik maddeleri içeren gıdalardan daha yüksek ORAC değerlerine sahip oldukları bilinmektedir [20]. Anne sütünün antioksidan aktivitesini belirlemek için yapılan çalışmada anne sütü örneklerinin ORAC değerleri $2.46\text{-}3.41 \mu\text{mol TE/mL}$ olarak tespit edilerek süt içindeki alfa tokoferol ile ORAC değerlerinin önemli düzeyde ilişkide olduğu belirtilmiştir [16]. Sütün kompleks bir sistem olmasına karşın ORAC testinin toplam antioksidan aktivitenin belirlenmesinde faydalı olduğu açıklanmıştır [16]. Yapılan başka bir çalışmada süt örneklerinin ortalama ORAC değeri $3,4 \mu\text{mol}$, peynir altı suyunun ORAC değeri $0,28 \mu\text{mol}$ olarak açıklanmıştır; sütte mevcut antioksidan aktivitenin önemli düzeyde kazeinden kaynaklandığı belirlenmiştir [6]. Doğal kakao tozunda yapılan bir çalışmada ORAC değeri $826 \pm 103 \mu\text{mol TE/g}$ olarak tespit edilmiş ve kakaonun önemli düzeyde antioksidan aktiviteye sahip olduğu belirlenmiştir [8]. Sade sütün kendi bileşiminden kaynaklanan doğal antioksidan bileşenlerinin yanı sıra özellikle çikolatalı sütün toplam fenolik ve toplam antioksidan değerlerinin diğer sütlere göre yüksek olduğu belirlenmiş ve tüm örnekler arasında önemli düzeyde farklılık tespit edilmiştir ($p < 0.001$). Bu sonuç, kakao tanelerinin yüksek antioksidan ve fenolik içeriğe sahip olmasından dolayı beklenen bir sonuçtur. Özellikle kakao ve çikolatada bulunan flavonoidlerin kardiyovasküler sağlık üzerinde önemli etkilerinin olduğu bilinmektedir [20]. Bu bakımdan elde edilen sonuçların beslenme ve sağlık açısından önemi de kaçınılmaz olmaktadır.

SONUÇ

Beslenme ve sağlık açısından, gıdaların güncel yöntemlerle toplam antioksidan aktivitelerinin ve fenolik madde içeriklerinin belirlenmesi önemlidir. Bileşiminde dengeli olarak bulundurduğu kıymetli besin maddeleriyle çocukların gelişimini, yetişkinlerin hücre yenilenmesini, enerji sağlaması vb. özelliklerinden dolayı sütün temel bir gıda olduğu bilinmektedir. Bunun yanı sıra sütün toplam antioksidan aktivitesinin belirlenmesi ve bu aktiviteden sorumlu bileşimlerin karakterize edilmesi sağlık açısından ve özellikle serbest radikallerden korunmada önemlidir. Bu kapsamda içme sütünün besleyici maddelerinin yanı sıra sağlık açısından olumlu olabilecek bu fonksiyonel özelliklerinin bilinmesi de süt tüketimi açısından önemli olacaktır. Ayrıca süt antioksidanları, lipid peroksidasyonunu engellemede ve süt kalitesinin sürdürülmesinde de önemli rol oynamaktadır. Bu çalışmada, sade sütün içerdiği bileşenlerden kaynaklanan önemli düzeyde antioksidan aktivitesi tespit edilmiş, çilek aromalı ve özellikle çikolatalı sütün daha yüksek antioksidan aktiviteye sahip olduğu belirlenmiştir. Çocuklar tarafından yaygın olarak tüketilen sütün doğal meyve püreleri kullanılarak hazırlanmasının antioksidan aktiviteyi artırabileceği ve çocukların sağlıklı beslenmesine önemli katkılar sağlayabileceği düşünülmektedir.

KAYNAKLAR

- [1] AOAC 1997. Method 945.46, 947.05, 986.33, 989.04, 990.19. *Official methods of analysis of*

- AOAC international (16th ed.). Gaithersburg, MD 20877-2417. USA.
- [2] Benzie, I.F.F., 2003. Evolution of dietary antioxidants. *Comparative Biochemistry and Physiology Part A*, 136:113-126.
- [3] Çakatay, U., Kayalı, R., 2006. Serbest radikal biyokimyasının tarihsel süreçteki gelişimi. *Cerrahpaşa Tıp Dergisi* 37: 162-167.
- [4] Çavdar, C., Sifil, A., Çamsarı, T., 1997. Reaktif oksijen partikülleri ve antioksidan savunma. *Türk Nefroloji Diyaliz ve Transplantasyon Dergisi* 3-4: 92-95.
- [5] Cervato, G., Cazzola, R. & Cestaro, B., 1999. Studies on the antioxidant activity of milk caseins. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, 50: 291-296.
- [6] Clausen, M.R., Skibsted, L.H., Stagsted, J. 2009. Characterization of major radical scavenger species in bovine milk through size exclusion chromatography and functional assays. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 57(7): 2912-2919.
- [7] Dávalos, A., Bartolomé, B., Gómez-Cordovés, C., 2004. Extending applicability of the oxygen radical absorbance capacity (ORAC-Fluorescein) assay. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 52: 48-54.
- [8] Gu, L., House, S. E., Wu, X., Ou, B., & Prior, R. L. 2006. Procyanidin and catechin contents and antioxidant capacity of cocoa and chocolate products. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 54: 4057-4061.
- [9] Hudson, B.J.F., 1990. Food Antioxidants. *Elsevier Applied Science Publishers*, New York. Elsevier, New York, pp. 253–307.
- [10] Jiménez, A.M., Murcia, M.A., Parras, P., Martínez-Tomé, M. 2008. On the importance of adequately choosing the ingredients of yoghurt and enriched milk for their antioxidant activity. *International Journal of Food Science and Technology*. 43(8): 1464-1473.
- [11] O'Connell, J.E., and Fox, P.F. 2001. Significance and application of phenolic compounds in the production and quality of milk and dairy products: a review. *International Dairy Journal* 11(3):103-120.
- [12] Ostdal, H., Daneshvar, B., Skibsted, L., 1996. Reduction of ferrylmyoglobin by b-lactoglobulin. *Free Radical Research* 24: 429-438.
- [13] Pihlanto, A., 2006. Antioxidative peptides derives from milk proteins. *International Dairy Journal* 16, 1306-1314.
- [14] Piljac-Žegarac, J., Valek, L., Martinez, S., Belščak, A., 2009. Fluctuations in the phenolic content and antioxidant capacity of dark fruit juices in refrigerated storage. *Food Chemistry* 113: 394-400.
- [15] Re, R., Pellegrini, N., Proteggente, A., Pannala, A., Yang, M. and Rice-Evans, C., 1999. Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. *Free Radical Biology and Medicine* 26: 1231-1237.
- [16] Saenz, A.T., Elisia, I., Innis, S.M., Friel, J. K., Kitts, D. D. 2009. Use of ORAC to assess antioxidant capacity of human milk. *Journal of Food Composition and Analysis* 22 (7-8): 694-698.
- [17] SAS Institute Inc., Version 8, Cary, NC, USA, 1999.
- [18] Shahidi, F. 2000. Antioxidants in Food and Food Antioxidants, *Nahrung*, 44,158-163.
- [19] Singleton, V.L., Orthofer, R., Lamuela-Raventos, R.M. 1999. Analysis of total phenols and other oxidation substrates and antioxidants by means of Folin-Ciocalteu reagent. *Methods in Enzymology* 299: 152-178.
- [20] Steinberg, F. M., Bearden, M. M., Keen, C. L., 2003. Cocoa and chocolate flavonoids: Implications for cardiovascular health. *Journal of the American Dietetic Association* 103(2): 215-223.
- [21] Tong, L.M., Sasaki, S., McClements, D.J., Decker, E.A., 2000. Mechanisms of the antioxidant activity of a high molecular weight fraction of whey. *Journal of Agriculture and Food Chemistry* 48: 1473-1478.
- [22] TSE (Türk Standartları Enstitüsü) 2001. Uzun Ömürlü Süt Standardı. T.S. 1192. Ankara.
- [23] TSE (Türk Standartları Enstitüsü) 2002. Aromalı Süt Standardı. T.S. 5004. Ankara.
- [24] Tunalier, Z., Öztürk, N., Koşar, M., Başer, K H C., Duman, H., Kırimer, N., 2002. Bazı sideritis türlerinin antioksidan etki ve fenolik bileşikler yönünden incelenmesi, XIV. *Bitkisel İlaç Hammaddeleri Toplantısı*, 130-138, Eskişehir.
- [25] Yanishlieva, N V., Pokomy, J., Gordon, M., 2001. Inhibiting Oxidation in Antioxidants in Food: Practical Applications., CRC press LLC and Woodhead Publishing Ltd, New York, USA, 288s.
- [26] Zulueta, A., Esteve, M. J., Frasquet, I., Frígola, A., 2007. Vitamin C, vitamin A, phenolic compounds and total antioxidant capacity of new fruit juice and skim milk mixture beverages marketed in Spain. *Food Chemistry* 103: 1365-1374.

Ultraviyole Işın (UV) Teknolojisinin Meyve Sularına Uygulanması

Çiğdem Uysal Pala, Ayşegül Kırca Toklucu

Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Mühendislik Mimarlık Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü
Terzioğlu Kampüsü, Çanakkale
E-posta: cupala@gmail.com

ÖZET

Son yıllarda, tazeye yakın, yüksek kalitede gıda ürünlerine karşı artan tüketici taleplerinden dolayı, meyve sularının muhafazasında ısı olmayan teknolojilere yönelik büyük bir ilgi oluşmuştur. Meyve sularının muhafazası için uygulanan ısı olmayan teknolojilerden biri de Ultraviyole (UV) uygulamasıdır. Bu uygulama, geleneksel ısı işlem tekniklerine göre daha düşük sıcaklıklarda yürütüldüğünden, sıcaklığın meyve suyu kalitesi üzerine olumsuz etkisi en aza indirilmektedir. UV ışın teknolojisindeki gelişmeler bu teknolojinin, meyve sularının muhafazasında uygulanan pastörizasyon işlemine bir alternatif olabileceği konusunda oldukça ümit verici olduğunu göstermektedir.

Anahtar Kelimeler: Ultraviyole, Isıl olmayan teknolojiler, Meyve suyu, Kalite

Application of Ultraviolet Light (UV) Technology to Fruit Juice Processing

ABSTRACT

Recently, there has been a considerable interest in non-thermal technologies for preservation of juices due to the growing consumer demands for fresh-like and high quality food products. UV irradiation is one of the non-thermal technologies used for preservation of fruit juices. Since UV treatment is carried out at a temperature lower than conventional thermal processing methods, the adverse effect of heat on juice quality is minimal. Recent advances of UV light technology have indicated that this technology could be used an alternative to heat treatment for fruit juice preservation purposes.

Key Words: Ultraviolet, Non-thermal technologies, Fruit juice, Quality

GİRİŞ

Meyve suları fenolikler, karotenoidler ve C vitamini gibi biyoaktif bileşenlerin önemli kaynaklarıdır. Ancak, meyve sularının işlenmesi sırasında kullanılan teknolojiler ve sonrasındaki depolama süreci ürün bileşiminde bir takım değişikliklere neden olmakta ve sonuçta elde edilen ürün, tüketiciler tarafından beklenen yararı tam olarak karşılayamamaktadır. Meyve suyu üreticileri, ürünlerin mikrobiyolojik güvenilirliklerinin sağlanmasında, geleneksel olarak ürünlerinin asitlik derecelerine güvenmektedir. Diğer yandan, pastörize edilmemiş meyve suları ile ilişkilendirilmiş *Escherichia coli* O157:H7 ve bazı *Salmonella* serotiplerinin neden olduğu gıda kaynaklı hastalık vakaları bulunmaktadır. Bu durum, bu ürünlerin gıda kaynaklı patojenler için bir araç olabileceğini göstermektedir [1, 2, 3, 4].

Meyve sularında hem patojen mikroorganizmalardan kaynaklanabilecek hastalık riskini ortadan kaldırmak

hem de bozulmayı önlemek amacıyla ısı işlem uygulaması zorunludur. Ancak, ısı işlem uygulaması meyve sularının renk, lezzet, besleme değeri ve antioksidan kapasitesi gibi bazı özelliklerinde önemli kayıplara neden olabilmektedir [5, 6]. Son yıllarda tüketicilerin genellikle soğukta depolanan, tüketime hazır "taze gibi" ürünlere olan ilgileri artmıştır. Bu durum gıda endüstrisini, besin değeri ile fizikokimyasal ve duyuşal özellikleri en az değişime uğramış gıdaları üretmek için alternatif teknolojileri geliştirmeye yönlendirmektedir [2].

Yüksek kalitede gıda ürünlerine karşı artan tüketici taleplerinden dolayı gıda işlemede geliştirilen, ısı olmayan yeni teknolojilerin arasında yüksek hidrostatik basınç (HHP), vurgulu elektrik alan (PEF), ultraviyole ışınlama (UV), ultrasonikasyon ve ozon gibi uygulamalar yer almaktadır [7, 8, 9, 10, 11]. Bu yeni gıda muhafaza teknikleri, geleneksel işleme metotlarına göre genellikle daha düşük sıcaklık derecelerinde uygulandıklarından gıda kalite kayıpları en az düzeyde gerçekleşmektedir

[9].

UV uygulaması, zararlı mikroorganizmaları inaktive etmek amacıyla uygulanan bir dezenfeksiyon metodudur [12]. UV ışınlarının kullanımı hava, su ve yüzey dezenfeksiyonunda iyi tanımlanmış olmasına rağmen, sıvı gıdalara uygulanmasındaki kullanımı hala sınırlıdır. Su ile karşılaştırıldığında, sıvı gıdaların çeşitli optik ve fiziksel özellikleri ve farklı kimyasal kompozisyonları UV ışının geçirgenliğini, doz aktarımını ve sonuç olarak mikrobiyal inaktivasyonu etkilemektedir. Bununla birlikte, fiziksel bir muhafaza metodu olarak UV ışınlama üzerine yapılan araştırmalar, bu teknolojinin çeşitli sıvı gıdaların ve ingredientlerin (meyve suları, içecekler, süt, sıvı yumurta, şeker şurupları vs.) pastörizasyonu için geçerli bir alternatif olarak oldukça ümit verici olduğunu göstermektedir [13]. Nitekim, Amerikan Gıda ve İlaç Dairesi (FDA-Food and Drug Administration) ve USDA (US Department of Agriculture) tarafından UV radyasyonunun kullanımının güvenilir olduğu bildirilmektedir. 2000 yılında, FDA tarafından taze meyve suyu ürünlerinde ısı işleme alternatif olarak UV radyasyonunun kullanımı onaylanmış ve performans kriteri olarak "hedef patojen sayısında 5 log azalmanın sağlanması" öngörülmüştür [14, 15].

Bu makalede, UV teknolojisinin temel prensipleri, meyve suyu uygulamalarında kullanılan UV reaktör dizaynları ve bunların mikrobiyel etkinlikleri ile UV uygulamasının çeşitli meyve sularının kalite özellikleri üzerine etkisi hakkında derlenmiş bilgiler verilmiştir.

ULTRAVİYOLE IŞINLARI VE ETKİ MEKANİZMASI

Ultraviyole ışınları, elektromanyetik spektrumun 100-400 nm aralığında yer alan küçük bir kısmını kapsamaktadır. Ultraviyole ışınları, insan vücudunun bronzlaşmasından sorumlu UV-A (320-400 nm), cilt yanıkları ve cilt kanserine neden olan UV-B (280-320 nm), germisidal etkili UV-C (200-280 nm) ve tüm maddeler tarafından absorbe edilebildiğinden sadece vakum altında yayılabilen Vakum UV (100-200 nm) olarak alt sınıflara ayrılmaktadır [13, 16]. Bu sınıflar arasında UV-C bakterî, virüs, protozoa, maya, küf ve alg gibi mikroorganizmalara karşı öldürücü etkiye sahiptir [12, 16]. Bu etkiye, hücre DNA' sının timin dimerlerinin çapraz bağlanması neden olmakta ve sonuç olarak, hücrelerde tamir mekanizması ve çoğalma önlenmektedir [17]. En yüksek öldürücü etki 250-270 nm arasında gözlenmekte olup, yüzey dezenfeksiyonu, su [13, 18], meyve suyu [16, 19], süt [20], sıvı yumurta [21, 22] ve şeker çözeltisi [23] gibi çeşitli akışkan gıda ürünlerinin dezenfeksiyonunda 254 nm dalga boyu kullanılmaktadır.

MEYVE SULARINA UV UYGULANMASINDA KULLANILAN REAKTÖRLER VE MİKROBİYAL İNAKTİVASYON ETKİNLİKLERİ

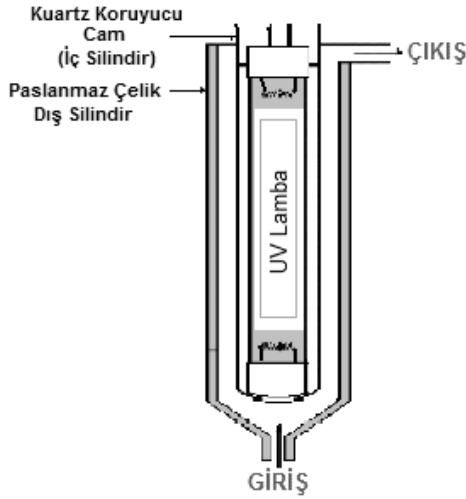
Bir UV reaktörünün dizayn edilmesinde ve performansının optimizasyonunda, meyve suları gibi sıvı

gıda ürünlerinin fiziksel, kimyasal ve optik özellikleri büyük önem taşımaktadır. Fiziksel özelliklerden viskozite ve yoğunluk, sistemde sıvının transferi ve akış modelinin etkinliğini belirlemektedir. Optik özellikler ise, UV ışınının geçirgenliğini ve bunun sonucu olarak sıvı gıdalardaki mikrobiyal inaktivasyonu etkileyen başlıca faktördür. Diğer yandan, kimyasal kompozisyon, briks ve su aktivitesi gibi özellikler de UV ışınlarının inaktivasyon etkinliğini değiştirebilmektedirler [13]. UV-C ışınlarının sıvı içine penetrasyon etkisi, sıvının UV absorptivitesi, briks ve süspansiyon madde içeriğine bağlıdır. Sıvının yüksek briks derecesine sahip olması, UV ışığının sıvı içine penetrasyon yoğunluğunu düşürmektedir. Sıvı içinde bulunan büyük süspansiyon parçacıkları da, UV ışınının mikrobiyal yük üzerine etkisini engellemektedirler [16,19]. Bunun yanı sıra, taze meyve suları ve içecekler gibi sıvı gıdalarda bulunan renk bileşenleri ve organik bileşenler ve süspansiyon maddeler de, bu ürünlerin suya göre daha az UV ışını geçirmesine neden olmaktadır. Dolayısıyla bu düşük geçirgenlik, UV pastörizasyonun etkinliğini azaltmaktadır [14]. Nitekim, Murakami ve diğ. [24], bulanık elma suyunun süspansiyon madde içeriği ve absorpsiyon katsayısı arttıkça, *Escherichia coli* K12'nin UV ışınları ile inaktivasyon etkinliğinin azaldığını belirlemiştir. Doğru bir UV reaktör dizaynı, bazı sıvı gıda ürünlerinin sahip olduğu yüksek UV absorpsiyonu ve viskozitenin olumsuz etkilerini azaltabilmekte ve buna bağlı olarak da inaktivasyon etkinliğini artırılabilir. Ayrıca, UV reaktör içindeki akış modeline bağlı olarak, ışınlanan alandaki bazı bölgelerde mikroorganizmaların pozisyonu ve kalış süreleri önemli düzeyde değişebilmektedir. Bu nedenle, akış modeli toplam uygulanan UV dozu üzerine son derece etkili olmaktadır [13]. Çizelge 1'de çeşitli meyve sularına UV uygulanmasında kullanılan farklı akış özelliklerine sahip UV reaktörlerin inaktivasyon etkinliklerine ilişkin bilgiler verilmiştir.

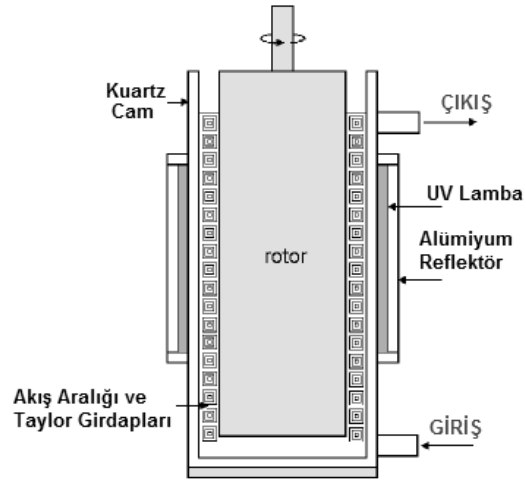
Taze meyve sularının pastörizasyonunda kullanılmak üzere, halen farklı UV reaktör dizaynları üzerinde çalışmalar yapılmaktadır. Bu amaçla yapılan ilk dizayn, ince film UV reaktördür. İnce film reaktörler, bir parabolik hız profili gösteren laminar akış ile karakterize edilmektedirler. Sıvının en yüksek hızı merkezde gözlenmektedir [13]. Şekil 1 ve 2'de iki farklı laminar akış dizaynı görülmektedir. Şekil 1'de görülen reaktör UltraDynamics model TF-1535 (Severn Trent Services Inc., Colmar, PA) UV sistemi olup, düşük basınçlı germisidal bir UV-C lamba, koruyucu kuartz cam (iç silindir) ve paslanmaz çelik bir dış silindir içermektedir. Sistemde iki silindir iç içe geçmiş bir şekilde olup, iki silindir arasında oluşan aralık 0.515 cm'dir. Sistem çalışırken bu aralık hava kabarcığı içermeyecek şekilde sıvı ürün ile dolmakta ve bir pompa yardımıyla sirkülasyon sağlanmaktadır [25]. Şekil 2'de görülen reaktörde ise, yine iç içe geçmiş 2 silindir bulunmakta ve iç silindir kendi ekseninde dönmektedir. Düşük dönme hızlarında, "Taylor-Couette akış" olarak bilinen laminar hidrodinamik bir konfigürasyon oluşmaktadır. Bu konfigürasyon, dairesel akış aralığında radyal yönde karışımı sağlayan girdaplar sistemi içermektedir [26].

Tablo 1. UV reaktörlerdeki akış türlerinin taze meyve sularında bazı mikroorganizma grupları üzerine inaktivasyon etkisi (Koutchma [13]'den modifiye edilmiştir)

UV Reaktörün Akış Tipi	Meyve Suyu Çeşidi	Test edilen mikroorganizma	Uygulanan UV doz, mJ/cm ²	Mikroorganizmanın log azalma durumu	Kaynak
Laminar akış	Portakal suyu	Aerobik canlı sayısı	120	3	[12]
		Maya-küf		2	
	Elma suyu	<i>Saccharomyces cerevisiae</i>	690	1.34	[19]
		<i>E. coli</i>		5.10	
		<i>Listeria innocua</i>		4.29	
Dean akış	Elma suyu	<i>E. coli</i> K12	14.5	3-4	[34]
	Bulanık elma suyu	<i>E. coli</i> (ATCC 25922)	35.11	5	[35]
Türbülent akış	Mango nektarı	Aerobik canlı sayısı	825	2.94	[32]
		<i>S. cerevisiae</i>		2.71	
	Elma suyu	<i>E. coli</i>	230J/L	5.1	[16]
		Aerobik canlı sayısı		1377J/L	
	Guava ve ananas suyu	Maya-küf	918J/L	4.48	[16]
		Aerobik canlı sayısı	459J/L	<1	
	Portakal suyu	Maya-küf	1377J/L	<1	[16]
		Aerobik canlı sayısı		1.4	
	Mango nektarı	Maya-Küf	1377J/L	2.8	[16]
		Aerobik canlı sayısı		1.4	
Dean akış	Bulanık elma suyu	<i>E. coli</i> K12	0.75	<1	[34]
	Model karamel çözeltileri	<i>E. coli</i> K12	21.5	6'ya kadar	[27]
Dean akış	Bulanık elma suyu	<i>E. coli</i>	60W/m ²	4-5	[36]
		<i>Lactobacillus brevis</i>		4	
		<i>S. cerevisiae</i>		4	



Şekil 1. İnce film dairesel reaktörün şematik gösterimi [25]



Şekil 2. Laminar Taylor-Couette UV reaktörün şematik gösterimi [14]

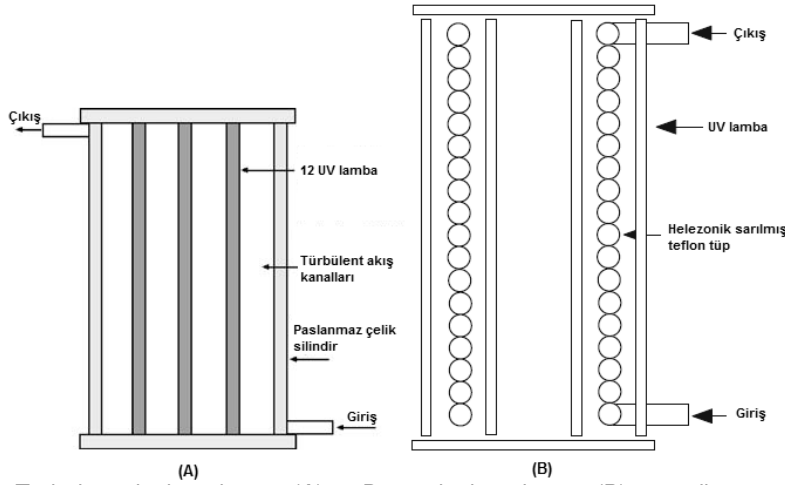
Guerrero-Beltran ve Barbosa-Canovas [19], laminar akışlı bir UV reaktörde, 690 mJ/cm² doz uygulaması ile elma suyunda *Saccharomyces cerevisiae*, *Escherichia coli* ve *Listeria innocua* sayılarında sırasıyla 1.34, 4.29 ve 5.10 log azalma sağlamışlardır (Çizelge 1). Yine, Tran ve Farid [12] tarafından portakal suyuna, tek bir UV lambalı ince film reaktör kullanarak 120 mJ/cm² UV dozu uygulanmış ve aerobik bakteri sayısında 3 log, maya-küf sayısında ise 2 log azalma sağlanmıştır.

UV reaktörlerde ikinci dizayn yaklaşımı, uygulama sırasında reaktör içindeki türbülansı arttırmaktadır. Türbülent koşullar altında, yüksek akış hızı ile homojen bir akış ve buna bağlı olarak daha iyi bir karışım sağlandığı için ürünün her hacmi UV ışınına maruz kalmaktadır [13]. Keyser ve ark. [16], çeşitli meyve sularının (portakal suyu, elma suyu, guava ve ananas suyu, mango nektarı ve tropikal meyve suyu) mikroorganizma yüklerinin azaltılması amacıyla 10 lambalı türbülent akışlı bir UV sistemi kullanmışlar ve UV ışınlarının, incelenen meyve suyu ve nektarlarında

mikrobiyal yükü azaltmada etkili olduğunu (Çizelge 1), ancak her meyve suyu için optimizasyonun gerekli olduğunu bildirmişlerdir.

Diğer bir yaklaşımda ise, UV reaktörü UV lambalarla birlikte helezonik teflon tüp ve tüpün içinde ve dışında reflektör (yansıtıcı) içermektedir (Şekil 3). Böylece tekdüze bir ışınlama sağlanmaktadır. Bu sistemde kullanılan helezonik teflon tüp, ilave bir türbülans teşvik etmekte ve "Dean etkisi" olarak da bilinen ikincil bir girdaplı akışa neden olmaktadır. Bunun sonucunda da, daha tekdüze bir hız ve kalma süresi dağılımı (residence

time distribution) sağlanmaktadır [13]. Koutchma ve ark. [27], 24 lambalı bir UV reaktörü kullanarak karamel model çözeltisine *Escherichia coli* K12 inoküle ederek UV ışınlarının etkisini incelemişlerdir. Söz konusu sistemde, absorpsiyon katsayısı 15 cm^{-1} 'den daha az olan Newton tipi sıvılar için, 5 gpm akış hızında, tek bir geçişle FDA tarafından öngörülen 5 log'luk azalma sağlanmış, ancak daha yüksek absorptivite değerlerine sahip portakal ve elma suyu gibi meyve sularında bu standardı karşılamak için çoklu geçiş yapılması gerektiği saptanmıştır.



Şekil 3. Türbülent akışlı reaktörün (A) ve Dean akışlı reaktörün (B) şematik gösterimi [14]

Bununla birlikte, FDA halen yürürlükteki düzenlemeye (21 CFR 179, Food Additive Regulation) göre, meyve sularının muhafazasında UV uygulamasını, reaktörde türbülent akış koşullarının sağlanması koşuluyla onaylamaktadır [27].

Reaktörlerde UV ışın kaynakları olarak genellikle düşük basınçlı civalı lambalar (LPM-low pressure mercury) kullanılmakla birlikte, bu amaçla orta basınçlı civalı lambalar (MPM-medium pressure mercury), pulsed-light (PL) ve excimer lazer (EL) teknolojileri gibi pek çok alternatif UV ışın kaynakları da geliştirilmiştir [13]. LPM lambalar 254 nm'de sürekli monokromatik ışın gönderecek şekilde dizayn edilmişlerdir. MPM lambalar ise, 200-300 nm arasında germisidal etkili polikromatik ışın yaymaktadırlar. Diğer yandan, PL teknolojisinde saniyenin milyonda veya binde biri kadar çok kısa sürelerde flaşlar yayan Xenon lambalar kullanılmaktadır. Bu lambalar 200-1100 nm arasında geniş bir ışın spektrumuna sahip olup, bu spektrumun UV-C kısmı mikrobiyal inaktivasyonun sağlanmasında çok önemlidir. Excimer lazer teknolojisi ise, 248 nm'de atımlı ışık yaymaktadır [29]. Düşük ve orta basınçlı civalı lambalar yaklaşık 50 yıldır suyun dezenfeksiyonu amacıyla başarılı bir şekilde kullanılmaktadır. US FDA, meyve sularının işlenmesinde 254 nm'de düşük basınçlı civalı (LPM) lambaların, gıdaların işlenmesinde ise PL ışınının kullanımını onaylamıştır [13, 14].

UV UYGULAMASININ MEYVE SULARININ KALİTE ÖZELLİKLERİ ÜZERİNE ETKİLERİ

Meyve suyu işlemede UV uygulaması, meyve sularının raf ömrünün uzatılması ve gıda kaynaklı hastalıkların önüne geçilmesi amacıyla yapılmaktadır. Diğer yandan, UV ışınları ile meyve sularında bulunan organik bileşikler parçalanmaya uğrayabilmektedirler. UV uygulaması sırasında, radyasyon enerjisinin yani fotonların organik maddeler tarafından absorplanması kimyasal reaksiyonları tetikleyebilmektedir. Bunun sonucu olarak da, kimyasal bağların kırılması veya yeni bağların oluşması muhtemeldir. Bu kimyasal reaksiyonların devamlılığı ise, absorbe edilen foton oranına bağlıdır. Ayrıca UV ışınları, yüksek derecede reaktif, seçici olmayan ve kısa ömürlü hidroksil ($\cdot\text{OH}$) radikallerinin oluşumuna yol açan ileri oksidasyon sonucu da, dolaylı olarak organik bileşenlerin parçalanmasına neden olabilmektedirler. 253.7 nm'deki UV ışın $112.8 \text{ kcal/Einstein}$ (1 Einstein 1mol fotonu temsil eder)'lık bir radyant enerjiye sahiptir. Teorik olarak 253.7 nm'deki UV ışın absorbe edildiğinde de, O-H, C-C, C-H, C-N, H-N ve S-S bağların etkilenmesi olasıdır [18,30].

Gıdalarda bulunan bileşenlerden vitaminler (A, C, B₁₂, E, triptofan), doymamış yağ asitleri, katı yağlar ve fosfolipitler "ışığa duyarlı" bileşenler olarak nitelendirilmektedir [13]. Nitekim Walkling-Ribeiro ve ark. [9] elma suyunda UV uygulaması (20°C'de 30 dakika)

sonucunda, elma suyunun pH ve briks değerlerinin çok az düzeyde etkilendiğini, buna karşın askorbik asit içeriğinin 5.4 mg/100mL'den 4.0 mg/100mL'ye düştüğünü saptamışlardır. Benzer şekilde, Uysal Pala ve Kırca Toklucu [31], portakal suyunda 9 lambalı bir UV reaktörü kullanarak yapılan UV uygulaması sonucunda, portakal suyunun pH, titrasyon asitliği, brix ve toplam fenol içeriğinde önemli bir değişikliğin olmadığını, buna karşın askorbik asit içeriğinin sistemden 4 geçiş sonucunda %10.6 oranında azaldığını belirlemişlerdir.

Tran and Farid [12] tarafından yapılan bir çalışmada ise, UV uygulamasının (73.8 mJ/cm²) taze sıkılmış portakal suyunun raf ömrünü 5 gün uzattığı, ancak uygulanan UV dozu artırıldığında (1008 mJ/cm²) askorbik asitin parçalanma düzeyi (%17) bakımından UV ile ısı işlem arasında bir fark olmadığı saptanmıştır. UV uygulaması ile portakal suyunun pH değerinde de önemli bir değişiklik gözlenmemiştir. Diğer yandan, UV uygulamasının, ısı işlem uygulamasının aksine pektin metil esteraz enzimini inaktive etmede başarılı olmadığı belirlenmiştir.

Noci ve ark. [28], elma suyunda ısı işlemi alternatif olarak UV, vurgulu elektrik alan (PEF) ve UV-PEF kombinasyonunu uygulamışlar ve bu uygulamaların taze elma suyunun bazı kalite özellikleri (renk, pH, briks, enzimatik olmayan esmerleşme indeksi) ile antioksidant kapasite, polifenol oksidaz (PPO) ve peroksidaz (POD) aktivitesi üzerine etkilerini incelemişlerdir. Isıl işlemle kıyaslandığında, elma sularının toplam fenol içeriğinin UV ve PEF uygulamalarından daha az etkilendiği, PPO ve POD aktivitesinin ise UV uygulamasından etkilenmediği saptanmıştır. Guerrero-Beltran ve Barbosa-Canovas [32], UV uygulamasının mango nektarının (pH of 3.8, 13.0 °Brix) PPO aktivitesi üzerine etkisini araştırdıkları bir çalışmada ise, en yüksek PPO redüksiyonunun en kısa UV uygulama süresinden sonra (5 dk) gözlendiğini belirtmişlerdir. 0.45L/dk akışta 30 dak. UV uygulamasından sonra kalan PPO aktivitesi yaklaşık %19 olarak saptanmıştır. Araştırmacılar, UV ışınının organik moleküller tarafından absorbe edilme ihtimalinin olduğunu ve bu absorbe edilen enerjinin PPO gibi enzimlerin fotoinaktivasyonunu tetiklemiş olabileceğini bildirmişlerdir. Nitekim UV enerjisi konjuge çift bağlar tarafından absorbe edilmekte ve daha sonra O₂ ile reaksiyona girerek tek bağları oluşturmaktadır. Sonuç olarak, UV ışın uygulaması konjuge çift bağ içeren molekülleri değiştirebilmekte veya kimyasal değişikliklere neden olabilmektedir [32].

Meyve suların duyuşal özellikleri de üretiminde uygulanan işlemlere bağlı olarak değişiklik gösterebilmektedir. Özellikle renk ve lezzet, ısı işleminden en fazla etkilenen duyuşal özelliklerdendir. UV uygulaması üzerine yapılan çalışmalarda, meyve suyu renginin UV ışınlarından az düzeyde etkilendiği veya uygulama sonucunda renkte önemli bir değişikliğin gözlenmediği bildirilmektedir [9, 12, 16, 28]. Diğer yandan, Guerrero-Beltran ve ark. [33] üzüm, cranberry ve greyfurt sularında, UV ışın uygulama süresi uzadıkça her üç meyve suyunda da toplam renk farkının (ΔE) arttığını saptamışlardır. Keyser ve ark. [16] ise UV uygulamasının, meyve sularının kendilerine özgü lezzeti

üzerine önemli bir etkisinin olmadığı belirlemişlerdir. Uysal Pala ve Kırca Toklucu [31] tarafından yapılan çalışmada da, UV uygulanmış portakal suyu ile hiçbir işlem görmemiş taze portakal suyu arasında lezzet açısından önemli bir farklılığın olmadığı ($\alpha=0.01$) saptanmıştır.

SONUÇ

Şimdiye kadar yürütülen araştırmalar UV ışın teknolojisinin, meyve suyu üretim teknolojisi açısından ısı işlem uygulamasına alternatif olabileceği yönünde ümit verici olduğunu göstermektedir. Bununla birlikte, UV etkinliğinin geliştirilmesi bakımından bazı alanlarda daha fazla araştırmanın yapılmasına ihtiyaç bulunmaktadır. Bunların başında özellikle yüksek derecede absorptivite ve vizkoziteye sahip meyve sularında etkin mikrobiyal azalma sağlayabilecek reaktörlerin geliştirilmesi ve bu reaktörler ile patojen ve üründe bozulma yapan mikroorganizmaların inaktivasyon kinetiklerinin belirlenmesi gelmektedir. İnaktivasyon dozlarının oluşturulmasında göz önünde bulundurulması gereken, literatürde eksiklik bulunan en önemli noktalardan birisi de, ürün kalitesinin UV ışınlarından en az düzeyde etkilenmesinin sağlanmasıdır. Bu açıdan bakıldığında, meyve sularına UV uygulanması sırasında mikrobiyal inaktivasyonun en yüksek düzeyde; fenolikler, karotenoidler ve C vitamini gibi biyoaktif bileşikler ile aroma bileşenlerindeki kayıpların ve istenmeyen lezzet oluşumu gibi durumların ise en az düzeyde sağlandığı UV dozlarının, her meyve suyu için optimizasyonunu içeren ileri düzeyde araştırmalara ihtiyaç bulunmaktadır.

KAYNAKLAR

- [1] Oteiza, J.M., Giannuzzi, L., Zaritzky, N. 2009. Ultraviolet treatment of orange juice to inactivate *Escherichia coli* O157:H7 as affected by native microflora. *Food Bioprocess Technol.* DOI: 10.1007/s11947-009-0194-y.
- [2] Patil, S., Bourke, P., Frias, J.M., Tiwari, B.K., Cullen, P.J., 2009. Inactivation of *Escherichia coli* in orange juice using ozone. *Innovat. Food Sci. Emerg. Technol* (article in press).
- [3] Raybaudi-Massila, R.M., Mosqueda-Melgar, J., Martin-Belloso, O. 2009. Antimicrobial activity of malic acid against *Listeria monocytogenes*, *Salmonella enteritidis* and *Escherichia coli* O157:H7 in apple, pear and melon juice. *Food Control* 20: 105–112.
- [4] Gabriel, A.A., Nakano, H. 2009. Inactivation of *Salmonella*, *E. coli* and *Listeria monocytogenes* in phosphate-buffered saline and apple juice by ultraviolet and heat treatments. *Food Control*, 20: 443-446.
- [5] Cemeroglu, B. 2004. *Meyve ve Sebze İşleme Teknolojisi* 1.Cilt, Başkent Matbaacılık, Ankara.
- [6] Plaza, L., Sanchez-Moreno, C., Elez-Martinez, P., Ancos, B., Martin-Belloso, O., Cano, M.P. 2006. Effect of refrigerated storage on vitamin C and antioxidant activity of orange juice processed by high-pressure or pulsed electric fields with regard to

- low pasteurization. *Eur. Food Res. Technol.* 223: 487-493.
- [7] Gachovska, T.K., Kumar, S., Thippareddi, H., Subbiah, J., Williams, F. 2008. Ultraviolet and Pulsed Electric Field treatments have additive effect on inactivation of *E. coli* in apple juice. *J. Food Sci.* 73(9): 412-417.
- [8] Tiwari, B.K., Muthukumarappan, K., O'Donnell, C.P., Cullen, P.J. 2008. Kinetics of freshly squeezed orange juice quality changes during ozone processing. *J. Agric. Food Chem.* 56: 6416-6422.
- [9] Walkling-Ribeiro, M., Noci, F., Cronin, D.A., Riener, J., Lyng, J.G., Morgan, D.J. 2008. Reduction of *Staphylococcus aureus* and quality changes in apple juice processed by ultraviolet irradiation, pre-heating and pulsed electric fields. *J. Food Eng.* 89: 267-273.
- [10] Valero, M., Recrosio, N., Saura, D., Munoz, N., Marti, N., Lizama, V. 2007. Effects of ultrasonic treatments in orange juice processing. *J. Food Eng.* 80: 509-516.
- [11] Erkmén, O., Doğan, C. 2004. Kinetic analysis of *Escherichia coli* inactivation by High Hydrostatic Pressure (HHP) in broth and foods. *Food Microbiol.*, 21: 181-185.
- [12] Tran, M.T.T., Farid, M. 2004. Ultraviolet treatment of orange juices. *Innovat. Food Sci. Emerg. Technol.* 5: 495-502.
- [13] Koutchma, T. 2009. Advances in ultraviolet light technology for non-thermal processing of liquid foods. *Food Bioprocess Technol.* 2: 138-155.
- [14] Koutchma, T. 2008. UV light for processing foods. *Ozone: Sci. Eng.* 30: 93-98.
- [15] Adhikari, C., Koutchma, T., Beecham-Bowden, T. 2005. Evaluation of HHEVC (4, 40, 400-tris-di-B-hydroxyethyl aminotriphenylacetonitrile) dye as a chemical actinometer in model buffers for UV treatment of apple juice and cider. *LWT* 38: 717-725.
- [16] Keyser, M., Müller, I.A., Cilliers, F.P., Nel, W., Gouws, P.A. 2008. Ultraviolet radiation as a non-thermal treatment for the inactivation of microorganisms in fruit juice. *Innovat. Food Sci. Emerg. Technol.* 9: 348-354.
- [17] Sizer, C.E., Balasubramaniam, V.M. 1999. New intervention processes for minimally processed juices. *Food Technol.* 53(10): 64-67.
- [18] Pereira, V.J., Weinberg, H.S., Linden, K.G., Singer, P.C. 2007. UV degradation kinetics and modeling of pharmaceutical compounds in laboratory grade and surface water via direct and indirect photolysis at 254 nm. *Environ. Sci. Technol.* 41: 1682-1688.
- [19] Guerrero-Beltrán, J.A., Barbosa-Cánovas, G.V. 2005. Reduction of *Saccharomyces cerevisiae*, *Escherichia coli* and *Listeria innocua* in apple juice by Ultraviolet Light. *J. Food Process Eng.* 28: 437-452.
- [20] Matak, K. E. 2004. Effects of UV irradiation on the reduction of bacterial pathogens and chemical indicators of milk. Doctorate of Philosophy in Food Science and Technology, Blackburg, Virginia, 44p.
- [21] Unluturk, S., Atilgan, M.R., Baysal, A.H., Tari, C. 2008. Use of UV-C radiation as a non-thermal process for liquid egg products (LEP). *J. Food Eng.* 85: 561-568.
- [22] Geveke, D.J. 2008. UV Inactivation of *E. coli* in liquid egg white. *Food Bioprocess Technol.* 1: 201-206.
- [23] Fan, X., Geveke, D.J. 2007. Furan formation in sugar solution and apple cider upon ultraviolet treatment. *J. Agric. Food Chem.* 55: 7816-7821.
- [24] Murakami, E.G., Jackson, L., Madsen, K., Schickedanz, B. 2006. Factors affecting the ultraviolet inactivation of *Escherichia Coli* K12 in apple juice and a model system. *J. Food Process Eng.* 29: 53-71.
- [25] Forney, L.J., Ye, Z., Koutchma, T. 2008. UV Disinfection of *E. coli* between concentric cylinders: Effects of the boundary layer and a wavy wall. *Ozone: Sci. and Eng.* 30: 405-412.
- [26] Forney, L.J., Pierson, J.A., Andz, Y.E. 2004. Juice irradiation with Taylor-Couette flow: UV inactivation of *Escherichia coli*. *J. Food Protec.* 67(11): 2410-2415.
- [27] Koutchma, T., Parisi, B., Patazca, E. 2007. Validation of UV coiled tube reactor for fresh juices. *J. Environ. Eng. Sci.* 6: 319-328.
- [28] Noci, F., Riener, J., Walkling-Ribeiro, M., Cronin, D.A., Morgan, D.J., Lyng, J.G. 2008. Ultraviolet irradiation and pulsed electric fields (PEF in a hurdle strategy for the preservation of fresh apple juice. *J. Food Eng.* 85:141-146.
- [29] Gomez Lopez, V.M., Ragaert, P., Debevere, J., Devlieghere, F. 2007. Pulsed light for food decontamination: A review. *Trends in Food Sci. Technol.* 18: 464-473.
- [30] Forney, L.J., Moraru, C.I. 2009. Ultraviolet Light in Food Technology: Principles and Applications: Chapter 5. UV Processing Effects on Quality of Foods. CRC Pres, Taylor and Francis Group, ISBN-13:978-1-4200-5950-2, USA, p: 103-104.
- [31] Uysal Pala, Ç., Kirca Toklucu, A. 2009. Effects of UV-C Irradiation on Some Quality Characteristics of Orange Juice. New Challenges in Food Preservation, Processing-Safety-Sustainability, 11-13 November 2009, Budapest-Hungary, P:12.
- [32] Guerrero-Beltrán, J.A., Barbosa-Cánovas, G.V. 2006. Inactivation of *Saccharomyces cerevisiae* and polyphenoloxidase in mango nectar treated with UV light. *J. Food Protec.* 69(2): 362-368.
- [33] Guerrero-Beltrán, J.A., Velti-Chanes, J., Barbosa-Cánovas, G.V. 2009. Ultraviolet-C light processing of grape, cranberry and grapefruit juices to inactivate *Saccharomyces cerevisiae*. *J. Food Proces. Eng.* DOI:10.1111/j.1745-4530.2008.00253.x.
- [34] Koutchma, T., Keller, S., Chirtel, S., Parisi, B. 2004. Ultraviolet disinfection of juice products in laminar and turbulent flow reactor. *Innovat. Food Sci. Emerg. Technol.* 5: 179-189.
- [35] Donahue, D.W., Canitez, N., Bushway, A.A. 2004. UV inactivation of *E. coli* O157:H7 in apple cider: Quality, sensory and shelf-life Analysis. *J. Food Process. Preserv.* 28: 368-387.
- [36] Franz, C.M.A.P., Specht, I., Cho, G.S., Graef, V., Stahl, M.R. 2009. UV-C-inactivation of microorganisms in naturally cloudy apple juice using novel inactivation equipment based on Dean vortex technology. *Food Control* 20: 1103-110.

Süt Serum Proteinleri ve Türevlerinin Biyolojik ve Fizyolojik Aktiviteleri

Filiz Gür, Melih Güzel, Nilgün Öncül, Zeliha Yıldırım, Metin Yıldırım

Gaziosmanpaşa Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Tokat
E-posta: zelihay@gop.edu.tr

ÖZET

Süt proteinlerine, kalp-damar rahatsızlıkları, tip II diyabet ve obezite gibi beslenmeye bağlı olarak ortaya çıkan hastalıkların görülme riskinin azaltılmasında veya önlenmesinde potansiyel fonksiyonel gıda bileşenleri olarak oldukça fazla ilgi duyulmaktadır. Buna bağlı olarak son yıllarda süt proteinleri ve bunlardan kaynaklanan biyoaktif peptidler üzerinde çalışmalar yoğunlaşmıştır. Biyoaktif peptidler, süt protein molekülerinin içerisinde inaktif olarak bulunan, ancak sütün tüketilmesiyle beraber sindirim sisteminde parçalanması veya süt ürünlerinin fermentasyonu ya da olgunlaşması için kullanılan starter kültürlerin aktiviteleri sonucunda açığa çıkmaktadırlar. Biyoaktif peptidler, vücut fonksiyonları ve sağlık üzerine doğrudan pozitif etkileri bulunan proteinler olarak tanımlanmaktadır. Serum proteinleri, biyoaktif özellikteki birçok protein ve peptidleri içermektedir. Serum albümini, immunoglobulinler, proteoz-peptonlar, laktoferrin, laktoperoksidaz ve büyüme faktörleri fizyolojik aktiviteye sahip olan proteinlerdir. Bunların yanı sıra, serum proteinlerinin enzimatik parçalanması sonucunda da α -laktoforin, β -laktoforin, β -laktotensin, laktokinin, albutensin, seroforin, laktoferrisin gibi birçok biyoaktif peptid açığa çıkmaktadır.

Anahtar Kelime: Süt, Serum proteinleri, Biyoaktif peptidler, İnsan sağlığı

Biological and Physiological Activities of Whey Proteins and Their Derivatives

ABSTRACT

Milk proteins have received increasing attention as potential ingredients of functional foods reducing or preventing the risk of diet-related diseases, such as cardiovascular disease, diabetes type two and obesity. Due to these properties, studies have recently been focused on milk proteins and their bioactive peptides. Such peptides are inactive within the sequence of the milk protein and can be released by digestive enzymes during gastrointestinal transit or by starter cultures used for fermentation or ripening of dairy products. Bioactive peptides have been defined as specific protein fragments that have a positive impact on body functions and may ultimately influence human health. Whey contains a multitude of biologically active proteins and peptides. Physiologically active serum proteins are serum albumine, immunoglobulins, protease-peptone, lactoferrin, lactoperoxidase and growth factors. In addition to these, enzymatic degradation of serum proteins releases a number of bioactive peptides such as α -lactophorin, β -lactophorin, β -lactotensin, lactokinine, albutensin, serophorin and lactoferricin.

Key Words: Milk, Whey proteins, Bioactive peptides, Human health

GİRİŞ

Süt proteinleri özellikle esansiyel aminoasitleri içermesi bakımından önemlidir. Yapılan araştırmalar sonucunda, süt proteinlerinin önemi giderek daha iyi anlaşılmaktadır. Son yıllarda, *in vivo* ve *in vitro* koşullarda yapılan araştırmalarla, süt proteinlerinin ve bunlardan kaynaklanan peptidlerin, beslenmenin de ötesinde insan sağlığı üzerine birçok yararlarının olduğu; hayvansal ve bitkisel kaynaklı proteinler içerisinde ise süt proteinlerinin, biyoaktif peptidler açısından en önemli

kaynak olduğu birçok araştırmacı tarafından bildirilmiştir [1, 2, 3].

Süt proteinlerinin bir grubunu oluşturan serum proteinleri, kimyasal, fiziksel ve fonksiyonel özellikleri açısından oldukça farklı proteinleri içermektedir. Serum proteinlerinin, esansiyel aminoasit içeriklerinin yanı sıra, *in vivo* koşullarda yapılan çalışmalar bunların spesifik fizyolojik fonksiyonlara da sahip olduklarını göstermiştir [1, 4, 5, 6]. Kazein miselleri daha çok beslenme açısından önem taşıırken (kalsiyum, fosfat ve aminoasit kaynağı), serum proteinleri iz elementler (demir),

kalsiyum ve vitaminler (vitamin A) gibi önemli besin maddelerinin taşınımı ve emilimini teşvik etmekte, laktoz sentezinde kritik rol oynamakta ve ayrıca koruyucu bir fonksiyona da sahip bulunmaktadır. Bu bilgilerden, serum proteinlerinin çok fonksiyonlu bileşikler olduğu anlaşılmaktadır [3,7, 8].

Bu derlemede, serum proteinleri ve bunlardan oluşan biyoaktif peptidlerin çeşitleri, insan sağlığı üzerindeki etkileri ve ticari uygulamaları hakkında bilgi verilmektedir.

SERUM PROTEİNLERİ

Sütte bulunan proteinlerin yaklaşık % 80'ini kazeinler, % 20'sini ise serum proteinleri oluşturmaktadır. Serum proteinleri globüler yapıda olup, β -laktoglobulin (%50), α -laktalbümin (%20), serum albümini (%10), immüoglobulinler (%10) ve proteoz-peptonlar (%10) ile diğer minör protein fraksiyonlarını (laktoferrin vb.) içermektedir. Serum proteinleri ikincil, üçüncül ve dördüncül yapıya sahip olan ısıya duyarlı proteinlerdir. Doğal formlarında suda çözünür halde bulunurlar. Serum proteinleri biyolojik değeri en yüksek olan protein grubudur. Serum proteinlerinin besinsel ve fonksiyonel özellikleri bu proteinlerin yapısal nitelikleri ile ilişkilidir [4, 9,10].

Tablo 1. İnek sütü ve peyniraltı suyunun bileşimi (4)

Bileşenler	Oranı (% ağırlık esasında)	
	İnek Sütü	Peyniraltı Suyu
Kazeinler	2.8	<0.1
Serum proteinleri	0.7	0.7
Yağ	3.7	0.1
Kül	0.7	0.5
Laktoz	4.9	4.9
Toplam kurumadde	12.8	6.3

Peynir ve kazein üretiminin yan ürünü olan peyniraltı suyu, serum proteinleri açısından önemli bir kaynaktır (Tablo 1). Bu açıdan değerlendirildiğinde, dünyada yüksek miktarlarda üretilen peyniraltı suyu (150 milyon ton/yıl) serum proteinlerinin en önemli kaynağı konumundadır. Dünya süt üretimindeki artışa bağlı olarak peyniraltı suyunun da her yıl %2 oranında arttığı belirtilmektedir [4, 11]. Bu nedenle peyniraltı suyundaki serum proteinlerinin gıda endüstrisine kazandırılması oldukça önemlidir.

Serum Proteinlerinin Besin Değeri

Kazeinlere göre daha hızlı emilen serum proteinlerinin besin değerlerini ortaya koyabilmek için biyolojik değer ve aminoasit içerikleri açısından irdelemek gerekmektedir.

Biyolojik Değer: Bir gıda bileşeninin (örneğin proteinin) vücut tarafından kullanılan yüzde oranını ifade etmektedir. Diğer bir ifade ile biyolojik değer, vücudun tüketilen gıda bileşenini ne kadar iyi ve hızlı kullandığının bir göstergesidir. Serum proteinleri yüksek bir biyolojik değere sahiptir. Yumurta proteinleri ile karşılaştırıldığında biyolojik değerinin %15 daha fazla

olduğu belirtilmektedir [4, 12]. Serum proteinlerinin vücut geliştiriciler, atletler ve bağımsızlık sistemi zayıf olan kişiler için en uygun proteinler olduğu belirtilmektedir [13].

Esansiyel Aminoasitler: Serum proteinleri diğer gıda proteinleri ile karşılaştırıldığında esansiyel aminoasitler ve dallanmış aminoasitler (lösin, izolösin ve valin) açısından zengin (>20%) bir kaynaktır. Bu dallanmış aminoasitler, protein ve glukoz homeostazında (dengesinde), lipit metabolizmasında, doku gelişimi ve onarımında metabolik regülatör olarak rol oynadıkları gibi kilo kontrolünde de etkin oldukları belirlenmiştir [5, 13]. Bunlardan özellikle lösin, protein metabolizmasında kas proteinlerinin sentezinin başlamasında anahtar aminoasit (sinyal verici) olarak rol oynamaktadır [3, 13, 15].

Kükürtlü Aminoasitler: Serum proteinleri kükürt içeren metiyonin ve sistein aminoasitleri açısından da zengindir. Sistein esansiyel bir amino asit olmamasına karşın bebekler için elzem bir amino asittir; çünkü insan metabolizmasında önemli bir sülfür kaynağıdır. Sistein aminoasidi vücutta bir antioksidan olarak rol oynadığı gibi, kuvvetli bir hücre içi antioksidan madde olan glutatyon sentezinde başlangıç maddesi olarak görev yapmaktadır. Sisteinin sülfidril veya thiol (-SH) grubu, hem glutatyon sentezinde proton-donoru olarak rol oynamakta, hem de glutatyonun biyolojik aktivitesinden sorumludur. Ayrıca, tekli karbon atomu metabolizmasında da (bir karbon atomunun metil grubu şeklinde taşınması gibi) önemli fonksiyonları bulunmaktadır [16].

Serum Proteinlerin Biyolojik Aktiviteleri

Yüzyıllardır çeşitli kültür ve toplumlarda hastalıkların önlenmesinde ve tedavisinde serum proteinlerinin kullanıldığına dair bilgiler bulunmaktadır. 17. yüzyılda İtalya'da akut septik ve gastrointestinal enfeksiyonlarına karşı kullanıldığına dair belgeler mevcuttur [7].

İnsan ve hayvanlar üzerinde yapılan çalışmalarda, serum proteinlerinden beta-laktoglobulin, alfa-laktalbümin, serum albümini, immüoglobulinler, proteoz-pepton, laktoferrin ve laktopeksidaz ile diğer süt proteinlerinin birçok biyolojik aktiviteye sahip oldukları belirlenmiştir (Tablo 2). Biyolojik ve fizyolojik özelliklerinden dolayı serum proteinleri ve bunlardan kaynaklanan peptidler, fonksiyonel gıdaların üretiminde önemli bir yer tutmaktadırlar [7, 12, 17–22].

Serum proteinlerinin biyolojik olarak aktif proteinler ve peptidler içerdiği için birçok değişik besinsel ve fizyolojik etkiye sahip oldukları belirlenmiştir. Yapılan çalışmalarda serum proteinlerinin (i) eksersiz yaptıktan sonra fiziksel performansın geri kazanılmasında, (ii) kilo kontrolünde, (iii) kalp sağlığının korunmasında, (iv) kanseri önlemede, (v) yaranın iyileşmesinde, (vi) enfeksiyonun önlenmesi veya azalmasında, (vii) bebek beslenmesinde, (viii) sağlıklı yaşlanmanın gerçekleşmesinde önemli rol oynadıkları belirtilmektedir [4, 5, 13, 14, 23-25]. İn vivo ve in vitro koşullarda yapılan birçok araştırma, serum proteinlerinin kolon, meme, deri

ve prostat kanserlerinin oluşumu ve gelişimine karşı koruyucu etki gösterdiğini ortaya koymuştur [7, 23, 24, 28]. Bunların yanı sıra serum proteinlerinin kan

basıncını düşürücü, hipertansiyonu önleyici fonksiyona sahip olduğu da belirlenmiştir [21, 28].

Tablo 2. Süt proteinlerinin biyolojik fonksiyonları [3, 7, 18].

Protein	Konsantrasyon (g/L)		Fonksiyon
	İnek	İnsan	
Toplam kazeinler	26.0	2.7	İyon taşıyıcı (Ca, PO ₄ , Fe, Zn, Cu), biyoaktif peptidler için ön madde
α-kazein	13.0	-	
β-kazein	9.3	-	
κ-kazein	3.3	-	
Toplam serum proteini	6.3	7.3	
β-laktoglobulin	3.2	-	- Retinol taşıyıcı, yağ asitlerini bağlar, antioksidan
α-laktalbumin	1.2	1.9	- Laktoz sentezinde rol oynar, Ca taşıyıcı, immunomodulatör, antikanserojen
İmmunoglobulinler	0.7	1.3	- İmmun koruyucu
Serum albumini	0.4	0.4	- Yağ asitleri taşıyıcısı, antioksidan
Laktoferrin	0.1	0.2	- Antibakteriyal, antifungal, antiviral, antioksidan, immunomodulatör, demir bağlayıcı, antikanserojen, anti-inflamatuvar, yararlı bakterilerin gelişimini teşvik edici
Laktoperoksidaz	0.03	-	- Antimikrobiyal
Proteoz-pepton	0.8	-	
Lizozim	0.0004	0.1	- Antimikrobiyal
Glikomakropeptit	1.2	-	- Antiviral, enterotoksin bağlayıcı, bifidojenik
Diğerleri	0.8	1.1	

β-Laktoglobulin (β-LG): Serum proteinlerinin %50-60'ını oluşturmaktadır. Globüler yapısı nedeniyle, midede bulunan proteolitik enzimlere ve asitliğe karşı dayanıklılık göstermektedir. Bu dayanıklılık, β-LG'e inekten buzağıya retinol (provitamin A) taşıyıcısı özelliği kazandırmaktadır. β-LG, retinolu bağlayarak ince bağırsağa taşımaktadır. Ancak bu biyolojik fonksiyonun bebekler için önemi azdır. Bu da insan sütünde β-LG'in neden az üretildiğini açıklamaktadır [29]. β-LG sistence zengindir. Bu aminoasit glutatyonun (L-gammaglutamil-L-sisteinilglisin) sentezini teşvik etmektedir. Glutatyon, karaciğer vasıtasıyla üretilen bir tripeptid (sistein, glisin ve glutamik asit) olup bağırsak tümörlerine karşı koruyucu bir fonksiyona sahiptir. Glutatyon güçlü bir antioksidant olup serbest radikallerin serbest radikallerin nötralizasyonunda direkt olarak rol oynadığı gibi dışarıdan alınan C ve E vitamini gibi antioksidanların aktif (indirgen) formda kalmalarında da etkilidirler. Bunlara ilaveten glutatyon vücuda alınan yabancı maddelerin (ksenobiyotikler) detoksifikasyonunda önemli bir etkiye sahiptir [22, 23, 27]. Glutatyonun bağışıklık sisteminin esansiyel bir bileşeni olduğundan, HIV taşıyıcısı insanların bağışıklık sisteminin iyileşmesinde de görev aldığı belirlenmiştir [30]. Kükürtlü aminoasitler açısından zengin olan β-LG ve laktoferrinin, kolon kanserinin önlenmesinde toplam serum proteinlerine göre daha etkili oldukları belirtilmektedir. Bu bileşenleri nedeniyle serum proteinlerinin soya proteinlerine göre daha yüksek bir antikanserojen aktiviteye sahip olduğu ifade edilmektedir. Metionin ve sistein açısından zengin proteinlerin antikanserojen aktivitesinin, metillenmiş DNA'ların stabilitesini arttırmalarından kaynaklandığı belirtilmektedir [3, 23, 27, 31].

α-Laktalbumin (α-LA): Serum proteinlerinin yaklaşık %25'ini oluşturan ve pepsin enzimi ile hidrolize olabilen α-LA'ın biyolojik fonksiyonu, meme bezlerinde laktozun

biyosentezinde bir koenzim gibi davranıp sentezi teşvik etmektedir. Bazı ülkelerde α-LA, bebek formüllerini insan sütüne benzer hale getirmek için ticari olarak da kullanılmaktadır. Ayrıca α-LA bağışıklık sistemini geliştirmekte ve bazı kanser türlerinin risklerini de azaltmaktadır. α-LA kısa zincirli aminoasitlerin iyi bir kaynağı olmasından dolayı aynı zamanda sporcuların beslenmesinde de kullanılmaktadır [9].

İmmunoglobülinler (Ig): İnek sütünde salgılanan başlıca immunoglobülin IgG'dir. Sütte bulunan IgG, kan serumundaki IgG'ye benzemektedir. Süt ile sindirim sistemine taşınan IgG, bebeklerde pasif bağışıklığın taşıyıcısı olarak rol oynamaktadır. Sütte bulunan diğer Ig'ler IgA ve IgM (euglobulinler)'dir. Süt Ig'lerinin temel fonksiyonu, bağışıklık sistemini desteklemek olduğundan bunlar insanların enfeksiyonlara karşı direncini arttırmakta ve bağırsak sağlığını iyileştirmektedir [3, 4, 9, 32].

Serum albümini (BSA): BSA, kan serum albümine benzer yapıda olup muhtemelen meme bezlerindeki kan damarları vasıtasıyla süte taşınmaktadır. BSA, kanda çözünmeyen serbest yağ asitlerini bağlayarak taşınmalarını sağladıkları gibi yüksek sistein içeriği nedeniyle karaciğerde glutatyon sentezinde de önemli bir kaynak olarak rol oynamaktadır [3, 9].

Laktoferrin: Bir glikoprotein olan laktoferrin, tek bir polipeptit zincirine ve iki demir bağlama noktasına sahiptir. Laktoferrinin inek kolostrum ve sütündeki oranları sırasıyla yaklaşık 1,5-5,0 mg/l ve 100 µg/ml iken insan kolostrum ve sütünde 6-8 mg/ml ile 20-200 µg/ml düzeyinde bulunmaktadır. Bu durum, laktoferrinin insanlar için ne kadar önemli olduğunu göstermektedir [3, 33]. Laktoferrin, bebeklerde patojenlere karşı birincil savunma mekanizması olarak rol oynamaktadır [34-36].

Laktoferrinin biyoaktivitesi demir-bağlama özelliğinden kaynaklanmaktadır. Bu aktivitesine paralel olarak mikrobiyal gelişimi ve oksidatif reaksiyonları önleyici rol oynamaktadır. Laktoferrin gram negatif bakterilerin dış membranı ile etkileşime girerek membran stabilitesinin bozulmasına ve dolayısıyla koruyucu bariyer olarak rol oynayan lipopolisakkaritlerin açığa çıkmasına neden olmaktadır. Laktoferrin bir antibiyotik gibi davranmaktadır. Laktoferrin birçok mikroorganizmaya karşı hem bakterisidal hem de bakteristatik etki gösterebilmektedir. Laktoferrin dış çürümesi etmeni *Streptococcus mutans* ve diğer birçok gram pozitif ve negatif bakterilere örneğin *E. coli*, *Salmonella Typhimurium*, *Shigella dysenteriae*, *Listeria monocytogenes*, *Bacillus stearothermophilus* ve *Bacillus subtilis*'e karşı antimikrobiyal etkiye sahiptir. Pepsinle muamele edilen veya asidik pH'da ısı işleme tabi tutulan laktoferrinden açığa çıkan peptidlerin de antimikrobiyal aktiviteye sahip olduğu belirlenmiştir [35]. Laktoferrin antioksidan aktiviteye de sahiptir. Bu aktivitesi demir bağlama özelliğinden ve sistein aminoasidi açısından zengin bir protein olmasından kaynaklanmaktadır. Sistein intrasellüler antioksidan olan glutatyon sentezinde anahtar rol oynamaktadır. Bunlara ilaveten laktoferrinin antiviral ve antikanserojen aktiviteye sahip olduğu da belirtilmektedir [7, 10, 19, 24, 38, 39]. Laktoferrinin kemik gelişimini iyileştirme özelliğine sahip olduğu da ortaya konulmuştur. Bu etkisini osteoblastların (kemik oluşturan hücreler) gelişimini teşvik ve osteoaklastları (kemiği bağlayan hücreler) inhibe ederek gösterdiği belirlenmiştir. Araştırmacılar osteoporosisin önlenmesinde ve tedavisinde laktoferrinin kullanılabileceğini bildirmektedirler [40, 41].

Laktoperoksidaz (LP): Meme bezlerinde salgılanan ve porfirin içeren bir peroksidazdır. Sütte fazla miktarda bulunan önemli enzimlerden birisidir. Bu enzim, sütte antimikrobiyal aktiviteye sahip LP sisteminin bir parçasını oluşturmaktadır. LP, H₂O₂ varlığında tiyosiyanatın (SCN⁻) oksidasyonunu katalizleyerek antibakteriyel etkiye sahip oksidatif ürünlerin (hipotiyosiyanat (OSCN⁻) ve yüksek oksi-asitlerin) oluşmasına yol açar. Gram negatif bakteriler, gram pozitiflere göre LP sistemine daha duyarlıdır [19, 42, 43]. Birçok alanda kullanılma olanağı vardır. Diş macunu, ağız çalkalama solüsyonu gibi ağız sağlığı ile ilgili ürünlerde etkili bir şekilde kullanılmaktadır [10, 44].

Lizozim: Serum proteinleri arasında yer alan lizozim enzimi, bakteri hücre duvarında bulunan N-asetil müramik asit ile N-asetil glikozamin arasındaki β-1,4 glikozidik bağı parçalayarak bakterilerin lize olmasına yol açan antimikrobiyal bir enzimdir. Lizozimin kolostrum ve normal sütteki miktarı sırasıyla 0,14-0,70 ve 0,07-0,60 mg/l'dir [10, 19, 43].

Glikomakropeptid (GMP): Kazeinomakropeptit olarak da bilinen glikomakropeptit, bir glikofosopeptit olup peynir üretimi sırasında kimozen enziminin κ-kazein üzerindeki hidrolitik aktivitesi sonucunda oluşmakta ve peyniraltı suyu proteinlerinin %10-20'sini oluşturmaktadır. GMP, dallanmış aminoasitlerce zengin olmasına karşın aromatik aminoasitler (fenilalanin,

triptofan ve tirozin) açısından fakirdir. Fenilalanin içermediğinden fenilketonüri hastaları için oldukça güvenli bir protein kaynağıdır [3, 45]. Peptide bağlı glikozidik yapılar (karbonhidratlar), GMP'nin biyoaktivitesinde önemli rol oynamaktadırlar. GMP'deki glikozidik yapılar, *Vibrio cholerae* ve *E. coli* tarafından salgılanan enterotoksinler için spesifik reseptörler olarak davrandıkları için söz konusu enterotoksinler GMP'ye bağlanarak kompleks oluştururlar ve bağırsak sisteminden dışarı atılırlar [46]. GMP'nin influenza virüslerini hemaglutine ederek inhibe ettiği de belirlenmiştir. Ayrıca, GMP'nin prebiyotik olarak da rol oynadığı ve probiyotik bakterilerden bifidobakterilerin gelişimini teşvik ettiği belirlenmiştir [47,48].

SERUM PROTEİNLERİ TÜREVLİ BİYOAKTİF PEPTİDLER

Biyoaktif Peptid Nedir?

Süt proteinlerinin dizisi içinde inaktif halde bulunan biyoaktif peptidler, sütün gastrointestinal sistemden geçişi esnasında sindirim sistemi enzimlerinin veya sütün fermentasyonu sırasında laktik asit bakterileri tarafından salgılanan proteinaz ve peptidaz enzimlerinin hidrolizasyonu sonucu oluşan ve insan sağlığı üzerine pozitif etkiye sahip olan spesifik protein fragmentleri şeklinde tanımlanabilir. Biyoaktif bileşikler açığa çıktıktan sonra hormon benzeri aktiviteleriyle düzenleyici bileşikler gibi rol oynarlar. Bundan dolayı "gıda hormonu" veya "formonlar" olarak da adlandırılmaktadırlar. Biyoaktif peptidler gıdalarla alındıklarında veya bağırsak sisteminde üretildikten sonra bağırsakta hedef bölgeleriyle interaksiyona girerler. Bunu takiben, absorbe edilerek periferel organlara ulaşırlar [6, 49-51].

Biyoaktif bileşikler ilk kez Mellander [50] tarafından belirlenmiş ve günümüzde süt proteinlerinden opioid, antitrombotik, antihipertansif, antimikrobiyal, antikanserojen, mineral taşıyıcı veya immunomodülatör aktiviteye sahip birçok biyoaktif peptidler ortaya konulmuştur. Biyolojik aktiviteleri, aminoasit kompozisyonlarına ve dizilerine bağlıdır. Biyoaktif peptidler genellikle 3-20 aminoasit kalıntısı içermektedirler. Hayvansal ve bitkisel proteinler de biyoaktif diziler içermelerine karşın süt proteinleri biyoaktif peptidler açısından başlıca kaynak olarak değerlendirilmektedir [6, 53-56].

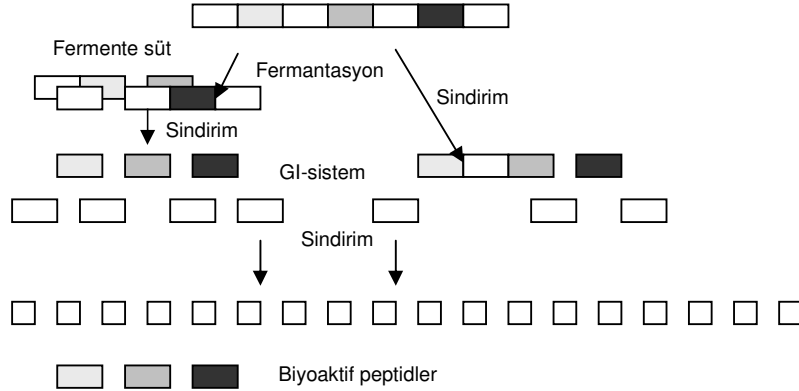
Serum Protein Türevli Biyoaktif Peptidlerin Üretimi ve Sağlık Üzerine Etkileri

Biyoaktif peptidler tüm bağırsak sisteminde açığa çıkarak ince ve kalın bağırsakta biyoaktivite gösterebilirler. Fakat çoğu gıda proteinleri ince bağırsakta geçişleri sırasında parçalanmaktadır. Sindirim esnasında mikrobiyal enzimler vasıtasıyla açığa çıkan biyoaktif peptitler, proteinlerin kalın bağırsağa da ulaştığını göstermektedir. Örneğin laktoferrin ve immunoglobulinler ince bağırsakta parçalanmadan geçerler. Sindirim enzimleri bağırsakta veya gıdada bulunan mikrobiyal enzimlerle

karşılaştırıldığında farklı parçalanma bölgelerini kullanmaktadırlar. Bundan dolayı mikrobiyal enzimlerle sindirim enzimleri tarafından açığa çıkarılan peptidler farklı olmaktadır. Hatta bağırsakta açığa çıkan bazı peptidler mikrobiyal enzimler için biyoaktif madde oluşumunda ön madde olarak da rol oynayabilirler [6, 56].

Serum proteinlerinden biyolojik aktiviteye sahip peptidlerin elde edilmesi için değişik metotlar mevcuttur: (i) süt ve ürünlerinin tüketimi sırasında sindirim enzimleri

vasıtasıyla hidrolizasyon; (ii) sütün işlenmesi esnasında proteinlerin hidrolizine neden olan ısı işlem, asit veya alkali uygulaması; (iii) proteolitik starter kültürlerle sütün fermantasyonu; (iv) mikrobiyal veya bitkisel kaynaklı proteolitik enzimlerin vasıtasıyla hidrolizasyon (Şekil 1). Biyoaktif peptidlerin üretimi için en çok tercih edilen yöntem enzimatik hidrolizasyondur. Bu amaç için en fazla kullanılan enzimler pepsin, tripsin ve kimotripsindir. Bunların dışında alkalaz, termolisin, subtilisin ve diğer mikrobiyal kökenli proteolitik enzimler de kullanılmaktadır [6, 20, 56].



Şekil 1. Fermantasyon ve/ya gastrointestinal (GI) sindirim vasıtasıyla proteinlerden biyoaktif peptidlerin oluşumu (6)

Serum proteinlerinin enzimatik hidrolizasyonu ile biyoaktif peptidlerin oluştuğu birçok araştırmacı tarafından ortaya konulmuştur. Serum proteinlerinin enzimatik hidrolizasyonu sonucunda, antihipertansif (angiotensin-I-dönüştürücü enzim inhibitörü), opioid,

antimikrobiyal, immunolojik ve antitrombotik aktiviteye sahip ve ileum (ince bağırsağın son kısmı) üzerinde etkili olan biyoaktif peptitler oluşmaktadır (Tablo 3) [4, 20, 56-60].

Tablo 3. Serum proteinleri türevli biyoaktif peptidler

Protein Kaynağı	Enzim	Peptid	Biyoaktivitesi
α-Laktalbumin	Pepsin	α-Laktoforin	ACE inhibitörü
	Pepsin	α-Laktorfin (f50-53)	Opioid aktivite, ACE inhibitörü
	Tripsin	α-LA (f50-51), α-LA (f99-108), α-LA (f104-108)	ACE inhibitörü
	Tripsin	α-LA (f18-20)	İmmunopeptit
β-Laktoglobulin	Pepsin	β-Laktoforin	İleum'un uyarılması
	Tripsin-pepsin	β-Laktorfin (f142-148)	ACE inhibitörü
	Tripsin-pepsin	β-Laktorfin (f 102-105)	Opioid aktivite, ACE inhibitörü
	Kimotripsin	β-Laktotensin (f146-149)	İleum'un kasılması
	Tripsin	β-LG (f22-25), β-LG (f32-40), β-LG (f78-80),	ACE inhibitörü
	Proteinaz K	β-LG (f81-83)	ACE inhibitörü
Serum Albumini	Tripsin	β-laktokinin (f102-103)	ACE inhibitörü
	Pepsin	Albutensin (f208-216)	ACE inhibitörü, ileum'un kasılması
	Pepsin	Serorfin (f399-404)	Opioid aktivite
Laktoferrin	Kimotripsin	Laktoferrisin B (f17-47)	Antimikrobiyal
	Pepsin	Laktoferroksin A (f318-323), B (f536-540) ve C (f673-679)	Opioid antagonist
Laktotransferrin	Pepsin	Trombin inhibitör peptit (f39-42)	Antitrombotik
		Kasoplatelin	Antitrombotik
Proteoz-pepton	Plasmin	PP 8 (f1-28)	Opioid aktivite, Ca-bağlama
Glikomakropeptit	Tripsin	Trombin inhibitör peptit	Antitrombotik

Serum protein türevli bazı peptidlerin morfin benzeri özelliklere sahip olduğu ve dolayısıyla sinir sisteminde aktif rol oynadıkları belirlenmiştir. Bu peptidler opioid peptidler olarak bilinirler. Bunlar, agonistik veya

antagonistik aktiviteye sahiptirler [61]. Memelilerin bağırsak, sinir ve endokrin sistemlerinde lokalize olmuş opioid reseptörleri (μ-, δ- ve κ-tipi reseptörler) bulunmaktadır. Bu reseptörlere tipik ve atipik opioid

peptidler bağlanabilir. Tipik opioid peptidler olan enkefalin, endorfin ve dinorfin'in N-terminal dizilimleri (Tyr-Gly-Gly-Phe) ortaktır ve agonistik aktiviteye sahiptirler. Atipik opioid peptidler ise agonistik veya antagonistik aktiviteye sahip olabilirler. Agonistik aktiviteye sahip olan peptidler morfin benzeri uyuşturucu bir etki gösterirlerken antagonistik peptidler ise bu etkiyi azaltıcı ve engelleyici yönde davranmaktadır. Opioid antagonistler enkefalinin agonistik aktivitesini bastırmaktadırlar. α -laktorfin, β -laktorfin ve serorfin opioid agonistik, laktoferroksin A, B ve C opioid antagonistik aktiviteye sahiptir (Tablo 3). Opioid aktiviteye sahip peptidlerin sosyal davranışın düzenlenmesinde, ağrının giderilmesinde, sindirim sistemi boşalım hızının azalmasında, ishalin önlenmesinde, aminoasit transferinin düzenlenmesinde, insülin ve somatostatin hormonlarının salgılanmasında önemli rol oynadıkları belirtilmektedir [19, 58, 60-64]. Serum proteinlerinden proteoz-peptonun, plasmin enzimi ile hidrolizasyonu sonucu oluşan PP 8(f1-28) peptidin de opioid agonist aktivitesine sahip olduğu bulunmuştur. Ayrıca bir fosfopeptid olduğundan Ca-bağlama yeteneğinde olduğu ve buna paralel olarak da kemik sağlığında önemli rol oynadığı ifade edilmektedir [65].

Plazma, akciğer, böbrek, kalp, iskelet kası, pankreas, beyin gibi dokularda bulunan anjiyotensin-I-dönüştürücü enzim (ACE, kininaz II), birçok fonksiyona sahiptir ve bazı endojen biyoaktif peptidlerin lokal düzeyde regülasyonunda anahtar fizyolojik rol oynamaktadır. ACE, periferik kan basıncını kontrol eden renin-anjiyotensin sistemiyle birlikte bulunmaktadır. ACE anjiyotensin I'i anjiyotensin II'ye dönüştürerek kan damarlarının daralmasına ve buna bağlı olarak da kan basıncının yükselmesine neden olan enzimdir [66, 67]. ACE'nin inhibe edilmesi antihipertansif etkiye neden olmaktadır [61]. Kan basıncına ilaveten, ACE inhibisyonu, organizmanın savunma ve sinir sistemi aktivitesini de içeren farklı kontrol sistemlerini de etkileyebilmektedir. Serum proteinleri türevli biyoaktif proteinlerden α -laktoforin, α -laktorfin, β -laktorfinler, β -laktokininler, albutensin, α -LA ve β -LG'nin birçok fragmentlerinin ACE inhibitör aktivitesine sahip oldukları belirlenmiştir (Tablo 3) [20, 67]. Serum protein türevli opioid peptidler (α -laktorfin ve β -laktorfin) orta düzeyde ACE aktivitesini inhibe etmektedirler. N-terminal dipeptidi Tyr-Leu olan β -laktoglobulinin triptik peptidi α -laktorfinin (f142-148) serum proteinleri arasında en yüksek ACE inhibitör aktivitesine sahip olduğu belirlenmiştir. Kazein türevli biyoaktif peptidlerin ACE inhibitör aktivitesinin daha yüksek olduğu bildirilmiştir [20, 57, 60-62, 68].

Trombin, fibrinojeni fibrine hidrolize edip kanın pıhtılaşmasına neden olmaktadır. Glikomakropeptit ve laktoferroksinin hidrolitik fragmentlerinin trombositler üzerindeki fibrinojenin bağlandığı reseptörlere

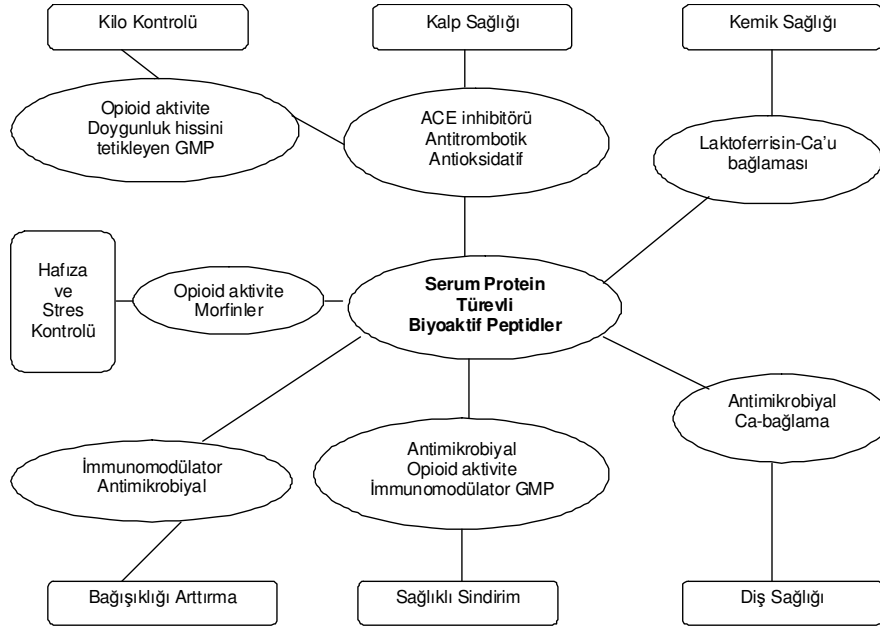
bağlanarak antitrombotik aktivite gösterdikleri belirlenmiştir [58].

Laktoferrinin hidrolitik parçalanma ürünü olan laktoferrinin antimikrobiyal aktivitesi sahip olduğu net pozitif yükten kaynaklanmaktadır. Laktoferrinin önemli özelliklerinden birisi yüksek oranda ve asimetrik olarak kümeleşmiş bazik aminoasit içermesidir. Yirmibeş amino asidin sekizi bazik amino asit ve bunlardan 6'sı α -heliks yapıdaki N-terminalinde bulunmaktadır. Katyonik, amfipatik ve α -heliks yapılar vasıtasıyla laktoferrinin hücre membranında iyon kanalları oluşturarak ve membran geçirgenliğini artırarak antimikrobiyal etki göstermektedir. Laktoferrinin antimikrobiyal aktivitesi laktoferrine göre daha yüksek olduğu belirtilmektedir [61].

α -Laktalbuminin α -LA (f18-20) fragmentinin bağışıklık sisteminde rol alan periferik kan limfositlerinin sentezini teşvik ettiğinden immun reaktiviteye sahip olduğu belirlenmiştir. Opioid peptidler, limfositlerinin immuno reaktivitesini opioid reseptörleri vasıtasıyla etkileyebilmektedirler. İmmun sistem ile opioid peptidler arasında yüksek bir ilişkinin olduğu araştırmacılar tarafından ortaya konmuştur. Bu ilişkinin nedeni opioid reseptörlerinin T-limfositler ile fagositik lökositlerde bulunmasıdır [61, 69]. Serum proteinleri türevli biyoaktif peptidlerin sağlık üzerine etkileri Şekil 2'de özetlenmiştir. Biyoaktif serum proteinleri ve peptidlerinin, antimikrobiyal ve antiviral özellikleri, immün sistemini desteklemeleri, antioksidan etkileri, antikanserojenik aktiviteleri ve hipokolesterolomik etkileri söz konusudur [58, 68]. Serum proteinlerinin; kardiyovasküler hastalıklarda, tip II diyabet hastalığında, obezite gibi durumlarda diyetle bulunması önerilmektedir. Ayrıca, peyniraltı suyu proteinlerinin kısa zincirli aminoasitler açısından zengin olmaları bunların stres altında kas tarafından enerji kaynağı olarak kullanılmasına imkân sağlamaktadır [6, 25, 58, 70].

Ticari Uygulamaları

Fonksiyonel gıda ve yem sanayi ile diğer sağlık ürünlerini (diş macunu, ağız çalkalama ürünleri vb.) üreten endüstrilerde son yıllarda biyolojik aktiviteye sahip serum proteinleri ve peptidler ile bunların türevleri olan biyoaktif peptidlere oldukça fazla rağbet vardır. Laktoferroksin, laktoferrin ve glikomakropeptit günümüzde ağız ve diş sağlığının korunması amacıyla diş macunlarına katılmaktadırlar. Serum proteinleri türevli peptidlerin elde edilmesinde uygulanabilecek en uygun teknikler membran filtrasyon ve kromatografik ayırma yöntemleridir. Membran filtrasyon tekniklerinden ultrafiltrasyon ve nanofiltrasyon spesifik moleküler ağırlığa sahip olan biyoaktif peptidlerin ayrılmasında kullanılabilir [41, 44, 71, 72].



Şekil 2. Serum protein türevli biyoaktif peptidlerin sağlık üzerine yararlı etkileri

SONUÇ

Son yıllarda, tüketicilerin fonksiyonel gıdalara artan ilgisinden dolayı, serum proteinleri ve bunlardan kaynaklanan peptidlere de ilgi artmıştır. Bu bağlamda biyolojik aktiviteye sahip serum proteinleri ve fizyolojik aktiviteye sahip biyoaktif peptidlerin, antibakteriyel, antiviral, antikanserojenik, antioksidan ve hipokolestrolemik özelliklerinin bilimsel olarak ortaya konmaya başlanması, bunların gelecekte hem yeni hem de halen tüketilen gıdaların vazgeçilmez bileşenleri olacaklarını göstermektedir.

KAYNAKLAR

- [1] Regester, G.O., McIntosh, G.H., Lee, V.W.K., Smithers, G.W. 1996. Whey proteins as nutritional and functional food ingredients. *Food Australia* 48: 123-127.
- [2] Walzem R.L., Dillard C.J., German J.B. 2002. Whey components: millennia of evolution create functionalities for mammalian nutrition: what we know and what we may be overlooking. *Critical Review on Food Science and Nutrition* 42: 353-375.
- [3] Marshall, K. 2004. Therapeutic applications of whey protein. *Alternative Medicine Review* 9:136-156.
- [4] Smithers, G.W. 2008. Whey and whey proteins—From 'gutter-to-gold'. *International Dairy Journal* 18: 695-704.
- [5] Smilowitz, J.T., Dillard, C.J., German, J.B. 2005. Milk beyond essential nutrients: The metabolic food. *Australian Journal of Dairy Technology* 60: 77-83.
- [6] Moller, N. P., Scholz-Ahrens, K. E., Roos, N., Schrezenmeir, J. 2008. Bioactive peptides and proteins from foods: Indication for health effects. *European Journal of Nutrition* 47: 171-182.
- [7] McIntosh, G.H., Royle, P.J., Le Leu, R.K., Regester, G. O., Johnson, M. A., Grinstead, R. L., et al. 1998.

Whey proteins as functional food ingredients? *International Dairy Journal* 8: 425-434.

- [8] [8] McMahon, D.J., Oommen, B.S. 2008. Supramolecular structure of the casein micelle. *Journal of Dairy Science* 91:1709-1721.
- [9] de Wit, J.N. 1998. Nutritional and functional characteristics of whey proteins in food products. *Journal of Dairy Science* 81: 597-608.
- [10] Aimutis, R.W. 2004. Bioactive properties of milk proteins with particular focus on anticariogenesis. *The Journal of Nutrition* 20: 989-995.
- [11] FAO, 2006. Food Outlook no. 2, December 2006. <http://www.faoorg/docrep/009/>.
- [12] [Özen, A.E., Kılıç, M. 2007. Peynir altı suyundan elde edilen serum proteinlerinin fonksiyonel özellikleri. *Gıda Teknolojileri Elektronik Dergisi* 3: 45-49.
- [13] Ha, E., Zemel, M.B. 2003. Functional properties of whey, whey components, and essential amino acids: Mechanisms underlying health benefits for active people. *Journal of Nutritional Biochemistry* 14: 251-258.
- [14] Zemel, M.B. 2004. Role of calcium and dairy products in energy partitioning and weight management. *American Journal of Clinical Nutrition* 79(Suppl.): 907S-912S.
- [15] Kimball, S.R. 2002. Regulation of global and specific mRNA translation by amino acids. *Journal of Nutrition* 132: 883-886.
- [16] Shoveller, A. K., Stoll, B., Ball, R. O., Burrin, D. G. 2005. Nutritional and functional importance of intestinal sulphur amino acid metabolism. *Journal of Nutrition* 135: 1609-1612.
- [17] Meisel, H., Schlimme, E. 1996. Bioactive peptides derived from milk proteins: Ingredients of functional foods? *Kieler Milchwirtschaftliche Forschungsberichte* 48: 343-357.

- [18] Korhonen, H., Pihlanto-Leppala, A., Rantamaki, P., Tupasela, T. 1998. Impact of processing on bioactive proteins and peptides. *Trends in Food Science and Technology* 9: 307-319.
- [19] Shah, P.N. 2000. Effects of milk-derived bioactives: an overview. *British Journal of Nutrition* 84(Suppl.): 1, S3-S10.
- [20] Pihlanto-Leppala, A., Koskinen, P., Piiola, K., Tupasela, T., Korhonen, H. 2000. Angiotensin I-converting enzyme inhibitory properties of whey protein digests: Concentration and characterization of active peptides. *Journal of Dairy Research* 67: 53-64.
- [21] Lee, Y.M., Skurk, T., Hennig, M., Hauner, H. 2007. Effect of a milk drink supplemented with whey peptides on blood pressure in patients with mild hypertension. *European Journal of Nutrition* 46: 21-27.
- [22] Karagözlü, C., Bayarer, M. 2004. Peyniraltı Suyu Proteinlerinin Fonksiyonel Özellikleri Ve Sağlık Üzerine Etkileri. *Ege Üniv. Ziraat Fakültesi Dergisi* 41: 197-207.
- [23] Bounous, G., Batist, G., Gold, P. 1991. Whey proteins in cancer prevention. *Cancer Letters* 57: 91-94.
- [24] Dillar, C.J., Walzem, R.L., German, J.B. 2002. Whey components: Millennia of Evolution create functionalities for mammalian nutrition. *Critical Review on Food Science and Nutrition* 42: 353-375.
- [25] Haque, E., Chand, R. 2008. Antihypertensive and antimicrobial bioactive peptides from milk proteins. *European Food Research and Technology* 227: 7-15.
- [26] Nutte, R.L., Kettering, J.D., Aprecio, R.M., Weeks, D.A., Gridley, D.S. 1990. Effect of dietary fat and protein on DMH induced tumor development and immune responses. *Nutrition and Cancer* 13: 141-152.
- [27] Mcintosh, G. H., G. D. Regester, R. K. Lelue, P. J. Royle, and G. W. Smithers. 1995. Dairy proteins protect against dimethylhydrazine-induced intestinal cancers in rats. *Journal of Nutrition* 125:809-816.
- [28] Pins, J. J., Keenan, J. M. 2006. Effects of whey peptides on cardiovascular disease risk factors. *Journal of Clinical Hypertension* 8: 775-782.
- [29] Papiz, M.Z., Sawyer, L., Eliopoulos, E.E., North, A.C., Findlay, J.B., Sivaprosadaro, R., Jones, T.A., Newcomer, M.E., Kraulis, P.J. 1986. The structure of β -lactoglobulin and its similarity to plasma retinol-binding protein. *Nature (Lond.)* 324: 383-385.
- [30] Gold, P., Inventors G.B., 1993. Method of treatment of HIV-seropositive individuals with dietary whey proteins. WHO Pat. No. 93/20831.
- [31] Fleet, J.C. 1995. New role for lactoferrin: DNA-binding and transcription activation. *Nutrition Reviews* 53: 226-227.
- [32] Cross, M.L., Gill, H.S. 2000. Immunomodulatory properties of milk. *British Journal of Nutrition* 84:S81-S89.
- [33] Brock, J.H. 1980. Lactoferrin in human milk: its role in iron absorption and protection against enteric infection in the newborn infant. *Archives of Disease in Childhood* 55: 417-421.
- [34] Tsuji, S., Hirata, Y., Mukai, F., Ohtagaki, S. 1990. Comparison of lactoferrin content in colostrum between different cattle breeds. *Journal of Dairy Science* 73: 125-128.
- [35] Viljoen, M. 1995. Lactoferrin: a general review. *Haematologica* 80: 252-267.
- [36] Steijns, J.M., van Hooijdonk, A.C. 2000. Occurrence, structure, biochemical properties and technological characteristics of lactoferrin. *British Journal of Nutrition* 84:S11-S17.
- [37] Tomita, M., Bellamy, W., Takase, M., Yamauchi, K., Wakabayashi, H., Kawase, K. 1991. Potent antibacterial peptides generated by pepsin digestion of bovine lactoferrin. *Journal of Dairy Science* 74: 4137-4142.
- [38] Bezault, J., Bhimani, R., Wiprovnick, J., Furmanski, P. 1994. Human lactoferrin inhibits growth of solid tumors and development of experimental metastases in mice. *Cancer Research* 54: 2310-2312.
- [39] Shimazaki, K. 2000. Lactoferrin: a marvelous protein in milk? *Animal Science of Journal* 71: 329-347.
- [40] Cornish, J. 2004. Lactoferrin promotes bone growth. *BioMetals* 17: 331-335.
- [41] Cornish, J., Palmano, K., Callon, K.E., Watson, M., Lin, J.M., Valenti, P., Naot, D., Grey, A.B., Reid, I.R. 2006. Lactoferrin and bone; structure-activity relationships. *Biochemistry of Cell Biology* 84: 297-302.
- [42] Kussendrager, K.D., van Hooijdonk, A.C. 2000. Lactoperoxidase: physico-chemical properties, occurrence, mechanism of action and applications. *British Journal of Nutrition* 84: S19-S25.
- [43] Tenovuo, J. 2002. Clinical applications of antimicrobial host proteins lactoperoxidase, lysozyme and lactoferrin in xerostomia: Efficacy and safety. *Oral Diseases* 8: 23-29.
- [44] Boots, J.W., Floris, R. 2006. Lactoperoxidase: From catalytic mechanism to practical applications. *International Dairy Journal* 16: 1272-1276.
- [45] Manso, M. A., Lopez-Fandino, R. 2004. κ -casein macropeptides from cheese whey: Physicochemical, biological, nutritional, and technological features for possible uses. *Food Reviews International* 20: 329-355.
- [46] Kawasaki, Y., Isoda, H., Tanimoto, M., Dosako, S., Idota, T., Ahiko, K. 1992. Inhibition by lactoferrin and κ -casein glycomacropeptide of binding of cholera toxin to its receptor. *Bioscience Biotechnology and Biochemistry* 56: 195-198.
- [47] Kawasaki, Y., Isoda, K., Shinmoto, H., Tanimoto, M., Dosako, S., Idota, T., Nakajima, I. 1993. Inhibition by κ -casein glycomacropeptide and lactoferrin of influenza virus hemagglutination. *Bioscience, Biotechnology and Biochemistry* 57: 1214-1215.
- [48] Poch, M., Bezkorovainy, A. 1991. Bovine milk κ -casein trypsin digest is a growth enhancer for the genus *Bifidobacterium*. *Journal of Agriculture and Food Chemistr*, 39: 73-77.
- [49] Minervini, F., Algaron, F., Rizella, C.G., Fox, P.F., Monnet, V., Gogetti, M. 2003. Angiotensin I-converting-enzyme-inhibitory and antibacterial

- peptides from *Lactobacillus helveticus* PR4 proteinase-hydrolyzed caseins of milk from six species. *Applied and Environmental Microbiology* 69: 5297-5305.
- [50] Kitts, D.D., Weiler, K. 2003. Bioactive proteins and peptides from food sources. Applications of bioprocesses used in isolation and recovery. *Current Pharmaceutical Design* 9: 1309-1323.
- [51] Meisel, H. 2005. Biochemical properties of peptides encrypted in bovine milk proteins. *Current Medicinal Chemistry* 12: 1905-1919.
- [52] Mellander, O. 1950. The physiological importance of the casein phosphopeptide calcium salts II. Peroral calcium dosage of infants. *Acta of the Society of Medicine of Uppsala* 55: 247-255.
- [53] FitzGerald, R.J., Meisel, H., 2000. Milk protein-derived peptide inhibitors of angiotensin-I-converting enzyme. *British Journal of Nutrition* 84: S33-S37.
- [54] Pihlanto, A. 2006. Antioxidative peptides derived from milk proteins. *International Dairy Journal*, 16: 1306-1314.
- [55] Hartmann, R., Meisel, H. 2007. Food-derived peptides with biological activity: From research to food applications. *Current Opinion in Biotechnology* 18: 1-7.
- [56] Korhonen H., 2009. Milk-derived bioactive peptides: From science to applications. *Journal of Functional Foods* (in press), doi:10.1016/j.jff.2009.01.007.
- [57] Mullally, M. M., Meisel, H., FitzGerald, R. J. 1997. Identification of a novel angiotensin-I converting enzyme inhibitory peptide corresponding to a tryptic fragment of bovine β lactoglobulin. *FEBS Letter*, 402: 99-101.
- [58] Clare, D.A., Swaisgoodt. 2000. Bioactive Milk Peptides: A Prospectus. *Journal of Dairy Science* 83: 1187-1195.
- [59] Roufik, S., Gauthier, S. F., Turgeon, S. L. 2006. In vitro digestibility of bioactive peptides derived from bovine β -lactoglobulin. *International Dairy Journal* 16: 294-302.
- [60] Kınık, Ö., Gürsoy, O. 2002. Süt proteinleri kaynaklı biyoaktif peptitler. *Mühendislik Bilimleri Dergisi* 8: 195-208.
- [61] Silva, S.V., Malcata, F.X. 2005. Caseins as source of bioactive peptides. *International Dairy Journal*, 15: 1-15.
- [62] Meisel, H., 1998. Overview on Milk Protein-Derived Peptides. *International of Dairy Journal* 8: 363-373.
- [63] Meisel, H., Bockelmann, W. 1999. Bioactive peptides encrypted in milk proteins: Proteolytic activation and thropho-functional properties. *Antonie van Leeuwenhoek* 76: 207-215.
- [64] Paakkari, I., Jarvinen, A., Antila, P., Mattila, M.J., Pihlanto-Leppalla, A. 1994. Opioid effects of the milk whey-protein derived peptides α - and β -lactorphin in β -casomorphins and related peptides. Recent development (Brantl, V., Teschemacher, H., eds.), VCH, Weicheim, pp 33-37.
- [65] Kitts, D.D., Yuan, Y.V., 1992. Caseinophosphopeptides and calcium bioavailability. *Trends in Food Science and Technology* 3: 31-35.
- [66] Ariyoshi, Y., 1993. Angiotensin-converting-enzyme inhibitors derived from food proteins. *Trends in Food Science and Technol* 4: 139-144.
- [67] Gobbetti, M., Minervini, F., Rizzello, C.G. 2004. Angiotensin I converting-enzyme-inhibitory and antimicrobial bioactive peptides. *International Journal of Dairy Technol* 57: 172-188.
- [68] Gauthier, S. F., Pouliot, Y., Saint-Sauveur, D. 2006. Immunomodulatory peptides obtained by the enzymatic hydrolysis of whey proteins. *International Dairy Journal* 16: 1315-1323.
- [69] Faith, R.E., Liang, H.J., Murgo, A.J., Plotnikoff, N.P., 1984. Neuroimmunomodulation with enkephalins: enhancement of human natural killer (NK) cell activity in vitro. *Clinical Immunology and Immunopathology* 31: 412-418.
- [70] Zimecki, M., Kruzel, M.L. 2007. Milk-derived proteins and peptides of potential therapeutic and nutritive value. *Journal of Experimental Therapy and Oncolog* 6: 89-106.
- [71] Pouliot, Y., Gauthier, S.F., Groleau, P.E. 2006. Membrane-based fractionation and purification strategies for bioactive peptides. In Y. Mine, F. Shahidi (Eds.). *Nutraceutical proteins and peptides in health and disease nutraceutical science and technology* (Vol. 4). Boca Raton, FL: Taylor and Francis, pp. 639-658.
- [72] Korhonen, H., Pihlanto, A. 2007. Technological options for the production of health-promoting proteins and peptides derived from milk and colostrum. *Current Pharmaceutical Design* 13: 829-843.

Metabolik Mühendisliğinde Laktik Asit Bakterileri

Hülya Karaca¹, Emine Dinçer², Merih Kıvanç²

¹Anadolu Üniversitesi, Eczacılık Fakültesi, F. Mikrobiyoloji Anabilim Dalı, Eskişehir

²Anadolu, Fen Fakültesi, Biyoloji Bölümü, Eskişehir

ÖZET

Gıdaların fermantasyonunda yaygın olarak kullanılan laktik asit bakterileri (LAB), basit ve kontrol edilebilir bir metabolizmaya sahiptir. Bu derlemede LAB'nin bazı karakteristik özellikleri ve bu bakterilerin fermente gıdalardaki tat ve dokuya olan katkıları metabolik yolları özetlenerek açıklanmış ve metabolik mühendisliği ile bu yolların iyileştirilmesine yönelik çalışmalar irdelenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Metabolik mühendisliği, Laktik asit bakterileri, Metabolizma

Lactic Acid Bacteria in Metabolic Engineering

ABSTRACT

Lactic acid bacteria, which are widely used in food fermentation, have a simple and controllable metabolism. In this review some characteristics of LABs and their contribution to flavor and texture of fermented foods were briefly explained by presenting metabolic pathways of LABs, and studies on the improvements of these pathways by metabolic engineering were discussed.

Key Words: Metabolic engineering, Lactic acid bacteria, Metabolism

GİRİŞ

Laktik asit bakterileri (LAB) endüstriyel açıdan önemli mikroorganizmalar olup, endüstriyel gıda fermantasyonlarında çeşitli şekillerde kullanılmaktadırlar. Özellikle gelişme ortamındaki karbonu metabolize etmeleri sonucu ara ürün olarak laktik asit üretmeleri, bu mikroorganizmaların gıda üretiminde kullanımının yaygınlaşmasına neden olmaktadır. LAB'nin bu özellikleri gıda hammaddelerinde asitliğin yükselmesine yol açmakta ve bu durum gıdaların raf ömrünü uzatmak açısından yararlı olmaktadır. LAB asit oluşturmalarının yanı sıra gıdalarda starter kültür olarak kullanıldıklarında tat, doku, besleyici değer gibi bazı ürün karakteristiklerine de katkıda bulunmaktadırlar [1-4]. Bu özellikleri starter kültür olarak kullanıldıkları gıdalarda, fermantasyon koşullarında metabolizmanın esas ürünü olan laktik asidi üretmelerinin yanında fermente ürünlerin tatlarına ve yapılarına katkıda bulunan asetik asit, asetaldehit, etanol, diasetil, eksopolisakkarit ve şeker alkollerini gibi diğer yan ürünleri de sentezleyebilmeleri ile ilgilidir [4-9].

Belirtilen bu özellikleri nedeni ile endüstriyel boyutta kullanılan LAB süt ürünlerinde, ürüne özel duyuusal

özelliklerini kazandırmak amacı ile kullanılmaktadırlar. Yine aynı şekilde peynir üretiminde starter kültür olarak kullanılmakta ya da birçok peynir çeşidinin starter olmayan mikroflorasında dominant mikroorganizmalar olarak bulunmaktadırlar. LAB gelişmelerinde oksijene ihtiyaç duymama, karbondioksit inhibisyonuna direnç ve tuza tolerans gibi özelliklerinden dolayı et ve et ürünlerinde buldukları gibi bitki kökenli gıdaların fermantasyonunda örneğin zeytinlerde ve turşularda; ekme ve bira gibi fermente tahıl ürünlerinin çoğunda da karşımıza çıkmaktadırlar [5, 9, 10, 11].

Karbon metabolizmaları göz önüne alındığında homofermantatif ve heterofermantatif olarak iki gruba ayrılan LAB'den homofermantatifler şekerin laktik aside hızlı bir şekilde dönüşümüne odaklanmış basit bir metabolizmaya sahiptirler. Genel habitatı yüksek oranda şeker içeren çevrelerdir. Bu şartlar altında hızlı şeker dönüşümüne izin veren ve birçok biyosentetik aktiviteden kaçınan tipik bir metabolizma geliştirmişlerdir [5, 8, 12]. Laktik asit bakterilerinin enerji ve biyosentez metabolizmaları arasında örtüşme olmadığından metabolik mühendisliği için ideal hedef organizmalardır. Bu metabolizmalar birbirini etkilemeden değişebilmektedir. Diğer bir deyişle, bu bakteri grubunun

biyosentetik kapasitesi ve metabolik değişkenliği sınırlı olup; fizyolojileri basittir ve bu da onların metabolik mühendisliğinde kullanılabilir olmalarındaki en önemli faktördür [1, 8, 13].

LAB arasında *Lactococcus lactis* fermantasyonda en çok çalışılan tür olup süt ürünlerinin üretiminde dünya çapında yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu mikroorganizmanın gıda üretiminde yaygın olarak kullanımı bakteriyel fizyolojinin birçok yönünü anlamayı gerektirmektedir [6, 8]. Son yıllarda *L. lactis*' le ilgili etkili genetik kaynaklar geliştirilmekte ve bunlar süt ürünlerinin kalitesini arttırmak için farklı metabolik mühendisliği stratejileri geliştirmek amaçlı kullanılmaktadır. Bu genetik kaynaklar metabolik mühendisliği stratejilerinde kritik öneme sahip olup, arzu edilmeyen genlerin inaktivasyonunu, var olanların ya da yenilerinin fazla üretimini amaçlamaktadır [1, 3, 14].

Bu derlemede LAB'nin bazı karakteristik özellikleri ve bu bakterilerin fermente gıdalardaki tat ve dokuya olan katkıları metabolik yolları özetlenerek açıklanmaya çalışılacak ve metabolik mühendisliği ile bu yolların iyileştirilmesine yönelik çalışmalar gözden geçirilecektir.

AROMA OLUŞUMU

Fermente süt ürünlerinde tadın geliştirilmesi karmaşık, aynı zamanda süt bileşiklerinin kimyasal ve biyokimyasal dönüşümünü içeren yavaş bir süreçtir. Gerek süt ürünleri gerekse diğer fermente gıdaların kalitesi mevcut olan tatlandırıcılar ve aromalar ile ilişkilidir. *Lactococcus lactis* spp. *lactis* ve *Lactococcus lactis* spp. *cremoris* tarafından üretilen laktik asit ve asetik asit gibi organik asitler fermente sütte arzu edilen tadı sağlamaktadır. Olgunlaşmış peynirde bulunan aroma maddeleri ise asetaldehit, diasetil, aseton ve 2-3, bütillen- glikol gibi maddeleri içermektedir. Bu aroma maddeleri *L. lactis* spp. *lactis* ve *Leuconostoc* türleri tarafından sitrattan üretilmektedirler [13-17].

Tereyağı, ayran, peynir gibi süt ürünlerinde temel aroma maddesi olan ve kimyasal olarak asetona çok benzeyen diasetil, süt fermantasyonu süresince sitrat bağımlı LAB, *Leuconostoc*, *Lactobacillus* ve *Lactococcus* türleri tarafından oluşturulmaktadır [3, 8, 18]. Çeşitli LAB'de sıkça görülen diasetil üretimi ortam bileşenleri, pH ve inkübasyon sıcaklığı gibi bir çok faktöre bağlı olarak değişmektedir. Homofermantatif türler, heterofermantatif türlere nazaran daha hızlı ve daha fazla miktarda diasetil üretmektedirler [5, 19]. Yapılan son çalışmalar diasetilin, metabolik ara ürün olan α -asetolaktatın oksidatif dekarboksilasyonu sonucu oluştuğunu göstermektedir. α -asetolaktat 2 molekül pürivatın; α -asetolaktat sentetazın aktivitesi ile üretilmektedir. Ancak, bu enzimin pürivata düşük ilgi göstermesi nedeniyle reaksiyon sadece pürivat fazlası ortamda gerçekleşmektedir. Daha sonra α -asetolaktat

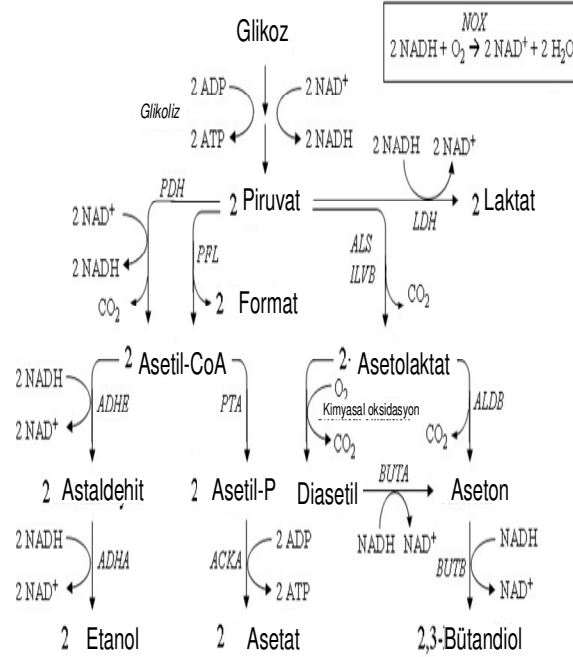
α -asetolaktat dekarboksilaz (ALDB) ile asetona dekarboksillenmektedir. ALDB eksik suşlarda, α -asetolaktat birikmekte ve oksijen varlığında kimyasal olarak diasetile dönüştürülmektedir [1, 8, 13, 17, 18] (Şekil 1).

İndirgenmiş şeker metabolizmalarında, örneğin galaktoz gibi şeker substratlarının bulunduğu ortamda, yüksek miktarda oksijenin bulunduğu ve şekerin sınırlı olduğu durumlarda son ürünler fazla miktarda üretilmektedir. Yapılan gözlemler laktat dehidrogenaz (LDH) enziminin komple yıkımı veya inhibisyonunun metabolik akışın yeniden yönlendirilebileceği fikrini ortaya koymaktadır. Bu bilginin ışığında LAB'nde ve özellikle *Lactococcus lactis*'de *ldh* geninin yıkılması sonucu asetik asit, formik asit, aseton ve etanolün oluştuğu gözlenmektedir [1, 5, 8]. LDH yıkımına benzer bir sonuç alternatif bir yaklaşım olan NADH oksidasyonu ile elde edilmektedir. Laktik asit bakterilerinin kuvvetli havalandırılmaları sonucu asetik asit, aseton gibi alternatif metabolit ürünlerin oluştuğu gözlenmektedir. Bu bilgi kullanılarak, etkili metabolik mühendisliği stratejileri geliştirilmekte ve NADH oksidazın (NOX) fazla üretimi sağlanmaktadır. NOX'i fazla üreten bakteri suşunda LDH – negatif suşta olduğu gibi aseton ve asetik asit üretiminde artış gözlenmektedir. Bu çalışmalar ışığında ve diasetil üretim mekanizmasının bilinmesi ve metabolik akışın yeniden yönlendirilebilmesi sayesinde, metabolik mühendisliği çalışmaları sonucu *L. lactis* tarafından diasetil üretilmesi ile ilgili etkili stratejiler geliştirilmektedir. Yapılan metabolik çalışmalar LDH yıkımı veya NOX'in aşırı üretiminin ALDB'nin yıkımı ile kombinasyonun yüksek diasetil üretimi ile sonuçlandığına işaret etmektedir. İki genin yıkımının kombinasyonu teknik olarak oldukça karışık olduğundan NOX üretimi ve ALDB yıkım kombinasyonu tercih edilmektedir [1, 5, 8, 13, 20].

DÜŞÜK KALORİLİ TATLANDIRICILARIN ÜRETİMİ

Şeker alkollerini poliol sınıfına ait karbonil şekerleri olup kendileri ile ilişkili birincil ya da ikincil hidroksil gruplarına indirgenirler. Şekerlere benzerlik gösterirler ve gıdaların besinsel profillerini iyileştirmek amacıyla kullanılırlar, düşük enerjili glisemik indeks ve insülin yanıtı oluştururlar. Doğal olarak meyve ve sebzelerde bulunurlar, aynı zamanda mikroorganizmalar tarafından da üretilmektedirler [15].

Şeker alkollerinden ksilitol, beş karbonlu olup ksiloz indirgenmesinden elde edilmektedir. Ksilitol mikroorganizmalar tarafından yoğun olarak üretildiğinden ve metabolik mühendisliği çalışmalarında kullanılabilir olduğundan, en çok rağbet gören şeker alkolüdür. Glikozun karbon kaynağı olarak kullanıldığı çalışmalarda ksiloz redüktazı kodlayan gen *Pichia stipitis*'den *L. lactis*'e aktarılarak ksilozdan ksilitol üretilmiştir [15, 27].



Şekil 1. Laktik asit bakterilerinde karbon metabolizması

Bir diğer şeker alkolü D-mannitol altı karbonlu olup klinik uygulamalarda ve tatlandırıcı olarak kullanılmaktadır. Bakterilerden ve bitkilerden elde edilmektedir. Mannitol glikozla kıyaslanabilecek kadar iyi bir tatlandırıcı olup; laktozun dönüşümü tadı çok arttırmamasına rağmen mannitol fermente ürünlerin tadını arttırmaktadır. Aynı zamanda kalorilerin indirgenmesini de sağlamaktadır. Yapılan çalışmalarda NICE sistemi (*L. lactis* tarafından üretilen, antimikrobiyal bir bileşik olan nisin'e dayalı gen aktarım sistemidir ve bu gen aktarım sistemi ile diğer genlerin kontrolü yapılmaktadır) kullanılarak mannitol-fosfat-dehidrogenazın fazla üretimi ile mannitol üretimi de artırılmıştır. Yine mannitol-1-fosfataz *Elimeria tenella*'dan *L.lactis*'e aktarılmış ve mannitol üretimi iyileştirilmeye çalışılmıştır [5, 15].

LAB'den *Lactobacillus plantarum* tarafından üretilen altı karbonlu şeker alkolü sorbitol fermentasyon ürünü olmayıp gelişim için şeker substratı olarak kullanılmaktadır. Sorbitol dehidrogenaz kodlayan genin fazla üretiminin yapıldığı suşlarda şekerin yaklaşık %50'si sorbitole dönüştürülmüştür [5, 15].

Yukarıda verilen örnekler LAB'lerin birincil metabolizmaları için verilen örnekler olup, aynı zamanda onların ikincil metabolizmalarının yeniden yönlendirilmesi için de benzer stratejiler kullanılmaktadır.

EKZOPOLİSAKKARİT ÜRETİMİ

Ekzopolisakkaritler (EPS) dallanmış tekrarlı şeker birimlerini ve şeker türevlerini içeren uzun zincirli polisakkaritlerdir. Çeşitli mikroorganizmalar tarafından üretilmekte olan bu bileşikler laktik asit grubuna dahil olan bir çok mikroorganizma tarafından üretilmektedir. LAB GRAS (genellikle güvenli kabul edilen) statüsünde

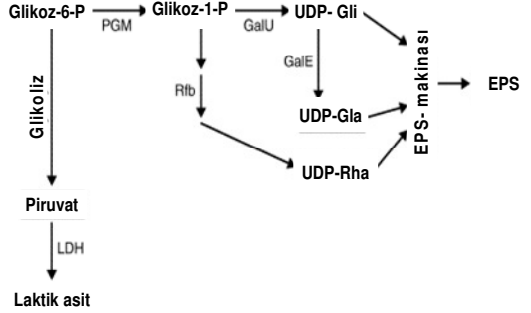
bakteriler olup; bu bakteriler tarafından üretilen EPS'ler de GRAS olarak kabul edilmektedir [1, 21]. Farklı LAB'den üretilen EPS'lerin kompozisyonları, üç boyutlu yapıları, sertlik, biyokimyasal ve biyofiziksel özellikleri, şeker bağları, polimer uzunluğu, şeker içerikleri, polimer dallanmaları, proteinlerle ilişkileri de birbirinden farklıdır [3, 21].

Mikrobiyal kaynaklardan elde edilen EPS'ler homopolisakkaritler ve heteropolisakkaritler olmak üzere iki gruba sınıflandırılmaktadır. Homopolisakkaritler bir tip monosakkaritin tekrarlanan birimlerini içermekte olup glukanlar ve fruktanlar olmak üzere 2 büyük gruba ayrılmaktadır. *Leuconostoc mesenteroides* gibi bazı mikroorganizmalar tarafından üretilmektedirler [15, 21]. Heteropolisakkaritler ise oligosakkaritlerin çoklu kopyalarından yapılmış olup her bir tekrarlı birimde iki ya da daha farklı monosakkarit ihtiva etmekte ve *L. lactis* subsp. *lactis*, *Lactobacillus delbrueckii* spp. *bulgaricus*, *Streptococcus thermophilus* gibi birçok LAB tarafından üretilmektedirler [21].

Genel olarak tüketicilerin isteği düşük şeker ve yağ içerikli ve az miktarda ek katkı maddesi içeren düşük maliyetli ürünlerdir. Bu nedenle, LAB'ye ait EPS uygulanabilir alternatif olup özel tadı olmayan fermente süt ürünlerinin kıvamlarını, yapılarını iyileştirmek amacıyla kullanılabilir. EPS aynı zamanda süt ürünlerinin raf ömrünü arttıran bir bileşiktir. Probiyotik olarak aktif olan bu bileşiklerin tümör oluşumunu engelleyici, bağışıklık sistemini destekleyici ve kan kolesterolünü düşürücü özellikleri de bulunmaktadır [1, 3, 21, 22].

EPS üretimi biyosentetik yolun sonucu olup enerji üreten bir yol değildir. Glikoliz reaksiyonları ile yakından

ilişkilidir [8]. Katabolik ve anabolik yolun ayrılmasında önemli rol oynayan fosfoglukomutaz (PGM) enzimi Glikoz-6P'nin glikoz-1P'ya dönüşümünü katalizlemektedir. EPS biyosentezinde merkezi ara ürün olan Glikoz-1P şeker nükleotitleri; UDP-Glikoz, UDP-Galaktoz ve dTDP-Rhamnoz'a dönüşmektedir. Glikoz-1P'dan UDP-Glu sentezi GalU tarafından, UDP-Glu'dan UDP galaktoz sentezi GalE tarafından ve Glikoz-1P'dan dTDP-Rha sentezi Rfb tarafından katalizlenmektedir. GalU tarafından katalizlenen UDP-Glu sentezi EPS üretiminde önemli bir kontrol noktasıdır [3, 1, 8, 21] (Şekil 2).



Şekil 2. *L. lactis* de EPS biyosentetik yolu

LAB tarafından üretilen EPS'nin üretim seviyesi düşük olduğundan, üretim seviyesini sınırlayan faktörleri belirlemek önemlidir. EPS genetiği, biyolojik farklılıklar, biyosentetik yollar, metabolik modeller ve fizikleri hakkındaki bilgiler EPS üretimini ve kompozisyonunu modifiye etmek amacıyla metabolik mühendisliği çalışmalarında kullanılmaktadır. Bununla birlikte LAB'den metabolik mühendisliği yolu ile farklı EPS üretimi için açık ve kesin temel prensipler bulunmamaktadır [3, 21, 22].

Spesifik EPS genleri büyük plazmitler ile kodlanmakta ve bir laktokokal suştan diğerine konjugasyonla transfer edilmektedirler. En iyi karakterize edilen laktokokal EPS plazmiti NIZO B₄₀'dir. Yapılan çalışmalarla enzim kodlayan genler (*galU*, *galE* ve *rfaABCD*) klonlanmakta, aktiviteleri NICE sistemi kullanılarak değiştirilmeye çalışılmakta ve bu yolla *L. lactis* deki şeker nükleotit seviyesindeki değişimin EPS üretimindeki rolü değerlendirilmektedir [1, 3].

Boels ve ark. [3] NICE sistemini kullanılarak *Escherichia coli* α-pgm genini *L. lactis*'e aktarmışlar ve fosfoglukomutaz enzim seviyesindeki değişim ile UDP glikoz ve UDP galaktozun hücre içi miktarında önemli miktarda artış gözlemişlerdir. Ara ürün miktarında ciddi bir artış olmasına rağmen *L. lactis* NIZO B₄₀'da EPS üretim seviyesi değişmemiştir.

galU Aktivite değişiminin *L. lactis* NIZO B₄₀ EPS üretim seviyesine ve şeker nükleotit biyosentezi üzerine etkisini belirlemek için *galU* üretim seviyesi 20 kez artırılmış ve

sonuç olarak UDP glikoz ve UDP galaktozun hücre içi seviyesinde güçlü bir artış gözlenmiştir. Ancak dTDP rhamnoz seviyesi ise *rfa* geninin aşırı üretimi ile sadece iki katına çıkarılmıştır [1, 3, 22].

L. lactis NIZO B₄₀ *galE* mutant suşunda EPS biyosentezi değerlendirilmiş ve glikozun tek karbon kaynağı olarak bulunduğu ortamda *galE* mutant hücrelerde EPS biyosentezi gerçekleşmezken, ortama galaktozun eklenmesi ile yeniden düzenlendiği görülmüştür. Bu sonuç *galE* nin glikozdan UDP-galaktozun sentezlenmesinde kritik rol oynadığını işaret etmektedir [3, 22].

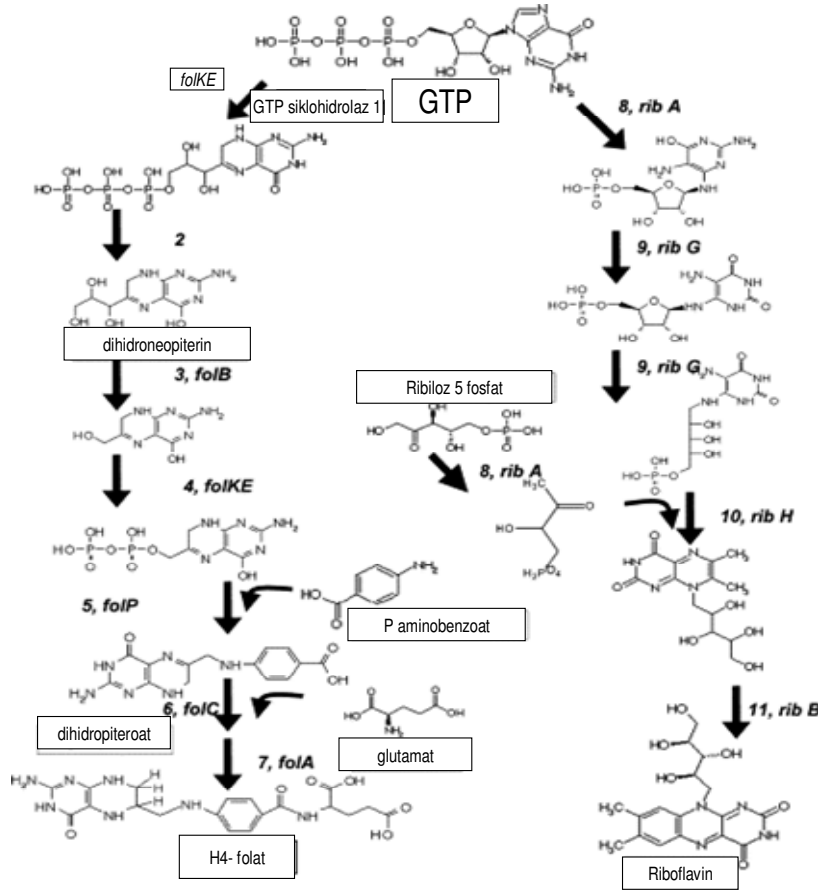
L. lactis' in gelişme ortamı fruktoz ise EPS üretimi glikoz ve laktozunkine oranla daha düşüktür. Bu ise fruktoz-1-fosfatazin (*fbf*) düşük aktivitesinin sonucudur. *L. lactis*' de NICE sistemi ile *fbp* gen ürününün aşırı üretimi ile nükleotit şekerlerinin hücre içi seviyesi artmakta, bununla birlikte gelişim daha hızlı olduğu gibi EPS miktarında da artış görülmektedir [8].

VİTAMİN ÜRETİMİ

Metabolik mühendisliğinin diğer bir hedefi LAB'nin ikincil metabolizmalarından olan vitamin üretimidir. İnsan beslenmesinde temel B vitaminlerinden olan folat, riboflavin ve B12 yaşamsal metabolik aktivitelerde (aminoasit ve nükleik asit biyosentezi) kofaktör olarak üretilmektedirler [5, 14, 23] Vitamin eksikliği tüm dünya da; özellikle yaşlı insanlarda ve büyümekte olan gençlerde karşılaşılan bir problemdir. Birçok LAB bu vitaminleri üretmekte ve bakteriyel üretim sonucu fermente ürünler bu vitaminlerce zenginleşmektedir [1].

B vitaminlerinden folat; çok sayıdaki folik asit türevlerinin genel adıdır, bu türevler oksidasyon durumu, petridin zincirindeki tek karbonun yeri ve poliglutamat kuyruğunun uzunluğu ile farklılık göstermekte; nükleotidlerin, DNA ve RNA ların yapı taşlarının biyosentezi gibi birçok metabolik reaksiyonda kofaktör olarak görev yapmaktadır. Folat aynı zamanda bazı kanser türlerine karşı koruyucu olarak kullanılmakta olup kronik hastalıklar, mental bozukluklar ve psikiyatrik hastalık tablosunun düşük folat seviyesi ile ilişkili olduğu bilinmektedir [3, 5, 14, 23]. Sebzeler, süt ürünleri ve diğer fermente ürünlerle karşılaştırıldığında bakteriler folatı az miktarda depolamaktadırlar. Folatı zenginleştirmek amaçlı kullanılan metabolik mühendisliği stratejileri vitamin biyosentezini arttırmaya yöneliktir [14, 3].

Folat biyosentezi çoklu enzim yolu içermektedir ve öncül molekül GTP'dir. Folat sentezinde görevli olan genler *L. lactis* MG1363 de karakterize edilmiş ve NICE sistemi kullanılarak üretilmiştir. GTP- siklohidrolaz 1 enziminin fazla üretimi ile toplam folat üretimi 3 katına çıkarılmıştır (Şekil 3) [5, 1, 14]



Şekil 3. Folat ve riboflavin sentez yolu [23]

Sybesma ve ark. [5] tarafından yapılan çalışma sonucu GTP-siklohidroksilazı kodlayan *gch* geninin aşırı üretimi ile folat üretimi 2-3 kez artırılırken, dihidroredüktaz kodlayan son gen *folA*'nın aşırı üretimi ile folat üretimi iki kez indirgenmiştir. Yapılan başka bir çalışma ile *folA* hariç diğer tüm folat genlerinin aşırı üretimi sonucu folatın beklenmeyen derecede çok üretildiği gözlenmiştir.

L. lactis MG1363 suşu tarafından üretilen toplam folat miktarı yaklaşık 100 ng/mL olup bunun %90'ı hücre içinde birikirken yalnızca %10'u çevreye verilmektedir. Yapılan çalışmada; sıçan veya insan kaynaklı γ -glutamil hirolaz enzimini kodlayan cDNA klonları NICE sistemi kullanılarak *L. lactis*'e ekspres edilmiş ve üretilen *L. lactis*'in uzaysal dağılımının ters döndüğü görülmüştür. Bunun sonucunda ise folat hücre dışına salınmaya başlanmıştır [3, 5].

Bir diğer B vitamini riboflavin; hücre metabolizmanın temel bileşiği olup, karbonhidratların enzimatik oksidasyonunda gerekli olan FMN ve FAD'ın öncüsüdür. Birçok mikroorganizma, bitki ve fungus riboflavin sentezleme yeteneğindedir. İnsanlar bunları sentezleyemediklerinden besinlerden almaktadırlar. İnsanda riboflavin eksikliği saç kaybı, deri iltihaplanmaları, görme bozuklukları, gelişim bozukluklarına sebep olmaktadır [23-25].

Folat gibi riboflavin sentezinde de öncül molekül GTP olup başlangıç aşaması da benzer enzim GTP siklohidrolaz II tarafından katalizlenmektedir. Riboflavinin fazla üretimi için metabolik mühendisliği çalışmaları ile GTP siklohidrolaz II geni NICE sistemi kullanılarak fazla miktarda üretilmiş, riboflavin üretiminin 3 katına çıktığı gözlenmiştir. Riboflavinin toksik analogu olan roseoflavine karşı dirençli mutant suşlar geliştirmek *L. lactis*'de riboflavinin fazla üretimi için seçilen bir başka yoldur. Roseoflavin birçok bakteri için toksik olup, riboflavine çok benzer ve aynı şekilde alınır, fakat kofaktör aktivitesi yoktur. *L. lactis*'in roseoflavine direnç için seçtiği yol riboflavinin fazla üretimidir [1, 5, 24, 26].

Riboflavinin yüksek miktarda üretimi için biyosentezinden sorumlu 4 gen (*ribG*, *ribB*, *ribA*, *ribH*) farklı LAB'lerde farklı şekillerde aktif olup, NICE sistemi kullanılarak *rib* genleri *L. lactis*'te yüksek oranlarda üretilmiş ve riboflavinin yüksek miktarda üretimi için bu genlerden sadece birinin değil hepsinin aynı anda fazla üretimine gerekli olduğu bildirilmiştir [3, 24, 25] (Şekil 3).

B₁₂ vitamini (kobalamin) ile ilgili bilgi sınırlı olup, kimyasal olarak sentezlenememektedir, bitki hücrelerinde bulunmaz ve sadece bir kaç bakteri tarafından üretilmektedir. *Lactobacillus reuteri* kobalamin

üreten tek laktik asit bakterisi olup, B₁₂ sentez yolu oldukça karışıktır ve 25 dönüşüm basamağı 25 farklı enzim tarafından katalizlenmektedir. “Metabolik mühendisliği kullanılarak B₁₂ üretimi artırılabilir mi?” sorusuna henüz net cevap verilememektedir. Üretimi arttırmak amacı ile hangi genin hedefleneceği belirlenememiştir [1, 5].

SONUÇ

LAB metabolik mühendisliği için uygun mikroorganizmalar olup, etkili metabolik mühendisliği çalışmaları ile LAB’de metabolik akış yönlendirilebilmektedir. Bu strateji ile bazı metabolitler yüksek miktarda üretilirken diğer taraftan bazıları ise az miktarda üretilmekte ya da hiç üretilmemektedir. Tatlandırıcılar, EPS ve vitaminlerin etkili üretimi için farklı LAB üzerinde çalışılmaktadır. LAB’nin metabolik mühendisliği çalışmalarında etkili bir şekilde kullanılmalarının sebebi, bu bakterilerin basit olması ve genetik çeşitliliğinin olmamasıdır. LAB’nin bu özelliği spesifik enzim aktivitesinin yıkılması gereken durumlarda büyük avantaj sağlamaktadır. Şimdiye kadar LAB’ye uygulanan birçok metabolik mühendisliği stratejisi birincil metabolizma ile ilişkili olup, laktokokal pürivat metabolizmasının yönünü değiştirmesine dayanmaktadır. Metabolik mühendisliği çalışmaları dahilinde daha kompleks olan ikinci yol ise sekonder metabolizma ile ilgili olup EPS ve vitamin üretimini içermektedir. Etkili metabolik mühendisliği çalışmaları metabolik akışın iyi bilinmesini ve genlerin iyi anlaşılmasını gerektirmektedir.

KAYNAKLAR

- [1] Kleerebezem, M., Hugenholtz, J., 2003. Metabolic pathway engineering in lactic acid bacteria. *Current Opinion in Biotechnology* 14: 232-237.
- [2] Coşkun, F., 2006. Gıdalarda bulunan doğal koruyucular. *Gıda Teknolojileri Elektronik Dergisi* 2: 27-33.
- [3] Kleerebezem, M., Boels, I. C., Groot, M. N., Mierau, I., Sybesma, W., Hugenholtz, J., 2002. Metabolic engineering of *Lactococcus lactis*: the impact of genomics and metabolic modelling. *Journal of Biotechnology* 98: 199-213.
- [4] Hylckama, Vlieg van J. E. T., Hugenholtz, J., 2007. Mining natural diversity of lactic acid bacteria for flavour and health benefits. *International Dairy Journal* 17: 1290-1297.
- [5] Hugenholtz, J., 2008. The lactic acid bacterium as a cell factory for food ingredient production. *International Dairy Journal* 18: 466-475.
- [6] Bolotin, A., Wincker, P., Mauger, S., Jaillon, O., Malarme, K., Weissenbach, J., Ehrlich, S. D., Sorokin, A., 2001. *Genome Research* 11: 731-753.
- [7] Gürsoy, O., Kınık, O., 2005. Laktobasiller ve probiyotik peynir üretiminde kullanım potansiyelleri. *Mühendislik Bilimleri Dergisi* 12: 105-116.
- [8] Hugenholtz, J., Kleerebezem, M., 1999. Metabolic engineering of lactic acid bacteria: overview of the approaches and result of pathway rerouting involved in food fermentations. *Current Opinion in Biotechnology* 10: 492-497.
- [9] Caplice, E., Fitzgerald, G. F., 1999. Food fermentations: Role of microorganisms in food production and preservation. *International Journal of Food Microbiology* 50: 131-149.
- [10] Lücke, F. K., 1996. Lactic acid bacteria involved in food fermentations and their present and future uses in food industry. NATO ASI Series, Series H: Cell Biology, New York 98: 81-99.
- [11] Egan, A. F., 1983. Lactic acid bacteria of meat and meat products. *Antonie van Leeuwenhoek* 49: 327-336.
- [12] Hols, P., Kleerebezem, M., Schanck, A. N., Ferain, T., Hugenholtz, J., Delcour, J., Vos de W. M., 1999. Conversion of *Lactococcus lactis* from homolactic to homoalanine fermentation through metabolic engineering. *Nature Biotechnology* 17: 588-592.
- [13] Monnet, C., Aymes, F., Corrieu, G., 2000. Diacetyl and alfa- acetolactate overproduction by *Lactococcus lactis subsp. lactis* biovar diacetylactis mutants that are deficient in alfa- acetolactat decarboxylase and have a low lactate dehydrogenase activity. *Applied and Environmental Microbiology* 66: 5518-5520.
- [14] Sybesma, W., Starrenburg, M., Kleerebezem, M., Mierau, I., Vos de W. M., Hugenholtz, J. 2003. Increased production of folate by metabolic engineering of *Lactococcus lactis*. *Applied and Environmental Microbiology* 69: 3069-3076.
- [15] Akinterinwa, O., Khankal, R., Carmen Cirino, P., 2008. Metabolic engineering for bioproduction of sugar alcohols. *Current Opinion in Biotechnology* 19: 461-467.
- [16] Kranenburg, van R., Kleerebezem, M., Hylckama, Vlieg van J., Ursing, B. M., Boekhorst, J., Simit, B. A., Ayad, E. H. E., Simit, G., Siezen, R. J. 2001. Flavour formation from amino acids by lactic acid bacteria predictions from genome sequence analysis. *International Dairy Journal* 12: 111-121.
- [17] Bartowsky, E. J., Henschke, P. A., 2004. The ‘buttery’ attribute of wine—diacetyl—desirability, spoilage and beyond. *International of Food Microbiology* 96: 235-252.
- [18] Platteeuw, C., Hugenholtz, J., Starrenburg, M., Alen- Boerrigter van I. Vos de W. M., 1995. Metabolic Engineering of *Lactococcus lactis* influence of the overproduction of alfa- acetolactate synthase in strains deficient in lactate dehydrogenase as a function of culture conditions. *Applied and Environmental Microbiology* 61: 3967-3971.
- [19] Christensen, M. D., Pederson, C. S., 1958. Factors affecting diacetyl production by lactic acid bacteria. *Applied and Environmental Microbiology* 6: 316-318.
- [20] Lopez de Felipe, F., Kleerebezem, M., Vos de W. M., Hugenholtz, J., 1998. Cofactor engineering a novel approach to metabolic engineering in *Lactococcus lactis* by controlled expression of NADH oxidase. *Journal of Bacteriology* 180: 3804-3808.
- [21] Welman, A. D., Maddox, S., 2003. Exopolysaccharides from lactic acid bacteria: perspectives and challenges. *Trends in Biotechnology* 21: 269-274.

- [22] Kleerebezem, M., Kranenburg van, R., Tuinier, R., Boels, I. C., Zoon, P., Looijesteijn, E., Hugenholtz, J., Vos de W. M., 1999. Exopolysaccharides produced by *Lactococcus lactis*: from genetic engineering to improved rheological properties. *Antonie van Leeuwenhoek* 76: 357-365.
- [23] Sybesma, W., Burgess, C., Starrenburg, M., Sinderen van, D., Hugenholtz, J., 2003. Multivitamin production in *Lactococcus lactis* using metabolic engineering. *Metabolic Engineering* 6: 109-115.
- [24] Burgess, C., O2 Connell- Motherway, M., Sybesma, W., Hugenholtz J., Sinderen van, D., 2004. Riboflavin production in *Lactococcus lactis*: potential for in situ production of vitamin-enriched foods. *Applied and Environmental Microbiology* 70: 5769 - 5777.
- [25] LeBlanc, J. G., Burgess, C., Sesma, F., Giori de, G. S., Sinderen van, D., 2005. Ingestion of milk fermented by genetically modified *Lactococcus lactis* improves the riboflavin status of deficient rats. *American Dairy Science Association* 88: 3435-3442.
- [26] Fischer, M., Bacher, A., 2008. Biosynthesis of vitamin B₂ : structure and mechanism of riboflavin synthase. *Archives of Biochemistry and Biophysics* 474: 252-265.
- [27] Akinterinwa, O., Cirino, P. C., 2008. Heterologous expression of D-xylulokinase from *Pichia stipitis* enables high levels of xylitol production by engineered *Escherichia coli* growing on xylose. *Metabolic Engineering* 11: 48-55.
-
-

Süt Sfingolipidlerinin Sağlık Üzerine Etkisi

Tuğba Dedebaş, Zübeyde Öner

Süleyman Demirel Üniversitesi, Mühendislik-Mimarlık Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Isparta
E-posta: zubeyde@mmf.sdu.edu.tr

ÖZET

Sfingolipidler, hayvansal ve bitkisel ürünlerde değişik oranlarda bulunur. Bu ürünler arasında süt ve süt ürünleri en iyi sfingolipid kaynağıdır. Sütçülük atıkları olan yaykaltı ve peyniraltı suyu lipidlerinde oldukça yüksek orandadır. Peyniraltı suyunda bulunan sfingolipidler sütçülük katkıları olarak nitelendirilebilir ve fonksiyonel gıdalarda ticari olarak kullanılabilirler. Son zamanlarda sağlık üzerine etkilerinden dolayı büyük bir öneme sahiptir. Sfingolipidler, bazı prokaryotik hücre ve virüslere ek olarak bütün ökaryotik hücrelerde de bulunur. Sfingolipidlerin ince bağırsakta sindirilmeleri sonucu oluşan sindirim ürünleri olan seramid, sfingozin ve sfingomiyelin çok yüksek biyolojik aktiviteye sahiptir. Sfingomiyelin kolesterol taşınımını ve metabolizmasını etkiler. Aynı zamanda damar sertliğini ya doğrudan ya da kolesterol gibi diğer risk faktörlerine etki ederek önler. Sfingolipidlerin damar sertliği için risk faktörü olan plazma kolesterolünü azalttığı farelerle yapılan çalışmalarda gösterilmiştir. Ayrıca fareler üzerinde yapılan birçok çalışmada seramid, sfingozin ve sfingomiyelin gibi biyolojik aktif bileşiklerin kolon kanseri riskini azalttığı belirlenmiştir. Bu biyolojik aktif bileşikler hücre gelişimini durdurucu ve hücre yıkımı üzerine birçok etkiye sahiptir.

Anahtar Kelimeler: Sfingolipid, Sfingozin, Süt yağı, Kolesterol, Kolon kanseri

Effect of Milk Sphingolipids on Human Health

ABSTRACT

Sphingolipids are present in animal and vegetable products at various amounts. Among various sources, dairy and dairy products are considered the best. High amounts of sphingolipids can be found in butter serum and whey lipids. Sphingolipids of whey origin are regarded as dairy additives, thus they can be used as functional ingredients in foods. Recently, the beneficial effects of sphingolipids on human health have increased studies on these constituents. Sphingolipids are found in eukaryotic organisms as well as in some prokaryotes and viruses. Highly bioactive metabolites like ceramid, sphingosine and sphingomyelin are formed during the digestion of sphingolipids in the intestines. Sphingomyelin has an effect on the cholesterol transport and metabolism, and it may prevent atherosclerosis by either directly or by affecting other risk factors like cholesterol. Animal studies in rats have indicated that sphingolipids may reduce plasma cholesterol, a risk factor for atherosclerosis. Furthermore, some studies in rats have concluded that bioactive metabolites such as ceramid, sphingosine and sphingomyelin are affective compounds in reducing the risk of colon cancer. These bioactive compounds may have an influence on cell proliferation and apoptosis.

Key Words: Sphingolipid, Sphingosine, Milk lipids, Cholesterol, Colon cancer

GİRİŞ

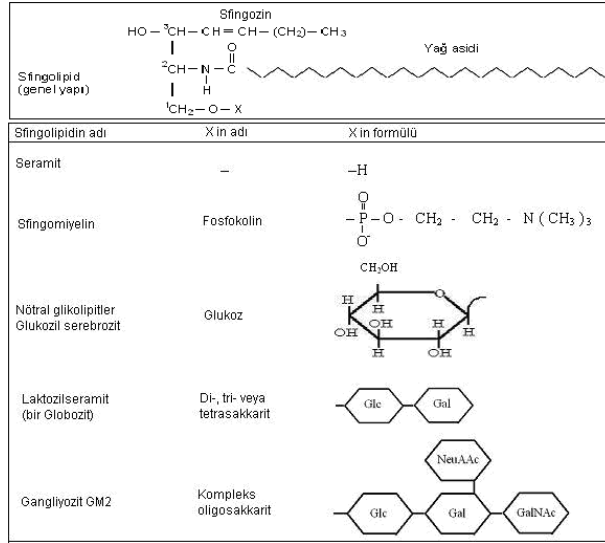
İlk kez 1884 yılında J.L.W. Thudichum tarafından beyinde yer alan kimyasal bileşiklerin tanımlanması sırasında izole edilmiş olan sfingolipidler, bazı prokaryotik ve virüslere ek olarak ökaryotik organizmaların membranlarında yapısal bileşikler olarak önemli görevler yapmaktadırlar. Sfingolipidler fonksiyonel bileşenlerdir, düşük konsantrasyonlarda sadece yapı üzerine etkili olmayıp aynı zamanda düzenleyici fonksiyonları da vardır Sfingolipidler süt ve

süt ürünlerinde 0,5-1 µmol/gr, et ve et ürünlerinde 0,3-0,5 µmol/gr, meyve ve sebzelerde ise < 0,1-2 µmol/gr bulunur. Gıdalarla alımında vücut ihtiyacının karşılanması düşünülmez ve günlük alım miktarı 0,3-0,4 g arasındadır [1, 2, 3, 4].

Membran lipidlerinin ikinci büyük sınıfını oluşturan sfingolipidler, içerdikleri temel gruplar esas alındığında sfingofosfolipidler ve glikosfingolipidler olmak üzere iki sınıfta değerlendirilirler [5]. Glikosfingolipidler seramid'e karbonhidratların bağlanması sonucu oluşur.

Sfingomiyelinler gliserofosfolipidler gibi negatif fosfat grubu ve pozitif yüklü azotlu baz taşıdıklarından amfipatik yapıya sahiptirler. Sfingomiyelinler, hayvan hücrelerinin plazma membranlarında bulunurlar. Beyin ve sinir dokusunda bol miktardadırlar. Miyelinli nöronların aksonlarını saran ve izole eden miyelin kılıf, iyi bir sfingomiyelin kaynağıdır [3].

Sfingolipidler bir veya iki hidrofobik açil zincirlerden ve hidrofilik baştan oluşan orta büyüklükte ($\pm 400-800$ Da) amfilik moleküllerdir. Hidrofilik kısım organofosfat grupları veya mono ve disakaritlerden hidrofobik kısım ise seramid bir parçadan meydana gelir [6, 7]. Diğer membran lipidlerinden farklı olarak gliserol yerine bir uzun zincirli aminoalkol olan "sfingozin" içeren kompleks lipidlerdir [8]. Yapısal olarak çeşitlilik gösterirler ve yapısında 70'in üzerinde uzun zincirli baz (sphingoid), onlara amid-bağlı yağ asidi ve 300'den fazla ana grup vardır [9].



Şekil 1. Sfingolipidlerin yapısı [10]

Sfingolipidlerin ana bileşeni olan sfingozin, 18 karbonlu bir bileşik olup uzun bir CH_2 zinciri, bir trans-çift bağı ve iki hidroksil grubu içeren doymamış bir amil alkindür [11]. Sfingozinin amino grup azotuna yağ asidinin amid bağı ile bağlanması sonucu seramid oluşur. Seramide fosforil kolin bağlanmasıyla, aynı zamanda sfingofosfolipid sınıfından olan sfingomiyelin oluşur [3].

SÜT ÜRÜNLERİNDE SFİNGOLİPİDLER

Sfingolipidler birçok gıdanın bileşiminde yer alır. Fakat sfingolipid içeriği ve gıdaların bu açıdan sınıflandırılması henüz yeterli kadar yapılmamıştır. Son yıllarda yapılan çalışmalarda birkaç gıda grubu sfingolipid kaynağı olarak gösterilmiştir. Sfingolipidler, et, süt, balık ve soya fasülyesi gibi ürünlerde bulunmaktadır [12]. Bu ürünler arasından süt ve süt ürünleri en iyi sfingolipid kaynaklarıdır. Meyve ve sebzeler oldukça az oranda sfingolipid içerir (100 $\mu\text{mol/kg}$) ancak soya fasülyesi mükemmel bir sfingolipid kaynağıdır (2400 $\mu\text{mol/kg}$) [13].

Yapılan araştırmalar sonucu sfingolipidlerin yayıkaltı ve peyniraltı suyu lipidlerinde oldukça yüksek oranlarda bulunduğu tespit edilmiştir [11]. Peyniraltı suyunun protein olmayan bileşikleri olan sfingolipidler değerli sütçülük katkıları olarak nitelendirilebilirler ve fonksiyonel gıdalarda ticari olarak kullanılabilirler [14].

Sütün baskın sfingolipidi sfingomiyelindir. Sfingomiyelinler toplam inek sütü fosfolipidlerinin yaklaşık 1/3'nü oluştururken toplam insan sütü fosfolipidlerinin % 38'ini oluşturduğu yapılan çalışmalar sonucu rapor edilmiştir [15].

Süt ürünlerindeki sfingolipidler çoğunlukla süt yağı globül membranına yerleşmiştir. Süt yağının oluşumu sırasında, yağ damlacıkları bu membran tarafından sarılır ve bu sayede süt serumunda yağ damlacıkları dengelenir. Bu membrandaki sfingolipidler çoğunlukla spesifik membran proteinleri ile birleşir. Sıcaklık, yağ, sütün bakteriyolojik kalitesi, laktasyon dönemi ve mevsim süt yağı globül membranının yapısını etkileyebilir. Islık işlem, homojenizasyon, havalandırma ve çalkalama gibi işlemler yağsız süte geçen süt yağı globül miktarını artırır [6, 16].

Tablo 1. Farklı Süt Ürünlerindeki Sfingolipid Miktarları [17]

Süt Ürünleri	Sfingolipid Miktarı (mg/100g)
Tereyağ	27-71
Yayıkaltı	1-19
Çedar Peyniri	39
Cottage Peyniri	139
Krema	19-54
Quark Peyniri	10
Süt Tozu	6
Peyniraltı Suyu	5

Holstein ve Jersey ırkı ineklerin sütlerinde yapılan çalışmalar sonucu sfingomiyelin konsantrasyonları belirlenmiş ve Jersey ırkı ineklerden elde edilen süt yağının Holstein ırkı ineklerden elde edilen süt yağına göre sfingomiyelin miktarı süt yağ içeriğinin fazla olmasından dolayı daha yüksek oranda bulunmuştur. Diğer bir çalışmada ise beslenmelerine bakılmaksızın, ilk defa doğum yapan ineklerle, yaşlı inekler karşılaştırılmış ve ilk doğum yapan ineklerde sfingomiyeline bağlı stearik asit miktarının oldukça fazla ve palmitik asit miktarının ise daha az olduğu gösterilmiştir [18].

GIDALARDAKİ SFİNGOLİPİDLERİN YAPISAL DEĞİŞİMİ

Sfingolipidler, ana grupları ve yağ asitleri açısından gıda çeşitlerine göre değişim gösterir. Hayvansal kökenli (et, süt tavuk vb.) pek çok gıda, birçok farklı ana gruplarına (fosfotidil kolin, glukoz, N-asetil glukozamin, N-asetil galaktozamin, fruktoz ve galaktoz) ve seramid yapısından oluşan geniş spektrumlu kompleks (sfingomiyelin, serebrozit ve gangliyozit) sfingolipidlere sahiptir [2, 19]. Örneğin; süt litrede 39-119 mg sfingomiyelin, 6-11 mg glukosilseramid, 6.5-15 mg laktosilseramid ve yaklaşık 11 mg gangliyozit içerir [2]. Süt sfingomiyelininin lipid yapısı çoğunlukla sfingosin ve

16:0 , 22:0 ve 23:0 karbonlu major yağ asitlerine sahiptir [20]. Buna karşılık bitkilerin kompleks sfingolipidleri çoğunlukla glukoz, mannoz ve inositol bağlı seramidleridir.

Sfingolipidler, ince ve kalın bağırsakta sindirimleri sonucu seramid ve sfingozine parçalanırlar. Daha sonra bu parçalanma ürünleri olan seramid ve sfingozin ince bağırsak hücreleri tarafından absorbe edilerek yağ asitlerine parçalanır veya sfingolipid oluşturmak üzere tekrar birleşirler[17, 21]. Buna karşın, sindirilen sfingolipidlerin hepsi absorbe edilmezler. Nyberg ve ark [22], yaptıkları bir çalışma sonucu sfingomiyelin, seramid ve sfingozinin önemli bir miktarını ince bağırsakta, kalın bağırsakta ve dışkıda tespit etmişlerdir. Radyoaktif madde ile işaretlenmiş bileşikler farelere uygulandığında birçok sfingolipid metabolitlerinin bağırsak mukozasında kaldığını ancak sadece küçük bir miktarın lenf veya kan yolu ile vücuda geçtiğini göstermiştir.

SFİNGOLİPİDLERİN KANSER ÜZERİNE ETKİLERİ

Sfingomiyelin, seramid ve sfingozinin, kolon kanser hücrelerinde etkin olduğu yapılan çalışmalarda tespit edilmiştir [17, 23]. Tümör oluşumu kimyasal yolla tetiklenmiş ya da genetik bozulma ile sağlanmış fareler üzerinde yapılan testlerde 0,025- 0,1 g/100g sfingolipidlerin kanserin hem erken hem de geç safhalarını inhibe ettiği bulunmuştur. Ayrıca, tümör tipinde de önemli bir değişim gerçekleşmiştir; kötü huylu lenf kanserinden, daha iyi huylu adenomalara değişim olmuştur [17, 20, 24, 25]. Sfingolipidlerin etkilerinin tedavi edici olduğu kadar önleyici oldukları da bulunmuştur, yani, fareler tümör başlangıcından önce ve sonra sfingomiyelin ile beslendiğinde tümörde küçülme gözlenmiştir [26]. Farklı sfingolipid konsantrasyonlarının, sfingomiyelinaz aktivitesinde düşüş meydana getirdiği Hertvig ve ark. [27], tarafından tespit edilmiştir. Benzer bulgular, kolon kanser gelişimi riski yüksek olan kronik kolitli hastalar için de rapor edilmiştir [17, 28]. Bütün bu çalışmalar, sfingolipidlerce zengin gıdaların kolon kanserini önlemede ne kadar önemli olduğunu göstermektedir.

Yapılan çalışmalarda süt kaynaklı diğer sfingolipidler olan glukozilseramid, laktozilseramid ve gangliozid GD3'ün de benzer etkiler gösterebildiği ve kanser hücresi oluşumunu % 50–60 oranında inhibe edebildiği belirlenmiştir [3,11].

SFİNGOLİPİDLERİN KOLESTROL ÜZERİNE ETKİLERİ

İnce bağırsaktan kolesterolün emiliminde sfingolipidler önemli rol oynar. Yapılan birçok çalışmada sfingomiyelinin farelerde kolesterol absorpsiyonunu önemli düzeyde düşürdüğü belirlenmiştir. Bazı araştırmacılar tarafından bu düşüşün sebebi olarak sütte bulunan uzun zincirli doymuş yağ asitlerinin neden olduğunu belirtmişlerdir. Gıdaya %0,1, %0,5 ve % 5 oranlarında süt sfingomiyelin'nin ilavesi, kolesterol absorpsiyonunda sırayla % 20,4, % 53,8 ve % 85,5

düşüş sağlamıştır Sütten elde edilen sfingomiyelin, diğer kaynaklardan elde edilenlere göre kolesterol absorpsiyonunu daha fazla sağlamıştır [17, 29, 30, 31]. Nyberg, Duan, ve Nilsson [22] tarafından fareler üzerinde yapılan çalışmada benzer sonuçlar elde edilmiştir. Bu çalışmada kolesterol varlığında sfingolipid metabolitlerinin % 38'i dışkıda tespit edilirken, herhangi bir sterol bulunmadığında, bu oran % 16 olarak bulunmuştur.

SFİNGOLİPİDLER VE DİĞER ÖNEMLİ ETKİLERİ

Seramid ve sfingozin hücre türlerinin gelişimi üzerine ince ve kalın bağırsakta ölümcül bir etki gösterir. Bu etki hücrede çekirdeğe olan iletişimi etkilediği gibi, hücre gelişimini durdurucu ve hücre yıkımı üzerinde de birçok etkiye sahiptir. Sfingolipidlerin parçalanma ürünü olan sfingozin, elektriksel uyarı ile açılan Ca^{+2} kanalları doğrudan birbirini etkileyerek Ca^{+2} homeostazisini değiştirdiğinden dolayı kuvvetli sinyalizasyon molekülüdür [4].

Seramid ve seramid 1 fosfat gibi sfingolipidler immün sistemin gelişimi, aktivasyonu ve regülasyonu açısından önemli role sahiptir. Bu bileşikler normal sütte düşük oranda bulunurken kolostrum sütünde yüksek oranda bulunurlar [32].

Süt ürünlerindeki sfingolipidler kozmetik endüstrisinde hammadde olan seramid üretiminde kullanılır. Margarin, mayonez, çikolata ve instant ürünler gibi ürünlerde emülsifiye, kabartma ve ıslatma özelliklerinden dolayı sfingolipidler yaygın bir şekilde gıda katkı maddesi olarak kullanılmaktadır [6].

Süt yağı mide-bağırsak enfeksiyonlarında önleyici etkiye sahiptir. Genellikle gram pozitif bakteriler gram-negatif bakterilere göre lipidlere daha duyarlıdır. C_{10} , C_{12} yağ asitleri ve sfingolipidlerin yağ asitleri bakterisidal etkiye sahiptir [33].

SFİNGOLİPİDOZLAR

Membranlarda mevcut bulunan sfingolipidlerin sentez ve yıkımı miktarları daima sabit olmalıdır. Yıkım için gerekli olan özgün bir hidrolaz enziminin kısmen ya da tamamen eksik olması durumunda sfingolipidler lizozomlarda birikir. Bu eksikliklerden dolayı oluşan hastalıklar sfingolipidozlar olarak adlandırılır. Sfingolipidozlar, hidrolaz enziminin eksikliği sonucu, sinir dokusunda önemli bozukluklar ortaya çıkar ve erken ölüme yol açabilir. Doğumdaki görülme sıklıklarına göre oluşan sfingolipidozlar şunlardır [34];

Gaucher hastalığı Beta galaktozidaz enzim eksikliğinde ortaya çıkar 3 tipi vardır. Bulguları kaba yüz görünümü, büyük dil, dişlerine hiperplazi ve eklem sertlikleridir. Tay-Sachs hastalığı N-Asetil heksosamidaz enzim eksikliğinde ortaya çıkar. Gözde kırmızı lekeler, körlük, kas zayıflığı, ölümcüldür. Fabry hastalığı Lizozomal asit seramidaz aktivitesi eksikliğinde ortaya çıkar. Kırmızı-mor deri döküntüleri, böbrek ve kalp yetmezliğine sebep

olur. Krabbe hastalığı Galaktoserebrosid beta galaktozidaz enzim eksikliğinde ortaya çıkar. Mental gerilik, körlük, sağırılık görülür. Sandoff hastalığı Tay-sach hastalığı ile aynı olup ilerleme hızı daha fazladır. Her bozukluğa özgün bir lizozomal hidrolitik enzim eksikliği bulunur. Bu yüzden her hastalıkta sadece tek bir sfingolipid tutulan organda birikir. Enzim eksikliği genellikle yaşamın ilk aylarından hemen sonra ölüme sebep olur (Gaucher ve Fabry hastalığı hariç). Sfingolipidozlar otozomal resesif hastalıklardır (Fabry hastalığı hariç). Sfingolipidozların görülme sıklığı çoğu toplumlarda düşüktür. Fakat Gaucher ve Tay-Sachs hastalıkları Yahudilerde ve Japonlarda sıklıkla görülür [35].

SONUÇ

Sfingolipidler birçok gıda maddesinde bulunmaları ve potansiyel biyolojik aktiviteleri nedeniyle fonksiyonel gıda bileşenleri olarak değerlendirilir. Gıdalarda farklı miktarlarda bulunan sfingolipidler insan beslenmesi ve sağlığı üzerine önemli rol oynar. Bilindiği gibi bağırsak kanserleri ve birçok kanser-diyet ile ilişkilendirilmektedir. Sfingolipidler ve onların parçalanma ürünleri sağlık ile yakın ilişkilendirilmiştir. Bunların kanser, LDL-kolesterolün azalması, immün sistemin regülasyonu ve patojen bakterilerin inhibisyonu üzerinde önemli etkileri bulunduğu birçok çalışmada gösterilmiştir.

Gıdalarla alınan sfingolipidler günlük enerji ihtiyacına herhangi bir katkısı yoktur. Temel gıda maddesi olarak da kabul edilmez. Ancak biyolojik aktiviteleri nedeniyle gıdaların fonksiyonel bileşenleridir. Bu anlamda damar sertliği ve kolon kanseri gibi hastalıkların tedavisinde etkileri ortaya konmuştur. Ancak bu bileşiklerin biyolojik işlemlerdeki karmaşıklığı nedeniyle bu konudaki çalışmaların insanlarda ve hayvanlarda daha yoğun yapılması gerekmektedir.

KAYNAKLAR

- [1] Merrill, H.A. JR., Schmelz, E.M., Wang, E., Schroeder, J.J., Dillehay, D.L., Riley, R.T., 1995. Role of dietary sphingolipids and inhibitors of sphingolipid metabolism in cancer and other diseases. *American Institute of Nutrition* 95: 1677-1681
- [2] Vesper, H., Schmelz, E.M., Nikolova-Karakashian, M.N., Dillehay, D.L., Lynch, D.V., Merrill, A.H. JR., 1999. Sphingolipids in food and the emerging importance of sphingolipids to nutrition. *American Society for Nutritional Sciences* 129: 1239-1250.
- [3] Altınışık, M., 2006. www.mustafaaltinisik.org.uk/67-1-2-07.ppt.10.07.2009 ,11:00.
- [4] Ribar, S., Karmelic, I., Mesaric, M., 2007. Sphingoid bases in dairy products. *Food Research International* 1-7.
- [5] Kınık, Ö., Kavas, G., 2001. Sfingolipidler: Metabolizmaları ve sağlık üzerindeki etkileri. *Dünya Gıda* 9: 89-91.
- [6] Rombaut, R., Camp, J.V., Dewettinck, K., 2006. Phospho- and sphingolipid distribution during processing of milk, butter and whey. *International*

- Journal of Food Science and Technology* 41: 435-443.
- [7] Vanhoutte, B., Rombaut, R., Dewettinck, K., Van der Meeren, P., 2004. Phospholipids. In: *Food Analysis*, 2nd edn (edited by L.M.L. Nollet), 349-382.
- [8] Bell, R.M., Hannun, Y.A., Merrill, H.A. JR., 1993. Sphingolipids and their metabolites. *Advances in Lipid Research*, 25.
- [9] Merrill, H.A. JR., Schmelz, E.M., Wang, E., Dillehay, D.L., Rice, L.G., Meredith, F., Riley, R.T., 1997. Importance of sphingolipids and inhibitors of sphingolipid metabolism as components of animals diets. *Journal of Nutrition* 127: 830-833.
- [10] www.biochem.arizona.edu/sphingolipid. 31.05. 2009 05:29:53 GMT.
- [11] Gürsoy, O., Kınık, Ö., 2004. Süt yağının antikanserojenik ajanları: sfingolipidler. *Akademik Gıda* 2(11): 27-28.
- [12] Olsson, M., Duan, R-D., Ohlsson, L., Nilsson, A., 2004. Rat intestinal ceramidase: purification, properties, and physiological relevance. *Am J Physiol Gastrointest Liver Physiol* 287: 929-937.
- [13] Schmelz, E.M., 2000. Dietary sphingomyelin and other sphingolipids in health and disease. *British Nutrition Foundation Nutrition Bulletin* 25: 135-139.
- [14] Karagözlü, C., Bayarer, M., 2004. Peyniraltı suyu proteinlerinin fonksiyonel özellikleri ve sağlık üzerine etkileri. *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi* 41(2): 197-207.
- [15] Pfeuffer, M., Schrezenmeir, J., 2001. Sphingolipids: metabolism and implications for health. *Bulletin International Dairy Federation* 363: 47-51.
- [16] Toklu, G.Ş., 2001. Süt yağı ve antikarsinojenik bileşenleri. *Dünya Gıda Yayınları*, 9, 86- 88.
- [17] Rombaut, R., Dewettinck, K., 2006. Properties, analysis and purification of milk polar lipids. *International Dairy Journal* 16: 1362-1373.
- [18] Graves, E.L.F., Beaulieu, A.D., Drackley, J.K., 2007. Factors affecting the concentration of sphingomyelin in bovine milk. *J. Dairy Science* 90: 706-715.
- [19] Merrill, A.H. JR., Sweeley, C.C., 1996. Sphingolipids: metabolism and cell signaling. Elsevier Ltd., 43-73.
- [20] Schmelz, E.M., Dillehay, D.L., Webb, S.K., Reiter, A., Adams, J., Merrill, A.H. JR., 1996. Sphingomyelin consumption suppresses aberrant colonic crypt foci and increases the proportion of adenomas versus adenocarcinomas in CF1 mice treated with 1,2-dimethylhydrazine: implications for dietary sphingolipids and colon carcinogenesis. *Cancer Res.* 56: 4936-4941.
- [21] Schmelz, E. M., Crall, K. J., Larocque, R., Dillehay, D. L., ve Merrill, A.H. 1994. Uptake and metabolism of sphingolipids in isolated intestinal loops of mice. *Journal of Nutrition* 124: 702-712.
- [22] Nyberg, L., Duan, R. D., ve Nilsson, A. 2000. A mutual inhibitory effect on absorption of sphingomyelin and cholesterol. *Journal of Nutritional Biochemistry* 11: 244-249.
- [23] Duan, R. D. 2005. Anticancer compounds and sphingolipid metabolism in the colon. *In vivo*, 19: 293-300.

- [24] Schmelz, E. M., 2004. Sphingolipids in the chemoprevention of colon cancer. *Frontiers in Bioscience* 9: 2632-2639.
- [25] Schmelz, E. M., Sullards, M. C., Dillehay, D. L., ve Merrill, A. H. 2000. Colonic cell proliferation and aberrant crypt foci formation are inhibited by dairy glycosphingolipids in 1,2-dimethylhydrazine-treated CF1 mice. *Journal of Nutrition* 130: 522-527.
- [26] Lemonnier, L. A., Dillehay, D. L., Vespremi, M. J., Abrams, J., Brody, E., Schmelz, E. M. 2003. Sphingomyelin in the suppression of colon tumors: Prevention versus intervention. *Archives of Biochemistry and Biophysics* 419: 129-138.
- [27] Hertervig, E., Nilsson, A., Nyberg, L., ve Duan, R. D. 1997. Alkaline sphingomyelinase activity is decreased in human colorectal carcinoma. *Cancer* 79: 448-453.
- [28] Sjoqvist, U., Hertervig, E., Nilsson, A., Duan, R. D., Ost, A., Tribukait, B., 2002. Chronic colitis is associated with a reduction of mucosal alkaline sphingomyelinase activity. *Inflammatory Bowel Diseases* 8: 258-263.
- [29] Eckhardt, E. R. M., Wang, D. Q. H., Donovan, J. M., Carey, M. C. 2002. Dietary SM suppresses intestinal cholesterol absorption by decreasing thermodynamic activity of cholesterol monomers. *Gastroenterology* 122: 948-956.
- [30] Noh, S. K., ve Koo, S. I. 2004. Milk sphingomyelin is more effective than egg sphingomyelin in inhibiting intestinal absorption of cholesterol and fat in rats. *Journal of Nutrition* 134: 2611-2616.
- [31] Lopez, C., Madec, M-N., Jimenez-Flores, R., 2009. Lipid rafts in the bovine milk fat globule membrane revealed by the lateral segregation of phospholipids and heterogeneous distribution of glycoproteins. *Food Chemistry* doi: 10.1016/j.foodchem.2009.09.065
- [32] Cinque, B., Marzio, L.D., Centi, C., Di Rocco, C., Riccardi, C., Cifone, M.G., 2003. Sphingolipids and the immune system. *Pharmacological Reserach* 47: 421-437.
- [33] Akalın, S., Gönç, S., Ünal, G., 2006. Functional properties of bioactive components of milk fat in metabolism. *Pakistan Journal of Nutrition* 5(3): 194-197.
- [34] Champe, P.C., Harvey, R.A., 1997. Lippincott's Mustrated reviews serisinden: Biyokimya, Nobel Yayınları, 191-202s. İstanbul.
- [35] Hizel, S. <http://yukle.tibbiyeli.net/dosyalar/48690828bc/sfingolipid.ppt>.10.07.2009 11:05.
-

Domatesin Gelişimi Sırasında Antioksidan Bileşiklerinde Meydana Gelen Değişimler

Esra Çapanoğlu, Dilek Boyacıoğlu

İstanbul Teknik Üniversitesi, Kimya-Metalurji Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Maslak, İstanbul
E-posta: capanogl@itu.edu.tr

ÖZET

Domates, en çok tüketilen meyvelerin başında gelmesinin yanı sıra yüksek ihracat değerleri açısından da önemli bir gıda maddesidir. Domates, insan sağlığı üzerindeki koroner ve kalp hastalıklarını önlemesi ve kanser riskini azaltması gibi olumlu etkileri nedeniyle araştırmacıların dikkatini çekmekte ve bu etkileri sağlayan antioksidanları açısından incelenmektedir. Yapılan çalışmalar, domatesin farklı gelişme evrelerinde antioksidan miktarı ve profili açısından farklılıklar olduğunu ortaya koymaktadır. Bu çalışmada, domatesin gelişimi ve olgunlaşması sırasında antioksidatif özelliğe sahip bileşenlerinde meydana gelen değişimleri ele alan araştırmalar derlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Domates, Gelişim evreleri, Antioksidanlar

Changes in Antioxidative Constituents during Development of Tomato

ABSTRACT

Tomato is one of the most important food crops because its consumption rate is high and it is processed into various products. It is also important in terms of international trade point of view. Tomatoes have received great interest of researchers because of its beneficial effects on human health like the prevention of cardiovascular diseases and cancer. Tomatoes have been widely investigated for their antioxidative compounds during development. Studies have been focused on the differences in the antioxidant contents and profiles of tomatoes at different development stages. In this study, changes in antioxidative constituents of tomatoes during development and ripening were reviewed.

Key Words: Tomatoes, Development stages, Antioxidants

GİRİŞ

Domates (*Solanum lycopersicum*), dünyada en çok üretilen, tüketilen ve ticarete konu olan tarım ürünlerinin başında gelmesi, insan beslenmesinde vazgeçilmez ürünlerden olması ve gıda sanayinde dondurulmuş, konserve, salça, ketçap, turşu üretimi gibi çok çeşitli kullanım alanlarına sahip olması nedeniyle önemli meyvelerin başında gelmektedir. Domates dünyada birçok ülkede yetiştirilmekle birlikte, uygun iklim koşulları nedeniyle Türkiye domates üretimi yapan önemli ülkelerden biridir [1].

Domatesin içerdiği antioksidan aktivitesi yüksek bileşenler son yıllarda domatese olan ilgiyi arttırmış ve sağlık üzerindeki faydaları pek çok çalışmada ele alınmıştır. Domates tüketiminin kardiyovasküler rahatsızlıklar, başta prostat kanseri olmak üzere bazı kanser türleri gibi çeşitli kronik rahatsızlıkları azaltmada ve serum lipid seviyesini düşürmede ve düşük

yoğunluklu lipoprotein oksidasyonunu engellemede olumlu bir etkisinin olduğu çalışmalarla tespit edilmiştir [2-10]. Daha önceleri yapılan çalışmalarda ana hedef domatesin raf ömrünün uzatılmasına dayanmaktayken [11, 12] sağlık üzerindeki tüm bu olumlu etkileri nedeniyle son yıllarda pek çok çalışmada domatesteki antioksidan bileşen miktarlarını arttırmak için yeni yetiştirme programları araştırılmış ve olgunlaşma sürecine müdahale edilerek antioksidan bileşen miktarında artış sağlanması için yeni yöntemler denenmiştir [13-15]. Domates antioksidan bileşenleri, C vitamini gibi suda çözünebilen bileşikler, likopen ve karotenler gibi lipofilik bileşikler ve hidrofobik özelliği orta seviyede olan kuersetin glikozitleri, narincenin-kalkon ve klorojenik asit gibi bileşenlerden oluşmaktadır [16].

Domates gibi klimakterik meyveler, klimakterik olmayanlardan artan solunum ve etilen biyosentez hızları ile ayrılmaktadır. Domatesin gelişimi, hücre duvarı bileşenlerinde ve polisakkaritleri parçalayıcı

enzimlerdeki önemli değişimler ile takip edilebilmektedir [17-20]. Bu enzimlerin aktivitesi doğrudan meyvenin raf ömrü ile ilişkilidir ve domatesin özellikle pazardaki önemli özelliklerinden birini oluşturmaktadır. Domates gibi etli meyveler temel olarak glikoproteinler, su ve pektik ve hemiselüloz polisakkaritlerden oluşan bir matriks içindeki selüloz mikrofibrillerden oluşan tabaka ile çevrelenmiş parenkima hücrelerinden oluşmaktadır [21-24].

Domatesin gelişimi farklı aşamalardan oluşmaktadır. Meyve gelişimi sırasında kompleks bir biyolojik proses olan doku özelleşmesi yer almakta ve fiziksel, kimyasal ve biyolojik seviyelerde dönüşümler hızlı bir şekilde gerçekleşmektedir. Bu dönüşümler tüm metabolik yollarda hücre bölünmesi, hücre genişlemesi ve olgunlaşmayı sağlayan bir dizi dinamik değişimlerle sonuçlanmaktadır. Gelişimin ilk basamakları, yüksek metabolik aktivite ve dokunun hızlı bir şekilde bölünmesiyle karakterize edilirken daha sonraki basamaklarda hücrenin genişlediği görülmektedir. Meyvenin olgunlaşması, çekirdek tamamen oluştuğunda ve meyve son büyüklüğüne ulaştıktan sonra başlamaktadır. Bu olgunlaşma süreci fizyolojik ve biyokimyasal seviyelerde gerçekleşen koordineli değişimler zincirinden oluşmaktadır [25]. Tohumun olgun bir meyveye dönüşümü ve bu esnada meydana gelen değişimler pek çok çalışmada araştırma konusu olmuştur [18, 26]. Bu çalışmada, domatesin gelişimi ve olgunlaşması sırasında antioksidan özellik taşıyan bileşenlerinde meydana gelen değişimler ele alınmıştır.

DOMATESİN GELİŞİM EVRELERİ SIRASINDA MEYDANA GELEN DEĞİŞİMLER

Olgunlaşma sırasında domates çok geniş kapsamlı metabolik reaksiyonlara maruz kalmakta ve bu reaksiyonlar sonucunda da meyvenin son bileşimi oluşmaktadır. Bu değişimler her hücre altı kompartmanda yer alan ve bitki hormonları ile düzenlenen ve genetik ve çevresel faktörler tarafından etkilenen oldukça düzenli değişimlerdir [27]. Kimyasal bileşimde nitel ve nicel olarak meydana gelen değişimler organik asitler, çözünür şeker, amino asitler, pigmentler ve aroma maddelerinde gözlenmekte olup domatesin tat, lezzet ve aroma profiline katkıda bulunmaktadır. Domatesin olgunlaşması meyvenin yumuşaması, klorofilin parçalanması ve solunum hızında, etilen üretiminde ve ayrıca asitlerin, şekerlerin ve likopenin sentezinde artış ile ayırt edilebilmektedir ayırt edilebilmektedir [23, 28].

Toplam çözünür katı madde miktarı temel olarak gelişimin hızlı olduğu aşamadaki nişasta birikimine bağlıdır [29]. Domateste toplam çözünür maddenin %65-70'i şekerlerde oluşmaktadır. Domateste organik asitler temel olarak sitrik asit ve malik asit olup sitrik asit olgun yeşil evrede maksimuma ulaşmakta ve olgunlaşma süresince sabit kalmaktadır. Diğer taraftan, malik asit miktarının azaldığı görülmektedir. Olgunlaşma sırasında malik asidin sitrik aside oranı 1,3'den 0,6'ya kadar düşmektedir. Şekerler, asitler ve bunların etkileşimi tatlılık, ekşilik ve lezzetin tüm izlenimi açısından önem taşımaktadır [24].

Domatesin olgunlaşmasında azot metabolizması da önemli bir rol oynamakta ve merkezi karbon metabolizması ile yakın ilişki içinde bulunmaktadır. Olgunlaşmanın çeşitli evrelerinde domateste amino asitlerin çeşit ve miktarında değişimler olduğu gözlenmiştir. Gelişimin ilk evrelerinde glutamin, alanin, asparagin, arginin, valin ve prolin baskın amino asitler olurken, gelişimin ilerleyen evrelerinde bu amino asitlerin konsantrasyonunun azaldığı belirlenmiştir. Diğer taraftan, glutamat, sistein, aspartam, triptofan, metionin ve putresinin gelişimin ilerleyen basamaklarında arttığı görülmektedir [19,25].

Meyve oluşumunda ve olgunlaşma sürecinde rol alan genler, transkript ve protein analizleri ve ayrıca bilinen az sayıdaki metabolitlerin gelişim evrelerindeki değişimleri önceki çalışmalarda rapor edilmiştir [26, 30, 31]. Yakın bir zamanda ise domateste metabolik faaliyetler metabolit ve transkript seviyelerinde incelenmiştir [19]. Son çalışmada, şekerler, organik asitler ve amino asitlerdeki değişimler meyve gelişimi sırasında incelenmiştir. Antioksidanlarda meydana gelen değişimler ise daha az sayıda çalışmada ele alınmıştır. Bu çalışmalardan biri Moco ve ark. [32] tarafından gerçekleştirilmiş olup, domatesin farklı dokularındaki metabolitler ve antioksidanlar ele alınmış ve çalışmanın sonucunda farklı antioksidanların gelişim evrelerinde gösterdiği değişimlerin farklı olduğu ve her antioksidanın domatesin farklı bir dokusunda birikme eğilimi gösterdiği ortaya konmuştur. Bu çalışmaya göre, domateste önemli flavonoidlerden biri olan rutin domates kırmızıya döndüğünde en yüksek değerine ulaşırken diğer önemli bir flavonoid olan narincenin en yüksek konsantrasyonu gelişimin pembe evresinde tespit edilmiştir. Çalışmanın antioksidan bileşiklerin hangi dokularda biriktiğini ortaya koyan bölümünde ise rutin, rutin apiozid, narincenin, likopen ve C vitamininin epidermis dokularında yoğunlaştığı, violaksantin ve luteinin ise en yüksek oranda vasküler eklenti bölgesinde bulunduğu görülmüştür.

Antioksidan bileşenler açısından incelenen bir diğer çalışmada ise ham (yeşil) domatesin perikarp ve pulpta yüksek düzeyde klorojenik asit içerdiği tespit edilmiştir [30]. Klorojenik asit seviyesi meyvenin rengi yeşilden, önce pembeye daha sonra ise kırmızıya dönerken hızlı bir şekilde azalmaktadır. Hidroksisinnamik asit miktarının da olgunlaşmayla birlikte azaldığı tespit edilmiştir [30]. Diğer çalışmalarda da domatesin farklı olgunluk aşamalarında klorojenik asit, *p*-kumarik asit ve rutin gibi bazı antioksidanların miktarının değiştiği tespit edilmiştir [33, 34]. Rutin miktarı yeşil domateste maksimum seviyelerdeyken meyvenin olgunlaşması sırasında azalmaktadır. Benzer şekilde domateste az miktarda bulunan serbest haldeki kuersetinin de olgunlaşma ile azaldığı görülmüştür [33]. Diğer taraftan, *p*-kumarik asit glukozit sadece pulpta bulunmakta ve meyvenin rengi yeşilden pembeye dönerken maksimum değerlere ulaşmaktadır. Fakat gelişimin sonraki evrelerinde bu bileşiğin miktarında hiçbir değişme görülmemektedir. Klorojenik asit ve rutin miktarındaki değişimler auksin (indol-3-asetik asit) metabolizmasındaki değişimlere benzemektedir. Bu nedenle, meyvenin olgunlaşma sürecinde rutin ve

klorojenik asidin auksin metabolizmasında regülatör olarak rol oynadıkları düşünülmektedir [34]. Narincenin konsantrasyonunun ise olgunlaşmanın ilk basamaklarında hızlıca arttığı ve meyvenin kutikular membranında biriktiği rapor edilmiştir [35]. Bir diğer çalışmada ise narincenin ilk basamaklarda artış gösterdiği fakat olgunlaşmanın son aşamasında hafif bir azalma olduğu belirtilmiştir [33]. Narincenin kalkanon ise yeşil basamakta mevcut olmadığı, kırılma evresinde olduğu ve miktarının pembe evreye kadar hızlı bir şekilde arttığı pembeden kırmızıya geçiş evresinde ise azaldığı görülmüştür [32].

Abushita ve ark. [36] ve Giovanelli ve ark. [37] domatesin olgunlaşması sırasında askorbik asit miktarının arttığını rapor etmiştir. Benzer şekilde *Ever* cinsi domateslerin olgunlaşma süresince tüm dokularda kırmızı evrede askorbik asit miktarının arttığı ve tüm gelişim evrelerinde en yüksek değerlere epidermiste rastlandığı belirtilmiştir [32]. Benzer bulgulara Yahia ve ark. [37] ve Giovanelli ve ark. [38]'na ait çalışmalarda da rastlanmaktadır. Diğer taraftan, Raffo ve ark. [33] olgunlaşma süresince çeri domateslerin askorbik asit miktarında önemli bir değişim olmadığını rapor etmiştir.

Domateste bulunan önemli pigmentler klorofil ve karotenoidlerdir. Domatesin yeşil evresinde pigmentler ağırlıklı olarak klorofil a ve klorofil b'nin karışımından oluşmaktadır. Olgunlaşma sırasında likopen biyosentezi kloroplastların kromoplastlara dönüşümü sonucunda hızla artmaktadır. Olgun kırmızı domateste biriken temel karotenoidler likopen (~%90), β -karoten (%5-10), lutein (%1-5) ve eser miktarda bulunan (<%1) diğer bazı karotenoidlerdir. Likopen ve β -karoten olgun domatesin rengini sağlayan iki pigment olup sırasıyla koyu kırmızı ve portakal renginden sorumludurlar [39]. Yapılan çalışmalarda, olgunlaşmanın kırılma aşamasında yüzeyin sadece %10'luk bir kısmı pembe veya kırmızı olup kırmızı evreye geçildiğinde yüzeyin %90'dan fazla bir kısmının kırmızı olduğu tespit edilmiştir [27]. Johjima ve Matsuzoe [40] meyve renk değerlerinin (Hunter a ve b renk değerlerinin oranı, a/b) *cis* ve *trans* formdaki likopen içeriği ile yüksek düzeyde orantılı olduğunu göstermiştir [40]. Likopen konsantrasyonu 32-43 mg/kg yaş madde aralığında olduğunda meyve portakal renginden kırmızıya dönmekte ve tamamen kırmızı rengin hakim olması için de 55 mg/kg yaş madde düzeyinde toplam karoten miktarına ihtiyaç duyulmakta bunun da %90'ı likopenden sağlanmaktadır. Likopen miktarının 0,25 mg/kg'dan aşırı olgunlaşmış domateslerde 70,50 mg/kg'a kadar yükselebildiği tespit edilmiştir [17]. Renk değişimleri olgunlaşmanın anahtar göstergelerinden olup dokuyla birlikte domatesin yenilebilirlik özelliklerinin temelini oluşturmaktadır [41].

Bitkinin genetik yapısına ilave olarak yetiştirilme koşulları da domatesin antioksidan miktarı üzerinde etkili olmaktadır [42]. Örneğin, ışık karotenoid miktarı üzerinde oldukça önemli bir role sahiptir ve bitkilerin daha fazla ışık alması durumunda karotenoid miktarının arttığı rapor edilmektedir [27]. Domateslerin antioksidan miktarı üzerinde etkili olan faktörler, çeşit, varyete, yetiştirilme koşulları, hasat zamanındaki olgunluk aşaması ve depolama koşulları olarak sıralanmaktadır

[33,43]. Leonardi ve ark. [44] karotenoid miktarı ve lipofilik antioksidan kapasitesinin olgunluk aşamasından çeşide göre daha fazla etkilendiğini ortaya koymuştur. Diğer taraftan, çeşidin de oldukça etkili olduğu ve çeri domateslerin İtalya'da tüketilen diğer yaygın çeşitlere göre oldukça yüksek lipofilik ve hidrofilik antioksidan aktivite gösterdiği belirtilmiştir. Benzer şekilde, Giovanelli ve ark. [37] serada yetiştirilen *MoneyMaker* tipi domateslerin iki farklı genotipini (Normal Kırmızı ve Crimson) yedi farklı olgunluk aşamasında incelemiş ve olgunlaşma basamaklarının son antioksidan içeriğini özellikle de olgunlaşmanın son aşamalarında birikim yapan likopen miktarını önemli düzeyde etkilediğini tespit etmiştir.

SONUÇ

Domates, beslenme ve sağlık üzerindeki olumlu etkileri açısından büyük bir değere sahiptir. Diğer taraftan, olgunlaşma çalışmaları için uygun bir model olması nedeniyle de üzerinde çok çalışılan meyvelerden birini oluşturmaktadır. Olgunlaşma sırasında domateste meydana gelen fiziksel, kimyasal ve biyolojik değişimler pek çok çalışmada ele alınmıştır. Bu değişimler arasında pigment oluşumu, hücre duvarında meydana gelen değişimler, nişastanın şekere dönüşümü, lezzet maddelerindeki artış ve antioksidan özellik taşıyan bileşenlerindeki değişim sayılabilir. Fakat özellikle de olgunlaşma sırasında antioksidanların artışı veya azalmasında rol alan mekanizmaların işleyişi ve etkileşimi konusunda bilinmeyen bazı noktalar vardır ve bu noktalar pek çok çalışmaya konu olmaya devam etmektedir.

KAYNAKLAR

- [1] Keskin, G., Gül, U., 2004. Domates. Tarımsal Ekonomi Araştırma Enstitüsü, *T.E.A.E. Bakış* 5 (13): 1-4.
- [2] Shahidi, F., Naczki, M., 1995. Food Phenolics: Sources, Chemistry, Effects, Applications. Technomic Pub., PA, USA.
- [3] Hollman, P.C.H., Hertog, M.G.L., Katan, M.B., 1996. Analysis and health effects of flavonoids. *Food Chemistry* 57: 1, 43-46.
- [4] Gerster, H., 1997. The potential role of lycopene for human health. *Journal of the American College of Nutrition* 16: 109-126.
- [5] Clinton, S. K., 1998. Lycopene: Chemistry, biology, and implications for human health and disease. *Nutrition Reviews* 56: 35-51.
- [6] Rao, A. V., Agarwal, S., 1999. Role of lycopene as antioxidant carotenoid in the prevention of chronic diseases: a review. *Nutrition Research* 19: 305-323.
- [7] Agarwal, A., Shen, H., Agarwal, S., Rao, A.V., 2001. Lycopene content of tomato products: its stability, bioavailability and in vivo antioxidant properties. *Journal of Medicinal Food* 4 (1): 9-15.
- [8] Campbell, J.K., Canene-Adams, K., Linshiedl, B.L., Boileau, T.W.M., Clinton, S.K., Erdman, Jr., J.W., 2004. Tomato Phytochemicals and Prostate Cancer Risk. *Journal of Nutrition* 1: 3486-3492.
- [9] Canene-Adams, K., Campbell, J.K., Zaripheh, S., Jeffery, E.H., Erdman, Jr., J.W., 2005. The tomato

- as a functional food. *Journal of Nutrition* 1: 1226-1230.
- [10] O'Kennedy, N., Crosbie, L., Whelan, S., Luther, V., Horgan, G., Brom, J.I., Webb, D.J., Duttaroy, A.K., 2006. Effects of tomato extract on platelet function: a double-blinded crossover study in healthy humans. *The American Journal of Clinical Nutrition* 561-569.
- [11] Kalt, W., Forney, C. F., Martin, A., Prior, R. L., 1999. Antioxidant capacity, vitamin C, phenolics, and anthocyanins after fresh storage of small fruits. *Journal of Agriculture and Food Chemistry* 47: 4638-4644.
- [12] Cano, A., Acosta, M., Arnao, M. B., 2003. Hydrophilic and lipophilic antioxidant activity changes during on-vine ripening of tomatoes (*Lycopersicon esculentum* Mill.). *Postharvest Biology and Technology* 28: 59-65.
- [13] Alba, R., Cordonnier-Pratt, C., Pratt, L.H., 2000. Fruit-localized phytochromes regulate lycopene accumulation independently of ethylene production in tomato. *Plant Physiology* 123: 363-370.
- [14] Rosati, C., Aquilani, R., Dharmapuri, S., Pallara, P., Marusic, C., Tavazza, R., Bouvier, F., Camara, B., Giuliano, G., 2000. Metabolic engineering of β -carotene and lycopene content in tomato fruit. *Plant Journal* 24: 413-420.
- [15] Liu, Y.S., Gur, A., Ronen, G., Causse, M., Damidaux, R., Buret, M., Hirschberg, J., Zamir, D., 2003. There is more to tomato fruit colour than candidate carotenoid genes. *Plant Biotechnology Journal* 1: 195-207.
- [16] Seybold, C., Fröhlich, K., Bitsch, R., Otto, K., Böhm, V., 2004. Changes in contents of carotenoids and vitamin E during tomato processing. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 52: 7005-7010.
- [17] Fraser, P.D., Truesdale, M.R., Bird, C.R., Schuch, W., Bramley, P.M., 1994. Carotenoid biosynthesis during tomato fruit development. *Plant Physiology* 105: 405-413.
- [18] Giovannoni, J., 2001. Molecular biology of fruit maturation and ripening. *Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology* 52: 725-749.
- [19] Carrari, F., Baxter, C., Usadel, B., Urbanczyk-Wochniak, E., Zanon, M.I., Nunes-Nesi, A., Nikiforova, V., Centero, D., Ratzka, A., Pauly, M., Sweetlove, L.J., Fernie, A.R., 2006. Integrated analysis of metabolite and transcript levels reveals the metabolic shifts that underlie tomato fruit development and highlight regulatory aspects of metabolic network behaviour. *Plant Physiology* 142: 1380-1396.
- [20] Tomassen M.M.M., Barrett D.M., van der Valk H.C.P.M., Woltering E.J., 2007. Isolation and characterization of a tomato non-specific lipid transfer protein involved in polygalacturonase-mediated pectin degradation. *Journal of Experimental Botany* 58: 1151-1160.
- [21] Burg, S.P., Burg, E.A., 1965. Ethylene action and the ripening of fruits. *Science* 148: 1190-1196.
- [22] Yanuriati, A., Savage, G. P., Rowe, R. N., 1999. The effects of ethanol treatment on the metabolism, shelf life and quality of stored tomatoes at different maturities and temperatures. *Journal of Science of Food and Agriculture* 79: 995-1002.
- [23] Toor, R.K., Savage, G.P., 2005. Antioxidant activity in different fractions of tomatoes. *Food Research International* 38: 487-494.
- [24] Carrari, F., Asis, R., Fernie, A.R., 2007. The metabolic shifts underlying tomato fruit development. *Plant Biotechnology* 24: 45-55.
- [25] Boggio, S.B., Palatnik, J.F., Heldt, H.W., Vale, E.M., 2000. Changes in amino acid composition and nitrogen metabolizing enzymes in ripening fruits of *Lycopersicon esculentum* Mill. *Plant Science* 159: 125-133.
- [26] Gillaspay, G., Bendavid, H., Gruissem, W., 1993. Fruits: A developmental perspective. *Plant Cell* 5: 1439-1451.
- [27] Guintini, D., Graziani, G., Lercari, B., Fogliano, V., Soldatini, G.F., Ranieri, A., 2005. Changes in carotenoid and ascorbic acid contents in fruits of different tomato genotypes related to the depletion of UV-B radiation. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 53: 3174-3181.
- [28] Hernandez-Suarez, M., Rodriguez Rodriguez, E.M., Diaz Romero, E., 2008. Chemical composition of tomato (*Lycopersicon esculentum*) from Tenerife, the Canary Islands. *Food Chemistry* 106: 1046-1056.
- [29] Dinar, M., Stevens, M.A., 1981. The relationship between starch accumulation and soluble solids content of tomato fruits. *Journal of American Society and Horticultural Science* 106: 415-418.
- [30] Buta, J. G., Spaulding, D. W., 1997. Endogenous levels of phenolics in tomato fruit during growth and maturation. *Journal of Plant Growth and Regulation*. 16: 43-46.
- [31] Srivastava A., Handa, A.K., 2005. Hormonal regulation of tomato fruit development: A molecular perspective. *Journal of Plant Growth Regulation* 24: 67-82.
- [32] Moco, S., Capanoglu, E., Tuginov, Y., Bino, R., Boyacıoğlu, D., Hall, R.D., Vervoort, J., De Vos, R., 2007. Tissue specialization at the metabolite level is perceived during the development of tomato fruit. *Journal of Experimental Botany* 58 (15-16): 4131-4146.
- [33] Raffo, A., Leopardi, C., Fogliano, V., Ambrosino, P., Salucci, M., Gennaro, L., Bugianesi, R., Giuffrida, F., Quaglia, G., 2002. Nutritional value of cherry tomatoes (*Lycopersicon esculentum* cv. Naomi F1) harvested at different ripening stages. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 50: 6550-6556.
- [34] Shahidi, F., Naczk, M., 2004. Phenolic Compounds in Fruits and Vegetables. In Phenolics in Food and Nutraceuticals, Edited by F. Shahidi, M. Naczk, CRC Press LLC, Boca Raton, 12p.
- [35] Macheix, J. J., Fleuriet, A., Billot, J., 1990. Changes and Metabolism of Phenolic Compounds in Fruits. In Fruit Phenolics, Edited by J.J. Macheix, A. Fleuriet, J. Billot, CRC, Boca Raton, FL, 149p.
- [36] Abushita, A. A., Hebshi, E. A., Daood, H. G., Biacs, P. A., 1997. Determination of antioxidant vitamins in tomatoes. *Food Chemistry* 60: 207-212.
- [37] Giovanelli, G., Lavelli, V., Peri, C., Nobili, S., 1999. Variation in antioxidant components of tomato

- during vine and post-harvest ripening. *Journal of Science of Food and Agriculture* 79: 1583– 1588.
- [38] Yahia, E. M., Contreras-Padilla, M., Gonzalez-Aguilar, G., 2001. Ascorbic acid content in relation to ascorbic acid oxidase activity and polyamine content in tomato and bell pepper fruits during development, maturation and senescence. *Lebensmittel-Wissenschaft und Technologie* 34 (7): 452-457.
- [39] Schofield, A., Paliyath, G., 2005. Modulation of carotenoid biosynthesis during tomato fruit ripening through phytochrome regulation of phytoene synthase activity. *Plant Physiology and Biochemistry* 43: 1052–1060.
- [40] Johjima, T., Matsuzoe, N., 1995. Relationship between colour value and coloured carotenes content in fruit of various tomato cultivars and breeding lines. *Acta Horticulturae* 412:, 152–159.
- [41] Kaur, D., Sharma, R., Wani, A. A., Gill, B. S., Sogi, D.S., 2006. Physicochemical changes in seven tomato (*Lycopersicon esculentum*) cultivars during ripening. *International Journal of Food Properties* 9 (4): 747-757.
- [42] Hart D.J., Scott K.J., 1995. Development and evaluation of an HPLC method for the analysis of carotenoids in foods, and the measurement of the carotenoid content of vegetables and fruits commonly consumed in the UK. *Food Chemistry* 54:101-111.
- [43] Raffo, A., La Malfa, G., Fogliano, V., Maiana, G., Quaglia, G., 2006. Seasonal variations in antioxidant components of cherry tomatoes (*Lycopersicon esculentum* cv. Naomi F1). *Journal of Food Composition and Analysis* 19: 11–19.
- [44] Leonardi, C., Ambrosino, P., Esposito, F., Fogliano, V., 2000. Antioxidant activity and carotenoid and tomatine contents in different typologies of fresh consumption tomatoes. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 48: 4723-4727.
-

İnülin ve Oligofruktozların İnsan Sağlığı ve Beslenmesi Üzerine Etkileri

Nurcan Yabancı

Gazi Üniversitesi, Mesleki Eğitim Fakültesi, Gıda ve Beslenme Eğitimi Anabilim Dalı, Beşevler, Ankara
E-posta: nyabancı@gmail.com

ÖZET

İnülin soğan, sarımsak, pırasa, hindiba ve enginar gibi birçok sebze de bulunan bir fruktoz oligomeridir. Oligofruktoz ise inülinin enzimatik hidroliz ile elde edilir. Son yıllarda inülin ve oligofruktoz, jel, kıvam verici ve tatlandırıcı özelliklerinden dolayı, gıda sanayisinde kullanılmaktadır. İnülin ve oligofruktoz, diğer karbonhidratlara göre daha düşük enerji içerir. Bilinen en önemli fonksiyonu, bağırsaklarda bifidobakterilerin gelişmesini uyarmalarıdır. Bunlara ek olarak, inülin ve oligofruktoz, şeker hastalığı, kalp hastalıkları, kanser ve osteoporoz riskini azaltır. Bu derleme inülin ve oligofruktozun beslenme ve sağlık üzerine etkilerini göstermek amacıyla yapılmıştır.

Anahtar Kelimeler: İnülin, Oligofruktoz, Sağlık, Beslenme

Effects of Inulin and Oligofructoses on Human Health and Nutrition

ABSTRACT

Inulin is an oligomer of fructose present in many plant foods such as onion, garlic, leek, chicory and artichoke. Oligofructoses can be obtained from inulin by enzymatic hydrolysis. Because of their gelling, thickening and sweetener properties, both inulin and oligofructoses have found application in food industry in recent years. These food constituents have lower caloric values than typical carbohydrates. The best-known nutritional effects of inulin and oligofructose human health are their actions on stimulating *Bifidobacteria* growth in the intestines. Additionally, they may decrease risks of diabetes, heart diseases, cancer, and osteoporosis. The objective of this review is to discuss the effects of inulin and oligofructoses on human health and nutrition.

Key Words: Inulin, Oligofructose, Health, Nutrition

GİRİŞ

Besleyici etkilerinin yanı sıra vücuda alındığında sağlık üzerine olumlu etki gösteren besinlere "fonksiyonel besin" denir [1]. Hindiba bitkisinden doğal olarak elde edilen inülin ve oligofruktoz fonksiyonel besin bileşeni olarak tanımlanabilir [2]. Bu maddelerin günlük ortalama tüketim miktarları Amerika Birleşik Devletleri'nde 1-4g, Avrupa ülkelerinde de 3-10g olarak belirlenmiştir. İnülin ve oligofruktoz, bazı sistemik ve fizyolojik özellikleri ile kalın bağırsak işlevini etkilerler, kalın bağırsakta bulunan bifidobakterilerin gelişmesini uyardıkları için birer prebiyotiklerdir. Başta kalsiyum olmak üzere birçok mineralin emilimini etkileyerek, kemik mineral yoğunluğunu artırır ve osteoporoz riskini azaltırlar. Bağırsaklık sistemi uyarırlar, karaciğerde yağ yapımını azaltırlar, hiperinsülinemiyi önleyerek kardiyovasküler hastalık riskini düşürürler. Bağırsak hareketlerini arttırarak kabızlığı, bifidobakterilerin Gram negatif ve pozitif bakterilerin çoğalmasını önleyici özellikleri nedeniyle de ishal oluşumunu önlerler. Kötü huylu tümörlerin gelişmesini engelleyerek veya azaltarak, kalın

bağırsak kanseri riskini düşürürler [3]. İnülin ve oligofruktoz dünyada genellikle posa olarak bilinmekte ve posa içeriği nedeni ile besinlere katılmaktadır, bunlar diğer posalara benzemeksizin lezzet verici maddelerdir. Oligofruktozlar, genelde tahıllara, meyveli yoğurtlara, dondurmalara ve süt ürünlerine katılmaktadır. İnülin ve oligofruktozun gıda sanayisinde kullanımı hızla yaygınlaşmaktadır [4]. Bu çalışmada, inülin ve oligofruktozun gıda sanayisinde kullanımı, beslenme ve sağlık ile ilişkisi incelenmiştir.

İNÜLİN ve OLİGOFUKTOZ ÜRETİMİ ve BESİN SANAYİSİNDEKİ ÖNEMİ

Bugün dünyada yaşam koşullarının değişmesi ile bireylerin hazır besin tüketimlerinin ve enerji alımlarının yükselmesi, fiziksel aktivitelerin azalması, sağlık harcamalarının artması kronik hastalıklarla mücadele etme zorunluluğunu getirmiştir. Tüketicilerin sağlık ve beslenme ilişkisini öğrenmeye başlamaları doğrultusunda, gıda sanayisinde sağlıklı beslenme ürünleri geliştirebilmek için çeşitli teknolojilerden

faýdalanmaktadır. Gıda sanayisinde, etkili yöntemler ve bilimsel donanımı ile besinlerin kimyasal bileşimi ve fiziksel yapısını kontrol edebilmekte, hatta geliştirebilmektedir [5]. İnülin ve oligofruktoz, bugün besin endüstrisinde ya sukrozdan sentezlenmekte ya da hindiba köklerinden ekstrakte edilmektedir. Hindiba botanikte *Cichorium intybus* olarak bilinen bir bitkidir ve en çok kahve yerine kullanıldığı bilinir. Kökleri %15-20 oranında inülin ve %5-10 oligofruktoz içerir. İnülin üretimi, şeker pancarından şeker elde edilmesi ile benzerdir, kökler toplanır, temizlenir ve yıkanır. İnülin tozu ortalama 10-12°C'de polimerize edilir ve 2-60 ünitelik zincir uzunluğuna sahip moleküllerdir. Oluşan inülin tozu %6-10 oranında glikoz, fruktoz ve sukroz içeren şekerlerden oluşur [6]. İnülin, standart, az şekerli ve yüksek performanslı olmak üzere üçe ayrılır. Standart inülin en fazla %10 şeker içeren ve hindiba köklerinden elde edilir. Az şekerli inülin ve yüksek performanslı inülin ise, mono, di ve oligosakkarit fraksiyonlarının fiziksel olarak kaldırılması ile oluşur [6]. Yüksek performanslı inülinde, şeker molekülleri ortadan kaldırıldığı için, inülin yağ benzeri bir yapı kazanır. Oligofruktoz da, inülinle benzer şekilde hindiba köklerinden elde edilmektedir. Aralarındaki en önemli fark, oligofruktozun ekstraksiyon aşamasından sonra hidrolize edilmesidir. İnülin, *Aspergillus niger*'den elde edilen inülinaz enzimi kullanılarak hidrolize edilir ve sonuçta oligofruktoz oluşur. *Aspergillus niger*'in toksik etkisinin olmadığı ve gıda sanayisinde kullanılabileceği yapılan araştırmalar sonunda açıklanmıştır. Oluşan oligofruktoz %30 sukroz içermektedir. Oligofruktoz, β-fruktofuranozidaz enzimi aracılığıyla sukrozdan da sentezlenebilir. İnülin, çok basit bir kimyasal yapıya sahip değildir. Fruktoz üniterinin β-2-1 bağları ile bağlanması ile oluşur; bu bağlar inülinin sindirimini zorlaştırır. Oligofruktoz, glikozidik bağlar ile bağlanmış, 2-10 monosakkarit içeren bir fruktoz oligosakkaridi olarak tanımlanmıştır. İnülin ve oligofruktoz arasındaki en önemli fark zincir uzunluklarıdır. İnülinin zincir uzunluğu daha fazladır ve bundan dolayı oligofruktoza göre daha zor çözünürler. İnülin su veya süt ile karıştırıldığında mikrokristaller oluşturabilirler. Fakat bu mikrokristaller, ağızda hissedilebilir bir pütürlü bir yapı bırakmazlar, fakat yağa benzer bir tat vererek ağızda yumuşak, kremi, kaygan

bir his oluştururlar. Bu nedenle inülin başta diyet ürünleri olmak üzere birçok besinde, yağ ikamesi olarak kullanılabilir. Genelde 0.25g inülin, 1 gram yağ yerine geçer. Yağ yerine inülin kullanılan besinlerin bir porsiyonunda yaklaşık 2-6g inülin vardır. Oligofruktoz ise, daha kısa zincirli bir oligomerdir ve şeker veya glikoz şurubu ile benzer tada sahiptir. Sukroza göre çözünürlüğü daha yüksektir. Tatlılığı sukrozun %30-50'si kadardır. Oligofruktozlar, diyet dondurma, diyet çikolata ve düşük kalorili keklerin yapımında kullanılabilir. Şeker gibi tat vermekte ve düşük kalori içeriği ile de gıda sanayisinde kullanılabilirliği her geçen gün artmaktadır. Ayrıca oligofruktoz, aspartam ve asülsülfam K'nın ağızda bıraktıkları tadı da gizlemektedir [4].

Oligofruktoz ve fruktooligosakkaritler, eskiden birbirleriyle eş anlamlı terimler olarak bilinmekteydi. Etiketlemede, bu iki terim kullanılabilirse de, oligofruktoz inülinin inülinaz enzimi kullanılarak hidrolize olmuş şeklidir. Bugün oligofruktoz, sıvı veya toz olarak gıda sanayisinde kullanılmaktadır. İnülin ve oligofruktoz makro besin öğeleridir ve bazı besinler bu öğeler ile zenginleştirilebilir. Bu öğeler, eklendiği besinin posa içeriğini de artırır. Bir porsiyon besine ortalama 3-10g inülin ve oligofruktoz eklenebilir. Oligofruktoz şeker yerine kullanılır. Fırın ürünlerinde kullanımı daha yaygındır. Oligofruktoz ile tatlandırılmış bir besinin bir porsiyonunda ortalama 2-6g oligofruktoz bulunabilmektedir [6]. Oligofruktozlar, hazır portakal sularının yapımında kullanılabilen olup, elma suları da oligofruktozlar ile tatlandırılabilir. Bu pahalı olmayan ve kolay bir yöntemdir. Bugün Japonya' da 500, Avrupa' da ise 200'den fazla besinin bileşiminde, inülin veya oligofruktoz bulunmaktadır [4, 7, 8].

İNÜLİN ve OLİGOFUKTOZ KAYNAKLARI İLE TÜKETİMİ

İNÜLİN ve oligofruktoz için en iyi kaynaklar buğday (%70), soğan (%23), muz (%3) ve sarımsaktır (%3). Bazı besinlerin inülin ve oligofruktoz içerikleri Tablo 1'de verilmiştir [9].

Tablo 1. Bazı Besinlerin İnülin ve Oligofruktoz İçerikleri (g/100g yağ) [9]

	İNÜLİN		OLİGOFUKTOZ	
	Ortalama	Alt-Üst Sınır	Ortalama	Alt-Üst Sınır
Muz	0.5	0.3 – 0.7	0.5	0.3 - 0.7
Hindiba Kökü	41.6	35.7 – 47.6	22.9	19.6 - 26.2
Taze Kara Hindiba				
Çiğ	13.5	12.0 – 15.0	10.8	9.6 - 12.0
Pişmiş	9.1	8.1 – 10.1	7.3	6.5 - 8.1
Sarımsak				
Çiğ	12.5	9.0 – 16.0	5.0	3.6 - 6.4
Kurutulmuş	28.2	20.3 – 36.1	11.3	8.1 - 14.5
Enginar	4.4	2.0 – 6.8	0.4	0.2 - 0.7
Pırasa	6.5	3.0 – 10.0	5.2	2.4 - 8.0
Soğan				
Çiğ	4.3	1.1 – 7.5	4.3	1.1 - 7.5
Pişmiş	3.0	0.8 – 5.3	3.0	0.8 - 5.3
Buğday kepeği	2.5	1.0 – 4.0	2.5	1.0 - 4.0
Çavdar unu	0.7	0.5 – 0.9	0.7	0.5 - 0.9

Birleşik Devletler Tarım Bakanlığı (USDA) 1994-96 yılları arasında gerçekleştirilen Ulusal Besin Tüketimi Çalışması'nda, 15 binden fazla kişinin iki günlük besin tüketimlerini değerlendirmiş ve bireylerin tükettikleri inülin ve oligofruktoz miktarlarını hesaplamıştır. Buna göre, Amerikalı bireyler günde ortalama olarak 2.6g inülin, 2.5g oligofruktoz tüketmektedirler. Yaş arttıkça inülin ve oligofruktoz tüketimleri artmaktadır (Tablo 2).

Inülin ve oligofruktoz tüketimleri, ırklara ve mevsimlere göre de birbirinden farklıdır. Beyaz ırkın bu fonksiyonel bileşenleri tüketim oranları, siyah ve Hispanik kökenlilere göre anlamlı şekilde yüksek bulunurken, inülin ve oligofruktozun en az tüketildiği mevsimin yaz olduğu bildirilmiştir [9]. Türkiye'de inülin ve oligofruktoz tüketimini gösteren bir çalışmaya rastlanmamıştır.

Tablo 2. Amerikalı Bireylerin Diyetle Tükettikleri Ortalama İnülin ve Oligofruktoz Miktarları (g/gün) [9]

Yaş (yıl)	n	İnülin			Oligofruktoz		
		Alt-Üst Sınır	Ortalama	g/1000kcal	Alt-Üst Sınır	Ortalama	g/1000 kkal
Çocuklar							
≤ 5	3017	0.55-2.13	1.34	0.94	0.54-2.10	1.32	0.92
6-11	1432	0.90-3.52	2.21	1.19	0.87-3.47	2.17	1.17
Erkekler							
12-19	696	1.34-5.41	3.37	1.25	1.30-5.34	3.32	1.23
20-49	2358	1.36-5.59	3.47	1.37	1.31-5.49	3.42	1.34
≥50	2393	1.20-4.70	2.95	1.46	1.15-4.62	2.88	1.43
Kadınlar							
12-19	702	0.91-3.69	2.30	1.27	0.87-3.62	2.25	1.24
20-49	2319	0.94-3.80	2.36	1.42	0.90-3.73	2.31	1.39
≥50	2253	0.88-3.47	2.17	1.48	0.85-3.41	2.13	1.45
Total	15170	1.04-4.16	2.60	1.34	1.00-4.09	2.54	1.31

1994-1996 Amerikan Besin Tüketimi kullanılarak inülin ve oligofruktoz değerleri hesaplanmıştır.

İNÜLİN ve OLİGOFUKTOZUN BESLENME ile İLİŞKİSİ

Inülin ilk defa 1800'lü yıllarda Rose tarafından *Inula helenium* adlı bir bitkinin köklerinden elde edilen bir karbonhidrat türü olarak tanımlanmıştır. İnülin ve oligofruktoz birçok ülkede besinlerin toplam enerjisini düşürmek amacıyla dondurma, kek, pasta gibi yüksek kalorili besinlerin hazırlanmasında yağ ve şeker yerine kullanılmaktadır. İnülin ve oligofruktoz sindirim enzimlerine karşı dirençli olan β -2-1 bağları ile fruktoza bağlandığı için, enerji değerleri diğer bilinen karbonhidratlara göre düşüktür. Diyet karbonhidratları 4kcal/g enerji içerirken, inülin ve oligofruktoz sindirime karşı dirençli olmaları, ince bağırsaklarda emilime uğramamaları nedeniyle, diğer karbonhidratlara göre daha düşük enerji içeriğine sahiptirler. İnülin ve oligofruktoz, sindirime uğramadan doğrudan kalın bağırsağa geçerler, burada bakteriler tarafından fermentasyona uğrarlar. Fermente edilmiş karbonhidratların enerji değerleri, yaklaşık 0-2.5 kkal/g'dir. İnülin ve oligofruktozun enerji değerleri içerdikleri karbon zincirine, fermente olan miktara, dışkıyla atılan miktara ve oluşan kısa zincirli yağ asitlerine bağlı olarak değişir. Roberfroid [10], bir gram inülin ve oligofruktozun ortalama 1.5-1.7kcal enerji verdiğini, bu miktarın ise heksozların verdiği enerjinin yaklaşık %38'ine eşit olduğunu açıklamıştır [10]. Bu nedenle, bu maddeler obezite tedavisinde rahatlıkla kullanılabilir [11]. Hem inülin, hem de oligofruktozun yüksek miktarlarda alınmasının (40-100g/gün) kan insülin ve glukagon düzeyini, dolayısıyla kan şekerini etkilemediği [4], ancak hem inülin, hem de oligofruktozun belli dozlarının bireysel farklılık göstererek ishale neden olabileceği açıklanmıştır [6].

İNÜLİN ve OLİGOFUKTOZUN SAĞLIKLA İLİŞKİSİ

Inülin ve oligofruktozun sağlık üzerine en önemli etkisi ince bağırsaklarda bifidobakterilerin gelişmesini uyarımlardır. Kalın bağırsakta 400'den fazla çeşit bakteri vardır, bu bakterilerden bazıları kanser gibi birçok hastalığa zemin hazırlarken, *Lactobacilli* ve *Bifidobakteri* gibi bakteriler sağlığı olumlu yönde etkilemektedir. İnülin veya oligofruktoz tarafından salınımları artan *Bifidobakteri*, zararlı bakterilerin üremesini engellerken, bağırsıklık sistemle ilgili fonksiyonların uyarılmasını, B grubu vitaminlerinin sentezini ve bazı minerallerin emiliminin artmasını sağlar. Prebiyotikler mikroorganizma içeriğinde olmayan organik komponentlerdir [12]. Bunlar, bağırsak florasını geliştirerek, sağlığı koruyucu ve hastalıkları önleyici etki gösterirler. İnülin, dışkı mikroflorasında normalde %20 oranında bulunan *Bifidobakteri* oranını, %71'e kadar çıkarabilir. İnülin ve oligofruktozlar, kan şekerinin regulasyonu ve lipit metabolizması üzerinde de olumlu etki gösterirler [4].

Şeker Hastalığı: Hayvan çalışmalarında, inülin ve oligofruktozun kan insülin ve glikoz konsantrasyonlarını düşürdüğü gösterilmesine rağmen, insanlarda etkisi tam olarak netlik kazanmamıştır. Kok ve ark. [13], dört hafta boyunca, gönüllü sağlıklı 12 bireye günlük 20 g fruktooligosakkarit, kontrol grubuna da aynı miktarda sukroz verilerek, plazma glikoz ve insülin seviyelerini incelemiştir. Sonuç olarak, fruktooligosakkarit verilen gruptaki bireylerin hepatik glikoz üretimi azalmış, fakat glikoz metabolizmasında insülin seviyelerinde bir değişikli gözlenmemiştir. Ratlar üzerinde yapılan bir başka çalışmada, %10 oligofruktoz içeren standart diyet veya sadece standart diyet verilerek kan glikoz ve lipit profiline bakılmıştır. Deney grubunun postprandial (tokluk) serum trigliserit, insülin ve glikoz düzeyleri

anamlı derecede düşmüştür. Yine deney grubunda, glikoza bağlı insülinotropik polipeptit ve glukagon benzeri büyüme faktörü düzeyi değişmemiştir [14].

Lipit Metabolizması: Oligofruktoz, serum trigliserit düzeyini düşürmektedir. Ratların diyetlerine eklenen 10g oligofruktoz, karaciğerde yağ sentezini azaltmıştır. Oligofruktozun yağ yapımını azaltıcı etkileri vardır [15]. Brighenti ve ark. [16] normolipidemik (kan lipit düzeyi normal) 20 gönüllü erkeğe, inülin içeren kahvaltılık tahıl karışımları vererek, inülinin kan lipit düzeyi üzerindeki etkilerini incelemişler, inülinin kan lipit parametrelerini düşürdüğünü saptamışlardır. Trautwein ve ark. [17] yürüttükleri bir çalışmada, 4 gruba ayırdığı hamster cinsi farelere beş hafta süresince 0, %8, %12 ve %16 oranlarında inülin eklenmiş; 20g/100g yağ ve 0.12g/100g kolesterol içeren diyetler vermişlerdir. İnülin almayan grupta kolesterol seviyesi etkilenmezken, %8, %12 ve %16 oranlarında inülin alan gruplarda sırasıyla serum kolesterolü %18, %15 ve %29 oranında azalırken, %12 ve %16 oranlarında inülin alan gruplarda sırasıyla trigliserit %40 ve %63 oranında düşmüştür. İnülin miktarı arttıkça, serum kolesterol, trigliserit ve VLDL-kolesterol düzeyi azalmaktadır. Amerikan Diyetetik Derneği, şeker hastalığında görülen lipit metabolizması bozukluklarını düzeltmek için, yağ yerine geçen, inülin gibi maddelerin kullanılmasını önermektedir [18].

Mineral Emilimi: Posa genel olarak mineral emilimini azaltan besin ögesi olarak bilinse de, inülin ve oligofruktoz için bu doğru değildir. Diyet posası, fitat içeriği nedeni ile kalsiyum, magnezyum, demir, çinko ve mangan gibi minerallerin emilimini olumsuz yönde etkiler. Hem inülin, hem de oligofruktoz kalsiyum ve magnezyum biyoyararlılığını artırarak kemik kayıplarını en aza indirir. İnülin ve oligofruktozun mineral emilimi üzerindeki olumlu etkileri, ince ve kalın bağırsakların pH'nı düşürmeleri ve uçucu yağ asitleri konsantrasyonunun artması ile ilişkilidir. Kalsiyum çekumdan emildiği için, çekumları alınmış ratlarda, inülin ve oligofruktoz etki göstermemiştir. Özellikle kemik kitlesinin en üst düzeyeye çıktığı ve ileri yaşlarda osteoporoz görülme olasılığı ile yakından ilişkili olan ergenlik döneminde verilen oligofruktozun kalsiyum emilimini arttırdığı bildirilmiştir [19]. Ratlarda, fruktooligosakkaritlerin kalsiyum emilimini arttırdığı, işaretli ⁴⁵Ca kullanılarak ispatlanmıştır [20]. Gastrostomili hastalarda (yemek borusunun işlevini yapmadığı durumlarda beslenmeyi sağlamak amacıyla mideyi vücut dışına açan bir kanal oluşturulması), anemi ve kemik erimesi görülme oranı yüksektir. Diyete eklenen fruktooligosakkaritler gastrostomili hastalarda, bu problemlerin azalmasına neden olur. Bu hastalara %10 fruktooligosakkarit içeren bir diyet verilerek intestinal bölgedeki kalsiyum, magnezyum ve fosfor emilimleri ile kalsiyum bağlayıcı protein (CaBP) düzeyleri, kontrol grubu ile karşılaştırılmıştır. Fruktooligosakkarit içeren diyet, CaBP ve intestinal bölgeden kalsiyum emilimini arttırmıştır. Fruktooligosakkaritlerin CaBP düzeyini arttırmaları, vücut kalsiyum dengesinin sağlanmasında önemlidir [21]. Ohta ve ark. [22] gastrostomili ratlara verdikleri her 1kg besine 75g fruktooligosakkarit ekleyerek yaptıkları bir çalışmada, kemik mineral

yoğunluğu ile hemoglobin ve hemotokrit gibi anemi kriterlerinin, fruktooligosakkarit ekledikleri grupta, eklenmedikleri gruba göre anlamlı şekilde yüksek olduğunu saptamışlardır. Gastrostomili ratlarda, diyete eklenen fruktooligosakkaritin hem olan demirin emilimini arttırdığı, hem olmayan demiri ise etkilemedikleri rapor edilmiştir [23].

Gastrointestinal Sistem: İnülin ve oligofruktoz, bifidobakterileri artırarak kalın bağırsak sağlığını olumlu yönde etkilerler. İnülin ve oligofruktozlar, kalın bağırsağa gelince hızla buradaki bakteriler tarafından fermentasyona uğrayarak, kısa zincirli yağ asitleri sentezini artırır [24], bu artış, kalın bağırsak kanseri ve hiperkolesterolemi riskini azaltırken, vitamin sentezi ve bağırsıklık sistemi uyarır [25]. Molis ve ark. [26] diyetle günde 20.1g fruktooligosakkarit verdikleri 6 gönüllü, sağlıklı bireyde fruktooligosakkaritlerin ince bağırsaklarda hiç emilmediğini, sadece kalın bağırsakta fermentasyona uğradıklarını saptamışlardır. Bu nedenle bu maddelerin enerji içeriğinin düşük olduğu bir kez daha ispatlanmıştır. Başka bir çalışmada da, fruktooligosakkarit ve oligofruktoz ile beslenen grubun gastrointestinal sistemlerinde, diğer gruplara göre daha fazla miktarda bütirat oluştuğu, kalın bağırsak pH'nın düştüğü, dışkı hacimlerinin ve bifidobakteri sayısının arttığı bildirilmiştir [27].

Kanser: İnülin ve oligofruktoz bifidobakteri sentezini artırarak, kalın bağırsak kanseri riskini azaltmaktadır. Yapılan bir çalışmada ratlarda 1.2 dimetilhidrazin ile kalın bağırsakta kötü huylu tümör oluşturulmuş, daha sonra bir gruba sadece yağsız süt; bir gruba yağsız süt ve bifidobakteri; bir gruba yağsız süt ve oligofruktoz; bir gruba da yağsız süt, bifidobakteri ve oligofruktoz verilerek tümörlerin gelişimi incelenmiştir. Bifidobakteri ve oligofruktoz verilen grupta kötü huylu tümörler diğer gruplara göre, anlamlı şekilde azalmıştır. Bifidobakteri bir probiyotik, oligofruktoz ise prebiyotiktir, ikisinin beraber kullanılması sinbiyotik etki ile kalın bağırsak kanseri riskini azaltır [28].

Diğer Etkiler: İnülin ve oligofruktozlar, lenfosit aktivitesini artırarak, bağırsıklık sistemi olumlu şekilde etkiler [26]. Kalın bağırsakta bifidobakterilerin oranı ile immünooglobülin miktarı arasında pozitif ilişki vardır. İnülin ve oligofruktozlar, bifidobakterilerin üremesini artırarak, immünooglobülin aktivitesini de artırır [29]. Dializ hastaları için kullanılan beslenme ürünleri içerisine fruktooligosakkarit eklenmesi, hem hastaların genel durumlarını olumlu etkilemiş, hem de kabızlık şikâyetlerini azaltmıştır [30]. Anne sütü, oligosakkarit yönünden zengin bir besindir. Oligosakkaritlerin bebek sağlığı üzerinde birçok önemli etkisinin olması, anne sütünün önemini bir kat daha artırmıştır [31]. Günümüzde, fruktooligosakkaritler bebek mamalarında kullanılabilir [32]. Ayrıca, inülin ve oligofruktozlar hayvan beslenmesinde de yararlı etkiler göstermektedir. Kedi ve köpeklerin kalın bağırsaklarında bulunan çeşitli bakteriler sindirilmemiş aminoasitlerin, amonyak, alifatik amin vb. maddelerin kalın bağırsakta fermentasyona uğramasına neden olarak dışkılarının çok kötü kokmasına neden olur. Bu dışkı, insan sağlığını olumsuz yönde etkiler. Bu nedenle bu hayvanların diyetlerine

inülin ve oligofruktoz gibi prebiyotiklerin eklenmesi, *Bifidobacterium* ve *Lactobacillus*'ün çoğalmasını sağlayarak, bu hayvanların bağırsak mikrofloralarını düzeltir [33]. Piliçlerde fruktooligosakkarit, *Salmonella*'nın üremesini engellemektedir. Altı hafta boyunca, fruktooligosakkarit içeren diyet verilen piliçlerde *Salmonella typhimurium* kolonilerinin sayısının azaldığı açıklanmıştır [34].

SONUÇ ve ÖNERİLER

İnsan sağlığını olumlu yönde etkileyerek koruyucu özelliklerinin yanı sıra birçok kronik hastalığın tedavisinde de kullanılabilen inülin ve oligofruktozlar, önemli fonksiyonel besin bileşenleridir. Kalın bağırsak mikroflorasının dengesini sağlarlar. Bazı minerallerin biyolojik yararlılığını arttırlar. Dışkı üretimini kontrol ederek, dışkı üretimi, bağırsak hareketleri ve transit zamanı etkileyerek, gastrointestinal sistemi düzenlerler. Bağırsıklık sistemini güçlendirirler. Lipit metabolizması ve kan şekerinin düzenlenmesinde etki göstererek metabolik sendrom ve kalp-damar hastalık risklerini azaltırlar. Enerji değerlerinin düşük olması ve kimyasal yapıları nedeniyle hem tatlandırıcı, hem de lipit benzeri maddelerdir. Bu nedenle:

- Besin teknolojisinde ve tıp alanında kullanılmaktadır.
- Besinlerin içerdikleri inülin ve oligofruktoz miktarlarını gösteren besin bileşim cetvelleri geliştirilmeli, bireylerin, özellikle ülkemiz için inülin ve oligofruktoz tüketimini gösteren ulusal çalışmalar planlanmalıdır.
- Özellikle yaş ilerlemesine paralel olarak, bifidobakterilerin gelişmesini sağlayan inülin ve oligofruktozları içeren muz, hindiba kökü, enginar, soğan gibi besinlerin fazla miktarda tüketilmesi gerekmektedir. Bu konuda, beslenme uzmanlarına büyük görevler düşmektedir.

KAYNAKLAR

- [1] Milner, J.A.,1999. Functional foods and health promotion. *Journal of Nutrition* 129: 1395S-1397S.
- [2] Roberfroid, M.B., 2005. Introducing inulin-type fructans. *British Journal of Nutrition* 93 (Suppl 1): S13-25.
- [3] Roberfroid, M.B., 1999. Concepts in functional foods: the case of inulin and oligofructose. *Journal of Nutrition* 129: 1398S-1398S.
- [4] Niness, K.R., 1999. Inulin and oligofructose: What are they? *Journal of Nutrition* 129: 1402S-1406S.
- [5] Richardson, D.P., 1999. The Role of the Food Industry in Developing and Communicating Better Nutrition. In *For A Better Nutrition in the 21st Century*, Edited by P. Leathwood, M. Horisberge, W.P.T. James, Nestec Ltd, Vevey/Raven Press, Ltd. New York, 188-189p.
- [6] Coussemant, P.A.A., 1999. Inulin and oligofructose: Safe intakes and legal status. *Journal of Nutrition* 129: 1412S-1417S.
- [7] Iuliano, T.A., 1996. A simplified method for determining undeclared sweeteners added to pure orange juice. *The Journal of AOAC International* 79(6): 1381-1387.
- [8] Low, N.H., 1996. Determination of fruit juice authenticity by capillary gas chromatography with flame ionization detection. *The Journal of AOAC International* 79(3): 724-737.
- [9] Moshfegh, J.A., Friday, E.J., Goldman, J.P., Ahuja, J.K., 1999. Presence of inulin and oligofructose in the diets of Americans. *Journal of Nutrition* 129: 1407S-1411S.
- [10] Roberfroid, M.B., 1999. Caloric value of inulin and oligofructose. *Journal of Nutrition* 129: 1436S-1437S.
- [11] Cherbut, C., 2002. Inulin and oligofructose in the dietary fibre concept. *British Journal of Nutrition* 87(Suppl 2): S159-162.
- [12] Saldamlı, İ., Uygun, Ü. 1998. Gıda Katkı Maddeleri. Alınmıştır: Gıda Kimyası, Editör. İ. Saldamlı, Hacettepe Üniversitesi Yayınları, Ankara, 520p.
- [13] Luo, J., Rizkalla, S.W., Alamowitch, C., Boussairi, A., Blayo, A., Barry, J.L., Laffitte, A., Guyon, F., Bornet F.R.J., Slama, G., 1996. Chronic consumption of short-chain fructooligosaccharides by healthy subjects decreased basal hepatic glucose production but had no effect on insulin-stimulated glucose metabolism. *American Journal of Clinical Nutrition* 63(6): 939-945.
- [14] Kok, N.M., Morgan, L.M., Williams, C., Roberfroid, M.B., Thissen, J., Delzenne, N., 1998. Insulin, glucagon-like peptide 1, glucose dependent insulinotropic polypeptide and insulin-like growth factor I as putative mediators of the hypolipidemic effect of oligofructose in rats. *Journal of Nutrition* 128: 1099-1103.
- [15] Delzenne, N.M., Kok, N.N., 1999. Biochemical basis of oligofructose-induced hypolipidemia in animal models. *Journal of Nutrition* 129(7 Suppl): 1467S-1470S.
- [16] Brighenti, F., Casiraghi, M.C., Canzi, E., Ferrari, A., 1999. Effect of consumption of a ready-to-eat breakfast cereal containing inulin on the intestinal milieu and blood lipids in healthy male volunteers. *European Journal of Clinical Nutrition* 53(9): 726-733.
- [17] Trautwein, E.A., Rieckhoff, D., Erbersdobler, H.F., 1998. Dietary inulin lowers plasma cholesterol and triacylglycerol and alters biliary bile acid profile in hamsters. *Journal of Nutrition* 128(11): 1937-1943.
- [18] American Diabetes Association, 1996. Role of fat replacers in diabetes medical nutrition therapy. *Diabetes Care* 19(11): 1302-1303.
- [19] Greger J.L., 1999. Nondigestible carbohydrates and mineral bioavailability. *Journal of Nutrition* 129: 1434S-1435S.
- [20] Morohashi, T., Sano, T., Ohta, A., Yamada, S., 1998. True calcium absorption in the intestine is enhanced by fructooligosaccharide feeding in rats. *Journal of Nutrition* 128(10): 1815-1818.
- [21] Ohta, A., Motohashi, Y., Sakai, K., Hirayama, M., Adachi, T., Sakuma, K., 1998. Dietary fructooligosaccharides increase calcium absorption and levels of mucosal calbindin-D9k in the large intestine of gastrectomized rats. *Scandinavian Journal of Gastroenterology* 33(10): 1062-1068.
- [22] Ohta, A., Ohtsuki, M., Uehara, M., Hosono, A., Hirayama, M., Adachi, T., Hara, H., 1998. Dietary

- fructooligosaccharides prevent postgastrectomy anemia and osteopenia in rats. *Journal of Nutrition* 128(3):485-490.
- [23] Ohta, A., Sakai, K., Takasaki, M., Uehara, M., Tokunaga, T., Adachi, T., 1999. Dietary heme iron does not prevent postgastrectomy anemia but fructooligosaccharides improve bioavailability of heme iron in rats. *International Journal for Vitamin and Nutrition Research* 69(5):348-355.
- [24] Jenkins, J.A.D., Kendall, C.W.C., Vuksan, V., 1999. Inulin, oligofructose and intestinal function. *Journal of Nutrition* 129:1431S-1433S.
- [25] Gibson, G.R., 1999. Dietary modulation of the human gut microflora using the prebiotics oligofructose and inulin. *Journal of Nutrition* 129:1438S-1441S.
- [26] Molis, C., Flourie, B., Ouarne, F., Gailing, M.F., Lartigue, S., Guibert, A., Bornet, F., Galmiche, J.P., 1996. Digestion, excretion, and energy value of fructooligosaccharides in healthy humans. *American Journal of Clinical Nutrition* 64(3):324-328.
- [27] Campbell, J.M., Fahey, G.C., Jr. Wolf, B.W., 1997. Selected indigestible oligosaccharides affect large bowel mass, cecal and fecal short-chain fatty acids, pH and microflora in rats. *Journal of Nutrition* 127(1):130-136.
- [28] Gallaher, D.D., Stallings, W.H., Blessing, L.L., Busta, F.F., Brady, L.J., 1996. Probiotics, cecal microflora, and aberrant crypts in the rat colon. *Journal of Nutrition* 126(5):1362-1371.
- [29] Kavas, G., 1999. Bifidobakterilerin, metabolizma üzerindeki etkileri, yararları ve fermente süt ürünleri ile kullanımı. *Gıda* 78-83.
- [30] Cockram, D.B., Hensley, M., Rodriguez, M., Agarwal, G., Wennberg, A., Ruey, P., Ashbach, D., Hebert, L., Kunau, R., 1998. Safety and tolerance of medical nutritional products as sole sources of nutrition in people on hemodialysis. *Journal of Renal Nutrition* 8(1):25-33.
- [31] Anon, 1999. Human milk oligosaccharides: 130 reasons to breast-feed. *British Journal of Nutrition* 82: 333-835.
- [32] Dubey, U.K., Mistry, V.V., 1996. Effect of bifidogenic factors on growth characteristics of bifidobacteria in infant formulas. *Journal of Dairy Science* 79(7):1156-1163.
- [33] Hussein, S.H., Flickinger, A.E., Fahey, G.C., 1999. Petfood application of inulin and oligofructose. *Journal of Nutrition* 129:1454S-1456S.
- [34] Chambers, J.R., Spencer, J.L., Modler, H.W., 1997. The influence of complex carbohydrates on *Salmonella typhimurium* colonization, pH, and density of broiler ceca. *Poultry Science* 76(3):445-451.
-
-