



Yoğurdun Zenginleştirilmesinde Teknolojik ve Güncel Gelişmeler

Seda Altuntaş^{1*}

^{1*} Bursa Teknik Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Bursa, Türkiye, (ORCID: 0000-0003-1126-6405),
seda.altuntas@btu.edu.tr

(İlk Geliş Tarihi Aralık 2020 ve Kabul Tarihi Ocak 2021)

(DOI: 10.31590/ejosat.839360)

ATIF/REFERENCE: Altuntaş, S. (2021). Yoğurdun Zenginleştirilmesinde Teknolojik ve Güncel Gelişmeler. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (Özel Sayı), 230-238.

Öz

Mikro besin yetersizliği sadece gelişmekte olan ülkelerin değil, aynı zamanda gelişmiş ülkelerin de önemli bir halk sağlığı sorunudur. Fermente süt ürünlerinin günlük diyetin bir parçası olması, bireylerin beslenme alışkanlıklarını değiştirmeden mikro besin yetersizliğinin giderilmesinde potansiyel bir çözüm olarak görülmektedir. Yoğurt, sağlık üzerine faydaları bilimsel çalışmalar ile kanıtlanmış, birçok ülkede yaygın olarak tüketilen fermente bir süt ürünüdür. Bununla birlikte, sınırlı biyoaktif bileşen içeriğine sahip olması nedeniyle, birçok araştırmacı bazı bileşenler ile zenginleştirildiğinde, yoğurdun daha değerli bir besin kaynağı olabileceğini vurgulamışlardır. Yoğurt matrisi, fenolik bileşiklerin, vitamin ve minerallerin, çoklu doymamış yağ asitlerinin, diyet lifinin ve daha birçok biyoaktif bileşenin taşınmasında çok uygun bir araç olarak halen ilgi çekmektedir. Bu derlemede, farklı bileşenlerle zenginleştirilmiş yoğurtların fonksiyonel ve teknolojik uygunluklarının değerlendirildiği son on yıla ait çalışmaların verilmesi amaçlanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Yoğurt, Zenginleştirme, Sağlık, Günlük Alım, Esansiyel Bileşenler.

Technological and Current Developments in Yogurt Fortification

Abstract

Micronutrient deficiency is an important public health problem not only of developing countries but also of developed countries. The fact that fermented dairy products are a part of the daily diet is seen as a potential solution for eliminating micronutrient deficiency without changing the eating habits of individuals. Yogurt is a fermented milk product, the health benefits of which have been proven by scientific studies, which are widely consumed in many countries. However, due to its limited bioactive ingredient content, many researchers have emphasized that yogurt may be a more valuable food source when enriched with certain ingredients. The yogurt matrix is still attracting attention as a very convenient vehicle for the transport of phenolic compounds, vitamins and minerals, polyunsaturated fatty acids, dietary fiber and many other bioactive components. In this review, it is aimed to give studies belonging to the last decade in which the functional and technological suitability of yoghurts enriched with different components are evaluated.

Keywords: Yogurt, Fortification, Health, Daily Intake, Essential Compounds.

* Sorumlu Yazar: seda.altuntas@btu.edu.tr

1. Giriş

Zenginleştirme; bir ya da daha fazla temel besin maddesinin gıdaya ilavesi ya da belirli bir gıdada bulunan besin maddesinin bulunduğu miktardan daha fazla bulunmasını sağlayan konsantrasyonun artırılması işlemidir. Gıdaların zenginleştirilmesiyle, belirli nüfus gruplarındaki bir veya daha fazla besin eksikliğini önleme ve düzeltme amaçlanmaktadır. Yapılan araştırmalar, gelişmekte ve az gelişmiş ülkelerdeki çoğu insanın mikro besin kıtlığı çektiğini ve zenginleştirilmiş gıdaların bu soruna çözüm olabileceğini ortaya koymaktadır (Gahrue ve ark., 2015; Tomic ve ark., 2017).

Fermentasyon, yüzyıllardır kullanılan ve gıdanın korunmasını mümkün hale getiren geleneksel bir yöntemdir (Chojnacka, 2009). Eski çağlardan kalan çömlük parçalarında radyoaktif karbon yöntemi ile yağ kalıntılarının incelenmesiyle, çömlüklere süt konulup peynir yapıldığı tespit edilmiştir (Dunne ve ark., 2012). Anadolu uygarlığının kurucularından olan Hititler döneminden (MÖ 2000-1190) kalan yazıtlarda süt, peynir, ekşimiş süttten (yoğurt) bahsedilmektedir (Evershed ve ark., 2008)

Günümüzde, fermentasyon teknolojisi kullanılarak gıdanın raf ömrünün uzatılması hedeflenmiş bunun yanı sıra; gıdaya özgü yapı, aroma kazandırarak ürün çeşitliliğinin artırılması amaçlanmıştır. Yoğurt, *Lactobacillus bulgaricus* ve *Streptococcus thermophilus* bakterilerinin belirli sıcaklıktaki faaliyeti sonucu elde edilen, sindirilebilirliği yüksek, besin içeriği zengin, çok eski yıllardan beri insan beslenmesinde önemli yeri olan fermente bir süt ürünüdür (TGK, 2009; Koçak, 2013).

Yoğurt, sütün daha konsantre hale getirilmesi ve laktik asit bakterileri tarafından süt bileşenlerinin insan beslenmesinde yararlı olan metabolik ürünlere dönüştürülmesi nedeniyle, insan beslenmesi için gerekli tüm bileşenleri içermektedir. Yoğurt; protein, kalsiyum, fosfor, B₁ (tiyamin), B₂ (riboflavin) ve B₁₂ vitaminleri içeriği bakımından oldukça zengin bir üründür (Şekil 1). Ayrıca yoğurt, süte oranla daha fazla folik asit, niasin, magnezyum ve çinko içermektedir. Yoğurt proteinlerinin biyolojik değeri yüksektir ve esansiyel aminoasitler yönünden de zengindir. Süt yağının sindirilebilirliği yoğurtta oldukça yüksek olup %99 oranındadır (Weerathilake ve ark., 2014).

Süt şekeri olarak da bilinen laktozun hidrolize olması laktoz intoleransı görülen kişilerin yoğurt ve diğer fermente süt ürünlerini rahatlıkla tüketmelerini sağlamaktadır (Yılmaz, 2006; Mazahreh ve ark., 2009).

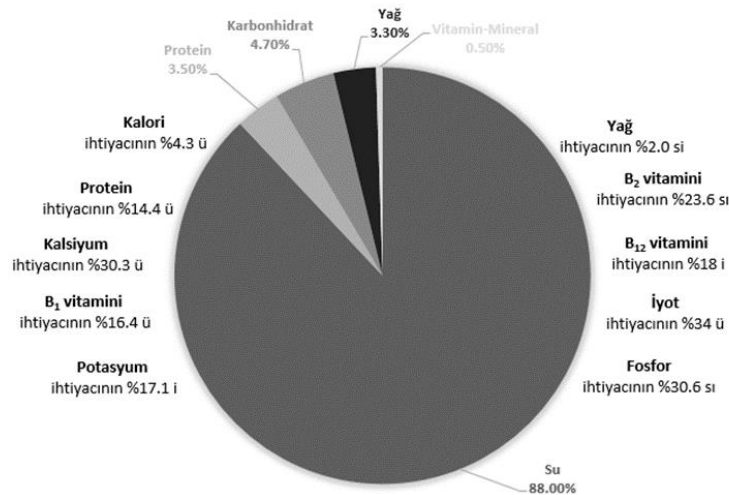
Süt ürünlerinin dünya çapındaki yaygın tüketimi nedeniyle, besin yetersizliği çeken toplumların ve bu nedenle hastalık yaşayan bireylerin tedavisinde belirli besin elementleri ilavesinin sorunu çözmeye iyi bir yol olduğu düşünülmektedir. Bu derlemede, yoğurdun insan sağlığı üzerindeki etkilerinin, yoğurtta yapılan zenginleştirmelerin oluşturduğu sağlık iddialarının, ürünlerin teknolojik ve duyuşal açıdan uygunluğunun ve bu konuda yapılan bilimsel çalışmaların verilmesi amaçlanmıştır.

2. Diyette Yoğurdun Yeri

Yapılan birçok çalışma; yoğurt tüketiminin insan sağlığı üzerinde kanser, enfeksiyon, mide, bağırsak rahatsızlıkları ve astım gibi hastalıklarda terapötik ve koruyucu etkileri olduğunu göstermektedir (Reeta ve ark., 2015). Hindistan'da yürütülen, yaşları 17 ile 20 arasında değişen 68 öğrencinin katıldığı çalışmada, şeker ilavesiz yoğurt ve benzeri fermente süt ürünlerinin tüketimiyle, içerdikleri kalsiyum ve fosfor seviyesi nedeniyle diş çürüklerinin görülme sıklığının azaltılabileceği belirtilmiştir (Ravishankar ve ark., 2012).

Yoğurt tüketiminin diyet kalitesine etkisini inceleyen bir araştırmada, 6526 kadın ve erkek bir yıl boyunca belirlenen zamanlarda kan şekeri, toplam kolesterol, HDL kolesterol, trigliserid ve insülin seviyelerini gösteren sağlık kontrolüne tabi tutulmuştur. Sonuçlar, yoğurt tüketiminin kan şekeri seviyesi, insülin direnci ve kan basıncı ile ters olarak ilişkili olduğunu göstermiştir. Sıklıkla yoğurt tüketen bireylerde, yüksek potasyum alımının gerçekleştiği, vücuttaki mineral-vitamin dengesinin iyi olduğu ve trigliserid, insülin seviyesinin yükselme hızı gibi biyolojik parametrelerin ise düşük olduğu ifade edilmiştir (Wang ve ark., 2013).

Yaşları 35-64 arasında değişen bireylerin katıldığı, yeme alışkanlığının kalp ve damar sağlığı üzerine etkilerini gösteren bir çalışmada ise, günlük yaklaşık 380 g yoğurt tüketiminin kalp ve damar hastalık riskini %32 oranında azalttığı belirtilmiştir (Kai ve ark., 2014).



Şekil 1. Sade Yoğurdun (150 g) Yetişkinler İçin Önerilen Günlük Besin Öğeleri Alımına Katkısı (%)

*Veriler The Dairy Council'den alınmıştır.

Beden kitle indeksi 25-29,9 olan sağlıklı ancak aşırı kilolu 40 erkeğin katıldığı bir deneyde, 4 grup oluşturulmuştur. Bu çalışmada yoğurt ve diğer süt ürünleri tüketiminin açlık hissine etkisi araştırılmıştır. Deneysel grup, süt ürünleri (yarım yağlı süt, yoğurt ya da Cheddar peyniri) ve kontrol grubu ise su tüketiminden oluşmaktadır. Testten 24 saat öncesi için sınırlı miktarda alkol tüketimi ve standart bir akşam yemeği önerilmektedir. Testin yapılacağı sabah bireyler aynı araştırma merkezinde kahvaltılı edip 2 saat sonra her test grubu için belirlenen ürünler tüketilmektedir. Kahvaltılıdan 3,5 saat sonra alınan öğle yemeğinde bireyler istedikleri her şeyi yiyebilmektedir. Bireylerden alınan 2 tüp kan örneği ile aminoasit konsantrasyonu, kan şekeri, insulin ve tirozin peptidi ölçümleri yapıldığı bildirilmektedir. Araştırma sonuçlarına göre, yoğurt tüketen grubun peynire göre %8, süte göre %10 ve suya göre ise %24 daha az açlık hissettikleri tespit edilmiştir. Buna bağlı olarak öğle yemeğinde enerji alımında da azalma olduğu belirlenmiştir (Dougkas ve ark., 2012).

Aune ve ark.'nın (2013) yaptığı çalışmada 200 g'dan daha az yoğurt tüketiminin tip 2 diyabet riskini %22 azalttığı, ancak daha fazla yoğurt tüketiminin daha fazla yarar sağlamadığı belirtilmiştir. Başka bir çalışmada, Amerika'da bir insanın haftada 4 porsiyon yoğurt tükettiği, Fransa'da ise bu miktarın günlük tüketime eşdeğer olduğu belirtilmiştir. Son zamanlarda Amerika Birleşik Devletleri'ndeki kadınlarda görülen kemik erimesi tanısındaciddi artış olduğu ve bunun düşük miktarda yoğurt tüketimiyle ilişkilendirildiği ifade edilmektedir (Sahni ve ark., 2013).

Yoğurt tüketimi ile bazı hastalıklar arasındaki ilişki birçok bilimsel makalede ortaya konulmuştur. Bu durum yoğurt tüketiminin giderek artmasına neden olsa da, Amerika Birleşik Devletleri ve Brezilyada nüfusun sadece %6'sı günlük olarak yoğurt tüketmektedir (Fisberg & Machado, 2015). Euromonitor'un 2013 yılında yaptığı çalışmada yıllık kişi başına düşen yoğurt tüketiminin en yüksek olduğu ülkelerin başında Hollanda, Türkiye ve Fransa gelmektedir (Tablo 1) (Danone Nutrica Research, 2013). Yoğurt tüketiminin yüksek olduğu ülkelerde, bireylerin genel besin yetersizliklerinin belirlenerek yoğurtların bu besinler ile zenginleştirilmesinin halk sağlığına büyük katkı sunacağı düşünülmektedir.

3. Yoğurdun Zenginleştirilmesi

3.1. Mikroorganizma ve Ürünlerinin İlavesi

Probiyotik bakterilerin fermente süt ürünlerine ilavesi ve bu gıdalar üzerindeki teknolojik, mikrobiyel, duyuşsal yönü oldukça iyi araştırılmıştır. Günümüzde bu bakterilerin daha ileri teknolojiler ile irdelenmesi, onlardan farklı kaynaklar olarak yararlanmamıza olanak sağlamaktadır. Ale ve ark. (2016) uygun koşullarda yüksek oranda ekzopolisakkarit (EPS) üretebilen (yaklaşık 1g/L) *Lactobacillus fermentum* Lf2'den ekstrakte edilen ekzopolisakkaritin 300 ve 600 mg/L olarak ilavesinin yoğurdun teknolojik ve duyuşsal özelliklerine etkisini araştırmışlardır (Tablo 2). Sonuç olarak, EPS ilavesinin su tutma kapasitesini arttırdığını, duyuşsal özelliklerde herhangi bir kusur oluşturmadığını, yoğurdun dokusal ve fonksiyonel özelliklerini geliştirme adına yapay katkı maddelerinin yerine EPS'nin kullanabileceğini bildirmişlerdir. Esansiyel bir aminoasit olan folatın, bazı probiyotik bakterileri tarafından üretildiği bilinmektedir. *Lactobacillus acidophilus* LA-5, *Bifidobacterium lactis* BB-12 *Lactobacillus plantarum* 15HN, *Lactococcus lactis* 44Lac, *Lactobacillus plantarum* LAT BY PL ile biyo-yoğurt üretiminin

amaçlandığı araştırmada, *L. plantarum* 15HN içeren yoğurtların 7.gününde folat içeriğinin en yüksek değere ulaştığı belirlenmiştir. Artan doğal folat içeriği nedeniyle kimyasal formuna alternatif olarak, folat üretme yeteneği yüksek suşların probiyotik ilavesine uygun gıdalarda kullanımı tavsiye edilmiştir (Khalili ve ark., 2019). Soni ve ark. (2020), 4 farklı probiyotik suşun ikili ya da tekli olarak yoğurt kültürleri ile kombinasyonları kullanılarak üretilen yoğurtların, besin değerleri, reolojik, duyuşsal ve probiyotik özelliklerini incelemişlerdir. Yoğurt kültürleri ve *L. plantarum - Lactobacillus casei*'nin birlikte bulunduğu yoğurdun daha fazla protein, karbonhidrat, kalsiyum içerdiğini ve daha yüksek viskoziteye sahip olduğunu, depolama boyunca su salımının diğer yoğurtlara kıyasla daha az olduğunu gözlemlemişlerdir.

Tablo 1. Ülkelerin Kişi Başı Yıllık Yoğurt Tüketimleri (1 porsiyon 125 g'dır)

Ülke	Kişi başı yıllık tüketim (porşiyon)
Hollanda	285,6
Türkiye	281,6
Fransa	280,0
Almanya	277,0
Sudi Arabistan	220,8
Güney Afrika	220,8
İspanya	202,0
Avusturya	190,4
Çek Cumhuriyeti	136,0
Polonya	130,4
Rusya	122,4
Japonya	105,6
Arjantin	102,4
İngiltere	101,6
Macaristan	100,0
Kanada	88,0
Şili	79,2
Meksika	65,6
Amerika Birleşik Devletleri	61,6
Romanya	54,4
İtalya	52,8
Brezilya	51,2
Kolombiya	36,0
Mısır	19,2

Probiyotiklerin yanı sıra, bazı alg türleri de fermente süt ürünlerine olumlu etkileri sebebiyle katılmakta ve bu yeni yaklaşımların sonuçları umut verici olarak değerlendirilmektedir. *Spirulina* olarak bilinen *Arthrospira platensis* yüksek protein içeriği (%65) ve besin değeri nedeniyle en popüler mikroalg türüdür. *Spirulina*'nın kanser, böbrek yetmezliği, hipertansiyon ve kısırlığı önleyici ya da tedavi edici özelliği olduğu bilinmektedir. Bunun yanı sıra, bazı patojenler üzerinde antibakteriyel, antifungal etkisinin olduğu ve süt ve ürünlerindeki laktik asit bakterilerinin gelişimini desteklediği belirtilmiştir. Diyet lifi ve biyoaktif bileşence zengin *Spirulina*'nın yoğurtlara ilavesinin fizikokimyasal, tekstürel, mikrobiyel ve duyuşsal açıdan değerlendirildiği çalışmada, duyuşsal kabul edilebilirliği koruyup ağız hissini arttırarak tekstürel yapıyı geliştirdiği, %0.25 oranında ilavesinin bile anlamlı olarak fermentasyonu hızlandırdığı ve sentetik kimyasal bileşenlerle zenginleştirilmiş formlara alternatif olabileceği vurgulanmıştır (Barkallah ve ark., 2017). Deniz mikroalgleri, omega-3 çoklu doymamış yağ asitleri (n-3 PUFA),

pigment ve mineraller bakımından fonksiyonel biyoaktif bileşen kaynakları olarak görülmektedir. Küresel balık stoklarındaki düşüş ve denizlerdeki kirlilik sebebiyle, mikroalglerden n-3 PUFA üretimi için en uygun koşul ve alg türlerinin belirlenmesi son dönemde araştırılmaya başlanmıştır. Bir mikroalg türü olan *Pavlova lutheri*'den ekstrakte edilen lipidlerin yoğurda ilavesinin teknolojik ve fonksiyonel özellikleri, yağ asitleri profili, duysal sonuçları değerlendirilmiş ve teknofonksiyonel özelliklerinde olumsuz bir etkisinin olmadığı, n-3 PUFA yönünden yoğurdun zenginleştiği ve duysal kalitesinin artırılmasına yönelik mikroenkapsülasyon gibi uygulamaların ürünün ticarileşmesine katkıda bulunacağı belirtilmiştir (Robertson ve ark., 2016).

3.2. Diyet Lifi İlavesi

Lif; meyve, tahıl, tohum ve sebzelerin hücre duvarının bir bileşenidir ve insan sindirim enzimleri tarafından hidrolize edilmeye dirençlidir (Tomic ve ark., 2017). Su tutma kapasitesi ve üretim verimini artırma, dokusal özellikleri ve yapıyı iyileştirme ve bir dolgu maddesi olarak kalori içeriğini azaltma özellikleri nedeniyle çeşitli kaynaklardan gelen lifler süt ürünlerine ilave edilmektedir (Gahrue ve ark., 2015). Lif ilavesinin ürüne kattığı teknolojik kazanımların yanı sıra, koroner kalp hastalığı, hipertansiyon, diyabet, hiperkolesterolemi ve gastrointestinal bozukluklar, bazı kanser formları ve kalori alımının diyet lifi tüketimi ile azalacağı raporlanmıştır. Buna ek olarak, prebiyotik özelliği nedeniyle bağırsakta yer alan floranın gelişimini teşvik edeceği belirtilmiştir (Tomic ve ark., 2017).

Birçok araştırmacı, yoğurda diyet lifi ilavesinin yoğurdun yapısı, reolojik özellikleri ve probiyotik bakterileri üzerine etkisini incelemiştir. Sah ve ark. (2016) diyet lifi olarak ananas kabuğu tozunun %1.0 oranında ilavesinin probiyotik içerikli yoğurtta fermantasyon süresini önemli ölçüde azalttığı ancak depolama süresince jel yapısının ananas kabuğu tozu katkılı sade ve probiyotik içerikli her iki yoğurtta da zayıfladığı ifade edilmiştir. Yoğurdun %1.4 oranında yulaftan elde edilen β -glukan ile zenginleştirilmesinin, asitlik, jelleşme kinetiği ve mikrobiyolojik yönden incelendiği bir başka çalışmada, β -glukan ilavesinin protein ve polisakkarit arasında faz ayırmasına neden olduğu, sonuç olarak içilebilir yoğurt kıvamında zayıf jel oluşumu ile sonuçlandığı ancak *L. paracasei* ve yoğurt bakterileri sayısının raf ömrü sonunda 10^8 - 10^9 kob/mL düzeyinde kalmasını sağladığı belirlenmiştir (Lazaridou ve ark., 2014). Arpadan elde edilmiş β -glukan ile zenginleştirilmiş başka bir çalışmada, yoğurda β -glukan ilavesinin depolama boyunca yoğurdun su salmasını istatistiksel olarak azalttığı ve tekstür ve duysal profili iyileştirdiği belirtilmiştir (Kaur & Riar, 2020). Velez-Ruiz ve ark. (2013) kalsiyum ve lif ilave edilen yoğurtların 4 hafta boyunca kalite özelliklerini incelemişlerdir. Bir başka çalışmada, yoğurda katılacak turuncu lifinin miktarı, partikül büyüklüğü ve pastörizasyondan önce ya da sonra ilavesinin reolojik özellikler üzerine etkisi araştırılmıştır. Sonuç olarak, lif partikül çapının büyüklüğü ile viskozite değerleri arasında doğrusal bir ilişki olduğu, lifin pastörizasyonu ile jel matriks yapısını farklı lif içeriğine sahip yoğurtlar arasındaki reolojik davranış farklılıklarını azaltarak güçlendirdiği ifade edilmiştir (Velez-Ruiz ve ark., 2013). Tritikale, buğday ve çavdardan geliştirilmiş melez bir bitkidir ve fenolik bileşen ve diyet lifi kaynağı olarak önerilmektedir. Buğday, yulaf ve tritikaleden elde edilen suda çözünmeyen liflerin yoğurda ilavesinin tüketici kabulüne etkisinin araştırıldığı çalışmada, yapılan duysal değerlendirme sonuçlarına göre, tritikaleden elde edilen suda çözünmeyen lifin

yoğurda ilavesinin umut vaat eden bir fonksiyonel gıda olabileceği belirtilmiştir (Tomic ve ark., 2017).

3.3. Mineral ve Vitamin İlavesi

Kemik kütesinin çoğunluğu yaşamın ilk 20 yılında birikir, bu nedenle çocukluk ve ergenlik, iskeletin yeterli mineralizasyon ve kalsiyum eldesi için kritik zamanlardır (Olson ve ark., 2009). Düşük miktarda kalsiyum, demir ve çinko alımı veya absorpsiyonu besin yetersizliği ile sonuçlanır ve bu durum çocuklarda bodur büyümeye, zayıf kemik gelişimine ve bağışıklık sistemi bozukluklarını içeren birçok probleme neden olur. Uygulanabilirliği ve yaygın tüketimi nedeniyle, bu minerallerin yoğurda ilavesinin problemin üstesinden gelebileceği düşünülmüştür (Santillán-Urquiza ve ark., 2017). Serumdaki düşük hidroksi vitamin D içeriğinin tip-2 diyabet hastalarında görüldüğü ve özellikle menopoz sonrası kadınlarda yaşlılık ve fizyolojik koşullara bağlı olarak çeşitli komplikasyonlara neden olduğu belirtilmiştir. Rastgele seçilmiş, plasebo kontrollü bir klinik araştırmada, 59 diyabetli menopoz dönemdeki kadının 12 hafta boyunca D vitamini ile zenginleştirilmiş (2000 IU D vitamini 100 g/gün) ve zenginleştirilmemiş yoğurt tüketiminin bireylerin glisemik, enflamasyon durumları ve kemik döngüsü arasındaki ilişki ortaya konulmuş ve olumlu sonuçlar alındığı vurgulanmıştır (Jafari ve ark., 2016).

Demir eksikliğine bağlı gelişen anemi, halen dünyadaki nüfusun %30'unu etkileyen en yaygın beslenme problemidir. Hamile kadın ölümlerinin yarısından fazlasına demir eksikliği neden olmaktadır. Demir eksikliği, tüm yaş gruplarının bilişsel performansını, davranışını ve fiziksel büyümesini, bağışıklık durumunu, fiziksel kapasitesini ve çalışma performansını olumsuz şekilde etkiler ve anneler ve yenidoğanlar için perinatal riskleri artırır (Subash ve ark., 2015). Niozomlar, sulu ortamda non-iyonik yüzey aktif cisimlerin kendiliğinden bir araya getirilmesiyle oluşan kapalı iki katmanlı yapıların oluşturduğu yeni bir nano vezikül tipidir. Niozomlar, lipozomlarda kullanılan fosfolipid bileşiklerine kıyasla düşük maliyet ve yüksek kararlılıkları sebebiyle gıda, farmasötik ve kozmetik sanayiinde kullanılmaya başlanmıştır. Gutiérrez ve ark. (2016) demir sülfat içerikli en iyi niozom formülasyonunu üreterek, stabilite, tat ve görünüş bakımından olumsuz bir değişiklik olmadan yoğurda ilavesini araştırmış ve olumlu sonuçlar almışlardır.

Diyetteki menakinon (MK-n, K₂ vitamini) alımı ile koroner kalsifikasyonu ve koroner kalp hastalığı riski arasında ters bir ilişki olduğu belirtilmektedir. Knapen ve ark. (2015) yaş ortalaması 56 olan 60 sağlıklı kadın ve erkekte, 28 μ g menakinon-7 (MK-7) ile zenginleştirilmiş içilebilir yoğurtların on iki hafta boyunca günde iki kez alımının koroner kalp sağlığı üzerine etkisini incelemişlerdir. MK-7 ile zenginleştirilmiş içilebilir yoğurda aynı zamanda n-3 çoklu doymamış yağ asitleri (PUFA'lar), vitamin C ve D, Ca ve Mg günlük önerilen alım miktarının %15'i olacak şekilde ilave edilmiştir. Çalışma sonucunda zenginleştirilmiş yoğurt alımının vücuttaki K vitamini içeriğini arttırdığı belirlenmiştir. Magnezyum ile zenginleştirilmiş yoğurtların *Bacillus* cinsi bakteriler üzerindeki etkisinin araştırıldığı çalışmada, magnezyum ilavesinin *Bacillus* tarafından oluşturulan biyofilm oluşumunu azalttığı ve ayrıca Mg⁺² varlığının bakteri hücrelerini ısıtma duyarlı hale getirdiği tespit edilmiştir (Ben-Ishay ve ark., 2017). Bir başka çalışmada, Tenta ve ark. (2011) kalsiyum ve D vitamini ile zenginleştirilmiş süt ürünlerinin kemik metabolizmasındaki mevsimsel değişimleri dengelediğini belirtmektedir. Demir, magnezyum, çinko, manganez, molibden, krom ve selenyum bakımından önerilen

günlük alım miktarının %25'i kadar zenginleştirilen yağsız yoğurtların viskozite, su salma, renk, doku ve yapı, görünüş ve aroma özellikleri değerlendirilmiş ve demir, selenyum ve magnezyum ilaveli yoğurtların kontrol grubuna göre daha yüksek su tutma kapasitesine sahip olduğu saptanmıştır (Achanta ve ark., 2007). Biyolojik kaynaklardan kalsiyum eldesi olarak nano

boyutta toz hale getirilmiş yumurta kabuklarının (NPES) yoğurta ilavesi ile kalsiyum içeriği artırılmaya çalışılmıştır. %0,15-0,30 (w/v) konsantrasyonlardaki NPES ilavesinin fizikokimyasal, mikrobiyel ve duyuşal açıdan uygun olduğu, ancak %0,45 (w/v) NPES ilavesinin yoğurtlarda daha ekşimsi, buruk ve toprağımsı tada neden olduğu tespit edilmiştir (Al Mijan ve ark., 2014).

Tablo 2. Yoğurdun Zenginleştirilmesi Konulu Güncel Araştırmalar ve Bulgular

Zenginleştirme Ajanı	Miktar	Araştırma Konusu	Bulgular	Referans
<i>Lactobacillus fermentum</i> Lf2 EPS'si	300-600 mg/mL	Teknolojik ve duyuşal özellikler	-Su tutma kapasitesinde artış -Yapı kalitesinde iyileşme	Ale ve ark., 2016
<i>Lactobacillus plantarum</i> 15HN	-	Doğal folat üretme yeteneğı	-Folat içeriğinde artış	Khalili ve ark., 2019
<i>Lactobacillus plantarum</i> <i>Lactobacillus casei</i>	%2,0	Besin değerleri, reolojik, duyuşal ve probiyotik özellikler	-Protein, karbonhidrat, kalsiyum içeriğinde artış -Yüksek viskozite -Su salmada azalma	Soni ve ark., 2020
<i>Spirulina</i>	%0,25; %0,5; %0,75 ve %1,0	Fizikokimyasal, tekstürel, mikrobiyel ve duyuşal özellikler	-Ağız hissinde artış -Tekstürel yapıda iyileşme -Fermantasyon süresinde azalma	Barkallah ve ark., 2017
<i>Pavlova lutheri</i> lipid ekstraktı	%0,25; %0,5	Teknofonksiyonel özellikler, yağ asitleri profili, duyuşal özellikler	-n-3 PUFA içeriğinde artış -Duyuşal özelliklerde kötüleşme	Robertson ve ark., 2016
Ananas kabuğı tozu	%1,0	Fizikokimyasal ve tekstürel özellikler	-Fermantasyon süresinde azalma	Sah ve ark., 2016
β -glukan (Yulaftan elde edilmiş)	%1,4	Asitlik, jelleşme kinetiğı ve mikrobiyolojik özellikler	-Zayıf jel oluşumu - <i>Lactobacillus paracasei</i> gelişiminde artış	Lazaridou ve ark., 2014
β -glukan (Arpadan elde edilmiş)	%0,5; %1,0; %1,5; %2,0	Viskozite, su tutma kapasitesi, antioksidan aktivite, duyuşal özellikler	-Su salmada azalma -Tekstür ve duyuşal profilde iyileşme	Kaur & Riar, 2020
Kalsiyum ve lif	0,5 ve 1,0 g lif/100 mL 50 ve 100 mg Kalsiyum/100 mL	Fizikokimyasal ve reolojik özellikler	-Su salmada azalma -Viskozitede artış	Velez-Ruiz ve ark., 2013
Turunçgil lifi	0; 0,2; 0,4; 0,6; 0,8 ve 1,0 g/100 mL	Partikül büyüklüğü, pastörizasyon öncesi/sonrası ilavenin reolojik etkisi	-Lif partikül boyutuyla doğru orantılı vizkozite artışı -Jel matriksinde olumlu yönde gelişme	Sendra ve ark., 2010
D vitamini	2000 IU - 100 g/gün	Klinik olarak glisemik, enflamasyon durumları ve kemik döngüsü	-Antropometrik indeksler, iltihaplanma ve kemik döngüsünde iyileşme	Jafari ve ark., 2016
Demir içerikli niozom	6-8 mg/L	Stabilite, reolojik, tat ve görünüş özellikleri	-Reolojik ve tektürel özelliklerde değışmeme	Gutiérrez ve ark., 2016
K ₂ vitamini	28 μ g x 2 /gün	Koroner kalp sağığı	-Vücuttaki K vitamini içeriğinde artış	Knapen ve ark., 2015
Magnezyum	1 M	<i>Bacillus</i> cinsi bakteriler	-Biyofilm oluşumunda azalma -Isıl işleme duyarlılıkta artış	Ben-Ishay ve ark., 2017
Kalsiyum ve D vitamini	1200 mg Kalsiyum; 7,5 μ g D ₃ vitamini	Kemik metabolizması	-Kemik metabolizmasında olumlu değışiklikler -Hormonal ve biyokimyasal moleküllerde mevsimsel değışimleri dengeleme	Tenta ve ark., 2011

Demir, magnezyum, çinko, manganez, molibden, krom ve selenyum	Günlük alım miktarının %25 i	Viskozite, su salma, renk, doku ve yapı, görünüş ve aroma özellikleri	-Su tutma kapasitesinde artış	Achanta ve ark., 2007
Yumurta kabuğu (Kalsiyum ilavesi)	%0,15; %0,30; %0,45	Fizikokimyasal, mikrobiyel ve duyuşal özellikler	-%0,45 ilavede tat kusuru	Al Mijan ve ark., 2014
Üzüm kabuğu unu	60 g/kg	Fizikokimyasal, mikrobiyel ve duyuşal özellikler	-Fenolik içerik ve antioksidan aktivitede artış -Su salma ve yağ içeriğinde azalış	Marchiani ve ark., 2016
Vişne fenolikleri sulu lipozomal formu	%5,0	Fizikokimyasal, duyuşal özellikler ve su salma	-Fenolik içerikte artış -Duyuşal özelliklerde kötüleşme -Su salmada azalma	Akgün ve ark., 2020
Ceviz, badem, fındık ve antep fıstığı	%5,0	Folik asit, selenyum, tokoferoller, n-3 ve n-6 çoklu doymamış yağ asitleri ve yoğurt bakteri sayıları	-Kuru madde ve protein miktarında artış -Su salmada azalma -Folik asit, α-tokoferol, selenyum ve çoklu doymamış yağ asitleri miktarında artış	Ozturkoglu-Budak ve ark., 2016
Tarçın tozu	%1,5	Fenolik bileşen içeriği ve biyoyararlılığı, antioksidan aktivite	-Fenolik içerik ve antioksidan aktivitede artış	Helal & Tagliazucchi, 2018
<i>Pachyrhizus erosus</i> L. Urban	1 g / 100 mL	Mikroyapı ve reolojik özellikler	-Su salmada azalma -Reolojik özelliklerde iyileşme	Ramirez-Santiago ve ark., 2010
Nar çekirdeği	%5,0; %10,0; %20,0	Antioksidan aktivite, pH, su salma, renk özellikleri	-Antosiyanin içeriğinde artış -Antioksidan aktivitede artış	Bchir ve ark., 2019
Dokosaheksaenoik asit (DHA)	600 mg/gün	Lipid plazması içeriği	-DHA içeriğinde artış -Araşidonik asit içeriğinde azalış	McCowen ve ark., 2010
n-3 PUFA	67,0 mg/100g	Çocukların diyet alışkanlıkları	-Balık yemeyen çocuklarda DHA alımında artış	Rahmawaty ve ark., 2014
Somon balığı yağı	%2,0	pH, su salma, TBA, yağ asitleri, renk, LAB sayısı	- EPA ve DHA içeriğinde artış	Estrada ve ark., 2011

3.4. Meyve ve Sebze İlavesi

Bitkiler çevresel koşullara daha iyi uyum sağlayabilmek için büyük miktarda ikincil metabolitler üretirler. Bu metabolitlerden fenolik bileşikler; antioksidan, antienflamatuar, antimutajenik özellikleri nedeniyle son yıllarda büyük ilgi görmektedir (Gahrue ve ark., 2015). Üç farklı çeşitte üzüm kabuğu ununun yoğurda ilavesinin fizikokimyasal, mikrobiyel ve duyuşal açıdan değerlendirildiği araştırmada, kontrol grubuna göre fenolik içeriği %55, antioksidan aktivitesi %80, asitliğin %25 oranında arttığı ve su salmanın %10, yağ içeriğinin %20 oranında azaldığı belirtilmiştir (Marchiani ve ark., 2016). Lipozomal sistemin fenolik bileşikleri taşımada umut vadeci bir yaklaşım olarak belirtildiği bir çalışmada, vişne fenolikleri (SCE) ile yüklenen sulu bir lipozomal dispersiyon toz haline getirilip yoğurda ilave edilmiş ve 21 gün boyunca analizleri yapılmıştır (Akgün ve ark., 2020). Çalışma sonunda yoğurdun fenolik bakımından zenginleştiği ancak duyuşal açıdan uygun bulunmadığı vurgulanmıştır. Başka bir çalışmada ceviz, badem, fındık ve antep fıstığı ilave edilmiş yoğurtlarda; folik asit, selenyum, tokoferoller, n-3 ve n-6 çoklu doymamış yağ asitleri ve yoğurt bakteri sayıları değerlendirilmiştir. Zenginleştirilmiş yoğurtlarda kontrol grubuna göre daha yüksek kuru madde ve protein içeriği olduğu ve su salmanın azaldığı tespit edilmiştir. Folik asit, α-tokoferol, e-ISSN: 2148-2683

selenyum ve çoklu doymamış yağ asitleri konsantrasyonunun kuru yemiş (çerez) tipine bağlı olarak değiştiği ve kontrol grubuna göre daha yüksek tespit edildiği, ancak depolama süresince tüm belirtilen bileşenlerin miktarlarının azalma eğiliminde olduğu belirtilmektedir (Ozturkoglu-Budak ve ark., 2016). Yoğurt matriksi, bitki kökenli fenolik bileşikler için mükemmel bir araçtır ve düşük pH, fenolik bileşiklerin depolama sırasında stabil kalmasına olanak sağlar. Tarçın tozu kullanarak yoğurttaki fenolik bileşen içeriğini arttırmanın amaçlandığı bir çalışmada, gastro-pankreatik sindirim simülasyonu sırasında fenolik bileşenlerin ve sinemaldehit biyoyararlılığı, antioksidan aktivitesi değerlendirilmiştir. Tarçın ilaveli yoğurtta kontrol grubuna göre önemli ölçüde daha yüksek toplam fenolik içerik ve radikal yakalama aktivitesi tespit edilmiştir. Tarçın ilaveli yoğurtta sulu tarçın ekstraktında bulunan fenolik bileşiklerin sadece %34,7'si bulunmuş, diğerlerinin süt proteinlerine bağlandığı ancak sindirim simülasyonu sonunda geri kazanıldığı belirlenmiştir (Helal & Tagliazucchi, 2018). Ticari çiftliklerde yaygın yetiştirilen bir bitki olan *Pachyrhizus erosus* L. Urban'dan ekstrakte edilen çözünür lifin yoğurda 1 g/100 mL olarak ilavesinin, su salma ve reolojik özellikleri üzerine olumlu etkileri olduğu ifade edilmiştir (Ramirez-Santiago ve ark., 2010). Bchir ve ark. (2019), nar çekirdeğinin %20 oranında ilavesinin duyuşal



Şekil 2. Yoğurdun Zenginleştirilme Olanakları

olarak çok beğenildiğini ve bu yoğurtların yüksek antosiyanin içeriği nedeniyle antioksidan aktivitenin arttığını belirtmişlerdir.

3.5. Çoklu Doymamış Yağ Asitleri ve Sterollerin İlavesi

Kardiyovasküler hastalıkların önlenmesi, bazı kanser ve otoimmün hastalıkların riskinin azaltılması, beynin ve retinanın düzgün gelişimi ve işlevi de dahil olmak üzere, çoklu doymamış yağ asitlerinin (PUFA'lar) sağlığa yararlı etkileri olduğuna dair kanıtlar mevcuttur. Balıklar ve diğer deniz hayvanları, insan beslenmesinde PUFA'nın en zengin kaynaklarından biri olsa da bu gıdaların tüketim miktarı sınırlıdır. Bu nedenle PUFA ihtiyacının giderilmesinde diyetin balık yağı kapsülleri ya da başka gıdalara ilavesi ile desteklenmesi en kolay yol olarak görülmektedir (Ghorbanzade ve ark., 2017). EFSA (European Food Safety Authority - Avrupa Gıda Güvenliği Otoritesi) tarafından eikozapentaenoik asit (EPA) ya da dokosaheksaenoik asit (DHA) alımının günlük 250 mg, α -linolenik asidin (ALA) ise 2 g olması gerektiği bildirilmiştir. EPA ve DHA'nın daha çok balık ve diğer deniz canlılarında bulunmasına karşın, ALA'nın keten tohumu, ceviz ve engerek otu gibi bitkisel kökenli gıdalarda bulunduğu belirtilmiştir (Dal Bello ve ark., 2015). Keten tohumu, esansiyel yağ asitleri bakımından en yüksek içeriğe sahip bitkisel kaynak olarak kabul edilir ve E vitamini, fenolik asitler, diyet lifi gibi diğer önemli biyoaktif bileşenler içerir. McCowen ve ark. (2010), on iki sağlıklı bireyin dokosaheksaenoik asit (DHA) ile zenginleştirilmiş yoğurt (600 mg DHA/günlük) tüketiminin bireylerin lipid plazması içeriği ile ilişkisini araştırmışlardır. Üç hafta sonunda, zenginleştirilmiş yoğurt tüketen bireylerin plazma içeriğinde istatistiksel olarak daha yüksek oranda DHA (%32) ve daha az oranda (%7) araşidonik asit içeriği tespit edilmiştir. Balık tüketiminin az olduğu Avustralya'da eklemek, yoğurt, yumurta ve süt içeriğine uzun zincirli n-3 çoklu doymamış yağ asidi ilavesinin, Avustralya'daki çocukların diyet kalitesine etkisi incelenmiştir. Yapılan çalışmada amaç, çocukların diyet alışkanlıklarını değiştirmeden n-3 PUFA yönünden zenginleştirilmiş ürünleri tüketerek diyetindeki n-3 PUFA alımını arttırmaktır. Araştırma sonuçları DHA alımının balık yemeyen çocuklarda 23 kat daha fazla olduğunu göstermiştir (Rahmawaty ve ark., 2014). Estrada ve ark. (2011) çilekli yoğurtlara mikroenkapsüle edilmiş somon balığı yağı ilave ederek, bir aylık depolama boyunca pH, su salma, tiyobarbitrik asit (TBA), yağ

asitleri metil esterleri, renk ve laktik asit bakterileri açısından değerlendirmiştir. Çilekli yoğurtların mikroenkapsüle somon yağı ilavesi yoğurtta EPA ve DHA tespit edildiği, kontrol grubunda bu yağ asitlerinin bulunmadığı, ancak pH ve su salma açısından anlamlı fark yaratmadığı saptanmıştır.

4. Sonuç

Mikro besin yetersiz beslenme, dünya çapında milyarlarca insanı etkilemekte ve önemli hastalıklar ve mortalite ile ilişkilendirilmektedir. Gıdaların zenginleştirilmesi, mikro besin yetersiz beslenmesinin potansiyel çözümlerinden biridir. Yoğurt, binlerce yıldır insan diyetinin bir parçası olan ve tüm dünyada sağlıklı bir gıda olarak sunulan fermente bir süt ürünüdür. Kalsiyum ve potasyum açısından zengin, düşük kalorili olan yoğurdun yeterli miktarda tüketilmemesi, sağlıklı bir yaşam tarzına katkıda bulunmak için kaçırılmış bir fırsattır. Dahası, yapılan çalışmalar birçok mikro besin bileşeni ilavesi ile duyuşal olarak beğenilen, teknolojik olarak uygun yoğurtların üretilebileceğini göstermektedir. Bu durum, çeşitli mikro besin elementleri ile zenginleştirilmiş yoğurtların biyoyararlılığının artırılmasının mümkün olduğunu ve çeşitli mikrobeyin yetersizliği kaynaklı hastalıkların görülme sıklığının azalabileceğini ortaya koymaktadır.

Kaynakça

- Tomac, N., Dojnov, B., Miciovic, J., Tomasevic, I., Smigic, N., Djekic, I., & Vujcic, Z. (2017). Enrichment of yoghurt with insoluble dietary fiber from triticale—A sensory perspective. *LWT-Food Science and Technology*, 80, 59-66.
- Gahrue, H.H., Eskandari, M.H., Mesbahi, G., & Hanifpour, M.A. (2015). Scientific and technical aspects of yogurt fortification: A review. *Food Science and Human Wellness*, 4(1), 1-8.
- Chojnacka, K. (2009). Fermentation products: Chemical engineering and chemical process technology, Ed: Pohorecki, R., Bridgwater, J., Molzahn, M., Gani, R., United Kingdom, 189-218.
- Dunne, J., Evershed, R.P., Salque, M., Cramp, L., Bruni, S., Ryan, K., Biagetti, S., & Lernia, S. (2012). First dairying in green Saharan Africa in the fifth millennium BC. *Nature*, 486(7403), 390-394.

Evershed, R.P., Payne, S., Sherratt, A.G., Copley, M.S., Coolidge, J., Urem-Kotsu, D., Kostsakis, K., Özdoğan, M., Özdoğan, A.E., Nieuwenhuys, O., Akkermans, P.M.M.G., Bailey, D., Andeescu, R.R., Campbell, S., Farid, S., Hodder, I., Yalman, N., Özbaşaran, M., Bıçakçı, E., Garfinkel, Y., Levy, T., & Burton, M.M. (2008). Earliest date for milk use in the Near East and southeastern Europe linked to cattle herding. *Nature*, 455(7212), 528-531.

TGK. (2009). Türk Gıda Kodeksi Fermente Süt Ürünleri Tebliği. Resmi Gazete, 27143.

Koçak, K. (2013). Tüketime sunulan yoğurtlarda bazı katkı maddelerinin (nişasta, jelatin, natamisin) kullanımı ve mikrobiyolojik kalitesinin belirlenmesine yönelik piyasa araştırması. Yüksek Lisans Tezi, Afyon Kocatepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Afyonkarahisar.

Weerathilake, W.A.D.V., Rasika, D.M.D., Ruwanmali, J.K.U., & Munasinghe, M.A. (2014). The evolution, processing, varieties and health benefits of yogurt. *International Journal of Scientific and Research Publications*, 4(4), 1-10.

Yılmaz, L. (2006). Yoğurt benzeri fermente süt ürünleri üretiminde farklı probiyotik kültür kombinasyonlarının kullanımı. Doktora Tezi, UÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Bursa.

Mazahreh, A.S., & Ershidat, O.T.M. (2009). The benefits of lactic acid bacteria in yogurt on the gastrointestinal function and health. *Pakistan Journal of Nutrition*, 8(9), 1404-1410.

Reeta, K.S., Ankita, J., & Ramadevi, N. (2015). Fortification of yoghurt with health-promoting additives: A review. *Research and Reviews: Journal of Food and Dairy Technology*, 3(3): 9-17.

Ravishankar, T.L., Yadav, V., Tangade, P.S., Tirth, A., & Chaitra, T.R. (2012). Effect of consuming different dairy products on calcium, phosphorus and pH levels of human dental plaque: a comparative study. *European Archives of Paediatric Dentistry*, 13(3), 144-149.

Wang, H., Livingston, K.A., Fox, C.S., Meigs, J.B., & Jacques, P.F. (2013). Yogurt consumption is associated with better diet quality and metabolic profile in American men and women. *Nutrition Research*, 33(1), 18-26.

Kai, S.H.Y., Bongard, V., Simon, C., Ruidavets, J.B., Arveiler, D., Dallongeville, J., Wagner, A., Amouyel, P., & Ferrières, J. (2014). Low-fat and high-fat dairy products are differently related to blood lipids and cardiovascular risk score. *European Journal of Preventive Cardiology*, 21(12), 1557-1567.

Dougkas, A., Minihi, A.M., Givens, D.I., Reynolds, C.K., & Yaqoob, P. (2012). Differential effects of dairy snacks on appetite, but not overall energy intake. *British Journal of Nutrition*, 108(12), 2274-2285.

Aune, D., Norat, T., Romundstad, P., & Vatten, L.J. (2013). Dairy products and the risk of type 2 diabetes: a systematic review and dose-response meta-analysis of cohort studies. *The American Journal of Clinical Nutrition*, ajcn-059030.

Sahni, S., Tucker, K.L., Kiel, D.P., Quach, L., Casey, V.A., & Hannan, M.T. (2013). Milk and yogurt consumption are linked with higher bone mineral density but not with hip fracture: the Framingham Offspring Study. *Archives of Osteoporosis*, 8(1-2), 119.

Fisberg, M., & Machado, R. (2015). History of yogurt and current patterns of consumption. *Nutrition Reviews*, 73(suppl_1), 4-7.

Danone Nutrica Research. (2013). Global Yogurt Consumption Per Capita and Per Year. The NutriJournal Web site. December 30, 2013.

<http://nutrijournal.danone.com/en/articles/stories/global-yoghurt-consumption-per-capita-and-per-year/> (23.12.2017).

Ale, E.C., Perezlindo, M.J., Pavón, Y., Peralta, G.H., Costa, S., Sabbag, N., Bergamini, C., Reinheimer, J.A., & Binetti, A.G. (2016). Technological, rheological and sensory characterizations of a yogurt containing an exopolysaccharide extract from *Lactobacillus fermentum* Lf2, a new food additive. *Food Research International*, 90, 259-267.

Khalili, M., Rad, A.H., Khosroushahi, A.Y., Khosravi, H., & Jafarzadeh, S. (2019). Application of probiotics in folate bio-fortification of yoghurt. *Probiotics and Antimicrobial Proteins*, 1-8.

Soni, R., Jain, N.K., Shah, V., Soni, J., Suthar, D., & Gohel, P. (2020). Development of probiotic yogurt: effect of strain combination on nutritional, rheological, organoleptic and probiotic properties. *Journal of Food Science and Technology*, 1-13.

Barkallah, M., Dammak, M., Louati, I., Hentati, F., Hadrich, B., Mechichi, T., Ayadi, M.A., Fendri, I., Attia, H., & Abdelkafi, S. (2017). Effect of *Spirulina platensis* fortification on physicochemical, textural, antioxidant and sensory properties of yogurt during fermentation and storage. *LWT-Food Science and Technology*, 84, 323-330.

Robertson, R.C., Mateo, M.R.G., O'Grady, M.N., Guihéneuf, F., Stengel, D.B., Ross, R.P., Fitzgerald, G.F., Kerry, J.P., & Stanton, C. (2016). An assessment of the techno-functional and sensory properties of yoghurt fortified with a lipid extract from the microalga *Pavlova lutheri*. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 37, 237-246.

Sah, B.N.P., Vasiljevic, T., McKechnie, S., & Donkor, O.N. (2016). Physicochemical, textural and rheological properties of probiotic yogurt fortified with fibre-rich pineapple peel powder during refrigerated storage. *LWT-Food Science and Technology*, 65, 978-986.

Lazaridou, A., Serafeimidou, A., Biliaderis, C.G., Moschakis, T., & Tzanetakis, N. (2014). Structure development and acidification kinetics in fermented milk containing oat β -glucan, a yogurt culture and a probiotic strain. *Food Hydrocolloids*, 39, 204-214.

Kaur, R., & Riar, C.S. (2020). Sensory, rheological and chemical characteristics during storage of set type full fat yoghurt fortified with barley β -glucan. *Journal of Food Science and Technology*, 57(1):41-51.

Velez-Ruiz, J.F., Hernandez-Carranza, P., & Sosa-Morales, M. (2013). Physicochemical and flow properties of low-fat yogurt fortified with calcium and fiber. *Journal of Food Processing and Preservation*, 37(3), 210-221.

Sendra, E., Kuri, V., Fernández-López, J., Sayas-Barbera, E., Navarro, C., & Pérez-Alvarez, J.A. (2010). Viscoelastic properties of orange fiber enriched yogurt as a function of fiber dose, size and thermal treatment. *LWT-Food Science and Technology*, 43(4), 708-714.

Olson, B.H., Chung, K.R., Reckase, M., & Schoemer, S. (2009). Parental influences on dairy intake in children, and their role in child calcium-fortified food use. *Journal of Nutrition Education and Behavior*, 41(1), 53-5.

Santillán-Urquiza, E., Méndez-Rojas, M.Á., & Vélez-Ruiz, J.F. (2017). Fortification of yogurt with nano and micro sized calcium, iron and zinc, effect on the physicochemical and rheological properties. *LWT-Food Science and Technology*, 80, 462-469.

Jafari, T., Faghihimani, E., Feizi, A., Iraj, B., Javanmard, S.H., Esmailzadeh, A., Fallah, A.A., & Askari, G. (2016). Effects

of vitamin D-fortified low fat yogurt on glycemic status, anthropometric indexes, inflammation, and bone turnover in diabetic postmenopausal women: a randomised controlled clinical trial. *Clinical Nutrition*, 35(1), 67-76.

Subash, R., Elango, A., Pandiyan, C., Karthikeyan, N., Kumaresan, G., & Raghunath, B. (2015). The viability of yoghurt probiotic culture in microencapsulated iron fortified yoghurt. *Journal of Cell and Tissue Research*, 15(2), 5053.

Gutiérrez, G., Matos, M., Barrero, P., Pando, D., Iglesias, O., & Pazos, C. (2016). Iron-entrapped niosomes and their potential application for yogurt fortification. *LWT-Food Science and Technology*, 74, 550-556.

Knapen, M.H., Braam, L.A., Teunissen, K.J., Zwijsen, R.M., Theuwissen, E., & Vermeer, C. (2015). Yogurt drink fortified with menaquinone-7 improves vitamin K status in a healthy population. *Journal of Nutritional Science*, 4(35), 1-8.

Ben-Ishay, N., Oknin, H., Steinberg, D., Berkovich, Z., Reifen, R., & Shemesh, M. (2017). Enrichment of milk with magnesium provides healthier and safer dairy products. *npj Biofilms and Microbiomes*, 3(1), 1-7.

Tenta, R., Moschonis, G., Koutsilieris, M., & Manios, Y. (2011). Calcium and vitamin D supplementation through fortified dairy products counterbalances seasonal variations of bone metabolism indices: the Postmenopausal Health Study. *European Journal of Nutrition*, 50(5), 341-349.

Achanta, K., Aryana, K.J., & Boeneke, C.A. (2007). Fat free plain set yogurts fortified with various minerals. *LWT-Food Science and Technology*, 40(3), 424-429.

Al Mijan, M., Choi, K.H., & Kwak, H.S. (2014). Physicochemical, microbial, and sensory properties of nanopowdered eggshell-supplemented yogurt during storage. *Journal of Dairy Science*, 97(6), 3273-3280.

Marchiani, R., Bertolino, M., Belviso, S., Giordano, M., Ghirardello, D., Torri, L., Piochi, M., & Zeppa, G. (2016). Yogurt enrichment with grape pomace: effect of grape cultivar on physicochemical, microbiological and sensory properties. *Journal of Food Quality*, 39(2), 77-89.

Akgün, D., Gültekin-Özğüven, M., Yüçetepe, A., Altin, G., Gibis, M., Weiss, J., & Özçelik, B. (2020). Stirred-type yoghurt incorporated with sour cherry extract in chitosan-coated liposomes. *Food Hydrocolloids*, 101, 105532.

Ozturkoglu-Budak, S., Akal, C., & Yetisemiyen, A. (2016). Effect of dried nut fortification on functional, physicochemical, textural, and microbiological properties of yogurt. *Journal of Dairy Science*, 99(11), 8511-8523.

Helal, A., & Tagliazucchi, D. (2018). Impact of in-vitro gastro-pancreatic digestion on polyphenols and cinnamaldehyde bioaccessibility and antioxidant activity in stirred cinnamon-fortified yogurt. *LWT-Food Science and Technology*, 89, 164-170.

Ramirez-Santiago, C., Ramos-Solis, L., Lobato-Calleros, C., Peña-Valdivia, C., Vernon-Carter, E.J., & Alvarez-Ramirez, J. (2010). Enrichment of stirred yogurt with soluble dietary fiber from *Pachyrhizus erosus* L. Urban: Effect on syneresis, microstructure and rheological properties. *Journal of Food Engineering*, 101(3), 229-235.

Bchir, B., Bouaziz, M. A., Blecker, C., & Attia, H. (2019). Physicochemical, antioxidant activities, textural and sensory properties of yoghurt fortified with different states and rates of pomegranate seeds (*Punica granatum* L.). *Journal of Texture Studies*, 51(3), 475-487.

Ghorbanzade, T., Jafari, S.M., Akhavan, S., & Hadavi, R. (2017). Nano-encapsulation of fish oil in nano-liposomes and its application in fortification of yogurt. *Food Chemistry*, 216, 146-152.

Dal Bello, B., Torri, L., Piochi, M., & Zeppa, G. (2015). Healthy yogurt fortified with n-3 fatty acids from vegetable sources. *Journal of Dairy Science*, 98(12), 8375-8385.

McCowen, K.C., Ling, P.R., Decker, E., Djordjevic, D., Roberts, R.F., Coupland, J.N., & Bistrrian, B.R. (2010). A simple method of supplementation of omega-3 polyunsaturated fatty acids: use of fortified yogurt in healthy volunteers. *Nutrition in Clinical Practice*, 25(6), 641-645.

Rahmawaty, S., Lyons-Wall, P., Charlton, K., Batterham, M., & Meyer, B.J. (2014). Effect of replacing bread, egg, milk, and yogurt with equivalent ω -3 enriched foods on ω -3 LCPUFA intake of Australian children. *Nutrition*, 30(11), 1337-1343.

Estrada, J.D., Boeneke, C., Bechtel, P., & Sathivel, S. (2011). Developing a strawberry yogurt fortified with marine fish oil. *Journal of Dairy Science*, 94(12), 5760-5769.