



Investigation of Aroma Release and Rheological Properties in Dairy Desserts with Reduced Fat Content

Müge Baysal^{1,a}, Yeşim Elmacı^{1,b*}

¹Department of Food Engineering, Faculty of Engineering, Ege University, 35100 Bornova/İzmir, Turkey

*Corresponding author

ARTICLE INFO	ABSTRACT
<p><i>Review Article</i></p> <p>Received : 28/01/2020 Accepted : 13/06/2020</p> <p>Keywords: Dairy desserts Fat reduction Aroma release Rheological properties Fat substitution</p>	<p>Dairy desserts, which have an important place in Turkish cuisine, are mild, more digestible and have high nutritional value than dough and syrup desserts. In recent years, studies for developing these products have increased due to the increase in consumer demand for low and zero fat products for many different reasons such as nutrition, health and weight control. However, the reduction of fat in food products often leads to undesirable changes in the structural properties of foods, which affects consumer preference. Fat in the formulation of such products, affects the appearance, texture, mouthfeel, and especially flavor. To eliminate the problems associated with the reduction of fat content in foods, whey protein-pectin complexes, λ-carrageenan, κ-carrageenan, short and long chain inulin mixtures, starch substitutes are generally used. Changes in fat content of dairy desserts with the use of substitutes affect color, rheology, texture, sensory perception, aroma release and perception. Milk fat content is effective on sensory detection, <i>in vivo</i> flavor and flavor release in semi-solid dairy desserts. The milk fat content (whole-fat, low-fat or non-fat) used in the production of dairy dessert affects the rheological and sensory properties of the product, the taste intensity perceived in the mouth, flavor release, flow behavior, flavor and viscoelastic properties. According to the reviewed literature, in dairy desserts with reduced fat content, the thickener type and concentration (starch, κ-carrageenan, carboxymethyl cellulose) have been determined to cause perceptible changes in the product's color, flavor and texture, and may alter the physical and structural properties of the product. In this review, it was aimed to examine the aroma release and rheological properties of dairy desserts with reduced fat content by using fat substitutes.</p>

Türk Tarım – Gıda Bilim ve Teknoloji Dergisi, 8(6): 1331-1340, 2020

Yağ İçeriği Azaltılmış Sütü Tatlılarda Aroma Salınımı ve Reolojik Özelliklerin İncelenmesi

MAKALE BİLGİSİ	ÖZ
<p><i>Derleme Makale</i></p> <p>Geliş : 28/01/2020 Kabul : 13/06/2020</p> <p>Anahtar Kelimeler: Sütü tatlı Yağ azaltma Aroma salınımı Reolojik özellik Yağ ikamesi</p>	<p>Türk mutfağında önemli yere sahip olan sütü tatlılar hamur ve şuruplu tatlılara göre daha hafif, sindirimi kolay ve besin değerleri oldukça yüksek olan ürünlerdir. Son yıllarda beslenme, sağlık ve kilo kontrolü gibi birçok farklı nedenden kaynaklı düşük ve sıfır yağlı ürünlere tüketici talebinin artmasıyla birlikte bu ürünleri geliştirmeye yönelik çalışmaların arttığı gözlenmektedir. Ancak gıda ürünlerinde yağın azaltılması, genellikle gıdaların yapısal özelliklerinde istenmeyen değişikliklere neden olmakta bu da tüketicilerin beğenisini etkilemektedir. Bu tür ürünlerin formülasyonunda yağ; görünüş, doku, ağız hissi ve özellikle lezzeti etkilemektedir. Gıdalardaki yağ içeriğinin azaltılmasıyla ilgili oluşan sorunları telafi etmek için peynir altı suyu proteini-pektin kompleksleri, λ-karregen, κ-karragenan, kısa ve uzun zincirli inülin karışımları, nişasta gibi yağ ikame maddeleri kullanılmaktadır. İkame maddelerinin kullanılması ile sütü tatlıların yağ içeriğinde yapılan değişiklikler renk, reoloji, doku, duyuşsal algı, aroma salınımı ve algılanmasını etkilemektedir. Süt yağı içeriği, yarı katı sütü tatlılarda duyuşsal algı, <i>in vivo</i> lezzet ve aroma salınımı üzerine etkilidir. Sütü tatlı üretiminde kullanılan süt yağ içeriği (tam yağlı, az yağlı veya yağsız) ürünün reolojik ve duyuşsal özelliklerini, ağızda algılanan tat yoğunluğunu, aroma salınımını, akış davranışını, lezzeti ve viskoelastik özelliklerini etkilemektedir. İncelenen çalışmalarda yağ içeriği azaltılmış sütü tatlılarda, kıvam artırıcı tipi ve konsantrasyonunun (nişasta, κ-karregen, karboksimetil selüloz) ürünün, renginde, lezzetinde ve dokusunda algılanabilir değişikliğe yol açtığı, ürünün fiziksel ve yapısal özelliklerini değiştirebileceği saptanmıştır. Bu derlemede, yağ ikame maddeleri kullanılarak yağ içeriği azaltılmış sütü tatlıların aroma salınımının ve reolojik özelliklerinin incelenmesi amaçlanmıştır.</p>

^a baysalmuge1@gmail.com

^b <https://orcid.org/0000-0001-7197-4302>

^b yesim.elmaci@ege.edu.tr

^b <https://orcid.org/0000-0001-7164-838X>



Giriş

Şeker, un, nişasta, yumurta, pirinç gibi ana besin maddelerinden oluşan diğer katkı maddelerinin karıştırılmasıyla, teknolojisine uygun olarak süt ile pişirilerek hazırlanan mamuller sütlü tatlılar olarak tanımlanmaktadır (Seçim, 2011). Türk mutfağının zengin tatlı çeşitlerinden olan sütlü tatlılar hamur ve şuruplu tatlılara göre daha hafif, sindirimi kolay ve besin değerleri oldukça yüksek olan ürünlerdir (Hut ve Ayar 2013).

Son yirmi yılda düşük ve sıfır yağlı ürünlere, tüketici talebinin artmasıyla birlikte buna cevap olarak bu ürünleri geliştirmeye yönelik çalışmaların arttığı gözlenmektedir. Bu tür ürünlerin formülasyonunda kullanılan yağ görünüşü, doku, ağız hissi ve özellikle lezzetini etkilemektedir (Doyen ve ark., 2001; Overbosch ve ark., 1991). Ayrıca, tüketiciler tatmin edici duyuşal özelliklere sahip sağlıklı gıdalar ve geleneksel ürünlere benzer özellikler arayışındadırlar (Verbeke, 2006). Yağsız veya az yağlı hazırlanmış süt ürünlerinde yağ içeriğinin, genellikle renk, optik özellikler (McClements, 2002), lezzet (Brauss ve ark., 1999; Bayarri ve ark., 2006) ve reolojide (Gonzalez-Tomas, 2009) fark edilebilir değişikliklere sebep olduğu saptanmıştır. Yağ azaltma ile oluşan değişikliklere, aroma bileşiklerinin uçuculuğunun etkilenmesi (Martuscelli ve ark. 2008), süt ürünlerinin renginin beyazlaması (Arancibia ve ark., 2015), ve yağın önemli bir lezzet öncüsü ve lezzet taşıyıcısı olması nedeniyle lezzet değişikliği (Lubbers ve ark., 2007) örnek olarak verilebilmektedir.

Nişasta bazlı bir sütlü tatlıın yapısı, yapışkan bir sulu fazda dağılmış bir yağ kürecik ağı olarak tanımlanmıştır. Bu nedenle, arzu edilen yapıya sahip düşük yağlı tatlıların geliştirilmesi, yağ küresi ağının bozulmasına ya da bulunmamasına bağlı olarak gıda teknolojisi için bir zorluk teşkil etmekte ve bu ürünün dokusunu ciddi şekilde etkileyebilmektedir (Aime ve ark., 2001). Yağ azaltmayı telafi etmek için en yaygın kullanılan stratejilerden biri, yağ ikamelerinin veya yağ taklitlerinin kullanılmasıdır (Sandrou ve Arvanitoyannis, 2000). Süt bazlı ürünlerde, kısa ve uzun zincirli inülin karışımları (Tarrega ve Costell, 2006a; Gonzalez-Tomas ve ark., 2009; Bayarri ve ark., 2010; Arcia ve ark., 2011; Rodriguez Furlan ve Campderros, 2017), süt proteinleri (süt proteinini konsantresi, peynir altı suyu proteinini) (Lobato-Calleros ve ark., 2004; Sahar ve ark., 2008; Sturaro ve ark., 2015; Mostafavi ve ark., 2016; Borreani ve ark., 2017), maltodekstrin (Bhaskaracharya ve ark., 2001; Güzeler ve ark., 2011), λ-karragenan (Tarrega ve Costell, 2006b; Bayarri ve ark., 2010) yağ ikamesi amacıyla yaygın olarak kullanılmaktadır.

Süt yağı, süt ürünlerinin aroması ve fiziksel özelliklerinde önemli bir rol oynamaktadır. Yağ içeriğinin azalması sadece zayıf dokusal özelliklere neden olmakla kalmamakta, aynı zamanda aroma salınımını da etkilemektedir. Önemli bir lezzet öncüsü ve lezzet taşıyıcısı olan yağ, aroma moleküllerinin gıda tepe boşluğu ve matrisi arasındaki dağılımını da etkilemektedir (Lubbers ve ark., 2007).

Aroma bileşikleri, oda sıcaklığında buhar fazında bulunan ve algılanması için koku alma reseptörlerine ulaşabilen uçucu moleküllerdir. Aroma bileşiklerinin, gıda matrisinden buhar fazına salınmaları büyük ölçüde gıda

matrisinde bulunan uçucu olmayan bileşiklerle etkileşimlerine bağlıdır (Guichard, 2002). Proteinler, lipitler gibi farklı makromoleküllerin doğası ve miktarı aroma salınımını etkilemektedir (Guichard, 2006). Yapılan birçok çalışmada gıdanın doğası (doku, parçacık boyutu, viskozite), aroma maddelerinin miktarı, gıda matrisi (lipit, protein, şeker, pektin vb.), oral fizyoloji (tükürük salınımı, çiğneme, nefes alma, ağız boşluğu hacmi, ağız sıcaklığı, zaman, vb.) gibi faktörlerin gıdalarda aroma salınımını etkilediği saptanmıştır (Eker ve Cabaroğlu, 2018).

Süt ürünlerinde reolojik özellikler ürünün bileşimi, yapısı (Awadhwal ve Singh, 1985; Borwankar, 1992), sütün yağ içeriği, nişastanın türü ve konsantrasyonu (Tarrega ve Costell, 2006b), koyulaştırıcı tipi ve konsantrasyonu (Villegas ve Costell, 2007; Bayarri ve ark., 2007; Arancibia ve ark., 2013), sıcaklık, konsantrasyon ve pH'dan etkilenmektedir (Ak, 1997). Sütlü tatlılarda yağ içeriğinin azaltılması tatlıın dokusunu etkilemekte, bu da yağı azaltılmış ürünlere dikkat edilmesi gereken bir problem olarak görülmektedir. Bu derlemede yağ içeriği azaltılmış sütlü tatlılarda, azaltılan yağ içeriğinin aroma salınımına ve reolojik özellikler üzerine etkileri hakkında yapılan çalışmalarla ilgili bilgi verilmesi amaçlanmıştır.

Yağ İkameleri

Yağ ikameleri, yağın fiziksel ve duyuşal özelliklerini taklit edebilen ancak daha az kalori sağlayan maddelerdir (Zoulias, Oreopoulou ve Tzia, 2002). Yağ yerine kullanılan maddelerin yapısı genellikle lipitler, karbonhidratlar veya proteinlere dayanmaktadır (Chung ve ark., 2013; Psimouli ve Oreopoulou, 2013). Yağ ikameleri arasında, nişasta, selüloz, pektin, inülin, ksantan gam veya karragenan gibi karbonhidrat bazlı maddeler fizikokimyasal özelliklerinin yanı sıra sağlık dostu özelliklere sahip oldukları için ilgi çekmektedir (Warrand, 2006).

Bir yağ ikamesi; az yağlı üründe tam yağlı ürüne yakın fonksiyonel ve duyuşal özellikleri sağlayabilmeli, sağlık açısından güvenilir olmalı, fizyolojik olarak inert bir madde olmalı, tam yağlı ürüne kıyasla gıdada kalori azalması gerçekleştirilmelidir (Grossklaus 1996). Gıda ürünlerinde yağ yerine ikame edici maddelerin kullanılmasındaki esas nokta; gıda maddelerinden yağ uzaklaştırılırken yağın gıdaya verdiği olumlu özelliklerin sağlanabilmesidir (Huyghebaert ve ark., 1996). Yağ ikameleri genellikle bileşimlerine göre lipit, protein ve karbonhidrat bazlı olmak üzere üçe ayrılmaktadır. Her biri farklı fonksiyonel özelliklere sahip olan yağ ikameleri tek başlarına veya bir karışım olarak kullanılabilirler (Lucca ve Tepper, 1994; Ognean, Darie ve Ognean, 2006).

Karbonhidrat bazlı yağ ikameleri, farklı tiplerde maltodekstrinler, selüloz türevleri (mikrokristalli selüloz, metil selüloz ve hidroksi propil metil selüloz), inülin, pektin, polidekstroz ve diğer diyet liflerini içermektedir (Goff ve Hartel, 2013).

Protein bazlı yağ ikameleri genellikle peynir altı suyu protein konsantresinden üretilmektedirler. Küçük parçacıklar üretmek için genellikle kesme altında (mikropartikülasyon işlemi) termal olarak toplanarak

işlenirler. Bu toplanmış parçacıkların ağızdaki boyutu çok önemlidir (Goff ve Hartel, 2013). Bu parçacıklar, 0,2–2 µm partikül boyut aralığında kremamsıdan kumluya kadar farklı dokuya neden olmaktadır (Ohmes ve ark., 1998).

Peynir altı suyu proteini ve pektin, üreticiler ve tüketiciler tarafından potansiyel olarak güvenli gıda bileşenleri olarak kabul görmektedir (Dickinson, 1998). Termal ve elektrostatik olarak stabilize edilmiş peynir altı suyu proteini-pektin komplekslerinin yağ değiştiriciler olarak uygulama potansiyeline sahip olduğu saptanmıştır (Wagoner ve ark., 2016). Yapılan önceki çalışmalar, peynir altı suyu proteini - pektin karışımlarının, ısıtma ile elektrostatik olarak stabilize edilmiş komplekslerin işlevselliğini koruduğunu ve stabilitelelerini geliştirdiğini göstermiştir (Gentes ve ark., 2010; Jones ve ark., 2010). Yağı azaltılmış süt ürünlerine mikropartikül haline getirilmiş peynir altı suyu proteininin katılması kremamsılık gibi dokusal özelliklerin geliştiğini göstermiştir (Janhøj ve ark., 2006; Torres ve ark., 2011; Schenkel ve ark., 2013). Gerçekleştirilen birçok çalışma peynir altı suyu proteini-pektin kompleksleri ile ilgili olup nötr pH (pH 6.4-6.0) yakınında kompleksleşme davranışını incelemiştir (Beaulieu ve ark., 2005; Zhang ve ark., 2012).

Lipit bazlı yağ ikameleri, emülsifiye edici maddeleri, orta zincirli triaçilgliseroller veya aktif yüzeye sahip ve emülsiyonları stabilize edebilen yapısal lipitleri içermektedir (Lucca ve Tepper, 1994).

Süt ürünlerinden dondurmada; transglutaminaz enzimi (Kuraishi ve ark., 2001; Metwally, 2007), maltodekstrin, polidekstroz (Güzeler ve ark., 2011), nişasta (Aime ve ark., 2001), süt proteinleri (süt proteini konsantresi, peynir altı suyu proteini) (Sturaro ve ark., 2015; Mostafavi ve ark., 2016), soya proteinleri (Liu ve ark., 2018) peynirde; konjak glukomannan (Dai ve ark., 2019), simplese (Romeih ve ark., 2002; Koca, 2004), novagel (Romeih ve ark., 2002), peynir altı suyu proteini (Sahan ve ark., 2008), maltodekstrin (Maltrin M1 ve M2) ve modifiye patates nişastası (Bhaskaracharya ve ark., 2001), Dairy-Lo (Zalazar ve ark., 2002; Koca, 2004), yoğurtta; peynir altı suyu proteini (Lobato-Calleros ve ark., 2004; Fang ve ark., 2019), konjak glukomannan (Dai ve ark., 2016), inulin (Güven ve ark., 2005; Crispín-Isidro ve ark., 2015), fesleğen tohumu gamı (Kim ve ark., 2019), tapyoka nişastası (Lobato-Calleros ve ark., 2014), agave fruktanları (Crispín-Isidro ve ark., 2015), sütlü tatlılarda; kısa ve uzun zincirli inülin karışımı (Tarrega ve Costell, 2006a; Gonzalez-Tomas ve ark., 2009; Bayarri ve ark., 2010; Arcia ve ark., 2011; Rodriguez Furlán ve Campderrós, 2017), peynir altı suyu proteini (Borreani ve ark., 2017), peynir altı suyu proteini-pektin kompleksi (Protte ve ark., 2019), λ-karragenan (Tarrega ve Costell, 2006b; Bayarri ve ark., 2010) yağ ikamesi olarak kullanıldığı birçok çalışma mevcuttur. Süt ürünlerinde ikame maddelerinin kullanılmasıyla peynirlerin gerilme performansı ve eriyebilirliğinde artış olduğu (Dai ve ark., 2019), yağsız yoğurtların fizikokimyasal özellikleri, antioksidan aktivitesi ve duyuşal özelliklerinin olumlu yönde etkilendiği (Kim ve ark., 2019), dondurmanın sertliği ve erime direncinin arttığı (Akalin ve ark., 2008), dokusal özelliklerin olumlu bir şekilde etkilendiği ve yapıda duyuşal algıyı geliştirdiği saptanmıştır (Romeih ve ark., 2002; Arcia ve ark., 2011; Dai ve ark., 2016). Düşük yağ miktarı, yarı katı süt ürünlerinde renk, görünüş, ağız hissi,

doku ve lezzette değişikliklere yol açabilmektedir. Süt yağı içeriği ve aroma-bileşik lipofilitesi sütlü tatlılarda uçucu bileşik konsantrasyonu, tat salınımı ve algılama üzerine etkilidir. Roberts ve ark. (1996) viskozite ve kıvam arttırıcı tipinin (CMC, guar gamı ve sakkaroz) model aroma çözeltilerinde, dinamik aroma salınımı üzerindeki etkisiyle ilgili gerçekleştirdikleri çalışmalarında, çözelti viskozitesi arttıkça uçuculuğu yüksek aromaların (a-pinen, etil 2-metilbutirat) salınımında, daha az uçucu aromalara göre bir azalma olduğu saptanmıştır. Model aroma çözeltilerinde, kıvam arttırıcı kullanılmasının da aroma salınımı üzerine etkili olduğu görülmektedir. CMC, guar gam ve sakkaroz ilave edilmiş eşdeğer çözeltilerde, aynı aroma salınımının görülmediği ve CMC ilave edilmiş çözeltilerde, guar gam ilave edilmiş çözeltilere göre biraz daha yüksek aroma salınımının olduğu belirlenmiştir. Çalışma sonucunda çözeltinin viskozitesinin ve lezzet verici maddelerin gıda matrisi ile bağlanmasının aroma salınımını üzerinde etkisi olduğunu saptanmıştır.

Yağ İçeriğinin Aroma Salınımına Etkisi

Aroma bileşenleri taze ve işlenmiş gıda maddelerinin en önemli kalite kriterlerinden biridir. Aroma bileşiklerinin gıda matrislerinde salınımı, aroma bileşikleri ve matrislerin besin bileşenleri arasındaki fizikokimyasal etkileşimler ve gıda matrisinin yapısal özellikleri ile ilişkilendirilmektedir (Cayot ve ark., 2004). Aroma maddeleri, kompleks gıda matrislerinde genellikle ppt, ppb gibi düşük konsantrasyonlarda bulunan farklı polarite ve reaktiviteye sahip organik bileşiklerdir (Kataoka ve ark., 2000).

Gıda lezzetini oluşturan algılanan aroma, yiyeceğin tepe boşluğunda bulunan uçucu bileşiklerin tipine, konsantrasyonuna ve bunların burun ve ağızda uygun duyu reseptörleri ile nasıl etkileşime girdiğine bağlıdır (Taylor ve Linforth, 1996). Algılanan aroma, gıdanın dokusal özelliklerinden ve yağ gibi diğer gıda bileşenlerinden de güçlü bir şekilde etkilenmektedir (Guichard, 2002). Aroma bileşiklerinin lipit içeren model sistemlerinden salınımı aroma bileşiğinin doğasına ve lipitin doğasına bağlıdır. Aroma bileşiklerinin çoğu yağda daha fazla çözünmekte ve hidrofobik (log P>1) bileşikler olarak kabul edilmektedir (Guichard, 2016).

Relkin ve ark., (2004) yaptığı çalışmada aynı ağırlık oranına (%9) sahip, iki yağ çeşidi (palm çekirdeği yağı ve susuz süt yağı) kullanılarak hazırlanan emülsiyonları farklı hidrofobik özelliklere sahip 8 farklı aroma bileşiği (etil butanoat, etil hegzanoat, mesifuran (2,5-dimetil-4-metoksi-(2H)-furan-3-on), metil hegzanoat, cis-3-hegzanol, diasetil, linalol ve ç-oktalakton) ile lezzetlendirmiştir. Etil hegzanoat (log P=2.80), metil hegzanoat (log P=2.26) ve linalol (log P=2,91) gibi hidrofobik aroma bileşiklerinin salınımının, hayvansal yağ içeren örneklerle göre bitkisel yağlı emülsiyon örneklerinde daha fazla olduğu ve diasetil hidrofobik aroma bileşiğinin salınımı (log P = -2,26) için bunun tersine bir sonuç gösterdiği saptanmıştır. Ayrıca bitkisel ve hayvansal yağ içeriğine sahip olan emülsiyon örneklerinde cis-3-hegzanol (log P=1,61) ve mesifuran (log P=1,4) salınımının önemli ölçüde değişmediği saptanmıştır. Çalışma sonucunda, aroma bileşiklerinin emülsiyonlardaki uçuculuğunun sadece yağ miktarına değil, aynı zamanda yağ tipine de bağlı olduğu ifade edilmiştir. Yağ/su

arayüzünde emülgatör olarak proteinlerin (β -laktoglobulin gibi) varlığının, hidrofobik aroma bileşiklerinin yağdan suya transferine karşı direnci arttırdığı, ve buhar fazında aroma bileşiklerinin salınımında bir azalmaya neden olduğu saptanmıştır (Rogacheva ve ark., 1999).

Yağ içeriğinin aroma salınımına etkisi, *in vitro* model sistemler kullanılarak ve *in vivo* olarak, yiyeceklerin tüketilmesi sırasında geniz boşluğundaki uçucu bileşiklerin izlenmesiyle incelenmiştir (Hatakeyama ve ark., 2014). Yağın, ağız hissi, görünüş (parlaklık, renk, opaklık), yapı (doku, tutarlılık, erime profili), ısı transferi ve doygunluk gibi gıdaların fiziksel özelliklerini değiştirmede kilit bir rol oynadığı saptanmıştır. Yağ, bir lezzet öncüsü, aroma taşıyıcı ve lezzet verici olarak da önem taşımaktadır. Yağın ürünlerde kalitatif, kantitatif ve geçici lezzet algısını etkilediği bildirilmiştir (Brauss ve ark., 1999). Örneğin, lipofilik aroma bileşiklerinin aroma salınımının, gıda matrisinde artan lipit seviyeleri ile azaldığı görülmüştür (Miettinen ve ark., 2002; Gonzalez., 2007; Linfoth ve ark., 2010). Bayarri ve ark. (2007) farklı emülsiyon oranlarına sahip (0,5, 3 ve 30 g/100g) sütlü tatlıda, eşit *in vivo* aroma salınımını gerçekleştirmek için örneklere eklenen aroma miktarını ayarlamayı amaçlamıştır. Çalışma sonucunda, düşük yağ içeriğine sahip örneklerde (0,3 ve 3g/100g) 5mg/100kg etil hegzanoat, 10mg/100kg izoamil asetat ilavesi ile elde edilen aroma salınımının yüksek yağ içeriğine sahip örnekte (30g/100g) yüksek aroma konsantrasyonunun (30mg/100kg etil hegzanoat, 30mg/100kg izoamil asetat) ilave edilmesi ile elde edilebildiği saptanmıştır.

Yağın tipi ve konsantrasyonu, gıdaların fiziksel özelliklerini değiştirmektedir. Yağın aroma salınımı ve dokusal değişiklikler açısından lezzet algısını etkilediği bildirilmiştir (Bayarri ve ark., 2007; Bayarri ve ark., 2006; Malone ve ark., 2003). Malone ve ark. (2003), %0,5, 5 ve 20 oranlarında yağ içeren bir dizi emülsiyon sisteminde bütanon, heptan-2-on, etil hegzanoat salınımını incelemişlerdir. Emülsiyonlarda yağ seviyesi azaldıkça (%20, 5, 0,5) lipofilik aroma salınım hızının sırasıyla $0,3 \times 10^{-2}$, $0,7 \times 10^{-2}$, $1,9 \times 10^{-2}$ azaldığı ifade edilmektedir. Yağın ayrıca emülsiyon dokusu üzerinde de etkili olduğu, ağızda emülsiyonun lezzet algısını değiştirebilecek kremamsılık, pürüzsüzlük veya yağlanma algısı üzerine etkili olduğu belirlenmiştir (Bayarri ve Costell, 2009; Buettner ve ark., 2002; Chen, 2009).

Farklı oranlarda (0,5g/100g, 3g/100g, 30g/100g) kolza yağı ve hidroksipropil metil selüloz (0g/100g, 0,6g/100g, 1,2g/100g) içeriğine sahip aromalı emülsiyonlar, *in vivo* olarak aynı aroma salınımını sağlamak için formüle edildiğinde, yağ içeriği azaltılan o/w emülsiyonunda, oral kayma gerilimi ile ölçülen ağız içi viskozitenin 0g/100g hidroksipropil metil selüloz ve 0,5, 3, 30g/100g kolza yağı içeren formülasyon için sırasıyla 0,79, 0,87 ve 1,88 τ^b (Pa) olduğu, 30g/100g hidroksipropil metil selüloz ve 0,5, 3, 30g/100g kolza yağı içeren formülasyon için sırasıyla 18,64, 19,32 ve 50,23 olduğu belirlenmiştir. Yağ içeriği arttıkça lipofilik bileşiklerin salınımının azaldığı, bu azalma faktörünün etil hegzanoat için 37, izoamil asetat için 17, etil bütirat için 12, cis-3-hegzan-1-ol için 2 olduğu saptanmıştır (Bayarri ve ark., 2006). Aynı ağız içi viskoziteye sahip, *in vivo* salınımlı aroma içeren emülsiyonlarda örnekler arasında algılanan yoğunlukta anlamlı bir fark olmadığı, ancak algılanan meyveli lezzet

ve tatlılıkta önemli bir fark olduğu da belirlenmiştir (Bayarri ve ark., 2007).

Süt ürünlerinde süt yağı içeriği, koyulaştırıcı tipi ve konsantrasyonu renk, doku, aroma salınımını ve algılanmasını etkileyen en önemli kompozisyon faktörleridir. Yağ içeriğinin süt ve süt ürünlerinin rengini beyazlatma üzerine de etkili olduğu ifade edilmektedir (Phillips ve ark., 1995). Arancibia ve ark., (2015), tam yağlı sütlü tatlı örneklerinin, yağsız sütlü tatlı örneklerinden daha yüksek yansıtma oranı gösterdiğini ve tam yağlı örneklerin, 500 ve 700 nm arasındaki dalga boylarında maksimum yansıtma değerleri gösterirken yağsız tatlı örneklerinin 600 nm'nin üzerindeki dalga boyu değerlerinde hafif bir düşüş gösterdiğini saptamamıştır. Tam yağlı sütlü tatlıda L* değeri 77,2, a* değeri -6,1, b* değeri 18,6, C* değeri 19,6 iken, yağsız sütlü tatlıda L* değeri 62,4, a* değeri -8,9, b* değeri 15,6, C* değeri 17,9 olarak belirlenmiştir. Çalışma ile süt ürünlerinde yağ içeriğinin azaltılmasıyla, ürün renginin daha beyaz algılandığı ifade edilmiştir. Yağ, direkt olarak lipofilik bileşikler için bir çözücü olarak ve dolaylı olarak da ürün dokusu üzerindeki etkisi nedeniyle önemli bir rol oynamaktadır. Yapılan çalışmalar süt yağı içeriği ve aroma-bileşik lipofilitesinin sütlü tatlılarda aroma salınımı üzerinde etkisi olduğunu göstermiştir (Gonzalez-Tomas ve ark., 2007).

Kersiene ve ark., (2008), süt yağı varlığının aroma bileşiklerinin salınımı üzerinde etkili olduğunu ve süt yağının lezzet bileşiklerini, hidrofobik etkileşimler yoluyla koruduğunu belirlemiştir. Tam yağlı ve yağsız süt tozuyla hazırlanan tatlı örneklerinde %0 yağ içeriğine sahip örnekte hegzanal, etil bütanoat, etil 3-metil-butanoat, etil hegzanoat salınımı sırasıyla 10,9, 52,9, 36,7 ve 29,8 suda eşdeğer salınım %'si olarak belirlenirken, %2,6 yağ içeren örnekte ise bu salınımlar sırasıyla 9,4, 41,2, 14,5 ve 1,1 suda eşdeğer salınım %'si olarak belirlenmiştir. Aroma bileşiklerinin tatlıda alıkonma durumları değerlendirildiğinde, hidrofobik bileşik olan etil hegzanoatın en çok alıkonduğu, en az hidrofobik bileşik olan etil bütanoatın süt yağı ile tatlıda daha az alıkonduğu saptanmıştır.

Martuscelli ve ark. (2008) tam yağlı ve yağsız süt kullanılarak hazırlanan sütlü tatlı model sistemlerinde, yağ içeriğinin çilek aromasının uçuculuğu üzerine etkisini araştırmıştır. Yağsız sütle hazırlanan sütlü tatlılarda (etil bütanoat 22,80, etil hegzanoat 17,40, etil 3-metil-bütanoat 33,10) tam yağlı sütle hazırlanan tatlılara göre (etil bütanoat 9,28, etil hegzanoat 1,73, etil 3-metil-bütanoat 6,90) daha yüksek oranda aroma salınımının gerçekleştiği ifade edilmiştir.

Gıda bileşenleri ile lezzet bileşikleri arasındaki interaksiyonlar ve aroma salınımını etkileyen faktörler ile ilgili gerçekleştirilen çalışmalarda yağ içeriğinde yapılan değişikliğin aroma algısında değişikliğe neden olduğu ifade edilmiştir. (Guichard, 2002). Seuvre ve ark. (2008) aroma bileşiklerinin salınımının, gıdanın sadece fizikokimyasal özelliklerine ve matrisine bağlı olmadığını aynı zamanda gıdanın sıcaklığına da bağlı olduğunu saptamıştır. Belirli bir sıcaklıkta her aroma bileşiğinin, matrisine karşı kendi davranışına sahip olduğu ve ayrıca matrisin aroma bileşiklerinin salınması üzerinde de etkili olduğu saptanmıştır. Sıcaklık, aroma bileşiklerinin ayrılma katsayıları matrisi ve matrisin sertliğini etkilemektedir.

Böylece tüketilen gıdanın tat ve kokusu sıcaklığına göre farklı algılanmaktadır. Aroma bileşiminin matristeki tutulması, aroma bileşiklerinin viskozite artışıyla difüzyonundaki azalma, kıvam vericiler (polisakkaritler veya proteinler) ve aroma bileşikleri arasındaki etkileşimlerle açıklanabilmektedir (Decourcelle ve ark., 2004, Seuvre ve ark., 2006).

Çilek aromasının uçuculuğu üzerine yağın etkisi, yağsız süt ve tam yağlı süt ile hazırlanan tatlılar ile karşılaştırılan bir çalışmada tapyoka nişastası (ağırlıkça %3 ve 4) ve κ -karragenan (ağırlıkça %0,01) içeren çilek aromalı sütlü tatlıların model sistemlerde aroma algısı üzerindeki etkisi incelenmiştir. Yağsız sütlü tatlıda, %3 nişasta oranında 3,59 pa.s, %4 nişasta oranında 19,12 pa.s ve tam yağlı sütlü tatlıda %3 nişasta oranında 8,75 pa.s, %4 nişasta oranında 27,55 pa.s akış davranışına sahip olduğu görülmektedir. κ -karragenan ve nişasta kullanımının tatlıların reolojik özellikleri üzerinde önemli bir etkiye sahip olduğu saptanmıştır. κ -karragenan ve nişasta kullanımı tatlıların dokusunu önemli ölçüde değiştirirken, κ -karragenan kullanımının tam yağlı süt sistemlerinde aroma salınımını etkilemediği ancak nişasta kullanımının aroma salınımını etkilediği, özellikle de etil hegzanoat salınımında etkili olduğu gözlenmiştir (Gonzalez-Tomas ve ark., 2007). κ -karragenan kullanımının tam yağlı süt sistemlerinde aroma salınımını, özellikle de etil hegzanoat salınımını azalttığı gözlenmiştir (Gonzalez-Tomas ve ark., 2007). κ -karragenan ilavesi ve nişasta konsantrasyonundaki artış tutarlılık indeksi değerlerini (K) ve viskoelastik parametreleri (G' , G'' ve η^*) yükseltirken, akış indeksi değerlerini (n) düşürmüştür. Genel olarak kıvam vericilerin, tepe boşluğunu veya uçucu bileşiklerin (etil hegzanoat, etil izo-pentanoat, etil bütirat ve cis-3-hegzen-1-ol) *in vivo* salınımını etkilemediği saptanmıştır (Gonzalez-Tomas ve ark., 2008). Süt tipi söz konusu olduğunda, özellikle daha lipofilik bileşikler için tepe boşluğu ve uçucu maddelerin *in vivo* salınımı için yağ miktarının önemli bir etkiye sahip olduğu duyuusal testler ile saptanmıştır. Yağsız sütle formüle edilmiş örneklerin nişasta ve κ -karragenan konsantrasyonlarından bağımsız olarak daha yüksek algılanan bir tada sahip olduğu belirlenmiştir (Martuscelli ve ark., 2008; Gonzalez-Tomas ve ark., 2007; Gonzalez-Tomas ve ark., 2008).

Yağ İçeriğinin Reolojik Özellikler Üzerine Etkisi

Gıda endüstrisinde reoloji, hammaddeden başlayarak son ürüne kadar, gıda maddelerinin akıcılık özelliklerini inceleyen bir bilim dalı olarak adlandırılmaktadır (White, 1970). Gıdaların reolojik davranışları, bileşenlerin ve son ürünün kalite kontrolünde, dokusal ve yapısal özellikler arasındaki ilişkinin açıklamasında, proses ve ekipmanların dizayn edilmesinde, yeni gıda ürünlerinin geliştirilmesi ve sınıflandırılmasında kullanılmaktadır (VelezRuiz ve Canovas, 1997).

Gıda ürünlerinin fizikokimyasal ve duyuusal özelliklerini belirlemede yağın birden fazla rolü bulunmakta ve (Arancibia ve ark., 2011) birçok emülsiyon esaslı gıda ürünündeki yağ damlacıkları, ürünün zengin doku yapısına, kremi görünümüne, lezzetine ve doyurucu etkilerine katkıda bulunmaktadır (McClements, 2005; Frank ve ark., 2011; van Aken ve ark., 2011). Emülsiyon içerisinde, yağ önemli ölçüde yapıyı güçlendirmektedir.

Gıda ürünlerinde yağ oranının düşmesiyle birlikte viskoelastik yapıda azalma olduğu saptanmıştır (Dickinson, 2003).

Süt yağı son ürünün reolojik özelliklerini etkileyen bir süt bileşenidir. Erime özelliklerine göre düşük, orta ve yüksek erime fraksiyonlarına sahip olan süt yağının farklı kimyasal kompozisyonlara sahip olması, süt yağının fiziksel ve reolojik davranışlarını değiştirerek farklı fraksiyonların oluşmasını sağlamaktadır (Wright ve ark., 2005). Yağ içeriğinin azaltılmasıyla ilgili oluşan kusurları telafi etmek için emülgatörler, kıvam arttırıcı maddeler ve stabilizatörler gıda ürünlerinde kıvam artışı sağlayıp viskoelastik özellikleri iyileştirmek amacıyla kullanılmaktadır. Ksantan gam, guar gam, keçiyoynuzu gamı, λ -karragenan, nişasta, pektin, karregenan, jelatin ve agar gibi maddeler bu amaçla kullanılan maddelere örnek olarak verilebilmektedir (Dickinson, 2009; Ma ve Boye, 2012).

Vanilyalı sütlü tatlılarda süt yağı içeriğinin ve λ -karragenan konsantrasyonunun reolojik davranışlar ile duyuusal özellikler üzerindeki etkisinin araştırılmasıyla ilgili yapılmış bir çalışma gerçekleştirilmiştir. Tam yağlı sütlü tatlıya, %0, %0,02, %0,06, %0,1, %0,3 oranlarında λ -karragenan ilave edildiğinde viskozite değerlerinin sırasıyla 0,48, 1,21, 11,04, 19,21 ve 32,84 pa.s ve yağsız sütlü tatlıya %0, %0,02, %0,06, %0,1, %0,3 oranlarında λ -karragenan ilave edildiğinde viskozite değerlerinin sırasıyla 0,10, 0,35, 10,78, 22,21 ve 39,64 pa.s şeklinde arttığı belirlenmiştir. Yağsız ve tam yağlı sütlü tatlı örneklerinde de λ -karragenan ilavesinin tatlının viskozite değerinde artışa yol açtığı saptanmıştır. λ -karragenan içeriğinin aroma ve tatlılığı algılamada azalmaya neden olduğu, tatlıların soğutulması esnasında yüksek karragenan içeriğine sahip tatlıların karragenan içermeyen tatlılara göre yüksek sıcaklıklarda yüksek viskozite değerlerine sahip olduğu saptanmıştır (Tarrega ve Costell, 2006b).

Yapılan bir çalışmada, o/w emülsiyonlarında nişasta ve karboksimetil selüloz ilavesinin sadece reolojik davranışı değil aynı zamanda lezzet verme profilini de etkilediğini göstermiştir (Arancibia ve ark., 2011). Ayrıca, gıdaya kıvam arttırıcı ilave etmenin, dokusal özellikleri arttırdığı, aroma ve tat yoğunluğunu azalttığı düşünülse de bu etkilerin koyulaştırıcı tipine bağlı olduğu belirlenmiştir (Hollowood ve ark., 2002; Bayarri ve ark., 2007). Koyulaştırıcı tipi ve konsantrasyonunun süt ürünlerinde algılanan aroma, tat ve doku üzerine etkisi ürünün yapısına ve reolojisine katkısı ile birlikte gıdanın yapısal özellikleri nedeniyle tüketimi sırasında ağızda, gıdanın göstermiş olduğu davranışı üzerindeki etkileriyle de açıklanabilmektedir (Gierczynski ve ark., 2011; Arancibia ve ark., 2013).

Sütlü tatlıların reolojik davranışı ve aroma bileşiklerinin salınımının, model ağız sisteminde tepe boşluğu yöntemi kullanılarak belirlendiği bir çalışmada hızlı sıcaklık artışının, matrisin reolojik davranışı ve aroma salınımı üzerindeki etkisinin, ürünün içindeki ısı transferinden ve aroma bileşiklerinin ayrılması üzerindeki etkisinden daha az önemli olduğu belirlenmiştir. Düşük viskoziteye sahip sütlü tatlıda, izoamil asetat, etil hegzanoat, alil hegzanoat, oktan-2-on salınım hızı (pg/s) sırasıyla 24,1, 42,9, 37,9 ve 20,1, yüksek viskoziteye sahip sütlü tatlıda bu aroma bileşenlerinin salınım hızı (pg/s) sırasıyla 11,6, 20,2, 18,5 ve 7,1 olarak saptanmıştır (Lubbers ve ark., 2010).

Yağın sütlü tatlıdaki duyuşal ve fizikokimyasal özelliklerine etkisiyle ilgili yapılmış çalışmalarda, okra gamın dondurulmuş çikolata sütlü tatlıda süt yağı yerine kullanılmasının duyuşal özellikler ve erime karakteristiğı üzerine etkileri araştırılmıştır. Hedonik skala kullanılarak 56 tüketiciyle yapılan duyuşal değerlendirmede renk, koku, doku, lezzet, ağızda kalan tat ve genel beğeni değerlendirilmiş ve ağızda kalan tat dışındaki diğer duyuşal özelliklerin birbirine yakın olduğı saptanmıştır. Süt yağı yerine %100 okra gamın kullanıldığı tatlı için tüketici beğenisinin önemli oranda düşük olduğı saptanmıştır. Bütün ürünlerin erime noktaları aynı olmakla birlikte, yüksek oranda okra gamı kullanılan tatlılarda erime hızının daha düşük olduğı tespit edilmiştir. Okra gamın, tatlının akış stabilitesini önemli düzeyde artırdığı ($P<0,05$), ve okra gamın süt yağı yerine ikame maddesi olarak kullanılabilceğı belirlenmiştir (Romanchik-Cerpovic ve ark., 2006).

Tam yağlı veya yağsız süt ile formüle edilmiş sütlü tatlılara, yağ ikamesi olarak farklı nişasta konsantrasyonlarında inülin (uzun zincirli ve kısa zincirli) ilave edildiğinde uzun zincirli inülinli yağsız sütlü tatlı ve inüliniz tam yağlı sütlü tatlının benzer kremamsılık (5,26, 6,65) gösterdiği ancak tam yağlı sütlü tatlıya uzun zincirli inülinin eklenmesi ile pürüzlülüğün (1,24, 6,68) arttığı belirlenmiştir Her iki tatlı örneğinin de benzer akış davranışı ve kıvama sahip olduğı saptanmıştır (Gonzalez-Tomas ve ark., 2009).

Farklı inülin, sakkaroz ve limon aromasına sahip düşük yağlı prebiyotik bir sütlü tatlı ile yapılan çalışmada inülin ilaveli düşük yağlı tatlının daha güçlü limon aromasına, daha fazla kıvama ve kremamsılığa sahip olduğı belirlenmiştir (Arcia ve ark., 2011). İnülin ilaveli sütlü tatlıya şeker ikamesi olarak stevia (St) ve sukralozun (Su) ilave edildiğı diğer bir çalışmada en yüksek duyuşal kabul edilebilirliğın; %50 St+%50 Su, en yüksek kıvam faktörü ve viskozitenin; %100 St ve %50 St+%50 Su kombinasyonu ile elde edildiğı saptanmıştır. İnülin ilaveli tatlılarda, polisakaritin yağ ikame edici madde olarak etki gösterdiği ve kıvamda artışa neden olduğı bulgulanmıştır. İnülin karışımı ve λ -karragenan içeren düşük yağlı yarı katı sütlü tatlılar, tam yağlı kontrol örnekleri ile karşılaştırıldığında, λ -karragenan içermeyen sütlü tatlıya inülin karışımı ilave edildiğinde hafif farklılıklar gözlenirken, karragenan içeren örneklerde tiksotropide, kıvamda ve esneklikte önemli bir artış saptanmıştır. λ -karragenan veya inülin karışımı içeren düşük yağlı karboksimetil selüloz içeren yarı katı sütlü tatlılar (Bayarri ve ark., 2010), tam yağlı kontrol tatlılarına benzer reolojik davranış sergilemektedir. İnülin ilaveli, farklı nişasta konsantrasyonları içeren yağsız sütlü tatlıların, tam yağlı süt veya inülin ilaveli yağsız sütlü tatlılardan daha düşük kıvam ve daha düşük kayma incelmeye gösterdiği belirlenmiştir (Tarrega ve Costell, 2006a). Genel olarak, aynı reolojik davranışta ancak farklı yağ içeriğine sahip tatlıların benzer koyulukta, kremamsılıkta ve pürüzsüzlükte olduğı belirlenmiş, yağın λ -karragenan veya inülin ile ikame edilmesi ile algılanan tatlılığın ve lezzetin değıştiğı saptanmıştır (Tarrega ve Costell, 2006a; Bayarri ve ark., 2010; Tarrega ve ark., 2010).

Sulandırılmış, termal olarak stabilize edilmiş peynir altı suyu proteini-pektin kompleksi'nin, süt bazlı tatlılarda yağ ikamesi olarak uygulanabilirliğinin araştırıldığı bir

çalışmada peynir altı suyu proteini-pektin kompleksi'nin aroma profilinin sütün özellikleri ile benzer olduğı, yüksek yağlı ürünlere benzer dokusal özellikler gösterdiği belirlenmiştir. Sıvı ve yarı katı sistemlerin reolojik ölçümlerine bakıldığında, ikame maddelerin kullanıldığı düşük yağlı ürünlerin tam yağlı süt, krema ve yüksek yağlı ürünlere benzer viskozite özelliğı gösterdiği saptanmıştır. Sıvı ve yarı katı sistemlerde, peynir altı suyu proteini-pektin kompleksinin etkisi, bağlanmamış pektinin yoğunlaşma yeteneğine dayanmaktadır. Jelleşmiş matrislerde, bağlanmamış pektin ve nişasta moleküllerinin pudınglerin hafifçe yumuşamasına neden olduğı öne sürülmektedir (Protte ve ark., 2019).

Arancibia ve ark. (2015) süt yağı içeriğinin, koyulaştırıcı tipinin (nişasta ve karboksimetil sellüloz) ve konsantrasyonunun renk ve reoloji üzerindeki etkilerinin istatistiksel olarak anlamlı olduğunu saptamışlardır. Koyulaştırıcı tipi, konsantrasyonu ve yağ içeriğı, in-vivo aroma salımında önemli iken renk, doku ve lezzet özelliklerinde algılanan farklılıkların içerik farklılıklardaki değışikliklerden etkilendiğı belirlenmiştir. Tam yağlı ve yağsız süt kullanılarak üretilen sütlü tatlılarda λ -karragenan konsantrasyonu, çapraz bağlanmış nişasta ve süt yağı arasındaki etkileşimler incelendiğinde, soğutma sırasında, daha yüksek λ -karragenan konsantrasyonu içeren örneklerin, λ -karragenan içermeyen örneklere göre daha yüksek sıcaklıklarda en yüksek görünür viskozite değerine ulaştığı, 1 Hz'de kaydedilen G' (depolama modülü) değerlerinin karragenan konsantrasyonu ile yükseldiğı, %0,1'den az λ -karragenan içeren örnekler için, süt yağı varlığının G' değerlerini arttırdığı, yağsız süt ve tam yağlı süt içeren tatlılarda yoğunluğun, λ -karragenan konsantrasyonu ile arttığı belirlenmiştir (Tarrega ve Costell, 2006b).

Sonuç

Son yıllarda tüketicilerin bilinç düzeyi ve beklentilerindeki değışimlerle birlikte, yağ tüketimini azaltmak amacıyla gıda endüstrisinde yağ içeriğı azaltılmış sağlıklı gıda ürünlerine olan talep artmaktadır. Gıda ürünlerinde yağın azaltılmasının, gıdaların yapısal özelliklerinde istenmeyen değışikliklere neden olduğı bilinmekte ve yağ içeriğinin, gıdanın lezzetini, reolojisini, optik özelliklerini, stabilitesini, dokusunu ve rengini etkilediğı görülmektedir. Gıdalarda yağ azaltılırken hazırlanan gıdaların reolojik ve duyuşal özelliklerinin de en iyi şekilde korunması gerekmektedir. Bu nedenle, bazı yağ ikame maddeleri (kısa ve uzun zincirli inülin karışımları, süt proteinleri, λ -karragenan gibi) gıdalardaki yağ içeriğinin azaltılmasıyla ilgili sorunları telafi etmek veya azaltmak için yarı katı sütlü tatlılarda yaygın olarak kullanılmaktadır.

Yağ miktarı, düşük kalorili sütlü tatlı formülasyonlarında renk, görünüş, ağız hissi, doku ve lezzette değışikliklere yol açabilmektedir. Gıdadan algılanan aroma, lezzetini oluşturmada ve gıdanın dokusal özelliklerinden, yağ miktarından ve yağ tipinden etkilenmektedir. Yapılan çalışmalar sonucunda süt yağı içeriğı ve aroma-bileşik lipofilitesinin sütlü tatlılarda aroma salımını üzerine etkisi olduğunu; aroma bileşik salınımının gıdanın fizikokimyasal özelliklerine, matrisine ve sıcaklığına bağlı olduğunu ortaya koymuştur. Süt

ürünlerinde yağ içeriğinin azaltılmasının uçucu bileşik konsantrasyonunu azalttığı, ancak yağ ikamelerinin kullanımının aroma salınımını önemli ölçüde arttırdığı saptanmıştır. Bu nedenle süt ürünlerinde yağ azaltmayı sağlayabilmek için yağ ikame edici maddelerin kullanımı etkili çözüm yollarından biridir. Benzer koşullar altında kıvam artırıcı maddelerin, koyulaştırıcıların, ikame maddeleri ve konsantrasyonlarının kullanılması ile farklı sonuçların elde edildiği görülmektedir. Ayrıca, gıda ürünlerinde yağ miktarının azaltılmasıyla birlikte viskoelastik yapıda azalma olduğu görülmektedir. Yağ içeriğinin azaltılmasıyla ilgili oluşan kusurları telafi etmek amacıyla kıvam artırıcı maddeler, emülgatörler, stabilizatörler viskoelastik özellikleri iyileştirmek amacıyla kullanılmaktadır.

Yağ ikamesi eklenmiş yağsız sütlü tatlı ile tam yağlı sütlü tatlı örnekleri karşılaştırıldığında benzer reolojik davranış özellikleri gösterdiği, farklı yağ içeriğine sahip olan tatlıların benzer yoğunlukta, kremamsı ve pürüzsüz yapıda olduğu saptanmıştır. Buna ek olarak, ikame madde ilavesinin tatlının akış stabilitesini ve viskozite değerini arttırdığı belirlenmiştir. Bu nedenle konuyla ilgili yeni araştırmalar yapılarak bilim dünyasına yeniliklerin getirilmesi beklenmektedir.

Kaynaklar

- Aime DB, Arntfield SD, Malcolmson LJ, Rayland D. 2001. Textural analysis of fat reduced vanilla ice cream products. *Food Res Int.*, 34(2-3): 237-246. doi: [https://doi.org/10.1016/S0963-9969\(00\)00160-5](https://doi.org/10.1016/S0963-9969(00)00160-5)
- Ak, MM. 1997. Reoloji bilim dalı ve gıda endüstrisi. *Gıda ve Teknoloji*, 2(4): 36-46.
- Akalin AS, Karagözlü C, Ünal G. 2008. Rheological properties of reduced-fat and low-fat ice cream containing whey protein isolate and inulin. *Eur Food Res Technol.*, 227:889-895. doi: [10.1007/s00217-007-0800-z](https://doi.org/10.1007/s00217-007-0800-z)
- Arancibia C, Castro C, Costell E, Bayarri S. 2015. Colour, rheology, flavour release and sensory perception of dairy desserts. Influence of thickener and fat content. *LWT- Sci Technol.*, 62(1): 408-416. doi: <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2014.08.024>
- Arancibia C, Jublot L, Costell E, Bayarri S. 2011. Flavour release and sensory characteristics of o/w emulsions. Influence of composition, microstructure and rheological behaviour. *Food Res Int.*, 44: 1632-1641. doi: <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2011.04.049>
- Arancibia C, Costell E, Bayarri, S. 2013. Impact of structural differences on perceived sweetness in semisolids dairy matrices. *J. Texture Stud.*, 44: 346-356. doi: <https://doi.org/10.1111/jtxs.12019>
- Arcia PL, Costell E, Tarrega A. 2011. Inulin blend as prebiotic and fat replacer in dairy desserts: Optimization by response surface methodology. *J Dairy Sci.*, 94(5): 2192-2200. doi: <https://doi.org/10.3168/jds.2010-3873>
- Awadhwal NK, Singh CP. 1985. A rheological model for milk products. *J Dairy Sci.*, 50: 1611-1614. doi: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.1985.tb10545.x>
- Bayarri S, Smith T, Hollowood T, Hort J. 2007. The role of rheological behaviour in flavour perception in model oil/water emulsions. *Eur Food Res Technol.*, 226: 161-168. doi: [10.1007/s00217-006-0521-8](https://doi.org/10.1007/s00217-006-0521-8)
- Bayarri S, Chuliá I, Costell E. 2010. Comparing λ -carrageenan and an inulin blend as fat replacers in carboxymethyl cellulose dairy desserts. Rheological and sensory aspects. *Food Hydrocoll.*, 24: 578-587. doi: <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2010.02.004>
- Bayarri S, Taylor AJ, Joanne H. 2006. The role of fat in flavor perception: Effect of partition and viscosity in model emulsions. *J Agr Food Chem.*, 54: 8862-8868. doi: <https://doi.org/10.1021/jf061537k>
- Beaulieu M, Corredig M, Turgeon SL, Wicker L, Doublier JL. 2005. The formation of heat-induced protein aggregates in whey protein/pectin mixtures studied by size exclusion chromatography coupled with multi-angle laser light scattering detection. *Food Hydrocoll.*, 19 (5): 803-812. doi: <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2004.10.025>
- Bhaskaracharya RK, Shah NP. 2001. Texture and microstructure of skim milk Mozzarella cheeses made using fat replacers. *Aust J Dairy Technol.*, 56(1): 9-14.
- Borwankar RP. 1992. Food texture and rheology: a tutorial review. *J. Food Eng.*, 16: 1-16. doi: [https://doi.org/10.1016/0260-8774\(92\)90016-Y](https://doi.org/10.1016/0260-8774(92)90016-Y)
- Brauss MS, Linforth RST, Cayeux I, Harvey B, Taylor AJ. 1999. Altering the Fat Content Affects Flavor Release in a Model Yogurt System. *J Agr Food Chem.*, 47 (5): 2055-2059. doi: <https://doi.org/10.1021/jf9810719>
- Brennan CS, Tudorica CM. 2008. Carbohydrate-based fat replacers in the modification of the rheological, textural and sensory quality of yoghurt: Comparative study of the utilisation of barley beta-glucan, guar gum and inulin. *IJFST.*, 43: 824-833. doi: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2007.01522.x>
- Buettner A, Beer A, Hannig C, Settles M, Schieberle P. 2002. Physiological and analytical studies on flavour perception dynamics as induced by the eating and swallowing process. *Food Quality and Preference*, 13: (7-8)497-504. doi: [https://doi.org/10.1016/S0950-3293\(02\)00052-6](https://doi.org/10.1016/S0950-3293(02)00052-6)
- Cayot N, Pretot F, Doublier JL, Meunier JM, Guichard E. 2004. Release of isoamyl acetate from starch pastes of various structures: Thermodynamic and kinetic parameters. *J Agr Food Chem.*, 52(17): 5436-5442. doi: [10.1021/jf049677m](https://doi.org/10.1021/jf049677m)
- Chen J. 2009. Food oral processing-A review. *Food Hydrocoll.*, 23: 1-25. doi: <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2007.11.013>
- Chung C, Degner B, McClements DJ. 2013. Designing reduced-fat food emulsions: locust bean gum-fat droplet interactions. *Food Hydrocoll.*, 32 (2):263-270. doi: <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2013.01.008>
- Crispin-Isidro G, Lobato-Calleros C, Espinosa-Andrews H, Alvarez-Ramirez J, Vernon-Carter EJ. 2015. Effect of inulin and agave fructans addition on the rheological, microstructural and sensory properties of reduced-fat stirred yogurt. *Food Sci. Technol.*, 62(1):438-444. doi: <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2014.06.042>
- Dai S, Jiang F, Shah NP, Corke H. 2019. Functional and pizza bake properties of Mozzarella cheese made with konjac glucomannan as a fat replacer. *Food Hydrocoll.*, 92: 125-134. doi: <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2019.01.045>
- Dai S, Corke H, Shah NP. 2016. Utilization of konjac glucomannan as a fat replacer in low-fat and skimmed yogurt. *Int. J. Dairy Sci.*, 99: 7063-7074. doi: [10.3168/jds.2016-11131](https://doi.org/10.3168/jds.2016-11131)
- Decourcelle N, Lubbers S, Vallet N, Rondeau P, Guichard E. 2004. Effect of thickeners and sweeteners on the release of blended aroma compounds in fat-free stirred yoghurt during shear conditions. *Int. Dairy J.*, 14: 783-789. doi: <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2004.02.007>
- Dickinson E. 1998. Stability and rheological implications of electrostatic milk protein-polysaccharide interactions. *Trends Food Sci Technol.*, 9(10): 347-354. doi: [https://doi.org/10.1016/S0924-2244\(98\)00057-0](https://doi.org/10.1016/S0924-2244(98)00057-0)
- Dickinson E. 2003. Hydrocolloids at interfaces and the influence on the properties of dispersed systems. *Food Hydrocoll.*, 17(1): 25-39. doi: [https://doi.org/10.1016/S0268-005X\(01\)00120-5](https://doi.org/10.1016/S0268-005X(01)00120-5)
- Dickinson E. 2009. Hydrocolloids as emulsifiers and emulsion stabilizers. *Food Hydrocoll.*, 23(6): 1473-1482. doi: <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2008.08.005>

- Doyen K, Carey M, Linforth RST, Marin M, Taylor AJ. 2001. Volatile release from an emulsion: Headspace and in-mouth studies. *J Agr Food Chem.*, 49: 804-810. doi: <https://doi.org/10.1021/jf000853a>
- Eker T, Cabaroğlu T. 2018. Gıdaların tüketilmesi sırasında retronazal yolla aroma salınımının belirlenmesi. *GTD.*, 43(1): 64-77. doi: 10.15237/gida.GD17066
- Fang T, Shen X, Hou J, Guo M. 2019. Effects of polymerized whey protein prepared directly from cheese whey as fat replacer on physicochemical, texture, microstructure and sensory properties of low-fat set yoghurt. *LWT.*, 115: 108-268. doi: <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2019.108268>
- Frank D, Appelqvist IAM, Piyasiri U, Wooster TJ, Delahunty C. 2011. Proton transfer reaction mass spectrometry and time intensity perceptual measurement of flavor release from lipid emulsions using trained human subjects. *J Agr Food Chem.*, 59: 4891-4903. doi: <https://doi.org/10.1021/jf104376b>
- Gentes MC, St-Gelais D, Turgeon SL. 2010. Stabilization of whey protein isolate-pectin complexes by heat. *J Agr Food Chem.*, 58(11): 7051-7058. doi: <https://doi.org/10.1021/jf100957b>
- Gierczynski I, Guichard E, Laboure H. 2011. Aroma perception in dairy products: the roles of texture, aroma release and consumer physiology. A review. *Flavour Fragr. J.*, 26: 141-152. doi: <https://doi.org/10.1002/ffj.2036>
- Goff HD, Hartel RW. 2013. Ice cream, Seventh ed., New York: Springer. ISBN-978-1-4614-6095-4.
- Gonzalez-Tomas L, Bayarri S, Taylor AJ, Costell E. 2008. Rheology, flavour release and perception of low-fat dairy desserts. *Int. Dairy J.*, 18(8): 858-866. doi: <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2007.09.010>
- Gonzalez-Tomas L, Bayarri S, Costell E. 2009. Inulin-enriched dairy desserts: Physicochemical and sensory aspects. *J Dairy Sci.*, 92: 4188-4199. doi: <https://doi.org/10.3168/jds.2009-2241>
- Gonzalez-Tomas L, Bayarri S, Taylor AJ, Costell E. 2007. Flavour release and perception from model dairy custards. *Food Res INTnt.*, 40: 520-528. doi: <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2006.10.002>
- Grossklaus R. 1996. Fat Replacers- Requirements From a Nutritional Physiological Point of View. *Fett/Lipid* 98 (4): 136-141. doi: <https://doi.org/10.1002/lipi.19960980403>
- Guichard E, Salles C. 2016. Retention and release of taste and aroma compounds from the food matrix during mastication and ingestion. From Food to Behaviors, Wellbeing and Health Woodhead Publishing Series in Food Science, Technology and Nutrition, 3-22. doi: 10.1016/B978-0-08-100295-7.00001-3
- Guichard E. 2002. Interactions between flavor compounds and food ingredients and their influence on flavor perception. *Food Rev. Int.*, 18: 49-70. doi: <https://doi.org/10.1081/FRI-120003417>
- Guven M, Yasar K, Karaca OB, Hayaloglu AA. 2005. The effect of inulin as a fat replacer on the quality of set-type low-fat yogurt manufacture. *Int. J. Dairy Technol.*, 58:180-184. doi: <https://doi.org/10.1111/j.1471-0307.2005.00210.x>
- Güzeler N, Kacar A, Say D. 2011. Effect of milk powder, maltodextrin and polydextrose use on physical and sensory properties of low calories ice cream during storage. *Academic Food Journal*, 7: 6-12.
- Hatakeyama J, Davidson JM, Kant A, Koizumi T, Hayakawa F, Taylor AJ. 2014. Optimising aroma quality in curry sauce products using in vivo aroma release measurements. *Food Chem.*, 157: 229-239. doi: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2014.02.034>
- Hollowood TA, Linforth RST, Taylor AJ. 2002. The effect of viscosity on the perception of flavour. *Chem. Senses.*, 27: 583-591. doi: <https://doi.org/10.1093/chemse/27.7.583>
- Hut M, Ayar A. 2013. Fonksiyonel özelliklere sahip probiyotik incir uyutması tatlısı üretimi. *SAÜ. Fen Bil. Der.*, 17 (1):147-153.
- Janhøj T, Petersen CB, Frøst MB, Ipsen R. 2006. Sensory and rheological characterization of low-fat stirred yogurt. *J. Texture Stud.*, 37(3): 276-299. doi: <https://doi.org/10.1111/j.1745-4603.2006.00052.x>
- Jones O, Decker EA, McClements DJ. 2010. Thermal analysis of β -lactoglobulin complexes with pectins or carrageenan for production of stable biopolymer particles. *Food Hydrocoll.*, 24(2-3): 239-248. doi: <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2009.10.001>
- Kataoka H, Lord HL, Pawliszyn J. 2000. Applications of solid-phase microextraction in food analysis. *J. Chromatogr. A.*, 880: 35-62. doi: 10.1016/S0021-9673(00)00309-5
- Kersiene M, Adams A, Dubra A, De Kimpe N, Leskauskaitė D. 2008. Interactions between flavour release and rheological properties in model custard desserts: Effect of starch concentration and milk fat. *Food Chem.*, 108: 1183-1191. doi: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2007.11.011>
- Kim SY, Hyeonbin O, Lee P, Kim YS. 2019. The quality characteristics, antioxidant activity, and sensory evaluation of reduced-fat yogurt and nonfat yogurt supplemented with basil seed gum as a fat substitute. *J. Dairy Sci.*, 27. doi: <https://doi.org/10.3168/jds.2019-17117>
- Koca N. 2004. Textural, melting and sensory properties of low-fat fresh kashar cheeses produced by using fat replacers. *Int. Dairy J.*, 14: 365-373. doi: <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2003.08.006>
- Krzeminski A, Prell KA, Weiss J, Hinrichs J. 2014. Environmental response of pectin-stabilized whey protein aggregates. *Food Hydrocoll.*, 35: 332-340. doi: <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2013.06.014>
- Kuraishi C, Katsutoshi Y, Susa Y. 2001. Transglutaminase: its utilization in the food industry. *Food Rev. Int.*, 17(2): 221-246. doi: <https://doi.org/10.1081/FRI-100001258>
- Linforth R, Cabannes M, Hewson L, Yang N, Taylor AJ. 2010. Effect of fat content on flavour delivery during consumption: An in vivo model. *J Agr Food Chem.*, 58: 6905-6911. doi: <https://doi.org/10.1021/jf100643d>
- Liu K, Tian Y, Stieger M, van der Linden E, van de Velde F. 2016. Evidence for ball-bearing mechanism of microparticulated whey protein as fat replacer in liquid and semi-solid multi-component model foods. *Food Hydrocoll.*, 52: 403-414. doi: <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2015.07.016>
- Liu R, Wang L, Liu Y, Wu T, Zhang M. 2018, Fabricating soy protein hydrolysate/xanthan gum as fat replacer in ice cream by combined enzymatic and heat-shearing treatment. *Food Hydrocoll.*, 81: 39-47. doi: <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2018.01.031>
- Lobato-Calleros C, Martıñez-Torrijos O, Sandoval-Castilla O, Pérez-Orozco JP, Vernon-Carter EJ. 2004. Flow and creep compliance properties of reduced-fat yoghurts containing protein-based fat replacers. *Int. Dairy J.*, 14(9): 777-782. doi: <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2004.02.012>
- Lobato-Calleros C, Ramírez-Santiago C, Vernon-Carter, EJ, Alvarez-Ramirez, J. 2014. Impact of native and chemically modified starches addition as fat replacers in the viscoelasticity of reduced-fat stirred yogurt. *J. Food Eng.*, 131: 110-115. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2014.01.019>
- Lubbers S, Butler E. 2010. Effects of texture and temperature on the kinetic of aroma release from model dairy custards. *Food Chem.*, 123: 345-350. doi: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2010.04.041>
- Lubbers S, Decourcelle N, Martinez D, Guichard E, Tromelin A. 2007. Effect of thickeners on aroma compound behavior in a model dairy gel. *J Agr Food Chem.*, 55(12): 4835-4841. doi: 10.1021/jf0628375
- Lucca PA, Tepper BJ. 1994. Fat replacers and the functionality of fat in foods. *Trends Food Sci Technol.*, 5: 12-19. doi: [https://doi.org/10.1016/0924-2244\(94\)90043-4](https://doi.org/10.1016/0924-2244(94)90043-4)

- Ma Z, Boye JI. 2012. Advances in the design and production of reduced-fat and reduced-cholesterol salad dressing and mayonnaise: a review. *Food Bioproc Tech.*, 6(3): 648-670. doi: 10.1007/s11947-012-1000-9
- Malone, ME, Appelqvist IAM Norton. 2003. Oral behaviour of food hydrocolloids. Part 2. Taste and aroma release. *Food Hydrocoll.*, 17: 775-784. doi: [https://doi.org/10.1016/S0268-005X\(03\)00098-5](https://doi.org/10.1016/S0268-005X(03)00098-5)
- Martuscelli M, Savary G, Savary P, Cayot N. 2008. Vapour partition of aroma compounds in strawberry flavoured custard cream and effect of fat content, *Food Chem.*, 108(4): 1200-1207. doi: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2007.05.083>
- McClements DJ. 2002. Colloidal basis of emulsion color. *COCIS.*, 7: 451-455. doi: [https://doi.org/10.1016/S1359-0294\(02\)00075-4](https://doi.org/10.1016/S1359-0294(02)00075-4)
- McClements DJ. 2005. *Food emulsions: Principles, practices, and techniques*. 2nd ed., NW: CRC Press Taylor & Francis Group. ISBN-13: 978-1-4987-2669-6.
- McClements J, Decker EA. 2009. *Designing Functional Foods: Measuring and Controlling Food Structure Breakdown and Nutrient Absorption*. 1st ed., Woodhead Publishing, UK: 744. ISBN-13: 978-1845694326.
- Metwally AMME. 2007. Effect of Enzymatic Cross-Linking of Milk Proteins on Properties of Ice Cream With Different Composition. *IJFST.*, 42: 939-947. doi: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2006.01314.x>
- Miettinen SM, Tourila H, Piironen V, Vehkalathi K, Hyvönen L. 2002. Effect of emulsion characteristics on the release of aroma as detected by sensory evaluation, static headspace gas chromatography and electronic nose. *J Agr Food Chem.*, 50: 4232-4239. doi: 10.1021/jf0107205
- Mostafavi FS, Tehrani MM, Mohebbi M. 2016. Rheological and sensory properties of fat reduced vanilla ice creams containing milk protein concentrate (MPC). *Journal of Food Measurement and Characterization*, 11(2): 567-575. doi: 10.1007/s11694-016-9424-y
- Ognean CF, Darie N, Ognean M. 2006. Fat replacers – review. *J. Agroaliment. Proc. Technol.*, 12(2): 433-442.
- Ohmes RL, Marshall RT, Heymann H. 1998. Sensory and Physical Properties of Ice Creams Containing Milk Fat or Fat Replacers. *J. Dairy Sci.*, 81(5): 1222-1228. doi: [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(98\)75682-6](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(98)75682-6)
- Overbosch P, Afterof WGM, Haring PGM. 1991. Flavour release in the mouth. *Food Rev. Int.*, 7: 137-184. doi: <https://doi.org/10.1080/87559129109540906>
- Prote K, Weiss J, Hinrichs J, Knaapila A. 2019. Thermally stabilised whey protein-pectin complexes modulate the thermodynamic incompatibility in hydrocolloid matrixes: A feasibility-study on sensory and rheological characteristics in dairy desserts. *LWT- Food Sci Technol*, 105:336-343. doi: <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2019.01.047>
- Psimouli V, Oreopoulou V. 2013. The effect of fat replacers on batter and cake properties. *J. Food Sci.*, 78(10): 1495-1502. doi: 10.1111/1750-3841.12235
- Relkin P, Fabre M, Guichard E. 2004. Effect of fat nature and aroma compound hydrophobicity on flavor release from complex food emulsions. *J Agr Food Chem.*, 52(20): 6257-6263. doi: <https://doi.org/10.1021/jf049477a>
- Roberts DD, Elmore JS, Langley KR, Bakker J. 1996. Effects of sucrose, guar gum, and carboxymethylcellulose on the release of volatile flavor compounds under dynamic conditions. *J Agr Food Chem.*, 44: 1321-1326. doi: <https://doi.org/10.1021/jf950567c>
- Rodriguez Furlán LT, Campderós ME. 2017. The combined effects of Stevia and sucralose as sugar substitute and inulin as fat mimetic in the physicochemical properties of sugar-free reduced-fat dairy dessert. *Int J Gastron Food Sci.*, 10: 16-23. doi: <https://doi.org/10.1016/j.ijgfs.2017.09.002>
- Rogacheva S, Espinosa-Diaz MA, Voilley A. 1999. Transfer of aroma compounds in water-lipid systems: binding tendency of β -lactoglobulin. *J Agr Food Chem.*, 47(1): 259-263. doi: <https://doi.org/10.1021/jf9808372>
- Romanchik-Cerpovicz JE, Constantina AC, Gunn LH. 2006. Sensory evaluation ratings and melting characteristics show that okra gum is an acceptable milk-fat ingredient substitute in chocolate frozen dairy dessert. *J Am Diet Assoc.*, 106: 594-597. doi: 10.1016/j.jada.2006.01.009
- Romeih EA, Michaelidou A, Bliaderis CG, Zerfiridis GK. 2002. Low-fat white brined cheese made from bovine milk and two commercial fat mimetics, physical and sensory attributes. *Int. Dairy J.*, 12: 525-540. doi: [https://doi.org/10.1016/S0958-6946\(02\)00043-2](https://doi.org/10.1016/S0958-6946(02)00043-2)
- Sahan N, Yasar K, Hayaloglu AA, Karaca OB, Kaya A. 2008. Influence of fat replacers on chemical composition, proteolysis, texture profiles, meltability and sensory properties of low-fat Kashar cheese. *Int. J. Dairy Sci.*, 75(01): 1-7. doi: 10.1017/S0022029907002786
- Sandrou DK, Arvanitoyannis IS. 2000. Low fat/calorie foods: Current state and perspectives, *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.*, 40: 427-447. doi: 10.1080/10408690091189211
- Schenkel P, Samudrala R, Hinrichs J, 2013. The effect of adding whey protein particles as inert filler on thermophysical properties of fat-reduced semihard cheese type Gouda. *Int. J. Dairy Technol.*, 66(2): 220-230. doi: 10.1111/1471-0307.12036
- Seçim Y. 2011. Konya il merkezinde tüketime sunulan ve deneysel olarak üretilen bazı sütü tatlıların kimyasal ve mikrobiyolojik kalitesi. Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Besin Hijyeni ve Teknolojisi Anabilim Dalı, Konya.
- Seuvre AM, Philippe E, Rochard S, Voilley A, 2006. Retention of aroma compounds in food matrices of similar rheological behaviour and different compositions. *Food Chem.*, 96: 104-114. doi: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2005.02.014>
- Seuvre AM, Turci C, Voilley A. 2008. Effect of the temperature on the release of aroma compounds and on the rheological behaviour of model dairy custard. *Food Chem.*, 108(4): 1176-1182. doi: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2007.04.031>
- Sturaro A, De Marchi M, Zorzi E, Cassandro M. 2015. Effect of microparticulated whey protein concentration and protein-to-fat ratio on Caciotta cheese yield and composition. *Int. Dairy J.*, 48: 46-52. doi: <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2015.02.003>
- Tarrega A, Costell E. 2006. Effect of composition on the rheological behaviour and sensory properties of semi-solid dairy dessert. *Food Hydrocoll.*, 20: 914-922. doi: <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2005.09.006>
- Tarrega A, Rocafull A, Costell E. 2010. Effect of blends of short and long-chain inulin on the rheological and sensory properties of prebiotic low-fat custards. *LWT- Food Sci Technol.*, 43(3): 556-562. doi: <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2009.10.002>
- Tarrega A, Costell E, 2006. Effect of inulin addition on rheological and sensory properties of fat-free starch-based dairy desserts. *Int. Dairy J.*, 16: 1104-1112. doi: <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2005.09.002>
- Taylor AJ, Linforth RST. 1996. Flavour release in the mouth, *Trends Food Sci Technol.*, 7(12): 444-448. doi: [https://doi.org/10.1016/S0924-2244\(96\)10046-7](https://doi.org/10.1016/S0924-2244(96)10046-7)
- Torres IC, Janhøj T, Mikkelsen BØ, Ipsen R. 2011. Effect of microparticulated whey protein with varying content of denatured protein on the rheological and sensory characteristics of low-fat yoghurt. *Int. Dairy J.*, 21(9): 645-655. doi: <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2010.12.013>
- Tournier C, Sulmont-Rosse C, Semon E, Vignon A, Issanchou S, Guichard E. 2009. A study on texture–taste–aroma interactions: Physico-chemical and cognitive mechanisms. *Int. Dairy J.*, 19(8): 450-458. doi: <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2009.01.003>

- van Aken GA, Vingerhoeds MH, de Wijk RA. 2011. Textural perception of liquid emulsions: Role of oil content, oil viscosity and emulsion viscosity. *Food Hydrocoll.*, 25(4): 789-796. doi: <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2010.09.015>
- Velez-Ruiz JF, Cánovas GVB. 1997. Rheological properties of selected dairy products. *Crit Rev Food Sci.*, 37(4): 311- 359. doi: 10.1080/10408399709527778
- Verbeken D, Bael K, Thas O, Dewettinck K. 2006. Interactions between κ -carrageenan, milk proteins and modified starch in sterilized dairy desserts. *Int. Dairy J.*, 16, 482-488. doi: <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2005.06.006>
- Villegas B, Costell E, 2007. Flow behaviour of inulin–milk beverages. Influence of inulin average chain length and of milk fat content. *Int. Dairy J.*, 17: 776-781. doi: <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2006.09.007>
- Wagoner T, Vardhanabhuti B, Foegeding EA. 2016. Designing whey protein-polysaccharide particles for colloidal stability. *Annu Rev Food Sci T.*, 7: 93-116. doi: 10.1146/annurev-food-041715-033315
- Warrand J. 2006. Healthy polysaccharides: The next chapter in food products. *Food Technol. Biotechnol.*, 44: 355-370.
- White GW. 1970. Rheology in food research. *J. Food Sci.*, 5: 1-32. doi: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.1970.tb01539.x>
- Wright AJ, Batte HD, Marangoni G. 2005. Effects of canola oil dilution on anhydrous milk fat crystallization and fractionation behavior. *J Dairy Sci.*, 88: 1955-1965. doi: [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(05\)72871-X](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(05)72871-X)
- Zalazar CA, Zalazar CS, Bernal S, Bertola N, Bevilacqua A, Zaritzky N. 2002. Effect of moisture level and fat replacer on physicochemical, rheological and sensory properties of low fat soft cheeses. *Int. Dairy J.*, 12: 45-50. doi: [https://doi.org/10.1016/S0958-6946\(01\)00130-3](https://doi.org/10.1016/S0958-6946(01)00130-3)
- Zhang S, Zhang Z, Lin M, Vardhanabhuti B. 2012. Raman spectroscopic characterization of structural changes in heated whey protein isolate upon soluble complex formation with pectin at near neutral pH. *J Agr Food Chem.*, 60(48): 12029-12035. doi: 10.1021/jf303780c.
- Zoulias EI, Oreopoulou V, Tzia C. 2002. Textural properties of low-fat cookies containing carbohydrate- or protein-based fat replacers. *J. Food Eng.*, 55: 337-342. doi: [https://doi.org/10.1016/S0260-8774\(02\)00111-5](https://doi.org/10.1016/S0260-8774(02)00111-5)