



## Peynirde Tuz Oranının Azaltılmasına Yönelik Alternatif Teknolojiler: Yüksek Basınç Uygulaması (HPP)

### Alternative Technologies to Reduce Salt in Cheese: High Pressure Processing (HPP)

H. Rıza AVCI<sup>1</sup>, Tülay ÖZCAN<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Gıda Yük. Müh. Gıda ve Yem Kontrol Merkez Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü-BURSA

<sup>2</sup> Doç. Dr. Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Gıda Mühendisliği Bölümü, Bursa

#### Özet

Beslenmede önemli bir yeri olan peynir, aynı zamanda günlük sodyum alımında en önemli kaynaklardan biridir. Bu durum peyniri hipertansiyon, kalp damar hastalıkları, osteoporoz, mide kanseri, astım, obezite ve gastrik ülser gibi aşırı sodyum tüketimi sonucu ortaya çıkan hastalıklar konusunda riskli gıdalardan biri haline getirmektedir. Bu nedenle peynirlerde tuz oranının azaltılması ve bununla ilgili yöntemler uzun zamandan beri peynir sektörünün gündemindedir. Peynirlerde tuzun azaltılmasına yönelik olarak son zamanlarda dikkat çeken yöntemlerden birisi de yüksek basınç (HPP) uygulamasıdır. Yüksek basınç, süt ve süt ürünlerinde ısı ilemlerle ortaya çıkan besinsel kayıpları en aza indiren ısı olmayan bir işleme tekniğidir. Bu teknik peynirde mikrobiyolojik güvenilirliği artırmanın yanı sıra yüksek kalitede peynirlerin elde edilmesine de olanak sağlamaktadır. Bunlara ek olarak yüksek basınç uygulaması peynirin rutubet içeriği, peynir matrisindeki tuzluluk algısı ve toplam serbest aminoasit içeriği gibi teknolojik özelliklerini arttırmaktadır. Bu veriler yüksek basınç uygulamasını peynirde tuzun azaltılmasında etkili bir yöntem olarak ortaya çıkarmaktadır. Bu derlemede peynirlerde tuzun azaltılmasına yönelik yöntemler ve bunlardan biri olan Yüksek Basınç uygulaması ile ilgili bilgiler sunulmuştur.

**Anahtar kelimeler:** Peynir, tuz azaltma, yüksek basınç uygulaması

#### Abstract

Cheeses, having a significant position in Turkish nutrition patterns, emerges as one of the main sources for daily sodium intakes. This situation makes cheese a risky food in terms of such diseases that arise as a result of excessive sodium consumption, as hypertension, cardiovascular diseases, osteoporosis, stomach cancer, asthma, obesity and gastric ulcer. For this reason, reducing salt in cheese and related methods is on the agenda of the cheese industry for a long time. High Pressure Processing-HPP is one of the emerging technologies for the reduction of salt in cheese. High pressure is a non-thermal processing technique that minimize the nutritional losses that occur with heat treatment of milk and milk products. This technique allows obtaining high quality cheeses as well as increasing microbial reliability. In addition to these, high pressure increases such technological specifications of cheese as moisture content, the perception of saltiness in cheese matrix and total free amino acid amount. These data introduce HPP as an effective way for reducing salt in cheese. In this review some information have been presented on the implementations for reducing salt contents in cheese and examined the High Pressure as one of the remarkable applications.

**Key Words:** Cheese, reducing salt, high pressure processing

#### 1. Giriş

Dünyadaki en eski gıdalardan biri olarak peynir, sütün peynir mayası ile ya da ekşitilerek pıhtılaştırılması, ayrılan pıhtının preslenerek şekil verilmesi ve tuzlanması ile elde edilen, taze ya da olgunlaşmış halde tüketilen tadı, kokusu, yapısı kendine özgü besleyici bir süt ürünüdür. Bilinen tarihi 7.000 yıl öncesine dayanan peynirin dünyada üretilen 4.000 dolayında çeşidinin olduğu sanılmaktadır. Peynir çeşitliliğindeki büyük değişimde, lezzet ve tekstürü etkileyen üretim ve olgunlaştırma şartları önemli faktörler olarak ortaya çıkmaktadır (Aydınol ve Özcan 2009). Peynir günümüzde tüm dünyada yaygın olarak tüketilmekte olup tüketim oranları bölgelere göre çeşitlilik göstermektedir. Yıllık tüketim Avrupa ülkelerinde ortalama 20 kg/yıl iken Ulusal Süt Konseyi verilerine göre Türkiye’de 2015 yılı için 8,3 kg/yıl; 2016 yılı için ise 8 kg/ yıl olarak hesaplanmıştır (Anonim 2017).

Peynir günümüzde doğrudan tüketim amaçlı ya da makarna, unlu ürünler, sıcak/soğuk mezeler, çerezler ve sütlü tatlılarda katkı maddesi olarak değerlendirilmekle birlikte bu ürünlerin tekstürel ve duyuşal özelliklerine katkıda bulunmaktadır (Farke 2004; Cruz ve ark. 2011).

Üretiminde yaygın olarak kullanılan tuz, peynirlerde tat, tekstür, raf ömrü gibi teknolojik özelliklerin yanısıra toplumsal hayat tarzı, sağlık, psikolojik, sosyo-ekonomik, kültürel ve duyuşal faktörleri de etkileyen çok yönlü etkileri olan bir gıda katkısıdır. Sodyum alımı söz konusu olduğunda pek çok fermente ürün gibi süt ürünleri arasında da peynir dikkati çekmektedir (Rodrigues ve ark. 2015).

Dünya Sağlık Örgütü (WHO)'nün 2011'de gerçekleştirdiği 66. Dünya Sağlık Asamblesi'nde üye devletler 2025'e kadar sodyum alımını %30 azaltmayı taahhüt etmişlerdir. Buna paralel olarak bu anlamda, en sağlıklı tuz azaltım stratejilerini geliştirmek, uygulamak ve izlemek noktasında araştırma destekleri gündeme gelmiştir (Anonim 2013). Türkiye'de de bu eylem planı doğrultusunda ekmeke, domates salçası, peynir gibi işlenmiş gıdalarda tuzun azaltılması sağlanmış, okul kantinlerinde cips satışlarına yönelik engellemeler getirilmiş ve gıda etiketleme yönergelerinde değişikliğe gidilmiştir (Anonim 2016). Türk Gıda Kodeksi Peynir Tebliği 8 Şubat 2015'te yürürlüğe girmiş olup bu tebliğe göre peynirlerde tuz oranının %35-61 aralığında düşürülmesi planlanmıştır. Peynirlerde tuz ve yağ azaltımını destekleyen bu tebliğe göre peynirlerin taşınması gereken tuz ve nem içerikleri Çizelge 1'de belirtilmiştir (Anonim 2016).

**Çizelge 1.** Türk Gıda Kodeksi Peynir Tebliği (Tebliğ No:2015/6)'ne göre peynirlerin nem ve tuz içerikleri

<b>Peynir Çeşidi</b>	<b>Nem, % (m/m), En çok</b>	<b>Tuz (NaCl), Kuru maddede % (m/m), En çok</b>
Salamurada olgunlaştırılan peynirler	60	7,5
Küf kültürleri ile olgunlaştırılan peynirler	45	5,0
Küf kültürleri ile ve salamurada olgunlaştırma yöntemi dışında olgunlaştırılan peynirler	45	4,0
Telemesi haşlanmış peynirler	45	4,0
Peynir altı suyu peynirleri	75	6,0
Taze peynirler	80	4,5
Çeşnili taze peynirler	80	4,5
Olgunlaştırılmış beyaz peynir	60	6,5
Taze beyaz peynir	65	6,5
Kaşar peyniri (Olgunlaştırılmış)	40	4,0
Taze kaşar peyniri	45	3,0
Eritme peyniri	60	4,5
Tulum peyniri	45	5,0

2008-2012 yılları arasında Dünya Sağlık Örgütü (WHO)'nun gerçekleştirdiği uluslararası incelemeye göre Türkiye tuz azaltımını %16,70 oranında gerçekleştirerek Slovenya ve İngiltere ile birlikte aynı kategoride yer almıştır. Bu çalışmaya göre dünyada tuz alımı takibinde en güvenilir yöntem olan "24 Saat Üriner Sodyum Atılımı" çalışmasını dünyada başarabilmiş az sayıda ülkeden birisi Türkiye olarak görünmektedir (Anonim 2013).

Genel olarak peynirler kuru maddede %0,5-7 arasında tuz içermektedir. Peynirin tuzlanması sürecinde salamurayla teleme kitlesi arasındaki osmotik basınç farkı peynirdeki rutubetin bir kısmının serbest kalmasına neden olmaktadır. Bunun sonucunda da telemeden peynir altı suyu proteinleri, laktik asit ve çözünmüş mineraller peynir altı suyuna geçmektedir. Peynirde iyi bir tuz dengesini sağlamak için teleme pH'sının 5,2-5,3, kalsiyum içeriğinin de %0,1-0,2 arasında olması ve tuz konsantrasyonunun da iyi ayarlanması gerekmektedir. Bununla birlikte tuzlama aşamasında para-kazeindeki sodyum ve kalsiyum iyonları arasındaki değişim, teleme kitlesinin daha yumuşak hale gelmesine neden olan önemli bir faktördür. pH 2,5'in altında olduğunda para-kazein molekülüne bağlı olan H<sup>+</sup> iyonu sayısı Ca<sup>2+</sup> den daha fazla bulunmaktadır. Bu durumda daha fazla Na<sup>+</sup> iyonunun birleşmesi, daha sert ve kırılğan peynir tekstürünün ortaya çıkmasına neden olmaktadır. Bunun tersi olarak da pH 5,8'de parakazein molekülüne daha fazla Ca<sup>2+</sup> iyonu bağlanmaktadır. Bu durum daha düzgün yüzeyli peynirlerin üretimi ile sonuçlanmaktadır (Cruz ve ark. 2011).

Yapılan bir çalışmada tuzsuz Cheddar peynirlerinin kontrol grubuyla kıyaslandığında istenmeyen duyu özellikler gösterdiği bildirilmiştir. Tuz içerikleri %2,7 ve %4,5 olan yağ azaltılmış Cheddar peynirlerinin aromatik yapılarında ise belirgin bir fark olmadığı saptanmıştır. Tuz içeriği arttıkça azalan proteoliz aktivitesine bağlı olarak sertlik ve kırılğanlığın da arttığı saptanmıştır (Murtaza ve ark. 2014).

Sodyum içeriği %0,4-0,5 olan yağ azaltılmış Edam peyniri üretiminde kabul edilebilir bir tekstüre ulaşıldığı görülmüştür. Standart ürüne kıyasla bu peynir çeşitlerinde daha düşük yapışkanlık, daha zayıf tuz tadı ve daha az kayganlık özelliklerine sahip, çiğneme ve diğer genel kabul edilebilir özelliklerinde farklılık olmayan ürün elde edildiği bildirilmiştir (Ritvanen ve ark. 2005).

### **Peynirde tuzun azaltılması**

Tuzun azaltılması ürünün yapısı ve bileşimi, üretim şekli ve parametreleri gibi pek çok faktörden etkilenmektedir (Rusunen ve Puolanne 2005). Peynirde tuz ya da sodyum içeriğini azaltmada çoğunlukla uygulanan yöntemler; i) Tuz miktarını doğrudan azaltmak, ii) Sodyum klorür'ün (NaCl); potasyum klorür (KCl), kalsiyum klorür (CaCl<sub>2</sub>), magnezyum klorür (MgCl<sub>2</sub>) gibi tuzlarla ikamesi iii) Mono sodyum glutamat (MSG) gibi aroma artırıcıların kullanımı şeklinde sınıflandırılmaktadır (Desmond 2006).

1) Tuz oranının doğrudan azaltılması: Peynirde tuzluluk ürünün temel tatlarından biridir ve NaCl tuzlu tadı veren tek bileşiktir. Ancak fazla tuz tüketimi hipertansiyon ve osteoporoz gibi kronik hastalıkların ortaya çıkmasına da neden olmaktadır. Bu nedenle son yıllarda tuz oranı düşük gıdalara talep giderek artmaktadır. Peynir teknolojisinde de tuzsuz ya da tuz oranı düşürülmüş peynirlerin üretimine yönelik çalışmalara günümüzde önem verilmektedir. Tuzu azaltılmış peynir üretiminde uygulanan yöntemlerden biri peynirdeki tuz oranının doğrudan azaltılmasıdır. Bu uygulamayı sınırlayan en önemli faktör düşük tuz oranında peynirde tat ve tekstür kusurlarının ortaya çıkma olasılığıdır. Örneğin yavan tat ve acılık düşük tuz konsantrasyonunda üretilmiş peynirlerde belirgin olarak şekillenmektedir (Hayaloğlu ve Özer 2011). Peynirlerinde tuz miktarında %35'lik düşüşün (%1'den %0,65'e) tüketiciler tarafından fark edilmediği ancak, %50'lik bir düşüşün kontrol grubuna kıyasla daha düşük kabul edilebilirlik gösterdiği belirtilmektedir (Cruz ve ark. 2011).

Peynirlerde tuz konsantrasyonunu aşamalı olarak düşürmek (~%10-25 oranından başlayarak) günümüz peynir sektörü için iyi bir stratejidir. Çünkü bu seviyelerdeki tuz azalması tüketiciler tarafından tam olarak anlaşılammakta ve üründe ciddi kalite kayıplarına da neden olmamaktadır. Tüketiciler tarafından bu şekilde azalan tuzluluk kabul edilebilir hale geldikçe, gelecek dönemlerde de tuzun azaltılması kademeli olarak sürdürülebilir hale gelebilecektir (Cruz ve ark. 2011). İngiltere'de Tuz ve Sağlıkta Uzlaşma Hareketi (Consensus Action on Salt and Health), tuzun %10-25 arasında azaltılmasının tüketiciler tarafından algılanamayacağını belirtmektedir. Bu nedenle düşük sodyumlu peynirler için ilk planlanması gereken işlem tuz ilavesinin kademeli olarak azaltılması olmalıdır (Desmond 2006).

2) Tuz ikamelerinin ilavesi: Peynirde tuzun %30 ve daha fazla azaltılması istendiğinde başta KCl olmak üzere Mg, Ca tuzları gibi sodyum dışındaki diğer tuz ikamelerinin kullanılması önerilmektedir. Ancak bu katyonlar tuzluluğu sağlamada sodyum iyonları ile aynı etkiyi göstermemektedir. Diğer taraftan bazıları da acılık, metalik tat ve ekşilik gibi istenmeyen tat oluşumuna da neden olabilmektedir (McMahon ve ark. 2014). KCl, NaCl'ye kimyasal yönden en fazla benzeyen tuzdur ve bu nedenle NaCl ikamesi olarak en çok tercih edileni olmaktadır (Johnson ve ark. 2009; McMahon ve ark. 2014). Fitzgerald ve Buckley (1985) sodyumun potasyum klorür ile %50 ikame edilerek üretildiği Cheddar peynirlerinde tekstür, proteoliz, aroma ve yağ asidi kompozisyonu yönünden önemli farklılık olmadığını bildirmişlerdir. Ancak diğer Ca ve Mg ikameleri kullanıldığında çok daha farklı olduğu belirtilmiştir. Toelstede ve Hofmann (2008) 44 hafta olgunlaştırılan Gouda peynirlerinin NaCl, CaCl<sub>2</sub> ya da MgCl<sub>2</sub> ile ikame edildiğinde acılığının önemli derecede arttığını saptamışlardır. Başka bir çalışmada Khetra ve ark. (2016) tuz ikameleriyle birlikte hidrolize bitkisel protein (soya) ve adenosin monofosfat (AMP) kullanarak ürettikleri Cheddar peynirlerinde acılık ya da ekşilik olmaksızın istenilen tuzluluğun elde edilebildiğini belirtmişlerdir.

Alternatif tuzların kullanımının peynirin fiziko-kimyasal özelliklerinde önemli bir değişime sebep olmadığı pek çok çalışmada bildirilmektedir. Finbo peyniri üretiminde 100 g/L'lik NaCl/KCl'yi (1/1) içeren salamura kullanılmasının nem içeriğinde, olgunlaşma indeksinde ve kazeinin hidrolizinde bir değişikliğe sebep olmadığı bildirilmiştir (Sihufe ve ark. 2006).

Kefalograviera peynirinde NaCl/KCl (3/1) karışımı kullanıldığında proteoliz düzeyinde bir değişikliğe neden olmadığı belirlenmiştir (Katsiari ve ark. 2001). Beyaz peynirde NaCl yerine 1/1 oranında CaCl<sub>2</sub>, KCl ve MgCl<sub>2</sub> ilavesinin toplam azot, suda çözünür azot, protein olmayan azot, kazein azotu ve proteoz-pepton azotu oranları üzerinde önemli bir etkisinin olmadığı tespit edilmiştir (Güven ve Karaca 2001). Feta peynirinde NaCl/KCl (1/3) ile yapılan kuru tuzlama ve salamura tuzlamanın bileşim, proteoliz, lipoliz, duysal ve tekstürel özelliklerde önemli bir değişime neden olmadığı bildirilmiştir (Katsiari ve ark. 2001). İran beyaz peynirinde NaCl'nin kısmi olarak KCl ile ikame edilmesinin proteoliz ve lipoliz üzerine etki etmediği ancak %27,7 den yüksek oranlarda kullanıldığında peynirin duysal kabul edilebilirliğini azalttığı saptanmıştır (Ashrafi ve ark. 2009).

Peynirin fiziko-kimyasal özellikleri değiştirilmeden NaCl miktarı azaltılabildiği gibi alternatif tuzlar ile ikame de edilebilmektedir. Ancak bu uygulamada dikkat edilmesi gereken peynirin mikrobiyel güvenilirliğinin sağlanabilmesi ve ürünün duysal kalitesini etkileyecek bir değişimin oluşturulmamasıdır (Hayaloğlu ve Özer 2011).

3) Aroma artırıcı bileşenlerin üretimde kullanılması: Tuz konsantrasyonunu düşürülerek tuzluluk algısını arttırmanın diğer bir alternatif yöntemi de aroma verici bileşenler ile peynir kitesini zenginleştirmektir. Bunun için psiko-fizyolojik olarak tüketici algıları üzerinde kaydedilen duysal veriler sonucunda tuzluluğu arttırmaya yönelik yöntemlerin araştırılması ve biyokimyasal olarak ürünlerdeki elektrolitlerin hareketliliği/taşınımı ile tuzun serbest kalma mekanizmasının iyi anlaşılması gerekmektedir (Floury ve ark. 2009). Gıda matrikslerindeki elektrolit difüzyonuyla ilgili faktörlerin değerlendirilmesi, tuzluluk ve aroma algısının entegrasyonu, tükürük salgısı üretimi ve çiğneme gibi fizyolojik faktörlerin düşük sodyum içerikli peynirlerin kalite parametrelerini etkileyen çalışmaların odak noktasını oluşturacağı düşünülmektedir (Floury ve ark. 2009). Difüzyon katsayısı hakkında bilinenler, tuzlama zamanını belirlemek ve ürünlerin muhafaza sürecindeki aroma kaybı miktarını ortaya çıkarmak konusunda etkili olmaktadır. Bu değerler, ürün formülasyonları üzerinde doğrudan etkili olurken, tuzun ve aroma maddelerinin çiğneme sürecinde ağızdaki serbest hareketi üzerinde önemli olmaktadır (Lauverjat ve ark. 2009).

Alternatif tuzlar NaCl'nin etkisini tam olarak göstermemektedir. Katyonların tuzlu tat verdiği ve anyonların buna eşlik ettiği bildirilmektedir. Sodyum ve lityum tuzlu tat, potasyum ve diğer alkali katyonlar tuzlu ve acı tat ortaya çıkarmaktadır. KCl'nin NaCl'ye göre daha acı bir tada sahip olması bu tuzun yüksek oranlarda kullanımını engellemektedir. Toplam tuzun yarısının NaCl yarısının da KCl olması durumunda herhangi bir tat kusuru oluşmadığı belirtilirken bu oranın üzerinde KCl kullanımının acılaşmaya neden olabileceği bildirilmektedir. Böyle bir durumda istenmeyen tadı maskelemek için lezzet/aroma arttırıcılar kullanılabilir. NaCl ile diğer tuzların kombinasyonları incelenirken tat üzerindeki etkileri de araştırılmalıdır (Cruze ve ark. 2011).

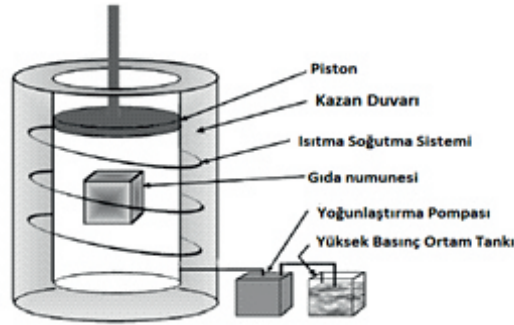
Son üründe aroma değişimlerine ve randıman artışlarına sebep olmasına rağmen emülsifiye tuzlarının kullanımı da peynirlerde sodyumun azaltılmasında alternatif bir yöntem olarak uygulanabilmektedir (Guinee 2004).

### **Süt ürünlerinde yüksek basınç uygulamaları (HPP)**

Tuz içeriğini azaltmada kullanılan diğer bir yöntem olan Yüksek Basınç Uygulaması (High Pressure Processing-HPP) mikrobiyolojik açıdan güvenli gıdaların üretimi için yeni bir teknoloji olup gıdanın 100-800 MPa aralığında değişen yüksek basınç etkisine maruz bırakıldığı ısıl olmayan işleme teknolojisidir (Şekil 1). Böylelikle istenmeyen kimyasal ve mikrobiyolojik reaksiyonların engellenmesi ve ürünün raf ömrünün artırılması sağlanmaktadır. Yüksek Hidrostatik İşleme, Ultra Yüksek Basınç İşleme ya da İsostatik İşleme adlarıyla da tanımlanan HPP teknolojisi süt ürünlerinde proteinlerin ve polisakkaritlerin fonksiyonel özelliklerinin modifikasyonunda, duysal ve besleyici özelliklerin korunarak biyokimyasal reaksiyonların gerçekleşmesinde önemli bir potansiyele sahip bulunmaktadır. HPP uygulaması süt ürünlerinde özellikle peyniraltı suyu proteinleri ve kazeinin yapısında önemli değişimler oluşturarak fonksiyonel süt ürünlerinin geliştirilmesine olanak sağlamaktadır (Patel ve ark. 2008; Chawla ve ark. 2011; Ozcan ve ark. 2017).

Ürünün hacmine, şekline ya da yapısına bağlı olmaksızın ürün kütesine eşit olarak etki eden HPP teknolojisiyle raf ömrünün artırılması, tazelik ve aromanın en üst seviyede korunması sağlanabilmektedir. Bu teknolojiye gıda maddesi esnek bir materyalle ambalajlanarak basınç odasına yerleştirilmekte ve ürüne 600 MPa'a kadar basınç (genellikle 20 dakika kadar) uygulanmaktadır. İzostatik basınç gıda matriksindeki sıcaklığı

her 100 MPa için eşit biçimde 3°C artırmaktadır (Liepa ve ark. 2016). HPP uygulaması, sıcaklık artışı sonucu hücre zarı bütünlüğünü bozarak başta patojen bakteriler olmak üzere ürünlerdeki mikrobiyel yükü azaltmakta oldukça etkili olmaktadır. Mikrobiyel hücrede artan zar geçirgenliği, DNA ve protein denatürasyonu ile sitoplazmik enzimlerin inaktivasyonu sonucunda patojen bakteri yükünü önemli ölçüde azalmaktadır (Considine ve ark. 2007; Liepa ve ark. 2016; Ozcan ve ark. 2017).



**Şekil 1:** Yüksek Basınç Sisteminin Basit Şematik Görünümü (Huppertz ve ark. 2002)

Isıl işlem görmüş sütlerde sütün biyoaktif bileşenleri ve doğal besin bileşenleri üzerinde sıcaklığın olumsuz etkileri vardır (Chawla ve ark. 2011; Mújica-Paz ve ark. 2011; Ozcan ve ark. 2017). Bu olumsuz etkiler kısaca özetlenecek olursa:

- i) İstenilen duyu özelliklerin kaybolması (aroma, tekstür ve renk vb.)
- ii) Ürünün besleyici değerinin azalması (sütün sterilizasyonu, koyulaştırılması ve pastörizasyonu özellikle B vitamin kompleksinde, çoklu doymamış yağ asitlerinde azalma)
- iii) Süt proteinlerinin denatürasyonu sonucunda sülfidril grubu bileşenlerinin etkisiyle kötü koku ve aroma oluşumu
- iv) Maillard reaksiyonları sonucunda da Amadori bileşenlerinin ortaya çıkması

Sütün pastörizasyonunda temel amaç mikrobiyel inaktivasyondur. 300-600 MPa aralığında değişen HPP uygulaması sütte mayalar, küfler ve Escherichia coli, Salmonella ve Listeria gibi pek çok patojenlerin vejetatif formları üzerine inaktive edici etkiye sahip olmaktadır (Considine ve ark. 2007; Ozcan ve ark. 2017). Mikroorganizmaların yüksek basınca direnci; uygulanan basınç, süre, sıcaklık gibi çeşitli işlem koşullarına, gıda bileşenlerine ve mikroorganizmaların fizyolojik durumuna bağlı bulunmaktadır. Örneğin, logaritmik fazdaki hücreler durgun faz hücrelerine kıyasla basınca daha duyarlıdır. Bakteri sporları da vejetatif hücrelere göre daha dirençli olmaktadır (Gould 2000, Özcan ve Kurtuldu 2011). Diğer taraftan 50-300 MPa aralığındaki basınçlar bakteri sporlarının vejetatif forma geçmesine neden olabilmektedir. Vejetatif forma geçen sporlar daha sonra düşük sıcaklık uygulamasıyla yok edilebilmektedir (Daryaei ve ark. 2006). Gram pozitif bakteriler gram negatifler ile karşılaştırıldığında daha dirençlidirler. Gram pozitif organizmalar 500-600 MPa aralığında 25°C'de 10 dakikada inaktif hale geçerken, gram negatifler ise 300-400 MPa aralığında aynı zaman-sıcaklık değerlerinde inaktif olmaktadır. 1000 MPa'ın üzerindeki basınçlarda ise bakteri sporları bile yok olmaktadır. Ancak ultra yüksek basınç uygulamasının sterilizasyon amaçlı kullanımı ile ilgili çalışma az sayıdadır (Pereda ve ark. 2008; Patel ve ark. 2008).

Sütün pastörizasyonu süt proteinlerinde yapısal değişikliklere sebep olmaktadır. Doğal haldeki süt proteinleri kovalent bağlarla (peptid ve disülfid bağları), elektrostatik ve hidrofobik etkileşimlerle ve hidrojen köprüleriyle bağlı bulunmaktadır. Yüksek basınç sürecinde en az etkilenen bağ kovalent bağlar olup bu nedenle HPP uygulamasında bozulmadan kalan birincil protein yapısı olmaktadır. HPP uygulamasıyla kazein misellerinin hacmi azalmakta, zayıflayan hidrofobik ve hidrostatik bağlar nedeniyle de birbirlerinden ayrılarak daha küçük alt birimler halinde kümeleşmektedirler. Küresel misel yapılar düz zincir ya da alt miseller şeklinde yapılanmaktadır. Misel boyutlarının 150-400 MPa ve 20°C'de 200 nm'den 120 nm'ye kadar düştüğü belirtilmektedir. Bununla birlikte, HPP uygulaması ile sütteki kazein misellerindeki hacim düşüşüne bağlı olarak beyaz renk kaybolmakta ve sarımsı bir renk oluşmaktadır (Patel ve ark. 2008).

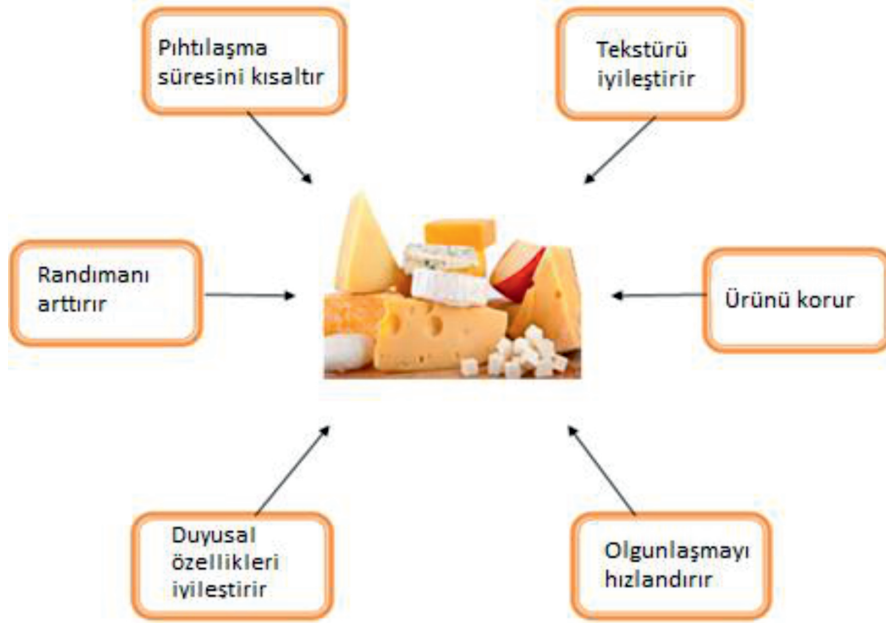
Süt ve süt ürünlerindeki laktoz ısıtma etkisiyle önce laktuloza izomerize olmakta ve sonrasında diğer düşük şekerlere dönüşmektedir. 10-60 dk süre ve 25°C sıcaklıkta 100-400 MPa basınç uygulamasından sonra sütlerde herhangi bir değişim gözlenmediği saptanmıştır. Bu durum basınç uygulaması sonrasında laktoz izomerizasyonu ya da Maillard reaksiyonu gerçekleşmediğinin bir göstergesi olarak belirtilmektedir (López-Fandiño 2006).

Raf ömrünü arttırmanın ve istenmeyen reaksiyonları engellemesinin yanısıra HPP uygulamasının önemli bir etkisi de peynir, yoğurt, dondurma gibi süt ürünlerinde istenilen yapının oluşumunu sağlamasıdır. Yüksek basınç uygulamaları (HPP) sütün koagülasyonunu etkileyerek peynir üretiminde, kazein misellerinin hacminin azalması ve  $\beta$ -laktoglobulinin denatürasyonunu etkilemektedir (Şekil 2) (Huppertz ve ark. 2002).

Voigt ve ark. (2010), Cheddar peyniri üretiminden önce süte uygulanan 600 MPa'lık HPP uygulamasının başlangıç mikrobiyel yükünü azalttığını ve olgunlaşma sırasında proteolizi arttırdığını saptamışlardır. Yüksek basınç uygulaması, serbest suyun proteine bağlı forma dönüşmesiyle peynir matriksindeki su ve tuzun dağılımını değiştirmektedir (Martínez-Rodríguez ve ark. 2012).

Süte HPP uygulaması peynir altı suyu proteinlerinin denatürasyonuna, kazein misellerinin dağılmasına ve mineral dengesinin değişmesine neden olmaktadır. Peynir altı suyu proteinleri denatürasyon sonucunda kazeinle etkileşime girerek peynirdeki kazein matriksinde tutunma oranını arttırmakta, peynir mayası (rennet) ile koagülasyon/pıhtılaşma özelliği artmakta ve peynir veriminin artması (randıman artışı) sağlanmaktadır (Huppertz ve ark. 2002).

Rennet koagülasyon zamanı (RKZ), süte rennet ilavesi sonrasında süt pıhtısının kesilecek sertliğe ulaşma zamanını tanımlamaktadır. Arias ve ark. (2000) RKZ'nin 200 MPa basınçta önemli ölçüde düştüğünü bildirmişlerdir. Azalan RKZ'nin kazein misellerindeki hacim azalmasının bir sonucu olduğu belirtilmektedir. Bu durum spesifik yüzey alanı ve partiküller arası çarpışma olasılığında artışa neden olmaktadır. 300-400 MPa basınç uygulanan sütte teleme verimi %20'den daha fazla artmaktadır. Beta-laktoglobülin ( $\beta$ -LG)'nin denatürasyonu, teleme yapısına dahil olması ve peynir altı suyu hacminin azalması nedeniyle gerçekleşen bu süreç peynir randımanının %7 oranında artmasını sağlamaktadır (Arias ve ark. 2000).



Şekil 2. HPP'nin Peynir Özellikleri Üzerine Etkisi (Ozcan ve ark. 2017)

Kısa sürelerde (5-15 dk) yüksek basınç (400-600 MPa) uygulaması ve düşük basınçta (50 MPa) uzun süre (72 saat) basınç uygulamalarının peynir olgunlaştırma hızı üzerindeki etkileri araştırılmıştır. Olgunlaşma hızındaki artırıcı etkinin, starter enzimlerin serbest kalması ve yoğun ağ yapısının oluşumundan kaynaklandığı düşünülmektedir (Chawla ve ark. 2011).

HPP uygulamaları peynir olgunlaştırma sürecini çeşitli şekillerde hızlandırmaktadır;

- i) Enzim yapısını değiştirerek,
- ii) pH değerinde 0,1-0,7 birim artış oluşturarak
- iii) Kazein matriksinde değişimler ile proteazların etkisine daha duyarlı hale gelmesini sağlayarak
- iv) bakteriyel lizis sonucu mikrobiyel enzimlerin serbest kalmasını sağlayarak (Voigt ve ark. 2010).

### **Yüksek basınç uygulamasının (HPP) tuzun azaltılması üzerindeki etkisi**

HPP uygulaması peynirlerde daha çok proteoliz, pıhtı asitliğindeki artış, peynir mikroflorası ve yapısı üzerinde etkili olmaktadır (Martinez-Rodriguez ve ark. 2012). HPP yöntemi, günümüzde düşük sodyum/tuz içerikli gıda sistemlerinin geliştirilmesinde uygulanan diğer yöntemler arasında teknolojik avantajlar sunmaktadır. Bu uygulamanın et ve süt ürünleri gibi işlenmiş gıdalarda duyu kalite ve teknolojik özelliklere etkileri incelenmiştir (Wang ve ark. 2016). Ancak HPP yönteminin düşük sodyumlu peynirlerin geliştirilmesine yönelik olumlu etkileri halen tam olarak anlaşılabilmiş olup bu amaçla kullanımı çok yaygın değildir. Yapılan az sayıdaki çalışma göstermektedir ki HPP peynir matriksindeki su ve tuz dağılımını, serbest suyu proteine bağlı hale dönüştürerek değiştirebilmektedir (Martinez-Rodriguez ve ark. 2012). Tuz ilavesi peynirde iyonik şiddeti ve proteinlerin çözünürlüğünü artırıcı etkisiyle protein interaksiyonları üzerine etki etmektedir. Artan protein-su interaksiyonları, protein matriksinin kısmi gevşemesine neden olarak daha sulu ve şişkin bir hale gelmesine neden olmaktadır. Sonuç olarak peynir matriksindeki tuzluluk algısı, tuzun peynir matriksinde daha homojen dağılmasıyla daha düşük tuz konsantrasyonlarında bile artabilmektedir. HPP teknolojisiyle düşük sodyumlu peynir üretimi, pek çok faktörden etkilenen bir üretim prosesi olup süre, sıcaklık, basınç seviyesi gibi teknolojik parametrelerin yanında peynir çeşidi (taze/olgunlaştırılmış), tuz konsantrasyonu gibi faktörlere de bağlı bulunmaktadır (Rodrigues ve ark. 2015).

HPP işlemi uygulanmış sütlerden elde edilen peynirler, geleneksel peynirlere kıyasla daha yüksek rutubet/nem, tuz ve serbest aminoasit içerdiğine sahip olduğu tespit edilmiştir (Trujillo ve ark. 2000). Saldo ve ark. (2000), 50 MPa'da 72 saatlik HPP uygulamasının proteolizi arttırdığını, daha etkin bir difüzyon, su tutma kapasitesi ve tuz dağılımı elde edildiğini belirtmişlerdir. HPP uygulanmış sütlerden elde edilen peynirlerin daha yüksek rutubet, tuz ve laktoz içermesi, peynirde tutunan denatüre olmuş peynir altı suyu proteini seviyesinin bir göstergesi olmaktadır. Bu durum, telemeyle peynir altı suyu-salamura etkileşiminin HPP uygulanmış peynirlerde daha etkin olduğunu göstermektedir (Trujillo ve ark. 2000).

Tuz ilavesi peynirin iyonik yapısını geliştirerek proteinlerin çözünürlüğünü arttırmaktadır. Artan protein-su etkileşimleri protein matriksinin kısmi gevşemesine ve daha sulu/şişkin hale gelmesine neden olmaktadır (Rodrigues ve ark. 2015).

Oztürk ve ark. (2013) dört farklı tuz konsantrasyonuna sahip Cheddar peynirlerine [standart (%5,3), azaltılmış (%2,5), düşük (%1,9), ve tuzsuz (%0,2)] HPP'nin etkilerini araştırmışlardır. Çalışma sonucunda tuz oranı azaltılmış ve düşük tuz içerikli Cheddar peynirlerinin tekstürel, reolojik ve mikrobiyel özelliklerin HPP'den ( $\geq 400$  MPa) olumlu yönde etkilendiği belirtilmiştir. Araştırmacılar olgunlaşmanın ilk döneminde HPP uygulamasının peynirlerde daha düşük erime sıcaklığı ve daha yumuşak peynir üretimi ile sonuçlandığını saptarken, bu etkinin peynirin olgunlaşma sürecine bağlı olduğunu belirtmişlerdir. Bununla birlikte aynı peynirlerde olgunlaşmanın 1. ayı sonunda tekstürel ve reolojik yönden önemli bir fark saptamamışlardır.

### **Tuzu azaltmanın duyu etkileri**

NaCl gerçek anlamda saf tuz tadını veren tek bileşiktir. Ayrıca tuzun en önemli işlevlerinden birisi de diğer tatların algılanması için bir temel teşkil etmesidir. Tuz bir lezzet artırıcı, aynı zamanda bir inhibitör olarak da görev yapmaktadır (Hayaloğlu ve Özer 2011).

Hayles ve ark. (2010) yaptıkları bir çalışmada, tuzun acılığı maskeleyici etkisi nedeniyle işlenmiş gıdaların yoğun tüketildiği toplumlarda insanların daha fazla tuz tükettiklerini ortaya koymuşlardır. Tuzlu gıdaların yoğun tüketildiği diyetlerde dildeki tuz reseptörleri baskılanmakta ve daha az hassas hale gelerek tuzluluğa alışır hale gelmektedir. Böylece yüksek tuzlu ürünler normal tuzluluk seviyesinde algılanmaktadır ki bu durum daha fazla tuzlu gıda tüketimi eğilim yaratmaktadır.

Sodyumla kıyaslandığında K, Mg ve Ca daha az tuzluluk vermenin yanısıra ürüne ekşilik de katmaktadır. Fosfatlar ve sitratlar gibi diğer anyonların ise klorüre nazaran tat oluşumunda önemli etkisi olup tuzluluğu azaltmakla birlikte, kalıntı metalik tat oluşumuna da neden oldukları bildirilmiştir (Cruz ve ark. 2011).

Tuz ayrıca aroma bileşenlerinin oluşumu ve dolayısıyla aroma gelişimi üzerinde de etkili olmaktadır. Bu etki peynirlerdeki uçucu bileşenlerin fiziko-kimyasal kompozisyonu ve kullanılan tuzun çeşidi ve konsantrasyonu ile ilgili olmaktadır. Bu özellikler de peynirlerde tuzun kısmen ya da tamamen uzaklaştırılmasını güçleştirmektedir (Guichard 2002).

Phan ve ark. (2008) yaptıkları bir çalışmada çiğneme sürecinde sodyumun serbest kalışının başta rutubet içeriği olmak üzere peynirin yapısı ve bileşiminden etkilendiğini ve tuzluluğun yağ varlığında sınırlandırıldığını ortaya koymuşlardır. Bu nedenle aromayı etkilemeksizin tuzu azaltmanın, su içeriğini artırıp yağ miktarını azaltarak sağlanabilen bir etki olduğu sonucu olduğunu saptamışlardır (Cruz ve ark. 2011).

## 2.Sonuç

Beslenme, kalıtım ve çevre koşulları ise insan sağlığını etkileyen önemli etmenlerdir. Tuzun insan sağlığı üzerindeki olumsuz etkileri ve buna bağlı olarak kronik hastalıkların ortaya çıkışı nedeniyle modern toplumlarda gıdalardan yüksek miktarda tuz alımının azaltılması ile ilgili algılar ve çalışmalar dikkat çekmektedir. Artan ölümlerin risk faktörü olan yüksek kan basıncının en önemli sebeplerinden biri fazla tuz tüketimidir. Yüksek tuz tüketimi ayrıca mide kanseri, osteoporoz, böbrek hastalıkları ile yakından ilişkilidir.

Tuz miktarı düşürülerek ya da tuzun potasyum klorür, magnezyum klorür, kalsiyum klorür gibi ikame maddeleriyle kullanımını düşük sodyumlu peynirlerin üretiminde son yıllarda uygulanan işlemlerdir. Sonuçlar kabul edilebilir olmakla birlikte tuz ikamelerinin kullanımını halinde bazı peynir çeşitlerinde ekşi kalıntı aroması hissedilebilmektedir.

Yüksek basınç uygulaması (HPP), duyuusal özellik ve besin değerinde bir azalma olmaksızın kaliteli peynir üretimine olanak sağlayan daha az tuzlu peynir üretiminde ki çalışmalara olanak sağlama potansiyeline sahip yeni bir teknoloji olarak araştırmacıların dikkatini çekmektedir. Yüksek basınç uygulaması üründe proteoliz ve çözünen madde difüzyonunu artırma, su tutma kapasitesi ve tuz dağılımını iyileştirme etkileri sayesinde daha az tuz konsantrasyonuyla aynı tuzluluk seviyesinde peynir elde edilmesine olanak sağladığından önem taşımaktadır. Yüksek basınç ürünlerinin sağlık üzerine etkileri konusunda bugüne kadar yapılan çalışmalar, portakal suyu, domates püresi gibi ürünlerde olumsuz herhangi bir etkiye rastlanmadığını göstermiş olup aynı durumun peynirler içinde geçerli olduğunu düşündürmektedir. Bu teknolojinin ticari potansiyeli ve sağlık etkileri ile ilgili çalışmalar halen devam etmekle birlikte, HPP uygulamasının tuzun peynirde azaltılması ile ilgili etkilerini tam olarak anlamak için peynir matriksinin ve mikro yapısının incelenmesi ile ilgili araştırmalara gereksinim olduğu şüphesizdir.

## 3.Kaynaklar

- Anonim, 2013. <http://www.euro.who.int/en/countries/turkey/news/news/2013/04/progress-in-reducing-salt-consumption-in-turkey>.
- Anonim, 2016. <http://www.tarim.gov.tr/GKGM/Duyuru/104/Peynir-Tebligi-Bilgilendirme>.
- Anonim, 2017. Et ve Süt Kurumu Süt Piyasa Bülteni. Mayıs 2017.
- Arias, M., Lopez-Fandino, R. and Olano, A., 2000. Influence of pH on effect of high pressure on milk. *Milchwissenschaft*, vol. 55: 191-194.
- Ashrafi, R., Bari, M.R., Khosroshahi, A. and Alizadeh, M., 2009. Minimization of sodium in Iranian white brined cheese. *Asian Journal of Chemistry*, 21: 1995-2004.
- Aydinol, P. ve Özcan, T., 2009. Peynirlerde kalsiyum laktat (ca-laktat) kristalizasyonu, *Uludağ Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Dergisi*, 23: 81-91.
- Chawla, R., Patil, G.R. and Singh, A.K., 2011. High hydrostatic pressure technology in dairy processing: A review. *Journal of Food Science and Technology*, vol. 48: 260-268.
- Considine, T., Patel, H.A., Anema, S.G., Singh, H. and Creamer, L.K., 2007. Interactions of milk proteins during heat and high hydrostatic pressure treatments: A review. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, vol. 8: 1-23.
- Cruz, A.G., Faria, J.A.F., Pollonio, M.A.R., Bolini, H.M.A., Celeghini, R.M.S., Granato, D. and Shah, N.P., 2011. Cheeses with reduced sodium content: Effects on functionality, public health benefits and sensory properties. *Trends in Food Science and Technology*, 22: 276-291.
- Daryaei, H., Coventry, M. J., Versteeg, C. and Sherkat, F., 2006. Effects of high pressure treatment on shelf life and quality of fresh lactic curd Cheese. *Australian Journal of Dairy Technology*, vol. 61: 186-188.
- Desmond, E., 2006. Reducing salt: A challenge for the meat industry. *Meat Science*, vol. 74: 188-196.
- Farke, N.Y., 2004. Cheese Technology. *International Journal of Dairy Technology*, vol. 57: 91-98.
- Fitzgerald, E. and Buckley, J., 1985. Effect of total and partial substitution of sodium chloride on the quality of cheddar cheese. *Journal of Dairy Science*, vol. 68: 12, 3127-3134.
- Floury, J., Camier, B., Rousseau, F., Lopez, C., Tissier, J.P. and Famelart, M.H., 2009. Reducing salt level in food. Part 1: Factors affecting the manufacture of model cheese systems and their structure-texture relationships. *Food Science and Technology*, vol. 24: 1611-1620.
- Gould, G.W., 2000. Preservation: past, present and future. *Br. Med. Bull.* vol.56: 84-96.



- Guichard, E., 2002. Interactions between flavor compounds and food ingredients and their influence on flavor perception. *Food Reviews International*, vol. 18: 49-70.
- Guinee, T.P., 2004. Salting and the role of the salt in cheese. *International Journal of Dairy Technology*, vol. 57: 99-109.
- Güven, M. and Karaca O.B., 2001. Proteolysis levels of white cheeses salted and ripened in brines prepared from various salts, *International Journal of Dairy Technology*, vol. : 29-33.
- Hayaloğlu, A ve Özer, B., 2011. *Peynir Biliminin Temelleri*. Sidas Yayınları, 1. Baskı, Sayfa-251-256.
- Hayles, J.E., Sullivan, B. S. and Duffy, V.B., 2010. Explaining variability in sodium intake through sensory phenotype, salt sensation and liking. *Physiology and Behaviour*, vol. 100: 369-380.
- Huppertz, T., Kelly, A.L. and Fox, P.F., 2002. Effects of high pressure on constituents and properties of milk. *International Dairy Journal*, vol. 12: 7561-572.
- Johnson, M.E., Kapoor, R., Katsiari, D.J., Mc Coy, D.R. and Narasimmon, R.G., 2009. Reduction of sodium and fat levels in natural and processed cheese: Scientific and technological aspects. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, vol. 8: 252-268.
- Katsiari, M.C., Alichanidis, E., Voutsinas, L.P. and Roussis, I.G., 2001. Proteolysis in reduced sodium Kefalograviera cheese made by partial replacement of NaCl with KCl. *Food Chemistry*, vol. 73: 31-43.
- Khetra, Y., Kumar, S. and Puri, K.R., 2016. Selection and optimization of salt replacer, flavour enhancer and bitter blocker for manufacturing low sodium Cheddar cheese using response surface methodology. *Food Science and Technology*, vol. 72: 99-106.
- Lauverjat, I. Déléris, I.C. Tréléa, C. Salles, and Souchon I., 2009. Salt and aroma compound release in model cheeses in relation to their mobility, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, vol. 57: 9878-988.
- Liepa, M., Zagorska, J. and Galoburda, R., 2016. High-pressure processing as novel technology in dairy industry: A Review,” *Research for Rural Development*., vol. 1: 46-83.
- López-Fandiño, R., 2006. High pressure-induced changes in milk proteins and possible applications in dairy technology. *International Dairy Journal*, vol: 16: 1119-1131.
- Martínez-Rodríguez, Y., Acosta-Muñiz, C., Olivas, G.I., Guerrero- Beltrán, J., Rodrigo-Aliaga, D. and Sepúlveda, D.R., 2012. High hydrostatic pressure processing of cheese. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, vol. 11: 399-416.
- McMahon, D. J., Oberg, C.J., Drake, M.A., Farkye, N., Moyes, L.V. and Arnold, M.R., 2014. Effect of sodium, potassium, magnesium, and calcium salt cations on pH, proteolysis, organic acids, and microbial populations during storage of full-fat Cheddar cheese. *Journal of Dairy Science*, vol. 97: 4780-4798.
- Mújica-Paz, H., Valdez-Fragoso, A., Samson, C.T., Welte-Chanes, J., and Torres, J.A., 2011. High-pressure processing technologies for the pasteurization and sterilization of foods. *Food Bioprocess Technology*, vol. 4: 969-985.
- Murtaza, M.A., Humat, N., Sameent, A, Murtazat, M.S., Mahmood, S., Mueen-ed-Din, G. and Meraj, A., 2014. Texture, flavor, and sensory quality of buffalo milk Cheddar cheese as influenced by reducing sodium salt content. *Journal of Dairy Science*, vol. 97: 6700-6707.
- Ozcan, T., Bayazit, A.A., Ersan, L.Y. and Aydinol, P., 2017. Effects of high-pressure technology on the functional properties of milk and fermented milk products. *Journal of Life Sciences*, vol. 11: 125-132.
- Oztürk, M., Lucey, S.G., Jaeggi, J.J., Johnson, M.E. and Lucey, L.A., 2013. The influence of high hydrostatic pressure on regular, reduced, low and no salt added Cheddar cheese. *International Dairy Journal*, vol. 33: 175-183.
- Özcan, T. ve Kurtuldu, O., 2011. Sütün raf ömrünün uzatılmasında alternatif yöntemler. *U. Ü. Ziraat Fakültesi Dergisi*, vol. 25: 119-129.
- Patel, H. A., Carroll, T. and Kelly, A. L., 2008. Nonthermal Preservation Technologies for Dairy Applications. In: R. C. Chandan, A. Kilara, N. P. Shah, Eds. *Dairy Processing & Quality Assurance*, Ames, IA: Wiley-Blackwell, pp. 465–482.
- Pereda, J., Jaramillo, D.P., Quevedo, J.M., Ferragut, V., Guamis, B., and Trujillo, A.J., 2008. Characterization of volatile compounds in ultra-high-pressure homogenized milk. *International Dairy Journal*, vol: 18: 826-834.

- Phan, V.A., Yven, C., Lawrence, G., Chabanet, C., Reparet, J.M. and Salles, C., 2008. In vivo sodium release related to salty perception during eating model cheeses of different textures. *International Dairy Journal*, vol. 18: 956-963.
- Ritvanen, T., Lampolahti, L., Tupasela, T., Isoniemi, M. and Appelbye, U., 2005. Sensory evaluation, chemical composition and consumer acceptance of full fat and reduced fat cheeses in the finish market. *Food Quality and Preference*, vol. 16: 479-492.
- Rodrigues, F.M., Rosenthal, A.2, Tiburski, J.H., Cruz, A.G., 2015. Alternatives to reduce sodium in processed foods and the potential of high pressure technology. *Food Science and Technology*. vol.36:1-7.
- Rusunen, M. and Puolanne, E., 2005. Reducing sodium intake from meat products. *Meat Science*, vol. 70: 531-554.
- Saldo, J., Sendra, E., and Guamis, B., 2000. High hydrostatic pressure for accelerating ripening of goat's milk cheese: Proteolysis and texture. *Journal of Food Science*, vol. 65: 636–40.
- Sihufe, G. A., Zorrilla, S. E., and Rubiolo, A. C., 2006. Secondary proteolysis of Fynbo cheese salted with NaCl/KCl brine and ripened at various temperatures. *Food Chemistry*, vol. 96: 297-303.
- Toelstede, S. and Hofmann T., 2008. Quantitative studies and taste re-engineering experiments toward the decoding of the nonvolatile sensometabolome of Gouda cheese. *Journal of Agriculture Food Chemistry*, vol. 56: 5299-5307.
- Trujillo, A.J., Capellas, M., Buffa, M., Royo, C., Gervilla, R., Felipe, X., Sendra, E., Saldo, J., Ferragut, V., and Guamis, B., 2000. Application of high pressure treatment for cheese production. *Food Research International*, vol. 33: 311-316.
- Voigt, D. D., Chevalier, F., Qian, M.C. and Kelly, A. L., 2010. Effect of high-pressure treatment on microbiology, proteolysis, lipolysis and levels of flavour compounds in mature blue-veined cheese. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*. vol. 11: 68–77.
- Wang, C.Y., Huang, H.W., Hsu, C.P. and Yang, B.B., 2016. Recent advances in food processing using high hydrostatic pressure technology. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, vol. 56: 527-540.