



## Peynirlerde Kalsiyum Laktat (Ca-Laktat) Kristalizasyonu

Pınar Aydınol, Tülay Özcan\*

*Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Gıda Mühendisliği Bölümü, Bursa*  
*\*e-posta: tulayozcan@uludag.edu.tr*

**Özet:** Sert ve yarı sert peynirlerin üretiminde önemli problemlerden birisi kalsiyum laktat kristalizasyonudur. Kalsiyum laktat kristalleri, kalsiyum ve laktat iyonlarının doygunluk seviyesini aşması sonucu, bu yapının kompleks hale gelmesiyle oluşmaktadır. Sütün bileşimi, peynir üretim yöntemi, starter olmayan laktik asit bakterileri, olgunlaştırma şartları ve paketleme kalsiyum laktat kristallerinin oluşumunda etkili faktörlerdir. Bunun sonucunda meydana gelen kristalizasyon üreticiler için önemli maddi zararlara neden olmaktadır. Peynirdeki laktik asit konsantrasyonunun azaltılması, vakumla paketleme ve depolama sıcaklığının kontrolü kalsiyum laktat kristalizasyonunu önlemektedir.

**Anahtar Kelimeler:** Peynir, Ca-laktat, Kristalizasyon

## Calcium Lactate (Ca-Lactate) Crystallization in Cheese

**Abstract:** Crystallization of calcium lactate is a serious problem in hard and semi-hard cheese production. Calcium lactate crystals are formed when calcium and lactate ions exceed the saturation degree resulting in a complex structure. Factors that are effective on calcium lactate crystallization are composition of milk, cheese production technique, non-starter lactic acid bacteria, ripening conditions and packaging. The observed crystallization is a challenge to manufacturers with regard to financial loss. Reduction of lactic acid concentration, application of vacuum packaging and control of storage temperature can prevent the crystallization of calcium lactate in cheese.

**Key Words:** Cheese, Ca-lactate, Crystallization

### Giriş

Sütün değerlendirilmesi bakımından önemli bir ürün olan peynir, yüzyıllardır tüm toplumların beslenmesinde oldukça fazla yeri olan bir besindir. Genel anlamda peynir, sütün peynir mayası ile ya da zararsız organik asitlerle 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 şeklinde tanımlanmaktadır (Fox, 1993; Fox ve ark., 2000; Walstra ve ark., 2006).

Dünyada üretilen 4000 dolayında peynir çeşidinin olduğu sanılmaktadır. Peynir çeşitliliğindeki büyük değişimde, lezzet ve yapıyı (tekstür) etkileyen üretim ve olgunlaştırma şartları önemli faktörlerden biri olarak ortaya çıkmaktadır. Dünyada farklı şekillerde üretilen sert ve yarı sert peynirlerde en büyük problemlerden birisi kalsiyum laktat kristalizasyonudur. Uzun yıllardan beri peynirlerde kalsiyum laktat kristallerinin oluşumu önemli sorunlar oluşturmaktadır (Olson, 1983; Dybing ve ark., 1988; Fox, 1993; Johnson, 2004; Rajbhandari ve Kindstedt, 2005a,b).

Kalsiyum laktat kristallerinin daha çok Cheddar peynirinde ortaya çıktığı ve Cheddar peyniri yüzeyindeki beyaz kristallerin 1930'lu yıllardan beri satışlar üzerinde olumsuz etkide bulunduğu ilk kayıtlarda belirtilmektedir. Tüketici peynir üzerindeki beyaz lekeleri bozulma olarak görmekte ve Cheddar peynirindeki bu kusurların tüketicilerin satın alma isteklerini yok ettiği ifade edilmektedir. Bu durum üreticinin maddi zarar görmesine ve itibar kaybetmesine sebep olmaktadır (McDowall ve McDowell, 1939).

Daha sonraki yıllarda pek çok araştırmacı Cheddar peynirinde kalsiyum laktat kristallerinin oluşumu üzerinde çalışmalarını sürdürürken, peynir endüstrisini finansal zarara uğratmasından dolayı, sert ve yarı sert peynirlerde kalsiyum laktat kristalizasyonu oluşumunu azaltma konusunda araştırmalar yapmıştır (Severn ve ark., 1986; Chou ve ark., 2003; Swearingen ve ark., 2004; Agarwal ve ark., 2005; Rajbhandari ve Kindstedt, 2005a,b).

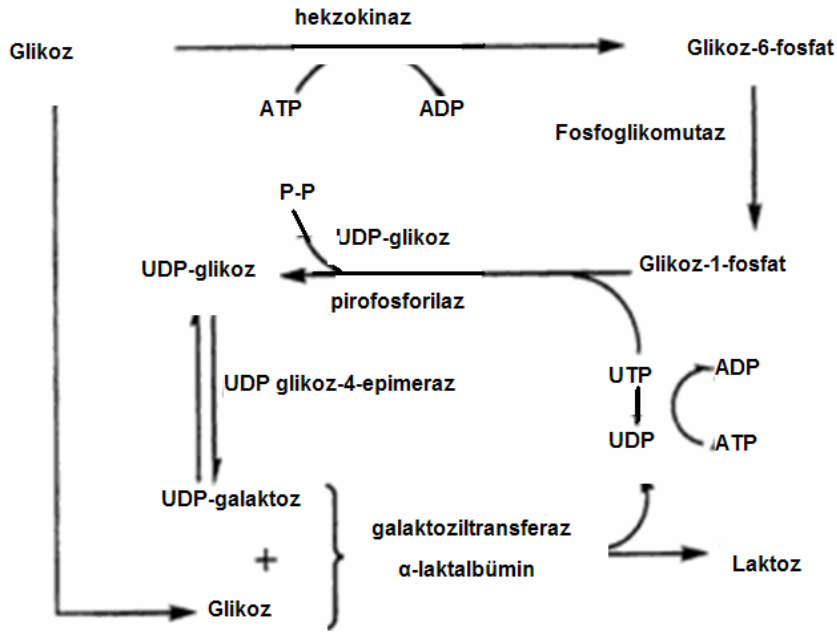
Cheddar peyniri sert bir peynir çeşididir. Laktoz kristalizasyonunun daha çok Cheddar peynirinde görülmesinin nedeninin içerdiği yüksek laktik asitten kaynaklandığı düşünülmektedir. Taze Cheddar pıhtısı yüksek miktarda laktoz içermektedir ve bu laktoz fermentasyon sonucu peynir kalitesini önemli ölçüde etkilemektedir. Pıhtıda kalan bu laktoz miktarı nem içeriğine, fermentasyon süresine ve pıhtının yıkanıp yıkanmamasına bağlı olarak değişmektedir (Severn ve ark., 1986; Fox ve ark., 2000; Johnson, 2004).

Peynirler değişik oranlarda laktik asit içermektedir. Örneğin; Kaşar peyniri %0.7, Parmesan %0.7, Emmental %0.4, Camembert'de %0.2 laktik asit bulunurken, Cheddar peyniri %1.3 kadar laktik asit içermektedir. Peynirin toplam asitliği %1.5'ten fazla olduğunda L(+) laktat kristalleri oluşmaktadır. Bu bakımdan peynirlerin laktik asit içerikleri kalsiyum laktat kristallerinin oluşumunu etkileyebilmektedir (Fox, 1993; Üçüncü, 2004).

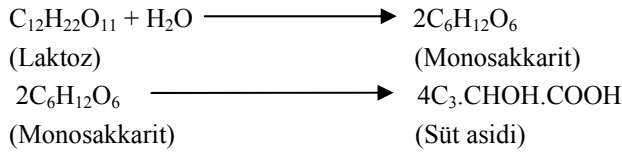
### **Kalsiyum Laktat Kristallerinin Oluşumu**

Laktoz, süt şekeri olarak da adlandırılan ve doğada yalnızca sütte bulunan bir karbonhidrattır. Laktoz, bir disakkarittir ve bir mol su ile kristalize haldedir. Kimyasal formülü  $C_{12}H_{22}O_{11} \cdot H_2O$  şeklindedir ve asitle ısıtıldığında glikoz ve galaktoza parçalanmaktadır (Holsinger, 1992; Kurdal ve ark., 2008). Laktoz sentezinin metabolik yolu Şekil 1 de verilmiştir.

Laktoz, olgunlaşmasını tamamlamış peynirde bulunmamakta ya da çok düşük konsantrasyonda bulunmaktadır. Bunun sebebi, sütteki laktozun yaklaşık %96'sının peynir üretim sürecinde peynir suyuna geçmesi, pıhtıda kalan bölümünün de olgunlaşma sırasında kısmen ya da tamamen laktat ya da laktik aside dönüşmesidir (Alais ve Linden, 1991; Fox ve ark., 2000). Laktik asit laktozun fermentasyonu sonucu oluşurken (Şekil 2), bu fermentasyon sonucunda laktozun farklı izomerleri olan L(+), D(-) ve DL laktik asit izomerleri ortaya çıkmaktadır (Şekil 3) (Oysun,1987; Fox ve McSweeney, 1998; Üçüncü, 2004).



Şekil 1. Laktoz sentezinin metabolik yolu (Fox, 2000)



Şekil 2. Laktozun fermentasyonu (Oysun, 1987)

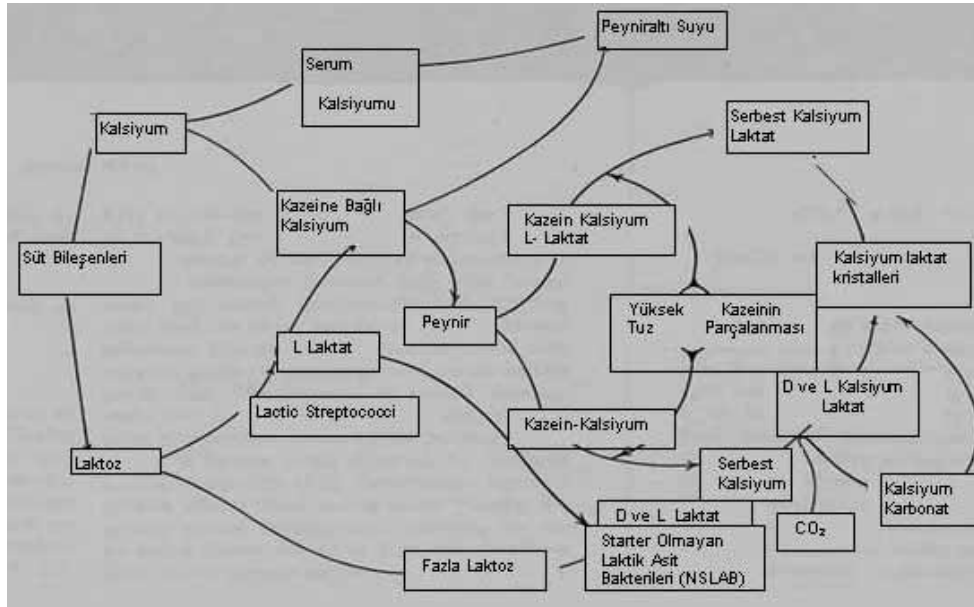


Şekil 3. Laktozun izomerleri (Oysun, 1987)

Laktik asit izomerlerinden L(+) laktik asit, polarize ışığı sağa, D(-) laktik asit ise polarize ışığı sola çevirmektedir. DL- laktik asidi ise optikçe inaktiftir. L(+) laktik asidi insan organizmasında daha hızlı ve kalıntı bırakmadan değerlendirilirken, D(-) laktik asidi

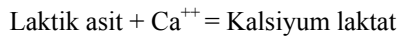
ise yavaş ve yetersiz metabolize olmaktadır (Holsinger, 1992; Fox ve ark., 2000; Üçüncü, 2004).

Kalsiyum laktat sütte kendiliğinden bulunan bir bileşen değildir. Peynire işlenecek sütteki kalsiyum ve laktoz fermentasyonundaki laktik asit ya da laktat kalsiyum laktat kristalinin ana bileşenleridir. Kalsiyum sütte, çözünebilir ya da çözünemez kalsiyum şeklinde iki formda bulunmaktadır. Çözünebilir kalsiyum, laktatla birleşerek kalsiyum laktat oluşturabilmektedir. Kalsiyum laktat doyma sınırını aşınca, kalsiyum laktat mikro kristallerini meydana getirmektedir. Mikro kristaller daha sonra gözle görülebilir makro kristallere dönüşmektedir (Şekil 4) Genellikle kalsiyum laktat penhidrat formunda bulunmaktadır  $[Ca(CH_3CHOHCOO)_2 \cdot 5H_2O]$ . Laktik asit suda çözünebilirken kalsiyum laktat çözünmemektedir (Dybing ve ark., 1988; Holsinger, 1992; Kubantseva ve ark., 2004).



Şekil 4. Cheddar peynirinde kalsiyum laktat kristalizasyonunun oluşumu (Dybing ve ark., 1988)

Kalsiyum laktat oluşumunun kimyasal reaksiyonu aşağıda verilmiştir:



### Kalsiyum Laktat Kristallerinin Oluşumunu Etkileyen Faktörler

Kalsiyum laktat kristalleri birçok faktöre bağlı olarak oluşmaktadır. Bunlar; süt bileşenleri (Pearce ve ark., 1973), peynir üretim yöntemi (Dybing ve ark., 1986), olgunlaştırma sıcaklığı (Pearce ve ark., 1973; Dybing ve ark., 1988; Johnson ve ark., 1990b; Chou ve ark., 2003), peynirin olgunlaşması sırasında gelişen starter olmayan laktik asit bakterileri (Khalid ve Marth, 1990; Somers ve ark., 2001; Chou ve ark., 2003), paketleme (Agarwal ve ark., 2005), peynir yüzeyinin pürüzlü olması, protein konsantrasyonu, pH, bakteriyel gelişme, sütün sitrat içeriği ve bakterilerce kullanılan sitrat

miktarı, depolama sıcaklığı ve L(+) laktatın DL laktat karışımı haline dönüşmesidir (Fox ve ark., 2000; Johnson, 2004) . Bunların en önemlilerine aşağıda değinilmektedir.

### **A) Peynir Üretim Yöntemi**

Peynir işlenecek sütün konsantre edilerek kuru maddesinin artırılması peynir endüstrisinde yaygın olarak kullanılmakta ve taze, yumuşak, yarı-sert ve sert peynirler üretilmektedir. Peynir üretiminde en çok kullanılan teknikler, ultrafiltrasyon (UF), vakumla koyulaştırma, ters ozmoz (hiperfiltrasyon) ve mikrofiltrasyondur (Trägårdh, 1991; Mulder, 1996; Zeman ve Zydney, 1996; Brans ve ark. 2004).

Bu konsantre teknikleri peynirlerde belirgin farklılıklar meydana getirirken peynir kalitesini de etkilemektedir. Bunlar içerisinde, vakumla koyulaştırma ve UF daha çok kullanılan tekniklerdir. UF, protein ve yağ konsantre ederken; vakumla koyulaştırma ise sadece suyu uzaklaştırarak kuru maddeyi konsantre etmektedir. UF yöntemi sıvılardaki bazı maddelerin basınç ile özel bir membrandan geçirilerek ayrılması tekniğidir. UF'da kullanılan membranlardaki gözenek çapı 10-20 Å olup, uygulanan basınç da 10-100 psi arasındadır. Sütün ultrafiltrasyonu sonucunda su, laktoz ve mineral maddelerin büyük kısmı membrandan geçerek permeatı oluştururken yağ ve protein ise konsantratta (retentat) kalmaktadır (Zeman ve Zydney, 1996; Cheryan, 1997; Acharya ve Mistry, 2004).

UF uygulaması peynir randımanını arttırmakta, kullanılan membran ve sütün bileşimine bağlı olarak toplam kuru madde, kazein/yağ oranı, yağ, laktoz/kalsiyum fosfat içeriğini standardize etmektedir. Sütün UF ile konsantre edilmesi laktoz miktarını azaltırken, toplam kuru madde ve protein miktarını arttırmaktadır (Ernstrom ve ark. 1980; Strathmann, 1981; Lawrence, 1993; Hinrichs, 2001; Kessler, 2002; Atkinson, 2003).

Sütteki laktozun yaklaşık %96'sı laktoz ya da laktat olarak peyniraltı suyuyla uzaklaştırılırken, süzülen ve presleme sırasında pH'sı 5.4'e ulaşan taze Cheddar pıhtısı ise %0.8-1.0 laktoz içermektedir (Fox ve ark., 2000).

Peynir pıhtısındaki laktoz miktarının peynirdeki son pH'yı etkilediği düşünülmektedir. Peynirin bu pH değeri, peynirin tekstürünü, enzim aktivasyonunu ve starter olmayan mikroorganizmaların gelişimini etkilemektedir. Peynir pıhtısındaki laktoz konsantrasyonu ve laktik asit oluşumu peynir üretim yöntemine göre değişmektedir. Hollanda tipi peynir üretiminde peyniraltı suyunun bir bölümü yıkama sırasında suyla uzaklaştırıldığından syneresis (peyniraltı suyunun uzaklaştırılması) azalmakta ve bunun sonucunda pıhtıdan fazla su ayrılmadığı için laktoz oranı fazla olmaktadır. Yoğurmada pH'sı 6.2- 6.3 olan Gouda peynirinin pıhtısında %3 oranında laktoz kalmaktadır. Pıhtısı yüksek sıcaklıklarda (52-55°C) pişirilen Emmental peynirinde peynir teknesinde syneresis daha fazla gerçekleştiğinden, peynir altı suyu ile kalıplara aktarılan pıhtının yoğurma ve şekil verme sırasında (pH'sı 6.4) laktoz oranı ise %2 olmaktadır Diğer çeşitlerle karşılaştırıldığında Cheddar peynirinde kalan fazla laktozun fermentasyonu, pıhtıdaki tuz/nem oranına bağlı olarak oldukça yavaş olmaktadır. Düşük tuz/nem konsantrasyonlarında ve starter olmayan laktik asit bakterilerinin sayıları düşük olduğunda, pıhtıda kalan laktoz çoğunlukla bu bakteriler tarafından L(+) laktata dönüştürülmektedir. Depolama sıcaklığı ve starter olmayan laktik asit bakterileri sayısı yüksek olduğunda, kalan laktozun bir kısmı fermentasyonla D(-) laktata, bir kısmı ise L(+)-laktattan D-laktat izomerine dönüşmektedir. Tuz/nem oranı yüksek olduğunda (~%6) ve starter olmayan laktik asit bakterileri sayısı düşük olduğunda laktozun konsantrasyonunun azalması yavaş olmakta ve laktattaki

değişimler de yavaş meydana gelmektedir. Cheddar peynirinin kalitesi pıhtıda kalan laktozun fermentasyonundan etkilenmektedir. Tuz/nem oranı yüksek olduğunda starter aktivitesi azalmaktadır. Bu da kalan laktozun fazla olduğunun ve pH'nın yüksek olduğunun göstergesidir (Fox ve ark., 2000).

Karakteristik Emmental peyniri pıhtısı yaklaşık %1.7 laktoz içermektedir. Pişirme sırasındaki yüksek sıcaklıklardan (52-55°C) dolayı *Streptococcus thermophilus* ve *Lactobacillus* spp. bu pıhtıda gelişmemektedir. Kalıplara sıcak olarak aktarılan pıhtı burada soğuduktan sonra *Streptococcus thermophilus* gelişmeye başlamakta ve laktoz metabolize olmaktadır. Hollanda tipi peynirler yoğurma ve presleme sırasında %3 gibi yüksek laktoz içermesine rağmen bu laktoz 12 saat içinde büyük oranda azalmaktadır. Peynir pıhtısındaki laktoz oranı çok yüksekse D(-) kalsiyum laktat miktarı çözünürlük seviyesini aşarak peynir yüzeyinde kristalleri meydana getirmektedir (Fox ve ark., 2000).

Kalsiyum miktarı UF sütle yapılmış peynirin olgunlaşması sırasında azalırken vakumla koyulaştırılmış sütte yapılan peynirde artmaktadır. Bu nedenle kalsiyum laktat kristalleri vakumla koyulaştırılan sütte yapılan peynirde daha fazla görülmektedir. Laktozun tamamını fermente edecek kadar starter kültür kullanılırsa kalsiyum laktat kristali oluşumu azalmaktadır. Laktozun azaltılması peynir pıhtısının yıkanması ya da sütün UF edilmesiyle yapılabilmektedir. pH'nın düşmesi peyniraltı suyunun uzaklaşmasını ve böylece laktozun azalmasını sağlamaktadır. Ayrıca pH'nın düşmesi kalsiyum miktarını ve kalsiyum laktat oluşumunu azaltmaktadır (Fox ve ark., 2000; Johnson, 2004).

## **B) Starter Olmayan Laktik Asit Bakterileri**

Peynir üretiminin herhangi bir noktasında ve paketleme öncesinde starter olmayan laktik asit bakterileri ürünün içerisine dahil olabilmektedir (Khalid ve Marth, 1990; Fox ve ark., 2000; Somers ve ark., 2001).

Cheddar peynirindeki starter olmayan laktik asit bakterileri, homofermentatif (*Lactobacillus plantarum*, *Lactobacillus casei*, *Lactobacillus curvatus*, *Pediococcus* spp.) ya da heterofermentatif (*Lactobacillus brevis*, *Lactobacillus fermentum*) olabilmektedir (Turner ve Thomas, 1980; Thomas ve Crow, 1983; Khalid ve Marth, 1990; Yim ve ark., 2000; Somers ve ark., 2001). Ayrıca starter kültürlerine ait bakteriler de peynir mikroflorasının çoğunluğunu oluşturmaktadır. Olgunlaşma sürecinin büyük bölümünde starter olmayan laktik asit bakterileri peynirde gelişme gösterebilmektedir. Bunlar tarafından üretilen hidrolitik enzimler, olgunlaşma sırasında proteoliz ve lipolizi hızlandırmakta, bu da peynir kalitesini etkilemektedir (Khalid ve Marth, 1990; Williams ve ark., 2000; Shakeel-Ur-Rehman ve ark., 2003).

Bazı starter olmayan laktik asit bakterileri (örn., *Lactobacillus plantarum*, *Pediococcus acidilactici*, *Lactobacillus curvatus*) genellikle kalsiyum laktat kristalizasyonunun sebebi olarak görülmektedir. Bu durum pürivatın laktat dehidrogenaz enzimi varlığında D(-) ve L(+) laktata dönüşmesi ve DL kompleksi oluşturması ile ortaya çıkmaktadır. Bazı *Lactobacillus* spp. ve *Pediococcus* spp. metabolizmaları sonucu L(+) laktik asidi D(-) laktik aside dönüştürmektedir (Rasemizasyon) (Yim ve ark., 2000). Chou ve ark. (2003) yüksek miktarda *Lactobacillus curvatus* varlığında peynirin 13°C'de olgunlaştırılıp 4°C'de dinlendirilmesinin kristal oluşumunu artırdığını belirtmektedirler.

### **C) Olgunlaştırma Sıcaklığı ve Paketleme**

Peynirler düşük sıcaklıkta olgunlaştırıldığında kristal oluşum hızı artmaktadır. Bunun sebebi düşük sıcaklıkta kalsiyum laktatın çözünürlüğünün az olmasıdır (Pearce ve ark., 1973; Dybing ve ark., 1988; Johnson ve ark., 1990b; Chou ve ark., 2003).

Cheddar peynirlerinde büyük miktarda yapılan üretimlerde kalsiyum laktat kristallerinin oluşumunda paketlemenin büyük etkisinin olduğu belirtilmektedir. Bu peynirlerde iki çeşit paketleme yapılmaktadır. Bunlardan birisi vakumla, diğeri ise gaz püskürtmeli paketlemedir. Gaz püskürtme, dilimlenmiş ve küp peynirlerin paketlenmesinde peynirde topaklanmayı önlemek için uygulanmaktadır. Gaz olarak genellikle azot veya karbondioksit ya da ikisinin karışımı kullanılmaktadır. Johnson ve ark., (1990a) karbondioksit püskürtülerek paketlenen peynirlerde vakumla paketlenenlere göre daha hızlı ve daha fazla kristal oluştuğunu saptamışlardır.

Vakumlu paketlemede kalsiyum laktat kristalleri paketleme düzgün yapılmadığında da görülmektedir. Çünkü peynir serumu olgunlaşma sırasında yüzeye doğru çıkmakta ve preslemeden sonra kalan kalsiyum laktozun parçalanmasıyla oluşan laktat ile kalsiyum laktat kristallerini oluşturabilmektedir (Johnson ve ark., 1990a).

### **D) Depolama Sıcaklığı**

Peynirler 4-7°C'de olgunlaştırıldığında yüzeyde serum serbest hale geçmemekte ve kristal oluşmamaktadır. Depolama sıcaklığı 10-18°C'ye yükselirse peynir yüzeyinde nem ve kristaller gözlenmekte ve paketlerde peyniraltı suyu dahi bulunabilmektedir.

Düşük sıcaklıkta kalsiyum laktatın çözünürlüğü azalmaktadır. Bu nedenle peynir düşük sıcaklıkta depolandığında yüksek sıcaklıkta depolanmasından daha hızlı kalsiyum laktat kristalleri oluşmaktadır (Johnson, 2004).

### **Kristallerin Kimyasal Yapısının İncelenmesi**

Dybing ve ark. (1986), kristal gelişimini hesaplamak için çok basit, görsel bir yöntem geliştirmiş ve bunu renklendirilmiş Cheddar peynirinin yüzeyinde uygulamıştır. Bu yaklaşım ile araştırmacıların peynirin olgunlaşması sırasında meydana gelen kristalleri incelemeleri mümkün hale gelmiştir. Benzer bir yaklaşım Johnson ve ark. (1990b) tarafından yapılmış ve bu çalışmada 10 dereceli skala Cheddar peynirinin olgunlaşmasında meydana gelen kristal oluşumunun büyüklüğünün tahminlenmesinde kullanılmıştır. Ancak bu sonuçların netleştirilememesinden dolayı daha gelişmiş yöntemler araştırılmıştır. Bunun üzerine peynirde oluşan kalsiyum laktat kristalleri elektron mikroskobu ile kantitatif olarak ölçülebilmektedir (Kalab, 1980).

Brooker ve ark. (1975) kristallerin kimyasal bileşenlerini incelemiş ve iki gruba ayırmıştır. Bunlardan birisi iğne ucu büyüklüğünde düzensiz büyük şekilli kümecikler, diğeri ise küçük kristal kümeleri şeklinde görülmektedir. Luxol Fast Blue ile boyandığında, iğne ucu şeklindeki kümeler kalsiyum laktat, diğeri kalsiyum fosfat içeren kristaller olarak değerlendirilmektedir. Aynı araştırmacı tarafından kalsiyum laktat ve kalsiyum fosfat mekanizması incelenmiş ve laktik asit bakterilerinin peynir üzerinde kristaller oluşturduğu gözlenmiştir. Sonuç olarak elektron mikroskobu ile yapılan inceleme bazı laktik asit bakterilerinin Cheddar peynirinde kristal çekirdeklerini oluşturduğu ifade edilmiştir.

## Kalsiyum Laktat Kristal Oluşumunu Önleme Çareleri

Kalsiyum laktat kristallerinin oluşumunun önlenmesi peynirin kalitesi açısından önemlidir. Bu önleyici tedbirler şunlardır (Olson, 1983; Dybing ve ark., 1988; Johnson ve ark., 1990a,b):

- Temizlik ve sanitasyon kurallarının yeterince uygulanması ile birlikte peynir sütünün kontamine olmasının önlenmesi,
- Peynirin üretimi sırasında istenmeyen *Lactobacillus* ve *Pediococcus* türlerinin sayısını azaltmak ya da yok etmek,
- Depolama sıcaklığını kontrol etmek,
- Kristal formu oluşturan peynir yüzeyindeki hava ortamını yok etmek için vakumla paketlenme yapmaktır.

## Sonuç

Kalsiyum laktat kristalizasyonu sağlık açısından sorun oluşturmaya da tüketicinin satın alma isteğini azaltmaktadır. Tüketici peynirde oluşan kristali küf ya da bozulma olarak düşündüğünden peyniri satın almamakta ya da iade etmektedir. Bu problem üreticiyi büyük zarara uğratmaktadır. Peynirdeki laktik asit konsantrasyonunun azaltılması, vakumla paketlenme, depolama sıcaklığının kontrol edilmesi önleme çarelerindedir.

Kalsiyum laktat kristallerinin oluşumunu önlemek için peynir serumundaki laktik asit miktarını %3.5'in altında tutmak gerekmektedir. Peynirdeki laktik asidin azaltılması pıhtının düşük pH'da yıkanması ile olabilmektedir. D(-) ve L(+) kalsiyum laktat kristallerini önlemek için *Lactobacillus* spp. sayısının 100.000/g'dan az olması rasemizasyonu yavaşlatmak için önemlidir.

## Kaynaklar

- Acharya, M.R. and V.V. Mistry. 2004. Comparison of Effect of Vacuum-Condensed and Ultrafiltered Milk on Cheddar Cheese. *Journal of Dairy Science*. Vol. 87 (12): 4004-4012.
- Agarwal, S., M. Costello and S. Clark. 2005. Gas-Flushed Packaging Contributes to Calcium Lactate Crystals in Cheddar Cheese. *Journal of Dairy Science*. Vol. 88 (11): 3773-3783.
- Alais, C. and G. Linden, 1991. *Food Biochemistry*. Ellis Horwood, London, 222 pp.
- Atkinson, S. 2003. Membrane Filtration Aids Cheese making Process. *Membrane Technology*. Vol. 12: 9.
- Brans, G., C.G.P.H. Schroën, R.G.M. Van der Sman and R.M. Boom. 2004. Membrane Fractionation of Milk: State of the Art and Challenges. *Journal of Membrane Science*. Vol. 243: 263-272.
- Brooker, B. E., D. G. Hobbs, and A. Turvey. 1975. Observations on the Microscopic Crystalline Inclusions in Cheddar Cheese. *Journal of Dairy Research*. Vol. 42: 341-348.
- Cheryan, M. 1997. *Ultrafiltration and Microfiltration Handbook*. Technomic Publishing Company, 527 pp.



- Chou, Y.E., C.G. Edwards, L.O. Luedecke, M. P. Bates and S. Clark. 2003. Nonstarter Lactic Acid Bacteria and Aging Temperature Affect Calcium Lactate Crystallization in Cheddar Cheese. *Journal of Dairy Science*. Vol. 86 (8):2516-2524.
- Dybing, S.T., S.A. Brudvig, J.A. Wiegand, and E.A. Huang. 1986. A Simple Method for Estimating the Extent of Surface Crystal Development on Colored Cheddar Cheese. *Journal of Food Protection*. Vol. 49 (6):421-422.
- Dybing, S.T., J.A. Wiegand, S.A. Brudvig, E.A. Huang and R.C. Chandan. 1988. Effect of Processing Variables on the Formation of Calcium Lactate Crystals on Cheddar Cheese. *Journal of Dairy Science*. Vol. 71 (7):1701-1710.
- Ernstrom, C.A. 1980. Cheese Base for Processing. A High Yield Product from Whole Milk by Ultrafiltration. *Journal of Dairy Science*. Vol. 63 (2):228-234.
- Fox, P.F. 1993. *Cheese: Chemistry, Physics and Microbiology*, Vol. 1 General Aspects, 2nd Ed., 601 pp.
- Fox, P.F. and P.L.H. McSweeney, 1998. *Dairy Chemistry and Biochemistry*. Blackie Academic and Professional, London, 478 pp.
- Fox, P.F., P.L.H. Mcsweeney, T.M. Cogan and T.P. Guinee, 2000. *Fundamentals of Cheese Science*. Aspen Publishers, Gaithersburg, 587 pp.
- Hinrichs, J. 2001. Incorporation of Whey Proteins in Cheese. *International Dairy Journal*. Vol. 11:495-503.
- Holsinger, V.H. 1992. Physical and Chemical Properties of Lactose. p. 1-31. 2nd edition (ed. P.F. Fox). *Advanced Dairy Chemistry*. Vol. 3, Lactose, water, salts and vitamins, Chapman ve Hall, London.
- Johnson, M. E., B. A. Riesterer, C. Chen, B. Tricomi and N. F. Olson. 1990a. Effect of Packaging and Storage Conditions on Calcium Lactate Crystallization on the Surface of Cheddar Cheese. *Journal of Dairy Science*. Vol. 73 (11):3033–3041.
- Johnson, M.E., B.A. Riesterer and N.F. Olson. 1990b. Influence of Nonstarter Bacteria on Calcium Lactate Crystallization on the Surface of Cheddar Cheese. *Journal of Dairy Science*. Vol. 73 (5):1145-1149.
- Johnson, M. 2004. Revisiting Calcium Lactate Crystals in Cheese. *Dairy Pipeline*. Vol. 16 (1):1-11.
- Kalab, M. 1980. Decayed Lactic Bacteria - A Possible Source of Crystallization Nuclei in Cheese. *Journal of Dairy Science*. Vol. 63 (2 ):301-304.
- Kessler, H.G. 2002. *Food and Bioprocess Engineering: Dairy Technology*. p. 56-96. 5th ed., Verlag A. Kessler, Ed., München.
- Khalid, N.M. and H.E. Marth. 1990. Lactobacilli - Their Enzymes and Role in Ripening and Spoilage of Cheese: A Review. *Journal of Dairy Science*. Vol. 73 (10): 2669-2684.
- Kubantseva, N., R.W. Hartel and P.A. Swearingen. 2004. Factors Affecting Solubility of Calcium Lactate in Aqueous Solutions. *Journal of Dairy Science*. Vol. 87 (4):863-867.
- Kurdal, E., T. Özcan ve L. Yılmaz. 2008. *Süt Teknolojisi*. Uludağ Üniversitesi Ziraat Fak. Yayınları: 99, Ders Notu: 240, Bursa.
- Lawrence, R.C. 1993. Incorporation of Whey Proteins in Cheese. p. 79-87. In *Factors Affecting the Yield of Cheese*. S. I. No. 9301, Brussels: IDF.

- McDowall, F.H. and A.K.R. McDowell. 1939. The White Particles in Mature Cheddar Cheese. *Journal of Dairy Research*. Vol. 10:118–119.
- Mulder, M. 1996. *Basic Principles of Membrane Technology*. Enschede, The Netherlands, 564 p.
- Olson, N. F. 1983. Minimizing Salt Crystal Formation. *Dairy Field*. 16654.
- Oysun, G. 1987. Süt Kimyası ve Biyokimyası. *Ondokuz Mayıs Üniv. Yayınları*: 18, Ders Kitabı: 194, Samsun.
- Pearce, K.N., L.K. Creamer and J. Gilles. 1973. Calcium Lactate Deposits on Rindless Cheddar Cheese. *N.Z. Journal of Dairy Science Technology*. Vol. 8:3–7.
- Rajbhandari, P. and P.S. Kindstedt. 2005a. Compositional Factors Associated with Calcium Lactate Crystallization in Smoked Cheddar Cheese. *Journal of Dairy Science*. Vol. 88 (11): 3737-3744.
- Rajbhandari, P. and P.S. Kindstedt. 2005b. Development and Application of Image Analysis to Quantify Calcium Lactate Crystals on the Surface of Smoked Cheddar Cheese. *Journal of Dairy Science*. Vol. 88 (12):4157-4164.
- Severn, D. J., M. E. Johnson. and N. F. Olson. 1986. Determination of Lactic Acid in Cheddar Cheese and Calcium Lactate Crystals. *Journal of Dairy Science*. Vol. 69:2027.
- Shakeel- Ur-Rehman, N.Y. Farkye, T. Considine, A. Schaffner and M.A. Drake. 2003. Effects of Standardization of Whole Milk with Dry Milk Protein Concentrate on the Yield and Ripening of Reduced-Fat Cheddar Cheese. *Journal of Dairy Science*. Vol. 86 (5):1608-1615.
- Somers, E.B., M.E. Johnson and A.C.L. Wong. 2001. Biofilm Formation and Contamination of Cheese by Nonstarter Lactic Acid Bacteria in the Dairy Environment. *Journal of Dairy Science*. Vol. 84 (9):1926-1936.
- Strathmann, H. 1981. Membrane Separation Process. *Journal of Membrane Science*. Vol. 9 (1-2):121-189.
- Swearingen, P.A., D.E. Adams and T.L. Lensmire. 2004. Factors Affecting Calcium Lactate and Liquid Expulsion Defects in Cheddar Cheese. *Journal Dairy Science* Vol. 87:574-582.
- Trägårdh, G. 1991. Membrane Applications in the Food Industry. *Polymer Journal*. Vol. 23: 521-529.
- Thomas, T.D. and Crow, V.L. 1983. Mechanism of D(-) Lactic Acid Formation in Cheddar Cheese. *Journal of Dairy Science*. Vol. 18:131-141.
- Turner, K. W. and T. D. Thomas. 1980. Lactose Fermentation in Cheddar Cheese and the Effect of Salt. *Journal of Dairy Science Technology*. Vol. 15:265-276.
- Üçüncü, M. 2004. A'dan Z'ye Peynir Teknolojisi 1. Meta Basım. 542, İzmir.
- Walstra, P., J.T.M. Wouters and T.J. Geurts, 2006. *Dairy Science and Technology*, 2nd Ed., 782 pp.
- Williams, A.G., S.E. Withers and J.M. Banks. 2000. Energy Sources of Non Starter Lactic Acid Bacteria Isolated from Cheddar Cheese. *International Dairy Journal*. Vol. 10:17-23.
- Yim, B., N.Y. Farkye, Shakeel-Ur-Rehman and E.R. Vedamuthu. 2000. An Examination of the Bacterial Population and Their Lactate Dehydrogenase Activities in Cheddar Cheese

with Calcium Lactate Crystal Defect. Abs. Dairy Products Technology Center. California. USA.

Zeman, L.J. and A.L. Zydney, 1996. Microfiltration and Ultrafiltration: Principles and Applications. 618 pp.