

# SÜT ENDÜSTRİSİNDE LAKTONLARDAN YARARLANMA OLANAKLARI

## THE USE OF LACTONES IN DAIRY INDUSTRY

Tümer URAZ, Metin YILDIRIM

Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Süt Teknolojisi Bölümü- ANKARA

**ÖZET:** Süt ürünlerinin aroma bileşenleri arasında yer alan laktonların, peynir, yoğurt gibi mamullerin üretiminde asitlendirici olarak kullanımı hızla yaygınlaşmaktadır.

Süt ürünlerinin üretiminde asitlendirici olarak lakton kullanımı, zaman, iş ve ekipman tasarrufu sağlamakta, asitlik gelişimini daha kolay kontrol edilebilir hale getirmekte ve üretimin otomasyonunu kolaylaştırmaktadır.

Bu derlemede, laktonların kimyasal niteliklerine, süt yağındaki önemine, peynir ve yoğurt üretimindeki yerine ve koruyucu amaçla kullanımına değinilmiştir.

**SUMMARY:** The use of lactones, which exist among aroma components in milk products, has rapidly increased as an acidification agent in some of the milk products such as cheese, yoghurt, etc.

The use of those compounds provides saving from time, labour and equipment, gives the opportunity to control acidity development easily, and makes the process automation easier.

In this paper, the chemical properties of lactones, the importance in milk fat, the place in cheese and yoghurt-making and the usage of them for the preservative purpose are reviewed.

### GİRİŞ

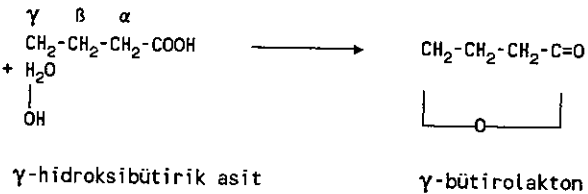
Bazı süt ürünlerinin aroma bileşenleri arasında yer alan laktonlar, kendilerine özgü tat ve kokuya sahiptirler.

Taze süt yağının doğal bileşiminde düşük konsantrasyonlarda bulunan laktonların miktarı, özellikle uygulanan ısıl işlemin şiddetine bağlı olarak artmaktadır. Bu nedenle, üretimleri sırasında ısıtma işlemi uygulanan tereyağı, peynir vb. süt ürünlerinde aroma maddesi olarak yer almaktadırlar. Son yıllarda peynir ve yoğurt gibi ürünlerin üretim süresini kısaltmak, starter kültüründen kaynaklanan aksaklıkları ortadan kaldırmak, çeşitli peynirlerin olgunlaşmasında etkili olan faktörlerin aseptik şartlarda araştırılmasını sağlamak, pıhtı oluşum mekanizmasını açıklığa kavuşturmak vb. amaçlara dayalı olarak laktonlar geniş kullanım alanı bulmaktadırlar. Ayrıca çiğ sütün dayanma süresini uzatmak için koruyucu madde biçiminde de laktonlardan yararlanılabilmektedir.

### LAKTONLARIN KİMYASAL NİTELİKLERİ

Hidroksi karboksilik asitlerin (yapılarında karboksil grubundan başka, hidroksil grubunu da içeren asitlerdir, örneğin laktik asit, malik asit, tartarik asit...) iç esterler oluşturması sonucunda açığa çıkan halkalı bileşiklere lakton denilmektedir. İç ester oluşumu, bazı hidroksi karboksilik asitlerde kendiliğinden, diğerlerinde ise ısıl işlem sonucunda gerçekleşmektedir (GORTNER, 1947; KIRK ve OTHMER, 1952; BAKER, 1971; OSKAY, 1975; AKPOYRAZ, 1981). Örneğin  $\gamma$ -hidroksi karboksilik asitlerin, kendi kendilerine hızlı bir iç esterleşmeye uğramaları nedeniyle açık zincirli halleri nadiren gözlemlenmektedir. Diğer yandan  $\delta$ -hidroksi karboksilik asitlerde kendiliğinden bir iç esterleşme söz konusu olmadığı için, çoğunlukla bunların açık zincirli halleri görülmektedir. Aşağıda bir  $\gamma$ -hidroksi karboksilik asit olan  $\gamma$ -hidroksibütirik asitin iç esterleşmeye uğrayarak  $\gamma$ -bütirolakton'a dönüşmesi gösterilmektedir.

Laktonlar, yapılarında çok sayıda hidroksil grubu bulunan karbonhidratların hidrolizi sonucunda da oluşmaktadır. Örneğin glikoz, glikoz oksidaz (glucose oxidase) enzimi yardımıyla, süt ürünlerinin doğrudan asitlendirilmesinde yaygın olarak kullanılan ve önemli bir gıda asitlendiricisi olan glikono- $\delta$ -laktone dönüşürülebilmektedir (FOX, 1985).



Doğada  $\alpha$ -laktonlar bulunmamaktadır; buna karşılık çok düşük stabiliteye sahip olan  $\beta$ -laktonlara az da olsa rastlanmaktadır. En çok karşılaşılanlar ise  $\gamma$ - ve  $\delta$ -laktonlardır. Bunun yanı sıra, geniş halkalı laktonların da doğada bulunduğu belirlenmiştir. Yukarıda değinildiği üzere  $\alpha$ -laktonlar doğada görülmesine karşın  $\alpha$ -hidroksi asitlerin ısıtılmasıyla, aynı zamanda dilakton veya laktit (lactid) olarak da adlandırılan  $\alpha$ -laktonlar elde edilebilmektedir (KIRK ve OTHMER, 1952).

Laktonlar, sodyum hidrokisit çözeltisinde, halka yapısının açılmasıyla karşılıkları olan hidroksi asitlerin tuzlarını oluşturarak çözünürler. Lakton ilave edilmiş süt ve ürünlerinde ne kadar laktonun hidrolizasyona uğradığını belirlemek için söz konusu ürünlerin asitliği kontrol edilebilir. Ancak sodyum hidrokisit kullanılarak yapılan titrasyon asitliği yanıltıcı sonuç vermektedir. Çünkü titrasyon bitiş noktasına ulaşıldığında, sodyum hidrokisit çözücü etkisi nedeniyle ilave edilen laktonun tamamı hidrolizasyona uğramaktadır. Bu nedenle asitlik analiziyle, gerçekleşen hidrolizasyon düzeyi değil, katılan bütün laktonun hidrolizasyonu belirlenmiş olmaktadır. Anlatılan bu özellikten dolayı, lakton ilave edilmiş süt ve ürünlerindeki asitlik gelişimi pH metre ile izlenmelidir.

Laktonlar, çoğunlukla kaynaklandıkları hidroksi karboksilik asitlere göre adlandırılırlar. Örneğin bir hidroksi karboksilik yağ asidi olan  $\gamma$ -hidroksibütirik asit, laktona dönüştüğünde,  $\gamma$ -bütirolakton adını almaktadır. Ayrıca hidrokarbon zincirindeki karbon atomu sayısına göre de adlandırma yapılmaktadır. Örneğin karbon sayısı 8 olan bir  $\delta$ -lakton, " $\delta$ -oktalakton ( $\delta$ -C<sub>8</sub>)" ya da karbon sayısı 10 olan bir  $\gamma$ -lakton, " $\gamma$ -dekalakton ( $\gamma$ -C<sub>10</sub>)" olarak adlandırılmaktadır.

## SÜT ve ÜRÜNLERİNDE LAKTONLAR

### *Süt Yağı ve Tereyağında Laktonlar*

Laktonlar, taze süt yağında iz halinde bulunmalarına karşın, tat ve aromada önemli etkiye sahiptirler (BREWINGTON ve ark., 1973; LANGSRUD ve REINBOLD, 1973; WALSTRA ve JENNESS, 1984). Ancak ısıtma ya da uzun süreli depolama sonucunda yağlı sütte ve süt yağında oluşan yüksek konsantrasyonlar, karakteristik olmayan bir aromaya neden olmaktadır (WALSTRA ve JENNESS, 1984). Yağsız sütte ise laktonlara rastlanmamıştır. Bu da laktonların lipit kaynaklı olduğunu ortaya koymaktadır (ERIKSEN, 1976). Koyulaştırılmış süt, UHT süt ve homojenize edilmiş pastörize sütte de laktonların bulunduğu gözlenmiştir (WEBB ve JOHNSON, 1965).

Laktonlar, taze süt yağında iz halinde bulunmakla birlikte, depolama ya da ısıtma işlemi uygulaması sonucunda bir artış göstermektedirler. Bu da, süt yağının bileşiminde laktona dönüşebilen maddelerin bulunduğunu ortaya koymaktadır. Başka bir ifadeyle belirtmek gerekirse, süt yağında yer alan hidroksi yağ asitleri (yapılarında hidroksil grubu bulunduran yağ asitleridir, örneğin  $\gamma$ -hidroksibütirik asit, HO-CH<sub>2</sub>-CH<sub>2</sub>-CH<sub>2</sub>-COOH) lakton oluşumuna kaynaklık etmektedir. Bunun yanı sıra, bazı mikroorganizmalar tarafından, keto asitlerin (yapılarında R-C=O-R grubu bulunduran asitlerdir. Örneğin  $\alpha$ -ketopropiyonik asit veya diğer adıyla pirüvik asit, CH<sub>3</sub>-C=O-COOH), kendilerinin karşılığı olan laktonlara dönüştürüldüğü de belirtilmektedir (LANGSRUD ve REINBOLD, 1973).

Süt yağındaki laktonlar, hidroksi yağ asitlerini içeren trigliseritlerden ileri gelmektedir (NAKAMURA ve ark., 1990). Özellikle 4- ve 5-hidroksi yağ asitlerini içeren trigliseritlerin hidrolizasyonu sonucunda açığa çıkan bu asitler kendiliğinden laktonları oluştururlar (GUNSTONE, 1970; FOX, 1983; WALSTRA ve JENNESS, 1984). Ayrıca,  $\gamma$ -ışınlanması gibi hidrolizasyona neden olan bazı etmenlerin de lakton oluşumunda etkili bulunduğu ifade edilmektedir (GUNSTONE, 1970).

Süt yağının lakton içeriği üzerine etkisi olan başlıca faktörler değişik araştırmacılar tarafından aşağıdaki gibi saptanmıştır.

1. Tür: Manda sütü yağının, inek sütüne oranla daha fazla lakton potansiyeline sahip olduğu görülmüştür (WADHWA ve JAIN, 1986).
2. Mevsim: Süt yağının, kış aylarında, yaz aylarına oranla daha düşük düzeyde lakton içerdiği belirlenmiştir (DIMICK ve ark., 1968).
3. Isıtma: Sütün ısıtılması sırasında, uygulanan ısıtma işleminin şiddeti ve lakton konsantrasyonu

arasında doğrusal bir ilişkinin bulunduğu gözlenmiştir (ERIKSEN, 1976).

4. Depolama süresi: Süt yağında serbest lakton içeriğinin depolama boyunca arttığı saptanmıştır (STARK ve URBACH, 1977).

5. Diğerleri: Besleme, laktasyon dönemi, hayvanın ırkı ve bireysel metabolizması gibi etmenler (ERIKSEN, 1976). Örneğin polidoymamış (polyunsaturated) yağ asitleri içeren yemle beslenmiş keçilerin sütleri, doymuş lakton içeriği bakımından daha düşük bir düzey göstermiştir.

Tereyağında, karakteristik aromanın oluşmasında önemli rol oynayan laktonların 24 ile 110 ppm arasında değişen düzeylerde bulunduğu belirtilmektedir (DIMICK ve ark., 1968; GUNSTONE, 1970; WALKER ve ark., 1978; NAKAMURA ve ark., 1990).

Laktonların çoğunluğu doymuş olmasına karşın, hidrokarbon zincirinde çift bağ bulduran, yani doymamışlık özelliği gösteren laktonların bulunduğu da bildirilmiştir (WEBB ve JOHNSON, 1965; LATIF ve ark., 1978; NAKAMURA ve ark., 1990). Laktonlar arasında özellikle  $\delta$ -C<sub>8</sub>,  $\delta$ -C<sub>10</sub> ve  $\delta$ -C<sub>12</sub> laktonların, tereyağı aromasının esas bileşenleri olduğu belirlenmiştir (ARTAMONOV ve SIRETSKAYA, 1975; GUNSTONE, 1970). O yüzden, margarin yapımında aroma maddesi olarak bu bileşiklerden geniş ölçüde yararlanılmaktadır. Ancak, laktonlar yardımıyla sağlanan aroma, onların çeşidine, konsantrasyonuna, birbirleri arasındaki oranlarına ve değerlendirilen süt ürününün özelliğine bağlı olarak istenen ya da istenmeyen nitelik biçiminde ele alınabilmektedir (WADHWA ve ark., 1981; WEBB ve JOHNSON, 1965). Örneğin iz halindeki laktonlar, sütte istenmeyen bir aromanın kaynağı sayılırken, tereyağında tersi bir tutumla benimsenmektedir (GUNSTONE, 1970; FORSS ve ark., 1966). İndirek yöntemle işlenmiş UHT süt ile pastörize süt aromalarının karşılaştırılmasında gözlenen farklılığın UHT sütte  $\gamma$ - ve  $\delta$ -lakton konsantrasyonlarının yüksek olmasından kaynaklandığı açıklanmıştır (BADINGS ve ark., 1982; WALSTRA ve JANNES, 1984).

Aşağıda verilen çizelge (Çizelge 1), tereyağında yer alan laktonların bileşimini içermektedir.

Çizelge 1. Tereyağında Yer Alan Laktonların Bileşimi (GUNSTONE, 1970)

Laktonlar	$\gamma$ -serisi (ppm)	$\delta$ -serisi (ppm)	$\delta$ -laktonların sağladığı aroma ( $\gamma$ -laktonlar parantez içerisinde)
6:0	-	2	Arzulananmayan
7:0	-	0,2	-
8:0	0,5	6,6	Tatlı, hindistan cevizi yağı ve arzulananmayan aroma
9:0	0,2	0,4	( $\gamma$ -lakton: hindistan cevizi)
10:0	1,2	26,4	Hindistan cevizi, ransit, arzulananmayan
11:0	0,5	0,7	( $\gamma$ -lakton: şeftali, kaysı)
12:0	1,6	48,4	Şeftali
12:1 $\Delta$ <sup>6</sup>	İz	-	-
12:1 $\Delta$ <sup>9</sup>	-	İz	-
13:0	0,5	1,5	-
14:0	1,4	56,7	Çilek
14:1 $\Delta$ <sup>9</sup>	-	İz	-
15:0	1,3	6,4	-
16:0	1,3	41,4	Yok
17:0	-	0,9	-
18:0	-	14,5	Yok
19:0	-	2,2	-

### Peynir Üretiminde Laktonların Kullanımı

Bilindiği üzere, birçok peynirin üretiminde, laktik asit bakterileri tarafından laktozun aside dönüştürülmesi çok önemli bir aşama sayılmaktadır. Bu aşamada, bakteri aktivitesinin sağlanması; asitliğin istenilen seviyeye ulaşmasını garantilemek için inkübasyon sıcaklığının belli bir düzeyde tutulması; inhibitör madde bulaşmasının önlenmesi vb. bir çok sorunu göz önünde tutma zorunluluğu bulunmaktadır. Bu ve

benzeri sorunların önüne geçilememesi halinde standart bir ürünün elde edilmesi güçleşmektedir. O yüzden peynire işlenen sütlerde, asitliği geliştirmek amacıyla günümüzde bir takım maddelerden yararlanma yoluna gidilmektedir. Ancak bu maddelerin;

- Toksik olmaması,
- Süt bileşenleriyle reaksiyona girmemesi,
- Süt içerisinde kolay çözünmesi,
- Yeterli oranda asit oluşturması,
- Elde edilen pıhtının niteliklerini değiştirmemesi,
- Peynirin tadını etkilememesi,
- Ucuz ve kolay bir şekilde temin edilebilir olması gerekmektedir.

Son yıllarda, süt endüstrisinde asitliği geliştiren maddeler olarak, laktonlardan yararlanma giderek yaygınlık kazanmıştır. Çünkü laktonlar, sütte çözüldüğü zaman kademeli bir şekilde hidrolizasyona uğrayarak asit meydana getirmekte ve böylece istenilen nitelikte bir pıhtı elde edilmesinde yardımcı olmaktadır. Yalnız, laktonların tümünde sözü edilen bu niteliklere rastlanamamaktadır. Örneğin galaktono (galactono)- $\gamma$ -lakton ve glikurono (glucurono)  $\gamma$ -lakton çok yavaş bir şekilde asit oluşturduğundan;  $\beta$ -propiyolaktone ( $\beta$ -propiolactone) da pıhtı yapısını değiştirdiğinden amaca pek uygun düşmemektedir.  $\delta$ -dekalakton ( $\delta$ -C<sub>10</sub>) ise, metabolik bir ürün olmamasından dolayı sağlık açısından sakıncalı sayılmaktadır (DEAN ve HAMMOND, 1960).

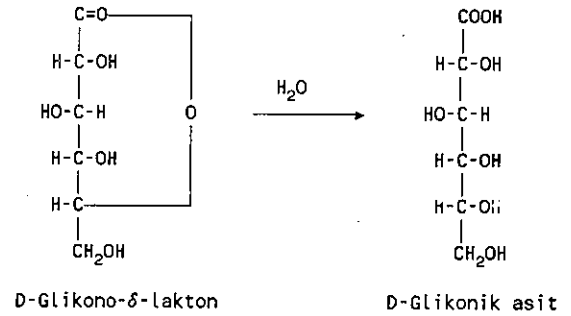
Glikono- $\delta$ -lakton (GDL), yukarıda belirtilen kriterlerin hemen hepsini karşılayabilmektedir. Bu bileşik süte ilave edildiğinde, kademeli bir şekilde hidrolize olarak glikonik asit meydana getirmektedir. Aşağıda, sütte ilave edilen GDL'un hidrolizasyonu şekli gösterilmiştir (ROSENTHAL, 1991).

Glikonik asit insan sağlığı için zararsız olduğu gibi, kolaylıkla da metabolize edilebilmektedir. Ayrıca GDL, sütte çabucak çözünebilme ve piyasadan zorluktuzca temin edilebilmektedir. Bu niteliklerinin yanı sıra, GDL'nun proteinlerle reaksiyona girip onların sindirilebilirliğini azalttığı yönünde de bilgiler bulunmaktadır. TROP ve KUSHELEVSKY (1985), yüksek düzeyde kullanılan GDL'nun süt proteinlerindeki metiyoninin % 35 ile reaksiyona girdiğini saptamışlardır. Fakat bu çalışmada yararlanılan GDL düzeyinin, önerilenlerin çok üzerinde olması nedeniyle daha ayrıntılı çalışmalara gerek duyulduğu da aynı araştırmacılar tarafından ifade edilmiştir.

Sütle, glikono- $\delta$ -lakton (GDL)'un hidrolizasyonu sıcaklığa bağlı biçimde hızlanmaktadır. Söz gelimi, 20°C'deki yağsız sütü 900-1 000 dakika içinde pıhtılaştırabilen miktardaki GDL, sıcaklığın 35°C'ye yükseltilmesiyle bu işi 1/4-1/5 kadar daha kısa bir sürede gerçekleştirmektedir. Ayrıca, yüksek sıcaklıklarda elde edilen pıhtı, daha sıkı bir yapı göstermektedir (HARWALKAR ve KALAB, 1982).

GDL kullanımının, peynir üretiminde sağladığı yararların başlıcaları şunlardır (BAYOUMI ve REUTER, 1990a; SERPECCONI, 1990; PETERSEN, 1985; SODA ve ark., 1978; HARWALKAR ve ark., 1977; VISSER, 1977; LEBARS ve ark., 1976; DODSON ve ark., 1965; DEANE ve HAMMOND, 1960):

1. Zaman, iş, ekipman ve kültürden tasarruf elde edilmektedir.
2. Bakterileri olumsuz yönde etkileyen antibiyotik, bakteriyofaj ve diğer faktörler burada sorun yaratmamaktadır.
3. Lakton kullanımında sütteki asitlik gelişimi, laktik startere oranla daha kolayca kontrol edilebilmektedir. Eğer glikono  $\delta$ -lakton konsantrasyonu süte % 1'lik duyarlılıkla ilave edilebilirse pH'da da 0,1 düzeyinde doğruluk sağlanabilmektedir.
4. Bu tür bir uygulama peynir üretiminin otomasyonunu kolaylaştırmaktadır.
5. Peynir üretiminde, çalışma koşulları ilkel ve uzman olmayan bir kadro var ise, söz konusu uygulama ile daha başarılı sonuca ulaşabilmektedir.



6. Yüksek sıcaklıkta ( $\geq 78^\circ\text{C}$ ) ısıtılmış süttten, laktonlar yardımıyla istenilen nitelikte pıhtı elde edilebilmektedir.

7. GDL, kaynar suda çözündürüldükten sonra süte ilave edildiğinde, hızlı bir asitlik gelişimi sağlanarak, istenmeyen bakterilerin gelişimi ve gaz oluşumu engellenebilmektedir.

8. Aseptik üretime olanak sağladığı için, peynir olgunlaşmasında etkili olan faktörlerin belirlenmesi amacıyla laktonlardan fazlaca yararlanılmaktadır.

Belirtilen bu avantajlarına karşın, GDL'un peynir üretiminde tek başına kullanılması, istenilen tat ve aromayı oluşturmada yetersiz kalmaktadır. Bu nedenle, GDL'un tek başına değil, peynir mayası, diğer bazı proteolitik enzimler ve laktik starter kültürleriyle birlikte uygulanmasının daha yararlı olacağı bildirilmektedir. Cottage (DEANE ve HAMMOND, 1960; NAKATA ve ark., 1978; ANONYMOUS, 1990), Gouda (KLETER, 1977), Cheddar (LAW ve SHARPE, 1975), White Soft Cheese (yumuşak beyaz peynir) (HASSAN ve ABOZEID, 1990), Saint-Paulin (BUSSIERE ve LABLEE, 1988) üretiminde GDL'un starter kültürü ya da starter ekstraktı (değişik yöntemlerle starter kültüründeki canlı bakterilerin inaktif hale getirilmesiyle sağlanan ve bu bakterilerin oluşturdukları çeşitli enzimleri içeren bir ortamdır) ve peynir mayası ile kombine bir şekilde kullanıldığında iyi sonuçların alındığı görülmüştür.

Laktonların peynir üretiminde asitlik geliştirici olarak kullanılmasının yanı sıra, olgunlaşma sonucunda meydana gelen tat ve aromanın kaynağı biçiminde de yararı bulunmaktadır. Peynir aromasının oluşmasında, serbest yağ asitleri, kükürtlü bileşikler, alkoller, karbonil bileşikler, esterler, amino asitler, peptitler, aminler, fenoller vb. maddelerle birlikte laktonların da katkıda bulunduğu belirtilmektedir (BEHNKE, 1980).

Roquefort peyniri üzerinde yapılan bir çalışmada, aroma maddeleri arasında  $C_{14}$ ,  $C_{16}$  ve  $C_{18}$   $\delta$ -laktonların bulunduğu saptanmıştır (DIMECO ve ark., 1981).

Cheddar peynirinden de  $\delta$ - $C_{10}$ ,  $\delta$ - $C_{12}$ ,  $\delta$ - $C_{14}$ ,  $\delta$ - $C_{15}$  ve  $\delta$ - $C_{16}$ ,  $\gamma$ - $C_{12}$ ,  $\gamma$ - $C_{14}$  ve  $\gamma$ - $C_{16}$  laktonlar izole edilmiştir. Cheddar peynirinin aromasına benzer bir karışımın oluşturulması istendiğinde, buna lakton eklenmesinin de gerektiği bildirilmektedir (O'KEEFE ve ark., 1969; O'KEEFE, 1973). Cheddar peyniri bileşimindeki laktonların, olgunlaşmanın başlangıcında artış gösterdiği ve buna paralel olarak da aroma puanının yükseldiği; olgunlaşmanın ileriki aşamalarında ise herhangi bir değişime rastlanmadığı başka araştırmacılar tarafından açıklanmaktadır (WONG ve ark., 1975).

Swiss peynirinde (gözenekli sert bir peynir),  $\gamma$ -valerolakton,  $\delta$ -octalakton,  $\delta$ -dekalakton,  $\gamma$ -dodekalakton ve  $\delta$ -dodekalaktonun belirlenmesine karşın, bunların çok düşük konsantrasyonlarda yer aldığı ve peynir aroması oluşumunda önemli bir rol göstermediği başka bir çalışmada belirtilmektedir (LANGSRUD ve REINBOLD, 1973).

### Yoğurt Üretiminde Laktonların Kullanımı

Peynir üretiminde olduğu gibi yoğurt üretiminde de GDL kullanımının birçok yararı bulunmaktadır. Ancak istenilen nitelikte bir ürünün elde edilmesi için laktonların burada da tek başına değil yoğurt bakterileriyle birlikte kullanılmalrı gerekmektedir.

Normal yolla elde edilen yoğurt pıhtısının, GDL kullanılarak oluşturulan pıhtı ile bir karşılaştırılması yapıldığında,  $90^\circ\text{C}$ 'deki süte GDL katımıyla sağlanan pıhtının, aynı pH ve kurumaddedeki yoğurt pıhtısına oranla daha sıkı bir yapı ortaya koyduğu saptanmıştır (HARWALKAR ve ark., 1977).

Başka bir çalışmada toplam kurumadde % 14-18 düzeyinde olan UF konsantratına % 1-2 oranında GDL ilave edilerek yoğurt üretimi yapılmıştır. Burada laktik asit bakterilerinin, % 1 oranında GDL ile birlikte ilave edilmesi halinde, ürünün duyu nitelikleri ve konsistensinde bir iyileşme, aynı zamanda kabul edilebilir bir aromanın sağlandığı saptanmıştır. GDL'u % 1 ve % 2 oranında kullanmanın üretim süresini sırasıyla % 35,0, % 64,7 düzeyinde kısalttığı, ürünlerde raf ömrünü ise uzattığı tespit edilmiştir. Örneğin  $10^\circ\text{C}$ 'de depolanan örneklerin raf ömrü 12 gün dolayında belirlenmiştir. Hatta, yapılan çalışmada, homojenizasyon işlemi uygulanmaksızın GDL ilavesinde bile iyi kaliteli bir yoğurt üretiminin mümkün olduğu da kaydedilmiştir. Ancak homojenizasyon işlemi, proteinlerde su tutma kapasitesini iyileştirdiğinden bunun GDL ile birlikte uygulanması durumunda daha iyi bir sonuca ulaşmanın mümkün olabileceği açıklanmaktadır. Ayrıca % 1 oranında GDL kullanımının, üretim süresinde kısılma ve masraflarda da bir azalma sağladığı araştırma sonucu olarak verilmektedir (BAYOUMI ve REUTER, 1990b).

Yoğurt üretiminde laktonların asitlik geliştirici olarak kullanılmalarından başka, aroma oluşumunda da rol aldığı belirtilmektedir. Yoğurt aromasında en büyük etkenin 13-16 ppm düzeyinde yer alan asetaldehit olmasına karşın, yağ asitleri, etil esterleri, diasetil, asetoin, benzaldehit, benzilalkol, furfurol, butandiol, dimetilsülfid gibi maddelerin yanı sıra  $\gamma$ -C<sub>5</sub> ve  $\delta$ -C<sub>6</sub>,  $\delta$ -C<sub>8</sub> ve  $\delta$ -C<sub>13</sub> laktonların da rol aldığı öne sürülmüştür (WALSTRA ve JENNESS, 1984).

### **Konuyucu Madde Olarak Laktonlar**

Doğal halde ender olarak bulunan laktonlardan  $\beta$ -propiyolaktone ( $\beta$ -propiolactone), DNA sentezini önlemek suretiyle mikroorganizma faaliyetini engellediği saptanmıştır. Ayrıca, fajların DNA kopyalanmasını önlediğinden, bunlarda çoğalmayı durdurarak da yarar sağladığı belirlenmiştir (MURATA ve KANEGAWA, 1976).

Bu konuda yapılan bir araştırmada, süte 0,5 ml/lit düzeyinde  $\beta$ -propiyolaktone ilave edildiğinde koli grubu mikroorganizmalar ve kükürdü indirgeyen Clostridia'ların gelişiminde durma gözlemlendiği ve bu nedenle sütün 48 saat kadar bir süre korunabileceği bildirilmektedir. Sağlık açısından herhangi bir tehlikenin oluşup oluşmadığını belirlemek amacıyla koyun ve fareler üzerinde gerçekleştirilen bir çalışmada, % 10 oranında  $\beta$ -propiyolaktone bulunduran içme suyunun 21 gün süreyle bu hayvanlara verilmesinin, herhangi bir toksik etki yaratmadığı ortaya konulmuştur. Böyle bir sonuca karşın,  $\beta$ -propiyolaktone, yalnızca hayvan beslenmesine ayrılan sütlerde kullanılmasının gerektiği ifade edilmektedir (BLANCOU, 1976).

$\beta$ -propiyolaktone yanı sıra GDL'un da mikroorganizma faaliyeti üzerinde etkili olduğu görülmüştür. Söz gelimi *Listeria monocytogenes*'in sütteki gelişimini sınırlamak için 13° C'de % 1,5, 35° C'de de % 2,0 oranında GDL'un gerekli olduğu; kısmi bir inaktivasyon sağlamak için ise, 13° C'de % 2-3, 35° C'de % 2,5-3,0 oranında GDL gerektiği belirtilmektedir (EL-SHENAWY ve MARTH, 1990).

### **SONUÇ**

Süt yağında bulunan laktonların başlıca olarak üç kaynaktan ileri geldiği belirtilebilir:

- Doğal olarak (iz halinde) bulunan laktonlar,
  - Üretim aşamasında uygulanan ısıl işlem ve depolama süresince ortaya çıkan hidrolitik etkiler sonucunda, trigliseritlerden oluşan hidroksi yağ asitlerinin, özellikle de 4-ve 5-hidroksi yağ asitlerinin meydana getirdiği laktonlar,
  - Bazı mikroorganizmaların metabolik faaliyetleri sonucunda keto-asitlerden oluşan laktonlar,
- Süt endüstrisinde laktonların aroma maddesi, asitlendirici ve koruyucu unsur olmak üzere üç yönden önemi bulunmaktadır.

Aroma maddesi olarak değerlendirildiğinde, bunların özellikle tereyağı ve sınırlı bir ölçüde de yoğurt ve bazı peynirlerin aromasında rol oynadığı söylenebilir.

Asitlendirici yönden ise, peynir ve yoğurt gibi fermente süt ürünlerinin üretiminde, fermentasyon süresini kısaltmak, laktik asit fermentasyonu sırasında standart bir ürün elde edilmesini engelleyen faktörleri ortadan kaldırmak, üretim masraflarını azaltmak vb. amaçlar için laktonlardan yararlanılmaktadır.

Prezervatif madde olarak laktonların kullanılması ise, henüz yeterli düzeyde bilgi birikimi sağlanamadığından insan beslenmesi açısından söz konusu edilememektedir.

### **LİTERATÜR**

- AKPOYRAZ, M. 1981. Organik Kimya. Ankara Üniversitesi Tıp Fakültesi Yayını, Sayı: 413, 300 sayfa.
- ANONYMOUS. 1990. Glucono Delta Lactones in Cheese Making. D.S.A. 52(1) 167.
- ARTAMONOV, P.A., SIRETSKAYA, T.V. 1975. Aromatizer for Margarine. D.S.A. 37(10) 6041.
- BADINGS, H.T., POL, J.J.G., NEETER, R. 1982. Aroma Compounds which Contribute to the Difference in Flavour between Pasteurized Milk and UHT milk. D.S.A. 44(12) 8875.
- BAKER, B.P. 1971. Organic Chemistry. America, 472 p.
- BAYOUMI, S., REUTER, H. 1990a. Effect of Glucono-Delta-Lactone on Domiat Cheese Made from UF-Concentrated Milk and Stored at Room Temperature. D.S.A. 52(4) 1459.

- BAYOUMI, S., REUTER, H. 1990b. The use of Glucono- $\delta$ -Lactone (GDL) in the Manufacture of Yoghurt from UF-Milk Concentrate. F.S.T.A. 22(5) 5 P 90.
- BEHNKE, U. 1980. Biogenesis of Cheese Flavour. D.S.A. 42(4):3884.
- BLANCOU, J. 1976. Preservation of Milk by Addition of  $\beta$ -Propiolactone. D.S.A. 38(2) 1040.
- BREWINGTON, C.R., PARKS, O.W., SCHWARTZ, D.F. 1973. Conjugated Compounds in Cow's Milk. D.S.A. 35(10) 4151.
- BUSSIERE, G., LABLEE, J. 1988. Process for Preparing Blue-Veined Cheeses. F.S.T.A. 20(4) 4 V 115.
- DEANE, D.D., HAMMOND, E.G. 1960. Coagulation of Milk for Cheese Making by Ester Hydrolysis. J. Dairy Sci. 43: 1421-1429.
- DIMECO, M., LANGLOTS, D., KUZDZAL-SAVOIE, S. 1981. Lactones and Cheese. F.S.T.A. 13(9) 9 P 1730.
- DIMICK, P.S., WALKER, N.J., KINSELLA, J.E. 1968. Aliphatic Delta-Lactones: Determination in Bovine Milk from Animals on Normal and Fat-Depressing diets. D.S.A. 30(1) 310.
- DODSON, R.H., HAMMOND, E.G., REINBOLD, G.W. 1965. Utilization of D-Glucono Delta-Lactone for Cheddar Cheese-Making. D.S.A. 27(11) 3381.
- EL-SHENAWY, M.A., MARTH, E.H. 1990. Behavior of *Listeria monocytogenes* in the Presence of Gluconic Acid and During Preparation of Cottage Cheese Curd Using Gluconic Acid. D.S.A. 52(11) 8153.
- ERIKSEN, S. 1976. Flavors of Milk and Milk Products. I. The Role of Lactones. *Milchwissenschaft* 31(9) 549-551.
- FORSS, D.A., URBACH, G., STARK, W. 1966. Gamma-Dodecalactone and other Gamma- and Delta-Lactones in Australian Butter Oil. XVII. International Dairy Congress, Section C: 2, 211-214.
- FOX, P.F. 1985. Developments in Dairy Chemistry-3. Elsevier Applied Science Publishers, 387 p.
- GORTNER, R.A., 1947. Outlines of Biochemistry. Second edition. John Wiley and Sons Inc., New York, 598 p.
- GUNSTONE, F.D. 1970. Topics in Lipid Chemistry. Logos Press Limited, London, Vol. 1, 415 p.
- HARWALKAR, V.R., KALAB, M., EMMONS, B.D. 1977. Gels Prepared by Adding D-Glucono- $\delta$ -Lactone to Milk at High Temperature). *Milchwissenschaft* 32(7) 400-402.
- HARWALKAR, V.R., KALAB, M. 1982. Milk Gel Structure. XI. Electron Microscopy of Glucono- $\delta$ -Lactone-Induced Skim Milk Gels. F.S.T.A. 14(5) 5 P 744.
- HASSAN, H.N., ABO-ZEID, N.A. 1990. The use of Accelerating Ripening Agents to Produce Soft Cheese. D.S.A. 52(4) 2283.
- KIRK, E.R., OTHMER, D.F. 1952. Encyclopedia of Chemical Technology. New York, Vol. 8, 181-185.
- KLETER, G. 1977. The Ripening of Gouda Cheese Made under Strict Aseptic Conditions. I. Cheese with no other Bacterial Enzymes than those from a Starter *Streptococcus*. D.S.A. 39(7) 3893.
- LANGSRUD, T., REINBOLD, G.W. 1973. Flavor Development and Microbiology of Swiss Cheese-A Review. J. Milk and Food Technol., 36(12) 593-609.
- LATIF, A., SALIB, A., KHALIL, F. 1978. Some Chemical Studies on the Odour of Samn. II. Physical and Chemical Characterization of the Odour of Samn. D.S.A. 40(12) 7808.
- LAW, B.A., SHARPE, M.E. 1975. Lactic Acid Bacteria and Flavour in Cheese. D.S.A. 37(10) 6374.
- LEBARS, D., DESMAZEAUD, M.J., GRUPON, J.C., BERGERE, J.L. 1976. Role of Micro-Organisms and their Enzymes in Cheese Ripening. I. Aseptic Production of Model Curd. D.S.A.38(2) 1057.
- MURATA, A., KANEGAWA, T. 1976. Effect of  $\beta$ -Propiolactone on *Lactobacillus casei*-phage J1 System. D.S.A. 38(8) 5100.
- NAKAMURA, T., USVKI, R., KANEDA, T. 1990. Formation of Butter Flavour from Triglycerides Containing Hydroxyl Fatty Acids. D.S.A. 52(9) 5321.
- NAKATA, K., YONEDA, Y., MUSASHI, K., TSUCHIWA, F. 1978. Manufacture of Cottage Cheese Coagulated by Glucono-Delta-Lactone. 20<sup>th</sup> International Dairy Congress, June 26<sup>th</sup>-30<sup>th</sup> 1978, Paris-France, 816 p.
- O'KEEFE, P.W., LIBBEY, L.M., LINDSAY, R.C. 1969. Lactones in Cheddar Cheese, J. Dairy Sci., 32(6) M 43, 888.
- O'KEEFE, P.W. 1973. Identification of Some Neutral High Boiling Compounds in Molecular Distillates from Cheddar Cheese Fat. D.S.A. 35(4) 1467.
- OSKAY, E., 1975. Organik Kimya. Değiştirilmiş birinci baskı. Hacettepe Üniversitesi Yayınları A-17. Meteksan LTD, Ankara, 453 sayfa.
- PETERSEN, K. 1985. Alternative Process for Curd Production. D.S.A. 48(2) 695.
- ROSENTHAL, I. 1991. Milk and Dairy Products. Balaban Publishers, Weinheim-New York-Basel-Cambridge, 217 p.
- SERPECCONI, M. 1990. Process for Impartion Cheesemaking Quality to Heated Milk, to be Used in Renneted Cheese Manufacture. D.S.A. 52(8) 6170.
- SODA, S., DONIA, A., BADRAN, A. 1978. Acceleration of Cheese Ripening by the Addition of the Crude Cell Free Extract of Some Lactobacilli to the Cheese Curd. J. Dairy Sci. Supplement 1, 61: 102.
- STARK, W., URBACH, G. 1977. The Effect of Storage of Butter at - 10°C on the Level of Free Delta-Lactones and Free Fatty Acids in the Butterfat. D.S.A. 39(4): 2111.
- TROP, A., KUSHELEVSKY, A., 1985. The Reaction of Glucono Delta Lactone with Proteins. J. Dairy Sci. 68(10) 2534-2535.
- VISSER, F.M.W. 1977. Contribution of Enzymes from Rennet, Starter Bacteria and Milk to Proteolysis and Flavour Development in Gouda Cheese. I. Description of Cheese and Aseptic Cheesemaking Techniques. D.S.A. 39(12) 7673.
- WADHWA, B.K., BINDAL, M.P., JAİN, M.K. 1981. A comparative Study the Lactone Profile of Fresh and Stored Ghee Prepared from Cow and Buffalo Milk. F.S.T.A. 13(1) 1P116.
- WADHWA, B.K., JAİN, M.K. 1986. Studies on Lactone Profile of Ghee. III. Variations due to Method of Preparation. F.S.T.A. 18(12) 12 P 45.
- WALKER, N.J., CANT, F.A.E., KBEN, A.R. 1978. Lactones in Fractionated Milk Fat and Spreadable Butter. 20<sup>th</sup> International Dairy Congress. June 26<sup>th</sup>-30<sup>th</sup> 1978, Paris-France. 700-701.
- WALSTRA, P., JENNESS, R. 1984. Dairy Chemistry and Physics. A Wiley-Interscience Publication, John Wiley & Sons, New York, 62-63.
- WEBB, B.H., JOHNSON, A.H. 1965. Fundamentals of Dairy Chemistry. The AVI Publishing Company INC., Connecticut, 154-155.
- WONG, N.P., ELLIS, R., LACROIX, D.E. 1975. Quantitative Determination of Lactones in Cheddar Cheese. J. Dairy Sci. 58(10) 1437-1441.