

## PEYNİR LEZZETİ VE OLUŞUMU-I

### FLAVOR DEVELOPMENT IN CHEESE

Songül ÇAKMAKÇI

Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Gıda Mühendisliği Bölümü, Erzurum

**ÖZET:** Bu derlemede, peynirde lezzet oluşumu, olgunlaşma sırasında meydana gelen çeşitli reaksiyonlar ve bunların lezzet üzerine etkileri, aromayı oluşturan bileşikler, düzenli lezzet oluşumu için önlemler ve bazı peynirlerde duyuusal kusur olan acı tat üzerinde durulmuştur.

**SUMMARY:** In this review, flavor developments and reactions during the ripening of cheeses were evaluated. Also, the effects of several flavor components on the flavor composition, and their control mechanisms, bitter taste and off-flavor status were taken into consideration in different cheeses.

#### GİRİŞ

Bir gıda ürünü ağızdayken burun, dil, tüm ağız ve boğazla alınan duyuuların bütünü lezzet, çeşni veya tat-koku (flavor) olarak tanımlanır. Bu tanım, aroma ve tadın yanısıra, dokunmayla ilgili serinletici, ısıtıcı, yakıcı, acı verici, büzücü gibi duyuular ile tekstürü de içerir. Lezzette aromanın payı tada göre genellikle daha önemli ve belirgindir (AKGÜL, 1993).

Lezzet ve tekstür peynirlerin en önemli özellikleridir. Peynir lezzeti, bu yüzyılın başından beri sayısız araştırmaya konu olmuştur (FOX ve McSWEENEY, 1995). Araştırmalar, süt kalitesi, peynir üretim ve olgunlaştırma şartları, mikrobiyolojisi, kültür seçimi ve aktivitesi, olgunlaşma sırasındaki kimyasal ve biyokimyasal olaylar, mikrobiyolojik veya enzimatik olarak üretilen özel lezzet bileşenlerinin teşhisi üzerine yoğunlaşmıştır (KRISTOFFERSEN, 1985).

Dünyada yaklaşık 4000 peynir çeşidinin bulunduğu bildirilmektedir. Bu, peynirlerin geniş bir lezzet ve tekstür çeşitliliği göstermesinden (STEELE ve ÜNLÜ, 1992) ve hammadde farkından kaynaklanmaktadır. Zira, peynirlerin birçoğu inek sütünden, bir kısmı yerel hayvanların sütünden ve bazıları da soya gibi hayvansal olmayan kaynaklardan üretilmektedir (KRISTOFFERSEN, 1973). Peynirlerin kimisi olgunlaştırılmadan, diğerleri de olgunlaştırıldıktan sonra tüketilmektedir. Özellikle olgunlaştırılan peynirlerde, olgunlaştırma şartlarındaki değişimle yüzlerce çeşit ortaya çıkmaktadır. Dolayısıyla, peynir çeşitliliğindeki büyük değişimde, lezzet ve tekstürü etkileyen olgunlaştırma şartları önemli bir faktördür.

Peynir üretiminin bilinen en eski gıda fermentasyonlarından olduğu, 8000 yıldır uygulanan bu işlemden peynir lezzetinin gelişimiyle ilgili olaylar ve meydana gelen bileşiklerin tam olarak henüz aydınlatılmadığı belirtilmektedir (STEELE ve ÜNLÜ, 1992).

Olgunlaşma, peynirlerin çeşidine özgü tat, aroma, renk, kıvam, görünüm gibi özellikleri kazanabilmesi için, belirli şartlar ve sürelerde geçirdiği değişikliklerin toplamı olarak tanımlanabilir. Olgunlaşan peynirlerde hoş giden lezzet gelişimi için, peynir matriksinde meydana gelen çeşitli reaksiyonlar arasında hassas bir dengenin olması zorunludur (LYNE, 1995). Olgunlaşma sırasında proteinlerin parçalanması, yağların hidrolizasyonu ve uçucu yağ asitlerinin ortaya çıkması, laktozun ve organik tuzların fermentasyonu, suyun buharlaşması, asitlikte ve oksidasyon-redüksiyon (O-R) potansiyelinde değişme ve gaz üretimi gözlemlenmektedir (KURT, 1990).

Olgunlaşan peynirlerde uçucu olan ve olmayan 100'den fazla potansiyel lezzet bileşeni teşhis edilmiştir. Lezzet gelişimine katkı açısından daha çok asetik asit ve diğer kısa zincirli yağ asitleri, alkoller, aldehitler, ketonlar, esterler, amonyak, aminler ve kükürtlü bileşikler üzerinde durulmaktadır (KRISTOFFERSEN, 1973). İlk başlarda peynir lezzetinden tek bir bileşenin sorumlu olduğu düşünülmüş, daha sonra Bileşen Denge Teorisine (Component Balance Theory) göre (MULDER, 1952; KOSIKOWSKI ve MOCQUOT, 1958) peynirin karakteristik lezzetinin birkaç anahtar bileşenin dengeli ve orantılı bir

şekilde bulunmasıyla oluştuğu anlaşılmıştır (KRISTOFFERSEN, 1985; LEMIEUX ve SIMARD, 1991; FOX ve McSWEENEY, 1995).

## PEYNİRDE LEZZET GELİŞİMİ

Kırk yıldır peynir lezzeti hakkında yoğun araştırmalar yapılmasına rağmen, belirli bir peynir çeşidinin lezzet kimyası hakkında tam bilgi elde edilememiştir (FOX ve McSWEENEY, 1995). Peynir lezzetini kesin tanımlamak mümkün olmasa da, peynirdeki lezzet bileşenlerinin teşhisiyle, bu komponentlerin meydana geliş yolları üzerinde çok önemli gelişmeler sağlanmıştır. Yine, çeşitler arası mukayeseler, anahtar lezzet bileşiklerini teşhis bakımından önemli bir yaklaşımdır. Aromanın başlıca olarak uçucu fraksiyonda, tadın sıvı fazda bulunduğu genellikle bilinmektedir. Peynir aromasından sorumlu bileşikler uçucudur (FOX ve McSWEENEY, 1995).

Peynirde olgunlaşma sırasındaki lezzet gelişimi, temel olarak proteoliz, lipoliz, laktöz fermentasyonu ve uçucu bileşiklerin oluşumunu içine alan, peynir matriksinde meydana gelen çeşitli ve çok karmaşık biyokimyasal değişikliklerin sonucudur (KRISTOFFERSEN, 1985; LYNE, 1995). Sonuçta her peynir çeşidi kendine özgü nitelikleri kazanır ve karakteristik lezzeti oluşur. Peynirin protein, yağ ve laktözü üzerine mikroorganizma ve enzimlerin faaliyeti sonucu sırasıyla amino asitler, yağ asitleri ve laktik asidin oluşması, peynir olgunlaşmasının primer basamağı olarak tanımlanmaktadır. Kısa zincirli yağ asitleri hariç, primer olgunlaşma bileşiklerinin karakteristik lezzete az katkı yaptığı, peynir lezzetinin mikroorganizma ve enzimlerin primer olgunlaşma bileşenlerini etkilemesi sonucu ortaya çıktığı belirtilmektedir (KRISTOFFERSEN, 1973). Primer ve sekonder değişmelerin devam şekli, peynirin kalite ve çeşidini meydana getirmektedir. Ancak primer ve sekonder değişmelerin başlama ve bitme noktalarını belirtmek çok zordur (KURT, 1990). Enzimlerin veya mikroorganizmaların faaliyetlerini etkileyen her faktör peynirin olgunlaşmasını da etkiler. Olgunlaşma işlemi sırasında dış çevre şartlarını kontrol etmek suretiyle uygun lezzet gelişimine fırsat verilebilir. Bu şartlar ve biyolojik ajanlar peynir çeşidine göre değişir. Ancak, çevredeki bütün faktörler kontrol edilse dahi, iyi bir teleme hazırlanmadan başarılı olunamamaktadır. Çevre şartlarında optimum durumdan sapmalar, anormal tat-koku, yapı, görünüş ve renk meydana getirmektedir (KURT, 1990). Lezzetin hissedilmesinde, tekstür çok önemli bir faktör olduğundan, ideal olarak birlikte incelenmelidir. Örneğin proteoliz olayının peynir flavoru üzerindeki esas etkisinin, peynir tekstürü üzerindeki etkisine ve bunun sonucu olarak da lezzet veren bileşiklerin çiğneme sırasında serbest kalmasına bağlı olduğu ileri sürülmüştür (McGUGAN ve ark., 1979).

Peynir lezzetinin gelişiminde diğer faktörün pıhtının dehidrasyon derecesi ve tuz konsantrasyonu olduğu (KRISTOFFERSEN, 1973), olgunlaştırma odası sıcaklığı ve nispi neminin peynirin kendine özgün nitelikleri kazanmasını önemli ölçüde etkilediği bildirilmektedir (ÜÇÜNCÜ, 1990). Süt ve pıhtı üzerine bakteriyel faaliyet sonucu meydana gelen asidifikasyonun temel rolü konusunda ittifak vardır. Ayrıca, olgunlaşmanın sonraki safhalarında tat ve koku oluşumu için gerekli parçalanma, ancak belli derecedeki asit ortamda olmaktadır. Laktik asit bakterileri bulunmayan peynir olgunlaşmayıp anormal bir kitle halinde kalmaktadır (ÖZTEK, 1991). Bu nedenle peynir çeşidine göre gerekli miktar ve hızda laktik asit üretilmesi için, laktik asit bakterilerinin uygun suş ve tipinin seçilmesi önemlidir (KRISTOFFERSEN, 1973; ÖZTEK, 1991).

Çeşitli amino asit içerikleriyle lezzet yoğunluğu arasında korelasyon bulunmadığı, ancak toplam serbest amino asit miktarı arttıkça lezzette gelişme görüldüğü; yine, uçucu serbest yağ asitleri içeriği ile lezzet yoğunluğu arasında ilişki olmadığı, ancak asetik, bütirik ve kaproik asidin iyi bir lezzet kalitesi için mutlaka gerekli olduğu belirlenmiştir (JUNG ve YU, 1988).

Lipoliz ve proteoliz ile peynir lezzetinin ortaya çıkması arasındaki ilişkiyi ortaya çıkarmak için birçok araştırma yapılmıştır. Karbonhidrat metabolizmasına ise nispi olarak daha az ilgi gösterilmiştir. Bazı çeşitler için olgunlaşma ve lezzet gelişiminde lipoliz ve proteolizin önemi gözardı edilemez. Bununla birlikte, süte ya da pıhtıya sadece lipaz veya proteaz enzimleri ilave etmek suretiyle lezzet karakteristiklerini tamamıyla düzenleme yahut geliştirmede başarılı olunamamıştır (KRISTOFFERSEN, 1985).

El SAFTY ve ISMAIL (1982), Domiati peyniri yapılacak süte serbest yağ asitleri (asetik, propiyonik, valerik) eklenmesinin (6 ve 10 ml/100 kg süt) peynir lezzetini geliştirdiğini ve olgunlaşma

sürecinde 37-45 günlük kısılma sağladığını belirlemişlerdir. Serbest yağ asitlerinin proteoliz ve lipolizi uyardığı, peynir asiditesini yükselttiği ve toplam karbonil içeriğini artırdığı ileri sürülmüştür.

GALLOIS ve LANGLOIS (1990) tarafından French Blue peynirinde 129 aroma bileşeni; MOIO ve ark. (1993) tarafından Mozzarella peynirinde ise 85 aroma bileşeni teşhis edilmiş ve bu bileşenler içinde ketonların toplam aroma bileşeninin % 50 veya daha fazlasını oluşturdukları belirlenmiştir.

Karakteristik lezzeti belli bir peynir çeşidinin lezzet kalitesi ile tek ya da bir grup bileşik arasında ilişki kurmak için yapılan çalışmalar genellikle sonuçsuz kalmıştır. Protein ve yağ veya protein ve karbonhidrat parçalanma ürünleri arasındaki oranın lezzet üzerinde etkili olduğu görülmüştür.

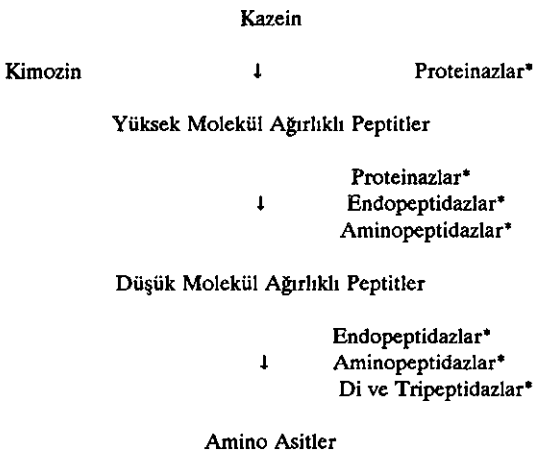
Örneğin, Cheddar peyniri için, serbest yağ asitleri ve hidrojen sülfür konsantrasyonlarının oranı ile lezzet kalitesi arasında yakın ilişki olduğu belirlenmiştir (KRISTOFFERSEN, 1973).

KOWALEWSKA ve ark., (1985), peynir lezzet bileşiklerinin amino asitler ve dikarboniller arasındaki reaksiyonlardan meydana gelebileceğini ilk önerenlerdendir.

REPS ve ark. (1987), Lactobacilli tarafından üretilen lezzet yoğunluğunun, oluşan karbonil tipi ve miktarıyla ilgili olduğunu belirtmişlerdir.

Swiss, Cheddar ve Mozzarella peynirlerinde gliksal, metilgliksal, dihidroksiaseton ve aseton gibi dikarbonillerin bulunması (BEDNARSKI ve ark., 1989), karbonil-amino asit komplekslerinin peynir lezzetinde önemli olabileceğini göstermektedir (STEELE ve ÜNLÜ, 1992).

Proteolitik enzimler tarafından kazeinin hidroliziyle peptitler ve amino asitlerin meydana gelmesi ve sütte laktik asit bakterilerinin çoğalması için amino asit kaynağı oluşturmasıyla, peptitler ve amino asitlerin peynir aromasında kritik bir rol oynadığı bildirilmektedir (OLSON, 1991; SMID ve ark., 1991; STEELE ve ÜNLÜ, 1992; KOK, 1993). Diğer taraftan, proteoliz ürünlerinin uçucu olmadığından peynirin tadına katkıda bulunduğu, ancak aromayı etkilemedikleri belirtilmektedir (FOX ve McSWEENEY, 1995). Kazeinin amino asitlere kadar parçalanması Şekil 1'de gösterilmiştir.



Şekil 1. Kazeinin Amino Asitlere Hidrolizi  
(Steele ve Ünlü, 1992)

\* laktik asit bakteri enzimleri

Peynir üretim ve kuring prosesleri, olgunlaşma sırasında meydana gelen mikroorganizma ve enzim faaliyetleri ve üretilen aroma bileşikleri üzerindeki mevcut bilgi birikimine rağmen, ideal şartlar altında bile uniform, tam, yüksek kaliteli lezzet gelişiminde başarısız olunabilmektedir. Nedenler üzerinde yapılan çalışmalarda, süt ve peynir proteinlerinin kükürt grupları üzerinde durulmuştur. Protein kükürt gruplarının peynir kalite kriterlerinin tayin edilmesinde son etkiye sahip olduğu konusunda veriler alınmıştır. Peynirdeki karakteristik son aroma gelişmesinin, protein kükürt gruplarının oksidatif olgunlaşma prosesinde hidrojen kabul etme kabiliyetiyle ölçülebileceği saptanmıştır. Bunların, diğer bileşiklerle birlikte, peynir olgunlaşmasını kontrol ettiği bildirilmektedir (KRISTOFFERSEN, 1973).

KRISTOFFERSEN (1985), süt ve peynirde O-R reaksiyonlarının meydana geldiğini ve bunların lezzet gelişiminde önemli olduğunu bildirmektedir. Peynirde lezzet gelişimini tam olarak denetleyebilmek için ilk

adımın, dinamik, biyolojik bir sıvıda O-R reaksiyonlarını kontrol altına almayı öğrenmek olduğu ifade edilmektedir. Süttен serbest kalan H<sub>2</sub>S miktarının kükürt gruplarının durumuyla ilgili olduğunun tahmin edildiği, -SH durumunda daha fazla, -SS durumunda ise nisbeten daha az konsantrasyonda H<sub>2</sub>S açığa çıktığı belirtilmektedir.

Peynir olgunlaşmasının tamamıyla kimyasal bir işlem olduğunu kabul etmek zordur. Peynirde oluşan fermentasyon, bir sıra dahilinde organize olmuş enzimatik reaksiyonlar dizisidir. Bu işlem, ya serbest enzimler ya da canlı hücrelere bağlı enzimler tarafından katalize edilmektedir (FOX ve McSWEENEY,

1995). Eger peynir olgunlaşması tamamıyla kimyasal bir olay olsaydı, spesifik lezzet bileşikleri üreten mikroorganizma veya enzim katılmadan üretilen peynir çeşitlerinin hepsinde aynı lezzet gelişiminin beklenmesi gerekirdi. Peynir olgunlaşması enzimatik bir süreçtir. Fermentasyon reaksiyonları hidrojen, oksijen ve elektronların transferini kapsar (KROSTOFFERSEN, 1985). Burada, peynir mayası (özellikle kimozin), sarter kültür, lipaz gibi ilave enzimler, *Propionibacterium* spp. *Brevibacterium linens* ve *Penicillium* spp. gibi çeşitli sekonder starterler, süt enzimleri ve starter olmayan laktik asit bakterisi (NSLAB) enzimleri rol almaktadır (URAZ, 1979; FOX ve LAW, 1991; BIGELIS, 1992; FOX ve McSWEENEY, 1995; LYNE, 1995). Her birinin önemi, peynir çeşidine göre değişir. Bu enzimlerin substratları laktoz, lipitler, proteinler veya bunlardan üretilen bileşiklerdir (FOX ve McSWEENEY, 1995). Starter kültür olarak ilave edilenlerin ya da NSLAB'nin, peynir lezzeti gelişiminde esas olduğu belirtilmektedir (LINDSAY, 1992; STEELE ve ÜNLÜ, 1992). NSLAB'nin peynir lezzeti gelişiminde önemli etkiye sahip olduğu, aroma gelişimini kontrol için NSLAB florasının sayı ve kompozisyonunu denetleme yöntemleri gerektiği bildirilmektedir (STEELE ve ÜNLÜ, 1992).

pH'nın düşük ve tuz içeriğinin yüksek olması, birçok çeşitte anaerobik şartlar, mikroorganizmalar için besin maddelerinin sınırlı olması ve türler arası rekabet nedeniyle, peynir bazı mikroorganizma gelişimi için oldukça seçicidir. Birçok peynir çeşidinde iç mikroflora laktik asit bakterileriyle sınırlıdır: *Lactococcus*, *Lactobacillus*, *Streptococcus* ve daha az olarak da *Leuconostoc*, *Micrococcus* ve *Pediococcus*. Swiss tipi peynirler bunun en önemli istisnasıdır; zira internal mikrofloranın başlıca kısmını *Propionibacteria* temsil eder. Camambert (*Penicillium camamberti* ve belki de mayalar) ve yüzeyi lekeli (benekli) çeşitler (mayalar, *Br. linens*) gibi bazı peynirler de yüzey (aerobik) mikroflorayla tipiktirler. Küflerin internal olarak gelişmesi (*Penicillium roqueforti*) ise Blue peynirinin karakteristigidir ve muhtemelen O<sub>2</sub> girişine izin veren delikler sayesinde olur (FOX ve McSWEENEY, 1995).

## PEYNİRDE LEZZET OLUŞUMUYLA İLGİLİ TEMEL OLAYLAR

### 1. Glikoliz ve Sonraki Olaylar

#### a) Laktik Asit Bakterilerinin Laktoz Metabolizması

Bütün peynir çeşitlerinin üretimi ve olgunlaşması sırasında laktozun laktik aside çevrilmesi esastır. Bu işlem (glikoliz) 14 farklı enzimatik reaksiyona ihtiyaç göstermektedir. Laktik asit oluşumu, peynirlerin karakterlerinde ve olgunlaşmalarında çok önemli rol oynamaktadır. Fabrikasyon sırasında önemli bir kısmı teşekkül eden laktik asit, peynir çeşitlerinin artmasını sağlamaktadır (KURT, 1990).

Sütteki laktozun yaklaşık % 98'i, laktoz veya laktik asit olarak peyniraltı suyuyla ayrılır. Pıhtıda kalanı, peynir yapımı ve olgunlaşmanın ilk safhalarında genel olarak starter bakteriler tarafından laktik aside dönüştürülür. Asitle pıhtılaştırılan peynirlerde laktik asit, lezzete başlıca katkıda bulunan bileşik olup, rennetle pıhtılaştırılan taze peynirlerde de benzer görev yapar. Olgun peynirde en fazla bulunan lezzet bileşenlerinin başında geldiğinden, muhtemelen bazı çeşitlerin lezzetini de etkiler (FOX ve McSWEENEY, 1995).

Laktozun metabolize edildiği yol, kullanılan starterin bir karakteristigidir (COGAN ve HILL, 1993); *Lactococcus lactis* spp. *lactis* ve *Lc. lactis* spp. *cremoris* fosfo-  $\beta$ -galaktosidaz enzimi yardımıyla laktozu önce fosforilize eder sonra glukoz ve galaktoz-6-P'a çevirir. Glukoz Embden-Meyerhof Pathway (EMP) ile, galaktoz (gal-6-P) da tagatoz yoluyla laktik aside dönüşür. *Streptococcus thermophilus* laktozu absorbe ve B -galaktosidazla hidrolize eder. Hidrolizasyon ürünlerinin yarısını teşkil eden glukoz EMP ile L-laktata çevrilirken, galaktoz dışarı atılır. Pıhtı yeteri kadar soğutulduğunda *Lactobacillus* spp. gelişir ve Gal+ ise Leloir yoluyla galaktozu glukoz-6-P'e çevirir. Bu da EMP ile DL-laktata çevrilir. Bununla birlikte *Lb. delbruekii* spp. *lactis* ve *Lb. delbruekii* spp. *bulgaricus*'ların birçok suşu Gal- olduğundan galaktoz pıhtıda akümüle olur. *Leuconostoc* spp. Leloir yoluyla galaktozu glukoz-6-P'a izomerize ve sonra metabolize eder. Sonuçta glukoz kısmı fosfoketolaz yoluyla laktik asit, etanol ve CO<sub>2</sub>'e çevrilir (FOX ve McSWEENEY, 1995).

### b) Peynirde Laktik Asidin metabolizması

Taze peynir pıhtısında, çeşide bağlı olarak % 1,0-1,5 oranında laktat vardır. Cheddar, Dutch ve benzeri peynirlerde L-laktat NSLAB tarafından D-laktata çevrilir (FOX ve McSWEENEY, 1995). L-laktatın rasemizasyonu lezzete herhangi bir etki yapmaz, ancak Ca-D-laktat peynir içinde kristalleşerek özellikle yüzeyde arzu edilmeyen beyaz lekeler oluşturur. Cheddar ve benzeri peynirlerde laktat NSLAB tarafından okside edilebilir ve sonuçta asetat ve CO<sub>2</sub> oluşturabilir. Bu reaksiyon, O<sub>2</sub> sağlanabilmesine bağlı olduğundan, dolayısıyla peynirin büyüklüğüne ve ambalajlama materyalinin geçirgenliğine bağlıdır (FOX ve McSWEENEY, 1995). ASTON ve DULLEY (1982), asetatın, NSLAB tarafından laktoz, sitrat veya amino asitlerden üretilebildiğini, Cheddar ve diğer çeşitlerde oldukça yüksek konsantrasyonda bulunup lezzete katkıda bulunduğunun düşünüldüğünü, ancak yüksek konsantrasyonlarda ise nahoş nüanslara neden olduğunu belirtmektedirler (FOX ve McSWEENEY, 1995).

Tipik olarak Emmental peynirinde, eğer şeker tamamen metabolize olursa, 14 günde sırasıyla % 0,4 ve % 1,2 D- ve L- laktatlar oluşur. Ilık odaya transferi durumunda *propionibacteria* gelişerek, laktatı propiyonat, asetat ve CO<sub>2</sub>'e metabolize eder:



CO<sub>2</sub>, Swiss çeşitlerinde karakteristik bir görünüm olan göz teşekkülünden sorumludur. Asetat ve özellikle propiyonat ise lezzete katkıda bulunur (FOX ve McSWEENEY, 1995).

Camambert ve Brie gibi küfle olgunlaştırılan peynirlerde laktatın metabolizması yoğun olarak yüzeyde olmaktadır (KARAHADIAN ve LINDSAY, 1987). Bu peynirler, starter *Leuconostoc* tarafından üretilen % 1,0 laktik asit içerir. Peynirlerin yüzeyinde önceleri *Geotricum candidum* ve mayalar, sonraları *Penicillium caseicolum* olmak üzere sekonder mikroorganizmalar, geleneksel üretimde de *B. linens* ve *G. candidum* hızla kolonileşir. *P. caseicolum*, laktatı hızla CO<sub>2</sub> ve H<sub>2</sub>O'ya metabolize ederek pH'nın yükselmesine neden olur. *B. linens*, pH>5,8 olana kadar yüzeyde kolonize olmaz. Deasidifikasyon önce yüzeydedir; sonra, merkeze doğru pH gradienti oluşur. Sonuçta laktat dışarı doğru yayılır. Laktat tükenince *P. caseicolum*, proteinleri metabolize ederek NH<sub>3</sub> üretir; bu ise içeriye doğru yayılarak pH'nın daha da yükselmesine neden olur. Yüzeyde kalsiyum fosfat konsantrasyonu çözülebilir miktarı geçer ve Ca<sub>3</sub>(PO<sub>4</sub>)<sub>2</sub> şeklinde çökerek kalsiyum fosfat gradienti oluşturur; dışarıya doğru yayılır. İç kısımlarda kalsiyum konsantrasyonunun azalması da peynirin yumuşamasına neden olur. pH'nın yükselmesiyle artan plasmin aktivitesi bakiye pıhtılaştırıcı ile birlikte peynirlerdeki proteolizden, yüzey bakterilerince salgılanan ve peynirin iç kısımlarına sınırlı miktarda geçişen enzimlere göre, sorumludur. Yükselen pH, kalsiyum kaybı ve proteolizin beraber etkisi, Brie ve Camambert peynirlerinin tipik yumuşaklığı için gereklidir (FOX ve McSWEENEY, 1995).

Bakteriyel olgunlaşan peynirlerde yüzey laktat metabolizmasını mayalar da gerçekleştirir. Lezzete doğrudan etkisi muhtemelen az olan *B. linens*'in gelişmesi için pH'nın yükselmesi şart olup, metabolik ürünleri, sözkonusu peynirlerin flavorunda baskındır.

Bazı peynir çeşitlerinde yaygın bir kusur da, *Clostridium* spp. tarafından laktat metabolizmasından ileri gelir. Sonradan gaz (H<sub>2</sub>) ve flavor kusuru (bütirat) oluşumuna yol açar. Bu durum iyi hijyen ve NO<sub>3</sub> ilavesiyle, ayrıca lisosim, baktöfugasyon ve mikrofiltrasyonla veya *Clostridium* sayısını en aza indirerek kontrol altına alınır (FOX ve McSWEENEY, 1995). Laktoz ve laktat metabolizması, çoğu peynir çeşidinde temel metabolik değişimlerdir. Diğer biyokimyasal olaylarla karşılaştırıldığında, olgun peynir lezzeti üzerine doğrudan etki daha azdır; ancak pH'ya etkisi nedeniyle olgunlaşma sırasındaki diğer biyokimyasal reaksiyonların regülasyonunda önemlidir. Laktatın izomerizasyonu peynir lezzetini etkilemez, fakat propiyonat ve/veya asetata dönüşümü, muhtemelen önemli bulunurken, bütirata metabolize olması ise peynir kalitesinde başlıca olumsuz etkiye sahiptir (FOX ve McSWEENEY, 1995).

### c) Sitrat Metabolizması

Süt 8 mM sitrat (1800 mg/L) içerir; yaklaşık % 90'ı çözünür olup peyniraltı suyuyla uzaklaşır. Peynir pıhtısı ancak % 0,2-0,5 civarında sitrat içerir. Sitrat, *Lc. lactis* veya *Lc. cremoris* tarafından değil, *Lc. lactis* ssp. *lactis* biovar, *diacetylactis* ve *Leuconostoc* spp. tarafından metabolize edilerek diasetil ve CO<sub>2</sub> üretilir (COGAN ve HILL, 1993). CO<sub>2</sub>, Dutch peynirlerinde karakteristik gözlerden sorumludur. Diasetil, Cottage, Quarg ve bazı fermente sütlerde aroma/lezzet bakımından önemli olup, Dutch tip peynirlerde lezzete katkıda bulunur. Cheddar peynirinde sitrat, mezofilik laktobacilli tarafından diasetil ve formata metabolize edilir. Diasetil lezzete genellikle önemli katkıda bulunurken, asetat da yardımcı olabilir. Diasetil, asetoin- 2,3- bütülen glikol ve 2 bütanona çevrilebilir. İkincisi Cheddar peyniri lezzetine başlıca katkıda bulunan bileşik olarak düşünülür (FOX ve McSWEENEY, 1995).

### 2. Lipoliz

Yağların hidrolizi, bütün peynirlerde az da olsa meydana gelmektedir. Ancak bu olay, bazı çeşitlerde diğerlerine göre daha önemlidir. Roquefort ve Romano peynirlerinde özel aromanın meydana gelmesinde lipaz enziminin faaliyeti esas kabul edilmektedir. Yağın primer ve sekonder parçalanma ürünleri, çok kuvvetli aroma maddeleridir. Molekül ağırlıklarıyla ters orantılı olarak, çeşitli maddeler peynir lezzetinin oluşmasına yardım etmektedirler (KURT, 1990). Kısa zincirli yağ asitlerinin (özellikle 4-8 karbonlu), küfle olgunlaştırılan peynirlerin keskin tadından sorumlu olduğu ifade edilmektedir (BIGELIS, 1992).

Az yağlı peynirlerde lezzet ve tekstür gelişiminin zayıf olması, kaliteyi sınırlayan önemli bir teknolojik problemdir. Bitkisel yağ içeren Cheddar peynirinin lezzeti, yağsız süt peynirine göre daha üstün bulunmuştur (FOX ve McSWEENEY, 1995). Bu sonuçtan, yağın, lezzet bileşikleri için çözücü olarak önemli rol oynadığı ortaya çıkmaktadır. Böyle peynirlerin lezzetinin de tam yağlı Cheddar peynirine göre daha az olması ise, yağ asitleri profilinin de önemli olduğunu göstermektedir. Tam yağlı süt peynirinin, yağsız süt/süt yağı karışımından yapılan peynirlere göre daha kaliteli olması ise, yağ-su arayüzey membranının, lezzetin gelişmesi ve hissedilmesinde önemli olduğunu göstermektedir (FOX ve McSWEENEY, 1995).

Lipaz etkisiyle ortaya çıkan serbest yağ asitleri (özellikle proteoliz ve diğer reaksiyon ürünleriyle dengelenmişse), başta İtalya ve küfle olgunlaştırılan çeşitlerde fazla, Cheddar ve Dutch peynirlerinde muhtemelen daha az olmak üzere lezzeti doğrudan etkiler. Ancak çoğu çeşitte lipoliz fazla arzu edilmez; Cheddar, Gouda ve Swiss peynirleri, yağ asitlerini normal seviyede bile içerse acılaşmış olarak değerlendirilir. Cheddar lezzet yoğunluğu ile tek tek serbest yağ asidi konsantrasyonları arasında korelasyon ya çok azdır ya da yoktur. Serbest yağ asitlerinin önemli bir bölümü tuz şeklinde bulunduğu lezzete katkıları azdır.

Serbest yağ asitleri, diğer lezzet maddelerinin - özellikle metil ketonlar (küfle olgunlaştırılan çeşitlerde), laktonlar (Cheddar peyniri) ve esterler (meyvemsi kusurdan sorumlu) - oluşumunda substrat olarak görev yapar (FOX ve McSWEENEY, 1995).

Küfle olgunlaştırılan peynirlerde, özellikle Blue, çok yoğun lipoliz görülür. Toplam yağ asitlerinin % 25 kadarı serbest kalabilir (GRIPON, 1993). Bununla beraber, metil ketonlar dominant durumdadır (LYNE, 1995; FOX ve McSWEENEY, 1995). Kütle olgunlaşan çeşitlerde lipoliz, başlıca *P. roqueforti* veya *P. camamberti* kaynaklı lipazlara dayanmaktadır. Bunlar, oldukça güçlü ve iyi bilinen hücre dışı lipazlar salgılar (GRIPON, 1993; LYNE, 1995).

### 3. Proteoliz

Olgunlaşma sırasında meydana gelen proteoliz, peynirin lezzet ve tekstürünü etkiler (URAZ, 1979; LYNE, 1995). Protein parçalanması, peynir çeşidine bağlı olarak farklılık gösterir. Bütün peynirlerde primer protein hidrolizi az da olsa meydana gelmektedir. Belli çeşitlerdeki, örneğin Limburger ve Camambert peynirlerindeki proteoliz, Emmental peynirine göre çok daha yoğundur (KURT, 1990).

Çoğu peynir çeşidinin olgunlaşmasında proteoliz en önemli, belki de en kompleks biyokimyasal olaydır. Proteolizin boyutları, peynir çeşitlerine göre değişir. Mozzarella gibi bazılarında çok sınırlı olmasına karşılık, Blue gibilerinde çok yoğundur. Proteoliz ürünleri, sağlam kazein kadar büyük polipeptitlerden serbest amino asitlere kadar değişen çeşitli büyüklükte küçük peptitlerdir (FOX ve McSWEENEY, 1995). Proteoliz, peynir bünyesini yumuşatmanın yanında lezzet gelişimini etkilemektedir. Meydana gelen amino asitler ve peptitlerin, peynirde istenen tadın oluşumundan sorumlu olduğu düşünülmektedir (McGUGAN ve ark. 1979; URAZ, 1979). Aminoasitler, aminler, tiyoller, asitler ve karboniller gibi, lezzet bileşiklerinin substratı olarak da görev yapar. Proteoliz, ayrıca, çığneme sırasında lezzet bileşiklerinin serbest kalmasını etkiler (McGUGAN, 1979).

Proteoliz, birçok peynir çeşidinde miktar olarak temel parçalanma olayıdır. Olgun Cheddar peynirinde protein moleküllerinin yaklaşık % 85'inin en az bir bağı kırılmaktadır (FOX ve McSWEENEY, 1995).

### Serbest Amino Asit Katabolizması ve Sonraki Olaylar

Amino asitler ve proteolizin son ürünleri amonyak, amin, aldehit, fenol, indol ve alkoller gibi bir dizi lezzet bileşiklerine yıkılabilir. Parçalanma işlemleri sonunda belli gazlar ( $\text{NH}_3$ ,  $\text{H}_2\text{S}$  ve  $\text{CO}_2$ ) çıkmaktadır. Amonyak ve  $\text{H}_2\text{S}$  peynir lezzetini doğrudan,  $\text{CO}_2$  ise dolaylı etkiler. Oluşma yolu ve ortaya çıkan ürünler, peynirdeki aktif enzim kombinasyonlarına bağlıdır (KURT, 1990). Lezzet profili, parçalanma ürünleri olan türevlerin peynirde bulunmalarına göre değişebilir. Örneğin yakıcı koku ve acı tatlı peynirlerde, yumuşak lezzetli olanlara nazaran, fazla miktarda amonyak mevcuttur (KURT, 1990). Serbest amino asit katabolizması, muhtemelen bütün peynir çeşitlerinde sözkonusudur. Ancak küfle yüzey olgunlaştırılmış peynirlerde özel önem taşır. Amino asit katabolizmasının ilk safhası, dekarboksilasyon, deaminasyon, transaminasyon, desülfürasyon ve hata amino asit zincirinin koparılmasını içine alabilir. İkinci safhada, ortaya çıkan bileşiklerin (aminler veya  $\alpha$ -ketoasitler) ve bazen amino asitlerin, önce deaminazların aminler üzerindeki etkisiyle, aldehitlere dönüşümü görülür. Son safhada ise, aldehitlerin alkollere redüksiyonu veya oksidasyonu meydana gelir (HEMME ve ark., 1982). Kükürtlü amino asitler yoğun bir dönüşüme maruz kalır. Metanetiol ve diğer kükürt türevlerini de içine alan bazı bileşikler oluşur (FOX ve McSWEENEY, 1995).

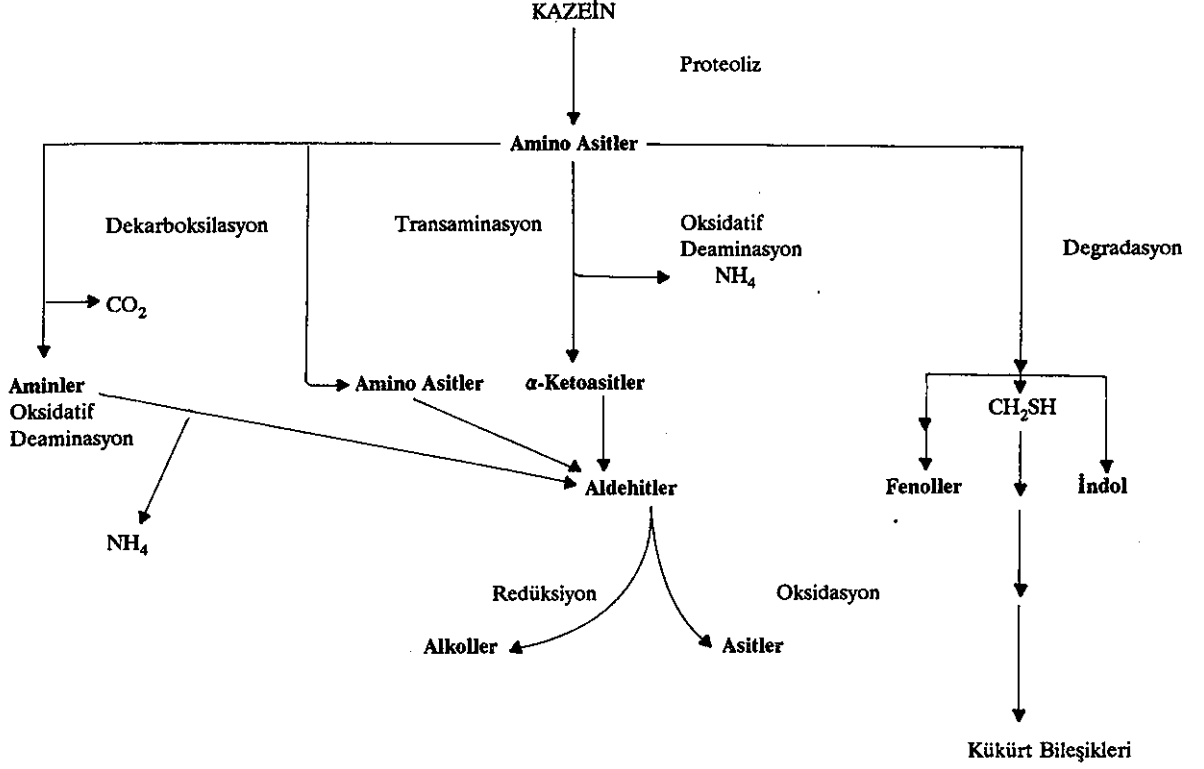
Dekarboksilasyonda,  $\text{CO}_2$  kaybıyla amino asit ilgili amine dönüşür. Peynirde primer aminlerin (başlıcası tiramin) bulunması (LAW, 1987), basitçe deaminasyonla açıklanabilir. Ancak sekonder ve tersiyer aminlerin bulunuşunu açıklamak zordur (FOX ve McSWEENEY, 1995).

Genel olarak kuvvetli ve hoş gitmeyen lezzete sahip olan aminler, bazı yüzey olgunlaştırılmış peynirlerde tipiktir. Peynirdeki tiramin, histamin, triptamin, putresin, kadaverin, feniletıl amin gibi aminler biyolojik aktiviteye sahiptir. Bu biyojenik aminlerin hassas kişiler üzerinde (migren ve hipertansiyon) önemli fizyolojik etkisi vardır. Peynirlerde biyojenik aminlerin konsantrasyonu çeşit, olgunluk ve mikrofloraya göre değişir.

Amino asitlerin deaminasyonu,  $\text{NH}_3$  ve  $\alpha$ -ketoasit üretimini sağlar. Amonyak, bazı peynirlerde (Camambert, Gruyere, Comte) önemli bir bileşiktir (HEMME ve ark., 1982). Amonyak aynı zamanda aminlerin oksidatif deaminasyonu ile da meydana gelir (aldehitler de oluşturarak). Amino asit yan zincirleriyle ilgili kompleks reaksiyon ürünleri de deaminasyona uğrayabilir. Transaminazların katalize ettiği transaminasyon, diğer amino asitlerin oluşumunda rol oynar. Sözkonusu reaksiyonlar sonunda oluşan aldehitler, okside olup asitleri veya indirgenip alkolleri verebilirler (FOX ve McSWEENEY, 1995).

Uçucu kükürt bileşikleri -ki çoğu peynirde mevcuttur- önemli aroma bileşenleridir. Kaynak olarak metionin ve sistein düşünülmektedir (LAW, 1987). Sistein kazeinde çok nadir bulunduğundan, kükürtlü bileşiklerin orijini başlıca metionin olmalıdır. Metioninden oluşan kükürt bileşikleri  $\text{H}_2\text{S}$ , dimetil sülfid ve metanetioldür.

Amino asit katabolizmasının genel oluşum yolları Şekil 2'de gösterilmiştir.



Şekil 2. Peynirde Serbest Amino Asit Katabolizmasının Genel Oluşum Yolları (HEMME ve ark. 1982)

(Makalenin Devamı II. Bölümde)