

# Peynirin Olgunlaşması Esnasında Lezzet Bileşiklerinin Üretimi İçin Metabolik Yollar: III-Amino Asitlerin Katabolizması

Nihat AKIN

Selçuk Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü. Kampüs/Konya

## Özet

Amino asit katabolizması, peynirde lezzet oluşumu için temel bir prostestir. Laktik asit bakterilerinin (LAB) ve diğer peynir mikroorganizmalarının amino asitleri aroma bileşenlerine parçalama yetenekleri büyük ölçüde suşa bağlıdır. Genellikle aminoasit katabolizması 2 farklı metabolik yolla ilerler. Birincisi çoğunlukla metioninde gözlenir ve eliminasyon reaksiyonu tarafından başlatılır ve önemli sülfür aroma bileşenlerinin oluşmasına öncülük eder. İkinci metabolik yol genellikle bir transaminasyon reaksiyonu tarafından başlatılır ve LAB nin tüm amino asitleri parçalamalarındaki esas metabolik yoldur. Daha sonra oluşan  $\alpha$ -keto asitler 1 veya 2 ilave basamakla çeşitli aroma bileşenlerine parçalanırlar. Her iki metabolik yolu başlatan lactococcal enzimler yeterince tanımlanmışlardır ve her enzimden yoksun olan izojenik suşlar kullanılarak aroma bileşenlerinin oluşumundaki önemleri kanıtlanmıştır. Yeni bilgiler yoluyla özellikle amino asit transaminasyonunu kontrol ederek peynir lezzetini yoğunlaştırmak veya çeşitlendirmek için yapılan birkaç uygulama başarılı bir şekilde geliştirilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Peynir, Lezzet, Uçucu lezzet bileşikleri, amino asit katabolizması

## Methabolic pathways for the production of flavour compounds in cheeses during ripening:III-Catabolisms of amino acids

### Abstract

The principal pathways of amino acids catabolism for the formation of flavour compounds in cheese are reviewed. Depending on variety, microflora and ripening conditions, proteolysis of the caseins to a range of free amino acids (FAA) probably only contributes to the background flavour of most cheese varieties, but FAA are important precursors for a range of poorly-understood catabolic reactions which produce volatile compounds essential for cheese flavour.

**Key words:** Cheese, Flavour, Volatile Flavour Compounds, FAA, Amino acids catabolism

### 1-Giriş

Serbest amino asitlerin (SAA) katabolizması peynirin tadına katkıda bulunan amonyak, aminler, aldehitler, fenoller, indol ve alkoller'de dahil olmak üzere bir çok bileşiği açığa çıkarabilir. SAA'lerin katabolizması bütün çeşitlerde aroma (tat) gelişiminde muhtemelen bazı önemli rol oynar. Fakat küf ve yüzey kültürleriyle olgunlaştırılan peynirlerde özellikle önemlidir (Fox ve ark., 1995). Amino asitlerin katabolizmasında ilk safha dekarboksilasyon, deaminasyon, transaminasyon,

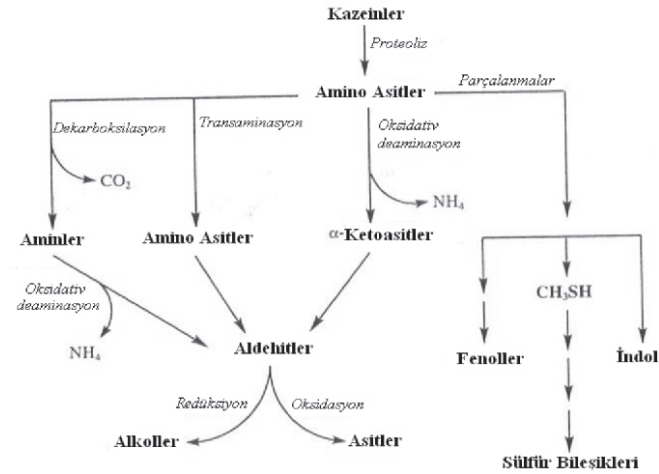
disulfürasyon veya belkide amino asitlerin yan zincirlerinin hidrolizasyonunu içerir. İkinci aşama açığa çıkan bileşiklerin (aminler ve -ketoasitler) dönüştürülmesini içerir. Amino asitlerin kendileri kadar, aldehitler, özellikle aminler üzerine deaminazların aktiviteleriyle amino asit katabolizmasının son aşaması aldehitlerin alkollere indirgenmesi veya onların asitlere oksidasyonudur. Sülfür içeren aminoasitler yoğun dönüşüme uğrayabilir. Metaldethid ve diğer sülfür türevleri de dahil bazı bileşiklerin oluşmasına öncülük eder. SAA'lerin katabolizması için genel metabolik yollar **Şekil-1**'de özetlenmiştir ve bu konu bazı araştırmacılar tarafından literatür özeti olarak özetlenmiştir (Aston ve ark., 1983; Fox ve Wallace,1997; Fox ve MacSweeney, 1996; Fox ve ark., 2000). Bu metabolik yolların önemine rağmen bu reaksiyonlarla ilgili detayla ve onların üretiminden sorumlu olan maddelerle ilgili bilgiler sınırlıdır. Son zamanlarda LAB'lerinde belirlenen aminoasit katabolizmasının metabolik yollarının özeti rapor edilmiştir (Monnet ve ark, 1996; Christensen ve ark., 1999). Ancak, bu metabolik yolların çoğu için peynirde hangi yoğunlukta oluştuğu bilinmemektedir.

Bu nedenle, geçen on yıl birkaç araştırma grubu, peynir mikroorganizmaları özellikle de birçok peynirde yüzey florası olarak kullanılan *Brevibacterium linens* ve laktik asit bakterileri yoluyla amino asit katabolizması üzerine odaklanmışlardır. Bu çalışmalar amino asit katabolizmasına yeni anlayışlar sağlamıştır. Bu da amino asit katabolizması seviyesinde peynirdeki aroma oluşumunu kontrol etmek için yeni ihtimaller sunmuştur. Bu çalışmada, amino asit katabolizmasının peynirde lezzet oluşumundaki önemini ve peynir mikroorganizmalarının amino asitlerden aroma bileşenlerini oluşturma yetenekleri ve peynir mikroorganizmalarındaki enzimler ve amino asitlerin aroma bileşenlerine dönüşümünü içeren metabolik yollarla ilgili yeni bilgileri sunulmuştur. Ayrıca, amino asit katabolizması seviyesinde peynirde aroma oluşumunu kontrol etmeyle ilgili bazı örnekler verilmiştir.

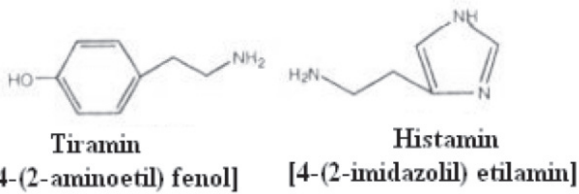
### 2.Aminler ve Pyrazinlerin Üretimi

Dekarboksilasyon amino asitlerin CO<sub>2</sub> kaybederek bahsedilen aminler dönüşmesine neden olur. Aminler (biyojenik aminler dahil) SAA'lerin enzimatik dekarboksilasyonu ile peynirde üretilirler (Joosten ve Stadhouders, 1987). Herbir aminin relatif konsantrasyonu starter olmayan mikroflora ve çoğu peynir çeşidine bağlıdır. Çoğu peynirde temel aminler tryamin (Try) ve histamindir (His) (**Şema-1**) ve sırasıyla Try ve His'in dekarboksilasyonu ile üretilir (Fox ve ark., 1995; Sieber ve Lavanchy, 1990). İlave kültür olarak *Lactobacilli*'lerle inoküle olan Cheddar peynirlerinde bu aminler konsantrasyonu artar. Bu artışın sebebi adjunk kültürlerin dekarboksilasyonla bu aminlerin üretilmesine rol oynayabileceği yönündedir (Broome ve ark., 1990). Histamin yüksek oranda bulunduğu gıda zehirlenmesine neden olabilir (Santos, 1991) ve histamin zehirlenmelerinin bazıları peynir tüketimini takiben olabilir (Taylor ve ark., 1982; Akın, 2002 a,b). 14 amin (birincil ve

ikincil) Cheddar peynirinde (Ney ve Wirotama, 1971) ve -amin Alman Mavi küflü peynirlerde bulunmuştur (Ney ve Wirotama, 1972). Ney (1981) yaptığı çalışmada, asetamid, propinamid, butiramid, izobutiramid ve izovaleramid bulunduğunu belirtmiştir. Bir çok uçucu aminler Camembert peynirinden izole edilmiştir; Bunlar metilamin, etilamin, n-propilamin, izopropil amin, n-butilamin, metilpropilamin, n-amilamin, izoamilamin, anteisoamilamin, n-hexylamin, etanolamin, dimetilamin, dretilamin, diproplamin ve dibutilamin (Adda ve Dumont, 1974; Molimard ve Spinnler, 1996).



**Şekil-1.** Serbest amino asitlerin metabolizması için genel metabolik yollar (Hemme ve ark., 1982)



Sema 1

Peynirde FAA konsantrasyonuyla aminler arasında bir ilişki bulunamamıştır (Smith, 1981). Bu durum, muhtemelen bireysel amino asitlerin dekarboksilasyon veya açığa çıkan aminlerin deaminasyon hızındaki farklılıklardan kaynaklanmış olabileceği belirtilmiştir (Polo ve ark., 1985). Basit dekarboksilasyon peynirde bulunan çoğu aminlerin oluşumunu açıklayabilir. Fakat peynirde ikincil ve üçüncül aminlerin oluşumunu açıklamak için mevcut bir bilgi yoktur (Adda ve ark., 1982).

Liardon ve ark., (1982) yaptığı çalışmada Gruyer peynirinin dış tabakasında (Smear'de dahil, muhtemelen bu kısım mikroorganizmalar tarafından oluşturulan kısım) 2,5-dimetil pyrazin, 2,6-dimetil pyrazin, etil pyrazin, 2,3-dimetil pyrazin, etilmetil pyrazin, trimetil pyrazin, tetra-metil pyrazin ve etiltrimetil pyrazin bulunduğunu belirlemişlerdir. Parmesan peynirlerinde yapılan çalışmada (Meinhart ve Schreier, 1986) ise Pyridin, Pyrazin, 2,3-dimetil pyrazin, 2,6-dimetil pyrazin, 2-etil-3,5(6)-dimetil pyrazin ve 2,3-dietil-5-metil pyrazin belirlemiştir. Ayrıca alkali pyrazin Emmental peynirinde bulunmuştur. Bu bileşiklerin içerdiği fraksiyonlar yanmış patates kokusuna sahip olduğu belirtilmiştir (Sloot ve Hofman, 1975).

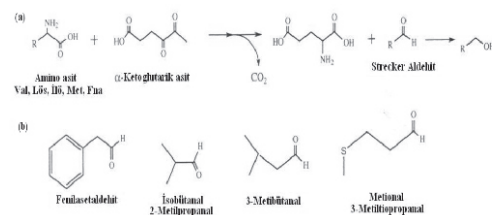
### 3. Deaminasyon ve Nötral ve Asidik Bileşiklerin Oluşumu

SAA'lerin deaminasyonu amonia ve -keto asitlerin üretimine öncülük eder (Hemme ve ark., 1982). Ammonia Camembert, Gravyer ve Comte gibi bir çok peynirde önemli

bileşik (Fox ve ark., 1995) ve P.camemberti, G.candidum ve Br.linens ammonia üretiminde temel rol oynarlar (Karahadian ve Lindsay, 1987). Aminler oksidatif deaminasyonuna konu olabilir ve sonucunda aldehytlere açığa çıkar (Molimard ve Spinnler, 1996). -keto asitler ve hemen hemen tüm aminoasitler Cheddar peynirinde bulunduğu belirtilmiştir (Ney ve Wirotama, 1971). Emmental veya Alman mavi-küflü peynir (Ney ve Wirotama, 1972) Manchego, Parmesan, Gouda, Provolone, Camembert (Ney ve Wirotama, 1973) ve Fontina (Ney ve Wirotama, 1978) gibi peynirlerde -keto 3-metilbutanoik ve -keto-metil pentanoik asitler yoğun peynir benzeri kokuya neden olduğu belirtilmiştir (Muller ve ark., 1971). Fakat bu asitlerin konsantrasyonları peynirler arasında çok değişik miktarlarda olduğu belirlenmiştir. Ancak son zamanlarda yapılan çalışmada peynirde -keto asite rastlanmamıştır. Bunun sebebi belki bu bileşiğin gaz kromatografisiyle analizindeki zorluktan kaynaklanmış olabilir. Buna karşın Ney ve Wirotama (1978), 2,4-dinitro fenil hidrazon türevleri ki bunlar sonra bahsedilen aminoasitlere indirgenerek belirlenmiştir (Olson, 1990).

### 4. Transaminasyon, 'Strecker' Reaksiyonu ve Aldehytlere Üretimi

Aldehytlere, aminoasitlerin katabolizması sonucu olarak üretilmiş olabilir (Şekil-1) (Fox ve ark., 1995). SAA'lerin enzimin katalizörliğünde transaminasyonu imidlerin oluşumuna neden olur ki bunlar daha sonra dekarboksilasyon veya Strecker ve reaksiyonlarıyla parçalanarak aldehytlere oluşturur (Fox ve ark., 1995; Polo ve ark., 1985). Peynir olgunlaşmasının düşük pH ile başlangıcında, amino asitler aminlere dekarboksile olur. pH'nin arttığı olgunlaşmanın daha sonraki safhasında bu aminler okside olarak Strecker parçalanması yoluyla aldehytlere dönüşür (Barbeiri ve ark., 1994). Aldehytlere peynirde yüksek konsantrasyonda birikir. Çünkü onlar hızlı bir şekilde alkollere veya asitlere dönüştürülür (Dunn ve Lindsay, 1985; Lemieux ve Simard, 1992). Bir çok peynir çeşidinde aldehytlere aromaya katkıda bulunduğunu düşünülmektedir. Bu peynirler arasında Cheddar (Dunn ve Lindsay, 1985) ve Parmesan (Barbeiri ve ark., 1994) peynirleride bulunmaktadır. Cheddar peynirinde Strecker reaksiyonu sonucunda oluşan bileşiklerin miktarı belli seviyede olduğu zaman "temiz olmayan" tat gelişmesine rağmen peynirde Strecker reaksiyonu sonucunda açığa çıkan bileşiklerle bireysel FAA'ler arasında bir korelasyon bulunamamıştır (Dunn ve Lindsay, 1985). Fenil asetaldehit, isobutanal, 3-metil butanal ve methional sırasıyla Phe, Leu, Ile, Val ve Met amino asitlerinden bu mekanizmayla üretilebilir (Adda ve ark., 1982); asetaldehit threonin aldolazın yardımıyla threoninden türetilebilir ve alkol dehidrogenaz pirivat dehidrogenazdan daha az aktif olduğunda mayalar tarafından üretilebilir (Molimard ve Spinnler, 1996). Benzaldehit fenil asit aldehytin -oksidasyonu veya sinamik asit -oksidasyonu ile üretilebilir (Casey ve Dobby, 1992; Cogan, 1985). Strecker reaksiyonu ve bazı Strecker aldehytlere yapısı Şekil-2'de gösterilmiştir.



**Şekil-2.** (a) α-aminoasit ve α-ketoasit (örn., α-ketoglutarik asit) arasındaki Strecker reaksiyonu, (b) peynirde bulunan bazı Strecker aldehytlere yapısı.

### 5.Sülfür Amino Asitlerinin Katabolizması

Peynirde bulunan sülfür bileşiklerin ana kaynağı methiaminden kaynaklanır. Kazeinde metionin, sisteinden daha yüksek konsantrasyonda bulunur (kazeinlerde C<sub>45</sub> kalıntısı, sadece s<sub>2</sub>-ve κ-kazeinde düşük seviyede bulunur). Metionin katabolizması için literatürde muhtemel metabolik yollar önerilmiş ve peynirde bulunan uçucu sülfür bileşiklerinin yapısı **Şekil-3'**de gösterilmiştir. Sülfür amino asitlerin katabolik ürünleri Cheddar peynirinin aroması temel katkıda bulunan maddeler olarak gösterilmiştir. Fakat onların temel önemi, smear ve yüzey olgunlaştırmaya tabi tutulmuş peynirlerde yüzey smearde bunların yüksek konsantrasyonda bulunmasıyla belirlenmiş gibi görünmektedir (Adda ve ark., 1982; Bosset ve Liardo, 1985; Dunn ve Lindsay, 1985; Gripon ve ark., 1991). Peynirde muhtemel (CH<sub>3</sub>-SH), hidrojen sülfüd (H<sub>2</sub>S), dimetil sülfüd (DMS; CH<sub>3</sub>SCH<sub>3</sub>), dimetil disülfid (DMDS; CH<sub>3</sub>SSCH<sub>3</sub>), dimetil tri sülfid (DMTS; CH<sub>3</sub>SSSCH<sub>3</sub>) ve karbonil sülfid (O=C=S) gibi düşük molekül ağırlıklı sülfür gibi bileşikler bulunur. Sülfür bileşikler birbiriyle reaksiyona girdikleri düşünülmekte ve bunun sonucunda diğer uçucu lezzet bileşiklerini oluşturmaktadırlar (Kim ve Olson, 1989).

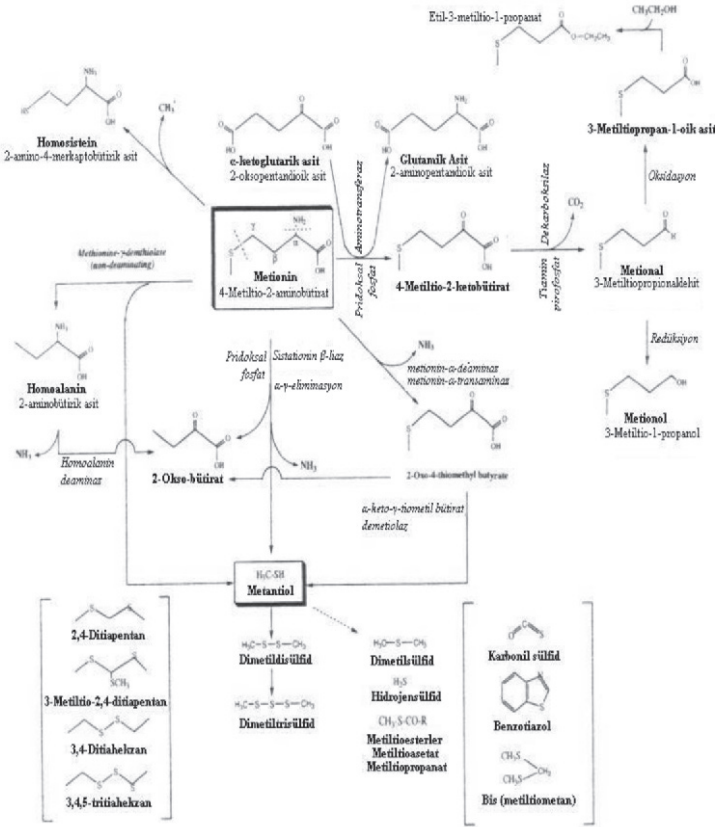


Figure 12.

**Şekil-3.** Peynirde belirlenmiş olan sülfür bileşikleri ve methioninden açığa çıkan bazı sülfür bileşikleri için literatürlerde önerilen muhtemel metabolik yollar.

Methanethiol Camembert peynirinde 3,4-dithiapentan; 3,4-dithiahektan; 2,4,5-trihiahektan ve 3-methylthio-2,4-dithiapentan gibi diğer sülfür içeren bileşiklerle birlikte bulunur ve bu bileşikler iyi olgunlaşmış Camembert peynirlerinde bulunan sarımsak tadındaki maddelerden sorumludur (Adda ve ark., 1988). Br.linens yüzeye sürülerek olgunlaştırılan peynirlerin yüzeyinde bulunan ana mikroorganizmalardan biridir. Bu organizma küfle yüzey olgunlaştırılması yapılan peynirlerin forasında da bulunur ve

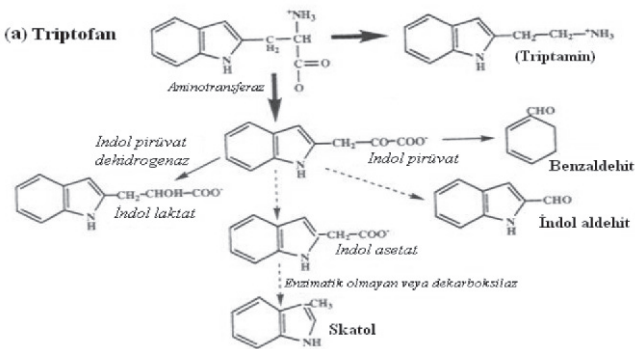
enzimatik olarak methanethiol üretebilir. Cheddar gibi yüzey florası olmayan peynirlerde, tat starter, starter olmayan bakteriler ve bunların enzimleri tarafından oluşturulur ve methanethiol'ün üretimi kimyasal proses olduğu düşünülmektedir (Kim ve Olson, 1989); Ancak, Urbach (1995) yaptığı çalışmada özellikle Cheddar ve Emmental peynirlerinde ikincil flora sülfür bileşiklerinin oluşması için kimyasal reaksiyonlardan daha önemli gibi görüldüğünü belirtmiştir. Dimos ve ark., (1996) tam yağlı ve yağ azaltılmış Cheddar peynirlerinde methanethiol konsantrasyonunu (tad) aroma ile yüksek konsantrasyon gösterdiğini belirlemiş ve yağ azaltılmış Cheddar peynirinden tad eksikliğinin indikatörü temel olarak methanethiol eksikliğinden kaynaklandığını belirtmiştir.

Methanethiol'ün enzimatik olmayan oluşumunun tam metabolik yolu belirlenememekle birlikte mekanizması Manning (1979a, b) tarafından muhtemel metabolik yolu yazılmıştır. Bu propozalda sistin/sisteinden indirgeyici madde olarak üretilen H<sub>2</sub>S, daha sonra methionin amino asidiyle reaksiyona girerek methanethiolü üretir. Bu yol bir çok araştırmacı tarafından kabul edilmiştir (Adda ve ark., 1982; Fox ve ark., 1995; Hemme ve ark., 1982). Peynirde H<sub>2</sub>S'in konsantrasyonu olgunlaşma esnasında artar. H<sub>2</sub>S veya diğer

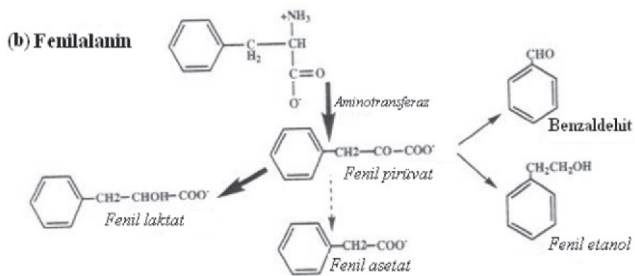
sülfür bileşikleri ve lezzet gelişimi arasında başlangıçta korelasyon bulunamamış (Aston ve ark., 1983), Barlow ve ark., (1989) lezzetle H<sub>2</sub>S konsantrasyonu arasında yüksek korelasyon bulmasına rağmen, özellikle H<sub>2</sub>S için değer suda çözünen azot veya laktik asit konsantrasyonu ile kombine edildiğinde bu korelasyon belirlenmiştir. Bu araştırmacılar bu parametreler (H<sub>2</sub>S ve WSN laktat) taze peynirin gelecekteki kalitesini tahmin etmede erken olgunlaşma süresinde bu peynirlerin lezzeti veya bileşiminden daha iyi olduğunu belirtmişlerdir. Taze peynirde H<sub>2</sub>S bulunması bunların bir kısmının pastörizasyon esnasında oluştuğu gösterilmiştir (Law ve ark., 1976). DMS, DMDS ve DMTS gibi bileşiklerin peynirin lezzetine önemli katkısı olduğu açık değildir.

## 6. Fenilalanin, Trypsin, ve Triptofanın Katabolizması

LAB'lerinin Trp, Phe ve Tyr katabolizması için metabolik yollar **Şekil-4 a,b,c'**de gösterilmiştir. Trp'in katabolizması (**Şekil-4a**) daha sonraki aşamada indol laktik asit, indol asetik asit, indol aldehit ve benzaldehit katabolize edilebilen indol pürinat üretir (Gao ve ark., 1997; Hummel ve Kula, 1984). Phe (**Şekil-4b**)'in katabolizması aminotransferaz enziminin etkisiyle fenilpürivatın oluşumuyla sonuçlanır (Gao ve ark., 1997). Fenilpürivat, fenil laktat ve fenil asetat rapor edilmiştir. Bunlar lactococcal phe katabolizmasının metabolitleri olarak belirlenmiştir (Yvon ve ark., 1997). Ayrıca fenil pürivatın benzaldehit ve fenethanole enzimatik olmayan yöntemle parçalanması da rapor edilmiştir (Kong ve ark., 1996). Fenilalaninden orijilenen lezzet bileşikleri peynirden izole edilmiş olan (Adda ve ark., 1982; Dunn ve Lindsay, 1985) veya model sistemlerden (Jomvet ve ark., 1992) bunlara fenil metanol, fenil etanol, fenil asetaldehit, fenil purivant, fenil hidroksi asetat, fenil asetaldehit, fenil purivat, fenil etilasetat dahildir.



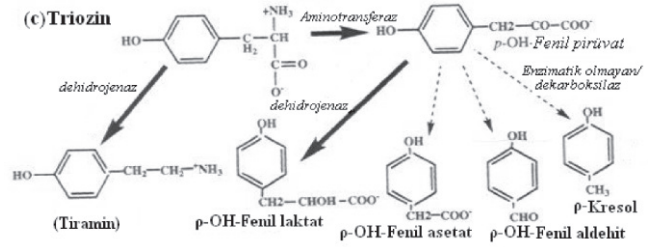
**Şekil-4a.** Starter, ilave kültürler ve starter olmayan bakteriler tarafından oluşturulan triptofan katabolizması için metabolik yollar (Cristensen ve ark., 1999). Kalın oklar: enzimatik reaksiyonları, ince çizgili oklar: enzimatik olmayan kimyasal reaksiyonları, noktali oklar: mekanizması bilinmeyen ve Atase: aminotransferazı ifade etmektedir.



**Şekil-13b.** Starter, ilave kültürler ve starter olmayan bakteriler tarafından oluşturulan fenilalanin katabolizması için metabolik yollar (Cristensen ve ark., 1999). Kalın oklar: enzimatik reaksiyonları, ince çizgili oklar: enzimatik olmayan kimyasal reaksiyonları, noktali oklar: mekanizması bilinmeyen ve Atase: aminotransferazı ifade etmektedir

Fenil etanol Camembert ve diğer küf ve yüzey olgunlaştırma tekniği kullanılan peynirlerde üretilebilir (Adda ve ark., 1982; Dunn ve Lindsay, 1985). Transaminasyon dekarboksilasyon veya onların yüzeyinde mayaların üremesiyle indirgenme reaksiyonları sonucunda Cheddar peynirinde (ve diğer peynir çeşitlerinin yapımında sadece primary kültür kullanıldığında), feniletanol ve fenil asetaldehit fenil alaminin Strecker parçalanma reaksiyonuyla üretilebilir (Dunn ve Lindsay, 1985); fenil asetaldehitin yüksek

konsantrasyonu astringent, acı ve stinging lezzet hissedilmesine katkıda bulunur. Tyr'inin katabolizmi (**Şekil-4c**) p-hidroksi-fenil pürivatın oluşmasından sonuçlanır. Try peynirde üç bileşiğin prekürsürüdür.



**Şekil-13c.** Starter, ilave kültürler ve starter olmayan bakteriler tarafından oluşturulan triosin katabolizması için metabolik yollar (Cristensen ve ark., 1999). Kalın oklar: enzimatik reaksiyonları, ince çizgili oklar: enzimatik olmayan kimyasal reaksiyonları, noktali oklar: mekanizması bilinmeyen ve Atase: aminotransferazı ifade etmektedir

Bunlardan tyramine dekarboksilasyonla oluşur ve p-cresol ve fenol tipik olmayan Strecker parçalanma reaksiyonu ile oluşur (Elsden ve ark., 1976). Gouda ve Mont d'Or peynirinde starter olmayan lactobacilli p-cresol üretiminden sorumlu olduğu düşünülmektedir (Dumont ve ark., 1974). Buna karşın Limburger peynirinde fenol yüksek konsantrasyonda bulunmuştur (Parliament ve ark., 1982). Süt endüstrisinde temel düşünce istenilmeyen lezzet maddelerinin oluşumudur. p-cresol, fenethanol, fenilasetaldehit ve indol gibi bileşikler bu temiz olmayan lezzetle ilişkilendirilmiştir ki bu bileşikler aromatik amino asitlerin katabolizması yoluyla oluştuğuna inanılmaktadır.

Tyramine, peynirde sıklıkla belirlenen biyogjenik amindir (Voight ve Eitenmiller, 1978) ve monoaminin toksikasyonuna en çok neden olandır. Monoamin intoksikasyonu kan basıncında artışla karakterize edilir ve ritim bozukluğu, çeşitli baş ağrısı, hiper tansiyon, mide bulantısıyla sonuçlanır ve peynir tüketimiyle ilişkilendirilmiştir (McCabe, 1986).

## 7. Arginin, Aspartat, Glutamat ve Threonin Katabolizması

Arg katabolizması için LAB'de genel metabolik yol bir mol Arg iki mol amonyak'a ve ornithinin her bir molü, CO<sub>2</sub> ve ATP dönüşmesiyle sonuçlanır. Üç farklı Asp katabolik metabolik yolu rapor edilmiştir (Christensen ve ark., 1999). Ancak, bu metabolik yolların dağılımı ve detayları hala çok iyi anlaşılamamıştır. Glu katabolizminin rapor edilen metabolik yollar aminotransferaz, veya dehidrojenaz veya dekarboksilaz aktivitesiyle oluşan -aminobutrat (GABA) aktivitesi sonucunda -ketoglutanat üretilir (Christensen ve ark., 1999). GABA üretimi peynirde oluştuğu bilinir ve Zoon ve Alleisma (1996) yaptığı çalışmada peynirde oluşan göz sayısındaki artışla, peynirde CO<sub>2</sub> üretimi ve GABA arasında korelasyon olduğunu belirtmiştir. Ancak, mevcut bilgilere göre bunun peynirin aromasıyla direkt veya indirek bir ilişkisinin olmadığı düşünülmektedir. Thr katabolizması thr asetaldehit ve Glu'e dönüştürür (Marshall ve Cole, 1983). Asteldehit yoğurt lezzet maddesinin tipik lezzet bileşiğidir (Akin, 1994).

## 8. Yan Zincirli Amino Asitlerin Katabolizması

Yan zincirli amino asitlerin katabolizması L.lactis'de aminotransferazla yapılmış ve Leu, Ile ve Val sırasıyla, -keto isokaproat, -keto--metilvalerat ve -keto isovalerat'a dönüştürülmüştür. Yan zincirli amino asitlerin katabolizması, fermente süt ürünlerinin üretiminde aroma ve tat ürünleri üzerine istenilmeyen etkiye sahip olan bileşiklerin oluşturulmasıyla tipik olarak birleşmektedir (Christensen ve

ark., 1999). Yan zincirli amino asitlerin katabolizmasından aldehit ve alkol ürünleri peynirde kusurların oluşmasına neden olduğu bilinmektedir (Christensen ve ark., 1999). Peynir 18-90 ppm 3-metilbutanol ve 9-45 ppm 3-metilbutanol ve ayrıca bunlar yanzincirli amino asitlerin katabolizmasıyla üretilir lezzet kalitesini düşürür ve malt tadı oluşturduğu belirtilmiştir (Braun ve Olson, 1986). İlave olarak, hırsılı ve keskin olmayan olarak tanımlanan lezzetler 3-metilbutanol ve 2-metilpropanal'in basamaklı konsantrasyonlarıyla ilişkilidir (Dunn ve Lindsay, 1985). Emmental peynirinde 3-metilbutanal yüksek seviyede olabilir ve eğer o tanımlanan koku ve lezzet bileşiklerinden biri değilse bile butirik asidin istenilmeyen tatlımsı kokusunu bastırarak bir rol oynayabilir (Preininger, 1996).

Sonuç; uçucu ve uçucu olmayan lezzet bileşiklerinin oluşması için genel metabolik yollar birçok peynir çeşidinde çok iyi karakterize edilmiştir. Bunlarla ilgili (glikoliz, lipoliz ve proteoliz) ürünlerin üretimi Gouda ve Cheddar peynirlerine ait detaylı bilgiler mevcuttur. Ancak, mekanizmasının tam olarak anlaşılması için daha çok çalışmanın yapılması gerekir. İlk açığa çıkarılan ürünler daha sonraki aşamalarda lezzet maddelerine dönüştürülmektedir. Günümüzde kazeinleri SAA'lere dönüştürmede etkili enzim sistemleriyle ilgili daha çok bilgi vardır. Fakat sadece son yıllarda starter kültürlerin enzim sistemiyle ilgili çalışmalarla yoğunlaştırılmıştır. Bu konuda çalışmalar yoğunlaşarak devam etmektedir.

## 9.Referanslar

- Adda J., Dumont J.P. (1974). Les substances responsables de l' arôme des fromages a pate molle, Lait 54 1-74.
- Adda J., Gripon J.C., Vassal L. (1982), The chemistry of Flavour and texture generation in cheese, Food Chem. 9 115-129.
- Adda J., Czulak J., Mocquot G., Vassal L., Cross H.R., Overby A.J. (1988), Cheese, Meat Science, Milk Science and Technology, Elsevier Sci. Publ., Amsterdam, The Netherland 373-392s.
- Akin, N.1994. Filtration Methods for Making Turkish Süzme (Thick) Yogurt. PhD. Thesis, Loughborough University of Technology, Loughborough, England. 237 s.
- Akin, N. 2002. Proteolysis from non-starter Lactic Acid Bacteria in cheese during ripening. Türkiye 7. Gıda Kongresi, 839-846.
- Akin, N. 2002. Proteolysis from starter bacteria in cheese during ripening. Türkiye 7. Gıda Kongresi, 829-838.
- Aston J.W., Dullely J.R. (1982), Cheddar cheese flavour, Aust. J. Dairy Technol. 37, 59-64.
- Aston J.W., Greive P.A., Durward L.G., Du J .R. (1983), Proteolysis and flavour developmentn Cheddar cheese, Aust. J. Dairy Technol. 38, 59-65.
- Barbeiri G., Bolzoni L., Careri M., Mangi Parolari G., Spagnoli S., Virgili R. (1994), Study of volatile fraction of Parmesan cheese, J. Agri. Food Chem. 42, 1170-1176.
- Barlow I., Lloyd G.T., Ramshaw ER, Miller A.J., McCabe G.P., McCabe L. (1989), Correlati and changes in flavour and chemical para ters of Cheddar cheeses during maturation, J. Dairy Technol. 44, 7-18.
- Bosset J.O., Liardon R. (1985), The aroma cornp tion of Swiss Gruyere. III. Relative change the content of alkaline and neutral compan during ripening, Lebensm. Wiss. u. Technol., 18,178-185.
- Braun S.D., Olson N.F. (1986), Microencapsulation of cell-free extracts to demonstrate the feasibility of heterogeneous enzyme systems and cofactor recycling for the development of flavour in cheese, J. Dairy Sci. 69, 1202-1208.
- Broome M.C., Krause D.A., Hickey M.W. (1990), The use of non-starter lactobacilli in heddar cheese manufacture, Aust. J. Dairy Technol. 45, 67-73.
- Casey J. Ve Dobb R., (1992) Microbial routes to aromatic aldehydes, Enzyme Microbiol. Technol. 45, 67-73.
- Christensen J.E., Dudley, E.O., Pederson, J.A., Steele J.L. (1999), Peptidases and amino acid catabolism in lactic acid bacteria, Antonie Leeuwenhoek 76, 217-246.
- Cogan T.M. (1985), The Leuconostocs: milk products, in: Oilliland S.E. (Ed.), Bacterial Starter Cultures for Foods. CRC Press, Boca Raton. FL, 25-40s.
- Dimos A., Urbach O.E., Miller A.J. (1996), Changes in flavour and volatiles of full-fat and low-fat cheeses during maturation, Int. Dairy J. 6, 981-995.
- Dumont J.P., Roger S., Cerf P., Adda J.(1974), Etude de composes volatils neutres presents dans le Vacherin, Lait 54, 501-516.
- Dumont J.P., Roger S., Adda J. (1976), Camembert aroma: identification of minor constituents, Lait 56, 595-599.
- Dunn R.C., Lindsay R.C. (1985), Evaluation of the role of microbial Strecker-derived aroma compounds in unclean-type flavours of Cbeddar cheese, J. Dairy Sci. 68, 2859-2874.
- Elsden S.R., Hiltton M.G" Waller J.M. (1976), The end products of the metabolism of aromatic amino acids by Clostridia, Arch. Microbiol. 107, 283-288.
- Ferchichi M., Hemme D., Boullianne C. (1986a), Influence of oxygen and pH on methanethiol production from L-methionine by Brevibacterium linens CNRZ 918, Appl. Environ. Microbiol. 51, 725-729.
- Ferchichi M., Hemme D., Nardi M. (1986b), Induction of methanethiol production by Brevibacterium linens CNRZ 918, J. Gen. Microbiol. 132, 3075-3082.
- Fox P.F., McSweeney P.L.H. (1996), Proteolysis in cheese during ripening, Food Rev. Int. 12, 457-509.
- Fox P.F., Wallace J.M., (1997) Formation of favour compounds, Adv. Appl. Microbiol. 45 17-85.
- Fox P.F., Singh T.K., McSweeney P.L. H. (1995), Biogenesis of favour compounds in cheese, in; Malin E.L., Tunick M.H. (Eds.), Chemistry of Structure, Function Relationships in Cheese, Plenum Press, New York, 59-98S.
- Fox P.F., Guinee T.P., Cogan T.M., McSweeney P.L.H. (2000), Fundamental of Cheese Science. Apsen Publisher Inc. Maryland.559s.
- Gao S., Oh D.H., BroadbentJ.R., Johnson M.E., Weimer B.C., Steele J.L. (1997), Aromatic amino acid catabolism by lactococci, Lait 77, 371-381.
- Gripon J.C., Monnel V., Lamberei G., Desmazeaud M.J. (1991), Microbial enzymes in cheese ripening, in; Fox P.F. (Ed.), Food Enzymes, Elsevier Appl. Sci., London, , 131-168s.
- Hemme D., Bouillane C., Metro F., Desmazeaud M.J. (1982), Microbial calabolism of amino acids during cheese ripening, Sci. Aliment. 2, 113-123.
- Hummel W.W., Kula M.R.(1984). Isolaion and characterizaion of a bacterium possessing L-phenylalanine dehydrogenase activity, Arch. Microbiol. 137, 47-52.
- Jomvet N., Bezenger M.C., Vayssier Y., Belin J.M. (1992), Production of volatile compounds in model milk and cheese media by eight strains of Geoirichium candidium Link, J. Dairy Res. 61, 241-248.
- Joosten H.M.J.L. ve Stadhouders, J. (1987)Conditions allowing the formation of biogenic amines in cheese. I:Decarboxylase properties of starter bacteria, Neth. Milk Dairy J. 42, 247-258.
- Karahadian C., Lindsay R.C. (1987), Integrated roles of lactate, ammonia, and calcium in texture development of mold surface-ripening cheese, J. Dairy Sci. 70, 909-918.
- Kim J.C., Olson N.F. (1989), Production of methanethiol in milk-fat coated microcapsules containing Brevibacterium linens and methionine, J. Dairy Res. 56, 799-811.
- Kong Y., Strickland M., Broadbent J.R. (1996), Tyrosine and phenylalanine catabolism by Lactobacillus casei flavour adjuncts: biochemistry and implications in cheese flavour, J. Dairy Sci. 79 (Suppl. 1) 101.
- Law B.A., Castanon M.J., Sharpe M.E., (1976) Effect of non-starter bacteria on the chemical com position and flavour of Cheddar cheese, J. Dairy Res. 43, 117-125.
- Lemieux L., Simard R.E. (1992), Bilter flavour in dairy products. II. A review of biller peptides from caseins: their formation, isolation and identification, structure masking and inhibition, Lait 72, 335-382.
- Liardon R., Bosset J.O., Blanc B. (1982), The aroma composition of Swiss Gruyere cheese. I. The alkaline volatile components, Lebensm. Technol. 15, 143-147.
- Manning D.J. (1979a), Chemical production of essential flavour compounds, J. Dairy Res. 46, 531-537.
- Manning D.J. (1979b), Cheddar cheese flavour studies. II: Relative flavour contributions of individual volatile components, J. Dairy Res. 46, 523-529.
- Marshall J.D., Cole W.M. (1983), Threonine aldolase and alcohol dehydrogenase activities in Lac/obacillus bri/garicus and Lactobacillus ac;doplilius and their conlribuion to flavour production in fermemed milks, J. Dairy Res. 50, 375-379.
- McCabe B.J. (1986), Dietary tyramine and other pressor amines in MAOI regimens: a review. Jamer. Diel. Assoc., 86, 1059-1064.
- Meinhart E., Schreier P. (1986), Study of llavour compounds from Parmagiano Reggiano cheese, Milchwissenschaft 4, 689-691.
- Molimard P., Spinnler H.E. (1996), Review: compounds invo1ved in the flavour of surface mol dripened cheeses: origins and properties, J. Dairy Sci. 79, 169-184.
- Monnet V., Condon S., Cogan T.M., and Gripon J.C. (1996) Metabolism of Starter cultures . In: Dairy starter cultures. Cogan T.M. and Accolas J.P. Eds., New York, VCH. 47-99s.
- Muller C.J., Kepner R.E., Webb A.D. (1971), Idemification of 3-(methylhio)-propanol as an aroma consti1uen in Cabernel Sauvignon and Ruby Cabernet wines, Am. J. Enol. Vitic. 22, 953.
- Ney K.H. (1981), Recenl advances in cheese flavour research, in: Charalambos G., Inglett. G. (Eds.), The Quality of Foods and Beverages. Chemistry and Technology, vol. I, Academic Press, New York, 385-435s.
- Ney K.H., Wirotama L.P.G. (1971), Unsubstituted aliphatic monocarboxylic acids, alpha-keto-acids, and anines in Cheddar cheese aroina, Z. Lebensm. Unters. Forsch. 146, 337-343.
- Ney K.H., Wirotama I.P.G. (1972), Investigation of the aroma of Edelpizkase. a German blue cheese, Z. Lebensm. Unters. Forsch. 149, 275-279.
- Ney K.H., Wirolama L.P.G. (1973), Unsubstituted aliphatic monocarboxylic adds, alpha-keto-acids in Camembert, Z. Lebensm. Unters. Forsch. 152, 32-34.
- Ney K.H., Wirotama I.P.G. (1978), Investigation of the aroma constituents of Fontina - antialtan cheese. Felle Seifen Anstrichm. 80, 249-251.
- Olson N.F. (1990), The impact of lactic acid bacteria on cheese flavor, FEMS Microbial Rev. 87, 131-147.
- Parliment T.H., Kolor M.G., Rizzo D.J.(1982) Volatile components of Limburger cheese. J. Agric. Food Chem. 30, 1006-1008.
- Polo C., Ramos M., Sanchez R. (1985), Free amino acids by high performance liquid chromatography and peptides by gel electrophoresis in Mahon cheesc during ripening, Food Chem. 16, 85-96.
- Preininger M., Warmke R., Grosch W. (1996), Identification of the character impact flavour compounds of Swiss cheese by sensory studies of models, Z. Lebensm. Unters. Forsch. 202, 30-34.
- Santos, M.H. (1991) Biogenic amines: Their importance in food, Int. J. Food Microbiol. 29, 213-246.
- Sieber R., Lavanchy P. (1990), Biogenic amines in dairy products and cheese. Mitt. Geb. Lebensm. Hyg. 81, 82-105.
- Slout D., Hofman H.J. (1975), Alkylpyrazines in Emmemal cheese, J. Agric. Food Chem. 23, 358.
- Smith T.A. (1981), Amines in food, Food Chem. 6, 169-200.
- Taylor S.L., Keefe T.J., Windham E.S., Howel J.F. (1982), Outbreak of histamine poisoning associated with consumption of Swiss cheese, J. Food Protect. 45, 455-457.
- Urbach G. (1995), Contribution oflactic acid bacteria to flavour compound formalion in dairy products, Int. Dairy J. 5, 877-903.
- Voight M.N., Eitenmiller R.R. (1978), Role of histidine and tyrosine decarboxylases and monoand diamine oxidases in amine building-up in cheese, J. Food Protect. 41, 182-186
- Wijesundera C., Urbach G. (1993), Flavour of Cheddar cheese. Final Report to the Dairy Research and Development Corporation. PO Box 8000, Glen Iris 3146, Victoria, Australia, 31s.
- Yvon M., Thirouin S., Rijnen L., Fromenier D., Gripon J.C. (1997), An aminotransferase from Lactococcus lactis initiates conversion of amino acids to cheese flavour compounds, Appl. Environ. Microbiol. 63, 414-419.
- Zoon P., Allersma D. (1996), Eye and emek formation in eheese by carbon dioxide from deearboxylation of glutamic acid. Neth. Milk Dairy J. 50, 309-318.