

# TÜTSÜNÜN BİLEŞİMİ

## CHEMICAL COMPOSITION OF SMOKE

A. Hamdi ERTAŞ

Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Gıda Mühendisliği Bölümü, ANKARA

**ÖZET:** Tütsüleme, bazı et ürünlerinin ve bazı diğer gıdaların üretiminde yararlanılan teknolojik bir işlemdir. Tütsüleme gıdada özellikle renk oluşumunu, lezzeti, antioksidatif ve antimikrobiyel etkiyi sağlar. Bu özellikler, tütsünün bileşiminde bulunan bileşiklerin ve bu bileşikler ile tütsülenen gıda arasındaki reaksiyon ürünlerinin sonucudur. Bu makalede tütsünün bileşiminde saptanan maddeler izah edilmiştir.

**ABSTRACT:** Smoking is a treatment for some meats, meat products and some other foods. The purpose of smoking is to provide special color, and flavor as well as antioxidative and antimicrobial effect for the foods. The effect of smoking on the attributes of food is the result of the smoke constituents and the reaction products between the smoked food and smoke. The aim of this article is to discuss the composition of smoke.

### GİRİŞ

Bazı et ürünlerinin üretiminde yararlanılan tütsü ya da duman, bitki materyalinin -bu materyal genelde odun talaşdır- yakılması ile üretilir ve havaya gaz, sıvı ve katı halde dağılan bileşiklerin karışımından ibarettir. Tütsü üretimi sırasında ve tütsünün ürün üzerinde kondanse olması sırasında, tütsüde fiziksel ve kimyasal birçok değişiklikler meydana gelir. Tütsü reaktif bileşiklerin karmaşık bir karışımı olduğu için, muhtemel reaksiyonların tartışılması oldukça zordur. Kimyasal reaksiyonların oluşumunda arzulanan koşullar, tütsünün üretildiği sıcak koşullardır ve bu koşullarda oluşan tütsü bileşiklerinin yoğunlaşması, polimerizasyonu, esterifikasyonu gibi birçok reaksiyonlar meydana gelir. Tütsünün üretimi sırasında oluşan değişiklikler, esas olarak oksidasyon olayları nedeniyle (FORREST ve ark., 1975). Tütsünün bileşimi analiz edildiğinde kaynağı odun olmasına rağmen odunun bileşenlerini yansıtmaz, sadece kondanse edilmiş dumanın bileşenlerini yansıtır. Ayrıca tütsülenmiş et ürünlerinden tütsü bileşenlerinin izolasyonu çok daha zordur. Tütsü bileşenlerinin erirliklerinin ve kimyasal özelliklerinin farklı olması, diğer bir ifade ile bazılarının lipofilik, bazılarının hidrofilik ve bazılarının da proteinlere bağlı olması nedeniyle, bütün tütsü bileşenlerinin ekstrakte edilmesi için uygulanabilir bir işlem henüz geliştirilememiştir.

Tütsüdeki bileşiklerin tahmini sayısı binden birkaç bine kadar değişebilmektedir (TOTH ve POTTHAST 1984). TILGNER'e (1977) göre, tütsüde 10000 civarında bileşik bulunabilir fakat tütsü lezzetinden sorumlu olan bileşik sayısı 500 civarındadır. Tütsüde gerçekte saptanan bileşik sayısı birkaç yüz adet olmasına karşın tütsülenmiş etlerde saptanan bileşik sayısı çok daha azdır.

Kimyasal gruplar itibariyle tütsüde ve tütsülenmiş gıdalarda saptanan bileşiklerin sayısı çizelge 1'de olduğu gibidir (TOTH ve POTTHAST 1984).

### TÜTSÜDE SAPTANAN BİLEŞİKLER

#### 1. Alifatik Bileşikler

Alifatik bileşikler içerisinde esas gruplar, hidrokarbonlar, alkoller, aldehitler, ketonlar ve asitlerdir. Bu bileşiklerdeki karbon atomu sayısı, bazı asitler hariç, en fazla beşdir. Bu gruplar sellüloz, hemisellüloz ve lignin'in yakılması sonucu meydana gelir.

Hidrokarbonlar, tütsüdeki kimyasal gruplar arasında daha az önemli bir gruptur. Metan, odunun kuru destilasyonunda CO<sub>2</sub> ve CO ile birlikte temel bileşik olarak meydana gelmesine rağmen (NIKİTİN 1955), sadece ceviz ağacı dumanında saptanmıştır (FIDDLER ve ark. 1967). Buna karşın DRAWERT ve BECK (1974), daha yüksek molekül ağırlıklı hidrokarbonların tütsüde bulunduğunu ve tütsülenmiş ham'larda 9-18C'lu parafinleri ve olefinleri saptadıklarını belirtmektedirler. Böylece alifalik hidrokarbonlar grubu tütsüden daha çok tütsülenmiş et ürünlerinde daha fazla sayıda saptanan tek kimyasal grup olarak görülür.

**Çizelge 1. Tütsüde ve tütsülenmiş gıdalarda belirlenen kimyasal gruplarına göre sınıflandırılmış bileşiklerin sayısı.**

Kimyasal grup	Tütsü konden.'da	Tütsülenmiş gıdada	Kimyasal grup	Tütsü konden.'da	Tütsülenmiş gıdada
<b>Hidrokarbonlar</b>			<b>Fenoller</b>		
Alifatik	1	19	Monohidroksi	29	4
Aromatik	10	1	Dihidroksi	23	6
Polisiklik, aromatik	47	20	Polihidroksi	14	4
			Aldehitler, ketonlar	19	6
<b>Alkoller</b>			<b>Asitler</b>		
Alifatik	8	–	Alifatik, mono	18	–
Aromatik	2	–	Alifatik, di ve keto	8	–
			Aromatik ve fenolik	7	3
<b>Ketonlar</b>			<b>Esterler</b>		
Alifatik	17	1	Alifatik	5	–
Aromatik	7	–	Aromatik	2	–
<b>Ketoalkoller</b>	5		<b>Eterler</b>		
<b>Aldehitler</b>			Aromatik	4	–
Alifatik	13	2	<b>Alisiklik bileşikler</b>		
Aromatik	2	–	O-heterosiklikler	36	2
<b>Aldoller</b>	1	–	N-heterosiklikler	8	–
<b>Ketoller</b>	1	–	<b>Toplam</b>	<b>297</b>	<b>68</b>

Dumanda sekiz değişik alkolün bulunabileceği belirtilmesine karşın, sadece metanol, etanol, alilalkol ve *n*-amilalkol saptanmıştır. Toksik olması nedeniyle metanol daha az arzulanırken, diğer alkoller flavor oluşturucu bileşikler olarak yararlıdır. Yüz gram talaşta 700 mg'ın üzerinde metanol saptanmıştır. Metanol, esas olarak ligninden kaynaklanan metoksi gruplardan meydana gelmekte ve okside olduğunda formaldehit ve formik asit oluşturmaktadır (TOTH ve POTTHAST 1984).

Karboniller, tütsüye flavoru geliştirici etki sağlamaları kadar, karbonil-amin reaksiyonlarıyla renk geliştirme etkisi de sağlarlar. Tütsüde alifatik karboniller olarak 13 aldehit, 17 keton, glikol aldehit ve metil gloksiyal saptanmıştır. Tütsüde en fazla miktarda bulunan bileşenler asetaldehit (1150 mg/100 g odun) ve formaldehit (200 mg/100 g odun) dir. Koruyucu bir etkiye sahip olan formaldehit, tütsülenmiş et ürünlerinde de 50 mg/kg'dan daha fazla saptanmıştır. Formaldehitin üründe ikinci bir kabuk tabakası oluşturduğu ve doğal kılıflar üzerinde tanning (derileştirme) etkili olduğu belirtilir. Toksik olduğu için, tütsülenmiş gıdalardaki kalıntı formal-

dehit miktarı, mümkün olduğu ölçüde düşük olmalıdır. Tütsülenmiş etlerde formaldehitten başka sadece aseptaldehyt saptanmıştır. Aldehitler, özellikle doymamış olanlar, yoğunlaşma ürünleri oluşturmaya eğilimli olduklarından, gıda bileşenlerine sıkı bir şekilde bağlıdırlar. Aynı durum alkoller (glioksal) ve ketoaldehitler (prorase-mik aldehit) için de geçerlidir (TOTH ve POTTHAST 1984).

Ketonlar çok reaktiftirler, kendiliğinden flavor oluşturucu özelliğe sahiptirler ve gıda bileşenleri ile aromatik ürünlerin oluşturduğu reaksiyonlarda rol alırlar. Aseton, tütsüde 740 mg/100g odun'un üzerindeki miktarda ve tütsülenmiş et ürünlerinin kılıflarında saptanmış olmasına rağmen tütsüde saptanamamıştır.

Tütsüdeki hidroksibutanon ve hidroksipentanon gibi ketoalkoller, hidroksifuran'ların (heterosiklik) ve siklopentanon'ların oluşumu sırasında alifalik ara ürünler olarak meydana gelir.

Duman'da yapılan analizler, 18 adet monokarboksilik asidin, 5 adet dikarboksilik asidin ve 3 adet keto-karboksilik asidin dumanda var olduğunu ortaya koymuştur. Bu asitlerin çoğu birçok araştırmacı tarafından saptanırken, LANGNER (1966), sadece 5 adet dikarboksilik asidin (oksalik asit, malonik asit, fumarik asit, maleik asit ve suksinik asit) tütsünün bileşiminde bulunduğunu belirtmiştir.

Sıvı tütsü preparatlarının pH değerleri 2-4 arasında değişir. Bu preparatlar bazen fazla miktarda karboksilik asitleri içerirler (asetik asit olarak 6-7g/100g odun). Burada temel bileşik asetik asittir (3.7g/100g odun), bunu formik asit izler (0.8 g/100g odun). Asetik asit, butirik asit ve valerik asit kendilerine özgü aromati-ze edici özellikler gösterirler. Karboksilik asit fraksiyonu tütsünün flavor oluşturucu özelliğine ilaveten, koruyucu etkisi üzerinde de kuvvetli bir etkiye sahiptir. Tütsüdeki miktarına rağmen, tütsülenmiş gıdalarda tek bir karboksilik asit saptanamamıştır.

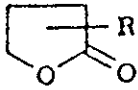
Sıvı tütsü preparatlarında bazı esterlerin, örneğin formik asit, asetik asit, butirik asit ve akrilik asit'in metil esterleri saptanmıştır. Genel olarak, esterler flavor oluşturucu özellikteki bileşiklerdir.

## 2. Heterosiklik Bileşikler

Tütsüde siklik bileşikler, esas itibarıyla selüloz ve hemiselülozun yanması sonucu oluşur. Glüköz ve pentozan'lar ara ürünler olarak meydana gelir (NIKITIN 1955).

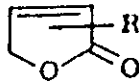
Heterosiklik bileşiklerden  $\alpha$ -heterosiklik bileşikler tütsüdeki major fraksiyondur ve butirolaktonlar, butenolidler ve furanlardan oluşur (Şekil 1).

Butirolakton



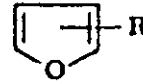
$R \Rightarrow CH_3; COCH_3;$

2- Butenolid



$R \Rightarrow CH_3; CH_2CH_3;$   
 $CH=CH_2$

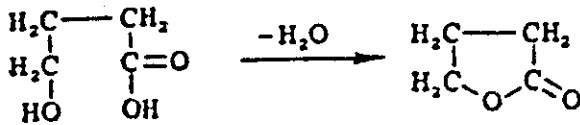
Furan



$R \Rightarrow CH_3; CH_2CH_3;$   
 $CH_2(CH_3)_2; CH_2OH;$   
 $CHO; COCH_3;$   
 $COCH_2CH_3; OCH_3$

Şekil 1. Butirolakton, 2-butenolit ve furan

Butirolaktonlar ve butenolidler, uygun hidroksi asitlerden kaynaklanırlar.  $\gamma$ - butirolakton,  $\gamma$ - hidroksibutirik asitten dehidrasyonla meydana gelir (Şekil 2).



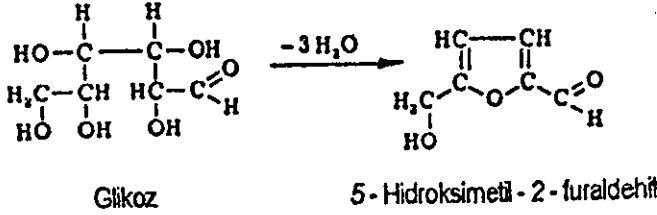
$\gamma$ - Hidroksibutirik asit

$\gamma$ - Butirolakton

Şekil 2.  $\gamma$ - Butirolakton'un meydana gelişi

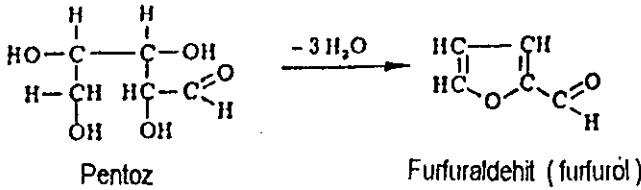
2. Butenolid oluşumu,  $\gamma$  - krotonik asitin dehidrasyonu nedeniyledir. Butirolaktonlar ve butenolidler, alifatik bileşiklerden aromatik bileşiklere dönüşümde intramoleküler esterler olarak ortaya çıkarlar. Butenolidlerin flavor özellikleri KIM ve ark. (1974), tarafından tatlı ve karamel benzeri, dumansı, vanilya benzeri ve yanık kokulu olarak karakterize edilmiştir.

Tütsüde 5 - hidroksimetil - 2 - furaldehit (5 - oksimetilfurfülol)'ün saptanmış olması, sellülozun parçalanması sonucu bir ara ürün olarak glikozun meydana geldiğini gösterir ve glikoz da furan oluşumundan sorumludur. 5 - hidroksimetil - 2 - furaldehit esas olarak dehidrasyonla glikozdan meydana gelir (NIKİTİN 1955) (Şekil 3).



Şekil 3. 5 - Hidroksi metil -2- furaldehit'in meydana gelişi

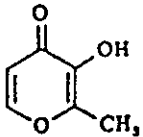
Aldehit ve alkol grubu içeren bileşiklerdeki  $\text{CH}_2\text{OH}$  grubu kolaylıkla parçalanır, sonuçta oksimetilfurfülol, formaldehit ve furfülol oluşur. Furfülol, esas olarak hemisellülozun parçalanma ürünü olan pentozların dehidrasyonu ile meydana gelir (TOTH ve POTTHAST 1984) (Şekil 4).



Şekil 4. Furfülol'ün meydana gelişi

Furfülol, alifatik aldehitlerin yaptığı gibi kondanse olma eğilimindedir ve tatlı ve kızartılmış et lezzetindedir. Furfülol homologlarının tatlı, güzel kokulu, meyvemsi ve otsu bir flavoru vardır (KIM ve ark. 1974). Furfüller, tütsünün flavorunun oluşumunda önemli bileşikler olarak ortaya çıkmaktadır.

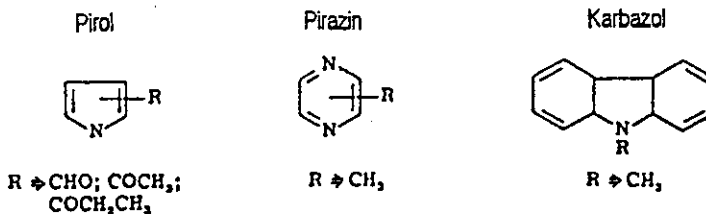
Tütsüde altı halkalı *o*-heterosiklik bileşik olarak sadece maltol saptanmıştır (Şekil 5).



Şekil 5. Maltol

Tütsülenmiş et ürünlerinde ise çok az miktarda (22 mg/kg) maltol saptanmıştır. Bu nedenle, maltolun ürünlerdeki lezzet oluşturma ve antioksidatif etkisinin çok az olması gerektiği belirtilmektedir.

Oduğun protein miktarı çok az olduğu için, tütsüdeki *N*-heterosiklik bileşiklerin sayısı azdır. Tütsüde pirol, pirazin ve karbazol olmak üzere üç tip *N*- içeren bileşik saptanmıştır (Şekil 6).



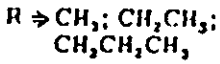
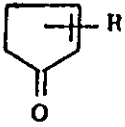
Şekil 6. Pirol, pirazin ve karbazol

Solüsyonlarda, pirol ve pirazin polimerizasyonla koyu renkli reaksiyon ürünlerini oluşturmaya eğilimlidirler. Tütsü rengi oluşumunda bu bileşiklerin rolü henüz tam olarak açığa çıkarılmamıştır. Pirollerin tatlı, dumanımsı bir flavora ve yanık bir kokuya, pirazinlerin patlamış mısır benzeri bir flavora sahip olduğu ve bu bileşiklerin hepsinin tipik duman flavorunda olduğu belirtilmektedir. Karbazol heterosiklik polisiklik hidrokarbonlara ait olup, tütsüde ve tütsülenmiş gıdalarda az miktarda bulunmaktadır.

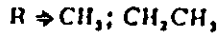
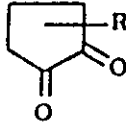
### 3. Alisiklik Bileşikler

Tütsüde 5 ya da 6 C atomlu birkaç tane alisiklik bileşik saptanmıştır. Bunların çoğu 2 - siklopentanon ve siklopentadion'un (şekil 7) türevleridir. Siklopentanon'lar, sikloheksanon ve sikloheksa - 2 - enon uygun dikarboksilik asitlerden dekarboksilasyon ve halka oluşumuyla meydana gelir. Siklopentanon'lar çimenimsi, tatlımsı - acı flavora, siklopentadion'lar karamel benzeri flavora ve yanık kokusuna sahiptirler.

#### 2 - Siklopentanon



#### Siklopentadion



Şekil 7.2 - Siklopentanon ve siklopentadion

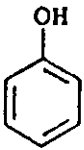
### 4. Aromatik Bileşikler

#### 4.1. Fenoller

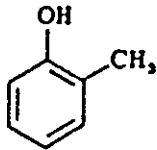
Fenoller, benzen halkasına doğrudan bağlanmış bir veya daha fazla hidroksil gruplu aromatik hidrokarbonlardır. Suda eritildiklerinde asit pH değeri gösterirler. Fenoller, ışığa ve oksijene duyarlıdır ve metaller ile bileşikler oluştururlar. Pirokateşol, resorsinol ve pirogallol gibi birden fazla hidroksil grup içeren fenoller en duyarlı olanlardır. Fenollerin kimyasal ve fiziksel özellikleri, alkoller, aldehitler, ketonlar ve asitlerden gelen fonksiyonel gruplar tarafından fazlasıyla etkilenebilir. Fenoller, hidroksil grup sayısına bağlı olarak monohidroksifenoller, dihidroksifenoller, trihidroksifenoller ve polihidroksifenoller olarak ve fenolalkoller, fenolaldehitler ve fenolketonlar olarak sınıflandırılırlar.

#### Monohidroksifenoller

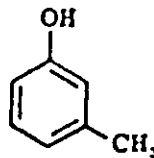
Olası çok sayıda monohidroksifenollerden sadece dört tanesi tütsüde saptanmıştır. Bunlar fenol ve *o*-krezol, *m*-krezol ve *p*-krezol'dür (şekil 8). Tütsüde dimetilfenollerin var olduğu saptanmıştır, fakat aynı molekül ağırlıktaki olası izomerlerin sayısının çok fazla olması nedeniyle bunların yapıları tam olarak ortaya konamamıştır. Aynı durum trimetilfenoller için de geçerlidir. Ayrıca daha uzun yan zincirli benzer bileşiklerden olan etilfenol, propilfenol ve alilfenoller de tütsüde saptanmıştır (WITTKOWSKI ve ark. 1981).



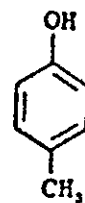
Fenol



*o*-Krezol



*m*-Krezol



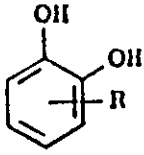
*p*-Krezol

Şekil 8. Monohidroksifenollerden bazıları

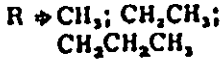
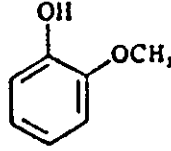
### Dihidroksifenoller

Pirokateşol, resorsinol ve hidrokinon gibi dihidroksifenoller tütünde saptanmıştır. 3- Metilprokateşol, 4-metilprokateşol, 3- etilprokateşol ve 4- etilprokateşol tütünde fazla miktarda saptanabilmektedir. Bunlar içerisinde en önemli bileşik guaiakol'dür. Guaiakol pirokateşolün bir metil eteridir (şekil 9). Dördüncü pozisyonda yer değiştirmiş guaiakol derivatları da saptanmış olup, bunlar 4- propilguaiakol, 4-etilguaiakol, 4- vinilguaiakol, 4- propilguaiakol, 4- propenilguaiakol ve 4- alilguaiakol'dür (TOTH 1980a, WITTKOWSKI ve ark. 1981).

Pirokateşol



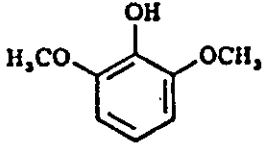
Guaiakol



Şekil 9. Pirokateşol ve guaiakol

### Trihidroksifenoller

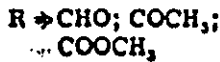
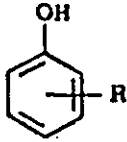
Pirogallol, bir simetrik trihidroksifenoldür ve tütünün bileşiminde saptanmıştır. Tütündeki trihidroksifenoller içerisinde fazla miktarda olan bileşik siringoldür. Siringol, pirogallolun 1,3- dimetileteridir (Şekil 10). Tütünde 4- metilsiringol, 4- etilsiringol, 4- vinilsiringol, 4- propilsiringol, 4- propenilsiringol ve 4- allisiringol gibi siringolün türevleri saptanmıştır (TOTH 1980a, WITTKOWSKI ve ark. 1981).



Şekil 10. Siringol

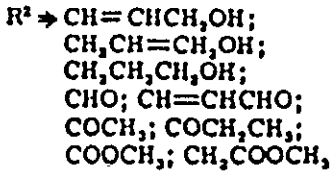
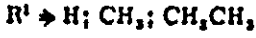
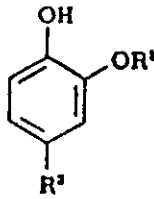
### İlave fonksiyonel grublu fenolik bileşikler

Tütündeki ilave fonksiyonel grublu fenolik bileşikler, fenol alkoller, fenol aldehitler, fenol ketonlar, fenol asitler ve fenol esterlerdir. Monohidroksifenolik bileşikler grubuna ait olan ilave fonksiyonel grublu fenolik bileşikler salisilaldehit, 4- hidroksibenzaldehit, 4- hidroksifenon ve 4- hidroksibenzoik asit metil esteridir (Şekil 11).



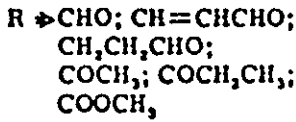
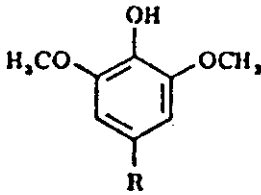
Şekil 11. İlave fonksiyonel grublu monohidroksifenolik bileşikler

İlave fonksiyonel grublu dihidroksifenolik bileşiklerden aşağıdaki bileşikler bilinmektedir (Şekil 12).



Şekil 12. İlave fonksiyonel grublu dihidroksifenolik bileşikler

Bu bileşiklerden sadece vanilin ve acetovanillon tarif edilmiştir. Trihidroksifenolik bileşiklerden olan siringolün aşağıdaki belirtilen ilave fonksiyonel grublu bileşikler tütsüde saptanmıştır (ISHIGURO ve ark. 1976, WITTKOWSKI ve ark. 1981) (Şekil 13).



Şekil 13. İlave fonksiyonel grublu siringol bileşikleri

Fenoller, esas olarak odunun yaklaşık %25'ini oluşturan ligninin yanması sonucu meydana gelir. Yanma sırasında yumuşak odunun lignininin parçalanmasıyla ferulik asit, sert odunun lignininin parçalanmasıyla sinapik asit ve daha sonra bir dizi reaksiyon sonucu ferulik asitten guaiakol, sinapik asitten siringol meydana gelmektedir. Tütsünün fenol fonksiyonunun bileşimi, tütsü üretiminde kullanılan odunun çeşidine yani sert ya da yumuşak oluşuna bağlıdır (FIDDLER ve ark. 1967, FUJIMAKI ve ark. 1974). FUJIMAKI ve ark. (1974), yumuşak odundan elde edilen tütsüde siringol ve derivatlarının bulunmadığını belirtirken, TOTH'a (1980a) göre, guaiakol ve guaiakol derivatları ile siringol ve siringol derivatları hem yumuşak hem de sert odunlardan elde edilen tütsüde bulunabilir fakat farklı miktarlarda bulunur. Sert odunlardan elde edilen tütsüde siringol ve derivatları çoğunlukta, yumuşak odunlardan elde edilen tütsüde guaiakol ve derivatları çoğunlukta.

Tütsünün kondensasyonu sırasında birçok kimyasal ve buna bağlı olarak tütsünün bileşiminde değişiklikler meydana gelir. Bu nedenle tütsünün orijinal bileşimini saptamak imkansızdır. Bu reaksiyonlara fenol fraksiyonunun katılım derecesinin ne olduğu henüz tam olarak bilinmemektedir. Tütsünün fenol miktarı, tütsünün hacmi veya tütsü üretimi için kullanılan odunun miktarı ile ilişkili olup tütsü yoğunluğuna bağlı olarak 10-200 mg/m<sup>3</sup> ya da 50-5000 mg/100g odun arasında değişmektedir. Fenol miktarındaki dikkate değer bu değişim tütsü üretim parametrelerinin (örneğin sıcaklık) değişiminin bir sonucudur (FENNER ve LEPHADT 1981, FRETHEIM ve ark. 1980, TOTH 1980 a, b, TOTH ve POTTHAST 1984).

Tütsülenmiş et ürünleri tütsü yoğunluğu, tütsüleme süresi, tütsü kabının nisbi rutubeti ve sıcaklığı gibi tütsüleme koşullarına bağlı olarak değişen miktarlarda fenolik bileşikler içerirler (LUSTRE ve ISSENBERG 1970, POTTHAST 1979). TOTH (1980a), fenol miktarının normal tütsülenmiş et ürünlerinde 10-200 mg/kg arasında, aşırı tütsülenmiş et ürünlerinde 500 mg/kg civarında olabileceğini, fenol profilinin, odun tipine, tütsü üretim sıcaklığına ve tütsüleme kabının koşullarına bağlı olduğunu ve tütsüde belirlenen fenollerin çoğunun tütsülenmiş üründe de değişen miktarda bulunduğunu belirtmektedir.

#### 4.2. Diğer monosiklik aromatik bileşikler

Tütsüde fenollerden başka aşağıda belirtilen diğer monosiklik aromatik bileşikler de saptanmıştır.

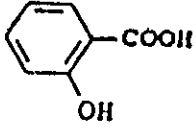
Alkoller : benzilalkol ve feniletilalkol

Aldehitler : asetofenon, *m*- metilasetofenon ve *p*- metilasetofenon.

Asitler : benzoik asit ve fenolik asitler. Bunların çoğu bir hidroksil ve bir karboksil grup içeren fenolik asitlerdir. Salisilik asit, en basit yapıda ve sadece dumanda saptanmış olan bir fenolik asittir (Şekil 14). Resorsilik asit, vanililik asit ve siringa asit dumanda ve tütsülenmiş etlerde saptanmıştır. *p*- Hidroksibenzoik asit ve homovanililik asit sıvı tütsüde saptanmıştır. Benzoik asit de salisilik asit kadar koruyucu bir bileşiktir ve diğer fenolik asitlerin de koruyucu etkiye sahip olduğuna inanılır.

Esterler : benzoik asit etil ester.

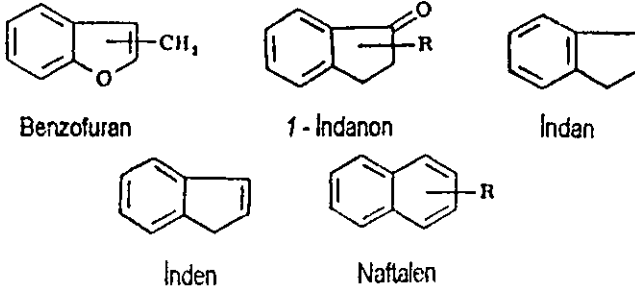
Eterler : anisol, veratrol, 4- metilveratrol, 4- etil veratrol.



Şekil 14. Salisilik asit

#### 4.3. Bisiklik aromatik bileşikler

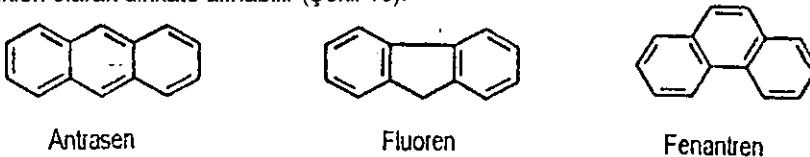
Tütsüde saptanan bisiklik aromatik bileşikler benzofuran ve metil türevleri, 1- indanon ve metil türevleri, indan ve inden'dir (Şekil 15). Bu bileşikler, aldehitler ve ketonlar ile reaksiyona girerek renkli benzofulvenleri oluşturabilirler. Naftalen ve metilnaftalen de dumanda ve tütsülenmiş ürünlerde belirlenmiştir.



Şekil 15. Bisiklik aromatik bileşikler

#### 4.4. Polisiklik aromatik hidrokarbonlar

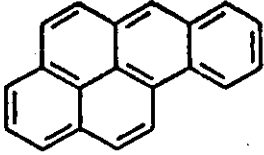
Antrasen, fluoren ve fenantren trisiklik bileşiklerdir ve polisiklik aromatik hidrokarbon grubunun ana bileşikleri olarak dikkate alınabilir (Şekil 16).



Şekil 16. Antrasen, fluoren ve fenantren



Tütsünün 200 den daha fazla değişik izosiklik ve heterosiklik bileşik (*N*-, *O*- ve *S*- heterosiklik bileşikler) içerdiğine inanılır. Bu polisiklik aromatik hidrokarbonlardan 41 adedi tütsülenmiş et ürünlerinde , 61 adedi tütsüde saptanmıştır (POTTHAST 1979). Polisiklik aromatik hidrokarbonlardan bazılarının - örneğin benzo [a] piren - karsinojenik olduğu saptanmıştır (Şekil 17). Polisiklik aromatik hidrokarbonlar, odunun tam yanmasıyla artar, oluşumları sıcaklığa bağlıdır ve sıcaklığın yükselmesiyle artar (TOTH ve BLAAS 1972).



Şekil 17. Benzo [a] piren

### 5. Diğer Bileşikler:

Aşağıda belirtilen bileşiklerin de tütsüde saptandığı belirtilmektedir.

İs : 1,85g/100g odun (SPANYAN ve ark. 1960)

NO : 0,4 - 1,0 µg/L (GRAU ve MIRNA 1957)

CO : 4g/100 g odun (NIKITIN 1955)

CO<sub>2</sub> : 10g/100g odun (NIKITIN 1955)

NO<sub>2</sub> : 1,4 - 2,5 mg/L (NaNO<sub>2</sub> olarak saptanmış) (MIRNA ve SCHUTZ 1971).

NO<sub>3</sub> : 5,0 - 28 mg/L (KNO<sub>3</sub> olarak saptanmış) (MIRNA ve SCHUTZ 1971).

Bu değerler, özellikle is, CO, CO<sub>2</sub>'e ilişkin değerler, tütsü üretim koşullarına bağlı olarak çok değişim gösterebilir. Çünkü odun materyalinin az oksijenli yanması odunun kuru ya da yaş oluşu bu bileşiklerin oluşumuna büyük ölçüde etki eder.

### KAYNAKLAR

- DRAVERT, F., BECK, B. 1974. Gaschromatographisch - massenspektroskopische Untersuchungen von bestrahlten bzw. erhitzten Fetten, öle und Modellschubstanzen. III. Kohlenwasserstoffe im Raucherschinken. Z. Lebensm. - Unters. - Forsch. 156, 20.
- FENNER, R.A., LEPHARDT, J.O. 1981. Examination of the thermal decomposition of kraftpine lignin by fourier transform infrared evolved gas analysis. J. Agric. Food Chem. 29, 846.
- FIDDLER, W., PARKER, W.E., WASSERMAN, A.E., DOERR, R.C. 1967. Thermal decomposition of ferulic acid. J. Agric. Food Chem. 15, 757.
- FORREST, J.C., ABERLE, E.D., HEDRICK, H.B., JUDGE, M.D., MERKEL, R.A. 1975. Principles of Meat Science. W.H. Freeman and Comp. San Francisco.
- FRETHIEM, K., GRANUM, P.E., VOLD, E. 1980. Influence of generation temperature on the chemical composition, antioxidative and anti-microbial effects of wood smoke. J. Food Sci., 45, 999.
- FUJIMAKI, M., KIM, K., KURATA, T. 1974. Analysis and comparison of flavor constituents in aqueous smoke condensates from various woods. Agric. Biol. Chem. 38, 45.
- GRAU, R., and MIRNA, A. 1957. Untersuchungen über den Nitratgehalt von Brühwürsten. Dtsch. Lebensm. - Rundsch. 53, 277. (TOTH, L., POTTHAST, K. 1984. Chemical aspects of the smoking of meat and meat products. Adv. in Food Res., 29, 87'den alınmıştır).
- ISHIGURO, S., SATO, S., SUGOWARA, S., KUBURAKI, Y. 1976. Comparison of phenols in smokes of lamina and midrib of flue - cured tobacco. Agric. Biol. Chem. 40,977.
- KIM, K., KURATA, T., FUJIMAKI, M. 1974. Identification of flavor constituents in carbonyl, noncarbonyl, neutral and basic fractions of aqueous smoke condensates. Agric. Biol. Chem. 38, 53.
- LANGNER, H.J. 1966. Aromabestandteile von Flüssigrauch und Rauchsalzen zur Sekundärrancherung von Lebensmitteln. Fleischwirtschaft 46, 961.
- LUSTRE, A.O., ISSENBERG, P. 1970. Phenolic components of smoked meat products. J. Agric. Food Chem. 18, 1056.
- MIRNA, A. and SCHULTZ, G. 1971. Untersuchungen von Dampfrauchkohdensanten auf Nitrit und Nitrat. Jahresber. Bundesansts. Fleischforsch. Kulmbach, p.101.
- NIKITIN, N.I. 1955. Die Chemie des Holzes. Akademie - Verlag, Berlin. (TOTH, L., POTTHAST, K. 1984. Chemical aspects of the smoking of meat and meat products. Adv. in Food Res., 29, 87'den alınmıştır).
- POTTHAST, K. 1979. Einfluss der Rauchertechnologie auf die vollständige Zusammensetzung derpolycyclischen Kohlenwasserstoffe in geraucherten Fleischwaren, in Rauchkohdensanten und in den Abgasen von Raucheranlagen. Fleischwirtschaft 59, 1515.
- SPANYAR, P., KEVEI, E., KISZEL, M. 1960. Über fragen des Raucherns von Lebensmitteln. II. Mitt. Zusammensetzung des Raches und dessen Belinflussung durch Faktoren der Raucherung. Z. Lebersm. -Unters. -Forsch. 112, 471.
- TILGNER, D.J. 1977. Fortschritte in der Raucher-Technologie. Fleischwirtschaft 57, 45.
- TOTH, L. 1980 a. Preparative Gewinnung und Analyse von phenol - fraktionen aus Raucherrauch. II. Mitt. Gewinnung, Reinigung und Analyse von phenolfaktionen. Fleischwirtschaft. 60, 728.
- TOTH, L. 1980b. Einfluß der Rauchertechnologie auf die phenole des Rauches. Fleischwirtschaft 60, 1472.
- TOTH, L., BLAAS, W. 1972. Einfluß der Ranchertechnologie auf den Gehalt von geraucherten Fleischwaren an cancerogenen Kohlenwasserstoffen. II. Mitt. Fleischwirtschaft, 52, 1419.
- TOTH, L., POTTHAST, K. 1984. Chemical aspects of the smoking of meat and meat products. Adv. in Food Res., 29, 87.
- WITTKOWSKI, R., TOTH, L., BALTES, W. 1981. Preparative Gewinnung und Analyse von Phenolfaktionen aus Raucherrauch. III. Trennung und Identifizierung der Mono - und Dihydroxiverbindungen. Z. Lebensm. -Unters. - Forsch. 173, 445.