

BİRADA BULUNAN AROMA MADDELERİ

Hasan Tangüler^{1*}, Hüseyin Erten², Turgut Cabaroğlu²

¹ Cumhuriyet Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Sivas

² Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Adana

Geliş tarihi / *Received* : 23.08.2010

Düzeltilerek geliş tarihi / *Received in revised form* : 14.11.2010

Kabul tarihi / *Accepted* : 23.11.2010

Özet

Birada bulunan aroma maddelerinin önemli bir kısmı alkol fermantasyonu sırasında mayalar tarafından oluşturulur. Kullanılan maya suşu ve fermantasyon koşulları oluşan aroma maddeleri üzerinde etkili olur. Bunun dışında, başlıca bira aroması kaynakları, kullanılan hammaddeler (malt, şerbetçiotu), fermantasyon öncesi uygulanan işlemler (kavurma, kaynatma) ve depolama koşullarıdır. Bu derlemede birada bulunan aroma maddeleri kimyasal yapılarına göre gruplandırılarak (yüksek alkoller, esterler, organik asitler, karbonil bileşikler, azotlu bileşikler, kükürtlü bileşikler) verilmiş ve oluşumları, miktarları ve algılanma eşikleri üzerinde durulmuştur.

Anahtar sözcükler: Bira, aroma maddeleri, bira kalitesi, yüksek alkol, ester, karbonil bileşikler

FLAVOURS IN BEERS

Abstract

An important part of the aroma compounds found in beer is formed by yeast during alcohol fermentation. Yeast strain and fermentation conditions are effective on the aroma compounds. Apart from these, major sources of beer flavor, raw materials used (malt, hops), applications prior to fermentation (kilning, boiling) and storage conditions. In this review, the aroma compounds in beer are given by grouping according to their chemical structures (higher alcohols, esters, organic acids, carbonyl compounds, nitrogenous compounds, sulphur compounds) and are emphasized their formations, amounts and thresholds.

Keywords: Beer, flavour compounds, beer quality, higher alcohol, ester, carbonyl compounds

* Yazışmalardan sorumlu yazar / *Corresponding author* ;

✉ hasantanguler@hotmail.com, htanguler@cumhuriyet.edu.tr, ☎ (+90) 322 338 6800, 📠 (+90) 322 338 6614

GİRİŞ

En eski alkollü içeceklerden biri olan biranın (1, 2) gıda endüstrisinde önemli bir yeri vardır (3, 4). Dünya genelinde çay, karbonatlı içecekler, süt ve kahveden sonra kişi başına yıllık tüketim bakımından beşinci sırada gelir (3). Biranın en önemli kalite kriteri aroma olup, birada binden fazla aroma bileşiği bulunduğu ve bunlardan yaklaşık 600'ünün uçucu olduğu belirlenmiştir (5-7). Aroma bileşikleri, bir ürünün tat ve kokusuna katkıda bulunurlar. Bir bileşiğin aromaya olan katkısını o bileşiğin ortamdaki miktarı, algılanma eşiği ve diğer uçucu ve uçucu olmayan maddelerle olan etkileşimi belirler (5, 8). Biranın kalitesi üzerinde aroma maddelerinin çok önemli bir rolü vardır (9). Birada bulunan aroma maddeleri kullanılan hammaddelere (malt, şerbetçiotu), fermantasyon öncesi uygulanan işlemlere (kavurma, kaynatma), maya suşuna, fermantasyon ve depolama koşullarına bağlı olarak değişiklik gösterir (10-13). Özellikle depolama sırasında birada bayat aroma ve bulanıklık gözlenir (14). Biradaki aroma maddelerinin bir kısmı malt ve şerbetçiotu gibi hammaddelerden ortama geçer (5). Şerbetçiotu (*Humulus lupulus* L.) dünya genelinde bira üretiminde kullanılan en temel hammadde olup, çok düşük miktarlarda kullanılmasına rağmen biranın karakteristik aroması üzerinde çok önemli bir etkiye sahiptir (15, 16). Öte yandan, aroma maddelerinin önemli bir kısmı da alkol fermantasyonu sırasında mayalar tarafından oluşturulur (4, 17). Bira kalitesini etkileyen unsurlardan en önemlisi kullanılan mayadır (18). Bu derlemede biranın aromasını oluşturan bileşiklerden yüksek alkoller, esterler, organik asitler, karbonil bileşikleri, azotlu bileşikler ve kükürtlü bileşikler ele alınmıştır.

YÜKSEK ALKOLLER

Yüksek alkoller, alkollü içkilerde miktar olarak en fazla bulunan aroma maddeleridir (19-21). Biraya keskin koku ve tat verir (7, 22). Fuzel yağları olarak da adlandırılan yüksek alkollerin algılanma eşiklerine göre aroma üzerinde önemli etkileri vardır (10, 22, 23). Yüksek alkoller, aroma aktif esterlerin öncü maddeleridir (7) ve maya tarafından Ehrlich yolu veya biyosentez yolu ile oluşturulurlar. Ehrlich yolu ortamda amino asitlerin varlığında kullanılır (5, 17, 24). Fermantasyon ortamında bulunan amino asit Ehrlich yolunda maya tarafından hücre içine alınır. Hücre içinde amino asitin amino grubu transaminasyona uğrar ve keto asit oluşur. Daha sonra keto asit, aldehite dönüşmek

üzere dekarboksile olur. Oluşan aldehit indirgenir ve yüksek alkol oluşur. Bu reaksiyonda etkili olan enzimler sırasıyla transaminaz, dekarboksilaz ve alkol dehidrogenazdır (5, 24). Öte yandan, maya tarafından ortamda bulunan amino asitler tüketildiğinde yüksek alkoller biyosentez yolu ile şekerlerden üretilir. Pürivat yolu ile şekerlerden önce keto asitler meydana gelir ve daha sonra da yüksek alkoller oluşur (19). Birada bulunan yüksek alkollerden önemli olanlar ve algılanma eşikleri Çizelge 1'de verilmiştir. Fermantasyonda kullanılan maya suşu, ortamın bileşimi ve fermantasyon koşulları yüksek alkol oluşumunu etkiler (25). Şıraya oksijen verilmesi, artan fermantasyon sıcaklığı, karıştırma ve ayrıca immobilize hücre kullanımı yüksek alkol oluşumunu artırır (26, 27).

ESTERLER

Esterler, birada bulunan en önemli aroma bileşikleridir ve alkollü içkilere meyvemsi bir koku verirler (20, 28). Nispeten düşük algılanma eşiklerine sahiptirler. Hoş aromaya sahip birada belirli seviyede ester bulunması gereklidir (5). Birada 90-100 kadar ester tanımlanmıştır. Çizelge 1'de biradaki önemli esterler ve algılanma eşikleri gösterilmiştir.

Esterler çoğunlukla maya tarafından biyokimyasal yolla üretilirler (29, 30). Esterler, ilgili alkol ve asetil-CoA arasında meydana gelen ve çeşitli enzimlerce katalizlenen reaksiyonlar sonucunda üretilirler. Asetil-CoA yanında diğer asil-CoA'larda esterlerin üretiminde rol oynarlar (17, 28). Ester üretiminde alkol asetil transferaz, etanol asetil transferaz ve izoamil alkol transferaz enzimleri etkili olurlar (17). Fermantasyon sırasında oluşan ester miktarını maya suşu, fermantasyon koşulları (sıcaklık, aşılama oranı ve basınç) ve şıranın bileşimi etkiler (28). Depolama sırasında esterlerin konsantrasyonu azalır (7).

ORGANİK ASİTLER

Organik asitler, biraya ekşi veya tuzlu tat verirler (26). Biraya meyvemsi, peynirimsi ve yağ asidi gibi duyuşal özellikler kazandırdığı da bildirilmiştir (7). Organik asitler, alkol fermantasyonu sırasında maya metabolizması sonucu oluşurlar (19, 21, 31, 32). Bazı organik asitler (Asetik, süksinik, malik ve sitrik asit vb) şekerlerin parçalanması sırasında, trikarboksilik asit döngüsü aracılığıyla, pürivattan oluşurlarken, bazıları (İzo-bütirik ve izovalerik

Çizelge 1. Birada bulunan yüksek alkoller ve esterlerin miktarları ve algılanma eşikleri (5, 26)

Bileşik	Aroma tanımı	Miktar (mg/L)	Algılanma eşiği (mg/L)
Yüksek alkoller			
2-Metil propanol	Alkol kokusu	4-56.6	100 ; 200
2-Butanol	Alkol kokusu	<1 ; 2-3	16
1-Pentanol	Alkol kokusu, iyot benzeri	2-10	80
2-Metilbutanol	Alkol kokusu, muzumsu, iyot benzeri	7-33.9	65
3- Metilbutanol	Alkol kokusu, şarabımsı, tatlı	25-122.5	70
2-Pentanol	Alkol kokusu, meyvemsi, eterimsi	<1 ; 8-41	45
2-Oktanol	Hindistan cevizi ve fındığımsı, yağırımsı	0.005	0.04
1-Okten-3-ol	Yeni kesilmiş çimenimsi	0.03	0.2
2-Nonanol	Hindistan cevizimsi	0.01	0.075
2-Dekanol	Hindistan cevizimsi ve anason benzeri	0.005	0.015
2-Feniletanol	Gül benzeri, parfümsü	5-102	125
2-(4-Hidroksifenil) etanol	Kimyasal kokusu	2.8-40	200
Esterler			
Etil asetat	Meyvemsi, tatlı	8-47.6	21 ; 30
2-Bütül asetat	İyot ve plastik tutkal benzeri	2	12
2-Metilpropil asetat	Muzumsu, meyvemsi	0.01-0.25	1.6
2-Metilbütül asetat	Muzumsu, ester, tatlı	0.6-4	1.2
3-Metilbütül asetat (izoamil asetat)	Muzumsu, esterimsi	0.6-6.6	0.6 ; 1.2
2-fenetil asetat	Gül, bal, elma benzeri, tatlı	0.05-2	3.0 ; 3.8
Etil bütanoat	Tereyağımsı, parfüm	0.04-0.2	0.4
Etil 2-metil-bütanoat	Tatlı, meyvemsi	0.001-0.015	0.007 ; 0.20
Etil 3-metil-bütanoat	Meyvemsi, izovalerik, tatlı,	0.005-0.04	0.018 ; 0.2
Etil heksanoat	Elma benzeri, meyvemsi, tatlı	0.07-0.5	0.17 ; 0.21
Etil oktanoat	Elma benzeri, tatlı, meyvemsi	0.08-1.5	0.37 ; 0.9
Etil dekanat	Kaprilik, meyvemsi	0.01-1.0	0.57 ; 1.5
Etil dodekanoat	Kaprilik, esterimsi	0.015-0.6	2 ; 3.5
Etil tetradekanoat	Kaprilik	0.4	2

asitler) hücre oluşumu ve yüksek alkole dönüşecek amino asitlerin kullanımı sırasında meydana gelirler. Ancak, asitlerin çoğu yağ asitlerinin sentezi sırasında melanil-CoA'dan oluşurlar (19, 26).

Kısa ve orta zincirli yağ asitleri biraya hoş gitmeyen kaprilik ve sabunumsu aroma verirler ve birada köpük oluşumunu önlerler. Bu nedenle birada istenmezler (5, 26, 33). Bu gruptaki başlıca asitler; asetik asit, 2-hidroksipropanoik asit ve 2-oksopropanoik asittir. Birada asitlik olgunlaşma sırasında artar (34, 35). Birada bulunan organik asitler ve algılanma eşikleri Çizelge 2'de verilmiştir.

KARBONİL BİLEŞİKLERİ

Birada 200'den fazla karbonil bileşiği tanımlanmış olup, bu bileşikler çeşitli aldehit ve ketonları içerirler (28). Bu aldehit ve ketonlar, alkollerin okside olmuş şekillerini teşkil ederler ve bira aroması üzerinde önemli rol oynarlar (5). Bu bileşiklerin birada bulunması istenmez (26, 28). Çizelge 3'te birada belirlenen önemli aldehit ve ketonlar ve

algılanma eşikleri verilmiştir. Asetaldehit, karbonil bileşikleri arasında en önemli bileşiktir (36) ve toplam aldehitin %60-90'ını oluşturur (5, 36, 37). Alkol fermantasyonu sırasında maya tarafından oluşturulur (28).

Ketonlardan diasetil (2,3-bütanedion) ve 2,3-pentanedion önemlidir. Diasetil ve 2,3-pentanedion, alkollü içeceklerin uçucu bileşikleri arasında büyük bir öneme sahip temel diketonlar olup, fermantasyonun doğal bir yan ürünü olarak meydana gelirler ve biraya karakteristik istenmeyen bir aroma verirler (29, 38, 39). Diasetilin ön maddesi α -asetolaktattır (40, 41). Diasetil, biranın duyu kalitesini etkileyen en önemli faktörlerden biridir (39). Normal fermantasyon ve olgunlaşma işlemlerinde diasetil, α -asetolaktattan oluşur ve daha sonra mayanın diasetili absorbe etmesi ile azalır. Bu durumda diasetil ilk olarak aromaca aktif olmayan asetoine ve daha sonra 2,3-bütanediole dönüşür (6, 42). Çoğu üst fermantasyon biralarında bir dereceye kadar tolere edilebilir, fakat alt fermantasyon biralarında istenmez (43).

Çizelge 2. Bırada bulunan organik asitlerin miktarları ve algılanma eşikleri (5, 19)

Bileşik	Aroma tanımı	Miktar (mg/L)	Algılanma eşığı (mg/L)
Asetik asit	Asidik, sirkemsi	30-280	175-200
2-Hidroksipropanoik asit	Asidik	28-532	400
2-Oksopropanoik asit	Asidik	15-150	50-400
Bütanoik asit	Bütirik, peynirimsi	0.5-3.3	2.2
Propiyonik asit	Asidik, süt aroması	5	150
Kaprilik asit		3.3-8.2	13
Kaprik asit		0.1-2.0	10
Laktik asit		28-400	400
3-Metil bütanoik asit	Peynirimsi, bayat	0.1-3.4	1.5
Hekzanoik asit	Kaprilik, sebze yağı	1-5.8	5-8
4-Metil-3-pentenoik asit		0.05-0.32	>1
Oktanoik asit	Kaprilik	2-14.7	4.5-7.1
2-Etilheksanoik asit	Verniğimsi	0.3-2	20
Dekanoik asit	Hayvan yağı kokusu	0.1-4	1.5-2
Dodekanoik asit	Hayvan yağı kokusu	0.05-2.4	0.5-0.6 ; >6.1
2-Fenilasetik asit	Bal benzeri	0.93	2.5
4-Hidroksi-3-metoksibenzoik asit	Vanilya, tatlı	1-10	80

Çizelge 3. Bırada bulunan aldehit ve ketonların miktarları ve algılanma eşikleri (5, 39)

Bileşik	Aroma tanımı	Miktar (mg/L)	Algılanma eşığı (mg/L)
Asetaldehit	Elma kabuğu benzeri	1.2-24.4	15-25
Formaldehit	Acımsı, meyvemsi, yanık kokusu	0.002-0.009	400
Glioksal	Yanık kokusu, acımsı	0.2-1.0	7000
Benzaldehit	Acı badem	0.003-0.05	2.0
Furfural	Kağıt-karton aroması	0.01-1.0	150
Pentanal	Çimenimsi, muz	0.01-0.3	0.5
2-Metilbütanal	Meyvemsi, ekşi, yeşil, çimenimsi	0.01-0.3	1.25
3-Metilbütanal	Olgunlaşmamış muz, elma benzeri	0.01-0.3	0.6
Hekzenal	Şarabımsı, aldehidik	0.003-0.07	0.35
Oktanal	Portakal kabuğumsu, aldehidik	0.001-0.02	0.04
Nonanal	Aldehidik	0.001-0.014	0.018
(E)-2-Nonenal	Kağıt, karton aroması, bayat	<0.002	0.00011
(E,Z)-2,6-Nonadienal	Salatalık ve yeşil yaprağımsı	0.00074	0.00005
Dekanal	Aldehidik, portakal kabuğumsu	<0.003	0.006
(E,E)-2,4-Dekadienal	Yağımsı, aldehidik	0.00068	0.0003
Dodekanal	Kaprilik, aldehidik	<0.003	0.004
2-Okzopropanal	Ekşi süt benzeri, biberli	0.04-6	10
Hidroksipropanon	Tereyağımsı	15-30	70
3-Hidroksi-2-bütanon	Meyvemsi, odunumsu	1-10	17
2,3-Bütanedion (Diasetil)	Diasetil benzeri, tereyağımsı	0.01-0.4	0.07-0.2
2,3-Pentanedion	Diasetil benzeri, meyvemsi	0.01-0.15	0.9
Aseton	Aseton, meyvemsi	0.01-0.02	200
2-Bütanon	Aseton, verniğimsi	0.01-0.06	80
2-Pentanon	Verniğimsi, yasemin, sardunya	0.02	30
2-Hekzanon	Keton, rokfor peyniri	-	4.0
2-Heptanon	Verniğimsi, keton, şerbetçiotu	0.004-0.11	2.0
2-Nonanon	Ketonik, verniğimsi	0.03	0.2
β-Damascenon	Mentol benzeri, böğürtlenimsi	0.001-0.03	0.15
β-Ionon	Menekşe ve sedir ağacı kokusu	0.001-0.003	0.0013 ; 0.01
Humuladienon	Baharatımsı, otumsu	0.01-0.08	0.1
2-Oktanon	Verniğimsi, keton	0.01	0.25
2,3-Hekzanedion	Çileğimsi, diasetil	<0.01	15
Asetol, hidroksiaseton	Tereyağımsı	15-30	70

AZOTLU BİLEŞİKLER

Bu grubu, alifatik ve aromatik aminler, piroller, piridinler ve pirazinler gibi bileşikler oluşturur (Çizelge 4). Bu bileşikler malttan veya fermantasyon sırasında amino asitlerin dekarboksilasyonu yoluyla oluşurlar. Alifatik ve aromatik aminler, çok küçük konsantrasyonlarda dahi biranın aromasını etkileyebilirler (5). Azotlu bileşikler içerisinde önemli olan diğer grup pirazinlerdir. Özellikle koyu maltlar kullanılarak elde edilen biralarda algılanma eşiklerinin üzerinde bulunurlar. Öte yandan tiazoller, tiazolinler ve tiazolidinler gibi kükürt içeren N-heterosiklik bileşikler de istenmeyen aroma verirler (5).

KÜKÜRTLÜ BİLEŞİKLER

Kükürtlü bileşikler, birada bulunan düşük algılanma eşiklerine sahip olan aroma bakımından aktif bileşiklerdir (27, 29, 44). Çizelge 4'te birada bulunan kükürtlü bileşiklerin miktarları ve algılanma eşikleri verilmiştir. Bu bileşiklerin kontrolü zordur. Çok düşük miktarlarda birada kabul edilebilir ve hatta istenebilir olmasına rağmen, aşırı miktarları biraya hoşla gitmeyen aroma verirler (28, 44). Maya tarafından sentezlenen temel uçucu kükürt bileşikleri, kükürt dioksit ve hidrojen sülfid olup (19), yüksek konsantrasyonlarda bulduklarında birada çürük yumurta kokusu oluşmasına neden olurlar (5, 7, 45). Öte yandan, hidrojen sülfid birada istenen bazı aroma maddelerini maskeler (45).

Çizelge 4. Birada bulunan azotlu ve kükürtlü bileşiklerin miktarları ve algılanma eşikleri (26, 39)

Bileşik	Aroma tanımı	Miktar (mg/L)	Algılanma eşiği (mg/L)
Azotlu bileşikler			
Etil amin		0.11-0.3 ; 2.2	>1.6
Dimetilamin		0.01-0.78	>4.5
Trimetilamin	Balgımsı	0.03-0.06	>0.2
2-Metilpropilamin		0.01-0.22	>0.73
3-Metilbütilamin		0.01-0.16	>0.44
2-Aminoasetofenon	Bayat, mumsu, limonumsu, üzüksü	0.001-0.01	0.005
N-Metiltiramin	Pişmiş meyvemsi	5	20
Etil nikotinat	Kağıdımsı, parfümsü, hububatımsı	1.4-1.5	2
Metil nikotinat	Parfümsü	<0.01	-
2-Fenil etil nikotinat	Parfümsü	<0.01	-
Pirazin		<0.2-0.4	-
Metilpirazin	Kızartma kokusu, toprağımsı	<0.01, 0.07	1.0
Etilpirazin		0.01, <0.01	-
Dimetilpiridin		<0.001	-
2,3-Dimetilpirazin	Tatlı, okside olmuş, tozumsu	0.015	0.02
2,5-Dimetilpirazin	Tatlı, ekmeğımsi, kuş üzümü fidanı	<0.01 - 0.11	0.05
2,6-Dimetilpirazin	Esterimsi, kağıdımsı, maltımsı,	0.035	0.1
Kükürtlü bileşikler			
Hidrojen sülfid (serbest)	Kükürtsü, çürük yumurta benzeri	<0.02	0.005 ; 0.008
Hidrojen sülfid (toplam)		>0.0005	>0.005
Kükürt dioksit (serbest)	Kükürtsü, yanmış kibrit benzeri	0.2-2.3	25
Kükürt dioksit (toplam)	Kükürtsü	0.2-23.6	>25
Dimetil sülfid	Pişmiş sebze (mısır), et suyu, soğan	0.02-0.2	0.033
Di-izopropilsülfid	Pişmiş sebze, etimsi	-	0.02
2-Asetiltiazol	Bayat ekmeğ, pastörizasyon aroması	0.001, <0.01	-
Metanetiol	Yumurta kokusu	<0.012	0.0015-0.003
Etanetiol	Yumurta, soğan, sarımsak kokusu	<0.02	0.0005-0.01
Metiltiometan	Pişmiş sebze (mısır)	0.01-0.2	0.020-0.068
Metilditiometan	Pişmiş sebze, soğan	0.001-0.003	0.003 ; 0.05
Etiltiometan	Pişmiş sebze (soğan, sarımsak)	<0.005	0.0012 ; 0.003
Etilditiometan	Sarımsağımsı, kükürtsü	<0.01	0.02-0.03 ; 0.4
3-(Metiltio)-1-propanol	Pişmiş patates	0.05-1.3	2.0
3-Metil-2-büten-1-tiol	Işık aroması	<0.03	0.001-0.0032
3-(Metiltio)-propanol	Pişmiş patates, sabunumsu	<0.05	0.0016 ; 0.04
3-(Metiltio) propil asetat	Mantarımsı, metalik, kükürtlü	0.01 - >0.1	0.6
(1-Metiletil)-tiiran	Soğanımsı, sarımsağımsı	0.0015	<0.01

Birada kükürtlü aromadan sorumlu önemli bir diğer bileşik dimetil sülfid (DMS)'tir (10, 29, 46). DMS, ısıya dayanıksız öncü madde olan ve maltın işlenmesi sırasında oluşan S-metil metionin (SMM)'den (28, 46) ve malt yapımı, şıranın kaynatılması ve kısmen fermantasyon sırasında meydana gelir (19, 46). Malta uygulanan işlemler SMM'in parçalanmasına neden olur ve bu aşama DMS oluşumu üzerinde fermantasyondan daha fazla etkili olur. Malt kavrulduğunda, SMM indirgenir. Genellikle şıralar DMS, dimetil sülfoksid (DMSO) ve SMM'i içermektedir. Fakat, DMS'nin çoğu DMSO'e okside olarak veya buharlaşarak kaybolur. Buna karşılık, DMSO uçucu değildir ve şıranın kaynatılmasından etkilenmez. S-metil metionin'in miktarı şıra kaynatmadan sonra azalır. Öte yandan, fermantasyonda kullanılan maya da DMS üretir ve maya suyu ve fizyolojik durumuna bağlı olarak DMS miktarı değişir. Şıra, yavaş soğutulursa DMS şıradan uzaklaştırılmaz. Bu nedenle kaynatmadan sonra şıra hızlı bir şekilde soğutulmalıdır (25, 47).

DİĞER BİLEŞİKLER

Birada asetaller, uçucu fenoller, laktonlar ve terpenler gibi bileşikler de bulunur. Asetaller, 2 alkol molekülüne bir aldehit'in eklenmesiyle oluşur. 1,1-dietoksietan birada bulunan asetallere örnek olarak verilebilir (5).

Uçucu fenoller aroma maddelerinin kalitatif ve kantitatif olarak küçük bir miktarını oluşturmalarına rağmen alkollü içeceklerin aroması üzerine önemli katkıda bulunurlar (34). Uçucu fenollerin kaynağı, hammaddeye uygulanan işlemler olmakla beraber maya, fenolik asitleri uçucu fenollere dönüştürebilir. Şıranın kaynatılması sırasında gerçekleşen termik reaksiyonlar fenolik asitlerin uçucu fenollere dönüşümünü etkiler. Buğdaydan üretilen biralarda bulunan önemli bir aroma maddesi olan 4-vinilgaiakol biraya baharatımsı bir koku verir ve algılanma eşiği 3 µg/l'dir.

Laktonlar çok karakteristik aromalara sahip oldukları için gıda maddelerinde önemli bir yere sahiptir. Biraya meyvemsi bir aroma verirler. Bu bileşikler, şerbetçiotu yağından biraya geçebileceği gibi fermantasyon sırasında da oluşabilirler.

Terpenler şerbetçiotunda bulunan önemli aroma maddeleri olup, en önemlileri bir monoterpen olan mirsen ve seskuioterpen olan α-humulon

ve β-karyofillen'dir. Bu terpenler şerbetçiotundaki aroma maddelerinin %80'ini oluşturur. β-farnesen, β-selinen ve α-selinen şerbetçiotundaki diğer terpenlerdir. Hemen hemen hepsi suda çözünmez bir yapıda ve yüksek algılanma eşiklerine sahiptirler. Büyük bir kısmı şıra kaynatma ve sonraki fermantasyon aşaması sırasında ayrılırlar. Mirsen ve çok az miktarda diğer terpenler biraya geçer (48).

Öte yandan, Maillard reaksiyonu ile oluşan furanonlar ve pironlar karamel aroması olarak tanımlanır. Aroma arttırıcı özelliklere sahip olan bu bileşikler, aynı zamanda biranın antioksidatif olarak korunmasını da sağlarlar (5).

SONUÇ

Aroma maddeleri, bira gibi alkollü içkilerde en önemli kalite kısıtlarından biridir. Biradaki önemli aroma maddeleri yüksek alkoller, esterler, organik asitler, karbonil bileşikler, azotlu bileşikler ve kükürtlü bileşiklerdir. Bu bileşiklerin miktarları bira kalitesi üzerinde son derece önemli rol oynamaktadır. Bazı aroma maddelerinin miktarları ng/L düzeyinde olmasına rağmen biranın aroması üzerinde çok etkilidirler. Buna karşın bazıların miktarları ise çok yüksek olmasına rağmen aroma üzerinde çok az etkilidirler. Bu nedenle, iyi kalitede bira üretmek için bira üretimi ve depolanması sırasındaki değişikliklerin, özellikle biyokimyasal olayların ve bunların oluşum ve kontrol mekanizmalarının iyi bilinmesi gerekmektedir.

KAYNAKLAR

1. Buzrul S. 2007. A suitable model of microbial survival curves for beer pasteurization. *LWT*, 40, 1330–1336.
2. Polshin P, Rudnitskaya A, Kirsanov D, Legin A, Saison D, Delvaux F, Delvaux FR, Nicolai BM, Lammertyn J. 2010. Electronic tongue as a screening tool for rapid analysis of beer. *Talanta*, 81, 88–94.
3. Fillaudeau L, Boissier B, Moreau A, Blanpain-avet P, Ermolaev S, Jitariouk N, Gourdon A. 2007. Investigation of rotating and vibrating filtration for clarification of rough beer. *J Food Eng*, 80, 206–217.
4. Tian J. 2010. Determination of several flavours in beer with headspace sampling gas chromatography. *Food Chem*, 123, 1318–1321.
5. Angelino SAGF. 1991. Beer. In: Volatile Compounds in Foods and Beverages Maarse H (chief ed), Marcel Dekker, Inc., New York, pp. 581–616.

6. Kamimura M, Kaneda, H. 1992. Off-Flavors in Beer. In: Off-Flavors in Foods and Beverages, Developments in Food Science, Charalambos G (chief ed), Elsevier, Tokyo, 517 p.
7. Pinho O, Ferreira IMPLVO, Santos HMLM. 2006. Method optimization by solid-phase microextraction in combination with gas chromatography with mass spectrometry for analysis of beer volatile fraction. *J Chrom A*, 1121, 145–153.
8. Tangüler H, Cabaroğlu T, Erten H. 2007. Biralarda istenmeyen aroma bileşikleri ve oluşum mekanizmaları. *Gıda*, 32 (1), 43-49.
9. Gijs L, Chevance F, Guyot-Declerck C, Collin S. 2002. Influence of pH on beer staling. *Am Soc Brew Chemists Newsletter*, 62:25.
10. Kunze W. 1999. Technology Brewing & Malting. 2nd Edition, *Im Verlag Der Berlin*, 726 p.
11. Kobayashi M, Shimizu H, Shioya H. 2008. Beer volatile compounds and their application to low-malt beer fermentation. *J Biosci Eng*, 106 (4), 317-323.
12. Liu M, Zeng Z, Xiong B. 2005. Preparation of novel solid-phase microextraction fibers by sol-gel technology for headspace solid-phase microextraction-gas chromatographic analysis of aroma compounds in beer. *J Chrom A*, 1065, 287–299.
13. Vanderhaegen B, Delvaux F, Daenen L, Verachtert H, Delvaux FR. 2007. Aging characteristics of different beer types, *Food Chem*, 103, 404–412.
14. Onate-jaen A, Bellido-milla D, Hernandez-artiga MP. 2006. Spectrophotometric methods to differentiate beers and evaluate beer ageing. *Food Chem*, 97, 361–369.
15. Blanco CA, Rojas A, Caballero A, Ronda F, Gomez M, Caballero I. 2006. A better control of beer properties by predicting acidity of hop α -acids. *Trends Food Sci Technol*, 17, 373-377.
16. Schönberger C. 2006. The Processing of Hops. In: Brewing New Technologies, Bamforth CW (chief ed), CRC Pres, Boca Raton, pp. 123-146.
17. Erten H, Canbaş A. 2003. Alkol fermantasyonu sırasında oluşan aroma maddeleri. *Gıda*, 28 (6), 615-619.
18. Yagmur G, Tangüler H, Erten H. 2008. Mitokondri ve mitokondriyal mutasyonun bira kalitesi üzerine etkisi. *Gıda*, 33 (2), 91-96.
19. Berry DR, Watson DC. 1987. Productions of Organoleptik Compounds. In: Yeast Biotechnology, Berry DR, Russel I, Stewart GG (eds), *Allen & Unwin, London*, pp. 345-368.
20. Catarino M, Ferreira A, Mendes A. 2009. Study and optimization of aroma recovery from beer by pervaporation. *J Memb Sci*, 341, 51–59.
21. Verhagen, LC. 2010. Beer Flavour. *Comprehensive Natural Products II, Chemistry and Biology*, Volume 3, pp. 967-997.
22. Havkin-Frenker, D, Belanger, FC, 2008. Biotechnology in Flavour Production. Blackwell Publishing, Oxford, UK, p. 214.
23. Henschke PA, Jiranek V. 1993. Yeasts-Metabolism of Nitrogen Compounds. In: Wine Microbiology and Biotechnology, Fleet GM (chief ed), Harword, Chur, pp. 77-164.
24. Lewis MJ, Young TW. 1995. Brewing. Chapman and Hall, London, 260 p.
25. Tangüler H, Yağmur G, Erten H. 2007. Mitokondriyal mutantların bira aroma maddeleri üzerine etkisi. *Gıda*, 32 (5), 251-257
26. Briggs DE, Boulton CA, Brookes PA, Stevens R. 2004. Brewing Science and Practice. Woodhead Publishing Limited, CRC Pres, Cambridge, England, 881 p.
27. Vanderhaegen B, Neven H, Verachtert H, Derdelinckx G. 2006. The chemistry of beer - a critical review. *Food Chem*, 95, 357-381.
28. Russell I. 2006. Yeast. In: Handbook of Brewing, Second Edition, Priest FG, Stewart GG (eds), Taylor and Francis, Boca Raton, pp. 281-332.
29. Waites MJ, Morgan NL, Rockey JS, Highton G. 2001. Industrial Microbiology: An Introduction. *Blackwell Science Ltd. London*. 288 p.
30. Erten H, Tanguler H, Cakiroz H. 2007. The effect of pitching rate on fermentation and flavour compounds in high gravity brewing. *J Inst Brew*, 113 (1), 75-79.
31. Cortacero-Ramirez S, Segura-Carretero B, Hernainz-Bermudez de Castro M, Fernandez-Gutierrez A. 2005. Determination of low-molecular-mass organic acids in any type of beer samples by co electroosmotic capillary electrophoresis. *J Chrom A*, 1064, 115–119.
32. Rodrigues JEA, Erny GL, Barros AS, Esteves VI, Brandão T, Ferreira AA, Cabrita E, Gil AM. 2010. Quantification of organic acids in beer by nuclear magnetic resonance (NMR)-based methods. *Anal Chimic Acta*, 674, 166–175.
33. Horak, T, Culik J, Jurkova M, Cejka P, Kellner V. 2008. Determination of free medium-chain fatty acids in beer by stir bar sorptive extraction. *J Chrom A*, 1196–1197, 96–99.
34. Lehtonen M, Jounela-Eriksson P. 1983. Volatile and Non-Volatile Compounds in the Flavour of Alcoholic Beverages. In: Flavour of Distilled Beverages, Origin and Development, Piggott JR (chief ed), *Ellis Horwood Series in Food Science and Technology*, 280 p.
35. Harrison MA. 2009. Beer/Brewing. *Encyclopedia of Microbiology (Third Edition)*, Elsevier, pp. 23-33.
36. Gonçalves LM, Magalhães PJ, Valente IM, Pacheco JG, Dostálek P, Sykora D, Rodrigues JA, Barrosa AA. 2010. Analysis of aldehydes in beer by gas-diffusion microextraction: Characterization by high-performance liquid chromatography–diode-array detection–atmospheric pressure chemical ionization–mass spectrometry. *J Chrom A*, 1217, 3717–3722.
37. Guido L, Rajendram R, Barros A. 2008. Beer in Health and Disease Prevention, Preedy V.R. (Chief ed.), Academic Pres. 1248 p.

38. Tian J, Yu J, Chen X, Zhang W. 2009. Determination and quantitative analysis of acetoin in beer with headspace sampling-gas chromatography, *Food Chem*, 112, 1079–1083.
39. Moll M. 1991. Beers & Coolers; Definition, Manufacture, Composition. Andover, 495 p.
40. Virkajärvi I. 2006. Accelerated Processing of Beer. In: *Brewing New Technologies*, Bamforth CW (chief ed), CRC Pres, Boca Raton, pp: 254-274.
41. Boulton C. 2006. Fermentation of Beer. In: *Brewing New Technologies*, Bamforth CW (chief ed), CRC Pres, Boca Raton, pp: 228-253.
42. Esslinger HM. 2003. Beer. *Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry*, Wiley-VCH VerlagGmbHCo. http://www.mrw.interscience.wiley.com/ueic/articles/a03_421/sect3.html (Accessed 16 August 2004).
43. Palmer J. 2004. Common off-flavors in beer. Brewmaxer, Articles, http://www.brewmaxer.com/articles/Common_Off-Flavors_In_Beer.html (Accessed 25.08.2004).
44. Xiao Q, Yu C, Xing J, Hu B. 2006. Short communication comparison of headspace and direct single-drop microextraction and headspace solid-phase microextraction for the measurement of volatile sulfur compounds in beer and beverage by gas chromatography with flame photometric detection. *J Chrom A*, 1125, 133–137.
45. Oka K, Hayashi T, Matsumoto N, Yanase H. 2008. Decrease in hydrogen sulfide content during the final stage of beer fermentation due to involvement of yeast and not carbon dioxide gas purging. *J Biosci Bioeng*, 106 (3), 253–257.
46. Zhao FJ, Fortune S, Barbosa VL, McGrath SP, Stobart R, Bilsborrow PE, Booth EJ, Brown A, Robson P. 2006. Effects of sulphur on yield and malting quality of barley. *J Cereal Sci*, 43, 369–377.
47. Nijssen B. 1991. Off-Flavors. In: *Volatile Compounds in Foods and Beverages*, Henk Maarse, Marcel Dekker, Inc., 764 p.
48. Trevor RR, Wilson JH. 2007. Hops. In: *Handbook of Brewing*. Second Edition, Priest FG, Stewart GG (eds), Taylor and Francis, Boca Raton, pp. 177-281.