

BİRALARDA İSTENMEYEN AROMA BİLEŞİKLERİ VE OLUŞUM MEKANİZMALARI

OFF-FLAVOURS IN BEERS AND THEIR FORMATION MECHANISMS

Hasan TANGÜLER, Turgut CABAROĞLU, Hüseyin ERTEN*

Çukurova Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Adana

ÖZET: Bira kalitesi üzerinde aroma maddelerinin önemli rolü vardır. Bu bileşiklerin bir kısmı kalite üzerinde olumlu etkiye sahip olup birada arzu edilirken, bir kısmı da kaliteyi olumsuz yönde etkileyen ve birada arzu edilmeyen bileşiklerdir. İstenmeyen bu bileşikler işleme, depolama koşulları veya dış kaynaklı bulaşma nedeniyle meydana gelebilir. Bu derlemede biranın duyusal kalitesini olumsuz yönde etkileyen başlıca aroma bileşikleri (oksidasyon aroması, güneş ışığı aroması, dimetil sülfür aroması, kaprilik aroma, diasetil aroması, fenolik aroma, kuş üzümü aroması, pastörizasyon aroması, metalik aroma, solvent benzeri aroma, sabunsu aroma, maya aroması ve çimenimsi aroma) ve bu bileşiklerin oluşum mekanizmaları üzerinde durulmuştur.

Anahtar kelimeler: Bira, istenmeyen aroma bileşikleri, bira kalitesi

ABSTRACT: Flavour compounds play an important role in beer quality. Some flavour compounds can provide positive effect on the quality of beer, however some of these compounds known as off-flavours can be detrimental. Off-flavours can arise from the brewing process or contamination. In this article, off-flavours (oxidation, sunstruck, dimethyl sulfide, caprylic, diacetyl, phenolic, ribes, pasteurization, metallic, solventlike, soapy, yeasty and grassy flavours) and their formation mechanisms were overviewed.

Keywords: Beer, off-flavour compounds, beer quality

GİRİŞ

Biranın kalitesi üzerinde aroma maddelerinin çok önemli bir rolü vardır (1). Bira, duyusal açıdan oldukça hassas alkolü içkilerden biridir (2). Birada binden fazla aroma bileşiği belirlenmesine rağmen bunların çoğunun miktarı algılanma eşiğinin altındadır. Ancak bu bileşikler biranın aromasına az ya da çok katkıda bulunurlar. Bir bileşiğin aromaya olan katkısını o bileşiğin ortamdaki miktarı, koku algılanma eşiği ve diğer uçucu ve uçucu olmayan bileşikler ile olan etkileşimi belirler (3). Verdikleri koku özelliğine bağlı olarak biradaki aroma maddelerinin bir kısmı istenmeyen, yani duyusal kaliteyi olumsuz yönde etkileyen aroma maddeleri olarak nitelendirilir (4). Aroma kusuru olarak da değerlendirilen bu istenmeyen aroma bileşiklerinin oluşumu biracılıkta önemli problemlerden biridir (5).

Birada istenmeyen aroma maddelerinin oluşumunda 2 temel etken vardır. Bunlardan birincisi, fermantasyondan satışa kadar geçen süreçte birada meydana gelen ve okside olmuş veya bayat koku veren kimyasal (oksidasyon, enzimatik reaksiyonlar) ve mikrobiyal reaksiyonlar; diğeri ise, dışarıdan bulaşmadır. Bulaşma, zararlı mikroorganizmalardan ve uygun olmayan maddelerin kullanımı ile meydana gelebilir (2, 6). Birada başlıca istenmeyen aromalar; oksidasyon aroması, güneş ışığı aroması, dimetil sülfür aroması, kaprilik aroma, diasetil (tereyağı) aroması, fenolik aroma, kuş üzümü aroması, pastörizasyon aroması, metalik aroma, solvent benzeri aroma, sabunsu aroma, maya aroması ve çimenimsi aromadır (7, 8). Bu derlemede istenmeyen aroma bileşikleri ve oluşum mekanizmaları kısaca açıklanmıştır.

* E-posta: herten@cu.edu.tr

Oksidasyon Aroması

Biracılar, bira kalitesindeki bozulmanın özellikle oksidatif değişikliklerden kaynaklandığını düşünürler (9, 10). Tepe boşluğunda bulunan oksijen, biranın depolanması sırasında bozulmaya neden olur. Öte yandan, tepe boşluğundaki havanın normalden daha fazla olması durumunda dolumu yapılmış biranın bozulması daha ileri derecede olur. Bununla beraber, askorbik asit gibi antioksidanların biraya ilavesi oksidatif bozulmaları yavaşlatır. Fakat, antioksidanlar daha sonra kükürtlü aroma gibi istenmeyen aromalara da neden olabilirler (10). Bunun yanında, istenmeyen aromaların gelişiminin genellikle biranın depolanması sırasında geliştiği ileri sürülmektedir (11, 12). Oluşan bu aromalar “kağıt veya karton kokusu, okside olmuş aroma” olarak kabul edilirler (11). Çizelge 1’de okside olmuş birada tanımlanmış uçucu karbonil bileşikleri verilmiştir.

Trans-2-nonenalin birada “bayat” aromadan sorumlu olduğu kabul edilmektedir (5, 9, 13, 14). Çoğu araştırmacı, trans-2-nonenalin linoleik ve linolenik asitlerin parçalanmasından kaynaklandığını düşünmektedir (15). Olgunlaşmış birada karton aromasından sorumlu trans-2-nonenalin miktarı pH yükseldikçe azalmaktadır (1). Öte yandan, 27°C’nin üzerindeki sıcaklıklarda şıranın oksijenle teması birada karton aromasını artırır (8). Bunun yanında, yüksek sıcaklıkta depolama (30°C’nin üzerinde; örneğin, 38°C’de 3 gün) da bayatlamayı hızlandırır ve karton kokusu aromasının gelişmesini teşvik eder (16, 17).

Karton aroması ayrıca, (E)-2-heptenal gibi diğer karboniller tarafından da oluşturulur (5). Bira düşük sıcaklıklarda depolanırsa kağıt kokusu aromasının gelişimi kısmen önlenebilmektedir (18).

Çizelge 1. Okside olmuş birada tanımlanmış uçucu karbonil bileşikleri (2, 19)

Bileşen	Okside olmuş biradaki miktarı (µg/L)	Birada algılanma eşiği (µg/L)
Alkanonlar		
aseton	450	200000
2-pentanon	9	30000
5-hekzen-2-on	16	1000
**4-metil-2-pentanon	7	5000
2-nonanon	İz miktarda	200
Alkanallar		
formaldehit	İz miktarda	400000
asetaldehit	5700	25000
*bütanal	1300	1000
**hekzenal	6	350
oktanal	3	40
nonanal	3	18
Alkenallar		
2-trans-propenal	3	15000
2-trans-bütenal	17	8000
**2-trans-hekzenal	4	600
2-trans-heptenal	1	0.5
**2-trans-nonenal	3	0.3-0.5
**undekenal	2	0.3
Alkadienaller		
**2-trans-4-trans-hekzadienal	11	800
**2-trans-4-trans-heptadienal	İz miktarda	100
**2-trans-4-trans-oktadienal	İz miktarda	10
*dekadienal	3	0.3
**undekadienal	3	0.3
*diasetil	12	150000
*furfural	120	1000000

* : Rafta depolama sırasında artış

** : Yalnızca okside olmuş birada dikkate değer miktarda bulunur.

Güneş Işığ Aroması

Birada istenmeyen aromalardan biri olan ışık aroması (3-metil-bütan-1-tiol) veya kokarca aroması (14, 15, 20), biranın ışığa maruz kalması sonucu oluşur (11, 21, 22). Bu oluşum ışıktaki izohumulonlar ve hidrojen sülfid arasındaki reaksiyondan ileri gelmektedir (4). Dalga boyu 300-500 nm olan ultraviyole ışınları izo-_-asitler (şerbetçiotundan kaynaklanan acı bileşikler)'in yan zincirlerini kırarak 3-metil-2-buteni açığa çıkarır (14, 23). Bu radikal birada tiol ile hızlı bir şekilde reaksiyona girerek 3-metil-2-buten-1-tiol (pirenil merkaptan)'ü meydana getirir (15, 21). Işık aromasının oluşum mekanizması, birada 3-metil-2-buten-1-tiolun tanımlanması ile ortaya konmuştur (22, 23). Biradaki ışık aroması izomerize şerbetçiotu bileşiklerinin fotokimyasal reaksiyonları (8) yanında, mikroorganizmaların bulaşması sonucu da oluşur (5).

Birada bulunan riboflavinin ışık aromasının oluşumundan sorumlu olduğu (24) ve biranın güneş ışığına maruz kalmasının bu aromaya neden olan maddelerin oluşumunu hızlandırdığı bildirilmiştir (25). Bu aromaya neden olan ışığın dalga boyu uzunluğu mavi ışık ve ultraviyole'dir. Kahverengi şişeler bu ışıkların geçişine engel olmaz, ancak yeşil şişeler engel olur. Bira direk güneşte bırakılırsa veya floresan ışığı altında depolanırsa bu aroma oluşur (8).

İstenmeyen aromanın oluşumu biranın ışıktan korunması ile azaltılabilir (2). Bunu sağlamak için de bira, ya şeffaf olmayan teneke kutularda ya da yeşil şişelerde depolanmalıdır (22). Öte yandan, bu aromanın oluşumunun önlenmesi için ışık yanında yüksek sıcaklık (>25°C) ve oksijenden de sakınılmalıdır (15).

Dimetil Sülfid Aroması

Dimetil sülfid (DMS), bir kükürtlü bileşiktir (20) ve biranın koku ve aromasına etki eden önemli bir tioeter'dir (26). Yüksek miktarlarda bulunduğu biraya soğan, kabak ve pişmiş sebze olarak tanımlanan istenmeyen aromayı verir (14, 15). DMS'nin algılanma eşiği yaklaşık 20 µg/L'dir (27). DMS genellikle üst fermantasyon biralarında algılanma eşiğinin altında bulunur. Diğer yandan, alt fermantasyon biralarında DMS'nin miktarı daha fazladır ve 20-100 µg/L arasında bulunduğu bildirilmiştir (2, 8, 28). 100 µg/L'den yüksek olduğunda pişmiş mısır aroması olarak tanımlanan istenmeyen aroma verir (26, 29). Bu nedenle DMS, alt fermantasyon birasının karakteristik aromasına etki edebilir (10, 14).

DMS, ısıya dayanıksız öncü madde olan ve maltın işlenmesi sırasında oluşan S-metil metionin (SMM)'den (27, 30) ve malt yapımı, şıranın kaynatılması ve kısmen fermantasyon sırasında meydana gelir (26, 29, 31). Öte yandan, *Zymomonas* (32) ve Gram (-) bir bakteri olan *Rahnella aquatilis* ile bulaşmış şıradan üretilen biralarda da DMS'nin bulunduğu bildirilmiştir (33).

Malta uygulanan işlemler SMM'in parçalanmasına neden olur ve bu aşama DMS oluşumu üzerinde fermantasyondan daha fazla etkili olur (3, 30). Malt kavrulduğunda, SMM indirgenir (8). Genellikle şıralar DMS, dimetil sülfoksit (DMSO) ve SMM'i içermektedir (30). Fakat, DMS'nin çoğu DMSO'e okside olarak veya buharlaşarak kaybolur (31). Buna karşılık, DMSO uçucu değildir ve şıranın kaynatılmasından etkilenmez (30). S-metil metionin'in miktarı şıra kaynatmadan sonra çok azalır (2). Öte yandan, fermantasyonda kullanılan maya da DMS üretir ve mayanın türü ve fizyolojik durumuna bağlı olarak DMS miktarı değişir (31). Maya ile DMS üretiminden sorumlu enzim olan DMSO redüktaz enzimi, şıradaki azot miktarı ile kontrol edilir (3, 30). Ayrıca, DMSO redüktaz enziminin aktivitesi şıralarda farklı miktarlarda bulunan metionin sülfoksit ile önlenir (29).

Şıra yavaş soğutulursa DMS şıradan uzaklaştırılmaz. Bu nedenle kaynatmadan sonra şıra hızlı bir şekilde soğutulmalıdır. DMS bakteriyel bulaşma ile meydana gelirse daha acı bir tada neden olur. Bu da pişmiş mısırdan çok, pişmiş lahana benzeri bir aroma verir. Bu durum genellikle yeterli olmayan hijyen ve sanitasyondan ileri gelir (8). Bir diğer kükürtlü bileşik, dimetil trisülfidin algılanma eşiği 0.1-0.15 µg/L'dir (14, 34). Bu konsantrasyonun üzerinde bulunduğu biraya pişmiş sebze, soğan ve kükürt aroması verir (14).

Kaprilik Aroma

Birada düz zincirli yağ asitleri (C₆-, C₈-, C₁₀-, C₁₂-) fermantasyon sırasında maya tarafından oluşturulurlar (2). Bu yağ asitleri kaprilik aroma olarak adlandırılan istenmeyen küflü, baharatlı, yağlı ve acı koku verir (15). Bu

aromanın yoğunluğu birada oktanoik, dekanioik, dodekanoik ve hekzanoik asitlerin miktarları ile ilgilidir (21). Algılanma eşikleri, oktanoik asit için 4.5-15 mg/L, dekanioik asit için 1.5-10 mg/L ve dodekanoik asit için 0.5 mg/L'dir (2, 21). Bazı biralarda bu asitleri algılanma eşiklerinden daha yüksek miktarlarda içerirler. Kaprilik aroma ve oktanoik+dekanioik asitlerin miktarı arasında doğrusal bir ilişki vardır (21). Bu asitlerin oluşumu şiranın bileşimi ile değişmesine rağmen çoğunlukla fermantasyon için kullanılan mayaya bağlıdır. Alt fermantasyon mayaları (*Saccharomyces carlsbergensis (uvarum)*), üst fermantasyon mayalarından (*Saccharomyces cerevisiae*) daha yüksek miktarda bunları oluştururlar (2, 21).

Diasetil (Tereyağı) Aroması

Diasetil, biranın duyu kalitesini etkileyen en önemli faktörlerden biridir. Diasetil ve 2,3-pentanedion, alkollü içeceklerin uçucu bileşikleri arasında büyük bir öneme sahip temel diketonlardır (35, 36) ve biraya karakteristik istenmeyen bir aroma verirler (10, 15). Bu aroma tereyağlı ve tofi benzeri olarak da tanımlanır (8, 14, 37) ve özellikle olgunlaşmamış alt fermantasyon biralarda bulunur (34, 37). Diasetil için algılanma eşiği alt fermantasyon biralarda 0.1-0.15 mg/L (14, 33) ve üst fermantasyon biralarda 0.5 mg/L'dir (2, 10).

Normal fermantasyon ve olgunlaşma işlemlerinde diasetil β -asetolaktattan oluşur (38) 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 (2, 39).

Öte yandan diasetil, bakteriyel kontaminasyon sonucu da oluşabilir (8). Gram (+) bakteriler olan *Lactobacillus casei* ve *Pediococci* spp. diasetil üretebilir (33, 40). Gram (-) bakterilerden *Rahnella aquatilis* ile kontamine olan şiradan üretilen biralarda da diasetil seviyesi yüksek bulunmuştur (33). Diasetil, çoğu üst fermantasyon biralarda bir dereceye kadar tolere edilebilir, fakat alt fermantasyon biralarda istenmez (8).

Birada diasetil miktarını kontrol etmek ve oluşumunu önlemek için bir çok çalışma yapılmıştır (2, 34). Bu yöntemlerden biri α -asetolaktat dekarboksilaz (ALDC) enzimi ile diasetil ön bileşiğinden CO₂'nin ayrılmasını katalize etmektedir (34). Bu bakteriyel enzim başarılı bir şekilde genç biralarda olgunlaşmasını hızlandırmak için kullanılmaktadır (2). ALDC, *Lactococcus lactis* ve *Acetobacter* spp.'yi içeren birkaç bakteride bulunur (34). Fakat, mayalarda yoktur. Bu enzimin geni izole edilmiş ve mayaya aktararak, mayanın α ALDC aktivitesine sahip olması sağlanmıştır (2). Öte yandan, bira sanayinde iyi kalitede bira üretmek için mutant türler kullanılmış ve elde edilen biralarda diğer yabancı türler ile karşılaştırılmıştır. Sonuçta, mutant türlerle üretilen biralarda diasetil seviyelerinde azalma gözlenmiştir. Diasetil seviyesini azaltmanın bir başka yolu β -asetolaktat sentezini aktivitesini yavaşlatmaktır. Böylece, β -asetolaktat seviyesi düşürülmüş olur (34).

Fenolik Aroma

Fenolik aroma, birada karşılaşılan en yaygın ve rahatsız edici kötü kokulardan biridir. Koku ilaç, küf ve karanfil benzeri olarak tanımlanır (2). Fenolik aromanın POF1 geni içeren bira mayaları ve yabancı mayalar tarafından oluşturulduğu bilinmektedir (8, 21). Maya yanında klorofenoller ve pH'nın 6.0'ın üzerinde olması yüksek miktarda fenolik aroma oluşumuna neden olur (7). Bazı bakteri ve maya türleri (özellikle yabancı olanlar) de fenollerin miktarını artırır (2).

Çeşitli araştırmacılar birada bu kötü kokunun kaynağını araştırmışlar ve bunların tank yüzeyleri, paketlenme materyalleri, plastik ve kauçuk borular, kaynatma materyalleri, contalar ve antiseptik temizlik maddelerinden bulaştığını bildirmişlerdir (2). Pestisitler de bazen birada istenmeyen fenolik aromalara neden olabilir (14). Birada fenolik kötü kokunun oluşumunu önlemek için kullanılan suya dikkat etmek gerekir (2). Öte yandan, uygun pH, sıcaklık ve maya türünün kullanımı gibi faktörler de işlem sırasında bu aromanın düşük miktarlarda kalmasını sağlar (7).

Kuş Üzümü Aroması

Biranın istenmeyen bayat aromalarından biri de kedi idrarı aroması olarak da adlandırılan kuş üzümü (*Ribes*) aromasıdır. Bu aroma idrar kokusunu andıran bir aroma verir (2, 21). Kuş üzümü aroması, çiçeklenen kuş üzümü (*Ribes sanguineum*) ve siyah kuş üzümü (*Ribes nigrum*) gibi kuş üzümü bitkilerinin ezilmiş sapsı ve

yapraklarının karakteristik kokusunu verir ve meyve, sebze, et, balık ve süt ürünlerini içeren çoğu farklı gıda da karşılaşılan kötü bir koku olarak tanımlanır. Kuş üzümü aroması oksidatif bozulmanın bir sonucu olarak birada gelişir (2). Bu aroma özellikle şişelerin tepe boşluğunda fazla miktarda oksijen bulunması durumunda biralarda hızlı bir şekilde gelişir (2, 21). Bu aromanın oluşumunu engellemek için şişeleme sırasında biranın oksijenle aşırı temasından kaçınılmalı ve az tepe boşluğu bırakılmalıdır.

Kuş üzümü aroması ve karton aroması arasında da ilişki vardır. Karton aromasının alt fermantasyon biralarda bayatlamış bira aromasının ortaya çıkmasının temel nedeni olduğuna inanılır. Karton aroması, kuş üzümü aromasından sonra ortaya çıkar ve kuş üzümü aroması oksidatif bozulmanın başlangıcı kabul edilir. Bir başka deyişle, kuş üzümü aroması karton aromasının ön bileşimidir (2). Bu aromadan sorumlu bileşik 4-merkaptopentan-2-on'dur. Birada algılanma eşiği ise 0.05 µg/L'dir (21).

Pastörizasyon Aroması

İstenmeyen aromalardan biri de biranın pastörizasyonundan sonra gelişen pastörizasyon aromasıdır. Pastörizasyon birada oksijen alımını hızlandırır. Uçucu aldehytlerin oluşumu pastörizasyon sırasında meydana gelir ve oksijen içeriğinde daha büyük bir artış ile sonuçlanır. Asetaldehit, hidrojen sülfür, furfural ve diasetilil artışı ve yüksek alkoller, esterler ve yağ asitlerinde küçük değişiklikler pastörizasyonun sonucu da olabilir (2).

Teneke Kutulardan Kaynaklanan İstenmeyen (Metalik) Aroma

Birada istenmeyen aromalardan bir diğeri ise metalik aromadır (7). Bu aroma alüminyum, çelik veya her ikisinin kombinasyonu olan iki parça veya üç parçalı teneke kutulardan kaynaklanır (2). Metalik aroma, genellikle şıraya çözünerek geçen metaller ile oluşur. Fakat, uygun olmayan koşullarda depolanan malthalarda lipidlerin hidrolizi ile de oluşabilir. Demir ve alüminyum, kaynatma sırasında şıraya metalik aromaların geçmesine neden olabilir (7, 8). Kontaminasyonun bir başka kaynağı da metal yüzey üzerinde kullanılan yağlama maddeleridir. Nonenal gibi doymamış aldehytler, teneke kutunun dış yüzeyinde belirlenmiştir. Bunlar serbest kalabilirler ve kutuda yoğunlaşarak bayat veya kağıt aroması oluşturabilirler (2).

Metalik aroma hem dil üzerinde hem de boğazda metalik tat olarak algılanır. Bira ile temasta olan çelik ve demir, uygun olmayan süzme materyalleri, yüksek demir içerikli su kullanımı gibi durumlardan dolayı metalik aroma artabilir. Buna karşılık, paslanmaz çelik kullanımı, düşük demir içerikli su kullanımı, demiri uzaklaştırmak için asit ile yıkanabilen süzme materyallerinin kullanımı, yüksek kalitede arpa maltı kullanımı ile metalik aromanın oluşumu azaltılabilir (7). Demir, 0.2 mg/L'den daha yüksek miktarlarda hafif pus ve metalik aroma problemlerine neden olur (2).

Solvent Benzeri Aroma

Alkol ve ester aromalarına benzer (8), ancak dilde daha sert olarak algılanır (7). Yüksek miktarlardaki etil asetat (>33 mg/L) bu aromanın temel nedenidir. Yetersiz hijyen ve sanitasyondan dolayı *Pichia subpelliculosa* ve *Pichia anomala* gibi yabancı mayaların bulaşması, yüksek fermantasyon sıcaklığı, bira ile temasta bulunan gıda kullanımına uygun olmayan plastik ekipman, açık fermentör ve aşılama öncesi şıranın aşırı oksijen alması solvent benzeri aromanın aşırı derecede oluşmasına neden olur (7, 8, 41). Öte yandan, ekipmanın iyi sanitasyonu, gıda kullanımına uygun plastik kullanımı, soğutucu sisteme sahip fermantasyon sistemleri, uygun şıra havalandırma ve kapalı fermentör kullanımı ile solvent benzeri aromanın oluşumu önlenir veya kısmen azaltılır (7).

Sabunsu Aroma

Sabunsu aromalar, şişelerin ve cam malzemelerin çok iyi yıkanmamasından kaynaklanabilir. Bunun yanında, fermantasyon sırasında da oluşabilir. Uzun süren birinci fermantasyondan sonra bira, uzun süre fermentörde bırakılırsa sabunsu aroma tortuda yağ asitlerinin parçalanması sonucu oluşabilir (8).

Maya Aroması

Fermantasyonda kullanılan mayanın sağlıksız olması durumunda veya otolizin başlaması ile bu aroma oluşur (7, 8). Genel olarak, çürük yumurtayı andıran bir koku verir. Bunun yanında, sarımsak, yanmış kauçuk ve

karides benzeri kokularda verebilir. Maya türü, fermente sırasında hızlı sıcaklık değişiklikleri, tortuda bırakılan bira, yabani mayalar, yüksek fermentör basıncı, mayanın aşılması sırasında şıraya az oksijen verilmesi, birada metabisülfitin kullanımı maya aromasının yüksek miktarlarda oluşmasına neden olur (7). Aynı zamanda bira çok gençse maya aroması çok kolay oluşur (8). Öte yandan, *Zymomonas*, *Pectinatus* ve *Megasphaera* cinsi bakterilerde bu aromanın oluşmasında etkilidir. Buna karşın, iyi hijyen sanitasyon uygulamaları, günlük 5°C'den daha fazla olmayan sıcaklık değişikliklerini sağlayan soğutma işlemleri maya aromasının düşük seviyede kalmasını sağlar (7).

Çimenimsi/ Otsu Aroma

Bu aromalar genellikle taze kesilmiş çim ve otu andırır ve bu aroma genellikle uygunsuz depolama ile ilgilidir (7, 8). Düşük kalitede malt, maltın uygun olmayan koşullarda depolanması işlem sırasında çimenimsi aromanın artmasına neden olur (7). Şerbetçiotu, bu yeşil çimen aromasının bir başka kaynağıdır. Şerbetçiotları uygunsuz bir şekilde depolanırsa veya depolanmadan önce uygunsuz bir şekilde kurutulursa çimenimsi aroma oluşur (8). Algılanma eşiği 0.2 mg/L'dir. Öte yandan, kaliteli ve taze malt ve şerbetçiotu kullanımı ve uygun ortamlarda depolama bu aromanın daha az oluşmasını sağlar (7).

SONUÇ

Biranın kalitesi üzerinde çok önemli bir role sahip olan aroma maddelerinin oluşumu karmaşık biyokimyasal işlemleri kapsamaktadır. Kaliteli bir bira üretmek için biyokimyasal olayların ve bunların kontrol mekanizmalarının bilinmesi çok önemlidir. Mayalar tarafından gerçekleştirilen etil alkol fermentasyonu sırasında biranın aroması üzerinde etkili olan pek çok ikincil ürün elde edilir. Bu bileşiklerin biosentezi ve onların oluşumunu etkileyen pek çok fiziksel, kimyasal ve biyolojik faktörler vardır. Bu faktörlerin bir kısmı birada istenmeyen aromaların oluşmasına neden olabilir.

Bazı aroma maddelerinin miktarı çok düşük olmasına rağmen biranın aroması üzerinde çok etkilidirler. Buna karşın, bazı aroma maddeleri ise miktarları çok yüksek olmasına rağmen aroma üzerinde daha az etkili olurlar. Bu da birada istenmeyen aromanın etkinliğinin miktardan çok algılanma eşiği ile ilgili olduğunu göstermektedir. Bu nedenle birada istenmeyen aromalara neden olabilecek bileşiklerin oluşumunu veya miktarlarının artmasını önlemek için bira üretiminin her aşamasında ve depolamada kontrollü şartların sağlanması kalite açısından çok önemlidir.

KAYNAKLAR

1. Gijs L, Chevance F, Guyot-Declerck C, Collin S. 2002. Influence of pH on Beer Staling. Am Soc Brew Chemists Newsletter, 62: 25.
2. Kamimura M, Kaneda H. 1992. Off-flavors in beer. In *Off-Flavors in Foods and Beverages*, G Charalambous (ed), pp. 433-472, Developments in Food Science, Elsevier, Tokyo.
3. Angelino SAGF. 1991. Beer. In *Volatile Compounds in Foods and Beverages*. H Maarse (ed), pp. 581-616, Marcel Dekker, Inc., New York.
4. Harayama K, Hayase F, Kato H. 1991. Evaluation by multivariate analysis of off-flavor in headspace volatiles formed during storage of beer. Agric Biol Chem, 55 (2) 393-398.
5. Harayama K, Hayase F, Kato H. 1994. New Method for analyzing the volatiles in beer. Biosci Biotech Biochem, 58 (12) 2246-2247.
6. Marsili RT. 1997. Off-flavors and malodors in foods: mechanisms of formation and analytical techniques. In *Techniques for Analyzing Food Aromas*, R Marsili (ed), pp. 237-264, Marcel Dekker, Inc., New York.
7. Anonim, 2004. Flavors in beer. <http://hbd.org/fad/judging/Flavor.pdf> (25.05.2004).
8. Palmer J. 2004. Common off-flavors in beer. Brewmaxer, Articles, http://www.brewmaxer.com/articles/Common_Off-Flavors_In_Beer.html (25.08.2004).
9. Van Eerde P, Strating J. 1982. Trans-2-nonenal. Monograph-VII, EBC-Flavour Symposium, European Brewery Convention, 238 p. Copenhagen, Brauwelt-Verlag Nürnberg/Germany.
10. Waites MJ, Morgan NL, Rockey JS, Higton G. 2001. *Industrial Microbiology: An Introduction*. Blackwell Science Ltd., 288 p, London.
11. Verhagen LC. 1994. Beer flavor. In *Understanding Natural Flavors*, JR Piggott and A Peterson (eds), 318 p, Blackie Academic & Professional, Chapman & Hall, Wester cleddens Rood Bishopbriggs, Glasgow.

12. Vanderhaegen B, Neven H, Verachttert H, Derdelinckx G. 2006. The chemistry of beer - a critical review. *Food Chem*, 95: 357-381.
13. Pierce JS. 1982. Conclusions. Monograph-VII, EBC-Flavour Symposium, European Brewery Convention, 238 p. Copenhagen, Brauwelt-Verlag Nürnberg/Germany.
14. Nijssen B. 1991. Off-flavors. In *Volatile Compounds in Foods and Beverages*, H Maarse (ed), pp: 689-736, Marcel Dekker, Inc, New York.
15. Moll M. 1991. *Beers & Coolers; Definition, Manufacture, Composition*. Intercept Ltd., 495 p, Andover.
16. Wang PS, Siebert KJ. 1974. The influence of various storage conditions on the formation of 2-nonenal in bottled beer. *Am Soc Brew Chem*, 32: 47-49.
17. Guido LF, Rodrigues PG, Rodrigues JA, Goncalves CR, Barros AA. 2004. The impact of the physiological condition of the pitching yeast on beer flavour stability: an industrial approach. *Food Chem*, 87: 187-193.
18. Devreux A, Blockmans C, Van de Meersche J, 1982. Carbonyl compounds formation during aging of beer. MonographVII, EBC-Flavour Symposium, Eur Brew Convention, Copenhagen.
19. Tan Y, Siebert KJ. 2004. Quantitative structure-activity relationship modelling of alcohol, ester, aldehyde and ketone flavor thresholds in beer from molecular features. *J Agric Food Chem*, 52 (10) 3057-3064.
20. Bickham S., 1997. Focus on flavour, An Introduction to Sensory Analysis. <http://brewingtechniques.com/library/backissues/issue5.6/bickham.html> (01.11.2006).
21. Hough JS, Briggs DE, Stevens R, Toung TW. 1987. *Malting and Brewing Science*, Volume II, Hopped Wort and Beer, Second Edition, Chapman and Hall, 914 p, London,.
22. De Keukeleire D. 2000. Fundamentals of beer and hop chemistry. *Quim Nova*, 23(1)108-112.
23. Moir M. 2000. Hops-a millennium review. *J Am Soc Brew Chem*, 58 (4) 131-146.
24. Blockmans C, Van de Meerssche J, Masschelein CA, Devreux A. 1981. Photodegradation and formation of carbonyl- and sulphur compounds in beer. *Eur Brew Conv Proc*, 18th Congr, In EBC Congress, pp. 347-357. Copenhagen.
25. Kaneda H, Kano Y, Kamimura M, Osawa T, Kawakishi S. 1990. Evaluation of beer deterioration by chemiluminescence. *J Food Sci*, 55 (5) 1361-1364.
26. Hansen J. 1999. Inactivation of MXR1 abolishes formation of dimethyl sulfide from dimethyl sulfoxide in *Saccharomyces cerevisiae*. *Appl Environ Microbiol*, 65 (9) 3915-3919.
27. Tressl R, Bahri D, Helak B. 1983. Flavors of malt and other cereals. In *Flavour of Distilled Beverages, Origin and Development*, JR Piggott (ed), 280 p. Ellis Horwood Series in Food Science and Technology.
28. Arkima V, Jonuela-Eriksson P, Leppanen O. 1982. The influence of volatile sulphur compounds on beer flavour. Monograph-VII, E.B.C.-Flavour Symposium, Eur Brew Conv Proc, 18th Congr, In EBC Congress, Copenhagen.
29. Quain D. 1989. *Fermentation and Its Effect on Flavor & Aroma*. Cass Lecture, Brewers' Guardian, 24-31.
30. Anness BJ. 1982. The role of dimethyl sulfide in beer flavour. Monograph-VII, E.B.C. Flavour Symposium, 238 p, European Brewery Convention, Copenhagen, Brauwelt-Verlag Nürnberg/Germany.
31. Berry DR, Watson DC. 1987. Production of organoleptic compounds. In *Yeast Biotechnology*, DR Berry, I Russel and GG Stewart (eds), pp. 345-368, Allen & Unwin, London.
32. Van Vuuren, HJJ. 1996. Gram-negative spoilage bacteria. In *Brewing Microbiology*, second edition, FG Priest and I Campbell, (eds), p. 306, Chapman & Hall, Great Britain.
33. Sakamoto K, Konings WN. 2003. Beer spoilage bacteria and hop resistance. *Int J Food Microbiol*, 89 : 105-124.
34. Vanderhaegen B, Neven H, Coghe S, Verstrepen KJ, Derdelinckx G, Verachttert H. 2003. Bioflavoring and beer refermentation. *Appl Microbiol Biotechnol*, 62: 140-150.
35. Nykänen L, Suomalainen H. 1983. *Aroma of Beer, Wine and Distilled Alcoholic Beverages*. D. Reidel Publishing Company, Akademie-Verlag, 412 p, Berlin.
36. Petersen JGL. 1985. Molecular genetics of diacetyl formation in brewery yeast. *Yeast Genetics*, EBC Congress, pp. 275-282.
37. Abbott MS, Pugh TA, Pringle AT. 1993. *Beer and Wine Production, Analysis, Characterization and Technological Advances*, ACS Symposium Series, Barry H Gump and David J Pruet, American Chemical Society, Washington.
38. Benitez T, Gasent-Ramirez JM, Castrejon F, Codon AC. 1996. Development of new strains for the food industry. *Biotechnol Prog*, 12: 149-163.
39. 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
40. Priest FG. 1996. Gram-positive brewery bacteria. In *Brewing Microbiology*, FG Priest and I Campbell (eds), 306 p. second edition, Chapman & Hall, Great Britain.
41. Campbell I. 1996. Wild yeast in brewing and distilling. In *Brewing Microbiology*. FG Priest and I Campbell (eds), second edition, pp. 193-209, Chapman & Hall, Edinburgh, UK.