

OKRATOKSİN A (OA)'NİN BİRA FERMENTASYONUNDAKİ DURUMU ve FERMENTASYONA ETKİSİ ¹

Tuncay GÜMÜŞ, Muhammet ARICI, Mehmet DEMİRCİ

Trakya Üniversitesi Tekirdağ Ziraat Fakültesi Gıda Mühendisliği Bölümü, TEKİRDAĞ, Tel: 0.282.2931442, e-mail:tuncaygumus@tu.tzf.edu.tr

Alınış : 14.05.2003
Kabul Ediliş : 28.07.2003

Özet: Bu araştırmada bira fermentasyonu süresince farklı konsantrasyonlardaki OA miktarında meydana gelen değişiklikler Elisa metodu kullanılarak tespit edilmiştir. Buna göre yaklaşık 10 ppb OA ilave edilen örnekte (A) fermentasyon sonunda (10. gün) OA seviyesinde % 24,97 oranında azalma tespit edilirken, yaklaşık 20 ppb OA ilave edilen örneğin (B) OA seviyesinde % 18,74 oranında bir azalma olduğu belirlenmiştir. Yaklaşık 30 ppb OA ilave edilen örnekte (C) ise daha düşük düzeyde bir azalma (% 8,9) olduğu tespit edilmiştir. Fermentasyon boyunca OA konsantrasyonu arttıkça, OA'daki azalma oranı düşmüştür. Fermentasyon boyunca OA konsantrasyonu maya gelişimini etkilemiş, OA ihtiva eden örneklerde maya gelişimi daha yavaş olmuştur. Yüksek konsantrasyonlarda OA ihtiva eden mayşede tespit edilen maya sayısı, kontrol ve düşük OA konsantrasyonlu mayşedeki maya sayısına göre daha düşük bulunmuştur. Fermentasyon boyunca pH değerinde OA yüksek olan örneklerde, düşük olanlara göre daha yavaş düşüş gözlenmiştir. Örneklerde OA konsantrasyonu arttıkça oluşan alkol oranı düşmüştür. Fermentasyon başlangıcında tüm örneklerde toplam şeker oranı % 6,62 iken OA konsantrasyonu arttıkça % şeker miktarı daha yüksek tespit edilmiştir.

Anahtar kelimeler : Bira, Fermentasyon, Okratoksin A

Fate Of Ochratoxin A (OA) During Beer Fermentation and Effect of OA On Fermentation

Abstract: Depending on ochratoxin A (OA) concentration, changes in OA content of wort and beer were determined during beer fermentation using Elisa method. After 10 days of fermentation, OA content of sample A, which includes approximately 10 ppb added OA, decreased 24.97 % while this figure was 18.74 % in sample B which was contaminated with 20 ppb OA. In sample C, which includes 30 ppb added OA, the level of OA decreased (8.9 %) less than the other two samples. Degradation ratio of OA decreased as the OA concentration increased during fermentation. OA concentration negatively affected yeast growth during fermentation and therefore yeast growth was lower in OA containing samples than the others. The wort samples which contain high concentration of OA had lower yeast count compared with control group and wort samples containing low concentration of OA. A gradual decrease has been observed in pH value of the samples including high level of OA compared to these samples contaminated with low level of OA. Alcohol concentration of the samples decreased as OA concentration increased. At the beginning of fermentation, total sugar ratio of all samples was 6.62 %. However, total sugar values were found higher in the samples which contained at high levels of OA.

Key words : Beer, Fermentation, Ochratoxin A.

Giriş

Bira yapımında hammadde olarak kullanılan arpa ve bundan elde edilen malt küflenmeye çok müsait olan üründür. Arpa, gerek depolama sırasında, gerekse malt üretimi esnasında küf kontaminasyonuna maruz kalmaktadır (Krogh ve ark., 1974; Chu ve ark., 1975). Malt üretim aşamalarında küflerin gelişmesi için çok uygun bir ortam bulunmaktadır. Gelişen küfler ürettikleri sekonder metabolitleri ile toksik etkiler yapmaktadır. Bu toksik maddelere "mikotoksinler" denilmektedir.

Mikotoksinler, insanlar ve diğer organizmalar üzerinde birçok olumsuz etkilerinin bulunmasının yanı sıra, özellikle karaciğer ve böbreklerde kansere sebep olmaktadır (Topal, 1993; Özkaya ve ark., 1995)

Biralarda en sık görülen mikotoksin okratoksin olup, işlem aşamalarında bir kısmının parçalanmasına rağmen, bir kısmı da parçalanmadan kalmaktadır. Nip ve ark. (1975) yaptıkları bir araştırmada arpada bulunan okratoksinin % 14-18'inin biraya geçtiğini bildirmişlerdir. Gjerten ve ark. (1963) arpa ve diğer hububat

ürünlerinin malt ve bira yapımı amacıyla kabul edilmeden önce dikkatli kontrol edilmesi gerektiğini, küflü arpanın bira aromasına ve diğer duyu kalitelerine olumsuz etki ettiğini bildirmişlerdir. Kostecki ve ark. (1991) mikotoksinlerin detoksifikasyonu için birkaç işlemin yapıldığını, bunların alkol fermentasyonu, bira üretimi gibi yöntemler olduğunu ifade etmişlerdir. Gjerten ve ark. (1973) bira yapımında kullanılan malttaki OA miktarının fermentasyondan sonra biraya % 10 oranında azalarak geçtiğini tespit ederlerken, Chu ve ark. (1975) arpadan biraya % 14-28 oranında OA geçtiğini, işlem aşamalarında OA'nın % 70'inin parçalandığını ifade etmişlerdir. Krogh ve ark. (1974) sitrinin ve OA ile kontamine edilmiş arpa örneklerinde toksinlerin parçalanma durumunu incelediklerini, yüksek seviyede OA içeren arpalardan biralara % 2-7 oranında bir geçişin olduğunu, bu sebepten dolayı yüksek seviyede OA içeren (1000-5000 µg/kg) arpaların bira yapımı için kullanılmaması gerektiğini bildirmişlerdir.

Scott ve ark. (1995) biraya fermentasyondan önce 0,19 µg/ml OA ilave ederek *Saccharomyces cerevisiae* ile 8 gün süreyle fermentasyona tabi tutmuşlardır. Sonuç olarak birada % 2-13 oranında OA'da azalma olduğunu tespit etmişlerdir. Yine Scott (1996) biralara fermentasyon öncesi işlem aşamaları içinde, OA'yı da kapsayan mikotoksinler ilave etmiş, fermentasyondan sonra bu toksinlerin biraya geçebileceğini bildirmiştir.

Baxter ve ark. (2001) malta *Penicillium verrucosum* inokule etmişler ve sonuçta maltta 52 µg/kg seviyesinde OA tespit etmişlerdir. OA ihtiva eden maltı bira yapımında kullanmışlar ve proteolitik parçalanma sonucu OA'nın % 40'nin parçalandığını, fermentasyon sonucunda ise OA seviyesindeki düşüşün % 13-32 arasında olduğunu tespit etmişlerdir. Wolf-Hall ve Schwarz (2002) bira üretiminde fermentasyonun mikotoksinlerin detoksifikasyonuna etki ettiğini, güvenli bir gıda tüketimi için fermentasyon tekniklerinin geliştirilmesi gerektiğini ifade etmişlerdir.

Okratoksinin biraya geçme riski ihtimalinin olması nedeniyle arpa, malt ve bira örneklerinde okratoksin analizlerinin yapılması çok önemlidir. Bu çalışmada farklı konsantrasyonlardaki OA'nın, bira fermentasyonu sonrasında ne kadar oranda biraya geçtiğinin tespit edilmesi ve OA'nın bira fermentasyonuna etki edip etmediğinin belirlenmesi amaçlanmıştır.

Materyal ve Metod

Materyal

Mayşe Türkiye'de üretim yapan özel bir firmadan temin edilerek laboratuvara getirilerek pastörize edilmiştir. Fermentasyonda kullanılan maya, *Saccharomyces carlsbergensis* türü olup bira üretimi yapan iki farklı firmadan temin edilmiştir. Maya kültürü ağzı kapaklı özel şişelerde alınmış, kullanılmaya kadar buzdolabında muhafaza edilmiştir. Okratoksin A standardı (ACROS); ağzı kapaklı küçük cam vialde alınmış ve derin dondurucuda saklanmıştır.

Metod

Birada Okratoksin A (OA) Analizi

Bira içindeki CO₂'i uzaklaştırmak için filtre kağıdından 5 ml örnek bir erlen içine alınarak, 12,5 ml %70'lik Methanol (methanol:su) ile 3 dakika çalkalandıktan sonra Whatman No:1 filtre kağıdından süzülüdür. Filtrasyondan 1 ml alınıp 1 ml distile su ile sulandırılmış ve 50 ml alınarak test işlemlerine geçilmiştir.

Standartlar önce 0 µg/kg, 5 µg/kg, 10 µg/kg, 20 µg/kg, 40 µg/kg olarak içerisine OA antibody bulunan mikrotiter platedeki çukurcuklara aktarılmış ve daha sonra ekstraktlardan 50 µl sonraki viallere konulmuştur. Üzerine 50 µl enzim konjuge ve 50 µl okratoksin A antibody konularak 10 dakika oda sıcaklığında bekletilmiş daha sonra 3 defa saf su ile yıkanmıştır. Üzerine 100 µl substrat/kromogen ilave edilmiş, 5 dakika oda sıcaklığında bekletildikten sonra 100 µl durdurma solusyonu ilave edilmiş ve 10 dakika içinde "ELx800 Serisi Microplate Reader" da 450 nm'de absorbans değerleri okunmuştur. Sonuçlar bilgisayar ortamında özel programla (Ridawin) hesaplanmıştır (Anonymous, 1999a).

Okratoksin A'nın Bira Fermentasyonundaki Durumunun Belirlenmesi

Arpa maltından hazırlanan şerbetçi otuyla kaynatılmış ve pastörize edilmiş 5 litre mayşeye % 2 oranında bira mayası (*Saccharomyces carlsbergensis*) ilave edilmiş iyice karıştırılmıştır. Steril edilmiş 100 ml'lik kavanozlara dağıtılmıştır. Bu kavanozlardan 6 tanesine içinde yaklaşık 10 µg/kg (A), 6 tanesine yaklaşık 20 µg/kg (B) ve 6 tanesine de yaklaşık 30 mg/kg (C) olacak şekilde OA ilave edilmiş, 6 tanesine de kontrol amacıyla OA ilavesi yapılmamıştır (K). Daha sonra kavanozların ağzı iyice kapatılarak soğutmali inkübatörde 10°C'de 10 gün süreyle inkübe edilmiştir. Denemeler 2 paralel olarak yürütülmüştür. Fermentasyonun başlangıç, 1., 3., 5., 8. ve 10. günlerindeki OA miktarları ELISA metoduyla tespit edilip, mayaların OA'ya etki edip etmediği belirlenmeye çalışılmıştır (Chu ve ark., 1975; Anonymous, 1999b).

Maya sayısının Belirlenmesi

Maya sayımı için % 10'luk tartarik asit ile pH'sı 3,5'e düşürülmüş "Potato Dextrose Agar (PDA)" kullanılmıştır. Ekim yapılan örnekler 25°C'de 5 gün süreyle inkübe edilerek toplam maya sayısı tespit edilmiştir (Baumgart, 1993).

Alkol Miktarının Belirlenmesi

Alkol analizleri Salleron Dujadin marka Ebulyometre ile yapılmıştır (Anonymous, 1988).

pH Değerlerinin Belirlenmesi

Örneklerin pH'sı 20 °C'de WTW marka 330 model pH metre ile ölçülmüştür (Anonymous, 1986).

Toplam Şeker (%) Oranının Belirlenmesi

Örneklerde toplam şeker miktarı titrimetik metodla yapılmıştır (Anonymous, 1990). Örnekler Carrez I ve Carrez II çözeltileri ilave edilerek çöktürülmüş ve süzülmüştür. Bu süzünüye % 37'lik HCl eklenmiştir. Balonun kapağı kapatılarak su banyosunda 65-67 °C'de 5 dakika tutulmuş (inversiyon) ve hızlıca soğutulduktan sonra 5N NaOH ile nötrlenmiştir. Bu örnek bürete doldurularak Fehling A ve Fehling B çözeltileri ile metilen mavisi indikatörlüğünde titre edilmiştir. Toplam şeker formülle hesaplanmıştır.

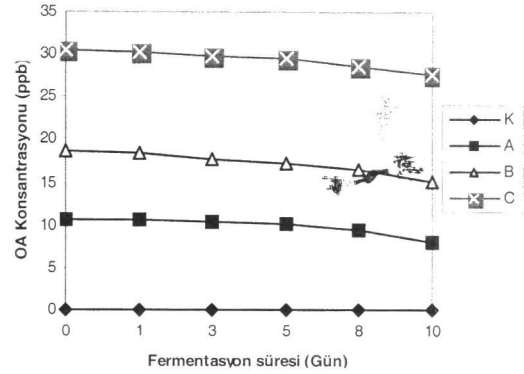
İstatiksel Analizler

İstatistik analizlerde SPSS paket programı kullanılmıştır. Fermentasyon aşamasında 2 faktörlü (Fermentasyon süresi x OA konsantrasyonu) deneme deseni planında varyans analizleri yapılmıştır. Araştırma iki paralelli ve iki tekerrürlü yapılmıştır.

Araştırma Sonuçları ve Tartışma

Bira Fermentasyonunun OA'ya Etkisi

Farklı oranlarda OA ilave edilen mayşe örnekleri bira mayası ile fermentasyona tabi tutulmuş, fermentasyon süresince önemli bazı parametreler incelenmiştir. Fermentasyon süresince örneklerin OA konsantrasyonlarında farklı oranlarda azalma meydana geldiği tespit edilmiştir. Fermentasyonun sonunda (10. gün), yaklaşık 10 µg/L OA ile kontamine edilen mayşede (A) OA miktarında ortalama % 24,97 oranında bir azalma olurken, yaklaşık 20 µg/L OA ile kontamine örneklerde (B) ortalama % 18,74 ve yaklaşık 30 µg/L OA ile kontamine örnekte (C) ortalama % 8,9 oranında bir azalma meydana gelmiştir. Azalma oranlarının 8. ve 10. günlerde arttığı belirlenmiştir (Şekil 1). Mayşe örneklerine ilave edilen OA miktarı arttıkça fermentasyon sonunda kalan OA miktarı daha yüksek bulunmuştur. Bu sonuçları Gjertsen ve ark. (1973), Nip ve ark. (1975), Scott ve ark. (1995) ve Baxter ve ark. (2001)'nin bulguları teyit ederlerken,



Şekil 1. Fermentasyon süresince OA miktarında meydana gelen değişiklikler.

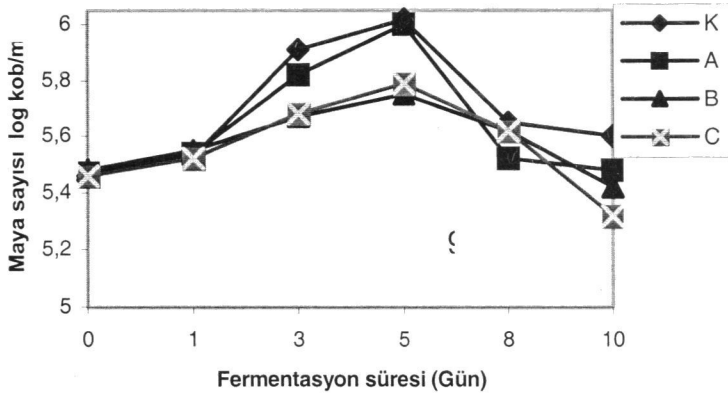
Krogh ve ark. (1974) ve Chu ve ark. (1975)'nin bildirdikleri değerlerden farklı bulunmuştur.

Fermentasyon süresince örneklerin OA seviyelerindeki azalma Şekil 1'de görülmektedir.

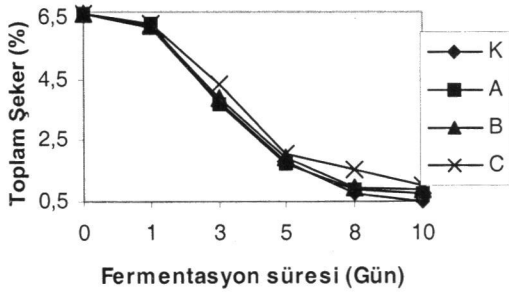
Şekil 1'den de anlaşıldığı gibi OA miktarlarındaki azalma A ve B örneklerinde 8. fermentasyon gününden sonra daha da artmıştır. Yapılan varyans analizi sonucuna göre tekerrürler arasındaki farklılıklar önemsiz bulunurken, fermentasyon süresince örneklerin ihtiva ettiği OA seviyelerindeki değişiklikler ve örnekler (K, A, B, C) arasındaki farklılıklar p<0,01 düzeyinde önemli bulunmuştur.

Fermentasyon Süresince Maya Sayısında Meydana Gelen Değişiklikler

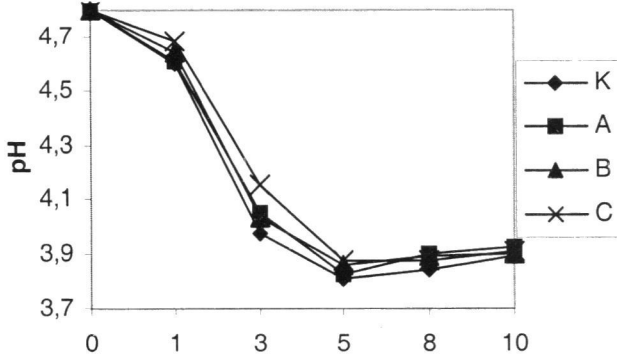
Kontrol ve OA ihtiva eden mayşelerde fermentasyon süresince maya sayılarında 5. güne kadar artış olmuş, alkol oranının artışı ve fermente olabilir şeker miktarındaki azalmaya paralel olarak 8. günden itibaren düşüş meydana gelmiştir. Kontrol örneğinde maya gelişimi 5. günde ortalama 1,05x10⁶ kob/ml'ye kadar yükselirken örneklerde OA seviyesi en fazla olan C örneğinde 5. günde ortalama 6,20x10⁵ kob/ml'ye kadar yükselmiştir. Maya sayısı 10. günde kontrol örneğinde ortalama 2,02x10⁵ kob/ml'ye gerilerken, örneklerde OA seviyesi arttıkça maya gelişimi de yavaşlamıştır. En çok OA ihtiva eden (30 µg/L) C örneğinde 2,08x10⁵ kob/ml'ye gerilemiştir. Kontrol örneğinde 8. günden itibaren maya sayısında daha fazla azalma meydana gelmiştir. Bu, kontrol örneğinde meydana gelen alkol oranının yüksekliği dolayısıyla maya üzerine inhibitif etki ile açıklanabilir. Fermentasyon süresince örneklerin maya sayılarında meydana gelen değişiklikler Şekil 2'de verilmiştir.



Şekil 2. Fermentasyon süresince maya sayılarındaki meydana gelen değişiklikler.



Şekil 3. Fermentasyon süresince örneklerin pH değerlerindeki meydana gelen değişiklikler.



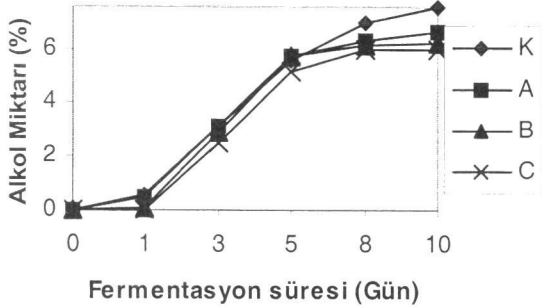
Şekil 4. Fermentasyon süresince şeker oranlarındaki değişiklikler.

Fermentasyon süresince C örneği haricinde örnekler arasındaki maya sayıları arasında bir paralellik bulunurken, içerisinde OA konsantrasyonu fazla olan C örneğindeki maya gelişimi diğer örnekler nazaran daha düşük olarak tespit edilmiştir. Üçüncü günde kontrol örneklerindeki maya sayıları diğerlerine nazaran daha fazla artmış, örneklerin OA konsantrasyonları arttıkça maya sayılarında azalma meydana gelmiştir. Fermentasyon süresince maya sayılarındaki değişiklikler ve OA konsantrasyonuna göre gruplar (K, A, B, C) arasındaki farklılıklar $p < 0,01$ düzeyinde önemli bulunmuş ve OA konsantrasyonu maya gelişimine etki ettiği tespit edilmiştir.

pH'da Meydana Gelen Değişiklikler

Fermentasyon süresince pH değerinde 5. güne kadar düzenli bir düşme meydana gelmiştir. Fermentasyon başlangıcında (0. gün) tüm örneklerde pH değeri 4,80 olarak tespit edilmiştir. Fermentasyonun 5. gününde K örneği ortalama olarak 3,80, A örneği 3,83, B örneği 3,86 ve C örneği 3,88 pH değerine düşmüş, 8. ve 10. günlerde bu değerlerde fazla bir değişiklik olmamıştır. Örneklerde OA seviyesi arttıkça, kontrol örneğine göre pH'da düşüş daha az tespit edilmiştir. Fermentasyon süresince örneklerin pH değerlerindeki meydana gelen değişiklikler Şekil 3'de verilmiştir.

Tespit edilen pH değerleri TS 2259 "şişelenmiş ve kutulanmış bialar" standardına uygunluk göstermektedir. Fermentasyon süresince pH değerinde değişiklikler ve OA konsantrasyonuna göre gruplar (K, A, B, C) arasındaki farklılıklar $p < 0,01$ düzeyinde önemli bulunmuştur.



Şekil 5. Fermentasyon boyunca alkol miktarındaki değişiklikler.

Toplam Şeker (%) Miktarında Meydana Gelen Değişiklikler

Başlangıçta % 6,62 olan şeker miktarı fermentasyon süresince tüm örneklerde azalmıştır. Fermentasyonun 1. gününde şeker oranındaki düşüş çok yavaş iken, 3., 5. ve 8. günlerde şeker oranındaki düşüş hızlı olmuştur. 10. günde ise tekrar yavaşlamıştır. K örneğinde şeker oranı % 6,62'den % 0,52'ye, A örneğinde % 6,62'den % 0,77'ye, B örneğinde % 6,62'den % 0,88'e ve C örneğinde % 6,62'den % 1,01'e düşmüştür. Örneklerin OA miktarı arttıkça fermentasyon sonunda fermente edilemeyen şeker miktarı yüksek olarak bulunmuştur. Fermentasyon sonunda en az miktarda şeker, OA bulunmayan kontrol örneklerinde tespit edilmiştir. Fermentasyon süresince şeker oranlarında değişiklik Şekil 4'de verilmiştir.

Fermentasyon süresince Toplam şeker (%) miktarında meydana gelen değişiklikler ve OA konsantrasyonuna göre gruplar (K, A, B, C) arasındaki farklılıklar $p < 0,01$ düzeyinde önemli bulunmuştur.

Alkol Oranında (%) Meydana Gelen Değişiklikler

Fermentasyon süresince örneklerin alkol miktarlarında meydana gelen değişiklikler Şekil 5'de verilmiştir. K örneğinde 10. günün sonunda % 7,50 oranında alkol oluşurken, diğer örneklerde bu oranda düşük bulunmuştur. A örneğinde % 6,60, B örneğinde % 6,20 ve C örneğinde % 6,00 oranında alkol oluşmuştur. Fermentasyon sonunda en fazla alkol kontrol örneğinde oluşmuştur. Örneklerin OA seviyesi arttıkça alkol oluşumunda azalma tespit edilmiştir.

Sonuç olarak; hammaddenin OA miktarı arttıkça fermentasyon sonunda son üründe daha fazla OA kalmaktadır. Ham maddede ne kadar fazla OA olursa son ürünlerdeki risk o kadar artmaktadır. Ham maddenin uygun şartlarda muhafaza edilmesi, OA içeriğinin tespiti

ve OA içermeyen ürünlerle paçal yapılması son ürünlerde OA riskini düşürmektedir. Fermentasyon süresince OA konsantrasyonu maya gelişimini etkilemiş, OA ihtiva eden örneklerde maya gelişimi daha yavaş olmuştur. Bunun tabii sonucu olarak fermentasyon seyri etkilenmektedir. Örneklerde OA seviyesinin artması ile maya sayısında gelişme azalmış, pH'da düşüş yavaşlamış, % şeker miktarında düşüş azalmış ve daha az oranda alkol oluşmuştur.

Kaynaklar

1. ANONYMOUS, Türk Standartları Enstitüsü, Şişelenmiş ve Kutulanmış Biralara Standardı, TSE 2259, Kasım 1986.
2. ANONYMOUS, Gıda Maddeleri Muayene ve Analiz Metodları kitabı, Tarım ve Köy İşleri Bakanlığı, Koruma kontrol Genel Müdürlüğü, Ankara, 1988.
3. ANONYMOUS, Official Methods of Analysis of the A.O.A.C. Method Nr. 935.62, p.1017, Arlington, Virginia, USA, 1990.
4. ANONYMOUS, Ridascreen Ochratoxin A. Enzyme immunoassay for the quantitative analysis of Ochratoxin A. r-Biopharm GmbH, Germany, 1999a..
5. ANONYMOUS, Ministry of Agriculture, Fisheries and Food. Surveillance of UK cereals for Ochratoxin A. Food Surveillance information sheet 171, London, 1999b.
6. BAXTER ED, SLAIDING IR, KELLY B. Behavior of ochratoxin A in brewing, J Amer Soc. Brewing Chem., 59:98-100, 2001.
7. BAUMGART J. Mikrobiologische Untersuchung von Lebensmitteln. Beh's Verlag, Hamburg, 1993..
8. CHU FS, CHANG CC, ASHOOR SM, PRENTICE N. Stability of aflatoxin B1 and ochratoxin A in brewing. Appl Microbiol. 29: 313-316, 1975.
9. GJERTEN P, TROLLE B, ANDERSEN K. Weathered barley as a contributory cause of gushing in beer. In: Proceeding 9 th Congr. Eur. Brewery Conv., Brussels, Elsevier, Amsterdam, pp. 320-341, 1963.
10. GJERTEN F, MYKEN F, KROGH P, HALD B. Malting and brewing experiments with ochratoxin and citrinin, In Proc. 14th. Congr. Eur. Brewery conven., Salzburg, Austria, pp. 373-380, 1973.
11. KOSTECKI M, GOLINSKI P, UCHMAN, W, GRABARKIEWICZ-SZCZESNA J. Decomposition of Ochratoxin A by heat and g-Irradiation, In: Mycotoxins, Endemic Nephropathy and Urinary, Tract Tumours, Ed. Castegnaro, M., Plestina, P., Dirtemier, G., Chemozemsky, H. Bartsch, International Agency for Research on Cancer, Lyon, pp. 109-111, 1991.

12. KROGH P, HALD B, GJERSTEN P, MYKEN F. Fate of ochratoxin A and citrinin during malting and brewing experiments. *Appl Microbiol.* 28: 31-34, 1974.
13. NIP WK, FRED C, CHANG FS, PRENTIC, N. Fate of ochratoxin A in brewing., *Appl Microbiol.*, 30: 1048-1049, 1975.
14. ÖZKAYA Ş, ELDEN E, BAŞARAN A, AVCI B, HIZLI Ş. Mikotoksinler, İl Kontrol Laboratuvarı Mikotoksin Bölümü Seminer Notları, Ankara, 1995.
15. SCOTT PM, KANHERE SR, LAWRENCE GA, DALEY EF, FARBER JM. Fermentation of wort containing added ochratoxin A and fumonisin B1 and B2, *Food Addit. Contam.*, 12:31-40, 1995.
16. SCOTT PM. Mycotoxins transmitted into beer from contaminated grains during brewing. *J AOAC Int* 79: 875-882, 1996.
17. TOPAL Ş. Gıdalarda Küf Kontaminasyon Riskleri ve Önlemleri, Gıda Sanayinde Mikrobiyoloji ve Uygulamaları. TÜBİTAK-MAM, Gebze, KOCAELİ, 1993.
18. WOLF-HALL CE, SCHWARZ PB. Mycotoxins and fermentation-Beer production, *Mycotoxins and Food Safety Advances in Experimental Medicine and Biology*, 504:217-226, 2002.