

Gıdalarda Nitrat ve Nitrit

Özgül Özdehan, Ali Üren

Ege Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Bornova, İzmir
E-posta: ozgul.ozdehan@ege.edu.tr

ÖZET

İnsan sağlığı üzerine olan olumsuz etkilerinden dolayı nitrat ve nitrit, belirli dozların üzerinde gıdalarda bulunması istenmeyen maddelerdir. Bu maddelerin toksik olmalarının nedeni kansızlığa yol açmaları ve insan vücudunda bulunan sekonder aminlerle tepkimeye girerek kanserojen olan nitrozaminleri oluşturmalarıdır. Başta *Clostridium* cinsine ait patojen bakteriler olmak üzere diğer bazı patojenlerin gelişimini engellemek ve ürüne özgü kür lezzetini oluşturmak üzere nitrat ve nitrit et ürünlerine yasaların izin verdiği oranda katılmaktadır. Sulardaki nitrat ve nitrit su kalitesinin indikatörleridir. Peynirlere de nitrit katılabilmektedir. Yeşil yapraklı sebzeler diyetdeki nitratın başlıca kaynağıdır. Sebzelerdeki nitratın varlığı topraktaki azot bileşiklerine bağlıdır. Topraktaki azot seviyesi yüksek olduğunda bu bölgelerde yetiştirilen sebzeler yüksek nitrat içeriğine sahip olmaktadır. Gıdalardaki nitrat ve nitrit seviyesinin artması halk sağlığı açısından önemli bir problem oluşturmaktadır. Bu nedenle bu bileşiklerin gıdalardaki konsantrasyonlarının izlenmesi gerekmektedir. Bu derlemenin amacı gıdaların nitrat ve nitrit içeriğinin önemini vurgulamaktır.

Anahtar Kelimeler: Nitrat, Nitrit, Gıda

Nitrate and Nitrite in Foods

ABSTRACT

Nitrates and nitrites are undesired food additives because of their adverse effects on human health. Toxicity of these food additives arises from the formation of carcinogenic nitrosamines between nitrite and secondary amines present in human body. Furthermore, consumption of nitrates and nitrites in foods may cause methaemoglobinaemia. Nitrites are added to meat products to inhibit the growth of *Clostridium botulinum* and to enhance unique flavor of cured meat products. However, food laws strictly restrict the amount of nitrite added to foods. Nitrate and nitrite concentrations in water supplies are good indicators for water quality. Nitrites can also be added to cheese. Green leafy vegetables are the major sources for dietary intake of nitrate. Level of nitrate in vegetables depends on nitrogen in soil. Higher the nitrogen content of soil, higher the nitrate content of vegetables grown in that soil. Increase in the nitrate and nitrite concentrations of foods causes a significant concern for public health. Therefore, nitrate and nitrite contents of foods must be monitored periodically. The aim of this review is to highlight the importance of nitrate and nitrite contents of foods.

Key Words: Nitrate, Nitrite, Food

GİRİŞ

Organik azotun biyokimyasal oksidasyonunun son ürünü nitrattır [1]. Nitrat iyonları doğrudan toksik etkiye sahip değildir. Nitrat, bakteriyel nitrat redüktaz aktivitesi vasıtasıyla zararlı nitrit iyonlarına dönüşmektedir [2]. Nitrit ise hemoglobin ile etkileşime girerek

methemoglobin oluşumuna neden olmaktadır. Hemoglobindeki Fe^{+2} yükseltgenerek Fe^{+3} e dönüşmekte, böylece kanın O_2 taşınması işlevi önlenmekte ya da azalmaktadır. Bu durum methaemoglobinaemia olarak adlandırılır. Çocuklar için tehlikelidir ve "mavi bebek sendromu" olarak bilinmektedir [3]. Nitritin insan sağlığı üzerine bir başka

olumsuz etkisi, sekonder aminlerle tepkimeye girerek nitrozaminlerin oluşumuna neden olmaktadır. Bu bileşikler potansiyel olarak kanserojen, mutajen ve/veya teratojendir [4, 5]. Nitrit, gıda zehirlenmesine neden olan *Clostridium botulinum* gelişimini önlemek amacıyla çok az miktarda et ürünlerine katılmaktadır. Nitrit aynı zamanda kürlenmiş ete karakteristik renk, lezzet ve aromayı vermektedir [6]. Ayrıca pH 5.7-6.0 olan bir üründe sodyum nitritin 200 mg/kg'lık konsantrasyonu *Moraxella*, *Flavobacterium*, *Pseudomonas*, *Enterobacter* ve *Escherichia* cinsi bakterilerin gelişimini engellemektedir [7]. Konuyla ilgili gerçekleştirilen bir çalışmada laboratuvar ortamında ısıtma işlemi ve nitrit uygulamasının 30 *Clostridium* suşunu inhibe ettiği ifade edilmiştir [8].

Vücuda alınan nitratın önemli bir kısmı dışkı yoluyla hızla atılmakta iken bir kısmı da tükürük bezlerine taşınmakta ve ağız boşluğuna salgılanmaktadır. Burada ağızda bulunan bakteriler tarafından nitrite indirgenir ve yutma yoluyla mideye taşınır [5, 9]. Nitrit varlığında gıda sisteminin fizyokimyasal özelliklerine bağlı olarak bazı kompleks reaksiyonlar oluşmaktadır. Nitrit hem indirgen hem de yükseltgen bir madde olup, organik maddelere karşı aşırı derecede reaktif ve ısıya karşı dayanıklı değildir [7]. Toplum sağlığı açısından nitratın en önemli özelliği, nitrat ve mide kanseri arasındaki ilişkidir. Nitrat kanserojenik nitrozaminlerin oluşumuna yardımcı olmaktadır. Midenin pH si 5.5'in üzerine çıktığında bakteriyel gelişime bağlı olarak nitrat, nitrite dönüşmekte, nitrit ise nitrozaminlerin oluşumuna neden olmaktadır [10].

Nitratın akut toksisitesi çok seyrek görülmektedir. Çoğu olguda meydana gelen bulgular nitratın nitrite indirgenmesi sonucu ortaya çıkmaktadır. Yetişkinlerde 8-15 g sodyum veya potasyum nitrat alınmasını takiben aniden ortaya çıkan şiddetli gastroenterit, karın ağrısı, idrar ve gaitada kan ve halsizlik görülebilir. Nitratın aksine nitritin akut toksisitesi sıktır ve buna bağlı çok sayıda ölüm bildirilmiştir. Bu genellikle sodyum nitritin yanlışlıkla alımına veya gıdalarda kontrolsüz kullanımına bağlı olarak gelişmektedir. Nitrit ile diğer gıda bileşenleri arasındaki reaksiyonlar söz konusu olduğunda genellikle, iz miktarda oluşan uçucu nitrozaminlerin meydana gelmesi ve kürlenmiş et ürünlerinde nitrozomiyogloblin pigmenti oluşumu aklı gelmektedir. Hâlbuki nitrit ile protein, karbonhidrat, lipid, katkı maddeleri ve tütsü bileşenleri arasında gıdaların işlenmesi ve depolanması sırasında ve hatta insan vücudunda sindirim sırasında çok sayıda reaksiyon gerçekleşmektedir. Protein ve aminoasitler kürlenmiş et ürünlerinde nitrit ile reaksiyona giren ana bileşenlerdir. Reaksiyon sonucunda C-, S- ve N-nitroza bileşikleri ve deaminasyon reaksiyonları meydana gelmektedir. Karbonhidratlar genellikle nitritlere karşı az bir reaktivite gösterirler ve nitrit esterlerini meydana getirirler. Doymamış lipid bileşenleri pseudonitrozitleri meydana getirmektedir. Örneğin, nitrolik asit meydana gelebilmektedir. Katkı maddelerinin reaksiyonu olarak en iyi bilinen reaksiyon, askorbat ile nitrit arasında olmaktadır. Fakat sıvı tütsü lezzet bileşenleri C-nitroza ve nitrofenollerini meydana getirmektedir. Bunlara ek olarak

kürlenmiş ete geleneksel tütsüleme yöntemi uygulandığında, aminoasit, tütsüde oluşan aldehit ve nitrit arasındaki interaksyondan ötürü N-nitroza heterosiklikler meydana gelmektedir [6]. Gıdalarda nitrat ve nitrit, doğal olarak veya bulaşan olarak gıdaların (su, çeşitli sebzeler) yapısında bulunan nitrat/nitrit ve teknolojisi gereği gıdalara (bazı et ürünleri, beyaz peynir) ilave edilen nitrat/nitrit olarak değerlendirilebilmektedir.

Diyetle nitritin ortalama olarak günlük alım miktarı Hollanda, Almanya ve Norveç'te sırasıyla 0.6, 2.6 ve 1.8 mg'dır [11]. Kürlenmiş etler nitritin ana kaynağı olup, alınan toplam nitritin %39'unu oluşturmaktadır. Nitrit ete kürlenme ajanı olarak katılmaktadır [6]. Son yıllarda kürlenmiş et ürünlerine katılan nitrit seviyesini azaltma yönünde çalışmalar yapılmaktadır. Yüksek nitrat içerikli sebzeleri ürünlere katmak ve nitratı indirgeyen starter kültürler kullanmak et ürünlerinde nitrit seviyesini azaltma yönünde yapılan çalışmalara örnek olarak verilebilir [12]. Nitrit insanlar tarafından kullanılmasına izin verilen ve ürün formülasyonuna giren tek toksik maddedir. Nitrit kullanımını oldukça sıkı kurallara bağlıdır [13, 14]. İnsanların nitrat alımı çoğunlukla, kürlenmiş et ürünlerinden, yeşil yapraklı sebzelerden ve sudan olmaktadır [10].

Tablo 1 ve 2'de Türk Gıda Kodeksi'ne göre bazı gıdalardaki sırasıyla nitrat ve nitrit için kabul edilebilir en yüksek değerler verilmiştir. Tablo 3'te ise Türk Gıda Kodeksi'ndeki son düzenlemelere göre bazı ürünlerde nitrat için maksimum limitler verilmiştir. Tablo 4'te sodyum nitrat, potasyum nitrat, sodyum nitrit ve potasyum nitrit için bazı gıdalara katılabilecek maksimum dozlar verilmiştir.

Tablo 1. Türk Gıda Kodeksi 2002 yılı verilerine göre bazı gıdalarda nitrat için kabul edilebilir en yüksek değerler [13]

Gıda	Nitrat (mg/kg)
Marul	3500
Bebek devam formülleri	250
Bebek mamaları	40
Diğer bebek ve çocuk gıdaları	400
İspanak	3500
Kırmızı pancar suyu	2500
Rezene	2000
Çin lahanası	1500
İspanak (konserve veya dondurulmuş)	1500
Lahana	875
İçme suyu	50
Doğal maden suyu	50
Otlu peynir	40
Peynir	10

Tablo 2. Türk Gıda Kodeksi 2002 yılı verilerine göre bazı gıdalarda nitrit için kabul edilebilir en yüksek değerler [13]

Gıda	Nitrit (mg/kg)
Bebek mamaları	0.1
İçme suyu	0.1
Doğal maden suyu	0.02

Tablo 3. Türk Gıda Kodeksi 2008 yılı verilerine göre bazı gıdalarda nitrat için kabul edilebilir en yüksek değerler [14]

Gıda	Nitrat (mg/kg)
1.1. Taze ıspanak ⁽¹⁾ (<i>Spinacia oleracea</i>)	
1 Ekim – 31 Mart arasında hasat edilenler	3000
1 Nisan – 30 Eylül arasında hasat edilenler	2500
1.2. Konserve edilmiş, derin dondurulmuş veya dondurulmuş ıspanak	2000
1.3. Taze marul (<i>Lactuca sativa</i> L., açıkta yetişen ve korunan marul)	
1 Ekim – 31 Mart arasında hasat edilmiş	
- Örtü altında yetiştirilen marul	4500
- Açık havada yetiştirilen marul	4000
1 Nisan – 30 Eylül arasında hasat edilmiş	
- Örtü altında yetiştirilen marul	3500
- Açık havada yetiştirilen marul	2500
1.4. Aysberg tipi marul	
Örtü altında yetiştirilen marul	2500
Açık havada yetiştirilen marul	2000
1.5. Bebek ve küçük çocuk ek gıdaları ⁽²⁾	200

⁽¹⁾ Taze ıspanak için maksimum miktar, işlenmiş ve işlenmek üzere tarladan doğrudan fabrikaya nakledilen taze ıspanak için uygulanmaz.

⁽²⁾ "TGK – Bebek ve Küçük Çocuk Ek Gıdaları Tebliği"nde tanımlanan gıdaları kapsar. Maksimum limit üretici tarafından verilen kullanım talimatına göre hazırlanan veya doğrudan kullanıma hazır olarak satışa sunulan ürünler için geçerlidir.

Tablo 4. Türk Gıda Kodeksi 2002 yılı verilerine göre bazı gıdalara katılabilecek sodyum nitrat, potasyum nitrat, sodyum nitrit, potasyum nitrit dozları [13]

EC Kodu ve Maddenin Adı	Gıda Maddesi	Maksimum Doz (mg/kg)
E 249 Potasyum nitrit	Islık işlem uygulanmamış, kürlenmiş, kurutulmuş et ürünleri	150 (sodyum nitrit cinsinden, bünyesinde bulunan) 50 (sodyum nitrit cinsinden, satış noktasındaki kalıntı miktarı)
E 250 Sodyum nitrit	Diğer kürlenmiş et ürünleri ve et konserveleri	150 (sodyum nitrit cinsinden, bünyesinde bulunan) 100 (sodyum nitrit cinsinden, satış noktasındaki kalıntı miktarı)
E 250 Sodyum nitrit	Kürlenmiş bakan	175 (sodyum nitrit cinsinden, satış noktasındaki kalıntı miktarı)
E 251 Sodyum nitrat	Kürlenmiş et ürünleri ve et konserveleri	300 (sodyum nitrat cinsinden, bünyesinde bulunan) 250 (sodyum nitrat cinsinden, satış noktasındaki kalıntı miktarı)
E 252 Potasyum nitrat	Sert ve yarı sert peynirler	50 (sodyum nitrat cinsinden, satış noktasındaki kalıntı miktarı)
E 252 Potasyum nitrat	Süt bazlı peynir analogları	50 (sodyum nitrat cinsinden, satış noktasındaki kalıntı miktarı)
E 252 Potasyum nitrat	Tuzlanmış balık	200 (sodyum nitrit cinsinden, nitratın meydana gelen nitrit kalıntı miktarı)

BİTKİSEL GIDALARDA NİTRAT ve NİTRİT

Azotun temel kaynağı atmosferdeki gaz halindeki elementel azottur. Bu elementel azottan topraktaki azotlu bileşiklerin oluşması çok çeşitli yollarla gerçekleşebilmektedir.

Bu reaksiyonları mikroorganizmalar, bitkiler ve insanlar, gerçekleştirdikleri endüstriyel ve tarımsal aktivitelerle etkilemektedir. Şimşek çakması azot ile oksijenin birleşmesine yol açmaktadır. Bakla, fasulye gibi sebzelerin köklerinde bulunan *Rhizobium* suşları elementel azotu, amonyağa çevirerek azot çemberine katkıda bulunmaktadır. Bunun nitrate dönüşümü, nitrit üzerinden iki basamaklı bir reaksiyonla farklı mikroorganizmalarca gerçekleştirilmektedir. Bitkilerin pek çoğu nitratı bünyelerine alabilir ve bir kısmından yararlanarak proteinleri ve diğer azotlu bileşikleri sentezler. Nitratın degradasyonu (denitrifikasyon) ile nitrat azotunun elementel azota ve azot oksitlerine dönüşmesi toprakta ya da su kaynaklarında gerçekleşmektedir. Doğal olarak toprakta bulunan nitrat ve gübreden gelen nitrat bitkiler tarafından proteinlerin ve diğer biyolojik bileşiklerin sentezinde kullanılabilir. Bitkilerin iyi gelişebilmesi için nitrat gereklidir [15]. Christy ve ark. [16] tarafından gerçekleştirilen bir çalışmada bitkiler tarafından absorbe edilen azotun %90'dan fazlasının nitrat formunda olduğu

belirtilmiştir. Yeşil yapraklı bitkiler ve bazı kök bitkiler topraktaki nitratı doğal olarak özümlemektedir. Sebzeler arasında nitrat konsantrasyonu açısından önemli farklılıklar söz konusudur. Gübre gerekenden fazla kullanılırsa sebzelerde nitrat birikimi olabilmektedir [15].

Sebzelerdeki nitrat konsantrasyonu 1 ile 10000 mg/kg arasında değişmektedir. Aynı çeşit sebzelerin farklı örneklerinde bile nitrat konsantrasyonları arasında farklılıklar vardır. Farklı yerlerden alınan pancar örnekleriyle yapılan çalışmalarda nitrat konsantrasyonunun 630 ile 6800 mg/kg aralığında olduğu bulunmuştur [17]. Pancar, kereviz, marul, ıspanak ve turp gibi sebzeler yüksek oranda nitrat içerirler. Genelde bu sebzelerde 1000 mg/kg'ın üzerinde nitrat bulunmaktadır. Karnabahar, patates, soğan, tatlı mısır ve bezelye gibi sebzeler ise genelde 200 mg/kg'ın altında nitrat içermektedir [18].

İnorganik azotlu gübrelerin kullanımı sebzelerin nitrat içeriğinin artmasına neden olmaktadır. Ispanak ile yapılan bir çalışmada %50 amonyak azotu ile %50 nitrat azotu, %100 nitrat azotu yerine gübre olarak kullanılmıştır. Ispanağın nitrat içeriğinde %34 azalma görülmüştür [19]. Sebzelerde nitrat konsantrasyonunu sebze çeşidi ve kültürü de etkilemektedir. Bitki köklerinde nitrat alımı fotosentezden etkilenmemektedir.

Ancak nitratın enzim etkisiyle nitrite indirgenmesini ışık etkilemektedir [20]. Nitrat, bitkilerdeki nitrat redüktaz enzimi ile nitrite indirgenmektedir, bu enzimin aktivitesi inhibe edildiğinde nitrat birikimi artmaktadır. Yapraklı bitkiler güneşli bir öğleden sonra hasat edilenlerde sabah hasat edilenlere göre veya kapalı havalarda hasat edilenlere göre daha az nitrat içermektedir. Coğrafik bölge ve hasat zamanı nitrat düzeyini etkilemektedir. Sıcaklık düşüğe nitrat düzeyi artmaktadır. Kışın hasat edilenlerde yazın göre daha yüksek nitrat içeriği görülmüştür (muhtemelen fotosentez etkisiyle). Ayrıca seralarda yetiştirilen sebzelerde gübre kullanımından dolayı nitrat içeriği daha fazla bulunmuştur. Nitrat birikimine sebep olan diğer faktörler; bitki hastalıkları, böcek zararı veya böcek ilaçları ile temas gibi faktörlerdir. Nitrat redüktaz enzimi molibdene bağlıdır. Yetiştigi toprakta molibden veya potasyum eksikliği varsa o bitkiler daha yüksek nitrat içeriğine sahiptir. Gübre uygulaması hasattan kısa bir süre önce yapılıncaya nitrat düzeyi artmaktadır. Yapılan çalışmalarda taze sebzelerin nitrit içeriği 1-2 mg/kg ya da 1 mg/kg'ın altında bulunmuştur. Depolanın nitrat ve nitrit içeriğine etkisine bakıldığında örnekler, özellikle yüksek sıcaklıkta depolanınca nitrat miktarı azalmakta, nitrit miktarı artmaktadır. İşlenmiş ürünlerde nitrit içeriği genelde daha yüksek çıkmaktadır. Askorbat, nitriti tutarak kanserojenik nitrozaminlerin oluşumunu engellemektedir. Meyvelerde nitrat ve nitrit oldukça düşük düzeylerde bulunmuştur. Genelde nitrat 10 mg/kg'ın altında, nitrit ise 1 mg/kg'ın altında bulunmuştur. Diğer meyvelerden farklı olarak çilekte nitrat içeriği 100 mg/kg'ın üzerinde bulunmuştur [15].

Sebzeler insanların beslenmesinde oldukça önemli rol oynamaktadır. Vitamin, mineral ve biyolojik olarak aktif birçok bileşeni yapılarında bulundurmaktadır. Nitrat sebzelerde doğal olarak bulunmuştur. Diyetle alınan nitratın yaklaşık %87'si sebze tüketimi ile gerçekleşmektedir. Çalışmalarda bildirildiğine göre ıspanak ve marul gibi yeşil yapraklı sebzelerde yüksek düzeylerde nitrat bulunmuştur [10, 21, 22]. Sebzeler gelişimlerini devam ettirmek için gerekli olandan daha fazla nitrat absorbe ederlerse nitrat birikimi meydana gelmektedir. ıspanak, marul, brokoli, lahanası, kereviz, turp ve pancar gibi bitkilerin nitrat biriktirme eğilimleri fazladır. Havuç, karnabahar, patates, fasulye ve bezelye gibi sebzeler ise seyrek olarak nitrat biriktirme eğilimindedir [10]. Prasad ve Chetty [10] tarafından 4 farklı çeşit sebze örneğinde (Çin lahanası, kereviz, marul ve İngiliz lahanası) nitrat içeriğinin belirlenmesi için yapılan çalışmada, sonuçlar 1297 ve 5658 mg/kg aralığında bulunmuştur. Yapılan çalışmada suda kaynatma ile nitratın %47-56 oranında azaldığı belirlenmiştir. Erkmən ve ark. [23] tarafından gerçekleştirilen bir çalışmada İstanbul'daki marketlerden alınan 31 çeşit taze sebze analiz edilerek nitrat ve nitrit derişimleri saptanmış ve nitrat değerleri literatürdeki değerlere yakın bulunmuştur. Bu değerler nitrit için 0.10-2.96 mg/kg, nitrat için ise 2.92-2055 mg/kg'dır. Tablo 5'de bu analizler sonucunda bulunan nitrat ve nitrit miktarları verilmiştir. Jaworska [24] tarafından Yeni Zelanda'da yetiştirilen ıspanak örneklerinde nitrat, nitrit ve okzalot analizleri gerçekleştirilmiştir. Örneklerdeki

nitrat miktarı 449-2804 mg/kg, nitrit miktarı 0.09-0.77 mg/kg olarak bulunmuştur. Jaworska [25] tarafından yapılan bir diğer çalışmada ıspanak ürünlerinde ve Yeni Zelanda ıspanak ürünlerinde nitrat ve nitrit analizleri gerçekleştirilmiştir. Teknolojik işlemlerin ve depolama zamanının dondurulmuş ve konserve ıspanak örneklerinin nitrat ve nitrit seviyesi üzerine etkisi irdelenmiştir. ıspanak örneklerine uygulanan ön işlemlerden sonra dondurma ve konserveleme işlemleri uygulanmıştır. Dondurulmuş örnekler -25°C'de, konserve örnekler 4-6°C'de depolanmıştır. Dört dakika haşlamada, 2 dakika haşlamaya göre analiz edilen bileşiklerde önemli düzeyde azalma tespit edilmiştir. Dondurma işlemi ile nitrit miktarında %8-78 düzeyinde artış gözlenmiş iken sterilizasyonla ise %8-41 oranında artış gözlenmiştir. Bunun olası nedeni gıdaların işlenmesi sırasında nitratın nitrite indirgenmesidir. Bir yıl depolama sonunda konserve ürünler dondurulmuş ürünlere göre bu bileşikleri daha az miktarlarda içermektedir. Yeni Zelanda ıspanak örnekleri, ıspanak ürünlerine göre daha az miktarda nitrit, daha fazla miktarlarda nitrat içermektedir. Farklı teknolojik işlemlerin (yıkama, haşlama, dondurma, konserve vb.) hem gıdaların besin öğelerinde hem de bazı istenmeyen bileşenlerin seviyelerinde önemli değişikliklere yol açtığı bilinmektedir. Genel olarak su kullanılarak yapılan bazı işlemler (yıkama, haşlama) nitrat ve nitrit miktarını azaltmaktadır. Bunun nedeni olarak nitrat ve nitritin suda çözünmesi ve haşlama suyu ile beraber uzaklaştırılması gösterilmektedir. Fakat gıdaların korunmasında kullanılan bazı yöntemlerin uygulanması sırasında (dondurma ve sterilizasyon), ya da depolama gibi işlemlerde nitrat ve nitrit seviyesi bazen artmakta bazen de azalmaktadır. Bu çalışma sonucunda haşlama ve pişirmenin nitrat düzeyini önemli ölçüde azalttığı belirlenmiştir. Bu azalmanın büyüklüğü sebzelerin cinsine bağlı olarak değişmektedir. Yapılan analizler sonucunda konserve yapma işleminin dondurma işlemine göre daha iyi bir koruma yöntemi olduğu belirlenmiştir. Bir yıl depolama sonunda konserve ürünler daha az nitrat ve nitrit içermektedir. Tablo 6 ve 7'de analiz sonuçları görülmektedir [25].

Özcan ve Akbulut [26] tarafından Türkiye'nin güneyinde yetişen 31 çeşit tıbbi ve aromatik bitkide nitrat ve nitrit analizleri gerçekleştirilmiştir. Örneklerin çoğunda nitrat miktarı, nitrit miktarından daha yüksek bulunmuştur. Örneklerde nitrat, 12.15 mg/kg ile 238.85 mg/kg aralığında, nitrit 3.69 mg/kg ile 52.70 mg/kg aralığında bulunmuştur. Buckenhuskes ve Gierschner [27] karnabaharda yaptığı nitrat analizlerinde 62-664 mg/kg aralığında sonuçlar bulmuştur. Tekeli ve ark. [28] ıspanak yapraklarında 207 mg/kg ile 2865 mg/kg aralığında nitrat bulmuştur. Çopur [29] iki farklı bölgeden aldığı ıspanak örneklerinde 307-411 mg/kg ve 279-318 mg/kg nitrat bulmuştur. FAO/WHO 5 mg NaNO₃ veya 3.65 mg NO₃/kg vücut ağırlığı değerlerini günlük alım için izin verilebilir değerler olarak belirlemiştir. Bu değerler nitrit için, 0.2 mg NaNO₂ veya 0.133 mg NO₂'dir [26]. Sebzelerdeki nitrat ve nitritin başlıca nedenleri topraktaki organik maddeler, azotlu gübrelerin kullanımı, azotlu böcek ilaçlarının kullanımı ve kimyasal endüstriyel atıklardır [30-32].

Tablo 5. İstanbul'daki marketlerden alınan bazı taze sebze örneklerinin ortalama, en düşük ve en yüksek nitrat ve nitrit içerikleri [23]

Sebze	Örnek Sayısı	Nitrat (mg/kg, taze ağırlık)			Nitrit (mg/kg, taze ağırlık)		
		En düşük	En yüksek	Ortalama	En düşük	En yüksek	Ortalama
Patates	6	2.92	164.12	81.60	0	1.59	0.51
Havuç	6	47.30	260.66	165.46	0	0	0
Domates	7	5.78	94.61	23.83	0	0.20	0.08
Kuru soğan	7	3.18	9.94	7.23	0	0.33	0.06
Yeşil soğan	7	9.03	409.35	112.30	0	0.10	0.01
Biber (tatlı, yeşil)	8	44.35	193.60	119.26	0	1.72	0.37
Fasulye	6	4.63	10.09	7.32	0	0.89	0.43
Salatalık	6	67.44	146.75	95.68	0	0.13	0.04
Marul	6	410.30	1728.12	842.20	0	0.53	0.15
Dereotu	5	17.00	1832.40	531.46	0	1.43	0.30
Ispanak	4	140.50	1544.80	920.30	0	0	0
Kereviz	4	6.28	1930.83	685.80	0	0.70	0.24
Kabak	4	58.89	772.35	380.65	0	0.30	0.08
Yeşil fasulye	4	110.93	424.79	293.66	0	0.22	0.10
Nane	4	10.10	880.96	337.33	0	0.60	0.30
Bezelye	3	6.04	8.20	7.00	0	0.36	0.12
Pırasa	3	5.25	165.00	93.37	0	1.51	0.50
Kırmızı Turp	3	9.08	1737.80	552.50	0	1.64	0.60
Yer elması	3	3.83	1107.20	371.74	0	0.25	0.13
Lahana	2	12.55	80.12	46.34	0	0	0
Kırmızı lahana	2	49.71	84.58	65.65	0	0.33	0.17
Kereviz yaprağı	2	8.58	1071.50	540.43	0	0.60	0.30
Pazı	2	38.76	144.43	91.60	0.26	0.50	0.38
Patlıcan	2	202.74	231.70	217.22	0	0.20	0.10
Şeker pancarı	2	262.11	772.35	517.23	0	1.64	0.82
Şalgam	2	43.20	1341.93	692.56	0	0.50	0.25
Siyah turp	1	-	400.65	-	-	0	-
Roka	1	-	900.90	-	-	0	-
Karnabahar	1	-	23.17	-	-	0	-

Tablo 6. Ispanak ve Yeni Zelanda ıspanak örneklerinin ön işlemler sonunda nitrat ve nitrit içerikleri (\pm standart sapma) [25]

Nitrat/Nitrit	Çeşit	Hammadde		Haşlama sonrası		Pişirme sonrası	
		Taze örnekte	KM'de*	Taze örnekte	KM'de	Taze örnekte	KM'de
Nitrat (g/kg)	Ispanak	0.11 \pm 0.005*	1.02 \pm 0.039	0.07 \pm 0.002	0.75 \pm 0.018	0.06 \pm 0.003	0.59 \pm 0.026
	Yeni Zelanda Ispanağı	1.63 \pm 0.011	31.10 \pm 0.193	1.26 \pm 0.024	22.50 \pm 0.378	1.21 \pm 0.005	20.20 \pm 0.077
Nitrit (mg/kg)	Ispanak	0.84 \pm 0.150	7.76 \pm 1.360	0.79 \pm 0.069	8.27 \pm 0.730	0.66 \pm 0.030	7.04 \pm 0.276
	Yeni Zelanda Ispanağı	0.27 \pm 0.024	5.18 \pm 0.448	0.27 \pm 0.056	4.85 \pm 0.986	0.27 \pm 0.053	4.45 \pm 0.888

*: Kurumaddede

Tablo 7. Dondurulmuş ve konserve ıspanak ve Yeni Zelanda ıspanağının depolama boyunca nitrat ve nitrit içerikleri (\pm standart sapma) [25]

Çeşit	Ürün	Depolama zamanı (ay)						
		1		6		12		
		Taze örnekte	Kuru maddede	Taze örnekte	Kuru maddede	Taze örnekte	Kuru maddede	
Nitrat (g/kg)	Ispanak	Dondurulmuş	0.07 \pm 0.002*	0.73 \pm 0.018	0.07 \pm 0.004	0.71 \pm 0.043	0.07 \pm 0.005	0.69 \pm 0.043
	Konserve		0.07 \pm 0.004	0.78 \pm 0.066	0.06 \pm 0.005	0.67 \pm 0.056	0.05 \pm 0.003	0.62 \pm 0.031
	Yeni Zelanda Ispanağı	Dondurulmuş	1.12 \pm 0.078	18.50 \pm 1.29	1.12 \pm 0.016	18.24 \pm 0.373	1.12 \pm 0.012	18.20 \pm 0.229
	Konserve		0.90 \pm 0.031	18.20 \pm 0.622	0.90 \pm 0.004	18.34 \pm 0.155	0.88 \pm 0.001	17.90 \pm 0.177
Nitrit (mg/kg)	Ispanak	Dondurulmuş	0.10 \pm 0.65	7.60 \pm 0.709	0.90 \pm 0.063	9.60 \pm 0.741	0.90 \pm 0.029	9.77 \pm 0.360
	Konserve		0.85 \pm 0.093	10.10 \pm 108	0.81 \pm 0.071	9.70 \pm 0.817	0.82 \pm 0.050	9.80 \pm 0.552
	Yeni Zelanda Ispanağı	Dondurulmuş	0.48 \pm 0.000	7.94 \pm 0.012	0.62 \pm 0.068	10.00 \pm 1.08	0.68 \pm 0.057	11.10 \pm 0.893
	Konserve		0.38 \pm 0.045	7.73 \pm 0.908	0.51 \pm 0.034	10.40 \pm 0.700	0.64 \pm 0.000	13.00 \pm 0.057

ET ÜRÜNLERİNDE NİTRAT ve NİTRİT

Nitrit oldukça aktif bir kimyasaldır ve biyolojik olarak kompleks yapıdaki et ürünlerinde çok sayıda reaksiyonda yer almaktadır. Çoğu sucuk örneğine sodyum nitrit kütleme ajanı olarak katılmaktadır. Bazı durumlarda üretim sırasında sodyum nitrit yerine sodyum nitrat katılmaktadır. Nitrit *Clostridium botulinum* gelişimini inhibe etmekte, antioksidan olarak rol oynamaktadır. Ayrıca nitrit, renk oluşumu ve lezzetten sorumludur. Ülkemizde üretilen sucuklarda genelde doğal fermentasyon uygulanmaktadır. Her işlem koşulunda, o işleme özgü mikroorganizma suşları bulunabilmektedir. Fermentasyon sırasında laktik asit üreten bakteriler (LAB) bakteriyel gelişimi ve toksin üretimini kontrol etmekte oldukça önemli rol oynamaktadır. Fakat bu işlem sırasında her zaman patojen bakteriler inhibe edilememektedir. Asidik koşullara dirençli patojenler bu koşullarda

yaşayabilmektedir. *Listeria*, *Salmonella*, *E. coli* O157:H7 türleri bunlardan bazılarıdır. Nitritin gıdalara katılması bu patojenlerin inhibe edilmesini sağlamaktadır. Ancak nitritin bahsedilen toksik etkileri düşünülürse kürlenmiş et ürünlerinde nitrat ve nitrit düzeyleri, ürünün kalitesi ve güvenliği açısından kontrol edilmesi gereken önemli bileşenlerdir [33].

Sırıken ve ark. [33] tarafından gerçekleştirilen çalışmada 100 Türk tipi sucuk örneğinde kalıntı nitrat ve kalıntı nitrit analizleri gerçekleştirilmiştir. Türk Gıda Kodeksi'ne göre bu ürünlerde izin verilen maksimum kalıntı sodyum nitrat konsantrasyonu 250 mg/kg, kalıntı sodyum nitrit konsantrasyonu 100 mg/kg'dır. Örneklerin %18'inde sodyum nitrat ve %11'inde de sodyum nitrit bu sınır değerlerinin üzerinde bulunmuştur. Nitrat ve nitrit analizleri spektrofotometrik yöntemle gerçekleştirilmiştir. Tablo 8'de analiz edilen sucuk örneklerinin nitrat ve nitrit içerikleri verilmiştir.

Tablo 8. Türk tipi sucuk örneklerinde (n=100) bulunan kalıntı sodyum nitrat ve sodyum nitrit düzeyleri (mg/kg) [33]

Sodyum nitrat düzeyi	Örnek sayısı	Sodyum nitrit düzeyi	Örnek Sayısı
< 50	3	<25	3
51-100	15	26-50	18
101-150	26	51-75	23
151-200	29	76-100	14
201-250	9	101-278	11
251-300	8	-	-
301-367	10	-	-

Siu ve Henshall [34] tarafından gerçekleştirilen çalışmada jambon ve salamda nitrat ve nitrit analizleri gerçekleştirilmiştir. Salamda 108 mg/kg nitrit, 98.5 mg/kg nitrat bulunduğu saptanmış olup, jambon için bulunan değerler 11.6 mg/kg nitrit, 5.37 mg/kg nitrat şeklindedir. Hsu ve ark. [11] tarafından gerçekleştirilen çalışmada marketlerden temin edilen salam, sosisli sandviç, jambon, domuz pastırması, baharatlı sos ve dana eti örneklerinin nitrat ve nitrit içerikleri saptanmıştır. Sonuçta, sosisli sandviç örneklerinde ortalama 69.9 mg/kg nitrat, 78.6 mg/kg nitrit saptanmıştır. Jambon örneklerinde ortalama 19.0 mg/kg nitrat, 34.2 mg/kg

nitrit saptanmıştır. Salam örneklerinde ortalama 142.5 mg/kg nitrat saptanmıştır. Domuz pastırması örneklerinde ortalama 23.3 mg/kg nitrat, 15.7 mg/kg nitrit saptanmıştır. Baharatlı sos örneklerinde ortalama 54.9 mg/kg nitrat, 83.9 mg/kg nitrit saptanmıştır. Dana kıyma örneklerinde 18.7 mg/kg nitrat saptanmıştır. Salam ve dana kıyma örneklerinde nitrit saptanamamıştır. Honikel [35] tarafından yapılan çalışmada 2003-2005 yılları arasında Almanya'daki bazı et ürünlerinin nitrat ve nitrit içerikleri derlenmiştir. Bu değerler Tablo 9'da görülmektedir.

Tablo 9. 2003-2005 yılları arasında Almanya'da analiz edilen bazı et ürünlerinin ortalama nitrat ve nitrit içerikleri [35]

Örnek	Yıl	Örnek sayısı	Nitrat (mg/kg)	Nitrit (mg/kg)
Emülsiyon tip sos	2003	30	23.4	13.2
	2004	32	20.5	12.67
	2005	29	30.0	19.9
Çiğ sos	2003-2005	15	59.2	17.9
Jambon	2003-2005	14	16.9	19.2
Pişmiş sos	2003-2005	16	43.3	12.1

SULARDA NİTRAT ve NİTRİT

Su kalitesi ve su kaynaklarının kalitesi insan sağlığı açısından çok önemlidir. Kimyasal bulaşanlar halk sağlığını tehdit etmektedir. Endüstriyel ve tarımsal atıklar nitrozaminler ve diğer kanserojenik bileşiklerle teması artırmaktadır. Sağlık üzerine olumlu etkileri nedeniyle maden sularının tüketimi son zamanlarda artmaktadır. Meyveli maden suları da piyasada satılmaktadır. Nitrat ve nitritin gıdalarda ve içeceklerde

artmasının nedeni topraktaki organik maddelerden, azotlu gübrelerin ve böcek ilaçlarının kullanılmasından ve kimyasal endüstri atıklarından kaynaklanmaktadır. Sulardaki nitrat ve nitrit düzeyleri su kalitesinin önemli indikatörleridir [3]. Dünya sağlık örgütü (WHO) verilerine göre içme sularında nitrat ve nitrit için maksimum izin verilebilir düzeyler 50 mg/l ve 0.1 mg/L'dir [36]. Sularda nitrat ve nitritin tespiti ile ilgili literatürde gerçekleştirilmiş olan çalışmalar mevcuttur [1, 4, 37].

Cemek ve ark. [3] tarafından gerçekleştirilen bir çalışmada Afyonkarahisar'da sıklıkla tüketilen 13 farklı marka meyveli ve doğal maden suyunda nitrat ve nitrit analizleri gerçekleştirilmiştir. Ortalama nitrat konsantrasyonu meyveli maden sularında 3.093 ± 1.53 mg/L (1.02-7.50 mg/L aralığında), doğal maden sularında 3.990 ± 2.46 mg/L (1.09-13.20 mg/L aralığında) olarak belirlenmiştir. Nitrit için meyveli maden sularında 0.020 ± 0.007 mg/L (0.009-0.049 mg/L), doğal maden sularında 0.026 ± 0.008 mg/L (0.008-0.087 mg/L) değerleri bulunmuştur. Bu konsantrasyonlar izin verilen üst sınır değerlerinin altındadır.

Okafor ve Ogbonna [38] tarafından su örneklerinde gerçekleştirilen bir çalışmada su ve meyve suyu örneklerinde nitrat ve nitrit analizleri gerçekleştirilmiştir. Örneklerin nitrit içerikleri değerlendirildiğinde, tüm meyve suyu örnekleri ve 3 markanın su örneğinde nitrit değerleri WHO'nun çocuklar için önerdiği kabul edilebilir günlük alım miktarı (ADI) değerinin üzerinde bulunmuştur. Nitrat düzeyleri ise bu değerlerin altında bulunmuştur.

PEYNİRLERDE NİTRAT ve NİTRİT

Pastörizasyonla yıkımlanamayan *Clostridium spp.* sporları, peynirin yapılışından birkaç hafta sonra butirik fermentasyona yol açarak peynirlerde geç şişme ve gazlı defekte neden olmaktadır. Bu kusurların önlenmesi için Fransa ve İtalya gibi bazı ülkelerde peynir yapılacak sültere nitratların ilave edilmesi teşvik edilmektedir. Ancak peynirlerle alınan nitrit alyuvarlardaki hemoglobinle birleşerek, vücut için gerekli olan oksijen taşınması işlemini engellemektedir [39].

Nitratlar, *Propionibacterium* türlerinin gelişmelerini önleyici etki yaparlar; bu nedenle üretiminde bu tür bakterilerden yararlanılan Emmental ve benzeri peynirlerde süte nitrat katılmamalıdır. Diğer peynirlerin yapımında nitrat kullanılacaksa, katılacak miktar, kesinlikle "200 mg/L süt" düzeyinden fazla olmamalı ve peynir mutlaka olgunlaştırılmalıdır. Çünkü belirtilenden daha fazla miktarda katılan nitratın mikroorganizmalarca indirgenmesiyle oluşan nitrit, tirozin ile birleşerek peynirde renk bozukluklarına neden olmaktadır. Kaldı ki peynirin olgunlaşması sırasında oluşan nitrit toksik bir maddedir. Bu nedenle nitrat kullanımı bazı ülkelerde yasaktır veya dozu 0.1-0.2 g/L süt ile sınırlandırılmıştır, ya da olgun peynirlerde en yüksek değer çoğunlukla 5 mg/kg olarak kabul edilmiştir. Peynir işlenen süte katılan nitratın bir bölümü peynir suyu ile birlikte ayrılır, arta kalanı ise olgunlaşma sürecinde ayrılır ve yaklaşık 4-5 hafta içinde son derece düşük konsantrasyonlara (5-30 mg/kg) iner. Bu değerler, içme sularında izin verilen nitrat miktarı (30 mg/L) veya bazı bitkisel gıdaların nitrat içeriği (150-3000 mg/kg) ile karşılaştırılırsa; ortada bir sorun olmadığı görülür. Ancak bunun için hem süte katılacak nitrat miktarının izin verilen sınır değerini aşmaması, hem de peynirlerin yeterince olgunlaştırılmaları şarttır [40].

Kodeks Alimentarius [41] sodyum nitratın tek başına ya da potasyum nitrat ile beraber bazı peynirlerde kullanımını güvenli olarak ifade etmekte ve 50 mg/kg'a

kadar kullanımına izin vermektedir. Yunanistan Gıda Kanunu peynirde nitrat için 10 mg/kg, nitrit için 2 mg/kg sınır değerini koymuştur. Türk Gıda Kodeksi sert ve yarı sert peynirlerde ve süt bazlı peynir analoglarında satış noktasındaki kalıntı miktarı olarak 50 mg/kg'a (sodyum nitrat cinsinden) izin vermektedir [13, 42].

Kyriakidis ve ark. [42] 140 adet peynir örneğinde nitrat ve nitrit analizleri gerçekleştirmiştir. Gruyere ve Feta peynirleri 1.6-7.4 mg/kg ve 0.7-13.1 mg/kg nitrat içermektedir. Kaşar, Kefalotyri ve diğer peynirler 1.2-7.8 mg/kg, 1.3-9.5 mg/kg, 1.9-8.4 mg/kg nitrat içermektedir. Analize alınan örneklerden bir tanesi hariç diğerleri nitrat bakımından öngörülen sınırlar dahilinde bulunmuştur. Nitrit bakımından ise bütün örnekler uygun bulunmuştur.

SONUÇ

Nitrat ve nitrit insan sağlığına olan olumsuz etkilerinden dolayı gıdalarda bulunması istenilmeyen bileşiklerdir. Bu nedenle gerek ülkemizde gerekse diğer ülkelerde gıdalarda bulunabilecek maksimum nitrat ve nitrit düzeyleri ile ilgili yasal düzenlemeler söz konusudur. Sebze ve sularda nitrat ve nitrit doğal olarak bulunmaktadır. Kürlenmiş et ürünlerine ve peynire ise dışarıdan koruyucu olarak katılmaktadır. Gıdalara uygulanan yıkama, haşlama, sterilizasyon, dondurma gibi teknolojik işlemler ve depolama süresi nitrat ve nitrit miktarını farklı şekillerde etkilemektedir. Ayrıca bitkisel gıdaların hasat zamanı, yetiştirme koşulları (sulama, toprak, gübre kullanımı v.b.), ürünün yapısı ve çeşidi nitrat ve nitrit miktarını etkilemektedir. Kürlenme işlemi ürünlerin raf ömrünü artırmak için etlere çok uzun yıllardır uygulanan bir işlemdir. Kürlenme ajanları olan nitrat ve nitrit, ürünlerde mikrobiyal gelişimi engellemekte, üründe istenilen rengin ve lezzetin oluşmasını sağlamaktadır. Sulardaki nitrat ve nitrit düzeyleri su kalitesinin önemli indikatörleridir. Nitratlar, *Propionibacterium* türlerinin gelişmelerini önleyici etki yaparlar; bu nedenle üretiminde bu tür bakterilerden yararlanılan Emmental ve benzeri peynirlerde süte nitrat katılmamalıdır. Diğer peynirlerin yapımında nitrat kullanılacaksa, katılacak miktar, kesinlikle "200 mg/l süt" düzeyinden fazla olmamalı ve peynir mutlaka olgunlaştırılmalıdır. Gıdalarda gerek hammaddede gerekse işlenmiş ürünlerde nitrat ve nitritin belirlenmesi önemlidir.

KAYNAKLAR

- [1] Mikuska, P., Vecera, Z., 2003. Simultaneous determination of nitrite and nitrate in water by chemiluminescent flow-injection analysis. *Analytica Chimica Acta* 495: 225-232.
- [2] Bories, P.N., Bories, C., 1995. Nitrate determination in biological fluids by an enzymatic one-step assay with nitrate reductase. *Clinical Chemistry* 41: 904-907.
- [3] Cemek, M., Akkaya, L., Birdane, Y.O., Seyrek, K., Bulut, S., Konuk, M., 2007. Nitrate and nitrite levels in fruity and natural mineral waters marketed in western Turkey. *Journal of Food Composition and Analysis* 20: 236-240.

- [4] Connolly, D., Paul, B., 2001. Rapid determination of nitrate and nitrite in drinking water samples using ion-interaction liquid chromatography. *Analytica Chimica Acta* 441: 53-62.
- [5] Roberts, T.A., Dainty, R.H., 1991. Nitrate and nitrite as food additives: rationale and mode of action. *Nitrates and Nitrites in Food and Water*, Ed. Michael J. Hill, Ellis Horwood Series in Food Science and Technology, 113-124.
- [6] Birch, G.G., Lindley M.G., 1985. *Interactions of Food Components*, Elsevier Sc. Publ., Reading, 117-130.
- [7] Altuğ, T., 2006. *Gıda Katkı Maddeleri*, 6. Bölüm, Koruyucular, Meta Basım, İzmir, 276s.
- [8] Cammack, R., Joannou, C.L., Cui, X.Y., Martinez, C.T., Maraj, S.R., Hughes, M.N., 1999. Nitrite and nitrosyl compounds in food preservation. *Biochimica et Biophysica Acta* 1411: 475-488.
- [9] Üren, A., Erkmen İ., Taşlı E., 2007. Marul ve ıspanakta nitrit ve nitrat tayini. Ege Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Gıda Mühendisliği Bölümü Lisans Tezi, 36 s, Bornova, İzmir.
- [10] Prasad, S., Chetty, A.A., 2008. Nitrate-N determination in leafy vegetables: Study of the effects of cooking and freezing. *Food Chemistry* 106: 772-780.
- [11] Hsu, J., Arcot, J., Lee, N.A., 2009. Nitrate and nitrite quantification from cured meat and vegetables and their estimated dietary intake in Australians. *Food Chemistry* 115: 334.
- [12] Sebranek, J.G., Bacus, J.N., 2007. Cured meat products without direct addition of nitrate or nitrite: what are the issues? *Meat Science* 77: 136-147.
- [13] Anonim, 2002. Türk Gıda Kodeksi Yönetmeliği, Gıda Maddelerinde Belirli Bulaşanların Maksimum Seviyelerinin Belirlenmesi Hakkında Tebliğ (Tebliğ No: 2002/63) Ek 16, Yabancı Madde ve Bileşikler. Ek 3 Diğer Koruyucular.
- [14] Anonim, 2008. Türk Gıda Kodeksi Yönetmeliği, Gıda Maddelerindeki Bulaşanların Maksimum Limitleri Hakkında Tebliğ (Tebliğ No: 2008/26) 17 Mayıs 2008, Sayı: 26879.
- [15] Walters, C.L., 1991. Nitrate and nitrite in foods. *Nitrates and Nitrites in Food and Water*, Ed. Michael J. Hill, Ellis Horwood Series in Food Science and Technology, 93-112.
- [16] Christy, M., Brown, J.R., Smith, G.E., 1973. Nitrate in soils and plants, Science & Technology Guide, University of Missouri, Columbia Extension Division.
- [17] Pickston, L., Smith, J.M., Todd, M., 1980. Nitrate and nitrite levels in fruit and vegetables in New Zealand. *Food Technology in New Zealand* 11-17.
- [18] MAFF, 1987. Nitrate, Nitrite and N-nitroso Compounds in Foods. *20 th Report of the Steering Group on Food Surveillance*, Food Surveillance Paper No. 20, HMSO, London.
- [19] Mills, H.A., Barker, A.V., Maynard, D.N., 1976. Effects of nitrapyrin on nitrate accumulation in spinach. *Journal of the American Society for Horticultural Science* 101: 202-204.
- [20] US National Academy of Sciences, 1981. *The Health Effects of Nitrate and Nitrite and N-nitroso compounds*. National Academy Pres, Washington DC, USA, Chapter 5.
- [21] MAFF, 1998. Ministry of Agriculture, Fisheries and Food. 1997/98 UK monitoring programme for nitrate in lettuce and spinach, food surveillance information sheet no. 154, August 1998, London.
- [22] Wolff, I.A., Wasserman, A.E., 1972. Nitrates, nitrites and nitrosamines. *Science* 177: 15-18.
- [23] Erkmen, G., Orak, H., Şatıroğlu, S., 1990. Nitrate and nitrite content of fresh vegetables of Turkish origin. *Turkish Journal of Chemistry* 14: 196-200.
- [24] Jaworska, G., 2005. Content of nitrates, nitrites, and oxalates in New Zealand spinach. *Food Chemistry* 89: 235-242.
- [25] Jaworska, G., 2005. Nitrates, nitrites and oxalates in products of spinach and New Zealand spinach. Effect of technological measures and storage time on the level of nitrates, nitrites, and oxalates in frozen and canned products of spinach and New Zealand spinach. *Food Chemistry* 93: 395-401.
- [26] Özcan, M.M., Akbulut, M., 2007. Estimation of minerals, nitrate and nitrite contents of medicinal and aromatic plants used as spices, condiments and herbal tea. *Food Chemistry* 106: 852-858.
- [27] Buckenhuskes, H., Gierschner, K., 1988. Nitrate in roten beten (*Beta vulgaris* L spp. *Vulgaris* var. *londitiva* Alef). *Industrielle Obst. Und Gemüseverwertung* 73 (3): 75-83.
- [28] Tekeli, S.T., Güneş, S.T., Gürses, Ö.L., 1972. Türkiye'de yetiştirilen ıspanakların nitrat miktarları üzerinde araştırmalar. *Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yıllığı* 22(3-4): 340-347.
- [29] Çopur, U. 1995. Bursa yöresinde yetiştirilen marul ve ıspanaklarda nitrat ve nitrit miktarları ile diğer kalite kriterlerinin belirlenmesi üzerinde bir araştırma. Yüksek Lisans Tezi. 56 s, Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Bursa.
- [30] Johnson, C.J., Kross, B.C., 1990. Continuing importance of nitrate contamination of groundwater and wells in rural areas. *American Journal of Industrial Medicine* 18(4): 449-456.
- [31] Hallberg, G.R., 1989. In: Follet, R.F. (Ed.), *Nitrate in Groundwater in the United States: Nitrogen Management and Groundwater Protection*. Elsevier, Amsterdam, Netherlands, pp. 35-74.
- [32] Van Leeuwen, F.X.R., 2000. Safe drinking water: the toxicologist's approach. *Food and Chemical Toxicology* 38: 51-58.
- [33] Sırıken, B., Özdemir, M., Yavuz, H., Pamuk, Ş., 2006. The microbiological quality and residual nitrate/nitrite levels in Turkish sausage (*soudjouck*) produced in Afyon Province, Turkey. *Food Control* 17: 923-928.
- [34] Siu, D.C., Henshall, A., 1998. Ion chromatographic determination of nitrate and nitrite in meat products. *Journal of Chromatography A* 804: 157-160.
- [35] Honikel, K.O., 2008. The use and control of nitrate and nitrite for the processing of meat products. *Meat Science* 78: 68-76.
- [36] WHO, 1998. *Guidelines for Drinking Water Quality*. Addendum to Vol. 1. Recommendations, second ed. World Health Organization, Geneva, 10-11.
- [37] Li, Y., Whitaker, J.S., McCarty, C.L., 2011. Reversed-phase liquid chromatography/electrospray ionization/mass spectrometry with isotope dilution for the analysis of

- nitrate and nitrite in water. *Journal of Chromatography A* 1218: 476-483.
- [38] Okafor, P.N., Ogbonna, U.I., 2003. Nitrate and nitrite contamination of water sources and fruit juices marketed in South-Eastern Nigeria. *Journal of Food Composition and Analysis* 16: 213-218.
- [39] Ekici, K., Alışarlı, M., Sancak, Y.C., 2005. Peynir çeşitlerinde nitrit ve nitrozaminler. *Gıda Kongresi 2005*, Poster Sunumu, 182-184.
- [40] Üçüncü, M., 2005. Süt ve Mamülleri Teknolojisi, 5. Bölüm Peynir Teknolojisi, Meta Basım Matbaacılık, 214s.
- [41] Codex Alimentarius (1990). Food Additive and Preservatives, p. 3.80.
- [42] Kyriakidis, N.B., Tarantili-Georgiou, K., Tsani-Batzaka, E., 1997. Nitrate and nitrite content of Greek cheeses. *Journal of Food Composition and Analysis* 10: 343-349.
-