



**ISIL İŞLEM GÖRMÜŞ
SUCUKTA NİTROZAMİNLER**

Zerrin POLAT

**Yüksek Lisans Tezi
Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı
Prof. Dr. Güzin KABAN
2018
Her hakkı saklıdır**

**ATATÜRK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

ISIL İŞLEM GÖRMÜŞ SUCUKTA NİTROZAMİNLER

Zerrin POLAT

GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

**ERZURUM
2018**

Her hakkı saklıdır



T.C.
ATATÜRK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ



TEZ ONAY FORMU

ISIL İŞLEM GÖRMÜŞ SUCUKTA NİTROZAMİNLER

Prof. Dr. Güzin KABAN danışmanlığında, Zerrin POLAT tarafından hazırlanan bu çalışma 14/12/2018 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı'nda Yüksek Lisans tezi olarak ~~oybirliği/oy çokluğu~~ (3./0) ile kabul edilmiştir.

Başkan : Prof. Dr. Halil VURAL

İmza :

Üye : Prof. Dr. Güzin KABAN

İmza :

Üye : Dr. Öğr. Üyesi Ahmet AKKÖSE

İmza :

Yukarıdaki sonuç;

Enstitü Yönetim Kurulu 20.../12.../2018 tarih ve 51.../... 22..... nolu kararı ile onaylanmıştır.


Prof. Dr. Mehmet KARAKAN
Enstitü Müdürü

Not: Bu tezde kullanılan özgün ve başka kaynaklardan yapılan bildirişlerin, çizelge, şekil ve fotoğrafların kaynak olarak kullanımı, 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Kanunundaki hükümlere tabidir.

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

ISIL İŞLEM GÖRMÜŞ SUCUKTA NİTROZAMİNLER

Zerrin POLAT

Atatürk Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Güzin KABAN

Araştırma, ısıtılmış sucuğun nitrozamin içeriğini belirlemek amacıyla planlanmıştır. Bu amaçla 10 farklı firmadan toplam 30 ısıtılmış sucuk örneği temin edilmiş ve uçucu nitrozamin yönünden analiz edilmiştir. Ayrıca ısıtılmış sucuk örnekleri fiziko-kimyasal analizlere (a_w , pH, Tiyobarbütirik asit reaktif maddeler-TBARS, protein tabiatında olmayan azotlu madde miktarı-NPN-M ve kalıntı nitrit) tabi tutulmuştur. Isıtılmış sucukta a_w ve pH değerleri sırasıyla $0,913\pm 0,005$ ile $0,940\pm 0,002$ ve $4,28\pm 0,17$ ile $5,47\pm 0,29$ arasında değişim göstermiştir. TBARS değeri ise firmalar arasında farklılık göstermiş, minimum değer $11,38\pm 2,47\mu\text{mol MDA/kg}$, maksimum değer ise $20,03\pm 2,37\mu\text{mol MDA/kg}$ olarak belirlenmiştir. Kalıntı nitrit miktarı ise tüm örneklerde 10 ppm'in altında bulunmuştur. NPN-M açısından da firmalar arasında önemli farklılıklar belirlenmiştir. Örneklerde N- Nitrozodimetilamin (NDMA), N-Nitrozopirrolidin (NPYR) ve N- Nitrozopiperidin (NPIP) olmak üzere 3 nitrozamin belirlenmiştir. Firma faktörü NDMA üzerinde önemli ($P<0,05$), NPYR ve NPIP üzerinde ise çok önemli düzeyde ($P<0,01$) etki göstermiştir. Ortalama NDMA, NPYR ve NPIP içeriği sırasıyla $1,71\pm 0,64$ - $3,57\pm 0,57\mu\text{g/kg}$, $1,65\pm 0,85$ - $7,29\pm 0,80\mu\text{g/kg}$ ve $5,19\pm 3,13$ - $16,40\pm 3,44\mu\text{g/kg}$ arasında değişim göstermiştir.

2018, 47 sayfa

Anahtar Kelimeler: Isıtılmış sucuk, Nitrozamin, NDMA, NPYR, NPIP

ABSTRACT

MS Thesis

NITROSAMINES IN HEAT-TREATED SUCUK

Zerrin POLAT

Atatürk University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Food Engineering

Supervisor: Prof. Dr. Güzin KABAN

This research was designed to determine nitrozamine content of heat-treated sucuk. In this respect, 30 heat-treated sucuk produced by 10 different firms were obtained and analyzed for volatile nitrozamine. Moreover, heat-treated sucuk samples were also subjected to physico-chemical analyses (a_w , pH, Thiobarbituric acid reactive substances TBARS, non-protein nitrogenous substance amount-NPN-M and residual nitrite). a_w and pH values of heat-treated sucuk varied between $0,913\pm 0,005$ and $0,940\pm 0,002$, and $4,28\pm 0,17$ and $5,47\pm 0,29$, respectively. TBARS value varied as to firms; the minimum TBARS value was detected as $11,38\pm 2,47\mu\text{mol MDA/kg}$ while the maximum was detected as $20,03\pm 2,37\mu\text{mol MDA/kg}$. Residual nitrite was found to be less than 10 ppm in all samples. Significant variations among firms in terms of NPN-M were also determined. 3 nitrozamines were detected in samples: N- Nitrozodimetilamine (NDMA), N-Nitrozopirrolidine (NPYR) and N- Nitrozopiperidine (NPIP). Firm factor significantly affected NDMA ($P<0,05$), while NPYR and NPIP were very significantly affected by firm factor ($P<0,01$). The means of NDMA, NPYR and NPIP contents varied between $1,71\pm 0,64$ - $3,57\pm 0,57\mu\text{g/kg}$, $1,65\pm 0,85$ - $7,29\pm 0,80\mu\text{g/kg}$ and $5,19\pm 3,13$ - $16,40\pm 3,44\mu\text{g/kg}$, respectively.

2018, 47 pages

Keywords: Heat-treated sucuk, Nitrosamine, NDMA, NPYR, NPIP

TEŞEKKÜR

Sunmuő olduğum bu yüksek lisans tezimin planlanmasında, yürütülmesinde ve sonuçların değerlendirilmesinde engin bilgi ve tecbeleriyle her zaman bana yol gösteren, hem akademik hayatta hem de sosyal hayatta yardımlarını esirgemeyen, her zaman yanımda olan değerli Hocam Sayın Prof. Dr. Güzin KABAN'a içtenlikle teşekkür ederim.

Tez çalıőmam boyunca bilgi ve deneyimleriyle araőtırmalarımaya destek olan Sayın Hocam Sayın Prof. Dr. Mkerrem KAYA'ya sonsuz teőekkürlerimi sunarım.

Araőtırmalarımın her aşamasında desteklerini gördüğüm, yardımlarını ve bilgilerini esirgemeyen baőta Selen SALLAN ve Pınar ANLAR olmak üzere tüm arkadaőlarımaya teşekkür ederim.

Desteklerini benden hiçbir zaman esirgemeyen, her zaman yanımda olan annem Ayőe POLAT'a ve babam İsmail Hakkı POLAT'a sonsuz teőekkürlerimi sunarım.

Ayrıca laboratuvarlarını araőtırmalarımız boyunca bizlere sunan Doğu Anadolu Yüksek Teknoloji ve Araştırma Merkezine (DAYTAM) sonsuz teőekkürlerimi sunarım.

Zerrin POLAT

Aralık, 2018

İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	i
ABSTRACT	ii
TEŞEKKÜR.....	iii
SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ	vi
ÇİZELGELER DİZİNİ	vii
1. GİRİŞ.....	1
2. LİTERATÜR ÖZETİ.....	7
3. MATERYAL ve METOT	12
3.1. Materyal.....	12
3.2. Metot	12
3.2.1. Fiziko-kimyasal analizler	12
3.2.1.a. Su aktivitesi (a_w).....	12
3.2.1.b. pH	12
3.2.1.c. Tiyobarbiturik asit reaktif maddeler (TBARS)	12
3.2.1.d. Kalıntı nitrit	13
3.2.1.e. NPN-M (protein tabiatında olmayan azotlu madde miktarı).....	13
3.2.1.f. Nitrozamin analizi	14
3.2.1.g. İstatistiki analizler	15
4. ARAŞTIRMA BULGULARI	16
4.1. Fiziko-Kimyasal Analizlere Ait Sonuçlar	16
4.1.1. Su aktivitesi (a_w).....	16
4.1.2. pH.....	18
4.1.3. Tiyobarbitürik asit reaktif maddeler (TBARS)	22
4.1.4. Kalıntı nitrit	25
4.1.5. NPN-M (protein tabiatında olmayan azotlu madde miktarı).....	27
4.1.6. Nitrozaminler.....	30
4.1.6.a. N- Nitrozodimetilamin (NDMA).....	30
4.1.6.b. N-Nitrozopirolidin (NPYR)	34
4.1.6.c. N- Nitrozopiperidin (NPIP)	37

5. SONUÇ	41
KAYNAKLAR	44
ÖZGEÇMİŞ	49



SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

°C	Santigrat Derece
a_w	Su Aktivitesi
g	Gram
GC	Gaz Kromatografisi
IARC	Uluslararası Kanser Araştırmaları Ajansı
kg	Kilogram
MDA	Malondialdehit
mg	Miligram
ml	Mililitre
mm	Milimetre
MS	Kütle Spektrometrisi
NaNO ₂	Sodyum Nitrit
NDBA	N-Nitrozodibütilamin
NDEA	N-Nitrozodietilamin
NDMA	Nitrozodimetilamin
NMA	N-Nitrozometilalanin
NMOR	N-Nitrozomorfolin
NMTCA	N-Nitrozo-2-metil-thiazolidin-4-karboksilik asit
NPIP	N-Nitrozopiperidin
NPYR	Nitrozopirrolidin
NTCA	N-Nitrozothiazolidin-4-karboksilik asit
NVNA	Uçucu olmayan nitrozamin
TBARS	Tiyobarbutirik asit reaktif substans
µmol	Mikromol

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 4.1. Farklı firmalardan temin edilen ısıtılmış sucuk örneklerine ait a_w değerleri	16
Çizelge 4.2. Farklı firmalardan temin edilen ısıtılmış sucuk örneklerinin a_w değerlerine ait varyans analiz sonuçları.....	17
Çizelge 4.3. Farklı firmalardan temin edilen ısıtılmış sucuk örneklerinin a_w değerlerine ait ortalamaların Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları	17
Çizelge 4.4. Farklı firmalardan temin edilen ısıtılmış sucuk örneklerine ait pH değerleri.....	20
Çizelge 4.5. Farklı firmalardan temin edilen ısıtılmış sucuk örneklerinin pH değerlerine ait varyans analiz sonuçları	20
Çizelge 4.6. Farklı firmalardan temin edilen ısıtılmış sucuk örneklerinin pH değerlerine ait ortalamaların Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları	21
Çizelge 4.7. Farklı firmalardan temin edilen ısıtılmış sucuk örneklerine ait TBARS değerleri ($\mu\text{mol MDA/kg}$)	23
Çizelge 4.8. Farklı firmalardan temin edilen ısıtılmış sucuk örneklerinin TBARS değerlerine ait varyans analiz sonuçları	23
Çizelge 4.9. Farklı firmalardan temin edilen ısıtılmış sucuk örneklerinin TBARS değerlerine ait ortalamaların Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları	24
Çizelge 4.10. Farklı firmalardan temin edilen ısıtılmış sucuk örneklerine ait kalıntı nitrit miktarı	25
Çizelge 4.11. Farklı firmalardan temin edilen ısıtılmış sucuk örneklerinin kalıntı nitrit miktarlarına ait varyans analiz sonuçları.....	26
Çizelge 4.12. Farklı firmalardan temin edilen ısıtılmış sucuk örneklerinin kalıntı nitrit değerlerine ait ortalamaların Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları	27

Çizelge 4.13. Farklı firmalardan temin edilen ısıtılmış işlem görmüş sucuk örneklerine ait NPN-M değerleri	28
Çizelge 4.14. Farklı firmalardan temin edilen ısıtılmış işlem görmüş sucuk örneklerinin NPN-M değerlerine ait varyans analiz sonuçları	29
Çizelge 4.15. Farklı firmalardan temin edilen ısıtılmış işlem görmüş sucuk örneklerinin NPN-M değerlerine ait ortalamaların Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları	29
Çizelge 4.16. Farklı firmalardan temin edilen ısıtılmış işlem görmüş sucuk örneklerine ait NDMA değerleri	31
Çizelge 4.17. Farklı firmalardan temin edilen ısıtılmış işlem görmüş sucuk örneklerinin NDMA değerlerine ait varyans analiz sonuçları.....	32
Çizelge 4.18. Farklı firmalardan temin edilen ısıtılmış işlem görmüş sucuk örneklerinin NDMA değerlerine ait ortalamaların Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları	34
Çizelge 4.19. Farklı firmalardan temin edilen ısıtılmış işlem görmüş sucuk örneklerine ait NPYR değerleri	34
Çizelge 4.20. Farklı firmalardan temin edilen ısıtılmış işlem görmüş sucukların NPYR değerlerine ait varyans analiz sonuçları.....	35
Çizelge 4.21. Farklı firmalardan temin edilen ısıtılmış işlem görmüş sucuk örneklerinin NPYR miktarlarına ait ortalamaların Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları	37
Çizelge 4.22. Farklı firmalardan temin edilen ısıtılmış işlem görmüş sucuk örneklerine ait NPIP değerleri	37
Çizelge 4.23. Farklı firmalardan temin edilen ısıtılmış işlem görmüş sucuk örneklerinin NPIP değerlerine ait varyans analiz sonuçları	38
Çizelge 4.24. Farklı firmalardan temin edilen ısıtılmış işlem görmüş sucuk örneklerinin NPIP değerlerine ait ortalamaların Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları	40

1. GİRİŞ

İnsan beslenmesinde besin öğelerinin her birinin yeterli ve dengeli miktarda alınması sağlıklı, üretken ve uzun süreli bir yaşam için büyük önem arz etmektedir (Anonim 2008; Karaağaoğlu ve Samur 2015). Diyetle et, içerdiği esansiyel aminoasitler ve demir, selenyum, B₁₂ ve folik asit gibi bazı mikrobeyinler açısından önemli bir yere sahiptir (Biesalski 2005). Bununla birlikte et, yüksek su aktivitesi ve pH değerine sahip olduğundan bozulmaya hassas bir gıda maddesidir. Et, hem dayanıklılığını artırmak, hem de değişik lezzet ve aroma kazandırmak amacıyla değişik yöntemlerle çeşitli ürünlere işlenmektedir. Et ürünleri çiğ et veya sakatatların özelliklerini göstermeyecek şekilde fermentasyon, kurutma, tuzlama, kütleme, tütsüleme ve ısıtma işlemi gibi teknolojik işlemler uygulanarak elde edilen ürünlerdir. Bu ürünler taze işlenmiş et ürünleri, fermente sosisler, emülsifiye et ürünleri, pişirilmiş sosisler, parça halde işlenen çiğ ya da pişirilmiş et ürünleri olmak üzere altı grupta sınıflandırılmaktadır (Kaya ve Kaban 2010).

Fermente sosisler nem içeriğine göre yüksek nemli (%50-60 su), yarı kuru (%35-50 nem) ve kuru sosisler (%20-35 nem) olarak üç grupta toplanmaktadır (Campbell-Plantt 1995). Bu ürünler su aktivitelerine göre de kuru (<0,90) ve yarı kuru sosisler (0,90-0,95) olmak üzere iki gruba ayrılmaktadır. Fermente sosisler kullanılan hammadde ve katkı maddeleri, şekil ve büyüklükleri ve fermentasyon süresi ve sıcaklığı gibi proses şartları bakımından da oldukça farklılık arz etmektedir (Caplice and Fitzgerald 1999).

Türkiye’de sucuk ve ısıtma işlemi görmüş sucuk olmak üzere iki farklı fermente sosis çeşidi üretilmektedir. Sucuk, büyükbaş ve küçükbaş hayvan etlerinin ve yağlarının kıyılarak lezzet vericiler ile karıştırıldıktan sonra doğal veya yapay kılıflara doldurularak belirli koşullarda fermentasyon ve kurutma işlemleri uygulanarak nem oranı %40 ve altına düşürülmüş, kesit yüzeyi mozaik görünümünde olan ısıtma işlemi uygulanmamış fermente et ürünü, ısıtma işlemi görmüş sucuk ise büyükbaş ve/veya küçükbaş hayvan etlerinin ve yağlarının veya kanatlı hayvan etleri ve yağlarının kıyılarak lezzet vericiler ile karıştırıldıktan sonra doğal veya yapay kılıflara doldurularak belirli koşullarda

fermantasyon ve kurutma işlemleri uygulanarak nem oranı %50'nin altına düşürülmüş ve ısı işlem uygulanmış et ürünü olarak tanımlanmaktadır (Anonim 2012).

Fermente sosislerin üretiminde uygulanan formülasyon ve proses şartlarına bağlı olarak kütleme maddesi olarak nitrat ve/veya nitrit kullanılmaktadır (Kaban 2013; Gökalp vd 2014). Kütleme işleminin tarihi, tam olarak bilinmemekle birlikte tuzun ete kırmızı renk veren potasyum nitrat ile kontaminasyonunu işaret etmektedir (Sebranek and Bacus 2007; Honikel 2008; Sindelar and Milkowski 2012). Ayrıca 10. yüzyıldan itibaren ete arzu edilen rengi ve lezzeti kazandırmak amacı ile Romalılar tarafından potasyum nitratın kullanıldığı belirtilmektedir (Sindelar and Milkowski 2012).

Et ürünlerinin kırmızı renginin oluşumunda nitrat ve nitrit önemli bir yere sahiptir. Kırmızı renk, nitrosomyoglobin (NO-myoglobin (Fe^{2+})) oluşana kadar bir dizi karmaşık reaksiyon aşaması ile gelişmektedir (Honikel 2008). Taze ette en önemli renk pigmenti olan myoglobin, kütleme prosesinde, nitrat ve nitritin parçalanma ürünü olan nitrik oksit ile birleşerek kür edilmiş çiğ et ürünlerinin tipik rengi veren nitrozomyoglobini oluşturmaktadır (Gökalp vd 2014). Isıl işlem görmüş sucukta ise fermentasyon işleminden sonra uygulanan ısı işlem nedeni ile daha stabil olan nitrosohemokrom oluşmakta ve bu da ürüne parlak kırmızımsı bir renk vermektedir (Çakır *et al.* 2013).

Nitrat ve nitritin ürün üzerine diğer bir etkisi antioksidan özelliği ile otooksidasyonun engellenmesine veya geciktirilmesine katkı sağlamasıdır. Nitritin parçalanması ile oluşan nitrik oksit serbest radikaller ile çelat oluşturması, heme proteinleri ve metal iyonları ile reaksiyonları ve ayrıca nitroso ve nitrosil bileşikler oluşturmasından dolayı önemli etkiye sahip olmaktadır (Sindelar and Milkowski 2012). Diğer taraftan ette oksitlenmiş olarak bulunan Fe^{+3} heme bileşiği yağ oksidasyonunu katalize ettiğinden nitrik oksitin myoglobin ile olan reaksiyonu sonucu demirin indirgenmiş (Fe^{+2}) durumda kalması bu katalist etkiyi ortadan kaldırmaktadır (Gökalp 1983).

Kütleme ajanlarının kullanımının bir başka nedeni üründe gösterdikleri antimikrobiyal aktivitedir. Antimikrobiyal etkinin disosiye olmamış nitroz asidin (HNO_2), bakteriyel

hücre duvarının iyon bariyerini geçmesi ve bakteriyel enzimlerin fonksiyonlarını bozarak gelişimini engellemesi ile gerçekleştiği bildirilmektedir (Kaya ve Kaban 2010). Ayrıca nitrit, kür edilmiş et ürünlerinin tipik lezzetinin oluşmasında da önemli katkılar sunmaktadır (Krause *et al.* 2011).

Nitrat ve nitrit, kür edilmiş et ürünlerinin kalitesi ve ürün güvenliği üzerinde pek çok olumlu etkisinin yanı sıra insan sağlığı açısından sıklıkla gündeme gelmektedir (Krause *et al.* 2011; Hammes 2012). Nitrat ve nitritin insan sağlığı açısından önemi, ürün içerisinde veya midede asidik koşullarda amin ve amidlerle birleşerek oluşturdukları N-nitroso bileşiklerden kaynaklanmaktadır (Gökalp 1985). N-nitroso bileşikler, kimyasal özelliklerindeki farklılıklardan dolayı nitrosaminler (R_1 ve R_2 gruplarının her ikisi de alkil veya aril kökleri) ve nitrosamidler (R_1 grubu alkil veya aril kökü R_2 ise bir açıl kökü olup amid, üre, guanidin, siyanamid veya sülfonamid) olmak üzere iki grup altında toplanmaktadır (Gökalp 1984; Sallan 2018). N-nitrosamidler kararsız bileşikler olup, yaygın olarak bulunmamaktadır. N-nitrosaminler özellikle sekonder nitrosaminler kararlı kimyasal bileşiklerdir (Gökalp 1984). Et ürünlerinde nitrozamin oluşumunda en önemli aminler sekonder aminlerdir (Leistner 1979; Gökalp 1984; Hsu *et al.* 2009; Parthasarathy and Bryan 2012). Tersiyer aminler ise reaksiyona girmemektedir. Sekonder aminlerin nitrozasyonu nitrit konsantrasyonu ile doğru orantılı olduğundan nitrit konsantrasyonu bu bileşiklerin oluşumunda doğrudan etkili olabilmektedir (Belitz *et al.* 2001).

1950'li yıllardan başlayarak yapılan çalışmalarda N-nitrosaminlerin kansere neden olduğunun saptanmasından sonra et ürünlerine ilave edilen nitrat ve nitritin, N-nitrosamin oluşumu üzerinde durulmaya başlanmış ve N-nitrosaminlerin kanserojenik olmalarına ilaveten mutajenik, embriyopatik veya teratojenik karakterlerde oldukları da saptanmıştır (Gökalp 1984).

Nitrozaminler, nitrozasyon ajanı (Y-NO) tarafından sağlanan nitrozonyum katyonu (NO^+) ile sekonder aminlerin azotu arasında elektrofilik substitüsyon reaksiyonu sonucunda oluşmaktadır. Sekonder aminler doğada ve çeşitli gıdalarda daha yaygın

olarak bulunmakta ve elektrofilik substitüsyon reaksiyonlarına daha kolay girmektedir (Gökalp 1984; Sallan 2018). Bu bileşiklerin oluşumunda kalıntı nitrit ve/veya ilave edilen nitrit miktarı, pişirme yöntemi, sıcaklığı ve süresi, ürünün pH değeri ve mikroflorası, aminlerin mevcudiyeti gibi pek çok faktör etkili olmaktadır. Nitrozasyon katalistleri, inhibitörler ve depolama koşullarının da nitrozamin oluşumunda etkili olduğu belirtilmektedir (Gloria *et al.* 1997; Pourazrang *et al.* 2002; Yurcenko and Mölder 2007). Honikel (2008) ise et ürünlerinde nitrosamin oluşumu için gerekli olan aminlerin taze ette çok düşük miktarlarda bulunduğunu ve bu aminlerin kreatin, kreatinin ve serbest amino asitlerin dekarboksilasyon ürünleri olduğunu, aminlerin esas olarak olgunlaşma ve fermantasyon sırasında yeteri miktarda oluştuğunu bildirmiştir. Ayrıca sadece sekonder aminlerin kararlı nitrozaminler oluşturduğu ve NO^+ oluşumu için pH'nın yeterince düşük olması gerektiğini de vurgulamıştır.

Mikroorganizmalarda nitratin nitrite dönüşümünü sağlayarak nitrozamin oluşumuna katkıda bulunmaktadır. Ayrıca protein degradasyonu ve nitrozasyon için uygun pH değerinin sağlanması gibi etkilerle de nitrozamin oluşumunda rol oynamaktadır (Drabik-Markiewicz *et al.* 2010).

Uluslararası Kanser Araştırmaları Ajansı (IARC), N-nitrozodimetilamin (NDMA) ve N-nitrozodietilamin (NDEA) muhtemel kanserojen, et ürünlerinde yaygın olarak bulunan N-nitrozodibütilamin (NDBA), N-nitrozopiperidin (NPIP), N-nitrozopirolidin (NPYR), N-nitrozomorfolin (NMOR) gibi diğer nitrozaminlerin ise potansiyel kanserojenik bileşikler olduğu belirtilmektedir (De Mey *et al.* 2017).

Ülkemizde et ürünleri içerisinde önemli bir paya sahip olan ısıl işlem görmüş sucuk üzerinde, farklı ısıl işlem koşullarının ürünün kimyasal kompozisyonu, pH ve a_w değerleri, mikrobiyolojik özellikleri ile diğer bazı özelliklerine (Tayar 1994; Soyutemiz vd 2001; Değirmencioğlu vd 2006; Toptancı 2007; Coşkuner 2008; Çakır *et al.* 2013), starter kültür kullanımının etkilerine (Filiz 1996; Vural 1998; Anar vd 2000), fermentasyon süresi, ısıl işlem sıcaklığı ve nitrit seviyesinin sucuğun bazı fiziksel-kimyasal, mikrobiyolojik, duyuşal özelliklerine ve biyojen amin oluşumuna (Kurt

2006), farklı nitrit seviyelerinin ürünün renk oluşumuna (Yürür 2007), farklı kürlenme ajanlarıyla starter kültür kullanımına (Soyutemiz vd 2004), fermantasyondan sonra uygulanan ısıtma işleminin sucuğun fiziko-kimyasal, mikrobiyolojik ve duyu özellikleri ile uçucu bileşiklerine etkileri (Çakır *et al.* 2013), farklı oranlarda hindi eti kullanımının, ürünün mikrobiyolojik özellikleri, pH ve a_w değerleri ile uçucu bileşiklerine etkilerine (Kaban and Bayrak 2015), Yılmaz (2016) yerel suşların ürün özellikleri ile uçucu bileşiklerine etkileri, farklı NaCl/KCl kombinasyonlarının ürün özelliklerine etkileri (Bayraktar 2017) ve Aydın (2017) farklı yağ kombinasyonlarının ürün özellikleri ve yağ asidi profiline etkilerine yönelik araştırmalar yürütülmüştür.

Isıtma işlemi görmüş sucuk üretiminde ısıtma işlemi uygulaması ve ayrıca kısa üretim süresinden dolayı üreticiler tarafından daha fazla tercih edilmektedir. Isıtma işlemi uygulaması tüketicide ise ürünün daha güvenli olduğu algısını oluşturmaktadır. Yüksek nem içeriği nedeniyle genellikle vakum uygulanarak ambalajlanan bu ürün soğuk zincirde taşınmakta ve muhafaza edilmektedir. Ürün genellikle tavada kızartma, mangalda pişirme gibi kuru sıcaklık uygulamaları ile pişirilerek tüketilmektedir. Uygulanan ısıtma işlemi derecesine bağlı olarak üründe değişik nitrozaminler oluşabilmektedir. Kaya vd (2018) tarafından yürütülen araştırmada ısıtma işlemi görmüş sucukta nitrozamin oluşumu açısından nitrit seviyesi, sodyum askorbat kullanımı, starter kültür ilavesi ve kuru sıcaklıkta pişirme derecesinin önemli faktörler olduğu ortaya konulmuştur. Ancak piyasada mevcut ısıtma işlemi görmüş sucukların nitrozamin içeriklerine yönelik herhangi bir çalışmaya literatürde rastlanılmamıştır.

Diğer bir kuru fermente sosis çeşidi olan sucukta ise yine nitrozaminlere yönelik yapılan araştırma sayısı da oldukça sınırlıdır (Özdemir *et al.* 1984; Pirinççi vd 1986; Özel *et al.* 2010; Ata 2010; Sallan 2018). Özdemir *et al.* (1984) tarafından farklı firmalardan temin edilen sucuk örnekleri kızartma işleminden önce ve sonra nitrozamin yönünden analiz edilmiştir. Pirinççi vd (1986) farklı illerden temin edilen sucuk örneklerini nitrozaminler yönünden analiz etmiştir. Özel *et al.* (2010) ise sucuk örneklerinin yanı sıra sosis, salam ve döner kebab örneklerini de nitrozaminlerin (NDMA, NDEA, NDPA, NPYR, NPIP ve NDBA) varlığı yönünden incelemiştir.

Ata (2010) tarafından yapılan bir çalışmada da piyasadan temin edilen sucuk örneklerinin nitrit, nitrat, amin ve toplam nitrozamin içerikleri saptanmıştır. Farklı karabiber seviyeleri (5g/kg, 10 g/kg veya 15 g/kg), sodyum askorbat kullanımı (0 veya 568 mg/kg) ve pişirme derecesinin (çiğ, az, orta veya çok pişmiş) fermente sucukta nitrozamin oluşumuna etkilerinin belirlenmesi amacıyla da Sallan (2018) tarafından bir çalışma yürütülmüştür.

Mevcut bu araştırmada piyasadan farklı zaman aralıklarında belirli firmalardan alınan ısıtılmış işlem görmüş sucuk örneklerinin nitrozamin içerikleri ile bazı fiziko-kimyasal özelliklerinin belirlenmesi amaçlanmıştır.

2. LİTERATÜR ÖZETİ

ABD'de 1970'lerde, kür edilmiş et ürünlerinde, özellikle kızartılmış bacon olarak adlandırılan üründe nitrozaminlerin oluşumu hakkında bir tartışma gündeme gelmiş (Honikel 2008) ve buna bağlı olarak et ürünlerinde nitrozaminlerin mevcudiyeti ve oluşumunda etkili olan faktörlere yönelik araştırmalar yapılmaya başlanmıştır.

Türkiye'de kür edilmiş et ürünleri içerisinde önemli bir yere sahip olan sucuk üzerinde ilk çalışma Özdemir *et al.* (1984) tarafından yapılmıştır. Bu çalışmada farklı firmalara ait sucuk örnekleri kızartma işleminden önce ve sonra analiz edilmiş ve altı örneğin nitrozodimetilamin (NDMA), nitrozodietilamin (NDEA), nitrozopirolidin (NPYR) ve nitrozopiperidin (NPIP), bir örneğin ise NDMA ve NDEA içeriği tespit edilmiştir.

Pirinçci vd (1986) Elazığ, Konya, Kayseri ve Ankara illerinden temin ettikleri 21 sucuk örneği ile yürüttükleri çalışmalarında, tüm sucuk örneklerinde NPYR ve örneklerin yaklaşık %95'inde NDMA, NDEA ve NPIP tespit etmişlerdir. Örneklerin NDMA, NDEA, NPYR ve NPIP içerikleri ise sırasıyla 5,1-370,0 ppb, 2,5-60,0 ppb, 6,5-200,0 ppb ve 1,4-125,0 ppb arasında bulunmuştur.

Özel *et al.* (2010) tarafından yapılan araştırmada sucuk örneklerinin yanı sıra sosis, salam ve döner kebab örnekleri de nitrozaminlerin (NDMA, NDEA, NDPA, NPYR, NPIP ve NDBA) varlığı yönünden incelenmiş ve sucuk, sosis, salam ve döner kebab örneklerinde toplam nitrozamin miktarının sırasıyla 0,63-4,69 µg/kg, 0,45-2,93 µg/kg, 0,80-2,23 µg/kg ve 0,51-16,63 µg/kg arasında değiştiği belirlenmiştir. Sucuk örneklerinde NDMA, NPYR ve NPIP'in maksimum miktarları sırasıyla 0,78 µg/kg, 1,36 µg/kg ve 2,71 µg/kg olarak tespit edilmiştir. Araştırmada diğer önemli bir sonuç ise döner örneklerinin birinde 7,72 µg/kg düzeyinde NPYR, 7,23 µg/kg düzeyinde ise NPIP saptanmasıdır.

Farklı karabiber seviyeleri (5g/kg, 10 g/kg veya 15 g/kg), sodyum askorbat kullanımı (0 veya 568 mg/kg) ve pişirme derecesinin (çiğ, az, orta veya çok pişmiş) sucukta nitrozamin oluşumuna etkilerinin belirlenmesi amacıyla yürütülen bir araştırmada, örneklerde NDMA, NPYR ve NPIP olmak üzere 3 farklı uçucu nitrozamin belirlenmiş, NDMA ve NPIP seviyelerinin pişirme derecesine bağlı olarak arttığı, ısıtma işlem uygulanmamış (kızartılmamış) sucuk örneklerinde karabiber seviyesinin artışının NDMA ve NPIP içeriklerinde düşüşe sebep olduğu, sodyum askorbat x karabiber seviyesi interaksiyonunun NDMA ve NPYR nitrozaminleri üzerinde çok önemli etki gösterdiği, sodyum askorbat x pişirme derecesi interaksiyonunun NPYR ve NPIP üzerinde ise etkili olduğu rapor edilmiştir (Sallan 2018).

Türkiye’de yaygın bir şekilde üretilen diğer bir fermente sosis çeşidi olan ısıtma işlem görmüş sucuk üzerinde ise sadece bir araştırma mevcuttur. Kaya vd (2018) tarafından yürütülen araştırmada ısıtma işlem görmüş sucukta nitrit seviyesi (0, 50, 100 veya 150 ppm), sodyum askorbat kullanımı (0 veya 500 ppm), starter kültür ilavesi (kontrol veya *Lactobacillus plantarum* GM77 + *Staphylococcus xylosus* GM92) ve pişirme derecesi (0 dk, 1 dk, 3 dk, 5 dk veya 7 dk) faktörlerinin nitrozamin oluşumuna etkileri incelenmiştir. Analizler neticesinde ısıtma işlem görmüş sucukta nitrozodimetilamin (NDMA), nitrozopirolidin (NPYR), nitrozopiperidin (NPIP) ve nitrozodibütülin (NDBA) olmak üzere 4 bileşik belirlenmiş ve starter kültür faktörünün NPYR ve NPIP, sodyum askorbat kullanımının NDMA, NPYR ve NPIP, nitrit seviyesinin NDMA ve NPYR, pişirme derecesinin ise NDMA, NPYR, NPIP ve NDBA üzerinde çok önemli etkilerinin olduğu ve ayrıca faktörler arasındaki interaksiyonların da önemli veya çok önemli etkiye sahip olduğu rapor edilmiştir. Ayrıca nitrit kullanılmadan üretilen ısıtma işlem görmüş sucuk gruplarına ait örneklerin önemli bir kısmında NDMA tespit edilemezken, bazı örneklerde bu bileşiğe (0,11-0,47 µg/kg) rastlanmıştır. Buna karşın yine nitrit içermeyen tüm örneklerde gerek NPYR ve gerekse NPIP tespit edilmiştir. Bununla birlikte ısıtma işlem görmüş sucukta piyasa örneklerinde nitrozamin içeriklerinin belirlenmesine yönelik bir araştırma bulunmamaktadır.

Et ürünlerinde nitrozamin oluşumu açısından en önemli aminler olan sekonder aminlerin nitrozasyonu nitrit konsantrasyonu ile doğru orantılı olup nitrit miktarı nitrozamin oluşumu açısından önemli bir faktör olarak görülmektedir (Belitz *et al.* 2001). Bu nedenle et ürünlerinde kullanılan nitritin miktarı ve kalıntı nitrit miktarı nitrozamin oluşumu açısından önemli bir faktördür (Pourazrang *et al.* 2002). Türk Gıda Kodeksi Gıda Katkı Maddeleri Yönetmeliğinde sucuk ve ısıtılmış sucukta hamura ilave edilebilecek maksimum nitrit miktarı 150 ppm ile sınırlandırılmıştır (Anonim 2012). Bununla birlikte piyasadan temin edilen örneklerde yüksek nitrit seviyelerine rastlanabilmektedir. Nitekim Soyutemiz ve Özenir (1996) tarafından yapılan bir araştırmada piyasadan temin edilen sucuk örneklerinde ortalama kalıntı nitrat ve nitrit miktarları sırasıyla 89,58 ppm ve 4,94 ppm olarak saptanmıştır. Bununla birlikte sucuk örneklerinin %28'inde toplam kalıntı nitrat ve nitrit miktarının 100 ppm'in üzerinde olduğu da rapor edilmiştir. Konu ile ilgili diğer bir araştırmada 40 sucuk numunesinde nitrat ve nitrit içerikleri araştırılmış ve sucuk örneklerinin nitrat içerikleri minimum 1,56 ppm, maksimum 553,18 ppm, ortalama $64,06 \pm 100,80$ ppm, nitrit içerikleri ise minimum 0,80 ppm, maksimum 82,13 ppm, ortalama $11,48 \pm 15,20$ ppm olarak saptanmıştır. Araştırmacılar incelenen sucuk örneklerinin %2,5'inin nitrit, %5'inin de nitrat yönünden Türk Gıda Kodeksi'ne uygunluk göstermediğini de rapor etmişlerdir (Sancak vd 2008).

Ata (2010) tarafından yapılan bir çalışmada 10 sucuk örneğinde ortalama nitrit, nitrat, amin ve toplam nitrozamin içerikleri sırasıyla 13,27 µg/g, 73,58 µg/g, 217 ng/g ve 13,97 ng/g tespit edilmiştir. Çiğ sucuk örneklerinde NDMA, NMEA, NDEA, NPYR, NMOR, NPIP, NDBA ve NEBA içerikleri sırasıyla $2,21 \pm 0,82$ ng/g, $1,16 \pm 0,39$ ng/g, $2,25 \pm 0,70$ ng/g, $3,84 \pm 0,88$ ng/g, $0,21 \pm 0,07$ ng/g, $3,07 \pm 0,89$ ng/g, $1,25 \pm 0,40$ ng/g ve $0,53 \pm 0,41$ ng/g olarak saptanmıştır. Pişirme sonucunda ise toplam nitrozamin içeriğinin $44,98 \pm 12,91$ ng/g seviyesine çıktığı tespit edilmiştir.

İnsan sağlığı açısından son derece riskli olan nitrozaminler ile ilgili olarak sucuk ve ısıtılmış sucuk dışında diğer kür edilmiş et ürünleri üzerinde de yapılan araştırma sayısı oldukça sınırlıdır.

Byun *et al.* (2004) tarafından pepperoni ve salami üzerinde yapılan bir çalışmada, vakum ve aerobik ambalajlama olmak üzere iki farklı ambalajlama yöntemi ile farklı dozlarda (5, 10 ve 20 kGy) uygulanan iyonize radyasyonun 4°C'de 4 hafta süreyle depolanan örneklerin NDMA ve NPYR içeriğine etkileri incelenmiştir. Vakum uygulanarak ambalajlanan örneklerin aerobik ambalajlanan örneklere göre daha düşük düzeyde nitrozamin içerdiği, iyonize radyasyonun örneklerde NDMA ve NPYR miktarlarını düşürdüğü, 4°C'de yapılan depolama sırasında kanserojen nitrozamin oluşumunu engellemek için yüksek dozlarda (>10kGy) ışınlamaya gerek olduğu rapor edilmiştir.

Kuru kür edilmiş fermente sosisler üzerinde yapılan bir çalışmada farklı pişirme metotlarının (haşlama, tavada kızartma, kızgın yağda kızartma, mikrodalga fırında pişirme) nitrozamin oluşumuna etkileri araştırılmıştır. Yapılan analizler sonucunda örneklerin toplam nitrozamin miktarının 5,31 µg/kg olduğu, derin yağda veya yağsız kızartmanın mikrodalga ve haşlamaya göre daha yüksek nitrozamin seviyeleri gösterdiği ve kızartma işleminin NDMA, NDEA ve NPYR seviyelerini artırdığı tespit edilmiştir (Li *et al.* 2012).

Li *et al.* (2013) tarafından yavaş olgunlaştırılan (başlangıç fermentasyon sıcaklığı 18°C) kuru fermente bir sosis çeşidi üzerinde yapılan bir çalışmada, 0,7,14,21 ve 28. günlerde yapılan analizler neticesinde süre ilerledikçe nitrozamin içeriğinin arttığı buna karşın bitki polifenollerinin ve askorbik asidin nitrozamin oluşumunu önemli derecede azalttığı ve polifenollerin pH, nem ve a_w üzerinde önemli bir etkisinin olmadığı rapor edilmiştir. Ayrıca polifenollerin ürünün mikrobiyolojik özellikleri üzerinde de önemli bir etkisinin olmadığı saptanmıştır.

Belçika piyasasından temin edilen kuru fermente sosisler üzerinde yapılan bir çalışmada kalıntı nitrit ve nitrat miktarlarının 20 ppm'den daha düşük seviyelerde olduğu ve biyojen amin içeriği ile nitrozaminler arasında önemli bir korelasyonun olmadığı rapor edilmiştir (De Mey *et al.* 2014d).

Herrmann *et al.* (2015a) tarafından Danimarka ve Belçika piyasalarından temin edilen işlenmiş et ürünlerde nitrozaminlerin içeriğini belirlemeye yönelik yapılan bir araştırmada, kızartma ve fırınlama işlemlerinin NPIP miktarını arttığı, uçucu olmayan nitrozamin, nitrothiazolidin 4-karboksilik asit ve nitrozo-2-metil-thiazolidin 4-karboksilik asit miktarlarının azaldığı, nitrozoprolin, NDMA, NPYR ve NDEA'nın, ürün tipine ve/veya ısıl işleme bağlı olarak değişik faktörlerden etkilendiği belirtilmiştir.

Herrmann *et al.* (2015a) farklı nitrit seviyeleri (0, 60, 100, 150, 250 veya 350 mg/kg) kullanılarak kür edilmiş-piştirilmiş sosisler üzerinde yürüttükleri araştırmada, kalıntı nitrit miktarı ile NPIP, NHPRO, NPRO, NTCA, NMTCA içerikleri arasında pozitif bir korelasyonun olduğunu, eritorbik asidin NHPRO, NPRO, NPIP ve NTCA'nın oluşumunu inhibe ettiği, askorbil palmitatın eritorbik aside göre daha az inhibitör etki gösterdiği, bu iki bileşiğin birlikte kullanılmasının önemli bir etkisinin olmadığını ve karabiber seviyesinin artışına bağlı olarak NPIP ve NMTCA miktarlarının arttığını bildirmişlerdir.

Yuan *et al.* (2015) tarafından piştirilmiş sosislerde uçucu nitrozaminlerin (NDMA, NMEA, NDEA, NPYR, NDPA, NPIP, NDBA, NDpheA) belirlenmesine yönelik olarak yapılan bir araştırmada ultrasonik solvent ekstraksiyonu ve GC-MS metodu kullanılmış ve sarımsak aroması içeren sosislerin nitrozamin içeriğinin daha düşük seviyede olduğu rapor edilmiştir. Araştırmacılar örneklerde saptanan başlıca nitrozaminlerin NMEA, NPYR, NPIP, NDBA ve NDpheA olduğunu da bildirmişlerdir.

3. MATERYAL ve METOT

3.1. Materyal

Türkiye'ye piyasasında geniş bir pazara sahip olan 10 farklı firmadan (A, B, C, D, E, F, G, H, I ve J) üretim tarihleri dikkate alınarak her birinden üç farklı zamanda alınan toplam 30 adet ısıtılmış sucuk örneği materyal olarak kullanılmıştır.

3.2. Metot

3.2.1. Fiziko-kimyasal analizler

3.2.1.a. Su aktivitesi (a_w)

Örneklerin su aktivitesi değeri, su aktivitesi cihazı (Novasina, TH- 500 a_w Sprint) kullanılarak belirlenmiştir. Cihaz kullanılmadan önce 6 farklı tuz çözeltisi ile kalibre edilmiştir.

3.2.1.b. pH

Analiz için her örnekten 10 g numune tartılmış ve üzerine 100 mL saf su ilave edilerek ultra turrax (IKA Werk T25, Germany) ile homojenize edilmiştir. Homojenizatın pH değeri, pH metre (ATI ORION 420, MA 02129, USA) ile ölçülmüştür. pH metre kullanılmadan önce uygun tampon çözeltilerle (pH 4 ve pH 7 tampon) kalibre edilmiştir.

3.2.1.c. Tiyoarbiturik asit reaktif maddeler (TBARS)

Homojen hale getirilen örneklerden alınan analiz numunelerinin TBARS değerleri

Lemon (1975) tarafından belirtilen yöntem uygulanarak belirlenmiştir. Sonuçlar $\mu\text{mol MDA/kg}$ olarak verilmiştir.

3.2.1.d. Kalıntı nitrit

Analizde Tauchmann (1987) tarafından verilen yöntem uygulanmıştır. Örneklerdeki kalıntı nitrit miktarını belirlemek için örnek ağırlığı, seyreltme faktörü, standart kurve kullanılarak hesaplanan katsayı ve absorbands değeri verileri kullanılmış ve sonuçlar mg/kg NaNO_2 olarak ifade edilmiştir. Sonuçlar aşağıdaki formüle göre hesaplanmıştır.

$$\text{Nitrit(ppm)} = \frac{A \times f \times V_f}{W}$$

A = Okunan absorbands

f = Sabit katsayı (20,44)

V_f = Seyreltme faktörü (20)

W = Örnek miktarı (g)

3.2.1.e. NPN-M (protein tabiatında olmayan azotlu madde miktarı)

Analiz için örneklerden 4'er gram alınıp 100 ml'lik santrifüj tüplerine aktarılmış ve üzerlerine 8 ml diklorometan ve 40 g %20'lik trikloroasetik asit çözeltisi ilave edilerek homojenize edilmiştir. Homojenizat oda sıcaklığında 15 dakika bekletilmiş ve aralıklarla karıştırılmıştır. Ardından 15 dakika süreyle 3500g'de santrifüj edilen homojenat, filtre kağıdından (Whatman 595) süzölmüş ve süzüntüden 20 g alınıp Kjeldahl balonuna aktarılmıştır. Kjeldahl balonuna 10 g katalizör, 20 ml H_2SO_4 (%98'lik) ve cam parçacıkları eklenmiş ve yakma işlemine geçilmiştir. Yakma işlemi sonrası Kjeldahl balonuna %33'lük NaOH çözeltisinden 90 ml ve saf sudan 400 ml aktarılmış, ardından balon distilasyon düzeneğine bağlanmıştır. Distilat erlenine birkaç

damla indikatör ve 25 ml doymuş borik asit çözeltisi aktarılmış ve 200 ml çizgisine kadar distilat toplanıncaya kadar distilasyona devam edilmiştir. Distilasyon sonrası 0.1 N HCl çözeltisi ile titrasyon yapılmış ve örneklerin % nem miktarlarını da içeren formül ile protein tabiatında olmayan azotlu madde miktarı tespit edilmiştir (Anonymous 1989). Hesaplamalar aşağıdaki formüle göre yapılmıştır.

$$\% \text{NPN-M} = \frac{V \times 8,755 \left(\frac{W_p}{100} \right) \times M_0 + M_2}{10 \times M_0 + M_1}$$

V = Titrasyonda harcanan HCl miktarı (ml)

W_p = Örneğin nemi (%)

M₀ = Örnek miktarı (g)

M₁ = Süzüntü miktarı (g)

M₂ = İlave edilen TCA miktarı (g)

3.2.1.f. Nitrozamin analizi

Homojen hale getirilmiş örnekten 10 g santrifüj tüplerine tartılmış ve üzerine 0.1 M NaOH çözeltisi eklendikten sonra homojenize edilmiştir. Daha sonra metanol eklenen homojenizat 4°C'de 10.000 rpm'de santrifüj işlemine tabi tutulmuştur. Santrifüjden alınan örnek cam mikrofiberle (70 mm diameter, Whatman GF Healthcare Life Sciences, UK) filtre edildikten sonra ekstrakta %20'lik NaCl çözeltisi eklenerek ChemElut kolonuna (Agilent ChemElut, 20 ml, Unbuffered, USA) aktarılmıştır. Daha sonra diklorometan ilave edilen karışım Kuderna Danish düzeneğine bağlanarak 1 mL'ye konsantre edilmiştir. Konsantrat 40°C'de azot (N-EVAPTTM 111, Nitrogen Evaporatör, Clarion Safety Systems) altında evapore edilmiş ve nitrozaminlerin tespitinde GC-MS kullanılmıştır. Sistemde taşıyıcı gaz olarak helyum, kolon olarak da DB-5MS (30m x 0.25 mm x 0.25 µm, Agilent Tech) kullanılmış ve SIM modunda

alışılmıştır. İnternal standart olarak N-Nitrosodipropylamine-d₁₄ (N525482, TRC, Canada) kullanılmıştır. Fırın sıcaklığı 50°C’de 2 dk bekletildikten sonra 3°C/dk hızla 100°C’ye çıkarılmış ve bu sıcaklıkta 5 dk bekletilmiş, ardından sıcaklık 20°C/dk hızla 250°C’ye çıkarılmıştır. Tanımlamada Nitrozamin standardından (EPA 521 Nitrosamine Mix, Supelco, Bellefonte PA USA) yararlanılmış ve nitrozamin miktarları (NDMA, NDEA, NDBA, NPYR and NPIP) µg/kg seviyesinde tespit edilmiştir (Wang *et al.* 2015).

3.2.1.g. İstatistiki analizler

Araştırmada her bir firmadan farklı parti numaraları esas alınarak 3 farklı zamanda örnekleme yapıldığından denemeler şansa bağlı tam bloklar deneme planına göre üç tekerrürlü olarak yürütülmüş ve elde edilen sonuçlar varyans analizine tabi tutulmuştur. Ortalamaların karşılaştırılmasında ise Duncan oklu karşılaştırma testi kullanılmıştır (SPSS 20).

4. ARAŞTIRMA BULGULARI

4.1. Fiziko-Kimyasal Analizlere Ait Sonuçlar

4.1.1. Su aktivitesi (a_w)

Fermente sosislerde su aktivitesi kullanılan formülasyona ve uygulanan üretim prosesine bağlı olarak farklılık göstermektedir. Isıl işlem görmüş sucuğun da dahil edilebileceği yarı-kuru fermente sosislerde su aktivitesi 0,900-0,950 arasında değişiklik göstermektedir (Kaya ve Kaban 2016). Farklı firmalardan temin edilen ısıl işlem görmüş sucuk örneklerine ait a_w değerleri 0,904 ile 0,941 arasında değişmiştir (Çizelge 4.1).

Çizelge 4.1. Farklı firmalardan temin edilen ısıl işlem görmüş sucuk örneklerine ait a_w değerleri

Firma	Blok		
	1	2	3
A	0,926	0,904	0,909
	0,926	0,908	0,907
B	0,921	0,921	0,936
	0,921	0,930	0,925
C	0,910	0,922	0,910
	0,920	0,932	0,918
D	0,936	0,928	0,939
	0,938	0,934	0,938
E	0,926	0,924	0,933
	0,925	0,926	0,933
F	0,933	0,943	0,934
	0,929	0,929	0,931
G	0,915	0,919	0,907
	0,910	0,917	0,908
H	0,934	0,933	0,933
	0,935	0,938	0,935
I	0,938	0,937	0,943
	0,941	0,939	0,937
J	0,935	0,933	0,936
	0,933	0,933	0,936

Farklı firmalardan temin edilen ısıtma işlem görmüş sucukların a_w değerlerine ait varyans analiz sonuçları Çizelge 4.2’de verilmiştir. Firma faktörü su aktivitesi üzerinde $P<0,01$ düzeyinde etki göstermiştir. Blok açısından ise önemli bir farklılık görülmemiştir ($P>0,05$) (Çizelge 4.2).

Çizelge 4.2. Farklı firmalardan temin edilen ısıtma işlem görmüş sucuk örneklerinin a_w değerlerine ait varyans analiz sonuçları

Varyans kaynağı	SD	KO	F
Firma	9	0,001	16,849**
Blok	2	2,667E-007	0,008
Hata	48	3,271E-005	-
Toplam	60	-	-

$P<0,01$ çok önemli (**)

Çizelge 4.3’de farklı firmalardan temin edilen ısıtma işlem görmüş sucukların a_w değerlerine ait ortalamaların Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları gösterilmiştir. En yüksek ortalama değer $0,940\pm0,002$ ile I firmasında belirlenmiş ancak bu firma ile D, F, H ve J firmalarına ait ortalama a_w değerleri arasında istatistiki açıdan farklılık söz konusu olmamıştır ($P>0,05$). Diğer taraftan en düşük ortalama değer $0,913\pm0,005$ olarak A ve G firmalarında belirlenmiş olup bu değer C firmasında belirlenen ortalama değerden istatistiki olarak farklılık göstermemiştir.

Çizelge 4.3. Farklı firmalardan temin edilen ısıtma işlem görmüş sucuk örneklerinin a_w değerlerine ait ortalamaların Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları

Firma	a_w
A	$0,913\pm0,010d$
B	$0,926\pm0,006c$
C	$0,919\pm0,009d$
D	$0,936\pm0,004a$
E	$0,928\pm0,004bc$
F	$0,933\pm0,005ab$
G	$0,913\pm0,005d$
H	$0,935\pm0,002ab$
I	$0,940\pm0,002a$
J	$0,934\pm0,002ab$

Isıl işlem görmüş sucuk üzerinde yapılan diğer çalışmalarda da benzer sonuçlar elde edilmiştir. Aydın (2017) tarafından farklı et yağı/kuyruk yağı kombinasyonları kullanılarak üretilen ısıl işlem görmüş sucuklarda ortalama a_w değerinin 0,920 olduğu rapor edilmiştir. Kaban and Bayrak (2015) da farklı oranlarda hindi eti kullanılarak üretilen ısıl işlem görmüş sucuklarda ortalama a_w değerini 0,927 olarak tespit etmişlerdir. Farklı NaCl/KCl kombinasyonlarının ısıl işlem görmüş sucuğun özelliklerine etkilerinin incelendiği bir araştırmada ise NaCl/KCl kombinasyonu, üretim aşaması ve bu iki faktörün interaksiyonunun a_w değeri üzerinde çok önemli ($P<0,01$) etkiye sahip olduğu ve ortalama a_w değerinin 0,941 olduğu belirtilmiştir (Bayraktar 2017).

4.1.2. pH

Gıdaların muhafazasında kullanılan en eski yöntemlerden biri fermentasyondur. Bu yöntemde mikroorganizmalar ve/veya enzimlerin aktivitesi neticesinde oluşan asitleşme gıdanın tekstürü, lezzeti ve rengi üzerinde önemli etkiler yapmakta ve gıdalara arzu edilen özellikler kazandırılmaktadır. Ayrıca fermentasyon ile gerçekleşen asitleşme sayesinde arzu edilmeyen mikroflora kontrol altına alınarak ürün güvenliği de sağlanmaktadır (Lücke 2000; Kaya ve Kaban 2016). Fermente sosislerde kullanılan şekerin tipi ve miktarı, fermentasyon sıcaklığı, starter kültürleri varlığı ve türü, spontan flora gibi faktörler asit oluşum hızı ve derecesi açısından oldukça önemlidir (Lücke 2000).

Farklı firmalardan temin edilen ısıl işlem görmüş sucuk örneklerine ait pH değerleri Çizelge 4.4'de verilmiştir. Örneklerin pH değerleri 4,37 ile 5,80 arasında değişmiştir. Bu sonuçlar ısıl işlem görmüş sucuk üretiminde starter kültürlerin yaygın bir şekilde kullanıldığına işaret etmektedir. Çizelge 4.4'den de görüldüğü üzere A firmasına ait 3 no'lu örnekte pH 5,5'in üzerinde iken bu firmanın diğer örneklerinde pH bu değerinin altında bulunmuştur. Diğer firmalara ait örneklerde ise pH genellikle 5,0'ın altında bulunmuştur. Bu durum gıda kaynaklı patojenlerin gelişimi açısından önemli bir aşama olan fermentasyonda iyi bir asitleşme sağlandığını göstermektedir.

Çizelge 4.4. Farklı firmalardan temin edilen ısıtılmış sucuk örneklerine ait pH değerleri

Firma	Blok		
	1	2	3
A	5,12	5,48	5,78
	5,15	5,49	5,80
B	5,19	4,92	4,75
	5,20	4,96	4,73
C	4,53	5,30	4,66
	4,51	5,28	4,64
D	4,58	4,55	4,59
	4,57	4,52	4,60
E	4,74	4,69	4,86
	4,75	4,71	4,87
F	4,40	4,93	4,62
	4,37	4,94	4,63
G	5,41	5,29	5,03
	5,41	5,28	5,04
H	4,23	4,64	4,36
	4,23	4,61	4,36
I	4,43	4,32	4,08
	4,45	4,33	4,06
J	4,80	4,86	4,69
	4,80	4,90	4,68

Çizelge 4.5’de farklı firmalardan temin edilen ısıtılmış sucukların pH değerlerine ait varyans analiz sonuçları gösterilmiştir. Çizelgeden de görüldüğü üzere firma faktörü pH değeri üzerinde $P<0,01$ seviyesinde etki göstermiştir. Blok ise pH değeri üzerinde önemli düzeyde ($P<0,05$) etkili olmuştur. Bu sonuç aynı firmanın farklı üretim partilerinde pH açısından bazı farklılıkların olduğunu göstermektedir.

Çizelge 4.5. Farklı firmalardan temin edilen ısıt işlem görmüş sucuk örneklerinin pH değerlerine ait varyans analiz sonuçları

Varyans kaynağı	SD	KO	F
Firma	9	0,784	20,699**
Blok	2	0,165	4,365*
Hata	48	0,038	-
Toplam	60	-	-

P<0,01 çok önemli (**)

Farklı firmalardan temin edilen ısıt işlem görmüş sucuk örneklerinin pH değerlerine ait ortalamaların Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçlarına göre en düşük ortalama pH değeri $4,28 \pm 0,17$ ile I firmasında, en yüksek ortalama değer ise $5,47 \pm 0,29$ ile A firmasında belirlenmiştir (Çizelge 4.6). pH değeri ürünün tekstürünün oluşmasında önemli bir etkiye sahiptir. Üretimde fermentasyon aşamasında pH değerinin et proteinlerinin izoelektirik noktasına gelmesi sonucunda su tutma kapasitesi azalmakta ve böylelikle ürünün kuruması kolaylaşmaktadır (Kaya ve Kaban 2016). Nitekim bu araştırmada en düşük ortalama pH değeri I firmasında belirlenirken en yüksek ortalama a_w değeri de bu firmada belirlenmiştir. Diğer taraftan en düşük ortalama a_w değerinin belirlendiği A firmasında en yüksek ortalama pH değeri tespit edilmiştir. Örneklere ait a_w ve pH değerleri birlikte değerlendirildiğinde izoelektirik noktadan çok daha düşük pH değerlerinde ürünün su tutma kapasitesinin artması nedeni ile kurumanın daha yavaş gerçekleştiği görülmektedir.

Isıt işlem görmüş sucuk genellikle bir günlük bir fermentasyon uygulandığından ve ayrıca fermentasyon sıcaklığı 20°C 'nin üzerinde olduğundan üretimde starter kültürlerin kullanımına sıklıkla başvurulmaktadır. Mevcut bu araştırmanın sonuçlarından da görüldüğü üzere pH değeri iki firma hariç 5,00'in altındadır. Bu ürüne ait su aktivitesi değerleri dikkate alındığında pH'nın ürün güvenliği açısından önemli bir engel etken olduğu ortaya çıkmaktadır.

Çizelge 4.6. Farklı firmalardan temin edilen ısıt işlem görmüş sucuk örneklerinin pH değerlerine ait ortalamaların Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları

Firma	pH
A	5,47±0,29a
B	4,96±0,20c
C	4,82±0,37cd
D	4,57±0,29ef
E	4,77±0,77cde
F	4,65±0,25de
G	5,24±0,17b
H	4,41±0,18fg
I	4,28±0,17g
J	4,79±0,09cde

Et ürünlerinin üretiminde hammaddenin pH'sı, üretim prosesinin yanı sıra ürün kalitesini de etkileyen önemli faktörlerden biridir (Kaya ve Kaban 2016). Diğer taraftan sucuk bir laktik asit fermentasyon ürünü olduğundan spontan laktik asit bakterilerinin veya üretimde kullanılan starter kültürlerin asit üretim hızı ürünün pH değerini etkilemektedir. Nitekim *Lactobacillus sakei* kullanılarak üretilen ısıt işlem görmüş sucuklarda ortalama pH değeri 5,05 olarak belirlenirken, spontan flora ile gerçekleştirilen üretimde ortalama pH değeri 5,68 değerinde kalmıştır (Yılmaz 2016). Bayraktar (2017) tarafından ısıt işlem görmüş sucuklarda ortalama pH değerinin 5,34 olduğu ve fermentasyon sırasında düşen pH değerinin ısıt işlem sırasında kısmen arttığı rapor edilmiştir. Diğer bir araştırmada ise farklı et yağı/kuyruk yağı kombinasyonları kullanılarak üretilen ısıt işlem görmüş sucuklarda ortalama pH değeri 5,32 olarak tespit edilmiş ve farklı yağ kombinasyonlarının pH değeri üzerinde önemli etki göstermediği bildirilmiştir (Aydın 2017).

Sucuk üzerinde yürütülen araştırmalarda da starter kültür kullanımının pH üzerinde çok önemli etkisinin olduğu tespit edilmiştir (Vural ve Öztan 1992; Vural 1998; Kaban and Kaya 2006).

Mevcut araştırmada pH değerinin geniş bir varyasyon gösterdiği belirlenmiştir. Yukarıda da belirtildiği gibi üretimde starter kültür kullanıldığı ancak firmaların genelinde muhtemelen fermentasyon sıcaklığı ve süresine bağlı olarak hızlı bir asit oluşumu gerçekleştiği kanaatine varılmıştır. Türk Gıda Kodeksi Et ve Et rnleri Tebliğinde de ısıl işlem görmüş sucukta en yüksek pH değeri 5,6 olarak belirtilmektedir (Anon 2012). İncelenen firmalara ait örneklerin pH değerleri bir firmaya ait bir örnek hariç bu sınırın altında kalmıştır.

4.1.3. Tiyobarbitürik asit reaktif maddeler (TBARS)

Tiyobarbitürik asit reaktif madde (TBARS) değeri, et ve et ürünlerinde lipit oksidasyonun önemli bir göstergesidir (Mohamed and Mansour 2012). Et ve et ürünlerinde doğal bir reaksiyon olan otooksidasyonda oksidatif ajanların varlığı önemli bir faktördür (Bigolin *et al.* 2013). Bununla birlikte bu reaksiyon sucuk, salami, Rohwurst, salchichon gibi kuru fermente sosislerde tipik aromanın ana kaynağını da oluşurmaktadır (Kaya ve Kaban 2016). Ancak ısıl işlem görmüş yarı kuru fermente sosislerde hem üretim sresinin kısa olması hem de fermentasyondan sonra uygulanan ısıl işlem nedeni ile bu reaksiyonun aroma oluşumunda etkisi sınırlıdır (Kaban and Bayrak 2015).

Farklı firmalardan temin edilen ısıl işlem görmüş sucuk örneklerine ait TBARS değerleri izelge 4.7.'de verilmiştir. Isıl işlem görmüş sucukların TBARS değerleri 8,84 ile 23,88 $\mu\text{mol MDA/kg}$ arasında değişmiştir.

Çizelge 4.7. Farklı firmalardan temin edilen ısıtılmış işlem görmüş sucuk örneklerine ait TBARS değerleri ($\mu\text{mol MDA/kg}$)

Firma	Blok		
	1	2	3
A	15,67	14,75	14,71
	16,97	17,06	17,22
B	16,24	15,36	16,42
	18,22	16,59	14,22
C	20,39	17,19	18,16
	18,25	16,44	19,72
D	13,08	11,99	11,89
	15,64	13,43	9,51
E	18,44	19,45	17,62
	21,85	18,94	23,88
F	18,34	18,99	12,54
	15,04	14,04	15,45
G	22,17	17,21	17,77
	20,47	20,23	21,08
H	12,26	12,45	14,24
	14,50	10,36	12,03
I	13,85	13,19	15,32
	17,18	14,22	15,39
J	12,10	9,38	15,55
	8,84	10,19	12,23

Farklı firmalardan temin edilen ısıtılmış işlem görmüş sucukların TBARS değerlerine ait varyans analiz sonuçları Çizelge 4.8.'de verilmiştir. TBARS değeri üzerinde firma faktörü çok önemli etki göstermiştir ($P < 0,01$). Diğer bir varyasyon kaynağı olan blok ise TBARS değeri üzerinde önemli bir etkide bulunmamıştır ($P > 0,05$).

Çizelge 4.8. Farklı firmalardan temin edilen ısıtılmış işlem görmüş sucuk örneklerinin TBARS değerlerine ait varyans analiz sonuçları

Varyans kaynağı	SD	KO	F
Firma	9	54,287	16,505**
Blok	2	9,804	2,981
Hata	48	3,289	-
Toplam	60	-	-

$P < 0,01$ çok önemli (**)

Çizelge 4.9’da farklı firmalardan temin edilen ısıt işlem görmüş sucuk örneklerine ait ortalamaların Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları verilmiştir. En yüksek ortalama TBARS değeri E firmasında $20,03 \pm 2,37$ $\mu\text{mol MDA/kg}$ belirlenmiş olup C ve G firmalarında belirlenen ortalama değerden istatistiki olarak farklılık göstermemiştir ($P < 0,05$). En düşük ortalama TBARS değeri ise $11,38 \pm 2,47$ $\mu\text{mol MDA/kg}$ değeri ile J firmasında belirlenmiş ve bu değer de D ve H firmalarına ait ortalama TBARS değerlerinden istatistiki olarak farklılık göstermemiştir ($P < 0,05$).

Çizelge 4.9. Farklı firmalardan temin edilen ısıt işlem görmüş sucuk örneklerine ait ortalamaların Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları ($\mu\text{mol MDA/kg}$)

Firma	TBARS
A	$16,06 \pm 1,17b$
B	$16,18 \pm 1,33b$
C	$18,36 \pm 1,49a$
D	$12,59 \pm 2,03c$
E	$20,03 \pm 2,37a$
F	$15,73 \pm 2,49b$
G	$19,82 \pm 1,94a$
H	$12,65 \pm 1,53c$
I	$14,86 \pm 1,42b$
J	$11,38 \pm 2,47c$

Starter kültür kullanımının ısıt işlem görmüş sucukların ürün özelliklerine etkilerinin incelendiği bir çalışmada *L. sakei* S15+*S.xylosus* GM92 içeren grubun diğer gruplardan daha yüksek TBARS değeri verdiğini ve bu sonucun muhtemelen starter kültür olarak kullanılan *S.xylosus* GM92 suşunun lipolitik aktivitesinden kaynaklandığı rapor edilmiştir (Yılmaz 2016). Isıt işlem görmüş sucuk üzerinde yürütülen diğer bir çalışmada et yağı/kuyruk yağı kombinasyonu faktörünün TBARS değeri üzerinde çok önemli etkiye sahip olduğu ve en yüksek ortalama TBARS değerinin sadece kuyruk yağının kullanıldığı grupta (0/100) belirlendiği, ısıt işlem görmüş sucukta yağ oranının %20’yi geçmemesi kaydıyla kuyruk yağının formülasyona girebileceği sonucuna

varılmıştır (Aydın 2017). Ertaş ve Göğüş (1980) de fermente sucukta kuyruk yağı oranının lipit oksidasyonunu artırdığını tespit etmişlerdir.

Mevcut bu çalışmada belirlenen TBARS değerlerindeki farklılıklarda üretim sırasında kullanılan yağ çeşidi ve oranı ile starter kültürlerin yanı sıra ısıl işlem normlarının etkili olduğu düşünülmektedir. Isıl işlem görmüş sucuk üretiminde ısıl işlem prosesinin TBARS değerini artırdığı da bildirilmiştir (Ercoskun *et al.* 2010; Çakır *et al.* 2013; Yılmaz 2017). Nitekim ısıl işlem, kas hücre yapısını bozmakta ve lipit peroksidasyonunu hızlandırmakta, ayrıca antioksidan enzimleri ve antioksidatif bileşikleri inaktif hale geçirmekte ve heme pigmentinden demirin serbest hale geçmesine neden olmaktadır (Min *et al.* 2008).

4.1.4. Kalıntı nitrit

Farklı firmalardan temin edilen ısıl işlem görmüş sucuk örneklerine ait kalıntı nitrit değerleri (mg/kg) Çizelge 4.10 gösterilmiştir. Türk Gıda Kodeksi Gıda Katkı Maddeleri Yönetmeliği ısıl işlem görmüş sucukta nitrit kullanımını 150 ppm ile sınırlandırmıştır. Kütleme ajanı olan nitritin ürün özellikleri üzerinde olumlu pek çok fonksiyonu (Gökalp vd 2014) bulunmasına karşın kalıntı nitrit miktarının kanserojenik olan nitrozaminlerin oluşumunda etkili olduğu da bilinmektedir (Sallan 2018). Mevcut bu araştırmada kalıntı nitrit miktarları 1,33 ile 5,94 ppm arasında değişmiştir (Çizelge 4.10).

Çizelge 4.10. Farklı firmalardan temin edilen ısıl işlem görmüş sucuk örneklerine ait kalıntı nitrit miktarı (mg/kg)

Firma	Blok		
	1	2	3
A	5,37	4,80	5,10
	5,94	4,70	5,15
B	3,22	2,96	3,01
	2,10	2,50	2,45
C	3,27	5,11	3,65
	3,21	4,80	4,12
D	3,31	2,49	2,35
	3,67	3,30	2,60

Çizelge 4.10. (devam)

E	3,61	3,25	3,31
	3,93	3,57	3,17
F	5,28	5,91	4,49
	5,24	4,99	4,95
G	1,94	1,33	2,54
	1,78	1,89	3,20
H	5,08	3,62	4,58
	4,32	4,07	5,41
I	4,44	3,97	4,33
	4,02	4,43	4,84
J	3,65	3,72	3,63
	3,25	3,22	3,83

Farklı firmalardan temin edilen ısıl işlem görmüş sucukların kalıntı nitrit miktarlarına ait varyans analiz sonuçları Çizelge 4.11’de gösterilmiştir. Firma faktörü kalıntı nitrit miktarı üzerinde çok önemli düzeyde etki göstermiştir ($P<0,01$). Blok ise önemsiz bulunmuştur ($P>0,05$).

Çizelge 4.11. Farklı firmalardan temin edilen ısıl işlem görmüş sucuk örneklerinin kalıntı nitrit miktarlarına ait varyans analiz sonuçları

Varyans kaynağı	SD	KO	F
Firma	9	6,342	23,289**
Blok	2	0,065	0,238
Hata	48	0,272	-
Toplam	60	-	-

$P<0,01$ çok önemli (**)

Çizelge 4.12’de farklı firmalardan temin edilen ısıl işlem görmüş sucuk örneklerinin kalıntı nitrit değerlerine ait ortalamaların Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları verilmiştir. Isıl işlem görmüş sucuklarda ortalama kalıntı nitrit miktarları 2,11 ile 5,18 ppm arasında değişiklik göstermiştir. En yüksek ortalama değer A firmasında belirlenmiş ancak F firması ile aralarında istatistikî açıdan farklılık söz konusu olmamıştır. En düşük ortalama değer ise G firmasında belirlenirken yine bu ortalama değer B firmasında belirlenen ortalama değerden istatistikî olarak farklılık

göstermemiştir. Bununla birlikte tüm firmalarda belirlenen kalıntı nitrit miktarı 10 ppm'in altında bulunmuştur. Benzer sonuçlar Kaya vd (2018) tarafından yapılan araştırmada da tespit edilmiş ve askorbat kullanılmayan ısıl işlem görmüş sucuklarda 9,28 ppm olan ortalama kalıntı nitrit miktarının, askorbat kullanımı ile 5,49 ppm'e düştüğü rapor edilmiştir.

Çizelge 4.12. Farklı firmalardan temin edilen ısıl işlem görmüş sucuk örneklerinin kalıntı nitrit değerlerine ait ortalamaların Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları

Firma	Kalıntı Nitrit (ppm)
A	5,18±0,45a
B	2,71±0,42ef
C	4,02±0,79bc
D	2,95±0,54de
E	3,43±0,28cd
F	5,14±0,47a
G	2,11±0,66f
H	4,51±0,66b
I	4,34±0,32b
J	3,55±0,25cd

4.1.5. NPN-M (protein tabiatında olmayan azotlu madde miktarı)

Etin bileşiminde yaklaşık %1,5 oranında protein tabiatında olmayan azotlu maddeler bulunmaktadır (Gerrard and Grant 2003). Fermente sosislerde olgunlaşma süresi ilerledikçe proteoliz sonucu bu bileşiklerin miktarında artış söz konusu olmaktadır. Proteolizinin bir göstergesi olan protein tabiatında olmayan azotlu madde miktarı (NPN-M) ürünün formülasyonuna ve proses şartlarına bağlı olarak değişkenlik gösterebilmektedir (Kaya ve Kaban 2016). Mevcut bu araştırmada farklı firmalara ait örneklerin NPN-M değerleri 2,03 ile 4,75 g/100g arasında değişiklik göstermiştir (Çizelge 4.13).

Çizelge 4.13. Farklı firmalardan temin edilen ısıtılmış işlem görmüş sucuk örneklerine ait NPN-M değerleri (g/100g)

Firma	Blok		
	1	2	3
A	3,04	3,37	4,72
	2,41	4,33	4,10
B	2,67	3,08	2,70
	3,33	2,87	3,55
C	3,42	3,05	3,09
	3,20	2,98	3,43
D	2,61	3,02	4,04
	2,79	3,11	3,96
E	3,40	2,88	3,15
	3,78	3,04	3,44
F	4,66	4,10	3,11
	4,75	4,23	4,33
G	4,09	3,16	3,20
	4,55	3,10	3,88
H	2,25	4,71	3,84
	3,65	3,98	3,45
I	2,03	1,90	3,06
	2,14	2,13	2,77
J	2,07	3,21	3,12
	2,45	2,90	3,26

Farklı firmalardan temin edilen ısıtılmış işlem görmüş sucukların NPN-M miktarlarına ait varyans analiz sonuçları Çizelge 4.14’de gösterilmiştir. Firma faktörü NPN-M miktarı üzerinde çok önemli düzeyde etki gösterirken ($P < 0,01$), blok önemsiz bulunmuştur ($P > 0,05$).

Çizelge 4.14. Farklı firmalardan temin edilen ısıtılmış sucuk örneklerinin NPN-M değerlerine ait varyans analiz sonuçları

Varyans kaynağı	SD	KO	F
Firma	9	1,607	5,249**
Blok	2	0,637	2,081
Hata	48	0,306	-
Toplam	60	-	-

P<0,01 çok önemli (**)

Çizelge 4.15’de farklı firmalardan temin edilen ısıtılmış sucuk örneklerinin NPN-M değerlerine ait ortalamaların Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları verilmiştir. En düşük ortalama NPN-M değeri I firmasında ve en yüksek ortalama NPN-M değeri F firmasında sırasıyla $2,34 \pm 0,46$ g/100g ve $4,20 \pm 0,59$ g/100g olarak tespit edilmiştir. Benzer sonuçlar ısıtılmış sucuk üzerinde yürütülen diğer araştırmalarda da belirlenmiştir (Bayraktar 2017; Kaya vd 2018).

Çizelge 4.15. Farklı firmalardan temin edilen ısıtılmış sucuk örneklerinin NPN-M değerlerine ait ortalamaların Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları

Firma	NPN-M (g/100g)
A	$3,66 \pm 0,87ab$
B	$3,03 \pm 0,35bc$
C	$3,19 \pm 0,19bc$
D	$3,25 \pm 0,60bc$
E	$3,28 \pm 0,32bc$
F	$4,20 \pm 0,59a$
G	$3,66 \pm 0,60ab$
H	$3,65 \pm 0,81ab$
I	$2,34 \pm 0,46d$
J	$2,84 \pm 0,48cd$

4.1.6. Nitrozaminler

Nitrozaminler, nitrozasyon ajanı ve amin arasında gerçekleşen bir reaksiyon sonucu oluşmaktadır. Nitrozamin oluşumu kimyasal ve/veya mikrobiyal bir reaksiyonun sonucunda olabilir. Nitrozamin oluşumunun derecesi ve mekanizması hem amino bileşiğinin yapısına hem de nitrozasyon ajanının kaynağına ve ayrıca reaksiyon şartlarına bağlı olarak değişiklik göstermektedir. Bundan dolayı pH, aminin alkalitesi ve sıcaklık nitrozamin oluşum hızını etkileyen önemli faktörlerdir. Et endüstrisinde pişirme (kızartma, kavurma vb.) ve ayrıca ürün güvenliği (sterilizasyon ve pastörizasyon) için ısıtma işlemi başvurulmaktadır (Drabik-Markiewicz *et al.* 2009). Ancak ısıtma işlemi nitrozamin oluşumunda önemli bir faktördür (Honikel 2008; Drabik-Markiewicz *et al.* 2009; Kaya vd 2018).

Nitrozaminler, uçucu ve uçucu olmayan nitrozaminler olmak üzere iki grupta toplanmaktadır. Nitrit ile kür edilen et ürünlerinde bu bileşiklerin seviyesi oldukça varyasyon gösterebilmektedir. Ürün tipine göre saptanabilir sınırın altında değerler olabildiği gibi binlere kadar ($\mu\text{g}/\text{kg}$) ulaşan değerler de söz konusu olabilmektedir. Özellikle uçucu olmayan nitrozaminler yüksek miktarlarda bulunabilmektedir (Hermann *et al.* 2015a).

Araştırmada örneklerde NDMA, NPYR ve NPIP belirlenirken, NDEA ve NDBA belirlenememiştir.

4.1.6.a. N- Nitrozodimetilamin (NDMA)

Uluslararası Kanser Araştırmaları Ajansı (IARC) tarafından Nitrozodimetilamin (NDMA) insanlar için olası (Grup 2A) kanserojenik bileşikler içerisinde yer alan uçucu bir nitrozamindir (IARC, 1978). Farklı firmalardan temin edilen ısıtma işlemi görmüş sucuk örneklerine ait NDMA değerleri ($\mu\text{g}/\text{kg}$) Çizelge 4.16'da verilmiştir. Buna göre örneklerin NDMA değerleri 0,91- 5,66 $\mu\text{g}/\text{kg}$ arasında değişiklik göstermektedir.

Çizelge 4.16. Farklı firmalardan temin edilen ısıtılmış sucuk örneklerine ait NDMA değerleri ($\mu\text{g}/\text{kg}$)

Firma	Blok		
	1	2	3
A	2,34	1,65	1,92
	3,14	1,74	5,66
B	4,90	2,12	1,45
	2,63	2,26	1,38
C	0,91	1,35	1,69
	1,42	2,67	2,21
D	1,48	2,71	2,60
	3,38	4,08	1,84
E	2,15	3,35	2,31
	1,39	1,96	2,43
F	3,52	2,02	1,99
	2,01	2,08	1,77
G	1,15	3,17	2,13
	1,88	3,60	2,81
H	4,01	3,67	3,42
	2,76	4,26	1,29
I	2,88	4,34	3,44
	3,91	3,89	2,98
J	1,15	2,50	2,17
	1,01	2,40	1,52

Çizelge 4.17’de verilen farklı firmalardan temin edilen ısıtılmış sucukların NDMA değerlerine ait varyans analiz sonuçlarından da görüldüğü üzere firma faktörü NDMA üzerinde $P < 0,05$ düzeyinde önemli etki göstermiştir. Blok ise NDMA üzerinde önemsiz bulunmuştur ($P > 0,05$) (Çizelge 4.17).

Çizelge 4.17. Farklı firmalardan temin edilen ısıtılmış sucuk örneklerinin NDMA değerlerine ait varyans analiz sonuçları

Varyans kaynağı	SD	KO	F
Firma	9	2,027	2,306*
Blok	2	1,162	1,322
Hata	48	0,879	-
Toplam	60	-	-

P<0,05 önemli (*)

Farklı firmalardan temin edilen ısıtılmış sucuk örneklerinin NDMA değerlerine ait ortalamaların Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları ($\mu\text{g/kg}$) Çizelge 4.18'de gösterilmiştir. Isıtılmış sucuk örneklerinde belirlenen en düşük ortalama NDMA değeri $1,71\pm 0,64 \mu\text{g/kg}$ ile C firmasında belirlenmiştir. Ancak bu ortalama değer sadece H ve I firmalarından istatistiki olarak farklılık göstermiştir. En yüksek değer ise $3,57\pm 0,57 \mu\text{g/kg}$ ile I firmasında belirlenmiş ve bu değer C, E, F ve J firmalarına ait ortalama değerlerden istatistiki olarak farklı bulunmuştur (Çizelge 4.18).

NDMA, NPYR ile birlikte nitritle kür edilen et ürünlerinde en sıklıkla bulunan nitrozaminlerdir (Jıra 2004). Herrmann *et al.* (2015b) Danimarka orjinli chorizo, salami ve pepperoni gibi fermente sosislerde maksimum NDMA değerini $4,0 \mu\text{g/kg}$, ortalama değeri ise $1,6 \mu\text{g/kg}$ olarak saptamışlardır. Belçika orjinli chorizo, salami ve pepperoni ürünlerinde ise maksimum değer $7,2 \mu\text{g/kg}$, ortalama değerin ise $2,6 \mu\text{g/kg}$ olduğunu bildirmişlerdir. Katkı maddesi ve ısıtılmanın ham örneklerinin nitrozamin içeriklerine etkilerinin araştırıldığı bir çalışmada NDMA değerinin $2,75-18,56 \mu\text{g/kg}$ arasında değiştiği tespit edilmiştir (Rywotycki 2002). Diğer bir çalışmada ise farklı çiğ ve pişirilmiş etlerde NDMA değerlerinin sırasıyla $1,68-12,00 \mu\text{g/kg}$ ve $2,10-16,67 \mu\text{g/kg}$ arasında değiştiği bildirilmiştir (Rywotycki 2007).

Isıtılmış sucukta farklı parametrelerin nitrozamin oluşumuna etkilerinin incelendiği bir çalışmada, nitrit kullanılmayan ve üretimden sonra herhangi bir pişirme işlemi gerçekleştirilmeyen ürünlerin önemli bir kısmında NDMA değerinin

belirlenmediğini, NPIP ve NPYR'ye göre ısıtılma işleminin NDMA miktarı üzerinde daha sınırlı bir etkiye sahip olduğu rapor edilmiştir. Ayrıca 100ppm veya daha fazla nitrit seviyesinin NDMA miktarı üzerinde daha etkili olduğu rapor edilmiştir (Kaya vd 2018).

Sucuk üzerinde yürütülen bir araştırmada ise en düşük NDMA değeri üretim sonrası ısıtılma işlemi uygulanmayan (çiğ sucukta) örneklerde, en yüksek değer ise 5 dk süre ile pişirilmiş sucuklarda saptanmıştır. Ayrıca ısıtılma işlemi görmüş sucuktan farklı olarak pişirme işleminin sucukta NDMA üzerinde daha fazla etkili olduğu bildirilmiştir (Sallan 2018). Bu sonuçlara göre üretim prosesi NDMA oluşumu açısından önemli bir faktör olarak ortaya çıkmaktadır.

Özel *et al.* (2010) tarafından yapılan araştırmada ise altı sucuk örneğinde maksimum NDMA değeri 0,78 µg/kg olarak tespit edilmiştir. Bir örnekte NDMA belirlenemezken diğer 4 örnekte NDMA değeri 0,11 ile 0,30 µg/kg arasında değişmiştir. Buna karşın sosis, salam ve döner kebapta ise maksimum değer olarak sırasıyla 1,2, 0,3 ve 1,1 µg/kg belirlenmiştir. Pirinççi vd (1986) tarafından sucuk üzerinde yapılan araştırmada ise mevcut bu araştırmadan ve sucuk ile ısıtılma işlemi görmüş sucuk üzerinde yürütülen araştırmalardan (Özel *et al.* 2010; Kaya vd 2018; Sallan 2018) oldukça farklı sonuçlar elde edilmiş ve NDMA içeriğinin 5,1 ile 370 ppb arasında değiştiği rapor edilmiştir. Sallan (2018) tarafından sucukta yapılan araştırmada 5 dakikalık ısıtılma işlemi sonucunda elde edilen en yüksek NDMA değerinin $24,65 \pm 10,58 \mu\text{g}/\text{kg}$ olduğu bildirilmiştir. Aynı araştırmacı NDMA değerini çiğ örneklerde $1,41 \pm 1,20 \mu\text{g}/\text{kg}$ olarak tespit etmiştir. Mevcut bu araştırma sonuçlarına benzer olarak Ata (2010) tarafından yapılan araştırmada çiğ sucuk örneklerinde NDMA içeriği $2,21 \pm 0,82 \text{ ng}/\text{g}$ olarak belirlenmiştir. Aynı araştırmada pişirme ile toplam nitrozamin içeriğinin $13,97 \text{ ng}/\text{g}$ 'dan $44,98 \text{ ng}/\text{g}$ 'a arttığı da rapor edilmiştir (Ata 2010).

Literatürde NDMA ile ilgili olarak oldukça farklı sonuçlar söz konusudur. Stuff *et al.* (2009) sosislerde NDMA içeriğinin $10,9 \mu\text{g}/100 \text{ g}$ 'a çıkabildiğini rapor etmiş ve ayrıca yüksek miktarda uçucu nitrozamin içeren ürünler içerisinde fermente ve emülsifiye et ürünlerinde yer aldığını bildirmişlerdir.

Çizelge 4.18. Farklı firmalardan temin edilen ısıtılmış sucuk örneklerinin NDMA değerlerine ait ortalamaların Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları ($\mu\text{g}/\text{kg}$)

Firma	NDMA ($\mu\text{g}/\text{kg}$)
A	2,74±1,53abc
B	2,46±1,29abc
C	1,71±0,64c
D	2,68±0,96abc
E	2,27±0,64bc
F	2,23±0,64bc
G	2,46±0,90abc
H	3,24±1,08ab
I	3,57±0,57a
J	1,79±0,65c

4.1.6.b. N-Nitrozoprolidin (NPYR)

Farklı firmalardan temin edilen ısıtılmış sucuk örneklerine ait NPYR değerleri Çizelge 4.19'da gösterilmiştir. Isıtılmış sucuk örneklerinde NPYR değerleri 0,57 ile 8,81 $\mu\text{g}/\text{kg}$ arasında değişmiştir. NPYR kür edilmiş et ürünlerinde rastlanan diğer önemli bir nitrozamindir. Bu nitrozaminin oluşumunda prolin ve prolidin önemli prekürsörlerdir (Drabik-Markiewicz *et al.* 2010).

Çizelge 4.19. Farklı firmalardan temin edilen ısıtılmış sucuk örneklerine ait NPYR değerleri ($\mu\text{g}/\text{kg}$)

Firma	Blok		
	1	2	3
A	3,41	1,34	3,16
	4,27	1,42	2,72
B	7,24	8,81	6,69
	6,61	7,30	7,06

Çizelge 4.19. (devam)

C	0,57	1,54	0,95
	2,07	1,76	2,98
D	2,99	2,09	2,18
	4,41	3,87	5,01
E	2,58	2,00	4,67
	4,23	2,13	3,94
F	1,89	1,58	2,00
	2,77	3,70	1,58
G	1,80	2,97	2,16
	4,72	5,52	5,33
H	2,60	3,26	3,53
	2,09	1,81	3,68
I	2,87	3,13	4,84
	6,53	7,49	5,94
J	1,07	1,78	2,21
	2,71	0,88	3,60

Çizelge 4.20.'de farklı firmalardan temin edilen ısıtma işlem görmüş sucukların NPYR değerlerine ait varyans analiz sonuçlarından da görüleceği üzere firma faktörü NPYR üzerinde $P < 0,01$ düzeyinde çok önemli etki göstermiştir. Buna karşın blok önemsiz bulunmuştur ($P > 0,05$).

Çizelge 4.20. Farklı firmalardan temin edilen ısıtma işlem görmüş sucukların NPYR değerlerine ait varyans analiz sonuçları

Varyans kaynağı	SD	KO	F
Firma	9	16,839	11,972**
Blok	2	1,271	0,904
Hata	48	1,406	-
Toplam	60	-	-

$P < 0,01$ çok önemli (**)

Farklı firmalardan temin edilen ısıtılmış sucuk örneklerinin NPYR miktarlarına ait ortalamaların Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları Çizelge 4.21’de verilmiştir. Buna göre en düşük ortalama NPYR değeri C firmasına ait olup bu değer A, F, H ve J firmalarında belirlenen ortalama değerlerden istatistiki olarak farklılık göstermemiştir. En yüksek ortalama değer $7,29 \pm 0,80$ $\mu\text{g}/\text{kg}$ olarak B firmasında belirlenmiştir.

Isıtılmış sucuk üzerinde yapılan bir araştırmada ise üretimden sonra pişirme işlemi uygulanmayan örneklerde NPYR değeri $3,10-15,71$ $\mu\text{g}/\text{kg}$ arasında değişmiş ve 7 dk’lık pişirme sonucunda ise $21,32$ $\mu\text{g}/\text{kg}$ kadar artmıştır. Aynı araştırmada sodyum askorbat kullanımının NPYR değerini düşürdüğü, nitrit seviyesinin önemli bir etkisinin olmadığı buna karşın pişirme derecesi faktörünün ise NPYR oluşumunda çok önemli etkisinin olduğu rapor edilmiştir (Kaya vd 2018).

Isıtılmış sucuğa göre daha düşük su aktivitesine sahip olan sucuk üzerinde yürütülen bir araştırmada ise pişirme işleminin NPYR oluşumunda önemli bir faktör olduğu ancak 1 dakika ile 5 dakikalık pişirme süreleri arasında önemli bir farklılığın olmadığı, 1 dakikalık pişirmenin dahi bu bileşiğin miktarında önemli bir artışa neden olduğu ve ayrıca karabiber seviyesinin NPYR oluşumunda etkili olmadığı rapor edilmiştir (Sallan 2018). Özel *et al.* (2010) tarafından yapılan araştırmada ise sucuk örneklerinde NPYR içeriğinin $0,11$ ile $1,36$ $\mu\text{g}/\text{kg}$ arasında değiştiği, döner kebapta ise $7,7$ $\mu\text{g}/\text{kg}$ gibi yüksek bir değerin belirlendiği bildirilmiştir. Pirinççi vd (1986) ise farklı illerden temin edilen 21 sucuk örneği üzerinde yaptıkları çalışmada mevcut bu araştırma sonuçlarından oldukça farklı olarak örneklerin NPYR içeriğinin $6,5$ -200 ppb arasında değiştiğini rapor etmiştir. Piyasadan temin edilen sucuk örneklerinde yapılan bir çalışmada ise NPYR içeriği $3,84 \pm 0,88$ ng/g olarak tespit edilmiştir ki bu sonuçlar mevcut araştırma sonuçları ile uyumluluk göstermektedir (Ata 2010).

Mevcut bu araştırmada elde edilen NPYR sonuçları, Kaya vd (2018) tarafından ısıtılmış sucuklarda belirlenen NPYR değerlerine benzerlik gösterirken, Sallan (2018) tarafından sucukta belirlenen değerlerden daha düşük bulunmuştur.

Çizelge 4.21. Farklı firmalardan temin edilen ısıtılmış sucuk örneklerinin NPYR miktarlarına ait ortalamaların Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları

Firma	NPYR ($\mu\text{g}/\text{kg}$)
A	2,72 \pm 1,15cde
B	7,29 \pm 0,80a
C	1,65 \pm 0,85e
D	3,43 \pm 1,20cd
E	3,26 \pm 1,16cd
F	2,25 \pm 0,83cde
G	3,75 \pm 1,64c
H	2,83 \pm 0,78cde
I	5,13 \pm 1,86b
J	2,04 \pm 1,03de

4.1.6.c. N- Nitrozopiperidin (NPIP)

Farklı firmalardan temin edilen ısıtılmış sucuk örneklerine ait NPIP değerleri ($\mu\text{g}/\text{kg}$) Çizelge 4.22’de verilmiştir. Çizelgeden de görüldüğü üzere örneklerde 1,63 ile 20,62 $\mu\text{g}/\text{kg}$ arasında değişen değerler belirlenmiştir.

Çizelge 4.22. Farklı firmalardan temin edilen ısıtılmış sucuk örneklerine ait NPIP değerleri ($\mu\text{g}/\text{kg}$)

Firma	Blok		
	1	2	3
A	4,31	10,00	5,53
	2,37	7,27	1,63
B	5,69	6,33	5,89
	8,00	9,06	7,13
C	11,30	10,21	13,05
	8,15	8,20	7,46

Çizelge 4.22. (devam)

D	7,74	10,44	8,25
	9,42	7,80	7,50
E	7,62	9,69	8,87
	5,14	10,90	15,85
F	13,55	13,41	20,59
	16,44	20,62	13,80
G	10,00	6,92	7,80
	11,60	13,64	10,71
H	6,85	7,34	9,00
	12,83	11,78	10,33
I	8,04	5,45	7,92
	7,94	11,72	10,80
J	12,31	7,31	8,27
	17,74	7,39	6,19

Çizelge 4.23’de farklı firmalardan temin edilen ısıtma işlem görmüş sucukların NPIP değerlerine ait varyans analiz sonuçları verilmiştir. Araştırmada tespit edilen diğer bir nitrozamin olan NPYR’de olduğu gibi firma faktörü NPIP üzerinde $P < 0,01$ düzeyinde çok önemli etki gösterirken, blok önemsiz bulunmuştur ($P > 0,05$).

Çizelge 4.23. Farklı firmalardan temin edilen ısıtma işlem görmüş sucuk örneklerinin NPIP değerlerine ait varyans analiz sonuçları

Varyans kaynağı	SD	KO	F
Grup	9	49,818	6,108**
Blok	2	1,257	0,154
Hata	48	8,156	-
Toplam	60	-	-

$P < 0,01$ çok önemli (**)

Çizelge 4.24'de verilen farklı firmalardan temin edilen ısıtılmış sucuk örneklerinin NPIP değerlerine ait ortalamaların Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçlarından da görüleceği üzere en düşük ortalama değer $5,19 \pm 3,13 \mu\text{g/kg}$ ile A firmasında tespit edilmiş ancak bu değer B, D ve I firmalarında belirlenen değerden istatistiksel olarak farklılık göstermemiştir. Diğer taraftan en yüksek ortalama değer F firmasında $16,40 \pm 3,44 \mu\text{g/kg}$ tespit edilmiş olup bu değer diğer firmalara ait ortalama NPIP değerlerinden istatistiksel olarak farklılık göstermiştir.

Piyasadan temin edilen sucuk örneklerinde yapılan bir araştırmada mevcut bu araştırmadan daha düşük NPIP değerleri ($3,07 \text{ ng/g}$) belirlenmiştir (Ata 2010). Pirinçci vd (1986) tarafından yapılan araştırmada ise NPIP değerleri 1,4 ile 125 ppb arasında değişiklik göstermiştir.

Isıtılmış sucuk üzerinde yürütülen bir çalışmada, nitrit seviyesi ve pişirme süresi arttıkça NPIP seviyesinin arttığı rapor edilmiştir. Ayrıca çığ örneklerde (son üründe) $1,54 \pm 0,51 \mu\text{g/kg}$ olan ortalama NPIP değerinin 7 dakikalık pişirme sonucunda $251,12 \pm 90,81 \mu\text{g/kg}$ çıktığı bildirilmiştir (Kaya vd 2018). Diğer taraftan piperin ve piperidin içeren karabiberin formülasyondaki oranı arttıkça NPIP seviyesinin arttığı belirtilmektedir. Herrmann *et al.* (2015b) fermente sosiste karabiber oranının $1,25 \text{ g/kg}$ 'dan $5,0 \text{ g/kg}$ 'a çıkarılması durumunda NPIP içeriğinin $0,1 \mu\text{g/kg}$ 'dan $0,4 \mu\text{g/kg}$ 'a arttığı bildirmişlerdir. Diğer bir araştırmada da karabiberin NPIP oluşumunda iyi bir kaynak olabileceği vurgulanmıştır (Yurchenko and Mölder 2007). De Mey *et al.* (2014) ise fermente bir sosis çeşidi olan pepper salamide total nitrozaminlerin önemli bir kısmını NPIP'in oluşturduğunu belirtmişlerdir. Sucuk üzerinde Sallan (2018) tarafından yapılan araştırmada ise sucuk formülasyonuna ilave edilen karabiber seviyesinin 5 g/kg 'dan 10 veya 15 g/kg 'a çıkarılması durumunda karabiber seviyesine bağlı olarak NPIP içeriğinin azaldığını bildirmiştir. Ayrıca araştırmacı yüksek seviyelerde karabiberde bulunan antioksidan bileşiklerin nitrozamin oluşumunda inhibitör etki göstererek NPIP oluşumunu engellediğini ileri sürmüştür. Aynı araştırmada ısıtılmış sucuk süresi (pişirme derecesi) arttıkça NPIP oluşumunun arttığı da rapor edilmiştir. Herrmann *et al.*

(2015a,b) ise ısıtıl işlem uygulamasının NPIP içeriği üzerinde önemli etkisinin olduğunu rapor etmiştir.

Çizelge 4.24. Farklı firmalardan temin edilen ısıtıl işlem görmüş sucuk örneklerinin NPIP değerlerine ait ortalamaların Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları($\mu\text{g}/\text{kg}$)

Firma	NPIP($\mu\text{g}/\text{kg}$)
A	5,19 \pm 3,13c
B	7,02 \pm 1,32bc
C	9,73 \pm 2,18b
D	8,53 \pm 1,16bc
E	9,68 \pm 3,61b
F	16,40 \pm 3,44a
G	10,11 \pm 2,47b
H	9,69 \pm 2,40b
I	8,65 \pm 2,27bc
J	9,87 \pm 4,40b

5. SONUÇ

Araştırmada Türkiye piyasasında önemli bir yere sahip olan 10 et firması seçilmiş ve bu firmalardan üç farklı zaman diliminde farklı partilerinden ısıtılmış sucuk örnekleri alınarak nitrozamin ile fiziko-kimyasal analizlere tabi tutulmuştur. Analizler neticesinde elde edilen sonuçlardan aşağıda belirtilen genel sonuç ve önerilere ulaşılmıştır.

Isıtılmış sucuk örneklerinde ortalama a_w değerleri 0,913 ile 0,940 arasında değişmiştir. Bu değerler ısıtılmış sucuk için verilen 0,90 ile 0,95 aralığında yer almaktadır. Bu tip ürünlerde a_w değerinin 0,90 ve üzerinde olması nedeni ile su aktivitesinin tek başına önemli bir engel etken olarak değerlendirilmesi mümkün olmamaktadır. Isıtılmış sucuk bu a_w değerleri nedeni ile yarı-kuru sosis grubunda değerlendirilmektedir. Isıtılmış sucuk, kısa süreli bir fermentasyon, orta dereceli bir ısıtım ve kurutma olmak üzere üç ana aşamada üretilmektedir. Su aktivitesinin düşürülmesi açısından kurutma aşaması oldukça önem arz etmektedir. Sonuçlardan da görüleceği üzere bu aşama bazı işletmelerde kısa tutulduğundan su aktivitesi 0,94'lerde kalmaktadır.

Araştırmada iki firma (A ve G) hariç diğer firmalarda örneklerin ortalama pH değeri 5,00'in altında bulunmuştur. Bu değer ürün güvenliği açısından iyi bir engel etken olarak değerlendirilmiştir. A ve G firmalarında ise ortalama pH değeri sırası ile 5,47 ve 5,24 olarak saptanmıştır. Bu değerler ise ürünün kuruması açısından 5,00'in altındaki değerlere göre daha avantajlıdır. Bu tip ürünlerde üretici firmaların pH ve a_w 'ni birlikte dikkate alarak ürün güvenliğini değerlendirmelerinin yararlı olacağı düşünülmektedir.

Et ve et ürünlerinde bir kalite kriteri olarak değerlendirilen TBARS değeri açısından da örnekler incelenmiş ve örneklerin TBARS değerinin 11,38-20,03 $\mu\text{mol MDA/kg}$ arasında değiştiği tespit edilmiştir. Fermente et ürünlerinde TBARS değeri pek çok faktörden etkilenmektedir. Taze ette 1 mg MDA/kg'ı geçmemesi istenen bu değer,

fermente ürünlerde daha yüksek seviyelere ulaşabilmektedir. Mevcut bu çalışmada belirlenen TBARS değerlerindeki farklılıklarda üretim sırasında kullanılan yağ çeşidi ve oranı ile starter kültürlerin yanı sıra ısıl işlem normlarının etkili olduğu düşünülmektedir. Isıl işlem görmüş sucuk üretiminde ısıl işlem prosesinin TBARS değerini artırdığı da bildirilmiştir.

Türk Gıda Kodeksi Gıda Katkı Maddeleri Yönetmeliği ısıl işlem görmüş sucukta 150 ppm'e kadar nitrit kullanımına müsaade etmektedir. Firmalara ait örneklerde kalıntı nitrit miktarı 10 ppm'in altında bulunmuş ve bu değer diğer çalışmalara da uygunluk göstermektedir.

Fermente kuru sosislerde, fermente yarı-kuru sosislere göre daha yoğun bir proteoliz söz konusudur. Isıl işlem görmüş sucukta da belirlenen NPN-M değerleri 2,34 ile 4,20 g/100g arasında değişmiştir. Proteolizinin bir göstergesi olan NPN-M değeri olgunlaşma hakkında da bilgi vermektedir. Proses süresi ilerledikçe kuruma nedeni ile de NPN-M değeri artış gösterebilmektedir.

Isıl işlem görmüş sucuk örneklerinde NDMA, NPYR ve NPIP olmak üzere üç farklı nitrozamin belirlenmiştir. Kür edilmiş et ürünlerinde en sık rastlanan uçucu nitrozaminlerden biri olan NDMA, ısıl işlem görmüş sucuk örneklerinde firma bazında 1,71 ile 3,57 µg/kg arasında değişen değerler vermiştir. Fermente kuru ve yarı kuru sosislere NDMA ile ilgili olarak çok farklı sonuçlar söz konusudur. Bu durumun farklı hammadde kullanılmasının yanı sıra üretim proseslerinden de kaynaklandığı düşünülmektedir. Bununla birlikte diğer bir fermente sosis çeşidi olan sucukta bu araştırmada elde edilen sonuçlardan çok daha yüksek değerlerde mevcuttur.

NPYR kür edilmiş et ürünlerinde rastlanan diğer önemli bir nitrozamindir. En yüksek ortalama NPYR içeriği 7,29 µg/kg olarak B firmasında saptanmıştır. Bu bileşiğin oluşumunda ısıl işlemin çok önemli etkisinin olduğu belirtilmektedir. Bununla birlikte çığ örneklerde mevcut bu araştırmadan daha yüksek NPYR içerikleri de bulunmaktadır.

NPIP açısından en yüksek ortalama değer F firmasında 16,40 µg/kg olarak belirlenmiştir. NPIP oluşumunda formülasyonda yer alan karabiber önemli bir faktör olarak ön plana çıkmaktadır. Bazı araştırmalarda bu sonucu teyit etmektedir. Ayrıca bu nitrozaminin oluşumunda ısıt işlemler de önemli bir faktör olarak görülmektedir.

Sonuç olarak ; ısıt işlemler görmüş sucukta a_w değerinin 0,90 ile 0,94 arasında değiştiği ve bu nedenden dolayı pH'nın daha önemli bir engel etken olduğu, kalıntı nitrit seviyesinin 10 ppm'in altında değerler verdiği, oksidasyonun göstergesi olan TBARS değerinin firmalar arasında farklılık gösterdiği, aynı durumun proteolizinin göstergesi olan NPN-M değeri açısından da söz konusu olduğu, uçucu nitrozaminlerden NDMA, NPYR ve NPIP içeriklerinin genellikle fermente kuru ve yarı kuru soslerde belirlenen değerlere benzerlik gösterdiği belirlenmiştir.

KAYNAKLAR

- Anar, Ş., Soyutemiz, E., Temelli, S. Çetinkaya, F., 2000, Doğal koşullarda üretilen ve ısıtıl işlem uygulanan sucuklarda starter kültürlerin kullanım olanakları. Uludağ Üniversitesi, Veterinerlik Fakültesi Dergisi, 19, 1-2, 51-57.
- Anonim, 2008. Beslenme modülleri, eğitimciler için eğitim rehberi. T.C. Sağlık Bakanlığı, Sağlık Eğitimi Genel Müdürlüğü, Ankara.
- Anonim, 2012. Türk Gıda Kodeksi Et ve Et Ürünleri Tebliği. Tebliğ No: 2012/74. Sayı: 28488. Ankara.
- Anonymous, 1989. Untersuchung von Lebensmitteln. Bestimmung des Gehaltes an Nichtprotein-Sickstoffsstanz in Fleischerzeugnissen. 07.00-41.Amtliche Sammlung von Untersuchungsverfahren nach , 35 LMBG.
- Ata, Ş., 2010. Biyolojik, gıda ve çevre örneklerindeki nitrit, nitrat, sekonder amin ve nitrozaminler. Zonguldak Karaelmas Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, Zonguldak.
- Aydın, K., 2017. Kuyruk yağı kullanımının ısıtıl işlem görmüş sucuğun yağ asidi kompozisyonu ve diğer bazı özelliklerine etkileri. Atatürk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Erzurum.
- Bayraktar, F. 2017. Isıtıl işlem görmüş sucuk üretiminde potasyum klorür kullanımının ürün özelliklerine etkileri. Atatürk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Erzurum.
- Belitz, H.D., Grosch, W., Schieberle, P. 2001. Lehrbuch der Lebensmittelchemie.5., vollst. überarb. Aufl., Springer-Verlag Berlin Heidelberg.
- Berdague, J.L., Monteil, P., Montel, M.C., Talon, R. 1993. Effects of starter cultures on the formation of flavour compounds in dry sausage. Meat Science, 35,3, 275-287.
- Biesalski, H.K., 2005. Meat as a component of a healthy diet – are there any risks or benefits if meat is avoided in the diet?. Meat Science, 70, 509–524.
- Bigolin, J., Inês Weber, C., Alfaro, A. T., 2013. Lipid oxidation in mechanically deboned chicken meat. Food and Nutrition Sciences, 4,8A, 219-223.
- Byun, M-W., Ahn, H-J., Kim, J-H., Lee, J-W., Yook, H-S., Han, S-B., 2004. Determination of volatile N-nitrosamines in irradiated fermented sausage by gas chromatography coupled to a thermal energy analyzer. Journal of Chromatography A, 1054, 403-407.
- Campbell-Plantt, G. 1995. Fermented meats-a world perspective. pp.39-51. In: Fermented Meats, Eds. G. Campbell-Platt and P. E. Cook, Blackie Academic and Professional, Glasgow.
- Caplice, E. and Fitzgerald, G. F., 1999. Food fermentations: Role of microorganisms in foodproduction and preservation. International Journal of Food Microbiology, 50, 131-149.
- Coşkuner, Ö. 2008. The effect of processing method and storage time on constituents of Turkish sausages (sucuk). Journal of Food Processing and Preservation, 34,125-135.

- Çakır, M.İ., Kaya, M., Kaban, G. 2013. Effect of heat treatment on the volatile compound profile and other qualitative properties of sucuk. *Fleischwirtschaft International*, 28,5, 69-74.
- De Mey E., De Maere H., Dewulf, L., Paelinck, H., Sajewicz, M., Fraeye, I., Kowolska, T. 2014. Assessment of the N-nitrosopiperidine formation risk from piperine and piperidine contained in spices used as meat product additives. *European Food Research Technology*, 238, 477–484.
- De Mey, E., De Maere, H., Paelinck, H., 2017. Volatile N-nitrosamines in meat products: Potential precursors, influence of processing and mitigation strategies. *Critical Reviews in Food Science And Nutrition*, 57, 13, 2909-2923.
- Değirmencioğlu, A., Arslan, M., Gökgözoğlu, İ., Tavşanlı, H., 2006. Klasik tip ve ısıtma işlem uygulanarak olgunlaştırılan sucukların özelliklerindeki değişimlerin belirlenmesi üzerine bir araştırma. *Türkiye 9. Gıda Kongresi*, 24-26 Mayıs 2006, Bolu.
- Drabik-Markiewicz G., Dejaegher B., De Mey E., Impens S., Kowalska T., Paelinck H., Vander Heyden Y., 2010. Evaluation of the influence of proline, hydroxyproline or pyrrolidine in the presence of sodium nitrite on N-nitrosamine formation when heating cured meat. *Analytica Chimica Acta*, 657, 123-130.
- Drabik-Markiewicz G., Maagdenberg, K.V., De Mey, E., Deprez, S., Kowalska, T. 2009. Role of proline and hydroxyproline in N-nitrosamine formation during heating in cured meat. *Meat Science*, 81, 479-486.
- Ercoskun, H., Tağı, Ş. and Ertaş, A.H., 2010. The effect of different fermentation intervals on the quality characteristics of heat-treated and traditional sucuks. *Meat Science*, 85, 174-181.
- Ertaş, A.H., Göğüş, A.K., 1980. Değişik oranlarda kuyruk yağı ve farklı starter kullanılmış olan sucuklar üzerine araştırmalar. *Doğa Veterinerlik ve Hayvancılık Dergisi*, 4 (3), 48-53.
- Filiz, N. 1996. Yüksek ısı uygulaması ile üretilen "Türk sucuklarında" starter kültür kullanımı üzerine araştırmalar. *Uludağ Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi*, Bursa.
- Gerrard, D.E., Grant, A.L., 2003. Tissue structure and organization (chapter 2), pp.40. In: *Principles of animal growth and development*. Kendall/Hunt Publishing Company, USA.
- Gloria, M.B.,A., Barbour, J., F., Scanlan, R.,A. 1997. Volatile nitrosamines in fried bacon. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 45, 5, 1816-1818.
- Gökalp, H.Y., 1983. Et ürünlerinde nitrat, nitrit kullanımı ve nitrit zehirlenmesi. *Gıda Dergisi*, 8, 5, 239-243.
- Gökalp, H.Y., 1984. N-Nitroso bileşikleri, kanserojenik etkileri, çeşitli gıdaların N-nitrosamin içerikleri ve çeşitli kaynaklardan bünyeye alınan N-nitrosamin miktarları. *Gıda Dergisi*, 9, 6, 317-324.
- Gökalp, H.Y., 1985. Et ürünlerine katılan nitrat, nitrit miktarının azaltılması, N-nitrosamin oluşum reaksiyonlarının engellenmesi ve gıdalarda N-nitrosaminlerin saptanması. *Gıda Dergisi*, 10, 3, 161-167.
- Gökalp, H.Y., Kaya, M., Zorba, O., 2014. Et ürünleri işleme mühendisliği. Atatürk Üniversitesi yayın no:786, Ziraat Fakültesi yayın no: 320, Ders kitapları serisi No:70, Atatürk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Erzurum.
- Hammes, W.P., 2012. Metabolism of nitrate in fermented meats: The characteristic

- feature of a spesific group of fermented foods. *Food Microbiology*, 29, 151-156.
- Herrmann S S., Granby K., Duedahl-Olesen L. 2015a. Formation and mitigation of N-nitrosamines in nitrite preserved cooked sausages. *Food Chemistry*, 174, 516-526.
- Herrmann S.S., Duedahl-Olesen L., Granby, K., 2015b. Occurance of volatile and non-volatile N-nitrosamines in processed meat products and role of heat treatment. *Food Control*, 48, 163-169.
- Honikel, K.O., 2008. The use and control of nitrate and nitrite for the processing of meat products. *Meat Science*, 78, 68-76.
- 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, 334-339.
- IARC, 1978. Some N-nitroso compounds. IARC monographs on the evaluation of the carcinogenic risk of chemicals to humans (Vol.17). Lyon, France.
- Jira, W., 2004. Chemische vorgange beim pökeln und rauchern. *Mitteilungsblatt der Bundesanstalt für Fleischforschung*. 43, 163, 27-38.
- Kaban, G. and Bayrak, D., 2015. The effects of using Turkey meat on qualitative properties of heat-treated sucuk. *Czech Journal of Food Science*, 33, 4, 377-383.
- Kaban, G. and Kaya, M., 2006. Effect of starter culture on growth of *Staphylococcus aureus* in Sucuk. *Food Control*, 17, 10, 797-801.
- Kaban, G., 2013. Sucuk ve pastırma: Microbiological changes and formation of volatile compounds. *Meat Science*, 95, 912-918.
- Karaağaoğlu, N., Samur, G.E., 2015. Anne ve çocuk beslenmesi, Pegem Akademi Yayınları, 3. Baskı, Ankara.
- Kaya, M., Kaban, G., 2010. Et ürünleri teknolojisi I. Et ve et ürünlerinde kalite kontrolü (2.Ünite). *Anadolu Üniversitesi Yayınları*, Yayın No:2080. Editör: M. Kıvanç. Anadolu Üniversitesi, Eskişehir.
- Kaya, M., Kaban, G., 2016. Fermente et ürünleri. *Gıda Biyoteknolojisi*, Editör: Necla Aran, ss: 157-190, Nobel Yayıncılık, İstanbul.
- Kaya, M., Sallan, S., Kaban, G., Şişik Oğraş, Ş., Çelik, M., 2018. Farklı nitrit ve sodyum askorbat seviyeleri kullanılarak üretilen ısıl işlem görmüş sucuklarda nitrozamin oluşumuna kızartma işleminin etkisi. TÜBİTAK proje sonuç raporu (Proje No: 215 O 277).
- Krause, B.L., Sebranek, J.K, Rust, R.E., Mendonca, A., 2011. Incubation of curing brines for the production of ready-to-eat, uncured, no-nitrite-or-nitrate-added, ground, cooked and sliced ham. *Meat Science*, 89, 507-513.
- Kurt, Ş., 2006. Sucuğun bazı özellikleri ve biyojen amin oluşumu üzerinde fermentasyon süresi, nitrit seviyesi ve ısıl işlem sıcaklığı etkisi. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi*, Van.
- Leistner, L., 1979. What are likely to be the effects on meat products of results so for on the nitrate/nitrite/nitrosamine problem? *Fleischwirtschaft*, 59, (11), 1415-1427.
- Lemon, DW., 1975. An improved TBA test for rancidity new series circular. No:51, Halifax laboratory, Halifax, Nova Scotia.
- Li, L., Shao, J., Zhu, X., Zhou, G., Xu, X., 2013. Effect of plant polyphenols and ascorbic acid on lipid oxidation, residual nitrite and N-nitrosamines formation in dry-cured sausage. *International Journal of Food Science and Technology*, 48, 1157-1164.

- Li, L., Wang, P., Xu, X., Zhou, G., 2012. Influence of various cooking methods on the concentrations of volatile n-nitrosamines and biogenic amines in dry-cured sausages. *Journal of Food Science*, 77, 5, C560-C565.
- Lücke, K.F., 2000. Utilization of microbes to process and preserve meat. *Meat Science*, 56, 105-115.
- Min, B., R., Nam, K.C., Cordray, J.C., Ahn, D.U., 2008. Factors affecting oxidative stability of pork, beef and chicken meat. *Animal Industry Report*, AS 654, ASL R2257.
- Mohamed, H. M., Mansour, H. A., 2012. Incorporating essential oils of marjoram and rosemary in the formulation of beef patties manufactured with mechanically deboned poultry meat to improve the lipid stability and sensory attributes. *LWT-Food Science and Technology*, 45, 79–87.
- Özdemir, M., Batu, B., Gökalp, H.Y., 1984. Nitrate, nitrite and N-nitrosamine contents of Turkish soudjouks. *Fleischwirtschaft*, 64, (12), 1497-1499.
- Özel, M. Z., Gogus, F., Yagci, S., Hamilton, J.F., Lewis, A.C., 2010. Determination of volatile nitrosamines in various meat products using comprehensive gas chromatography–nitrogen chemiluminescence detection. *Food and Chemical Toxicology*, 48, 3268-3273.
- Parthasarathy D.K., Bryan N.S., 2012. Sodium nitrite: The “cure” for nitric oxide insufficiency. *Meat Science*, 92, 274–279.
- Pourazrang, H., Moazzami, A.A., Fazly Bazzaz, B.S., 2002. Inhibition of mutagenic N-nitroso compound formation in sausage samples by using L-ascorbic acid and α -tocopherol. *Meat Science*, 62, 479–483.
- Prinçci, İ., Acet, H.A., Batu, B., 1986. Sucuklarda N-nitrozamin bileşiklerinin gaz kromatografik yöntemle tayin edilmesi. *Selçuk Üniversitesi, Veterinerlik Fakültesi Dergisi*, 2, 1, 75-89.
- Rywotycki R., 2007. The effect of baking of various kinds of raw meat from different animal species and meat with functional additives on nitrosamine contamination level. *Food Chemistry*, 101, 540-548.
- Rywotycki, R., 2002. The effect of selected additives and heat treatment on nitrosamine content in pasteurized pork ham. *Meat Science*, 60, 335-339.
- Sallan, S., 2018. Fermente sucukta nitrozamin oluşumuna karabiber seviyesi, sodyum askorbat kullanımı ve pişirme derecesinin etkileri. *Atatürk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, Erzurum*.
- Sancak Y. C., Ekici K., İşleyici Ö., 2008. Fermente Türk sucuğu ve pastırmalarda kalıntı nitrat ve nitrit düzeyleri. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Veteriner Fakültesi Dergisi*, 19, 1, 41-45.
- 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.
- Sindelar, J.J., Milkowski, A.L., 2012. Human safety controversies surrounding nitrate and nitrite in the diet. *Nitric Oxide*, 26, 259–266.
- Soyutemiz, E., Çetinkaya, F., Anar, Ş., 2001. Yerli sucuklarımızda olgunlaşmanın ve pastörizasyon işlemi uygulamanın *Listeria monocytogenes* üzerine etkisi. *İstanbul Üniversitesi, Veteriner Fakültesi Dergisi*, 27, (1), 99-113.
- Soyutemiz, E., Oruç, H.H., Ceylan, S., Çetinkaya, F., 2004. Farklı teknolojilerle üretilen yerli sucukların üretim aşamalarında nitrat ve nitrit miktarlarında meydana gelen değişiklikler. *Gıda*, 29, (1), 73-78.

- Soyutemiz, G.E., Özenir, A., 1996. Bursa'da tüketilen sucuk, salam, sosis ve pastırmalardaki kalıntı nitrat ve nitrit miktarlarının saptanması. *Gıda*, 21, (6), 471-476.
- Stuff, J. E., Goh, E. T., Barrera, S. L., Bondy, M. L., Forman, M. R., 2009. Construction of an N-nitroso database for assessing dietary intake. *Journal of Food Composition and Analysis* 22(Supplement 1), S42-S47.
- Tauchmann, F., 1987. Methoden der chemischen analytik von fleisch und fleischwaren. Bundesanstalt für Fleischforschung, Kulmbach, 80.
- Tayar, M., 1994. Türk sucuğuna uygulanan ısıl işlemlerin kaliteye etkisi. *Gıda*, 19, (1), 17-21.
- Toptancı, İ., 2007. Sucuğun renk ve tekstürüne farklı ısıl işlem sıcaklıklarının etkisi. Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Ankara.
- Vural, H., 2003. Effect of replacing beef fat and tail fat with interesterified plant oil on quality characteristics of Turkish semi-dry fermented sausages. *European Food Research Technology*, 217, 100–10.
- Vural, H. ve Öztan, A., 1992. Türk sucuklarında ticari starter kültür kullanımı üzerine araştırmalar. *Gıda*, 17, (1), 53-60.
- Vural, H., 1998. The use of commercial starter cultures in the production of Turkish semi-dry fermented sausages. *Z. Lebensm Unters Forsch A*, 207, 410-412.
- Wang, Y., Li, F., Zhuang, H., Chen, X., Li, L., Qiao, W., Zhang, J., 2015. Effects of plant polyphenols and α -tocopherol on lipid oxidation, residual nitrites, biogenic amines and N-nitrosamines formation during ripening and storage of dry-cured bacon. *LWT-Food Science and Technology*, 60, 199-206.
- Yılmaz, Z. F., 2016. Starter kültür kullanımının ısıl işlem görmüş sucuğun uçucu bileşikleri ve diğer bazı kalitatif özelliklerine etkileri. Atatürk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans tezi, Erzurum.
- Yuan, Y., Meng, W., Yutian, M., Fang, C., Xiaosong, H., 2015. Determination of eight volatile nitrosamines in meat products by ultrasonic solvent extraction and gas chromatography-mass spectrometry method. *International Journal of Food Properties*, 18, 1181-1190.
- Yurcenko, S. and Mölder, U., 2007. The occurrence of volatile N-nitrosamines in Estonian meat products. *Food Chemistry*, 100, 1713-1721.
- Yürür, C., 2007. Isıl işlem uygulanmış sucuklarda nitrit miktarının renk oluşumuna etkisi. Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Ankara.

ÖZGEÇMİŞ

1989 yılında Horasan/Erzurum’da doğdu. Lise eğitimini Horasan Anadolu Lisesi’nde 2008 yılında tamamladı. 2010’da Erzurum Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Gıda Mühendisliği Bölümü’nde lisans eğitimine başladı ve 2014 yılında mezun oldu. Aynı yıl Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı’nda yüksek lisans eğitimine başladı.

