



**ISIL İŞLEM GÖRMÜŞ SUCUK  
ÜRETİMİNDE POTASYUM KLORÜR  
KULLANIMININ ÜRÜN ÖZELLİKLERİNE  
ETKİLERİ**

**Fazilet BAYRAKTAR**

**Yüksek Lisans Tezi  
Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı  
Prof. Dr. Güzin KABAN  
2017**

**Her hakkı saklıdır**

**ATATÜRK ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**ISIL İŞLEM GÖRMÜŞ SUCUK ÜRETİMİNDE POTASYUM  
KLORÜR KULLANIMININ ÜRÜN ÖZELLİKLERİNE ETKİLERİ**

**Fazilet BAYRAKTAR**

**GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**ERZURUM**

**2017**

**Her hakkı saklıdır**



TEZ ONAY FORMU

ISIL İŞLEM GÖRMÜŞ SUCUK ÜRETİMİNDE POTASYUM KLORÜR KULLANIMININ  
ÜRÜN ÖZELLİKLERİNE ETKİSİ

Prof. Dr. Güzin KABAN danışmanlığında, Fazilet BAYRAKTAR tarafından hazırlanan bu çalışma, 16/06/2017 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı'nda Yüksek Lisans tezi olarak oybirliği / oy çokluğu (3./2) ile kabul edilmiştir.

Başkan: Prof. Dr. Mükerrerem KAYA

İmza :

Üye : Prof. Dr. Nesimi AKTAŞ

İmza :

Üye : Prof. Dr. Güzin KABAN

İmza :

Yukarıdaki sonuç;

Enstitü Yönetim Kurulu'nun 22./06/2017 tarih ve ...25.../56..... nolu kararı ile onaylanmıştır.

Prof. Dr. Cavit KAZAZ  
Enstitü Müdürü

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

## ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

### ISIL İŞLEM GÖRMÜŞ SUCUK ÜRETİMİNDE POTASYUM KLORÜR KULLANIMININÜRÜN ÖZELLİKLERİNE ETKİLERİ

Fazilet BAYRAKTAR

Atatürk Üniversitesi  
Fen Bilimleri Enstitüsü  
Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Güzin KABAN

Araştırmada, beş farklı NaCl/KCl kombinasyonunun (kontrol-100/0, 75/25, 50/50, 25/75 ve 0/100) ısıtıl işlem görmüş sucuğun mikrobiyolojik (laktik asit bakterisi, *Micrococcus/Staphylococcus* ve Enterobacteriaceae), fizikokimyasal ( $a_w$ , pH, tiyobarbitirik asit reaktif maddeler-TBARS, renk, protein tabiatında olmayan azotlu madde-NPN-M) ve duyuşal özelliklerine etkileri incelenmiştir. Üretim kontrollü şartlar altında gerçekleştirilmiş ve üretimin belirli periyotlarında (sucuk hamuru, fermentasyon sonrası, ısıtıl işlem sonrası ve kurutma sonrası) alınan örneklerde analizler gerçekleştirilmiştir. Ayrıca son ürün duyuşal özellikler yönünden analiz edilmiştir. NaCl/KCl kombinasyonu, üretim aşaması ve bu iki faktörün interaksiyonu laktik asit bakteri ve *Micrococcus/Staphylococcus* sayısı ile  $a_w$ , pH ve TBARS değerleri üzerinde çok önemli ( $P<0,01$ ) etki göstermiştir. Enterobacteriaceae sayısı örneklerin tümünde saptanabilir sınırın altında bulunmuştur. NPN-M değeri üzerinde NaCl/KCl kombinasyonu etki göstermezken ( $P>0,05$ ), üretim aşamasının çok önemli ( $P<0,01$ ) etkisi gözlenmiştir. NaCl/KCl kombinasyonu  $L^*$ ,  $a^*$  ve  $b^*$  değerleri üzerinde etkili olmazken ( $P>0,05$ ), üretim aşaması renk değerleri üzerinde istatistiki açıdan çok önemli ( $P<0,01$ ) farklılıklara neden olmuştur. Son üründe gerçekleştirilen duyuşal analiz neticesinde ısıtıl işlem görmüş sucuk üretiminde tuz olarak sadece KCl (0/100) kullanılması durumunda koku ve tat puanının önemli ölçüde düştüğü ( $P<0,01$ ), 25/75 ve 0/100 kombinasyonlarında tekstür ve genel kabul edilebilirlik puanlarının kontrol grubuna (100/0) göre daha düşük değerler verdiği tespit edilmiştir. Sonuç olarak ısıtıl işlem görmüş sucuk üretiminde NaCl'nin yerine %50 oranında KCl'nin ikame edilebileceği kanaatine varılmıştır.

2017, 61 sayfa

**Anahtar Kelime:** Isıtıl işlem görmüş sucuk, KCl, NaCl, pH,  $a_w$ , tekstür

## ABSTRACT

Master Thesis

### THE EFFECTS OF POTASSIUM CHLORIDE USAGE ON PRODUCT PROPERTIES OF HEAT-TREATED SUCUK PRODUCTION

Fazilet BAYRAKTAR

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

Supervisor: Prof. Dr. Güzin KABAN

In the study, the effects of five different NaCl/KCl combinations (control-100/0, 75/25, 50/50, 25/75 and 0/100) on the microbiological (lactic acid bacteria, *Micrococcus/Staphylococcus* and Enterobacteriaceae), physicochemical ( $a_w$ , pH, thiobarbituric acid reactive substances-TBARS, color, non-protein nitrogenous substance -NPN-M) and sensory properties of heat-treated sucuk were investigated. The production was carried out under controlled conditions and analyzes were carried out on samples obtained from certain stages of production (batch, after fermentation, after heat treatment and after drying). In addition, the final product had been analyzed for sensory properties. NaCl/KCl combination, production stage and interactions of these two factors were showed very important effect ( $P < 0,01$ ) on  $a_w$ , pH and TBARS values with lactic acid bacteria and *Micrococcus/Staphylococcus* number. Enterobacteriaceae count was found under the detectable level in all groups. The production stage had very significant ( $P < 0,01$ ) effect on NPN-M value, while NaCl/KCl combination had no effect ( $P > 0,05$ ) on NPN-M. While NaCl/KCl combination did not affect on  $L^*$ ,  $a^*$  and  $b^*$  values ( $P > 0,05$ ), the production stage caused statistically significant differences ( $P < 0,01$ ) on all color values. As a result of sensory analysis performed at the final product, it was determined that odor and taste scores decreased considerably in the case of using only KCl (0/100) as a salt in heat treated sucuk production ( $P < 0,01$ ). The combinations of 25/75 and 0/100 showed lower values than control group (100/0) in terms of textures and general acceptability scores. As a conclusion, it is thought that 50% of NaCl could be replaced with KCl in the production of heat-treated sucuk.

2017, 61 pages

**Keywords:** Heat-treated sucuk, KCl, NaCl, pH,  $a_w$ , texture

## TEŞEKKÜR

Tez çalıőmam sűresince bilgi ve birikimleri ile bana yardımcı olan, desteęini hiçbir zaman esirgemeyen ve bu çalıőmanın tamamlanmasında en bűyűk paya sahip olan deęerli danıőman hocam Sayın Prof. Dr. Gűzin KABAN'a sonsuz teőekkűr ederim. Ayrıca bilgilerini bizimle paylaőan saygıdeęer hocam Sayın Prof. Dr. Műkerrem KAYA'ya, Sayın Yrd. Doç. Dr. Őeyma ŐIŐIK OęRAŐ'a, laboratuvar çalıőmalarında bana yardımcı olan Kűbra FETTAHOęLU, Fatma Yaęmur HAZAR ve Rahime JABERİ' ye teőekkűr ederim.

Yűksek lisans sűresince bana destek olan halam Aynur YELKEN'e, űęrenim hayatım boyunca maddi ve manevi desteklerini esirgemeyen, hayatımın her anında yanımda olan ve haklarını hiçbir zaman űdeyemeyeceęim annem Gonca BAYRAKTAR ve babam Hayreddin BAYRAKTAR' a sonsuz teőekkűrlerimi sunarım.

**Fazilet BAYRAKTAR**

**Haziran, 2017**

## İÇİNDEKİLER

ÖZET .....	i
ABSTRACT .....	ii
TEŞEKKÜR.....	iii
SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ .....	vi
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	vii
ÇİZELGELER DİZİNİ .....	viii
<b>1. GİRİŞ.....</b>	<b>1</b>
<b>2. KAYNAK ÖZETİ.....</b>	<b>8</b>
<b>3. MATERYAL ve METOD.....</b>	<b>16</b>
3.1. Materyal.....	16
3.1.1. Sucuk yapımında kullanılan hammadde.....	16
3.1.2. Starter kültür.....	16
3.2. Metot .....	17
3.2.1. Sucuk hamurunun hazırlanması .....	17
3.2.2. Örneklerin alınması ve analizlere hazırlanması .....	17
3.2.3. Mikrobiyolojik Analizler.....	18
3.2.3.a. Laktik asit bakteri sayımı .....	18
3.2.3.b. <i>Micrococcus/Staphylococcus</i> sayımı.....	18
3.2.3.c. Enterobacteriaceae sayımı .....	18
3.2.4. Fiziksel ve Kimyasal Analizler .....	19
3.2.4.a. $a_w$ değerinin belirlenmesi .....	19
3.2.4.b. pH değerinin belirlenmesi .....	19
3.2.4.c. Tiyobarbitirik asit reaktif maddeler (TBARS) değerinin belirlenmesi.....	19
3.2.4.d. Protein tabiatında olmayan azotlu madde (NPN-M) miktarının belirlenmesi .....	20
3.2.4.e. Renk analizi .....	20
3.2.4.f. Duyusal analiz.....	21
3.2.4.g. İstatistikî analizler .....	21
<b>4. ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA.....</b>	<b>23</b>

4.1. Mikrobiyolojik Analizlere Ait Sonuçlar.....	23
4.1.1. Laktik asit bakterisi.....	23
4.1.2. <i>Micrococcus/Staphylococcus</i> .....	26
4.1.3. Enterobacteriaceae.....	31
4.2. Fiziksel ve Kimyasal Analiz Sonuçları .....	32
4.2.1. Su aktivitesi ( $a_w$ ).....	32
4.2.2. pH.....	35
4.2.3. Tiyobarbütirik asit reaktif maddeler (TBARS) değeri .....	39
4.2.4. Protein tabiatında olmayan azotlu madde (NPN-M) değeri.....	42
4.2.5. Renk değerleri .....	46
4.2.6. Duyusal analiz sonuçları .....	51
<b>5. SONUÇ</b> .....	<b>55</b>
KAYNAKLAR .....	58
ÖZGEÇMİŞ .....	62



## SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

### Simgeler

°C	: Santigrat Derece
sn	: saniye
dak	: dakika
g	: gram
kg	: kilogram
mm	: milimetre
ml	: mililitre
mEq	: miliekivalent
ppm	: milyonda kısım
µmol	: mikromol
kob	: Koloni oluşturan birim
log	: logaritmik
a <sub>w</sub>	: su aktivitesi

### Kısaltmalar

LAB	: Laktik asit bakterisi
NPN	: Protein tabiatında olmayan azotlu madde
TBARS	: Tiyobarbutirik asit reaktif maddeler
NaCl	: Sodyum klorür
KCl	: Potasyum klorür

## ŞEKİLLER DİZİNİ

<b>Şekil 4.1.</b> Farklı NaCl/KCl kombinasyonları kullanılarak üretilen ısıtılmış işlem görmüş sucuklarda laktik asit bakteri sayısı üzerine tuz kombinasyonu × üretim aşaması etkisinin etkisi.....	26
<b>Şekil 4.2.</b> Farklı NaCl/KCl kombinasyonları kullanılarak üretilen ısıtılmış işlem görmüş sucuklarda <i>Micrococcus/Staphylococcus</i> sayısı üzerine tuz kombinasyonu × üretim aşaması etkisinin etkisi .....	31
<b>Şekil 4.3.</b> Farklı NaCl/KCl kombinasyonları kullanılarak üretilen ısıtılmış işlem görmüş sucuklarda su aktivitesi ( $a_w$ ) değeri üzerine tuz kombinasyonu × üretim aşaması etkisinin etkisi.....	35
<b>Şekil 4.4.</b> Farklı NaCl/KCl kombinasyonları kullanılarak üretilen ısıtılmış işlem görmüş sucuklarda pH değeri üzerine tuz kombinasyonu × üretim aşaması etkisinin etkisi .....	39
<b>Şekil 4.5.</b> Farklı NaCl/KCl kombinasyonları kullanılarak üretilen ısıtılmış işlem görmüş sucuklarda TBARS değeri üzerine tuz kombinasyonu × üretim aşaması etkisinin etkisi .....	42
<b>Şekil 4.6.</b> Farklı NaCl/KCl kombinasyonları kullanılarak üretilen ısıtılmış işlem görmüş sucuklarda NPN-M değeri üzerine tuz kombinasyonu × üretim aşaması etkisinin etkisi .....	45
<b>Şekil 4.7.</b> Farklı NaCl/KCl kombinasyonları kullanılarak üretilen ısıtılmış işlem görmüş sucuklarda $L^*$ değeri üzerine tuz kombinasyonu × üretim aşaması etkisinin etkisi .....	51

## ÇİZELGELER DİZİNİ

<b>Çizelge 4.1.</b> Farklı NaCl/KCl kombinasyonları kullanılarak üretilen ısıtılmış sucuklarda üretim aşamalarında belirlenen laktik asit bakteri sayıları (log kob/g).....	23
<b>Çizelge 4.2.</b> Farklı NaCl/KCl kombinasyonları kullanılarak üretilen ısıtılmış sucuklarda üretim aşamalarında belirlenen laktik asit bakterilerin ait varyans analiz sonuçları.....	24
<b>Çizelge 4.3.</b> Farklı NaCl/KCl kombinasyonları kullanılarak üretilen ısıtılmış sucuklarda laktik asit bakteri sayılarına ait ortalamaların Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları.....	25
<b>Çizelge 4.4.</b> Isıtılmış sucuklarda üretim aşamalarında belirlenen laktik asit bakteri sayılarına ait ortalamaların Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları .....	25
<b>Çizelge 4.5.</b> Farklı NaCl/KCl kombinasyonları kullanılarak üretilen ısıtılmış sucuklarda üretim aşamalarında belirlenen <i>Micrococcus/Staphylococcus</i> sayıları (log kob/g).....	27
<b>Çizelge 4.6.</b> Farklı NaCl/KCl kombinasyonları kullanılarak üretilen ısıtılmış sucuklarda üretim aşamalarında belirlenen <i>Micrococcus/Staphylococcus</i> sayılarına ait varyans analiz sonuçları .....	28
<b>Çizelge 4.7.</b> Farklı NaCl/KCl kombinasyonları kullanılarak üretilen ısıtılmış sucuklarda <i>Micrococcus/Staphylococcus</i> sayılarına ait ortalamaların Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları .....	29
<b>Çizelge 4.8.</b> Isıtılmış sucuklarda üretim aşamalarında belirlenen <i>Micrococcus/Staphylococcus</i> sayılarına ait ortalamaların Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları.....	30
<b>Çizelge 4.9.</b> Farklı NaCl/KCl kombinasyonları kullanılarak üretilen ısıtılmış sucuklarda üretim aşamalarında belirlenen $a_w$ değeri.....	32
<b>Çizelge 4.10.</b> Farklı NaCl/KCl kombinasyonları kullanılarak üretilen ısıtılmış sucuklarda üretim aşamalarında belirlenen $a_w$ değerlerine ait varyans analiz sonuçları .....	33

<b>Çizelge 4.11.</b> Farklı NaCl/KCl kombinasyonları kullanılarak üretilen ısıtılmış işlem görmüş sucuklarda $a_w$ değerlerine ait ortalamaların Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları .....	34
<b>Çizelge 4.12.</b> Isıtılmış işlem görmüş sucuklarda üretim aşamalarında belirlenen $a_w$ değerlerine ait ortalamaların Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları .....	34
<b>Çizelge 4.13.</b> Farklı NaCl/KCl kombinasyonları kullanılarak üretilen ısıtılmış işlem görmüş sucuklarda üretim aşamalarında belirlenen pH değerleri .....	36
<b>Çizelge 4.14.</b> Farklı NaCl/KCl kombinasyonları kullanılarak üretilen ısıtılmış işlem görmüş sucuklarda üretim aşamalarında belirlenen pH değerlerine ait varyans analiz sonuçları .....	36
<b>Çizelge 4.15.</b> Farklı NaCl/KCl kombinasyonları kullanılarak üretilen ısıtılmış işlem görmüş sucuklarda pH değerlerine ait ortalamaların Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları .....	37
<b>Çizelge 4.16.</b> Isıtılmış işlem görmüş sucuklarda üretim aşamalarında belirlenen pH değerlerine ait ortalamaların Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları .....	38
<b>Çizelge 4.17.</b> Farklı NaCl/KCl kombinasyonları kullanılarak üretilen ısıtılmış işlem görmüş sucuklarda üretim aşamalarında belirlenen TBARS ( $\mu\text{mol}$ MDA/kg) değerleri .....	40
<b>Çizelge 4.18.</b> Farklı NaCl/KCl kombinasyonları kullanılarak üretilen ısıtılmış işlem görmüş sucuklarda üretim aşamalarında belirlenen TBARS değerlerine ait varyans analiz sonuçları .....	40
<b>Çizelge 4.19.</b> Farklı NaCl/KCl kombinasyonları kullanılarak üretilen ısıtılmış işlem görmüş sucuklarda TBARS değerlerine ait ortalamaların Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları .....	41
<b>Çizelge 4.20.</b> Isıtılmış işlem görmüş sucuklarda üretim aşamalarında belirlenen TBARS değerlerine ait ortalamaların Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları .....	41
<b>Çizelge 4.21.</b> Farklı NaCl/KCl kombinasyonları kullanılarak üretilen ısıtılmış işlem görmüş sucuklarda üretim aşamalarında belirlenen protein tabiatında olmayan azotlu madde miktarı (g/100g) .....	43

<b>Çizelge 4.22.</b> Farklı NaCl/KCl kombinasyonları kullanılarak üretilen ısıtılmış işlem görmüş sucuklarda üretim aşamalarında belirlenen protein tabiatında olmayan azotlu madde (NPN-M) miktarına ait varyans analiz sonuçları .....	44
<b>Çizelge 4.23.</b> Farklı NaCl/KCl kombinasyonları kullanılarak üretilen ısıtılmış işlem görmüş sucuklarda NPN-M miktarına ait ortalamaların Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları .....	44
<b>Çizelge 4.24.</b> Isıtılmış işlem görmüş sucuklarda üretim aşamalarında belirlenen protein tabiatında olmayan azotlu madde (NPN-M) değerine ait ortalamaların Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları.....	45
<b>Çizelge 4.25.</b> Farklı NaCl/KCl kombinasyonları kullanılarak üretilen ısıtılmış işlem görmüş sucuklarda üretim aşamalarında belirlenen $L^*$ değerleri.....	46
<b>Çizelge 4.26.</b> Farklı NaCl/KCl kombinasyonları kullanılarak üretilen ısıtılmış işlem görmüş sucuklarda üretim aşamalarında belirlenen $a^*$ değerleri .....	47
<b>Çizelge 4.27.</b> Farklı NaCl/KCl kombinasyonları kullanılarak üretilen ısıtılmış işlem görmüş sucuklarda üretim aşamalarında belirlenen $b^*$ değerleri.....	47
<b>Çizelge 4.28.</b> Farklı NaCl/KCl kombinasyonları kullanılarak üretilen ısıtılmış işlem görmüş sucuklarda üretim aşamalarında belirlenen $L^*$ , $a^*$ ve $b^*$ değerlerine ait varyans analiz sonuçları .....	48
<b>Çizelge 4.29.</b> Farklı NaCl/KCl kombinasyonları kullanılarak üretilen ısıtılmış işlem görmüş sucuklarda $L^*$ , $a^*$ ve $b^*$ değerlerine ait ortalamaların Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları .....	49
<b>Çizelge 4.30.</b> Isıtılmış işlem görmüş sucuklarda üretim aşamalarında belirlenen $L^*$ , $a^*$ ve $b^*$ değerlerine ait ortalamaların Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları.....	50
<b>Çizelge 4.31.</b> Farklı NaCl/KCl kombinasyonları kullanılarak üretilen ısıtılmış işlem görmüş sucuklarda duyusal analiz sonuçları .....	52
<b>Çizelge 4.32.</b> Farklı NaCl/KCl kombinasyonları kullanılarak üretilen ısıtılmış işlem görmüş sucuklarda duyusal analiz verilerine ait varyans sonuçları .....	53
<b>Çizelge 4.33.</b> Farklı NaCl/KCl kombinasyonları kullanılarak üretilen ısıtılmış işlem görmüş sucuklarda duyusal analiz verilerine ait ortalamaların Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları .....	54

## 1.GİRİŞ

Tarih öncesinden beri değerli bir maden olarak bilinen tuz, 1700'lü yıllara kadar gıdaların lezzetini arttırmak, 19. yüzyıldan itibaren ise lezzetin yanı sıra gıdaların muhafazası için kullanılmaya başlanmıştır. Tuz, zaman içinde sanayide de yer alarak birçok alanda kullanılan bir madde haline gelmiştir (Anonim 2011a).

Sofra tuzu olarak bilinen sodyum klorürün %60'ı klor, %40'ı ise sodyumdan oluşmaktadır. Diğer bir ifade ile 1 g tuz, 400 mg sodyum içermektedir. Sodyum vücut mineral içeriğinin de %2'sini oluşturmakta (Samur 2008) ve sodyumun yaklaşık %60'ı hücre dışı sıvısında, %30-40'ı kemik kristallerinin yüzeyinde, %10'u ise plazma, sinir ve kas dokusunda bulunmaktadır (Ayaz 2008). Elektrokimyasal uyarıların sinir hücresi boyunca kasa iletilmesini sağlayan sodyum, vücudun sıvı dengesi ve asit-baz dengesinin sağlanmasında rol almaktadır (Anonim 2011a). Ayrıca sodyum-potasyum pompası ile hücreye gerekli maddelerin özellikle glikozun taşınmasında da önemli fonksiyonu söz konusudur (Anonim 2013a). Tuzun bu fonksiyonlarına karşın yüksek tuz tüketimi fizyolojik sistemde major değişikliklerin yaşanmasına neden olmakta (Anonim 2011a; Anonim 2016a) ve kan basıncı yüksekliği (hipertansiyon), kardiyovasküler hastalıklar, gastrit, kanser, osteoporoz ve böbrek rahatsızlıkları gibi pek çok hastalığın oluşmasında rol oynamaktadır (Anonim 2013a). Dünya Sağlık Örgütü (WHO)'ne göre dünya genelinde ölümlerin %60'ına hipertansiyon gibi kronik hastalıkların neden olduğu ve bu oranında giderek arttığı belirtilmektedir. Ayrıca kardiyovasküler hastalıklardan dolayı gerçekleşen ölüm oranının %30 olduğu da tespit edilmiştir. Dünyada olduğu gibi Türkiye'de de sağlıksız yaşam alışkanlıklarının artması ile birlikte kronik hastalıklarda artışlar olmaktadır. Türkiye'de Kronik Böbrek Hastalığı durumunu belirlemek amacıyla 2011'de yayınlanan toplum bazlı CREDIT çalışmasında; kronik böbrek hastalığının görülme sıklığının %15,7, hipertansiyonun görülme sıklığının %32,7 olduğu tespit edilmiş ve kronik böbrek hastalığı olan kişilerde kardiyovasküler risk faktörlerinin daha yüksek olduğu tespit edilmiştir (Anonim 2011a).

Tuz alımının azaltılması ile kan basıncının düşürülebileceği ilk olarak AMBARD ve BEAUJARD tarafından 1904 yılında tespit edilmiştir. Daha sonra yapılan çalışmalar bu sonucu doğrulamıştır (Anonim 2011a; Anonim 2016a; Anonim 2016c). 1937 yılında yapılan bir çalışmada ise diyetle sodyum ve kalsiyum düzeylerinin etkileşiminin önemli olduğu belirlenmiştir. Ancak bugün bilinmektedir ki tuz alımı arttığı zaman uyarı mekanizmaları ile negatif kalsiyum mekanizmasının intestinal kalsiyum emilimi artmakta ve kemiklerde kalsiyum mobilizasyonuna neden olmaktadır. Kemiklerden kalsiyum kaybının artışı osteoporoz ve kemiklerin kırılma riskini arttırmaktadır (Anonim 2011a). Diğer taraftan sodyum alımının çocuklar üzerinde de kan basıncı düzeyini etkilediği belirlenmiştir. Çocukların aşırı sodyum tüketiminin ileride hipertansiyon gelişimine yatkınlık gösterdiği tespit edilmiş ve yüksek oranda sodyum alımının erişkin çağıdaki bireylerin kalp ve damar hastalıklarına sebebiyet verebileceği bildirilmiştir. Diğer yandan çocukluk çağında edinilen beslenme alışkanlıklarının, gençlik döneminde ve ardından erişkin yaşlarda da devam ettiği ve erken yaşlarda fazla tuzlu gıdalara alışan bireylerin alışkanlıklarını ileri yaşlarda da sürdürdüğü bildirilmektedir (Ergin 2011).

Türkiye’de 1960’lı yıllardan beri hipertansiyon sıklığını araştıran çalışmalar yapılmaktadır. 2008 yılında Türk Hipertansiyon ve Böbrek Hastalıkları Derneği tarafından yapılan SALTÜRK çalışmasında, Türkiye’de günlük tuz alımının diğer ülkelere oranla daha fazla olduğu tespit edilmiştir (Anonim 2011a). Türkiye’de tuz tüketimi, bölgelere göre farklılık göstermekle birlikte günlük önerilenin 2,5-3,5 katı kadardır. Ülkemizde Türk Hipertansiyon ve Böbrek Hastalıkları Derneği’nin 2008’de 14 ilde (Ankara, İstanbul, İzmir, Bursa, Diyarbakır, Manisa, Aydın, Samsun, Trabzon, Sivas, Kayseri, Kahramanmaraş, Ağrı, Antalya) gerçekleştirdiği SALTürk-1 çalışmasında tuz tüketim miktarının 18 g/gün olduğu saptanmıştır (Anonim 2016a). 2012’de yine Türk Hipertansiyon ve Böbrek Hastalıkları Derneğince 4 ilde (İstanbul, Ankara, Konya, İzmir) 657 kişi ile gerçekleştirilen ‘‘Türkiye’de Tuz Tüketimi Çalışmasında’’ kişi başı günlük tuz tüketiminin 15 g/gün olduğu belirtilmektedir (Anonim 2016a). SALTÜRK tarafından yapılan diğer bir araştırmada ise günlük idrarla

sodyum atılımının ortalama  $308,3 \pm 143,1$  mmol olduğu ve bu değerin 18,01 g/gün tuza tekabül ettiği tespit edilmiştir (Anonim 2016b).

Gıda ve Beslenme Politikaları Tıbbi Sonuçları Komitesi (COMA) tarafından 1994'te yayınlanan "kardiyovasküler hastalıkların beslenme boyutu" konulu raporda tuz ve kan basıncı arasındaki ilişki dile getirilmiş ve erişkinlerin günlük tuz tüketiminin 9 g'dan 6 g'a düşürülmesi gerektiği bildirilmiştir (Ergin 2011).

WHO tarafından 2010'da hazırlanan toplum bazlı tuz azaltma stratejileri konulu raporda, ölümlerin %13'ünden yüksek kan basıncının sorumlu olduğu bildirilmiştir. Aşırı tuz tüketimine bağlı olarak meydana gelen yüksek tansiyonun inmelerin %51'ine, iskemik kalp hastalıklarının %45'ine öncülük ettiği aynı raporda vurgulanmıştır (Anonim 2011a). Diğer taraftan diyetle tuz alımının 6 g/gün'ün altına düşürülmesi ile inme riskinin %24, kardiyovasküler hastalık riskinin ise %18 oranında azaltılabileceği, bu azalma ile de her yıl inme ve koroner kalp hastalığına bağlı 2.5 milyon ölümün engellenebileceği sonucuna varılmıştır (Anonim 2016b).

WHO/FAO Uzman Dayanışma Konseyi tarafından hazırlanan "Diyet, Beslenme ve Kronik Hastalıkların Önlenmesi" konulu raporda yetişkinlerin sodyum alımının  $<85$  mmol/gün (2 g/gün) olması gerektiği vurgulanmaktadır (Elliott 2009). Bununla birlikte birçok ülkede günlük diyetle 2400 mg/gün sodyum önerilmektedir. Fakat son dönemde elde edilen veriler kan basıncı ve kardiyovasküler risk konusunda tuz alımının 1200 mg/gün olmasının daha olumlu etkiye sahip olduğunu göstermiştir. Diğer taraftan FDA ise günlük önerilen sodyumun 1500 mg'a düşürülmesi gerektiğini belirtmektedir (Anonim 2011a).

İngiliz Sağlık Otoritesi, tuz tüketim üst limitini 3 g (1200 mg sodyum) olarak vermiştir. Tuz alımının  $<5$  g/gün ile sınırlandırılması durumunda dahi kan basıncı kontrol altına alınamayan yani tuza duyarlı olan hastalarda  $<3$  g/gün seviyesine azaltılmasının daha etkili olacağı belirtilmektedir (Anonim 2016b).



2005’de ‘’Dünya Tuz ve Sağlık Hareketi (WASH)’’ dünyada sodyum alımının azaltılmasını desteklemek amacıyla oluşturulmuştur. Hipertansiyon konusunda uzman kişilerden oluşan bu grup, çok uluslu gıda şirketlerinin ürünlerinde sodyumu azaltmalarını destekleyerek ve devletlerle birlikte çalışarak değişik ülkelerde sodyum azaltılması konusundaki gerekliliği vurgulamaktadır. Finlandiya’da 1970’li yılların sonundan itibaren gıda firmalarıyla birlikte yürütülen çalışmalar neticesinde hazır gıdalardaki sodyumun azaltılması ve toplumun bilinçlendirilmesi konularında önemli mesafeler kaydedilmiştir (Anonim 2011a). Yeni Zelanda ve Avustralya Ulusal Kalp Derneği, etiketleme sistemini kullanarak yeni formülasyonlar ile tuz tüketiminin azaltılması amacıyla değişik aktiviteler yürütmüşlerdir. Fransa, İrlanda ve Kanada da gıdalardaki sodyum düzeyinin azaltılmasını hedefleyen ulusal programlar uygulanmıştır (Anonim 2011a; Anonim 2016b).

Sodyum doğal olarak birçok gıdada bulunmakla birlikte diyetdeki sodyumun büyük bir kısmı işlenmiş gıdalardan kaynaklanmaktadır. Avrupa Komisyonunca hazırlanan bir raporda günlük olarak alınan sodyumun %77’sinin işlenmiş gıdalardan alındığı, %12’sinin doğal olarak gıdalarda bulunduğu (Elliott 2009) , %6’sının sofrada katıldığı ve %5’inin ise pişme esnasında eklendiği belirlenmiştir (Anonim 2011a; Anonim 2016b). Bu nedenle yüksek düzeyde sodyum ihtiva eden işlenmiş gıda tüketiminin artması tuzu potansiyel bir sağlık tehdidi haline getirmektedir (Doyle 2010).

ABD’de gerçekleştirilen bir çalışmada 1977’den 1996 yılına kadar geçen süreçte işlenmiş gıda tüketiminin %300 artış gösterdiği ve bu artışın ilerleyen yıllarda sürdüğü belirtilmiştir (Anonim 2011a). Türk Hipertansiyon ve Böbrek Hastalıkları Derneği tarafından 2012 yılında yürütülen SALTÜRK-2 başlıklı çalışmada günlük tuz tüketiminin %55,5’inin yemek tuzundan, %31,9’unun ekmek tuzundan, %12,6’sının ise sofradan geldiği rapor edilmiştir (Anonim 2015).

‘‘Türkiye kalp ve damar hastalıklarını önleme ve kontrol programı’’ çalışmasında, tuz tüketiminin azaltılması ve tuz alımının günde 6 g’ı (2,4 g Na) geçmemesi, ayrıca hazır gıdalarda tuz oranlarının yeniden düzenlenmesi gerektiği bildirilmiştir (Anonim 2008).

Ülkemizde tuz tüketiminin azaltılması amacıyla, ürün tebliğlerinde değişiklikler yapılmış ve ekmekte tuz oranı %25 ( Anonim 2012b), domates salçasında tuz miktarı %64 (Anonim2014a) ve zeytinde tuz oranı %50 (Anonim 2014b) azaltılmıştır. Aynı amaca yönelik olarak Türk Gıda Kodeksi Et ve Et Ürünleri Tebliğinde (Anonim 2012a), pastırmada kuru maddede tuz oranı %8,5'ten %7'ye düşürülmüştür. Ayrıca Türk Gıda Kodeksi Tuz Tebliğinde (Anonim2013b)'nde tuz paketlerinin üzerinde “tuzu azaltın sağlığınızı koruyun” ibaresinin yazılması zorunlu hale getirilmiştir.

Tuzun aşırı tüketimi sağlık açısından olumsuzluk teşkil etse de günümüz endüstrisinin çeşitli alanlarında kendine yer bulan tuz, gıda endüstrisi için de halen önemli bir katkı maddesidir. Gıdalarda sodyum sadece tuz kaynaklı olmayıp aynı zamanda sodyum sitrat (tatlandırıcı, koruyucu), sodyum klorür (tatlandırıcı, koruyucu), monosodyum glutamat (lezzet verici), sodyum siklamat (yapay tatlandırıcı), sodyum bikarbonat (kabartıcı) ve sodyum nitrat/nitrit (koruyucu, renklendirici) gibi pek çok katkı maddesinden de alınabilmektedir (Anonim 2011b).

Tuz et endüstrisi için de vazgeçilmez bir katkı maddesidir. Üretimde kullanılan tuzun önemli bir fonksiyonu ürüne tipik tat ve lezzet vermesidir. Ayrıca ette gevrekleştirici fonksiyonu olan tuzun, proteinlerin daha fazla su bağlamasına neden olduğundan su tutma kapasitesini artırma gibi bir fonksiyon da göstermektedir. Diğer taraftan tuz, gıda içerisinde ozmotik basıncı artırmakta ve özellikle de klor iyonunun toksik etkisinden dolayı bakteri gelişimini sınırlandırmaktadır. Ayrıca su aktivitesi değerini düşürdüğünden istenmeyen mikroorganizmaların gelişimini de engellemektedir (Gökalp vd 2010). Tuz et ürünlerinde, pişirme süresinin kısalmasında da etkili olmaktadır (Ruusunen and Puolanne 2005).

Aşırı tuz tüketiminin sağlık üzerine olumsuz etkilerini azaltmak için gıda endüstrisinde farklı uygulamalara gidilmektedir. Bu uygulamalardan biri de üretimde sodyum klorürü belirli bir oranda potasyum klorür, magnezyum klorür, kalsiyum klorür gibi tuzlarla ikame edilmesidir. Potasyum klorürün ve diğer klorür tuzlarının et ürünlerinde kullanılan sodyum klorürün belirli bir kısmı yerine kullanılabileceğine yönelik

araştırmalar yapılmış ve halen de bu araştırmalara devam edilmektedir (Gou *et al.* 1995; Gimeno *et al.* 1998; Gimeno *et al.* 1999; Guardia *et al.* 2006; Arnau *et al.* 2008; Campagnol *et al.* 2011b; Dos Santos *et al.* 2015a). Ülkemizde fermente sucuk üzerinde ise sadece bir araştırma yürütölmüş ve KCl'nin yanı sıra CaCl<sub>2</sub> ve MgCl<sub>2</sub> gibi klorür tuzları denenmiştir (şimşek 2016). Buna karşın tüketimi gün geçtikçe artan ve diğer bir fermente sosis çeşidi olan ısıl işlem görmüş sucuk üretiminde sodyum oranını azaltmak amacı ile bugüne kadar herhangi bir araştırma yapılmamıştır.

Türk Gıda Kodeksi Et ve Et Ürünleri Tebliğinde “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 fermentasyon ve kurutma işlemleri uygulanarak nem oranı %50'nin altına düşürölmüş, kesit yüzeyi mozaik görünümünde olan ısıl işlem uygulanmış et ürünü” olarak tanımlanan ısıl işlem görmüş sucuğun üretiminde ham madde olarak kırmızı et kullanılması durumunda iç sıcaklık 68°C, kanatlı etin kullanılması durumunda ise 72°C olacak şekilde ısıl işlem uygulamaları yapılması gerekmektedir. Aynı tebliğe göre ürünün pH değerı 5,6 veya altında, nem/protein oranı ise 3,6'nın altında olması gerekmektedir (Anonim 2012a).

Mevcut bu çalışmada ısıl işlem görmüş sucuk üretiminde sodyum klorür (NaCl) yerine farklı oranlarda potasyum klorürün (KCl) ikame edilebilme imkanları araştırılmıştır. Bu amaçla beş farklı NaCl/KCl kombinasyonu (kontrol-100/0, 75/25, 50/50, 25/75, 0/100) kullanılarak sucuk hamurları hazırlanmıştır. Dolumu müteakiben sucuklara sıcaklık, nisbi rutubet ve hava cereyanı otomatik olarak kontrol edilen klima ünitesinde bir gün süre ile fermentasyon işlemi uygulanmış ve sonrasında 68°C'lik bir iç sıcaklığa ulaşılıncaya kadar ısıl işlem uygulanmıştır. Bu işlemi müteakiben örnekler 3 gün süre ile kurutma işlemine tabi tutulmuşlardır. Üretimin belirli periyotlarından (sucuk hamuru, fermentasyon sonrası, ısıl işlem sonrası ve kurutma sonrası) alınan örnekler mikrobiyolojik (Laktik asit bakterisi, *Micrococcus/Staphylococcus* ve Enterobacteriaceae), fizikokimyasal (a<sub>w</sub>, pH, nem, tiyobarbitürik asit reaktif maddeler-

TBARS, renk ve protein tabiatında olmayan azotlu madde-NPN-M) analizlere tabi tutulmuştur. Ayrıca son ürün duyusal özellikler yönünden de değerlendirilmiştir.



## 2. KAYNAK ÖZETİ

Tuz pek çok fonksiyonundan dolayı gıdaların üretiminde yaygın olarak kullanılmaktadır. Ancak aşırı tuz tüketimi yani sodyum alımından kaynaklanan pek çok kronik hastalık tuzun kullanımının sınırlandırılması gerekliliğini ortaya koymaktadır. Bu nedenle tuzun azaltılmasına yönelik olarak araştırmalar başlatılmıştır. Fermente sosislerde sodyum oranının azaltılmasına dair pek çok araştırma yürütülmüş ve KCl, MgCl<sub>2</sub> ve CaCl<sub>2</sub> gibi klorür tuzlarının kullanımının NaCl'nin azaltılmasına etkileri ortaya konulmuştur (Gou *et al.* 1995; Gimeno *et al.* 1998; Gimeno *et al.* 1999; Guardia *et al.* 2006; Arnau *et al.* 2008; Campagnol *et al.* 2011b; Dos Santos *et al.* 2015a). Yüksek KCl konsantrasyonunun üründe acı bir tada (Leak *et al.* 1987), MgCl<sub>2</sub> ve CaCl<sub>2</sub> ise istenmeyen koku oluşumuna neden olduğundan NaCl ile birlikte belirli oranlarda kullanılmalarının gerekliliği belirtilmektedir (Hand *et al.* 1982; Gimeno *et al.* 1999; Toldra *et al.* 2009).

Ülkemizde Türk Gıda Kodeksi Et Ürünleri Tebliğinde fermente sucuk olarak adlandırılan sucuk ile işlem görmüş sucuk olmak üzere iki farklı fermente sosis çeşidi üretilmektedir. Fermente sucuk olarak adlandırılan ürün, fermente kuru sosisler, ısıtılmış işlem görmüş sucuk ise yarı-kuru fermente sosisler grubuna dahildir. Fermente sucuk üzerinde sodyum oranının azaltılmasına yönelik sadece bir araştırma yürütülmüştür (Şimşek 2016). Isıtılmış işlem görmüş sucuk üzerinde ise bu kapsamda yürütülen bir araştırmaya rastlanılmamıştır.

Şimşek (2016) tarafından fermente sucukta sodyum oranını azaltmak amacı ile yürütülen çalışmada, beş farklı klorür tuz karışımının (%100 NaCl-kontrol, %50 NaCl+%50 KCl, %50 NaCl+%30 KCl+%20 MgCl<sub>2</sub>, %50 NaCl+%30 KCl+%20 CaCl<sub>2</sub>, %50 NaCl+%30 KCl+%10 MgCl<sub>2</sub> + %10 CaCl<sub>2</sub>), ürünün mikrobiyolojik, fiziko-kimyasal ve duyu özellikleri ile uçucu bileşiklerine etkileri olgunlaştırmanın belirli günlerinde (0, 1, 3, 5, 7, 9 ve 12. gün) incelenmiştir. Analizler neticesinde laktik asit bakterilerinin farklı klorür tuzu kullanımından etkilenmediği, farklı klorür tuzu kullanımının *Micrococcus/Staphylococcus* sayısı üzerinde ise çok önemli düzeyde etkili

olduğu, Enterobacteriaceae sayısının tüm gruplarda belirlenebilir seviyenin altına düştüğü, en düşük ortalama pH değerinin %50 NaCl+%30 KCl+%20 CaCl<sub>2</sub> içeren grubun verdiği, klorür tuzu olarak sadece NaCl içeren grubun daha düşük bir ortalama a<sub>w</sub> değeri gösterdiği, duyuşal özellikler açısından gruplar arasında herhangi bir farklılığın söz konusu olmadığı ortaya konulmuştur. Ayrıca farklı klorür tuz karışımlarının lipid oksidasyonunun bir göstergesi olan TBARS değeri ile kırmızı renk yoğunluğunun bir göstergesi olan a\* değeri üzerinde etkili olmadığı, L\* ve b\* değerleri üzerinde ise istatistiki açıdan çok önemli farklılıklara neden olduğu, klorür tuzlarından az sayıda uçucu bileşiğin etkilendiği de rapor edilmiştir.

Isıl işlem görmüş sucuk üretiminde en önemli aşamalardan biri ısıtma uygulamasıdır. Isıtma işlemi, ürün güvenliği açısından önemli bir etkidir. Bununla birlikte NaCl oranının düşürülmesi durumunda özellikle de yeterli bir asitleşmenin sağlanmaması halinde fermentasyon aşamasında patojen bakterilerin gelişme riskini artmaktadır. Bundan dolayı sodyum klorürün miktarının azaltılmasından ziyade NaCl'nin kısmi oranda diğer klorür tuzları ile ikame edilmesi gerekmektedir. Isıtma işlemi görmüş sucukta ilk araştırma, farklı iç sıcaklık (45, 52, 60 ve 62°C) ve süre (3, 10, 15, 30, 45 ve 120 dk) uygulamalarının ürün özelliklerine etkilerini belirlemek amacıyla ile yürütülmüştür. Araştırma sonucunda merkez sıcaklığının 62°C olarak uygulanması sonucunda koliform grubu mikroorganizmaların inhibe olduğu, total aerob bakteri sayısının önemli ölçüde azaldığı, farklı ısıtma uygulamaları arasında a<sub>w</sub> ve pH açısından önemli farklılıkların olduğu rapor edilmiştir. Ayrıca çalışmada *Escherichia coli*'nin inhibisyonunda ısıtma uygulanmasının etkili olduğu da vurgulanmıştır (Tayar 1994). Isıtma işlemi görmüş sucuk üzerinde yürütülen diğer bir çalışmada ise farklı süreler (0, 1, 2, 3, 4, 5 ve 6 gün) fermentasyon işlemine tabi tutulan sucuklara 60°C'de 10 dakika ısıtma uygulaması ve fermentasyon süresi ve ısıtma işleminin sucuğun fiziko kimyasal (rutubet, protein, yağ, kül, tuz, pH, titrasyon asitliği, serbest yağ asitliği, tiyobarbiturik asit, yağ asitleri dağılımı, renk, kalıntı nitrit, nitrozomiyogloblin, toplam pigment, nitrozopigmente dönüşüm oranı, aroma bileşenleri) ve mikrobiyolojik (toplam mezofil aerobik bakteri, laktik asit bakteri, stafilkok-mikrokok ve koliform bakteri) özelliklerine etkileri çalışmıştır. Araştırma sonunda fermentasyon süresi ve ısıtma işlemi

uygulamasý faktörlerinin incelenen tüm parametreler üzerinde önemli etkisinin olduğu, bazı aroma bileşenlerin üzerinde de bu faktörlerin etki gösterdiği, ısıt işlem uygulanmış sucuklarda fermentasyon süresinin uzamasının sucuğun duyuşal özelliklerinde artışa neden olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca ısıt işlem uygulamasının sucukta miristik ve palmitik asit miktarlarını artırdığı, miristoleik, palmitoleik, linoleik ve linolenik asit miktarlarında düşüşe neden olduğu ve oleik asit ile stearik asit miktarlarını değiştirmediği, fermentasyon süresinin bu yağ asitlerini miktarları üzerine istatistik olarak önemli bir etkisinin bulunduğu ancak ısıt işlem uygulamasının sadece linolenik asit üzerinde istatistiki olarak önemli bulunduğu rapor edilmiştir (Ercoşkun 2006). ısıt işlem görmüş sucuk üretiminde Toptancı (2007) tarafından yapılan araştırmada ise, fermentasyondan sonra alınan örnekler merkez nokta sıcaklığı farklı olacak şekilde ısıt işleme (birinci grup sucuğa merkez nokta sıcaklığı 60°C’de 15 dk, ikinci gruba 65°C’de 10 dk, üçüncü gruba 70°C’de 1 sn) tabi tutulmuş ve farklı sıcaklık uygulamalarının sucuğun fizikokimyasal özellikleri (rutubet, yağ, protein, kül, tuz, pH, titrasyon asitliği, serbest yağ asitliği, tiyobarbiturik asit, kalıntı nitrit, nitrozomiyogloblin, toplam pigment, nitrozopigment dönüşüm oranı, 500-700 nm arası reflektans değerleri, tekstür parametreleri) ile duyuşal kalitesine etkileri araştırmıştır. Araştırma sonunda farklı ısıt işlem uygulaması ile sucukların kalıntı nitrit, nitrozomiyogloblin ve toplam pigment miktarlarında azaldığı, nitrozopigmente dönüşüm oranlarının arttığı, L\* ve a\* değerlerinin düşüğü, b\* değerinin az da olsa yükseldiği, proteinlerin koagülasyonu ve kısmi bir dehidrasyonu sonucunda sucuklarda kararlı, stabil bir yapı ve tekstürün olduğu, reflektif renk ölçümleri ve duyuşal analiz sonucunda arzu edilen rengin meydana geldiği tespit edilmiştir.

Yürür (2007) farklı sodyum nitrit seviyeleri (0, 25, 50, 75, 100 mg/kg) kullanarak hazırladığı sucuk hamurlarını (23-25°C sıcaklık, 0.5 m/s hava cereyanı ve %90 (±1) bağıl nem) üç gün süreyle fermentasyona tabi tutmuş ve fermentasyon sonunda farklı nitrit seviyelerine sahip her bir grubu ikiye ayırarak, gruplardan birine ısıt işlem (merkez sıcaklığı 60°C’de 15 dakika) uyguladığı çalışmasında, ısıt işlem ile sucukların kırmızı renginin olumlu yönde etkilendiği, nitrit miktarının artışına bağlı olarak örneklerin renginde de iyileşmenin olduğu, kalıntı nitrit, nitrozomiyogloblin ve toplam

pigment miktarının ısıtılma işlemine bağılı olarak azaldığı, buna karşın ısıtılma işleminin nitrozomiyoglobine dönüşüm oranı ile L\* ve b\* değerlerinin arttığını tespit etmiştir. Diğer taraftan sucuk üretiminde 50 mg/kg ve 75 mg/kg nitrit kullanımı ve ısıtılma işlem uygulaması ile arzu edilen rengin oluştuğu belirtilmiştir.

Dalmış (2007) tarafından iki farklı yöntemle (geleneksel ve ısıtılma işlem) üretilen starter kültürü (*Staphylococcus xylosus* + *Pediococcus pentosaceus*) ve kültürsüz sucuklar hem olgunlaştırma aşamasında hem de depolama süresince (90 gün) mikrobiyolojik, proteolitik, lipolitik, oksidatif ve duyuşsal özelliklerdeki değişimler açısından incelenmiştir. Üretim süresince örneklerin nem ve  $a_w$  değerinin düştüğü, geleneksel yöntemle üretilen sucuklarda nem miktarının ısıtılma işlem görmüş sucuklardan daha düşük olduğu, ısıtılma işlem uygulamasının mikrobiyal yükü önemli düzeyde düşürdüğü, üretim ve depolama süresi ve starter kültür kullanımı faktörlerinin protein olmayan azot değerinde artışa neden olduğu, örneklerde üretim ve depolama süresince doymuş yağ asitleri miktarının arttığı, tekli ve çoklu doymamış yağ asitlerinin miktarının azaldığı, starter kullanımının bu etkiyi artırdığı, ısıtılma işlem uygulamasının ise doymuş ve doymamış yağ asitlerinin miktarını etkilediği, ayrıca her iki yöntemde de üretim ve depolama sırasında lipid oksidasyonun arttığı rapor edilmiştir.

Üretim yöntemlerinin (geleneksel ve ısıtılma işlem) sucuğun uçucu bileşikleri ve diğer kalitatif özelliklerine etkilerinin incelendiği bir çalışmada, her iki üretim yönteminde de *Lactobacillus plantarum* GM77 ve *Staphylococcus xylosus* GM92 suşları starter kültür olarak kullanılmış ve örneklerde olgunlaştırmanın belirli günlerinde fizikokimyasal ve mikrobiyolojik analizler gerçekleştirilmiştir. Ayrıca son ürün uçucu bileşik analizi ile duyuşsal analize de tabi tutulmuştur. Araştırmada, olgunlaştırma süresi ve ısıtılma işleminin, sucuğun pH,  $a_w$  ve TBARS değerleri ile laktik asit bakteri ve *Micrococcus/Staphylococcus* sayıları üzerinde çok önemli etki gösterdiği ve TBARS değerinin ısıtılma işlem uygulaması ile önemli derecede arttığı, ısıtılma işlem ile kıyaslandığında geleneksel yöntemin tekstür ve genel kabul edilebilirlik açısından daha yüksek puanlar aldığı, uçucu bileşikler üzerinde ısıtılma işleminin farklı seviyelerde etkili olduğu ve geleneksel yöntemle üretilen sucuklara göre uçucu bileşiklerin seviyelerinin önemli



ölçüde düştüğü ve ayrıca sucukta terpenlerin uçucu bileşikler içerisinde önemli bir yere sahip olduğu rapor edilmiştir (Çakır *et al.* 2013).

Gimeno *et al.* (1998) tarafından kuru fermente sosislerde NaCl oranını düşürmek amacıyla iki farklı tuz karışımı (%1 NaCl+%0,55 KCl+%0,23 MgCl<sub>2</sub>+%0,46 CaCl<sub>2</sub> ve %2,6 NaCl (kontrol)) kullanılarak üretim yapılmış ve elde edilen ürünlerin pH, su aktivitesi değerleri ile laktik asit bakteri ve Micrococcaceae sayılarında meydana gelen değişiklikler incelenmiştir. Ayrıca örnekler duyuşal yönden de analiz edilmiştir. Analizler neticesinde NaCl oranının azaltılması ile daha düşük pH değeri, ancak daha yüksek a<sub>w</sub> değeri söz konusu olduğu, Micrococcaceae sayısının azaldığı, laktik asit bakteri sayısının ise etkilenmediği bildirilmiştir. Ayrıca sodyum oranının düşürülmesinin renk yoğunluğunda azda olsa bir artışa neden olduğu ve tuz tadının istenilenden daha az hissedilmesine bağlı olarak genel kabul edilebilirlik değerinin düştüğü de vurgulanmıştır.

Fermente kuru bir sosis olan Chorizo de Pamplona üzerinde yürütölen bir çalışmada, farklı tuzlar kullanılarak (%1 NaCl+%0,55 KCl+%0,74 CaCl<sub>2</sub> ve %2,6 NaCl (kontrol)) üretim gerçekleştirilmiş ve ürünün renk ve tekstürde meydana gelen değışimler incelenmiştir. Sodyum oranının azaltılması ile tekstür parametrelerinde düşüşlerin gerçekleştiği, tekstürel parametrelerin önemli bir kısmında istatistiki açıdan farklılıkların olduğu, renk değerleri açısından ise tuz içeriği ikame edilen grubun L\* ve b\* değerlerinin kontrol grubuna göre daha yüksek değerler verdiği, a\* değerinde ise gruplar arasında önemli bir farklılık belirlenmediği rapor edilmiştir (Gimeno *et al.* 1999).

Gelabert *et al.* (2003) tarafından fermente sosis üzerinde, NaCl'nin KCl, K-laktat ve glisin ile kısmi yer değışiminin incelendiği araştırmada, mikrobiyolojik özellikler açısından KCl'nin NaCl yerine kullanılabileceği, %40 KCl, %30 K-laktat ve %20 glisin bulunduran grupların ise lezzet ve/veya tekstürde önemli kusurlara neden olduğu, %40'ın üzerinde NaCl'nin KCl/glisin ve K-laktat/glisin ile ikame edilmesinin önemli lezzet ve tekstür kusurlarına neden olacağından kullanılamaması gerektiği sonuçlarına

varılmıştır. Ayrıca KCl içeren gruba ait pH, toplam azot ve NPN değerlerinin kontrol grubu ile benzerlik gösterdiği rapor edilmiştir.

Bidlas *et al.* (2008) tarafından NaCl'nin KCl ile ikamesinin bazı patojen bakteriler (*Aeromonas hydrophila*, *Enterobacter sakazakii*, *Shigella flexneri*, *Yersina enterocolitica* ve *Staphylococcus aureus*) üzerine etkilerinin model sistemde incelendiği bir çalışmada, KCl'nin molar bazda eşdeğer bir etkiye sahip olduğu, NaCl'nin kısmi veya tamamen KCl ile yer değiştirilmesi halinde benzer antimikrobiyal özellik göstereceği rapor edilmiştir.

Zanardi *et al.* (2010) tipik bir İtalyan kuru fermente sosis çeşidi olan Cacciatore üzerinde yürütülen bir çalışmada, üretimde NaCl kısmen KCl, MgCl<sub>2</sub> ve CaCl<sub>2</sub> ile ikame edilmiş ve ürünün fizikokimyasal ve duyuşal özelliklerindeki değişimler incelenmiştir. Sonuç olarak, NaCl içeriğinin %50 oranında indirgenmesinin duyuşal kalitede olumsuz etki gösterdiği, buna karşın %40 azalmanın kabul edilebilir olduğu, sodyumu azaltılmış örneklerin pH ve su aktivitesi değerlerinin geleneksel yöntemle göre farklılık göstermediği, ancak lipit oksidasyonunda belirgin bir artışa neden olduğu tespit edilmiştir.

Campagnol *et al.* (2011a) fermente sosislerde NaCl yerine farklı oranlarda (%25 ve %50) KCl ikamesinin ürünün fiziksel, kimyasal ve mikrobiyolojik özelliklerine etkisini araştırmışlardır. Araştırmada pH değeri, su aktivitesi, L\* ve a\* değerleri ile laktik asit bakteri, Micrococaceae ve koliform grubu mikroorganizma sayıları açısından önemli farklılıkların olmadığı, b\* değerinin %50 KCl içeren grupta artış gösterdiği, %50 oranında KCl ikamesinin duyuşal parametrelerde azalmaya neden olduğu, ancak KCl'nin %1 veya %2 oranında maya ekstraktı ile kullanılması durumunda tat ve aroma puanlarının arttığı ve ayrıca %2 oranında maya ekstraktı kullanımının aminoasitler ve karbonhidrat katabolizmasından kaynaklanan uçucu bileşiklerin miktarını artırdığı ve oluşan uçucu bileşiklerin KCl'den ileri gelen kalite kusurlarını önemli ölçüde azalttığı sonuçlarına varılmıştır.

Fermentasyondan sonra ısıtıl işlem görmüş bir sosis çeşidi üzerinde yürütülen bir araştırmada, lisin, taurin, disodyum inosinat ve disodyum guanilat ile KCl kullanımının ürünün fizikokimyasal ve duyusal özellikleri üzerine etkileri değerlendirilmiştir. NaCl'nin KCl ile kısmi yer değiştirilmesi üretim prosesini etkilemediği, ancak duyusal özellikleri olumsuz etkilediği belirtilmiştir, KCl'nin neden olduğu bu duyusal kusurların lisin (%0,313), taurin (750 mg/kg), disodyum inosinat (300 mg/kg) ve disodyum guanilat (300 mg/kg) ile azaltılabileceğini tespit edilmiştir (Campagnol *et al.* 2011b) .

Campagnol *et al.* (2012) fermente sosislerde sodyum içeriğinin düşürülmesi sonucunda oluşan kusurları azaltmak amacı ile ürüne lezzet artırıcı olarak lisin, disodyum guanilat ve disodyum inosinat ilave ederek ürünün fiziksel, kimyasal, mikrobiyolojik ve duyusal özellikleri üzerine bir araştırma yapmışlardır. Yürütülen bu çalışma da NaCl'nin %50 oranında KCl ile ikame edilmesi teknolojik proseslerde değişime neden olmadığı, ancak bu değişimin duyusal kalite kusurlarına sebebiyet verdiği, bu kusurların lisin (%1), disodyum guanilat (300 mg/kg) ve disodyum inosinat (300 mg/kg) ile düzeltilebileceği sonucuna varılmıştır. Araştırmacılar KCl kullanımının pH ve  $a_w$  değerleri açısından kontrol grubu ile herhangi bir farklılık göstermediğini, ancak KCl kullanımının  $L^*$  değerinde artışa neden olurken  $a^*$  değerinde ise düşüşe neden olduğunu da tespit etmişlerdir. Ayrıca KCl kullanımının mikrobiyolojik açıdan da fermente sosisler üzerinde önemli bir etkiye sahip olmadığını da belirtmişlerdir.

Corral *et al.* (2013) tarafından farklı tuz içeriğine (kontrol: %2,7 NaCl, %16 tuzu azaltılmış grup: %2,26 NaCl ve %16 KCl ilave edilmiş grup: %2,26 NaCl+%0,43 KCl) sahip yavaş olgunlaştırılmış (57 gün) fermente sosislerin kimyasal ve duyusal özelliklerin incelendiği bir çalışmada, tuz oranının azaltılmasının (%2,26 NaCl) ürünün tat, aroma ve genel kabul edilebilirlik özelliklerinde düşüşe neden olduğu, KCl'nin kısmi ikamesinin (%2,26 NaCl+%0,43 KCl) kontrol grubuna göre aromada azalmaya neden olduğu, tat ve genel kabul edilebilirliğinde ise bir farklılık olmadığı gözlemlenmiştir. Ayrıca KCl ilavesi pH ve su aktivitesi değerleri üzerinde farklılığa neden olmazken TBARS değerinde artışa neden olduğu da vurgulanmıştır.

Düşük sodyum içerikli fermente pişmiş sosislere lezzet artırıcı olarak monosodyum glutamat, disodyum inosinat, disodyum guanilat, lizin ve taurin ilavesinin ürünün fiziksel, kimyasal ve duyuşsal özellikleri üzerine etkisinin araştırıldığı bir çalışmada, sodyumun oranı azaltılarak yerine farklı oranlarda KCl (%50 veya %75) ikame edilmesi fiziko-kimyasal özellikler üzerinde önemli bir değişime neden olmamış ancak duyuşsal kaliteyi etkilemiştir. Araştırmacılar üretilen fermente sosislerin pH, su aktivitesi, L\*,a\* ve b\* değerleri açısından önemli bir değişim göstermediğini, düşük sodyum oranının neden olduğu duyuşsal kalite kusurlarının monosodyum glutamat (%0,06), disodyum inosinat/disodyum guanilat (50:50) (%0,06), lizin (%1), taurin (%0,075) ile azaltılabileceğini tespit etmişlerdir. Ayrıca %68 oranında sodyum azaltılması ile güvenli ve kaliteli bir ürün elde edilebileceğini belirtmişlerdir (Dos Santos *et al.* 2014).

Brezilya tipi kuru fermente bir sosis çeşidi üzerinde Dos Santos *et al.* (2015a) tarafından yapılan bir çalışmada, NaCl'nin KCl ve CaCl<sub>2</sub> ile kısmi yer değiştirilmesi sonucunda ürünün üretimi ve depolanması süresince uçucu bileşiklerin kompozisyonundaki değişimler incelenmiştir. Araştırmacılar kuru fermente sosislerin işlenmesi ve depolanması esnasında NaCl'nin azaltılması veya %50 oranında KCl ile ikame edilmesinin uçucu madde oluşumunda önemli bir değişikliğe neden olmadığını belirtmişlerdir.

Sodyum oranını %50 azaltarak yerine KCl, CaCl<sub>2</sub> veya KCl ve CaCl<sub>2</sub> karışımı (1:1) kullanılarak üretilen kuru fermente sosisler üzerinde yürütölen bir çalışmada, ürünün kalitesi, güvenliği ve potansiyel tüketici pazarı değerlendirilmiştir. NaCl içeriğinin %50 oranında azaltılması veya KCl ile ikame edilmesinin fermentasyon ve olgunlaşma sürecini etkilemediği, ancak CaCl<sub>2</sub> (%50) kullanımının pH değeri, laktik asit ve Micrococcoceae sayılarında düşüş ve su aktivitesi değerinde artışa neden olduğu tespit edilmiştir. Araştırmada ayrıca, sodyum oranı düşürölmüş fermente sosislerin duyuşsal kabul edilebilirliklerinin genellikle azaldığı, fakat %50 KCl veya KCl ve CaCl<sub>2</sub> (1:1) karışımı ile kısmi yer değiştirilmiş ürünlerin kabul edilebileceği de bildirilmiştir (Dos Santos *et al.* 2015b).

### 3. MATERYAL ve METOD

#### 3.1. Materyal

##### 3.1.1. Sucuk yapımında kullanılan hammadde

Araştırmada kullanılan sığır eti, et yağı ve kuyruk yağı Et ve Süt Kurumu Erzurum Et Kombinasyonu'ndan temin edilmiştir. Kesim sonrası bir gün dinlendirilen sığır karkaslarının but ve omuz kısımlarından alınan büyük parça etler Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Gıda Mühendisliği Bölümü Et Ürünleri İşleme Ünitesinde kaba yağ ve bağ dokularından ayrıldıktan sonra küçük parçalara doğranmıştır. Araştırmada kullanılan et yağı ve kuyruk yağı da küçük parçalar halinde doğranmıştır. Küçük parçalar haline getirilen sığır eti, et yağı ve kuyruk yağı ayrı ayrı -20°C muhafaza edilmiştir.

Sucuk hamuruna ilave edilen tuz, sarımsak ve baharat Erzurum piyasasından, sodyum nitrit (Merck), NaCl ve KCl (Sigma-Aldrich) ise bir firmadan temin edilmiştir. Sucuk hamurunun dolunun da ise suni bağırsaklar (çap 38 mm, kalogen materyal, Naturin Darm) kullanılmıştır.

##### 3.1.2. Starter kültür

Araştırmada, starter kültür olarak Kaban and Kaya (2009) tarafından sucuktan izole ve tanımlanmış *Lactobacillus sakei* S15 ve *Staphylococcus xylosum* GM92 suşları kullanılmıştır. Suşlar kullanılmadan önce *L. sakei* S15 MRS (Merck) sıvı besiyerinde, *S. xylosum* GM92 ise TSB (Merck) sıvı besiyerinde 30°C'de 24 saat süreyle çoğaltılmıştır. Sucuk hamuruna *L. sakei* S15 yaklaşık  $10^7$  kob/g, *S. xylosum* GM92 ise  $10^6$  kob/g seviyesinde inoküle edilmiştir.

## 3.2. Metot

### 3.2.1. Sucuk hamurunun hazırlanması

Sucuk hamurunun hazırlanmasında Kaya ve Gökalp (2004) tarafından belirtilen reçete dikkate alınarak 1 kg et-yağ karışımı için (%80 yağsız sığır eti, %10 kuyruk yağı, %10 et yağı); 20 g tuz karışımı, 10 g sarımsak, 4 g sakaroz, 7 g kırmızıbiber, 5 g karabiber, 9 g kimyon, 2,5 g yenibahar kullanılmış, sodyum nitrit ise 150 mg/kg düzeyinde ilave edilmiştir.

Üretimden önce 5 farklı NaCl/KCl kombinasyonu (kontrol-100/0, 75/25, 50/50, 25/75 ve 0/100) esas alınarak 5 tuz karışımı hazırlanmış ve her bir tuz karışımından sucuk hamuruna yukarıda belirtildiği gibi 1 kg et+yağ karışımı için 20 g kullanılmıştır. Sucuk hamurunun hazırlanmasında laboratuvar tipi kutter (MADO Typ MTK 662, Dornhan/Schwarzwald), dolunda ise laboratuvar tipi pistonlu doldurucu (MADO Typ MTK 591, Dornhan/Schwarzwald) kullanılmıştır. Dolum işlemi sonrası örnekler sıcaklığı, hava cereyanı ve nispi rutubeti otomatik olarak kontrol edilebilen klima ünitesine (Reich, Germany) alınmıştır. Klima ünitesinde 24 saat süre ile  $22\pm 1^{\circ}\text{C}$ 'de ve  $\%90\pm 2$  bağıl nem olacak şekilde fermentasyon işlemi gerçekleştirilmiştir. Fermentasyon işlemi takibinde örnekler ısıtma ünitesine alınmıştır.  $40^{\circ}\text{C}$ 'den başlayarak  $68^{\circ}\text{C}$ 'lik iç sıcaklığa ulaşınca kadar ısıtma işlemi uygulanmıştır. Isıtma işlemi sonrası sucuklar tekrar klima ünitesine alınmış ve  $16\pm 1^{\circ}\text{C}$ 'de  $\%72\pm 2$  bağıl nemde 3 gün süre ile kurutma işlemine tabi tutulmuştur.

### 3.2.2. Örneklerin alınması ve analizlere hazırlanması

Analizler; sucuk hamuru, fermentasyon sonrası, ısıtma işlemi sonrası ve kurutma sonrası olmak üzere dört farklı aşamada yapılmıştır. Her bir aşamada mikrobiyolojik analizler için stomacher torbalarına, su aktivitesi ( $a_w$ ) değerinin belirlenmesi için özel plastik kaplara, diğer analizler için ise küçük cam kavanozlara örnekler alınmıştır. Duyusal analiz ise son üründe gerçekleştirilmiştir.

### 3.2.3. Mikrobiyolojik Analizler

25 g örnek, steril plastik torbaya aktarılmış ve üzerine 225 ml steril fizyolojik su (%0,85 NaCl (Merck)) ilave edilerek Stomacher'de (Lab Stomacher Blander 400-BA 7021 Scwardmedical) homojenize edilmiştir. Bu homojenattan steril fizyolojik su kullanılarak uygun dilüsyonlar hazırlanmış ve aşağıda belirtilen sayımlar yapılmıştır.

#### 3.2.3.a. Laktik asit bakteri sayımı

Laktik asit bakteri sayımı için MRS Agar (de Man Rogosa Sharpe Agar) (Merck) besiyeri kullanılmış ve yayma yöntemiyle ekim yapılmıştır. Ekim yapılan plaklar 30°C'de 2 günlük anaerobik inkübasyondan sonra, katalaz (-) koloniler dikkate alınarak laktik asit bakteri sayısı saptanmıştır.

#### 3.2.3.b. *Micrococcus/Staphylococcus* sayımı

*Micrococcus/Stphylococcus* sayımı için MSA Agar (Mannitol Salt Phenol Red Agar) (Merck) besiyeri kullanılmış ve yayma yöntemiyle ekim yapılan plaklar, 30°C'de 2 gün aerobik olarak inkübe edildikten sonra katalaz (+) koklar dikkate alınarak sayım gerçekleştirilmiştir.

#### 3.2.3.c. Enterobacteriaceae sayımı

Uygun dilüsyonlardan VRBD Agar (Violet Red Bile Dextrose Agar) (Merck) besiyeri içeren plaklar üzerine 0,1'er ml aktararak yayma yöntemiyle ekim yapılmıştır. Petri plakları 30°C'de 2 gün anaerobik şartlarda inkübe edilmiş ve inkübasyon sonrasında 1 mm'den büyük kırmızı koloniler sayılarak Enterobacteriaceae sayısı tespit edilmiştir.

### 3.2.4. Fiziksel ve Kimyasal Analizler

#### 3.2.4.a. $a_w$ değerinin belirlenmesi

Örneklerin  $a_w$  değeri,  $a_w$  cihazı (Novasina, TH-500  $a_w$  Sprint) kullanılarak belirlenmiştir.  $a_w$  cihazı kullanılmadan önce altı farklı tuz ile kalibre edilmiştir.

#### 3.2.4.b. pH değerinin belirlenmesi

Homojen hale getirilmiş örneklerden 10 g paralelli olarak tartılıp üzerine 100 ml saf su ilave edilerek Ultra-Turrax (IKA T 25, Germany) ile 1 dak. homojenize edildikten sonra pH değerleri pH-metre (Mettler Toledo, Switzerland) ile okunarak belirlenmiştir.

#### 3.2.4.c. Tiyoarbütirik asit reaktif maddeler (TBARS) değerinin belirlenmesi

Homojen hale getirilmiş sucuk örneklerinden 2 g santrifüj tüplerine aktarılmış ve üzerlerine 12 ml TCA çözeltisi [%7.5 TCA, %0.1 EDTA, %0.1 Propil galat (3 ml etanol de çözülür)] ilave edilmiştir. Tüp içerisindeki örnek, TCA çözeltisi ile ultra-turrax (IKA T 25, Germany) kullanılarak homojenize edildikten sonra Whatman 1 filtre kâğıdından süzölmüştür. Elde edilen bu süzöntüden 3 ml deney tüplerine aktarılmış ve üzerine 3 ml 0.02M TBA ilave edildikten sonra kaynayan su banyosunda 40 dak. süre ile bekletilmiştir. Bu sürenin sonunda soğuk su içerisinde 5 dak. soğutulan örnekler, 2000 g'de 5 dak. santrifüj (Thermo MR231, USA) işlemine tabi tutulmuş ve spektrofotometrede (Aquamate Thermo Electron Corporation, England) 530 nm'de absorbans okunmuştur. Elde edilen absorbans değerleri aşağıda verilen formül kullanılarak TBARS değerleri hesaplanmıştır. Sonuç,  $\mu\text{mol MDA/kg}$  olarak verilmiştir (Lemon, 1975).

TBARS ( $\mu\text{mol MDA/kg}$ ) = ((absorbans/k (0,06)  $\times$  2/1000)  $\times$  6,8)  $\times$  1000/ örnek ağırlığı



#### 3.2.4.d. Protein tabiatında olmayan azotlu madde (NPN-M) miktarının belirlenmesi

Homojen hale getirilen örneklerden 4 g santrifüj tüplerine alınmış, üzerine 8 ml diklorometan ile 40 g %20'lik TCA çözeltisi ilave edilmiş ve örnekler 30-60s süreyle ultra-turrax (IKA T 25, Germany) kullanılarak homojenize edilmiştir. Oda sıcaklığında 15 dak. bekletildikten sonra 3500 g'de 10 dak. santrifüj (Thermo MR231, USA) edilmiştir. Santrifüjleme sonunda üç faz elde edilmiş ve en üsteki faz whatman 595 filtre kâğıdından süzümüştür. Süzüntüden 20 g kjeldahl balonu içerisine alınmış, üzerine 20 ml %98'lik H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>+10 g katalizör (%95,4 potasyum sülfat, %2,8 bakır sülfat, %1,8 titanyum dioksit) ilave edilerek yakma işlemi gerçekleştirilmiştir. Yakma işlemi tamamlandıktan sonra balon içerisine 400 ml saf su ve 85 ml %33'lük NaOH ilave edilerek distilasyon işlemi gerçekleştirilmiştir. Distilasyon sonunda elde edilen 200 ml distilat 0.1 N HCl ile titrasyon işlemine tabi tutulmuştur. Elde edilen veriler aşağıdaki formül kullanılarak NPN değerleri hesaplanmıştır. Sonuç, g/100g olarak verilmiştir (Anonim 1989).

$$\% \text{ NPN-M} = V \times 8,755 \times (W_p/100 \times m_0 + m_2) / (10 \times m_0 \times m_1)$$

V: Titrasyonda harcanan HCl miktarı

W<sub>p</sub>: Kullanılan numunedeki nem miktarı (%)

m<sub>0</sub>: Başlangıçtaki örnek miktar (g)

m<sub>1</sub>: Alınan süzüntü miktarı (g)

m<sub>2</sub>: İlave edilen TCA miktarı (g)

#### 3.2.4.e. Renk analizi

Örneklerin kesit yüzey renk yoğunlukları Minolta (CR-400, Minolta Co, Osaka, Japan) kolorimetre cihazı kullanılarak belirlenmiş ve L\*, a\* ve b\* değerleri üç boyutlu renk ölçümünü esas alan Uluslararası Aydınlatma Komisyonu CIELAB (Commision Internationale de I\*E Clairage) tarafından verilen kriterlere göre yapılmıştır. Buna göre;

L\*: L\*=0, siyah; L\*=100, beyaz (koyuluk/açıklık); a\*: +a\*=kırmızı, -a\*=yeşil ve b\*: +b\*=sarı, -b\*=mavi renk yoğunluklarını gösterir.

### 3.2.4.f. Duyusal analiz

Olgunlaştırılmış sucuklar eğitimli 22 panelist tarafından hedonik tip skala (1-9) kullanılarak duyusal yönden test edilmiştir. Panel formundan panelistlerden ürünün kesit yüzey rengi, dış yüzey rengi, tekstür, tat ve koku ve genel kabul edilebilirlik parametrelerini değerlendirmeleri istenmiştir. Panelistlere verilen değerlendirme formu aşağıda verilmiştir.

	Kahverengimsi kırmızı					Açık soluk renk			
Renk	9	8	7	6	5	4	3	2	1
	Çok iyi					Çok kötü			
Tekstür	9	8	7	6	5	4	3	2	1
	Çok iyi					Çok kötü			
Koku	9	8	7	6	5	4	3	2	1
	Tipik sucuk					Tipik sucuk			
	Tat ve aroması var					Tat ve aroması yok			
Tat	9	8	7	6	5	4	3	2	1
	Çok iyi					Çok kötü			
Genel kabul edilebilirlik	9	8	7	6	5	4	3	2	1

\*Belirtmek istediğiniz hususları yazınız.

### 3.2.4.g. İstatistiksel analizler

Araştırmada NaCl/KCl kombinasyonu (kontrol-100/0, 75/25, 50/50, 25/75 ve 0/100) ve üretim aşaması (sucuk hamuru, fermentasyon sonrası, ısıtma sonrası ve kurutma

sonrası) faktör olarak alınmış ve denemeler  $5 \times 4$  faktöriyel düzende tam şansa bağlı deneme planına göre iki tekerrürlü olarak yürütülmüştür. Elde edilen sonuçlar varyans analizine tabi tutulmuş ve önemli bulunan ana varyasyon kaynakları Duncan çoklu karşılaştırma testiyle karşılaştırılmıştır.



## 4. ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA

### 4.1. Mikrobiyolojik Analizlere Ait Sonuçlar

#### 4.1.1. Laktik asit bakterisi

Laktik asit bakterileri, sucuk ve diğer fermente et ürünlerinde önemli rol oynayan bir mikroorganizma grubudur. Bu mikroorganizmalar laktik asit oluşturarak gıda kaynaklı patojenlerin gelişimini inhibe ederek ürün güvenliğinin sağlanmasına katkıda bulunmanın yanı sıra ürünün organoleptik özelliklerinin gelişiminde de etkili olmaktadır (Kaban and Kaya 2007). Farklı NaCl/KCl kombinasyonları kullanılarak üretilen ısıtılmış işlem görmüş sucuklarda üretim süresince belirlenen laktik asit bakteri sayıları Çizelge 4.1'de verilmiştir. Sucuk hamurlarında starter kültür olarak *L. sakei* S15 suşu kullanılmıştır. Bu nedenle tüm gruplarda yaklaşık 7 log kob/g civarında laktik asit bakteri sayısı tespit edilmiştir. Fermentasyon aşamasında bu sayı tüm gruplarda yaklaşık 1 log kob/g civarında bir artış göstererek 8 log kob/g'a ulaşmıştır. Fermentasyon işleminden sonra uygulanan ısıtılmış işlem laktik asit bakteri sayısında 3 veya 4 log kob/g düzeyinde bir azalmaya neden olmuş, kurutma sırasında ise sayıda az da olsa düşüşler gözlemlenmiştir.

**Çizelge 4.1.** Farklı NaCl/KCl kombinasyonları kullanılarak üretilen ısıtılmış işlem görmüş sucuklarda üretim aşamalarında belirlenen laktik asit bakteri sayıları (log kob/g)

NaCl/KCl	Tekerrür	Sucuk Hamuru	Fermentasyon Sonrası	Isıl İşlem Sonrası	Kurutma Sonrası
100/0	1	7,29	8,27	4,31	4,22
	2	7,25	8,17	4,34	4,36
75/25	1	7,24	8,08	4,66	3,79
	2	7,31	8,14	4,74	3,95
50/50	1	7,10	8,17	4,35	4,02
	2	7,21	8,08	4,00	3,82
25/75	1	7,28	8,08	4,69	4,21
	2	7,29	8,22	4,43	4,33
0/100	1	7,53	8,26	5,18	4,48
	2	7,43	8,17	4,86	4,21

Çizelge 4.2’de farklı NaCl/KCl kombinasyonları kullanılarak üretilen ısıtılmış sucuklarda üretim aşamalarında belirlenen laktik asit bakteri sayılarının ait varyans analiz sonuçları verilmiştir. Çalışmada ana varyasyon kaynaklarından tuz kombinasyonu ve üretim aşaması, laktik asit bakteri sayısı üzerinde  $P<0,01$  seviyesinde önemli etkileri belirlenmiştir. Benzer etki tuz kombinasyonu x üretim aşaması interaksyonu için de tespit edilmiştir ( $P<0,01$ ).

**Çizelge 4.2.** Farklı NaCl/KCl kombinasyonları kullanılarak üretilen ısıtılmış sucuklarda üretim aşamalarında belirlenen laktik asit bakteri sayılarının ait varyans analiz sonuçları

Varyasyon Kaynağı	SD	KO	F
Tuz kombinasyonu (TK)	4	0,371	29,634**
Üretim aşaması (ÜA)	3	79,310	6329,428**
TKxÜA	12	0,110	8,798**
Hata	60	0,013	-
Genel	80	-	-

\*\* $P<0,01$  seviyesinde önemli

Farklı NaCl/KCl kombinasyonları kullanılarak üretilen ısıtılmış sucuklarda belirlenen laktik asit bakteri sayılarına ait ortalamaların Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları Çizelge 4.3’te verilmiştir. En düşük ortalama sayı %50 NaCl+%50 KCl içeren grupta, en yüksek ortalama sayı ise %100 KCl içeren grupta belirlenmiştir. Diğer taraftan fermente sosisler üzerinde NaCl oranını değiştirilmesinin laktik asit bakteri sayısı üzerinde önemli etkiye sahip olmadığı birçok çalışmada belirtilmiştir (Gimeno *et al.* 1998; Gimeno *et al.* 2001b; Gelabert *et al.* 2003; Şimşek 2016). Şimşek (2016) tarafından fermente sucukta farklı klorür tuzlarının etkisinin araştırıldığı bir çalışmada, laktik asit bakterilerinin kontrol grubunda (%100 NaCl) daha yavaş bir gelişme gösterdiği ve bu gelişmenin muhtemelen sodyum klorürün diğer gruplarda kullanılan tuz karışımlarına göre su aktivitesini biraz daha fazla düşürmesinden kaynaklandığı belirtilmiştir.

**Çizelge 4.3.** Farklı NaCl/KCl kombinasyonları kullanılarak üretilen ısıtılmış sucuklarda laktik asit bakteri sayılarına ait ortalamaların Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları

NaCl/KCl kombinasyonu	Laktik asit bakteri (log kob/g)
100/0	6,02±1,81b
75/25	5,99±1,81b
50/50	5,84±1,89c
25/75	6,06±1,74b
0/100	6,26±1,68a

Farklı harfle işaretlenmiş ortalamalar istatistiki olarak birbirinden farklıdır (P<0,05)

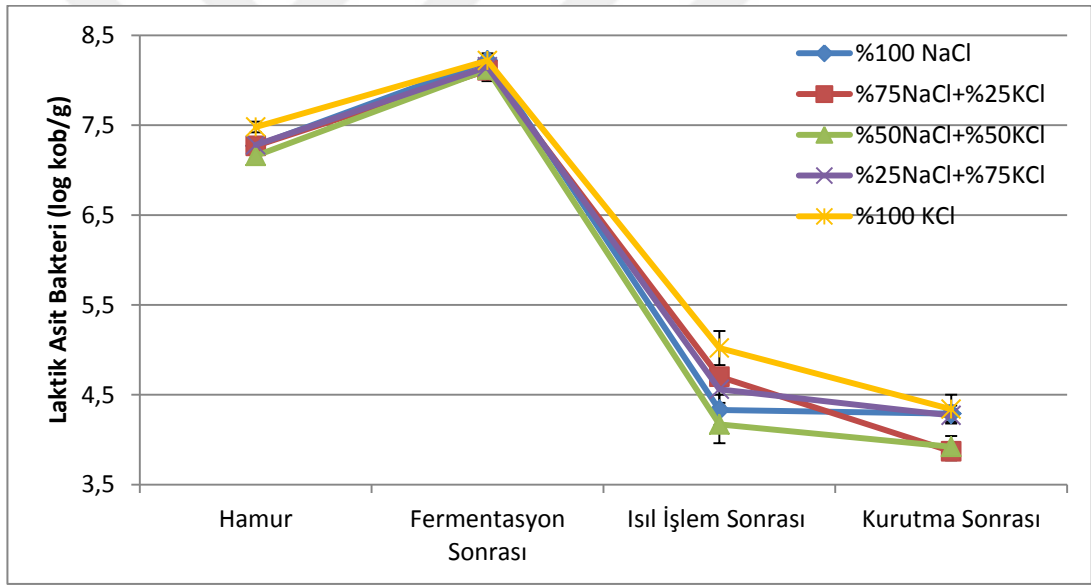
Isıl işlem görmüş sucuklarda üretim aşamalarında belirlenen laktik asit bakteri sayılarına ait ortalamaların Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları Çizelge 4.4’de verilmiştir. Sucuk üretiminde *L. sakei* S15 suşu starter olarak kullanılmış ve hamurda ortalama sayı 7,29 log kob/g olarak tespit edilmiştir. Bu suş fermentasyon sırasında iyi bir gelişme göstermiş ve ortalama sayı 8,16 log kob/g’a yükselmiştir. Sucukta fermentasyon sırasında laktik asit bakterilerinin iyi bir gelişme gösterdiği birçok çalışmada rapor edilmiştir (Kaban and Kaya 2009; Campagnol *et al.* 2011a). Isıl işlem uygulaması sonucunda ise ortalama sayı düşüş olmuş ve sayı 4,56 log kob/g olarak belirlenmiştir. Benzer şekilde Ercoşkun (2006) ve Çakır *et al.* (2013) tarafından sucuk üzerinde yürütülen araştırmalarda da ısıtılmış sucuk uygulamasının laktik asit bakteri sayısını önemli derecede azalttığı tespit edilmiştir. Kurutma aşamasında da laktik asit bakteri sayısında düşüş gözlenmiş ve en düşük ortalama değer bu aşamada saptanmıştır.

**Çizelge 4.4.** Isıl işlem görmüş sucuklarda üretim aşamalarında belirlenen laktik asit bakteri sayılarına ait ortalamaların Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları

Üretim aşaması	Laktik asit bakteri (log kob/g)
Hamur	7,29±0,12b
Fermentasyon sonrası	8,16±0,09a
Isıl işlem sonrası	4,56±0,34c
Kurutma sonrası	4,14±0,23d

Farklı harfle işaretlenmiş ortalamalar istatistiki olarak birbirinden farklıdır (P<0,05)

Farklı oranlarda KCl kullanılarak üretilen ısıl işlem görmüş sucukların laktik asit bakteri sayısı üzerinde  $P < 0,01$  seviyesinde önemli etkisi saptanan tuz kombinasyonu  $\times$  üretim aşaması interaksiyonu Şekil 4.1’de verilmiştir. Şekilden de görüleceği üzere başlangıç aşamasında tüm gruplarda laktik asit bakteri sayısı yaklaşık 7 log kob/g seviyesinde iken, fermentasyon aşamasında yine tüm gruplarda 8 log kob/g’ın üzerine çıkmıştır. Isıl işlem uygulaması ve kurutma aşamaları ise gruplar arasında farklılıklara neden olmuştur. Isıl işlem uygulaması sonrasında en düşük laktik asit bakteri sayısı %50NaCl+%50KCl içeren grupta belirlenmiştir. Kurutma işleminden sonra ise %50NaCl+%50KCl içeren grup ile %75NaCl+ %25 KCl içeren grup, diğer gruplara göre daha düşük sayılar vermiştir.



Şekil 4.1. Farklı NaCl/KCl kombinasyonları kullanılarak üretilen ısıl işlem görmüş sucuklarda laktik asit bakteri sayısı üzerine tuz kombinasyonu  $\times$  üretim aşaması interaksiyonunun etkisi

#### 4.1.2. *Micrococcus/Staphylococcus*

*Micrococcus* ve *Staphylococcus* cinsi mikroorganizmalar, kuru ve yarı-kuru fermente sosislerde gerek nitrat redüktaz ve katalaz aktiviteleri ile renk gelişimi üzerinde, gerekse lipolitik ve proteolitik aktiviteleri ile aroma gelişiminde oldukça önemli etkiye sahiptir (Gökalp vd 1998; Ordonez *et al.* 1999; Kaban and Kaya 2009). Farklı NaCl/KCl kombinasyonları kullanılarak üretilen ısıl işlem görmüş sucuklarda üretim aşamalarında

belirlenen *Micrococcus/Staphylococcus* sayıları Çizelge 4.5'te verilmiştir. Araştırmada *Staphylococcus xylosum* GM92 suşu starter olarak kullanılmış ve Çizelge 4.5'den de görüleceği üzere sucuk hamurlarına yaklaşık 6 log kob/g düzeyinde inoküle edilmiştir. Fermentasyon sırasında sayıda ya hiç artış olmamış ya da yaklaşık bir logaritmik birimlik bir artış gözlenmiştir. Isıl işlem uygulamasından etkilenen bu mikroorganizmaların sayısında yaklaşık 3 logaritmik birimlik bir azalma tespit edilmiştir. Kurutma aşamasında ise sayıda az da olsa düşüşler gözlenmiştir.

**Çizelge 4.5.** Farklı NaCl/KCl kombinasyonları kullanılarak üretilen ısıl işlem görmüş sucuklarda üretim aşamalarında belirlenen *Micrococcus/Staphylococcus* sayıları (log kob/g)

NaCl/KCl	Tekerrür	Sucuk Hamuru	Fermentasyon Sonrası	Isıl İşlem Sonrası	Kurutma Sonrası
100/0	1	5,85	6,43	3,64	3,45
	2	5,81	6,42	3,57	3,65
75/25	1	5,75	6,11	3,56	3,26
	2	5,77	5,76	3,65	3,27
50/50	1	5,68	6,24	3,60	3,45
	2	5,77	6,21	3,44	3,40
25/75	1	5,96	6,28	4,06	3,46
	2	5,86	6,34	3,83	3,36
0/100	1	5,89	5,94	3,86	3,43
	2	5,98	6,17	3,80	3,41

NaCl/KCl kombinasyonları kullanılarak üretilen sucuklarda *Micrococcus/Staphylococcus* sayılarına ait varyans analiz sonuçları Çizelge 4.6'da verilmiştir. Ana varyasyon kaynaklarından tuz kombinasyonu ve üretim aşaması faktörleri *Micrococcus/Staphylococcus* sayısı üzerinde  $P<0,01$  düzeyinde etki göstermiştir. Benzer durum tuz kombinasyonu x üretim aşaması interaksyonu için de geçerli olmuştur ( $P<0,01$ ).



**Çizelge 4.6.** Farklı NaCl/KCl kombinasyonları kullanılarak üretilen ısıtılmış sucuklarda üretim aşamalarında belirlenen *Micrococcus/Staphylococcus* sayılarına ait varyans analiz sonuçları

Varyasyon Kaynağı	SD	KO	F
Tuz kombinasyonu (TK)	4	0,164	14,562**
Üretim aşaması (ÜA)	3	40,838	3619,160**
TKxÜA	12	0,063	5,614**
Hata	60	0,011	-
Genel	80	-	-

\*\*P<0,01 seviyesinde önemli

Farklı tuz karışımları kullanılarak üretilen ısıtılmış sucuklarda *Micrococcus/Staphylococcus* sayılarına ait ortalamaların Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları Çizelge 4.7’de verilmiştir. Araştırmada 75/25-NaCl/KCl kombinasyonunda diğer gruplara göre daha düşük ortalama değer vermiştir ve diğer gruplardan istatistiki olarak farklılık göstermiştir. Diğer taraftan en yüksek ortalama sayı 25/75-NaCl/KCl kombinasyonuna ait grupta tespit edilmiştir. Ancak bu ortalama değer kontrol grubundan (%100 NaCl) istatistiki olarak farklılık göstermemiştir. Diğer taraftan Gimeno *et al.* (1998) *Micrococcaceae* familyası üyelerinin aside duyarlı olduğunu, bu nedenle olgunlaştırma sırasında tuz oranı modifiye edilmiş ürünün daha fazla asitleşmesi sonucunda gelişiminin kontrol grubuna göre daha düşük olduğunu belirtmişlerdir. Gimeno *et al.* (2001b) ise NaCl ile ikame edilen farklı klorür tuzlarının (KCl, CaCl<sub>2</sub>) *Micrococcaceae* sayısı üzerinde etkili olmadığını bildirmişlerdir. Benzer şekilde Campagnol *et al.* (2011a) tarafından da fermente sosis üretimi sırasında farklı klorür tuzlarının kullanımının *Micrococcus/Staphylococcus* sayısı üzerinde önemli etkilerinin olmadığı tespit edilmiştir. Buna karşın Gelabert *et al.* (2003) üründe %40 KCl ikamesinin *Micrococcaceae* sayısında artışa neden olduğunu tespit etmişlerdir.

**Çizelge 4.7.** Farklı NaCl/KCl kombinasyonları kullanılarak üretilen ısıtılmış sucuklarda *Micrococcus/Staphylococcus* sayılarına ait ortalamaların Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları

NaCl/KCl kombinasyonu	<i>Micrococcus/Staphylococcus</i> (log kob/g)
100/0	4,85±1,34ab
75/25	4,64±1,26d
50/50	4,72±1,31c
25/75	4,89±1,28a
0/100	4,81±1,24b

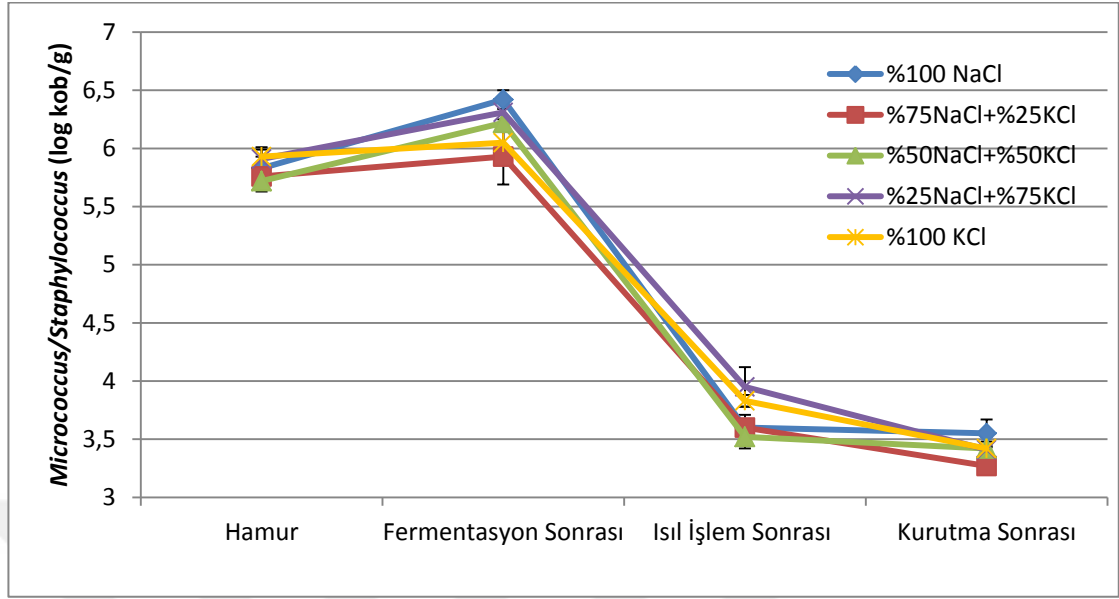
Farklı harfle işaretlenmiş ortalamalar istatistiki olarak birbirinden farklıdır (P<0,05)

Farklı tuz karışımı kullanılarak üretilen ısıtılmış sucuklarda üretim aşamalarında belirlenen *Micrococcus/Staphylococcus* sayılarına ait ortalamaların Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları Çizelge 4.8’de verilmiştir. Sucuk hamurunun hazırlanması esnasında hamura 6 log kob/g *Staphylococcus xylosus* GM92 ilave edilmiştir. 24 saatlik fermentasyon sonrasında *Micrococcus/Staphylococcus* sayısında az da olsa bir artış olmuş ve bu değer en yüksek ortalama sayı olmuştur. Isıtılmış ve kurutma aşamalarında ise *Micrococcus/Staphylococcus* sayısında düşüş tespit edilmiş, en düşük ortalama sayı kurutma aşamasında belirlenmiştir. *Micrococcus/Staphylococcus* sayısında fermentasyon sırasında az da olsa bir artış olduğu birçok çalışma da belirtilmektedir (Kaban and Kaya 2009; Kaban and Bayrak 2015). Ayrıca fermentasyon süresince gerçekleşen pH (Campagnol *et al.* 2011a) ve  $a_w$  düşüşü, mikrobiyal rekabet ve sonrasında ısıtılmış uygulamasının *Micrococcus/Staphylococcus* sayısında azalmaya neden olduğu da vurgulanmıştır (Dalmış 2007). Diğer taraftan Çakır *et al.* (2013) ısıtılmış uygulamasının sucukların *Micrococcus/Staphylococcus* sayısında yaklaşık 2 logaritmik birimlik bir redüksiyona neden olduğunu tespit etmiştir. Isıtılmış sonrası sucuklarda başlangıçta 5 log kob/g civarında olan *Micrococcus/ Staphylococcus* sayısının 6. günde önemli ölçüde azaldığı Ercoşkun (2006) tarafından yapılan araştırmada da tespit edilmiştir.

**Çizelge 4.8.** Isıl işlem görmüş sucuklarda üretim aşamalarında belirlenen *Micrococcus/Staphylococcus* sayılarına ait ortalamaların Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları

Üretim aşaması	<i>Micrococcus/Staphylococcus</i> (log kob/g)
Hamur	5,83±0,11b
Fermentasyon sonrası	6,19±0,22a
Isıl işlem sonrası	3,70±0,19c
Kurutma sonrası	3,41±0,12d

Farklı oranlarda KCl kullanılarak üretilen ısıl işlem görmüş sucuklarda *Micrococcus/Staphylococcus* sayısı üzerine tuz oranı x üretim aşaması interaksiyonunun etkisi Şekil 4.2’de verilmiştir. Sucuk hamurlarına yaklaşık  $10^6$  kob/g düzeyinde inoküle edilen *Staphylococcus xylosus* GM92 suşu en iyi gelişmeyi %100 NaCl içeren grupta göstermiş, ancak ısıl işlem uygulamasından diğer gruplara göre daha fazla etkilenmiş ve en fazla düşüş bu grupta olmuştur. Yürütülen mevcut bu çalışmada %75 NaCl+%25 KCl içeren grupta *Micrococcus/Staphylococcus* gelişiminin diğer gruplara göre daha düşük oranda bir gelişme gösterdiği saptanmıştır. Isıl işlem uygulamasında ise en yüksek sayı %25 NaCl+%75 KCl içeren grupta belirlenmiştir. Şimşek (2016) tarafından fermente sucukta farklı klorür tuzlarının kullanımının araştırıldığı bir çalışmada, farklı klorürü tuzlarının kullanımının *Micrococcus/Staphylococcus* sayısı üzerinde çok önemli derecede etkili olduğu, en düşük ortalama sayının %100 NaCl içeren grupta, en yüksek sayının ise %50 NaCl+%30 KCl+%20  $MgCl_2$  içeren grupta belirlendiği rapor edilmiştir.



**Şekil 4.2.** Farklı NaCl/KCl kombinasyonları kullanılarak üretilen ısıl işlem görmüş sucuklarda *Micrococcus/Staphylococcus* sayısı üzerine tuz kombinasyonu × üretim aşaması interaksiyonunun etkisi

#### 4.1.3. Enterobacteriaceae

Farklı oranlarda KCl kullanılarak üretilen ısıl işlem görmüş sucuklarda üretim süresince Enterobacteriaceae sayısı tüm gruplarda saptanabilir sınırın altında ( $10^2$  kob/g) kalmıştır. Gram (-) bu mikroorganizmalar, pek çok gıda kaynaklı patojen ve bozucu mikroorganizmayı da içerisinde bulundurmaktadır. Sucuk hamurlarında Enterobacteriaceae sayısının saptanabilir sınırın altında olması üretimde kullanılan çığ materyalin hijyenik kalitesinin iyi olduğunun bir göstergesidir. Diğer taraftan sucuğun olgunlaştırılması sırasında pH ve su aktivitesinde gerçekleşen düşüğe bağlı olarak Enterobacteriaceae sayısında azaldığı rapor edilmiştir (Kaya and Gökalp 2004; Kaban and Kaya 2006; Genççelep *et al.* 2007).

## 4.2. Fiziksel ve Kimyasal Analiz Sonuçları

### 4.2.1. Su aktivitesi ( $a_w$ )

Tuz (NaCl), su tutma kapasitesi ve lezzete katkısından dolayı işlenmiş et ürünlerinde önemli bir bileşen olup (Guardia *et al.* 2006; Arnau *et al.* 2008; Gökalp vd 2010; Şimşek 2016), ürünün su aktivitesini düşürerek ürün güvenliğine katkıda bulunmaktadır (Desmond *et al.* 2006; Guardia *et al.* 2006; Toldra *et al.* 2009; Zanardi *et al.* 2010; Campagnol *et al.* 2011b). Farklı NaCl/KCl kombinasyonları kullanılarak üretilen sucuklarda üretim aşamalarında belirlenen  $a_w$  değerleri Çizelge 4.9'da verilmiştir. Sucuk hamurlarında 0,970-0,975 arasında olan  $a_w$  değeri, kurutma işlemi sonrasında 0,935-0,945 arasında bir değişim göstermiştir.

**Çizelge 4.9.** Farklı NaCl/KCl kombinasyonları kullanılarak üretilen ısıtılmış sucuklarda üretim aşamalarında belirlenen  $a_w$  değeri

NaCl/KCl	Tekerrür	Sucuk Hamuru	Fermentasyon Sonrası	Isıl İşlem Sonrası	Kurutma Sonrası
100/0	1	0,972	0,959	0,960	0,940
	2	0,973	0,960	0,960	0,941
75/25	1	0,973	0,956	0,960	0,936
	2	0,974	0,956	0,959	0,935
50/50	1	0,971	0,960	0,960	0,935
	2	0,970	0,960	0,960	0,943
25/75	1	0,972	0,961	0,964	0,945
	2	0,974	0,961	0,960	0,945
0/100	1	0,975	0,962	0,965	0,944
	2	0,975	0,964	0,962	0,945

Farklı NaCl/KCl kombinasyonları kullanılarak üretilen ısıtılmış sucuklarda üretim süresince belirlenen  $a_w$  değerlerine ait varyans analiz sonuçları Çizelge 4.10'da verilmiştir. Ana varyasyon kaynaklarından tuz kombinasyonu, üretim aşaması ve bu

faktörlerin interaksiyonu  $a_w$  değeri üzerinde çok önemli derecede etkili bulunmuştur ( $P<0,01$ ).

**Çizelge 4.10.** Farklı NaCl/KCl kombinasyonları kullanılarak üretilen ısıtılmış işlem görmüş sucuklarda üretim aşamalarında belirlenen  $a_w$  değerlerine ait varyans analiz sonuçları

Varyasyon Kaynağı	SD	KO	F
Tuz kombinasyonu (TK)	4	8,303E-005	26,152**
Üretim aşaması (ÜA)	3	0,004	1108,058**
TKxÜA	12	1,249E-005	3,934**
Hata	60	3,175E-006	-
Genel	80	-	-

\*\* $P<0,01$  seviyesinde önemli

Farklı NaCl/KCl kombinasyonları kullanılarak üretilen ısıtılmış işlem görmüş sucuklarda  $a_w$  değerlerine ait ortalamaların Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları Çizelge 4.11’de verilmiştir. %100 KCl içeren grup, en yüksek ortalama değeri vermiş, bu değer %25 NaCl+%75 KCl içeren gruptan istatistiki olarak farklı bulunmamıştır ( $P>0,05$ ). Sodyum oranının azaltılmasının proteinlerin su tutma kapasitesini ve kurutma işlemini etkilediği Zanardi *et al.* (2010) tarafından rapor edilmiştir. Bu çalışmada olduğu gibi Gelabert *et al.*(2003), NaCl’nin KCl’ye oranla daha düşük su aktivitesine neden olduğunu gözlemlemişlerdir. Üretiminde tuz (NaCl) oranının azaltılması veya diğer tuzlar ile ikame edilmesi, daha yüksek su aktivitesine sahip ürünler elde edilmesine neden olmaktadır (Campagnol *et al.* 2011b). Buna karşın fermente edilmiş, pişirilmiş sosisler üzerinde yapılan bir çalışmada NaCl yerine %50 ve %75 oranlarında KCl kullanımının kurutma işlemini etkilemediği tespit edilmiştir (Dos Santos *et al.* 2014). Bununla birlikte Gimeno *et al.* (1998) su aktivitesinde gözlemlenen artışın ürünün raf ömrünü etkilemeyeceğini belirtmişlerdir.

**Çizelge 4.11.** Farklı NaCl/KCl kombinasyonları kullanılarak üretilen ısıtılmış sucuklarda  $a_w$  değerlerine ait ortalamaların Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları

<b>NaCl/KCl kombinasyonu</b>	<b><math>a_w</math></b>
<b>100/0</b>	0,958±0,012b
<b>75/25</b>	0,956±0,014c
<b>50/50</b>	0,957±0,012b
<b>25/75</b>	0,960±0,010a
<b>0/100</b>	0,961±0,012a

Farklı harfle işaretlenmiş ortalamalar istatistiki olarak birbirinden farklıdır (P<0,05)

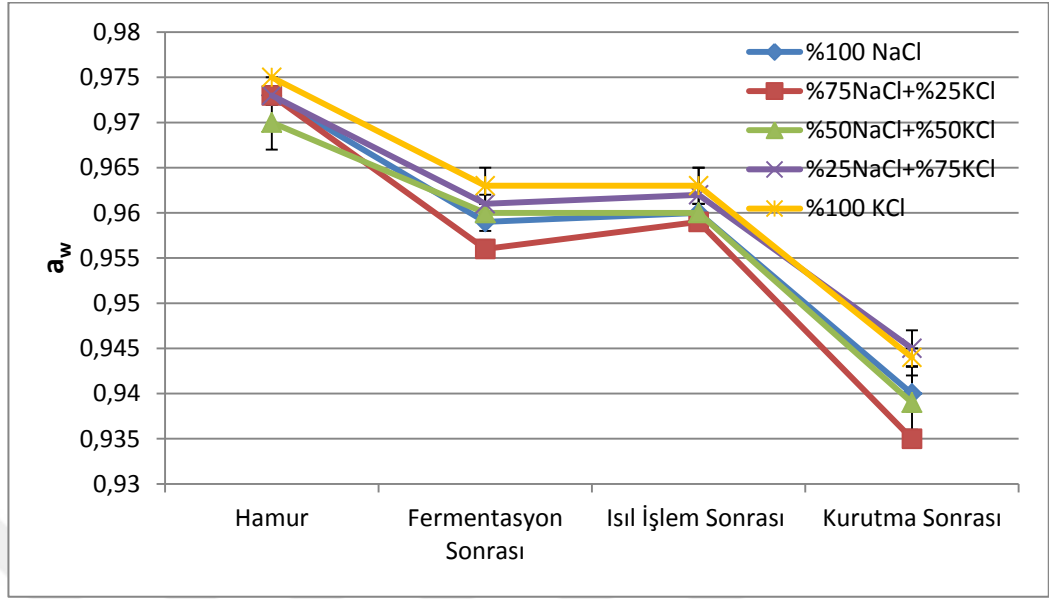
Isıtılmış sucuklarda üretim aşamalarında belirlenen  $a_w$  değerlerine ait ortalamaların Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları Çizelge 4.12’de verilmiştir. Sucuk hamurunda ortalama 0,973±0,002 olan  $a_w$  değeri, son üründe ortalama 0,941±0,004 değerini vermiş ve istatistiki olarak farklılık göstermiştir (P<0,05). Gökalp vd. (2010), sucuk hamuruna ilave edilen tuz ve yağ miktarını değiştirerek sucuğun başlangıçtaki  $a_w$  değerini az da olsa ayarlamasının mümkün olabileceğini belirtmişlerdir. Isıtılmış sucuk üzerinde yürütülen pek çok çalışmada, ısıtılmış sucuk uygulaması sonrasında nem değerlerinin düştüğü rapor edilmiştir (Ercoskun 2006; Yürür 2007; Toptancı 2007).

**Çizelge 4.12.** Isıtılmış sucuklarda üretim aşamalarında belirlenen  $a_w$  değerlerine ait ortalamaların Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları

<b>Üretim aşaması</b>	<b><math>a_w</math></b>
<b>Hamur</b>	0,973±0,002a
<b>Fermentasyon sonrası</b>	0,960±0,003b
<b>Isıtılmış sucuk sonrası</b>	0,961±0,002b
<b>Kurutma sonrası</b>	0,941±0,004c

Farklı harfle işaretlenmiş ortalamalar istatistiki olarak birbirinden farklıdır (P<0,05)

Farklı NaCl/KCl kombinasyonları kullanılarak üretilen ısıtılmış sucuklarda su aktivitesi ( $a_w$ ) değeri üzerine tuz kombinasyonu x üretim aşaması interaksiyonunun etkisi Şekil 4.3’te verilmiştir. Tüm gruplarda en yüksek su aktivitesi değerleri sucuk hamurunda belirlenmiştir. Buna karşın %75 NaCl+%25 KCl içeren grup hariç diğer gruplarda fermentasyon ve ısıtılmış sucuk aşamalarında önemli değişimler göstermemiştir. %75 NaCl+%25 KCl içeren grup kurutma sonrasında da en düşük değeri vermiştir.



**Şekil 4.3.** Farklı NaCl/KCl kombinasyonları kullanılarak üretilen ısıl işlem görmüş sucuklarda su aktivitesi ( $a_w$ ) değeri üzerine tuz kombinasyonu  $\times$  üretim aşaması interaksiyonunun etkisi

#### 4.2.2. pH

Sucuk gibi fermente ürünlerde pH, renk, tekstür, tat ve aroma gibi duysal özellikler üzerinde büyük rol oynamakta ve ayrıca bozulmaya neden olan mikroorganizmalar ile gıda kaynaklı patojenlerin gelişimini de önlemektedir (Lücke 1985; Kaya ve Kaban 2010). Farklı NaCl/KCl kombinasyonları kullanılarak üretilen ısıl işlem görmüş sucuklarda üretim aşamalarında belirlenen pH değerleri Çizelge 4.13'te verilmiştir. Sucuk hamurlarının pH değerleri 5,77-5,86 arasında değişmiştir. Üretimde 24 saatlik bir fermentasyon işlemi sonrasında pH değerlerinde düşüş görülmüş ve en düşük değer 5,02 olarak %100 KCl içeren grupta tespit edilmiştir. Isıl işlem ve kurutma sonrasında ise pH değerinde artış belirlenmiştir.



**Çizelge 4.13.** Farklı NaCl/KCl kombinasyonları kullanılarak üretilen ısıtılmış sucuklarda üretim aşamalarında belirlenen pH değerleri

NaCl/KCl	Tekerrür	Sucuk Hamuru	Fermentasyon Sonrası	Isıl İşlem Sonrası	Kurutma Sonrası
100/0	1	5,77	5,16	5,28	5,44
	2	5,79	5,18	5,28	5,38
75/25	1	5,77	5,18	5,34	5,40
	2	5,82	5,20	5,35	5,45
50/50	1	5,84	5,16	5,23	5,38
	2	5,85	5,09	5,31	5,33
25/75	1	5,86	5,15	5,25	5,27
	2	5,86	5,11	5,28	5,29
0/100	1	5,79	5,02	5,16	5,23
	2	5,78	5,03	5,21	5,22

Çizelge 4.14’de farklı NaCl/KCl kombinasyonları kullanılarak üretilen ısıtılmış sucuklarda üretim aşamalarında belirlenen pH değerlerine ait varyans analiz sonuçları verilmiştir. Ana varyasyon kaynaklarından tuz kombinasyonu, üretim aşaması ve tuz kombinasyonu x üretim aşaması interaksiyonu pH değeri üzerinde çok önemli ( $P<0,01$ ) etki göstermişlerdir. Şimşek (2016) de fermente sucukta farklı klorür tuzlarının kullanılmasının pH değeri üzerinde çok önemli ( $P<0,01$ ) etkiye sahip olduğunu bildirmiştir.

**Çizelge 4.14.** Farklı NaCl/KCl kombinasyonları kullanılarak üretilen ısıtılmış sucuklarda üretim aşamalarında belirlenen pH değerlerine ait varyans analiz sonuçları

Varyasyon Kaynağı	SD	KO	F
Tuz kombinasyonu (TK)	4	0,041	48,133**
Üretim aşaması (ÜA)	3	1,761	2088,318**
TKxÜA	12	0,008	9,366**
Hata	60	0,001	-
Genel	80	-	-

\*\* $P<0,01$  seviyesinde önemli

Farklı NaCl/KCl kombinasyonları kullanılarak üretilen ısıtılmış sucuklarda pH değerlerine ait ortalamaların Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları Çizelge 4.15’te verilmiştir. En düşük ortalama pH değeri %100 KCl içeren grupta 5,30 olarak

belirlenmiştir. Buna karşın en yüksek pH değeri 75/25-NaCl/KCl kombinasyonunda 5,44 olarak tespit edilmiştir. Çizelge 4.15'den de görüldüğü üzere %50 ve daha fazla oranda KCl ikamesinin pH değerinde azalma gösterdiği saptanmıştır. Zanardi *et al.* (2010)'da benzer şekilde tuz (NaCl) oranı azaldıkça pH değerinin düştüğünü belirtmiştir. Sodyum yerine potasyum (K), magnezyum (Mg) ve kalsiyum (Ca) ile ikame edilen diğer çalışmalarda da pH değerlerinde azalma gözlemlenmiştir (Gimeno *et al.* 2001a). Bunlara karşın tuz oranının önemli ölçüde pH'yı etkilediğini belirten Kerry *et al.* (2014), %0,5'ten daha yüksek tuz konsantrasyonlarında pH değerinde önemli bir artış gözlemlemişlerdir. Buna karşın Campagnol *et al.* (2011a) KCl kullanımının pH değeri üzerinde önemli bir değişime neden olmadığını belirtmişlerdir.

**Çizelge 4.15.** Farklı NaCl/KCl kombinasyonları kullanılarak üretilen ısıtılmış işlem görmüş sucuklarda pH değerlerine ait ortalamaların Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları

NaCl/KCl kombinasyonu	pH
100/0	5,41±0,24b
75/25	5,44±0,23a
50/50	5,40±0,28bc
25/75	5,38±0,29c
0/100	5,30±0,30d

Farklı harfle işaretlenmiş ortalamalar istatistiki olarak birbirinden farklıdır (P<0,05)

Isıtılmış işlem görmüş sucuklarda üretim aşamalarında belirlenen pH değerlerine ait ortalamaların Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları Çizelge 4.16'da verilmiştir. Üretim süresince en düşük ortalama pH değeri fermentasyon sonrasında tespit edilmiştir. Fermentasyon sırasında pH'nın düşüşüne ortam sıcaklığı, şeker miktarı ve çeşidi gibi pek çok faktör etki etmektedir. pH'nın izoelektirik noktaya yaklaşması ile su kaybı hızlanmakta, kurutma daha kısa sürede gerçekleşmekte, renk oluşumu hızlanmakta, arzu edilen tat ve tekstür oluşmakta, ayrıca mikrobiyal bozulmalar önlenmektedir (Gökalp vd. 2010). Fermentasyonun sucukların pH değeri üzerinde önemli etkisinin olduğuna dair çok sayıda araştırma bulunmaktadır (Kaban ve Kaya 2006; Ercoşkun 2006; Gençcelep *et al.* 2007; Çakır *et al.* 2013). Yapılan bu çalışmada, fermentasyon sonrasında uygulanan ısıtılmış işlem ve kurutma işlemlerinde pH değerinde artış görülmüş ve son üründe ortalama pH değeri 5,34±0,08 olarak belirlenmiştir

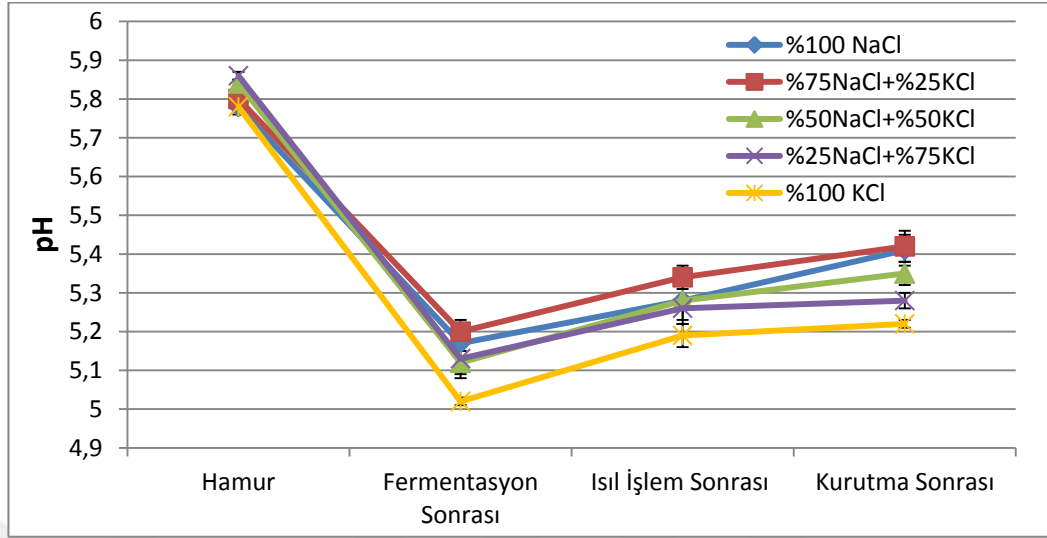
(Çizelge 4.16). Bu artışın proteolizis reaksiyonlar sonucu oluşan bazik karakterdeki bileşiklerden kaynaklandığı belirtilmektedir (Puolanne *et al.* 2001; Gimeno *et al.* 2001b; Ercoşkun 2006; Şimşek 2016).

**Çizelge 4.16.** Isıl işlem görmüş sucuklarda üretim aşamalarında belirlenen pH değerlerine ait ortalamaların Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları

<b>Üretim aşaması</b>	<b>pH</b>
<b>Hamur</b>	5,81±0,04a
<b>Fermentasyon sonrası</b>	5,13±0,07d
<b>Isıl işlem sonrası</b>	5,27±0,06c
<b>Kurutma sonrası</b>	5,34±0,08b

Farklı harfle işaretlenmiş ortalamalar istatistiki olarak birbirinden farklıdır (P<0,05)

Farklı NaCl/KCl kombinasyonları kullanılarak üretilen ısıl işlem görmüş sucuklarda pH değeri üzerine tuz kombinasyonu x üretim aşaması interaksyonunun etkisi Şekil 4.4'te verilmiştir. Tüm gruplarda fermentasyon sırasında laktik asit oluşumundan dolayı pH değeri düşmüş, ısıl işlem sırasında gerçekleşen protein denatürasyonundan dolayı ise pH artış göstermiştir. Kurutma aşamasında ise yukarıda belirtildiği gibi proteolizis nedeni ile pH değerinde yine artış gözlenmiştir. Ancak fermentasyon sırasında en fazla asitleşme %100 KCl içeren grupta belirlenmiş ve buna bağlı olarak en düşük pH değeri bu grupta tespit edilmiştir. Fermentasyon sonrasında gerçekleştirilen diğer aşamalarda ise en düşük pH değerini yine tuz olarak sadece KCl'nin kullanıldığı grup vermiştir.



**Şekil 4.4.** Farklı NaCl/KCl kombinasyonları kullanılarak üretilen ısıl işlem görmüş sucuklarda pH değeri üzerine tuz kombinasyonu × üretim aşaması interaksiyonunun etkisi

#### 4.2.3. Tiyobarbütirik asit reaktif maddeler (TBARS) değeri

TBARS değeri, gerek taze et ürünlerinde gerekse işlenmiş et ürünlerinde lipit oksidasyonunun önemli bir göstergesidir. Lipit oksidasyonu fermente et ürünlerinde uçucu bileşiklerin önemli kaynakları arasında da yer almaktadır (Ordenez *et al.* 1999). Kuru fermente sosislerde lipit oksidasyonunu etin parçalanma derecesi, hamurunun kompozisyonu, pH, tuz, nitrit, antioksidan ve baharat gibi çeşitli faktörler etkilemektedir. Et ürünlerinde acılaşmaya neden olan lipit oksidasyonu arzu edilen bir reaksiyon olmamakla birlikte, sucuk, salami, rohwurst, salchichon gibi fermente sosislerde tipik aromanın ana kaynağıdır (Kaya ve Kaban 2010). Farklı NaCl/KCl kombinasyonları kullanılarak üretilen ısıl işlem görmüş sucuklarda üretim aşamalarında belirlenen TBARS değerleri Çizelge 4.17’de verilmiştir. Sucuk hamurunda en yüksek TBARS değerini 25/75-NaCl/KCl kombinasyonu kullanılarak üretilen grup vermiştir. Son üründe, kontrol grubu (%100 NaCl) 7,20-7,50  $\mu\text{mol}$  MDA/kg arasında değişen TBARS değerleri verirken, sadece %100 KCl içeren grup 10,65-10,82  $\mu\text{mol}$  MDA/kg arasında değişen değerler göstermiştir.

**Çizelge 4.17.** Farklı NaCl/KCl kombinasyonları kullanılarak üretilen ısıtılmış sucuklarda üretim aşamalarında belirlenen TBARS ( $\mu\text{mol MDA/kg}$ ) değerleri

NaCl/KCl	Tekerrür	Sucuk Hamuru	Fermentasyon Sonrası	Isıl İşlem Sonrası	Kurutma Sonrası
100/0	1	3,95	8,36	6,34	7,50
	2	3,62	7,36	6,51	7,20
75/25	1	3,78	7,88	7,72	8,28
	2	5,26	8,65	8,26	7,81
50/50	1	5,30	8,91	7,64	9,14
	2	5,31	8,36	7,64	7,95
25/75	1	5,41	8,37	9,53	9,80
	2	5,97	8,31	8,54	9,47
0/100	1	3,78	7,29	8,30	10,82
	2	4,35	7,68	8,26	10,65

Farklı NaCl/KCl kombinasyonları kullanılarak üretilen ısıtılmış sucuklarda üretim aşamalarında belirlenen TBARS değerlerine ait varyans analiz sonuçları Çizelge 4.18'de verilmiştir. Ana varyasyon kaynaklarından tuz kombinasyonu ve üretim aşaması ile bu faktörlerin interaksiyonunun TBARS değeri üzerine çok önemli etkisi ( $P<0,01$ ) bulunmuştur.

**Çizelge 4.18.** Farklı NaCl/KCl kombinasyonları kullanılarak üretilen ısıtılmış sucuklarda üretim aşamalarında belirlenen TBARS değerlerine ait varyans analiz sonuçları

Varyasyon Kaynağı	SD	KO	F
Tuz kombinasyonu (TK)	4	7,220	14,176**
Üretim aşaması (ÜA)	3	68,744	134,972**
TKxÜA	12	2,350	4,614**
Hata	60	0,509	-
Genel	80	-	-

\*\* $P<0,01$  seviyesinde önemli

Farklı NaCl/KCl kombinasyonları kullanılarak üretilen ısıtılmış sucuklarda TBARS değerlerine ait ortalamaların Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları Çizelge 4.19'da verilmiştir. En düşük ortalama TBARS değeri kontrol (%100 NaCl) grubunda tespit edilmiştir. Fermente bir sosis çeşidi üzerinde yapılan çalışmada kullanılan tuz karışımının (NaCl, KCl,  $\text{MgCl}_2$  ve  $\text{CaCl}_2$ ) kontrole (NaCl) göre daha yüksek TBARS

değeri verdiği belirtilmiş ve bunun nedeninin  $\text{CaCl}_2$ 'den ileri geldiği sonucuna varılmıştır (Zanardi *et al.* 2010). Buna karşın Ordonez *et al.* (1999) KCl kullanımının oksidasyon olayını azalttığını ancak oluşabilecek acı tat nedeniyle kullanımının sınırlı olduğunu belirtmektedir. Mevcut bu çalışmada ise KCl ikamesinin lipit oksidasyonunu arttırdığı tespit edilmiştir. Diğer taraftan NaCl'nin de et ve et ürünlerinde önemli bir prooksidan etkiye sahip olduğu ve lipit oksidasyonunu hızlandırdığı bildirilmektedir (Zanardi *et al.* 2010).

**Çizelge 4.19.** Farklı NaCl/KCl kombinasyonları kullanılarak üretilen ısıtılmış sucuklarda TBARS değerlerine ait ortalamaların Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları

NaCl/KCl kombinasyonu	TBARS ( $\mu\text{mol MDA/kg}$ )
100/0	6,35±1,72c
75/25	7,20±1,89b
50/50	7,53±1,48b
25/75	8,17±1,62a
0/100	7,64±2,51b

Farklı harfle işaretlenmiş ortalamalar istatistiki olarak birbirinden farklıdır ( $P<0,05$ )

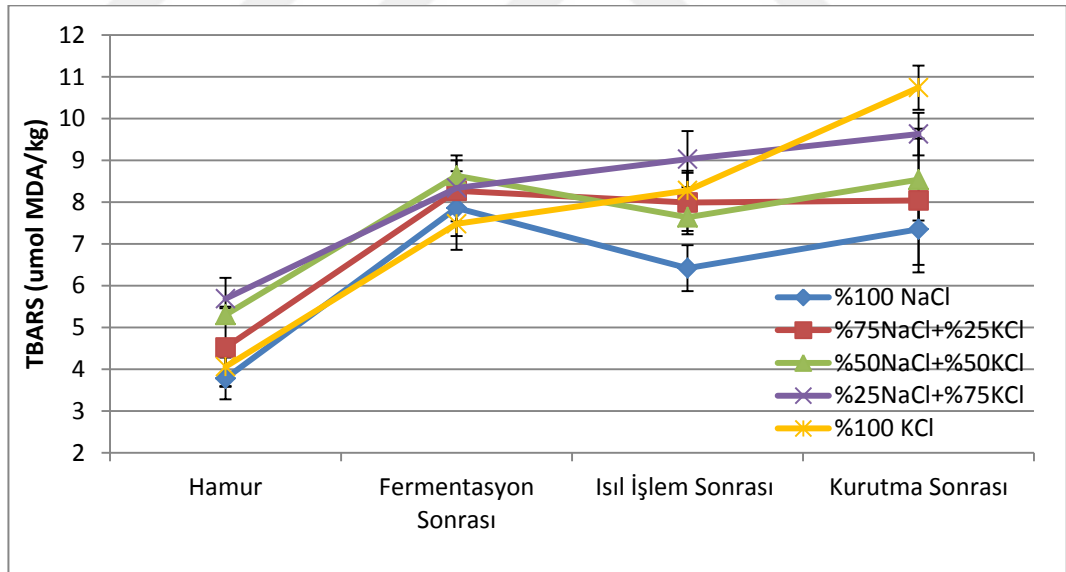
Çizelge 4.20'de ısıtılmış sucuklarda üretim aşamalarında belirlenen TBARS değerlerine ait ortalamaların Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları verilmiştir. Sucukların TBARS değerleri fermentasyon esnasında artmış, ısıtılmış sucuk sonrasında ise azalma göstermiştir. Fakat bu iki aşama arasındaki fark istatistiki olarak önemsiz bulunmuştur ( $P>0,05$ ). Mevcut diğer çalışmalarda da olgunlaştırma süresinin ilerlemesine bağlı olarak TBARS değerinin artış gösterdiği rapor edilmiştir (Kaban and Kaya 2009; Şimşek 2016). Ayrıca birçok araştırmacı ısıtılmış sucuk uygulamasının TBARS değerini artırdığını belirtmektedir (Toptancı 2007; Ercoşkun 2006).

**Çizelge 4.20.** Isıtılmış sucuklarda üretim aşamalarında belirlenen TBARS değerlerine ait ortalamaların Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları

Üretim aşaması	TBARS( $\mu\text{mol MDA/kg}$ )
Hamur	4,67±0,90c
Fermentasyon sonrası	8,12±0,67b
Isıtılmış sucuk sonrası	7,87±1,01b
Kurutma sonrası	8,86±1,53a

Farklı harfle işaretlenmiş ortalamalar istatistiki olarak birbirinden farklıdır ( $P<0,05$ )

Farklı NaCl/KCl kombinasyonları kullanılarak üretilen ısıl işlem görmüş sucuklarda TBARS değeri üzerine tuz kombinasyonunun üretim aşaması interaksyonunun etkisi Şekil 4.5'te verilmiştir. Et ve et ürünlerinde lipit oksidasyonunun bir göstergesi olarak değerlendirilen TBARS değeri sucuk hamurlarında en düşük değeri %100 NaCl içeren grup vermiştir. Sucuk hamurunda en yüksek değeri veren 25/75-NaCl/KCl kombinasyonuna ait grup, fermentasyon sırasında diğer gruplara göre daha düşük oranda artış göstermiştir. Mevcut bu çalışmada ısıl işlem sırasında kontrol (100/0) grubu ile 75/25-NaCl/KCl ve 50/50-NaCl/KCl içeren grupların TBARS değerlerinde azalma, 25/75-NaCl/KCl ve 0/100-NaCl/KCl içeren gruplarda ise artış olmuştur. Kurutma sırasında ise tüm gruplarda TBARS değerlerinde artış saptanmış, ancak bu artış en fazla %100 KCl içeren grupta gözlenmiştir. Bu sonuçlara göre KCl kullanım oranı lipit oksidasyonu açısından da değerlendirilmesi gereken bir faktör olarak ortaya çıkmaktadır.



**Şekil 4.5.** Farklı NaCl/KCl kombinasyonları kullanılarak üretilen ısıl işlem görmüş sucuklarda TBARS değeri üzerine tuz kombinasyonu × üretim aşaması interaksyonunun etkisi

#### 4.2.4. Protein tabiatında olmayan azotlu madde (NPN-M) değeri

Kuru fermente sosislerin olgunlaştırılması sırasında meydana gelen en önemli biyokimyasal değişimlerden biri proteolizdir (Kaban and Kaya 2009). Proteinlerin

endojen ve mikrobiyal kaynaklı proteolitik enzimlerle parçalanması neticesinde protein tabiatında olmayan azotlu madde miktarı artmaktadır (Dalmış 2007). Farklı NaCl/KCl kombinasyonları kullanılarak üretilen ısıl işlem görmüş sucuklarda üretim aşamalarında belirlenen protein tabiatında olmayan azotlu madde (NPN-M) miktarı Çizelge 4.21’de verilmiştir. Üretim süresince tüm gruplarda NPN-M değerinde artış gözlemlenmiştir. Son üründe en yüksek NPN-M değeri kontrol (%100 NaCl) grubunda 4,77 g/100g olarak saptanmıştır.

**Çizelge 4.21.** Farklı NaCl/KCl kombinasyonları kullanılarak üretilen ısıl işlem görmüş sucuklarda üretim aşamalarında belirlenen protein tabiatında olmayan azotlu madde miktarı (g/100g)

NaCl/KCl	Tekerrür	Sucuk Hamuru	Fermentasyon Sonrası	Isıl İşlem Sonrası	Kurutma Sonrası
100/0	1	2,00	2,61	2,57	4,27
	2	2,20	2,47	3,18	4,77
75/25	1	2,00	2,63	3,48	3,24
	2	2,13	2,72	4,36	3,64
50/50	1	2,01	2,30	2,73	3,07
	2	1,82	2,83	2,77	2,94
25/75	1	2,17	2,54	3,39	3,05
	2	2,33	3,39	3,16	3,44
0/100	1	2,25	2,70	2,94	3,84
	2	2,16	2,69	3,20	3,45

Farklı NaCl/KCl kombinasyonları kullanılarak üretilen ısıl işlem görmüş sucuklarda üretim aşamalarında belirlenen protein tabiatında olmayan azotlu madde miktarına ait varyans analiz sonuçları Çizelge 4.22’de verilmiştir. Ana varyasyon kaynaklarından tuz kombinasyonu, NPN-M değeri üzerinde önemli bulunmazken ( $P>0,05$ ), üretim aşaması bu değer üzerinde çok önemli ( $P<0,01$ ), tuz kombinasyonu x üretim aşaması etkileşimi önemli düzeyde etkili ( $P<0,05$ ) bulunmuştur.



**Çizelge 4.22.** Farklı NaCl/KCl kombinasyonları kullanılarak üretilen ısıtılmış sucuklarda üretim aşamalarında belirlenen protein tabiatında olmayan azotlu madde (NPN-M) miktarına ait varyans analiz sonuçları

Varyasyon Kaynağı	SD	KO	F
Tuz kombinasyonu (TK)	4	0,575	2,240
Üretim aşaması (ÜA)	3	7,988	31,088**
TKxÜA	12	0,602	2,344*
Hata	60	0,257	-
Genel	80	-	-

\*\*P<0,01 seviyesinde önemli, \*P<0,05 seviyesinde önemli

Farklı NaCl/KCl kombinasyonları kullanılarak üretilen ısıtılmış sucuklarda NPN-M miktarına ait ortalamaların Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları Çizelge 4.23'te verilmiştir. En düşük ortalama NPN-M değeri 50/50-NaCl/KCl kombinasyonunda saptanmış, ancak bu grup istatistiki olarak diğer gruplardan bir farklılık göstermemiştir.

**Çizelge 4.23.** Farklı NaCl/KCl kombinasyonları kullanılarak üretilen ısıtılmış sucuklarda NPN-M miktarına ait ortalamaların Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları

NaCl/KCl kombinasyonu	NPN-M (g/100g)
100/0	3,01±1,23a
75/25	3,02±0,80a
50/50	2,56±0,46a
25/75	2,93±0,60a
0/100	2,90±0,62a

Farklı harfle işaretlenmiş ortalamalar istatistiki olarak birbirinden farklıdır (P<0,05)

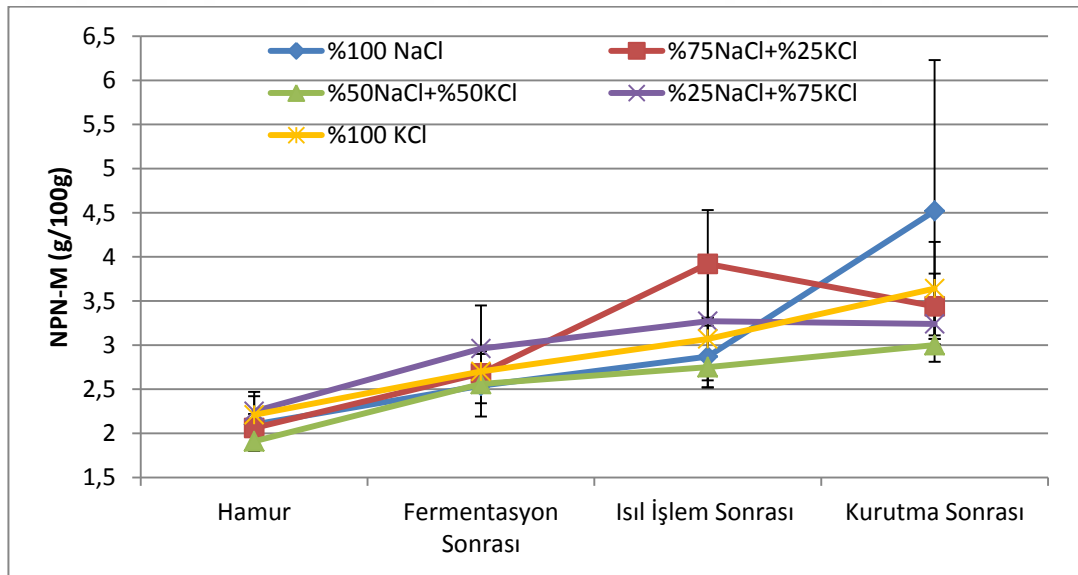
Isıtılmış sucuklarda üretim aşamalarında belirlenen NPN-M değerine ait ortalamaların Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları Çizelge 4.24'te verilmiştir. En yüksek ortalama NPN-M değeri son üründe belirlenmiş ve üretim aşamaları istatistiki olarak birbirinden farklılık göstermiştir. Bu sonuçlara göre hem fermentasyon aşamasında hem de ısıtılmış ve kurutma aşamalarında protein olmayan azot (NPN) değeri dolayısıyla NPN-M değeri artış göstermektedir. Isıtılmış uygulanarak üretilen fermente soslarda, hızlı asit gelişimi ve yüksek sıcaklık uygulamalarının sonucunda NPN değerinin arttığı bildirilmektedir (Dalmış 2007).

**Çizelge 4.24.** Isıl işlem görmüş sucuklarda üretim aşamalarında belirlenen protein tabiatında olmayan azotlu madde (NPN-M) değerine ait ortalamaların Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları

Üretim aşaması	NPN-M(g/100g)
Hamur	2,11±0,19d
Fermentasyon sonrası	2,69±0,31c
Isıl işlem sonrası	3,18±0,60b
Kurutma sonrası	3,57±0,91a

Farklı harfle işaretlenmiş ortalamalar istatistiki olarak birbirinden farklıdır (P<0,05)

Farklı NaCl/KCl kombinasyonları kullanılarak üretilen ısıl işlem görmüş sucuklarda NPN-M değeri üzerine tuz kombinasyonu x üretim aşaması interaksyonunun etkisi Şekil 4.6'da verilmiştir. Şekilden de görüldüğü üzere ısıl işlem aşamasında 75/25-NaCl/KCl kombinasyonunda diğer kombinasyonlara göre daha fazla artış olmuş, ancak kurutma aşamasında bu kombinasyonda düşüş gözlenmiştir. Bu interaksyonda dikkat çeken diğer önemli bir sonuç kurutma aşamasında %100 NaCl grubunda daha fazla artış olmasıdır.



**Şekil 4.6.** Farklı NaCl/KCl kombinasyonları kullanılarak üretilen ısıl işlem görmüş sucuklarda NPN-M değeri üzerine tuz kombinasyonu x üretim aşaması interaksyonunun etkisi

#### 4.2.5. Renk değerleri

Et ve et ürünlerinde önemli bir kalite kriteri olan renk parametresinin aletsel olarak değerlendirilmesi amacı ile L\* (parlaklığın ölçüsü), a\* (kırmızılığın ölçüsü) ve b\* (sarılığın ölçüsü) değerleri belirlenmektedir. Farklı NaCl/KCl kombinasyonları kullanılarak üretilen ısıt işlem görmüş sucuklarda üretim aşamalarında belirlenen L\*, a\* ve b\* değerleri sırası ile Çizelge 4.25, 4.26 ve 4.27’de verilmiştir.

**Çizelge 4.25.** Farklı NaCl/KCl kombinasyonları kullanılarak üretilen ısıt işlem görmüş sucuklarda üretim aşamalarında belirlenen L\* değerleri

NaCl/KCl	Tekerrür	Sucuk Hamuru	Fermentasyon Sonrası	Isıl İşlem Sonrası	Kurutma Sonrası
100/0	1	44,92	36,17	49,62	51,16
	2	51,28	37,31	51,93	49,73
75/25	1	47,33	40,62	50,00	49,08
	2	42,80	39,38	51,90	48,62
50/50	1	39,53	39,73	52,17	50,83
	2	40,76	42,53	49,86	49,65
25/75	1	41,54	44,88	50,53	49,36
	2	44,34	40,21	51,99	49,50
0/100	1	46,22	38,57	52,28	51,97
	2	40,21	41,32	52,20	52,15

**Çizelge 4.26.** Farklı NaCl/KCl kombinasyonları kullanılarak üretilen ısıtılmış sucuklarda üretim aşamalarında belirlenen a\* değerleri

NaCl/KCl	Tekerrür	Sucuk Hamuru	Fermentasyon Sonrası	Isıl İşlem Sonrası	Kurutma Sonrası
100/0	1	9,26	16,97	16,88	15,91
	2	8,04	16,01	15,22	15,94
75/25	1	9,75	17,72	15,07	15,06
	2	9,82	16,42	15,88	16,14
50/50	1	11,23	17,53	16,24	15,48
	2	10,35	17,48	17,08	16,00
25/75	1	8,45	14,89	15,85	15,91
	2	8,90	16,69	14,74	15,17
0/100	1	9,29	15,73	15,69	16,00
	2	9,16	16,69	14,74	16,13

**Çizelge 4.27.** Farklı NaCl/KCl kombinasyonları kullanılarak üretilen ısıtılmış sucuklarda üretim aşamalarında belirlenen b\* değerleri

NaCl/KCl	Tekerrür	Sucuk Hamuru	Fermentasyon Sonrası	Isıl İşlem Sonrası	Kurutma Sonrası
100/0	1	19,56	15,34	13,74	13,97
	2	21,29	14,73	13,28	13,49
75/25	1	21,49	15,89	13,09	13,21
	2	18,39	15,16	14,32	14,36
50/50	1	21,71	14,41	14,37	14,08
	2	20,27	16,02	15,19	14,04
25/75	1	19,67	14,88	13,76	13,64
	2	20,45	16,33	13,77	13,26
0/100	1	22,83	14,01	15,62	14,54
	2	18,84	16,70	14,66	15,49

Farklı NaCl/KCl kombinasyonları kullanılarak üretilen ısıtılmış sucuklarda üretim aşamalarında belirlenen L\*, a\* ve b\* değerlerine ait varyans analiz sonuçları Çizelge 4.32'de verilmiştir. Ana varyasyon kaynaklarından tuz kombinasyonunun L\*,

a\* ve b\* değerleri üzerinde istatistiki açıdan önemli bir etkisi olmamıştır ( $P>0,05$ ). Buna karşın üretim aşaması her üç değer üzerinde de  $P<0,01$  düzeyinde etkili olmuştur. Tuz kombinasyonu x üretim aşaması interaksiyonu ise sadece L\* değeri üzerinde çok önemli düzeyde etki göstermiştir ( $P<0,01$ ).

**Çizelge 4.28.** Farklı NaCl/KCl kombinasyonları kullanılarak üretilen ısıtılmış işlem görmüş sucuklarda üretim aşamalarında belirlenen L\*, a\* ve b\* değerlerine ait varyans analiz sonuçları

Varyasyon Kaynağı	SD	KO	F
<b>L*</b>			
Tuz kombinasyonu (TK)	4	5,193	0,772
Üretim aşaması (ÜA)	3	842,978	125,338**
TKxÜA	12	28,313	4,210**
Hata	100	6,726	-
Genel	120	-	-
<b>a*</b>			
Tuz kombinasyonu (TK)	4	3,931	1,622
Üretim aşaması (ÜA)	3	324,560	133,915**
TKxÜA	12	1,555	0,642
Hata	100	2,424	-
Genel	120	-	-
<b>b*</b>			
Tuz kombinasyonu (TK)	4	3,972	1,693
Üretim aşaması (ÜA)	3	275,089	117,238**
TKxÜA	12	0,995	0,424
Hata	100	2,346	-
Genel	120	-	-

\*\* $P<0,01$  seviyesinde önemli

Farklı NaCl/KCl kombinasyonları kullanılarak üretilen ısıtılmış işlem görmüş sucuklarda L\*, a\* ve b\* değerlerine ait ortalamaların Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçlarından da görüldüğü üzere gruplara ait değerler istatistiki olarak birbirinden farklıdır (Çizelge 4.33). Diğer bir ifade ile NaCl yerine farklı düzeylerde KCl ikamesinin L\*, a\* ve b\* değerleri üzerinde önemli bir etkisi olmamıştır. Benzer şekilde Şimşek (2016) de fermente sucuk üzerinde yaptığı çalışmasında KCl kullanımının (%50 NaCl+%50 KCl) L\*, a\* ve b\* değerleri üzerinde önemli bir değişime sebep olmadığını tespit etmiştir. Dos Santos *et al.* (2014) ve Campagnol *et al.* (2011b) da NaCl yerine %50 KCl

kullanımının L\*, a\* ve b\* değerleri üzerinde önemli bir etki göstermediğini rapor etmişlerdir. Buna karşın Gimeno *et al.* (1999) NaCl'nin kısmi değiştirilmesinin L\* ve b\* değerini artırdığını, a\* değeri üzerinde ise önemli bir etki göstermediğini rapor etmişlerdir. Dos Santos *et al.* (2015b) %50 KCl kullanımının L\* ve b\* değerleri üzerinde önemli bir etkisinin olmadığını, ancak a\* değerini istatistiki olarak etkilediğini belirtmişlerdir.

**Çizelge 4.29.** Farklı NaCl/KCl kombinasyonları kullanılarak üretilen ısıtılmış sucuklarda L\*, a\* ve b\* değerlerine ait ortalamaların Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları

NaCl/KCl kombinasyonu	L* değeri	a* değeri	b* değeri
100/0	46,52±6,49a	14,28±3,57a	15,68±3,11a
75/25	46,22±4,76a	14,48±3,08a	15,74±3,15a
50/50	45,63±5,40a	14,92±3,04a	16,26±3,02a
25/75	46,55±4,75a	13,83±3,35a	15,72±2,95a
0/100	46,87±6,12a	14,18±3,32a	16,59±3,02a

Farklı harfle işaretlenmiş ortalamalar istatistiki olarak birbirinden farklıdır (P<0,05)

Miyoglobinin nitrik oksit ile reaksiyonu sonucunda oluşan nitrosomiyoglobin sucuğun tipik rengini oluşturmaktadır. Kür edilmiş et rengi olarak tanımlanan nitrosomyoglobin pigmenti, ürüne parlak koyu kırmızımsı bir renk vermektedir. Farklı NaCl/KCl kombinasyonları kullanılarak üretilen ısıtılmış sucuklarda üretim aşamalarında belirlenen L\*, a\* ve b\* değerlerine ait ortalamaların Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları Çizelge 4.28'te verilmiştir. L\* değeri fermentasyon işlemi sırasında düşüş, ısıtılmış işlem sonrasında ise artış göstermiştir. Fermentasyon ve ısıtılmış işlem sonrasında istatistiki olarak farklılık belirlenmiş (P<0,05) ve en yüksek değer ısıtılmış işlem sonrasında tespit edilmiştir. Ancak bu değer kurutma aşamasında belirlenen değerden istatistiki olarak önemli bulunmamıştır (P>0,05). Isıtılmış işlem uygulamasıyla, nitrosomyoglobinin parçalanarak rengin açılmasına ve sucuktaki temel renk pigmentinin önemli bir kısmının nitrozohemokromojene dönüşerek ürünün kendine has rengini oluşturmasına neden olmaktadır. Oluşan nitrozohemokromojen ve denatüre olan nitrosomyoglobin uygulanan sıcaklık ve süreye bağlı olarak değişmektedir (Ercoşkun 2006).

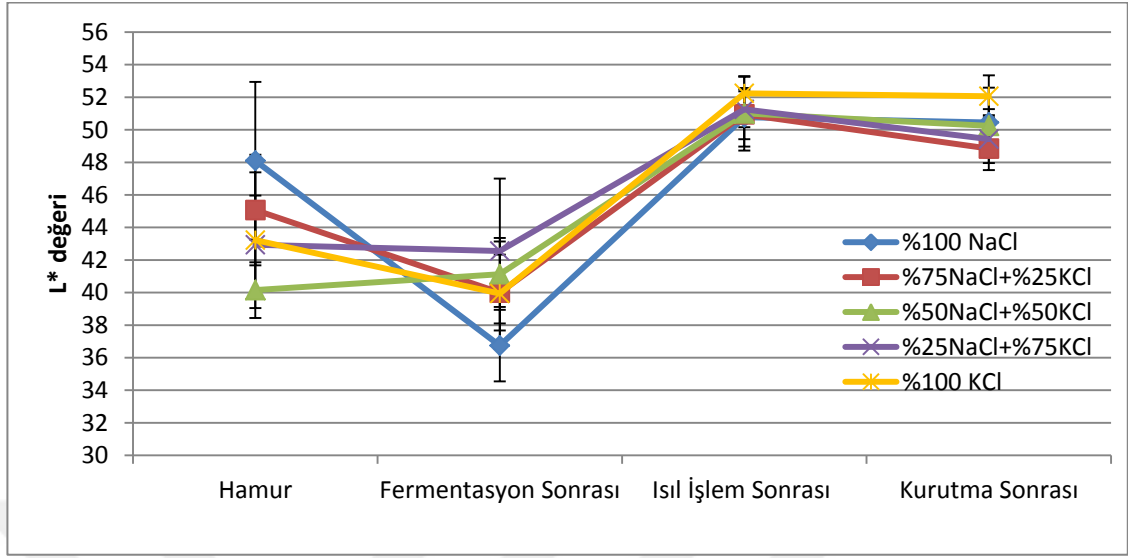
Kırmızılığın ölçüsü olan  $a^*$  değeri, sucuk hamurunda en düşük değeri göstermiştir. Fermentasyon sonrasında ise  $L^*$  ve  $b^*$  değerlerinin tersine artış göstermiştir. Isıl işlem uygulaması sonucunda  $a^*$  değeri artmış, ancak bu artış hem fermentasyon hem de kurutma aşamalarında belirlenen ortalama değerlerden istatistiki olarak farklılık göstermemiştir. Sarı renk yoğunluğunun ölçüsü olan  $b^*$  değeri ise en yüksek değerini sucuk hamurunda vermiş, daha sonraki aşamalarda ise sürekli olarak azalma tespit edilmiştir. Ercoşkun (2006) çalışmasında ısıl işlem uygulamasının  $L^*$ ,  $a^*$  ve  $b^*$  değerlerinde artışa neden olduğunu bildirmiştir. Kaban ve Kaya (2007) fermente sucuğun olgunlaştırılması sırasında en yüksek  $a^*$  değerini olgunlaştırmanın 3. günü verdiğini daha sonraki günlerde ise düştüğünü belirtmişlerdir

**Çizelge 4.30.** Isıl işlem görmüş sucuklarda üretim aşamalarında belirlenen  $L^*$ ,  $a^*$  ve  $b^*$  değerlerine ait ortalamaların Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları

Üretim aşaması	$L^*$ değeri	$a^*$ değeri	$b^*$ değeri
Hamur	43,89±4,28b	9,43±1,62b	20,45±2,21a
Fermentasyon sonrası	40,07±3,42c	16,41±2,23a	15,35±1,48b
Isıl işlem sonrası	51,25±1,59a	15,74±1,05a	14,18±1,04c
Kurutma sonrası	50,21±1,78a	15,77±0,91a	14,01±0,94c

Farklı harfle işaretlenmiş ortalamalar istatistiki olarak birbirinden farklıdır ( $P<0,05$ )

Farklı NaCl/KCl kombinasyonları kullanılarak üretilen ısıl işlem görmüş sucuklarda  $L^*$  değeri üzerine tuz kombinasyonu x üretim aşaması interaksiyonunun etkisi Şekil 4.7'de verilmiştir. Sucuk hamurunda en yüksek  $L^*$  değeri veren %100 NaCl içeren grup, fermentasyon sırasında önemli ölçüde düşüş göstermiştir. NaCl (kontrol) içeren grup ısıl işlem sırasında ise diğer gruplarda olduğu gibi belirgin bir artış göstermiştir. Bu durum ısıl işlem sırasında parlak pembemsi kırmızı renk pigmenti olan nitrosohemokromun oluşumundan kaynaklanmaktadır (Gökalp vd. 2010). Kurutma aşamasında ise  $L^*$  değerinde %100 KCl grubunda önemli bir değişim olmamıştır.



**Şekil 4.7.** Farklı NaCl/KCl kombinasyonları kullanılarak üretilen ısıl işlem görmüş sucuklarda L\* değeri üzerine tuz kombinasyonu × üretim aşaması interaksiyonunun etkisi

#### 4.2.6. Duyusal analiz sonuçları

Fermente et ürünlerinde, karakteristik tat, aroma, renk ve tekstür oluşumunda mikroorganizma faaliyeti ve biyokimyasal reaksiyonlar önemli rol oynamaktadır. Renk oluşumunda kullanılan kürlenme ajanının yanı sıra pH ve nitrat ve/veya nitrit redüktaz aktivitesine sahip mikroorganizmalar ile indirgen maddeler önemli faktörlerdendir. Aroma oluşumunda ise ilave edilen starter kültür preparatının kompozisyonu, karbonhidratın tipi ve miktarı, baharat, tuz, nitrat ve nitrit gibi çeşitli katkı maddelerinin miktarı da önemli rol oynamaktadır (Gökalp 1998). Farklı NaCl/KCl kombinasyonları kullanılarak üretilen ısıl işlem görmüş sucuklarda duyu analizi sonuçları Çizelge 4.31’de verilmiştir. Genel kabul edilebilirlik bakımından en yüksek değeri %100 NaCl içeren grup vermiş ayrıca formülasyondaki KCl oranı arttıkça kabul edilebilirlikte düşüş görülmüştür. Birçok araştırmacı KCl’nin %50’den daha yüksek oranlarda kullanımının duyu kaliteyi önemli ölçüde düşürdüğünü vurgulamışlardır (Gou, 1995; Toldra, 2009). Ayrıca diğer çalışmalarda da belirlendiği (Dos Santos, 2014; Toldra, 2009) gibi mevcut bu çalışmada değerlendirmeye katılan panalistler, %100 KCl içeren sucukların ağızda acı bir tat bıraktığını belirtmişlerdir.



**Çizelge 4.31.** Farklı NaCl/KCl kombinasyonları kullanılarak üretilen ısıtılmış sucuklarda duyu analiz sonuçları

NaCl/KCl	Tekerrür	Renk	Tekstür	Koku	Tat	Genel Kabul Edilebilirlik
100/0	1	7,4	7,4	8,0	7,6	7,7
	2	7,2	7,3	7,8	7,0	7,2
75/25	1	7,3	7,4	7,4	7,3	7,4
	2	7,2	7,3	7,2	7,0	6,8
50/50	1	7,3	7,0	7,3	7,3	7,2
	2	7,3	7,2	7,2	6,8	6,6
25/75	1	7,8	7,1	7,3	7,0	6,9
	2	8,0	6,6	7,2	6,1	6,1
0/100	1	7,2	6,6	6,6	5,2	5,9
	2	7,0	6,6	7,1	6,0	6,2

Farklı NaCl/KCl kombinasyonları içeren ısıtılmış sucuklarda belirlenen duyu analiz verilerine ait varyans sonuçları Çizelge 4.32’de verilmiştir. Ana varyasyon kaynaklarından tuz kombinasyonu renk üzerinde önemli bir etkiye ( $P>0,05$ ) neden olmazken, tekstür ve tat üzerinde  $P<0,01$  seviyesinde, koku ve genel kabul edilebilirlik üzerinde ise  $P<0,05$  seviyesinde önemli etki göstermiştir.

**Çizelge 4.32.** Farklı NaCl/KCl kombinasyonları kullanılarak üretilen ısıtılmış sucukların duyu analizi verilerine ait varyans sonuçları

Varyasyon Kaynakları	SD	KO	F
<b>Renk</b>			
<b>Tuz kombinasyonu</b>	4	0,295	2,766
<b>Hata</b>	15	0,107	-
<b>Genel</b>	20	-	-
<b>Tekstür</b>			
<b>Tuz kombinasyonu</b>	4	0,467	6,223**
<b>Hata</b>	15	0,075	-
<b>Genel</b>	20	-	-
<b>Koku</b>			
<b>Tuz kombinasyonu</b>	4	1,313	4,140*
<b>Hata</b>	15	0,317	-
<b>Genel</b>	20	-	-
<b>Tat</b>			
<b>Tuz kombinasyonu</b>	4	1,842	11,232**
<b>Hata</b>	15	0,164	-
<b>Genel</b>	20	-	-
<b>Genel Kabul Edilebilirlik</b>			
<b>Tuz kombinasyonu</b>	4	1,202	4,593*
<b>Hata</b>	15	0,262	-
<b>Genel</b>	20	-	-

\*\*P<0,01 seviyesinde önemli, \*P<0,05 seviyesinde önemli

Farklı NaCl/KCl kombinasyonları kullanılarak üretilen ısıtılmış sucuklarda belirlenen duyu analizi verilerine ait ortalamaların Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları Çizelge 4.33'de verilmiştir. En düşük ortalama genel kabul edilebilirlik değeri  $6,08 \pm 0,32$  ile %100 KCl içeren grup vermiştir. Farklı oranlarda kullanılan KCl'nin tekstür, koku, tat ve genel kabul edilebilirlik üzerine önemli etkisi tespit edilmiş ve sucuk formülasyonunda kullanılan KCl oranı arttıkça duyu değerlendirmelerde düşüş gözlenmiştir. KCl'nin %50 ve daha fazla oranlarda kullanılması ısıtılmış sucukta tekstür, tat ve genel kabul edilebilirlik değerlerini önemli düzeyde düşürmüştür. KCl kullanımını sadece renk üzerinde önemli bir farklılığa neden olmamıştır. Zanardi *et al.* (2010) İtalyan tipi fermente sosis üzerine yaptıkları bir çalışmada sodyumun %50 oranında potasyum, magnezyum ve kalsiyum ile ikame edilerek miktarının azaltılmasının duyu özellikleri üzerinde sınırlı bir etkisinin olduğunu tespit etmişlerdir. NaCl'ni KCl ile ikame edildiği diğer bir çalışmada ise duyu verilerinde

farklılıklar görülmüş, ikame edilen grupların kontrol grubuna göre tuz tadının daha düşük olduğu belirlenmiş, ancak KCl ve laktat tuzlarının %23 oranında kullanımının mümkün olabileceği belirtilmiştir (Paulsen 2014). Campagnol *et al.* (2011b) %50 KCl kullanımının duyu kaliteyi önemli ölçüde etkilediğini ancak lizin, disodyum guanilat ve disodyum inosinatın birlikte kullanılması sonucunda tat, aroma ve genel kabul edilebilirlik gibi duyu parametrelerde kusurların ortadan kaldırılabileceğini ve daha sağlıklı bir ürün elde edileceğini belirtmişlerdir. Benzer şekilde Dos Santos *et al.* (2014) %75 KCl kullanımının duyu kaliteyi etkilediğini ancak monosodyum glutamat, disodyum inosinat, disodyum guanilat, amino asit, lizin ve taurinin kullanılması ile yüksek oranda kullanılan KCl'den kaynaklanan olumsuzlukların baskılanabileceğini belirtmişlerdir. Dos Santos *et al.* (2015b) düşük sodyum içerikli fermente sosların duyu kalitelerinin azaldığını ancak %50 KCl veya KCl ve CaCl<sub>2</sub> (1:1) kullanımının ticaretleştirilmesinin önemli bir sorun teşkil etmeyeceğini belirtmişlerdir.

**Çizelge 4.33.** Farklı NaCl/KCl kombinasyonları kullanılarak üretilen ısıtılmış sucukların duyu analiz verilerine ait ortalamaların Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları

NaCl/KCl kombinasyonu	Renk	Tekstür	Koku	Tat	Genel Kabul Edilebilirlik
100/0	7,38±0,35a	7,40±0,22a	7,68±0,22a	7,28±0,33a	7,48±0,36a
75/25	7,28±0,22a	7,40±0,22a	7,30±0,14a	7,18±0,25ab	7,15±0,60ab
50/50	7,38±0,35a	7,13±0,22ab	7,30±0,22a	7,05±0,40ab	6,90±0,58ab
25/75	7,85±0,44a	6,85±0,45bc	7,10±0,38a	6,58±0,51b	6,50±0,62bc
0/100	7,13±0,22a	6,63±0,17c	6,15±1,15b	5,63±0,48c	6,08±0,32c

Farklı harfle işaretlenmiş ortalamalar istatistiki olarak birbirinden farklıdır (P<0,05)

## 5. SONUÇ

Araştırma, ısı işlem görmüş sucuk üretiminde sodyum oranının azaltılması amacıyla sodyum klorür yerine farklı oranlarda potasyum klorürün ikame edilebilme imkanlarını incelemek ve bu ikamelerin üretim sürecine etkilerinin belirlenmesi amacıyla yürütülmüştür. Bu amaçla beş farklı NaCl/KCl kombinasyonu (%100 NaCl, %75 NaCl+%25 KCl, %50 NaCl+%50 KCl, %25 NaCl+%75 KCl, %100 KCl) hazırlanmış ve üretim kontrollü şartlar altında gerçekleştirilmiştir. Isıl işlem görmüş sucuk üretiminde sucuktan izole ve identifiye edilen *Lactobacillus sakei* S15 ve *Staphylococcus xylosus* GM92 suşları starter kültür olarak kullanılmıştır. Üretimin belirli periyotlarında (sucuk hamuru, fermentasyon sonrası, ısı işlem sonrası ve kurutma sonrası) alınan örnekler mikrobiyolojik ve fiziko-kimyasal analizlere tabi tutulmuş, ayrıca son ürün duyuşsal özellikler yönünden de analiz edilmiştir. Elde edilen verilere istatistiksel analizler uygulanmış ve elde edilen sonuçlardan aşağıda verilen genel sonuç ve öneriler çıkarılmıştır:

1. Farklı oranlarda KCl kullanımı ısı işlem görmüş sucuklarda laktik asit bakteri sayısı ve *Micrococcus/Staphylococcus* sayısı üzerinde etkili olmuştur. Sadece KCl kullanılan grupta laktik asit bakterileri diğer gruplara göre daha yüksek bir ortalama sayı vermiştir. *Micrococcus/Staphylococcus* gelişimi açısından ise 25/75-NaCl/KCl kombinasyonu daha iyi sonuç vermiştir. Diğer taraftan her iki mikroorganizma grubu için de en düşük ortalama değerler 50/50-NaCl/KCl kombinasyonunda belirlenmesine rağmen bu grupta her iki mikroorganizma grubu da teknolojik açıdan gerekli sayıya ulaşmıştır. Gerek laktik asit gerekse *Micrococcus/Staphylococcus* sayısında ısı işlem sırasında önemli redüksiyonlar gerçekleşmiştir. Araştırmada incelenen diğer bir mikroorganizma grubu olan Enterobacteriaceae familyasının üyeleri ise hem sucuk hamurunda hem de üretimin diğer aşamalarında tüm gruplarda saptanabilir sınırın altında kalmıştır.

2. Isıl işlem görmüş sucuk üretiminde NaCl/KCl kombinasyonunun su aktivitesi üzerine çok önemli etkileri tespit edilmiştir. KCl oranındaki artışa bağlı olarak su aktivitesinde artış gözlenmiş ve en düşük su aktivitesi değeri %25 KCl'nin ikame edildiği grupta

belirlenmiştir. Su aktivitesi değeri üretim aşaması faktöründen de çok önemli düzeyde etkilenmiştir. En düşük ortalama su aktivitesi değeri kurutma aşamasında belirlenmiştir.

3. Ana varyasyon kaynakları olan tuz kombinasyonu ve üretim aşaması, pH değeri üzerinde çok önemli etki göstermiştir. En düşük ortalama pH değeri %100 KCl içeren grupta belirlenmiştir. Nitekim en yüksek ortalama laktik asit bakteri sayısı da yine %100 KCl içeren grupta tespit edilmiştir. Ayrıca KCl'nin %50 ve üzeri oranlarda ikame edilmesinin sucukların pH değerinde düşüşe neden olduğu da tespit edilmiştir. Isıl işlem uygulaması pH değerini artırmış ve bu artış kurutma esnasında da devam etmiştir.

4. Lipid oksidasyonunun bir göstergesi olan TBARS değeri üzerine farklı oranlarda KCl kullanımının önemli etkisi olmuştur. Kontrole göre KCl içeren gruplarda bu değer, artış göstermiş ve en yüksek ortalama değeri %25 NaCl+%75 KCl içeren grup vermiştir. TBARS değeri, üretim aşaması faktöründen de etkilenmiş ve en yüksek ortalama değer 8,86  $\mu\text{mol MDA/kg}$  olarak kurutma aşamasında (son ürün) tespit edilmiştir.

5. Farklı oranlarda KCl kullanımının NPN-M değeri üzerinde önemli bir etkisi olmamıştır. Üretim aşaması faktöründen önemli derecede etkilenen NPN-M değeri, üretim prosesi süresince proteolisiz sonucu açığa çıkan azotlu madde miktarının artışına bağlı olarak artmıştır. En yüksek ortalama değer 3,57 mg/100g olarak kurutma aşamasında tespit edilmiştir.

6. Parlaklığın göstergesi olan  $L^*$  değeri ile kırmızı renk yoğunluğunun göstergesi olan  $a^*$  değeri üzerinde tuz kombinasyonlarının önemli bir etkisi olmamıştır. Sarı renk yoğunluğunun bir göstergesi olan  $b^*$  değeri ise farklı KCl oranlarının kullanımından etkilenmemiştir. Isıl işlem uygulaması  $L^*$  değerinde artışa neden olarak ürünlerin daha parlak bir görünüme kavuşmasına neden olmuştur. Fermentasyon aşamasında gerçekleşen pH düşüşü nedeni ile renk oluşumu hızlanmış ve bu aşamada daha yüksek  $a^*$  değerleri belirlenmiştir.

7. KCl kullanımı yüksek seviyelerde dahi renk üzerinde önemli bir farklılığa neden olmamıştır. Bununla birlikte KCl, tekstür, koku, tat ve genel kabul edilebilirlik parametreleri üzerinde etkili olmuş ve KCl oranı arttıkça bu duyuşsal parametrelerin puanlarında düşüşler gözlenmiştir. Bu parametreler açısından en düşük ortalama değerler %100 KCl içeren grup vermiştir. Buna karşın ısış işlem görmüş sucuk üretiminde %50 ve daha düşük oranlarda KCl kullanımı duyuşsal parametreler açısından kontrole göre önemli farklılıklar göstermemiştir.



## KAYNAKLAR

- Anonim, 2008. Türkiye kalp ve damar hastalıklarını önleme ve kontrol programı. Risk faktörlerine yönelik stratejik plan ve eylem planı. Sağlık Bakanlığı Temel Sağlık Hizmetleri Genel Müdürlüğü, Ankara.
- Anonim, 2009. [www.mustafaaltinisik.org.uk](http://www.mustafaaltinisik.org.uk) / Organizmadaki Mineraller ve Elektrolitler.
- Anonim, 2011a. Türkiye aşırı tuz tüketiminin azaltılması programı 2011-2015. TC Sağlık Bakanlığı Temel Sağlık Hizmetleri Genel Müdürlüğü Beslenme ve Fiziksel Aktiviteler Daire Başkanlığı, Ankara.
- Anonim, 2011b. Tuz tüketim hedefiyle ilgili bilimsel bulguların bir özeti. Sabri Ülker Gıda Araştırmaları Enstitüsü Vakfı, Yayın No:07/2011.
- Anonim, 2012a. Türk Gıda Kodeksi. Et ve Et Ürünleri Tebliği. Resmi Gazete Sayısı: 28488.
- Anonim, 2012b. Türk Gıda Kodeksi. Ekmek ve Ekmek Çeşitleri Tebliği. Resmi Gazete Sayısı: 28163.
- Anonim, 2013a. [Bursaobm.ogm.gov.tr/Az](http://Bursaobm.ogm.gov.tr/Az) Tuz Çok Sağlık.
- Anonim, 2013b. Türk Gıda Kodeksi. Tuz Tebliği. Resmi Gazete Sayısı: 28737.
- Anonim, 2014a. Türk Gıda Kodeksi. Salça ve Püre Tebliği. Resmi Gazete Sayısı: 29030.
- Anonim, 2014b. Türk Gıda Kodeksi. Sofralık Zeytin Tebliği. Resmi Gazete Sayısı: 29097.
- Anonim, 2015. Türkiye kalp ve damar hastalıkları önleme ve izleme programı 2015-2020. TC Sağlık Bakanlığı Yayın No:988, Ankara.
- Anonim, 2016a. Türkiye aşırı tuz tüketilmesi programı 2017-2021. TC. Sağlık Bakanlığı Türkiye Halk Sağlığı Kurumu, Ankara.
- Anonim, 2016b. Tuz dosyası – Türk kardiyoloji derneği. Hipertansiyon Haber Bülteni, 3(5).
- Anonim, 2016c. Gizli tuza dikkat edelim. Dünya tuza dikkat haftası 21 Mart-27 Mart 2016.
- Arnau, J., Guardia, M.D., Guerrero, L., Gelabert, J., 2008. Sensory characterisation and consumer acceptability of small calibre fermented sausages with 50% substitution of NaCl by mixtures of KCl and potassium lactate. *Meat Science*, 80, 1225-1230.
- Ayaz, A., 2008. Tuz tüketimi ve sağlık. Hacettepe Üniversitesi – Sağlık Bilimleri Fakültesi Beslenme ve Diyetetik Bölümü, Sağlık Bakanlığı Yayın No: 727, Ankara.
- Bidlas, E., Lambert, R.J.W., 2008. Comparing the antimicrobial effectiveness of NaCl and KCl with a view to salt/sodium replacement. *International Journal of Food Microbiology*, 124, 98-102.
- Bozkurt, H., Bayram, M., 2006. Colour and textural attributes of sucuk during ripening. *Meat Science*, 73, 344-350.
- Campagnol, P.C.B., Santos, B.A.D., Wagner, R., Terra, N.N., Pollonio, M.A.R., 2011a. The effect of yeast extract addition on quality of fermented sausages at low NaCl content. *Meat Science*, 87, 290-298.

- Campagnol, P.C.B., Santos, B.A.D., Morgano, M.A., Terra, N.N., Pollonio, M.A.R., 2011b. Application of lysine, taurine, disodium inosinate and disodium guanylate in fermented cooked sausages with %50 replacement of NaCl by KCl. *Meat Science*, 87, 239-243.
- Campagnol, P. C. B., Santos, B. A. D., Terra, N. N., Pollonio, M. A. R., 2012. Lysine, disodium guanylate and disodium inosinate as flavor enhancers in low-sodium fermented sausages. *Meat Science*, 91, 334-338.
- Corral, S., Salvador, A., Flores, M., 2013. Salt reduction in slow fermented sausages affects the generation of aroma active compounds. *Meat Science*, 93, 776-785.
- Çakir, M.A., Kaya, M. and Kaban, G., 2013. Effect of heat treatment on the volatile compound profile and other qualitative properties of sucuk. *Fleischwirtschaft International*, 5, 69-74.
- Dalmış, Ü., 2007. Sucukta üretim ve depolama sırasında meydana gelen mikrobiyolojik ve biyokimyasal değişimler. Doktora Tezi, Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Desmond, E., 2006. Reducing salt: A challenge for the meat industry. *Meat Science*, 74, 188-196.
- Dos Santos, B.A.D., Campagnol, P.C.B., Morgano, M.A., Pollonio, M.A.R., 2014. Monosodium glutamate, disodium inosinate, disodium guanylate, lysine and taurine improve the sensory quality of fermented cooked sausages with 50% and 75% replacement of NaCl with KCl. *Meat Science*, 96, 509-513.
- Dos Santos, B.A.D., Campagnol, P.C.B., Fagundes, R.W., Pollonio, M.A.R., 2015a. Generation of volatile compounds in Brazilian low-sodium dry fermented sausages containing blends of NaCl, KCl, CaCl<sub>2</sub> during processing and storage. *Food Research International*, 74, 306-314.
- Dos Santos, B.A.D., Campagnol, P.C.B., Cruz, A.G., Morgano, M.A., Wagner, R., Pollonio, M.A.R., 2015b. Is there a potential consumer market for low-sodium fermented sausages. *Journal of Food Science*, 80 (5), 1093-1099.
- Doyle, M. E., Glass, K. A., 2010. Sodium reduction and its effect on food safety, food quality, and human health. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 9, 44-56.
- Elliott, P., Brown, I. J., Tzoulaki, I., Candeias, V., 2009. Salt intakes around the world: Implications for public health. *International Journal of Epidemiology*, 38, 791-813.
- Ercoşkun, H., 2006. Isıl işlem uygulanarak üretilen sucukların bazı kalite özelliklerine fermentasyon süresinin etkileri. Doktora Tezi, Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Ergin, I., Meseri, R., 2011. Tuz tüketiminin çocukluk döneminde günlük sodyum alımına etkisi ve olası sonuçları. *Sağlık ve Toplum*, 21 (2), 9-14.
- Gelabert, J., Gou, P., Guerrero, L., Arnau, J., 2003. Effect of sodium chloride replacement on some characteristics of fermented sausages. *Meat Science*, 65, 833-839.
- Genççelep, H., Kaban, G., Kaya, M., 2007. Effects of starter cultures and nitrite levels on formation of biogenic amines in sucuk. *Meat Science*, 77(3), 424- 430.
- Gimeno, O., Astiasaran, I., Bello, J., 1998. A mixture of potassium, magnesium, and calcium chlorides as a partial replacement of sodium chloride in dry fermented sausages. *Food Chemistry*, 46, 4372-4375.



- Gimeno, O., Astiasaran, I., Bello, J., 1999. Influence of partial replacement of NaCl with KCl and CaCl<sub>2</sub> on texture and color of dry fermented sausages. *Food Chemistry*, 47, 873-877.
- Gimeno, O., Astiasaran, I., Bello, J., 2001a. Calcium ascorbate as a potential partial substitute for NaCl in dry fermented sausages: Effect on colour, texture and hygienic quality at different concentrations. *Meat Science*, 57, 23-29.
- Gimeno, O., Astiasaran, I., Bello, J., 2001b. Influence of partial replacement of NaCl with KCl and CaCl<sub>2</sub> on microbiological evolution of dry fermented sausages. *Food Microbiology*, 18, 329-334.
- Gou, P., Guerrero, L., Gelabert, J., Arnau, J., 1995. Potassium chloride, potassium lactate and glycise as sodium chloride substitutes in fermented sausages and in dry-cured pork loin. *Meat Science*, 42 (1), 37-48.
- Gökalp H.Y., Ercoşkun, H., Çon, A.H., 1998. Fermente et ürünlerinde bazı biyokimyasal reaksiyonlar ve aroma üzerine etkileri. *Pamukkale Üniversitesi, Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 4 (3), 805-811.
- Gökalp, H.Y., Kaya, M., Zorba, Ö., 2010. Et ürünleri işleme mühendisliği. Atatürk Üniversitesi Yayın No: 786, Ziraat Fak. Yayın No: 320, Ders Kitapları Serisi No: 70, Atatürk Üniv. Ziraat Fak. Ofset Tesisi, Erzurum.
- Guardia, M.D., Guerrero, L., Gelabert, J., Gou, P., Arnau, J., 2006. Consumer attitude towards sodium reduction in meat products and acceptability of fermented sausages with reduced sodium content. *Meat Science*, 73, 484-490.
- Hand, L.W., Terrell, R.N., Smith, G.C., 1982. Effects of chloride salts on physical, chemical and sensory properties of frankfurters. *Journal of Food Science*, 44, 1800-1802.
- Kaban G., Kaya M., 2006. Effect of starter culture on growth of *Staphylococcus aureus* in Sucuk. *Food Control*, 17, 797-801.
- Kaban G., Kaya M., 2009. Effects of *Lactobacillus plantarum* and *Staphylococcus xylosus* on the quality characteristics of dry fermented sausage "sucuk". *Journal of Food Science*, 74 (1), S58-S63.
- Kaban, G., 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., Kaya, M., 2007. *Staphylococcus xylosus* ve *Lactobacillus plantarum* suşlarının sucuğun duyu özellikleri ve renk değerleri üzerine etkileri. *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 38 (1), 83-89.
- Kaya M., Gökalp, H.Y., 2004. Farklı laktik starter kültürler kullanılarak üretilen sucuklarda *Listeria monocytogenes*'in davranışı. *Turkish Journal of Veterinary & Animal Science*, 28, 1113-1120.
- Kerry, J.P., O'Flynn, C., Cruz-Romero, M.C., Troy, D., Mullen, A.M., 2014. The application of high-pressure treatment in the reduction of salt levels in reduced-phosphate breakfast sausage. *Meat Science*, 96, 1266-1274.
- Leak, F.W., Kemp, J.D., Fox, J.D., Langlois, B.E., 1987. Tenderization and partial replacement of sodium chloride on the quality and microflora of boneless dry-cured ham. *Journal of Food Science*, 52, 263-266.
- Lücke, F.K., 1985. Mikrobiologische Vorgänge bei der Herstellung von Rohwurst und Rohschinken. In: *Mikrobiologie und Qualität von Rohwurst und Rohschinken*. Bundesanstalt für Fleischforschung, Kulmbach, 85-102, Germany.

- Meray, J., Günendi, Z., 2012. Tuz tüketimi ve kemik sağlığı. *Türk Osteoporoz Dergisi*, 18, 40-1.
- Montel, M.C., Masson, F., Talon, R., 1998. Bacterial role in flavour development. *Meat Science*, 49, 111-123.
- Montel, M.C., 1999. Fermented foods: Fermented meat products. *Academic Press Encyclopedia of Food Microbiology*, 1-10.
- Ordóñez, J.A., Hierro, E.M., Bruno, J.M., Hoz, L., 1999. Changes in the components of dry-fermented sausages during ripening. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 39 (4), 329-367.
- Paulsen, M.T., Nys, A., Kvarberg, R., Hersleth, M., 2014. Effect of NaCl substitution on the sensory properties of sausages. *Meat Science*, 98, 164-170.
- Puolanne, E.J., Ruusunen, M.H., Vainionpää, J.I., 2001. Combined effects of NaCl and raw meat pH on water-holding in cooked sausage with and without added phosphat. *Meat Science*, 58, 1-7.
- Ruusunen, M., Puolanne, E., 2005. Reducing sodium intake from meat products. *Meat Science*, 70, 531-541.
- Samelis, J., Aggelis, G., Metaxopoulos, J., 1993. Lipolytic and microbial changes during the natural fermentation and ripening of greek dry sausages. *Meat Science*, 35, 371-385.
- Samur, G., 2008. Vitaminler, mineraller ve sağlığımız. *Hacettepe Üniversitesi - Sağlık Bilimleri Fakültesi Beslenme ve Diyetetik Bölümü, Sağlık Bakanlığı Yayın No: 727, Ankara.*
- Şimşek, D., 2016. Sucuk üretiminde farklı klorür tuzlarının kullanım imkanları. Yüksek Lisans Tezi, Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Erzurum.
- Tayar, M., 1994. Türk sucuğuna uygulanan ısı işlemlerinin kaliteye etkisi. *Uludağ Üniversitesi Veteriner Fakültesi Besin Hijyeni ve Teknolojisi Anabilim Dalı, Bursa. Gıda*, 19 (1), 17-21.
- Toldra, F., Armenteros, M., Aristoy, M.C., Barat, J.M., 2009. Biochemical changes in dry-cured loins salted with partial replacements of NaCl by KCl. *Food Chemistry*, 117, 627-633.
- Toptancı, İ., 2007. Sucuğun renk ve tekstürüne farklı ısı işlem sıcaklıklarının etkisi. Yüksek Lisans Tezi, Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Yürür, C., 2007. Isıl işlem uygulanmış sucuklarda nitrit miktarının renk oluşumuna etkisi. Yüksek Lisans Tezi, Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Zanardi, E., Ghidini, S., Conter, M., Ianieri, A., 2010. Mineral composition of Italian salami and effect of NaCl partial replacement on compositional, physico-chemical and sensory parameters. *Meat Science*, 86, 742-747.

## ÖZGEÇMİŞ

1988 yılında Gümüşhane’de doğdu. Lise eğitimini Akçaabat Çok Programlı Lise ve Teknik Lisesinde tamamladı. 2012 yılında Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Gıda Mühendisliği bölümünden mezun oldu. 2013-2014’te Tatsam Süt Ürünleri’nde sorumlu yönetici olarak çalıştı. 2015 yılında Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Gıda Mühendisliği Bölümünde yüksek lisans eğitimine başladı.

