



**DÜŞÜK BASINÇ UYGULAMASININ ETLERDE BAZI KALİTE
ÖZELLİKLERİ VE ANTİMİKROBİYAL ETKİLERİNİN ARAŞTIRILMASI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Betül ŞEVİK

Danışman

Doç. Dr. Harun DIRAMAN

GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

Eylül 2019

AFYON KOCATEPE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

DÜŞÜK BASINÇ UYGULAMASININ ETLERDE BAZI KALİTE
ÖZELLİKLERİ VE ANTİMİKROBİYAL ETKİLERİNİN
ARAŞTIRILMASI

Betül ŞEVİK

Danışman
Doç. Dr. Harun DIRAMAN

GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

Eylül 2019

TEZ ONAY SAYFASI

Betül ŞEVİK tarafından hazırlanan “Düşük Basınç Uygulamasının Etlerde Bazı Kalite Özellikleri ve Antimikrobiyal Etkilerinin Araştırılması” adlı tez çalışması lisansüstü eğitim ve öğretim yönetmeliğinin ilgili maddeleri uyarınca 17/09/2019 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından **oy birliği** ile Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü **Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı’nda YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Danışman : Doç. Dr. Harun DIRAMAN

Başkan : Prof. Dr. Abdullah ÇAĞLAR
Afyon Kocatepe Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi

Üye : Doç. Dr. İlyas ÇELİK
Denizli Pamukkale Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi

Üye : Doç. Dr. Harun DIRAMAN
Afyon Kocatepe Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi

İmza

Afyon Kocatepe Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu’nun
...../...../..... tarih ve
..... sayılı kararıyla onaylanmıştır.

Prof. Dr. İbrahim EROL
Enstitü Müdürü

BİLİMSEL ETİK BİLDİRİM SAYFASI
Afyon Kocatepe Üniversitesi

**Fen Bilimleri Enstitüsü, tez yazım kurallarına uygun olarak hazırladığım
bu tez çalışmada;**

- Tez içindeki bütün bilgi ve belgeleri akademik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- Görsel, işitsel ve yazılı tüm bilgi ve sonuçları bilimsel ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- Başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda ilgili eserlere bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunduğumu,
- Atıfta bulunduğum eserlerin tümünü kaynak olarak gösterdiğimi,
- Kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapmadığımı,
- Ve bu tezin herhangi bir bölümünü bu üniversite veya başka bir üniversitede başka bir tez çalışması olarak sunmadığımı

beyan ederim.

17/09/2019


Betül ŞEVİK

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

DÜŞÜK BASINÇ UYGULAMASININ ETLERDE BAZI KALİTE ÖZELLİKLERİ VE ANTİMİKROBİYAL ETKİLERİNİN ARAŞTIRILMASI

Betül ŞEVİK

Afyon Kocatepe Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Doç. Dr. Harun DIRAMAN

Bu araştırmada, düşük basınç uygulamasının kırmızı etin en önemli mikrobiyolojik yüklerinden birini oluşturan *Escherichia coli* miktarı üzerine etkisi incelenmiştir. Yapılan çalışma sonucunda -500 mmHg ve daha düşük basınç uygulamalarının etin *Escherichia coli* bakımından mikrobiyal yükünü önemli ölçüde düşürdüğü belirlenmiştir ($P<0,05$). Ayrıca, düşük basınç uygulamasının su aktivitesi ve renk gibi kalite parametreleri üzerine olan etkisi de birer deneme ile belirlenmeye çalışılmıştır. Yapılan çalışma sonuçları çeşitli grafiklerle açıklanmış olup, düşük basınç uygulaması ve mikrobiyolojik azalış arasındaki ilişkinin oldukça kuvvetli olduğu tespit edilmiştir. Ete uygulanan düşük basınç işlemi sonrasında *Escherichia coli* gibi önemli bir kirlilik göstergesi patojen mikroorganizmanın bu yöntemden çok yüksek oranda etkilendiği görülmüştür. Bu sayede düşük basınç uygulamasının etlerde patojen kaynaklı *Escherichia coli*'nin öldürülmesinde et kalitesini bozmadan ve hiçbir kalıntı bırakmadan son derece etkili bir yöntem olduğu kanaatine varılmıştır.

2019, x + 41 sayfa

Anahtar Kelimeler: Düşük basınç, kırmızı et, mikrobiyoloji, *Escherichia coli*, raf ömrü

ABSTRACT

M.Sc. Thesis

INVESTIGATION OF SOME QUALITY PROPERTIES AND ANTIMICROBIAL EFFECTS OF LOW PRESSURE APPLICATION IN MEATS

Betül ŞEVİK

Afyon Kocatepe University

Graduate School of Natural and Applied Sciences

Department of Food Engineering

Supervisor: Assoc. Prof. Harun DIRAMAN

In this research, the effect of low pressure on the amount of *Escherichia coli*, which is one of the most important microbiological loads of red meat, was investigated. As a result of the study, pressure of -500 mmHg and lower was found to significantly reduce the microbial burden of meat in *Escherichia coli* ($P<0,05$). Additionally, the effects of low pressure on quality parameters, water activity and color, were investigated by one trial. Results of the study were explained in several graphics and there was a strong correlation found in between low pressure application and microbiological inactivation. *Escherichia coli*, a well-known indicator for contamination, was significantly inhibited in meat by low pressure process. It is claimed that low pressure application could successfully inactivate *Escherichia coli* in meat without any adverse effects on quality attributes of meat and any residues of process.

2019, x + 41 pages

Keywords: Low pressure, red meat, microbiology, *Escherichia coli*, shelf-life

TEŞEKKÜR

Bu araştırmanın konusu, deneysel çalışmaların yönlendirilmesi, sonuçların değerlendirilmesi ve yazımı aşamasında yapmış olduğu katkılarından dolayı tez danışmanım Sayın Doç. Dr. Harun DIRAMAN'a, araştırma ve yazım süresince yardımlarını esirgemeyen ve en büyük destekçim, aynı zamanda amcam ve hocam olan değerli bölüm başkanımız Sayın Prof. Dr. Ramazan ŞEVİK'e, mikrobiyoloji alanında engin bilgilere sahip olan ve mikrobiyolojik analiz sürecimde bana imkanlarını esirgemeyen değerli hocam Sayın Dr. Öğr. Üyesi Gökhan AKARCA'ya, yüksek lisans çalışmalarında her zaman desteğini gördüğüm hocam Sayın Prof. Dr. Abdullah ÇAĞLAR'a, değerli katkılarından dolayı sayın Doç. Dr. İlyas ÇELİK'e, her konuda öneri ve eleştirileriyle yardımlarını gördüğüm hocalarıma ve arkadaşlarıma, en samimi destekçim olan kardeşim Musa ŞEVİK'e, verdikleri güven ve destekle her zaman arkamda duran ve beni daima iyiye ve doğruya yönlendiren sevgili annem Rukiye ŞEVİK ve sevgili babam Bahtiyar ŞEVİK'e saygı, sevgi ve teşekkürlerimi sunarım.

Betül ŞEVİK

AFYONKARAHİSAR, 2019

İÇİNDEKİLER DİZİNİ

Sayfa

ÖZET	i
ABSTRACT	ii
TEŞEKKÜR	iii
İÇİNDEKİLER DİZİNİ.....	iv
SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ	vi
ŞEKİLLER DİZİNİ	vii
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	ix
RESİMLER DİZİNİ	x
1. GİRİŞ.....	1
2. LİTERATÜR BİLGİLERİ	3
2.1 Etin Tanımı.....	3
2.2 Etin Beslenmedeki Önemi.....	3
2.3 Etin Kalite Özellikleri	3
2.3.1 Et Dekontaminasyonu.....	4
2.4 Mikrobiyolojik Bilgiler	6
2.4.1 <i>Escherichia coli</i> ve Gıda ile İlişkisi	6
2.5 Muhafaza Metotları	6
2.6 Düşük Basınç.....	8
3. MATERYAL ve METOT	10
3.1 Materyal	10
3.1.1 Düşük Basınç-Vakum Makinesi	10
3.1.2 Besiyeri ve Çözeltiler.....	11
3.1.2.1 TBX (Tryptone Bile Glucuronide) Agar (Merck, Almanya, 1.16122)	11
3.1.2.2 Çözeltiler	11
3.1.3 Enteropatojenik <i>Escherichia coli</i> (ATCC 25498) Bakterisi	11
3.2 Metot	12
3.2.1 Besiyeri ve Numunelerin Analize Hazırlanması	12
3.2.1.1 Besiyerlerinin Analize Hazırlanması.....	12
3.2.1.2 Numunelerin Analize Hazırlanması	12
3.2.2 Bakteri İnokülasyonu	13
3.2.3 Fizikokimyasal Analizler	14
3.2.3.1 Kuru Madde Tayini	14

3.2.3.2 Kül Tayini.....	14
3.2.3.3 pH Tayini.....	15
3.2.3.4 Yağ Tayini	15
3.2.3.5 Su aktivitesi (a_w) Analizi	15
3.2.3.6 Renk Analizi	15
3.2.4 Mikrobiyolojik Analizler	16
3.2.5 İstatistiksel Değerlendirme	16
4. BULGULAR	17
4.1 Kimyasal Analizler.....	17
4.1.1 Kuru Madde	17
4.1.2 Kül	18
4.1.3 pH.....	19
4.1.4 Yağ.....	21
4.1.5 Su Aktivitesi	22
4.2 Fiziksel Analizler	25
4.2.1 Renk	25
4.3 Mikrobiyolojik Analizler.....	27
4.3.1 10^4 kob/g İnokülasyon.....	27
4.3.2 10^6 kob/g İnokülasyon.....	31
5. TARTIŞMA ve SONUÇ	36
6. KAYNAKLAR.....	38
ÖZGEÇMİŞ.....	41

SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

Simgeler

a_w	Su Aktivitesi
°C	Santigrat derece
cm	Santimetre
DC	Doğru Akım
Fe ⁺²	Demir
kW	Kilowatt
Log.kob /g	Koloni oluşturan birim/gram
mL	Mililitre
mmHg	Milimetre civa (basınç birimi)
P	Fosfat
pH	Ortamın asitlik - bazlık derecesi indeksi
PSI	Basınç Birimi (1 psi=0,068bar)
O ₂	Oksijen

Kısaltmalar

B.Ö.	Basınç Öncesi
B.S.	Basınç Sonrası

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa

Şekil 4.1 Kıyma örneğine ait kuru madde miktarının 1 saat vakumlamaya bağlı olarak değişimi.....	18
Şekil 4.2 Kıyma örneğine ait kül miktarının 1 saat vakumlamaya bağlı olarak değişim	19
Şekil 4.3 Kıyma örneğine ait pH değerlerinin 1 saat vakumlamaya bağlı olarak değişimi	20
Şekil 4.4 Kıyma örneğine ait yağ miktarlarının 1 saat vakumlamaya bağlı olarak değişimi	21
Şekil 4.5 Kıyma örneğine ait kimyasal analiz değerlerinin 1 saat vakumlamaya bağlı değişimi	22
Şekil 4.6 Kıyma örneğine ait su aktivitesi değerlerinin farklı sürelerde vakumlamaya bağlı olarak değişimi	24
Şekil 4.7 Su aktivitesi değerlerinin 1 saat ve 2 saat vakumlama süresine bağlı olarak değişimi	24
Şekil 4.8 Kıyma örneğine ait renk değerlerinin 1 saat vakumlamaya bağlı olarak değişimi	26
Şekil 4.9 Renk değerleri arasındaki farkın basınca bağlı değişimi	27
Şekil 4.10 10^4 kob/g inokülasyonlu kıyma örneğine ait mikrobiyolojik analiz değerlerinin -250 mmHg basınç altında vakumlamaya bağlı olarak değişimi	29
Şekil 4.11 10^4 kob/g inokülasyonlu kıyma örneğine ait mikrobiyolojik analiz değerlerinin -500 mmHg basınç altında vakumlamaya bağlı olarak değişimi	29
Şekil 4.12 10^4 kob/g inokülasyonlu kıyma örneğine ait mikrobiyolojik analiz değerlerinin -650 mmHg basınç altında vakumlamaya bağlı olarak değişimi	30
Şekil 4.13 10^4 kob/g inokülasyonlu kıyma örneğine ait mikrobiyolojik analiz değerlerinin farklı düşük basınç ve farklı sürelerde vakumlamaya bağlı olarak değişimi	30
Şekil 4.14 10^4 kob/g inokülasyonlu kıyma örneklerinde süreye bağlı basınç sonrası mikroorganizma değişimi.....	31
Şekil 4.15 10^6 kob/g inokülasyonlu kıyma örneğine ait mikrobiyolojik analiz değerlerinin -250 mmHg basınç altında vakumlamaya bağlı olarak değişimi	33
Şekil 4.16 10^6 kob/g inokülasyonlu kıyma örneğine ait mikrobiyolojik analiz değerlerinin -500 mmHg basınç altında vakumlamaya bağlı olarak değişimi	33
Şekil 4.17 10^6 kob/g inokülasyonlu kıyma örneğine ait mikrobiyolojik analiz değerlerinin -650 mmHg basınç altında vakumlamaya bağlı olarak değişimi	34
Şekil 4.18 10^6 kob/g inokülasyonlu kıyma örneğine ait mikrobiyolojik analiz değerlerinin farklı düşük basınç ve farklı sürelerde vakumlamaya bağlı olarak değişimi	34

Şekil 4.19 10^6 kob/g inokülasyonlu kıyma örneklerinde süreye bağlı basınç sonrası mikroorganizma değişimi.....	35
--	----



ÇİZELGELER DİZİNİ

Sayfa

Çizelge 4.1 Kıyma örneğine ait kimyasal analiz sonuçları	17
Çizelge 4.2 Kıyma örneğine ait kimyasal analizlerin varyans analizi	19
Çizelge 4.3 Kıyma örneğine ait kimyasal analiz değerlerinin basınca bağlı Duncan çoklu karşılaştırma sonuçları	20
Çizelge 4.4 Kıyma örneğine ait su aktivitesi (a_w) değerleri	22
Çizelge 4.5 Kıyma örneğine ait su aktivitesi varyans analizi.....	23
Çizelge 4.6 Kıyma örneğine ait su aktivitesi değerlerinin basınca bağlı Duncan çoklu karşılaştırma sonuçları	23
Çizelge 4.7 Kıyma örneğine ait renk değerleri.....	25
Çizelge 4.8 Kıyma örneğine ait renk değerleri varyans analizi	25
Çizelge 4.9 Kıyma örneğine ait renk değerlerinin basınca bağlı Duncan çoklu karşılaştırma sonuçları	26
Çizelge 4.10 10^4 kob/g inokülasyonlu kıyma örneğine ait mikrobiyolojik analiz sonuçları (log.kob/g).....	28
Çizelge 4.11 10^4 kob/g inokülasyonlu kıyma örneğine ait mikrobiyolojik değerlerin varyans analizi	28
Çizelge 4.12 10^6 kob/g inokülasyonlu kıyma örneğine ait mikrobiyolojik analiz sonuçları(log.kob/g).....	32
Çizelge 4.13 10^6 kob/g inokülasyonlu kıyma örneğine ait mikrobiyolojik değerlerin varyans analizi	32

RESİMLER DİZİNİ

Sayfa

Resim 3.1 Yatay döner vakum makinesi.....	10
Resim 3.2 Densitometre (DEN-1B Mc Farland Densitometer) cihazı.....	13



1. GİRİŞ

Et ve ürünleri, mikrobiyolojik, fiziksel ve kimyasal yapısı gibi etin kendine has özellikleri ve ürünün işlenme şekli, kesim şartları, personel, işletme ve alet ekipman hijyenine ve bununla birlikte ambalajlama ve depolama koşullarına bağlı olarak kontaminasyona açık gıda maddeleri olarak bilinmektedir (Doğu ve Sarıçoban 2014). Etin fiziksel ve kimyasal özellikleri, bulaşmaya müteakip mikroorganizmaların gelişimi için elverişli bir ortamı kendiliğinden oluşturmaktadır. Bu faktörlere bağlı olarak et, farklı sayıda ve çeşitte mikroorganizmayı yapısında bulundurabilmektedir.

Etteki mikroorganizma yükünün et kalitesini düşürmeden azaltılması ve daha kaliteli bir gıda maddesi elde edilebilmesi için çeşitli muhafaza yöntemlerine başvurulmaktadır. Bu yöntemlerden en kullanışlı olanların belirlenmesi ve et kalitesinin korunması için bu çalışmada düşük basınç uygulaması gerçekleştirilmiştir. Bakteriler üzerine düşük basıncın etkisi yeni bir araştırma sahasıdır (Schuerger and Nicholson 2016).

Et beslenme açısından insanın sağlıklı ve kaliteli bir hayat sürebilmesi için vazgeçilmez gıda kaynaklarından biridir. Et içeriğindeki esansiyel aminoasitler (metionin, treonin, triptofan vb.) ve esansiyel yağ asitleri (linoleik asit, alfa linolenik asit vb.) gibi temel besin maddeleri yönünden eşsiz bir kaynaktır. Aynı zamanda mineral ve vitamin içeriği yönünden de bitkisel gıdalarda bulunmayan hem kaynaklı demir (Fe^{+2}) ve B12 vitamini gibi insan sağlığı açısından son derece önemli besin maddelerini içermektedir. Ayrıca, kreatin gibi fonksiyonel bileşikler yönünden de diğer hiçbir gıdada bulunmayan besin bileşenlerini ihtiva etmektedir.

Kesim ve kan akıtma esnasında oluşan basınç nedeniyle iç organlarda bulunan mikroorganizmalar, ete geçmeye başlamakta ve bulaşma proses gereği kendiliğinden meydana gelmektedir. Deri soyma ve iç organların çıkarılması ve bunu takip eden parçalama ve ayırma işlemleri enterik kökenli *Escherichia coli* gibi patojen mikroorganizmaların bulaşmasını ve invazyonunu kolaylaştırmaktadır. Hatta bu tür bulaşmalar neredeyse önlenememektedir (Öztan 2015).

Böylesine kaliteli bir gıda maddesinin hayvansal kaynaklı olması nedeniyle kirlilik yükü de başlangıçta fazla olmaktadır. Etin rigor ve diğer olgunlaşma safhaları da mikroorganizma kökenli kirliliğin yayılmasında rol oynamaktadır. Bütün bu kirlilik yükünün azaltılması ve et kalitesinin korunması için bir yöntem olarak düşük basınç uygulamasının bir çözüm olup olmayacağı bu çalışmanın temel mantığını oluşturmuştur.

Düşük basınç uygulaması ile mikroorganizmaların yok edilmesine yönelik çalışmalar çok az olmasına rağmen bir hayli eski yıllara dayanmaktadır. Yapılan bir araştırmada dirençli 3 tür mikroorganizmanın (*Bacillus subtilis*, *Aspergillus niger* ve *Aspergillus fumigatus* sporları ile *Mycobacterium smegmatis*) 5 gün aşırı yüksek vakuma maruz bırakıldığı ve öldürücü etkisinin gözlemlenmediği belirtilmiştir (Portner *et al.* 1961). Yine bir başka araştırmada -760 mmHg vakum altında 30°C ve 60°C sıcaklıklarda *Micrococcus* sp. ve *Staphylococcus epidermidis*'in yaklaşık 2 log azaldığı belirlenmiştir (Hagen *et al.* 1971). Ayrıca, yapılan çalışmalar mikroorganizmaların düşük basınca karşı gösterdikleri davranışların farklı olabileceğini göstermektedir. Örneğin 8,5 ve 14,7 psi basınç altında yapılan bir çalışmada *Serratia marcesens* ve *Staphylococcus epidermidis*'in gelişmeye devam etmesine rağmen *Escherichia coli*'nin düşük basınçtan daha çok etkilendiği ifade edilmiştir (Sequire 2018). Patojenler üzerine yapılan bir başka araştırmada farklı paketlenme materyallerinin yüzeyindeki düşük basıncın etkisi sonucu vejetatif *Escherichia coli* O157:H7 ve *Staphylococcus aureus* sayılarının 5 dakikada ve 0,5-5 mmHg basınçta 4 log azaldığı belirtilmiştir (Lee *et al.* 2014). Yapılan bu çalışmaların çoğu gıda ile ilgili olmayıp, daha çok uzay araştırmaları gibi amaçlarla yapılmıştır.

Bu çalışmada da ette en önemli sorunlardan biri olan patojenik *Escherichia coli* yükünün hiçbir kalıntı bırakmadan ve et kalitesini düşürmeden hangi yöntemle azaltılabileceği konusu araştırılmış ve bunun sonucunda düşük basınç uygulamasının bu kirlilik yükünü azaltmak için bir alternatif oluşturabileceği düşüncesi ortaya çıkmıştır. Bu düşünceyle düşük basınç uygulamasının araştırmanın temel yöntemi olması kanaatine varılmıştır.

2. LİTERATÜR BİLGİLERİ

2.1 Etin Tanımı

Türk Gıda Kodeksi Et Ürünleri Tebliği'ne göre kırmızı etin tanımı; Kasaplık hayvanların karkaslarından elde edilen, insan tüketimi için uygun tüm parçalardır (Anon 2006).

Yine aynı tebliğe göre çiğ kırmızı et tanımı ise; Modifiye atmosfer yöntemi veya vakum ile ambalajlanmış kırmızı etler de dahil olmak üzere soğutma, dondurma veya hızlı dondurma dışında herhangi bir koruyucu işlem görmemiş parçalanmış ve parçalanmamış taze kırmızı etdir.

2.2 Etin Beslenmedeki Önemi

Et, beslenme açısından hayvansal kökenli besin maddeleri arasında önemli bir yere sahiptir. Protein kaynağı olarak önemli bir rol oynamaktadır. Hayvansal kaynaklı proteinler (jelatin hariç) esansiyel aminoasitleri yeterli ve dengeli oranda içermektedir (Ensoy ve Coşar 2006). Günlük protein gereksinimimizin %50'sinin hayvansal kökenli olması önerilmektedir. Ülkemizde günlük protein tüketimi yaklaşık 97 g, bunun 24 g'ı hayvansal 73 g kadarı bitkisel kaynaklı proteinlerden sağlanmaktadır. Et, vitaminleri (A vitamini ve B grubu vitaminler) önemli oranda içermektedir. Aynı zamanda et mineral madde içeriği bakımından beslenmede önemli rol oynayan demir (Fe) ve fosfat (P) içeriğine sahiptir (Öz ve Kaya 2006). İştah artırıcı, lezzetli, doyurucu özelliklere sahip olmasının yanı sıra yaygın bulunabilmesiyle de tüketiciler tarafından en çok tercih edilen gıda ürünleri arasındadır.

2.3 Etin Kalite Özellikleri

Bütün kasaplık hayvanlardan elde edilen etin kalitesi ve besin değeri aynı değildir. Bu durum kasaplık hayvanların farklı türde, farklı cinsten, farklı cinsiyette, farklı yaşta ve farklı bakım ve besleme koşullarında oluşunun bir sonucudur.

Kasaplık hayvanların kesiminde uygulanan kesim yöntemleri ve kesim ortamının hijyen ve sanitasyon kurallarına uygun olması ve çalışan personelin de hijyen ve sanitasyon kurallarına uyması et kalitesinin korunmasında önemli katkı sağlamaktadır. Bununla birlikte ette zararlı mikrobiyolojik yükün artması besinsel içeriğine de etki ederek etin raf ömrünü kısaltmakta ve tüketici sağlığını olumsuz yönde etkilemektedir (Zorba ve Kurt 2005).

Et ve ürünlerinin kalitesini arttırmak, tüketici sağlığını korumak ve gıda kaynaklı enfeksiyon ve intoksikasyonları önlemek için et ve ürünlerinin mikrobiyal yükünü azaltmak ve kontaminasyon kaynaklarını elimine etmek, hem bilimsel hem de endüstriyel ürün geliştirme çalışmalarının temel konularından biri haline gelmektedir.

Dünya üzerinde et kalitesi üzerine yapılan bazı çalışmalar, farklı et ürünleri için en uygun yöntemi ya da yöntemler arasındaki en uygun dekontaminasyon yöntemi kombinasyonunu uygulamayı amaçlamaktadır. Etin ilk mikrobiyal yükü, işleneceği ürünün özellikleri, işleme şekli gibi faktörlere bağlı olarak bu yöntemler değişebilmekte ve en uygun yöntemle dekontaminasyon işlemi gerçekleştirilmektedir.

2.3.1 Et Dekontaminasyonu

Et ve et ürünleri, insana geçen gıda kaynaklı birçok hastalıkta en önemli gıda grubunu oluşturmaktadır. Et ve ürünleri ile ilişkilendirilen tehlikeler, protozoal parazitleri, helmintleri, eklembacaklıları, virüsleri, prionları ve bakterileri içermektedir. Bu gruplar içerisinde en önemli tehlike grubunun bakteriler ve protozoal parazitler olduğu üzerine tartışmalar sürmektedir.

Et ve ürünleri ile sıklıkla ilişkilendirilen mikroorganizmalar Enteropatojenik *Escherichia coli*, *Bacillus anthracis*, *Salmonella* serotipleri, *Listeria monocytogenes*, *Yersinia enterocolitica*, *Clostridium perfringens*, *Clostridium botulinum* ve *Staphylococcus aureus* şeklinde sayılabilirken bu ürünler ile ilişkilendirilen parazit çeşitleri *Cysticercus bovis* ve *Taenia saginata* olmaktadır.

Pek çok bakteri yaygın olarak hayvan bağırsağında uzun süreli ya da geçici olarak yaşamaktadır. Daha sonra gelen kesim, işleme, paketlenme, dağıtım ve gıdanın hazırlanması gibi noktalarda da et kontamine olabilmektedir. Tüm bu süreçler sonucunda et ve ürünlerinin gıda kaynaklı bir enfeksiyonu barındırmaması ve tüketici sağlığını koruyabilmek için, ürüne ve işleme tekniğine en uygun dekontaminasyon tekniği ya da teknikleri seçilmektedir.

Et ve et ürünlerinin dekontaminasyonu, farklı fiziksel, kimyasal ve biyolojik temelli uygulamaları ve araçları kullanarak ette bulunan mikroorganizmaların uzaklaştırılması veya inhibe edilmesidir. Fiziksel temelli uygulamalar, et yüzeyindeki kaba kirlilikleri hedef alarak mikrobiyal sayıyı düşürürken, kimyasal dekontaminasyon uygulamaları etin farklı kimyasallarla muamele edilmesiyle, kimyasalın yapısına bağlı olarak mikroorganizmaları inhibe etmesi işlemidir. Biyolojik temelli uygulamalar ise doğal olarak elde edilen, genelde mikroorganizmalar ve bitkisel temelli ajanların et dekontaminasyonunda kullanılması işlemidir.

Kabul edilebilir dekontaminasyon yöntemlerinin, toksik etkisi olmamasına ve farklı sağlık sorunları doğurmamasına dikkat edilmesi gerekmektedir. Dekontaminasyon işlemi ile elde edilecek sonuçlar, hem üretici hem de tüketiciler için olumlu sonuçlar doğurmalıdır. Farklı patojenleri tanımak ve onların işleme sürecindeki değişimlerini anlamak, tehlikelerin kontrolü ve onların varlığıyla oluşan riski yönetmek için temel bir dayanak noktası olmaktadır. Bu temel bilgi, aynı zamanda seçilen dekontaminasyon uygulamasını da etkilemektedir (Doğu ve Sarıçoban 2014).

Tüm bu temel bilgilerden yola çıkarak bu çalışmada et ve ürünleri üzerinde patojenler arasından özellikle patojenik *Escherichia coli* bakterisini tanımak ve bu bakterinin işleme sürecindeki değişimlerini anlamak ön planda tutularak, bu bakterinin dekontaminasyonu ve inhibisyonuna yönelik belirli çalışmalar izlenmiştir.

2.4 Mikrobiyolojik Bilgiler

2.4.1 *Escherichia coli* ve Gıda ile İlişkisi

Escherichia coli, gram negatif, Enterobacteriaceae ailesi içerisinde *Escherichia* genusuna bağlı, fakültatif anaerob, çoğunlukla hareketli, sporsuz, çubuk şeklinde bir bakteridir. Patojenik *Escherichia coli*'ler oluşturduğu hastalığın türüne ve sahip olduğu virulans özelliklerine göre sınıflandırılmaktadır. *Escherichia coli*'nin ilk tanımlanan patotipi Enteropatojenik *Escherichia coli* (EPEC)'dir. *Escherichia coli*'nin enteropatojenik suşları, tüm hayvanlarda ve insanlarda ishale neden olabilmektedir (Nataro and Kaper 1998). EPEC'in temel özelliği bağırsak mukozasındaki belirli hücrelere yapışmasıdır (Omerovic vd. 2017).

Escherichia coli'nin gıdalara bulaşma yolları hava, su, toprak gibi doğal yollardan olabileceği gibi esasen insan eliyle ve daha çok da çapraz bulaşma şeklinde olmaktadır. Yani, herhangi bir gıda veya diğer alet ekipman ve işletme yüzeyinde mevcut olması durumunda çalışanlar tarafından gıdalara bulaştırılmakta ve invazyonu (yayılması) söz konusu olmaktadır (Wuytack *et al.* 1998). Bu şekilde bakterinin insanlara geçişi gıda kaynaklı ve oral yolla gerçekleşmektedir (Temelli 2002). İnsan vücuduna girdikten sonra ishale ve ileri safhalarda, özellikle çocuklarda ölümcül sonuçlara yol açmaktadır (Omerovic vd. 2017).

Etlerde de insan veya işletmeden kaynaklanan bulaşmalar olabilmekte, özellikle uygun şartlarda muhafaza edilemeyen ve iyi pişirilmemiş et ve et ürünlerinden de insanlara bulaşabilmekte ve çeşitli patojenik etkiler sergileyebilmektedir (Jordan *et al.* 2001). Normal şartlarda pişirme için 68,3 °C 'da 15 saniyenin yeterli olduğu belirtilmektedir (Halkman vd. 2001).

2.5 Muhafaza Metotları

Gıda işleme teknolojisinde "Fiziksel" ve "Kimyasal" olmak üzere iki farklı muhafaza metodu kullanılmaktadır. Bunlardan Kimyasal Muhafaza Yöntemleri;

- Daha çok kısa zincirli, orta boy ve bir kaç tane de büyük boy yağ asitleri kullanmak
Küçük boy yağ asitleri; formik, asetik, propiyonik, bütirik ve benzoik asitler
Orta boy yağ asitleri; valerik, kaproik, heptoik, sorbik asitler
Büyük boy yağ asitleri; kaprilik, pelargonik, kaprik, undekoik ve laurik asitler
- Kükürt kullanmak
Kükürt dioksit kükürdün havada yakılması ile elde edilen renksiz, aşırı derecede boğucu bir gazdır.
- Nitrit nitrat kullanmak
Nitrit ve nitrat tuzlarının gıdalarda koruyucu olarak kullanılması çok eskilere dayanmasına rağmen, kullanımları ile ilgili bilgiler zaman içinde farklılıklar göstermiştir.
- Tuzlama işlemi
Tuzun suyu bağlamasıyla ortamda serbest suyun azalması ve iyon konsantrasyonunun artışı sonucu, bakterilerin kullanacağı su ortamda azalmaktadır.
- Nisin ve natamisin kullanmak
Nisin gıda koruyucusu olarak kullanılan 34 amino asit içeren bir çoklu halkalı bir peptittir. Nisin ticari olarak *Lactococcus lactis* kullanarak fermentasyon ile elde edilir. Natamisin, belli gıda ve içkilerde oluşan maya, küf ve mantarlardan korunmak için uzun yıllardan beri koruyucu olarak kullanılmaktadır. Natamisin, genelde toprakta bulunan *Streptomyces natalensis* tarafından fermentasyon işlemi sırasında doğal olarak üretilen bir maddedir.

Fiziksel Muhafaza Yöntemleri ise;

- Isıl işlem

Daha çok mikroorganizmaları inaktive etmek amacıyla kullanılan yöntemlerden en fazla uygulananıdır. Bu sayede gıdaların bileşenlerini oluşturan özellikle protein ve karbonhidrat gibi besin maddelerinin sindirilebilirliğinde de artış meydana gelmektedir.

- Işınlama

Mikroorganizmaların sayısını azaltma amaçlı olarak kullanılan muhafaza yöntemlerindendir. Genellikle baharat muhafazasında yaygın olarak kullanılmaktadır. Proteinli gıdalarda sülfürlü bileşiklerin açığa çıkmasına sebep oldukları için ancak ortam dezenfeksiyonu için kullanılmaktadır.

- Soğutma ve dondurma

Mikrobiyal aktiviteyi durdurmak ve azaltmak amaçlı uygulanmaktadır. Soğutma bilimsel anlamda 0 ile +10 °C arasındaki sıcaklık uygulamalarıdır. Dondurma ise -18 °C ve daha düşük sıcaklık uygulamalarını ifade etmektedir (Alanyalı vd. 2009).

2.6 Düşük Basınç

Muhafaza yöntemlerinden bir diğeri de basınç uygulaması olup, diğer muhafaza yöntemlerine göre daha yeni bir uygulama metodudur (Oğuzhan 2013). Yapılan literatür taramalarında yüksek basınç uygulamasına yönelik çok sayıda çalışma bulunmasına rağmen, muhafaza yöntemi olarak düşük basınç uygulamasına yönelik fazla çalışma bulunamamıştır (Arıcı 2006).

Pratikte düşük basınç ortam basıncının düşürülmesi şeklinde uygulanmaktadır. Ortamın havası vakumlanarak atmosfer basıncı düşürülmektedir (Sezer ve İnanç 2013). Tersiy uygulamalar olarak yüksek basınç şeklindeki uygulamalar daha yaygındır (Tülek ve Filizay 2006). Düşük basıncın canlı mikroorganizmalarda hücre stoplazmasını vakum etkisiyle dışarı çıkararak etkili olduğu tahmin edilmektedir (Whitney *et al.* 2007). Bu şekilde hücre yapısının bozularak *Escherichia coli* üzerine etkili olduğu düşünülmektedir (Chen *et al.* 2006). Bu çalışmada diğer mikroorganizmalar üzerine

etkileri hakkında herhangi bir araştırma yapılmamıştır. Mikroorganizmalar üzerindeki basınç ile ilgili çalışmalar daha çok yüksek basınç uygulamaları şeklinde görülmektedir (Zorba ve Kurt 2005).

Bazı muhafaza yöntemleri bazı mikroorganizmaların öldürülmesinde oldukça etkili olmasına rağmen, diğer bazı mikroorganizmaların öldürülmesinde etkili olmayabilmektedir (Teo *et al.* 2001). Düşük basınç uygulaması da *Escherichia coli* üzerinde oldukça etkili olmasına rağmen, diğer mikroorganizmalarda nasıl etki yapacağı konusunda araştırmalara devam edilmelidir (Patterson *et al.* 2001).

Gıda muhafazasında düşük basınç uygulamaları daha çok vakum paketleme şeklinde görülmektedir. Vakum paketlemedeki amaç mikroorganizmaların direkt öldürülmesi değildir. Ortamdaki oksijenin ve havanın boşaltılarak daha çok anaerob bir ortam oluşturulmasıdır. Sonuç olarak daha çok aerobik mikroorganizmalar bu sayede rahat gelişme ortamı bulamamaktadır. Bu şekilde gıdaların raf ömrünün uzatılması hedeflenmektedir (Ono *et al.* 2017).

3. MATERYAL ve METOT

3.1 Materyal

Bu araştırmada amaçlanan tüm analizler için kullanılan et, simental melezi ırkına ait olan, 2018 doğumlu erkek sığır karkasından elde edilmiş, orijinal ve saf kırmızı sığır etidir. Kullanılan et Afyonkarahisar piyasasında faaliyet gösteren bir kasaptan temin edilmiştir. Kırmızı sığır etinin, analizlere uygun hale getirilmesi amacıyla kıyma makinesinden geçirilerek çalışmaya yatkınlığı sağlanmıştır.

3.1.1 Düşük Basınc-Vakum Makinesi

Yatay döner vakum makinesi (Resim 3.1) Efor Makine – Konya/Akşehir firması tarafından tedarik edilmiş olup, aşağıdaki teknik özelliklere sahiptir;

- Gövde, 1. Kalite paslanmaz kromdan imal edilmiştir.
- Kazan, 1. Kalite paslanmaz kromdan imal edilmiştir.
- Kazan i hacmi 30 litredir.
- Dönüş devir hızı ayarlanabilmektedir.
- Kazan, vakumlanabilir sızdırmazlıktadır.
- Kazan, hava vakumlama özelliği ve tertibatına sahiptir.
- DC girişi 380 voltur.
- 1,5 kW motor gücüne sahiptir.
- Makine üzerinde güvenlik kontrol panosu bulunmaktadır.



Resim 3.1 Yatay döner vakum makinesi.

3.1.2 Besiyeri ve Çözeltiler

3.1.2.1 TBX (Tryptone Bile Glucuronide) Agar (Merck, Almanya, 1.16122)

In vitro (canlı hücre dışında) yapılan standart mikrobiyolojik analizlerde koliform grup bakteriler ve *Escherichia coli* aranması ve sayılması için selektif katı besiyeri olarak kullanılır. Besiyeri bileşimindeki kromojen substrat 5-bromo-4-chloro-3-indolyl- β -D-glucuronide (X- β -D-glucuronide) *E. coli* 'deki β -D-glucuronidase enzimi ile bu substratı 5-bromo-4-chloro-3-indolyl ve β -D-glucuronide'e parçalar, sonuç olarak *Escherichia coli* kolonileri mavi-yeşil renkli olarak görülür. Bu besiyeri membran filtrasyon tekniğinde de başarıyla kullanılmaktadır.

3.1.2.2 Çözeltiler

Ringer Çözeltisi: In vitro (canlı hücre dışında) yapılan standart mikrobiyolojik analizlerde seyreltme çözeltisi olarak kullanılmıştır. 1 tablet 500 mL damıtık suya ilave edilip karıştırılır. Amaca uygun kaplara (tüp, erlen vb.) dağıtılıp, otoklavda 1 atm basınç altında 120 °C sıcaklıkta 20 dakika sterilize edilir. Sterilizasyon sonrası 25 °C'da pH'sı 6,9±0,1'dir. Hazırlanmış çözelti berrak ve renksizdir.

3.1.3 Enteropatojenik *Escherichia coli* (ATCC 25498) Bakterisi

Escherichia coli, gram negatif, Enterobacteriaceae ailesi içerisinde *Escherichia* genusuna bağlı, fakültatif anaerob, çoğunlukla hareketli, sporsuz, çubuk şeklinde bir bakteridir. *Escherichia coli* (ATCC 25498) bakterisi, çalışmalarda kullanılmak üzere Afyon Kocatepe Üniversitesi Mühendislik Fakültesi laboratuvarlarından temin edilmiştir.

3.2 Metot

3.2.1 Besiyeri ve Numunelerin Analize Hazırlanması

3.2.1.1 Besiyerlerinin Analize Hazırlanması

Mikroorganizmaların gelişimi için gerekli olan ve gelişim koşullarına sahip olan ortama “besiyeri” denilmektedir. Besiyerinin bileşiminde mikroorganizmaların gelişmesini sağlayacak organik ve inorganik maddeler, gelişim unsurları ve su bulunur. Mikroorganizmalar gelişim özellikleri açısından oldukça farklılık gösterirler.

Bu nedenden dolayı laboratuvarında geliştirilebilmeleri için farklı bileşimlerde ortamların hazırlanması gereklidir. Besiyeri hazırlanmasında kullanılan suyun distile edilmiş yani saf halde olması gerekmektedir. Besiyeri ambalaj üzerinde belirtilen miktarı hazırlanması gereken hacime göre hesaplanır ve tartımı yapılır, erlen veya balona aktarılır. Hazırlanacak hacim kadar üzerine saf su ilave edilir ve sterilizasyon işlemine tabi tutulur. Otoklavda sterilizasyon genel olarak 1 atm basınç altında 120 °C sıcaklıkta 15–20 dakika olarak uygulanır. Sterilizasyonun amacı besi yerinin hazırlanması esnasında kullanılan camdan üretilmiş araç-gereç, hassas terazi, su, pamuk, vidalı kapak vb.den kaynaklanması muhtemel tüm mikroorganizmaları ortadan kaldırmaktır.

3.2.1.2 Numunelerin Analize Hazırlanması

Kıyma haline getirilmiş etler 100'er ve 50'şer gram olarak tartıldıktan sonra kilitli poşetlere konup, etin dışarı taşmasını önlemek için ağzıları kapatılarak dondurucuda muhafaza edilmiştir. 100 g'lık paketler fiziksel ve kimyasal analizlerde kullanılmak üzere "kontrol grubu, -250 mmHg vakum, -500 mmHg vakum ve -650 mmHg vakum" için her birinden 2'şer tane olmak üzere 8'er adet hazırlanmıştır. Mikrobiyolojik analizler için ise 50' şer g'lık paketler "kontrol grubu için 1 adet, -250 mmHg vakum, -500 mmHg vakum, -650 mmHg vakum" un her birisi için 1 saat ve 2 saat vakumlamada kullanılmak üzere 2'şer adet hazırlanmıştır.

Hazırlanan numuneler kontrol grubu hariç, sırasıyla "-250 mmHg, -500 mmHg ve -650 mmHg" basınç altında mikrobiyolojik analizler ve su aktivitesi analizi için 1 saat ve 2 saat, diğer fiziksel ve kimyasal analizler için ise 1 saat süreyle vakuma tabi tutulmuştur. Vakum sonucunda meydana gelen değişimleri gözlemlemek için her bir vakumlamanın ardından fiziksel, kimyasal ve mikrobiyolojik analizler gerçekleştirilmiştir. Örnekler vakumlama sonrasında hiç zaman kaybedilmeden, hızlı bir şekilde analize alınmıştır. Vakum makinesi iç sıcaklığı 25°C'dir.

3.2.2 Bakteri İnokülasyonu

Mikrobiyolojik analizler için kontrol grubu hariç kıyma örneklerine 10^4 ve 10^6 kob/g olmak üzere iki farklı oranda 1'er ml *Escherichia coli* ATCC 25498 bakterisi inoküle edilerek, her iki oran için ayrı ayrı çalışılmıştır. İnokülasyon işlemi için steril bir tabağa 50 g numune tartılmış ve bakterinin numunenin her kısmına eşit bir şekilde dağılması amacıyla numune tabağa geniş bir şekilde yayılmıştır. Numune üzerine seyreltilmiş orandaki (10^4 veya 10^6 kob/g) bakteriden 1 ml alınarak damlalar halinde inoküle edilmiştir.

İnoküle edilecek *Escherichia coli* bakteri miktarının (10^4 veya 10^6 kob/g) ayarlanması için densitometre (DEN-1B Mc Farland Densitometer) cihazından yararlanılmıştır (Resim 3.2). İnoküle edilecek bakteri miktarını 10^4 kob/g'a ayarlamak için densitometrede okunan değerin 0.40-0.45 aralığında, 10^6 kob/g'a ayarlamak için ise densitometrede okunan değerin 0.50-0.55 aralığında olması sağlanmıştır.



Resim 3.2 Densitometre (DEN-1B Mc Farland Densitometer) Cihazı.

3.2.3 Fizikokimyasal Analizler

3.2.3.1 Kuru Madde Tayini

Yaklaşık 5 gram örnek, sabit tartıma getirilmiş kurutma kaplarına alınarak 105°C'deki etüvde 24 saat boyunca tutularak nemi uzaklaştırılmak sureti ile ağırlık kaybından faydalanılarak % nem ve kuru madde miktarı hesaplanmıştır.

3.2.3.2 Kül Tayini

Kül tayini, numunelerin kül içeriğinin ağırlıkça yüzde olarak ifade edilmesi prensibine dayanmaktadır. Krozelerin sabit ağırlığa gelmesi amacıyla 105°C'deki etüvde yaklaşık 2 saat tutulduktan sonra içerisine 5 g kıyma örneği tartılmıştır. Yakma işleminin kolaylığı için örnekler öncesinde 105°C'deki etüvde 24 saat ön kurutma işlemine tabi tutulmuştur. Daha sonra 550°C sıcaklıktaki kül fırınında 7 saat tutularak beyaz kül haline gelinceye kadar yakma işlemi devam etmiştir. Kıyma örneklerinin kül içeriği aşağıdaki formülden yararlanarak hesaplanmıştır;

% Kül içeriği = (Saptanan kül miktarı x 100) / Örnek miktarı

3.2.3.3 pH Tayini

Yaklaşık 10 gram örnek 100 ml saf su ile karıştırılarak homojenize edilmiş ve pH değerleri Thermo scientific Orion 4 star pH metre kullanılarak tayin edilmiştir.

3.2.3.4 Yağ Tayini

Kontrol grubu ve -250 mmHg, -500 mmHg, -650 mmHg basınç altında vakumlanmış örneklerin yağ miktarları dietil eter çözücü ile Soxhlet düzeneği yardımıyla % yağ olarak tayin edilmiştir.

3.2.3.5 Su aktivitesi (a_w) Analizi

Kontrol grubu ve -250 mmHg, -500 mmHg, -650 mmHg basınç altında vakumlanmış örneklerden yaklaşık 3'er g tartılarak Novasina LabTouch-aw su aktivitesi tayin cihazıyla su aktivitesi değerleri saptanmıştır.

3.2.3.6 Renk Analizi

Kontrol grubu ve -250 mmHg, -500 mmHg, -650 mmHg basınç altında vakumlanmış örneklerin renk analizi Minolta Chromometer CR-400 (Japonya) renk ölçüm cihazıyla gerçekleştirilmiştir. CIE $L^*a^*b^*$ sisteminde L^* değeri lightness olarak ifade edilen parlaklık derecesini ifade eder. L^* değeri 0 (siyah) ile 100 (beyaz) arasında değişiklik göstermektedir. CIE a^* değeri, -60 ile 60 arasında değişim göstermekte, pozitif a^* değerleri kırmızı olarak negatif a^* değerleri ise yeşil olarak ifade edilmektedir. CIE b^* değeri yine -60 ile 60 arasında değişim göstermekte, pozitif b^* değerleri sarı, negatif b^* değerleri ise mavi rengi ifade etmektedir. Optik okuyucu ile kontrol grubu ve -250 mmHg, -500 mmHg, -650 mmHg basınç altında vakumlanmış örneklerin iç ve dış yüzeylerine direkt temas ettirilerek farklı noktalarından 3'er kez ölçüm yapılmış ve ölçümlerin aritmetik ortalamaları alınmıştır.

3.2.4 Mikrobiyolojik Analizler

Kontrol grubu örneklerinden ve inokülasyon işlemi gerçekleşmiş -250 mmHg, -500 mmHg, -650 mmHg basınçta vakumu amaçlanan örneklerden vakum öncesi ve vakum sonrası olmak üzere ayrı ayrı ekim yapılmıştır. Bu amaçla her numuneden steril koşullar altında 10 g alınarak, steril stomacher özel poşetlerine (Lp Italiana Spa-174538) aktarılmıştır. Üzerine 90 ml steril ringer (Merck-115525) çözeltisinden ilave edilerek stomacher (Stomacher® 400 UK) de 120 sn süre ile homojen hale getirilmiştir. *Escherichia coli* aranması için hazırlanan ve selektif katı besiyeri olan TBX Agar'ın bulunduğu 9 cm çapındaki petri kaplarına homojen karışımdan 1'er ml alınarak A ve B olmak üzere iki paralelli ekim yapılmıştır. Bu işlemten sonra yayma plak yöntemi uygulanmıştır. Ekim yapılan petriler 37°C'deki etüvde 24 saat inkübasyona bırakılmıştır. İnkübasyon sonunda gelişen koloniler sayılarak değerlendirme yapılmıştır. Sayım sonuçları log kob/g olarak saptanmıştır.

3.2.5 İstatistiksel Değerlendirme

Araştırmada örneklerde yapılan analizlerin sonuçları SPSS 20.0 (SPSS Inc, USA) istatistik paket programı kullanılarak yapılmıştır. Örneklerin analizlerinden elde edilen veriler tesadüf blokları deneme düzeninde varyans analizi tekniği uygulanarak değerlendirilmiştir.

4. BULGULAR

Bu araştırmada kırmızı etten elde edilen kıyma üzerine düşük basıncın süreyle ilişkili etkisi araştırılarak bazı kimyasal, fiziksel ve mikrobiyolojik analizleri yapılmış ve sonuçlar ayrı ayrı incelenmiştir. Bulunan sonuçlar istatistiksel yönden değerlendirilmiştir.

4.1 Kimyasal Analizler

Kimyasal analizlere ait değerler Çizelge 4.1'de, varyans analiz sonuçları Çizelge 4.2'de, Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları ise Çizelge 4.3'de verilmiştir.

Çizelge 4.1 Kıyma örneğine ait kimyasal analiz sonuçları.

Basınç	Kuru Madde(%)	Kül(%)	pH	Yağ(%)
Kontrol	30,16±0,94	0,98±0,0261	5,71±0,05	0,54±0,05
-250 mmHg	30,87±0,42	1,03±0,0212	5,70±0,07	0,69±0,01
-500 mmHg	30,71±1,18	1,06±0,0898	5,72±0,01	0,63±0,36
-650 mmHg	35,20±0,48	1,11±0,0777	5,80±0,04	0,54±0,12

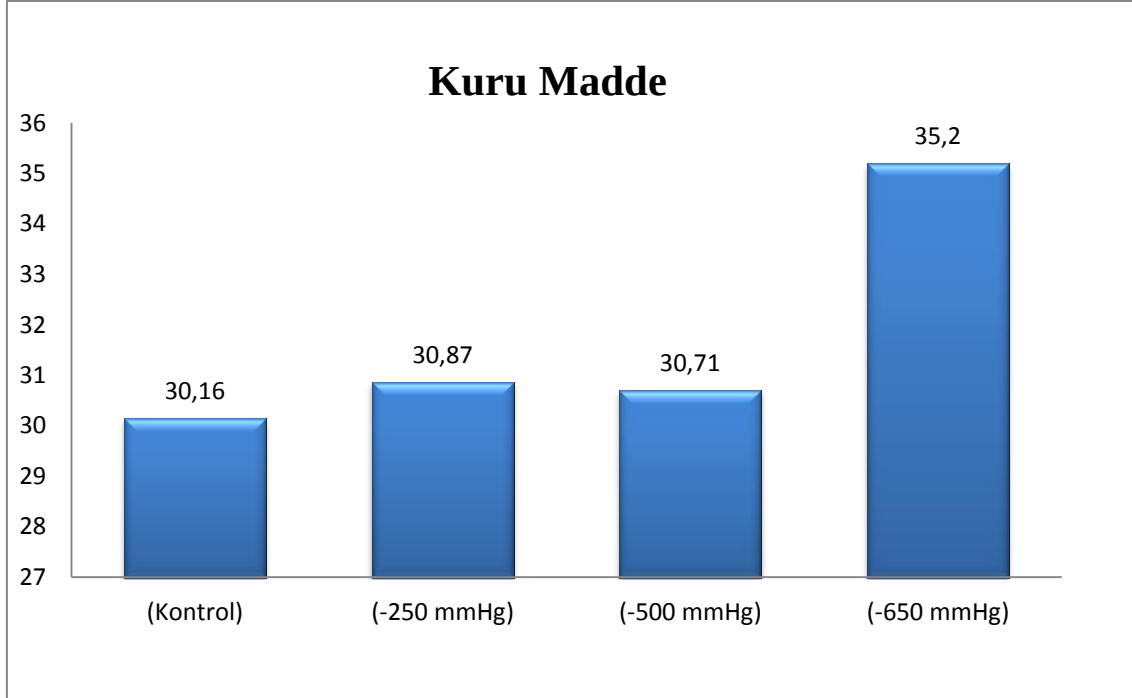
* Çizelgedeki değerler 2 tekerrürün ortalamasıdır. Her bir basınç 1 saat süreyle uygulanmıştır.

4.1.1 Kuru Madde

Kıyma örneklerine ait kuru madde miktarları Çizelge 4.1'de toplu olarak verilmiştir. Kıyma örneklerinde en düşük kuru madde miktarı (% 30,16) kontrol grubunda görülürken, en yüksek kuru madde miktarı (% 35,20) -650 mmHg basınçta vakumlanmış örneklerde belirlenmiştir. Vakumlamaya bağlı olarak kıyma örneklerinin su içeriğinde bir miktar kuruma meydana gelmiştir. Vakumun etkisine paralel olarak kuru madde içeriği artmıştır.

Varyans analiz sonuçlarına göre, kıyma örneklerinin kuru madde miktarları üzerine düşük basıncın 1 saatteki etkisi $p < 0,05$ düzeyinde önemli bulunmuştur (Çizelge 4.2).

Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçlarına göre, basıncın kuru madde üzerindeki etkisinin kontrol grubu, -250 mmHg ve -500 mmHg vakumları arasında istatistiksel olarak farksız olduğu, -650 mmHg vakumunda ise diğerlerine göre istatistiksel olarak farklı olduğu görülmüştür ($p < 0,05$) (Çizelge 4.3).



Şekil 4.1 Kıyma örneğine ait kuru madde miktarının 1 saat vakumlamaya bağlı olarak değişimi.

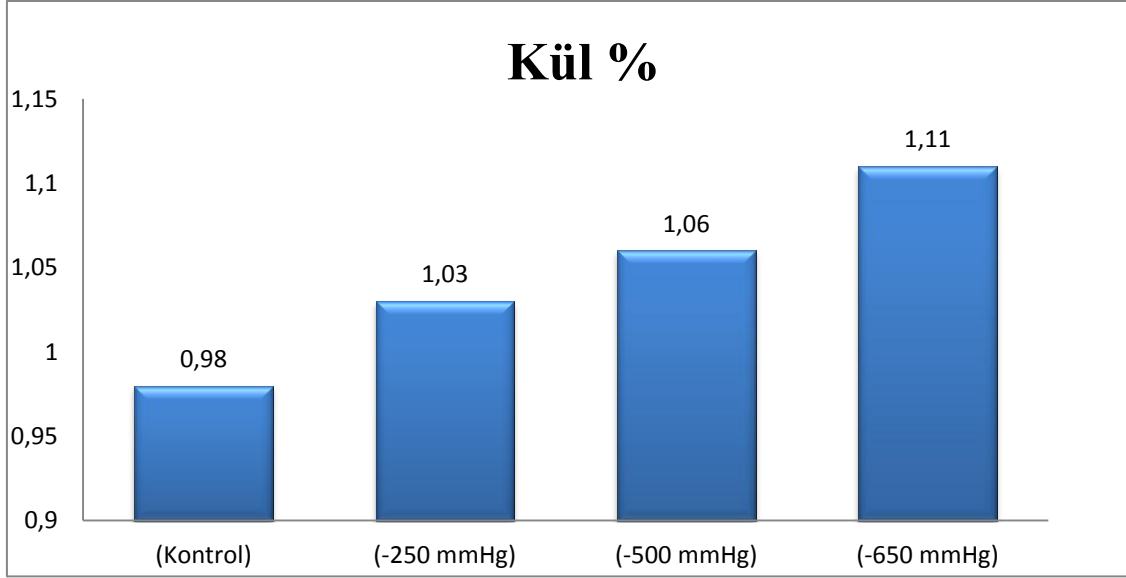
Şekil 4.1'de görüldüğü gibi en yüksek kuru madde içeriği -650 mmHg basınçta vakumlanmış örneklerde belirlenmiştir.

4.1.2 Kül

Kıyma örneklerine ait kül miktarları Çizelge 4.1'de toplu olarak verilmiştir. Vakumlamaya bağlı olarak kıyma örneklerinin kül miktarlarında az da olsa düzenli bir artış meydana gelmiştir. Kıyma örneklerinde en düşük kül miktarı (% 0,98) kontrol grubunda görülürken, en yüksek kül miktarı (% 1,11) -650 mmHg basınçta vakumlanmış örneklerde belirlenmiştir.

Varyans analiz sonuçlarına göre kıyma örneklerinin kül miktarları üzerine düşük basıncın 1 saatteki etkisi önemsiz bulunmuştur ($p > 0,05$) (Çizelge 4.2).

Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçlarına göre, basıncın kül değerleri üzerindeki etkisinin kontrol grubu, -250 mmHg, -500 mmHg ve -650 mmHg vakumları arasında istatistiksel olarak farksız olduğu görülmüştür ($p < 0,05$) (Çizelge 4.3).



Şekil 4.2 Kıyma örneğine ait kül miktarının 1 saat vakumlamaya bağlı olarak değişimi.

Şekil 4.2'de görüldüğü gibi en yüksek kül miktarı -650 mmHg basınçta vakumlanmış örneklerde belirlenmiştir.

Çizelge 4.2 Kıyma örneğine ait kimyasal analizlerin varyans analizi.

	Kuru Madde	Kül	pH	Yağ
Basınç	15,965*	1,486	1,641	0,287

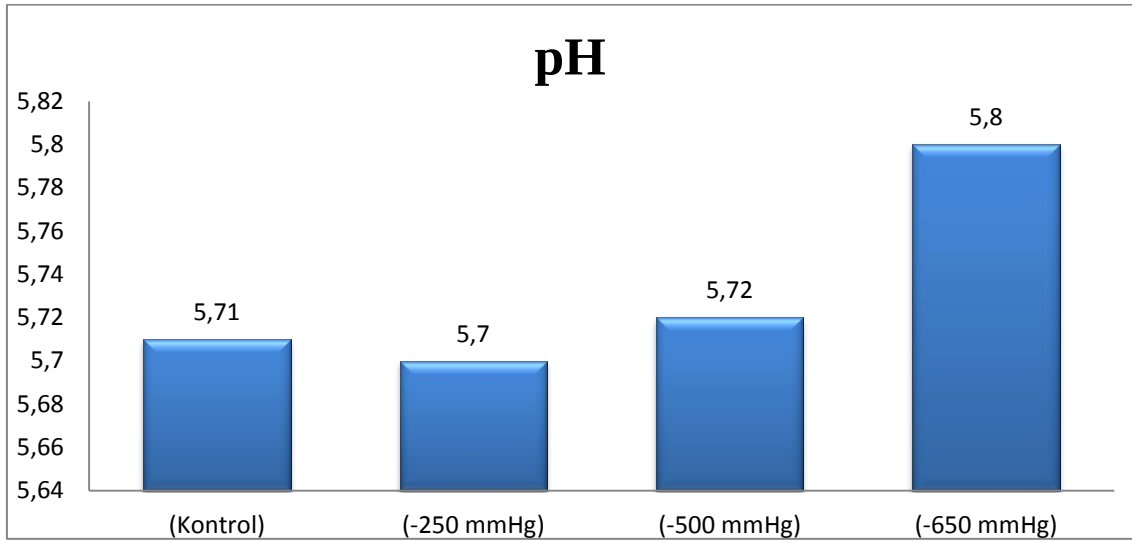
* : $p < 0,05$

4.1.3 pH

Kıyma örneklerine ait pH değerleri Çizelge 4.1'de toplu olarak verilmiştir. Vakumlama sonrası kıyma örneklerinin pH değerlerinde az da olsa artış meydana gelmiştir. Kıyma örneğinde en düşük pH değeri (5,70) -250 mmHg basınçta vakumlanmış örneklerde görülürken, en yüksek pH değeri (5,80) -650 mmHg basınçta vakumlanmış örneklerde belirlenmiştir.

Varyans analiz sonuçlarına göre kıyma örneklerinin pH değerleri üzerine düşük basıncın 1 saatteki etkisi önemsiz bulunmuştur ($p>0,05$) (Çizelge 4.2).

Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçlarına göre, basıncın pH değerleri üzerindeki etkisinin kontrol grubu, -250 mmHg, -500 mmHg ve -650 mmHg vakumları arasında istatistiksel olarak farksız olduğu görülmüştür ($p< 0,05$) (Çizelge 4.3).



Şekil 4.3 Kıyma örneğine ait pH değerlerinin 1 saat vakumlamaya bağlı olarak değişimi.

Şekil 4.3'de görüldüğü gibi en yüksek pH değeri -650 mmHg basınçta vakumlanmış örneklerde belirlenmiştir.

Çizelge 4.3 Kıyma örneğine ait kimyasal analiz değerlerinin basınca bağlı Duncan çoklu karşılaştırma sonuçları.

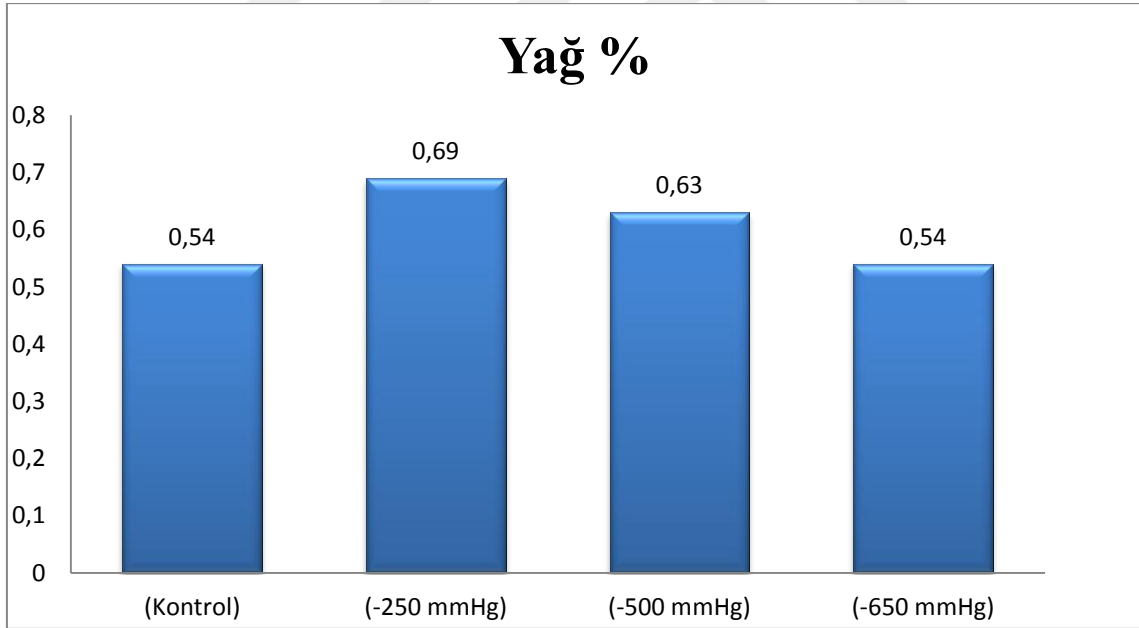
Basıncı	Kuru Madde(%)	Kül(%)	pH	Yağ(%)
Kontrol	30,16±0,94a	0,98±0,0261a	5,71±0,05a	0,54±0,05a
-250 mmHg	30,87±0,42a	1,03±0,0212a	5,70±0,07a	0,69±0,01a
-500 mmHg	30,71±1,18a	1,06±0,0898a	5,72±0,01a	0,63±0,36a
-650 mmHg	35,20±0,48b	1,11±0,0777a	5,80±0,04a	0,54±0,12a

4.1.4 Yağ

Kıyma örneklerine ait yağ miktarları Çizelge 4.1'de toplu olarak verilmiştir. Kıyma örneğinde en düşük yağ miktarı kontrol grubu ve -650 mmHg basınçta vakumlanmış örneklerde (% 0,54) görülürken, en yüksek yağ miktarı (% 0,69) -250 mmHg basınçta vakumlanmış örneklerde belirlenmiştir. Vakumlamaya bağlı olarak kıyma örneğinin yağ miktarında düzenli bir artış ya da azalış meydana gelmemiştir.

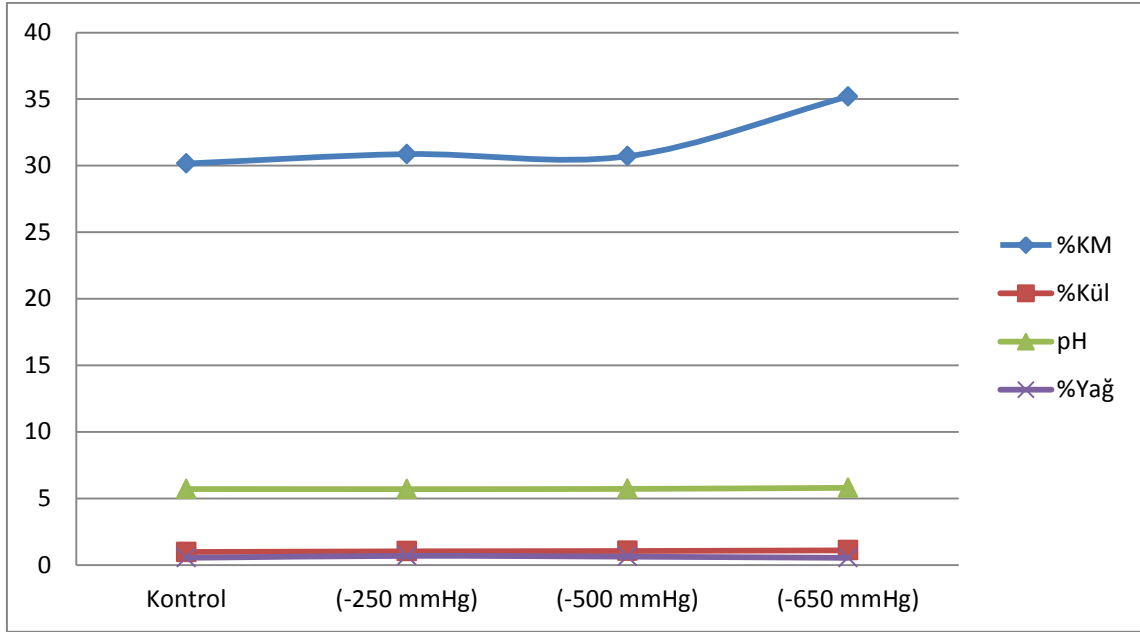
Varyans analiz sonuçlarına göre kıyma örneklerinin yağ miktarları üzerine düşük basıncın 1 saatteki etkisi önemsiz bulunmuştur ($p>0,05$) (Çizelge 4.2).

Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçlarına göre, basıncın yağ değerleri üzerindeki etkisinin kontrol grubu, -250 mmHg, -500 mmHg ve -650 mmHg vakumları arasında istatistiksel olarak farksız olduğu görülmüştür ($p< 0,05$) (Çizelge 4.3).



Şekil 4.4 Kıyma örneğine ait yağ miktarlarının 1 saat vakumlamaya bağlı olarak değişimi.

Şekil 4.4'de görüldüğü gibi en yüksek yağ miktarı -250 mmHg basınçta vakumlanmış örneklerde belirlenmiştir.



Şekil 4.5 Kıyma örneğine ait kimyasal analiz değerlerinin 1 saat vakumlamaya bağlı değişimi.

4.1.5 Su Aktivitesi

Kıyma örneğine ait su aktivitesi değerleri üzerine düşük basıncın etkisi 1 saat ve 2 saat olmak üzere iki farklı süreyle uygulandığından, diğer kimyasal analizlerden ayrı olarak incelenmiştir. Sonuçlar istatistiksel olarak değerlendirilmiştir (Çizelge 4.4).

Çizelge 4.4 Kıyma örneğine ait su aktivitesi (a_w) değerleri.

Basınç	Süre	a_w
Kontrol	-	0,939±0,01
	-	0,939±0,01
-250 mmHg	1 Saat	0,942±0,01
	2 Saat	0,940±0,01
-500 mmHg	1 Saat	0,945±0,01
	2 Saat	0,940±0,01
-650 mmHg	1 Saat	0,943±0,01
	2 Saat	0,942±0,01

Kıyma örneklerine ait su aktivitesi değerleri Çizelge 4.4'de verilmiştir. Kıyma örneklerinde en düşük su aktivitesi değeri (0,939) kontrol grubunda görülürken, en yüksek su aktivitesi değeri (0,945) -500 mmHg basınçta 1 saat süreyle vakumlanmış

örnekte belirlenmiştir. Çizelge 4.4'den görüldüğü üzere farklı düşük basınç ve farklı süre etkileşiminin, kıyma örneğinin su aktivitesi değerleri üzerinde önemli ölçüde bir değişiklik meydana getirmediği belirlenmiştir.

Çizelge 4.5 Kıyma örneğine ait su aktivitesi varyans analizi.

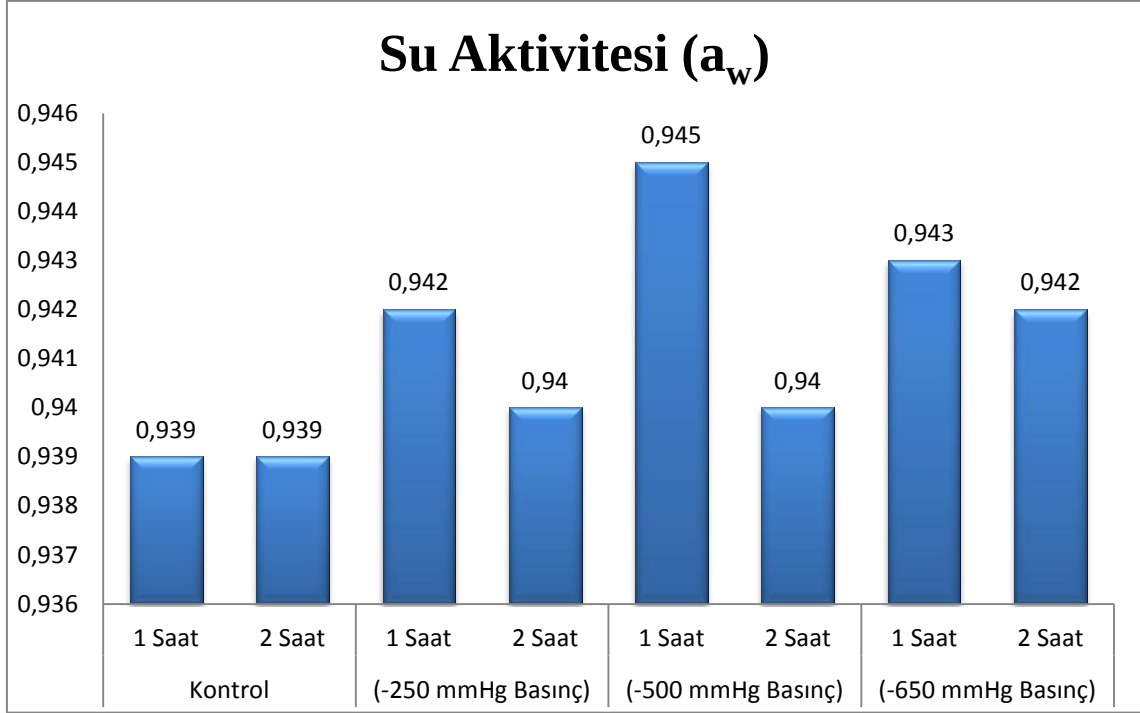
	a_w
Basınç	1,467
Süre	2,043
Basınç*Süre	2,333

Varyans analiz sonuçlarına göre kıyma örneklerinin su aktivitesi değerleri üzerine düşük basıncın farklı sürelerde etkisi önemsiz bulunmuştur ($p>0,05$) (Çizelge 4.5).

Çizelge 4.6 Kıyma örneğine ait su aktivitesi değerlerinin basınca bağlı Duncan çoklu karşılaştırma sonuçları.

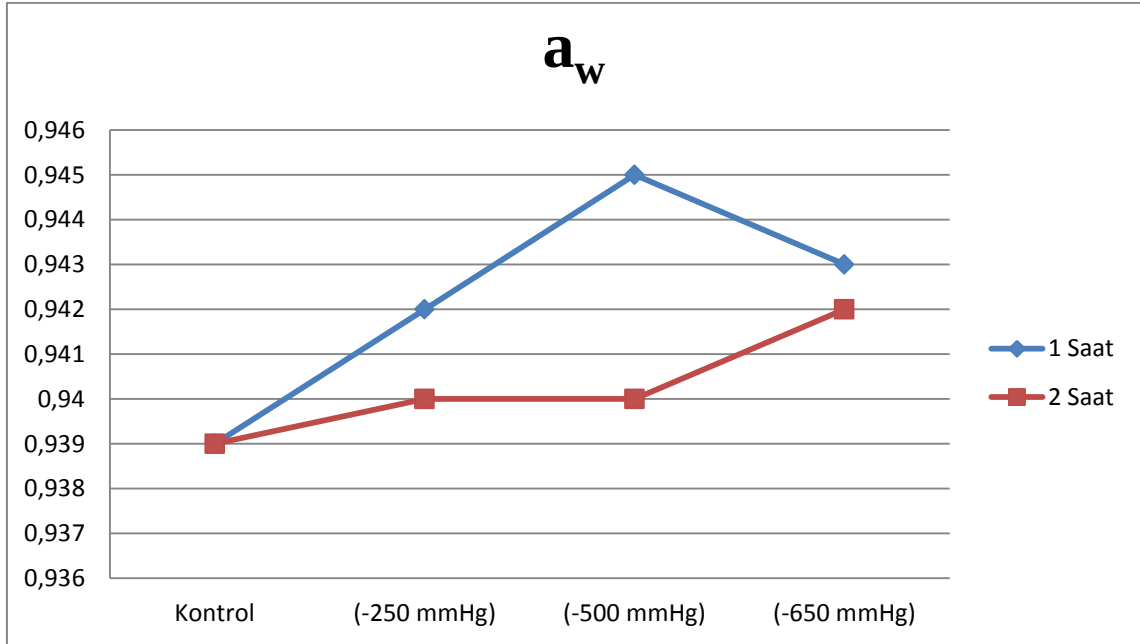
Basınç	a_w
Kontrol	0,939±0,01a
-250 mmHg	0,941±0,01a
-500 mmHg	0,942±0,01a
-650 mmHg	0,942±0,01a

Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçlarına göre, basıncın su aktivitesi üzerindeki etkisinin istatistiksel olarak farksız olduğu görülmüştür ($p<0,05$) (Çizelge 4.6).



Şekil 4.6 Kıyma örneğine ait su aktivitesi değerlerinin farklı sürelerde vakumlamaya bağlı olarak değişimi.

Şekil 4.6'da görüldüğü gibi en yüksek su aktivitesi değeri -500 mmHg basınçta 1 saat süreyle vakumlanmış örnekte belirlenmiştir.



Şekil 4.7 Su aktivitesi değerlerinin 1 saat ve 2 saat vakumlama süresine bağlı olarak değişimi.

Şekil 4.7'de su aktivitesi değerlerinin iki farklı süredeki vakumlamaya bağlı değişimi çizgisel olarak ifade edilmiştir.

4.2 Fiziksel Analizler

4.2.1 Renk

Çizelge 4.7 Kıyma örneğine ait renk değerleri.

Basınç	L*	a*	b*
Kontrol	48,45±0,27	21,44±0,96	4,88±0,13
-250 mmHg	45,90±0,07	19,73±0,88	5,31±0,15
-500 mmHg	43,28±0,70	19,38±0,86	3,75±0,31
-650 mmHg	43,99±0,55	18,21±0,77	2,84±0,33

* Çizelgedeki değerler 2 tekerrürün ortalamasıdır. Her bir basınç 1 saat süreyle uygulanmıştır.

Kıyma örneğine ait renk değerleri Çizelge 4.7'de verilmiştir. Kıyma örneklerinde en düşük L* değeri (43,28) -500 mmHg basınçta vakumlanmış örneklerde görülürken, en yüksek L* değeri (48,45) kontrol grubunda belirlenmiştir. En düşük a* değeri (18,21) -650 mmHg basınçta vakumlanmış örneklerde görülürken, en yüksek a* değeri (21,44) kontrol grubunda belirlenmiştir. Ayrıca en düşük b* değeri (2,84) -650 mmHg basınçta vakumlanmış örneklerde görülürken, en yüksek b* değeri (5,31) -250 mmHg basınçta vakumlanmış örneklerde belirlenmiştir.

Çizelge 4.8 Kıyma örneğine ait renk değerleri varyans analizi.

	L*	a*	b*
Basınç	48,352**	4,674	38,644**

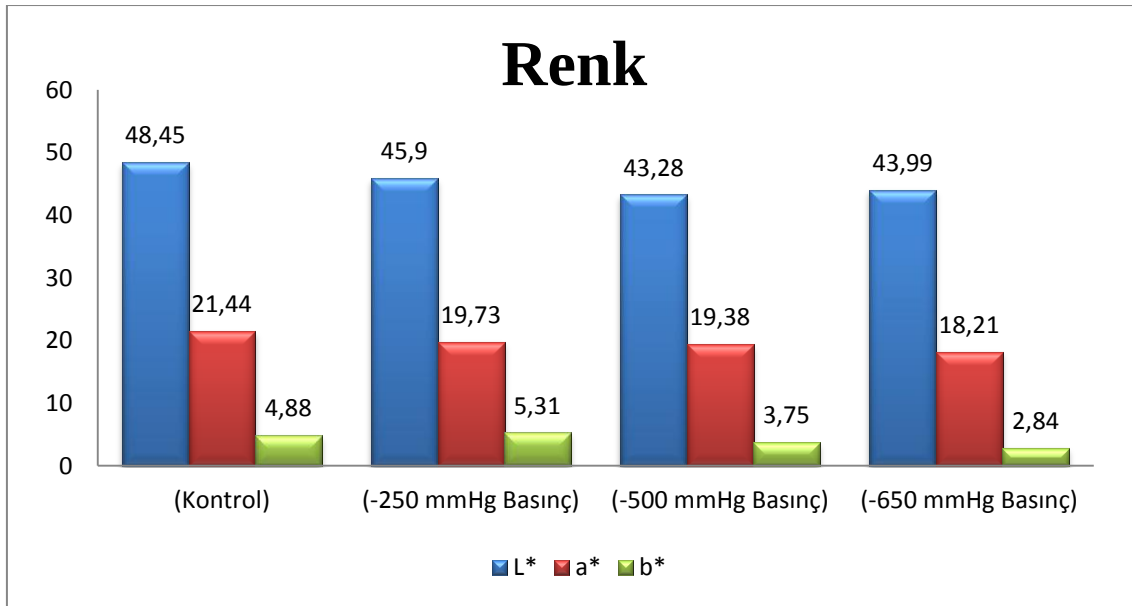
** : p < 0,01

Kıyma örneklerinin renk değerlerine bakıldığında varyans analiz sonuçlarına göre, L* değeri ve b* değeri üzerine düşük basıncın 1 saatteki etkisi p < 0,01 düzeyinde önemli bulunmuştur. Varyans analiz sonuçlarına göre a* değeri üzerine düşük basıncın 1 saatteki etkisi önemsiz bulunmuştur (p>0,05) (Çizelge 4.8).

Çizelge 4.9 Kıyma örneğine ait renk değerlerinin basınca bağlı Duncan çoklu karşılaştırma sonuçları.

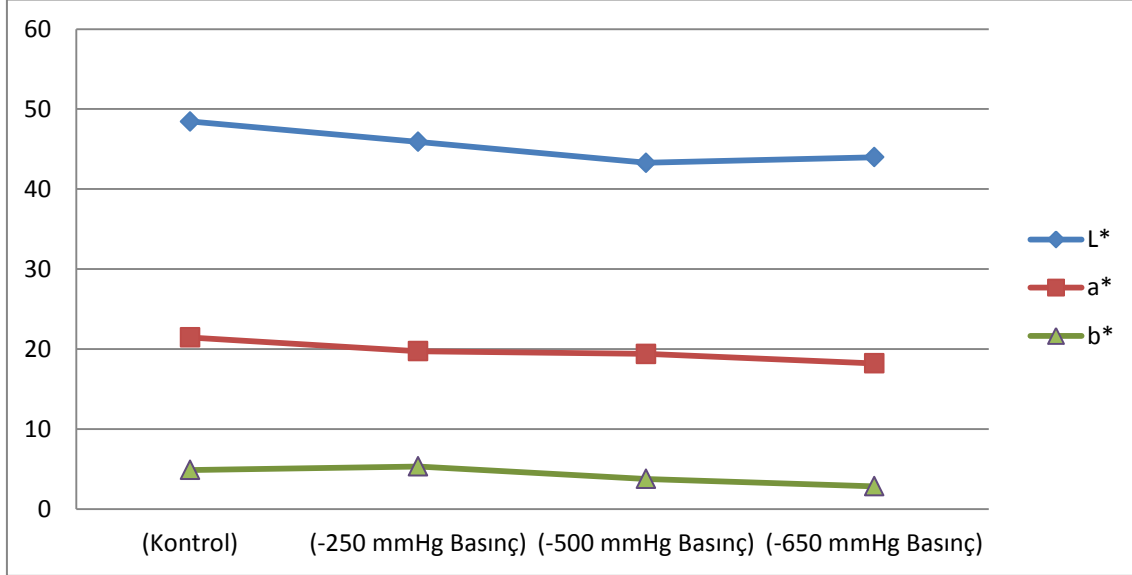
Basınç	L*	a*	b*
Kontrol	48,45±0,27c	21,44±0,96b	4,88±0,13c
-250 mmHg	45,90±0,07b	19,73±0,88ab	5,31±0,15c
-500 mmHg	43,28±0,70a	19,38±0,86ab	3,75±0,31b
-650 mmHg	43,99±0,55a	18,21±0,77a	2,84±0,33a

Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçlarına göre, basıncın L* değerleri üzerindeki etkisinin kontrol grubu ve -250 mmHg vakumlarında istatistiksel olarak farklı olduğu, -500 mmHg ve -650 mmHg vakumları arasında ise istatistiksel olarak farksız olduğu görülmüştür. Basıncın a* değerleri üzerindeki etkisinin kontrol grubu ve -650 mmHg vakumlarında istatistiksel olarak farklı olduğu, -250 mmHg ve -500 mmHg vakumları arasında ise istatistiksel olarak farksız olduğu görülmüştür. Basıncın b* değerleri üzerindeki etkisinin kontrol grubu ve -250 mmHg vakum arasında istatistiksel olarak farksız olduğu, -500 mmHg ve -650 mmHg vakumlarında ise istatistiksel olarak farklı olduğu görülmüştür ($p < 0,05$) (Çizelge 4.9).



Şekil 4.8 Kıyma örneğine ait renk değerlerinin 1 saat vakumlamaya bağlı olarak değişimi.

Şekil 4.8'de görüldüğü gibi en yüksek L* değeri ve a* değeri kontrol grubunda, en yüksek b* değeri ise -250 mmHg basınçta vakumlanmış örneklerde belirlenmiştir.



Şekil 4.9 Renk değerleri arasındaki farkın basınca bağlı değişimi.

4.3 Mikrobiyolojik Analizler

Bu araştırmada kıyma örneklerine 10^4 ve 10^6 kob/g olmak üzere iki farklı oranda 1'er ml enteropatojenik *Escherichia coli* inoküle edilmiş ve farklı düşük basınç ve farklı süre etkileşimlerinde bakterinin azalma durumu gözlenmiştir. Her iki inokülasyon sonuçları istatistiksel olarak ayrı ayrı incelenmiştir. Mikrobiyolojik analizlere ait değerler Çizelge 4.10 ve Çizelge 4.12'de, varyans analiz sonuçları ise Çizelge 4.11 ve Çizelge 4.13'de verilmiştir.

Mikrobiyolojik analiz sonuçlarına göre kıyma örneğine ait kontrol grubunda enteropatojenik *Escherichia coli* gelişimi gözlenmemiştir.

4.3.1 10^4 kob/g İnokülasyon

10^4 kob/g enteropatojenik *Escherichia coli* inoküle edilmiş kıyma örneğine ait mikrobiyolojik analiz sonuçları Çizelge 4.10'da verilmiştir. Kıyma örneğinde uygulanan düşük basınç sonrası en düşük *Escherichia coli* sayısı (2,67 log.kob/g) -650 mmHg

basınç altında 2 saat vakumlanmış örneklerde görülürken, en yüksek *Escherichia coli* sayısı (4,06 log.kob/g) -250 mmHg basınç altında 2 saat vakumlanmış örneklerde belirlenmiştir.

Çizelge 4.10 10^4 kob/g inokülasyonlu kıyma örneğine ait mikrobiyolojik analiz sonuçları (log.kob/g).

Basınç	Süre	10^4
-250 mmHg	1 saat basınç öncesi	4,04±0,02
	1 saat basınç sonrası	4,01±0,01
	2 saat basınç öncesi	4,04±0,02
	2 saat basınç sonrası	4,06±0,01
-500 mmHg	1 saat basınç öncesi	4,05±0,02
	1 saat basınç sonrası	3,84±0,03
	2 saat basınç öncesi	4,05±0,02
	2 saat basınç sonrası	2,92±0,07
-650 mmHg	1 saat basınç öncesi	4,00±0,01
	1 saat basınç sonrası	2,85±0,01
	2 saat basınç öncesi	4,00±0,01
	2 saat basınç sonrası	2,67±0,04

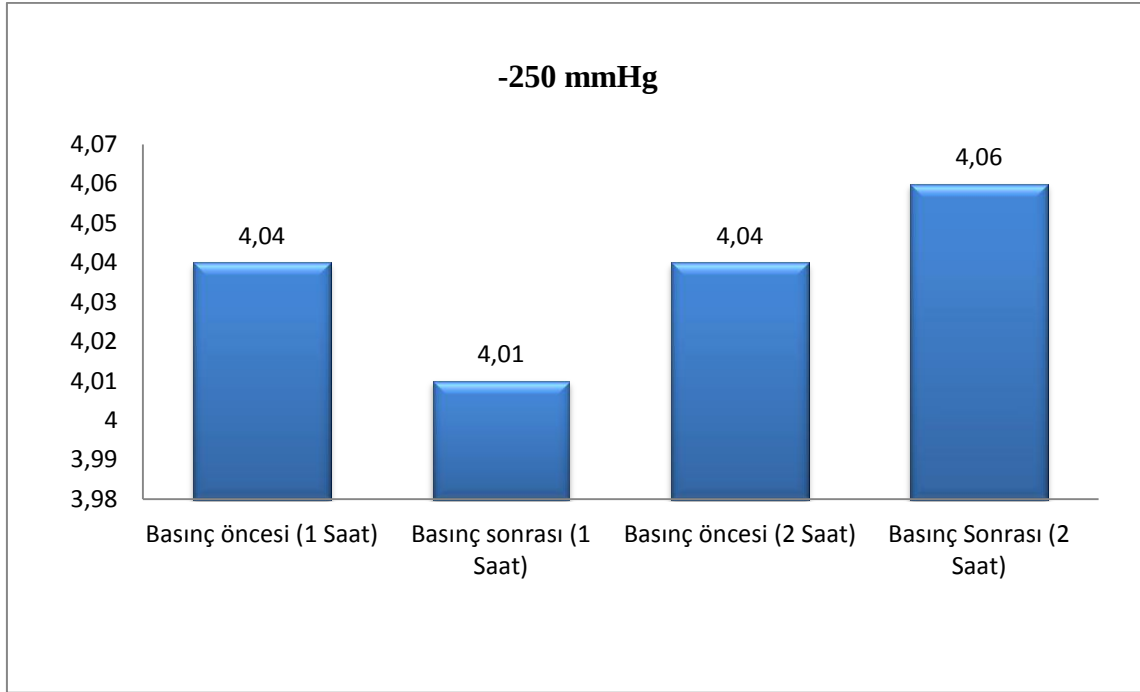
* Çizelgedeki değerler 2 tekrerrün ortalamasıdır.

Çizelge 4.11 10^4 kob/g inokülasyonlu kıyma örneğine ait mikrobiyolojik değerlerin varyans analizi.

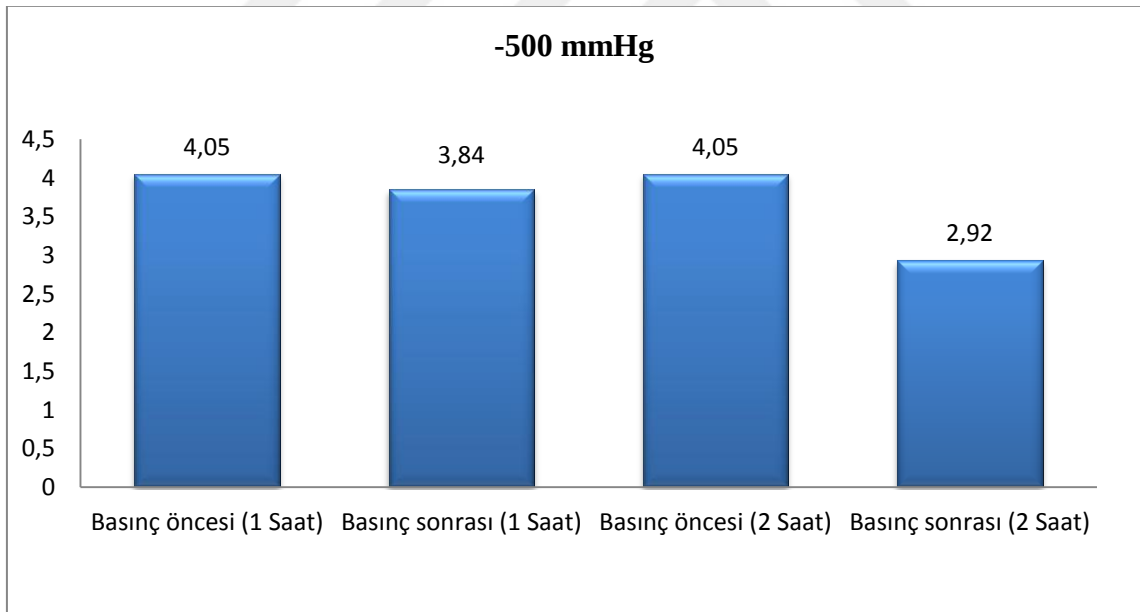
	10^4 İçin F değeri
Basınç	830,245**
Süre	900,384**
Basınç * Süre	327,573**

** : $p < 0,01$

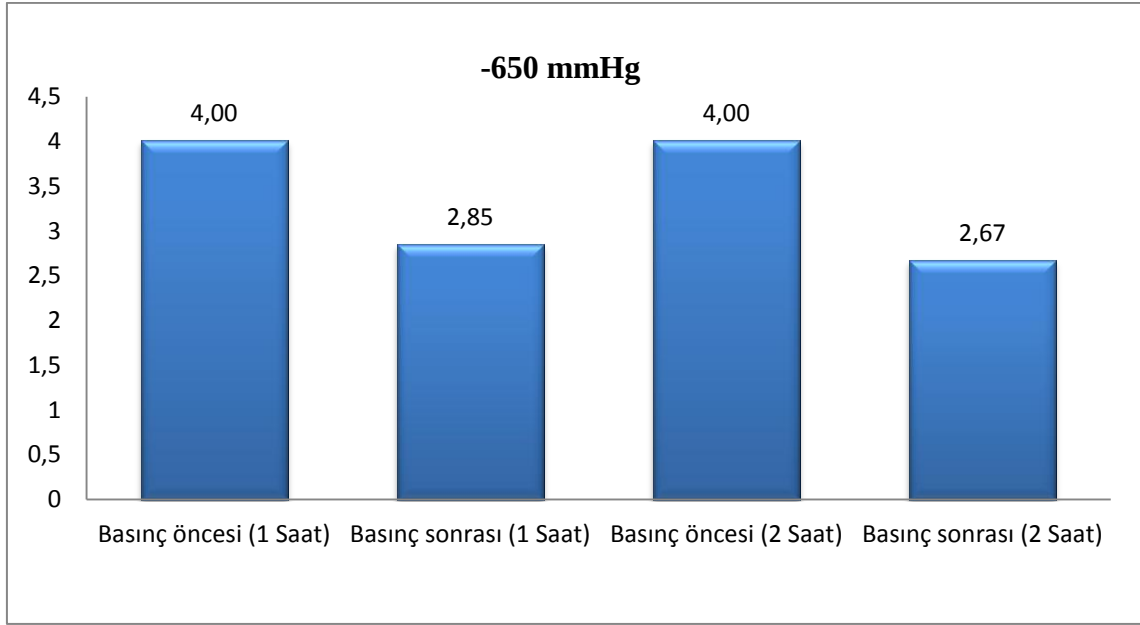
Varyans analiz sonuçlarına göre 10^4 kob/g inokülasyonlu kıyma örneklerinin mikrobiyolojik analiz değerleri üzerine düşük basıncın farklı sürelerde etkisi $p < 0,01$ düzeyinde önemli bulunmuştur (Çizelge 4.11).



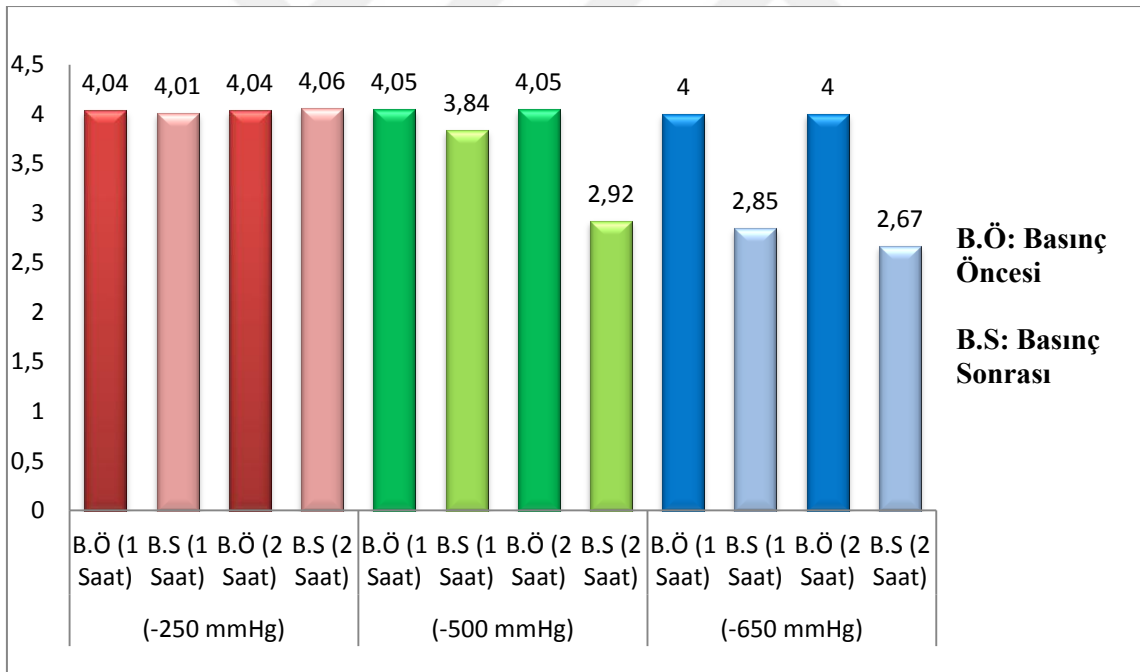
Şekil 4.10 10^4 kob/g inokülasyonlu kıyma örneğine ait mikrobiyolojik analiz değerlerinin -250 mmHg basınç altında vakumlamaya bağlı olarak değişimi.



Şekil 4.11 10^4 kob/g inokülasyonlu kıyma örneğine ait mikrobiyolojik analiz değerlerinin -500 mmHg basınç altında vakumlamaya bağlı olarak değişimi.

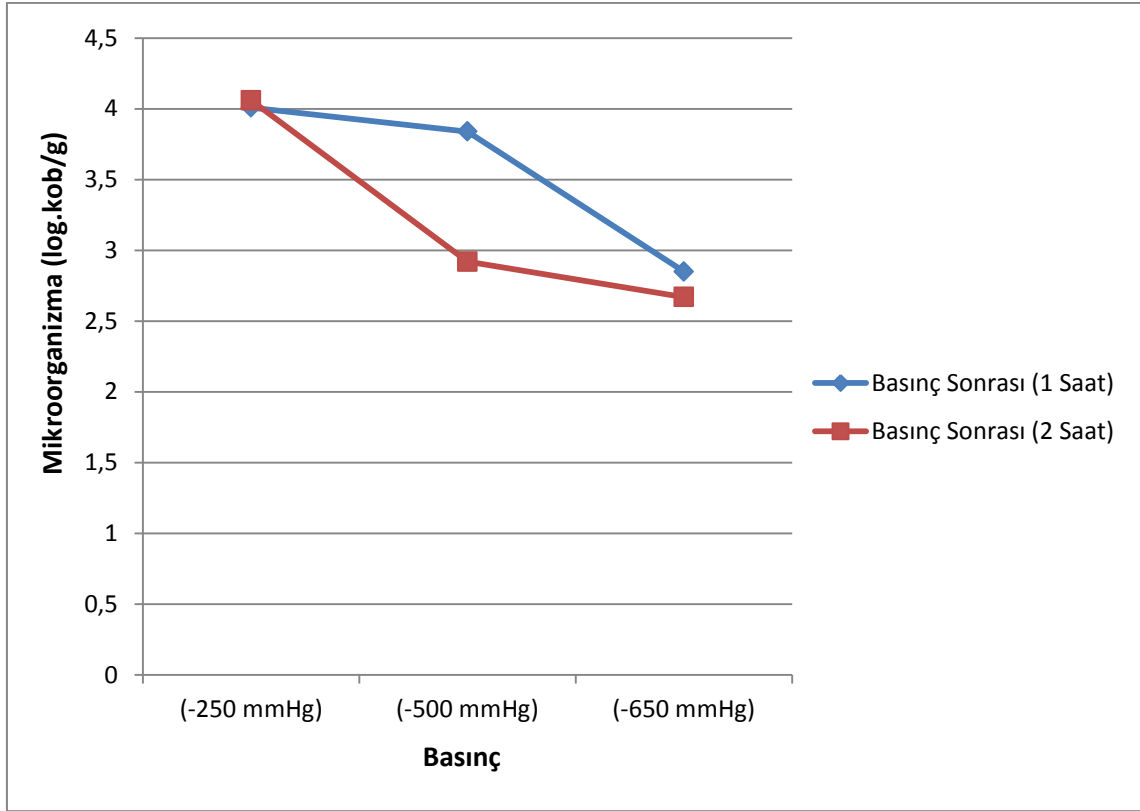


Şekil 4.12 10^4 kob/g inokülasyonlu kıyma örneğine ait mikrobiyolojik analiz değerlerinin -650 mmHg basınç altında vakumlamaya bağlı olarak değişimi.



Şekil 4.13 10^4 kob/g inokülasyonlu kıyma örneğine ait mikrobiyolojik analiz değerlerinin farklı düşük basınç ve farklı sürelerde vakumlamaya bağlı olarak değişimi.

Şekil 4.13'de görüldüğü gibi; *Esherichia coli* sayısındaki en fazla azalmanın 1.33 log kob/g fark ile -650 mmHg basınç altında 2 saat süreyle vakumlanmış örnekte olduğu belirlenmiştir.



Şekil 4.14 10^4 kob/g inokülasyonlu kıyma örneklerinde süreye bağlı basınç sonrası mikroorganizma değişimi.

Şekil 4.14'de görüldüğü gibi 10^4 kob/g inokülasyonlu kıyma örneklerinde 1 saat vakumlama sonucu mikroorganizma sayısı 4,01 log ile 2,85 log arasında değişim gösterirken, 2 saat vakumlama sonucu mikroorganizma sayısı 4,06 log ile 2,67 log arasında değişim göstermektedir. Şekilden hareketle 2 saat vakum uygulamasının mikroorganizma sayısına daha fazla etki ettiği görülmektedir.

4.3.2 10^6 kob/g İnokülasyon

10^6 kob/g enteropatojenik *Escherichia coli* inoküle edilmiş kıyma örneğine ait mikrobiyolojik analiz sonuçları Çizelge 4.12'de verilmiştir. Kıyma örneğinde uygulanan düşük basınç sonrası bakterinin azalma durumuna bakıldığında basınç sonrası en düşük *Escherichia coli* sayısı (2,17 log.kob/g) -650 mmHg basınç altında 2 saat vakumlanmış örneklerde görülürken, basınç sonrası en yüksek *Escherichia coli* sayısı (6,34 log.kob/g) -250 mmHg basınç altında 1 saat vakumlanmış örneklerde belirlenmiştir.

Çizelge 4.12 10^6 kob/g inokülasyonlu kıyma örneğine ait mikrobiyolojik analiz sonuçları (log.kob/g).

Basınç	Süre	10^6
-250 mmHg	1 saat basınç öncesi	6,26±0,03
	1 saat basınç sonrası	6,34±0,02
	2 saat basınç öncesi	6,16±0,07
	2 saat basınç sonrası	5,13±0,19
-500 mmHg	1 saat basınç öncesi	6,08±0,02
	1 saat basınç sonrası	4,36±0,03
	2 saat basınç öncesi	6,00±0,02
	2 saat basınç sonrası	3,85±0,36
-650 mmHg	1 saat basınç öncesi	6,04±0,01
	1 saat basınç sonrası	3,23±0,03
	2 saat basınç öncesi	6,08±0,01
	2 saat basınç sonrası	2,17±0,04

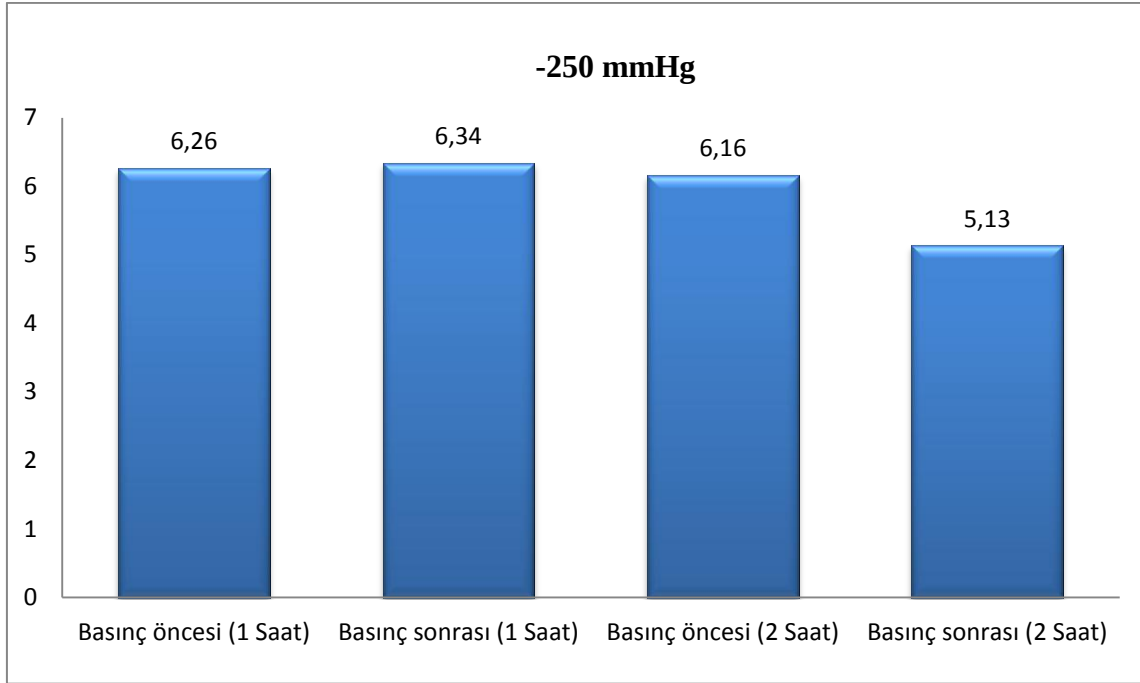
* Çizelgedeki değerler 2 tekerrürün ortalamasıdır.

Çizelge 4.13 10^6 kob/g inokülasyonlu kıyma örneğine ait mikrobiyolojik değerlerin varyans analizi.

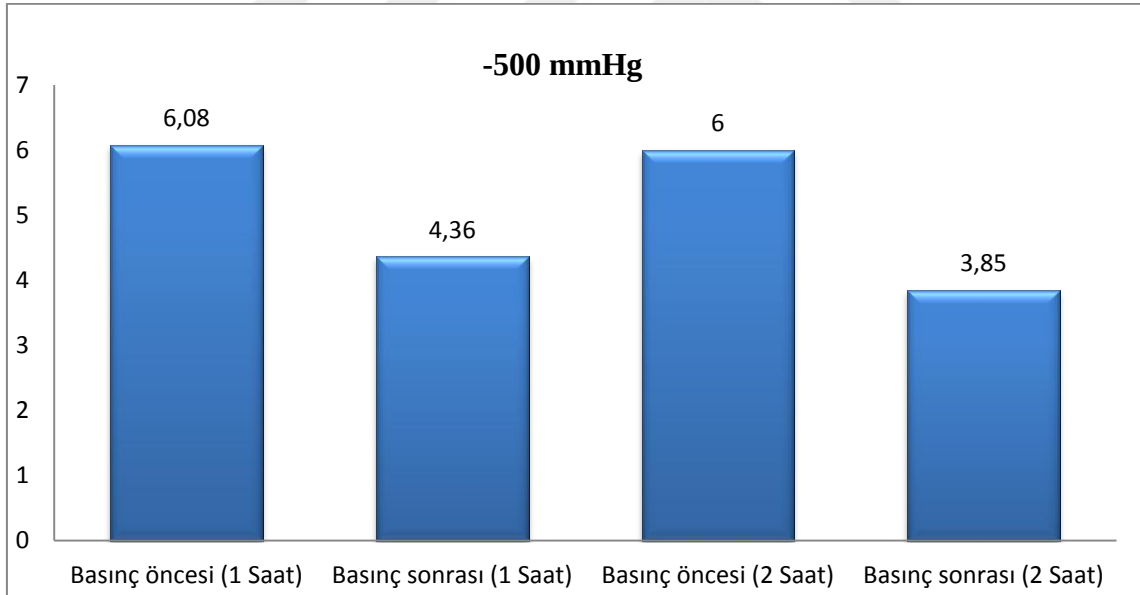
	10^6 İçin F değeri
Basınç	516,239**
Süre	343,905**
Basınç * Süre	59,701**

** : $p < 0,01$

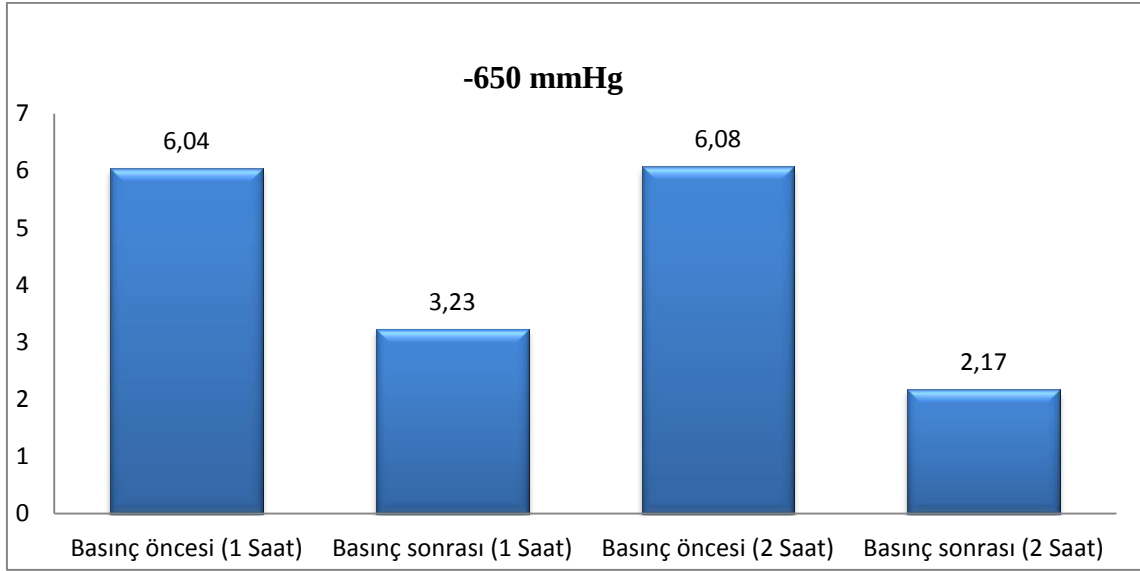
Varyans analiz sonuçlarına göre 10^6 kob/g inokülasyonlu kıyma örneklerinin mikrobiyolojik analiz değerleri üzerine düşük basıncın farklı sürelerde etkisi $p < 0,01$ düzeyinde önemli bulunmuştur (Çizelge 4.13).



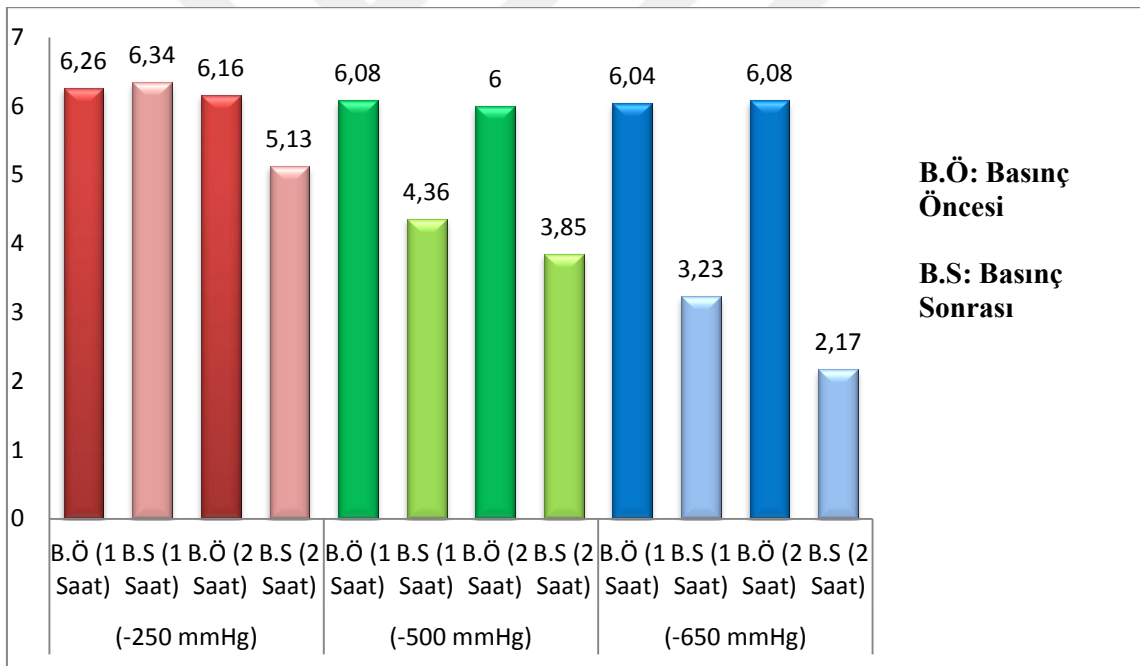
Şekil 4.15 10^6 kob/g inokülasyonlu kıyma örneğine ait mikrobiyolojik analiz değerlerinin -250 mmHg basınç altında vakumlamaya bağlı olarak değişimi.



Şekil 4.16 10^6 kob/g inokülasyonlu kıyma örneğine ait mikrobiyolojik analiz değerlerinin -500 mmHg basınç altında vakumlamaya bağlı olarak değişimi.

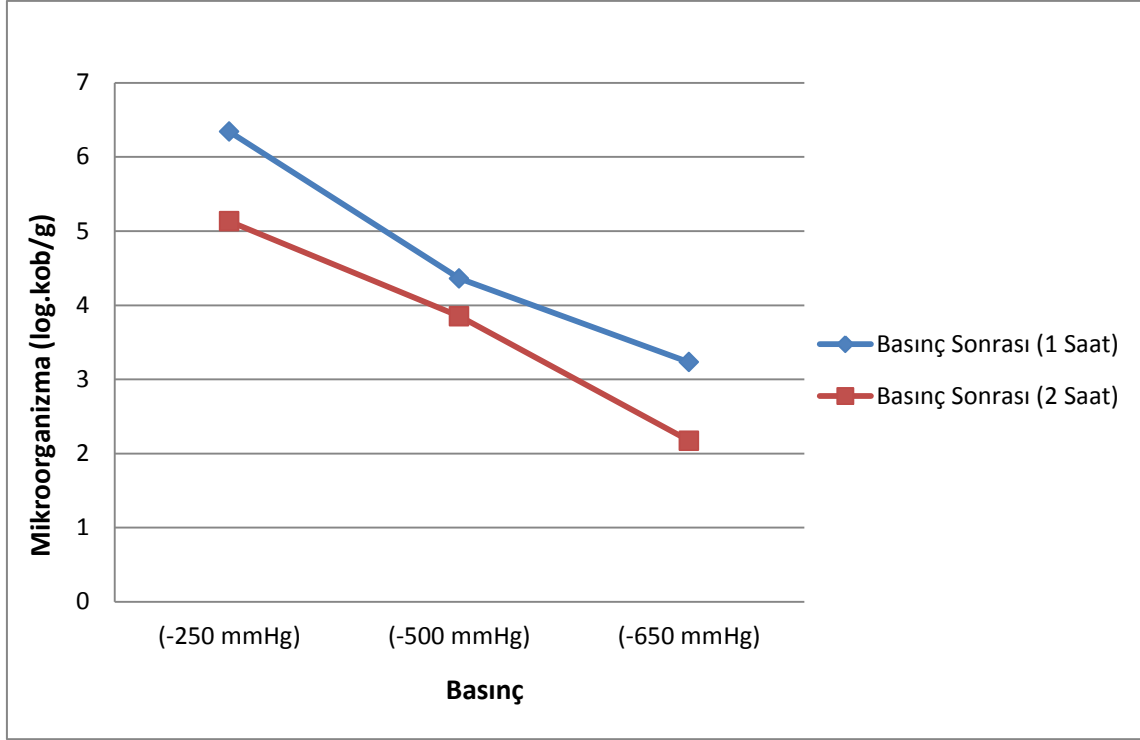


Şekil 4.17 10^6 kob/g inokülasyonlu kıyma örneğine ait mikrobiyolojik analiz değerlerinin -650 mmHg basınç altında vakumlamaya bağlı olarak değişimi.



Şekil 4.18 10^6 kob/g inokülasyonlu kıyma örneğine ait mikrobiyolojik analiz değerlerinin farklı düşük basınç ve farklı sürelerde vakumlamaya bağlı olarak değişimi.

Şekil 4.18'de görüldüğü gibi; *Esherichia coli* sayısındaki en fazla azalmanın 3,91 log kob/g fark ile -650 mmHg basınç altında 2 saat süreyle vakumlanmış örnekte olduğu belirlenmiştir.



Şekil 4.19 10^6 kob/g inokülasyonlu kıyma örneklerinde süreye bağlı basınç sonrası mikroorganizma değişimi.

Şekil 4.19'da görüldüğü gibi 10^6 kob/g inokülasyonlu kıyma örneklerinde 1 saat vakumlama sonucu mikroorganizma sayısı 6,34 log ile 3,23 log arasında değişim gösterirken, 2 saat vakumlama sonucu mikroorganizma sayısı 5,13 log ile 2,17 log arasında değişim göstermektedir. Şekilden hareketle 2 saat vakum uygulamasının mikroorganizma sayısına daha fazla etki ettiği görülmektedir.

5. TARTIŞMA ve SONUÇ

Et gibi gıdalar başta mezbaha, kesim yerleri, işletmelerde çalışan personel ve kullanılan alet ve ekipmandan kaynaklanan *Escherichia coli* gibi bağırsak kökenli patojenler tarafından önemli ölçüde bulaşmaya maruz kalmaktadır. Bu mikroorganizma yükünün azaltılması için herhangi bir kimyasal kullanmadan veya gıdanın besin kalitesini düşürmeden yeni muhafaza yöntemleri denemek amacıyla düşük basınç uygulaması gerçekleştirilmiştir.

Düşük basınç uygulamasının kıyma örneklerinde pH, kül, su aktivitesi(a_w) ve yağ oranları üzerine kayda değer bir etkisi olmadığı belirlenirken, sadece kuru madde miktarı üzerine istatistiksel olarak önemli etkisi olduğu belirlenmiştir. Bahsi geçen parametrelerle ilgili literatür sonucuna rastlanmadığı için karşılaştırma yapılamamıştır.

Ete uygulanan düşük basınç işlemi sonrasında *Escherichia coli* gibi önemli bir kirlilik göstergesi patojen mikroorganizmanın bu yöntemden çok yüksek oranda etkilendiği görülmüştür. *Escherichia coli*'nin özellikle -500 mmHg'dan daha düşük basınçlarda ortalama 1 log'dan fazla azalma göstermesi özellikle kirlenmiş etlerin mikroorganizma yükünün azaltılmasında düşük basıncın başarıyla uygulanabileceği kanaatini vermiştir. Mikrobiyal yükün azaltılmasında *Escherichia coli* kaynaklı kirleticilerin elimine edilmesinde düşük basıncın çok yararlı olacağı düşüncesi ortaya çıkmıştır. *Escherichia coli* gibi mikroorganizmalar üzerine etkili olan düşük basınç uygulamasının *Bacillus subtilis*, *Aspergillus niger* ve *Aspergillus fumigatus* sporları ile *Mycobacterium smegmatis* gibi mikroorganizmalar üzerine öldürücü etkisinin gözlemlenmediği belirtilmiştir (Portner *et al.* 1961). Ancak buna karşılık yapılan bir başka çalışmada 101,3 kPa = 760 mmHg (normal atmosferde) gelişen *Bacillus subtilis* hücreleri 2,5 kPa'a düşürüldüğünde aşamalı olarak azalmışlardır, 101,3 kPa olan normal atmosfere döndüğünde yavaş yavaş tekrar geri düzelmişlerdir (Nicholson *et al.* 2010). Benzer şekilde yapılan bir çalışmada ise -760 mmHg vakum altında 30°C ve 60°C sıcaklıklarda *Micrococcus* sp. ve *Staphylococcus epidermis*'in yaklaşık 2 log azaldığı, *Bacillus subtilis* ve çeşitli niger türlerinin sporlarının ise 14 günlük bir sürede bile çok az

etkilendikleri belirtilmiştir (Hagen *et al.* 1971).

Temel hedefimizi *E. coli* gibi önemli kirleticilerin elimine edilmesi oluşturmasına rağmen çalışmamızda dūřuk basınç uygulamasının kıymanın bazı özellikleri ve renk gibi diğer parametreleri üzerine etkileri de birer deneme ile belirlenmeye çalışılmıştır. Etin rengi üzerine dūřuk basınç uygulamasının sonuçları, kontrol ve dūřuk basınç grupları arasındaki farklar, tablolar ve grafikler ile gösterilmeye çalışılmıştır. Renk parametrelerinin her üç özelliğinde de (L^* , a^* , b^*) vakumun artmasına(basıncın dūřmesine) bağlı olarak oksijenin azalması ile dūřuř tespit edilmiştir. Etin albenisi üzerine en önemli etken faktörlerden birisi olan rengin, vakum etkisine bağlı olarak kaybedilmesi özellikle satış reyonlarındaki olumsuz etkiyi artıracaktır. Ancak vakum sonrası kıymanın hava ile(oksijenle) temas süresi uzadıkça kıyma normal rengini kazanacağı için bu olumsuz görsel bozulma kendiliğinden ortadan kalkacak ve renk normale dönmeye başlayacaktır. Kısacası vakum etkisi oksijenle teması azaltacağından, ete kırmızı parlak rengi veren oksimiyoglobini azalmış ve mat rengi veren metmiyoglobini oluşmuştur. Vakum ortadan kalkınca kahverengi oluşturan metmiyoglobini O_2 ile temas sonucu tekrar oksimiyoglobine dönüşecektir (ztan 2015).

Sonuç olarak dūřuk basınç uygulamasının etlerde patojen kaynaklı *Escherichia coli*'nin öldürülmesinde et kalitesini bozmadan ve hiçbir kalıntı bırakmadan son derece etkili bir yöntem olduğu belirlenmiştir.

6. KAYNAKLAR

- Alanyalı, F., Sarıözölü, N., Güven, A., Kıvanç, M., Yılmaz, M., Demirel, R., Güven, K., Mutlu, M.B. (2009). Gıda muhafaza, Eskişehir, Anadolu Üniversitesi Web Ofset Tesisleri.
- Anonymous, (2006). Türk Gıda kodeksi Çiğ Kırmızı Et ve Hazırlanmış Kırmızı Et Karışımları Tebliği. Resmi Gazete Sayı: 26.221.
- Arıcı, M. (2006). Gıda muhafazasında yüksek hidrostatik basıncın mikroorganizmalar üzerine etkisi. *Journal of Tekirdag Agricultural Faculty*, **3**: 41-49.
- Chen, H., Guan, D., Hoover, D.G. (2006). Sensitivities of foodborne pathogens to pressure changes. *Journal of Food Protection*, **1**: 130-136.
- Doğu, S.Ö., Sarıçoban, C. (2014). Et ve et ürünlerine uygulanan bazı dekontaminasyon yöntemleri. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, **3**: 92-99.
- Ensoy, Ü., Coşar, B. (2006). Yüksek basınç uygulamalarının et ve et ürünlerinin duyuşal, fiziksel ve biyokimyasal özellikleri üzerine etkileri. *GOÜ Ziraat Fakültesi Dergisi*, **23**: 1-7.
- Hagen, C. A., Godfrey, J. F., Green, R. H. (1971). The effect of temperature on the survival of microorganisms in a deep space vacuum. *Space Life Sciences*, **3**: 108-117.
- Halkman, A.K., Noveir, M.R., Doğan, H.B. (2001). *Escherichia coli* O157:H7 serotipi, Ankara, Sim Matbaacılık.
- Jordan, S.L., Pascual, C., Bracey, E., Mackey, B.M. (2001). Inactivation and injury of pressure-resistant strains of *Escherichia coli* O157 and *Listeria monocytogenes* in fruit juices. *Journal of Applied Microbiology*, **91**: 463- 469.
- Lee, T., Puligundla, P., Mok, C. (2014). Inactivation of foodborne pathogens on the surfaces of different packaging materials using low-pressure air plasma. *Food Control*, **51**: 149-155.
- Nataro, J.P., Kaper, J.B. (1998). Diarrheagenic *Escherichia coli*. *Clinical Microbiology Reviews*, **1**: 142-201.
- Nicholson, W. L., Javazos, P. F., Fedenko, J., Lugo, J. L. O., Castillo, A. R., Waters, S. M., Schuerger, A. C. (2010). Exploring the low-pressure growth limit:

- evolution of *bacillus subtilis* in the laboratory to enhanced growth at 5 kilopascals. *Applied and Enviromental Microbiology*, **22**: 7559-7565.
- Oğuzhan, P. (2013). Yüksek hidrostatik basınç teknolojisinin gıda endüstrisinde kullanımı. *Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, **6**: 205-219.
- Omerovic, M., Müştak, H.K., Kaya, İ.B. (2017). *Escherichia coli* patotiplerinin virülens faktörleri. *Etlik Veteriner Mikrobiyoloji Dergisi*, **28**: 1-6.
- Ono, R., Uchida, S., Hayashi, N., Kosaka, R., Soeda, Y. (2017). Inactivation of bacteria on plant seed surface by low-pressure RF plasma using a vibrating stirring device. *Vacuum*, **136**: 214-220.
- Öz, F., Kaya, M. (2006). Yüksek basınç uygulamasının et kalitesi üzerine etkisi. *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, **37**: 249-255.
- Öztan, A. (2015). Et bilimi ve teknolojisi, Ankara, TMMOB Gıda Mühendisleri Odası Yayınları.
- Patterson, M.F., Mcclements, J.M.J., Linton, M. (2001). The effect of growth stage and growth temperature on high hydrostatic pressure inactivation of some psychrotrophic bacteria in milk. *Journal of Food Protection*, **4**: 514-522.
- Portner, D. M., Spiner, D. R., Hoffman, R. K., Phillips, C. R. (1961). Effect of ultrahigh vacuum on viability of microorganisms. *American Association for the Advancement or Science*, **3495**: 2047.
- Schuerger, A. C., Nicholson, W. L. (2016). Twenty species of hypobarophilic bacteria recovered from diverse soils exhibit growth under simulated martian conditions at 0.7 kPa. *Astrobiology*, **12**: 964-976.
- Sezer, E., İnanç, A.L. (2013). Gıda sanayinde yüksek basınç uygulamalarındaki besin kayıpları. *KSÜ Doğa Bilimleri Dergisi*, **16**: 36-43.
- Sequire, J. (2018). The effects of low pressure rates on bacterial growth. *Australian Science and Mathematics School*, **1**: 1-5.
- Temelli, S. (2002). Gıda zehirlenmesine neden olan *E.coli* O157:H7 ve önemi. *Uludağ Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*, **21**: 133-138.
- Teo, A.Y.L., Ravishankar, S., Sizer, C.E. (2001). Effect of low-temperature, high-pressure treatment on the survival of *Escherichia coli* O157:H7 and *Salmonella* in unpasteurized fruit juices. *Journal of Food Protection*, **8**: 1122-1127.
- Tülek, Y., Filizay, G. (2006). Gıda endüstrisinde yüksek hidrostatik basınç

uygulamaları. *Mühendislik Bilimleri Dergisi*, **3**: 369-377.

Whitney, B.M., Williams, R.C., Eifert, J., Marcy, J. (2007). High-pressure resistance variation of *Escherichia coli* O157:H7 strains and *Salmonella* serovars in tryptic soy broth, distilled water, and fruit juice. *Journal of Food Protection*, **9**: 2078-2083.

Wuytack, E.Y., Boven, S., Michiels, C.W. (1998). Comparative study of pressure-induced germination of *Bacillus subtilis* spores at low and high pressures. *Applied and Enviromental Microbiology*, **9**: 3220-3224.

Zorba, Ö., Kurt, Ş. (2005). Yüksek basınç uygulamalarının et ve et ürünleri kalitesi üzerine etkisi. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Veterinerlik Fakültesi Dergisi*, **16**:71-76.

İnternet Kaynakları

1) <http://www.aku.edu.tr>, 05.07.2019

2) <http://kutuphane.aku.edu.tr>, 03.08.2019

3) <http://www.sciencedirect.com>, 15.08.2019

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Betül ŞEVİK
Doğum Yeri ve Tarihi : Çay/ 10.08.1991
Yabancı Dili : İngilizce
İletişim (Telefon/e-posta) : 05538059070 / bsevik55@gmail.com

Eğitim Durumu (Kurum ve Yıl)

Lise : Anafartalar Anadolu Lisesi, (2005-2009)
Lisans : Harran Üniversitesi, Gıda Mühendisliği Bölümü,
(2010-2015)
Yüksek Lisans : Afyon Kocatepe Üniversitesi, Fen Bilimleri
Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı,
(2016-2019)

Çalıştığı Kurum/Kurumlar ve Yıl : Avşar Maden Suyu Fabrikası/Gıda Mühendisi,
(2016-2017)
Özel AOSB Rahmiye Sare Palalı Teknik
Koleji/Gıda Teknolojisi Öğretmeni,
(2018-2019)