

T.C.  
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ



**KURUTULMUŞ ET ÜRÜNÜ ÜRETMEK İÇİN SOĞUK KURUTUCU  
TASARIMI VE ELDE EDİLEN KURU ET ÜRÜNÜNÜN KURUMA-KALİTE  
KARAKTERİSTİKLERİNİN BELİRLENMESİ**

**Elif AYKIN DİNÇER**

**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**GIDA MÜHENDİSLİĞİ**

**ANABİLİM DALI**

**DOKTORA TEZİ**

**EKİM 2018**

**ANTALYA**

T.C.  
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ



**KURUTULMUŞ ET ÜRÜNÜ ÜRETMEK İÇİN SOĞUK KURUTUCU  
TASARIMI VE ELDE EDİLEN KURU ET ÜRÜNÜNÜN KURUMA-KALİTE  
KARAKTERİSTİKLERİNİN BELİRLENMESİ**

**Elif AYKIN DİNÇER**

**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**GIDA MÜHENDİSLİĞİ**

**ANABİLİM DALI**

**DOKTORA TEZİ**

**EKİM 2018**

**ANTALYA**

**T.C.**  
**AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ**  
**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**KURUTULMUŞ ET ÜRÜNÜ ÜRETMEK İÇİN SOĞUK KURUTUCU  
TASARIMI VE ELDE EDİLEN KURU ET ÜRÜNÜNÜN KURUMA-KALİTE  
KARAKTERİSTİKLERİNİN BELİRLENMESİ**

**Elif AYKIN DİNÇER**  
**GIDA MÜHENDİSLİĞİ**  
**ANABİLİM DALI**  
**DOKTORA TEZİ**

**Bu tez Akdeniz Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi  
tarafından FBA-2016-1187 nolu proje ile desteklenmiştir.**

**EKİM 2018**

**T.C.**  
**AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ**  
**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**KURUTULMUŞ ET ÜRÜNÜ ÜRETMEK İÇİN SOĞUK KURUTUCU  
TASARIMI VE ELDE EDİLEN KURU ET ÜRÜNÜNÜN KURUMA-KALİTE  
KARAKTERİSTİKLERİNİN BELİRLENMESİ**

**Elif AYKIN DİNÇER**  
**GIDA MÜHENDİSLİĞİ**  
**ANABİLİM DALI**  
**DOKTORA TEZİ**

Bu tez ..../...../201....tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Oybirliği/Oyçokluğu ile kabul edilmiştir.

Prof. Dr. Mustafa ERBAŞ (Danışman)

Prof. Dr. Mükerrrem KAYA

Prof. Dr. Ayhan TOPUZ

Prof. Dr. Nesimi AKTAŞ

Doç. Dr. Mustafa Kemal USLU

## ÖZET

# KURUTULMUŞ ET ÜRÜNÜ ÜRETMEK İÇİN SOĞUK KURUTUCU TASARIMI VE ELDE EDİLEN KURU ET ÜRÜNÜNÜN KURUMA-KALİTE KARAKTERİSTİKLERİNİN BELİRLENMESİ

Elif AYKIN DİNÇER

Doktora Tezi, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Mustafa ERBAŞ

Ekim 2018; 121 sayfa

Bu çalışmada; minimal işlem görmüş ve gıda güvenliği açısından risk oluşturmayan kurutulmuş bir et ürünü üretmek için düşük sıcaklıkta kurutma yapan bir kurutucu tasarlanması ve bu kurutucudan elde edilen ürünün kalite karakteristiklerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Bu amaca yönelik olarak; öncelikle ete minimal işlem uygulayabilecek, gıda güvenliğini sağlayabilecek ve soğuk şartlarda (<20°C) kurutma işlemi yapabilecek yeni bir kurutucu tasarlanmıştır. Tasarlanan kurutucu içerisine yerleştirilen et dilimleri (146.0 mm x 56.0 mm x 2.5 mm), kızgın buharla pastörize edildikten sonra farklı düşük sıcaklık (10, 15 ve 20°C) ve hava hızlarında (1, 2, 3 ve 4 m/s) kurutulmuş ve kurutulan et dilimlerinin kuruma ve bazı fiziksel, kimyasal, mikrobiyolojik ve duyu kalite karakteristikleri belirlenmiştir. Ayrıca, kalite kriterleri ve duyu özellikleri yüksek olarak tespit edilen örnek grubu tekrar üretilerek MAP (modifiye atmosfer ambalajlama) ve AP (atmosferik ambalajlama) olmak üzere iki farklı tipte ambalajlanmış ve farklı sıcaklıklarda (4 ve 25°C) depolanmıştır. Farklı depolama koşullarının etkisini belirlemek amacıyla ise; depolamanın 0., 15., 30., 45., 60., 75. ve 90. günlerinde örneklerde bazı kimyasal, mikrobiyolojik ve duyu analizler yapılmıştır.

Farklı kurutma koşullarının örneklerin kuruma kinetiği üzerine etkisi değerlendirildiğinde; et dilimi örneklerinin nem oranı (*MR*) değerlerinin kurutma süresinin artışıyla üstel olarak azaldığı, kurutma süresinin sıcaklık artışına bağlı olarak arttığı, hava hızındaki artışa bağlı olarak ise azaldığı, ortalama etkin difüzyon katsayısının  $7.13 \times 10^{-10}$  m<sup>2</sup>/s olduğu, aktivasyon enerjisinin ise 44.96 kJ/mol olduğu ve kuruma kinetiği parametrelerinin en iyi *Page* modeli ile tanımlandığı belirlenmiştir.

Farklı kurutma koşullarının örnekler üzerine etkisi değerlendirildiğinde; soğuk kurutulmuş et dilimlerinin ortalama nem içeriğinin %40, su aktivitesi değerinin 0.89, pH değerinin 5.74, tiyobarbitürik asit reaktif maddeleri (*TBARS*) değerinin 48.25 µmol MDA/kg ve protein tabiatında olmayan azotlu madde (*NPN-M*) değerinin ise 4.26 g/100g olduğu tespit edilmiştir. Et dilimlerinin renk değerleri üzerine düşük kurutma sıcaklığının olumlu yönde etkisinin olduğu belirlenmiştir. Örneklerin kesilme kuvveti değerinin, sıcaklık artışına bağlı olarak 49.54 N değerinden 47.10 N değerine düştüğü ve hava hızı artışına bağlı olarak 46.45 N değerinden 50.77 N değerine yükseldiği tespit edilmiştir.

Düşük sıcaklık ve hava hızında kurutulmuş et dilimlerinin mikrobiyolojik kalitelerinin daha yüksek olduğu ve ortalama toplam aerobik mezofilik bakteri (*TAMB*), toplam psikrofilik bakteri (*TPB*), *Micrococcus/Staphylococcus*, laktik asit bakterileri

(LAB) ve maya-küf sayılarının sırasıyla 3.18, 1.76, 3.00, 1.88 ve 2.37 log kob/g olduğu tespit edilmiştir. Duyusal değerlendirmede ise; düşük sıcaklık ve yüksek hava hızında kurutulan örneklerin kalitelerinin daha yüksek olduğu ve en yüksek genel beğeni puanına 10°C ve 3 m/s’de kurutulan örneklerin sahip olduğu belirlenmiştir.

Farklı depolama koşullarının örnekler üzerine etkisi değerlendirildiğinde, depolama sıcaklığı ve süresi arttıkça, MAP’ta ambalajlanmış örneklerde CO<sub>2</sub> miktarının azaldığı ve AP’de ambalajlanmış örneklerde ise O<sub>2</sub> miktarı düşerken CO<sub>2</sub> miktarının arttığı tespit edilmiştir. Depolanmış et dilimlerinin su aktivitesi değerinin 90 günlük depolama boyunca 0.91 değerinden 0.88 değerine düştüğü belirlenmiştir. Depolanmış et dilimlerinin pH, TBARS ve NPN-M değerlerinin AP’de ambalajlamada daha yüksek olduğu ve 90 günlük depolama boyunca ise pH değerinin 5.68 değerinden 5.93 değerine, TBARS değerinin 25.25 değerinden 60.11 µmol MDA/kg değerine ve NPN-M değerinin ise 4.37 değerinden 6.66 g/100g değerine yükseldiği tespit edilmiştir.

MAP tipi ambalajlanmış örneklerin mikrobiyolojik kalitesinin daha yüksek olduğu ve TAMB, TPB, *Micrococcus/Staphylococcus*, LAB ve maya-küf ortalama sayılarının sırasıyla 4.10, 3.28, 3.46, 2.99 ve 3.14 log kob/g olduğu belirlenmiştir. Duyusal değerlendirme sonucunda, MAP’ta ambalajlanarak düşük sıcaklıkta depolanmış örneklerin kalitelerinin daha yüksek olduğu ve örneklerin raf ömürlerinin MAP uygulaması için 4°C’de 90 gün ve 25°C’de 75 gün ve AP uygulaması için 4°C’de 60 gün ve 25°C’de 45 gün olduğu belirlenmiştir.

Araştırma bulguları genel olarak değerlendirildiğinde ise; et dilimlerinin minimal işlem yaklaşımı ile soğuk bir ortamda kalite özelliklerinde kayıp olmaksızın kurutulabileceği ve yaygın ambalajlama tiplerinde kabul edilebilir bir raf ömrü ile depolanabileceği sonucuna varılmıştır.

**ANAHTAR KELİMELER:** Kuru et, Minimal işlem, Pastörizasyon, Soğuk kurutma

**JÜRİ:** Prof. Dr. Mustafa ERBAŞ

Prof. Dr. Mükerrerem KAYA

Prof. Dr. Ayhan TOPUZ

Prof. Dr. Nesimi AKTAŞ

Doç. Dr. Mustafa Kemal USLU

## ABSTRACT

### DESIGNING COLD DRYER FOR PRODUCING DRIED MEAT PRODUCT AND DETERMINING THE DRYING-QUALITY CHARACTERISTICS OF DRIED MEAT PRODUCT

Elif AYKIN DİNÇER

PhD Thesis in Food Engineering

Supervisor: Prof. Dr. Mustafa ERBAŞ

October 2018, 121 pages

In this study, it was aimed to design a dryer that operates at low temperature for the production of a dried meat product that is minimally processed and does not pose a risk to food safety and to determine the drying and quality characteristics of the product obtained from this dryer. On this purpose, firstly a new dryer which can carry out minimal processing to the meat, provide food safety and perform drying in cold conditions ( $<20^{\circ}\text{C}$ ) was designed. Beef slices loaded in this dryer were dried at different low temperatures (10, 15 and  $20^{\circ}\text{C}$ ) and air flow velocities (1, 2, 3 and 4 m/s) after pasteurization with hot steam and the drying and some physical, chemical, microbiological and sensory quality characteristics were determined. In addition, the sample group with high quality and sensory properties was reproduced and packaged in two different types of MAP (modified atmospheric packaging) and AP (atmospheric packaging) and stored at different temperatures (4 and  $25^{\circ}\text{C}$ ). In order to determine the effect of different storage conditions; some chemical, microbiological and sensory analyzes were performed on samples at 0, 15, 30, 45, 60, 75 and 90 days of storage.

When the effect of different drying conditions on drying kinetics of the samples was evaluated; moisture ratio (*MR*) values of beef slices were exponentially decreased with increasing drying time, the drying time increased with increasing temperature and decreased with increasing air velocity, average effective diffusion coefficient was  $7.13 \times 10^{-10} \text{ m}^2/\text{s}$ , activation energy was 44.96 kJ/mol, and the drying kinetics parameters were defined the best by *Page* model.

When the effect of different drying conditions on the samples is evaluated; it was determined that the average moisture content of cold-dried beef slices was 40%, the water activity value was 0.89, the pH value was 5.74, the thiobarbituric acid reactive compounds (*TBARS*) value was 48.25  $\mu\text{mol MDA}/\text{kg}$  and the non-protein nitrogenous substance (*NPN-M*) value was 4.26 g/100g. It has been determined that the effect of low drying temperature on the color values of beef slices was positive. It was found that the shear force value of the samples decreased from 49.54 N to 47.10 N with increasing temperature and increased from 46.45 N to 50.77 N with increasing air velocity.

The microbiological quality of beef slices dried at low temperature and air velocity was higher and the mean total aerobic mesophilic bacteria (TAMB), total psychrophilic bacteria (TPB), *Micrococcus/Staphylococcus*, lactic acid bacteria (LAB) and yeast-mold counts were 3.18, 1.76, 3.00, 1.88 and 2.37 log cfu/g, respectively. In sensory evaluation, it was determined that the samples dried at low temperature and high air velocity had

higher quality and the samples dried at 10°C and 3 m/s had the highest score of overall acceptability.

When the effect of different storage conditions on the samples is evaluated; as the storage temperature and time increased, it was determined that the amount of CO<sub>2</sub> decreased in the MAP packed samples and that the amount of O<sub>2</sub> decreased while the amount of CO<sub>2</sub> increased in the AP packed samples. The water activity value of stored beef slices decreased from 0.91 to 0.88 during 90 days of storage. The pH, *TBARS* and *NPN-M* values of stored beef slices were higher in the AP packed samples and pH value increased from 5.68 to 5.93, *TBARS* increased from 25.25 to 60.11 µmol MDA/kg and *NPN-M* value increased from 4.37 to 6.66 g/100g during the 90 days of storage.

It was determined that the microbiological quality of MAP packed samples was higher and the mean counts of TAMB, TPB, *Micrococcus/Staphylococcus*, LAB and yeast-mold were 4.10, 3.28, 3.46, 2.99 and 3.14 log cfu/g, respectively. As a result of sensory evaluation, it was found that the quality of samples packed MAP and stored at low temperature was higher and the shelf life of samples was 90 days at 4°C and 75 days at 25°C for MAP treatment, and 60 days at 4°C and 45 days at 25°C for AP treatment.

When the research findings analyzed overall, it was concluded that beef slices could be dried in a cold medium with a minimal processing approach without the loss of their quality properties and stored with an acceptable shelf life in common packaging types.

**KEYWORDS:** Cold drying, Dried meat, Minimal process, Pasteurization

**COMMITTEE:** Prof. Dr. Mustafa ERBAŞ

Prof. Dr. Mükerrerem KAYA

Prof. Dr. Ayhan TOPUZ

Prof. Dr. Nesimi AKTAŞ

Assoc. Prof. Dr. Mustafa Kemal USLU



## ÖNSÖZ

Mevcut teknikte kuru et ürünlerinin üretiminde tütsüleme, kütleme ve yüksek sıcaklıkta pişirme gibi minimal olmayan işlemler uygulanmakta ve daha sonra bu ürünler güneşte veya sıcak hava kullanan kurutucularda kurutulmaktadır. Son yıllarda yüksek kalitede minimal işlem görmüş kuru et ürünleri elde edebilme amacıyla alternatif kurutma teknolojilerine yönelim artmıştır. Bu tez kapsamında minimal işlem görmüş ve gıda güvenliği açısından risk oluşturmayan kurutulmuş bir et ürünü üretmek için tasarlanan soğuk bir kurutucudan elde edilmiş ürünün kuruma ve kalite karakteristikleri araştırılmıştır. Araştırma sonuçları; yeni bir et ürününün üretilmesinde soğuk kurutma sisteminin alternatif bir teknoloji olabileceğini ve bu yöntemle elde edilen kuru et ürününün uygun ambalajlama teknolojileriyle kabul edilebilir bir raf ömrü ile depolanabileceğini göstermiştir.

Bu araştırma için beni yönlendiren, karşılaştığım zorlukları aşmamda yardımcı olan danışman hocam Prof. Dr. Mustafa ERBAŞ'a en içten teşekkürlerimi sunarım.

Doktora eğitimimin bir döneminde Farabi Programı ile Atatürk Üniversitesi Gıda Mühendisliği Bölümü'nde bulunmamı ve tez projeme katkı sağlayan Prof. Dr. Mükerrerem KAYA'ya, mikrobiyolojik analizlere destekleri nedeniyle Prof. Dr. Mehmet İNAN'a, örneklerin ambalajlama işlemine destekleri nedeniyle Dr. Öğr. Üyesi Mehmet TORUN'a, taze et örneklerini zamanında ve kaliteli bir şekilde temin eden Veli Cengiz Et Ürünleri Ltd. Şirketi yetkilisi Gıda Mühendisi Seval CENGİZ ve tüm çalışanlarına, çalışmalarımda yardımcı olan arkadaşlarım Arş. Gör. A. Nur DURAK'a, Gıda Mühendisliği Bölümü Lisansüstü Öğrencileri Emrah EROĞLU, Andaç KOÇ, Emine ÇAĞLAR ve Keziban Kübra GÜNGÖR'e ve diğer tüm arkadaşlarıma teşekkür ederim.

Doktora tezinin gerçekleştirilmesine FBA-2016-1187 nolu proje ile destek sağlayan Akdeniz Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi'ne ve tarafıma doktora eğitimim süresince 2211-E Doğrudan Yurt İçi Doktora Burs Programı ile burs desteği sağlayan TÜBİTAK'a teşekkür ederim.

Tüm eğitim ve doktora tezim sırasında bana her zaman maddi ve manevi destek sağlayan annem Sıddıka AYKIN, babam Mehmet AYKIN, eşim Cüneyt DİNÇER'e ve kardeşim Dr. Ebru AYKIN'a yürekten teşekkür ederim.

## İÇİNDEKİLER

ÖZET .....	i
ABSTRACT .....	i
ÖNSÖZ .....	iii
AKADEMİK BEYAN .....	vii
SİMGELER VE KISALTMALAR .....	viii
ŞEKİLLER DİZİNİ .....	x
ÇİZELGELER DİZİNİ .....	xii
1. GİRİŞ .....	1
2. KAYNAK TARAMASI .....	5
2.1. Kurutma .....	5
2.1.1. Gıdada bulunan suyun özellikleri ve denge nem içeriği .....	5
2.1.2. Kurutmanın prensibi .....	6
2.1.3. Matematiksel modelleme .....	7
2.1.4. Etkin su difüzyonu ve aktivasyon enerjisi .....	8
2.2. Kurutulmuş Et Ürünleri .....	11
2.3. Kurutma İşleminin Et Kalitesi Üzerine Etkisi .....	14
2.3.1. Esmerleşme reaksiyonu ve renk kaybı .....	14
2.3.2. Lipid oksidasyonu .....	14
2.3.3. Boyut küçülmesi ve rehidrasyon .....	15
2.3.4. Tekstür .....	16
2.3.5. Lezzet ve aroma .....	16
2.3.6. Mikrobiyolojik kalite .....	17
2.4. Minimal İşlem Uygulamalarıyla Kuru Bir Et Ürününün Üretilmesi .....	19
2.4.1. Tuzlama işlemi .....	21
2.4.2. Pastörizasyon işlemi .....	23
2.4.3. Soğuk kurutma .....	24
2.4.4. Ambalajlama ve depolama .....	26
3. MATERYAL VE METOT .....	30
3.1. Deneme Deseni .....	30
3.2. Materyal .....	30
3.3. Metot .....	30
3.3.1. Kasların kurutmaya hazırlanması .....	30

3.3.2. Soğuk kurutma sistemi .....	31
3.3.2.1. Et dilimlerinin soğuk kurutma sisteminde pastörize edilmesi .....	32
3.3.2.2. Et dilimlerinin soğuk kurutma sisteminde kurutulması .....	34
3.3.3. Kurutulmuş et dilimlerinin depolanması .....	35
3.3.4. Kurutma verilerinin matematiksel modellenmesi .....	36
3.3.5. Fiziksel analizler .....	38
3.3.5.1. Su aktivitesinin belirlenmesi .....	38
3.3.5.2. Ağırlık kaybı ve boyut değişimlerinin belirlenmesi .....	38
3.3.5.3. Kesilme kuvvetinin belirlenmesi .....	39
3.3.5.4. Renk değerlerinin belirlenmesi .....	39
3.3.6. Kimyasal analizler .....	39
3.3.6.1. Nem içeriğinin belirlenmesi .....	39
3.3.6.2. pH değerinin belirlenmesi .....	39
3.3.6.3. Kül miktarının belirlenmesi .....	39
3.3.6.4. Ham protein miktarının belirlenmesi .....	40
3.3.6.5. Ham yağ miktarının belirlenmesi .....	40
3.3.6.6. Tuz miktarının belirlenmesi .....	40
3.3.6.7. Protein tabiatında olmayan azotlu madde ( <i>NPN-M</i> ) miktarının belirlenmesi .....	41
3.3.6.8. <i>TBARS</i> değerinin belirlenmesi .....	41
3.3.7. Mikrobiyolojik analizler .....	41
3.3.7.1. Toplam mezofilik aerobik bakteri sayımı .....	42
3.3.7.2. Toplam psikrofilik bakteri sayımı .....	42
3.3.7.3. Maya-küf sayımı .....	42
3.3.7.4. Enterobacteriaceae sayımı .....	42
3.3.7.5. Laktik asit bakteri sayımı .....	42
3.3.7.6. <i>Micrococcus/Staphylococcus</i> sayımı .....	42
3.3.8. Duyusal analiz .....	42
3.3.9. İstatiksel analiz .....	43
4. BULGULAR VE TARTIŞMA .....	44
4.1. Tuzlanmış Taze Et Dilimlerinin Fizikokimyasal ve Mikrobiyolojik Analiz Bulguları .....	44
4.2. Soğuk Kurutulmuş Et Dilimlerinin Kuruma Kinetikleri .....	45
4.2.1. Soğuk kurutulmuş et dilimlerinin nem oranı değerleri .....	45

4.2.2. Soğuk kurutulmuş et dilimlerinin deneysel kuruma verilerinin modellere uyumu.....	49
4.2.3. Soğuk kurutulmuş et dilimlerinin etkin difüzyon katsayısı ve aktivasyon enerjisi değerleri.....	57
4.3. Soğuk Kurutulmuş Et Dilimlerinin Kalite Özellikleri.....	58
4.3.1. Et dilimlerinin nem, su aktivitesi ve pH değerleri üzerine soğuk kurutmanın etkisi.....	58
4.3.2. Et dilimlerinin <i>TBARS</i> ve <i>NPN-M</i> değerleri üzerine soğuk kurutmanın etkisi.....	60
4.3.3. Et dilimlerinin renk değerleri üzerine soğuk kurutmanın etkisi .....	63
4.3.4. Et dilimlerinin ağırlık kaybı ve boyut değişimleri üzerine soğuk kurutmanın etkisi.....	64
4.3.5. Et dilimlerinin kesilme kuvveti ve dayanıklılık değerleri üzerine soğuk kurutmanın etkisi .....	66
4.3.6. Et dilimlerinin mikrobiyal yükleri üzerine soğuk kurutmanın etkisi .....	69
4.3.7. Et dilimlerinin duyuusal özellikleri üzerine soğuk kurutmanın etkisi .....	72
4.4. Soğuk Kurutulmuş Et Dilimlerinin Kalite Özelliklerine Ambalaj Tipi, Depolama Sıcaklığı ve Depolama Süresinin Etkisi .....	74
4.4.1. Ambalaj gaz kompozisyonu üzerine depolama sıcaklığı ve depolama süresinin etkisi.....	74
4.4.2. Soğuk kurutulmuş et dilimlerinin su aktivitesi ve pH değerleri üzerine ambalaj tipi, depolama sıcaklığı ve depolama süresinin etkisi .....	77
4.4.3. Soğuk kurutulmuş et dilimlerinin <i>TBARS</i> ve <i>NPN-M</i> değerleri üzerine ambalaj tipi, depolama sıcaklığı ve depolama süresinin etkisi .....	80
4.4.4. Soğuk kurutulmuş et dilimlerinin mikrobiyal yükü üzerine ambalaj tipi, depolama sıcaklığı ve depolama süresinin etkisi .....	85
4.4.5. Soğuk kurutulmuş et dilimlerinin duyuusal özellikleri üzerine ambalaj tipi, depolama sıcaklığı ve depolama süresinin etkisi .....	93
5. SONUÇLAR.....	100
6. KAYNAKLAR .....	103
7. EKLER .....	121
ÖZGEÇMİŞ	

## AKADEMİK BEYAN

Doktora Tezi olarak sunduğum “Kurutulmuş Et Ürünü Üretmek için Soğuk Kurutucu Tasarımı ve Elde Edilen Kuru Et Ürününün Kuruma-Kalite Karakteristiklerinin Belirlenmesi” adlı bu çalışmanın, akademik kurallar ve etik değerlere uygun olarak yazıldığını belirtir, bu tez çalışmasında bana ait olmayan tüm bilgilerin kaynağını gösterdiğimi beyan ederim.

31/10/2018

Elif AYKIN DİNÇER

## SİMGELER VE KISALTMALAR

### Simgeler

dk	: Dakika
h	: Saat
$\mu\text{mol}$	: Mikromol
g	: Gram
N	: Normalite
mL	: Mililitre
$a_w$	: Su aktivitesi
$R$	: İdeal gaz sabiti
$T$	: Sıcaklık
t	: Süre
$D_0$	: Arrhenius faktörü
$D_{eff}$	: Etkin difüzyon katsayısı
$E_a$	: Aktivasyon enerjisi
$L^*$	: Siyah/beyaz renk değeri
$a^*$	: Kırmızı/yeşil renk değeri
$b^*$	: Sarı/mavi renk değeri
exp	: Eksponansiyel (üstel)
J	: Joule
$M_e$	: Denge nem içeriği
$M_0$	: Başlangıçtaki nem içeriği
$M_t$	: Herhangi bir zamandaki nem içeriği
$\chi^2$	: Azaltılmış ki-kare değeri
$R^2$	: Regresyon katsayısı

## **Kısaltmalar**

AP	: Atmosferik ambalajlama
CIE	: Renk Sistemi (Commission Internationale de l'Éclairage)
FAO	: Gıda ve Tarım Örgütü (Food and Agriculture Organization)
FSIS	: Tarım Bakanlığı Gıda Güvenliği ve Denetimi Birimi
KM	: Kuru madde
kob	: Koloni oluşturan birim
LAB	: Laktik asit bakterileri
MAP	: Modifiye atmosfer ambalajlama
MDA	: Malondialdehit
MR	: Nem oranı
No	: Numara
NPN-M	: Protein tabiatında olmayan azot
RMSE	: Hata ortalama karekökü
SAS	: İstatistik Analiz Sistemi (Statistical Analysis System)
TBARS	: Tiyobarbitürik asit reaktif maddeleri
TCA	: Trikloroasetik asit
VK	: Varyasyon kaynağı
WHO	: Dünya Sağlık Örgütü (World Health Organization)

## ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.1. a) Kuruma eğrisi; b) Kuruma hızı eğrisi .....	7
Şekil 2.2. Et ürünlerine uygulanan minimal işleme teknolojileri .....	20
Şekil 3.1. a) Kuru tuzlama işlemi uygulanmış et dilimleri; b) Soğuk kurutucuya asılmış et dilimleri.....	31
Şekil 3.2. Soğuk kurutma sisteminin şematik gösterimi.....	31
Şekil 3.3. a) Et dilimlerinin merkez sıcaklığının ölçümü; b) Sıcaklık ölçer; c) Soğuk kurutucuda pastörizasyonun yazılım programı .....	33
Şekil 3.4. a) Et dilimlerinin pastörizasyon ve su tahliyesi aşamalarından önce görünümü; b) Et dilimlerinin pastörizasyon ve su tahliyesi aşamalarından sonraki görünümü .....	33
Şekil 3.5. Kurutulmuş et dilimleri.....	35
Şekil 3.6. a) Et dilimlerinin ambalajlanmasında kullanılan MAP cihazı; b) Ambalajlanmış örnekler .....	36
Şekil 4.1. Farklı sıcaklık ve hava hızlarında kurutulmuş et dilimlerinin nem oranına hava hızının etkisi .....	48
Şekil 4.2. Farklı sıcaklık ve hava hızlarında kurutulmuş et dilimlerinin nem oranına sıcaklığın etkisi .....	49
Şekil 4.3. Farklı sıcaklık ve hava hızlarında soğuk kurutulmuş et dilimleri için <i>Page</i> modelinden elde edilen <i>MR</i> verileri ile deneysel <i>MR</i> verilerinin karşılaştırılması .....	56
Şekil 4.4. Kurutma sıcaklığı ve hava hızı interaksiyonunun <i>TBARS</i> değeri üzerine etkisi .....	62
Şekil 4.5. Kurutma sıcaklığı ve hava hızı interaksiyonunun kesilme kuvveti ve dayanıklılık değerleri üzerine etkisi .....	68
Şekil 4.6. Kurutma sıcaklığı ve hava hızı interaksiyonunun mikrobiyal yükler üzerine etkisi .....	71
Şekil 4.7. Sıcaklık ve süre interaksiyonunun AP tipi örneklerin O <sub>2</sub> ve CO <sub>2</sub> içeriği üzerine etkisi .....	76
Şekil 4.8. Ambalaj x sıcaklık, ambalaj x süre ve sıcaklık x süre interaksiyonlarının pH değeri üzerine etkisi .....	80
Şekil 4.9. Ambalaj x sıcaklık, ambalaj x süre ve sıcaklık x süre interaksiyonlarının <i>TBARS</i> değeri üzerine etkisi.....	84
Şekil 4.10. Ambalaj x süre ve sıcaklık x süre interaksiyonlarının <i>NPN-M</i> değeri üzerine etkisi .....	84
Şekil 4.11. Ambalaj x sıcaklık, ambalaj x süre ve sıcaklık x süre interaksiyonlarının TAMB, TPB ve <i>Micrococcus/Staphylococcus</i> sayısı üzerine etkisi.....	90
Şekil 4.12. Ambalaj x sıcaklık, ambalaj x süre ve sıcaklık x süre interaksiyonlarının maya-küf ve LAB sayısı üzerine etkisi .....	91



<b>Şekil 4.13.</b> Soğuk kurutulmuş et dilimlerinin farklı depolama koşullarında mikrobiyal yüklerinde meydana gelen değişimler .....	92
<b>Şekil 4.14.</b> Ambalaj x süre interaksiyonunun duyuşal özellikler üzerine etkisi .....	98
<b>Şekil 4.15.</b> Soğuk kurutulmuş et dilimlerinin farklı depolama koşullarında duyuşal özelliklerinde meydana gelen değişimler .....	99

## ÇİZELGELER DİZİNİ

<b>Çizelge 2.1.</b> Dünya'daki bazı kurutulmuş et ürünleri ve orjinleri .....	13
<b>Çizelge 3.1.</b> Pastörizasyon aşaması için belirlenen çalışma koşulları .....	32
<b>Çizelge 3.2.</b> Su tahliyesi aşaması için belirlenen çalışma koşulları.....	33
<b>Çizelge 3.3.</b> Et dilimlerinin farklı sıcaklık ve hava hızlarında kurutulmasına ait faktöriyel deneme deseni.....	34
<b>Çizelge 3.4.</b> Et dilimlerinin farklı ambalaj ve sıcaklıkta depolanmasına ait faktöriyel deneme deseni.....	36
<b>Çizelge 3.5.</b> Farklı düşük sıcaklık ve hava akış hızlarında kurutulmuş et dilimlerinin deneysel kurutma verilerine uygulanan matematiksel modeller .....	38
<b>Çizelge 4.1.</b> Tuzlanmış taze et dilimlerinin fizikokimyasal ve mikrobiyolojik analiz bulgularının ortalama değerleri ( $\pm$ standart hata).....	44
<b>Çizelge 4.2.</b> Farklı sıcaklık ve hava hızlarında kurutulmuş et dilimlerinin ortalama <i>MR</i> değerleri ( $\pm$ standart hata).....	46
<b>Çizelge 4.3.</b> 10°C'de farklı hava hızlarında kurutulmuş et dilimlerinin deneysel kuruma verilerine farklı modellerin uygulanması sonucu elde edilen <i>k</i> , <i>k</i> <sub>0</sub> , <i>k</i> <sub>1</sub> , <i>a</i> , <i>b</i> , <i>c</i> , <i>g</i> , <i>h</i> ve <i>n</i> sabitleri ve <i>R</i> <sup>2</sup> , $\chi^2$ ve <i>RMSE</i> değerleri .....	50
<b>Çizelge 4.4.</b> 15°C'de farklı hava hızlarında kurutulmuş et dilimlerinin deneysel kuruma verilerine farklı modellerin uygulanması sonucu elde edilen <i>k</i> , <i>k</i> <sub>0</sub> , <i>k</i> <sub>1</sub> , <i>a</i> , <i>b</i> , <i>c</i> , <i>g</i> , <i>h</i> ve <i>n</i> sabitleri ve <i>R</i> <sup>2</sup> , $\chi^2$ ve <i>RMSE</i> değerleri .....	52
<b>Çizelge 4.5.</b> 20°C'de farklı hava hızlarında kurutulmuş et dilimlerinin deneysel kuruma verilerine farklı modellerin uygulanması sonucu elde edilen <i>k</i> , <i>k</i> <sub>0</sub> , <i>k</i> <sub>1</sub> , <i>a</i> , <i>b</i> , <i>c</i> , <i>g</i> , <i>h</i> ve <i>n</i> sabitleri ve <i>R</i> <sup>2</sup> , $\chi^2$ ve <i>RMSE</i> değerleri .....	54
<b>Çizelge 4.6.</b> Farklı sıcaklık ve hava hızlarında soğuk kurutulmuş et dilimlerinin ortalama etkin difüzyon katsayısı ( <i>D</i> <sub>eff</sub> ) ve <i>R</i> <sup>2</sup> değerleri.....	57
<b>Çizelge 4.7.</b> Soğuk kurutulmuş et dilimlerinin aktivasyon enerjisi ( <i>E</i> <sub>a</sub> ) ve <i>R</i> <sup>2</sup> değerleri.....	58
<b>Çizelge 4.8.</b> Farklı sıcaklık ve hava hızlarında soğuk kurutulmuş et dilimlerinin nem, su aktivitesi ve pH değerleri (I. ve II. tekerrür).....	59
<b>Çizelge 4.9.</b> Farklı sıcaklık ve hava hızlarında soğuk kurutulmuş et dilimlerinin nem, su aktivitesi ve pH değerlerine ait varyans analiz sonuçları (*) <i>p</i> <0.05 ve (**) <i>p</i> <0.01 düzeyinde farklılığı gösterir .....	59
<b>Çizelge 4.10.</b> Farklı sıcaklık ve hava hızlarında soğuk kurutulmuş et dilimlerinin nem, su aktivitesi ve pH değerlerinin ortalamalarına ait Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları ( $\pm$ standart hata) .....	59
<b>Çizelge 4.11.</b> Farklı sıcaklık ve hava hızlarında soğuk kurutulmuş et dilimlerinin <i>TBARS</i> ve <i>NPN-M</i> değerleri (I. ve II. tekerrür).....	61
<b>Çizelge 4.12.</b> Farklı sıcaklık ve hava hızlarında soğuk kurutulmuş et dilimlerinin <i>TBARS</i> ve <i>NPN-M</i> değerlerine ait varyans analiz sonuçları (*) <i>p</i> <0.05 ve (**) <i>p</i> <0.01 düzeyinde farklılığı gösterir .....	61

<b>Çizelge 4.13.</b> Farklı sıcaklık ve hava hızlarında soğuk kurutulmuş et dilimlerinin <i>TBARS</i> ve <i>NPN-M</i> değerlerinin ortalamalarına ait Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları ( $\pm$ standart hata).....	61
<b>Çizelge 4.14.</b> Farklı sıcaklık ve hava hızlarında soğuk kurutulmuş et dilimlerinin $L^*$ , $a^*$ ve $b^*$ renk değerleri (I. ve II. tekerrür ) .....	63
<b>Çizelge 4.15.</b> Farklı sıcaklık ve hava hızlarında soğuk kurutulmuş et dilimlerinin $L^*$ , $a^*$ ve $b^*$ renk değerlerine ait varyans analiz sonuçları (*) $p<0.05$ ve (**) $p<0.01$ düzeyinde farklılığı gösterir .....	63
<b>Çizelge 4.16.</b> Farklı sıcaklık ve hava hızlarında soğuk kurutulmuş et dilimlerinin $L^*$ , $a^*$ ve $b^*$ renk değerlerinin ortalamalarına ait Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları ( $\pm$ standart hata).....	64
<b>Çizelge 4.17.</b> Farklı sıcaklık ve hava hızlarında soğuk kurutulmuş et dilimlerinin ağırlık kaybı ve boyut değişimleri, % (I. ve II. tekerrür) .....	65
<b>Çizelge 4.18.</b> Farklı sıcaklık ve hava hızlarında soğuk kurutulmuş et dilimlerinin ağırlık kaybı ve boyut değişimleri değerlerine ait varyans analiz sonuçları (*) $p<0.05$ ve (**) $p<0.01$ düzeyinde farklılığı gösterir .....	65
<b>Çizelge 4.19.</b> Farklı sıcaklık ve hava hızlarında soğuk kurutulmuş et dilimlerinin ağırlık kaybı ve boyut değişimleri ortalamalarına ait Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları ( $\pm$ standart hata) .....	66
<b>Çizelge 4.20.</b> Farklı sıcaklık ve hava hızlarında soğuk kurutulmuş et dilimlerinin tekstür ölçümleri sonucunda bulunan kesilme kuvveti ve dayanıklılık değerleri (I. ve II. tekerrür ) .....	67
<b>Çizelge 4.21.</b> Farklı sıcaklık ve hava hızlarında soğuk kurutulmuş et dilimlerinin tekstür ölçümleri sonucunda bulunan kesilme kuvveti ve dayanıklılık değerlerine ait varyans analiz sonuçları (*) $p<0.05$ ve (**) $p<0.01$ düzeyinde farklılığı gösterir .....	67
<b>Çizelge 4.22.</b> Farklı sıcaklık ve hava hızlarında soğuk kurutulmuş et dilimlerinin kesilme kuvveti ve dayanıklılık değerlerinin ortalamalarına ait Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları ( $\pm$ standart hata).....	68
<b>Çizelge 4.23.</b> Farklı sıcaklık ve hava hızlarında soğuk kurutulmuş et dilimlerinin mikrobiyal yükleri, log kob/g (I. ve II. tekerrür).....	70
<b>Çizelge 4.24.</b> Farklı sıcaklık ve hava hızlarında soğuk kurutulmuş et dilimlerinin mikrobiyal yüklerine ait varyans analiz sonuçları (*) $p<0.05$ ve (**) $p<0.01$ düzeyinde farklılığı gösterir .....	70
<b>Çizelge 4.25.</b> Farklı sıcaklık ve hava hızlarında soğuk kurutulmuş et dilimlerinin mikrobiyal yüklerinin (log kob/g) ortalamalarına ait Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları ( $\pm$ standart hata) .....	70
<b>Çizelge 4.26.</b> Farklı sıcaklık ve hava hızlarında soğuk kurutulmuş et dilimlerinin duyuusal değerlendirme sonuçları (I. ve II. tekerrür) .....	72
<b>Çizelge 4.27.</b> Farklı sıcaklık ve hava hızlarında soğuk kurutulmuş et dilimlerinin görünüş, renk, koku, lezzet, yapı ve genel beğeni duyuusal değerlerine ait varyans analiz sonuçları (*) $p<0.05$ ve (**) $p<0.01$ düzeyinde farklılığı gösterir .....	72

<b>Çizelge 4.28.</b> Farklı sıcaklık ve hava hızlarında soğuk kurutulmuş et dilimlerinin duyusal özelliklerinin ortalamalarına ait Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları ( $\pm$ standart hata).....	73
<b>Çizelge 4.29.</b> Farklı depolama koşullarında ambalaj içeriğinin %O <sub>2</sub> ve %CO <sub>2</sub> değerlerindeki değişim (I. ve II. tekerrür).....	75
<b>Çizelge 4.30.</b> Farklı depolama koşullarında ambalaj içeriğinin %O <sub>2</sub> ve %CO <sub>2</sub> değerlerine ait varyans analiz sonuçları (*) p<0.05 ve (**) p<0.01 düzeyinde farklılığı gösterir.....	76
<b>Çizelge 4.31.</b> Farklı depolama koşullarında ambalaj içeriğinin %O <sub>2</sub> ve %CO <sub>2</sub> ortalamalarına ait Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları ( $\pm$ standart hata) .....	76
<b>Çizelge 4.32.</b> Soğuk kurutulmuş et dilimlerinin farklı depolama koşullarında su aktivitesi ve pH değerlerindeki değişim (I. ve II. tekerrür) .....	78
<b>Çizelge 4.33.</b> Soğuk kurutulmuş et dilimlerinin farklı depolama koşullarında su aktivitesi ve pH değerlerine ait varyans analiz sonuçları (*) p<0.05 ve (**) p<0.01 düzeyinde farklılığı gösterir .....	79
<b>Çizelge 4.34.</b> Soğuk kurutulmuş et dilimlerinin farklı depolama koşullarında su aktivitesi ve pH ortalamalarına ait Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları ( $\pm$ standart hata).....	79
<b>Çizelge 4.35.</b> Soğuk kurutulmuş et dilimlerinin farklı depolama koşullarında TBARS ve NPN-M değerlerindeki değişim (I. ve II. tekerrür).....	82
<b>Çizelge 4.36.</b> Soğuk kurutulmuş et dilimlerinin farklı depolama koşullarında TBARS ve NPN-M değerlerine ait varyans analiz sonuçları (*) p<0.05 ve (**) p<0.01 düzeyinde farklılığı gösterir.....	83
<b>Çizelge 4.37.</b> Soğuk kurutulmuş et dilimlerinin farklı depolama koşullarında TBARS ve NPN-M ortalamalarına ait Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları ( $\pm$ standart hata).....	83
<b>Çizelge 4.38.</b> Soğuk kurutulmuş et dilimlerinin farklı depolama koşullarında mikrobiyal yüklerindeki değişim, log kob/g (I. ve II. tekerrür).....	85
<b>Çizelge 4.39.</b> Soğuk kurutulmuş et dilimlerinin farklı depolama koşullarında mikrobiyal yüklerine ait varyans analiz sonuçları (*) p<0.05 ve (**) p<0.01 düzeyinde farklılığı gösterir .....	87
<b>Çizelge 4.40.</b> Soğuk kurutulmuş et dilimlerinin farklı depolama koşullarında mikrobiyal yüklerinin ortalamalarına ait Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları ( $\pm$ standart hata).....	88
<b>Çizelge 4.41.</b> Soğuk kurutulmuş et dilimlerinin farklı depolama koşullarında duyusal özelliklerindeki değişim (I. ve II. tekerrür) .....	94
<b>Çizelge 4.42.</b> Soğuk kurutulmuş et dilimlerinin farklı depolama koşullarında duyusal özelliklerine ait varyans analiz sonuçları (*) p<0.05 ve (**) p<0.01 düzeyinde farklılığı gösterir .....	97
<b>Çizelge 4.43.</b> Soğuk kurutulmuş et dilimlerinin farklı depolama koşullarında duyusal özelliklerinin ortalamalarına ait Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları ( $\pm$ standart hata).....	97

## 1. GİRİŞ

Toplum sağlığı için tüketimi oldukça önemli olan kırmızı et, sahip olduğu yüksek su içeriği, su aktivitesi değeri ( $a_w \approx 0.99$ ) ve zengin besin maddeleri nedeniyle mikrobiyolojik olarak hızlı bir şekilde bozulma riski taşımaktadır (Gökalp vd. 2002). Et ağırlığının yaklaşık %75 kadarını oluşturan suyun büyük çoğunluğu miyofibrillerin içerisinde bulunurken, daha az bir kısmı ise miyofibriller arasında bulunmaktadır (Pearce vd. 2011, Traffano-Schiffo vd. 2014). Ette suyun çoğunluğunun miyofibriller içerisinde bulunması etten suyun uzaklaştırılmasını zorlaştırmakta ve uzun zaman gerektirmektedir. Bu uzun zamanda ise et mikrobiyolojik olarak bozulabilmektedir. Diğer taraftan etin yapısında bulunan suyun miktarı ve fizikokimyasal durumu, olumsuz biyokimyasal reaksiyonları da artırabilmektedir (Vittadini vd. 2003; Clemente vd. 2009a). Bunlara bağlı olarak da etin kalitesi düşülebilmekte ve raf ömrü kısalabilmektedir (Van den Berg ve Bruin 2008).

Ete dayanıklılık kazandırmak üzere; soğutma, dondurma ve kurutma işlemleri uygulanmakta veya et farklı ürünlere işlenerek daha uzun raf ömrüne sahip ürünler elde edilmektedir. Bu işlemlerden kurutma, etin bozulma riski nedeniyle tek başına uygulanmayıp; tuzlama, kürlleme veya tütsüleme gibi işlemlerle birlikte uygulanmaktadır. Yani kuru et ürünlerinin üretiminde; sıcaklık, düşük su aktivitesi, tuz ve çeşitli koruyucuların dahil olduğu engelleyici teknolojilerden yararlanılmaktadır (Choi vd. 2008). Ancak, ete uygulanacak yüksek sıcaklık ve/veya katkı maddesi ilave edilmesi gibi uygulamalar üründe arzu edilmeyen bileşiklerin oluşumuna neden olarak gıda güvenliğini de tehdit etmektedir. Bu nedenle günümüzde doğal yani minimal işlem görmüş ürünlere ilgi artmaktadır (Sindelar vd. 2010). Daha sağlıklı ve minimal işlem görmüş et ürünlerinin geliştirilmesiyle sektörde ihtiyaç duyulan çeşitlendirmenin de sağlanabileceği değerlendirilmektedir (Arihara 2006; Jiménez-Colmenero vd. 2010; Olmedilla-Alonso vd. 2013).

Minimal işlenmiş gıdalar; kesme, doğrama ve dilimleme gibi işlemlerin sonucunda yalnızca fiziksel özellikleri değişen, yüksek besin değerine sahip, tazeliğini koruyan, kullanıma hazır gıdalar olarak bilinmektedir (Özyürek vd. 2013). Fiziksel işlemlerin yanı sıra gıdaların üretimi sırasında uygulanan pişirme, pastörizasyon, sterilizasyon, soğutma, dondurma, vakum ve gaz atmosferde ambalajlama işlemleri de minimal işlem olarak değerlendirilmektedir (FAO 2015; Rodgers 2016). Dolayısıyla üretiminde bu aşamaları içeren gıdalar renk, tekstür ve besinsel kalite gibi özelliklerini geleneksel yöntemlerle işlenen gıdalara göre daha iyi koruyabilmektedir.

Genel olarak kurutma, herhangi bir ürünlerdeki; mikrobiyolojik, biyokimyasal ve kimyasal faaliyetleri kontrol altına almak için hijyenik şartlar altında ürünün bünyesinde bulunan suyun uygun sıcaklık ve/veya nispi nem farklılığı prensibi ile üründen uzaklaştırılması ve ürünün su aktivitesi değerinin düşürülmesi olarak tanımlanmaktadır (Krokida vd. 2003; Rahman vd. 2005; Petit vd. 2014). Kurutma, eş zamanlı olarak ısı ve kütle transferi ile üründen suyun uzaklaştırılmasına dayanan kompleks bir işlemdir (Laopoolkit ve Suwannaporn 2011). Gıda bileşenleri ile su arasındaki çeşitli interaksiyonlar, kurutma sırasında üründe kalan suda çözünen maddelerin konsantrasyon artışına bağlı olarak Raoult yasası gereği suyun buhar basıncının düşmesi, kuruma yüzey alanındaki serbest su bittikten sonra kurumayı gıdanın iç kısımlarındaki suyun yüzeye ulaşmasına aracılık eden kapiller kuvvetlerin ve difüzyon hızının kontrol

etmesi, gıdanın iç kısımlarındaki suyun yüzeye taşınması sırasında suda çözünen maddelerin de yüzeye taşınarak suyun buharlaşması sonucu yüzeyde kalarak kabuk oluşmasına neden olması ve yüzeyde oluşan bu kabuğun ve kuruma sırasında ürünün hacmindeki küçülmenin ısı ve kütle transferi üzerine olumsuz etkileri gibi faktörler suyun gıdadan uzaklaşmasını zorlaştırmaktadır.

Gıdaların kurutulması sürecinde yukarıda bahsedilen nedenlerden dolayı ürün birim yüzey alanından birim zamanda uzaklaşan su miktarı kuruma zamanı boyunca su içeriğindeki değişime bağlı olarak farklılık göstermektedir. Gıdada bulunan su, gıdanın ve kurutmada kullanılan havanın psikrometrik özelliklerine bağlı olarak birim zamanda ürün yüzeyinden sırasıyla sabit (sabit hızda kuruma periyodu) ve azalan (azalan hızda kuruma periyodu) miktarlarda uzaklaşmaktadır (Evranoz ve Çataltaş 1989; Geankopolis 1993; Heldman vd. 2006; El-Sebaei ve Shalaby 2012; Pirasteh vd. 2014). Kurutma ile ürünün mikrobiyal ve kimyasal olarak bozulması önlenerek, ürünün raf ömrü artırılabilen ve ambalajlama, nakliye ve depolama giderleri azaltılabilmektedir (Traffano-Schiffo vd., 2014). Kuru ürünler bu avantajları sayesinde yurt içinde ve dışında güçlü bir şekilde rekabet edebilme şansı da yakalayabilmektedir.

Soğuk kurutma işlemi, soğuk havanın kurutma ünitesi girişinde daha soğuk bir yüzeye çarptırılarak nemini bırakması sağlandıktan sonra elde edilen soğuk ve su buharı içeriği azaltılmış havanın kurutma işleminde kullanılması prensibine dayanmaktadır. Kurutma işleminin etkinliği işlem sırasındaki hava akış hızına ve ürün ile kurutmada kullanılan havanın sıcaklık ve/veya nispi nem farkına bağlıdır (Petit vd. 2014). Kurutma işleminin süresi kurutma havasının sıcaklığının yükseltilmesi veya nispi neminin düşürülmesiyle azaltılabilmektedir (Doğan 2001). Sıcaklığa hassas gıdalar için soğutma işlemi, raf ömrünü uzatan ve bozulmayı önleyen gıda koruma tekniklerinden biridir (Kilic 2009). Düşük sıcaklıkta kurutma işlemi uzun işlem süresine rağmen biyolojik materyallerin kalitesi üzerine olumlu bir etkiye sahiptir. Düşük sıcaklıkta kurutma işlemlerinde; düşük sıcaklığa bağlı olarak lipit oksidasyonu ve antioksidan kapasite kayıpları azaltılabilmektedir. Bu tip kurutma işlemleriyle kimyasal bozulma reaksiyonları da en düşük düzeyde gerçekleşmektedir (Van Loey vd. 2005). Lewicki (2006) yaptığı bir çalışmada, soğuk hava ile kurutulmuş balıklarda yağ asidi oksidasyonu ve protein denatürasyonunun en düşük seviyede gerçekleştiğini tespit etmiştir.

Türk Gıda Kodeksi Et ve Et Ürünleri Tebliği'nde; "üretim sırasında ürünün teknolojisi gereği suyunun bir kısmının uzaklaştırılması işlemi" kurutma olarak tanımlanmakta ve kürlendikten sonra kurutulan pastırma ve jambon gibi ürünler kuru et ürünleri olarak tebliğde yer almaktadır. Pastırma, sığır karkaslarının belirli bölgelerinden elde edilen bütün kaslardan üretilen kürlenmiş ve kurutulmuş çiğ bir et ürünüdür (Gök vd. 2008; Kaban 2009; Ozturk 2015). Tebliğde pastırma ve kurutulmuş jambonun su içeriklerinin sırasıyla en çok %50 ve %40 olması gerektiği ve her iki ürün içinde pH değerinin 6'dan ve tuz içeriğinin ise %7'den düşük olması gerektiği belirtilmiştir (Anonim 2012). Ancak piyasada ve tebliğde kürlenmemiş, tütsülenmemiş ve minimal işlem görmüş kuru bir et ürünü bulunmamaktadır. Bu nedenle yeni geliştirilen bu ürünün de et ürünleri tebliğinde yer alabileceği düşünülmektedir.

İnce bir şekilde dilimlenmiş bütün kasların tuzlandıktan sonra güneşte veya fırında (50-70°C) kurtulmasıyla üretilen ve Amerika Birleşik Devletleri'nde yaygın olarak tüketilen *jerky* isimli kurutulmuş etin üretimi, su aktivitesinin düşürülmesi yoluyla

mikrobiyal gelişimin engellenmesi prensibine dayanmaktadır (Yang vd. 2009). Bu ve benzeri kurutulmuş et ürünleri soğutmaya ihtiyaç duymadan uzun süre stabil kalabilmeleri ve taşıma kolaylığı avantajları nedenleriyle sporcular, seyahat edenler ve ordu mensupları tarafından tercih edilmektedir (Choi vd. 2008). *Jerky* gibi uzun raf ömrüne sahip bu tür et ürünlerinin üretiminde, ev tipi kurutucuların kullanılması mümkün olmakla birlikte, evde üretilen bu ürünler gıda güvenliği ve işlem yetersizliği nedenleriyle çeşitli sağlık sorunlarına da neden olabilmektedir (Faith vd. 1998; Li vd. 2014).

Nem içeriği düşük olmasına rağmen kuru et ürünlerinin pazarlanması ve dağıtımında mikrobiyal gıda güvenliği ile ilgili olarak sorunlarla karşılaşabilmektedir (Kim vd. 2010). Güney Afrika'da geleneksel olarak tüketilen *biltong* isimli tuzlanmış ve kurutulmuş et ürününün kuru ( $a_w$  değeri 0.65-0.68) ve orta nemli ( $a_w$  değeri 0.85-0.89) örneklerinin mikrobiyolojik özelliklerinin değerlendirdiği bir çalışmada, kuru örneklerin orta nemli örneklerle göre daha düşük düzeyde toplam bakteri ve daha yüksek düzeyde laktik asit bakterisi (LAB) içerdiği tespit edilmiştir (Petit vd. 2014).

Kurutma işlemi gıdalarda patojen ve bozulmaya neden olan mikroorganizmaların faaliyetlerini durdurmakla ve sayılarını azaltmakla birlikte, her zaman gıda güvenliğini sağlayamamakta ve geriye kalan mikroorganizmalar tüketicide sağlık sorunlarına ve üründe bozulmalara neden olabilmektedir (Heldman vd. 2006). Örneğin *Listeria monocytogenes* et ve et ürünlerinde kolaylıkla gelişebilen ve bağışıklık sistemi zayıf yaşlı ve hamile gibi bireylerde oldukça ciddi sağlık sorunlarına neden olabilen riskli bir patojendir (Selby vd. 2006). *Jerky* gibi tüketime hazır et ürünlerinde *Listeria monocytogenes* için sıfır tolerans politikasını uygulamakta olan ABD Tarım Bakanlığı Gıda Güvenliği ve Denetimi Birimi (FSIS/USDA), *Salmonella* ve *Escherichia coli* O157:H7 salgınlarından sonra patojenlerin canlı kalma riskini ortadan kaldırmak amacıyla etlerin kurutulmadan önce merkez sıcaklığının 71.1°C olmasını sağlayan ısıl işleme tabi tutulmasını önermiştir (Calicioglu vd. 2002, 2003). Et ve et ürünlerinde gıda güvenliğini sağlama yöntemlerinden biri olan buhar vakum pastörizasyon yöntemi ile yapılan bir çalışmada, çiğ etteki toplam bakteriyel yükün 1-4 logaritmik birim arasında bir değer kadar azaltılabileceği tespit edilmiştir (Kozempel vd. 2000a, b; Tarp 2004; Hassan vd. 2015). Ancak, ete uygulanan ön ısıl işlem ya da yüksek sıcaklıkta uzun süre kurutma gibi diğer işlemler; ürünün kimyasal kompozisyonu, yapısı ve fiziksel özelliklerinde olumsuz değişikliklere neden olabilmekte ve etin tüketici tarafından kabul edilebilirliğini düşürmektedir (Calicioglu vd. 2003; Laopoolkit ve Suwannaporn 2011).

Isıl işlem ve su kaybı; çatlakların oluşumuna ve büzülme gibi hücresel ve yapısal bozulmalara yol açmaktadır. Kalamar filetosunun mikroyapısına kızılötesi destekli bir kurutmanın etkisinin araştırıldığı bir çalışmada; su kaybı, protein denatürasyonu ve liflerin büzülmesine bağlı olarak kurutmanın daha yoğun ve sert bir kas lifi yapısına neden olduğu belirlenmiştir (Deng vd. 2014). Etin kurutulması sırasında liflerdeki büzülme en aza indirildiğinde ürünün rehidrasyonu en yüksek düzeye ulaşabilmektedir. Dondurarak kurutma işlemi ile elde edilen gözenekli yapıdaki ürünler; daha az büzülme ve daha iyi rehidrasyon kapasitesi gibi tekstürel açıdan olumlu özellikler göstermektedir (Laopoolkit ve Suwannaporn 2011).

En eski muhafaza yöntemlerinden biri olan kurutma, geçmişte sadece güneşte doğal yolla yapılırken günümüzde teknolojinin ilerlemesi ve gıda güvenliğinin de ön plana çıkmasıyla çok farklı yöntemlerle de gerçekleştirilmeye başlanmıştır. Ancak tüketicinin

endüstriyel ürünlere olan olumsuz tutumu nedeni ile et ürünleri de dahil minimal işlem görmüş gıdalara olan ilgi artmıştır.

Bu çalışmada; minimal işlem görmüş ve gıda güvenliği açısından risk oluşturmayan kurutulmuş bir et ürünü üretmek için düşük sıcaklıkta kurutma yapan bir kurutucu tasarlanması ve bu kurutucudan elde edilen ürünün kalite karakteristiklerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Bu amaca yönelik olarak; öncelikle ete minimal işlem uygulayabilecek, gıda güvenliğini sağlayabilecek ve soğuk şartlarda ( $<20^{\circ}\text{C}$ ) kurutma işlemi yapabilecek yeni bir kurutucu tasarlanmıştır. Bu kurutucu içerisine yerleştirilen et dilimleri, kızgın buharla pastörize edildikten sonra farklı düşük sıcaklık (10, 15 ve  $20^{\circ}\text{C}$ ) ve hava hızlarında (1, 2, 3 ve 4 m/s) kurutulmuş ve kurutulan et dilimlerinin kuruma ve kalite karakteristikleri belirlenmiştir. Ayrıca, kuru et dilimlerinin bazı fiziksel, kimyasal, mikrobiyolojik ve duyu kalite özellikleri üzerine farklı ambalajlama ve depolama koşullarının etkisi de bu çalışma kapsamında araştırılmıştır.



## 2. KAYNAK TARAMASI

### 2.1. Kurutma

Kurutma, ürünün su içeriği ve su aktivitesi değerlerinin düşürülmesi işlemidir (Rahman vd. 2005; Petit vd. 2014). Gıdaların kurutulmasında ya yüksek sıcaklık-kısa süre ya da düşük sıcaklık-uzun süre uygulanmaktadır. Bu amaçla, soğuk ya da sıcak hava sağlayan çeşitli kurutucular kullanılabilir (Kilic 2009). Enerji ihtiyacı, maliyet, çevresel etmenler ve istenen ürünün kalitesi gibi faktörler uygun kurutma yönteminin seçiminde dikkate alınmaktadır. Yaygın olarak kullanılan kurutma yöntemleri güneşte kurutma, sıcak hava ile kurutma, dondurarak kurutma, vakumla kurutma, ozmatik kurutma, mikrodalga kurutma ve püskürterek kurutma olup bu yöntemlerin esası materyalden neminin uzaklaştırılarak istenilen değere düşürülmesine dayanmaktadır (Evranoz ve Çataltaş 1989; Doğan 2001; Vega 2007). Böylece, mikrobiyal ve kimyasal bozulmalar önlenerek gıdaların uzun süre korunması ve ambalajlama, depolama ve ulaşım masraflarının da azalması sağlanmaktadır (Traffano-Schiffo vd. 2014).

Genellikle kurutma yöntemleri iki farklı şekilde sınıflandırılmaktadır. Birinci sınıflandırma; yöntemin işlem şekline göre sürekli ya da kesikli olması şeklindedir. İkinci sınıflandırma ise ısının ürüne transfer edilme şekline göre yapılmaktadır (Keey 1972).

#### 2.1.1. Gıdada bulunan suyun özellikleri ve denge nem içeriği

Gıdanın bileşiminde çok farklı oranlarda (%1-99) bulunabilen su; gıdanın kalitesini, duyu özelliklerini ve güvenliğini fiziksel, kimyasal ve mikrobiyolojik yollarla etkileyen en önemli bileşendir (Lewicki 2004; Polatoğlu vd. 2011). Gıdanın su içeriği aynı zamanda mekanik, elektriksel, termal, optik ve akustik özelliklerini de etkilemektedir (Lewicki 2004). Su ve gıda arasındaki fizikokimyasal ilişkiyi anlamak gıdanın işleme, ambalajlama ve depolanma süreçlerinin uygun bir şekilde yapılması ve kalite stabilitesinin sağlanması bakımından önemlidir (Aykın vd. 2015).

Su molekülü, yapısındaki oksijenin yüksek seviyedeki elektro-negativitesinin hidrojenler tarafından dengelenememesi nedeniyle dipolar bir yapı gösterir. Bu dipolar yapının sonucu olarak; su molekülünün oksijen tarafı kısmen elektro-negatif hidrojen tarafları ise kısmen elektro-pozitif olarak yüklenir. Böylece su molekülleri, elektro-negatif bir atoma bağlı hidrojen atomu ile başka bir elektro-negatif atom arasında gerçekleşen elektrostatik etkileşimler olarak tanımlanan hidrojen bağları sayesinde birbirine tutunarak bir arada kalabilmektedir (Bell ve Labuza 2000).

Havadaki su buharının kısmi basıncının aynı sıcaklıktaki doymuş su buharının basıncına oranının 100 ile çarpılmasıyla elde edilen değer nispi nem (%RH) olarak tanımlanmaktadır. Kapalı bir sistemde tutulan bir gıda su buharı vererek veya alarak, çevre atmosferi ile dengeye ulaşmaya çalışır. Sistemdeki kütle transferinin yönünü gıdadaki suyun ve çevre atmosferindeki su buharının kimyasal potansiyeli ( $\mu = \mu^0 + RT \ln a_w$ ) belirler. İki sistem arasında kütle değişiminin yürütücü kuvveti olarak tanımlanan ve standart kimyasal potansiyel ( $\mu^0$ ), ideal gaz sabiti ( $R$ ), sıcaklık ( $T$ ) ve su aktivitesi ( $a_w$ ) değerlerine bağlı olarak hesap edilen sistemlerin kimyasal potansiyelleri eşitlendiğinde ise, gıda ve çevre atmosferi arasında dinamik bir su buharı dengesi kurulur.

Kurulan bu denge durumundaki gıdanın su içeriğine denge nem içeriği (*ERH*) denir (Caurie 2005; Arabhosseini vd. 2010; Argyropoulos vd. 2011).

Gıdanın yüzeyindeki su buharı basıncının (*p*) aynı sıcaklıktaki saf suyun buhar basıncına ( $p^0$ ) oranı olarak tanımlanan su aktivitesi ( $a_w=p/p^0$ ), aynı zamanda denge nem içeriğinin 100'e oranı ( $a_w=ERH/100$ ) olarak da hesaplanabilmektedir. Su aktivitesi değeri, suyun fizikokimyasal ve termodinamik özelliklerini de içeren bir parametre olduğundan su içeriğine (%*m*) göre gıda işleme ve depolama süreçlerinde daha belirleyici bir parametredir. Gıda sistemlerindeki suyun kullanılabilirliği ve hareketliliği; sulu faz ve biyopolimer matris arasındaki interaksiyonun ölçüsüne bağlı olup su aktivitesi parametresi ile ölçülebilmektedir (Vittadini vd. 2003).

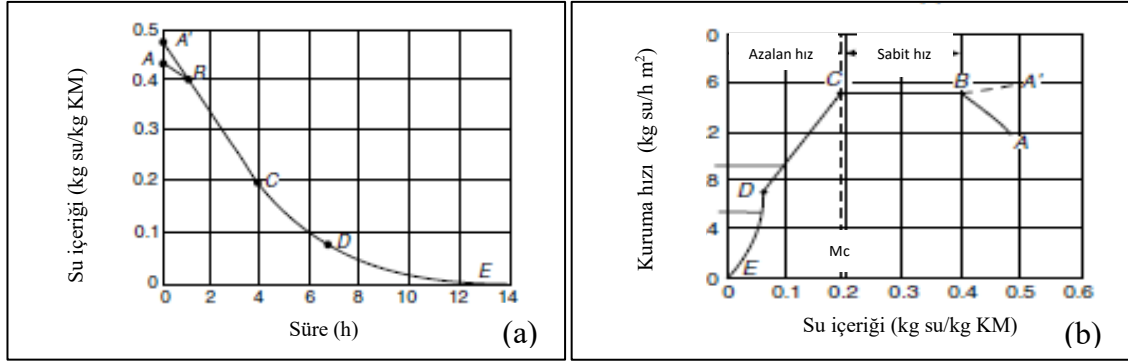
Gıdalardaki serbest su; tek tabaka suyu, çoklu tabaka suyu ve kapiler su olmak üzere üç farklı fizikokimyasal özellikte bulunmaktadır. Su aktivitesine serbest suyun etkisi vardır. Birçok kimyasal, biyokimyasal ve mikrobiyolojik reaksiyonlar bu serbest su içeriğinde gerçekleşir. Gıdalardaki bağlı su ise; hidrojen bağı yapma kapasitesinin tamamını makromoleküllerin iç yüzeylerindeki hidrofilik gruplarla yapmış ve bu makromoleküller tarafından tuzaklanmış su olarak tanımlanmaktadır. Bu suyun su aktivitesine etkisi bulunmamaktadır (Lewicki 2004; Ahmat vd. 2014).

Gıdaların su içerikleri işleme ve kalite stabiliteleri hakkında önemli bilgiler vermez iken, su aktivitesi önemli bilgiler verebilmektedir. Gıdaların su içerikleri %50 kadar olsa dahi su aktiviteleri 0.90'dan büyük olabilmektedir. Gıdalar su aktivitelerine göre nemli gıdalar ( $a_w>0.92$ , peynir), orta nemli gıdalar ( $0.62<a_w<0.92$  tahıl taneleri) ve kuru gıdalar ( $a_w<0.62$ , kahvaltılık tahıllar) olarak gruplandırılmaktadır (Bell ve Labuza 2000).

### 2.1.2. Kurutmanın prensibi

Kurutma, eş zamanlı olarak ısı ve kütle transferi ile suyun uzaklaştırılmasına dayanan kompleks bir işlemdir (Laopoolkit ve Suwannaporn 2011). Gıdanın etrafındaki çevreden transfer olan ısı, gıda yüzeyinden suyun buharlaşmasını sağlamaktadır. Gıda içerisindeki su, yüzeye difüze olduktan sonra buharlaşmaktadır (Heldman vd. 2006). Ürün içindeki suyu uzaklaştırma için ısı ya da vakum kaynaklarının kullanımı ve yüzeyindeki suyu uzaklaştırma için ise, mekanik yöntemlerin kullanımı gibi farklı teknikler ve bu tekniklerin kombinasyonu ile de kurutma işlemi sağlanmaktadır (Sebastian vd. 2005). Geleneksel kinetik teorilere göre kurutma süreci; gıdanın kuruma sıcaklığına kadar ısıtılması, suyun ürün yüzeyine difüze olma hızıyla orantılı olarak yüzeyden uzaklaştırılması ve gıda kritik su içeriğine ulaştıktan sonra kuruma hızının düşmesi olmak üzere 3 aşamadan oluşmaktadır (Heldman vd. 2006).

Gıdanın kurutulması sırasında belirli aralıklarla tespit edilen su içeriğinin zamana karşı gösterilmesi ile elde edilen grafiğe kuruma eğrisi adı verilmektedir (Şekil 2.1a). Kuruma eğrisindeki bölgesel eğimler alınarak gıdanın su içeriğine karşı grafik edilmesiyle de kuruma hızı eğrisi elde edilmektedir (Şekil 2.1b). Bu kuruma eğrisi ve hızı incelendiğinde ise, A-B, B-C, C-D ve D-E olmak üzere kurutmanın dört farklı aşamada gerçekleştiği anlaşılmaktadır (Geankopolis 1993; Heldman vd. 2006).



**Şekil 2.1.** a) Kuruma eğrisi; b) Kuruma hızı eğrisi (Heldman vd. 2006)

A-B aşaması; gıdanın yüzey sıcaklığının kurutma sıcaklığı ile dengeye geldiği aşama olduğundan ön ısıtım işlem periyodu ya da dengelenme aşaması olarak isimlendirilmektedir. Başlangıçta gıdanın nem içeriği A noktasında verilirse gıdanın kurutma ortamına göre daha düşük bir sıcaklıkta olduğu, A' noktasında verilirse ise daha yüksek bir sıcaklıkta olduğu anlaşılmaktadır. Bu bölgede kuruma hızında anlık bir artış olmasına rağmen bu artışın kuruma süresi üzerine önemli bir etkisi bulunmamaktadır.

B-C aşaması; sabit hızda kuruma periyodu olarak isimlendirilmektedir. Bu aşamada ürüne transfer edilen ısının tamamı suyun buharlaşmasında kullanıldığından, ürün sıcaklığı kuru havanın yaş termometre sıcaklığında kalmaktadır. B-C aşamasında, ürün yüzeyindeki serbest su sürekli bir film halinde olup transfer edilen ısı ile uzaklaştırılmaktadır. Ürün yüzeyinden suyun uzaklaştırılmasıyla birlikte ürünün iç kısımlarından yüzeye doğru su hareketi gerçekleşmektedir. Ürünün iç bölgelerinden yüzeye doğru olan bu su hareketi, yüzeydeki buharlaşma oranından düşük olduğu zaman sabit hızda kuruma periyodu sona ermektedir. Sabit hızda kuruma periyodunun sona ermiş olduğu noktada (C) ürünün su içeriği, kritik su içeriği ( $m_c$ ) olarak adlandırılır.

C-D aşaması; azalan hızda kuruma periyodu olarak isimlendirilmektedir. Kritik su içeriği noktasından sonra iç bölgelerden yüzeye doğru olan su hareketi yüzeyden buharlaşan su oranından daha düşüktür. Bu nedenle yüzeyde kurumalar gözlenir ve ürün yüzey sıcaklığı da artmaya başlar.

D-E aşaması; yüzey tamamen kuruduktan sonra başlayan ikinci azalan hız periyodudur. Bu aşamada kuruma gıdanın merkezine doğru ilerlemekte ve kuruma hızı giderek azalmaktadır. Ayrıca, azalan hız aşamaları toplam kuruma süresinin büyük bir bölümünü oluşturduğundan, gıda en çok bu kuruma aşamalarında sıcaklıktan zarar görmektedir.

### 2.1.3. Matematiksel modelleme

Matematiksel modelleme kurutma teknolojisinin en önemli aşamasıdır. Matematiksel modelleme; optimum çalışma koşullarına karar verme ve daha sonra istenilen çalışma koşullarına uygun olarak kurutma ekipmanlarını dizayn etme için gereklidir (Babalıs ve Belessiotis 2004; Gunhan 2005). Modelleme teorisi, sistemi etkin bir şekilde tanımlayabilen bir seri matematiksel eşitliğe sahip olmaya

dayanmaktadır. İşlemin sadece başlangıç koşullarının bilinmesiyle, bu matematiksel eşitlikler uygulanarak zamanın bir fonksiyonu şeklinde çalışma parametreleri tahmin edilebilmektedir (Strumillo ve Kudra 1986; Hawlader 1997). Kurutma koşullarını belirleyen parametrelerin hepsi matematiksel modellerin oluşturulmasında kullanılmaktadır (Babalıs ve Belessiotis 2004). Herhangi bir organik maddeden suyun uzaklaştırılmasının matematiksel ifadesi ise kuruma kinetiği olarak tanımlanmaktadır.

Gıdanın kuruması sırasında meydana gelen su hareketini açıklamak için; difüzyon, kapiler akım, *Peck*, *Lykon* ve *Morgan* gibi sade ve kompleks olmak üzere çeşitli mekanizmalar geliştirilmiştir (Polat 2012). Kurutma işleminde en çok kabul gören mekanizma sıvı difüzyonu mekanizması olup, bu mekanizma su hareketinin gıdanın iç yapılarından yüzeyine doğru meydana geldiğini ifade etmektedir. Bu mekanizma, *Fick*'in 2. difüzyon modeli ile açıklanmaktadır (Eşitlik 2.1). Sabit bir difüzyon katsayısının varlığı, yüzey kütle transfer direncinin ve büzülmenin ihmal edilmesi, sonsuz levha geometrisi ve başlangıç neminin homojen dağılması varsayımları yapılarak sadeleştirilen bu modeller, analitik bir yaklaşımla çözülebilmektedir (Crank 1975).

$$\frac{dM}{dt} = D \frac{d^2M}{dx^2} \quad (2.1)$$

Bu eşitlikte  $M$  ürünün nem içeriğini (kg su/kg KM),  $t$  kuruma süresini (s),  $D$  difüzyon katsayısını ( $m^2/s$ ) ve  $x$  ise difüzyon yolunu (m) ifade etmektedir. Çeşitli gıdaların kuruma kinetiklerinin modellenmesinde genellikle *Fick*'in 2. difüzyon modeli kullanılmaktadır (Martins vd. 2015; Ponwiboon ve Rojanakorn 2017).

Bazı araştırmacılar Eşitlik 2.1'i kullanarak gıdaların kuruma kinetiklerini başarılı bir şekilde açıklayan modeller geliştirmişlerdir. Difüzyon özellikleri yerine kurutma sabiti olarak  $k$  ifadesinin kullanıldığı bu modeller ince tabaka kurutma modelleri olarak tanımlanmaktadır. İnce tabaka kurutma modelleri örneklerin kuruma eğrilerinin belirlenmesi ve kuruma sürelerinin tahmin edilmesinde kullanılmaktadır. İnce tabaka kurutma modelleri; sabit sıcaklık ve bağıl nem koşullarındaki örneklerin kuruma parametrelerinin belirlenmesinin ardından zamanla uzaklaşan su miktarının ölçülmesine bağlı olarak geliştirilmiştir (Midilli vd. 2002). İnce tabaka kurutma modelleri; teorik (*Fick*'in 2. difüzyon modeli), yarı teorik (*Henderson* ve *Pabis*, *Lewis*, *Page*, modifiye *Page*, logaritmik, yarı logaritmik vd.) ve deneysel (*Wang* ve *Singh*, *Thompson* vd.) olmak üzere üç gruba ayrılmaktadır.

#### 2.1.4. Etkin su difüzyonu ve aktivasyon enerjisi

Gıdanın kurutulması sırasında meydana gelen sıvı difüzyonu, su buharı difüzyonu, yüzey difüzyonu ve kılcal ve hidrodinamik akış gibi tüm su hareketleri etkin su difüzyonu ile ifade edilmektedir (Heldman vd. 2006). Ayrıca, etkin su difüzyonu kurutma dışında adsorpsiyon ve desorpsiyon gibi su hareketini içeren işlemlerin modellenme ve dizaynında gerekli olan bir su iletim parametresidir (Sharma ve Prasad 2004).

Etkin difüzyon katsayısının hesaplanmasında genellikle *Fick*'in 2. difüzyon modeli kullanılmaktadır. Etkin difüzyon katsayısı, sabit değerler yerine genellikle su içeriği ve sıcaklığın bir fonksiyonu olarak ifade edilmekte ve *Arrhenius* tarafından tanımlanmış

olan aktivasyon enerjisine bağlı olarak hesap edilmektedir (Ortiz vd. 2013; Başlar vd. 2014, 2015).

$$D_{eff} = D_0 \exp\left(-\frac{E_a}{RT}\right) \quad (2.2)$$

Bu eşitlikte  $D_{eff}$  ürünün etkin difüzyon katsayısını ( $m^2/s$ ),  $D_0$  Arrhenius faktörünü ( $m^2/s$ ),  $E_a$  aktivasyon enerjisini ( $kJ/mol$ ),  $R$  ideal gaz sabitini ( $kJ/mol.K$ ) ve  $T$  ise sıcaklığı ( $K$ ) ifade etmektedir. Aktivasyon enerjisi,  $\ln(D_{eff})$  değerlerinin  $1/T$ 'ye karşı grafik edilmesiyle elde edilen doğrunun eğiminden hesaplanmaktadır. Elde edilen aktivasyon enerjisi değeri, su difüzyonunun gerçekleşmesi için aşılması gereken enerji sınırını ifade etmektedir. Gıdanın kurutulması sırasında uygulanan sıcaklığın artırılmasıyla (Hii vd. 2009) veya kurutma havasının nem içeriğinin azalmasıyla kuruma hızı artmakta ve bu enerji sınırının aşılması kolaylaşmaktadır.

Simal vd. (2003), et bazlı bir ürün olan *sobrassada* kuruma eğrileri için dış kütle aktarım direncini de dikkate alan sade bir matematiksel model geliştirmişlerdir. Bu modelle,  $14^\circ C$  sıcaklık ve %85 nispi nemde elde edilen kuruma eğrisinin deneysel verileri ile etkin difüzyon katsayısını  $2.86 \times 10^{-11} m^2/s$  olarak ve dış kütle aktarım katsayısını ise  $3.99 \times 10^{-3} m/s$  olarak tespit etmiştir.

Trujillo vd. (2007) tarafından yapılan bir çalışmada,  $6.6-40.4^\circ C$  sıcaklık aralığında suyun et liflerine dikey difüzyonu; değişmeyen hacim, sıcaklık ve kütle transferine sıfır yüzey direncini dikkate alan sabit difüzyon modeli, konvektif sınır koşulları modeli ve kurutma sırasında etin hacim ve boyutlarının değiştiği büzülme modeli olmak üzere üç farklı model ile araştırılmıştır. Araştırmada bu üç modelle hesaplanan difüzyon verilerinin birbirinden önemli farklılıklar gösterdiği, kurutma işlemi sırasında etin ortalama %70.3 oranında büzüldüğü ve büzülme modelinin etin kurumasını daha iyi temsil ettiği belirlenmiştir.

Djendoubi vd. (2009) tarafından sardalye balığının  $40, 50, 60, 70$  ve  $80^\circ C$  sıcaklıklarda ve sabit  $1.5 m/s$  hava akış hızında kurutulduğu bir çalışmada; hava sıcaklığı arttıkça örneklerin daha hızlı kuruduğu ve *Page* modelinin deneysel kuruma verilerine en iyi uyumu gösterdiği belirlenmiştir.

Speckhahn vd. (2010) kızgın buhar ve sıcak hava olmak üzere iki farklı yöntemle kuruttukları sığır eti dilimlerinin kuruma kinetiğini farklı sıcaklık, hava hızı ve ürün kalınlığı değerlerinde belirlemişlerdir. Araştırmada kızgın buharla kurutma yönteminin azalan kuruma periyodunda daha yüksek bir kuruma hızı sağladığı, buna bağlı olarak kuruma süresini kısalttığı ve kritik su içeriği değerini düşürdüğü tespit edilmiştir.

Sobukola ve Olatunde (2011)  $60^\circ C$ 'de ve  $1.5 m/s$  hava hızında kurutulan yayın balığının kuruma kinetiğine kuru tuzlama ve salamura yöntemlerinin etkisini araştırmışlardır. Araştırmada örneklerin azalan kuruma periyodunda kuruduğu, kurumanın kuru tuzlama yönteminde daha hızlı olduğu ve *Page* ve modifiye *Page* modellerinin deneysel verilere en iyi uyumu gösterdiği belirlenmiştir.

Sa-adchom vd. (2011) kızgın buharla kurutma sırasında dilimlenmiş domuz etinin nem içeriğini, merkez sıcaklığını ve  $D_{eff}$  değerini tahmin etmek için kütle ve enerji

denkliği eşitliklerine dayandırılmış yarı deneysel bir model geliştirmişlerdir. Geliştirilen model ile kurutma başarılı bir şekilde tahmin edilmiş ve örneklerin  $D_{eff}$  değerinin  $3.311-15.056 \times 10^{-10} \text{ m}^2/\text{s}$  aralığında olduğu belirlenmiştir.

Akköse ve Aktaş (2014), kürlleme işlemiyle pastırma örneklerinin su aktivitesi, nem, tuz içeriği ve etkin su difüzyon değerlerindeki değişimleri araştırmışlardır. Pastırma dilimlerinin geometrisi sonsuz levha olarak kabul edilmiş ve etkin difüzyon katsayısının  $1.49 \times 10^{-9}-4.08 \times 10^{-9} \text{ m}^2/\text{s}$  değerleri arasında olduğu hesaplanmıştır. Ayrıca, kürlleme işleminin sonunda pastırma örneklerinin su içeriğinin %74.56'dan %66.64'e düştüğü, su aktivitesi değerinin 0.94 olduğu ve tuz içeriğinin ise  $15.65 \text{ g NaCl}/100 \text{ g KM}$  değerine yükseldiği tespit edilmiştir.

Başlar vd. (2014; 2015) ultrasonik vakum, vakum ve fırında kurutma olmak üzere üç farklı yöntemle  $55, 65$  ve  $75^\circ\text{C}$ 'de et ve balık örneklerini kurutmuş ve kurutma verilerini çok sayıda farklı modele uygulamışlardır. Araştırmada ultrasonik vakum kurutma tekniğinin örnekleri daha düşük enerji tüketimi ile daha kısa sürede kuruttuğu tespit edilmiştir.

Kucerova vd. (2015), marine edilmemiş, geleneksel yöntemle marine edilmiş ve balla marine edilmiş antilop etlerinden üretilen *jerky* örneklerinin güneş enerjisi ile kurutulmasını ve matematiksel modellemesini araştırmışlar ve kuruma kinetiğini tanımlamak için en uygun modelin çift-terimli ince tabaka kurutma modeli olduğunu, örneklerin etkin difüzyon katsayılarının sırasıyla  $2.07 \times 10^{-10}$ ,  $1.45 \times 10^{-10}$  ve  $1.43 \times 10^{-10} \text{ m}^2/\text{s}$  olduğunu ve aktivasyon enerjilerinin ise, sırasıyla  $23.75, 26.22$  ve  $26.97 \text{ kJ/mol}$  olduğunu belirlemişlerdir.

Martins vd. (2015), yaptıkları çalışmada farklı tuz içeriğine (0, 10, 20, 30 ve 40 g/100 g KM) sahip balık filetolarının ( $5 \times 3 \times 1 \text{ cm}$ )  $50^\circ\text{C}$  sıcaklık ve  $1.5 \text{ m/s}$  hava akış hızında konvektif kuruma kinetiklerini araştırmışlardır. Araştırmada *Midilli, Page* ve difüzyon yaklaşımı modellerinin filetoların kuruma kinetiklerini tahmin etmede başarılı olduğu ve artan tuz konsantrasyonunun difüzyon katsayısını arttırdığı tespit edilmiştir.

Mujaffar ve Sankat (2015) yaptıkları bir çalışmada balık dilimlerinin ( $10 \times 5 \times 1 \text{ cm}$ ) kuruma davranışı üzerine tuzlama işlemi ve hava sıcaklığının etkisini araştırmışlardır. Araştırmada örneklerin  $30-40^\circ\text{C}$ 'de sabit ve azalan kuruma hızı periyotlarında kurduğu ve  $50-60^\circ\text{C}$ 'de ise sadece azalan kuruma hızı periyodunda kurduğu, kurutma sıcaklığı  $30^\circ\text{C}$ 'den  $60^\circ\text{C}$ 'ye yükseldiğinde kuruma hızı sabitinin kontrol örneklerinde  $0.0474$ 'den  $0.2352 \text{ 1/h}$ 'ye ve tuzlanmış örneklerde  $0.0819$ 'dan  $0.3038 \text{ 1/h}$ 'ye arttığı ve çift terimli modelin deneysel verilere en iyi uyumu gösterdiği belirlenmiştir.

Ahmat vd. (2015) tarafından farklı sıcaklık, hava hızı, nispi nem ve ürün kalınlığı değerlerinde etin kuruma kinetiğinin araştırıldığı bir çalışmada; sıcaklık faktörünün kuruma kinetiği üzerinde en yüksek etkiye sahip olduğu, elde edilen kuruma grafiğinde kuruma hızının azaldığı iki periyodun bulunduğu ve deneysel ve model veriler arasındaki farkın %10'dan ve *RMSE* değerinin ise %5'ten az olduğu tespit edilmiştir.

Ojha vd. (2017) tarafından yapılan bir çalışmada, ultrasonik ön uygulamasının *Lactobacillus sakei* kültürü içeren ve içermeyen sığır *jerky* örneklerinde kuruma kinetiği

üzerine etkisi araştırılmıştır. Araştırmada hem kültürlü hem de kültürsüz sığır *jerky* örneklerine ait deneysel verilere en iyi uyumu *Wang ve Singh* modelinin gösterdiği tespit edilmiştir.

Ponwiboon ve Rojanakorn (2017) tarafından Nil çipurasının 50, 60, 70°C olmak üzere üç farklı sıcaklıkta ve sabit 0.5 m/s hava akış hızında kurutulduğu bir çalışmada; ürünün kuruma kinetiğini tahmin etmede kullanılan modeller arasından *Page* modelinin deneysel verilere en iyi uyumu gösterdiği ve sıcaklık arttıkça difüzyon katsayısının  $1.108 \times 10^{-11}$  m<sup>2</sup>/s'den  $1.752 \times 10^{-11}$  m<sup>2</sup>/s değerine yükseldiği belirlenmiştir.

Kilic (2017a, b) tarafından hamsi ve alabalık örneklerinin 4, 10, 15 ve 20°C sıcaklıkta ve sabit hava hızında kurutulduğu çalışmalarda; deneysel verilere en iyi uyumu logaritmik, *Midilli, Demir* vd. ve *Balbay-Şahin* modellerinin gösterdiği ve 4°C'de kurutulan örneklerin kalitesinin daha iyi olduğu tespit edilmiştir.

Aykın-Dinçer ve Erbaş (2018) tarafından yapılan 0, 5, 10, 15 ve 20 g NaCl/100 g KM oranlarında tuzlanmış sığır eti dilimlerinin 70°C sıcaklıktaki vakum kurutucuda kuruma kinetikleri ve kalite özelliklerinin araştırıldığı bir çalışmada, örnekler %32 su içeriğine kadar kurutulmuş ve kuruma süreleri sırasıyla 212, 207, 194, 160 ve 137 dk olarak tespit edilmiştir. Araştırmada, etkin difüzyon katsayısı  $1.43-2.40 \times 10^{-10}$  m<sup>2</sup>/s aralığında tespit edilmiş ve deneysel verilere *Page* ve modifiye *Henderson-Pabis* modellerinin yüksek uyum gösterdiği belirlenmiştir.

## 2.2. Kurutulmuş Et Ürünleri

Geçmişten günümüze kadar insanlar, gıdaların uzun süre bozulmadan saklanmasını sağlayacak muhafaza yöntemlerini araştırmış ve yeni muhafaza yöntemleri geliştirmeye çalışmıştır. Hayvansal gıdalar arasında önemli bir yere sahip olan et için de çeşitli muhafaza teknikleri kullanılmış ve geliştirilmiştir. Etlerin tuzlandıktan sonra güneşte kurutulması bilinen en eski muhafaza yöntemlerinden biridir. Geleneksel yöntemde etler güneşte ya da sıcaklık uygulamalarıyla kurutulmaktadır. Bu yöntemle elde edilen et ürünleri soğuk zincire gereksinim duyulmadan satışa sunulmakta ve böylece üretim maliyetleri de düşmektedir. Geleneksel yöntemlerle elde edilen bu et ürünleri oda sıcaklığında birkaç hafta ile birkaç ay arasında bozulmadan muhafaza edilebilmektedir (Heldman vd. 2006).

Orta Doğu ve Güney Asya ülkeleri başta olmak üzere birçok ülkede geleneksel olarak üretilen kurutulmuş et ürünleri temel olarak üç gruba ayrılmaktadır (Temelli 2011). Bunlar;

- Tuzlama ve kurutma işlemi ile üretilen ürünler,
- Tuz ve çeşitli katkı maddeleri ile muamele edildikten sonra kurutma ile üretilen ürünler,
- Tuzlama ve kürlenme işlemine ilaveten ısı işlem uygulanarak üretilen ürünlerdir.

Pastırma; kendine özgü üretim teknolojisiyle asırlardan beri üretilen Türklere özgü kurutulmuş bir et ürünü olup, temel itibarıyla sığır karkaslarının belirli bölgelerinden çıkarılan bütün kasların kürlenmesi, kurutulması, kurutmanın belirli aşamalarında baskılanması ve daha sonra da çemen adı verilen bir sos ile kaplanıp tekrar kurutulması

ile elde edilmektedir (Gökalp vd. 2002; Aksu ve Kaya 2005; Gök vd. 2008). Pastırmanın anavatanı Orta Asya olup, burada yaşayan Türkler tarafından uzun yolculuklarda tüketildiği bilinmektedir. Ayrıca, pastırmanın Selçuklular zamanında Anadolu'ya getirildiği ve Osmanlılar zamanında da hüküm sürülen ülkelere yayıldığı ileri sürülmektedir. Ülkemizde pastırma üretimi ikliminin uygunluğu nedeniyle Kayseri başta olmak üzere; Afyon, Ankara, Bursa, Çorum, Çankırı, Erzurum, Erzincan, Karaman, Kastamonu, Sakarya, Sivas ve Tokat illerinde yapılmaktadır (Tekinşen ve Doğruer 2000; Gökalp vd. 2002).

Genellikle kürlenmiş et ürünleri olgunlaştırılmış, kurutulmuş ve/veya tütsülenmiş bütün et parçalarından oluşmaktadır (Demeyer ve Toldrá 2004). Bu et ürünlerinin işleme teknolojileri kuruma yoğunluğuna, olgunlaşma süresine ya da tütsülemeye bağlı olarak farklılık göstermektedir (Toldra 2011). Akdenizde yaygın olarak domuz etinden üretilen ve *ham* olarak adlandırılan kuru-kürlenmiş ürünler tüketilmekte olup, bunlardan İspanya'daki *Iberian* ve *Serrano ham*, İtalya'daki *Parma* ve *San Danielle ham* ve Fransa'daki *Bayonne ham* en çok bilinenleridir. Bu kuru kürlenmiş et ürünlerinin ortak özellikleri en az 6 ay olan uzun işlem süresi ve kurumadan sonra %32-34 ağırlık kaybına sahip olmalarıdır (Toldra 2004, 2006a). Çin'de ise *Xuanwei*, *Ching Hua* ve *Yunnan ham* yaygın olarak tüketilen kuru kürlenmiş et ürünleridir. Kuzey Avrupa ve ABD'de üretilen ürünler ise, nispeten diğer kuru kürlenmiş et ürünlerine göre birkaç hafta gibi daha kısa süren bir olgunlaştırma periyoduna sahiptir. Bu ürünlere ABD'de *Kentucky* ve *Virginia ham*, Almanya'da *Westphalian ham* ve Finlandiya'da *Sauna ham* örnek verilebilir (Campbell-Platt 1995).

Kuzey Amerika'da üretilen *jerky* isimli kurutulmuş et ürünü düşük su içeriği, uzun süre depolanabilmesi, küçük boyutlarda olması ve kolay taşınabilmesi gibi özellikleriyle atıştırmalık gıdaların önemli bir parçasıdır (Li vd. 2014). İnce bir şekilde dilimlenmiş bütün kasların tuzlandıktan sonra 50-70°C sıcaklıklarda kurutulmasıyla elde edilen bu kuru et ürününün üretimi, su aktivitesinin düşürülmesi yoluyla mikrobiyal gelişimin engellenmesi prensibine dayanmaktadır (Yang vd. 2009). Bu kuru et ürününde protein içeriğinin %75'i kadar su bulunmaktadır. *Jerky* tipi ürünler; sığır, domuz, kümes hayvanları, geyik ve balık gibi farklı et kaynağı, baharat, antioksidan ve stabilizatörler gibi fonksiyonel katkı maddeleri ve kürlenme, tütsüleme ve kurutma gibi üretim yöntemlerinin kullanılmasıyla çeşitli şekillerde üretilmektedir (Konieczny vd. 2007).

Dünya'daki bazı kurutulmuş et ürünleri Çizelge 2.1'de verilmiştir. Latin Amerika ülkelerinde ve özellikle Brezilya'da sığır etlerinin tuzlanması ve güneşte kurutulması ile *charque* adı verilen bir et ürünü üretilmektedir (Youssef vd. 2007). Kökeni Amerikan yerlilerine ait olan *pemmican*; sığır veya bufalo ve geyik gibi av hayvanları etinin kurutulmasından sonra kurutulmuş ekşi dut gibi aroma vericilerle birlikte bağırsak kılıflara doldurularak saklanması ile üretilen kurutulmuş bir et ürünüdür (Huang ve Nip 2001). Brezilya'nın kuzey doğusunda büyük miktarlarda tüketilen *carne-de-sol*; hafif tuzlu ve güneşte kısmen kurutulmuş olarak üretildiğinden oda sıcaklığında 3-4 gün olmak üzere sınırlı bir raf ömrüne sahiptir (Norman ve Corte 1985).

*Biltong*, Güney Afrika ülkelerinde sığır eti veya av hayvanları eti kullanılarak üretilen ve üretim yönteminde yöresel farklılıklar bulunan tuzlanmış ve kurutulmuş bir et ürünüdür (Petit vd. 2014). Kuzey Afrika'ya özgü *kaddid*, tuz ve baharatlar ile muamele



edilen sığır ve koyun etlerinin güneşte kurutulması ile elde edilmekte ve oda sıcaklığında 1 yıla kadar muhafaza edilebilmektedir (Bennani vd. 1995). Jirge Afrika'ya özgü diğer bir kurutulmuş et ürünü olup, kemiklerinden ayrılmış büyük et parçalarının fermentasyona tabi tutulduktan sonra güneşte kurutulmasıyla üretilmektedir (Huang ve Nip 2001). Nijerya başta olmak üzere Batı Afrika'ya özgü kurutulmuş bir et ürünü olan *kilishi* ise; et parçalarının kurutma ve soslama işlemlerinden sonra ateşte kızartılmasıyla üretilmektedir (Ogunsola vd. 2008). *Qwanta* ise; Etiyopya başta olmak üzere Doğu Afrika'ya özgü diğer bir kurutulmuş et ürünü olup, et parçalarının kurutma işleminden sonra tütsülenmesi ve tereyağında kızartılmasından sonra ikinci kez kurutulmasıyla üretilmektedir (Kadim 2012).

İspanya ve Meksika'da tüketilen *cecina*, karkasın özellikle *biceps femoris* ve *semimembranosus* kaslarına ait yağsız etlerin tuzlanması, kurutulması ve tütsülenmesiyle üretilmektedir (Lorenzo vd. 2015). *Rougan* ve *rougana* göre daha iyi bir aromaya sahip olan *roupu* ise; Çin'de üretilen kurutulmuş et ürünleridir (Huang ve Nip 2001).

**Çizelge 2.1.** Dünya'daki bazı kurutulmuş et ürünleri ve orjinleri

Et ürünü	Orjin	Kaynak
Charque	Latin Amerika	Youssef vd. 2007
Jerky	Kuzey Amerika	Yang vd. 2009
Pemmican	Kuzey Amerika	Huang ve Nip 2001
Carne-de-sol	Brezilya	Norman ve Corte 1985
Biltong	Güney Afrika	Petit vd. 2014
Kaddid	Kuzey Afrika	Bennani vd. 1995
Jirge	Afrika	Huang ve Nip 2001
Tasajo	Küba	Huang ve Nip 2001
Kilishi	Nijerya	Ogunsola vd. 2008
Qwanta	Etiyopya	Kadim 2012
Cecina	İspanya, Meksika	Lorenzo vd. 2015
Bündnerfleisch	İsviçre	Feiner 2006
Serano ham	İspanya	Feiner 2006
Black Forest ham	Almanya	Feiner 2006
Parma ham	İtalya	Feiner 2006
Pancetta	İtalya	Feiner 2006
Parma coppa	İtalya	Feiner 2006
Rougan	Çin	Huang ve Nip 2001
Roupu	Çin	Huang ve Nip 2001
Pastırma	Orta Asya, Türkiye	Aksu ve Kaya 2005

## 2.3. Kurutma İşleminin Et Kalitesi Üzerine Etkisi

### 2.3.1. Esmerleşme reaksiyonu ve renk kaybı

Gıdaların rengi üzerine enzimatik ve enzimatik olmayan esmerleşme reaksiyonları önemli etkilerde bulunmaktadır. Kurutulmuş et ürünlerinin rengi üzerine ise, kasta bulunan az miktardaki glukoz ve serbest aminoasitlerin kuruma süresi boyunca reaksiyona girmesiyle oluşan ve enzimatik olmayan esmerleşme reaksiyonu olarak tanımlanan Maillard reaksiyonu etkili olmaktadır. Maillard reaksiyonu ürünleri, kuru etin rengi yanı sıra tekstürü, aroması, lezzeti ve besin değeri üzerine de etkili olmaktadır. Bunların yanısıra, kurutulmuş et ürünlerinde et rengi, tüm kesilmiş dilim boyunca homojen olmalıdır (Heldman vd. 2006).

Nathakaranakule vd. (2007), tüketime hazır makarnalarda ingredient olarak kullanılacak tavuk etini farklı şekillerde kombine edilmiş kızgın buharlı bir kurutucuda kurutmuştur. Kurutulmuş ürünlerin parlaklığı azalırken, kırmızılığı kurutma sıcaklığına bağlı olarak artmıştır. Kurutulmuş ürünlerin sarılık değerleri kurutma sıcaklığından etkilenmemiştir. Ürünün rengindeki bu değişikliklerin yüksek kurutma sıcaklığında meydana gelen esmerleşme reaksiyonları sonucunda oluştuğunu bildirilmiştir.

Yapılan bir çalışmada havada kurutma sırasında Japon kalamarlarının (*Todarodes pacificus*) diğer kalamar çeşitlerine göre daha fazla kahverengileştiği saptanmıştır. Ayrıca, kurutulmuş çiğ etin haşlandıktan sonra kurutulmuş örneklere göre daha fazla kahverengileştiği tespit edilmiştir. SDS-PAGE analizi sonuçları ise, proteaz aktivitesi nedeniyle myosin proteinindeki bozulmanın Japon kalamarında diğer örneklere göre daha yüksek olduğunu göstermiştir. Bunun yanı sıra, Japon kalamarındaki arginin (1932.0 mg/100 g) ve riboz (28.8 µmol/g) konsantrasyonu diğerlerine göre daha yüksektir. Bu sonuçlara göre yüksek proteaz aktivitesi ve yüksek arginin ve riboz konsantrasyonu kurutulan kalamar örneklerinde kahverengileşmeyi arttırdığı tespit edilmiştir (Geng vd. 2015).

Kurutulmuş kırmızı et ürünlerinde renk gelişimi etteki miyogloblin ve miktarı ile ilişkilidir (Aristoy ve Toldra 1998, Perez-Alvarez vd. 1999, Toldrá 2011). Sığır ve domuz etlerinin rengi üzerine düşük sıcaklıkta vakum ve dondurarak kurutma yöntemlerinin etkisinin araştırıldığı bir çalışmada, sıcaklık artışının ve dondurarak kurutma yönteminin örneklerde daha çok miyoglobin renk kaybına neden olduğu tespit edilmiştir (King ve Chen 1998).

### 2.3.2. Lipid oksidasyonu

Kurutulmuş gıdalarda lipid oksidasyonu ransit tada, kötü lezzet oluşumuna ve yağda çözünen vitaminlerin ve pigmentlerin kaybına neden olmaktadır (Heldman vd. 2006). Kuru kürlenmiş et ürünlerinde bulunan gliseritler ve fosfolipitler, lipoliz sonucunda serbest yağ asitlerine dönüşmektedir. Lipolizden sorumlu olan enzimler, kas dokudaki lizozomal asit lipaz ve asit fosfolipazlar iken, adipoz dokuda nötral lipazlardır (Motilva vd. 1993). Lipoliz sonucunda çoğunlukla palmitik, stearik, oleik ve linoleik asitler meydana gelmektedir (Toldrá 2011). Oluşan bu serbest yağ asitlerinden doymamış olanlar, oksidasyon reaksiyonlarına daha çok yatkınlık göstermektedir (Skibsted vd. 1998).

Kuru kürlenmiş et ürünlerinde oksidatif reaksiyonlar; lipoksigenazlar gibi kas oksidatif enzimlerinin ya da ışık, sıcaklık ve metal iyonları gibi çevresel faktörlerin etkisi ile başlamaktadır. Oksidasyon reaksiyonları, peroksit radikalleri ile ilerlemekte ve primer oksidasyon ürünü olan hidroperoksitler oluşmaktadır. Peroksit radikalleri çok reaktif olup çok düşük konsantrasyonlarda aromaya da katkıda bulunan alifatik hidrokarbonlar, alkoller, aldehitler ve esterler gibi ikincil oksidasyon ürünlerinin oluşmasını da sağlamaktadır. (Stahnke 2002; Toldrá 2011).

Jin vd. (2010), kurutulmuş ve kürlenmiş bir et ürünü olan *bacon* örneklerinin kas içi yağlarında meydana gelen lipoliz ve lipit oksidasyonunu araştırmıştır. Araştırma sonucunda toplam serbest yağ asidi miktarının fosfolipitlerden daha yüksek olduğu, lipolitik aktivitenin artan işlem süresi ile azaldığı, asidik lipazların nötral lipazlara göre daha aktif olduğu ve yüksek tuz içeriğinin ise asidik lipazın aktivitesini engellerken lipoksigenazın aktivitesini teşvik ettiği tespit edilmiştir.

Ying vd. (2016), kurutulmuş ve kürlenmiş kaz eti örneklerinde meydana gelen lipoliz ve lipit oksidasyonu reaksiyonlarını araştırmıştır. Araştırmada lipoksigenaz ve tiyobarbitürik asit reaktif bileşikler (*TBARS*) değerlerinin küreme ve marinyasyon aşamalarında arttığı, olgunlaşma aşamasında ise azaldığı ve yüksek miktarda tuzun kullanıldığı örneklerde ise lipoksigenaz aktivitesi ve *TBARS* değerinin arttığı tespit edilmiştir.

### 2.3.3. Boyut küçülmesi ve rehidrasyon

Kurutma yöntemi ve koşulları ürünün boyut küçülmesi, porozite ve yoğunluk özellikleri üzerinde etkili olmaktadır. Sıcaklık uygulaması ve su kaybı et proteinlerinin yapısında büzülme, gözenek oluşumuna ve mikro yapıda birtakım değişikliklere yol açmaktadır (Laopoolkit ve Suwannaporn 2011). Gıdaların kurutulması sırasında meydana gelen ve materyaldeki düzensiz su ve sıcaklık değişiminden kaynaklanan düzensiz hacim değişiminin yol açtığı kırılma ve çatlama önemli kalite bozulmaları olarak tanımlanmaktadır (Heldman vd. 2006). Kalamar filetosunun mikroyapısına kızılötesi ile kurutmanın etkisinin araştırıldığı bir çalışmada; nem kaybı, protein denatürasyonu ve liflerin büzülmesine bağlı olarak daha yoğun ve sert bir kas lifi yapısının meydana geldiği belirlenmiştir (Deng vd. 2014).

Kurutulmuş gıdaların rehidrasyon yetenekleri kurutma işlem koşulları, etin bileşimi, pH değeri, yoğunluğu ve gözenekliliğine bağlıdır (Lewicki 2004; Heldman vd. 2006). Büzülme gibi hücrel ve yapısal bozulmalar en aza indirildiğinde ürünün rehidrasyonu en yüksek düzeye ulaşabilmektedir. Dondurarak kurutma işlemi ile elde edilen gözenekli yapıdaki ürünler; daha az büzülme, üstün tat sağlama ve daha iyi rehidrasyon özelliklerine sahiptir (Laopoolkit ve Suwannaporn 2011). Kızgın buharlı bir kurutucuda kurutulmuş tavuk etinin kalitesinin araştırıldığı bir çalışmada, boyut küçülme oranının uygulanan sıcaklığa bağlı olduğu ve kontrole göre kızgın buharla kurutma yönteminin örneklerde daha az boyut küçülmesine ve daha yüksek rehidrasyona neden olduğu tespit edilmiştir (Nathakaranakule vd. 2007).

### 2.3.4. Tekstür

Nem içeriği, bileşim, pH, örnek boyutu ve kurutma yöntemi gibi faktörler kuru et ürününün tekstürel özelliklerine etki etmektedir. Özellikle çiğ etin pH değeri, kuru kürlenmiş et ürünlerinin üretimi sırasında enzim aktivitesini etkilemektedir. Yüksek pH değerinde bir hammadde kullanıldığında, proteolitik aktivite yükseldiği için kuru kürlenmiş et ürünleri daha yumuşak, soluk, parçalanabilir ve yapışkan bir yapıya sahip olabilmektedir (Guerrero vd. 1999).

Kurutulmuş et ürünlerinin tekstürü kuruma derecesiyle yakından ilişkilidir. Bu nedenle daha yoğun bir kuruma ve buna bağlı nem kaybına sahip ürünler daha sert dokuya sahiptir. Ayrıca, hızlı kurutma işlemi ürün dışında yoğun bir kuruma sağlarken, ürünün iç kısımlarının daha yüksek nem içeriğinde kalmasını sağlamaktadır (Toldrá 2011). Kuru kürlenmiş *ham* örnekleri üzerinde yapılan bir çalışmada, kritik su içeriği değerinin (%60) altında su içeren örneklerin sertliğinde önemli bir artış meydana geldiği ve bunun ürünlerin dış bölgesinde oluşan kabuktan kaynaklandığı bildirilmiştir (Serra vd. 2005). Diğer taraftan, sertleşmeye katkıda bulunan etkenlerle proteinlerin proteazlarla parçalanmasına katkıda bulunan etkenler arasında bir denge bulunmaktadır (Barbut 2007). Özellikle kuru kürlenmiş et ürünlerinde bulunan endoproteazlar, peptidazlar ve aminopeptidazlar gibi kas proteazlarının aktivitesi, kürlenme sırasında ilave edilen tuz miktarı ile kontrol edilmekte ve böylece aşırı yumuşak bir yapının oluşması engellenebilmektedir (Parolari vd. 1994; Toldrá 2006b).

Żochowska-Kujawska (2016), *biceps femoris*, *semimembranosus* ve *longissimus lumborum* gibi farklı geyik kaslarından üretilen kurutulmuş-kürlenmiş et ürünlerinin tekstürel özellikleri üzerine tuz miktarının (%4, 6 ve 8) ve kas lifi yapısının etkisini belirlemiştir. Bu çalışmada kırmızı kas lifi ve tuz içeriği yüksek örneklerin daha yüksek sertlik, kohezyon, esneklik ve çiğnenebilirlik değerlerine sahip olduğu belirlenmiştir.

Et gibi kuru gıdaların viskoelastik davranışları gerilim ve deformasyon ilişkisine dayalı olarak incelenmektedir. Kuru et ürünlerinin diğer özellikleri gibi viskoelastik özellikleri de sıcaklık ve su içeriğine bağlı olarak değişmektedir (Heldman vd. 2006). Yapılan bir et kurutma çalışmasında kurutmanın farklı zamanlarında örnekler alınmış ve örneklerin duyusal olarak en yüksek çiğnenebilirlik özelliğinin, örneğin nem/protein oranının 0.5 olduğu kuruma süresinde sağlandığı tespit edilmiştir (Konieczny vd. 2007).

### 2.3.5. Lezzet ve aroma

Kurutulmuş et ürünlerinin lezzeti, üründen ürüne değişebilen baharatların kombinasyonu, endojen enzim aktiviteleri, mikrobiyal aktiviteler, otooksidasyon ve koku bileşiklerinin interaksiyonu gibi faktörlere bağlıdır (Arnau vd. 2007). Proteoliz ve lipoliz; kurutulmuş et ürünlerinde görülen önemli enzimatik reaksiyonlar olup, bunları oksidasyon takip etmektedir. Tüm bu reaksiyonlar kurutulmuş et ürünlerinde aroma bileşiklerinin oluşumundan sorumlu olmaktadır (Toldrá 2011). Özellikle kuru kürlenmiş et ürünlerinde proteoliz sonucunda meydana gelen serbest aminoasitler kürlenmiş flavor oluşumuna katkı sağlamaktadır (Toldrá 2006b).

Gıdanın aroma ve lezzetinden sorumlu uçucu bileşiklerin kaynama noktası, suyun kaynama noktasından daha düşüktür. Bu nedenle kurutma işlemi sırasında bu bileşikler gıdadan uzaklaşabilmektedir. Kurutma işleminin başlangıcında ürün yüzeyde ince bir kabuk oluşturularak bu bileşiklerin kaybı önlenmektedir (Heldman vd. 2006).

Kaban (2009) pastırmanın geleneksel üretimi sırasında uçucu bileşenleri belirlemiş ve toplamda 48 uçucu bileşik tespit etmiştir. Araştırmada, ikinci kurutmanın sonlarında aldehit yapısındaki bileşiklerin en yüksek seviyelere ulaştığını ve aromatik hidrokarbonların ise son üründe baskın uçucu bileşikler olduğunu belirlemiştir.

Lorenzo (2014) üretim sırasında *cecina* örneklerinin yağ asidi profilinde ve uçucu bileşenlerinde meydana gelen değişimleri belirlemiştir. Kurutma ve olgunlaştırma fazının sonunda örneklerin serbest yağ asidi içeriğinin 26.56 g/kg yağ değerine yükseldiği ve palmitik, stearik, oleik ve linoleik asitin bu yükselişte önemli olduğu tespit edilmiştir. Üretim süresince esterler, aldehitler, hidrokarbonlar, alkoller, furanlar ve ketonlardan oluşan 55 kadar uçucu bileşiğin aroma oluşumuna katkıda bulunduğu belirlenmiştir.

Fu vd. (2015), yaptıkları çalışmada gümüş sazan balığı filetoalarını sıcak hava, mikrodalga ve mikrodalga-vakum yöntemleriyle kurutmuşlardır. Kurutma işlemi balıksız istenmeyen kokunun azalmasını sağlarken okside olmuş yağ kokusunun artmasına neden olmuştur. Mikrodalgada kurutma işleminin topraksı-küfsü kokuyu büyük ölçüde azalttığı, mikrodalga ve mikrodalga-vakum yöntemleriyle kurutulan örneklerin *TBARS* değerlerinin daha düşük olduğu ve *TBARS* değerinin mikrodalga kurutma sırasında güç yoğunluğu ile azalırken, vakum işlemiyle arttığı belirlenmiştir. Tüm kurutma işlemlerinin toplam yağ, eikosapentaenoik (EPA) ve dokosaheksaenoik (DHA) yağ asidi içeriklerini önemli ölçüde azalttığı tespit edilmiştir.

Sha vd. (2017) Kazakistan'a özgü kuru kürlenmiş sığır etinin geleneksel üretimi ve depolanması sırasında yağ asidi profilini ve uçucu bileşenlerini belirlemiştir. Araştırmada, üretim sırasında çoklu ve tekli doymamış yağ asitlerinin azaldığı, doymuş yağ asitlerinin arttığı ve 38 farklı uçucu bileşiğin aromaya katkı verdiği tespit edilmiştir. Temel bileşen analizi sonucunda kürlenmiş kurutulmuş kuru et ürününün aroması üzerine birincil temel bileşenler olarak sırasıyla yağ, doymuş yağ asitleri, *TBARS*, furanlar, çoklu doymamış yağ asitleri, nem ve hidrokarbonların baskın olduğu ve ikincil temel bileşenler olarak da esterler, alkoller, ketonlar ve aldehitlerin etkili olduğu belirlenmiştir.

### 2.3.6. Mikrobiyolojik kalite

Mikroorganizmaların gelişimi için taze et ideal bir ortam olmasına rağmen; gastrointestinal sistem, solunum yolları ve lenf düğümleri haricinde hayvanın iç kısmında organizmalar bulunmamaktadır. Ancak, kesimden önce ve işleme sırasındaki çevresel koşullar et yüzeyindeki kirlilik derecesini ve etin mikrobiyal bozulmasını etkilemektedir. Diğer taraftan, işlenmiş et ürünlerinde taze ete göre farklı bir mikrobiyal grup bulunmaktadır. Özellikle, su aktivitesi aralığı 0.60-0.90 olan ve orta nemli olarak tanımlanan et ürünlerinde bazı bakteriler (*Pediococcus*, *Streptococcus*, *Micrococcus*, *Lactobacillus*, *Vibrio* ve *Staphylococcus*), mayalar (*Hansenula*, *Candida*, *Hanseniaspora*, *Torulopsis*, *Debaryomyces* ve *Saccharomyces*) ve küfler (*Cladosporium*, *Paecilomyces*, *Penicillium*, *Aspergillus*, *Emericella*, *Eremascus*, *Wallemia*, *Eurotium*,

*Chrysosporium* ve *Monascus*) gelişebilmektedir. Bu mikroorganizmaların büyük bir kısmı üründe bozulmaya ve tüketici de sağlık sorununa sebep olabilmektedir (Huang ve Nip 2001).

Kesimle birlikte ete bulaşan soğuğa dayanıklı *Enterobacter* spp., *Proteus* spp., *Citrobacter* spp. ve özellikle *Serratia* spp. gibi Enterobacteriaceae familyası üyesi mikroorganizmalar da üründe bozulmaya neden olmaktadır. Bunlara ilaveten, bozulmuş ürünlerde *Clostridium* and *Staphylococcus* cinsi mikroorganizmalar da bulunabilmektedir (Feiner 2006). Gıdanın su aktivitesi değeri 0.95'in altına düşürüldüğünde *Clostridium botulinum*'un A ve B tipi ile *C. perfringens*'in gelişimi engellenebilirken, aerobik koşullarda 0.86 su aktivitesi değerine kadar *Staphylococcus aureus* gelişim gösterebilmektedir (Huang ve Nip 2001).

Gıdanın su aktivitesi 0.85 değerinin altına düşürülmesiyle mikroorganizmaların gelişimi engellenebilmekte, fakat bu işlem ürünü güvenli hale getirmemektedir. Kurutma işleminin sıcaklığı mikroorganizmaların sayısını azaltırken canlı kalabilen ve gıdada bozulma yapabilen mikroorganizmalar üründe sorunlara neden olabilmektedir (Heldman vd. 2006). Kuru kürlenmiş et ürünlerinin mikrobiyal güvenliğini etkileyen başlıca patojen *Listeria monocytogenes* mikroorganizmadır. Bu mikroorganizma insanlarda listeriosis gibi ciddi enfeksiyonlara neden olabilmektedir. Listeriosis kaynaklı ölümlerin oranı (%20) oldukça yüksek olduğundan, ürün pazarlanmadan önce *L. monocytogenes*'in ortadan kaldırılması veya azaltılması gerekmektedir (Sara vd. 2014). ABD Tarım Bakanlığı Gıda Güvenliği ve Denetimi Birimi (FSIS/USDA) tüketime hazır gıdalarda *L. monocytogenes* için sıfır tolerans politikasını uygulamaktadır. Avrupa Birliği ise, bu ürünler için 100 kob/g değerinde bir gıda güvenliği hedefi belirlemiştir (Anonymous 2005). Kurutulmuş et ürününün mikrobiyal açıdan daha stabil olmasını sağlamak amacıyla; nitrit kullanımı, düşük pH, tuz ilavesi, vakum ambalajlama ve ısıl işlem gibi faktörler bir arada uygulanmaktadır (Huang ve Nip 2001).

Kurutulmuş et ürünlerinde mikroflora genellikle Koagulaz (-) stafilokoklardan oluşmaktadır. Bu mikroorganizmalar stabil ve güçlü bir et renginin oluşmasına katkı sağlamakta ve sahip olduğu katalaz enzimi ile hidrojen peroksiti parçalayarak uzun süre kurutulmuş ürünlerdeki acılaşmayı geciktirmektedir. Hava ile kurutulmuş et ürünlerinde ise mikroflora genellikle LAB'den oluşmaktadır. Son üründe bulunan ve birlikte sayılan *Staphylococcus*, *Micrococcus* ve *Pediococcus* cinslerinin sayısı  $10^5$ - $10^6$  kob/g ürün aralığında değişmektedir (Feiner 2006).

García vd. (1995), *cecina* örneklerinin olgunlaştırılması sırasındaki mikroflora değişimini araştırmışlardır. *Cecina* örneklerinin hem iç hem de dış kısımlarından alınan örneklerde baskın florayı Micrococcaceae familyasının oluşturduğu tespit edilmiştir. Örneklerin yüzeyindeki ( $10^7$  kob/g) mikrobiyal yük iç kısmına ( $10^3$ - $10^4$  kob/g) oranla daha yüksek olarak belirlenmiştir. Micrococcaceae familyasına ait 159 izolatin %81'inin *Staphylococcus* cinsi olduğu belirlenmiş ve bunlar *S. equorum* (%43), *S. xylosus* (%29), *S. saprophyticus* (%11) ve *S. simulans* (%8) olarak tanımlanmıştır.

Aksu vd. (2008) tarafından yapılan bir araştırmada, pastırma üretiminde *Escherichia coli* O157:H7 üzerine koruyucu kültürlerin etkisi incelenmiştir. Kontamine edilmiş kontrol grupları ile koruyucu kültür ilave edilmiş grupların *E. coli* O157:H7

seviyeleri arasında ikinci kurutma aşamasının sonunda bir farklılık olduğu tespit edilirken, üretimin diğer aşamalarında herhangi bir farklılık olmadığı tespit edilmiş ve pastırma üretiminde *E. coli* O157:H7 düşüşünü etkileyen en önemli faktörün kurutma aşamasındaki su kaybı olduğu bildirilmiştir.

Scheinberg vd. (2014), yüksek basınç uygulama ve kaynar suya daldırma olmak üzere iki farklı işlemin *jerky* üretimi sırasındaki patojen sayısını azaltmaya etkisini araştırmışlar ve yüksek basınç uygulamasının (550 MPa, 60s) *Salmonella* spp. sayısında 6.83 log kob/şerit ve *E. coli* O157:H7 sayısında ise 4.45 log kob/şerit düzeyinde önemli bir azalma sağladığını ancak *L. monocytogenes* sayısında 1.28 log kob/şerit ve *S. aureus* sayısında 1.32 log kob/şerit olmak üzere daha düşük bir azalma sağladığını tespit etmişlerdir. Kaynar su uygulamasının (100±2°C, 20-30s) ise; *Salmonella* spp., *E. coli* O157:H7, *L. monocytogenes* ve *S. aureus* sayılarını 5.0 log kob/şerit düzeyinden daha fazla azalttığını belirlemiştir.

Plavsic vd. (2015) tarafından ev yapımı kurutulmuş ve tütsülenmiş bir et ürününün özelliklerinin araştırıldığı bir çalışmada, son ürünün %37.8 su, %5.1 tuz içerdiği ve su aktivitesi değerinin 0.89 olduğu, maya ve küf sayısının ise sırasıyla 10<sup>7</sup> ve 10<sup>6</sup> kob/g olduğu tespit edilmiştir.

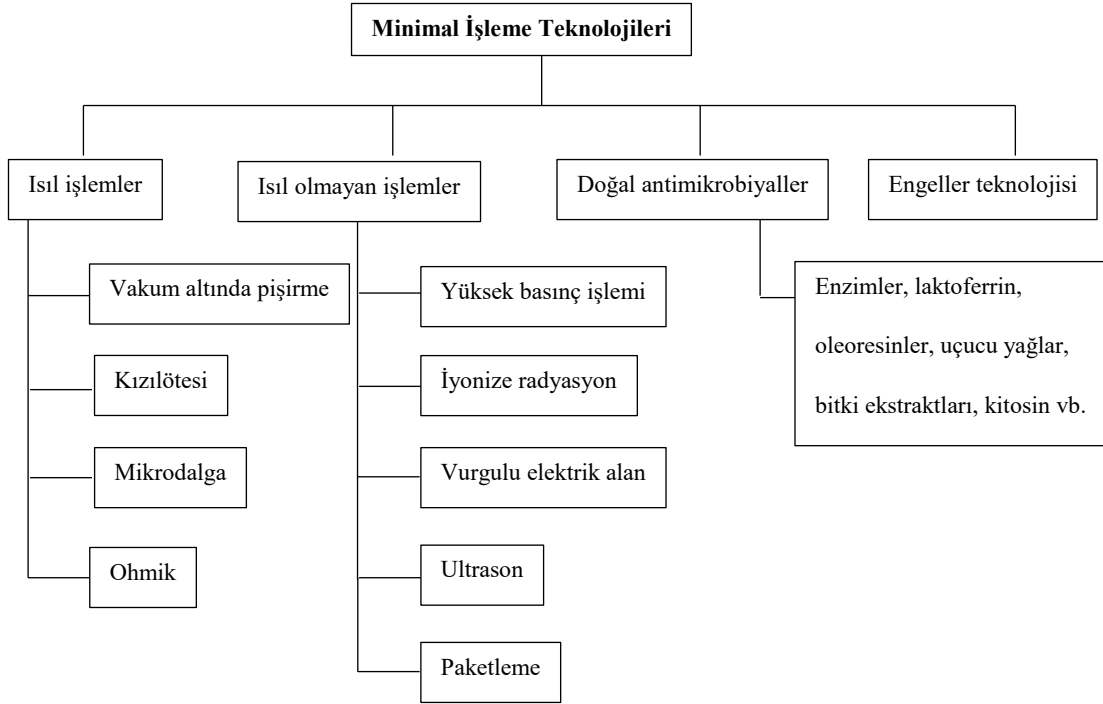
Öz vd. (2017), 14 farklı üreticiden temin edilen pastırma örneklerinden 106 farklı tür LAB'sini izole etmişler ve bu izolatları 16S rDNA dizilim yöntemi ile tanımlamışlardır. Bu analiz sonucunda izolatların %27.4'ü *Lactobacillus sakei*, %24.5'i *Weissella cibaria* ve %19.8'i *W. confusa* olarak tanımlanmıştır. Bunların dışında; pastırma örneklerinde *Pediococcus pentosaceus* (%5.7), *P. acidilactici* (%4.7), *Leuconostoc carnosum* (%3.8), *W. hellenica* (%2.8), *L. plantarum* (%1.9), *L. paraplantarum* (%1.9), *L. curvatus* (%1.9), *W. halotolerans* (%1.9), *L. graminis* (%0.9), *L. carnosus* (%0.9), *Leu. citreum* (%0.9) ve *Leu. mesenteroides* (%0.9) bakterileri de tanımlanmıştır. Ayrıca, pastırma örneklerinde *Micrococcus/Staphylococcus*, LAB ve maya-küf sayılarının sırasıyla 5.28-7.69, 3.30-7.90 ve 2.30-6.42 log kob/g aralığında olduğu, Enterobacteriaceae sayısının tespit edilebilir düzeyin altında (< 2 log kob/g) olduğu ve örneklerin pH ve su aktivitesi değerlerinin ise sırasıyla 5.29-6.65 ve 0.86-0.92 aralığında olduğu belirlenmiştir.

#### 2.4. Minimal İşlem Uygulamalarıyla Kuru Bir Et Ürününün Üretilmesi

Minimal işlem görmüş gıdalar, yoğun olmayan bir katkılama ve ısı işleme maruz kalmış gıdalar olarak da tanımlanmaktadır (James ve James 2015). Meyve ve sebzelerin istenmeyen kısımlarının uzaklaştırılması, kabuklarının soyulması, yıkanması, ayıklanması, doğranması, rendelenmesi; et ürünlerinin deri ve kemik kısımlarının ayrılması, fileto haline getirilmesi; süt ürünlerinde ise kaymağın ayrılması, yağın azaltılması gibi işlemlerinin yanı sıra pişirme, pastörizasyon, sterilizasyon, soğutma, dondurma, vakum ve gaz atmosferde ambalajlama işlemleri de minimal işlem olarak tanımlanmaktadır (FAO 2015). Minimal işlemin temel amaçları; gıdayı kimyasal ve mikrobiyolojik açıdan güvenli hale getirme, gıda ürünlerinin istenilen aroma, renk ve tekstür özelliklerini koruma ve son olarak gıdaların hızlı hazırlanmasında tüketicilere kolaylık sağlamaktır (Bansal vd. 2015).

Son yıllarda tüketiciler besinsel ve duyuşal açıdan daha taze ve doğal olan gıdaları tercih etmektedir. Tüketicilerin artan bu talepleri daha az işlem, katkı maddesi, yağ, tuz ve şeker kullanımı ve uzun raf ömrü sağlayan, çevreye dost ambalajlama materyallerinin kullanımı gibi yöntemlerle karşılanmaya çalışılmaktadır (Hugas vd. 2002; Allende vd. 2006; Bansal vd. 2015). Ayrıca, “Doğal” ifadesiyle de etiketlenen bu ürünlerin yapay renklendiriciler, lezzet vericiler, koruyucular (nitrat, nitrit vd.) ya da tatlandırıcıları içermemesi gerektiği de bildirilmiştir (USDA 2005).

Geleneksel işleme yöntemleri hayvansal gıdalarda önemli besinsel kayıplara neden olmaktadır (Cheftel 1995). Bu kayıpların ana sebebi ise, gıda güvenliğini sağlamak için uygulanan yoğun ve uzun süreli işlemlerdir. Bu nedenle; yüksek hidrostatik basınç, vurgulu elektrik alan, titreşimli manyetik alan, ışılama ve doğal antimikrobiseller gibi ısı olmayan işlemler hayvansal gıda ürünlerinin hazırlanmasında kullanılmaktadır (Banerjee and Verma 2015). Bu işlemler tek başına ya da kombinasyonlar halinde gıdaya uygulanabilmektedir. Et ürünlerine uygulanan minimal işleme teknolojileri Şekil 2.2’de verilmiştir.



**Şekil 2.2.** Et ürünlerine uygulanan minimal işleme teknolojileri (Banerjee and Verma 2015)

Isıl işlem uygulaması, düşük su aktivitesi, tuz ve çeşitli koruyucuların kullanımı ve düşük depolama sıcaklığı gibi faktörleri içeren çoklu engeller yaklaşımı mikrobiyal gelişimin kontrolü için en güvenilir yöntemlerden biridir (Rodríguez-Calleja vd. 2012). Bu faktörlerin iyi bir şekilde kombine edilmesi, mikrobiyal güvenliği ve duyuşal kaliteyi geliştirmekte ve ürünün raf ömrünün uzatılmasını sağlamaktadır (Choi vd. 2008). Karthikeyan vd. (2000) tarafından Hindistan’da yapılan bir araştırmada, hızlı bozulan ve bu nedenle raf ömrü 1 gün olan geleneksel bir et ürününün raf ömrü üzerine pH, su



aktivitesi, ısıtma işlemi, çeşitli koruyucular ve vakum ambalajlama gibi faktörlerin etkisi engeller teknolojisine prensibine göre araştırılmış ve araştırma sonucunda engeller teknolojisi uygulamanın ürünün raf ömrünü 5 güne çıkartabildiği tespit edilmiştir.

Nitrat ve nitrit çeşitli amaçlarla tuz ve diğer bileşenlerle birlikte ete katılmakta olup bu amaçların başında antimikrobiyal etki gelmektedir. Bu etki sayesinde gıda zehirlenmesine neden olan *C. botulinum*'un gelişimi ve toksin oluşumu engellenebilmektedir. Ürüne katılan nitrat nitrite, nitrit ise nitroz aside ( $\text{HNO}_2$ ) dönüşmekte, iyonize olmamış  $\text{HNO}_2$  bakterilerin hücre duvarını geçebilmekte ve enzimleri inhibe ederek mikroorganizmaların gelişmesini ve çoğalmasını engelleyebilmektedir. Antimikrobiyal etkinin yanı sıra nitrat ve nitritin ürüne ilave edilmesinin diğer bir amacı ise; üründe arzu edilen kür rengini sağlamaktır. Bu amaçla ürüne katılan nitrat ( $\text{NO}_3$ ) ve nitrit ( $\text{NO}_2^-$ ) bir seri reaksiyon sonucunda nitrik oksite ( $\text{NO}$ ) dönüşmekte ve oluşan  $\text{NO}$ , myoglobin ( $\text{Fe}^{+2}$ ) ile birleşerek ürüne kırmızı rengini veren nitrosomyoglobini oluşturmaktadır (Sebranek ve Bacus 2007). Bunlara ilaveten; tipik tat ve aroma kazandırma, otooksidasyonu engelleme ya da geciktirme gibi amaçlarla da nitrat ve nitrit et ürünlerine ilave edilmektedir (Sucu ve Yıldız Turp 2018).

Kür edilmiş et ürünlerinde nitrat ve nitritin yukarıda belirtilen olumlu etkilerinin yanı sıra karsinojenik özellikteki nitrosamin oluşumuna da neden oldukları ve ayrıca, nitratın potansiyel olarak toksik bir gıda katkı maddesi olduğu belirtilmektedir (Alahakoon vd. 2015). Dünya Sağlık Örgütü (WHO) Uluslararası Kansere Araştırmaları Ajansı tarafından da işlenmiş et ürünlerinin insanlarda kansere yol açtığı ve bu ürünlerin tüketiminin azaltılmasıyla kolon kanseri riskinin azaltılabileceğini bildirilmiştir (WHO 2015). Et ürünlerinde nitrozamin oluşumunu azaltmada etkili yollardan biri nitritin alternatif ingredientlerle tamamen ya da kısmen yer değiştirmesidir (Sindelar ve Milkowski 2011). Engeller teknolojisinden yararlanılarak da nitritin neden olduğu bu risk önlenmektedir. Jafari ve Emam-Djomeh (2007) yaptıkları çalışmada ürün güvenliği ve kalitesinde herhangi bir değişime neden olmadan engeller teknolojisinden faydalanarak sosislerin nitrit içeriğini azaltmayı çalışmışlardır. Araştırmada, sosis örneklerinin su aktivitesi ve pH değerleri sırasıyla 0.95 ve 5.4'e ayarlandıktan sonra örnekler 3-10°C'de depolanmış ve kontrol örneklerine (120 ppm nitrit) göre engeller teknolojisinin örneklerin (50 ppm nitrit) duyu özelliklerinde bir değişime neden olmadan TAMB sayısında önemli bir azalma sağladığı belirlenmiştir.

#### 2.4.1. Tuzlama işlemi

Gıdaların tuzlanarak korunması güneşte kurutma kadar eski bir yöntemdir. Lezzet verici olarak da kullanılan tuz, etin kurutulması sırasında su aktivitesini düşürerek kurumayı hızlandırmaktadır (Huang ve Nip 2001). Tuzlama işlemi için bir kg ete 32-35 g arasında tuz eklenmektedir. Bu tuzlama ile birlikte etin su aktivitesi değeri 0.95'e düşmekte, tuz içeriği %4.3-4.5 aralığına yükselmekte ve ürün Enterobacteriaceae bakterilerine karşı mikrobiyolojik olarak güvenli hale gelmektedir (Feiner 2006).

Tuzlama işlemi farklı şekillerde yapılabilmektedir. Kuru tuzlama en eski yöntemlerden biri olup, genellikle *bacon* ve *ham* gibi kür edilmiş, pişirilmiş veya kurutulmuş et üretiminde uygulanmaktadır. Bu yöntemde et parçasının yüzeyine homojen dağılacak şekilde uygulanan kuru tuz, kasın yapısında bulunan suda çözünmektedir.

Salamura yöntemiyle tuzlamada ise; et %20-24 tuz içeren çözeltide belli bir süre bekletilmektedir (Feiner 2006). Teknolojinin gelişmesiyle birlikte tuzlama işlemi tek veya çoklu iğnelerin kullanıldığı enjeksiyon yöntemiyle yapılmaktadır (Huang ve Nip 2001). Tuzlamada çoklu iğnelerin kullanımı, hızlı ve sürekli bir tuzlama işlemi sağlayarak üretim verimini arttırmakta ve işçilik maliyetlerini düşürmektedir (Pegg ve Shahidi 2006). Diğer taraftan, iğnelerin etin yapısında deformasyona neden olması yöntemin en önemli dezavantajıdır.

Tuzun difüzyon hızı, et yüzeyindeki tuz konsantrasyonu ile merkezinde bulunan tuz konsantrasyonu arasındaki farka bağlı olmaktadır. Difüzyon hızı, tuzlama işleminin başlangıcında yani henüz etin merkezinde tuz bulunmadığında en yüksektir. Zamanla etin dış tabakalarındaki su uzaklaşmakta ve bu tabakalardaki tuz konsantrasyonu artmaktadır. Dolayısıyla, tuz konsantrasyonlarındaki dengesizliği giderme amacıyla su etin merkezinden yüzeyine doğru hareket etmektedir (ozmatik dehidrasyon). Aynı zamanda tuz et parçasının merkezine doğru nüfuz etmekte ve böylece etin yüzeyindeki ve merkezindeki tuz konsantrasyonu dengeye ulaşmaktadır (Feiner 2006).

Kuru tuzlanmış etler vakum ambalajlanıp 2-5°C'de bekletilirse, vakum uygulamasından dolayı kas lifleri gevşediği için tuzun difüzyonu hızlanmaktadır. Ayrıca, 5°C'nin üzerinde *Salmonella* spp. and *S. aureus* gelişebildiğinden, üretimin başında tuzlanmış etlerin bu sıcaklığın üzerinde bir sıcaklığa maruz bırakılması ciddi bir risk oluşturmaktadır. *Salmonella* spp. tuzun neden olduğu düşük su aktivitesi değerlerinde ( $\approx 0.95$ ) gelişmemektedir. Dolayısıyla tuzlama aşamasında; yüksek tuz kullanımı, nitrit varlığı, düşük mikrobiyal yüklü et kullanımı ve 5°C'nin altında muhafaza gibi engellerle mikrobiyolojik bozulma önlenmektedir (Feiner 2006). Yapılan bir çalışmada *L. monocytogenes* ve *Salmonella* farklı tuzlarla (NaCl ve KCl+potasyum laktat) üretilmiş ham dilimlerinin üzerine 100 kob/g düzeyinde inoküle edilmiş ve KCl+potasyum laktat içeren ham örneklerinin NaCl içeren örneklere göre daha düşük mikrobiyal stabiliteye sahip olduğu belirlenmiştir (Stollewerk vd. 2012).

Soyer vd. (2011), pastırmanın üretimi sırasında meydana gelen proteolitik değişimler üzerine farklı tuz oranlarının (%3, 6 ve 9) etkisini araştırmışlar ve araştırmada örneklerin protein tabiatında olmayan azot (NPN-M) ve serbest aminoasit miktarlarının arttığını ve yüksek oranda tuz içeren örneklerin daha fazla serbest aminoasit içerdiğini tespit etmişlerdir.

Martuscelli vd. (2015) üç kere uygulanan tuzlama işlemiyle üretilen geleneksel kuru kürlenmiş ham örneklerinin tuz içeriğini azaltmak amacıyla tuzlama işlemini iki kere uygulamışlar ve bu yöntemle örneklerin tuz içeriğinin önemli derecede azaltılabildiğini, örneklerin aldehit ve hekzanal içeriğinin daha düşük olduğunu, daha zor çiğnendiğini ve daha az tuzlu-dumansı bir tada sahip olduğunu tespit etmişlerdir.

Lorenzo vd. (2015), *cecina* adı verilen geleneksel kuru-kürlenmiş et ürününün teknolojik özellikleri üzerine farklı tuzlama sürelerinin etkisini araştırmışlar ve araştırmada tuzlama süresinin örneklerin pH, kasiçi yağ ve TBARS değerlerini önemli bir şekilde etkilemediğini ancak, kısa tuzlama süresinin toplam serbest yağ asiti (214 g/kg yağ) ve toplam serbest aminoasit (31g/kg KM) içeriğini önemli bir şekilde arttırdığını tespit etmişlerdir.

Jin vd. (2015), *bacon* örneklerinin nem içeriği ve lipit oksidasyonu değerleri üzerine üretim sırasında kullanılan basınç destekli tuzlama teknolojisinin etkisini araştırmışlardır. Araştırmada, basınç destekli tuzlama işleminin su tutma kapasitesini ve lipit oksidasyonunu arttırırken, nitrit kalıntısını azalttığı tespit edilmiştir.

Yalçın ve Şeker (2016) yaptıkları çalışmada hindi göğüs etinin tekstürel, renk ve mikrobiyal özellikleri üzerine tuzlama, baskılama ve nem içeriği faktörlerinin etkisini incelemişler ve yüksek ve düşük tuzlu örneklerin renk ve tekstür özelliklerinde önemli bir farklılık tespit edilememiştir.

#### 2.4.2. Pastörizasyon işlemi

Minimal işlem görmüş et ürünlerinin gıda güvenliği, ısıl işlem yükü azaltılmış uygulamalarla sağlanmaktadır. Sıcak su, buhar, buhar-vakum ve yüksek basınç uygulaması et ve et ürünlerinde yaygın olarak kullanılan pastörizasyon yöntemleridir (Andrés vd. 2006; Trivedi vd. 2007).

Buhar-vakum pastörizasyonu, et ve et ürünlerinin yüzeyindeki kontaminasyonu kontrol altında tutmak için uygulanan yüzey pastörizasyon yöntemlerinden birisidir. Bu yöntemin prensibi; 65-100°C sıcaklık aralığında 5-20 s buhar uygulama işlemi ile et yüzeyindeki mikroorganizmaların inaktivasyonunun sağlanmasına ve bir vakum sistemi tarafından bu kontaminantların uzaklaştırılmasına dayanmaktadır. Bu yöntemle yüksek sıcaklıktaki buhar, proteinlerin denatürasyonuna ya da etin kompozisyonunda herhangi bir bozulmaya neden olmaksızın çiğ etteki bakteriyel kontaminasyonu 1-4 log kob/cm<sup>2</sup> kadar azaltılabilmektedir (James vd. 2000; Tarp 2004; Skåra vd. 2014; Hassan vd. 2015). Hassan vd. (2015) yaptıkları bir çalışmada, buhar-vakum pastörizasyonu yönteminin koyun ve kuzu karkasları yüzeyindeki toplam bakteri, *E. coli* ve Enterobacteriaceae düzeylerini azaltmada etkili olduğunu bildirmiştir.

Bir diğer buharlı pastörizasyon şekli olan vakum-buhar-vakum uygulamasında ise ısıl işlem öncesi karkas ve parça etler gibi ürünlere vakum uygulanarak ürünün gözeneklerindeki mikrobiyal yükün sıvılarla birlikte dışarıya çıkartılması da hedeflenmiştir (Kozempel vd. 2000a, b). Mikrobiyal kontaminasyonu istenilen düzeye indirmek için vakum/buhar/vakum döngüsü arka arkaya birkaç defa uygulanabilmektedir (Kozempel vd. 2002, 2000a, b).

Hochreutener vd. (2017) tarafından yapılan bir çalışmada, buhar-vakum pastörizasyon yöntemi sığır karkaslarının yüzeyindeki mikrobiyal yükü azaltmada kullanılmıştır. Karkas parçalarında TAMB sayısı başlangıçta 2.6-3.1 log kob/cm<sup>2</sup> aralığında tespit edilirken, kesimden sonra uygulanan buhar-vakum pastörizasyon işleminin bu bakteriyel yükü 0.4-0.9 log kob/cm<sup>2</sup> kadar azalttığı belirlenmiştir.

James vd. (2000) tavuk parçalarının mikrobiyolojik kalitesi üzerine 100°C'de 10s buhar uygulamasının etkisini araştırmışlar ve araştırmada, atmosfer basıncında uygulanan buharın, TAMB sayısını 1.65 log kob/cm<sup>2</sup> azalttığı belirlenmiştir.

Purnell vd. (2005) tarafından yapılan bir araştırmada sığır eti örneklerindeki TAMB sayısı üzerine 100 ve 120°C'de buhar uygulanmasının önemli bir farklılığa neden

olmadığı ancak buhar uygulanan örneklerin bakteri sayılarının buhar uygulanmayan kontrol örneklerine göre 1 log kob/cm<sup>2</sup> daha düşük olduğu tespit edilmiştir.

Andrés vd. (2006) tarafından *ham* dilimlerinin pastörizasyonu amacıyla 200 ve 400MPa basınç altında örneklerin 15 dk tutulduğu ve sonra MAP yöntemiyle ambalajlanarak depolandıkları araştırmada, yüksek basınç uygulamasının örnek renklerinin açılmasına ve *TBARS* değerlerinin yükselmesine neden olduğu tespit edilmiştir.

Trivedi vd. (2007) tarafından sığır karkas parçaları üzerinde yapılan bir araştırmada örneklerin TAMB, koliform ve Enterobacteriaceae sayısı başlangıçta sırasıyla 1.88, 1.89 ve 1.36 log kob/cm<sup>2</sup> olarak belirlenmişken, buhar uygulaması sonrası bu değerler sırasıyla 1.00, 0.71 ve 0.52 log kob/cm<sup>2</sup> olarak belirlenmiştir. Ayrıca, uygulama öncesi örnekler *Salmonella* pozitif iken, uygulama sonrası örneklerin *Salmonella* negatif oldukları tespit edilmiştir.

Rubio vd. (2007), vakum ambalajlanmış ve 6°C’de 210 gün depolanmış *cecina* örneklerinin mikrobiyolojik, fizikokimyasal ve duyuşal özellikleri üzerine yüksek basınç uygulamasının (500 MPa, 5 dk) etkisini araştırmışlardır. Araştırmada, yüksek basınç uygulamasının örneklerin fizikokimyasal ve duyuşal parametreleri üzerine herhangi bir etkisinin olmadığı, *Enterobacteria*, *Enterococci* ve *Pseudomonas* bakterilerinin gelişimini önlediği ve LAB, Micrococcaceae ve maya-küf gelişimini ise yavaşlattığı tespit edilmiştir.

### 2.4.3. Soğuk kurutma

Kuru et ve et ürünleri, genellikle sıcak havada kurutma yöntemiyle elde edilmektedir. Geleneksel sıcak havada kurutma yöntemi, yüksek enerji maliyeti gerektirmesinin yanı sıra ısıya duyarlı gıdaların kurutulmasında ürünün kalitesini olumsuz etkileyebilmektedir (Castell-Palou ve Simal 2011). Ayrıca, geleneksel yöntemlerle kurutmada birçok kurutucu işlem güvenliği, daha düşük çevresel etki ve işlem kontrol etme yeteneği olmak üzere çeşitli faktörler yönünden optimum koşulları sağlayamamaktadır. Bu nedenle, son yıllarda geleneksel kurutucuların çalışması sırasında karşılaşılan sınırlamaların tümünü ya da büyük bir kısmını önleme ve yüksek kalitede minimal işlem görmüş kuru et ürünleri elde edebilme amacıyla alternatif kurutma teknolojilerine yönelim artmıştır (Namsanguan vd. 2004; Heldman vd. 2006; Nathakaranakule vd. 2007; Rostami vd. 2018).

Soğutarak kurutma işlemi, kurutma hücrelerine girecek havanın soğuk bir yüzeyde çiğlenme noktası sıcaklığının altına kadar soğutulmasıyla neminin soğuk yüzey tarafından tutulması ve bu havanın kurutma işleminde kullanılması prensibine dayanmaktadır. Kurutma işleminin etkinliği işlem sırasındaki hava akış hızına, sıcaklığa ve nispi neme bağlıdır (Petit vd. 2014). Kurutma işleminin süresi kurutma havasının sıcaklığının yükselmesiyle azaltılabileceği gibi soğutarak kurutma sistemlerinde düşük sıcaklık ve buna uygun düşük bağıl nem uygulamasıyla da azaltılabilmektedir (Doğan 2001).

Sıcaklığa hassas gıdalar için soğutma işlemi, raf ömrünü uzatan ve bozulmayı önleyen gıda koruma tekniklerinden biridir (Kilic 2009). Düşük sıcaklıkta kurutma işlemi, uzun işlem süresine rağmen biyolojik materyallerin kalitesi üzerine olumlu bir etkiye sahiptir. Düşük sıcaklıkta kurutma işlemlerinde; düşük sıcaklığa bağlı olarak lipit oksidasyonu ve antioksidan kayıpları azaltılabilmektedir. Bu tip kurutma işlemleri ile kimyasal bozulma reaksiyonlarının en az düzeye indirilmesi hedeflenmektedir (Van Loey vd. 2005). Lewicki (2006) yaptığı bir çalışmada, soğuk hava ile kurutulmuş balıklarda yağ asidi oksidasyonunun ve protein denatürasyonunun azaldığını tespit etmiştir.

Diler vd. (2008) sudak balığı filetolarının mikrobiyolojik, kimyasal ve duyuşal özellikleri üzerine açık hava ve fırın olmak üzere iki farklı kurutma yönteminin etkisini araştırmışlardır. Araştırmada açık havada kurutulan örneklerin pH değerinin daha düşük olduğu, yüksek hava hızında 65°C'de kurutulan örneklerin toplam psikrofilik bakteri (TPB) ve maya-küf sayısının daha düşük olduğu ve yüksek hava hızında 55°C'de kurutulan örneklerin duyuşal özelliklerinin ise diğer örneklere göre daha iyi olduğu belirlenmiştir.

Kilic (2009) soğuk kurutucu kullanarak 4, 10, 15 ve 20°C'de alabalığın kuruma karakteristiklerini ve kalitesini araştırmıştır. Araştırmada, düşük sıcaklıkta kurutma işleminin örneklerin kuruma süresini uzatırken, kalitesi üzerine olumlu etki gösterdiği ve 4°C'de kurutulan örneklerin en yüksek kaliteye sahip olduğu tespit edilmiştir.

Lim vd. (2012) sığır *jerky* örneklerinin kalitesi üzerine sıcak havada, gölgede ve güneşde kurutma olmak üzere 3 farklı yöntemin etkisini araştırmışlardır. Depolama süresince tüm örneklerin nem içeriği ve su aktivitesi değerlerinin azaldığı, depolamanın 20. gününden itibaren gölgede kurutulan örneklerin daha yüksek su aktivitesi değerine, sıcak havada kurutulan örneklerin daha yüksek pH ve kesilme kuvveti değerine ve güneşte kurutulan örneklerin ise daha yüksek  $a^*$  ve  $b^*$  değerine sahip olduğu belirlenmiştir. Ayrıca, gölgede ve güneşte kurutma gibi doğal yöntemlerle kurutulmuş örneklerin mikrobiyal bozulmaya daha yatkın olduğu, ancak duyuşal özellikler bakımından daha yüksek puanlara sahip olduğu tespit edilmiştir.

Gao vd. (2016) gümüş sazan balığı filetolarının uçucu bileşikleri üzerine sıcaklık, hava hızı ve kuruma süresi gibi kuruma parametrelerinin etkisini araştırmışlardır. Araştırmada, kurutma sıcaklığı 5°C'den 35°C'ye arttığında toplam uçucu bileşik, toplam uçucu azot ve *TBARS* miktarlarının arttığı, hava hızının 0.35 m/s'den 1.65 m/s değerine arttığında ise toplam uçucu bileşik miktarı artarken toplam uçucu azot ve *TBARS* değerlerinin azaldığı ve filetoların 20°C, 1.65 m/s ve 36 h kurutma şartlarında optimum kuruduğu belirlenmiştir.

Jiang vd. (2016) yaptıkları çalışmada kuru kürlenmiş tavuk örneklerinin kurutma işlemini hızlandırmayı amaçlamışlardır. Bu amaçla, farklı yüksek sıcaklık-kısa süre kombinasyonlarını (50°C/27 h, 55°C/25 h, 60°C/23 h ve 65°C/21 h) tuzlanmış tavuk örneklerine uygulamıştır. Araştırmada yüksek sıcaklık uygulamasının örneklerde lipit ve protein oksidasyonunu hızlandırdığı, 55°C/25h kombinasyonunun örneklerin duyuşal beğenilirliğini yükselttiği ve bu kombinasyon örneklerinin *TBARS* değerinin 1.32 mg MDA/kg ve serbest aminoasit içeriğinin ise 4.7 g/kg kas olduğu tespit edilmiştir.

Rostami vd. (2018), refraktans penceresi kurutucu ile et dilimlerini kuruttuktan sonra bunlardan elde ettiği et tozunun reolojik, mikrobiyolojik ve duyuşsal özelliklerini araştırmıştır. Araştırmada, et tozu yoğunluğunun  $0.81 \text{ g/cm}^3$  olduğu, 2 mm kalınlığındaki et dilimlerinin TAMB yükünün  $100^\circ\text{C}$ 'de kurutma sonunda 6.1'den 3.7 log kob/g'ye düştüğü ve 3 mm kalınlığındaki et dilimlerinden elde edilen et tozlarının duyuşsal olarak daha çok beğenildiği tespit edilmiştir.

#### 2.4.4. Ambalajlama ve depolama

Genel olarak gıda ambalajlama; kimyasal, fiziksel ve biyolojik olmak üzere çeşitli çevresel faktörlerden gıdayı koruma amacıyla kullanılmaktadır. Ambalajlama işlemi ile gıdanın raf ömrünün uzaması, bozulmanın gecikmesi ve kalitenin korunması sağlanmaktadır (Brody vd. 2008). Gıdalar, aktif ya da pasif olarak ambalajlanabilmektedir. Pasif ambalajlama, genellikle raf ömrü uzun ve bozulmaya dayanıklı olan ürünlere uygulanmakta olup ambalaj materyali ürün ve çevresi arasında basit bir fiziksel bariyer olarak kullanılmaktadır. Aktif ambalajlama ise; pasif ambalajlamaya ilave olarak ambalaj içerisinde antimikrobiyaller, oksijen tutucular ve nem tutucular gibi çeşitli unsurları da içeren ve ürünün korunmasında daha çok rol alan bir yöntem olup, daha çok bozulmaya karşı duyarlı olan ürünlerin ambalajlanmasında kullanılmaktadır (Wani vd. 2015).

Günümüzde çiğ ya da işlenmiş etlerin ambalajlanması için raf ömrü ve hava-nem geçirgenliği gibi gereksinimleri karşılayan plastikler ve diğer polimer formlardaki materyaller geliştirilmiştir (McMillin 2008). Plastiklerin düşük yoğunluklu, kırılmaya, yırtılmaya ve delinmeye karşı dirençli, sızdırmaz, esnek ve dayanıklı olması gibi özellikleri onların gıda ambalajlamada kullanılmasına imkân sağlamaktadır (Jenkins ve Harrington 1991). Ambalajlanmış et yüksek konsantrasyonlardaki oksijene maruz bırakıldığında, aerobik mikroorganizmaların gelişimi ve lipid oksidasyonu hızlanmaktadır. Bu nedenle, etin ambalajlanmasında yaygın olarak oksijen ile teması engelleyen gaz bariyerli filmler tercih edilmektedir (Gill ve Molin 1991). Genellikle filmler poliamid (PA), polietilen tereftalat (PETP) ve polivinil klorür (PVC) gibi polimerlerden üretilmektedir. Bu filmlerde etilen vinil alkol (EVOH), polivinil alkol (PVOH) ya da poliviniliden klorür (PVDC) bariyer olarak yer almaktadır (Lange ve Wyser 2003). Ayrıca, ambalajlama materyalinin oksijen geçirgenliği işlenmiş et ürünlerinin renklerinin korunmasında da önemli olmaktadır. Gıda endüstrisinde etlerin ambalajlanmasında genellikle oksijen geçirgenliği  $100 \text{ cm}^3/\text{m}^2/\text{gün}/\text{atm}$ 'den daha düşük olan bariyer filmler kullanılmaktadır (Grini vd. 1992; Lee 2010).

Taze ve işlenmiş et ürünlerinde kullanılan ambalajlama teknolojileri temel olarak atmosferik ambalajlama (AP), vakumlu ambalajlama ve modifiye atmosfer ambalajlama (MAP) şeklinde sınıflandırılmaktadır (Lee 2010). AP uygulamasında gıdanın içinde bulunduğu havanın bileşimi %78 azot ( $\text{N}_2$ ), %21 oksijen ( $\text{O}_2$ ), az miktarda karbondioksit ( $\text{CO}_2$ ), su buharı ve diğer gazlardan oluşmaktadır (Han 2005). Vakum ambalajlamada gıdayı çevreleyen hava uzaklaştırılmakta ve düşük  $\text{O}_2$  geçirgenliğine sahip bir film kullanılmaktadır. Bu yöntemle, gıdanın  $\text{O}_2$  ile teması sonucunda meydana gelebilecek bozulmaların önüne geçilebilmektedir. Ancak, vakum ambalajlamanın en önemli dezavantajı *C. botulinum* gibi anaerobik patojenlerin gelişimi ve toksin üretimi için uygun ortam sağlamasıdır. Vakum ambalajlamada görülen bu mikrobiyolojik bozulmaların ve

basıncın gıda maddesi üzerindeki zararlı etkilerinin önüne geçebilmek amacıyla MAP uygulaması geliştirilmiştir (Han 2005; Aldemir 2011).

MAP, gıdanın raf ömrünü ve güvenliğini arttırmak için ambalaj içindeki gaz atmosferinin arzu edilen gaz bileşimine dönüştürülmesi işlemi olup çoğunlukla %75 N<sub>2</sub> ve %25 CO<sub>2</sub> olarak uygulanmaktadır. MAP işlemi minimal işlenmiş gıdaların raf ömrünü uzatma özelliğinin yanı sıra yüksek ürün kalitesi ve koruyucu kullanımını azaltma gibi ilave faydalar da sağlamaktadır (Wani vd. 2014). MAP işlemi, duyuşal ve mikrobiyolojik kaliteyi sağlama amacıyla genellikle soğuk depolama ile birlikte uygulanmaktadır (González-Buesa vd. 2009). MAP uygulamasında CO<sub>2</sub> gazı ( $\geq$  %20), aerobik bakteri gelişiminin lag fazını uzatma ve logaritmik fazda çoğalma hızını azaltma için kullanılmaktadır. Ancak, yüksek konsantrasyonlarda CO<sub>2</sub> kullanımı lezzet bozulması ve ambalajda çökme gibi sorunlara neden olabilmektedir. İnert bir gaz olan N<sub>2</sub> ise; oksidasyonu, lezzet bozulmalarını ve CO<sub>2</sub>'in neden olduğu çökmeleri önlemek için kullanılmaktadır (Cutter vd. 2012).

Taze meyve ve sebzelerde genellikle anaerobik solunumu ve yoğunlaşmayı önlemek için optimal düzeyde O<sub>2</sub> içeren ve belli bir miktar su buharı geçirgenliğine sahip ambalajlamaya ihtiyaç duyulmaktadır. Çiğ soğutulmuş etlerde depolama sırasında görülen solunum ise taze meyve sebzelerde olduğu gibi belirgin değildir (McMillin 2008). Posmortem kas mitokondrisi O<sub>2</sub>'i metabolize etmeye devam ederken, posmortem zamanına bağılı olarak aktif O<sub>2</sub> tüketimi ve CO<sub>2</sub> oluşumu azalmaktadır (Faustman ve Cassens 1990). Dolayısıyla taze etlerin ambalajlanmasında daha yüksek düzeylerde O<sub>2</sub> arzu edilirken, işlenmiş etlerde daha düşük konsantrasyonlarda kullanılabilir. Taze et ürünlerinin ambalajlanmasında yüksek O<sub>2</sub> konsantrasyonunun tercih edilmesinin nedeni; kırmızı renkli myoglobine pigmentinin parlak kiraz kırmızısı renkli oksimiyoglobine dönüşmesini sağlamaktır. Aksi durumda düşük O<sub>2</sub> konsantrasyonu oksimiyoglobinin metmyoglobine okside olmasına neden olmaktadır. Özellikle taze etler %80 O<sub>2</sub> ve %20 CO<sub>2</sub> ve işlenmiş et ürünleri %70 N<sub>2</sub> ve %30 CO<sub>2</sub> içeren modifiye atmosfer ambalajlarda depolanmaktadır. Dolayısıyla, her ürün için optimum gaz kompozisyonlarının kullanımı gerekmektedir (Şçetar vd. 2010; Wani vd. 2015).

Aksu ve Kaya (2005), dilimlenmiş pastırmanın fiziksel, kimyasal ve mikrobiyolojik özellikleri üzerine %50 N<sub>2</sub> ve %50 CO<sub>2</sub> içeren MAP uygulamasının etkilerini 4 ve 10°C'lerde 150 gün depolama boyunca araştırmışlardır. Araştırmada MAP uygulamasıyla pastırmanın 150 gün depolanabileceğı ve 4°C'de depolanan örneklere göre 10°C'de depolanan örneklerin daha yüksek TBARS değerine sahip olduğu ancak, renk özelliklerini daha iyi koruyabildiğı tespit edilmiştir.

Rubio vd. (2006) 6°C'de 210 gün depolanan dilimlenmiş *cecina* örneklerinin fizikokimyasal, mikrobiyolojik ve duyuşal özellikleri üzerine vakum ve MAP yöntemlerinin ve depolama süresinin etkisini araştırmışlardır. MAP grubu örneklerin mikrobiyal yükleri vakum uygulanan örneklere göre daha düşük tespit edilmiştir. Depolama süresince vakum ve MAP uygulanan örneklerde pH değerinin arttığı ve su aktivitesi değerinin ise vakum uygulanan örneklerde azalırken, MAP uygulanan örneklerde değişmediğı belirlenmiştir. Yapılan duyuşal değerlendirmede, MAP uygulanan örneklerin renk değerinin daha düşük olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Gök vd. (2008) ambalajlama metodu, dilimleme ve depolama süresinin pastırmanın kimyasal, mikrobiyolojik ve duyuşal özellikleri üzerine etkilerini araştırmışlardır. Araştırmada, hava ve vakum ile ambalajlamaya göre MAP işleminin pastırmanın kimyasal, mikrobiyolojik ve duyuşal özelliklerini daha iyi koruduğu tespit edilmiştir.

Parra vd. (2010) 4°C’de 120 gün depolanan dilimlenmiş *Iberian ham* örneklerinin fizikokimyasal, mikrobiyolojik ve duyuşal özellikleri üzerine vakum ve MAP (%60 N<sub>2</sub> + %40 CO<sub>2</sub>, %70 N<sub>2</sub> + %30 CO<sub>2</sub>, %80 N<sub>2</sub> + %20 CO<sub>2</sub> ve %70 Ar + %30 CO<sub>2</sub>) yöntemlerinin etkilerini araştırmışlardır. Depolama süresince örneklerin kırmızı renk (*a\** değeri) yoğunluğunda azalma gözlenirken, *TBARS* değerlerinde artış tespit edilmiştir. *TBARS* değeri en düşük vakum ambalajlanan ve en yüksek %40 CO<sub>2</sub> uygulanan örneklerde belirlenmiştir. Buzdolabında depolanan örneklerin duyuşal özelliklerinde önemli bir farklılık tespit edilmemiştir.

Parra vd. (2012) tarafından 4°C’de 60 gün boyunca karanlıkta ve aydınlıkta depolanan MAP ve vakum ambalajlanmış dilimlenmiş *Iberian ham* örneklerinin bazı fizikokimyasal, mikrobiyolojik ve duyuşal özellikleri araştırılmıştır. Depolama sonunda karanlıkta depolanan örneklerin daha açık renge, düşük *TBARS* değerine ve hekzenal içeriğine sahip olduğu, ambalaj tipine göre ise vakum ambalajlanan örneklerin MAP örneklere göre daha düşük *TBARS* değerine ve ransit tada sahip olduğu belirlenmiştir.

Kim vd. (2014) 10°C’de 90 gün depolanan kuru kürlenmiş domuz etinin fizikokimyasal özellikleri üzerine vakum ve MAP olmak üzere iki farklı ambalajlama yönteminin etkisini araştırmışlardır. Araştırmada, MAP uygulanan örneklerin pH değeri, su içeriği, su aktivitesi, TAMB sayısı ve Enterobacteriaceae sayısı vakum ambalajlanmış örneklere göre daha düşük olarak tespit edilirken, *TBARS* değeri daha yüksek olarak tespit edilmiştir. Ayrıca, depolama süresince tüm örneklerde duyuşal özelliklerin azaldığı belirlenmiştir.

Olmo vd. (2014) tarafından 4°C’de 120 gün depolama süresince *lacon* örneklerinin mikrobiyolojik özellikleri üzerine MAP, vakum ambalajlama ve vakum ambalajlandıktan sonra 500 MPa basınç uygulamasının etkileri araştırılmıştır. Araştırmada, vakum ve MAP örneklerindeki canlı bakteri sayısının 30. günden sonra 10<sup>8</sup> kob/g düzeyini aştığı, basınç uygulanmış vakum ambalajlamada ise bu seviyeye ancak 90. günde ulaşıldığı ve Gram-negatif bakterilerin kontrolünü sağlamada vakum ambalajlanmış örneklere 500 MPa yüksek basınç uygulamasının en iyi korumayı sağladığı belirlenmiştir.

Piras vd. (2016) 2 ve 8°C’de depolanan vakum ambalajlanmış dilimlenmiş *ham* örneklerinin bazı kimyasal, mikrobiyolojik ve duyuşal özelliklerini araştırmışlardır. Araştırmada, örneklerin renk değerleri üzerine sıcaklık ve depolama süresinin önemli bir etkisinin olmadığı, koagülaz negatif stafilokoklar ve *Pseudomonas* spp. bakterilerinin örneklerin mikrobiyal profilini oluşturduğu, depolamanın 63. gününde TAMB sayısının önemli düzeyde bir artış göstererek bozulma sınırı olan 7 log kob/g’a ulaştığı ve *ham* dilimlerinin kabul edilebilir raf ömrünün 43 gün olduğu belirlenmiştir.

Zouaghi ve Cantalejo (2016) ozonlandıktan sonra dondurarak kurutulmuş ve 21°C’de 28 gün depollanmış tavuk eti örneklerinin fizikokimyasal ve duyuşal özellikleri üzerine 14 farklı gaz bileşiminden oluşan MAP koşullarının etkisini araştırmışlardır.



Araştırmada, yüksek konsantrasyonlarda O<sub>2</sub> içeren MAP uygulamalarının örneklerin pH değerinde artışa ve rengine kırmızılık kaybına neden olduğu, %40'dan fazla CO<sub>2</sub> içeren MAP uygulamalarının örneklerin duyuşal sertlik ve çiğnenebilirlik özelliklerini düşürdüğü ve kurutulmuş tavuk etinin ambalajlanması için en uygun MAP koşulunun %80 N<sub>2</sub> ve %20 CO<sub>2</sub> bileşimi şeklinde olduğu belirlenmiştir.

### 3. MATERYAL VE METOT

#### 3.1. Deneme Deseni

Deneme iki aşamada gerçekleştirilmiştir. Denemenin birinci aşamasında farklı sıcaklık (10, 15 ve 20°C) ve hava akış hızı (1, 2, 3 ve 4 m/s) faktör olarak alınmış ve araştırma şansa bağlı tam bloklar deneme planına göre 3x4 faktöriyel düzende 2 tekerrürlü olarak yürütülmüştür. Farklı sıcaklık ve hava hızında kurutma uygulamaları için, her grupta 25 et dilimi olmak üzere bir tekerrürde toplam 300 et dilimi kurutulmuştur.

Denemenin ikinci aşamasında ise kalite özellikleri ve duyuşal değerlendirmesi en yüksek olan soğuk kurutulmuş et örneğinin ambalajlama tipi (atmosferik ve modifiye atmosfer) ve depolama sıcaklığı (4 ve 25°C) faktör olarak alınmış ve araştırma şansa bağlı tam bloklar deneme planına göre 2x2 faktöriyel düzende 2 tekerrürlü olarak yürütülmüştür. Depolanan örneklerin kalite özellikleri 15 gün aralıklarla (0, 15, 30, 45, 60, 75 ve 90. gün) takip edilmiştir. Grupların herbirinde 35 dilim ve her bir tekerrürde toplam 140 eşit dilim sırasıyla kurutulmuş, ambalajlanmış ve depolanmıştır.

#### 3.2. Materyal

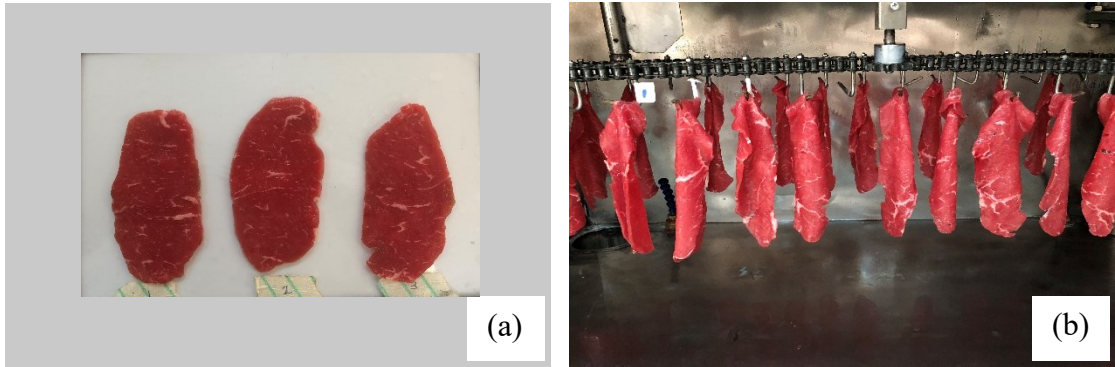
Çalışma materyali olarak kesimden sonra 24 saat dinlendirilmiş orta yaşlı Simental cinsi erkek sığır karkaslarından elde edilen *M. Longissimus dorsi* kasları kullanılmıştır. *M. Longissimus dorsi* kasları Veli Cengiz Et Ürünleri Ltd. şirketinden (Antalya, Türkiye) dilimlenmiş olarak temin edilmiştir. Denemede toplam 14 farklı sığırdan elde edilen kaslar kullanılmıştır.

Analizlerde kullanılan kimyasal ve mikrobiyolojik madde ve malzemeler analizin niteliğine göre analitik ve mikrobiyolojik saflıkta olup Merck ve Sigma-Aldrich ticari markalı olarak medikal firmalarından temin edilmiştir.

#### 3.3. Metot

##### 3.3.1. Kasların kurutmaya hazırlanması

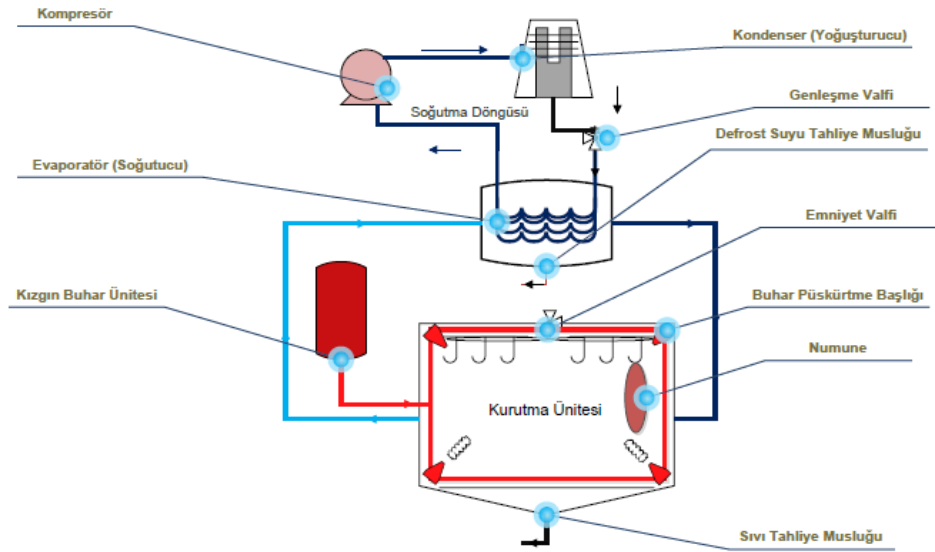
*M. Longissimus dorsi* kaslarının yüzeyindeki fazla yağ ve bağ dokusu bir bıçak yardımıyla uzaklaştırılmıştır. Kaslar lif uzanışı yönünde  $2.5 \pm 0.4$  mm kalınlığında,  $56.0 \pm 8.6$  mm eninde ve  $146.0 \pm 15.2$  mm uzunluğunda pastırma dilimleme makinasıyla dilimlenmiştir. Bu şekilde hazırlanan et dilimlerinin her iki yüzüne kuru etin yeme tuzluluğunu ( $\approx 1.85$ ) sağlamak için hafif bir kuru tuzlama ( $0.75$ ) işlemleri uygulanmıştır. Tuzlanmış dilimlerin ortalama ağırlığı  $18.7 \pm 3.2$  g olarak tartılmıştır. Kurutma işleminden önce tuz difüzyonunun gerçekleşmesi için tuzlanmış et dilimleri +4°C'de her 15 dakikada bir çevrilerek 1 saat bekletilmiştir. Tuzlanmış taze örneklerde tanımlayıcı analizler olarak; nem, kül, tuz, ham protein, ham yağ, pH ve su aktivitesi analizleri yapılmıştır. Et dilimleri (Şekil 3.1a) soğuk kurutucuya uygun bir şekilde asıldıktan (Şekil 3.1b) sonra sırasıyla pastörizasyon ve kurutma işlemleri uygulanmıştır.



**Şekil 3.1.** a) Kuru tuzlama işlemi uygulanmış et dilimleri; b) Soğuk kurutucuya asılmış et dilimleri

### 3.3.2. Soğuk kurutma sistemi

Bu araştırmada minimal işlem görmüş ve gıda güvenliği açısından risk oluşturmayan kurutulmuş bir et ürünü üretmek için düşük sıcaklıkta kurutma yapan bir kurutucu tasarlanmış, bir yüklenici firmaya imal ettirilmiş ve TR 2015/10273 no ile soğuk kurutma sistemi olarak patentlenmiştir (Şekil 3.2).



**Şekil 3.2.** Soğuk kurutma sisteminin şematik gösterimi

Kapalı devre olarak çalışan ve ısı izolasyonuna sahip olan soğuk kurutma sistemi temel olarak iki bölümden oluşturulmuştur. Kurutma sistemdeki birinci bölüm, ana soğuk kurutma ünitesi (100x50x50 cm iç ebatlarında) olup etlerin soğuk ortamda kurumasını sağlamaktadır. Kurutma ünitesinin bir yüzeyinde kuru hava giriş kanalı ve karşı yüzeyinde ise nemli hava çıkış kanalı bulunmaktadır. Kurutulacak olan etler, kurutucu tavanındaki raylı bir sisteme asılmış ve kurutma sırasında kurutucu içerisinde bir motor tarafından sürekli olarak bir eksen etrafında döndürülerek hareket ettirilmiştir. Buhar jeneratöründe üretilen kızgın buhar kurutma ünitesinin içerisine bir noktadan boru ile

alınarak kurutucu sistemin tüm köşelerine taşınmış ve 45°'lik açıyla örneklerin üzerine uygulanmıştır. Kızgın buhar verme sonrası tabanda ve dilimlerin yüzeyinde biriken su soğuk kurutucu çalıştırılmadan önce, vakum uygulanarak dışarı atılmıştır.

Kurutma sisteminin ikinci bölümü ise, kurutma ünitesinden gelen nemli havanın nemini ayırmada kullanılmıştır. Bu bölümün içindeki helozonik soğuk yüzeylerden geçen nemli hava, soğuması nedeniyle taşıyamadığı nemini bu soğuk yüzeylere bırakmış ve kuru bir şekilde radyal bir fan ile birinci bölüme ulaştırılmıştır. Soğuk havayı kurutucuya taşıyan hava kanalına bir resistans yerleştirilerek kurutucu içerisine giren havanın sıcaklığı kurutmada istenilen sıcaklığa ayarlanmıştır. Soğuk yüzey; kompresör, kondanser, valf ve genleşme (evaporatör) ünitelerine sahip standart bir soğutma döngüsü ile oluşturulmuştur. Soğutma döngüsünün evaporatörü, sistemin içerisinde soğuk yüzey olarak kullanılmıştır. Soğuk yüzeyde oluşan buzlanmanın defrostu sonrası tabanda birikmiş su, bir musluk aracılığı ile dışarı atılmıştır.

Soğuk kurutma sistemindeki; yük hücreleri, sıcaklık ve nispi nem ölçer problemlardan gelen tüm sinyaller bir PLC kontrol sistemi ile takip edilmiş ve sistem otomatize edilmiştir. Ağırlık ölçümleri sırasında hava akımı ve raylı sistem durdurulmuş ve salınım bittikten sonra yük hücrelerinden gelen ağırlık kayıt edilmiştir. Hava giriş ve çıkış kanallarında havanın hızı, sıcaklığı ve nispi nemi ölçülerek belli aralıklarla kayıt edilmiştir. Kurutma ünitesinin içerisine yerleştirilen bir ısı çifti (termokapı) ile soğutma ünitesinin kompresörü ve hava giriş kanalındaki resistans kontrol edilmiş ve böylelikle kurutma kabini istenilen sıcaklığa ayarlanmıştır.

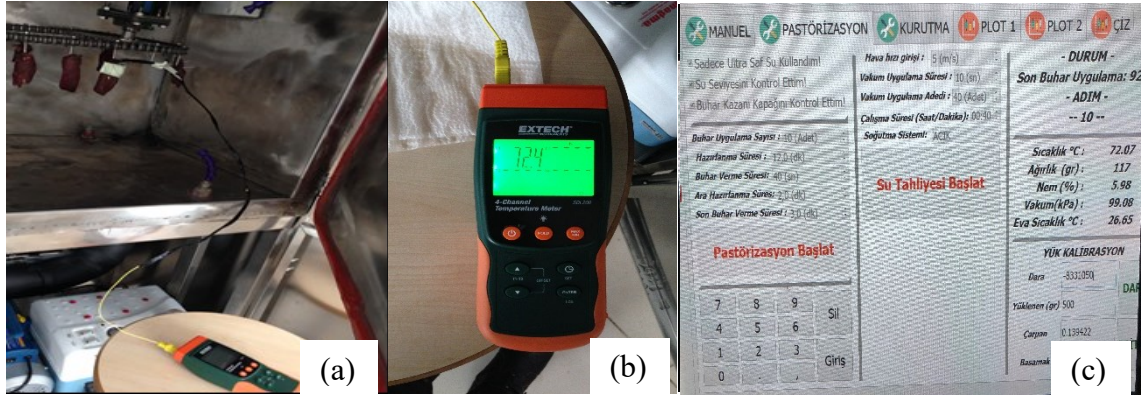
### 3.3.2.1. Et dilimlerinin soğuk kurutma sisteminde pastörize edilmesi

Soğuk kurutucuya asılmış olan et dilimlerini pastörize etmek için dilimlerin merkez sıcaklığının 72°C olmasını sağlayacak şekilde kızgın buhar uygulanmıştır. Ön denemeler ile buhar uygulama sayısı 5 ve her bir buhar uygulama süresi 40 s olarak belirlenmiştir. Pastörizasyon aşaması için elde edilen sistem çalışma koşulları aşağıdaki Çizelge 3.1'de sunulmuştur. Et dilimlerinin merkez sıcaklığının ölçümü, bir sıcaklık ölçer (Extech, ABD) cihazına bağlı saplamalı prob kullanılarak gerçekleştirilmiştir (Şekil 3.3).

**Çizelge 3.1.** Pastörizasyon aşaması için belirlenen çalışma koşulları

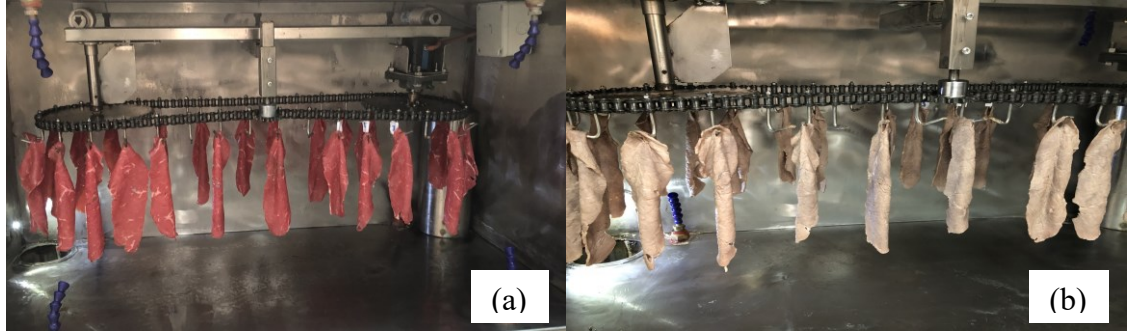
Parametreler	Optimum değerleri
Kızgın buharın ilk hazırlanma süresi (dk)	12
Kızgın buharın ara hazırlanma süresi (dk)	2
Buhar uygulama sayısı (adet)	5
Buhar verme süresi (s)	40

Kızgın buhar ile dilimlerin pastörizasyonu öncesinde, soğuk kurutma ünitesi boş iken kızgın buharın tüm sistem içerisine sirkülasyonu 5 tekrar halinde 40 s süresince sağlanmıştır. Böylece, tüm sistemde gıda güvenliğini riske edebilecek mikroorganizmaların da kızgın buhara maruz kalması ile işlem daha güvenli hale gelmiştir.



**Şekil 3.3.** a) Et dilimlerinin merkez sıcaklığının ölçümü; b) Sıcaklık ölçer; c) Soğuk kurutucuda pastörizasyonun yazılım programı

Pastörize edilmiş et dilimlerinin üzerinde ve kabin içinde pastörizasyon için kullanılan buhardan oluşan su, su tahliyesi aşamasında uzaklaştırılmıştır (Şekil 3.4). Su tahliyesi aşamasında vakum uygulama süresi, vakum uygulama sayısı, çalışma süresi gibi parametrelere ait optimum değerler belirlenmiştir. Su tahliyesi için elde edilen sistem çalışma koşulları aşağıdaki Çizelge 3.2’de sunulmuştur.



**Şekil 3.4.** a) Et dilimlerinin pastörizasyon ve su tahliyesi aşamalarından önce görünümü; b) Et dilimlerinin pastörizasyon ve su tahliyesi aşamalarından sonraki görünümü

**Çizelge 3.2.** Su tahliyesi aşaması için belirlenen çalışma koşulları

Parametreler	Optimum değerleri
Vakum (atm)	0.7
Vakum uygulama süresi (s)	10
Vakum uygulama sayısı (adet)	40
Çalışma süresi (dk)	40
Soğutma sistemi	AÇIK

### 3.3.2.2. Et dilimlerinin soğuk kurutma sisteminde kurutulması

Pastörize edilmiş et dilimleri aynı ünite içerisinde farklı düşük sıcaklık ve hava akış hızlarında kurutulmuş ve elde edilen kuru et örneklerinin kalite özellikleri araştırılmıştır. Kurutma işlemine örneklerin mikrobiyal gıda güvenliğinin sağlandığı ve duyuşal olarak beğenildiği nem ( $\approx$  %40) ve su aktivitesi ( $\approx$  0.90) değerlerine ulaşmaya kadar devam edilmiştir. Kurutma işlemine ait faktöriyel deneme deseni Çizelge 3.3’de ve kurutulmuş et dilimlerinin görünümü Şekil 3.5’de verilmiştir. Kurutulmuş et dilimleri analiz edilene kadar polietilen ambalajlarda +4°C’de muhafaza edilmiştir.

Kurutulmuş etlerde; fiziksel (su aktivitesi, ağırlık kaybı, kesilme kuvveti, renk), kimyasal (nem, pH, *NPN-M* ve *TBARS*), mikrobiyolojik (*TAMB*, *TPB*, toplam maya-küf, *Enterobacteriaceae*, *LAB* ve *Micrococcus/Staphylococcus* sayımı) ve duyuşal analizler yapılmıştır. Bu analizlerin sonuçları değerlendirilerek duyuşal olarak en beğenilen örnek yeterli miktarda tekrar üretilerek depolama işlemi gerçekleştirilmiştir.

**Çizelge 3.3.** Et dilimlerinin farklı sıcaklık ve hava hızlarında kurutulmasına ait faktöriyel deneme deseni

Sıra	Sıcaklık (°C)	Hava hızı (m/s)
1	10	1
2	10	2
3	10	3
4	10	4
5	15	1
6	15	2
7	15	3
8	15	4
9	20	1
10	20	2
11	20	3
12	20	4



Şekil 3.5. Kurutulmuş et dilimleri

### 3.3.3. Kurutulmuş et dilimlerinin depolanması

Farklı sıcaklık ve hava akış hızlarında kurutulmuş et dilimlerinin analiz sonuçları değerlendirildiğinde, 10°C ve 3 m/s hava hızında kurutulmuş örneklerin en çok beğenildiği tespit edilmiştir. En çok beğenilen yöntemle göre yüksek miktarda tekrar üretilen kurutulmuş et dilimleri 13.5x9x4 cm boyutlarındaki PVC/EVOH/PE lamine tabaklar içerisine her bir kaptaki 5 dilim olacak şekilde tesadüfi olarak yerleştirilmiştir. Tabakların üzeri kalınlığı 80 µm olan ve poliamid (15 µm) ve polietilen (65 µm) katmanlarından oluşan bir film ile ambalajlama cihazında (Lipovak KV-600, Adapazarı, Türkiye) kapatılmıştır (Şekil 3.6a). Modifiye atmosfer ambalajlamada (MAP) kullanılan gaz bileşimi, literatürde konu ile ilgili yapılmış çalışmalar göz önünde bulundurularak %70 N<sub>2</sub> ve %30 CO<sub>2</sub> olarak belirlenmiş ve Habaş firmasından (İstanbul, Türkiye) temin edilmiştir. Otomatik ambalajlama cihazına yerleştirilen tabaklara vakum uygulandıktan sonra gaz karışımı verilmiş ve tabakların üzeri film ile kapatılmıştır (Şekil 3.6b). Atmosferik ambalajlama (AP) için, örnek içeren tabaklar atmosfer ortamında film ile kapatılmıştır. Filmlerin ambalajlara yapıştırılmasında 140°C yapıştırma sıcaklığı ve 5 sn yapıştırma süresi uygulanmıştır. Bu amaçla örnekler 2x2 faktöriyel deneme desenine göre iki farklı şekilde (modifiye atmosfer ve atmosferik) ambalajlanmış ve farklı sıcaklıklarda (4 ve 25°C) depolanmıştır. Et dilimlerinin farklı ambalaj ve sıcaklıkta depolanmasına ait faktöriyel deneme deseni Çizelge 3.4'de verilmiştir. Bu örneklerin kaliteleri 15 gün aralıklarla (0, 15, 30, 45, 60, 75 ve 90. gün) yapılan analizlerle takip edilmiştir.

Depolama süresince, kurutulmuş et dilimlerini içeren ambalajların gaz kompozisyonunda meydana gelen değişimler OXYBABY cihazı (Witt-Gasetechnik, Witten, Almanya) kullanılarak belirlenmiştir. Bu cihazla ambalajların tepe boşluğundaki %O<sub>2</sub> ve %CO<sub>2</sub> miktarı tespit edilmiştir.



**Şekil 3.6.** a) Et dilimlerinin ambalajlanmasında kullanılan MAP cihazı; b) Ambalajlanmış örnekler

**Çizelge 3.4.** Et dilimlerinin farklı ambalaj ve sıcaklıkta depolanmasına ait faktöriyel deneme deseni

Sıra	Ambalajlama tipi	Depolama sıcaklığı (°C)
1	MAP	4
2	MAP	25
3	AP	4
4	AP	25

Farklı ambalaj ve sıcaklıkta depolamanın kurutulmuş et örnekleri üzerine etkisini belirlemek için pH, su aktivitesi, *TBARS*, *NPN-M*, mikrobiyolojik (*TAMB*, *TPB*, toplam maya-küf, *Enterobacteriaceae*, *LAB* ve *Micrococcus/Staphylococcus* sayımı) ve duyu analizler yapılmıştır.

### 3.3.4. Kurutma verilerinin matematiksel modellenmesi

Örneklerin kuruma kinetiklerini belirleme amacıyla dilimlerin ağırlığı kurutma işlemi boyunca her 30 dakikada bir ölçülmüştür. Ağırlık ölçümünden önce et dilimlerinin asıldığı raylı sistemin dönme hareketi durdurulmuş ve ölçümden sonra tekrar hareket etmesi sağlanmıştır.

Kurutma deneyleri sırasında et dilimlerinin nem oranı (*MR*) 3.1 No'lu eşitliğe göre hesaplanmıştır. Eşitlikteki denge nem içeriği ( $M_e$ ) değeri, başlangıçtaki nem içeriği ( $M_0$ ) ve herhangi bir zamandaki nem içeriği ( $M_t$ ) değerinden çok küçük olduğu için 0 olarak kabul edilmiştir (Rayaguru ve Routray 2012). Tüm nem içerikleri kg su /kg kuru madde olarak ifade edilmiştir.

$$MR = \frac{M_t - M_e}{M_0 - M_e} \quad (3.1)$$



Azalan kuruma hızı periyodunda et dilimlerinde meydana gelen nem hareketi *Fick*'in difüzyon modeli ile açıklanmıştır. Dilimlerin etkin nem difüzyon katsayısı ( $D_{eff}$ ); sabit bir nem difüzyonu, sonsuz levha geometrisi ve başlangıç neminin homojen dağılması varsayımları yapılarak 3.2 No'lu eşitliğe göre hesaplanmıştır (Mujaffar ve Sankat 2015).  $D_{eff}$  değerinin belirlenmesinde 3.2 No'lu eşitliğin 3.3 No'lu eşitlik olarak verilmiş olan ilk terimi yeterli olabilmektedir. Bu eşitliğin doğal logaritmasının alınmasıyla denklem doğrusal hale getirilmiş ve bir doğrunun denklemi olan 3.4 No'lu eşitlik elde edilmiştir. Etkin nem difüzyon katsayısı, 3.4 No'lu eşitliğin grafiğe aktarılması ile elde edilmiş olan 3.5 No'lu eşitlik ile eğimden hesaplanmıştır.

$$MR = \frac{M_t - M_e}{M_0 - M_e} = \frac{8}{\pi^2} \sum_{n=0}^{\infty} \frac{1}{(2n+1)^2} \exp\left(-\frac{(2n+1)^2 \pi^2}{4L^2} D_{eff} t\right) \quad (3.2)$$

$$MR = \frac{8}{\pi^2} \exp\left(-\frac{\pi^2 (D_{eff}) t}{4L^2}\right) \quad (3.3)$$

$$\ln(MR) = \ln\left(\frac{8}{\pi^2}\right) - \left(\frac{\pi^2 (D_{eff}) t}{4L^2}\right) \quad (3.4)$$

$$Eğim = \left(\frac{\pi^2 D_{eff}}{4L^2}\right) \quad (3.5)$$

Burada  $D_{eff}$  etkin difüzyon katsayısı ( $m^2/s$ ) ve  $L$  ürünün metre olarak yarı kalınlığıdır. Etkin nem difüzyonu, sabit değerler yerine genellikle nem içeriği ve sıcaklığın bir fonksiyonu olarak ifade edilmektedir. Ürünün etkin difüzyon katsayısı ve kurutucu sıcaklığı arasındaki ilişkiyi ise, 3.6 No'lu *Arrhenius* eşitliği vermektedir. Bu eşitlikteki  $D_0$  *Arrhenius* faktörü ( $m^2/s$ ),  $E_a$  aktivasyon enerjisi (kJ/mol),  $R$  gaz sabiti (kJ/mol.K) ve  $T$  (K) ise sıcaklıktır. Arrhenius eşitliğinin doğal logaritmasının alınmasıyla denklem doğrusal hale getirilmekte ve 3.7 No'lu eşitlik elde edilmektedir. Aktivasyon enerjisi ( $E_a$ ),  $\ln(D_{eff})$  değerlerinin  $1/T$ 'ye karşı grafik edilmesiyle elde edilen doğrunun eğiminden hesaplanmıştır. Eğimin formülü 3.8 No'lu eşitlikte verilmiştir.

$$D_{eff} = D_0 \exp\left(-\frac{E_a}{RT}\right) \quad (3.6)$$

$$\ln(D_{eff}) = \ln(D_0) - \left(\frac{E_a}{RT}\right) \quad (3.7)$$

$$Eğim = \frac{E_a}{R} \quad (3.8)$$

Farklı düşük sıcaklık ve hava akış hızlarında kurutulmuş et dilimlerinin kuruma kinetiklerini tanımlayan en uygun modeli belirleme amacıyla Çizelge 3.5'de verilmiş olan 14 farklı matematik model kullanılmıştır. Doğrusal olmayan en küçük kareler regresyonu analizi SigmaPlot 12.0 (Systat Software Inc. USA) istatistik programı kullanılarak kurutma verileri analiz edilmiş ve modellerin regresyon katsayıları ( $R^2$ ) ve model sabitleri ( $k$ ,  $k_0$ ,  $k_1$ ,  $a$ ,  $b$ ,  $c$ ,  $g$ ,  $h$ ,  $m$  ve  $n$ ) belirlenmiştir. Modellerin azaltılmış ki-kare ( $\chi^2$ ) ve hata ortalama karekökü ( $RMSE$ ) değerleri ise sırasıyla 3.9 ve 3.10 No'lu eşitliklere göre hesaplanmıştır (Lee ve Kim 2009). En küçük  $\chi^2$  ve  $RMSE$  değeri ve en yüksek  $R^2$  değerine sahip olan model, örneklerin kuruma davranışını en iyi temsil eden model olarak tespit edilmiştir (Giri ve Prasad 2007).

$$\chi^2 = \frac{\sum_{i=1}^N (MR_{pre,i} - MR_{exp,i})^2}{N-z} \quad (3.9)$$

$$RMSE = \left[ \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (MR_{pre,i} - MR_{exp,i})^2 \right]^{1/2} \quad (3.10)$$

Burada  $MR_{exp,i}$   $i$  inci gözlemden deneysel olarak ölçülen nem oranı,  $MR_{pre,i}$  modelde  $i$  inci gözlemden tahmin edilen nem oranı,  $N$  gözlemlerin sayısı ve  $z$  ise modeldeki sabitlerin sayısıdır.

**Çizelge 3.5.** Farklı düşük sıcaklık ve hava akış hızlarında kurutulmuş et dilimlerinin deneysel kurutma verilerine uygulanan matematiksel modeller

Modelin adı	Eşitlik	Kaynak
Lewis	$MR = \exp(-kt)$	Lewis 1921
Page	$MR = \exp(-kt^n)$	Page 1949
Modifiye Page	$MR = \exp(-(kt)^n)$	White 1981
Çift Terimli	$MR = a \exp(-k_0t) + b \exp(-k_1t)$	Henderson 1974
Çift Terimli Üstel	$MR = a \exp(-kt) + (1 - a) \exp(-kat)$	Shaaraf-Eldeen vd. 1980
Wang ve Singh	$MR = 1 + at + bt^2$	Wang ve Singh 1978
Henderson ve Pabis	$MR = a \exp(-kt)$	Henderson ve Pabis 1961
Modifiye Henderson ve Pabis	$MR = a \exp(-kt) + b \exp(-gt) + c \exp(-ht)$	Karathanos 1999
Midilli	$MR = a \exp(-kt^n) + bt$	Midilli vd. 2002
Difüzyon Yaklaşımı	$MR = a \exp(-kt) + (1 - a) \exp(-kbt)$	Yaldiz vd. 2001
Logaritmik	$MR = a \exp(-kt) + c$	Togrul ve Pehlivan 2002
Verma	$MR = a \exp(-kt) + (1 - a) \exp(-gt)$	Verma vd. 1985
Nem oranının (MR) Karekökü	$MR = (n + kt)^2$	Vega-Gálvez vd. 2008
Zamanın Karekökü	$MR = n + k\sqrt{t}$	Vega-Gálvez vd. 2008

### 3.3.5. Fiziksel analizler

#### 3.3.5.1. Su aktivitesinin belirlenmesi

Örneklerin su aktivitesi değeri, Decagon su aktivitesi ölçüm cihazı (Decagon Devices Inc., USA) kullanılarak 25°C'de belirlenmiştir.

#### 3.3.5.2. Ağırlık kaybı ve boyut değişimlerinin belirlenmesi

Örneklerin ağırlık kaybı; et dilimlerinin kurutulmadan önceki ve kurutulduktan sonraki ağırlıkları arasındaki farkın, et dilimlerinin kurutulmadan önceki ağırlığına oranı (%) olarak hesaplanmıştır.

Çiğ ve kurutulmuş et dilimlerinin ortalama uzunluk, en ve kalınlık değerlerini belirlemek için kumpas ile 4 farklı örnekte ölçüm yapılmıştır. Örneklerin uzunluk, en ve kalınlık değişimi; ağırlık kaybı hesabına benzer şekilde yüzde olarak hesaplanmıştır.

### 3.3.5.3. Kesilme kuvvetinin belirlenmesi

Örneklerin kesilme kuvveti ve dayanıklılık değerleri, tekstür analiz cihazında (TA.XT Plus, Stable Microsystems, UK) Warner Bratzler (HDP/BS) bıçak seti kullanılarak tespit edilmiştir. Prob hızı, tetik kuvveti ve yük hücresi sırasıyla 2 mm/s, 10 g ve 50 kg olarak kullanılmıştır. Analiz için, rastgele seçilen 5 adet kurutulmuş et dilimi kullanılmıştır. Analiz sonucunda pikin maksimum değeri olan kesilme kuvveti (N) ve dayanıklılık (Nxs) değerleri hesaplanmıştır.

### 3.3.5.4. Renk değerlerinin belirlenmesi

Örneklerin rengi, örnek yüzeyindeki 5 farklı noktadan CR-400 Chromameter (Konica Minolta, Japonya) cihazı kullanılarak ölçülmüştür. CIE (Commission Internationale de l'Éclairage) renk sistemine göre ölçülen  $L^*$  değeri örneklerin siyah ( $L^*=0$ ) – beyazlığını ( $L^*=100$ ),  $a^*$  değeri kırmızı ( $+a^*$ ) - yeşil ( $-a^*$ ) renk değerlerini ve  $b^*$  değeri ise sarı ( $+b^*$ ) - mavi ( $-b^*$ ) renk değerlerini ifade etmektedir. Renk cihazı analizlerden önce cihaza ait kalibrasyon plakası ile kalibre edilmiştir.

### 3.3.6. Kimyasal analizler

#### 3.3.6.1. Nem içeriğinin belirlenmesi

Kuru madde kapları sıcaklığı  $105^{\circ}\text{C}$ 'ye ayarlı etüvde en az iki saat tutularak sabit tartıma getirilmiştir. Desikatöre alınıp oda sıcaklığına soğutulduktan sonra, kapların daraları alınmıştır. Homojen hale getirilen yaklaşık 5 g örnek kuru madde kabına tartılmış ve  $105^{\circ}\text{C}$ 'de sabit tartıma gelinceye kadar kurutulmuştur. Kuru madde kapları desikatöre alınıp oda sıcaklığına soğutulduktan sonra hassas olarak tartılmış ve sonuçlar yüzde olarak hesaplanmıştır (AOAC 2000).

#### 3.3.6.2. pH değerinin belirlenmesi

Örneklerin pH değerleri pH-metre cihazı (Hanna HI 2210, Woonsocket, RI, USA) kullanılarak ölçülmüştür. Her çalışma öncesinde pH-metre, pH 4 ve pH 7 tamponları kullanılarak kalibre edilmiştir (AOAC 2000).

#### 3.3.6.3. Kül miktarının belirlenmesi

Önceden  $105^{\circ}\text{C}$ 'ye ayarlanmış etüvde en az 2 saat tutularak sabit tartıma getirilmiş krozeler, desikatörde oda sıcaklığına soğutulmuş ve daraları alınmıştır. Kroze içerisine homojen hale getirilmiş örneklerden yaklaşık 3 g tartılmıştır. Kül fırınında meydana gelebilecek sıçrama ve taşmaları önlemek için  $105^{\circ}\text{C}$ 'deki etüvde 10-12 saat süre ile örnekler kurutulmuştur. Kroze kül fırınına alındıktan sonra sıcaklık kademeli olarak artırılmış ve örnekler  $550^{\circ}\text{C}$ 'de gri-beyaz bir kül rengi elde edilinceye kadar yakılmıştır. Soğutulduktan sonra desikatöre alınan krozeler oda sıcaklığına ulaşınca tartılmış ve sonuçlar yüzde olarak hesaplanmıştır (AOAC 2000).

### 3.3.6.4. Ham protein miktarının belirlenmesi

Örneklerin ham protein analizi Kjeldahl yöntemine göre yapılmıştır (AOAC 2000). Azot içermeyen filtre kağıdı üzerine 1 g kadar örnek ( $M$ ) tartıldıktan sonra kağıt katlanmış ve Kjeldahl balonuna aktarılarak üzerine iki adet katalizör tablet ve 25 mL konsantr H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> ilave edildikten sonra balon yakma düzeneğine yerleştirilmiş ve örneklerin rengi berrak yeşil olana kadar 425°C'de yakılmıştır. Yakıldıktan sonra soğutulan balon içeriğine yaklaşık 100 mL saf su ilave edilerek tüpler destilasyon ünitesine bağlanmış ve destilasyon ünitesinden 80 mL %50'lik NaOH çözeltisi de balon içeriğine aktarıldıktan sonra içerik, içerisinde 100 mL konsantrasyonu %3.5 olan indikatörlü borik asit çözeltisi bulunan erlenmayerin rengini pembeden yeşile döndürünceye kadar 5 dakika boyunca distile edilmiştir. Elde edilen distilat, 0.1 N HCl çözeltisi ile rengi pembeye dönünceye kadar titre edilmiş ve titrasyonda harcanan HCl çözeltisi miktarı ( $V_{asit}$ ) üzerinden hesaplanan azot miktarı (%Azot) et için 6.25 olan çevirme faktörü ile çarpılarak yüzde protein miktarı belirlenmiştir.

$$\% Azot = \frac{V_{asit} \times N_{asit} \times 1.4}{M} \quad (3.11)$$

$$\% Protein = \%Azot \times 6.25 \quad (3.12)$$

### 3.3.6.5. Ham yağ miktarının belirlenmesi

Örneklerin ham yağ analizi Soxhlet ekstraksiyon yöntemi kullanılarak tespit edilmiştir (AOAC 2000). İçerisine cam boncuk ilave edilmiş yağ balonu, 105°C'deki etüvde sabit tartıma getirildikten sonra desikatörde oda sıcaklığına kadar soğutulmuş ve tartılmıştır ( $M_1$ ). Temiz bir kartuş içerisine kurutulmuş örnekler tartıldıktan ( $M$ ) sonra kartuşun ağzı pamuk ile kapatılmış ve ekstraktöre yerleştirilmiştir. Yağ balonu ve ekstraktör kısmı birbirine bağlandıktan sonra bir buçuk sifon boyu çözgen ilave edilerek yukarıdan geri soğutucuya ve alttan ısıtıcı bölmeye bağlanmıştır. Yaklaşık olarak 6-8 saat süren ekstraksiyon işleminden sonra yağ balonuna toplanan çözgeni ayırmak için, çözgen sifon yapmadan ekstraktör sistemden ayrılmış ve bu kısımda toplanan çözgen boş bir şişeye aktarılmıştır. Yağ balonunda kalan çözgenin 105°C'deki etüvde uçurulmasıyla balonun sabit tartıma gelmesi sağlanmıştır. Yağ balonu desikatörde oda sıcaklığına soğutulduktan sonra tartılarak ( $M_2$ ) ağırlık değişimi üzerinden yüzde olarak ham yağ miktarı hesaplanmıştır.

$$\% Yağ = \frac{M_2 - M_1}{M} \times 100 \quad (3.13)$$

### 3.3.6.6. Tuz miktarının belirlenmesi

Örneklerdeki tuz miktarı titrimetrik Mohr yöntemi ile belirlenmiştir (AOAC 2000). Sabit ağırlığa getirilmiş ve darası alınmış kroze içerisine yaklaşık 3 g örnek ( $M$ ) tartılmış ve bu krozeler gri-beyaz kül rengi elde edilinceye kadar 550°C'deki kül fırınında yakılmıştır. Kroze içerisindeki kül, sıcak saf su ile 3-4 kez yıkanarak külsüz filtre kağıdından erlenmayere filtre edilmiş ve elde edilen filtrat, fenol fitalein indikatörlüğünde 0.1 N H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> çözeltisi ile pembe renk giderilinceye kadar titrasyona tabi tutularak nötrlenmiştir. Nötr haldeki filtrat, %5'lik K<sub>2</sub>CrO<sub>4</sub> indikatörü damlatıldıktan sonra 0.1 N

AgNO<sub>3</sub> çözeltisi ile kiremit kırmızısı renge titre edilerek harcanan AgNO<sub>3</sub> çözeltisi miktarı (*V*) üzerinden yüzde tuz miktarı hesaplanmıştır.

$$\% NaCl = \frac{V \times 0.00585 \times 100}{M} \quad (3.14)$$

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

Örneklerin NPN-M miktarı Kaban (2009)'a göre belirlenmiştir. Kurutulmuş örneklerden yaklaşık 5 g tartılmış (*M*<sub>0</sub>) ve üzerine 10 mL diklorometan ve 50 g %20'lik trikloroasetik asit (TCA) (*M*<sub>1</sub>) eklenerek ultra turrax (IKA-T25, Staufen, Almanya) ile homojenize (30-60s) edilmiştir. Elde edilen homojenize örnek oda sıcaklığında 15 dk bekletildikten sonra 3500xg'de 25 dk santrifüjlenmiştir. Santrifüjleme aşamasından sonra elde edilen üst faz hızlı bir şekilde Wattman 595 nolu filtre kağıdından süzölmüş ve süzöntü (*M*<sub>2</sub>) içindeki toplam azot, Kjeldahl yöntemi ile belirlenmiştir. Örneklerdeki NPN-M miktarı, titrasyonda harcanan HCl çözeltisi (*V*) ile örneklerin % nem miktarları (*W*<sub>p</sub>) dikkate alınarak aşağıdaki formülden hesaplanmıştır. Sonuçlar g /100g örnek cinsinden ifade edilmiştir.

$$NPN \text{ (g/100g)} = \frac{V \times 8.755 \times \left(\frac{W_p}{100} \times M_0 + M_1\right)}{M_0 \times M_2 \times 10} \quad (3.15)$$

### 3.3.6.8. TBARS değerinin belirlenmesi

Örneklerin TBARS değeri Lemon (1975) tarafından verilen yöntem kullanılarak belirlenmiştir. Kurutulmuş örneklerden yaklaşık 2 g tartılmış (*M*) ve üzerine 12 mL %7.5'lik TCA çözeltisi eklenerek ultra turrax (IKA-T25, Staufen, Almanya) ile homojenize (60s) edilmiştir. Elde edilen homojenize örnek, Wattman 1 nolu filtre kağıdından süzölmüş ve süzöntüden 3 mL alınarak deney tüpüne aktarıldıktan sonra üzerine 3 mL 0.02 M tiyobarbitürik asit (TBA) çözeltisi ilave edilip kaynayan su banyosunda 40 dk bekletilmiştir. Su banyosundan alınan örnek, musluk suyu ile soğutulduktan sonra 2000xg'de 5 dakika santrifüjlenmiş ve absorpsiyonu spektrofotometrede 530 nm dalga boyunda köre karşı okunmuştur (*Abs*). Sonuçlar µmol MDA/kg örnek cinsinden ifade edilmiştir.

$$TBARS \text{ (µmol MDA/kg)} = \frac{(Abs)}{0.06} \times 2 \times 6.8 \quad (3.16)$$

### 3.3.7. Mikrobiyolojik analizler

Örneklerin mikrobiyal içeriklerini belirlemek amacıyla aseptik koşullarda 10 g örnek, 90 mL pepton ile homojenize edilmiş ve hedef alınan sayıya göre uygun dilüsyonlardan dökme yöntemi ile ekim yapılmıştır. Mikrobiyolojik analizde örneklerin TAMB, TPB, maya-küf, Enterobacteriaceae, LAB ve *Micrococcus/Staphylococcus* sayımları yapılmıştır (Halkman 2005).

### 3.3.7.1. Toplam mezofilik aerobik bakteri sayısı

TAMB sayımı için, steril petri kutularına uygun dilüsyonlardan 1 mL örnek alınmış ve üzerine 45°C'ye kadar soğutulmuş Plate Count Agar'dan (PCA) 15 mL dökülmüştür. Ekimi yapılan petriyer 30°C'de 2 gün inkübe edilmiş ve inkübasyon sonunda 30-300 arasında koloni içeren paralel petri kutularında sayım yapılmıştır.

### 3.3.7.2. Toplam psikrofilik bakteri sayısı

TPB sayımı için, steril petri kutularına uygun dilüsyonlardan 1 mL örnek alınmış ve üzerine 45°C'ye kadar soğutulmuş PCA'dan 15 mL dökülmüştür. İnkübasyon 7°C'de 10 gün gerçekleştirilerek, 30-300 arasında koloni içeren petriyerde sayım yapılmıştır.

### 3.3.7.3. Maya-küf sayımı

Maya-küf sayımı için, hazırlanan dilüsyonlardan 1 mL örnek petri kutularına alınmış ve üzerine 45°C'ye kadar soğutulmuş Potato Dextrose Agar'dan (PDA) 15 mL dökülmüştür. Ekimi yapılan petriyer 25°C'de 5 gün inkübe edilmiştir. İnkübasyon sonunda 30-300 arasında gelişen maya ve küf kolonileri sayılarak maya-küf sayısı belirlenmiştir.

### 3.3.7.4. Enterobacteriaceae sayısı

Enterobacteriaceae sayımı için, hazırlanan dilüsyonlardan 1 mL örnek petri kutularına alınmış ve üzerine 45°C'ye kadar soğutulmuş Violet Red Bile Dextrose (VRBD) agardan 15 mL dökülmüştür. Ekimi yapılan petriyer 30°C'de 2 gün inkübe edildikten sonra 1 mm'den büyük koloniler sayılmıştır.

### 3.3.7.5. Laktik asit bakteri sayısı

LAB sayımı için, hazırlanan dilüsyonlardan 1 mL örnek steril petri kutularına pipetlendikten sonra, 45°C'ye soğutulmuş 15 mL Lactobacillus Agar acc. to De Man, Rogosa and Sharpe (MRS) agar üzerine ilave edilmiştir. İnkübasyon işlemi 30°C'de anaerobik (Anaerocult A) olarak 2 gün süre ile gerçekleştirilmiş ve inkübasyon sonunda 30-300 koloni bulunduran petriyerde sayım yapılmıştır.

### 3.3.7.6. *Micrococcus/Staphylococcus* sayısı

*Micrococcus/Staphylococcus* sayımı için, hazırlanan dilüsyonlardan 1 mL örnek steril petri kutularına pipetlendikten sonra, üzerine 45°C'ye soğutulmuş Mannitol Salt Phenol-Red Agar'dan (MSA) 15 mL ilave edilmiştir. İnkübasyon işlemi 30°C'de aerobik olarak 2 gün süre ile gerçekleştirilmiş ve inkübasyon sonunda 30-300 koloni bulunduran petriyerde sayım yapılmıştır.

### 3.3.8. Duyusal analiz

Duyusal analiz, 8 kişilik bir panelist grubu ile ışıklandırılmış ve havalandırılmış bir odada yapılmıştır. Örnekler panelistlere rastgele sıralama yapılarak sunulmuş, değerlendirme esnasında bir önceki örnekten ağızda kalan tadı gidermek amacıyla

panelistlere su ve ekmek verilmiştir. Duyusal analizde panelistler örneklerin görünüş, renk, koku, lezzet, yapı (tekstür) ve genel beğeni özelliklerini değerlendirmiştir. Değerlendirmede 9'lu hedonik skala (1: çok kötü, 9: çok iyi) kullanılmıştır (Koniczny vd. 2007). Duyusal analizde kullanılan form EK 1'de verilmiştir.

### **3.3.9. İstatiksel analiz**

Elde edilen verilere SAS (V7, SAS Institute Inc., Cary, NC, USA) bilgisayar programı yardımıyla varyans analizi uygulanmış ve önemli bulunan faktörlere ait ortalamalar Duncan çoklu karşılaştırma testi ile karşılaştırılmıştır. Sonuçlar ortalama  $\pm$  standart hata şeklinde verilmiştir. Önemli bulunan interaksiyonlar grafikler halinde gösterilmiştir.

#### 4. BULGULAR VE TARTIŞMA

##### 4.1. Tuzlanmış Taze Et Dilimlerinin Fizikokimyasal ve Mikrobiyolojik Analiz Bulguları

Tuzlanmış taze et dilimlerinin nem, kül, tuz, ham protein, ham yağ, pH ve su aktivitesi değerleri ile mikrobiyolojik sayım sonuçları Çizelge 4.1’de verilmiştir. Tuzlanmış taze et diliminin bileşimi %73.70 nem, %20.16 ham protein, %2.84 ham yağ, %1.76 kül ve %0.77 tuz olarak belirlenmiştir. Tuzlanmış et dilimlerinin pH ve su aktivitesi değeri ise sırasıyla, ortalama 5.82 ve 0.97 olarak belirlenmiştir.

**Çizelge 4.1.** Tuzlanmış taze et dilimlerinin fizikokimyasal ve mikrobiyolojik analiz bulgularının ortalama değerleri ( $\pm$  standart hata)

Tanımlayıcı analizler	Tuzlanmış taze et dilimleri
Nem (%)	73.70 $\pm$ 0.33
Ham Protein (%)	20.16 $\pm$ 0.08
Ham Yağ (%)	2.84 $\pm$ 0.10
Kül (%)	1.76 $\pm$ 0.01
Tuz (%)	0.77 $\pm$ 0.01
pH	5.82 $\pm$ 0.00
Su aktivitesi	0.97 $\pm$ 0.00
TAMB (log kob/g)	5.88 $\pm$ 0.03
TPB (log kob/g)	5.65 $\pm$ 0.03
<i>Micrococcus/Staphylococcus</i> (log kob/g)	3.96 $\pm$ 0.02
LAB (log kob/g)	3.22 $\pm$ 0.12
Maya-Küf (log kob/g)	4.85 $\pm$ 0.02

TAMB: Toplam aerobik mezofilik bakteri; TPB: Toplam psikrofilik bakteri; LAB: Laktik asit bakterileri

Kas dokusunun bileşimi; hayvanın türüne, ırkına, yaşına, beslenme şekline ve kesimden önceki muamelelere bağlıdır. Bu çalışmada *M. Longissimus dorsi* kasından hazırlanan et dilimlerinin bileşimi, literatür bulgularıyla benzer sonuçlar göstermiştir. Pastırma üretiminde kullanılan taze sığır etinin (*Longissimus dorsi*) nem içeriği %74.38 ve pH değeri 5.53 olarak belirlenmiştir (Aksu vd. 2017). Sha vd. (2017), tarafından yapılan bir çalışmada, %2 oranında tuzlanmış *M. longissimus lumbarum* kasının pH değerleri 5.69, nem içeriği %72.86 ve ham yağ içeriği %2.45 olarak tespit edilmiştir. Pedrão vd. (2009), Nelore sığır karkaslarına ait *Longissimus dorsi* kasının kimyasal kompozisyonunu %73.34 nem, %21.18 protein, %3.39 yağ ve 0.99 kül olarak saptamıştır. Speckhahn vd. (2010), kızgın buhar yöntemi ile kuruttuğu sığır eti parçalarının başlangıçtaki nem ve yağ içeriğini sırasıyla %74.6 ve %2.5 olarak belirlemişlerdir. Başlar vd. (2014), ultrasonik vakum kurutma tekniği ile kuruttuğu sığır etinin başlangıçtaki bileşimini %74.06 nem, %22.89 protein, %1.61 yağ ve %1.23 kül olarak tespit etmişlerdir.

Tuzlanmış çiğ et diliminin mikrobiyal yükü; 5.88 log kob/g TAMB, 5.65 log kob/g TPB, 3.96 log kob/g *Micrococcus/Staphylococcus*, 3.22 log kob/g LAB ve 4.85 log kob/g maya-küf olarak tespit edilmiştir. Et dilimlerinin Enterobacteriaceae sayısı saptanabilirlik sınırı olan <1 log kob/g’ın altında tespit edilmiştir. Çiğ örnekte sayımı yapılan



mikroorganizma grupları bozulmayla ilgili olsa da, genel olarak, bozulma mikrobiyal yük 7-8 log kob/cm<sup>2</sup> düzeyine ulaştığında meydana gelmektedir (Vieira vd. 2009). Bu çalışmadaki değerler, bozulma için kabul edilebilir minimum değer önemli bir şekilde altında olduğu tespit edilmiştir.

Fernández vd. (2007), sığır *Longissimus dorsi* kasında TAMB ve LAB sayısını sırasıyla 3.53 ve 2.68 log kob/g olarak ve Enterobacteriaceae sayısını ise saptanabilir sınırın altında (<1 log kob/g) tespit etmişlerdir. Venturini vd. (2014) *Longissimus dorsi* kasında TPB'nin ortama hakim flora olduğunu ve TPB, LAB ve Enterobacteriaceae sayılarını ise sırasıyla 4.5, 2.4 ve 3.5 log kob/g olarak bildirmişlerdir. Cardoso vd. (2012), buzdolabı koşullarında 14 gün depolanan vakum ambalajlanmış sığır *Longissimus dorsi* kasının 4.53 log kob/cm<sup>2</sup> TAMB, 3.90 log kob/cm<sup>2</sup> TPB ve 3.55 log kob/cm<sup>2</sup> LAB içerdiğini tespit etmişlerdir. Pastırma üretimi sırasında ise, kürlenmiş sığır etinin (*Longissimus dorsi*) *Micrococcus/Staphylococcus* ve LAB sayısı 3 log kob/g'ın altında belirlenmiştir (Kaban 2009).

## 4.2. Soğuk Kurutulmuş Et Dilimlerinin Kuruma Kinetikleri

### 4.2.1. Soğuk kurutulmuş et dilimlerinin nem oranı değerleri

Farklı sıcaklık ve hava hızlarında kurutulmuş et dilimlerinin ortalama nem oranı (*MR*) değerleri Çizelge 4.2'de, farklı sıcaklık ve hava hızlarında kurutulmuş et dilimlerinin nem oranına hava hızının etkisi Şekil 4.1'de ve sıcaklığın etkisi ise Şekil 4.2'de gösterilmiştir.

Tuzlanmış taze et diliminin %73.70 olan su içeriğinin, buharla pastörizasyon ve pastörizasyon sonrası buhardan oluşan suyun vakumla sistem dışına atılması sırasında %67.35'e düştüğü tespit edilmiştir. Bu nedenle farklı sıcaklık ve hava hızlarında et dilimlerinin kurutulması sırasında sabit hızda kuruma periyodu tespit edilememiştir. Et dilimlerinin azalan kuruma periyodunda kuruduğu ve suyun uzaklaşmasını kontrol eden muhtemel fiziksel mekanizmanın ise difüzyon olduğu değerlendirilmiştir. Et dilimlerinin kurutma sonunda nihai su içeriği ortalama %39.85 olarak belirlenmiştir. Nihai su içeriğine ulaşmaya kadar geçen kuruma süreleri 1, 2, 3 ve 4 m/s için sırasıyla 10°C'de 480, 450, 450 ve 360 dk, 15°C'de 570, 510, 480 ve 420 dk ve 20°C'de 810, 720, 630 ve 570 dk olarak tespit edilmiştir. Et dilimlerinin kuruma süresi sıcaklık artışına bağlı olarak artarken, hava hızındaki artışa bağlı olarak ise azaldığı tespit edilmiştir. Dolayısıyla, en yüksek kuruma süresi 20°C sıcaklık ve 1 m/s hava hızı uygulanan örneklerde, en düşük kuruma süresi ise 10°C sıcaklık ve 4 m/s hava hızı uygulanan örneklerde belirlenmiştir.

Et dilimlerinin *MR* değerlerinin kurutma süresinin artışıyla azaldığı ve bu azalışın üstel olarak ( $R^2 \geq 0.9916$ ) gerçekleştiği tespit edilmiştir (Şekil 4.1 ve 4.2). Et kurutması üzerine yapılan birçok çalışmada da *MR* değerinin kurutma süresinin artışıyla üstel olarak azaldığı bildirilmiştir (Sa-adchom vd. 2011; Başlar vd. 2014, 2015; Mujaffar ve Sankat 2015).

Kurutma hava hızı arttığında veya kurutma sıcaklığı azaldığında kurutulan örneklerin aynı kurutma süresindeki *MR* değerlerinde dikkate değer bir azalma meydana geldiği tespit edilmiştir (Şekil 4.1 ve 4.2). Aynı sıcaklıkta kurutma hava hızı artışı birim zamanda ürünün üzerinden geçen hava miktarını arttırması sebebiyle beklentiye uygun

olarak kurutma süresini azaltmıştır. Ancak, kurutma sıcaklığının 20°C'den 10°C'ye azalışı genel beklentiye uygun olmayarak kurutma süresini kısaltmıştır. Bu durum nedeni olarak sıcaklığı düşük havanın sıcaklığı yüksek havaya göre daha az su buharı tutmasından kaynaklanabileceği düşünülmektedir. Çünkü soğuk hava düşük nem içeriği ile kurutulmakta olan ürün yüzeyinden geçerken oluşan yüksek nem farkı nedeniyle daha hızlı bir kütle transferine neden olmaktadır ve yüksek sıcaklıktaki kurutmaya göre daha hızlı bir kurumaya neden olmaktadır.

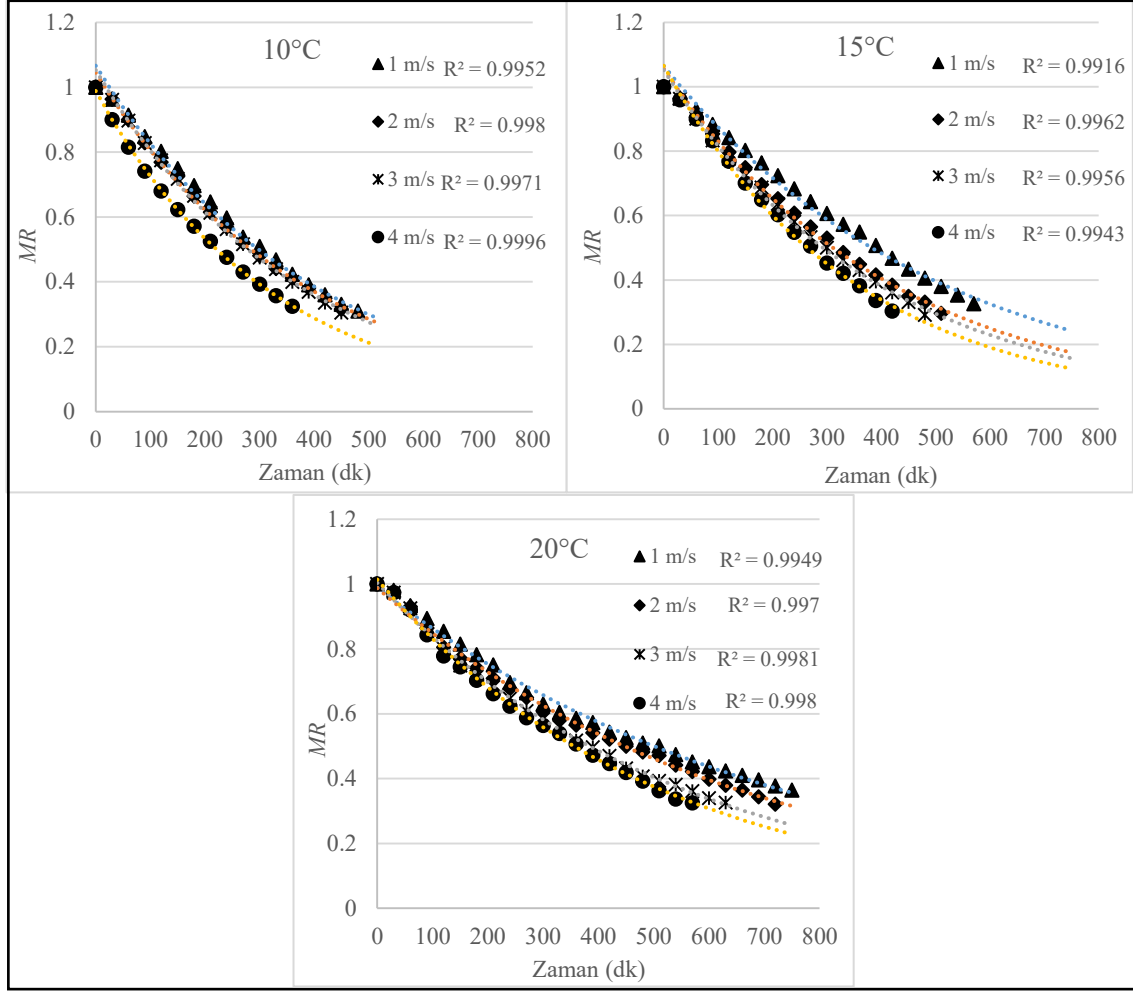
**Çizelge 4.2.** Farklı sıcaklık ve hava hızlarında kurutulmuş et dilimlerinin ortalama *MR* değerleri ( $\pm$  standart hata)

Sıcaklık (°C)		10				15				20			
Hava hızı (m/s)		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Zaman (dk)	0	1.00± 0.000	1.00± 0.000	1.00± 0.000	1.00± 0.000	1.00± 0.000	1.00± 0.000	1.00± 0.000	1.00± 0.000	1.00± 0.000	1.00± 0.000	1.00± 0.000	1.00± 0.000
	30	0.96± 0.001	0.96± 0.000	0.96± 0.001	0.90± 0.000	0.97± 0.002	0.96± 0.000	0.96± 0.000	0.96± 0.001	0.98± 0.004	0.97± 0.001	0.97± 0.001	0.97± 0.002
	60	0.91± 0.002	0.90± 0.002	0.90± 0.001	0.81± 0.002	0.93± 0.002	0.90± 0.001	0.90± 0.000	0.90± 0.003	0.93± 0.002	0.93± 0.001	0.93± 0.002	0.92± 0.002
	90	0.85± 0.003	0.83± 0.005	0.83± 0.001	0.74± 0.002	0.88± 0.002	0.85± 0.000	0.83± 0.002	0.83± 0.003	0.89± 0.002	0.86± 0.003	0.86± 0.001	0.84± 0.002
	120	0.80± 0.003	0.77± 0.005	0.77± 0.000	0.68± 0.003	0.84± 0.002	0.80± 0.000	0.78± 0.002	0.77± 0.003	0.85± 0.006	0.81± 0.002	0.80± 0.000	0.78± 0.002
	150	0.75± 0.004	0.72± 0.001	0.72± 0.001	0.62± 0.003	0.80± 0.002	0.75± 0.000	0.72± 0.002	0.70± 0.002	0.82± 0.002	0.77± 0.003	0.75± 0.000	0.75± 0.002
	180	0.70± 0.005	0.66± 0.008	0.66± 0.001	0.57± 0.004	0.76± 0.002	0.70± 0.001	0.69± 0.001	0.65± 0.002	0.78± 0.001	0.74± 0.001	0.71± 0.001	0.70± 0.003
	210	0.65± 0.005	0.61± 0.009	0.61± 0.003	0.52± 0.005	0.72± 0.002	0.65± 0.001	0.64± 0.001	0.60± 0.002	0.75± 0.002	0.71± 0.001	0.68± 0.002	0.66± 0.003
	240	0.60± 0.006	0.57± 0.009	0.56± 0.003	0.48± 0.005	0.68± 0.002	0.61± 0.002	0.58± 0.001	0.55± 0.001	0.70± 0.000	0.68± 0.001	0.65± 0.002	0.62± 0.004
	270	0.54± 0.006	0.52± 0.010	0.52± 0.003	0.43± 0.005	0.64± 0.001	0.56± 0.002	0.53± 0.002	0.50± 0.001	0.67± 0.000	0.65± 0.002	0.61± 0.002	0.59± 0.004
	300	0.51± 0.000	0.48± 0.013	0.47± 0.001	0.39± 0.007	0.61± 0.000	0.53± 0.000	0.50± 0.004	0.45± 0.002	0.63± 0.001	0.61± 0.005	0.58± 0.005	0.56± 0.004
	330	0.47± 0.000	0.44± 0.009	0.44± 0.002	0.36± 0.009	0.57± 0.002	0.49± 0.001	0.46± 0.005	0.42± 0.003	0.60± 0.002	0.58± 0.005	0.56± 0.004	0.54± 0.008
360	0.42± 0.003	0.41± 0.011	0.40± 0.003	0.32± 0.000	0.55± 0.004	0.45± 0.004	0.43± 0.005	0.38± 0.000	0.59± 0.004	0.56± 0.003	0.52± 0.002	0.51± 0.003	

Devamı arkada

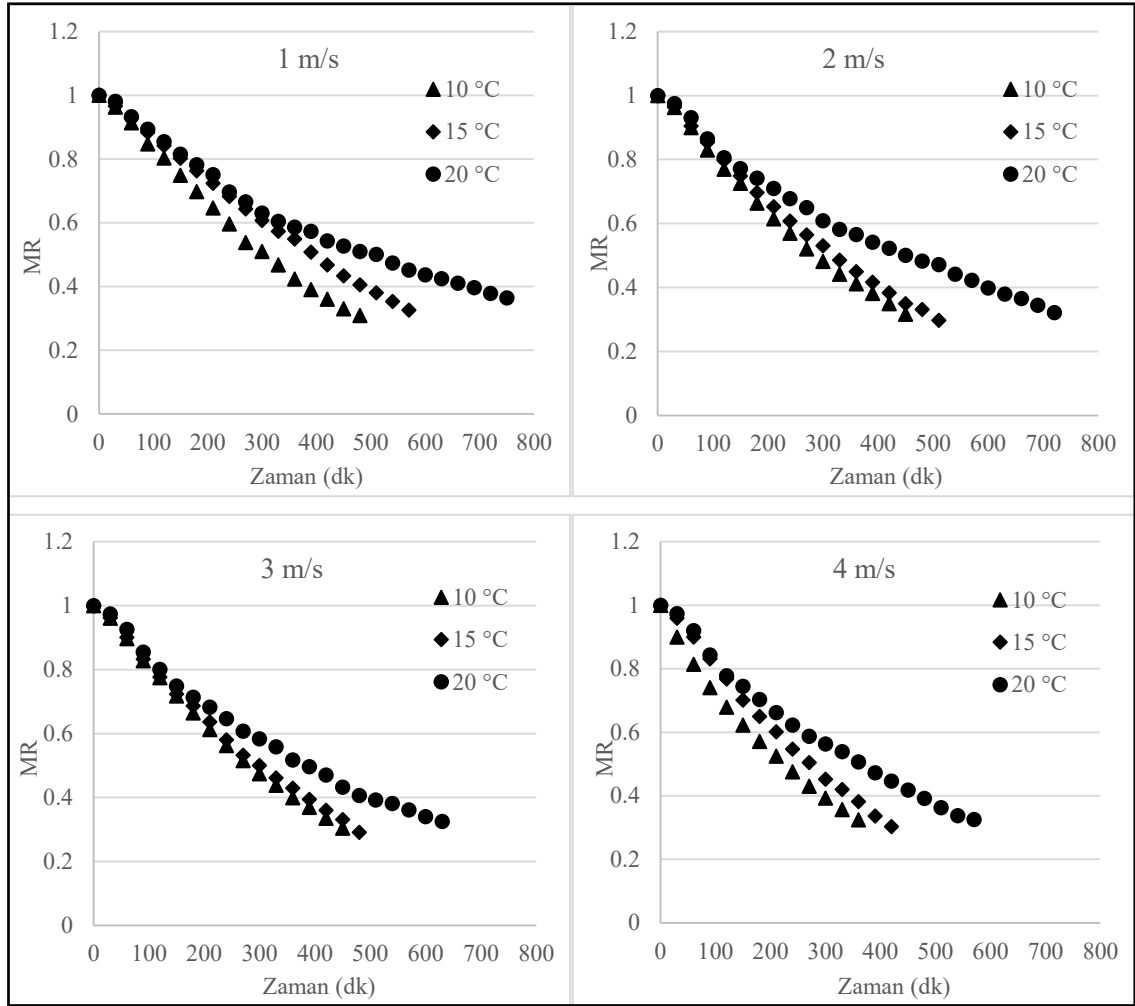
Çizelge 4.2'nin devamı.

Sıcaklık (°C)		10				15				20			
Hava hızı (m/s)		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Zaman (dk)	390	0.39± 0.003	0.38± 0.012	0.37± 0.002		0.51± 0.007	0.42± 0.000	0.39± 0.007	0.34± 0.004	0.57± 0.009	0.54± 0.001	0.50± 0.007	0.47± 0.002
	420	0.36± 0.002	0.35± 0.009	0.34± 0.003		0.47± 0.008	0.38± 0.003	0.36± 0.006	0.30± 0.004	0.54± 0.006	0.52± 0.003	0.47± 0.007	0.45± 0.001
	450	0.33± 0.002	0.32± 0.007	0.30± 0.005		0.43± 0.004	0.35± 0.005	0.33± 0.004		0.53± 0.006	0.50± 0.002	0.43± 0.002	0.42± 0.003
	480	0.31± 0.002				0.41± 0.003	0.33± 0.006	0.29± 0.003		0.51± 0.001	0.48± 0.001	0.41± 0.001	0.39± 0.005
	510					0.38± 0.004	0.30± 0.005			0.50± 0.001	0.47± 0.001	0.39± 0.005	0.36± 0.004
	540					0.35± 0.004				0.47± 0.008	0.44± 0.006	0.38± 0.007	0.34± 0.008
	570					0.33± 0.003				0.45± 0.008	0.42± 0.011	0.36± 0.006	0.33± 0.011
	600									0.44± 0.002	0.40± 0.010	0.34± 0.007	
	630									0.42± 0.004	0.38± 0.012	0.33± 0.010	
	660									0.41± 0.007	0.36± 0.007		
	690									0.40± 0.003	0.34± 0.000		
	720									0.38± 0.003	0.32± 0.002		
	750									0.36± 0.000			
	780									0.35± 0.002			
810									0.33± 0.002				



**Şekil 4.1.** Farklı sıcaklık ve hava hızlarında kurutulmuş et dilimlerinin nem oranına hava hızının etkisi

Salamura çözeltisi (%26.5) ile tuzlanmış et dilimlerinin kurutulduğu benzer bir çalışmada, et dilimlerinin 50°C'ye göre 40°C'de daha hızlı kuruduğu bildirilmiştir. Aynı çalışmada, hava hızı arttıkça (1.5 m/s'den 2.5 m/s'ye) et dilimlerinin kuruma hızının da arttığı tespit edilmiştir (Chabbouh vd. 2011). Diğer taraftan, Ahmat vd. (2015) sıcaklık (40°C'den 60°C'ye) ve hava hızı (1 m/s'den 3 m/s'ye) arttıkça et dilimlerinin daha hızlı kuruduğunu bildirmiştir.



**Şekil 4.2.** Farklı sıcaklık ve hava hızlarında kurutulmuş et dilimlerinin nem oranına sıcaklığın etkisi

#### 4.2.2. Soğuk kurutulmuş et dilimlerinin deneysel kuruma verilerinin modellere uyumu

10, 15 ve 20°C’de farklı hava hızlarında kurutulmuş et dilimlerinin deneysel kuruma verilerine farklı modellerin uygulanması sonucu elde edilen  $k$ ,  $k_0$ ,  $k_1$ ,  $a$ ,  $b$ ,  $c$ ,  $g$ ,  $h$  ve  $n$  model sabitleri ve  $R^2$ ,  $\chi^2$  ve  $RMSE$  değerleri sırasıyla Çizelge 4.3, Çizelge 4.4 ve Çizelge 4.5’de verilmiştir.

**Çizelge 4.3.** 10°C’de farklı hava hızlarında kurutulmuş et dilimlerinin deneysel kuruma verilerine farklı modellerin uygulanması sonucu elde edilen  $k$ ,  $k_0$ ,  $k_1$ ,  $a$ ,  $b$ ,  $c$ ,  $g$ ,  $h$  ve  $n$  sabitleri ve  $R^2$ ,  $\chi^2$  ve  $RMSE$  değerleri

Modeller	Parametreler	10°C			
		1 m/s	2 m/s	3 m/s	4 m/s
<i>Lewis</i>	$k$	0.0023	0.0024	0.0024	0.0031
	$R^2$	0.9860	0.9927	0.9913	0.9989
	$\chi^2$	0.0007	0.0004	0.0005	0.0001
	$RMSE$	0.0263	0.0184	0.0206	0.0068
<i>Page</i>	$k$	0.0007	0.0011	0.0010	0.0039
	$n$	1.2144	1.1428	1.1644	0.9597
	$R^2$	0.9995	0.9994	0.9998	0.9996
	$\chi^2$	2.59x10 <sup>-5</sup>	3.32x10 <sup>-5</sup>	1.37x10 <sup>-5</sup>	2.22x10 <sup>-5</sup>
	$RMSE$	0.0048	0.0054	0.0035	0.0043
Modifiye <i>Page</i>	$k$	0.0024	0.0025	0.0026	0.0031
	$n$	1.2144	1.1428	1.1644	0.9597
	$R^2$	0.9995	0.9994	0.9998	0.9996
	$\chi^2$	2.59x10 <sup>-5</sup>	3.32x10 <sup>-5</sup>	1.37x10 <sup>-5</sup>	2.22x10 <sup>-5</sup>
	$RMSE$	0.0048	0.0054	0.0035	0.0043
Çift Terimli	$a$	0.5224	1.0515	1.0564	0.9821
	$k_0$	0.0024	0.0026	0.0027	0.0030
	$b$	0.5224	-0.0515	-0.0564	0.0179
	$k_1$	0.0024	1.0000	1.0000	1.0000
	$R^2$	0.9933	0.9993	0.9988	0.9997
	$\chi^2$	0.0004	4.25x10 <sup>-5</sup>	7.79x10 <sup>-5</sup>	1.71x10 <sup>-5</sup>
	$RMSE$	0.0182	0.0056	0.0076	0.0034
Çift Terimli Üstel	$a$	1.7676	1.6780	1.7073	0.5141
	$k$	0.0034	0.0034	0.0035	0.0043
	$R^2$	0.9994	0.9990	0.9995	0.9993
	$\chi^2$	3.32x10 <sup>-5</sup>	5.51x10 <sup>-5</sup>	2.83x10 <sup>-5</sup>	3.61x10 <sup>-5</sup>
	$RMSE$	0.0054	0.0070	0.0050	0.0055
<i>Wang ve Singh</i>	$a$	-0.0019	-0.0021	-0.0021	-0.0030
	$b$	8.05x10 <sup>-7</sup>	1.21x10 <sup>-6</sup>	1.14x10 <sup>-6</sup>	3.17x10 <sup>-6</sup>
	$R^2$	0.9975	0.9982	0.9986	0.9977
	$\chi^2$	0.0001	9.51x10 <sup>-5</sup>	7.75x10 <sup>-5</sup>	0.0001
<i>Henderson ve Pabis</i>	$RMSE$	0.0112	0.0091	0.0082	0.0099
	$a$	1.0448	1.0334	1.0364	0.9895
	$k$	0.0024	0.0025	0.0026	0.0031
	$R^2$	0.9933	0.9970	0.9962	0.9994
	$\chi^2$	0.0004	0.0002	0.0002	3x10 <sup>-5</sup>
$RMSE$	0.0182	0.0118	0.0137	0.0051	

Devamı arkada

Çizelge 4.3'ün devamı.

Modeller	Parametreler	10°C			
		1 m/s	2 m/s	3 m/s	4 m/s
Modifiye Henderson ve Pabis	<i>a</i>	0.3483	0.3445	0.3455	0.3298
	<i>k</i>	0.0024	0.0025	0.0026	0.0031
	<i>b</i>	0.3483	0.3445	0.3455	0.3298
	<i>g</i>	0.0024	0.0025	0.0026	0.0031
	<i>c</i>	0.3483	0.3445	0.3455	0.3298
	<i>h</i>	0.0024	0.0025	0.0026	0.0031
	$R^2$	0.9933	0.9970	0.9962	0.9994
	$\chi^2$	0.0005	0.0002	0.0003	4.87x10 <sup>-5</sup>
	<i>RMSE</i>	0.0182	0.0118	0.0137	0.0051
Midilli	<i>a</i>	0.9996	1.0047	1.0037	1.0007
	<i>k</i>	0.0006	0.0010	0.0010	0.0051
	<i>n</i>	1.2518	1.1688	1.1707	0.8828
	<i>b</i>	7.84x10 <sup>-5</sup>	8.93x10 <sup>-5</sup>	3.79x10 <sup>-5</sup>	-0.0002
	$R^2$	0.9996	0.9996	0.9998	0.9999
	$\chi^2$	2.34x10 <sup>-5</sup>	2.45x10 <sup>-5</sup>	1.15x10 <sup>-5</sup>	6.62x10 <sup>-6</sup>
	<i>RMSE</i>	0.0042	0.0043	0.0029	0.0021
Difüzyon Yaklaşımı	<i>a</i>	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
	<i>k</i>	0.0023	0.0024	0.0024	0.0031
	<i>b</i>	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
	$R^2$	0.9860	0.9927	0.9913	0.9989
	$\chi^2$	0.0008	0.0004	0.0005	6.07x10 <sup>-5</sup>
	<i>RMSE</i>	0.0263	0.0184	0.0206	0.0068
Logaritmik	<i>a</i>	1.5084	1.2486	1.3358	0.9685
	<i>k</i>	0.0014	0.0019	0.0017	0.0032
	<i>c</i>	-0.4881	-0.2297	-0.3182	0.0230
	$R^2$	0.9982	0.9988	0.9991	0.9994
	$\chi^2$	0.0001	7.07x10 <sup>-5</sup>	5.58x10 <sup>-5</sup>	3.24x10 <sup>-5</sup>
	<i>RMSE</i>	0.0094	0.0076	0.0067	0.0050
Verma	<i>a</i>	1.0675	1.0515	1.0564	0.9821
	<i>k</i>	0.0025	0.0026	0.0027	0.0030
	<i>g</i>	1.8494	83.0000	83.0000	83.0000
	$R^2$	0.9969	0.9993	0.9988	0.9997
	$\chi^2$	0.0002	3.92x10 <sup>-5</sup>	7.19x10 <sup>-5</sup>	1.54x10 <sup>-5</sup>
	<i>RMSE</i>	0.0124	0.0056	0.0076	0.0034
MR'nin karekökü	<i>n</i>	-1.0079	-1.0021	-1.0034	-0.9802
	<i>k</i>	0.0010	0.0010	0.0010	0.0012
	$R^2$	0.9984	0.9978	0.9987	0.9930
	$\chi^2$	8.72x10 <sup>-5</sup>	0.0001	7.34x10 <sup>-5</sup>	0.0004
	<i>RMSE</i>	0.0088	0.0103	0.0080	0.0172
Zamanın karekökü	<i>n</i>	0.9812	0.9704	0.9721	0.9288
	<i>k</i>	-0.0030	-0.0031	-0.0032	-0.0036
	$R^2$	0.9899	0.9857	0.9878	0.9755
	$\chi^2$	0.0006	0.0008	0.0007	0.0012
	<i>RMSE</i>	0.0223	0.0259	0.0243	0.0322

**Çizelge 4.4.** 15°C’de farklı hava hızlarında kurutulmuş et dilimlerinin deneysel kuruma verilerine farklı modellerin uygulanması sonucu elde edilen  $k$ ,  $k_0$ ,  $k_1$ ,  $a$ ,  $b$ ,  $c$ ,  $g$ ,  $h$  ve  $n$  sabitleri ve  $R^2$ ,  $\chi^2$  ve  $RMSE$  değerleri

Modeller	Parametreler	15°C			
		1 m/s	2 m/s	3 m/s	4 m/s
<i>Lewis</i>	$k$	0.0017	0.0022	0.0023	0.0026
	$R^2$	0.9852	0.9910	0.9920	0.9871
	$\chi^2$	0.0007	0.0005	0.0004	0.0007
	$RMSE$	0.0255	0.0208	0.0197	0.0252
<i>Page</i>	$k$	0.0005	0.0008	0.0010	0.0008
	$n$	1.2188	1.1667	1.1505	1.2047
	$R^2$	0.9994	0.9998	0.9992	0.9995
	$\chi^2$	$3.10 \times 10^{-5}$	$1.14 \times 10^{-5}$	$4.19 \times 10^{-5}$	$2.76 \times 10^{-5}$
	$RMSE$	0.0053	0.0032	0.0061	0.0049
Modifiye <i>Page</i>	$k$	0.0019	0.0023	0.0024	0.0027
	$n$	1.2188	1.1667	1.1505	1.2047
	$R^2$	0.9994	0.9998	0.9992	0.9995
	$\chi^2$	$3.10 \times 10^{-5}$	$1.14 \times 10^{-5}$	$4.19 \times 10^{-5}$	$2.76 \times 10^{-5}$
	$RMSE$	0.0053	0.0032	0.0061	0.0049
Çift Terimli	$a$	1.0556	1.0536	1.0504	1.0675
	$k_0$	0.0019	0.0024	0.0025	0.0028
	$b$	-0.0556	-0.0536	-0.0504	-0.0675
	$k_1$	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
	$R^2$	0.9943	0.9981	0.9981	0.9977
	$\chi^2$	0.0003	0.0001	0.0001	0.0002
	$RMSE$	0.0158	0.0097	0.0095	0.0106
Çift Terimli Üstel	$a$	1.7681	1.7093	1.6870	1.7555
	$k$	0.0027	0.0031	0.0033	0.0038
	$R^2$	0.9995	0.9997	0.9991	0.9993
	$\chi^2$	$2.31 \times 10^{-5}$	$1.84 \times 10^{-5}$	$5.02 \times 10^{-5}$	$4.20 \times 10^{-5}$
	$RMSE$	0.0046	0.0040	0.0067	0.0060
<i>Wang ve Singh</i>	$a$	-0.0014	-0.0018	-0.0020	-0.0021
	$b$	$3.65 \times 10^{-7}$	$8.77 \times 10^{-7}$	$1.04 \times 10^{-6}$	$1.02 \times 10^{-6}$
	$R^2$	0.9993	0.9990	0.9988	0.9980
	$\chi^2$	$3.47 \times 10^{-5}$	$5.22 \times 10^{-5}$	$6.82 \times 10^{-5}$	0.0001
	$RMSE$	0.0056	0.0068	0.0078	0.0098
<i>Henderson ve Pabis</i>	$a$	1.0399	1.0364	1.0334	1.0424
	$k$	0.0019	0.0023	0.0024	0.0027
	$R^2$	0.9918	0.9958	0.9961	0.9938
	$\chi^2$	0.0004	0.0002	0.0002	0.0003
	$RMSE$	0.0190	0.0142	0.0138	0.0174

Devamı arkada



Çizelge 4.4'ün devamı.

Modeller	Parametreler	15°C			
		1 m/s	2 m/s	3 m/s	4 m/s
Modifiye Henderson ve Pabis	<i>a</i>	0.3466	0.3455	0.3445	0.3475
	<i>k</i>	0.0019	0.0023	0.0024	0.0027
	<i>b</i>	0.3466	0.3455	0.3445	0.3475
	<i>g</i>	0.0019	0.0023	0.0024	0.0027
	<i>c</i>	0.3466	0.3455	0.3445	0.3475
	<i>h</i>	0.0019	0.0023	0.0024	0.0027
	$R^2$	0.9918	0.9958	0.9961	0.9938
	$\chi^2$	0.0005	0.0003	0.0003	0.0005
	<i>RMSE</i>	0.0190	0.0142	0.0138	0.0174
Midilli	<i>a</i>	1.0003	1.0091	1.0101	1.0133
	<i>k</i>	-0.0023	-1.43x10 <sup>-7</sup>	-2.34x10 <sup>-6</sup>	-6.74x10 <sup>-8</sup>
	<i>n</i>	0.8866	2.2671	1.8690	2.4326
	<i>b</i>	-0.0028	-0.0018	-0.0021	-0.0021
	$R^2$	0.9998	0.9996	0.9991	0.9991
	$\chi^2$	1.36x10 <sup>-5</sup>	2.29x10 <sup>-5</sup>	5.90x10 <sup>-5</sup>	6.19x10 <sup>-5</sup>
	<i>RMSE</i>	0.0033	0.0042	0.0067	0.0067
Difüzyon Yaklaşımı	<i>a</i>	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
	<i>k</i>	0.0017	0.0022	0.0023	0.0026
	<i>b</i>	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
	$R^2$	0.9852	0.9910	0.9920	0.9871
	$\chi^2$	0.0008	0.0005	0.0005	0.0008
	<i>RMSE</i>	0.0255	0.0208	0.0197	0.0252
Logaritmik	<i>a</i>	2.0097	1.3822	1.3405	1.5248
	<i>k</i>	0.0007	0.0014	0.0016	0.0015
	<i>c</i>	-1.0001	-0.3670	-0.3266	-0.5063
	$R^2$	0.9995	0.9994	0.9991	0.9988
	$\chi^2$	2.67x10 <sup>-5</sup>	3.74x10 <sup>-5</sup>	5.44x10 <sup>-5</sup>	7.57x10 <sup>-5</sup>
	<i>RMSE</i>	0.0048	0.0056	0.0067	0.0078
Verma	<i>a</i>	1.0556	1.0536	1.0504	1.0675
	<i>k</i>	0.0019	0.0024	0.0025	0.0028
	<i>g</i>	83.0000	83.0000	83.0000	83.0000
	$R^2$	0.9943	0.9981	0.9981	0.9977
	$\chi^2$	0.0003	0.0001	0.0001	0.0001
	<i>RMSE</i>	0.0158	0.0097	0.0095	0.0106
MR'nin karekökü	<i>n</i>	-1.0074	-1.0031	-1.0017	-1.0073
	<i>k</i>	0.0008	0.0009	0.0010	0.0011
	$R^2$	0.9993	0.9992	0.9986	0.9989
	$\chi^2$	3.51x10 <sup>-5</sup>	4.60x10 <sup>-5</sup>	7.61x10 <sup>-5</sup>	6.43x10 <sup>-5</sup>
	<i>RMSE</i>	0.0056	0.0064	0.0082	0.0075
Zamanın karekökü	<i>n</i>	0.9859	0.9709	0.9683	0.9813
	<i>k</i>	-0.0024	-0.0028	-0.0030	-0.0034
	$R^2$	0.9962	0.9892	0.9882	0.9910
	$\chi^2$	0.0002	0.0006	0.0007	0.0005
	<i>RMSE</i>	0.0129	0.0228	0.0239	0.0210

**Çizelge 4.5.** 20°C’de farklı hava hızlarında kurutulmuş et dilimlerinin deneysel kuruma verilerine farklı modellerin uygulanması sonucu elde edilen  $k$ ,  $k_0$ ,  $k_1$ ,  $a$ ,  $b$ ,  $c$ ,  $g$ ,  $h$  ve  $n$  sabitleri ve  $R^2$ ,  $\chi^2$  ve  $RMSE$  değerleri

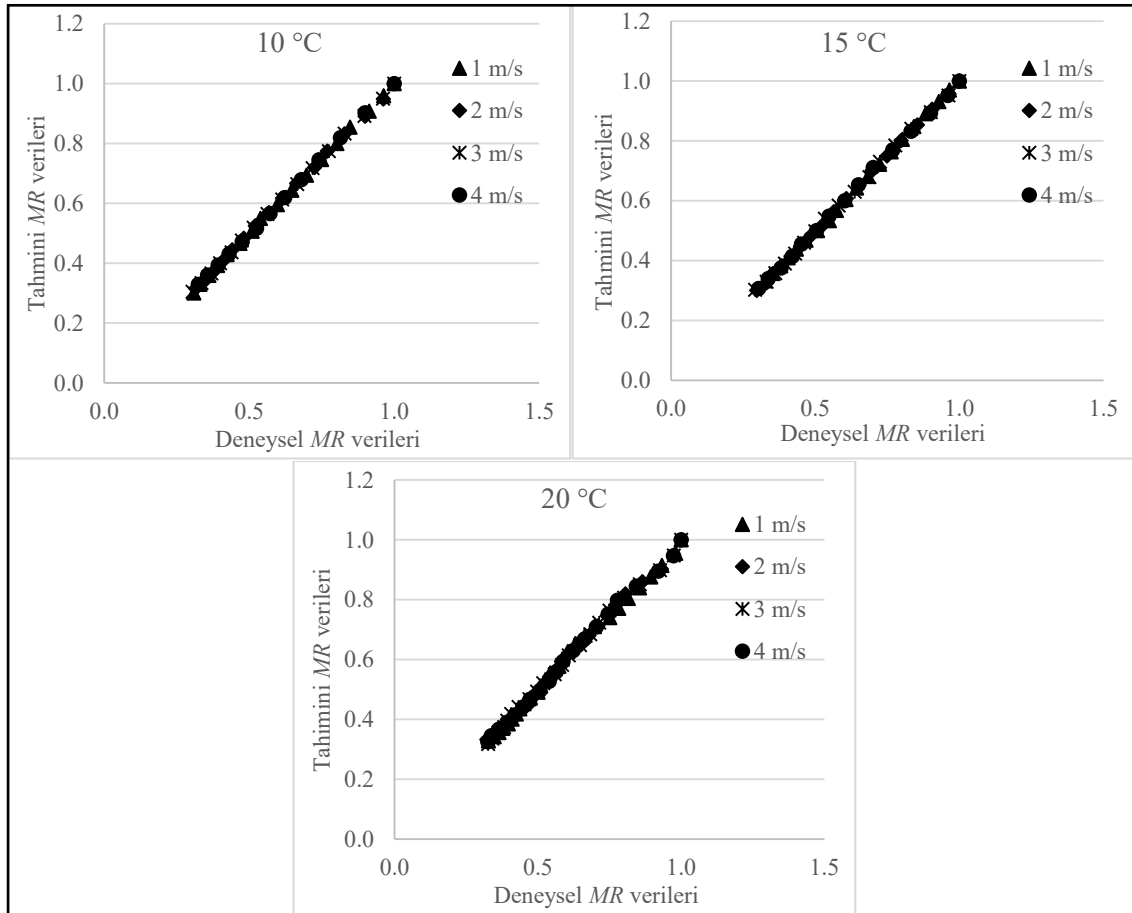
Modeller	Parametreler	20°C			
		1 m/s	2 m/s	3 m/s	4 m/s
<i>Lewis</i>	$k$	0.0014	0.0016	0.0018	0.0019
	$R^2$	0.9957	0.9962	0.9975	0.9969
	$\chi^2$	0.0002	0.0002	0.0001	0.0001
	$RMSE$	0.0132	0.0123	0.0103	0.0116
<i>Page</i>	$k$	0.0017	0.0021	0.0017	0.0016
	$n$	0.9687	0.9542	1.0094	1.0292
	$R^2$	0.9961	0.9972	0.9976	0.9972
	$\chi^2$	0.0002	0.0001	0.0001	0.0001
Modifiye <i>Page</i>	$k$	0.0014	0.0015	0.0018	0.0020
	$n$	0.9687	0.9542	1.0094	1.0292
	$R^2$	0.9961	0.9972	0.9976	0.9972
	$\chi^2$	0.0002	0.0001	0.0001	0.0001
Çift Terimli	$RMSE$	0.0125	0.0106	0.0102	0.0109
	$a$	1.0020	0.9926	1.0132	1.0182
	$k_0$	0.0014	0.0015	0.0018	0.0020
	$b$	-0.0020	0.0074	-0.0132	-0.0182
Çift Terimli Üstel	$k_1$	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
	$R^2$	0.9957	0.9964	0.9980	0.9978
	$\chi^2$	0.0002	0.0002	0.0001	0.0001
	$RMSE$	0.0132	0.0120	0.0092	0.0097
<i>Wang ve Singh</i>	$a$	0.4414	1.0000	1.0003	1.3961
	$k$	0.0022	0.0016	0.0018	0.0022
	$R^2$	0.9968	0.9962	0.9975	0.9971
	$\chi^2$	0.0001	0.0002	0.0001	0.0001
<i>Henderson ve Pabis</i>	$RMSE$	0.0114	0.0123	0.0103	0.0112
	$a$	-0.0014	-0.0015	-0.0017	-0.0018
	$b$	$6.93 \times 10^{-7}$	$8.36 \times 10^{-7}$	$1.03 \times 10^{-6}$	$1.08 \times 10^{-6}$
	$R^2$	0.9967	0.9954	0.9977	0.9967
<i>Henderson ve Pabis</i>	$\chi^2$	0.0001	0.0002	0.0001	0.0002
	$RMSE$	0.0116	0.0135	0.0100	0.0119
	$a$	1.0016	0.9943	1.0096	1.0129
	$k$	0.0014	0.0015	0.0018	0.0020
<i>Henderson ve Pabis</i>	$R^2$	0.9957	0.9963	0.9979	0.9976
	$\chi^2$	0.0002	0.0002	0.0001	0.0001
	$RMSE$	0.0132	0.0120	0.0095	0.0102

Devamı arkada

Çizelge 4.5'in devamı.

Modeller	Parametreler	20 °C			
		1 m/s	2 m/s	3 m/s	4 m/s
Modifiye Henderson ve Pabis	<i>a</i>	0.3339	0.3314	0.3365	0.3376
	<i>k</i>	0.0014	0.0015	0.0018	0.0020
	<i>b</i>	0.3339	0.3314	0.3365	0.3376
	<i>g</i>	0.0014	0.0015	0.0018	0.0020
	<i>c</i>	0.3339	0.3314	0.3365	0.3376
	<i>h</i>	0.0014	0.0015	0.0018	0.0020
	$R^2$	0.9957	0.9963	0.9979	0.9976
	$\chi^2$	0.0002	0.0002	0.0001	0.0002
	<i>RMSE</i>	0.0132	0.0120	0.0095	0.0102
Midilli	<i>a</i>	1.0137	1.0160	1.0093	1.0069
	<i>k</i>	0.0014	0.0027	-6.33x10 <sup>-5</sup>	-7.31x10 <sup>-5</sup>
	<i>n</i>	1.0372	0.9094	1.3864	1.3714
	<i>b</i>	0.0001	-1.47x10 <sup>-5</sup>	-0.0021	-0.0022
	$R^2$	0.9979	0.9975	0.9977	0.9967
	$\chi^2$	9.88x10 <sup>-5</sup>	0.0001	0.0001	0.0002
	<i>RMSE</i>	0.0092	0.0099	0.0099	0.0120
Difüzyon Yaklaşımı	<i>a</i>	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
	<i>k</i>	0.0014	0.0016	0.0018	0.0019
	<i>b</i>	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
	$R^2$	0.9957	0.9962	0.9975	0.9969
	<i>RMSE</i>	0.0132	0.0123	0.0103	0.0116
Logaritmik	<i>a</i>	0.8756	0.8996	0.9543	1.0117
	<i>k</i>	0.0018	0.0019	0.0021	0.0020
	<i>c</i>	0.1442	0.1066	0.0619	0.0013
	$R^2$	0.9979	0.9973	0.9982	0.9976
	<i>RMSE</i>	0.0093	0.0104	0.0088	0.0103
Verma	<i>a</i>	1.0020	0.9926	1.0132	1.0182
	<i>k</i>	0.0014	0.0015	0.0018	0.0020
	<i>g</i>	83.0000	83.0000	83.0000	83.0000
	$R^2$	0.9957	0.9964	0.9980	0.9978
	<i>RMSE</i>	0.0132	0.0120	0.0092	0.0097
MR'nin karekökü	<i>n</i>	-0.9833	-0.9807	-0.9878	-0.9906
	<i>k</i>	0.0005	0.0006	0.0007	0.0008
	$R^2$	0.9835	0.9867	0.9896	0.9920
	$\chi^2$	0.0007	0.0006	0.0005	0.0004
	<i>RMSE</i>	0.0258	0.0229	0.0212	0.0185
Zamanın karekökü	<i>n</i>	0.9307	0.9279	0.9392	0.9470
	<i>k</i>	-0.0016	-0.0018	-0.0021	-0.0024
	$R^2$	0.9606	0.9673	0.9692	0.9755
	$\chi^2$	0.0017	0.0014	0.0015	0.0012
	<i>RMSE</i>	0.0399	0.0359	0.0364	0.0325

Tüm örneklerin  $R^2$ ,  $\chi^2$  ve  $RMSE$  değerlerinin sırasıyla 0.961-0.999,  $6.62 \times 10^{-6}$ -0.002 ve 0.002-0.040 değerleri aralığında değiştiği tespit edilmiştir. Soğuk kurutmada elde edilen deneysel kurutma verilerinin araştırmada kullanılan tüm kurutma modelleri ile iyi bir uyum içinde olduğu ve farklı sıcaklıklar için en yüksek  $R^2$  ve en küçük  $\chi^2$  ve  $RMSE$  değerlerini veren ilk üç modelin ise sırasıyla 10°C için *Midilli*, *Page* ve Çift Terimli Üstel; 15°C için *Page*, *Midilli* ve Çift Terimli Üstel ve 20°C için *Logaritmik*, *Midilli* ve *Page* olduğu belirlenmiştir. Bu sonuçlara göre, araştırmada kullanılan tüm modellerin, örneklerin  $MR$  ve kuruma zamanı ilişkisini başarılı bir şekilde tanımlamakla birlikte, *Page* ve *Midilli* modellerinin tüm kurutma sıcaklıklarında et dilimlerinin kuruma kinetiklerini başarılı bir şekilde tahmin etmek için kullanılabileceği tespit edilmiştir. Bu iki model arasında ise *Page* modelinin daha az sayıda model katsayısı içermesi ve daha sade bir matematiksel yapıda olması sebebiyle et dilimlerinin kuruma verilerini tahmin etmede daha kullanışlı olabileceği değerlendirilmiştir. *Page* modelinden elde edilen  $MR$  verileri ile deneysel  $MR$  verilerinin uyumluluğu 10, 15 ve 20°C kurutma sıcaklığı için Şekil 4.3’de gösterilmiştir.



**Şekil 4.3.** Farklı sıcaklık ve hava hızlarında soğuk kurutulmuş et dilimleri için *Page* modelinden elde edilen  $MR$  verileri ile deneysel  $MR$  verilerinin karşılaştırılması

Kırmızı etin kurutulması ile ilgili modelleme çalışmaları balık kurutma çalışmalarına göre sınırlı sayıdadır. Kilic (2017a) tarafından alabalık örneklerinin farklı

düşük sıcaklıklarda (4, 10, 15 ve 20°C) ve yüksek hava hızında (7 m/s) kurutulduğu bir çalışmada; *Page*, logaritmik ve *Midilli* modelleri en uygun modeller olarak tespit etmiştir.

Bu çalışma ile benzer olarak; Başlar vd. (2015) somon ve alabalığının ultrasonik vakum yöntemiyle kurutulmasında, Martins vd. (2015) *pirarucu* balığının, Sobukola ve Olatunde (2011) Afrika yayın balığının ve Djendoubi vd. (2009) sardalya balığının konveksiyonel bir kurutucuda kurutulmasında *Page* modelini en uygun model olarak tespit etmiştir.

#### 4.2.3. Soğuk kurutulmuş et dilimlerinin etkin difüzyon katsayısı ve aktivasyon enerjisi değerleri

Farklı sıcaklık ve hava hızlarında soğuk kurutulmuş et dilimlerinin etkin difüzyon katsayısı ( $D_{eff}$ ) ve  $R^2$  değerlerine ait bulgular Çizelge 4.6'da verilmiştir. Et dilimlerinin 10, 15 ve 20°C'de kurutulması ile elde edilen ortalama etkin difüzyon katsayısı değerleri sırasıyla  $9.22 \times 10^{-10}$ ,  $7.34 \times 10^{-10}$  ve  $4.83 \times 10^{-10}$  m<sup>2</sup>/s olarak bulunmuştur. Et dilimlerinin 1, 2, 3 ve 4 m/s'de kurutulması ile elde edilen ortalama etkin difüzyon katsayısı değerleri ise, sırasıyla  $6.09 \times 10^{-10}$ ,  $6.70 \times 10^{-10}$ ,  $7.49 \times 10^{-10}$  ve  $8.23 \times 10^{-10}$  m<sup>2</sup>/s olarak tespit edilmiştir. Kurutulmuş et dilimlerinin etkin difüzyon katsayısı değerinin sıcaklık artışına bağlı olarak azaldığı ve hava hızı artışına bağlı olarak arttığı belirlenmiştir (Çizelge 4.6). Bu çalışmada 10°C gibi düşük sıcaklıktaki hava, sıcaklığı yüksek havaya göre daha az su buharı tuttuğundan nem içeriği yüksek olan üründe kütle transferini hızlandırmış olabilir. Buna ilaveten, hava hızındaki artışa bağlı olarak etin yüzeyinden daha fazla nem buharlaşmış ve bu durum etin iç kısımlarından yüzeye nem transferini tetiklemiştir.

**Çizelge 4.6.** Farklı sıcaklık ve hava hızlarında soğuk kurutulmuş et dilimlerinin ortalama etkin difüzyon katsayısı ( $D_{eff}$ ) ve  $R^2$  değerleri

Sıcaklık (°C)	Hava hızı (m/s)	$D_{eff} \times 10^{-10}$ (m <sup>2</sup> /s)	$R^2$
10	1	8.29	0.995
	2	8.62	0.998
	3	9.66	0.997
	4	10.28	0.999
15	1	5.99	0.992
	2	7.19	0.996
	3	7.49	0.996
	4	8.69	0.994
20	1	4.00	0.996
	2	4.29	0.997
	3	5.33	0.998
	4	5.72	0.998

Etkin difüzyon katsayısı, azalan hızda kuruma periyodunda gıdanın içinden yüzeyine nemin nasıl transfer edildiğini gösteren fiziksel bir özelliktir (Ponwiboon ve Rojanakorn 2017). Biyolojik materyallerin  $D_{eff}$  değeri genellikle  $10^{-12}$ - $10^{-8}$  m<sup>2</sup>/s aralığında değişmektedir (Martins vd. 2015). Başlar vd. (2014) 55-75°C'de ultrasonik vakum, vakum ve fırın yöntemleri ile kuruttuğu et dilimlerinin  $D_{eff}$  değerini  $1.06$ - $5.28 \times 10^{-8}$  m<sup>2</sup>/s

aralığında tespit etmişlerdir. Nathakaranakule vd. (2007) 120-160°C’de kurutulmuş tavuk etinin  $D_{eff}$  değerini  $2.23-7.74 \times 10^{-8}$  m<sup>2</sup>/s aralığında belirlemişlerdir. Sa-adchom vd. (2011) 140°C’de 2.1 m/s hava hızında kurutulmuş domuz etinin  $D_{eff}$  değerini  $3.31-15.06 \times 10^{-10}$  m<sup>2</sup>/s aralığında belirlemişlerdir. Djendoubi vd. (2009) 40-80°C’de 1.5 m/s hava hızında kurutulmuş sardalya balığının  $D_{eff}$  değerini  $1.38-2.21 \times 10^{-11}$  m<sup>2</sup>/s aralığında belirlemişlerdir. Farklı biyolojik materyallerin etkin difüzyon katsayısı değerlerindeki farklılıklar; her materyalin yapısı, sıcaklığı ve nem içeriğinin farklı olmasından kaynaklanmaktadır (Perea-Flores vd. 2012). Genellikle yüksek sıcaklıkta kurutulan et örneklerinin  $D_{eff}$  değeri sıcaklık artışına bağlı olarak artmıştır (Nathakaranakule vd. 2007; Başlar vd. 2015; Ponwiboon ve Rojanakorn 2017).

Farklı hava hızlarında soğuk kurutulmuş et dilimlerinin Arrhenius eşitliği parametreleri Çizelge 4.7’de verilmiştir. Arrhenius eşitliğinden elde edilen aktivasyon enerjisi değeri, ürün içindeki nem difüzyonunun gerçekleşebilmesi için aşılması gereken en düşük enerji seviyesini göstermektedir. Bu çalışmada, hava hızı arttıkça aktivasyon enerjisinin azaldığı tespit edilmiştir. Bu durumun yüksek hava hızının, birim zaman ve birim yüzey alanından daha yüksek miktarda su molekülünü uzaklaştırarak dokunun derinliklerinden gelen su moleküllerinin yüzeye ulaşmasını kolaylaştırmasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Kurutulmuş et dilimlerinin nem difüzyonu için aktivasyon enerjisi ortalama 44.96 kJ/mol olarak belirlenmiştir. Yapılan çeşitli et kurutma çalışmalarında, nem difüzyonu aktivasyon enerjisi çipura balığı için 21.23 kJ/mol (Ponwiboon ve Rojanakorn 2017), somon balığı için 24.57 kJ/mol (Ortiz vd. 2013), alabalık için 12.14-34.70 kJ/mol (Başlar vd. 2015), tuzlanmamış ve tuzlanmış yayın balığı için sırasıyla 31.0 kJ/mol ve 39.0 kJ/mol (Mujaffar ve Sankat 2015), tavuk eti için 32.37-49.23 kJ/mol (Başlar vd. 2014) ve sığır eti için 33.25-50.14 kJ/mol (Başlar vd. 2014) olarak tespit edilmiştir.

**Çizelge 4.7.** Soğuk kurutulmuş et dilimlerinin aktivasyon enerjisi ( $E_a$ ) ve  $R^2$  değerleri

Hava hızı (m/s)	$E_a$ (kJ/mol)	$R^2$
1	50.268	0.995
2	48.110	0.924
3	41.027	0.991
4	40.430	0.938

### 4.3. Soğuk Kurutulmuş Et Dilimlerinin Kalite Özellikleri

#### 4.3.1. Et dilimlerinin nem, su aktivitesi ve pH değerleri üzerine soğuk kurutmanın etkisi

Farklı sıcaklık ve hava hızlarında soğuk kurutulmuş et dilimlerinin nem, su aktivitesi ve pH değerlerine ait I. ve II. tekerrür bulguları Çizelge 4.8’de, bunlara uygulanan varyans analizi sonuçları Çizelge 4.9’da ve varyasyon kaynakları ortalamalarına ait Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları Çizelge 4.10’da verilmiştir.

Varyans analizi sonuçlarına göre; kurutulmuş et dilimlerinin nem içeriği, su aktivitesi ve pH değeri üzerine sıcaklık, hava hızı ve sıcaklık x hava hızı interaksiyonunun önemli ( $p>0.05$ ) bir etkisinin olmadığı belirlenmiştir (Çizelge 4.9).

**Çizelge 4.8.** Farklı sıcaklık ve hava hızlarında soğuk kurutulmuş et dilimlerinin nem, su aktivitesi ve pH değerleri (I. ve II. tekerrür)

Sıcaklık (°C)	10				15				20			
Hava hızı (m/s)	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Nem (%)	39.33	39.50	39.81	39.70	40.14	39.46	39.75	39.75	40.11	39.29	40.81	40.88
	39.38	39.77	40.16	40.42	39.56	39.60	40.61	40.20	39.77	39.64	39.48	39.24
Su aktivitesi	0.884	0.902	0.877	0.875	0.890	0.876	0.891	0.904	0.916	0.905	0.905	0.905
	0.872	0.899	0.933	0.908	0.902	0.875	0.862	0.892	0.896	0.904	0.927	0.873
pH	5.67	5.67	5.67	5.69	5.88	5.98	5.74	5.76	5.65	5.73	5.76	5.79
	5.68	5.75	5.78	5.76	5.75	5.65	5.75	5.73	5.64	5.73	5.79	5.75

**Çizelge 4.9.** Farklı sıcaklık ve hava hızlarında soğuk kurutulmuş et dilimlerinin nem, su aktivitesi ve pH değerlerine ait varyans analiz sonuçları (\*)  $p<0.05$  ve (\*\*)  $p<0.01$  düzeyinde farklılığı gösterir

VK	SD	Nem		Su aktivitesi		pH	
		KO	F	KO	F	KO	F
Sıcaklık	2	0.05	0.16	0.0006	1.79	0.0107	1.59
Hava hızı	3	0.42	1.38	0.0001	0.23	0.0021	0.31
SxH	6	0.06	0.21	0.0004	1.29	0.0048	0.70
Hata	11	0.30		0.0003		0.0068	

**Çizelge 4.10.** Farklı sıcaklık ve hava hızlarında soğuk kurutulmuş et dilimlerinin nem, su aktivitesi ve pH değerlerinin ortalamalarına ait Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları ( $\pm$  standart hata)

	Nem (%)	Su aktivitesi	pH
<b>Sıcaklık (°C, n=8)</b>			
10	39.76 <sup>a</sup> $\pm$ 0.13	0.893 <sup>a</sup> $\pm$ 0.01	5.71 <sup>a</sup> $\pm$ 0.02
15	39.88 <sup>a</sup> $\pm$ 0.14	0.885 <sup>a</sup> $\pm$ 0.01	5.78 <sup>a</sup> $\pm$ 0.04
20	39.90 <sup>a</sup> $\pm$ 0.23	0.903 <sup>a</sup> $\pm$ 0.01	5.73 <sup>a</sup> $\pm$ 0.02
<b>Hava hızı (m/s, n=6)</b>			
1	39.72 <sup>a</sup> $\pm$ 0.14	0.893 <sup>a</sup> $\pm$ 0.01	5.71 <sup>a</sup> $\pm$ 0.04
2	39.54 <sup>a</sup> $\pm$ 0.07	0.892 <sup>a</sup> $\pm$ 0.01	5.75 <sup>a</sup> $\pm$ 0.05
3	40.10 <sup>a</sup> $\pm$ 0.21	0.898 <sup>a</sup> $\pm$ 0.01	5.75 <sup>a</sup> $\pm$ 0.02
4	40.03 <sup>a</sup> $\pm$ 0.24	0.890 <sup>a</sup> $\pm$ 0.01	5.75 <sup>a</sup> $\pm$ 0.01

Aynı sütunda farklı harflerle işaretlenmiş ortalamalar istatistik olarak birbirinden farklıdır ( $p<0.05$ )

Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçlarına göre; kurutulmuş et dilimlerinin ortalama nem içeriği %39.85 ve su aktivitesi değeri 0.89 olarak tespit edilmiştir (Çizelge 4.10). Nem içeriği, gıda ürününün stabilitesi hakkında bilgi vermekte ve gıdaların sınıflandırılması için kullanılmaktadır. Orta nemli gıdaların nem içerikleri %20-50 ve su aktivitesi değerleri 0.70-0.90 aralığında değişmektedir (Huang ve Nip 2001). Dolayısıyla bu çalışmada elde edilmiş olan soğuk kurutulmuş et dilimlerinin orta nemli gıdalar sınıfında yer aldığı ve dolayısıyla mikrobiyal bozulmaya karşı taze ete göre çok daha dayanıklı bir ürün olduğu belirlenmiştir.

Literatürde kurutulmuş tavuk eti üzerine yapılan bir çalışmada, sıcaklık artışı ile nem ve su aktivitesi değerlerinde önemli bir değişme oluşmadığı ve ortalama nem ve su aktivitesi değerinin sırasıyla %60.23 ve 0.90 olduğu bildirilmiştir (Jiang vd. 2016). Balık etinin düşük sıcaklıklarda (4, 10, 15 ve 20°C) kurutulması üzerine yapılan bir çalışmada da nem, su aktivitesi ve pH değerlerinin sıcaklıktan etkilenmediği tespit edilmiştir (Kilic 2009). Kürlenmiş ve kurutulmuş bir et ürünü olan pastırma çeşitleri üzerine yapılan bir çalışmada örneklerin su aktivitesi değerlerinin 0.84-0.92 aralığında olduğu ve raf ömrü stabil gıdalar arasında yer aldıkları bildirilmiştir (Akköse vd. 2018). Başka bir çalışmada, kurutulmuş et dilimlerinin nem, su aktivitesi ve pH değerlerine benzer olarak farklı sıcaklık (20, 25 ve 30°C) ve hava hızlarında (1.5, 2.0 ve 3.0 m/s) kurutulmuş pastırma örneklerinde ortalama %41.62 nem, 0.91 su aktivitesi ve 5.45 pH değeri tespit edilmiştir (Anıl 1988).

Soğuk kurutulmuş et dilimlerinin ortalama pH değeri 5.74 olarak tespit edilmiştir. Bu değer, Türk Gıda Kodeksi Et ve Et Ürünleri Tebliği (Tebliğ No: 74/Aralık 2012)'nde pastırma için belirlenmiş üst sınır olan 6.0 değerinin altındadır (Anonim 2012). Benzer bir çalışmada 50°C'de 1.5 m/s hava hızında kurutulmuş et dilimlerinin pH değeri 5.40 olarak bulunmuştur (Chabbouh vd. 2011). Literatürdeki çalışmalar incelendiğinde kuruma süresince pH değerinin yaklaşık 0.4 birim kadar azaldığı ancak bu çalışmada soğuk kurutma ile üretilen et dilimlerinde ise bu azalışın 0.1 birimden daha az olduğu tespit edilmiştir. Bu durumun ise kurutma öncesi pastörizasyon işlemi ile mikroorganizmaların inaktive edilmesi ve kurutma sıcaklığının ise mikroorganizma faaliyet sıcaklıklarından daha düşük olmasından kaynaklandığı değerlendirilmiştir.

#### 4.3.2. Et dilimlerinin *TBARS* ve *NPN-M* değerleri üzerine soğuk kurutmanın etkisi

Farklı sıcaklık ve hava hızlarında soğuk kurutulmuş et dilimlerinin *TBARS* ve *NPN-M* değerlerine ait I. ve II. tekerrür bulguları Çizelge 4.11'de, bunlara uygulanan varyans analizi sonuçları Çizelge 4.12'de, varyasyon kaynakları ortalamalarına ait Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları Çizelge 4.13'de ve interaksiyon grafiği Şekil 4.4'de verilmiştir.

Varyans analizi sonuçlarına göre; soğuk kurutulmuş et dilimlerinin *TBARS* değeri üzerine sıcaklık, hava hızı ve sıcaklık x hava hızı interaksiyonunun önemli ( $p < 0.01$ ) düzeyde etkili olduğu belirlenirken; *NPN-M* değeri üzerine ise, bu faktörlerin ve interaksiyonunun önemli ( $p > 0.05$ ) bir etkisinin olmadığı tespit edilmiştir (Çizelge 4.12).



**Çizelge 4.11.** Farklı sıcaklık ve hava hızlarında soğuk kurutulmuş et dilimlerinin *TBARS* ve *NPN-M* değerleri (I. ve II. tekerrür)

Sıcaklık (°C)	10				15				20			
Hava hızı (m/s)	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
<i>TBARS</i> ( $\mu\text{mol MDA/kg}$ )	29.02 28.15	32.95 36.23	51.31 50.24	50.25 57.96	22.88 22.24	36.04 36.32	61.87 62.59	74.12 69.51	28.86 32.58	47.71 48.60	62.19 61.47	78.36 76.56
<i>NPN-M</i> (g/100g madde)	4.05 4.45	4.49 3.96	4.28 3.93	4.05 4.55	3.60 4.79	4.19 4.20	4.45 4.31	4.79 3.99	4.35 4.28	4.23 4.10	4.35 4.20	4.41 4.23

**Çizelge 4.12.** Farklı sıcaklık ve hava hızlarında soğuk kurutulmuş et dilimlerinin *TBARS* ve *NPN-M* değerlerine ait varyans analiz sonuçları (\*)  $p<0.05$  ve (\*\*)  $p<0.01$  düzeyinde farklılığı gösterir

VK	SD	<i>TBARS</i>		<i>NPN-M</i>	
		KO	F	KO	F
Sıcaklık	2	313.89	63.47**	0.01	0.08
Hava hızı	3	1992.01	402.81**	0.02	0.15
SxH	6	71.14	14.39**	0.01	0.10
Hata	11	4.95		0.14	

**Çizelge 4.13.** Farklı sıcaklık ve hava hızlarında soğuk kurutulmuş et dilimlerinin *TBARS* ve *NPN-M* değerlerinin ortalamalarına ait Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları ( $\pm$  standart hata)

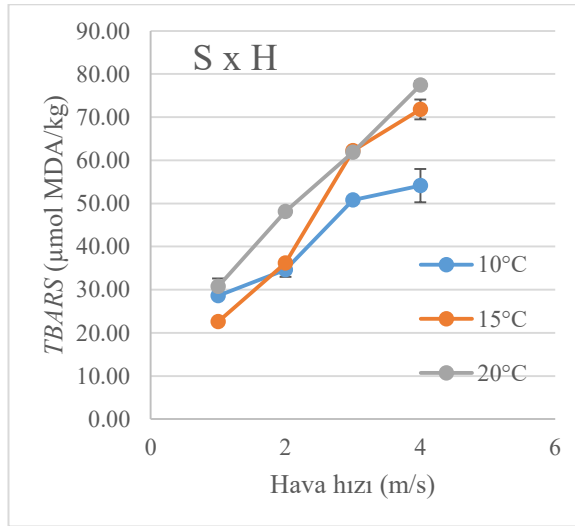
	<i>TBARS</i> ( $\mu\text{mol MDA/kg}$ )	<i>NPN-M</i> (g/100g madde)
Sıcaklık (°C, n=8)		
10	42.01 <sup>c</sup> $\pm$ 4.12	4.22 <sup>a</sup> $\pm$ 0.09
15	48.20 <sup>b</sup> $\pm$ 7.47	4.29 <sup>a</sup> $\pm$ 0.14
20	54.54 <sup>a</sup> $\pm$ 6.52	4.27 <sup>a</sup> $\pm$ 0.04
Hava hızı (m/s, n=6)		
1	27.29 <sup>d</sup> $\pm$ 1.62	4.25 <sup>a</sup> $\pm$ 0.16
2	39.64 <sup>c</sup> $\pm$ 2.74	4.20 <sup>a</sup> $\pm$ 0.07
3	58.28 <sup>b</sup> $\pm$ 2.38	4.25 <sup>a</sup> $\pm$ 0.07
4	67.79 <sup>a</sup> $\pm$ 4.60	4.34 <sup>a</sup> $\pm$ 0.13

Aynı sütunda farklı harflerle işaretlenmiş ortalamalar istatistiki olarak birbirinden farklıdır ( $p<0.05$ )

Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçlarına göre; sıcaklık ve hava hızı artışına bağlı olarak soğuk kurutulmuş et dilimlerinin *TBARS* değerlerinin arttığı tespit edilmiştir (Çizelge 4.13). Sıcaklık artışı ile *TBARS* değerlerinin artışının, yüksek sıcaklığın kurutuma süresini (Çizelge 4.2) uzatarak oksijene maruz kalma süresini uzatmasından kaynaklandığı değerlendirilmiştir. Hava hızı artışı ile *TBARS* değerlerinin artışının ise; örneklerin daha yoğun bir şekilde oksijene maruz kalmasından kaynaklandığı

düşünülmektedir. Ayrıca, Şekil 4.4’de verilmiş olan kurutma sıcaklığı ve hava hızı interaksiyon grafiği incelendiğinde ise, sıcaklık ve hava hızının birlikte artışının *TBARS* değerini daha yüksek oranda arttırdığı tespit edilmiştir.

Yağ asitlerinin oksidasyonu, sıcaklık artışına bağlı olarak hızlı bir şekilde meydana gelmektedir. Gao vd. (2016) tarafından farklı sıcaklıklarda kurutulmuş balık eti üzerine yapılan bir çalışmada, sıcaklığın 5°C’den 35°C’ye artmasıyla *TBARS* değerlerinin de 7.78’den 12.11 mg/kg’a arttığı tespit edilmiştir. Yapılan başka bir balık kurutma çalışmasında ise *TBARS* değerleri; 10, 15 ve 20°C’de kurutma sonuçlarına kıyasla 4°C’de kurutmada daha düşük tespit edilmiştir (Kilic 2009). Balık etinin daha yüksek sıcaklıklarda (60-90°C) kurutulduğu başka bir çalışmada da sıcaklık artışı *TBARS* değerinin önemli düzeyde artmasına neden olmuştur (Fu vd. 2015). Benzer durum tavuk etinin farklı sıcaklıklarda kurutulması üzerine yapılan başka bir çalışmada da bildirilmiş ve 15 °C’de kurutulmuş örneklerin *TBARS* değeri 0.96 mg/kg iken, 50 °C’de kurutulmuş örneklerin *TBARS* değeri 1.12 mg/kg olarak tespit edilmiştir (Jiang vd. 2016). Kuru-kürlenmiş bir et ürünü olan pastırmada ise; kürlenme sıcaklığının 4°C’den 10°C’ye artmasının *TBARS* değerinin 31.68 µmol MDA/kg’dan 43.04 µmol MDA/kg’a yükselmesine neden olduğu bildirilmiştir (Hazar vd. 2017).



**Şekil 4.4.** Kurutma sıcaklığı ve hava hızı interaksiyonunun *TBARS* değeri üzerine etkisi

Soğuk kurutulmuş et dilimlerinin ortalama *NPN-M* değeri 4.26 g/100 g olarak tespit edilmiştir. Parça halinde işlenen et ürünlerinde proteolizis sonucunda peptidler, aminoasitler, aldehytler ve aminler gibi protein tabiatında olmayan azotlu maddelerin miktarı artmaktadır (Toldra 1998; Virgili vd. 2007; Kaban 2009; Kaban ve Kaya 2011; Soyer vd. 2011). Soyer vd. (2011) tarafından pastırma üretimi sırasında *NPN-M* değerinin %5.01’den %9.17 değerine yükseldiği bildirilmiştir. Aksu ve Kaya (2001a), farklı starter kültürler kullanarak ürettikleri pastırma örneklerinde *NPN-M* değerini 4.03-5.25 g/100 g aralığında tespit etmiştir. Hazar vd. (2017), pastırma örneklerinin *NPN-M* değeri üzerine kürlenme sıcaklığının önemli ( $p>0.05$ ) bir etkisinin olmadığını ve bu değerın 4.90-5.83 g/100 g aralığında değiştiğini bildirmiştir. Soğuk kurutulmuş et dilimlerinin *NPN-M* değerlerinin görece düşük bulunmasının soğuk kurutma işleminin enzimatik ve mikrobiyal proteolizi engellemesinden kaynaklandığı şeklinde değerlendirilmiştir.

### 4.3.3. Et dilimlerinin renk değerleri üzerine soğuk kurutmanın etkisi

Farklı sıcaklık ve hava hızlarında soğuk kurutulmuş et dilimlerinin  $L^*$ ,  $a^*$  ve  $b^*$  renk değerlerine ait I. ve II. tekerrür bulguları Çizelge 4.14’de, bunlara uygulanan varyans analizi sonuçları Çizelge 4.15’de ve varyasyon kaynakları ortalamalarına ait Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları Çizelge 4.16’da verilmiştir.

Varyans analizi sonuçlarına göre; kurutulmuş et dilimlerinin  $L^*$  değeri üzerine kurutma sırasında uygulanan sıcaklık  $p<0.01$  düzeyinde etkili bulunurken, hava hızı ve sıcaklık x hava hızı interaksiyonunun önemli ( $p>0.05$ ) bir etkisinin olmadığı tespit edilmiştir. Kurutulmuş et dilimlerinin  $a^*$  değeri üzerine sıcaklık, hava hızı ve sıcaklık x hava hızı interaksiyonunun önemli ( $p>0.05$ ) bir etkisinin olmadığı belirlenmiştir.  $b^*$  değeri üzerine kurutma sırasında uygulanan sıcaklık ve hava hızı  $p<0.01$  düzeyinde etkili bulunurken, sıcaklık x hava hızı interaksiyonunun önemli ( $p>0.05$ ) bir etkisinin olmadığı tespit edilmiştir (Çizelge 4.15).

**Çizelge 4.14.** Farklı sıcaklık ve hava hızlarında soğuk kurutulmuş et dilimlerinin  $L^*$ ,  $a^*$  ve  $b^*$  renk değerleri (I. ve II. tekerrür)

Sıcaklık (°C)	10				15				20			
Hava hızı (m/s)	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
$L^*$	26.66 27.36	27.11 27.31	27.39 27.23	26.38 28.68	25.02 25.13	24.77 25.66	25.40 26.14	26.00 26.86	24.85 25.17	23.68 26.71	24.74 24.56	25.57 25.67
$a^*$	11.19 11.09	10.94 11.70	11.53 12.18	12.42 12.46	10.19 11.95	11.08 11.32	11.28 11.42	11.98 11.49	11.60 9.87	10.28 11.52	11.30 10.88	11.20 11.46
$b^*$	7.04 7.94	7.52 7.66	7.84 7.79	8.13 8.47	6.32 6.79	6.47 6.85	6.75 7.20	7.71 8.61	5.90 6.42	6.61 5.92	6.12 7.31	7.32 8.04

**Çizelge 4.15.** Farklı sıcaklık ve hava hızlarında soğuk kurutulmuş et dilimlerinin  $L^*$ ,  $a^*$  ve  $b^*$  renk değerlerine ait varyans analiz sonuçları (\*)  $p<0.05$  ve (\*\*)  $p<0.01$  düzeyinde farklılığı gösterir

VK	SD	$L^*$		$a^*$		$b^*$	
		KO	F	KO	F	KO	F
Sıcaklık	2	10.08	20.82**	0.91	2.29	2.47	20.14**
Hava hızı	3	0.79	1.62	0.84	2.12	2.13	17.40**
SxH	6	0.20	0.41	0.07	0.18	0.09	0.73
Hata	11	0.48		0.40		0.12	

**Çizelge 4.16.** Farklı sıcaklık ve hava hızlarında soğuk kurutulmuş et dilimlerinin  $L^*$ ,  $a^*$  ve  $b^*$  renk değerlerinin ortalamalarına ait Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları ( $\pm$  standart hata)

	$L^*$	$a^*$	$b^*$
<b>Sıcaklık (<math>^{\circ}\text{C}</math>, n=8)</b>			
10	27.27 <sup>a</sup> $\pm$ 0.24	11.69 <sup>a</sup> $\pm$ 0.21	7.80 <sup>a</sup> $\pm$ 0.15
15	25.62 <sup>b</sup> $\pm$ 0.24	11.34 <sup>a</sup> $\pm$ 0.20	7.09 <sup>b</sup> $\pm$ 0.27
20	25.12 <sup>b</sup> $\pm$ 0.32	11.01 <sup>a</sup> $\pm$ 0.22	6.71 <sup>b</sup> $\pm$ 0.27
<b>Hava hızı (m/s, n=6)</b>			
1	25.70 <sup>a</sup> $\pm$ 0.43	10.98 <sup>a</sup> $\pm$ 0.33	6.74 <sup>b</sup> $\pm$ 0.29
2	25.87 <sup>a</sup> $\pm$ 0.59	11.14 <sup>a</sup> $\pm$ 0.21	6.84 <sup>b</sup> $\pm$ 0.27
3	25.91 <sup>a</sup> $\pm$ 0.50	11.43 <sup>a</sup> $\pm$ 0.17	7.17 <sup>b</sup> $\pm$ 0.27
4	26.53 <sup>a</sup> $\pm$ 0.47	11.84 <sup>a</sup> $\pm$ 0.22	8.05 <sup>a</sup> $\pm$ 0.20

Aynı sütunda farklı harflerle işaretlenmiş ortalamalar istatistik olarak birbirinden farklıdır ( $p < 0.05$ )

Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçlarına göre; sıcaklık artışına bağlı olarak kurutulmuş et dilimlerinin  $L^*$  ve  $b^*$  değerlerinde bir azalma tespit edilmiştir (Çizelge 4.16). Renk değerlerindeki bu azalma, etin kurutulması sırasında ısıl işlemle gerçekleşen miyogloblin renginin kaybı ve Maillard reaksiyonu ile oluşan koyu renkli pigmentlerden kaynaklanmış olabileceği değerlendirilmiştir. Kurutma işleminin olabildiğince düşük sıcaklıklarda yapıldığı durumlarda gıdanın rengi daha iyi korunabilmektedir. Lim vd. (2012) doğal yöntemle güneşte kurutmaya göre sıcak havada kurutulan etlerin daha düşük  $L^*$ ,  $a^*$  ve  $b^*$  değerlerine sahip olduğunu bildirmiştir. Başka bir çalışmada, 8-10 $^{\circ}\text{C}$ 'de kurutulan et örneklerinin kuruma süresi uzadıkça  $L^*$  ve  $b^*$  değerlerinin azaldığı tespit edilmiştir (Teixeira vd. 2011). Mujaffar ve Sankat (2015) tarafından yapılan bir çalışmada balık dilimlerinin kurutma sıcaklığı 30 $^{\circ}\text{C}$ 'den 60 $^{\circ}\text{C}$ 'ye yükseldiğinde Hunter  $L$  değerinin 52.9'dan 46.2'ye ve 40 $^{\circ}\text{C}$ 'den 50 $^{\circ}\text{C}$ 'ye yükseltildiğinde ise Hunter  $b$  değerinin 15.2'den 11.1'e azaldığı belirlenmiştir. Bu sonuçlara göre et dilimlerinin kurutulması sırasında kurutma sıcaklığının olabildiğince düşük tutulması renk değerleri açısından pozitif bir etki göstermektedir.

Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçlarına göre; hava hızındaki artışa bağlı olarak soğuk kurutulmuş et dilimlerinin ortalama  $L^*$  ve  $a^*$  değerlerinde önemli ( $p > 0.05$ ) bir farklılık oluşmazken,  $b^*$  değerlerinde önemli bir artış belirlenmiştir (Çizelge 4.16). Kurutulmuş et dilimlerinin rengini koyuluktan sarılığa doğru götüren  $b^*$  değerindeki bu artışın, kurutma sırasında oluşan koyu renkli pigmentlerin yüksek hava hızı ile daha çok oksijene maruz kalarak renklerinin açılmasından kaynaklandığı değerlendirilmiştir. Xu vd. (2018) iki değerlikli demir iyonunun oksidasyonu sonucunda  $b^*$  değerinde artış olabileceğini bildirmiştir.

#### 4.3.4. Et dilimlerinin ağırlık kaybı ve boyut değişimleri üzerine soğuk kurutmanın etkisi

Farklı sıcaklık ve hava hızlarında soğuk kurutulmuş et dilimlerinin ağırlık kaybı ve uzunluk, en ve kalınlık azalışı değerlerine ait I. ve II. tekerrür bulguları Çizelge 4.17'de,

bunlara uygulanan varyans analizi sonuçları Çizelge 4.18’de ve varyasyon kaynakları ortalamalarına ait Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları Çizelge 4.19’da verilmiştir.

Varyans analizi sonuçlarına göre; kurutulmuş et dilimlerinin ağırlık kaybı üzerine kurutma sırasında uygulanan sıcaklık, hava hızı ve sıcaklık x hava hızı interaksiyonunun önemli ( $p>0.05$ ) bir etkisinin olmadığı tespit edilmiştir. Kurutulmuş et dilimlerinin uzunluk ve kalınlık azalışı üzerine kurutma sırasında uygulanan sıcaklık ve hava hızı  $p<0.01$  düzeyinde etkili bulunurken, sıcaklık x hava hızı interaksiyonunun önemli ( $p>0.05$ ) bir etkisinin olmadığı tespit edilmiştir. En azalışı üzerine kurutma sırasında uygulanan hava hızı  $p<0.01$  düzeyinde etkili bulunurken, sıcaklık ve sıcaklık x hava hızı interaksiyonunun önemli bir etkisinin olmadığı belirlenmiştir (Çizelge 4.18).

Kurutulmuş et dilimlerinin ağırlık kaybı üzerine sıcaklık ve hava hızı faktörlerinin bir etkisinin olmadığı belirlenmiş ve ortalama ağırlık kaybı %57 olarak tespit edilmiştir. Bu durum uygulanan tüm sıcaklık (10, 15 ve 20°C) ve hava hızı (1, 2, 3 ve 4 m/s) faktörlerinde etin aynı nem içeriğine kadar kurutulmasından kaynaklandığı düşünülmüştür. Yapılan bir çalışmada güneş enerjili kurutma sistemi (45.75-48.63°C) ile güneşte kurutma yönteminin karşılaştırıldığı bir çalışmada, güneş enerjili kurutma sisteminde domuz eti örneklerinin daha hızlı kuruduğu ve buna bağlı olarak ağırlık kaybının daha fazla olduğu tespit edilmiştir (Jangsawang 2017).

**Çizelge 4.17.** Farklı sıcaklık ve hava hızlarında soğuk kurutulmuş et dilimlerinin ağırlık kaybı ve boyut değişimleri, % (I. ve II. tekerrür)

Sıcaklık (°C)	10				15				20			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Ağırlık kaybı	56.35 55.71	56.19 55.74	59.05 56.94	58.08 55.75	57.24 56.94	58.29 56.37	58.61 54.39	59.96 58.66	55.79 58.72	55.34 55.42	55.82 56.78	56.88 58.83
Uzunluk azalışı	23.25 22.45	25.91 25.76	26.99 27.88	27.31 27.78	19.78 19.68	23.14 21.86	22.22 24.86	27.33 24.24	18.41 19.26	19.34 19.19	21.65 21.99	22.54 24.28
En azalışı	33.51 27.36	35.15 33.31	36.50 34.59	34.66 34.15	30.24 29.85	32.26 33.78	36.20 34.46	34.79 35.44	30.92 29.37	33.46 34.61	34.67 35.98	34.43 34.72
Kalınlık azalışı	32.40 30.75	28.87 30.78	24.74 26.84	26.62 26.79	33.34 32.95	31.65 29.90	25.71 25.95	25.07 25.66	32.99 34.30	31.15 31.49	27.58 27.44	29.03 27.74

**Çizelge 4.18.** Farklı sıcaklık ve hava hızlarında soğuk kurutulmuş et dilimlerinin ağırlık kaybı ve boyut değişimleri değerlerine ait varyans analiz sonuçları (\*)  $p<0.05$  ve (\*\*)  $p<0.01$  düzeyinde farklılığı gösterir

VK	SD	Ağırlık kaybı		Uzunluk azalışı		En azalışı		Kalınlık azalışı	
		KO	F	KO	F	KO	F	KO	F
Sıcaklık	2	1.91	0.98	52.32	48.82**	0.15	0.07	6.92	8.56**
Hava hızı	3	3.41	1.76	29.37	27.41**	31.90	14.16**	57.17	70.77**
SxH	6	1.87	0.96	1.11	1.03	0.36	0.16	1.02	1.27
Hata	11	1.94		1.07		2.25		0.81	

**Çizelge 4.19.** Farklı sıcaklık ve hava hızlarında soğuk kurutulmuş et dilimlerinin ağırlık kaybı ve boyut değişimleri ortalamalarına ait Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları ( $\pm$  standart hata)

	Ağırlık kaybı (%)	Uzunluk azalışı (%)	En azalışı (%)	Kalınlık azalışı (%)
<b>Sıcaklık (<math>^{\circ}\text{C}</math>, n=8)</b>				
10	56.73 <sup>a</sup> $\pm$ 0.44	25.92 <sup>a</sup> $\pm$ 0.73	33.65 <sup>a</sup> $\pm$ 0.97	28.47 <sup>b</sup> $\pm$ 0.93
15	57.56 <sup>a</sup> $\pm$ 0.61	22.89 <sup>b</sup> $\pm$ 0.92	33.38 <sup>a</sup> $\pm$ 0.84	28.78 <sup>b</sup> $\pm$ 1.26
20	56.70 <sup>a</sup> $\pm$ 0.49	20.83 <sup>c</sup> $\pm$ 0.73	33.52 <sup>a</sup> $\pm$ 0.79	30.22 <sup>a</sup> $\pm$ 0.94
<b>Hava hızı (m/s, n=6)</b>				
1	56.79 <sup>a</sup> $\pm$ 0.46	20.47 <sup>c</sup> $\pm$ 0.78	30.21 <sup>b</sup> $\pm$ 0.82	32.79 <sup>a</sup> $\pm$ 0.48
2	56.22 <sup>a</sup> $\pm$ 0.44	22.53 <sup>b</sup> $\pm$ 1.21	33.76 <sup>a</sup> $\pm$ 0.42	30.64 <sup>b</sup> $\pm$ 0.44
3	56.93 <sup>a</sup> $\pm$ 0.71	24.27 <sup>a</sup> $\pm$ 1.11	35.40 <sup>a</sup> $\pm$ 0.38	26.38 <sup>c</sup> $\pm$ 0.45
4	58.03 <sup>a</sup> $\pm$ 0.61	25.58 <sup>a</sup> $\pm$ 0.89	34.70 <sup>a</sup> $\pm$ 0.18	26.82 <sup>c</sup> $\pm$ 0.58

Aynı sütunda farklı harflerle işaretlenmiş ortalamalar istatistik olarak birbirinden farklıdır ( $p < 0.05$ )

Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçlarına göre; düşük sıcaklıkta örneklerin uzunluğu daha fazla azalmıştır (Çizelge 4.19). Kuruma süresi daha kısa olan örneklerde su hızlı bir şekilde uzaklaştığı için proteinlerin yapısında daha fazla bir büzülme gerçekleşmiş olabilir. Diğer taraftan, uzun süre askıda beklediği için  $20^{\circ}\text{C}$ 'de kurutulan örneklerin protein yapısında daha az bir büzülme tespit edilmiştir. En yüksek kalınlık azalışı (%30.22)  $20^{\circ}\text{C}$ 'de kurutulan et dilimlerinde belirlenmiştir. Bu sonuçlara göre hızlı kurumayı sağlayan düşük sıcaklık ve yüksek hava hızında et dilimlerinin daha kısa ve daha kalın olduğu tespit edilmiş ve bu durumun hızlı kuruma sırasında protein liflerinin daha çok büzülmesinden kaynaklandığı değerlendirilmiştir.

Kurutma sırasındaki etin boyutundaki küçülmenin; çıkan suyun hacmi, katı matriksin hareketliliği ve kuruma hızından kaynaklandığı bildirilmiştir (Clemente vd. 2009b). Yapılan bir çalışmada, aynı kurutma süresinde doğal yöntemle ( $12-19^{\circ}\text{C}$  ve %55-85 nispi nem) kurutulmuş örneklerle kıyasla, soğuk hava ( $15^{\circ}\text{C}$ , 1.5 m/s ve %50-76 nispi nem) ile kurutulmuş et örneklerinin hacminin, daha hızlı su buharlaşması nedeniyle, daha fazla azaldığı bildirilmiştir (Zhang vd. 2017). Domuz eti ile yapılan başka bir çalışmada, boyut değişimi üzerine etin farklı sıcaklıklarda (5, 10, 15,  $20^{\circ}\text{C}$ ) kurutulmasının bir etkisinin olmadığı bildirilmiştir (Clemente vd. 2009b).

#### 4.3.5. Et dilimlerinin kesilme kuvveti ve dayanıklılık değerleri üzerine soğuk kurutmanın etkisi

Farklı sıcaklık ve hava hızlarında soğuk kurutulmuş et dilimlerinin tekstür ölçümleri sonucunda bulunan kesilme kuvveti ve dayanıklılık değerlerine ait I. ve II. tekerrür bulguları Çizelge 4.20'de, bunlara uygulanan varyans analizi sonuçları Çizelge 4.21'de ve varyasyon kaynakları ortalamalarına ait Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları Çizelge 4.22'de verilmiştir.

Varyans analizi sonuçlarına göre; soğuk kurutulmuş et dilimlerinin kesilme kuvveti ve dayanıklılık değerleri üzerine kurutma sıcaklığı, hava hızı ve sıcaklık x hava hızı interaksiyonunun önemli ( $p<0.05$ ,  $p<0.01$ ) bir etkisinin olduğu tespit edilmiştir. Örneklerin kesilme kuvveti ve dayanıklılık değerleri üzerinde çok önemli etkisi saptanan sıcaklık x hava hızı interaksiyonuna (SxH) ait grafikler Şekil 4.5’de verilmiştir.

Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçlarına göre; hızlı kurutmaya neden olan düşük sıcaklık ve yüksek hava hızında kurutmada kesilme kuvvetinin ve dayanıklılık değerinin daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Bu durumun ise hızlı kuruma nedeniyle proteini oluşturan aminoasitlerin R gruplarının su ile olan etkileşimlerinin azalmasıyla daha çok kendi aralarında etkileşime girmeleri sonucu yapının daha sert ve sıkı olmasından kaynaklandığı değerlendirilmiştir.

Ürün kompozisyonu ve üretimde uygulanan işlemler et ürünlerinin tekstürel özelliklerini etkileyen önemli faktörlerdir. Özellikle miyofibriller proteinler (aktin ve miyosin), kas içi bağ doku ve perimisyum suyun emiliminde ve kas liflerinin mekanik direncinde önemli rol oynamaktadır (Laopoolkit ve Suwannaporn 2011). Bazı et ürünlerinin üretiminde uygulanan kurutma aşamasında bu et proteinlerinde önemli değişimler meydana gelmekte ve etin su içeriğinde önemli düzeyde bir azalma gözlenmektedir (Aktaş vd. 2005; Lorenzo vd. 2014; Akköse vd. 2018). Çok kısa ya da çok uzun bir kurutma süresi de ürünün tekstürel özelliklerinde belirgin bir bozulmaya neden olmakta ve bu ürünler çok yumuşak ya da çok sert ve kırılabilir olarak tanımlanmaktadır (Konieczny vd. 2007).

**Çizelge 4.20.** Farklı sıcaklık ve hava hızlarında soğuk kurutulmuş et dilimlerinin tekstür ölçümleri sonucunda bulunan kesilme kuvveti ve dayanıklılık değerleri (I. ve II. tekerrür)

Sıcaklık (°C)	10				15				20			
Hava hızı (m/s)	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Ortalama maksimum kuvvet (N)	47.64	44.14	51.91	52.76	42.42	49.08	50.79	52.45	45.05	46.37	48.18	48.82
	52.17	45.47	51.20	51.00	45.95	48.33	50.08	51.60	45.46	47.68	47.24	47.96
Dayanıklılık (Nxs)	209.69	230.14	263.14	278.32	186.76	218.68	247.89	252.10	202.39	167.93	210.55	218.98
	213.06	222.09	273.82	266.94	203.42	213.68	244.08	253.18	199.38	177.46	212.03	224.55

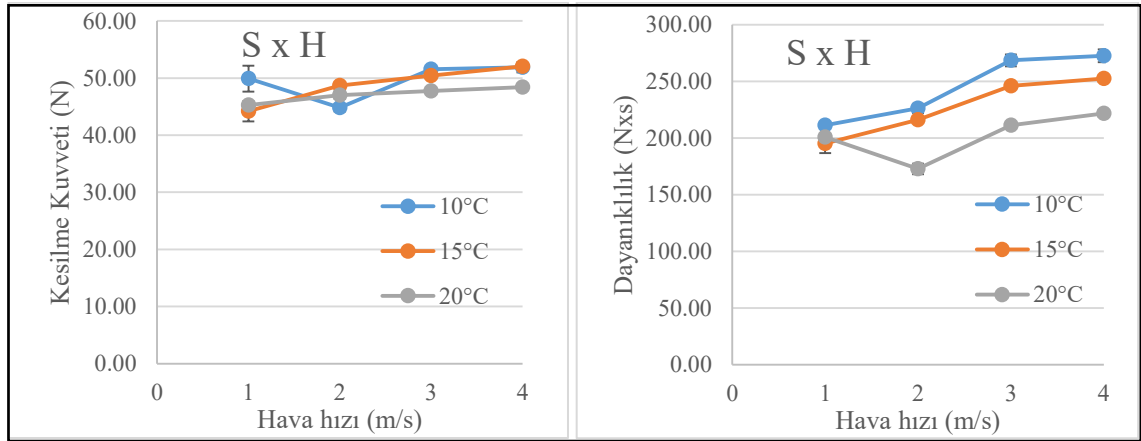
**Çizelge 4.21.** Farklı sıcaklık ve hava hızlarında soğuk kurutulmuş et dilimlerinin tekstür ölçümleri sonucunda bulunan kesilme kuvveti ve dayanıklılık değerlerine ait varyans analiz sonuçları (\*)  $p<0.05$  ve (\*\*)  $p<0.01$  düzeyinde farklılığı gösterir

VK	SD	Ortalama maksimum kuvvet		Dayanıklılık	
		KO	F	KO	F
Sıcaklık	2	12.65	6.63*	3746.25	110.39**
Hava hızı	3	28.08	14.73**	3541.53	104.35**
SxH	6	9.93	5.21**	326.00	9.61**
Hata	11	1.91		33.94	

**Çizelge 4.22.** Farklı sıcaklık ve hava hızlarında soğuk kurutulmuş et dilimlerinin kesilme kuvveti ve dayanıklılık değerlerinin ortalamalarına ait Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları ( $\pm$  standart hata)

	Ortalama maksimum kuvvet (N)	Dayanıklılık (Nxs)
<b>Sıcaklık (<math>^{\circ}</math>C, n=8)</b>		
10	49.54 <sup>a</sup> $\pm$ 1.17	244.65 <sup>a</sup> $\pm$ 10.14
15	48.84 <sup>a</sup> $\pm$ 1.16	227.47 <sup>b</sup> $\pm$ 8.93
20	47.10 <sup>b</sup> $\pm$ 0.48	201.66 <sup>c</sup> $\pm$ 6.99
<b>Hava hızı (m/s, n=6)</b>		
1	46.45 <sup>b</sup> $\pm$ 1.34	202.45 <sup>b</sup> $\pm$ 3.75
2	46.85 <sup>b</sup> $\pm$ 0.76	205.00 <sup>b</sup> $\pm$ 10.52
3	49.90 <sup>a</sup> $\pm$ 0.74	241.92 <sup>a</sup> $\pm$ 10.62
4	50.77 <sup>a</sup> $\pm$ 0.80	249.01 <sup>a</sup> $\pm$ 9.50

Aynı sütunda farklı harflerle işaretlenmiş ortalamalar istatistik olarak birbirinden farklıdır ( $p < 0.05$ )



**Şekil 4.5.** Kurutma sıcaklığı ve hava hızı interaksiyonunun kesilme kuvveti ve dayanıklılık değerleri üzerine etkisi

Çalışma sonuçlarına benzer şekilde Jiang vd. (2016) tarafından yapılan çalışmada 15 $^{\circ}$ C’de kurutulmuş örneklerin kesilme kuvveti değeri 50 $^{\circ}$ C’de kurutulmuş örneklerden daha yüksek ( $p < 0.05$ ) tespit edilmiş ve bu duruma yüksek sıcaklıkta kollajen ve bağ dokunun çözünmesinin neden olabileceği bildirilmiştir. Akköse vd. (2018) manda etinden ürettiği farklı pastırma çeşitleri üzerine yaptığı bir çalışmada, hızlı kuruma sonucunda düşük su aktivitesi değerine sahip pastırma örneklerinin daha sert yapıda olduğunu bildirmişlerdir. Laopoolkit ve Suwannaporn (2011), 95 ve 100 $^{\circ}$ C’de vakum kurutma yöntemi ile elde ettiği domuz eti örneklerinin kesilme kuvveti değerlerini sırasıyla 48.76 ve 49.95 N olarak tespit etmişlerdir. Bu çalışmada, yüksek sıcaklık uygulaması proteinlerin denatürasyonuna yol açarak hücrelerden suyun sızmasına ve bunun sonucunda kesilme kuvvetinin artmasına neden olmuştur. Lim vd. (2012) yaptıkları çalışmada sıcak havada kurutulmuş et örneklerinin güneşte kurutulmuş örneklere göre daha yüksek kesilme kuvveti değerlerine sahip olduğunu bildirmişlerdir.



#### 4.3.6. Et dilimlerinin mikrobiyal yükleri üzerine soğuk kurutmanın etkisi

Farklı sıcaklık ve hava hızlarında soğuk kurutulmuş et dilimlerinin mikrobiyal yüklerine ait I. ve II. tekerrür bulguları Çizelge 4.23’de, bunlara uygulanan varyans analizi sonuçları Çizelge 4.24’de ve varyasyon kaynakları ortalamalarına ait Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları Çizelge 4.25’de verilmiştir.

Varyans analizi sonuçlarına göre; kurutulmuş et dilimlerinin TAMB, TPB ve *Micrococcus/Staphylococcus* içerikleri üzerine kurutma sırasında uygulanan sıcaklık, hava hızı ve sıcaklık x hava hızı interaksyonu  $p < 0.01$  düzeyinde etkili bulunmuştur. Kurutulmuş et dilimlerinin LAB ve maya-küf içerikleri üzerine kurutma sırasında uygulanan sıcaklık ve sıcaklık x hava hızı interaksyonu  $p < 0.01$  düzeyinde etkili bulunurken, hava hızı faktörünün önemli ( $p > 0.05$ ) bir etkisinin olmadığı tespit edilmiştir (Çizelge 4.24). Örneklerin mikrobiyal yükleri üzerinde çok önemli etkisi saptanan sıcaklık x hava hızı interaksyonuna (SxH) ait grafikler Şekil 4.6’da verilmiştir.

Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçlarına göre; sıcaklık artışına bağlı olarak kurutulmuş et dilimlerinin mikrobiyal yüklerinin bir artış eğiliminde olduğu görülmektedir (Çizelge 4.25). Bunun sebebi, sıcaklık  $10^{\circ}\text{C}$ ’den  $20^{\circ}\text{C}$ ’ye arttıkça ortamın mikroorganizmaların gelişimi için daha uygun hale gelmesi nedeniyle olduğu değerlendirilmiştir. Hava hızı artışına bağlı olarak ise kurutulmuş örneklerin TAMB, TPB ve *Micrococcus/Staphylococcus* yüklerinin arttığı ve LAB ve maya-küf sayısının ise değişmediği tespit edilmiştir (Çizelge 4.25). Yük artışının artan hava hızı ile artan oksijen miktarının mikroorganizmaları desteklemesinden ve LAB’nin değişmeyen sayılarının ise aerobik ortamın bu mikroorganizmalar üzerine baskısından kaynaklandığı değerlendirilmiştir.

Kilic (2009) tarafından farklı düşük sıcaklıklarda ( $4, 10, 15$  ve  $20^{\circ}\text{C}$ ) gökkuşağı alabalığının kurutulması üzerine yapılan bir çalışmada,  $20^{\circ}\text{C}$ ’de kurutulmuş örneklerin en yüksek TAMB ( $3.2 \log \text{ kob/g}$ ), TPB ( $2.8 \log \text{ kob/g}$ ) ve maya-küf ( $3.4 \log \text{ kob/g}$ ) içeriğine sahip olduğu ve sıcaklık artışına bağlı olarak mikrobiyolojik kalitenin düştüğü tespit edilmiştir. Kurutma sıcaklığının etkisinin araştırıldığı başka bir çalışmada da benzer sonuçlar elde edilmiş, TAMB sayısının kurutma sıcaklığındaki artışla ( $10^{\circ}\text{C}$ ’den  $15^{\circ}\text{C}$ ’ye) orantılı olarak arttığı belirlenmiştir (Mukherjee vd. 2006).

Farklı sıcaklık ve hava hızında soğuk kurutulan et dilimlerinin hepsinde de Enterobacteriaceae sayısının saptanabilir sınırın ( $< 1 \log \text{ kob/g}$ ) altında olduğu tespit edilmiştir. Bu mikroorganizma grubu düşük su aktivitesi değerlerine ( $< 0.96$ ) karşı hassas olup, kurutma sırasında düşen su aktivitesi değerine bağlı olarak canlılıklarını kaybetmektedir. Birçok çalışmada da benzer sonuç bildirilmiştir (Kaban 2009; Çinar 2014; Hazar vd. 2017).

Bu araştırmada elde edilen soğuk kurutulmuş et dilimlerinde diğer mikroorganizma gruplarına göre *Micrococcus/Staphylococcus* sayısı yüksek bulunmuştur. Kaban (2009), kurutulmuş et ürünlerinde hakim floranın katalaz pozitif koklardan oluştuğunu bildirmiştir. Katalaz pozitif koklar aside hassas *Micrococcus/Staphylococcus* gibi G(+) mikroorganizmalardır. Kurutulmuş et örneklerinin pH değerinin uygun olması nedeniyle katalaz pozitif mikroorganizmaların LAB’ne göre daha iyi bir gelişim gösterdiği,

oksidatif ransiditeyi engellediği ve proteolitik ve lipolitik aktivitesiyle de aroma oluşumuna katkı sağladığı bildirilmiştir (Kaban vd. 2012).

**Çizelge 4.23.** Farklı sıcaklık ve hava hızlarında soğuk kurutulmuş et dilimlerinin mikrobiyal yükleri, log kob/g (I. ve II. tekerrür)

Sıcaklık (°C)	10				15				20			
Hava hızı (m/s)	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
TAMB	2.20 2.15	2.66 2.75	2.22 2.24	2.65 2.65	3.30 3.27	3.15 3.12	3.48 3.40	3.35 3.24	2.82 2.75	3.92 4.12	3.94 4.29	4.05 4.48
TPB	1.73 1.17	1.00 1.00	1.00 1.30	1.24 1.48	1.00 1.65	1.78 1.27	2.66 2.76	2.95 3.05	1.82 2.07	2.34 1.87	1.30 1.54	1.95 2.19
<i>Micrococcus</i> <i>/Staphylococcus</i>	2.84 2.90	2.93 2.98	1.90 2.00	2.50 2.48	2.58 2.69	2.92 2.93	3.48 3.34	3.01 2.60	2.61 2.77	3.56 3.16	3.60 3.72	4.02 4.48
LAB	1.77 2.10	1.57 1.60	1.00 1.00	1.39 1.15	1.98 2.04	1.00 1.30	2.01 2.57	1.74 1.67	2.34 1.39	2.53 2.10	2.76 2.97	2.86 2.25
Maya-küf	2.95 2.92	2.36 2.39	1.15 2.00	1.80 2.25	2.00 2.41	2.00 1.84	2.03 2.00	2.33 2.34	2.48 2.34	2.86 2.85	3.01 2.82	3.02 2.72

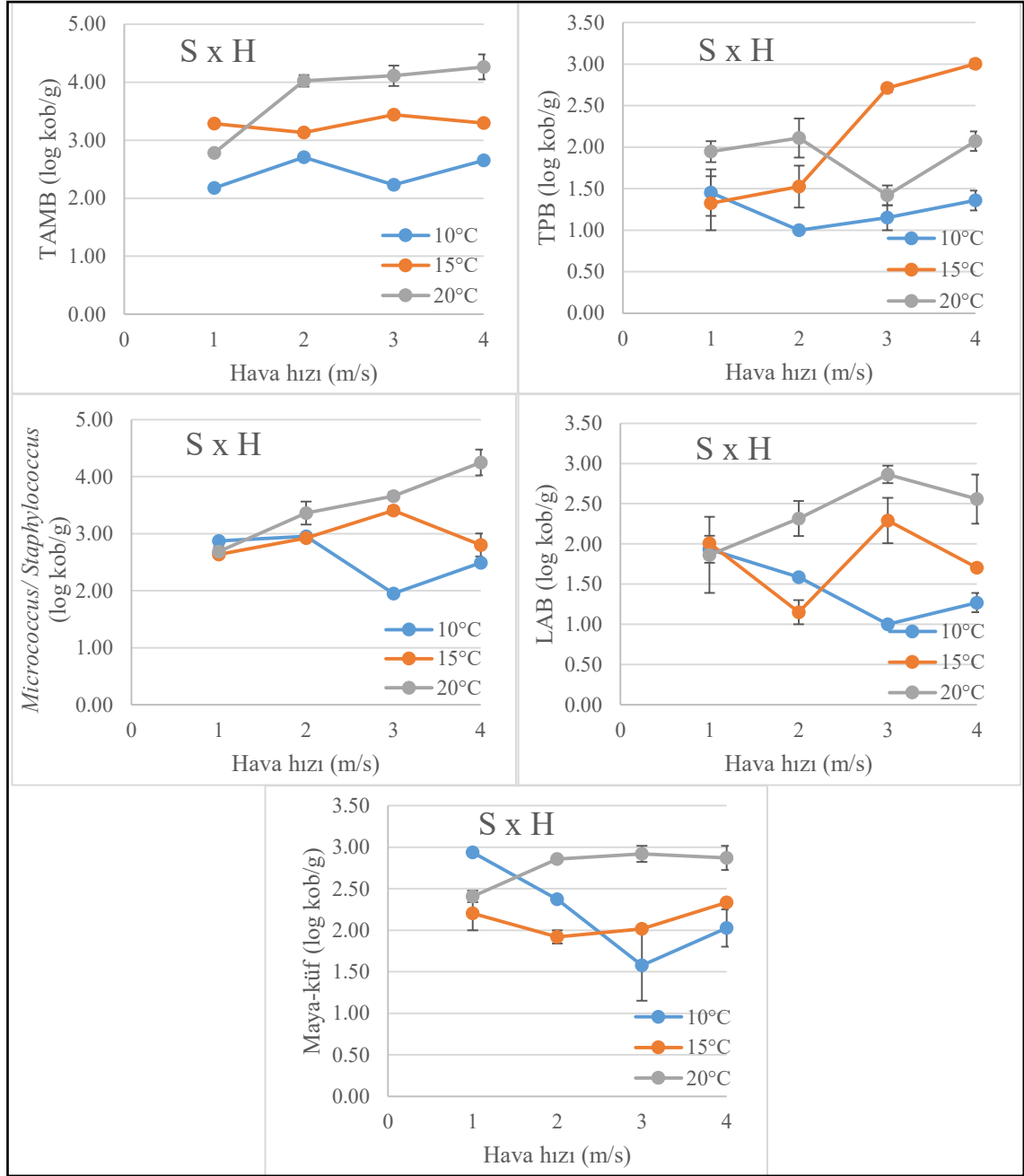
**Çizelge 4.24.** Farklı sıcaklık ve hava hızlarında soğuk kurutulmuş et dilimlerinin mikrobiyal yüklerine ait varyans analiz sonuçları (\*) p<0.05 ve (\*\*) p<0.01 düzeyinde farklılığı gösterir

VK	SD	TAMB		TPB		<i>Micrococcus</i> / <i>Staphylococcus</i>		LAB		Maya-küf	
		KO	F	KO	F	KO	F	KO	F	KO	F
Sıcaklık	2	3.76	242.78**	1.72	24.68**	1.73	60.53**	1.86	20.21**	0.95	17.40**
Hava hızı	3	0.51	32.85**	0.46	6.56**	0.22	7.82**	0.15	1.58	0.13	2.34
SxH	6	0.30	19.53**	0.62	8.83**	0.63	22.10**	0.51	5.49**	0.36	6.53**
Hata	11	0.02		0.07		0.03		0.09		0.06	

**Çizelge 4.25.** Farklı sıcaklık ve hava hızlarında soğuk kurutulmuş et dilimlerinin mikrobiyal yüklerinin (log kob/g) ortalamalarına ait Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları ( $\pm$  standart hata)

	TAMB	TPB	<i>Micrococcus</i> / <i>Staphylococcus</i>	LAB	Maya-küf
Sıcaklık (°C, n=8)					
10	2.44 <sup>c</sup> $\pm$ 0.09	1.24 <sup>b</sup> $\pm$ 0.09	2.57 <sup>c</sup> $\pm$ 0.15	1.45 <sup>c</sup> $\pm$ 0.14	2.23 <sup>b</sup> $\pm$ 0.21
15	3.29 <sup>b</sup> $\pm$ 0.04	2.14 <sup>a</sup> $\pm$ 0.29	2.94 <sup>b</sup> $\pm$ 0.12	1.79 <sup>b</sup> $\pm$ 0.17	2.12 <sup>b</sup> $\pm$ 0.07
20	3.80 <sup>a</sup> $\pm$ 0.23	1.89 <sup>a</sup> $\pm$ 0.12	3.49 <sup>a</sup> $\pm$ 0.22	2.40 <sup>a</sup> $\pm$ 0.18	2.76 <sup>a</sup> $\pm$ 0.09
Hava hızı (m/s, n=6)					
1	2.75 <sup>b</sup> $\pm$ 0.20	1.57 <sup>b</sup> $\pm$ 0.17	2.73 <sup>b</sup> $\pm$ 0.05	1.94 <sup>a</sup> $\pm$ 0.13	2.52 <sup>a</sup> $\pm$ 0.15
2	3.29 <sup>a</sup> $\pm$ 0.25	1.54 <sup>b</sup> $\pm$ 0.22	3.08 <sup>a</sup> $\pm$ 0.10	1.68 <sup>a</sup> $\pm$ 0.23	2.38 <sup>ab</sup> $\pm$ 0.17
3	3.26 <sup>a</sup> $\pm$ 0.35	1.76 <sup>b</sup> $\pm$ 0.31	3.01 <sup>a</sup> $\pm$ 0.34	2.05 <sup>a</sup> $\pm$ 0.36	2.17 <sup>b</sup> $\pm$ 0.27
4	3.40 <sup>a</sup> $\pm$ 0.30	2.14 <sup>a</sup> $\pm$ 0.30	3.18 <sup>a</sup> $\pm$ 0.35	1.84 <sup>a</sup> $\pm$ 0.25	2.41 <sup>ab</sup> $\pm$ 0.17

Aynı sütunda farklı harflerle işaretlenmiş ortalamalar istatistiki olarak birbirinden farklıdır (p<0.05)



**Şekil 4.6.** Kurutma sıcaklığı ve hava hızı interaksiyonunun mikrobiyal yükler üzerine etkisi

Soğuk kurutulmuş et dilimlerinin LAB sayıları 1.00-2.97 log kob/g gibi görece düşük değerler arasında değiştiği tespit edilmiş ve bu düşük değerlerin ise yüksek oksijen maruziyetinden kaynaklandığı değerlendirilmiştir. Fermentasyondan da sorumlu olan LAB'nin sayısı, kurutulmuş et ürünleri üzerine yapılan çalışmalarda çok geniş bir aralıkta değişim gösterdiği bilinmektedir (Aksu ve Kaya 2001b; Diler vd. 2008; Çınar 2014; Hazar 2014; Petit vd. 2014). Mezofilik karakterde olan bu bakterilerin 5°C gibi düşük veya 45 °C gibi yüksek sıcaklıklarda gelişebilen türleri mevcuttur (Çınar 2014).

Kurutulmuş et dilimlerinin maya-küf sayısı ortalama 2.37 log kob/g düzeyinde tespit edilmiştir. Farklı küreme sıcaklıklarında (4 ve 10°C) üretilen pastırmaların kalitesinin araştırıldığı bir çalışmada, 10°C’de üretilen pastırmaların (4.67 log kob/g) 4°C’de üretilen pastırmalara (3.93 log kob/g) göre daha fazla maya-küf içerdiği bildirilmiştir (Çınar 2014). Diler vd. (2008) tarafından yapılan bir çalışmada, kurutulmuş sudak balığının maya-küf sayısı üzerine kurutucu fan hızının önemli ( $p>0.05$ ) bir etkisinin olmadığı rapor edilmiştir.

#### 4.3.7. Et dilimlerinin duyu özellikleri üzerine soğuk kurutmanın etkisi

Farklı sıcaklık ve hava hızlarında soğuk kurutulmuş et dilimlerinin görünüş, renk, koku, lezzet, yapı ve genel beğeni duyu değerlerine ait I. ve II. tekerrür bulguları Çizelge 4.26’da, bunlara uygulanan varyans analizi sonuçları Çizelge 4.27’de ve varyasyon kaynakları ortalamalarına ait Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları Çizelge 4.28’de verilmiştir.

**Çizelge 4.26.** Farklı sıcaklık ve hava hızlarında soğuk kurutulmuş et dilimlerinin duyu değerlendirmeye sonuçları (I. ve II. tekerrür)

Sıcaklık (°C)	10				15				20			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Görünüş	6.38	6.88	7.13	7.13	5.88	6.13	6.50	5.13	5.25	6.13	6.75	6.88
	6.38	6.50	7.13	7.13	5.50	6.38	6.13	5.88	5.75	6.00	6.16	6.38
Renk	7.00	6.75	7.38	6.88	5.88	5.75	5.75	5.25	4.75	5.25	5.88	6.75
	6.50	6.25	7.00	6.88	5.63	6.25	6.25	5.88	5.25	4.63	5.00	6.13
Koku	7.13	7.00	6.63	6.25	5.38	5.88	5.50	5.38	4.50	5.13	5.00	5.75
	6.75	6.88	7.13	5.88	4.88	6.00	5.75	5.88	4.75	4.88	5.13	5.25
Lezzet	7.38	7.00	7.13	6.38	5.25	6.00	5.63	5.25	5.50	6.00	6.00	6.08
	7.00	6.75	7.25	6.88	5.25	5.63	6.00	6.00	5.63	5.75	5.88	6.13
Yapı	6.75	5.88	6.50	6.38	6.38	6.38	6.63	4.75	5.50	5.88	5.50	6.13
	6.13	6.13	6.13	6.38	6.00	6.25	6.25	5.25	5.50	5.50	6.13	6.25
Genel beğeni	6.75	6.25	7.13	6.88	6.38	6.63	6.50	4.88	5.63	6.13	6.00	6.63
	6.50	6.13	7.38	6.50	5.75	6.50	6.38	5.13	6.13	6.00	6.25	6.25

**Çizelge 4.27.** Farklı sıcaklık ve hava hızlarında soğuk kurutulmuş et dilimlerinin görünüş, renk, koku, lezzet, yapı ve genel beğeni duyu değerlerine ait varyans analiz sonuçları (\*)  $p<0.05$  ve (\*\*)  $p<0.01$  düzeyinde farklılığı gösterir

VK	SD	Görünüş		Renk		Koku		Lezzet		Yapı		Genel beğeni	
		KO	F	KO	F	KO	F	KO	F	KO	F	KO	F
Sıcaklık	2	1.72	20.43**	4.04	27.98**	5.73	83.85**	4.11	65.51**	0.48	6.43*	1.04	19.32**
Hava hızı	3	0.65	7.66**	0.38	2.59	0.18	2.56	0.10	1.64	0.11	1.51	0.34	6.33**
SxH	6	0.23	2.67	0.42	2.91	0.34	4.93*	0.14	2.30	0.51	6.79**	0.58	10.74**
Hata	11	0.08		0.15		0.07		0.06		0.08		0.05	

**Çizelge 4.28.** Farklı sıcaklık ve hava hızlarında soğuk kurutulmuş et dilimlerinin duyu özelliklerinin ortalamalarına ait Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları ( $\pm$  standart hata)

	Görünüş	Renk	Koku	Lezzet	Yapı	Genel beğeni
Sıcaklık ( $^{\circ}\text{C}$ , n=8)						
10	6.83 <sup>a</sup> $\pm$ 0.13	6.83 <sup>a</sup> $\pm$ 0.12	6.71 <sup>a</sup> $\pm$ 0.16	6.97 <sup>a</sup> $\pm$ 0.11	6.29 <sup>a</sup> $\pm$ 0.10	6.69 <sup>a</sup> $\pm$ 0.15
15	5.94 <sup>b</sup> $\pm$ 0.16	5.83 <sup>b</sup> $\pm$ 0.12	5.58 <sup>b</sup> $\pm$ 0.13	5.63 <sup>b</sup> $\pm$ 0.12	5.99 <sup>ab</sup> $\pm$ 0.23	6.02 <sup>b</sup> $\pm$ 0.24
20	6.16 <sup>b</sup> $\pm$ 0.19	5.46 <sup>b</sup> $\pm$ 0.26	5.05 <sup>c</sup> $\pm$ 0.13	5.87 <sup>b</sup> $\pm$ 0.08	5.80 <sup>b</sup> $\pm$ 0.12	6.13 <sup>b</sup> $\pm$ 0.10
Hava hızı (m/s, n=6)						
1	5.86 <sup>b</sup> $\pm$ 0.19	5.84 <sup>a</sup> $\pm$ 0.33	5.57 <sup>b</sup> $\pm$ 0.45	6.00 <sup>a</sup> $\pm$ 0.38	6.04 <sup>a</sup> $\pm$ 0.20	6.19 <sup>b</sup> $\pm$ 0.18
2	6.34 <sup>a</sup> $\pm$ 0.13	5.81 <sup>a</sup> $\pm$ 0.32	5.96 <sup>a</sup> $\pm$ 0.36	6.19 <sup>a</sup> $\pm$ 0.23	6.00 <sup>a</sup> $\pm$ 0.13	6.27 <sup>b</sup> $\pm$ 0.10
3	6.63 <sup>a</sup> $\pm$ 0.18	6.21 <sup>a</sup> $\pm$ 0.35	5.86 <sup>ab</sup> $\pm$ 0.35	6.32 <sup>a</sup> $\pm$ 0.28	6.19 <sup>a</sup> $\pm$ 0.16	6.61 <sup>a</sup> $\pm$ 0.22
4	6.42 <sup>a</sup> $\pm$ 0.33	6.30 <sup>a</sup> $\pm$ 0.27	5.73 <sup>ab</sup> $\pm$ 0.15	6.12 <sup>a</sup> $\pm$ 0.22	5.86 <sup>a</sup> $\pm$ 0.28	6.05 <sup>b</sup> $\pm$ 0.34

Aynı sütunda farklı harflerle işaretlenmiş ortalamalar istatistiki olarak birbirinden farklıdır ( $p < 0.05$ )

Varyans analizi sonuçlarına göre; soğuk kurutma sıcaklığının örneklerin tüm duyu özelliklerini, hava hızının yalnızca görünüş ve genel beğeni özelliklerini ve interaksiyonun ise koku, yapı ve genel beğeni özelliklerini etkilediği ( $p < 0.05$ ,  $p < 0.01$ ) tespit edilmiştir.

Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçlarına göre;  $10^{\circ}\text{C}$ 'de kurutulmuş et dilimlerinin görünüş, renk, koku, lezzet, yapı ve genel beğeni değerlerinin önemli düzeyde daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Sıcaklık arttıkça kurutulmuş et dilimlerinin görünüş, renk, koku, lezzet, yapı ve genel beğeni puanları benzer bir azalma göstermiştir. Bunun sebebi, sıcaklık artışına bağlı olarak ette bulunan birtakım enzimlerin aktivitesinin artması ve buna bağlı olarak et renginin kahverengileşmesi, arzu edilmeyen bazı tat ve aroma bileşiklerinin oluşması ve  $20^{\circ}\text{C}$ 'de yavaş kurumadan dolayı yapının yumuşak kalması olabilir. Fermente keçi eti sosisi gibi çeşitli et ürünlerinin de kuruma sıcaklığı arttıkça duyu olarak daha az beğenildiği tespit edilmiştir (Mukherjee vd. 2006). Diğer taraftan Jiang vd. (2016) tarafından Çin'de yapılan bir çalışmada  $15^{\circ}\text{C}$ 'de kurutulmuş örneğin renk, aroma ve tat puanları  $50-65^{\circ}\text{C}$ 'de kurutulmuş örneklerin puanlarından düşük tespit edilmiştir. Domuz etinin yüksek sıcaklıklarda ( $40$ ,  $50$  ve  $60^{\circ}\text{C}$ ) kurutulduğu başka bir çalışmada da, sıcaklık artışı yapı ve genel beğeni puanlarının önemli düzeyde artmasına neden olmuştur (Choi vd. 2015).

Hava hızı arttıkça kurutulmuş et dilimlerinin renk, lezzet ve yapı puanlarında önemli ( $p > 0.05$ ) bir değişim tespit edilmemiştir. Düşük hava hızında ( $1$  m/s) kurutulmuş et dilimlerinde daha yüksek hava hızında ( $2$ ,  $3$  ve  $4$  m/s) kurutulmuş örneklere göre daha düşük görünüş ve koku puanları belirlenmiştir. Duyusal olarak algılanmasa da, düşük hava hızında kurutulan örnekler diğer örneklere göre daha koyu renkli olduğundan panelistler tarafından daha az beğenilmiştir. Koku puanlarının düşük olmasının sebebi ise, et dilimlerinin sahip olduğu yoğun çığ et kokusunun uzaklaşmasında hava hızının yetersiz gelmesinden kaynaklanmış olabileceği düşünülmüştür. Ayrıca,  $3$  m/s hava hızında kurutulmuş et dilimlerinin genel beğeni puanının  $4$  m/s hava hızında kurutulmuş örneklere göre önemli düzeyde daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Bu durumun, yüksek

hava hızının (4 m/s) yüksek oksijen maruziyeti nedeni ile lipid oksidasyonunu arttırmamasından kaynaklanmış olabileceği değerlendirilmiştir.

Duyusal değerlendirmede genel beğeni puanlarına göre en çok beğenilen et dilimlerinin 10°C kurutma sıcaklığında ve 3 m/s hava hızında kurutulan örneklerin olduğu tespit edilmiştir.

#### **4.4. Soğuk Kurutulmuş Et Dilimlerinin Kalite Özelliklerine Ambalaj Tipi, Depolama Sıcaklığı ve Depolama Süresinin Etkisi**

Kalite özellikleri, mikroorganizma sayıları ve özellikle de duyusal değerlendirme sonuçları kullanılarak en uygun soğuk kurutulmuş et dilimlerinin 10°C kurutma sıcaklığında 3 m/s hava hızı ile kurutulan örnekler olduğuna karar verilmiştir. Bu nedenle bu şartlarda yeterince örnek üretilerek depolama için kullanılmıştır.

##### **4.4.1. Ambalaj gaz kompozisyonu üzerine depolama sıcaklığı ve depolama süresinin etkisi**

Farklı depolama koşullarında ambalaj içeriğinin %O<sub>2</sub> ve %CO<sub>2</sub> değerlerindeki değişimine ait I. ve II. tekerrür bulguları Çizelge 4.29'da, bunlara uygulanan varyans analizi sonuçları Çizelge 4.30'da ve varyasyon kaynakları ortalamalarına ait Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları Çizelge 4.31'de verilmiştir.

Varyans analizi sonuçlarına göre; sıcaklık ve depolama süresinin ambalajların CO<sub>2</sub> içeriği üzerine her iki ambalaj ( MAP ve AP) tipinde de önemli (p<0.05, p<0.01) bir etkiye sahip olduğu, ancak O<sub>2</sub> içeriği üzerine ise yalnızca AP tipi ambalajlamada etkili olduğu (p<0.01) tespit edilmiştir. Ayrıca, AP tipi örneklerin O<sub>2</sub> ve CO<sub>2</sub> içeriği üzerinde önemli etkisi saptanan sıcaklık x süre interaksiyonuna (SxSü) ait grafikler Şekil 4.7'de verilmiştir.

Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçlarına göre; 25°C'de depolanan MAP tipi örneklerin %CO<sub>2</sub> değerinin 4°C'de depolanan örneklere göre önemli düzeyde daha düşük olduğu belirlenmiştir. Ayrıca depolama süresi arttıkça MAP tipi örneklerin %CO<sub>2</sub> değerinde önemli düzeyde bir azalma tespit edilmiştir (Çizelge 4.31). Bu durumun, ambalajlamada kullanılmış olan CO<sub>2</sub> gazının önemli bir kısmının örnekler tarafından absorbe edilmesinden kaynaklandığı düşünülmüştür. CO<sub>2</sub> suda ve yağda oldukça çözünür bir gaz olduğundan, sıcaklığın artması ile örneğin su ve yağ içeriği tarafından absorbe edilmiş olduğu değerlendirilmiştir. Kuru kürlenmiş *ham* dilimlerinin depolanması üzerine yapılan bir çalışmada, depolama süresi arttıkça MAP tipi örneklerin O<sub>2</sub> miktarının değişmediği, ancak CO<sub>2</sub> miktarının önemli (p<0.05) düzeyde azaldığı tespit edilmiştir (Parra vd. 2010). Parra vd. (2012) tarafından da depolama sonunda MAP tipi örneklerin (%70 Ar + %30 CO<sub>2</sub>) CO<sub>2</sub> miktarının (%20.44) önemli düzeyde azaldığı bildirilmiştir.

**Çizelge 4.29.** Farklı depolama koşullarında ambalaj içeriğinin %O<sub>2</sub> ve %CO<sub>2</sub> değerlerindeki değişim (I. ve II. tekerrür)

Ambalaj tipi			MAP		AP			
Depolama sıcaklığı (°C)			4	25	4	25		
%O <sub>2</sub>	Depolama süresi (gün)	0	0.2	0.7	20.2	19.7		
			0.7	0.0	19.9	19.5		
		15	0.2	0.0	18.0	17.4		
			0.2	0.0	17.0	17.2		
		30	0.5	0.0	17.2	7.9		
			0.2	0.0	16.2	13.4		
		45	0.2	0.0	10.8	0.0		
			0.2	0.0	13.5	0.7		
		60	0.2	0.0	13.3	0.0		
			0.1	1.1	14.4	0.2		
		75	0.4	0.0	0.2	0.0		
			0.3	0.0	6.7	0.1		
		90	0.2	0.0	0.0	0.0		
			0.1	0.0	0.0	0.0		
		%CO <sub>2</sub>	Depolama süresi (gün)	0	32.0	32.2	0.2	0.4
					31.4	33.0	0.2	0.4
15	30.1			31.6	0.7	0.6		
	30.8			29.8	0.7	0.6		
30	28.3			31.1	1.7	3.5		
	30.4			26.1	0.8	2.0		
45	27.5			28.4	5.4	7.9		
	28.7			21.8	1.9	10.8		
60	26.6			28.1	1.6	12.8		
	26.2			15.3	1.8	8.7		
75	24.2			19.0	12.9	15.1		
	25.3			14.8	7.2	15.0		
90	24.6			18.2	14.3	16.4		
	23.5			13.6	13.9	18.6		

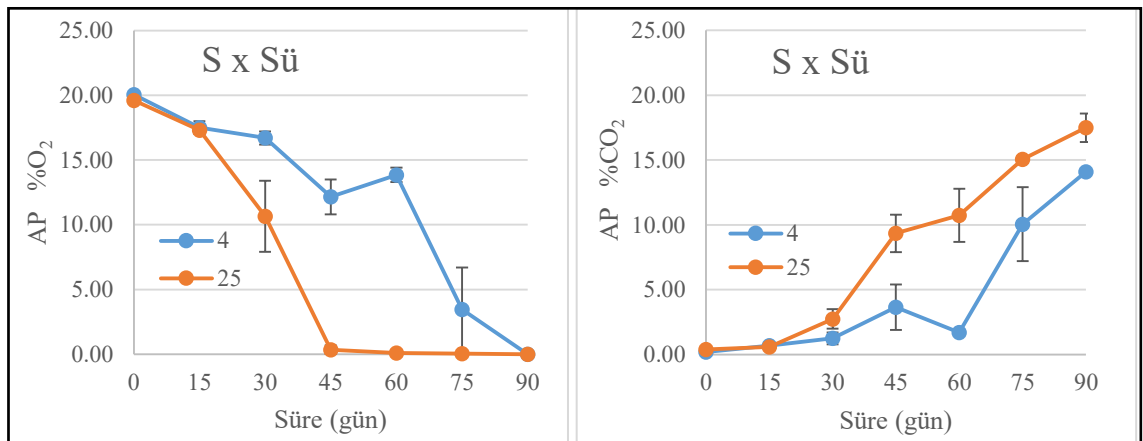
**Çizelge 4.30.** Farklı depolama koşullarında ambalaj içeriğinin %O<sub>2</sub> ve %CO<sub>2</sub> değerlerine ait varyans analiz sonuçları (\*) p<0.05 ve (\*\*) p<0.01 düzeyinde farklılığı gösterir

VK	SD	%O <sub>2</sub>				%CO <sub>2</sub>			
		MAP		AP		MAP		AP	
		KO	F	KO	F	KO	F	KO	F
Sıcaklık	1	0.13	1.74	181.56	60.73**	77.56	7.64*	87.51	31.39**
Süre	6	0.07	0.90	235.76	78.86**	89.77	8.84**	143.85	51.59**
SxSü	6	0.07	0.88	32.53	10.88**	13.84	1.36	10.96	3.93*
Hata	14	0.07		2.98		10.16		2.79	

**Çizelge 4.31.** Farklı depolama koşullarında ambalaj içeriğinin %O<sub>2</sub> ve %CO<sub>2</sub> ortalamalarına ait Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları (± standart hata)

	%O <sub>2</sub>		%CO <sub>2</sub>	
	MAP	AP	MAP	AP
Sıcaklık (°C, n=14)				
4	0.26 <sup>a</sup> ± 0.04	11.96 <sup>a</sup> ± 1.96	27.83 <sup>a</sup> ± 0.76	4.52 <sup>b</sup> ± 1.43
25	0.13 <sup>a</sup> ± 0.09	6.86 <sup>b</sup> ± 2.28	24.50 <sup>b</sup> ± 1.90	8.06 <sup>a</sup> ± 1.81
Süre (gün, n=4)				
0	0.40 <sup>a</sup> ± 0.18	19.83 <sup>a</sup> ± 0.15	32.15 <sup>a</sup> ± 0.33	0.30 <sup>d</sup> ± 0.06
15	0.10 <sup>a</sup> ± 0.06	17.40 <sup>a</sup> ± 0.22	30.58 <sup>ab</sup> ± 0.40	0.65 <sup>d</sup> ± 0.03
30	0.18 <sup>a</sup> ± 0.12	13.68 <sup>b</sup> ± 2.09	28.98 <sup>abc</sup> ± 1.13	2.00 <sup>d</sup> ± 0.56
45	0.10 <sup>a</sup> ± 0.06	6.25 <sup>c</sup> ± 3.45	26.60 <sup>bc</sup> ± 1.62	6.50 <sup>c</sup> ± 1.89
60	0.35 <sup>a</sup> ± 0.25	6.98 <sup>c</sup> ± 3.98	24.05 <sup>cd</sup> ± 2.95	6.23 <sup>c</sup> ± 2.74
75	0.18 <sup>a</sup> ± 0.10	1.75 <sup>d</sup> ± 1.65	20.83 <sup>d</sup> ± 2.43	12.55 <sup>b</sup> ± 1.85
90	0.08 <sup>a</sup> ± 0.05	0.00 <sup>d</sup> ± 0.00	19.98 <sup>d</sup> ± 2.54	15.80 <sup>a</sup> ± 1.08

Aynı sütunda farklı harflerle işaretlenmiş ortalamalar istatistik olarak birbirinden farklıdır (p<0.05)



**Şekil 4.7.** Sıcaklık ve süre interaksiyonunun AP tipi örneklerin O<sub>2</sub> ve CO<sub>2</sub> içeriği üzerine etkisi



Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçlarına göre; AP tipi örneklerin depolama sıcaklığı ve süresi arttıkça O<sub>2</sub> içeriğinin azaldığı ve CO<sub>2</sub> içeriğinin ise arttığı tespit edilmiştir. Bu durumun aerobik mikroorganizmaların oda sıcaklığında daha aktif olmasından ve depolama süresi uzadıkça da O<sub>2</sub>'i tüketerek CO<sub>2</sub> oluşturmasından kaynaklanmış olabileceği değerlendirilmiştir. Šcetar vd. (2013), 22°C'de depolanan kuru sosis ambalajlarının 4°C'de depolanan ambalajlara göre daha yüksek oranda %CO<sub>2</sub> içerdiğini bildirmişlerdir. Estürk ve Ayhan (2009), mikrobiyal bozulma nedeniyle depolama sonunda AP tipi örneklerde (%21 O<sub>2</sub> + %79 N<sub>2</sub>) CO<sub>2</sub> miktarının önemli düzeyde arttığını bildirmişlerdir. *Ham* dilimlerinin depolanması üzerine yapılan bir çalışmada, mikroorganizmaların gelişimi ve metabolik aktivitesi sonucunda ambalajlardaki %5'lik O<sub>2</sub>'in 18 gün içinde tükendiği ve CO<sub>2</sub> konsantrasyonunun arttığını bildirmiştir (Andrés vd. 2006).

#### 4.4.2. Soğuk kurutulmuş et dilimlerinin su aktivitesi ve pH değerleri üzerine ambalaj tipi, depolama sıcaklığı ve depolama süresinin etkisi

Soğuk kurutulmuş et dilimlerinin farklı depolama koşullarında su aktivitesi ve pH değerlerindeki değişime ait I. ve II. tekerrür bulguları Çizelge 4.32'de, bunlara uygulanan varyans analizi sonuçları Çizelge 4.33'de ve varyasyon kaynakları ortalamalarına ait Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları Çizelge 4.34'de verilmiştir.

Varyans analizi sonuçlarına göre; soğuk kurutulmuş et dilimlerinin su aktivitesi üzerine ambalaj tipi ve depolama sıcaklığının önemli bir etkisinin olmadığı ancak depolama süresinin önemli ( $p < 0.01$ ) bir etkisinin olduğu tespit edilmiştir. Örneklerin pH içerikleri üzerine ise; depolamadaki tüm varyasyon kaynaklarının önemli ( $p < 0.05$ ,  $p < 0.01$ ) bir etkisinin olduğu tespit edilmiştir.

Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçlarına göre; depolama süresi arttıkça soğuk kurutulmuş et dilimlerinin su aktivitesi değerinde önemli düzeyde bir azalma tespit edilmiştir. Bu su aktivitesi değeri azalmasının, örneklerin uzun depolama süresi boyunca bir miktar su buharının ambalaj dışına difüze olması nedeniyle su kaybına bağlı olduğu değerlendirilmiştir.

AP tipi ambalajlama MAP tipi ambalajlamaya göre, 25°C'lik depolama sıcaklığı 4°C'lik depolama sıcaklığına göre ve depolama süresinin uzaması örneklerin daha yüksek pH değerine sahip olmasına neden olmuştur. Bu durumun ise; 25°C depolama sıcaklığının aerobik mikroorganizma faaliyetlerini daha çok desteklemesinden ve uzayan depolama süresi ile de etin yapısında bulunan proteini azotlu bileşiklere indirgemelerinden ileri geldiği değerlendirilmiştir. Ayrıca, örneklerin pH değeri üzerinde çok önemli etkisi saptanan ambalaj x sıcaklık (AxS), ambalaj x süre (AxSü) ve sıcaklık x süre (SxSü) etkileşimlerinin grafikleri Şekil 4.8'de verilmiştir.

**Çizelge 4.32.** Soğuk kurutulmuş et dilimlerinin farklı depolama koşullarında su aktivitesi ve pH değerlerindeki değişim (I. ve II. tekerrür)

Ambalaj tipi			MAP		AP	
Depolama sıcaklığı (°C)			4	25	4	25
Su aktivitesi	Depolama süresi (gün)	0	0.904 0.908	0.910 0.906	0.901 0.909	0.903 0.904
		15	0.903 0.901	0.902 0.904	0.903 0.903	0.902 0.898
		30	0.898 0.901	0.894 0.900	0.905 0.886	0.896 0.894
		45	0.900 0.900	0.897 0.897	0.914 0.908	0.885 0.886
		60	0.896 0.886	0.891 0.891	0.908 0.888	0.886 0.880
		75	0.910 0.873	0.892 0.894	0.893 0.900	0.878 0.876
		90	0.881 0.887	0.890 0.887	0.884 0.881	0.865 0.871
		pH	Depolama süresi (gün)	0	5.69 5.67	5.67 5.68
15	5.70 5.72			5.71 5.73	5.71 5.73	5.79 5.83
30	5.74 5.75			5.76 5.76	5.79 5.76	5.86 5.88
45	5.76 5.76			5.77 5.78	5.80 5.81	5.91 5.91
60	5.75 5.77			5.77 5.79	5.88 5.90	5.89 5.90
75	5.85 5.80			5.80 5.84	5.96 5.98	5.96 5.98
90	5.85 5.86			5.86 5.88	6.00 6.01	5.97 5.99

**Çizelge 4.33.** Soğuk kurutulmuş et dilimlerinin farklı depolama koşullarında su aktivitesi ve pH değerlerine ait varyans analiz sonuçları (\*)  $p<0.05$  ve (\*\*)  $p<0.01$  düzeyinde farklılığı gösterir

VK	SD	Su aktivitesi		pH	
		KO	F	KO	F
Ambalaj	1	0.0001	2.00	0.1081	451.61**
Sıcaklık	1	0.0004	6.13	0.0078	32.51**
Süre	6	0.0005	9.11**	0.0587	245.21**
AxS	1	0.0004	6.12	0.0029	11.94**
AxSü	6	0.0001	0.76	0.0051	21.11**
SxSü	6	0.0001	0.66	0.0018	7.59**
Hata	28	0.0001		0.0002	

**Çizelge 4.34.** Soğuk kurutulmuş et dilimlerinin farklı depolama koşullarında su aktivitesi ve pH ortalamalarına ait Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları ( $\pm$  standart hata)

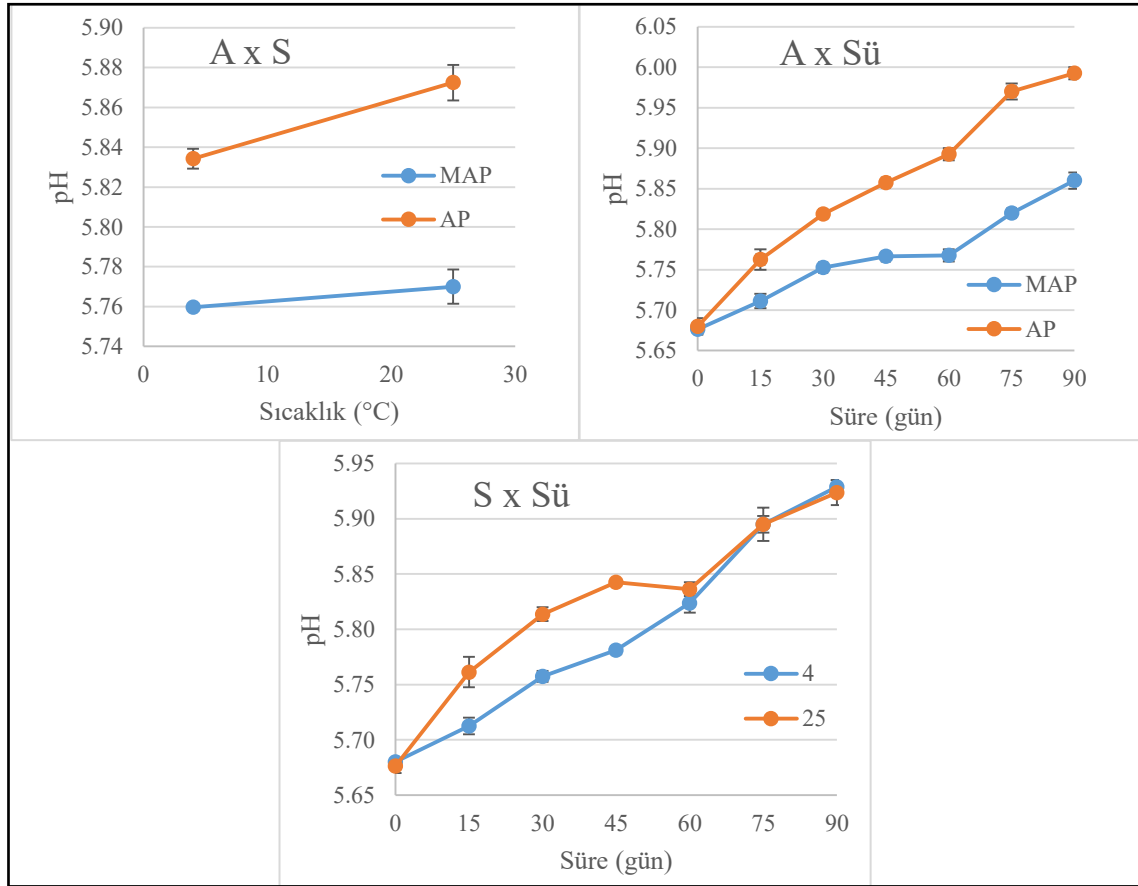
	Su aktivitesi	pH
Ambalaj (n=28)		
MAP	0.896 <sup>a</sup> $\pm$ 0.002	5.76 <sup>b</sup> $\pm$ 0.01
AP	0.894 <sup>a</sup> $\pm$ 0.002	5.85 <sup>a</sup> $\pm$ 0.02
Sıcaklık ( $^{\circ}$ C, n=28)		
4	0.898 <sup>a</sup> $\pm$ 0.002	5.80 <sup>b</sup> $\pm$ 0.02
25	0.893 <sup>a</sup> $\pm$ 0.002	5.82 <sup>a</sup> $\pm$ 0.02
Süre (gün, n=8)		
0	0.905 <sup>a</sup> $\pm$ 0.002	5.68 <sup>g</sup> $\pm$ 0.00
15	0.900 <sup>ab</sup> $\pm$ 0.000	5.74 <sup>f</sup> $\pm$ 0.02
30	0.898 <sup>ab</sup> $\pm$ 0.003	5.79 <sup>e</sup> $\pm$ 0.02
45	0.900 <sup>ab</sup> $\pm$ 0.003	5.81 <sup>d</sup> $\pm$ 0.02
60	0.893 <sup>bc</sup> $\pm$ 0.003	5.83 <sup>c</sup> $\pm$ 0.02
75	0.889 <sup>cd</sup> $\pm$ 0.004	5.90 <sup>b</sup> $\pm$ 0.03
90	0.881 <sup>d</sup> $\pm$ 0.003	5.93 <sup>a</sup> $\pm$ 0.03

Aynı sütunda farklı harflerle işaretlenmiş ortalamalar istatistiki olarak birbirinden farklıdır ( $p<0.05$ )

Çalışma ile benzer olarak, Aksu vd. (2005) MAP tipi ambalajlanmış pastırma dilimlerinin pH değeri üzerine depolama süresinin  $p<0.01$  düzeyinde etkili olduğunu ve bunun proteoliz sonucunda oluşan azotlu bileşiklerden kaynaklandığını bildirmişlerdir. Bu çalışmada 4 ve 10 $^{\circ}$ C'de depolamada pH değeri sırasıyla 6.03 ve 6.05 olarak tespit edilmiş, ancak aralarındaki fark istatistiki açıdan önemli ( $p>0.05$ ) bulunmamıştır. Rubio vd. (2007), tarafından dilimlenmiş *cecina* örneklerinde yapılan bir çalışmada pH ve su aktivitesi değerlerinde benzer değişimlerin olduğu ve 210 gün depolamanın sonunda pH değerinin 5.94'den 6.05'e yükseldiği ve su aktivitesi değerinin ise, 0.90'dan 0.87'ye düştüğü tespit edilmiştir. Dilimlenmiş *ham* örneklerinin ambalajlama işleminde farklı atmosfer gazlarının (vakum, %70 N<sub>2</sub> + %30 CO<sub>2</sub> ve %70 Ar + %30 CO<sub>2</sub>) kullanıldığı bir çalışmada, ambalaj tipinin pH üzerinde önemli bir etkisinin olmadığı belirlenmiş ve 60

gün depolamanın sonunda gaz atmosferinde ambalajlanan örneklerin nem içeriği vakum ambalajlanan örneklere göre daha düşük tespit edilmiştir (Parra vd. 2012).

Kim vd. (2014)'de 10°C'de gerçekleştirdiği depolama işleminde depolama süresi arttıkça kuru kürlenmiş domuz etinin pH değerinin arttığını ve su aktivitesi değerinin ise azaldığını tespit etmişlerdir. Yine bu çalışmada, depolama boyunca MAP tipi ambalajlanan örneklerin pH ve su aktivitesi değerleri vakum ambalajlanan örneklere göre daha düşük tespit edilmiştir. Yapılan araştırmalarda MAP uygulanan örneklerin diğer ambalajlama yöntemlerine göre daha düşük pH değerine sahip olması, kullanılan CO<sub>2</sub> gazının depolama sırasında ete nüfuz etmesi ve karbonik asite dönüşmesi ile açıklanmıştır (Dixon ve Kell 1989; Martínez vd. 2005; Cilla vd. 2006).



**Şekil 4.8.** Ambalaj x sıcaklık, ambalaj x süre ve sıcaklık x süre interaksiyonlarının pH değeri üzerine etkisi

#### 4.4.3. Soğuk kurutulmuş et dilimlerinin TBARS ve NPN-M değerleri üzerine ambalaj tipi, depolama sıcaklığı ve depolama süresinin etkisi

Soğuk kurutulmuş et dilimlerinin farklı depolama koşullarında TBARS ve NPN-M değerlerindeki değişime ait I. ve II. tekerrür bulguları Çizelge 4.35'de, bunlara uygulanan varyans analizi sonuçları Çizelge 4.36'da ve varyasyon kaynakları ortalamalarına ait Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları Çizelge 4.37'de verilmiştir.

Varyans analizi sonuçlarına göre; soğuk kurutulmuş et dilimlerinin *TBARS* değeri üzerine ambalaj tipi, depolama sıcaklığı ve depolama süresi önemli ( $p<0.01$ ) düzeyde etki göstermiştir (Çizelge 4.36). *NPN-M* değeri üzerine ise ambalaj tipi, depolama sıcaklığı ve depolama süresi  $p<0.01$  düzeyinde önemli bulunmuştur (Çizelge 4.36). Ayrıca, ambalaj x sıcaklık, ambalaj x süre ve sıcaklık x süre interaksiyonlarının örneklerin *TBARS* (Şekil 4.9) ve *NPN-M* (Şekil 4.10) değerleri üzerinde çok önemli etkisi olduğu belirlenmiştir.

Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçlarına göre; AP tipi ambalajlanmış dilimlerin *TBARS* değerleri ortalamasının (42.96  $\mu\text{mol MDA/kg}$ ) MAP tipi ambalajlanmış örneklerin değerleri ortalamasına (31.13  $\mu\text{mol MDA/kg}$ ) göre daha yüksek olduğu ve depolama işlemi boyunca soğuk kurutulmuş örneklerin *TBARS* değerinin 25.25  $\mu\text{mol MDA/kg}$ 'dan 60.11  $\mu\text{mol MDA/kg}$ 'a yükseldiği tespit edilmiştir. Depolama başlangıç *TBARS* değeri dikkate alındığında MAP ve AP tipi ambalajlamanın örneklerin oksidasyonunu tamamen durdurmadığı ancak yavaşlattığı tespit edilmiştir. AP tipi ambalajlamada  $\text{O}_2$ 'inin ve MAP tipinde ise örnek su içeriğinde çözünen karbondioksitten oluşan karbonik asitin lipit oksidasyonunu teşvik ettiği düşünülmektedir.

Bu çalışmada depolama sıcaklığının  $4^\circ\text{C}$  olması durumunda  $25^\circ\text{C}$ 'ye göre daha düşük *TBARS* değeri tespit edilmiştir. Aksu ve Kaya (2005) MAP tipi ambalajlanmış pastırma dilimlerinin *TBARS* değeri üzerine depolama süresi ve sıcaklığının önemli düzeyde etkili olduğunu, en yüksek *TBARS* değerlerine depolamanın 90. gününde ulaşıldığını ve bu değerlerin  $4$  ve  $10^\circ\text{C}$ 'de depolama için sırasıyla 1.61 ve 1.64 mg  $\text{MDA/kg}$  olduğunu bildirmişlerdir.

Lipit oksidasyonu et ürünlerinin depolanmasında kaliteyi olumsuz etkileyen en önemli faktörlerden biri olup, tüketici tercihini olumsuz yönde etkileyen oksidatif ransiditeye yol açmaktadır (Jeremiah 2001). Ayrıca, lipit oksidasyonu et renginin bozulmasıyla da ilişkilendirilmektedir (Faustman ve Cassens 1990). *Ham* dilimlerinin depolanması üzerine yapılan bir çalışmada, çok düşük miktarlardaki (%0.20-0.89)  $\text{O}_2$ 'in de lipit oksidasyonuna neden olduğunu saptanmıştır (Parra vd. 2010). Pastırma dilimlerinin ambalajlanmasında farklı yöntemlerin (vakum, AP ve MAP) kullanıldığı bir çalışmada, 120 gün depolamanın sonunda *TBARS* değeri en yüksek (2.80 mg  $\text{MA/kg}$ ) AP tipi ambalajlanan örneklerde tespit edilmiştir (Gök vd. 2008).

Farklı materyallerle (çemen ve kitosan) kaplanmış pastırma örneklerin  $5^\circ\text{C}$ 'de depolandığı başka bir çalışmada ise, depolama süresi arttıkça örneklerin *TBARS* değerinin arttığı ve depolamanın 4. haftasında çemenle kaplı örneklerin *TBARS* değerinin daha yüksek (1.21 mg  $\text{MA/kg}$ ) olduğu belirlenmiştir (Abdallah vd. 2017). Parra vd. (2012)'de MAP tipi ambalajlanmış *ham* dilimlerine kıyasla vakum ambalajlanmış örneklerin *TBARS* değerini daha düşük belirlemiş ve *TBARS* değeri üzerine 60 günlük depolama süresinin önemli ( $p>0.05$ ) bir etkisinin olmadığını bildirmiştir.

**Çizelge 4.35.** Soğuk kurutulmuş et dilimlerinin farklı depolama koşullarında *TBARS* ve *NPN-M* değerlerindeki değişim (I. ve II. tekerrür)

Ambalaj tipi			MAP		AP	
Depolama sıcaklığı (°C)			4	25	4	25
<i>TBARS</i> (µmol MDA/kg)	Depolama süresi (gün)	0	25.24 24.90	24.33 24.44	26.55 26.44	25.11 25.00
		15	26.46 26.52	24.87 28.05	35.23 34.40	37.51 33.28
		30	31.36 32.14	22.78 30.24	34.31 32.63	35.21 35.22
		45	26.80 26.80	27.23 27.23	34.60 34.55	39.00 39.03
		60	31.16 31.62	31.40 30.40	33.97 34.86	47.33 46.87
		75	32.17 32.62	33.67 32.38	50.99 51.56	57.51 57.60
		90	43.02 42.91	46.70 54.09	72.26 71.58	74.91 75.42
		<i>NPN-M</i> (g/100 g madde)	Depolama süresi (gün)	0	4.35 4.42	4.83 4.40
15	4.52 4.46			5.06 5.28	4.43 4.28	4.85 4.74
30	4.56 4.91			4.71 4.55	5.06 4.96	5.51 5.30
45	5.53 5.60			5.99 5.58	4.75 4.86	6.22 6.17
60	5.77 5.60			5.61 5.70	6.20 6.15	7.07 7.30
75	5.71 5.46			5.89 5.97	7.88 7.70	6.98 7.01
90	5.50 5.74			6.45 6.44	7.05 7.03	7.49 7.57

**Çizelge 4.36.** Soğuk kurutulmuş et dilimlerinin farklı depolama koşullarında *TBARS* ve *NPN-M* değerlerine ait varyans analiz sonuçları (\*)  $p<0.05$  ve (\*\*)  $p<0.01$  düzeyinde farklılığı gösterir

VK	SD	<i>TBARS</i>		<i>NPN-M</i>	
		KO	F	KO	F
Ambalaj	1	1961.18	743.59**	3.98	239.14**
Sıcaklık	1	62.50	23.70**	1.67	100.32**
Süre	6	1078.06	408.75**	6.86	412.13**
AxS	1	46.41	17.60**	0.02	1.09
AxSü	6	167.63	63.56**	1.24	74.31**
SxSü	6	18.85	7.15**	0.29	17.44**
Hata	28	2.64		0.02	

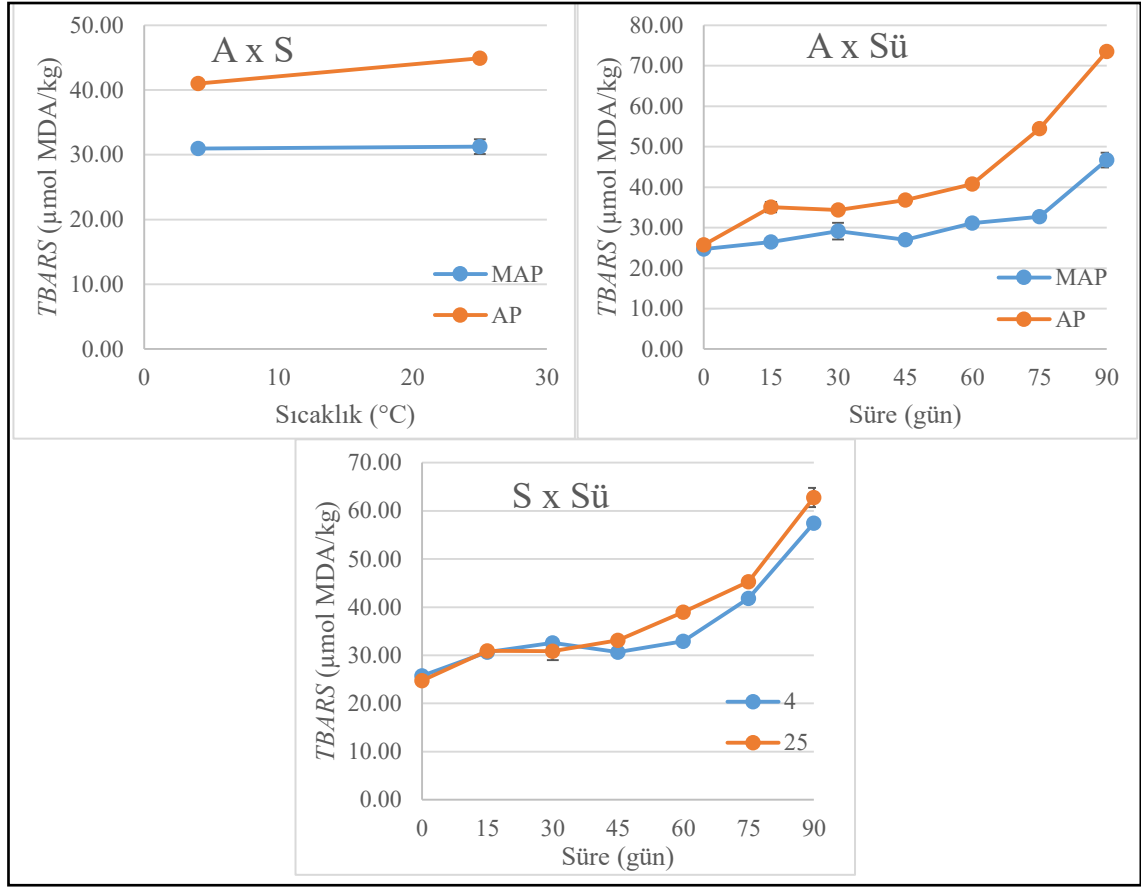
**Çizelge 4.37.** Soğuk kurutulmuş et dilimlerinin farklı depolama koşullarında *TBARS* ve *NPN-M* ortalamalarına ait Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları ( $\pm$  standart hata)

	<i>TBARS</i> ( $\mu\text{mol MDA/kg}$ )	<i>NPN-M</i> (g/100 g)
Ambalaj (n=28)		
MAP	31.13 <sup>b</sup> $\pm$ 1.39	5.31 <sup>b</sup> $\pm$ 0.12
AP	42.96 <sup>a</sup> $\pm$ 2.91	5.84 <sup>a</sup> $\pm$ 0.24
Sıcaklık ( $^{\circ}\text{C}$ , n=28)		
4	35.99 <sup>b</sup> $\pm$ 2.31	5.40 <sup>b</sup> $\pm$ 0.19
25	38.10 <sup>a</sup> $\pm$ 2.75	5.75 <sup>a</sup> $\pm$ 0.19
Süre (gün, n=8)		
0	25.25 <sup>e</sup> $\pm$ 0.29	4.37 <sup>f</sup> $\pm$ 0.08
15	30.79 <sup>d</sup> $\pm$ 1.71	4.70 <sup>e</sup> $\pm$ 0.12
30	31.74 <sup>d</sup> $\pm$ 1.43	4.95 <sup>d</sup> $\pm$ 0.12
45	31.91 <sup>d</sup> $\pm$ 1.94	5.59 <sup>c</sup> $\pm$ 0.20
60	35.95 <sup>c</sup> $\pm$ 2.49	6.18 <sup>b</sup> $\pm$ 0.24
75	43.56 <sup>b</sup> $\pm$ 4.19	6.58 <sup>a</sup> $\pm$ 0.33
90	60.11 <sup>a</sup> $\pm$ 5.24	6.66 <sup>a</sup> $\pm$ 0.27

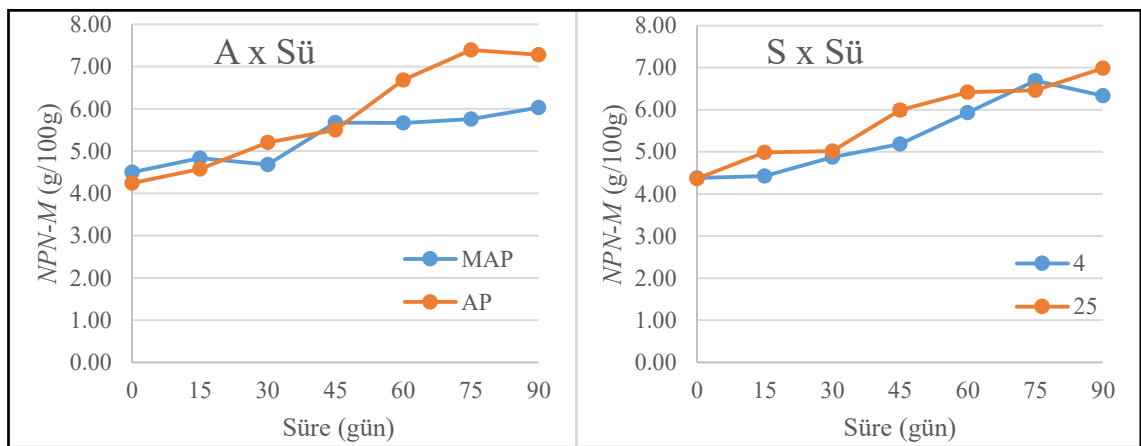
Aynı sütunda farklı harflerle işaretlenmiş ortalamalar istatistiki olarak birbirinden farklıdır ( $p<0.05$ )

Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçlarına göre; AP tipi ambalajlanmış dilimlerin *NPN-M* değerinin MAP tipi ambalajlanmış örnekler göre daha yüksek olduğu, depolama sıcaklığının  $4^{\circ}\text{C}$ 'den  $25^{\circ}\text{C}$ 'ye yükselmesiyle *NPN-M* değerinin 5.40'dan 5.75 g/100g'a arttığı ve depolama başlangıcında 4.37 olan *NPN-M* değerinin 90 gün depolamanın sonunda 6.66 g/100 g değerine ulaştığı tespit edilmiştir. AP tipi ambalajlamada, yüksek depolama sıcaklığında ve uzayan depolama süresinde *NPN-M* değerinin yüksek tespit edilmesinin, bu depolama şartlarının örneklerdeki mikroorganizma faaliyetini daha çok desteklemesi nedeniyle daha fazla azotlu bileşiğin açığa çıkmasından kaynaklanmış olabileceği değerlendirilmiştir. Wang (2001) tarafından  $15^{\circ}\text{C}$ 'de depolanan *ham* örneklerinde proteolitik enzimler ya da doğal mikroflora tarafından proteinlerin parçalandığı ve bunun sonucu olarak *NPN-M* değerinin arttığı bildirilmiştir. Benzer

olarak, Aksu vd. (2005) depolama süresi (150 gün) ve sıcaklığı (4°C'den 10°C'ye) arttıkça pastırma dilimlerinin *NPN-M* değerinin önemli düzeyde arttığını tespit etmişlerdir.



**Şekil 4.9.** Ambalaj x sıcaklık, ambalaj x süre ve sıcaklık x süre etkileşimlerinin *TBARS* değeri üzerine etkisi



**Şekil 4.10.** Ambalaj x süre ve sıcaklık x süre etkileşimlerinin *NPN-M* değeri üzerine etkisi



#### 4.4.4. Soğuk kurutulmuş et dilimlerinin mikrobiyal yükü üzerine ambalaj tipi, depolama sıcaklığı ve depolama süresinin etkisi

Soğuk kurutulmuş et dilimlerinin farklı depolama koşullarında mikrobiyal yüklerine ait I. ve II. tekerrür bulguları Çizelge 4.38’de, bunlara uygulanan varyans analizi sonuçları Çizelge 4.39’da ve varyasyon kaynakları ortalamalarına ait Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları Çizelge 4.40’da verilmiştir.

**Çizelge 4.38.** Soğuk kurutulmuş et dilimlerinin farklı depolama koşullarında mikrobiyal yüklerindeki değişim, log kob/g (I. ve II. tekerrür)

Ambalaj tipi			MAP		AP	
Depolama sıcaklığı (°C)			4	25	4	25
TAMB	Depolama süresi (gün)	0	2.87	2.81	2.40	2.56
			2.58	2.18	2.04	2.28
		15	3.53	3.45	4.79	4.78
			3.69	3.48	4.38	4.15
		30	5.53	4.93	4.91	5.10
			5.54	4.68	5.00	4.80
		45	4.79	5.15	5.73	5.14
			4.77	5.19	5.77	5.84
		60	4.43	4.95	6.44	7.69
			3.37	5.10	6.64	8.00
75	4.27	4.41	6.12	7.38		
	3.49	4.08	7.67	6.80		
90	3.67	4.74	6.88	7.84		
	3.30	3.84	6.90	7.41		
TPB	Depolama süresi (gün)	0	1.88	1.91	1.81	1.81
			1.79	1.81	1.59	1.95
		15	2.51	2.81	4.25	3.09
			2.74	2.81	4.23	3.24
		30	5.02	3.96	3.82	3.71
			5.01	3.97	3.02	3.65
		45	3.29	4.74	4.71	3.79
			3.32	4.78	4.64	3.85
		60	3.19	3.93	6.28	6.68
			3.10	4.38	6.35	6.93
75	3.91	3.18	5.87	6.84		
	3.10	2.65	5.72	5.91		
90	2.78	3.16	5.55	6.52		
	2.73	3.51	5.59	6.62		

Devamı arkada

Çizelge 4.38'in devamı.

Ambalaj tipi			MAP		AP	
Depolama sıcaklığı (°C)			4	25	4	25
<i>Micrococcus/Staphylococcus</i>	Depolama süresi (gün)	0	2.08	2.23	1.39	2.45
			2.23	1.98	1.15	2.19
		15	3.36	3.43	4.39	3.48
			3.39	3.31	4.41	3.15
		30	3.23	4.11	4.08	3.39
			3.22	4.11	3.96	3.34
		45	3.48	5.19	5.52	5.24
			3.45	5.25	5.87	5.42
		60	2.70	5.13	6.52	7.59
			3.08	5.05	6.41	7.00
		75	2.21	4.33	6.66	6.76
			1.94	4.09	6.73	6.82
		90	3.62	4.72	6.77	7.79
			3.28	2.59	6.80	6.77
LAB	Depolama süresi (gün)	0	1.45	1.41	1.00	1.44
			1.16	1.39	1.15	1.00
		15	2.96	2.74	2.62	3.90
			2.75	2.62	2.57	3.63
		30	4.96	3.09	2.69	4.28
			4.22	3.39	2.73	4.39
		45	4.34	4.45	4.20	4.41
			4.26	4.07	4.21	4.37
		60	3.04	3.66	5.26	7.10
			2.77	3.63	5.41	6.45
		75	2.36	3.18	6.62	5.16
			2.42	3.18	6.53	5.16
		90	2.95	2.15	6.06	6.96
			2.89	2.15	5.99	6.57

Devamı arkada

Çizelge 4.38'in devamı.

Ambalaj tipi			MAP		AP	
Depolama sıcaklığı (°C)			4	25	4	25
Maya-küf	Depolama süresi (gün)	0	2.25	1.89	1.48	1.71
			2.00	2.06	1.48	1.45
		15	2.85	3.00	3.39	3.07
			2.00	2.97	3.46	3.00
		30	4.33	3.74	3.54	3.87
			4.25	2.78	3.24	3.87
		45	3.25	4.09	4.33	4.55
			3.26	3.93	4.58	4.59
		60	3.26	4.15	6.57	7.04
			3.21	4.19	6.40	7.00
		75	2.44	3.86	6.29	6.83
			2.49	3.50	7.51	6.79
90	2.47	3.23	6.15	7.31		
	2.98	3.38	6.21	7.13		

Çizelge 4.39. Soğuk kurutulmuş et dilimlerinin farklı depolama koşullarında mikrobiyal yüklerine ait varyans analiz sonuçları (\*) p<0.05 ve (\*\*) p<0.01 düzeyinde farklılığı gösterir

VK	SD	TAMB		TPB		<i>Micrococcus/ Staphylococcus</i>		LAB		Maya-küf	
		KO	F	KO	F	KO	F	KO	F	KO	F
Ambalaj	1	29.46	211.39**	23.21	425.30**	36.58	298.83**	26.09	757.11**	36.21	510.07**
Sıcaklık	1	0.94	6.75*	0.34	6.31*	4.01	32.74**	0.72	20.96**	1.55	21.80**
Süre	6	11.38	81.66**	9.76	178.80**	12.52	102.27**	11.71	339.75**	12.25	172.61**
AxS	1	0.02	0.11	0.08	1.40	3.26	26.67**	1.51	43.87**	0.08	1.16
AxSü	6	4.73	33.92**	5.40	98.87**	5.62	45.88**	6.49	188.21**	6.81	95.91**
SxSü	6	0.61	4.39**	0.49	8.97**	0.90	7.35**	0.40	11.72**	0.34	4.75**
Hata	28	0.14		0.06		0.12		0.04		0.07	

**Çizelge 4.40.** Soğuk kurutulmuş et dilimlerinin farklı depolama koşullarında mikrobiyal yüklerinin ortalamalarına ait Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları ( $\pm$  standart hata)

	TAMB	TPB	<i>Micrococcus/</i> <i>Staphylococcus</i>	LAB	Maya-küf
<b>Ambalaj (n=28)</b>					
MAP	4.10 <sup>b</sup> $\pm$ 0.17	3.28 <sup>b</sup> $\pm$ 0.18	3.46 <sup>b</sup> $\pm$ 0.19	2.99 <sup>b</sup> $\pm$ 0.19	3.14 <sup>b</sup> $\pm$ 0.14
AP	5.55 <sup>a</sup> $\pm$ 0.33	4.57 <sup>a</sup> $\pm$ 0.32	5.07 <sup>a</sup> $\pm$ 0.37	4.35 <sup>a</sup> $\pm$ 0.36	4.74 <sup>a</sup> $\pm$ 0.38
<b>Sıcaklık (°C, n=28)</b>					
4	4.70 <sup>b</sup> $\pm$ 0.28	3.85 <sup>b</sup> $\pm$ 0.27	4.00 <sup>b</sup> $\pm$ 0.33	3.56 <sup>b</sup> $\pm$ 0.31	3.77 <sup>b</sup> $\pm$ 0.32
25	4.96 <sup>a</sup> $\pm$ 0.31	4.01 <sup>a</sup> $\pm$ 0.30	4.53 <sup>a</sup> $\pm$ 0.32	3.78 <sup>a</sup> $\pm$ 0.32	4.11 <sup>a</sup> $\pm$ 0.33
<b>Süre (gün, n=8)</b>					
0	2.47 <sup>e</sup> $\pm$ 0.10	1.82 <sup>e</sup> $\pm$ 0.04	1.96 <sup>d</sup> $\pm$ 0.16	1.25 <sup>e</sup> $\pm$ 0.07	1.79 <sup>f</sup> $\pm$ 0.11
15	4.03 <sup>d</sup> $\pm$ 0.20	3.21 <sup>d</sup> $\pm$ 0.24	3.62 <sup>c</sup> $\pm$ 0.17	2.97 <sup>d</sup> $\pm$ 0.18	2.97 <sup>e</sup> $\pm$ 0.16
30	5.06 <sup>c</sup> $\pm$ 0.11	4.02 <sup>c</sup> $\pm$ 0.24	3.68 <sup>c</sup> $\pm$ 0.15	3.72 <sup>c</sup> $\pm$ 0.30	3.70 <sup>d</sup> $\pm$ 0.18
45	5.30 <sup>bc</sup> $\pm$ 0.15	4.14 <sup>c</sup> $\pm$ 0.23	4.93 <sup>b</sup> $\pm$ 0.33	4.29 <sup>b</sup> $\pm$ 0.04	4.07 <sup>c</sup> $\pm$ 0.20
60	5.83 <sup>a</sup> $\pm$ 0.58	5.11 <sup>a</sup> $\pm$ 0.57	5.44 <sup>a</sup> $\pm$ 0.63	4.67 <sup>a</sup> $\pm$ 0.57	5.23 <sup>a</sup> $\pm$ 0.59
75	5.53 <sup>ab</sup> $\pm$ 0.58	4.65 <sup>b</sup> $\pm$ 0.57	4.94 <sup>b</sup> $\pm$ 0.74	4.33 <sup>b</sup> $\pm$ 0.62	4.96 <sup>ab</sup> $\pm$ 0.74
90	5.57 <sup>ab</sup> $\pm$ 0.66	4.56 <sup>b</sup> $\pm$ 0.59	5.29 <sup>ab</sup> $\pm$ 0.70	4.47 <sup>b</sup> $\pm$ 0.74	4.86 <sup>b</sup> $\pm$ 0.72

Aynı sütunda farklı harflerle işaretlenmiş ortalamalar istatistiki olarak birbirinden farklıdır ( $p < 0.05$ )

Varyans analizi sonuçlarına göre; soğuk kurutulmuş et dilimlerinin TAMB, TPB, *Micrococcus/Staphylococcus*, LAB ve maya-küf sayıları üzerine ambalaj tipi, depolama sıcaklığı ve depolama süresinin önemli ( $p < 0.01$ ,  $p < 0.05$ ) düzeyde etkili olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca, örneklerin mikrobiyal yükleri üzerinde çok önemli etkisi saptanan ambalaj x sıcaklık, ambalaj x süre ve sıcaklık x süre interaksiyonlarına ait grafikler Şekil 4.11 ve 4.12’de verilmiştir.

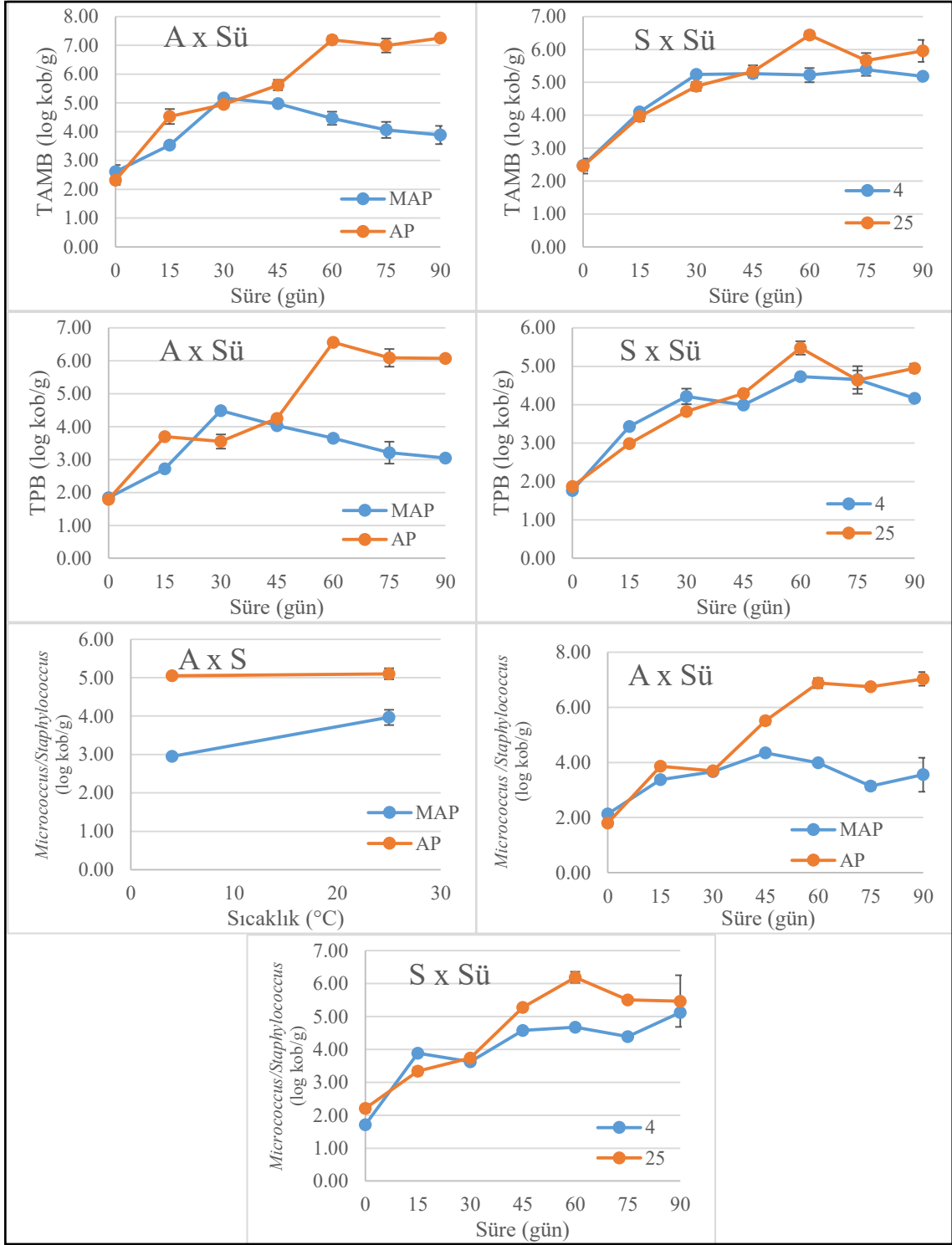
Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçlarına göre; MAP tipi ambalajlanmış örneklerin AP tipi ambalajlanmış örneklere göre daha düşük TAMB, TPB, *Micrococcus/Staphylococcus*, LAB ve maya-küf sayılarına sahip olduğu tespit edilmiştir. Bu durumun MAP tipi ambalajlamadaki CO<sub>2</sub>’in anaerobik bir ortam oluşturmasından ve karbonik asite dönüşerek ortamın pH değerini düşürmesinden (Çizelge 4.34) kaynaklandığı düşünülmüştür. Devlieguere ve Debevere (2000) MAP tipi ambalajlamada örnekteki mikroorganizmaların gelişiminin örneğin su içeriğindeki CO<sub>2</sub> konsantrasyonu ile baskılandığını bildirmişlerdir. Aksu vd. (2005) MAP uygulanan ve 150 gün depolanan pastırma dilimlerinin TAMB, *Micrococcus/Staphylococcus* ve LAB sayılarında önemli düzeyde bir azalma meydana geldiğini ve pastırma dilimlerinin mikrobiyal yükleri üzerine depolama sıcaklığının önemli bir etkisinin olmadığını tespit etmişlerdir.

Depolama süresi artışına bağlı olarak örneklerin tüm mikroorganizma sayılarında bir artış belirlenmiştir. Ancak, bu artış AP tipi depolamada sürekli olurken MAP tipi depolamada ise 45. güne kadar bir artış ve sonra ise bir azalma şeklinde gerçekleşmiştir (Şekil 4.13). MAP tipi ambalajlanan örneklerin mikroorganizma sayılarında 45. günden sonra gerçekleşen azalmanın ortamdaki iz miktardaki O<sub>2</sub>’nin tükenmesine, CO<sub>2</sub> varlığına

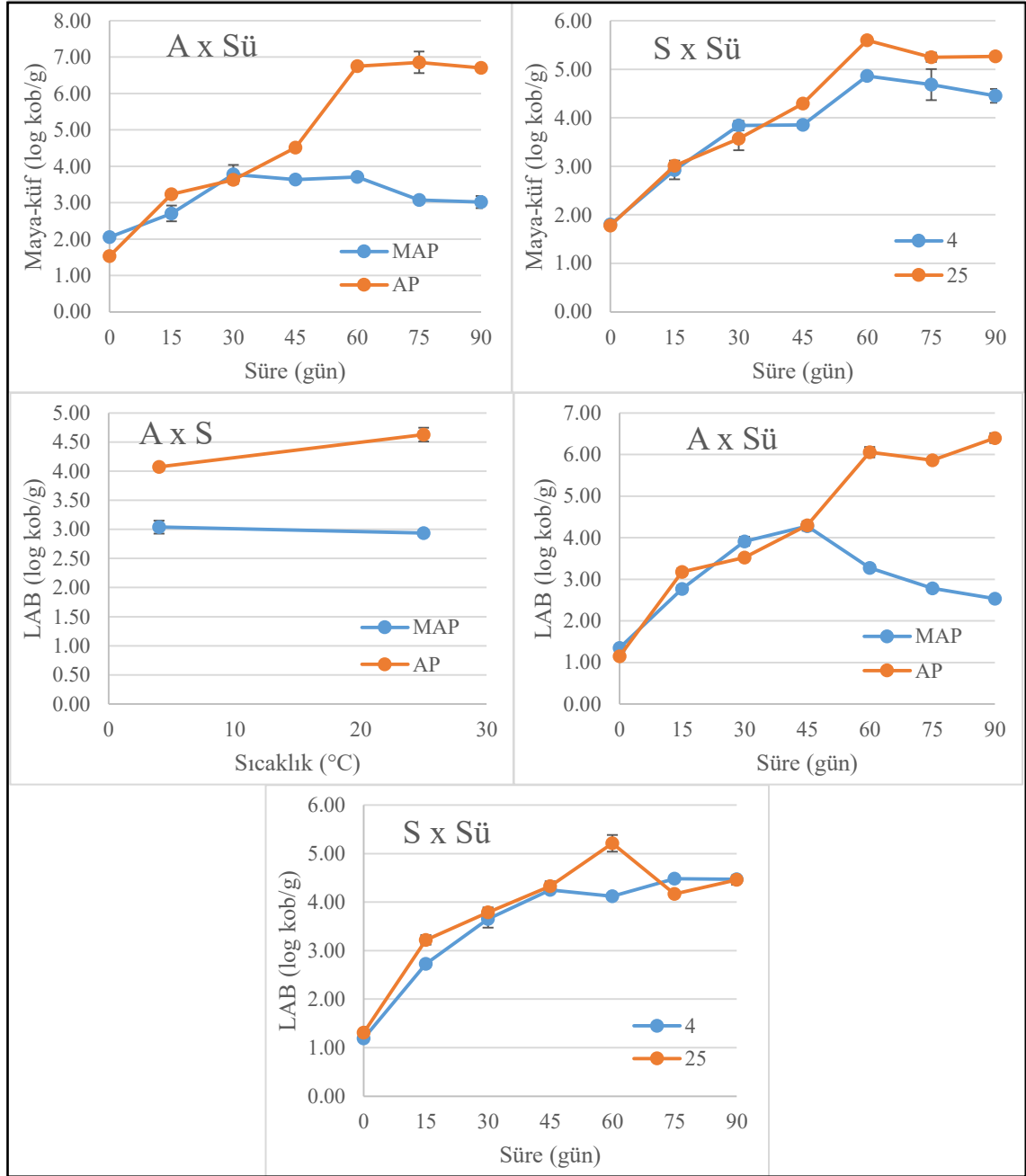
ve oluşan karbonik asitin antimikrobiyal etkisine bağlı olarak gerçekleştiği düşünülmüştür. Bu durumda; soğuk kurutulmuş et dilimleri, AP tipi ambalajlamada TAMB sayısı et ürünlerinin tüketilebilirliğinin bir sınırı olarak da verilen 6 log kob/g sayısını 45. günden sonra aştığı için tüketilemez bulunurken, MAP tipi ambalajlanan ürünlerde bu sayı sınır değerinin altında kaldığı için bu şekilde ambalajlanan ürünler 90. günde de tüketilebilir olarak değerlendirilmiştir. Gill (1983) TAMB sayısının 6 log kob/g düzeyine ulaşana kadar ette bozulma gözlenmediğini bildirmiştir.

Atmosferinde O<sub>2</sub> içeren depolama koşullara göre CO<sub>2</sub> içeren koşullar LAB'nin gelişimini yavaşlatmaktadır (Blickstad ve Molin, 1984). Kim vd. (2014)'de depolamanın 30. gününden sonra vakum uygulanan örneklerle kıyasla MAP uygulanan örneklerin TAMB ve LAB sayılarını daha düşük tespit etmiştir. MAP tipi ambalajlanmış pastırma örnekleri üzerinde yapılan bir çalışmada da, TAMB sayısı depolamanın 30. gününe kadar arttığı ve daha sonra ise azaldığı bildirilmiştir (Aksu ve Kaya 2005). Gök vd. (2008)'de 120 gün depolanan MAP tipi ambalajlanmış pastırma örneklerine kıyasla, AP tipi ambalajlanmış örneklerin maya-küf sayısının (4.75 log kob/g) daha yüksek olduğunu bildirmiştir.

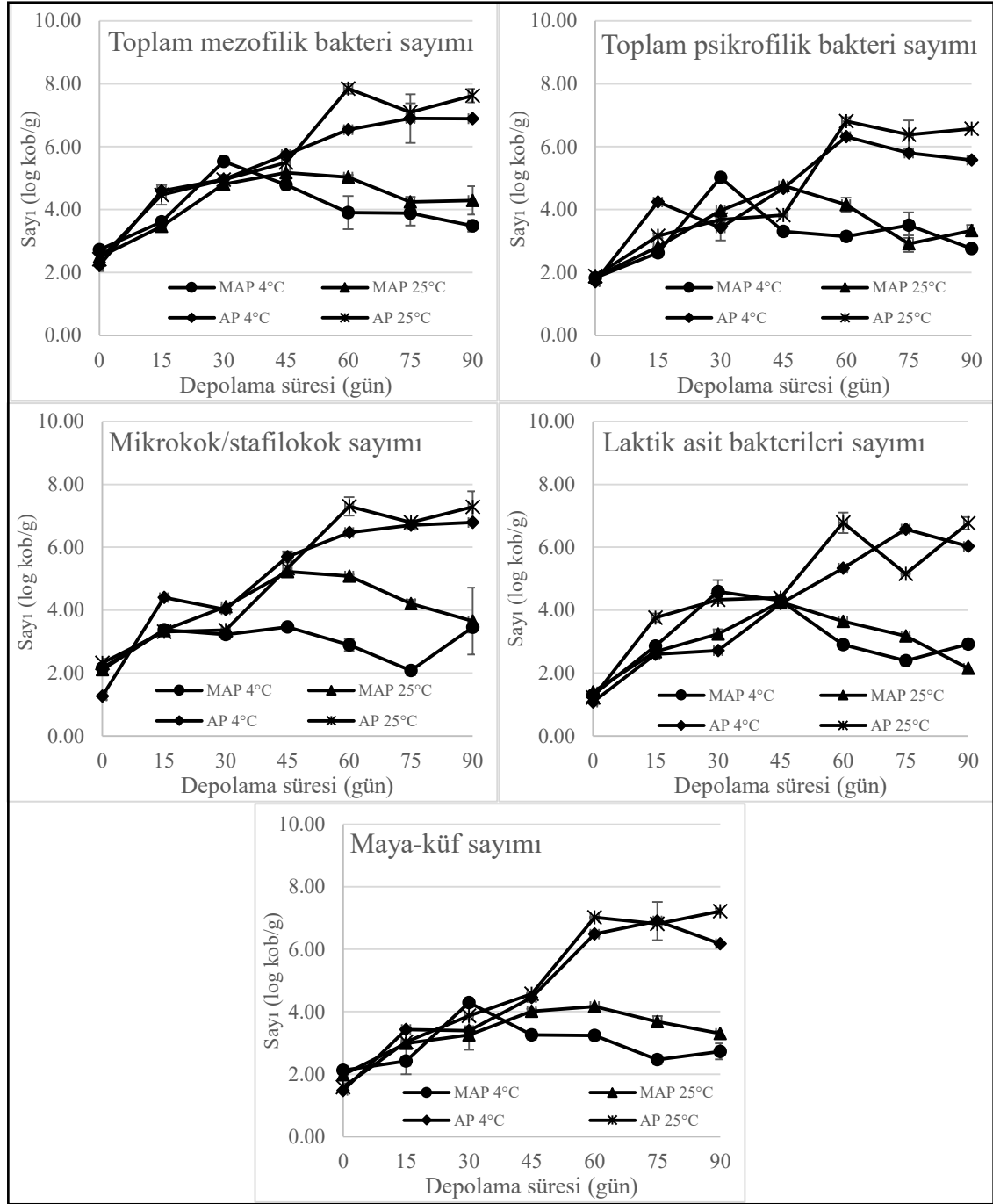
Farklı koşullarda depolanan soğuk kurutulmuş et dilimlerinin tümünde Enterobacteriaceae sayısı saptanabilir sınırın altında (<1 log kob/g) tespit edilmiştir. Hijyen göstergesi olan bu mikroorganizma grubu, soğuk kurutulmuş et ürünlerinin bozulmasında da rol oynamaktadır. Parra vd. (2012), 60 günlük depolamanın sonunda *ham* dilimlerindeki Enterobacteriaceae sayısını 1.5 log kob/g'dan daha düşük olduğunu tespit etmişlerdir. García-Esteban vd. (2003) *ham* dilimlerinin Enterobacteriaceae sayısı üzerine vakum ve MAP tipi ambalajlamanın önemli bir etkisinin olmadığını bildirirken, Aksu ve Kaya (2005) AP tipi ve vakum ambalajlamaya kıyasla MAP tipi ambalajlamanın gıda patojenlerinin gelişimini önlemede en iyi yöntem olduğunu bildirmiştir.



**Şekil 4.11.** Ambalaj x sıcaklık, ambalaj x süre ve sıcaklık x süre etkileşimlerinin TAMB, TPB ve *Micrococcus/Staphylococcus* sayısı üzerine etkisi



**Şekil 4.12.** Ambalaj x sıcaklık, ambalaj x süre ve sıcaklık x süre interaksiyonlarının maya-küf ve LAB sayısı üzerine etkisi



**Şekil 4.13.** Soğuk kurutulmuş et dilimlerinin farklı depolama koşullarında mikrobiyal yüklerinde meydana gelen değişimler



#### 4.4.5. Soğuk kurutulmuş et dilimlerinin duyuşal özellikleri üzerine ambalaj tipi, depolama sıcaklığı ve depolama süresinin etkisi

Soğuk kurutulmuş et dilimlerinin farklı depolama koşullarında görünüş, renk, koku, lezzet, yapı ve genel beğeni değerlerindeki değişimlere ait I. ve II. tekerrür bulguları Çizelge 4.41’de, bunlara uygulanan varyans analizi sonuçları Çizelge 4.42’de ve varyasyon kaynakları ortalamalarına ait Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları Çizelge 4.43’de verilmiştir.

Varyans analizi sonuçlarına göre; ambalaj tipi ve depolama süresi örneklerin görünüş, renk, koku, lezzet ve yapı özelliklerini önemli bir şekilde etkilerken, depolama sıcaklığının ise örneklerin yalnızca görünüş, lezzet ve yapı özelliklerini önemli bir şekilde etkilediği tespit edilmiştir ( $p<0.05$ ,  $p<0.01$ ). Örneklerin genel beğeni özelliği üzerine ise; ambalaj tipi, depolama sıcaklığı ve süresinin önemli ( $p<0.01$ ) düzeyde etkili olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca, örneklerin duyuşal özellikleri üzerinde çok önemli etkisi saptanan ambalaj x süre interaksiyonuna ait grafikler Şekil 4.14’de verilmiştir.

AP tipi ambalajlanmış örneklerin mikrobiyolojik kalitesi kabul edilebilirlik sınırını geçtiği için (Çizelge 4.38) 4°C’de depolanan örneklere 60. günden ve 25°C’de depolanan örneklere ise 45. günden sonra duyuşal analiz yapılmamıştır.

Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçlarına göre; AP tipi ambalajlanmış soğuk kurutulmuş et dilimlerine kıyasla MAP tipi ambalajlanmış örneklerin görünüş, renk ve yapı puanlarının daha yüksek ve koku puanının ise daha düşük olduğu belirlenmiştir. AP tipi ambalajlanmış örneklerde düşük renk değerlerinin oksidasyon varlığı ile ve MAP tipi ambalajlanmış örneklerde ise düşük koku değerlerinin oksidasyon eksikliği ilişkili olduğu düşünülmüştür (Çizelge 4.37). Pastırma dilimlerinin depolanması üzerine yapılan bir çalışmada da; AP grubuna göre MAP grubu dilimlerin daha yüksek duyuşal puanlara sahip olduğu tespit edilmiştir (Gök vd. 2008).

Depolama süresi arttıkça soğuk kurutulmuş et dilimlerinin görünüş, renk, koku, lezzet, ve yapı puanları benzer bir azalış göstermiştir. Yapılan bir çalışmada da, buzdolabı koşullarında depolanan *cecina* dilimlerinin duyuşal kalitesinin hızlı bir şekilde bozulduğu ve oluşan kalite kayıplarının temel nedeninin tat ve koku özelliklerindeki değişimler olduğu bildirilmiştir (Rubio vd. 2007). Kim vd. (2014)’de depolama süresi arttıkça kurukürlenmiş örneklerin aroma, lezzet ve sululuk puanlarının önemli ölçüde azaldığını tespit etmişlerdir. Rubio vd. (2006), vakum ambalajlanmış ve 60 gün depolanmış *cecina* dilimlerinin anormal tadını, yüksek mikrobiyal yük ile ilişkilendirmişlerdir.

Soğuk kurutulmuş et dilimlerinin genel beğeni puanlarının depolama süresi arttıkça önemli düzeyde azaldığı tespit edilmiştir. Buzdolabı sıcaklığında depolanan pastırma dilimlerinin genel beğeni puanı da, depolamanın 90. gününde AP ve MAP gruplarında sırasıyla 4.81 ve 6.75 puana düşmüştür (Gök vd. 2008). Capita vd. (2018) tarafından, 9 puanlık hedonik skalaya göre genel beğeni özelliğinin 5 puanın altına düştüğü süre, raf ömrü olarak tanımlanmıştır. Buna göre, soğuk kurutulmuş et dilimlerinin raf ömrünün MAP uygulaması ile 4°C’de 90 gün ve 25°C’de ise 75 gün olduğu ve AP uygulamasıyla ise 4°C’de 60 gün ve 25°C’de 45 gün olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.41, Şekil 4.15).

**Çizelge 4.41.** Soğuk kurutulmuş et dilimlerinin farklı depolama koşullarında duyu özelliklerindeki değişim (I. ve II. tekerrür)

Ambalaj tipi			MAP		AP	
Depolama sıcaklığı (°C)			4	25	4	25
Görünüş	Depolama süresi (gün)	0	7.83	7.50	7.67	7.17
			7.50	7.00	7.17	7.50
		15	7.50	7.17	6.33	6.50
			7.67	7.33	7.00	6.38
		30	7.00	7.17	6.83	6.50
			7.17	7.00	6.50	6.33
		45	7.17	7.00	5.00	4.83
			6.83	6.67	5.75	4.83
60	6.50	6.50	4.00	-		
	6.50	5.83	4.67	-		
75	6.00	6.17	-	-		
	5.67	5.50	-	-		
90	4.83	4.83	-	-		
	4.83	4.83	-	-		
Renk	Depolama süresi (gün)	0	7.83	7.50	7.83	7.17
			7.67	7.17	7.00	8.00
		15	7.17	7.00	6.50	6.50
			7.67	7.33	6.67	6.63
		30	6.83	7.17	6.67	6.33
			6.67	6.67	6.33	6.33
		45	7.17	6.50	4.50	4.83
			7.17	7.00	5.00	4.83
60	6.50	6.33	4.67	-		
	6.00	5.67	4.17	-		
75	5.67	5.67	-	-		
	5.50	6.50	-	-		
90	4.67	4.83	-	-		
	5.00	5.17	-	-		

Devamı arkada

Çizelge 4.41'in devamı.

Ambalaj tipi			MAP		AP	
Depolama sıcaklığı (°C)			4	25	4	25
Koku	Depolama süresi (gün)	0	6.83	6.83	6.83	7.17
			6.83	6.17	7.00	7.17
		15	6.33	6.67	6.50	6.00
			6.83	6.67	6.50	6.38
		30	6.67	6.33	6.67	5.50
			6.17	6.50	6.00	6.17
		45	6.00	6.00	5.63	4.83
			5.83	6.17	5.38	4.83
		60	5.50	6.00	5.00	-
			5.67	6.17	5.00	-
75	4.83	5.00	-	-		
	5.00	4.67	-	-		
90	3.83	3.83	-	-		
	4.00	3.83	-	-		
Lezzet	Depolama süresi (gün)	0	7.67	7.33	7.33	7.00
			7.33	7.00	6.83	7.50
		15	6.67	6.50	6.50	6.17
			6.83	6.33	6.00	6.17
		30	6.33	5.00	6.83	6.00
			7.00	5.50	6.33	5.50
		45	6.67	4.83	5.13	4.00
			6.33	6.00	5.75	4.00
		60	6.67	5.17	5.17	-
			6.50	5.00	5.33	-
75	5.33	4.17	-	-		
	5.17	4.33	-	-		
90	4.33	3.50	-	-		
	4.83	4.17	-	-		

Devamı arkada

Çizelge 4.41'in devamı.

Ambalaj tipi			MAP		AP	
Depolama sıcaklığı (°C)			4	25	4	25
Yapı	Depolama süresi (gün)	0	8.17	7.00	7.50	6.50
			7.33	6.33	6.33	6.33
		15	7.00	6.17	5.50	5.67
			7.33	6.17	6.00	5.33
		30	7.17	5.83	6.00	6.00
			7.17	6.17	5.67	5.17
		45	6.50	5.83	5.75	4.33
			5.83	5.00	5.38	4.33
60	7.17	6.33	5.00	-		
	6.50	6.00	4.33	-		
75	5.17	5.17	-	-		
	4.67	5.00	-	-		
90	4.50	4.50	-	-		
	4.83	5.00	-	-		
Genel Beğeni	Depolama süresi (gün)	0	7.67	7.33	7.50	6.83
			7.67	6.67	6.67	7.17
		15	6.83	6.50	6.17	6.17
			7.50	6.50	6.50	6.33
		30	6.83	5.67	6.33	6.00
			7.00	6.67	6.17	5.50
		45	7.17	5.83	5.25	4.00
			6.50	6.00	5.50	4.00
60	6.67	5.67	5.00	-		
	6.33	5.33	5.00	-		
75	5.33	5.00	-	-		
	5.00	4.67	-	-		
90	4.17	4.17	-	-		
	4.33	4.33	-	-		

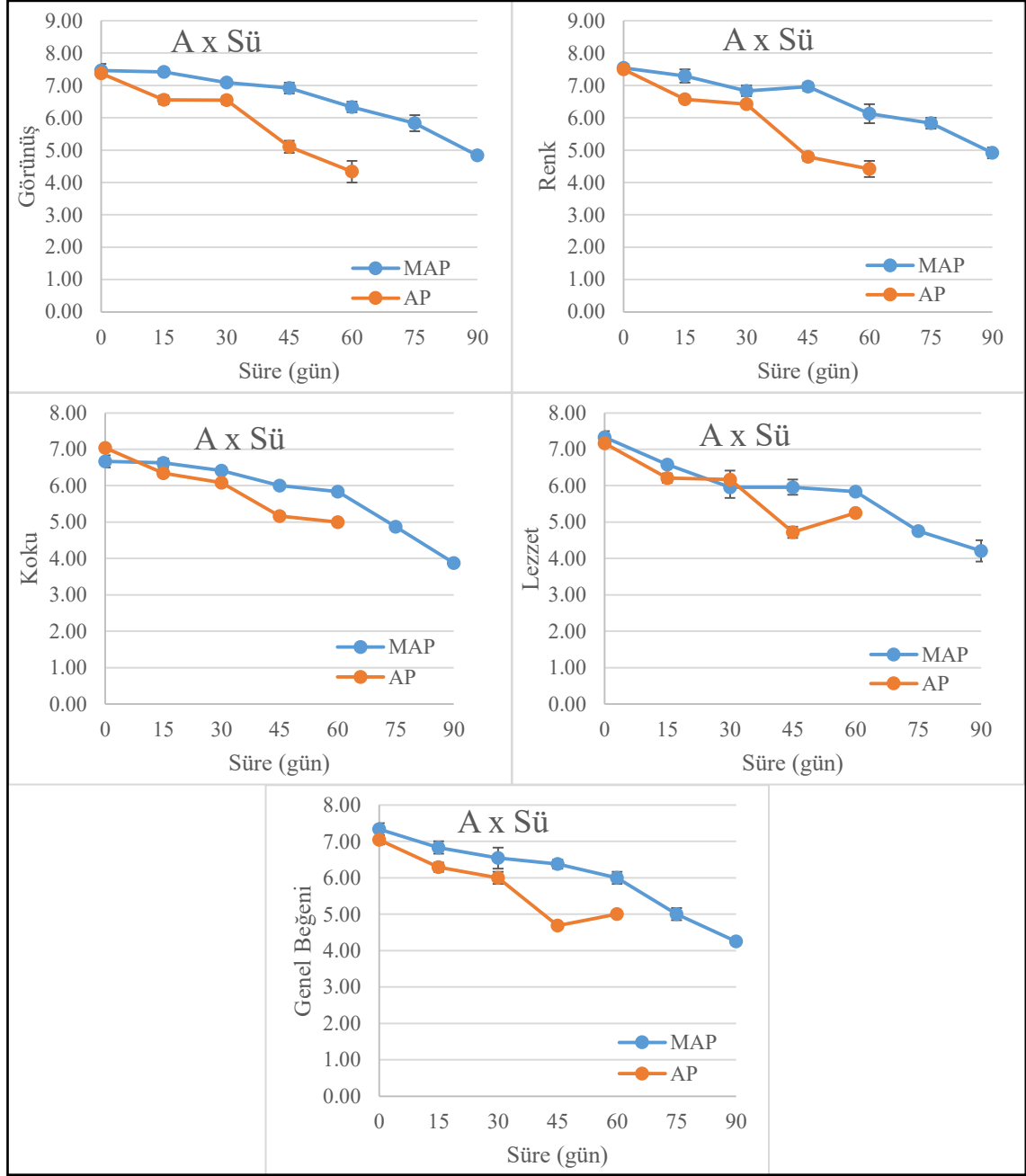
**Çizelge 4.42.** Soğuk kurutulmuş et dilimlerinin farklı depolama koşullarında duyuşal özelliklerine ait varyans analiz sonuçları (\*)  $p<0.05$  ve (\*\*)  $p<0.01$  düzeyinde farklılığı gösterir

VK	SD	Görünüş		Renk		Koku		Lezzet		Yapı		Genel beğeni	
		KO	F	KO	F	KO	F	KO	F	KO	F	KO	F
Ambalaj	1	9.28	116.17**	8.25	80.97**	0.96	18.62**	2.36	22.00**	8.76	58.73**	6.48	71.51**
Sıcaklık	1	0.44	5.60*	0.00	0.00	0.12	2.35	5.90	55.05**	2.59	17.37**	2.86	31.60**
Süre	6	6.00	75.16**	5.93	58.20**	5.55	107.25**	6.46	60.25**	4.62	31.00**	6.59	72.70**
AxS	1	0.01	0.06	0.12	1.18	0.17	3.22	0.12	1.14	0.39	2.61	0.11	1.26
AxSü	4	1.18	14.76**	1.45	14.23**	0.41	7.97**	0.70	6.50**	0.32	2.13	0.66	7.31**
SxSü	6	0.03	0.32	0.09	0.90	0.05	1.05	0.45	4.15**	0.31	2.06	0.25	2.71*
Hata	23	0.08		0.10		0.05		0.11		0.15		0.09	

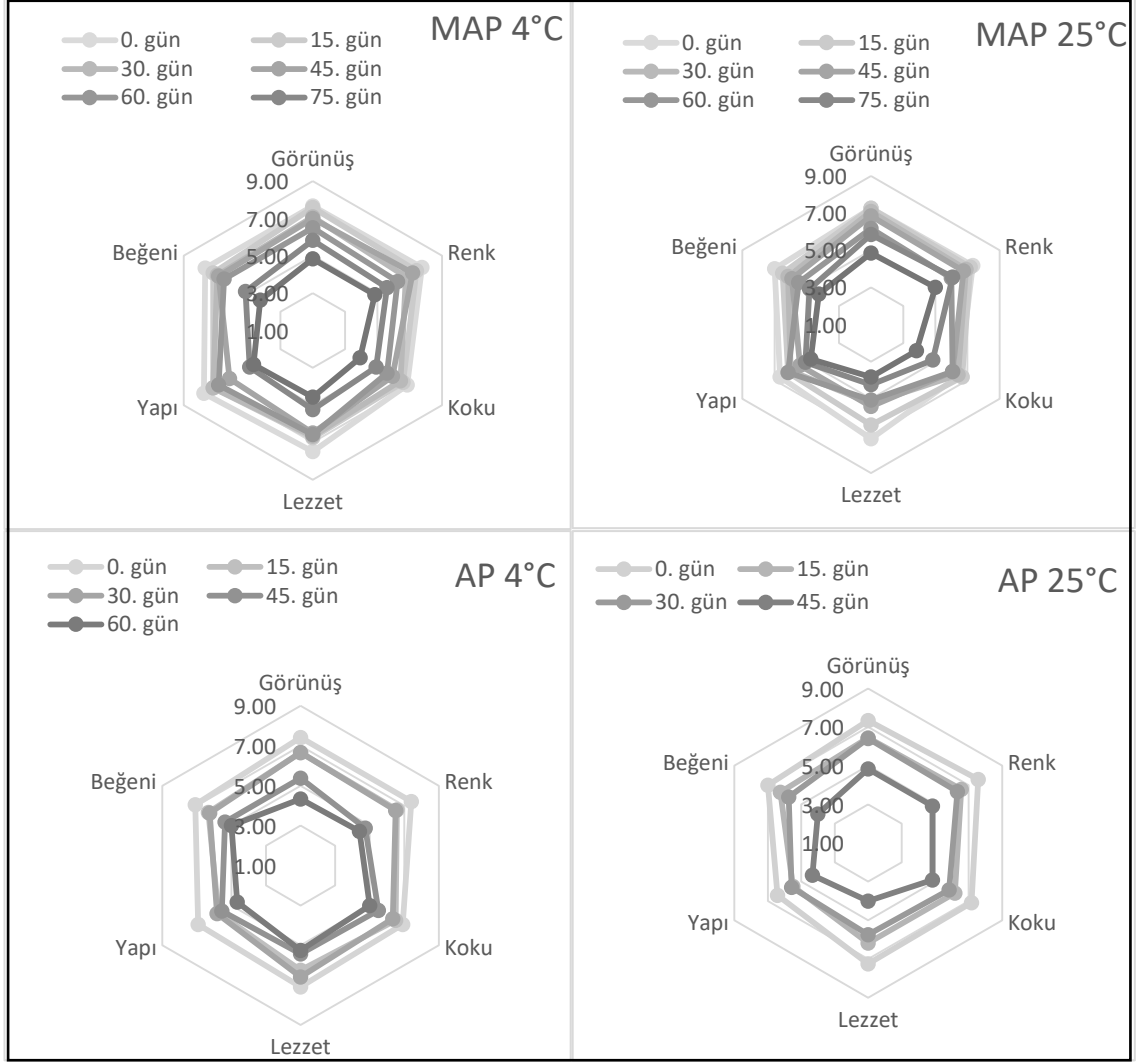
**Çizelge 4.43.** Soğuk kurutulmuş et dilimlerinin farklı depolama koşullarında duyuşal özelliklerinin ortalamalarına ait Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları ( $\pm$  standart hata)

	Görünüş	Renk	Koku	Lezzet	Yapı	G. beğeni
<b>Ambalaj</b>						
MAP (n=28)	6.55 <sup>a</sup> $\pm$ 0.18	6.50 <sup>a</sup> $\pm$ 0.17	5.76 <sup>b</sup> $\pm$ 0.19	5.80 <sup>a</sup> $\pm$ 0.22	6.07 <sup>a</sup> $\pm$ 0.19	6.05 <sup>a</sup> $\pm$ 0.21
AP (n=18)	6.16 <sup>b</sup> $\pm$ 0.25	6.11 <sup>b</sup> $\pm$ 0.27	6.03 <sup>a</sup> $\pm$ 0.19	5.97 <sup>a</sup> $\pm$ 0.24	5.62 <sup>b</sup> $\pm$ 0.19	5.89 <sup>a</sup> $\pm$ 0.23
<b>Sıcaklık (°C)</b>						
4 (n=24)	6.41 <sup>a</sup> $\pm$ 0.22	6.29 <sup>a</sup> $\pm$ 0.23	5.87 <sup>a</sup> $\pm$ 0.18	6.20 <sup>a</sup> $\pm$ 0.18	6.12 <sup>a</sup> $\pm$ 0.22	6.21 <sup>a</sup> $\pm$ 0.21
25 (n=22)	6.39 <sup>a</sup> $\pm$ 0.19	6.42 <sup>a</sup> $\pm$ 0.19	5.86 <sup>a</sup> $\pm$ 0.21	5.51 <sup>b</sup> $\pm$ 0.25	5.64 <sup>b</sup> $\pm$ 0.16	5.74 <sup>b</sup> $\pm$ 0.22
<b>Süre (gün)</b>						
0 (n=8)	7.42 <sup>a</sup> $\pm$ 0.10	7.52 <sup>a</sup> $\pm$ 0.13	6.85 <sup>a</sup> $\pm$ 0.11	7.25 <sup>a</sup> $\pm$ 0.10	6.94 <sup>a</sup> $\pm$ 0.24	7.19 <sup>a</sup> $\pm$ 0.15
15 (n=8)	6.99 <sup>b</sup> $\pm$ 0.19	6.93 <sup>b</sup> $\pm$ 0.15	6.49 <sup>b</sup> $\pm$ 0.09	6.40 <sup>b</sup> $\pm$ 0.10	6.15 <sup>b</sup> $\pm$ 0.25	6.56 <sup>b</sup> $\pm$ 0.15
30 (n=8)	6.81 <sup>b</sup> $\pm$ 0.12	6.63 <sup>b</sup> $\pm$ 0.10	6.25 <sup>b</sup> $\pm$ 0.14	6.06 <sup>b</sup> $\pm$ 0.25	6.15 <sup>b</sup> $\pm$ 0.25	6.27 <sup>b</sup> $\pm$ 0.19
45 (n=8)	6.01 <sup>c</sup> $\pm$ 0.36	5.88 <sup>c</sup> $\pm$ 0.42	5.58 <sup>c</sup> $\pm$ 0.19	5.34 <sup>c</sup> $\pm$ 0.36	5.37 <sup>c</sup> $\pm$ 0.27	5.53 <sup>c</sup> $\pm$ 0.39
60 (n=6)	5.67 <sup>c</sup> $\pm$ 0.44	5.56 <sup>c</sup> $\pm$ 0.38	5.56 <sup>c</sup> $\pm$ 0.20	5.64 <sup>c</sup> $\pm$ 0.30	5.89 <sup>b</sup> $\pm$ 0.43	5.67 <sup>c</sup> $\pm$ 0.29
75 (n=4)	5.84 <sup>c</sup> $\pm$ 0.15	5.84 <sup>c</sup> $\pm$ 0.23	4.88 <sup>d</sup> $\pm$ 0.08	4.75 <sup>d</sup> $\pm$ 0.29	5.00 <sup>cd</sup> $\pm$ 0.12	5.00 <sup>d</sup> $\pm$ 0.13
90 (n=4)	4.83 <sup>d</sup> $\pm$ 0.00	4.92 <sup>d</sup> $\pm$ 0.11	3.87 <sup>c</sup> $\pm$ 0.04	4.21 <sup>c</sup> $\pm$ 0.27	4.71 <sup>d</sup> $\pm$ 0.12	4.25 <sup>c</sup> $\pm$ 0.05

Aynı sütunda farklı harflerle işaretlenmiş ortalamalar istatistiki olarak birbirinden farklıdır ( $p<0.05$ )



Şekil 4.14. Ambalaj x süre interaksiyonunun duyu özellikleri üzerine etkisi



**Şekil 4.15.** Soğuk kurutulmuş et dilimlerinin farklı depolama koşullarında duyu özelliklerinde meydana gelen değişimler

## 5. SONUÇLAR

Mevcut teknikte kuru et ürünleri üretmek için, ete kurutmadan önce çoğunlukla minimal olmayan; tütsüleme, kütleme ve yüksek sıcaklıkta pişirme gibi işlemler uygulanmakta ve daha sonra ise bu ürünler güneşte veya sıcak hava kullanan kurutucularda kurutulmaktadır. Bu yöntemlerle üretilen et ürünlerinin tüketilmeleri halinde bazı sağlık risklerinin oluştuğuna dair araştırmalar gün geçtikçe artmaktadır. Bu araştırma sonuçları, hem bilim insanlarını gıda üretiminde kullanılacak yeni teknolojilerin geliştirilmesi alanında çalışmaya teşvik etmekte hem de tüketicileri gıda güvenliği sağlanmış ve minimal işlem görmüş et ürünlerini tercih etmeleri konusunda bilinçlendirmektedir.

Bu araştırmanın birinci deneme planında; tasarlanan soğuk kurutma sistemi içerisinde pastörize edilmiş et dilimlerinin aynı ünite içerisinde farklı düşük sıcaklık (10, 15 ve 20°C) ve hava akış hızlarında (1, 2, 3 ve 4 m/s) kuruma karakteristikleri ve elde edilen kuru et örneklerinin kalite özellikleri araştırılmıştır. İkinci deneme planında ise; duyuşal olarak en çok beğenilen 10°C ve 3 m/s'de soğuk kurutulmuş örnek grubu yeniden yüksek miktarda üretilerek polietilen ambalajlar içerisinde iki farklı tipte (MAP ve AP) ambalajlanmış ve farklı sıcaklıklarda (4 ve 25°C) depolanarak bazı kalite ve duyuşal özellikleri 15 gün aralıklarla 90 gün boyunca takip edilmiştir. Araştırmanın kurutma ve depolama aşamalarından elde edilen sonuçlar aşağıda maddeler halinde özetlenmiştir.

Kurutma aşaması;

- Araştırma için tasarlanmış olan soğuk kurutucu imal ettirilmiş ve patentlenmiştir (Patent No: TR 2015 10273 B).
- Araştırma kapsamında kullanılmış olan et diliminin tuzlandıktan sonraki bileşimlerinin %73.70 nem, %20.16 ham protein, %2.84 ham yağ, %1.76 kül ve %0.77 tuz olduğu ve mikrobiyal yüklerinin ise; 5.88 log kob/g TAMB, 5.65 log kob/g TPB, 3.96 log kob/g *Micrococcus/Staphylococcus*, 3.22 log kob/g LAB ve 4.85 log kob/g maya-küf olduğu tespit edilmiştir.
- Tuzlanmış et dilimlerinin kızgın buhar ile merkez sıcaklıkları 72°C'ye ulaşmaya kadar pastörize edilmesinden sonra kurutma hedefi olan yaklaşık %40 su içeriğine kadar kurutulmasında 1, 2, 3 ve 4 m/s hava hızları için sırasıyla 10°C'de 480, 450, 450 ve 360 dk, 15°C'de 570, 510, 480 ve 420 dk ve 20°C'de 810, 720, 630 ve 570 dk kurutma süresi gerektiği tespit edilmiştir. Et dilimlerinin kurutma süresinin sıcaklık artışına bağlı olarak arttığı, hava hızı artışına bağlı olarak ise azaldığı belirlenmiştir.
- Et dilimlerinin kuruma sırasındaki nem oranının (*MR*) kurutma süresi artışı ile üstel olarak azaldığı tespit edilmiştir.
- Soğuk kurutulmuş et dilimlerinin kuruma kinetiğinin tanımlanmasında, *Page* modelinin en uygun model olduğu tespit edilmiştir.



- Soğuk kurutulmuş et dilimlerinin orta nemli gıdalar sınıfında yer aldığı ve ortalama nem içeriğinin %40 ve su aktivitesi değerinin ise 0.89 olduğu tespit edilmiştir.
- Soğuk kurutulmuş et dilimlerinin pH değerinin 5.74 ve *TBARS* değerinin ise 48.25  $\mu\text{mol MDA/kg}$  olduğu tespit edilmiştir.
- Düşük kurutma sıcaklığının soğuk kurutulmuş et dilimlerinin rengini olumlu etkilediği ve ortalama  $L^*$ ,  $a^*$  ve  $b^*$  renk değerlerinin sırasıyla 26.00, 11.35 ve 7.20 olduğu tespit edilmiştir.
- Hızlı kurumuş et dilimlerinin daha sert bir yapıya sahip olduğu ve ortalama kesilme kuvveti değerinin 48.49 N ve dayanıklılık değerinin 224.59 Nxs olduğu tespit edilmiştir.
- Düşük sıcaklık ve hava hızında kurutulmuş et dilimlerinin mikrobiyolojik kalitelerinin yüksek olduğu ve ortalama TAMB, TPB, *Micrococcus/Staphylococcus*, LAB ve maya-küf sayılarının sırasıyla 3.18, 1.76, 3.00, 1.88 ve 2.37 log kob/g olduğu tespit edilmiştir.
- Düşük sıcaklık ve yüksek hava hızında kurutulmuş et dilimlerinin duyu kalitelerinin yüksek olduğu ve 9 puanlık hedonik skalaya göre 10°C ve 3 m/s hava hızında soğuk kurutulmuş et örneklerinin en yüksek duyu genel beğeniye 7.26 puanı ile sahip olduğu tespit edilmiştir.

#### Depolama aşaması;

- Depolama sıcaklığı ve süresi arttıkça, MAP tipi ambalajlanmış örneklerde CO<sub>2</sub> miktarının azaldığı, AP tipi ambalajlanmış örneklerde ise O<sub>2</sub> miktarı düşerken, CO<sub>2</sub> miktarının arttığı tespit edilmiştir.
- Depolanmış et dilimlerinin su aktivitesi değerinin ambalaj tipi ve depolama sıcaklığından etkilenmediği ve 90 günlük depolama boyunca ise 0.91 değerinden 0.88 değerine düştüğü tespit edilmiştir.
- Depolanmış et dilimlerinin pH ve *NPN-M* değerlerinin AP tipi ambalajlamada ve 25°C depolama sıcaklığında daha yüksek olduğu ve 90 günlük depolama boyunca ise pH değerinin 5.68 değerinden 5.93 değerine ve *NPN-M* değerinin ise 4.37 değerinden 6.66 g/100g değerine yükseldiği tespit edilmiştir.
- Depolanmış et dilimlerinin *TBARS* değerinin AP tipi ambalajlanmış ve yüksek sıcaklıkta depolanmış örneklerde daha yüksek olduğu ve 90 günlük depolama boyunca ise 25.25 değerinden 60.11  $\mu\text{mol MDA/kg}$  değerine yükseldiği tespit edilmiştir.
- Depolanmış et dilimleri örneklerinin tümünde Enterobacteriaceae sayısının saptanabilir sınırın altında (<1 log kob/g) tespit edilmiştir.
- MAP tipi ambalajlanarak depolanmış et dilimlerinin mikrobiyolojik kalitesinin yüksek olduğu, bu kalitenin uzayan depolama süresine bağlı olarak azalmasına

rağmen 90 günlük depolamanın sonunda hala tüketilebilir kalitede olduğu ve bu örneklerin TAMB, TPB, *Micrococcus/Staphylococcus*, LAB ve maya-küf ortalama sayılarının sırasıyla 4.10, 3.28, 3.46, 2.99 ve 3.14 log kob/g olduğu tespit edilmiştir.

- Duyusal değerlendirme sonucunda, MAP tipi ambalajlama ve düşük depolama sıcaklığının soğuk kurutulmuş et dilimlerinin kalite ve raf ömürlerini arttırdığı, uzayan depolama süresinin ise örneklerin kalite ve raf ömrünü azalttığı tespit edilmiştir.
- Duyusal değerlendirme sonucuna göre 9 puanlık hedonik skalada genel beğeni özelliğinin 5 puanın altına düştüğü zaman olarak ifade edilen raf ömrünün; MAP tipi ambalajlanmış örnekler için 4°C'de 90 gün ve 25°C'de ise 75 gün olduğu ve AP tipi ambalajlanmış örnekler için ise 4°C'de 60 gün ve 25°C'de ise 45 gün olduğu tespit edilmiştir.

Bu araştırma ile; yoğun bir katkılama ve ısı işlem uygulanmadan minimal bir işlem yaklaşımı ile et dilimlerinin soğuk bir ortamda iyi bir fiziksel, kimyasal, mikrobiyolojik ve duyusal kaliteyle kurutulabileceği ve kabul edilebilir bir raf ömrü ile depolanabileceği sonucuna varılmıştır.

## 6. KAYNAKLAR

- Abdallah, M.R.S., Mohmaed, M.A., Mohamed, H.M.H. and Emara, M.M.T. 2017. Improving the sensory, physicochemical and microbiological quality of pastirma (A traditional dry cured meat product) using chitosan coating. *LWT - Food Science and Technology*, 86: 247-253.
- Ahmat, T., Barka, M., Aregba, A.-W. and Bruneau, D. 2015. Convective drying kinetics of fresh beef: An experimental and modeling approach. *Journal of Food Processing and Preservation*, 39: 2581-2595.
- Ahmat, T., Bruneau, D., Kuitche, A. and Aregba, A.W. 2014. Desorption isotherms for fresh beef: An experimental and modeling approach. *Meat Science*, 96 (4): 1417-1424.
- Akköse, A. and Aktaş, N. 2014. Curing and diffusion coefficient study in pastirma, a Turkish traditional meat product. *Meat Science*, 96: 311-314.
- Akköse, A., Kaban, G., Karaoğlu, M.M. and Kaya, M. 2018. Characteristics of pastirma types produced from water buffalo meat. *Kafkas Üniversitesi Veterinerlik Fakültesi Dergisi*, 24 (2): 179-185.
- Aksu, M.I. and Kaya, M. 2001a. The effect of starter culture use in pastirma production on the properties of end product. *Turkish Journal of Veterinary and Animal Science*, 25: 847-854.
- Aksu, M.I. and Kaya, M. 2001b. Erzurum piyasasında tüketime sunulan pastirmaların bazı fiziksel, kimyasal ve mikrobiyolojik özellikleri. *Turkish Journal of Veterinary and Animal Science*, 25: 319-326.
- Aksu, M.I. and Kaya, M. 2005. Effect of storage temperatures and time on shelf-life of sliced and modified atmosphere packaged pastirma, a dried meat product, produced from beef. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 85: 1305-1312.
- Aksu, M.I., Dogan, M. and Sirkecioglu, A.N. 2017. Changes in the total lipid, neutral lipid, phospholipid and fatty acid composition of phospholipid fractions during pastirma processing, a dry-cured meat product. *Korean Journal for Food Science of Animal Resources*, 37(1): 18-28.
- Aksu, M.I., Kaya, M. and Oz, F. 2008. Effect of *Lactobacillus sakei* and *Staphylococcus xylosum* on the inhibition of *Escherichia coli* O157:H7 in pastirma, a dry-cured meat product. *Journal of Food Safety*, 28: 47-58.
- Aksu, M.I., Kaya, M. and Ockerman, H.W. 2005. Effect of modified atmosphere packaging and temperature on the shelf life of sliced pastirma produced from frozen/thawed meat. *Journal of Muscle Foods*, 16: 192-206.
- Aktaş, N., Aksu, M.I. and Kaya, M. 2005. Changes in myofibrillar proteins during processing of pastirma (Turkish dry meat product) produced with commercial starter cultures. *Food Chemistry*, 90: 649-654.
- Alahakoon, A.U., Jayasena, D.D., Ramachandra, S. and Jo, C. 2015. Alternatives to nitrite in processed meat: Up to date. *Trends in Food Science & Technology*, 45: 37-49.

- Aldemir, T. 2011. Tüketime hazır kıyma dönerlerde modifiye atmosfer paketlenme (MAP) uygulamalarının organoleptik, fiziko-kimyasal ve mikrobiyolojik özellikler ile raf ömrü üzerine etkileri. Doktora Tezi, İstanbul Üniversitesi, İstanbul, 112 s.
- Allende, A., Tomás-Barberán, F.A. and Gil, M.I. 2006. Minimal processing for healthy traditional foods. *Trends in Food Science & Technology*, 17 (9): 513-519.
- Andrés, A.I., Adamsen, C.E., Møller, J.K.S., Ruiz, J. and Skibsted, L.H. 2006. High-pressure treatment of dry-cured Iberian ham. Effect on colour and oxidative stability during chill storage packed in modified atmosphere. *European Food Research and Technology*, 222: 486-491.
- Anıl, N. 1988. Türk pastırması; modern yapım tekniğinin geliştirilmesi ve vakumla paketlenerek saklanması. *Selçuk Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*, 4(1): 363-375.
- Anonim, 2012. Türk Gıda Kodeksi Et ve Et Ürünleri Tebliği (2012/74). Gıda, Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı, 5 Aralık 2012 tarih ve 28488 sayılı Resmi Gazete, Ankara.
- Anonymous, 2005. Regulation (EC) no 2073/2005 of 15 November 2005 on microbiological criteria for foodstuffs. Official Journal of the European Union, 338, 1-26.
- AOAC. 2000. Association of Official Analytical Chemists, Official Methods of Analysis, 17<sup>th</sup> edition. AOAC, Washington DC.
- Arabhosseini, A., Huisman, W. and Muller, J. 2010. Modeling of the equilibrium moisture content (EMC) of *Miscanthus (Miscanthus x giganteus)*. *Biomass Bioenergy*, 34 (4): 411-416.
- Argyropoulos, D., Alex, R. and Muller, J. 2011. Equilibrium moisture contents of a medicinal herb (*Melissa officinalis*) and a medicinal mushroom (*Lentinula edodes*) determined by dynamic vapour sorption. *Procedia Food Science*, 1: 165-172.
- Arihara, K. 2006. Strategies for designing novel functional meat products. *Meat Science*, 74: 219-229.
- Aristoy, M.C. and Toldrá, F. 1998. Concentration of free amino acids and dipeptides in porcine skeletal muscles with different oxidative patterns. *Meat Science*, 50: 327-332.
- Arnau, J., Serra, X., Comaposada, J., Gou, P. and Garriga, M. 2007. Technologies to shorten the drying period of dry-cured meat products. *Meat Science*, 77, 81-89.
- Ashoor, S.H. and Welty, J. 1984. Determination of organic acids in foods by HPLC: Lactic acids. *Journal of Chromatography*, 287: 452-456.
- Aykin-Dinçer, E. and Erbaş, M. 2018. Drying kinetics, adsorption isotherms and quality characteristics of vacuum-dried beef slices with different salt contents. *Meat Science*, 145: 114-120.
- Aykin, E., Arslan, S., Durak, A.N. and Erbaş, M. 2015. Gıdalarda bulunan suyun fizikokimyasal durumu ve sorpsiyon izotermi. *Gıda*, 40(2): 109-116.

- Babalıs, S.J. and Belessiotıs, V.G. 2004. Influence of the drying conditions on the drying constants an moisture diffusivity during thin-layer drying of figs. *Journal of Food Engineering*, 65: 449-458.
- Banerjee, R. and Verma, A.K. 2015. Minimally Processed Meat and Fish Products. In: Siddiqui, M.W. and Rahman, M.S. (Eds.), *Minimally Processed Foods*. Springer, Cham. pp. 193-250.
- Bansal, V., Siddiqui, M.W. and Rahman, M.S. 2015. Minimally processed foods: Overview. In: Siddiqui, M.W. and Rahman, M.S. (Eds.), *Minimally Processed Foods*. Springer, Cham. pp. 1-15.
- Barbut, S. 2007. Texture. In: Toldrá, F., Hui, Y.H., Astiasarán, I., Nip, W.K., Sebranek, J.G., Silveira, E.T.F., Stahnke, L.H. and Talon R. (Eds.), *Handbook of Fermented Meat and Poultry*, Iowa: Blackwell Publishing. pp. 217-226.
- Başlar, M., Kiliçli, M. and Yalinkiliç, B. 2015. Dehydration kinetics of salmon and trout fillets using ultrasonic vacuum drying as a novel technique. *Ultrasonics Sonochemistry*, 27: 495-502.
- Başlar, M., Kiliçli, M., Toker, O.S., Sağdıç, O. and Arici, M. 2014. Ultrasonic vacuum drying technique as a novel process for shortening the drying period for beef and chicken meats. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 26: 182-190.
- Bell, L.N. and Labuza, T.P. 2000. *Moisture Sorption: Practical Aspects of Isotherm Measurement and Use*. American Association of Cereal Chemists, Minnesota, 122 p.
- Bennani, L., Zenati, Y., Faid, M. and Ettayebi, M. 1995. Physico-chemical and microbiological characteristics of a dried salted meat product (kaddid) in Morocco. *Z. Lebensmittel. Unter. Forsch.*, 201: 528-532.
- Blickstad, E. and Molin, G. 1984. Growth and end-product formation in fermenter cultures of *Brochotrix thermosphacta* ATCC 11509T and two psychrotrophic *Lactobacillus* spp. in different gaseous atmospheres. *The Journal of Applied Bacteriology*, 57: 213–220.
- Brody, A.L., Bugusu, B., Han, J.H., Koelsch, C. and Mchugh, T.H. 2008. Innovative food packaging solutions. *Journal of Food Science*, 73: 107-116.
- Calicioglu, M., Sofos, J.N., Samelis, J., Kendall, P.A. and Smith, G.C. 2002. Destruction of acid- and non-adapted *Listeria monocytogenes* during drying and storage of beef jerky. *Food Microbiology*, 19: 545-559.
- Calicioglu, M., Sofos, J.N., Samelis, J., Kendall, P.A. and Smith, G.C. 2003. Effect of acid adaptation on inactivation of Salmonella during drying and storage of beef jerky treated with marinades. *International Journal of Food Microbiology*, 89: 51-65.
- Campbell-Platt, G. 1995. Fermented meats – a world perspective. In: Campbell-Platt, G. and Cook P.E. (Eds.), *Fermented Meats*. London: Blackie Academic & Professional. pp. 39-52.
- Capita, R., Álvarez-González, T. and Alonso-Calleja, C. 2018. Effect of several packaging conditions on the microbiological, physicochemical and sensory

- properties of ostrich steaks during refrigerated storage. *Food Microbiology*, 72: 146-156.
- Cardoso, T.d.A.B., Bridi, A.M., Fagan, E.P., Tarsitano, M.A., Bolfe, F.C., Perez, L.M. and Prohmann, P.E.F. 2012. Quality of aged meat from Charolais vs Nellore cattle. *Semina: Ciências Agrárias*, 33 (2): 3123-3132.
- Castell-Palou, Á. and Simal, S. 2011. Heat pump drying kinetics of a pressed type cheese. *LWT - Food Science and Technology*, 44: 489-494.
- Caurie, M. 2005. Water activity of multicomponent mixture of solutes and non-solutes. *International Journal of Food Science & Technology*, 40 (3): 295-303.
- Chabbouh, M., Hajji, W., Ahmed, S.B.H., Farhat, A., Bellagha, S. and Sahli, A. 2011. Combined effects of osmotic dehydration and convective air drying on kaddid meats: Kinetics and quality. *Drying Technology*, 29: 1571-1579.
- Cheftel, J.C. 1995. Review: high pressure, microbial inactivation and food preservation. *Food Science and Technology International*, 1:75–90.
- Choi, J.H., Jeong, J.Y., Han, D.J., Choi, Y.S., Kim, H.Y., Lee, M.A., Lee, E.S., Paik, H.D. and Kim, C.J. 2008. Effects of pork/beef levels and various casings on quality properties of semi-dried jerky. *Meat Science*, 80: 278-286.
- Choi, Y.-S., Ku, S.-K., Park, J.-D., Kim, H.-J., Jang, A. and Kim, Y.-B. 2015. Effects of drying condition and binding agent on the quality characteristics of ground dried-pork meat products. *Korean Journal for Food Science of Animal Resources*, 35 (5): 597-603
- Cilla, I., L. Martínez, J. A. Beltrán, and P. Roncalés. 2006. Dry-cured ham quality and acceptability as affected by the preservation system used for retail sale. *Meat Science*, 73: 581-589.
- Çınar, K. 2014. Farklı kütleme sıcaklıkları ve farklı kütleme ajanları kullanılarak üretilen pastırmaların laktik asit bakteri florası ve diğer bazı özellikleri. Yüksek Lisans Tezi, Atatürk Üniversitesi, Erzurum, 71 s.
- Ciulu, M., Solinas, S., Floris, I., Panzanelli, A., Pilo, M.I., Piu, P.C., Spano, N. and Sanna, G. 2011. RP-HPLC determination of water-soluble vitamins in honey. *Talanta*, 83: 924-929.
- Clemente, G., Bon, J., Benedito, J. and Mulet, A. 2009a. Desorption isotherms and isosteric heat of desorption of previously frozen raw pork meat. *Meat Science*, 82: 413-418.
- Clemente, G., Bon, J., Sanjuán, N. and Mulet, A. 2009b. Determination of shrinkage function for pork meat drying. *Drying Technology*, 27: 143–148.
- Crank, J. 1975. The mathematics of diffusion (2nd ed.). Oxford, UK: Clarendon Press.
- Cutter, C.N., Senevirathne, R.N., Chang, V.P., Cutaia, R.B., Fabrizio, K.A., Geiger, A.M., Valadez A.M. and Yoder S.F. 2012. Major microbiological hazards associated with packaged fresh and processed meat and poultry. In: Kerry, J.P. (Ed.), *Advances in meat, poultry and seafood packaging*. Oxford: Woodhead, pp. 3-14.

- Demeyer, D.I. and Toldrá, F. 2004. Fermentation. In: Jensen, W., Devine, C. and Dikemann, M. (Eds.), *Encyclopedia of Meat Sciences*. London: Elsevier Science Ltd., pp. 467-474.
- Deng, Y., Wang, Y., Yue, J., Liu, Z., Zheng, Y., Qian, B., Zhong, Y. and Zhao, Y. 2014. Thermal behavior, microstructure and protein quality of squid fillets dried by far-infrared assisted heat pump drying. *Food Control*, 36: 102-110.
- Devlieguere, F. and Debevere, J. 2000. Influence of dissolved carbon dioxide on the growth of spoilage bacteria. *Lebensmittel Wissenschaft und Technologie-Food Science and Technology*, 33: 531-537.
- Diler, A., Güner, A., Altun, S. ve Ekici, S. 2008. Farklı sıcaklık ve hava akım hızında kurutmanın sudak balığı (*Stizostedion lucioperca*) filetolarının kalite niteliklerine etkisi. *Veteriner Bilimleri Dergisi*, 24 (1): 77-86.
- Dixon, N.M. and Kell. B. 1989. The inhibition by CO<sub>2</sub> of the growth and metabolism of micro-organisms. *The Journal of Applied Bacteriology*, 67: 109-136.
- Djendoubi, N., Boudhrioua, N., Bonazzi, C., and Kechaou, N. 2009. Drying of sardine muscles: Experimental and mathematical investigations. *Food and Bioprocess Processing*, 87: 115-123.
- Doğan, H. 2001. Düşük Nem Oranlı Hava ile Kurutma, *Teknoloji*, 3-4: 23-29.
- El-Sebaei, A.A. and Shalaby, S.M. 2012. Solar drying of agricultural products: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 16: 37-43.
- Erbaş, M. 2010. The effects of different debittering methods on the production of lupin bean snack from bitter *Lupinus albus* L. seeds. *Journal of Food Quality*, 33: 742-757.
- Esturk, O. and Ayhan, Z. 2009. Effect of modified atmosphere packaging and storage time on physical and sensory properties of sliced salami. *Journal of Food Processing and Preservation*, 33: 114-125.
- Evranoz, Ö. ve Çataltaş, İ. 1989. Gıda İşleme Mühendisliği. İnkilap Kitap Evi, İstanbul, 436 s.
- Faith, N.G., Le Coutour, N.S., Alvarenga, M.B., Calicioglu, M., Buege, D.R. and Luchansky, J.B. 1998. Viability of *Escherichia coli* O157:H7 in ground and formed beef jerky prepared at levels of 5 and 20% fat and dried at 52, 57, 63, or 68°C in a home-style dehydrator. *International Journal of Food Microbiology*, 41: 213-221.
- FAO, 2015. Guidelines on the collection of information on food processing through food consumption surveys. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, 32 p.
- Faustman, C. and Cassens, R.G. 1990. The biochemical basis for discoloration in fresh meat: A review. *Journal of Muscle Foods*, 1: 217-243.
- Feiner, G. 2006. Meat products handbook: Practical science and technology. Elsevier, 220 p.
- Fernández, P.P., Sanz, P.D., Molina-García, A.D., Otero, L., Guignon, B. and Vaudagna, S.R. 2007. Conventional freezing plus high pressure-low temperature treatment:

- Physical properties, microbial quality and storage stability of beef meat. *Meat Science*, 77: 616-625.
- Fu, X., Lin, Q., Xu, S. and Wang, Z. 2015. Effect of drying methods and antioxidants on the flavor and lipid oxidation of silver carp slices. *LWT - Food Science and Technology*, 61: 251-257.
- Gadekar, Y.P., Sharma, B.D., Shinde, A.K., Verma, A.K. and Mendiratta S.K. 2014. Effect of natural antioxidants on the quality of cured, restructured goat meat product during refrigerated storage ( $4\pm 1^\circ\text{C}$ ). *Small Ruminant Research*, 119, 72-80.
- Gao, R., Yuan, L., Yu, M. and Liu, W. 2016. Effects of heat pump drying parameters on the volatile flavor compounds in silver carp. *Journal of Aquatic Food Product Technology*, 25 (5): 735-744.
- García, I., Zumalacarregui, J.M., and Diez, V. 1995. Microbial succession and identification of Micrococcaceae in dried beef cecina, an intermediate moisture meat product. *Food Microbiology*, 12: 309-315.
- García-Esteban, M., Ansorena, D., Gimeno, O. and Astiasarán, I. 2003. Optimization of instrumental colour analysis in dry-cured ham. *Meat Science*, 63, 287-292.
- Geankopolis, C.J. 1993. Transport processes and unit operation. PTR Prentice Hall, New Jersey, 921 p.
- Geng, J.T., Kaido, T., Kasukawa, M., Zhong, C., Sun, L.C., Okazaki, E. and Osako, K. 2015. Mechanism study of high browning degree of mantle muscle meat from Japanese common squid *Todarodes pacificus* during air-drying. *Food Chemistry*, 176: 158-166.
- Gill, C.O. 1983. Meat spoilage and evaluation of the potential storage life of fresh meat. *Journal of Food Protection*, 46:444-542.
- Gill, C.O. and Molin, G. 1991. Modified atmosphere and vacuum packaging. In: Russell N.J. and Gould G.W. (Eds.), Food Preservation. Glasgow, Scotland and New York: Blackie and AVI. pp. 172-199.
- Giri, S. K. and Prasad, S. 2007. Drying kinetics and rehydration characteristics of microwave-vacuum and convective hot-air dried mushrooms. *Journal of Food Engineering*, 78: 512-521.
- Gök, V., Obuz, E. and Akkaya, L. 2008. Effects of packaging method and storage time on the chemical, microbiological, and sensory properties of Turkish pastirma-a dry cured beef product. *Meat Science*, 80: 335-344.
- Gökalp, H.Y., Kaya, M. ve Zorba, Ö. 2002. Et Ürünleri İşleme Mühendisliği. Atatürk Üniv. Ziraat Fakültesi Yayınları: 786, Ders kitabı, Erzurum, 561 s.
- González-Buesa, J., Ferrer-Mairal, A., Oria, R.L. and Salvador, M. 2009. A mathematical model for packaging with microperforated films of fresh-cut fruits and vegetables. *Journal of Food Engineering*, 95 (1): 158–165.
- Grini, J. A., Sørheim, O. and Nissen, H. 1992. The effect of packaging materials and oxygen on the colour stability of sliced bologna. *Packaging Technology and Science*, 5: 313-320.



- Guerrero, L., Gou, P. and Arnau, J. 1999. The influence of meat pH on mechanical and sensory textural properties of dry-cured ham. *Meat Science*, 52: 267-273.
- Guggisberg, D., Risse, M.C. and Hadorn, R. 2012. Determination of Vitamin B12 in meat products by RP-HPLC after enrichment and purification on an immunoaffinity column. *Meat Science*, 90, 279-283.
- Gunhan, T., Demir, V., Hancioglu, E. and Hepbasli, A. 2005. Mathematical modelling of drying of bay leaves. *Energy Conversion and Management*, 46: 1667-1679.
- Halkman, A.K. 2005. Merck Gıda Mikrobiyolojisi Uygulamaları. Başak Matbaacılık Ltd. Şti., Ankara.
- Han, J. 2005. Innovations in Food Packaging. Elsevier, London, pp. 3-12.
- Hassan, A.A., Skjerve, E., Bergh, C. and Nesbakken, T. 2015. Microbial effect of steam vacuum pasteurisation implemented after slaughtering and dressing of sheep and lamb. *Meat Science*, 99: 32-37.
- Hawladar, M.N.A., Chou, S.K. and Chua, K.J. 1997. Development of design charts for tunnel dryers. *International Journal of Energy Research*, 21: 1023-1037.
- Hazar, F.Y. 2014. Pastırma üretiminde biyojen amin oluşumu ve bazı kalitatif özellikler üzerine farklı proses şartlarının etkileri. Yüksek Lisans Tezi, Atatürk Üniversitesi, Erzurum, 86 s.
- Hazar, F.Y., Kaban, G. and Kaya, M. 2017. The effects of different processing conditions on biogenic amine formation and some qualitative properties in pastırma. *Journal of Food Science and Technology-Mysore*, 54 (12): 3892-3898.
- Heldman, D.R., Lund, D.B. and Sabliov, C. 2006. Handbook of food engineering. CRC press, New York, 1040 p.
- Henderson, S. 1974. Progress in developing the thin layer drying equation. *Transaction of the ASAE*, 17: 1167-1174.
- Henderson, S.M. and Pabis, S. 1961. Grain drying theory. II. Temperature effects on drying coefficients. *Journal of Agricultural Engineering Research*, 6: 169-174.
- Hii, C.L., Law, C.L. and Cloke, W. 2009. Modeling using a new thin layer drying model and product quality of cocoa. *Journal of Food Engineering*, 90: 191-198.
- Hochreutener, M., Zweifel, C., Corti, S. and Stephan, R. 2017. Effect of a commercial steam-vacuuming treatment implemented after slaughtering for the decontamination of cattle carcasses. *Italian Journal of Food Safety*, 6: 120-124.
- Huang, T.C. and Nip, W.K. 2001. Intermediate-moisture meat and dehydrated meat. In: Hui, Y.H., Nip, W.K., Rogers, R.W. and Young, O.A. (Eds.), *Meat Science and Applications*. New York: Marcel Dekker Inc., pp. 403-442.
- Hugas, M., Garriga, M. and Monfort, J.M. 2002. New mild technologies in meat processing: high pressure as a model technology. *Meat Science*, 62: 359-371.
- Jafari, M. and Emam-Djomeh, Z. 2007. Reducing nitrite content in hot dogs by hurdle technology. *Food Control*, 18(12): 1488-1493.

- James, C., Göksoy, E.O., Corry, J.E.L. and James, S.J. 2000. Surface pasteurisation of poultry meat using steam at atmospheric pressure. *Journal of Food Engineering*, 45: 111-117.
- James, S. and James, C. 2015. Minimal Processing of Ready Meals. In: *Emerging Technologies for Food Processing (Second Edition)*. New York: Academic Press, pp. 599-612.
- Jangsawang, W. 2017. Meat products drying with a compact solar cabinet dryer. *Energy Procedia*, 138: 1048-1054.
- Jenkins, W.A. and Harrington, J.P. 1991. Packaging foods with plastics. Technomic Publishing Company, Lancaster, 344 p.
- Jeremiah, L.E. 2001. Packaging alternatives to deliver fresh meat using short- or long-term distribution. *Food Research International*, 34: 749-772.
- Jiang, N., Xu, B., Zhao, L., Huang, M. and Zhou, G. 2016. Effects of high-temperature–short time (HTST) drying process on proteolysis, lipid oxidation and sensory attributes of Chinese dry-cured chicken. *CyTA - Journal of Food*, 14 (3): 440-448.
- Jiménez-Colmenero, F., Sanchez-Muniz, F. and Olmedilla-Alonso, B. 2010. Design and development of meat-based functional foods with walnut: Technological, nutritional and health impact. *Food Chemistry*, 123: 959-967.
- Jin, G., He, L., Li, C., Zhao, Y., Chen, C., Zhang, Y., Zhang, J. and Ma, M. 2015. Effect of pulsed pressure-assisted brining on lipid oxidation and volatiles development in pork bacon during salting and drying-ripening. *LWT - Food Science and Technology*, 64: 1099-1106.
- Jin, G., Zhang, J., Yu, X., Zhang, Y., Lei, Y. and Wang, J. 2010. Lipolysis and lipid oxidation in bacon during curing and drying–ripening. *Food Chemistry*, 123: 465-471.
- Kaban, G. 2009. Changes in the composition of volatile compounds and in microbiological and physicochemical parameters during pastırma processing. *Meat Science*, 82: 17-23.
- Kaban, G. and Kaya, M. 2011. Volatile compounds of traditionally produced pastırma. *Fleischwirtschaft*, 91(4): 112-116.
- Kaban, G., Kaya, M. and Lücke, F.K. 2012. Meat starter cultures. In: *Encyclopedia of Biotechnology in Agriculture and Food*, Taylor&Francis, UK, pp. 1-4.
- Kadim, I.T. 2012. Camel meat and meat products. CABI, 258 p.
- Karathanos, V.T. 1999. Determination of water content of dried fruits by drying kinetics. *Journal of Food Engineering*, 39: 337-344.
- Karthikeyan, J., Kumar, S., Anjaneyulu, A.S.R. and Rao, K.H. 2000. Application of hurdle technology for the development of Caprine *keema* and its stability at ambient temperature. *Meat Science*, 54 (1): 9-15.
- Keey, R.B. 1972. *Drying Principles and Practice*. Pergamon Press, Hungary, 358 p.

- Kilic, A. 2009. Low temperature and high velocity (LTHV) application in drying: Characteristics and effects on the fish quality. *Journal of Food Engineering*, 91: 173-182.
- Kilic, A. 2017a. LTHV (Low Temperature and High Velocity) drying characteristics and mathematical modeling of anchovy (*Engraulis encrasicolus*). *The Journal of Food*, 42 (6): 654-665.
- Kilic, A. 2017b. Mathematical modeling of low temperature high velocity (LTHV) drying in foods. *Journal of Food Process Engineering*, 40 (2): e12378.
- Kim, H.J., Chun, H.H., Song, H.J. and Song, K.B. 2010. Effects of electron beam irradiation on the microbial growth and quality of beef jerky during storage. *Radiation Physics and Chemistry*, 79: 1165-1168.
- Kim, I.-S., Jin, S.-K., Yang, M.-R., Ahn, D.U., Park, J.-H. and Kang, S.-N. 2014. Effect of packaging method and storage time on physicochemical characteristics of dry-cured pork neck products at 10°C. *Asian Australasian Journal of Animal Sciences*, 27 (11): 1623-1629.
- King, V.A.-E. and Chen, J.-F. 1998. Oxidation of controlled low-temperature vacuum dehydrated and freeze-dried beef and pork. *Meat Science*, 48 (1-2), 11-19.
- Konieczny, P., Stangierski, J. and Kijowski, J. 2007. Physical and chemical characteristics and acceptability of home style beef jerky. *Meat Science*, 76: 253-257.
- Kozempel, M., Goldberg, N., Radewonuk, E.R. and Scullen, O.J. 2000a. Commercial testing and optimization studies of the surface pasteurization process of chicken. *Journal of Food Process Engineering*, 23: 387-402.
- Kozempel, M., Goldberg, N., Radewonuk, E.R. and Scullen, O.J. 2000b. Rapid hot dog surface pasteurization using cycles of vacuum and steam to destroy *Listeria innocua*. *Journal of Food Protection*, 63: 17-21.
- Kozempel, M., Radewonuk, E.R., Scullen, O.J. and Goldberg, N. 2002. Application of the vacuum/steam/vacuum surface intervention process to reduce bacteria on the surface of fruits and vegetables. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 3: 63-72.
- Krokida, M.K., Karathanos, V.T., Maroulis, Z.B. and Marinos-Kouris, D. 2003. Drying kinetics of some vegetables. *Journal of Food Engineering*, 59: 391-403.
- Kucerova, I., Hubackova, A., Rohlik, B.A. and Banout, J. 2015. Mathematical modeling of thin-layer solar drying of eland (*Taurotragus oryx*) jerky. *International Journal of Food Engineering*, 11 (2): 229-242.
- Lange, J. and Wyser, Y. 2003. Recent innovations in barrier technologies for plastic packaging. *Packaging Technology and Science*, 16: 149-158.
- Laopoolkit, P. and Suwannaporn, P. 2011. Effect of pretreatments and vacuum drying on instant dried pork process optimization. *Meat Science*, 88: 553-558.
- Lee, J.H. and Kim, H.J. 2009. Vacuum drying kinetics of Asian white radish (*Raphanus sativus* L.) slices. *LWT-Food Science and Technology*, 42: 180-186.

- Lee, K.T. 2010. Quality and safety aspects of meat products as affected by various physical manipulations of packaging materials. *Meat Science*, 86: 138-150.
- Lemon, D.W. 1975. An Improved TBA Test for Rancidity New Series Circular. No:51. HalifaxLaboratory, Halifax, Nova Scotia.
- Lewicki, P.P. 2004. Water as the determinant of food engineering properties. A review. *Journal of Food Engineering*, 61 (4): 483-495.
- Lewicki, P.P. 2006. Design of hot air drying for better foods. *Trends in Food Science and Technology*, 17: 153-163.
- Lewis, W.K. 1921. The rate of drying of solid materials. *Industrial & Engineering Chemistry*, 13(5): 427-432.
- Li, M., Wang, H., Zhao, G., Qiao, M., Li, M., Sun, L., Gao, X. and Zhang, J. 2014. Determining the drying degree and quality of chicken jerky by LF-NMR. *Journal of Food Engineering*, 139: 43-49.
- Lim, D.-G., Lee, S.-S., Seo, K.-S. and Nam, K.C. 2012. Effects of different drying methods on quality traits of hanwoo beef jerky from low-valued cuts during storage. *Korean Journal for Food Science of Animal Resources*, 32 (5): 531-539.
- Lorenzo, J.M. 2014. Changes on physico-chemical, textural, lipolysis and volatile compounds during the manufacture of dry-cured foal “cecina”. *Meat Science*, 96: 256–263.
- Lorenzo, J.M., Fonseca, S., Gómez, M. and Domínguez, R. 2015. Influence of the salting time on physico-chemical parameters, lipolysis and proteolysis of dry-cured foal “cecina”. *LWT - Food Science and Technology*, 60: 332-338.
- Martínez, L., Djenane, D., Cilla, I., Beltrán, J.A. and Roncalés, P. 2005. Effect of different concentrations of carbon dioxide and low concentration of carbon monoxide on the shelf-life of fresh pork sausages packaged in modified atmosphere. *Meat Science*, 71: 563-570.
- Martins, M.G., Martins, D.E.G. and Pena, R.D.S. 2015. Drying kinetics and hygroscopic behavior of pirarucu (*Arapaima gigas*) fillet with different salt contents. *LWT - Food Science and Technology*, 62: 144-151.
- Martuscelli, M., Lupieri, L., Chaves-Lopez, C., Mastrocola, D. and Pittia, P. 2015. Technological approach to reduce NaCl content of traditional smoked dry-cured hams: effect on quality properties and stability. *Journal of Food Science and Technology*, 52 (12): 7771-7782.
- Mcmillin, K.W. 2008. Where is MAP Going? A review and future potential of modified atmosphere packaging for meat. *Meat Science*, 80: 43-65.
- McNeill, S. and Van Elswyk M.E. 2012. Red meat in global nutrition. *Meat Science*, 92: 166-173.
- Midilli, A., Kucuk, H. and Yapar, Z. 2002. A new model for single-layer drying. *Drying Technology*, 20: 1503-1513.
- Motilva, M.J., Toldrá, F., Nieto, P. and Flores, J. 1993. Muscle lipolysis phenomena in the processing of dry-cured ham. *Food Chemistry*, 48: 121-125.

- Mujaffar, S. and Sankat, C.K. 2015. Modeling the drying behavior of unsalted and salted catfish (*Arius* sp.) slabs. *Journal of Food Processing and Preservation*, 39: 1385-1398.
- Mukherjee, R.S., Chowdhury, B.R., Chakraborty, R. and Chaudhuri, U.R. 2006. Effect of fermentation and drying temperature on the characteristics of goat meat (Black Bengal variety) dry sausage. *African Journal of Biotechnology* 5(16): 1499-1504.
- Namsanguan, Y., Tia, W., Devahastin, S. and Soponronnarit, S. 2004. Drying kinetics and quality of shrimp undergoing different two-stage drying process. *Drying Technology*, 22: 759-778.
- Nathakaranakule, A., Kraiwanichkul, W. and Soponronnarit, S. 2007. Comparative study of different combined superheated-steam drying techniques for chicken meat. *Journal of Food Engineering*, 80 (4): 1023-1030.
- Ndaw, S., Bergaentzle, M., Aoude-Werner, D. and Hasselmann, C. 2000. Extraction Procedures For The Liquid Chromatographic Determination Of Thiamin, Riboflavin And Vitamin B<sub>6</sub> in Foodstuffs. *Food Chemistry*, 71: 129-138.
- Norman, G.A. and Corte, O.O. 1985. Dried salted meats: Charque and carne-de-sol. FAO Animal Production and Health Paper 51, Rome.
- Nowak, A. and Czyzowska, A. 2011. In vitro synthesis of biogenic amines by *Brochothrix thermosphacta* isolates from meat and meat products and the influence of other microorganisms. *Meat Science*, 88: 571–574.
- Ogunsola, O.O. and Omojola, A.B. 2008. Qualitati-ve evaluation of kilishi prepared from beef and pork. *African Journal of Biotechnology*, 7: 1753-1758.
- Ojha, K.S., Kerry, J.P. and Tiwari, B.K. 2017. Investigating the influence of ultrasound pre-treatment on drying kinetics and moisture migration measurement in *Lactobacillus sakei* cultured and uncultured beef jerky. *LWT - Food Science and Technology*, 81: 42-49.
- Olmedilla-Alonso, B., Jiménez-Colmenero, F. and Sánchez-Muniz, F.J. 2013. Development and assessment of healthy properties of meat and meat products designed as functional foods. *Meat Science*, 95: 919-930.
- Olmo, A.D., Calzada, J. and Nuñez, M. 2014. Effect of high pressure processing and modified atmosphere packaging on the safety and quality of sliced ready-to-eat “lacón”, a cured–cooked pork meat product. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 23: 25-32.
- Ortiz, J., Lemus-Mondaca, R., Vega-Gálvez, A., Ah-Hen, K., Puente-Diaz, L., Zura-Bravo, L. and Aubourg, S. 2013. Influence of air-drying temperature on drying kinetics, colour, firmness and biochemical characteristics of Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) fillets. *Food Chemistry*, 139: 162–169.
- Öz, E., Kaban, G., Bariş, Ö. and Kaya, M. 2017. Isolation and identification of lactic acid bacteria from pastırma. *Food Control*, 77: 158-162.
- Özyürek, H., İncedayı, B. ve Tamer, C.E. 2013. Minimal işlenmiş gıdalar. *Gıda ve Yem Bilimi Teknolojisi Dergisi*, (13): 60-67.

- Ozturk, İ. 2015. Presence, changes and technological properties of yeast species during processing of pastirma, a Turkish dry-cured meat product. *Food Control*, 50: 76-84.
- Page, G. 1949. Factors influencing the maximum rates of air-drying shelled corn in thin layer. M. S. Thesis, Purdue University, West Lafayette, IN, USA.
- Parolari, G., Virgili, R. and Schivazzappa, C. 1994. Relationship between cathepsin B activity and compositional parameters in dry-cured hams of normal and defective texture. *Meat Science*, 38: 117–122.
- Parra, V., Viguera, J., Sánchez, J., Peinado, J., Espárrago, F., Gutierrez, J.I. and Andrés, A.I. 2012. Effect of exposure to light on physico-chemical quality attributes of sliced dry-cured Iberian ham under different packaging systems. *Meat Science*, 90: 236-243.
- Parra, V., Viguera, J., Sánchez, J., Peinado, J., Espárrago, F., Gutierrez, J.I. and Andrés, A.I. 2010. Modified atmosphere packaging and vacuum packaging for long period chilled storage of dry-cured Iberian ham. *Meat Science*, 84: 760-768.
- Pearce, K.L., Rosenvold, K., Andersen, H.J. and Hopkins, D.L. 2011. Water distribution and mobility in meat during the conversion of muscle to meat and ageing and the impacts on fresh meat quality attributes—A review. *Meat Science*, 89: 111-124.
- Pedrao, M.R., Lassance, F., de Souza, N.E., Matsushita, M., Telles, P. and Shimokomaki, M. 2009. Comparison of Proximate Chemical Composition and Texture of *cupim*, *Rhomboideus m.* and *lombo*, *Longissimus dorsi m.* of Nelore (*Bos indicus*) *Brazilian Archives of Biology and Technology*, 52 (3): 715-720.
- Pegg, R.B. and Shahidi, F. 2006. Processing of nitrite-free cured meats. In: Nollet, L.M.L. and Toldrá, F. (Eds.), *Advanced Technologies For Meat Processing*. Florida: CRC Press, pp. 309-329.
- Perea-Flores, M.J., Garibay-Febles, V., Chanona-Perez, J.J., Calderon-Dominguez, G., Mendez-Mendez, J.V., Palacios-Gonzalez, E. and Gutierrez-Lopez, G.F. 2012. Mathematical modelling of castor oil seeds (*Ricinus communis*) drying kinetics in fluidized bed at high temperatures. *Industrial Crops and Products*, 38: 64-71.
- Pérez-Alvarez, J.A., Sayas-Barberá, M.E. and Fernández-López, J. 1999. Chemical and color characteristics of Spanish dry-cured ham at the end of the aging process. *Journal of Muscle Foods*, 10 (2): 195-201.
- Petit, T., Caro, Y., Petit, A.S., Santchurn, S.J. and Collignan, A. 2014. Physicochemical and microbiological characteristics of biltong, a traditional salted dried meat of South Africa. *Meat Science*, 96: 1313-1317.
- Piras, F., Fois, F., Casti, D., Mazza, R., Consolati, S.G. and Mazzette, R. 2016. Shelf life of sliced dry-cured ham packaged under vacuum. *Journal of Food Processing and Preservation*, 40: 1223-1228.
- Pirasteh, G., Saidur, R., Rahman, S.M.A. and Rahim, N.A. 2014. A review on development of solar drying applications. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 31: 133-148.
- Plavsic, D., Okanovic, D., Gubic, J. and Njezic, Z. 2015. Microbiological and chemical evaluation of dried smoked meat product. *Procedia Food Science*, 5: 239-242.

- Polat, T. 2012. Çam fıstığı kozalağı kurutma sistemi tasarımı ve imalatı. Doktora Tezi, Gazi Üniversitesi, Ankara, 129 s.
- Polatoğlu, B., Beşe, A.V., Kaya, M. and Aktaş, N. 2011. Moisture adsorption isotherms and thermodynamics properties of sucuk (Turkish dry-fermented sausage). *Food and Bioproducts Processing*, 89 (4): 449-456.
- Ponwiboon, N. and Rojanakorn, T. 2017. Desorption isotherms and drying characteristics of Nile tilapia fish sheet. *International Food Research Journal*, 24(3): 1292-1300.
- Purnell, G., Allen, V., James, S. and Ketteringham, L. 2005. The effects of surface steam treatment on bacterial reduction and storage of beef primals and retail cuts. *Journal of Food Engineering*, 68, 419-427.
- Rahman, M.S., Salman, Z., Kadim, I.T., Mothershaw, A., Al-Riziqi, M.H., Guizani, N., Mahgoub, O. and Ali, A. 2005. Microbial and physico-chemical characteristics of dried meat processed by different methods. *International Journal of Food Engineering*, 1: 1-14.
- Rayaguru, K. and Routray, W. 2012. Mathematical modeling of thin layer drying kinetics of stone apple slices. *International Food Research Journal*, 19: 1503-1510.
- Rodgers, S. 2016. Minimally processed functional foods: Technological and operational pathways. *Journal of Food Science*, 81(10): 2309-2319.
- Rodríguez-Calleja, J.M., Cruz-Romero, M.C., O’Sullivan, M.G., García-López, M.L., Kerry, J.P. 2012. High-pressure-based hurdle strategy to extend the shelf-life of fresh chicken breast fillets. *Food Control*, 25(2): 516-524.
- Rostami, H., Dehnad, D., Jafari, S.M. and Tavakoli, H.R. 2018. Evaluation of physical, rheological, microbial, and organoleptic properties of meat powder produced by Refractance Window drying. *Drying Technology*, 36(9): 1076-1085.
- Rubio, B., Martínez, B., García-Cachán, M.D., Rovira, J. and Jaime, I. 2007. Effect of high pressure preservation on the quality of dry cured beef “Cecina de Leon”. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 8: 102-110.
- Rubio, B., Martínez, B., González-Fernández, C., García-Cachán, M. D., Rovira, J. and Jaime, I. 2006. Influence of storage period and packaging method on sliced dry cured beef “Cecina de León”: Effects on microbiological, physicochemical and sensory quality. *Meat Science*, 74: 710-717.
- Sa-Adchom, P., Swasdisevi, T., Nathakaranakule, A. and Soponronnarit, S. 2011. Mathematical model of pork slice drying using superheated steam. *Journal of Food Engineering*, 104: 499-507.
- Sara, S., Martina, C. and Giovanna, F. 2014. High pressure carbon dioxide combined with high power ultrasound processing of dry cured ham spiked with *Listeria monocytogenes*. *Food Research International*, 66: 264-273.
- Ščetar, M., Kovačić, E., Kurek, M. and Galić, K. 2013. Shelf life of packaged sliced dry fermented sausage under different temperature. *Meat Science*, 93: 802-809.
- Ščetar, M., Kurek, M. and Galić, K. 2010. Trends in meat and meat products packaging – A review. *Croatian Journal of Food Science and Technology*, 2 (1): 32-48.

- Scheinberg, J.A., Svoboda, A.L. and Cutter, C.N. 2014. High-pressure processing and boiling water treatments for reducing *Listeria monocytogenes*, *Escherichia coli* O157:H7, *Salmonella* spp., and *Staphylococcus aureus* during beef jerky processing. *Food Control*, 39: 105-110.
- Sebastian, P., Bruneau, D., Collignan, A. and Rivier, M. 2005. Drying and smoking of meat: heat and mass transfer modeling and experimental analysis. *Journal of Food Engineering*, 70: 227-243.
- Sebranek, J.G. and Bacus, J.N. 2007. Cured meat products without direct addition of nitrate or nitrite: what are the issues? *Meat Science*, 77: 136-147.
- Selby, T.L., Berzins, A., Gerrard, D.E., Corvalan, C.M., Grant, A.L. and Linton, R.H. 2006. Microbial heat resistance of *Listeria monocytogenes* and the impact on ready-to-eat meat quality after post-package pasteurization. *Meat Science*, 74: 425-434.
- Serra, X., Ruiz-Ramírez, J., Arnau, J. and Gou, P. 2005. Texture parameters of dry-cured ham m. biceps femoris samples dried at different levels as a function of water activity and water content. *Meat Science*, 69(2): 249-254.
- Sha, K., Lang, Y.-M., Sun, B.-Z., Su, H.-W., Li, H.-P., Zhang, L., Lei, Y.-H., Li, H.-B. and Zhang, Y. 2017. Changes in lipid oxidation, fatty acid profile and volatile compounds of traditional Kazakh dry-cured beef during processing and storage. *Journal of Food Processing and Preservation*, 41: e13059.
- Shaaraf-Eldeen, Y.I., Blaisdell, J.L. and Hamdy, M.Y. 1980. A model for ear corn drying. *Transaction of the ASAE*, 23:1261-1271.
- Sharma, G.P. and Prasad, S. 2004. Effective moisture of garlic cloves undergoing. *Journal of Food Engineering*, 65: 609-617.
- Simal, S., Femenia, A., Garcia-Pascual, P. and Rosselló, C. 2003. Simulation of the drying curves of a meat-based product: effect of the external resistance to mass transfer. *Journal of Food Engineering*, 58, 193-199.
- Sindelar, J.J. and Milkowski, A.L. 2011. Sodium nitrite in processed meat and poultry meats: A review of curing and examining the risk/benefit of its use. AMSA white paper series. Illinois, USA: American Meat Science Association.
- Sindelar, J.J., Terns, M.J., Meyn, E. and Boles, J.A. 2010. Development of a method to manufacture uncured, no-nitrate/nitrite-added whole muscle jerky. *Meat Science*, 86: 298-303.
- Skåra, T., Valdramidis, V.P., Rosnes, J.T., Noriega, E. and Van Impe, J.F.M. 2014. A novel model to assess the efficacy of steam surface pasteurization of cooked surimi gels inoculated with realistic levels of *Listeria innocua*. *Food Microbiology*, 44: 64-70.
- Skibsted, L.H., Mikkelsen, A. and Bertelsen G. 1998. Lipid-derived off-flavours in meat. In: Shahidi, F. (Ed.), Flavor of Meat, Meat Products and Seafoods. London: Blackie Academic & Professional, pp. 216–256.
- Sobukola, O.P. and Olatunde, S.O. 2011. Effect of salting techniques on salt uptake and drying kinetics of African catfish (*Clarias gariepinus*). *Food and Bioprocess Processing*, 89: 170-177.



- Soyer, A., Uğuz, Ş. and Dalmış, Ü. 2011. Proteolytic changes during processing in Turkish dry-cured meat product (pastırma) with different salt levels. *Journal of Food Quality*, 34: 212-219.
- Speckhahn, A., Srzednicki, G. and Desai, D.K. 2010. Drying of beef in superheated steam, *Drying Technology*, 28(9): 1072-1082,
- Stahnke, L. 2002. Flavour formation in fermented sausage. In: Toldrá, F. (Ed.), *Research Advances in the Quality of Meat and Meat Products*. India: Research Signpost, pp. 193-223.
- Stollewerk, K., Jofré, A., Comaposada, J., Arnau, J. And Garriga, M. 2012. The effect of NaCl-free processing and high pressure on the fate of *Listeria monocytogenes* and *Salmonella* on sliced smoked dry-cured ham. *Meat Science*, 90: 472-477.
- Strumillo, C. and Kudra, T. 1986. *Drying: principles, applications and design*. CRC Press, New York, 448 p.
- Subarkah, R., Abdurrachim, H., Hendrarsakti, J. and Belyamin, B. 2013. Drying Characteristic of Anchovy Fish. *Journal of Food Science and Engineering*, 3: 87-93.
- Sucu, C. and Turp, G.Y. 2018. The investigation of the use of beetroot powder in Turkish fermented beef sausage (sucuk) as nitrite alternative. *Meat science*, 140: 158-166.
- Tarp, C. 2004. Removal of faecal contamination using knife or steam vacuum. Reduction of *E. coli* and total plate count due to use of knife trimming versus steam vacuuming. Report No. 04505. Roskilde, Denmark: Slagteriernes Forskningsinstitut. 14 p.
- Teixeira, A., Pereira, E. and Rodrigues, E.S. 2011. Goat meat quality. Effects of salting, air-drying and ageing processes. *Small Ruminant Research*, 98: 55-58.
- Tekinşen, O.C. ve Doğruer, Y. 2000. Her Yönüyle Pastırma. Selçuk Üniversitesi Basımevi, Konya, 124 s.
- Temelli, S. 2011. Geleneksel Yöntemlerle Üretilen Kurutulmuş Et Ürünleri. *Uludağ Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*, 30 (2): 61-66.
- Togrul, I.T. and Pehlivan, D. 2002. Mathematical modelling of solar drying of apricots in thin layers, *Journal of Food Engineering*, 55: 209-216.
- Toldra, F. 1998. Proteolysis and lipolysis in flavour development of dry-cured meat products. *Meat Science*, 49(1): 101-110.
- Toldrá, F. 2004. Dry-cured ham. In: Hui, Y.H., Goddik, L.M., Josephsen, J., Stanfield, P.S., Hansen, A.S., Nip, W.K. and Toldrá, F. (Eds.), *Handbook of Food and Beverage Fermentation Technology*. New York: Marcel Dekker, pp. 369-384.
- Toldrá, F. 2006a. The role of muscle enzymes in dry-cured meat products with different drying conditions. *Trends in Food Science and Technology*, 17: 164-168.
- Toldrá, F. 2006b. Biochemistry of processing meat and poultry. In: Hui, Y.H., Nip, W.K., Nollet, L.M.L., Paliyath, G. and Simpson, B.K. (Eds.), *Food Biochemistry & Food Processing*. Iowa: Blackwell Publishing, pp. 315-335.

- Toldrá, F. 2011. Improving the sensory quality of cured and fermented meat products. In: Kerry, J.P. and Kerry, J.F. (Eds.), *Processed Meats Improving Safety, Nutrition And Quality*, Oxford: Woodhead, pp. 508-520.
- Traffano-Schiffo, M.V., Castro-Giraldez, M., Fito, P.J. and Balaguer, N. 2014. Thermodynamic model of meat drying by infrared thermography. *Journal of Food Engineering*, 128: 103-110.
- Trivedi, S., Reynolds, A.E. and Chen, J. 2007. Use of a commercial household steam cleaning system to decontaminate beef and hog carcasses processed by four small or very small meat processing plants in Georgia. *Journal of Food Protection*, 70 (3): 635-640.
- Trujillo, F.J., Wiangkaew, C. and Pham, Q.T. 2007. Drying modeling and water diffusivity in beef meat. *Journal of Food Engineering*, 78: 74-85.
- USDA, 2005. Food standards and labeling policy book. United States Department of Agriculture, [http://www.fsis.usda.gov/OPPDE/larc/Policies/Labeling\\_Policy\\_Book\\_082005.pdf](http://www.fsis.usda.gov/OPPDE/larc/Policies/Labeling_Policy_Book_082005.pdf) [Son erişim tarihi: 29 Ocak 2015].
- Van den Berg, C. and Bruin, S. 1981. Water activity and its estimation in food systems. Theoretical aspects. Water activity: Influences on food quality, Editors: Rockland, L.B., Stewart, G.F. New York: Academic Press.
- Van Loey, A., Smout, C. and Indrawati Hendrick, M.E. 2005. Kinetic data for biochemical and microbiological processes during thermal processing. In: Rao, M.A., Rizvi, S.S.H., Datta, A.K. and Ahmed, J. (Eds.), *Engineering Properties of Foods*. London: CRC Taylor & Francis.
- Vega, A., Fito, P., Andrés, A. and Lemus, R. 2007. Mathematical modeling of hot-air drying kinetics of red bell pepper (var. Lamuyo). *Journal of Food Engineering*, 79: 1460-1466.
- Vega Gálvez, A., Lemus Mondaca, R., Bilbao Sainz, C., Yagnam, F. and Rojas, A. 2008. Mass transfer kinetics during convective drying of red pepper var. Hungarian (*Capsicum annuum* L.): Mathematical modeling and evaluation of kinetic parameters. *Journal of Food Process Engineering*, 31(1): 120-137.
- Venturini, A.C., Faria, J.A.F., Olinda, R.A'. and Contreras-Castillo, C.J. 2014. Shelf life of fresh beef stored in master packages with carbon monoxide and high levels of carbon dioxide. *Packaging Technology and Science*, 27: 29–35.
- Verma, L., Bucklin, R., Endan, J. and Wratten, F. 1985. Effects of drying air parameters on rice drying models. *Transaction of the ASAE*, 28: 296-301.
- Vieira, C., Diaz, M.T., Martinez, B. and Garcia-Cachan, M.D. 2009. Effect of frozen storage conditions (temperature and length of storage) on microbiological and sensory quality of rustic crossbred beef at different states of ageing. *Meat Science*, 83, 398-404.
- Virgili, R., Saccani, G., Gabba, L., Tanzi, E. and Soresi Bordini, C. 2007. Changes of free amino acids and biogenic amines during extended ageing of Italian dry-cured ham. *LWT- Food Science and Technology*, 40: 871-878.

- Vittadini, E., Dickinson, L.C., Lavoie, J.P., Pham, X. and Chinachoti, P. 2003. Water mobility in Multicomponent Model Media As Studied by  $^2\text{H}$  and  $^{17}\text{O}$  NMR. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 51: 1647-1652.
- Wang, C.Y. and Singh, R.P. 1978. Use of variable equilibrium moisture content in modelling grice drying. *Transaction of the ASAE*, 11: 668-672.
- Wang, F.-S. 2001. Lipolytic and proteolytic properties of dry-cured boneless hams ripened in modified atmospheres. *Meat Science*, 59, 15-22.
- Wani, A.A., Singh, P. and Langowski, H.C. 2014. Food technologies: Packaging. In: Motarjemi, Y. (Ed), *Encyclopedia of Food Safety*. Waltham: Academic Press, pp. 211–218.
- Wani, A.A., Singh, P., Pant, A. and Langowski, H.C. 2015. Packaging Methods for Minimally Processed Foods In: Siddiqui M.W. and Rahman M.S. (Eds.), *Minimally Processed Foods*. Switzerland: Springer International Publishing, pp. 35-55.
- White, G.M., Ross, I.J. and Poneleit, C.G. 1981. Fully exposed drying of popcorn, *Transaction of the ASAE*, 24: 466-468.
- WHO, 2015. Links between processed meat and colorectal cancer. World Health Organization International Agency for Research on Cancer (IARC). <http://www.who.int/mediacentre/news/statements/2015/processed-meat-cancer/en/>. [Son erişim tarihi: 30.10.2015].
- Xu, L., Zhu, M.-J., Liu, X.-M. and Cheng, J.-R. 2018. Inhibitory effect of mulberry (*Morus alba*) polyphenol on the lipid and protein oxidation of dried minced pork slices during heat processing and storage. *LWT - Food Science and Technology*, 91: 222-228.
- Yalçın, M.Y. and Şeker, M. 2016. Effect of salt and moisture content reduction on physical and microbiological properties of salted, pressed and freeze dried turkey meat. *LWT - Food Science and Technology*, 68: 153-159.
- Yaldiz, O., Ertekin, C. and Uzun, H.I., 2001, Mathematical modeling of thin-layer solar drying of sultana grapes, *Energy*, 26: 457-564.
- Yang, H.S., Hwang, Y.H., Joo, S.T. and Park, G.B. 2009. The physicochemical and microbiological characteristics of pork jerky in comparison to beef jerky. *Meat Science*, 82: 289-294.
- Ying, W., Ya-Ting, J., Jin-Xuan, C., Yin-Ji, C., Yang-Ying, S., Xiao-Qun, Z., Dao-Dong, P., Chang-Rong, O. and Ning, G. 2016. Study on lipolysis-oxidation and volatile flavour compounds of drycured goose with different curing salt content during production. *Food Chemistry*, 190: 33-40.
- Youssef, E.Y., Garcia, C.E.R., Yamashita, F. and Shimokomaki, M. 2007. Chemical basis for beef charqui meat texture. *Brazilian Archives of Biology and Technology*, 50: 719-724.
- Zhang, Z., Liu, Q., Wang, P., Liu, F. and Gao, X. 2017. The rheological properties and structural changes of abalone meat with different drying methods. *Journal of Aquatic Food Product Technology*, 26(2): 205-214.

- Żochowska-Kujawska, J. 2016. Effects of fibre type and structure of longissimus lumborum (Ll), biceps femoris (Bf) and semimembranosus (Sm) deer muscles salting with different NaCl addition on proteolysis index and texture of dry-cured meats. *Meat Science*, 121: 390-396.
- Zouaghi, F. and Cantalejo, M.J. 2016. Study of modified atmosphere packaging on the quality of ozonated freeze-dried chicken meat. *Meat Science*, 119: 123-131.

**7. EKLER****EK-1. Kurutulmuş et dilimlerinin duyusal değerlendirme formu****TARİH:**

Tadıma başlamadan önce ve tadım esnasında örnekler arasında bir önceki örnekten ağzınızda kalan tadı su ve ekmek ile giderin.

Lütfen tüm örneklerin kodlarını çizelgeye yazınız.

Örnek kodu	Görünüş	Renk	Koku	Lezzet	Yapı (Tekstür)	Genel beğeni

9. Mükemmel
8. Çok iyi
7. İyi
6. Ortanın üstü
5. Orta

4. Ortanın altı
3. Kötü
2. Çok kötü
1. Son derece kötü

**EK**  
**NOTLAR:**

## ÖZGEÇMİŞ

Elif AYKIN DİNÇER  
elifaykin@akdeniz.edu.tr



## ÖĞRENİM BİLGİLERİ

<b>Yüksek Lisans</b> 2011-2013	Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Isparta
<b>Lisans</b> 2005-2010	Ankara Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Gıda Mühendisliği Bölümü, Ankara

## MESLEKİ VE İDARİ GÖREVLER

Araştırma Görevlisi 2013-Devam Ediyor	Akdeniz Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Gıda Mühendisliği Bölümü, Antalya
Araştırma Görevlisi 2011-2013	Süleyman Demirel Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Gıda Mühendisliği Bölümü, Isparta

## ESERLER

### Uluslararası hakemli dergilerde yayımlanan makaleler

1-Aykin-Dinçer E., Erbaş M., "Drying kinetics, adsorption isotherms and quality characteristics of vacuum-dried beef slices with different salt contents", *Meat Science*, vol.145, pp.114-120, 2018

2- Aykin-Dinçer E., Kiliç Büyükkurt Ö., Candal C., Bilgiç B.F., Erbaş M., "Investigation of the Usability of Retrograded Flour in Meatball Production as A

Structure Enhancer", *Korean Journal for Food Science of Animal Resources*, vol.38, pp.78-87, 2018

3- Kılıç Büyükkurt Ö., Aykin-Dinçer E., Çam İ.B., Candal C., Erbaş M., "The Influence of Cooking Methods and Some Marinades on Polycyclic Aromatic Hydrocarbon Formation in Beef Meat", *Polycyclic Aromatic Compounds*, vol.online, pp.1-11, 2017

4- Aykin-Dinçer E., Koç A., Erbaş M., "Extraction and physicochemical characterization of broiler (*Gallus gallus domesticus*) skin gelatin compared to commercial bovine gelatin", *Poultry Science*, vol.96, pp.4124-4131, 2017

5- Erbaş M., Aykin E., Arslan S., Durak A.N., "Adsorption behaviour of bulgur", *Food Chemistry*, vol.195, pp.87-90, 2016

6- Aykin E., Arslan S., Durak A.N., Erbaş M., "Effect of Bicarbonate Salts and Sequential Using of Frying Oil on Acrylamide and 5-Hydroxymethylfurfural Contents in Coated Fried Chicken Meat", *International Journal of Food Properties*, vol.19, pp.222-232, 2016

7- Aykin E., Erbaş M., "Quality properties and adsorption behavior of freeze-dried beef meat from the Biceps femoris and Semimembranosus muscles", *Meat Science*, vol.121, pp.272-277, 2016

8- Aykin E., Budak N.H., Güzel-Seydim Z.B., "Bioactive Components of Mother Vinegar", *Journal of The American College of Nutrition*, vol.34, pp.80-89, 2015

9- Budak N.H., Aykin E., Seydim A.C., Greene A.K., Guzel-Seydim Z.B., "Functional Properties of Vinegar", *Journal of Food Science*, vol.79, pp.R757-R764, 2014

### **Diğer dergilerde yayımlanan makaleler**

1- Aykin-Dinçer E., Erbaş M., "Etin Tuzlanması İşleminde Vakumlu Emdirim Tekniğinin Kullanılması", *Gıda*, cilt.43, ss.139-150, 2018

2- Kılıç Ö., Aykin-Dinçer E., Erbaş M., "Gıdalarda Polisiklik Aromatik Hidrokarbon Bileşiklerinin Bulunuşu ve Sağlık Üzerine Etkileri", *Gıda*, cilt.42, ss.127-135, 2017

3- Aykin E., Erbaş M., "Farklı Kaynaklardan Üretilen Jelatinin Özellikleri ve Sağlık Üzerine Etkileri", *Gıda*, cilt.41, ss.179-186, 2016

4- Aykin E., Arslan S., Durak A.N., Erbaş M., "Gıdalarda Bulunan Suyun Fizikokimyasal Durumu ve Sorpsiyon İzotermi", *Gıda*, cilt.40, ss.1-8, 2014

5- Erbaş M., Aykin E., "Kırmızı Et Tüketiminin Sağlık Üzerine Etkileri", *Et Üreticileri Birliği, Kırmızı Et Sektör Yayımları*, No.1, ss.30-35, 2014

### **Ulusal/Uluslararası bilimsel toplantılarda sunulan ve bildiri kitaplarında basılan bildiriler**

1- Kılıç Büyükkurt Ö., Aykin E., Erbaş M., "Some quality characteristics of produced and marketed hungarian salami in Turkey", 2nd EuroSciCon Conference on Food Technology, Roma, ITALYA, 14-16 Mayıs 2018, pp.69-69

- 2-**Aykin E., Kiliç Büyükkurt Ö., Erbaş M., "Effect of salt content on microbiological quality of dried beef slices", 2<sup>nd</sup> EuroSciCon Conference on Food Technology, Roma, ITALYA, 14-16 Mayıs 2018, pp.63-63
- 3-**Aykin E., Durak A.N., Kiliç Ö., Koç A. , Erbaş M., "Use of different cumin doses to improve the chemical and sensorial characteristics of coated and fried chicken meat", I. International Congress on Medicinal and Aromatic Plants: "Natural and Healthy Life", Konya, TÜRKİYE, 9-12 Mayıs 2017, pp.1461-1461
- 4-**Aykin E., Erbaş M., "Drying Kinetics of Vacuum Dried Beef Meat Slices", 19. World Academy of Science, Engineering and Technology Conference Proceedings, Paris, FRANSA, 28-29 Ağustos 2017, pp.2500-2500
- 5-**Aykin E., Kiliç Ö., Bilgiç B.F., Erbaş M., "Effect of different flours on the physical and sensorial characteristics of meatballs", 19. World Academy of Science, Engineering and Technology Conference Proceedings, Paris, FRANSA, 28-29 Ağustos 2017, pp.2501-2501
- 6-**Erbaş M., Arslan Tontul S., Durak A.N., Aykin E., Mutlu C., Candal C., et al., "Gıdaların su içerikleri ve su aktivitelerinin fizikokimyasal anlamı ve sorpsiyon izotermelerinin önemi", Türkiye 12. Gıda Kongresi , EDİRNE, TÜRKİYE, 5-7 Ekim 2016, ss.112-112
- 7-**Aykin E., Koç A., Erbaş M., "Broiler etlik piliç derisi jelatininin aminoasit kompozisyonu ve molekül ağırlığının belirlenmesi", Türkiye 12. Gıda Kongresi , EDİRNE, TÜRKİYE, 5-7 Ekim 2016, ss.475-475
- 8-**Aykin E., Kiliç Ö., Çam İ.B., Erbaş M., "Effects of sage and thyme marinades and cooking techniques on the levels of polycyclic aromatic hydrocarbons in beef", The Food Factor I Barcelona Conference, Barcelona, İSPANYA, 2-4 Kasım 2016, pp.317-317
- 9-**Aykin E., Erbaş M., "Et ürünlerinde bulunan polisiklik aromatik hidrokarbon bileşiklerin kromatografik olarak belirlenmesinde kullanılan ekstraksiyon yöntemleri", Türkiye 12. Gıda Kongresi , EDİRNE, TÜRKİYE, 5-7 Ekim 2016, ss.339-339
- 10-**Aykin E., Koç A., Erbaş M., "Rheological Properties of Gelatin Extracted From Broiler Skin", FSD 2016 - 2nd Congress on Food Structure Design, ANTALYA, TÜRKİYE, 26-28 Ekim 2016, pp.160-160
- 11-**Aykin E., Erbaş M., "Farklı Kaynaklardan Elde Edilen Jelatinlerin Özellikleri", İç Anadolu Bölgesi 2. Tarım ve Gıda Kongresi, NEVŞEHİR, TÜRKİYE, 28-30 Nisan 2015, ss.209-209
- 12-**Aykin E., Erbaş M., Arslan S., Durak A.N., "Adsorption Behavior of Bulgur", 8th EUROWATER Conference on Water in Food, Timisoara, ROMANYA, 25-27 Mayıs 2014, pp.50-50
- 13-**Erbaş M., Arslan S., Durak A.N., Aykin E., "Researching of an Indicator for Cake Staling by Using GC-MS", International Food Congress, Novel Approaches in Food Industry, AYDIN, TÜRKİYE, 26-29 Mayıs 2014, pp.117-117
- 14-**Aykin E., Arslan S., Erbaş M., "Determination of Sorption Behavior of Pastırma", International Food Congress, Novel Approaches in Food Industry, AYDIN, TÜRKİYE, 26-29 Mayıs 2014, pp.251-251



**15-**Aykin E., Budak H.N., Güzel-Seydim Z.B., "A new prebiotic for kefir microflora: Mother of vinegar", IDF World Dairy Summit 2013, YOKOHAMA, JAPONYA, 28 Ekim - 1 Kasım 2013, pp.0-0

**16-**Aykin E., Budak H.N., Güzel-Seydim Z.B., "Prebiyotik olarak yeni bir fonksiyonel ürün: Sirke Anası", 1. Ulusal Probiyotik Prebiyotik ve Fonksiyonel Gıdalar Kongresi, ANTALYA, TÜRKİYE, 11-13 Nisan 2013, ss.10-10

**17-**Arslan S. , Aykin E., Durak A.N., Erbaş M., "Volatile Constituents of Boza in Fermentation and Storage", The 2<sup>nd</sup> International Symposium on "Traditional Foods from Adriatic to Caucasus", Struga, MAKEDONYA, 24-26 Ekim 2013, pp.261-261

**18-**Durak A.N., Arslan S., Aykin E., Erbaş M., "Some Physical and Chemical Properties of Some Turkish Honeys", The 2<sup>nd</sup> International Symposium on "Traditional Foods from Adriatic to Caucasus", Struga, MAKEDONYA, 24-26 Ekim 2013, pp.642-642

**19-**Aykin E., Arslan S. , Durak A.N., Erbaş M., "Analysis of Slicing Firmness and Extensibility of Pastırma Slices", The 2<sup>nd</sup> International Symposium on "Traditional Foods from Adriatic to Caucasus", Struga, MAKEDONYA, 24-26 Ekim 2013, pp.328-328

**20-**Aykin E., Budak H.N., Guzel-Seydim Z.B., "Sirke Anasının Biyoaktif Bileşen Özellikleri", Türkiye 11. Gıda Kongresi , HATAY, TÜRKİYE, 10-12 Ekim 2012, ss.542-542

**21-**Aykin E., Çağdaş E. , Seydim A.C., Güzel-Seydim Z.B., "Ozon Uygulamasının Çiğ Sütün Kimyasal Ve Mikrobiyal Kalitesi Üzerine Etkileri", Süt Endüstrisinde Yenilikçi Yaklaşımlar Sempozyumu, DENİZLİ, TÜRKİYE, 15-16 Kasım 2012, ss.0-0

**22-**Çağdaş E. , Aykin E., Kök-Taş T., Güzel-Seydim Z.B., "Effect of Ozone Processing on Some Quality Characteristics of Apple Juice", Advanced Non-Thermal Food Processing Technology: Effects on Quality and Shelf Life of Food and Beverages Congress , AYDIN, TÜRKİYE, 7-10 Mayıs 2012, pp.48-48

**23-**Aykin E., Çalışkan S.G., Candoğan K., "Bioactive compounds from muscle sources", International Food Congress, Novel Approaches in Food Industry , İZMİR, TÜRKİYE, 26-29 Mayıs 2011, pp.851-851

### **Patent ve Faydalı model**

Aykin-Dinçer E., Erbaş M., "Minimal İşlem Uygulamalarıyla Kuru Bir Et Ürünü Üretmek İçin Soğuk Kurutucu", TÜRKİYE, Patent, TR 2015 10273 B, Ağustos 2015

### **Ödüller ve Burslar**

Aykin E, "Mühendislik Fakültesi Birinciliği, Ankara Üniversitesi, Temmuz 2010