

**PASTIRMADA KURUTMA
KARAKTERİSTİKLERİ İLE DİFÜZYON
KATSAYILARININ BELİRLENMESİ**

Ahmet AKKÖSE

**Doktora Tezi
Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı
Prof. Dr. Nesimi AKTAŞ
2012
Her Hakkı Saklıdır**

ATATÜRK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

DOKTORA TEZİ

PASTIRMADA KURUTMA KARAKTERİSTİKLERİ
İLE DİFÜZYON KATSAYILARININ BELİRLENMESİ

Ahmet AKKÖSE

GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

ERZURUM
2012

Her Hakkı Saklıdır



T.C.
ATATÜRK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ



TEZ ONAY FORMU

PASTIRMADA KURUTMA KARAKTERİSTİKLERİ
İLE DİFÜZYON KATSAYILARININ BELİRLENMESİ

Prof. Dr. Nesimi AKTAŞ danışmanlığında, Ahmet AKKÖSE tarafından hazırlanan bu çalışma 12/07/2012 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı'nda doktora tezi olarak oybirliği ile kabul edilmiştir.

Başkan : Prof. Dr. Mükerrerem KAYA

İmza

Üye : Prof. Dr. Nesimi AKTAŞ

İmza

Üye : Prof. Dr. Şahin GÜLABOĞLU

İmza

Üye : Doç. Dr. İrfan AKSU

İmza

Üye : Doç. Dr. Yahya TÜLEK

İmza

Yukarıdaki sonucu onaylıyorum

Prof. Dr. İhsan EFEOĞLU
Enstitü Müdürü

Bu çalışma BAP projeleri kapsamında desteklenmiştir.
Proje No: 2009/198

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

ÖZET

Doktora Tezi

PASTIRMADA KURUTMA KARAKTERİSTİKLERİ İLE DİFÜZYON KATSAYILARININ BELİRLENMESİ

Ahmet AKKÖSE

Atatürk Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Nesimi AKTAŞ

Pastırma üretiminde standardizasyonun sağlanması amacıyla planlanan bu çalışmada pastırma üretimine ait kurutma karakteristikleri ile tuzlama ve kurutma aşamalarına ait tuz ve nem efektif difüzyon katsayısı (D_{eff}) değerleri tespit edilmeye çalışılmıştır. Bu amaçla pastırma örnekleri sonsuz dilim geometrisi olarak kabul edilmiş ve Fick'in 2. eşitliğinin analitiksel çözümü kullanılmıştır. Kürlenme aşamasında örnekler için pH değerleri 5,66–5,68 aralığında, a_w değerleri ise 0,942–0,985 aralığında tespit edilmiştir. Başlangıçta ortalama %74,56 olan nem içeriği kürlenme işlemi sonucunda %66,64'e kadar düşmüş, ortalama tuz içerikleri ise 48 saatlik kürlenme işlemi sonunda 15,65gNaCl/100 g kuru madde değerine kadar yükselmiştir. Örneklerdeki tuz difüzyon katsayısı değerlerinin ise $1,49 \times 10^{-9}$ – $4,08 \times 10^{-9}$ m²/s arasında değiştiği tespit edilmiştir. 1. kurutma aşaması başlangıcında %73,93 olan örnekler için ortalama % nem içeriği, kurutma işlemi sonucunda %65,32'ye kadar düşmüş, düşüşün doğrusal bir yol izlediği tespit edilmiştir ($R^2=0,9859$). 1. kurutma aşamasında zamana bağlı olarak pastırmalık etlerde tespit edilen ortalama nem D_{eff} değerleri $1,11 \times 10^{-9}$ – $116,36 \times 10^{-9}$ m²/s arasında değişkenlik göstermiştir. 2. kurutma aşaması başlangıcında %65,08 olan örnekler için ortalama % nem içeriği, kurutma işlemi sonucunda %54,92'ye kadar düşmüş, bu düşüşün de doğrusal bir yol izlediği tespit edilmiştir ($R^2=0,9790$). 2. kurutma aşamasında zamana bağlı olarak pastırmalık etlerde tespit edilen ortalama nem D_{eff} değerlerinin $1,07 \times 10^{-9}$ – $103,83 \times 10^{-9}$ m²/s arasında değişkenlik gösterdiği tespit edilmiştir. Çemenli kurutma aşaması başlangıcında %54,83 olan örnekler için ortalama % nem içeriği, kurutma işlemi sonucunda %39,57'ye kadar düşmüştür. Gerçekleşen bu düşüşün 2. dereceden bir polinomla ifade edilebileceği belirlenmiştir ($R^2=0,9762$). Çemenli kurutma aşamasında zamana bağlı olarak pastırmalık etlerde tespit edilen ortalama nem D_{eff} değerlerinin $0,35 \times 10^{-9}$ – $32,86 \times 10^{-9}$ m²/s arasında değişkenlik gösterdiği belirlenmiştir. Çemenli kurutma aşaması için çizilen nem içeriğine karşı kurutma hızı grafiklerinden, bu kurutma aşamasının sabit ve azalan hız periyotlarında gerçekleştiği, çemenli pastırma örnekleri için ortalama kritik nem içeriğinin 1.103kg su/kg kuru madde olduğu tespit edilmiştir.

2012, 63 sayfa

Anahtar Kelimeler: pastırma, kürlenme, tuzlama, tuz difüzyon katsayısı, kurutma karakteristikleri, nem difüzyon katsayısı, kritik nem içeriği.

ABSTRACT

Ph.D. Thesis

DETERMINATION OF DRYING CHARACTERISTICS AND DIFFUSION COEFFICIENTS IN PASTIRMA

Ahmet AKKÖSE

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

Supervisor: Prof. Dr. Nesimi AKTAŞ

In this study that was planned in order to ensure standardization in the production of pastirma, drying characteristics of pastirma production and salt and moisture effective diffusion coefficients (D_{eff}) values belonging to salting and drying stages were determined. For this purpose, pastirma samples were accepted as the geometry of endless slice, and the analytical solution of Fick's second equation was used. In the curing stage, the pH and a_w values of the samples were determined from 5.66 to 5.68 and from 0.942 to 0.985, respectively. The average initial moisture content of the samples decreased from 74.56% to 66.64% as depending on the curing process and, the average salt content of the samples increased to 15,65gNaCl/100g dry matter at the end of the 48-hour curing process. Salt diffusion coefficients values of samples were found to vary between 1.49×10^{-9} – 4.08×10^{-9} m²/s. Although at the beginning of the first drying stage, moisture content of the samples was approximate 73.93%, fell up to 65.32% at the end of this stage, and the decrease showed by a linear path ($R^2=0.9859$). Determined average moisture D_{eff} values in the pastirma samples depending on the time in the first drying stage were varied between 1.11×10^{-9} – 116.36×10^{-9} m²/s. At the beginning of the second drying stage, average moisture content of samples, which is 65.08%, decreased up to 54.92% at the end of this stage. At the beginning of the second drying stage, average moisture content of samples, which was 65.08%, decreased up to 54.92% at the end of this stage and the decrease followed by a linear path ($R^2=0,9790$). Determined average moisture D_{eff} values in the pastirma samples depending on the time in the second drying stage were varied between 1.07×10^{-9} – 103.83×10^{-9} m²/s. The average moisture content of the samples which is 54.83% at the beginning of the drying stage with çemen fell up to 39.57% at the end of this stage. It was detected that this decline can be expressed by a second order polynomial ($R^2=0.9762$). Determined average moisture D_{eff} values in the pastirma samples depending on the time in the drying stage with çemen were varied between $0,35 \times 10^{-9}$ – $32,86 \times 10^{-9}$ m²/s ranges. The graphics, plotted in drying rate against moisture content for the drying stage with çemen, was detected that this drying stage consists of constant and decreasing drying speed periods and, the average critical moisture content for pastirma samples with çemen was determined 1.103kg water/kg dry matter.

2012, 63 pages

Keywords: pastirma, curing, salting, salt diffusion coefficient, drying characteristics, moisture diffusion coefficient, the critical moisture content.

TEŞEKKÜR

Bu araştırmanın planlanmasında, yürütülmesinde ve sonuçların değerlendirilmesinde bilgi ve tecrübelerini benden esirgemeyen Sayın Hocam Prof. Dr. Nesimi AKTAŞ'a minnettarlığımı bildirir, teőekkürlerimi sunarım.

Çalıőmalarım esnasında her daim desteğini gördüğüm Gıda Mühendisliği Bölüm Başkanı Sayın Prof. Dr. Mükerrerem KAYA'ya teőekkürü bir borç bilirim.

Bu zamana kadar maddi ve manevi desteklerini benden esirgemeyen aileme Őükranlarımı sunarım.

Her koőulda yanımda olan ve kayıtsız Őartsız beni destekleyen eőime teşekkür ederim.

Ahmet AKKÖSE

Temmuz 2012

İÇİNDEKİLER

ÖZET	i
ABSTRACT	ii
TEŞEKKÜR.....	ii
SİMGELER DİZİNİ	v
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	vi
ÇİZELGELER DİZİNİ	vii
1. GİRİŞ.....	1
2. KAYNAK ÖZETLERİ	10
3. MATERYAL VE YÖNTEM	23
3.1. Materyal.....	23
3.2. Yöntem	23
3.2.1. Pastırma üretimi	23
3.2.2. pH ve içerik analizleri	24
3.2.3. Su aktivitesinin (a_w) belirlenmesi.....	25
3.2.4. Tuz tayini.....	25
3.2.5. Tuz D_{eff} değerlerinin belirlenmesi.....	25
3.2.6. Kurutma karakteristiklerinin belirlenmesi.....	26
3.2.7. Nem D_{eff} değerlerinin belirlenmesi	26
3.2.8. İstatistikî analizler	27
4. ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA.....	28
4.1. pH ve Bileşim.....	28
4.2. a_w Değeri	29
4.3. Pastırmalık Etlerde Kütleme Zamanının Fonksiyonu Olarak Belirlenen Nem ve Tuz İçerikleri	31
4.4. Tuz D_{eff} Değerleri.....	38
4.5. Kurutma Karakteristikleri.....	41
4. SONUÇ ve ÖNERİLER.....	56
KAYNAKLAR	59
ÖZGEÇMİŞ	644

SİMGELER DİZİNİ

a_w	Su Aktivitesi
C	Celsius
D_{eff}	Efektif Difüzyon Katsayısı
°	Derece
g	Gram
h	Saat
kg	Kilogram
m	Metre
ml	Mililitre
mm	Milimetre
ppm	Milyonda Kısım
s	Saniye
t	Zaman
%	Yüzde

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1. Tipik kurutma eğrileri: (a) zamana karşı nem içeriği, (b) nem içeriğine karşı kurutma hızı	7
Şekil 4.1. Kürleme işlemi esnasında zamana bağlı olarak örneklerin a_w değerlerinde meydana gelen değişim	31
Şekil 4.2. Kürleme zamanına bağlı olarak örneklerin % nem içeriklerinde meydana gelen değişim.....	36
Şekil 4.3. Kürleme zamanına bağlı olarak örneklerin tuz içeriklerinde (g/100g kuru madde) meydana gelen değişim	37
Şekil 4.4. Kürleme işlemi esnasında tespit edilen tuz D_{eff} değerlerinin zamana bağlı değişimi	41
Şekil 4.5. Pastırma üretiminin 1. kurutma aşamasında örneklerde tespit edilen % nem içeriklerinin zamana bağlı değişimi.....	43
Şekil 4.6. Pastırma üretiminin 1. kurutma aşamasında örneklerde tespit edilen nem D_{eff} değerlerinin ($\times 10^{-9} m^2/s$) zamana bağlı değişimi	45
Şekil 4.7. Pastırma üretiminin 2. kurutma aşamasında örneklerde tespit edilen % nem içeriklerinin zamana bağlı değişimi	47
Şekil 4.8. Pastırma üretiminin 2. kurutma aşamasında örneklerde tespit edilen nem D_{eff} değerlerinin ($\times 10^{-9} m^2/s$) zamana bağlı değişimi	49
Şekil 4.9. Pastırma üretiminin çemenli kurutma aşamasında örneklerde tespit edilen % nem içeriklerinin zamana bağlı değişimi	51
Şekil 4.10. Pastırma üretiminin çemenli kurutma aşamasında örneklerde tespit edilen nem D_{eff} değerlerinin ($\times 10^{-9} m^2/s$) zamana bağlı değişimi	53
Şekil 4.11. Birinci tekerrür için çemenli kurutma aşamasında elde edilen nem içeriğine karşı kurutma hızı grafiği	53
Şekil 4.12. İkinci tekerrür için çemenli kurutma aşamasında elde edilen nem içeriğine karşı kurutma hızı grafiği	54
Şekil 4.13. Üçüncü tekerrür için çemenli kurutma aşamasında elde edilen nem içeriğine karşı kurutma hızı grafiği	54

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 1.1. Türkiye’de Son Yıllarda Pastırma Üretimi.....	2
Çizelge 4.1. Araştırmada kullanılan etlere ve pastırma örneklerine ait pH değerleri.....	28
Çizelge 4.2. Denemelerde kullanılan taze etlerin ve üretilen pastırmaların bileşimleri .	29
Çizelge 4.3. Kürleme işlemine tabi tutulmuş olan pastırmalık etlerin su aktiviteleri.....	29
Çizelge 4.4. Kürleme işlemine tabi tutulmuş olan pastırmalık etlerde belirli aralıklarla ölçülen a_w değerlerine ait varyans analiz sonuçları	30
Çizelge 4.5. Kürleme işlemine tabi tutulmuş örneklerde belirli zaman aralıklarıyla tespit edilen a_w değerlerine ait ortalamaların Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları	30
Çizelge 4.6. Kürleme işlemine tabi tutulmuş olan pastırmalık etlerin % nem içerikleri	32
Çizelge 4.7. Kürleme işlemine tabi tutulmuş olan pastırmalık etlerin tuz içerikleri (g/100 g kuru madde).....	32
Çizelge 4.8. Kürleme işlemine tabi tutulmuş olan pastırmalık etlerde belirli aralıklarla ölçülen nem içeriklerine ait varyans analiz sonuçları.....	34
Çizelge 4.9. Kürleme işlemine tabi tutulmuş olan pastırmalık etlerde belirli aralıklarla ölçülen tuz içeriklerine ait varyans analiz sonuçları.....	34
Çizelge 4.10. Belirli zaman aralıklarıyla tespit edilen % nem içeriklerine ait ortalamaların Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları.....	35
Çizelge 4.11. Belirli zaman aralıklarıyla tespit edilen tuz içeriklerine (g/100g kuru madde) ait ortalamaların Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları.....	35
Çizelge 4.12. Kürleme işlemi esnasında belirli aralıklarla örneklerde tespit edilen tuz miktarına bağlı olarak hesaplanan tuz D_{eff} değerleri ($\times 10^{-9} m^2/s$).....	39
Çizelge 4.13. Tuz D_{eff} değerlerine ait varyans analiz sonuçları.....	39
Çizelge 4.14. Belirli zaman aralıklarıyla tespit edilen tuz difüzyon katsayılarına ait Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları.....	40
Çizelge 4.15. Pastırma üretiminin 1. kurutma aşamasında belirli zaman aralıklarıyla örneklerde tespit edilen % nem içerikleri	42

Çizelge 4.16. Pastırma üretiminin 1. kurutma aşamasında belirli zaman aralıklarıyla tespit edilen nem D_{eff} değerleri.....	44
Çizelge 4.17. Pastırma üretiminin 2. kurutma aşamasında belirli zaman aralıklarıyla örneklerde tespit edilen % nem içerikleri.....	46
Çizelge 4.18. Pastırma üretiminin 2. kurutma aşamasında belirli zaman aralıklarıyla örneklerde tespit edilen nem D_{eff} değerleri.....	48
Çizelge 4.19. Pastırma üretiminin çemenli kurutma aşamasında belirli zaman aralıklarıyla örneklerde tespit edilen % nem içerikleri.....	50
Çizelge 4.20. Pastırma üretiminin çemenli kurutma aşamasında belirli zaman aralıklarıyla örneklerde tespit edilen nem D_{eff} değerleri	52

1. GİRİŞ

Tarih boyunca insanoğlu tükettiği gıdaları bozulmadan muhafaza edebileceği yöntemleri araştırmış ve bu amaca yönelik bulduğu yöntemleri de sürekli olarak geliştirmeye çalışmıştır. Hayvansal ürünler içerisinde yer alan ve insan beslenmesinde son derece önemli bir yere sahip olan et için de çeşitli muhafaza yöntemleri geliştirilmiştir. Bunlar arasında yer alan ve bilinen en eski et muhafaza yöntemi ise etlerin tuzlanması ve daha sonra da güneşte kurutulması işlemidir. Ülkemizde bu teknik kullanılarak üretilmekte olan et ürününe de pastırma adı verilmektedir.

Pastırma ismi Türkçe bir kelime olan “bastırma” kelimesinden türemiştir. Burada bastırma, baskılama-sıkıştırma manasındadır. Baskılama ise pastırma üretiminde yer alan bir aşamadır (Tekinşen ve Doğruer 2000; Gökalp vd 2002; Kılıç 2009; Maurya *et al.* 2010).

Pastırmanın kaynağı Orta Asya Türkleri olup, Selçuklular tarafından Anadolu’ya getirildiği ve Osmanlılar zamanında da hüküm sürülen bütün ülkelere yayıldığı ileri sürülmektedir. Ülkemizde sevilerek ve beğenilerek tüketilmeye devam eden pastırmanın geleneksel ve milli bir et ürünü olduğunu söyleyebilmek mümkündür (Tekinşen ve Doğruer 2000; Gökalp vd 2002; Aksu ve Kaya 2001a,b).

Ülkemizde özellikle Kayseri başta olmak üzere; Adana, Afyon, Ankara, Bursa, Çorum, Çankırı, Erzurum, Erzincan, Karaman, Kastamonu, Sakarya, Sivas ve Tokat illerinde pastırma üretimi gerçekleştirilmektedir (Tekinşen ve Doğruer 2000; Gökalp vd 2002). 2012 yılı Türkiye İstatistik Kurumu verilerine göre ülkemizde son yıllarda gerçekleştirilen pastırma üretimi Çizelge 1.1’de verilmiştir.

Çizelge 1.1. Türkiye’de Son Yıllarda Pastırma Üretimi (TÜİK 2012)

Yıl	Üretim Miktarı (kg)
2005	2 898 387
2006	4 193 139
2007	7 976 595
2008	10 103 072
2009	11 065 730
2010	16 631 303

Orta nemli bir gıda olarak kategorize edilen pastırma, biz Türklere özgü bir et ürünü olup, temel itibariyle sığır karkaslarının belirli bölgelerinden büyük parçalar halinde çıkarılan etlerin, kürlenmesi, kurutulması, kurutmanın belirli aşamalarında baskılanması ve daha sonra da çemen adı verilen bir sos ile kaplanıp tekrar kurutulması ile elde edilmektedir. Pastırma üretimi yaklaşık olarak bir ay sürmekte ve bir karkastan ortalama 16–20 farklı tipte pastırma elde edilebilmektedir (Gökalp vd 2002; Aksu and Kaya 2005; Aksu *et al.* 2005; Aktaş *et al.* 2005; Kılıç 2009).

Pastırma ülkemizde sevilerek ve beğenilerek tüketilmekte, aynı zamanda ülkemizde pastırma dışında parça halinde işlenen başka bir et ürünü de bulunmamaktadır. Bununla birlikte ülkemizde pastırma üretiminde henüz tam olarak modern teknolojik imkanlardan yararlanılamamaktadır. Üretim genellikle küçük işletmelerde, ustaların becerisine bağlı olarak ve usta inisiyatifinde doğal koşullarda gerçekleştirilmektedir (Tekinşen ve Doğruer 2000; Aksu ve Kaya 2001a; Gökalp vd 2002). Dolayısıyla üretim mevsimlik olmakta, bazı firma ve kişilerin tekeli altında kalmakta, standart ve kaliteli bir ürün elde edilememektedir. Bu nedenle üretimin standardize edilmesi, klimalı tesislere geçilmesi, kürlenme yöntemleri (kuru ve/veya yaş kürlenme) ve katkı maddeleri, kurutma ve presleme şartları, ürün çeşidi ve kalitesi konularında çalışmalar yapıp pratiğe aktarılması gerekmektedir.

Pastırma üretiminde ilk aşama kullanılacak hayvan veya karkasın seçimidir. Pastırma üretiminde daha çok 3–6 yaşlarındaki inek, tosun veya “toska” diye adlandırılan kısırlandırılmamış manda etleri tercih edilmektedir. Kesim sonrası dinlendirilen yarım

karkaslar boyun ve omuz, göğüs ve karın, sağrı ve but ve de sırt olmak üzere 4 ana parçaya ayrılmaktadır. Dinlendirilmiş karkaslardan sökülme işlemi ile blok halinde ayrılan kaslara daha sonra ayırım veya açım diye adlandırılan işlem uygulanarak et yüzeyindeki tendon, fascia, ligament, lenf yumruları, yağ ve et fazlalıkları uzaklaştırılmaktadır. Bu şekilde elde edilen pastırmalık et parçaları hava sıcaklığının ve nisbi nemin iklim ve hava koşullarına bağlı olduğu doğal şartlar altında geleneksel olarak işlenmektedir. Bu amaçla ilk yapılan işlem kuru kürlenme olup, et parçaları kürlenme karışımı ile yoğrulup kaplanmaktadır. Üretimde tuz (NaCl) ve nitrit/nitrat difüzyonunu kolaylaştırmak için etlerin bazı bölgelerinde şaklamalar yapılmaktadır. Kürlenmiş et parçaları istiflenerek 1–2 gün böylece bekletilmektedir. Daha sonra ise yüzeyden fazla kürlenme tuzunu uzaklaştırmak için yıkama işlemi yapılmaktadır. Kürlenme aşaması bu şekilde tamamlandıktan sonra kurutma ve baskılama aşamalarına geçilmektedir. Öncelikle etlere “pastırma yazı” adı verilen Eylül sonu ve Ekim-Kasım aylarının güneşli günlerinde 3–5 gün 1. kurutma işlemi uygulanmaktadır. Daha sonra parçalar nispeten düşük sıcaklıklarda istiflenmekte ve üzerine ağırlıklar yerleştirilerek baskılanmaktadır. Bu işleme 1. baskı (soğuk denkleme) adı verilmektedir. Ardından 2. kurutmaya alınan et parçaları 1–3 gün açık havada kurutulmakta ve 2. baskıya (sıcak denkleme) alınmaktadır. Üretimde gerekli ise 3. kurutma işlemi de yapılabilmektedir. Bu aşamalardan geçirilmiş etler 16–36 saat daha önceden hazırlanmış olan çemen hamuru içerisinde bekletilmektedir. Süre sonunda et parçalarının fazla çemeni hafifçe sıyırılmakta ve düzeltilmektedir. Son olarak çemenlenen parçalar son kurutmaya alınmaktadır. (Aksu 1999; Tekinşen ve Doğruer 2000; Gökalp vd 2002; Kaban 2009; Kılıç 2009).

Ülkemizde pastırma konusunda yapılan çalışmalar daha çok pastırmanın bileşimi ile ilgilidir. Bunun yanı sıra pastırmanın kalite özellikleri (Aksu ve Kaya 2001a), kalite özellikleri üzerine starter kültürün (Aksu ve Kaya 2001b, 2002a, 2002c; Aksu *et al.* 2002; Aksu *et al.* 2008; Maurya *et al.* 2010), kürlenme tekniklerinin (Aksu ve Kaya 2002b; Guner *et al.* 2008), ambalajlama tekniklerinin (Aksu and Kaya 2005; Aksu *et al.* 2005; Gök *et al.* 2008), sodyum ve potasyum nitratın (Dogruer *et al.* 2003) etkileri de araştırılmıştır. Aktaş *et al.* (2005) ticari starter kültür kullanılarak üretilen pastırmaların

miyofibriler proteinlerinde meydana gelen değişimleri, Aktaş and Gürses (2005) ise kurutulmuş pastırmanın nem sorpsiyon özelliklerini incelemişlerdir. Kaban (2009) pastırma üretiminde uçucu bileşenlerin kompozisyonundaki değişimi ortaya koymuştur. Pastırmanın üretimiyle ilgili kinetikler ve matematiksel ifadeler ise bu güne kadar ortaya konmamış olup önemle üzerinde durulması ve araştırılması gereken bir konu olarak karşımıza çıkmaktadır.

Et teknolojisinde kürlenme, üretimde NaCl ile beraber nitrat ve/veya nitritin kullanılmasını içermekte ve ürünün çeşidine bağlı olarak diğer bazı kimyasal maddelerin veya çeşitli baharatların ürüne katılmasıyla gerçekleştirilmektedir. Böylece ürünün görünüm, renk, tekstür, tat, aroma ve lezzet gibi özelliklerinin iyileştirilmesi sağlanılıp dayanıklılığı artırılmaktadır (Gökalp vd 2002). Tuzla beraber nitrat ve/veya nitrit içeren kürlenme karışımı pastırmanın kalite özellikleri üzerinde büyük bir etkiye sahiptir (Tekinşen ve Doğruer 2000; Aksu ve Kaya 2002a,b; Aktas *et al.* 2005).

NaCl, et ve et ürünlerinde yaygın olarak kullanılan önemli katkı maddelerinden birisidir (Tekinşen ve Doğruer 2000; Gökalp vd 2002; Gou *et al.* 2003). NaCl'ün en önemli etkilerinden birisi su aktivitesini düşürmesidir. Bunun yanı sıra antimikrobiyal etkisi de bulunmaktadır (Işıksal vd 2009). Tuzlama ile ete lezzet verildiği gibi, birçok mikroorganizmanın gelişmesi de önemli ölçüde engellenmektedir (Tekinşen ve Doğruer 2000).

Pastırma üretiminde kullanılacak olan tuz, gereğinden fazla iri veya ufak olmamalı, karınca başı veya bulgur tanesi olarak tabir edilen orta büyüklükteki tuz tercih edilmektedir. Tuz fazla iri olduğunda et yeterince tuzunu alamamakta, histolojik zedelenmeler meydana gelebilmekte ve tuz yanıkları oluşabilmektedir. Tuzun çok ince olması durumunda ise et rengi siyahlaşmakta, yağ oksidasyonu hızlanmakta ve aşırı tuzlanma meydana gelebilmektedir (Tekinşen ve Doğruer 2000; Gökalp vd 2002). Türk Standartları Enstitüsü'ne göre pastırmadaki tuz içeriği kuru maddede en fazla %8,5 olmalıdır (Anonim 2002).

Pastırmanın kalitesini etkileyen en önemli faktörlerden birisi de kürlenme karışımının kas içerisine nüfuzudur (Aksu *et al.* 2005). Pastırma yapım aşamalarından biri olan kürlenme esnasında tuz, et içerisine doğru, etteki su ise dışarı doğru difüze olmakta, böylece belirli bir süre sonunda ette tuz ve nem dengesi oluşmaktadır. Kürlenme esnasındaki tuz difüzyonu, et parçasının iç kısmı ile dış kısmındaki tuz konsantrasyonu farkından kaynaklanmaktadır. Et ürünlerinin kontrollü şartlar altında üretimi için tuz difüzyonunu etkileyen faktörlerin bilinmesi ve difüzyon hızının önceden tahmin edilebilmesi oldukça önemlidir (Graiver *et al.* 2006).

Bilinen en eski muhafaza yöntemlerinden biri olan kurutma, esas itibariyle ısı uygulanarak, üründe mevcut olan suyun evaporasyonla uzaklaştırılması işlemidir. Kurutma ile ürünün su aktivitesi düşürülerek mikroorganizma gelişimi önlenmekte, enzimatik aktivite ve kimyasal / biyokimyasal reaksiyon hızları ise önemli derecede azaltılmaktadır (Mayor and Sereno 2004; Lewicki 2006). Pastırma üretiminde yer alan kurutma işlemleriyle sayılan bu faydaların sağlanabildiği gibi, pastırmanın genel yapısının oluşumu da temin edilmektedir. Lewicki (2006) kurutmayı, ürün içerisindeki nem içeriğinin belirli bir seviyeye kadar düşürülmesi olarak ifade etmiştir. Pastırma için kurutma terimi, üründeki nem içeriğinin standartlarda belirtilen % 40 seviyelerine kadar düşürülmesi işlemi olarak tanımlanmaktadır.

Kurutma, ısı ve kütle transferinin beraberce gerçekleştiği bir prosestir (Rosello *et al.* 1992; Hernandez *et al.* 2000). Kurutma esnasında suyun evaporasyonu için gerekli olan ısı ürüne transfer edilmekte, bu sırada iletilen ısıya bağlı olarak üründen ortama su buharı şeklinde kütle transferi gerçekleşmektedir. Kurutma ortamının sıcaklığı, nem içeriği, havanın akış hızı, ürünün ısı transferine maruz kalan alanı ısı transfer oranını etkileyen faktörlerdir. Ürünün sıcaklığı, bileşimi (özellikle de nem içeriği) gibi fiziksel özellikler ile kurutma ortamının şartları ise kütle transferinin hızını etkilemektedir (Gou *et al.* 2002; Simal *et al.* 2003; Toledo 2007)

Gıdaya ısının transfer edilme mekanizmaları dikkate alınarak kurutma metotları üç grup altında sınıflandırılabilir. 1. Grup: burada ısıtılmış hava kurutma ortamı olarak

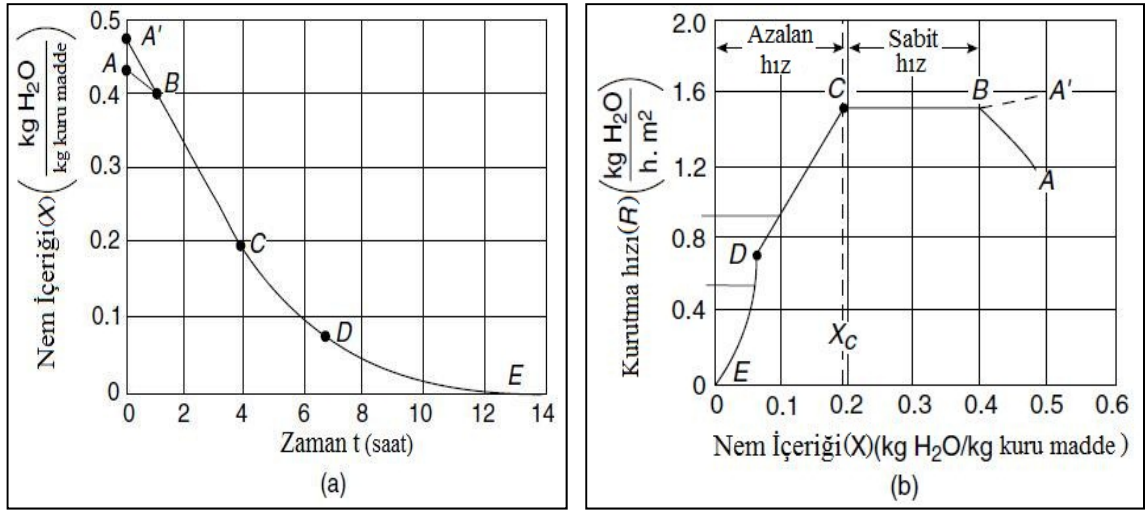
kullanılmakta ve gıda ısıtılmış hava akımına maruz bırakılmaktadır. Isının büyük bir kısmı havadan gıdaya konveksiyonla transfer edildiği için bu tip metotlar konvektif veya konveksiyonla kurutma metotları olarak adlandırılmaktadır. Isıtılmış hava ile kurutma biyolojik materyallerin kurutulmasında kullanılan en yaygın ticari tekniktir. 2. Grup: bu grupta gıda genellikle metal olan ısıtılmış bir yüzeye temas ettirilir. Isının büyük kısmı sıcak yüzeyden gıdaya kondüksiyonla transfer edildiği için bu metotlar kondüktif veya kondüksiyonla kurutma metotları olarak da bilinmektedir. 3. Grup: bu grupta kurutulmak istenen gıda termal radyasyona maruz bırakıldığı için ısı transferinin temel mekanizması radyasyondur. Bu metotlar aynı zamanda radyatif kurutma metotları olarak da bilinmektedir. Gıdaların güneşte kurutulmaları bu kategoriye girmektedir (Brennan 1994).

Geleneksel pastırma üretiminde 1. ve 3. grup kurutma metotlarından faydalanılmaktadır. Açık havada askılara asılan etler havanın sıcaklığına, akış hızına, nisbi nemine, güneşin durumuna ve üretimin yapıldığı mevsimin diğer özelliklerine bağlı olarak kurutulmaktadırlar. Dolayısıyla geleneksel pastırma üretiminde kurutma kontrolsüz şartlar altında yapılmakta ve üretim ancak mevsimsel olarak gerçekleştirilebilmektedir. Ürün üretimine süreklilik kazandırılabilmesi ve üretimin standardize edilebilmesi için klimalı sistemler kullanılmalı ve bu sistemlerde kullanılacak ortam şartlarının en iyi kalitede ürün eldesini sağlayacak şekilde ayarlanması gerekmektedir. Bu amaçla pastırma üretiminde kurutma kinetiklerinin tespit edilmesine ve uygun matematiksel modellerle ifade edilmesine ihtiyaç vardır.

Kurutma esnasında gıdalardaki kütle transferini kontrol altında tutan faktörler iki guruba ayrılabilir. Bunlar; (a) Dış faktörler; basınç, sıcaklık, nem, hava akış hızı gibi kurutmada kullanılan havanın özellikleriyle alakalı olan ve aynı zamanda kurumaya maruz kalan yüzeyin alanı ve özelliklerini de içeren faktörlerdir. (b) İç faktörler: yüzey gerilimi, su aktivitesi, su bağlama özellikleri, nem difüzyon hızı, yapı ve bileşim gibi materyalin özellikleriyle ilgili faktörlerdir (Kechaou and Maalej 2000).

Kurutma esnasında belirli aralıklarla üründeki nem içeriği tespit edilip zamana karşı grafik edilirse kurutma eğrisi elde edilecektir (Şekil 1.1a). Kurutma eğrisinde bölgesel eğimler alınarak nem içeriğine karşı grafik çizildiğinde kurutma hızını veren grafik elde edilmektedir (Şekil 1.1b). Buradan kurutma hızını, nem içeriğinin zamanla değişiminin eğimi olarak tarif edebilmek mümkündür. Kurutma hızı grafiği incelendiğinde kurutmanın farklı periyotlarda meydana geldiği görülebilecektir.

A-B Periyodu: Bu periyot dengeleme periyodu olarak adlandırılmaktadır. Bu aşamada gıdanın yüzey şartları, kurutma ortamının şartlarıyla dengeye gelmektedir. Gıda kurutma ortamına göre daha düşük bir sıcaklıktaysa A noktasıyla, daha yüksek bir sıcaklıktaysa A' noktasıyla verilmektedir. Bu periyodun uzunluğu tüm kurutma periyodu dikkate alındığında genellikle oldukça kısadır (Brennan 1994; Okos *et al.* 2007).



Şekil 1.1. Tipik kurutma eğrileri: (a) zamana karşı nem içeriği, (b) nem içeriğine karşı kurutma hızı (Okos *et al.* 2007).

B-C Periyodu: Bu periyot sabit hız periyodu olarak adlandırılmaktadır. Bu periyotta kuruma sabit hızda gerçekleşmektedir. Sabit hız periyodunda ürüne transfer edilen ısının tamamı nemin buharlaşmasına harcanmakta ve böylece sıcaklık sabit hız periyodu boyunca kuru havanın yaş termometre sıcaklığında kalmaktadır. Sabit hız periyodu boyunca ağırlıklı olarak konveksiyonla ısı transferi söz konusudur. Bu periyodun

uzunluğu toplam kurutma zamanının küçük bir kısmını oluşturmaktadır. Bu periyotta ürün yüzeyi neme doymuştur ve transfer edilen ısı ile ürün yüzeyinden su uzaklaştırılmaktadır. Yüzeyden evapore olan nem ürünün iç kısımlarından yüzeye doğru olan nem hareketi ile tamamlanmaktadır. Ürünün iç bölgelerinden yüzeye doğru olan nem hareketi, yüzeydeki evaporasyon oranından düşük olduğu anda sabit hız periyodu sona ermektedir. Sabit hız periyodunun sona ermiş olduğu bu noktaya (C noktası) “kritik nem içeriği” adı verilir ve her gıdanın kendine has bir kritik nem içeriği bulunmaktadır (Brennan 1994; Okos *et al.* 2007).

C-D ve D-E Periyodu: Bu periyot azalan hız periyodu olarak adlandırılmaktadır. Üründeki nem içeriği kritik nem içeriğine ulaştıktan sonra, artık iç kısımlardan yüzeye doğru olan nem hareketi yüzeyde meydana gelen evaporasyonu karşılayamaz ve yüzey kurumaya başlar. Bu periyotta ürünün yüzey sıcaklığı yavaş bir şekilde artmaktadır. Şekil 1.1b’de bu durum C-D ile gösterilmiştir. Yüzey tamamen kuruduktan sonra ise ikinci azalan hız periyodu başlar. Bu aşamada gıda içerisinde buharlaşma gerçekleşmektedir. Ürünün iç kısımlarında evapore olan su buharı kendinden hemen önce kurumuş olan tabakaları geçerek yüzeye doğru hareket eder ve buradan kurutma ortamına karışır. Bu aşamada kurutma hızı iyice azalmaktadır. Bu durum ise Şekil 1.1b’de D-E aralığı ile gösterilmiştir. Azalan hız periyodu kurutmanın en uzun sürdüğü periyot olup, gıdaya verilen zararın büyük çoğunluğu bu kademedeki gerçekleşmektedir (Brennan 1994; Okos *et al.* 2007).

Azalan hız periyodunda gıda içerisinde bir nem profili mevcuttur ve bu nem profili kurutma şartlarına bağlı olarak değişkenlik göstermektedir. Nem içeriği kurutulmakta olan ürünün merkezinde en yüksek, yüzeyinde ise en düşük seviyededir. Bu şartlar altında gıda içerisinde yüzeye doğru olan nem hareketi bir veya birkaç mekanizma ile gerçekleşmektedir. Bu mekanizmaları 1) Konsantrasyon farklılığından kaynaklanan sıvı difüzyonu, 2) kısmi basınç farkından kaynaklanan buhar difüzyonu, 3) Kapiler etkilerin sebep olduğu sıvı hareketinden kaynaklanan kapiler akış (bu durum özellikle poroz yapıya sahip gıdalarda etkili olmaktadır), 4) Gıdanın yüzeyi ile merkezi arasındaki sıcaklık farkından kaynaklanan termal akış olarak gruplandırabilmek mümkündür

(Rosello *et al.* 1992; Trujillo *et al.* 2007). Kurutma esnasında gıdalardaki nem hareketi için belirtilen mekanizmalar arasında, en çok kabul gören ve işleme sırasında nem içeriğindeki değişimleri tanımlamak için kullanılan mekanizma sıvı difüzyonudur. Bu mekanizma örnek boyutlarına bağlı olarak Fick'in 2. eşitliğinin çözümlenmesiyle ifade edilmekte ve mekanizmada nem hareketinin hızı efektif difüzyon (D_{eff}) değeri ile verilmektedir (Rosello *et al.* 1992; Brennan 1994; Clemente *et al.* 2007; Toledo 2007; Corzo *et al.* 2008).

Kurutma işlemini matematiksel olarak ifade edebilmek için kurutma şartlarına ve kurutulan ürünlere de bağlı olarak çeşitli modellendirmeler geliştirilebilmekte ve bu modellendirmeler sayesinde kurutma kinetikleri için önceden bazı tahminler yapılabilmektedir (Hernandez *et al.* 2000; Hussain and Dincer 2003; Toledo 2007; Corzo *et al.* 2008). Böylece proses tasarımı, işleme pratikleri, kalite kontrolü ve enerji tasarrufu konularında gelişme sağlanabilmektedir (Hussain and Dincer 2003).

Modellendirme çalışmalarında iki farklı yol izlenebilmektedir; 1) Ürün içerisindeki nem hareketinin mekanizması dikkate alınarak oluşturulan modellendirmeler. Burada genellikle Fick'in 2. kanunu örnek şekline göre çeşitli parametreler de (sabit veya değişken difüzyon, şirink v.b.) dikkate alınarak çözümlenmektedir. 2) Deneysel veriler kullanılarak oluşturulan kurutma eğrisine uyan matematiksel ifadelerin geliştirilmesi. Burada ise deneysel olarak elde edilen veriler kullanılarak bir kurutma eğrisi oluşturulmakta ve bu eğriyi ifade edebilecek uygun bir matematiksel ifade geliştirilmektedir (Hernandez *et al.* 2000; Ratti 2001; Tripathy and Kumar 2009).

Pastırma üretimine ait kurutma karakteristiklerinin, tuz ve nem difüzyon değerlerinin çalışılmadığı dikkate alınarak planlanan bu çalışmada, pastırma üretimine ait kurutma karakteristikleri ile tuzlama ve kurutma aşamalarına ait tuz ve nem D_{eff} değerleri tespit edilmeye çalışılmıştır. Bu amaçla pastırma örnekleri sonsuz dilim geometrisi olarak kabul edilmiş ve Crank (1975) tarafından verilen Fick'in 2. eşitliğinin analitiksel çözümü kullanılmıştır.

2. KAYNAK ÖZETLERİ

Aksu ve Kaya (2001a) tarafından yapılan bir araştırmada, Erzurum piyasasındaki 6 farklı şletmeden alınan 48 pastırma örneği analiz edilmiştir. Pastırmalarda yapılan mikrobiyolojik analizler sonucunda floraya laktik asit bakterileri ile *Micrococcus* ve *Staphylococcus* cinsi bakterilerin hakim olduğu tespit edilmiştir. *Enterobacteriaceae*, koliform grubu bakteri ve *E. coli* sayılarının ise genellikle saptanabilir sınırın altında olduğu belirlenmiştir. Örneklere, nem miktarının %38,98–51,51, tuz miktarının %2,74–9,36, kalıntı nitritin 0,93–11,59 ppm ve kalıntı nitrit/nitratın 39,35–522,35 ppm arasında değiştiği, pH değerinin ise 5,68–6,08 arasında olduğu belirlenmiştir. 1–2 mm kalınlığında dilimlenmiş pastırmaların L* değeri 32,05–50,00, a* değerini 13,66–36,63 ve b* değerini 6,67–20,54 arasında bulunmuştur. Ayrıca incelenen kriterler açısından şletmeler arasında çok önemli farklılıkların bulunmadığı araştırmacılar tarafından rapor edilmiştir.

Üç farklı starter kültür preparatı kullanılarak üretilen pastırmaların son ürün özelliklerinin incelendiği bir araştırmada, kullanılan starter kültürlerin pastırmaların toplam aerobik mezofilik, *Micrococcus/Staphylococcus* ve laktik asit bakterisi sayılarını etkilediği belirlenmiştir. *Enterobacteriaceae* sayısı ise genellikle saptanabilir sınırın altında bulunmuştur. *Staphylococcus xylosus*+*Lactobacillus sakei* karışık kültürü kullanılarak üretilen pastırmalarda diğer gruplara göre daha düşük pH, kalıntı nitrit ve nitrit/nitrat miktarları tespit edilmiştir (Aksu ve Kaya 2001b).

Aksu ve Kaya (2002a) tarafından yapılan bir araştırmada, potasyum nitrat ve ticari starter kültür (*Staphylococcus carnosus*+*Lactobacillus pentosus*) kullanılarak pastırma üretimi yapılmıştır. Pastırmalık etler kuru kürlenme yöntemine göre kürlenmiş ve kürlenmede KNO₃ ile birlikte NaCl, glukoz ve sakkaroz kullanılmıştır. Üretimde starter kültür kullanımının toplam aerobik mezofilik, *Micrococcus/Staphylococcus* ve laktik asit bakteri sayıları üzerinde etkili olduğu tespit edilmiş ve en yüksek sayılara pastırma üretiminin ikinci kurutma aşamasında ulaşıldığı belirlenmiştir. Ticari starter kültür kullanılarak üretilen pastırmalarda daha düşük kalıntı nitrit/nitrat miktarları

bulunmuştur. Ayrıca starterli örneklerde protein tabiatında olmayan azotlu madde miktarlarının daha yüksek olduğu araştırmacılar tarafından vurgulanmıştır.

Aksu ve Kaya (2002b) tarafından yapılan bir araştırmada, salamura ve kuru kürlenme yöntemleri ile üretilen pastırmalarda starter kültür (*Staphylococcus carnosus*+*Lactobacillus pentosus*) kullanımının, pastırmanın bazı kimyasal, fiziksel ve mikrobiyolojik özelliklerine etkileri incelenmiştir. Araştırma sonucunda kürlenme yönteminin tuz, nitrit ve nitrit/nitrat miktarları üzerinde çok önemli, nem miktarı ve pH üzerinde ise önemli etkiye sahip olduğu tespit edilmiştir. Starter kültürün ise nitrit ve nitrit/nitrat miktarları üzerinde çok önemli etki gösterdiği bulunmuştur. Araştırmacılar nem, tuz, nitrit, nitrit/nitrat ve protein tabiatında olmayan azotlu madde (NPN) miktarlarının üretim aşamalarında önemli düzeyde değişkenlik gösterdiğini vurgulayarak, her iki kürlenme yönteminde de hem starterli hem de kontrol grubu pastırmalarda tespit edilen L* değerleri arasında farklılık görülmezken, +a* değerinin starter kültürü örneklerde kontrole göre daha yüksek olduğunu bulmuşlardır. Toplam aerobik mezofilik, *Micrococcus/Staphylococcus* ve laktik asit bakterisi sayıları üzerinde kullanılan starter kültürün ve üretim aşamalarının çok önemli etkiye sahip oldukları, kürlenme metotlarının ise bu bakteri sayıları üzerinde etkili olmadığı saptanmıştır.

Aksu ve Kaya (2002c) tarafından yapılan bir başka araştırmada ise pastırmanın yağ asidi kompozisyonu üzerine farklı ticari starter kültürlerin etkileri araştırılmıştır. Araştırma sonucunda pastırma üretiminde ticari starter kültürlerin kullanımının yağ asidi kompozisyonu üzerinde önemli etkiye sahip olduğu gözlemlenmiştir. Bununla birlikte, yağ asidi kompozisyonu üzerine her bir starter kültürün etkisinin farklı olduğu ve yağ asidi kompozisyonundaki değişimlerin pek çoğunun kurutma aşamalarında meydana geldiği tespit edilmiştir. Aynı araştırmada starter kültür kullanılarak üretilen pastırma örneklerinin TBA değerlerinin, kontrol grubuna göre daha düşük olduğu belirlenmiştir.

Üç farklı starter kültür preparatının, pastırmanın myofibriler proteinleri üzerine etkisinin araştırıldığı bir çalışmada, ticari starter kültürlerin kullanımının myofibriler proteinlerin

parçalanması üzerinde önemli bir etkiye sahip olduğu gözlemlenmiştir. Bununla birlikte her bir starter kültürün pastırmadaki myofibriler parçalanma üzerine etkisinin farklı olduğu ve myofibriler proteinlerdeki değişimlerin çoğunun *S. carnosus*+*L. pentosus* kullanımı ile meydana geldiği tespit edilmiştir (Aksu vd 2002).

Doğruer vd (2003) tarafından farklı düzeylerdeki potasyum ve sodyum nitrat etkisini belirlemeye yönelik yapılan bir çalışmada, pastırma üretiminin değişik aşamalarında ürünün bazı kimyasal ve mikrobiyolojik nitelikleri araştırılmıştır. Araştırma sonucunda kimyasal analiz sonuçlarına göre numunelerin nem, tuz miktarları ile pH ve a_w değerlerinde gruplar arasında önemli bir fark tespit edilmemiştir. Nitrat ve nitrit miktarlarında ise uygulanan faktörlerden nitrat oranına bağlı olarak üretimin değişik aşamalarında gruplar arasında önemli farklar ortaya çıktığı belirlenmiştir. Sonuç olarak araştırmada, pastırmalara uygulanan farklı nitrat tuzu ve oranlarının ürünün kimyasal ve mikrobiyolojik kalitesi üzerine dikkate değer bir etkisinin olmadığı, nitrat ve nitrit düzeyleri dikkate alındığında ise %1'in üzerinde nitrat kullanımının halk sağlığı açısından risk oluşturabileceği kanaatine varılmıştır.

Dilimlenmiş pastırmanın fiziksel, kimyasal ve mikrobiyolojik özellikleri üzerine modifiye atmosferde ambalajlamanın etkilerinin araştırıldığı bir çalışmada, dilimlenmiş pastırma örnekleri %50 N₂+%50 CO₂ içeren ortamda 4⁰C ve 10⁰C'lerde 150 gün süreyle depolanmıştır. Çalışma sonucunda depolama periyodunun, depolama sıcaklığının ve depolama periyodu x depolama sıcaklığı interaksyonunun pH ve a* değeri ile toplam aerobik bakteri, laktik asit bakterisi ve *Micrococcus/Staphylococcus* sayıları üzerinde önemli etkisinin olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca depolama periyodu ve depolama sıcaklıklarının, nem, TBARS, serbest yağ asidi ve suda çözünebilir azot değerleri üzerinde de etkili olduğu belirlenmiştir (Aksu ve Kaya 2005).

Taze veya dondurulmuş-çözündürülmüş etten yapılan pastırmada kalıntı nitrit miktarının belirlendiği bir çalışmada, dilimlenmiş pastırma örnekleri 4⁰C ve 10⁰C'lerde 150 gün modifiye atmosferde ambalajlanarak depolanmış ve kalıntı nitrit miktarı depolamanın 0, 30, 60, 90 ve 150. günlerinde belirlenmiştir. Dondurulmuş-

çözündürülmüş etten yapılan pastırma örneklerinin kalıntı nitrit miktarının, depolamanın hem ilk hem de son gününde taze etten yapılan pastırma örneklerindeki göre daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca depolama sıcaklığının, depolama periyodunun ve depolama sıcaklığı x depolama periyodu interaksyonunun kalıntı nitrit miktarı üzerinde önemli etkilere sahip olduğu saptanmıştır (Aksu vd 2005).

Kurutulmuş pastırmanın nem sorpsiyon karakteristiklerinin 0,2–0,9 su aktivitesi aralığında ve 15, 20, 30°C’lerde araştırıldığı bir çalışmada, pastırma için sigmoidal (Tip II) adsorpsiyon izotermi belirlenmiştir. Belirlenen deneysel sorpsiyon verileri, Halsey, Harkins-Jura, Smith, BET, Henderson, Freundlich ve GAB izoterm eşitliklerine uygulanarak, bu eşitliklerin pastırmaya uygunluğu test edilmiştir. 15, 20 ve 30°C’lerde ve çalışılan tüm su aktivitesi aralıklarında pastırma için elde edilen sorpsiyon verilerinin bu eşitliklere en iyi uygunluk gösterme sırasının Harkins-Jura>Halsey>BET>Smith>Freundlich>GAB>Henderson şeklinde olduğu tespit edilmiştir. Çalışmada adsorpsiyon izosterik ısıları ise deneysel izotermelere Clasius-Clapeyron eşitliği uygulanarak belirlenmiş ve izosterik ısı değerlerinin artan nem içeriği ile azaldığı saptanmıştır (Aktas ve Gürses 2005).

Aktaş vd (2005) tarafından yapılan bir çalışmada, pastırma üretimi esnasında myofibriler proteinler üzerine farklı ticari starter kültürlerin etkileri Differential Scanning Calorimetry (DSC) kullanılarak araştırılmıştır. Çalışmada pastırmanın üretim sürecinin, myosin ve aktinin termal stabilitelerini önemli derecede düşürdüğü tespit edilmiştir. Ayrıca, pastırmanın myofibriler fraksiyonunun, *S. carnosus* + *L. pentosus* ile daha belirgin bir denatürasyona uğradığı bildirilmiştir.

Pastırma üretiminde *Escherichia coli* O157:H7 üzerine koruyucu kültürlerin etkilerini tespit etmek amacıyla yapılan bir çalışmada, *E. coli* O157:H7 ile kontamine edilmiş sığır etlerinden pastırma üretimi gerçekleştirilmiştir. Çalışmada ikinci kurutma aşamasının sonunda kontrol grupları ile koruyucu kültür ilave edilmiş gruplar arasında *E. coli* O157:H7 seviyelerinde farklılık olduğu, diğer üretim aşamalarının sonunda ise bir farklılık olmadığı belirlenmiştir. Sonuç itibarıyla pastırma üretiminde *E. coli*

O157:H7 düşüşünü etkileyen en önemli faktörün kurutma prosesindeki su kaybı olduğu bildirilmiştir (Aksu vd 2008).

Gök vd (2008) ambalajlama metodunun, dilimlemenin ve depolama süresinin pastırmanın kimyasal, mikrobiyolojik ve duyusal özellikleri üzerine etkilerini araştırmışlardır. Modifiye atmosferde ambalajlamanın, hava ve vakum ile ambalajlamaya göre pastırmanın kimyasal, mikrobiyolojik ve duyusal özelliklerini daha iyi koruduğunu tespit etmişlerdir. Araştırmacılar, pastırmanın kalite özelliklerinin korunması açısından modifiye atmosferde ambalajlamanın en uygun yöntem olduğunu vurgulamışlardır.

Pastırmanın bazı kimyasal, mikrobiyal ve duyusal özellikleri üzerine salamura injeksiyonunun ve tumbling işleminin etkisinin araştırıldığı bir çalışmada, pH, nem ve tuz içeriği üzerine kürlenme tekniklerinin etkisi önemli bulunmuştur. Tumbling işleminin kuru kürlenmiş pastırmanın su içeriğini artırdığı, tuz injekte edilmiş pastırmanınkini ise önemli derecede düşürdüğü tespit edilmiştir. Tuz injeksiyonu ve tumbling işleminin *Staphylococcus aureus*, halofilik bakteriler ve laktik asit bakterilerinde önemli derecede artışa sebebiyet verdiği belirlenmiştir. Ayrıca kuru kürlenmiş pastırmanın tuz injekte edilmiş pastırmaya göre daha yüksek renk ve görünüş değerlerine sahip olduğu belirtilmiştir (Guner *et al.* 2008).

Kaban (2009) geleneksel üretim esnasında pastırmanın uçucu bileşenleri ile mikrobiyal ve fizikokimyasal parametrelerindeki değişimleri belirlemiştir. Araştırmada, pH değerinin üretimin son safhalarında artış gösterdiği, işleme esnasında a_w değerinin düştüğü, TBARS ve NPN seviyelerinin ise üretim süresine bağlı olarak arttığı tespit edilmiştir. Mikrobiyolojik analizlerde Gram pozitif-katalaz pozitif kokların pastırmada baskın mikroorganizmalar olduğu belirlenmiştir. Pastırma üretimi esnasında toplamda 48 uçucu bileşik tespit edilmiş, aldehit yapısındaki bileşiklerin ikinci kurutmanın sonlarında maksimum seviyelere ulaştığı bildirilmiştir. Son üründe ise aromatik hidrokarbonların baskın uçucu bileşikler olduğu belirlenmiştir.

Işıksal *et al.* (2009) tarafından yapılan bir çalışmada geleneksel et ürünlerinden sucuk ve pastırmanın 5⁰C, 15⁰C ve 25⁰C'deki desorpsiyon izotermi belirlenmiş ve elde edilen deneysel verilerin BET ve GAB modellerine uygunlukları incelenmiştir. Araştırma sonunda desorpsiyon izotermi sıcaklığa bağlı olduğu, deneysel verilerin ise 0,1–0,5 a_w aralığında ve her üç sıcaklık derecesinde BET modeline uyduğu belirlenmiştir.

Maurya *et al.* (2010) manda pastırmasının fizikokimyasal kalitesi üzerine starter kültürün ve zerdeçal muamelesinin etkilerini araştırmışlardır. Çalışma kapsamında starter kültür ilave edilmiş örnekler 2 muamele grubuna ayrılmış, 1. muameleye ait örneklere zerdeçal ilave edilmiş, 2. muameleye ait örneklere ise zerdeçal kullanılmadan çemenleme yapılmıştır. Çalışmada kademeli bir pH düşüşü ile örneklerin su tutma kapasitelerinin düştüğü belirlenmiştir. Ayrıca zerdeçal uygulanmış örneklerin TBA sayılarının uygulanmamış olanlara göre önemli derecede düşük olduğu belirlenmiştir.

Sabadini *et al.* (1998) yaş ve kuru tuzlama yapılmış et örneklerinde kütle transferini ve tuz difüzyonunu araştırmışlardır. Bu amaçla sığır etlerini doymuş salamura ve kuru tuzlama ile iki farklı sıcaklıkta (10⁰C ve 20⁰C) ve farklı sürelerde (120 dakika ve 96 saat) tuzlamışlardır. Araştırma sonucunda etteki su kaybının tuz emilimiyle arttığı belirlenmiş ve her iki tuzlama prosesinde de 20⁰C'deki nem kaybının 10⁰C'dekinden daha fazla gerçekleştiği bulunmuştur. Ayrıca kuru tuzlama prosesinde yaş tuzlamaya göre, tuz emiliminin ve nem kaybı kinetiklerinin daha hızlı olduğu tespit edilmiştir. Aynı zamanda dilimlere ait örnekler için Fick kanunu analitik olarak çözümlenmiş ve D_{eff} değerleri belirlenmiştir. Bu değerler yaş tuzlama için 20⁰C'de 0.26×10⁻¹⁰m²/s ve 10⁰C'de 0.25×10⁻¹⁰m²/s olarak, kuru tuzlamada ise 20⁰C'de 19.37×10⁻¹⁰m²/s ve 10⁰C'de 17.21×10⁻¹⁰m²/s olarak tespit edilmiştir.

Wang *et al.* (2000) tarafından yapılan bir çalışmada, Atlantik alabalıklarında rigor mortise bağlı olarak tuz difüzyonu araştırılarak tuz difüzyonunu belirlemek ve ifade edebilmek için çalışma kapsamında bir model geliştirmişlerdir. Geliştirilen modelin pre-rigor, rigor ve post-rigordaki kaslarda iyi sonuçlar verdiği deneysel sonuçlarla

doğrulanmıştır. Alabalıklarda tuz difüzyon hızları pre-rigor, rigor ve post-rigordaki kaslar için sırasıyla $0,88 \times 10^{-10}$ – $0,92 \times 10^{-10}$, $0,29 \times 10^{-10}$ – $3,40 \times 10^{-10}$ ve $1,09 \times 10^{-10}$ – $1,52 \times 10^{-10}$ m²/s olarak belirlenmiştir. Araştırmacılar ayrıca pre-rigordaki alabalık kaslarının aynı sürede tuzlanmış rigor ve post-rigordaki alabalık kaslarına göre daha düşük tuz konsantrasyonuna sahip olduğunu tespit etmişlerdir.

Domuz etinde NaNO₂ ve KNO₃'ün difüzyonuna NaCl konsantrasyonunun etkisini araştırmak için yapılan bir çalışmada, yüksek NaCl konsantrasyonlarında dokudaki tuz difüzyon hızlarında artış tespit edilmiştir. Çalışmada, yüksek NaCl konsantrasyonunun dokudaki hücresel yapıyı etkilediği ve böylece daha yüksek difüzyon katsayılarına yol açtığı bildirilmektedir (Pinotti *et al.* 2001).

Barat *et al.* (2003) tarafından yapılan bir çalışmada morina balığının tuzlanması esnasında ağırlık, tuz içeriği ve tekstürde meydana gelen değişimler ile bu değişimler üzerine kullanılan tuzlama yöntemlerinin etkisi araştırılmıştır. Bu amaçla salamura ve kuru tuzlama metotları denenmiştir. Sonuçta bu iki metot arasında önemli farklılıklar tespit edilmiş olup, çözünen konsantrasyonları ve sistem basınçları dikkate alınarak itici kuvvetlerdeki farklılıklar tanımlanmaya çalışılmıştır.

Öztan and Mutlu (2005), dana etinde nitritin efektif difüzyon katsayısını belirlemek amacıyla bir difüzyon çemberi tekniğini çalışmışlardır. Çalışma neticesinde nitritin et içerisindeki difüzyon katsayısını $1,1 \times 10^{-10}$ m²/s olarak tespit etmişlerdir.

Graiver *et al.* (2006) domuz etinin mikro yapısına ve protein denatürasyonuna salamura konsantrasyonunun etkisini belirlemek, su içeriği, tuz emilimi ve protein çözünürlüğündeki değişimler üzerine NaCl konsantrasyonunun etkisini tespit etmek ve 4⁰C'de domuz etinde NaCl'nin D_{eff} değeri üzerine salamura konsantrasyonunun etkisini saptamak amacıyla bir çalışma yürütmüşlerdir. Kontrol grubu örneklerinin DSC termogramlarında 57,6⁰C'de miyosine, 66,2⁰C'de sarkoplazmik proteinler ile kalojene, 80,3⁰C'de ise aktine karşılık gelen 3 büyük pik gözlemlenmiştir. Araştırmada, NaCl konsantrasyonunun artmasıyla beraber pik sayısının azaldığı ve piklere ait maksimum

sıcaklıkların değiştiği belirlenmiştir. Araştırmacılar NaCl konsantrasyonuna bağlı olarak D_{eff} değerinde artış meydana geldiğini ve bu durumun tuz nüfuzunun hücre sel yapıyı etkilemesiyle açıklanabileceğini bildirmişlerdir.

Köpek balığı etinde salamura sıcaklığının, ağırlık kaybı, tuz kazanımı ve su aktivitesi üzerine etkisinin araştırıldığı bir çalışmada Fick'in ikinci kanunun analitiksel çözümü kullanılarak D_{eff} değerleri belirlenmiştir. Su kaybı üzerinde salamura sıcaklığının belirgin bir etkisi olduğu bildirilmiş olup, tüm sıcaklıklarda araştırılan parametrelere ait en büyük değişimlerin tuzlamanın ilk 4 saati içerisinde gerçekleştiği tespit edilmiştir (Mujaffar and Sankat 2006).

Bellagha *et al.* (2007) tarafından yapılan bir çalışmada sardalye balığı etleri kuru veya yaş tuzlama işleme tabi tutulmuş, daha sonra ise kurutma işlemi gerçekleştirilmiştir. Çalışmada tuzlama yönteminin, tuz alımı ve su kaybı üzerinde önemli derecede etkili olduğu tespit edilmiştir.

Tavuk etinin kürlenmesi esnasında NaCl difüzyonunun kinetiklerini belirlemek amacıyla yapılan bir çalışmada, NaCl'nin D_{eff} değerini hesaplamak ve absorblanan NaCl miktarını tahmin edebilmek için Fick'in ikinci kanunun analitiksel çözümü kullanılmıştır. Çalışmada deneysel veriler ile analitiksel çözümleme arasında iyi bir uyum tespit edilmiştir. Araştırma sonucunda NaCl'nin tavuk etindeki D_{eff} değerinin $8,99 \times 10^{-10} - 9,55 \times 10^{-10} m^2/s$ aralığında değiştiği bulunmuştur (Volpato *et al.* 2007).

Salamura özeltisi kullanılarak yapılan kürlleme işleminde uygun tuz konsantrasyonlarını ve daldırma sürelerini belirlemeye yönelik yapılan bir çalışmada, domuz etinde kürlleme tuzlarının ($NaNO_2$, KNO_3 ve NaCl) emilimini ifade edecek matematiksel bir model geliştirilmeye çalışılmıştır. Et örnekleri için sonlu silindir geometrisi dikkate alınarak sayısal çözümleme yapılmış ve elde edilen model, tuz çözeltilerine daldırılmış farklı çaplardaki domuz eti örneklerinden elde edilen deneysel verilerle doğrulanmıştır. Geliştirilen bu model ile istenilen tuz konsantrasyonlarını ve

maksimum nitrit miktarlarını sağlayacak salamuraya daldırma sürelerinin tahmini mümkün olmuştur (Graiver *et al.* 2009).

Farklı pH değerlerine ve yağ oranlarına sahip domuz etlerinde NaCl difüzyonunun araştırıldığı bir çalışmada klorür içerikleri ve D_{eff} değerleri belirlenmiştir. Çalışmada, et pH'sı düştükçe NaCl içeriğinin arttığı ve daha yüksek tuz D_{eff} değerlerinin belirlendiği bildirilmiştir. Yağ içeriğindeki artış ise D_{eff} değerlerini düşürmüştür. Örneklerdeki D_{eff} değerleri $0,12 \times 10^{-9}$ – $3,46 \times 10^{-9} m^2/s$ olarak tespit edilmiştir (Cierach and Modzelewska-Kapitula 2009).

Sobukola and Olatunde (2011) Afrika yayın balığı etinin tuz kazanımı ve kurutma kinetikleri üzerine, kuru ve yaş tuzlama tekniklerinin etkilerini araştırmışlardır. Tuz kazanımının salamura konsantrasyonundan, tuzlama zamanından ve sıcaklığından etkilendiğini bildirmişlerdir. Ayrıca tuz kazanımının tuzlamanın ilk saatlerinde daha hızlı olduğunu, zaman ilerledikçe azaldığını tespit etmişlerdir.

Zhang *et al.* (2011) tarafından yapılan bir çalışmada sazan balığı etinde tuz difüzyon kinetikleri araştırılmış ve difüzyon özelliklerinin sıcaklık, tuz içeriği ve kas yönelimi ile büyük ölçüde etkilendiği bildirilmiştir. Çalışmada elde edilen tuz D_{eff} değerlerinin tuzlama zamanı ile azaldığı, fakat artan sıcaklık ile arttığı tespit edilmiştir. Çalışma sonucunda tuz D_{eff} değerleri $0,32 \times 10^{-9}$ – $5,86 \times 10^{-9} m^2/s$ aralığında bulunmuştur.

Barat *et al.* (2011) tarafından yapılan bir çalışmada farklı matematiksel modeller kullanılarak domuz etinde tuz transfer prosesinin kinetikleri araştırılmıştır. Bu amaçla NaCl ve KCl difüzyonu ile bunlara ait D_{eff} değerleri belirlenmeye çalışılmıştır. Kullanılan işlem şartları ve matematiksel modellere bağlı olarak 10^{-8} ile $10^{-14} m^2/s$ arasında çok sayıda D_{eff} değeri elde edilmiştir.

Tuzlanmış köpekbalığı (*Carcharhinus limbatus*) et parçalarının kurutma prosesinde, farklı sıcaklık, nispi nem ve hava hızı kullanılarak gerçekleştirilen bir çalışmada, şirink etkisi Fick'in ikinci kanununa ait eşitlikte hesaplamaya dahil edilmiştir. Araştırmada

şirink olmadığı dikkate alınarak hesaplanan efektif difüzyon hızları şirink olduğu dikkate alınarak hesaplanan difüzyon hızlarından daha yüksek tespit edilmiştir. Yine şirink olmadığı kabul edilerek efektif difüzyon hızları için hesaplanan aktivasyon enerjisi şirink olduğu kabul edilerek hesaplanan aktivasyon enerjisinden daha yüksek belirlenmiştir (Park 1998).

Hawladar *et al.* (1999) kurutma esnasında şirinke uğrayan materyallerdeki ısı ve kütle transferini açıklamak için matematiksel bir model geliştirmişler ve hem ısı hem de kütle transferi eşitliklerini sayısal bir teknik kullanarak beraberce çözümlenmişlerdir. Çalışma sonucunda örnekler için tahmin edilen sıcaklık ve nem dağılımları ile deneysel sonuçlar arasında oldukça iyi bir uyum tespit edilmiş ve analitiksel çözümler üzerine şirinkin etkisi önemli bulunmuştur.

Gou *et al.* (2002), 5°C’de ve %80 nispi nemde kurutulan tuzlanmış ham örneklerinde, et pH’sı ve et lif yöneliminin D_{eff} değeri üzerine etkilerini incelemişlerdir. Bu amaçla, üç farklı kastan elde ettikleri dikdörtgen boyutlu et örneklerinin dört yüzünü PVC film ile kaplayarak dikdörtgen dilimin sadece iki yüzünde tuzlama ve kurutma işlemini gerçekleştirmişlerdir. Araştırmacılar, Fick’in ikinci kanununa bağlı olarak hesaplamış oldukları D_{eff} değerlerinin 2.03×10^{-11} ile $2.55 \times 10^{-11} m^2/s$ aralığında değişiklik gösterdiğini tespit etmişlerdir. Araştırmacılar D_{eff} değerine başlangıç et pH’sının önemli etkide bulunmadığını, et lif yöneliminin ise ihmal edilebilir seviyede etkili olduğunu tespit etmişlerdir.

Gou *et al.* (2003) tuzlanmış ve tuzlanmamış *Gluteus medius* kaslarında farklı sıcaklıklarda (5, 13, 19, 26°C) ve %80 nisbi nemde yaptıkları kurutuma işleminde nem D_{eff} değerlerini belirlemişlerdir. Araştırmacılar D_{eff} değerlerini Fick’in ikinci kanununu kullanarak belirlemiş ve değerlerin sıcaklık arttıkça veya NaCl içeriği azaldıkça arttığını tespit etmişlerdir. Arrhenius eşitliği kullanılarak elde edilen aktivasyon enerjisi değerlerinin ise tuzlama yapılmamış örneklerde daha düşük olduğu saptanmıştır.

Simal *et al.* (2003) sobrassadanın (Mallorca’da yapılan geleneksel bir et ürünü) 14⁰C de %85 nispi nemde kurutulmasına yönelik yapmış oldukları bir çalışmada dış kütle transfer direncini dikkate alan basit bir matematiksel model önermişlerdir. Çalışma sonucunda deneysel verilerden efektif difüzyon ve dış kütle transfer katsayısı sırasıyla $2.86 \times 10^{-11} \text{m}^2/\text{s}$ ve $3.99 \times 10^{-3} \text{m/s}$ olarak tespit edilmiştir.

Kuru kütleme uygulanmış ham örneklerinin farklı sıcaklıklarda işlenmesi esnasında nem D_{eff} değerlerinin belirlenmesi amacıyla yapılan bir çalışmada, tuzlama, dinlendirme ve 4 aylık kurutma sonunda örneklerde NaCl/nem oranı ve D_{eff} değeri belirlenmiştir. Araştırma sonucunda D_{eff} değerinin tuzlama ve dinlendirme sonrası hariç diğer aşamalarda artan nem içeriği ile artış gösterdiği bulunmuştur. Çalışmada D_{eff} değerine sıcaklığın pozitif bir etkisinin olduğu da rapor edilmiştir (Gou *et al.* 2004).

Mayor and Sereno (2004) kurutulmuş gıda materyallerinde şirinki tanımlamak için önerilmiş farklı modellerin sınıflandırmasını yaptıkları çalışmalarında bu modelleri farklı gıda maddelerinin kurutulması esnasında elde edilmiş deneysel verilerle karşılaştırmışlardır. Araştırmacılar kurutma esnasında gıdalarda meydana gelen şirinkin kurutulmuş ürünün kalitesi üzerinde etkili olduğunu ve kurutma prosesi esnasında şirinkin kontrol edilebilmesi durumunda ürün kalitesinin arttırılabileceğini ifade etmişler ve şirinkin kurutma prosesinde dikkate alınması gerektiğini bildirmişlerdir.

Erdoğdu (2005) gıda işleme proseslerinin karakterizasyonu ve modellenmesinde, ısı (ısı transfer katsayısı ve termal difüzyon) ve kütle (kütle transfer katsayısı ve difüzyon katsayısı) transfer parametrelerinin önemine değinmiş ve bu parametrelerin belirlenmesi için farklı yaklaşımlar söz konusu olduğunu bildirmiştir. Düzgün geometriler için (sonsuz dilim, sonsuz silindir ve küre) analitiksel çözümler bu parametrelerin deneysel olarak belirlenmesinde yaygın olarak kullanıldığını, bununla birlikte bu çözümlerde parametrelerden birini belirlemek için diğerinin de bilinmesine gerek olduğunu ifade etmiştir. Bu nedenle parametrelerin beraberce belirlenebilmesi için uygun yöntemlerin geliştirilmesi gerektiğinin önemine değinmiştir.

Daha önceden dondurulmuş ve tuzlanmış ham örneklerinin, doğal konveksiyon şartları altında kurutulması üzerine dış direncin etkisinin araştırıldığı bir çalışmada, farklı kurutma sıcaklıklarında (5, 10, 15 ve 20°C) kurutma kinetikleri belirlenmiştir. Çalışma sonucunda etin doğal konveksiyon şartları altında kurutulması esnasında kütle transferinde dış direncin dikkate alınması gerektiği vurgulanmıştır (Clemente *et al.* 2007).

Karides ve sazan balığının güneşte kurutma kinetiklerinin belirlendiği bir çalışmada, kurutma hızı eğrisinin sabit hız periyodu içermediği ve kurutma boyunca lineer azalma gösterdiği tespit edilmiştir. Çalışmada, nem D_{eff} değerlerinin Fick eşitliğinden elde edildiği ve nem içeriği ile üstel bir ilişkiye sahip olduğu belirtilerek, karides ve sazan balığı için belirlenen nem D_{eff} değerlerinin sırasıyla 11.11×10^{-11} ve $8.71 \times 10^{-11} m^2/s$ olduğu rapor edilmiştir. Araştırma sonucunda geliştirilen matematiksel modelin, karides ve sazan balığı için belirlenen kurutma kinetiklerini iyi bir şekilde temsil edebildiği de vurgulanmıştır (Jain and Pathere 2007).

Sığır etinin kurutulması esnasında et liflerine dik yönde gerçekleşen su difüzyonunun belirlendiği bir çalışmada, üç farklı matematiksel metot kullanılarak elde edilen veriler ile deneysel olarak elde edilen veriler karşılaştırılmıştır. Matematiksel ifadelerden birincisinde sabit hacim, sabit sıcaklık ve sıfır yüzey direnci, ikincisinde ise sadece sabit hacim kabulü yapılmış, üçüncü ifadede ise şirink dikkate alınmıştır. Sonuçta kurutma esnasında şirinkin dikkate alınması gerektiği, aksi takdirde difüzyon hızının beklenenin üzerinde çıktığı bildirilmiştir. Aynı zamanda özellikle 25°C'den daha düşük sıcaklıklarda yapılan kurutma işlemlerinde ısı transferine karşı yüzey direncinin ve sıcaklık değişiminin de dikkate alınması gerektiği ifade edilmiştir. Sığır etinde efektif difüzyon hızının örneğin nem içeriği ile etkilendiği ve nem içeriği düştükçe difüzyon hızının arttığı bildirilmiş olup, bu durumun da etin yapısında bulunan porlardaki ve kapilerdeki açılmadan kaynaklanabileceği ifade edilmiştir (Trujillo *et al.* 2007).

Tripathy and Kumar (2009) gıda ürünlerinin kurutulması esnasında kütle difüzyonu (D_{eff}) ve konvektif kütle transfer katsayısının (h_m) bilinmesinin, güneş kurutucularının

modellendirilmesi ve optimizasyonu için gerekli olduğunu bildirmişlerdir. Bu amaçla yaptıkları çalışmada, değişken kurutma parametreleri kullanarak matematiksel bir model geliştirmişlerdir. Araştırma sonucunda D_{eff} ve h_m değerlerinin sıcaklıkla artış gösterdiği belirlenmiş, geliştirilen modelin deneysel verilere uyum gösterdiği rapor edilmiştir.

Kurutma esnasında fermente domuz eti sosislerinde nem ve tuz difüzyonunun incelendiği bir çalışmada, geliştirilmiş Stefan–Maxwell (GSM) eşitliği prosesi tanımlamak için kullanılmıştır. Çalışmada deneysel olarak tespit edilen su ve tuz içerikleri, GSM modelinden elde edilen sonuçlarla karşılaştırılmış ve yüksek bir uyum tespit edilmiştir. Ayrıca çalışmada tuz difüzivitesinin su difüzivitesinden yaklaşık olarak üç kat daha fazla gerçekleştiği belirlenmiştir (Costa-Corredor *et al.* 2010).

3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Materyal

Araştırmada materyal olarak kesimden sonra 24 saat dinlendirilmiş orta yaşlı sığır karkaslarından elde edilen *M. Longissimus dorsi* kasları kullanılmıştır. Etler Erzurum Et ve Balık Kurumu (EBK) Kombinasyonuna kesime getirilmiş olan hayvanlardan temin edilmiştir.

Pastırma üretiminde kullanılan tuz ve çemen hamuru için gerekli malzemeler Erzurum piyasasından temin edilmiştir.

3.2. Yöntem

3.2.1. Pastırma üretimi

Pastırma üretiminde Aksu (1999) esas alınmıştır. Kurutma aşamaları sıcaklığı, nisbi nemi ve hava akış hızı ayarlanabilen klima odasında gerçekleştirilmiştir (Reich, Germany). Denemelerde uygulanan pastırma üretim aşamaları şu şekildedir:

Kasların Hazırlanması: Temin edilen *M. Longissimus dorsi* kaslarından üç parça pastırmalık et çıkarılmış, kaba yağ ve bağ dokuları temizlendikten sonra şaklama işlemi yapılmıştır. Et kalınlığının 2/3'ünü geçmeyecek şekilde ve kas liflerine paralel yönde 45°'lik açı ile şaklama yapılmıştır.

Kürleme İşlemi: Kuru kürleme işlemi $6\pm 1^{\circ}\text{C}$ 'de 48 saat süreyle gerçekleştirilmiştir. Her bir parça pastırmalık et ayrı ayrı küvetlerde kürleme karışımı ile (100g tuz/kg et + 150ppm KNO_3) kürleme işlemine tabi tutulmuştur.

Yıkama: Kütleme işlemi tamamlandıktan sonra pastırmalık etler fazla tuzu gidermek amacıyla çeşme suyu altında iyice yıkanmıştır.

1. Kurutma: 1. kurutma işlemi $15\pm 1^{\circ}\text{C}$ 'de ve %80 nisbi nemli ortamda örneklerdeki nem içeriği %65 oluncaya kadar gerçekleştirilmiştir.

1. Baskılama (Soğuk Denkleme): 1. Kurutma işlemi tamamlanmış etler $7\pm 1^{\circ}\text{C}$ 'de 17 saat baskıya alınmıştır. Baskıda 1kg et için 15kg ağırlık kullanılmıştır.

2. Kurutma: 2. kurutma işlemi $20\pm 1^{\circ}\text{C}$ 'de ve %70 nisbi nemli ortamda örneklerdeki nem içeriği %55 oluncaya kadar gerçekleştirilmiştir.

2. Baskılama (Sıcak Denkleme): 2. Kurutma işlemi tamamlanmış etler $25\pm 1^{\circ}\text{C}$ 'de 7 saat baskıya alınmıştır. Baskıda 1kg et için 15kg ağırlık kullanılmıştır.

Çemenleme: Baskı ve kurutma aşamaları tamamlanmış olan etler daha önceden hazırlanmış olan çemen hamuru içerisinde $7\pm 1^{\circ}\text{C}$ 'de 24saat bekletilmiştir. Daha sonra etlerin yüzeyindeki çemen incelti olarak (2–3 mm) çemenli kurutmaya alınmıştır. Çemen hamurunun hazırlanmasında 450g buy otu tohumu unu, 50g Tip I buğday unu, 70g toz sarımsak, 75g acı toz kırmızı biber, 75g tatlı toz kırmızı biber ve 1200ml su kullanılmıştır.

Çemenli Kurutma: Çemenli kurutma işlemi 20°C 'de ve %60 nisbi nemli ortamda örneklerdeki nem içeriği %40 oluncaya kadar gerçekleştirilmiştir.

3.2.2. pH ve içerik analizleri

pH ve içerik (nem, yağ, protein, kül) analizleri AOAC International (AOAC 2005) tarafından verilen yöntemler esas alınarak belirlenmiştir.

3.2.3. Su aktivitesinin (a_w) belirlenmesi

Örneklerin a_w değerlerinin belirlenmesinde su aktivite cihazı (Novasina TH-500, Switzerland) kullanılmıştır. Cihaz kullanılmadan önce altı farklı tuz çözeltisi ile 25°C 'de kalibre edilmiştir. Örneklerin konulacağı plastik kaplara örnek tartılarak konulmuş ve cihazın ölçme kabine yerleştirilerek 25°C 'de a_w değerleri belirlenmiştir.

3.2.4. Tuz tayini

Tuz tayini nem içeriğinin belirlendiği kurutulmuş örneklerde gerçekleştirilmiştir. Kurutma kapları içerisindeki örnekler öncelikle $90\text{-}95^{\circ}\text{C}$ 'deki saf su ile ıslatılarak cam kavanozlar içerisine alınmıştır. Daha sonra örneklerin üzeri aynı sıcaklıktaki saf suyla 150ml'ye tamamlanmış ve Ultra-Turrax (IKA Werk Tp 18 – 10 20.000 UpM) ile 1-2 dakika homojenize edilmiştir. Ultra-Turrax'ın uç kısmı aynı sıcaklıktaki 50ml saf suyla kavanoz içerisine yıkanmıştır. Bu şekilde hazırlanmış örneklerdeki tuz içeriği iyon seçici elektrot (CRISON Code: 9652, Cl^- I.S. Electrode) kullanılarak pH/iyon ölçer cihazda (CRISON GLP 22, pH & Ion Meter, Crison Instruments, S.A., Spain) belirlenmiştir.

3.2.5. Tuz D_{eff} değerlerinin belirlenmesi

Kürleme işlemine tabi tutulmuş olan 8 parça pastırmalık etten, 48 saat boyunca her 6 saatte bir parça alınmış ve kıyma haline getirilmiştir. Elde edilen kıymadan 5 paralelli olarak alınan örneklerde önce kurutma işlemi ile kuru madde tayini yapılmış, daha sonra ise kurutulmuş bu örneklerde tuz içerikleri tespit edilmiştir. Denge tuz içeriğinin belirlendiği örnekler ise 30 gün boyunca kürleme işlemine tabi tutulmuştur. Böylece elde edilen nem ve tuz içeriği verileri tuz D_{eff} değerlerinin hesaplanmasında kullanılmıştır. D_{eff} değerlerinin belirlenmesinde Crank (1975) tarafından verilen Fick'in 2. eşitliğinin sonsuz dilim için analitiksel çözümünden yararlanılmıştır:

$$\frac{M_t}{M_\infty} = 1 - \sum_{n=0}^{\infty} \frac{8}{(2n+1)^2 \pi^2} \exp\left(-D_{eff} (2n+1)^2 \pi^2 t / 4l^2\right)$$

M_t = Zamana bağılı olarak dokunun kazandığı tuz miktarı (g tuz/100g kuru madde)

M_α = Denge tuz içeriği (g tuz/100g kuru madde)

D_{eff} = Efektif difüzyon katsayısı

t = Zaman (s)

l = Dilim kalınlığı (m)

3.2.6. Kurutma karakteristiklerinin belirlenmesi

Bu amaçla her bir tekerrürde 3 parça etten pastırma üretimi gerçekleştirilmiştir. Üretim esnasında, 1. kurutma aşaması 15⁰C'de ve %80 nisbi nemde örneklerdeki nem içeriği %65 oluncaya kadar, 2. kurutma aşaması 20⁰C'de ve %70 nisbi nemde örneklerdeki nem içeriği %55 oluncaya kadar ve çemenli kurutma aşaması ise 20⁰C'de ve %60 nisbi nemde örneklerdeki nem içeriği %40 oluncaya kadar devam ettirilmiştir. Kurutma işlemleri sıcaklığı ve nisbi nemi ayarlanabilen klima odasında yapılmıştır (Reich, Germany). Klima odasında asılı et parçalarında ağırlıkta meydana gelen değişimleri belirlemek için load cell (Model No: 614) kullanılmış, ağırlıkta meydana gelen değişimler her 60 saniyede bir bilgisayar üzerinden kaydedilmiştir. Böylece her bir kurutma aşamasında, önceden nem içerikleri bilinen örneklere ait anlık nem içerikleri hesaplanabilmiştir. Elde edilen verilerden faydalanılarak kurutma karakteristikleri ortaya konmuştur.

3.2.7. Nem D_{eff} değerlerinin belirlenmesi

Nem D_{eff} değerlerinin belirlenmesinde kurutma karakteristiği verileri kullanılmıştır. Hesaplama Crank (1975) tarafından verilen Fick'in 2. eşitliğinin sonsuz dilim için analitiksel çözümünden yararlanılmıştır:

$$M_R = \frac{M_t - M_\infty}{M_0 - M_\infty} = \sum_{n=0}^{\infty} \frac{8}{(2n+1)^2 \pi^2} \exp\left(-D_{eff} (2n+1)^2 \pi^2 t / 4l^2\right)$$

M_R = Boyutsuz nem oranı

M_t = Belirli bir andaki nem içeriği (kg su/kg kuru madde)

M_0 = Başlangıç nem içeriği (kg su/kg kuru madde)

M_α = Denge nem içeriği (kg su/kg kuru madde)

D_{eff} = Efektif difüzyon katsayısı

t = Zaman (s)

l = Dilim kalınlığı (m)

3.2.8. İstatistiki analizler

Araştırma şansa bağlı tam bloklar deneme planına göre kurulmuş ve üç tekerrürlü olarak yürütülmüştür. Elde edilen veriler IBM SPSS Statistics 20 paket program kullanılarak varyans analizine tabi tutulmuş ve istatistiki açıdan önemli bulunan ana varyasyon kaynaklarına ait ortalamalar Duncan çoklu karşılaştırma testi ile karşılaştırılmıştır.

4. ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA

4.1. pH ve Bileşim

Araştırmada kullanılan etlere ve pastırma örneklerine ait pH değerleri Çizelge 4.1’de gösterilmiştir. Çizelgeden de görülebileceği gibi etlere ait olan pH değerleri 5,68–5,72 aralığında tespit edilmiş olup, bulunan değerler taze etin sahip olması gereken pH değerine uygunluk göstermektedir (Gökalp vd. 2002). Üretilen pastırma örneklerine ait pH değerleri 5,66–5,68 aralığında tespit edilmiştir. Elde edilen pH değerleri pastırmanın sahip olması gereken pH değerlerine uyum göstermektedir. Türk standartları Enstitüsünün (TSE) TS 1071 Pastırma Standardına göre pastırmadaki pH değeri en fazla 5,8 olmalıdır (Anonim 2002).

Çizelge 4.1. Araştırmada kullanılan etlere ve pastırma örneklerine ait pH değerleri

Blok	Taze Et	Pastırma
1	5,70	5,68
	5,72	5,68
2	5,68	5,66
	5,70	5,66
3	5,69	5,67
	5,71	5,67
Ortalama	5,70	5,67

Denemelerde kullanılan taze etlerin ve üretilen pastırmaların bileşimleri Çizelge 4.2.’de verilmiştir. Hem taze ette hem de pastırmada belirlenen değerler taze ette ve pastırmada bulunması gereken değerlere uygundur. TS 1071’e göre pastırmada nem içeriği en fazla %50, yağ içeriği en fazla %40, tuz içeriği ise kuru maddede en fazla %8,5 olmalıdır (Anonim 2002). Türk Gıda Kodeksi Et Ürünleri Tebliğine göre ise nem içeriği en fazla %40 olmalıdır (Anonim 2000).

Çizelge 4.2. Denemelerde kullanılan taze etlerin ve üretilen pastırmaların bileşimleri

Bileşen (%)	Taze et				Pastırma			
	1	2	3	Ortalama	1	2	3	Ortalama
Nem	74,54	75,30	74,94	74,93±0,38	39,62	39,83	39,27	39,57±0,28
Yağ	3,05	3,43	3,18	3,22±0,19	4,36	4,91	4,55	4,61±0,28
Protein	19,22	18,93	19,45	19,20±0,26	41,61	40,98	42,11	41,57±0,57
Kül	1,10	1,06	1,08	1,08±0,02	6,55	6,31	6,37	6,41±0,13
Tuz (g/100g kuru madde)	0,28	0,29	0,29	0,29±0,01	9,49	8,66	8,47	8,87±0,54

4.2. a_w Değeri

4⁰C’de kütleme işlemine tabi tutulmuş olan pastırmalık etlerde 48 saat boyunca 6 saat aralıklarla belirlenen a_w değerleri Çizelge 4.3’de verilmiştir. Başlangıçta 0,985 olan pastırmalık etlere ait ortalama a_w değeri 48 saatlik kütleme işlemi sonunda 0,943 değerine kadar düşüş göstermiştir. Benzer sonuçlar Uğuz *et al.* (2011) tarafından farklı oranlarda tuzlanmış pastırmalık etlerde tespit edilmiştir. Buradaki düşüşün temel nedeninin kütleme boyunca kütleme karışımının dokuya difüze olması ve bu difüzyonla beraber dokudan suyun uzaklaşması olduğu düşünülmektedir. Sabadini *et al.* (1998) tarafından yapılan bir çalışmada sığır etinde a_w değerinin tuzlama zamanına bağlı olarak düşüş gösterdiği tespit edilmiş, bu durumun tuz kazanımı ve su kaybı ile direkt olarak bağlantılı olduğu bildirilmiştir. Benzer şekilde Mujaffar and Sankat (2006) köpekbalığı etinin tuzlanmasında da tuzlama zamanına bağlı olarak a_w değerlerinin azaldığını tespit etmişlerdir.

Çizelge 4.3. Kütleme işlemine tabi tutulmuş olan pastırmalık etlerin su aktiviteleri

Blok	Kütleme Zamanı (saat)								
	0	6	12	18	24	30	36	42	48
1	0,985	0,964	0,956	0,949	0,946	0,945	0,944	0,943	0,943
	0,985	0,965	0,956	0,948	0,946	0,944	0,943	0,943	0,942
2	0,985	0,966	0,956	0,950	0,946	0,945	0,943	0,943	0,943
	0,985	0,966	0,955	0,950	0,947	0,945	0,943	0,943	0,942
3	0,986	0,967	0,956	0,948	0,945	0,944	0,944	0,943	0,942
	0,985	0,966	0,955	0,948	0,945	0,944	0,943	0,943	0,943
Ortalama	0,985	0,966	0,956	0,949	0,946	0,945	0,943	0,943	0,943

Kürleme işlemine tabi tutulmuş olan pastırmalık etlerde belirli zaman aralıklarıyla tespit edilen a_w değerlerine ait varyans analiz sonuçları Çizelge 4.4’de, Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları ise Çizelge 4.5’de verilmiştir.

Çizelge 4.4. Kürleme işlemine tabi tutulmuş olan pastırmalık etlerde belirli aralıklarla ölçülen a_w değerlerine ait varyans analiz sonuçları

Varyasyon Kaynakları	SD	KO	F
Blok	2	6,67E-07	2,77
Kürleme Zamanı	8	0,001	5128,62*
Hata	27	2,41E-07	-
Toplam	54	-	-

* P<0,05 seviyesinde önemli

Çizelge 4.4’de a_w değerleri üzerine kürleme zamanının önemli (P<0,05) etkide bulunduğu görülmektedir. Bu durum zamana bağlı bir değişimin olduğunu göstermektedir. Kürleme zamanı arttıkça dokudan uzaklaşan su miktarı ile dokuya nüfuz eden tuz miktarı artış gösterdiğinden a_w değerlerindeki değişim azalış yönünde ilerlemiştir.

Çizelge 4.5. Kürleme işlemine tabi tutulmuş örneklerde belirli zaman aralıklarıyla tespit edilen a_w değerlerine ait ortalamaların Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları

Kürleme Zamanı (saat)	N	a_w
0	6	0,985±0,00 a
6	6	0,966±0,00 b
12	6	0,956±0,00 c
18	6	0,949±0,00 d
24	6	0,946±0,00 e
30	6	0,945±0,00 f
36	6	0,943±0,00 g
42	6	0,943±0,00 g
48	6	0,943±0,00 g

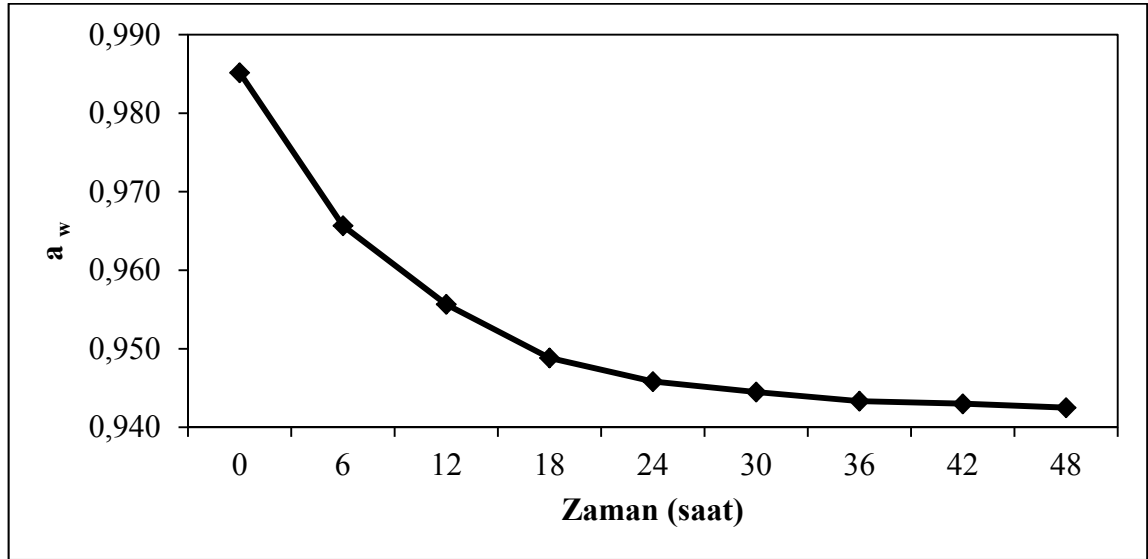
Farklı harflerle işaretlenmiş ortalamalar istatistiksel olarak farklıdır (P < 0,05)

± standart sapma

Çizelge 4.5’den görüleceği üzere ilk 30 saat içerisinde belirlenen a_w değerlerine ait ortalamalar istatistiki olarak birbirinden farklı çıkmışken (P<0,05), 36-48 saatler

arasında tespit edilen ortalamalar istatistiki açıdan benzerlik göstermektedir. Bu durum a_w 'de meydana gelen değişimlerin kürlenme zamanının ilk 30 saati içerisinde oluştuğunu, son 18 saatte de sabitlendiğini göstermektedir.

Kürleme işlemi esnasında zamana bağlı olarak örneklerin a_w değerlerinde meydana gelen değişim Şekil 4.1'de gösterilmiştir. Kürlemenin son safhalarında gözlemlenen a_w düşüşüne ait azalma bir su-tuz dengesinin oluşmaya başladığının göstergesi olarak algılanabilir.



Şekil 4.1. Kürleme işlemi esnasında zamana bağlı olarak örneklerin a_w değerlerinde meydana gelen değişim

4.3. Pastırmalık Etlerde Kürleme Zamanının Fonksiyonu Olarak Belirlenen Nem ve Tuz İçerikleri

4⁰C'de kürleme işlemine tabi tutulmuş olan pastırmalık etlerde 48 saat boyunca 6 saat aralıklarla belirlenen % nem içerikleri Çizelge 4.6'da, tuz içerikleri (g/100 g kuru madde) ise Çizelge 4.7'de verilmiştir.

Çizelge 4.6. Kürleme işlemine tabi tutulmuş olan pastırmalık etlerin % nem içerikleri

Blok	Kürleme Zamanı (saat)								
	0	6	12	18	24	30	36	42	48
1	74,44	70,89	68,76	68,46	68,62	67,86	67,05	66,96	66,81
	74,52	70,67	69,22	68,33	68,70	67,66	67,07	66,99	66,80
	74,23	70,82	68,96	68,49	68,63	67,56	67,20	67,04	66,74
	74,36	70,77	68,81	68,64	68,69	67,25	67,31	66,98	66,83
	74,40	70,58	68,78	68,63	65,89	67,21	67,52	66,85	66,77
2	74,79	70,28	69,15	68,66	68,27	68,03	67,26	66,63	66,38
	74,86	70,28	69,26	68,69	68,25	67,98	67,35	66,70	66,36
	74,87	70,29	69,10	68,67	68,33	67,97	67,27	66,65	66,49
	74,87	70,28	69,16	68,70	68,33	67,99	67,36	66,68	66,48
	74,85	70,26	69,13	68,63	68,24	67,94	67,32	66,59	66,54
3	74,42	70,46	68,93	68,39	67,83	67,61	67,21	66,73	66,61
	74,45	70,51	69,05	68,40	67,84	67,58	67,33	66,82	66,66
	74,47	70,46	68,91	68,39	67,95	67,68	67,38	66,87	66,68
	74,46	70,50	69,17	68,40	67,89	67,69	67,28	66,87	66,72
	74,45	70,50	68,99	68,41	67,91	67,71	67,13	66,79	66,65
Ortalama	74,56	70,50	69,02	68,53	68,09	67,72	67,27	66,81	66,64

Çizelge 4.7. Kürleme işlemine tabi tutulmuş olan pastırmalık etlerin tuz içerikleri (g/100 g kuru madde)

Blok	Kürleme Zamanı (saat)								
	0	6	12	18	24	30	36	42	48
1	0,27	9,56	11,83	13,52	12,85	12,57	14,77	15,46	16,73
	0,31	8,87	11,57	12,59	13,50	13,29	14,46	15,52	15,33
	0,29	8,72	11,13	11,98	13,48	13,23	14,87	15,48	15,27
	0,30	9,30	11,47	12,01	12,75	12,63	14,63	14,97	15,44
	0,31	9,70	11,88	12,39	12,24	13,04	14,08	15,57	16,25
2	0,30	9,56	11,51	12,19	13,35	14,19	14,63	15,81	16,02
	0,28	9,41	11,14	12,11	13,06	14,28	14,63	15,37	15,48
	0,28	9,39	11,48	12,13	13,12	14,16	14,49	15,67	15,82
	0,28	9,39	11,55	12,05	13,29	14,32	14,55	15,79	15,76
	0,28	9,53	11,22	12,22	13,27	14,16	14,61	15,59	15,78
3	0,31	9,26	11,28	12,90	13,10	13,57	14,65	15,65	15,63
	0,27	9,15	11,01	12,74	13,18	13,98	14,95	15,16	15,07
	0,31	9,07	11,18	12,78	13,70	13,82	14,54	14,94	15,22
	0,31	9,00	11,23	12,66	13,09	13,84	14,79	15,66	15,72
	0,31	9,06	11,22	12,65	13,18	14,01	14,51	14,96	15,15
Ortalama	0,29	9,26	11,38	12,46	13,14	13,85	14,61	15,44	15,65

Çizelge 4.6'dan da görülebileceği gibi başlangıçta ortalama olarak %74,56 olan nem içeriği kürlenme işlemi sonucunda %66,64'e kadar düşmektedir. Örneklerdeki ortalama tuz içerikleri ise 48 saatlik kürlenme işlemi sonunda 15,65gNaCl/100 g kuru madde değerine kadar yükselmektedir (Çizelge 4.7). Bellagha *et al.* (2007) tuzlama işleminde dokuya tuz girişi ve dokudan su kaybı olaylarının beraberce gerçekleştiğini ve bu iki olayın karşılıklı olarak birbirini etkilediğini bildirmişlerdir. Benzer şekilde bu çalışmada pastırmalık etlerin kürlenmesi esnasında kürlenme karışımındaki tuz etin içine doğru difüze olmuş, etin içindeki su ise dışarı doğru çıkmıştır. Böylece et dokusundaki su içeriği giderek azalırken tuz içeriği artmıştır. Barat *et al.* (2003) meydana gelen bu olayların temel itibarıyla konsantrasyon farkından ve osmotik basınçtan kaynaklandığını ileri sürmüştür. Kürlenme işleminin başlarında et yüzeyine serilen tuz kristalleri et yüzey suyunda çözünmekte böylece et yüzeyinde doymuş bir tuz çözeltisi oluşmaktadır (Sabadini *et al.* 1998). Benzer şekilde bu çalışmadaki pastırmalık etlerin kürlenmesi esnasında da et yüzeyinde böyle bir çözeltinin oluştuğu, etteki su ve hücreler ile bu çözelti arasındaki konsantrasyon ve osmotik basınç farkından dolayı ise dokunun su kaybedip tuz kazandığı düşünülmektedir. Dokudan suyun uzaklaşmasıyla ilgili yine dokuya tuz difüzyonuna bağlı bir başka yaklaşım ise "salting-out" etkisidir. "Salting in" ve "salting out" etkileri proteinlerin çözünürlüklerinde oldukça önem arz eden etkilerdir. Proteinlerin çözünürlüğü düşük tuz konsantrasyonlarında konsantrasyon arttıkça artar. Bu olaya "salting in" adı verilir. Bu olayla ilgili faktör proteinlerdeki iyonlaşabilir grupların tuzlar tarafından iyonlaşmasının artırılması dolayısıyla çözünürlüğün kolaylaşmasıdır. Yüksek tuz konsantrasyonlarında ise proteinlerin çözünürlüğü tuz konsantrasyonu arttıkça azalmakta ve hatta çökmeler meydana gelmektedir. Bu olay "salting out" etkisi olarak adlandırılmakta, gerçekleşmesi ise tuzların protein çevresindeki hidrate kılıfı çekme prensibine dayanmaktadır (Horton *et al.* 1993). Gerçekleştirilen işlemde de yüksek tuz konsantrasyonu kullanıldığından dolayı proteinler denatüre olmakta ve böylece su tutma kapasitelerinde önemli ölçüde düşmeler meydana gelmektedir. Benzer durum Jittinandana *et al.* (2002), Gallart-Jornet *et al.* (2007) ve Soyer *et al.* (2011) tarafından da vurgulanmıştır.

Kürleme işlemine tabi tutulmuş olan pastırmalık etlerde belirli aralıklarla ölçülen nem içeriklerine ait varyans analiz sonuçları Çizelge 4.8’de, tuz içeriklerine ait varyans analiz sonuçları ise Çizelge 4.9’da verilmiştir.

Çizelge 4.8. Kürleme işlemine tabi tutulmuş olan pastırmalık etlerde belirli aralıklarla ölçülen nem içeriklerine ait varyans analiz sonuçları

Varyasyon Kaynakları	SD	KO	F
Blok	2	0,14	2,16
Kürleme Zamanı	8	91,70	1385,75*
Hata	108	0,07	-
Toplam	135	-	-

* P<0,05seviyesinde önemli

Çizelge 4.9. Kürleme işlemine tabi tutulmuş olan pastırmalık etlerde belirli aralıklarla ölçülen tuz içeriklerine ait varyans analiz sonuçları

Varyasyon Kaynakları	SD	KO	F
Blok	2	0,16	1,47
Kürleme Zamanı	8	340,02	3168,42*
Hata	108	0,11	-
Toplam	135	-	-

* P<0,05seviyesinde önemli

Çizelge 4.8 ve 4.9’dan örneklere ait belirli aralıklarla ölçülen nem ve tuz içerikleri üzerine kürleme zamanının önemli (P<0,05) etkide bulunduğu görülmektedir. Bu durum örneklerdeki nem ve tuz içeriklerinin kürleme zamanı ile önemli derecede değiştiğini göstermektedir. Örneklerin nem içeriklerindeki değişim azalış yönünde ilerlerken, tuz içeriklerindeki değişim ise artış yönünde kendini göstermiştir.

Çizelge 4.10’da belirli zaman aralıklarıyla tespit edilen % nem içeriklerine, Çizelge 4.11’de ise tuz içeriklerine (g/100g kuru madde) ait Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları verilmiştir.

Çizelge 4.10. Belirli zaman aralıklarıyla tespit edilen % nem içeriklerine ait ortalamaların Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları

Kürleme Zamanı (saat)	N	Nem (%)
0	15	74,56±0,22 a
6	15	70,50±0,21 b
12	15	69,02±0,16 c
18	15	68,53±0,14 d
24	15	68,09±0,69 e
30	15	67,72±0,26 f
36	15	67,27±0,12 g
42	15	66,81±0,14 h
48	15	66,64±0,15 h

Farklı harflerle işaretlenmiş ortalamalar istatistiksel olarak farklıdır (P<0,05)
± standart sapma

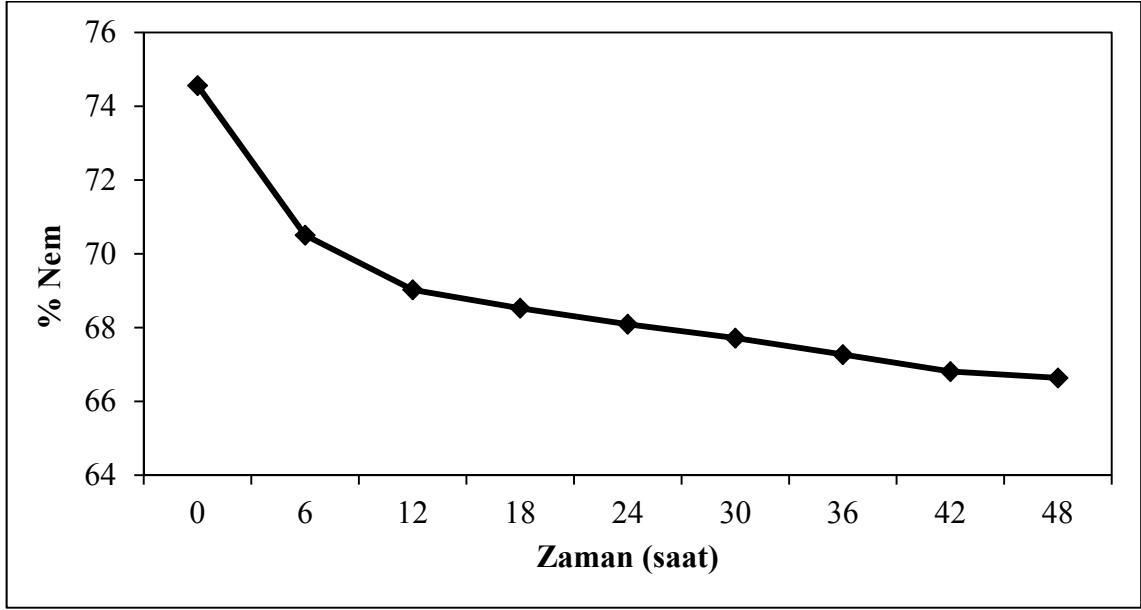
Çizelge 4.11. Belirli zaman aralıklarıyla tespit edilen tuz içeriklerine (g/100g kuru madde) ait ortalamaların Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları

Kürleme Zamanı (saat)	N	Tuz (g / 100 g kuru madde)
0	15	0,29±0,02 h
6	15	9,26±0,28 g
12	15	11,38±0,26 f
18	15	12,46±0,43 e
24	15	13,14±0,35 d
30	15	13,85±0,59 c
36	15	14,61±0,21 b
42	15	15,44±0,30 a
48	15	15,65±0,45 a

Farklı harflerle işaretlenmiş ortalamalar istatistiksel olarak farklıdır (P<0,05)
± standart sapma

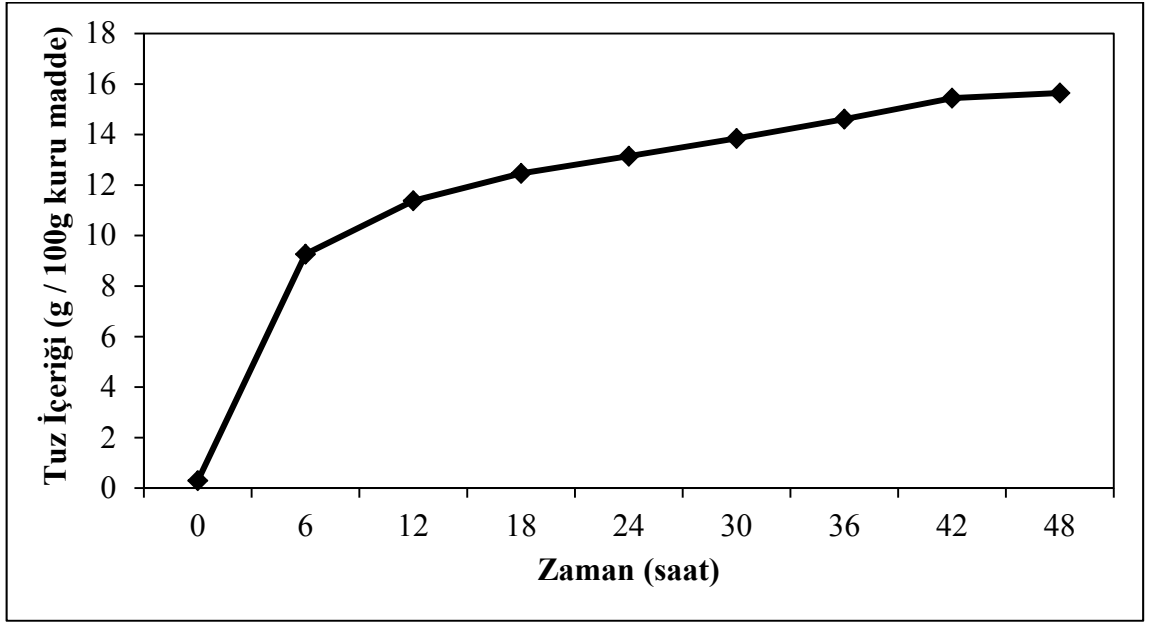
Çoklu karşılaştırma test sonuçları incelendiğinde ilk 36 saat içerisinde tespit edilen nem ve tuz içeriklerine ait ortalamaların istatistiki olarak farklı olduğu, 42 ve 48. saatlerde elde edilen ortalamaların ise istatistiki açıdan aynı olduğu görülecektir. Bu durum kütleme işleminin son saatlerine doğru hem su hem de tuz içeriklerindeki değişimin azaldığını ve gittikçe bir denge durumunun oluşmaya başladığını göstermektedir. Burada dikkat edilmesi gereken bir başka husus ise bu çalışmada kullanılan kür karışımının belirli bir miktarda ve sınırlı olduğudur. Bu nedenle kütleme işleminin sonlarına doğru meydana gelen tuz kazanımındaki azalışın, kullanılan kür karışımının azalmasıyla da ilgili olabileceği söylenebilir.

Kürleme zamanına bağılı olarak örneklerin % nem içeriklerinde meydana gelen değişim Şekil 4.2’de, tuz içeriklerinde (g/100g kuru madde) meydana gelen değişim ise Şekil 4.2’de verilmiştir.



Şekil 4.2. Kürleme zamanına bağılı olarak örneklerin % nem içeriklerinde meydana gelen değişim

Şekil 4.2’den örneklerin nem içeriğindeki düşüşün zamanla azaldığı gözlenmektedir. Kürlemenin ilk saatlerinde daha yüksek bir düşüş oranı gözlenmişken, zaman ilerledikçe bu oran azalmıştır. Şekil 4.3’de ise örneklerin tuz içeriğindeki artışın, su içeriğindeki düşüşe benzer şekilde zamanla azaldığı gözlenmektedir. Yine kürlemenin ilk saatlerinde tuz içeriği daha yüksek bir oranla artmış sonlara doğru bu oranda azalma görülmüştür. Bu benzerlikler nem kaybı ile tuz kazanımının yakın bir ilişki içerisinde olduğunu ve birbirini etkileyerek beraberce gerçekleştiğini göstermektedir.



Şekil 4.3. Kürleme zamanına bağlı olarak örneklerin tuz içeriklerinde (g/100g kuru madde) meydana gelen değişim

Pastırmalık etlerdeki tuz içeriği kürleme işleminin ilk saatlerinde hızla artmış daha sonra ise yavaşlayarak artışını sürdürmüştür. Benzer sonuçlar Mujaffar and Sankat (2006) tarafından köpekbalığı etinde, Volpato *et al.* (2007) tarafından tavuk göğüs etinde, Bellagha *et al.* (2007) tarafından sardalye de, Sobukola and Olatunde (2011) tarafından Afrika yayın balığında ve Barat *et al.* (2011) tarafından ise domuz etinde tespit edilmiştir. Wang *et al.* (2000) bu durumu proses başlangıcındaki yüksek konsantrasyon farkından dolayı gerçekleşen yüksek difüzyon hızı ile açıklamıştır. Sobukola and Olatunde (2011) tuzlama işleminin ilk saatlerinde meydana gelen hızlı tuz kazanımının yüksek konsantrasyon farklılıklarından, daha sonraki saatlerde meydana gelen yavaşlamanın ise doku yüzeyinde oluşan ve daha ileri tuz alımına karşı bir bariyer gibi davranan yüksek tuz içerikli bir tabakanın oluşumundan kaynaklandığını ileri sürmüştür. Oluşan bu tabaka neticesinde konsantrasyon farkı giderek azalmış, buna bağlı olarak da tuz kazanımı yavaşlamıştır. Barat *et al.* (2003) tuzlama işlemi başlangıcında konsantrasyon farklılıklarından kaynaklanan itici kuvvetlerin maksimum seviyede olduğunu ve süreci yönettiğini, bu kuvvetlerin azalmasıyla birlikte ise dokudaki tuz miktarının artmasından kaynaklanan basınç farklılıklarıyla ilgili itici kuvvetlerin etkili olmaya başladığını ileri sürmüştür. Benzer şekilde bu çalışmada da

muhtemelen başlangıçtaki yüksek konsantrasyon farklılıkları dokudaki tuz miktarının kütleme işleminin ilk saatlerinde hızla artmasına sebebiyet vermiş, daha sonra et yüzeyinde oluşmaya başlayan yüksek tuz içeriikli bir tabaka bu konsantrasyon farkını azaltmış ve tuz alımını yavaşlatmış olabilir. Bunların yanısıra bu çalışmada dikkate alınması gereken diğer iki husus ise pastırmalık etlere uygulanan şaklama işlemi ve kullanılan kütleme karışımının sınırlı miktarıdır. Şaklama işlemi tuzla temas eden et yüzey alanını artırarak etin iç kısımlarına tuzun girişini büyük ölçüde kolaylaştırmakta ve böylece kütleme ilk saatlerinde daha hızlı tuz kazanımı sağlamaktadır. Etteki tuz konsantrasyon farkının zamanla azalması ve ortamda sınırlı miktarda kütleme karışımının bulunması kütleme son aşamalarında tuz kazanımındaki yavaşlamanın diğer sebebi olarak düşünülmektedir.

4.4. Tuz D_{eff} Değerleri

Kütleme işlemi esnasında belirli aralıklarla örneklerde tespit edilen tuz miktarına bağlı olarak hesaplanan tuz D_{eff} değerleri Çizelge 4.12’de, tuz D_{eff} değerlerine ait varyans analiz sonuçları ise Çizelge 4.13’de verilmiştir.

Çizelge 4.12’den görüleceği üzere kütleme zamanına bağlı olarak pastırmalık etlerde tespit edilen ortalama tuz D_{eff} değerleri $1,49 \times 10^{-9} - 4,08 \times 10^{-9} \text{ m}^2/\text{s}$ arasında değişmektedir. Sabadini *et al.* (1998) tarafından kuru tuzlama yapılmış sığır etlerinde tespit edilen $1,72 \times 10^{-9} - 1,94 \times 10^{-9} \text{ m}^2/\text{s}$ ’lik değerler elde edilen sonuçlara benzerlik göstermektedir. Mujaffar and Sankat (2006) köpekbalığında $1,5 \times 10^{-9} - 2,5 \times 10^{-9} \text{ m}^2/\text{s}$, Boudhrioua *et al.* (2009) ise sardalye balığında $2,5 \times 10^{-9} - 4,5 \times 10^{-9} \text{ m}^2/\text{s}$ ’lik D_{eff} değerlerini rapor etmişlerdir. Farklı pH’lardaki domuz etlerinde yapılan bir çalışmada Cierach and Modzelewska-Kapitula (2009) tuz D_{eff} değerlerini $0,12 \times 10^{-9} - 3,46 \times 10^{-9} \text{ m}^2/\text{s}$ arasında tespit etmişlerdir. Zhang *et al.* (2011) ise sazan balığında $0,32 \times 10^{-9} - 5,86 \times 10^{-9} \text{ m}^2/\text{s}$ ’lik değerler belirlemişlerdir. Literatürde yer alan diğer bazı çalışmalarda daha düşük tuz D_{eff} değerleri de bildirilmektedir. Burada tuz D_{eff} değerlerinin kullanılan materyal, sıcaklık, tuzlama yöntemi ve hesaplamada kullanılan matematiksel yaklaşım gibi birçok faktörden etkilenebileceğini söylemek mümkündür. Ayrıca sayılan bu

faktörlerin etkisinin yanı sıra pastırma üretim teknolojisinde yer alan şaklama işleminin de bu çalışmada tespit edilen tuz D_{eff} değerleri üzerinde büyük bir etkisinin olduğu düşünülmektedir.

Çizelge 4.12. Kürleme işlemi esnasında belirli aralıklarla örneklerde tespit edilen tuz miktarına bağlı olarak hesaplanan tuz D_{eff} değerleri ($\times 10^{-9} \text{ m}^2/\text{s}$)

Blok	Kürleme Zamanı (saat)							
	6	12	18	24	30	36	42	48
1	4,35	3,37	2,95	2,00	1,57	1,77	1,67	1,71
	3,72	3,22	2,55	2,21	1,50	1,69	1,68	1,43
	3,59	2,97	2,30	2,20	1,73	1,79	1,67	1,42
	4,11	3,16	2,32	1,96	2,09	1,73	1,56	1,45
	4,48	3,40	2,47	1,81	1,94	1,60	1,69	1,61
2	4,36	3,19	2,39	2,16	1,96	1,74	1,75	1,57
	4,22	2,98	2,36	2,07	1,98	1,74	1,65	1,46
	4,20	3,17	2,37	2,09	1,95	1,70	1,71	1,53
	4,20	3,21	2,34	2,14	2,00	1,72	1,74	1,52
	4,33	3,03	2,41	2,13	1,95	1,73	1,70	1,52
3	4,07	3,05	2,27	2,08	1,79	1,74	1,71	1,49
	3,96	2,91	2,21	2,10	1,90	1,81	1,60	1,38
	3,89	3,00	2,23	2,27	1,85	1,71	1,55	1,41
	3,83	3,03	2,18	2,07	1,86	1,77	1,71	1,51
	3,88	3,02	2,18	2,10	1,90	1,71	1,56	1,40
Ortalama	4,08	3,11	2,37	2,09	1,87	1,73	1,66	1,49

Çizelge 4.13. Tuz D_{eff} değerlerine ait varyans analiz sonuçları

Varyasyon Kaynakları	SD	KO	F
Blok	2	0,12	6,71*
Kürleme Zamanı	7	11,67	665,74*
Hata	96	0,02	-
Toplam	120	-	-

* $P < 0,05$ seviyesinde önemli

Çizelge 4.13'den örneklerde tespit edilen tuz D_{eff} değerleri üzerinde kürleme zamanının önemli ($P < 0,05$) etkide bulunduğu görülmektedir. Çizelge 4.14'de ise belirli zaman aralıklarında tespit edilen tuz D_{eff} değerlerine ait Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları verilmiştir. Elde edilen sonuçlardan D_{eff} değerlerinin istatistiki olarak birbirinden farklı olduğunu, kürleme zamanına bağlı olarak değiştiğini ve kürleme

işleminin başlarında daha yüksek, sonlarına doğru ise daha düşük değerlerin elde edilebildiğini belirtebilmek mümkündür.

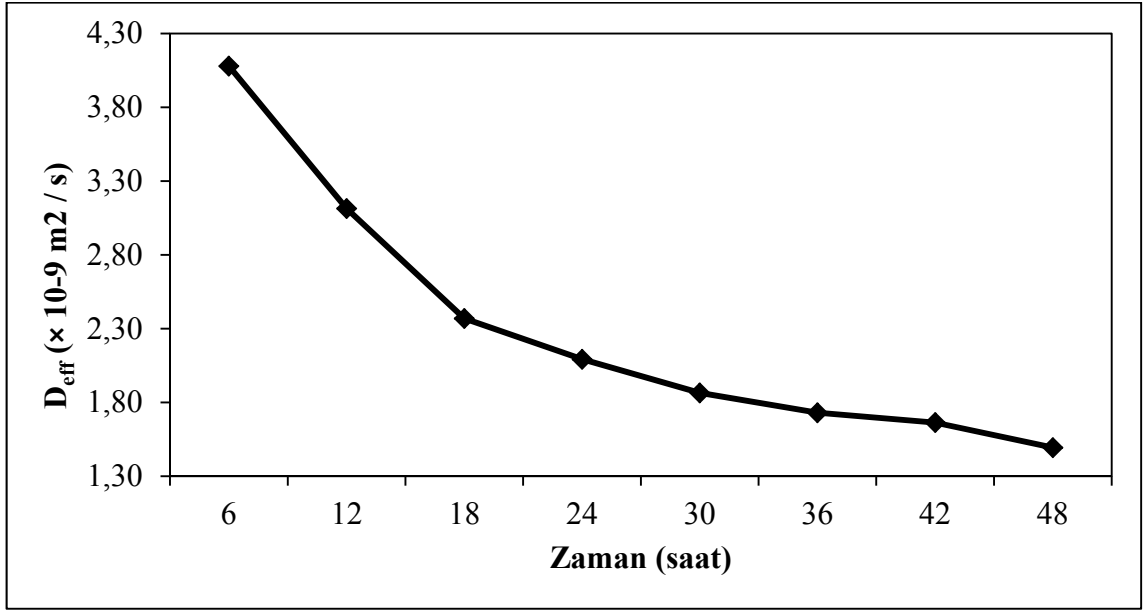
Çizelge 4.14. Belirli zaman aralıklarıyla tespit edilen tuz difüzyon katsayılarına ait Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları

Zaman (saat)	N	$D_{\text{eff}} (\times 10^{-9} \text{ m}^2 / \text{s})$
6	15	4,08±0,26 a
12	15	3,11±0,15 b
18	15	2,37±0,19 c
24	15	2,09±0,11 d
30	15	1,87±0,16 e
36	15	1,73±0,05 f
42	15	1,66±0,07 f
48	15	1,49±0,09 g

Farklı harflerle işaretlenmiş ortalamalar istatistiksel olarak farklıdır ($P < 0,05$)

± standart sapma

Kürleme işlemi esnasında tespit edilen tuz D_{eff} değerlerinin zamana bağlı değişimi Şekil 4.4'de gösterilmiştir. Şekilden de görüleceği üzere D_{eff} değerleri kürleme işleminin ilk saatinde hızla azalmış, daha sonraki saatlerde ise daha yavaş bir şekilde azalışını sürdürmüştür. Bu durum doku tarafından kazanılan tuz miktarının artması ile D_{eff} değerlerinin azaldığını göstermektedir. Yapılan bir çalışmada kas dokusundaki tuz konsantrasyonunun artmasıyla beraber dokudaki sıvı fazın viskozitesinin de artacağı belirtilmiş, bu durumun kütle transfer direncini artırarak D_{eff} değerlerinde düşmeye sebebiyet verdiği rapor edilmiştir (Zhang *et al.* 2011). Yine burada da başlangıçtaki yüksek D_{eff} değerlerinin elde edilmesinde şaklama işleminin etkisinin olduğunu belirtebilmek mümkündür.



Şekil 4.4. Kürleme işlemi esnasında tespit edilen tuz D_{eff} değerlerinin zamana bağlı değişimi

4.5. Kurutma Karakteristikleri

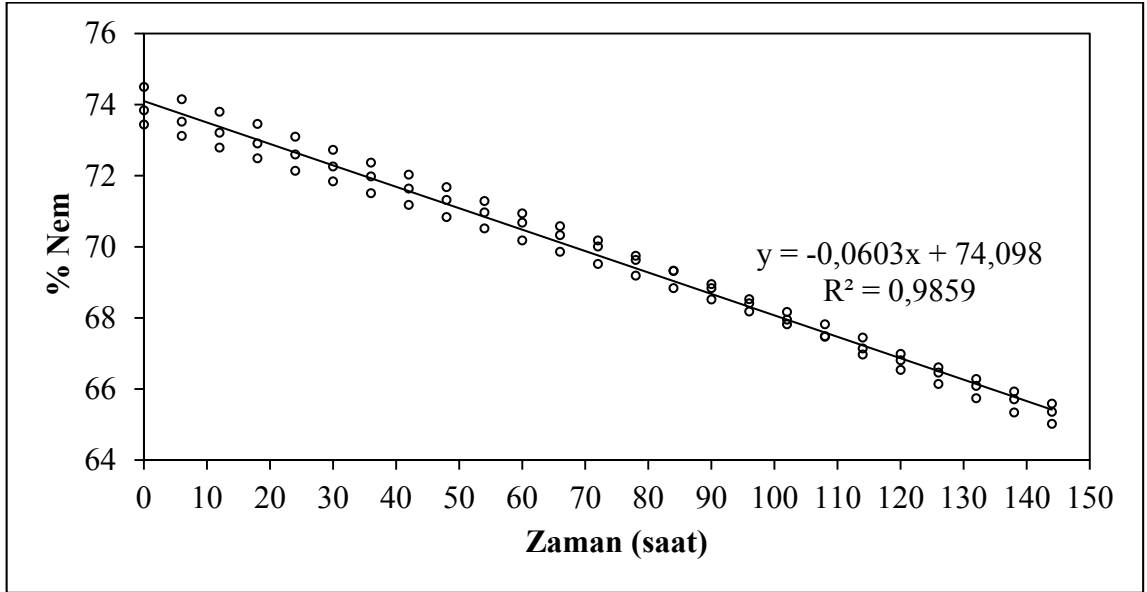
Pastırma üretiminin 1. kurutma aşamasında belirli zaman aralıklarıyla örneklerde tespit edilen % nem içerikleri Çizelge 4.15’de, % nem içeriklerinin zamana bağlı değişimi ise Şekil 4.5’de verilmiştir.

1. kurutma aşamasında örneklerdeki nem içeriğinin ortalama %65’e kadar düşürülmesi amaçlanmıştır. Çizelge 4.15’den de görüleceği üzere başlangıçta %73,93 olan örneklere ait ortalama % nem içeriği, 1. kurutma aşaması sonunda %65,32’ye kadar düşmüştür. Şekil 4.5 incelendiğinde bu düşüşün doğrusal bir yol izlediği görülebilecektir ($R^2=0,9859$). Böylece 1. kurutma aşaması şartlarında (15⁰C ve %80 nisbi nemde) örneklerdeki belirli bir andaki nem içeriğinin $y= -0,0603x+74,098$ şeklindeki bir doğru denkleminde bağlı olarak değişkenlik gösterdiği tespit edilmiştir (y =% nem içeriği, x =saat).

Çizelge 4.15. Pastırma üretiminin 1. kurutma aşamasında belirli zaman aralıklarıyla örneklerde tespit edilen % nem içerikleri

Zaman (saat)	% Nem			
	1. Tekerrür	2. Tekerrür	3. Tekerrür	Ortalama
0	73,44	74,50	73,84	73,93±0,54
6	73,12	74,15	73,52	73,60±0,52
12	72,79	73,80	73,21	73,27±0,51
18	72,49	73,46	72,91	72,95±0,49
24	72,14	73,10	72,60	72,61±0,48
30	71,84	72,73	72,26	72,28±0,45
36	71,51	72,37	71,98	71,95±0,43
42	71,18	72,03	71,64	71,62±0,43
48	70,84	71,68	71,32	71,28±0,42
54	70,52	71,29	70,97	70,93±0,39
60	70,18	70,94	70,68	70,60±0,39
66	69,86	70,58	70,33	70,26±0,37
72	69,52	70,18	70,01	69,90±0,34
78	69,19	69,75	69,63	69,52±0,30
84	68,84	69,33	69,32	69,16±0,28
90	68,52	68,84	68,95	68,77±0,22
96	68,18	68,41	68,53	68,37±0,18
102	67,82	67,95	68,17	67,98±0,18
108	67,49	67,47	67,82	67,59±0,20
114	67,14	66,97	67,45	67,19±0,24
120	66,81	66,54	66,99	66,78±0,23
126	66,46	66,14	66,61	66,40±0,24
132	66,09	65,74	66,28	66,04±0,27
138	65,71	65,34	65,93	65,66±0,30
144	65,36	65,02	65,59	65,32±0,29

± standart sapma



Şekil 4.5. Pastırma üretiminin 1. kurutma aşamasında örneklerde tespit edilen % nem içeriklerinin zamana bağlı değişimi

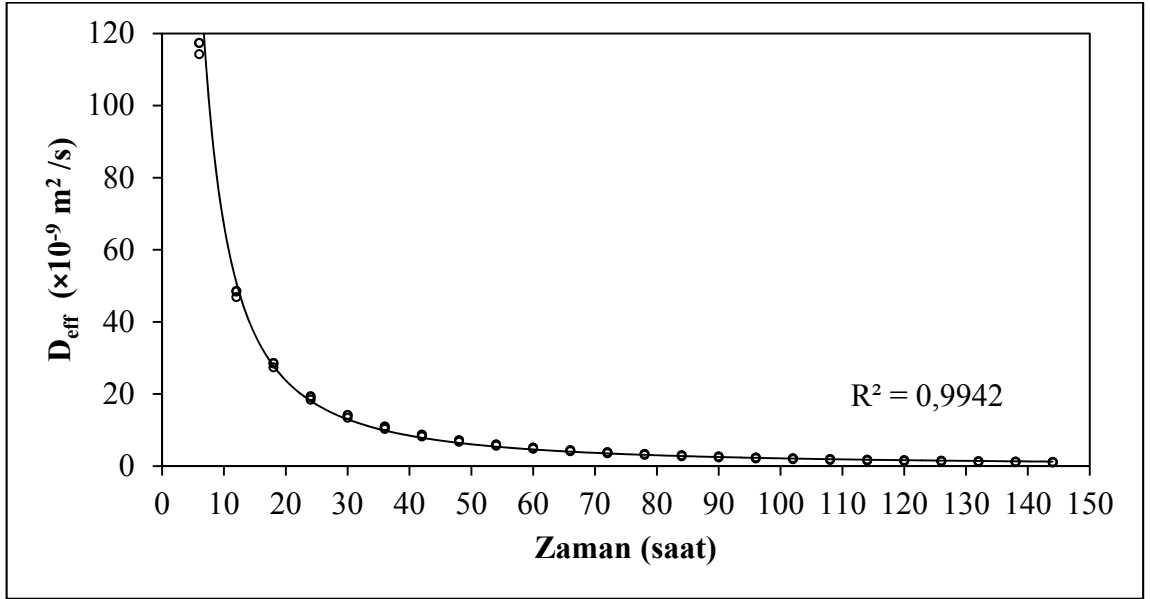
Çizelge 4.16'da pastırma üretiminin 1. kurutma aşamasında belirli zaman aralıklarıyla tespit edilen nem D_{eff} değerleri, Şekil 4.6'da ise nem D_{eff} değerlerinin zamana bağlı değişimi verilmiştir.

Çizelge 4.16'dan da görüleceği üzere başlangıçta $116,36 \times 10^{-9} \text{ m}^2/\text{s}$ olan nem D_{eff} değeri, 1. kurutma aşaması sonunda $1,11 \times 10^{-9} \text{ m}^2/\text{s}$ 'ye kadar düşmüştür. Ortalama nem D_{eff} değeri ise $12,25 \times 10^{-9} \text{ m}^2/\text{s}$ olarak tespit edilmiştir. Gou *et al.* (2002) tarafından domuz etinde $0,25 \times 10^{-10} \text{ m}^2/\text{s}$ 'lik, Clemente *et al.* (2007) tarafından ise $1,8 \times 10^{-10} \text{ m}^2/\text{s}$ 'lik nem D_{eff} değerleri tespit edilmiştir. Simal *et al.* (2003) sobrassada adlı et ürününde $0,11 \times 10^{-10} \text{ m}^2/\text{s}$ 'lik nem D_{eff} değeri bildirmiştir. Jain and Pathere (2007) balık etinde nem D_{eff} değerini $1,11 \times 10^{-10} \text{ m}^2/\text{s}$ olarak, Trujillo *et al.* (2007) ise sığır etinde $5 \times 10^{-10} \text{ m}^2/\text{s}$ olarak tespit etmişlerdir. Bu çalışmada elde edilen ortalama nem D_{eff} değeri bildirilen bu değerlere göre çok daha yüksektir. Burada kurutulan materyallerin, işlem şartlarının ve hesaplamada kullanılan modellerin nem D_{eff} değerleri üzerinde etkili olabileceğini söylemek mümkündür. Bunların yanı sıra pastırma üretim teknolojisinde yer alan şaklama işleminin de bu çalışmada tespit edilen nem D_{eff} değerleri üzerinde büyük bir etkisinin olduğu düşünülmektedir. Ayrıca burada dikkate alınması gereken diğer bir husus da son nem içeriği %65 olana kadar bir kurutma işleminin yapıldığıdır.

Çizelge 4.16. Pastırma üretiminin 1. kurutma aşamasında belirli zaman aralıklarıyla tespit edilen nem D_{eff} değerleri

Zaman (saat)	$D_{\text{eff}} \times 10^{-9} \text{ m}^2/\text{s}$			
	1. Tekerrür	2. Tekerrür	3. Tekerrür	Ortalama
6	117,39	114,29	117,39	116,36±1,79
12	48,39	46,88	48,61	47,96±0,94
18	28,49	27,41	28,66	28,19±0,68
24	19,12	18,43	19,42	18,99±0,51
30	14,13	13,42	14,16	13,90±0,42
36	10,88	10,30	11,02	10,73±0,38
42	8,69	8,24	8,77	8,57±0,29
48	7,13	6,76	7,20	7,03±0,24
54	5,99	5,63	6,01	5,88±0,21
60	5,09	4,79	5,15	5,01±0,19
66	4,40	4,13	4,42	4,32±0,16
72	3,83	3,57	3,87	3,76±0,16
78	3,38	3,11	3,38	3,29±0,16
84	2,99	2,74	3,01	2,91±0,15
90	2,68	2,41	2,67	2,59±0,15
96	2,40	2,14	2,38	2,31±0,15
102	2,17	1,91	2,14	2,07±0,14
108	1,97	1,72	1,94	1,88±0,14
114	1,79	1,54	1,76	1,70±0,14
120	1,64	1,40	1,59	1,54±0,13
126	1,50	1,28	1,45	1,41±0,12
132	1,38	1,17	1,34	1,30±0,11
138	1,27	1,08	1,24	1,20±0,10
144	1,17	1,00	1,15	1,11±0,09
Ortalama	12,41	11,89	12,45	12,25±0,31

± standart sapma



Şekil 4.6. Pastırma üretiminin 1. kurutma aşamasında örneklerde tespit edilen nem D_{eff} değerlerinin ($\times 10^{-9}$ m²/s) zamana bağlı değişimi

Şekil 4.6 incelendiğinde nem D_{eff} değerlerinin kurutmanın ilk saatlerinde hızla azaldığı, daha sonra ise daha yavaş bir şekilde azalışını sürdürdüğü görülmektedir. Nem D_{eff} değerlerindeki azalış üssel bir yol izlemiştir ($R^2=0,9942$). Trujillo *et al.* (2007) nispeten yüksek sıcaklıklarda yapılan kurutma işlemlerinde et yüzeyinde hızlı bir kurumanın meydana geleceğini ve buna bağlı olarak nem hareketinin büyük ölçüde et içerisindeki difüzyonla kontrol edileceğini bildirmiştir. Bu çalışmada kurutmanın ilk saatlerinde elde edilen yüksek nem D_{eff} değerleri, kurutma işlemine tabi tutulan etlerin yüzeyinde hızlı bir kurumanın meydana geldiğini göstermektedir. İlerleyen saatlerde nem D_{eff} değerlerinde meydana gelen düşüşün ise örneklerdeki nem içeriğinin azalmasına bağlı olarak konsantrasyon farkının giderek azalması ve kuruma sonucu dokuda meydana gelen yapısal değişimlerin etkisiyle oluştuğu düşünülmektedir.

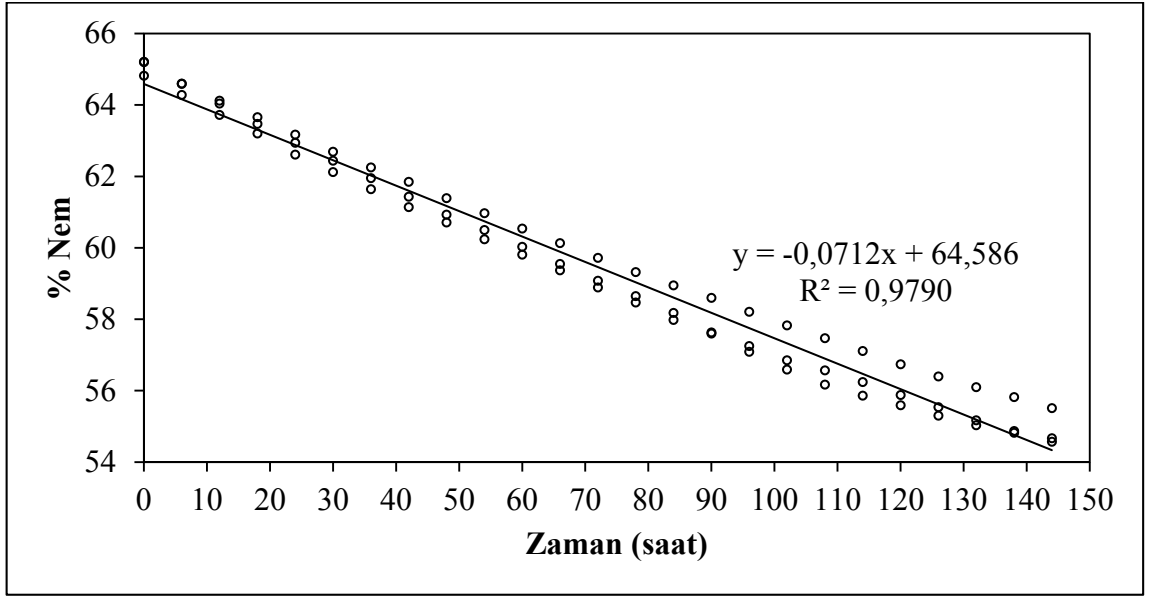
Pastırma üretiminin 2. kurutma aşamasında belirli zaman aralıklarıyla örneklerde tespit edilen % nem içerikleri Çizelge 4.17'de, % nem içeriklerinin zamana bağlı değişimi ise Şekil 4.7'de verilmiştir.

Çizelge 4.17. Pastırma üretiminin 2. kurutma aşamasında belirli zaman aralıklarıyla örneklerde tespit edilen % nem içerikleri

Zaman (saat)	% Nem			
	1. Tekerrür	2. Tekerrür	3. Tekerrür	Ortalama
0	65,20	64,82	65,21	65,08±0,22
6	64,60	64,28	64,59	64,49±0,18
12	64,04	63,72	64,12	63,96±0,21
18	63,47	63,20	63,66	63,44±0,23
24	62,94	62,61	63,17	62,91±0,28
30	62,44	62,12	62,69	62,42±0,28
36	61,95	61,64	62,25	61,95±0,31
42	61,43	61,14	61,85	61,47±0,36
48	60,93	60,71	61,39	61,01±0,35
54	60,50	60,24	60,97	60,57±0,37
60	60,03	59,81	60,54	60,13±0,38
66	59,55	59,37	60,13	59,68±0,40
72	59,08	58,89	59,72	59,23±0,44
78	58,65	58,47	59,32	58,81±0,45
84	58,18	57,98	58,95	58,37±0,51
90	57,63	57,60	58,60	57,94±0,57
96	57,09	57,25	58,21	57,52±0,61
102	56,59	56,85	57,83	57,09±0,64
108	56,17	56,57	57,47	56,74±0,67
114	55,86	56,24	57,11	56,40±0,64
120	55,59	55,88	56,74	56,07±0,60
126	55,30	55,54	56,40	55,75±0,58
132	55,03	55,17	56,10	55,43±0,58
138	54,82	54,87	55,82	55,17±0,56
144	54,67	54,57	55,51	54,92±0,52

± standart sapma

2. kurutma aşamasında örneklerdeki nem içeriğinin ortalama %55'e kadar düşürülmesi amaçlanmıştır. Çizelge 4.17'den de görüleceği üzere başlangıçta %65,08 olan örneklere ait ortalama % nem içeriği, 2. kurutma aşaması sonunda %54,92'ye kadar düşmüştür. Şekil 4.7 incelendiğinde ise bu düşüşün doğrusal bir yol izlediği görülmektedir ($R^2=0,9790$). Böylece 1. kurutma aşaması şartlarında (20°C ve %70 nisbi nemde) örneklerdeki belirli bir andaki nem içeriğinin $y = -0,0712x + 64,586$ şeklindeki bir doğru denkleminde uygunluk gösterdiği tespit edilmiştir ($y = \% \text{ nem içeriği}$, $x = \text{saat}$).



Şekil 4.7. Pastırma üretiminin 2. kurutma aşamasında örneklerde tespit edilen % nem içeriklerinin zamana bağlı değişimi

Çizelge 4.18’de pastırma üretiminin 2. kurutma aşamasında belirli zaman aralıklarıyla tespit edilen nem D_{eff} değerleri, Şekil 4.8’de ise nem D_{eff} değerlerinin zamana bağlı değişimi verilmiştir.

Çizelge 4.18’den de görüleceği üzere başlangıçta $103,83 \times 10^{-9} \text{ m}^2/\text{s}$ olan nem D_{eff} değeri, 2. kurutma aşaması sonunda $1,07 \times 10^{-9} \text{ m}^2/\text{s}$ ’ye kadar düşmüştür. Ortalama nem D_{eff} değeri ise $10,83 \times 10^{-9} \text{ m}^2/\text{s}$ olarak tespit edilmiştir. 1. kurutma aşaması için belirtilen durumlar bu kurutma aşaması için de söylenebilir.

Burada dikkat edilmesi gereken bir diğer durum, bu kurutma aşamasında elde edilen değerlerin 1. kurutma aşamasında elde edilen değerlerle oldukça benzerlik göstermesidir. Bu durumun temel nedeninin pastırma üretim teknolojisinde yer alan 1. baskılama (soğuk denkleme) işlemi olduğu düşünülmektedir. Baskılama ile et içerisindeki nem dağılımı etkilenmiş ve başlangıçtakine yakın bir dağılım oluşturulmuştur. Bu da nem difüzyon katsayılarının artmasına ve 1. kurutmadakine benzer değerlerin elde edilmesine sebebiyet vermiştir. Ayrıca 2. kurutma aşamasında

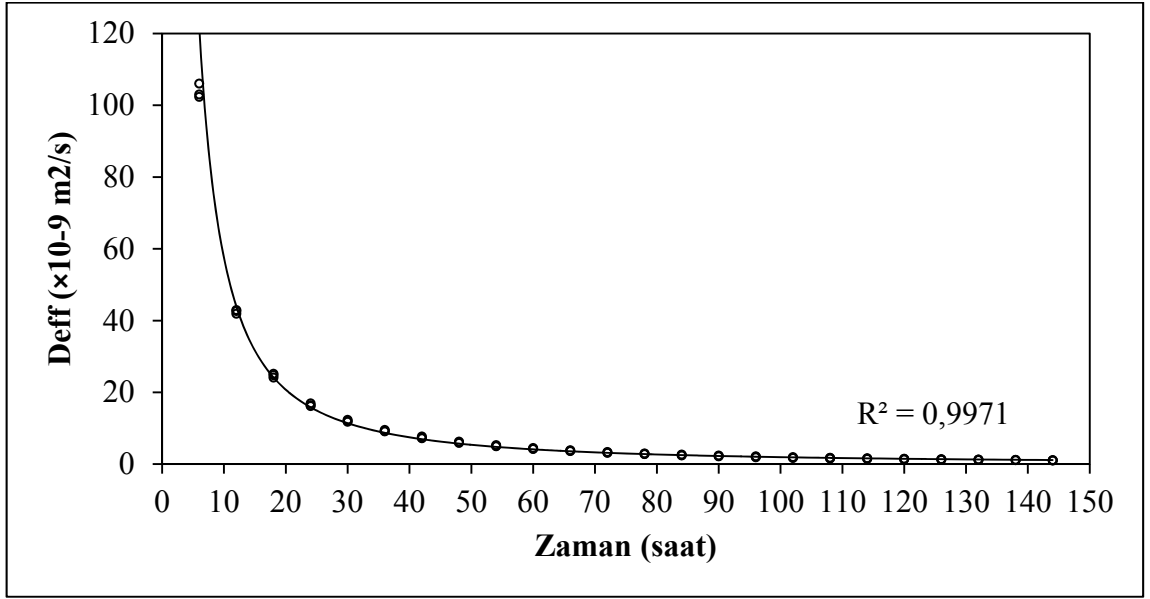
kullanılan 1. kurutmadakine göre daha yüksek sıcaklık ve daha düşük nisbi nem kombinasyonunun da bu durum üzerinde etkili olduğu düşünülmektedir.

Çizelge 4.18. Pastırma üretiminin 2. kurutma aşamasında belirli zaman aralıklarıyla örneklerde tespit edilen nem D_{eff} değerleri

Zaman (saat)	$D_{\text{eff}} \times 10^{-9} \text{ m}^2/\text{s}$			
	1. Tekerrür	2. Tekerrür	3. Tekerrür	Ortalama
6	103,05	106,08	102,36	103,83±1,98
12	41,90	42,68	42,94	42,51±0,54
18	24,11	24,77	25,19	24,69±0,54
24	16,19	16,39	16,96	16,51±0,40
30	11,83	11,98	12,36	12,06±0,27
36	9,12	9,23	9,55	9,30±0,22
42	7,23	7,34	7,69	7,42±0,24
48	5,91	6,05	6,29	6,08±0,19
54	4,97	5,06	5,28	5,10±0,16
60	4,22	4,31	4,50	4,34±0,14
66	3,63	3,72	3,89	3,75±0,13
72	3,16	3,23	3,39	3,26±0,12
78	2,78	2,85	2,99	2,87±0,11
84	2,46	2,51	2,67	2,55±0,11
90	2,17	2,25	2,40	2,27±0,12
96	1,93	2,04	2,16	2,04±0,12
102	1,73	1,84	1,95	1,84±0,11
108	1,57	1,70	1,78	1,68±0,11
114	1,45	1,56	1,63	1,55±0,09
120	1,34	1,43	1,49	1,42±0,08
126	1,24	1,32	1,38	1,31±0,07
132	1,16	1,22	1,28	1,22±0,06
138	1,09	1,13	1,19	1,14±0,05
144	1,03	1,06	1,11	1,07±0,04
Ortalama	10,64	10,91	10,93	10,83±0,16

± standart sapma

Şekil 4.8 incelendiğinde de, yine 1. kurutmadakine benzer ifadelerin söylenebilmesi mümkündür. Nem D_{eff} değerleri kurutmanın ilk saatlerinde hızla azalmış, daha sonra ise daha yavaş bir şekilde azalışını sürdürmüştür. Burada da nem D_{eff} değerlerindeki azalış üssel bir yol izlemiştir ($R^2=0,9971$).



Şekil 4.8. Pastırma üretiminin 2. kurutma aşamasında örneklerde tespit edilen nem D_{eff} değerlerinin ($\times 10^{-9} \text{ m}^2/\text{s}$) zamana bağlı değişimi

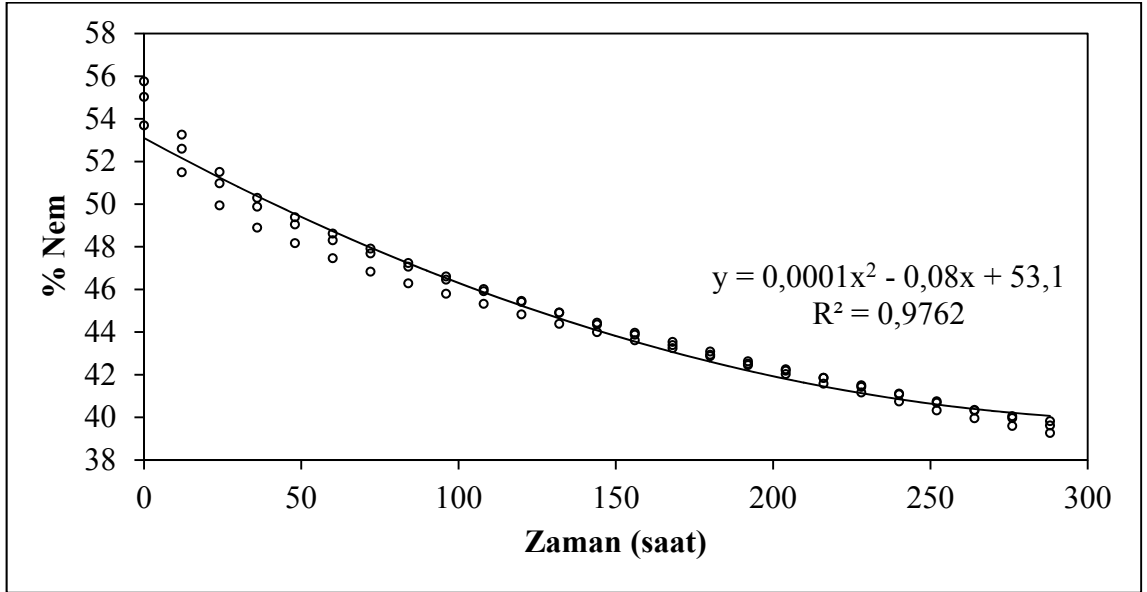
Pastırma üretiminin çemenli kurutma aşamasında belirli zaman aralıklarıyla örneklerde tespit edilen % nem içerikleri Çizelge 4.19'da, % nem içeriklerinin zamana bağlı değişimi ise Şekil 4.9'da verilmiştir.

Çemenli kurutma aşamasında örneklerdeki nem içeriğinin ortalama %40'a kadar düşürülmesi amaçlanmıştır. Çizelge 4.19'dan da görüleceği üzere başlangıçta %54,83 olan örneklere ait ortalama % nem içeriği, çemenli kurutma aşaması sonunda %39,57'ye kadar düşmüştür. Şekil 4.9 incelendiğinde ise bu düşüşün 2. dereceden bir polinomla ifade edilebileceği görülmektedir ($R^2=0,9762$). Böylece çemenli kurutma aşaması şartlarında (20°C ve % 60 nisbi rutubette) örneklerdeki belirli bir andaki nem içeriğinin $y = 0,0001x^2 - 0,08x + 53,1$ şeklindeki bir polinom denklemi ile ifade edilebileceği tespit edilmiştir ($y = \% \text{ nem içeriği}$, $x = \text{saat}$).

Çizelge 4.19. Pastırma üretiminin çemenli kurutma aşamasında belirli zaman aralıklarıyla örneklerde tespit edilen % nem içerikleri

Zaman (saat)	% Nem			
	1. Tekerrür	2. Tekerrür	3. Tekerrür	Ortalama
0	55,03	53,70	55,76	54,83±1,05
12	52,60	51,50	53,26	52,45±0,89
24	50,98	49,94	51,51	50,81±0,80
36	49,88	48,90	50,30	49,69±0,72
48	49,05	48,17	49,39	48,87±0,63
60	48,31	47,47	48,62	48,13±0,60
72	47,69	46,84	47,92	47,48±0,57
84	47,07	46,29	47,24	46,87±0,51
96	46,46	45,80	46,61	46,29±0,43
108	45,92	45,33	46,02	45,76±0,37
120	45,42	44,83	45,46	45,24±0,35
132	44,92	44,39	44,91	44,74±0,30
144	44,44	44,00	44,36	44,27±0,23
156	43,97	43,62	43,88	43,82±0,18
168	43,54	43,25	43,39	43,39±0,15
180	43,09	42,87	42,94	42,97±0,11
192	42,63	42,52	42,45	42,53±0,09
204	42,26	42,19	42,03	42,16±0,12
216	41,85	41,86	41,58	41,76±0,16
228	41,43	41,51	41,17	41,37±0,18
240	41,08	41,12	40,75	40,98±0,20
252	40,69	40,76	40,33	40,59±0,23
264	40,32	40,35	39,96	40,21±0,22
276	39,97	40,06	39,60	39,88±0,24
288	39,62	39,83	39,27	39,57±0,28

± standart sapma



Şekil 4.9. Pastırma üretiminin çemenli kurutma aşamasında örneklerde tespit edilen % nem içeriklerinin zamana bağlı değişimi

Çizelge 4.20’de pastırma üretiminin çemenli kurutma aşamasında belirli zaman aralıklarıyla tespit edilen nem D_{eff} değerleri, Şekil 4.10’da ise nem D_{eff} değerlerinin zamana bağlı değişimi verilmiştir.

Çizelge 4.20’den de görüleceği üzere başlangıçta $32,86 \times 10^{-9} \text{ m}^2/\text{s}$ olan nem D_{eff} değeri, çemenli kurutma aşaması sonunda $0,35 \times 10^{-9} \text{ m}^2/\text{s}$ ’ye kadar düşmüştür. Ortalama nem D_{eff} değeri ise $3,39 \times 10^{-9} \text{ m}^2/\text{s}$ olarak tespit edilmiştir. Bu değer 1. ve 2. kurutma aşamalarında elde edilen ortalama D_{eff} değerlerine göre daha düşüktür.

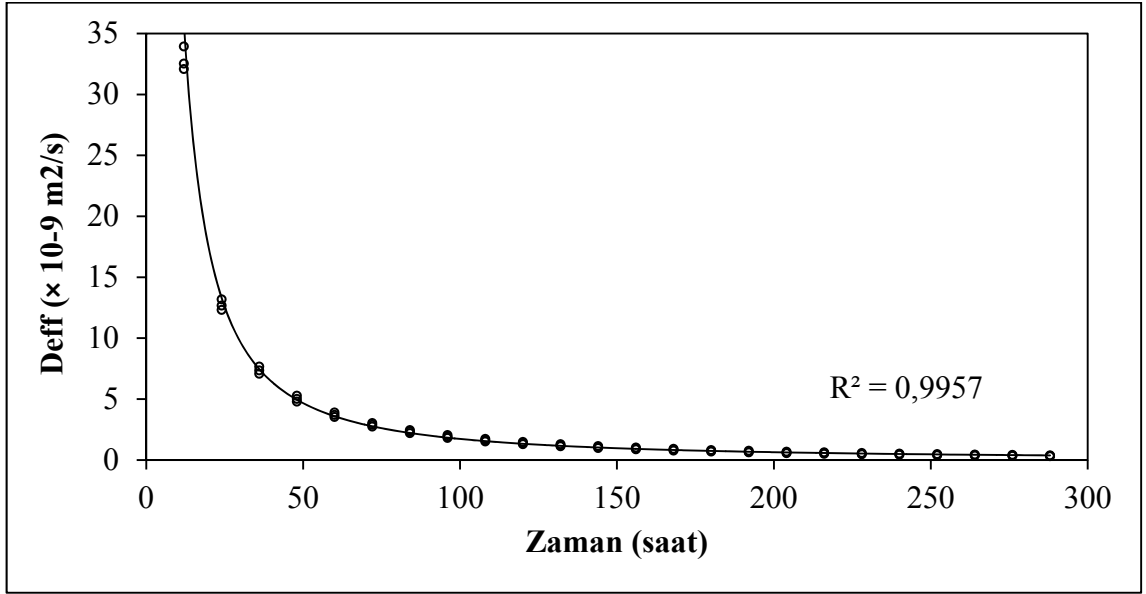
Burada pastırma üretim teknolojisinde yer alan 2. baskılama (sıcak denkleme) işlemi ile et yüzeyinin çemen hamuruyla kaplanması işleminin, elde edilen sonuçların değerlendirilmesinde dikkate alınması gerektiği düşünülmektedir. 2. baskılama işlemi, 1. baskılamadakine benzer şekilde et içerisindeki nem dağılımı üzerine etkide bulunmuştur. Çemenleme işlemi ise dış yüzeyde daha ıslak bir tabakanın oluşumuna sebep olmasına rağmen, örneklerdeki ortalama % nem içeriği üzerinde herhangi bir değişikliğe neden olmamıştır.

Çizelge 4.20. Pastırma üretiminin çemenli kurutma aşamasında belirli zaman aralıklarıyla örneklerde tespit edilen nem D_{eff} değerleri

Zaman (saat)	$D_{eff} \times 10^{-9} \text{ m}^2/\text{s}$			
	1. Tekerrür	2. Tekerrür	3. Tekerrür	Ortalama
12	32,54	33,94	32,09	32,86±0,97
24	12,68	13,19	12,32	12,73±0,44
36	7,36	7,68	7,09	7,38±0,30
48	5,02	5,28	4,80	5,03±0,24
60	3,71	3,90	3,54	3,72±0,18
72	2,90	3,04	2,75	2,90±0,15
84	2,34	2,46	2,21	2,34±0,13
96	1,92	2,05	1,82	1,93±0,12
108	1,63	1,74	1,53	1,63±0,11
120	1,40	1,49	1,31	1,40±0,09
132	1,21	1,30	1,13	1,21±0,09
144	1,07	1,15	0,99	1,07±0,08
156	0,94	1,03	0,88	0,95±0,08
168	0,84	0,92	0,78	0,85±0,07
180	0,76	0,82	0,70	0,76±0,06
192	0,68	0,76	0,63	0,69±0,07
204	0,62	0,69	0,57	0,63±0,06
216	0,57	0,63	0,52	0,57±0,06
228	0,52	0,58	0,48	0,53±0,05
240	0,48	0,53	0,44	0,48±0,05
252	0,44	0,49	0,40	0,44±0,05
264	0,41	0,45	0,37	0,41±0,04
276	0,38	0,42	0,34	0,38±0,04
288	0,35	0,39	0,32	0,35±0,04
Ortalama	3,37	3,54	3,25	3,39±0,15

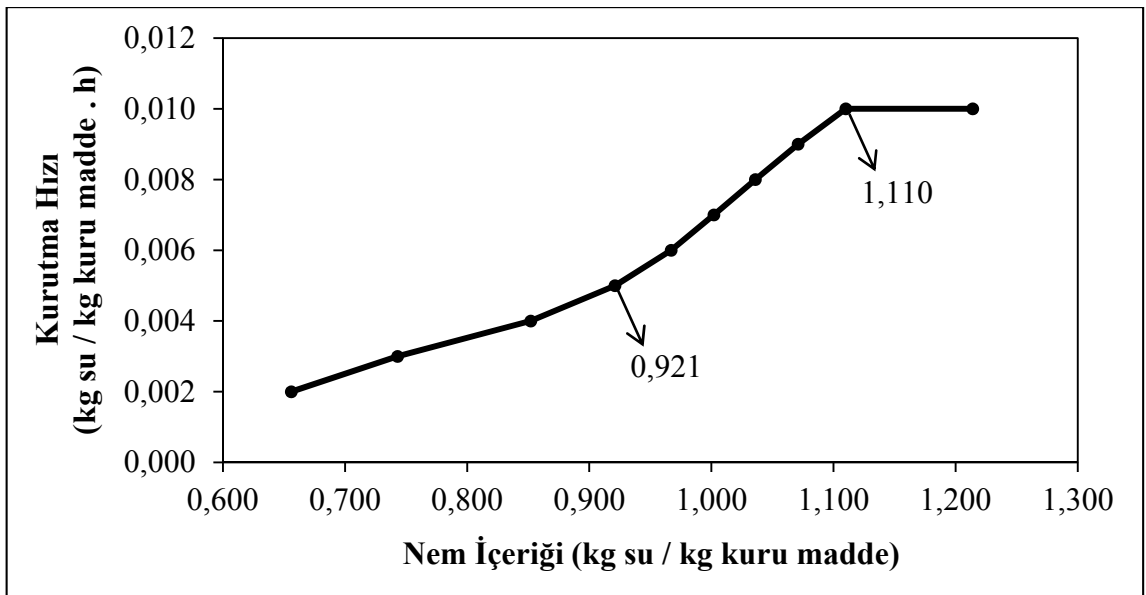
± standart sapma

Şekil 4.10. incelendiğinde çemenli kurutma aşamasında nem D_{eff} değerlerinin kurutmanın ilk saatlerinde hızla azaldığı, daha sonra ise yavaş bir şekilde azalışını sürdürdüğü görülmektedir. Burada da yine nem D_{eff} değerlerindeki azalış üssel bir yol izlemiştir ($R^2=0,9957$).

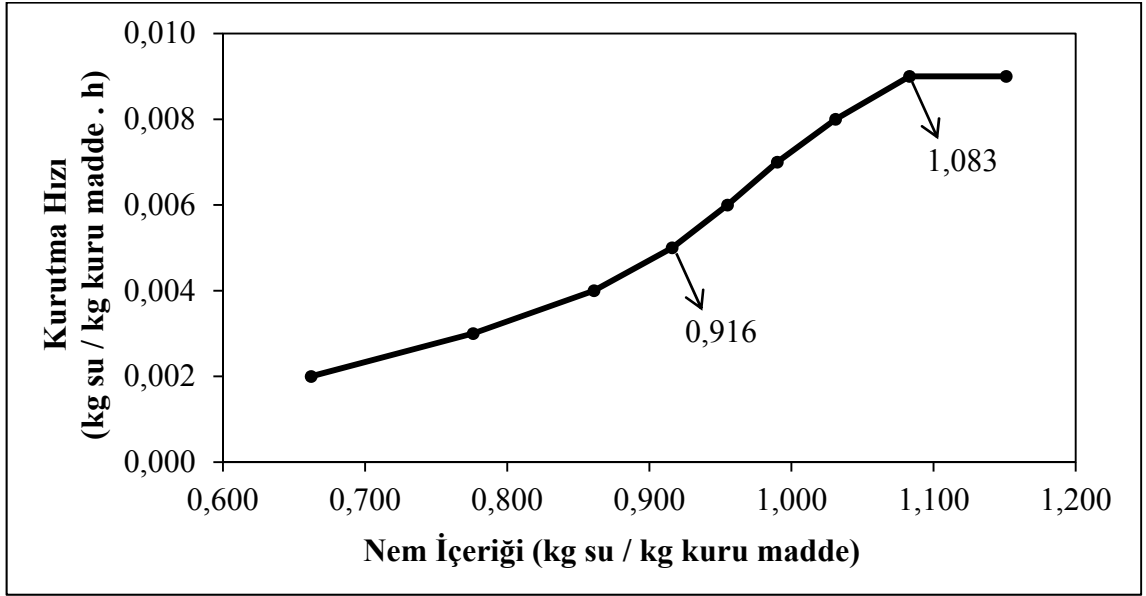


Şekil 4.10. Pastırma üretiminin çemenli kurutma aşamasında örneklerde tespit edilen nem D_{eff} değerlerinin ($\times 10^{-9} \text{ m}^2/\text{s}$) zamana bağlı değişimi

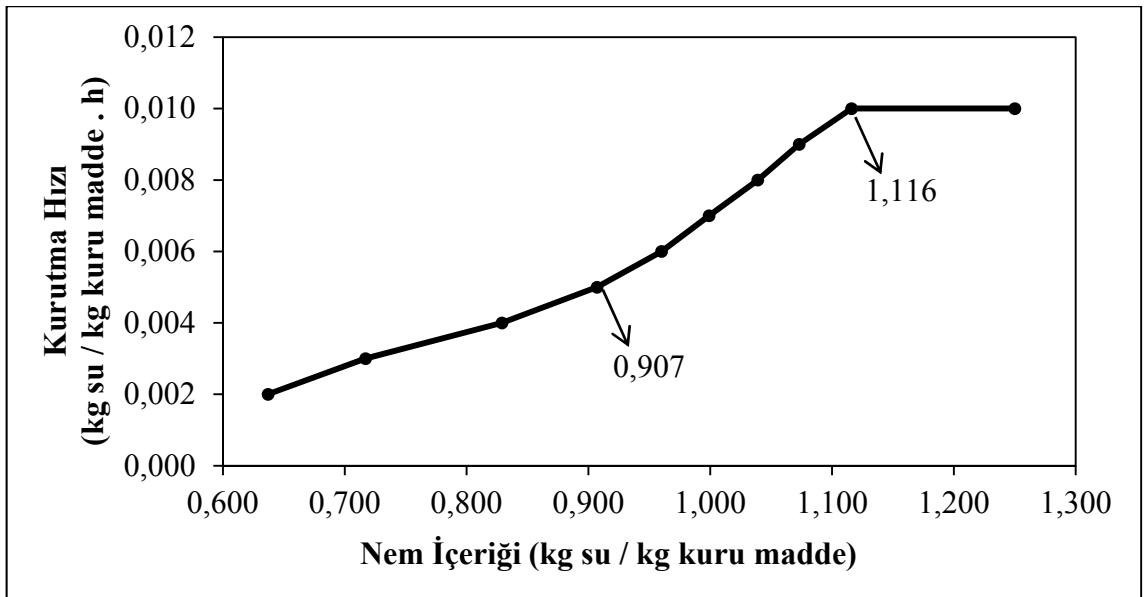
Çemenli kurutma aşamasında elde edilen, nem içeriğine karşı kurutma hızı grafikleri 1. tekerrür için Şekil 4.11’de, 2. tekerrür için Şekil 4.12’de ve 3. tekerrür için ise Şekil 4.13’de verilmiştir.



Şekil 4.11. Birinci tekerrür için çemenli kurutma aşamasında elde edilen nem içeriğine karşı kurutma hızı grafiği



Şekil 4.12. İkinci tekerrür için çemenli kurutma aşamasında elde edilen nem içeriğine karşı kurutma hızı grafiği



Şekil 4.13. Üçüncü tekerrür için çemenli kurutma aşamasında elde edilen nem içeriğine karşı kurutma hızı grafiği

Şekil 4.11, 4.12 ve 4.13 incelendiğinde 1. tekerrür için kritik nem içeriğinin 1,110kg su/kg kuru madde, 2. tekerrür için 1,083kg su/kg kuru madde ve 3. tekerrür için ise 1,116kg su/kg kuru madde olduğu görülmektedir. Elde edilen bu değerlere bağlı olarak

ortalama kritik nem içeriğinin 1,103kg su/kg kuru madde olduğu tespit edilmiştir. Bu durum pastırma örnekleri için çemenli kurutma aşamasında 1,103kg su/kg kuru madde değerine kadar kurumunun sabit hızda gerçekleştiğini, bu değerden sonra ise azalan hız periyodunun başladığını göstermektedir. Sabit hız periyodunda pastırma örneklerinin yüzeyi neme doymuş haldedir ve transfer edilen ısı ile örneklerin yüzeyinden nem uzaklaştırılmaktadır. Bu kademede yüzeyden evapore olan nem ile pastırma örneklerinin iç kısımlarından hareket edip yüzeye gelen nem eşit olup bir denge durumu sağlanılmaktadır. Azalan hız periyodu incelendiğinde ise iki farklı aşamanın gerçekleştiği görülmektedir. 1. tekerrür için 0,921kg su/kg kuru madde, 2. tekerrür için 0,916kg su/kg kuru madde ve 3. tekerrür için ise 0,907kg su/kg kuru madde değerine kadar birinci aşamaların gerçekleştiği, bu değerlerden sonra ise ikinci aşamaların meydana geldiği tespit edilmiştir. Azalan hız periyodlarının birinci aşamalarında pastırma örneklerinin iç kısımlardan yüzeye doğru olan nem hareketinin yüzeyde meydana gelen evaporasyonu karşılayamadığı ve yüzeyin kurumaya başladığı söylenebilir. Yüzey tamamen kuruduktan sonra ise ikinci aşamaların başladığı ve pastırma örnekleri içerisinde buharlaşmanın gerçekleştiği düşünülmektedir. Ürünün iç kısımlarında evapore olan su buharı kendinden hemen önce kurumuş olan tabakaları geçerek yüzeye doğru hareket etmekte ve buradan kurutma ortamına karışmaktadır. Bu aşamada kurutma hızı iyice azalmıştır.

4. SONUÇ ve ÖNERİLER

Araştırma, pastırma üretimine ait kurutma karakteristikleri ile tuzlama ve kurutma aşamalarına ait tuz ve nem D_{eff} değerlerinin tespit edilmesi amacıyla kurulmuş ve yürütülmüştür. Pastırma örnekleri için sonsuz dilim geometrisi kabul edilmiş ve Crank (1975) tarafından verilen Fick'in 2. eşitliğinin analitiksel çözümü hesaplamalar için kullanılmıştır. Yapılan analiz ve değerlendirmelerden aşağıda belirtilen genel sonuç ve öneriler çıkarılmıştır.

1. Tuzlama aşamasının başlangıcında 0,985 olarak belirlenen pastırmalık etlere ait ortalama a_w değerinin, 48 saatlik kürlenme işlemi sonucunda 0,943 değerine kadar düşüş gösterdiği tespit edilmiştir. a_w değerleri üzerine kürlenme zamanının etkisi önemli bulunmuştur.
2. Kürlenme işlemi başlangıcında ortalama %74,56 olan nem içeriği, kürlenme işlemi sonucunda %66,64'e kadar düşüş göstermiştir. Örneklerdeki ortalama tuz içerikleri ise 48 saatlik kürlenme işlemi sonunda 15,65gNaCl/100g kuru madde değerine kadar yükselmiştir. Pastırmalık etlerin kürlenmesi esnasında kürlenme karışımındaki tuz etin içine doğru difüze olmuş, etin içindeki su ise dışarı doğru çıkmıştır.
3. Kürlenme esnasında örneklere ait nem ve tuz içerikleri üzerine kürlenme zamanının önemli etkide bulunduğu belirlenmiştir. Örneklerin nem içeriklerindeki değişim azalış yönünde ilerlerken, tuz içeriklerindeki değişim ise artış yönünde kendini göstermiştir.
4. Kürlenme esnasında örneklerin nem içeriğindeki düşüşün zamanla azaldığı gözlenmektedir. Kürlenmenin ilk saatlerinde daha yüksek bir düşüş oranı gözlenmişken, zaman ilerledikçe bu oran azalmıştır. Örneklerin tuz içeriğindeki artışın da su içeriğindeki düşüşe benzer şekilde zamanla azaldığı gözlenmektedir. Kürlenmenin ilk saatlerinde tuz içeriği daha yüksek bir oranla artmış sonlara doğru bu oranda azalma görülmüştür.

5. Kürleme zamanına bağlı olarak pastırmalık etlerde tespit edilen ortalama tuz D_{eff} değerleri $1,49 \times 10^{-9}$ – $4,08 \times 10^{-9} m^2/s$ arasında değişkenlik göstermiştir. Örneklerde tespit edilen tuz D_{eff} değerleri üzerinde kürleme zamanınınn önemli etkide bulunduğu tespit edilmiştir.

6. Tuz D_{eff} değerleri kürleme işleminin ilk saatinde hızla azalmış, daha sonraki saatlerde ise daha yavaş bir şekilde azalışını srdrmştir. Bu durum doku tarafından kazanılan tuz miktarının artması ile D_{eff} değerlerinin azaldığını göstermektedir.

7. 1. kurutma aşaması başlangıcında %73,93 olan örneklerle ait ortalama % nem içeriği, kurutma işlemi sonucunda %65,32'ye kadar dşmştir. Gerçekleşen bu düşüşün doğrusal bir yol izlediği tespit edilmiştir ($R^2=0,9859$).

8. 1. kurutma aşamasında zamana bağlı olarak pastırmalık etlerde tespit edilen ortalama nem D_{eff} değerleri $1,11 \times 10^{-9}$ – $116,36 \times 10^{-9} m^2/s$ arasında değişkenlik göstermiştir. Nem D_{eff} değerlerinin kurutmanın ilk saatlerinde hızla azaldığı, daha sonra ise daha yavaş bir şekilde azalışını srdrdğu belirlenmiştir. Nem D_{eff} değerlerindeki azalış üssel bir yol izlemiştir ($R^2=0,9942$).

9. 2. kurutma aşaması başlangıcında %65,08 olan örneklerle ait ortalama % nem içeriği, kurutma işlemi sonucunda %54,92'ye kadar dşmştir. Gerçekleşen bu düşüşün doğrusal bir yol izlediği tespit edilmiştir ($R^2=0,9790$).

10. 2. kurutma aşamasında zamana bağlı olarak pastırmalık etlerde tespit edilen ortalama nem D_{eff} değerleri $1,07 \times 10^{-9}$ – $103,83 \times 10^{-9} m^2/s$ arasında değişmektedir. Nem D_{eff} değerlerinin kurutmanın ilk saatlerinde hızla azaldığı, daha sonra ise daha yavaş bir şekilde azalışını srdrdğu belirlenmiştir. Nem D_{eff} değerlerindeki azalış üssel bir yol izlemiştir ($R^2=0,9971$).

11. Çemenli kurutma aşaması başlangıcında %54,83 olan örneklere ait ortalama % nem içeriği, kurutma işlemi sonucunda %39,57'ye kadar düşmüştür. Gerçekleşen bu düşüşün 2. dereceden bir polinomla ifade edilebileceği tespit edilmiştir ($R^2=0,9762$).

12. Çemenli kurutma aşamasında zamana bağlı olarak pastırmalık etlerde tespit edilen ortalama nem D_{eff} değerleri $0,35 \times 10^{-9}$ – $32,86 \times 10^{-9}$ m²/s arasında değişmektedir. Nem D_{eff} değerlerinin kurutmanın ilk saatlerinde hızla azaldığı, daha sonra ise daha yavaş bir şekilde azalışını sürdürdüğü belirlenmiştir. Nem D_{eff} değerlerindeki azalış üssel bir yol izlemiştir ($R^2=0,9957$).

13. Çemenli kurutma aşamasında pastırma örnekleri için ortalama kritik nem içeriğinin 1,103kg su/kg kuru madde olduğu tespit edilmiş olup, bu değere kadar kurumunun sabit hızda gerçekleştiği, bu değerden sonra ise azalan hız periyodunun başladığı belirlenmiştir.

14. Sonuç olarak özellikle kütleme ve kurutma aşamalarının dikkate alınarak incelendiği bu çalışmanın yanı sıra, farklı sıcaklık ve farklı nisbi nem içeriklerinin kombinasyonları denenerek pastırma üretim aşamalarının standardizasyonunu sağlayacak bilimsel verilerin de ortaya konulduğu çalışmaların yapılması gerektiği düşünülmektedir.

KAYNAKLAR

- Aksu, M.I., 1999. Pastırma Üretiminde Starter Kültür Kullanım İmkanları Üzerine Araştırmalar. Doktora Tezi, Atatürk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Erzurum, Türkiye.
- Aksu, M.I. ve Kaya, M., 2001a. Erzurum Piyasasında Tüketime Sunulan Pastırmaların Bazı Fiziksel, Kimyasal ve Mikrobiyolojik Özellikleri. Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences, 25, 319-326.
- Aksu, M.I. ve Kaya, M., 2001b. Pastırma Üretiminde Starter Kültür Kullanımının Son Ürün Özellikleri Üzerine Etkisi. Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences, 25, 847-854.
- Aksu, M.I. ve Kaya, M., 2002a. Potasyum Nitrat ve Starter Kültür Kullanılarak Üretilen Pastırmaların Bazı Mikrobiyolojik ve Kimyasal Özellikleri. Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences, 26, 125-132.
- Aksu, M.I. ve Kaya, M., 2002b. Farklı Kürleme Yöntemleri ve Starter Kültür Kullanılarak Pastırma Üretimi. Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences, 26, 909-916.
- Aksu, M.I. and Kaya, M., 2002c. Effect of Commercial Starter Cultures on the Fatty Acid Composition of Pastırma (Turkish Dry Meat Product). Journal of Food Science, 67 (6), 2342–2345.
- Aksu, M.I., Aktaş, N. and Kaya, M., 2002. Effect of Commercial Starter Cultures on the Myofibrillar Proteins of Pastırma, a Turkish Dry Meat Product. Journal of Food Science, 67 (7), 2548-2551.
- Aksu, M.I. and Kaya, M., 2005. Effect of Storage Temperatures and Time on Shelf-life of Sliced and Modified Atmosphere Packaged Pastırma, A Dried Meat Product, Produced from Beef. Journal of the Science of Food and Agriculture, 85, 1305-1312.
- Aksu, M.I., Kaya, M. and Ockerman H.W. 2005. Effect of Modified Atmosphere Packaging, Storage Period, and Storage Temperature on the Residual Nitrate of Sliced Pastırma, Dry Meat Product, Produced from Fresh Meat and Frozen/Thawed Meat. Food Chemistry, 93, 237-242.
- Aksu, M.I., Kaya, M. and Oz, F. 2008. Effect of *Lactobacillus sakei* and *Staphylococcus xylosus* on the Inhibition of *Escherichia coli* O157:H7 in Pastırma, a Dry-Cured Meat Product. Journal of Food Safety, 28, 47–58.
- Aktas, N. and Gürses, A., 2005. Moisture Adsorption Properties and Adsorption Isothermic Heat of Dehydrated Slices of Pastırma (Turkish Dry Meat Product). Meat Science, 71, 571–576.
- Aktaş, N., Aksu, M.I. and Kaya, M., 2005. Changes in Myofibrillar Proteins During Processing of Pastırma (Turkish Dry Meat Product) Produced with Commercial Starter Cultures. Food Chemistry, 90, 649-654.
- Anonim, 2000. Türk Gıda Kodeksi Yönetmeliği, Et Ürünleri Tebliği, Tebliğ No: 2000/4.
- Anonim, 2002. Türk Standardları Enstitüsü, Pastırma, TS. 1071. TSE. Ankara.
- AOAC, 2005: Chapter 39. Meat and Meat Products. In Official methods of analysis (18th ed., pp. 8). USA: Association of Official Analytical Chemists.

- Barat, J. M., Rodriguez-Barona, S., Andres, A. and Fito, P., 2003. Cod Salting Manufacturing Analysis. *Food Research International*, 36, 447–453.
- Barat, J. M., Baigts, D., Alino, M., Fernandez, F.J., Perez-Garcia, V.M., 2011. Kinetics Studies During NaCl and KCl Pork Meat Brining. *Journal of Food Engineering*, 106, 102-110.
- Bellagha, S., Sahli, A., Farhat, A., Kechaou, N., Glenza A., 2007. Studies on Salting and Drying of Sardine (*Sardinella aurita*): Experimental Kinetics and Modeling. *J Food Eng.*, 78, 947–952.
- Boudhrioua, N., Djendoubi, N., Bellagha S., Kechaou, N., 2009. Study of Moisture and Salt Transfers During Salting of Sardine Fillets. *Journal of Food Engineering*, 94, 83–89.
- Brennan, J.G., 1994. *Food Dehydration: A Dictionary and Guide*. Butterworth-Heinemann Ltd, 189p, Oxford, UK.
- Cierach, M. and Modzelewska-Kapitula, M., 2011. Effects of pH Values and Fat Content on Sodium Chloride Diffusion Rate in Pork. *Journal of Food Processing and Preservation*, 35, 129-142.
- Clemente, G., Bon, J., Garcia-Perez, J.V. and Mulet, A., 2007. Natural Convection Drying at Low Temperatures of Previously Frozen Salted Meat. *Drying Technology*, 25: 1885-1891.
- Corzo, O., Bracho, N., Alvarez, C., 2008. Water Effective Diffusion Coefficient of Mango Slices at Different Maturity Stages during Air Drying. *Journal of Food Engineering*, 87: 479-484.
- Costa-Corredor, A., Pakowski, Z., Lenczewski, T., Gou, P., 2010. Simulation of Simultaneous Water and Salt Diffusion in Dry Fermented Sausages by the Stefan-Maxwell Equation. *Journal of Food Engineering*, 97, 311-318.
- Crank, J., 1975. *The Mathematics of Diffusion* (2nd ed.). Oxford University Press, 414 p., Ely House, London, England.
- Doğruer, Y., Güner, A., Gürbüz, Ü., Uçar G., 2003. Sodyum ve Potasyum Nitratın üretim Periyodu Süresince Pastirmannın Kalitesine Etkisi. *Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences*, 27, 805-811.
- Erdoğan, F., 2005. Mathematical Approaches for Use of Analytical Solutions in Experimental Determination of Heat and Mass Transfer Parameters. *Journal of Food Engineering*, 68: 233-238.
- Gallart-Jornet, L., Barat, J.M., Rustad, T., Erikson, U., Escriche, I., Fito, P., 2007. A Comparative Study of Brine Salting of Atlantic Cod (*Gadus morhua*) and Atlantic Salmon (*Salmo salar*). *Journal of Food Engineering*, 79, 261–270.
- Gou, P., Comaposada, J., Arnau, J., 2002. Meat pH and Meat Fibre Direction Effects on Moisture Diffusivity in Salted Ham Muscles Dried at 5°C. *Meat Science*, 61, 25-31.
- Gou, P., Comaposada, J., Arnau, J., 2003. NaCl Content and Temperature Effects on Moisture Diffusivity in the *Gluteus medius* Muscle of Pork Ham. *Meat Science*, 63, 29-34.
- Gou, P., Comaposada, J., Arnau, J., 2004. Moisture Diffusivity in the Lean Tissue of Dry-Cured Ham at Different Process Times. *Meat Science*, 67, 203-209.
- 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 Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları No: 786, 561 s, Erzurum.
- Graiver, N., Pinotti, A., Califano, A., Zaritzky, N., 2006. Diffusion of Sodium Chloride in Pork Tissue. *Journal of Food Engineering*, 77, 910-918.
- Graiver, N., Pinotti, A., Califano, A., Zaritzky, N., 2009. Mathematical Modeling of the Uptake of Curing Salts in Pork Meat. *Journal of Food Engineering*, 95, 533-540.
- Guner, A., Gonulalan, Z., Dogruer, Y., 2008. Effect of tumbling and Multi-Needle Injection of Curing Agents on Quality Characteristics of Pastirma. *International Journal of Food Science and Technology*, 43, 123–129.
- Hawladar, M.N.A., Ho, J.C. and Qing,Z., 1999. A Mathematical Model for Drying of Shrinking Materials. *Drying Technology*, 17(1&2), 27-47.
- Hernandez, J.A., Pavon, G., Garcia, M.A., 2000. Analytical Solution of Mass Transfer Equation Considering Shrinkage for Modeling Food-Drying Kinetics. *Journal of Food Engineering*, 45: 1-10.
- Horton, H.R., Moran, L.A., Ochs, R.S., Rawn, J.D., Scrimgeour, K.G., 1993. Principles of Biochemistry. Neil Petterson Publishers, Prentice Hall, USA.
- Hussain, M.M. and Dincer, I., 2003. Analysis of Two-Dimensional Heat and Moisture Transfer During Drying of Spherical Objects. *International Journal of Energy Research*, 27: 703-713.
- Işıksal, S., Soyer, A. ve Ercan, R., 2009. Sucuk ve Pastirmanın Desorpsiyon İzotermlerine Sıcaklığın Etkisi. *The Journal of Food (Gıda)*, 34 (1), 11-20.
- Jain, D., Pathere, P.B., 2007. Study the Drying Kinetics of Open Sun Drying of Fish. *Journal of Food Engineering*, 78: 1315-1319.
- Jittinandana, S., Kenney, P.B., Slider, S.D. and Kiser, R.A., 2002. Effect of Brine Concentration and Brining Time on Quality of Smoked Rainbow Trout Fillets. *Journal of Food Science*, 67 (6): 2095-2099.
- Kaban, G., 2009. Changes in the Composition of Volatile Compounds and in Microbiological and Physicochemical Parameters During Pastirma Processing. *Meat Science*, 82, 17–23.
- Kechaou, N. and Maalej, M., 2000. A Simplified Model For Determination of Moisture Diffusivity of Date From Experimental Drying Curves. *Drying Technology*, 18 (4&5), 1109-1125.
- Kilic, B., 2009. Current Trends in Traditional Turkish Meat Products and Cuisine. *LWT-Food Science and Technology*, 42, 1581–1589.
- Lewicki, P.P., 2006. Design of Hot Air Drying for Better Foods. *Trends in Food Science and Technology*, 17, 153-163.
- Maurya, P., Borpuzari, R.N., Nath, D.R., Nath N.C., 2010. Effect of Starter Culture and Turmeric on Physico-Chemical Quality of Carabeef Pastirma. *Journal of Food Science and Technology*, 47 (1), 89-93.
- Mayor, L., Sereno, A.M., 2004. Modeling Shrinkage During Connective Drying of Food Materials: A Review. *Journal of Food Engineering*, 61: 373-386.
- Mujaffar, S. and Sankat, C.K., 2006. The Mathematical Modelling of the Osmotic Dehydration of Shark Fillets at Different Brine Temperatures. *International Journal of Food Science and Technology*, 41, 405–416.
- Okos, M.R., Campanella, O., Narsimhan, G., Singh, R.K. and Weitnauer, A.C., 2007. Food Dehydration, *Handbook of Food Engineering*, 2nd ed., Ed: Heldman, D.R.

- and Lund, D.B. CRC Press, Taylor and Francis Group, 6000 Broken Sound Parkway N.W., Suite 300, Boca Raton, USA, 601-744.
- Oztan, A. and Mutlu, M., 2005. Mass Transfer Through Meat. Part I. Determination of Diffusion Coefficient of Nitrite by Time Lag Method. *Journal of Food Engineering*, 67, 387-391.
- Park, K.J., 1998. Diffusional Model with and without Shrinkage during Salted Fish Muscle Drying. *Drying Technology*, 16(3-5), 889-905.
- Pinotti, A., Graiver, N., Califano, A., Zaritzky, N., 2001. Diffusion of Nitrite and Nitrate Salts in Pork Tissue in the Presence of Sodium Chloride. *Journal of Food Science*, 67 (6), 2165-2171.
- Ratti, C., 2001. Hot Air and Freeze-Drying of High-Value Foods: A Review. *Journal of Food Engineering*, 49, 311-319.
- Rosello, C., Canellas, J., Simal, S. and Berna, A., 1992. Simple Mathematical Model to Predict the Drying Rates of Potatoes. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 40: 2374-2378.
- Sabadini, E., Carvalho, Jr.B.C., Sobral, P.J do A., Hubinger, M.D., 1998. Mass Transfer and Diffusion Coefficient Determination in the Wet and Dry Salting of Meat. *Drying Technology*, 16 (9&10), 2095-2115.
- Simal, S., Femenia, A., Garcia-Pascual, P., Rosello, 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.
- 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 Bioproducts Processing*, 8 (9): 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, 212–2019.
- Tekinşen, O.C. ve Doğruer, Y., 2000. Her Yönüyle Pastırma. Selçuk Üniversitesi Basımevi, 124 s, Konya.
- Toledo, R.T., 2007. Dehydration. *Fundamentals of Food Process Engineering*, 3rd ed., Ed: Toledo, R.T. Springer Science+Business Media, LLC, 233 Spring Street, New York, NY 10013, USA, 431-473.
- Tripathy, P.P. and Kumar, S., 2009. A Methodology for Determination of Temperature Dependent Mass Transfer Coefficients from Drying Kinetics: Application to Solar Drying. *Journal of Food Engineering*, 90, 212-218.
- 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.
- TUİK, 2012. Sanayi sektöründe üretilen ürünlerin, üretim miktarı, üretim değeri, satış miktarı ve satış değeri, (Sanayi ürünlerinin yıllara göre üretim bilgileri). http://www.tuik.gov.tr/PreIstatistikTablo.do?istab_id=773 (22.05.2012).
- Uğuz, Ş., Soyer, A. and Dalmış Ü., 2011. Effects of Different Salt Contents on Some Quality Characteristics during Processing of Dry-Cured Turkish Pastırma. *Journal of Food Quality*, 34, 204–2011.
- Volpato, G., Michielin, E.M.Z., Ferreira, S.R.S., Petrus, J.C.C., 2007. Kinetics of the Diffusion of Sodium Chloride in Chicken Breast (*Pectoralis major*) during Curing. *Journal of Food Engineering*, 79, 779-785.

- Wang, D., Tang, J. and Correia, L.R., 2000. Salt Difusivities and Salt Difusion in Farmed Atlantic Salmon Muscle as Influenced by Rigor Motris. *Journal of Food Engineering*, 43, 115–123.
- Zhang, Q., Xiong, S., Liu, R., Xu, J., Zhao, S., 2011. Diffusion Kinetics of Sodium Chloride in Grass Carp Muscle and Its Diffusion Anisotropy. *Journal of Food Engineering*, 107, 311–318.

ÖZGEÇMİŞ

1982 yılında Erzurum’da doğdu. İlk, orta ve lise eğitimini Erzurum’da tamamladı. 2000 yılında girdiği Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Gıda Mühendisliği Bölümü’nden 2004 yılında mezun oldu. Yüksek lisans eğitimini 2007 yılında tamamladıktan sonra aynı yıl Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Anabilim Dalında doktora eğitimine başladı.

Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Gıda Mühendisliği Bölümünde Araştırma Görevlisi olarak çalışmaktadır.