T.C.

YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

DİCENTRARCHUS LABRAX'IN YENİ NESİL DONDURARAK KURUTULMASI ESNASINDA ÇEŞİTLİ ÖN İŞLEMLERİN KURUTMAYA OLAN ETKİLERİNİN İNCELENMESİ

Merve ALP

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Kimya Mühendisliği Anabilim Dalı

Kimya Mühendisliği Programı

Danışman

Prof. Dr. Azmi Seyhun KIPÇAK

Mayıs, 2024

T.C.

YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

DİCENTRARCHUS LABRAX'IN YENİ NESİL DONDURARAK KURUTULMASI ESNASINDA ÇEŞİTLİ ÖN İŞLEMLERİN KURUTMAYA OLAN ETKİLERİNİN İNCELENMESİ

Merve ALP tarafından hazırlanan tez çalışması 09.05.2024 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Kimya Mühendisliği Anabilim Dalı, Kimya Mühendisliği Programı **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Prof. Dr. Azmi Seyhun KIPÇAK
Yıldız Teknik Üniversitesi
Danışman

Jüri Üyeleri

Prof. Dr. Azmi Seyhun KIPÇAK, Danışman
Yıldız Teknik Üniversitesi _____

Prof. Dr. Emek DERUN, Üye
Yıldız Teknik Üniversitesi _____

Doç. Dr. Fatma Tuğçe ŞENBERBER DUMANLI, Üye
Nişantaşı Üniversitesi _____

Danışmanım Prof. Dr. Azmi Seyhun KIPÇAK sorumluluğunda tarafımca hazırlanan "Dicentrarchus Labrax'ın Yeni Nesil Dondurarak Kurutulması Esnasında Çeşitli Ön işlemlerin Kurutmaya Olan Etkilerinin İncelenmesi" başlıklı çalışmada veri toplama ve veri kullanımında gerekli yasal izinleri aldığımı, diğer kaynaklardan aldığım bilgileri ana metin ve referanslarda eksiksiz gösterdiğimi, araştırma verilerine ve sonuçlarına ilişkin çarpıtma ve/veya sahtecilik yapmadığımı, çalışmam süresince bilimsel araştırma ve etik ilkelerine uygun davrandığımı beyan ederim. Beyanımın aksinin ispatı halinde her türlü yasal sonucu kabul ederim.

Merve ALP

İmza

Bu çalışma, Yıldız Teknik Üniversitesi Bilimsel Araştırma Proje Koordinatörlüğü'nün FYL-2023-5828 numaralı projesi ile desteklenmiştir.



Aileme

TEŞEKKÜR

Bu tezin hazırlanması sırasında gerekli bilgileri aktararak beni yönlendiren ve kıymetli zamanını bana ayıran, birlikte çalışmaktan onur ve mutluluk duyduğum Sayın Prof. Dr. Azmi Seyhun KIPÇAK'a ve Sayın Arş. Gör. Zehra Özden ÖZYALÇIN GENÇ'e en içten teşekkürlerimi sunarım.

Hayatımın her anında yanımda olan, yardımlarını hiçbir zaman eksik etmeyen aileme sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

.

Merve ALP

İÇİNDEKİLER

TEŞEKKÜR **v**
SİMGE LİSTESİ **viii**
KISALTMA LİSTESİ **ix**
ŞEKİL LİSTESİ **x**
TABLO LİSTESİ **xii**
ÖZET **xiii**
ABSTRACT **xv**
1 GİRİŞ **1**
1.1 Literatür Taraması 1
1.2 Tezin Amacı 3
2 BALIK **4**
2.1 Avrupa Sazan Balığı (Cyprinus Carpio) 7
2.2 Yayın Balığı Ve Kedi Balığı 8
2.3 Alabalık ve Somon 9
2.4 Çipura ve Levrek 10
2.4.1 Levrek Eti Özellikleri 12
2.4.2 Levreğin Yaşam Döngüsü 13
2.4.3 Levrek Üretimi 15
3 GIDA KURUTMA **18**
3.1 Güneşle Kurutma 20
3.2 Hava ile Kurutma 20
3.3 Fırın ile Kurutma 21
3.4 Mikrodalga ile Kurutma 21
3.5 Püskürtmeli Kurutma 21
3.6 Vakum Kurutma 21
3.7 İnfraruj Kurutma 22
3.8 Dondurarak Kurutma 22
3.8.1 Dondurarak kurutma yönteminin avantajları 22
3.8.2 Dondurarak kurutma prensibi 23
4 MATERYAL METOD **25**

4.1 Numune Hazırlama 25
4.2 Yöntem 25
4.3 Ön İşlemler 28
4.3.1 Haşlama ön işlemi 28
4.3.2 Tuzlu haşlama ön işlemi 30
4.3.3 Tuzlu suya daldırma ön işlemi 32
4.3.4 US ön işlemi 35
5 MATEMATİKSEL MODELLEME 39
5.1 Kurutma Davranışı 39
5.2 Renk Analizi 41
6 SONUÇ 43
KAYNAKÇA 51
A ÖNİŞLEMSİZ, US 1 VE 5 DAKİKA ÖNİŞLEMLİ MATEMATİKSEL MODEL GRAFİKLERİ 53
B HAŞLAMA VE TUZLU HAŞLAMA ÖNİŞLEMLİ NUMUNELER MATEMATİKSEL MODEL GRAFİKLERİ 60
C TUZLU DALDIRMA %10 VE %20 ÖNİŞLEMLİ NUMUNELER MATEMATİKSEL MODEL GRAFİKLERİ 67
TEZDEN ÜRETİLMİŞ YAYINLAR 74

SİMGE LİSTESİ

M	Nem içeriği, kg su/kg kuru madde
M_0	Başlangıç nem içeriği, kg su/kg kuru madde
m_d	Kuru madde içeriği, kg
M_e	Denge nem içeriği, kg su/kg kuru madde
MR	Nem oranı
MR_{exp}	Deneysel nem oranları
MR_{pre}	Tahmini nem oranları
M_t	Herhangi bir kuruma süresindeki nem içeriği, kg su/kg kuru madde
m_w	Su içeriği, kg
R^2	Belirleme katsayısı
$RMSE$	Kök ortalama kare hatası
χ^2	Azaltılmış Ki-kare

KISALTMA LİSTESİ

CIE	Uluslararası Aydınlatma Komisyonu
CMYK	Camgöbeği, Macenta, Sarı, Anahtar (Siyah)
FAO	Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü
FD	Dondurarak Kurutma
GSA	Önemli Küresel Üretim Araştırması
IR	Kızılötesi Kurutma
MFD	Mikrodalga Dondurarak Kurutma
N	Nem Miktarı
KH	Kuruma Hızı
NO	Nem Oranı
RGB	Kırmızı, Yeşil, Mavi
US	Ultrasonik Banyo

ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 2.1 Başlıca çiftlik balık türlerinin küresel üretimi……**6**
Şekil 2.2 Avrupa sazanı……...**7**
Şekil 2.3 Yayın balığı……..**8**
Şekil 2.4 Siyah boğa başlı yayın balığı……**8**
Şekil 2.5 Alabalık……**9**
Şekil 2.6 Somon balığı……....**9**
Şekil 2.7 Akdeniz'de levrek ve çipura üretim tahminleri……..**10**
Şekil 2.8 Çipura balığı……...**11**
Şekil 2.9 Dicentrarchus labrax……...**12**
Şekil 2.10 Levrek filetoları……**12**
Şekil 2.11 Avrupa levreği hayat döngüsü……..**14**
Şekil 2.12 Extensive yetiştirme (genişletilmiş yetiştirme) yöntemi ile levrek üretimi……**16**
Şekil 2.13 İntensive yetiştirme (yoğunlaştırılmış yetiştirme) yöntemi ile levrek üretimi……**17**
Şekil 3.1 Suyun katı, sıvı ve gaz faz diyagramı……**23**
Şekil 4.1 Levrek numuneleri (a) 3 cm boyu, (b) 1,5 cm eni……..**25**
Şekil 4.2 Kuru madde tayini……..**26**
Şekil 4.3 Dondurarak kurutucu……..**26**
Şekil 4.4 Ön işlemsiz kurutulan I. levrek numunesi……..**27**
Şekil 4.5 Ön işlemsiz kurutulan II. levrek numunesi……..**27**
Şekil 4.6 Haşlama ön işlemli, 8 saat kurutulan levrek numunesi……...**29**
Şekil 4.7 Tuzlu daldırma ön işlemi……**32**
Şekil 4.8 Tuzlu daldırma ön işlemli numune örneği……..**34**
Şekil 4.9 US ön işlemli kurutulmuş levrek numuneleri……..**36**
Şekil 4.10 Kurulmuş ve paketlenmiş levrek numuneleri……...**38**
Şekil 5.1 Renk analizleri için (a) CIE renk uzayı ve (b) Hue renk tekerleği…….**41**
Şekil 6.1 Ön işlemsiz ve US ön işlemli levrek numunelerinin zamana karşı nem içeriğindeki değişimi……..**43**
Şekil 6.2 Haşlama ön işlemli kurutulmuş levrek numunelerinin kuruma hızları…….....**44**

Şekil 6.3 Tuzlu suya daldırma ön işlemli kurutulmuş levrek numunelerinin kuruma hızları…….…….……..**45**
Şekil 6.4 Ön işlemsiz ve US ön işlem uygulanıp kurutulan levrek numunelerin kurutulan levrek numunelerinin hız grafiği..……..**46**
Şekil 6.5 Haşlama ve tuzlu su ile haşlama ön işlemli numunelerin kurutma hızlarını karşılaştırılması……**46**
Şekil 6.6 Tuzlu suya daldırma ön işleminin kurutma hızına etkisi grafiği…….**47**
Şekil 6.7 Ön işlemsiz ve US ön işlemli kurutulan numunelerin zamana karşı ln(MR) grafiği……**47**
Şekil 6.8 Haşlama ve tuzlu haşlama ön işlemli numunelerin zamana karşı ln(MR) grafiği……**48**
Şekil 6.9 Tuzlu daldırma ön işlemli numunelerin zamana karşı ln(MR) grafiği…**48**

TABLO LİSTESİ

Tablo 4.1 Ön işlemsiz numune dondurarak kurutma işlemi erileri……..……..**28**
Tablo 4.2 30 sn haşlama ön işlem uygulanan numune FD verileri……**29**
Tablo 4.3 60 sn haşlama ön işlem uygulanan numune dondurarak kurutma işlemi Verileri……...**30**
Tablo 4.4 30 sn %10 tuzlu haşlama ön işlem uygulanan numune dondurarak kurutma işlemi verileri……...**31**
Tablo 4.5 60 sn %10 tuzlu haşlama ön işlem uygulanan numune dondurarak kurutma işlemi verileri……...**31**
Tablo 4.6 %10 tuzlu suya daldırma ön işlem uygulanan numune dondurarak kurutma işlemi verileri (1 dk)……**33**
Tablo 4.7 %10 tuzlu daldırma ön işlem uygulanan numune dondurarak kurutma işlemi verileri (5 dk)……**33**
Tablo 4.8 %20 tuzlu daldırma ön işlem uygulanan numune dondurarak kurutma işlemi verileri (1 dk)……..**34**
Tablo 4.9 %20 tuzlu daldırma ön işlem uygulanan numune dondurarak kurutma işlemi verileri (5 dk)……..**35**
Tablo 4.10 Ultrasonik ön işlemi uygulanan numune dondurarak kurutma işlemi verileri (1 dk)……**36**
Tablo 4.11 Ultrasonik ön işlemi uygulanan numune dondurarak kurutma işlemi verileri (5dk)……**37**
Tablo 5.1 Literatürde yaygın kullanılan kurutma modelleri……**40**
Tablo 6.1 Ön işlemsiz, haşlama ön işlemli ve US ön işlemli kurutulan levrek numunelerinin toplam renk değişimi verileri……**49**
Tablo 6.2 Tuzlu ön işlemli kurutulan levrek numunelerinin toplam renk değişimi verileri……**49**

ÖZET

Dicentrarchus Labrax'ın Yeni Nesil Dondurarak Kurutulması Esnasında Çeşitli Ön İşlemlerin Kurutmaya Olan Etkilerinin İncelenmesi

Merve ALP

Kimya Mühendisliği Anabilim Dalı

Kimya Mühendisliği Programı

Yüksek Lisans Tezi

Danışman: Prof. Dr. Azmi Seyhun KIPÇAK

Gelişen teknoloji ile birlikte besinlerin tüketim alışkanlıkları da değişmektedir. Zamanın değerli olduğu yoğun iş temposuyla yaşanılan bir dönem içerisinde insanlar, hızlı tüketime uygun, raf ömrü uzun ve besin değerleri yüksek pratik hazır gıdalara talep oluşturmaktadırlar. Kurutulmuş gıdalar da bu anlamda oldukça tercih edilmektedir. Hazır makarnadan çorbalara, atıştırmalıklara hemen hemen her alanda kurutulmuş gıda kullanımı yaygınlaşmaktadır. Temel besin öğelerinden ve enerji kaynaklarından olan protein içeren et, tavuk ve balıklar beslenmede oldukça önemli rol oynamaktadır. Sık tercih edilen deniz ürünlerinden olan balıklar, kaliteli protein, insan sağlığı için gerekli olan vitamin, omega 3 ve mineraller açısından zengin olduklarından dolayı çeşitli gıdalarda kullanılmaktadırlar. Tüm deniz canlılarında olduğu gibi balıklar da içerisinde nem bulundurmaktadırlar. Deniz ürünlerinin avlanmalarından tüketim anına kadar geçen süreçte neme bağlı olarak mikrobiyal bozulmalar, tadının acılaşması ve renk değişimlerinin meydana gelmektedir. Bu nedenlerden dolayı uzun raf ömrünün sağlanması, kalitesinin, lezzetinin, besin değerlerinin korunması ve tüketiciye daha güvenli şekilde ulaştırılması amacıyla

çeşitli muhafaza yöntemleri geliştirilmektedir. Kurutma yöntemleri ile ilgili ön plana çıkan çalışmalar incelendiğinde, yeni nesil dondurarak kurutma yöntemi yüksek sıcaklık gerektirmemesi nedeniyle dikkat çekmektedir. Yapılan çalışmalar incelendiğinde, besin değeri açısından zengin olan levrek (Dicentrarchus Labrax) kurutulması ile ilgili literatürün yetersiz olduğu görülmektedir. Bu proje kapsamında, Dicentrarchus Labrax'ın yeni nesil dondurarak kurutularak ve çeşitli ön işlemlerin kurutma kinetiğine olan etkileri incelenecektir.

Anahtar Kelimeler: Levrek, Dicentrarchus Labrax, dondurarak kurutma, kurutma kinetiği.

ABSTRACT

Investigation Of The Effects Of Various Pre-treatments On Drying During New Generation Freeze Drying Of Dicentrarchus Labrax

Merve ALP

Department of Chemical Engineering

Master of Science Thesis

Supervisor: Prof. Dr. Azmi Seyhun KIPÇAK

With developing technology, food consumption habits are also changing. In a period of intense workload where time is valuable, people are in demand for practical ready-made foods that are suitable for quick consumption, have a long shelf life and have high nutritional values. Dried foods are also highly preferred in this sense. The use of dried food is becoming widespread in almost every field, from ready-made pasta to soups and snacks. Meat, chicken and fish, which contain protein, one of the basic nutrients and energy sources, play a very important role in nutrition. Fish, one of the most preferred seafood, is used in various foods because it is rich in quality protein, vitamins, omega 3 and minerals necessary for human health. Like all sea creatures, fish also contain moisture. Microbial deterioration, bitterness in taste and color changes occur due to moisture in the process from the catch of sea food to the moment of consumption. Due to these factors, numerous preservation methods are being developed to guarantee an extended shelf life, maintain quality, taste, and nutritional value, and ensure safer delivery to consumers. When the prominent studies on drying methods are examined, the new generation freeze drying method attracts attention

because it does not require high temperatures. When the studies are examined, it is seen that the literature on drying sea bass (Dicentrarchus Labrax), which is rich in nutritional value, is insufficient. Within the scope of this project, new generation freeze-drying of Dicentrarchus Labrax and the effects of various pretreatments on the drying kinetics will be examined.

Keywords: Sea bass, Dicentrarchus Labrax, freeze drying, drying kinetics.

1
GİRİŞ

Kurutma, ürünlerin sürdürülebilir olması, kullanım ömrünün arttırılması için kullanılan işlemler arasında yer almaktadır. Kurutma işleminde besinlerde yer alan nemin uzaklaştırılması ile bozulma problem ortadan kaldırılmaktadır. Özellikle besinler içerdikleri nem oranları mikroorganizmaların çoğalması için uygun koşulların oluşmasını sağlamaktadır. Kurutma işlemi ile besinden uzaklaştırılan nem ile bozulmalar önlenerek ürünlerin raf ömrü uzatılabilmektedir.

Kurutma, geleneksel olarak ürünlerin güneşe serilmesi ile gerçekleştirilen geleneksel kurutma olarak karşımıza uzun yıllardır çıkmaktadır. Mevsiminde toplanan erik, kayısı, elma gibi meyvelerin güneş altında kurutulması, tarhana hamurlarının kurutulması ile kışa hazırlık aşamalarında uzun yıllardır güneşte kurutma yöntemi kullanılmaktadır. Fazla olan ürünlerin israf edilmeden ve bozulmadan saklanabilmesi için kurutma işlemi en iyi çözümlerden biri olamaktadır. Geleneksel olarak kullanılan güneşte kurutma işlemi artan ürün miktarına bağlı olarak endüstriyel kurutma sistemlerinin geliştirilmesi çalışmaları hız kazanmıştır. Endüstriyel uygulamalar için ürün verimliliği ve kararlı ortam koşullarının sağlanması için kurutma cihazlarının kullanımı yaygınlaşmaya başlamıştır. Bu amaçla kurutma yöntemleri, geleneksel yöntemler harici sıcak hava iletimi veya taşınımı ile kurutma, vakum ortamında kurutma ve dondurarak kurutma olarak çeşitlendirilmektedir.

1.1 Literatür Taraması

Literatürde yapılmış olan deniz canlılarının kurutulması, dondurarak kurutma tekniğinin kullanımı ile ilgili çalışmalar bu bölümde kısaca incelenmiştir.

Giungato ve ark. yaptıkları çalışmada, deniz rezenesinin (Crithmum maritimum L.), işlenmiş numuneleri (havada kurutulmuş @ 40°C ve @ 60°C ve dondurularak kurutulmuş), gaz kromatografisi/kütle spektrometrisi ve sınıflandırma yetenekleri ile analiz etmişlerdir. Dondurarak kurutma tekniğinde, işlem sırasında yüksek oranda ağırlık kaybı (yaklaşık olarak %85) sağlanarak ürünün kurutma sonrası görünümünde herhangi bir renk kaybı olmadan küflenme ve kararma

problemlerininin önüne geçilir ve nem oranı, mikroorganizma oluşumuna neden olan sınır değerlerin altına düşürülebilmesi nedeniyle gıda koruma işlemlerinde tercih edilmektedir.

Silva-Espinoza ve ark. portakal püresinin fiziksel-kimyasal özelliklerini daha iyi korumak için dondurarak kurutma çalışma koşullarının optimizasyonuna odaklanmıştır. Çalışmalarında çalışma koşulları optimize edilirken çeşitli parametreler belirlenmiştir. Donma hızı, basınç ve raf sıcaklığı gibi parametrelerin numunelerin rengi, gözenek yapısı, nem içeriği ve besin değerlerinin üzerine etkisi incelenmiştir. Çalışmada raf sıcaklığı 30 ile 50°C ve basin 5 ila 100 Pa arasında tutularak denemeler gerçekleştirilmiştir. Kurutma sonucu ürünün kalitesini belirleyen besin değerleri ve numune görünümünde önemli olan renk değişimi gerçekleşmediği belirlenmiştir. Numunelerin ek olarak mekanik dayanımı incelenmiştir. Yapılan çalışmalar sonucu en yüksek mekanik dayanıma 100 Pa basınçta 50°C'de kurutulan numuneler ile ulaşılmıştır. Ayrıca bu numunelerde en az nem değerinin elde edildiği belirlenmiştir. Kurutma işleminin daha hızlı tamamlanması nedeniyle daha yüksek sıcaklıkta besin maddelerinin daha az bozunması gözlemlendi.

Duan ve diğerleri (2010), deniz hıyarını mikrodalga dondurarak kurutma (MFD) tekniği kullanarak kurutmuşlardır. Geleneksel dondurarak kurutma tekniğinde deniz hıyarının kalitesi korunabilmektedir fakat bu işlem uzun sürede gerçekleştirilmektedir. Yapılan çalışmada alternatif dondurarak kurutma tekniği olan MFD ile kurutma performansı incelenmiştir. Deniz hıyarı numunelerine 100 sıcaklıkta 20 dakika kaynatılarak ön işlem uygulaması yapılmıştır. Yapılan ön işlem deniz hıyarı lezzetinin elde edilmesi için kullanılmaktadır. Numuneler üzerindeki fazla suyun uzaklaştırılması ile 25°C sıcaklıkta en az 8 saat dondurulmuştur. Numunelerde nem içeriği, rehidrasyon oranı, renk vb. parametrelere bakılmıştır. Çalışma sonucunda, MFD tekniği geleneksel dondurarak kurutma tekniğine alternatif olabilme potansiyeli bulunduğunu belirmişlerdir. MFD tekniğinde daha kısa sürede kaliteli ürün elde edilmesi mümkündür. Teknik kullanımında basınç değerlerinin optimize edilmesi önem kazanmaktadır.

Duan ve diğerleri (2012), elma dilimlerinin mikrodalga destekli dondurarak kurutma tekniği ile kurutulmasını gerçekleştirmişlerdir. Çalışmalarda en kaliteli

kuru numune elde edilme yöntemi olan kurutma tekniği olan dondurarak kurutma yöntemi öncelikli olarak tercik edilmektedir. Ama uzun süren kurutma süresi prosesi prosesin uygulanabilirliği üzerine çeşitli çalışmalar yapılmasını gerektirmektedir. Bu çalışmada MFD işlemi uygulanması sırasında numunelerin içerdiği nem oranının ve sıcaklığının değişmesiyle dielektrik özelliğin değişimi incelenmiştir. Dielektrik özellik değişen nem içeriği ve sıcaklık ile değişmektedir. Bu değişim dinamik mikrodalga yayılımına neden olmaktadır. MFD yöntemi geliştirilmesi ile geleneksel FD sürecinden daha kısa süren kurutma süresi ve yüksek kaliteli ürün elde edilmesi mümkün olabilecektir (Duan ve ark., 2010; Duan ve ark., 2012).

1.2 Tezin Amacı

Bu çalışmada Avrupa levreği (Dicentrarchus labrax) dondurarak kurutma (liyofilizasyon) yöntemi ile kurutuldu.

Levrek örnekleri, ön işlemsiz ve çeşitli ön işlemler uygulanarak kurutuldu, ve ön işlemlerin kuruma davranışına etkisi araştırıldı. İşlem sürecindeki renk değişimleri incelendi.

2
BALIK

Deniz ürünleri; sağlık açısından faydalıdır, geniş bir çeşitlilik sunar, kültürel ve ekonomik öneme sahiptir, sürdürülebilirlik ve çevresel faktörler göz önünde bulundurulur. Bu nedenlerden dolayı, deniz ürünleri dünya genelinde ve Türkiye'de popüler bir besin kaynağıdır.

Deniz ürünleri, insan sağlığı için önemli besin değerlerine sahiptir. Balıklar, besin değeri olarak sağlıklı yağ asitlerinden olan omega-3 yağ asitlerini, yüksek ve kaliteli protein, çeşitli zengin vitaminler ve mineraller içermektedir. Bu besin değerleri, sağlıklı bir beslenme düzeni için önemlidir ve deniz ürünlerinin tüketilmesi sağlıklı yaşamı desteklemektedir. Ayrıca, deniz ürünleri geniş bir çeşitlilik sunmaktadır. Balıkların, karideslerin, midyelerin, istiridyelerin ve diğer deniz canlılarının farklı lezzetleri ve dokuları vardır. Bu çeşitlilik, farklı tatları denemek isteyen insanlar için çekicidir.

Bazı ülkeler ve topluluklar için deniz ürünleri tüketimi kültürel ve geleneksel bir öneme sahiptir. Deniz ürünleri, belirli bayram ve kutlamalarda önemli bir yere sahip olabilir ve özel yemeklerin hazırlanmasında kullanılabilmektedir.

Deniz ürünleri, balıkçılık sektörü için ekonomik bir değere sahiptir. Balıkçılık sektörü, istihdam yaratmaktadır ve birçok ülkenin ekonomisine katkı sağlamaktadır. Uluslarası pazarlarda ticaret ürünleri arasında deniz ürünleri önemli rol oynamaktadır. Deniz ürünleri, doğal kaynaklardır ve sürdürülebilir bir şekilde yönetilmelidir. Bilinçli balıkçılık uygulamaları ve deniz ürünleri yetiştiriciliği, deniz kaynaklarının korunmasına yardımcı olmaktadır. Bu da deniz ürünlerinin uzun vadede tüketilmesini sağlamaktadır.

Beslenme ihtiyacı insanların temel yaşam ihtiyaçlarının başında yer almaktadır. Eski çağlardan günümüze, insan beslenmesinde balık temel besinlerden biri olarak kullanılmaktadır. Balıklar, Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü (FAO, 1997) raporu verileri ışığında, dünya nüfusunun tükettiği hayvansal proteinin yaklaşık %16'sını sağladığı bilinmektedir. Balık tüketimi ile yüksek kaliteli protein kaynağı

olarak insanoğlu diyetlerinde önemli yere sahiptir. Büyükbaş ve küçükbaş hayvancılığın daha az yapıldığı bölgelerde balık önemli bir protein kaynağıdır. Balıklar, özellikle tüketilen hayvansal protein kaynağı olarak; Kuzey Amerika ve tüketilen hayvansal proteinin %10'undan azını, Afrika'da %17'sini, Asya'da %26'sını ve Çin'de %22'sini karşılamaktadır. (FAO, 2000). FAO verilerine bakıldığında, dünya genelinde yaklaşık olarak bir milyardan fazla insanın temel hayvansal protein kaynağını balık oluşturmaktadır. Balık, güvenilir hayvansal protein kaynakları içerisinde güven verici besinler arasında yer almaktadır. (FAO, 2000).

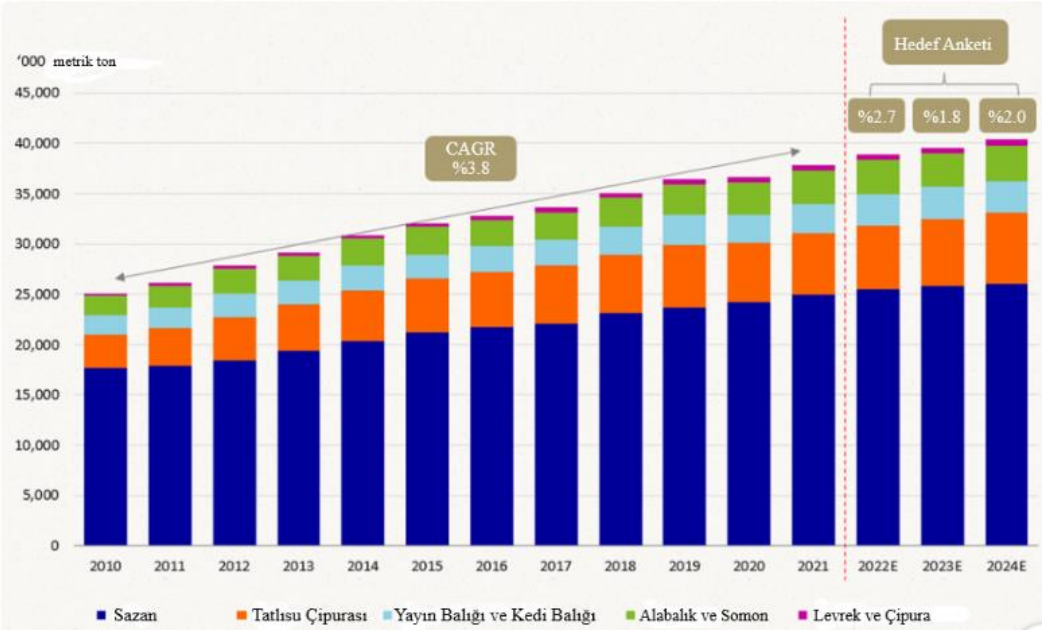
Balıkların beslenmelerde artan tüketimi, insanlar için önemli ve sağlıklı bir beslenme alışkanlığı olabilir. Balık, yüksek omega-3, protein, vitaminler ve mineraller gibi besin bileşenleri açısından çok sağlıklı ve önemli bir besin kaynağıdır. Bu besin değerleri, kalp sağlığını korur, beyin fonksiyonlarını geliştirir, bağışıklık sistemini güçlendirir ve genel sağlık üzerinde olumlu etkilere sahiptir. Balık tüketiminin yaygın olmasının nedenlerinden biri, çeşitli balık türlerinin farklı lezzetlere ve besin değerlerine sahip olmasıdır. Bu da, farklı tatları deneyimlemek isteyen insanlar için çekici olabilmektedir. Balık tüketimi aynı zamanda sürdürülebilir bir beslenme seçeneği de olabilir. Bilinçli balıkçılık uygulamaları ve deniz ürünleri yetiştiriciliği, deniz kaynaklarının korunmasına yardımcı olabilmekte ve balık populasyonlarının sürdürülebilir bir şekilde yönetilmesini sağlayabilmektedir. Ancak, balık tüketirken dikkat edilmesi gereken bazı konular bulunmaktadır. Özellikle ağır metal kirliliği ve diğer kirleticilerden kaynaklanabilecek riskler göz önünde bulundurulmalıdır.

Dünyada balıkçılık sektörü, hem ekonomik hem de beslenme açısından büyük öneme sahiptir. Balıkçılık sektörü, hem denizlerde hem de iç sularda avlanarak çeşitli türlerdeki balıkların yakalanmasını ve işlenmesini kapsar. Balıkçılık sektörü, dünya genelinde milyonlarca insan için geçim kaynağı oluşturur ve gıda güvenliği açısından önemli bir rol oynar.

Balıkçılık sektörü aynı zamanda ekonomik büyümeye de katkıda bulunur. Balık ve deniz ürünleri ticareti, dünya genelinde milyarlarca dolarlık bir endüstri olup birçok ülkenin dış ticaret gelirlerine önemli katkı sağlar. Balıkçılık faaliyetleri, istihdam yaratır, balıkçılık limanları ve işletmelerin gelişmesine katkıda bulunur ve balıkçılık endüstrisiyle ilişkili diğer sektörleri de destekler.

Ancak, sürdürülebilir balıkçılık uygulamaları ve deniz kaynaklarının korunması da büyük önem taşır. Aşırı avlanma, deniz habitatlarının tahribatı ve kirlilik gibi faktörler, balıkçılık sektörünün geleceği üzerinde olumsuz etkiler yaratabilir. Bu nedenle, bilinçli balıkçılık uygulamaları ve deniz kaynaklarının sürdürülebilir yönetimi, balıkçılık sektörünün uzun vadeli sağlığı ve devam edilebilirliği açısından kritik öneme sahiptir.

Şekil 2.1'de 2023 GSA araştırmasında incelenen başlıca çiftlik balık türlerinin küresel üretimi verilmiştir (FAO, GSA., 2023).



Şekil 2.1 Başlıca çiftlik balık türlerinin küresel üretimi

Türkiye'de yetiştiriciliği ve tüketimi gerçekleşen bazı balık türleri bu bölümde verilmiştir. Akvakültür, sucul organizmaların (balıklar, karidesler, midyeler, yosunlar vb.) kontrol altında yetiştirilmesi ve yetiştiriciliğidir. Bu su ürünleri genellikle denizlerde, nehirlerde veya göllerde doğal olarak bulunurlar, ancak akvakültürde yapay olarak yetiştirilirler.

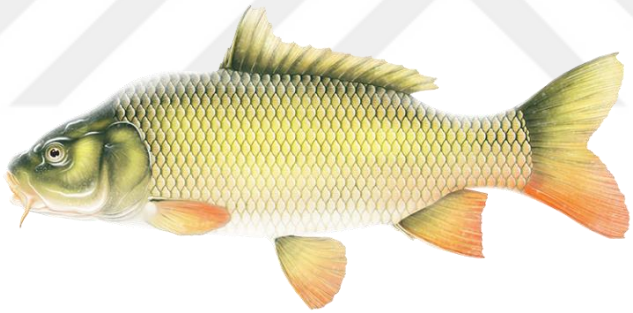
Bu kısımda birden fazla kez sözü geçecek olan akvakültür, balıkçılık endüstrisine alternatif bir kaynak sağlamaktadır ve deniz ürünlerinin sürdürülebilir şekilde üretilmesine yardımcı olmaktadır. Bu yöntem, doğal balık populasyonlarının korunmasına ve aşırı avlanmanın önlenmesine katkıda bulunabilmektedir.

Akvakültürde kullanılan sucul organizmalar genellikle belirli bir türün optimum büyüme koşullarında yetiştirilmektedir. Bu koşullar, su sıcaklığı, su kalitesi,

besleme, hastalık kontrolü ve stok yönetimi gibi faktörleri içerebilir. Akvakültür, modern teknoloji ve bilimsel yöntemlerin kullanımını gerektirir ve genellikle kontrollü bir ortamda gerçekleştirilmektedir. Akvakültür endüstrisi, balık, karides ve diğer su ürünlerinin ticari üretimini sağlayarak gıda güvenliği ve ekonomik kalkınmaya katkıda bulunabilmektedir. Ancak çevresel etkileri ve sürdürülebilirlik konuları da dikkate alınmalıdır. Bu nedenle, akvakültür uygulamalarının doğal ekosistemlere zarar vermeden ve kaynakları sürdürülebilir bir şekilde kullanarak yapılması önemlidir.

2.1 Avrupa Sazan Balığı (Cyprinus Carpio)

Sazan balığı, büyük bir tatlı su balığıdır ve Orta Asya'ya özgüdür. Sazan Cyprinus carpio latince ismidir. Çok çeşitli ortamlarda yaşayabilen balıklar, berrak ve bulanık sular da da yaşamlarını sürdürebilmektedirler. Şekil 2.2'de de görüldüğü gibi ağzının köşelerinin yakınında her iki tarafta iki tane bıyık benzeri uzantılar bulunmaktadır.



Şekil 2.2 Avrupa sazanı

Sazan balığı yaygın olarak Avrupa, Asya ve Orta Doğu'da yetiştirilmektedir. Sazan, oldukça popülerliği olan olta balığıdır. Sazan; Kuzey Amerika, Kanada ve Avustralya bölgelerinde bol bulunmasına rağmen doğal su ekosistemlerimizin bozulmasına katkıda bulunmaları nedeniyle zararlı olduğu düşünülmektedir.

Derin gövdelidirler ve renkleri gümüşten zeytin yeşiline kadar değişir, arka ve yanları pirinç veya gridir. Göbek sarımsı ve alt yüzgeçler kırmızımsı-turuncu renktedir. Sazan balığının ağzının köşelerine yakın yerde bıyık adı verilen bıyık benzeri uzantılar vardır. Dört Asya sazanı türünün hiçbirinde bu bıyıklar yoktur; sazanın uzun sırt yüzgecine dikkat etmek de önemlidir.

Sazan, tek başına veya küçük sürüler halinde; tabanı çamurlu, otlu göletlerde, göllerde ve nehirlerde yaşar. Hepçildir ve yiyecek ararken genellikle suyu karıştırır, bulanıklığı arttırır. Bu durum birçok bitki ve hayvanı olumsuz etkiler. Sonuç olarak, genellikle istenmeyen bir durum olarak kabul edilir ve yok edilmesi için çok fazla çaba sarfedilmektedir.

2.2 Yayın Balığı Ve Kedi Balığı

Yayın balığı, genellikle tatlı su göletlerinde ve nehirlerde bulunan bir balık türüdür. Lezzetli eti ve besleyici özellikleri nedeniyle popülerdir. Beyaz etli ve hafif lezzetli olan yayın balığı, ticari olarak genellikle akvakültür tesislerinde yetiştirilir. Şekil 2.3'de görülen yayın balığı en az 3 kg ağılığında olur ve hepçildir. Yosun, bitki, plankton, böcek, kabuklular ve balıklarla beslenebilmektedir (Scandinavian fishing yearbook.).



Şekil 2.3 Yayın balığı

Kedi balığı ise dip kısımlarda yaşayan, gece aktif olan ve etçil beslenen bir balık türüdür. Şekil 2.4'te Siyah boğa başlı yayın balığı gösterilmiştir. Sivri dikenleri ve pulları olmayan yapısıyla dikkat çeker. Su ekosistemlerinde önemli bir rol oynayan kedi balıkları, bazı bölgelerde avcılık ve bazı kültürel geleneklerde de yer almaktadır (Hrabik ve ark., 2015).



Şekil 2.4 Siyah boğa başlı yayın balığı

2.3 Alabalık ve Somon

Alabalık, tatlı su balıklarından biridir ve sıkça tüketilen bir türdür. Genellikle soğuk ve temiz suları tercih ederler. Alabalık, içerdiği protein değeri yüksektir. Ayrıca, omega-3 yağ asitleri değerleri de yüksektir. Besleyici bir balık türü olmasının yanı sıra lezzetli bir yemeğe dönüşebilir. Ticari olarak yetiştirilen alabalıklar, akvakültür tesislerinde kontrollü bir şekilde büyütülür.

Şekil 2.5'te bir alabalığın rengi ve benekli derisi görülmektedir (Duane Raver).



Şekil 2.5 Alabalık

Somon ise hem tatlı su hem de tuzlu su habitatlarında bulunan bir balık türüdür. Özellikle soğuk denizlerde yaygın olarak bulunurlar. Somonlar, yüksek besleyici değerlere sahip bir balık türüdür. Omega-3 yağ aside içeriği bakımından oldukça zengindirler. Bu nedenle, sağlıklı bir beslenme için önerilen balık türleri arasındadır. Aynı zamanda somon, restoranlarda ve evlerde popüler bir yemek seçeneğidir. Ticari olarak yetiştirilen somonlar genellikle büyük ölçekli akvakültür tesislerinde üretilir. Şekil 2.6'da somon balığı verilmiştir.



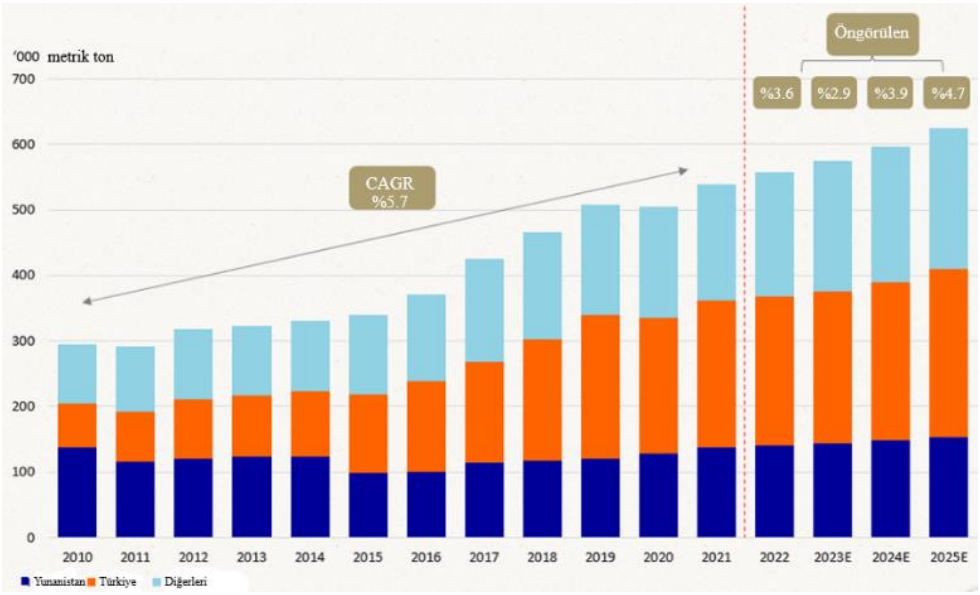
Şekil 2.6 Somon balığı

Her iki balık türü de sağlıklı beslenme için önemli bir protein kaynağıdır ve dünya genelinde tüketimi oldukça yaygındır. Ayrıca, alabalık ve somon gibi su ürünleri akvakültür endüstrisinde önemli bir yere sahiptir ve ticari olarak büyük ölçekli üretimleri yapılmaktadır. Bu balık türlerinin doğal populasyonlarının korunması ve sürdürülebilir bir şekilde yetiştirilmeleri de önemlidir (Lee, 2023).

2.4 Çipura ve Levrek

Bu türler çoğunlukla Akdeniz'e kıyısı olan ülkelerde yetiştirilmektedir, ancak diğer bölgelerde çok sınırlı üretim bulunmaktadır. Şekil 2.7'de Kontali'ye göre Levrek ve çipura için Akdeniz üretim tahminleri verilmiştir.

Her iki türün toplam üretiminin 2022'ye göre yüzde 2,9 artışla 2023'te 596.550 metrik tona, 2023'e göre ise yüzde 3,9 artışla 2024'te 624.550 metrik tona ulaşması beklenmektedir. Ana üreticiler Yunanistan ve Türkiye'dir ve üretimin 2020'de iki yıl boyunca güçlü bir büyüme göstermesi beklenmektedir. 2024 ve 2025, kısmen Türkiye'nin genişlemesinin etkisiyle. 2025 yılına gelindiğinde Hırvatistan'ın İtalya'yı geride bırakan ancak İspanya'nın oldukça gerisinde kalan yeni 4 numaralı üretici olması öngörülmektedir.



Şekil 2.7 Akdeniz'de levrek ve çipura üretim tahminleri

Çipura ve levrek Akdeniz'de yaygın olarak bulunan lezzetli deniz ürünleridir. Şekil 2.8'de çipura balığı gösterilmiştir. Çipura, levrekten daha sivri bir buruna ve iri pullara sahipken, levrek daha yuvarlak burunlu ve daha ince pullara sahiptir. Ayrıca, çipura genellikle beyaz etli ve yumuşak bir dokuya sahipken, levrek daha sert ve lezzetli bir et yapısına sahiptir.



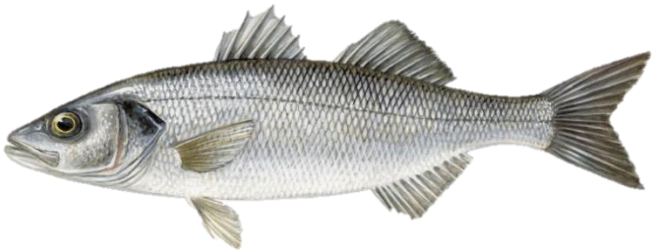
Şekil 2.8 Çipura balığı

Besin değeri yüksek olan çipura, omega-3 yağ asitleri bakımından oldukça önemli bir besin kaynağıdır. Genellikle sakin sularda yaşar ve genellikle kumlu veya kayalık zeminlerde bulunmaktadırlar.

Çipura, lezzetli beyaz eti ve hafif tadıyla bilinir; ancak büyük boyutlarda avlanması zor olabilir ve bazı bölgelerde aşırı avlanma nedeniyle popülasyonu azalmış olabilir.

Şekil 2.9'da görülen Avrupa levreği, latince adı ile Dicentrarchus labrax, Dicentrarchus cinsine bağlı bir balık familyasıdır. Avrupa'da ticareti yapılan somon haricindeki ilk deniz türüdür ürünüdür ve günümüzde Akdeniz bölgelerinde yaygın olarak yetiştirilen en önemli ticari balıktır. Küçük sürü balıkları, karides, yengeç, kalamar ve yumuşakçalar ile beslenir. Levrek için başlıca üreticileri Yunanistan, Türkiye, İtalya, İspanya, Hırvatistan ve Mısır olarak listelenmektedir (FAO, 2006).

Levrek, büyük bir başa ve ağza sahiptir. Gövdesi aerodinamiktir ve büyük gümüş pulları, sırt kısmında iki adet yüzgeç bulunmaktadır. Sırttaki ön yüzgeçte 8-9 keskin olan dikenler mevcuttur. Levreklerin uzunluğu genellikle yaklaşık 50 cm olmaktadır. Kaydedilmiş en uzun levrek boyutu 103 cm'dir.



Şekil 2.9 Dicentrarchus labrax

2.4.1 Levrek Eti Özellikleri

Su ürünleri yetiştiriciliği üretimi arttıkça levrek popülaritesi de arttı ve bu balığın uygun fiyata yaygın olarak bulunmasını sağladı. Levrek birçok farklı yemek tarifinde kullanıma uygundur ve ızgarada, tavada kızartılmış, buharda pişirilmiş veya buğulanmış olarak tüketilebilir. Herhangi bir çipura tarifine kolaylıkla değiştirilebilir.

Levrek, pişirmeden önce çıkarılması gereken sert pullarla birlikte çekici, gümüş rengi bir kabuğa sahiptir. Pişirilmeden önce levreklerin sırtında bulunan dikenlerin ve keskin solungaç kapaklarının çıkarılması gerekmektedir. Şekil 2.10'da da görüldüğü gibi et eti donuk beyazdır ve pişirildiğinde parlak beyaza döner.



Şekil 2.10 Levrek filetoları

Levreğin yumuşak tadı, onu çeşitli tatlara, özellikle de menşei olduğu Akdeniz lezzetlerine iyi bir şekilde uyum sağlar.

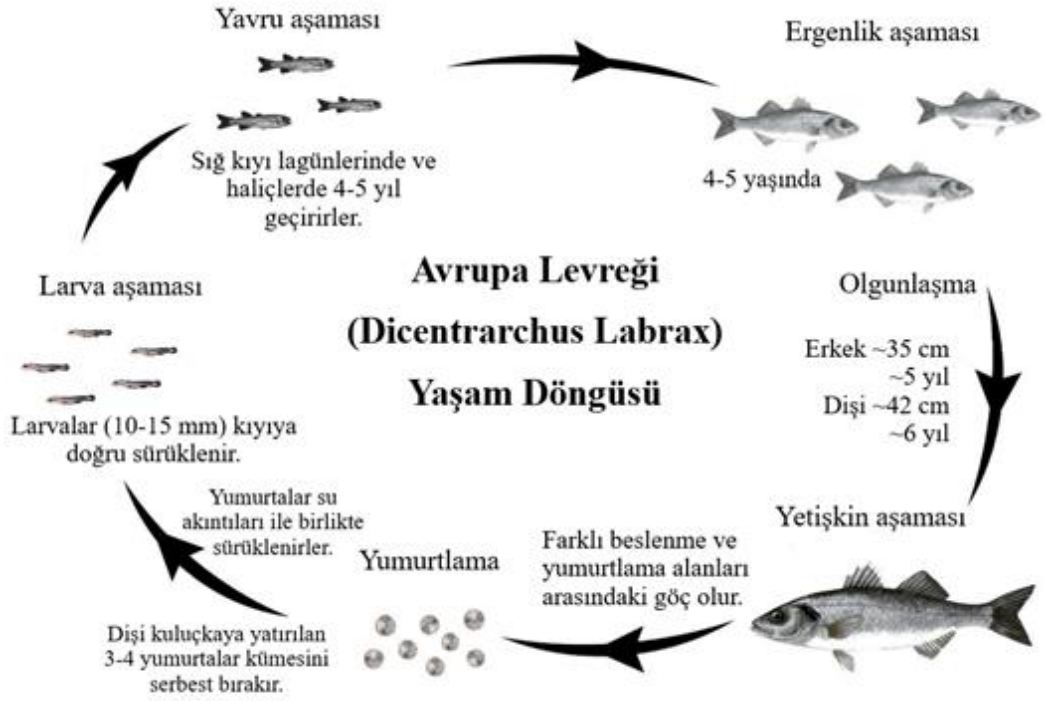
Levrek içerdiği yüksek protein, vitamin, omega 3 ve mineraller ile önemli besin değerleri yüksek deniz ürünlerindendir. Levrek yaklaşık 100 gramında 24 gram

protein, 12,4 gram yağ ve 0 gram karbonhidrat içermektedir. Nem oranı yaklaşık yüzde 70'dir. Tüm yıl tüketilebilen levreğin en lezzetli olduğu zamanlar Eylül ve Ekim aylarıdır. Yüksek vitamin ve mineral değerlerine sahip olan levrek, yağsız özelliğe sahiptir (Kocatepe ve ark., 2012).

Türkiye'de levrek yetiştiriciliği, denizlerde ve iç sularda yapılan akvakültür faaliyetlerinin önemli bir bölümünü oluşturmaktadır. Levrek, Türkiye'nin geniş kıyı şeridi ve su kaynakları sayesinde ideal yetiştirme koşullarına sahip olan bir türdür. Levrek yetiştiriciliği genellikle Ege Denizi, Akdeniz ve Karadeniz gibi kıyı bölgelerinde yoğunlaşmıştır. Kafes sistemleri, havuzlar veya kapalı devre su sistemleri gibi çeşitli yöntemlerle gerçekleştirilen levrek yetiştiriciliği, modern teknoloji ve su kalitesinin kontrolü sayesinde verimliliği artırmaktadır. Türkiye'de Akdeniz levreği (Dicentrarchus labrax) en yaygın olarak yetiştirilen levrek türüdür. Levrek üretimi genellikle iç piyasada tüketilirken, aynı zamanda ihracat da yapılmaktadır. Sürdürülebilirlik prensipleri doğrultusunda yürütülen levrek yetiştiriciliğinde çevresel etkilerin en aza indirilmesi ve su kaynaklarının korunması önem taşımaktadır. Türkiye'de levrek yetiştiriciliği, ekonomiye katkı sağlayan ve tüketicilere sağlıklı ve kaliteli balık sunan önemli bir sektördür. Bu sektörün sürekli gelişimini desteklemek için araştırma ve yenilik çalışmaları da devam etmektedir.

2.4.2 Levreğin Yaşam Döngüsü

Levrek esas olarak karides ve yumuşakçalarla beslenir, ancak aynı zamanda kabuklular, kalamar ve küçük ringa balığı ve sandeel dahil daha küçük balıkların da okul yırtıcısıdır. Levrekler Haliçler ve kıyı sularındaki besin zincirinin önemli parçasından biridir.



Şekil 2.11 Avrupa levreği hayat döngüsü

Atlantik balıklarında cinsel olgunluğa erkeklerde 4-7 yaş (30-40 cm), dişilerde ise 5-8 yaş (36-46 cm) civarında ulaşılmaktadır. Şekil 2.11'de levrek balığının yaşam döngüsü şematik olarak verilmiştir (North Western Inshore Fisheries and Conservation Authority). Yetişkinler, mart ayından haziran ortasına kadar yumurtlamak için kıyıya doğru daha sıcak sulara doğru hareket ederler. Levrekler gruplar hallinde yumurtlarlar ve yumurtaları umurtlama gruplar halinde gerçekleşir ve yumurtaların yoğunluğu suyun yoğunluğundan düşük olduğu için (pelajik) yumurtalar su yüzeyinde serbest bir şekilde hareket edebilmektedir. Yumurtalardaki embriyoların gelişimi suyun sıcaklığına bağlı olmaktadır ve bu da embriyo gelişim süresini etkilemektedir. Yumurtaların çatlaması ve larvaların kıyı bölgelere sürüklenmesi ile 13-14°C sıcaklıklarda yaklaşık 3-4 gün içerisinde gelişim gerçekleşmektedir. Yavru levrek sığ kıyı sularında 4-5 yıl kadar kalacaktır. Daha sonra kıyıdaki yumurtlama alanları ile kıyıdan daha uzaktaki beslenme alanları arasında göç ederler. Levrekler diğer balık türlerine nazaran yavaş büyüme gösteren bir türdür. Buda levrekleri aşırı avlanmaya karşı

savunmasız kılmaktadır. Levreklerin yaşam ömrü yaklaşık 25 yılı bulabilmektedir (Smith ve diğ., 2021).

2.4.3 Levrek Üretimi

Levrek yetiştiriciliğinde "extensive" ve "intensive" yetiştirme yöntemleri yaygın olarak kullanılan terimlerdir. Levrek, deniz suyu havuzlarında ve lagünlerde yetiştirilse de üretimin büyük kısmı deniz kafesi yetiştiriciliğinden elde edilmektedir.

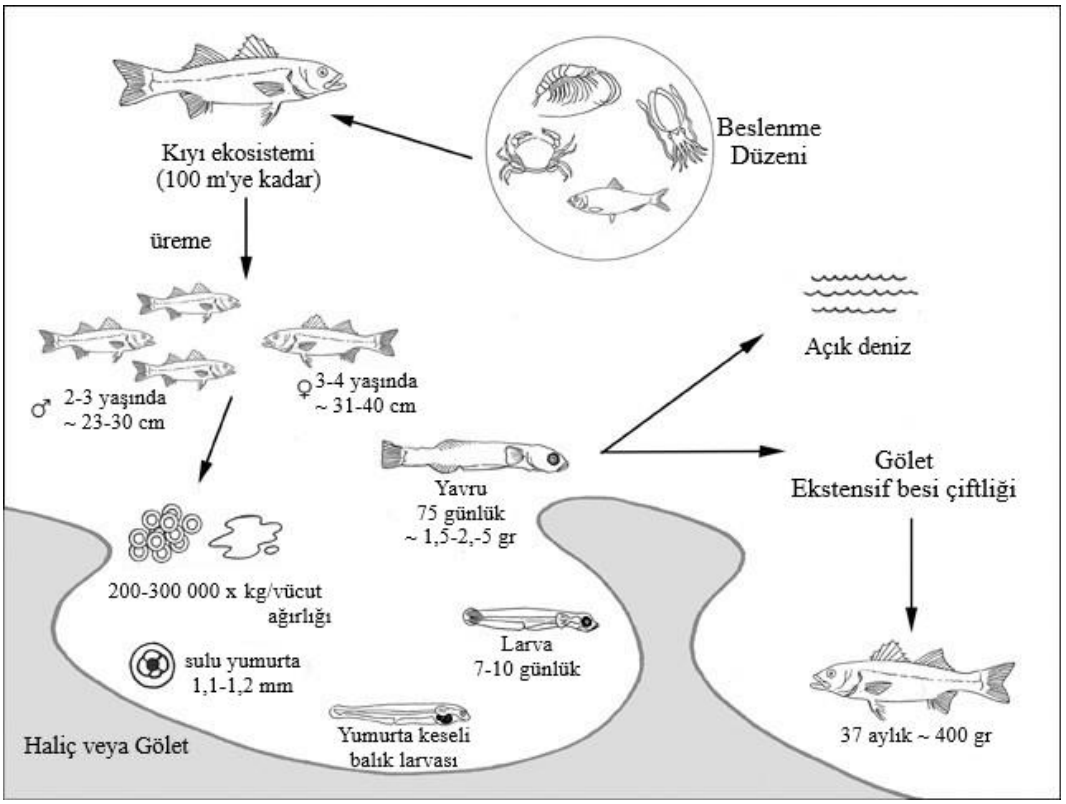
Extensive yetiştirme (genişletilmiş yetiştirme) yönteminde, levrekler genellikle doğal su kaynaklarında veya büyük ölçekli havuzlarda serbestçe yetiştirilir. Doğal su kaynaklarından faydalanılarak levreklerin doğal ortamda büyümesi sağlanır. Bu yöntem genellikle daha az yoğun bakım gerektirir ve doğal kaynaklara daha az müdahalede bulunur.

İntensive yetiştirme (yoğunlaştırılmış yetiştirme) yönteminde ise, levrekler daha kontrollü ve yoğun bir şekilde özel havuzlarda veya tesislerde yetiştirilir. Su sıcaklığı, su kalitesi, besleme, hastalık kontrolü gibi faktörler sıkı bir şekilde kontrol altında tutulur. Bu yöntem genellikle daha yüksek üretim kapasitesine sahiptir ancak daha fazla bakım ve kontrol gerektirir.

Extensive yetiştirme genellikle doğal kaynakların kullanılmasına dayanırken, intensive yetiştirme daha kontrollü bir ortamda ve daha yoğun bir şekilde gerçekleştirilir. Hangi yöntemin tercih edileceği, çiftlik büyüklüğü, bütçe, su kaynakları, pazar talepleri ve çevresel faktörler gibi birçok etkene bağlı olabilir. Her iki yöntem de levrek yetiştiriciliğinde kullanılan yaygın yetiştirme yöntemleridir.

Extensive lagoon sistem yani kapsamlı lagün sistemlerinde üretimi gerçekleştirilmektedir. Şekil 2.12'de bu yöntem ile üretimin şematik gösterimi verilmiştir. Levrekler, geleneksel olarak deniz kıyılarında yer alan lagün adı verilen göllere özel bariyer yerleştirilmesi ile sonbaharda balıkların göç dönemlerinde yakalanması sağlanır. Lagün yönteminde yavrularla dolu olan lagünlerde sazlıklar ve ağlarla çevrili bariyerler belirli dönemlerde (Şubat -Mayıs) açık bırakılmaktadır. Bu yöntem kullanılırken levrekler çeşitli çipura, kefal gibi balıkların da olduğu çoklu kültür ortamında yetiştirilmektedir. Levreğin ticari

boyutlara (400-500 gr) ulaşması yaklaşık olarak 3 yılda gerçekleşmektedir. Lagün üretimlerde yıllık 50-150 kg/ha üretim gerçekleşmektedir. Bu yöntemde sınırlayıcı etkiler arasında yırtıcı hayvanlar yer almaktadır.

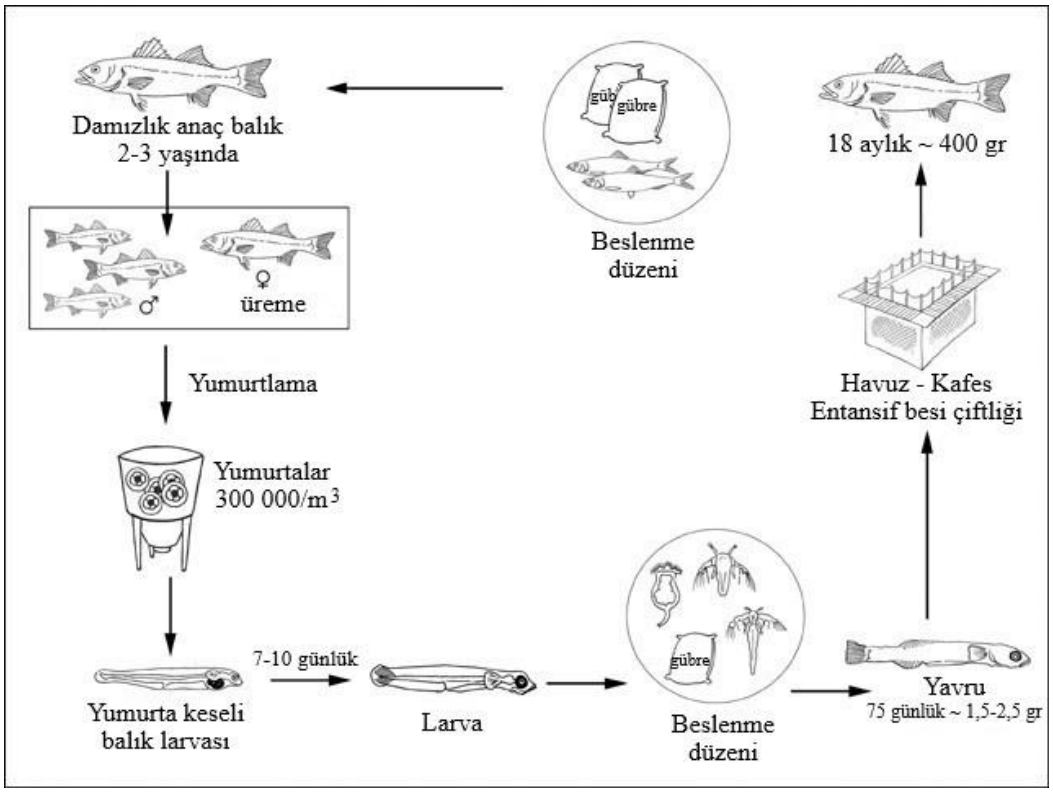


Şekil 2.12 Extensive yetiştirme (genişletilmiş yetiştirme) yöntemi ile levrek üretimi

İntensive sistem yani yarı-yoğun lagün sistemleri ile de levrek üretimi yapılmaktadır. Bu teknikler içerisinde yapay zenginleştirme, lagün gübreleme ve iyileştirme çalışmaları yer almaktadır. Mayıs ve Haziran aylarında kıyı bölgelerden toplanan yavru balıklar lagünlerde hayatta kalmalarına imkan verecek boyutlara ulaşana kadar özel havuzlarda bekletilmektedirler. Oksijen içeriği yüksek olan tanklarda büyümenin ilk aşaması tamamlanmış olur. Tuzluluğun kontrolü için çevresel hendekler (tatlı veya deniz suyu ile) ve ayrıca lagünün çeşitli bölgelerinde en az 2 metre derinliğinde kışlama hendekleri kazılmaktadır.

Bu üretim tekniklerinde bölge hazırlanırken kullanılan bitki örtüsünün düzenli kontrol edilmesi üretim için oldukça önemlidir. Kontrol edilmeyen bitki örtüsü balıkların bozulmasına neden olabilmektedir. Özellikle balık üretiminde

yaşanacak kayıpların nedenleri arasında yetersiz zenginleştirme, yırtıcı hayvanların çokluğu ve yetersiz tatlı su kaynağı ve buna bağlı olarak yağmur eksikliği söylenebilmektedir. Yoğunlaştırılmış üretim sistemlerinde üretim miktarı yıllık 500-700 kg/ha olarak ekstantif üretim sistemlerinden daha fazladır. Şekil 2.13 ile levrek üretiminde yoğunlaştırılmış üretim sistemi gösterilmiştir.



Şekil 2.13 İntensive yetiştirme (yoğunlaştırılmış yetiştirme) yöntemi ile levrek üretimi

3
GIDA KURUTMA

Gıda endüstrisinde kullanılan kurutma ekipmanlarının çoğu, sıcak havanın hem gıdanın yüzeyinden hem de içinden nem buharlaşması için ısı sağlamak ve ardından buharlaşan nemi gıda maddesinden uzaklaştırmak için kullanıldığı konvektif tipte cihazlardır (Zarein ve ark., 2015).

Kurutma işlemi gıdalarda bulunan suyun belirli oranlar altına indirilerek bakteri, maya ve küf gibi mikroorganizmaların oluşmasını engellemek üzere kullanılan bir koruma yöntemi olarak ifade edilebilmektedir. Gelişen teknoloji, gıdaların israfının önlenmesi, mevsiminde fazla olan besinlerin saklanması ve yüksek nem oranına sahip olması nedeniyle bozulmaya müsait yapıları bulunan besinlerin raf ömrünü uzatılması üzerine çalışmaların artmasına olanak sağlamıştır. Kurutulmuş gıdaların ticari öneminin artmasıyla endüstriyel boyutlarda uygulanabilirliğin sağlanmasıyla kurutulmuş gıdalar başta tarım ve hayvancılık endüstrisi olmak üzere önemli bir sektör haline gelmektedir (Karim ve ark., 2005).

Kurutma, ısının uygulanması yoluyla suyun çıkarılmasını içeren tüm çeşitli yiyeceklerin korunmasının en maliyet etkin yollarından biridir. Kurutma kullanılarak deniz ürünleri, et ürünleri ve tüm meyve ve sebzeler de dahil olmak üzere çeşitli yiyecek alt türleri korunabilir. Yiyecek ürünlerinin nem içeriği %90'a veya daha fazlasına kadar çıkabilir (örneğin, karpuzun nem içeriği %93'e kadar çıkabilir), bu değeri kabul edilebilir bir düzeye indirmek mikrobiyal büyümeyi önlemek için gereklidir (Mujumdar 2004; Mujumdar 2008; Chen and Mujumdar, 2008).

Kurutma yükünü azaltmak ve daha kaliteli ürünler elde etmek için ön ve/veya son işleme adımları oldukça önemlidir. Yiyecek çeşidine bağlı olarak osmotik dehidrasyon, blanşlama, tuzlama, ıslama gibi çeşitli ön işleme adımları kullanılmaktadır. Bunun yanı sıra kaplama, paketleme gibi son işlemler de yiyecek ürünlerinin kurutulmasından sonra büyük öneme sahiptir. Belirli bir yiyecek ürünü için kurutucu seçimi kendisi başlı başına karmaşık bir adımdır çünkü yüzlerce kurutucu mevcuttur ve belirli bir uygulamaya birden fazla kurutucu uygun olabilir. Geleneksel olarak yiyecek ürünleri açık güneş kurutması

ile kurutulur. Bu yöntem hala bazı yerlerde ticari olmayan kullanımlar için yaygın olsa da, ticari ölçekte yiyecek ürünleri için gelişmiş kurutma yöntemleri geliştirmek için birçok çaba harcanmıştır. Bozulmayı azaltmak ve kaliteyi artırmak için kurutma tekniklerini geliştirmek gereklidir, örneğin, yüksek maliyetli dondurarak kurutma yerine yeni kurutma teknikleri, ısı pompası kurutucu gibi daha iyi bir seçenektir, ancak kesinlikle tüm ürünler için uygun değildir (Kudra and Mujumdar, 2009).

Gıdalara uygulanan kurutma işlemi ile taze ürünlerle kıyaslandığında çeşitli avantajlar elde edildiği görülmektedir. Kurutulmuş gıdalar, conserve veya dondurulmuş gıdalara göre çok daha az depolama alanı kaplamaktadır. Ayrıca depolama alanının azaltılması taşıma maliyetinin de ciddi oranda azalmasını sağlamaktadır. Kurutma işlemi uygulamasının diğer bir faydası ise ürünlerin yemeklerde çeşitlilik katması ile lezzetli ve besleyici alternative atıştırmalık besin seçeneği sunmaktadır (Md Imran ve ark., 2020).

Kurutma işleminde temel olarak buharlaşma için gerekli olan ısının besine uygulanması ile besin içerisinde mevcut olan su veya nemin katı veya sıvı fazdan buhar fazına geçmesi sağlanarak besinden nemin uzaklaştırılması hedeflenmektedir. Kurutma işlemi ile besinin içerdiği nem oranı mikroorganizmaların oluşması ve üremesi için gereken ortam koşullarının sağlanması engellenmektedir (Sabarez ve ark., 2014).

Gelişen teknoloji ile geleneksel yöntemlere alternatif, farklı kurutma teknikleri ile performans iyileştirilmesi hedeflenmiştir. Konvektif kurutma, akışkan yataklı, püskürtmeli yataklı, kızılötesi (IR) kurutma, mikrodalga kurutma, kurutucuyla kurutma, dondurarak kurutma, ozmotik kurutma, darbeli, aşırı ısıtılmış buharla kurutma ve ısı pompasıyla kurutma gibi yapay yöntemler, kuruma süresinin azaltılması açısından verimli olarak ifade edilebilen teknikler arasında yer almaktadır. Bu yöntemler ile elde edilen ürünler daha kaliteli ve performansı yüksek olabilmektedri. Ayrıca geleneksel yöntemlerden farklı olarak, sıcaklık, hava akışı, bağıl nem vb. gibi başlıca kurutma parametreleri üzerinde control sağlanabilmektedir. Kurutma teknikleri bu alandaki gelişime bağlı olarak dört nesil ile sınıflandırılmaktadır (Kumar ve Karim, 2019). Birinci nesil kurutma teknikleri; konvektif, bantlı, fırınlı, dolaplı, konveyörlü kurutucular olarak sınıflandırılabilmektedir. İkinci nesil kurutma; sprey ve tamburlu kurutucuları

içermektedir. Üçüncü nesil kurutma, dondurarak ve ozmotik kurutmayı içermektedir. Dördüncü nesil kurutmayı IR, mikrodalga ve radyofrekansa bağlı kurutma sistemleri içermektedir (Vega-Mercado, Gongora- Nieto ve Barbosa-Canovas, 2001).

Gıda kurutma yöntemleri çeşitli şekillerde sınıflandırılabilir ve farklı yöntemler mevcuttur. Kurutma yöntemi seçimi genellikle gıdanın türüne, boyutuna ve kurutma amacına göre belirlenir. Bu bölümde yaygın olarak kullanılan birkaç gıda kurutma yönteminden bahsedilmiştir.

3.1 Güneşle Kurutma

Yüzyıllardır geleneksel güneşle kurutma; tarım, orman, denizcilik, et, kümes hayvanları ve bitkisel ilaç ürünleri için en yaygın olarak uygulanan kurutma yöntemidir (Djaeni ve ark., 2015).

Güneşle kurutma sistemlerinde temel olarak güneş enerjisi kullanarak kurutma işlemi gerçekleştirilmektedir. Bu kurutma sisteminde bazı problemlerle karşılaşılmaktadır. Güneşte kurutmada ortam koşulları stabil hale getirilememektedir. Hava ve iklim koşullarına bağımlı olması, işçilik maliyeti, düşük proses verimliliği gibi problemler ürünlerin kalitesini etkilerken, sürecin uygulanabilirliğini olumsuz etkilemektedir (Djaeni ve ark., 2018).

Güneş enerjisiyle kurutma işlemlerinde çevre kirliliği de önemli bir problem oluşturmaktadır. Ürünün kirlenmesi, açık havada gerçekleştirilen sistemlerde böcekler, kuşlar ve yabani hayvanların teması ile gerçekleşbilmektedir. Bu durum önemli sağlık problemlerine neden olma potansiyeli barındırmaktadır. Bazı mikrop türleri çevredeki hava veya hayvan temasıyla bulaşabilmektedir (Guine ve ark., 2018; Sontakke ve ark., 2012).

3.2 Hava ile Kurutma

Gıdaların temiz hava akımlarıyla kurutulması işlemidir. Bu yöntem genellikle kapalı bir ortamda ve düşük nem koşullarında gerçekleştirilir.

3.3 Fırın ile Kurutma

Gıdaların düşük sıcaklıkta fırınlarda kurutulması yöntemidir. Fırın kurutma, kontrollü bir şekilde nem ve sıcaklık koşullarının ayarlanmasını gerektirir.

3.4 Mikrodalga ile Kurutma

Mikrodalga ile gıda kurutma yöntemi, elektromanyetik mikrodalga enerjisinin gıda materyali tarafından emilerek ısıya dönüştürülmesi esasına dayanır. Bu teknikte, mikrodalga enerjisi gıda materyaline nüfuz eder ve hem iç hem de dış kısımlarını ısıtarak eşit şekilde kurutulmasını sağlar.

Mikrodalga enerjisi, gıda materyalinin içindeki su moleküllerini harekete geçirir ve bu su moleküllerinin iç kısımlardan dışarı doğru hareket etmesini teşvik eder. Bu süreç, gıdanın nemi hızla buharlaşarak kurumasına yol açar.

Mikrodalga ile gıda kurutma işlemi hızlı ve etkili olabilir çünkü mikrodalga enerjisi gıdanın içine derinlemesine nüfuz edebilir. Bu sayede kurutma süresi kısalırken, gıdanın besin değerleri ve lezzet özellikleri daha iyi korunabilir.

Bu mekanizma, mikrodalga ile gıda kurutmanın hızlı, verimli ve etkili bir yöntem olmasını sağlar. Bu sayede gıdaların raf ömrü uzatılabilir ve kaliteleri korunabilir.

Gıda endüstrisinde sürekli olarak araştırmalar ve geliştirmeler yapılarak yeni gıda kurutma yöntemleri ortaya çıkmaktadır. Bazı yenilikçi gıda kurutma yöntemleri püskürtmeli kurutma, vakum kurutma, infraruj kurutma ve dondurarak kurutmadır.

3.5 Püskürtmeli Kurutma

Bu yöntemde, gıda malzemeleri sıvı formda püskürtme kulesine gönderilir ve burada yüksek sıcaklıkta püskürtme işlemine tabi tutularak kurutulur. Bu yöntem, sıvı formdaki gıdaların kurutulması için etkili bir yöntemdir.

3.6 Vakum Kurutma

Vakum altında düşük sıcaklıkta kurutma işlemidir. Bu yöntemde, gıda malzemeleri vakum altında kurutma odalarında kurutulur, bu sayede malzemenin daha hızlı ve daha düşük sıcaklıkta kurutulması sağlanır.

3.7 İnfraruj Kurutma

İnfraruj kurutma yönteminde, gıda malzemeleri doğrudan ısı kaynağı olan kızılötesi ışınlarla kurutulur. İnfraruj ışınlar, malzemenin yüzeyine doğrudan etki ederek kurutma işlemini hızlandırabilir.

3.8 Dondurarak Kurutma

Dondurarak kurutma, çabuk bozulan malzemeleri korumak, onları daha dayanıklı ve daha uzun ömürlü hale getirmek için kullanılan bir dehidrasyon tekniğidir. Liyofilizasyon olarak da bilinir. İşlem, malzemenin dondurulmasını, ardından onu çevreleyen basıncın azaltılmasını ve son olarak malzemedeki donmuş suyun doğrudan katı fazdan gaza süblimleşmesine izin vermek için ısı uygulanmasını içermektedir.

3.8.1 Dondurarak kurutma yönteminin avantajları

Herhangi bir ürünün nem içeriği, doğrudan raf ömrünü etkiler. Dondurarak kurutma yöntemi kullanılarak suyun uzaklaştırılmasıyla bakteri gelişimi engellenmektedir. Nem içeriği üründen ürüne değişse de, kurutulmuş nihai ürünler genellikle yaklaşık %3 nem seviyesine sahiptir. Herhangi bir kurutulmuş ürünün gerçek raf ömrü, ambalajlama, depolama sıcaklığı ve ürünün kendisine bağlı olarak değişebilmektedir.

Dondurarak kurutulmuş gıdalarda uygulama çeşitliliği bulunmaktadır. Gıda işleme teknolojisi ile, gerçek meyve, sebzeleri ve etlerin geniş bir uygulama yelpazesine bulunmaktadır. Kahvaltı uygulamaları olan sıcak ve soğuk tahıllar, perakende hazır veya tüketmeye hazır atıştırmalıklar ve smoothie gibi içecek uygulamaları veya içeceklere eklenen tam meyve parçaları gibi dondurarak kurutulmuş besin uygulamaları bulunmaktadır.

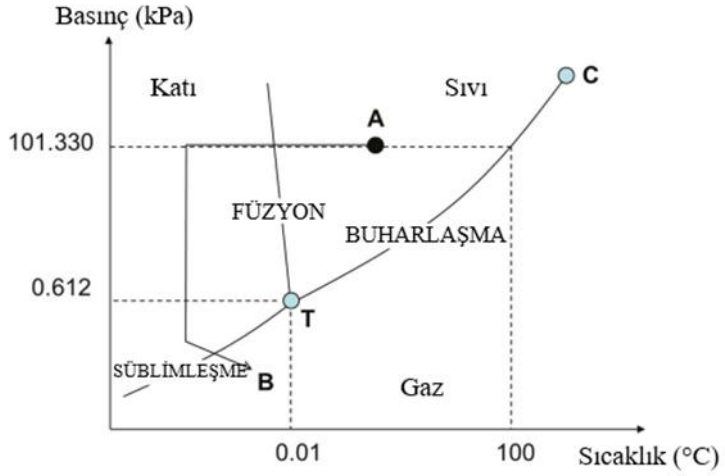
Tüketici değerleri gelişen teknoloji ile değişmektedir ve daha fazla insan, anlaşılabilir etiketlere sahip gerçek, yüksek kaliteli gıda kaynaklarından beslenmeyi tercih etmektedir. Dondurarak kurutulmuş gıdalar minimal işlenmiş oldukları için sentetik, yapay ve yüksek derecede işlenmiş malzemelerden arındırılmış temiz içerikler içermektedirler. Dondurarak kurutulmuş et, balık, meyve ve sebzeler aynı zamanda gerçek gıdalardır, bu da markaların besinsel iddialar yapmasını sağlamaktadır.

Liyofilizasyon, besin değerini diğer kurutma yöntemlerinden daha iyi korumaktadır ve tüketicilerin taze forma en yakın gıda beslenmesine olan isteğini desteklemektedir. Süreç ayrıca orijinal hammadde rengini ve şeklini korumakta, tüketicilere gerçek meyve ve sebzeler yediklerinden emin olmalarını sağlamaktadır. Dondurarak kurutulmuş içeriklerin yoğun lezzeti ve aroması, ham madde profiline çok yakın olmaktadır.

Liyofilizasyon'un bir diğer avantajı, belirli ihtiyaçlara ve proje hedeflerine uyarlanabilme yeteneğidir. Dondurarak kurutulmuş içerikler, bütün meyve ve sebzelerden ince tozlara kadar geniş bir boyut ve şekil yelpazesine göre kesilebilir veya öğütülebilmektedir. Son ürün, herhangi bir karışıma veya formülasyona kolayca karıştırılarak, tüketilecek nihai ürün için tamamen benzersiz bir lezzet profili oluşturmak için kullanılabilmektedir.

3.8.2 Dondurarak kurutma prensibi

Su üç farklı halde bulunur: katı, sıvı ve gaz (buhar). Şekil 3.1'de suyun haller diyagramı verilmiştir (Horwitz ve ark., 2016). Dondurarak kurutma işlemlerinde, ilk olarak ürünün sıcaklığı düşürülerek donması sağlanmaktadır. Ardından üçlü noktaya doğru gelen basınç değeri altına basıncın indirilmesi ile yoğunlaştırma gerçekleştirilmektedir.



Şekil 3.1 Suyun katı, sıvı ve gaz faz diyagramı

Burada T: suyun üçlü noktası, C: suyun kritik noktasıdır. "A" dondurarak kurutmadan önceki başlangıç noktasını (atmosfer basıncı ve ortam sıcaklığı)

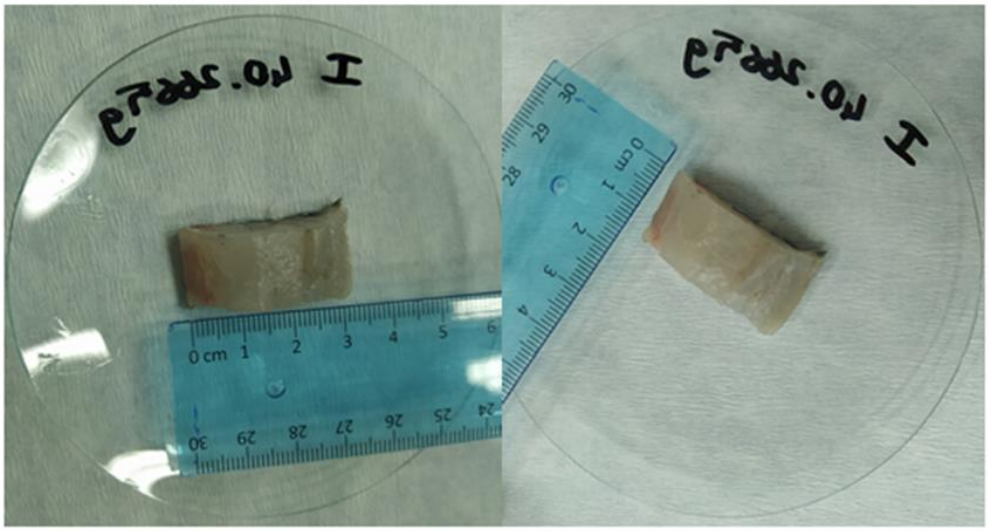
temsil ederken, “B” süblimasyon sırasında istenen son koşulları (üçlü T noktasının altı) temsil eder.

Kurutma işlemi sırasında, katı hal suyunun (buz) uzaklaştırılması üç aşamada gerçekleşir: (a) numunenin tamamen dondurulması gereken dondurma; (b) buz süblimleştirildiğinde, genellikle atmosfer altı basınçta birincil kurutma; ve (c) kalan donmamış/bağlı suyun daha kuru olan gıda matrisinden ayrıştırıldığı ikincil kurutmadır (Horwitz ve ark., 2016).

4
MATERYAL METOD

4.1 Numune Hazırlama

Levrek numuneleri yerel bir balık marketten taze olarak temin edilmiştir. Temin edilen ürünler fileto halinde kesilerek derisi üzerinde kalacak şekilde kılçıkları ayıklanmış şekilde, deneyler başlayana kadar buzdolabının buzluk bölmesinde -18°C sıcaklıkta muhafaza edilerek ve deneylere başlamadan önce +4°C buzdolabında çözünmesi sağlanmıştır. Tüm levrek numuneleri 1 cm kalınlık, 3 cm uzunluk ve 1,5 cm eninde yaklaşık 5 gram ağırlığında tartılmıştır. Numunu boyutları Şekil 4.1'de gösterilmiştir.



Şekil 4.1 Levrek numuneleri (a) 3 cm boyu , (b) 1,5 cm eni

4.2 Yöntem

Kuru madde tayini için, ön işlemsiz ve bazı ön işlemler uygulanmış levrek numuneleri etüvdü kurutuldu. Şekil 4.2'de kuru madde tayini numuneleri gösterilmiştir.



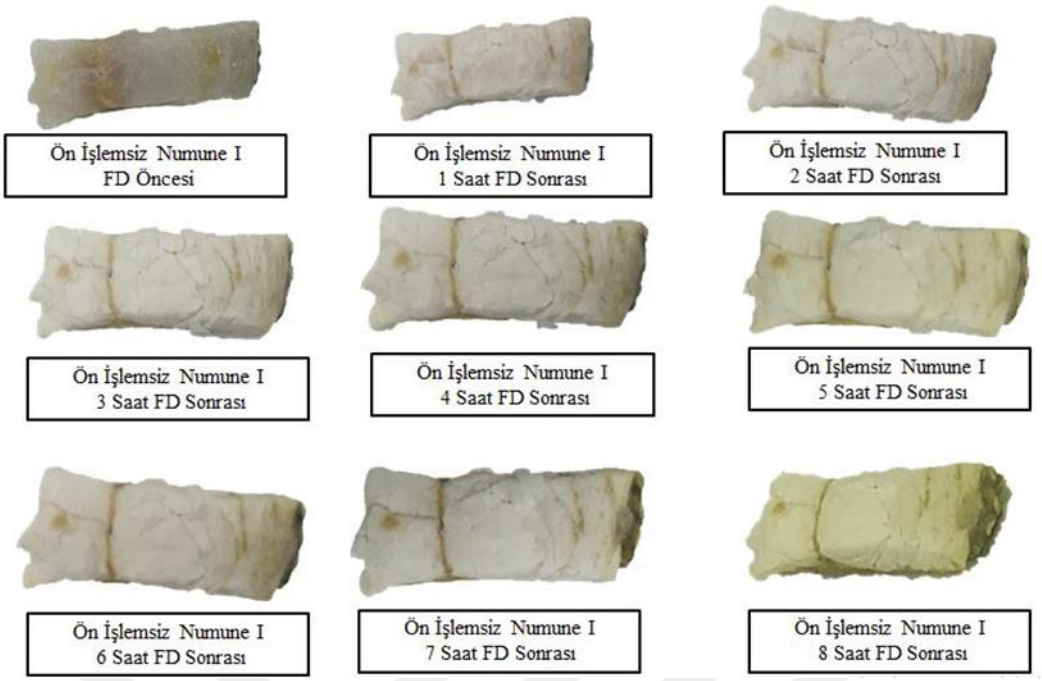
Şekil 4.2 Kuru madde tayini

Levreğin dondurarak kurutucu ön işlemsiz numune ve çeşitli ön işlem uygulamaları (ultrasonik, haşlama, tuzla haşlama ve tuzlu suya daldırma gibi) kullanılarak dondurarak kurutma deneyleri gerçekleştirilmiştir. Kurutma makinesi Şekil 4.3'de gösterilmiştir.



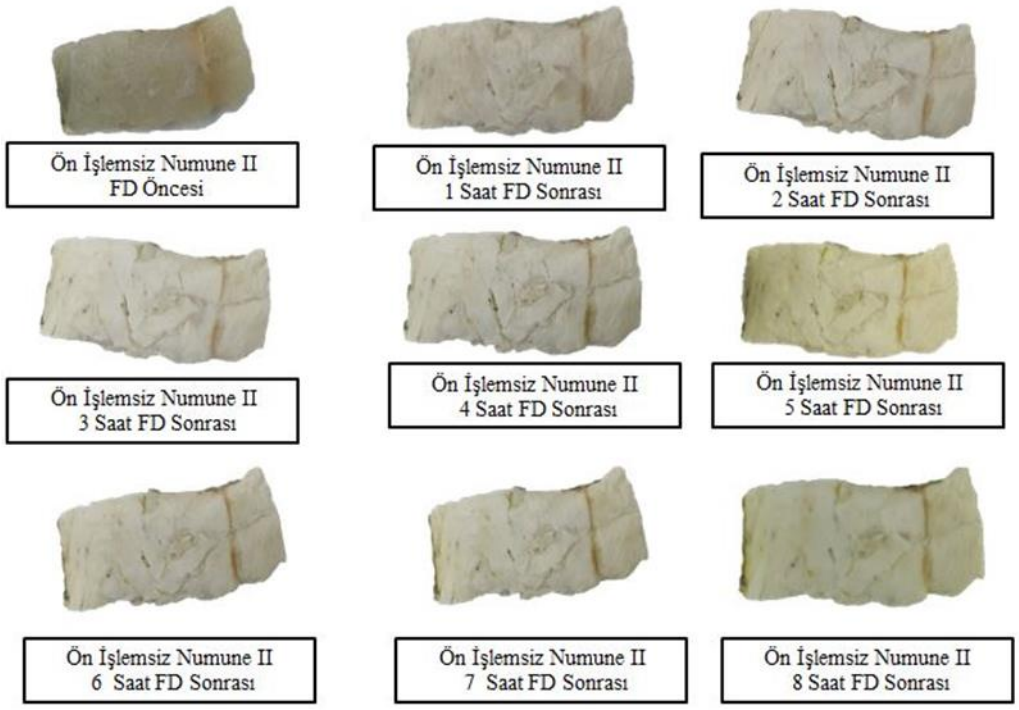
Şekil 4.3 Dondurarak kurutucu

Dondurarak kurutma işlemi 0.5 Pa kabin basıncı altında çalışan Labart LFD-10N Model Dondurarak Kurutucu (ART Laborteknik, İstanbul, Türkiye) kullanılarak ve -70°C sıcaklıkta çalışan kondenser yardımıyla gerçekleştirilmiştir.



Şekil 4.4 Ön işlemsiz kurutulan I. levrek numunesi

Şekil 4.4 ve Şekil 4.5'te ön işlemsiz levrek numuneleri görülmektedir.



Şekil 4.5 Ön işlemsiz kurutulan II. levrek numunesi

Tablo 4.1'de ön işlemsiz numune dondurarak kurutma işlemi verileri görülmektedir.

Tablo 4.1 Ön işlemsiz numune dondurarak kurutma işlemi verileri

Zaman (dk)	Numune (g)	kg W/kgDM	DR	MR	ln (MR)
0	5,5353	2,0523	0,0000	1,0000	0,0000
60	4,3804	1,4155	0,0106	0,6897	-0,3715
120	3,7935	1,0919	0,0054	0,5320	-0,6311
180	3,3085	0,8244	0,0045	0,4017	-0,9121
240	2,8995	0,5989	0,0038	0,2918	-1,2317
300	2,5699	0,4171	0,0030	0,2032	-1,5934
360	2,3046	0,2708	0,0024	0,1320	-2,0252
420	2,1039	0,1602	0,0018	0,0780	-2,5506
480	1,9525	0,0767	0,0014	0,0374	-3,2872

4.3 Ön İşlemler

Ön işlem uygulamaları 2 farklı süre olmak üzere, ultrasonik uygulaması (1 ve 5 dk), haşlama (30 ve 60 sn), %10 tuzla haşlama (30 ve 60 sn), %10 tuzlu suya daldırma (1 ve 5 dk) ve %20 tuzlu suya daldırma (1 ve 5 dk) olarak numunelere uygulanmıştır.

4.3.1 Haşlama ön işlemi

Haşlama ön işlemi levrek numunelerine 30 sn ve 60 sn olarak uygulandı. Şekil 4.6'da haşlama ön işlemli levrek numuneleri görülmektedir.



Şekil 4.6 Haşlama ön işlemli, 8 saat kurutulan levrek numunesi

Tablo 4.2 ve Tablo 4.3'de haşlama ön işlem uygulanan numune dondurarak kurutma işlemi verileri görülmektedir.

Tablo 4.2 30 sn haşlama ön işlem uygulanan numune dondurarak kurutma işlemi verileri

Zaman (dk)	Numune (g)	kgW/kgDM	DR	MR	ln (MR)
0	5,1141	2,6339	0,0000	1,0000	0,0000
60	3,8969	1,7690	0,0144	0,6716	-0,3981
120	3,2635	1,3189	0,0075	0,5008	-0,6916
180	2,7914	0,9835	0,0056	0,3734	-0,9851
240	2,4295	0,7263	0,0043	0,2758	-1,2882
300	2,1515	0,5288	0,0033	0,2008	-1,6057
360	1,9315	0,3725	0,0026	0,1414	-1,9561
420	1,7635	0,2531	0,0020	0,0961	-2,3425
480	1,6459	0,1695	0,0014	0,0644	-2,7433

Tablo 4.3 60 sn haşlama ön işlem uygulanan numune dondurarak kurutma işlemi verileri

Zaman(dk)	Numune (g)	kgW/kgDM	DR	MR	ln (MR)
0	4,78085	2,4318	0,0000	1,0000	0,0000
60	3,7104	1,6634	0,0128	0,6840	-0,3798
120	3,1345	1,2500	0,0069	0,5140	-0,6655
180	2,6839	0,9265	0,0054	0,3810	-0,9649
240	2,3308	0,6731	0,0042	0,2768	-1,2845
300	2,0485	0,4704	0,0034	0,1935	-1,6427
360	1,8351	0,3173	0,0026	0,1305	-2,0367
420	1,6715	0,1998	0,0020	0,0822	-2,4989
480	1,5465	0,1101	0,0015	0,0453	-3,0950

4.3.2 Tuzlu haşlama ön işlemi

Kurutma işlemi öncesinde tuzlu haşlama işlemi, bazı gıda maddelerinin kurutulmasında önemli bir ön işlem olarak kullanılır.

Tuzlu haşlama işlemi, gıdalardaki mikroorganizmaların büyük ölçüde azaltılmasına yardımcı olur. Tuz, suyun hücre dışına çıkmasını sağlayarak mikroorganizmaların büyümesini engeller. Bu sayede kurutma işlemi sırasında mikrobiyal kontaminasyon riski azalır ve ürünün raf ömrü uzar.

Tuzlu haşlama ön işlemi, gıdalardaki enzimatik ve kimyasal reaksiyonları yavaşlatarak renk ve lezzet kaybını önlemektedir. Bu sayede kurutulmuş ürünler daha canlı renge ve daha yoğun bir lezzete sahip olabilmektedir.

Tuzlu haşlama ön işlemi, hücre yapılarının bozulmasını önler ve gıdaların dokusunu korur. Bu sayede kurutulmuş ürünlerde istenmeyen kırılganlık veya yumuşaklık sorunları yaşanmaz. Tuzlu haşlama işlemi, gıdalardaki besin maddelerinin kaybını en aza indirir. Özellikle vitamin ve mineral kaybı önlenerek, kurutulmuş ürünlerin besin değerleri korunmuş olur.

Tuzlu haşlama işlemi sonucunda su içeriği azalan gıdalar, kurutma işlemi sırasında daha hızlı ve etkili bir şekilde suyunu kaybeder. Böylece, kurutma süreci hızlandırılması ile enerji maliyetleri düşürülmektedir.

Tuzlu haşlama işlemi, kurutma işlemi için gerekli olan mikrobiyal kontrolü sağlamanın yanı sıra renk, lezzet, doku ve besin değerlerini korumaya yardımcı olmaktadır. Ayrıca kurutma süreci kolaylaştırılabilmektedir. Bu nedenle, tuzlu haşlama işlemi kurutma işlemi öncesinde önemli bir adımdır ve kaliteli kurutulmuş ürünler elde edilmesini sağlamaktadır.

%10 tuzlu haşlama 30 ve 60 sn olarak uygulandı. Görseller eklenecektir. Tablo 4.4 ve Tablo 4.5'de %10 tuzlu haşlama ön işlem uygulanan numune dondurarak kurutma işlemi verileri görülmektedir.

Tablo 4.4 30 sn %10 tuzlu haşlama ön işlem uygulanan numune dondurarak kurutma işlemi verileri

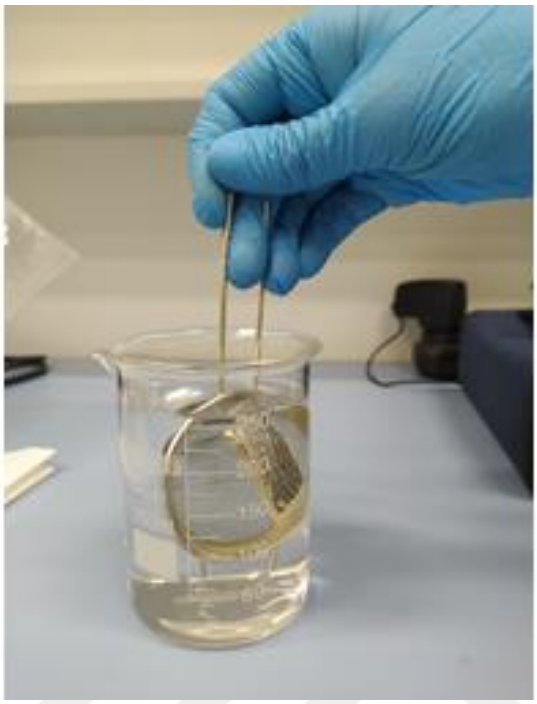
Zaman (dk)	Numune (g)	kgW/kgDM	DR	MR	ln (MR)
0	4,8253	2,0075	0,0000	1,0000	0,0000
60	3,7909	1,3628	0,0107	0,6788	-0,3874
120	3,1993	0,9940	0,0061	0,4952	-0,7029
180	2,7438	0,7101	0,0047	0,3537	-1,0392
240	2,3869	0,4877	0,0037	0,2429	-1,4150
300	2,1173	0,3197	0,0028	0,1592	-1,8374
360	1,9197	0,1965	0,0021	0,0979	-2,3240
420	1,7708	0,1037	0,0015	0,0517	-2,9633

Tablo 4.5 60 sn %10 tuzlu haşlama ön işlem uygulanan numune dondurarak kurutma işlemi verileri

Zaman (dk)	Numune (g)	kgW/kgDM	DR	MR	ln (MR)
0	5,1218	2,0885	0,0000	1,0000	0,0000
60	4,0719	1,4554	0,0106	0,6969	-0,3612
120	3,4587	1,0857	0,0062	0,5198	-0,6543
180	2,9998	0,8089	0,0046	0,3873	-0,9485
240	2,6213	0,5807	0,0038	0,2780	-1,2800
300	2,3329	0,4068	0,0029	0,1948	-1,6359
360	2,1159	0,2759	0,0022	0,1321	-2,0241
420	1,9578	0,1806	0,0016	0,0865	-2,4480
480	1,8383	0,1085	0,0012	0,0520	-2,9572

4.3.3 Tuzlu suya daldırma ön işlemi

% 10 tuzlu suya daldırma işlemi levrek numunelerine 1 dk ve 5 dk olarak uygulandı. Şekil 4.7'de tuzlu daldırma ön işlemi gösterilmiştir.



Şekil 4.7 Tuzlu daldırma ön işlemi

Tuzlu suya daldırma, et, balık, sebze ve meyvelerin kurutulması öncesinde uygulanan bir koruyucu ön işlemdir. Bu işlemde, levrek numuneleri önceden hazırlanmış tuzlu su içerisine yerleştirilir ve belirli bir süre bekletilir. Böylece, tuzlu su gıdanın içine nüfuz eder ve gıda içindeki su miktarını azaltarak mikroorganizmaların çoğalmasını engeller. Ayrıca, tuzlu suyun içindeki yüksek tuz konsantrasyonu, bakteri ve mayaların büyümesini önler, bu da gıdanın bozulmasını yavaşlatır. Bu ön işlemde fazla tuz kullanımına dikkat edilmelidir. Gıdanın lezzeti olumsuz etkilenebilir veya aşırı tuzlu bir tat oluşabilir. Bu sebeple, tuzlu suya daldırma işleminde doğru tuz miktarını kullanmak önemlidir.

Tablo 4.6 ve Tablo 4.7'da %10 tuzlu suya daldırma ön işlem uygulanan numune dondurarak kurutma işlemi verileri görülmektedir.

Tablo 4.6 %10 tuzlu suya daldırma ön işlem uygulanan numune dondurarak kurutma işlemi verileri (1 dk)

Zaman (dk)	Numune (g)	kgW/kgDM	DR	MR	ln (MR)
0	5,3915	2,0986	0,0000	1,0000	0,0000
60	4,3912	1,5237	0,0096	0,7261	-0,3201
120	3,8844	1,2325	0,0049	0,5873	-0,5323
180	3,4715	0,9952	0,0040	0,4742	-0,7461
240	3,1241	0,7955	0,0033	0,3791	-0,9701
300	2,8257	0,6240	0,0029	0,2973	-1,2129
360	2,5774	0,4813	0,0024	0,2293	-1,4726
420	2,3654	0,3595	0,0020	0,1713	-1,7644
480	2,1912	0,2593	0,0017	0,1236	-2,0909
540	2,0485	0,1773	0,0014	0,0845	-2,4710
600	1,9362	0,1128	0,0011	0,0537	-2,9236
660	1,8488	0,0626	0,0008	0,0298	-3,5130

Tablo 4.7 %10 tuzlu daldırma ön işlem uygulanan numune dondurarak kurutma işlemi verileri (5 dk)

Zaman (dk)	Numune (g)	kgW/kgDM	DR	MR	ln (MR)
0	5,0557	2,1029	0,0000	1,0000	0,0000
60	4,0607	1,4923	0,0102	0,7096	-0,3430
120	3,5667	1,1891	0,0051	0,5654	-0,5702
180	3,1567	0,9374	0,0042	0,4458	-0,8080
240	2,8107	0,7251	0,0035	0,3448	-1,0648
300	2,5257	0,5502	0,0029	0,2616	-1,3409
360	2,2867	0,4035	0,0024	0,1919	-1,6510
420	2,0887	0,2819	0,0020	0,1341	-2,0094
480	1,9237	0,1807	0,0017	0,0859	-2,4544
540	1,7897	0,0984	0,0014	0,0468	-3,0617

%20 tuzlu suya daldırma işlemi levrek numunelerine 1 dk ve 5 dk olarak uygulandı.



Şekil 4.8 Tuzlu daldırma ön işlemli numune örneği

Tablo 4.8 ve Tablo 4.9'da %20 tuzlu daldırmaa ön işlem uygulanan numune dondurarak kurutma işlemi verileri görülmektedir.

Tablo 4.8 %20 tuzlu daldırma ön işlem uygulanan numune dondurarak kurutma işlemi verileri (1 dk)

Zaman (dk)	Numune (g)	kgW/kgDM	DR	MR	ln (MR)
0	4,9437	2,2718	0,0000	1,0000	0,0000
60	4,0433	1,6759	0,0099	0,7377	-0,3042
120	3,6021	1,3839	0,0049	0,6092	-0,4957
180	3,2281	1,1364	0,0041	0,5002	-0,6927
240	2,9171	0,9306	0,0034	0,4096	-0,8925
300	2,6506	0,7542	0,0029	0,3320	-1,1027
360	2,4301	0,6083	0,0024	0,2678	-1,3177
420	2,2497	0,4889	0,0020	0,2152	-1,5362
480	2,0945	0,3862	0,0017	0,1700	-1,7720
540	1,9656	0,3009	0,0014	0,1324	-2,0216
600	1,8546	0,2274	0,0012	0,1001	-2,3016
660	1,7646	0,1679	0,0010	0,0739	-2,6053
720	1,6978	0,1236	0,0007	0,0544	-2,9110

Tablo 4.9 %20 tuzlu daldırma ön işlem uygulanan numune dondurarak kurutma işlemi verileri (5 dk)

Zaman (dk)	Numune (g)	kgW/kgDM	DR	MR	ln (MR)
0	5,05012	2,2757	0,0000	1,0000	0,0000
60	4,1031	1,6615	0,0102	0,7301	-0,3146
120	3,6338	1,3570	0,0051	0,5963	-0,5170
180	3,2527	1,1098	0,0041	0,4877	-0,7181
240	2,9293	0,9001	0,0035	0,3955	-0,9276
300	2,6544	0,7218	0,0030	0,3172	-1,1484
360	2,4253	0,5732	0,0025	0,2519	-1,3789
420	2,2351	0,4498	0,0021	0,1976	-1,6213
480	2,0719	0,3439	0,0018	0,1511	-1,8896
540	1,9369	0,2564	0,0015	0,1126	-2,1835
600	1,8255	0,1841	0,0012	0,0809	-2,5146
660	1,7387	0,1278	0,0009	0,0562	-2,8796
720	1,6725	0,0849	0,0007	0,0373	-3,2891

4.3.4 US ön işlemi

Genellikle başlangıçtaki nem içeriğini azaltmak, meyve dokusu yapısını değiştirmek veya toplam kurutma işlem süresini azaltmak için bir tür ön işlem kullanılır. Ultrason ön işlemi, enerji tüketimini ve kuruma süresini azaltmanın alternatif bir yoludur (Nowacka ve ark., (2012); Correá ve ark., (2011)). Ultrason kullanmanın avantajı, işlemin ortam sıcaklığında gerçekleştirilebilmesi ve herhangi bir ısıtma gerektirmemesidir. Ultrasonik ön işlem, meyve/sebzelerin suya veya ultrasonun uygulandığı hipertonik sulu bir çözeltiye daldırılmasını içerir. Kuruma süresini kısaltma özelliğinden dolayı kurutma sırasında gıda ürününün besin değerlerinin, aromasının ve renginin korunmasına katkıda bulunur. Literatürde, ultrason ön işleminin kurutulmuş ürünün kuruma süresi, fiziksel ve kimyasal özellikleri üzerindeki etkisini gözlemlemek amacıyla, ultrason ön işlemine tabi tutulmuş meyve ve sebzelerin kurutulması üzerine çok sayıda çalışmaya rastlamak mümkündür. Şekil 4.9'da US ön işlemli 8 saat kurutulmuş levrek numuneleri gösterilmiştir.



Şekil 4.9 US ön işlemli kurutulmuş levrek numuneleri

Tablo 4.10'da ultrasonik işlem uygulanan numune dondurarak kurutma işlemi verileri görülmektedir.

Tablo 4.10 Ultrasonik ön işlemi uygulanan numune dondurarak kurutma işlemi verileri (1 dk)

Zaman (dk)	Numune (g)	kgW/kgDM	DR	MR	ln (MR)
0	5,14915	2,1255	0,0000	1,0000	0,0000
60	4,0735	1,4726	0,0109	0,6928	-0,3670
120	3,5645	1,1637	0,0051	0,5475	-0,6025
180	3,1355	0,9033	0,0043	0,4250	-0,8558
240	2,7692	0,6809	0,0037	0,3203	-1,1384
300	2,4609	0,4938	0,0031	0,2323	-1,4597
360	2,2097	0,3413	0,0025	0,1606	-1,8290
420	2,0117	0,2211	0,0020	0,1040	-2,2631
480	1,8705	0,1354	0,0014	0,0637	-2,7536

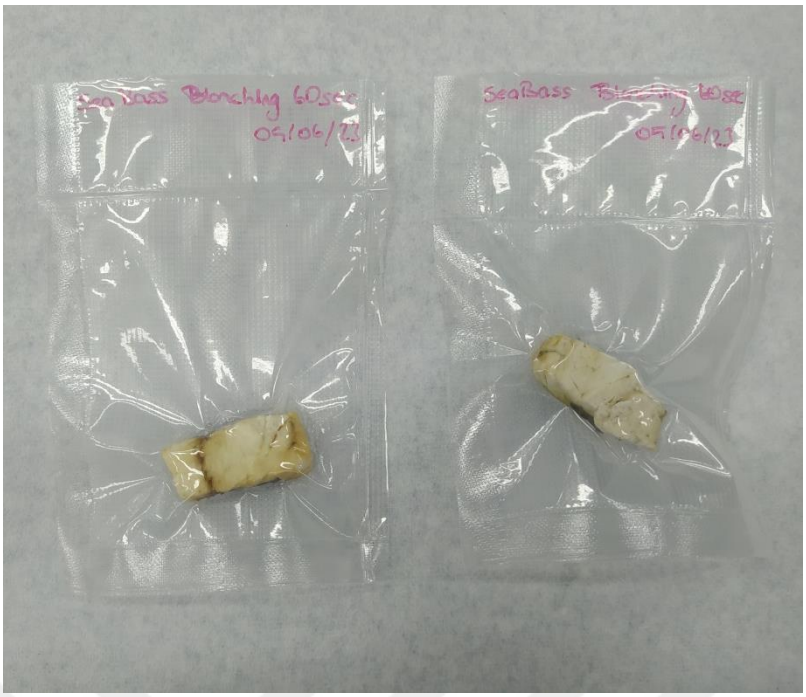
Tablo 4.11'de ultrasonik işlem uygulanan numune dondurarak kurutma işlemi verileri görülmektedir.

Tablo 4.11 Ultrasonik ön işlemi uygulanan numune dondurarak kurutma işlemi verileri (5 dk)

Zaman (dk)	Numune (g)	kgW/kgDM	DR	MR	ln (MR)
0	5,1701	2,3556	0,0000	1,0000	0,0000
60	4,0655	1,6387	0,0119	0,6957	-0,3629
120	3,5685	1,3161	0,0054	0,5587	-0,5821
180	3,1405	1,0383	0,0046	0,4408	-0,8192
240	2,7699	0,7978	0,0040	0,3387	-1,0827
300	2,4603	0,5968	0,0033	0,2534	-1,3729
360	2,2073	0,4326	0,0027	0,1837	-1,6947
420	2,0115	0,3056	0,0021	0,1297	-2,0424
480	1,8541	0,2034	0,0017	0,0863	-2,4494

Son olarak, kurutma işlemi tamamlanan ürün uygun bir şekilde ambalajlanmaktadır. Bu, ürünün nem almasını ve tekrar neme maruz kalmasını engeller, böylece ürünün raf ömrü uzatılmaktadır.

Numunelerin ağırlık ölçümleri 1 saatlik aralıklarla alınmıştır. Levrek numunelerinin nem içeriği %5'e düşene kadar kurutma işlemine devam edilmiştir. Kurutma işlemi tamamlanan levrek numuneleri vakumlanmış ve desikatöre kaldırılmıştır. Şekil 4.10'da paketlenmiş numunleler gösterilmektedir.



Şekil 4.10 Kurulmuş ve paketlenmiş levrek numuneleri

5
MATEMATİKSEL MODELLEME

Dondurarak kurutma sürecinde matematiksel modelleme, bu işlem sırasında ürünün kuruma hızını ve su içeriğini tahmin etmek için kullanılan analitik ve sayısal yöntemlerin incelenmesini içermektedir. Bu modellemeler, dondurarak kurutmanın temel prensiplerine dayanarak sürecin kontrol edilmesine ve optimize edilmesine yardımcı olmaktadır.

Modelleme, dondurarak kurutma sürecinin daha verimli ve etkili bir şekilde gerçekleştirilmesine olanak sağlamaktadır. Matematiksel modelleme ile dondurarak kurutma sürecindeki değişkenlerin etkileşimleri ve sürecin dinamikleri daha iyi anlaşılabilmektedir. Bu modeller, dondurma, kurutma ve sublimasyon aşamalarındaki sıcaklık, basınç, su aktivitesi gibi faktörlerin nasıl birbirleriyle ilişkili olduğunu göstermektedir. Böylece, ürünün kalitesi, kuruma süresi, enerji tüketimi gibi faktörler optimize edilebilmektedir.

Matematiksel modelleme, dondurarak kurutma sürecinin daha kontrollü ve tekrarlanabilir olmasını sağlamaktadır. Bu sayede, ürünlerin daha uzun raf ömrüne sahip olmasını sağlayan etkili bir kurutma yöntemi olmaktadır.

5.1 Kurutma Davranışı

Levreğin içerisindeki nem miktarı (N), kuruma hızı (KH) ve nem oranı (NO) Kıpçak vd. (2020)'de verildiği gibi hesaplanmıştır.

Kurutulmuş levrek için elde edilen veriler, regresyon analizi Statistica 8.0 programı (StatSoft Tulsa, ABD) kullanılarak yapılmıştır. Regresyon katsayısı (R^2) değeri, Ki-kare (χ^2) ve hata kareleri ortalaması karekökü (HKOK) değerleri, efektif nem difüzyon katsayısı, etkin nem difüzyon katsayısı (D_{eff}) için gerekli hesaplamalar Özyalçın ve ark. (2023)'de verildiği gibi yapılmıştır.

Tablo 5.1'de literatürde yaygın kullanılan kurutma modelleri verilmiştir.

Tablo 5.1 Literatürde yaygın kullanılan kurutma modelleri

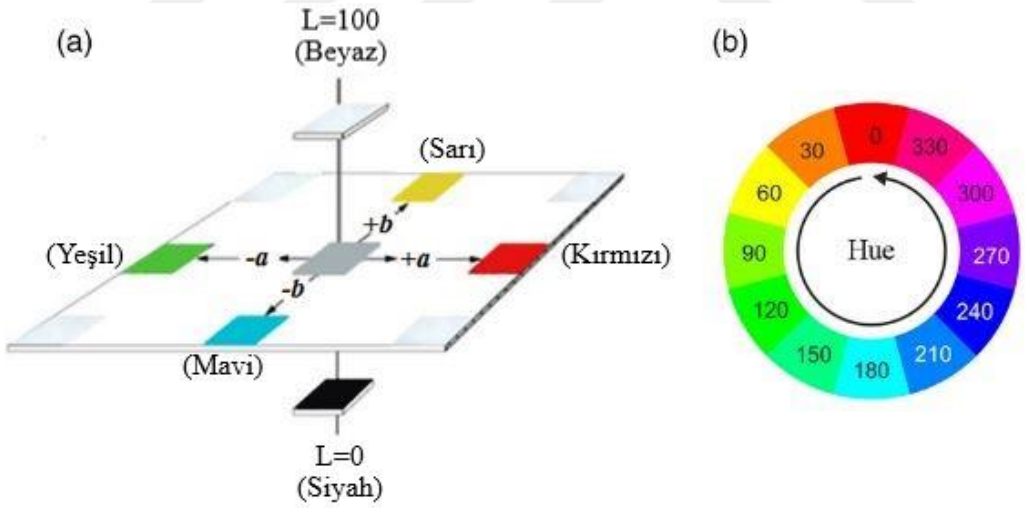
Model	Denklem	Kaynak
Aghbashlo	$NO = e^{(\frac{-k_1 t}{1+k_2 t})}$	(Aghbashlo ve ark., 2009).
Alibas	$NO = ae^{(-kt^n)} + bt + g$	(Alibas, 2012).
Hendersen ve Pabis	$NO = ae^{(-kt)}$	(Kipcak, 2017).
Jena	$NO = ae^{(-kt+bt^{0.5})} + c$	(Jena ve ark., 2007)
Lewis	$NO = e^{(-kt)}$	(Ismail ve ark., 2017)
Logaritmik	$NO = ae^{(-kt^n)} + b$	(Darvishi ve ark., 2013)
Midilli ve Kucuk	$NO = ae^{(-kt^n)} + bt$	(Midilli ve ark., 2002)
Page	$NO = e^{(-kt^n)}$	(Guan ve ark., 2013)
Parabolik	$NO = a + bt + ct^2$	(Kipcak, 2017).
Verma	$NO = ae^{(-kt)} + (1-a)e^{(-gt)}$	(Alibas, 2014).
Wang ve Singh	$NO = 1 + at + bt^2$	(Alibas, 2014).
Weibull	$NO = e^{(-\left(\frac{t}{b}\right)^a)}$	(Ismail ve ark., 2017)
Peleg	$NO = a + \frac{t}{(k_1 + k_2 t)}$	(Peleg 1988).
İki terimli	$NO = ae^{(-bt)} + ce^{(-dt)}$	(Kıpçak ve ark., 2021).
İki terimli Üstel	$NO = ae^{(-kt)} + (1-a)e^{(-kat)}$	(Kıpçak ve ark., 2021).

5.2 Renk Analizi

Renk ölçümleri çiğ, ön işlemli ve dondurularak kurutulmuş levrek numunelerinin rengi renk analizi cihazı ile oda sıcaklığında (~20°C) ölçüldü. Her numune için 5 farklı yüzeyden ölçüm yapıldı ve ortalaması alındı. Sonuçlar Hunter L, a ve b değerlerinde ifade edildi. Toplam renk farkı (ΔE) daha sonra şu şekilde hesaplandı.

$$\Delta E = \sqrt{(L - L_0)^2 + (a - a_0)^2 + (b - b_0)^2} \qquad (5.1)$$

$L^*a^*b^*$ renk uzayı, renk analizinde sıklıkla kullanılan bir renk modelidir. L^*, a^* ve b^* değerleri, rengin parlaklık, yeşil-kırmızı ve mavi-sarı bileşenlerini tanımlar. Bu değerler, bir renge nesnel bir şekilde atanan sayısal değerlerdir ve renkler arasındaki farkları nicel olarak ifade etmek için kullanılır. Şekil 5.1'de renk analizleri için (a) CIE renk uzayı ve (b) Hue renk tekerleği gösterilmiştir.



Şekil 5.1 Renk analizleri için (a) CIE renk uzayı ve (b) Hue renk tekerleği

L^* (Parlaklık)*: L değeri, rengin parlaklık seviyesini ölçer. 0 (siyah) ile 100 (beyaz) arasında bir değer alır. L* değeri ne kadar yüksekse, renk o kadar açık veya parlak olur. 50 değeri genellikle orta griyi temsil eder.

a^* (Yeşil-Kırmızı)*: a değeri, yeşil ve kırmızı arasındaki farkı belirler. Negatif değerler yeşil tonlarına, pozitif değerler ise kırmızı tonlarına işaret eder. 0 değeri nötr bir griyi temsil eder.

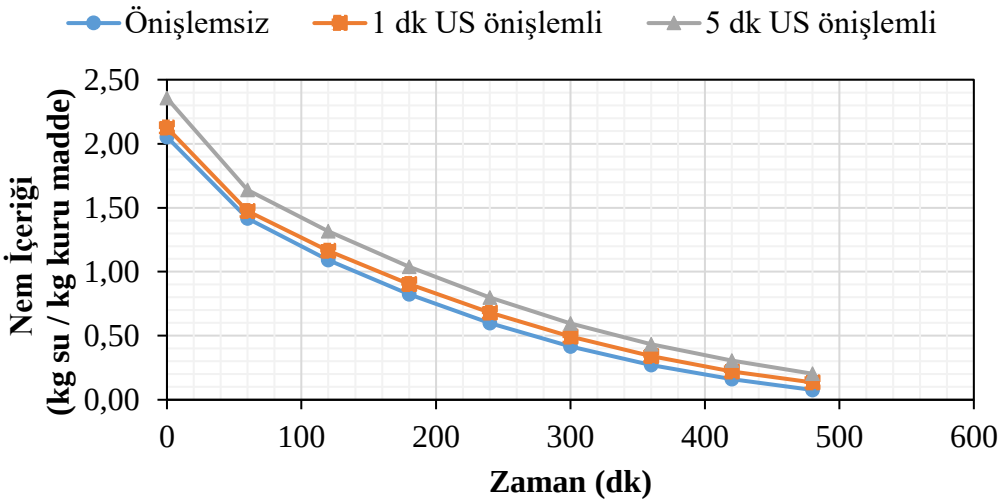
b^* (Mavi-Sarı)*: b değeri, mavi ve sarı arasındaki farkı belirler. Negatif değerler mavi tonlarına, pozitif değerler ise sarı tonlarına işaret eder. 0 değeri nötr bir griyi temsil eder.

$L^*a^*b^*$ renk uzayı, RGB veya CMYK gibi diğer renk modellerinden farklı olarak, insan gözünün renk algılama yeteneğine daha iyi uyum sağlar. Bu nedenle renk analizinde ve renk eşleştirmesinde $L^*a^*b^*$ renk uzayı sıklıkla tercih edilir. $L^*a^*b^*$ değerleri, renk farklarını objektif olarak ölçmek, renk uyumunu analiz etmek ve renk korelasyonları oluşturmak için kullanışlı bir araçtır.

Renk analizi verileri tablo halinde bir sonraki bölümde verilmiştir.

6
SONUÇ

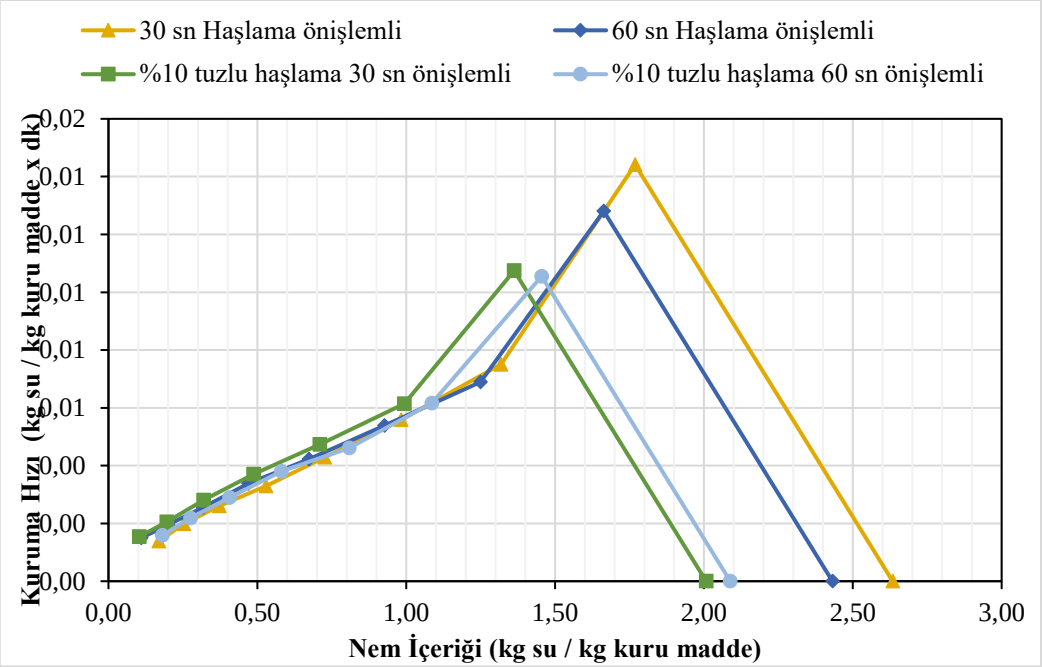
Levreğin içerdiği nem miktarı (N), kuruma hızı (KH) ve nem oranı (NO) hesaplandı. Şekil 6.1'de ön işlemsiz ve US ön işlemli levrek numunelerinin zamana karşı nem içeriğindeki değişimi görülmektedir.



Şekil 6.1 Ön işlemsiz ve US ön işlemli levrek numunelerinin zamana karşı nem içeriğindeki değişimi

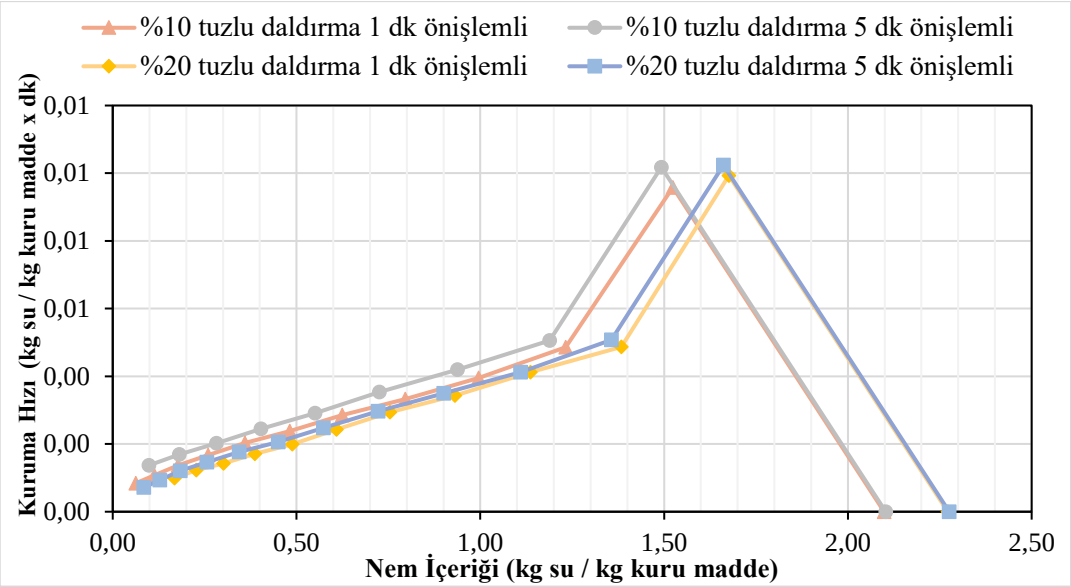
Levreklerin kurutulması deneylerinde örneklerin nem içeriği, nem analizi kullanılarak 2,2222 ± 0,05 kg su/kg kuru madde olarak bulunmuştur. Dondurarak kurutma işlemlerinde ön işlemsiz numuneler 0,0767 kg su/kg kuru maddeye düşürüldü ve kurutma 480 dakikada gerçekleşti. Ultrasonik ön işlemi numunelere 1 ve 5 dakika olarak uygulanmıştır. Numunelerdeki nem içeriği sırasıyla 0,1354 ve 0,2034 kg su/kg kuru maddeye düşürüldü ve dondurarak kurutma işlemi 480 dakikada gerçekleşti. Haşlama işlemi numunelere 30 sn ve 60 sn olarak uygulandı ve numuneler sırasıyla 0,1695 ve 0,1101 kg su/kg kuru maddeye içeriğine düşürüldü ve kurutma iki ön işlem süresi için de 480 dakikada gerçekleşti. %10 tuzlu suda haşlama ön işlemi 30 ve 60 saniye olarak uygulandı ve numunelerdeki nem içeriği sırasıyla 0,1037 ve 0,2069 kg su/kg kuru maddeye düşürüldü ve kurutma sırasıyla 420 ve 480 dakikada gerçekleştirildi.

Şekil 6.2'de Haşlama ön işlemli kurutulmuş levrek numunelerinin kuruma hızları görülmektedir.



Şekil 6.2 Haşlama ön işlemli kurutulmuş levrek numunelerinin kuruma hızları

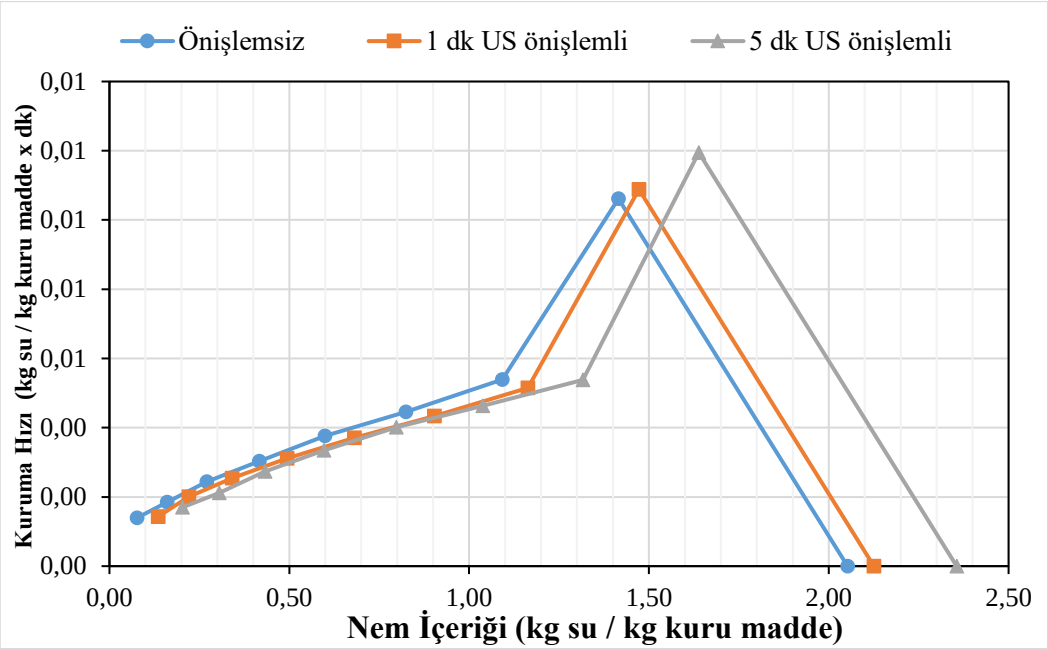
Şekil 6.3'de tuzlu suya daldırma ön işlemli kurutulmuş levrek numunelerinin kuruma hızları görülmektedir.



Şekil 6.3 Tuzlu suya daldırma ön işlemli kurutulmuş levrek numunelerinin kuruma hızları

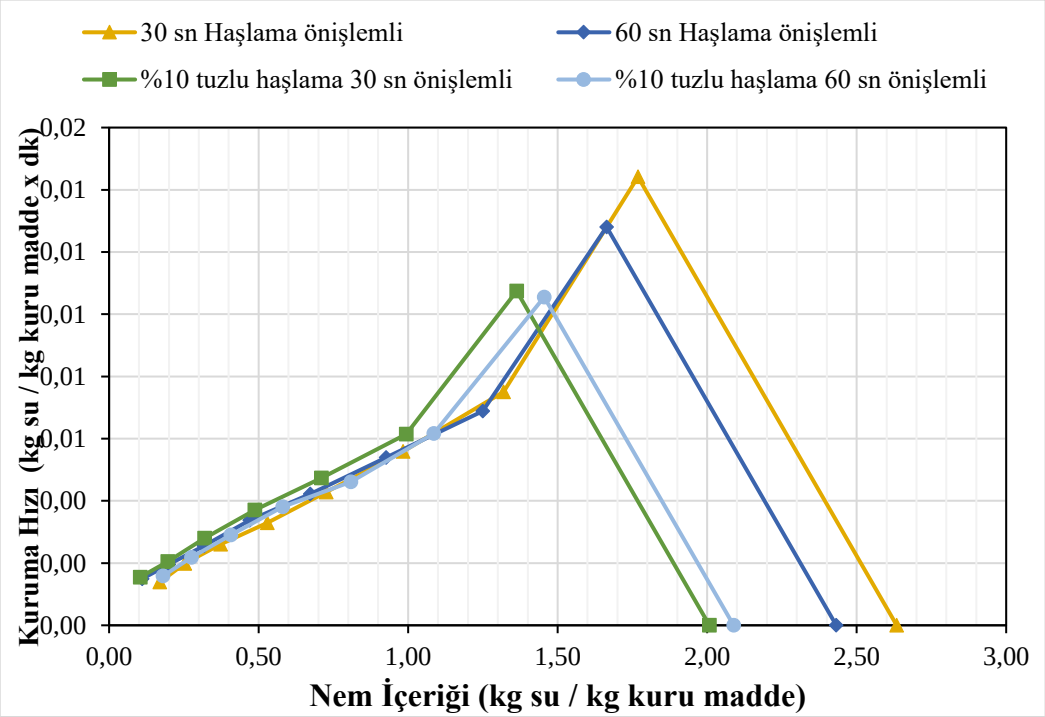
Dondurarak kurutma işlemi için %10 tuzlu suya daldırma ön işlemi 1 ve 5 dakika olarak uygulandı ve numunelerdeki nem içeriği sırasıyla 0,0626 ve 0,0984 kg su/kg kuru maddeye düşürüldü ve kurutma sırasıyla 660 ve 540 dakikada gerçekleşti. %20 tuzlu suya daldırma ön işlemi 1 ve 5 dakika olarak uygulandı ve numunelerdeki nem içeriği sırasıyla 0,1679 ve 0,0849 kg su/kg kuru maddeye düşürüldü ve kurutma sırasıyla 660 ve de 720 dakikada gerçekleşti. Ön işlemler ile doygunluğa ulaşan numunelerde ön işlem sonrası gözeneklerin tuz ile dolmasına bağlı kurutma sürelerinde artış olduğu görülmektedir.

Şekil 6.4'te ön işlemsiz ve US ön işlem uygulanıp kurutulan levrek numunelerinin hız garfiği görülmektedir.



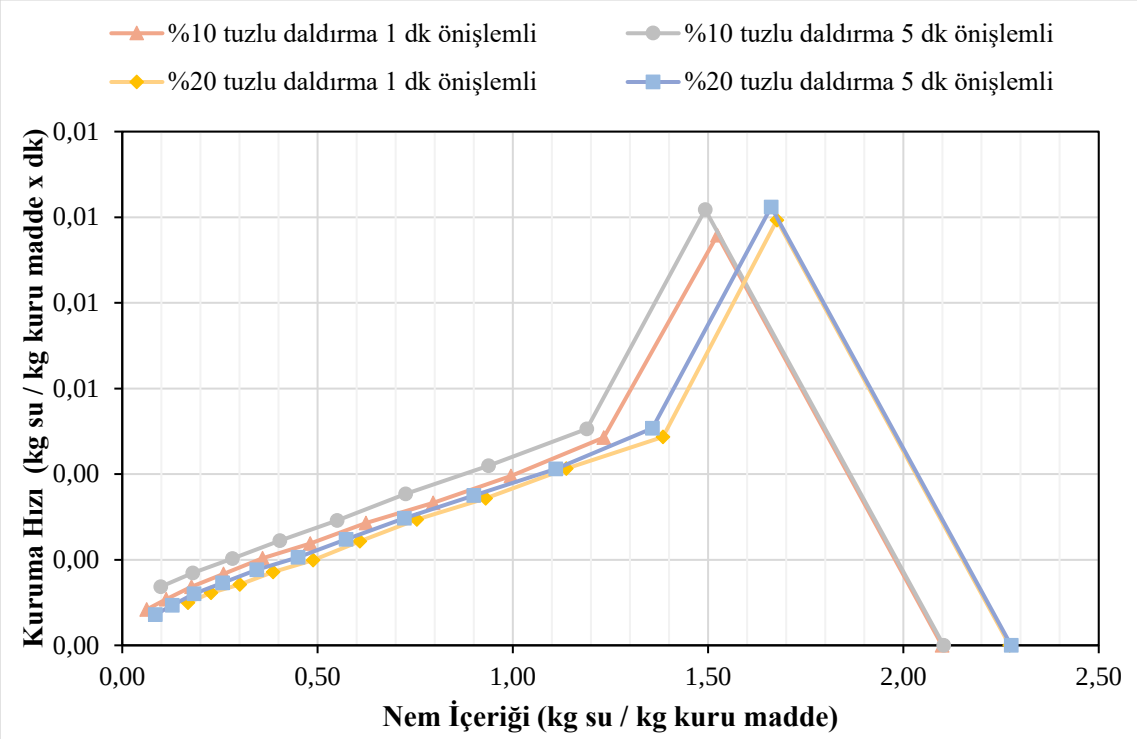
Şekil 6.4 Ön işlemsiz ve US ön işlem uygulanıp kurutulan levrek numunelerinin hız grafiği

Şekil 6.5'te haşlama ve tuzlu su ile haşlama ön işlemli numunelerin kurutma hızlarını karşılaştırılması görülmektedir.



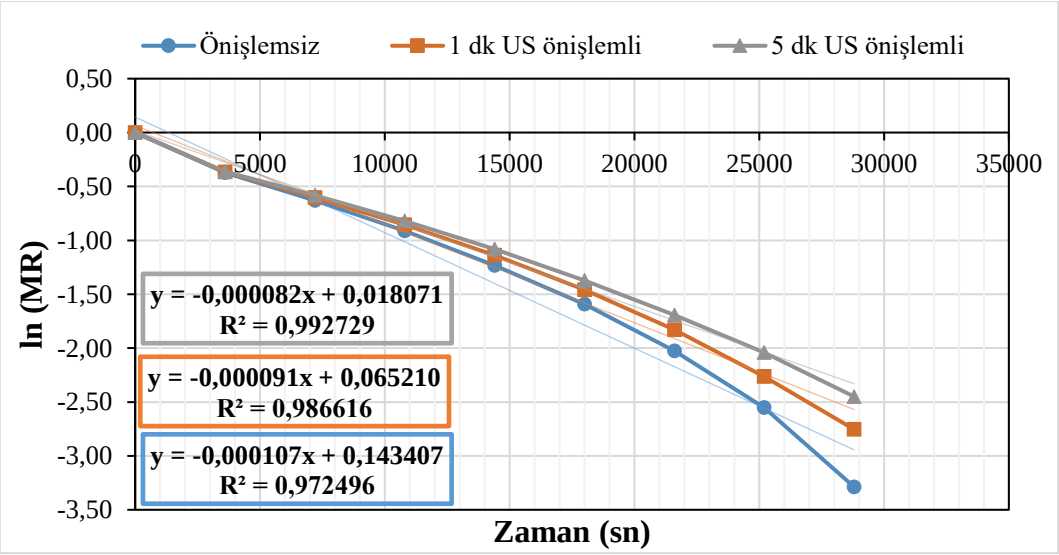
Şekil 6.5 Haşlama ve tuzlu su ile haşlama ön işlemli numunelerin kurutma hızlarını karşılaştırılması

Şekil 6.6'da tuzlu suya daldırma ile kurutma hızına tuz oranı etkisi görülmektedir.

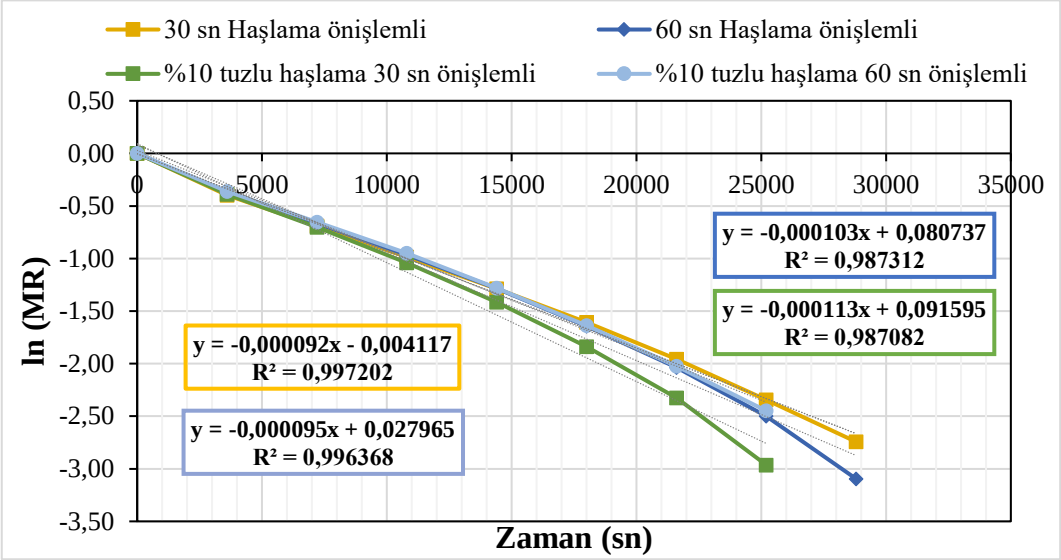


Şekil 6.6 Tuzlu suya daldırma ön işleminin kurutma hızına etkisi grafiği

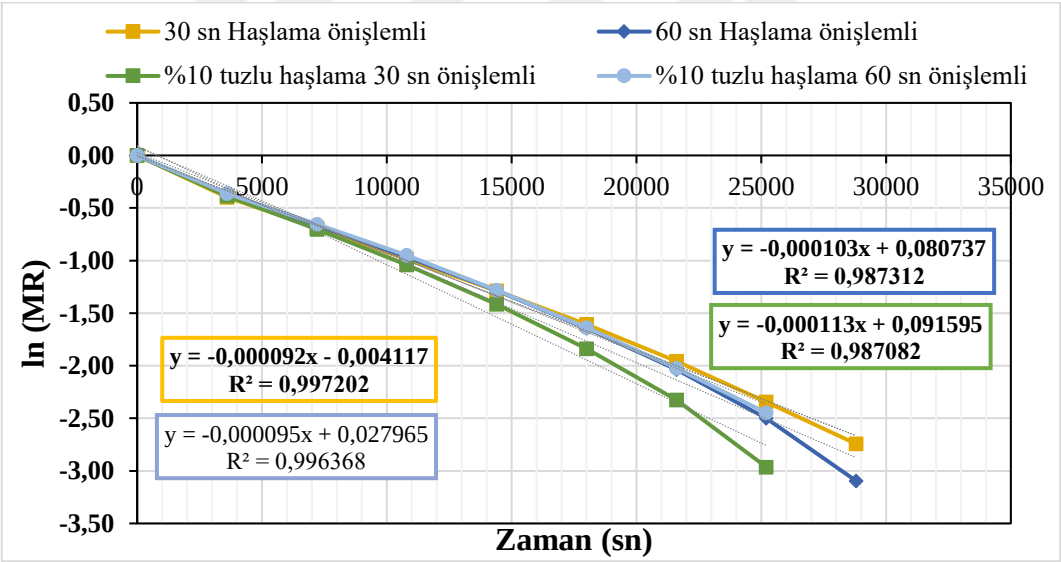
Şekil 6.7, Şekil 6.8 ve Şekil 6.9'da zamana karşı ln(MR) değişimleri görülmektedir



Şekil 6.7 Ön işlemsiz ve US ön işlemli kurutulan numunelerin zamana karşı ln(MR) grafiği



Şekil 6.8 Haşlama ve tuzlu haşlama ön işlemli numunelerin zamana karşı ln(MR) grafiği



Şekil 6.9 Tuzlu daldırma ön işlemli numunelerin zamana karşı ln(MR) grafiği

Renk analizleri incelendiğinde kurutulmuş levreğin renginin başlangıç ve ön işleme göre daha fazla beyaza yakın değerlerde olduğu gözlemlenmiştir. Tablo 6.1 ve Tablo 6.2'de deneysel sonucunda hesaplanan ΔE değerleri görülmektedir.

Tablo 6.1 Ön işlemsiz, haşlama ön işlemli ve US ön işlemli kurutulan levrek numunelerinin toplam renk değişimi verileri

Ön işlem			**ΔE**
Ön işlemsiz		FD sonrası	23,006825
US	1 dk	Ön işlem sonrası	7,287758
		FD sonrası	26,888299
	5 dk	Ön işlem sonrası	5,162502
		FD sonrası	34,587627
Haşlama	30 sn	Ön işlem sonrası	19,906034
		FD sonrası	25,986674
	60 sn	Ön işlem sonrası	26,112327
		FD sonrası	26,024334

Tablo 6.2 Tuzlu ön işlemli kurutulan levrek numunelerinin toplam renk değişimi verileri

Ön işlem			**ΔE**
Ön işlemsiz		FD sonrası	23,006825
%10 tuzlu haşlama	30 sn	Ön işlem sonrası	15,28316381
		FD sonrası	17,36545007
	60 sn	Ön işlem sonrası	25,78419562
		FD sonrası	15,29284918
%10 tuzlu daldırma	1 dk	Ön işlem sonrası	4,780133053
		FD sonrası	17,30776069
	5 dk	Ön işlem sonrası	4,752260094
		FD sonrası	33,97460875
%20 tuzlu daldırma	1 dk	Ön işlem sonrası	0,8964307
		FD sonrası	37,02011826
	5 dk	Ön işlem sonrası	5,247101676
		FD sonrası	23,98412708

Tüm ön işlemler ve ön işlemsiz numuneler karşılaştırıldığında, en az renk değişimi (ΔE=15,2928) ile en iyi sonuç 60 sn %10 tuzlu haşlama ön işlemi uygulanan levrek numunesinde görülmüştür.

KAYNAKÇA

Correá, J.L.G., Dev, S.R.S., Gariepy, Y., & Raghavan, G.S.V. (2011). Drying of pineapple by microwave-vacuum with osmotic pretreatment. *Drying Technology*, 29(12), 1556-1561.

Djaeni, M., Asiah, N., Suherman, S., Sutanto, A., & Nurhasanah, A. (2015). Energy Efficient Dryer with Rice Husk Fuel for Agriculture Drying. *Ijred*, 4, 20–24. DOI: 10.14710/ijred.4.1.20-24.

Djaeni, M., Utari, F. D., Sasongko, S. B., & Kumoro, A. C. (2018). Evaluation of Food Frying with Air Dehumidification System: A Short Review. *IOP Conf. Ser: Earth Environ. Sci., 102*, 012069. DOI: 10.1088/1755-1315/102/1/012069.

Duan, X., et al. (2010). Microwave freeze drying of sea cucumber (Stichopus japonicus). *Journal of Food Engineering*, 96(4), 491–497. doi: 10.1016/j.jfoodeng.2009.08.031.

Duan, X., Ren, G.Y., & Zhu, W.X. (2012). Microwave freeze drying of apple slices based on the dielectric properties. *Drying Technology*, 30(5), 535–541. https://doi.org/10.1080/07373937.2011.648783.

FAO. (2023). Gıda Sistemleri Sürdürülebilirliği Bölgesel Konferansı. Erişim tarihi: https://www.fao.org/turkiye/events/event-detail/tr/c/1632753/.

Giungatoa P., Rennab M., Ranac R., Licend S., & Barbieri P. (2018). Characterization of dried and freeze-dried sea fennel (Crithmum maritimum L.) samples with headspace gas-chromatography/mass spectrometry and evaluation of an electronic nose discrimination potential. *Food Research International*, 115(2019), 65-72.

Guine, R.P.F. (2018). The Drying of Foods and Its Effect on the Physical-Chemical, *Sensorial and Nutritional Properties. Ijfe*, 4, 93–100. DOI: 10.18178/ijfe.4.2.93-100.

He, Y., Shim, Y.Y., Mustafa, R., Meda, V., & Reaney, M.J. (2019). Chickpea Cultivar Selection to Produce Aquafaba with Superior Emulsion Properties. *Foods*, 8(5), 685.

Karim, M.A., & Hawlader, M. (2005). Mathematical Modelling and Experimental Investigation of Tropical Fruits Drying. *International Journal of Heat and Mass Transfer*, 48, 4914–4925. DOI: 10.1016/j.ijheatmasstransfer.2005.04.035.

Karim, M.A., & Hawlader, M. (2005). Drying Characteristics of Banana: Theoretical Modelling and Experimental Validation. *Journal of Food Engineering*, 70, 35–45. DOI: 10.1016/j.jfoodeng.2004.09.010.

Kıpçak A.S., & Ozyalcın O.Z. (2020). The Effect of Ultrasonic Pre-Treatment on the Temperature Controlled Infrared Drying of Loligo vulgaris and Comparison with the Microwave Drying. *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 21(3), 135-145.

Kocatepe, D., & Turan, H. (2012). Different MAP Conditions to Improve Shelf Life of Sea Bass. *Journal of Food and Nutrition Research*, 1(1), 33-39.

Kumar, C., & Karim, M.A. (2019). Microwave-convective drying of food materials: a critical review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 59(3), 379–394. DOI: 10.1080/10408398.2017.1373269.

Md Imran ve ark. (2020). Application of machine learning-based approach in food drying: opportunities and challenges. DOI: 10.1080/07373937.2020.1853152.

Nowacka, M., Wiktor, A., Śledź, M., Jurek, N., & Witrowa-Rajchert, D. (2012). Drying of ultrasound pretreated apple and its selected physical properties. *Journal of Food Engineering*, 113, 427-433.

Özyalçın Genç, Z.Ö., Kıpçak, A.S., & Tuğrul, N. (2023). The Effect of Various Methods on the Drying Kinetics and Mathematical Modelling of Seabass (Dicentrarchus labrax). *Journal of Aquatic Food Product Technology*, 32(4), 384-395.

Rabobank, FAO, GSA. (2023). Global production of major, representative farmed fish species in the 2023 GSA survey.

Sabarez, H.T. (2014). Mathematical Modeling of the Coupled Transport Phenomena and Color Development: Finish Drying of Trellis-Dried Sultanas. *Drying Technology*, 32(4), 578–589. DOI: 10.1080/07373937.2013.846366.

Sablani, S., Rahman, M., Al-Kuseibi, M., Al-Habsi, N., Al-Belushi, R., Al-Marhubi, I., & Al-Amri, I. (2007). Influence of shelf temperature on pore formation in garlic during freeze-drying. *Journal of Food Engineering*, 80(1), 68–79.

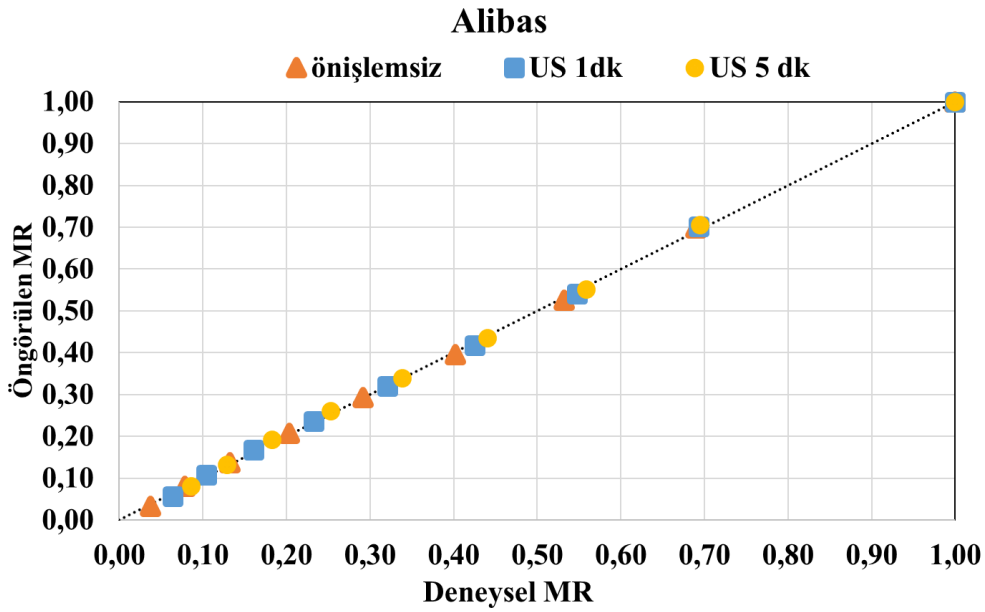
Silva-Espinoza, M.A., Ayed, C., Foster, T., Camacho, M.D.M., & Martínez-Navarrete, N. (2020). The Impact of Freeze-Drying Conditions on the Physico-Chemical Properties and Bioactive Compounds of a Freeze-Dried Orange Puree. *Foods*, 9(1), 32.

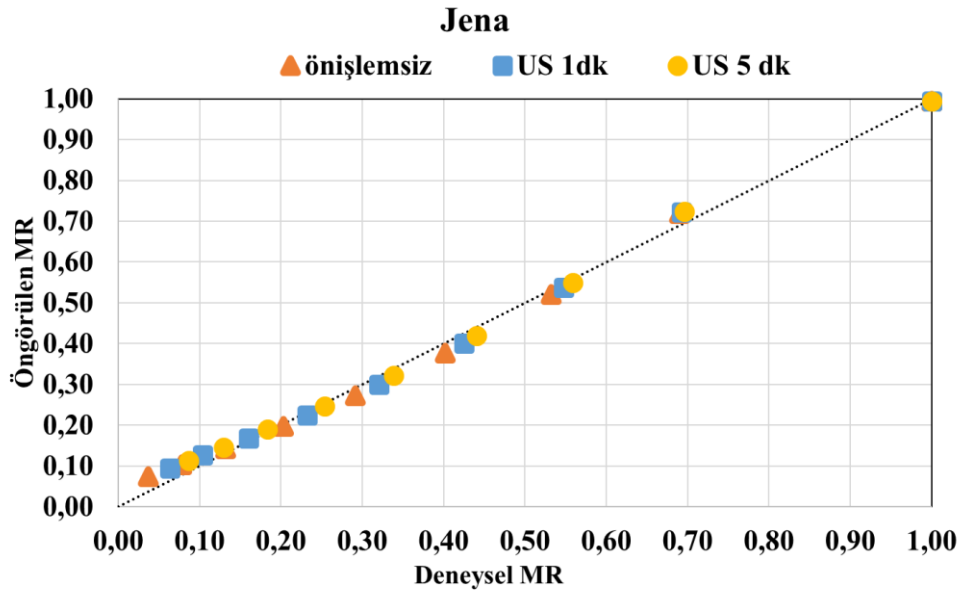
Smith, J., & Johnson, A. (2021). Reproductive biology of Atlantic bass (Dicentrarchus labrax) in the Mediterranean. *Marine Biology Journal*, 45(3), 112-125.

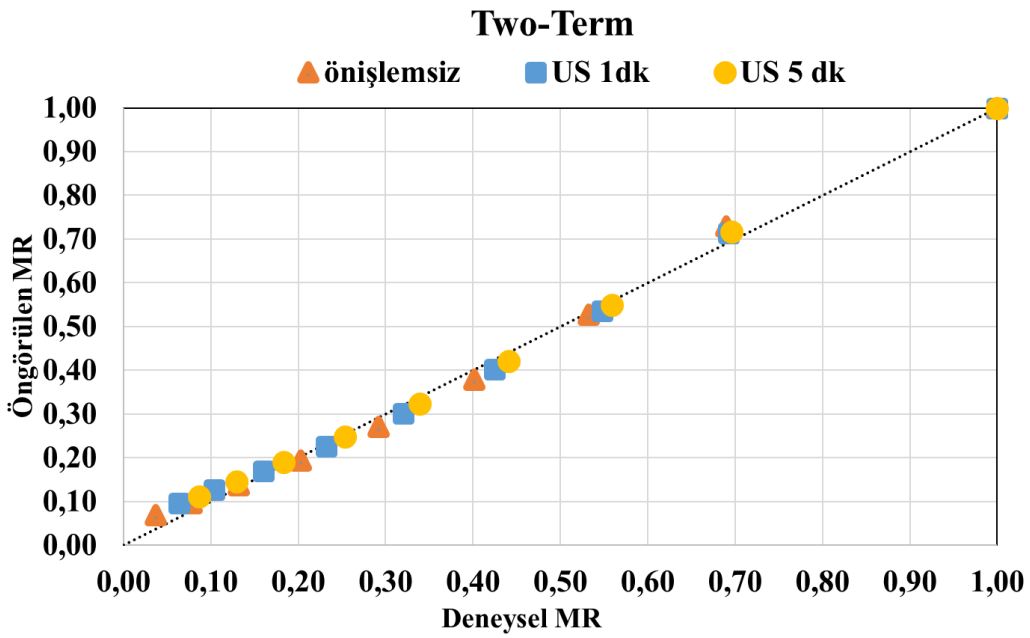
Sontakke, M.S., & Salve, S.P. (2012). Solar Drying Technologies: A Review. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 16, 2652–2670. DOI: 10.1016/j.rser.2012.01.007.

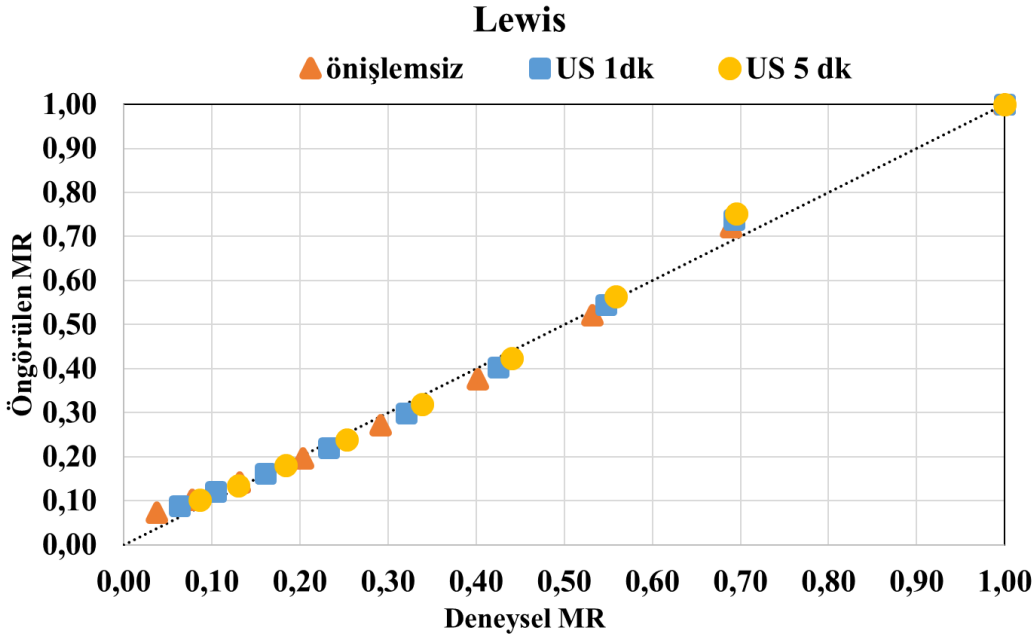
Vega-Mercado, H., Gongora-Nieto, M.M., & Barbosa-Canovas, G.V. (2001). Advances in dehydration of foods. *Journal of Food Engineering*, 49, 271–289. DOI: 10.1016/S0260-8774(00)00224-7.

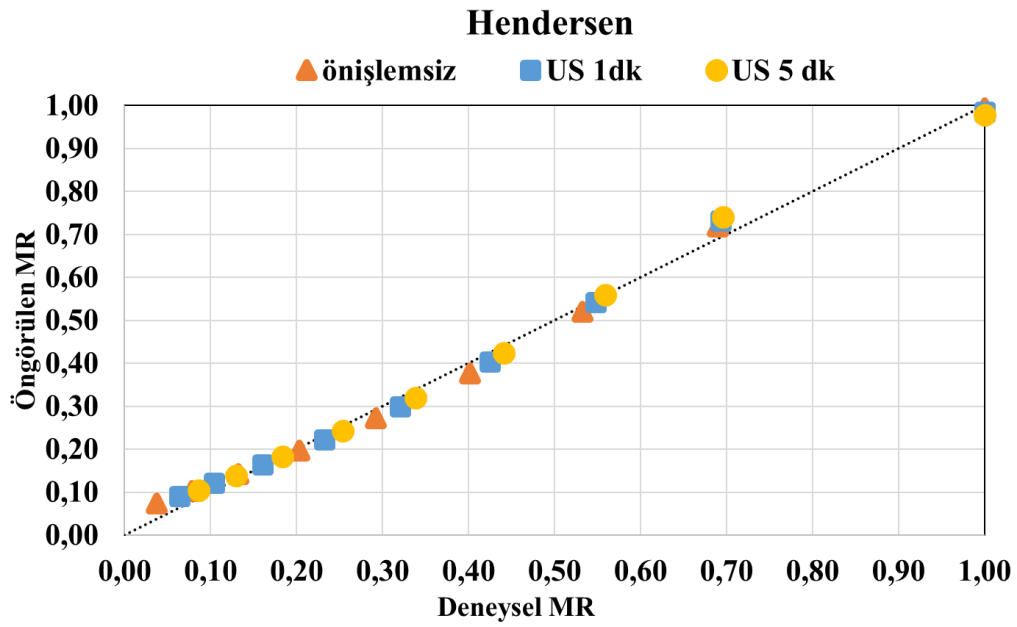
A
ÖNİŞLEMSİZ, US 1 VE 5 DAKİKA ÖNİŞLEMLİ MATEMATİKSEL MODEL GRAFİKLERİ

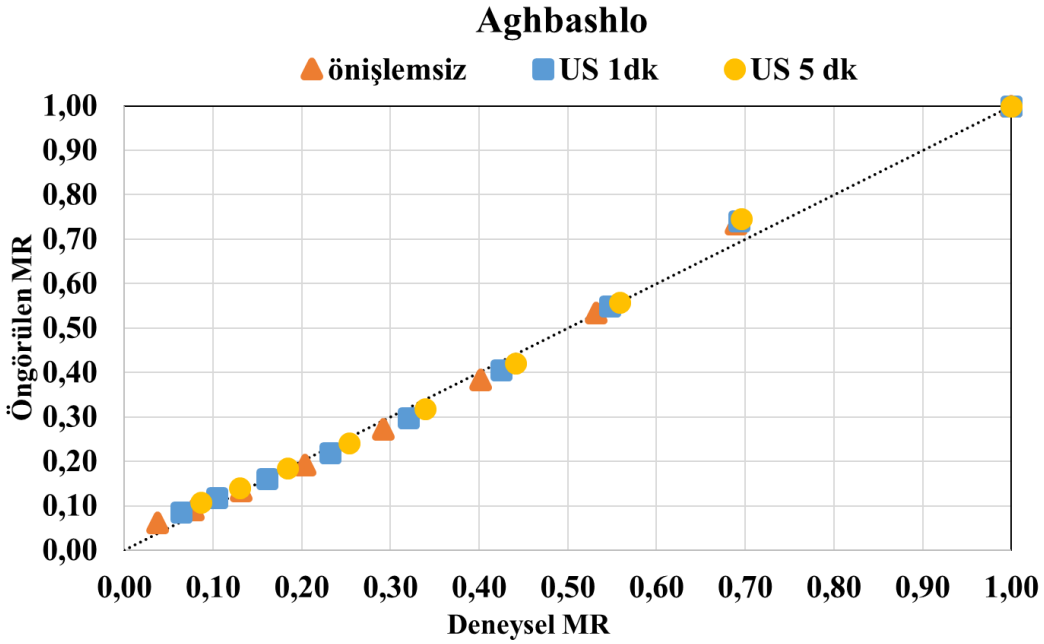


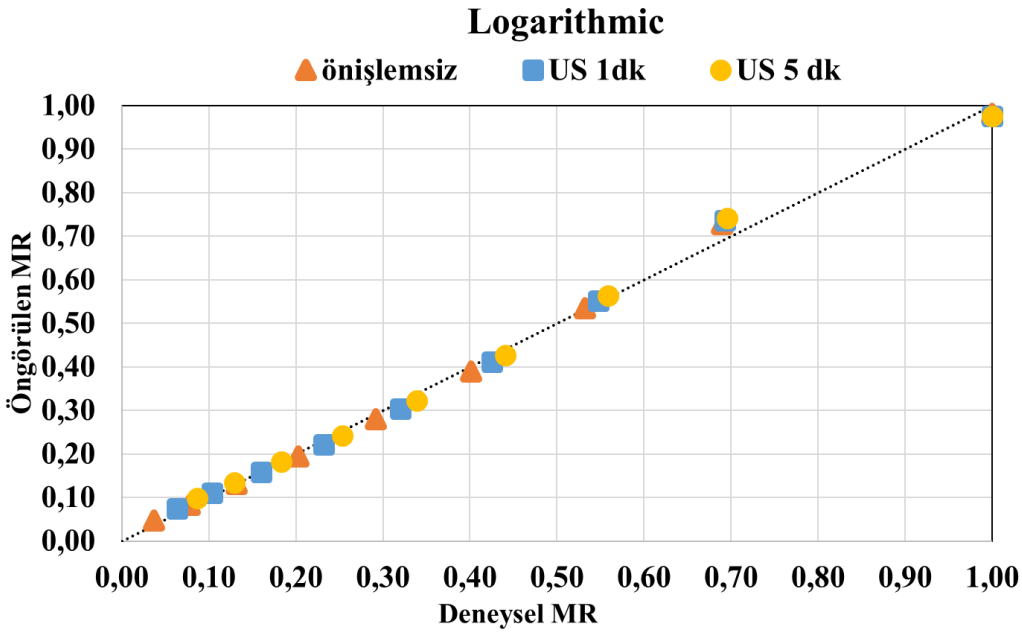


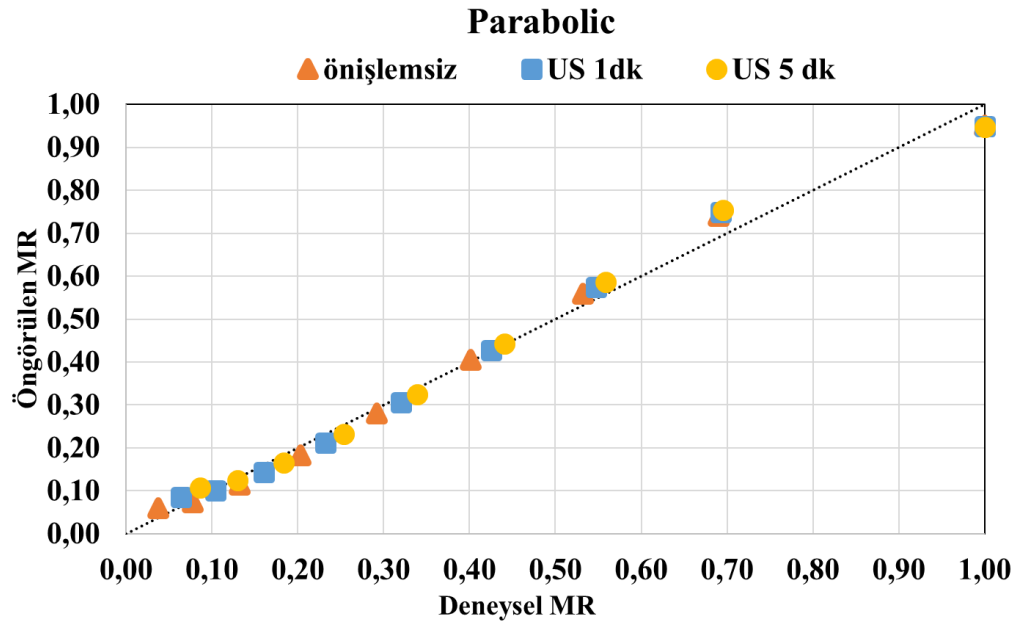

Two-Term
önişlemsiz
US 1dk
US 5 dk
Öngörülen MR
1,00
0,90
0,80
0,70
0,60
0,50
0,40
0,30
0,20
0,10
0,00
0,00 0,10 0,20 0,30 0,40 0,50 0,60 0,70 0,80 0,90 1,00
Deneysel MR

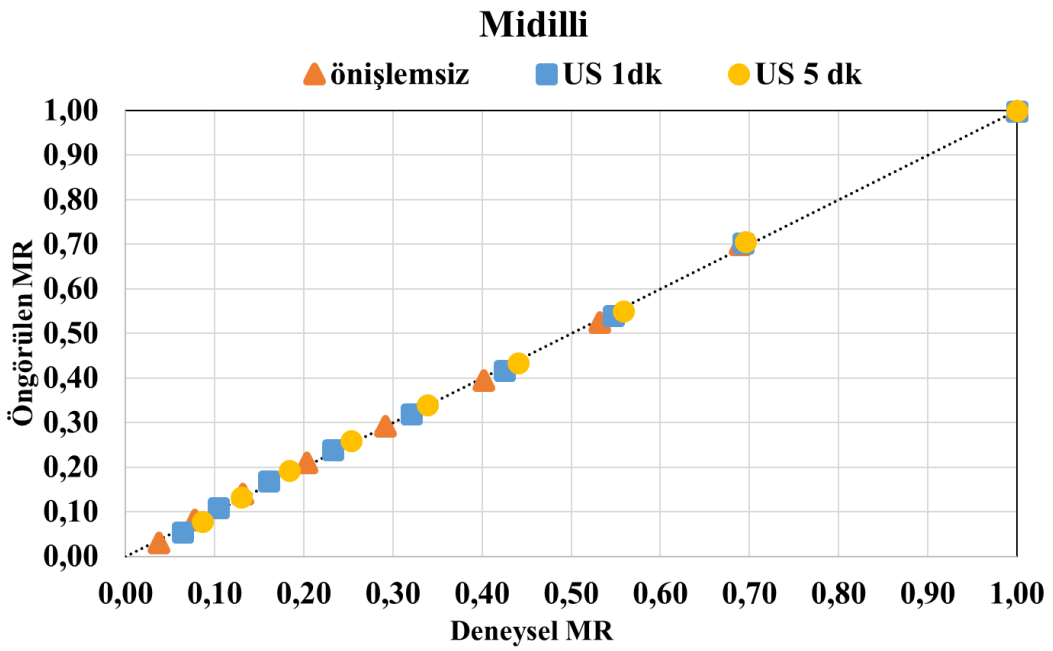

Lewis
önişlemsiz
US 1dk
US 5 dk
Öngörülen MR
1,00
0,90
0,80
0,70
0,60
0,50
0,40
0,30
0,20
0,10
0,00
0,00 0,10 0,20 0,30 0,40 0,50 0,60 0,70 0,80 0,90 1,00
Deneysel MR

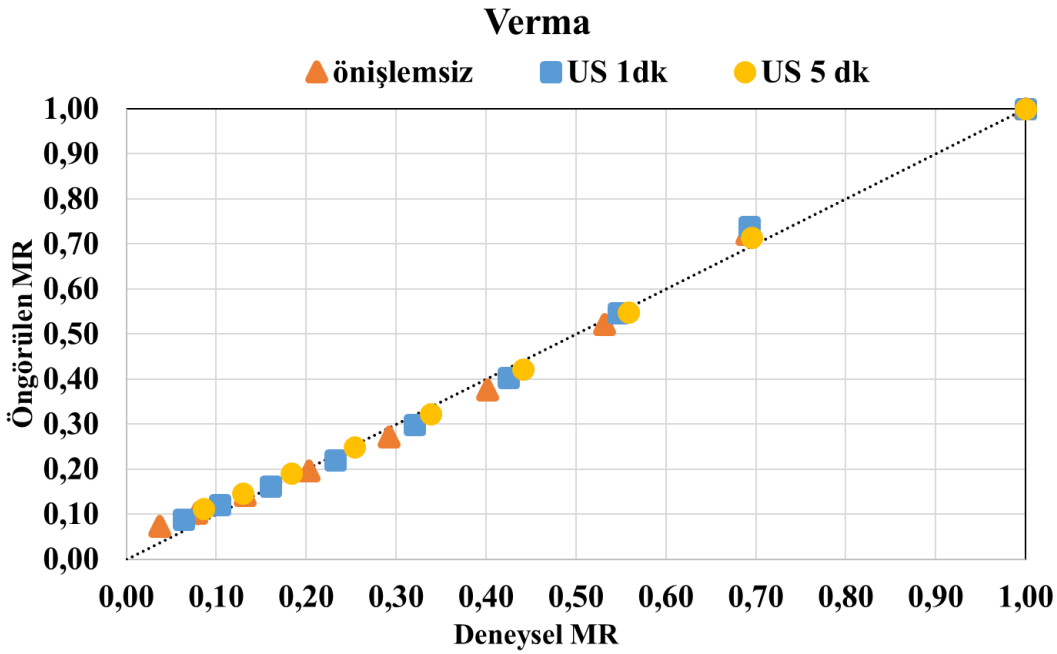

Hendersen
önişlemsiz
US 1dk
US 5 dk
Öngörülen MR
Deneysel MR
0,00
0,10
0,20
0,30
0,40
0,50
0,60
0,70
0,80
0,90
1,00

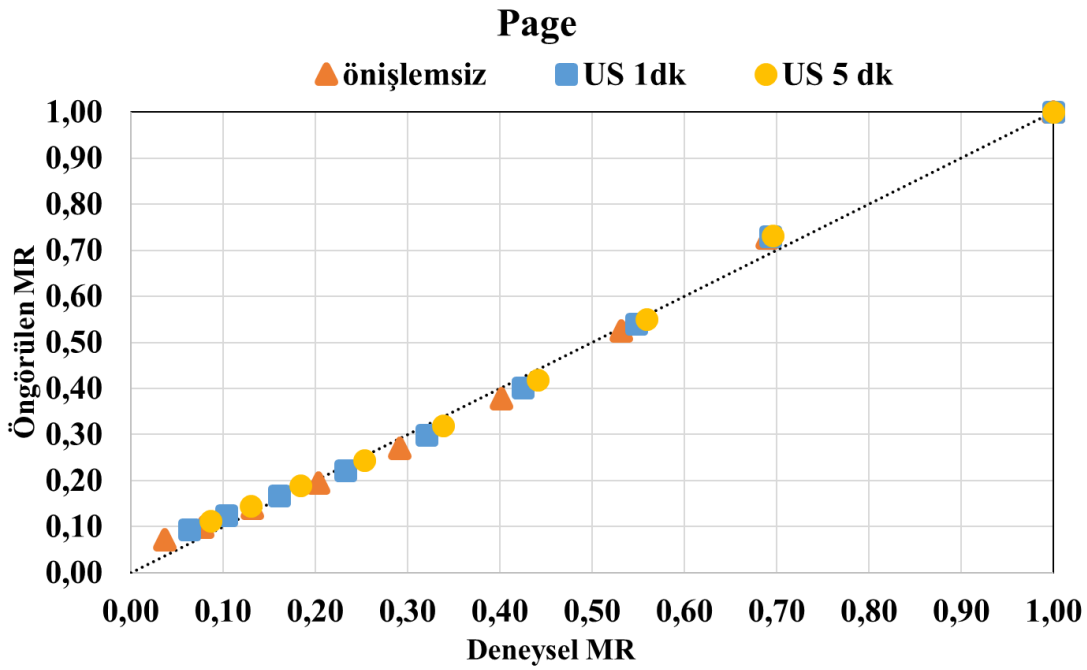

Aghbashlo
önişlemsiz
US 1dk
US 5 dk
Öngörülen MR
Deneysel MR
0,00
0,10
0,20
0,30
0,40
0,50
0,60
0,70
0,80
0,90
1,00

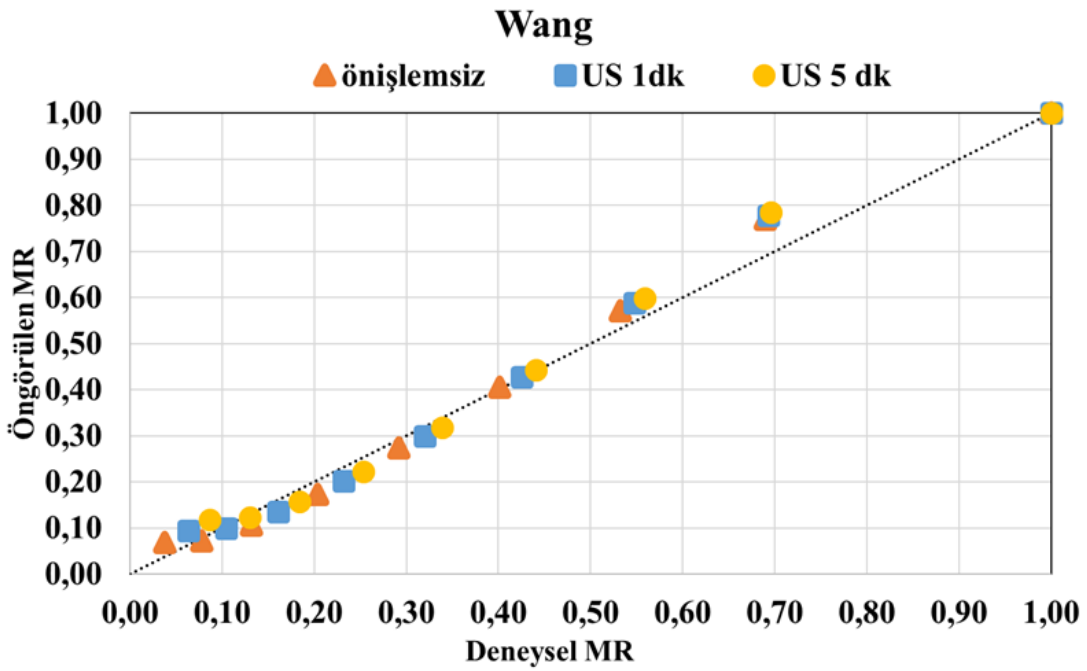

Logarithmic
önişlemsiz
US 1dk
US 5 dk
Öngörülen MR
Deneysel MR
0,00
0,10
0,20
0,30
0,40
0,50
0,60
0,70
0,80
0,90
1,00

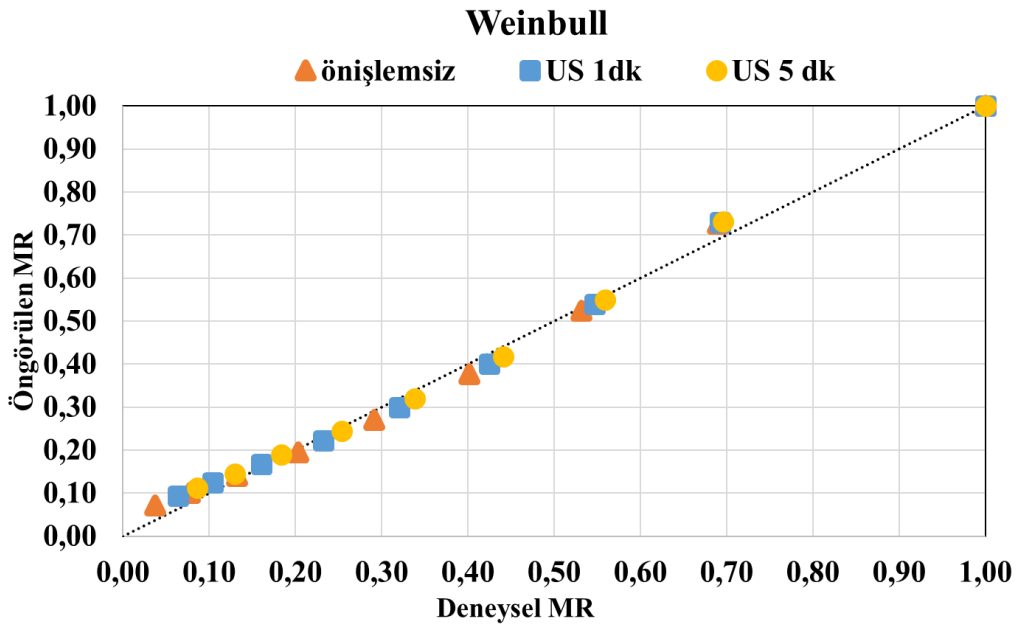

Parabolic
önişlemsiz
US 1dk
US 5 dk
Öngörülen MR
Deneysel MR
0,00
0,10
0,20
0,30
0,40
0,50
0,60
0,70
0,80
0,90
1,00

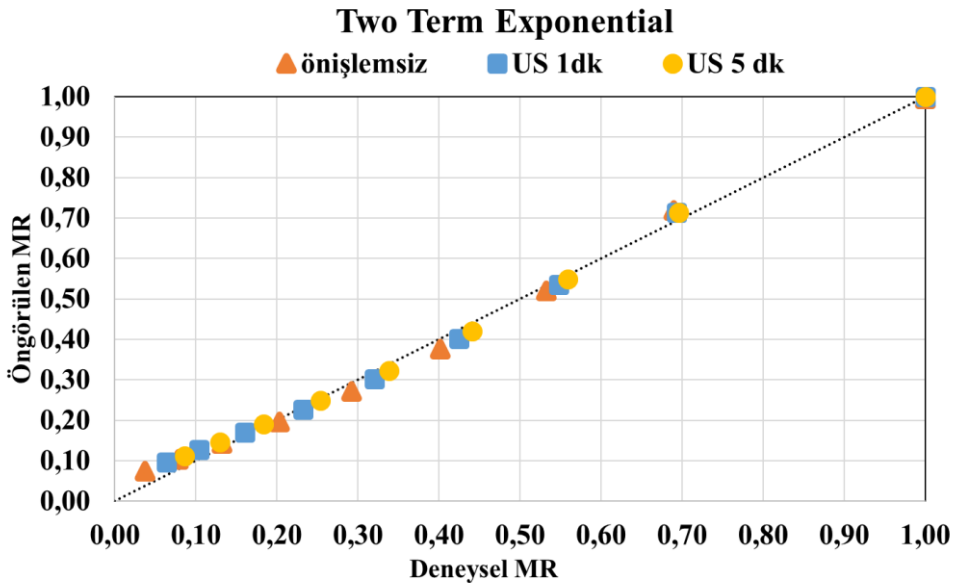

Midilli
önişlemsiz
US 1dk
US 5 dk
Öngörülen MR
Deneysel MR
0,00
0,10
0,20
0,30
0,40
0,50
0,60
0,70
0,80
0,90
1,00


Verma
önişlemsiz
US 1dk
US 5 dk
Öngörülen MR
Deneysel MR
0,00
0,10
0,20
0,30
0,40
0,50
0,60
0,70
0,80
0,90
1,00


Page
önişlemsiz
US 1dk
US 5 dk
Öngörülen MR
1,00
0,90
0,80
0,70
0,60
0,50
0,40
0,30
0,20
0,10
0,00
0,00 0,10 0,20 0,30 0,40 0,50 0,60 0,70 0,80 0,90 1,00
Deneysel MR

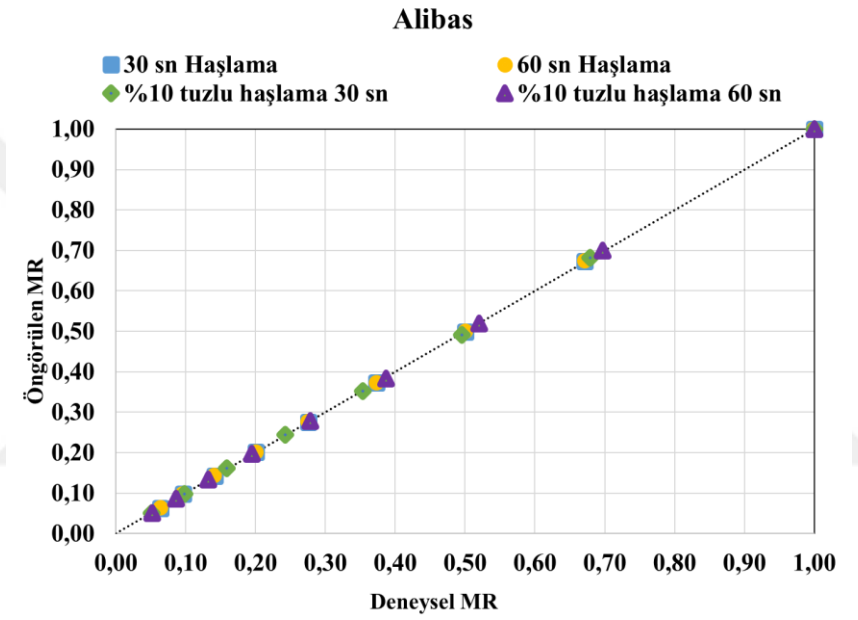

Wang
önişlemsiz
US 1dk
US 5 dk
Öngörülen MR
1,00
0,90
0,80
0,70
0,60
0,50
0,40
0,30
0,20
0,10
0,00
0,00 0,10 0,20 0,30 0,40 0,50 0,60 0,70 0,80 0,90 1,00
Deneysel MR

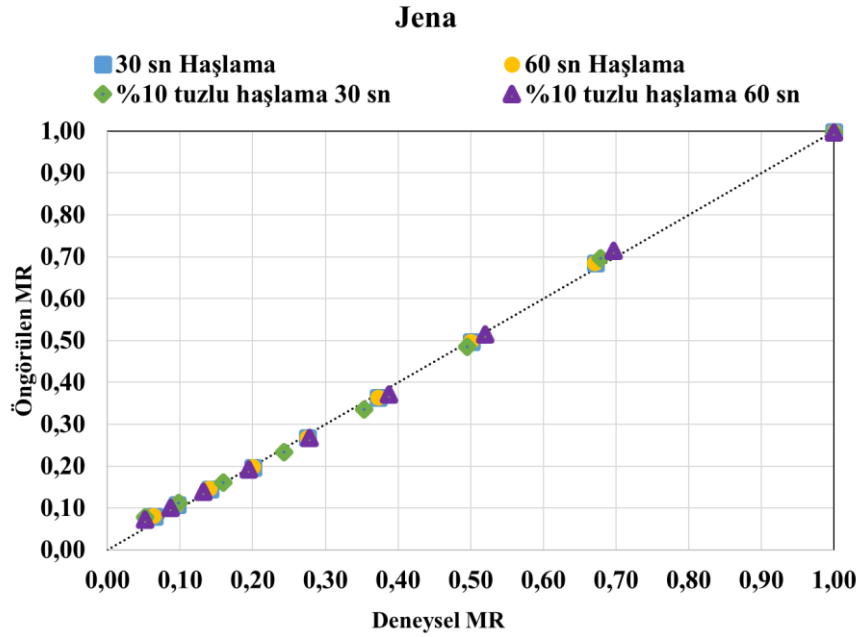

Weinbull
önişlemsiz
US 1dk
US 5 dk
Öngörülen MR
1,00
0,90
0,80
0,70
0,60
0,50
0,40
0,30
0,20
0,10
0,00
0,00 0,10 0,20 0,30 0,40 0,50 0,60 0,70 0,80 0,90 1,00
Deneysel MR

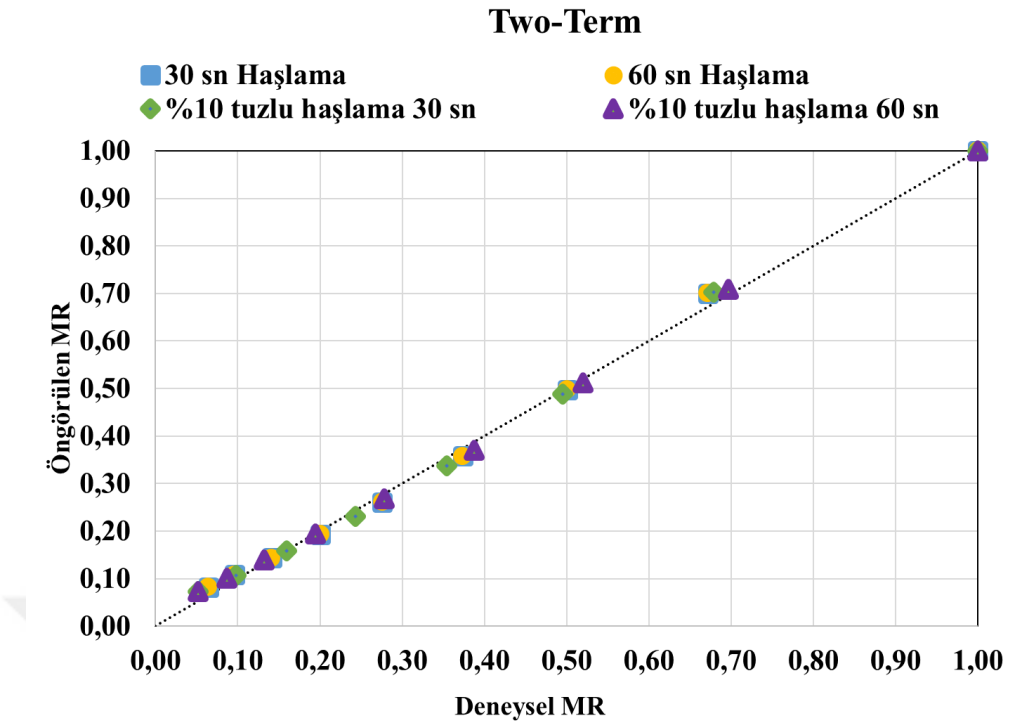

Two Term Exponential
önişlemsiz
US 1dk
US 5 dk
Öngörülen MR
1,00
0,90
0,80
0,70
0,60
0,50
0,40
0,30
0,20
0,10
0,00
0,00 0,10 0,20 0,30 0,40 0,50 0,60 0,70 0,80 0,90 1,00
Deneysel MR

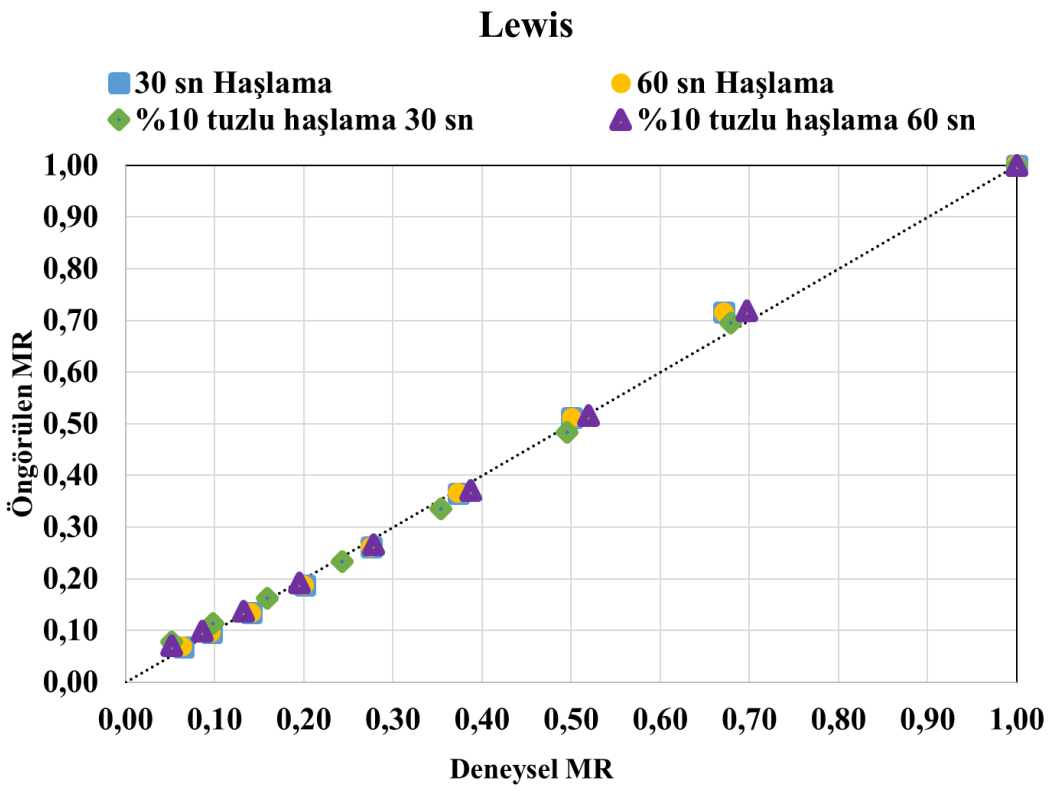
EK B

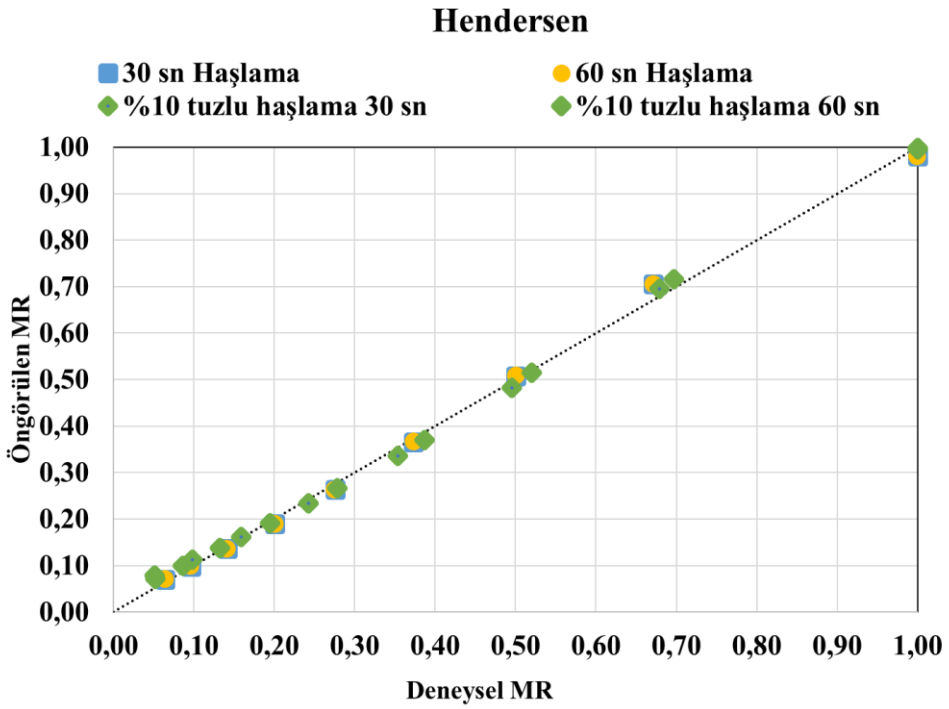
HAŞLAMA VE TUZLU HAŞLAMA ÖN İŞLEMLİ NUMUNELER MATEMATİKSEL MODEL GRAFİKLERİ

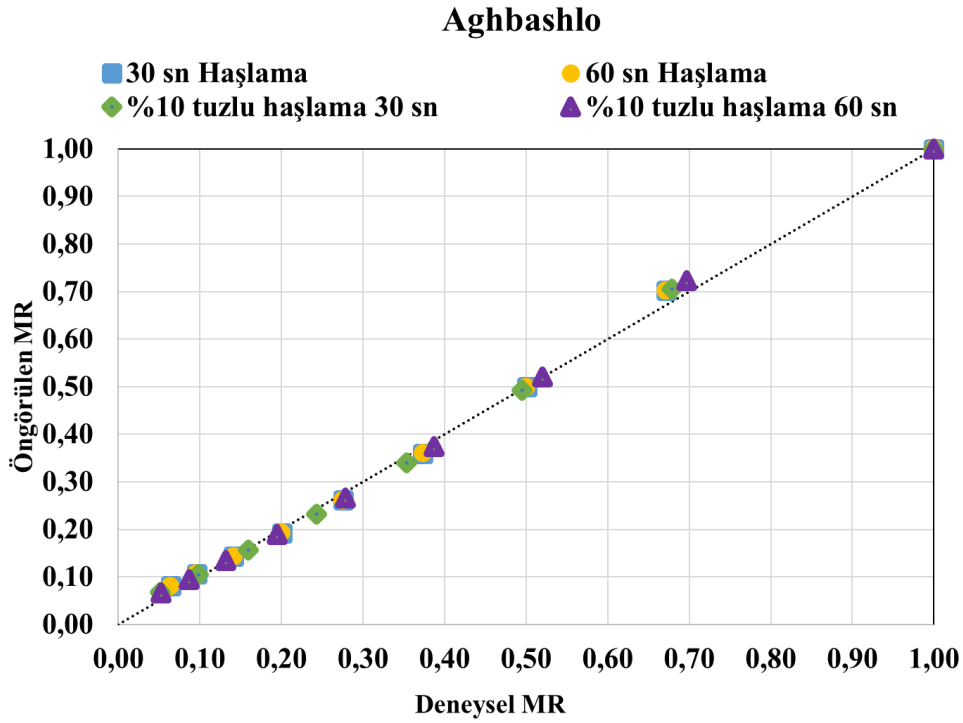


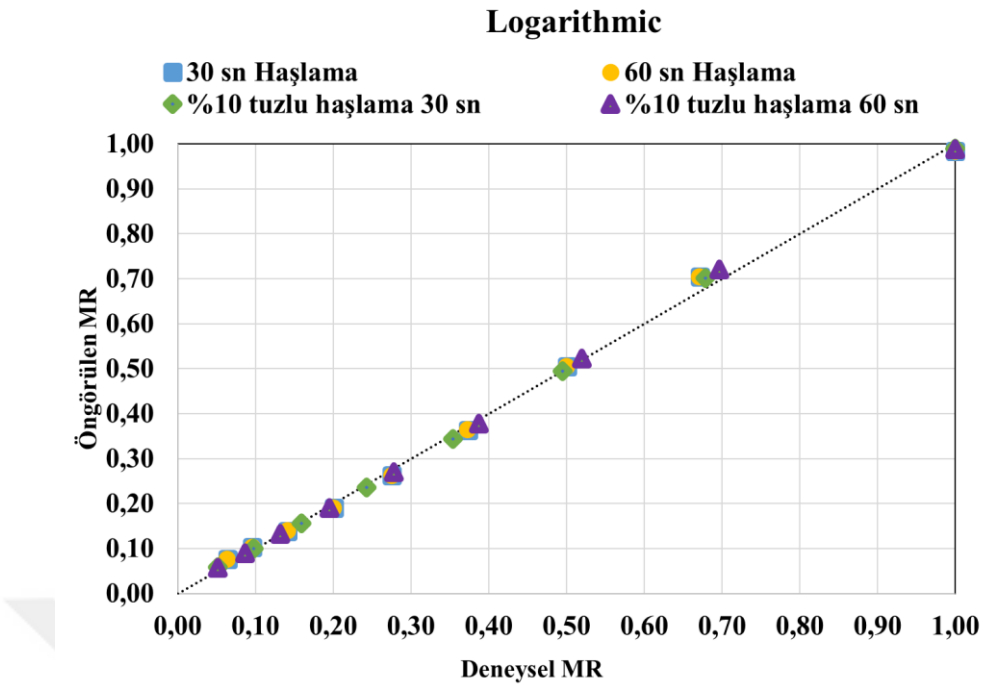


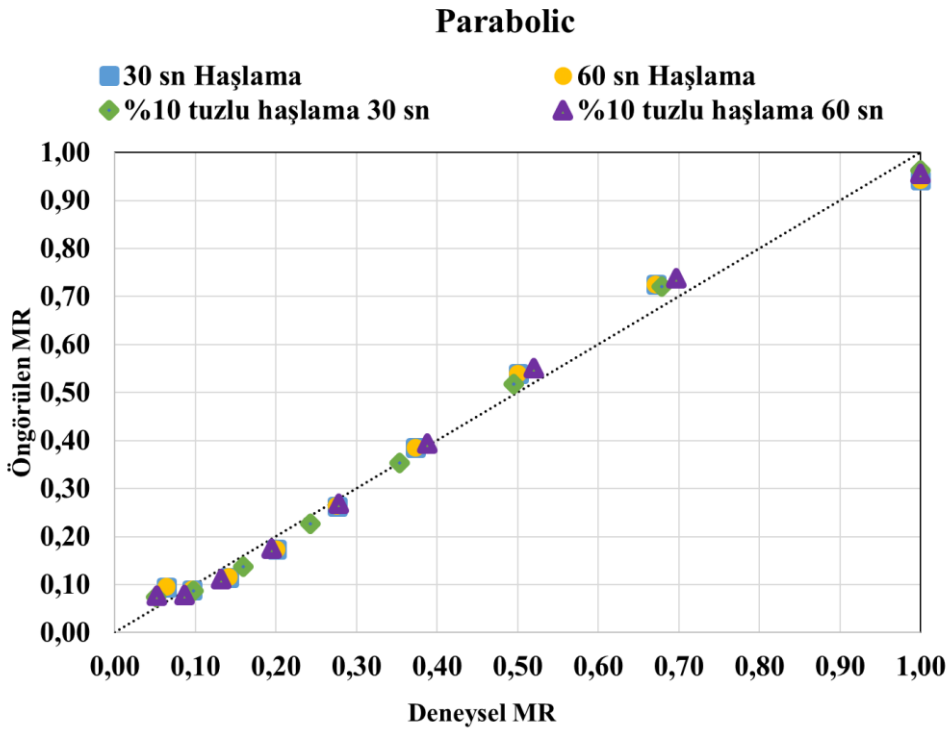

Two-Term
30 sn Haşlama
60 sn Haşlama
%10 tuzlu haşlama 30 sn
%10 tuzlu haşlama 60 sn
Öngörülen MR
1,00
0,90
0,80
0,70
0,60
0,50
0,40
0,30
0,20
0,10
0,00
0,00 0,10 0,20 0,30 0,40 0,50 0,60 0,70 0,80 0,90 1,00
Deneysel MR

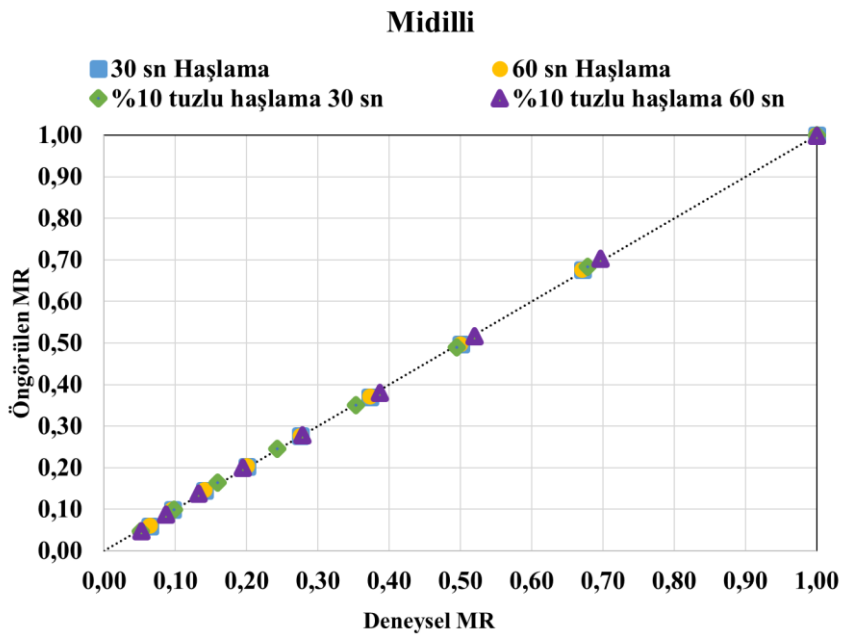

Lewis
30 sn Haşlama
60 sn Haşlama
%10 tuzlu haşlama 30 sn
%10 tuzlu haşlama 60 sn
Öngörülen MR
1,00
0,90
0,80
0,70
0,60
0,50
0,40
0,30
0,20
0,10
0,00
0,00 0,10 0,20 0,30 0,40 0,50 0,60 0,70 0,80 0,90 1,00
Deneysel MR

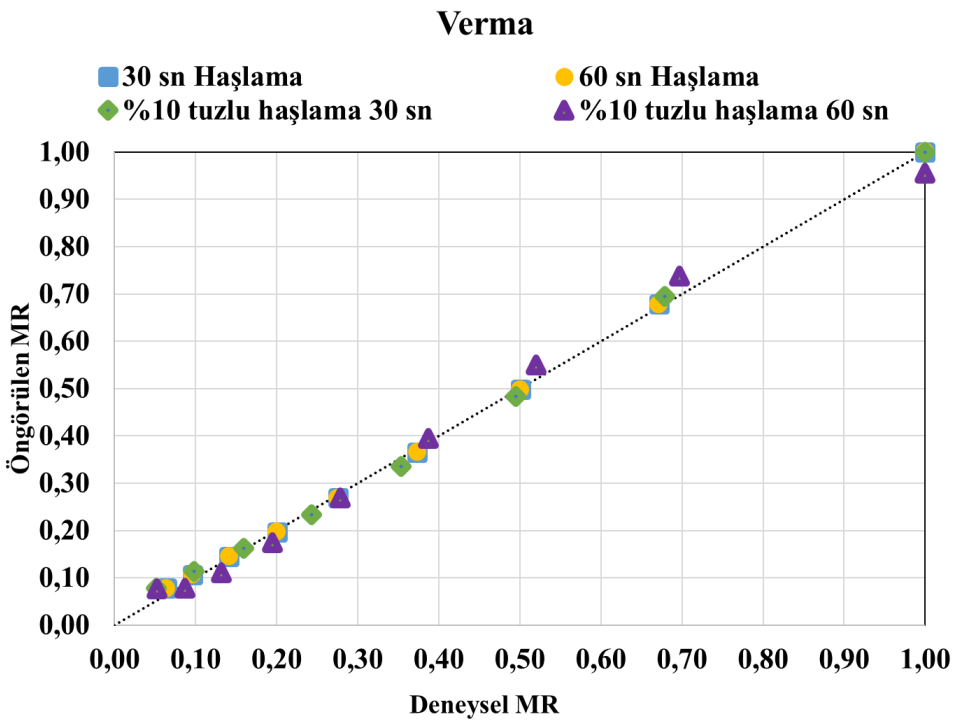

Hendersen
30 sn Haşlama
60 sn Haşlama
%10 tuzlu haşlama 30 sn
%10 tuzlu haşlama 60 sn
Öngörülen MR
Deneysel MR
0,00
0,10
0,20
0,30
0,40
0,50
0,60
0,70
0,80
0,90
1,00

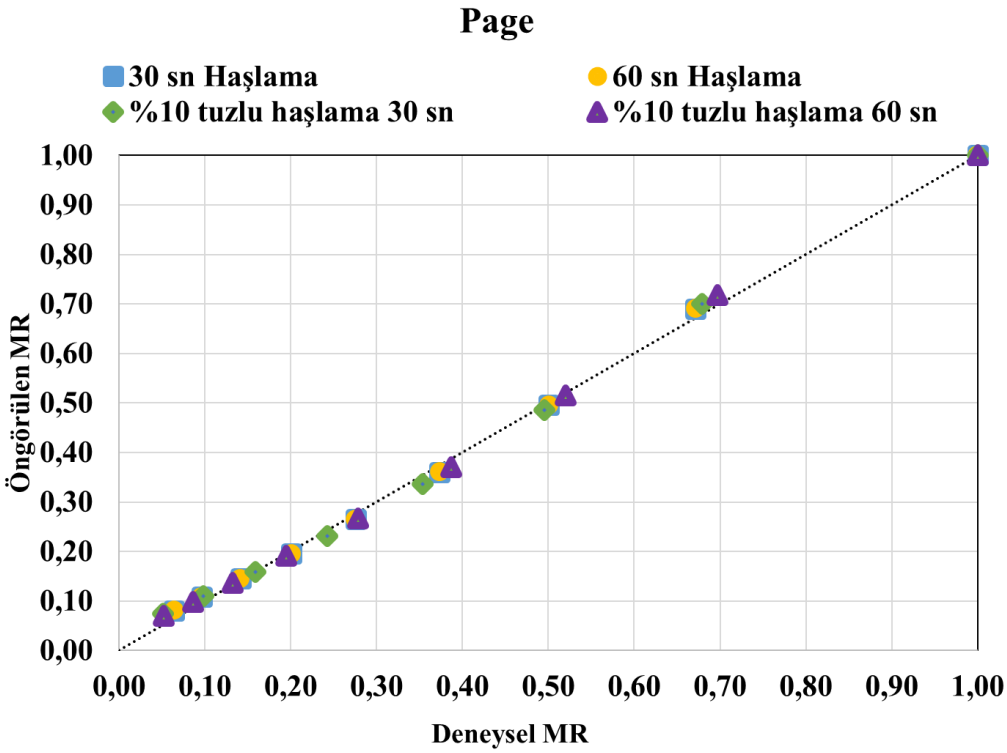

Aghbashlo
30 sn Haşlama
60 sn Haşlama
%10 tuzlu haşlama 30 sn
%10 tuzlu haşlama 60 sn
Öngörülen MR
Deneysel MR
0,00
0,10
0,20
0,30
0,40
0,50
0,60
0,70
0,80
0,90
1,00

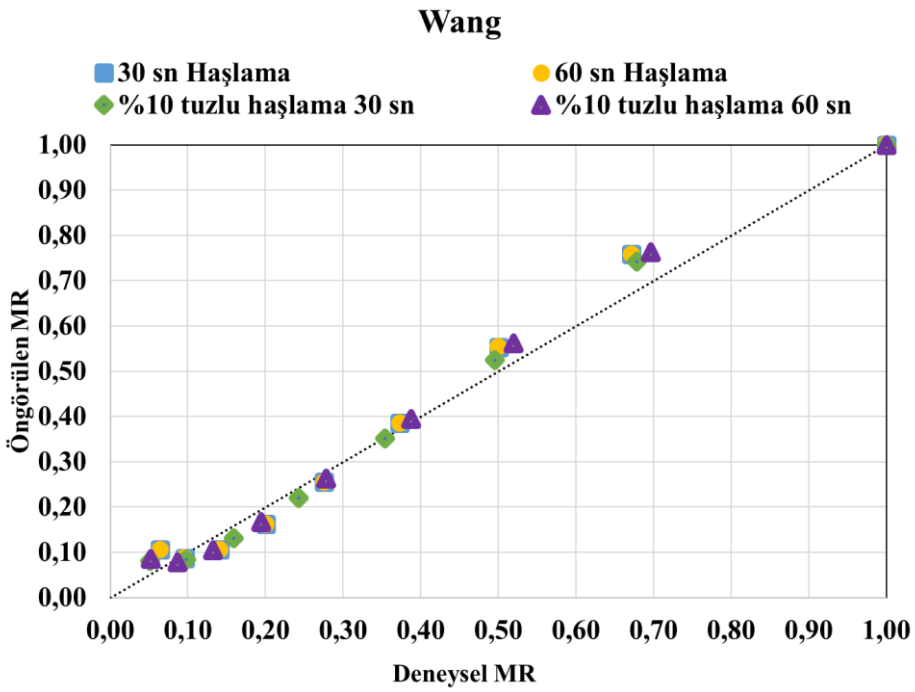

Logarithmic
30 sn Haşlama
60 sn Haşlama
%10 tuzlu haşlama 30 sn
%10 tuzlu haşlama 60 sn
Öngörülen MR
1,00
0,90
0,80
0,70
0,60
0,50
0,40
0,30
0,20
0,10
0,00
0,00 0,10 0,20 0,30 0,40 0,50 0,60 0,70 0,80 0,90 1,00
Deneysel MR

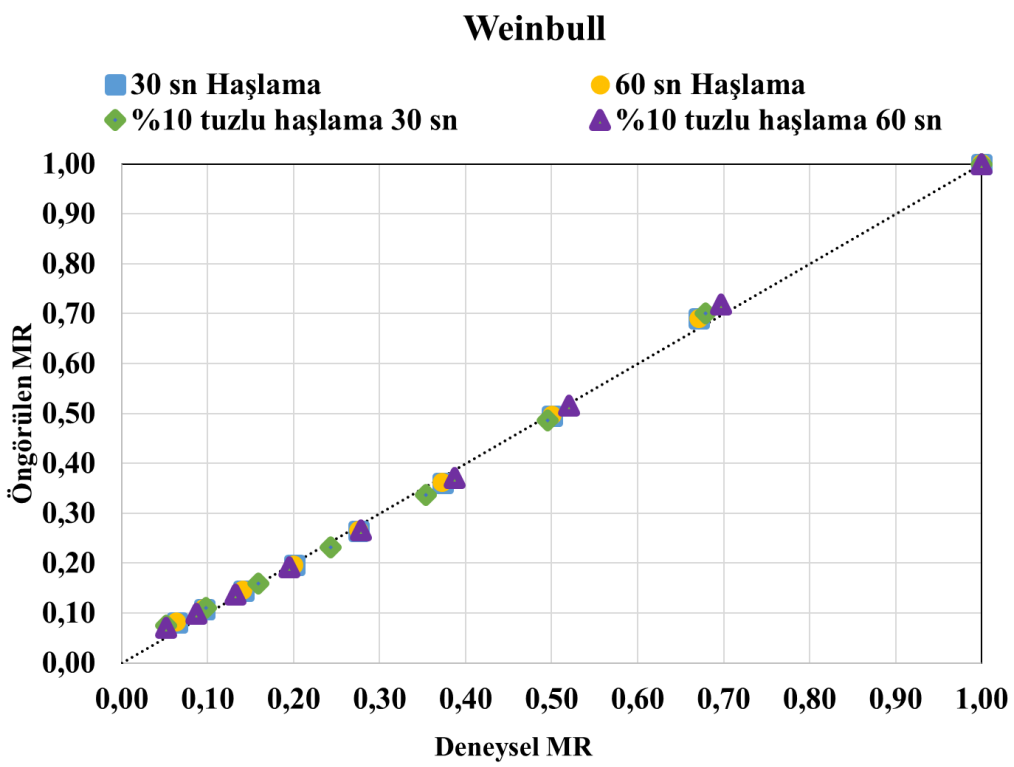

Parabolic
30 sn Haşlama
60 sn Haşlama
%10 tuzlu haşlama 30 sn
%10 tuzlu haşlama 60 sn
Öngörülen MR
1,00
0,90
0,80
0,70
0,60
0,50
0,40
0,30
0,20
0,10
0,00
0,00 0,10 0,20 0,30 0,40 0,50 0,60 0,70 0,80 0,90 1,00
Deneysel MR

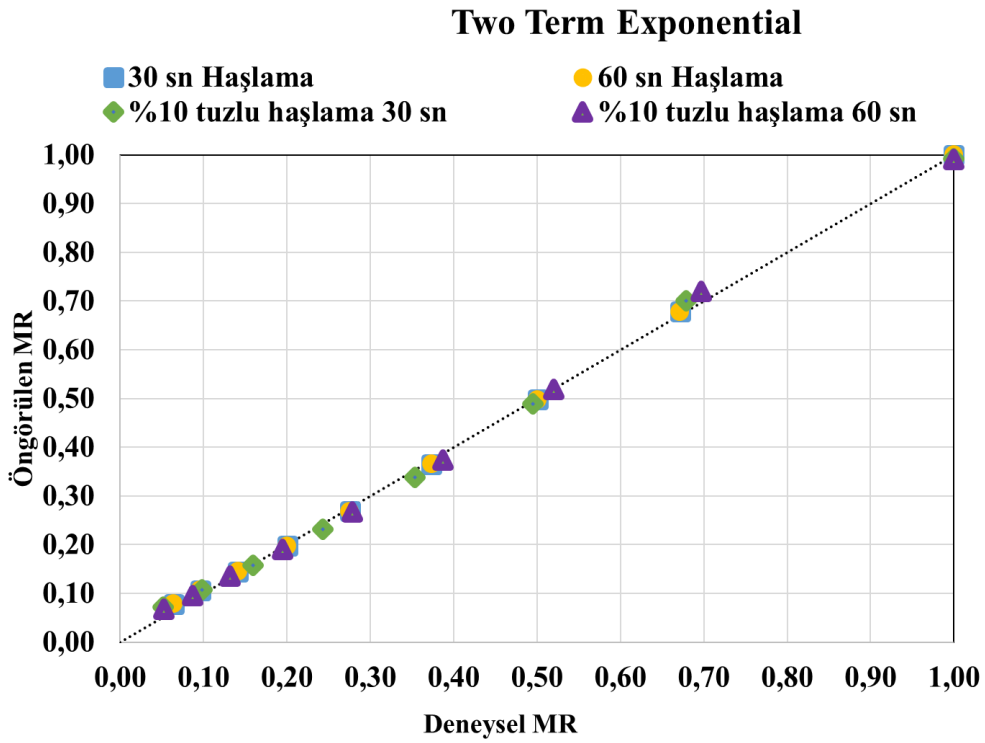

Midilli
30 sn Haşlama
60 sn Haşlama
%10 tuzlu haşlama 30 sn
%10 tuzlu haşlama 60 sn
Öngörülen MR
Deneysel MR
0,00
0,10
0,20
0,30
0,40
0,50
0,60
0,70
0,80
0,90
1,00


Verma
30 sn Haşlama
60 sn Haşlama
%10 tuzlu haşlama 30 sn
%10 tuzlu haşlama 60 sn
Öngörülen MR
Deneysel MR
0,00
0,10
0,20
0,30
0,40
0,50
0,60
0,70
0,80
0,90
1,00


Page
30 sn Haşlama
60 sn Haşlama
%10 tuzlu haşlama 30 sn
%10 tuzlu haşlama 60 sn
Öngörülen MR
1,00
0,90
0,80
0,70
0,60
0,50
0,40
0,30
0,20
0,10
0,00
0,00 0,10 0,20 0,30 0,40 0,50 0,60 0,70 0,80 0,90 1,00
Deneysel MR

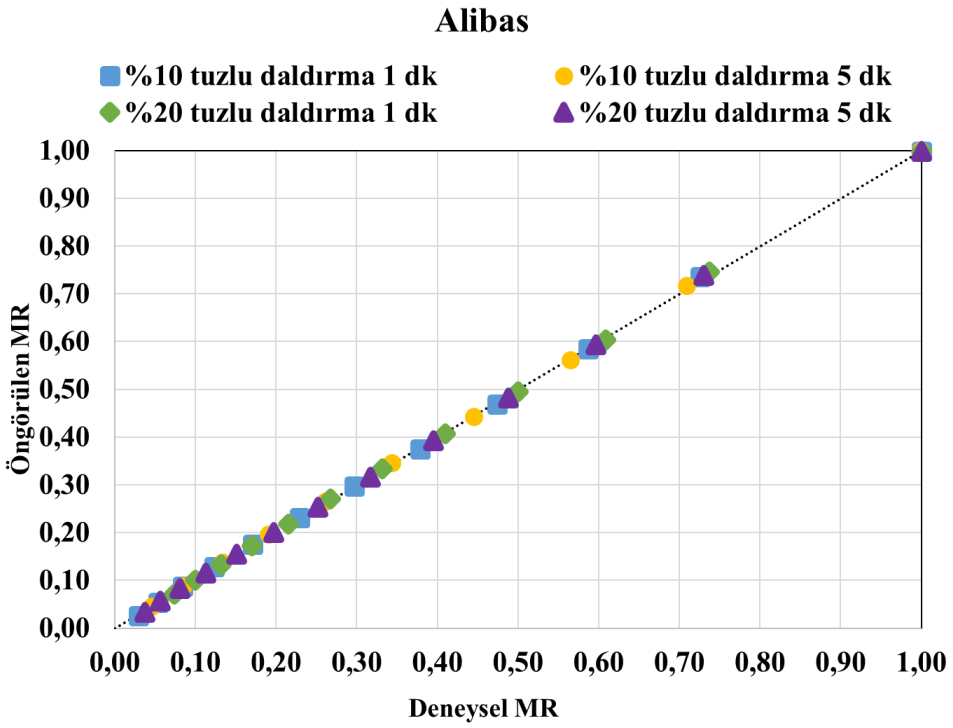

Wang
30 sn Haşlama
60 sn Haşlama
%10 tuzlu haşlama 30 sn
%10 tuzlu haşlama 60 sn
Öngörülen MR
1,00
0,90
0,80
0,70
0,60
0,50
0,40
0,30
0,20
0,10
0,00
0,00 0,10 0,20 0,30 0,40 0,50 0,60 0,70 0,80 0,90 1,00
Deneysel MR

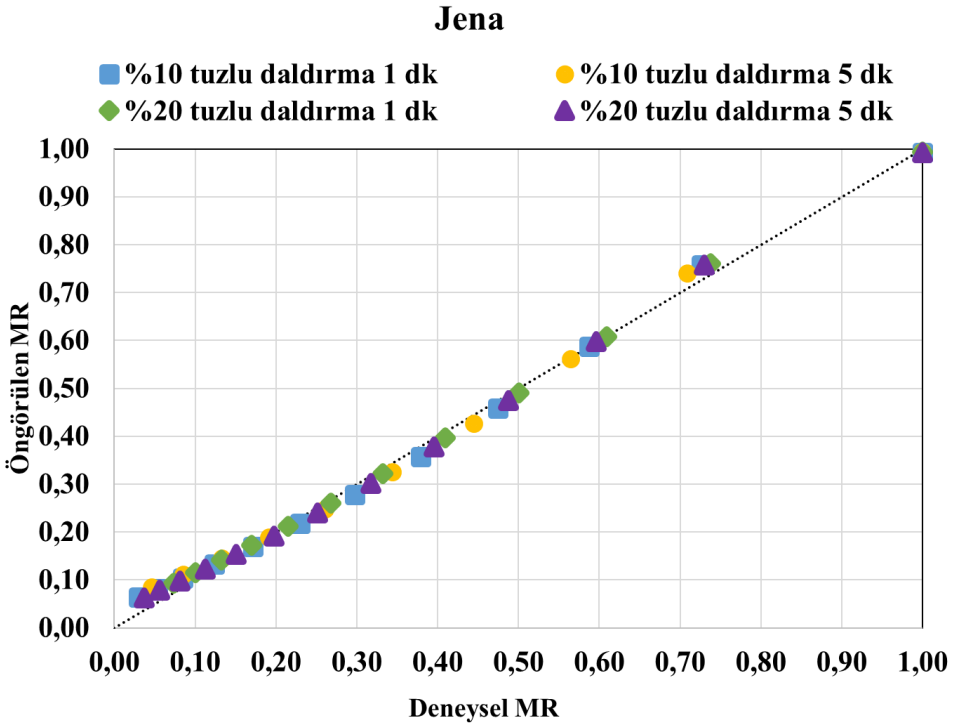

Weinbull
30 sn Haşlama
60 sn Haşlama
%10 tuzlu haşlama 30 sn
%10 tuzlu haşlama 60 sn
Öngörülen MR
1,00
0,90
0,80
0,70
0,60
0,50
0,40
0,30
0,20
0,10
0,00
0,00 0,10 0,20 0,30 0,40 0,50 0,60 0,70 0,80 0,90 1,00
Deneysel MR

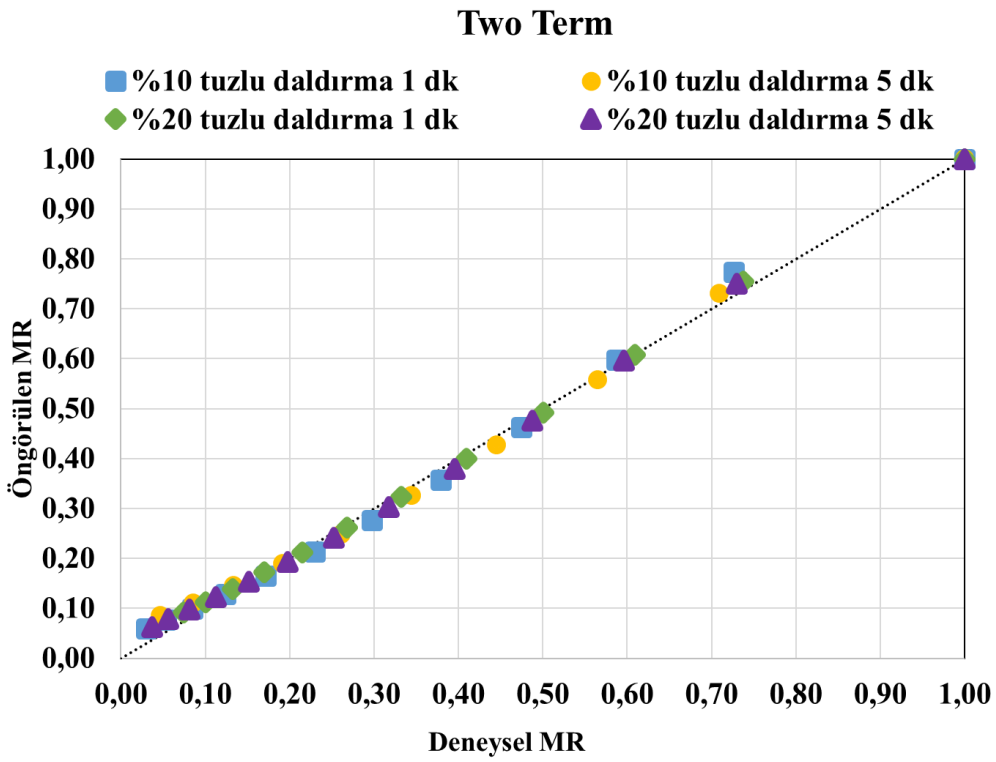

Two Term Exponential
30 sn Haşlama
60 sn Haşlama
%10 tuzlu haşlama 30 sn
%10 tuzlu haşlama 60 sn
Öngörülen MR
1,00
0,90
0,80
0,70
0,60
0,50
0,40
0,30
0,20
0,10
0,00
0,00 0,10 0,20 0,30 0,40 0,50 0,60 0,70 0,80 0,90 1,00
Deneysel MR

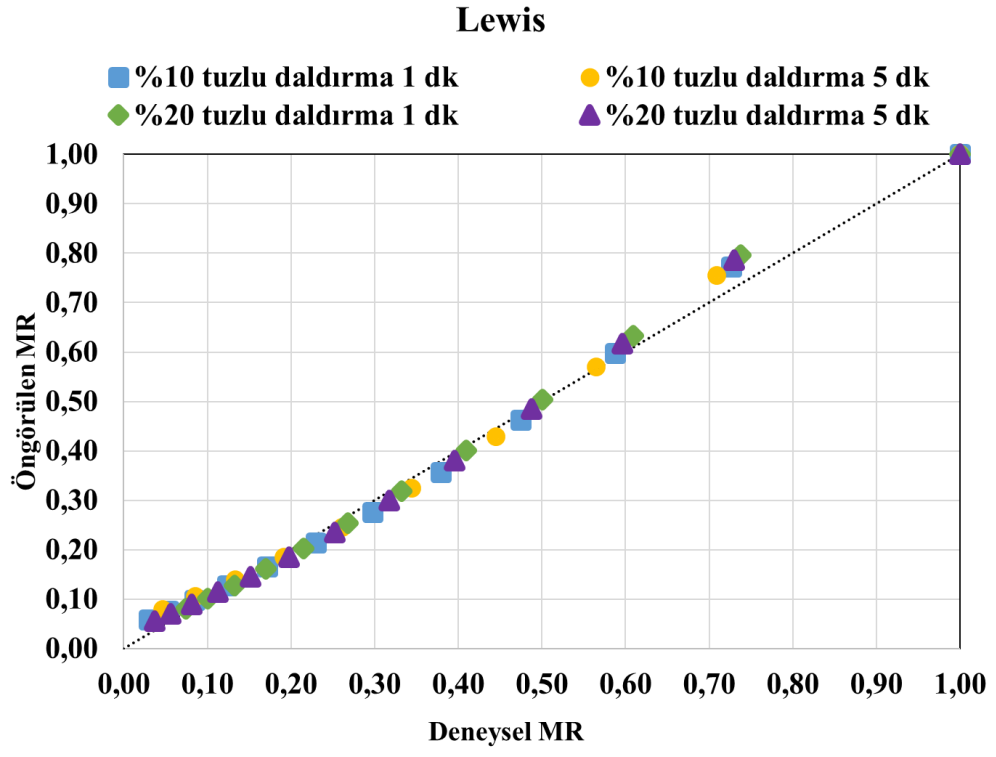
EK C

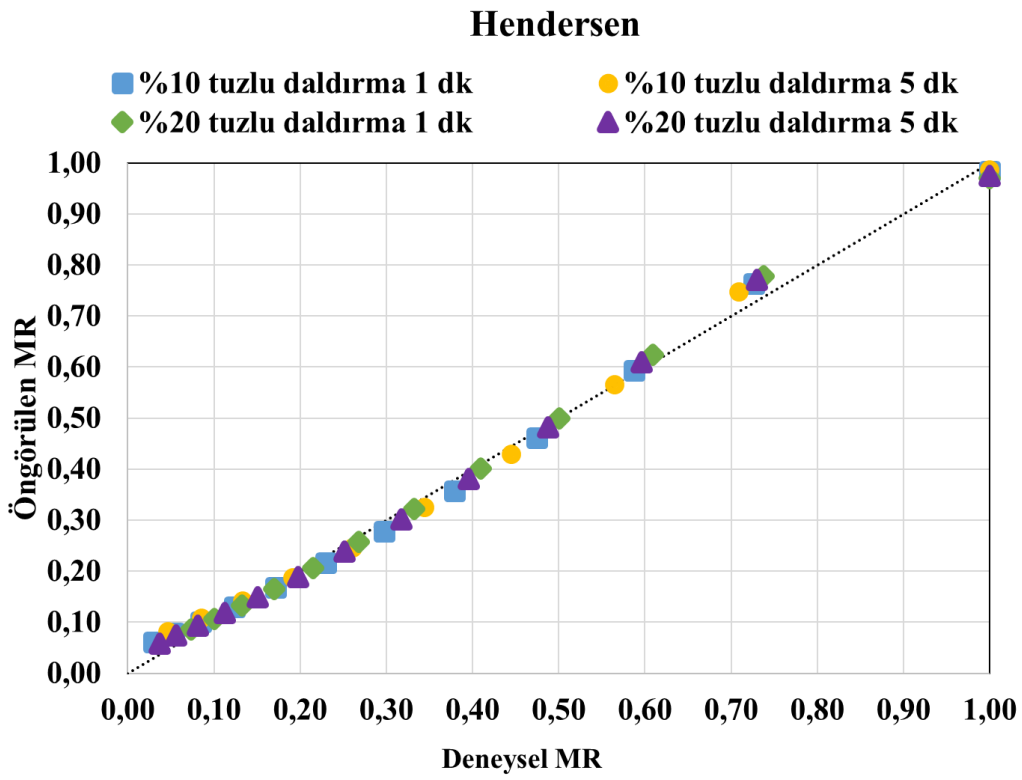
TUZLU DALDIRMA %10 VE %20 ÖN İŞLEMLİ NUMUNELER MATEMATİKSEL MODEL GRAFİKLERİ

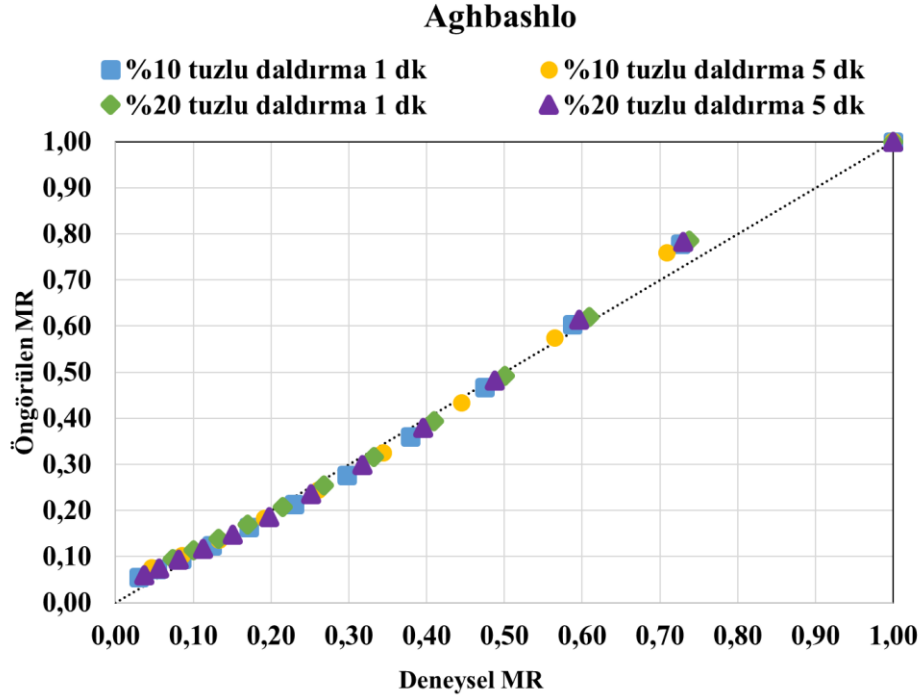


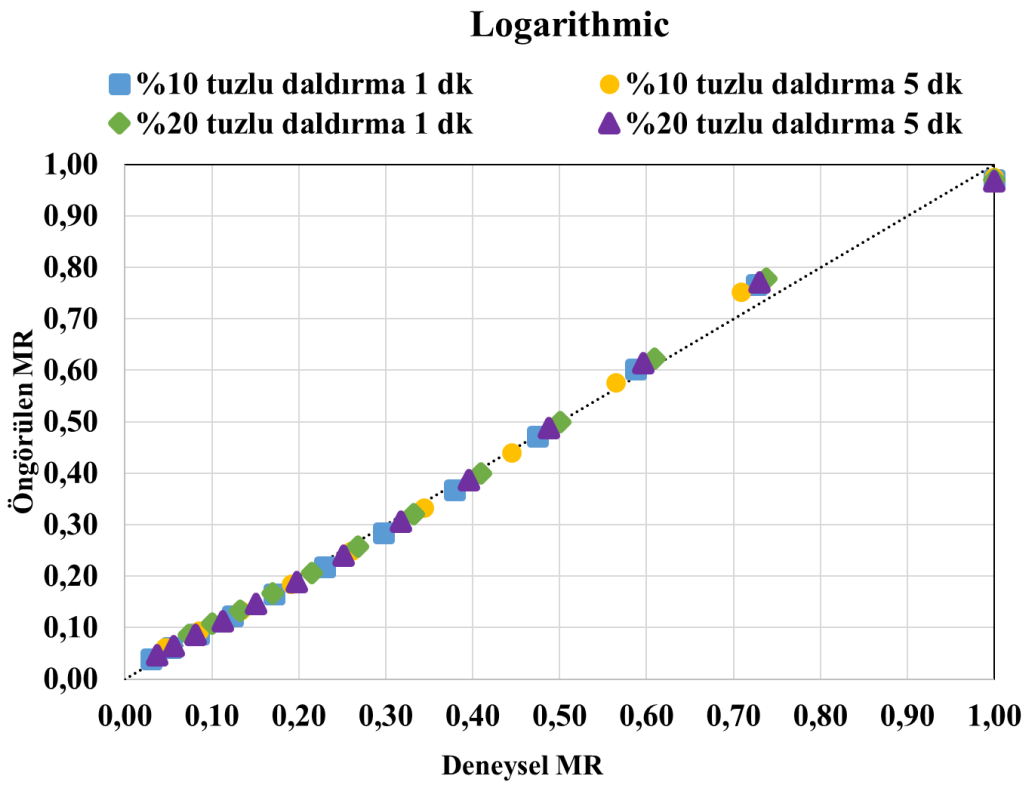


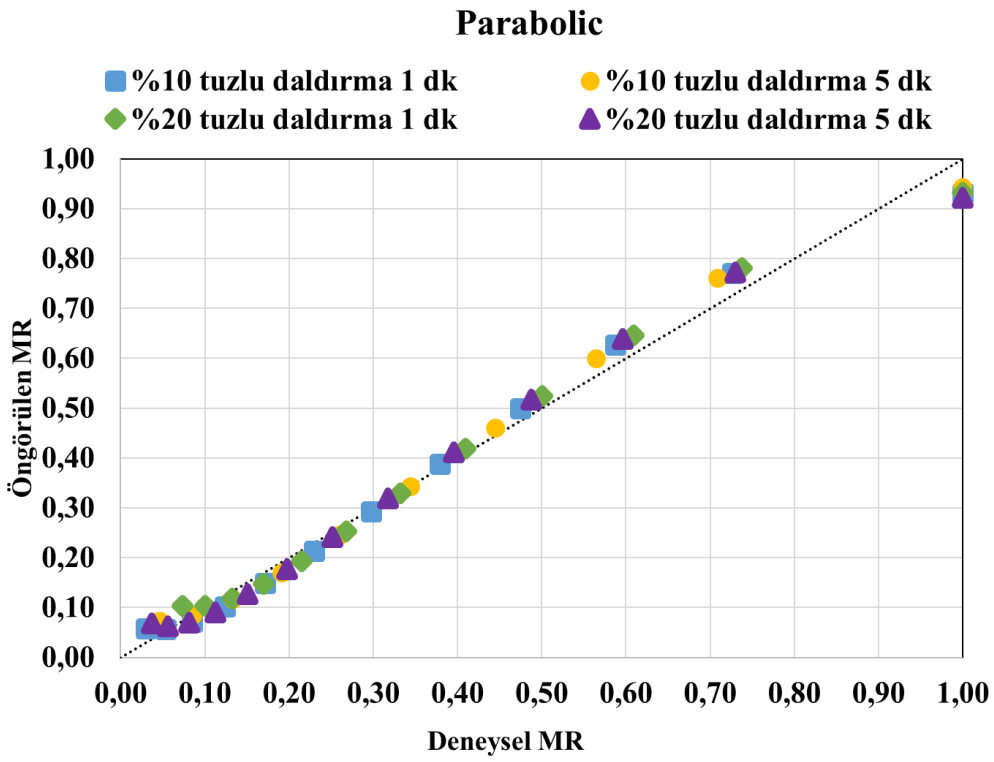

Two Term
%10 tuzlu daldırma 1 dk
%10 tuzlu daldırma 5 dk
%20 tuzlu daldırma 1 dk
%20 tuzlu daldırma 5 dk
Öngörülen MR
1,00
0,90
0,80
0,70
0,60
0,50
0,40
0,30
0,20
0,10
0,00
0,00 0,10 0,20 0,30 0,40 0,50 0,60 0,70 0,80 0,90 1,00
Deneysel MR


Lewis
%10 tuzlu daldırma 1 dk
%10 tuzlu daldırma 5 dk
%20 tuzlu daldırma 1 dk
%20 tuzlu daldırma 5 dk
Öngörülen MR
1,00
0,90
0,80
0,70
0,60
0,50
0,40
0,30
0,20
0,10
0,00
0,00 0,10 0,20 0,30 0,40 0,50 0,60 0,70 0,80 0,90 1,00
Deneysel MR

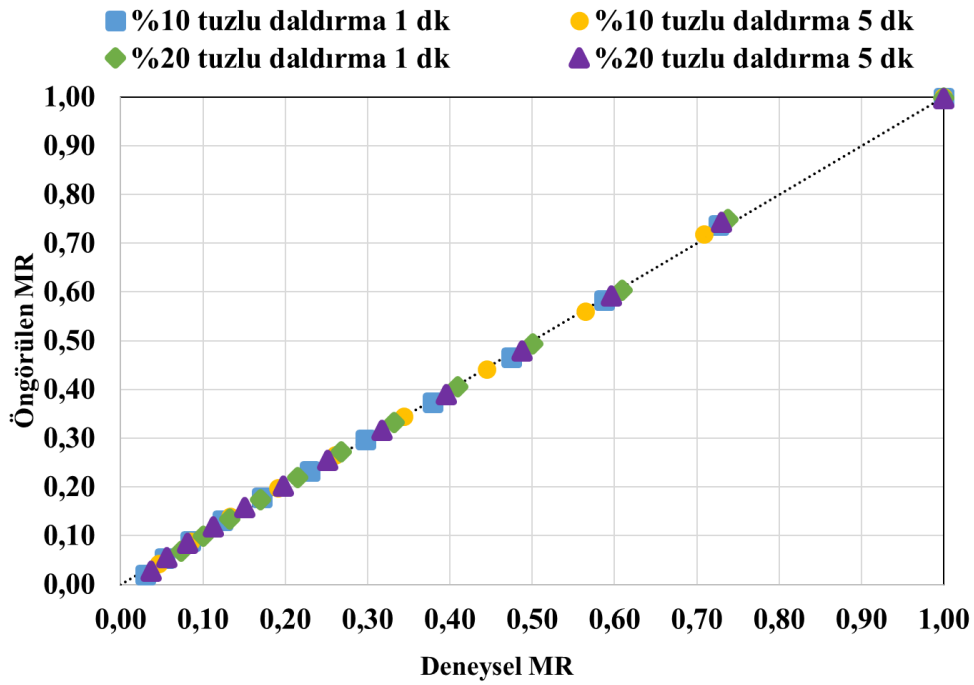

Hendersen
%10 tuzlu daldırma 1 dk
%10 tuzlu daldırma 5 dk
%20 tuzlu daldırma 1 dk
%20 tuzlu daldırma 5 dk
Öngörülen MR
1,00
0,90
0,80
0,70
0,60
0,50
0,40
0,30
0,20
0,10
0,00
0,00 0,10 0,20 0,30 0,40 0,50 0,60 0,70 0,80 0,90 1,00
Deneysel MR


Aghbashlo
%10 tuzlu daldırma 1 dk
%10 tuzlu daldırma 5 dk
%20 tuzlu daldırma 1 dk
%20 tuzlu daldırma 5 dk
Öngörülen MR
1,00
0,90
0,80
0,70
0,60
0,50
0,40
0,30
0,20
0,10
0,00
0,00 0,10 0,20 0,30 0,40 0,50 0,60 0,70 0,80 0,90 1,00
Deneysel MR

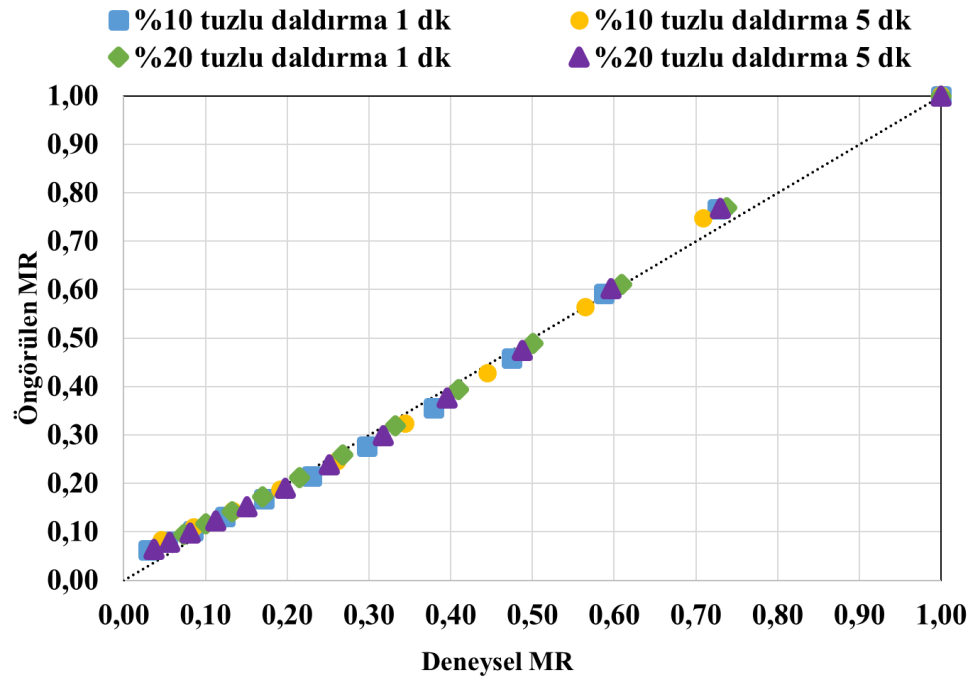

Logarithmic
%10 tuzlu daldırma 1 dk
%10 tuzlu daldırma 5 dk
%20 tuzlu daldırma 1 dk
%20 tuzlu daldırma 5 dk
Öngörülen MR
1,00
0,90
0,80
0,70
0,60
0,50
0,40
0,30
0,20
0,10
0,00
0,00 0,10 0,20 0,30 0,40 0,50 0,60 0,70 0,80 0,90 1,00
Deneysel MR

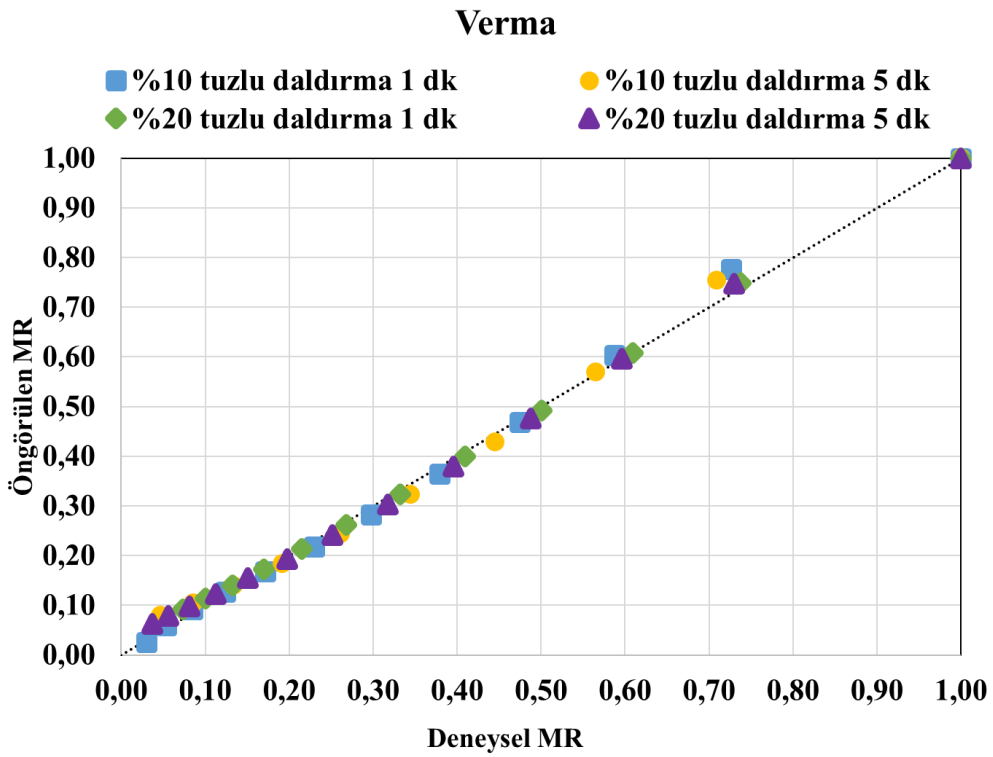

Parabolic
%10 tuzlu daldırma 1 dk
%10 tuzlu daldırma 5 dk
%20 tuzlu daldırma 1 dk
%20 tuzlu daldırma 5 dk
Öngörülen MR
1,00
0,90
0,80
0,70
0,60
0,50
0,40
0,30
0,20
0,10
0,00
0,00 0,10 0,20 0,30 0,40 0,50 0,60 0,70 0,80 0,90 1,00
Deneysel MR

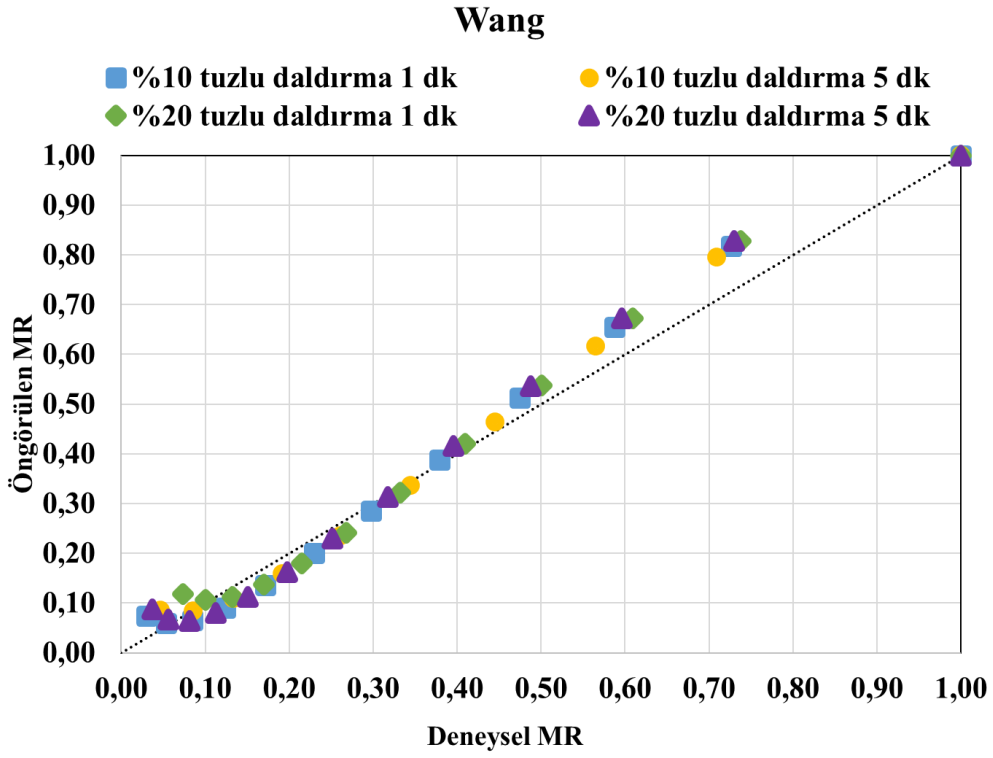
Midilli

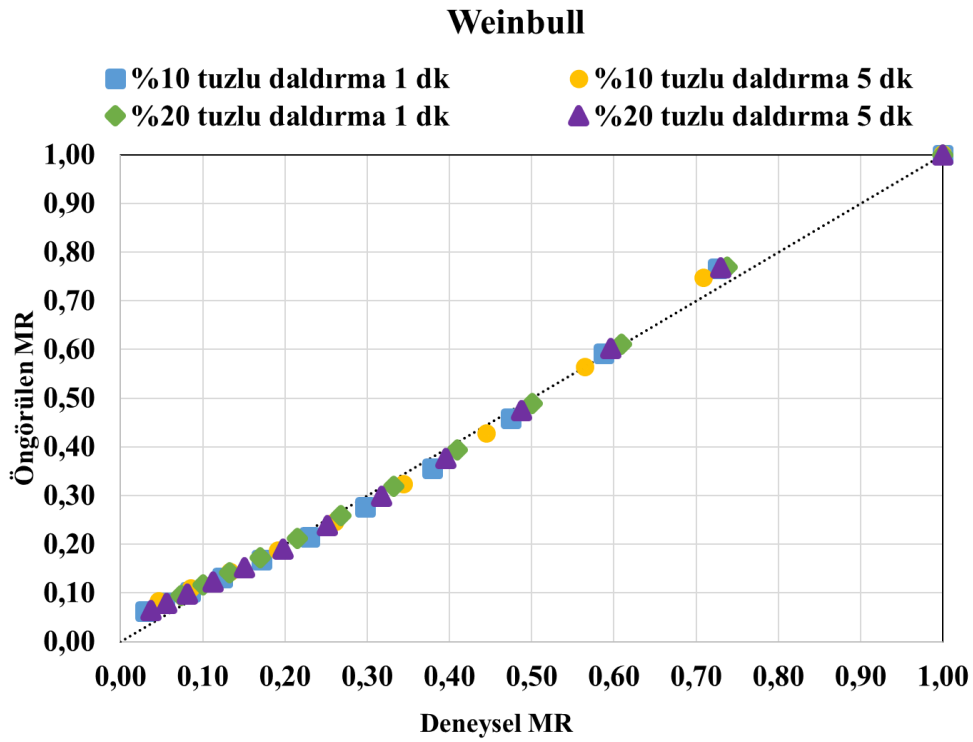


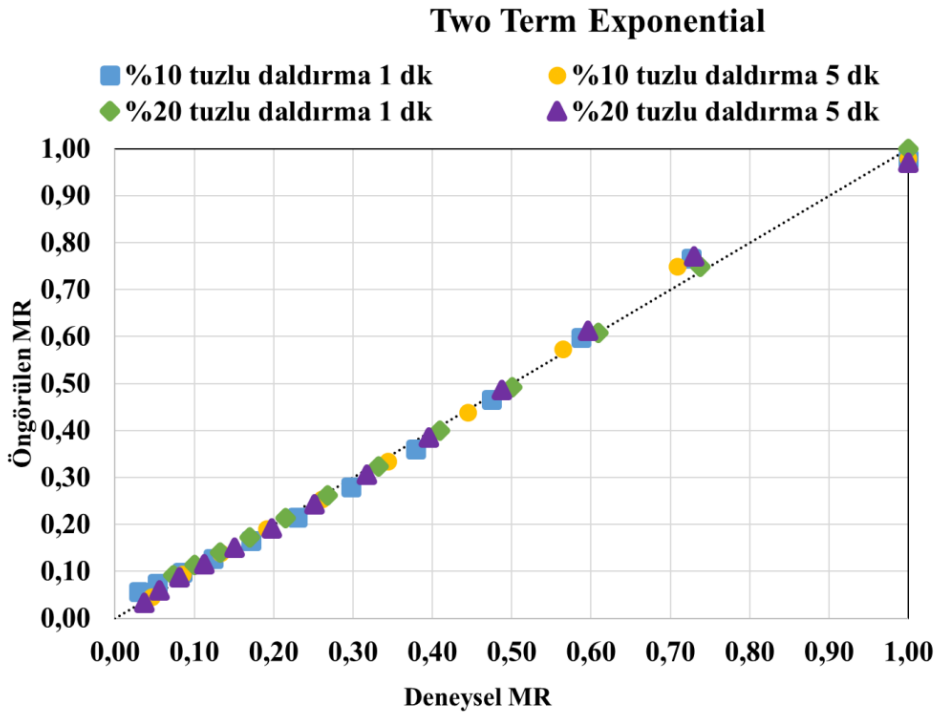
Page




Verma
%10 tuzlu daldırma 1 dk
%10 tuzlu daldırma 5 dk
%20 tuzlu daldırma 1 dk
%20 tuzlu daldırma 5 dk
Öngörülen MR
1,00
0,90
0,80
0,70
0,60
0,50
0,40
0,30
0,20
0,10
0,00
0,00 0,10 0,20 0,30 0,40 0,50 0,60 0,70 0,80 0,90 1,00
Deneysel MR


Wang
%10 tuzlu daldırma 1 dk
%10 tuzlu daldırma 5 dk
%20 tuzlu daldırma 1 dk
%20 tuzlu daldırma 5 dk
Öngörülen MR
1,00
0,90
0,80
0,70
0,60
0,50
0,40
0,30
0,20
0,10
0,00
0,00 0,10 0,20 0,30 0,40 0,50 0,60 0,70 0,80 0,90 1,00
Deneysel MR


Weinbull
%10 tuzlu daldırma 1 dk
%10 tuzlu daldırma 5 dk
%20 tuzlu daldırma 1 dk
%20 tuzlu daldırma 5 dk
Öngörülen MR
1,00
0,90
0,80
0,70
0,60
0,50
0,40
0,30
0,20
0,10
0,00
0,00 0,10 0,20 0,30 0,40 0,50 0,60 0,70 0,80 0,90 1,00
Deneysel MR


Two Term Exponential
%10 tuzlu daldırma 1 dk
%10 tuzlu daldırma 5 dk
%20 tuzlu daldırma 1 dk
%20 tuzlu daldırma 5 dk
Öngörülen MR
1,00
0,90
0,80
0,70
0,60
0,50
0,40
0,30
0,20
0,10
0,00
0,00 0,10 0,20 0,30 0,40 0,50 0,60 0,70 0,80 0,90 1,00
Deneysel MR

TEZDEN ÜRETİLMİŞ YAYINLAR

Konferans Bildirileri

1. Alp, M., Özyalçın Z. Ö., Kıpçak A. S.,

"Lyophilization of Dicentrarchus labrax and Investigation of the Effect of Ultrasonic Pretreatment "6st Internatioanal Eurasian Conference on Biological and Chemical Sciences (EurasianBioChem), October 2023, Ankara/Turkiye Paper ID:817)

Projeler

1. Yıldız Teknik Üniversitesi Bilimsel Araştırma Proje Koordinatörlüğü FYL-2023-5828 numaralı projesi