

**T.C.
SÜLEYMAN DEMİREL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**TAZE VE MARİNE EDİLMİŞ SU ÜRÜNLERİNDE MİKROBİYAL
KALİTE DEĞİŞİMLERİNİN TAHMİNİ VE DEĞERLENDİRİLMESİ**

İsmail Yüksel GENÇ

**Danışman
Prof. Dr. Abdullah DİLER**

**DOKTORA TEZİ
SU ÜRÜNLERİ AVLAMA VE İŞLEME TEKNOLOJİSİ ANABİLİM DALI
ISPARTA - 2018**



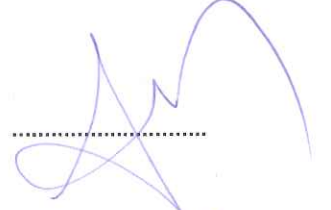
© 2018 [İsmail Yüksel GENÇ]

TEZ ONAYI

İsmail Yüksel GENÇ tarafından hazırlanan "Taze ve marine edilmiş su ürünlerinde mikrobiyal kalite değişimlerinin tahmini ve değerlendirilmesi" adlı tez çalışması aşağıdaki jüri üyeleri önünde Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Su Ürünleri Avlama ve İşleme Teknolojisi Anabilim Dalı'nda DOKTORA TEZİ olarak başarı ile savunulmuştur.

Danışman

Prof. Dr. Abdullah DİLER
Süleyman Demirel Üniversitesi



Jüri Üyesi

Prof. Dr. Hakan YARDIMCI
Ankara Üniversitesi



Jüri Üyesi

Prof. Dr. Abdullah ÖKSÜZ
Necmettin Erbakan Üniversitesi



Jüri Üyesi

Prof. Dr. Birol KILIÇ
Süleyman Demirel Üniversitesi



Jüri Üyesi

Doç. Dr. Levent İZCİ
Süleyman Demirel Üniversitesi



Enstitü Müdürü

Prof. Dr. Yasin TUNCER

TAAHHÜTNAME

Bu tezin akademik ve etik kurallara uygun olarak yazıldığını ve kullanılan tüm literatür bilgilerinin referans gösterilerek tezde yer aldığını beyan ederim.

İsmail Yüksel GENÇ

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
İÇİNDEKİLER.....	i
ÖZET.....	iii
ABSTRACT	v
TEŞEKKÜR	vii
ŞEKİLLER DİZİNİ	viii
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	x
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ.....	xi
1. GİRİŞ.....	1
2. KAYNAK ÖZETLERİ.....	6
2.1. Türkiyede Su Ürünleri Yetiştiriciliği.....	6
2.1.1. Türkiye’de gökkuşuğu alabalığı yetiştiriciliği	7
2.2. Taze Su Ürünlerinde Meydana Gelen Mikrobiyal Kalite Değişimleri	9
2.3. Yarı Korunmuş Su Ürünlerinde Meydana Gelen Mikrobiyal Kalite	
Değişimleri	16
2.4. Mikrobiyal Modelleme	24
2.4.1. Birincil gelişim modelleri	27
2.4.2. İkincil gelişim modelleri	27
2.4.3. Üçüncül modeller	28
2.5. Su Ürünlerinde Geliştirilen Raf Ömrü Tahmin Modelleri.....	29
3. MATERYAL VE YÖNTEM.....	38
3.1. Materyal Temini.....	38
3.2. Marine Salmonun Duyusal Analizleri	41
3.3. Marine Salmonun Mikrobiyolojik Analizleri	42
3.4. Marine Salmonun Kimyasal Analizleri	44
3.4.1. Toplam uçucu bazik azot analizi (TVB-N).....	44
3.4.2. Laktik ve asetik asit analizi.....	45
3.4.3. Su aktivitesi (a_w) analizi.....	46
3.4.4. Tuz analizi	46
3.4.5. Kuru madde analizi	47
3.4.6. Damlama kaybı analizi.....	47
3.4.7. pH analizi.....	47
3.4.8. CO ₂ ölçümü	48
3.5. Doğal Kontamine Olmuş Farklı Sıcaklıklarda Aerobik Şartlarda İç	
Organları Alınmış Olarak Depolanan Gökkuşuğu Alabalıklarında	
Mikrobiyolojik Analizler	48
3.6. Taze Ve Yarı Korunmuş Su Ürünlerinde Meydana Gelen	
Mikrobiyolojik Değişim Kinetiklerinin Belirlenmesi	49
3.7. Raf Ömrü Sonunda Alabalıklardan İzole Edilen	
<i>Pseudomonas</i> spp. ‘nin Farklı Organik Asit ve pH Değerlerindeki	
Gelişim Kinetiklerinin Belirlenmesi	50
3.8. Doğal Kontamine Olmuş Farklı Sıcaklıklarda Aerobik Şartlarda İç	
Organları Alınmış Olarak Depolanan Alabalıklarda Kimyasal	
Analizler.....	51
3.8.1. pH Analizi	51
3.9. İstatiki Analizler.....	51
4. ARAŞTIRMA BULGULARI	52

4.1. Marine Edilen MAP Salmonlardaki Mikrobiyolojik Değişimler Ve Ürün Özellikleri	52
4.2. Marine Edilen MAP Salmon Balıklarında Farklı Sıcaklıklarda Depolama Sırasında Meydana Gelen Duyusal Değişimler	54
4.3. Marine Edilen MAP Salmon Balıklarında <i>Photobacterium phosphoreum</i> 'un Gelişimi	56
4.4. <i>Photobacterium phosphoreum</i> 'un Gelişiminin Modellenmesi.....	58
4.5. Farklı Sıcaklıklarda İç Organları Alınarak Depolanan Gökkuşığı Alabalıklarında Meydana Gelen Mikrobiyolojik Değişimler	59
4.6. Farklı Sıcaklıklarda İç Organları Alınarak Depolanan Gökkuşığı Alabalıklarında Mikrobiyolojik Gelişim Kinetikleri.....	63
4.7. Raf Ömrü Sonunda Gökkuşığı Alabalıklarının Mikroflorasından İzole Edilen <i>Pseudomonas</i> spp. 'nin Farklı pH Ve Organik Asit Değerlerindeki Gelişim Kinetikleri	65
4.7.1. <i>Pseudomonas</i> spp. 'nin farklı pH değerlerindeki gelişim kinetikleri.....	65
4.7.2. <i>Pseudomonas</i> spp. 'nin farklı LA konsantrasyonlarındaki gelişim kinetikleri.....	74
4.7.3. <i>Pseudomonas</i> spp. 'nin farklı AA konsantrasyonlarındaki gelişim kinetikleri.....	79
4.8. Kimyasal Analizler	83
4.8.1. pH analizi.....	83
4.9. Geliştirilen Raf Ömrü Tahmin Modelinin Validasyonu	86
5. TARTIŞMA VE SONUÇLAR	89
KAYNAKLAR.....	112
ÖZGEÇMİŞ	128

ÖZET

Doktora Tezi

TAZE VE MARİNE EDİLMİŞ SU ÜRÜNLERİNDE MİKROBİYAL KALİTE DEĞİŞİMLERİNİN TAHMİNİ VE DEĞERLENDİRİLMESİ

İsmail Yüksel GENÇ

Süleyman Demirel Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Su Ürünleri Avlama ve İşleme Teknolojisi Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Abdullah DİLER

Bu çalışmada taze ve marine edilmiş su ürünlerinde kalite değişimlerinin tahmini ve değerlendirilmesi amaçlanmıştır. Marine edilmiş modifiye atmosfer paketlenen (MAP) salmon balığı dilimlerinin farklı sıcaklıklarda (10, 15 °C ve kontrollü değişken) depolanması sırasında meydana gelen duyuşal, mikrobiyolojik (toplam bakteri sayısı, laktik asit bakterileri, *Photobacterium phosphoreum*, hidrojen sülfür (H₂S) üreten bakteriler) ve kimyasal (TVB-N, pH) değişimler incelenmiştir.

Araştırma sonuçlarına göre *P. phosphoreum*'un kinetik parametreleri incelendiğinde inoküle edilen bakteri konsantrasyonunun düşük olması nedeni ile 10°C'de depolanan örneklerde *P. phosphoreum* 'un lag fazı gözlenmemiştir. Marine edilen MAP salmonlarda en yüksek μ_{max} 15°C'de depolanan örneklerde bulunmuştur. Marine edilen MAP salmon balıklarında geliştirilen raf ömrü tahmin modeline göre gözlenen ve tahmin edilen raf ömrü verilerinde önemli farklılıklar gözlenmiştir.

Çalışmanın ikinci aşamasında iç organları alınarak farklı sıcaklıklarda depolanan gökkuşuğı alabalıklarında raf ömrü tahmin modeli geliştirilmiştir. Farklı sıcaklıklarda (2, 5, 10, 15, 20 ve 25°C) depolanan örneklerde toplam mezofilik aerobik bakteri, toplam psikrofilik aerobik bakteri ile *Pseudomonas* spp., dominant iken H₂S üreten bakteriler sayıları daha düşük olarak bulunmuştur. Alabalıklarda birincil modeller 4 parametrelilik mantıksal model kullanılarak geliştirilmiş ve sıcaklığın bakteri gelişimi üzerindeki etkisini belirlemek için ise kare-kök bozulma modeli kullanılmıştır. Ayrıca depolama süresince gökkuşuğı alabalığı örneklerinde pH değişimleri zamana bağılı olarak artış ve azalışlar göstermiştir. İkincil modellerde kullanılan kare-kök bozulma modeli ile herhangi bir sıcaklıkta bütün olarak depolanan alabalıklar için raf ömrü tahmini yapılabilmektedir. Geliştirilen modelin herhangi bir sıcaklıkta çok düşük bir hata oranı ile (0,30 – 1,24) tahmin yapabildiğı belirlenmiştir.

Bununla beraber gökkuşuğu alabalıklarından izole edilen *Pseudomonas* spp.'nin farklı pH, laktik asit (LA) ve asetik asit (AA) konsantrasyonlarında ve sabit sıcaklıkta (15°C) gelişimleri izlenmiş ve Richards modeli uygulanarak μ_{ABS_R} (1/saat) değeri hesaplanmıştır. Araştırma sonuçlarına göre *Pseudomonas* spp.'nin belirtilen çevresel faktörlere karşı maksimum gelişim oranı belirlenmiş ve Richards modeli uygulanarak geliştirilen bu modelin gökkuşuğu alabalıklarında farklı pH, LA ve AA konsantrasyon değerlerinde *Pseudomonas* spp. için gelişim tahminini hassas bir şekilde yapabildiği kanaatine varılmıştır. Geliştirilen raf ömrü tahmin modelinin validasyonu bütün olarak depolanan gökkuşuğu alabalıklarında test edilmeyen sıcaklıklarda yapılmış ve tarafılık ve doğruluk faktörlerinin modelin geçerli olabileceği aralıklarda (0,80-1,20) olduğu belirlenmiştir. Bütün bu faktörler göz önüne alındığında gökkuşuğu alabalıkları için 2-25°C arasında herhangi bir sıcaklıkta doğru ve hızlı bir şekilde raf ömrü tahmini yapılabildiği tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Su ürünleri, prediktif mikrobiyoloji, *Salmo salar*, *Oncorhynchus mykiss*, mikrobiyal kalite, raf ömrü tahmin modeli, matematiksel modelleme

2018, 131 sayfa

ABSTRACT

Ph.D. Thesis

PREDICTION AND ASSESSMENT OF MICROBIOLOGICAL CHANGES IN FRESH AND MARINATED SEAFOOD

İsmail Yüksel GENÇ

Süleyman Demirel University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Fishing and Processing Technology

Supervisor: Prof. Dr. Abdullah DİLER

The aim of this study is to predict and assess the quality changes of fresh and marinated seafood. Sensory, microbiological (total bacterial counts, lactic acid bacteria, *Photobacterium phosphoreum*, Hydrogen sulfate (H₂S) producing bacteria) and chemical (TVB-N, pH) changes that occur during the storage of marinated modified atmosphere packed salmon slices that stored under different temperatures (10, 15 ° C and controlled changing temperature) were investigated.

According to the results of the study, when the kinetic parameters of *P. phosphoreum* were examined, the lag phase of *P. phosphoreum* was not observed in samples stored at 10°C due to the low concentration of inoculation. The highest μ_{max} in marinated salmon was found in the samples stored at 15°C. Significant differences were observed in predicted and observed shelf-life data for the marinated MAP salmon according to the developed shelf-life prediction model.

In the second step of the study, a shelf life prediction model was developed for gutted rainbow trout stored under different temperatures. Total mesophilic aerobic bacteria, total psychrophilic aerobic bacteria and *Pseudomonas* spp. were dominant and H₂S bacterial numbers were found lower in the samples stored under different temperatures (2, 5, 10, 15, 20 and 25 ° C). The primary models were developed using a 4-parameter logical model and the square root model was used to determine the effect of temperature on bacterial growth. In addition, the pH changes in rainbow trout samples showed fluctuated trend with time during storage. The square root model used in the secondary models allows predict the shelf life of rainbow trout stored as whole at any temperature. It can be seen that the model can predict the shelf life at a very low error rate (0.30 - 1.24) at any temperature. Furthermore, *Pseudomonas* spp. Isolated from rainbow trout was monitored at different pH, lactic acid (LA) and acetic acid (AA) concentrations at constant temperature (15°C) and the Richards model was used to calculate μ_{ABS_R} (1 / hour).

According to the results of the study, maximum growth rate of *Pseudomonas* spp. as a function of environmental factors was determined and it has been reach a conclusion that the model can accurately predict the growth rate of *Pseudomonas* spp. by applying the Richards model under different pH, LA and AA concentration values in rainbow trout. The validation of the developed shelf-life prediction model was carried out at temperatures that are not tested in whole rainbow trout and it was determined that the bias and accuracy factors were within the range (0,80-1,20) where the model could be valid. Given all these factors, the study has been concluded that the shelf life of rainbow trout can be estimated accurately and quickly at any temperature between 2-25 ° C.

Keywords: Seafood, predictive microbiology, *Salmo salar*, *Oncorhynchus mykiss*, microbiological quality, shelf life prediction model, mathematical modeling.

2018, 131 pages



TEŞEKKÜR

Bu araştırma için beni yönlendiren, karşılaştığım zorlukları bilgi ve tecrübesi ile aşmamda yardımcı olan değerli Danışman Hocam Prof. Dr. Abdullah DİLER'e teşekkürlerimi sunarım. Çalışmamın ilk aşamasında yardımlarını esirgemeyen başta Daminarka Teknik Üniversitesi Ulusal Gıda Enstitüsü olmak üzere çalışmanın yürütülmesine yardımcı olan Prof. Dr. Paw Dalgaard ve Dr. Ole Mejlholm'a teşekkür ederim.

3768-D2-13 No`lu Proje ile tezimi maddi olarak destekleyen Süleyman Demirel Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Yönetim Birimi Başkanlığı'na teşekkür ederim.

Tezimin gerçekleşmesinde TÜBİTAK-TOVAG 2130173 numaralı proje ve B.14.2.TBT.0.06.01-214-6041 numaralı proje ile Yurtdışı Doktora Sırası Araştırma Bursu ile maddi destek sağlayan TÜBİTAK'a teşekkür ederim.

Şahlanlar Gıda A.Ş'ye gökkuşağı alabalıklarının temin etmelerinden dolayı teşekkür ederim.

Tezimin her aşamasında beni yalnız bırakmayan aileme sonsuz sevgi ve saygılarımı sunarım.

İsmail Yüksel GENÇ
ISPARTA, 2018

ŞEKİLLER DİZİNİ

	Sayfa
Şekil 2.1. Yıllara göre Türkiyede toplam yetiştiricilik üretim miktarı	7
Şekil 2.2. Yıllara göre Türkiyede toplam Gökkuşığı Alabalığı (iç su) yetiştiricilik üretim miktarı.....	8
Şekil 2.3. Yıllara göre Türkiyede toplam Gökkuşığı alabalığı (deniz) yetiştiricilik üretim miktarı.....	8
Şekil 3.1. Soğutucada çözdürülen marine salmon balığı filetoları	38
Şekil 3.2. Gökkuşığı alabalıklarının buz-su karışımı ile öldürülmesi	39
Şekil 3.3. Balıkların drenajlı strafor kutulara yerleştirilmesi.....	40
Şekil 3.4. İç organları çıkarılan gökkuşığı alabalıkları.....	40
Şekil 3.5. Duyusal analiz için hazırlanan salmon balığı örnekleri (Orijinal)	41
Şekil 4.1. Farklı sıcaklıklarda depolanan marine edilen MAP salmon balıklarında meydana gelen duyusal değişimler a) 10°C; b)15C° ve c) değişken sıcaklıklar	55
Şekil 4.2. <i>Photobacterium phosphoreum</i> gelişimi (a) 10 ⁰ C, (b) 15 ⁰ C ve (c) kontrollü değişken sıcaklıklar.....	58
Şekil 4.3. Farklı sıcaklıklarda iç organları alınmış olarak depolanan alabalıklarda meydana gelen mikrobiyolojik kalite değişimleri... ..	63
Şekil 4.4. <i>Pseudomonas</i> spp. 'nin pH 5'te Richards modeline göre gelişimi (HY=8,03 log kob/ml).....	66
Şekil 4.5. <i>Pseudomonas</i> spp. 'nin pH 5'te Richards modeline göre gelişimi (HY=7,03 log kob/ml).....	67
Şekil 4.6. <i>Pseudomonas</i> spp. 'nin pH 5'te Richards modeline göre gelişimi (HY=6,03 log kob/ml).....	68
Şekil 4.7. <i>Pseudomonas</i> spp. 'nin pH 6'da Richards modeline göre gelişimi	69
Şekil 4.8. <i>Pseudomonas</i> spp. 'nin pH 7'de Richards modeline göre gelişimi	70
Şekil 4.9. <i>Pseudomonas</i> spp. 'nin pH 8'de Richards modeline göre gelişimi	72
Şekil 4.10. <i>Pseudomonas</i> spp.'nin sabit sıcaklık ve farklı pH'larda gösterdiği gelişim	73
Şekil 4.11. <i>Pseudomonas</i> spp. 'nin LA %0,1'de Richards modeline göre gelişimi.....	74
Şekil 4.12. <i>Pseudomonas</i> spp. 'nin LA %0,2'de Richards modeline göre gelişimi.....	75
Şekil 4.13. <i>Pseudomonas</i> spp. 'nin LA %0,3'de Richards modeline göre gelişimi	77
Şekil 4.14. <i>Pseudomonas</i> spp.'nin sabit sıcaklık ve farklı LA konsantrasyonlarında gösterdiği gelişim	78
Şekil 4.15. <i>Pseudomonas</i> spp. 'nin AA %0,1'de Richards modeline göre gelişimi.....	79
Şekil 4.16. <i>Pseudomonas</i> spp. 'nin AA %0,2'de Richards modeline göre gelişimi.....	80
Şekil 4.17. <i>Pseudomonas</i> spp. 'nin AA %0,3'de Richards modeline göre gelişimi.....	81
Şekil 4.18. <i>Pseudomonas</i> spp.'nin sabit sıcaklık ve farklı AA konsantrasyonlarında gösterdiği gelişim	82

Şekil 4.19. İç organları alınarak farklı sıcaklıklarda depolanan gökkuşuğı alabalıklarında meydana gelen pH değişimleri 86



ÇİZELGELER DİZİNİ

	Sayfa
Çizelge 2.1. Türkiye’de toplam su ürünleri üretimi	6
Çizelge 2.2. Su ürünlerinde spesifik bozulma organizmaları	10
Çizelge 3.1. Marine edilen MAP salmon’da uygulanan duyu analizler	42
Çizelge 4.1. Marine edilen MAP salmonun ürün özellikleri	53
Çizelge 4.2. <i>Photobacterium phosphoreum</i> ’un gelişim modeli parametreleri ve tahmin edilen ve gözlenen raf ömrü verileri	59
Çizelge 4.3. Farklı sıcaklıklarda depolanan alabalıklarda meydana gelen mikrobiyolojik değişimlerin model parametreleri	64
Çizelge 4.4. <i>Pseudomonas</i> spp. ‘nin pH 5 ve 8,03 log kob/ml ve farklı <i>m</i> değerlerinden elde edilen model parametreleri	66
Çizelge 4.5. <i>Pseudomonas</i> spp. ‘nin pH 5, 7,03 log kob/ml ve farklı <i>m</i> değerlerinden elde edilen model parametreleri	67
Çizelge 4.6. <i>Pseudomonas</i> spp. ‘nin pH 5, 6,03 log kob/ml ve farklı <i>m</i> değerlerinden elde edilen model parametreleri	68
Çizelge 4.7. <i>Pseudomonas</i> spp. ‘nin pH 6, 8,03 log kob/ml ve farklı <i>m</i> değerlerinden elde edilen model parametreleri	69
Çizelge 4.8. <i>Pseudomonas</i> spp. ‘nin pH 7’de farklı hücre yoğunluğu ve <i>m</i> değerlerinden elde edilen model parametreleri	71
Çizelge 4.9. <i>Pseudomonas</i> spp. ‘nin pH 8’de farklı hücre yoğunluğu ve <i>m</i> değerlerinden elde edilen model parametreleri	72
Çizelge 4.10. <i>Pseudomonas</i> spp. ‘nin LA 0,1’de farklı hücre yoğunluğu ve <i>m</i> değerlerinden elde edilen model parametreleri	74
Çizelge 4.11. <i>Pseudomonas</i> spp. ‘nin LA % 0,2’de farklı hücre yoğunluğu ve <i>m</i> değerlerinden elde edilen model parametreleri	76
Çizelge 4.12. <i>Pseudomonas</i> spp. ‘nin LA % 0,3’de farklı hücre yoğunluğu ve <i>m</i> değerlerinden elde edilen model parametreleri	77
Çizelge 4.13. <i>Pseudomonas</i> spp. ‘nin AA % 0,1’de farklı hücre yoğunluğu ve <i>m</i> değerlerinden elde edilen model parametreleri	79
Çizelge 4.14. <i>Pseudomonas</i> spp. ‘nin AA % 0,2’de farklı hücre yoğunluğu ve <i>m</i> değerlerinden elde edilen model parametreleri	81
Çizelge 4.15. <i>Pseudomonas</i> spp. ‘nin AA % 0,3’de farklı hücre yoğunluğu ve <i>m</i> değerlerinden elde edilen model parametreleri	82
Çizelge 4.16. Farklı sıcaklıklarda iç organları ile bütün olarak depolanan gökkuşuğu alabalıklarında model validasyonu parametreleri	87
Çizelge 4.17. Model validasyonunda tarafsızlık (bias) ve doğruluk (accuracy) faktörleri	88

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

A	Asimptotik hücre sayısı
AA	Asetik asit
ABS	Absorbans
AgNO ₃	Gümüş nitrat
APS	Aerobik plak sayısı
a _w	Su aktivitesi
BSO	Bozulmadan sorumlu organizmalar
CO ₂	Karbondioksit gazı
DT	Belirleme zamanı
E _A	Aktivasyon enerjisi
EC	Elektiriksel iletkenlik
F _c	Düzeltilme faktörü
FW	Örnek miktarı
gt	Kurutulan madde ağırlığı
gv	Yaş madde ağırlığı
HCl	Hidroklorik asit
HPLC	Yüksek Performanslı Sıvı Kromatografisi
HY	Hücre yoğunluğu
k ₀	Frekans faktörü
Kob/g	Koloni oluşturan birim
Kob/ml	Koloni oluşturan birim
LA	Laktik asit
LAB	Laktik asit bakterileri
Ln	Doğal logaritma
Log N(t)	t zamanındaki hücre sayısı
Log	Logaritma
m	Ekstraksiyonda kullanılan örnek ağırlığı
M	molar
MAP	Modifiye atmosfer paketlenme
N _{min}	Minimum hücre sayısı
N ₂	Azot gazı
NaCl	Sodyum klorür
NaOH	Sodyum hidroksit
N _{max}	Maksimum hücre sayısı
O ₂	Oksijen gazı
PCA	Perklorik asit
R	Üniversal gaz sabiti
RMSE	Hata kareleri toplamının ortlaması
RSS	Artık kareler toplamı
SBB	Spesifik bozulma bakterisi/bakterileri
SBO	Spesifik bozulma organizması/organizmaları
SW	Örnekten ayrılan su miktarı
T _{min}	Bakterilerin gelişim gösterdiği minimum sıcaklık (°C)
T	Kesin sıcaklık (Kelvin)
TAB	Toplam aerobik bakteri
TBA	Tiyobarbütirik asit
TBS	Toplam bakteri sayısı

TCA	Trikloro asetik asit
TCS	Toplam canlı sayısı
THS	Toplam hücre sayısı
TMAB	Toplam mezofilik aerobik bakteri
TPAB	Toplam psikrofilik aerobik bakteri
TVBN	Toplam uçucu bazik azot
V_0	Kör için harcanan HCl miktarı
V_1	Kontrol için harcanan HCl miktarı
V_2	Örnek için harcanan HCl miktarı
V_3	Deneyde kullanılmak üzere alınan örnek hacmi
μ_{max}	Maksimum spesifik gelişim oranı/oranları
μ_{ABS_R}	Richards modelinden elde edilen maksimum spesifik gelişim oranı
λ	Bakteri gelişiminin lag fazı
β_i	Regresyon sabiti



1. GİRİŞ

Yakın gelecekte (2050'li yıllar) insanoğlunun ekonomik belirsizlikler, küresel ısınma ve mevsim değişimleri, doğal kaynakların kullanılması için her geçen gün artan çekişmelerin yanında yüzleşmesi gereken en büyük problemlerden bir tanesi de 9 milyar olarak tahmin edilen dünya nüfusunun hangi besin maddelerine ihtiyaç duyacağı, bu gıdaları hangi yollardan temin edeceği ve mevcut olan gıdaların popülasyon üzerindeki dağılımının nasıl olacağıdır. Bu kapsamda dünya çapında başta FAO (Food and Agriculture Organization) olmak üzere dünyada küresel kapsamda ve ülkeler bazında faaliyet gösteren birçok kurum ve kuruluşun stratejik planları arasına balıkçılık faaliyetlerini aldıkları açıkça görülmektedir (Esteves vd., 2016).

FAO (2016), raporuna göre 1980'lerin sonundan itibaren balıkçılık faaliyetleri belli bir ivme kazandığı ve insan tüketimine sunulmak üzere balıkçılık faaliyetlerinin (av kaynaklı) devam ettiği belirtilmektedir. Buna karşılık olarak 1974 yılında akuakültürden sağlanan su ürünleri sadece % 7 iken bu rakam 1994 yılında % 26, 2004 yılında ise % 34'e çıkmıştır. Günümüzde ise akuakültürden insan tüketimine sunulan su ürünleri % 50'nin üzerindedir.

Geçtiğimiz 50 yıl boyunca insan tüketimine sunulmak üzere yetiştirilen ve avcılığı yapılan su ürünlerinde meydana gelen artış kişi başına düşen su ürünleri tüketiminde artmasına olanak sağlamıştır. Dünya çapında kişi başına düşen su ürünleri tüketimi 1960 yılında 9,9 kg; 1990 larda 14,4 kg; 2013 yılında ise 19,7 kg ve 2014 ve 2015 yılında ise tahmini olarak 20 kg üzerine çıktığı belirtilmektedir (FAO, 2016).

Atlantik salmon insanlık tarihinde 20 000 yıldan daha uzun süredir yer almaktadır. Fransa'nın Vézère nehrinin yakınlarında Labri du Poisson isimli bir mağaraya kazınarak resmedilen 25 000 yıl öncesine ait yetişkin bir salmon figürü yapılan kazılarda ortaya çıkmıştır. Romalılar döneminde M.S 50 yıllarında Aquitania sakinleri arzu ve istekleri doğrultusunda salmon'a ulaşmak istemişlerdir. Fransızcada 'Saumon' dedikleri bu balığın insanların sırlarını

sakladığına ve bu balığa dokunanların ise bu sırlara erişebileceklerine inanmışlardır (NOAA, 2012). Milattan önce 410 yılında Romalılar Britanya'yı terk ettiklerinde Angora Saxon istilacıları kuzey Avrupa'dan geri gelmişlerdir ve beraberinde bazı yeni kelimeleri de getirmişlerdir. Bugün '*Salmon*' olarak bilinen kelime de günümüze kadar gelmiştir (Dunfield, 1985).

Balık modern diyetin hızlıca büyüyen gıdası olduğundan tüketiciler için tazelik ve güvenlik giderek daha da önemli hale gelmektedir. Balığın bozulması aynı anda ve bağımsız olarak gerçekleştiğinden onların nisbi önemi balık türü (büyüklük, lipid içeriği, olgunluk safhası, vs.), çevre şartları (beslenme, sıcaklık, mikrobiyel yük, vs.), kesim metodu ve post-mortem işleme, depolama ve proses şartları ile değişim göstermektedir (Isabel vd., 2009; Slattey, 2009).

Balık ve balıkçılık ürünlerinin kalitesi bütün dünyada balıkçılık endüstrisinde önemli bir konu olarak kabul edilmektedir (Huss vd., 2004). Balık istisnai olarak çabuk bozulabilir gıdalardan biridir ve gıda ticareti küreselleşmenin bir sonucu olarak balık üretimindeki teknolojik gelişmelere rağmen özellikle eğer başlangıç çığ balık materyalleri zayıf kaliteliyse balık ürünlerinin bu zayıf kaliteden dolayı reddedilme ihtimali daha yüksek olmaktadır (FAO, 2009; Huss vd., 2004). Dünya gıda arzının $\frac{1}{4}$ 'i ve karaya çıkan balıkların % 30'u sadece mikrobiyal aktivite sebebiyle kaybedilmektedir (Ghaly vd., 2010).

Bozulma özelliklerini anlamak için gıdalar genellikle az, orta derecede ve yüksek derecede bozulabilir olarak sınıflandırılmaktadır. Kuru gıdalar az, sebzeler orta ve su ürünleri yüksek derecede bozulabilir gıda maddeleri olarak değerlendirilmektedir. Su ürünleri yüksek nem içeriği ve mikroorganizma gelişimi için nutrientlerin varlığından dolayı dayanıklılığı ve ortam sıcaklığına toleransı düşüktür (Singh vd., 2016). Bununla beraber balıkların raf ömrünü optimize etmek için balığın hasat sonrası geçmişi, çevre şartları, balığın başlangıç bakteriyel yükü, bakterilerin tipi ve yapısı ve onların ilişkileri ve balıkların besin kompozisyonunun rolünü anlamak açısından daha çok çaba gerekmektedir.

İnsan sağlığı üzerine olan pozitif etkilerinden kaynaklı olarak balık ve diğer su ürünlerinin tüketimi üzerine olan tavsiyeler birçok uluslararası kurum ve kuruluşlar tarafından yapılmaktadır (FAO, 2016). Su ürünleri içerdikleri protein miktarları ve amino asit çeşitlerinden, D ve E vitamini içeriklerinden ve uzun zincirli çoklu doymamış yağ asiti, çok az miktarda doymuş yağ asitleri ve zengin mineral içeriklerinden dolayı en önemli besin kaynaklarından birini oluşturmaktadırlar (Sioen vd., 2007). Çoklu doymamış yağ asitlerinin, özellikle omega 3 yağ asitlerinin, en önemli özelliklerinden biri de bazı hastalıklardan korumalarıdır. Hastalıklardan bazıları beynin düzensiz gelişimi (çocuklarda azalan entellektüel kapasite, sinirlilik ve depresyon hali), görme semptomları da dahil olmak üzere nörolojik bozukluk, iltihaplı ve otoimmün bozukluklar (römatoit artrit, sedef hastalığı, ülser koliti, astım), koroner kalp rahatsızlıkları ve orta ve yüksek dereceli hiper tansiyondur (Valfre vd.,2003). Bu kapsamda su ürünlerinin özellikle balık tüketiminin insan sağlığının devamlılığı için önemi oldukça büyüktür. Su ürünleri proteinleri insan organizması için gerekli olan ve yüksek biyolojik değere sahip birçok esansiyel amino asit (lösin,izolösin, lisin, metionin, fenil alanin, valin, treonin ve triptofan) içermektedirler (Vladau vd., 2008). Bu aminoasitlerin dışarıdan yeteri kadar alınamaması vücutta kas proteinlerinin yıkımına sebep olmaktadır (Usydus vd., 2009).

Su ürünlerinin bir çok muhafaza şekli (tuzlama, dondurma, kurutma, marinasyon) (Gram ve Dalgaard, 2002; Lougovois vd., 2003; Kyrana vd., 1997; Goulas ve Kontaminas, 2007) olmakla birlikte marine ürünlerin tüketime hazır olması, raf ömrü açısından uzun muhafaza sağlaması ve tüketiciler açısından tercih edilebilir olması sebebiyle büyük bir öneme sahiptir. Marine ürün taze ürünün sirke veya organik asit solüsyonları (laktik, asetik) ile tuz ve bitkisel yağ karışımlarında ürünün olgunlaşmasını sağlayarak hem koruma elde etmek hem de ürünü tüketime hazır hale getirmek olarak tanımlanmaktadır (Fuentes vd., 2010). Marine ürünler organik asit içermelerinden dolayı olgunlaştırma işleminin asitler ile tepkimeye girmeyen kaplarda (genellikle cam, seramik veya paslanmaz çelik) yapılması gerekmektedir (Özden 2005). Marine edilen su ürünlerinin kalitelerini taze veya soğutulmuş diğer (dumanlama, tuzlama) ürünlere göre daha uzun muhafaza ettikleri yapılan çalışmalarda bildirilmiştir

ve konuya ilişkin olarak sardalya (*Sardine pilchardus*) (Gökoğlu vd., 2004), derinsu pembe karidesi (*Parapenaeus longirostris*) (Cadun vd., 2005), gökkuşağı alabalığı (*Oncorhynchus mykiss*) (Özden ve Erkan 2006), hamsi (*Engraulis encrasicolus*) (Özoğul vd., 2010), salmon (*Salmo salar*) (Sallam, 2007) balıklarında raf ömrüne ilişkin marinasyonun pozitif etkileri bildirilmiştir.

Prediktif mikrobiyoloji mikroorganizmaların çevresel faktörlere karşı olan tepkilerini ve bu çevresel faktörlerin birarada bulunmalarının mikroorganizmaların davranışlarını zamana göre matematiksel olarak tanımlamaktadır. Bu kapsamda test edilmeyen faktörler karşısında gerçekçi ve hassas tahminler yapılmasına olanak sağlamaktadır (McMeekin vd., 2008). Prediktif mikrobiyoloji kinetik ve olasılık modelleri olmak üzere iki ana başlıkta toplanabilir. Kinetik modeller mikroorganizmaların gelişim oranlarını tanımlarken olasılık modelleri belirli zaman diliminde toksin oluşumu, spor oluşumunun ihtimalini açıklar. Kinetik modellemenin hipotezi esasen çevresel faktörlere (sıcaklık, atmosfer vb.) maruz kalan kolay bozulan gıdalarda mikroorganizmaların kolonileşme oranına dayanmaktadır. Bu kapsamda mikroorganizmalar bozulma gerçekleşene kadar çoğalmaya devam eder ve sonunda durağan fazda kalırlar. Bu nedenle mikroorganizmaların gelişim oranlarının hesaplanabilmesi için çevre faktörlerinin gelişim oranlarına etkisinin tam olarak belirlenmesi ve matematiksel olarak ifade edilmesi gıdalarda özellikle su ürünleri gibi çabuk bozulan gıdalarda büyük öneme sahiptir. Dahası, biyoloji ve matematik alanlarının birleştirilmesinde prediktif mikrobiyoloji bir köprü vazifesi görmekte ve gıdaların raf ömrünün belirlenmesinde büyük önem arz etmektedir. (McMeekin vd., 2002; Van Impe vd., 1995).

Bu kapsamda kaynak çalışmaları incelendiğinde yapılan bu çalışmanın amacı; i) marine edilen ve MAP uygulanan salmon balığı (*Salmo salar*) dilimlerinde bozulmadan sorumlu organizma (BSO) olan *Photobacterium phosphoreum* 'un gelişim kinetiklerinin farklı sıcaklıklarda (10, 15°C ve dinamik sıcaklıklar) belirlenmesi ve geliştirilen modelin test edilmesi, ii) iç organları alınmış olarak farklı sıcaklıklarda (2, 5, 10, 15, 20 ve 25°C) depolanan gökkuşağı alabalıklarının

depolama süresince mikrobiyal kalite değişimlerinin belirlenmesi ve gökkuşuğı alabalıkları için kinetik bir raf ömrü tahmin modeli geliştirilmesi, iii) gökkuşuğı alabalıklarının bozulma mikroflorasından izole edilen *Pseudomonas* spp.'nin farklı pH (5-8), LA (% 0,1-0,4) ve AA (% 0,1-0,4) konsantrasyon aralıklarında gelişim kinetiklerinin belirlenerek modellenmesi ve iv) gökkuşuğı alabalıkları için geliştirilen raf ömrü tahmin modelinin geçerliliğinin ortaya konulmasıdır.



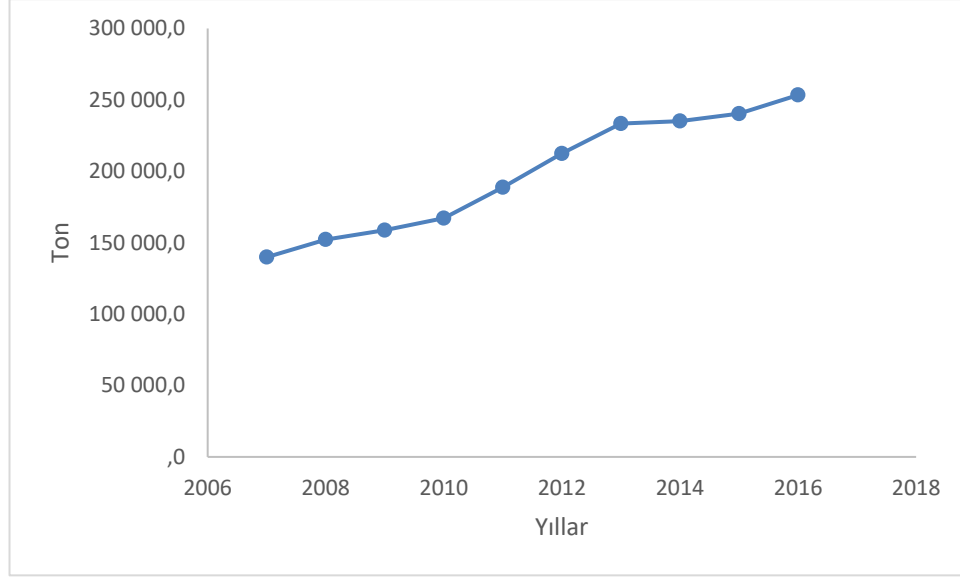
2. KAYNAK ÖZETLERİ

2.1. Türkiyede Su Ürünleri Yetiştiriciliği

Türkiye’de ise su ürünlerine ait üretim miktarları çizelge 2.1’de gösterilmiştir. Buna göre 2004 ve 2016 yılları arasında deniz ürünleri üretiminde %40’a yakın bir düşüş görülerek 504 bin tondan 301 bin tona gerilemiştir. Buna karşılık olarak ise yetiştiricilikten gelen üretimin son 10 yıl içerisinde % 100’ün üzerinde arttığı açıkça görülmektedir (Çizelge 2.1 ve Şekil 2.1). Tatlı su ürünlerine ilişkin üretim miktarının ise son 10 yıl içerisinde azaldığı görülmektedir (Çizelge 2.1).

Çizelge 2.1. Türkiye’de toplam su ürünleri üretimi (TUİK, 2017)

	Deniz ürünleri (Ton)	Yetiştiricilik üretimi (Ton)	Tatlısu ürünleri (Ton)
2004	504 897	94 010	45 585
2005	380 381	118 277	46 115
2006	488 966	128 943	44 082
2007	589 129	139 873	43 321
2008	453 113	152 186	41 011
2009	425 046	158 729	39 187
2010	445 680	167 141	40 259
2011	477 658	188 790	37 097
2012	396 322	212 410	36 120
2013	339 047	233 394	35 074
2014	266 078	235 133	36 134
2015	397 731	240 334	34 176
2016	301 464	253 395	33 856

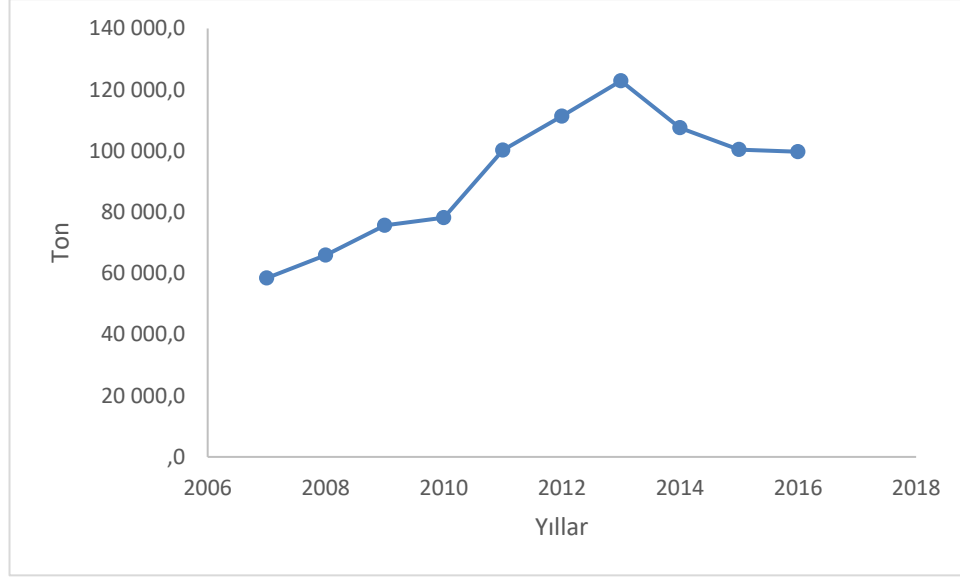


Şekil 2.1. Yıllara göre Türkiyede toplam yetiştiricilik üretim miktarı (ton/yıl)

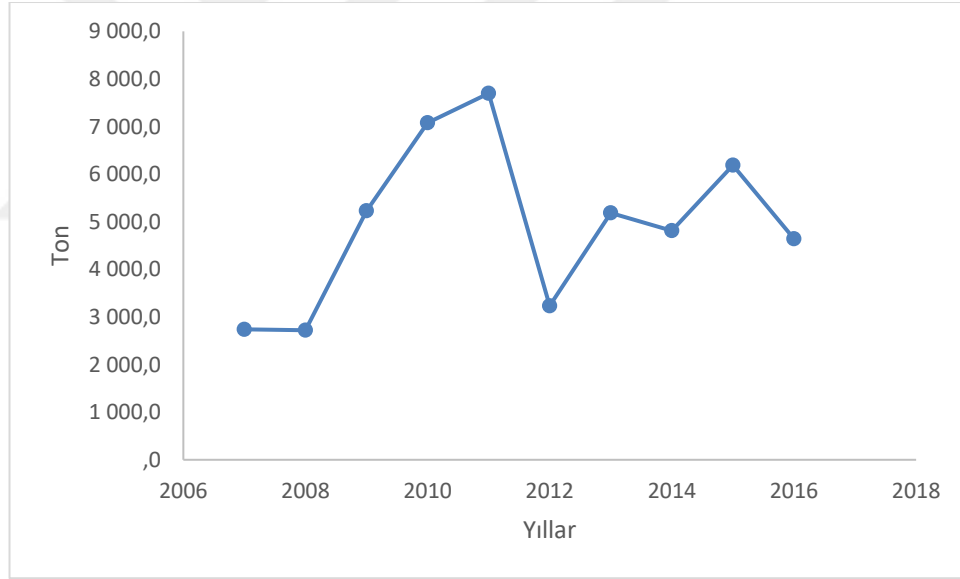
Avcılıktan gelen ürün miktarının azalmasına karşın ülkemizde yetiştiricilik yoluyla elde edilen balık miktarının yıllara göre arttığı görülmektedir (Şekil 2.1). Ülkemizde 2007 yılında yaklaşık 139 bin ton olarak bildirilen yetiştiricilik miktarı 2016 yılının sonlarına doğru yaklaşık olarak 254 bin ton civarına ulaşmıştır.

2.1.1. Türkiye’de gökkuşığı alabalığı yetiştiriciliği

Gökkuşığı alabalığı ülkemizde yetiştiriciliği yapılan başlıca türlerden biri olup son 10 yıl içerisinde üretim miktarındaki artış önemli derecede yükselmiştir (TUİK, 2017). Şekil 2.2’de ülkemizde gökkuşığı alabalığının (iç su) yıllara göre üretim miktarları belirlenmiş olup 2007 yılında yaklaşık olarak 60,000 ton olan üretim son 10 yılda artış göstererek 2016 yılında yaklaşık olarak 100,000 ton olarak bildirilmiştir.



Şekil 2.2. Yıllara göre Türkiyede toplam gökkuşağı alabalığı (iç su) yetiştiricilik üretim miktarı (ton/yıl)



Şekil 2.3. Yıllara göre Türkiyede toplam gökkuşağı alabalığı (deniz) yetiştiricilik üretim miktarı (ton/yıl)

Gökkuşağı alabalığının üretimi iç sularda olamkla birlikte kafes yetiştiriciliğinde de üretim sağlanabilmektedir. Şekil 2.3'te denizlerde yetiştirilen gökkuşağı alabalığının üretimi gösterilmiştir ve 2007 yılında 2740 ton olarak bildirilen üretim yıllar içerisinde değişim göstermiştir. Deniz kaynaklı üretim 2016 yılında 4643 ton olarak bildirilmiştir (TÜİK, 2017).

2.2. Taze Su Ürünlerinde Meydana Gelen Mikrobiyal Kalite Değişimleri

Balığın kesiminden sonra sadece sterilitenin kaybolmasından değil çeşitli mekanik ve otolitik değişikliklerden dolayı bakteriler balıketi içerisine ulaşabilmektedir. Barsak duvarının yırtılması ve balıketinin yumuşaması balık dokusuna bakterilerin ulaşmasını kolaylaştırmaktadır. Bozulma bakterileri etin hasarlı kısımları yoluyla eti/kası kontamine etmekte ve dominantlık oluşturarak balığın hızlıca bozulmasına sebep olmaktadır. Su ürünlerinde mikrobiyolojik bozulma reaksiyonları balık türünün başlangıç kompozisyonuna, orijinal çevre, depolama şartları, işleme ve sıcaklığa bağlıdır (Ward ve Baj, 1988; Huss, 1997; Gram vd., 2002).

Enterobacteriaceae familyası üyeleri soğuk depolama şartlarında (5-10°C) gelişebilmekte ve *Pseudomonas spp.* baskın hale gelebilmektedir (Gram ve Huss, 1996). Bununla birlikte buzda ve atmosferik şartlarda depolanan su ürünlerinde (ılıman, sub tropik veya tropikal kökenli) yaygın bozulma organizmaları Gram negatif *Pseudomonas* ve *Shewanella* gibi psikrotrofik bakterilerdir (Gram ve Huss, 1996). Aerobik şartlarda depolanmış taze soğutulmuş balıklarda *Pseudomonas sp.* baskın bozulma mikroorganizmaları olabilmektedir (Gram ve Huss, 1996; Kyrana vd., 1997). Tatlısu balıklarının mikroflorasında *Aeromonas spp.* nin baskın olduğu bildirilmiştir.

Bununla beraber balık ve balık ürünleri son uygulama veya koruma yöntemlerine ve depolama sıcaklığına bağlı olarak farklı spesifik bozulma organizmaları (SSO) tarafından bozulmaktadır. Farklı balık ve balık ürünlerinde SSO'ları olarak *Pseudomonas*, *Shewanella putrefaciens*, *Photobactereum phosporeum*, *Aeromonas hydrophila* ve *Alteromonas putrefaciens*, *Vibrionaceae*, *Aeromonas*, *Moraxella*, *Acinetobacter*, *Enterobacteriaceae* ve maya ve küfler bulunabilmektedir. Taze balıkta birçok mikroorganizma bulunurken balıkların bozulmasından koku oluşturan spesifik bozulma mikroorganizmaları sorumludurlar (Gram ve Dalgaard, 2002) (Çizelge 2.2). Gram negatif fermentatif bakteriler (*Vibrionaceae*) muhafaza uygulanmamış balıklarda bozulmaya yol

açarken psikrotolerant Gram-negatif bakteriler (*Pseudomonas* sp. ve *Shewanella* sp.) soğutulmuş balıklarda gelişmektedir (Hozbor vd., 2006).

Çizelge 2.2. Su ürünlerinde spesifik bozulma organizmaları (Gram ve Dalgaard, 2002)

Ürün	Spesifik bozulma organizması
Buzlanmış deniz balığı	<i>Shewanella putrefaciens</i>
Buzlanmış tatlısu balığı	<i>Pseudomonas</i> spp.
CO ₂ -paketli soğutulmuş balık	<i>Photobacterium phosphoreum</i>

Genelde SBO'larının gelişimi ve onların metabolik yan ürünlerinin birikimi depolama sırasında balıkta büyük bozulma değişikliklerini oluşturmaktadır. Temel olarak taze yakalanmış balık genellikle "taze balık aromaları" (tatlı, deniz yosunu) ile duyuşal olarak karakterizedir. Depolama sırasında kokular ve aromalar nötral veya spesifik olmayan (hoş olmayan kokular ve aromaların ilk işaretleri) bir periyoda ulaştığında balıkları tüketim için kabul edilemez hale getirmektedir (Gram ve Huss, 1996). Gonzalez vd., (2001), doğada bulunan ve kültüre alınmış tatlı su balıklarında aeromonasların yüksek bir bozulma potansiyeli olduğunu bildirmişlerdir. Alabalık çiftliklerinde bulunan *A. hydrophila* ve *A. sobria* gastroenterit ve yaralara sebep olmasından dolayı dikkate alınması gerekmektedir. Bu mikroorganizmaların özelliği soğuk şartlarda üreyebilmeleri ve potansiyel gıda güvenliğini tehdit edici olmalarıdır.

Chytiri vd. (2004), bütün, iç organları çıkarılmış gökkuşuğı alabalığında ve filetosunda buzda depolama sırasında bozulma mikroflorasında *Pseudomonas*, H₂S üreten bakteriler (*S. putrefaciens* dahil) ve *B. thermosphacta*'nın dominant olduğunu rapor etmişlerdir. Hozbor vd. (2006), buzda depolanmış deniz salmonunun bakteriyel florasının *Moraxella* spp., *Acinetobacter*, laktoz pozitif-Enterobactereaceae ve *Vibrio* spp. hem de *Pseudomonas* spp., *S. putrefaciens*, ve *Aeromonas* cinsi bakterilerden oluştuğunu ve bozulmada dominant olduklarını bildirmişlerdir. Ninan vd., (2011), bütün olarak buzda depolanan gökkuşuğı alabalığında H₂S üreten (*Shewanella* ve *Aeromonas*) bakterilerin en yüksek sayıda ve *Pseudomonas* sp., *Aeromonas*, *B. thermosphacta* ile

Enterobacteriaceae'nin bunu takip ettiğini ve bozulmada rol aldıklarını tespit etmişlerdir. Ayrıca *Aeromonas* izolatlarının *A. hydrophila* ve *Aeromonas sobria* ve Enterobacteriaceae'nin baskın türlerinin *Citrobacter freundii*, *Hafnia alvei* ve *Pantoea agglomerans* olduğunu belirlemişlerdir. Buzda depolanmış tilapiada asıl bakteriyel floranın *Pseudomonas* olduğu bunu *Shewanella* ve *Aeromonas* cinslerinin takip ettiği belirlenmiştir. (Frag, 2012). Boubaker vd. (2013), buzdaki sarpa (*Sarpa salpa*)'da toplam florada *Pseudomonas*'ların predominant iken bozulmadan sorumlu organizmaların *Pseudomonas ceracia* ve *Klebsiella rhinoscleromatis* olduğunu bildirmişlerdir. Aerobik şartlar altında taze soğutulmuş balıklarda bu mikroorganizmaların predominant bozulma türlerini oluşturdukları bildirilmiştir (Huss 1995; Fonnesbech vd., 2005; Hozbor vd., 2006). Morey vd. (2014), buzda (4 ± 1 °C) depolanmış pembe salmon (*Oncorhynchus gorbuscha*)'da *Psychrobacter*, *Moraxella* ve *Acinetobacter*'den oluşan grubun depolama boyunca bulunduğunu fakat sadece derili ve solungaçları temizlenmiş balıklarda bulunduğunu belirtmişlerdir. *Pseudomonas fluorescens* ve *P. putida* (%40-80) bozulma florasının büyük bir yüzdesini ve *S. putrefaciens* (%10) küçük bir kısmı oluşturmuştur. Ayrıca *Acidovorax* spp. ve *Brevundimonas* spp. 'de taze balığın mikroflorasının parçası olarak belirlenmiştir. *P. fluorescens* and *P. putida*'nın artışı depolamada var olan bakteriyel türlerin çeşitliliğinde azalışa yol açmıştır. Carrascosa vd. (2016), buzda depolanmış bütün haldeki depolanmış çipura (*Sparus aurata*)'da kas, deri ve solungaçlardaki mikroorganizmaları belirlemişler ve depolama sonuna kadar *Pseudomonas* spp., *Aeromonas* spp., ve H₂S üreten bakteriler olarak *S. putrefaciens* gibi SBB'nin Kanarya Adasındaki çipuralarda dominant olduklarını ve kas dokusunun en az kontamine olduğunu ve bunu deri ve solungaçların takip ettiğini belirlemişlerdir. Gerçekte çoğu taze ve birkaç yarı korunmuş su ürünlerinde mikrobiyel aktivite bozulmanın sorumlusudur. Muhtemelen bu sebeple mikrororganizmaların toplam sayısı yani TBS veya APS bazı Avrupa ülkeleri, ABD ve Japonya'da mecburi su ürünleri standartları olarak kullanılmaktadır

Buzda depolanmış balıkların bozulmasının asıl sorumlusu olarak TBS en iyi kalite indeksi olarak değerlendirilmektedir (Huss, 1997). TBS'nin 10⁷ kob/g'a

ulaşması taze balığın bozulduğu değeri ifade etmektedir (ICMSF, 1986). Bu değer su ürünlerinin hasat sonrası depolanması sırasında değişebilmektedir ve başlangıç bakteri yükü, hasat sonrası işleme, depolama şartları, sıcaklık, örneklenen spesifik doku ve bakteriyel floranın kompozisyonuna bağlıdır (Hozbor vd., 2006). Bütün haldeki gökkuşaağı alabalığının 18 günlük buzda depolanması sırasında psikrotrofik bakteri sayısı 2,3 log kob/g (0. gün) ve son gün 6,1 log kob/g; depolama sonunda toplam mezofilik bakteri sayısının 5,8 log kob/g ve *Pseudomonas* spp. sayısının ise 5,2 log kob/g'a ulaştığı belirlenmiştir. Psikrotrofik bakterilerin asıl bakteri yükünü oluşturduğu ve depolama boyunca bütün bakterilerin önemli ölçüde artış gösterdiği bildirilmiştir (Rezai vd., 2007). Rezai ve Hosseini, (2008), buzda 20 gün depolanan gökkuşaağı alabalığında toplam canlı sayısının 4,0 log kob/g (0. gün)'dan 7,6 log kob/g (20. gün)'a ulaştığını belirlemişlerdir. Özogül vd. (2013), bütün olarak buzda (4°C) depolanan kültür ve doğal gökkuşaağı alabalığında toplam canlı sayısının sırasıyla 3,59 log kob/g ve 3,36 log kob/g olarak balıkların yüksek kaliteli olduğunu, ve koliform ve *E. coli* belirlenmediğini tüketilemez olan 14. günde toplam canlı sayısının 6,35 log kob/g ve 6,16 log kob/g'a ulaştığını belirlemişlerdir. Polonya'da ılık bölgede yetiştirilen gökkuşaağı alabalığında yüksek miktarda *Pseudomonas* sp., tespit edilmiş olmasından dolayı raf ömrünün diğer kültür şartlarında yetiştirilen alabalıklara göre daha kısa olduğu ve farklı bölgede yetiştirilen gökkuşaağı alabalıklarının yüzeyinde toplam aerobik bakteri sayısı 4,22 ile 7,44 log kob/cm² arasında değişim gösterdiği bildirilmiştir (Tkaczewska vd., 2015). Diler vd. (2000), taze gökkuşaağı alabalığında mezofilik bakteri sayısının deride 2-7 log kob/g arasında değiştiğini belirlemişlerdir. Popelka vd. (2014), Slovakya'da taze gökkuşaağı alabalıkları kasında toplam bakteri sayısının $1,44 \times 10^2$ kob/g ve psikrotrof bakterilerin de $1,96 \times 10^3$ kob/g seviyesinde olduğunu belirlemişlerdir. Yine Slovakya'da soğuk ortamda (0-2°C) 7 gün depolanan bütün haldeki taze gökkuşaağı alabalığında toplam canlı sayısının kas, deri ve filetoda sırasıyla 2,7 ile 2,75; 4,75 ile 5,4 ve 4,55 ile 4,85 log kob/g arasında değiştiğini ve psikrotrof bakterilerin de depolamada kasta 2,75 log kob/g olarak değişmezken deride 4,8 ile 5,2 iken filetoda 4,55 ile 4,95 log kob/g arasında değişim gösterdiği ve *Pseudomonas* spp. nin aynı sırayla 1,13-1,18; 1,5-1,63 ve 1,28-1,83 log kob/g

arasında değişim gösterdiği ve 7 günlük depolama sonrası taze alabalığın mikroorganizma sayılarında önemli artış gözlenmediği ve insan tüketimine uygun olduğu belirlenmiştir (Popelka vd., 2016).

Massa vd. (2005), soğukta (0-2°C) buzda 12 gün süreyle depolanmış bütün haldeki *Paralichthys patagonicus*'un toplam aerobik bakteri sayılarının depolamanın 6. gününde 7,0 log kob/g'a ulaştığını aerobik bakteriler içinde proteolitik bakterilerin depolamada nisbeten yüksek yüzde de bulduklarını ve depolanmış bu balığın kasında aktif protein parçalanması görülebileceğini önermişlerdir. Sülfid üreten bakterilerin toplam aerobik bakterilerin %1'i civarında nisbeten sabit olduğunu da belirtmişlerdir. Buzda(0- 2°C) 18 gün süreyle depolanmış taze kültür çipura (*S. aurata*) balıklarında H₂S üreten bakteriler toplam aerobik floranın çok az kısmını (% 1'den az) oluşturmuş ve sonunda %6'ya kadar artmıştır (Lougovois vd., 2003). *Sh. putrefaciens* 10⁸ kob/g'dan fazla hücre konsantrasyonunda olması normalde buzda depolanmış balığın bozulmasına yol açması gerekmektedir (Gram ve Huss, 1996). Buzda (0°C) 16 gün süreyle depolanmış bütün haldeki tilapia (*Oreochromis niloticus*) kasında başlangıç ve nihai ortalama toplam aerobik (3,5 x 10³- 2,2 x 10⁶), psikrofilik (1,1 x 10³ – 1,2 x 10⁶) bakteriler, H₂ S üreten bakteriler (7.8 x 10² - 1.6 x 10⁴), *Pseudomonas* (9.2 x 10² - 5.5 x 10⁴), proteolitik (8,8x 10² – 3,1 x 10⁴) ve lipolitik (1,5 x 10² – 3,3 x 10³) bakteriyel sayılar kob/g olarak değişim göstermiştir. Farklı insidenslerde bakteriyel izolatlar *Pseudomonas putida biovar B* (%36,59), *P. fluorescense* (%10,98), *S. putrefaciens* (%9,15), *Aeromonas sobria* (%21,95), *A. caviae* (%15,24) ve *Aeromonas allscharophilia* (%6,10) olarak belirlenmiştir (Farag, 2012).

Boubaker vd., (2013), buzda (0 °C) 6 gün depolanmış sarpa (*S. salpa*)'da toplam bakteri sayısının 0. günde 1,5 x 10³ kob/g ve kademeli olarak arttığını ve sonunda 2 x 10⁷ kob/g'a ulaştığını belirlemişlerdir. Kültür Coho salmon (*Oncorhynchus kisutch*)'un başı ve iç organları çıkarılmış olarak buzda (2 °C) 24 gün depolanması sırasında toplam mezofilik aerob bakteri sayısının giderek arttığını ancak kabul edilebilir seviyelerde kaldığı tespit edilmiştir (Auborg vd., 2007). Massa vd. (2005)'ye göre bu organizmaların predominantlığı soğuk

ortamda *Pseudomonas*'ın hızlıca gelişme kabiliyetine atfedilmektedir. Buzda (1 ± 1 °C) depolanmış bütün haldeki taze *Pagellus bogaraveo* balıklarında başlangıç bakteriyel florası 10^3 kob/g iken 12. günde H₂S üreten bakteriler 10^6 kob/g ve *Pseudomonas* ve toplam canlı sayısı 10^7 kob/g olarak belirlenmiştir (Sant'Ana vd., 2011). Ruiz-Osorio vd. (2015), bütün ve iç organları çıkarılmış kırmızı tilapia (*Oreochromis ssp*)'nın buzda (0-4 °C) sırasıyla 16 ve 17 gün depolanmasında aerobik mezofilik bakteri sayılarını 0. günde 4.05 ve 4.63 log kob/g ile depolama sonunda 9.29 ve 9.67 log kob/g olarak bulmuşlardır. Carrascosa vd. (2015), buzda (2 ± 1 °C) 18 gün süreyle depolanmış bütün haldeki depolanmış çipura (*Sparus aurata*)'da kas, deri ve solungaçlardaki mikroorganizmaları belirlemişlerdir. Spesifik bozulma bakterilerinin (SBB)'nin (*Pseudomonas sp.*, *Aeromonas sp.*, ve *S. putrefaciens*) kasda başlangıç sayılarının < 1 log kob/g'in altında, deride ve solungaçlarda sırasıyla 3,51, 1,10 ve 3 log kob/g ve 4,14, 2,31 ve 3,65 log kob/g olduğunu ve depolama sonunda kas, deri ve solungaçlarda sırasıyla *Pseudomonas sp.* (7,76, 10,11 ve 10,40 log kob/g), *Aeromonas sp.* (7,49, 8,24 ve 9,02 log kob/g) ve *S. putrefaciens* (8,05, 7,49 ve 8,05 log kob/g) sayılarını belirlemişlerdir. Toplam canlı sayılarının depolama boyunca dereceli olarak arttığını ve 0. günde kasda mezofilik (0,37 log kob/g) ve psikrotrofik bakteri sayısının belirlenmediğini, sırasıyla deride 4,10 ve 1,99 log kob/g ile solungaçlarda 4,64 ve 3,50 log kob/g olduğunu belirlemişler ve mezofilik bakteri sayısının kasda 14 gün deride ve solungaçlarda 7 günde 7 log kob/g'a ulaştığını bildirmişlerdir. Ayrıca psikrotrofik bakteri sayısının kas ve deride 14 günde, solungaçlarda 7 günde 6 log kob/g'a ulaştığını belirlemişlerdir.

Carrascosa vd. (2016), buzda (2 ± 1 °C) 18 gün süreyle depolanmış bütün haldeki depolanmış çipura (*S. aurata*)'da depolamanın 0. gününde çipura kasında mezofilik bakteri sayısının 0,37 log kob/g ve psikrotrofik bakteri sayısının belirlenmediği ve sırasıyla 10. ve 18. günlerde bakteri sayısının 7,0 log kob/g'a ulaştığını ve SBB'nin (*Pseudomonas spp.*, *Aeromonas spp.*, ve *Sh. putrefaciens*) kasda başlangıç sayılarının < 1 log kob/g'in altında olduğunu belirtmişlerdir. Depolama sonunda *Pseudomonas spp.*, *Aeromonas spp.* ve *Sh. putrefaciens* sayılarının kasda sırasıyla 7,76; 7,49 ve 8,05 log kob/g'a ulaştığını ve Enterobacteriaceae sayılarının başlangıçta kasda belirlenmediğini ve 18 gün

sonra 5,19 log kob/g olduğunu bildirmişlerdir. Farklı çalışmalarda rastlanılan mezofilik ve pskrotrofik bakteri sayıları arasındaki farklılıklar iç organları alınmış çipura balıklarının kaslarındaki mikrobiyolojik koşulların farklı olmasından, direkt olarak çıkış noktaları, kesimhanelerin sanitasyon koşulları ve çevresel faktörlerden kaynaklanabilir (Ward ve Baj, 1988). Taze iç organları alınmış berlam (*Merluccius merluccius*) buz içerisinde soğutucuda (4°C) depolanmasında toplam mezofilik bakteri sayısının başlangıç ortalaması 3,33 log kob/g iken legal limit olan 6 log kob/g'ı 8 ve 10.gün arasında aştığı belirlenmiştir (Baixas-Nogueras vd., 2003).

Bütün haldeki kefal (*Mugil platanus*)'in buzda (0±1°C) ve soğutucuda (5±1°C) depolanmasında sırasıyla 14 ve 7 gün raf ömrü belirlenmiş ve 0. günde toplam mezofilik heterotrofik bakteri sayısının 2,2 log kob/g ve toplam mezofilik psikrotrofik bakteri sayısının 1.9 log kob/g olduğu ve kabul edilebilir üst limit olan 7,0 log psikrotrofik bakteri sayısına sırasıyla 20 ve 14 günlük depolama sonrası ulaştığı belirlenmiştir (Andrade vd., 2015). Agüeria vd. (2016), iç organları çıkarılmış sazan balıklarını 22 gün buzda (2+1°C) depoladıklarında 1. günde başlangıç mezofilik bakteri sayısını 1,58 kob/g belirlemişler ve yakalamada yeterli hijyenik uygulamanın olduğunu ve balıkların iyi bir kaliteye sahip olduğunu bildirmişlerdir. Sazanın mezofil yükü 22. günde 2x10⁴ kob/g'a ulaşmış ve kabul edilen limitin 10⁶- 10⁷ kob/g'ın altında kaldığını belirtmişlerdir. Psikrotrofik bakteri sayısının önemli artış göstererek 1,38 log kob/g'dan 15. günde 4,98 log kob/g'a ulaşmış ve sonra değişiklik gözlenmemiş ve depolama sonunda 2,68x10⁵ kob/g olarak belirlenmiştir. *Pseudomonas* spp. 5 günden sonra belirlenmiş ve depolama sonunda 1,8x10³ kob/g olmuştur. İndikatör organizmaların kontaminasyonu (toplam fekal koliformlar, enterobakteriler) sazan örneklerinde hiç veya az olarak belirlenmiş olup depolama periyodunda hijyenik kalitenin yeterli olduğunu belirtmişlerdir. Sveinsdottir vd. (2002), buzda (0±2°C) depolanmış kültür Atlantik salmon (*S. salar*) balıklarında deride başlangıç TCS 10³ kob/cm² ve H₂S üreten bakterilerin < 10 kob/cm² olduğunu ve 20 gün depolamada TCS (esas olarak H₂S üreten bakteriler) deride 10⁸ kob/cm²'ye ulaştığını ve balık etinde başlangıç TCS 10 kob/g ve sonunda 10⁵ kob/g olduğunu belirlemişlerdir. Chytiri vd. (2004a),

bütün iç organları çıkarılmış gökkuşağı alabalığı ve filetosunda buzda 18 günlük depolama periyodunda ilk günde alabalık etinde *Pseudomonas* sp. sayısının 1,00-3,50 log kob/cm² arasında değiştiğini ve mezofil bakteri sayısının başlangıçta 2,5 log kob/g ve sonunda 7,0 log kob/g olduğunu belirlemişlerdir. Ninan vd. (2011), bütün olarak buzda (0- 2°C) depolanan gökkuşağı alabalığında aerobik mezofilik ve psikrotrofik bakterilerin başlangıçta 3-5 log kob/g ve 15. günde 7,6 log₁₀ kob/ g'a ve *Pseudomonas* sp. nin başlangıçta 3 log ve 15. günde 5,02 log kob/g'a ulaştığını bildirmişlerdir. H₂S üreten bakterilerin taze alabalığın toplam florasının %5'inden azını oluşturduğunu (3,8 log₁₀ kob/g) depolamanın sonunda % 10-15'e ulaştığını tespit etmişlerdir. Aerobik mezofilik ve psikrotrofik bakteriler ile *Pseudomonas*' in katlanarak arttığını ve H₂ S üreten bakteriler, *Aeromonas* ile Enterobacteriaceae'nin başlangıç lag fazına sahip olduğunu belirtmişlerdir. *Aeromonas* 3,18 log kob/g başlangıç yüküyle alabalığın mikroflorasında bulunmuştur. Enterobacteriaceae'nin başlangıç sayıları 3,2 log kob/g ve final değeri 3,66 log kob/g olmuştur. *B. thermosphacta*'nın başlangıçta 2,32 log kob/g'dan 3,9 log kob/g'a ulaştığını belirtmişlerdir. Buzlamanın toplam koliform, fekal koliformlar ve *E. coli* seviyesini 1-2 log azalttığını ve 3. günde *E. coli*'nin < 6/g olduğunu belirlemişlerdir.

2.3. Yarı Korunmuş Su Ürünlerinde Meydana Gelen Mikrobiyal Kalite Değişimleri

Mejlholm vd. (2005), pişirilip soyulan ve MAP uygulandıktan sonra soğuk ortamda depolanan karideslerin (*Pandalus borealis*) raf ömrü ve güvenlik durumlarını araştırmışlardır. Doğal kontamine olmuş karidesler 2, 5 ve 8°C'de depolanmış ve raf ömrü çalışmaları -22°C'de 4 ay depolama çalışması ile tekrar edilmiştir. Araştırma sonuçlarına göre *Brochothrix thermosphacta* ve *Carnobacterium maltaromaticum* karideslerde bozulmadan sorumlu mikroorganizmalar olarak bildirilmiştir. Bununla beraber araştırmacılar MAP uygulanan karidesler için güvenlik konularını da göz önünde bulundurarak 2°C'de 20-21 gün raf ömrünü uygun görmüşler ve daha yüksek sıcaklıklarda raf ömrünün önemli derecede azaldığını bildirmişlerdir.

Ojagh vd. (2010), yapmış oldukları çalışmada buzdolabında depolanan gökkuşağı alabalığı filetoları üzerine tarçın yağı ile zenginleştirilen kitozan kaplamanın etkisini araştırmışlardır. Araştırma sonuçlarına göre THS kontrol ve tarçın ile zenginleştirilmeyen kitozan kaplanan örneklerde sırasıyla 3,86 ile 3,51 log kob/g olarak bildirilmiştir. Ancak THS, depolamanın 8. gününde kitozan kaplanan örneklerde 6 log kob/g olurken, kontrol örnekleri için bu değer depolananın 12. gününde 7,88 log kob/g olarak bildirilmiştir. Bu bağlamda araştırmacılar kontrol grubu örnekleri için 9-10 günlük bir raf ömrü belirlemişlerdir. Depolamanın ilk gününde alabalık filetolarının gram-negatif psikrotrofik bakteri sayıları kontrol grubu için 3,85 log kob/g olarak bildirilirken kitozan kaplanan örneklerde bu değer 2,88 log kob/g olarak bildirilmiştir. Araştırmacılar kitozan kaplanan ve aerobik olarak depolanan gökkuşağı alabalığı filetoları örneklerinde gram-negatif psikrotrofik bakteri gelişimlerinin THS gibi olduklarını bildirmişler ve depolamanın 16. Gününde kontrol grubu örnekleri için 8,43, kitozan kaplanan örnekler için 6,79 ve tarçın yağı ile zenginleştirilen örnekler için ise 6,68 log kob/g olarak rapor etmişlerdir.

Campos vd. (2005), sardalya balıklarında (*Sardina pilchardus*) yapmış oldukları çalışmada ozonize buzda depolanan örneklerin duyusal ve mikrobiyal kalite üzerine olan etkilerini incelemişlerdir. Mikrobiyal, kimyasal ve duyusal analizler 22 günlük depolama süresince incelenmiştir. Araştırma sonuçlarına göre sadece eriyen veya yaprak buzda depolanan örnekler sırasıyla 15 ve 8 günlük bir raf ömrüne sahip olurken ozonize eriyen buzda depolanan örneklerin duyusal olarak 19 günlük bir raf ömrüne sahip olduğu bildirilmiştir. Bununla beraber ozonize eriyen buzda depolanan örneklerin aerobik mezofil sayıları, psikrotrofik bakteriler, anaeroblar, koliformlar ile lipolitik ve preteolitik mikroorganizma sayıları üzerine önemli derecede azaltıcı etkisi olduğu rapor edilmiştir.

Sallam vd. (2007) yapmış oldukları çalışmada marine edilip vakum paketlenen *Cololabis saira* balıklarının kalite değişimlerini 4 °C depolama koşullarında 90 gün boyunca incelemişlerdir. Çalışmada başlangıçtaki psikrotrofik bakteri

sayıları çiğ örneklerde 3,95 log kob/g olarak bildirilmiştir. Başlangıç psikrotrofik bakteri sayısının marinasyon işleminden sonra önemli derecede ($p<0,05$) %2 ve 3 asetik asit solüsyonlarında sırasıyla 1,55 ve 1,70 log kob/g olduğu bildirilmiştir. Psikrotrofik bakterilerin gelişim oranının marine edilen örneklerde salamura örneklere göre önemli derecede ($p<0,05$) düşük olduğunu bildirmişlerdir.

Cadun vd. (2008), yapmış oldukları çalışmada biberiye ekstraktı ile marine edilen derin su pembe karidesin (*Parapenaeus longirostris*) raf ömrünü belirlemeyi amaçlamışlardır. Başlangıçtaki toplam bakteri, psikrotrofik bakteri, maya-küf ve LAB sayıları sırasıyla 5,76; 5,25; 1,74 ve 4,04 log kob/g olarak bildirilmiştir. Araştırmacılar mikrobiyal yükün marinasyondan hemen sonra azaldığını belirtmişlerdir. Kontrol ve deney gruplarının toplam bakteri sayıları sırasıyla 1,75 ve 182 log kob/g olarak bildirilmiştir ve depolamanın 75. gününe kadar birbirlerine çok yakın seyrederek depolama sonunda 1,24 ve 1,43 log kob/g olarak rapor edilmiştir. Düşük sıcaklıklarda (1 °C) depolanan kontrol ve deney grunu örneklerinin toplam bakteri sayıları arasında önemli bir farklılık bulunmamıştır ($p>0,05$). Araştırmacılar depolama sonunda örneklerin bakteri yükünün tüketilebilir limitler arasında olduğunu belirtirken raf ömrünü sınırlayan faktörün TBA olduğunu bildirmişlerdir.

Kılınç ve Çaklı (2005) domates sosunda marine edilen ve 4 °C'de depolanan sardalya balıklarının (*Sardina pilchardus*) raf ömrünün belirlenmesi üzerine çalışmışlardır. Marine edilen sardalya balığı filetoları domates sosu, %2 asetik asit, %4 NaCl ve baharatlar ile cam kavanozlarda paketlenmiştir. Sardalya marinatları üzerine 70°C'de 20 dakika olarak yapılan pastörizasyonun etkisi de incelenmiştir. Araştırma sonuçlarına göre çiğ ürünlerin toplam bakteri sayısı, psikrotrofik bakteri sayısı, LAB ve maya-küf sayıları sırasıyla 4,65; 4,88; 3,62; 20/g maya ve 10/g küf olarak bildirilmiştir. Pastörize edilen ve edilmeyen sardalya balığı marinatlarında maya-küf ve psikrotrofik bakteriler 6 aylık depolama periyodu süresince tespit edilmemiştir. Pastörize edilmeyen sardalya balığı marinatlarında toplam bakteri ve LAB sayıları depolamanın başından sonuna 1,83; 1,30 log kob/g'dan 6,36; 5,66 log kob/g'a yükselmiştir. Ancak

pastörize edilen örneklerde toplam bakteri ve LAB sayılarının belirlenebilir limitlerin altında olduğu araştırmacılar tarafından belirtilmiştir.

Kılınç ve Çaklı (2004), yapmış oldukları çalışmada çözdürülüp dondurulan sardalya balığı (*Sardina pilchardus*) filetolarında marinasyon süresince meydana gelen kimyasal, mikrobiyolojik ve duyusal değişimleri incelemişlerdir. Araştırma sonuçlarına göre çiğ materyalin psikrotrofik bakteri sayısı, LAB ve maya-küf sayıları sırasıyla 4,65; 4,88; 3,62 log kob/g 20/g maya ve 10/g küf olarak bildirilmiştir. Sardalya filetoları fiçılara koyulduktan sonra ise tüm bakterilerin inhibe olduklarını bildirmişlerdir.

Hong vd. (2012), düşük konsantrasyonlu tuz ve sukroz'un 4 °C'de depolanan sazan balığı (*Aristichthys nobilis*) filetolarının kalitesi üzerine olan etkisini 16 günlük depolama süresince incelemişlerdir. Araştırmacılar balık örneklerini %1,1 tuz (T1) ve %1,1 tuz + %0,9 (T2) sukroz ile muamele etmişlerdir. Araştırmacılar T1 ve T2 grupları için başlangıçtaki toplam bakteri sayısını yaklaşık olarak 3 log kob/g olarak bildirmişler ve kontrol ve muamele edilen örnekler arasında önemli farklılıkların olmadığını rapor etmişlerdir. Ancak toplam bakteri sayılarının bütün gruplarda zamana bağlı olarak arttığını ve 4°C'de depolanan kontrol grubu örneklerinde 10. Günde 9,14 log kob/g olduğunu belirtmişlerdir.

Stamadis ve Arkouzelos (2007), soğuk şartlar (3 °C) altında depolanan taze fileto edilen sardalya balıklarında (*Sardina pilchardus*) MAP (50% CO₂/50% N₂) ve vakum paket uygulamalarının mikrobiyal, kimyasal ve duyusal kalite göstergeleri üzerine olan etkilerini araştırmışlardır. Araştırma sonuçlarına göre *S. putrefaciens*, pseudomonadlar, *B. thermosphacta*, LAB ve son olarak Enterobacteriaceae familyasının üyeleri taze fileto edilen MAP ve VP uygulanan sardalya balıklarında tespit edilmiştir. Bununla beraber bakteri gelişimleri hava ile paketlenen örneklerde yüksek olurken vakum uygulanan örneklerde daha düşük olarak bildirilmiştir. En düşük bakteri gelişimleri MAP uygulanan örneklerde rapor edilmiştir.

Arkoudelos vd. (2007), yapmış oldukları çalışmada kültüre edilen yılan balıklarında (*Anguilla anguilla*) 0 °C 'de hava, vakum ve MAP (40% CO₂, 30% N₂ and 30% O₂) uyguladıktan sonra meydana gelen kalite değişimlerini incelemişlerdir. Araştırma sonuçlarına göre hava ve vakum paketlenen çiğ yılan balığı örneklerinin duyuşal değeri 11±1 gün ve MAP uygulanan örneklerin ise 18±1 gün olarak bildirilmiştir. Bununla beraber mikrobiyal kalite göstergeleri göz önüne alındığında ise hava, vakum ve MAP uygulanan örneklerin raf ömürleri sırasıyla 18, 28 ve 34 gün olarak araştırmacılar tarafından rapor edilmiştir. Modifiye AP koşullarında bozulma organizmaları LAB, *Shewanella* sp., pseudomonaslar, Enterobacteriaceae ve maya olarak belirtilmiştir. Araştırmacılar toplam bakteri sayısı ve *S.putrefaciens* sayılarını başlangıçta sırasıyla 2,80 ve 1,20 log kob/g olarak bildirmişlerdir. Buna karşılık olarak ise diğeri mikroorganizma sayılarının belirleme limitlerinin altında olduğu rapor edilmiştir. Depolamanın 18. gününde toplam bakteri sayıları hava ile paketlenen örneklerde 7,10 log kob/g olarak bildirilirken vakum ve MAP uygulanan örneklerde bu sayının depolamanın 31 ve 37.gününde sırasıyla 7,40 ve 7,80 log kob/g olduğu belirtilmiştir.

Stamadis ve Arkoudelos (2007), vakum ve MAP uygulanan kolyoz (*Scomber colias japonicus*) balıklarının kalite değeriendirmeş üzerine bir çalışma yapmışlardır. Hava, vakum ve MAP (% 50 CO₂/% 50 N₂) uygulanan kolyoz balıklarının 3 ve 6°C'de depolama sırasında meydana gelen mikrobiyolojik, fiziko-kimyasal ve duyuşal değerişimlerinin incelendiği çalışmada kolyoz balıklarının mikroflorası birincil olarak LAB, *B. thermosphacta* (Gram-pozitif flora) ve ikincil olarak ise pseudomonaslar, *S. putrefaciens*, Enterobacteriaceae (Gram-negatif flora) tarafından oluştđu bildirilmiştir. Modifiye AP uygulanan kolyoz balıklarının bozulması hava ve vakum paketenen örneklere göre daha geç olmuştur. Kolyoz balıklarının başlangıçtaki toplam bakteri sayısı 2,80 log kob/g olarak bildirilmiştir. Diğeri bir yandan ise örneklerin toplam bakteri sayıları 3 ve 6°C'de depolamanın 10. gününde sınır değeri olan 7 log kob/g'ın üzerine çıkmıştır. Dahası, MAP, vakum ve hava ile paketlenen örneklerde depolamanın 15.gününde toplam bakteri sayıları 3°C için 6,60; 7,40 ve 8,40 log kob/g olarak bildirilirken bu sayılar 6°C'de depolanan örnekler için 6,70; 7,80

ve 8,70 log kob/g olarak belirtilmiştir. Örneklerin başlangıçtaki LAB sayıları 1 log kob/g'dan daha düşük olarak bulunmasına rağmen sadece hava ile paketlenen örneklerde depolamanın 13. gününde 3 ve 6°C için 7 log kob/g'ın üzerinde rapor edilmiştir. Depolamanın başında 1,90 log kob/g olarak bildirilen *Pseudomonas* sayıları sadece hava ile paketlenen örneklerde 3 °C 15.günde ve 6 °C 13.günde 7 log kob/g'ın üzerine çıkmıştır. Diğer bir taraftan depolamanın başında 1 log kob/g'ın altında rapor edilen *S. putrefaciens* sayıları hava ile paketlenen kontrol grubu örneklerinde 3 °C 15.günde ve 6 °C'de 10.günde 7 log kob/g'ın üzerine çıkmıştır.

Dondero vd. (2004), yapmış oldukları çalışmada vakum paketlenen salmon (*Salmo salar*) balıklarında depolama zamanının bir fonksiyonu olarak kalite değişimlerini incelemişlerdir. Örnekler farklı sıcaklıklarda (0, 2, 4, 6 ve 8 °C) depolanmış ve depolama süresince örneklerde biyokimyasal, mikrobiyolojik ve duyuşsal değişimler incelenmiştir. Araştırma sonuçlarına göre başlangıçtaki toplam aerobik bakteri sayısı 5,17 ile 5,24 log kob/g arasında değişmiştir. Depolamanın sonunda ise 26, 21, 20, 10 ve 7. Günlerde 0, 2, 4, 6 ve 8°C depolama sıcaklıklarında toplam aerobik bakteri sayıları sırasıyla 6,26; 7,48; 6,65; <8,47 ve 5,88 log kob/g olarak bildirilmiştir. Bununla beraber araştırmacılar toplam anaerobik bakteri sayısını depolamanın başında 4,69 dan 5,28 log kob/g arasında değiştiğini ve bakteri sayılarının depolamanın sonunda sırasıyla 6,29; 6,34; 6,57; <5,47 ve 5,77 log kob/g olarak belirtmişlerdir.

Özoğul ve Özoğul (2004), buzda ve MAP uygulanarak paketlenen gökkuşuğı alabalığında (*Onchorynchus mykiss*) öldürme metotlarının duyuşsal kimyasal ve mikrobiyolojik kalite üzerine olan etkilerini incelemişlerdir. Araştırmacılar iki farklı öldürme metodu (kafasına vurarak öldürme ve buzda öldürme) kullanmışlardır. Örnekler %40 CO₂, %30 N₂ ve %30 O₂ oranında gaz karışımı uygulanarak buzda depolanmışlardır. Araştırmacılar gökkuşuğı alabalıklarının başlangıçtaki bakteri toplam bakteri sayısını 3 log kob/g olarak bildirmişlerdir. Araştırma sonuçlarına göre öldürme metodu ve depolama koşullarına göre örneklerin toplam bakteri sayılarında artış gözlemlenmiş fakat en yüksek artışın buzda öldürme metodunda olduğu belirtilmiştir.

Pastoriza vd. (1996), MAP uygulamasının taze berlam balığı dilimlerinin raf ömrü üzerine olan etkisini araştırmışlardır. Araştırmacılar toplam bakteri sayılarında kontrol ve MAP uygulanan örnekler arasında 24 saatlik depolamanın sonunda önemli ($p<0,05$) farklılıklar belirlemişlerdir. Toplam bakteri sayılarındaki artış depolamanın 7. gününde kontrol grubu örnekleri için önemli derecede ($p<0,05$) rapor edilmiş ve buzda depolamanın 14.gününde kabul edilebilir limit olan 7 log kob/g'ın üzerinde olduğu belirtilmiştir. Buna karşılık olarak MAP uygulanarak paketlenen berlam balığı dilimlerinde 21 günlük buzda depolama sırasında hiçbir örnekte toplam bakteri sayılarının 7 log kob/g'ın üzerine çıkmadığı ve 4,89 ile 5,02 log kob/g arasında değiştiği bildirilmiştir. Depolama süresince MAP uygulanan örneklerde toplam bakteri sayısının önemli derecede değişmediği ($p>0,05$) bildirilmiştir.

Kostaki vd. (2009), yapmış oldukları çalışmada organik olarak kültüre edilen levrek (*Dicentrarchus labrax*) balığı filetolarında MAP uygulamasının ve kekik uçucu yağının mikrobiyolojik, kimyasal ve duyuşal kalitesi üzerine olan kombine etkisini incelemişlerdir. Araştırmacılar, kontrol (A), 2 farklı MAP konsantrasyonu (% 40 CO₂/ % 50 N₂/ % 10 O₂; deneme M1, % 60 CO₂ / % 30 N₂ / % 10 O₂, deneme M2) ve bir kekik uçucu yağ konsantrasyonu (% 0,2 v/w, T) kullanmışlar ve örnekleri buzdolabı koşullarında (4± 0,5 °C) ve 21 gün boyunca depolamışlardır. Deneme çeşidine bağılı olmadan levrek balığı filetolarının dominant mikroflorasının pseudomonaslar ve H₂S üreten bakterilerden oluştuğı bununla beraber LAB de dominant mikrofloranın bir parçası olduğı araştırmacılar tarafından bildirilmiştir. Aerobik olarak depolanan taze levrek balığı filetolarının toplam bakteri sayılarının depolamanın 7. gününde 7 log kob/g'ın üzerine çıktığı ancak A+T, M1, M2 ve M2+T örneklerinde sırasıyla depolama günlerinin 9, 10, 12 ve 19.günlerinde aynı sayıya ulaştığı araştırma sonuçları arasında rapor edilmiştir.

Yesudhasan vd. (2009), *Scomberomorus commerson* balıklarında yapmış oldukları çalışmada MAP uygulanarak termoform kaplarda 0-2 °C'de depolama sırasında meydana gelen kimyasal, tekstürel, mikrobiyolojik ve duyuşal

kalitesini incelemişlerdir. Uskumru balıklarının kasında tespit edilen TMAB sayısı depolamanın başında 4,31 log kob/g olarak rapor edilmiş ve deplamanın ilerleyen 8.gününe kadar artış göstermiştir ve başlangıçtaki değerden 1-2 log kob/g daha fazla bildirilmiştir. Örneklerin duyuşal olarak reddedildiği 14.günde hava ile paketlenen uskumru balıklarının TMAB sayıları 7 log kob/g'dan daha fazla bulunmuştur. MAP uygulanan örneklerde depolamanın 14.gününe kadar bakteri sayılarında dalgalanmalar gözlemlenmiştir. Örneklerin duyuşal olarak reddedildiği depolamanın 23.gününde ise bakteri sayıları 7 log kob/g'a ulaşmıştır. Duyusal ve mikrobiyolojik parametreler göz önüne alındığında MAP uygulanan uskumru balıkları için 21 günlük bir raf ömrü ve hava ile paketlenen örneklerde ise 12 günlük bir raf ömrü bildirilmiştir.

Vishwanath vd. (1998), yapmış oldukları çalışmada taze ve dumanlanan *Monopterus albus*'un biyokimyasal, besinsel ve mikrobiyolojik değişimlerini incelemişlerdir. Araştırmacılar toplam aerobik bakteri sayısını ve toplam küf sayısını taze yılan balıklarında 6-7 log kob/g ve 2 log/g olarak ve dumanlanan örneklerde 9-10 log-kob/g ve 5 log kob/g olarak tespit etmişlerdir.

Leori vd. (2000), soğuk dumanlanan salmon balıklarında tuz ve duman etkisinin 5°C'de depolama sırasında meydana getirdiği mikrobiyolojik değişimleri faktöryal dizayn metoduna göre incelemişlerdir. VP örneklerde tuz ve dumanın soğuk dumanlanan salmon balığı örneklerinin doğal mikroflorası üzerindeki etkisini 5 hafta boyunca izlemiştir. Kuadratik polinomial fonksiyon toplam bakteri sayısı, LAB, Rogosa Agar da belirlenen laktobasil sayısı, H₂S üreten bakteriler ve maya sayıları gibi faktörlerin bir fonksiyonu olarak kullanılmıştır. Araştırmacıların kullandığı toplam bakteri için geçerli Fransız Standardı (<6 log/g)'na göre en az % 2,4 (wt/wt) tuz ve 0,6 mg/100 g fenol içeren örnekler bu standardı 5°C'de 4 hafta boyunca korumuşlardır. Fenol seviyesi göz önüne alınmadan ise %3'ün üzerindeki tuz seviyelerinde toplam bakteri standardı korunmuştur.

Hansen vd. (1995), tuz ve depolama sıcaklığının soğuk dumanlanan salmon balıklarının kimyasal, mikrobiyolojik ve duyuşal kaliteleri üzerinde meydana

getirdiği değişimleri incelemişlerdir. Araştırmacılar VP soğuk dumanlanan salmon balıklarında iki farklı sıcaklık (5 ve 10 °C) ve tuz (%2,2 ve 4,6) seviyelerinde full faktöryal deneme deseni kullanarak kalite değişimlerini gözlemişlerdir. Uygulanan bütün muamelelerde mikrobiyal bozulma karakteristikleri tipik olarak rapor edilmiş ve TBS, toplam psikrotrofik bakteri sayısı, LAB ve Enterobacteriaceae sayıları ile duyusal değişimler arasında bir ilişki bulunamamıştır. TBS duyusal olarak reddedilen örneklerde 8 log kob/g'a ulaşmıştır.

Jonsdottir vd. (2008), yapmış oldukları çalışmada soğuk dumanlanan salmon balıklarında (*S. salar*) kalite indikatörlerinin hızlı tespiti için uçucu bileşiklerin kullanılmasını araştırmışlardır. Farklı dumanlama yerlerinde (A, B, C ve D) hazırlanan örnekler 5 ve 10°C'de depolanmıştır. Mikroorganizma sayılarının örneklere göre farklılık gösterdiği araştırmacılar tarafından bildirilmiştir ve başlangıçtaki toplam bakteri sayısının en yüksek olduğu grup D tesisinden alınan örneklerde rapor edilmiştir. Örneklerin duyusal olarak reddedildiği zaman toplam bakteri sayıları tipik olarak 7-8 log kob/g olarak bildirilmiştir. Sadece D fabrikasından alınan örneklerde depolamanın 4.gününde toplam bakteri sayıları 7 log kob/g'a ulaşmıştır. Araştırma sonuçlarına göre LAB bütün örneklerde predominant olarak bildirilmiş ve LAB sayılarının 10°C'de depolanan örneklerde toplam bakteri sayıları ile benzer olduğu araştırmacılar tarafından rapor edilmiştir.

2.4. Mikrobiyal Modelleme

Bir balığın raf ömrü sudan çıktığı andan itibaren tüketim için uygun olmadığı zamana kadar olan süreyi tanımlamaktadır. Taze ve dondurulmuş balıkların raf ömrü pazarlama için çok önemlidir. Sıcaklık ve uygulanan işlemler bütün balık türlerinin raf ömrünün belirlenmesinde en önemli faktördür. Sıcaklık bakteriyel bozulmayı ve enzim yıkımını kontrol eden bir faktör olduğundan yüksek sıcaklıklarda balıklar daha hızlı bozulmaktadır (Connell, 1990). Taze su ürünleri bozulmaya karşı çok hassastır. Raf ömrünü sınırlayan asıl faktörler enzim ve mikrobiyolojik aktivitelerdir. Taze av/hasat yapılmış balık yaşadığı çevre, su

sıcaklığı, hasat yeri, uygulanan işlemlere bağlı olarak çeşitli mikrobiota ile doğal olarak kontaminedir (Jay, 1992). Balık türlerinin raf ömrü yakalama alanı, mevsim, rigor mortis süresi, yağ oranı, balığın iç şartları ve yakalama ve muamele şekline bağlı olarak değişkenlik gösterebilir (Huss, 1995). Çoğu deniz balıklarının raf ömrü buzda 2-24 gün, 5°C'de 5 gün ve 10 °C'de 3 gün olarak tahmin edilmiştir (Huss, 1995). Taze hasat edilmiş balığın raf ömrü bakteriyel floraya, depolama sıcaklığına, işleme tekniğine ve balığın fizyolojik şartlarına bağlıdır. Raf ömrü taze veya işlenmiş olan nihai balık ürününün kalitesini yansıtmaktadır. Soğutulmuş balık ürünlerinin sınırlı ve değişken raf ömrü ürünlerin kalite güvenliği ve ticareti açısından büyük bir problem oluşturmaktadır. Soğutulmuş taze balıkların bozulması esas olarak bakteriyel aktiviteye atfedilmekte ve duyuşal özelliklerinde değişiklikler olarak ortaya çıkmaktadır (Gram ve Huss, 1996). Taze balığın raf ömrünü sınırlayan asıl faktör mikrobiyel aktivite olmakla birlikte 0 °C'de balığın tazeliği bakteriyel sayılar önemli ölçüde artmadan önce kaybolmaktadır (Mazorra-Manzano vd., 2000). Tahmini raf ömrünü etkileyen çok sayıda faktör vardır fakat balığa uygulanan işlemler kritiktir. Ayrıca balık yakalandıktan sonra çabuk soğutma, kan akıtma tekniği, depolamada sıcaklık dalgalanması, av/hasat malzemesi, mevsimsellik ve av/hasat yeri gibi faktörler eğer balıklar buzda optimum şartlarda tutulursa etkiye sahiptirler (Martinsdottir vd., 2001).

Prediktif mikrobiyoloji mikroorganizma popülasyonlarının fiziksel, kimyasal ve biyolojik değişimlerinin dinamiklerini (gelişim, yaşama) işleme, taşıma, dağıtım ve depolama süresince matematiksel olarak uygulayan uygulamalı bir gıda bilimidir. Prediktif mikrobiyoloji 1980'lerde gelişmeye başlamasına rağmen (Buchanan, 1993) mikrobiyal raf ömrü tahminlerinde, kalite kontrol ve risk değerlendirmelerinde sıklıkla kullanılan bir konu haline gelmiştir (Huang, 2014). Esasen prediktif mikrobiyolojide yeni olan konunun varlığı değil uygulanmasıdır. Yapılan çalışmalarda araştırmacılar mikroorganizmaların hayatta kalmalarını (Esty ve Meyer 1922) ve gelişimlerini (Monod, 1949) endüstriyel mikrobiyolojide kullanmışlardır. Ancak araştırmacılar gıda mikrobiyolojisi alanının kendine ait modelleri oluşturmasını ve amaçları farklı olan ve endüstriyel mikrobiyolojide kullanılan modellerden ayırmasının

gerekliliğini vurgulamışlardır (Baranyi ve Roberts, 1994; Fakruddin vd., 2011). Matematiksel modeller hücre düzeyinde meydana gelen değişimleri tahmin edebilir ve modeli kullanmak için oluşturulan hipotezler tekrar edilebilir deneysel verilere dayanmaktadır (Stelling, 2004). Ürünlerin kalitelerini ve raf ömürlerini belirleyebilmek için geleneksel olarak raf ömrü-rekabet testleri yapılmaktadır ve bu testlerin ürünün kalitesini ve raf ömrünü etkileyebilecek olan bazı parametrelerde (sıcaklık, pH, atmosfer, organik asit, tuz vb.) meydana gelen değişimler için her seferinde tekrar kurulması gerekmektedir. Ancak matematiksel olarak geçerliliği (validasyonu) sağlanmış modellerin kullanılmasına olanak sağlayan ve prediktif mikrobiyoloji olarak adlandırılan bu bilim dalı araştırmacıları gıdaların kalite ve raf ömürlerini belirlemede yeni yaklaşımlara yönlendirmiştir (Roberts, 1998).

Prediktif mikrobiyoloji matematik ve mikrobiyoloji alanlarının bir araya gelmesiyle oluşan bir bilim dalı olmasından dolayı bu alanın oluştuğu ve araştırmacıların kullanmaya başladığı zamanlarda kullanılan modellerin de terminolojileri bulunmamaktaydı. Bu bağlamda yapılan çalışmalarda kullanılan modellere ilişkin olarak genellikle istatistikî terimler bu modellere uygulanmaya çalışılmıştır. Araştırmacılar yeni oluşan ve prediktif mikrobiyoloji teriminin kullanıldığı bu alanda kullanılabilir olan bir terminoloji oluşturmaya çalışmışlardır. Bu kapsamda Davey (1992), yapmış olduğu çalışmada model tanımı ve geliştirilmesi için açık bir çağrıda bulunmuştur. Buna karşılık olarak Whiting ve Buchanan (1993), yapmış oldukları çalışmada prediktif mikrobiyolojinin gelişmesine katkı sağlayacak şekilde modelleri sınıflandırmışlardır ve araştırma sonuçlarına göre de bu alanda kullanılabilir modellerin birincil, ikincil ve üçüncül modeller olarak adlandırılması gerektiği sonucuna varmışlardır (Genç ve Diler, 2017).

2.4.1. Birincil gelişim modelleri

Whiting ve Buchanan (1993), yapmış oldukları çalışmada prediktif mikrobiyolojide kullanılan birincil modeller mikroorganizma sayılarının zamana göre belirlendiği ve tek bir takım koşulun belirtildiği modeller (örn. bakteri sayısı-zaman) olduğunu bildirmişlerdir. Bununla beraber araştırmacılar bakteri sayılarının bu durumda dökme/yayma plak yöntemi, direkt mikroskopi, en yüksek olasılık sayısı (most probable number) ve test kitleri ile direkt olarak, ışık yoğunluğu (absorbans) iletkenlik ve empedans yöntemleri gibi direk olmayan yöntemlerle belirlenebildiği gibi mikroorganizma faaliyetleri sonucu oluşan metabolitlerin seviyeleri ile de belirlenebildiklerini rapor etmişlerdir. Su ürünleri ve gıdaların raf ömürlerinin tahmin edilmesi için kullanılan bazı birincil modeller mantıksal fonksiyon (Dalgaard, 1995) (Eşitlik 2.1), modifiye edilen Gompertz fonksiyonu (Zwietering vd., 1990) (Eşitlik 2.2) ve Baranyi modeli (Baranyi vd., 1993) (Eşitlik 2.3) olarak karşımıza çıkmaktadır.

$$\text{Log } N(t) = \log \left(N_{min} + \frac{(N_{max} - N_{min})}{(1 + \exp(-\mu_{max}(t-t_i)))} \right) \quad (2.1)$$

$$y = A \exp(-\exp(\mu_{max}e/A(\lambda-t)+1)) \quad (2.2)$$

$$y(t) = y_{max} - \ln(1 + (e^{-y_{max}-y_0}-1)e^{\mu_m A_n(t)}) \quad (2.3)$$

Eşitliklerde belirtilen (N) ve y hücre sayısı, μ_{max} maksimum spesifik gelişim oranı, A asimptotik hücre sayısı, λ bakteri gelişiminin lag fazını, t zamanı (saat) ifade etmektedir.

2.4.2. İkincil gelişim modelleri

Gıdalarda kullanılan ikincil gelişim modelleri mikroorganizmaların gelişimlerini çevresel faktörlere (sıcaklık, atmosfer, pH, organik asit, su aktivitesi vb.) bağlı olarak tanımlayan modellerdir (Whiting ve Buchanan, 1993). Bu kapsamda ikincil gelişim modelleri Arrhenius eşitliği (Fu vd., 1991) (Eşitlik 2.4); Ratkowsky modeli (Ratkowsky vd., 1991) (Eşitlik 2.5) ve Yüzey Cevap Modeli (Buchanan ve Philips, 1990) (Eşitlik 2.6) olarak bildirilmiştir.

$$\ln(N/N_0) = kt = k_0 \exp (-E_A/(RT))t \quad (2.4)$$

$$\sqrt{k} = b(T - T_{min}) \quad (2.5)$$

$$Y = \beta_0 + \beta_1.D + \beta_2.T + \beta_3.A + \beta_4.D.T + \beta_5.D.A + \beta_6.T.A + \beta_7.D.D + \beta_8.T.T + \beta_9.A.A \quad (2.6)$$

Eşitlik (2.4)'de (N); hücre sayısını, k_0 ; frekans faktörü, T; kesin sıcaklık (Kelvin), R; üniversal gaz sabiti ve E_A ; aktivasyon enerjisini, eşitlik 2.5'de \sqrt{k} ; maksimum spesifik gelişim oranını, b; eşitlik sabitini, T; sıcaklık (°C) ve eşitlik 2.6'da Y; tahmin edilen cevap değişkenini, (D); depolama zamanını, (T); sıcaklık, (A); çevresel etkiyi β_i ; regresyon sabitlerini ifade etmektedir.

2.4.3. Üçüncül modeller

Prediktif mikrobiyolojide kullanılan üçüncül modeller modelleme işleminin en son kısmını oluşturmaktadır. Geliştirilen modeller hedef mikroorganizmaların sayılarını zamana veya çevresel faktörlere göre belirlemesine karşılık, kullanılan modellerin karmaşık yapısından kaynaklı olarak kullanımlarında halen bazı eksiklikler bulunmaktadır. Geliştirilen modellerin karmaşık yapısının bir sonucu olarak bu modellerin kullanımı endüstriyel ve bazı durumlarda ise akademik kullanım ile sınırlıdır. Bu kapsamda geliştirilen modellerin bir yazılıma uygulanması bu modellerin hem daha geniş kapsamlı kullanılmasını hem de kullanım kolaylığı sağlamaktadır. Bu kapsamda geliştirilen bazı çevrimiçi, kurulum ile elde edilen ve ticari yazılım uygulamaları bulunmaktadır. Bu uygulamalardan bazıları Food Spoilage and Safety Predictor (FSSP™), Combase, Pathogen Modeling Programme (PMP), Food MicroModel, Risk Ranger, MicroHibro. Geliştirilen yazılım uygulamalarına ilişkin kullanım koşulları ve uygulamaları Genç vd. (2016), tarafından detaylı olarak açıklanmıştır.

Son yıllarda prediktif mikrobiyolojide kullanılan modellerin gıda, ilaç ve özellikle su ürünlerinde öneminin arttığı bilinmektedir. Üçüncül modellerin (yazılım uygulamaları) prediktif mikrobiyolojide biyolojik işlemin

canlandırılması açısından kullanımının da arttığı bilinmektedir. Bununla beraber üçüncül modelleme kullanıcılara kullanıcı-dostu ara yüzlere sahip olmasından kaynaklı olarak uygulama kolaylığı da sağlamaktadır. Ayrıca geliştirilen modellerin kullanılabilmesi için matematik konusunda uzman olma gerekliliğinin de önüne geçilmiştir. Bu bağlamda prediktif mikrobiyolojinin gelişmesinde üçüncül modellerin büyük bir önemi vardır.

2.5. Su Ürünlerinde Geliştirilen Raf Ömrü Tahmin Modelleri

Koutsoumanis (2001), çipura balıklarında doğal mikrofloranın davranışlarını farklı izotermal şartlar altında (0-15°C) aerobik ortamda depolama yaparak incelemiştir. Aerobik ortamda depolanan çipura balıklarında SBO olan Pseudomonadların gelişim verileri daha önce yayınlanan denemelerin verileri ile kombine edilerek sıcaklığın pseudomonadların gelişimine etkisini modellemek için kullanılmıştır. Model parameterlerini belirlemek için Belehradek tipi model kullanılmıştır. Belehradek modeli için T_{min} değerlerinin μ_{max} ve lag fazı (t_{Lag}) için sırasıyla -11,8 ve -12,8 °C olarak belirlenmiştir. Çipurada gelişen pseudomonadlar için geliştirilen modelin uygulanabilirliği dinamik şartlar altında depolanan balıklarda gelişen mikroorganizmaların gözlenen ve tahmin edilen değerleri karşılaştırılarak değerlendirilmiştir. Dinamik şartlar için gerekli olan sıcaklık senaryoları laboratuvarında belirlenmiştir. Gerçek sıcaklık değerleri için ise soğuk zincirde gözlenen değerler kullanılmıştır. Karşılaştırma göstergeleri için bias ve doğruluk faktörleri kullanılmış ve sırasıyla 0,91 – 1,17 ile 1,11 – 1,17 olarak bildirilmiştir. Pseudomonadların gelişimine dayalı gözlenen raf ömrü ve duyusal değerlendirme sonucunda elde edilen raf ömrünün yüzde olarak farkı % 5,8 olarak bildirilmiştir. Bu durumun modelin gerçek koşullarda çipura balıklarının raf ömrünü doğru olarak tahmin edebildiğini gösterdiği araştırmacılar tarafından belirtilmiştir.

Taokis vd. (1999), yapmış oldukları çalışmada kupez balıklarında değişken depolama şartlarında zaman-sıcaklık entegrasyonunu ve tahmini modellemeyi raf ömrü kontrolünde kullanmışlardır. Doğal mikrofloranın ve SBO'nun

(*pseudomonas* ve *S. putrefaciens*) farklı sıcaklıklardaki davranışlarını modellemişler ve dnyusal olarak tespit edilen raf ömrü ile ilişkilendirmişlerdir. Sıcaklık bağıntılı maksimum gelişim oranları Arrhenius ve kare-kök bozulma modeline göre değerlendirilmiştir. Araştırmanın sonuçlarına göre zaman-sıcaklık entegrasyonunda raf ömrü tahmini modellerinin kullanılabilirliği ve doğruluğu ispatlanmıştır.

Yapılan bir çalışmada paketlenen morina balığının satış seviyesinde raf ömrü ve kalite değişimleri incelenmiştir (Mai vd., 2011). Çalışmada yeni bir fotokromik sıcaklık-zaman indikatörünün farklı koşullarda depolanan paketlenmiş morina balığı filetolarında kullanılabilirliği araştırılmış ve kare-kök bozulma modeli ile bu indikatörün uygulanabilirliği doğrulanmıştır.

Koutsoumanis ve Nychas (2000), yapmış oldukları çalışmada balıklarda hızlı bir raf ömrü tahmin modelinin geliştirilmesini araştırmışlardır. Sistemantik deney prosedürünün uygulandığı bu çalışmada doğal olarak kontamine olmuş çipura balıklarında (*Sparus aurata*) farklı sıcaklıklarda *Pseudomonas*, *S. putrefaciens*, Enterobacteriaceae, LAB ve mayaların gelişimlerini incelemişler ve modellemişlerdir. Çalışmanın sonuçlarına göre doğal yolla kontamine olmuş balıklarda ve bu balıklardan izole edilen bakterilerin steril balık bloklarına bulaştırılması ile yapılan çalışmalarda pseudomonasların iyi bir bozulma indeksine sahip oldukları kanaatine varılmıştır. Geleneksel yöntemler ve iletkenlik metoduna dayalı maksimum gelişim oranlarının belirlendiği çalışmada iletkenlik metoduna göre belirlenen bakteri kinetiklerinin raf ömrü tahminlerinde daha hassas sonuçlar verdiğini vurgulamışlardır.

Tsironi vd. (2009), farklı sıcaklıklarda depolanan dondurulmuş karideslerde raf ömrü tahmin modelinin geliştirilmesi üzerine çalışmışlardır. Araştırmacılar yapmış oldukları çalışmada dondurulmuş karideslerde değişken depolama koşullarının raf ömrü ve kalite karakteristikleri üzerine olan etkisini araştırmayı amaçlamışlardır. Sıcaklık bağıntılı kalite kayıpları Arrhenius eşitliği kullanılarak modellenmiş ve aktivasyon enerjisi 118'den 156 kJ/mol'e kadar değişkenlik

göstermiştir. Çalışmada geliştirilen modeller değişken sıcaklık-zaman koşullarında test edilmiş ve gerçek soğuk zincir koşulları için doğrulanmıştır.

Dalgaard ve Koutsoumanis (2001), farklı matematiksel modeller ile absorbans ve TCS ile elde edilen maksimum büyüme oranlarını ve lag zamanlarını karşılaştırmışlardır. Çalışmada toplamda 176 gelişim eğrisi ve 120 absorbans belirlenme zamanı tespit edilmiştir. Araştırma sonuçlarına göre Absorbans belirlenme zamanı için maksimum büyüme oranı ve lag zamanı belirlenmesi Richards modelinin kullanılmasıyla daha doğru sonuçlar verdiğini ortaya koymuştur. Değerlendirilen diğer matematiksel modeller için (Gompertz, Exponential ve Logistic) araştırmacıların çok sayıda gelişim oranının belirlenmesi gerektiğinden bu modellerin kullanılmasının bazı kısıtlamalara sebep olacağını vurgulamışlardır.

Yapılan bir çalışmada paketlenen morina balığının satış seviyesinde raf ömrü ve kalite değişimleri incelenmiştir (Mai vd., 2011). Çalışmada yenir bir fotokromik sıcaklık-zaman indikatörünün farklı koşullarda depolanan paketlenmiş morina balığı filetolarında kullanılabilirliği araştırılmış ve kare-kök bozulma modeli ile bu indikatörün uygulanabilirliği doğrulanmıştır.

Tsironi vd. (2010), çipura balıklarında (*S. aurata*) mikrobiyal bozulmayı modellemeyi ve farklı koşullar altındaki (Osmotik muamele, MAP ve Nisin) raf ömrünü belirlemeyi amaçladıkları çalışmada soğuk muhafaza edilen çipura balıklarında kinetik bozulma modellerini oluşturmuşlardır. Çalışmada aerobik şartlarda dominant mikroflorayı ve SBO *Pseudomonas*'ların oluşturduğunu belirten araştırmacılar, MAP ile (% 50 CO₂ - %50 O₂) floranın baskılandığını da eklemişlerdir Sıcaklık bağımlı raf ömrü tahmininde ise LAB gelişimine bağlı olarak Arrhenius modelini kullanmışlardır. Araştırmanın sonuçlarına göre LAB gelişim oranları ve kullanılan modelin soğuk muhafaza edilen çipura balıklarında gerçekçi ve hassas bir raf ömrü tahmin modeli olduğunu belirtmişlerdir.

Dabade vd. (2015), tropikal acısu karidesinde (*Penaeus notialis*) farklı depolama sıcaklıklarında (0, 7 ve 28 °C) bozulma, raf ömrü tahmini ve potansiyel bozulma organizmalarını incelemişlerdir. H₂S üreten bakteriler 7 ve 28°C'de depolanan örneklerde dominant mikroflorayı oluştururken *Pseudomonas* spp. nin 0 °C'de dominant olduğu araştırmacılar tarafından bildirilmiştir. Bununla beraber araştırmacılar doğal kontamine olmuş karideslerde raf ömrü tahmininde bulunabilmek için bakteri sayısının sıcaklığın bir fonksiyonu olarak tanımlayarak emperik bir model geliştirmişlerdir.

Dalgaard (1995a), paketlenen balıklarda bulunan bakterin kalitatif ve kantitatif karakterizasyonu üzerine yaptığı çalışmada *P. phosphoreum*'un sayısının artmasının MAP morina balıklarında bozulmaya sebep olduğunu bildirmiştir. Bunun yanında aerobik olarak muhafaza edilen morina balıklarında bozulmanın *S. putrefaciens* ve *P. phosphoreum* tarafından oluştuğunu da belirtmiştir.

Giannakourou vd. (2001), soğuk gıda zincirinde kalite optimizasyonu için akıllı bir raf ömrü karar sistemi geliştirmeyi amaçlamışlardır. Yapılan çalışmada soğuk zincirde başlayan ve raf ömrü sonuna kadar devam eden bir raf ömrü karar sistemi geliştirilmiş olup bu sistem prediktif kinetik modelleri, gıdanın başlangıçtaki kalitesinin içeren verileri ve raf ömrü süresince meydana gelen değişimleri içeren bilgileri barındırma olduğu bildirilmiştir. Araştırmacılar raf ömrü karar sisteminin uygulanabilirliğini ve etkinliğini gıdanın bozulmasının incelenmesi ve sıcaklık-zaman göstergelerinin kinetikleri ile Monte Carlo simülasyonunun soğuk zincire uygulanmasıyla doğrulamışlardır.

Dalgaard (1995b), yapmış olduğu çalışmada MAP morina (*Gadus morhua*) balıklarında mikrobiyal aktivitenin modellenmesi ve raf ömrü tahminini araştırmıştır. Paketlenen morina balıklarında SBO *P. phosphoreum* ve *S. putrefaciens*'in (aerobik şartlarda) gelişim kinetiklerini belirlemiş ve modellemiştir. Araştırma sonuçlarına göre MAP ve CO₂'ye dirençli olan *P. phosphoreum*'un belirtilen şartlardaki modellemesinin geçerli ve hassas olduğunu bildirirken CO₂'ye karşı hassas olan *S. putrefaciens* 'in bu şartlardaki modellerinin zayıf olduğunu vurgulamış ve raf ömrü tahmininde

kullanılmasının gerçekçi olmayacağı kanaatine varmıştır. Bunun yanında mikrobiyal modellemede SBO'nun dominant mikrofloradan daha etkili olduğunu da bildirmiştir. Gelişim eğrileri için logaritmik tabana çevrilmiş Logistic modellerin seçildiğini ve MAP'ın maksimum gelişim oranları üzerine etkilerinin belirlenmesinde ise 2-parametrelili karekök bozulma modelinin kullanılmasının yeterli olacağını belirtmiştir.

Yapılan bir çalışmada araştırmacılar zaman-sıcaklık etiketlerinin seçimi ve tahmin modellerinin donmuş su ürünlerinde kalite özelliklerinin izlenebilirliğini incelemiştir (Giannoglou vd., 2014). *Prionace glauca* dilimleri ve kalamarda ürün kalitesi ve uygun zaman-sıcaklık göstergelerinin seçilmesi için kinetik modellerin oluşturulmasını amaçlayan çalışmada aktivasyon enerjisi (E_a) 110 dan 120 kJ/mol olarak bildirilmiştir. Geliştirilen model seçilen su ürünlerinde doğrulanmıştır.

Dalgaard vd. (1997), MAP uygulanan morina balıklarında mikrobiyal model ve raf ömrü tahmin modelinin geliştirilmesi üzerine yapmış oldukları çalışmada tekrarlı yaklaşımı değerlendirmişlerdir. Spesifik bozulma organizmaları üzerindeki sıcaklık (0-15°C) ve CO₂'nin (% 0-100) etkisini incelemiştir. Çalışmada *P. phosphoreum*'un gelişimi morina balıklarında ve sıvı besi yerlerinde çalışılmıştır. Sıcaklık ve CO₂ nin bakterilerin gelişimi üzerine olan etkisinin sıvı besi yerinde ve morina balıklarında incelenmesi sırasında karekök bozulma modeli ve polinomik eşitlik kullanılarak belirlenmiştir. Araştırmanın sonuçlarına göre raf ömrü tahmin modeli için kullanılan karekök bozulma modeli ve polinomik eşitliklerin standart sapma değerleri sırasıyla % 17 ve % 9 olarak bildirilmiştir.

Tsironi vd. (2011), yapmış oldukları çalışmada MAP uygulanan çipura balığı filetolarında raf ömrü izlemesi yapılabilmesi için prediktif modelleme ve zaman sıcaklık indislerinin seçilmesini araştırmışlardır. Araştırmacılar çalışmanın amacının MAP uygulanan çipura balığı filetolarında geliştirilen kinetik modelin doğrulanması ve uygun zaman-sıcaklık indislerinin seçilmesi olduğunu bildirmişlerdir. Bu bağlamda araştırmacılar kinetik modellerin geliştirilmesi için

Arrhenius modelini 0-15°C ve % 20-80 CO₂ aralığında uygulamışlardır. Bu modelin kullanılması çipura balığı filetolarında kalitenin izlenebilirliğini sağladığı bildirilmiştir.

Lyhs vd. (2001), yapmış oldukları çalışmada vakum paketlenen 'gravad' (şeker ve tuz ile muamele edilen balık) gökkuşığı alabalıklarında (*Onchorynchus mykiss*) mikrobiyal kalite ve raf ömrünü 3 ve 8°C'de incelemişlerdir. Mikrobiyal açıdan mesofilik, psikrofilik aerobik bakteriler, H₂S üreten bakteriler ve LAB incelemişlerdir. Bakterilerin gelişim oranları için 4-parametrel Gompertz modeli ve Baranyi modelini kullanmışlardır. TMAB sayılarının raf ömrü tahminlerinde kullanılabileceğini belirten araştırmacılar, gökkuşığı alabalıklarında spesifik bozulma mikroorganizmalarının belirlenemediğini ve belirlenmesi gerektiğini böylelikle taze ve işlenmiş gökkuşığı alabalıklarında raf ömrü tahmini ve bakterilerin gelişim oranlarının daha hassas ve doğru bir şekilde belirlenebileceğini araştırmanın sonunda vurgulamışlardır.

Olafsdottir vd. (2006), yapmış oldukları çalışmada mezgit balığı (*Melanogrammus aeglefinus*) filetolarında depolama sıcaklığının mikrobiyal bozulma üzerine olan etkisini çok yönlü kalite tahmin metodu kullanarak incelemişlerdir. Araştırmacılar mezgit balığı filetolarını strafor kutularda 0, 7 ve 15 °C ve değişken sıcaklıklarda raf ömrü sonuna kadar depolamışlardır. Araştırma sonuçlarına göre *P. phosphoreum* bozulma sırasında predominant olarak bildirilmiştir. Mezgıt balığı filetolarında *Pseudomonas* spp. tatlı, bozuk meyve kokusundan sorumlu olduğu araştırmacılar tarafından belirtilmiştir. Kısmi en küçük kareler regresyonu (PLSR) spesifik bozulma mikroorganizmalarının bozulma potansiyellerini incelemek için kullanılmıştır. PLSR modellerinden elde edilen en iyi tahminlerin beş değişkene dayandığı bildirilmiştir. Bu değişkenlerin de elektronik burun sensörleri (CO, NH₃ ve H₂S), pseudomonas sayısı ve sıcaklık-zaman değişkeni olduğu belirtilmiştir. Geliştirilen model kullanılarak elde edilen tahmin değerleri ile gözlenen değerlerin farklı sıcaklıklarda depolanan mezgit balığı filetolarında iyi bir uyum içerisinde olduğu araştırmacılar tarafından bildirilmiştir.

Yao vd. (2011), havuz balığı (*Carassius carassius*) tazeliğinin elektiriksel iletkenlik ve tazelik indikatörlerine dayalı olarak kinetik modellemesinin belirlenmesini amaçlayan bir çalışma yapmışlardır. Sazanların soğuk zincir süresince kalite değişimlerinin çalışılabilmesi için farklı sıcaklıklarda depolanan sazan balıklarında kinetik modeller geliştirilmiştir. Elektriksel iletkenlik (EC) ve tazelik indikatörleri (TVB-N, toplam aerobik canlı ve K-değerleri) 270, 272, 277, 282 ve 288 K'de çin sazanı kalitesi ve depolama koşulları arasındaki etkileşimin belirlenebilmesi için değerlendirilmiştir. Kinetik modeller Arrhenius eşitliğine göre geliştirilmiştir. Çalışmanın sonunda bozulma mikroorganizmaları belirlenmeden toplam canlı sayısına göre Arrhenius eşitliğinin çin sazanının kalitesinin erken tahminlerinde kullanılabileceği vurgulanmıştır. Ancak daha hassas ve doğru sonuçlar için SBO'larının belirlenmesi gerektiği belirtilmiştir.

Corbo vd. (2005), yaptıkları çalışmada morina balığı filetolarında paketleme atmosferi ve sıcaklığın etkisini incelemişlerdir. Araştırmacılar farklı sıcaklıklarda (4-12°C) düşük (%5) ve yüksek (%80) oksijen seviyeleriyle paketlenen morina balığı filetolarının doğal mikroflorasının (TBS, toplam koliform, psikrotrofik bakteriler ve LAB) davranışlarını gözlemlemişlerdir. Araştırma sonuçlarına göre TBS ve koliform bakterilerin gelişim verileri paket atmosferi ve sıcaklığın etkisinin modellenmesinde kullanılabileceği bildirilmiştir. Araştırmacılar 4 °C'de depolanan vakum paketlenen ve düşük oksijen ile MAP uygulanan morina balığı filetolarının raf ömrünün (6,00 ve 5,42 gün) diğer MAP uygulanan konsantrasyonlara göre daha yüksek bir raf ömrüne (1,96 ve 2,62 gün) sahip olduğunu bildirmişlerdir. Araştırmacılar ayrıca kinetik modellemenin balıklarda kalite kayıplarının modellenmesinde uygun bir yöntem olduğunu vurgulamışlardır.

Genç vd. (2013), yapmış oldukları çalışmada soğuk depolamanın vakum ve atmosferik hava ile paketlenen sariağz balığı (*Argyrosomus regius*) filetolarının kalitesi üzerine olan etkisini incelemişlerdir. Kalite indikatörleri olarak TVB-N, TMA-N, pH, mesofilik ve psikrofilik aerobik bakteri, LAB, Enterobacteriaceae, H₂S üreten bakterilerin incelendiği çalışmada mikrobiyal gelişime bağlı raf ömrü tahmin modeli sabit sıcaklıkta depolanan sariağz balığı filetoları için

geliştirilmiştir. Bakterilerin gelişim parametrelerinin belirlenmesi için kare kök bozulma modeli kullanılmıştır. Raf ömrü tahmini ise 2 parametrelili logistic modele göre yapılmıştır. Araştırmanın sonuçlarına göre toplam mesofilik ve psikrofilik bakterilerin maksimum gelişim oranları H₂S üreten, LAB ve Enterobacteriaceae sayılarına göre modelde daha iyi performans göstermiş ve raf ömrü tahminlerin kullanılabilirliği çalışmada kanıtlanmıştır. Ancak araştırmacılar soğuk depolanan sarıağız balığı filetolarında dominant mikrofloranın ve SBO'larının belirlenmesinin gerektiğini vurgulamışlardır.

Dalgaard ve Jorgensen (2000), pişirilip marine edilen ve MAP uygulanan karideslerde (*Pandalus borealis*) raf ömrünü farklı sıcaklıklarda (0, 5, 8, 15 ve 25 °C) araştırmışlardır. Sıcak ve soğuk sulardan olmak üzere iki farklı kaynaktan alınan karidesler benzoik, sitrik ve sorbik asit içeren sodyum klorit içerisinde marine edilmişlerdir. Araştırma sonuçlarına göre 0 °C'de depolanan örneklerin raf ömrü 7 ay'dan daha uzun olurken 25 °C'de depolanan örnekler için ise 4-6 gün olarak bildirilmiştir. Raf ömrü üzerine etkisi olan sıcaklığın aktivasyon enerjisi 100 kJ mol⁻¹ 'den yüksek bulunmuştur. Bununla beraber raf ömrü tahmin modeli geliştirmek için basit ve emperik modeller bu çalışmada kullanılmıştır.

Zhang vd. (2011), ot sazanı ile (*Ctenopharyngodon idellus*) yapmış oldukları çalışmada farklı sıcaklıklarda depolanan balıklar için kalite tahmini yapabilen kinetik bir model geliştirmişlerdir. Tazelik değişimleri ve sıcaklık arasındaki ilişkiyi modelleyebilmek için duyusal değerlendirme, toplam aerobik sayı, *K* değeri, TVB-N ve TBA değeri modele dahil edilmiştir. Belirtilen kalite indisleri ile depolama zamanı ve sıcaklık arasındaki bağıntı Arrhenius eşitliği kullanılarak modellenmiştir. Çalışmada birinci dereceden reaksiyon ve Arrhenius modelinin yüksek regresyon sabitlerinin ($R^2 > 0,90$) kabul edilebilir olduğu ve ot sazanında kalite değişimlerinin tahmini için kullanılabileceği bildirilmiştir. Duyusal değerlendirmenin, toplam aerobik sayı, *K* değeri, TVB-N ve TBA değerlerinin aktivasyon enerjileri sırasıyla 114,38; 75,88; 57,11; 111,55; 63,09 kJ mol⁻¹ bulunmuş ve bu değerlerin sırasıyla $2,97 \times 10^{20}$, $1,12 \times 10^{13}$, $8,30 \times 10^9$, $8,34 \times 10^{19}$, $9,06 \times 10^{10}$ oran sabitlerine (*k₀*) karşılık geldiği

belirlenmiştir. Tahmin edilen ve gözlenen tazelik indikatörlerinin (toplam aerobik sayı, *K* değeri ve TVB-N) değerleri arasındaki göreceli hata $\pm\%10$ olarak araştırmacılar tarafından bildirilmiştir. Bununla beraber araştırmacılar çalışmada geliştirdikleri modelin toplam aerobik sayı, *K* değeri ve TVB-N değerlerine bağlı olarak -3 ve 15°C arasında tahmin yapabildiğini bildirmişlerdir.



3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Materyal Temini

Taze (gökkuşuğu alabalığı) ve yarı korunmuş (marine edilmiş MAP uygulanmış salmon) su ürünlerinde mikrobiyal kalite değişimlerinin tahmini ve değerlendirilmesini amaçlayan bu çalışma 2 aşamadan oluşmaktadır. Birinci aşama; Danimarka Teknik Üniversitesi, Ulusal Gıda Enstitüsü'nde gerçekleştirilmiş olup marine edilen salmon balığı (*S. salar*) kullanılmıştır. Ortalama olarak $1512,32 \pm 72,56$ g ağırlığa sahip olan marine salmon balığı filetoları ticari faaliyet gösteren bir şirketten temin edilmiştir. Donmuş olarak temin edilen toplamda 15 adet salmon balığı filetosu 2°C'de gece boyunca soğutucuda çözündürülmüştür (Şekil 3.1). Çözülen örnekler yaklaşık 106-110 g olarak enine dilimlere ayrılmış ve modifiye atmosfer ile (%50 CO₂-%50 N₂) paketlenmiştir. Örnekler daha sonra duyuşal olarak panelistler tarafından reddedilene kadar (duyuşal değer >2) farklı sıcaklıklarda (10, 15°C ve kontrollü değişken) depolanmıştır.



Şekil 3.1. Soğutucuda çözündürülen marine salmon filetoları (Orijinal)

Çalışmanın ikinci aşamasında ise ağırlıkları ortalama $228,2 \pm 17,9$ g olan toplamda 130 adet alabalık kullanılmıştır. Gökkuşığı alabalıkları (*Onchorhynchus mykiss*) ticari faaliyet gösteren alabalık çiftliklerinden alınmıştır (Şahlanlar Gıda Ltd Şti ve Yavuzlar Balık Ltd Şti) (Şekil 3.2). Hasat edilmiş olan alabalıklar drenajlı strafor kutular içerisinde yaprak buz muhafazalı olarak (Şekil 3.3) en geç 2 saat içerisinde laboratuvara getirilmiş ve iç organları alınarak (Şekil 3.4) farklı sıcaklıklarda (2, 5, 10, 15, 20 ve 25°C) aerobik olarak depolanmışlardır.



Şekil 3.2. Gökkuşığı alabalıklarının buz-su karışımı ile öldürülmesi (Orijinal)



Şekil 3.3. Balıkların drenajlı strafor kutulara yerleştirilmesi (Orijinal)



Şekil 3.4. İç organları çıkarılan gökkuşağı alabalıkları (Orijinal)

3.2. Marine Salmonun Duyusal Analizleri

Marine edilen MAP uygulanan salmon balığı örneklerinde duyusal analizler alanında uzman 7 panelist tarafından gerçekleştirilmiştir (Şekil 3.5). Örnekler genel görünüm, koku ve tekstür açısından raf ömrü sonuna kadar değerlendirilmiştir Çizelge 3.1'de belirtilen değişimlere göre değerlendirilmiştir (Dalgaard, 2000). Örneklerin duyusal değerleri 3 ölçekli bir skalada değerlendirilmiş olup ölçek 1 ve 2 için kabul edilebilir ve >2 ile 3 için kabul edilemez olarak değerlendirilmiştir. Örnekler patojen bulaşma riskine karşı tat açısından değerlendirilmemişlerdir.



Şekil 3.5. Duyusal analiz için hazırlanan salmon balığı örnekleri (Orijinal)

Çizelge 3.1. Marine edilen MAP salmon'da uygulanan duyuusal analizler

Duyusal değer	Tanım
1	Yoğun duman kokusu, koyu turuncu renk, hafif ekşimsi koku, deniz benzeri koku
2	Ekşimsi ve tatlı koku, bölgesel olarak açık pembe ve sarımsı soluk renk, duman kokusunda azalma
3	Çok zayıf duman kokusu, balık kokusu baskın, sütümsü ve yapışkan görünüm grimsi ve yeşilimsi renk

3.3. Marine Salmonun Mikrobiyolojik Analizleri

Salmonda bozulma dinamiklerini belirlemek amacı ile *P. phosphoreum* MAP salmon balığı dilimlerine MAP uygulanmasından önce inoküle edilmiştir (10 kob/g). Dilimlenen örnekler steril bir poşetin içerisine alınıp hücre yoğunluğu 10 kob/g olacak şekilde hazırlanan tüpler poşetin içerisine eklenmiş ve 3 dakika manuel olarak karıştırılmışlardır. Örnekler her bir depolama sıcaklığında olmak üzere Toplam Aerobik Canlı (TAC) (NMKL, 2006), LAB (Emborg vd., 2002), H₂S üreten bakteriler (NMKL, 2006) ve *P. Phosphoreum* (Dalgaard vd., 1996) sayısı bakımından depolama süresince (10, 15°C ve dinamik için sırasıyla 24, 11 ve 11 gün) incelenmişlerdir. Analizler periyodik aralıklarla yapılmıştır. Her gruptaki balıklardan alınan 20 g örnek 180 ml tamponlanmış peptonlu su (BPW) (Merck, 107228) ile stomacherde 2 dk süre ile homojenize edilmiştir. Seri dilüsyonlar 10⁻⁶ ya kadar olacak şekilde hazırlanmıştır. Hazırlanan dilüsyonlardan uygun besi yerlerine ekim yapılarak mikroorganizma sayıları belirlenmiştir. Mikroorganizma sayıları log kob/g olarak ifade edilmiştir.

TAC sayılarının belirlenmesinde Long and Hammer Agar (L&H) kullanılmış ve NMKL (2006), belirtilen yöntemle göre hazırlanmıştır. Proteaz-pepton no:2 (Difco, 212120) 20; jelatin (Oxoid LP 0008) 40; potasyum fosfat (Merck 104877) 1; sodium klorür (Merck 106404) 10; agar (Merck 101614) 15 g/lt olarak hazırlanmıştır. Hazırlanan agar otoklavlanarak steril petri kaplarına

yaklaşık olarak 15 ml dökülen besi yeri, karanlık ortamda 3 ay kadar muhafaza edilebilmektedir. TAC sayılarının belirlenmesinde kullanılan L&H agar'da yayma plak yöntemi kullanılmıştır. Yayma plak yöntemine göre bakteriler besi yerine inoküle edildikten sonra 15°C'de 5 gün inkübasyona bırakılmışlardır.

H₂S üreten bakteriler için Iron agar NMKL (2006), belirtilen yöntemine göre hazırlanmıştır. Proteaz pepton no:2 (Difco 212120) 20; Lab Lemco Powder (Oxoid LP 0029) 3; yeast extract (Merck 103753) 3; iron citrate (Oxoid CM1053) 0,3; sodium tiyosülfat (Merck 106512) 0,3; sodyum klorit (Merck 106404) 5; agar (Merck 101614) 12 g/lt olarak hazırlanan besi yeri otoklavlanıp soğutulduktan sonra 100 ml distile su içerisinde çözünen L-sistein solüsyonunun ilavesinden sonra kullanılmıştır. Dökme plak yöntemine göre belirlenen H₂S üreten bakteriler 25°C'de 3 gün inkübasyona bırakılmış ve siyah renkli koloniler H₂S üreten bakteriler olarak sayılmıştır.

LAB sayılarının belirlenmesinde Nitrit Actidion Polymixin Agar (NAP) kullanılmıştır. All Purpose Tween Agar (APT) (Merck 110453) üreticinin talimatlarına göre hazırlanarak sonra sodyum nitrit (Merck 106535), actidion (Sigma C7698) ve polymixin (Oxoid SR0099) sırasıyla 0,6 g/lt; 0,01 g/lt ve 25,000 IU olacak şekilde APT agar'a eklenmiş ve dökme plak yöntemine göre dilüsyonlar hazırlanmıştır. Hazırlanan ve inoküle edilen besiyerleri 25°C'de 3 gün anareobik jar içinde inkübasyona bırakılmış ve LAB sayıları belirlenmiştir.

Marine edilen MAP salmon balıklarında *P. Phosphoreum* sayılarını belirlemek için Dalgaard vd. (1996), belirtilen yöntem kullanılmıştır. Bakterilerin gelişimi için Basal Conductance Medium lab-lemco powder (Oxoid LP0029) 10; bacto peptone (Sigma P0431) 10; yeast extract (Merck 103753) 3; sodyum klorür (Merck 106404) 10; MgSO₄.7H₂O (Sigma 10034998) 0,75; KCl (Merck 104936) 0,75; FeSO₄.7H₂O (Sigma 7782630) 0,014; Tris-HCl (Merck 1185531) 6; TMAO.2H₂O (Sigma 62637938) 4 g/lt olarak hazırlanmıştır. pH 10'a ayarlandıktan sonra otoklavlanan besi yeri soğutulduktan sonra 0,04 ml formalin eklenmiş ve iletkenlik ölçüm tüplerine 4,5 ml olarak dağıtılmış ve buzdolabı koşullarında (4°C) muhafaza edilmiştir. İletkenlik ölçümü

yapılabilmesi için her bir tüp % 100 CO₂ ile doyurulmuştur. Marine edilen MAP salmon balıkları homojenize edildikten sonra her bir tüp için 0,5 ml olarak hazırlanan dilüsyonlardan eklenmiş ve 15°C'de iletkenlik ölçümleri yapılmıştır. İletkenlikleri ölçülen tüpler için *P. phosphoreum* sayıları eşitlik (3.1) kullanılarak hesaplanmıştır.

$$\text{Log (kob/ml)} = 8,37 + \log (\text{dilüsyon faktörü}) - 0,175 * \text{DT (saat)} \quad (3.1)$$

Eşitlik (3.1)'de Log (kob/g) bakteri sayısını, log (dilüsyon faktörü) seyreltme katsayısını ve DT(saat) bakterilerin belirlenme zamanını saat olarak ifade etmektedir.

3.4. Marine Salmonun Kimyasal Analizleri

3.4.1. Toplam uçucu bazik azot analizi (TVB-N)

Salmon balıklarında TVB-N miktarının belirlenmesinde Conway ve Byrne (1933), tarafından belirtilen yöntem kullanılmıştır. Yöntemin prensibi uçucu maddelerin basit gaz difüzyonuyla absorblanması temeline dayanmaktadır. Uçucu maddeler tabakların bir odasında artan gerilimden dolayı, gerilimin "0" sıfır olduğu diğer odaya doğru yönelirler. 10 gr balık eti hassas terazide tartılmış ve iyice kıyma haline getirildikten sonra 100 ml'lik erlenlere konulmuştur. % 5'lik 20 ml TCA ile 2 dakika boyunca homojenize (Ultra turrax T25 Janke & Kunkal IKA Labortechnik) edildikten sonra homojenizat Whatman No:4 filtre kâğıdı kullanılarak huni yardımı ile süzölmüştür. Homojenizatlar 100 ml'lik beher kaplar içinde ağızları parafilm ile sıkıca kapatılarak buzdolabında analiz zamanına kadar muhafaza edilmiştir. Analiz için özel yapım plastik Conway tabakları kullanılmıştır. Örneklerin analizleri için Conway tabaklarının merkez odasına 1 ml indikatörlü borik asit ilave edilmiştir. Dış taraflarındaki odaya ise sırası ile 0,5 ml distile su 1 ml homojenizat ve son olarak 1 ml doymuş potasyum karbonat (KHCO₃) ilave edilerek ağızları sıkıca kapatılmıştır. Kontrol için kullanılan Conway tabaklarının merkez odasına 1 ml indikatörlü borik asit, dış odasına 0,5 ml destile su, 1 ml % 0,1'lik amonyum sülfat ve son olarak 1 ml

doymuş potasyum karbonat ilave edilerek ağızları sıkıca kapatılmıştır. Kör için, 1 ml indikatörlü borik asit merkez odaya ilave edilmiştir. Conway tabağının dış odasına 1,5 ml destile su ve 1 ml doymuş potasyum karbonat ilave edilerek ağız sıkıca kapatılmıştır. Conway tabakları, uçucu maddelerin borik asit içinde toplanması için gerekli olan ve ortam sıcaklığı daha önceden 40 °C'ye ayarlanmış fırında 1,5 saat bekletilmiştir. TVB-N'nin ayrılması sonucu yeşil renge dönen indikatörlü borik asit 0,02 M HCl ile titrasyona sokulmuştur. Renk pembeye döndüğü andan itibaren titrasyon durdurulmuş ve sarfiyat kaydedilmiştir (Conway ve Byrne, 1933). Conway metodu için TVB-N miktarı eşitlik (3.2) kullanılarak hesaplanmıştır.

$$\text{mg TVB-N/100 g} = 21 \times (V_2 - V_0) / (V_1 - V_0) \times V_3 \times m \times (TCA + F_c) \quad (3.2)$$

Eşitlikteki değerler;

V₀: Kör için harcanan HCl miktarı

V₁: Kontrol için harcanan HCl miktarı

V₂: Örnek için harcanan HCl miktarı

V₃: Deneyde kullanılmak üzere alınan örnek hacmi

m: Ekstraksiyonda kullanılan örnek ağırlığı

F_c: Düzeltme faktörü

TCA: kullanılan TCA hacmi

3.4.2. Laktik ve asetik asit analizi

Marine edilen salmonda laktik ve asetik asit miktarları Dalgaard ve Jørgensen (2000) tarafından belirtilen metoda göre gerçekleştirilmiştir. Ekstraksiyon için örnekler blenderda homojenize edildikten sonra 5,0 g tartılmış ve 20,0 ml buzda soğutulmuş 0,6 M perklorik asit (PCA) eklenerek ultra-turrax'ta 1 dakika boyunca homojenize edilmişlerdir. Homojenize edilen örnekler 2,5 M KHCO₃ kullanılarak nötrale edilmiş ve pH 6,2-6,8 aralığında sabit hale getirilmiştir. Nötrale edilen örnekler 1 saat buzda bekletilmiş ve 50 ml'lik erlenlere aktararak ultra-saf su ile toplamda 50 ml'ye tamamlanmıştır. Nötrale edilen örnekler -20°C'de donmaya bırakılmış ve Yüksek Performanslı Sıvı Kromatografisi (HPLC) analizinden önce 0,20 µ göz açıklığına sahip Whatman

filtre kağıtları ile filtre edilmişlerdir. Örnekler için seyrelme faktörleri eşitlik 3.3'e göre hesaplanmıştır.

$$\text{Seyreltme faktörü} = ((100-\% \text{ kuru madde (g) }) * \text{örnek miktarı (g)} / 100) + \text{eklenen PCA miktarı (ml)} / \text{örnek miktarı (g)} \quad (3.3)$$

Ekstrakte edilen örnekler HP 1100 series HPLC cihazında koşturulmuştur. Bin pump G1312A pompa, ALS G1329A enjektör, DAD G1315A UV-detektörü, Col comp G1316A fırın kolonu, Degasser G1322A gaz itici ve Aminex BIORAD HPX-87H (300 x 7,8 mm) HPLC kolonu kullanılarak koşturulan örneklerde standartlardan elde edilen kalibrasyon grafiğine göre laktik asit ve asetik asit miktarları belirlenmiştir.

3.4.3. Su aktivitesi (a_w) analizi

Marine edilmiş MAP salmon balıklarında a_w değerleri 2 g olarak tartılan örneklerden AquaLab CX 2 su aktivitesi ölçüm cihazı (Decagon Devices, Inc., Pullman, Washington) kullanılarak ölçülmüştür.

3.4.4. Tuz analizi

Marine edilmiş salmon örneklerinde tuz miktarı AOAC (2000)'de belirtilen potentiometric metoda göre hesaplanmıştır. Yaklaşık olarak 2,0 g balık eti tartılmış ve üzerine 50 ml saf su ve 1 M nitrik asit eklenmiştir. Otomatik titratör (785 DMP Titrino, Metrohm) ve gümüş elektrodu (Metrohm 6.0430) kullanılarak harcanan gümüş nitrat (AgNO_3) miktarına göre eşitlik 3.4 kullanılarak örneklerdeki tuz miktarı hesaplanmıştır.

$$\% \text{NaCl} = (\text{ml AgNO}_3 * M * 58,44 * 100) / 1000 * g \quad (3.4)$$

Eşitlik 3.4'te

ml AgNO_3 harcanan gümüş nitrat miktarını,

M gümüş nitratın molaritesini

g örnek ağırlığını ifade etmektedir.

3.4.5. Kuru madde analizi

Marine edilen salmonda kuru madde miktarı Christie vd. (1985), tarafından belirtilen metoda göre yapılmıştır. Blender kullanılarak homojenize edilen örnekler 100 °C'de 24 saat bekletilmiş ve eşitlik 3.5 kullanılarak örneklerin kuru madde miktarları belirlenmiştir.

$$\% \text{ kuru madde} = (\text{gt} * 100) / \text{gv} \quad (3.5)$$

Eşitlik 3.5'te

gt kuru ağırlığı

gv yaş madde ağırlığını ifade etmektedir.

3.4.6. Damlama kaybı analizi

Marine edilen salmonlarda damlama kaybı eşitlik 3.6 kullanılarak hesaplanmıştır.

$$\% \text{ damlama kaybı} = (100 * \text{SW}) / \text{FW} \quad (3.6)$$

Eşitlik 3.6'da,

SW örnekten ayrılan su miktarını (g)

FW örnek miktarını (g) ifade etmektedir.

3.4.7. pH analizi

1 gr balıketi 10 ml saf su ile seyreltilerek homojenize edilmiş ve elde edilen homojenizat pH ölçümü için kullanılmıştır (Radiometer, Copenhagen, Denmark) (Dalgaard, 1995a).

3.4.8. CO₂ ölçümü

Paketlenen örneklerin CO₂ ölçümü gaz ölçüm cihazı (Combi Check 9800-1, PBI Dansensor, Ringsted, Denmark)ile yapılmıştır.

3.5. Farklı Sıcaklıklarda Aerobik Şartlarda İç Organları Alınmış Olarak Depolanan Gökkuşığı Alabalıklarında Mikrobiyolojik Analizler

Doğal kontamine olmuş farklı sıcaklıklarda depolanan alabalıklarda toplam mezofilik aerobik bakteri (TMAB) ve toplam psikrofilik aerobik bakteri (TPAB), laktik asit bakterileri (LAB), Enterobacteriaceae, *Pseudomonas* spp., H₂S üreten bakteriler (*Shewanella putrefaciens* dahil)'in zamana göre değişimleri uygun besi yerlerinde incelenmiştir. Her gruptaki balıklardan alınan 20 g örnek 180 ml tamponlanmış peptonlu su (BPW) (Merck, 107228) ile stomacherde 2 dk süre ile homojenize edilmiştir. Seri dilüsyonlar 10⁻⁶ ya kadar olacak şekilde hazırlanmıştır. Hazırlanan dilüsyonlardan dökme plak yöntemine göre TMAB, TPAB, LAB, H₂S üreten bakteriler, Enterobacteriaceae sayıları belirlenmiştir. *Pseudomonas* spp. sayıları yayma plak yöntemine göre belirlenmiştir. Bakteri sayımlarının sonuçları log kob/g olacak şekilde dönüştürülerek verilmiştir.

Toplam psikrofilik aerobik bakteri analizleri: Plate Count Agar (PCA, Merck, 1.05463) besi yerinde 6,5°C'de 10 günlük inkübasyon sonucunda oluşan kolonilerin sayımı ile belirlenmiştir (ISO, 2001).

Toplam mezofilik aerobik bakteri analizleri: PCA besi yerine ekim yapılarak 30°C'de 48 saat inkübasyona bırakılmıştır (ISO, 2003).

Pseudomonas spp.: SR0103 (Oxoid) ilaveli Cephalothin Sodium Fisudate Cetrimide Agara (CFC) (Merck 1.07620) inoküle edilen dilüsyonlar 25°C'de 48 saat inkübe edilmiştir.

Laktik asit bakterileri: *Lactobacillus De Man Rogosa and Sharp* (MRS, Merck 1.10660) agarda 25°C'de 5 günlük inkübasyonu takiben oluşan koloniler sayılmıştır.

H₂S üreten bakteriler (*Shewanella putrefaciens*): Iron Agarda 25°C'de 72 saat inkübasyona bırakılarak belirlenmiştir (Emborg vd., 2002; NMKL, 2006).

Enterobacteriaceae: Violet Red Bile Dextrose (VRBD, Merck 1.10275) agarda 37°C'de 48 saatlik inkübasyon sonucunda mor haleli geniş koloniler Enterobacteriaceae familyasına ait koloniler olarak sayılmıştır.

Elde edilen tipik kolonilerin biyokimyasal identifikasyonu için Brain Hearth Infusion Broth (Merck, 1.10493) ve Tryptic Soy Agar (TSA) (Merck, 1.05458) kullanılmıştır. Depolama süresince iç organları alınmış olarak depolanan gökkuşağı alabalıklarından izole edilen mikroorganizmaların identifikasyonu için Gram boyama, katalaz, oksidaz, O/F, %2-8 tuzlulukta üreme, 25-45°C'de üreme ve hareketlilik gibi bazı biyokimyasal ve fizyolojik testler uygulanmıştır.

3.6. Taze Ve Marine Edilmiş Su Ürünlerinde Meydana Gelen Mikrobiyolojik Değişim Kinetiklerinin Belirlenmesi

Birincil modellerin geliştirilmesinde 4 parametrelilik mantıksal model kullanılmıştır (Dalgaard, 1995a).

$$\text{Log } N(t) = \log \left(N_{min} + \frac{(N_{max} - N_{min})}{(1 + \exp(-\mu_{max}(t-t_i)))} \right) \quad (3.7)$$

Eşitlik (3.7)'de

t zaman (saat),

$N(t)$ t zamanındaki hücre sayısını,

N_{min} ve N_{max} minimum ve maksimum asimptotik hücre sayısını (kob/g veya kob/ml), μ_{max} maksimum spesifik büyüme oranı (s^{-1}) ve

t_i maksimum hücre sayısının yarısına erişilen zamanı (saat) göstermektedir.

N_{min} parametresi 4 parametrelili mantıksal modelde bakterilerin 0'dan farklı asimptotik konsantrasyona ulaşmasına olanak sağlar.

Kare kök bozulma modeli (eşitlik 3.8) sıcaklığın bakterilerin gelişimi üzerindeki etkisini belirlemek için kullanılmıştır (Ratkowsky vd., 1982).

$$\sqrt{\mu_{max}} = b_{\mu} \times (T - T_{min_{\mu}}) \quad (3.8)$$

Eşitlikte

b sabit,

T (°C) sıcaklık ve

T_{min} bakterinin teorik olarak gelişebildiği en düşük sıcaklıktır.

3.7. Raf Ömrü Sonunda Alabalıklardan İzole Edilen *Pseudomonas* spp. 'nin Farklı Organik Asit Ve pH Değerlerindeki Gelişim Kinetiklerinin Belirlenmesi

Doğal kontamine olmuş alabalıklarda raf ömrü sonunda izole edilen *Pseudomonas* spp. 'nin gelişimlerinin belirlendiği bu aşamada farklı konsantrasyonlarda hazırlanan laktik asit (%0,1; 0,2; 0,3 ve 0,4) ile asetik asit (% 0,1; 0,2; 0,3 ve 0,4) solüsyonunda bakterilerin gelişimleri incelenerek modellenmiştir. Bununla beraber *Pseudomonas* spp. 'nin gelişimi farklı pH değerlerinde (5, 6, 7 ve 8) incelenmiştir. pH değerleri HCl/NaOH kullanılarak istenilen değere ayarlanmıştır. Bakteri gelişim eğrisi uygun besi yerlerinde bakterilerin sub kültürlerinin kullanılmasıyla sağlanmış ve inokülasyon seviyeleri $10^3 - 10^8$ kob/ml olacak şekilde ayarlanmıştır. Her bir kuyu için 250 µl besi yeri kullanılmış ve bakterilerin gelişimleri 15°C de absorbans ölçümleri ile belirlenmiştir.

Absorbans belirleme zamanına göre belirlenen bakterilerin maksimum gelişim oranı (μ_{max}) Dalgaard ve Koutsoumanis (2001), tarafından önerilen eşitliğe (3.9) (Richards modeli) göre hesaplanmıştır.

$$ABS_t = ABS_{min} + \frac{ABS_{max} - ABS_{min}}{[1 + \exp(-\mu ABS_R X m X (t - t_i))]^{1/m}} \quad (3.9)$$

Eşitlikte,

ABS_t , t zamanındaki absorbanı,

ABS_{max} ve ABS_{min} , modeldeki asimptotik minimum ve maksimum absorban değerlerini,

μABS_R , Richards modelinden elde edilen μABS değerini,

m , Richards modelindeki gelişim kinetiğini ve

t_i ise Richards modelindeki eğilim anındaki zamanı tanımlamaktadır.

3.8. Doğal Kontamine Olmuş Farklı Sıcaklıklarda Aerobik Şartlarda İç Organları Alınmış Olarak Depolanan Alabalıklarda Kimyasal Analizler

3.8.1. pH Analizi

Taze balıklardan alınan 10 gr balık eti 90 ml saf su ile seyreltilerek 1 dakika homojenize edilmiş ve elde edilen homojenizat pH ölçümü için kullanılmıştır. (Hanna 221 pH metre) (Tsironi vd., 2009).

3.9. İstatistiksel Analizler

Çalışma sonucunda elde edilen veriler, SPSS 16.0 Windows programı kullanılarak varyans analizine (F Testi) tabi tutulup, önemli varyans kaynaklarına ait ortalamalar Tukey HSD Çoklu Karşılaştırma ile önem seviyesi ($p < 0.05$) olarak seçilip karşılaştırılmıştır (Esteves, 2011).

4. ARAŞTIRMA BULGULARI

4.1. Marine Edilen MAP Salmonlardaki Mikrobiyolojik Değişimler Ve Ürün Özellikleri

Marine edilen MAP salmon örneklerinin ürün özellikleri Çizelge 4.1'de verilmiştir. Toplamda 3 farklı sıcaklık profilinde (10, 15°C and dinamik) örnekler başlangıçta $2,05 \pm 0,15$ ve $1,93 \pm 0,087$ arasında NaCl içermektedirler. Sıcaklık profiline göre damlama kaybının arttığı gözlenmiştir ($p < 0,05$). Paketlenen örneklerde CO₂ konsantrasyonunun depolama süresince düştüğü ve depolama sonunda $50,53 \pm 1,75$ ile $54,83 \pm 0,80$ arasında olduğu gözlenmiştir. Örneklerin TVB-N miktarı depolama zamanına göre artmasına rağmen depolama sonunda sınır noktasına (35 mg N/100 g) ulaşmamıştır ($p < 0,05$).

Marine edilen MAP salmon balığı bozulma mikrobiotası konsantrasyonunun 15°C ve dinamik sıcaklıklarda depolanan örneklerde 10°C'de depolanan örneklerden yüksek olduğu gözlenmiştir. LAB da maksimum popülasyon yoğunluğunun (MPY) 15°C ve dinamik sıcaklıklarda daha yüksek olduğu ve dominant mikroflorayı oluşturduğu gözlenmiştir. Depolamanın sonunda H₂S üreten bakteri sayıları yüksek konsantrasyona ulaşmamakla beraber en yüksek 10°C'de depolanan örneklerde bulunmuş ve $2,28 \pm 1,96$ log kob/g olarak kaydedilmiştir ($p < 0,05$).

Çizelge 4.1. Marine edilen MAP salmonun ürün özellikleri

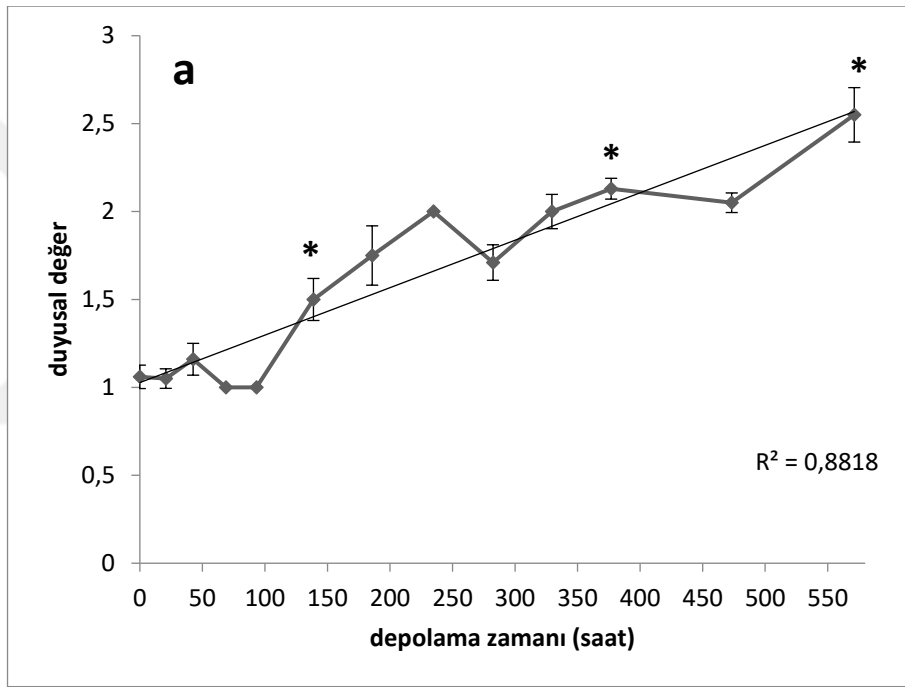
Sıcaklık ^a

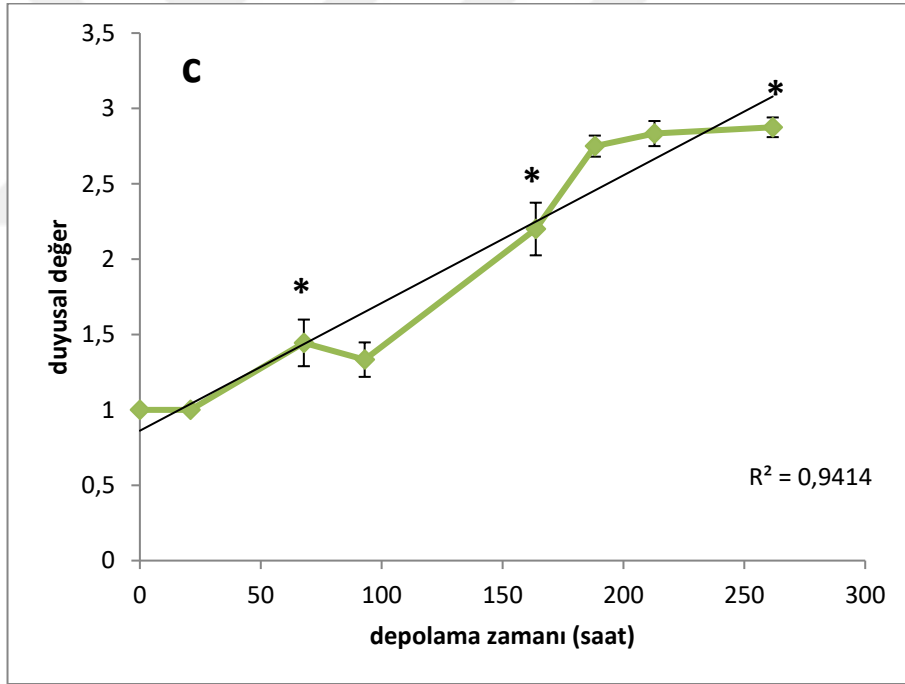
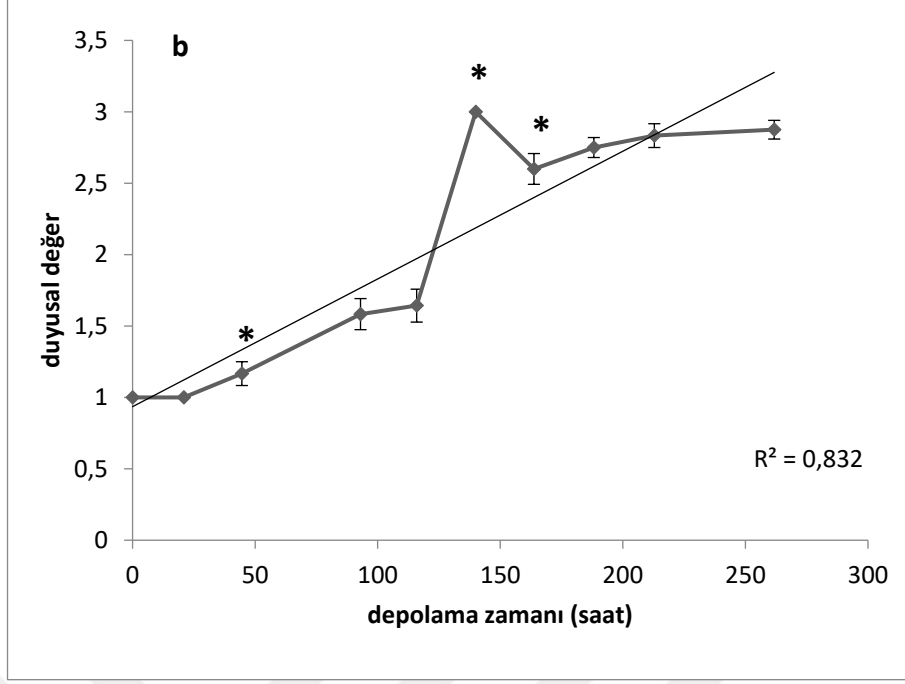
Faktör	10				15				Kontrollü değişken			
	Başlangıç	Bozulma	Başlangıç	Bozulma	Başlangıç	Bozulma	Başlangıç	Bozulma	Başlangıç	Bozulma	Başlangıç	Bozulma
TAB*	1,40±0,35	6,58±0,69	1,66±0,10	7,45±0,15	1,66±0,10	7,45±0,15	1,66±0,10	7,56±0,22	1,66±0,10	7,45±0,15	1,66±0,10	7,56±0,22
LAB*	<1,0	6,50±0,74	1,46±0,15	7,44±0,15	1,46±0,15	7,44±0,15	1,46±0,15	7,48±0,35	1,46±0,15	7,44±0,15	1,46±0,15	7,48±0,35
H ₂ S*	0,33±0,58	2,28±1,96	0,33±0,58	1,27±1,11	0,33±0,58	1,27±1,11	0,33±0,58	1,12±1,94	0,33±0,58	1,27±1,11	0,33±0,58	1,12±1,94
pH	5,99±0,06	6,16±0,02	6,08±0,04	6,15±0,02	6,08±0,04	6,15±0,02	6,08±0,04	6,08±0,06	6,08±0,04	6,15±0,02	6,08±0,04	6,08±0,06
CO ₂ ^b	60,40±0,70	50,53±1,75	61,30±0,10	53,30±0,26	61,30±0,10	53,30±0,26	61,30±0,10	54,83±0,80	61,30±0,10	53,30±0,26	61,30±0,10	54,83±0,80
N ₂ ^b	39,5±0,72	49,1±1,29	38,60±0,10	46,70±0,25	38,60±0,10	46,70±0,25	38,60±0,10	45,10±0,75	38,60±0,10	46,70±0,25	38,60±0,10	45,10±0,75
Kuru madde ^b	36,1±4,64	33,1±0,71	35,0±0,74	38,0±0,73	35,0±0,74	38,0±0,73	35,0±0,74	37,5±0,98	35,0±0,74	38,0±0,73	35,0±0,74	37,5±0,98
a _w	0,97±0,0015	0,96±0,0032	0,96±0,0045	0,96±0,0060	0,96±0,0045	0,96±0,0060	0,96±0,0045	0,95±0,0036	0,96±0,0045	0,96±0,0060	0,96±0,0045	0,95±0,0036
tuz ^b	2,05±0,15	2,40±0,18	1,93±0,087	2,33±0,39	1,93±0,087	2,33±0,39	1,93±0,087	2,51±0,28	1,93±0,087	2,33±0,39	1,93±0,087	2,51±0,28
Damlama kaybı ^b	/-	4,70±0,1	/-	5,48±0,13	/-	5,48±0,13	/-	5,86±0,29	/-	5,48±0,13	/-	5,86±0,29
TVN ^c	16,74±3,90	25,07±2,30	17,97±4,74	17,38±1,30	17,97±4,74	17,38±1,30	17,97±4,74	21,52±1,91	17,97±4,74	17,38±1,30	17,97±4,74	21,52±1,91
LA ^d	1878 ± 231	2203 ± 178	2787 ± 137	2711 ± 225	2787 ± 137	2711 ± 225	2787 ± 137	2915 ± 401	2787 ± 137	2711 ± 225	2787 ± 137	2915 ± 401
AA ^d	928 ± 120	656 ± 215	1012 ± 175	821 ± 264	1012 ± 175	821 ± 264	1012 ± 175	1211 ± 129	1012 ± 175	821 ± 264	1012 ± 175	1211 ± 129

*log kob/g, ^a derece (°C), ^b yüzde (%), ^c mg N/100 g örnek, ^d ppm

4.2. Marine Edilen MAP Salmon Balıklarında Farklı Sıcaklıklarda Depolama Sırasında Meydana Gelen Duyusal Değişimler

Salmon balıkları için farklı sıcaklıklarda depolama sırasında meydana gelen duyusal değişimler şekil 4.1'de belirtilmiştir. Tüm sıcaklıklar için örneklerdeki duyusal değerler zamana göre artış göstermiş ve depolama zamanı ile duyusal değerler arasında yüksek bir korelasyon belirlenmiştir. Korelasyon katsayıları 10, 15°C ve kontrollü değişken sıcaklıklar için sırasıyla 0,88; 0,83 ve 0,94 olarak bulunmuştur (Şekil 4.1. a,b ve c).





Şekil 4.1. Farklı sıcaklıklarda depolanan marine edilen MAP salmon balıklarında meydana gelen duyusal değişimler a) 10°C; b) 15°C ve c) kontrollü değişken sıcaklıklar

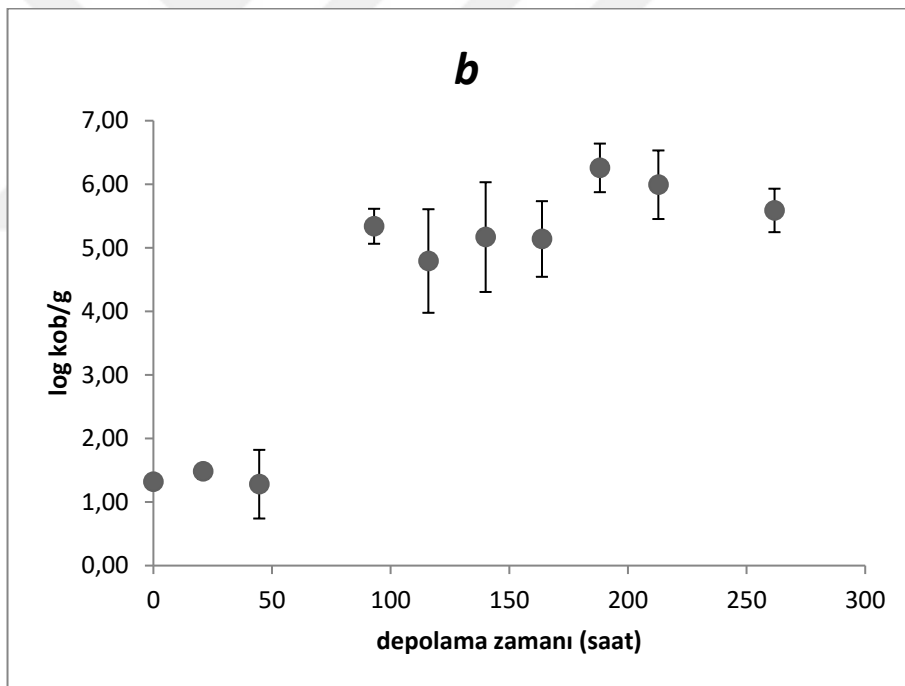
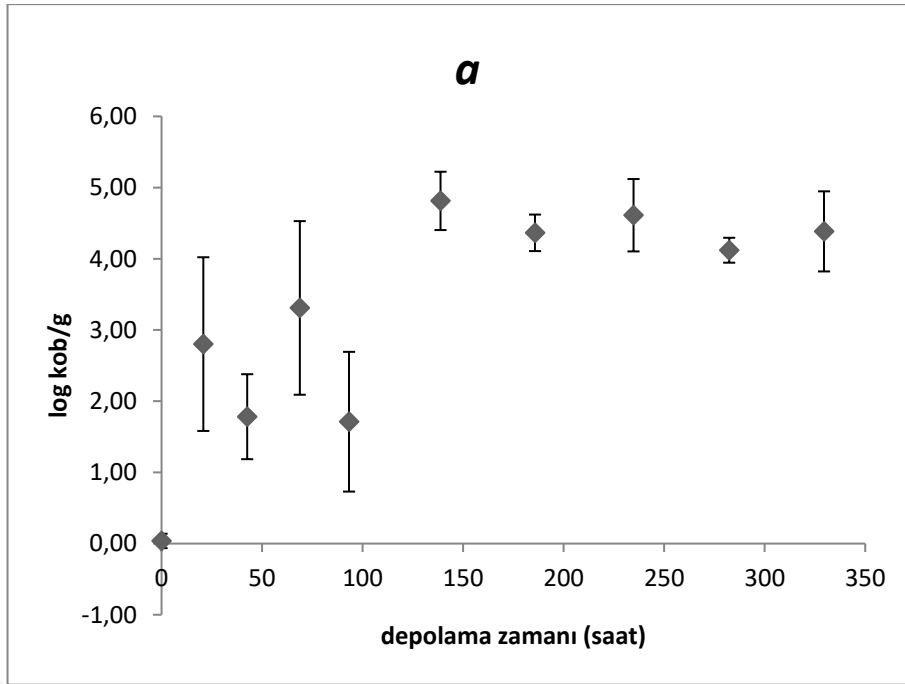
*ortalamalar arasındaki farkın istatistiki olarak önemli olduğunu ifade etmektedir (p<0,05)

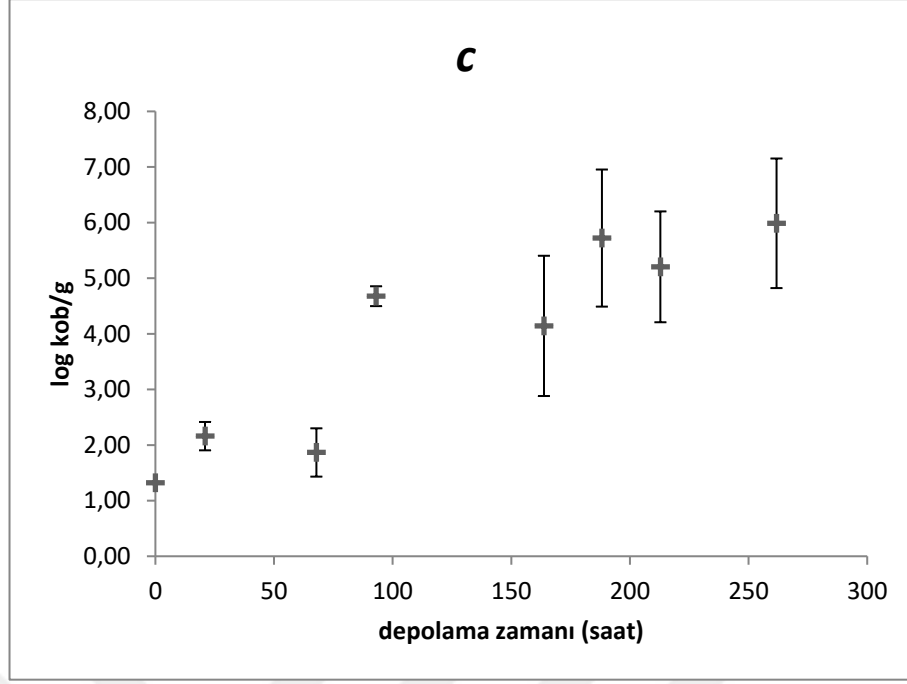
Araştırma sonuçlarına göre ölçekte sınır değer olan 2 ölçeğine 10, 15°C ve kontrollü değişken sıcaklıklar için sırasıyla 14, 6. ve 7. günlerde ulaşılmıştır.

Örneklerin duyusal olarak reddedildiği gün panelistler tarafından belirlenen en önemli değişim renk ve kokuda olmuştur. Örneklerin koku değişimi zamana bağlı olarak yoğun duman kokusundan hafif ekşimsi, hafif duman kokusu, tatlı, meyvemsi ve asidik kokuya doğru olmuştur. Marine edilen MAP salmon örneklerinde duyusal değerler bozulma gününde kabul edilemeyen hoş olmayan balık kokusu ve acı koku olarak belirlenmiştir. Genel görünüş açısından ise örnekler depolamanın son gününde sütümsü ve yapışkan bir görünüm kazanmışlardır. Bununla beraber depolamanın son gününde örneklerde kas dokuda meydana gelen gevşeme de belirginleşmiştir.

4.3. Marine Edilen MAP Salmon Balıklarında *P. phosphoreum*'un Gelişimi

P. phosphoreum 'un marine edilen MAP salmon balıklarındaki gelişimi Şekil 4.2'de gösterilmiştir. Sabit sıcaklıkta (10⁰C) depolanan örnekler için inokülasyon seviyesi <1,0 log kob/g iken 15⁰C ve kontrollü değişken sıcaklıklarda depolanan örnekler için inokülasyon seviyesi yaklaşık olarak 10² kob/g olarak ayarlanmıştır. Kontrollü değişken ve sabit (10⁰C) sıcaklıklarda depolanan örneklerde lag fazı sırasıyla sıcaklık etkisi ve bakteri yoğunluğunun belirleme limitleri altında olması nedeniyle gözlenmemiştir. Diğer sabit sıcaklıkta (15⁰C) depolanan örneklerde ise 48 saatlik bir lag fazı gözlenmiştir. Test edilen hiçbir sıcaklık profilinde marine salmonun *P. phosphoreum* seviyesi Emborg vd. (2002) tarafından belirtilen taze MAP salmonlar için kritik hücre seviyesi olan 7,0 log kob/g'a ulaşmamıştır.





Şekil 4.2. *Photobacterium phosphoreum* gelişimi (a) 10°C, (b) 15°C ve (c) kontrollü değişken sıcaklıklar

4.4. *Photobacterium phosphoreum*'un Gelişiminin Modellenmesi

Farklı sıcaklıklarda gerçekleştirilen tüm denemelerde *P.phosphoreum* gelişimi iletkenlik metoduna göre belirlenmiştir. Belirleme zamanları (detection times DT) saat olarak kaydedilmiş ve bakteri hücrelerinin sayıları logaritmik olarak hesaplanmıştır (Dalgaard,1995a). Maksimum spesifik büyüme oranının hesaplanması için μ_{max} (h^{-1}) log değiştirilmiş 3 parametrelilik mantıksal model kullanılmıştır (eşitlik 4.1).

$$\text{Log}(N(t)) = \log\left(\frac{N_{max}}{(1+(N_{max}/N_0)-1*\exp(-\mu_{max}(t-tlag)))}\right) \quad (4.1)$$

Eşitlik (4.1)'de

log(Nt) t zamanındaki bakteri sayısını,

N_{max} maksimum hücre sayısını,

N_0 başlangıçtaki hücre sayısını,

μ_{max} maksimum spesifik gelişim oranı ve

t lag lag zamanı ifade etmektedir.

Çizelge 4.2. *P. phosphoreum*'un gelişim modeli parametreleri ve tahmin edilen ve gözlenen raf ömrü verileri

Sıcaklık (°C)	Lag zamanı (saat)	μ_{max} (h ⁻¹)	MHY (log kob/g)	Gözlenen raf ömrü (saat)	Tahmin edilen raf ömrü
10	0	0,028	4,81	329,5	79,96
15	48,34	0,298	6,26	163,8	56,1
Dinamik	66,75	0,269	5,99	188,2	72,14

P. phosphoreum bakterisinin kinetik parametreleri Çizelge 4.2'de belirtilmiştir. İnoküle edilen bakteri konsantrasyonunun düşük olması nedeni ile 10°C'de depolanan örneklerde *P. phosphoreum* 'un lag fazı gözlenmemiştir. Marine edilen MAP salmonlarda en yüksek μ_{max} 15°C'de depolanan örneklerde bulunmuştur. Geliştirilen modele göre gözlenen ve tahmin edilen raf ömrü verilerinde önemli farklılıklar gözlenmiştir. Gözlenen bu farklılıklar geliştirilen modele çevresel faktörlerin de eklenmesi gerektiğini ifade etmektedir.

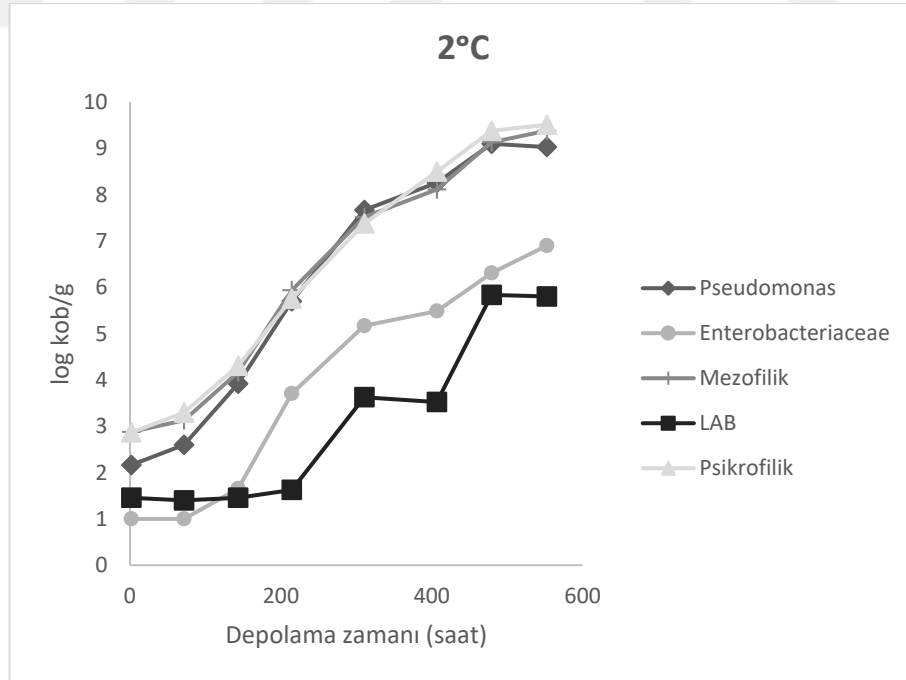
4.5. Farklı Sıcaklıklarda İç Organları Alınarak Depolanan Gökkuşağı Alabalıklarında Meydana Gelen Mikrobiyolojik Değişimler

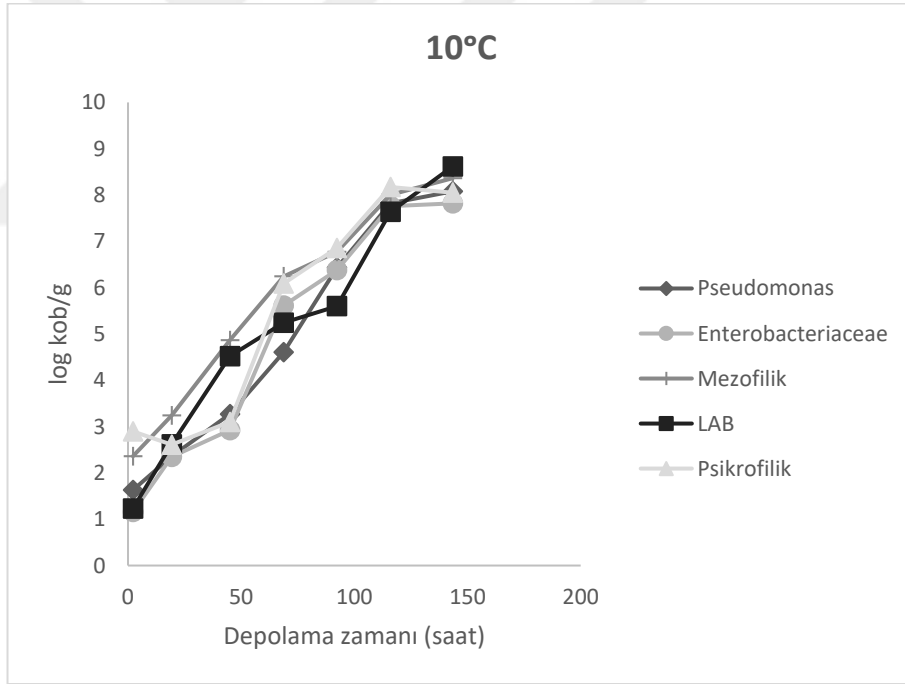
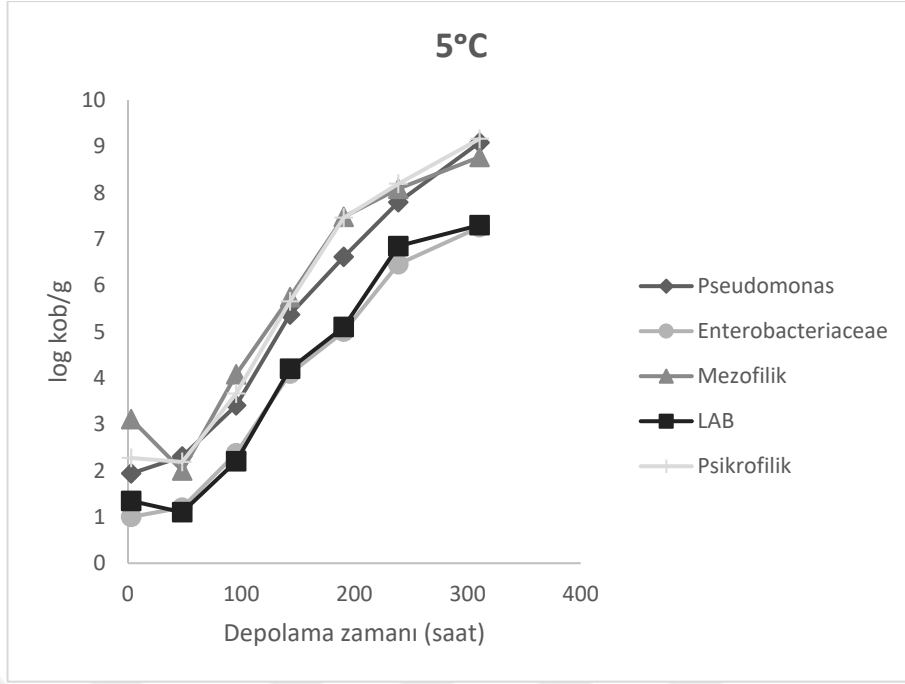
İç organları alınan gökkuşağı alabalıkları farklı sıcaklıklarda (2, 5, 10, 15, 20 ve 25°C) raf ömrü boyunca depolanmış ve depolama süresince TMAB, TPAB, H₂S üreten bakteriler, LAB, *Pseudomonas* spp. ve Enterobacteriaceae familyasının üyelerinin değişimleri mikrobiyolojik kalitenin belirlenmesi açısından tespit edilmiştir (Şekil 4.3). Örnekler duyusal olarak ise TÜBİTAK-TOVAG 2130173 no'lu projede (Diler, 2017) iç organları alınan gökkuşağı alabalıkları için geliştirilen Kalite İndeks Metodu (KİM)'na göre değerlendirilmiştir.

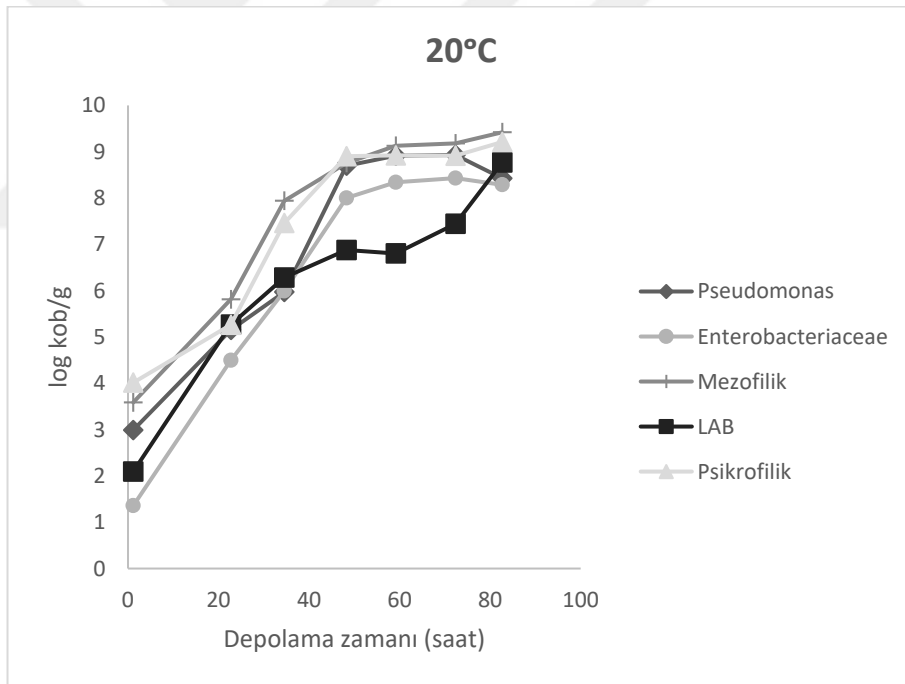
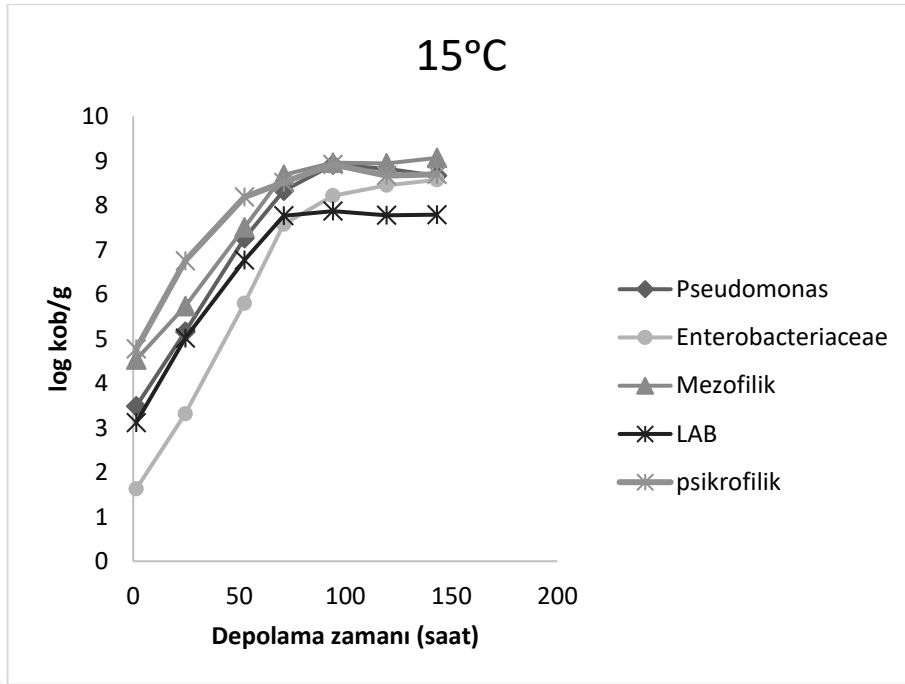
Araştırma sonuçlarına göre depolama zamanına bağlı olarak bütün sıcaklık profillerinde bakteri sayıları artmış ve depolama sonunda maksimum sayıya ulaşarak durağan fazda kalmıştır. İç organları alınmış olan ve 2, 5, 10, 15, 20 ve 25 °C'de depolanan gökkuşağı alabalıklarının başlangıç *Pseudomonas* spp., TMAB, TPAB, LAB, H₂S üreten bakteriler ve Enterobacteriaceae sayıları sırasıyla

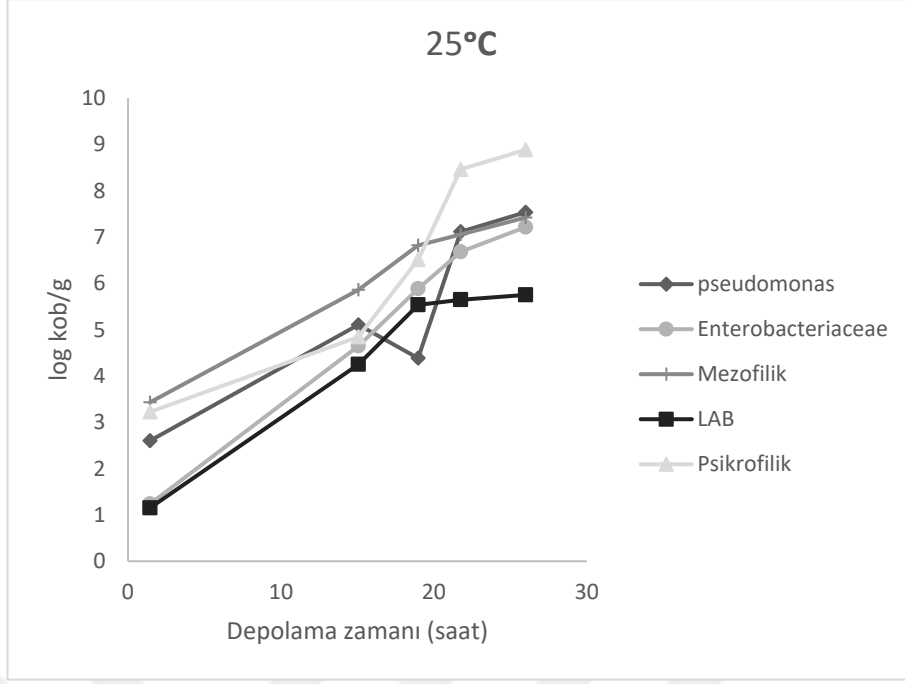
2 °C'de depolanan örnekler için 2,16; 2,88; 2,86; 1,45; 1,00; 1,00 log kob/g; 5 °C'de depolanan örnekler için 1,93; 3,11; 2,27; 1,34; 1,00; 1,00; 10°C'de depolanan örnekler için 1,63; 2,36; 2,89; 1,23; 1,00; 1,15; 15°C'de depolanan örnekler için 3,48; 4,53; 4,77; 3,11; 1,00; 1,62; 20°C'de depolanan örnekler için ise 2,99; 3,58; 4,01; 1,00; 2,09 ve 1,35 ve 25°C'de depolanan örnekler için 2,6; 3,43; 3,22; 1,15; 1,12 ve 1,23 log kob/g olarak belirlenmiştir.

Depolama sonunda ise örnekler için bakteri sayıları sırasıyla 2 °C'de depolanan örneklerde 9,03; 9,38; 9,51; 5,80; 4,50; 6,90; 5°C'de depolanan örnekler için 9,08; 8,77; 9,16; 7,30; 4,32; 7,25; 10°C'de depolanan örnekler için 8,08; 8,36; 8,05; 8,61; 4,14; 7,82; 15°C'de depolanan örnekler için 8,66; 9,06; 8,89; 7,79; 4,63; 8,57; 20°C'de depolanan örnekler için 8,42; 9,42; 9,21; 8,76; 4,12 ve 8,28; 25°C'de depolanan örnekler için 7,53; 7,42; 8,88; 5,75; 2,42 ve 7,21 log kob/g olarak bulunmuştur. TMAB ve TPAB ile *Pseudomonas* spp. depolama süresince iç organları alınarak depolanan balıklarda baskın mikroflorayı oluşturmaktadır (Şekil 4.3).









Şekil 4.3. Farklı sıcaklıklarda iç organları alınmış olarak depolanan alabalıklarda meydana gelen mikrobiyolojik kalite değişimleri

4.6. Farklı Sıcaklıklarda İç Organları Alınarak Depolanan Gökkuşığı Alabalıklarında Mikrobiyolojik Gelişim Kinetikleri

Depolama süresince meydana gelen bakteri değişimleri zamanın bir fonksiyonu olarak eşitlik 9 kullanılarak modellenmiş ve model parametreleri Çizelge 4.3'te gösterilmiştir. Model parametreleri incelendiğinde spesifik maksimum büyüme oranı sıcaklığa ve bakteriye göre değişmekle birlikte en düşük büyüme oranının 2°C'de LAB'de ve en yüksek 25°C'de Pseudomonaslarda olduğu görülmektedir. Geliştirilen modelin performansı incelendiğinde ise ortalama hata kareleri toplamının karekökü değerlerinin sıfır (0)'a yakın olduğu görülmektedir.

Çizelge 4.3. Farklı sıcaklıklarda depolanan alabalıklarda meydana gelen mikrobiyolojik değişimlerin model parametreleri

Bakteri	Sıcaklık (°C)	Log, N ₀ kob/g	μ _{max} (1/h)	Log(N _{max} , kob/g)	RSS	RMSE
<i>Pseudomonas</i> spp.	2	0,85	0,05	8,82	3,53	0,71
TMAB	2	1,37	0,04	8,96	7,25	1,01
Enterobacteria.*	2	0,4	0,03	6,79	2,31	0,57
LAB	2	0,7	0,02	6,33	3,64	0,72
TPAB	2	1,17	0,04	9,27	6,45	0,96
<i>Pseudomonas</i> spp.	5	1,2	0,12	8,20	0,55	0,43
TMAB	5	2,3	0,11	8,34	0,28	0,30
Enterobacteria.*	5	0,9	0,14	7,89	0,91	0,55
LAB	5	2,35	0,11	8,34	0,28	0,30
TPAB	5	1,9	0,12	8,22	2,72	0,95
<i>Pseudomonas</i> spp.	10	1,2	0,1	8,2	0,5	0,4
TMAB	10	2,3	0,1	8,3	0,2	0,3
Enterobakteria.*	10	0,9	0,1	7,8	0,9	0,5
LAB	10	2,3	0,1	8,3	0,2	0,3
TPAB	10	1,9	0,1	8,2	2,7	0,9
<i>Pseudomonas</i> spp.	15	0,219	0,32	8,68	1,11	0,39
TMAB	15	0,21	0,52	8,76	2,76	0,62
Enterobacteria.*	15	0,41	0,23	8,4	1,85	0,51
LAB	15	0,605	0,41	7,45	5,88	0,91
TPAB	15	0,82	0,23	7,32	1,14	0,95
<i>Pseudomonas</i> spp.	20	0,77	0,38	8,79	6,8	0,98
TMAB	20	1,06	0,47	9,12	9,75	1,18
Enterobacteria.*	20	0,45	0,38	8,34	1,54	0,47
LAB	20	0,605	0,41	7,45	5,88	0,91
TPAB	20	0,938	0,44	8,99	10,8	1,24

Çizelge 4.3. Farklı sıcaklıklarda depolanan alabalıklarda meydana gelen mikrobiyolojik değişimlerin model parametreleri (Devam)

<i>Pseudomonas</i> spp.	25	3,62	0,537	9,21	4,19	1,44
TMAB	25	2,52	0,524	7,42	0,63	0,56
Enterobacteria.*	25	1,00	0,61	7,40	0,05	0,16
LAB	25	0,426	0,618	5,80	0,89	0,47
TPAB	25	2,38	0,55	13,22	2,56	1,60

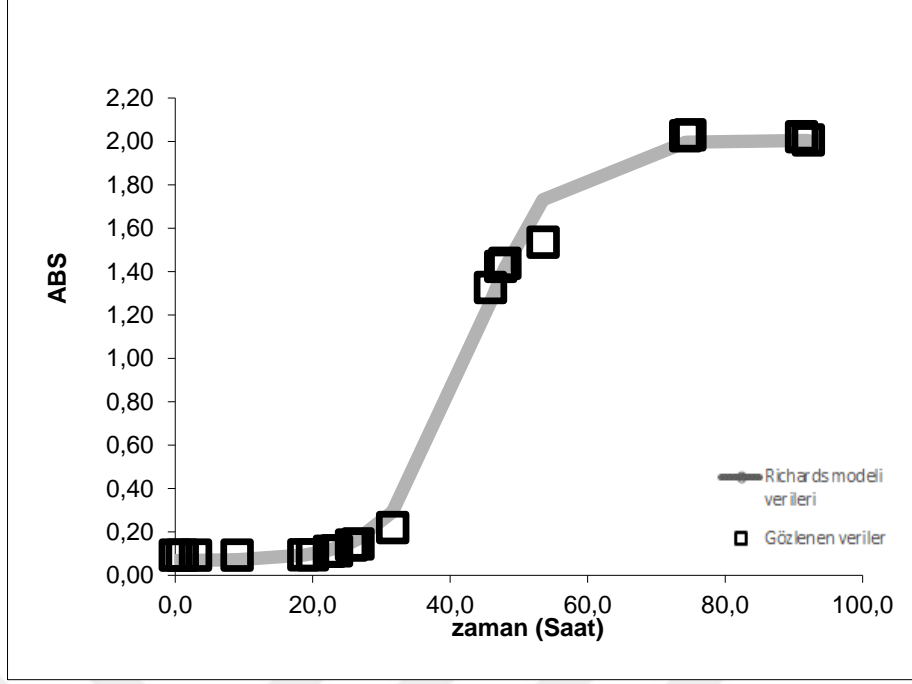
*Enterobacteriaceae

4.7. Raf Ömrü Sonunda Gökkuşığı Alabalıklarının Mikroflorasından İzole Edilen *Pseudomonas* spp. 'nin Farklı pH Ve Organik Asit Değerlerindeki Gelişim Kinetikleri

Gökkuşığı alabalıklarından izole edilen *Pseudomonas* spp.'nin gelişimi sabit sıcaklıklarda ve farklı pH ve organik asit konsantrasyonlarında belirlenmiş ve Richards modeline uyarlanarak gelişim kinetikleri ortaya konulmuştur.

4.7.1. *Pseudomonas* spp. 'nin farklı pH değerlerindeki gelişim kinetikleri

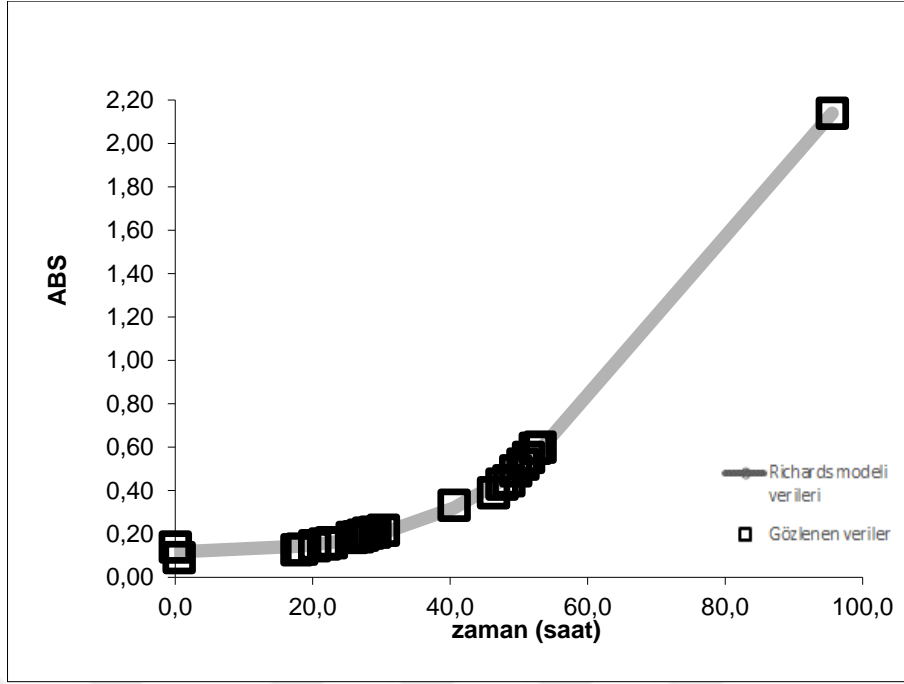
Taze alabalıklardan depolama süresince izole edilen *Pseudomonas* spp.'nin sabit sıcaklıkta (15°C) ve farklı pH'larda gelişim kinetikleri şekil 4.4 ve çizelge 4.4'te verilmiştir. Richards modeline göre μ_{ABS_R} değerleri belirlenen *Pseudomonas* spp. pH 5 ve 8,03 log kob/ml'de 0,5; 1 ve 2 değerlerinde sabit tutulan m parametresi için 0,257; 0,137 ve 0,079 1/saat olarak maksimum gelişimini göstermiştir (şekil 4.4 çizelge 4.4). Bununla beraber rss değerlerinde önemli bir farklılık bulunmamıştır (çizelge 4.4)



Şekil 4.4. *Pseudomonas* spp. 'nin pH 5'te Richards modeline göre gelişimi (HY=8,03 log kob/ml)

Çizelge 4.4. *Pseudomonas* spp. 'nin pH 5 ve 8,03 log kob/ml ve farklı m değerlerinden elde edilen model parametreleri

pH	Hücre yoğunluğu (log kob/ml)	μABS_R	m	RSS
5	8,03	0,257	0,5	0,040
5	8,03	0,137	1	0,040
5	8,03	0,079	2	0,043

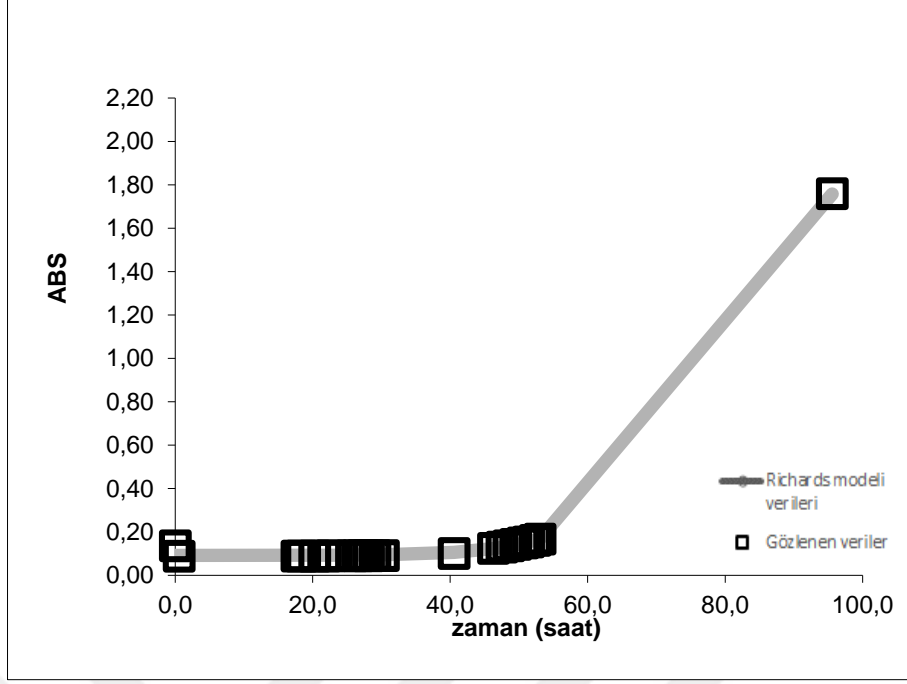


Şekil 4.5. *Pseudomonas* spp. 'nin pH 5'te Richards modeline göre gelişimi (HY=7,03 log kob/ml)

Çizelge 4.5. *Pseudomonas* spp. 'nin pH 5, 7,03 log kob/ml ve farklı m değerlerinden elde edilen model parametreleri

pH	Hücre yoğunluğu (log kob/ml)	μABS_R	m	RSS
5	7,03	0,101	0,5	0,0057
5	7,03	0,079	1	0,0052
5	7,03	0,070	2	0,0047

Pseudomonas spp. için pH 5 ve 7,03 log kob/ml'de m 0,5; 1 ve 2 için maksimum gelişim oranları şekil 4.5'te ve çizelge 4.5'te sunulmuştur. Bu kapsamda μABS_R değerleri sırasıyla 0,101; 0,079 ve 0,070 ve rss değerleri 0,0057; 0,0052 ve 0,0047 olarak hesaplanmıştır. Bu kapsamda rss değerlerinin arasında önemli bir fark olmamasından dolayı pH 5 ve 7,03 log kob/g olan HY için μABS_R değeri 0,083 1/saat olarak tavsiye edilmektedir.

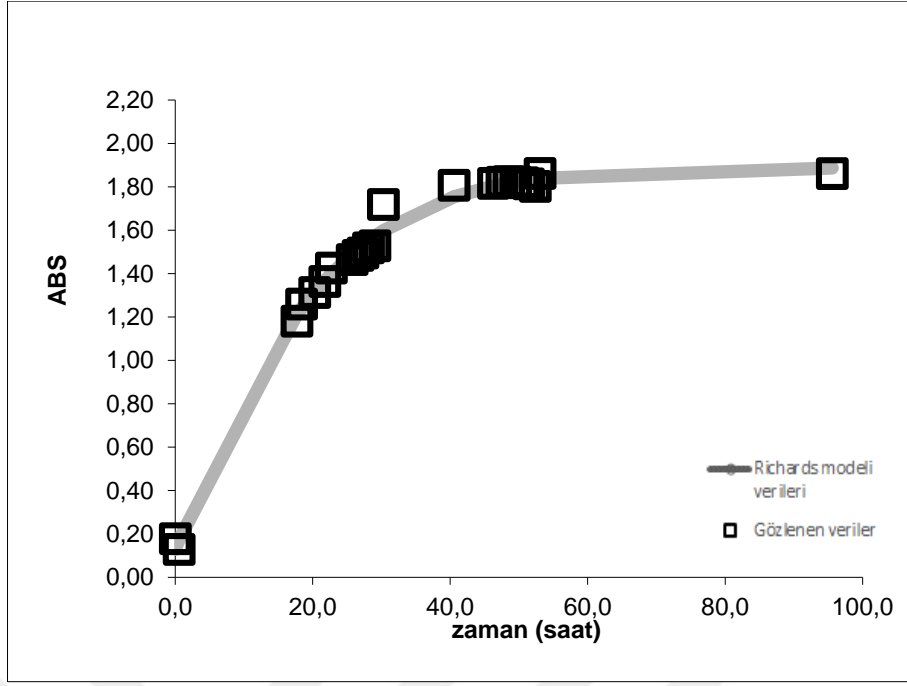


Şekil 4.6. *Pseudomonas* spp. 'nin pH 5'te Richards modeline göre gelişimi (HY=6,03 log kob/ml)

Çizelge 4.6. *Pseudomonas* spp. 'nin pH 5; 6,03 log kob/ml ve farklı m değerlerinden elde edilen model parametreleri

pH	Hücre yoğunluğu (log kob/ml)	μABS_R	m	RSS
5	6,03	0,154	0,5	0,0021
5	6,03	0,153	1	0,0022
5	6,03	0,145	2	0,0022

Pseudomonas spp. için pH 5 ve 6,03 log kob/ml olan hücre yoğunluğunda Richards modeline göre elde edilen model parametreleri şekil 4.6. ve çizelge 4.6.'da sunulmuştur. Richards modelinin m parametresinin 0,5; 1 ve 2'de sabit tutulduğunda elde edilen μABS_R ve rss değerleri sırasıyla 0,154; 0,153 ve 0,145 ve 0,0021; 0,0022 ve 0,0022 olarak rapor edilmiştir. Bu kapsamda ortalama μABS_R değeri 0,150 1/saat olarak hesaplanmıştır.



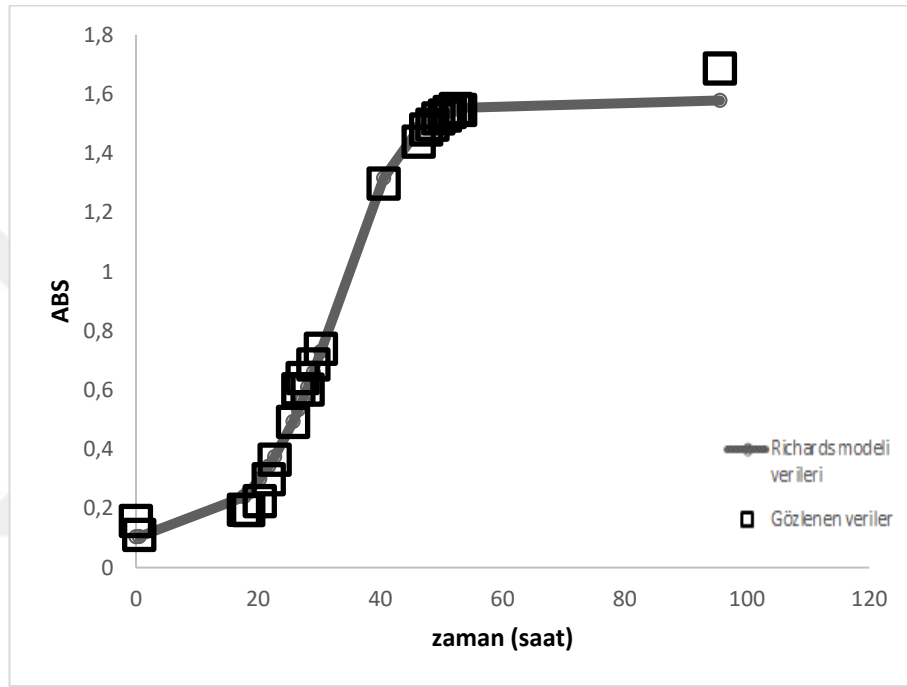
Şekil 4.7. *Pseudomonas* spp. 'nin pH 6'da Richards modeline göre gelişimi

Çizelge 4.7. *Pseudomonas* spp. 'nin pH 6; farklı hücre yoğunluğu ve farklı m değerlerinden elde edilen model parametreleri

pH	Hücre yoğunluğu (log kob/ml)	μABS_R	m	RSS
6	8,03	0,165	0,5	0,0211
6	8,03	0,07	1	0,0173
6	8,03	0,032	2	0,0183
6	7,03	0,225	0,5	0,033
6	7,03	0,130	1	0,032
6	7,03	0,081	2	0,035
6	6,03	0,257	0,5	0,019
6	6,03	0,153	1	0,024
6	6,03	0,101	2	0,039

Pseudomonas spp.'nin pH 6 ve farklı HY'lerde (8,03; 7,03 ve 6,03) gelişim gösterdiği ve Richards modeline göre hesaplanan μABS_R değerleri şekil 4.7 ve çizelge 4.7'de sunulmuştur. Bu kapsamda 0,5; 1 ve 2'de sabit tutulan Richards

model parametresi (m) için ve farklı HY'lerde (8,03; 7,03 ve 6,03) hesaplanan μ_{ABS_R} ve rss değerleri sırasıyla 0,165; 0,07; 0,032 ve 0,0211; 0,0173; 0,0183 ile 0,225; 0,130; 0,081 ve 0,033; 0,032; 0,035 ve son olarak 0,257; 0,153; 0,101 ve 0,019; 0,024 ve 0,039 olarak rapor edilmiştir. Richards modelinde belirtilen m parametresine göre μ_{ABS_R} belirlenmesinde ise 8,03 log kob/ml'de 0,165 1/saat; 7,03 log kob/ml'de 0,145 1/saat ve 6,03 log kob/ml'de ise 0,205 1/saat olması gerektiği kanaatine varılmıştır.

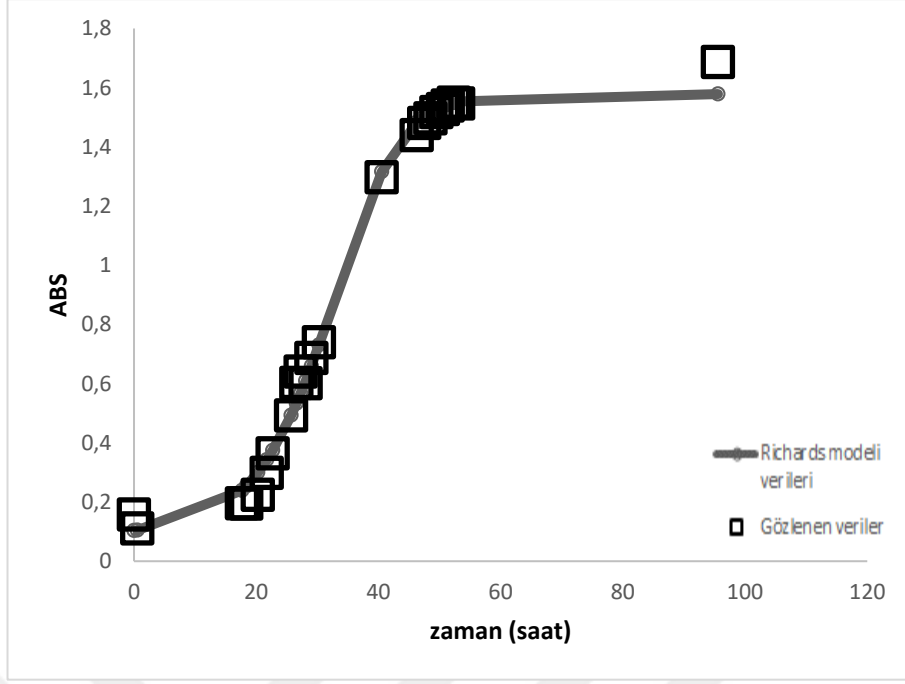


Şekil 4.8. *Pseudomonas* spp. 'nin pH 7'de Richards modeline göre gelişimi

Çizelge 4.8 *Pseudomonas* spp. 'nin pH 7'de farklı hücre yoğunluğu ve m değerlerinden elde edilen model parametreleri

pH	Hücre yoğunluğu (log kob/ml)	μABS_R	m	RSS
7	8,03	0,240	0,5	0,044
7	8,03	0,140	1	0,063
7	8,03	0,090	2	0,110
7	7,03	0,20	0,5	0,062
7	7,03	0,12	1	0,051
7	7,03	0,08	2	0,054
7	6,03	0,28	0,5	0,023
7	6,03	0,17	1	0,023
7	6,03	0,11	2	0,036

Richards modeline göre *Pseudomonas* spp. için pH 7 ve farklı HY'lerde belirlenen μABS_R ve RSS değerleri şekil 4.8 ve çizelge 4.8'de sunulmuştur. Bu kapsamda 8,03 log kob/g'da en uygun μABS_R m 0,5 için 0,240 1/saat, 7,03 log kob/ml'de m 1 için 0,12 ve 6,03 log kob/ml'de m 0,5 ve 1 için 0,225 1/saat olarak hesaplanmıştır.



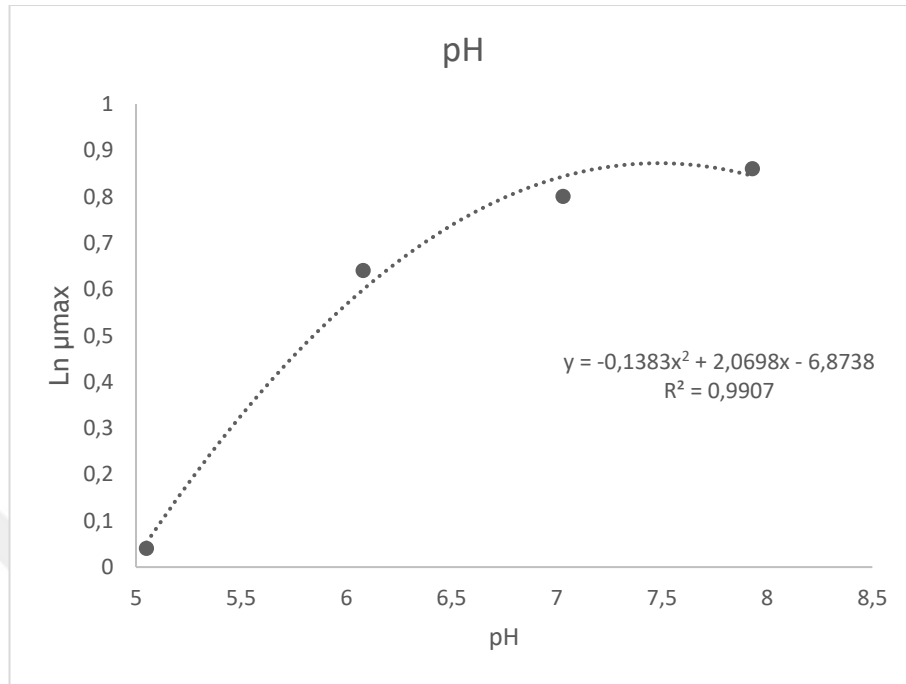
Şekil 4.9. *Pseudomonas* spp. 'nin pH 8'de Richards modeline göre gelişimi

Çizelge 4.9. *Pseudomonas* spp. 'nin pH 8'de farklı hücre yoğunluğu ve m değerlerinden elde edilen model parametreleri

pH	Hücre yoğunluğu (log kob/ml)	μABS_R	m	RSS
8	8,03	0,22	0,5	0,089
8	8,03	0,13	1	0,117
8	8,03	0,09	2	0,173
8	7,03	0,19	0,5	0,031
8	7,03	0,10	1	0,028
8	7,03	0,07	2	0,024
8	6,03	0,29	0,5	0,025
8	6,03	0,16	1	0,029
8	6,03	0,10	2	0,042

pH 8'de gelişim gösteren *Pseudomonas* spp. için belirlenen μABS_R ve rss değerleri şekil 4.9 ve Çizelge 4.9'da sunulmuştur. Araştırmanın sonuçlarına göre 8,03 log kob/g'da m 0,5 için belirlenen μABS_R değeri 0,22 1/saat, 7,03 log

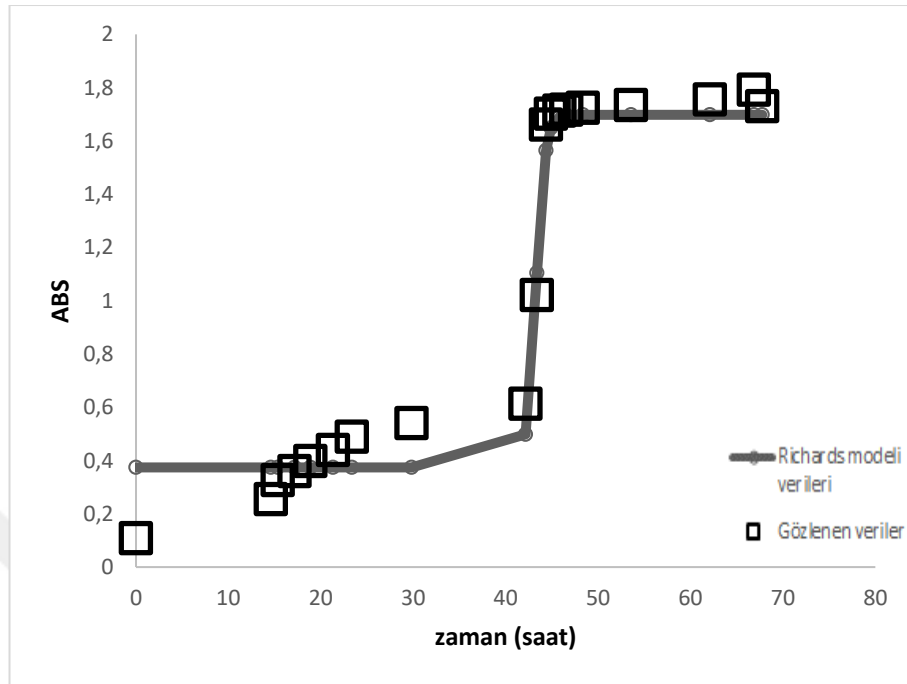
kob/ml'de m 2 için 0,07 1/saat ve 6,03 log kob/ml'de m 0,5 için 0,29 1/saat olarak rapor edilmiştir.



Şekil 4.10 *Pseudomonas* spp.'nin sabit sıcaklık (15°C) ve farklı pH'larda gösterdiği gelişim

Araştırma sonuçlarına göre *Pseudomonas* spp. pH 5'te en düşük gelişimini gösterirken optimum gelişimini pH 7,5 - 8 aralığında göstermiştir. pH'nın yükselmesiyle bakteri gelişimi yavaşlamış olup gelişim kinetiğinde polinomik bir denklem elde edilmiştir. Korelasyon katsayısı (Ln µmax ve pH) $R^2=0,9907$ olarak hesaplanmış ve maksimum gelişim oranı ve pH arasında pozitif yönlü yüksek bir korelasyon bulunmuştur. Bununla beraber Ln µmax ve pH arasındaki ilişkinin $y=-0,1383x^2 + 2,0698x - 6,8738$ bağıntısı ile hesaplanabileceği kanaatine varılmıştır (Şekil 4.10)

4.7.2. *Pseudomonas* spp. 'nin farklı LA konsantrasyonlarındaki gelişim kinetikleri



Şekil 4.11 *Pseudomonas* spp. 'nin LA %0,1'de Richards modeline göre gelişimi

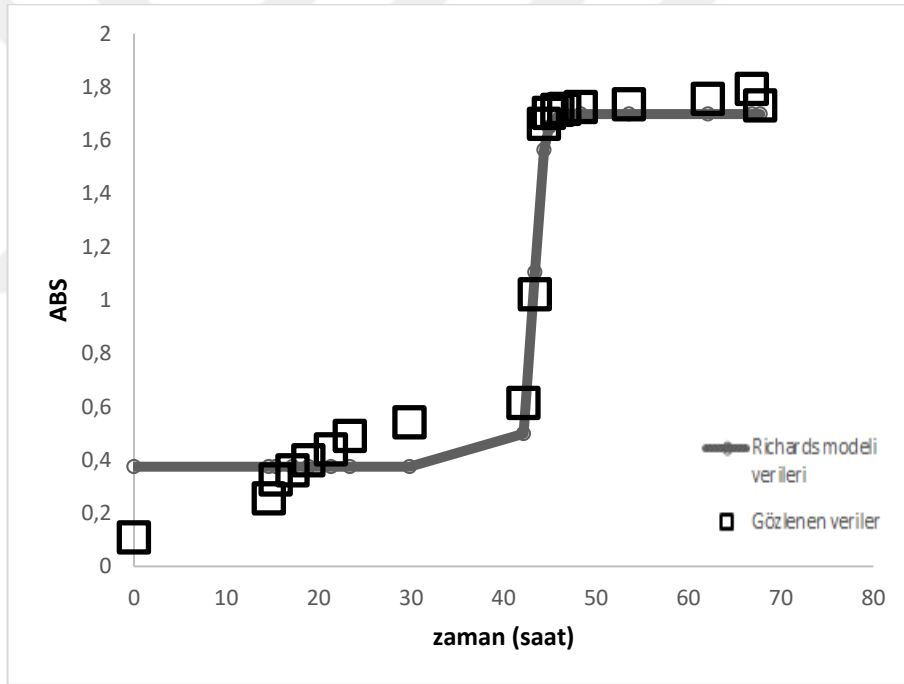
Çizelge 4.10. *Pseudomonas* spp. 'nin LA 0,1'de farklı hücre yoğunluğu ve m değerlerinden elde edilen model parametreleri

LA konsantrasyonu (%)	Hücre yoğunluğu (log kob/ml)	μ_{ABS_R}	m	RSS
0,1	8,02	0,20	0,5	0,101
0,1	8,02	0,13	1	0,136
0,1	8,02	0,09	2	0,209
0,1	7,02	0,23	0,5	0,111
0,1	7,02	0,14	1	0,090
0,1	7,02	0,09	2	0,086
0,1	6,02	0,24	0,5	0,102

Çizelge 4.10. *Pseudomonas* spp. 'nin LA 0,1'de farklı hücre yoğunluğu ve m değerlerinden elde edilen model parametreleri (Devam)

0,1	6,02	0,16	1	0,039
0,1	6,02	0,10	2	0,028

Sabit sıcaklıkta (15°C) ve % 0,1 LA konsantrasyonunda gelişimi belirlenen *Pseudomonas* spp. 'nin farklı HY'lerde Richards modeline göre μ_{ABS_R} değerleri şekil 4.11 ve çizelge 4.10'da sunulmuştur. Araştırma sonuçlarına göre ise 8,02 log kob/g için m 0,5'te μ_{ABS_R} değeri 0,20 1/saat; 7,02 log kob/ml'de m 2 için 0,09 1/saat ve 6,02 log kob/ml'de m 2 için μ_{ABS_R} 0,10 1/saat olarak belirlenmiştir.

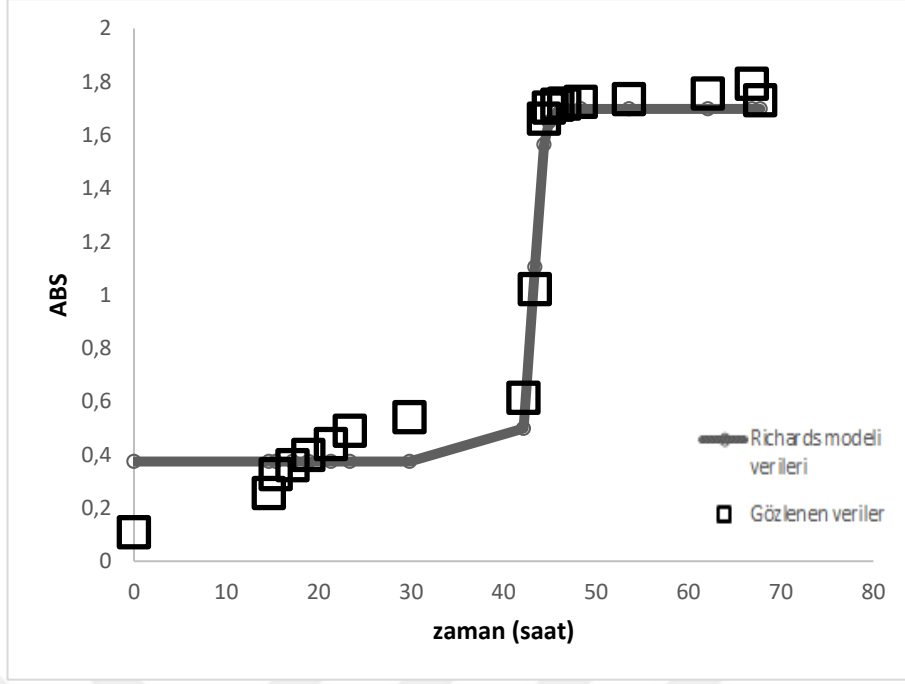


Şekil 4.12 *Pseudomonas* spp. 'nin LA %0,2'de Richards modeline göre gelişimi

Çizelge 4.11 *Pseudomonas* spp. 'nin LA % 0,2'de farklı hücre yoğunluğu ve m değerlerinden elde edilen model parametreleri

LA konsantrasyonu (%)	Hücre yoğunluğu (log kob/ml)	μABS_R	m	RSS
0,2	8,02	0,19	0,5	0,108
0,2	8,02	0,12	1	0,144
0,2	8,02	0,08	2	0,221
0,2	7,02	0,16	0,5	0,489
0,2	7,02	0,09	1	0,483
0,2	7,02	0,06	2	0,492
0,2	6,02	0,23	0,5	0,081
0,2	6,02	0,15	1	0,025
0,2	6,02	0,10	2	0,023

Pseudomonas spp. için % 0,2 LA konsantrasyonunda farklı HY'lerde belirlenen μABS_R değerleri şekil 4.12 ve çizelge 4.11'de sunulmuştur. Bu kapsamda 0,108 rss değerine sahip ve m 0,5 için 8,02 log kob/ml'de belirlenen μABS_R 0,19 1/saat, 0,483 rss değeri ile m 1 için 7,02 log kob/ml'de 0,09 ve 0,023 RSS değerine sahip 6,02 log kob/ml'de m 2 için 0,10 1/ saat olarak belirlenmiştir.



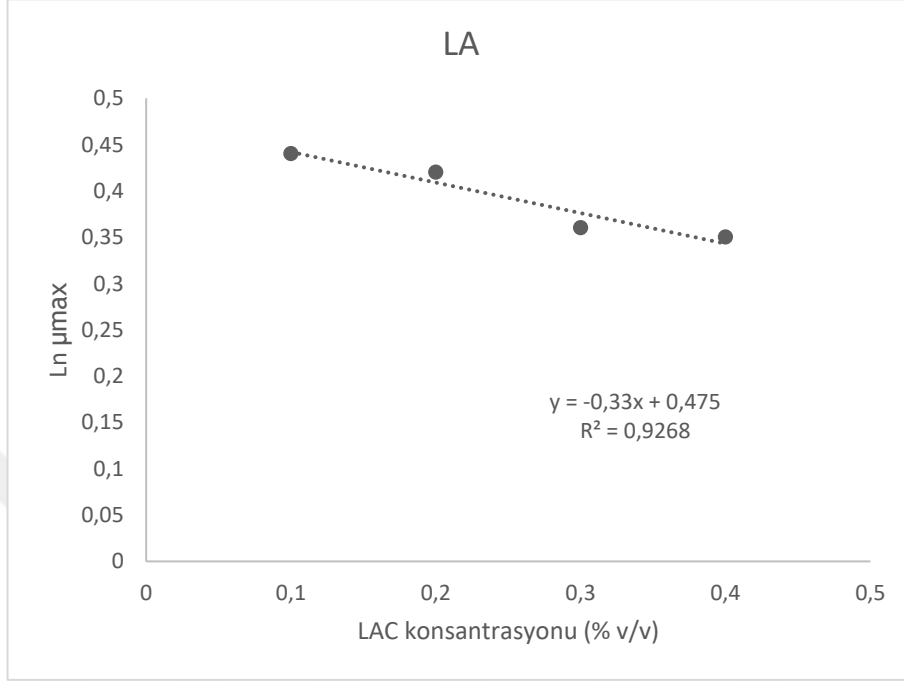
Şekil 4.13 *Pseudomonas* spp. 'nin LA %0,3'de Richards modeline göre gelişimi

Çizelge 4.12 *Pseudomonas* spp. 'nin LA % 0,3'de farklı hücre yoğunluğu ve m değerlerinden elde edilen model parametreleri

LA konsantrasyonu (%)	Hücre yoğunluğu (log kob/ml)	μABS_R	m	RSS
0,3	8,02	0,16	0,5	0,07
0,3	8,02	0,10	1	0,11
0,3	8,02	0,07	2	0,186
0,3	7,02	0,22	0,5	0,02
0,3	7,02	0,12	1	0,022
0,3	7,02	0,08	2	0,016
0,3	6,02	0,19	0,5	0,044
0,3	6,02	0,13	1	0,018
0,3	6,02	0,09	2	0,030

Pseudomonas spp. için farklı HY'lerde ve % 0,3 LA konsantrasyonunda Richards modeline göre belirlenen μABS_R değerleri şekil 4.13 ve çizelge 4.12'de sunulmuştur. Araştırma sonuçlarına göre 8,02 log kob/ml'de m 0,5 için 0,16

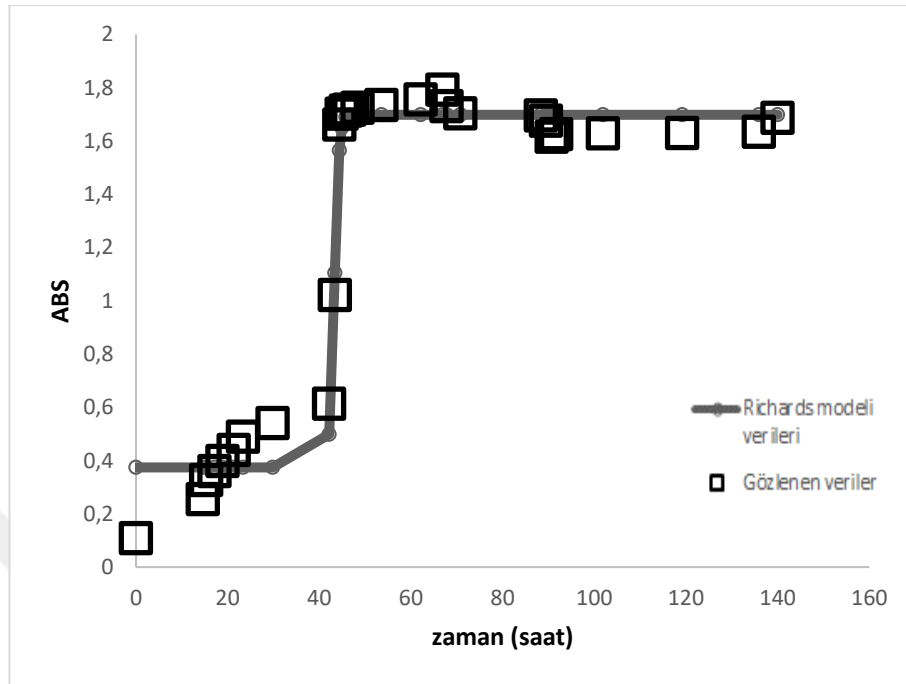
1/saat olarak belirlenen değer 0,07 RSS değerine sahip olurken bu durum 7,02 log kob/ml'de m 0,5 için 0,22 1/saat (RSS= 0,02) ve 6,02 log kob/ml'de m 1 için 0,13 1/saat (RSS= 0,018) olarak rapor edilmiştir.



Şekil 4.14. *Pseudomonas* spp.'nin sabit sıcaklık (15°C) ve farklı LA konsantrasyonlarında gösterdiği gelişim

Pseudomonas spp. 'nin farklı LA konsantrasyonlarında belirlenen gelişim oranları şekil 4.14'te sunulmuştur. Bu kapsamda korelasyon katsayı $R^2=0,9268$ olarak hesaplanırken $\ln\mu_{max}$ değerleri ve LA konsantrasyonu arasında güçlü bir korelasyon tespit edilmiştir. Bununla beraber LA konsantrasyonu ve $\ln\mu_{max}$ arasındaki ilişkiyi hesaplayabilmek için $y=-0,33x + 0,475$ bağıntısı kullanılabilir.

4.7.3. *Pseudomonas* spp. 'nin farklı AA konsantrasyonlarındaki gelişim kinetikleri



Şekil 4.15 *Pseudomonas* spp. 'nin AA %0,1'de Richards modeline göre gelişimi

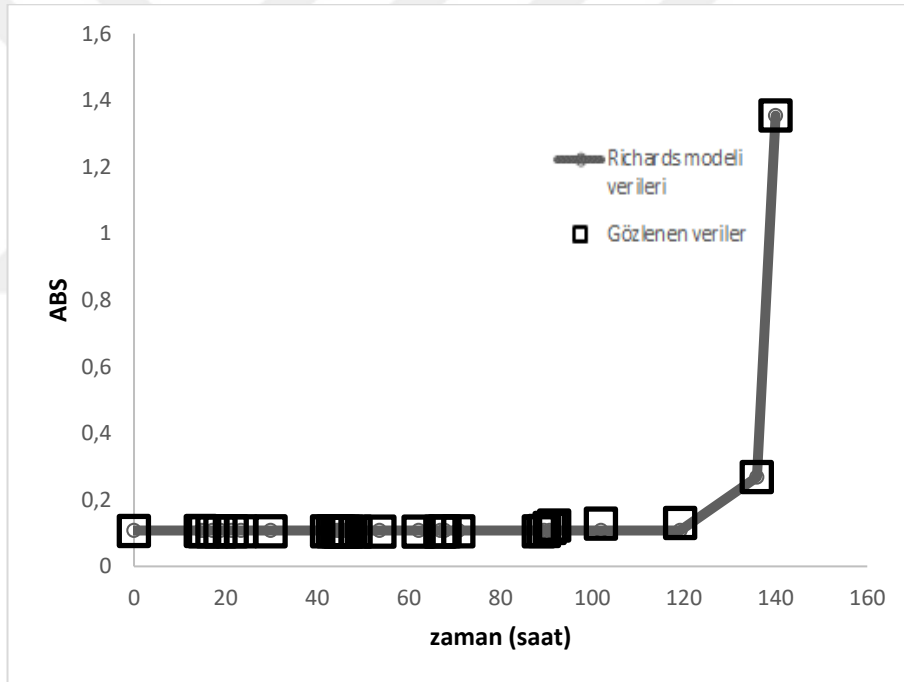
Çizelge 4.13. *Pseudomonas* spp. 'nin AA % 0,1'de farklı hücre yoğunluğu ve m değerlerinden elde edilen model parametreleri

AA konsantrasyonu (%)	Hücre yoğunluğu (log kob/ml)	μ_{ABS_R}	m	RSS
0,1	8,02	0,13	0,5	0,657
0,1	8,02	0,07	1	0,661
0,1	8,02	0,05	2	0,672
0,1	7,02	0,20	0,5	1,20
0,1	7,02	2,01	1	0,208
0,1	7,02	1,07	2	0,204
0,1	6,02	4,06	0,5	0,05

Çizelge 4.13. *Pseudomonas* spp. 'nin AA % 0,1'de farklı hücre yoğunluğu ve m değerlerinden elde edilen model parametreleri (Devam)

0,1	6,02	2,14	1	0,052
0,1	6,02	5,56	2	0,087

Pseudomonas spp. 'nin farklı HY'lerde ve % 0,1 AA konsantrasyonunda göstermiş olduğu gelişim şekil 4.15 ve çizelge 4.13'te sunulmuştur. Bu kapsamda 8,02 log kob/g'da rss değerleri arasında önemli bir fark olmamasından dolayı μ_{ABS_R} değeri 0,083 1/saat, 7,02 log kob/ml'de m 1 ve 2 için 1,54 1/saat ve 6,02 log kob/ml'de m 0,5 ve 1 için 3,10 1/saat olarak hesaplanmıştır.

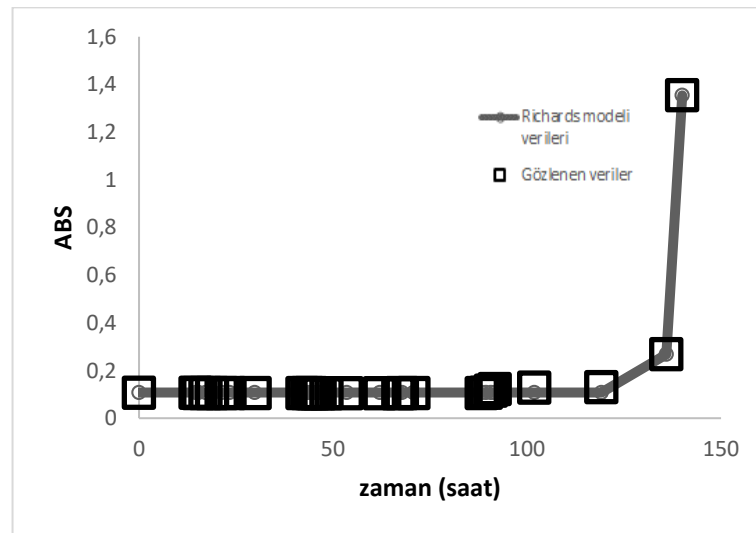


Şekil 4.16 *Pseudomonas* spp. 'nin AA %0,2'de Richards modeline göre gelişimi

Çizelge 4.14. *Pseudomonas* spp. 'nin AA % 0,2'de farklı hücre yoğunluğu ve m değerlerinden elde edilen model parametreleri

AA konsantrasyonu (%)	Hücre yoğunluğu (log kob/ml)	μ_{ABS_R}	m	RSS
0,2	8,02	3,45	0,5	0,22
0,2	8,02	1,76	1	0,228
0,2	8,02	1,00	2	0,227
0,2	7,02	4,61	0,5	0,428
0,2	7,02	3,37	1	0,307
0,2	7,02	2,20	2	0,315
0,2	6,02	0,17	0,5	0,591
0,2	6,02	0,09	1	0,591
0,2	6,02	0,06	2	0,592

AA % 0,2 konsantrasyonunda *Pseudomonas* spp.'nin gelişim kinetikleri şekil 4.16 ve çizelge 4.14'te verilmiştir. Araştırma sonuçlarına göre 8,02 log kob/ml'de μ_{ABS_R} değeri 2,07 1/saat olarak hesaplanırken 7,02 log kob/ml ve 6,02 log kob/ml için 3,39 ve 0,106 1/saat olarak tespit edilmiştir.

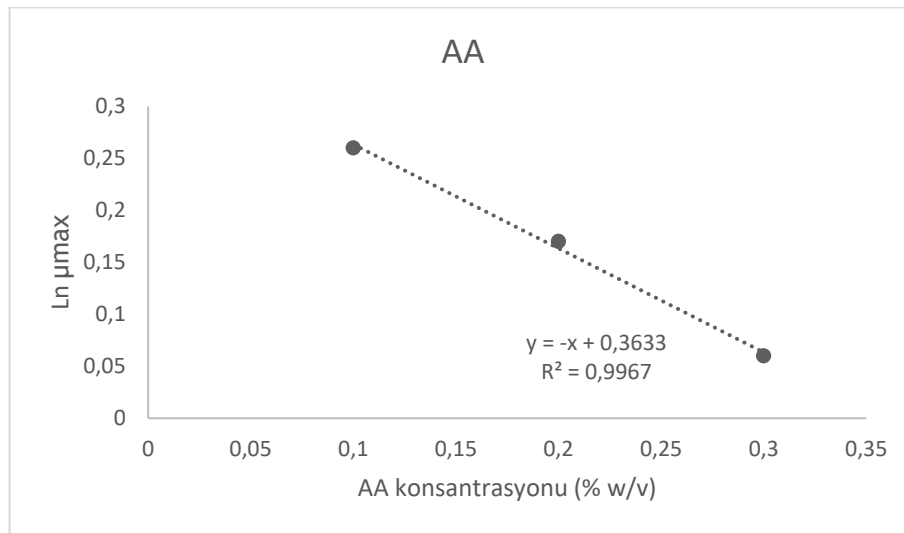


Şekil 4.17 *Pseudomonas* spp. 'nin AA %0,3'de Richards modeline göre gelişimi

Çizelge 4.15. *Pseudomonas* spp. 'nin AA % 0,3'de farklı hücre yoğunluğu ve m değerlerinden elde edilen model parametreleri

AA konsantrasyonu (%)	Hücre yoğunluğu (log kob/ml)	μ_{ABS_R}	m	RSS
0,3	8,02	7,74	0,5	0,130
0,3	8,02	4,09	1	0,130
0,3	8,02	2,43	2	0,130
0,3	7,02	0,13	0,5	0,378
0,3	7,02	0,05	1	0,351
0,3	7,02	0,04	2	0,350
0,3	6,02	0,81	0,5	0,001
0,3	6,02	0,55	1	0,0013
0,3	6,02	0,45	2	0,0013

AA % 0,3 konsantrasyonunda *Pseudomonas* spp.'nin gelişim kinetikleri şekil 4.17 ve çizelge 4.15'te verilmiştir. Araştırma sonuçlarına göre 8,02 log kob/ml'de μ_{ABS_R} değeri 4,75 1/saat olarak hesaplanırken 7,02 log kob/ml ve 6,02 log kob/ml için 0,073 ve 0,603 1/saat olarak kayıt altına alınmıştır.



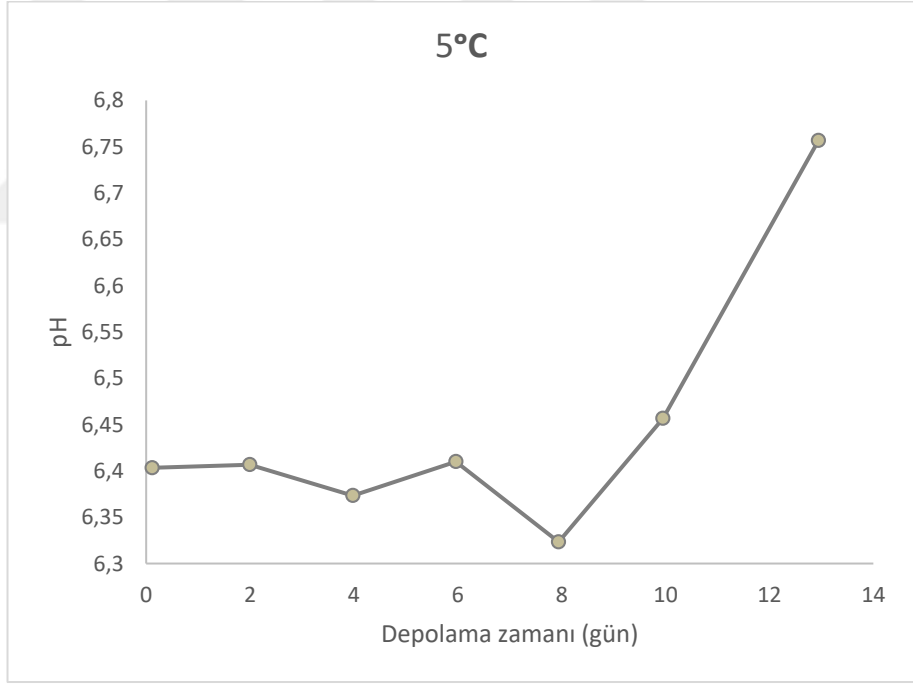
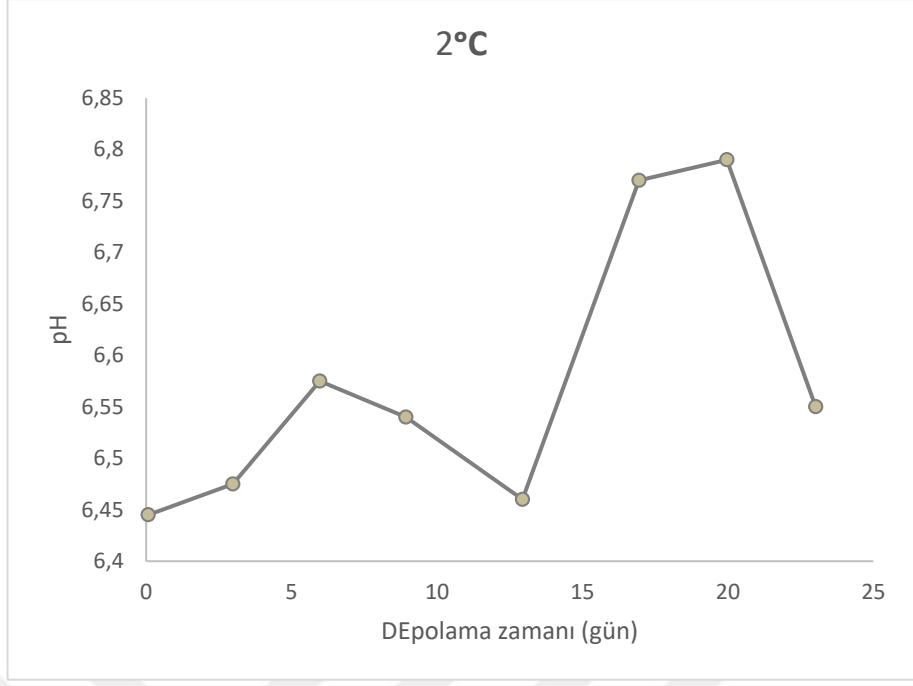
Şekil 4.18 *Pseudomonas* spp.'nin sabit sıcaklık (15°C) ve farklı AA konsantrasyonlarında gösterdiği gelişim

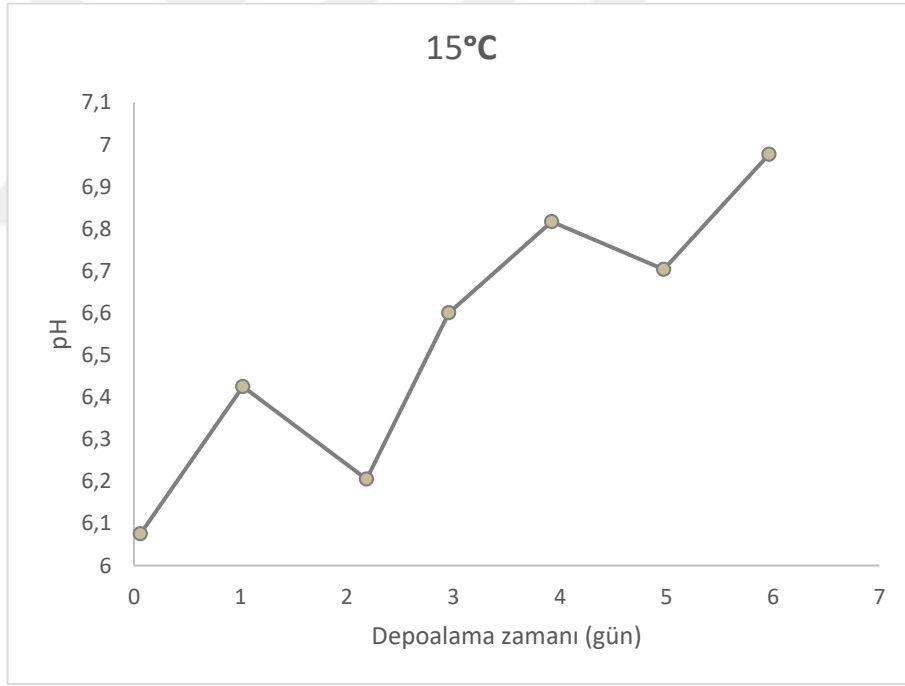
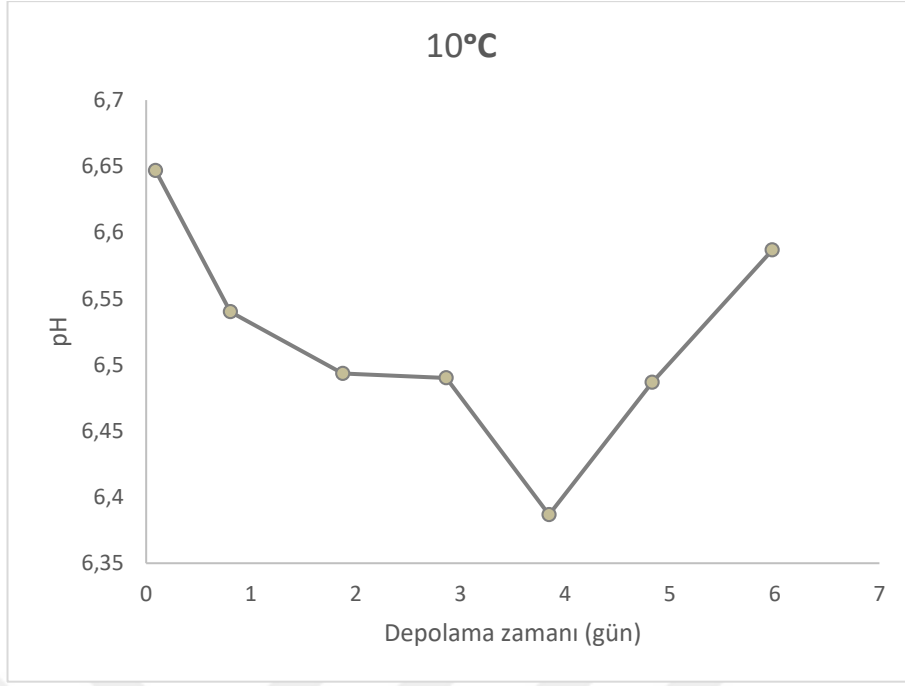
Pseudomonas spp. 'nin farklı AA konsantrasyonlarında belirlenen gelişim oranları şekil 4.18'de sunulmuştur. Bu kapsamda korelasyon katsayı $R^2=0,9967$ olarak hesaplanırken $\ln\mu_{max}$ değerleri ve AA konsantrasyonu arasında güçlü bir korelasyon tespit edilmiştir. Bununla beraber AA konsantrasyonu ve $\ln\mu_{max}$ arasındaki ilişkiyi hesaplayabilmek için $y=-x + 0,3633$ bağıntısı kullanılabilir.

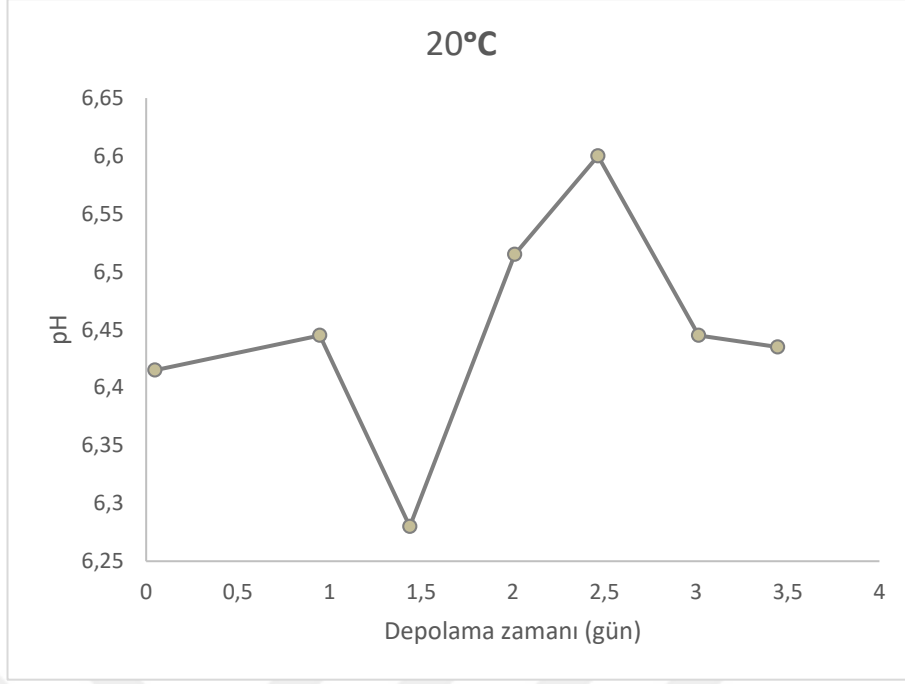
4.8. Kimyasal Analizler

4.8.1. pH analizi

İç organları alınarak farklı sıcaklıklarda depolanan gökkuşuğu alabalıklarında meydana gelen pH değişimleri Şekil 4.19'da gösterilmiştir. Başlangıçtaki pH değerleri sıcaklıklara göre farklılık göstermekte birlikte 2, 5, 10, 15 ve 20°C'de iç organları alınarak depolanan alabalıklarda sırasıyla 6,64; 5,99; 6,07; 6,45 ve 6,41 olarak belirlenmiştir. Depolama süresince artış ve azalışlar gösteren pH değerleri depolama sonunda ise sırasıyla 6,58; 6,78; 6,97; 6,61 ve 6,42 olarak belirlenmiştir (Şekil 4.19). İç organları alınarak depolanan gökkuşuğu alabalıklarında meydana gelen pH değişimleri her ne kadar sıcaklıklara bağlı olarak farklılık gösterse de sıcaklıklar ve depolama zamanı arasında istatistiki olarak önemli bir farka rastlanılmamıştır ($p<0,05$) ve pH değerleri bütün sıcaklıklar için 6-7 arasında değişmiştir.







Şekil 4.19. İç organları alınarak farklı sıcaklıklarda depolanan gökkuşağı alabalıklarında meydana gelen pH değişimleri

4.9. Geliştirilen Raf Ömrü Tahmin Modelinin Validasyonu

İç organları alınarak farklı sıcaklıklarda depolanan gökkuşağı alabalıklarında geliştirilen modelin validasyonu iç organları çıkarılmamış (bütün) gökkuşağı alabalıklarında farklı sabit sıcaklıklarda depolanarak gerçekleştirilmiştir. İç organları çıkarılmadan bütün olarak 2, 10 ve 20°C'de depolanan alabalıklar için model parametreleri Çizelge 4.16'da sunulmuştur. Araştırma sonuçlarına göre 2, 10 ve 20°C'de bütün olarak depolanan gökkuşağı alabalıklarının raf ömrü tahmin modelinde gözlenen ve tahmin edilen μ_{max} değerleri arasında önemli bir fark görülmemiştir ($p>0,05$). Bununla beraber 2°C için gözlenen ve tahmin edilen değerler arasında en küçük fark *Pseudomonas spp.*, *Enterobacteriaceae* ve psikrofilik bakteriler için 0,01 1/saat olarak belirlenmiştir.

Çizelge 4.16. Farklı sıcaklıklarda iç organları ile bütün olarak depolanan gökkuşağı alabalıklarında model validasyonu parametreleri

Bakteri grubu	Sıcaklık (°C)	Gözlenen- μ_{max} (1/saat)	Tahmin edilen μ_{max} (1/saat)
<i>Pseudomonas</i> spp.	2	0,04	0,030
TMAB	2	0,04	0,040
Enterobacteria.*	2	0,03	0,020
LAB	2	0,02	0,020
TPAB	2	0,04	0,030
<i>Pseudomonas</i> spp.	10	0,10	0,107
TMAB	10	0,10	0,160
Enterobacteria.*	10	0,09	0,153
LAB	10	0,10	0,102
TPAB	10	0,10	0,152
<i>Pseudomonas</i> spp.	20	0,27	0,252
TMAB	20	0,57	0,488
Enterobacteria.*	20	0,38	0,460
LAB	20	0,42	0,266
TPAB	20	0,22	0,180

*Enterobacteriaceae

Bütün olarak 10°C'de depolanan gökkuşağı alabalıklarında gözlenen ve beklenen değerler arasında farklılıklar görülmüştür. Bu kapsamda *Pseudomonas* spp., mezofilik bakteriler, Enterobacteriaceae, LAB ve psikrofilik bakterilerin gözlenen ve beklenen değerleri arasında belirlenen farklar sırasıyla 0,007; 0,06; 0,063; 0,002 ve 0,052 1/saat olarak belirlenmiştir. Bunun yanında 20°C'de ise sırasıyla 0,052; 0,082; -0,08; 0,154 ve 0,04 1/saat olarak kayıt altına alınmıştır. Gözlenen ve tahmin edilen μ_{max} değerleri arasındaki farklar model validasyonunda taraflılık (bias) ve doğruluk (accuracy) faktörlerinin hesaplanmasını sağlarlar (Çizelge 4.17). Taraflılık ve doğruluk faktörleri değerlerinin 0,8-1,20 arasında olması modelin geçerli olduğu anlamına gelmektedir. Bu kapsamda gökkuşağı alabalıkları için geliştirilen raf ömrü tahmin modeli değerlendirildiğinde *Pseudomonas* spp., mezofilik bakteriler,

Enterobacteriaceae, LAB ve psikrofilik bakteriler için belirlenen tarafsızlık ve doğruluk faktörleri sırasıyla 0,91-1,14; 1,11-1,23; 1,11-1,46; 0,86-1,17; 0,98-1,35 olarak hesaplanmıştır.

Çizelge 4.17. Model validasyonunda tarafsızlık (bias) ve doğruluk (accuracy) faktörleri

Bakteri	Tarafsızlık faktörü	Doğruluk faktörü
<i>Pseudomonas</i> spp.	0,91	1,14
TMAB	1,11	1,23
Enterobacteria.*	1,11	1,46
LAB	0,86	1,17
TPAB	0,98	1,35

*Enterobacteriaceae

Elde edilen tarafsızlık ve doğruluk değerleri incelendiğinde ise modelin geçerli olabilmesinin yeterli olduğu açıkça görülmektedir (Çizelge 4.17). Bununla beraber doğruluk faktörlerinin 1,20'nin üzerinde olması modelin gözlenenenden hızlı tahmin yaptığı anlamına gelmekte olup, geliştirilen modelin doğruluk faktörlerinin 1,20'nin üzerinde olması durumunda güvenli-hatalı bir model olduğunu göstermekte ve raf ömrü tahminlerinde güvenli bir şekilde kullanılabilir olduğu anlamına gelmektedir.

5. TARTIŞMA VE SONUÇLAR

Sallam (2007), % 2,5'lik sodyum asetat, sodyum laktat ve sodyum sitrat solüsyonlarına daldırılan taze salmon balığı dilimlerinin 1 °C depolama şartlarında mikrobiyal kalite ve lipid oksidasyonu değişimlerini incelemiş ve organik asit tuzları ile muamele edilen salmon balığı dilimlerinde aerobik ve psikrotrofik bakteri sayılarının, *Pseudomonas* spp., H₂S üreten bakterilerin, LAB ve Enterobacteriaceae familyasına ait bakterilerin gelişimlerinin önemli ölçüde (p<0,05) azaldığını bildirmiştir. Bununla beraber farklı organik asit tuzlarının antibakteriyel aktivite etkinliği sodyum asetat>sodyum laktat>sodyum sitrat olarak bildirilmiştir. Çalışmamızda laktik asit ve asetik asit ile marine edilen salmon balıklarında H₂S üreten ve LAB üremelerinin de yavaşladığı görülmüş ve Sallam, 2007 tarafından bildirilen sonuçlarla benzerlik göstermiştir. Araştırmacı organik asit tuzları ile muamele edilen salmon dilimlerinin raf ömrünün kontrol grubuna göre 4-7 gün daha fazla olduğunu bildirmiştir. Çalışmamızda ise marine MAP uygulanan örnekler için 10°C'de depolamada 14 gün, 15°C'de 6 gün ve farklı sıcaklıklarda ise 7 gün olarak belirlenmiştir. Taze MAP (% 50/50 CO₂/N₂) salmon balığı dilimlerinde ise 10, 15°C ve dinamik sıcaklıklarda raf ömrü sırasıyla 4, 2 ve 3 gün olarak bildirilmiştir (Dalgaard vd., 1997) Bu kapsamda organik asitler ve MAP uygulamasının salmon balığı dilimlerinin raf ömrünü önemli derecede uzattığı kanaatine varılmıştır. Araştırmacı toplam bakteri sayılarının kontrol grubunda 3,85 log kob/g, sodyum asetat ile muamele edilen örneklerde ise 3,32 log kob/g ve depolamanın 6. gününde ise organik asitlerle muamele edilen salmon balığı dilimlerinde 6 log kob/g'ın altında olduğunu rapor etmiştir. Bu sonuçlar çalışmamızdaki verilerle benzerlik göstermektedir.

Emborg vd. (2002), taze soğutulmuş ve dondurulmuş/çözülmüş MAP salmonlarının 2°C'deki depolamasında *P. phosphoreum* 'un dominant olduğunu, sayılarının taze soğutulmuş örneklerde 6 log kob/g'ın üzerine çıktığını ve 14-21 gün raf ömrüne sahip olduğunu rapor etmişlerdir. Bu sonuç *P.phosphoreum* açısından çalışmamız ile benzerlik göstermektedir. Ancak laktik asit ve asetik asitle marine edilmiş MAP salmon balığı dilimlerinde bozulmaya yol açan

P.phosphoreum 'un gelişimi yavaşlatıldığından daha yüksek sıcaklıklarda benzer raf ömrü ortaya konulmuştur.

Schirmer vd. (2009), organik asitler ve CO₂ paketlenen taze salmon balıklarında raf ömrü çalışmasında *P. phosphoreum* and *C. maltaromaticum* 'un dominant mikroflorayı oluşturduklarını belirtirken *S. putrefaciens* in % 2 gibi daha düşük bir oranda bulunduğunu rapor etmişler ve bu çalışmanın mikrobiyolojik bulgularıyla çalışmamızın verileri benzerlik göstermiştir. Ayrıca örneklerinden *P. phosphoreum* izole ettiklerini ve *P. phosphoreum* 'un sürpriz bir şekilde dominant mikroflorada bulunduğunu belirtmişlerdir. Yaptığımız çalışmada ise laktik asit ve asetik asit ile marine edilen salmon balığı dilimlerine inoküle edilen *P. phosphoreum* 'un depolama süresince gelişim gösterdiği ve CO₂'ye karşı toleranslı olmasının yanında organik asitlerin varlığında da gelişimini sürdürebileceği ortaya konmuştur.

Marine edilerek MAP uygulanan salmon balığı dilimlerinin farklı sıcaklıklarda depolama süresince meydana gelen TBS değişimi Çizelge 4.1'de gösterilmiştir. Yapılan çalışmalar ile karşılaştırıldığında marine edilen MAP uygulanan salmon balıklarında toplam bakteri sayılarına ilişkin benzer sonuçlar elde edildiği görülmüştür. Souza vd. (2010), kitozan kaplanmış salmon (*S. salar*) balığı dilimlerinin raf ömrü çalışmasında taze örneklerin başlangıç TAB sayılarını 3,02 log kob/g olarak bildirmişlerdir. Dilimlenen örnekler 0°C'de 18 gün boyunca depolanmış ve kitozan ile kaplanan örneklerin TABS depolamanın ilk 6 günü kontrol örnekleri ile benzer bir değişim gösterdiği bildirilmiş ve kitozan ile kaplanan örneklerin 15 günlük depolama süresince 7 log kob/g'ın üzerine çıkmadığı araştırma sonuçlarında gösterilmiştir.

Sivertsvik vd. (2003), taze Atlantik salmon filetolarında MAP uygulaması (CO₂:N₂, 60:40) ve depolamanın (-2 ve +4C) etkilerini 24 günlük depolama boyunca incelemişlerdir. Buzdolabı şartlarında (+4C) depolanan ve hava ve MAP uygulaması yapılarak paketlenen örneklerde başlangıçtaki TBS 1,5 log kob/g olarak bildirilirken 24 günlük depolamanın sonunda MAP örneklerde 8 log kob/g'ın altında, hava ile paketlenen örneklerde ise 8 log kob/g'ın üzerine

çıkıldığı bildirilmiştir. Psikrotrofik bakteri sayıları da toplam aerobik bakteri sayıları ile benzerlik göstermiştir. Buna karşılık H₂S-üreten bakteri sayılarının depolama süresince 6 log kob/g'ın altında kaldığı araştırmacılar tarafından rapor edilmiştir. Çalışmamızda toplam aerobik bakteri sayıları 10, 15°C ve dinamik sıcaklıkta depolanan örneklerde sırasıyla depolama sonunda 6,58; 7,45 ve 7,56 log kob/g ve H₂S-üreten bakteriler 2,28; 1,27 ve 1,12 log kob/g olarak bulunmuş ve taze Atlantik salmon ile yapılan çalışma sonuçlarında elde edilen TBS ve H₂S-üreten bakteri sayıları ile uyumlu olduğu belirlenmiştir.

Fernandez vd. (2009), Atlantik salmon balıklarının doğal katkı maddeleri (biberiye ekstraktı ve ticari aktif protein Sea-i), süper soğutma ve MAP'nin raf ömrü üzerine olan etkilerini incelemiştir. Araştırma sonuçlarına göre % 60:40; 75:25 ve 90:10 CO₂:N₂ uygulanan gaz/ürün oranının 2,5 olduğu örneklerde aerobik mezofilik bakteri sayılarının sırasıyla 20, 23 ve 25. günlerde 6 log kob/g'ın üzerine çıkmakla birlikte % 25:75 ve 40:60 CO₂:N₂ gaz karışımlarına sahip gaz/ürün oranının 1,2 olduğu örneklerde ise aerobik mezofilik bakteri sayılarının yaklaşık olarak depolamanın 23. günü 6 log kob/g'ın üzerine çıktığı belirtilmiştir. Mezgit, uskumru ve salmon balıkları ile yapılan diğer bir çalışmada (Fagan vd., 2004) MAP ile süper soğutmanın bazı kalite parametreleri üzerine olan etkisini belirlemek için uskumru ve salmon da % 60:40 CO₂:N₂ gaz oranı ve mezgit balıkları için % 30:40:30 (N₂:CO₂:O₂) oranı kullanılmıştır. Araştırma sonucunda mezgit filetoları ve salmon dilimleri için başlangıçtaki toplam aerobik bakteri sayıları sırasıyla 2,97 ve 4,50 log kob/g olarak bildirilirken depolama sonunda (7.gün) salmon balıkları için 5,71 log kob/g olarak rapor edilmiştir.

Hansen vd. (1995), soğuk dumanlanan salmon balıklarında depolama sıcaklığı (5 ve 10 °C) ve tuz konsantrasyonunun (% 2,2 ve 4,6) kalite üzerine olan etkilerini incelemişler ve depolamanın başında toplam mezofilik bakteri ve toplam psikrofilik bakteri sayılarının 3 - 6 log kob/g arasında değiştiğini bildirmişlerdir. Depolamanın 12. gününde toplam mezofilik bakteri, toplam psikrofilik bakteri ve LAB sayılarının 7 - 8 log kob/g olduğu belirtilmiştir. Çalışmamızda örneklerin depolama sonunda toplam bakteri sayılarının 10°C'de

6,58 log kob/g ile düşük, 15°C ve dinamik sıcaklıklarda sırasıyla 7,45 ve 7,56 og kob/g olarak Hansen vd. (1995)'nin bulguları ile benzerlik gösterdiği belirlenmiştir. Düşük değerin organik asitler ve MAP uygulamasının sinerjistik etkisinden kaynaklandığı düşünülmektedir.

Marine edilen ve MAP uygulanan farklı sıcaklıklarda depolanan salmon balığı dilimlerinde farklı sıcaklıklarda depolama zamanı boyunca meydana gelen LAB değişimleri Çizelge 4.1'de gösterilmiştir. Araştırma sonuçlarına göre 10, 15°C ve kontrollü değişken sıcaklıklarda depolanan organik asitler ile marine edildikten sonra MAP uygulanan örneklerde sırasıyla 6,50; 7,44 ve 7,48 log kob/g olarak kayıt altına alınmıştır. Schirmer vd. (2009), organik asitler ile kombine CO₂ uygulanarak paketlenen taze salmon balıklarının raf ömrünü belirleme üzerine yapmış oldukları çalışmada sitrik asit ve asetik asit uygulanan örneklerde LAB sayılarının (yaklaşık 8 log kob/g) toplam bakteri (yaklaşık 6-7 log kob/g) ve sülfür indirgeyen bakteri (yaklaşık 5 log kob/g) sayılarından daha fazla olduğunu belirtmişlerdir. de la Hoz vd. (2000) yapmış oldukları çalışmada buzdolabı koşullarında (2°C) muhafaza edilen salmon balığı dilimlerinde (steak) CO₂ ile zenginleştirilen atmosferin farklı oranlarda CO₂/hava (20/80, 40/60 ve hava) uygulanmış örneklerde meydana gelen değişimleri incelenmiş ve LAB gelişiminin toplam bakteri ve Enterobacteriaceae familyasının üyelerinin sayılarına göre daha yavaş olduğu ve örneklerin bozulma zamanında LAB sayılarının 4 log kob/g civarında olduğunu belirlemişlerdir. Yapılan diğer bir çalışmada soğuk dumanlanan salmon balıklarının kalite göstergelerinde mikrobiyolojik sayımlar ve fiziko-kimyasal bağlantının çoklu regresyon ile bağlantısı incelenmiştir (Leroi vd., 2001). Soğuk şartlar altında (5°C) depolanan örneklerin bozulma zamanında laktobasiller, laktobasiller/Enterobacteriaceae veya *Carnobacteria/Brochotrix thermosphacta* tarafından baskılandığı bildirilmiştir. Bununla beraber araştırmacılar soğuk dumanlanan salmon balığı örneklerinin raf ömrünün laktobasil sayıları ile önemli derecede (p<0,01) ilişkili olduğunu bildirmişlerdir. Gonzales-Fandos vd. (2005), sous-vide metoduna göre işlenmiş salmon dilimlerinin farklı sıcaklıklarda (2-10°C) 45 gün boyunca depoladıkları örneklerde başlangıç LAB sayısının 3,52 - 4,20 log kob/g olarak değiştiğini, depolama sonunda LAB sayılarının 6 log kob/g'ın üzerine çıktığını

belirtmişlerdir. Yüksek basınç ve MAP uygulamasının taze Atlantik salmon balıklarının raf ömrü üzerine olan etkisinin belirlenmesine yönelik yapılan diğer bir çalışmada salmon balıklarının bozulma mikroflorasında yer alan LAB'ların 5°C'de vakum paket ve MAP uygulandıktan sonra depolanan taze salmon balıklarında sınır değer olan 7-7,2 log kob/g'a işlem görmemiş (VP) örneklerde 6. günde, 150 MPa/10 dakika uygulanan örneklerde 8. günde, MAP uygulanan örneklerde 12. günde, 150 MPa/10 dakika ve MAP %50/50 CO₂/O₂) örneklerde 12.günde ve MAP %50/50 CO₂/O₂ ve 150 MPa/10 dakika uygulanan örnekte ise 7 log kob/g'dan düşük olduğunu rapor etmişlerdir. Çalışmamızda LAB sayıları başlangıçta <1,0; 1,46 ve 1,46 log kob/g iken farklı sıcaklıklarda depolama sonunda 6,58 ve 7,56 arasında değişim göstermiştir. Bu durumun ürünün işleme özelliklerinin (marinasyon ve MAP uygulaması) ve organik asitlerin (laktik asit ve asetik asit) kullanılmasından kaynaklı olarak LAB sayılarının farklılık gösterdiği düşünülmektedir.

Marinasyonun su ürünlerinde raf ömrünü uzatma ve ürün kalitesine olan etkisi yapılan çalışmalarda bildirilmiştir (Duyar ve Eke, 2009; Kılınç ve Çaklı, 2004; Şen ve Temelli, 2003). Sallam, (2008), yapmış olduğu çalışmada marinasyon işleminin *Cololabis saira* balıklarının 4°C'de depolanması sırasında meydana gelen mikrobiyal kalite değişimlerini incelemiştir. Balıklar % 12 NaCl+ %2 asetik asit veya % 12 NaCl + %3 asetik asit kullanılarak marine edilmiş ve vakum paketlenildikten sonra 4°C'de 90 gün boyunca muhafaza edilmişlerdir. Araştırma sonuçlarına göre sadece % 12 NaCl + %0 asetik asit kullanılarak işlem gören örneklere göre asetik asit ve tuz solüsyonunda marine edilen örneklerde aerobik, halofilik, LAB ve *Pseudomonas*'ın önemli derecede azaldığı bildirilmiştir. Bununla beraber araştırmacılar marinasyon işleminin gıda güvenliğini artırdığını ve balıkların raf ömrünü önemli derecede uzattığını rapor etmişlerdir. Maktabi vd. (2016), geleneksel marinasyon yöntemlerinin gökkuşuğu alabalığı filetolarının kalite özelliklerine olan etkisini soğuk depolama süresince incelemiştir. Araştırmacılar asitlik sağlayıcı olarak ticari limon suyu (sitrik asit) kullanmışlar ve marine ettikleri gökkuşuğu alabalığı filetolarını 4°C'de 10 gün süresince depolamışlardır. Araştırma sonuçlarına göre marine edilen ürünlerin TMAB sayıları depolamanın ilk gününde 3,7 log kob/g iken

depolamanın 6. gününde 5,5 log kob/g olarak bildirilmiştir. Kontrol grubunda ise aynı günlerde sırasıyla 3,9 ve 7,1 log kob/g olarak rapor edilmiştir. Depolamanın son günü olan 10. günde ise mezofilik bakteri sayıları marine edilen ürünlerde 7,3 log kob/g olarak araştırmacılar tarafından bildirilmiştir. Çalışmamızda ise marine edilen MAP salmon balıklarının toplam aerobik canlı sayısı 10, 15°C ve dinamik sıcaklıklar için depolama sonunda sırasıyla 6,58; 7,45 ve 7,56 log kob/g olarak kayıt altına alınmıştır. Çalışmamız Maktabi vd. (2016), tarafından yapılan çalışma sonuçları ile toplam aerobik canlı açısından benzerlik göstermektedir. Ancak depolama sıcaklıkları çalışmamızda daha yüksek olmakla birlikte ürünlerin depolama süreleri de daha uzundur (14, 6 ve 7 gün). Bu farklılığın salmon balıklarının marinasyonunda laktik asit ve asetik asitlerin birlikte kullanılmasının ve MAP uygulamasının sinerjik bir etki yaratmasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Yapılan diğer bir çalışmada marine edilen (% 4asetik asit ve % 10 NaCl) ve vakum ve MAP uygulanan hamsi balıklarının 2°C'de depolama sırasında meydana gelen kalite değişimleri incelenmiştir (Günşen vd., 2011). Araştırmacılar marine edilen hamsi balıklarını % 70-30 ve % 50-50 CO₂-N₂ kullanarak paketlenmişlerdir. Araştırma sonuçlarına göre depolamanın ilk gününde toplam mezofilik aerobik bakteri sayısı 4,8 x 10⁴ kob/g olarak bildirilirken depolamanın 7. ayında vakum paketlenen örnekler için 4,9 x 10³ kob/g MAP uygulanan örnekler için 2,9 x 10³ kob/g olarak rapor edilmiştir. Depolamanın 11. ayında ise MAP uygulanan örneklerde toplam mezofilik aerobik bakteri sayısı 3,4 x 10³ kob/g olarak bildirilmişler ve salmon balıkları ile yaptığımız çalışmadan daha düşük sonuçlar elde edilmiştir. Bu durumun örneklerin depolama sıcaklıklarından kaynaklandığı düşünülmektedir. Symczak vd. (2015), yapmış oldukları çalışmada marine edilen ringa balıklarında farklı asetik asit konsantrasyonlarının kalite parametrelerine olan etkisini araştırmışlardır. Araştırmacılar % 3 ve 8 oranında kullandıkları asetik asit solüsyonlarında taze ve dondurulmuş-çözdürülmüş ringa balıklarında meydana gelen duyusal ve fiziko-kimyasal değişimleri rapor etmişlerdir. Araştırma sonuçlarına göre artan asetik asit konsantrasyonunun duyusal değişimler üzerinde olumsuz yönde güçlü bir etkisinin olduğunu bildirmişlerdir. Bununla beraber dondurulmuş-çözdürülmüş marine edilen ringa balıklarının (*Culupea harengus*) TVB-N değerlerinin daha yüksek olduğunu ve renk ve sertlik

parametrelerinin taze marine edilen balıklara göre daha daha kötü olduğunu belirtmişlerdir. Salmon balıkları ile yapılan çalışmamızda ise duyuşal değerlerin oldukça yüksek olduğu görölmektedir. Bu kapsamda Symczak vd. (2015), tarafından bildirilen duyuşal sonuçlar ile çalışmamız duyuşal sonuçları farklılık göstermekte olup, bunun salmon balıklarında asetik asit ile beraber laktik asit kullanımından kaynaklandığı düşünölmektedir.

Yapılan bazı çalışmalarda depolama zamanı ve duyuşal değerler arasındaki korelasyonun salmon balıklarında kullanılan 3 puanlı duyuşal değerlendirme metodu ile benzerlik gösterdiği gözlenmiştir. Salmonidae familyasından *Salvelinus alpinus* balıklarının buzda depolanan örneklerin depolama zamanı ve Kalite İndeks Metodu (KİM) puanları arasındaki korelasyon $r=0,97$ (Cyprian vd., 2008) ve Atlantik salmon (*S. salar*) balıkları için de korelasyonun $r=0,97$ olduğu belirtilmiştir (Sveinsdottir vd., 2003). Bütün haldeki doğal ve kültüre edilmiş buzda depolanan çipura (*S. aurata*)'larda depolama zamanı ve KİM puanları arasındaki korelasyon doğal çipurada $r = 0,989$ ve kültür çipurasında $r = 0.968$ olurken, KI skorları depolama boyunca artmış ve çiftlik balıklarında daha düşük KI skorları belirlenmiştir (Simat vd., 2012). Morina balığı (*G. morhua*) filetoları ile yapılan bir çalışmada geliştirilen depolama zamanı ve KİM puanları arasındaki regresyonun $R^2=0,98$ olduğu bildirilmiştir (Bonilla vd., 2007). Bu çalışmada ise korelasyonlar 10, 15°C ve dinamik sıcaklıklar için sırasıyla 0,88; 0,83 ve 0,94 olarak bulunmuş ve raf ömrü belirlenmesinde hassas sonuçlar elde etmek için yeterli olduğu kanaatine varılmıştır. Bu kapsamda duyuşal değerlendirmelerde kullanılan yöntemler türe ve uygulanan işleme özgü olması açısından duyuşal değerler ve zaman korelasyonunda da farklılıklar görölebilmektedir.

Salmon balıklarında yapılan bu çalışmada 10,15°C ve dinamik sıcaklıklarda depolanan örneklerde başlangıç ve raf ömrü sonunda belirlenen TVB-N değerleri sırasıyla $16,74\pm3,90$; $25,07\pm2,30$; $17,97\pm4,74$; $17,38\pm1,30$; $17,97\pm4,74$ ve $21,52 \pm1,91$ mg N/100 g olarak bulunmuştur. Yapılan diğer çalışmalar ile karşılaştırıldığında salmon balığı dilimlerinin TVB-N değerleri ile benzerlik ve farklılıklar olduğu gözlenmektedir. Boubaker vd. (2013), bütün halde buzda

depolanan sarpa (*S. salpa*)'da 17,50 mg/100 g düşük olarak belirlerken, bütün haldeki doğal ve kültüre edilmiş buzdaki çipura (*S. aurata*)'nın 24,47 mg ve 26.18 mg TVB-N /100 g değerinin insan tüketimi için kabul edilebilir limitlerin altında kaldığı ve buzda depolanmasında TVB-N'in güvenilir kalite indikatörü olmadığı (Simat vd., 2012), benzer başka bir çalışmada kültür *T. ovatus* balıklarının buzda depolanmasında da güvenilir olmadığı (Qiu vd., 2014) bildirilmiştir. Viji vd. (2015), bütün ve iç organları çıkarılmış halde buzdaki *P. hypophthalmus*'da sırasıyla 28,96 ve 30,57 mg N/100 g olarak belirlemişlerdir. Joffraud vd. (2006), soğuk dumanlanan VP salmonda başlangıç TVB-N değerini yaklaşık olarak 17 ve depolama sonunda (32. gün) yaklaşık olarak 20 mg N/100 g, Leroi ve Joffraud (2000) salmon soğuk şartlar altında (5°C) muhafaza edilen salmon dilimlerinde başlangıç TVB-N değerini 15,7 ve depolama sonunda (42 gün) 56,1 mg N/100 g olarak ve Sallam (2007) salmon balığı dilimlerinde 15 günlük depolamanın 6. gününde kontrol grubu örnekleri için 13,6 mg N /100 g; Na-asetat ile muamele edilen örnekler için 11,3 mg N /100 g; Na-laktat ve Na-sitrat ile muamele edilen örnekler için sırasıyla 12,8 ve 12,8 mg N/100 g olarak bildirmiştir. Depolamanın son gününde salmon dilimlerinin TVB-N değerleri sadece kontrol grubunda 30 mg N/100 g'ın üzerinde bildirilmiştir. Bu kapsamda salmon balıklarında TVB-N değerleri bir kalite göstergesi olarak kullanılabilmesine rağmen ancak ileri bozulmalarda geçerli sonuçlar verdiği gözlenmiştir. Bununla beraber başlangıç veya bozulma başlangıcında zayıf kalite göstergesi olarak görülmektedir. Depolama zamanına bağlı olarak meydana gelen TVB-N artışı bakteriyel faaliyet ve endojen enzim aktivitesinden kaynaklanabilmektedir. Taze balıklarda TVB-N başlangıç değeri 5 ile 20 mg N /100 g olarak bildirilmiştir (Huss,1988; Connell, 1995). Bu bağlamda çalışmada kullanılan salmon balıkları taze olarak kabul edilecek değerdedir. Kalite göstergesi olarak TVB-N değerinin kabul edilebilirlik sınırı 30-35 mg N/100g olarak bildirilmiştir (Connell, 1995) ancak depolama sonunda salmon balıkları bu değere ulaşmamışlardır.

Taze balıklarda su aktivitesi (a_w) 0,98-0,999 olarak, yarı korunmuş tuzlanmış su ürünlerinde ise (% 2-3 tuz) 0,93 – 0,98 olarak bildirilmiştir. (Chirife ve Fontan, 1982; Dalgaard 1997; Ross vd., 2000). Marine edilmiş 10, 15°C ve dinamik

sıcaklıklarda muhafaza edilen MAP salmonlarda su aktivitesi ve tuz miktarı (%) depolamanın başında ve sonunda sırasıyla 0,972; 0,964; 0,968; 0,963; 0,968; 0,950 ve 2,05; 2,40; 1,93; 2,33; 1,93; 2,51 olarak bulunmuştur. Yarı korunmuş salmon balıklarıyla yapılan diğer çalışmalarda tuz oranı (%) ve a_w soğuk dumanlanan VP salmon balığı dilimlerinde 4,93; 0,971 (Lakshmanan ve Dalgaard, 2004), soğuk dumanlanan salmon balıklarında 4,9; 0,971 (Gimenez ve Dalgaard, 2004), 4,8-5,5; 0,967-0,972 (Leroi vd., 2001), 2,6; 0,985 (Leroi vd., 2000), 3,9-5,9; 0,951-0,977 (Jørgensen vd., 2000a), 4,1-6,1; 0,963-0,976 (Hansen vd., 1998), 4,0; 0,977 (Paludan-Müller vd., 1998) ve 4,4; 0,974 (Dalgaard, 2002) olarak bildirilmiştir. Bu sonuçlar çalışmamız sonuçlarıyla uyum içerisindedir.

Bu çalışmada 10, 15°C ve kontrollü değişken sıcaklıklarda muhafaza edilen örneklerin depolamanın başında ve sonunda belirlenen kuru madde miktarı (%) 36,1; 33,1; 35,0; 38,0; 35,0; 37,5'tir. Duun ve Rustad (2008) -1,3 ve -3,6°C de 37 gün depoladıkları salmon balıklarının kuru madde miktarlarını buzlanan örneklerde depolama başında % 32,3; -1,3 ve -3,6°C depoladıkları örneklerde depolamanın 2. gününde % 32,2 ve 31,5 olarak bildirmişlerdir. Depolama sonunda (buzlanan örnekler için 37. gün, -1,3 ve -3,6°C de depolanan örnekler için 34. gün) ise sırasıyla % 33,2; 34,5 ve 33,7 olarak bildirmişlerdir. İç organları alınan taze ve dumanlanan salmon balıklarında % 34,1 ve 38,8 olarak bildirilmiştir (Lund ve Nielsen, 2000). Bu kapsamda marine MAP salmon balıkları ile yapılan bu çalışmada elde edilen kuru madde değerleri yapılan çalışmalar ile uyum içerisindedir.

Bu çalışmada iç organları alınmış gökkuşağı alabalıklarının TMAB sayılarının farklı sıcaklıklarda (2-25°C) başlangıçta 2,36 ve 4,53 log kob/g arasında değişim gösterdiği belirlenmiştir. Başlangıç TMAB sayısının en yüksek 4,53 log kob/g olması alabalığın iyi kalitede (2-6 log kob/g) olduğunu göstermektedir (Huss, 1995). Depolama sonunda 8,29 ve 9,42 log kob/g arasında değişim göstermiştir. Bazı çalışmalarda elde edilen sonuçların gökkuşağı alabalığındaki sayılardan düşük olduğu tespit edilmiştir. Chytiri vd. (2004a), buzda bütün halde 18 gün depolanmış gökkuşağı alabalığında başlangıç mezofil bakteri sayısını 2,5 log

kob/g ve sonunda 7,0 log kob/g olarak bildirmişlerdir. Popelka vd. (2014), Slovakya'da taze gökkuşağı alabalıkları kasında toplam bakteri sayısını $1,44 \times 10^2$ kob/g seviyesinde belirlerken, yine Popelka vd. (2016), Slovakya'da soğuk ortamda bütün haldeki taze gökkuşağı alabalı kası TCS 2,7 ile 2,75 log kob/g arasında değiştiğini ve 7 günlük depolama sonrası mikrobiyel sayılarda (4,55 ile 4,85 log kob/g) önemli artış gözlenmediği ve insan tüketimine uygun olduğunu belirlemişlerdir. Benzer olarak bütün haldeki gökkuşağı alabalığının 18 gün buzda depolanması sonunda TMAB sayısının 5.8 log kob/g'a ulaştığı belirlenmiştir (Rezai vd., 2007). Sveinsdottir vd. (2002), buzda 20 gün depolanmış Atlantik salmon (*S. salar*) etinde başlangıç toplam canlı sayısının 10 kob/g ve sonunda 10^5 kob/g olduğunu belirlemiş ve TBS'nin depolama ile birlikte katlanarak arttığını bildirmişlerdir. Agüeria vd. (2016), iç organları çıkarılmış sazan balıklarını 22 gün buzda depoladıklarında 1. günde başlangıç TMAB sayısını 1.58 kob/g belirlemiş ve yakalamada yeterli hijyenik uygulamaya ve balıkların iyi bir kaliteye sahip olduğunu bildirmişlerdir. Bakteri yükü 22. günde 2×10^4 kob/g'a ulaşmış ve limitin (10^6 - 10^7 kob/g) altında kaldığını belirtmişlerdir. Farag, (2012), buzda 16 gün depolanmış bütün haldeki tilapia (*O. niloticus*) kasında başlangıç ve nihai ortalama TABS 3.5×10^3 - 2.2×10^6 kob/g olarak değişim gösterdiğini belirlemiştir. Kültür Coho salmon (*Oncorhynchus kisutch*)'un başı ve iç organları çıkarılmış olarak buzda 24 gün depolanması sırasında TMAB sayısının giderek arttığını ancak kabul edilebilir seviyelerde kaldığı tespit edilmiştir (Auborg vd., 2007). Buzda depolanmış bütün haldeki taze *P. bogaraveo* balıklarında başlangıç bakteriyel florası 10^3 kob/g iken 12. günde 10^7 kob/g olarak belirlenmiştir (Sant'Ana vd., 2011). Boubaker vd. (2013), buzda 6 gün depolanmış sarpa (*S. salpa*)'da TBS'nin 0. günde $1,5 \times 10^3$ kob/g ve kademeli olarak arttığını ve sonunda 2×10^7 kob/g'a ulaştığını belirlemişlerdir. Bütün haldeki kefal (*Mugil platanus*)'in buzda ve soğutucuda depolamada 0. günde toplam mezofilik heterotrofik bakteri sayısının 2.2 log kob/g olduğu ve kabul edilebilir üst limit olan 7.0 log kob/g'a sırasıyla 20 ve 14 günlük depolama sonrası ulaştığı belirlenmiştir (Andrade vd., 2015). Carrascosa vd. (2016), buzda 18 gün depolanmış bütün haldeki çipuralarda TMAB sayısının kasda depolamanın 0. gününde 0.37 log kob/g ve 10. günde bakteri sayısının 7,0 log kob/g'a ulaştığını kas dokusunun en az

kontamine olduğunu ve bunu deri ve solungaçların takip ettiğini belirlemişlerdir. Tkaczewska vd. (2015), Bazı çalışmalarda gökkuşığı alabalığı başlangıç sayılara benzer sonuçlar olmakla birlikte depolama sonunda farklılıklar tespit edilmiştir. Rezai ve Hosseini (2008), buzda depolanan gökkuşığı alabalığında TCS'nin başlangıçta 4,0 log kob/g'dan 20. günde 7,6 log kob/g'a ulaştığını belirlemişlerdir. Ninan vd. (2011), bütün olarak buzda depolanan gökkuşığı alabalığında aerobik mezofilik bakterilerin başlangıçta 4,7 log kob/g ve 15. günde 7,6 log kob/g'a ulaştığını ve katlanarak arttığını bildirmişlerdir. Bütün olarak buzda depolanan kültür ve doğal gökkuşığı alabalığında TCS sırasıyla 3,59 log kob/g ve 3,369 log kob/g olarak balıkların yüksek kaliteli olduğu, tüketilemez olan 14. günde toplam canlı sayısının 6,35 log kob/g ve 6,16 log kob/g'a ulaştığı belirlenmiştir (Özoğul vd, 2013). Taze iç organları alınmış berlam (*M. merluccius*)'ın buzda depolanmasında TMAB sayısının başlangıç ortalaması 3,33 log kob/g iken legal limit olan 6 log kob/g'ı 8 ve 10. gün arasında aştığı belirlenmiştir (Baixas-Nogueras vd., 2003). Viji vd. (2015), bütün ve iç organları çıkarılmış halde buzda depoladıkları *P. hypophthalmus*'da 4,241 log kob/g olan başlangıç TMAB sayısının balıkentinin süper kalitede olduğunu gösterdiğini ve sırasıyla 20 ve 18 günde limit değerlerin aşıldığını tespit etmişlerdir.

Bazı çalışmalarda gökkuşığı alabalığındaki TMAB sayılarına benzer sonuçlar tespit edilmiştir Paleologos vd. (2004), iç organları alınmış levrekte başlangıç toplam canlı sayısının 4 log kob/g ve 16 gün depolanması sonunda 8 log kob/g olduğunu belirlemişlerdir. Ruiz-Osorio vd. (2015), bütün ve iç organları çıkarılmış kırmızı tilapia (*Oreochromis ssp*)'nın buzda 16 ve 17 gün depolanmasında TMAB sayılarını sırasıyla 0. günde 4,05 ve 4,63 log kob/g ile depolama sonunda 9,29 ve 9,67 log kob/g olarak bulmuşlardır. Aerobik bakteri sayısındaki artış ve 6 log kob/g'a ulaşması genellikle yeterli olmayan soğutma, soğuk şartlarda uzun depolama veya dondurmadan önce bunlardan biri olarak kabul edilmektedir (Pal vd., 2016).

İç organları alınmış gökkuşığı alabalığında başlangıçtaki TPAB sayılarının farklı sıcaklıklarda (2-25° C) 2,27 ve 4,77 log kob/g ve depolama sonunda 8,05 ve 9,51

log kob/g arasında değişim gösterdiği belirlenmiştir. Literatürde benzerlik ve farklılıklar gösteren bazı çalışmalar bildirilmiştir. Rezai vd., (2007), bütün haldeki gökkuşağı alabalığının 18 günlük buzda depolanması sırasında psikrotrofik bakteri sayısı 2,3 log kob/g (0. Gün) ve son gün 6,1 log kob/g olduğunu ve psikrotrofik bakterilerin asıl bakteri yükünü oluşturduğunu bildirmiştir. Ninan vd. (2011), bütün olarak buzda depolanan gökkuşağı alabalığında psikrotrofik bakterilerin başlangıçta 3-5 log₁₀ kob/g ve 15. günde 7,6 log₁₀ kob/ g'a ulaştığını ve depolamada katlanarak arttığını belirlemiş ve psikrotrofik sayılar için bozulma seviyesinin 10⁷ kob/g olarak kabul edilmesi halinde soğuk depolanmış alabalıkların raf ömrünün 9-11 gün olduğunu belirlemişlerdir. Buzda depolanmış bütün haldeki tilapia (*O. niloticus*) kasında başlangıç ve nihai ortalama TPAB sayıları 1,1 x 10³ – 1,2 x 10⁶ kob/g olarak değişim göstermiştir (Farag, 2012). Agüeria vd., (2016), i organları çıkarılmış sazan balıklarının 22 gün buzda depoladıklarında 1. günde başlangıç psikrotrofik bakteri sayısının önemli artış göstererek 1,38 log kob/g'dan 15. günde 4,98 log kob/g ve depolama sonunda 5,42 log kob/g olarak belirlenmiştir.

Popelka vd. (2014), taze gökkuşağı alabalıkları kasında psikrotrof bakterilerin 1,96 x 10³ kob/g seviyesinde belirlerken, yapılan diğer bir çalışmada soğuk ortamda 7 gün depolanan bütün haldeki taze gökkuşağı alabalığında psikrotrof bakterilerin başlangıç ve son günde kasda 2,75 log kob/g olarak değişmezken deride 4,8 ile 5,2 ve filetoda 4,55 ile 4,95 log kob/g arasında değişim gösterdiği belirlenmiştir (Popelka vd., 2016). Bütün haldeki kefalın (*Mugil platanus*) buzda depolanmasında 0. günde toplam psikrotrofik bakteri sayısının 1,9 log kob/g olduğu ve depolamada 7,0 log kob/g'a ulaşmıştır (Andrade vd., 2015). Carrascosa vd. (2015), buzda 18 gün depolanmış bütün haldeki çipurada kas, deri ve solungaçlarda 0. günde kasda psikrotrofik bakteri sayısının belirlenmediğini, deride 1,99 log ve solungaçlarda 3,50 log kob/g olduğunu ve psikrotrofik bakteri sayısının kas ve deride 14 günde, solungaçlarda 7 günde 6 log kob/g'a ulaştığını belirlemişlerdir. Mol vd. (2007), soğutulmuş balıkların raf ömrünün tahmininde psikrotrofik mikroorganizmaların mezofilik mikroorganizmalara göre daha iyi sonuç verdiğini ve 6 log kob/g'ın kabul edilebilir limit olabileceğini bildirmişlerdir.

İç organları alınmış gökkuşağı alabalığında başlangıçta *Pseudomonas* spp., sayılarının farklı sıcaklıklarda (2-25° C) 1,63 ve 3,48 log kob/g ve depolama sonunda 8,08 ve 9,08 log kob/g arasında değişim gösterdiği tespit edilmiştir. Bu çerçevede *Pseudomonas* spp. sayıları bazı çalışmalarda benzerlik ve farklılıklar göstermiştir. Chytiri vd., (2004b)'e göre yakalandıktan sonra ilk günde gökkuşağı alabalığı etinde *Pseudomonas* sp. sayısı 1,00-3,50 log kob/cm² arasında değişim göstermiştir. Ninan vd. (2011), bütün olarak buzda depolanan gökkuşağı alabalığında *Pseudomonas* spp. nin başlangıçta 3 log kob/g ve 15. günde 5,02 log kob/g'a ulaşarak lag fazsız olarak psikrotrofik bakterilerin tipik gelişme özelliklerini gösterdiğini ve depolamada katlanarak arttığını belirlemişlerdir. Popelka vd. (2016), soğuk ortamda 7 gün depolanan bütün haldeki taze gökkuşağı alabalığında depolamanın başında ve sonunda kas, deri ve filetoda sırasıyla 1,13-1,18; 1,5-1,63 ve 1,28-1,83 log kob/g arasında değişim gösterdiğini belirlemişlerdir. Carrascosa vd. (2015), buzda bütün halde muhafaza edilen çipuralarda (*S. aurata*)'da başlangıçta kasda *Pseudomonas* sp'nin < 1 log kob/g olduğunu ve depolama sonunda (18 gün) kas, deri ve solungaçlarda sırasıyla 7,76, 10,11 ve 10,40 kob/g'a ulaştığını belirlemişlerdir. Agüeria vd., (2016), iç organları çıkarılmış 22 gün buzda depolanmış sazanlarda *Pseudomonas* spp. sayısının 5 günden sonra belirlendiğini ve depolama sonunda 1,8x10³ kob/g'a ulaştığını belirlemişlerdir. Farag, (2012), buzda 16 gün süreyle depolanmış bütün haldeki tilapia (*O. niloticus*) kasında başlangıç ve nihai ortalama *Pseudomonas* sayısının 9,2 x 10² – 5,5 x 10⁴ kob/g arasında değişim gösterdiğini ve tilapiada asıl bakteriyel floranın *Pseudomonas* olduğunu belirtmiştir. Düşük *Pseudomonas* sp. sayıları bütün (3,02 log kob/g) ve iç organları çıkarılmış (2,53 log kob/g) berlamda (*Merluccius merluccius*) (Baixas-Nogueras vd., 2009)'da bildirilirken, buna karşılık çipurada 3,9 log kob/g (Özden vd., 2007), levrekte 3,0 log kob/g (Paleologos vd., 2004) olarak yüksek sayılar belirlenmiştir. Rezaei vd., (2007), bütün haldeki gökkuşağı alabalığının 18 günlük buzda depolanmasında *Pseudomonas* spp. sayısının ise 5,2 log kob/g'a ulaştığını belirlemiştir. Buzda depolanmış bütün haldeki taze *P. bogaraveo* balıklarında 12. günde *Pseudomonas* sayısı 10⁷ kob/g olarak belirlenmiştir (Sant'Ana vd., 2011). Tkaczewska vd. (2015), Polonya'da ılıman

bölgede yetiştirilen gökkuşağı alabalığında yüksek miktarda *Pseudomonas* sp., tespit edilmiş olmasından dolayı raf ömrünün diğer kültür şartlarında yetiştirilen alabalıklara göre daha kısa olduğunu belirtmişlerdir. Franzetti ve Scarpellini, (2007) balıkçılık ürünlerinin özellikle aerobik şartlarda buzda soğuk şartlarda *Pseudomonas* gelişimi için yeterli bir substrat olduğunu ve Huss (1995)'a göre asıl SBO'ları olarak kabul edildiğini bildirmişlerdir.

Gökkuşağı alabalığında başlangıçtaki H₂S üreten bakteri sayılarının farklı sıcaklıklarda (2-25° C) 1,00 ve 2,09 log kob/g ve depolama sonunda 3,12 ve 4,65 log kob/g arasında değişim gösterdiği belirlenmiştir. Bazı çalışmalarda bu çalışmadan elde edilen sayılardan yüksek sonuçlar tespit edilmiştir. Ninan vd. (2011), H₂ S üreten bakterilerin taze alabalığın toplam florasının <5%'inden azını oluşturduğunu (3,8 log₁₀ kob/g) depolamanın sonunda % 10-15'e ulaştığını ve bozulmada rol aldıklarını tespit etmişler ve bu bakterileri *Shewanella* and *Aeromonas* olarak tanımlamışlardır. Ayrıca H₂S üreten bakterilerin en yüksek sayıya sahip olduğunu belirlemişlerdir. Sveinsdottir vd., (2002), buzdaki kültür Atlantik salmonlarda deride başlangıç TCS'nin 10³ kob/cm² ve H₂S üreten bakterilerin < 10 kob/cm² olduğunu ve 20 gün depolamada TCS'nin (esas olarak H₂S üreten bakteriler) deride 10⁸ kob/cm²'ye ulaştığını ve H₂S üreten bakterilerin dominant olduğunu belirlemişlerdir. Sant'Ana vd., (2011), buzda depolanmış bütün haldeki taze *P. bogaraveo*'da 12. günde H₂S üreten bakterileri 10⁶ kob/g olarak belirlemiştir. Carrascosa vd. (2015; 2016), buzda 18 gün depolanmış bütün haldeki çipura kasında SBO olan H₂S üreten bakterilerin (*S. putrefaciens*) başlangıçta < 1 log kob/g ve sonunda 8,05 log kob/g'a ulaştığını ve depolama sonuna kadar dominant olduklarını belirtmişlerdir. Bazı çalışmalarda gökkuşağı alabalığındaki sayılara benzer sonuçlar belirlenmiştir. Buzda 16 gün depolanmış bütün haldeki tilapia (*O. niloticus*) kasında H₂S üreten bakterilerin ortalama başlangıçta 7,8 x 10² ve nihai 1,6 x 10⁴ kob/g olduğu belirlenmiştir (Frag, 2012). Bazı çalışmalarda gökkuşağı alabalığındaki sayılardan düşük sonuçlar tespit edilmiştir. Buzda 18 gün depolanmış taze kültür çipura balıklarında H₂S üreten bakteriler toplam aerobik floranın çok az kısmını (% 1'den az) oluşturmuş ve sonunda %6'ya kadar arttığı bildirilmiştir (Lougovois vd., 2003). Massa vd., (2005), buzda 12

gün depolanmış bütün haldeki *P. patagonicus* balığın kasında sülfid üreten bakterilerin toplam aerobik bakterilerin %1'i civarında nisbeten sabit olduğunu belirtmişlerdir.

İç organları alınmış gökkuşuğu alabalığında başlangıçtaki Enterobacteriaceae bakteri sayılarının farklı sıcaklıklarda (2-25° C) 1,00 ve 1,63 log kob/g arasında değiştiği ve depolama sonunda 6,90 – 8,57 log kob/g arasında değişim gösterdiği belirlenmiştir. Bazı balık türlerinde bu sonuçlardan düşük sonuçlar elde edilmiştir. Özoğul vd. (2013), bütün olarak buzda depolanan kültür ve doğal gökkuşuğu alabalığında koliform ve *E. coli*'nin belirlenmediğini ve balıkların yüksek kaliteli olduğunu tespit etmişlerdir. Ninan vd. (2011), bütün olarak 15 gün buzda depolanan gökkuşuğu alabalığında Enterobacteriaceae'nin başlangıç sayısını 3,2 log kob/g ve final değerini 3,66 kob/g bildirmiştir. Uygun olmayan sıcaklıkta depolama ve hasattan sonra soğutmanın gecikmesi durumunda Enterobacteriaceae'nin alabalığın mikroflorasına katkısı ve bozulma potansiyelinin dikkate alınması gerektiğini bildirmişlerdir. Agüeria vd. (2016), iç organları çıkarılmış buzda depolanmış sazan balıklarında indikatör organizmaların kontaminasyonunu (toplam fekal koliformlar, enterobakteriler) az veya hiç olarak belirlemiş olup depolama periyodunda hijyenik kalitenin yeterli olduğunu belirtmişlerdir. Baixas-Nogueras vd. (2003), taze iç organları alınmış berlam (*M. merluccius*)'ın buzda depolanmasında Enterobacteriaceae'nin başlangıçta oldukça düşük olmasına rağmen legal limit olan 3 log kob/g'ı 8 ve 10.gün arasında aştığını belirlemişlerdir. Viji vd. (2015), bütün ve iç organları çıkarılmış buzda 20 ve 18 gün depoladıkları *P. hypophthalmus*'da başlangıç Enterobacteriaceae sayısının 2,3 log kob/g ve final seviyesinin sırasıyla 5,4 ve 5,6 log kob/g'a yükseldiğini bildirmişlerdir. Carrascosa vd. (2016), buzda depolanmış bütün haldeki çipurada depolamanın 0. gününde Enterobacteriaceae sayılarının kasda belirlenmediğini ve 18 gün sonra 5,19 log kob/g olduğunu bildirmişlerdir.

Alabalıkda başlangıçtaki LAB sayılarının farklı sıcaklıklarda (2-25°C) 1,23 ve 3,12 log kob/g, depolama sonunda 5,10 ve 8,76 log kob/g arasında değişim gösterdiği tespit edilmiştir. Tsironi vd. (2011), çipura filetosunda LAB sayısını

başlangıçta 2,4 log kob/g olarak belirlemişlerdir. Lyhs vd. (2001), VP gravad gökkuşağı alabalığı dilimlerinde başlangıç LAB sayısını 2 log kob/g'ın altında bildirmişlerdir. Farklı sıcaklıklarda (3 ve 8°C) depolama sonunda ise sırasıyla 4 – 6 log kob/g ve 6 – 7 log kob/g arasında LAB sayılarının değiştiği rapor edilmiştir. Mexis vd. (2009), hava ile paketlenen gökkuşağı alabalığı filetolarında başlangıç LAB sayısını yaklaşık olarak 2,2 log kob/g olarak ve 21 günlük depolamanın 6. gününde 6 log kob/g'a ulaştığını bildirmişlerdir. Pyrgotuo vd. (2010), % 45/5/50, CO2/O2/N2 gaz karışımı ile paketledikleri ve soğuk şartlar altında (+4°C) muhafaza ettikleri gökkuşağı alabalığı filetolarında başlangıç LAB sayısını yaklaşık 2 log kob/g olarak ve depolamanın son günü olan 21. günde ise yaklaşık 8,2 log kob/g olarak rapor etmişlerdir. Gonzalez-Fandos vd. (2004), sous-vide uygulanan gökkuşağı alabalığı filetolarında taze balıklarda LAB sayısının 2,42 ile 2,8 log kob/g arasında değiştiğini bildirmişlerdir. Frangos vd. (2010), buzdolabı şartları altında (4°C) muhafaza edilen hava ile paketlenen gökkuşağı alabalığı filetolarında başlangıç LAB sayısını yaklaşık olarak 2 log kob/g olarak rapor etmişlerdir. Yapılan diğer bir çalışmada soğutulmuş gökkuşağı alabalığı filetolarının başlangıç LAB sayıları 1,09 log kob/g ve depolamanın 35. gününde 5,07 log kob/g olarak bildirilmiştir (Mioni vd., 2009). Yapılan çalışmalar bu çalışmada elde edilen veriler ile uyum içerisindedir.

Bu çalışmada geliştirilen modele ait parametreler incelendiğinde gökkuşağı alabalığında μ_{max} değerinin sıcaklığa ve bakteriye göre değişmekle birlikte en düşük 2°C'de LAB'ne ve en yüksek 25°C'de *Pseudomonas*'lara ait olduğu görülmektedir. Geliştirilen modelin performansı incelendiğinde ise ortalama hata kareleri toplamının karekökü değerleri 0'a yakın olduğundan modelin geçerli olabileceği düşünülmektedir. Koutsoumanis ve Nychas (2000), sistematik deney prosedürünün uygulandığı çalışmada doğal olarak kontamine olmuş çipura balıklarında farklı sıcaklıklarda *Pseudomonas*, *S. putrefaciens*, Enterobacteriaceae, LAB ve mayaların gelişimlerini incelemişler ve modellemişlerdir. Doğal kontamine balıklardan izole edilen bakterilerin steril balık bloklarına bulaştırılması ile yapılan çalışmalarda *Pseudomonas*'ların iyi bir bozulma indeksine sahip olduklarını belirlemiş ve geleneksel yöntemler ve

iletkenlik metoduna dayalı maksimum gelişim oranlarının belirlendiği çalışmada iletkenlik metoduna göre belirlenen bakteri kinetiklerinin raf ömrü tahminlerinde daha hassas sonuçlar verdiğini vurgulamışlardır.

Taokis vd. (1999), kupez balıklarında değişken depolama şartlarında zaman-sıcaklık entegrasyonunu ve tahmini modellemeyi raf ömrü için kullanmışlardır. Doğal mikrofloranın ve SBO'nun (*Pseudomonas* ve *S. putrefaciens*) farklı sıcaklıklardaki davranışlarını modellemişler ve duyuşal olarak tespit edilen raf ömrü ile ilişkilendirmişlerdir. Sıcaklık bağıntılı maksimum gelişim oranlarını Arrhenius ve kare-kök bozulma modeline göre değerlendirmiş ve zaman-sıcaklık entegrasyonunda raf ömrü tahmini modellerinin kullanılabilirliği ve doğruluğunu ispatlanmışlardır.

Genç vd. (2013), soğuk depolamanın VP ve atmosfer paketlenen sariağz balığı (*Argyrosomus regius*) filetolarının kalitesini TMAB, TPAB, LAB, Enterobacteriaceae, H₂S üreten bakterilerle incelemiş ve mikrobiyal gelişime bağı raf ömrü tahmin modelini sabit sıcaklıkta depolanan filetolarda geliştirmişlerdir. Bakterilerin gelişim parametrelerinin belirlenmesi kare kök bozulma modeliyle ve raf ömrü tahmini 2 parametrelili logistic modele göre yapılmıştır. TMAB, TPAB'lerin maksimum gelişim oranlarının H₂S üreten, LAB ve Enterobacteriaceae sayılarına göre modelde daha iyi performans gösterdiğini ve raf ömrü tahminlerinde kullanılabilirliğini belirtmişlerdir. Ancak araştırmacılar soğuk depolanan sariağz balığı filetolarında dominant mikrofloranın ve SBO'larının belirlenmesi gerektiğini vurgulamışlardır. Bu kapsamda yapılan çalışmalar ile karşılaştırıldığında tez çalışması kapsamında geliştirilen bozulma modeli için kullanılan modeller yapı itibarı ile benzerlik göstermektedir (birincil model ve sıcaklık modeli eşitlik 1 ve 2). Bununla beraber farklı sıcaklıklarda depolanan iç organları alınmış gökkuşuğı alabalıklarında elde edilen model parametreleri kullanılabilirlik açısından yüksek bir performans sağlamıştır (RSME 0,3-1,24).

Tsironi vd. (2011), MAP uygulanan çipura balığı filetolarında raf ömrü izlemesi yapılabilmesi için prediktif modelleme ve zaman sıcaklık indislerinin seçilmesi

ve kinetik modellerin geliştirilmesi için Arrhenius modelini 0-15°C ve % 20-80 CO₂ aralığında uygulamışlardır. Sonuçlara göre bu modelin çipura balığı filetolarında kalitenin izlenebilirliği için kullanılabileceği bildirilmiştir. Yapılan diğer bir çalışmada, VP morina balığının satış seviyesinde raf ömrü ve kalite değişimleri incelenmiştir (Mai vd., 2011). Çalışmada yeni bir fotokromik sıcaklık-zaman indikatörünün farklı koşullarda depolanan paketlenmiş morina balığı filetolarında kullanılabilirliği araştırılmış ve kare-kök bozulma modeli ile bu indikatörün uygulanabilirliği doğrulanmıştır.

Koutsoumanis (2001), doğal mikrofloranın davranışlarını farklı izotermal şartlar altında (0, 2, 3, 5, 7, 8, 10 ve 15°C) aerobik ortamda depolanan çipuralarda incelemiş ve SBO olan pseudomonadların gelişim verileri daha önce yayınlanan denemelerin verileri ile kombine edilerek sıcaklığın pseudomonadların gelişimine etkisini modellemek için kullanmıştır. Model parameterlerini belirlediği Belehradek tipi modelde (Ratkowski vd., 1991) T_{min} değerlerini μ_{max} ve lag fazı (t_{Lag}) için sırasıyla -11,8 ve -12,8 °C olarak belirlemiştir. Karşılaştırma indisleri için bias ve doğruluk faktörleri kullanılmış ve sırasıyla 0,91 – 1,17 ile 1,11 – 1,17 olarak bildirilmiştir. Pseudomonadların gelişimine dayalı gözlenen raf ömrü ve duyuşal değerlendirme sonucunda elde edilen % 5,8 raf ömrünün farklılığı rapor edilmiştir. Bu durumun modelin gerçek koşullarda çipura balıklarının raf ömrünü doğru olarak tahmin edebildiğini gösterdiği araştırmacılar tarafından belirtilmiştir.

Bu çalışmada depolama süresince iç organları alınan gökkuşığı alabalıklarında pH değişimleri farklılık göstermiştir. Depolama sıcaklığının pH değişimleri üzerinde önemli bir etkisi bulunmamıştır (Şekil 4.19). Yapılan çalışmalarda bu çalışmada elde edilen bulgularla benzerlik ve farklılık gösteren sonuçlar elde edilmiştir. Elde edilen verilere benzer olarak buzda depolanmış bütün ve iç organları alınmış gökkuşığı alabalığında (Rodriguez vd., 1999) ve yine buzda depolanmış gökkuşığı alabalığında (başlangıç pH'sı 6,47 ve depolama boyunca artış göstererek 6,77'ye ulaşmış) tespit edilmiştir (Rodrigues vd., 2013). Bütün haldeki doğal ve kültüre edilmiş çipura (*S. aurata*) balıklarının buzda depolanmasında benzer sonuçlar elde edilmiştir (Simat vd., 2012).

Elde edilen bulgulardan farklı olarak Avrupa berlam (*M. merluccius*) balıklarının buzda depolanmasında başlangıç pH 6,67 ve sonunda 7,71 olarak belirlenmiştir (Rodriguez vd., 2004). Ninan (2011), buzda depolanmış bütün haldeki gökkuşağı alabalığında pH değerleri 6,67'den 7,71'e artış gösterdiğini rapor etmiştir.

Buzda depolanmış kültür Coho salmon (*O. kisutch*) pH değeri depolama süresince farklılıklar göstermemiş ve nisbeten düşük değerlerde (6,00–6,25) gözlenmiştir. pH değeri genellikle mikrobiyel lag fazın sonuna paralel olarak depolamanın son safhalarında önemli bir artış göstermiştir (Aubourg vd., 2007).

Buzda depolanmış bütün haldeki ve başı ile iç organları çıkarılmış İspanyol uskumrusu (*S. commerson*)'nda başlangıç pH'sının (6,52 ve 6,45) depolama boyunca bakteriyel seviyeler yüksek olduğu zamanda dahi fazla değişim göstermediği bildirilmiştir (Slattery, 1998). Bu çalışmada sıcaklık farklılıklarının gökkuşağı alabalıklarında pH üzerine önemli bir etkisi olmadığı belirlenmiş ve benzer sonuçlar *B. polylepis*' in buzda depolanmasında da tespit edilmiştir (Pacheco-Aguilar vd., 2003).

Araştırmacılar soğuk depolama sırasında balık kasındaki pH değişikliklerinin güvenli bir kalite kabul edilebilirlik indikatörü olarak kullanılamamasına rağmen alkali metabolitlerin düşük birikimini ve böylece endojen veya mikrobiyolojik olarak düşük bir enzimatik aktivitenin varlığına dikkat çekmiştir. Bununla birlikte bazı çalışmalarda farklı olarak bir tatlı su balığı (*P. sutchi*)'nın farklı sıcaklıklarda (0-10°C) depolanması sırasında bütün sıcaklıklarda önemli bir artış not edilmiş ve artma davranışı bütün gruplarda benzer olmakla birlikte depolama sıcaklıklarına göre her grupta farklı son pH değeri elde edilmiştir (Abbas vd., 2006).

Bu çalışmada gökkuşağı alabalığında bazı sıcaklıklarda başlangıç pH'sında önce düşme sonra artma görülmüştür. pH düşüşünün sebebi olarak glikojen, ATP ve kreatine fosfatın parçalanmasına (Zhang vd., 2012) ve balık kasındaki CO₂

çözünmesine (Manju vd., 2007) atfedebileceği ve soğukta depolanmış gökkuşağı alabalığı filetolarında da benzer sonuçlar rapor edilmiştir (Shen vd., 2015). Bununla beraber Ababouch vd, (1996), buz üzerinde ve oda sıcaklığında depoladıkları sardalya balıklarında pH değerlerinin depolama süresince artmasına rağmen istatistiki olarak önemli bir farklılık göstermediğini belirtmişlerdir.

Bu çalışmada absorbans gelişim oranlarının (μ_{ABS_R}) pH, LA ve AA konsantrasyonlarından etkilendiği görülmektedir (Şekil 4.4. - 4.18.). Gelişim eğiliminin yavaş veya hızlı olması pH, LA ve AA konsantrasyonlarına bağlı olmasıyla birlikte pH 5 için hücresel yoğunluğa da bağlı olduğu görülmektedir. Richards modelinde bulunan m parametresi gelişim oranlarının farklı derecelerde modelin uyarlanabilirliğini test etmektedir. Ancak bazı durumlarda Richards modelinin absorbans değerlerine uyarlanması μ_{ABS_R} değerinde yüksek bir gelişim oranı değeri elde edilmesine sebep olmuştur. Bu durumun Richards modelinin stres koşulları altında bulunan mikroorganizmaların absorbans gelişim değerleri hesaplanırken modelin zayıf istatistiksel yapısından kaynaklı olabileceği düşünülmektedir (Dalgaard ve Koutsoumanis, 2001). Ancak Richards modelinde bulunan m parametresinin 0,5; 1 ve 2'de sabit tutularak elde edilen μ_{ABS_R} değerlerinin oldukça sabit ve geçerli olduğu görülmektedir.

Dalgaard ve Koutsoumanis (2001), absorbans ve sayım yöntemiyle elde ettikleri verilerin μ_{max} oranlarını farklı matematiksel modeller kullanarak karşılaştırmışlar ve 120 absorbans belirleme zamanı ve 176 gelişim eğrisi verileri elde etmişlerdir. Araştırmacılar hassas olarak μ_{max} değerlerinin absorbans belirleme zamanından Richards modelini kullanarak ve m parametresini 0,5; 1 ve 2'ye sabit tutarak elde ettiklerini bildirmişlerdir. Bununla beraber araştırmacılar absorbans belirleme zamanı ile elde edilen μ_{max} değerlerinin prediktif mikrobiyolojide kullanılmasını tavsiye etmişlerdir. Yapılan bu çalışmada ise absorbans belirleme zamanından elde edilen μ_{max} değerleri ile geliştirilen model hassas sonuçlar vermekte ve gökkuşağı alabalıklarında kullanılması tavsiye edilmektedir.

Nerbring vd. (1999), *Listeria monocytogenes* için absorbans verilerine dayalı ve pH, NaCl, Na-laktat ve Na-asetat'ın da etkisini içeren bir model geliştirmişler ve modelin *L. monocytogenes* 'in gelişimini farklı pH (5,5-6,5), NaCl (% 1,0 – 4,0), Na-laktat (%0-0,5) ve Na-asetat (%0-0,6) konsantrasyonlarında tahmin edebildiğini bildirmişlerdir. Bununla beraber araştırma sonuçlarına göre farklı hücre konsantrasyonlarında absorbans verileri ile lineer bir ilişki saptandığı ve μ_{max} ile absorbans verileri arasında da lineer bir ilişki olduğu tespit edilmiştir. Çalışmamızda ise absorbans değerleri ile farklı pH, LA ve AA konsantrasyonları arasında lineer bir ilişki bulunamamıştır. Bu durumun Richards modelinde bulunan m parametresinden ve bakterilerin farklı logaritmik faz zamanlarından (t_i) kaynaklı olabileceği düşünülmektedir. Yapılan diğer bir çalışmada psikrotrofik pseudomonaslar için sıcaklık ve a_w ile kombine olan bir modeli turbidimetrik verileri kullanılarak geliştirilmiş ve bakterilerin gelişim zamanları turbidimetrik verilere dayanarak hesaplanmıştır. Araştırmacılar plak yöntemi ile elde edilen bakteri sayıları ve turbidimetrik veriler arasında sıcaklığa bağlı olarak sabit bir oran bulduklarını ve bu sabit oranı bakterilerin gelişim zamanını modellerken kullandıklarını rapor etmişlerdir (Neumeyer vd.,1997). Ayrıca pseudomonasların gelişim aralığının pH 6-8 olmasından dolayı modele pH faktörünün eklenmediğini bununla beraber pH <6 olduğunda pseudomonasların gelişiminin yavaşladığını bildirmişlerdir. Yaptığımız bu çalışmada *Pseudomonas* spp. ile elde edilen sonuçlara göre pH 5'te Pseudomonasların gelişim oranlarının 0'a yakın olduğu ve araştırmacıların bulgularını desteklediği tespit edilmiştir.

Yapılan bu çalışma 2 aşamadan oluşmaktadır. Çalışmanın ilk aşamasında marine edilen ve MAP uygulanan salmon balığı dilimleri kullanılmış ve farklı sıcaklıklarda (10, 15°C ve dinamik) depolama süresince 1 log kob/g olarak inoküle edilen *P.phopsphoreum* bakterisinin gelişimi modellenmiştir. Geliştirilen model incelendiğinde raf ömrü tahmin modeli olarak kullanılabilirliğinin uygun olmadığı gözlenmiş ve *P.phopsphoreum* için geliştirilen bu modelin çevresel faktörlerin de (pH, organik asitler, tuz) ilave edilerek genişletilmesi gerektiği ve genişletilen modelin çevresel faktörlerin de etkisinin belirlenmesiyle geçerli olabileceği kanaatine varılmıştır. Bununla birlikte marine edilen MAP uygulanan

salmon balığı dilimlerinde belirlenen raf ömrü 10°C için 14 gün, 15°C için 6 gün ve dinamik sıcaklıklar için ise 7 gün olarak kayıt altına alınmıştır.

Çalışmanın ikinci aşamasında ise iç organları alınarak farklı sıcaklıklarda (2, 5, 10, 15, 20 ve 25°C) depolanan gökkuşağı alabalıkları için bir raf ömrü tahmin modeli geliştirilmiştir. Depolama süresince bakteri sayıları zamana göre artış göstermiş ve depolama sonunda ise durağan fazda kalmışlardır. İç organları alınarak depolanan gökkuşağı alabalıklarında geliştirilen raf ömrü tahmin modeli için farklı bakteri grupları (*Pseudomonas* spp. , TMAB, Enterobacteriaceae, LAB ve TPAB) incelenmiş ve herbir sıcaklık için zamana göre fonksiyonları oluşturulmuştur. μ_{max} , 4 parametreliliksel model uygulanarak belirlenmiştir. En düşük μ_{max} 2°C'de depolanan örneklerde LAB için ve en yüksek μ_{max} 25°C'de depolanan örneklerde *Pseudomonas* spp. için belirlenmiştir.

Geliştirilen modelin validasyonu test edilmeyen sıcaklıklarda ve örneklerde tamamlanmıştır. Bütün olarak depolanan gökkuşağı alabalıkları farklı sıcaklıklarda (2, 10 ve 20°C) muhafaza edilmiş ve iç organları çıkarılarak muhafaza edilen gökkuşağı alabalıklarında geliştirilen model kullanılarak herbir bakteri için μ_{max} değerleri belirlenmiştir. Modelin geçerliliğini test etmek için tarafsızlık ve doğruluk faktörleri kullanılmış ve çalışmanın sonuçlarına göre 0,80-1,20 arasında tarafsızlık ve doğruluk faktörlerine TMAB, Enterobacteriaceae ve TPAB ulaşamadığı gözlenmiştir. Ancak belirtilen bu bakteriler için hesaplanan tarafsızlık ve doğruluk faktörleri incelendiğinde geliştirilen modelin güvenilir-hatalı olduğu görülmüş ve modelin geçerli olduğu kanaatine varılmıştır.

Richards modeli parametresi m 0,5; 1 ve 2 'de sabit tutularak elde edilen μ_{max} değerleri absorbans verilerinin hassas bir şekilde hesaplanmasına olanak sağlamıştır. Bununla birlikte μ_{max} değerleri belirlenen pH, LA ve AA konsantrasyonlarında da doğru ve geçerli bir şekilde hesaplanabilmiştir. Bu çalışmada belirtildiği gibi Richards modelinden elde edilen μ_{max} değerleri ve bu değerlerin absorbans ölçümlerine uygulanabilirliği mikrobiyolojinin ve özellikle

prediktif mikrobiyolojinin birçok alanında kullanılabilir olmasına olanak sağlamıştır.

Yapılan bu çalışma ile geliştirilen raf ömrü tahmin modelinin marine edilmiş MAP uygulanan salmon dilimlerinde *P. phosphoreum* ve taze gökkuşığı alabalıklarından izole edilen *Pseudomonas* spp. 'nin modellenmesinde ve kullanılabilir modellerin uygulama alanının genişletilmesinde de kolay uyarlanabilir/uygulanabilir, pahalı olmayan ve aynı zamanda zaman tasarrufu sağlamasından dolayı önemli bir uygulama özelliğine/kolaylığına sahip olduğu belirlenmiştir. Geliştirilen raf ömrü tahmin modeli gıda endüstrisinde özellikle su ürünleri işleme sanayisinde kullanılması zaman tasarrufu ve ekonomik açıdan önemli bir kullanım özelliğine sahip olması bakımından tavsiye edilmektedir.

KAYNAKLAR

- Ababouch, L. H., Souibri, L., Rhaliby, K., Ouahdi, O., Battal, M., Busta, F. F., 1996. Quality Changes in Sardines (*Sardina pilchardus*) Stored in Ice and at Ambient Temperature, *Food Microbiology*, 13(2), 123-132.
- Abbas, K. A., Sapuan, S.M., Mokhtar, A.S., 2006. Shelf life assessment of Malaysian Pangasius Sutchi During Cold Storage, *Sadhana*, 31(5), 635–643.
- Abu Bakr Ahmadoon, H.G., 2015. Quality Changes of Three Marine Fish Preserved in Ice, *International Journal of Fisheries and Aquatic Studies*, 2(4), 85-90.
- Agüeria, D., Sanzano, P., Vaz-Pires, P., Rodríguez, E., Yeannese, M.I., 2016. Development of Quality Index Method Scheme for Common Carp (*Cyprinus carpio*) Stored in Ice: Shelf-Life Assessment by Physicochemical, Microbiological, and Sensory Quality Indices, *Journal of Aquatic Food Product Technology*, 25 (5), 708–723.
- Andrade, S.C.S., Marsico, E.T., Franco, R.M., Mano, S.B., Conte Jr, C.A., Freitas, M.Q. Cruz, A.G., 2015. Effect Of Storage Temperature At The Quality Index Method Scheme And Shelf-Life Study Of Mullet (*Mugil platanus*), *Journal of Food Quality*, 38, 60–70.
- AOAC Official Methods of Analysis, AOAC, , 2000, metode nr. 976.18 “Salt (Chlorine as Sodium Chloride) in Seafood. Potentiometric Method” i kombination med 937.07 “Fish and Marine Products. Treatment and Preparation of Sample Procedure” og 971.27 “Sodium Chloride in Canned Vegetables. Potentiometric Method”.
- Arashisar, Ş., Hisar, O., Kaya, M., Yanik, T., 2004. Effects of Modified Atmosphere and Vacuum Packaging on Microbiological and Chemical Properties of Rainbow Trout (*Oncorhynchus mykiss*) Fillets, *International Journal Of Food Microbiology*, 97(2), 209-214.
- Arkoudelos, J., Stamatis, N., Samaras, F., 2007. Quality Attributes of Farmed Eel (*Anguilla anguilla*) Stored under Air, Vacuum and Modified Atmosphere Packaging at 0 °C. *Food Microbiology*, 24(7), 728-735.
- Aubourg, S.P., Quitral, V., Larrain, M.A., Rodriguez, A., Gomez, J., Maier, L., Vinagre, J. 2007. Autolytic Degradation and Microbiological Activity in Farmed Coho Salmon (*Oncorhynchus kisutch*) During Chilled Storage, *Food Chemistry*, 104, 369–375.
- Baixas-Nogueras, S., Bover-Cid, S., Veciana-Nogué, M. T., Vidal-Carou, M. C., 2009. Effect of Gutting on Microbial Loads, Sensory Properties, and Volatile and Biogenic Amine Contents of European Hake (*Merluccius merluccius var. mediterraneus*) Stored in Ice, *Journal of Food Protection*, 72: 1671–1676.

- Baranyi, J., Roberts, T. A., McClure, P., 1993. A Non-Autonomous Differential Equation To Model Bacterial Growth, *Food Microbiology*, 10, 43-59.
- Barbosa, A., Vaz-Pires, P., 2004. Quality index method (QIM): Development of a Sensorial Scheme For Common Octopus (*Octopus vulgaris*), *Food Control*, 15, 161-168.
- Binsi, P. K., Viji, P., Visnuvinayagam, S., Ninan, G., Sangeeta, G., Triveni, A., Ravishankar, C. N., 2015. Microbiological and Shelf Life Characteristics of Eviscerated and Vacuum Packed Freshwater Catfish (*Ompok pabda*) During Chill Storage, *Journal of Food Science and Technology*, 52(3), 1424–1433.
- Bogdanovic, T., Simat, V., Frka-Roic, A. Markovic, K., 2012. Development and Application of Quality Index Method Scheme in Shelf-Life of Wild and Fish Farm Affected Bogue (*Boops boops*, L.), *Journal of Food Science*, 77, 99–106.
- Bonilla, A.C., Sveinsdottir, K., Martinsdottir, E., 2007. Development of Quality Index Method (QIM) Scheme for Fresh Cod (*Gadus morhua*) Fillets and Application in Shelf Life Study, *Food Control*, 18(4), 352-358.
- Bono, G., Badalucco, C., 2012. Combining Ozone and Modified Atmosphere Packaging (MAP) to Maximize Shelf Life and Quality of Striped Red Mullet (*Mullus surmelatus*), *LWT-Food Science and Technology*, 47(2), 500-504.
- Boubaker, K., Achour, S., Abdelkarim, M., Souheil, B. M., 2013. Assessment of the Freshness State of Preserved *Sarpa salpa* under Ice, *International Food Research Journal* 20(4), 1877-1881.
- Buchanan, R. L., Phillips, J. G., 1990. Response Surface Model For Predicting The Effects of Temperature, pH, Sodium Chloride Content, Sodium Nitrite Concentration and Atmosphere on the Growth of *Listeria monocytogenes*, *Journal of Food Protection*, 53, 370-376.
- Buchanan, R.L., 1994. Predictive Food Microbiology, *Trends in Food Science and Technology*, 4: 6-11.
- Cadun, A., Kışla, D., Çaklı, Ş., 2008. Marination of Deep-Water Pink Shrimp With Rosemary Extract and the Determination of its Shelf-Life, *Food Chemistry*, 109(1), 81-87.
- Campos, C. A., Rodríguez, Ó., Losada, V., Aubourg, S. P., Barros-Velázquez, J., 2005. Effects of Storage in Ozonised Slurry Ice on the Sensory and Microbial Quality of Sardine (*Sardina pilchardus*), *International Journal of Food Microbiology*, 103(2), 121-130.
- Carrascosa, C., Millan, R., Saavedra, P., Jaber, J.R., Raposo, A., Perez, E., Montenegro, T., Sanjuan, E., 2015. Microbiological Evolution of Gilthead Sea Bream (*Sparus aurata*) in Canary Islands During Ice Storage, *Journal of Food Science and Technology*, 52(3), 1586–1593.

- Carrascosa, C., Saavedra, P., Millan, R., Jaber, J.R., Montenegro, T., Raposo, A., Sanjuan, E., 2016. Microbial Growth Models in Gilthead Sea Bream (*Sparus aurata*) Stored in Ice, *Journal of Aquatic Food Product Technology*, 25 (3), 307-322.
- Christie, R., Kent, M., Lees, A., 1985. Microwave and Infra-red Drying Versus Conventional Oven Drying Methods For Moisture Determination in Fish Flesh. *Journal of Food Technology*, 20,117-127.
- Chytiri, S., Chouliara, I., Savvaidis, I., Kontominas, M., 2004a. Microbiological, Chemical and Sensory Assessment of Iced Whole and Filleted Aquacultured Rainbow Trout, *Food Microbiology*, 21, 157-165.
- Chytiri S., Paleologos E., Savvaidis I., Kontominas M.G., 2004b. Relation of Biogenic Amines with Microbial and Sensory Changes of Whole and Filleted Freshwater Rainbow Trout (*Onchorynchus mykiss*) Stored on Ice, *Journal of Food Protection* 67, 960-965.
- Connell, J.J., 1995. *Control of Fish Quality*. Fishing News Books Limited, London 4th ed.
- Conway, E.J., Byrne, A., 1933. An Absorption Apparatus for the Micro - Determination of Certain Volatile Substances. I. The Micro - Determination of Ammonia, *Biochemistry Journal*, 27, 419-429.
- Corbo, M. R., Altieri, C., Bevilacqua, A., Campaniello, D., D'Amato, D., Sinigaglia, M., 2005. Estimating Packaging Atmosphere-Temperature Effects on the Shelf Life of Cod Fillets, *European Food Research and Technology*, 220(5-6), 509-513.
- Cyprian, O. O., Sveinsdottir, K., Magnusson, H., Martinsdottir, E., 2008. Application of Quality Index Method (QIM) Scheme and Effects of Short-Time Temperature Abuse in Shelf Life Study of Fresh Water Arctic Char (*Salvelinus alpinus*), *Journal of Aquatic Food Product Technology*, 17(3) 303-321.
- Dabadé, D. S., Azokpota, P., Nout, M. R., Hounhouigan, D. J., Zwietering, M. H., den Besten, H. M., 2015. Prediction of Spoilage of Tropical Shrimp (*Penaeus notialis*) under Dynamic Temperature Regimes, *International Journal Of Food Microbiology*, 210, 121-130
- Dalgaard, P., 1995a. Modelling of Microbial Activity and Prediction of Shelf-Life for Packed Fresh Fish, *International Journal of Food Microbiology*, 26, 305-317.
- Dalgaard, P., 1995b. Qualitative and Quantitative Characterization of Spoilage Bacteria From Packed Fish, *International journal of food microbiology*, 26(3), 319-333.
- Dalgaard, P., 2000. Fresh and lightly preserved seafood, In C. M. D. Man, A. A. Jones (Eds.), *Shelf life evaluation of Foods* (pp. 110-139). Gaithersburg, MD: Aspen Publishers.

- Dalgaard, P., 2002. Modelling and Predicting the Shelf-Life of Seafood. In *Safety and quality issues in fish processing* (pp. 191-219). Woodhead Publishing
- Dalgaard, P., Jørgensen, L. V., 2000. Cooked and Brined Shrimps Packed in a Modified Atmosphere have a Shelf-Life of > 7 months at 0° C, But Spoil in 4–6 Days at 25° C, *International Journal of Food Science and Technology*, 35(4), 431-442.
- Dalgaard, P., Koutsoumanis, K., 2001. Comparison Of Maximum Specific Growth Rates and Lag Times Estimated From Absorbance and Viable Count Data by Different Mathematical Models, *Journal of Microbiological Methods*, 43(3), 183-196.
- Dalgaard, P., Mejlholm, O., Huss H.H., 1997. Application Of An Iterative Approach For Development of a Microbial Model Predicting the Shelf-Life of Packed Fish, *International Journal of Food Microbiology*, 38(2-3), 169-179.
- Dalgaard, P., Mejlholm, O., Huss, H. H., 1996. Conductance Method for Quantitative Determination of *Photobacterium phosphoreum* in Fish Products, *Journal of Applied Microbiology*, 81(1), 57-64.
- Davey, K.R., 1992. A Terminology For Models in Predictive Microbiology, *Food Microbiology*, 9, 353-356.
- de la Hoz, L., López-Gálvez, D. E., Fernández, M., Hierro, E., Ordóñez, J. A., 2000. Use of Carbon Dioxide Enriched Atmospheres in the Refrigerated Storage (2 C) of Salmon (*Salmo salar*) Steaks, *European Food Research and Technology*, 210(3), 179-188.
- Dhanapal, K., Sravani, K., Balasubramanian, A., Reddy, G.V.S., 2013. Quality Determination of Rohu (*Labeo rohita*) During Ice Storage, *Tamilnadu Journal of Veterinary and Animal Sciences*, 9 (2), 146 – 152.
- Diler, Ö., Altun, S., Çalikuşu, F., Diler, A., 2000. Gökkuşığı Alabalığı (*Oncorhynchus mykiss*)'nin Yaşadığı Ortam ile İlişkili Kalitatif ve Kantitatif Bakteriyel Florası Üzerine Bir Araştırma, *Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences*, 24, 251-259.
- Diler, A., 2017. Taze Ve Modifiye Atmosfer Paketlenen Gökkuşığı Alabalıklarında (*Oncorhynchus mykiss* W.1792) Mikrobiyal Gelişimin Matematiksel Olarak Modellenmesi ve Raf Ömrü Tahmin Modelinin Geliştirilmesi, TÜBİTAK-TOVAG 2130173 no'lu Proje Sonuç Raporu.
- Dondero, M., Cisternas, F., Carvajal, L., Simpson, R., 2004. Changes in Quality of Vacuum-Packed Cold-Smoked Salmon (*Salmo salar*) as a Function of Storage Temperature, *Food Chemistry*, 87(4), 543-550.
- Dunfield, R.W. 1985. The Atlantic Salmon in the History of North America. Fisheries and Oceans. Scientific Information and Publications Branch. 181 s.
- Duun, A.S., Rustad, T., 2008. Quality of Superchilled Vacuum Packed Atlantic salmon (*Salmo salar*) Fillets Stored at -1.4 and -3.6 °C. *Food Chemistry*, 106, 122-131.

- Duyar, H. A., Eke, E., 2009. Production and Quality Determination of Marinade from Different Fish Species, *Journal of Animal and Veterinary Advances*, 8(2), 270-275.
- Emborg J., Laursen B.G. Rathjen T., Dalgaard P., 2002. Microbial Spoilage and Formation of Biogenic Amines in Fresh and Thawed Modified Atmosphere-Packed Salmon (*Salmo salar*) at 2°C, *Journal of Applied Microbiology*, 92, 790-799.
- Esteves, E. 2011. Statistical Analysis in Food Science. In: Cruz, R.M. (Ed.), *Practical Food and Research*. Nova Science Publishers Inc., NY, USA, pp. 409–451.
- Fagan, J. D., Gormley, T. R., Mhuirheartaigh, M. U., 2004. Effect of Modified Atmosphere Packaging with Freeze-Chilling on Some Quality Parameters of Raw Whiting, Mackerel and Salmon Portions, *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 5(2), 205-214.
- FAO, 2016. *The State of World Fisheries and Aquaculture 2000*. FAO, Rome, Italy.
- Farag, H. E. M., 2012. Sensory and Chemical Changes Associated with Microbial Flora of *Oreochromis niloticus* Stored in Ice, *International Food Research Journal*, 19(2), 447-453.
- Fernández, K., Aspé, E., Roeckel, M., 2009. Shelf-life Extension on Fillets of Atlantic Salmon (*Salmo salar*) Using Natural Additives, Superchilling and Modified Atmosphere Packaging, *Food Control*, 20(11), 1036-1042.
- Fonnesbech, V. B., Venkateswaran K., Satomi M., Gram L., 2005. Identification of *Shewanella baltica* as the Most Important H₂S Producing Species During Iced Storage of Danish Marine Fish, *Applied and Environmental Microbiology*, 71, 6689–6697.
- Franzetti, L., Scarpellini, M., 2007. Characterization of *Pseudomonas* spp. Isolated from Foods, *Annals of Microbiology*, 57 (1), 39–47.
- Fraser, O. P., Sumar, S., 1998. Compositional Changes and Spoilage in Fish (Part II) Microbiological Induced Deterioration, *Nutrition and Food Science*, 6, 325–329.
- Fu, B., Taoukis P. S., Labuza, T. P., 1991. Predictive Microbiology for Monitoring Spoilage of Dairy Products with Time-Temperature Integrators, *Journal of Food Science*, 56(5), 1209-1215.
- Fuentes, A., Fernández-Segovia, I., Barat, J. M., Serra, J. A., 2010. Physicochemical Characterization of Some Smoked and Marinated Fish Products, *Journal of food processing and preservation*, 34(1), 83-103.
- Genç, İ. Y., Esteves, E., Aníbal, J., Diler, A., 2013. Effects of Chilled Storage on Quality of Vacuum Packed Meagre Fillets, *Journal of Food Engineering*, 115(4), 486-494.

- Genç, İ.Y., Esteves, E., Diler, A., 2016. Handbook of Seafood: Quality and Safety Maintenance and Applications, Nova Science Publishers, 350 p, New York.
- Genç, İ.Y., Diler, A., 2017. Matematiksel Modelleme ve Su Ürünlerinde Kullanılan Raf Ömrü Tahmin Modelleri. Yalvaç Akademi Dergisi, 2(1), 13-18.
- Ghaly, A.E., Dave, D., Budge, S., Brooks, M.S., 2010. Fish Spoilage Mechanisms and Preservation Techniques: Review, American Journal of Applied Sciences, 7 (7), 859-877.
- Giannakourou, M. C., Koutsoumanis, K., Nychas, G. J. E., Taoukis P. S., 2001. Development and Assessment of an Intelligent Shelf Life Decision System for Quality Optimization of the Food Chill Chain, Journal of Food Protection, 64(7), 1051-1057.
- Giannoglou, M., Touli, A., Platakou, E., Tsironi, T., Taoukis, P. S., 2014. Predictive Modeling and Selection of TTI Smart Labels for Monitoring the Quality and Shelf-Life of Frozen Seafood, Innovative Food Science & Emerging Technologies, 26, 294-301.
- Gimenez, B., Dalgaard, P., 2004. Modelling and Predicting the Simultaneous Growth of *Listeria monocytogenes* and Spoilage Microorganisms in Cold-Smoked Salmon, Journal of Applied Microbiology, 96(1), 96-109.
- González-Fandos, E., Villarino-Rodríguez, A., Garcia-Linares, M. C., Garcia-Arias, M. T., Garcia-Fernández, M. C., 2005. Microbiological Safety and Sensory Characteristics of Salmon Slices Processed by the Sous Vide Method, Food Control, 16(1), 77-85.
- González-Rodríguez, M.N., Sanz, J. J., Santos, J. A., Votero, A., García-López, M. L., 2001. Bacteriological Quality of Aquacultured Freshwater Fish Portions in Prepackaged Trays Stored at 3°C. Journal of Food Protection, 64(9), 1399-1404.
- Gram, L. ve Huss, H. H., 1996. Microbiological Spoilage of Fish and Fish Products, International Journal of Food Microbiology, 33, 121-137.
- Gram, L., Dalgaard, P., 2002. Fish Spoilage Bacteria – Problems and Solutions, Current Opinion in Biotechnology, 13, 262-266.
- Günşen, U., Özcan, A., Aydın, A., 2011. Determination of Some Quality Criteria of Cold Stored Marinated Anchovy Under Vacuum and Modified Atmosphere Conditions, Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences, 11(2).
- Hansen, L. T., Gill, T., Hussa, H. H., 1995. Effects of Salt and Storage Temperature on Chemical, Microbiological and Sensory Changes In Cold-Smoked Salmon, Food Research International, 28(2), 123-130.

- Hansen, L. T., Røntved, S. D., Huss, H. H., 1998. Microbiological Quality and Shelf Life of Cold-Smoked Salmon from Three Different Processing Plants. *Food Microbiology*, 15(2), 137-150.
- Hong, H., Luo, Y., Zhou, Z., Shen, H., 2012. Effects of Low Concentration of Salt and Sucrose on The Quality of Bighead Carp (*Aristichthys nobilis*) Fillets Stored at 4 °C. *Food Chemistry*, 133(1), 102-107.
- Hozbor, M.C., Saiz, I., Yeannes, M.I., Fritz, R., 2006. Microbiological Changes and its Correlation with Quality Physicochemical Indexes During Aerobic Iced Storage of Sea Salmon (*Pseudoperca semifasciata*), *LWT- Food Science and Technology*, 39, 99-104.
- Huang, L., 2014. A Comprehensive Data Analysis Tool for Predictive Microbiology, *International Journal of Food Microbiology*, 171, 100-107.
- Huss, H. H., 1997. Control of Indigenous Pathogenic Bacterial in Seafood, *Food Control*, 8(2), 91-98.
- Huss, H. H., Ababouch, L., Gram, L., 2004. Assessment and Management of Seafood Safety and Quality. Rome Italy: FAO Fisheries technical paper No.444. 230p.
- Huss, H.H., 1988. Fresh Fish: Quality and Quality Changes. Rome: Food and Agriculture Organization (FAO) of the United Nations, pp.132.
- Huss, H.H., 1995. Quality and Quality Changes in Fresh Fish. FAO. Fisheries Technical Paper 348. 202 p. Rome Italy.
- ICMSF, 1986. Sampling Plans for Fish and Shellfish. In: *Microorganisms in Foods 2. Sampling for Microbiological Analysis: Principles and Scientific Applications* (2nd ed.). Toronto, ON, Canada: University of Toronto Press. Pp. 181-196.
- Isabel, M. J., Gallardo, M., Aubourg, M. S.P., 2009. Quality Preservation in Chilled and Frozen Fish Products by Employment of Slurry Ice and Natural Antioxidants. *International Journal of Food Science and Technology*, 44, 1467-1479.
- ISO, 2001. ISO 17410. Microbiology of Food and Animal Feeding Stuffs – Horizontal Method for the Enumeration of Psychrotrophic Microorganisms. International Organization for Standardization, Geneva, Switzerland, 7pp.
- ISO, 2003. ISO 4833. Microbiology of Food and Animal Feeding Stuffs – Horizontal Method for the Enumeration of Microorganisms – Colony-Count Technique at 30° C. International Organization for Standardization, Geneva, Switzerland, 9pp.
- Joffraud, J. J., Cardinal, M., Cornet, J., Chasles, J. S., Léon, S., Gigout, F., Leroi, F., 2006. Effect of Bacterial Interactions on the Spoilage of Cold-Smoked Salmon. *International Journal of Food Microbiology*, 112(1), 51-61.

- Jónsdóttir, R., Ólafsdóttir, G., Chanie, E., Haugen, J. E., 2008. Volatile Compounds Suitable for Rapid Detection as Quality Indicators of Cold Smoked Salmon (*Salmo salar*), *Food chemistry*, 109(1), 184-195.
- Jørgensen, L. V., Dalgaard, P., Huss, H. H., 2000. Multiple Compound Quality Index for Cold-Smoked Salmon (*Salmo Salar*) Developed by Multivariate Regression of Biogenic Amines and pH. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 48(6), 2448-2453.
- Kilinc, B., Cakli, S., 2004. Chemical, Microbiological and Sensory Changes in Thawed Frozen Fillets of Sardine (*Sardina pilchardus*) During Marination, *Food chemistry*, 88(2), 275-280.
- Kilinc, B., Cakli, S., 2005. Determination of the Shelf Life of Sardine (*Sardina pilchardus*) Marinades in Tomato Sauce Stored at 4 °C, *Food Control*, 16(7), 639-644.
- Kolakowska, A., Zienkiewicz, L., Domiszewski, Z., Bienkiewicz, G., 2006. Lipid Changes and Sensory Quality of Whole and Guttred Rainbow Trout During Storage in Ice, *Acta Ichthyologica Piscatoria*, 36 (1), 39-47.
- Kostaki, M., Giatrakou, V., Savvaidis, I. N., Kontominas, M. G., 2009. Combined Effect of MAP and Thyme Essential Oil on the Microbiological, Chemical and Sensory Attributes of Organically Aquacultured Sea Bass (*Dicentrarchus labrax*) Fillets, *Food microbiology*, 26(5), 475-482.
- Koutsoumanis, K., 2001. Predictive Modeling of the Shelf Life of Fish Under Nonisothermal Conditions, *Applied and Environmental Microbiology*, 67(4), 1821-1829.
- Koutsoumanis, K., Nychas G.J.E., 2000. Application Of A Systematic Experimental Procedure to Develop a Microbial Model for Rapid Fish Shelf Life Predictions, *International Journal of Food Microbiology*, 60(2-3), 171-184.
- Kyrana, V.R., Lougovois, V.P., Valsamis, D.S., 1997. Assessment of Shelf-Life of Maricultured Gilthead Sea Bream (*Sparus aurata*) Stored in Ice, *International Journal of Food Science and Technology*, 32, 339-347.
- Leroi, F., Joffraud, J. J., 2000. Salt and Smoke Simultaneously Affect Chemical and Sensory Quality of Cold-Smoked Salmon During 5°C Storage Predicted Using Factorial Design. *Journal of Food Protection*, 63(9), 1222-1227
- Leroi, F., Joffraud, J. J., Chevalier, F., 2000. Effect of Salt and Smoke on the Microbiological Quality of Cold-Smoked Salmon During Storage at 5 °C as Estimated by the Factorial Design Method, *Journal of Food Protection*, 63(4), 502-508.
- Leroi, F., Joffraud, J. J., Chevalier, F., Cardinal, M., 2001. Research of Quality Indices for Cold-Smoked Salmon Using a Stepwise Multiple Regression Of Microbiological

Counts and Physico-Chemical Parameters, Journal of Applied Microbiology, 90(4), 578-587.

Lougovois, V, Kyranas E., Kyrana V., 2003. Comparison of Selected Methods of Assessing Freshness Quality and Remaining Storage Life of Iced Gilthead Sea Bream, Food Research International, 36(6), 551-560.

Lund, K.E., Nielsen, H.H., 2000. Proteolysis in Salmon (*Salmo salar*) During Cold Storage; Effects of Storage Time and Smoking Process, Journal of Food biochemistry, 25, 379-395.

Lyhs, U., Lahtinen, J., Fredriksson-Ahomaa, M., Hyytiä-Trees, E., Elfing, K., Korkeala, H., 2001. Microbiological Quality and Shelf-Life of Vacuum-Packaged 'Gravad' Rainbow Trout Stored at 3 and 8°C, International Journal of Food Microbiology, 70(3), 221-230.

Mai, N. T., Gudjónsdóttir, M., Lauzon, H. L., Sveinsdóttir, K., Martinsdóttir, E., Audorff, H., Arason, S., 2011. Continuous Quality and Shelf Life Monitoring of Retail-Packed Fresh Cod Loins in Comparison with Conventional Methods, Food control, 22(6), 1000-1007.

Maktabi, S., Zarei, M., Chadorbaf, M., 2016. Effect of a Traditional Marinating on Properties of Rainbow Trout Fillet During Chilled Storage. In Veterinary Research Forum, Faculty of Veterinary Medicine, Urmia University, Urmia, Iran, 7(4), 295.

Manju, S., Jose, L., Srinivasa Gopal, T.K., Ravishankar, C.N., Lalitha, K.V., 2007. Effects of Sodium Acetate Dip Treatment and Vacuum packaging on Chemical, Microbiological, Textural and Sensory Changes of Pearlscale (*Etroplus suratensis*) During Chill Storage, Food Chemistry, 102, 27-35.

Massa, A. E., Palacios, D. L., Paredi, M. E., Crupkin, M., 2005. Postmortem Changes in Quality Indices of Ice-Stored Flounder (*Paralichthys patagonicus*), Journal of Food Biochemistry, 29, 570-590.

Massa, A. E., Manca, E., Yeannes, M. I., 2012. Development of Quality Index Method for Anchovy (*Engraulis anchoita*) Stored in Ice: Assessment of its Shelflife by Chemical and Sensory Methods, Food Science and Technology International, 18, 339-351.

Mazorra-Manzano, M., Pacheco-Aguilar, R., Diaz-Rojas, E., Lugo-Sanchez, M., 2000. Postmortem Changes in Black Skipjack Muscle During Storage in Ice, Journal of Food Science, 65, 774-779.

McMeekin, T. A., Olley, J., Ratkowsky, D. A., Ross, T., 2002. Predictive Microbiology: Towards the Interface and Beyond, International Journal of Food Microbiology, 73(2), 395-407.

- McMeekin, T., Bowman, J., McQuestin, O., Mellefont, L., Ross, T., Tamplin, M., 2008. The Future of Predictive Microbiology: Strategic Research, Innovative Applications and Great Expectations, *International Journal of Food Microbiology*, 128(1), 2-9.
- Mejlholm, O., Bøknæs, N., Dalgaard, P., 2005. Shelf life and Safety Aspects of Chilled Cooked and Peeled Shrimps (*Pandalus borealis*) in Modified Atmosphere Packaging, *Journal of Applied Microbiology*, 99, 66–76.
- Mejlholm, O., Gunvig, A., Borggaard, C., Bolm-Hansen, J., Mellefont, L., Ross, T., Leroi, F., Else, T., Visser, T., Dalgaard, P., 2010. Predicting Growth Rates and Growth Boundary of *Listeria monocytogenes* – An International validation Study With Focus on Processed and Ready to Eat Meat and Seafood, *International Journal of Food Microbiology*, 141(3), 137-150.
- Mol, S., Erkan, N., Üçok, D., Tosun, Ş.Y., 2007. Effect of Psychrophilic Bacteria to Estimate Fish Quality, *Journal of Muscle Foods*, 18,120–128.
- Nerbrink, E., Borch, E., Blom, H., Nesbakken, T., 1999. A Model Based on Absorbance Data on the Growth Rate of *Listeria monocytogenes* and Including the Effects of pH, NaCl, Na-Lactate and Na-Acetate, *International Journal of Food Microbiology*, 47(1), 99-109.
- Neumeier, K., Ross, T., McMeekin, T. A., 1997. Development of a Predictive Model to Describe the Effects of Temperature and Water Activity on the Growth of Spoilage Pseudomonads, *International Journal of Food Microbiology*, 38(1), 45-54.
- Nga, M.T.T., 2002. Freshness Assessment Of Herring Stored in Ice Using Different Methods, Final Project UNU-Fisheries Training Programme.
- Ninan, G., Lalitha, K.V., Zynudheen, A.A., Joseph, J., 2011. Effect of Chilling on Microbiological, Biochemical and Sensory Attributes of Whole Aquacultured Rainbow Trout (*Oncorhynchus mykiss* Walbaum, 1792), *Journal of Aquaculture Research and Development* 5(1), 1-8.
- NMKL, 2006. Nordic committee on food analysis. Aerobic count and Specific Spoilage Organisms in Fish and Fish Products. No:184, 6 s.
- NOAA, 2012. National Oceanic and Atmospheric Administration, National Marine Fisheries Service. Final CCC Coho Salmon ESU Recovery Plan. 338 s.
- Ocano-Higuera, V.M., Marquez-Rios, E., Canizales-Davila, M., Castillo-Yanez, F.J., Pacheco-Aguilar, R., Lugo-Sanchez, M.E., Garcia-Orozco, K.D., Graciano-Verdugo, A.Z., 2009. Postmortem Changes in Cazon Fish Muscle Stored on Ice, *Food Chemistry*, 116, 933–938.
- Ojagh, S. M., Rezaei, M., Razavi, S. H., Hosseini, S. M. H., 2010. Effect of Chitosan Coatings Enriched with Cinnamon Oil on the Quality of Refrigerated Rainbow Trout, *Food Chemistry* 120, 193–198.

- Ólafsdóttir, G., Lauzon, H. L., Martinsdóttir, E., Kristbergsson, K., 2006. Influence of Storage Temperature on Microbial Spoilage Characteristics of Haddock Fillets (*Melanogrammus aeglefinus*) Evaluated by Multivariate Quality Prediction, *International Journal of Food Microbiology*, 111(2), 112-125.
- Özden, Ö., 2005. Changes in Amino Acid and Fatty Acid Composition During Shelf-Life of Marinated Fish, *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 85(12), 2015-2020.
- Özden, Ö., Erkan, N., 2006. Effect of Different Packing Methods on The Shelf Life of Marinated Rainbow Trout, *Archiv fur Lebensmittelhygiene*, 57(3), 69.
- Özden, Ö., İnuğur, M., Erkan, N., 2007. Preservation of Iced Refrigerated Sea Bream (*Sparus aurata*) by Irradiation: Microbiological, Chemical and Sensory Attributes, *European Food Research and Technology*, 225(5-6), 797-805.
- Özogul, Y., Özogul, F., 2004. Effects of Slaughtering Methods on Sensory, Chemical and Microbiological Quality of Rainbow Trout (*Onchorynchus mykiss*) Stored in Ice and MAP, *European Food Research and Technology*, 219(3), 211-216.
- Özogul, F., Yavuzer, E., Özogul, Y., Kuley, E., 2013. Comparative Quality Loss in Wild and Cultured Rainbow Trout (*Oncorhynchus mykiss*) during Chilling Storage, *Food Science and Technology Research*, 19 (3), 445 – 454.
- Pacheco-Aguilar, R., Ocaro-Higuera, V.M., Castillo-Yarez, F.J., Moran-Palacio, E.F., Marquez-Rios, E., Lugo-Sanchez, M. E., 2003. Changes in Postmortem Quality Indices in Finescale Triggerfish Muscle Stored in Ice, *Journal of Food Biochemistry*, 27, 333-352.
- Pal M., Ketema A., Anberber M., Mulu S., Dutta Y., 2016. Microbial Quality Of Fish and Fish Products, *Beverage and Food World*, 43(2), 46-49.
- Paleologos, E. K., Savvaidis, I. N., Kontominas, M. G., 2004. Biogenic Amines Formation and its Relation to Microbiological and Sensory Attributes in Ice-Stored Whole, Guttled and Filleted Mediterranean Sea Bass (*Dicentrarchus labrax*), *Food Microbiology*, 21, 549–557.
- Paludan-Müller, C., Dalgaard, P., Huss, H. H., Gram, L., 1998. Evaluation of the Role of *Carnobacterium piscicola* in Spoilage of Vacuum-and Modified-Atmosphere-Packed Cold-Smoked Salmon Stored at 5°C. *International Journal Of Food Microbiology*, 39(3), 155-166
- Pastoriza, L., Sampedro, G., Herrera, J.J., Cabo, M.L., 1996. Effect of Modified Atmosphere on Shelf-Life of Iced Fresh Hake Slices, *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 71, 541-547.

- Pons-Sanchez-Cascado, S., Vidal-Carou, M.C., Nunes, M.L., Veciana-Nogues, M.T., 2006. Sensory Analysis to Assess the Freshness of Mediterranean Anchovies (*Engraulis encrasicolus*) Stored in Ice, *Food Control*, 17, 564–569.
- Popelka, P., Nagy, J., Pipova, M., Marcincak, S., Lenhardt, L., 2014. Comparison of Chemical, Microbiological and Histological Changes in Fresh, Frozen and Double Frozen Rainbow Trout (*Oncorhynchus mykiss*), *Acta Veterinaria BRNO*, 83, 157–161.
- Popelka, P., Jevinova, P., Marcinčák, S., 2016. Microbiological and Chemical Quality of Fresh and Frozen Whole Trout and Trout Fillets, *Potravinarstvo® Scientific Journal for Food Industry*, 10(1), 431-436.
- Qiu, X., Chen, S., Liu, G., Lin, H., 2014. Characterization of Farmed Ovate Pompano (*Trachinotus ovatus* Linnaeus) Freshness during Ice Storage by Monitoring the Changes of Volatile Profile, *Food Science and Technology Research*, 20 (1), 79-84.
- Ratkowsky, D.A., Olley, J., McMeekin, T.A., Ball, A., 1982. Relation Between Temperature and Growth Rate of Bacterial Cultures, *Journal of Bacteriology*. 149, 1–5.
- Ratkowsky, D.A., Ross, T., McMeekin, T.A. Olley, J., 1991. Comparison of Arrhenius Type and Belehradek models for Prediction of Bacterial Growth in Foods, *Journal of Applied Bacteriology*, 71, 452–459.
- Rezaei, M., Montazeri, N., Langrudi, H. E., Mokhayer, B., Parviz, M., Nazarinia, A., 2007. The Biogenic Amines and Bacterial Changes of Farmed Rainbow Trout (*Oncorhynchus mykiss*) Stored in Ice, *Food Chemistry*, 103(1), 150-154.
- Rezaei, M., Hosseini, S. F., 2008. Quality Assessment of Farmed Rainbow Trout (*Oncorhynchus mykiss*) During Chilled Storage, *Journal of Food Science*, 73(6), 93-96.
- Roberts, T.A., 1998. Mathematical Modeling Of Microbial Growth. 3th Karlsruhe Nutrition Symposium Eurpean Research Towards Safer and Better Food, October 18-20, Karlsruhe, Germany, 33-42.
- Rodrigues B. L., Alvares, T. S., Costa, M. P., Sampaio, G. S. L., Lazaro De La Torre, C. A., Marsico, E. T. Conte-Junior, C. A., 2013. Concentration of Biogenic Amines in Rainbow Trout (*Oncorhynchus mykiss*) Preserved in Ice and its Relationship with Physicochemical Parameters of Quality, *Journal of Aquaculture Research and Development*, 4, 174-177.
- Rodriguez, C. J., Besteiro, I., Pascual, C., 1999. Biochemical Changes in Freshwater Rainbow Trout (*Oncorhynchus mykiss*) During Chilled Storage, *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 79, 1473–1480.
- Rodríguez, O., Losada, V., Aubourg, S.P., Barros-Velazquez, J., 2004. Enhanced Shelf-Life of Chilled European Hake (*Merluccius merluccius*) Stored in Slurry Ice as

Determined by Sensory Analysis and Assessment of Microbiological Activity, Food Reserach International, 37, 749-757.

- Ross, T., Dalgaard, P., Tienungoon, S., 2000. Predictive Modeling of The Growth of *Listeria* in Fishery Products, International Journal of Food Microbiology, 62(3), 231-245.
- Ross, T., McMeekin T.A., 1994. Predictive Microbiology, International Journal of Food Microbiology, 23, 241-264.
- Ruíz-Osorio, Y. L., Amorocho-Cruz, C.M., Gutiérrez-Guzmán, N., 2015. Physicochemical and Microbiological Changes in Gutted and Ungutted Red Tilapia (*Oreochromis* ssp) Stored in Ice, Ciencia e Investigacion Agraria, 42(2), 263-272.
- Sallam, K. I., 2007. Antimicrobial and Antioxidant Effects of Sodium Acetate, Sodium Lactate, and Sodium Citrate in Refrigerated Sliced Salmon, Food control, 18(5), 566-575.
- Sallam, K. I., 2008. Effect of Marinating Process on the Microbiological Quality of Pacific Saury (*Cololabis saira*) During Vacuum-Packaged Storage at 4 °C, International Journal of Food Science and Technology, 43(2), 220-228.
- Sallam, K. I., Ahmed, A. M., Elgazzar, M. M., Eldaly, E. A., 2007. Chemical Quality and Sensory Attributes of Marinated Pacific Saury (*Cololabis saira*) During Vacuum-Packaged Storage at 4 °C, Food Chemistry, 102(4), 1061-1070.
- Sant'ana, L. S., Soares, S., Vaz-Pires, P., 2011. Development of a Quality Index Method (QIM) Sensory Scheme and Study of Shelf-Life of Ice-Stored Blackspot Seabream (*Pagellus bogaraveo*), LWT- Food Science and Technology, 44, 2253-2259.
- Schirmer, B. C., Heiberg, R., Eie, T., Møretrø, T., Maugesten, T., Carlehøg, M., Langsrud, S., 2009. A Novel Packaging Method with a Dissolving CO₂ Headspace Combined with Organic Acids Prolongs the Shelf Life of Fresh Salmon, International Journal of Food Microbiology, 133(1), 154-160.
- Sen, M. K. C., Temelli, S., 2003. Microbiological and Chemical Qualities of Marinated Anchovy Prepared with Different Vegetable Additives and Sauce, Revue de Médecine Vétérinaire, 154(11), 703-708.
- Shearer, K.D., Åsgård, T., Andorsdottir, G., Aas, G.H., 1994. Whole Body Elemental and Proximate Composition of Atlantic Salmon (*Salmo salar*) During the Life Cycle, Journal of Fish Biology, 44, 185-197.
- Shen, S., Jiang, Y., Liu, X., Luo, Y., Gao, L., 2015. Quality Assessment of Rainbow Trout (*Oncorhynchus Mykiss*) Fillets During Super Chilling and Chilled Storage, Journal of Food Science and Technology, 52(8), 5204-5211.
- Simat, V., Bogdanovic, T., Krzelj, M., Soldo, A., Marsic-Lucic, J., 2012. Differences in Chemical, Physical and Sensory Properties During Shelf Life Assessment of Wild

- and Farmed Gilthead Sea Bream (*Sparus aurata*, L.), Journal of Applied Ichthyology, 28, 95–101.
- Singh, S., ho Lee, M., Park, I., Shin Youn, Y., Lee, S., 2016. Antimicrobial Seafood Packaging: A Review. Journal of Food Science and Technology 53(6), 2505-2518.
- Sioen, I., Matthys, C., De Backer, G., Van Camp, J., Henauw, S. D., 2007. Importance of Seafood as Nutrient Source in the Diet of Belgian Adolescents. Journal of Human Nutrition and Dietetics, 20, 580–589.
- Sivertsvik, M., Rosnes, J. T., Kleiberg, G. H., 2003. Effect of Modified Atmosphere Packaging and Superchilled Storage on the Microbial and Sensory Quality of Atlantic Salmon (*Salmo salar*) Fillets, Journal of Food Science, 68(4), 1467-1472.
- Slattery, S.L., 1998. Shelf-Life of Spanish Mackerel (*Scomberomorus commerson*) from Northern Australian Waters, Journal of Aquatic Food Product Technology, 7(4), 63-79.
- Slattery, S.L., 2009. Packaging and the Shelf Life of Fish. In Gordon L. Robertson (Ed.), Food Packaging and Shelf Life A Practical Guide (pp. 279-295). CRC Press.
- Souza, B. W., Cerqueira, M. A., Ruiz, H. A., Martins, J. T., Casariego, A., Teixeira, J. A., Vicente, A. A., 2010. Effect of Chitosan-Based Coatings on the Shelf Life of Salmon (*Salmo salar*), Journal of Agricultural and Food Chemistry, 58(21), 11456-11462.
- Stamatis, N., Arkoudelos, J. S., 2007. Effect of Modified Atmosphere and Vacuum Packaging on Microbial, Chemical and Sensory Quality Indicators of Fresh, Filleted *Sardina pilchardus* at 3° C, Journal of the Science of Food and Agriculture, 87(6), 1164-1171.
- Stamatis, N., Arkoudelos, J., 2007. Quality assessment of *Scomber colias japonicus* Under Modified Atmosphere and Vacuum Packaging, Food Control, 18(4), 292-300.
- Stelling, J., 2004. Mathematical Models in Microbial Systems Biology, Current Opinion in Microbiology, 7(5), 513-518.
- Sveinsdottir, K., Hyldig, G., Martinsdottir, E., Jorgensen, B., Kristbergsson, K., 2003. Quality Index Method (QIM) Scheme Developed for Farmed Atlantic Salmon (*Salmo salar*), Food Quality and Preference, 14, 237–245.
- Sveinsdottir, K., Martinsdottir, E., Hyldig, G., Jorgensen, B., Kristbergsson, K., 2002. Application of Quality Index Method (QIM) Scheme in Shelf-Life Study of Farmed Atlantic Salmon (*Salmo salar*), Journal of Food Science, 67, 1570-1579.
- Szymczak, M., Kołakowski, E., Felisiak, K., 2015. Effect of Addition of Different Acetic Acid Concentrations on the Quality of Marinated Herring, Journal of Aquatic Food Product Technology, 24(6), 566-581.

- Taoukis, P. S., Koutsoumanis, K., Nychas, G.J.E., 1999. Use of Time-Temperature Integrators and Predictive Modeling For Shelf Life Control Of Chilled Fish Under Dynamic Storage Conditions, *International Journal of Food Microbiology*, 53, 21-31.
- Tkaczewska, J., Kulawik, P., Migdał, W., 2015. The Quality of Rainbow Trout (*Oncorhynchus mykiss*) Cultured in Various Polish Regions, *Annals of Animal Science*, 15(2), 527–539.
- Tsironi, T., Dermesonlouoglou, E., Giannakourou, M., Taoukis, P., 2009. Shelf Life Modelling of Frozen Shrimp at Variable Temperature Conditions, *LWT-Food Science and Technology*, 42(2), 664-671.
- Tsironi, T., Stamatiou, A., Giannoglou, M., Velliou, E., Taoukis, P. S., 2011. Predictive Modelling and Selection of Time Temperature Integrators for Monitoring the Shelf Life of Modified Atmosphere Packed Gilthead Seabream Fillets, *LWT-food Science and Technology*, 44(4), 1156-1163.
- Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK), 2017. Su Ürünleri İstatistikleri. Erişim Tarihi: 12.12.2017. http://www.tuik.gov.tr/PreTablo.do?alt_id=1005.
- Usydus, Z., Szlinder-Richert, J., Adamczyk, M., 2009. Protein Quality and Amino Acid Profiles of Fish Products Available in Poland, *Food Chemistry*, 112(1), 139-145.
- Valfre, F., Caprino, F., Turchini, G.M., 2003. The Health Benefit of Seafood. *Veterinary Research Communications*, 27 Suppl. 1, 507–512.
- Van Impe, J. F., Nicolai, B. M., Schellekens, M., Martens, T., De Baerdemaeker, J., 1995. Predictive Microbiology in a Dynamic Environment: A System Theory Approach, *International Journal of Food Microbiology*, 25(3), 227-249.
- Vaz-Pires, P., Seixas, P., 2006. Development of New Quality Index Method (QIM) Schemes for Cuttlefish (*Sepia officinalis*) and Broadtail Shortfin Squid (*Illex coindetii*), *Food Control*, 17, 942–949.
- Viji, P., Tanuja, S., Ninan, G., Lalitha, K. V., Zynudheen, A. A., Binsi, P. K., Srinivasagopal, T. K. 2015. Biochemical, Textural, Microbiological and Sensory Attributes of Gutted and Ungutted Sutchi Catfish (*Pangasianodon hypophthalmus*) Stored in Ice, *Journal of Food Science and Technology*, 52(6), 3312-3321.
- Vishwanath, W., Lilabati, H., Bijen, M., 1998. Biochemical, Nutritional and Microbiological Quality of Fresh and Smoked Mud Eel Fish *Monopterus albus*—a Comparative Study, *Food Chemistry*, 61(1), 153-156.
- Vladau, V., Bud, I., Stefan, R., 2008. Nutritive Value of Fish Meat Comparative to Some Animals Meat, *Bulletin of University of Agricultural Sciences and Veterinary Medicine Cluj-Napoca. Animal Science and Biotechnologies*, 65, 1-2.

- Whiting, R.C., Buchanan, R.L., 1993. A Classification of Models for Predictive Microbiology, *Food Microbiology*, 10, 175-177.
- Yao, L., Luo, Y., Sun, Y., Shen, H., 2011. Establishment of Kinetic Models Based on Electrical Conductivity and Freshness Indicators for the Forecasting of Crucian Carp (*Carassius carassius*) Freshness, *Journal of Food Engineering*, 107(2), 147-151.
- Yesudhasan, P., Gopal, T. K. S., Ravishankar, C. N., Lalitha, K. V., Kumar, K. N. A., 2009. Effect of Modified Atmosphere Packaging on Chemical, Textural, Microbiological and Sensory Quality of Seer Fish (*Scomberomorus commerson*) Steaks Packaged in Thermoformed Trays at 0–2°C, *Journal of Food Processing and Preservation*, 33(6), 777-797.
- Zhang, L., Li, X., Lu, W., Shen, H., Luo, Y., 2011. Quality Predictive Models of Grass Carp (*Ctenopharyngodon idellus*) at Different Temperatures During Storage, *Food Control*, 22(8), 1197-1202.
- Zhang, L., Luo, Y., Hu, S., Shen, H., 2012. Effects of Chitosan Coatings Enriched with Different Antioxidants on Preservation of Grass Carp (*Ctenopharyngodon idellus*) During Cold Storage, *Journal of Aquatic Food Product Technology*, 21, 508–518.
- Zwietering, M.H., Jongenburger, I., Rombouts, F.M., Van'T Riet, K., 1990. Modelling of the Bacterial Growth Curve, *Applied Environmental Microbiology*, 56, 1875–1881.

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : İsmail Yüksel GENÇ
Doğum Yeri ve Yılı : Bilecik, 1986
Medeni Hali : Bekar
Yabancı Dili : İngilizce
E-posta : ismailgenc@sdu.edu.tr

Taranmış
Fotoğraf
(3.5cm x 3cm)

Eğitim Durumu

Lise : Bilecik Anadolu Lisesi, 2004
Lisans : SDÜ, Eğirdir Su Ürünleri Fakültesi Su Ürünleri Mühendisliği
Yüksek Lisans : SDÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, Avlama ve İşleme Teknolojisi

Mesleki Deneyim

SDÜ Fen Bilimleri Enstitüsü 2011-2017
SDÜ Eğirdir Su Ürünleri Fakültesi 2017-.....(halen)

Yayımları

- Genç, İ.Y., Esteves, E., Anibal, J., Diler, A., 2013a. Effects of Chilled Storage on the Quality of Vacuum Packed Meagre Fillets. Journal of Food Engineering, 115(4), 486-494.
- Genç, İ. Y., Diler, A., 2013b. Elimination of Foodborne Pathogens in Seafoods by Irradiation: Effects on the Quality and Shelf-Life. Journal of Food Science and Engineering, 3, 99-106.
- Erkan N., Günlü A., Genç İ.Y., 2014. Alternative Seafood Preservation Technologies: Ionizing Radiation and High Pressure Processing. Journal of FisheriesScience.com, 8(3), 237-250.
- Genç, İ.Y., Esteves, E., Anibal J., Diler A., 2015a. Effects of Different Thawing Methods on the Quality of Meagre Fillets, Veterinary Journal of Ankara Universit, 62, 153-159.

- Erkan N., Doğruyol H., Günlü A., Genç İ.Y., 2015b. Use of Natural Preservatives in Seafood: Plant Extracts, Edible Film and Coating, Journal of Food and Health Science, 1(1), 33-49.
- Bilgin, Ş., İzci, L., Günlü, A., Diken, G., Genç, İ.Y., 2016. Effects of Gutting Process on the Shelf Life of Cultured Meagre (*Argyrosomus regius* ASSO, 1801) Stored at 4 ± 1 °C. Food Science and Technology Campinas, 36(2), 344-350.
- İzci L., Bilgin Ş., Günlü A., Çetinkaya S., Diler A., Genç İ. Y., Bolat Y., 2016. Hamsi Balığı (*Engraulis encrasicolus*) Dönerinin Soğuk Depolama Sırasındaki Kalite Değişimleri, Tarım Bilimleri Dergisi. 22(3), 360-369.
- Diler İ, Genç İ. Y., Diler A., 2017. Effects Of Different Treatments on the Quality and Safety of Crayfish (*Astacus leptodactylus*). Journal of Food Quality 2017, 7.
- Genç İ. Y., Esteves E., Anibal J., Diler A., 2011a, Effects of Chilled Storage, Vacuum and Modified Atmosphere Packaging on Quality of Meagre, *Argyrosomus regius* (Asso, 1801) Fillets: A Combined Experimental and Predictive Approach, ISEKI_Food conferences, pp 100.
- Diler A., Genç İ. Y., 2011b, Importance of Prediction and Elimination of *Listeria monocytogenes* in Seafoods, 4th International Congress on Food and Nutrition Together with 3rd SAFE Consortium International Congress on Food Safety, pp 46.
- Genç İ. Y., Diler A., 2011c, Effects of Processing and Packaging Techniques on the Quality and Shelf Life of Meagre Fillets, 4th International Congress on Food and Nutrition Together with 3rd SAFE Consortium International Congress on Food Safety, pp 37.
- Genç, İ. Y., Diler, A. 2012a. Importance of *E.coli* O157:H7 Serotype in Terms of Seafoods. 3. Food Safety Congress, 3-4 May, İstanbul, Abstract Book, s 79-80.
- Genç, İ. Y., Diler, A. 2012c. Usage of Gamma Irradiation for the Specific Inhibition of Some Food Pathogens in Seafoods. International Congree Advanced Nonthermal Processing in Food Technology: Effects on Quality and Shelf life of Food and Beverages, 7-10 May, Kuşadası, Book of Abstract, pp 148.
- Diler, A., Genç, İ. Y., 2012d. Histamine poisoning as a result of seafood consumption. 3. Food Safety Congress, 3-4 May, İstanbul, Abstract Book, pp 79.
- Diler, A. and Genç, İ. Y. 2012e. Importance of welfare in aquaculture: Factor effecting fish welfare. International Turks and Relatives commodities Zootechnics Congress. 11-13 September, Isparta, pp 76.

- Diler, A. and Genç, İ. Y. 2012f. Specific Elimination of Some Food Pathogens *E.coli*, *Vibrio parahaemolyticus* and *Listeria monocytogenes* by Cold PastORIZATION (γ -Radiation) in Anchovies (*Engraulis engrasicholus*, L. 1758) and Determination of Shelf Life while Stored in Ice. TİM Food R&D Project Exhibition, 29 May, İzmir, pp 143.
- Erkan, N., Gunlu, A., Genç, İ. Y., 2012g. Application of Irradiation, Edible Film and High Pressure in Fish Preservation. International Congree Advanced Nonthermal Processing in Food Technology: Effects on Quality and Shelf life of Food and Beverages, 7-10 May, Kuşadası, Proceedings Book, pp 140.
- Genç, İ.Y., Şahiner, A., Diler, A., Gökkaya, H., 2013c. Shelf life Modelling of Fresh Meagre Fillets Under Chilled Conditions: Application of Fuzzy Logic in Seafood Systems. International Fisheries Symposium in Northern Cyprus, 24-27 March, Cyprus, p.76.
- Genç, İ.Y., Diler, A., 2013d. Microbiological Quality of Some Seafood Products Commercially Marketed in Turkey: A Case Study. International Fisheries Symposium in Northern Cyprus, 24-27 March, Cyprus, p16.
- Çetinkaya, S., Genç, İ.Y.. 2017. Antimicrobial Effects of Sage, Thyme and Rosemary on the Sous Vide Cooked Rainbow Trout. 1st International Symposium on Limnology and Freshwater Fisheries, Eğirdir, Turkey, pp 222.
- Diler, A., Genç, İ.Y., 2017. Suggested Processing Methods For Lowering The Risk Of Intoxication By Tetradotoxin (TTX) in Puffer Fishes. International Symposium on Puffer Fish, p 58, Bodrum, Turkey.
- Genç, İ.Y., Çolak, R., Yiğit, T., Diler, A., 2017. Development of A Software to Determine the Shelf Life of Rainbow Trout (*Oncorhynchus mykiss*) Under Different Temperatures, 3th International Conference on Engineering and Natural Science, 3-7 May, Budapest, p 571.
- Genç, İ.Y., Masilko, J., Day, S. and Diler, A. 2013g. Shelf-life Evaluation of Common Carp (*Cyprinus carpio* L.) Fillets Using the Torry Scale. Diversification in Inland Finfish Aquaculture II (DIFA II). Czech Republic, pp.65.
- Masilko, J., Genç, İ.Y., Day, S., Strouhal, J., 2013h. Evaluation of the Textural Properties of Common Carp (*Cyprinus carpio* L.) from Different Culture Systems. Diversification in Inland Finfish Aquaculture II (DIFA II). Czech Republic. pp67.
- Genç, İ.Y., Diler A., 2014. Determination of Protein Denaturation in Whole Sea Bream Under Refrigerated Conditions by SDS-PAGE. First International Congress on Food Properties. Kuala Lumpur, Malaysia.

- Genç, İ.Y., Diler A., Öksüz, A. 2018a. K value: As a quality determination index for fresh fish. 3th International Congress on food Properties, Sharjah, United Arab Emirates, 22-24 January P.56.
- Diler, A., Genç, İ.Y., Öksüz, A. 2018b. Effects of modified atmosphere packaging MAP on the quality of rainbow trout. 3th International Congress on food Properties, Sharjah, United Arab Emirates, 22-24 January. p58
- Genç, İ.Y., Diler, A. 2017. Matematiksel Modelleme ve Su Ürünlerinde Kullanılan Raf Ömrü Tahmin Modelleri. Yalvaç Akademi Dergisi, 2(1), 13-18.
- Diler, A., Genç, İ.Y., 2013. Isparta Gülünün (Rosa damascena Mill.) Su Ürünlerinde Gıda Katkı Maddesi Olarak Kullanımı: Antimikrobiyel ve Antioksidan Özellikleri Açısından Genel Değerlendirme, Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 17(2), 4-6.
- Diler, A., Genç, İ. Y., 2012h. Usage of intellegent packaging in seafoods. Ispartek-2012 Project Exhibition, 16-18 May, Isparta, Abstract Book, pp 147.
- Diler, A., Metin, S., Diler, Ö., Altun, S., Genç, İ.Y., 2013e. Determination of Vibrio spp. in Some Seafoods Fished from Mediterreanean Sea. 5th National Veterinary Food Hygiene Symposium, 3-6 April, Antalya.
- Diler, A., Genç, İ.Y., Öksüz, A., 2015. Determination of Quality Index Method of Rainbow Trout Under Chilled Conditions. 6th National Veterinary Food Hygiene Congress. 07-11 October Van/Turkey.
- Diler, A. Öksüz, A., Genç İ.Y., 2016. Determination of Volatile Compounds in Fresh Whole and Guttred Rainbow Trout (*Oncorhynchus mykiss*). 4th National Congress of Rainbow Trout, 27-30 October. Afyonkarahisar.