ZİRAAT, ORMAN VE SU ÜRÜNLERİ

ALANINDA AKADEMİK ÇALIŞMALAR

EDİTÖR: Ali BOLAT

gece kitaplığı

İmtiyaz Sahibi / Publisher • Yaşar Hız
Genel Yayın Yönetmeni / Editor in Chief • Eda Altunel
Editör / Edıtor • Ali Bolat
Kapak & İç Tasarım / Cover & Interior Design • Karaf Ajans

Birinci Basım / First Edition • © Haziran 2020
ISBN • **978-625-7884-75-4**

© copyright
Bu kitabın yayın hakkı Gece Kitaplığı'na aittir.
Kaynak gösterilmeden alıntı yapılamaz, izin
almadan hiçbir yolla çoğaltılamaz.

The right to publish this book belongs to Gece Kitaplığı.
Citation can not be shown without the source, reproduced in any way
without permission.

Gece Kitaplığı / Gece Publishing
Türkiye Adres / Turkey Address: Kızılay Mah. Fevzi Çakmak 1. Sokak
Ümit Apt. No: 22/A Çankaya / Ankara / TR
Telefon / Phone: +90 312 384 80 40
web: www.gecekitapligi.com
e-mail: gecekitapligi@gmail.com

Baskı & Cilt / Printing & Volume
Sertifika / Certificate No: 47083

Ziraat, Orman ve Su Ürünleri Alanında Akademik Çalışmalar - II

Editör

Ali Bolat

gece kitaplığı

İÇİNDEKİLER

Bölüm 1

DÜNYADA VE TÜRKİYE'DE MOBİLYA SEKTÖRÜNÜN DURUMU VE İNOVASYON ÇALIŞMALARI
Ayşin AŞKIN , Yıldız ÇABUK 1

Bölüm 2

KÜTAHYA İLİ MURAT DAĞI FLORASINDA BULUNAN BAZI TIBBİ VE AROMATİK BİTKİLERİN KULLANIM ALANLARI
Hasan Basri KARAYEL 21

Bölüm 3

TARIMSAL VE ÇEVRESEL SÜRDÜRÜLEBİLİRLİĞİN SAĞLANMASINDA TOPRAK İŞLEVSELLİĞİ
Mert ACAR, Hikmet GÜNAL, İsmail ÇELİK 37

Bölüm 4

PAMUKTA VERTİCİLLİUM SOLGUNLUĞU (***Verticillium dahliae*** Kleb.) HASTALIĞI VE KONTROL STRATEJİLERİ
Sadettin ÇELİK 59

Bölüm 5

BALIKETİ KALİTESİNİN TANIMLANMASINDA KULLANILABİLECEK ALTERNATİF YAKLAŞIMLAR
Turgay ÇETİNKAYA, Zafer CEYLAN 73

Bölüm 6

AKUAPONİK TARIM YÖNTEMİ VE TASARIMI
Uğur YEGÜL, Maksut Barış EMİNOĞLU 93

Bölüm 7

SUMAK (***RHUS CORİARİA L.***) BİTKİSİNE AİT TOHUMLARIN BAZI ÖZELLİKLERİNİN Belirlenmesi
Zeynep DUMANOGLU 111

Bölüm 8

TARIMSAL FAALİYETLERDE ÇALIŞMA POZİSYONLARININ DEĞERLENDİRMESİNDE KULLANILABİLECEK YÖNTEMLER
Maksut Barış EMİNOĞLU,Uğur YEGÜL 123

Bölüm 9

TÜRKİYE'DE KEREVİT STOKLARININ KORUNMASI VE GELİŞTİRİLMESİ ÖNÜNDE ENGELLER VE ÇÖZÜM YOLLARI

Selçuk BERBER 139

Bölüm 10

ORMAN KÖYLÜLERİ ve ORMANCILIK KOOPERATİFLERİ (ARTVİN ÖRNEĞİ)

Sevim İNANÇ, Ozan USTA 157

Bölüm 11

BAZI GIDALAR ÜZERİNE TRANSGLUTAMİNAZIN ETKİSİ VE ET ÜRÜNLERİNDE KULLANIMI

Abdülkadir DİLBER 179



Bölüm 5

BALIKETİ KALİTESİNİN TANIMLANMASINDA KULLANILABİLECEK ALTERNATİF YAKLAŞIMLAR

Turgay ÇETİNKAYA[1], Zafer CEYLAN[2]

1 Öğretim Görevlisi Yalova Üniversitesi, Armutlu Meslek Yüksekokulu, Gıda İşleme Bölümü, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Programı, turgay.cetinkaya@yalova.edu.tr
2 Doç. Dr. , Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Su Ürünleri Fakültesi, İşleme Teknolojisi ABD,

GİRİŞ

Son yıllarda, gıda güvenliği ve gıda kalitesi dünya çapında önem taşıyan kritik konular haline gelmiştir. Balıketi en hızlı bozulabilen gıdalardan birisidir. Bu nedenle insan sağlığı için kaliteli balık ürünlerinin temin edilmesi amacıyla bilimsel alanda pek çok çalışma yapılmaktadır. Balıkta bozulmaya dayalı olarak renk değişimi, kötü kokuların gelişmesi gibi organoleptik değişiklik söz konusu olabilir ki bu da ürünün insan tüketimine uygun olmadığının işaretidir (Cetinkaya ve Ceylan, 2019). Bilindiği üzere balıketi kalitesindeki değişimleri tespit etmek için halihazırda mikrobiyolojik, kimyasal, fiziksel, ya da fiziko-kimyasal ve duyusal pek çok analiz kullanılmaktadır. Gıda kaynaklı hastalıklara karşı halk sağlığını korumak için balıketinin mikrobiyal kalitesi dikkat edilmesi gereken en önemli kalite parametrelerinden birisidir (Sengör ve ark., 2020). Mikrobiyolojik analizlerin çok büyük bir çoğunluğu Toplam Mezofilik Bakteri (TMB), Toplam Psikrofilik Bakteri (TPB), Toplam Maya&Küf (TMK) ya da çeşitli patojenik mikroorganizmaların teşhisi ya da logaritmik (log KOB/g) olarak depolama süresi boyunca meydana gelen değişimleri ölçmeye dayalıdır (Stenholm ve ark. 2008; Ceylan, 2018; Sengör ve ark., 2018; Cetinkaya ve Ceylan, 2019). Kimyasal analizlerde ise, toplam uçucu bazik azot (TVBN), trimetilamin (TMA), gibi analizlerin yanı sıra oksidasyona dayalı parameterlerin değerlendirilmesinde kullanılan tiyobarbutirik asit (TBA) analizleri yaygın olarak kullanılmaktadır (Ceylan ve ark., 2017; Aghaei ve ark., 2018). Öte yandan, renk ölçümü gibi analizler ise; L^*, a^* ve çoğunlukla balıketindeki oksidasyon ile ilişkilendirilebilen b^* değerine dayalı analizlerdir (Ceylan ve ark., 2018). Depolamaya dayalı tekstürel analizlerde ise ürünün çiğnenebilirlik ve yapışkanlık gibi değerleri de tekstür profil analizi (TPA) ile gerçekleştirilebilmektedir (Ceylan ve Meral, 2018; Meral ve ark., 2019). Ayrıca nadiren de olsa göz sıvısı kırılma indeksinden faydalanarak yapılan refraktometrik ölçümlerden oluşmaktadır (Sengör ve ark., 2020). pH analizinin yanı sıra, özellikle duyusal öğelerden elde edilen verilerin kullanıldığı ancak öznelliği son derece yüksek olan tat, koku, renk ve temeli itibari ile balıketinin tekstürel özelliklerine dayalı duyusal analizler yaygın olarak kullanılmaktadır.

Yukarıda bahsi edilen tüm analizler halihazırda balıketinde yaygın olarak kullanılan analizlerdir. Bu yöntemler gelişen teknolojik alt yapı ile beraber yerini daha çok, hızlı ve güvenilir veya maliyeti düşük yöntemlere bırakmaya başlamıştır. Bu çalışmada, halihazırda kullanılan yöntemlere ek olarak veya alternatif farkındalık oluşturmak amacı ile farklı ve yenilikçi yöntemler sunulmuştur. Bu bağlamda, reometreye dayalı ölçümler, diferansiyel tarama kalorimetresi (DSC), tarayıcı elektron mikroskobu (SEM), spektroskopik metotlar, nükleer manyetik rezonans (NMR), zeta potansiyeli gibi balıketi kalitesini belirlemeye yönelik son yıllardaki yaklaşımla-

rın bilim camiasına sunulması amaçlanmıştır.

REOMETRE

Reoloji maddenin akış ve deformasyonuyla ilgilenen bilim dalıdır. Reoloji, lineer viskoelastik teorisini temel alır, küçük bir deformasyon aralığında gıdanın viskoelastik özelliklerini inceler ve deformasyon durumunda ürünün reolojik tepkisini net bir fiziksel özellik olarak ölçer. Reometre reoloji araştırmaları için kullanılan bir enstürümandır (Wang ve ark., 2019a). Balıketinin reolojik özelliklerinin tanımlanmasında, genelde dondurma işleminin etkisi ve balık sosisleri üzerine çalışmalar yapılmıştır. Reolojik özelliklerin başında gelen vizkozite, balığın dondurularak depolanması esnasında ortaya çıkan değişimleri ölçmek için duyarlı olan fonksiyonel özelliklerden biridir. Bu yüzden balıketinde vizkozitenin ölçülmesi balık kalitesi için indikatör görevi alabilir. Dileep ve ark. (2005) buzlu depolamanın balıketinde dinamik vizkoelastik özelliklerine etkisini değerlendirmiş ve 10 günlük buzlu depolamanın viskoziteyi artırdığını ve bu değişimin protein konformasyonundan kaynaklandığını ortaya koymuşlardır. Benzer bir çalışmada Geirsdottir ve ark. (2007) ringa balıklarından (*Clupea harengus*) elde edilen kıyma örneklerinin çeşitli prosedürlerden geçirildikten sonra elde edilen solüsyonun 2.7 pH'da üç ay buzda depolamadan sonra vizkozitede artış görülmüştür. pH'sı 11 olan solüsyonda ise taze ringa filetolarına göre bir hafta buzlu depolamadan sonra vizkozite değerlerinde önemli artış tespit etmişlerdir. Vizkozitedeki bu değişimler protein çözünürlüğündeki azalmaya ve lipid oksidasyonundaki artışa bağlanmıştır. Yazarlara göre, buzda depolama etteki proteinlerin yapısal ve fonksiyonel özelliklerini etkilemiştir. Bu çalışmalara göre reolojik parametrelerin ölçülmesiyle ortaya konan enstrümantal metotlar duyusal metotlara göre alternatif olabilir.

Vizkozitenin ölçüldüğü diğer çalışmalar balık kıyması içeren sosisler veya diğer balıketi içeren ürünlerle ilgilidir. Surimi proteinlerinin jel formasyon özelliği birçok balık türüne ve proses metoduna göre değişir. Balık sosisi gibi deniz ürünlerinde jel formu uygun olmalıdır. Ayrıca depolama modülü (G') gıda proteinlerinin jel formasyon oluşturma kabiliyeti için önemli bir indekstir (Mehta & Nayak 2017). Depolama modülü aynı zamanda elastik modül olarak adlandırılırken, kayıp modülü (G") ise vizkoz modül olarak adlandırılır. Sükroz ve sorbitol genellikle surumi üretiminde kullanılan önemli gıda katkı maddeleri arasında yer almaktadır. Bu nedenle surumilerde kullanılan sükroz, sorbitol kombinasyonları ile ürünün reolojik özellikleri arasında önemli bir ilişki olduğu belirtilmiştir. Bu bağlamda, Murthy ve ark. (2017) sukroz ve sorbitolun tilapiya balığı (*Oreochromis mossambicus*) kıymasına etkisi ve reolojik özelliklerle ilişkisini araştırmıştır. Dinamik vizkoelastik davranış 30-90^{o}C sıcaklık aralığında ölçülmüştür.

Sıcaklığın yükselmesiyle G' değeri artmış, en yüksek değer 63.3 °C ve 70.1 °C sıcaklıklarda ölçülmüş, ki bu da yapı oluşumu veya ağ oluşumunu göstermiştir. G" değeri de sıcaklıkla artmakla birliktede G' değerinden daha düşük ölçülmüştür. Mehta & Nayak (2017) taze balıkta (*Johnius dussumieri*) G' ve G" değerlerini sıcaklık taraması ile ölçmüştür (5-90°C). Dinamik vizkoelastik özellikler balık proteinlerinin 31.80°C'ye kadar kayda değer bir değişiklik olmadan stabil olduğunu göstermiştir. Sonuçlar reometre yardımıyla sıcaklık ve süre modellerinin geliştirilebileceğini göstermiştir. Bir başka çalışmada Park ve ark. (2020) dondurulmuş surimilerde nem difüzyonu ve sıcaklığa bağlı olarak modellemişlerdir. Sıcaklık taramasında surumi jellerinin reolojik özelliklerinin ısı oranıyla etkilendiği ve bunun kuruma ve termal dengeyle ilişkisi olduğunu tespit etmişlerdir. Dileep ve ark. (2012) taze balık (*Priacanthus hamrur*) kıymasının dinamik vizkoelastik davranışını incelemiştir. Buna göre, miyofibriler proteinlerin (aktin, miyosin vb.) belirli bir sıcaklıkta akış-profil **ölçü**mü kayma direnci hakkında bilgi vermektedir ve bu ölçümler yapısal bozulmanın da bir göstergesi olarak değerlendirilmiştir. Ayrıca, termal denatürasyon ve proteinlerin proses koşullarından etkilenmesi salınımlı dinamik davranış ile ortaya konabilmektedir. Surasani ve ark. (2020) yayın balığından (*Pangasius pangasius*) elde edilen sosislere yine aynı balığın atığından elde edilen protein izolelerini farklı oranlarda ekleyerek bunların dinamik vizkoelastik özelliklerini ve frekanslara etkisini inceleyerek en iyi formülasyonu bulmuşlardır. Hashemi ve ark. (2016) ise balıkların (*Scomberoides commersonnianus*) farklı oranlarda kırmızı et karışımıyla hazırlanan balık sosislerinde G' ve faz açısı testleriyle reolojik kalite karakteristiklerini incelemişlerdir.

DİFERANSİYEL TARAMA KALORİMETRESİ

DSC zaman ve sıcaklığın bir fonksiyonu olarak protein geçişleri ile ilişkili sıcaklık ve ısı akışını belirleyen bir termal analiz cihazıdır. DSC ile ısı denatürasyonu sonucu proteinlerin açılma entalpilerinin (ΔH) yanı sıra termal geçiş orta noktası (Tm) da ölçülür. Genel olarak bir protein molekülünün doğal ve denatüre formasyonları arasında denge vardır. Bu nedenle, termodinamik olarak bir protein molekülü, Tm daha yüksek olduğunda daha kararlıdır. Proteinin konformasyonundaki değişiklikler genellikle termogramda ortaya çıkar (Nikoo ve ark., 2016).

Son yıllarda, dondurma ve dondurulmuş depolama sırasında balıklardaki miyofibriler proteinlerinin termal özelliklerini belirlemek için DSC tekniği kullanılmaya başlanmıştır. Dondurulmuş depolama sırasında miyofibriler proteinler denatürasyona duyarlıdır. Dondurma işlemi, buz kristali oluşması ve kryo-konsantrasyon etkisinden dolayı, protein denatürasyonuna sebep olabilmektedir. Matos ve ark. (2011) balıketindeki denatürasyon entalpisini tanımlamak **için DSC tekniğini kullanmıştır.** Bu teknik

yüksek sıcaklığa maruz bırakılan taze ve dondurulmuş ürünlerde etteki toplam denatürasyon entalpisinde farklılık oldu**ğunu** göstermiştir. Tironi ve ark. (2010) DSC cihazıyla −11 °C'de depolanan somon etindeki aktin ve miyosin parametrelerininin 0-4 aylık süreye **göre değ**işimlerini incelemiştir. Wang ve ark. (2019b) farklı şekerlerin (sukroz, dekstran, konjak glukomannan) balık örneğinin (*Siniperca chuats*) termal özelliklerine etkisini DSC ile incelemişlerdir. Sonuçlar şeker solüsyonuna batırılmasının balığın ısı kapasitesine özellikle 0 °C'nin altında önemli etkisi olduğunu göstermiştir. Trehaloz (iki glikoz molekülünden oluşan bir disakkarit) **şekerinin** ise 0 °C'nin üstünde ısı kapasitesini artırdığını, trehaloz hariç tüm **şekerlerin m**iyosinin termal stabilitesini artırdığı, aktinin ise aksine termal stabiliteyi azaltt**ığı** belirtilmiştir (Wang ve ark., 2019b). Bu çalışmaların yanı sıra, Guzman-Meza ve ark. (2017) balıketlerine uygulanan yüksek basınç işleminin etkisini incelemek için matematiksel model geliştirmişlerdir. DSC'den elde edilen verilere denk termogram oluşturularak basınç uygulamasının *Seriolella violacea* et dokunusu incelemek için kullanılmıştır. Matematik modeller basınçlı kas dokusunda aktin denatürasyonunu gözlemlemesine olanak sağlamıştır. Larrea-Wachtendorff ve ark. (2015) ise balık (*Seriolella violacea*) kas proteinlerinde yüksek hidrostatik basıncın etkisini DSC ile incelemişlerdir. Miyosin termal stabilitesinin etkilendiği tespit edilmiştir. Postrigor aşamasında denatürasyon entalpisinde (ΔH_d) ve denatürasyon sıcaklığında (T_d) azalma olmuştur.

TARAYICI ELEKTRON MİKROSKOBU

Rigor mortisin balıklar öldükten sonra başladığı ve nihai balık tazelik kalitesinin bu kritik döneme dayandığı bilinmektedir. Kasın en önemli bileşeni olan miyotomların (çok sayıda tek kas liflerinden oluşan yapı) ayrılması sebebiyle mekanik boşluk oluşur ki bu da iskelet ve bağ dokusu tarafından desteklenen kas liflerinin kasılması ile ilişkilidir. Bağ dokusunun çökmesi belli bir basınç aralığında kolayca boşluk oluşturabilir. Bu nedenle, boşluklar bağ dokusunun ve kas liflerinin parçalanmasının bir sonucu olarak, balıketinin yapısını tahrip eder ve kalitede kayıplara yol açabilmektedir. Balıketinin bağ dokusunun iç çapraz bağı ve kas liflerinin ayrılması gibi parametrelere bağlı olan yapısı önemli bir kalite özelliğidir. Son yıllarda SEM cihazı, optik mikroskoplara göre çok daha yüksek çözünürlükte görüntü almaya yardımcı olduğu için kullanılmaya başlanmıştır. SEM cihazıyla balıktaki çalışmalar sınırlı olmakla birlikte genelde dondurulmuş balıklarda donma hasarını tahmin edilmesi, tuzlama ve dumanlamanın etkisi ve yüksek hidrostatik basınç etkisinin incelenmesini kapsamaktadır (Cheng ve ark., 2014). Tuzlama ve dumanla balık kalitesini arttırmak için kullanılmakta olup bu işlemler et yapısını etkilemektedir. Jiang ve ark. (2019) tuzlama süresinin dondurulmuş çözülmüş ton balığı

etinin dokusundaki değişimi ve kalite özellikleri ile ilişkisini araştırmıştır. SEM ile yaptıkları incelemelere göre, tuzlanmamış örneklerde pürüzlü yüzeye sahip miyoliflerin düşük su tutma kapasitesi ile ilişkili olduğunu iddia etmişledir. Tuzlanmış örneklerde hücre içi boşlukların 1.8%'e kadar azaldığını hesaplamışlardır. Tuzlama süresinin uzamasıyla birlikte miyoliflerin şişmeye başladığı ve bunun su tutma kapasitesinin artmasına katkıda bulunabileceğini ifade etmişlerdir. Sekiz saatlik tuzlamadan sonra hücre dışı boşluklarda büyüme gerçekleşmiş ve gevşek doku gözlenmiştir. Bu durum tüm dokunun şişerek maksimum kapasiteye ulaşması ve bağ dokusunun kırılmasına bağlanmıştır. Hücre dışı boşluklar damla kaybı için kanal oluşturmuş ve su tutma kapasitesinin düşmesine de sebep olmuştur. SEM yöntemi kullanılarak elde edilen bir başka görüntüde ise, tuzlama işleminin ton balığı etindeki pürüzsüz yüzeyde daha sulu bir yapı oluşmasına sebep olduğu tespit edilmiştir (Jiang ve ark., 2019). Briones-Labarca ve ark. (2012), yüksek hidrostatik basınç ve soğukta saklamanın balık (*Haliotis rufecens*) etlerine etkisini incelemiş ve hidrostatik basınç uygulanan balıkların SEM görüntülerinde daha kompakt bir yapı olduğunu ifade etmişlerdir. Yang ve ark. (2020) daldırarak dondurmanın (*Takifugu Obscurus*) balık filetolarında buz kristali formasyonuna etkisini incelemiş ve daldırarak dondurulan filetolarda (-30 °C) soğuk havayla dondurulan balıklara göre buz kristali formasyonunun daha az olduğunu SEM görüntüleriyle ispat etmişlerdir. Bir başka çalışmada Rawdkuen ve ark. (2010) 4 °C'de depolanan balık (*Pangasianodon gigas*) kas demetlerinde depolama süresiyle birlikte boşluklar olduğunu ifade etmiştir.

ULTRAVİYOLE GÖRÜNÜR BÖLGE SPEKTROSKOPİSİ

Ultraviyole görünür bölge (Uv-Vis) spektroskopisi 380-780 nm arasında dalga boyu olan, insan gözüyle algılanabilen bir tür elektromanyetik spektrumdur ve farklı dalga boyları farklı renkleri gösterir. Bazı özel bileşikler için bu bölgelerdeki maksimum emilim, materyalin yapısı, geometrisi ve simetrisine karşılık gelir (Cheng ve ark., 2013). Bu prensibe göre, birçok analitik yöntemle görünür bölgede spektrum ile yakalanabilen renkle ilgili bileşikler belirlenebilir (Scotter, 1997). Bu nedenle, balıketinin duyusal değerlendirilmesi için, renk ölçümüyle Uv-Vis spektroskopisi cihazından faydalanılmaktadır. Nilsen ve ark. (2002) buz içinde depolanan morina balıklarının tazelik kalitesini değerlendirmek için Uv-Vis spektroskopisinden faydalanmışlardır. Böylece spektral veri ile saklama süresi arasındaki korelasyonu çok değişkenli istatistiklerle modellemişlerdir (Nilsen ve ark., 2002). Benzer bir çalışmada Heia ve ark. (2003), buzlu morina ve dondurulmuş depolanmış berlam balığının tazeliğini tahmin etmek için Uv-Vis spektroskopisinin uygunluğunu araştırmışlardır. Sonuçlara göre en uygun model seçilerek korelasyonlar ortaya konmuştur. Ayrıca, Nilsen &

Esaiassen (2005), morina balığının kalite indeksi puanını tahmin etmek için Uv-Vis spektroskopisini kullanıp görünür spektral aralıktaki nispeten dar bir bandın balık tazeliğini ölçmek için yeterli olduğu göstermişlerdir. Bir başka çalışmada, Uv-Vis spektroskopisi taze ve dondurulup çözdürülen morina filetoları arasında ayrım yapmak ve tazeliğin gün bazında değerlendirilmesi için kullanılmıştır (Sivertsen ve ark., 2011a; Sivertsen ve ark., 2011b). Uv-Vis spektroskopisi, farklı koşullar altında kültürlenen avrupa levreklerinin kalitesini ayırt etmek için de kullanılmıştır (Costa ve ark., 2011). Öte yandan bu yöntemden kimyasal tehlikelerin tespitinde de faydalanılmaktadır. Histamin mikrobiyal bozulma sırasında histidin amino asidinin bakteriyel dekarboksilasyonuyla ortaya çıkan bir biyojenik amindir. Ton balığı, uskumru gibi *Scombridae* familyasındaki balıklarda fazla miktarlarda bulunur ve tazelik indikatörü olarak ölçülmektedir. Patange ve ark (2005) balıketinde histaminin kolorimetrik tayini için uv-vis spektroskopisini kullanarak basit ve hızlı bir yöntem geliştirmişlerdir. Numunelerdeki histamin konsantrasyonu, standart eğride 496 nm'de karşılık gelen absorbans değeri regresyon analizi ile ölçülerek elde edilmiştir (Patange ve ark., 2005).

KIZILÖTESİ SPEKTROSKOPİSİ

Kızılötesi (IR) spektroskopi, elektromanyetik spektrumun üç farklı alt bölgesini içerir; bunlar yakın kızılötesi (NIR), orta kızılötesi (MIR) ve uzak kızılötesi (FIR) bölgelerdir. Bu bölgelerde örneklerin emilimi moleküler bağlarda atomların titreşimine neden olur. Bu titreşimler sadece kimyasal bağlarla ilgili değil, aynı zamanda örnek içindeki genel moleküler konfirmasyon, yapı ve moleküller arası etkileşimler ile ilgili de bilgi verir. Bu şekilde, IR spektrumları, pik dağılımı şablonunda kendine özel profilini temsil eden ve bant yoğunluğu spesifik bileşiklerin konsantrasyonuna bağlı olan numune kompozisyonunu içine alır (Ghidini ve ark., 2019). Son yıllarda kızılötesi teknolojisi geliştirilerek Fourier dönüşümlü kızılötesi (FTIR) spektroskopisi de geliştirilmiştir. Buna ek olarak FTIR ile birlikte zayıflatılmış toplam yansıma (ATR) parçası ürünlerin spektral derlenmesine izin vermektedir. Böylece ATR, geleneksel IR teknolojilerine göre daha az örnek gerektiren ve daha hızlı sonuç veren bir araç olarak görülmektedir (Hassoun ve Karoui, 2017). Literatürde bu teknik balık tazeliğini belirlemek, balıktaki kimyasal bileşimi tahmin etmek ve balığın cinsini belirlemek için kullanılmaktadır.

Yakın Kızılötesi

NIR'nın dalga boyu 780-2526 nm aralığındadır. Bu aralıkta temel titreşim tepkilerinin tonları ve kombinasyonları oluşur ki bunlar organik moleküllerin (O-H, N-H, C-H, C-O gibi) farklı dalga boyunda kimyasal

bağlarının bilgilerini verir. NIR Lambert Beer yasasına göre ışığın gıda maddesi üzerinde absorpsiyon, yansıma, iletimi veya saçılımı prensibine dayanır. Bu prensibe göre örneğe ışık gönderilir ve farklı dalga boylarında örnekten gelen ışık ölçülür. Son yıllarda balık ürünlerinde NIR, mikrobiyal yükün belirlenmesi, bozulma, kimyasal kompozisyonların ölçülmesi ve balık tazeliğinin değerlendirilmesinde kullanılmaktadır (Cheng ve ark., 2013). Tito ve ark. (2012) 4^0C'de 9 güne kadar depolanan somon balıklarının bakteri yükünü tahmin etmek için 800-2500 nm aralığında, Lin ve ark. (2006) ise gökkuşağı alabalığında bakteri yükünü tespit etmek ve bozulmayı belirlemek için 600-1100 nm aralığında NIR'den faydalanmışlardır.

Farklı depolama koşullarında proteindeki yapısal değişimler balık kalitesini etkilemektedir. NIR veya FT-NIR spektroskopisi ile proteinlerin ikincil yapısını tahmin etmek ve izlenmesiyle ilgili bazı çalışmalar rapor edilmiştir. Carton ve ark. (2009) kuru tuzlama ve dumanlama işleminin somon balığı kaslarında miyofibriler proteinlerdeki değişimleri incelemişlerdir. Tuzlama süresinin en çok Amid I bölgesine etki ettiği ve ikinci yapıdaki proteinlerin değişiminin tuzlamadan etkilendiğini, Amid II bölgesindeki ana varyasyonun ise dumanlamadan kaynaklandığını göstermişlerdir. Bir başka çalışmada 1000-2500 nm aralığında çok değişkenli regresyon modelinden faydalanılarak balıkta ham protein değerini tahmin edilmiştir (Masum ve ark., 2012).

Nielsen ve ark. (2005) ringa balıklarındaki yağ içeriğini farklı analitik yöntemlerle incelemişledir. Bu bağlamda NIR spektroskopisi ve solvent ekstraksiyonu metodu sonuçları arasında yüksek korelasyon olduğu tespit edilmiştir. Khodabux ve ark. (2007) tuna balıklarında benzer bir çalışma yapmış ve toplam yağ için asit-hidroliz metodu ve serbest yağ için sokselet metoduyla spektroskopik sonuçlar arasında korelasyon olduğunu tespit etmişlerdir.

Balıkta bozulma kriterlerinden biri olan dimetilamin konsantrasyonuyla NIR'daki 1530-1866 nm dalga boyu aralığının dondurulmuş kıyılmış *Gadidae* familyasındaki örneklerinin arasında korelasyon gösterdiği tespit edilmiştir (Bøknæs ve ark., 2002). Reis ve ark. (2017) ise tuna balıklarının taze olanlarla dondurulmuş çözündürülmüş olanları birbirinden ayırmak için Vis-NIRS ekipmanını kullanmış ve kaliteyi doğrulamak için bu yöntemin 90%'a yakın oranda başarı sağladığını tespit etmişlerdir.

Orta Kızılötesi

MIR bölgesi elektomanyetik spektrumun 4000 ve 400 cm^{-1} aralığında yer alır. Hernández-Martínez ve ark. (2013) atlantik mavi yüzgeçli orkinos, istavrit balığı, atlantik ispanyol uskumrusu balıklarında toplam yağ, yağ asidi ve omega-3 balık yağı kalite indeksini tahmin etmek için FT-MIR

spektroskoposinin reflektans modunu kullanmışlardır. Aynı araştırma grubu bir başka çalışmada aynı balıklarda diğer kalite parametrelerini (kimyasal bileşim, pH, TVB-N, TBARS) ölçmek için de bu tekniği kullanmıştır. FT-MIR spektraya uyguladıkları model kimyasal bileşim, pH, TVBN ve oksidasyon indekslerinde de iyi bir tahmin olduğunu göstermiştir. Galvis-Sanchez ve ark. (2011) rehidrasyon ve desalting işlemlerini morina etinde tespit etmek için MIR cihazını kullanmış ve bu tekniğin alternatif bir metot olduğunu ispatlamışlardır.

İÇ DİRENÇ ÖLÇÜMLERİ

İç direnç ölçümleri genellikle spektroskopik ve voltametrik yöntemlerle yapılmaktadır. Depolama sırasındaki değişiklikleri değerlendirmek için elektrik iç direnç cihazından faydalanılabilir. İç direnç spektroskopisi proteinlerin denatürasyonunu yansıttığı için özellikle dondurulmuş balık kalitesinin belirlenmesinde kalite kontrol metodu olarak kullanılabilir (Sun ve ark., 2020).

Vidačeka ve ark. (2008) bir ve iki kez dondurulmuş çözdürülmüş levrekleri (*Dicentrarchus labrax*) sınıflandırmak için biyoimpedans teknolojisini uygulamış ve 78% oranında başarılı olmuşlardır. Aynı grubun sırasıyla levrek (*Dicentrarchus labrax*) ve atlantik mezgiti (*Scomber collas*) üzerindeki diğer çalışmaları da bu yöntemin kalite kontol için potansiyel bir metot olduğunu göstermiştir (Vidaček ve ark, (2012a; Vidaček ve ark., 2012b). Fernández-Segovia ve ark. (2012) taze somonu dondurulmuş-çözdürülmüş olanlardan iç direnç ölçümleriyle başarıyla ayırmıştır. Ancak −18 °C'de farklı sürelerde depolananlar için ayrım yapamamışlardır. Sun ve ark. (2020) buzdolaplarına konan balık filetolarına elektrotların 90° açıyla yerleştirilmesiyle iç direnç ölçümlerini değerlendirmiştir. Kablolarla elektrotlar diğer enstrümanlara bağlanmıştır. Çalışma atlantik somonu ve gökkuşağı alabalığı tespiti, dondurulmuş-çözdürülmüş ve soğutulmuş somon balıklarını belirlenmesi ve somon tazeliğinin tahminini kapsamaktadır. Sonuçlara göre atlantik somonuyla gökkuşağı alabalığı arasında ve dondurulmuş-çözdürülmüş somon arasında iç direnç özelliklerine göre farklılık olduğunu ortaya konulmuştur. TVBN ve iç direnç skeptroskopisi arasındaki korelasyon, somon balığının kalitesinin belirlenmesinde çabuk ve etkili bir yöntem olduğunu göstermiştir. Bir diğer metot da voltametrik metot olup; Zhu ve ark., (2013) 0 ^{o}C ve 3 ^{o}C'de ayrı ayrı 72 saat süresince depolanan sazan (*Aristichthys nobilis*) örneklerinin iç direnç değerlerini voltametriyle ölçmüşlerdir. Sonuçlara göre postmortem depolamada, örneklerin iç direnç değerleri ile pH değeri ve tekstür indeksleri (sertlik, yapışkanlık, esneklik) arasında istatistiksel önem tespit edilmiştir. Kısa depolamanın yanısıra uzun dönem depolamada ise örneklerin iç direnç değerleri ile TVB-N, K değerleri arasında korelasyon olduğu tespit edil-

miştir. Zhang ve ark. (2010) taze ve dondurulmuş-çözdürülmüş su balığı (*Ctenopharyngodon idellus*) ve tilapiya (*Oreochromis niloticus*) balıklarının iletkenliğini farklı frekanslarda 10 günlük süreyle voltametreyle ölçmüştür. Sonuçlar taze balıkların iç direnç değerlerinin dondurulmuş-çözdürülmüş balıklardan daha yüksek olduğunu göstermiştir. Bu çalışmalar iç direnç analiz metotlarından balıketi kalitesinin tespiti için faydalanılabileceğini göstermektedir.

NÜKLEER MANYETİK REZONANS

Nükleer manyetik rezonans (NMR) yöntemlerinin balıklardaki uygulamaları üç ana gruba ayrılmıştır: manyetik rezonans görüntüleme (MRI), düşük alanlı nükleer manyetik rezonans (low-field NMR) ve yüksek çözünürlüklü NMR (Hassoun ve Karoui, 2017; Bekiroglu 2010; Erikson ve ark., 2012). Balıkların kalite değerlendirmesinde, yağ içeriği ve dağılımı, su içeriği, su tutma kapasitesi, kollajen içeriği, pH ve laktat, glikojen ve ATP içeriği gibi uygulamalar için de bu teknikten faydalanılabilmektedir (Cheng ve ark., 2013). Bu tekniğin ana uygulaması, üretim yöntemi (deniz/çiftlik), coğrafik orijin, tür gibi değişkenliklere göre yağlı ve yağsız balıkların lipitlerinin belirlenmesidir (Hassoun ve Karoui, 2017).

Balık türleri arasındaki kalite ve fiyat farkı olduğundan, yanlış etiketlemenin önüne geçmek için kökenlerini takip etmeye yarayan güvenilir yöntemlere ihtiyaç vardır. Aslında bu teknik deniz ve çiftlik somonlarını birbirinden ayırmak için kullanılmaktadır, çünkü deniz somonu çiftlik somonuna göre kalite ve besin değerleri açısından tüketiciler için daha üstün görülmektedir (Hassoun ve Karoui, 2017). Capuano ve ark. (2012) proton nükleer manyetik rezonans (H NMR) kullanarak yeni bir yaklaşım geliştirip deniz ve çiftlik somonlarını yağ içeriğine (oleik ve linoleik asit) göre sınıflandırmıştır. Vidal ve ark. (2012) aynı yöntemle çiftlik ve deniz levreklerini linoleik asit içeriklerinin oranlarına göre ayırarak sonuçların bu yöntemle uyumlu olduğunu göstermiştir. Çiftlik balıklarının lipit bileşimi yetiştirme durumuna, balık kökenine ve yemleme sistemine göre değişebilmektedir. Bu bağlamda farklı istatiksel analiz ve teknikler geliştirilerek somon balıkları son yıllardaki çalışmalarda başarıyla sınıflandırılmıştır. Karbon NMR (C-NMR) (Aursand ve ark., 2009) HNMR (Masoum ve ark., 2007), MRI (Brix ve ark., 2009) bu alanla ilgili yeni yaklaşımlardan bazı örneklerdir.

Ayrıca, düşük alanlı nükleer manyetik rezonans (LF-NMR) yağ, su ve proteinin in vivo kalite kontrol analizleri için de kullanılabilir. Veliyulin ve ark. (2005) canlı ve kesilmiş atlantik somonundaki yağ içeriğini ölçmek için LF-NMR analizörünü kullanmıştır. Yine Erikson ve ark. (2004) tuzlamanın, taze ve dondurulmuş çözündürülmüş morina balıklarına etkisini incelemiştir.ve sonuçlar NMR spektroskopisinin balık tuzlama prosesinin

değerlendirilmesinde kullanışlı bir cihaz olduğunu ve geleneksel tuz ve suyla ilişkili analitik metotlara potansiyel olabileceğini göstermiştir.

Yağ, su, proteinler gibi parametreler farklı salınma sürelerine sahip olduğundan bu teknik yardımıyla hızlı analiz için uygulanabilir. Bu sebeplerden dolayı, NMR analizi heterojen balık örnekleri için uygun bir seçim olabilir ve geleneksel tekniklerin yerine alabilir. Ancak bu tekniğin karmaşık ekipmanları ve düşük hassasiyeti diğer spektroskopik tekniklere kıyasla dezavantajdır (Hassoun ve Karoui, 2017).

ZETA POTANSİYEL VE MOBİLİTE ÖLÇÜM CİHAZI

Zeta potansiyeli, benzer yüklü parçacıklar arasındaki itme derecesini gösterir. pH'taki veya iyonların konsantrasyonundaki küçük değişiklikler bile zeta potansiyel değerinde önemli farklılıklara yol açabilir. Zeta potansiyeli ölçümleri balıkların raf ömrünü tahmin etmek için kullanılabilir (Árnadóttir, 2013). Árnadóttir (2013) nano boyuttaki balık yağı damlacıkların agregasyon derecesini ölçmek için bu cihazı kullanmıştır. Elavarasan & Shamasundar (2016) taze sazanlardan (*Cirrhinus mrigala)* elde edilen balık protein hidrolizatlarının süspansiyolarını farklı yöntemlerle kurutmuşlardır. Zeta posansiyeli değerleri sırasıyla -20.40 ve -11.63 olarak ölçülmüştür. Yüksek zeta potansiyel değeri moleküller arasındaki itici elektrostatik kuvvete bağlanmaktadır ve daha stabil süspansiyon anlamına gelmektedir. Sonuçlar hidrolizatların solubilitesinin ve fonksiyonel özelliklerinin yüzey yüküne bağlı olarak değiştiğini göstermiştir. Alboghbeish & Khodanazary (2019) mavi yüzgeçli yalıçapkını (*Carangoides coeruleopinnatus*) filetolarının buzdolabında depolayarak kalite değişimlerini 12 gün boyunca incelemiştir. Nanokitosan materyalinin zeta potansiyelinin +28.9 mV ölçülmüştür. 12. günde TVBN değerleri kontrol ve nanokitosan kaplı örneklerin sırasıyla 26.5 ve 20.6 mg N/100 olarak bulunmuştur. Nanokitosan kaplı örneklerin toplam psikrofil ve toplam mezofil değerlerinde 0.7 log KOB/g'a yakın düşüş gözlenmiştir. Maghami ve ark. (2019) kitosan nanopartiküllerinin (*Foeniculum vulgare*) morina balık filetolarının depolama boyunca kalitedeki değişimlere etkisini incelemiştir. 1% ve 1.5% kitosan nanopartikül örneklerinin zeta potansiyeli sırasıyla +41 and +47 mV, ölçülmüş olup, kontrol örneklerine göre nanopartikülle kaplanan örneklerin mikrobiyal yük değerleri daha düşük bulunmuştur.

SONUÇ

Balıketinde yapılan kantitatif veya kalitatif ölçümler genellikle ürünün tüketim ve ticaret için kabul edilebilirliğinin karar verilmesinde rol oynar. Ancak, geleneksel mikrobiyolojik ölçüm metotlarında ürünün hazırlanması ve ölçümlerin elde edilmesi, geleneksel kimyasal analitik yöntemlerde ise ölçümler son derece zaman alıcı olması bu metotlara alterna-

tif yöntemlerin geliştirilmesini gerekli kılmaktadır. Yukarıdaki çalışmalar geleneksel yöntemlerinin yerine, yeni metotlar kullanılarak balıkların raf ömrü boyunca kalite değişimlerinin gözlenebileceğini, balıkların tanımlanabileceğini, dondurma gibi işlemlerin uygulanıp uygulanmadığının belirlenmesinin mümkün olduğunu göstermektedir. Aynı zamanda geleneksel yöntemlere göre daha az maliyetli olduğu, hızlı ve doğru sonuçlar verebileceği göz önünde bulundurulduğunda bu cihazların gelecekte çeşitli özelliklerinden daha fazla faydalanılarak balıkların kalitesinin tanımlanmasında farklı yaklaşımların ortaya çıkacağı öngörülmektedir.

KAYNAKLAR

Aghaei, Z., Emadzadeh, B., Ghorani, B., & Kadkhodaee, R. (2018). Cellulose Acetate Nanofibres Containing Alizarin as a Halochromic Sensor for the Qualitative Assessment of Rainbow Trout Fish Spoilage. *Food and Bioprocess Technology*, 11(5), 1087-1095.

Alboghbeish, H., & Khodanazary, A. (2019). The comparison of quality characteristics of refrigerated Carangoides coeruleopinnatus fillets with chitosan and nanochitosan coating. Turkish *Journal of Fisheries and Aquatic Sciences,* 19(11), 957-967.

Árnadóttir, Þ. Ý. (2013). *Nano-laminated Fish Oil Droplets: Influence of Chitosan Charge Density on Emulsion Stability* (Doctoral dissertation).

Aursand, M., Mabon, F., & Martin, G. J. (2000). Characterization of farmed and wild salmon (*Salmo salar*) by a combined use of compositional and isotopic analyses. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, *77*(6), 659-666.

Ayala, M. D., Abdel, I., Santaella, M., Martínez, C., Periago, M. J., Gil, F., ... & Albors, O. L. (2010). Muscle tissue structural changes and texture development in sea bream, Sparus aurata L., during post-mortem storage. *LWT-Food Science and Technology,* 43(3), 465-475.

Bekiroglu, S. (2010). An emerging powerful technique: NMR applications on quality assessments of fish and related products. In: *Handbook of Seafood Quality, Safety and Health Applications*, pp. 181–193. Alasalvar C, Miyashita K, Shahidi F, Wanasundara U, Eds., John Wiley and Sons Ltd., Chichester.

Bøknæs, N., Jensen, K. N., Andersen, C. M., & Martens, H. (2002). Freshness assessment of thawed and chilled cod fillets packed in modified atmosphere using near-infrared spectroscopy. *LWT-Food Science and Technology*, 35(7), 628-634.

Briones-Labarca, V., Perez-Won, M., Zamarca, M., Aguilera-Radic, J. M., & Tabilo-Munizaga, G. (2012). Effects of high hydrostatic pressure on microstructure, texture, colour and biochemical changes of red abalone (*Haliotis rufecens*) during cold storage time. *Innovative Food*

Science & Emerging Technologies, *13*, 42-50.

Brix, O., Apablaza, P., Baker, A., Taxt, T., & Grüner, R. (2009). Chemical shift based MR imaging and gas chromatography for quantification and localization of fat in Atlantic mackerel. *Journal of experimental marine biology and ecology*, *376*(2), 68-75.

Carton, I., Bocker, U., Ofstad, R., Sørheim, O., & Kohler, A. (2009). Monitoring secondary structural changes in salted and smoked salmon muscle myofiber proteins by FT-IR microspectroscopy. *Journal of Agricultural and Food Chemistry,* 57(9), 3563e3570.

Cetinkaya, T., & Ceylan, Z. (2019). Ambalajı Açıldıktan Sonra Buzdolabında Depolanan İki Farklı Tütsülenmiş Balık Ürününün Mikrobiyal Kalite Değişimlerinin Gözlenmesi. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (17), 982-988.

Ceylan, Z., Sengor, G. F. U., & Yilmaz, M. T. (2017). A novel approach to limit chemical deterioration of gilthead sea bream *(Sparus aurata*) fillets: Coating with electrospun nanofibers as characterized by molecular, thermal, and microstructural properties. *Journal of food science*, *82*(5), 1163-1170.

Ceylan, Z. (2018). Farklı Günlerde Soğuk Muhafazadan Çıkarılan ve Farklı Sıcaklıklarda Pişirilen Balıkların Bazı Kalite Parametrelerinin İncelenmesi. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi*, *28*(3), 317-324.

Ceylan, Z., & Meral, R. (2018). Determination of Textural and Color Parameters of Fish Fillets Stored at Refrigerated Conditions. *Chemistry*.

Ceylan, Z., Unal Sengor, G. F., Basahel, A., & Yilmaz, M. T. (2018). Determination of quality parameters of gilthead sea bream (*Sparus aurata*) fillets coated with electrospun nanofibers. *Journal of food safety*, *38*(6), e12518.

Cheng, J. H., Dai, Q., Sun, D. W., Zeng, X. A., Liu, D., & Pu, H. B. (2013). Applications of non-destructive spectroscopic techniques for fish quality and safety evaluation and inspection. *Trends in food science & technology*, 34(1), 18-31.

Cheng, J. H., Sun, D. W., Han, Z., & Zeng, X. A. (2014). Texture and structure measurements and analyses for evaluation of fish and fillet freshness quality: a review. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety,* 13(1), 52-61.

Costa, C., D'Andrea, S., Russo, R., Antonucci, F., Pallottino, F., & Menesatti, P. (2011). Application of non-invasive techniques to differentiate sea bass (*Dicentrarchus labrax, L.* 1758) quality cultured under different conditions. *Aquaculture International*, *19*(4), 765-778.

Dileep, A. O., Shamasundar, B. A., Binsi, P. K., Badii, F., & Howell, N. K. (2005). Effect of ice storage on the physicochemical and dynamic

viscoelastic properties of ribbonfish (*Trichiurus spp*) meat. *Journal of food science*, *70*(9), E537-E545.

Dileep, A. O., Shamasundar, B. A., Binsi, P. K., Badii, F., & Howell, N. K. (2012). Composition, physicochemical and rheological properties of fresh bigeye snapper fish (*priacanthus hamrur*) mince. *Journal of Food Biochemistry*, *36*(5), 577-586.

Elavarasan, K., & Shamasundar, B. A. (2016). Effect of oven drying and freeze drying on the antioxidant and functional properties of protein hydrolysates derived from freshwater fish (*Cirrhinus mrigala*) using papain enzyme. *Journal of food science and technology*, *53*(2), 1303-1311.

Erikson, U., Veliyulin, E., Singstad, T. E., & Aursand, M. (2004). Salting and desalting of fresh and frozen-thawed cod (*Gadus morhua*) fillets: a comparative study using 23Na NMR, 23Na MRI, low-field 1H NMR, and physicochemical analytical methods. *Journal of food science*, *69*(3), FEP107-FEP114.

Erikson, U., Standal, I. B., Aursand, I. G., Veliyulin, E., & Aursand, M. (2012). Use of NMR in fish processing optimization: a review of recent progress. *Magnetic Resonance in Chemistry*, *50*(7), 471-480.

Fernández-Segovia, I., Fuentes, A., Aliño, M., Masot, R., Alcañiz, M., & Barat, J. M. (2012). Detection of frozen-thawed salmon (*Salmo salar*) by a rapid low-cost method. *Journal of Food Engineering*, *113*(2), 210-216.

Galvis-Sánchez, A. C., Tóth, I. V., Portela, A., Delgadillo, I., & Rangel, A. O. (2011). Monitoring sodium chloride during cod fish desalting process by flow injection spectrometry and infrared spectroscopy. *Food control,* 22(2), 277-282.

Geirsdottir, M., Hlynsdottir, H., Thorkelsson, G., & Sigurgisladottir, S. (2007). Solubility and viscosity of herring (*Clupea harengus*) proteins as affected by freezing and frozen storage. *Journal of food science*, *72*(7), C376-C380.

Ghidini, S., Varrà, M. O., & Zanardi, E. (2019). Approaching Authenticity Issues in Fish and Seafood Products by Qualitative Spectroscopy and Chemometrics. *Molecules*, *24*(9), 1812.

Guzmán-Meza, M., Segura-Ponce, L., Tabilo-Munizaga, G., & Perez-Won, M. (2017). Development of a mathematical protocol to graphically analyze irreversible changes induced by high pressure treatment in fish muscle proteins. *Journal of Food Engineering,* 215, 134-146.

Hashemi, A., & Jafarpour, A. (2016). Rheological and microstructural properties of beef sausage batter formulated with fish fillet mince. *Journal of food science and technology*, *53*(1), 601-610.

Hassoun, A., & Karoui, R. (2017). Quality evaluation of fish and other seafood by traditional and nondestructive instrumental methods:

Advantages and limitations. *Critical reviews in food science and nutrition*, *57*(9), 1976-1998.

Heia, K., Esaiassen, M., Nilsen, H., Sigernes, F., Luten, J. B., Oehlenschläger, J., & Ólafsdóttir, G. (2003). Visible spectroscopy-Evaluation of storage time of ice stored cod and frozen stored hake. *from Catch to Consumer*, 200.

Hernández-Martínez, M., Gallardo-Velázquez, T., Osorio-Revilla, G., Almaraz-Abarca, N., Ponce-Mendoza, A., & Vásquez-Murrieta, M. S. (2013). Prediction of total fat, fatty acid composition and nutritional parameters in fish fillets using MID-FTIR spectroscopy and chemometrics. *LWT-Food Science and Technology*, *52*(1), 12-20.

Hernández-Martínez, M., Gallardo-Velázquez, T., Osorio-Revilla, G., Almaraz-Abarca, N., & Castañeda-Pérez, E. (2014). Application of MIR-FTIR spectroscopy and chemometrics to the rapid prediction of fish fillet quality. *CyTA-Journal of Food*, *12*(4), 369-377.

Jiang, Q., Nakazawa, N., Hu, Y., Osako, K., & Okazaki, E. (2019). Microstructural modification and its effect on the quality attributes of frozen-thawed bigeye tuna (*Thunnus obesus*) meat during salting. *LWT*, *100*, 213-219.

Kaale, L. D., & Eikevik, T. M. (2013). A histological study of the microstructure sizes of the red and white muscles of Atlantic salmon (*Salmo salar*) fillets during superchilling process and storage. *Journal of food engineering*, *114*(2), 242-248.

Khodabux, K., L'Omelette, M. S. S., Jhaumeer-Laulloo, S., Ramasami, P., & Rondeau, P. (2007). Chemical and near-infrared determination of moisture, fat and protein in tuna fishes. *Food chemistry*, *102*(3), 669-675.

Larrea-Wachtendorff, D., Tabilo-Munizaga, G., Moreno-Osorio, L., Villalobos-Carvajal, R., & Pérez-Won, M. (2015). Protein changes caused by high hydrostatic pressure (HHP): a study using differential scanning calorimetry (DSC) and Fourier transform infrared (FTIR) spectroscopy. *Food engineering reviews*, *7*(2), 222-230.

Lin, M., Mousavi, M., Al-Holy, M., Cavinato, A. G., & Rasco, B. A. (2006). Rapid near infrared spectroscopic method for the detection of spoilage in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) fillet. *Journal of food science*, *71*(1), S18-S23.

Maghami, M., Motalebi, A. A., & Anvar, S. A. A. (2019). Influence of chitosan nanoparticles and fennel essential oils (*Foeniculum vulgare*) on the shelf life of Huso huso fish fillets during the storage. *Food Science & Nutrition*, *7*(9), 3030-3041.

Martinez, I., Standal, I. B., Axelson, D. E., Finstad, B., & Aursand, M. (2009). Identification of the farm origin of salmon by fatty acid and HR 13C NMR profiling. *Food chemistry*, *116*(3), 766-773.

Masoum, S., Malabat, C., Jalali-Heravi, M., Guillou, C., Rezzi, S., & Rutledge, D. N. (2007). Application of support vector machines to 1 H NMR data of fish oils: methodology for the confirmation of wild and farmed salmon and their origins. *Analytical and bioanalytical chemistry*, *387*(4), 1499-1510.

Masoum, S., Alishahi, A. R., Farahmand, H., Shekarchi, M., & Prieto, N. (2012). Determination of protein and moisture in fishmeal by near-infrared reflectance spectroscopy and multivariate regression based on partial least squares. Iranian *Journal of Chemistry and Chemical Engineering* (IJCCE), 31(3), 51e59.

Matos, E., Silva, T. S., Tiago, T., Aureliano, M., Dinis, M. T., & Dias, J. (2011). Effect of harvesting stress and storage conditions on protein degradation in fillets of farmed gilthead seabream (*Sparus aurata*): a differential scanning calorimetry study. *Food chemistry*, *126*(1), 270-276.

Mehta, N. K., & Nayak, B. B. (2017). Bio-chemical composition, functional, and rheological properties of fresh meat from fish, squid, and shrimp: A comparative study. *International journal of food properties*, *20*(sup1), S707-S721.

Meral, R., Alav, A., Karakas, C., Dertli, E., Yilmaz, M. T., & Ceylan, Z. (2019). Effect of electrospun nisin and curcumin loaded nanomats on the microbial quality, hardness and sensory characteristics of rainbow trout fillet. *LWT*, *113*, 108292.

Murthy, L. N., Phadke, G. G., Siddaiah, V., & Boraiah, R. K. (2017). Rheological properties of washed and unwashed tilapia (Oreochromis mossambicus) fish meat: effect of sucrose and sorbitol. *Food science and biotechnology*, *26*(5), 1177-1183.

Nielsen, D., Hyldig, G., Nielsen, J., & Nielsen, H. H. (2005). Lipid content in herring (*Clupea harengus L.*)—influence of biological factors and comparison of different methods of analyses: solvent extraction, Fatmeter, NIR and NMR. *LWT-Food Science and Technology*, *38*(5), 537-548.

Nikoo, M., Benjakul, S., & Rahmanifarah, K. (2016). Hydrolysates from marine sources as cryoprotective substances in seafoods and seafood products. *Trends in Food Science & Technology,* 57, 40-51.

Nilsen, H., Esaiassen, M., Heia, K., & Sigernes, F. (2002). Visible/near-infrared spectroscopy: a new tool for the evaluation of fish freshness?. *Journal of Food Science,* 67(5), 1821-1826.

Nilsen, H., & Esaiassen, M. (2005). Predicting sensory score of cod (*Gadus morhua*) from visible spectroscopy. *LWT-Food Science and Technology,* 38(1), 95-99.

Park, H. W., Park, J. W., & Yoon, W. B. (2020). Effect of Dehydration on the Rheological Measurement of Surimi Paste in Cone-Plate Rheometry:

Heat and Mass Transfer Simulation. *Processes*, *8*(2), 234.

Patange, S. B., Mukundan, M. K., & Kumar, K. A. (2005). A simple and rapid method for colorimetric determination of histamine in fish flesh. *Food control,* 16(5), 465-472.

Rawdkuen, S., Jongjareonrak, A., Phatcharat, S., & Benjakul, S. (2010). Assessment of protein changes in farmed giant catfish (*Pangasianodon gigas*) muscles during refrigerated storage. *International journal of food science & technology*, *45*(5), 985-994.

Reis, M. M., Martínez, E., Saitua, E., Rodríguez, R., Perez, I., & Olabarrieta, I. (2017). Non-invasive differentiation between fresh and frozen/thawed tuna fillets using near infrared spectroscopy (Vis-NIRS). *LWT*, *78*, 129-137.

Roy, B. C., Ando, M., Itoh, T., & Tsukamasa, Y. (2012). Structural and ultrastructural changes of full-cycle cultured Pacific bluefin tuna (*Thunnus orientalis)* muscle slices during chilled storage. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, *92*(8), 1755-1764.

Scotter, C. N. (1997). Non-destructive spectroscopic techniques for the measurement of food quality. *Trends in food science & technology*, *8*(9), 285-292.

Sengör, G. F. Ü., Ceylan, Z., & Doğruyol, H. (2018). Determination of the quality changes of whole cuttlefish (*Sepia officinalis, L.,* 1758) stored at 2ºC. *Su Ürünleri Dergisi*, *35*(2), 115-119.

Sengör, G. F. Ü., Ceylan, Z., Yardımcı, R. E., & Özturan, S. (2020). İstavrit balığında ayıklama işlemi: Kalite, gıda güvenliği ve halk sağlığı ilişkisi. *Su Ürünleri Dergisi*, *37*(1), 1-1.

Sivertsen, A. H., Kimiya, T., & Heia, K. (2011a). Automatic freshness assessment of cod (*Gadus morhua*) fillets by Vis/Nir spectroscopy. *Journal of Food Engineering,* 103(3), 317-323.

Sivertsen, A. H., Heia, K., Stormo, S. K., Elvevoll, E., & Nilsen, H. (2011b). Automatic nematode detection in cod fillets (*Gadus morhua*) by transillumination hyperspectral imaging. *Journal of food science*, 76(1), S77-S83.

Stenholm, A. R., Dalsgaard, I., & Middelboe, M. (2008). Isolation and characterization of bacteriophages infecting the fish pathogen Flavobacterium psychrophilum. *Applied and Environmental. Microbiology*, *74*(13), 4070-4078.

Sun, Z., Liang, L., Li, J., Liu, X., Sun, J., Zou, X., ... & Guo, Z. (2020). Rapid detection of Atlantic salmon multi-quality based on impedance properties. *Food Science & Nutrition,* 8(2), 862-869.

Surasani, V. K. R., Raju, C. V., Shafiq, U., Chandra, M. V., & Lakshmisha, I. P. (2020). Influence of protein isolates from Pangas processing waste on physico-chemical, textural, rheological and sensory quality characteristics of fish sausages. *LWT*, *117*, 108662.

Tironi, V. A., Tomás, M. C., & Añón, M. C. (2010). Quality loss during the frozen storage of sea salmon (Pseudopercis semifasciata). Effect of rosemary *(Rosmarinus officinalis L.)* extract. *LWT-Food Science and Technology*, 43(2), 263-272.

Tito, N. B., Rodemann, T., & Powell, S. M. (2012). Use of near infrared spectroscopy to predict microbial numbers on Atlantic salmon. *Food microbiology*, *32*(2), 431-436.

Veliyulin, E., van der Zwaag, C., Burk, W., & Erikson, U. (2005). In vivo determination of fat content in Atlantic salmon (*Salmo salar*) with a mobile NMR spectrometer. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 85(8), 1299-1304.

Vidaček, S., Medić, H., Botka-Petrak, K., Nežak, J., & Petrak, T. (2008). Bioelectrical impedance analysis of frozen sea bass (*Dicentrarchus labrax*). *Journal of Food Engineering*, *88*(2), 263-271.

Vidaček, S., Janči, T., Brdek, Z., Udovičić, D., Marušić, N., Medić, H., ... & Lacković, I. (2012a). Differencing sea bass (*Dicentrarchus labrax*) fillets frozen in different conditions by impedance measurements. *International journal of food science & technology*, *47*(8), 1757-1764.

Vidaček, S., Medić, H., Marušić, N., Tonković, S., & Petrak, T. (2012b). Influence of different freezing regimes on bioelectrical properties of Atlantic chub mackerel (*Scomber colias*). *Journal of food process engineering*, *35*(5), 735-741.

Wang, Q., Shi, A., & Shah, F. (2019a). Rheology instruments for food quality evaluation. In *Evaluation Technologies for Food Quality* (pp. 465-490). Woodhead Publishing.

Wang, L., Shi, L., Jiao, C., Wu, W., Li, X., Wang, J., ... & Zhang, M. (2019b). Effects of different sugars on the thermal properties and microstructures of Mandarin fish (*Siniperca chuats*). *LWT*, *99*, 84-88.

Yang, F., Jing, D., Diao, Y., Yu, D., Gao, P., Xia, W., ... & Zhan, X. (2020). Effect of immersion freezing with edible solution on freezing efficiency and physical properties of obscure pufferfish (*Takifugu Obscurus*) fillets. *LWT*, 118, 108762.

Zhang, L., Shen, H., & Luo, Y. (2010). Study on the electric conduction properties of fresh and frozen–thawed grass carp (*Ctenopharyngodon idellus*) and tilapia (*Oreochromis niloticus*). *International journal of food science & technology*, *45*(12), 2560-2564.

Zhu, S., Luo, Y., Hong, H., Feng, L., & Shen, H. (2013). Correlation between electrical conductivity of the gutted fish body and the quality of bighead carp (*Aristichthys nobilis*) heads stored at 0 and 3 C. *Food and Bioprocess Technology*, *6*(11), 3068-3075.