

Surimi Teknolojisi ile Yağlı ve Koyu Etli Balıklardan Surimi Üretimi**Nilgün Kaba***

Sinop Üniversitesi, Sinop Su Ürünleri Fakültesi, Akliman, Sinop

Özet:

Mekanik olarak kılçıklarından ayrılmış balık etinin su ile yıkanıp, kıyıldıktan sonra, şeker, sorbitol ve polifosfat gibi kıvam verici ve donma denatürasyonundan koruyucu maddelerin (kryoprotektan) karıştırılması ile elde edilen bir ürün olan surimi, balık etindeki miyofibriller proteininin nemli donmuş konsantresi olarak tanımlanmaktadır. Bir protein ürünü olan surimi, fazla sevilmeyen ekonomik değeri düşük, ayrıca fazla miktarda avcılığı yapılan fakat taze ve diğer şekillerde insan tüketimi için imkan bulunamayan balık ve su ürünlerinin, doğrudan veya çeşitli ürünlere işlenerek değerlendirildiği bir üründür. Surimi, diğer hayvansal ve bitkisel proteinlerin yerine kullanılabilir bir protein kaynağı olarak büyük bir potansiyele sahiptir. Surimi tek başına kullanılabilir gibi, aynı zamanda yengeç bacağı ve parçaları gibi fabrikada işlenmiş deniz ürünlerinin kalan parçalarının değerlendirildiği bir ara ürün olarak da kullanılmaktadır. Suriminin iki temel özelliği, arzu edilen tekstür yapısını oluşturan jel özelliği ve kryoprotektan ilavesiyle donmuş depolama esnasında dayanıklılığını uzun süre muhafaza edebilmesidir. Surimi üretimindeki bir çok yeni teknolojik gelişme, beyaz etli balıkların yanısıra, yağlı ve koyu etli türlerin de, ilk önceleri sanıldığından daha kaliteli surimi üretmek için kullanılabilirliğini göstermiştir.

Anahtar Kelimeler: Surimi, donmuş muhafaza, raf ömrü, kryoprotektan

Abstract:**Surimi technology and the production of surimi from fat and dark muscle fish**

The surimi, which is a fish minced meat that has been leached by washing with water then mixed with sugar and other additives such as sorbitol, polyphosphaten and protectives (cryoprotectan) then frozen was described as moist frozen concentrated myofibrillar protein of fish meat. The surimi is a production that is being utilized by processing fish or sea products mostly disliked, low priced and inadequate for consumption. It has a great potential as a protein source that may be used rather than animal or vegetable protein. Surimi may also be used as an intermediate product which is processed form the fabricated sea foods such as erublegs or its parts. The two main characteristics of surimi are the jell trait that is desired texture structure and the protecting of its durability for a long time by adding cryoprotectant during frozen storage. Many recent technological development in surimi production showed that besides white fish meat, fat and dark fish meat can also be used for more qualified surimi production than at first to be supposed.

Keywords: Surimi, frozen storage, shelf life, cryoprotectan

* **Correspondence to:** Nilgün KABA, Sinop Üniversitesi, Sinop Su Ürünleri Fakültesi, , 57000, Akliman/Sinop-TÜRKİYE

Tel: (+90 368) 287 62 65/140 Faks: (+90 368) 287 62 55

E-mail: nilguneri@hotmail.com

Giriş

Mekanik olarak kılçıklarından ayrılmış balık etinin su ile yıkanıp, kıyıldıktan sonra, şeker, sorbitol ve polifosfat gibi kıvam verici ve donma denatürasyonundan koruyucu maddelerin (kryoprotektan) karıştırılması ile elde edilen bir ürün olan surimi, balık etindeki miyofibriller proteinin nemli donmuş konsantresi olarak tanımlanmaktadır (Lee, 1984).

Balık kası, genellikle beyaz kas liflerinin kırmızı kas liflerinden belirgin olarak ayrıldığı tek kastır. Küçük pelajik balık türlerinden surimi üretiminde karşılaşılan problemlerin en önemlisi kırmızı kas içeriğidir. Taze sardalyanın kasından hazırlanan surimi, Alaska Pollock'tan (*Theragra chalcogramma*) yapılan yüksek kalitedeki surimi ile eşdeğer kalitededir. Ayrıca, uskumrunun beyaz kasından yapılan surimi, bütün uskumrudan yapılan (beyaz kas +siyah kas) surimi ile karşılaştırıldığında, daha yüksek bir duyusal puan, daha düşük yağ oksidasyonuna sahiptir. Koyu kas içeriğinden hazırlanan uskumru surimisinde, koyu kas miktarı arttıkça katlama test değerleri ve gerilme özelliklerinde azalma olur. Antioksidantların yokluğunda koyu kasın artmasıyla, gerilme özelliği azalır, fakat antioksidantların varlığında koyu kas içeriği arttıkça gerilme özelliği de artar. Bununla birlikte uskumrunun beyaz kasında (ya hiç koyu kas içermeyen ya da %15 koyu kas ilave edilmiş halde) antioksidant karışımı ilave edilerek üretilen jeller, antioksidantsız hazırlanmış olanlardan daha düşük gerilme özelliği gösterir. Koyu kas içeriği yüksek olan ham materyalden yapılmış suriminin yüksek kalitede bir ürün olmadığı bilinmekte olup, bunun nedenleri arasında koyu renk kasların yüksek miktarda yağ içermesi ve bunun kas proteinleriyle ilişkili olması, heme proteinleri daha yüksek oranlarda içermesi, son aşamadaki PH değerinin daha düşük olması, daha yüksek proteolitik aktivite ve yüksek sarkoplazmik protein konsantrasyonuna sahip olması gibi faktörler sayılmaktadır (Hultin ve Kelleher, 2005).

Protein ekstraksiyonunda ve geri kazanımındaki işlemlerde karşılaşılan ana problem proteaz tarafından gerçekleştirilen proteolizisdir. Postmortem dönemde balık kası, proteolizise oldukça müsaittir ve bu problem türe ve sezona bağlı olarak oldukça değişir. Kas protein jeli üzerine proteolitik aktivitenin etkisi, miyofibriller proteinlerin, özellikle de miyozinin hızlı bir şe-

kilde parçalanmasından dolayı kalite üzerine olumsuz etki yapar (Ingadottir, 2004).

Koyu kaslı balıklardan surimi üretimi

Kırmızı kas lifleri, beyaz kas liflerinden çap olarak daha küçüktür. Koyu renkli kas, beyaz kasa göre, 10 kat daha fazla kılcal damara sahiptir. Böylece kırmızı liflerle taşınan kan, beyaz liflere göre daha fazladır. Dolayısıyla kan miktarının artışına bağlı olarak, pro-oksident hemoglobin miktarı da artar. Koyu renkli kasta yüksek konsantrasyonlarda mevcut olan myoglobin, kas hücrelerinin içinde oksijen tutulması ve taşınmasını sağlar. Koyu kas dokusunun kaliteli surimi yapımı için işlenmesinin zor olmasının ana nedenlerinden birisi de, oksidasyon oluşumuna uygun olmasıdır. Koyu kaslı balıklar çoğunlukla yağlı balıklar olarak anılır. Yüksek yağ içeriği balık kasının besinsel bileşimini oluşturmasının yanı sıra; depolama, işleme ve ürünün stabilitesi açısından da önem taşımaktadır. Aynı zamanda duyusal kalitede meydana gelen kayıpların hızlı bir şekilde olmasına da yol açmaktadır (Hultin ve Kelleher, 2005).

Balık kasındaki heme proteinler, yağ oksidasyonu ve renk bozulmasının başlıca sorumlularıdır. Hemoglobin ve myoglobinde işlemeden sonra depolama boyunca hızlı bir oksidasyon meydana gelir ve bu durum balığın kırmızı renkli kaslarında arzu edilmeyen kahverengi görünümün oluşmasına yol açar. Okside olmuş heme proteinler, aynı zamanda yağ oksidasyonunu tetikler ve balık kasında ransidite gelişimine önderlik eder. Bir heme molekülü; organik kısım ve demir atomundan oluşur. Hemoglobin (Hb) ve Myoglobin (Mb); kırmızı kasın renginden sorumludur. Bazı balıklarda Hb; beyaz kasın heme proteinlerinin çoğunu, kırmızı kastaki heme proteinin de %30 kadarını meydana getirebilir. Mb, kırmızı kasta küresel bir heme protein olarak bulunmaktadır. Hb ve Mb'de bulunan ve heme grubu kapsayan demir; farklı gaz moleküllerini (O₂, NO ve CO) bağlama kabiliyetindedir ve aynı zamanda çeşitli oksidasyon olaylarında görev alır (Fe²⁺, Fe³⁺ ve Fe⁴⁺). Balıktaki heme proteinler depolama ilerledikçe otooksidasyona başlar. Demir ve bakır kapsayan bağlayıcı metaller, yağ oksidasyonunda katalizör görevi görür. Bu bağlayıcı metaller genellikle diğer moleküllerin bir parçası olarak bulunur (örneğin demir, demir depolanan protein ferritinde bulunabilir) ve aynı zamanda heme proteinin bir parçasıdır. Hb ve Mb'den oluşan heme proteinler, kastaki yağ

oksidasyonunun başlıca katalizörleridir. Hemoglobinin renk ve yağ oksidasyonu problemlerinin oluşumuna önderlik ettiği ve ana katalizör olduğu bildirilmiştir. Hb ve Mb'nin pro-oksidatif gücü; heme gruptaki demir sebebiyledir. Aktif halde olan heme proteinler oksidasyonu katalizler. Otoksidasyon; ferrous (Fe^{+2}) biçimindeki demirin; ferrik (Fe^{+3}) biçimine dönüştüğünde gerçekleşir. Otoksidasyon, heme proteinlerin yağ oksidasyonunu katalizlerinde önemli bir adım olarak göze çarpar. Ferric (Fe^{+3}) daha ileri derecede okside olur ve hypervalent ferryl (Fe^{+4}) biçimini alır (Garner, 2004).

Koyu kashı balıklardan yüksek kaliteli surimi eldesinde kullanılan yeni teknolojiler

Hultin ve Kelleher (2001); 11 Eylül 2001 tarihinde A.B.D.' de ASP (Acid solubilization and precipitation) isimli patenti çıkartmışlardır. Bu patente göre geleneksel metoda alternatif olarak asit veya bazik pH ortamında balık kası proteinlerinin çözündüğünü bildirmişlerdir. PH ayarlaması ile çözülmesi sağlanan proteinlerin çökeltmesi sonucunda, balık kası proteinlerinin tekrar kaliteli surimi ve surimi ürünleri oluşturmak için geri kazanılması prensibine dayanan metodlar üzerinde çalışılmıştır (Taşkaya, 2003).

Taşkaya (2003)'nın bildirdiğine göre; geleneksel yöntemde proteinlerin geri kazanılma oranı %50-60'ı geçmezken yeni teknolojide bu oran %95'lere ulaşmaktadır, dolayısıyla yöntem %35-40 maddi kaybın yanı sıra çevre kirliliğine neden olan miktarın insan gıdası olarak kullanılmasını mümkün kılmaktadır. Yüksek miktardaki yağ, pigment ve hissedilen balık kokusu gibi bileşenlerin daha fazla oranlarda uzaklaştırılabilmesi sayesinde, surimideki proteinlerin fonksiyonlarını arttırarak kara etli balıkların da yüksek kaliteli surimi ve temeli surimi olan ürünlerin üretiminde değerlendirilmesine imkan sağlanabilecektir.

Taşkaya (2003), sardalyanın (*Sardine pilchardus*) surimi üretimi ve jel oluşum özellikleri üzerine iki farklı metodun etkisini incelediği çalışmada; sardalyada miyofibrillar protein yüzdelerinin en yüksek hangi pH değerlerinde çözündüğünü tespit etmiştir. Çalışmada pH 2-3 ve 11-12 noktaları arasında çözünürlük yüzdesinin en yüksek olduğu görülmüştür. Diğer yandan pH 4.5-7.5 arasında çözünürlük yüzdesinin %10'dan daha düşük değere sahip olduğu tespit edilmiştir. Yüksek çözünürlük veren pH değerleri

ile ilgili olarak Atlantik morinası (*Gadus morhua*) balıkları üzerine yapılan bir çalışmada Dagher ve diğerleri (2000) de benzeri sonuçlar vermişlerdir. Yapılan çalışmaya göre, sardalyanın çözünürlük değerlerinin (pH 9.5-11 arasında % 41-73) *Gadus morhua* balıklarına göre (pH 9.6-11.2 aralığında % 97-98) daha düşük olduğu bulunmuştur. *Gadus morhua*'da pH 8.9'a düştüğünde, çözünürlük %20'dir ve araştırma sonuçlarına göre (pH 9'da %37) daha düşük bir değerdir. Taşkaya (2003); aktin, miyozin gibi temel bantların ve bazı alt formlarının farklı pH uygulamalarında tanımlanabildiğini ve buna bağlı olarak pH'ın protein bantlarının gözlenmesinde etkili olduğunu bildirmiştir. Surimi üretiminde yıkama ile sardalya etinin sahip olduğu yağ, pigment gibi renk maddeleri uzaklaştırılabilmektedir (Suzuki, 1981; Mendes ve Nunes, 1992; Barrero ve Bello, 2000). Yöntemlerin kullanılmasından sonra elde edilen yıkanmış etlerin (miyofibrillar proteinler) en yüksek beyazlık değeri, yeni teknolojinin asit alan ölçümlerinde elde edilmiştir. Ayrıca, donmuş surimi üretimindeki renge yönelik iyileştirmeler de yeni teknolojinin geleneksel yöntemlere göre tercih edilebilirliğini ortaya koymaktadır. Ancak aynı üstünlüğe ulaşamamakla birlikte elde edilen katlama testi sonuçları donmuş surimi için istenen sınırlar içinde kalmıştır.

Ingadottir (2004) fonksiyonel protein izolasyonunu kolaylaştıran asit ve alkali ekleme yönteminin geliştirilmesinden önce uygulanmış olan geleneksel surimi işleme teknikleri ile koyu kashı balıklardan başarılı sonuçlar alınmadığını bildirmiştir. İşlemin temeli, kas proteinlerinin düşük ve yüksek pH'da çözümlerinin hazırlanması, santrifüj yolu ile çözünebilir proteinlerin ayrıştırılması ve daha sonra çözünebilir proteinlerin isoelektrik pH'da dibe çöktürülmesidir. Bu yeni teknik düşük değerli kullanılmayan türlerden, yüksek fonksiyonel ve stabil protein izolasyonunu sağlamakta olup, soğuk su türleri olan morina (*Gadus morhua*), ringa (*Clupea harengus*) ve Pasific whiting (*Merluccius productus*) gibi türlerin de surimi üretiminde kullanılabileceğini göstermiştir. Asit ve alkali ilavesi koyu kashı türlerden iyi kalitede ürün elde edilmesini mümkün kılar. Proteolisin dolaylı jel zayıflaması; Arrowtooth flounder (*Atheresthes stomias*), Threadfin bream (*Nemipterus japonicus*), Atlantic menhaden (*Brevoortia tyrannus*) ve lizard (*Bathysaurus ferox*) balıklarında da gözlenmiştir. Proteolisis, asit ve alkali eklenmiş, özellikle asitle muamele sırasında önemli bir problem olabilir, çünkü düşük pH, mide bağırsak

enzimlerini (pepsin) ve aynı zamanda lizozomal kas enzimlerini harekete geçirebilir.

Undeland ve diğerleri (2002)'nin bildirdiğine göre; ringa proteinlerinde pH 2.7'de sabitlendiğinde proteolisis meydana gelebilir, pH 10.8'de ise proteolisis oluşmaz. Uygulanan işlem asit ve alkalın solüsyonlarının kullanımını kapsar, çözünebilir proteinlerin isoelektrik ile çöktürülmesi, kaliteli surimi üretiminde kullanmak için yüksek fonksiyonel ve stabil protein izolatu verir. Elektrostatik itme yöntemi yardımı ile, kas proteinlerinin çoğunun çözünebilmesi için; ya çok asidik (2-3.5) ya da çok alkalik (10.5- 11.5) pH'da, homojenize edilmiş kas dokusunun sulu çözeltisi hazırlanarak üretim gerçekleştirilmiştir. Protein çözünlüğüne engel olan protein solüsyonunun viskozitesi düşürülmüştür. Viskozitenin düşürülmesi; santrifüj yolu ile, çözünebilir proteinden, kılçık, deri, selüler membran, depo yağları gibi çözünemeyen materyalin ayrılmasına imkan sağlar. Çözünebilir protein, santrifüjden sonra toplanır ve isoelektrik çöktürme ile (PH 5.2 ile 6 arasına ayarlanır) tekrar geri kazanılır ve santrifüj edilir. Protein izolatu ayrılır ve suyun üstünde kalan kısımlar atılır. Kryoprotektanlar, protein denatürasyonundan korumak için, dondurmadan önce protein izolatına ilave edilir. Birçok türden yeni teknoloji ile tekrar kazanılan protein izolatından yapılan protein jelleri, geleneksel surimi işleme teknikleri kullanılarak üretilen jellere eşit ve bazen de onlardan çok daha üstün jel özellikleri göstermişlerdir. İşlem aynı zamanda diğer fonksiyonel özelliklerde düzelme sağlamış ve sıcak ve ılık su türleri kadar bazı soğuk su balıklarında da mükemmel sonuçlar vermiştir.

Kristinsson ve Hultin (2003) tarafından morina kas proteinleri üzerinde yapılan çalışmada, alkali muamele işlemi morinadaki miyozinin fonksiyonel özelliklerini (emülsiyon ve jel) iyileştirmiştir. Bu iyileştirme direkt olarak, alkali muameleden sonra morina miyozininin, nadir görülen bir durum olan kırılmayan yapısına bağlanmıştır. Kristinsson ve Demir (2003); channel catfish (*Ictalurus punctatus*), spanish mackerel (*Scomberomorous maculatus*), croaker (*Micropogonias undulatus*) ve mugilidae familyası balıklarından surimi yapımı için asit ve alkali eklenmiş işlemleri karşılaştırmışlardır. Geleneksel surimi işlemleriyle karşılaştırıldığında, her iki işlem de önemli derecede daha yüksek protein geri kazanımı ve yağ azalımı sonucunu vermiştir. Ayrıca, asit muamelesi ve geleneksel surimi işlemleri ile karşılaştırıldığında, alkali işlemler sonucunda jel kabiliyeti, renk ve oksidatif

stabilitede (heme proteinler uzaklaştırıldığından) önemli derecede iyileştirmeler görülmüştür.

Derili ve kemikli tüm balık ve yağlı balıklar, asit ve alkali eklenmiş işlemlerde kullanılabilir, çünkü proteinler arzu edilmeyen kas bileşenlerinden ayrılır ve tekrar kazanılır. Geleneksel surimi işlemleri uygulanarak aynı kaliteyi ve protein geri kazanımını elde etmek mümkün değildir. Asit ve alkali eklenmiş işlemlerde, yağlar ve hücrel membranlar etkili bir şekilde uzaklaştırılabilirler. Ayrıca, surimi olarak kullanılan protein son ürününün oksidatif stabilitesi ve rengine iyileştirme sağlanır. Alkali muamele ile, heme proteinler uzaklaştırıldığından daha beyaz bir ürün elde edilir ve yağ oksidasyonu engellenir. Heme proteinler aynı zamanda, yüksek pH ile muamele süresince otooksidasyon ve denatürasyondan korunur (Ingadottir, 2004).

Dondero ve diğerleri (2002) yaptıkları çalışmalarında; Jack mackerel (*Trachurus murphyi*)'dan yapılan surimi jelinde, tekstür parametreleri üzerine mikrobiyal transglutaminazın etkilerini araştırmışlardır. Enzim konsantrasyonunun etkisi, inkübasyon sıcaklığı ve süresi değerlendirilmiştir. Transglutaminaz ilavesi, surimi jelindeki tekstürel kaliteyi yükseltmiştir. Optimum jel gücü; 25°C'de 2 saatte gözlenmiştir. Tekstür parametreleri, özellikle %0.1 ile %0.5 w/w. transglutaminaz düzeyleri arasında artmıştır. Miyozin ağır zincir içeriği, transglutaminaz ilavesi ve inkübasyon zamanı arttıkça azalmıştır. Bununla birlikte, lizin bağları üretimi, transglutaminaz konsantrasyonları ve inkübasyon zamanının bir fonksiyonu olarak artmıştır. Sonuç olarak; mikrobiyal transglutaminazın, surimi kökenli ürünlerde jel özelliklerini iyileştirmek için kullanılabilmesi belirlenmiştir.

Mateos ve Riemann (2005)'in bildirdiği yöntem yağlı balıkların surimi üretiminde kullanılmasına olanak sağlar. Benzer türlerden yapılan, protein kapsayan marinat çözeltisi etin içine enjekte edilir. Yöntemin uygulandığı tavuk, hindi ve domuzlar üzerine yapılan duyuusal testlerde, marinatlar doğal et proteinleri kapsadıkları için, ayrıca sulu tekstür nedeni ile olumlu tepkiler alınmıştır. Marinat hazırlamak için, et kısımları su ile karıştırılır ve daha sonra et proteinlerinin çözünebilmesi için ürünün pH'sı yükseltilir. Yağ, deri, kemik ve kollojen uzaklaştırılır ve geriye kalan ürün, çözülmüş et proteinleri ve sudan oluşur. Ürünün pH'sı daha sonra düşürülür ve protein işlem suyundan ayrılır ve geri kazanılır. İzole edilen bu protein, daha sonra tekrar çözünür ve

marinat formunda etin içine enjekte edilir. Bu yöntem, balıklardan surimi yapımı için kullanıldığında, işlem sonucunda çıkan atık su daha az çözünmüş protein kapsar ve işlem daha çevreseldir. Bu yeni izole işlemi, fazla tüketilmeyen ve pazarlanmayan balık türlerinden yüksek kalitede surimi yapımı için kullanılabilir, aynı zamanda yağlı balıklardan yüksek kalitede surimi eldesini mümkün kılacaktır.

Anon., (2002)'e göre; işlem balığın çok yüksek güç kullanılarak santrifüj edilmesi ile gerçekleşir. Kemik, deri, yağlar uzaklaştırılır, saf bir protein sıvısı ayrılır. Bu yeni metotta elde edilen kullanılabilir ürün, %42'den fazladır. Geleneksel surimi işleme metodunda ise, bu oran %18-25'dir. Ayrıca, daha zengin proteine sahip surimi işlenmesinde zaman tasarrufu sağlar. Mol (2004)'un bildirdiğine göre, ayırıcı santifrüjler lipit ekstraksiyonunda ve balık kıymasındaki suyun alınmasında faydalı olup, geleneksel surimi üretimindeki en zahmetli iş olan vidalı baskıların yerine kullanılır. Bu sistemle yağlı balıkların işlenmesi ve bu balıklardan Pasific Pollack'nın surimisiyle karşılaştırılabilir kalitede surimi eldesi olasıdır.

Mol (2004)'e göre, koyu etli balık türlerinin surimi üretiminde kullanılması durumunda, koyu renkli kasların etten uzaklaştırılması ve kalan beyaz etin işlenmesi söz konusu olabilir. A sınıfı Alaska Pollack surimisinin bu şekilde sardalya ve uskumrudan da yapılabildiği görülmüştür. Açık ve koyu renkli kasların ayrılması istenirse bunun için fileto dondurulmalı, deri alınmalı, koyu renkli et ve deri altı yağı uzaklaştırılmalı, filetolar yaklaşık 2000kPa basınçlı suyla yıkanmalı (bu işlem, beyaz etle koyu renkli eti birbirinden ayırır) yoğunluğuna göre ayrılmalıdır (Örneğin çeşitli yoğunluktaki solusyonlarda düşük yoğunluktaki koyu et yukarı çıkar, yüksek yoğunluklu beyaz et batar). Flick (2003)'in bildirdiğine göre; yüksek basınçla işleme, surimi ürünlerinin üretimi için kullanılabilir. Surimi işlenmesinde, sarkoplazmik proteinler ısıtıldığında jel formuna gelmediği için yıkama ile uzaklaştırılır. Bununla birlikte, 300 MPa'nın üzerinde basınç uygulanırsa, sarkoplazmik proteinler koagüle olurlar ve surimiye dahil olabilirler. Basınç uygulanarak oluşan jellerin esnek tekstüre sahip olduğu ve bunlardan hazırlanan sosislerin de benzer özellikte olduğu görülmüştür. Orta derecelerdeki ısıda ısıtılarak yüksek basınç altında üretilen jeller, çok elastik ve beyaz, yüksek su tutma kapasitesine sahiptir. Jeller soğuk derecelerde yüksek basınç altında üretildiklerinde ise, yüksek kırılma

deformasyonu, yüksek yapışkanlık ve yüksek su tutma kapasitesine sahiptir. Ayrıca, surimi tipi ürünlerin üretimi için, basınç uygulaması ve katkılarının birlikte kullanıldığı kombine sistemler de mevcuttur. Kırmızı ve beyaz kaslı balıklar basınç altında tutulursa, kas dokusu haşlamaya benzer şekilde donuk bir hal alır ve bu durum basınç ve muamele zamanı arttıkça artar. Bu nedenle, balık taze bir üründen ziyade, pişirilmiş bir ürünün özelliklerini alır. Bu renk değişimi panelistler tarafından arzu edilebilir nitelikte değildir. Kırmızı ve beyaz kas dokusunun her ikisi de, hidrostatik basınç arttıkça daha beyaz olur. Kırmızı kaslı balığın kırmızılığı, hidrostatik basınç arttıkça azalır, bununla birlikte sarı renk ise, çeşitli basınç muamelelerinden etkilenmez. Benzer renk etkileri, 500 MPa'nın üzerinde basınç uygulanmış Alaska Pollock surimisinde gözlenmiştir. 101 MPa basınç uygulandığında, kas dokusunda genel olarak bir sertleşme vardır. Kas sertleşmesini sağlayan üst limit; 203 MPa basınçta 10 dakika uygulamasıdır. Bu sınırın altında, doku daha yumuşak olur. Balık kasının sertleşmesi, genellikle arzu edilmeyen bir durum olarak düşünülmez, fakat yumuşak bir kas dokusu istenmeyen bir durumdur. Yağ oksidasyonu yüksek basınç uygulamaları ile hızlanır. Soğuk depolanmış ve basınç uygulaması ile yağları ayrılan morina (*Gadus morhua*) kasındaki yağların peroksit değerleri, basınç uygulanmamış ve soğuk depolanmış morina kasından önemli derecede daha yüksektir. Peroksit değerindeki benzer artışlar, yüksek basınç uygulamasına tabi tutulmuş uskumru kasında da bildirilmiştir. Balık kası, yüksek basınç uygulaması boyunca, yağ oksidasyonunu hızlandırıcı belirli faktörler içerir. Bu faktörlerden bir tanesi; heme ve heme olmayan demir konsantrasyonudur. 400MPa'nın üzerinde basınç uygulamasından sonra yapılan TBA sayısı analizi sonucunda, *Gadus morhua*'nın kas lipitlerinde oksidatif stabilitenin oldukça azaldığı görülmüştür. Artan oksidasyon oranını azaltmak ya da kısmen durdurmak için EDTA ilave edilerek metal katalizörler ayrılır.

Fujimoto ve diğerleri (1989) yaptıkları çalışmalarında; sardalya (*Sardinops melanosticta*) etinden yağın uzaklaştırılması ve balıksı kokuyu elemine edebilmek için, organik çözücü olarak etanol ve hekzanın ekstraksiyon işleminde kullanılmasının protein denatürasyonuna neden olduğunu bildirmişlerdir. Yüksek basınçlı karbondioksitin ve özellikle süperkritik karbondioksitin (SC-CO₂) ise, yağ ekstraksiyonunda inert olduğundan kullanılabileceğini ve karbondioksit

ekstraksiyonunun protein denatürasyonuna ve enzim inaktivasyonuna neden olmadığını belirtmişlerdir. Genellikle yüksek basınçlı CO₂, 40°C üzerinde yağların ekstraksiyonu için kullanılır ve SC-CO₂ diye adlandırılır. Çalışmada, kıyılmış sardalya etinin SC-CO₂ ile ve sıvı CO₂ ile yağı alınmış ve kimyasal özellikleri karşılaştırılmıştır. Jel gücünü düşüren, yüksek miktarda yağ içeren koyu renk ayrıldıktan sonra, alkali solüsyonunda yıkama metodu kullanılarak surimi üretilmiştir. Protein bozulmasını yavaşlatmak için yıkanmış kıyım, %8 sorbitol ve %0.3'lük eşit miktarda sodyum pirofosfat ve polifosfat ile karıştırılmıştır. Bütün bu işlemler 5°C'de gerçekleşmiştir. Su, hazırlanmış kıymadan yağ ayırımından önce uzaklaştırılmıştır, çünkü su yağın SC-CO₂ ile ekstraksiyonunu önlemektedir. Daha sonra kıyım, 0.5 cm kalınlığında selofana sarılmış ve preslenmiştir (cm²'ye 10gr gelecek şekilde bir ağırlık konulmuş ve 5 °C'de süzdürülmüştür). Suyu süzdürülen kıyım öğütülmüş ve SC (40 °C'de 250 atm) ya da sıvı karbondioksit (12 °C'de 250 atm) ile ekstrakte edilmiştir. Sıvı CO₂ ile karşılaştırıldığında, SC-CO₂ ile kıyılmış sardalya etinden daha fazla yağ ayrılmış ve SC-CO₂ ile yağı alınmış kıyılmış sardalya eti daha düşük komoboko jel oluşum özellikleri göstermiştir. Buna göre, sıcaklık sardalya et proteinleri üzerine basınçtan daha çok etkilidir. Böylece, sardalya etinden yağ ekstraksiyonu için sıvı karbondioksit uygulanmasına karar verilmiştir.

Garner (2004), Spanish Mackerel (*Scomberomorus maculatus*) balıkları üzerine yaptığı çalışmada; balık kasındaki arzu edilmeyen kahverengi renk oluşumunu önlemek için, karbonmonoksit içeren duman ile filtre etmek ve karbonmonoksit ile balık kas etinin muamelesi yönteminin kullanılmakta olduğunu bildirmiştir. Uskumru kasının kalite parametreleri üzerine (kırmızı kasın renk stabilitesi ve rengin artırılması, heme protein oksidasyon durumu, yağ oksidasyon düzeyi, aerobik mikroorganizma çoğalması, uskumruda histamin düzeyi), karbonmonoksit (CO) ve karbonmonoksit içeren dumandan filtre edilme (FS) muamelelerinin etkilerini tespit etmiştir. Uskumru filetoları; 1-) farklı CO gaz karışımları ile 24 saat muamele edilmiş (%18 CO, FS (%18 CO içeren) ve %100 CO) daha sonra 8 gün 4 °C'de havaya maruz bırakılmış, ya da 2-) 4 °C'de 8 gün gaz koşullarında tutulmuştur. Kontrol örnekler 4 °C'de 8 gün aerobik koşullarda muhafaza edilmiştir. Depolama boyunca, beyaz ve kırmızı kasta renk değişiklikleri ve TBA miktarı analiz edilmiştir. Heme pro-

teinler kastan ekstrakte edilmiş ve karbonmonoksitin bağlanan miktarı tespit edilmiştir. Tüm işlemler için aerobik mikrobiyal büyüme etkileri belirlenmiştir. Deneme sonucunda; karbonmonoksit, güçlü bir şekilde myoglobin ve hemoglobine bağlanır, karboxymyoglobin (CO-Mb) ve karboxyhemoglobin (CO-Hb) oluşur ki, bunlar büyük ölçüde protein oksidasyonunu stabilize eder (Chow 1998; Ross 2000). Bu stabilite direkt olarak, kastaki heme proteinlere bağlanan CO miktarı ile ilgilidir ve %100 CO ile muamele en çok bağlama miktarı verir. Tüm muameleler, depolamada kırmızı renk stabilitesini ve muamelede kırmızılığı önemli derecede (P<0.001) etkilemiştir. Yağ oksidasyonu CO ile muamelede geciktirilmiştir ve %100 CO muamelesinde en yavaş gelişme görülmüş, 8 gün gazda tutulmuş tüm örneklerde ise, önemli derecede önlenmiştir (P<0.0001). CO ile muamele, depolamada mikrobiyal büyümeyi önemli derecede (P<0.01) geciktirmiştir. Histamin oluşumu tüm örneklerde düşük bulunmuş ve CO histamin oluşumunu inhibe etmiştir. Bu çalışma sonucunda, CO ve FS'nin kırmızı kasça zengin yağlı türlerin kalitesi üzerine, birlikte olumlu etkiye sahip oldukları belirlenmiştir.

Chaijan ve diğerleri (2006); geleneksel yıkama işlemi ve alkalik çözücülerin kullanımı sonucu üretilen uskumru (*Rastrelliger kanagurta*) ve sardalya (*Sardinella gibbosa*) surimisinin kendine has özellikleri ve jel özelliklerini araştırmışlardır. Alkalik çözücü işlemler kullanılarak üretilen surimide, yüzeydeki su geçirmezliğinde değişiklikler ve Ca²⁺-ATPase aktivitesinde azalma tespit edilmiştir (P<0.05). Bu olaylara protein denatürasyonunun sebep olduğu ileri sürülmektedir. Alkalik çözücü işlemler ön yıkamalı uygulandığında, sardalya kasından myoglobinin uzaklaştırılabilmesinde oldukça etkili olmakla birlikte, aynı işlem ön yıkamasız uygulandığında uskumru kasından çok daha fazla miktarda myoglobinin uzaklaştırılmasıyla sonuçlanmıştır. Surimi geleneksel olarak su veya NaCl ile yıkılarak hazırlandığında oluşan jel, alkalik çözücüler kullanılarak hazırlanan jelden daha fazla kırılma deformasyonuna sahiptir. Alkalik işlemler ile hazırlanan surimi jelinde daha yüksek nem tespit edilmiş ve bu durum jel matriksinin zayıf su tutma kapasitesine bağlanmıştır. En yüksek beyazlık oranı, ön yıkamalı alkalik işlemler ile üretilen sardalya surimisinin jelinde tespit edilmiştir.

Mol (2004)'un bildirdiğine göre, yağlı balıklardan surimi üretileceği zaman kıyılmış balığın vakum altında (5mgHg/20dakika) tutulması öne-

rilebilir. Bu işlem, kas dokularından örneğin uçucu karboniller gibi uçucu bileşiklerin ve lipitlerin uzaklaştırılmasını sağlamaktadır. Mendes ve diğerleri (2000) yaptıkları çalışmada; sardalya (*Sardina pilchardus*) kıymasının yıkanması üzerine vakum düzeyi ve süzme zamanının etkisini incelemişlerdir. Kıymada, besin kompozisyonu, su tutma kapasitesi ve çözünebilir protein tespit edilmiştir. Ekstrakte edilmiş solüsyonda ve kıymada, yağ sınıfları ve yağ asitleri analiz edilmiştir. Su tutma kapasitesi, atmosfer basıncında 40 dk. yıkanan kıymada en yüksek değerde bulunmuş ve bu değer en düşük yağ içeriğine karşılık gelmiştir. En yüksek çözünebilir protein ekstraksiyonu, ara değer olan 382 mmHg basınçta ve 20 dk. yıkama zamanında saptanmıştır. Başlangıçtaki yağ içeriği (%4.6), yaklaşık %50 oranında azalmış ve aşırı vakum düzeylerinden (4 mmHg ve 760 mmHg) ve artan yıkama periyodundan önemli derecede etkilenmiştir. Trigliseridler, ara basınç değerlerinde ve artan yıkama periyodunda en fazla ekstrakte edilmiştir. Polar yağlar; aşırı basınç düzeylerinde daha yüksek miktarda saptanmıştır ve yıkama boyunca ekstrakte edilmemiştir. EPA ve DHA ile temsil edilen, yağ asitlerinin ana grubu olan çok doymamış yağ asitleri, aşırı basınç düzeylerinde ekstrakte edilmiştir ve yıkama periyodu sırasında da artmıştır. DHA, yıkanmış kıymada daha fazla miktardadır, fakat EPA düzeyi nispeten emülsiyonda daha yüksektir.

Miyao ve diğerleri (1993)'nin bildirdiğine göre; surimi üretiminde uygulanan 300 ve 400 MPa arasındaki basınç düzeyleri; sırasıyla mantarların çoğu, gram negatif bakteriler ve gram pozitif bakterilerin öldürülmesi için yeterlidir. Dikkate değer şekilde basınca direnen türler bulunmuştur ve tanımlanmıştır. Örneğin; *Moraxella* spp. (200MPa'da yaşayabilir), *Acinetobacter* spp. (300MPa'da yaşayabilir), *Streptococcus faecalis* (400MPa'da yaşayabilir) ve *Corynebacterium* spp. (600MPa'da yaşayabilir). Basınçla muameleye tabi tutulmuş türlerde, önemli oranda lag zamanında uzama belirlenmiştir. Örneğin; 400MPa basınca maruz bırakılmalarının ardından, *S. faecalis*'in üremesi, kontrol grubu ile karşılaştırıldığında yaklaşık 20 saat gecikmiştir. Basınç uygulamasından sonra, magnezyum iyonu, demir, RNA ve karbonhidratların hücre dışına çıkışı belirlenmiştir, ayrıca hücre zarında hasar meydana geldiği ve RNA kaybının olduğu ifade edilmektedir.

Chen ve diğerleri (1997) çalışmalarında; kıyılmış istavritin (*Trachurus japonicus*) 10- 20 dk.

süre ile içine ozon karıştırılmış su ile yıkanması sonucu faydalı bir renksizleşme etkisi görüldüğünü, fakat soğuk su ya da alkalik solüsyon kullanıldığında, renk özelliklerinde düzelme olması için, daha uzun yıkama süresine gerek duyulduğunu bildirmişlerdir. Alkalik solüsyon ile yıkanmış kıymada, pH'da artış ve jel oluşturma kabiliyetinde düzelmeler meydana gelmiştir. Suriminin maksimum jel gücü, 90 dk. süre ile yıkama sonucu tespit edilmiştir. Ozon ile muamele süresince yağ oksidasyonu, kıymada arzu edilmeyen jel gücü ve pH'da belirgin bir azalma meydana gelmiştir. 3 metod ile yıkanmış kıymaların tümünde, tuzda çözünebilir protein konsantrasyonu arttığı için, yıkanmış kıymaların jel oluşturma kabiliyetlerindeki düzelmeler, yağın uzaklaştırılmasından ziyade pH'daki artışa bağlanmıştır.

Mol (2004)'e göre, surimi üretiminde yağlı balık kullanılacaksa fazla yağı ayrıştırabilecek bir yöntem uygulanmalıdır. Yağ moleküllerinin güçlü protein-protein bağı oluşmasını engellediği bildirilmiştir. Yağlı balığın soğuk suya ya da tuz ve/veya sodyum bikarbonatlı suya daldırılarak fazla yağın azaltılması ve kanının, suda eriyebilen proteinin miktarının düşürülmesi de önerilmektedir. Venugopal ve Shahidi (1994); uskumru (*Scomber scombrus*) balıkları üzerine yaptıkları çalışmalarında; kıyılan eti birbiri ardından, soğuk su, bikarbonat solüsyonu ve soğuk su ile yıkamışlar, daha sonra buzlu soğuk suda homojenize etmişlerdir. Çözeltilerin viskozitesinin protein konsantrasyonuna ve sıcaklığa bağlı olduğunu bildirmişlerdir. Asetik asit ile pH 3.7'ye düşürülerek, çözeltilerin düşürülen viskozitesi, sıcaklık ne olursa olsun değişmeden kalmıştır. Proteinler, 100°C'nin üzerinde ısıtma uygulaması ve ardından 15dk., 5000xg'de santrifüjleme ile tortu bırakmamış, hatta 50mM NaCl solüsyonunun varlığında bile aynı sonuç alınmıştır. Bununla birlikte, asitlendirilmiş solüsyonun pH'sındaki artış, proteinlerin çökmesi ile sonuçlanmıştır.

Temelli ve diğerleri (1995)'nin bildirdiğine göre; süperkritik karbondioksit (SC-CO₂) ekstraksiyon sıcaklığı ve basıncı, dondurulmuş Atlantik uskumru (*Scomber scombrus*) kasından yağın uzaklaştırılması için optimize edilmiştir. Elde edilen proteinin su bağlama potansiyeli ve pH üzerine ekstraksiyon şartlarının etkileri değerlendirilmiştir. Sıcaklık aralığı (35-55 °C) ve basınç aralığı (20.7-34.5 MPa)'dır. 34.5MPa / 35°C; en yüksek yağ ekstraktını ve w-3 yağ asidi konsantrasyonunu vermiştir. SC-CO₂ ekstraksiyonundaki daha yüksek basınç düzeyleri, elde

edilen protein pH' ında çok az düşümlere sebep olmuştur. Proteinin su bağlama potansiyeli; 34.5MPa/45 °C için, maximum 1.49g H₂O/g proteindir.

Sonuç

Bir protein ürünü olan surimi, fazla sevilme-
yen ekonomik değeri düşük, ayrıca fazla mik-
tarda avcılığı yapılan fakat taze ve diğer şekil-
lerde insan tüketimi için imkan bulunamayan bal-
lık ve su ürünlerinin, doğrudan veya çeşitli ürün-
lere işlenerek değerlendirildiği bir üründür.
Surimi üretiminde uygulanan bu yeni teknolojile-
rin ışığı altında, beyaz etli balıkların yanı sıra
koyu etli ve yağlı balıkların da yüksek kaliteli
surimi ve surimi ürünleri üretiminde değeri-
lendirilmesi mümkün olabilecektir.

Kaynaklar

- Anonim (2002), New Surimi Process: Higher Protein Yield, Fat and Dioxin Free, *International Foundation for the Conservation of Natural Resources, Fisheries committee*.
- Barrero, M., Bello, R.A., (2000), Characterization of Sardine Minced Flesh (*Sardinella aurita*) Washed With Different Solutions, *Journal Aquatic Food Product Technology*, **9**(3): 105-114.
- Chaijan, M., Benjakul, S., Visessanguan, W., Faustman, C., (2006), Physicochemical Properties, Gel Forming Ability and Myoglobin Content of Sardine (*Sardinella gibbosa*) and Mackerel (*Rastrelliger kanagurta*) Surimi Produced by Conventional Method and Alkaline Solubilisation Process. *European Food Research and Technology*, **222**(1-2): 58-63.
- Chen, H.H., Chiu, E.M., Huang, J.R., (1997), Color and Gel Forming Properties of Horse Mackerel (*Trachurus Japonicus*) as Related to Washing Conditions, *Journal of Food Science*, **62**(5): 985- 991.
- Chow, C.J., (1998), The Color and Quality Change During the CO Treatment on the Fish, *Journal Food Drug Anal.*, **6**(3): 605-613.
- Dagher, S. M., Hultin, H.O., Lian, Y., (2000), Solubility of Cod Muscle Miyofibrillar Proteins at Alkaline PH, *Journal of Aquatic Food Product Technology*, **9**(4): 49-59.
- Dondero, M., Curotto, E., Figueroa, V., (2002), Transglutaminase Effects on Gelation of Jack Mackerel Surimi (*Trachurus Murphyi*), *Food Science and Technology International*, **8**(1): 49-54.
- Flick, G., (2003), Novel Applications of High Pressure Processing, *Commercial Fish and Shellfish Technology, Originally Appearing in Global Aquaculture Advocate*, **6**(3): 43-46.
- Fujimoto, K., Endo, Y., Cho, S.Y., Watabe, R., Suzuki, Y., Konno, M., Shoji, K., Arai, K., Saito, S., (1989), Chemical Characterization of Sardine Meat Powder Produced by Dehydration With High Osmotic Pressure Resin and Defatting With High Pressure Carbon Dioxide, *Journal of Food Science*, **54**(2): 265-268.
- Garner, K.S., (2004), Effects of Carbon Monoxide on Muscle Quality of Spanish Mackerel, *Food Science and Human Nutrition, Master Thesis*, 84 p.
- Hultin, H.O., Kelleher, S.D., (2001), Process for Isolating a Protein Composition From a Muscle Source and Protein Composition, U.S.A. Patent No 6, 288, 216 B1 September 11th.
- Hultin, H.O., Kelleher, S.D., (2005), Surimi Processing From Dark Muscle Fish, *Surimi and Surimi Seafood*, Edited by Jae W. Park, 489 p.
- Ingadottir, B., (2004), The Use of Acid and Alkali- Aided Protein Solubilization and Precipitation Methods to Produce Functional Protein Ingredients From Tilapia, *Master Thesis*, 93 p.
- Kristinsson, H.G., Demir, N., (2003), Functional Fish Protein Ingredients from Fish Species of Warm and Temperate Waters: Comparison of Acid and Alkali-Aided Processing. Conventional Surimi Processing, *Advances in Seafood Byproducts*, Fairbanks, AK; Alaska Sea Grant College Program.
- Kristinsson, H.G., Hultin, H.O., (2003), Changes in Conformation and Subunit Assembly of Cod Myosin at Low and High pH and after Subsequent Refolding, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, **51**: 7187-7196.

- Lee, C.M., (1984), Surimi Process Technology, *Food Technology*, **38**: 11, 69-80.
- Mateos, M.P., Riemann, A., (2005), Perspectives on Line The Magazine of The Ollege of Agriculture and Life Sciences, *Of Fish and Fowl*, Summer 2005.
- Mendes, R., Nunes, M.L., (1992), Characterization of Sardine Protein Changes During Surimi Preparation, 63-71, in *Quality Assurance in The Fish Industry*, Huss, H. H., Jakobsen, M. and Liston, J., (Eds.), Amsterdam 587 p.
- Mendes, R., Vital, R., Bandarra, N.M., (2000), Effect of a Vacuum- Leaching Technology on the Proteins and Lipids of Lean Sardine (*Sardina Pilchardus*) Mince, *European Food Research and Technology*, **212**(1): 31-38.
- Miyao, S., Shindoh, T., Miyamori, K., Arita, T., (1993), Effects of High Pressurization on The Growth of Bacteria Derived From Surimi (fish paste). *Nippon Shokuhin Kogyo Gakkaishi (Journal of the Japanese Society for Food Science and Technology)*, **40**(7): 478-484.
- Mol, S., (2004), XII. Bölüm, Surimi Teknolojisi, *Su Ürünleri İşleme Teknolojisi*, Editör: Prof. Dr. Candan Varlık. İstanbul Üniversitesi, Su Ürünleri Fakültesi, İşleme Teknolojisi Anabilim Dalı, İstanbul, 491 s.
- Ross, P.M., (2000), The Influence of Exposure to Carbon Monoxide on The Quality Attributes for Yellowfin Tuna Muscle, *Master Thesis*, University of Florida, Gainesville.
- Suzuki, T., (1981), Fish and Krill Protein, *Processing Technology*, Applied Science Publishers Ltd, London, England, 260p.
- Taşkaya, L., (2003), Sardalya (*Sardina Pilchardus*., Walbaum, 1792)'dan Surimi Üretiminde Yeni Bir Teknolojinin Kullanımı ve Jel Oluşum Özellikleri, Su Ürünleri Avlama ve İşleme Teknolojisi Anabilim Dalı, Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, *Doktora Tezi*, Bornova İzmir, 96 s.
- Temelli, F., LeBlanch, E., Fu, L., (1995), Supercritical CO₂, Extraction of Oil From Atlantic Mackerel (*Scomber scombrus*) and Protein Functionality, *Journal of Food Science*, **60**(4): 703-706.
- Undeland, I.A., Kelleher, S.D., Hultin, H.O., (2002), Recovery of Functional Proteins from Herring (*Clupea Harengus*) Light Muscle by an Acid or Alkaline Solubilization Process, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, **50**: 7371-7379.
- Venugopal, V., Shahidi, F., (1994), Thermostable Water Dispersions of Myofibrillar Proteins From Atlantic Mackerel (*Scomber scombrus*), *Journal of Food Science*, **59**(2): 265-268.
- Strand, A., Magnhagen, C., Alanara, A., (2007), Effects of repeated disturbances on feed intake, growth rates and energy expenditures of juvenile perch, *Perca fluviatilis*, *Aquaculture*, **265**: 163-168.
- Turker, H., (2004), Clearance of Suspended Particulate Organic Carbon by Nile Tilapia with Dual Pattern of Filter Feeding, *Israeli Journal of Aquaculture*, **56**: 29-34.
- Yanar, M., Tekelioğlu, N., (1999), Zeaksantin ve Tank Renginin Japon Balığının (*Carassius auratus*) Pigmentasyonu ve Büyümesi Üzerine Etkisi, *Turkish Journal of Biology*, **23**: 303-307.
- Zav'yalov, A.P., Lavrovskii, V.V., (2001), Diurnal rhythms of feeding red tilapia *Oreochromis niloticus*_O. mossambicus reared in an apparatus with a closed cycle of water supply, *Journal of Ichthyology*, **41**: 435-441.