

Balıklarda Mikrobiyolojik, Enzimatik ve Kimyasal Bozulmalar

Şükriye ARAS HİSAR (shisar@atauni.edu.tr), Olcay HİSAR, Telat YANIK
Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Su Ürünleri Bölümü, Erzurum

Geliş Tarihi : 20.04.2004

ÖZET: Balıklar, et kalitelerinin ve besin değerlerinin yüksekliğinden dolayı özellikle son yıllarda oldukça fazla tercih edilen gıdalardır. Ancak, sahip oldukları biyolojik kompozisyonları nedeniyle çok çabuk bozulurlar. Bunun yanına bir de uygun olmayan muamele ve depolama şartları eklendiğinde tüketicilere ulaşmadan önce balıkların büyük bir kısmı bozulmaktadır. Balıklarda bozulmaya, avlama sonrası başlayan mikrobiyal, enzimatik, kimyasal ve fiziksel reaksiyonlar neden olmaktadır. Bu derleme çalışmasında balıklarda bozulma etmenleri ve bozulma çeşitleri incelenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Balık, bozulma, kimyasal kompozisyon

Chemical, Microbiological and Enzymatic Spoilage in Fish

ABSTRACT: Fish has been preferred foods by consumers due to their unique quality and high nutritional values. However, they can quickly spoil because of their biological composition. The poor handling practices and storage conditions led to the deterioration of large proportions of fish before they reached to the consumer. Spoilage of the fish is brought about by microbial, enzymatic, chemical and physical reactions take place after harvesting. In this review, the factors influencing the spoilage and the types of deterioration were discussed.

Key words: Fish, spoilage, chemical composition

GİRİŞ

Bozulma, gıdaların lezzetinde, kokusunda, görünüşünde ve tekstüründeki değişiklikler olarak tarif edilir (Ashie vd., 1996). Balıklarda bozulmayı birçok faktör etkilemektedir. Balıkların çeşidi, şekli, yağ kompozisyonları ve yakalandıkları andaki açlık durumları bu faktörlerden birkaçıdır. Mesela; yassı balıklar silindirik balıklara, yağlı balıklar yağların süratle okside olması sebebiyle yağsız balıklara ve yakalandığı anda karnı yiyeceklerle dolu olanlar aç olanlara göre daha çok çabuk bozulurlar (Stammen vd., 1990).

Balık öldüğü zaman vücut savunması da durur. Balıkların solungaçlarında, bağırsaklarında ve derisinde bulunan mikroorganizmalar ile doğal olarak bulunan enzimlerin faaliyetleri sonucu balık muhtevasında önemli değişimler olur. Sonuçta balığın lezzeti, kokusu, görünüşü ve tekstüründe bozulmalar meydana gelir (Ghazala, 1994).

Balık ve etinin tazeliği; çeşitli fiziksel, kimyasal, mikrobiyolojik analizler ve duyuşal değerlendirmeler ile belirlenebilir. Özellikle tüketime sunulan balıkların tazelik veya bozulma derecesi duyuşal değerlendirmelere tabi tutularak belirlenebilmektedir (Gökalp vd., 2001).

BOZULMA ÇEŞİTLERİ

Bozulmalar diğer etlerde olduğu gibi, balık etinde de çok çeşitli şekillerde oluşmaktadır. Otoliz, oksidasyon, bakteriyel bozulma ve bu faktörlerin birlikte faaliyeti ile bozulmalar meydana gelmektedir (Ertaş, 1981). Genellikle balıkların bozulma mekanizmaları üç ana başlık altında toplanabilir; mikrobiyal, enzimatik ve kimyasal bozulma.

1- Mikrobiyal Bozulma

Balıklarda mikrobiyolojik bozulma çok önemlidir ve farklı şekillerde oluşabilir. Ancak, bozulma şekillerinin tümü duyuşal özelliklerde değişiklikler gösteren mikrobiyal gelişme ya da aktivitenin bir sonucudur. Tablo 1’de mikrobiyolojik aktivite sonucunda meydana gelen duyuşal değişiklikler verilmiştir.

Balıklarda mikrobiyolojik gelişmeye etki eden birçok dış ve iç faktörler vardır. Dış faktörler; balıkların su ortamında ve çok çeşitli sıcaklıklarda yaşamaları, canlı iken ve işlenmesi esnasındaki çevreden olan kontaminasyon ve mikroorganizmaların gelişmesini sağlayan sıcaklıktır. İç faktörler ise; yüksek su aktivitesine (a_w) sahip olması, post mortem pH’sının çok yüksek olması (genellikle $pH > 6$), çok fazla miktarda trimetil aminoksit (TMA-O) ve protein tabiatında olmayan azotlu bileşiklerin (NPN) mevcudiyeti, oksidasyon/redüksiyon potansiyeli (Eh) ve mikrobiyal interaksyon gibi etmenlerdir (Gram ve Huss, 1996; Ünlütürk ve Turantaş, 1999; Koutsomanis ve Nychas, 2000).

Tablo 1. Balıkların mikrobiyolojik bozulması (Gram ve Huss, 1996)

Mikrobiyolojik aktivite	Duyuşal Göstergeler
Balık bileşenlerinin bozulması	Kötü tat ve koku
Hücre dışı polisakaritlerin üretimi	Mukus oluşumu
Küf, bakteri ve maya gelişmesi	Büyük pigmentli ya da görülebilir koloniler
Aminoasit ve karbohidratlardan CO ₂ üretimi	Gaz oluşumu
Yayılabilen pigmentlerin üretimi	Renk bozulması

Balık canlı iken kas dokusu steril durumdadır. Avlamadan sonra, mikroorganizmalar ve enzimler serbest hale geçerek kas içine yayılır. Kas dokusundaki

mikroorganizma sayısı başlangıçta yavaş daha sonraları hızla artar. Bu gelişme balığın lezzet, koku ve tekstüründe değişiklikler yaparak bozulmaya neden olur (Gram, 1992; Soyer, 1999, Sverstvik vd., 2002).

Mikroorganizmalar doğal olarak balıkların dış yüzeylerinde özellikle solungaçlarında, derisinde ve gastro intestinal sisteminde bulunur. Balıklar ile ilişkili olan mikroorganizmalar balıkların yaşadıkları akuatik çevreyi yansıtmaktadır. Sıcak sulardan taze olarak yakalanan balıklar genellikle *Micrococcus*, *Corynebacterium* ve *Bacillus* gibi Gram (+) mezofilik bakterileri taşırlar. Diğer taraftan soğuk su türlerinde *Moraxella*, *Flavobacterium* ve *Vibrio* cinsi psikrofilik Gram (-) bakteriler dominant floranı oluşturur. Ilık sulardan yakalanan balıkların mikroflorasında ise psikrotrofik, aerobik ya da fakültatif anaerobik Gram (-) çubuk şekilli bakteriler ve özellikle *Pseudomonas*, *Moraxella*, *Acinetobacter*, *Photobacterium* ve *Aeromonas* bulunur (Stammen vd., 1990). Deniz sularında genellikle gelişmeleri için sodyuma ihtiyaç duyan halofilik *Vibrio*, *Photobacterium* ve *Shewanella putrefaciens* gibi G (-) bakteriler baskın olarak bulunurken, tatlı sularda *Moraxella*, *Aeromonas*, *Pseudomonas*, *Acinetobacter*, *Micrococcus*, *Staphylococcus*, *Bacillus* ve *Corynebacterium* cinsi bakteriler baskın durumdadır. Ayrıca potansiyel bir patojen olan *Clostridium botulinum* ile *Salmonella*, *Listeria* ve *Shigella* cinsi bakteriler havuzlarda yetiştirilen balıklarda bulunabilir (Anonymous, 1984).

Taze olarak depolanan balıklarda iç bakteriyel populasyon oldukça heterojendir. Zamanla psikrotrofik bakteriler, özellikle *Pseudomonas*, *Moraxella/Acinetobacter* cinsleri doğal rekabetin bir sonucu olarak dominant floranı oluşturur. Depolama ile 1-2 hafta içinde mikroflorada değişiklikler meydana gelir. Soğukta muhafazada psikrotrofik *Pseudomonas* ve *Shewanella* dominant hale geçer. Daha yüksek sıcaklıklarda (25°C gibi) bozulmaya neden olan mezofilik *Vibrionaceae* ve özellikle kirli sulardan yakalanmışsa *Enterobacteriaceae* dominant hale geçer. Aerobik olarak depolanan balıklarda bozulma ile ilgili gelişme tipik olarak G (-) psikrotrofik çubuklardan ibarettir. Bu nedenle aerobik olarak buzda depolamada flora hemen hemen yalnızca *Pseudomonas* ve *S. putrefaciens*' ten oluşur. Anaerob şartlarda ise bozulmaya, CO₂'e dayanıklı G (+) bakteriler neden olmaktadır (Gram, 1992).

Doğrudan balıkların bozulmasıyla ilişkili olmayan ancak insan sağlığını tehlikeye sokan zararlı toksinler de balıklarda mevcuttur. Su ürünlerinden kaynaklanan bu gibi hastalıkların yaklaşık %90'ı balık ve kabukluların tüketiminden ileri gelmektedir. *Clostridium botulinum*

tip E tarafından üretilen toksinin neden olduğu botulizm ve *Vibrio parahaemolyticus*' un sebep olduğu gastroenteritis örnek olarak verilebilir.

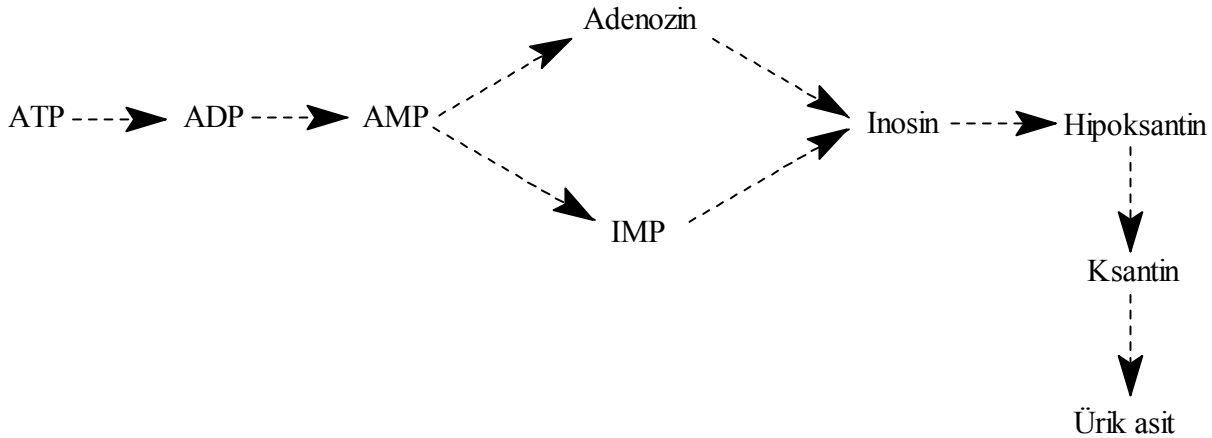
2-Enzimatik Bozulma

Balıkların bozulması ve tazeliğinin kaybı çok büyük oranda mikrobiyal kontaminasyon sonucu oluşan aktivitelerle meydana gelmesine rağmen; bağırsaklardan sızan ve ayrıca kas dokusunda da mevcut olan endojen enzimler tarafından kontrol edilen otolitik reaksiyonlar da bozulmada rol oynar (Küçüköner ve Küçüköner, 1990).

Balıkların en hassas kısımları solungaçları kapsayan solungaç bölgesidir. Duyusal bozulmanın ilk işaretleri solungaçların kokuları incelenerek fark edilebilir. Eğer tüketime sunulan balığın bağırsakları çıkarılmazsa, intestinal bakteriler intestinal duvarlara ve intestinal boşluklardan da etin içine doğru kısa zamanda ulaşacaklardır. Bu işlemde bağırsaklardan salgılanan proteolitik enzimlerin etkili olduğuna inanılır. Bu enzimler; balıkların bağırsaklarında bulunan doğal enzimler, intestinal kanalların içindeki bakteriyel orijinli enzimler veya her ikisi de olabilir (Sverstvik vd., 2002).

Post-mortem dönemde balığın kas dokusundaki ATP, TMAO, lipidler, proteinler ve protein tabiatında olmayan azotlu bileşiklerdeki enzimatik reaksiyonlar sonucunda balık kalite kaybına uğramaktadır. Balıkta post-mortem durumda metabolik aktivite için önemli olan ATP'nin tükenmesi ile aktin ve myosin proteinleri arasında oluşan köprüler kırılmaz ve aktomyosin oluşur. ATP noksanlığında bütün aktiviteler durur ve bütünlüğün devamını sağlayan hücrelerin yeteneğinin kaybı ile sonuçlanır ve sonuçta rigor-mortis şekillenir. Rigor mortis durumunda ise balık kası elastikiyetini kaybeder, sert-katı durumuna geçer. Post rigor döneminde endojen enzimlerin faaliyeti sonucu dokuda gevşeme başlar, balığın lezzet, renk ve tekstüründe değişiklikler, yumuşamalar meydana gelir. Bu gibi kalite yönünden meydana gelen değişiklikler, gıda kalitesini etkilememesine rağmen ürünlerin görüntüsünü bozarak tüketimi azalttığından arzu edilmemektedir (Soyer, 1999).

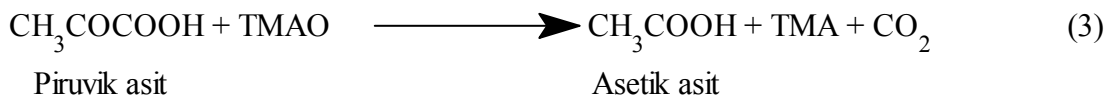
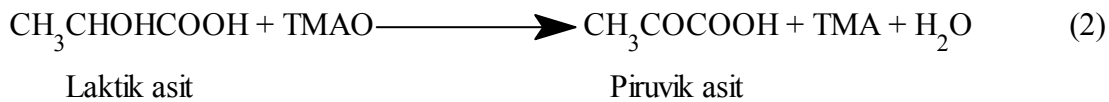
Avlama sonrası birçok balık türünde ATP'nin parçalanması sonucu ete hoş kokuyu veren Inosin mono fosfat (IMP) oluşur. Ancak IMP'nin daha ileri derecede parçalanması ile lezzette de istenmeyen değişimler oluşur (Şekil 1). Araştırmacılar lezzette meydana gelen bozulmanın sadece IMP'nin parçalanmasına bağlı olmadığını, balıkların depolanması ve işlenmesi esnasında lipidlerin hidroliz ve oksidasyonunun da lezzetin değişmesine, kimyasal ve duyusal açıdan kalitenin bozulmasına neden olduğunu bildirmişlerdir.



Şekil 1. ATP'nin katabolizması (Foegeding vd., 1996)

Trimetilaminoksit (TMAO), deniz balıklarının bir çok türünde ve özellikle de beyaz etli balıklarda ve köpek balığında önemli miktarda bulunmaktadır. Post-mortem balık kasında TMAO, mikroorganizmaların enzim aktiviteleri ile trimetil amin (TMA)'e indirgenir. TMA ise dimetilamin (DMA) ve formaldehit (FA)'e dönüşür. Bu ürünler balık enzimleri tarafından da oluşturulabilir. Fakat bu reaksiyon yavaş olmaktadır. Bunun için de bu olayın taze balıkların bozulmasında önemi yoktur. Balıkta DMA ve FA oluşumu ileri düzeyde bir bozulmanın göstergesidir. Dondurularak

depolanan balık kasında FA oluşumu proteinlerde çapraz bağların oluşumuna sebep olarak balıkta sert ve süngerimsi bir yapı oluşturur. TMAO'nun indirgenmesinde rol alan bakteriyel enzim; triaminoksidazdır. Bu enzim TMAO'ü aktifleştirerek bakteriyel dehidrogenazın TMA oluşmasını sağlamaktadır (Regenstein ve Regenstein, 1991). Bu reaksiyonlar için gereken hidrojen, pürvik asit ve laktik asit gibi kaynaklardan sağlanır. *Achromobacter* cinsi bakteriler de TMAO'ü TMA'ye indirgeyebilmektedir (Şekil 2).



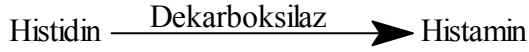
Şekil 2. TMAO'nun indirgenme reaksiyonları (Regenstein vd., 1982)

Çoğu balık türünde bozulmanın indikatörü TMA'dir. Balık kasında TMA karakteristik balık kokusunu veren bileşiktir. Tatlı su balıkları önemsenmeyecek düzeyde TMAO içerir. Deniz balıklarında ise farklı miktarlarda bulunmaktadır. Balık eti tazeliğini kaybettiğinde TMAO miktarı azalırken TMA miktarı artar (Gökoğlu, 2002).

Proteolitik bozulmalar post-mortem kasın ilk dönemlerinde önemli değildir. Ancak, serbest aminoasitler mikroorganizmalarca okside edilip aminlerine parçalandıktan sonra proteolitik bozulma başlayabilmektedir (İnal, 1992).

Histamin, diaminler ve total volatil bazlar balıkların bozulma indikatörleri olarak da kullanılmaktadırlar. Taze balıkta biyojen amin içeriği çok düşüktür ve biyojen amin bulunuşu bozulmayla ilişkilidir. Bu nedenle histamin ve genelde tüm biyojen aminler özellikle balık ve balık ürünlerinde kalite belirleyicisi ve mikrobiyal bozulma indeksi olarak kullanılır (Gökoğlu ve Varlık, 1995).

Histamin, mikrobiyal olarak üretilen histidin dekarboksilaz enzimi ile histidin amino asidinden üretilir (Jay, 1992).



Histamin yüksek miktarlarda alındığında zehirlenme görülmektedir. Balıklarda mikrobiyal bozulma sonucu histamin miktarı 4000 mg/kg düzeyine kadar çıkabilmektedir. Yağlı balıklarda serbest histidin miktarı %0.6-1.3 arasında değişmekte %2'ye kadar çıkabilmektedir. Bu tip balıklarda bozulma ile daha fazla histamin oluşmaktadır. Beyaz etli balıklarda ise serbest histidin miktarı (%0,005-0,05) oldukça düşüktür (Belitz vd., 2001).

Ayrıca, kadaverin ve putresin de balıkların bozulma indikatörü olarak kullanılan önemli sekonder diaminlerdir. Bunlar, nitritle birleşerek heterosiklik karsinojenik nitrozaminler, nitrozaprolidin ve nitrozopiperidin oluşturabilmektedir (Turantaş ve Öksüz, 1998).

Su ürünleri endüstrisinin en ciddi problemlerinden biri de renk değişimidir. Renk değişiminde genellikle siyah nokta gelişmesi olur. Ayrıca enzimatik esmerleşme olayı meydana gelir. Balık derisiyle ilişkili olan lipoksigenazın, balık derisinde ve kasındaki karotenoid pigmentlerini avlama sonrası beyazlaştırdığı bildirilmektedir. Karotenoid pigmentlerinin oksidasyonu sonucu ayrıca soğukta ve buzda depolamada balık eti ya da derisinin kırmızı veya pembe renginin açıldığı gözlenmiştir (Ashie vd., 1996).

3-Kimyasal Bozulma

Balıklar kimyasal olarak dört ana bileşime sahiptir. Bunlar proteinler, lipidler, karbonhidratlar ve sudur (Tablo 2). Bu bileşikler balığın türüne, yaşına, yaşadığı ortama, yumurtlama dönemine ve açlık durumuna bağlı olarak geniş varyasyonlar göstermektedir. Bunların nispi oranları balıkların kendine has strüktür, lezzet, tekstür, renk ve besinsel değerini belirler. Ayrıca balık eti bol miktarda vitamin ve bazıları bozulmada önemli olan minor maddeleri de içerir. Bunlar esas olarak serbest aminoasitler, şekerler ve volatil azotlu bazlardır (Göğüş ve Kolsarıcı, 1992).

Tablo 2. Bazı önemli balık türlerinin kimyasal kompozisyonları (Jay, 1992)

Türler	Su (%)	Protein (%)	Yağ (%)	Kül (%)
Morina	82.6	16.5	0.4	1.2
Mezgit	80.7	18.2	0.1	1.4
Kalkan	75.4	18.6	5.2	1.0
Ringa	67.2	18.3	12.5	2.7
Uskumru	68.1	18.7	12.0	1.2
Salmon	63.4	17.4	16.5	1.0
Kılıçbalığı	75.8	19.2	4.0	1.3

Balıkların bozulmasında otolitik enzimlerden kaynaklanan hidroperoksit oluşumunun yanı sıra kimyasal bozulma olarak adlandırılan lipid oksidasyonu (oksidatif ransidite) ve enzimatik olmayan esmerleşme olayları da rol oynamaktadır.

Oksidatif ransidite, balıkların bozulmasındaki en önemli nedenlerden biridir. Balıklar, fosfolipidleri ve çoklu doymamış yağ asitlerini fazla miktarda içerdiklerinden bu bozulma türüne oldukça çok maruz kalmaktadırlar. Bu tür bozulmada balıkta hidroperoksit oluşumu meydana gelir. Balıkta lipid oksidasyonu için substratlar; lipidler ve moleküler oksijendir. Özellikle balıkta bulunan polar fosfolipidler, çoklu doymamış yağ asitlerini fazla miktarda içermeleri nedeniyle lipid oksidasyonunda önemli olmaktadır.

Lipid oksidasyonunda balıkta bulunan iki değerlikli metal iyonlarının (Fe^{+2} ve Cu^{+2} gibi) moleküler oksijeni aktif hale getirerek serbest radikal oluşumunda rol oynayan oksijen türlerinin (O^{-2} ve OH^{\cdot} gibi) oluşumuna neden olduğu bilinmektedir. Lipid oksidasyonunda önemli olan demirin büyük bir kısmı hemoglobin ve myoglobin gibi heme proteinlerde bulunmakta olup (Fe^{+2}), post-mortem kasta ortamda yeterince hidrojen peroksit bulunduğu okside olmaktadır (Fe^{+3}) (Gennari vd., 1999).

Balık kasında avlama sonrası meydana gelen biyokimyasal olaylar sonucu lipidlerin yanı sıra proteinler ve protein olmayan azotlu bileşikler de değişikliğe uğramakta ve bazı uçucu bileşikler oluşarak kalite kaybına neden olmaktadır (Ashie vd., 1996).

SONUÇ

Balıklar son yıllarda oldukça fazla tercih edilen gıdalardır. Ancak, balıklardaki lipidler, proteinler ve protein tabiatında olmayan azotlu bileşikler ölüm sonrası biyokimyasal reaksiyonlara maruz kalırlar. Ayrıca, balık bozulmaya neden olan mikroorganizmalar için çok iyi bir substrat olması nedeniyle çok çabuk bozulabilen bir gıdadır. Normal buzdolabı depolama şartları altında bu ürünlerin raf ömrü; mikrobiyolojik, enzimatik ve kimyasal bozulmalarla sınırlanır.

KAYNAKLAR

- Anonymous, 1984. Microorganisms in foods. p.160. Microbial Ecology of Food Commodities. Blackie Academic and Professional an Imprint of Thomson Science, 2-6 Boundary Row, London, U.K.
- Ashie, I.N.A., Smith, J.P., Simpson B.K., 1996. Spoilage and shelf-life extension of fresh fish and shellfish. Crit. Rev. Food Sci., 36 (182):87:121.
- Belitz, H.D., Grosch, W., Schieberle, P., 2001. Lehrbuch der Lebensmittelchemia, 5., vollständig überarbeitete Auflage. p.605-626. Springer Verlag.
- Ertaş, A.H., 1981. Balık mikroflorası ve kutu konserve balıklarda bozulmaya neden olan bakteriler, Gıda Derg., 6(4): 7-9.
- Foegeding, E.A., Lanier, T.C., Hultin, H.O., 1996. Characteristics of Edible Muscle Tissues. p.879-942. Food Chemistry. Fennema, O.R., (Ed); Mercel Dekker Inc., New York.
- Gennari, M., Tomaselli, S., Catrona, V., 1999. The microflora of fresh and spoiled sordines (sordina pilchardus) caught in Adriatic (Mediterranean) Sea and stored in ice. Food Microbiol., 16: 15-28.

- Ghazala, S., 1994. New packaging technology for seafood preservation-shelf life extension and pathogen control. p.96. Fisheries Processing. Biotechnological applications published by Chapman and Hall, London.
- Göğüş, K., Kolsarıcı, N., 1992. Su Ürünleri Teknolojisi. Ankara Üniv. Ziraat Fak. Yayın No:1243. Ders Kitabı:358., s.36, Ankara.
- Gökalp, H.Y., Kaya, M., Tülek, Y. Ve Zorba, Ö., 2001, Et Ürünlerinde Kalite Kontrolü ve Laboratuvar Uygulama Klavuzu (4. Baskı). Atatürk Üniv. Yayın No:751, Zir. Fak. Yay. No:318, Ders Kitapları Serisi No:69, Ziraat Fak. Ofset Tesisi, Erzurum.
- Gökoğlu, N., Varlık, C., 1995. Sardalya konservelerinin histamin biyojen amini yönünden incelenmesi. Gıda, 20(5): 273-279.
- Gökoğlu, N., 2002. Su Ürünleri İşleme Teknolojisi. Su Vakfı Yayınları, s.24, İstanbul.
- Gram, L., 1992. Evaluation of the bacteriological quality of seafood. Int. J Food Microbiol., 16: 25-39.
- Gram, L., Huss, H.H., 1996. Microbial spoilage of fish and fish products. Int. J Food Microbiol. 33: 121-137.
- İnal, T., 1992. Besin Hijyeni Hayvansal Gıdaların Sağlık Kontrolü. Final Ofset, s. 462, İstanbul.
- Jay, J.M., 1992. Modern Food Microbiology. Fourth Edition, Chapman&Hall, p.222. New York, London.
- Koutsoumanis, K., Nychas G.J.E., 2000. Application of a systematic experimental procedure to develop a microbial model for rapid fish shelf life predictions. Int. J Food Microbiol., 60: 171-181.
- Küçüköner, E., Küçüköner, Z., 1990. Balık mikroflorası ve balıklarda meydana gelen mikrobiyal değişimler. Gıda, 15 (6): 339-341.
- Regenstein, J.M., Schlosser, M.A., Samson, A., Fey, M., 1982. Chemical Changes of Trimethylamine Oxide During Fresh and Frozen Storage of Fish. Chemistry and Biocemistry of Marine Food Products; (Ed); Martin, R.E., Flick, G.J, Ward, D.R., AVI Publishing Com., p.137-145. Westport, Connecticut.
- Regenstein, J.M., Regenstein, C.E., 1991. Introduction to Fish Technology. p.79. An Osprey Book Published by Van Nostrand Reinhold. New York.
- Soyer, A., 1999. Balıkta avlanma sonrası meydana gelen biyokimyasal değişimler. Gıda 1: 33-39.
- Stammen, K., Gerdes, D., Caporosa, F., 1990. Modified atmosphere packaging of seafood. CRC Crit. Rev. Food. Sci. Nutr. 29:301-331.
- Sverstsvik, M., Jeksrud, W.K., Rosnes, M.J.T., 2002. A review of modified atmosphere packaging of fish and fishery products-significance of microbial growth, activities and safety. Int. J Food Sci. Tech., 37 : 107-127
- Turantaş, F., Öksüz, A., 1998. balık ve balık ürünlerinde biyojenik aminler ve amin üretiminde rol oynayan bakteriler. Gıda Teknolojisi Derg., 3 (5): 58-65.
- Ünlütürk, A., Turantaş, F., 1999. Gıda Mikrobiyolojisi. s.53. Mengi Tan Basımevi, Çınarlı, İzmir.