

**Derleme  
Review**

## **Su Ürünlerinin Tazeli inin De erlendirilmesinde Elektronik Burun ve Yapay Görme Sistemlerinin Kullanımı**

**Ahmet Faruk YE LSU<sup>\*</sup>, Gülsün ÖZYURT<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> Su Ürünleri Merkez Ara tırma Enstitüsü, 61250, Ka üstü, Yomra, Trabzon

<sup>2</sup> Çukurova Üniversitesi, Su Ürünleri Fakültesi, Avlama ve leme Teknolojisi Bölümü, 01130, Balcalı, Adana

\* Sorumlu yazar: Tel: (+90 462) 341 10 53/314; Fax: (+90 462) 341 10 56  
e-posta: afyesilsu@sumae.gov.tr; yesilsu@gmail.com

Geli Tarihi: 21.12.2012  
Kabul Tarihi: 05.02.2013

### **Abstract**

#### **Using of Electronic Nose and Computer Vision Systems on Evaluation of Freshness of Fishery Products**

Freshness factor in the fishery products is always in the foreground in terms of processing and consumption. Increasing of the consumption of fishery products carries with health and safety issues. For this purpose, rapidly and accurately measuring of fishery products' quality has become more important. Besides, using of computerized systems to determine the physical quality fishery products (size, shape, color) eliminates subjectivity. This review is aimed to examine the using of electronic nose and computer vision systems on determination of variety quality characteristics of fishery products.

**Keywords:** Electronic nose, computer vision systems, seafood safety.

### **Özet**

Su ürünlerinde “tazelik” unsuru i leme ve tüketim açısından her zaman ön planda gelmektedir. Su ürünleri tüketiminin zamanla artması sa lık ve güvenlik endi elerini de beraberinde getirmektedir. Bu amaçla su ürünlerinin kalitesinin hızlı ve do ru bir biçimde ölçülmesi oldukça önem kazanmaktadır. Bunun yanısıra su ürünlerinin fiziksel kalitesinin (boy, ekil, renk) belirlenmesinde bilgisayarlı sistemlerin kullanımı da subjektifli i ortadan kaldırmaktadır. Bu derlemede su ürünlerinin çe itli kalite özelliklerinin belirlenmesinde, elektronik burun ve yapay görme sistemlerinin kullanımının incelenmesi amaçlanmı tır.

**Anahtar Kelimeler:** Elektronik burun, yapay görme sistemler, su ürünleri güvenli i

### **Giri**

Su ürünlerine olan talep artı ıyla birlikte kalite ve güvenlikle ilgili konularda daha yüksek standartlara ula ma arzusu da artmaktadır. Su ürünleri çok çabuk bozulabilirler ve bu nedenle tazelikleri çok önemlidir. Tazeli i belirlemek için en yaygın olarak kullanılan yöntem duysal analizdir. Kalite indeksi metodu (QIM) balık ve di er su

ürünlerinin önemli duysal niteliklerinin (koku, tekstür ve görünüm) de erlendirilmesinde kusur puanlaması ilkesine dayanan bir sistemdir. Bazı balık türleri ve su ürünleri için geli tirilen duysal yöntemler tazeli in ölçülmesinde hızlı ve güvenilir sonuçlar verse de objektif bir yöntem olmadı ı için di er yöntemlerle desteklenme ihtiyacı duyulabilir.

Bu nedenle son yıllarda subjektifli i ortadan kaldırmak amacıyla görünüm, koku ve tatları ölçebilmek için elektronik burunlar, elektronik diller ve yapay görme sistemleri gibi sistemler geli tirilmesi üzerinde durulmaktadır (Korel ve Balaban, 2011).

### **Elektronik Burun**

Yapay koku sensörü teknolojisi ilk kez 1982 yılında gaz multisensör diziliminin icadıyla ortaya çıkmı tır. İlk çalı malar ise 1970 yılında Warwick üniversitesinde ba la-mı tır (Schmiedeskamp, 2001). Aroma sensör teknolojisi, elektronik, biyokimya ve yapay zeka alanındaki geli meler çe itli kaynaklardan salınan uçucu aromaları ölçme ve karakterize etme yetene ine sahip aygıtların geli tirilmesine olanak sa lamı tır. Memelilerin koku alma sistemini taklit etmek amacıyla geli tirilen "elektronik burun" olarak bilinen bu aygıtlar bir yandan operatör yorgunlu unu ortadan kaldırırken di er yandan da aroma karı ımlarının tanımlanması ve sınıflandırılmasına izin vermekte ve tekrarlanabilir ölçümler sunabilmektedir (Wilson ve Baietto, 2009)

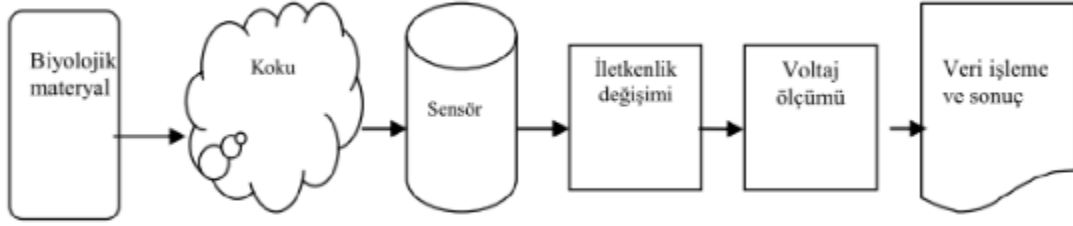
Son dönemde hızla geli en ileri teknolojiler vasıtasıyla, elektronik ve yapay zeka konularında da büyük bir ilerleme kaydedilmi ve böylece biyolojik parametrelerin ölçümü kolay ve hızlı bir biçimde gerçekleştirilebilir hale gelmi tir. Özellikle gıda-çevre güvenli i ve insan sa lı ı açısından önem te kil eden elektronik burunlar gıda sektöründe çok çe itli alanlarda kullanılmaktadır (Kızıl vd., 2011).

Koku alma sisteminde yer alan reseptör proteinler gibi bu sistemlerde de her koku molekülüyle de i ik ekilde etkile im içinde bulunan çok çe itli sensörler yer almaktadır. Elektronik buruna ula an koku molekülleriyle birlikte tüm sensör sisteminin iletkenlik, ı ma

veya kütesinde bir de i im meydana gelmektedir ve bu de i im elektrik sinyaline dönü türülerek her koku için ayrı sinyal desenleri meydana getirilmektedir. Bu desenler daha sonra istatistiksel algoritmalarla analiz edilerek farklı kokular ayırt edilebilmektedir (Bayındır vd., 2011).

Taze balı ın kokusu, balı ın insan tüketimine sunulup sunulamayaca ı hakkındaki en önemli kalite parametrelerinden biridir. Yapı ve koku karakteristiklerinin temelini olu turan bile enlerin sınıflandırılması, elektronik burun ölçümlerinin yorumlanma-sının temelini te kil etmektedir. Balı ın depolanması sırasında ortaya çıkan uçucu bile enlerin nicel ve niteli i, kalitenin görüntülenmesi ölçümünde kullanılacak sensörlerin seçimi için önemlidir. Ayrıca kalitesi belirlenecek örnekteki anahtar bile enleri ölçecek sensörlerin hassasiyetinin de bilinmesi gereklidir. Karakteristik koku ile, balı ın depolanması sırasında mikrobiyal ve enzim aktivitelerinden geli imden kaynaklanan koku de i ikliklerinin tanımlanması ve detaylı bir ekilde incelenmesi gerekmektedir (Di Natale ve Ólafsdóttir, 2009.)

Elektronik burun sistemlerinde genellikle kullanılan sensör tipleri; metal-oksit yarı iletkenler (MOS), modifiye metal-oksit yarı iletkenler (MMOS), iletken polimerler (CP), iletken oligomerler (CO) ve kuvars kristal mikrobalsans sensörlerdir (QCM). Koku bu sensörlere ula tı ı zaman oksidasyon veya i me sonucu sensörlerin aktif maddelerinin elektrik iletkenliklerini de i ime u ratmaktadır. Iletkenlikte meydana gelen bu de i imden dolayı, sensörden geçmekte olan voltaj de eri de i imtedir. Voltajdaki de i im ise daha sonra bir elektrik devresi yardımıyla ölçülerek kokunun iddeti ve özellikleri hakkında fikir sahibi olunabilmektedir. Bu sürecin en basit hali ekil l'de görülmektedir (Kızıl vd., 2011).



**ekil 1.** Gaz sensörü çalı ma prensibi (Kızıl vd., 2011).

Son yıllarda balıklarda meydana gelen bozulmaları görüntülemek amacıyla elektronik burun kullanımı hakkında pek çok makale yayınlanmaktadır. Bunların ço u, örneklerin farklı bozulma seviyeleri veya saklama süreleri arasında ayırım yapabilme yetene inde olan elektronik burunlar hakkındaki fizibilite çalı malarıdır. Klasik TVBN ve TBA kimyasal analiz yöntemleri genellikle balı ın tazeli ini ölçmek amacıyla, duyuşal ve mikrobiyolojik yöntemlerle birlikte kullanılmaktadır. Balı ın bozulması sırasında meydana gelen de i iklikleri ölçmek için yapılan tek bir ölçüm kalitenin do ru bir ekilde de erlendirilebilmesi için yeterli olmayabilir. Bur durumun üstesinden gelebilmenin bir yolu da, sadece tek bir niteli i ölçen basit bir cihazdansa, kalite veya tazelik hakkında daha iyi bir tahmin verebilen nitelikler dizinini ölçen cihazlar geli tirmektir (Di Natale ve Ólafsdóttir, 2009.)

Ólafsson vd. (1992), ilk olarak MOS sensörü kullanarak 3 farklı türde (mezgıt, morina ve kırmızı balık) balıkların bozulmasını de erlendirdikleri çalı malarında, örnekleri oda sıcaklı ında ve buzda tutmu lar ve duyuşal analiz sonuçlarını kar ıla tırmı lardır. Elde ettikleri sonuçlara göre balı ın tazeli inin ölçülmesinde elektronik burun kullanımının geli meye ve ara tırmaya açık bir konu oldu unu bildirmi lerdir.

Winquist vd. (1995), tazeli i bitmek üzere olan morina filotalarının kalite tahmini için elektronik burun kullanı mlardır. Bu amaçla taze oldu u bilinen referans filetolar ile

elektronik burun kalibre edilmi ve daha sonra bu e-burun 5 günlükken alınan filetoların ya ını tahmin etmek amacıyla kullanılmı tır. Ara tırmacılar bu çalı mada olumlu sonuçlar aldıklarını bildirmi lerdir.

Jonsdottir vd. (2004), elektronik burun kullanarak morina yumurtası ürünlerini standardize ettikleri çalı malarında duyuşal analiz ile tespit edilen bozulma kokularının ve olgunla maya katkıda bulunan aroma bile enlerinin varlı ını do rulamı lardır. E-burun vasıtasıyla belirlenen iki bile i in (3metil-1-bütanol ve 3-metilbütanal) olgunla manın objektif olarak ölçülmesinde iyi birer indikatör oldu unu belirtmi lerdir (Wilson ve Baietto, 2009).

Olafsdottir vd. (2005), FishNose adı verilen bir dizi gaz sensör prototipi kullanarak yaptıkları ara tırmada dört farklı tütsüleme tesisinden alınan so uk tütsülenmi salmonların kalite de i imlerini görüntülemi lerdir. Örnekleri 5 ve 10°C'deki depolama ko ullarında 4 haftaya kadar farklı ambalajlarda (vakum ve modifiye atmosfer) depolamı lardır. Duyuşal nitelikler (tatlı/ek i, ransid ve istenmeyen aroma) ve toplam canlı sayıları ve laktik asit bakteri sayıları belirlenmi ve FishNose sonuçlarına göre örneklerin sınıflandırılması yapılmı tır. Gaz sensörlerinden elde edilen veriler ile duyuşal analiz de erlerinin birbiri ile uyumlu oldu unu ve bu nedenle sistemin tütsülenmi salmon ürünlerinin tazeli inin ölçülmesinde hızlı ve güvenilir bir kalite kontrol aracı olarak kullanılabilece ini bildirmi lerdir.

Haugen vd. (2005), tütsülenmi somon balı ın do rudan kalite ölçümünde Fish-Nose'un uygulanabilirli ini ara tırmı lardır. Depolama sırasındaki kalite de i imleri FishNose tarafından görüntülenmi ve geleneksel duyuşal, kimyasal ve mikrobiyolojik ölçümlerin sonuçlarıyla kıyaslamı lardır. Bu amaçla gaz sensörü seçiminde, bozulma sırasında ortaya çıkan uçucu volatıl bile enlerdeki de i imleri tespit etme yoluna gitmi -lerdir. Ara tırmacılar, belirli bir örnekleme ünitesi ile donatılmı FishNose'un tütsülenmi salmonun depolanması sırasındaki kalite de i imlerini ölçmede olumlu sonuçlar verdi -ini ve sistemin ayrıca mikrobiyal yük, istenmeyen kokular ve tatlılık/ek ilik gibi kalite ile ilgili özellikleri de tahmin edebilece ini bildirmi lerdir.

MUSTEC/FAIR 984076 isimli A.B. projesinde ara tırmacılar iki farklı elektronik burun kullanmı lardır. İki *LibraNose* adı verilen metalporifirn kaplı bir sıra resanatör ve uçucu bile enlerin alınabilmesi için balık yüzeyine yerle tirilmi halde bulunan küçük bir metal kapsülden (10 ml) olu an bir elektronik burundur. Di eri ise *FreshSense* adı verilen dört adet elektrokimyasal sensör (CO, H<sub>2</sub>S, SO<sub>2</sub>, NH<sub>3</sub>) ve balık etinin bütünüünün de erlendirilebilmesine yarayan nispeten daha büyük bir hazneye sahip elektronik burundur. İki sistemde de uçucu bile enlerin toplanabilmesi amacıyla hava sirkülasyonuna izin verilmektedir ve bu sistemin kapalı olarak tasarlanması, çevreden bula abilecek di er uçucu bile enlerin elemine edilebilmesi açısından önem ta ımaktadır.

Tek bir teknik yerine modifiye teknikler kullanmanın, duyuşal kalitenin belirlenmesinde daha iyi sonuçlar verdi i bildirilmı tir (Çaklı, 2007).

## Yapay Görme Sistemleri

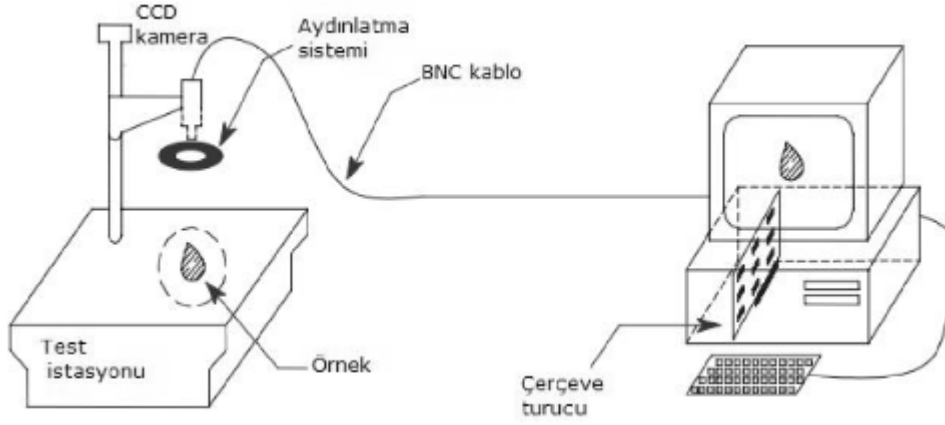
Bilgisayarlı görme sistemleri gıda endüstrisinde gün geçtikçe önem kazanmaya ba layan bir teknoloji haline gelmektedir. Bu tür sistemler özellikle ham ve i lenmi gıdaların çe itli kalite özelliklerinin de erlendirilmesinde insanların yerine kullanılmaktadır. Bilgisayar donanım ve yazılım sektöründeki çok hızlı gerçekte en büyüme bilgisayarlı görme sistemlerinde de önemli geli melerin öncüsü olmu tur.

Yapay görme sistemleri nispeten dü ük maliyetle yüksek düzeyde esneklik ve tekrarlanabilirlik sa lamaktadır. Aynı zamanda do ruluktan ödün vermeden yüksek oranda verimlili e izin vermektedir. Günümüzde gıda i letmelerinde yapay görme sistemleri online ve gerçekte zamanlı olarak gıda kalite ve kontrol i lemelerinin bir parçası olarak tasarlanmaktadır (Gunasekaran, 1996)

Bilgisayarlı görme sistemlerinin donanım yapılandırması genel olarak unlardan olu maktadır:

- Örne i aydınlatmak için bir aydınlatma cihazı
- Görüntü almak için katlı fazlı bir CCD (katı yarı iletken görüntü elemanı) kamera
- Analog/dijital dönü ümünü sa layan bir çerçeve tutucu.
- Uygulama yazılımlarının çalı tırılabilmesi ve depolama alanı sa layabilmek için bir bilgisayar.
- Görüntülerin aktarıldı ı yüksek çözünürlüklü bir monitör.

ekil 2'de gösterilen bilgisayarlı görme sistemi bir çok gıda laboratuarı ve ara tırma tesisinde uygulanan bir sistemdir (Abdullah, 2008).



**ekil 2.** Bilgisayarlı görüntüleme sisteminin temel parçaları (Abdullah, 2008).

Su ürünlerinin kalite özellikleri, görünüm (boy, ekil, renk), koku, tat, besinsel nitelikler ve güvenlikle ilgili özellikleri içermektedir. Yapay görme tüm bu nitelikleri de erlendirebilme potansiyelindedir.

Luzuriaga vd. (1997); karidesin görsel kalitesinin tekrarlanabilir ve objektif olarak ölçülmesi amacıyla bilgisayarlı renk görüntüleme sistemi kullandıkları çalışmalarında karideslerin miktarını, homojenlik oranını, rengini ve melanositleri ölçtüklerini ve yabancı maddeleri tespit ettiklerini bildirmişlerdir. Ara tırmacılar olu turan sistemle so uk depolama esnasında beyaz karidesteki renk de i ikliklerini de tespit ettiklerini belirtmişlerdir.

Balaban vd. (2005), bilgisayarlı görüntüleme cihazı kullanarak çe itli oranlarda gazlarla (CO, CO<sub>2</sub>, O<sub>2</sub>) muamele ettikleri ve çe itli oranlarda ı na maruz bıraktıkları taze ton balıklarının R (kırmızılık), a\* de erleri ve renk tonlarını inceledikleri çalışmalarında, depolama ile birlikte bu parametrelerin birbiriyle farklı oranlarda korele oldu unu gözlemlemişlerdir. Ara tırmacılar ayrıca ı n-lamanın ton balı mın rengini de i tirmedini, karbonmonoksitin kırmızılı ı arttırdı ı, buzdolabında 12 günlük depolamada rengini korudu unu bildirmişlerdir.

Ancak yapay görme ile tat ve kokunun tespit edilmesi oldukça zor bir i lemdir. Koku ve tat almaya yönelik analizleri dijital kamera gerektiren bir görüntüleme sistemi ile de erlendirmek en zor de erlendirme yöntemlerinden biridir. Nem ve ya içeri i gibi besinsel bile enler kızıl ötesi kullanarak de erlendirilebilmektedir. Kılçık, metal parçalar ve di er istenmeyen unsurlar da yapay görme ile te his edilebilmektedir. Güvenlikle do rudan ilgili unsurların da (mikrobiyal, kimyasal ve a ır metal seviyesi tespiti gibi) yapay görme ile ölçülmesinin u an için imkansız oldu u bildirilmektedir (Balaban vd., 2008).

Borderías vd. (1999), görüntü analizi kullanarak somon filetosunun ba dokusu ya içeri ini belirlemek için yaptıkları çalışmada, dü ük korelasyon katsayıları elde etmiş olsalar da görüntü analizinin ba doku ölçümlerinde yetersiz oldu unu, ancak endüstriyel uygulamalarda ya içeri inin te his edilmesinde duyarlı bir yöntem olabilece ini belirtmişlerdir.

Stien vd. (2007) görüntü analiziyle somon filetosunun ya içeri inin otomatik olarak tespiti ile ilgili bir teknik geli tirmişlerdir. Somon balı mın zebra benzer bir ekilde, kırmızı renkli kas dokusuyla ayrılan beyaz miyotom bantlara sahip oldu unu ve bunların yüksek oranda lipid içerdi ini belirten

ara tırmacılar, bantlardaki bu ya ı görüntü analizi ile görüntülemeye çalı mı lardır. Bu çalı ma sonunda görüntü analizi sonuçlarının kimyasal analiz sonuçlarıyla korelasyon halinde oldu unu belirtmişlerdir.

Strachan (1994), balıkların boy ve türlerine göre sıralanmasını sağlayan prototip bir cihaz geli tirmi tir. Bu sistem de bir video kamera altında ta ıyıcı bantta ilerleyen balıkların renk ve görüntüleri bir bilgisayar yardımıyla kayıt edilmektedir. Daha sonra balıklar bilgisayar destekli pnömomatik kollar yardımıyla uygun bölmelere aktarılmaktadır. Ara tırmacı bu sistemde dakikada 40 balı ın %99 do rulukla, boy ve türüne göre sınıflandırılabilmiş olduğunu bildirmi tir.

Yapay görme sistemlerinin avantajları, tanımlayıcı verileri ve yo un insan eme i gerektiren süreçleri hızlı ve objektif bir biçimde göstermeleri, maliyet, tutarlılık ve verimlilik açısından duyarlı ço u laboratuvar i lemlerini otomatik hale getirmeleridir. Zararsız ve do aya en az tahribatı veren kalıcı kayıtlar tutulması da di er avantajlarından. Bunun yanı sıra bu sistemlerin bazı zorlukları da vardır. Bunlar, kalıcı bir aydınlatma ve

kalibrasyona ihtiyaç duymaları, arka plandan ayrılması zor olan objeleri yada çakı an objeleri ayırt edebilmedeki zorluklar ve de erlendirilecek gıdanın her iki tarafının da ölçüle-memesi gibi dezavantajlarıdır (Gümü vd., 2011)

## Sonuç

Günümüz tüketicileri, tüketecekleri gıdanın güvenilir ve hızlı bir ekilde temin edilebilir olmasına özellikle dikkat etmektedir. Bu durum, üreticilerin ürünlerini pazara çıkarmadan önceki ürün kalitesini de erlendirmede, hızlı ve güvenilir sonuçlar veren teknolojilerin öne çıkmasını te vik etmektedir. Özellikle hızlı geli en teknoloji ile birlikte çabuk bozuldu u bilinen su ürünlerinin i lenmesinde kesin ve objektif sonuçlar veren bu tür teknolojilerin çalı malara entegrasyonunun sa lanması elzem bir konu haline almı tır. Yalnızca üretim sektöründe de il bilimsel çalı malarda da özellikle zaman ve objektif de erlendirme açısından doku ölçüm sistemleri, yapay görme sistemleri, elektronik burun ve dillerin kullanımının yaygınla ması beklenmektedir.

## Kaynaklar

- Abdullah, M.Z. 2008. Image Acquisition Systems. In: D.W. Sun (Ed.), Computer Vision Technology for Food Quality Evaluation, Academic Press, Burlington: 3-35.
- Balaban, M.O., Odaba ı, A.Z., Damar, S. ve Liveira, A.C.M. 2008. Quality evaluation of seafood. In: D.W. Sun (Ed.), Computer Vision Technology for Food Quality Evaluation, Academic Press, Burlington: 189-209.
- Balaban, M.O., Kristinsson, H.G. ve Otwell, W.S. 2005. Evaluation of Color Parameters in a Machine Vision Analysis of Carbon Monoxide-Treated Fish—Part I. Journal of Aquatic Food Product Technology, 14(2): 5-24. doi: 10. 1300 / J030 v 14n02\_02
- Bayındır, M., Yaman, M. ve Yıldırım, A. 2011. Koku Bilimine Do ru: Elektronik ve Fotonik Burunlar. Bilim ve Teknik, 526: 34-39.
- Borderias, A.J., Gomez-Guillen, M.C. ve Hurtado, O. 1999. Use of image analysis to determine fat and connective tissue in salmon muscle. European Food Research Technology, 209: 104-107.
- Çaklı, . 2007. Su Ürünlerinde leme Teknolojisi-1. Ege Üniversitesi. zmir, 696 s.
- Di Natale, C. ve Ólafsdóttir, G. 2009. Electronic nose and electronic tongue, In: H. Rehbein, J. Oehlenschläger (Eds.), Fishery Products: Quality, safety and authenticity, 1st edition, Blackwell Publishing Ltd., Oxford:105-126.
- Gunasekaran, S. 1996. Computer vision technology for food quality assurance. Trends in Food Science and Technology, 7(8): 245-256.

- Gümü , B., Balaban, M.Ö. ve Ünlüsayın, M. 2011. Machine Vision Applications to Aquatic Foods: A Review. *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 11: 171-181.
- Haugen, J.E., Chanie, E., Westad, F., Jonsdottir, R., Bazzo, S., Labreche, S., Marcq, P., Lundby, F. ve Olafsdottir, G. 2005. Rapid control of smoked Atlantic salmon (*Salmo salar*) quality by electronic nose: correlation with classical evaluation methods. *Sens. Actuat. B: Chem.*, 116: 72-77.
- Jonsdottir, R.; Olafsdottir, G.; Martinsdottir, E.; Stefansson, G. 2004. Flavor characterization of ripened cod roe by gas chromatography; sensory analysis; and electronic nose. *J. Agric. Food Chem.*, 52, 6250-6256.
- Kızıl, Ü., Genç, L. ve Saçan, M. 2011. Elektronik Burun Sistemlerinin Tasarım İlkeleri. *U.Ü: Ziraat Fak. Dergisi*, 25(1): 109-118.
- Korel, F ve Balaban, M.Ö. 2011. Quality assessment of aquatic foods by machine vision, electronic nose, and electronic tongue. In: C. Alasalvar, F. Shahidi, K. Miyashita and U. Wanasundara (Eds.), *Handbook of Seafood Quality, Safety and Health Applications*, 1st edition, Blackwell Publishing Ltd., Oxford: 68-81.
- Luzuriaga, D., Balaban, M.O. ve Yeralan, S. 1997. Analysis of visual quality attributes of White shrimp by machine vision. *Journal of Food Science*, 62(1): 1-7.
- Olafsdottir, G., Chanie, E., Westad, F., Jonsdottir, R., Thalmann, C.R., Bazzo, S., Labreche, S., Marcq, P., Lunby, F. ve Haugen, J.E. 2005. Prediction of microbial and sensory quality of cold smoked Atlantic salmon (*Salmo salar*) by electronic nose. *J. Food Sci.*, 70: 563-574.
- Ólafsson, R., Martinsdottir, E., Ólafsdottir, G., Sigfússon, T.I. ve Gardner, J.W. 1992. Monitoring of fish freshness using tin oxide sensors. In *Sensors and Sensory Systems for an Electronic Nose* In: Gardner, J.W., Bartlett, P.N. (Eds.), Kluwer: Dordrecht, The Netherlands, 257-272 pp.
- Schmiedeskamp, M. 2001. Plenty to Sniff. *Scientific American Magazine*, 284(3): 29-30.
- Stien, L.H., Kiessling, A. ve Manne, F. 2007. Rapid estimation of fat content in salmon fillets by colour image analysis. *Journal of Food Composition and Analysis*, 20: 73-79.
- Strachan, N.J.C. 1994. Sea trials of a computer vision based fish species sorting and size grading machine. *Mechantronics*, 4(8): 773-783.
- Wilson, A.D. ve Baietto, M. 2009. Applications and Advances in Electronic-Nose Technologies. *Sensors*, 9: 5099-5148. doi:10.3390/s90705099
- Winquist, F., Sundgren, H. ve Lundstrom, I. 1995. A practical use of electronic nose: quality estimation of cod fillet bought over the counter. 8th International Conference on Solid-State Sensors and Actuators and Eurosensors IX; Royal Swedish Academy of Engineering Sciences: Stockholm, Sweden, 1: 695-698.