

PENDETEKSAN TINGKAT KESEGARAN FILET IKAN NILA MENGGUNAKAN PENGUKURAN SIFAT BIOLISTRIK

Freshness Detection of Tilapia Fillets by Measuring Bioelectrical Properties

Bambang Riyanto^{1*}, Akhiruddin Maddu², Supriyanto¹

¹Departemen Teknologi Hasil Perairan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, IPB

²Departemen Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, IPB

Diterima 25 Agustus 2011/Disetujui 4 Oktober 2011

Abstract

The development of modern rapid detection techniques of fish freshness requires a new perspective of the importance of physical chemical characteristics during deterioration process of quality fishery products. Positive correlation between the changes of fish body and the electrical properties is a basic information for support the development of the detection modern techniques of fish freshness. Studies of the electrical properties become more relevant along with the increasing demand of fish fast food consumption and fish product from freshwater aquaculture, which have been less done until now. The objective of this study was to detect freshness of tilapia fillets using bioelectrical properties. The result showed that level of freshness of tilapia fillet can be detected by using bioelectrical which has correlation with TVB, TPC and pH. The level of freshness of tilapia fillet during 16 hours observation showed that impedance tend to decrease with the range of 44.34-6.30 Ω , while dielectric constant and the electrical conductivity tend to increase with range of 178,208 to 2,812,764 and 0.065 to 0.487 S/m.

Key words: bioelectrical, fish freshness, tilapia fillet, quality deterioration

Abstrak

Berkembangnya berbagai teknik modern pendeteksian cepat penentu tingkat kesegaran ikan memerlukan informasi mengenai karakteristik kimia fisika yang terjadi selama proses kemunduran mutu hasil perikanan. Korelasi positif antara perubahan pada tubuh ikan dengan sifat kelistrikan merupakan informasi dasar untuk menunjang berkembangnya teknik pendeteksian kesegaran ikan modern tersebut. Kajian sifat kelistrikan ini menjadi lebih relevan sejalan dengan makin meningkatnya permintaan akan bentuk ikan konsumsi siap saji dan ikan dari hasil budidaya air tawar, yang sampai saat ini belum banyak dilakukan. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan tingkat kesegaran filet ikan nila melalui sifat-sifat biolistrik. Hasil penelitian menunjukkan tingkat kesegaran filet ikan nila selama waktu pengamatan 16 jam terjadi penurunan nilai impedansi dengan kisaran 44,34-6,30 Ω , sedangkan konstanta dielektrik dan konduktivitas listrik cenderung meningkat, dengan kisaran 178.208-2.812.764 dan 0,065-0,487 S/m. Hasil penelitian menunjukkan bahwa tingkat kesegaran filet ikan nila dapat dideteksi menggunakan sifat-sifat listrik, yang memiliki keterkaitan terhadap nilai TVB, TPC dan pH.

Kata kunci: biolistrik, filet nila, kesegaran ikan, kemunduran mutu

PENDAHULUAN

Penentuan tingkat kesegaran ikan umumnya dilakukan secara subyektif melalui pengamatan sensori atau melalui

metode analisis sensori seperti Quality Index Method-QIM dan Artificial Quality Index-AQI (European Union 1996, Martinsdottir *et al.* 2009). Penilaian kesegaran ikan dapat pula dilakukan secara objektif melalui analisis perubahan kimia/biokimia ikan (analisis komponen degradasi ATP, kandungan biogenik

*Korespondensi: Jln. Lingkar Akademik, Kampus IPB Dramaga 16680. Telp. +62251 8622915, Fax. +62251 8622916. E-mail: bambangriyantoipb@gmail.com

amin, komponen volatil, TMA, DMA, TVBN) atau melalui analisis kandungan mikrobiologi ikan (TVC, SSO, API test kits, *Microbial identification Inc.*(MIDI), *bacterial biosensor*) (Ozogul 2010). Penggunaan teknik-teknik baru dalam penentuan tingkat kesegaran ikan telah pula dikembangkan, seperti penggunaan *Partial Least Squares Regression* (PLSR) (Kent et al. 2004), analisis dari sisi permintaan dan perilaku konsumen (*customer behaviour*) (Verbeke et al. 2007), bahkan penggunaan material baru *bionanocomposite* dalam bentuk kemasan cerdas (Sorrentino et al. 2007; Riyanto et al. 2010).

Alasalvar et al. (2011) menyatakan bahwa kecenderungan dalam penentuan tingkat kesegaran ikan saat ini adalah pada pengembangan berbagai peralatan multi sensor yang dikombinasikan dengan teknik-teknik instrumentasi, seperti *electronic noses*, *texture meter*, *image analysers*, *color meters*, *torrymeter*, *RT-FreshTester*, *Intellectron Fischtester VI*, spektroskopi dan berbagai peralatan pengukur elektronik lainnya. Duncan (2011) menyatakan bahwa kebutuhan akan peralatan elektronik tersebut memberikan tuntutan baru akan pentingnya karakteristik kimia fisika ikan dan pengembangan material sensor baru yang memiliki tingkat kesensitifan tinggi dalam menentukan tingkat kesegaran ikan.

Dugaan kaitan antara proses kemunduran mutu hasil perikanan dengan sifat fisika listrik telah banyak diujicobakan, namun kajian tersebut berkisar pada jenis ikan segar hasil tangkapan dan dalam bentuk ikan utuh. Beberapa teknik yang telah dilakukan adalah penggunaan *electrochemical impedance spectroscopy* (EIS) (Niu dan Lee 2000), *total body electrical conductivity* (TOBEC) (Barziza dan Gatlin 2000), kromatografi pertukaran ion (Cinquina et al. 2004), *bioelectrical impedance analysis* (BIA) (Duncan et al. 2007), dan *potentiometric sensor* dengan elektroda emas dan perak (Barat et al. 2008).

Kajian tentang berbagai isu dan kecenderungan masa depan perikanan dunia

pada tahun 2020 mencatat bahwa telah terjadi peningkatan yang sangat signifikan pada sektor perikanan budidaya (OECD/FAO 2011). Tinjauan ulang yang dilakukan Bostock et al. (2010) juga memperlihatkan bahwa akuakultur telah memberikan kontribusi yang besar dalam menyumbang biota perairan untuk pangan manusia dan diperkirakan akan menjadi penyedia terbesar kebutuhan pangan dunia. de Mitcheson dan Liu (2008) menyampaikan secara lengkap bahwa terdapat sekitar 310 spesies perairan yang telah dibudidayakan, namun hanya 5 spesies yang menjadi andalan dunia, dengan produksi terbesar untuk budidaya air tawar adalah pada jenis tilapia dan patin. Josupeit (2010) menyampaikan bahwa dari hasil analisis penawaran dan permintaan untuk produk tilapia dunia menunjukkan bahwa dari berbagai ceruk pasar (*market niche*) produksi tilapia, ceruk pasar filet ikan nila segar saat ini paling baik dan dengan harga yang sangat tinggi. Pengumuman *National Fisheries Institute* melalui *aboutseafood.com* menambahkan tentang 10 besar makanan hasil perikanan (*seafood*) yang paling disukai masyarakat Amerika selama lebih dari 10 tahun, yaitu filet ikan nila (tilapia).

Penelitian ini bertujuan untuk menentukan tingkat kesegaran dari produk filet ikan nila melalui sifat-sifat biolistrik dan keterkaitannya dengan parameter tingkat kesegaran ikan lainnya.

MATERIAL DAN METODE

Bahan dan Alat

Bahan yang digunakan adalah filet ikan nila hasil preparasi dari ikan nila hidup (*Oreochromis niloticus*) dengan berat ± 250 g, yang diperoleh dari pasar lokal di Dramaga-Bogor. Bahan-bahan lain yang digunakan meliputi garam fisiologis, media *nutrient agar* (NA), *trichloroacetic acid* (TCA) 7%, larutan HCl standar (0,05N), *tashiro's indicator solution in methanol*.

Alat yang digunakan meliputi LCR (*Inductance* (L), *Capacitance* (C), *Resistance*

(R)) meter Hitester 3522-50 (Hioki E.E Corporation) dan 2 plat kapasitor yang terbuat dari tembaga berukuran 3 cm x 3 cm yang berjarak 0,5 cm. Peralatan lain yang digunakan adalah timbangan digital, inkubator, *digital coloni counter*, *homogenizer*, *conway's microdiffusion unit* dan pH meter (Orion 3 Star pH portable).

Metode

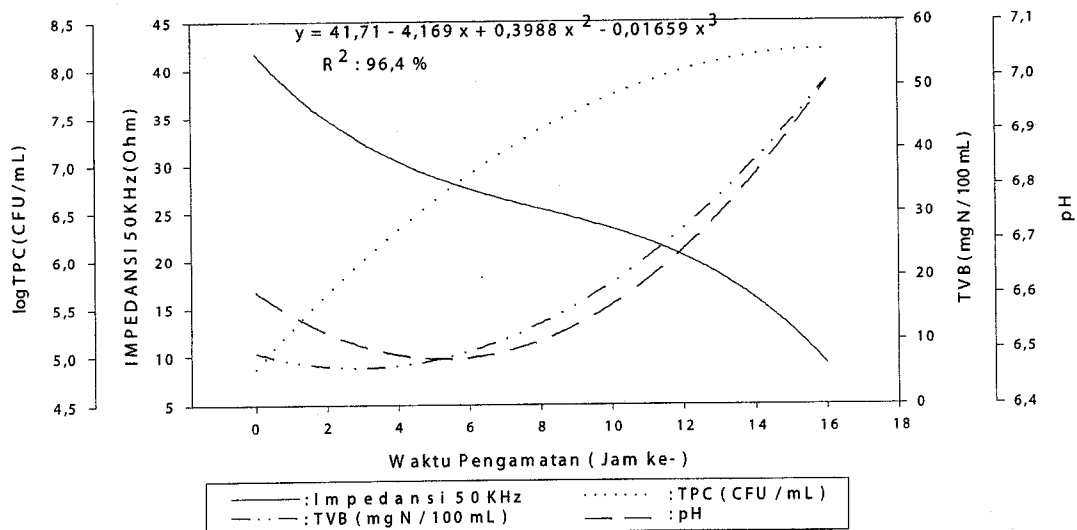
Preparasi filet ikan nila mengacu pada penanganan filet ikan nila SNI 01-4103.3-2006 (BSN 2006), dengan bentuk produk berupa *skinless fillet* (filet ikan tanpa kulit). Daging ikan yang didapatkan diambil sebagian sebagai sampel uji dengan ukuran 3 cm x 3 cm x 0,5 cm.

Tahapan selanjutnya adalah pengukuran sifat listrik filet ikan nila. Pengukuran dilakukan menggunakan LCR meter dengan aliran arus konstan 0,2 mA (Vidacek *et al.* 2008), sedangkan besaran frekuensi terbaik yang digunakan mengacu Duncan *et al.* (2007) dan Martinsen *et al.* (2000) yang telah disesuaikan, frekuensi terbaik untuk masing-masing parameter adalah impedansi: 50 kHz, konstanta dielektrik: 1 kHz, dan konduktivitas listrik: 25 kHz. Kondisi pengukuran disajikan dengan cara penjepitan sampel uji filet ikan nila yang akan digunakan pada plat kapasitor yang terbuat dari tembaga dan telah

terhubungkan pada LCR meter.

Sensitivitas sifat biolistrik (impedansi, konstanta dielektrik, konduktivitas listrik) dalam mendeteksi kesegaran ikan dilakukan dengan cara melihat keterkaitan pola kecenderungan dengan parameter uji kesegaran ikan lainnya, yaitu *Total Volatile Base (TVB)* metode *micro-diffusion conway's* (Vyncke 1996), *Total Plate Count (TPC)* (Gram *et al.* 1987), dan nilai pH (Nollet dan Toldra 2010). Dugaan batas kesegaran filet ikan nila yang dapat dikonsumsi mengacu Bremner dan Sakaguchi (2000), dengan besaran nilai TVB berdasarkan Vyncke (1996), yaitu < 30 mg N/100 g dan besaran nilai TPC < 10⁷ CFU/mL yang bersumber dari ICMSF (1986).

Pengamatan terhadap parameter sifat biolistrik dilakukan setiap 2 jam, sedangkan untuk parameter TVB, TPC, dan pH dilakukan setiap 4 jam sekali. Suhu yang digunakan merupakan suhu ruang ($\pm 30^\circ\text{C}$) dengan lama waktu pengamatan 16 jam. Masing-masing pengujian dilakukan ulangan sebanyak 3 (tiga) kali dengan pengambilan data secara *duplo*. Penyajian data pola kecenderungan sifat biolistrik (impedansi, konstanta dielektrik, konduktivitas listrik) dan keterkaitannya dengan berbagai uji kesegaran ikan lainnya (TVB, TPC, dan pH) dilakukan dalam bentuk grafik menggunakan *software Sigma Plot 11*.



Gambar 1 Nilai impedansi filet ikan nila selama 16 jam dan keterkaitannya dengan nilai TVB, TPC, dan pH.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Impedansi sebagai pendeteksi tingkat kemunduran mutu filet ikan nila

Nilai impedansi memperlihatkan kecenderungan yang semakin turun, dengan nilai berkisar 44,34-6,30 Ω. Keterkaitan antara nilai impedansi dengan nilai TVB, TPC, dan pH memperlihatkan hubungan yang negatif (Gambar 1). Apabila dikaitkan dengan nilai TVB, TPC, dan pH untuk ikan segar yang dapat dikonsumsi, maka batas kesegaran filet ikan nila adalah pada pengamatan jam ke-12, dengan kisaran nilai impedansi ≥ 17,549 Ω.

Penurunan nilai impedansi ini dapat diduga dari makin besarnya konsentrasi ion metabolit terlarut selama proses kemunduran mutu ikan. Ocaño-Higuera *et al.* (2009) melaporkan bahwa hasil perhitungan *total molar concentration* (TMC) dari ikan *cazon* terhadap kandungan ATP dan turunannya selama penyimpanan 18 hari pada suhu dingin, nilainya dapat mencapai 7,8 ± 1,7 μmol/g dari 0 μmol/g. Nilai yang sama juga ditunjukkan Mazorra-Manzano *et al.* (2000) dengan ikan *skipjack* yang mencapai 8,0 μmol/g dari 0 μmol/g, dan Murata dan Sakaguchi (1986) menggunakan ikan ekor kuning (*Seriola quinqueradiata*) yang mencapai 9,3 μmol/g dari 0 μmol/g.

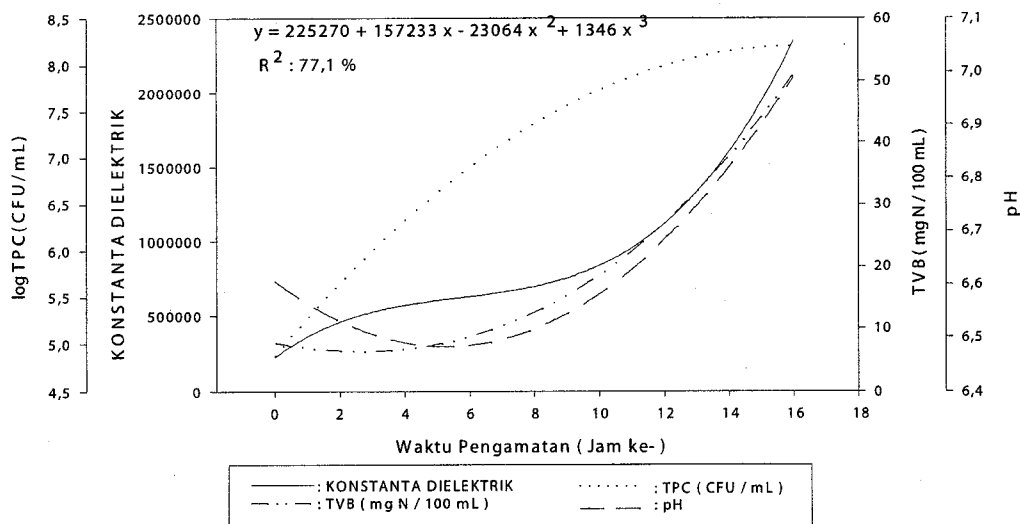
Penurunan impedansi juga diduga disebabkan oleh makin meningkatnya

kandungan bakteri yang terdapat pada filet ikan nila selama berlangsungnya penyimpanan. Hasil pengamatan terhadap jumlah bakteri pada filet ikan nila terlihat kecenderungan yang meningkat, yaitu dari 8x10⁴ CFU/mL pada jam ke-0 menjadi 2,03 x 10⁸ CFU/mL pada jam ke-16. Yang (2008) melaporkan bahwa nilai impedansi dengan teknik mikroelektrode dapat digunakan sebagai pendeteksi jumlah bakteri dengan batas konsentrasi sel 10⁶-10¹⁰ CFU/mL dan menunjukkan hubungan linier antara keduanya. Yang dan Bashir (2008) menggunakan teknik biosensor, ternyata mampu mendeteksi bakteri pembusuk antara 10¹-10⁶ CFU/mL dan beberapa variasi lainnya dengan batas deteksi 10³-10⁴ CFU/mL.

Konstanta dielektrik sebagai pendeteksi tingkat kemunduran mutu filet ikan nila

Konstanta dielektrik selama pengamatan terlihat semakin meningkat dengan nilai 178.208-2.812.764. Keterkaitan konstanta dielektrik dengan nilai TVB, TPC dan pH memperlihatkan hubungan yang positif (Gambar 2). Batas kesegaran filet ikan nila apabila dikaitkan dengan nilai TVB, TPC, dan pH untuk ikan segar yang dapat dikonsumsi adalah pada pengamatan jam ke-12 dengan nilai konstanta dielektrik ≤ 1.605.419.

Konstanta dielektrik biasanya berhubungan dengan peristiwa polarisasi



Gambar 2 Nilai konstanta dielektrik filet ikan nila selama 16 jam dan keterkaitannya dengan nilai TVB, TPC, dan pH.

yang akhirnya dapat mempengaruhi nilai dielektrik suatu bahan (Ikediala *et al.* 2000). Polarisasi listrik merupakan peristiwa terinduksinya atom atau molekul membentuk dipol listrik yang terorientasi pada arah tertentu dari adanya medan listrik. Church (1998) menyampaikan bahwa selama proses kemunduran mutu ikan dihasilkan senyawa-senyawa NH_3 , H_2S , CH_3SH , $(\text{CH}_3)_2\text{S}$, keton, aldehida, ester, asetat, butirir, dan asam propionat yang merupakan senyawa-senyawa penyebab bau busuk. Senyawa-senyawa ini diduga sangat mempengaruhi nilai konstanta dielektrik yang dihasilkan.

Dugaan lain dari perubahan nilai konstanta dielektrik adalah perubahan komposisi kimia pada tubuh ikan. Wang *et al.* (2008) menyampaikan bahwa sifat dielektrik filet ikan salmon ternyata sangat dipengaruhi dari komposisi kimia yang terdapat pada tubuh ikan, terutama kandungan lemaknya.

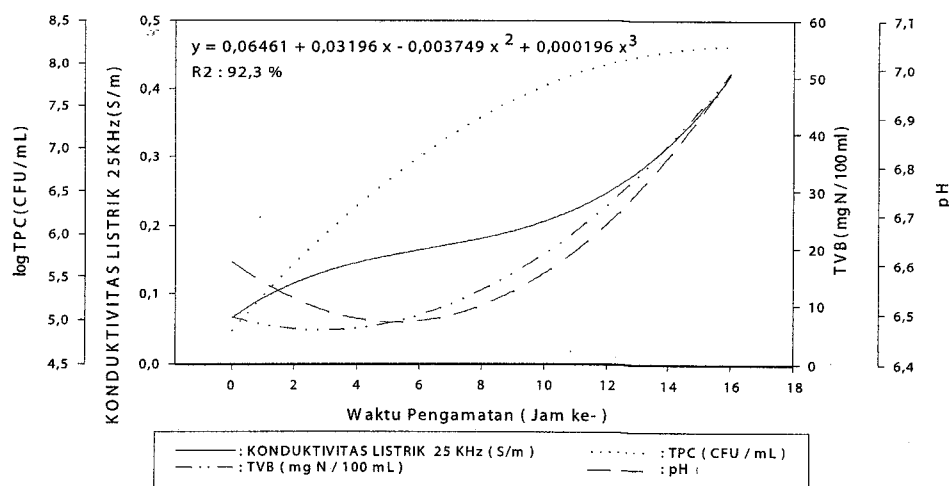
Konduktivitas listrik sebagai pendeteksi tingkat kemunduran mutu filet ikan nila

Konduktivitas listrik sejalan dengan makin lamanya penyimpanan terlihat semakin meningkat, dengan nilai berkisar antara 0,065-0,487 S/m. Keterkaitan konduktivitas listrik dengan nilai TVB, TPC dan pH memperlihatkan hubungan yang positif (Gambar 3). Batas kesegaran filet ikan nila

bila dikaitkan dengan nilai TVB, TPC, dan pH untuk ikan yang dapat dikonsumsi adalah pada pengamatan jam ke-12, dengan nilai konduktivitas listrik $\leq 0,274$ S/m.

Peningkatan konduktivitas listrik ini juga diduga disebabkan oleh makin meningkatnya konsentrasi ion metabolit terlarut selama proses kemunduran mutu ikan. Hal ini sesuai Niu dan Lee (2000) dan Moore *et al.* (2008) yang menyampaikan bahwa peningkatan nilai konduktivitas listrik sangat dipengaruhi dari makin meningkatnya konsentrasi metabolit ion terlarut pada ikan. Moore *et al.* (2008) menyampaikan bahwa peningkatan tersebut sangat dipengaruhi dari makin besarnya konsentrasi ion Ca^{2+} . Loechel *et al.* (2003) melaporkan bahwa elektrode amperometrik ternyata dapat digunakan untuk mendeteksi ion trimethylamine (TMA), dengan batas nilai maksimal pada $19 \mu\text{A mM}^{-1}$. Chang *et al.* (1976) juga melaporkan bahwa elektrode amperometrik juga mampu digunakan untuk mendeteksi ion-selektif TMA yang berdasarkan pada kandungan ion amonium.

Perbedaan konduktivitas listrik diduga juga dipengaruhi perubahan terhadap komposisi tubuh ikan. Hal ini dilaporkan Piette *et al.* (2004) yang menyampaikan bahwa perbedaan konduktivitas listrik dalam daging dipengaruhi oleh keadaan struktur daging, seperti bentuk serabut otot,



Gambar 3 Nilai konduktivitas listrik filet ikan nila selama 16 jam dan keterkaitannya dengan nilai TVB, TPC, dan pH.

kandungan lemak, dan tipe dari daging. Hasil beberapa penelitian pada daging ayam, sapi, kambing, emulsi daging, dan olahan daging babi memperlihatkan perbedaan konduktivitas listrik, yang ternyata sangat dipengaruhi oleh kandungan lemaknya (Bozkurt dan Icier 2010). Barziza dan Gatlin (2000) menyampaikan bahwa dengan TOBEC (*total body electrical conductivity*), prediksi komposisi tubuh ikan dengan kandungan yang berbeda dapat digunakan dan jenis ikan yang pernah dicobakan meliputi *bluegill* (*Lepomis macrochirus*), *channel catfish* (*Ictalurus punctatus*), *red drum* (*Sciaenops ocellatus*), *sunshine bass* (*Morone chrysops*), dan *largemouth bass* (*Micropterus salmoides*).

KESIMPULAN

Sifat biolistrik dapat digunakan untuk memprediksi tingkat kesegaran filet ikan nila dan berkorelasi baik dengan parameter kemunduran mutu.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kepada Departemen Teknologi Hasil Perairan Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan IPB yang telah membantu penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Alasalvar C, Grigor JM, Ali Z. 2011. Practical evaluation of fish quality by objective, subjective, and statistical testing. Di dalam: Alasalvar C, Shahidi F, Miyashita K, Wanasundara U, editor. *Handbook of Seafood Quality, Safety and Health Applications*. USA: Blackwell Publishing Ltd.
- Barat JM, Gil L, Garcia-Breijo E, Aristoy MC, Toldra F, Martinez-Manez R, Soto J. 2008. Freshness monitoring of sea bream (*Sparus aurata*) with a potentiometric sensor. *Food Chemistry* 108(2):681-688.
- Barziza DE, Gatlin DM. 2000. An evaluation of total body electrical conductivity to estimate body composition of large mouth bass (*Micropterus salmoides*). *Aquatic Living Resources* 13(6):439-447.
- Bostock J, McAndrew B, Richards R, Jauncey K, Telfer T, Lorenzen K, Little D, Ross L, Handisyde N, Gatward I, Corner R. 2010. Aquaculture: global status and trends. *Philosophical Transactions of The Royal Society Biological Sciences* 365(1554):2897-2912.
- Bozkurt H, Icier F. 2010. Electrical conductivity changes of minced beef-fat blends during ohmic cooking. *Journal of Food Engineering* 96(1):86-92.
- Bremner HA, Sakaguchi M. 2000. A critical look at whether 'freshness' can be determined. *Journal of Aquatic Food Product Technology* 9(3):5-25.
- [BSN] Badan Standarisasi Nasional. 2006. *Filet Nila (Tilapia sp) Beku-Bagian 3: Penanganan dan Pengolahan*. Jakarta: SNI 01-4103.3-2006.
- Chang GW, Chang WL, Lew KBK. 1976. Trimethylamine-specific electrode for fish quality control. *Journal of Food Science* 41(3):723-724.
- Church N. 1998. MAP fish and crustacean-sensory enhancement. *Food Science and Technology Today* 12(2):73-83.
- Cinquina AL, Cali A, Longo F, de Santis L, Severoni A, Abballe F. 2004. Determination of biogenic amines in fish tissues by ion-exchange chromatography with conductivity detection. *Journal of Chromatography A* 1032(1-2):73-77.
- Duncan M, Craig SR, Lunger AN, Kuhn DD, Salze G, McLean E. 2007. Bioimpedance assessment of body composition in cobia *Rachycentron canadum* (L. 1766). *Aquaculture* 271(1-4):432-438.
- Duncan TV. 2011. Applications of nanotechnology in food packaging and food safety: Barrier materials, antimicrobials and sensors. *Journal of Colloid and Interface Science* 363 (1):1-24.
- European Union. 1996. Council Regulations (EC) No 2406/96 of 26 November 1996. *Laying down common marketing standards for certain fishery products*. Official

- Journal of the European Communities, No L334/2.
- Gram L, Trolle G, Huss HH. 1987. Detection of specific spoilage bacteria from fish stored at low (0 °C) and high (20 °C) temperatures. *International Journal of Food Microbiology* 4(1):65-72.
- [ICMSF] International Commission on Microbiological Specifications for Foods. 1986. Sampling plans for fish and shellfish. Di dalam: *ICMSF, Microorganisms in Foods*. Canada: University of Toronto Press 2:181-196.
- Ikediala JN, Tang J, Drake SR, Neven LG. 2000. Dielectric properties of apple cultivars and codling moth larvae. *Transactions of the ASAE* 43(5):1175-1184.
- Josupeit H. 2010. World supply and demand of tilapia. [online] <http://www.globefish.org> [15 Juli 2011].
- Kent M, Oehlschlager J, Mierke-Klemeyer S, Manthey-Karl M, Knöchel R, Daschner F, Schimmer O. 2004. A new multivariate approach to the problem of fish quality estimation. *Food Chemistry* 87(4):531-535.
- Loechel C, Basran A, Basran J, Scrutton NS, Elizabeth A, H Hall. 2003. Using trimethylamine dehydrogenase in an enzyme linked amperometric electrode: part 1. Wild-type enzyme redox mediation. *Analyst* 128(2):166-172.
- Martinsdottir E, Schelvis R, Hylding G, Sveinsdottir K. 2009. Sensory evaluation of seafood: general principles and guidelines. Di dalam: Rehbein H, Oehlschlager J, editor. *Fishery Products: Quality, Safety and Authenticity*. UK: Wiley-Blackwell.
- Martinsen O, Grimnes S, Mirtaheri P. 2000. Non-invasive measurements of post-mortem changes in dielectric properties of haddock muscle-a pilot study. *Journal of Food Engineering* 43(3):189-192.
- Mazorra-Manzano MA, Pacheco-Aguilar R, Diaz-Rojas EI, Lugo-Sanchez ME. 2000. Postmortem changes in black skipjack muscle during storage in ice. *Journal of Food Science* 65 (5):774-779.
- Moore RD, Richards G, Story A. 2008. Electrical conductivity as an indicator of water chemistry and hydrologic process. *Streamline Watershed Management Bulletin* 11(2):25-29.
- Murata M, Sakaguchi M. 1986. Storage of yellowtail (*Seriola quinqueradiata*) white and dark muscles in ice: changes in content of adenine nucleotides and related compounds. *Journal of Food Science* 55(2):321-326.
- Niu J, Lee JY. 2000. A new approach for the determination of fish freshness by electrochemical impedance spectroscopy. *Journal of Food Science* 65(5):780-785.
- Nollet LML, Toldrá F. 2010. *Handbook of Seafood and Seafood Products Analysis*. Boca Raton: CRC Press and Taylor dan Francis Group LLC.
- Ocaño-Higuera VM, Marquez-Ríos E, Canizales-Dávila M, Castillo-Yáñez FJ, Pacheco-Aguilar R, Lugo-Sánchez ME. 2009. Postmortem changes in cazon fish muscle stored on ice. *Food Chemistry* 116(4):933-938.
- OECD/FAO. 2011. OECD-FAO Agricultural Outlook 2011-2020. OECD Publishing and FAO. [online] http://dx.doi.org/10.1787/agr_outlook-2011-en [15 Juli 2011].
- Ozogul Y. 2010. Methods for freshness quality and deterioration. Di dalam: Nollet LML, Toldra F, editor. *Handbook of Seafood and Seafood Products Analysis*. USA: Taylor and Francis Group, LLC. Hlm 189-213.
- Piette G, Buteau ME, Halleux D, Chiu L, Raymond Y, Ramaswany HS. 2004. Ohmic cooking of processed meats and its effects on product quality. *Journal of Food Science* 69(2):71-78.
- Riyanto B, Maddu A, Hasnaedi YW. 2010. Kemasan cerdas pendeteksi kebusukan filet ikan nila. *Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia* 13(2):129-142.
- de Mitcheson YS, Liu M. 2008. Environmental

- and biodiversity impacts of capture-based aquaculture. Dalam: A. Lovatelli, Holthus PF, editor. Capture-based aquaculture: global overview, FAO Fisheries Technical Paper No. 508. Rome: FAO.
- Sorrentino A, Gorrasi G, Vittoria V. 2007. Potential perspectives of bionanocomposites for food packaging applications. *Trends in Food Science and Technology* 18(2):84-95.
- Verbeke W, Vanhonacker F, Sioen I, Van Camp J, dDe Henauw S. 2007. Perceived importance of sustainability and ethics related to fish: a consumer behaviour perspective. *Ambio* 36(7):580-585.
- Vidacek S, Medića H, Botka-Petrakb K, Nezakc J, Petraka T. 2008. Bioelectrical impedance analysis of frozen sea bass (*Dicentrarchus labrax*). *Journal of Food Engineering* 88(2):263-271.
- Vyncke W. 1996. Comparison of the official EC method for the determination of total volatile bases in fish with routine methods. *Archiv für Lebensmittelhygiene* 47(5):110-112.
- Wang Y, Tang J, Rasco B, Kong F, Wang S. 2008. Dielectric properties of salmon fillets as a function of temperature and composition. *Journal of Food Engineering* 87(2):236-246.
- Yang L. 2008. Electrical impedance spectroscopy for detection of bacterial cells in suspensions using interdigitated microelectrodes. *Journal Talanta* 74(5): 1621-1629.
- Yang L, Bashir R. 2008. Electrical/ electrochemical impedance for rapid detection of foodborne pathogenic bacteria. *Biotechnology Advances* 26(2):135-150.