

PERUBAHAN SIFAT FISIKO-KIMIA DAGING LUMAT IKAN CUCUT DAN PARI AKIBAT PENGARUH PENGKOMPOSISIAN DAN PENYIMPANAN DINGIN

JOKO SANTOSO¹⁾, ADE WIGUNA NUR YASIN²⁾ DAN SANTOSO³⁾

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

²⁾ Divisi Aplikasi dan Pengembangan Pengolahan Pangan, PT Central Pertiwi Bahari, Lampung

³⁾ Balai Besar Pengembangan dan Pengendalian Hasil Perikanan, Departemen Kelautan dan Perikanan, Jakarta

Diterima Tanggal : 2 Maret 2007 Disetujui Tanggal : 17 Mei 2007

ABSTRACT

This experiment was carried out to study the effects of leaching, compositioning and chill storage of shark and stingray mince on the correlation to physico-chemistry properties changes. Three times leaching of mince fish could reduce the urea contents of shark and stingray were 88% and 100%, respectively; with the salt soluble protein contents were 13.52% and 13.24%, respectively. Mince fish compositioning of shark and stingray in proportion 25%:75% gave the highest value of gel strength (209.29 g.cm). During chill storage of mince fish, deterioration process still occurred that indicated by increasing value of acidity and contents of base volatile compounds *i.e.* total volatile base nitrogen (TVBN) and tri-methyl amine (TMA); and also decreasing content of salt soluble protein and gel forming ability.

Key words: *chill storage, compositioning, mince fish, shark, stingray*

PENDAHULUAN

Surimi adalah protein miofibril ikan yang telah distabilisasikan dan diproduksi melalui tahapan proses secara kontinu yang meliputi penghilangan kepala dan tulang, pelumatan daging, pencucian, penghilangan air, dan pembekuan dengan *cryoprotectant* (Okada, 1992; Pipatsattayanuwong *et al.*, 1995), sehingga mempunyai kemampuan fungsional terutama kemampuannya dalam membentuk gel dan mengikat air. Surimi merupakan produk antara, yang dapat diolah menjadi berbagai macam produk lanjutan seperti kamaboko, chikuwa yang spesifikasinya menuntut kelenturan (*springiness*).

Sampai saat ini bahan baku pembuatan surimi masih difokuskan pada ikan-ikan teleostei seperti Alaska pollack (Jaczynski dan Park, 2004), horse mackerel (Lin *et al.*, 2005), tilapia (Yongsawatdigul *et al.*, 2000; Zhou *et al.*, 2006); sedangkan ikan-ikan elasmobranchii yaitu cucut dan pari belum pernah dilakukan. Kendala utamanya

adalah bau pesing yang disebabkan tingginya kandungan urea dalam darah dan jaringan.

Tingginya kadar urea pada daging dapat diminimalisasi dalam proses pengolahan surimi, karena salah satu tahapan prosesnya adalah pencucian dengan air dingin yang merupakan tahapan kritis. Pencucian dapat menghilangkan materi yang dapat larut air, seperti darah, protein sarkoplasma, enzim pencernaan, garam anorganik dan senyawa organik berberat molekul rendah seperti trimetilamin oksida dan urea (Benjakul *et al.*, 1996; Fitriah, 2000).

Tujuan pertama dari penelitian ini adalah mempelajari pengaruh frekuensi pencucian terhadap pengurangan kadar urea dan kemampuan dalam pembentukan gel surimi. Mengingat potensi perikanan Indonesia dengan keragaman spesies yang tinggi dengan jumlah tiap spesiesnya tidak terlalu banyak, maka surimi yang sesuai untuk dikembangkan adalah surimi berbasis multi-spesies melalui metode pengkomposisian. Tujuan kedua adalah mempelajari pengaruh pengkomposisian kedua jenis daging ikan elasmobranchii terhadap

kemampuan pembentukan gel dan perubahan karakteristik fisiko-kimia daging lumat selama penyimpanan dingin.

METODE PENELITIAN

Penelitian dilakukan dari bulan Maret sampai dengan Juli 2005. Pembuatan surimi, analisis proksimat, pH, *total volatile base nitrogen* (TVBN), *trimethyl amine* (TMA) dan uji kekuatan gel di Laboratorium Pengolahan dan Laboratorium Kimia Balai Pengembangan dan Pengujian Mutu Hasil Perikanan, Muara Baru, Jakarta Utara. Pengujian kadar urea dilakukan di Laboratorium Kimia, Pusat Riset Pengolahan Produk dan Sosial Ekonomi Kelautan dan Perikanan, Petamburan, Jakarta Pusat.

Bahan-bahan utama yang digunakan adalah ikan cucut pisang (*Carcharinus falciformis*) dan ikan pari kelapa (*Trygon spehen*) yang diperoleh dari Tempat Pelelangan Ikan (TPI) Muara Angke Jakarta, garam, dan es curai. Bahan-bahan yang digunakan untuk analisis karakteristik fisiko-kimia antara lain K_2SO_4 , $CuSO_4$, H_2SO_4 , H_2O_2 , H_3BO_3 , $Na_2(SO_4)_3$, urea, *p*-dimetil amino benaldehida, *charcoal*, $Zn(OAc)_2$, $K_4Fe(CN)_6$ dan TCA.

Pembuatan Daging Lumat, Penghilangan Urea, Pengkomposisian, dan Penyimpanan Dingin

Daging lumat dibuat dengan mesin *meat-bone separator* secara bergantian untuk memisahkan daging dengan tulang. Daging lumat yang dihasilkan, dilakukan analisis proksimat, pH dan kadar TVBN. Selanjutnya dilakukan pencucian sebanyak 0, 1, 2, 3, 4 kali. Perbandingan air dan daging lumat adalah 4:1, dilakukan selama 10 menit dengan agitasi pada suhu dingin ($<10^\circ C$). Pada setiap tahap pencucian dilakukan pengamatan terhadap kadar urea dan protein larut garam (PLG). Frekuensi pencucian terbaik yang dinilai berdasarkan besarnya penurunan kadar urea dan tingginya kadar PLG dipilih untuk dievaluasi lebih lanjut.

Setelah mendapatkan frekuensi pencucian terbaik dilakukan pengkomposisian daging lumat dengan perbandingan ikan cucut : pari = 100% : 0% (A), 0% : 100% (B), 50% : 50% (A_1B_1), 75% : 25% (A_2B_1) dan 25% : 75% (A_1B_2).

Masing-masing kombinasi pengkomposisian tersebut diuji kekuatan gelnya. Satu komposisi daging lumat terbaik berdasarkan nilai kekuatan gel yaitu nilai tertinggi dipilih untuk dipelajari pengaruh penyimpanan dingin, demikian juga daging lumat ikan cucut (A) dan pari (B). Penyimpanan dingin dilakukan pada *show case cabinet* (suhu $4-5^\circ C$) selama sembilan hari. Setiap tiga hari penyimpanan dilakukan analisis pH, TVBN, TMA, PLG dan kekuatan gel.

Porsedur Analisis

Analisis proksimat yang meliputi kadar air, abu, lemak, dan protein kasar; serta nilai pH mengacu metode AOAC (1995). Kadar TVBN dan TMA dianalisis berturut-turut mengacu metode SNI-01-4495 (1998) dan BPPMHP (2001) yang telah dimodifikasi dengan menggunakan cawan Conway. Kadar urea dianalisis berdasarkan metode AOAC (1995) secara spektrofotometri, dan kadar PLG diukur dengan metode semi-mikro Kjeldahl setelah mendapatkan fraksi protein larut garam dalam sampel (Saffle dan Galbraeth, 1964 *diacu dalam* Wahyuni, 1992). Kekuatan gel yang merupakan hasil perkalian antara daya tekan (*force* = g) dan jarak pecah (*distance* = cm) diukur dengan *Texture Analyzer* jenis TA-XT2i (*Texture Technologist Corp.*, Scarsdale NY/*Stable Microsystem*, Godalmin, Surrey, UK) terhadap surimi yang telah dibuat menjadi kamaboko (Suzuki, 1981).

Analisis Data

Data dianalisis dengan analisis ragam, menggunakan model rancangan percobaan acak lengkap yang disusun secara faktorial dengan dua faktor, yaitu faktor pengkomposisian dan penyimpanan dingin dengan masing-masing tiga kali pengulangan, serta menggunakan uji lanjut Tukey.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Komposisi Kimia Daging Lumat Ikan Cucut Pisang dan Ikan Pari Kelapa

Parameter kimia yang dianalisis terhadap daging lumat ikan cucut pisang dan ikan pari kelapa meliputi kadar air, abu, lemak, protein kasar, urea, TVBN dan pH (Tabel 1).

Kedua jenis ikan yang digunakan termasuk kelompok ikan berprotein tinggi dan berlemak rendah sehingga cocok diolah menjadi surimi. Kemampuan membentuk gel pada surimi berkorelasi positif dengan tingginya kandungan protein (miofibril) dan rendahnya kandungan lemak.

Kadar urea dari kedua jenis ikan tersebut tinggi yang merupakan ciri khas ikan elasmobranchii, yang memiliki kadar urea dalam daging sekitar 1-2% yang mudah sekali terurai sehingga menimbulkan aroma pesing yang tajam (Lagler *et al.*, 1977).

Nilai pH dan TVBN yang merupakan indeks kesegaran ikan menunjukkan nilai yang masih rendah (dibawah ambang kebusukan). Indeks kebusukan ikan untuk nilai TVBN adalah 30 mg N/100 g (Ozogul dan Ozogul, 2000). Nilai pH bagi ikan segar berada pada kisaran pH dibawah netral hingga pH netral, kisaran pH tersebut menandakan bahwa ikan berada dalam kondisi rigormortis (Almacher, 1961).

Tabel 1. Analisis kimia daging lumat ikan cucut pisang dan pari kelapa

Parameter	Cucut Pisang	Pari Kelapa
Air (%)	77,91	75,84
Abu (%)	1,15	3,10
Lemak (%)	1,60	1,36
Protein kasar (%)	19,08	18,98
Urea (%)	1,98	2,32
TVBN (mg N/100 g)	5,97	6,55
pH	5,62	6,98

Penentuan Frekuensi Pencucian Terbaik

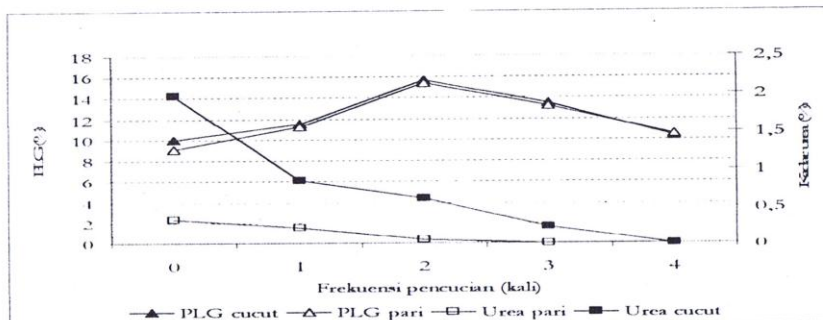
Penelitian tahap ini bertujuan untuk mendapatkan frekuensi pencucian daging lumat yang mampu menghilangkan kadar urea maksimum dengan kandungan PLG yang cukup tinggi. Hasil pengamatan penentuan frekuensi pencucian terbaik disajikan pada Gambar 1.

Pencucian sebanyak 2 kali pada kedua daging lumat mampu menghasilkan nilai PLG tertinggi dan berbeda nyata dengan frekuensi pencucian lainnya. Benjakul *et al.* (1996) melaporkan bahwa protein sarkoplasma mudah larut dalam air dan terbuang pada pencucian pertama, sedangkan protein miofibril terbuang paling banyak setelah tahap pencucian kedua dan seterusnya. Pada pencucian pertama komponen utama yang larut dalam air adalah darah, protein sarkoplasma, enzim pencernaan, garam anorganik dan senyawa organik berberat molekul rendah seperti TMAO. Menurunnya nilai kelarutan PLG

pada frekuensi pencucian 3 dan 4 kali diduga karena protein miofibril menjadi terlarut dan hanyut dalam air pencuci. Hal serupa juga dilaporkan oleh Fitriani (2000) pada ikan cucut lanyam.

Pencucian dengan air dingin juga memberikan pengaruh nyata terhadap pengurangan kadar urea. Pencucian sebanyak 3 dan 4 kali mampu mengurangi kadar urea hingga 100%. Wahyuni (1992) melaporkan bahwa daging ikan cucut lanyam yang telah dilumatkan, direndam dan dicuci dalam air dingin pada suhu 5 °C sebanyak 3 kali mampu mereduksi kadar urea hingga tidak terdeteksi.

Berdasarkan hasil pengamatan tersebut, frekuensi pencucian sebanyak 3 kali digunakan dalam proses pengolahan surimi. Walaupun pencucian sebanyak 2 kali mampu menghasilkan nilai PLG maksimum, namun kadar ureanya masih tinggi. Bau urea hampir tidak terdeteksi pada pencucian sebanyak 3 kali, selain itu kandungan PLG yang menurun tidak terlalu banyak.

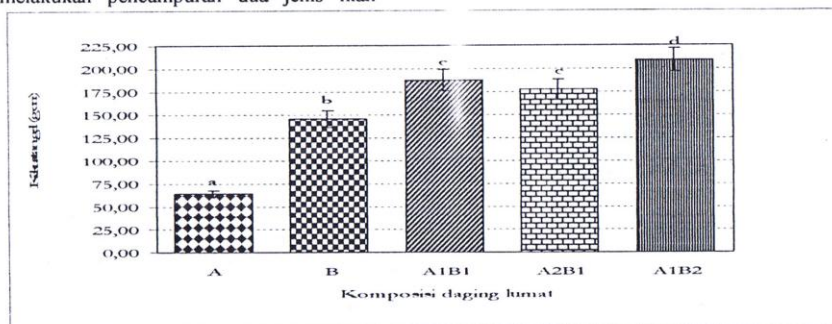


Gambar 1. Hubungan antara frekuensi pencucian dengan kadar PLG dan urea

Penentuan Komposisi Daging Lumat Terbaik

Perlakuan pengkomposisian dengan melakukan pencampuran dua jenis ikan

terbukti mampu meningkatkan nilai kekuatan gel, dibandingkan dengan nilai kekuatan gel masing-masing (Gambar 2).



Keterangan: A = cucut : pari = 100% : 0%, B = cucut : pari = 0% : 100%, A₁B₁ = cucut : pari = 50% : 50%, A₂B₁ = cucut : pari = 75% : 25%, dan A₁B₂ = cucut : pari = 25% : 75%.

Huruf-huruf pada histogram (a, b, c, d) menunjukkan berbeda nyata ($p < 0,05$)

Gambar 2. Nilai kekuatan gel masing-masing pengkomposisian daging lumat

Komposisi A₁B₂ menghasilkan nilai kekuatan gel tertinggi. Hal ini diduga karena kekuatan gel yang dihasilkan dipengaruhi oleh pH. Nilai pH ikan pari kelapa mendekati pH netral, sedangkan ikan cucut pisang cenderung asam. Menurut Matsumoto dan Noguchi (1992) ikan pelagis memiliki nilai pH yang lebih kecil (sering di bawah 6), dimana dengan

rendahnya nilai pH maka otot daging ikan akan banyak kehilangan fungsi gelnya. Suzuki (1981) menyatakan bahwa rendahnya nilai pH menyebabkan konsentrasi garam meningkat. Konsentrasi garam yang tinggi menyebabkan protein tidak akan larut, yang akan mencegah terbentuknya gel *kamaboko*. Berdasarkan hasil tersebut, maka dipilih komposisi A₁B₂ sebagai komposisi terbaik yang akan dipelajari

perubahan sifat fisiko-kimianya selama penyimpanan dingin.

Karakteristik Daging Lumat Selama Penyimpanan Dingin

Perubahan karakteristik daging lumat komposisi A, B dan A₁B₂ dievaluasi selama penyimpanan dingin dengan menganalisis nilai pH, TVBN, TMA, PLG dan kekuatan gel (Tabel 1).

Tabel 1. Perubahan karakteristik daging lumat selama penyimpanan dingin

Parameter	Komposisi daging	Lama penyimpanan (hari)			
		0	3	6	9
pH	A	5,81 ± 0,04 ^a	7,88 ± 0,05 ^a	8,43 ± 0,09 ^a	8,70 ± 0,00 ^a
	B	6,75 ± 0,02 ^c	8,61 ± 0,04 ^b	8,87 ± 0,00 ^c	9,47 ± 0,69 ^b
	A ₁ B ₂	6,54 ± 0,02 ^b	8,63 ± 0,01 ^b	8,77 ± 0,01 ^b	8,88 ± 0,00 ^b
TVB (mg N/100 g)	A	10,51 ± 0,00 ^a	24,98 ± 0,52 ^a	267,19 ± 23,91 ^a	282,08 ± 1,15 ^a
	B	8,18 ± 0,00 ^a	42,77 ± 0,57 ^b	330,04 ± 29,53 ^b	350,04 ± 7,45 ^a
	A ₁ B ₂	13,64 ± 2,27 ^a	41,37 ± 2,25 ^b	325,54 ± 14,47 ^b	461,30 ± 63,48 ^b
TMA (mgN/100 g)	A	1,69 ± 0,11 ^a	4,84 ± 0,00 ^a	12,88 ± 1,14 ^a	13,76 ± 0,00 ^a
	B	2,54 ± 0,12 ^a	7,59 ± 1,70 ^b	20,88 ± 2,27 ^c	22,70 ± 2,29 ^b
	A ₁ B ₂	2,41 ± 0,00 ^a	7,95 ± 0,00 ^b	18,02 ± 1,17 ^b	22,44 ± 1,13 ^b
PLG (%)	A	9,19 ± 0,05 ^a	7,56 ± 0,06 ^b	6,49 ± 0,23 ^c	4,87 ± 0,00 ^c
	B	9,75 ± 0,32 ^b	5,36 ± 0,03 ^a	3,30 ± 0,03 ^a	2,16 ± 0,02 ^a
	A ₁ B ₂	10,05 ± 0,11 ^b	5,34 ± 0,15 ^a	4,75 ± 0,08 ^b	3,54 ± 0,04 ^b
Kekuatan gel (g.cm)	A	276,24 ± 75,02 ^a	262,49 ± 73,62 ^b	226,81 ± 40,50 ^b	165,63 ± 50,55 ^b
	B	339,82 ± 107,5 ^{ab}	182,54 ± 38,95 ^{ab}	91,76 ± 23,01 ^a	78,67 ± 22,81 ^a
	A ₁ B ₂	368,91 ± 142,61 ^b	167,38 ± 52,66 ^a	118,48 ± 34,89 ^a	76,83 ± 17,91 ^a

Keterangan: A = cucut : pari = 100% : 0% , B = cucut : pari = 0% : 100%, dan A₁B₂ = cucut : pari = 25% : 75%

Angka-angka pada kolom yang sama untuk masing-masing parameter yang diikuti huruf superscript berbeda (a, b, c) menunjukkan berbeda nyata ($p < 0,05$)

Secara umum nilai pH daging lumat A, B, dan A₁B₂ yang dihasilkan selama penyimpanan dingin mengalami kenaikan. Nilai pH berpengaruh terhadap kelarutan PLG, dimana pH optimum kelarutannya berada pada kisaran pH sedikit dibawah netral hingga netral (Suzuki, 1981). Nilai pH yang berada di luar kisaran tersebut menggambarkan rendahnya kekuatan ion bagi terekstraknya PLG. Dari awal sampai dengan akhir penyimpanan nilai pH ketiga komposisi daging lumat secara statistik berbeda nyata. Kenaikan nilai pH utamanya disebabkan proses autolisis yang dapat menguraikan protein sehingga tercipta kondisi optimum bagi tumbuhnya mikroflora pembusuk dengan menghasilkan senyawa biogenik amin (Connell, 1980).

Total Volatile Base Nitrogen (TVBN) ketiga komposisi daging lumat selama penyimpanan dingin terjadi peningkatan. Pada awal penyimpanan kadar TVBN pada semua komposisi daging lumat sudah

terdeteksi. Hal ini wajar karena basa volatil nitrogen terdapat pada setiap jenis ikan walaupun dalam kondisi segar (Ozogul dan Ozogul, 2000). Penyimpanan hari ke-3 adalah titik kritis daging lumat mengalami kebusukan, karena komposisi daging lumat B dan A₁B₂ sudah dapat dikategorikan sebagai daging ikan yang sudah tidak layak dikonsumsi (> 30 mg N/100 g). Pada penyimpanan hari ke-6 terjadi peningkatan kadar TVBN yang sangat signifikan, ditandai dengan aroma pesing (bau amonia) yang kuat dan terus meningkat hingga hari terakhir penyimpanan. Meningkatnya kadar TVBN disebabkan telah terjadi proses autolisis yang menghasilkan senyawa-senyawa sederhana basa yang bersifat mudah menguap seperti NH₃ dan TMA (Ozogul dan Ozogul, 2000).

Tri-Methyl Amine (TMA), pola peningkatan kadar TMA selama penyimpanan dingin daging lumat hampir mirip dengan peningkatan kadar TVBN. Penyimpanan hari ke-3 adalah titik kritis kadar TMA daging

lumat, dimana komposisi daging lumat B dan A_1B_2 dapat dikategorikan busuk dan komposisi A hampir memasuki ambang kebusukan. Indeks kebusukan ikan untuk uji TMA adalah 1-5 mg N/100 g (Erlina *et al.*, 1984). TMA dibentuk oleh aksi bakteri pembusuk yang menguraikan TMAO menjadi TMA dan pada akhirnya akan terbentuk amonia (Botta, 1994).

Protein Larut Garam (PLG) adalah kelompok protein miofibril yang tersusun oleh aktin dan miosin sebagai penyusun utamanya yang bertanggung jawab terhadap kemampuan untuk membentuk struktur tiga dimensi gel. Nilai PLG daging lumat selama penyimpanan dingin mengalami penurunan. Penurunan kadar PLG selama penyimpanan dingin diduga disebabkan aktivitas enzim proteinase seperti katepsin-D, kalpain dan alkali proteinase yang banyak terdapat pada protein sarkoplasma (Sikorski, 1996; Benjakul *et al.*, 1996). Dalam proses pembuatan daging lumat hanya dilakukan satu kali pencucian dengan air dingin saja, dengan maksud untuk membersihkan daging dari darah dan kotoran, sehingga diduga daging lumat tersebut masih terdapat enzim proteinase.

Kekuatan Gel, pencampuran daging lumat dengan komposisi A_1B_2 terbukti dapat menghasilkan nilai kekuatan gel surimi yang lebih baik dibandingkan dengan surimi dari daging lumat tanpa pencampuran. Namun seiring dengan lamanya penyimpanan, nilai kekuatan gel surimi komposisi A_1B_2 mengalami penurunan. Surimi dari daging lumat komposisi A_1B_2 dan B mengalami penurunan nilai kekuatan gel lebih cepat dibandingkan dengan surimi dari komposisi A, yang menandakan bahwa daging lumat komposisi tersebut lebih tidak stabil ketika disimpan pada suhu dingin. Proses kemunduran mutu daging lumat yang dapat mempengaruhi kualitas kekuatan gel dari surimi adalah degradasi senyawa protein miofibril selama penyimpanan. Menurut Yoon *et al.* (2004) protein miofibril ikan memiliki kemampuan

membentuk jaringan tiga dimensi gel yang stabil. Miosin lebih berperan dalam mekanisme terbentuknya gel surimi dibandingkan dengan aktin. Selama penyimpanan dingin telah terjadi proses denaturasi protein miofibril yang menyebabkan turunnya kemampuan kelarutan protein tersebut didalam larutan garam. Degradasi PLG menyebabkan hilangnya kemampuan daya ikat air yang menyebabkan protein kehilangan viskositasnya dan kemampuan untuk mengembang.

KESIMPULAN

Frekuensi pencucian sebanyak tiga kali adalah frekuensi terbaik, yang mampu mereduksi kadar urea hingga 88% pada ikan cucut pisang dan 100% pada ikan pari kelapa, dengan kadar PLG berturut-turut sebesar 13,52% dan 13,24%. Komposisi daging lumat ikan cucut dan ikan pari dengan perbandingan 25% : 75% (A_1B_2) memiliki nilai kekuatan gel tertinggi sebesar 209,290 g.cm. Selama penyimpanan dingin daging lumat terjadi proses kemunduran mutu yang ditandai dengan meningkatnya nilai pH, TVBN, dan TMA; menurunnya nilai PLG dan kekuatan gel. Lama penyimpanan yang baik pada suhu dingin bagi kedua jenis daging lumat ikan ini adalah kurang dari tiga hari.

DAFTAR PUSTAKA

- Almacher E. 1961. Rigormortis in Fish. In Borgstrom, G. (ed.). Fish as Food. Volume I. New York: Academic Press.
- [AOAC] Analysis of the Association of Official Analytical Chemists. 1995. Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists. Washington, D.C.
- Benjakul S, T.A. Seymour, M.T. Morrissey, and A.N. Haejung. 1996. Proteinase in Pacific Whiting Surimi Wash Water: Identification and Characterization. J. Food Sci. 61: 1165-1170.
- Botta, J.R. 1994. Freshness Quality of Seafoods: A Review. In Shahidi, F. and J.R. Botta (eds.) Seafoods: Chemistry, Processing Technology and Quality.

- London: Blackie Academic & Professional.
- [BPPMHP] Balai Pengembangan dan Pengujian Mutu Hasil Perikanan. 2001. Instruksi Kerja Pengujian Contoh Hasil Perikanan. Laboratorium Kimia BPPMHP. Departemen Kelautan dan Perikanan, Jakarta (tidak dipublikasikan).
- Connell, J.J. 1980. Control of Fish Quality. Farnham: Fishing News Books Ltd.
- Erlina, M.D., Tazwir, dan F. Aryani. 1984. Studi Pembuatan Bakso dari Campuran Daging Cucut (*Carcharimus limbatus*) dan Jangilus (*Istiophorus gladius*) (Penyimpanan Suhu Rendah). Laporan Penelitian Teknologi Perikanan. 31: 31-39.
- Fitrial, Y. 2000. Pengaruh Konsentrasi Tepung Tapioka, Suhu dan Lama Perebusan Terhadap Mutu Gel Daging Ikan Cucut Lanyam (*Carcharimus limbatus*). Tesis. Program Pascasarjana, Institut Pertanian Bogor.
- Jaczynski, J., and J.W. Park. 2004. Physicochemical Changes in Alaska Pollock Surimi and Surimi Gel as Affected by Electron Beam. *J. Food Sci.* 69: 53-57.
- Lagler, K.F., J.E. Bardach, R.R. Miller, and D.R.M. Passino. 1977. *Ichthyology*. Second Edition. New York: John Wiley and Sons Inc.
- Lin, S.B., L.C. Chen, and H.H. Chen. 2005. The Changes of Thermal Gelation Properties of Horse Mackerel Mince Led by Protein Denaturation Occuring in Frozen Storage and Consequential Air Flotation Wash. *Food Res. Int.* 38: 19-27.
- Matsumoto, J.J. and S.F. Noguchi. 1991. Cryostabilization of Protein in Surimi. *In*. Lanier, T.C. and C.M. Lee (eds.). Surimi Technology. New York: Marcel Dekker Inc.
- Okada, M. 1992. History of Surimi Technology in Japan. *In*. Lanier, T.C. and C.M. Lee (eds.). Surimi Technology. Marcel Dekker Inc, New York.
- Ozogul, F. and Y. Ozogul. 2000. Comparison of Methods Used for Determination of Total Volatile Base Nitrogen (TVB-N) in Rainbow Trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Turk J. Zool* 24: 113-120.
- Pipatsattayanuwong, S., J.W. Park, and M.T. Morrissey. 1995. Functional Properties and Shelf Life of Fresh Surimi from Pacific Whiting. *J. Food Sci.* 60: 1241-1244.
- Sikorski, Z.E. 1999. Seafood: Resources, Nutritional Composition, and Preservation. Florida: CRC Press.
- SNI [Standar Nasional Indonesia]. 1998. SNI-01-4495-1998. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional.
- Suzuki, T. 1981. Fish and Krill Protein in Processing Technology. London: Applied Science Publishing, Ltd.
- Wahyuni, M. 1992. Sifat Kimia dan fFungsional Ikan Hiu Lanyam (*Charcarimus limbatus*) serta Penggunaannya dalam Pembuatan Sosis. Tesis. Program Pascasarjana, Institut Pertanian Bogor.
- Yongsawatdigul, J., J.W. Park, P. Virulhakul, and S. Viravatchakul. 2000. Proteolytic Degradation of Tropical Tilapia Surimi. *J. Food Sci.* 65: 129-133.
- Yoon, W.B., S. Gunasekaran, and J.W. Park. 2004. Evaluating Viscosity of Surimi Paste at Different Moisture Content. *Applied Rheology*. 14:133-139.
- Zhou, A., S. Benjakul, K. Pan, J. Gong, and X. Liu. 2006. Cryoprotective Effects of Trehalose and Sodium Lactate on Tilapia (*Sarotherodon nilotica*) Surimi during Frozen Storage. *Food Chem.* 96: 96-103.