

PERUBAHAN-PERUBAHAN PROTEIN YANG DIAKIBATKAN OLEH PROSES  
PENGOLAHAN PADA DAGING SAPI, DOMBA, DAN AYAM

T. Suryati, Komariah, Jakaria, S. Darwati dan H. Nuraini

Departemen Ilmu Produksi dan Teknologi Peternakan  
Fakultas Peternakan, Institut Pertanian Bogor  
Jln. Agatis Kampus IPB Darmaga, Fakultas Peternakan, IPB Bogor 16680

ABSTRACT

Many processed food such as meat ball, sausage, abon, dendeng, and roasted meat was made from beef, lamb, native and broiler chicken. To study protein changes caused by processing of these products, quantity and quality protein was analyzed. Protein quantity of these product was analyzed by micro-Kjeldahl, and quality protein was analyzed by *in vitro* digestibility used pepsin-pancreatin enzyme system, and SDS-PAGE technique. For all kind of meat, meat ball and sausages had lower protein than the others, but opposite had higher digestibility. Protein estimated value that could absorp intestine abon, dendeng and roasted meat was higher than meat ball and sausage. Native chicken proteins were more stable than the others. Protein which had low molecular weight (MW) was more stable than high MW.

*Key Words: meat protein, meat processed food, protein digestibility*

## PENDAHULUAN

Bahan pangan hasil ternak, khususnya daging, merupakan sumber nutrisi yang sangat berkualitas untuk kehidupan manusia. Sebagai sumber protein, selain kandungan proteinnya yang tinggi, daging juga memiliki kualitas protein yang tinggi pula. Hal tersebut ditinjau dari komposisi asam-asam amino penyusun dan daya cerna proteinnya. Nilai gizi protein ditentukan oleh kandungan dan daya cerna asam-asam amino esensial. Daya cerna akan menentukan ketersediaan asam-asam amino tersebut secara biologis. Proses pengolahan selain dapat meningkatkan daya cerna suatu protein, dapat pula menurunkan nilai gizinya (Muchtadi *et al.*, 1993). Selanjutnya Muchtadi (1993) menambahkan bahwa peningkatan daya cerna protein pada proses pemasakan dapat terjadi sebagai akibat terdenaturasinya protein dan inaktivasi senyawa-senyawa antinutrisi. Penurunan nilai gizi suatu protein dapat disebabkan oleh perlakuan suhu yang tidak terkontrol yang dapat merusak asam-asam amino bahan pangan hasil ternak.

Proses pengolahan yang melibatkan pemanasan dapat mengubah kuantitas dan kualitas protein karena beberapa reaksi yang dapat terjadi. 1) Denaturasi, yaitu perubahan konformasi dasar protein yang terjadi pada struktur sekunder, tersier dan kuaterner, tetapi tidak pada struktur primer (Davidek *et al.*, 1990). Menurut Torberg (2005) denaturasi protein miofibril dalam larutan mulai terjadi pada suhu 30-32°C. 2) Pembentukan ikatan silang (cross-linkage) antar asam-asam amino protein, contohnya lisinoalanin (Baardseth, 1977; Davidek *et al.* 1990; Muchtadi, 1993). 3) Reaksi Maillard, yaitu reaksi antara protein dengan gula pereduksi (Muchtadi *et al.*, 1993; Belitz dan Grosch, 1999). 4) Rasemisasi asam-asam amino, yaitu perubahan isomer optik asam amino L menjadi bentuk D (Davidek *et al.*, 1990 dan Muchtadi, 1993).

Pengolahan bahan makanan dilakukan dengan berbagai tujuan, diantaranya: 1) meningkatkan nilai tambah, 2) memperpanjang masa simpan, 3) meningkatkan nilai gizi, 4) meningkatkan penerimaan terhadap produk, dan 5) menganeekaragamkan produk olahan pangan. Selain memenuhi tujuan-tujuan tersebut dalam proses pengolahan daging harus tetap mempertimbangkan bagaimana mempertahankan nilai gizi, khususnya protein dalam pengolahan daging. Hal ini mengingat pentingnya daging sebagai sumber protein hewani, dan harga bahan sumber protein yang relatif lebih mahal dibandingkan sumber zat gizi lain, seperti karbohidrat.

Banyak penelitian yang telah dilakukan sebelumnya tentang berbagai teknik pengolahan daging, akan tetapi aspek yang dianalisis hanya terbatas pada sifat fisik, kimia, mikrobiologi dan organoleptik. Aspek pengaruh berbagai teknik pengolahan daging, khususnya yang biasa dilakukan di masyarakat, terhadap nilai gizi proteinnya relatif masih jarang diungkap, padahal seharusnya nilai gizi protein merupakan faktor penentu yang harus dipertimbangkan dalam memilih makanan. Berdasarkan kenyataan tersebut maka diperlukan suatu penelitian tentang pengaruh berbagai teknologi pengolahan daging terhadap protein, baik kualitas maupun kuantitas.

Penelitian ini dilakukan dengan tujuan untuk mempelajari pengaruh berbagai teknologi pengolahan yang biasa dilakukan masyarakat terhadap

kuantitas dan kualitas protein daging sapi, domba, ayam broiler dan ayam kampung.

## MATERI DAN METODE

### Materi

Bahan-bahan yang digunakan meliputi bahan utama, bahan tambahan dan bahan untuk analisis kimia. Bahan utama yang digunakan meliputi daging sapi, domba, ayam kampung dan ayam *broiler*, masing-masing sebanyak 15 kg. Daging yang digunakan berasal dari bagian yang sama dan ternak yang berumur sama. Daging sapi menggunakan daging kepala (knuckle), daging domba menggunakan daging paha belakang, sedangkan ayam, baik ayam kampung maupun ayam *broiler* menggunakan daging bagian dada. Bahan tambahan yang digunakan adalah bahan-bahan untuk pembuatan produk olahan: bakso, sosis, abon, dendeng dan daging panggang. Bahan-bahan untuk analisis laboratorium meliputi bahan untuk analisis protein metode Kjeldahl, elektroforesis gel akrilamid (SDS-PAGE), dan pencernaan protein secara *in vitro*.

Alat yang digunakan meliputi peralatan untuk pengolahan bakso, sosis, abon, dendeng dan daging panggang. Selain itu dipergunakan pula alat-alat analisis laboratorium yang meliputi: peralatan analisis kadar protein Metode Kjeldahl, elektroforesis (SDS-PAGE), dan pencernaan protein secara *in vitro*.

### Persiapan Sampel

Daging yang berasal dari masing-masing jenis ternak (sapi, domba, ayam kampung dan ayam *broiler*) diolah menjadi bakso, sosis, dendeng, abon dan daging panggang. Produk olahan dan daging segar dari masing-masing jenis ternak tersebut kemudian dianalisis karakteristik proteinnya. Formulasi dan metode pengolahan dilakukan seragam untuk semua jenis daging.

### Pengukuran Peubah

**Analisis Kadar Protein.** Kadar protein ditentukan dengan menggunakan metode mikro-Kjeldahl (AOAC, 1995).

**Elektroforesis.** Teknik pemisahan protein dengan elektroforesis dilakukan dalam tiga tahap. Tahap pertama mengekstrak protein dari sampel. Tahap kedua pembuatan gel elektroforesis dengan menggunakan *sodium dodecyl sulfate polyacrylamide gel electroforesis* (SDS-PAGE). Tahap ketiga adalah pemisahan protein dengan teknik SDS-PAGE yang dijalankan pada tegangan 100 V dan arus listrik 125 mA selama 1-1,5 jam. Pewarnaan gel menggunakan *coomassei brilian blue*, dan apabila pita pada gel tidak tampak dengan jelas dilakukan teknik *silver staining*, yang dilanjutkan dengan pendeteksian berat molekul pita protein yang terbentuk.

**Daya Cerna Protein *InVitro*.** Pengukuran pencernaan protein secara *in vitro* dilakukan dengan menggunakan sistem enzim pepsin-pankreatin (Akeson dan Stahmann, 1964).

**Rancangan Percobaan dan Analisis Data.** Sampel percobaan dibuat tiga ulangan dengan perlakuan yang diberikan adalah metode pengolahan yang

berbeda. Pengamatan peubah dilakukan secara komposit, yaitu sampel untuk analisis laboratorium berasal dari sampel masing-masing ulangan dan dihomogenkan. Data yang diperoleh dianalisis secara deskriptif.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Kadar Protein Kasar

Hasil pengukuran kadar protein kasar daging dan hasil olahannya pada ternak sapi, domba, ayam kampung dan ayam *broiler* ditampilkan pada Tabel 1. Berdasarkan bobot basah kandungan protein daging segar berkisar antara 18,2% sampai 22,17%. Secara umum berdasarkan bobot basah, pengolahan daging menjadi bakso dan sosis menghasilkan kadar protein yang menurun, sementara pada dendeng, abon dan daging panggang meningkat. Namun demikian apabila berdasarkan bobot kering semua jenis metode pengolahan menghasilkan kadar protein yang lebih rendah dari daging segar.

Tabel 1. Kadar Protein Kasar Daging dan Hasil Olahannya

Jenis Olahan	Jenis Ternak							
	Sapi		Domba		Ayam Kampung		Ayam <i>Broiler</i>	
	BB	BK	BB	BK	BB	BK	BB	BK
Tanpa Pengolahan	19,00	76,40	18,92	80,76	22,17	-	22,11	90,98
Bakso	11,16	36,72	11,80	39,87	12,59	35,26	13,93	50,66
Sosis	12,41	35,26	10,09	32,24	14,12	37,20	15,39	43,83
Dendeng	24,58	36,30	25,94	39,00	32,96	46,09	26,62	39,53
Abon	38,98	39,87	35,60	36,23	37,20	38,42	37,05	38,49
Daging Panggang	28,97	51,05	29,01	54,09	29,71	58,09	36,14	78,29

Keterangan: BB = berdasarkan berat basah, BK= berdasarkan berat kering

Berdasarkan bobot basah pengolahan daging menjadi abon menghasilkan kadar protein yang paling tinggi untuk semua jenis ternak. Secara berurutan nilai kadar protein daging panggang, dendeng, sosis dan bakso semakin rendah pada ternak daging sapi dan ayam *broiler*. Kadar protein bakso domba lebih tinggi daripada sosis. Pada ayam kampung kadar protein dendeng yang dihasilkan lebih tinggi daripada daging panggang.

Penurunan kadar protein pada bakso dan sosis terjadi karena adanya bahan-bahan lain yang ditambahkan dalam persentase yang cukup besar dalam proses pembuatannya, seperti tepung sebagai sumber pati, air dalam bentuk es, serta bumbu-bumbu. Pada pengolahan menjadi dendeng, abon dan daging panggang peningkatan kadar protein terjadi karena menurunnya kadar air bahan pangan tersebut, sehingga proporsi bahan kering, khususnya protein meningkat. Hal tersebut mengingat analisis yang digunakan adalah analisis proksimat yang penentuan proporsinya berdasarkan bahan lain selain protein, sehingga penurunan zat makanan selain protein akan meningkatkan proporsi protein, demikian pula sebaliknya.

### Nilai Kecernaan Protein Secara *In Vitro*

Nilai kecernaan *in vitro* daging segar dan hasil olahannya dari ternak sapi, domba, ayam kampung dan ayam *broiler* dapat dilihat pada Tabel 2. Secara umum bakso dan sosis memiliki nilai kecernaan yang relatif lebih tinggi dari hasil olahan lainnya. Dendeng, abon dan daging panggang memiliki nilai kecernaan yang relatif lebih rendah. Peningkatan dan penurunan nilai kecernaan pada hasil olahan sangat bervariasi tergantung kepada jenis ternaknya.

Tabel 2. Nilai Kecernaan Protein Secara *In Vitro* Daging dan Hasil Olahannya pada Sapi, Domba, Ayam Kampung dan Ayam *Broiler*

Jenis Olahan	Jenis Ternak			
	Sapi	Domba	Ayam Kampung	Ayam <i>Broiler</i>
Tanpa Pengolahan	79,03	78,09	85,46	90,71
Bakso	83,27	90,77	93,20	81,07
Sosis	89,60	79,68	80,80	86,50
Dendeng	61,59	64,13	53,97	71,35
Abon	58,87	70,26	60,77	73,85
Daging Panggang	59,73	75,41	71,53	77,88

Pengolahan daging menjadi bakso dan sosis meskipun menghasilkan kadar protein yang rendah, tetapi nilai kecernaannya lebih tinggi dari daging segar. Hal ini terjadi karena pada proses pengolahan bakso dan sosis, yang terjadi proses denaturasi protein yang menyebabkan struktur protein berubah dari bertlipat-liput, menjadi terbuka dan lurus (Belitz dan Grosch, 1999; dan Davidek *et al.*, 1990), sehingga memudahkan penetrasi enzim untuk memutuskan ikatan-ikatan peptida protein. Selain itu kemungkinan terjadinya reaksi Maillard dan pembentukan ikatan silang antar asam amino pada proses pengolahan bakso dan sosis sangat kecil, mengingat produk olahan yang dihasilkan tidak dalam bentuk kering. Sebaliknya pada pengolahan dendeng, abon dan daging panggang meningkatkan reaksi Maillard, dan pembentukan ikatan silang antar asam amino yang membentuk protein yang tidak bisa dicerna. Hal ini terjadi karena pada proses pengolahan ketiga produk tersebut ditambahkan gula sebagai bumbu, serta mengalami pemanasan suhu tinggi pada keadaan rendah kadar air. Menurut Belitz dan Grosch (1999) reaksi Maillard dan pembentukan ikatan silang akan meningkat bila kadar air rendah dan suhu tinggi.

Pada reaksi Maillard terjadi pembentukan ikatan-ikatan silang (cross-linkage) antara bermacam-macam asam amino dan dengan gula pereduksi yang menghasilkan pigmen coklat, yang disebut melanoidin (Muchtadi *et al.*, 1993). Selain itu reaksi Maillard menghasilkan senyawa volatil yang merupakan senyawa beraroma, substansi yang pahit, reduktion yang dapat berperan sebagai anti oksidan, kehilangan asam-asam amino esensial (Cys, Met), senyawa bersifat mutagenesis, serta senyawa yang menyebabkan ikatan silang pada protein (Belitz dan Grosch, 1999). Produk lanjutan reaksi Maillard yaitu melanoidin (yang berwarna coklat gelap) dan premelanoidin (yang berwarna coklat lebih terang) yang diberikan pada tikus percobaan, menunjukkan bahwa 27% premelanoidin dan 4% melanoidin terbuang melalui urin, 64% premelanoidin dan 87% melanoidin terbuang langsung melalui feses (Muchtadi *et al.*, 1993). Namun demikian reaksi

Maillard juga bertanggung jawab terhadap aspek warna, flavor dan tekstur olahan pangan (Gerrard, 2005).

Rendahnya nilai pencernaan protein pada abon, dendeng dan daging panggang selain disebabkan reaksi di atas, kemungkinan dapat pula terjadi akibat reaksi rasemisasi. Yaitu reaksi yang menghasilkan perubahan isomer optik asam amino D menjadi L (Davidek *et al.*, 1990, Muchtadi *et al.*, 1993). Muchtadi *et al.* (1993) menambahkan bahwa ikatan peptida L-D, D-L atau D-D terbentuk karena terjadinya rasemisasi asam amino. Pada manusia D-Lisin, D-treonin, D-triptofan, D-leusin, D-isoleusin dan D-valin tidak dapat digunakan sama sekali. D-fenilalanin sebagian dapat digunakan sama seperti L-fenilalanin, sedangkan D-metionin dapat digunakan sama seperti L-metionin. Menurut Davidek *et al.* (1990) asam D-aspartat ditemukan secara nyata lebih tinggi pada permukaan daging panggang yang berwarna gelap.

Berdasarkan data kadar protein kasar dan nilai pencernaan secara *in vitro* dapat dihitung nilai dugaan protein yang dapat diserap oleh tubuh, seperti yang ditampilkan pada Tabel 3.

Tabel 3. Persentase Dugaan Protein Daging dan Hasil Olahannya yang Dapat Diserap oleh Tubuh

Jenis Olahan	Jenis Ternak			
	Sapi	Domba	Ayam Kampung	Ayam Broiler
	-----		%	-----
Tanpa Pengolahan	15,02	14,77	18,94	20,06
Bakso	9,30	10,71	11,73	11,30
Sosis	11,12	8,04	11,41	13,31
Dendeng	15,14	16,63	17,79	19,00
Abon	22,95	25,01	22,61	27,36
Daging Panggang	17,30	21,88	21,25	28,14

Pengolahan daging menjadi abon menghasilkan nilai dugaan protein yang dapat diserap tubuh paling tinggi daripada metode pengolahan lainnya. Sebaliknya, nilai dugaan protein yang dapat diserap tubuh pada bakso dan sosis relatif lebih kecil dibandingkan dengan metode pengolahan lainnya. Hal tersebut berlaku untuk semua ternak.

Metode pengolahan kering seperti abon meskipun nilai pencernaan *in vitro*-nya rendah, akan tetapi karena kadar proteinnya relatif lebih tinggi, maka menghasilkan nilai dugaan protein yang dapat diserap tubuh yang lebih tinggi. Hal ini berlaku pula pada dendeng dan daging panggang. Rendahnya nilai dugaan protein yang dapat diserap tubuh pada bakso dan sosis disebabkan karena kadar protein bakso dan sosis yang lebih rendah dari daging segar dan hasil olahan lainnya meskipun nilai pencernaan *in vitro*-nya paling tinggi.

Maillard juga bertanggung jawab terhadap aspek warna, flavor dan tekstur olahan pangan (Gerrard, 2005).

Rendahnya nilai pencernaan protein pada abon, dendeng dan daging panggang selain disebabkan reaksi di atas, kemungkinan dapat pula terjadi akibat reaksi rasemisasi. Yaitu reaksi yang menghasilkan perubahan isomer optik asam amino D menjadi L (Davidek *et al.*, 1990, Muchtadi *et al.*, 1993). Muchtadi *et al.* (1993) menambahkan bahwa ikatan peptida L-D, D-L atau D-D terbentuk karena terjadinya rasemisasi asam amino. Pada manusia D-Lisin, D-treonin, D-triptofan, D-leusin, D-isoleusin dan D-valin tidak dapat digunakan sama sekali. D-fenilalanin sebagian dapat digunakan sama seperti L-fenilalanin, sedangkan D-metionin dapat digunakan sama seperti L-metionin. Menurut Davidek *et al.* (1990) asam D-aspartat ditemukan secara nyata lebih tinggi pada permukaan daging panggang yang berwarna gelap.

Berdasarkan data kadar protein kasar dan nilai pencernaan secara *in vitro* dapat dihitung nilai dugaan protein yang dapat diserap oleh tubuh, seperti yang ditampilkan pada Tabel 3.

Tabel 3. Persentase Dugaan Protein Daging dan Hasil Olahannya yang Dapat Diserap oleh Tubuh

Jenis Olahan	Jenis Ternak			
	Sapi	Domba	Ayam Kampung	Ayam Broiler
	-----		%	-----
Tanpa Pengolahan	15,02	14,77	18,94	20,06
Bakso	9,30	10,71	11,73	11,30
Sosis	11,12	8,04	11,41	13,31
Dendeng	15,14	16,63	17,79	19,00
Abon	22,95	25,01	22,61	27,36
Daging Panggang	17,30	21,88	21,25	28,14

Pengolahan daging menjadi abon menghasilkan nilai dugaan protein yang dapat diserap tubuh paling tinggi daripada metode pengolahan lainnya. Sebaliknya, nilai dugaan protein yang dapat diserap tubuh pada bakso dan sosis relatif lebih kecil dibandingkan dengan metode pengolahan lainnya. Hal tersebut berlaku untuk semua ternak.

Metode pengolahan kering seperti abon meskipun nilai pencernaan *in vitro*-nya rendah, akan tetapi karena kadar proteinnya relatif lebih tinggi, maka menghasilkan nilai dugaan protein yang dapat diserap tubuh yang lebih tinggi. Hal ini berlaku pula pada dendeng dan daging panggang. Rendahnya nilai dugaan protein yang dapat diserap tubuh pada bakso dan sosis disebabkan karena kadar protein bakso dan sosis yang lebih rendah dari daging segar dan hasil olahan lainnya meskipun nilai pencernaan *in vitro*-nya paling tinggi.

### Analisis Elektroforesis

Selain mengubah kadar protein dan pencernaan secara *in vitro*, pengolahan juga mengubah jenis dan karakter protein yang terbentuk pada hasil olahan. Hal ini ditunjukkan dengan perubahan pita-pita protein dengan BM yang beragam pada produk hasil olahan. Perubahan yang terjadi sangat tergantung kepada stabilitas protein daging, bahan-bahan yang ditambahkan serta perlakuan panas yang diberikan selama pengolahan.

Pengolahan pada semua sampel daging menurunkan jumlah jenis protein yang dapat dideteksi (Gambar 1). Jumlah jenis protein daging segar yang dapat dideteksi sekitar 19, pada sapi, 20, pada domba, 19 pada ayam kampung dan 23 pada ayam broiler. Penurunan jenis protein paling besar terjadi pada daging sapi dan domba, sedangkan protein ayam kampung penurunannya relatif lebih kecil. Pada daging sapi, protein yang dapat terdeteksi adalah yang memiliki berat molekul (BM) 15,04-114,55 kD, domba 15,07-114,55 kD, ayam kampung 18,42-114,55 kD, serta ayam broiler 14,29-114,55kD. Protein yang dapat terdeteksi jelas pada semua daging segar adalah protein dengan BM 114,55; 98,37; 45,94 dan 27,65 kD. Protein tersebut tidak terdeteksi pada semua hasil olahan, atau dengan kata lain telah mengalami perubahan.

Protein pada produk hasil olahan menunjukkan adanya protein-protein dengan berat jenis molekul yang masih sama dengan daging segar. Protein tersebut adalah protein dengan berat molekul 114,55 kD, yang masih terdeteksi pada dendeng dan daging panggang ayam kampung, serta dendeng ayam broiler, tetapi tidak terdapat pada hasil olahan daging sapi dan domba. Protein 98,37 kD terdeteksi pada bakso sapi, abon domba, dendeng dan abon ayam kampung, serta sosis dan dendeng ayam broiler.

Beberapa protein dengan BM yang berbeda dari daging segar muncul pada hasil olahan. Protein dengan BM 48,33 kD yang tidak terdapat pada daging segar muncul pada abon domba, dendeng, abon dan daging panggang ayam kampung, serta sosis dan dendeng ayam broiler. Protein dengan BM 43,66 kD yang terdeteksi muncul pada hasil olahan bakso daging sapi, dendeng dan abon daging ayam kampung, serta sosis, dendeng dan abon ayam broiler.

Pada beberapa hasil olahan muncul protein dengan BM yang berbeda dengan daging segar. Pengolahan mengakibatkan perubahan protein yang berupa hilangnya protein *native* dan atau munculnya protein dengan BM yang berbeda dari asalnya. Hal tersebut kemungkinan dapat terjadi karena: 1) protein-protein daging segar mengalami perubahan atau kerusakan akibat perlakuan pengolahan, 2) adanya bahan tambahan pada produk olahan yang akan memberikan kontribusi jenis protein yang berbeda dari daging segar.

Protein dengan BM 114,55 kD relatif lebih tidak stabil daripada protein dengan BM 98,37 kD. Hasil tersebut sesuai dengan pernyataan Hoffman (1977) protein dengan BM lebih rendah relatif lebih stabil terhadap panas daripada protein dengan BM tinggi. Kecuali untuk bakso, protein ayam kampung relatif lebih stabil terhadap pengolahan daripada sapi dan domba. Hal ini ditunjukkan dengan masih terdeteksinya protein dengan BM tinggi dan jumlah protein yang terdeteksi relatif lebih banyak daripada hasil olahan sapi dan domba.



## KESIMPULAN

Pengolahan daging menjadi dendeng, abon dan daging panggang meskipun menurunkan nilai pencernaan secara *in vitro*, tetapi menghasilkan nilai dugaan protein yang dapat diserap tubuh lebih tinggi daripada bakso dan sosis. Protein ayam kampung relatif lebih tahan terhadap pengolahan dibandingkan protein daging ternak sapi, domba, dan ayam broiler.

## DAFTAR PUSTAKA

- Akeson, W. R. and M. A. Stahmann. 1964. A pepsin-pancreatin digest index of protein quality. *J. Nutr.* 83:257.
- AOAC. 1995. Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists. Agricultural Chemistry, Washington D.C.
- Baardseth, P. 1977. Meat Product and Vegetables. *In*: T.Hoyem and O. Kuale (Eds). Chemical and Biological Changes in Food Caused by Thermal Processing. Applied Science Publishers Ltd., London.
- Belitz, H. D. and Grosch, W. 1999. Food Chemistry. Translation from 4th German Ed. by: M. M. Burghagen, D. Hadziyev, P. Hessel, S. Jordan and C. Sprinz. Springer, Berlin.
- Muchtadi. 1993. Teknik Evaluasi Nilai Gizi Protein. Program Studi Ilmu Pangan, Program Pascasarjana, Institut Pertanian Bogor, Bogor.
- Davidek, J., J. Velisek, and J. Pokorny. 1990. Chemical Changes During Food Processing. Elsevier Publ., Amsterdam-Oxford-New York-Tokyo.
- Gerrard, J. A. 2005. New aspects of the AGEing chemistry - Recent developments concerning the Maillard Reaction. *Abstr. Aust. J. of Chem.* 55(5) 299-310.
- Hoffman, K. 1977. The Influence of Heat on Meat Proteins, Studied by SDS Electrophoresis. *In*: T.Hoyem and O. Kuale (Eds). Chemical and Biological Changes in Food Caused by Thermal Processing. Applied Science Publishers Ltd., London.
- Tornberg, E. 2005. Effects of heat on meat proteins-Implications on structure and quality of meat product. *Rev. Meat Sci.* 70 (2005) 493-508.