

PENGARUH PERBANDINGAN KEDELAI:AIR PADA PROSES EKSTRAKSI TERHADAP EKSTRAKTABILITAS PADATAN, PROTEIN, DAN KALSIMUM KEDELAI SERTA RASIO FRAKSI PROTEIN 7S/11S

Effect of Water:Bean Ratio during Extraction Process on Solid, Protein, and Calcium Extractability and on Ratio of 7S/11S Protein Fraction

Sudarminto Setyo Yuwono¹⁾ dan Tri Susanto²⁾

¹⁾ Jurusan Teknologi Hasil Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Brawijaya. Jl Veteran - 65145. Telp/Fax 0341-569214, E-mail : sssuwono@yahoo.com

ABSTRACT

Water: bean ratio has an important role during extraction process in tofu industries. This factor determines yield and textural properties of tofu. The aim of the research was to evaluate the role of water: bean ratio on soymilk characteristics and to determine the extractability of solids, protein, and calcium.

It was shown that the increase amount of water, from water to bean ratio of 10:1 to 30:1, reduced the total solids, protein and calcium content of soymilk, however, increased the total extracted solids, protein and calcium in the range of 53,53% - 68,44%, 73,08% - 83,21%, and 23,38% - 38,44%, respectively. Such an increase also resulted in the increase of 7S/11S globulin ratio, from 0,232 to 0,259.

Key words: soybean, water:bean ratio, globulin 7S/11S

PENDAHULUAN

Tahu (*soybean curd*) adalah salah satu produk makanan non-fermentasi paling penting yang digunakan secara luas di Asia Timur dan Asia Tenggara (Lim *et al.*, 1990^a). Data statistik pada tahun 1994, industri pengolahan tahu di Indonesia sebanyak 4000 unit yang tersebar di Jawa Barat dan berbagai daerah lainnya (Warisno, 1994). Besarnya jumlah industri ini mengakibatkan sebanyak 40% konsumsi kedelai di Indonesia digunakan untuk produksi tahu

Proses produksi tahu, pada umumnya proses dapat dibagi menjadi 2 tahap utama yaitu: (1) tahap ekstraksi protein dan padatan kedelai, dan (2) tahap penggumpalan protein kedelai menjadi bentuk tahu. Tahap ekstraksi pada umumnya mencakup kegiatan penggilingan kedelai, pemasakan bubur kedelai, dan penyaringan.

Perbandingan kedelai:air dalam proses ekstraksi di industri tahu yang ada di

masyarakat memegang peranan penting dalam menentukan rendemen dan tekstur dari tahu. Hasil penelitian sebelumnya (Beddows and Wong, 1987; Wang and Cavins, 1989), menunjukkan bahwa proses ekstraksi sangat menentukan rendemen tahu. Sedangkan Lim, *et al.*, (1990^b) dan Shen, *et al.*, (1991) menunjukkan bahwa kekerasan tahu dipengaruhi oleh kadar protein dan padatan di susu kedelai. Akan tetapi peneliti terdahulu belum menjawab mengapa hal tersebut terjadi.

Sifat-sifat susu kedelai erat kaitannya dengan tinggi rendahnya penggunaan air dalam proses ekstraksi. Tinggi rendahnya rendemen dan perubahan tekstur akibat rasio kedelai:air dan pembilasan diduga berhubungan dengan komponen padatan dan protein terekstrak, kalsium terekstrak serta rasio globulin 7S/11S pada susu kedelai

Informasi mengenai pengaruh rasio kedelai:air terhadap ekstraktabilitas padatan dan protein serta kalsium dan rasio globulin 7S/11S masih sangat kurang,

terutama untuk penggunaan perbandingan kedelai:air yang lebih dari 1:10. Penelitian ini bertujuan untuk mempelajari pengaruh perbandingan kedelai:air terhadap karakteristik susu kedelai serta mengukur ekstraktabilitas atau efisiensi ekstraksi padatan, protein dan kalsium.

BAHAN DAN METODE

Alat dan Bahan

Alat yang digunakan menggiling kedelai adalah mesin giling tipe *attrition mill*, diameter piringan adalah 15 cm. Penyaringan menggunakan kain saring ukuran 80 mesh. Sedangkan alat untuk analisa meliputi seperangkat alat Kjeldahl, distillation unit, flame photometer merk Jenway PFP7, centrifuge dingin merk Hettick tipe Mikro 22R.

Bahan baku yang digunakan adalah kedelai lokal varietas Wilis. Kedelai ini diperoleh dari BALITKABI (Balai Penelitian Tanaman Kacang-kacangan dan Umbi-umbian) Malang. Sedangkan whey yang digunakan untuk menggumpalkan susu kedelai diperoleh dari industri tahu di daerah Kemulan Mulyorejo Malang yang telah difermentasi selama 12 jam. Bahan-bahan kimia yang digunakan untuk analisa semua berderajat pro analysis (*p.a*).

Metode

Rancangan percobaan yang digunakan adalah Rancangan Acak Kelompok (RAK) yang dikeompokkan berdasarkan ulangan. Perlakuan yang digunakan sebanyak 5 yaitu perbandingan kedelai:air (1:10, 1:15, 1:20, 1:25, 1:30) dan setiap perlakuan diulang 4 kali.

Pelaksanaan Penelitian

Sebelum direndam, kedelai dipilih dan dibersihkan dari kotoran, kerikil, pasir, potongan ranting, batang kedelai serta biji rusak dan berkapang. Biji-biji kedelai lalu dicuci menggunakan air yang mengalir setelah itu direndam dalam air selama 6 jam dengan perbandingan antara kedelai:air 1:4 b/v. Selanjutnya, kedelai hasil rendaman dicuci menggunakan air yang mengalir dan ditiriskan.

Kedelai digiling selama 10 menit menggunakan 8 bagian air sehingga diperoleh perbandingan antara kedelai:air 1:8 b/v. Penggilingan dilakukan menggunakan "attrition mill". Bubur kedelai ditimbang lalu dididihkan selama 10 menit. Setelah itu bubur disaring dengan menggunakan kain saring berukuran 80 mesh. Setelah penyaringan, ampas yang diperoleh dipres menggunakan press hidroulik dengan tekanan ($5,5 \text{ kg/cm}^2$) selama 5 menit. Ampas hasil pengepresan dibilas menggunakan sisa air. Dengan demikian dengan perbandingan kedelai:air 1:10, 1:15, 1:20, 1:25, dan 1:30, maka jumlah air yang digunakan untuk pembilasan adalah sesuai Tabel 1. Susu kedelai hasil pengepresan dicampurkan dengan susu kedelai hasil pengepresan sebelumnya.

Pengamatan dan Analisa Data

Analisa meliputi bahan baku, sifat-sifat susu kedelai, efisiensi proses ekstraksi. Analisa bahan baku meliputi analisa berat 100 biji, warna, kadar protein, kadar kalsium, dan kadar air. Parameter sifat-sifat susu kedelai yang dianalisa antara lain total padatan, pH, kadar kalsium, kadar protein, dan fraksi globulin 7S/11S. Sedangkan parameter efisiensi proses ekstraksi yang dianalisa adalah rendemen, padatan terekstrak, protein terekstrak, dan kalsium terekstrak.

Metode analisa yang digunakan adalah sebagai berikut: kadar air dan total padatan: metode oven (Apriyanto dkk, 1989), pH: menggunakan pHmeter (Apriyanto dkk, 1989), kadar protein: metode Kjeldahl (Apriyanto dkk, 1989), kadar kalsium: metode spektrofotometri menggunakan flame photometer (Clesceri *et al.*, 1992), fraksi globulin 7S/11S: menggunakan sentifusi dingin (Thant and Shibasaki, 1976), padatan terekstrak; protein terekstrak; dan kalsium terekstrak (Yuwono, 1998).

Data yang diperoleh dianalisa menggunakan analisis ragam dengan taraf $\alpha = 0,05$. Uji lanjut terhadap faktor-faktor yang digunakan menggunakan uji BNT pada taraf $\alpha = 0,05$

Tabel 1. proporsi air yang harus ditambahkan pada pembilasan pada perbandingan jumlah kedelai dan air yang berbeda.

Perbandingan kedelai:air	Proporsi air yang digunakan pada penggilingan	Proporsi air yang ditambahkan pada pembilasan
1:10	1:8	1:2
1:15	1:8	1:7
1:20	1:8	1:12
1:25	1:8	1:17
1:30	1:8	1:22

HASIL DAN PEMBAHASAN

Bahan Baku

Bahan baku adalah kedelai lokal varietas Wilis 2000 dengan sifat-sifat yang ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 2. sifat fisik dan kimia Kedelai

Parameter	Rerata
Berat 100biji (g/100 biji)	10,26 ± 0,01
Protein (% db)	36,92 ± 0,16
Air (%)	10,87 ± 0,02
Kalsium (%)	0,083 ± 0,002

Kedelai varietas Wilis yang digunakan sebagai bahan baku memiliki berat sebesar 10,26 ± 0,01 g/100 biji sedangkan Yuwono, dkk.(2003). menggunakan kedelai dengan ukuran 7,30 - 10,77 g/100 biji. Akan tetapi ukuran ini hampir sama dengan hasil penelitian Marzempi dkk (1993) terhadap 14 varietas kedelai lokal dan galur harapan memiliki berat 100 biji berkisar 7,35 - 12,00 g.

Sedangkan jika dibandingkan dengan ukuran biji kedelai yang digunakan oleh peneliti di negara lain, ukuran ini lebih rendah. Biji kedelai yang digunakan oleh Lim *et al.* (1990) adalah 8,71 sampai 41,27 g/100 biji. De Man *et al.* (1987), ukuran biji yang digunakan 17,2 sampai 23,3 g/100 biji. Lim *et al.* (1990) menyatakan bahwa ukuran biji merupakan topik yang masih sering diperdebatkan apakah ukuran mempengaruhi sifat-sifat susu kedelai dan tahu yang dihasilkan.

Kadar protein kedelai yang diperoleh dari hasil analisa adalah 36,92 ± 0,16. Nilai

ini sesuai dengan hasil penelitian Indrasari dan Damardjati (1991) terhadap 23 varietas kedelai Indonesia galur harapan yang mendapatkan kadar protein sebesar 33,90% - 48,01% (berat kering).

Kadar air kedelai yang digunakan dalam penelitian ini termasuk dalam kisaran kadar air kedelai hasil penelitian Shen *et al.* (1991) yaitu 8,0% - 11,5%. Kadar air kedelai dapat mengalami perubahan selama penyimpanan karena dipengaruhi langsung oleh kelembaban nisbi ruang penyimpanan.

Kadar kalsium kedelai yang diperoleh dari hasil analisa adalah 0,083 ± 0,002. Nilai ini lebih rendah dibanding hasil penelitian Snyder and Kwon (1989) yaitu 0,3%. Hal ini disebabkan oleh perbedaan varietas kedelai yang digunakan dan kondisi penanaman. Menurut Helms *et al.*, (1998) pengaruh lokasi dalam tahun yang sama dapat berpengaruh besar pada senyawa kimia dari kedelai, terutama jumlah protein dan tipe fraksi protein. Hal ini dipengaruhi oleh perbedaan kondisi lingkungan di setiap lokasi dan tahun yang berbeda seperti suhu, pengendapan, kesuburan tanah, tipe tanah, cuaca dan lain-lain.

Sifat-sifat Susu Kedelai

Hasil analisis ragam menunjukkan bahwa interaksi antara kedua perlakuan tidak berpengaruh nyata ($\alpha=0,05$), pada semua parameter susu yang diamati. Sedangkan faktor perbandingan kedelai:air berpengaruh nyata pada semua parameter susu dan faktor jumlah pembilasan berpengaruh nyata pada total padatan, protein dan rasio fraksi 7S/11S (Tabel 3).

Kadar Padatan, Protein dan Kalsium Susu Kedelai

Rerata total padatan, protein dan kalsium susu kedelai akibat perlakuan perbandingan kedelai:air adalah antara 1,72% - 4,27% untuk total padatan, antara 0,79% - 2,01% untuk protein, dan antara 9,64 ppm - 15,74 ppm untuk kalsium.

Tabel 3 menunjukkan bahwa dengan semakin meningkatnya penggunaan air, maka total padatan, protein dan kalsium susu kedelai semakin menurun. Adanya peningkatan jumlah air yang digunakan dalam proses akan meningkatkan pula jumlah air dalam susu kedelai, sehingga akan menurunkan kadar padatan termasuk protein dan mineral. Kalsium bersama-sama dengan potassium dan sodium merupakan mineral yang utama dari kedelai (Snyder and Kwon, 1987). Menurut Yuwono (1998), perbandingan kedelai:air yang rendah (jumlah air lebih kecil) akan menghasilkan total padatan dan kadar protein susu kedelai yang tinggi tetapi dengan ekstraksi yang kurang sempurna.

pH

Nilai pH susu kedelai berkisar antara 6,57 - 6,94. Nilai pH susu kedelai cenderung meningkat dengan semakin besarnya air yang digunakan dalam proses. Semakin besar air yang digunakan dalam proses maka kadar total padatan dalam susu kedelai akan cenderung turun, begitu pula sebaliknya jika air yang digunakan kecil akan diperoleh total padatan yang cenderung tinggi. Padatan yang terekstrak dari kedelai ke susu kedelai ini meliputi protein, lemak, karbohidrat, asam-asam organik, mineral, vitamin dan komponen-komponen lainnya, dimana masing-masing komponen tersebut memiliki nilai pH yang bervariasi. Misalnya asam-asam organik memiliki pH 3-4 dan menurut penelitian Yuwono, *dkk.*(2003). protein kedelai memiliki nilai pH sebesar 6,57. Bervariasinya nilai pH setiap komponen menyebabkan nilai pH total padatan yang ada dalam susu kedelai cenderung rendah dan dengan semakin besarnya air yang

ditambahkan (pH 7) maka pH susu kedelai yang dihasilkan akan meningkat.

Berdasarkan Tabel terlihat bahwa penggunaan air yang lebih dari 30 kali berat kedelai tidak terlalu mempengaruhi peningkatan pada pH susu kedelai. Hal ini karena dengan semakin meningkatnya air yang digunakan kondisi ekstraksi dapat mendekati keseimbangan. Hal ini berakibat semakin menurunnya padatan yang dapat diekstrak dengan meningkatnya air yang ditambahkan. Dengan demikian peranan pH air sangat menentukan pH susu kedelai.

Rasio Fraksi Globulin 7S/11S

Fraksi 7S dan 11S merupakan fraksi yang dominan dalam protein kedelai, sehingga kedua fraksi tersebut berperan dalam proses gelasi yang sangat berpengaruh terhadap pembentukan sifat tekstural gel. Fraksi 7S globulin memiliki berat molekul lebih kecil (180.000-210.000 Dalton) dibanding fraksi 11S globulin (350.000 Dalton) (Nakai and Modler, 1996).

Rerata rasio fraksi globulin 7S/11S susu kedelai dengan perbandingan kedelai:air berbeda berkisar 0,222 - 0,262. Dari Tabel 3. terlihat bahwa penggunaan air yang lebih banyak berakibat lebih terekstraknya globulin 7S dibandingkan 11S. Glycinin adalah protein dengan berat molekul 360 kDa, sedangkan beta-conglycinin (7S globulin) adalah glikoprotein heterogen dengan berat molekul rata-rata 150 - 240 kDa (Nakai and Modler, 1996, Kinney *et al.*, 2002).

Dengan ukuran molekul yang lebih besar ini fraksi 11S lebih sukar untuk diekstrak karena kelarutannya dalam air yang lebih rendah dibanding 7S. Sedangkan fraksi 7S selain berukuran molekul lebih kecil juga memiliki sifat pengemulsi yang lebih baik, artinya mempunyai sisi-sisi hidrofilik yang lebih baik dibanding fraksi 11S. Secara umum, protein 11S memiliki kemampuan membentuk gel yang lebih baik dari pada globulin 7S. Sebaliknya, protein 7S memiliki kapasitas emulsifying dan kestabilan emulsi lebih besar daripada globulin 11S (Murasawa *et al.*, 1991).

Tabel 3. pengaruh rasio kedelai : air terhadap sifat kimia susu kedelai

Rasio kedelai:air	Total padatan (%)	Padatan terekstrak (%)	protein (%)	Protein terekstrak (%)	kalsium (ppm)	Kalsium terekstrak (%)	pH	Rasio Fraksi Globulin 7S/11S
1 : 10	4,24 d	53.53 a	1,92 d	73,08 a	15,65 d	22,38 a	6,58 a	0,232 a
1 : 15	3,19 c	57.32 b	1,46 c	76,29 a	13,88 cd	27,37 b	6,69 a	0,251 b
1 : 20	2,51 b	59.61 b	1,12 b	76,25 a	12,44 bc	31,96 c	6,74 b	0,253 b
1 : 25	2,19 a	63.65 c	1,01 b	81,46 b	11,84 ab	36,22 d	6,79 bc	0,256 b
1 : 30	1,91 a	68.44 d	0,86 a	83,21 b	10,49 a	38,44 d	6,91 c	0,259 b
BNT 5%	0,28	3,65	0,13	4,42	1,85	3,54	0,16	0,014

Selain itu diduga dengan semakin banyaknya air yang digunakan maka semakin besar pula energi kinetik yang diterima oleh biji kedelai. Energi kinetik sebanding dengan massa dan kuadrat kecepatannya, sehingga semakin banyak partikel yang terpecah dan menghasilkan partikel berukuran kecil. Hasil ini identik dengan penelitian Ono *et al.* (1991) yang menyatakan bahwa fraksi protein susu kedelai yang diperoleh tanpa perlakuan memiliki ukuran partikel besar (>120 nm), medium (120-40 nm) dan kecil (<40 nm) berturut-turut 35%, 22% dan 43%. Sedangkan fraksi protein dari perlakuan sonikasi menghasilkan ukuran partikel besar (>120 nm), medium (120-40 nm) dan kecil (<40 nm) berturut-turut 31%, 19% dan 51%. Dengan adanya sonikasi, kedelai akan menerima energi kinetik berupa gelombang yang memiliki kecepatan dan frekuensi tertentu. Akibatnya semakin banyak partikel yang terpecah dan menghasilkan partikel berukuran kecil. Ono *et al.* (1991) menyebutkan setelah difraksinasi, partikel besar dan medium lebih banyak mengandung fraksi 11S globulin (70% dari total komponen). Sedangkan partikel kecil mengandung lebih banyak fraksi 7S globulin (70% dari total komponen).

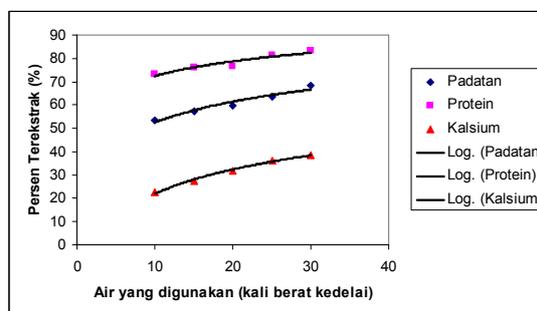
Ekstraktabilitas padatan, protein dan kalsium

Padatan, protein, dan kalsium kedelai yang dapat diekstrak ke susu kedelai berkisar antara 48,56% - 73,55% untuk padatan, 61,27% - 93,297% untuk protein, dan 19,70% - 43,43% untuk kalsium.

Pengaruh perbandingan kedelai:air terhadap padatan, protein dan kalsium terekstrak disajikan pada Gambar 1.

Dari Gambar 1. terlihat bahwa ekstraktabilitas padatan, protein dan kalsium mengikuti persamaan logaritmis. Kenaikan yang tajam terjadi pada penggunaan kedelai:air dari 10 sampai dengan 25, setelah itu kenaikan mulai mengecil.

Penggunaan air yang lebih tinggi akan memberikan efek perbedaan konsentrasi padatan, protein dan kalsium yang tinggi antara air sebagai pelarut dengan jaringan kedelai. Adanya perbedaan konsentrasi ini akan memudahkan komponen-komponen yang ada pada jaringan kedelai untuk berdifusi ke dalam pelarut, sehingga padatan lebih banyak yang terekstrak. Hal ini sesuai dengan persamaan laju ekstraksi yang menunjukkan bahwa laju ekstraksi bergantung pada luas permukaan, koefisien pindah massa, dan perbedaan konsentrasi zat terlarut pada bahan dan pada pelarut.



Gambar 1. Perbandingan Kedelai:Air terhadap Ekstraktabilitas Padatan, Protein, dan Kalsium Kedelai

Hasil analisis ragam menunjukkan bahwa perlakuan rasio kedelai:air berpengaruh nyata terhadap ekstraktabilitas padatan, protein, dan kalsium. Tabel 1 menunjukkan bahwa penggunaan air dari 10 sampai 30 kali berat kedelai akan menurunkan kadar padatan, protein dan kalsium pada susu kedelai, tetapi akan meningkatkan padatan, protein dan kalsium terekstrak.

Dari Tabel 2 juga terlihat bahwa protein termasuk padatan yang mudah diekstrak karena 73-83% protein kedelai dapat diekstrak ke dalam susu kedelai. Hal ini karena protein kedelai terletak pada sel koteledon yang jika sel tersebut dihancurkan pada proses penggilingan, dengan adanya air, baik pada saat penggilingan maupun pada saat pembilasan, protein akan tercuci keluar. Snyder and Kwon (1987) menyatakan bahwa 60-90% protein kedelai terletak pada "protein bodies" yang sangat mudah pecah dan mudah lisis ketika sel kotiledon biji kedelai dipecah dengan air. Dengan semakin banyaknya air yang digunakan selama proses maka semakin banyak pula protein yang dapat terekstrak dari kedelai ke susu kedelai.

Hasil ini juga sesuai dengan hasil penelitian Beddows and Wong (1987^a), yang menunjukkan bahwa protein terekstrak ternyata sangat dipengaruhi oleh perbandingan kedelai:air. Protein terekstrak yang dihasilkan dari perbandingan 1:10 menunjukkan nilai sebesar 74,2%, sedangkan protein terekstrak dari perbandingan 1:8 menunjukkan 64%. Penelitian deMan (1987) juga menunjukkan bahwa sekitar 30% protein dari kedelai tertinggal di ampas. Tentunya efisiensi proses ekstraksi protein ini sangat bergantung pada banyak faktor. Wang and Cavins (1989) menyatakan bahwa protein yang terekstrak angka ini dapat bervariasi bergantung pada cara ekstraksi dan metode pembilasan yang digunakan serta varietas kedelai yang dipakai.

Perbandingan kedelai:air 1:30 menghasilkan kalsium terekstrak tertinggi (38,44%) sedangkan perbandingan

kedelai:air 1:10 menghasilkan kalsium terekstrak terendah yaitu 22,39%. Relatif kecilnya kalsium yang dapat diekstrak dibandingkan padatan maupun protein terekstrak karena kalsium merupakan mineral yang sulit untuk diekstrak dengan pelarut air. Kalsium, magnesium dan phosphorus dapat diekstrak dengan phospholipids dan akan menjadi bagian dari minyak (Snyder and Kwon, 1987). Penelitian de Man *et.al* (1987) and Shen *et.al* (1991) juga mengindikasikan bahwa kalsium merupakan mineral yang sulit untuk diekstrak dari kedelai.

KESIMPULAN

Hasil penelitian menunjukkan bahwa rasio kedelai:air yang digunakan pada proses ekstraksi berpengaruh nyata terhadap sifat-sifat susu kedelai seperti kadar padatan, protein, pH, kalsium, pH dan rasio globulin 7S/11S. Selain itu perbandingan kedelai:air juga berpengaruh nyata terhadap parameter ekstraksi seperti padatan, protein, dan kalsium terekstrak. Semakin besar air yang digunakan semakin meningkat ekstraktabilitas padatan, protein dan kalsium serta rasio globulin 7S/11S.

Penggunaan rasio kedelai:air dari 1:10 sampai dengan 1:30 meningkatkan padatan terekstrak dari 53,53% menjadi 68,44%, protein terekstrak dari 73,08% ke 83,21%, dan kalsium terekstrak dari 23,38% meningkat menjadi 38,44%. Sedangkan rasio globulin 7S/11S akan meningkat dari 0,232 ke 0,259 dengan meningkatnya air yang digunakan dari proporsi 10 bagian ke 30 bagian kedelai.

DAFTAR PUSTAKA

- Apriyanto, A., Fardiaz, D., Puspitasari, N.L., Sedarwati., dan Budijanto, S. 1989. Petunjuk Laboratorium Analisis Pangan. Direktur Jenderal Pendidikan Tinggi Pusat Antar Universitas Pangan dan Gizi. IPB. Bogor.
- Beddows, C.G., and Wong, J. 1987. Optimization of Yield and Properties of Silken Tofu from Soybeans. I. The Water:bean Ratio. International

- Journal of Food Science and Technology. 22: 15-21.
- Clesceri, L.S., Greenberg, A.E., Eaton, A.D. 1992. Standard Methods the Examination of Water and Wastewater. 18th ed. American Public Health Association. Washington DC. pp. 3-60.
- De Man, L., de Man, J.M., and Buzzell, R.I. 1987. Composition and Properties of Soymilk and Tofu Made from Ontario Light Hilum Soybeans. Canadian Institute of Food Science and Technology Journal. 20: 363-367.
- Damodaran, S., and Paraf, A. 1997. Food Protein and Their Application. Marcel Dekker, Inc. New York.
- Helms, T.C., Cai, T.D., Chang, K.C., and Enz, J.W. 1998. Tofu Characteristics Influenced by Soybean Crop Year and Location. North Dakota State University.
<http://www.ag.ndsu.nodak.edu/ndagres/fall98/ar31198.htm>. Tanggal akses 12 Maret 2004.
- Indrasari, S., dan Damardjati, D.S. 1991. Sifat Fisik dan Kimia Varietas Kedelai dan Hubungannya dengan Rendemen dan Mutu Tahu. Media Penelitian Sukamandi. 9: 43-49.
- Lim, B.T., De Man, J.M., and De Man, L. 1990^a. Yield and Quality of Tofu Made from Soybeans and Soy/Peanut Blends. Journal of American Oil Chemist's Society. 67: 381-387.
- Lim, B.T., De Man, J.M., De Man, L., and Buzell, R.I. 1990^b. Yield and Quality of Tofu as Affected by Soybean and Soymilk Characteristics: Calcium Sulfate Coagulant. Journal of Food Science. 55: 1088-1092.
- Liu, K. 1997. Soybean: Chemistry, Technology and Utilization. Chapman & Hall. New York.
- Marzempi., Sastrodipuro, S., dan Afdi, E. 1993. Karakteristik dan Mutu Tahu dari Beberapa Galur/Varietas Kedelai. Risalah Seminar Balitan Sukarami. 2: 27-82.
- Nakai, S., and Modler, W.H. 1996. Food Proteins: Properties and Characterization. Wiley-VCH. Toronto.
- Ono, T., Choi, M.R., Ikeda, A., and Odagiri, S. 1991. Changes in the Composition and Size Distribution of Soymilk Protein Particels by Heating. Agricultural and Biological Chemistry. 55: 2291-2297.
- Shen, C.F., De Man, L., Buzzell, R.I., and De Man, J.M. 1991. Yield and Quality of Tofu as Affected by Soybean and Soymilk Characteristics: Glucono-delta-lactone Coagulant. Journal of Food Science. 56: 109-112.
- Shurtleff, W., and Aoyagi, A. 1983. The Book of Tofu: Protein Source of the Future-Now!. Soya Food Centre. Barkeley. California.
- Snyder, H.E., and Kwon, T.W. 1987. Soybean Utilization. Van Nostrand Reinhold Company. New York.
- Thant, V.H., and Shibasaki, K. 1976. Major Protein of Soybean Seeds: A Straightforward Fraction and Their Characterization. Journal of Agriculture Food Chemistry. 26(6): 1117-1121.
- Thomas, R., De Man, J.M., and De Man, I. 1989. Soymilk and Tofu Properties as Influences Soybean Storage Condition. Journal of American Oil Chemist's Society. 66: 777-782.
- Wang, H.L., and Cavins, J.F. 1989. Yield and Amino Acid Compotion of Fractions Obtained During Tofu Production. Cereal Chemistry. 66: 359-361.
- Warisno. 1994. Air Limbah Tahu dapat Diolah untuk Membran "Sound System".
<http://www.hamline.edu/apakabar/basisdata/1994/10/07/0001.html>. Tanggal akses 8 maret 2004.
- Yuwono, S.S. 1998. Study of Solid and Protein Extraction in Tofu Production. Thesis. University of Ballarat. Australia.
- Yuwono, S.S., KK. Hayati dan S.N. Wulan. 2003. Karakteristik Fisik, Kimia, dan Fraksi Protein 7S dan 11S Sepuluh Varietas Kedelai produksi Indonesia. Jurnal Teknologi Pertanian (4) 2: 84-90.