

Teknologi Pengolahan Kedelai

Sri Widowati

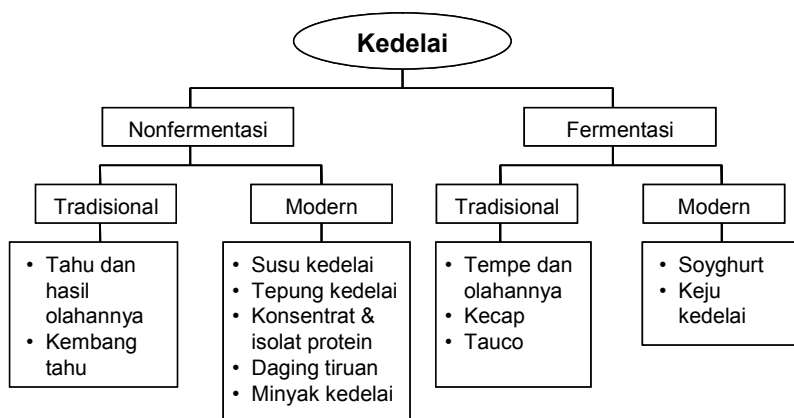
Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Pascapanen Pertanian, Bogor

PENDAHULUAN

Kedelai merupakan jenis kacang-kacangan yang paling banyak dikonsumsi dan sebagai sumber protein nabati terpenting di Indonesia. Ditinjau dari sisi pangan dan gizi, kedelai merupakan sumber protein yang paling murah di dunia, selain sebagai sumber minyak yang bermutu tinggi. Biji kedelai utuh, tepung maupun protein dan minyaknya dapat diolah menjadi aneka ragam produk pangan, pakan ternak, maupun produk untuk berbagai keperluan industri. Kedelai dapat langsung dimakan setelah direbus, disangrai ataupun digoreng. Kedelai rebus biasanya dipilih kedelai muda dan direbus dalam bentuk polong. Selain itu kedelai yang dikecambahkan, dikonsumsi sebagai sayur. Sedangkan produk hasil olahan kedelai adalah aneka produk kedelai yang dihasilkan melalui proses pengolahan terlebih dahulu, baik melalui cara tradisional maupun modern.

KLASIFIKASI PRODUK OLAHAN KEDELAI

Produk olahan kedelai dapat dikelompokkan menjadi dua, yaitu produk makanan nonfermentasi dan makanan terfermentasi. Hasil olahan fermentasi kedelai tradisional yang sangat terkenal adalah tempe dan kecap, sedangkan hasil olahan nonfermentasi hasil industri tradisional adalah tahu dan kembang tahu. Produk hasil industri modern sebagian besar merupakan hasil olahan nonfermentasi, seperti tepung kedelai, konsentrat dan isolat protein kedelai, daging tiruan (*Texturized Vegetable Protein, TVP*), dan minyak kedelai. Sedangkan produk olahan kedelai terfermentasi hasil industri pangan modern antara lain yoghurt kedelai atau disebut juga *soyghurt* dan keju kedelai (*soycheese*). Klasifikasi produk olahan kedelai dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Klasifikasi produk olahan kedelai.

PRODUK OLAHAN NONFERMENTASI

Tahu dan Produk Olahannya

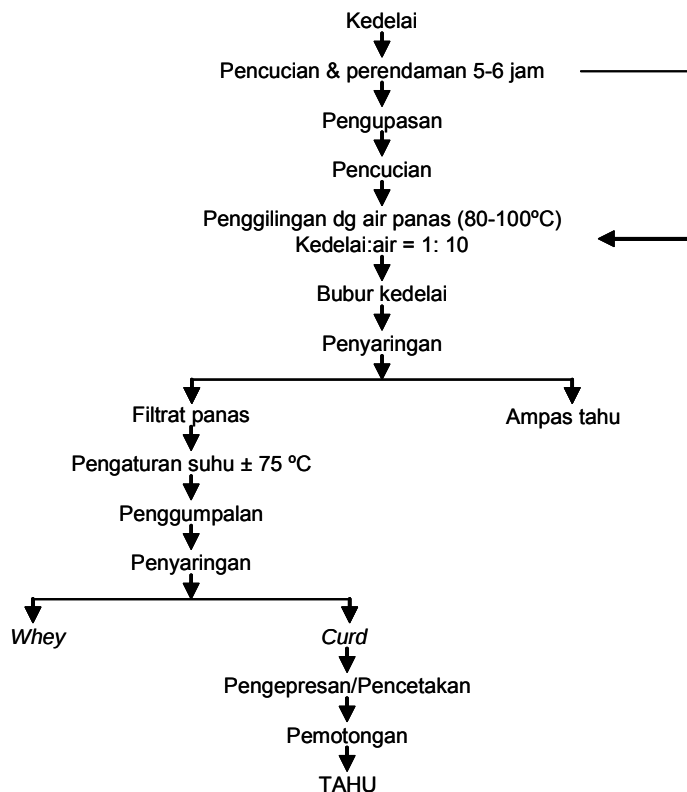
Tahu merupakan hasil olahan kedelai yang digemari dan dikonsumsi masyarakat sehari-hari. Prinsip pembuatan tahu adalah penggumpalan protein kedelai. Di pasaran terdapat bermacam-macam tahu dengan tekstur dan rasa bervariasi. Perbedaan tersebut karena jenis penggumpal dan cara proses yang berbeda. Salah satu keuntungan pembuatan tahu adalah berkurangnya senyawa antitripsin (*trypsin inhibitor*) yang terbuang bersama *whey* dan rusak selama pemanasan. Selain itu, daya cerna protein tahu tinggi dan proses panas mengakibatkan hilangnya bau langu.

Proses pembuatan tahu pada prinsipnya dapat dibagi menjadi dua, yaitu pembuatan susu kedelai dan penggumpalan protein. Tekstur tahu dipengaruhi oleh jenis penggumpalnya. Pengrajin tahu tradisional biasanya menggunakan 'biang' sebagai penggumpal. Biang adalah cairan yang keluar saat pengepresan dan sudah didiamkan semalam sehingga agak asam. Penggumpal lain yang umum digunakan pada industri tahu adalah air jeruk nipis, asam cuka, larutan asam laktat, larutan CaCl_2 atau CaSO_4 . Pada pembuatan tahu Cina digunakan penggumpal disebut 'sioko' yang mengandung CaSO_4 dan garam.

Rendemen protein dan mutu tahu dipengaruhi antara lain oleh varietas kedelai, cara penggilingan, jenis penggumpal dan sanitasi proses. Penggilingan dalam kondisi panas akan meningkatkan rendemen dan mutu tahu (tidak ada bau langu). Cara pembuatan tahu dapat dilihat pada Gambar 2. Mutu bahan baku sangat mempengaruhi produk akhir. Kedelai yang telah

dicuci bersih, direndam selama 5-6 jam kemudian dikupas, dicuci lagi dan digiling dalam kondisi panas (80-100°C). Kadang-kadang kedelai tidak dikupas, langsung digiling panas. Perendaman bertujuan untuk melunakkan tekstur biji kedelai, sehingga pada saat penggilingan akan memberikan hasil yang lebih baik dan menurunkan kandungan oligosakarida (penyebab flatulensi). Kedelai yang telah direndam juga akan memudahkan tahap pengupasan kulit ari. Namun, perendaman yang terlampau lama akan menurunkan total padatan.

Penggilingan dilakukan dalam kondisi panas untuk menginaktifkan enzim lipoksigenase penyebab bau langu, dan untuk meningkatkan rendemen. Bubur kedelai yang diperoleh, lalu disaring dalam kondisi panas, ampasnya dibuang. Filtrat atau susu kedelai dimasak. Pemasakan bertujuan untuk menginaktifkan tripsin inhibitor, meningkatkan daya cerna protein, mengurangi bau langu, mempermudah ekstraksi/penyaringan dan meningkatkan daya simpan tahu. Selanjutnya dilakukan penambahan



Gambar 2. Tahapan pembuatan tahu.

penggumpal segera setelah susu kedelai masak mencapai suhu sekitar 75°C. Gumpalan protein (*curd*) dicetak dan dipres, kemudian dipotong-potong sesuai ukuran yang diinginkan. Potongan tahu ini dimasukan dalam air dingin beberapa jam (bisa juga satu malam). Untuk meningkatkan keawetan, tahu direbus terlebih dahulu sebelum dipasarkan

Kembang Tahu (Yuba)

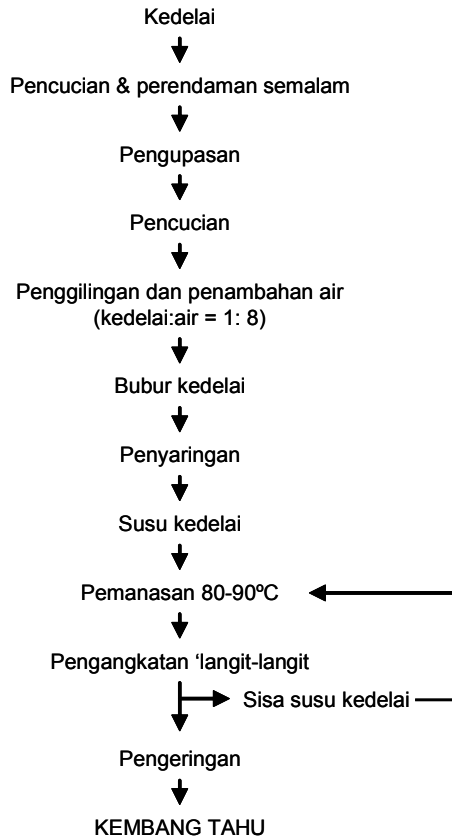
Kembang tahu merupakan hasil olahan kedelai berbentuk lembaran kering berwarna kuning kecoklatan. Kembang tahu umumnya digunakan sebagai campuran dalam pengolahan sayur seperti cap cay dan sup. Bagi vegetarian, produk ini merupakan sumber protein yang penting. Yuba adalah nama lain dari kembang tahu, dibuat dari susu kedelai yang dipanaskan dengan api sedang, suhu sekitar 80-90°C sehingga terbentuk 'langit-langit' (lapisan tipis dipermukaan susu kedelai saat dipanaskan). Langit-langit tersebut kemudian diangkat, diangin-anginkan hingga kering. Kembang tahu umumnya mengandung protein 55%, lemak 25%, abu 2%, dan air 9% (Koswara 1992). Rendemen kembang tahu sekitar 40% bahan baku kedelai.

Proses pembuatan kembang tahu dapat dilakukan secara tradisional, seperti yang biasa dilakukan di Indonesia, atau secara modern seperti dilakukan di Cina maupun Taiwan. Berikut ini proses yang umum dilakukan.

Cara tradisional. Kedelai dibersihkan, dicuci dan direndam semalam dengan air yang cukup (perkiraan agar setelah perendaman semalam, biji kedelai masih tertutup air). Selanjutnya dilakukan penggilingan dengan air, diperoleh bubur kedelai, lalu diencerkan sehingga jumlah penambahan air: kedelai = 8:1. Bubur kedelai encer disaring, diperoleh susu kedelai lalu dimasukkan dalam wadah yang mempunyai permukaan luas dan dangkal, dipanaskan dengan api sedang suhu 80-90°C hingga terbentuk langit-langit/lapisan tipis. Selanjutnya langit-langit diangkat pelan-pelan, ditiriskan dan dikeringkan. Proses pemanasan susu kedelai hingga terbentuk langit-langit bisa diulangi sampai 6-8 kali (Gambar 3).

Cara modern. Proses pembuatan kembang tahu cara modern ada tiga metode, yaitu: 1) Penambahan Na-alginat, 2) *Drum drying*, dan 3) *Belt drying*. Dari ketiga cara tersebut yang paling banyak digunakan adalah metode *drum drying* (Koswara 1995).

- 1) **Penambahan Na-alginat.** Susu kedelai yang mempunyai total padatan terlarut sekitar 8-10% ditambah 0,6% Na-alginat, diaduk sampai rata kemudian dimasukan kedalam ruangan sempit dan keluar melalui ban berjalan yang ujung terendam larutan CaCl_2 5% sehingga segera membentuk lapisan tipis. Lapisan yang terbentuk kemudian dicuci untuk menghilangkan rasa pahit CaCl_2 dan dikeringkan.



Gambar 3. Proses pembuatan kembang tahu secara tradisional.

- 2) ***Drum drying (Pengering drum)***. Pada proses ini terbagi dalam tiga tahapan, yaitu (a) pembuatan susu kedelai, (b) pemekatan susu kedelai dengan cara pengendapan protein pada titik isoelektrik, dan (c) pengeringan menggunakan pengering drum. Agar kembang tahu yang dihasilkan bermutu baik, susu kedelai yang akan diproses dengan pengering drum harus mempunyai total padatan terlarut 10-20%. Suhu pengeringan adalah 110-140°C dan waktu retensi pada permukaan pengering drum 30-60 detik.
- 3) ***Belt drying (Pengering ban berjalan)***. Susu kedelai dengan total padatan terlarut 10% dituangkan pada suatu ban berjalan yang terbuat dari baja. Dalam proses, ban berjalan tersebut kondisi panas sehingga lapisan susu kedelai menjadi kering membentuk kembang tahu. Ban berjalan bisa dilapisi minyak silikon atau lesitin untuk mempermudah pengambilan kembang tahu.

Susu Kedelai Cair

Susu kedelai adalah produk minuman seperti susu sapi, tetapi dibuat dari kedelai. Susu kedelai merupakan minuman nabati bergizi tinggi. Susunan asam amino dari protein susu kedelai mirip dengan susu sapi. Pada individu yang mengalami *lactose intolerance* (alergi terhadap laktosa) atau bagi mereka yang tidak menyukai susu sapi dan bagi kaum vegetarian, maka adanya susu kedelai akan sangat membantu, sebagai pengganti susu sapi. Susu kedelai berasal dari Cina, kemudian berkembang di Jepang dan setelah Perang Dunia II berkembang di negara Asean. Namun perkembangan susu kedelai di Indonesia masih ketinggalan dibanding negara sekitar, seperti Filipina, Malaysia, dan Singapura.

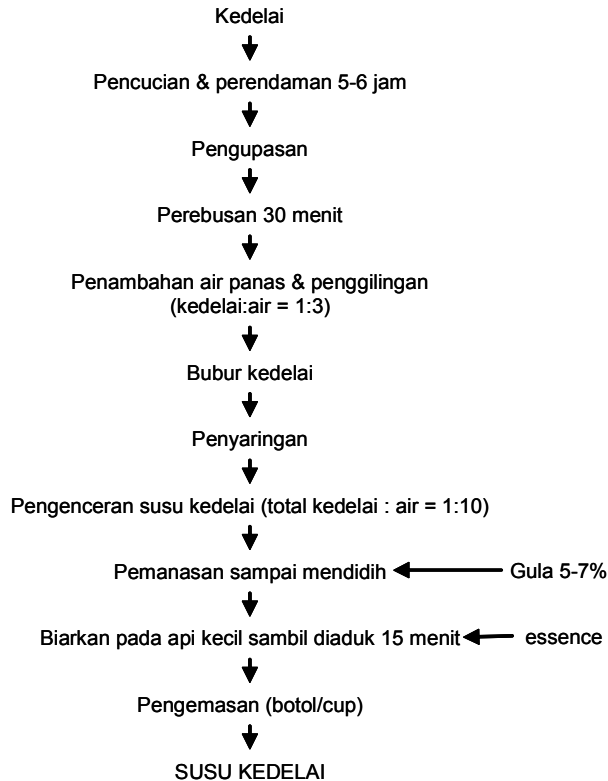
Proses pembuatan susu kedelai dapat dilakukan secara tradisional maupun secara modern. Cara tradisional sangat mudah, biasa dilakukan untuk usaha kecil, bahkan skala rumah tangga karena dapat menggunakan peralatan yang biasa dimiliki di rumah tangga seperti blender dan panci.

Cara tradisional. Kedelai dicuci bersih lalu direndam selama 5-6 jam, lalu dikupas dan direbus 30 menit. Pengupasan bisa dilakukan atau tidak, tetapi pengupasan akan menghasilkan susu kedelai yang lebih enak. Kedelai rebus ditiriskan, ditambah air panas tiga kali bobot kedelai awal lalu digiling dan disaring. Tahap berikutnya adalah pengenceran susu kedelai dengan air mendidih tujuh kali bobot kedelai awal. Jadi total penambahan air adalah sepuluh kali bobot kedelai. Selanjutnya ditambah gula 5-7% tergantung selera, dan dipanaskan lagi sampai mendidih, api dikecilkan dan dibiarkan sampai ± 15 menit sambil diaduk perlahan-lahan. Apabila diinginkan, tahap terakhir ini bisa ditambahkan essence seperti mocca, coklat dan lain-lain. Susu kedelai siap dikonsumsi atau dikemas dan dipasarkan (Gambar 4).

Cara modern/skala industri. Pengolahan susu kedelai secara modern menggunakan serangkaian peralatan yang bersifat kontinyu, artinya bahan baku kedelai utuh masuk rangkaian alat prosesing dan keluar telah menjadi susu kedelai dalam kemasan. Jumlah air yang ditambahkan menentukan mutu produk, untuk susu kedelai murni perbandingan kedelai: air = 1 : 8, sedangkan untuk minuman ringan kedelai: air = 1 : 10. Secara umum urutan prosesnya sebagai berikut:

1. Penggilingan kedelai dan inaktivasi lipoksigenase

Kedelai dipanaskan dengan uap air panas selama 30 menit lalu digiling dengan menggunakan air mendidih (100°C). Penggilingan dilakukan dalam sistem tertutup sehingga tidak terjadi kontak udara dan semua parameter proses dapat dikontrol.



Gambar 4. Proses pembuatan susu kedelai secara tradisional.

2. Pemisahan ampas

Bubur kedelai hasil penggilingan, dipisahkan filtrat nya dan ampas dibuang dengan cara sentrifugasi. Pemisahan atau ekstraksi cara ini menghasilkan filtrat yang lebih jernih

3. Inaktivasi antitripsin dan deodorisasi

Filtrat/susu kedelai yang diperoleh kemudian dipanaskan pada suhu 90-100°C selama 30-60 menit, untuk menginaktifkan antitripsin. Selanjutnya dilakukan tahap deodorisasi dalam tangki vakum menggunakan uap panas. Senyawa-senyawa penyebab bau yang tidak disukai akan keluar bersama uap panas.

4. Penambahan bahan pembantu dan pengemasan

Bahan pembantu seperti gula dan essence dapat ditambahkan sesuai keinginan. Kemudian susu dikemas aseptik dalam wadah karton kotak (*tetrapack*) setelah disterilisasi dengan sistem UHT (*Ultra High Temperature*).

Susu Kedelai Bubuk

Susu kedelai dapat juga dibuat dalam bentuk bubuk (*powder*), menggunakan alat pengering semprot (*spray dryer*), dan susu kedelai bubuk instan melalui proses instanisasi.

Susu kedelai bubuk. Kedelai yang telah disortasi dan dicuci lalu direndam dalam larutan NaOH 0,05% selama delapan jam, volume larutan tiga kali berat kedelai. Selanjutnya kedelai dikupas dan dicuci, lalu di blansir dalam larutan NaHCO_3 0,15% selama 30 menit pada suhu 100°C. Kemudian dengan ditambah air panas dan digiling perbandingan kedelai kering: air = 1:8. Untuk meningkatkan total padatan terlarut dapat ditambahkan santan kelapa dengan konsentrasi 10-20%. Campuran tersebut disaring dan dihomogenisasi, lalu dialirkan kedalam *spray drying* yang telah di set pada kondisi optimum, yaitu tekanan 4,5-5,0 bar, suhu udara masuk 170-185°C, suhu udara luar 80-95°C.

Instanisasi. Instanisasi atau aglomerasi bertujuan untuk menyempurnakan, daya rekonstitusi susu. Prinsipnya adalah membasahi permukaan partikel tepung susu dengan air, uap air atau kombinasi keduanya sehingga terjadi aglomerasi dan terbentuk partikel tepung susu yang membengkak dan menempel satu sama yang lain membentuk gumpalan. Proses lebih lanjut adalah pengeringan kembali gumpalan tersebut dengan cepat dilanjutkan dengan reduksi atau pengecilan ukuran.

Minyak Kedelai

Kedelai mengandung minyak sekitar 18-20% dan dapat dimanfaatkan dalam aneka industri pangan, antara lain sebagai minyak goreng, minyak salad, bahan baku margarin dan *shortening*, mayonnaise, lesitin, dan emulsifier.

Proses produksi minyak makan dari kedelai maupun biji-bijian berminyak tinggi lain meliputi tiga tahapan utama, yaitu: 1) Perlakuan pendahuluan, 2) Ekstraksi, dan 3) Proses penjernihan dan pemurnian.

Perlakuan Pendahuluan

Perlakuan pendahuluan meliputi: pembersihan kedelai, pemecahan biji dan pembuangan kulit, pemasakan (*conditioning*) dan pemipihan (*flaking*).

Pembersihan kedelai dilakukan dengan menggunakan ayakan ukuran 0,7-1,0 cm. Kotoran yang keluar dari ayakan dihisap menggunakan aspirator. Tahap pembersihan ini sangat penting terutama kalau hasil samping berupa bungkil akan digunakan sebagai bahan baku tepung, konsentrat ataupun isolat protein untuk dikonsumsi manusia.

Pemecahan biji dan pembuangan kulit. Kulit kedelai (3,5-4,5% biji utuh) dibuang sebelum minyaknya diekstrak, untuk mendapatkan hasil samping berupa bungkil yang mengandung protein tinggi. Selanjutnya biji kedelai kupas dipecah menjadi pecahan-pecahan kecil agar dalam proses pemipihan terbentuk serpihan kedelai yang tipis-tipis. Kedelai dipecah sampai ukuran 6-10 mesh melalui dua kali penggilingan, sedangkan kulitnya dipisahkan dengan cara dihembus menggunakan aspirator. Kulit kedelai kemudian dipanaskan, digiling untuk digunakan sebagai pakan ternak.

Pemasakan (*conditioning*). Kedelai grit (pecahan) diatur suhu dan kadar airnya didalam ruangan yang disebut *Conditioner*. Proses pemasakan ini dilakukan dalam tangki pemasak yang terdiri atas dua buah ketel silinder baja yang diletakan bertumpuk. Kedelai grit dimasukan kedalam ketel bagian atas dengan laju yang tetap dengan suatu konveyor. Setelah mengalami pemanasan sebentar, kedelai tersebut dijatuhkan ke dalam ketel yang dibawah dan pemanasan dilanjutkan. Waktu pemasakan dalam dua ketel tsb berkisar antara 20-40 menit, suhu 80-90°C. Dengan proses pemasakan ini, protein kedelai akan terkoagulasi dan butir-butir minyak menyatu, sehingga memungkinkan minyak dapat mengalir. Setelah prose *conditioning*, kedelai grit mempunyai suhu 65-70 °C, kadar air 9,5-11,5%.

Pemipihan (*Flaking*). Pemipihan kedelai grit yang telah mengalami *conditioning* bertujuan agar ekstraksi minyak lebih efesien. Pemipihan dilakukan menggunakan alat yang disebut *flake roller*. Alat ini mempunyai dua buah *roller* yang berputar berlawanan arah dan jaraknya dapat diatur untuk menghasilkan ketebalan yang diinginkan. Hasil pemipihan adalah serpihan kedelai dengan ukuran 0,25-0,30 cm.

Ekstraksi

Ekstraksi menggunakan pelarut dilakukan dalam ekstraktor, yaitu ruangan tertutup yang dirancang untuk mencuci sebanyak-banyaknya minyak dari serpihan kedelai, baik secara perkolasi maupun imersi. Ekstraktor biasanya dapat menampung sekitar 250 kg serpihan kedelai. Pelarut yang digunakan adalah heksan, yang dialirkan ke bagian atas serpihan kedelai dan ditekan melalui masa serpihan-serpihan tsb. Proses ini disebut ekstraksi, yang diulang sampai sebanyak mungkin minyak kedelai terekstrak, biasanya tiga kali. Untuk 250 kg serpihan kedelai, waktu dan jumlah heksan yang diperlukan sbb: ekstraksi pertama 90 menit, 900 lt heksan, ekstraksi kedua 40 menit, 700 lt heksan, ekstraksi ketiga 20 menit, 700 lt heksan.

Hasil ekstraksi berupa campuran minyak kasar dengan pelarut, disebut misela dan ditampung di dalam tangki misela. Minyak dipisahkan dari pelarut secara destilasi, dan heksan dapat digunakan kembali. Minyak kasar harus dimurnikan untuk menghilangkan bahan gum, asam, bau dan perbaikan

warna. Hasil samping berupa bungkil dapat diolah menjadi tepung, konsentrat dan isolat protein kedelai.

Proses penjernihan dan pemurnian

Minyak kasar hasil ekstraksi selanjutnya dipisahkan dari kotoran yang larut di dalam minyak. Pembersihan kotoran baik yang terlarut maupun dalam bentuk koloidal harus dilakukan dengan efektif dan benar agar diperoleh minyak kedelai bermutu tinggi, baik dari cita-rasa, penampakan dan kestabilan. Dalam pemurnian dilakukan proses-proses berikut: *degumming*, penyabunan dengan basa dan pencucian, pemucatan (*bleaching*) dan *deodorizing*.

Degumming. Proses ini dilakukan untuk menghilangkan atau membersihkan dari bahan gum. Proses dilakukan dengan menambahkan sejumlah air kedalam minyak kasar hangat, diikuti dengan sentrifugasi untuk membuat fosfatida yang berbentuk gum.

Penyabunan dengan basa dan pencucian. Proses ini dilakukan untuk menghilangkan asam lemak bebas yang terdapat di dalam minyak. Kemudian dilakukan pencucian dengan air panas untuk menghilangkan sabun yang terbentuk.

Pemucatan (*bleaching*). Proses ini dilakukan untuk mengurangi intensitas warna dengan cara menambahkan *activated bleaching clay* dan karbon aktif dalam minyak.

Deodorizing. Proses ini dilakukan untuk menghilangkan komponen-komponen penyebab bau dan cita-rasa yang tidak diinginkan.

Tepung dan Bubuk Kedelai

Tepung dan bubuk kedelai dapat dibuat dari biji kedelai utuh atau dari bungkil kedelai. Istilah tepung kedelai digunakan jika kehalusan 100 mesh atau lebih, sedangkan bubuk untuk kehalusan 10-80 mesh. Bungkil kedelai tanpa kulit merupakan hasil samping industri pengolahan minyak kedelai dan mengandung protein 40-50%. Bungkil ini dapat dibuat tepung kedelai lemak rendah, konsentrat dan isolat protein. Produk-produk olahan lanjut dari bungkil tersebut mempunyai sifat fungsional yang baik dan nilai gizi tinggi, sehingga banyak digunakan oleh industri sebagai bahan formulasi berbagai produk makanan.

Dalam pembuatan tepung dan bubuk kedelai, proses pemanasan/*toasting* (perebusan, pengukusan, penyangraian) merupakan tahapan yang sangat penting. Proses ini bertujuan untuk menginaktifkan antitripsin, dan

menginaktifkan lipoksigenase sehingga bau langu (*beany flavor*) kedelai dapat dihilangkan. Sifat fungsional tepung dan bubuk kedelai yang sangat penting adalah NSI (*Nitrogen Solubility Index*) yang menunjukkan persentase total nitrogen yang terekstrak dengan air, bila diukur dengan metode Kjeldal. Nilai NSI dapat sebagai acuan dalam penggunaan tepung dan bubuk kedelai dalam formulasi makanan. Misalnya tepung kedelai dengan NSI 50-60 digunakan untuk campuran pembuatan roti, cake, donat, makaroni, sedangkan NSI 25-30 akan lebih sesuai digunakan untuk minuman, *pan cake*, *waffle* dan makanan sapihan.

Tepung Kedelai Lemak Rendah

Bahan baku yang digunakan adalah bungkil, hasil samping pengolahan minyak kedelai. Bungkil tersebut masih mengandung heksan dan zat volatil penyebab bau langu. Oleh karena itu, perlu dilakukan proses pemanasan (*toasting*). Tahapan proses pembuatan bubuk dan tepung kedelai lemak rendah adalah: *desolventizing*, *deodorizing*, *toasting*, dan penggilingan.

Desolventizing. Tahap ini bertujuan untuk menghilangkan pelarut (heksan) yang masih tertinggal di dalam bungkil. Proses dilakukan dengan pemanasan 71-82°C sehingga heksan menguap dan ditampung untuk digunakan lagi

Deodorizing. Tahap ini bertujuan untuk menghilangkan bau yang tidak dikehendaki. Proses dilakukan dengan uap panas yang dilewatkan pada bungkil sehingga zat-zat volatil penyebab bau akan terisap dan keluar bersama-sama uap.

Toasting. Proses pemanasan bungkil, bisa dengan cara kukus, sangrai, otoklaf atau panggang, dengan tujuan untuk menginaktifkan antitripsin dan lipoksigenase.

Penggilingan. Setelah proses *toasting*, bungkil didinginkan menggunakan udara dingin, lalu digiling dan diayak. Hasilnya adalah tepung (> 100 mesh) atau bubuk (10-80 mesh) kedelai, tergantung saringannya.

Tepung Kedelai Lemak Penuh

Bahan baku yang digunakan adalah biji kedelai utuh. Tahapan pembuatannya adalah: Sortasi, perendaman, perebusan dan penirisan, pengeringan, (pemisahan kulit), penggilingan dan pengayakan.

Sortasi. Tahap ini dilakukan untuk memilih kedelai yang bermutu baik, membuang kotoran dan kedelai yang rusak, pecah.

Perendaman. Tahap ini selama 8-12 jam. Tujuannya adalah meningkatkan kadar air sehingga konduktivitas panas biji kedelai lebih baik. Selain itu, untuk mempermudah destruksi antitripsin.

Perebusan dan penirisan. Perebusan dilakukan selama 30 menit, lalu ditiriskan dan dihilangkan kulit arinya.

Pengeringan atau penjemuran. Pengeringan dapat dilakukan menggunakan alat pengering suhu 50-60°C atau tanpa alat, yaitu dijemur.

Pemisahan kulit. Tahap ini bisa dilakukan atau tidak.

Penggilingan. Penggilingan menggunakan alat penepung, kemudian diayak 100 mesh (tepung) atau 10-80 mesh (bubuk).

Konsentrat dan Isolat Protein

Konsentrat dan isolat protein kedelai merupakan produk lanjutan dari tepung kedelai bebas lemak atau tepung kedelai berlemak rendah, yang diolah sedemikian rupa sehingga kandungan proteinnya tinggi. Tujuan dari pembuatan konsentrat dan isolat protein kedelai adalah sifat fungsional protein dan penggunaannya di dalam berbagai produk makanan. Tabel 1. menunjukkan perbedaan antara tepung, konsentrat dan isolat kedelai, sedangkan Tabel 2 adalah sifat fungsional dan penggunaan protein kedelai dalam produk-produk makanan.

Tabel 1. Komposisi kimia tepung, konsentrat dan isolat protein kedelai.

Komponen	Tepung (%)	Konsentrat (%)	Isolat (%)
Protein	56,0	72	96
Lemak	1	1	0,1
Serat Kasar	3,5	4,5	0,1
Abu	6	5	3,5
Karbohidrat	33,5	17,5	0,3

Sumber: Kinsella (1979)

Tabel 2. Sifat fungsional protein kedelai dalam berbagai produk makanan.

Sifat	Fungsi	Sistem makanan	Tipe protein
Kelarutan	Solvatasi protein, tergantung pada pH	Minuman	T,K,I,H
Penyerapan dan pengikatan air	Ikatan Hidrogen dari H ₂ O	Produk daging, sosis, roti, <i>cake</i>	T, K
Kekentalan	Pengentalan, pengikat air	Sup, <i>gravy</i>	T,K,I
Gel	Pembentukan dan pengendapan matriks protein	Produk daging, tahu, keju	K,I
Kohesi-adhesi	Bahan pengikat	Daging, sosis, roti, Produk-produk pasta (mie, makaroni, dsb)	T,K,I
Elastisitas	Ikatan disulfida	Produk daging, roti-rotian	I
Emulsifikasi	Pembentukan dan stabilitas emulsi lemak	Sosis, <i>bologna</i> , Sup, <i>cake</i>	F, K, I
Penyerapan lemak	Pengikat lemak	Produk daging, sosis, donat	T, K, I
Pengikat Flavor	Penyerapan	Daging buatan, roti-rotian	K, I, H
Busa	Pembentukan film yang stabil untuk mengikat gas	Whipped topping, Angel cake	I, W, H
Pengontrol warna	Pemucatan lipoksingnase	Roti	T

T= Tepung, K= Konsentrasi protein kedelai; I= Isolat Protein kedelai; H= Hidrolisat, W= *whey*

Sumber: Kinsella (1979)

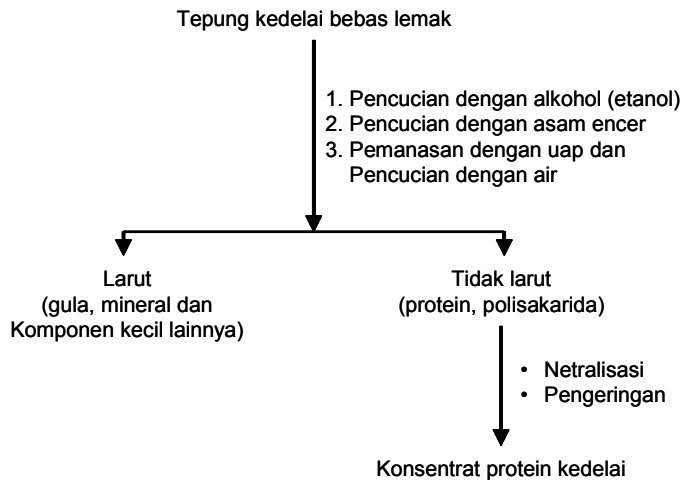
Konsentrat protein kedelai. Konsentrat protein kedelai dibuat dari tepung kedelai dengan cara membuang sebagian karbohidrat dan mineralnya. Produk ini disyaratkan mengandung protein minimal 70%. Diagram alir proses dapat dilihat pada Gambar 5. Pada prinsipnya pemisahan bahan-bahan yang tidak diinginkan dapat melalui tiga cara, yaitu: 1) Pencucian dengan alkohol, 2) Pencucian dengan asam encer, dan 3) pemanasan dengan uap dan pencucian dengan air.

Isolat protein kedelai. Isolat protein kedelai merupakan bentuk protein kedelai yang paling murni, dengan kadar protein minimal 90%. Produk ini hampir bebas dari karbohidrat dan lemak sehingga sifat fungsionalnya lebih baik dibandingkan dengan konsentrat dan tepung/bubuk kedelai.

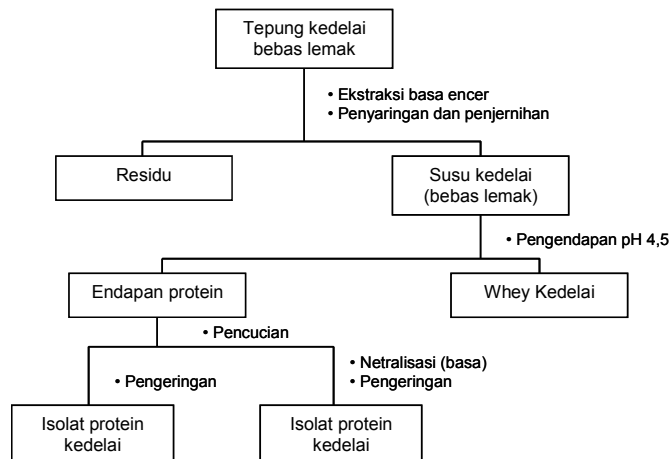
Isolat protein kedelai dapat dibuat dari tepung bebas lemak maupun kedelai utuh. Namun, pada umumnya dibuat dari tepung bebas lemak.

Secara garis besar proses pembuatan Isolat protein kedelai dapat dilihat pada Gambar 6.

Tepung bebas lemak dicampur dengan air (tepung:air = 1:8), lalu pH ditingkatkan menjadi 8,5-8,7 (ekstraksi basa), diaduk sehingga protein terekstrak. Residu non protein dipisahkan dengan cara sentrifugasi. Filtrat yang diperoleh dipisahkan lagi sesuai dengan tahapan pada Gambar 6.



Gambar 5. Proses pembuatan konsentrat protein kedelai (Wolf 1978).



Gambar 6. Proses produksi isolat protein kedelai (Circle and Smith 1978).

Daging Tiruan

Daging tiruan merupakan produk yang terbuat dari protein kedelai. Produk ini mempunyai penampakan dan rasa seperti daging, sehingga sangat cocok bagi kaum vegetarian, untuk orang usia lanjut dan bagi mereka yang tidak menyukai daging. Daging tiruan dapat diolah menjadi berbagai macam masakan seperti halnya daging sapi atau daging kambing. Bahan baku dari produk ini adalah konsentrat atau isolat protein kedelai, yang terlebih dahulu diproses menjadi protein pekar (*Texturized Vegetable Protein* atau TVP) dan protein pintal (*Spun Vegetable Protein* atau SPV).

Ada dua jenis daging tiruan, yaitu daging tiruan campuran (*Meat extender*) dan daging tiruan murni (*Meat analog*) seperti uraian di bawah ini.

Daging Tiruan Campuran (*Meat extender*)

Daging tiruan campuran merupakan campuran antara protein pekar atau protein pintal dengan daging asli. Protein pekar atau protein pintal yang digunakan berkisar antara 10-50%. Untuk mendapatkan produk *meat extender* yang sukar dibedakan dengan daging asli, dapat digunakan campuran daging asli 50-60% dan protein pekar/pintal 40-50%. Substitusi ini akan menekan harga daging sehingga akan lebih terjangkau oleh masyarakat. Protein pekar yang digunakan tidak diberi rasa. Bumbu dan zat pewarna ditambahkan saat pencampuran sehingga hasilnya lebih cerah, tekstur dan nilai gizi lebih baik dari daging asli.

Daging Tiruan Murni (*Meat analog*)

Meat analog merupakan daging tiruan yang sesungguhnya. Daging tiruan ini seratus persen terbuat dari bahan nondaging, tetapi mempunyai sifat-sifat mirip dengan daging asli. Keunggulan daging tiruan murni dibandingkan dengan daging asli adalah nilai gizi lebih baik, lebih homogen, lebih awet, harga lebih murah dan dapat diatur hingga tidak mengandung lemak hewani.

Pada prinsipnya pembuatan daging tiruan melalui tiga tahap berikut:

1. Pembuatan konsentrat dan isolat protein kedelai
 2. Pembuatan TVP dan SVP dari konsentrat atau isolat protein kedelai
 3. Pembuatan daging tiruan dari TVP dan SVP
- 1. Konsentrat dan isolat protein kedelai.** Pembuatan konsentrat dan isolat protein kedelai secara lengkap dapat dilihat pada Gambar 5 dan 6.

2. TVP dan SVP dari konsentrat atau isolat protein kedelai.

Protein pekar (TVP). Konsentrat protein kedelai dibuat adonan dengan menambahkan air. Isolat protein kedelai jarang dibuat TVP karena tidak ekonomis. Kedalam adonan bisa ditambahkan pengikat, stabilizer, rasa dan warna. Sodium bikarbonat digunakan untuk mengatur pH adonan menjadi 7,3-7,8. Adonan dilewatkan *heat exchange zone* (sejenis ekstruder bertekanan tinggi) dan keluar melalui lobang berdiameter 1 mm sehingga terbentuk serabut-serabut protein kedelai. Selanjutnya pendinginan dan pengeringan hingga kadar air 5-7%.

Protein pintal (SVP). Produk ini terbuat dari isolat protein kedelai (IPK). Salah satu keunggulan sifat IPK adalah kemampuannya membentuk serabut² protein. Cara membuat SVP yaitu IPK direndam dalam larutan Sodium bikarbonat encer atau basa lainnya sehingga terbentuk larutan kental. Larutan tsb lalu dilewatkan pada plat platina, yang mempunyai beribu-ribu lubang berdiameter 1 mm. Benang-benang protein yang terbentuk kemudian dilewatkan kedalam larutan HCl encer sehingga membentuk benang-benang yang halus, lalu dicuci, ditarik dan dipintal. Protein kedelai yang sudah bertekstur seperti ini, dengan mudah diberi rasa, rasa serta vitamin sehingga menyerupai daging asli, kemudian dibentuk, dikeringkan dan dikemas.

3. Daging tiruan dari TVP dan SVP.

TVP dan SPV sebenarnya sudah merupakan daging tiruan, hanya bentuknya kering sehingga awet disimpan. Untuk menjadi daging tiruan basah, kedua jenis produk tersebut dapat ditambah air (direhidrasi) sehingga menyerap air hingga 2-3 kali beratnya. Biasanya air yang ditambahkan dalam bentuk emulsi dengan minyak hewani atau nabati yang bisa dibuat dengan menggunakan emulsifier. Daging tiruan murni yang basah ini, harus ditangani seperti daging asli karena mudah rusak.

Daging tiruan campuran dibuat dengan mencampurkan butiran-butiran protein pekar yang telah direhidrasi dengan cacahan daging asli pada perbandingan tertentu. Setelah diberi bumbu dan pewarna, hasil campuran ini dapat digunakan untuk membuat produk olahan daging.

PRODUK OLAHAN FERMENTASI

Tempe dan Produk Turunannya

Tempe merupakan produk fermentasi tradisional dari kedelai yang paling populer di Indonesia. Produk ini dikonsumsi seluruh lapisan masyarakat secara turun temurun sebagai sumber protein. Tempe telah dikenal lebih 100 tahun, terutama di Jawa Tengah dan Yogyakarta. Rujukan pertama tempe ditemukan pada tahun 1875, bahkan dalam manuskrip *Serat Centini*, telah

ditemukan kata tempe. Pada awalnya, tempe dianggap sebagai pangan inferior, makanan rakyat kecil dan tidak modern. Pandangan tersebut kini berubah, sejak ditemukan berbagai keuntungan baik ditinjau dari segi gizi maupun khasiat medisnya. Fermentasi kedelai menjadi tempe dapat meningkatkan mutu gizi dan mengubah flavor *langu* kedelai menjadi flavor enak, khas tempe (Damardjati *et al.* 1996; Astawan 2004). Kini produk tempe telah berkembang sampai tiga generasi. Olahan tradisional seperti tempe goreng, tempe *bacem* dan kripik tempe tergolong generasi pertama. Hasil-hasil penelitian mengenai khasiat tempe telah mendorong berkembangnya produk generasi kedua dan ketiga. Tempe generasi kedua meliputi tepung tempe, bubur bayi, susu tempe, biskuit, es krim, burger, sosis dan produk lain yang tidak lagi mempunyai bentuk khas tempe. Produk generasi ketiga merupakan komponen-komponen bioaktif yang berguna untuk kesehatan seperti senyawa penurun kolesterol darah, antioksidan pencegah kanker dan penghambat penuaan dini, isoflavon dan saponin yang mempunyai aktivitas antivirus. Perubahan gaya hidup masyarakat saat ini, terutama di perkotaan, telah mendorong tumbuhnya industri pangan modern. Untuk meningkatkan kesehatan, masyarakat perkotaan mulai terbiasa mengonsumsi suplemen makanan (*food supplement*). Komponen bioaktif dari tempe dapat dikapsulkan dan dikonsumsi sebagai suplemen makanan. Tempe mempunyai karakteristik yang tidak hanya memenuhi fungsi pangan secara konvensional, yaitu sebagai pemenuhan kebutuhan gizi dan pemuas selera konsumen, tetapi juga mengandung komponen yang berkhasiat untuk kesehatan, sehingga tempe dapat digolongkan sebagai pangan fungsional (Widowati *et al.* 1999).

Jenis dan Komposisi Gizi Tempe

Jenis

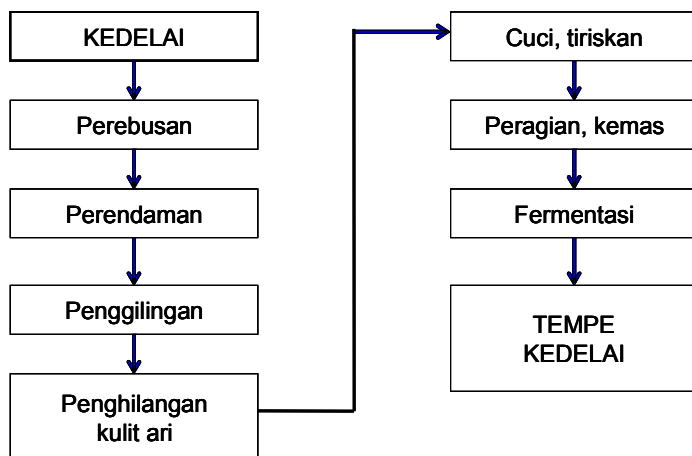
Secara umum, kata tempe di masyarakat digunakan untuk menyebut tempe dengan bahan baku kedelai. Sedangkan tempe yang terbuat bukan dari kedelai, disebut secara lengkap dengan bahan bakunya, misalnya tempe gude, tempe lamtoro, tempe benguk, tempe kecipir, dll. Tempe juga dapat dibuat dari hasil samping usaha pengolahan pangan, misalnya tempe bungkil dibuat dari bungkil kacang tanah atau kedelai (hasil samping pengolahan minyak), dan tempe gembus dibuat dari ampas produksi tahu.

Proses pembuatan tempe di masyarakat umumnya diperoleh secara turun-temurun, dalam skala industri kecil, dan terdapat berbagai variasi antar daerah. Namun, pada prinsipnya melalui tahapan berikut: perebusan, perendaman, penghilangan kulit ari, penirisan, peragian, pembungkusan dan pemeraman (fermentasi).

Hasil wawancara dengan pengrajin tempe di Bogor (Widowati *et al.* 2004) menunjukkan bahwa pembuatan tempe sangat mudah dan sederhana, tetapi memerlukan keterampilan dan kesabaran. Konon, emosi juga mempengaruhi keberhasilan proses dan mutu tempe. Pengalaman pengrajin tempe yang diwawancarai menyatakan jika saat membuat tempe suasana hati sedang tidak nyaman, marah, tergesa-gesa, biasanya mutu tempe yang dihasilkan kurang bagus, bahkan bisa gagal. Ini adalah kepercayaan yang berkembang di masyarakat. Secara rasional dapat dijelaskan bahwa suasana kerja yang tidak nyaman dapat menimbulkan kesalahan proses, yang berakibat pada mutu produk yang tidak optimal. Oleh karena itu, walaupun untungnya sangat sedikit, mereka mengerjakan dengan senang hati.

Bahan-bahan yang perlu dipersiapkan dalam pembuatan tempe yaitu: kedelai, ragi (berupa bubuk yang mengandung kapang *Rhizopus* sp.), air, kantong plastik, dan daun pisang. Sedangkan alat yang digunakan sangat sederhana, yaitu drum, kompor, ember kayu, penggilingan, plastik lebar, takaran, alat untuk melubangi kantong plastik, lampu minyak atau *sealer* dan rak fermentasi. Tahapan proses pembuatan tempe yang dilakukan oleh responden disajikan pada Gambar 7.

Tahap pertama yang dilakukan dalam pembuatan tempe yaitu pembersihan kedelai, lalu kedelai yang sudah bersih dimasukkan ke dalam drum untuk direbus sampai cukup matang, lalu dipindahkan ke dalam ember kayu dan direndam selama satu malam. Selanjut kedelai dimasukkan ke dalam alat penggilingan agar kulit ari terkelupas. Yang dimaksud penggilingan disini bukan untuk dihancurkan, tetapi untuk mengupas kulit biji.



Gambar 7. Proses pembuatan tempe kedelai.

Apabila kulit biji tidak dikupas, tempe yang dihasilkan mutunya kurang bagus. Penghilangan kulit biji yang telah terkelupas, yaitu dengan cara menambahkan air, kulit biji akan terapung, lalu ditumpahkan perlahan-lahan (seperti proses dekantasi). Kedelai tanpa kulit biji selanjutnya dicuci dan ditiriskan sambil dihampar di atas plastik atau terpal lebar. Apabila sudah agak dingin (kira-kira suhu 40°C), lalu dilakukan peragian. Ragi yang digunakan berupa serbuk yang dibeli dari pasar. Di daerah Jawa Tengah dan Yogyakarta masih sering digunakan ragi yang disebut *Usar*. Secara tradisional, usar dibuat dengan cara membiarkan spora kapang dari industri tempe atau bekas tempe tumbuh pada kedelai matang yang ditaruh diantara dua lapis daun waru (*Hibiscus* sp.) dan daun jati (*Tectona grandis*). Permukaan bagian bawah kedua daun tersebut memiliki rambut-rambut halus (trikoma) tempat spora dan miselium kapang dapat melekat (Koswara 1995). Setelah diberi ragi, kedelai dikemas sesuai takaran yang diinginkan. Saat ini bahan pembungkus yang umum digunakan ialah kantong plastik, namun masih ada yang menggunakan daun pisang. Sebagian masyarakat mengatakan bahwa tempe yang dibungkus dengan daun pisang mempunyai rasa yang lebih enak, namun ini sebenarnya tergantung kebiasaan atau selera. Kantong plastik yang akan digunakan untuk membungkus, sebelumnya diberi lubang yaitu ditusuk dengan alat seperti paku, dengan jarak 2 x 2 cm, atau menurut kebiasaan masing-masing pengrajin. Bungkus plastik direkatkan dengan melewati di atas lampu minyak/api kecil). Tahap terakhir ialah menata bungkus tersebut di atas rak fermentasi. Lama fermentasi sekitar dua hari (Widowati *et al.* 2004)

Pada prinsipnya pembuatan tempe di luar negeri, sama saja dengan proses pembuatan di Indonesia, yaitu melalui tahapan berikut: perebusan, perendaman, penghilangan kulit ari, penirisan, peragian, pembungkusan dan pemeraman (fermentasi). Hal yang membedakan ialah peralatan yang digunakan lebih modern dan waktu yang digunakan dalam prosesing lebih terukur. Misalnya untuk melubangi plastik pembungkus, digunakan alat seperti *perforator*, untuk merekatkan plastik digunkn *sealer*, bukan api dari lilin atau lampu minyak. Pemberian ragi, tidak dikira-kira seperti yang dilakukan pengrajin tempe di pedesaan Indonesia, tetapi ditimbang, biasanya ragi yang digunakan 0,5% dari berat kedelai mentah.

Komposisi Gizi

Tabel 3 menunjukkan komposisi gizi berbagai jenis tempe. Kedelai sangat pantas menyandang sebutan *The Golden Bean*, karena kandungan gizinya yang sangat baik. Tempe kedelai mempunyai nilai gizi yang paling baik dibandingkan dengan tempe yang menggunakan bahan baku jenis kacang-kacangan lainnya.

Tabel 3. Komposisi gizi berbagai jenis tempe per 100 g bahan basah.

Zat gizi	Tempe kedelai	Tempe Koro Benguk	Tempe Lamtoro	Tempe Gembus
Energi (kkal)	149	141	142	75
Protein (g)	18,3	10,2	11,0	5,7
Lemak (g)	4,0	1,3	2,5	1,3
Karbohidrat (g)	12,7	23,2	20,4	10,3
Kalsium (mg)	129	42	42	204
Fosfor (mg)	154	15	15	80
Besi (mg)	10,0	2,6	2,6	1,5
Vitamin A (SI)	50	0	30	0
Vitamin B1 (mg)	0,17	0,09	0,19	0,09

Sumber: Dit. Gizi, Dep. Kes. (1992)

Tabel 4. Komposisi gizi kedelai dan tempe per 100 g bahan kering.

Zat gizi	Kedelai	Tempe
Abu (g)	6,1	3,6
Protein (g)	46,2	46,5
Lemak (g)	19,1	19,7
Karbohidrat (g)	28,2	30,2
Serat (g)	3,7	7,2
Kalsium (mg)	254	347
Fosfor (mg)	781	724
Besi (mg)	11	9
Vitamin B1 (mg)	0,48	0,28
Riboflavin (mg)	0,15	0,65
Niasin (mg)	0,67	2,52
Asam pantotenat (mg)	430	520
Piridoksin (mg)	180	100
Vitamin B12 (mg)	0,2	3,9
Biotin (mg)	35	53
Asam amino esensial (g)	17,7	18,9

Tabel 4 menunjukkan bahwa kadar protein, lemak dan karbohidrat tempe tidak jauh berbeda dengan kedelai. Namun, enzim-enzim pencernaan yang dihasilkan oleh kapang tempe membuat protein, lemak dan karbohidrat pada tempe menjadi lebih mudah untuk dicerna di dalam tubuh dibandingkan dengan protein yang ada pada kedelai. Oleh karena itu, tempe kedelai merupakan sumber gizi yang sangat baik bagi segala umur (Astawan 2004).

Kedelai juga sering dikonsumsi dalam bentuk polong rebus, atau biji (ose) rebus. Namun, dibandingkan dengan nilai gizi tempe kedelai, nilai gizi

Tabel 5. Perbandingan nilai gizi kedelai rebus dan tempe per 100 g bahan basah.

Faktor mutu gizi	Kedelai rebus	Tempe
Padatan terlarut (%)	14	34
Nitrogen terlarut (%)	6,5	39
Asam amino bebas (%)	0,5	7,3-12
Asam lemak bebas (%)	0,5	21
Nilai cerna (%)	75	83
Nilai efisiensi protein	1,6	2,1
Nilai kimia	75	78

Sumber: Astawan (2004)

kedelai rebus lebih rendah. Dalam bentuk tempe, seluruh faktor gizi seperti yang terlihat pada Tabel 5, yaitu padatan terlarut, nitrogen terlarut, nilai cerna, nilai efisiensi protein dan nilai kimia meningkat. Dengan kata lain, tempe lebih mudah dicerna, zat gizinya lebih mudah diserap dan dimanfaatkan oleh tubuh dibandingkan dengan kedelai mentah maupun rebus. Hal ini dibuktikan bahwa pemberian tempe dapat meningkatkan pertumbuhan berat badan bayi dan anak balita penderita gizi buruk serta menyembuhkan diare kronis dengan lebih cepat (Astawan 2004).

Asam lemak merupakan komponen utama dari semua jenis lemak dan minyak, dan sangat mempengaruhi nilai gizinya. Berdasarkan dapat atau tidaknya disintesa oleh tubuh, asam lemak dibedakan menjadi dua, yaitu asam lemak esensial dan asam lemak non esensial. Asam lemak esensial ialah asam lemak yang tidak dapat disintesa dalam tubuh dan harus diperoleh dari makanan. Berdasarkan jumlah ikatan rangkap pada atom karbon, asam lemak dapat dibagi menjadi asam lemak jenuh (tanpa ikatan rangkap) dan asam lemak tidak jenuh (ada ikatan rangkap satu atau lebih). PUFA (*polyunsaturated fatty acid*), yaitu asam lemak yang mempunyai ikatan rangkap lebih dari satu, seperti omega 3 (asam linolenat) dan omega 6 (asam linoleat) merupakan asam lemak esensial. Kedua jenis asam lemak tersebut sangat dibutuhkan dalam pembentukan membran sel. Widowati *et al.* (1999b) telah mengkarakterisasi komposisi asam lemak dari 17 varietas dan 19 galur kedelai Indonesia. Rasio terbaik, yaitu asam lemak omega 3 dan omega 6 berkisar antara 1:6 sampai 1:7, terdapat pada varietas Malabar dan Tampomas serta galur 2691/3057-1-3-1, 3034/14L-4-3 dan 3596 lokal Madiun. Selama proses fermentasi tempe, kadar asam lemak tidak jenuh cenderung meningkat. Asam lemak tidak jenuh mempunyai efek menurunkan kandungan kolesterol dalam serum darah dan dapat menetralkan pengaruh negatif sterol di dalam tubuh. Defisiensi PUFA akan mempengaruhi komposisi dan struktur membran sel, termasuk sel-sel pada sistem saraf yang selanjutnya akan mempengaruhi semua fungsi saraf.

Produk Olahan Tempe

Produk Generasi I

Proses fermentasi kedelai menjadi tempe, selain dapat meningkatkan mutu gizi, juga dapat mengubah flavor kedelai yang *langu* (*beany flavor*) menjadi flavor khas tempe yang enak. Tempe segar mempunyai aroma lembut seperti jamur, yang berasal dari aroma miselium kapang bercampur dengan aroma lezat asam amino bebas dan aroma yang timbul akibat penguraian lemak. Berbagai jenis olahan tradisional telah dikembangkan secara turun-temurun. Tempe bisa diolah dengan cara direbus (tempe bacem, khas Jawa Tengah dan Yogyakarta yang cenderung manis), disayur (tumis, lodeh, sambal goreng), dikeringkan (tempe kering, kripik tempe), atau sengaja dibusukan untuk bumbu. Olahan tempe ini hampir dapat dijumpai sehari-hari dalam rumah tangga masyarakat Jawa, baik sebagai lauk pauk maupun sebagai camilan (mis. tempe goreng tepung, mendoan khas Banyumasan). Tempe yang dikonsumsi dalam bentuk-bentuk ini digolongkan sebagai produk Generasi I

Produk Generasi II

Tempe merupakan produk yang daya simpannya rendah. Jika disimpan dalam bentuk segar dan pada suhu ruang hanya tahan dua hari, sedangkan pada suhu rendah (refrigerator) dengan dilapis plastik tertutup dapat memperpanjang umur simpan sampai satu minggu (Widowati *et al.* 2004). Berdasarkan sifat tempe yang *perishable* dan khasiat tempe yang sangat baik dari segi gizi dan kesehatan maka berkembanglah produk-produk turunan tempe (Pierson *et al.* 1986) .

Produk Generasi II meliputi tepung tempe, bubur bayi, susu tempe, es krim, minuman instan, biskuit, *cookies*, *burger*, produk-produk lain yg tidak mempunyai bentuk dan rasa khas tempe. Burger tempe maupun produk daging tiruan lainnya sangat disukai oleh kaum vegetarian. Selain itu, pembuatan konsentrat dan isolat protein kedelai maupun tempe dapat dimanfaatkan sebagai ingredien dari berbagai produk pangan modern (Kinsella 1979; Widowati *et al.* 1998)

Produk Generasi III

Filosofi makan bagi sebagian golongan masyarakat telah berubah, tidak hanya sebagai pemenuhan gizi dan selera, tetapi lebih ditujukan untuk mencapai kesehatan dan kebugaran yang prima. Hasil-hasil penelitian mutakhir menunjukkan bahwa kedelai secara umum dan khususnya tempe mengandung berbagai komponen bioaktif yang bermanfaat bagi kesehatan. Komponen bioaktif kedelai maupun tempe yang diekstrak lalu diformulasi-

kan dengan bahan pangan lain sehingga diperoleh produk yang berkhasiat khusus, merupakan produk Generasi III. Jika produk tersebut tetap berbentuk dan mempunyai sifat seperti produk pangan umumnya, dikenal dengan sebutan pangan fungsional. Jika komponen bioaktif itu dikapsulkan, maka produk tersebut dikonsumsi sebagai suplemen pangan.

Manfaat Kesehatan

Peningkatan Daya Tahan Tubuh

Hasil pengamatan empiris oleh Van Veen tahun 1950an terhadap tahanan Perang Dunia II di Pulau Jawa, menunjukkan bahwa tahanan yang mengonsumsi tempe secara teratur setiap hari ternyata tidak terkena disenteri ketika terjadi wabah penyakit tersebut. Dari pengamatan tersebut disimpulkan bahwa masyarakat yang mengonsumsi tempe secara teratur lebih tahan terhadap infeksi amuba dibandingkan yang tidak mengonsumsi (Astawan 2004). Kapang tempe mampu memproduksi antibiotika yang dapat menghambat infeksi.

Diare merupakan penyebab kematian utama pada bayi (1-11 bulan), yaitu 36,9%, diikuti oleh penyakit radang saluran pernafasan (28,8%). Diare dapat diatasi secara tepat dengan mengganti cairan yang hilang dan tidak menghentikan pemberian ASI dan makanan lainnya. Makanan yang diberikan harus mudah dicerna dan zat gizinya cepat diserap. Tempe merupakan salah satu makanan yang telah diketahui mudah dicerna, walaupun oleh penderita saluran pencernaan. Tempe bakar digunakan untuk penyembuhan diare secara tradisional. Kemampuan penyembuhan terjadi karena dua hal, yaitu adanya senyawa antidiare dan protein tempe yang mudah dicerna, walau oleh usus yang sedang terluka.

Penyakit yang berhubungan dengan pencernaan. Tempe merupakan produk olahan kedelai yang kaya akan serat makanan. Serat makanan pada tempe dapat mencegah penyakit saluran pencernaan, seperti *diverticulosis*, kanker dan hernia. *Dietary fiber* juga mampu mencegah penyumbatan pembuluh darah sehingga mengurangi risiko terjadinya penyakit jantung dan hipertensi. Selama fermentasi, oligo sakarida seperti rafinosa dan stakiosa, yaitu senyawa yang dapat menyebabkan perut kembung (flatulensi) dihidrolisis oleh sistem enzimatis mikroba, sehingga efek flatulensi dapat dikurangi.

Isoflavon kedelai dan respon hormonal. Hasil penelitian Winarsi (2004) menunjukkan bahwa minuman fungsional dari susu skim yang disuplementasi dengan isoflavon kedelai, yang diberikan kepada wanita premenopause selama dua bulan berturut-turut, dapat menurunkan

sindroma menopause, meningkatkan aktivitas enzim antioksidan dan memperbaiki sistem kekebalan tubuh. Diet isoflavon kedelai juga dapat menghambat aktivitas platelet. Isoflavon yang terdapat dalam kedelai yaitu: *daidzein*, *glisitein*, dan *genistein*. Di samping ketiga jenis isoflavon tersebut, di dalam tempe juga terdapat antioksidan faktor II, yang disintesis pada saat terjadinya proses fermentasi kedelai menjadi tempe, oleh bakteri *Coryne bacterium* dan *Micrococcus luteus*. Antioksidan ini mempunyai efek lebih kuat dibandingkan isoflavon dalam kedelai.

Penghambatan proses penuaan. Manusia menjadi tua merupakan proses alami yang tidak bisa dihindarkan. Namun, berumur panjang dengan kesehatan yang terjaga menjadi impian setiap insan. Proses penuaan dipengaruhi oleh berbagai faktor, antara lain asupan gizi, adanya radikal bebas dan sistem kekebalan tubuh. Proses penuaan dapat dihambat jika dalam menu makanan yang dikonsumsi sehari-hari mengandung senyawa antioksidan yang cukup. Hal ini karena senyawa antioksidan dapat menahan kerja radikal bebas yang merusak sel-sel tubuh. Tempe merupakan sumber antioksidan yang baik, sehingga dengan mengonsumsi tempe dalam jumlah yang cukup dan teratur diharapkan dapat menghambat proses penuaan.

Pandangan masyarakat terhadap status tempe saat ini telah berubah, seiring dengan banyaknya penemuan-penemuan ilmiah yang menunjukkan adanya berbagai khasiat tempe terhadap kesehatan manusia. Kemajuan dalam bidang teknologi pangan dan implementasi dari khasiat tempe telah mendorong berkembangnya produk tempe Generasi II dan III.

Kecap

Kecap merupakan produk fermentasi kedelai, berupa cairan kental berwarna coklat tua. Produk ini digunakan sebagai bumbu atau penyedap berbagai masakan. Kecap berasal dari Cina, terdapat dua macam kecap, yaitu kecap manis yang lebih dikenal dan banyak dikonsumsi oleh masyarakat Indonesia serta kecap asin yang lebih populer di Cina dan Jepang.

Kecap dapat dibuat melalui tiga cara, yaitu fermentasi, hidrolisis, dan kombinasi keduanya. Dibandingkan dengan kecap yang dibuat secara hidrolisis, kecap yang dibuat secara fermentasi biasanya mempunyai flavor dan aroma yang lebih baik. Kemungkinan alasan ini yang menyebabkan pembuatan kecap secara hidrolisis asam jarang dijumpai.

Prinsip pembuatan kecap secara fermentasi adalah memecah protein, lemak dan karbohidrat melalui aktivitas enzim yang berasal dari kapang, ragi (khamir) dan bakteri menjadi fraksi-fraksi yang lebih sederhana. Komposisi fraksi-fraksi tersebut yang menentukan rasa dan aroma kecap.

Prinsip pembuatan kecap secara hidrolisis adalah pemecahan (hidrolisis) protein menggunakan asam sehingga dihasilkan peptida-peptida dan asam amino. Kecap jenis ini kurang lengkap komposisinya bila dibandingkan dengan kecap hasil fermentasi. Kecap jenis ini hanya merupakan larutan garam dan asam amino saja, sedangkan komponen pembentuk citarasa seperti peptida-peptida tertentu, alkohol, ester dan komponen lain yang terbentuk selama fermentasi tidak terdapat dalam produk ini.

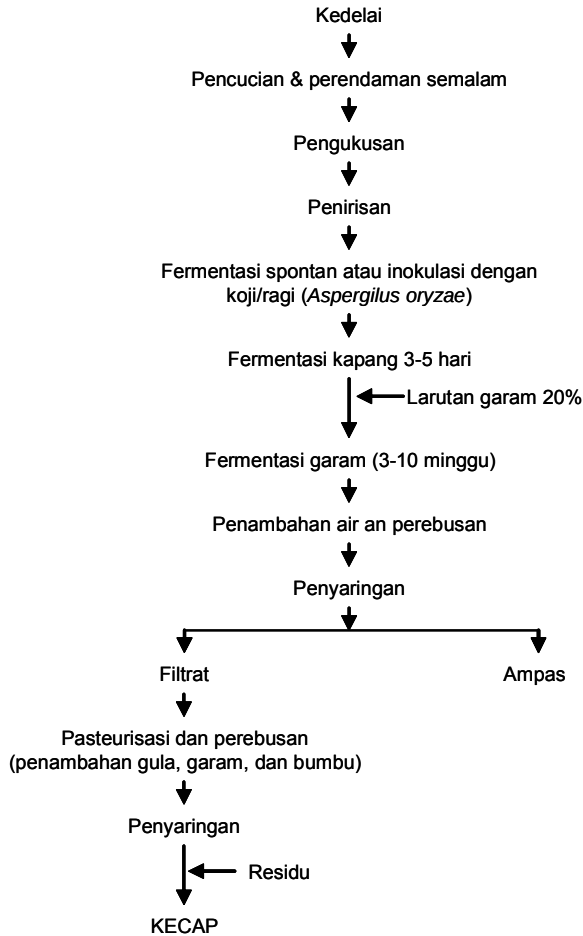
Prinsip pembuatan kecap secara kombinasi merupakan gabungan kedua cara tersebut diatas. Pada awalnya sebagian protein dihidrolisis menggunakan asam, kemudian dilanjutkan dengan fermentasi.

Pada Gambar 8 disajikan proses pembuatan kecap yang banyak dilakukan di Indonesia, yaitu cara fermentasi. Prinsip pembuatan kecap cara fermentasi terdiri atas dua tahap, yaitu fermentasi kapang dan fermentasi dalam larutan garam.

Tahap fermentasi kapang dapat dilakukan secara spontan atau menggunakan biakan murni (di Jepang dikenal dengan sebutan koji atau di Indonesia sebagai ragi). Koji atau ragi dapat dibuat dengan cara menginokulasi biakan kapang murni pada kedelai yang telah direndam, dimasak, didinginkan serta dicampur dengan tepung terigu/beras/kasava yang telah disangrai. Fermentasi dengan kapang dilakukan dengan cara sebagai berikut: Kedelai yang telah dibersihkan, dicuci dan direndam semalam, kemudian dikukus sampai matang dan didinginkan. Setelah kedelai dingin dilakukan inokulasi dengan koji/ragi sebanyak 2-5% lalu diinkubasikan pada suhu kamar selama 3-5 hari. Pada fermentasi cara spontan, kedelai yang sudah dibersihkan, dicuci dan direbus hingga matang. Kedelai rebus dihamparkan diatas nyiru hingga dingin, lalu ditutup menggunakan daun pisang atau karung goni dan dibiarkan selama 3-5 hari hingga ditumbuhi kapang.

Kedelai yang telah mengalami fermentasi diatas, kemudian direndam dalam larutan garam 20% dan dibiarkan terfermentasi selama 3-10 minggu. Selama fermentasi, bila larutan garam berkurang bisa ditambah lagi hingga kedelai tetap terendam.

Hasil fermentasi ditambah dengan air secukupnya lalu direbus dan disaring. Filtrat hasil penyaringan kemudian dipasteurisasi pada suhu sekitar 70°C selama 30 menit. Untuk kecap manis, filtrat dimasak dan ditambah gula merah/gula aren dan bumbu, sedangkan untuk kecap asin ditambah garam, lalu disaring menjadi kecap yang siap untuk dikemas atau dikonsumsi.



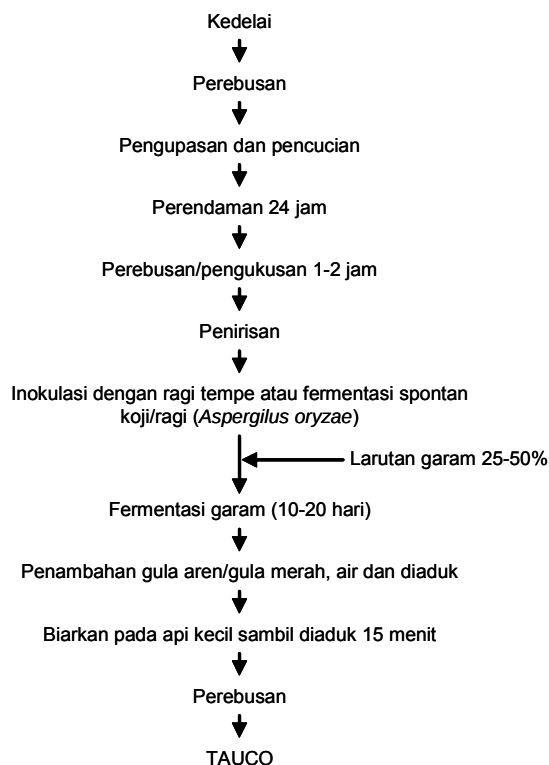
Gambar 8. Proses pembuatan kecap secara fermentasi.

Tauco

Tauco merupakan produk hasil fermentasi kedelai Indonesia, khususnya di Jawa Barat. Tauco berbentuk pasta (semi solid) dengan warna kuning hingga kecoklatan dan umumnya digunakan sebagai bumbu atau penyedap masakan. Tauco dibuat melalui dua tahap fermentasi, yaitu fermentasi kapang dan fermentasi garam. Mikroba yang berperan dalam fermentasi kapang antara lain *Rhizopus oryzae*, *R. oligosporus* dan *Aspergillus oryzae*. Sedangkan dalam fermentasi garam, mikroba yang aktif adalah *Lactobacillus delbruechii* dan bakteri asam laktat lainnya, serta khamir *Zygosacharomyces soyae* dan *Z. mayor*.

Secara umum tauco mengandung 10,4% protein, 4,9% lemak, 24,1% karbohidrat, 56,65% air, 17,8% garam, 7,4% abu, 9,2% gula total, pH 4,9 dan keasaman sebagai asam laktat sebesar 0,9%. Tauco mengandung 17 macam asam amino dengan komponen terbesar adalah asam glutamat. Asam amino lainnya adalah arginin, leusin, prolin, asam aspartat, lisin, sistein, histidin, metionin, glisin, isoleusin, phenilalanin, serin, treonin, triptofan, tirosin dan valin (Koswara 1992). Tauco dikonsumsi dalam bentuk bumbu atau penyedap sehingga asupan gizi ke dalam tubuh sangat kecil.

Tahapan pembuatan tauco dapat dilihat pada Gambar 9. Kedelai dibersihkan, dicuci dan direbus 1-2 jam lalu dihilangkan kulit bijinya. Selanjutnya direndam 24 jam, direbus lagi selama 1-2 jam lalu ditiriskan. Fermentasi kapang dapat dilakukan dengan inokulasi ragi maupun spontan, dibiarkan pada suhu kamar selama 2-5 hari. Kedelai hasil fermentasi kapang dihancurkan sehingga pecah-pecah menjadi 2-4 bagian, lalu direndam dengan larutan garam 25-50% dalam wadah terbuka dibawah sinar matahari, selama 10-20 hari dan tiap hari diaduk. Hasil fermentasi garam



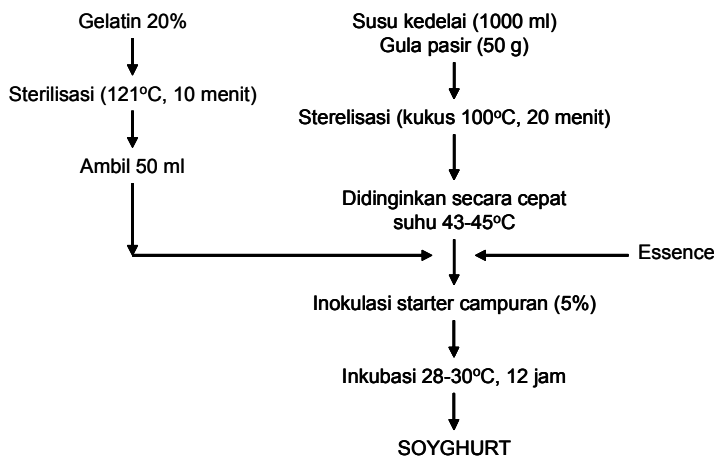
Gambar 9. Diagram alir proses pembuatan tauco.

ditambah air, gula aren/gula merah dan direbus lalu tauco basah ini dikemas dalam botol. Ada juga tauco yang dijemur menjadi tauco kering.

Soyghurt

Soyghurt atau *Yoghurt* kedelai merupakan produk hasil fermentasi susu kedelai menggunakan biakan murni bakteri *Streptococcus thermophilus* dan *Lactobacillus bulgaricus*. *Soyghurt* merupakan modifikasi *Yoghurt*, yang merupakan produk hasil fermentasi susu sapi menggunakan kedua bakteri tsb, bentuknya seperti bubur. *Yoghurt* merupakan produk fermentasi susu yang sangat digemari di Eropa dan Amerika serta beberapa negara Asia. Di Indonesia produk ini sudah lama diproduksi tetapi belum populer. Tradisional sejenis *Yoghurt* yang terbuat dari susu kerbau disebut dadih, yang merupakan makanan khas Sumatera Barat.

Secara garis besar proses pembuatan *soyghurt* dapat dilihat pada Gambar 10. Susu kedelai dipasteurisasi (suhu 80-90°C, 30 menit) atau disterilisasi (suhu 100°C, 20 menit) lalu ditambah gula sekitar 5%. Untuk menjaga kestabilan *soyghurt* dan agar tekstur lebih baik, sering ditambahkan gelatin 0,5-1,5%. Variasi rasa dapat dilakukan dengan penambahan essence (moca, vanili, strawberry). Setelah dingin lalu diinokulasi dengan starter *L. bulgaricus* dan *S. thermophilus* (1:1) sebanyak 5% dari volume susu kedelai. Inkubasi dilakukan pada suhu 45°C, selama 3-4 jam atau pada suhu kamar selama 12 jam. *Soyghurt* yang dihasilkan didinginkan pada suhu 2°C atau dipasteurisasi pada suhu 65°C selama 30 menit.



Gambar 10. Proses pembuatan soyghurt.

Keju Kedelai

Keju kedelai atau dikenal dengan nama *Sufu* merupakan produk hasil fermentasi gumpalan protein kedelai (*curd*, tahu), yang penampakkannya seperti keju lunak. *Sufu* cukup populer di Jepang dan Cina, tetapi di Indonesia belum berkembang. Mikroba yang berperan dalam pembuatan *Sufu* adalah *Mucor* sp.

Proses pembuatan *Sufu* meliputi: persiapan tahu (*curd*), inokulasi kapang dan pematangan. Tahu yang akan dibuat *Sufu* mempunyai kadar air sekitar 80-85%, protein 10%, lemak 4%. Tahu direndam selama satu jam di dalam larutan yang mengandung NaCl 6% dan asam sitrat 2,5%, lalu disterilkan pada suhu 100°C selama 15 menit. Perlakuan ini bertujuan untuk mencegah pertumbuhan bakteri kontaminan. Potongan tahu diinokulasi dengan mikroba yang dikenal dengan nama *Mucor sufu*, kemudian ditempatkan dalam berbagai konsentrasi larutan garam, tergantung flavor yang diinginkan. Pemeraman atau pematangan berkisar antara 40-60 hari.

PENUTUP

Kedelai merupakan sumber protein dan lemak yang paling baik diantara kacang-kacangan. Biji kedelai mengandung protein 35-40%, lemak 18-22%, dan karbohidrat 30-35%. Pemanfaatan kedelai sangat luas, dari yang masih bentuk polong, kecambah, biji utuh, tepung, konsentrat, isolat protein tahu, susu maupun produk-produk fermentasi seperti tempe, kecap tauco dan produk turunan lainnya.

Di Indonesia, kedelai merupakan jenis kacang-kacangan yang paling banyak dikonsumsi oleh masyarakat secara luas. Anekaragam kacang-kacangan dibudidayakan di Indonesia, namun belum ada yang dapat menggantikan kedudukan kedelai, baik dari segi jumlah konsumsi maupun jenis produk pangan yang dihasilkan. Hal ini karena keunggulan sifat fisikokimia dan fungsional kedelai yang belum dapat dikalahkan. Untuk mencukupi kebutuhan kedelai nasional, selain dari sisi prapanen, maka sisi pascapanen menjadi sangat penting. Di samping upaya peningkatan produktivitas, seleksi varietas berdasarkan keunggulan sifat fungsional perlu mendapat perhatian.

DAFTAR PUSTAKA

- Astawan, M. 2004. Potensi tempe ditinjau dari segi gizi dan medis. *Dalam: Astawan, M (Ed) Tetap Sehat dengan Produk Makanan Olahan. Tiga Serangkai, Solo.* p. 7-16
- Circle, S.J. dan A.K. Smith. 1978. Processing soy flour, protein concentrate and protein isolate. *Dalam: Smith, A.K. dan S.J. Circle (Eds). Soybean: Chemistry and Technology. AVI. Pub. Co. Wesport, C.T.*
- Damardjati, D. S., S. Widowati, and H. Taslim. 1996. Soybean processing and utilization in Indonesia. *Indonesian Agric. Res. and Dev. Journal. Bogor. Vol 18(1):13-25*
- Kinsella, J. E. 1979. Functional properties of soybean protein. *J. Am. Oil Chem. Soc.* p. 242.
- Koswara, S. 1995. Teknologi pengolahan kedelai menjadikan makanan bermutu. *Pustaka Sinar Harapan, Jakarta.* p. 97-106
- Nugraha, U.S., D.S. Damardjati, dan S. Widowati. 1996. Pengembangan mutu kedelai untuk agroindustri (Development of soybean quality for agroindustry). Makalah Disampaikan pada Lokakarya Penelitian dan Pengembangan Produksi Kedelai di Indonesia. Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi. Jakarta. 26 p.
- Pierson, M.D., N. R. Reddy, and S. A. Odunfa. 1986. Other legumes based fermented foods. *Dalam Reddy et al. (Eds) Legumes Based Fermented Foods. CRC-Press. Florida, USA.* p. 219-252
- Widowati, S., D.S. Damardjati, dan B.A.S. Santosa. 1998. Potensi pengembangan dan pemanfaatan isolat protein kedelai. *Dalam Nuraida, L. Dan S. Yasni (Eds) Pros, Sem Pengembangan Pengembangan Pengolahan dan Penggunaan Kedelai Selain Tempe. IPB, Bogor.* p. 99-118.
- Widowati, S., D. S. Damardjati, dan L. Sukarno. 1999a. Kajian mutu kedelai dan pemanfaatannya dalam industri pengolahan pangan modern. *Buletin Agrobio, Balitbio, Bogor. Vol 3(1): 36-44*
- Widowati, S., S.K.S. Wijaya, dan B.A.S. Santosa. 1999b. Profil asam amino dari berbagai varietas dan galur kedelai Indonesia. *Seri Kajian Ilmiah "Pangan untuk Milenium Baru" , UNIVK Soegiopranata, Semarang. Vol 9 (2):1-9*
- Widowati, S., Yuniar, M.E. Christina, dan R. Holinesti. 2004. Analisis kerusakan produk tempe kedelai. *Lap. MK Pengawetan Pangan. Program Studi Ilmu Pangan, Sekolah Pascasarjana, IPB.*

- Widowati, S. 2004. Tempe dan produk turunannya: pangan fungsional indigenous Indonesia. Pros. Sem. Nas. Peningkatan Daya Saing Pangan Tradisional. BB. Penelitian dan Pengembangan Pascapanen Pertanian. p. 220-228.
- Winarsi, H. 2004. Respon hormonal dan imunitas wanita premenopause terhadap minuman fungsional berbahan dasar susu skim yang disuplementasi dengan isoflavon kedelai dan Zn. Disertasi Program Doktor Ilmu Pangan, IPB.
- Wolf, W.J. 1978. Purification and properties of the protein. *Dalam: Smith, A.K. dan S.J. Circle (Eds).* Soybean: Chemistry and Technology. AVI. Pub. Co. Wesport, C.T.
- Zuheid-Noor. 2003. The potential of legume as functional food for insulin independent diabetes mellitus. Proc. Internat. Conference on Functional and Health Foods: Market, Technology & Health Benefit. UGM, Yogyakarta, August 26-27. p. 167-175.