

## **Kedelai sebagai Sumber Pangan Fungsional**

### **Soybean as Source of Functional Food**

**Ayda Krisnawati**

*Balai Penelitian Tanaman Aneka Kacang dan Umbi  
Jl. Raya Kendalpayak Km 8 Malang, Jawa Timur, Indonesia  
E-mail: my\_ayda@yahoo.com*

---

Naskah diterima 25 November 2016, direvisi 6 Juni 2017, dan disetujui diterbitkan 12 Juni 2017

---

#### **ABSTRACT**

*Soybean represents an excellent source of high quality protein with a low content of saturated fat and high in dietary fibre. The important of soybean as a functional food is reflected from the physiological content in its grain. The possible use of soybean as functional food in Indonesia is high, since the consumption of soybean and its processed products in the daily diet is stable high, that it seems to reduce the risk of cardiovascular disease. Soybean isoflavones are associated with roles in the prevention and treatment of degenerative organ diseases. The use of improved soybean variety as raw material for soy processed food showed similar quality with those of the imported ones. Therefore, research on the role of soybean as functional food has a strategic status in supporting the achievement of sustainable national food security.*

*Keywords: Soybean, functional food, isoflavone, improved variety*

#### **ABSTRAK**

Kedelai sebagai bahan pangan merupakan sumber protein berkualitas tinggi dengan kandungan lemak jenuh yang rendah dan sumber pangan serat. Aspek penting kedelai sebagai sumber pangan fungsional dapat ditinjau dari kandungan gizi biji kedelai. Sebagai pangan fungsional, konsumsi kedelai dan produk olahannya dapat mengurangi risiko penyakit kardiovaskular. Isoflavon pada kedelai berhubungan dengan perannya dalam pencegahan dan pengobatan penyakit degeneratif, sehingga memiliki peran penting dalam pemeliharaan kesehatan. Biji varietas unggul kedelai nasional sebagai bahan baku produk pangan olahan memiliki kualitas yang tidak kalah dibandingkan dengan kedelai impor. Penelitian dan pengembangan kedelai sumber pangan fungsional memiliki nilai strategis dalam meningkatkan ketahanan pangan nasional.

Kata kunci: Kedelai, pangan fungsional, isoflavon, varietas unggul

#### **PENDAHULUAN**

Kedelai merupakan komoditas pangan dengan kandungan protein nabati tinggi dan telah digunakan sebagai bahan baku produk olahan seperti susu kedelai, tempe, tahu, kecap, dan berbagai makanan ringan lainnya. Peningkatan jumlah penduduk dan kesadaran akan pentingnya hidup sehat berdampak pada meningkatnya kebutuhan kedelai dari tahun ke tahun.

Di Indonesia, kedelai merupakan komoditas pangan terpenting setelah padi dan jagung. Komoditas ini

digunakan untuk konsumsi pangan rumah tangga, industri, dan benih. Dalam 13 tahun terakhir, konsumsi kedelai dan produk olahannya cenderung meningkat. Pada tahun 2015, konsumsi kedelai mencapai 2,54 juta ton biji kering yang terdiri atas konsumsi langsung penduduk 2,3 juta ton, benih 39.000 ton, industri nonmakanan 446.000 ton, dan susu 49.000 ton (BPS 2015).

Aspek penting kedelai sebagai sumber pangan fungsional dapat ditinjau dari kandungan gizi pada biji. Berdasarkan basis bobot kering, kedelai mengandung sekitar 40% protein, 20% minyak, 35% karbohidrat larut

(sukrosa, stachyose, rafinosa, dll) dan karbohidrat tidak larut (serat makanan), dan 5% abu (Liu 2004). Meskipun tidak mengandung vitamin B12 dan vitamin C, kedelai merupakan sumber vitamin B yang lebih baik dibandingkan dengan komoditas golongan biji-bijian lain. Lemak kedelai mengandung antioksidan alami tokoferol ( $\alpha$ -tocopherol,  $\beta$ -tocopherol,  $\gamma$ -tocopherol, dan  $\delta$ -tocopherol) dalam jumlah yang dapat terdeteksi (mg/kg). Selain itu, kedelai mengandung mineral yang kaya K, P, Ca, Mg, dan Fe, serta komponen nutrisi lainnya yang bermanfaat, seperti isoflavon yang berfungsi mencegah berbagai penyakit (Liu 1997).

Pemanfaatan kedelai sebagai sumber pangan fungsional juga telah banyak dilakukan di banyak negara. Di Indonesia, pemanfaatan kedelai dititikberatkan pada konsumsi tempe dan tahu, yang berfungsi sebagai lauk dan merupakan bagian dari menu makan. Penelitian yang mengarah pada kualitas nutrisi pangan dan sosialisasi pemanfaatan produk kedelai sangat penting yang berdampak positif dalam meningkatkan kualitas kesehatan masyarakat. Makalah ini menelaah pentingnya kedelai sebagai pangan fungsional.

## BAHAN OLAHAN ASAL KEDELAJ

Di negara-negara Asia, termasuk Indonesia, kedelai digunakan terutama sebagai bahan pangan dan pakan ternak. Bahan pangan dan minyak makan dari kedelai masing-masing menempati sekitar dua pertiga dan sepertiga dari nilai ekonomi kedelai. Minyak kedelai merupakan minyak makan penting, secara global menyumbang 25% minyak nabati (Thoenes 2006). Sejak awal tahun 2000 minyak kedelai juga digunakan sebagai bahan bioenergi berupa minyak diesel.

Produk olahan kedelai sebagai bahan makanan berasal dari berbagai proses, termasuk fermentasi, nonfermentasi, dan fortifikasi. Makanan fermentasi berupa tempe, kecap, tauco, miso, natto, tahu, dan susu kedelai. Produk nonfermentasi antara lain kedelai segar, tahu, susu kedelai, kembang tahu, burger, es krim, daging sintetik, bakan sintetik dan campuran kue dan roti. Bahan fortifikasi berasal dari tepung kedelai yang kaya gizi (Bursens *et al.* 2011).

Tempe merupakan makanan tradisional Indonesia, dibuat melalui proses fermentasi menggunakan kapang *Rhizopus* spp, antara lain *R. oligosporus*, *R. stolonifer*, dan *R. oryzae*. Tempe sebagai pangan berperan penting sebagai sumber vitamin B12 dan kaya antioksidan (isoflavon), senyawa yang berfungsi sebagai penangkal radikal bebas, mencegah penyakit degeneratif, (Pawiroharsono 2007, Surtleff and Aoyagi 2007, Astuti *et al.* 2009). Sebagian besar tempe dibuat menggunakan

kedelai berkulit biji kuning, hanya sebagian kecil menggunakan kedelai berkulit biji hitam (kedelai hitam) (Surtleff and Aoyagi 2011). Tempe dari kedelai hitam memiliki gizi yang lebih baik dibandingkan dengan kedelai kuning, karena mengandung senyawa fungsional, yaitu fenolik, tanin, anthocyanin, dan isoflavon. Kedelai hitam memiliki antioksidan yang lebih baik dibandingkan dengan kedelai kuning (Xu and Chang 2007). Menurut Nurrahman *et al.* (2013), mengonsumsi tempe kedelai hitam secara rutin dapat meningkatkan sistem imunitas.

Tahu termasuk bahan makanan berkadar air tinggi, dipengaruhi oleh bahan penggumpal (koagulan) yang digunakan, dapat berupa batu tahu (kalsium sulfat), biang/whey (hasil pengepresan yang didiamkan semalam), asam asetat atau glucono delta lactone (GDL). Perbedaan jenis penggumpal menentukan tekstur dan cita rasa tahu (Ginting *et al.* 2009). Bahan penggumpal asam menghasilkan tahu dengan kadar air lebih tinggi dibanding garam kalsium. Kandungan protein tahu relatif rendah karena kadar airnya tinggi (Hamid 2012). Di Jepang, tahu atau tofu digunakan dalam berbagai resep masakan. Tofu dikonsumsi oleh penduduk hampir semua negara di Asia sebagai makanan berprotein tinggi dan rendah lemak (Erwin 2006).

Produk fermentasi kecap digunakan sebagai penyedap dan pemberi warna pada makanan. Kecap di Indonesia dibedakan menjadi kecap manis dan kecap asin. Kecap manis bertekstur kental, sedangkan kecap asin lebih encer dan komposisi garam lebih banyak (Suprpti 2005). Di Jepang terdapat lima jenis kecap yang didasarkan pada kualitasnya, yaitu koikuchi-shoyu (kecap biasa), usukuchi-shoyu (kecap agak berwarna), tamari-shoyu, sashikomi-shoyu, dan shiro-shoyu. Jenis ini diklasifikasikan menjadi tiga kelas, bergantung pada karakteristik sensoris seperti rasa, aroma, dan nilai analitis untuk kandungan nitrogen, alkohol, dan padatan terlarut (Schueller 1996). Tingkat konsumsi kecap di Indonesia 0,62 kg/kapita/tahun setara kedelai dengan laju peningkatan 5,7% per tahun (Anonim 2004 *dalam* Ginting *et al.* 2015).

Produk ikutan dari proses olahan kedelai adalah minyak kedelai, yang merupakan produk samping dari tepung kedelai sebagai pakan ternak. Minyak kedelai digunakan untuk minyak goreng dan bahan dasar margarin, *salad dressing*, mayones, dan berbagai produk farmasi, antara lain vitamin E dan berbagai antioksidan. Minyak kedelai banyak digunakan dalam bidang industri seperti bahan dasar pembuatan tinta, pernis, dan cat, sabun, pelumas, dan sealant. Minyak kedelai juga diolah menjadi bahan bakar diesel ramah lingkungan. Bahan bakar biodiesel dari minyak kedelai sudah digunakan di banyak negara (Haas *et al.* 2001, Kinney and Clemente 2004, Mourad and Walter 2011).

## SUMBER PANGAN FUNGSIONAL

Pangan fungsional berperan sebagai pemelihara kesehatan dan mencegah berbagai penyakit. Pangan fungsional adalah pangan yang secara alamiah maupun melalui proses mengandung satu atau lebih senyawa yang mempunyai fungsi fisiologis tertentu yang bermanfaat bagi kesehatan (Badan POM 2005). Terdapat tiga persyaratan pangan fungsional, yaitu (1) produk berupa bahan pangan (bukan kapsul, tablet atau bubuk) dan berasal dari bahan alami, (2) layak dikonsumsi sebagai bagian dari menu sehari-hari, dan (3) mempunyai fungsi pada waktu dicerna, seperti memperkuat pertahanan tubuh, mencegah penyakit tertentu, membantu memulihkan kondisi tubuh setelah sakit, menjaga kondisi fisik dan mental, dan memperlambat proses penuaan (Anonim 2006).

Kedelai sebagai sumber pangan fungsional mengandung komponen penting yang berguna untuk kesehatan, termasuk vitamin (vitamin A, E, K dan beberapa jenis vitamin B) dan mineral (K, Fe, Zn dan P). Lemak kedelai mengandung 15% asam lemak jenuh dan sekitar 60% lemak tidak jenuh yang berisi asam linolenat dan linoleat, keduanya diketahui membantu menyehatkan jantung dan mengurangi risiko terkena kanker (Anonim 2006). Berbagai komponen fungsional yang terdapat pada kedelai ditunjukkan pada Tabel 1.

Penelitian terhadap senyawa fungsional (isoflavon dan tokoferol) pada kedelai telah dilakukan oleh Kim *et al.* (2012) terhadap 204 varietas dari Amerika Serikat, China, dan Korea. Kedelai CSRV121 (Bosukkong) memiliki kandungan isoflavon tertinggi (4.778,1 µg/g), sedangkan CS 01316 memiliki kandungan isoflavon terendah (682,4 µg/g). Kedelai dari Korea menunjukkan rata-rata konsentrasi total isoflavon tertinggi (2.252,6 µg/g). Tokoferol tertinggi terdapat pada kedelai CS01202 (330,5 µg/g), dan kedelai CSRV056 (Pungsannamulkong) memiliki tokoferol terendah (153,3 µg/g). Kedelai dari Cina memiliki tokoferol tertinggi (255,1 µg/g).

Penelitian Matthaus dan Özcan (2014) terhadap kandungan asam lemak dan tokoferol pada minyak biji kedelai menemukan kandungan asam oleat bervariasi antara 21,4% (varietas AEM 7) hingga 26,6% (varietas Türksoy). Proporsi asam linoleat minyak kedelai berkisar antara 49,0% (varietas Türksoy) hingga 53,5% (varietas ATAEM 7). Asam palmitat minyak bervariasi antara 9,2% (varietas Adasoy) hingga 11,2% (varietas Noya). Tokoferol utama yang ditemukan adalah  $\alpha$ -tocopherol,  $\gamma$ -tocopherol, dan  $\delta$ -tocopherol. Lee *et al.* juga telah meneliti kandungan tokoferol pada biji dan kecambah 28 kultivar kedelai dari Korea. Konsentrasi tokoferol total berkisar antara 204-503 µg/g pada biji hingga 20-230 µg/g pada kecambah. Varietas lokal memiliki kadar tokoferol yang tinggi, yaitu

HaNagari (HN, 503 µg/g), Orialtae (OL, 487 µg/g), SuMoktae (SM, 476 µg/g), dan SoRitae (SR, 475 µg/g). Minyak kedelai mengandung 300-400 mg sterol/100 g. Komponen utama dari sterol kedelai adalah  $\beta$ -sitosterol (53-56%), campesterol (20-23%), dan stigmasterol (17-21%). Sterol ini memiliki aktivitas penurun kolesterol, meskipun mekanismenya belum sepenuhnya dipahami (Ozawa *et al.* 2001, Law 2000).

Kedelai mengandung protein 35-40% basis bobot kering, 90% di antaranya merupakan protein tersimpan yang penyusun utamanya adalah 11S glycinin dan 7S  $\beta$ -conglycinin (Liu 1997). Minyak kedelai merupakan sumber asam linolenat, yang merupakan asam lemak esensial tergolong asam lemak omega-3. Asam lemak omega-3, terutama asam lemak omega-3 rantai panjang, adalah asam eikosapentaenoat (EPA) dan dokosaheksaenoat (DHA) yang dapat berfungsi menurunkan panyakit jantung dan kanker. Kandungan DHA penting bagi pertumbuhan janin dan bayi (Gelfer 2009, Jordan 2010). Lesitin sebagai komponen minyak kedelai banyak digunakan sebagai emulsifier, berfungsi menghasilkan campuran yang stabil

Tabel 1. Komponen fungsional kedelai dan fungsi kesehatan.

| No. | Komponen fungsional | Fungsi kesehatan   |
|-----|---------------------|--|
| 1.  | Asam alfa linolenat | Asam lemak esensial, hypotriglyceridemia, menjaga kesehatan jantung.   |
| 2.  | Asam linoleat       | Asam lemak esensial, hypocholesterolemia   |
| 3.  | Isoflavon           | Estrogenik, hypocholesterolemia, meningkatkan fungsi saluran cerna, mencegah kanker payudara, mencegah kanker prostat, mencegah kanker usus besar, kesehatan tulang, meningkatkan metabolisme lemak. |
| 4.  | Lesitin             | Meningkatkan metabolisme lemak, memperbaiki daya ingat dan kemampuan belajar.  |
| 5.  | Lectin              | Anti kanker dan immunostimulator   |
| 6.  | Peptida             | Mudah diserap, mengurangi lemak tubuh, anti kanker   |
| 7.  | Phytosterols        | Hypocholesterolemia, anti kanker   |
| 8.  | Protein             | Hypocholesterolemia, memperkecil risiko penyumbatan pembuluh darah (antiatherogenik), mengurangi lemak tubuh, mencegah penyakit kardiovaskuler.  |
| 9.  | Saponin             | Mengatur metabolisme lemak, mencegah efek penyakit HIV, antioksidan.   |
| 10. | Protease inhibitor  | Mempunyai aktivitas anti kanker.   |

Sugana (2006) dalam Dixit *et al.* (2011).

antara minyak dan air dalam bentuk bahan pangan emulsi (Anonim 2006).

Protein kedelai mengandung konsentrasi isoflavon yang tinggi, hingga 1 g/kg (Setchell *et al.* 1990). Isoflavon memiliki banyak manfaat kesehatan, antara lain anti-inflamasi (Kole 2011), berhubungan dengan pengurangan kadar kolesterol dan gejala menopause, serta pengurangan risiko untuk beberapa penyakit kronis, antara lain kanker, penyakit jantung, dan osteoporosis (Han *et al.* 2002, Taku *et al.* 2007, Zaheer and Akhtar 2015). Penelitian menunjukkan menunjukkan tempe mengandung isoflavon tinggi, terutama daidzein dan genistein sebagai antioksidan (Rimbach *et al.* 2008). Selain isoflavon, kedelai juga mengandung sekitar 2% saponin (triterpen glikosida) yang memiliki aktivitas antijamur dan penangkal predator tanaman. Manfaat saponin pada awalnya dikaitkan dengan fungsi antigizi dalam makanan dan menghasilkan rasa pahit. Namun, studi terbaru menunjukkan peran senyawa dalam pencegahan dan pengendalian penyakit degeneratif kronis (Salgado and Donado-Pestana 2011).

Penelitian pada biji muda kedelai menunjukkan  $\delta$ -tocopherol dominan ditemukan pada fase R5, sedangkan pada fase selanjutnya didominasi oleh  $\gamma$ -tocopherol. Genistein sebagai produk utama isoflavon, terdapat pada semua fase reproduktif. Hasil penelitian juga menunjukkan kandungan bioaktif cenderung semakin menurun seiring dengan fase pemasakan biji, kecuali isoflavon dan tokoferol (Kumar *et al.* 2009). Di Jepang, kedelai varietas BRS 267 berbiji besar juga pada saat polong masih muda sebagai “edamame”. Varietas tersebut memiliki kandungan protein, asam oleat, aglikon isoflavon, gula, dan asam amino, yang dapat meningkatkan nilai gizi dan rasa (Rigo *et al.* 2015).

Nutrisi kedelai dan produk olahannya bervariasi, bergantung pada varietas, lingkungan tanam, dan teknologi pengolahan. Pada kebanyakan kacang-kacangan lain, kadar proteinnya berkisar antara 20–30%, sedangkan pada kedelai 35–38%. Protein pada produk olahan kedelai bervariasi, misalnya tepung kedelai 50%, konsentrat protein kedelai 70%, dan isolat protein kedelai 90% (Anonim 2006). Tabel 2 menunjukkan komposisi nutrisi kedelai dan olahannya (susu/sari kedelai, tofu/tahu, dan kecambah kedelai).

## ISOFLAVON DALAM BIJI KEDELAJ

Isoflavon merupakan senyawa metabolit sekunder yang banyak disintesis oleh tanaman, namun tidak disintesis oleh mikroorganisme. Oleh karena itu, kedelai merupakan sumber utama senyawa isoflavon di alam. Di antara berbagai tanaman, kandungan isoflavon yang lebih tinggi

Tabel 2. Komposisi nutrisi kedelai dan produk olahan per 100 g biji.

| Nutrisi                                  | Kedelai susu | kedelai | Tahu | Kecambah |
|--|--------------|---------|------|----------|
| Protein (g)                              | 38,0         | 3,7     | 12,0 | 5,5      |
| Lemak (total) (g)                        | 18,0         | 2,2     | 7,0  | 1,0      |
| Asam lemak jenuh (g)                     | 2,5          | 0,4     | -    | -        |
| Asam lemak tak jenuh tunggal (g)         | 4,0          | 0,5     | -    | -        |
| Asam lemak tak jenuh ganda (g)           | 10,7         | 1,3     | -    | -        |
| - asam linoleat ( $\Omega$ -6) (g)       | 9,8          | 1,2     | -    | -        |
| - asam alfa linolenat ( $\Omega$ -3) (g) | 0,9          | 0,2     | -    | -        |
| Karbohidrat (g)                          | 6,3          | 2,8     | 1,0  | 4,7      |
| Serat (g)                                | 22,0         | 0,6     | -    | 2,4      |
| Kalsium (mg)                             | 201,0        | 120,0   | 87,0 | 32,0     |
| Magnesium (mg)                           | 220,0        | -       | 99,0 | 19,0     |
| Kalium (mg)                              | -            | -       | 94,0 | 235,0    |
| Vitamin B12                              | -            | 0,2     | -    | -        |

Sumber: Burssens *et al.* (2011).

terdapat pada tanaman *Leguminoceae*, khususnya pada tanaman kedelai. Pada tanaman ini, kandungan isoflavon yang lebih tinggi terdapat pada biji, khususnya pada bagian kotiledon yang akan tumbuh menjadi tanaman, sebagian lagi terdapat pada kotiledon yang akan menjadi daun pertama tanaman, namun jumlah dan komposisinya bervariasi, bergantung pada bagian morfologi biji (kotiledon, hipokotil, dan integument), genotipe, dan daerah geografis budidaya (Chiari *et al.* 2004).

Kandungan isoflavon pada kedelai 3 mg/g bobot kering (Kudou *et al.* 1991), dapat berbentuk senyawa aglikon (*aglycone*) dan glukosid (*glucoside*). Senyawa aglikon utama terdiri atas genistein, daidzein, dan glysitein, sedangkan bagian utama senyawa glukosid adalah daidzin, genistin, dan glycetin. Genistin merupakan isoflavon utama pada kedelai dengan kandungan mencapai 75% dari total isoflavon, namun jenis senyawa isoflavon genistin, daidzin, dan glysitin cenderung mempunyai aktivitas fisiologis kecil (Seo and Morr 1984). Biji kedelai secara alami hanya mengandung daidzin, genistin, glysitin, dan bentuk-bentuk malonyl, sedangkan senyawa aglikon dan asetilglukosid terbentuk selama persiapan sampel untuk analisis dan pada saat prosesing (Griffith and Collison 2001). Isoflavon kedelai tergolong fitoestrogen nonsteroidal, yang berpotensi sebagai perlindungan dan pencegahan beberapa penyakit degeneratif.

Struktur kimia isoflavon telah diketahui fungsi fisiologisnya dan dimanfaatkan sebagai produk farmasi (obat-obatan). Potensi senyawa isoflavon untuk keperluan kesehatan antara lain sebagai anti-inflamasi, antitumor/ antikanker, antivirus, antialergi, mencegah osteoporosis, menurunkan risiko penyakit jantung dengan membantu menurunkan kadar kolesterol darah, dan dapat menutupi atau memblokir efek potensial yang merugikan akibat produksi estrogen yang berlebihan dalam tubuh (Anonim

2006). Sebagai anti-inflamasi, isoflavon pada kedelai telah berhasil diekstrak dan sudah diproduksi sebagai obat anti-inflamasi. Aktivitas anti-inflamasi dalam isoflavon kedelai yang digabung dengan temulawak dan jahe telah diteliti oleh Kertia *et al.* (2011). Disimpulkan kombinasi tersebut mempunyai fungsi yang tidak berbeda nyata dengan obat anti-inflamasi komersial. Potensi isoflavon sebagai antitumor/antikanker juga telah dikaji (Dijsselbloem *et al.* 2004, Gilbert and Liu 2013, Zaheer and Akhtar 2015), dan diketahui genistein merupakan senyawa yang berperan penting dalam pembentukan maupun penghambatan aktivitas sel tumor/kanker (Sarkar and Li 2002, Ravindranath *et al.* 2004).

Diperkirakan terdapat hubungan antara penggunaan isoflavon dengan pengurangan risiko serangan kanker payudara dan kanker rahim. Wanita yang mengonsumsi produk kedelai dan produk yang kaya isoflavon mengalami penurunan risiko terkena kanker rahim sebesar 54% (Anonim 2007). Isoflavon genistein dan daidzein dari kedelai telah digunakan sebagai obat pencegahan kanker prostat dan kanker payudara dengan dosis harian 50 mg, setara dengan sekitar 50 g produk kedelai (Liggins *et al.* 2000). Penelitian lain juga menunjukkan isoflavon dapat mengurangi gejala menopause (Kurzer 2000), meskipun hasil penelitian tidak selalu konsisten. *Health Test* pada tahun 2004 melaporkan resep dari 27 dokter terhadap wanita dengan gejala menopause, isoflavon direkomendasikan dua kali lebih banyak (44%) dibanding pengobatan hormonal (22%) (Anonim 2007). Efek positif isoflavon dalam menurunkan kadar kolesterol adalah menurunkan kadar LDL (*low density lipoprotein*) dan menaikkan fraksi HDL (*high density protein*) (Kanazawa *et al.* 1995, Nilausen and Meinertz 1999).

Kadar isoflavon kedelai dan produk olahannya, bervariasi, bergantung pada varietas, lingkungan pertumbuhan, cara pengolahan, dan faktor lainnya. Tidak semua produk kedelai mengandung genistin dan daidzin, karena keduanya dapat hilang selama pengolahan, namun ketersediaan isoflavon sangat tinggi jika dikonsumsi sebagai makanan maupun suplemen (Anonim 2006). Kandungan isoflavon dalam kedelai dan produk fermentasi maupun nonfermentasi dapat dilihat pada Tabel 3.

Fungsi kedelai sebagai bahan pangan menyehatkan semakin penting jika tersedia varietas dengan kandungan isoflavon tinggi. Perbaikan genetik kedelai sebagai sumber isoflavon di Jepang menghasilkan varietas kedelai Fukuibuki dengan kandungan isoflavon tinggi (420,7 mg/100 g). Varietas tersebut sesuai untuk bahan baku industri tahu (Shimada *et al.* 2004). China berhasil telah melepas varietas kandungan isoflavon dan hasil biji tinggi, yaitu Zhongdou No. 27 (Fenixia *et al.* 2002).

Tabel 3. Isoflavon kedelai pada kedelai dan produk olahan kedelai.

| Produk olahan                 | Total isoflavon (mg/100 g) | Daidzein (mg/100 g) | Genistein (mg/100 g) |
|-------------------------------|----------------------------|---------------------|----------------------|
| Tepung kedelai berlemak penuh | 177,89                     | 71,19               | 96,83                |
| Tepung kedelai bertekstur     | 148,61                     | 59,62               | 78,90                |
| Tepung kedelai bebas lemak    | 131,19                     | 57,47               | 71,21                |
| Kedelai                       | 128,34                     | 46,46               | 73,76                |
| Isolat protein kedelai        | 97,43                      | 33,59               | 59,62                |
| Natto                         | 58,93                      | 21,85               | 29,04                |
| Keripik kedelai               | 54,16                      | 26,71               | 27,45                |
| Tahu goreng                   | 48,35                      | 17,83               | 28,00                |
| Tempe                         | 43,52                      | 17,59               | 24,85                |
| Miso                          | 42,55                      | 16,13               | 24,56                |
| Kecambah kedelai              | 40,71                      | 19,12               | 21,60                |
| Tahu lunak                    | 29,24                      | 8,59                | 20,65                |
| Tahu sutera                   | 27,91                      | 11,13               | 15,58                |
| Bubuk susu kedelai            | 25,00                      | 7,23                | 14,75                |
| Tahu Cina                     | 22,70                      | 8,00                | 12,75                |
| Hot dog kedelai               | 15,00                      | 3,40                | 8,20                 |
| Okara                         | 13,51                      | 5,39                | 6,48                 |
| Bakon tanpa daging            | 12,10                      | 2,80                | 6,90                 |
| Susu kedelai                  | 9,65                       | 4,45                | 6,06                 |
| Burger sayuran                | 9,30                       | 2,95                | 5,28                 |
| Minuman sari kedelai          | 7,01                       | 2,41                | 4,60                 |
| Shoyu                         | 1,64                       | 0,93                | 0,82                 |
| Kacang hitam                  | 0,00                       | 0,00                | 0,00                 |

Sumber: USDA (2002).

Di Indonesia, varietas kedelai yang memiliki kandungan isoflavon tinggi dilepas pada tahun 2015, yaitu Devon 1 dengan kandungan isoflavon 221,97 mg/100 g, berasal dari persilangan antara varietas kedelai berdaya hasil tinggi dengan kedelai berdaya kandungan isoflavon tinggi IAC 100. Selain mengandung isoflavon tinggi, varietas Devon-1 berbiji besar dengan potensi hasil 2,75 t/ha (Balitkabi 2015). Pengembangan produk olahan kedelai dalam bentuk pangan fungsional merupakan terobosan yang berperan arti penting dari segi ekonomi, kesehatan, dan sosio-teknologi.

## PANGAN OLAHAN KEDELA DI INDONESIA

Produk olahan kedelai di Indonesia antara lain tempe, tahu, kecap, tauco, susu kedelai, dan taoge. Tempe dan tahu mendominasi pemanfaatan kedelai untuk bahan pangan, masing-masing 50% dan 40%, sedangkan 10% digunakan untuk susu kedelai, kecap, taoge, tauco, tepung, dan produk olahan lainnya (Silitonga dan Djanuardi 1996). Sebagian masyarakat lebih memilih mengonsumsi tempe dengan cara menggoreng karena lebih mudah dengan rasa gurih (Ginting *et al.* 2009).

Varietas kedelai berbiji besar, antara lain Argomulyo, Bromo, Burangrang, Anjasmoro, Grobogan, dan Dega 1, lebih disukai untuk bahan baku industri tempe. Biji besar

menghasilkan rendemen tempe tinggi, dan warna kulit biji kuning menghasilkan warna tempe yang lebih baik (Krisdiana 2005). Kedelai varietas Grobogan sebagai bahan tempe memiliki kadar protein lebih tinggi dibandingkan dengan kedelai impor (43,90% bk). Protein kedelai mempengaruhi tekstur dan aroma tempe (Widyanti 2011). Antarlina (2002) telah meneliti beberapa varietas kedelai nasional sebagai bahan baku tempe (Burangrang, Bromo, Kawi, Jayawijaya, Wilis, dan galur SC-9102- D-1). Sifat sensoris tempe (warna, kenampakan/penampilan, aroma ekstr, dan rasa) varietas Burangrang, Argomulyo, dan Bromo tidak berbeda nyata dengan kedelai impor. Tempe dari biji kedelai varietas Bromo dan Burangrang memiliki rendemen dan kadar protein yang lebih tinggi dibanding kedelai impor, dan memiliki tingkat kesukaan panelis yang sama berdasarkan sifat sensorisnya. Varietas Argomulyo, Jayawijaya, Ringgit, Pangrango, dan Tampomas, menghasilkan tempe dengan kadar protein 28–31% bb, lebih tinggi dibanding kedelai impor (27% bb) pada tingkat kadar air yang relatif sama, yakni 53–54% (Antarlina *et al.* 2003). Kualitas tempe dari kedelai varietas unggul nasional tidak kalah dengan kedelai impor. Kandungan protein dan lemak dari biji galur kedelai yang telah diradiasi masing-masing adalah 36% dan 13%, lebih tinggi dibanding kedelai induk. Rendemen tahu dari kedelai mutan berkisar antara (323–370%), lebih tinggi dibandingkan dengan kedelai impor. Rendemen tempe dari varietas unggul nasional berkisar antara 188-197%, sedangkan dari kedelai impor 193% (Arwin 2015).

Untuk tempe lebih disukai kedelai berbiji besar, sedangkan untuk tahu tidak mempertimbangkan ukuran biji (Ginting *et al.* 2009). Varietas kedelai dan teknik pengolahan yang digunakan berpengaruh terhadap kualitas tahu (rendemen dan tekstur). Kajian terhadap 12 varietas unggul dan dua kedelai impor menunjukkan kadar protein biji berkorelasi positif dengan bobot (merefleksikan rendemen) dan tingkat kekerasan tahu. Dibandingkan dengan kedelai impor, 12 varietas unggul nasional memiliki kadar protein lebih tinggi, sehingga menghasilkan bobot tahu yang lebih tinggi dan tekstur yang lebih keras (Antarlina *et al.* 2002). Selain protein, fraksi protein juga mempengaruhi mutu hasil olahan kedelai. Biji kedelai dengan kandungan fraksi protein 11S dan nisbah fraksi 11S/7S tinggi, cenderung menghasilkan rendemen tahu yang tinggi dan tekstur tahu yang keras. Menurut Ginting *et al.* (2009), biji kedelai yang sesuai untuk bahan baku tahu berasal dari varietas Tambora, Lokon, Lumpobotang, dan Rinjani.

Kualitas kecap manis sangat ditentukan oleh varietas kedelai, proses fermentasi, kualitas gula dan racikan

bumbu yang digunakan. Kedelai berbiji kuning maupun hitam dapat digunakan sebagai bahan baku kecap. Namun, kedelai berbiji hitam lebih disukai karena dapat memberi warna hitam alami, berkilau, dan citarasa sedap dan gurih (Ginting dan Yulifianti 2015). Varietas unggul kedelai hitam yang telah dilepas adalah Detam 1, Detam 2, Detam 3 Prida, dan Detam 4 Prida. Varietas Detam 1 dan Detam 2 memiliki ukuran biji besar (14,8 g dan 13,5 g/100 biji), kadar protein tinggi (45% bk), potensi hasil tinggi, dan sesuai untuk bahan baku kecap (Ginting *et al.* 2009). Varietas Detam 3 Prida dan Detam 4 Prida memiliki ukuran biji sedang (11,8 g/100 biji dan 11,0 g/100 biji), kadar protein 36,4% bk dan 40,3% bk, potensi hasil cukup tinggi (Adie 2013). Hasil penelitian Ginting dan Yulifianti (2015) menunjukkan kualitas kecap manis yang dihasilkan dari biji kedelai varietas Detam 1, Detam 3 Prida, dan Detam 4 Prida lebih bagus dan disukai. Ukuran dan warna biji ketiga varietas kedelai tersebut sangat disukai oleh produsen kecap. Berdasarkan warna, kekentalan, aroma, dan rasa, produsen kecap paling menyukai kecap yang diolah dari varietas Detam 1, Detam 4 Prida, dan Detam 3 Prida. Warna, viskositas, kadar air, protein aroma dan rasa kecap manis yang diperoleh setara bahkan lebih baik dari kecap komersial di pasaran.

Menurut Ginting (2008), kedelai varietas lokal Ponorogo, varietas unggul Wilis dan Bromo cocok digunakan untuk susu kedelai, karena cita rasanya memenuhi persyaratan Standar Nasional Indonesia (SNI) dengan kadar protein minimal 2%. Varietas unggul lainnya, seperti Anjasmoro dan Argomulyo yang mirip dengan varietas Bromo, juga sesuai untuk bahan baku susu kedelai. Pengolahan kering (pengupasan kulit secara mekanis) menghasilkan susu kedelai dengan kadar protein 1,5-2,0 kali lebih tinggi dibandingkan dengan pengolahan basah (perendaman), namun rendemennya turun 17,6%.

## KESIMPULAN

Kedelai mengandung nutrisi dan zat gizi yang bermanfaat bagi kesehatan. Pemanfaatan kedelai sebagai bahan baku produk pangan olahan sejalan dengan konsep pangan fungsional. Kedelai sebagai salah satu bahan pangan fungsional memiliki kandungan isoflavon dan zat gizi lainnya yang bermanfaat untuk pencegahan berbagai penyakit degeneratif. Varietas unggul nasional memiliki mutu fisik dan gizi yang lebih tinggi dibandingkan dengan kedelai impor. Pemanfaatan varietas unggul kedelai sebagai bahan baku produk pangan olahan prospektif dikembangkan.

## DAFTAR PUSTAKA

- Adie, M.M. 2013. Kedelai hitam super genjah dan toleran kekeringan. *Warta Penelitian dan Pengembangan Pertanian* 35(6):1–2.
- Anonim. 2006. Karakteristik kedelai sebagai bahan pangan fungsional. E-book Pangan. 28p.
- Anonim. 2007. Isoflavones. <http://www.isoﬂavones.info/> (akses tgl 15 Mei 2007).
- Antarlina, S.S. 2002. Penggunaan varietas kedelai unggul dan penambahan tapioka dalam pembuatan tempe. hlm. 146"157. *Dalam*: D.M. Arsyad, J. Soejitno, A. Kasno, Sudaryono, A.A. Rahmianna, Suharsono, dan J.S. Utomo (Ed.). *Kinerja Teknologi untuk Meningkatkan Produktivitas Tanaman Kacang-kacangan dan Umbi-umbian*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanaman Pangan, Bogor.
- Antarlina, S.S., J.S. Utomo, E. Ginting, and S. Nikkuni. 2002. Evaluation of Indonesian soybean varieties for food processing. p. 58"68. *In* A.A. Rahmianna and S. Nikkuni (Eds.). *Soybean Production and Postharvest Technology for Innovation in Indonesia*. Proceedings of RILET- JIRCAS Workshop on Soybean Research. Malang, 28 September 2000.
- Antarlina, S.S., E. Ginting, dan J.S. Utomo. 2003. Kualitas tempe kedelai unggul selama penyimpanan beku. *Penelitian Pertanian Tanaman Pangan* 22(2): 106"113.
- Arwin. 2015. Evaluasi Kandungan Nutrisi dan Rendemen Hasil Olahan Galur Mutan Kedelai Umur Genjah. Hlm. 466-472. Kasno *et al.* (eds.). *Dalam*: Prosiding Seminar Hasil Penelitian Tanaman Aneka Kacang dan Umbi 2014. Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanaman Pangan. Bogor.
- Astuti, M., A. Meliala, F.S. Dalais, and M.L. Wahlqvist. 2009. Tempe, a nutritious and healthy food from Indonesia. *Asia Pacific J. Clin. Nutr.* 9(4): 322–325.
- Badan POM (Badan Pengawas Obat dan Makanan Republik Indonesia). 2005. Peraturan Kepala Badan Pengawas Obat dan Makanan Republik Indonesia tentang Ketentuan Pokok Pengawasan Pangan Fungsional. Jakarta.
- Balitkabi. 2015. Devon 1: Calon varietas kedelai mengandung isoflavon tinggi. Infotek. <http://balitkabi.litbang.pertanian.go.id/info-teknologi/2130-devon-1-calon-varietas-kedelai-mengandung-isoflavon-tinggi.html> (akses tanggal 28 Desember 2015).
- BPS. 2015. Produksi kedelai menurut provinsi (ton), 1993-2015. <http://www.bps.go.id/linkTableDinamis/view/id/871> (akses 4 Januari 2016).
- Burssens, S., I. Pertry, D.D. Ngudi, Y. Kuo, M.V. Montagu and F. Lambein. 2011. Soya, Human Nutrition and Health. pp.157-180. Hany A. El-Shemy (ed.). *In Soybean and Nutrition*. InTech. Croatia.
- Chiari, L., N.D. Piovesan, L.K. Naoe, I.C. José, J.M.S. Viana, M.A. Moreira, and E.G. de Barros. 2004. Genetic parameters relating isoflavone and protein content in soybean seeds. *Euphytica* 138:55–60.
- Dijsselbloem, N., W.V. Berghe, A. De Naeyer, and G. Haegeman., 2004. Soy isoflavone phyto-pharmaceuticals in interleukin-6 affections: multi-purpose nutraceuticals at the crossroad of hormone replacement, anti-cancer and anti-inflammatory therapy. *Biochemical Pharmacology* 68(6): 1171-1185.
- Dixit, A.K., J. I. X. Antony, N. K. Sharma, and R. K. Tiwari. 2011. Soybean constituents and their functional benefits. Opportunity, Challenge and Scope of Natural Products in Medicinal Chemistry, p.367-383.
- Erwin, L. 2006. Sejarah dan Perkembangan (FCEP•) Tofu Di Jepang. Thesis, Universitas Kristen Maranatha.
- Fenxia, H., D. Anlin, and S. Junming. 2002. Development of a New Soybean Variety with High Isoflavone-zhongdou 27 and Its Cultivation Technique. *Soybean Sci.* 21(3):231-233.
- Gelfer, G.D. 2009. Dietary assessment of docosahexaenoic acid (DHA) intake in pregnant women of Southwest Montana. Thesis. Montana State University. USA. 114p.
- Gilbert, E.R. and D. Liu. 2013. Anti-diabetic functions of soy isoflavone genistein: mechanisms underlying effects on pancreatic  $\beta$ -cell function. *Food & Function* 4(2): 200–212.
- Ginting, E. dan R. Yulifianti. 2015. Kualitas dan preferensi industri terhadap kecap hitam dari varietas unggul kedelai hitam. pp.452-465. Kasno *et al.* (eds.). *Dalam*: Prosiding Seminar Hasil Penelitian Tanaman Aneka Kacang dan Umbi 2014. Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanaman Pangan. Bogor.
- Ginting, E. 2008. Mutu kedelai nasional lebih baik daripada kedelai impor. *Warta Penelitian dan Pengembangan Tanaman Pangan* 30 (1): 8-10.
- Ginting, E., S.S. Antarlina, dan S. Widowati. 2009. Varietas kedelai unggul untuk bahan baku industri pangan. *Jurnal Penelitian dan Pengembangan Pertanian* 28(3):79–87.
- Ginting, E., R. Yulifianti, H.I. Mulyana, dan Tarmizi. 2015. Varietas unggul kedelai hitam sebagai bahan baku kecap. Prosiding Seminar Agroindustri dan Lokakarya Nasional FKPT-TPI. Universitas Trunojoyo. Madura.
- Griffith, A.P. and M.W. Collison, 2001. Improved methods for the extraction and analysis of isoflavones from soy-containing foods and nutritional supplements by reversed-phase high-performance liquid chromatography and liquid chromatography-mass spectrometry. *J Chromatography A* 913: 397–413.
- Haas, M.J., K.M. Scott, T.L. Alleman, and R.L. McCormick. 2001. Engine performance of biodiesel fuel prepared from soybean soapstock: a high quality renewable fuel produced from a waste feedstock. *Energy Fuels* 15:207-1212.
- Hamid, M. 2012. Kandungan & manfaat tahu. Penebar Swadaya, Jakarta.

- Han, K.K., J.M. Soares Jr., M.A. Haidar, G.R. De Lima, and E.C. Baracat., 2002. Benefits of soy isoflavone therapeutic regimen on menopausal symptoms. *Obstetrics & Gynecology* 99(3): 389-394.
- Jordan, R.G. 2010. Prenatal Omega-3 fatty acids: Review and Recommendations. *Journal of Midwifery & Women's Health* 55:520-528.
- Kanazawa, T., T. Osanai, and X.S. Zhang. 1995. Protective effects of soy protein on the peroxidisability of lipoprotein in cerebral vascular diseases. *J. Nutr.* 125:639S-646S.
- Kertia, N., D.E. Achadiono, A. Paramaiswari, A.S. Fadlilah, and H. Harinawantara. 2011. Anti-inflammatory activities of temulawak, ginger, soybean and shrimp shell extracts in combination compared to diclonofenac sodium. *Acta Interna – The J. of Medicine* 1(1):3-9.
- Kim, E.H., H.M. Ro, S.L. Kim, H.S. Kim, and I.M. Chung. 2012. Analysis of isoflavone, phenolic, soyasapogenol, and tocopherol compounds in soybean [*Glycine max* (L.) Merrill] germplasms of different seed weights and origins. *J Agric Food Chem.* 60(23): 6045-6055.
- Kinney, A.J. and T.E. Clemente. 2004. Modifying soybean oil for enhanced performance in biodiesel blends. *Fuel Processing Technol.* 86:1137-1147.
- Kole, L., B. Gin, S.K. Manna, B. Pali, and S. Ghosh. 2011. "Biochanin-A, an isoflavon, showed anti-proliferative and anti-inflammatory activities through the inhibition of iNOS expression, p38-MAPK and ATF-2 phosphorylation and blocking NF $\kappa$ B nuclear translocation." *European journal of pharmacology* 653(1):8-15.
- Krisdiana, R. 2005. Preferensi industri tahu dan tempe dalam menggunakan bahan baku kedelai di Jawa Timur. hlm. 540"548. *Dalam: A.K. Makarim, Marwoto, M.M. Adie, A.A. Rahmianna, Heriyanto, dan I.K. Tastra* (Ed.). *Kinerja Penelitian Mendukung Agribisnis Kacang-kacangan dan Umbi-umbian. Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanaman Pangan, Bogor.*
- Kudou, S., Y. Fleury, D. Welti, D. Magnolato, T. Uchida, K. Kitamura, K. Okubo. 1991. Malonyl isoflavone glycosides in soybean seeds (*Glycine max* Merrill). *Agric. Biol. Chem.* 55:2227-2233.
- Kumar, V., A. Rani, A.K. Dixit, D. Bhatnagar, and G.S. Chauhan. 2009. Relative changes in tocopherols, isoflavones, total phenolic content, and antioxidative activity in soybean seeds at different reproductive stages. *J. Agric. Food Chem.* 57(7):2705-2710.
- Kurzer, M.S. 2000. Hormonal effects of soy isoflavones: Studies in premenopausal and postmenopausal women. *J. Nutr.* 130:660S-661S.
- Law, M.P. 2000. Plant sterol and stanol margarines and health. *Biomedical J.* 320: 861-864.
- Lee, Y.Y., H.M. Park, T.Y. Hwang, S.L. Kim, M.J. Kim, S.K. Lee, M.J. Seo, K.J. Kim, Y.U. Kwon, S.C. Lee, and Y.H. Kim. 2015. A correlation between tocopherol content and antioxidant activity in seeds and germinating seeds of soybean cultivars. *J. Sci. Food Agric.* 95(4):819-827.
- Liggins, J.; Bluck, L.J.C.; Runswick, S.; Atkinson, C.; Coward, W.A. & Bingham, S.A. (2000). Daidzein and genistein contents of vegetables. *British Journal of Nutrition*, Vol. 84, No. 5:717-725.
- Liu, K.S. 1997. Chemistry and Nutritional Value of Soybean Components. In *Soybean: Chemistry, Technology, and Utilization*, Chapman & Hall, New York, 25-113.
- Liu, K. 2004. *Soybeans as Functional Foods and Ingredients*. AOCS Publishing, USA.
- Matthaus, B. and M.M. Özcan. 2014. Fatty acid and tocopherol contents of several soybean oils. *Nat Prod Res.* 28 (8):589-592.
- Mourad, A. and A.L. Walter. 2011. The energy balance of soybean biodiesel in Brazil: a case study. *Biofuels, Bioprod. Bioref.* 5:185-197.
- Nilausen, K. and H. Meinertz. 1999. Lipoprotein (a) and dietary protein: Casein lowers lipoprotein (a) concentrations as compared with soy protein. *Am. J. Clin. Nutr.* 69:419-425.
- Nurrahman, M. Astuti, Suparmo, dan Marsetyawan HNE Soesatyo. 2013. The role of black soybean tempe in increasing antioxidant enzyme activity and human lymphocyte proliferation *in vivo*. *Int.J.Curr.Microbiol.App.Sci.* 2(9):316-327.
- Ozawa, Y., H. Sato, A. Nakatani, Mori O, Hara Y, Nakada Y, Akiyama Y, Morinaga Y. 2001. Chemical Composition of Soybean Oil Extracted from Hypocotyle-Enriched Soybean Raw Material and Its Cholesterol Lowering Effects in Rats. *J. Oleo Sci.* 50: 217- 223.
- Pawiroharsono, S. 1997. Pengembangan tempe sebagai produk nabati sumber vitamin B12. *J. Al Azhar Indonesia* 6(1):9-15.
- Ravindranath, M.H., S. Muthugounder, N. Presser, and S. Viswanathan. 2004. Anticancer therapeutic potential of soy isoflavone, genistein. In *Complementary and Alternative Approaches to Biomedicine* (pp. 121-165). Springer US.
- Rigo, A.A., A.M. Dahmer, C. Steffens, and J. Steffens. 2015. Characterization of Soybean Cultivars Genetically Improved for Human Consumption. *International Journal of Food Engineering* 1(1):1-7.
- Rimbach, G., C.B. Saadatmandi, J. Frank, D. Fuchs, U. Wenzel, H. Daniel, W.L. Hall and P.D. Weinberg. 2008. Dietary isoflavones in the prevention of cardiovascular disease-A molecular prespective. *Food and Chem. Toxicol.* 46:1308-1319.
- Salgado, J.M. and C.M. Donado-Pestana 2011. Soy as a Functional Food. pp.21-44. Hany A. El-Shemy (ed.). *In Soybean and Nutrition*. InTech. Croatia.
- Sarkar, F.H. and Y. Li. 2002. Mechanisms of cancer chemoprevention by soy isoflavone genistein. *Cancer and Metastasis Reviews* 21 (3-4): 265-280.
- Schueller, R. 1996. *The soy sauce handbook, A Reference Manual for the Food Manufacturer*. Kikkoman Corporation.



- Seo & Morr, 1984. Improved High Performance Liquid Chromatographic Analysis of Phenolic Acids and Isoflavonoids from Soybean Protein Products, *J. Agric. Food Chem.*, 32: 530-533.
- Setchell, K.D.R., N.M. Brown, L. Zimmer-Nechemias, W.T. Brashear, B.E. Wolfe, A. Sattar, and M.A. Akhtar. 1990. Irradiation and germination effects on phytate, protein and amino acids of soybean. *Plant Foods Hum. Nutr.* 40:185-194.
- Shimada, S., Y. Takada, T. Sakai, and Y. Kono. 2004. A new Soybean cultivar, "Fukuibuki", with high isoflavone content and superior agronomic characteristics for Japan. Proceedings of the 4th International Crop Science Congress: New directions for a diverse planet. Brisbane, Australia, 26 Sep – 1 Oct 2004.
- Silitonga, C. dan B. Djanuardi. 1996. Konsumsi tempe. hlm. 209-229. *Dalam: Sapan dan Noer Sutrisno (Ed.). Bunga Rampai Tempe Indonesia.* Yayasan Tempe Indonesia, Jakarta Sugano 2006.
- Suprapti, M.L. 2005. Kecap tradisional - teknologi tepat guna. Kanisius. 72p.
- Surtleff, W. and A. Aoyagi. 2007. History of tempeh. Lafayette, California: Soyinfo Center. 85p.
- Shurtleff, W. and A. Aoyagi. 2011. History of Fermented Black Soybeans (165 B.C. to 2011). Lafayette, California: Soyinfo Center. 398pp.
- Taku, K., K. Umegaki, Y. Sato, Y. Taki, K. Endoh, and S. Watanabe. 2007. Soy isoflavones lower serum total and LDL cholesterol in humans: a meta-analysis of 11 randomized controlled trials. *The American journal of clinical nutrition* 85(4):1148-1156.
- Thoenes, T. 2006. Background paper for the competitive commercial agriculture in sub-Saharan Africa (CCA) study. Soybean: International Commodity Profile. Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- USDA (U.S. Department of Agriculture, Agricultural Research Service). 2002. USDA-Iowa State University Database on the Isoflavone Content of Foods, Release 1.3 - 2002. Nutrient Data Laboratory Website.
- Widyanti, A. D.2011. Pengaruh jenis kedelai (*Glycine max* L. Merr) Grobogan dan impor terhadap nilai gizi tempe. Skripsi Kimia Fakultas Sains dan Matematika Universitas Kristen Satya Wacana Salatiga.
- Xu, B.J. and S.K.S. Chang. 2007. A Comparative study on phenolic profiles and antioxidant of legums as affected by extraction solvents. *J. Food Sci.* 72(2):159-166.
- Zaheer, K. and M.H. Akhtar. 2015. An updated review of dietary isoflavones: nutrition, processing, bioavailability and impacts on human health. *Critical reviews in food science and nutrition*, (just-accepted), pp.00-00.