

KARAKTERISTIK FISIKOKIMIA TEPUNG TEMPE KECAMBAH KEDELAI

(Physicochemical characteristics of germinated soybean tempe flour)

Made Astawan^{1*}, Tutik Wresdiyati², Muhammad Ichsan¹

¹Departemen Ilmu dan Teknologi Pangan, Fakultas Teknologi Pertanian,
Institut Pertanian Bogor, Bogor 16680

²Departemen Anatomi, Fisiologi, dan Farmasi, Fakultas Kedokteran Hewan,
Institut Pertanian Bogor, Bogor 16680

ABSTRACT

This research was conducted to compare physicochemical characteristics of germinated soybean tempe flour (GST flour) and soybean tempe flour (ST flour). Soybean was germinated within 28 hours and then processed into tempe. Germinated soybean tempe and soybean tempe were freeze-dried for 26 hours, and then milled into GST flour and ST flour. The GST flour and ST flour were used for physical and chemical analysis. The used of germinated soybean was proven to affect the quality of flour. GST flour had 53.37 % db protein, 24.97 mg AEAC antioxidant capacity/100 g tempe, 5.08 mg tocopherol/100 g db, 81.75 mg isoflavone/100 g db, and minerals (Ca, P, Fe, Zn) which were higher than that of the ST flour. GST flour also had better quality than that of ST flour, in term of: higher bulk density (0.42 g/ml), lower water activity (0.63), and lower repose angle (39.94°).

Keywords: *chemical characteristic, germinated soybean tempe, physical characteristic, soybean tempe*

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan mempelajari perbandingan karakteristik fisikokimia tepung tempe kecambah kedelai (tepung TKK) dan tepung tempe kedelai (tepung TK). Kedelai dikecambahkan dalam waktu 28 jam, kemudian diproses menjadi tempe. Tempe kecambah kedelai dan tempe kedelai dikeringbekukan selama 26 jam, kemudian digiling menjadi tepung TKK dan tepung TK. Tepung TKK dan tepung TK digunakan untuk analisis fisik dan kimia. Penggunaan kecambah kedelai terbukti memengaruhi kualitas tempe. Tepung TKK memiliki 53,37 % bk protein, 24,97 mg AEAC kapasitas antioksidan/100 g tempe bk, 5,08 mg vitamin E/100 g bk, 81,75 mg isoflavon/100 g bk, dan beberapa mineral (Ca, P, Fe, Zn) yang lebih tinggi dibandingkan Tepung TK. Tepung TKK juga mempunyai kualitas yang lebih baik dibandingkan tepung TK, yaitu dalam hal densitas kamba (0,42 g/ml) yang lebih tinggi, serta aktivitas air (0,63) dan *repose angle* (39,94°) yang lebih rendah.

Kata kunci: karakteristik fisik, karakteristik kimia, tempe kedelai, tempe kecambah kedelai

PENDAHULUAN

Tempe adalah makanan tradisional Indonesia hasil fermentasi oleh kapang *Rhizopus* sp. Harganya yang relatif murah, sifat fungsionalnya yang baik, dan kandungan proteinnnya yang tinggi, membuat tempe semakin digemari oleh berbagai lapisan masyarakat. Saat ini, angka konsumsi tempe dalam negeri sudah mencapai 7,44 kg/kapita/tahun. Angka ini lebih tinggi dibandingkan tahun sebelumnya, yaitu 7,09 kg/kapita/tahun (Kementan 2014).

Bahan baku utama tempe umumnya adalah kedelai, yang dikenal memiliki kandungan pro-

tein yang lebih tinggi dibandingkan biji-bijian lainnya. Kandungan protein kedelai adalah 46,2 g/100 g basis kering (Astawan 2008). Indonesia, dikenal sebagai negara asal tempe sekaligus negara pengimpor kedelai. Setiap tahunnya, Indonesia harus mengimpor kedelai sebanyak 2,1 juta ton untuk memenuhi 71% kebutuhan kedelai dalam negeri.

Tingginya angka impor kedelai disebabkan oleh ketersediaan kedelai lokal yang tidak mencukupi. Hal ini membuat para pengrajin tempe umumnya menggunakan kedelai impor sebagai bahan baku produksinya. Kondisi ini diperparah dengan beberapa keunggulan kedelai impor, di

*Korespondensi: Telp: +628161374074, Surel: mastawan@yahoo.com

antaranya pasokannya terjamin, harganya lebih murah, dan ukuran bijinya lebih seragam dibandingkan kedelai lokal. Hal tersebut membuat para pengrajin cenderung lebih menyukai kedelai impor sebagai bahan baku tempe yang diproduksinya.

Penelitian Astawan *et al.* (2013) dan Astawan *et al.* (2015) telah membuktikan kedelai lokal varietas Grobogan dapat mengimbangi mutu kedelai impor sebagai bahan baku tempe. Tempe yang dihasilkan dari kedelai Grobogan memiliki kadar air, protein, lemak, dan kapasitas antioksidan yang sama dengan tempe dari kedelai impor. Berdasarkan uji sensori, tempe kedelai Grobogan secara keseluruhan memperoleh tingkat kesukaan yang sama dengan tempe kedelai impor. Fakta tersebut menunjukkan bahwa kedelai lokal Grobogan memiliki potensi yang baik untuk terus dikembangkan guna mengurangi ketergantungan pengrajin terhadap kedelai impor.

Salah satu inovasi yang dapat dilakukan untuk meningkatkan mutu tempe kedelai Grobogan adalah dengan memodifikasi bahan bakunya, yaitu menggunakan kecambah kedelai. Proses pengecambahan dipilih karena merupakan teknologi yang aplikatif, yaitu meningkatkan mutu gizi tempe dengan biaya relatif murah. Selama pengecambahan, terjadi banyak perubahan komponen pada kedelai, yaitu kadar karbohidrat, lemak, protein, air, abu, dan mineral (Astawan 2009; Mwikya *et al.* 2001); kapasitas antioksidan dan profil isoflavon (Huang *et al.* 2014); serta vitamin E (Shi *et al.* 2010).

Masalah utama yang dihadapi pada tempe adalah umur simpannya yang relatif pendek akibat kadar airnya yang cukup tinggi, serta adanya kapang yang terus tumbuh dan berkembang biak, menyebabkan degradasi protein dan membentuk amonia. Amonia yang terbentuk menyebabkan munculnya aroma busuk (Astawan 2008). Oleh karena itu, pembuatan tepung merupakan alternatif pengolahan untuk memperpanjang daya tahan simpan dan daya guna tempe (Mursyid *et al.* 2014).

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis karakteristik fisikokimia tepung tempe berbahan baku kecambah kedelai Grobogan, dibandingkan dengan tepung tempe kedelai tanpa proses pengecambahan.

METODE

Desain, tempat, dan waktu

Desain yang digunakan dalam penelitian ini adalah eksperimental dengan rancangan acak lengkap, yang terdiri dari dua perlakuan, yaitu tepung tempe kecambah kedelai (tepung TKK) dan tepung tempe kedelai (tepung TK). Produksi kecambah kedelai dilakukan di pusat industri tauge Kampung Leuwengkolot, Desa Girimulya RT 01/RW 03, Kecamatan Cibungbulang, Kabupaten Bogor. Produksi tempe dilakukan di Rumah Tempe Indonesia, Jalan Cilendek Nomor 27, Bogor. Analisis dilakukan di Laboratorium Pengolahan Pangan, Laboratorium Kimia Pangan, Laboratorium Biokimia Pangan, Laboratorium Analisis Pangan, dan Laboratorium Evaluasi Sensori di Departemen Ilmu dan Teknologi Pangan, Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor.

Bahan dan alat

Bahan utama yang digunakan dalam penelitian ini adalah kedelai lokal Grobogan yang diperoleh dari Kabupaten Grobogan, Jawa Tengah. Selain itu terdapat pula bahan-bahan untuk pembuatan kecambah dan tempe, serta bahan-bahan untuk analisis. Bahan-bahan yang dibutuhkan untuk pembuatan kecambah yaitu air dan kapur tohor, sedangkan bahan untuk tempe meliputi ragi Rapi-1 dan plastik pengemas polipropilen. Adapun bahan-bahan untuk analisis meliputi kertas saring, n-heksana, HCl, H₂SO₄, HgO, K₂SO₄, Na₂SO₃, asam borat (H₃BO₃), HCl, batu didih, air destilata, indikator fenoltalein (PP), indikator MR-MB, NaOH, DPPH, minyak jagung, asam askorbat, NaCl dan metanol p.a.

Tahapan penelitian

Pengecambahan kedelai. Proses pengecambahan kedelai diawali dengan proses penyortiran basah untuk memisahkan kedelai tak layak pakai dan pengotor non kedelai. Kedelai hasil penyortiran selanjutnya direndam dalam air selama enam jam kemudian ditiriskan. Kedelai selanjutnya dimasukkan ke dalam ember yang bagian bawahnya dilubangi dan disiram larutan kapur tohor untuk meningkatkan kandungan kalsium yang berfungsi sebagai kation anorganik yang membantu dalam pembelahan sel dari ja-

ringan meristem yang dapat mempercepat daya kecambah (Tjokrodirjo 1985). Ember kemudian ditutup untuk mencegah masuknya cahaya matahari. Pengecambahan dilakukan pada suhu ruang selama 28 jam. Selama proses pengecambahan tersebut, kedelai disiram air setiap selang waktu tiga jam.

Produksi tempe. Proses produksi tempe mengacu pada proses produksi tempe di Rumah Tempe Indonesia, Bogor (Maskar *et al.* 2015). Diawali dengan proses penyortiran kedelai yang bertujuan untuk membuang kedelai yang tidak layak dan pengotor non-kedelai. Selanjutnya adalah pencucian kedelai, perendaman selama dua jam, perebusan selama 30 menit pada suhu 100°C, dilanjutkan dengan perendaman kembali selama 12 jam. Kedelai yang telah direndam, dikupas kulitnya dan dibelah menjadi dua dengan mesin *dehuller* sehingga dapat terpisah antara kulit dan lembaga. Kedelai bersih tanpa kulit, selanjutnya disiram oleh air panas bersuhu 100°C dan setelah itu ditiriskan, didinginkan dan dikeringkan dengan hembusan udara. Kedelai yang telah kering diinokulasi dengan ragi tempe (1 g ragi/1 kg kedelai), dikemas menggunakan plastik silinder diameter 5,5 cm dan dilubangi berjarak 2 x 2 cm. Proses fermentasi dilakukan pada suhu 30°C, RH 80 % selama 40 jam.

Tahapan proses produksi tempe kecambah kedelai sama dengan tempe kedelai, namun kecambah tidak mengalami proses penyortiran dan perendaman kembali, melainkan langsung direbus selama 10 menit pada suhu 100°C.

Pembuatan tepung tempe. Tempe dikeringkan dengan metode pengeringan beku (*freeze drying*), kemudian digiling dengan *blender* kecepatan rendah selama satu menit, dan diayak dengan ayakan 48 mesh.

Analisis fisik dan kimia. Tepung tempe dianalisis secara fisik dan kimia. Analisis fisik meliputi densitas kamba (Adeleke dan Odejeji 2010), aktivitas air dan *repose angle* (Hartoyo & Sunandar 2006). Analisis kimia yang dilakukan meliputi proksimat (AOAC 2012), kapasitas antioksidan (Fayed 2009), total isoflavon (AOAC 2012), mineral dan vitamin E (Muchtadi *et al.* 1992).

Pengolahan dan analisis data

Ada dua jenis tepung tempe yang diteliti dalam penelitian ini, yaitu tepung tempe kecambah kedelai (tepung TKK) dan tepung tempe kedelai (tepung TK). Tepung TKK merupakan tepung tempe yang dibuat dari kedelai Grobogan yang dikecambahkan, sedangkan tepung TK merupakan tepung tempe yang dibuat dari kedelai Grobogan tanpa perlakuan pengecambahan. Analisis data menggunakan uji beda *independent sample t-test* dengan taraf nyata 0,05.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Karakteristik fisik

Aktivitas air (a_w) adalah parameter yang umum digunakan sebagai kriteria keamanan dan kualitas pangan. Semakin tinggi nilai a_w maka semakin tinggi pula kemungkinan tumbuhnya mikroorganisme dalam bahan pangan tersebut. Nilai a_w tepung tempe kecambah kedelai (tepung TKK) lebih rendah dibandingkan tepung tempe kedelai (tepung TK), yang berarti tepung TK lebih mudah menyerap air dari udara dibandingkan tepung TKK (Tabel 1). Hal ini mungkin disebabkan oleh perbedaan ukuran partikel dari kedua jenis tepung.

Tabel 1. Analisis sifat fisik tepung tempe

Parameter	Jenis tepung tempe	
	Tepung TKK	Tepung TK
Aktivitas air	0,63 ± 0,01 ^a	0,70 ± 0,03 ^b
Densitas kamba (g/ml)	0,42 ± 0,01 ^b	0,39 ± 0,00 ^a
<i>Repose angle</i>	39,94 ± 1,48 ^{o a}	42,66 ± 0,97 ^{o b}

Keterangan: Angka-angka pada baris yang sama yang diikuti oleh huruf yang berbeda menunjukkan hasil yang berbeda nyata ($p < 0,05$) dengan uji t. Masing-masing data diperoleh dari dua ulangan.

Selama pengecambahan, terjadi pemecahan berbagai molekul kompleks menjadi bentuk lebih sederhana (Elkhalifa & Bernhardt 2010), sehingga ukuran partikel tepung TTK menjadi lebih kecil. Ukuran partikel yang lebih kecil diduga mengakibatkan partikel-partikel menjadi lebih rapat dalam menempati volume ruang, sehingga menurunkan interaksi uap air di udara dengan tepung TTK dan menurunkan kemampuan tepung TTK untuk menyerap uap air (Saenab *et al.* 2010). Aktivitas air tepung TTK yang lebih kecil (0,63) bersifat menguntungkan, karena relatif memiliki umur simpan yang lebih lama dibandingkan tepung TK.

Tabel 1 menunjukkan pengecambahan berpengaruh nyata dalam menurunkan *repose angle* tepung tempe ($p < 0,05$). *Repose angle* tepung TTK ($39,94^\circ$) lebih rendah dibandingkan tepung TK ($42,66^\circ$). *Repose angle* digunakan untuk mengetahui indeks alir suatu bahan. *Repose angle* yang kecil nilainya menunjukkan indeks alir tepung yang makin baik. Dalam proses pengolahan di industri pangan, *repose angle* yang kecil dari suatu bahan sangatlah diharapkan (Saenab *et al.* 2010). *Repose angle* dari tepung dapat digolongkan pada kategori cukup baik jika berada pada kisaran $30-40^\circ$ (Priyanto *et al.* 2011). Hal ini berarti tepung TTK memiliki sifat mengalir yang cukup baik saat pemindahan dan pencampuran bahan.

Densitas kamba merupakan massa partikel yang menempati suatu unit volume tertentu. Densitas kamba menyatakan keringkasan suatu bahan dalam menempati volume. Semakin besar densitas kambanya, maka semakin ringkas bahan

tersebut menempati volume yang sama dengan bobot yang lebih besar. Berdasarkan pengukuran terhadap densitas kamba, diketahui bahwa densitas kamba tepung TTK dan tepung TK, masing-masing adalah 0,42 dan 0,39 g/ml (Tabel 1). Densitas kamba tepung TTK lebih besar dibandingkan tepung TK ($p < 0,05$), artinya dalam volume ruang yang sama (1 ml), tepung TTK dapat menempati ruang tersebut lebih banyak.

Penelitian Moongngarm *et al.* (2014) juga menunjukkan proses pengecambahan secara signifikan meningkatkan densitas kamba tepung beras yaitu dari 0,53-0,64 menjadi 0,65-0,69 g/ml. Peningkatan ini terjadi karena proses germinasi akan memicu sistem enzim untuk bekerja memecah molekul kompleks seperti protein, karbohidrat, dan lemak ke dalam bentuk yang lebih sederhana (Elkhalifa & Bernhardt 2010). Hal ini pulalah yang menyebabkan ukuran partikel tepung TTK menjadi lebih kecil dan lebih rapat dalam menempati suatu ruang. Tepung dengan densitas kamba yang lebih tinggi akan lebih efisien dalam penempatannya di dalam kemasan.

Karakteristik kimia

Data pada Tabel 2 menunjukkan hasil analisis proksimat, vitamin E, total isoflavon, dan kapasitas antioksidan tepung TTK dan tepung TK. Kadar air dari kedua jenis tepung tempe diketahui berbeda nyata yaitu 3,14 % pada tepung TTK dan 2,25 % pada tepung TK ($p < 0,05$).

Kadar abu dan karbohidrat pada kedua jenis tepung diketahui tidak berbeda nyata. Tepung TTK secara signifikan memiliki kadar lemak yang lebih rendah dibandingkan tepung TK. Hal

Tabel 2. Analisis proksimat, vitamin E, total isoflavon, dan kapasitas antioksidan tepung tempe

Parameter	Jenis tepung	
	Tepung TTK	Tepung TK
Kadar air (% bb)	3,14 ± 0,28 ^b	2,25 ± 0,15 ^a
Kadar abu (% bk)	1,89 ± 0,08	1,93 ± 0,04
Kadar protein (% bk)	53,37 ± 1,39 ^b	50,18 ± 0,07 ^a
Kadar lemak (% bk)	23,10 ± 0,30 ^a	25,02 ± 0,55 ^b
Kadar karbohidrat (% bk)	21,74 ± 1,17	22,88 ± 0,49
Kadar vitamin E (mg/100 g bk)	5,08 ± 0,01 ^b	4,70 ± 0,00 ^a
Total isoflavon (mg/100 g bk)	81,75 ± 1,25 ^b	53,08 ± 1,10 ^a
Kapasitas antioksidan (mg AEAC/100 g tempe bk)	24,97 ± 0,01 ^b	15,75 ± 0,01 ^a

Keterangan: Angka-angka pada baris yang sama yang diikuti oleh huruf yang berbeda menunjukkan hasil yang berbeda nyata ($p < 0,05$) dengan uji t. Masing-masing data diperoleh dari dua ulangan.

ini mungkin disebabkan oleh penggunaan lemak kedelai sebagai sumber energi utama untuk pertumbuhan embrio selama proses pengecambahan.

Degradasi lemak dan karbohidrat selama pengecambahan merupakan proses dimana tujuan esensialnya adalah penyediaan energi yang dibutuhkan untuk sintesis protein baru (Shi *et al.* 2010). Dengan demikian proses pengecambahan memiliki efek yang menguntungkan terhadap sintesis protein. Hal inilah yang menyebabkan tepung TKK secara nyata memiliki kadar lemak lebih rendah, tetapi kadar protein lebih tinggi dibandingkan tepung TK ($p < 0,05$) (Tabel 2).

Perubahan komposisi proksimat tepung tempe tidak hanya disebabkan oleh pengecambahan, tetapi juga oleh proses fermentasi kedelai menjadi tempe. Penelitian Reyes-Bastidas *et al.* (2010) menunjukkan proses fermentasi bahan padat (*solid state fermentation*) diketahui dapat meningkatkan kadar protein sebanyak 21,7 %, serta menurunkan kadar lemak sebesar 38,42 %, kadar abu sebesar 42,7 %, dan kadar karbohidrat sebesar 3,5 %. Peningkatan kadar protein disebabkan oleh penurunan kadar komponen lain, yang disebabkan oleh hilangnya senyawa-senyawa terlarut ketika proses perebusan atau dikonsumsi senyawa-senyawa non protein oleh kapang untuk pertumbuhannya.

Pengecambahan kedelai berpengaruh terhadap kapasitas antioksidan tempe yang dihasilkannya. Tabel 2 menunjukkan bahwa kapasitas antioksidan tepung TKK nyata lebih tinggi dibandingkan tepung TK, yaitu masing-masing sebesar 24,97 dan 15,75 mg AEAC/100 g berat kering tempe. Penelitian sebelumnya pada kacang hijau juga menunjukkan kapasitas antioksidan yang meningkat maksimum hingga 486% setelah lima hari pengecambahan (Huang *et al.* 2014).

Tingginya kapasitas antioksidan tepung TKK disebabkan selama proses pengecambahan terjadi peningkatan senyawa fenol dan vitamin E (Cevallos-Casals dan Cisneros-Zevallos 2010; Plaza *et al.* 2003). Senyawa fenol (isoflavon) dan vitamin E (α -tokoferol) merupakan senyawa fitokimia pada kedelai yang memiliki aktivitas biologis (Astawan 2013). Cevallos-Casals dan Cisneros-Zevallos (2010) menyebutkan bahwa kedelai mengalami peningkatan senyawa fenol sebesar 201% setelah pengecambahan selama tujuh hari.

Senyawa fenol tidak hanya diproduksi pada saat proses pengecambahan kedelai, namun juga pada proses fermentasi kedelai menjadi

tempe. Reyes-Bastidas *et al.* (2010) juga melaporkan bahwa kandungan senyawa fenol meningkat sebesar 9,13% setelah pengecambahan. Peningkatan senyawa fenol disebabkan oleh enzim β -glukosidase kapang yang mengatalisis pelepasan aglikon dari substrat biji-bijian. Dugaan adanya peningkatan senyawa fenol dibuktikan dengan hasil analisis total isoflavon tepung TKK yang nyata lebih besar dibandingkan tepung TK, yaitu masing-masing sebesar 81,75 dan 53,08 mg/100 g berat kering tepung ($p < 0,05$) (Tabel 2).

Kadar total isoflavon diukur berdasarkan jumlah konsentrasi aglikon dan aglikon ekuivalen terhadap glukosida. Selama proses pengecambahan dan fermentasi kedelai menjadi tempe, terjadi peningkatan kadar aglikon (isoflavon bebas) dan penurunan glukosida (isoflavon terikat). Hasil penelitian Huang *et al.* (2014) menyebutkan bahwa satu hari pengecambahan dapat meningkatkan kadar aglikon kedelai sebesar 84%. Kadar aglikon tertinggi ditemukan setelah pengecambahan selama tiga hari, yaitu meningkat sebesar 147%. Paucar-Menacho *et al.* (2010) mengindikasikan bahwa peningkatan aglikon dan penurunan glukosida pada kecambah kedelai disebabkan oleh hidrolisis enzim glukosidase selama perendaman dan pengecambahan. Enzim glukosidase ini aktif selama pengecambahan dan mengatalisis terbentuknya aglikon.

Tepung TKK memiliki kadar vitamin E yang lebih tinggi dibandingkan tepung TK, yaitu masing-masing sebesar 5,08 dan 4,70 mg/100 g berat kering (Tabel 2). Lebih tingginya vitamin E pada tepung TKK disebabkan oleh adanya proses pengecambahan kedelai. Penelitian Plaza *et al.* (2003) menyebutkan bahwa pengecambahan meningkatkan kadar vitamin E sebanyak enam kali lipat pada kedelai, yaitu dari 0,89 menjadi 5,91 mg/kg berat kering.

Selama proses pengecambahan, terjadi perubahan komposisi tokoferol, dimana α -tokoferol dan β -tokoferol meningkat, sedangkan kadar γ -tokoferol menurun. Perubahan ini menunjukkan bahwa biosintesis beberapa isomer vitamin E membutuhkan proses degradasi terhadap bentuk isomer lainnya. Hasil observasi membuktikan terjadi korelasi yang negatif antara kadar α -tokoferol dan γ -tokoferol, dimana peningkatan α -tokoferol diiringi dengan penurunan γ -tokoferol selama proses germinasi (Zielinski & Kozłowska 2003).

Tabel 3. Kandungan mineral tepung tempe

Mineral (mg/100 g bk)	Jenis Tepung Tempe	
	Tepung TKK	Tepung TK
Kalsium (Ca)	306,87 ± 0,75 ^b	292,88 ± 0,32 ^a
Fosfor (P)	498,18 ± 4,69 ^b	431,39 ± 6,92 ^a
Magnesium (Mg)	87,96 ± 0,36 ^a	99,36 ± 1,17 ^b
Besi (Fe)	16,13 ± 0,02 ^b	8,10 ± 0,07 ^a
Seng (Zn)	6,48 ± 0,05 ^b	5,35 ± 0,03 ^a

Keterangan: Angka-angka pada baris yang sama yang diikuti oleh huruf yang berbeda menunjukkan hasil yang berbeda nyata ($p < 0,05$) dengan uji t. Masing-masing data diperoleh dari dua ulangan.

Data analisis kandungan mineral pada Tabel 3 menunjukkan tepung TKK memiliki kadar kalsium, fosfor, besi, dan seng yang lebih tinggi, namun memiliki kadar magnesium yang lebih rendah dibandingkan tepung TK. Selama pengecambahan, terjadi perubahan terhadap beberapa kadar mineral. Shi *et al.* (2010) melaporkan bahwa kadar mineral Zn mengalami sedikit peningkatan dan kadar Fe mengalami fluktuasi selama pengecambahan. Konsentrasi mineral lainnya, seperti Mg dan Ca tidak mengalami perubahan yang signifikan.

Hasil penelitian Ozcan dan Juhaimi (2014) menyatakan hal yang sedikit berbeda, yaitu umumnya kadar mineral Ca, Mg, dan P ditemukan lebih tinggi dibandingkan kedelai mentah. Perubahan ini kemungkinan merupakan akibat dari meningkatnya proporsi senyawa anorganik dan menurunnya senyawa organik selama proses pengecambahan, sehingga konsentrasi mineral-mineral pada kecambah meningkat. Tingginya kandungan mineral pada tepung TKK membuatnya bermanfaat untuk kesehatan, diantaranya yaitu dalam pembentukan tulang, pencegahan penyakit anemia, dan sebagai kofaktor enzim dalam mekanisme antioksidan.

KESIMPULAN

Perlakuan pengecambahan pada kedelai Grobogan menyebabkan perbedaan karakteristik pada tepung tempe yang dihasilkannya, baik secara fisik maupun kimia. Secara fisik, tepung tempe kecambah kedelai memiliki aktivitas air dan *repose angle* yang lebih rendah, namun memiliki densitas kamba yang lebih tinggi dibandingkan tepung tempe kedelai. Hal ini disebab-

kan selama proses pengecambahan, terjadi pemecahan molekul-molekul kompleks (karbohidrat, protein, dan lemak) menjadi bentuk lebih sederhana. Pemecahan molekul ini menurunkan ukuran partikel tepung tempe kecambah kedelai. Ukuran partikel yang lebih kecil akan menurunkan daya absorpsi air dari udara dan meningkatkan keringkas bahan dalam menempati suatu volume.

Secara kimia, tepung tempe kecambah kedelai memiliki keunggulan pada kandungan protein, kapasitas antioksidan, dan mineral (Ca, P, Fe, Zn). Proses pengecambahan merangsang pembentukan senyawa fenol (isoflavon aglikon) dan α -tokoferol yang berperan sebagai antioksidan. Lemak dan karbohidrat digunakan sebagai sumber energi untuk pertumbuhan kecambah dan pembentukan protein baru, sehingga menyebabkan peningkatan kadar protein pada kecambah kedelai.

Saran untuk penelitian lebih lanjut adalah perlunya aplikasi tepung tempe kecambah kedelai pada berbagai produk pangan untuk meningkatkan kandungan dan mutu gizinya.

UCAPAN TERIMA KASIH

Peneliti mengucapkan terimakasih kepada pemberi dana penelitian, yaitu Direktorat Riset dan Pengabdian Masyarakat, Direktorat Jenderal Penguatan Riset dan Pengembangan, Kementerian Riset, Teknologi, dan Pendidikan Tinggi, melalui skema Hibah Kompetensi 2015 atas nama Made Astawan.

DAFTAR PUSTAKA

- Adeleke RO, Odedeji JO. 2010. Functional properties of wheat and sweet potato flour blends. *Pak J Nutr* 9(6):535-538. <http://dx.doi.org/10.3923/pjn.2010.535.538>.
- [AOAC] Association of Official Analytical Chemistry. 2012. Official Method of Analysis. Association of Official Analytical Chemistry 19th Edition. Gaithersburg (US): AOAC.
- Astawan M. 2008. Sehat dengan tempe, panduan lengkap menjaga kesehatan dengan tempe. Jakarta: Dian Rakyat.
- Astawan M. 2009. Panduan karbohidrat terlengkap. Jakarta: Dian Rakyat.
- Astawan M. 2013. Soy story. *Food Rev* 8(10):46-51.

- Astawan M, Wresdiyati T, Widowati S, Bintari SH, Ichسانی N. 2013. Karakteristik fisikokimia dan sifat fungsional tempe yang dihasilkan dari berbagai varietas kedelai. *Pangan* 22(3):241-252.
- Astawan M, Wresdiyati T, Saragih AM. 2015. Evaluasi mutu protein tepung tempe dan tepung kedelai rebus pada tikus percobaan. *Jurnal Mutu Pangan* 2(1):11-17.
- Cevallos-Casals B, Cisneros-Zevallos L. 2010. Impact of germination on phenolic content and antioxidant activity of 13 edible seed species. *Food Chem* 119(4):1485-1490. <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2009.09.030>.
- Elkhalifa AEO, Bernhardt R. 2010. Influence of grain germination on functional properties of sorghum flour. *Food Chem* 121:387-392. <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2009.12.041>.
- Fayed SA. 2009. Antioxidant and anticancer activities of *Citrus reticulata* (petitgrain mandarin) and *Pelargonium graveolens* (geranium) essential oils. *Res J Agric Biol Sci* 5(5):740-747.
- Hartoyo A, Sunandar FH. 2006. Pemanfaatan tepung komposit ubi jalar putih (*Ipomoea batatas* L), kecambah kedelai (*Glycine max* Merr.) dan kecambah biji hijau (*Virginia radiata* L) sebagai substituen parsial terigu dalam produk pangan alternatif biskuit kaya energi protein. *J Teknol dan Industri Pangan* 17(1):50-57.
- Huang X, Cai W, Xu B. 2014. Kinetic changes of nutrients and antioxidant capacities of germinated soybean (*Glycine max* L.) and mung bean (*Vigna radiata* L.) with germination time. *Food Chem* 143:268-276. <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2013.07.080>.
- [Kementan] Kementerian Pertanian. 2014. Pusat data dan sistem informasi pertanian. *Bul Konsumsi Pangan* 5(2):13-14.
- Maskar DH, Hardinsyah, Damayanthi E, Astawan M, Wresdiyati T. 2015. Effects of genetically modified (GM) soybean and tempe consumption on blood profile, malondialdehyde (MDA) level and superoxide dismutase (SOD) activity of *Sprague-Dawley* rats. *IJSBAR* 23(2):271-285.
- Moongngarm A, Moontree TS, Deedpinrum P, Padtong K. 2014. Functional properties of brown rice flour as affected by germination. *APCBEE Procedia* 8:41-46. <http://dx.doi.org/10.1016/j.apcbee.2014.01.077>.
- Muchtadi M, Palupi NS, Astawan M. 1992. Metode kimia biokimia dan biologi dalam evaluasi nilai gizi pangan olahan. Bogor: Pusat Antar Universitas Pangan dan Gizi, Institut Pertanian Bogor
- Mursyid, Astawan M, Muchtadi D, Wresdiyati T, Widowati S, Bintari SH, Suwarno M. 2014. Evaluasi nilai gizi protein tepung tempe yang terbuat dari varietas kedelai impor dan lokal. *Pangan* 23(1):33-41.
- Mwikya SM, Camp JV, Rodriguez R, Huyghebaert. 2001. Effects of sprouting on nutrient and antinutrient composition of kidney beans (*Phaseolus vulgaris var. Rose coco*). *Eur Food Res Technol* 212:188-191. <http://dx.doi.org/10.1007/s002170000200>.
- Ozcan MM, Juhaimi FA. 2014. Effect of sprouting and roasting processes on some physico-chemical properties and mineral contents of soybean seed and oils. *Food Chem* 154:337-342. <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2013.12.077>.
- Paucar-Menacho LM, Berhow MA, Mandarino J.M, Mejia EG, Chang YK. 2010. Optimisation of germination time and temperature on the concentration of bioactive compounds in Brazilian soybean cultivar BRS 133 using response surface methodology. *Food Chem* 119:636-642. <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2009.07.011>.
- Plaza L, Ancos B, Cano MP. 2003. Nutritional and health-related compounds in sprouts and seeds of soybean (*Glycine max*), wheat (*Triticum aestivum*. L) and alfalfa (*Medicago sativa*) treated by a new drying method. *Eur Food Res Technol* 216:138-144.
- Priyanto G, Yudhia, Hamzah B. 2011. Perubahan sifat fisik dan aktivitas antioksidan tepung rempah selama pengeringan. *Prosiding Seminar Nasional Perteta 2011*. Jember, Indonesia. Jember: Jember University Press-kerjasama dengan Perteta cabang Jember. hlm 233-242.
- Reyes-Bastidas M, Reyes-Ferna'ndez, Lo'pez-Cervantes, Mila'n-Carrillo J, Loarca-Pin GF, Reyes-Moreno C. 2010. Physico-chemical, nutritional and antioxidant properties of tempe flour from common bean (*Phaseolus vulgaris* L.). *Food Sci*

Astawan dkk.

- Tech Int 16(5):427–428.<http://dx.doi.org/10.1177/1082013210367559>.
- Saenab A, Laconi EB, Retnani Y, Mas'ud MS. 2010. Evaluasi kualitas pelet ransum komplit yang mengandung produk samping udang. *JITV* 15(1):31-39.
- Shi H, Nam PK, Ma Y. 2010. Comprehensive profiling of isoflavones, phytosterols, tocopherols, minerals, crude protein, lipid, and sugar during soybean (*Glycine max*) germination. *J Agric Food Chem* 58(8):4970-4976.<http://dx.doi.org/10.1021/jf100335j>.
- Tjokrodirjo HS. 1985. *Teknis bercocok tanam tebu*. Yogyakarta: Lembaga Pendidikan Perkebunan.
- Zielinski H, Kozłowska H. 2003. The content of tocopherols in *cruciferae* sprouts. *Pol J Food Nutr Sci*. 12(4): 25-31.