

PENGARUH KOAGULAN DAN KONDISI KOAGULASI TERHADAP PROFIL PROTEIN *CURD* KEDELAI SERTA KORELASINYA TERHADAP TEKSTUR

[Effect of Coagulant and Coagulation Condition to Soybean Curd Protein Profile and Its Correlation to Texture]

Dahrul Syah^{1,2)*}, RH. Fitri Faradilla¹⁾, Viktor Trisna²⁾, dan Yogi Karsono²⁾

¹⁾ South East Asian Food and Agricultural Science and Technology (SEAFST) Center, Institut Pertanian Bogor, Bogor

²⁾ Departemen Ilmu dan Teknologi Pangan, Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor, Bogor

Diterima 25 Maret 2011 / Disetujui 3 Juni 2012

ABSTRACT

The research aims to study the effect of coagulation parameters to the electrophoretic profile of coagulated soybean protein as well as to texture properties and perception. Several coagulation parameters such as type of coagulant, concentration or age of coagulant, and coagulation temperature were studied. The type of coagulant used in this study were GDL (glucono delta Lactone) and tofu whey. The concentrations of GDL were 0.4%, 0.8%, and 1.2% and the ages of tofu whey were 1 day, 2 days, and 3 days. Two coagulation temperatures, 60°C and 80°C, were applied. The results of curd protein profile and texture profile analysis showed that coagulant type and coagulation condition did not affect the electrophoretic profile of soybean coagulated protein. However, the proportion of each subunit was affected significantly. Texture profiles, such as hardness, cohesiveness, and gumminess, were also affected by coagulant type and coagulation condition. Based on the subunits proportion, it can be concluded that 11 S and 7S protein proportions as well as the 11S/7S ratio correlated significantly with the hardness and gumminess of soybean curd made by tofu whey.

Key words: curd, soybean, protein, texture, coagulant

PENDAHULUAN

Produk olahan pangan berbasis *curd* sangat umum dijumpai di berbagai belahan dunia. Salah satu produk berbasis *curd* dari kedelai atau biasa dikenal dengan nama tahu merupakan produk olahan kedelai non fermentasi yang populer di Indonesia dan beberapa negara seperti Cina dan Jepang. Saat ini di pasaran tersedia tahu dengan tekstur yang beragam, mulai dari tahu sangat keras (*extra firm tofu*) hingga tahu sangat lembut (*silken tofu*) (Muchtadi, 2010). Penyebab keragaman tekstur *curd* tersebut telah banyak dipelajari dan proses gelasi protein pada saat pembuatan *curd* merupakan salah satu faktor penentu.

Gelasi protein terjadi ketika koagulan ditambahkan ke dalam sari kedelai. Proses ini dikenal dengan koagulasi protein (Obatulu, 2007). Pada tahap ini, jenis koagulan, konsentrasi koagulan, dan suhu koagulasi merupakan variabel yang mempengaruhi keberagaman tekstur *curd* kedelai. Penggunaan GDL (*Glucono Delta Lactone*) sebagai koagulan akan menghasilkan *curd* yang lembut dan seperti jeli, sedangkan penggunaan whey tahu sebagai koagulan akan menghasilkan tahu yang lebih keras dan beremah (Chang, 2006). Konsentrasi koagulan yang ditambahkan serta suhu pada saat penambahan koagulan akan mempengaruhi kecepatan proses koagulasi dan agregasi protein menjadi *curd*. Pada konsentrasi dan suhu tinggi koagulasi dan agregasi berlangsung cepat. Kecepatan koagulasi protein akan mempengaruhi banyaknya protein yang menyatu membentuk matriks *curd* dan kemampuan matriks

protein untuk mengikat komponen lain khususnya air yang pada akhirnya akan mempengaruhi tekstur *curd* yang dihasilkan (Milewski, 2001).

Meskipun penyebab perbedaan tekstur *curd* telah banyak dipelajari, namun hubungan antara perbedaan tekstur tersebut terhadap komposisi dan jenis protein yang terkandung di dalam *curd* belum banyak dipelajari. Proses koagulasi yang mengendapkan protein sehingga terbentuk *curd* dengan berbagai macam tekstur kemungkinan juga menghasilkan *curd* dengan profil protein yang berbeda. Pemahaman terhadap keragaman profil protein yang dihasilkan dapat menjadi landasan bagi pengembangan produk sesuai dengan sifat fisik yang dikehendaki. Berangkat dari pemikiran di atas, penelitian ini bertujuan mengeksplorasi pengaruh dari tipe koagulan (GDL dan whey tahu), konsentrasi koagulan atau umur koagulan, dan suhu koagulasi terhadap profil protein *curd* kedelai serta hubungannya dengan tekstur produk yang dihasilkan.

METODOLOGI

Bahan dan alat

Kedelai yang digunakan untuk membuat *curd* didapat dari pabrik *curd* Diazara Tresna, Bogor, Jawa Barat, Indonesia. Koagulan yang digunakan adalah GDL (*glucono delta lactone*) dan whey *curd*. GDL didapat dari toko Harumsari, Jakarta, Indonesia. Whey *curd* didapat dari pabrik *curd* Diazara Tresna dengan umur penyimpanan 1 hari, 2 hari, dan 3 hari. Bahan kimia yang digunakan memiliki *analytical grade* yang meliputi tris dan merkaptoetanol dari Merck, Campuran akrilamida dan

*Korespondensi Penulis :
E-mail : dahrulsyah@ipb.ac.id

bisakrilamida didapatkan dari Rohn. Buffer dan larutan pewarna untuk elektroforesis didapat dari BioRad.

Pembuatan *curd*

Pembuatan *curd* diawali dengan pembuatan sari kedelai. Kedelai bebas lemak dicuci dan direndam di dalam air (1:10) selama enam jam. Kedelai kemudian ditiriskan dan digiling bersama enam bagian air dengan menggunakan blender (Philips HR2071). Bubur kedelai yang didapat kemudian ditambah air sebanyak empat bagian lalu dididihkan selama tiga menit sambil diaduk. Bubur yang mendidih ini kemudian disaring dan ampasnya dibilas dengan menggunakan lima bagian air. Larutan yang didapat merupakan sari kedelai. Sari kedelai kemudian dipanaskan pada suhu 60°C atau 80°C. Setelah mencapai suhu tersebut, koagulan ditambahkan sesuai perlakuan. *Curd* yang dibuat dengan koagulan GDL menggunakan tiga macam konsentrasi, yaitu 0,4%, 0,8%, dan 1,2%. Untuk *curd* dengan koagulan *whhey* tahu, digunakan *whhey* sebanyak 20% dari tiga umur yang berbeda, yaitu 1 hari, 2 hari, dan 3 hari. Jumlah koagulan yang ditambahkan tersebut didapat dari *trial and error* dan merupakan konsentrasi terendah untuk menghasilkan tahu dengan *whhey* yang relatif jernih. Reaksi koagulasi ini dibiarkan selama sepuluh menit. Setelah itu *whhey* dan *curd* dipisahkan dengan sentrifus (IEC Centra-8centrifuge) pada 20,960 x g selama 15 menit. Selanjutnya dilakukan analisis protein di dalam *whhey*. Terhadap *curd* dilakukan pencetakan dan analisis profil teksturnya. Cetakan tahu yang digunakan berukuran 10x10 cm² dan berlubang-lubang kecil sebagai tempat keluarnya *whhey* pres. Tekanan penekan *curd* ditentukan sebesar 4,71 g/cm² selama 30 menit.

Ekstraksi protein

Ekstraksi protein dilakukan dengan mengikuti metode Mujoo *et al.* (2003) yang telah dimodifikasi. Sebanyak 20 mg tahu bebas lemak atau tepung kedelai bebas lemak diekstrak dengan larutan *buffer Tris (hydroxymethyl) aminomethane* pH 8,4 yang mengandung 0,02 M β -merkaptotanol sebanyak tiga kali. Pada tahap pertama, sampel ditambah 500 μ L *buffer*, divortex (Velp Scientifica, Neutec Group Inc.), dan diinkubasi di penangas air (Napco®) suhu 80°C selama 1 jam. Selama inkubasi, campuran tersebut divortex selama 1 menit setiap 10 menit sekali. Setelah 1 jam, campuran disentrifus (Hettich Zentifugen, mikro 22R) dengan kecepatan 12,580 x g selama 20 menit pada suhu 25°C. Supernatan dipipet dan dimasukkan ke dalam *stock tube*. Di tahap ke dua, endapan dari tahap pertama diekstrak kembali dengan 500 μ L larutan *buffer*. Prosedur kerja pada tahap ini sama dengan tahap pertama kecuali interval waktu vortex adalah 20 menit. Supernatan yang didapat dipipet dan dimasukkan di *stock tube* yang sama dengan tahap satu. Tahap terakhir atau tahap ketiga mengikuti prosedur pada tahap kedua kecuali lama waktu inkubasi hanya 40 menit. Ekstrak yang didapat pada tahap ini juga dicampurkan ke *stock tube* pada tahap satu.

Analisis kadar protein dan penentuan persen *recovery*

Kadar protein *curd* kedelai bebas lemak ditentukan dengan menggunakan metode Kjeldahl (AOAC, 1995). Untuk menentukan kadar protein dari ekstrak protein *curd* kedelai bebas lemak

digunakan metode Bradford (Bradford, 1976). Persentase dari rasio kadar protein ekstrak dengan kadar protein bahan awal merupakan persen *recovery* yang menunjukkan keefektifan prosedur ekstraksi.

SDS-polyacrylamide gel elektroforesis (Bollag dan Edelstein, 1991)

Analisis SDS-PAGE dilakukan menggunakan gel akrilamid dengan konsentrasi *separatinggel* 12% dan *stackinggel* 5%. Sampel yang dielektroforesis adalah supernatan protein hasil ekstraksi protein dari sampel *curd* kedelai bebas lemak dan tepung kedelai bebas lemak. Tepung kedelai bebas lemak digunakan sebagai pembanding protein awal yang terdapat di bahan baku. Sebelum dielektroforesis, sampel ditambah *buffer* sampel, kemudian dipanaskan selama 5 menit dalam air mendidih (100°C). Sebagai *marker* digunakan *unstained protein molecular weight marker* (Fermentas) yang mengandung β -galaktosidase (116 kDa), *bovine serum albumin* (66,2 kDa), ovalbumin (45 kDa), laktat dehidrogenase (35 kDa), *restriction endonuclease* BSP 981 (25 kDa), β -laktoglobulin (18,4 kDa), dan lisozim (14,4 kDa). Setelah elektroforesis, gel diwarnai dengan larutan *staining* yang berisi 1 g *coomassie brilliant blue* R-250, 450 mL metanol, 100 mL asam asetat glasial, dan 450 mL aquades. Penghilangan warna biru pada gel digunakan larutan *destaining* yang merupakan campuran metanol:asam asetat glasial:aquades sebesar 100 mL:100 mL:800 mL.

Penentuan proporsi pita protein SDS-PAGE

Gambar gel dalam bentuk digital diambil dengan menggunakan Gel Doc (Bio-Rad). Proporsi setiap pita protein yang muncul di gel dianalisis dengan menggunakan perangkat lunak Image J 1.42q dari Wayne Rasband, National Institutes of Health, USA.

Analisis tekstur *curd* secara objektif

Tekstur *curd* dianalisis dengan metode *texture profile analysis* (TPA) menggunakan alat TA-XT2i. Alat TA-XT2i diseting dengan *pre-test speed*: 1,5 mm/detik, *test speed*: 1,5 mm/sec, *post-test speed*: 1,0 mm/detik, *target mode*: 0 = distance, *unit distance*: % strain, *distance*: 30%, *time*: 5 sec, *trigger*: type 0 = auto (force), *unit force*: grams, *trigger force*: 20 g, *tare mode*: 0 = auto. Pengukuran sampel *curd* dilakukan sebanyak empat kali dari empat titik yang berbeda. *Curd* dipotong berbentuk silinder dengan diameter 3,5 cm. Sampel dianalisis menggunakan probe P/100 dengan diameter 100 mm. Parameter yang diukur menggunakan metode TPA adalah kekerasan, kohesivitas, dan daya kunyah.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Profil protein *curd*

Protein *curd* kedelai diekstrak dengan menggunakan pelarut *buffer Tris (hydroxymethyl) aminomethane* pH 8,4 yang mengandung 0,02 M β -merkaptotanol dan pemanasan pada suhu 80°C. Penggunaan β -merkaptotanol dan pemanasan bertujuan untuk meningkatkan kelarutan protein. Menurut Rabilloud (1996), pemanasan dapat merusak struktur tiga dimensi protein

dan senyawa 2-merkaptotanol dapat memutus ikatan disulfida dan mereduksinya menjadi gugus sulfhidril sehingga protein lebih terpapar oleh air. Persen *recovery* digunakan untuk mengetahui efektivitas proses pelarutan. Persen *recovery* untuk *curd* GDL dan *curd whey* tahu disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Perbandingan total protein terekstrak dengan total protein sampel bebas lemak

Jenis koagulan	Suhu koagulasi (°C)	Konsentrasi /Umur	Kadar protein <i>curd</i> (%)	Kadar protein ekstrak (%)	Persen <i>recovery</i> (%)
GDL	60	0,4 %	8,14	5,61	68,28
		0,8 %	14,01	8,17	58,76
		1,2 %	13,17	7,59	58,23
	80	0,4 %	10,95	6,68	60,66
		0,8 %	10,87	6,17	56,82
		1,2 %	10,24	5,10	50,55
<i>Whey</i> tahu	60	1 hari	11,16	4,84	43,36
		2 hari	12,60	5,21	41,31
		3 hari	13,29	5,68	42,71
	80	1 hari	13,51	5,57	41,25
		2 hari	13,12	5,17	39,43
		3 hari	12,63	5,06	40,05

Dari Tabel 1 terlihat bahwa persen *recovery* untuk *curd* yang dibuat dengan koagulan GDL relatif lebih tinggi jika dibandingkan dengan *curd* yang dibuat dengan koagulan *whey* tahu. Hal ini memperlihatkan bahwa ikatan antar molekul protein atau ikatan protein dengan komponen lain pada *curd* GDL relatif lebih lemah jika dibandingkan dengan *curd* dari *whey* tahu. Selain itu, untuk semua jenis *curd*, nilai persen *recovery curd* yang dikoagulasikan pada suhu 60°C lebih besar jika dibandingkan dengan *curd* yang dikoagulasikan pada suhu 80°C. Menurut Liu (2008), suhu koagulasi yang tinggi mengakibatkan proses koagulasi berlangsung cepat dan ikatan antar protein semakin rapat sehingga kemampuannya dalam mengikat air (*water holding capacity*) menurun. Ikatan protein yang rapat

tersebut kemungkinan menjadi penyebab lebih sulitnya protein pada *curd* yang dibuat pada suhu koagulasi 80°C untuk diekstrak.

Supernatan yang diperoleh melalui pelarutan protein di elektroforesis dengan metode *sodium dodecyl sulfate – polyacrylamide gel electrophoresis* (SDS-PAGE) untuk mengetahui subunit protein penyusun *curd*. Menurut Fukushima (2004), sekitar 90% protein kedelai merupakan protein simpanan yang sebagian besar terdiri atas glisinin (11S) dan β-konglisinin (7S). Pada penelitian ini, pita protein yang muncul di gel elektroforesis diidentifikasi sebagai subunit-subunit glisinin (11S) dan β-konglisinin (7S) melalui pendekatan berat molekul. Glisinin terdiri atas polipeptida A₃, grup polipeptida asam (A₁, A₂, dan A₄), A₅, dan polipeptida basa (B) dengan berat molekul masing-masing sekitar 36 kDa, 34 kDa, 10 kDa, dan 15 kDa (Thanh *et al.*, 1975; Fontes *et al.*, 1984). Beta konglisinin (β-konglisinin) (7S) terdiri atas α', α, dan β dengan berat molekul masing-masing sekitar 72-80 kDa, 68-75 kDa, dan 50-52 kDa (Thanh *et al.*, 1975; Fontes *et al.*, 1984; Mujoo *et al.*, 2003).

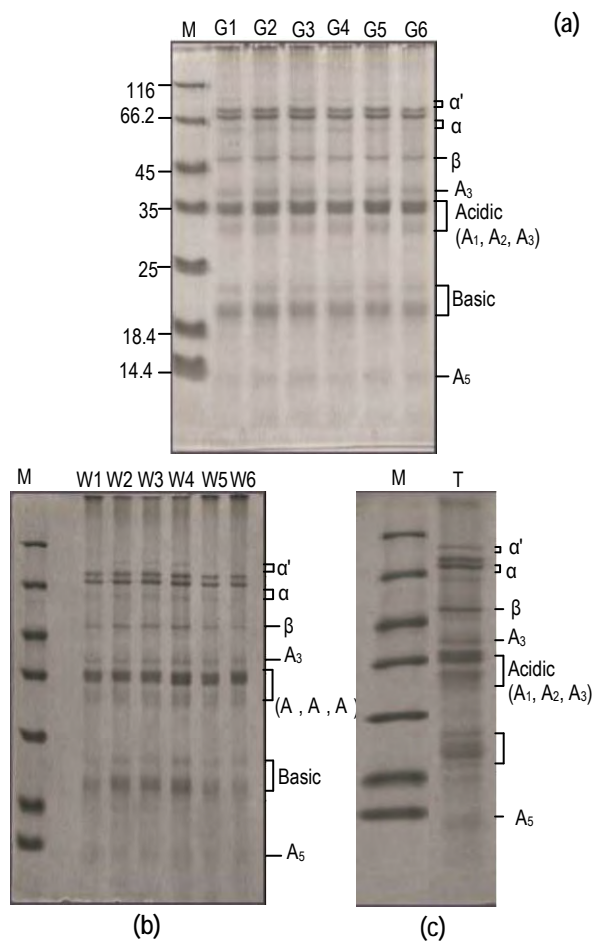
Profil SDS-PAGE untuk protein yang terekstrak dari *curd* dengan koagulan GDL dan *whey* tahu serta protein dari tepung kedelai berturut-turut disajikan pada Gambar 1a, Gambar 1b, dan Gambar 1c. Dari Gambar 1c terlihat bahwa semua subunit protein penyusun glisinin (11S) dan β-konglisinin (7S) teridentifikasi sebagai pita protein pada bahan baku atau tepung kedelai. Lebih lanjut, pita protein-pita protein yang muncul di tepung kedelai juga muncul di setiap *curd* meskipun *curd* tersebut dibuat dalam kondisi yang berbeda (Gambar 1a dan Gambar 1b). Oleh karena itu, dapat disimpulkan bahwa jenis koagulan dan proses koagulasi tidak memberikan pengaruh terhadap jenis protein yang terendapkan.

Proporsi setiap subunit protein *curd* dianalisis dengan menghitung densitas pita protein subunit dan membandingkannya dengan densitas total pita protein yang muncul di gel elektroforesis. Meskipun jenis koagulan dan kondisi koagulasi tidak mempengaruhi jenis protein yang terendapkan, namun kedua hal tersebut mempengaruhi proporsi dari setiap subunit. Data proporsi subunit protein *curd* disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Proporsi protein subunit *curd* kedelai

Jenis Koagulan	Suhu koagulasi (°C)	Konsentrasi/ umur	α' dan α (%)	β (%)	Asam (A3, A1, A2, dan A4) (%)	Basa (%)	A5 (%)	11S (%)	7S (%)	11S/7S (%)
GDL	60	0,4 %	29,15 ^a	7,56 ^{de}	36,39 ^c	24,40 ^c	2,50 ^a	63,29 ^a	36,71 ^g	1,72 ^a
		0,8 %	23,36 ^e	8,87 ^f	38,90 ^{de}	26,37 ^d	2,50 ^a	67,77 ^b	32,23 ^f	2,10 ^b
		1,2 %	28,7 ^g	7,44 ^{de}	40,01 ^e	22,10 ^{ab}	1,76 ^a	63,87 ^a	36,14 ^g	1,77 ^a
	80	0,4 %	24,49 ^f	6,06 ^{bc}	38,23 ^d	28,89 ^e	2,34 ^a	69,46 ^c	30,55 ^e	2,27 ^b
		0,8 %	24,87 ^f	6,20 ^{bc}	41,62 ^f	24,49 ^c	2,82 ^a	68,93 ^{bc}	31,07 ^{ef}	2,22 ^b
		1,2 %	22,28 ^d	9,31 ^f	42,75 ^f	23,20 ^b	2,46 ^a	68,41 ^{bc}	31,59 ^{ef}	2,17 ^b
<i>Whey</i> tahu	60	1 hari	17,05 ^b	7,24 ^{de}	38,80 ^d	28,25 ^e	8,65 ^b	75,71 ^f	24,29 ^b	3,12 ^e
		2 hari	21,71 ^d	6,84 ^{cd}	32,19 ^{ab}	32,88 ^b	6,38 ^a	71,46 ^d	28,54 ^d	2,50 ^c
		3 hari	21,50 ^d	5,84 ^b	31,12 ^a	32,72 ^b	8,82 ^b	72,66 ^{de}	27,34 ^{cd}	2,66 ^{cd}
	80	1 hari	20,19 ^c	7,71 ^e	32,83 ^b	30,96 ^g	8,32 ^b	72,10 ^d	27,90 ^d	2,58 ^c
		2 hari	13,88 ^a	6,30 ^{bc}	35,49 ^c	29,69 ^f	14,64 ^e	79,82 ^g	20,18 ^a	3,96 ^f
		3 hari	21,67 ^d	4,62 ^a	39,67 ^{de}	21,88 ^a	12,16 ^d	73,71 ^e	26,29 ^c	2,80 ^d

Keterangan: Huruf yang berbeda dibelakang angka pada kolom yang sama menunjukkan perbedaan yang nyata pada p=0,05



60°C, 0,8%; G3: *curd* GDL 60°C, 1,2%; G4: *curd* GDL 80°C, 0,4%; G5: *curd* GDL 80°C, 0,8%; G6: *curd* GDL 80°C, 1,2%; W1: *curd whey* tahu 60°C, 1 hari; W2: *curd whey* tahu 60°C, 2 hari; W3: *curd whey* tahu 60°C, 3 hari; W4: *curd whey* tahu 80°C, 1 hari; W5: *curd whey* tahu 80°C, 2 hari; W6: *curd whey* tahu 80°C, 3 hari; T: tepung kedelai.

Gambar 1. Pola elektroforesis *curd* dan tepung kedelai

Hasil analisis densitas pita protein menunjukkan bahwa protein globulin penyusun *curd* didominasi oleh glisinin (11S). Pengaruh jenis koagulan tampak jelas pada protein glisinin (11S) dan β-konglisinin (7S) serta rasio 11S/7S. Koagulan *whey* lebih mampu mengendapkan protein 11S dibandingkan koagulan GDL. Sebaliknya, koagulan GDL mengendapkan lebih banyak protein 7S dibandingkan koagulan *whey* tahu. Hal ini mengakibatkan rasio 11S/7S tahu yang dibuat dengan koagulan *whey* tahu lebih besar jika dibandingkan *curd* yang dibuat dengan GDL. Suhu koagulasi juga mempengaruhi secara nyata terhadap proporsi protein *curd*. Untuk *curd* yang dibuat dengan koagulan GDL, suhu koagulasi yang lebih tinggi (80°C) mengendapkan protein 7S yang lebih banyak jika dibandingkan dengan suhu koagulasi 60°C. Pada suhu koagulasi 80°C, konsentrasi koagulan GDL yang ditambahkan tidak mempengaruhi proporsi protein 11S dan 7S. Namun pada suhu 60°C, konsentrasi GDL memberikan pengaruh yang nyata;

konsentrasi GDL 0,8% mengendapkan lebih banyak protein 11S jika dibandingkan kedua konsentrasi lainnya (0,4 dan 1,2%). Untuk *curd* yang dibuat dengan koagulan *whey* tahu, pada suhu koagulasi 60°C *whey* yang berumur 2 hari membuat *curd* mengandung protein 11S paling sedikit jika dibandingkan dengan *curd whey* tahu lainnya. Sebaliknya, pada suhu koagulasi 80°C, *whey* tahu berumur 2 hari menyebabkan *curd* mengandung paling banyak protein 11S.

Profil tekstur *curd*

Parameter tekstur yang diukur dalam penelitian ini meliputi kekerasan, kohesivitas, dan daya kunyah. Ketiga parameter tersebut dipilih karena merupakan variabel tekstur yang penting untuk *curd* (Prabhakaran *et al.*, 2006). Hasil pengukuran tekstur *curd* yang dihasilkan dari berbagai perlakuan dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Profil tekstur *curd* kedelai

Jenis Koagulan	Suhu Koagulasi (°C)	Konsentrasi/Umur	Kekerasan (g)	Kohesivitas (%)	Daya Kunyah (g)
GDL	60	0,4 %	1,5947 ^{ab}	40,25 ^{bcdde}	0,6588 ^b
		0,8 %	2,263 ^d	40,36 ^{bcdde}	0,9132 ^e
		1,2 %	1,9922 ^c	39,86 ^{bcd}	0,7955 ^{cd}
	80	0,4 %	1,4873 ^a	34,77 ^a	0,5168 ^a
		0,8 %	3,0452 ^f	43,18 ^{ef}	1,3147 ^a
		1,2 %	1,9303 ^c	42,15 ^{cdef}	0,8138 ^{cde}
<i>Whey</i> tahu	60	1 hari	1,6923 ^b	39,88 ^{bcd}	0,6745 ^b
		2 hari	1,7443 ^b	39,63 ^{bc}	0,7589 ^{bc}
	80	3 hari	1,4850 ^a	37,60 ^b	0,5346 ^a
		1 hari	2,0317 ^c	43,61 ^f	0,8856 ^{de}
		2 hari	2,6558 ^e	42,88 ^{def}	1,1386 ^f
		3 hari	1,9758 ^c	41,67 ^{cdef}	0,8237 ^{cde}

Keterangan : Huruf yang berbeda dibelakang angka pada kolom yang sama menunjukkan perbedaan yang nyata pada p=0,05

Dari data yang didapat diketahui bahwa jenis koagulan, konsentrasi koagulan, dan suhu koagulasi yang berbeda menghasilkan *curd* dengan tekstur yang berbeda pula. Hubungan positif antara suhu koagulasi dengan tekstur terdapat pada *curd* yang dibuat dengan koagulan *whey* tahu. *Curd* yang dibuat pada suhu koagulasi 80°C memiliki nilai kekerasan, kohesivitas, dan daya kunyah lebih tinggi jika dibandingkan dengan *curd* yang dibuat pada suhu koagulasi 60°C. Umur koagulan *whey* juga memberikan pengaruh yang nyata terhadap profil tekstur *curd*. Baik pada suhu awal proses koagulasi 60°C maupun 80°C, koagulan *whey* berumur 3 hari menghasilkan *curd* yang paling lunak, sedangkan *whey* berumur 2 hari menghasilkan *curd* yang paling keras. Konsentrasi koagulan GDL memainkan peranan yang signifikan terhadap tekstur *curd*. Nilai kekerasan, kohesivitas, dan daya kunyah *curd* yang dibuat dengan koagulan GDL 0,8% lebih tinggi jika dibandingkan dengan *curd* yang dibuat dengan koagulan GDL pada konsentrasi 0,4% dan 1,2%. Hal ini menunjukkan bahwa hubungan kekerasan, kohesivitas, dan daya kunyah *curd* GDL tidak berjalan linier terhadap konsentrasi koagulan. Terdapat satu konsentrasi optimal untuk mendapatkan kekerasan, kohesivitas, dan daya kunyah *curd* maksimal.

Tabel 4. Korelasi antara proporsi protein dengan tekstur *curd*

	Pearson Correlation							
	α' dan α	β	Asam (A3, A1, A2, A4)	Basa	A5	11S	7S	11S/7S
Koagulan GDL								
Kekerasan	-0,25	-0,12	0,57	-0,26	0,47	0,32	-0,32	0,31
Kohesivitas	-0,10	0,40	0,57	-0,71**	0,38	-0,10	0,10	-0,11
Daya kunyah	-0,22	-0,06	0,58*	-0,34	0,49	0,26	-0,26	0,25
Koagulan <i>whey</i> tahu								
Kekerasan	-0,71**	-0,02	0,23	-0,22	0,79**	0,74**	-0,74**	0,77**
Kohesivitas	-0,40	0,20	0,28	-0,33	0,48	0,34	-0,34	0,36
Daya kunyah	-0,64*	0,05	0,21	-0,20	0,69*	0,64*	-0,64*	0,68*

Keterangan: * korelasi signifikan pada $p=0,05$; ** korelasi signifikan pada $p=0,01$

Korelasi profil protein dan tekstur *curd*

Tabel 4 menyajikan data korelasi antara protein sub unit *curd* terhadap profil tekstur *curd*. Untuk *curd* yang di-koagulasikan dengan koagulan GDL, tidak terdapat korelasi yang signifikan antara tingkat kekerasan *curd* terhadap konsentrasi subunit proteinnya. Korelasi yang negatif terdapat pada nilai kohesivitas *curd* GDL dengan jumlah protein subunit basa *curd*. Sebaliknya, terdapat korelasi yang positif pada daya kunyah *curd* terhadap protein subunit asam (A3, A1, A2, dan A4) *curd*.

Konsentrasi protein globulin pada *curd* yang dibuat dengan koagulan *whey* tahu lebih tampak jelas berpengaruh terhadap tekstur jika dibandingkan dengan *curd* GDL. Secara nyata rasio protein 11S/7S dan protein glisinin (11S) berkorelasi positif terhadap kekerasan dan daya kunyah *curd*. Sebaliknya, konsentrasi protein β -konglisinin (7S) berpengaruh secara negatif terhadap kekerasan dan daya kunyah. Lebih mendalam protein subunit dari 11S yaitu A5 dan protein subunit dari 7S yaitu α' dan α , berturut-turut memberikan pengaruh positif dan negatif terhadap kekerasan dan daya kunyah *curd*. Hal tersebut sejalan dengan pengaruh kandungan subunit protein pada kacang kedelai terhadap tekstur *curd*. Kandungan protein 11S dan rasio 11S/7S pada kedelai dilaporkan memberikan korelasi positif terhadap kekerasan gel dari protein kedelai (Mujoo *et al.*, 2003). Rasio 11S/7S mempengaruhi karakter kekerasan dan elastisitas gel. Glisinin (11S) berkontribusi terhadap peningkatan kekerasan dan kekokohan gel, sedangkan β -konglisinin (7S) memberikan pengaruh terhadap elastisitas gel yang dihasilkan (Blazek, 2008).

KESIMPULAN

Jenis koagulan, konsentrasi koagulan, dan suhu koagulasi tidak mempengaruhi jenis protein yang dapat diendapkan dalam pembuatan *curd*. Akan tetapi ketiga variabel tersebut mempengaruhi secara nyata konsentrasi dari setiap jenis subunit protein yang terdapat pada *curd*. Profil tekstur *curd* yang diwakili oleh variabel kekerasan, kohesivitas, dan daya kunyah juga secara nyata dipengaruhi oleh jenis koagulan, konsentrasi koagulan, dan suhu koagulasi. Korelasi antara konsentrasi protein glisinin dan β -konglisinin pada *curd* dengan tekstur *curd*

tidak berlaku untuk semua jenis *curd*. *Curd* yang dibuat dengan koagulan *whey* tahu memiliki hubungan antara konsentrasi protein glisinin dan β -konglisinin dengan tekstur. Sebaliknya, tekstur *curd* yang dibuat dengan koagulan GDL tidak dipengaruhi oleh konsentrasi protein glisinin dan β -konglisinin *curd*.

DAFTAR PUSTAKA

- AOAC [Analysis of the Association of Official Agriculture Chemistry]. 1995. Microchemical Determination of Nitrogen. Method 960.52. Chapter 12. P 7.
- Blazek V. 2008. Chemical and biochemical factors that influence the gelation of soybean protein and the yield of tofu [thesis]. Faculty of Agriculture, Food and Natural Resources. Univ of Sydney, Sidney.
- Bollag DM, Edelman SJ. 1991. Protein Method. Willey-Liss Inc, New York.
- Bradford MM. 1976. A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. J Anal Biochem 72: 248-254.
- Chang KC. 2006. Chemistry and Technology of Tofu Making. In Hui YH. (Eds). Handbook of Food Science, Technology, and Engineering. 4: 1-24. CRC Press, Boca Raton.
- Fontes EPB, Moreira MA, Davies CS, Nielson NC, 1984. Urea-elicited changes in relative electrophoretic mobility of certain glycinin and β -conglycinin subunits. Plant Physiology 76: 840-842.
- Fukushima D. 2004. Soy Proteins. In Yada RY. (Eds). Proteins in Food Processing. Woodhead Publishing Limited, Cambridge. P 123-140.
- Liu K. 2008. Food use of whole soybeans. In Johnson LA, White PJ, Galloway R (Eds). Soybeans Chemistry, Production, Processing, and Utilization. P 447-453. AOCS Press, Urbana.
- Milewski S. 2001. Protein structure and physicochemical properties. In Sikorski ZE (Eds). Chemical and Functional

- Properties of Food Proteins. P 35-55. Technomic Publishing Company, Inc, Lancaster Pennsylvania.
- Muchtadi D. 2010. Kedelai: Komponen untuk Kesehatan. Alfabeta, Bandung.
- Mujoo R, Trinh DT, Ng PKW. 2003. Characterization of storage proteins in different soybean varieties and their relationship to tofu yield and texture. *J Food Chem* 82: 265-273.
- Obatolu VA. 2007. Effect of different coagulants on yield and quality of tofu from soymilk. *J Eur Food Res and Tech* 226: 467-427.
- Prabhakaran MP, Perera CO, Valiyaveetil S. 2006. Effect of different coagulants on the isoflavone levels and physical properties of prepared firm tofu. *J Food Chem* 99: 492-499.
- Rabilloud T. 1996. Solubilization of proteins for electro-phoretic analyses – A review. *J Electrophoresis* 17: 813-829.
- Thanh VH, Okubo K, Shibasaki K. 1975. Isolation and characterization of the multiple 7S globulins of soybean proteins. *Plant Physiology* 56: 19-22.