Pengaruh Masa Simpan *Whey* dan Suhu Penggumpalan terhadap Kadar Protein dan Parameter Tekstur pada Produk Tahu

Effect of Whey Storage Time and Coagulation Temperature on Protein Content and Texture Parameters of Tofu

Dadang Supriatna^{a*}, Reno Fitri Hasrini^{a*}, Dahrul Syah^b dan Yogi Karsono^b

^a Balai Besar Industri Agro, Kementerian Perindustrian
Jalan Ir. Juanda No. 11 Bogor 16122, Jawa Barat, Indonesia

^b Departemen Ilmu dan Teknologi Pangan, Fakultas Teknologi Pertanian, IPB University
Jalan Raya Dramaga, Bogor 16680, Jawa Barat

Riwayat Naskah:

Diterima: Oktober 2020
Direvisi: Desember 2020
Disetujui: Desember 2020

ABSTRAK: Tahu merupakan makanan tradisional bergizi tinggi yang disukai masyarakat. Limbah cair dari produksi tahu atau *whey* dapat digunakan kembali sebagai penggumpal tahu. Pemanfaatan *whey* sebagai koagulan selain dapat mengurangi limbah cair juga produksi tahu tersebut menjadi lebih ekonomis. Tujuan penelitian ini adalah untuk mempelajari korelasi pengaruh masa simpan *whey* dan suhu penggumpalan terhadap kadar protein dan tekstur tahu. Penelitian ini menggunakan *whey* dengan masa simpan 1, 2 dan 3 hari serta suhu penggumpalan 63 dan 83 °C. Tahu dianalisis kandungan protein dan teksturnya seperti kekerasan (*hardness*), kohesivitas, dan daya kunyah. Hasil penelitian menunjukkan bahwa masa simpan *whey* dan suhu penggumpalan secara signifikan mempengaruhi kadar protein dan kekerasan tahu. Kohesivitas dan daya kunyah tahu tidak dipengaruhi masa simpan *whey* dan suhu penggumpalan. *Whey* dengan masa simpan 2 hari menghasilkan tahu dengan kadar protein, kekerasan, kohesivitas, dan daya kunyah lebih tinggi daripada *whey* dengan masa simpan 1 dan 3 hari. Sedangkan suhu penggumpalan 83 °C menghasilkan tahu dengan kekerasan, kohesivitas, dan daya kunyah yang lebih tinggi bila dibandingkan dengan suhu penggumpalan 63 °C. Kombinasi perlakuan yang disarankan untuk menghasilkan tahu dengan nilai tekstur paling tinggi adalah menggunakan *whey* dengan waktu simpan 2 hari dan suhu penggumpalan 83 °C.

Kata kunci: kadar protein, masa simpan *whey*, suhu penggumpalan, tahu, dan tekstur

ABSTRACT: Tofu is a highly nutritious traditional food which is preferred by the consumers. Liquid waste product from tofu processing (*whey*), can be reused as tofu coagulant. Whey utilization can reduce the liquid waste product and also become more economical on tofu processing. The purpose of this research was studying the correlation effect of whey storage time and coagulation temperature on protein content and tofu texture. The treatments of this research were 1, 2 and 3 days whey storage times and 63 and 83 °C coagulation temperatures. Each treatment was analyzed for protein content and texture (*hardness*, *cohesiveness*, and *chewiness*) of tofu. The results showed that the whey storage time and coagulant temperature significantly affected tofu protein content and hardness. Tofu cohesiveness and chewiness were not affected by the whey storage time and coagulant temperature. Whereas the 83 °C coagulation temperature, can produce tofu which have higher level of hardness, cohesiveness, and chewiness, compared its to the 63 °C coagulation temperature. The recommended treatment combination to produce tofu which have higher level of texture is using whey which have 2 days storage time and a 83 °C coagulation temperature.

Keywords: protein content, whey storage time, coagulation temperature, tofu, and texture

* Kontributor utama
Email korespondensi: diazarapapa@yahoo.co.id; renfithas@gmail.com

1. Pendahuluan

Kedelai adalah jenis leguminosa penting yang sudah digunakan dalam periode yang lama sebagai sumber protein di negara-negara Asia (Benedetti et al., 2015). Salah satu olahan kedelai yang kaya akan sumber protein nabati tersebut adalah tahu. Tahu adalah produk hasil penggumpalan protein sari kedelai atau bubuk kedelai (*Glycine max*) yang ditambahkan air menggunakan bahan tambahan pangan koagulan atau air asam (BSN, 2018). Tahu ini banyak dikonsumsi masyarakat luas di Negara Asia Tenggara dikarenakan nilai nutrisinya yang tinggi (Li, Toyoda, & Ihara, 2011), dan bermanfaat untuk kesehatan manusia (Xiao et al., 2015). Demikian juga halnya di negara-negara Eropa, permintaan terhadap tahu mengalami peningkatan dikarenakan selain banyak manfaatnya untuk kesehatan, dan harganya juga relatif murah (Belén et al., 2012; dan Zhang et al., 2012), sehingga dapat menjadi pengganti protein hewani yang sangat mahal (Widaningrum, 2015).

Industri pembuatan tahu banyak tersebar di berbagai wilayah di Indonesia. Namun terjadi masalah pencemaran lingkungan karena adanya limbah cair yang berasal dari industri tahu yang menimbulkan bau (Belén et al., 2012; Palazolo, Sobral, & Wagner, 2013). Setiap kilogram kedelai yang digunakan untuk membuat tahu, akan menghasilkan sekitar 9 kg limbah cair atau dikenal juga dengan istilah *whey* (Fei et al., 2017). *Whey* tahu banyak mengandung bahan organik seperti karbohidrat, protein, lemak, vitamin dan mineral (Supriatna & Hasrini, 2019).

Whey tahu dapat digunakan kembali untuk menggumpalkan sari kedelai menjadi tahu. Seperti disampaikan oleh Muthia, Purbowatiningrum, & Agustina, (2017) bahwa penggumpalan sari kedelai menjadi tahu ini dapat dibantu dengan penambahan *whey* yang mengandung bakteri asam laktat ke dalam susu kedelai. Sementara itu menurut Li et al., (2017) disebutkan bahwa *whey* ini mengandung bakteri asam laktat yang dapat menghasilkan asam laktat, sehingga pH sistem menjadi turun. Penurunan pH ini menyebabkan penggumpalan dan agregasi protein pada tahu, sehingga produk tahu yang terbentuk mempunyai rasa lebih asam, tekstur partikel yang kecil-kecil, halus, kurang kompak, dan mudah pecah (Shurtleff & Aoyagi, 1984). Kemudian Muchtadi (2010) melaporkan bahwa tahu itu mempunyai bermacam-macam tingkat kekerasan. Hal ini tergantung dari proses penggumpalan pembuatan tahunya. Tingkat kekerasan tahu tersebut mulai dari tahu yang paling lembut (*silken tofu*) sampai tahu yang sangat keras (*extra firm tofu*).

Proses penggumpalan merupakan tahapan yang sangat menentukan dalam pembuatan tahu (Rui et

al., 2016; Zhang et al., 2013). Selama proses penggumpalan protein kedelai beragregasi melalui ikatan saling silang protein-protein dan protein-air ke dalam gel-gel dengan membentuk struktur jaring laba-laba secara acak atau regular (Zhang et al., 2013). Perbedaan tekstur tahu diduga karena adanya terjadi perbedaan komposisi, khususnya protein dan jumlah air di dalam tahu tersebut.

Selain hal yang disebutkan di atas, masa simpan *whey* diduga dapat memberikan pengaruh yang berbeda terhadap struktur tahu. Selain itu suhu pada saat penambahan *whey* diduga dapat mempengaruhi kecepatan proses penggumpalan dan agregasi protein.

Beberapa penelitian yang pernah dilakukan mengenai pemanfaatan *whey* diantaranya adalah sebagai medium budidaya mikroalga (Wang et al., 2018), sebagai bahan produk fermentasi susu kedelai (Muthia et al., 2017), sebagai bahan protein dan oligosakarida yang diseparasi menggunakan ultrafiltrasi membran (Srinivorn, Youravong & Wichienchot, 2015) dan lain-lain. Diperlukan penelitian lebih lanjut mengenai penggunaan *whey* di industri kecil pengolahan tahu yang pada prakteknya umur simpan *whey* dan suhu penggumpalan yang optimum belum diketahui. Parameter mutu yang akan dilihat khusus kepada kadar protein dan tekstur tahu yang dihasilkan.

2. Bahan dan Metode

2.1. Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah kedelai yang dibeli dari Koperasi Produsen Tahu dan Tempe Indonesia (KOPTI) Kabupaten Bogor, dan *whey* dengan masa simpan 1 sampai 3 hari yang diberi oleh pabrik tahu sumedang "Diazara Tresna" Dramaga, Bogor. Selain itu, bahan-bahan kimia lainnya seperti K_2SO_4 , HgO , H_2SO_4 , $NaOH$, $Na_2S_2O_3$, H_3BO_3 , indikator *metilen red-metilen blue* (Merck) yang dibeli dari toko bahan kimia.

2.2. Alat

Alat yang digunakan di dalam penelitian ini adalah perangkat pembuatan tahu seperti sodet kayu, *blender*, panci, kompor, kain saring, alat penekan dan cetakan tahu dengan ukuran 10x10 cm², *homogenizer* (WiseMix HG-15A, Daihan Sci, Korea), thermometer, alat sentrifusi dan neraca analitik (WAS 220/C/2 Radwag, Polandia). Alat-alat untuk analisis seperti *viscometer* (Viscotester VT-04F, Japan), alat Kjeldahl, penangas air Napco® model 220A, dan perangkat alat analisis tekstur (TA-XT2i), serta peralatan gelas pendukung lainnya.

2.3. Metode penelitian

2.3.1. Pembuatan tahu

Kedelai dicuci dan direndam di dalam air dengan rasio 1:10 selama 6 jam. Setelah itu, kedelai hasil rendaman ditiris dan digiling dengan *blender* sampai terbentuk bubur kedelai. Bubur kedelai yang terbentuk dididihkan sambil diaduk selama 3 menit. Bubur selanjutnya disaring dan diperas sampai terbentuk ampas. Hal ini dilakukan sebanyak 5 kali pembilasan dengan air pada ampas hasil perasan bubur tersebut. Filtrat yang diperoleh ini merupakan sari kedelai. Filtrat selanjutnya dipanaskan pada suhu 63°C dan 83°C. Suhu 63°C dan 83°C diperoleh dari *trial and error* untuk melihat hasil yang nyata antara proses penggumpalan yang lambat dan cepat dalam 10 menit. Setelah dicapai suhu 63°C dan 83°C tersebut, *whey* tahu ditambahkan sesuai perlakuan.

Whey yang digunakan dalam penelitian ini dihasilkan di hari yang sama sebanyak 20% (v/v dari susu kedelai) dengan tiga masa simpan yang berbeda, yaitu masa simpan 1,2 dan 3 hari. Jumlah *whey* yang ditambahkan merupakan hasil *trial and error* dari penelitian pendahuluan. Hasil penggunaan sebanyak 15% (v/v dari susu kedelai) menghasilkan matriks gumpalan tahu yang renggang dan mudah hancur, sehingga untuk memudahkan perhitungan selanjutnya digunakan 20%. Sementara itu dasar masa simpan yang digunakan berdasarkan praktek di lapangan di IKM pengolahan tahu. Lama proses penggumpalan dengan menggunakan *whey* pada 3 macam masa simpan di dalam penelitian ini adalah selama 10 menit. Setelah 10 menit proses penggumpalan, lalu dilakukan sentrifuse pada kecepatan 20,960 *xg* selama 15 menit. Supernatant hasil sentrifuse yang merupakan *whey* dibuang, dan terhadap endapan atau gumpalan yang merupakan tahu dilakukan pencetakan, lalu dilanjutkan analisis kandungan protein dan tekstur tahu yang terbentuk. Proses pembuatan sari kedelai dan tahu di dalam penelitian ini mengikuti metode proses yang biasa dilakukan di Pabrik Tahu Sumedang "Diazara Tresna" dan telah mendapatkan ijin dalam penggunaannya untuk dipublikasikan.

2.3.2. Analisis kadar protein

Sampel tahu yang terbentuk dianalisis kandungan proteinnya dengan menggunakan metode Kjeldahl (AOAC, 2010).

2.3.3. Analisis tekstur tahu

Tekstur tahu dianalisis dengan menggunakan alat pengukur tekstur (TA-XT2i) untuk menganalisis profil tekstur (*Texture Profile Analysis/TPA*) dari

tahu. Alat TA-XT2i diatur kondisinya berturut-turut sebagai berikut yaitu *pre-test*, *test speed* dan *post-test speed*: 1,5; 1,5; dan 1,0 mm/detik. Pengukuran analisis tekstur tahu dilakukan pada posisi empat titik yang berbeda sebanyak empat kali. Tahu yang dianalisis dipotong dengan bentuk silinder yang berdiameter 3,5 cm. Dalam analisisnya menggunakan probe P/100 yang berdiameter 100 mm. Ada 3 parameter yang dianalisis di dalam penelitian ini yaitu tingkat kekerasan (*hardness*), kohesivitas dan daya kunyah (*chewinnes*).

2.3.4. Analisis data

Analisis data dalam penelitian ini menggunakan rancangan acak lengkap (RAL) dengan dua faktor dan dua kali ulangan. Data hasil pengujian diambil rerata dari 2 ulangan dan dilakukan penghitungan standar deviasi. Data dianalisis dengan metode analisis *one-way anova* dan dilanjutkan dengan uji *Duncan* dengan program SPSS 23.0 pada taraf nyata 5%.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Kadar protein tahu

Hasil analisis kadar protein pada tahu dengan perlakuan masa simpan *whey* dan suhu penggumpalan dari yang paling besar hingga yang paling kecil adalah H2T1, H2T2, H3T1, H3T2, H1T2, dan H1T1 dengan kadar protein berturut-turut 13,29±1,29; 13,12±1,01, 13,11±1,14; 12,63±0,71; 12,60±0,71 dan 11,16±0,72% (Gambar 1).

Gambar 1. Kadar protein tahu pada perlakuan masa simpan *whey* dan suhu penggumpalan.

Keterangan:

Huruf yang berbeda menunjukkan berbeda nyata ($p < 0.05$); H1T1: masa simpan 1 hari dan suhu penggumpalan 63 °C; H1T2: masa simpan 1 hari dan suhu penggumpalan 83 °C; H2T1: masa simpan 2 hari dan suhu penggumpalan 63 °C; H2T2: masa simpan 2 hari dan suhu penggumpalan 83 °C; H3T1: masa simpan 3 hari dan suhu penggumpalan 63 °C; dan H3T2: masa simpan 3 hari dan suhu penggumpalan 83 °C.

Hasil uji statistik menunjukkan bahwa perlakuan masa simpan *whey* berpengaruh nyata ($p < 0,05$) terhadap kadar protein tahu, sedangkan perlakuan suhu penggumpalan tidak berpengaruh nyata terhadap kadar protein. *Whey* dengan masa simpan 2 hari menghasilkan tahu dengan kadar protein paling tinggi dibandingkan dengan umur simpan 1 dan 3 hari. Diperkirakan masa simpan 2 hari merupakan masa pertumbuhan lambat dimana populasi BAL mencapai jumlah tertinggi dan paling optimal menghasilkan metabolit sekunder seperti asam laktat (Dahlan, A., Wahyuni, S., & Ansharullah. 2017). Qiao et al., (2010) menyatakan bahwa bakteri asam laktat yang mencapai populasi maksimum mempunyai kontribusi penting sebagai penggumpal tahu yang berkualitas baik. Sementara itu menurut Maharani, A., Kurniawati, A., & Aryanti, A. (2012) *whey* dapat mengkondisikan sari kedelai pada pH isoelektrik (4,5) sehingga protein globulin kedelai berada dalam keadaan dipolar atau ion zwitter dan menggumpal serta mengendap.

Suhu penggumpalan 63 °C menghasilkan tahu dengan kadar protein lebih tinggi daripada suhu penggumpalan 83 °C. Pemanasan pada suhu 63 °C akan meningkatkan energi vibrasi dan rotasi protein terlarut. Energi vibrasi dan rotasi yang tinggi akan meningkatkan peluang protein untuk bertabrakan dan menyatu menjadi agregat (Silva et al., 2018). Lebih rendahnya kadar protein tahu pada suhu penggumpalan 83 °C daripada suhu 63 °C diduga protein telah mengalami lebih banyak denaturasi. Faktor-faktor seperti suhu, pH, dan bahan-bahan kimia dapat memengaruhi penggumpalan protein (Buckle et al., 2014). Dalam pembuatan tahu, susu kedelai dipanaskan pada suhu 80–90 °C, yang dilanjutkan dengan penambahan koagulan garam ataupun asam (Belén et al., 2012). Kandungan protein dan kemampuan bahan agen pengendap dalam membentuk padatan tahu saling berkaitan erat. Semakin tinggi kadar protein maka semakin padat tahu yang akan dihasilkan (Yang & James, 2013).

3.2. Tekstur

Tekstur merupakan atribut penting dalam menentukan penerimaan konsumen, terlebih untuk produk tahu yang mempunyai kisaran tekstur yang cukup luas. Parameter analisis tekstur tahu yang diukur dalam penelitian ini adalah tingkat kekerasan tahu, daya kohesif atau kohesivitas, dan daya kunyah dari tahu. Dengan ketiga parameter tersebut dianggap sudah cukup untuk mewakili karakteristik tekstur dari tahu secara keseluruhan.

3.2.1. Tingkat kekerasan (*hardness*)

Hasil analisis tingkat kekerasan terhadap tahu dapat dilihat pada Gambar 2. Dari Gambar 2 tersebut terlihat bahwa tahu yang mempunyai tingkat kekerasan paling tinggi hingga yang paling rendah adalah tahu dengan perlakuan H2T2, H3T2, H1T2, H2T1, H1T1 dan H3T1 dengan nilai berturut-turut 2660,25; 1454,25; 1996,25; 1717,25; 1669,50; dan 1454,25 gF.

Hasil uji statistik pada taraf 5% membuktikan koagulasi dan umur koagulan *whey* memberikan pengaruh yang nyata terhadap nilai kekerasan tahu. Tahu dengan suhu penggumpalan sebesar 83 °C, secara signifikan ($p < 0,05$) mempunyai tingkat kekerasan lebih tinggi daripada suhu penggumpalan 63 °C. Hal ini berkaitan dengan gelasi dari protein karena adanya pengaruh panas. Zayas (1997) melaporkan bahwa, tingkat kekerasan tahu dipengaruhi dari kapasitas gelasi proteinnya.

Sifat gelasi suatu protein berhubungan dengan agregasi protein akibat terjadinya denaturasi protein yang disebabkan oleh panas. Proses denaturasi protein ini memicu terjadinya pembentukan agregasi dan gelasi atau pembentukan gel. Hal ini dikarenakan bahwa ketika terjadi denaturasi, maka semua protein dalam suspensi menyatu dan membentuk struktur matriks protein (Pratiwi, Yusasrini, & Putra, 2018). Hasil ini selaras dengan laporan dari Tay, Xu, & Perera (2005) yang menyatakan bahwa gelasi protein terjadi ketika protein beragregasi membentuk jaringan atau matriks.

Gambar 2. Tingkat kekerasan tahu pada perlakuan masa simpan *whey* dan suhu penggumpalan.

Keterangan : variasi perlakuan sama dengan Gambar 1

Tingkat kekerasan juga berkorelasi positif dengan kandungan protein (Gambar 1) dimana kadar protein tahu dengan suhu penggumpalan 63 °C lebih tinggi dibanding 83 °C. Menurut Muchtadi (2010), tahu yang mengandung lebih banyak protein termasuk ke dalam tahu tipe *hard* dan *soft*,

sedangkan tahu dengan kandungan protein rendah termasuk tipe *silken*.

Pada perlakuan suhu penggumpalan 63 °C, denaturasi protein belum banyak terjadi sehingga tekstur lebih dipengaruhi oleh asam laktat dari koagulan *whey*. Penggumpalan akan lebih banyak disebabkan oleh pH isoelektrik daripada denaturasi karena panas. Denaturasi suatu protein, selain dapat disebabkan oleh pengaruh suhu, juga dapat disebabkan oleh pengaruh pH. Selain dua hal tersebut, denaturasi dan pembentukan jaringan tiga dimensi serta agregasi protein dapat diakibatkan oleh adanya interaksi ikatan hidrogen dan hidrofobik dari struktur protein (Ringgenberg, Alexander, & Corredig, 2013).

3.2.2. Kohesivitas

Hasil pengujian kohesivitas (daya kohesif) yang menunjukkan kekompakan struktur matriks tahu dapat dilihat pada Gambar 3. Grafik menunjukkan produk tahu yang mempunyai kohesivitas tertinggi hingga terendah adalah perlakuan H1T2, H2T2, H3T2, H1T1, H2T1 dan H3T1 dengan nilai berturut-turut 42,72±0,22; 42,29±0,73; 41,13±1,07; 40,53±0,73; 40,36±0,90; dan 38,86±1,59%.

Gambar 3. Kohesivitas tahu pada perlakuan masa simpan *whey* dan suhu penggumpalan.

Keterangan : variasi perlakuan sama dengan Gambar 1

Hasil uji statistik menunjukkan bahwa perlakuan masa simpan *whey* dan suhu penggumpalan tidak berbeda nyata ($p < 0,05$) terhadap kohesivitas tahu. Namun dari Gambar 3 dapat dilihat bahwa tahu yang diproses dengan suhu penggumpalan 83 °C mempunyai kohesivitas lebih tinggi dibanding tahu yang diproses dengan suhu penggumpalan 63 °C. Kemudian semakin lama waktu penyimpanan koagulan *whey* yang digunakan, maka semakin rendah nilai kohesivitas tahu yang dihasilkan.

Nilai kohesivitas berbanding lurus dengan kadar protein dan nilai kekerasan. Hal ini terkait dengan kadar protein yang semakin tinggi, dengan suhu penggumpalan yang tinggi yaitu 83 °C maka akan terjadi denaturasi protein, proses agregasi dan

pembentukan gel sehingga terjadi gelasi protein yang akan meningkatkan kekerasan dan kohesivitas produk tahu (Pratiwi *et al.*, 2018).

Kohesivitas pada tahu menggambarkan kekuatan tahu untuk tidak rusak ketika menerima gigitan. Tahu yang kompak atau tidak mudah pisah satu sama lain mempunyai gaya kohesi yang tinggi. Banyak produk pangan diharapkan memiliki sifat tersebut agar tetap kompak dan tidak mudah hancur.

Gambar 3 menunjukkan tahu dengan koagulan *whey* masa simpan 3 hari mempunyai kohesivitas paling rendah dibanding dengan tahu dengan *whey* usia simpan 1 dan 2 hari. Nilai kohesivitas yang kecil menunjukkan tahu memiliki struktur yang kurang padat atau kompak. Diduga setelah melewati 3 hari, bakteri asam laktat telah mengalami fase penurunan dalam memproduksi asam laktat sehingga tidak optimal lagi dalam menggumpalkan protein pada sari kedelai.

3.2.3. Daya kunyah

Hasil pengujian daya kunyah menunjukkan bahwa produk tahu yang mempunyai daya kunyah tertinggi hingga terendah adalah perlakuan H2T2, H1T2, H3T2, H2T1, H1T1, dan H3T1 dengan nilai berturut-turut 1153,33±33,33; 862,5±32,52; 800,83±41,03; 708,62±26,9; 672,92±35,25 dan 547,57±27,18 gF.

Gambar 4. Daya kunyah tahu pada perlakuan masa simpan *whey* dan suhu penggumpalan.

Keterangan : variasi perlakuan sama dengan Gambar 1

Perlakuan masa simpan *whey* dan suhu penggumpalan tidak berbeda signifikan ($p < 0,05$) terhadap daya kunyah tahu. Tetapi daya kunyah tahu dengan suhu penggumpalan 83 °C lebih tinggi daripada daya kunyah tahu dengan suhu penggumpalan 63 °C. Kombinasi pemanasan pada suhu tinggi dan penambahan koagulan asam akan membuka struktur molekul protein kedelai dan mendekatkan molekul-molekul protein karena memiliki muatan yang sama. Jaringan tiga dimensi tahu terbentuk karena ada ikatan hidrogen (-SH),

ikatan disulfida (S-S), serta interaksi hidrofobik (Li et al., 2017). Suhu tinggi diperkirakan akan mengakibatkan pembentukan struktur jaringan tiga dimensi gel tahu akan semakin kuat.

Kemudian *whey* dengan masa simpan 2 hari menghasilkan tahu dengan daya kunyah paling tinggi dibanding tahu dengan koagulan *whey* masa simpan 1 dan 3 hari. Diperkirakan *whey* dengan masa simpan 2 hari mengandung asam laktat paling optimal untuk menggumpalkan protein tahu. *Whey* dengan masa simpan 1 hari masih mengandung asam laktat belum maksimum, sedangkan *whey* dengan masa simpan 3 hari, bakteri asam laktat diduga sudah mengalami fase penurunan dalam memproduksi asam laktat sehingga aktifitasnya sebagai agen koagulan juga menurun. Hal ini tidak jauh berbeda dengan yang dinyatakan oleh Qiao et al., (2010) bahwa *whey* asam dengan pH 3,8 dan nilai asam laktat lebih tinggi setelah 18 jam fermentasi mempunyai kontribusi penting sebagai koagulan tahu yang berkualitas baik. Selanjutnya disebutkan bahwa bakteri asam laktat mencapai populasi maksimum sekitar 109 cfu / mL setelah 18 jam fermentasi. Hal ini diduga dikarenakan terdapat nilai pH yang tidak jauh berbeda dengan yang dilakukan dalam penelitian yaitu pH masa simpan 1 hari $3,81 \pm 0,0147$, masa simpan 2 hari $3,84 \pm 0,026$ dan masa simpan 3 hari $3,87 \pm 0,021$.

Berdasarkan hasil analisis dan pembahasan maka daya kunyah pada tahu dapat dipengaruhi oleh waktu koagulan *whey* dan suhu penggumpalan. Faktor-faktor yang berpengaruh pada nilai kekerasan dan daya kohesif tahu akan berpengaruh nyata pula terhadap nilai daya kunyah tahu. Nilai daya kunyah berkorelasi positif dengan kadar protein, kekerasan (*hardness*), dan kohesivitas. Semakin tinggi kadar protein, maka tahu akan semakin keras, *compact*, dan semakin membutuhkan energi untuk dikunyah.

4. Kesimpulan

Perlakuan masa simpan *whey* dan suhu penggumpalan secara signifikan mempengaruhi kadar protein dan kekerasan tahu. Parameter kohesivitas dan daya kunyah tahu tidak dipengaruhi masa simpan *whey* dan suhu penggumpalan. Proses pembuatan tahu dengan suhu penggumpalan 83 °C menghasilkan produk tahu dengan tekstur yang memiliki tingkat kekerasan (*hardness*), kohesivitas, dan daya kunyah (*chewiness*) lebih tinggi bila dibandingkan dengan suhu penggumpalan 63 °C. Sedangkan *whey* dengan masa simpan 2 hari menghasilkan produk tahu dengan kadar protein, kekerasan, kohesivitas, dan daya kunyah lebih tinggi daripada *whey* dengan masa simpan 1 dan 3 hari. Kombinasi perlakuan yang disarankan untuk menghasilkan tahu dengan tekstur paling tinggi

adalah menggunakan *whey* dengan masa simpan 2 hari dan suhu penggumpalan 83 °C.

Ucapan Terima Kasih

Penulis menyampaikan terima kasih kepada pabrik tahu sumedang “Diazara Tresna” di Dramaga sebagai tempat penelitian awal, memberikan *whey* yang digunakan dalam penelitian dan mengizinkan penggunaan metode pembuatan tahu untuk dipublikasikan.

Daftar Pustaka

- AOAC. (2010). *Official methods of analysis. Association of official analytical chemist 18th*. United of States of America: Association of Official Analytical Chemist, Inc.
- Belén, F., Sánchez, J., Hernández, E., Auleda, J. M., & Raventós, M. (2012). One option for the management of wastewater from tofu production: Freeze concentration in a falling-film system. *Journal of Food Engineering*, 110(3), 364–373.
- Benedetti, S., Prudêncio, E. S., Nunes, G. L., Guizoni, K., Fogaça, L. A., & Petrus, J.C.C. (2015). Antioxidant properties of tofu whey concentrate by freeze concentration and nanofiltration processes. *Journal of Food Engineering*, 160, 49–55.
- BSN. (2018). *SNI 3142:2018 Tahu*. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- Buckle, K.A., Edwards, R.A., Fleet, G.H., & Wootton, M. (2014). *Ilmu pangan*. Jakarta (ID): UI Press.
- Dahlan, A., Wahyuni, S., & Ansharullah. (2017). Morfologi dan karakterisasi pertumbuhan bakteri asam laktat (UM 1.3A) dari proses fermentasi wikau maombo untuk studi awal produksi enzim amilase. *Jurnal Sains dan Teknologi Pangan*, 2(4), 657-663.
- Fei, Y., Liu, L., Liu, D., Chen, L., Tan, B., & Fu, L. (2017). Investigation on the safety of *Lactobacillus amylolyticus* L6 and its fermentation properties of tofu whey. *Lebensmittel-Wissenschaft und -Technologie-Food Science and Technology*, 84, 314–322.
- Li, C., Rui, X., Zhang, Y., Cai, F., Chen, X., & Jiang, M. (2017). Production of tofu by lactic acid bacteria isolated from naturally fermented soy whey and evaluation of its quality. *LWT - Food Science and Technology*, 82, 227–234.
- Li, X., Toyoda, K., & Ihara, I. (2011). Coagulation process of soymilk characterized by electrical impedance spectroscopy. *Journal of Food Engineering*. 105 (3), 563-568.
- Maharani, A., Kurniawati, A., & Aryanti, A. (2012). Pengaruh jenis agen pengendap alami

- terhadap karakteristik tahu. *Jurnal Teknologi Kimia dan Industri*, 1(1): 528-533.
- Muchtadi, D. (2010). *Kedelai: Komponen untuk Kesehatan*. Bandung: Alfabeta.
- Muthia, K. N. S., Purbowatiningrum, R. S., & Agustina, L. N. A. (2017). Aktivitas antioksidan dan antibakteri produk fermentasi susu kedelai dan whey tahu menggunakan bakteri asam laktat komersial. *Jurnal Kimia Sains dan Aplikasi*, 20 (1), 9-12.
- Palazolo, G.G., Sobral, P.A., & Wagner, J.R. (2013). Dehydrated tofu whey as cryoprotectant in protein-stabilized oil-in-water emulsions. *Lebensmittel-Wissenschaft und -Technologie-Food Science and Technology*, 50(2), 773-781.
- Pratiwi, H., Yusasrini, N. L. A., & Putra, I. N. K. (2018). Pengaruh pH ekstraksi terhadap rendemen, sifat fisiko-kimia dan fungsional konsentrat protein kacang gude (*Cajanus cajan* (L.) Millsp.). *Jurnal ITEP*. 7(1), 1-11.
- Qiao, Z., Chen, X. D., Cheng, Y., Liu, H., Liu, Y., & Li, L. (2010). Microbiological and chemical changes during the production of acidic whey, a traditional chinese tofu-coagulant. *International Journal of Food Properties*, 13(1), 90-104.
- Ringgenberg, E., Alexander, M., & Corredig, M. (2013). Effect of concentration and incubation temperature on the acid induced aggregation of soymilk. *Food Hydrocolloid*. 30, 463-469.
- Rui, X., Fu, Y., Zhang, Q., Li, W., Zare, F., Chen, X., et al. (2016). A comparison study of bioaccessibility of soy protein gel induced by magnesiumchloride, glucono-dlactone and microbial transglutaminase. *LWT - Food Science and Technology*, 71, 234-242.
- Shurtleff, W., & Aoyagi, A. (1984). *Tofu and Soymilk Production, The Book of Tofu Vol II*. Lafayette: New Age Food Study.
- Silva, V. C. J., Balakrishnan, G., Schmitt, Chassenieux, C., & Nicolai, T. (2018). Heat-induced gelation of aqueous micellar casein suspensions as affected by globular protein addition. *Food Hydrocolloids*, 82, 258-267.
- Sriniworn, P., Youravong, W., & Wichienchot, S. (2015). Permeate flux enhancement in ultrafiltration of tofu whey using pH-shifting and gas-liquid two-phase flow. *Separation Science and Technology*, 50(15), 2367-2374.
- Supriatna, D., & Hasrini, R.F. (2019). *Teknologi pengolahan tahu dan olahan kedelai lainnya*. Bogor: IPB Press.
- Tay, S. L., Xu, G. Q., & Perera, C. O. (2005). Aggregation profile of 11S, 7S and 2S coagulated with GDL. *Journal Food Chemistry*, 91, 457-462.
- Wang, S.K, Wang, X., Miao, J., & Tian, Y.T. (2018). Tofu whey wastewater is a promising basal medium for microalgae culture. *Bioresource Technology*, 253, 79-84.
- Widaningrum, I. (2015). Teknologi pembuatan tahu yang ramah lingkungan (bebas limbah). *Jurnal Dedikasi*, 12, 14-21.
- Xiao, Y., Wang, L., Rui, X., Li, W., Chen, X., & Jiang, M.. (2015). Enhancement of the antioxidant capacity of soy whey by fermentation with *Lactobacillus plantarum* B1-6. *Journal of Functional Foods*, 12, 33-44.
- Yang, A., & James, A.T. (2013). Effects of soybean protein composition and processing conditions on silken tofu properties. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 93, 3065-3071.
- Zayas, J.F. (1997). *Functionality of Protein in Food*. Berlin: Springer link.
- Zhang, Q., Li, W., Feng, M., & Dong, M. (2013). Effects of different coagulants on coagulation behavior of acid-induced soymilk. *Food Hydrocolloids*, 33, 106-110.
- Zhang, Z., Lv, G., Pan, H., Pandey, A., He, W., & Fan, L. (2012). Antioxidant and hepatoprotective potential of endo-polysaccharides from *Hericium erinaceus* grown on tofu whey. *International Journal of Biological Macromolecules*, 51(5), 1140-1146.