

Karakteristik Mikrostruktur dan Nilai Gizi Bakso Ayam yang Difortifikasi Kalsium Oksida dan Nanokalsium Laktat Kerabang Telur Ayam

(Microstructure Characteristics and Nutrition Facts of Chicken Meatballs Fortified with Calcium Oxide and Lactate Nano-Calcium of Chicken Eggshell)

Prayitno AH¹, Suryanto E², Rusman², Setiyono², Jamhari², Utami R²

¹Jurusan Peternakan, Politeknik Negeri Jember, Jl. Mastrip Po Box 164, Jember 68101

²Fakultas Peternakan, Universitas Gadjah Mada, Jl. Fauna No. 3, Yogyakarta 55281
agushp@polije.ac.id

ABSTRACT

The experiment was conducted to determine the effect of fortification with calcium oxide and nano-calcium lactate of chicken eggshell on microstructure and nutrition facts of chicken meatballs. The research material consisted of chicken meat, fillers, spices, salt, chicken eggshell calcium oxide, and nano-calcium lactate. Fortification levels of calcium oxide and nano-calcium lactate on making chicken meatballs was 0.3% of the total meatball dough. There were three treatments, namely control, eggshell calcium oxide (CaO) (0.3%), and eggshell nanocalcium (NCaL) (0.3%) of the total dough. Each treatment consisted of 3 replications. The data of microstructure were descriptively analyzed and nutrition facts of meatballs were analyzed statistically using variance analysis. The differences between means were tested by Duncan's New Multiple Ranges Test. The microstructure of chicken meatballs fortified with chicken eggshell calcium oxide was more compact and fine texture than chicken meatballs fortified with nano-calcium lactate. The chicken meatballs fortified with chicken eggshell calcium oxide have higher calcium intake and lower protein than chicken meatballs fortified nano-calcium lactate. The nutrition facts of fortified meatball with calcium oxide of chicken eggshell was better with higher calcium intake.

Key words: Nutrition facts of meatball, chicken eggshell, fortification, nano-calcium lactate, microstructure

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh fortifikasi dengan kalsium oksida dan nanokalsium laktat kerabang telur ayam terhadap karakteristik mikrostruktur dan angka kecukupan gizi bakso ayam. Materi penelitian terdiri atas daging ayam, *filler*, bumbu-bumbu, garam, kalsium oksida, dan nanopartikel kalsium laktat kerabang telur ayam. Fortifikasi kalsium dan nanopartikel kalsium laktat kerabang telur ayam pada pembuatan bakso ayam, yaitu 0,3% dari total adonan.

Terdapat tiga perlakuan, yaitu kontrol, kalsium oksida (CaO) kerabang telur (0,3%), dan nanokalsium laktat (NCaL) kerabang telur (0,3%) dari total adonan. Setiap perlakuan terdiri dari 3 ulangan. Data hasil uji mikrostruktur bakso ayam dianalisis secara deskriptif dan data hasil perhitungan nilai gizi bakso ayam dianalisis dengan analisis variansi rancangan acak lengkap pola searah dan apabila terdapat perbedaan rerata diuji dengan uji *Duncan's New Multiple Range Test*. Bakso ayam yang difortifikasi kalsium oksida kerabang telur memiliki mikrostruktur dengan tekstur yang lebih halus dan lebih kompak dibandingkan dengan bakso yang difortifikasi nanokalsium laktat kerabang telur. Bakso ayam difortifikasi kalsium kerabang telur memiliki asupan kalsium yang lebih tinggi dan protein yang lebih rendah daripada bakso yang difortifikasi nanokalsium laktat kerabang telur. Nilai gizi bakso yang difortifikasi kalsium oksida kerabang telur lebih baik dengan asupan kalsium yang lebih tinggi.

Kata kunci: Nilai gizi bakso, kerabang telur ayam, nanokalsium laktat, mikrostruktur

PENDAHULUAN

Kerabang telur merupakan salah satu hasil ikutan dari industri pengolahan pangan yang menggunakan bahan baku telur seperti industri pembuatan roti dan kue. Sumber lain limbah kerabang telur, yaitu dari perunggsan, penetasan, rumah tangga, dan restoran cepat saji. Limbah kerabang telur yang berbentuk padat dihasilkan dalam jumlah ton setiap harinya (Arabhosseini & Faridi 2018). Kebanyakan limbah kerabang telur dibuang tanpa pengolahan lebih lanjut (Tsai et al. 2008a; Tsai et al. 2008b), sehingga dapat menimbulkan dampak negatif terhadap lingkungan. Limbah kerabang telur sebagai hasil ikutan di Indonesia belum dimanfaatkan secara optimal. Produksi telur ayam ras Indonesia pada tahun 2019 mencapai 1.769.183 ton (Ditjen PKH 2019), sehingga potensi limbah telur mencapai 194.610 ton per tahun. Kandungan kerabang telur lebih dari 90% kalsium karbonat (Waheed et al. 2019). Tepung kerabang telur mengandung kalsium sekitar 38% dan dapat dijadikan sumber kalsium pangan (Ray et al. 2017). Tepung kerabang telur dapat digunakan sebagai bahan tambahan pangan sumber kalsium (Ockerman & Hansen 2000; Schaafsma et al. 2000) sampai level 0,4% tidak mempengaruhi palatabilitas dan kualitas pemasakan (Ockerman & Hansen 2000). Suplemen kalsium sudah dapat dibuat dari kalsium kerabang telur (Chakraborty 2016; Gaonkar & Chakraborty 2016; Siemiradzka et al. 2018). Kalsium kerabang telur lebih mudah diserap daripada kalsium karbonat komersil dalam usus halus tikus (Omi & Ezawa 1998) dan babi (Schaafsma & Beelen 1999) yang berfungsi untuk meningkatkan densitas mineral tulang bagi penderita osteoporosis (Schaafsma & Beelen 1999; Daengprok et al. 2003) dan dapat menurunkan rasa nyeri (Schaafsma et al. 2000).

Kalsium laktat paling banyak digunakan sebagai fortifikasi kalsium dengan tingkat absorpsi tinggi untuk industri pangan dan obat-obatan (Cheong 2016) yang diakui aman dan digunakan sebagai pembentuk tekstur dan pengental

(Catherina et al. 2016), antibakteri (Yuk et al. 2008), dan digunakan sebagai bahan untuk mengawetkan dan memperpanjang umur produk daging olahan (Baston & Barna 2013). Kalsium laktat dalam aplikasi farmasi sebagian besar digunakan untuk terapi kekurangan kalsium pada manusia dan hewan untuk mineralisasi dan pertumbuhan tulang (Tsugawa et al. 1995). Material dengan ukuran nanopartikel dapat menyebabkan ekstrak mudah larut dan memiliki efisiensi penyerapan yang tinggi di usus (Gunasekaran et al. 2014). Beberapa penelitian menunjukkan bahwa penggunaan obat-obatan dalam ukuran nanometer mampu meningkatkan kelarutan dan penyerapan oleh tubuh (Malsch 2005). Li et al. (2009) dan Wang et al. (2012) melaporkan bahwa melalui metode presipitasi kimia dihasilkan nanopartikel kalsium laktat dengan ukuran partikel 55 sampai 100 nm. Ukuran partikel dari kalsium dan kalsium laktat kerabang telur telah diketahui berukuran 300 dan 75 nm (Prayitno et al. 2016) dengan kandungan kalsium, yaitu 24,55%. Kalsium laktat kerabang telur dalam ukuran nano akan lebih mudah larut dan memiliki efisiensi penyerapan yang tinggi di usus (Prayitno et al. 2019).

Pangan yang difortifikasi kalsium berperan penting dalam membantu mencukupi kebutuhan kalsium untuk mengurangi risiko osteoporosis (Wasilewski et al. 2019) karena banyak pangan yang defisien kalsium (Hanzlik et al. 2005). Asupan berbagai produk pangan yang mengandung kalsium lebih aman daripada mengkonsumsi suplemen kalsium dalam bentuk tablet karena mempengaruhi proses pembentukan dan penyerapan tulang (Wasilewski et al. 2019). Susu dan produk susu adalah pangan terbaik yang diakui sebagai sumber kalsium tetapi ada sebagian konsumen yang mengalami *lactose intolerant* (Szilagyi & Ishayek 2018). Oleh karena itu, perlu sebuah alternatif untuk memenuhi kebutuhan sebagian konsumen melalui fortifikasi kalsium dalam produk daging olahan, seperti bakso. Bakso adalah salah satu pangan lokal Indonesia yang paling disukai oleh masyarakat, terbuat dari daging sapi atau ayam yang dicampur dengan tepung pati dan bumbu lainnya serta memiliki nilai gizi yang tinggi. Ion kalsium (Ca^{2+}) merupakan kation yang dapat berinteraksi dengan protein daging (Pigott et al. 2006), sehingga dapat mempengaruhi produk daging olahan yang difortifikasi kalsium. Fortifikasi kalsium laktat kerabang telur pada sosis fermentasi dapat memperbaiki kualitas produk sosis (Daengprok et al. 2002) dapat meningkatkan kualitas produk bakso (Suryanto et al. 2014a; Suryanto et al. 2014b). Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui karakteristik mikrostruktur dan nilai gizi bakso ayam yang difortifikasi kalsium dan nanokalsium laktat kerabang telur ayam.

MATERI DAN METODE

Pembuatan kalsium oksida kerabang telur

Proses pembuatan kalsium oksida kerabang telur menurut Prayitno et al. (2016) dan Prayitno et al. (2019). Kerabang telur ayam yang berwarna coklat

dibersihkan dari membran kerabang telur dan dicuci menggunakan air. Kerabang telur disterilisasi dengan direbus selama 2 jam kemudian dikeringkan dengan oven pada suhu 95°C selama 24 jam. Kerabang telur yang sudah kering kemudian digiling dan disaring dengan penyaring ukuran 80 *mesh*, sehingga diperoleh tepung kerabang telur. Tepung kerabang telur dipanaskan pada suhu 1.000°C selama 2 jam untuk proses dekomposisi bahan organik, sehingga dihasilkan kalsium oksida (CaO).

Pembuatan nanopartikel kalsium laktat kerabang telur

Proses pembuatan kalsium laktat kerabang telur dilakukan menurut Prayitno et al. (2016) dan Prayitno et al. (2019) untuk memperoleh bubuk dalam ukuran nano. Larutan 1 mol/L kalsium oksida sebanyak 20 ml dicampur dengan larutan 6 mol/L asam laktat sebanyak 30 ml dengan perbandingan 1:1,5 (v/v) selama 30 menit pada suhu 50°C dengan kecepatan 500 rpm/menit menggunakan *magnetic stirrer*. Etanol 50% ditambahkan sebanyak 20 ml (v/v), dikering oven pada suhu 105°C selama 72 jam kemudian dihaluskan untuk memperoleh bubuk nanokalsium laktat kerabang telur (NCaL).

Pembuatan bakso ayam

Daging ayam tanpa tulang dan kulit dibersihkan dari lemak dan jaringan ikat. Daging ayam digiling dengan *grinder*. Daging ayam giling sebanyak 62% dicampur dengan 16% tepung aren, 2% *seasoning*, 2% monosodium glutamat, 1% merica, 4% telur, 3% bawang putih, 3% bawang merah, 7% es. Terdapat tiga perlakuan, yaitu kontrol, kalsium oksida (CaO) kerabang telur (0,3%), dan nanokalsium laktat (NCaL) kerabang telur (0,3%) dari total adonan menggunakan *meat processor* hingga kalis. Setiap perlakuan terdiri dari 3 kali ulangan. Adonan dibentuk bulatan-bulatan kemudian direbus dalam air mendidih selama 10 menit. Bakso diangkat dan didinginkan kemudian dilakukan uji mikrostruktur dan perhitungan nilai gizi berdasarkan angka kecukupan gizi bakso ayam.

Pengujian mikrostruktur

Tahapan dalam pembuatan preparat bakso ayam terdiri dari persiapan jaringan (bakso ayam), dehidrasi dan penjernihan, infiltrasi parafin (parafinisasi) dan pengeblokan, pembedahan jaringan, dan tahap pewarnaan. Preparat histologi bakso dilakukan dengan pengecatan hematoxilin dan eosin (Soglia et al. 2017). Pengamatan preparat bakso ayam menggunakan mikroskop dengan pembesaran 200 kali dan dilakukan 3 ulangan.

Perhitungan nilai gizi

Nilai gizi bakso dihitung berdasarkan angka kecukupan gizi bakso yang mengacu pada rata-rata kecukupan energi bagi penduduk Indonesia per orang per hari, yaitu sebesar 2.150 kkal, protein total 60 g, lemak total 67 g, dan kalsium 1.100 mg dengan takaran saji 50 g dengan jumlah bakso sebanyak 5 butir untuk masing-masing perlakuan (BPOM 2011; BPOM 2016; BPOM 2019).

Analisis data

Data hasil uji mikrostruktur dianalisis secara deskriptif dan data hasil perhitungan nilai gizi bakso ayam dianalisis dengan analisis variansi rancangan acak lengkap pola searah dan apabila terdapat perbedaan rerata diuji dengan *Duncan's New Multiple Range Test* (Riadi 2014).

HASIL DAN PEMBAHASAN

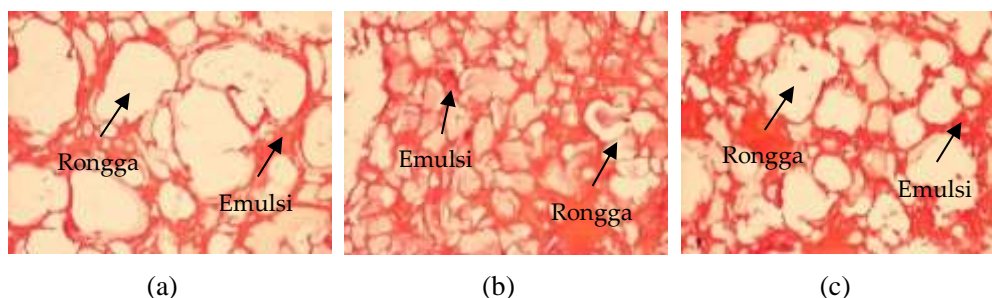
Karakteristik mikrostruktur

Karakteristik mikrostruktur bakso ayam yang difortifikasi kalsium dan nanokalsium laktat kerabang telur disajikan pada Gambar 1. Hasil pengamatan secara mikroskopik terhadap histologi bakso dengan fortifikasi kalsium dan nanopartikel kalsium laktat kerabang telur menunjukkan adanya perbedaan yang jelas antara bakso yang tidak difortifikasi dengan bakso yang mendapat fortifikasi kalsium dan nanopartikel kalsium laktat kerabang telur. Gambar 1 (a) menunjukkan bahwa bakso kontrol (bakso tanpa fortifikasi) terbentuk rongga-rongga yang besar, terlihat tidak kompak, dan teksturnya kasar. Gambar 1 (b) menunjukkan bahwa bakso dengan fortifikasi 0,3% kalsium oksida kerabang telur terbentuk rongga-rongga yang kecil, kompak, dan teksturnya halus dibandingkan dengan bakso kontrol dan difortifikasi nanokalsium laktat kerabang telur 0,3%. Gambar 1 (c) menunjukkan bahwa bakso dengan fortifikasi 0,3% nanokalsium laktat kerabang telur terbentuk rongga-rongga yang lebih kecil, lebih kompak, dan teksturnya lebih halus jika dibandingkan dengan bakso kontrol, tetapi tidak lebih baik jika dibandingkan dengan bakso yang difortifikasi 0,3% kalsium oksida kerabang telur. Yin et al. (2014) menyatakan bahwa kalsium dalam ukuran mikro dan nano yang digunakan untuk fortifikasi dalam pembuatan sosis dapat meningkatkan tekstur sosis.

Fortifikasi kalsium oksida kerabang telur memberikan pengaruh yang lebih baik pada emulsi bakso, sehingga mikrostruktur bakso yang dihasilkan terlihat lebih halus seperti Gambar 1 (b) jika dibandingkan dengan mikrostruktur bakso yang difortifikasi dengan nanokalsium laktat kerabang telur dan bakso kontrol. Hal ini sesuai dengan hasil penelitian Hemung et al. (2018) yang menyatakan

bahwa mikrostruktur sosis menjadi lebih halus dengan adanya fortifikasi kalsium pada sosis. Kalsium yang difortifikasi dalam pengolahan sosis dapat memperkuat ikatan protein, sehingga mempengaruhi struktur gel dari sosis (Yin & Park 2014). Senyawa kalsium dilaporkan dapat memperbaiki tekstur produk olahan daging (Lee & Park 1998).

Kalsium yang difortifikasi dalam pembuatan bakso mempengaruhi interaksi protein daging seperti aktin dan myosin, sehingga menghasilkan agregasi protein melalui interaksi hidrofobik dan ikatan disulfida (Hemung & Yongsawatdigul 2005), sehingga kemampuan mengikat air menjadi semakin kuat. Fortifikasi kalsium dan nanokalsium laktat kerabang telur pada bakso dapat mengakibatkan proses emulsi menjadi lebih baik, sehingga bakso yang dihasilkan menjadi lebih kompak dan teksturnya semakin halus. Rusman et al. (2007) menyatakan bahwa tekstur bakso dipengaruhi oleh perlakuan emulsifikasi dan macam bahan pengikat yang diberikan pada produk daging restruktur.



Gambar 1. Histologi bakso: kontrol (tanpa fortifikasi) (a), fortifikasi kalsium oksida kerabang telur (b), dan fortifikasi nanokalsium laktat kerabang telur (c) dengan perbesaran 200×

Nilai gizi

Informasi nilai gizi (ING) yang tertulis pada label pangan olahan harus dicantumkan persentase dari angka kecukupan gizi (AKG) yang dihitung menggunakan acuan label gizi (ALG). Acuan label gizi dihitung berdasarkan rata-rata kecukupan energi bagi penduduk Indonesia, yaitu sebesar 2.150 kkal per orang per hari (BPOM 2019). Kandungan zat gizi dalam pangan olahan tidak boleh lebih dari seratus persen ALG per hari. Angka kecukupan gizi (AKG) adalah suatu kecukupan rata-rata zat gizi setiap hari bagi semua orang menurut golongan umur, jenis kelamin, ukuran tubuh, aktivitas tubuh, dan kondisi fisiologis khusus untuk mencapai derajat kesehatan yang optimal (BPOM 2016). Nilai angka kecukupan gizi bakso ayam yang difortifikasi kalsium dan nano kalsium laktat kerabang telur disajikan pada Tabel 1.

Informasi nilai gizi pada Tabel 1 dapat diketahui bahwa dengan mengonsumsi 50 g bakso ayam kontrol akan dapat memenuhi kebutuhan harian

lemak 4,82%, protein 11,65%, dan kalsium 3,18%. Fortifikasi kalsium oksida kerabang telur dapat meningkatkan nilai gizi bakso pada unsur lemak naik 7,05%, protein naik 12,79%, dan kalsium naik 185,85%, sedangkan fortifikasi nanokalsium laktat kerabang telur meningkatkan nilai gizi bakso pada unsur lemak turun 3,53%, protein naik 20,69%, dan kalsium naik 43,08%. Peningkatan nilai gizi bakso dengan adanya fortifikasi kalsium oksida dan nanokalsium laktat kerabang telur memberi pengaruh pada peningkatan asupan gizi per sajian bakso yang dikonsumsi.

Takaran saji untuk bakso, yaitu 50 g per saji (BPOM 2011; BPOM 2016; BPOM 2019), sehingga dengan asupan 50 g per saji bakso ayam kontrol setara dengan lemak 3,23 g, protein 6,99 g, dan kalsium 35 mg. Bakso yang difortifikasi kalsium kerabang telur dengan asupan per saji 50 g, maka setara dengan lemak 3,46 g, protein 7,89 g, dan kalsium 100 mg. Bakso yang difortifikasi nano kalsium laktat kerabang telur dengan asupan per saji 50 g, maka setara dengan lemak 3,12 g, protein 8,44 g, dan kalsium 50 mg. Nilai tersebut menunjukkan bahwa bakso ayam yang difortifikasi kalsium dan nano kalsium laktat kerabang telur termasuk dalam pangan olahan yang baik karena memenuhi syarat asupan per saji untuk pangan olahan, yaitu tidak lebih dari 13 g lemak total, 4 g lemak jenuh, 60 mg kolesterol, dan 480 mg natrium (BPOM 2011).

Tabel 1. Angka kecukupan gizi bakso ayam yang difortifikasi kalsium dan nano kalsium laktat kerabang telur dengan takaran saji 50 g

Komponen	Kontrol (0%)	CaO (0,3%)	NCaL (0,3%)	%AKG*		
				Kontrol (0%)	CaO (0,3%)	NCaL (0,3%)
Energi dari lemak (kkal)	29,07 ^a	31,14 ^b	28,04 ^a			
Lemak total (g)	3,23 ^a	3,46 ^b	3,12 ^a	4,82 ^x	5,16 ^y	4,65 ^x
Protein (g)	6,99 ^a	7,89 ^a	8,44 ^b	11,65 ^x	13,14 ^x	14,06 ^y
Kalsium (mg)	35 ^a	100 ^c	50 ^b	3,18 ^x	9,09 ^z	4,55 ^y

^{a,b,c,x,y,z} Superskrip yang berbeda pada baris yang sama menunjukkan perbedaan yang sangat nyata ($P < 0,01$). *Persen AKG berdasarkan kebutuhan energi 2.150 kkal.

Asupan kalsium per sajian bakso ayam yang difortifikasi kalsium kerabang telur lebih tinggi jika dibandingkan bakso kontrol dan bakso ayam yang difortifikasi nanokalsium laktat kerabang telur. Asupan protein per sajian bakso ayam yang difortifikasi nanokalsium kerabang telur lebih tinggi jika dibandingkan bakso kontrol dan bakso yang difortifikasi kalsium kerabang telur. Hal ini dipengaruhi oleh kandungan kalsium dari kalsium oksida kerabang telur yaitu 37,80% lebih tinggi jika dibandingkan dengan kandungan kalsium dari

nanokalsium laktat kerabang telur, yaitu 24,55% (Prayitno & Sutirtoadi 2019), sehingga asupan kalsium bakso lebih tinggi dengan fortifikasi kalsium oksida kerabang telur. Selain itu, kandungan kalsium dari bakso ayam difortifikasi kalsium kerabang telur, yaitu 0,2% lebih tinggi daripada bakso yang difortifikasi nanokalsium laktat kerabang telur, yaitu 0,1% (Prayitno et al. 2016).

KESIMPULAN

Bakso ayam yang difortifikasi kalsium oksida kerabang telur memiliki mikrostruktur dengan tekstur yang lebih halus dan lebih kompak jika dibandingkan dengan bakso yang difortifikasi nanokalsium laktat kerabang telur. Bakso ayam difortifikasi kalsium kerabang telur memiliki asupan kalsium yang lebih tinggi dan protein yang lebih rendah jika dibandingkan dengan bakso yang difortifikasi nanokalsium laktat kerabang telur. Nilai gizi bakso yang difortifikasi kalsium oksida kerabang telur lebih baik dengan asupan kalsium yang lebih tinggi.

DAFTAR PUSTAKA

- Arabhosseini A, Faridi H. 2018. Application of eggshell wastes as valuable and utilizable products: a review. *Res Agric Eng.* 64:104-114.
- Baston O, Barna O. 2013. Calcium lactate influence on some non-pathogenic microorganisms. *Food Environ Saf.* 12:278-283.
- [BPOM] Badan Pengawas Obat dan Makanan. 2011. Peraturan Kepala Badan Pengawas Obat dan Makanan Republik Indonesia Nomor HK. 03.1.23.11.11.09909 Tahun 2011 tentang Pengawasan Klaim dalam Label dan Iklan Pangan Olahan. Jakarta: Badan Pengawas Obat dan Makanan.
- [BPOM] Badan Pengawas Obat dan Makanan. 2016. Peraturan Kepala Badan Pengawas Obat dan Makanan Republik Indonesia Nomor 9 Tahun 2016 tentang Acuan Label Gizi. Jakarta: Badan Pengawasan Obat dan Makanan.
- [BPOM] Badan Pengawas Obat dan Makanan. 2019. Peraturan Badan Pengawas Obat dan Makanan Tahun 2019 tentang Pedoman Pencantuman Informasi Nilai Gizi untuk Pangan Olahan yang Diproduksi oleh Usaha Mikro dan Kecil. Jakarta: Badan Pengawas Obat dan Makanan.
- Catherina CI, Surjoseputro S, Setijawati E. 2016. Pengaruh konsentrasi perendaman kalsium laktat terhadap sifat fisikokimia mashed sweet potato powder. *J Teknol Pangan Gizi.* 15:65-71.
- Chakraborty AP. 2016. Chicken eggshell as calcium supplement tablet. *Int J Sci Eng Manag.* 1:45-49.

- Cheong SH. 2016. Physicochemical properties of calcium lactate prepared by single-phase aragonite precipitated calcium carbonate. *Res J Pharm , Biol Chem Sci.* 7:1786-1794.
- Daengprok W, Garnjanagoonchorn W, Mine Y. 2002. Fermented pork sausage fortified with commercial or hen eggshell calcium lactate. *Meat Sci.* 62:199-204.
- Daengprok W, Garnjanagoonchorn W, Naivikul O, Pornsinlpatip P, Issigonis K, Mine Y. 2003. Chicken eggshell matrix proteins enhance calcium transport in the human intestinal epithelial cells, Caco-2. *J Agric Food Chem.* 51:6056-6061.
- [Ditjen PKH] Direktorat Jenderal Peternakan. 2019. *Produksi Telur Ayam Ras Petelur Menurut Provinsi.* Jakarta: Kementerian Pertanian.
- Gaonkar M, Chakraborty AP. 2016. Application of eggshell as fertilizer and calcium supplement tablet. *Int J Innov Res Sci Eng Technol.* 5:3520-3525.
- Gunasekaran T, Haile T, Nigusse T, Dhanaraju MD. 2014. Nanotechnology: An effective tool for enhancing bioavailability and bioactivity of phytomedicine. *Asian Pac J Trop Biomed.* 4:S1-S7.
- Hanzlik RP, Fowler SC, Fisher DH. 2005. Relative bioavailability of calcium from calcium formate, calcium citrate, and calcium carbonate. *J Pharmacol Exp Ther.* 313:1217-1222.
- Hemung BO, Yongsawatdigul J. 2005. Ca²⁺ affects physicochemical and conformational changes of threadfin bream myosin and actin in a setting model. *J Food Sci.* 70:455-460.
- Hemung BO, Yongsawatdigul J, Chin KB, Liphirat W, Siritapetawee J. 2018. Silver carp bone powder as natural calcium for fish sausage. *J Aquat Food Prod Technol.* 27:305-315.
- Lee N, Park JW. 1998. Calcium compounds to improve gel functionality of Pacific whiting and Alaska pollock surimi. *J Food Sci.* 63:969-974.
- Li Z, Zhang Y, Tan T. 2009. Preparation of edible nano calcium lactate crystal from crude L-lactic acid via chemical precipitation method Zheng. *J Biosci Bioeng.* 108:S135-S146.
- Malsch NH. 2005. *Biomedical nanotechnology.* Boca Raton (US): CRC Press.
- Ockerman HW, Hansen CL. 2000. *Animal by-product processing and utilization.* Boca Raton (US): CRC Press.
- Omi N, Ezawa I. 1998. Effect of egg-shell Ca on preventing of bone loss after ovariectomy. *J Home Econ Japan.* 49:277-282.
- Pigott RS, Kenney PB, Slider S, Head MK. 2006. Formulation protocol and dicationic salts affect protein functionality of model system beef batters. *J Food Sci.* 65:1151-11154.

- Prayitno AH, Suryanto E, Rusman. 2016. Pengaruh fortifikasi nanopartikel kalsium laktat kerabang telur terhadap sifat kimia dan fisik bakso ayam. *Bul Peternak*. 40:40-47.
- Prayitno AH, Suryanto E, Rusman, Setiyono, Jamhari, Utami R. 2019. Pengaruh fortifikasi kalsium dan nanopartikel kalsium laktat kerabang telur terhadap sifat sensoris bakso ayam. Dalam: Martindah E, Wina E, penyunting. *Teknologi Peternakan dan Veteriner Mendukung Kemandirian Pangan di Era Industri 4.0*. Prosiding Seminar Nasional Teknologi Peternakan dan Veteriner. Jember, 15-17 Oktober 2019. Jakarta (Indonesia): IAARD Press. hlm. 725-732.
- Prayitno AH, Sutirtoadi A. 2019. *Karakteristik Nano Kalsium Alami Berbagai Jenis Kerabang Unggas*. Jember (Indones): Politeknik Negeri Jember.
- Ray S, Kumar Barman A, Kumar Roy P, Kumar Singh B. 2017. Chicken eggshell powder as dietary calcium source in chocolate cakes. *Pharma Innov J*. 6(9):1-4.
- Riadi E. 2014. *Metode Statistika: Parametrik & Non-Parametrik*. Tangerang: Pustaka Mandiri.
- Rusman, Gerelt B, Yamamoto S, Nishiumi T, Suzuki A. 2007. Combined effects of high pressure and heat on shear value and histological characteristics of bovine skeletal muscle. *Asian-Australasian J Anim Sci*. 20:994-1001.
- Schaafsma A, Beelen G. 1999. Eggshell powder, a comparable or better source of calcium than purified calcium carbonate: Piglet studies. *J Sci Food Agric*. 79:1596-1600.
- Schaafsma A, Pakan I, Hofstede GJH, Muskiet FAJ, Van Der Veer E, De Vries PJF. 2000. Mineral, amino acid, and hormonal composition of chicken eggshell powder and the evaluation of its use in human nutrition. *Poult Sci*. 79:1833-1838.
- Siemiradzka W, Dolinska B, Ryszka F. 2018. New sources of calcium (chicken eggshells, chelates) - preparation of raw material and tablets. *Curr Pharm Biotechnol*. 19:566-572.
- Soglia F, Gao J, Mazzoni M, Puolanne E, Cavani C, Petracci M, Ertbjerg P. 2017. Superficial and deep changes of histology, texture and particle size distribution in broiler wooden breast muscle during refrigerated storage. *Poult Sci*. 96:3465-3472.
- Suryanto E, Setiyono, Rusman, Prayitno AH. 2014a. Chemical composition, cooking, physical and sensorial properties of chicken meatball fortified with eggshell calcium powder. In: XIVth Eur Poult Conf. Stavanger: World's Poultry Science Association; p. 1-3.
- Suryanto E, Setiyono, Rusman, Prayitno AH. 2014b. Firmness and microstructure properties of chicken meatball fortified with eggshell calcium powder. In: *Sustain Livest Prod Prespective Food Secur Policy, Genet Resour Clim Chang*. Yogyakarta: The Asian-Australasian Association of Animal Production Societies; p. 1280-183.

- Szilagyi A, Ishayek N. 2018. Lactose intolerance, dairy avoidance, and treatment options. *Nutrients*. 10:1-30.
- Tsai WT, Hsien KJ, Hsu HC, Lin CM, Lin KY, Chiu CH. 2008a. Utilization of ground eggshell waste as an adsorbent for the removal of dyes from aqueous solution. *Bioresour Technol*. 99:1623-1629.
- Tsai WT, Yang JM, Hsu HC, Lin CM, Lin KY, Chiu CH. 2008b. Development and characterization of mesoporosity in eggshell ground by planetary ball milling. *Microporous Mesoporous Mater*. 111:379-386.
- Tsugawa N, Okano T, Higashino R, Kimura T, Oshio Y, Teraoka Y, Igarashi C, Ezawa I, Kobayashi T. 1995. Bioavailability of calcium carbonate, DL-calcium lactate, L-calcium lactate, and powdered oyster shell calcium in vitamin D deficient or -replete rats. *Biol Pharm Bull*. 18:677-682.
- Waheed M, Butt MS, Shehzad A, Adzahan NM, Shabbir MA, Rasul Suleria HA, Aadil RM. 2019. Eggshell calcium: A cheap alternative to expensive supplements. *Trends Food Sci Technol*. 91:219-230.
- Wang Y, Huang L, Wu J. 2012. Optimization of conditions for calcium lactate nanoparticle production by chemical precipitation. *Adv Mater Res*. 479-481:314-317.
- Wasilewski GB, Vervloet MG, Schurgers LJ. 2019. The bone-vasculature axis: Calcium supplementation and the role of vitamin K. *Front Cardiovasc Med*. 6:1-16.
- Yin T, Park JW. 2014. Effects of nano-scaled fish bone on the gelation properties of Alaska pollock surimi. *Food Chem*. 150:463-468.
- Yin T, Reed ZH, Park JW. 2014. Gelling properties of surimi as affected by the particle size of fish bone. *LWT - Food Sci Technol*. 58:412-416.
- Yuk HG, Jo SC, Seo HK, Park SM, Lee SC. 2008. Effect of storage in juice with or without pulp and/or calcium lactate on the subsequent survival of *Escherichia coli* O157:H7 in simulated gastric fluid. *Int J Food Microbiol*. 123:198-203.