

APLIKASI NANOTEKNOLOGI UNTUK MENINGKATKAN MANFAAT DAN BIOAVAILABILITAS KALSIMUM DALAM PENGOLAHAN PANGAN

Application of Nanotechnology to Increase the Benefits and Bioavailability of Calcium in Food Processing

Athna Arthi Ningrum*, **Danella Nabila Balqis**, **Anisa Lismianisarie**, dan **Saniyyah Putri Swandi**
Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Sultan Ageng Tirtayasa, Serang

Diterima 6 Maret 2023 / Disetujui 20 Maret 2023

ABSTRACT

The advancement of the food industry is influenced by so many factors, one of them being nanotechnology. The application of nanotechnology in food processing makes it possible to incorporate substances that provide more health benefits. Some substances aren't effective enough to be added directly to the food because they could affect their sensory quality and low bioavailability. One of the essential micronutrients that our body needs is calcium, calcium plays important roles such as forming bone structure, transmission between cells, blood clotting agents, wound healing, etc. Production of nano-sized calcium could be done with many different types of methods and sources of calcium. Nano calcium could be fortificant and mixed with food like powdered milk, crackers, and meatballs. The Addition of nano-sized calcium increased bone mineral density, and bone volume in testing rats. The addition of nano calcium to processed food is still acceptable to consumers.

Keywords: Fortification; Calcium; Nano calcium; Nanotechnology; Application

ABSTRAK

Kemajuan industri pangan dipengaruhi oleh banyak faktor salah satunya yaitu nanoteknologi. Penerapan nanoteknologi pada pengolahan pangan memungkinkan untuk menggunakan zat-zat yang memiliki manfaat tambahan yang berguna bagi tubuh manusia. Namun, ada beberapa zat yang kurang efektif jika diaplikasikan secara langsung pada makanan karena berbagai faktor seperti dapat menghasilkan rasa yang tidak dikehendaki dan bioavailabilitas yang rendah. Salah satu zat gizi mikro penting untuk tubuh adalah kalsium yang berperan penting pada kekokohan tulang, pembentuk struktur tulang, transmisi antar sel, pembekuan darah, penyembuhan luka dan lainnya. Produksi kalsium dengan ukuran nano dapat dilakukan dengan berbagai metode dan sumber kalsium yang beragam. nanokalsium dapat menjadi fortifikan dan dicampurkan langsung ke dalam makanan seperti susu skim bubuk, cracker, dan bakso. Pemberian nanokalsium meningkatkan densitas mineral pada tulang dan juga dapat meningkatkan volume tulang pada tikus uji. Penambahan nanokalsium pada pangan olahan juga masih bisa diterima oleh konsumen.

Kata kunci: Fortifikasi; Kalsium; Nanokalsium; Nanoteknologi; Pengaplikasian.

PENDAHULUAN

Nanoteknologi berperan penting dalam kemajuan inovasi industri pangan dimana zat gizi mikro atau senyawa bioaktif yang tidak dapat diaplikasikan dalam bentuk murni karena sifat fisik, kimia dan biologinya dapat diupayakan teraplikasi (McClement,

2014). Joye, *et al* (2014) menjelaskan alasan mengapa zat mikro dan senyawa bioaktif tersebut tidak dapat langsung diaplikasikan karena kelarutan yang rendah dalam air dan minyak, selain itu sifat fisik dan kimia dari zat mikro sangat mudah berubah selama persiapan, proses pengolahan, penyimpanan dan pengangkutan. Selain itu pada beberapa

*Korespondensi Penulis:
Email: 444410072@untirta.ac.id

zat mikro dan senyawa bioaktif menghasilkan flavor yang tidak dikehendaki atau disebut dengan *off flavor* dan juga karena dapat berinteraksi dengan komponen pangan lainnya membuat bioaktivitas dan stabilitas produk menjadi kurang, sehingga disinilah peran dari nanoteknologi. Chaudry, *et al* (2011) menjelaskan bahwa penerapan nanoteknologi dapat memperbaiki rasa, warna flavor, tekstur dan konsistensi bahan pangan.

Contoh pengaplikasian dari nanoteknologi yaitu pada emulsifikasi menggunakan droplet emulsi berukuran 1-100 nm (nanoemulsi), dimana nanoemulsi berkontribusi pada peningkatan senyawa bioaktif larutan dan meminimalkan kecenderungan pemisahan air dan lemak. Donsi *et al* (2011) menambahkan penerapan nanoteknologi dapat melindungi senyawa bioaktif dari interaksi dengan komponen bahan lain dan menjaga sifat fungsionalnya, selain itu nanoteknologi juga dapat meningkatkan stabilitas pangan pada saat pengolahan dan penyimpanan serta meminimalisir dampak pada sifat organoleptik pangan dan dapat meningkatkan daya penyerapan dan bioavailabilitas senyawa bioaktif. Morris (2007) menjelaskan bahwa pengaplikasian nanoteknologi dilakukan melalui media *carrier* yang dikembangkan menjadi berukuran nano dimana dengan ukuran nano *carrier* dimungkinkan untuk memperbaiki tingkat absorpsi bahan pangan dan berpotensi sebagai lembaga zat gizi mikro seperti vitamin dan mineral untuk diedarkan ke seluruh tubuh. Untuk pengelompokannya aplikasi nanoteknologi dibagi menjadi tiga kelompok, yaitu yang pertama ingredien pangan berukuran nano sebagai media pembawa zat gizi mikro berukuran nano yang fungsinya untuk mempercepat penyerapan zat gizi, lalu senyawa bioaktif berukuran nano yang dienkapsulasi berguna sebagai pencegah *off flavor* dan menghambat

degradasi fisik serta meningkatkan bioavailabilitas, yang terakhir aditif pangan yang berukuran nano dimungkinkan sebagai antimikroba dan bahan aktif pada *smart packaging* (Weiss, *et al.*, 2006).

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui metode dan pengaplikasian nanoteknologi dalam pembuatan nanokalsium.

METODE PENELITIAN

Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah studi literatur dari berbagai sumber. Sumber yang digunakan antara lain adalah jurnal ilmiah, buku, dan dokumen resmi organisasi resmi dan badan pemerintah yang kemudian direview secara sistematis.

PEMBAHASAN

Kalsium

Kalsium merupakan mineral esensial yang ditemukan dalam jumlah yang besar di dalam tubuh. Kalsium juga berfungsi sebagai katalisator berbagai reaksi biologis, seperti absorpsi vitamin B12, tindakan enzim pemecah lemak, lipase pankreas, ekskresi insulin oleh pankreas, pembentukan dan pemecahan asetilkolin, yaitu bahan yang diperlukan dalam transmisi suatu rangsangan dari serabut saraf yang satu ke yang lainnya. Kalsium dapat dibentuk dalam ukuran nanopartikel. Teknologi nano dapat menciptakan suatu kalsium dengan ukuran yang sangat kecil (10-1000 nm). Nanokalsium dapat langsung terserap oleh tubuh dengan sempurna, hal tersebut lebih efisien dibandingkan dengan kalsium yang biasa dikonsumsi masyarakat, serta sangat bermanfaat dalam pemenuhan kalsium tubuh yang optimal dan dapat dikonsumsi untuk segala usia (Harmain *et al.*, 2018).

Kebutuhan kalsium untuk orang dewasa rata-rata di atas 500 mg per hari, seiring bertambahnya usia, kalsium yang dibutuhkan

akan semakin banyak. Sampai usia 50 tahun ke atas atau wanita yang mencapai masa menopause, diperlukan elemen kalsium sebanyak 1200-1500 mg dalam makanan sehari-hari (Tandra, 2009). Kebutuhan kalsium dalam sehari sesuai usia dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Kebutuhan kalsium sesuai usia

Usia	Kalsium dalam makanan sehari (mg)
0-6 bulan	300
7-12 bulan	400
1-3 tahun	500
4-8 tahun	800
9-18 tahun	1300
19-50 tahun	1000
50 tahun ke atas	1200
Ibu hamil atau menyusui	Ditambah 400

Sumber: Tandra (2009)

Nanofortifikasi

Fortifikasi merupakan usaha yang dilakukan untuk meningkatkan atau memperbaiki kualitas gizi pada sebuah bahan pangan dengan cara menambahkan zat gizi mikro ataupun makro. Fortifikasi dapat dilakukan dengan menambahkan satu jenis fortifikan (*single fortification*), bisa juga dua (*double fortification*) atau lebih (*multiple fortification*) (Helmyati, 2014). Dengan berkembangnya ilmu pengetahuan, metode fortifikasi dapat dikombinasikan dengan nanoteknologi.

Nanoteknologi memungkinkan peningkatan bioavailabilitas pada senyawa yang sebelumnya memiliki bioavailabilitas rendah. Ukuran partikel sangat mempengaruhi proses pembawaan sebuah senyawa pada jaringan tertentu. Nanopartikel memiliki karakteristik enkapsulasi yang lebih baik dibandingkan dengan enkapsulasi biasa. Beberapa penelitian bahkan melaporkan bahwa nanopartikel dapat diabsorpsi oleh sel

spesifik, berbeda dengan senyawa dengan ukuran yang lebih besar (Ayala-Fuentes dan Chavez-Santoscoy, 2021).

Teknik fortifikasi yang biasa dilakukan akan menggunakan fortifikannya dalam bentuk aslinya tanpa modifikasi. Masalah yang umumnya ditemui adalah rendahnya kelarutan, stabilitas rendah, permeabilitas rendah, yang kemudian akan menyebabkan menurunnya bioavailabilitas di saluran cerna (Rein *et al.*, 2013). Penggunaan nanoteknologi dalam proses fortifikasi diharapkan dapat memperbaiki masalah tersebut (Ghosh *et al.*, 2022).

Nanoenkapsulasi

Presipitasi

Pembuatan nanokalsium dapat dilakukan dengan metode presipitasi, metode presipitasi adalah metode pengendapan masing-masing material dasar dengan suatu reaktan. Hasil pengendapan tersebut kemudian digabungkan untuk pembentukan senyawa yang diharapkan secara stoikiometris (Purwamargaptala *et al.*, 2009). Metode presipitasi dilakukan dengan cara zat aktif dilarutkan ke dalam pelarut, lalu ditambahkan larutan lain yang bukan pelarut. Hal ini menyebabkan larutan menjadi jenuh dan terjadi nukleasi yang cepat sehingga membentuk nanopartikel. Metode presipitasi menjadi metode yang paling banyak digunakan karena prosesnya yang sederhana, mudah dan biaya yang lebih murah (Shen *et al.*, 2013).

Pengaplikasian dalam produk pangan salah satunya yaitu dalam pembuatan nanokalsium pada tepung tulang ikan cakalang, dimana kalsium yang terkandung di dalam tulang ikan banyak ditemukan dalam bentuk kristal hidroksiapatit yang melekat dalam jaringan matrik kolagen, untuk melepaskan ikatan antara kalsium dengan kolagen perlu dilakukan perlakuan khusus yaitu dengan cara merendam tulang ikan dalam larutan asam yang dipanaskan

dapat menghasilkan produk dengan kadar abu yang tinggi. Proses pembuatan nanokalsium tepung tulang ikan cakalang diawali dengan tepung tulang ikan direndam dengan larutan HCl 1N (1:7) selama 3 hari dan dipanaskan selama 1 jam pada suhu 90°C. Kemudian filtrat yang didapatkan setelah ekstraksi dipresipitasi menggunakan NaOH 3N (1:10) hingga tidak terbentuk endapan putih. Endapan putih yang didapat selanjutnya akan dinetralkan dengan menggunakan aquades hingga pH 7. Endapan kemudian disentrifugasi dengan kecepatan 5000 rpm pada suhu 25°C selama 15 menit. Endapan yang telah disentrifus kemudian dioven selama 24 jam pada suhu 60°C. Selanjutnya bahan dioven kembali pada suhu 105°C selama 3 jam atau hingga beratnya konstan, kemudian digerus atau dihaluskan menggunakan mortar dan dipanaskan di atas *hot plate*. Pengabuan dilakukan menggunakan tanur pada suhu 600°C selama 5 jam. Hasil tanur selanjutnya dihaluskan dengan mortar (Harmain *et al.*, 2018).

Extrusion

Ekstrusi merupakan proses yang memerlukan pemaksaan bahan untuk mengalir dibawah berbagai kondisi (suhu tinggi dan rendah; kelembaban tinggi dan rendah; kecepatan tinggi dan rendah) melalui lubang dengan diameter yang berbeda pada tingkat yang telah ditentukan untuk mencapai berbagai jenis produk berdasarkan kebutuhan konsumen atau spesifikasi produsen (Alam *et al.*, 2016). Teknologi ekstrusi dibedakan berdasarkan jenis ekstruder (mesin yang digunakan) yang digunakan, kondisi ekstrusi dan parameter lainnya seperti jenis produk ekstrudat. Teknologi ekstrusi dapat dikategorikan menjadi empat jenis yakni *hot-melt extrusion*, *melt injection*, *centrifugal*, dan *electrostatic*.

Hot-melt extrusion merupakan proses ekstrusi sekrup kontinyu dengan metode bebas pelarut dengan penambahan air dalam

jumlah terbatas. Prosesnya kontinyu, cepat dengan operasi unit yang lebih sedikit. Pencampuran bahan yang sangat baik (enkapsulan dan bahan aktif), *throughput* tinggi dan paparan oksigen dalam saluran ekstrusi terbatas. Ekstruder yang digunakan dalam *hot-melt* berbentuk silinder yang berisi pencampur termomekanis yang terdiri dari sekrup *single* atau *double* dilengkapi dengan sekrup *self-wipe* yang mendukung enkapsulasi. Waktu tinggal yang singkat dan senyawa bioaktif dapat dimasukkan pada titik-titik yang berbeda dari proses ekstrusi dengan pemantauan *online* (Zuidam dan Shimoni, 2010).

Melt injection merupakan proses ekstrusi vertikal tanpa sekrup. Dalam proses ini, senyawa bioaktif didispersikan dalam panas (80-140°C) karbohidrat yang dilelehkan (terdiri dari sukrosa, maltodekstrin, sirup glukosa, poliol, dan/atau mono- dan disakarida lainnya), dan kemudian ditekan melalui satu atau lebih lubang (filter) ke dalam rendaman cairan dingin dan dehidrasi (Nitrogen cair atau Isopropanol) (Bakry *et al.*, 2016). Teknik ini cocok untuk enkapsulasi senyawa flavor dikarenakan fleksibel, mengkonsumsi energi yang lebih rendah dan memungkinkan kontrol yang lebih baik dari keadaan matriks (Patil *et al.*, 2016). Umur simpan senyawa oksidatif yang dienkapsulasi seperti flavor dan minyak atsiri diperkirakan lima tahun menggunakan teknologi *melt injection* (Gupta *et al.*, 2015).

Centrifugal biasanya digunakan dalam produksi partikel inti-cangkang dengan konsentris *feed tube* dimana enkapsulan dan senyawa bioaktif dipompa secara terpisah melalui banyak nozel yang dipasang pada permukaan luar ekstruder (Oxley, 2012). Teknik ini digunakan untuk minyak atsiri dan bakteri probiotik karena membutuhkan lebih sedikit panas untuk enkapsulasi dibandingkan dengan ekstrusi lelehan panas (Moradali *et al.*, 2015). Keuntungan dari *centrifugal* dibandingkan metode enkapsulasi

lainnya ialah stabilitas minyak enkapsulasi terhadap oksidasi dan meningkatkan umur simpan enkapsulasi dengan mencegah kontak oksigen selama penyimpanan (Gouin, 2004). Akan tetapi, *centrifugal* membutuhkan biaya yang besar dan menghasilkan partikel besar (150-8000 mm) sehingga penggunaannya terbatas (Seth *et al*, 2017).

Electrostatic merupakan teknik yang sederhana dan cocok untuk enkapsulasi senyawa yang memiliki suhu tidak stabil karena dioperasikan pada suhu ruang dan pada regangan atmosfer (Vega-Lugo dan Lim, 2009). Kelebihan dari *electrostatic* dibandingkan yang lain (*centrifugal* dan *hot-melt*) adalah tidak memerlukan suhu atau langkah kedua untuk mengeringkan produk yang dienkapsulasi. Hal ini sangat serbaguna dalam hal ukuran, polimer dinding dan stabilitas penyimpanan, membutuhkan energi rendah sehingga menghemat biaya dan mampu memberikan senyawa bioaktif yang dienkapsulasi dengan karakteristik unik (Anu Bhushani dan Anandharamakrishnan, 2014).

Spray Chilling

Spray chilling adalah proses pemadatan semprotan yang dikabutkan menjadi partikel. *Spray chilling* mirip dengan *spray drying* dalam banyak hal, terdiri dari sumber atomisasi, ruang pembentukan partikel, dan zona pengumpul. Perbedaan utama adalah zona pembentukan partikel, di mana partikel terbentuk dari pendinginan dan pengerasan tetesan daripada penguapan pelarut. Untuk tujuan enkapsulasi, bahan aktif didispersikan ke dalam bahan matriks cair sebelum atomisasi. Setelah atomisasi dan pendinginan, matriks memadat di sekitar bahan aktif yang terdispersi untuk membentuk mikrosfer atau mikrokapsul multi-inti. Untuk bahan makanan dan aplikasi *nutraceutical*, bahan aktifnya bisa berupa perisa, vitamin, minyak nutrisi, atau zat bioaktif lainnya. Contoh bahan matriks umum meliputi lilin, lemak, lipid, atau

pembentuk gel hidrokoloid. Proses dasar untuk *spray chilling* sebanding dengan *spray drying*. Bubur atau campuran homogen dari bahan aktif dan bahan matriks enkapsulasi dimasukkan ke dalam sistem *nozzle*. *Nozzle* menyembrotkan campuran ke dalam ruang besar tempat tetesan didinginkan atau dibentuk menjadi partikel. Partikel kemudian dikumpulkan menggunakan satu atau lebih teknik pengumpulan. Teknik pengumpulan yang paling umum yaitu siklon dan kantung filter. Teknik *spray-chilling* digunakan untuk berbagai aplikasi dalam industri makanan dan *nutraceuticals* untuk bahan-bahan seperti perasa, vitamin, minyak nutrisi, dan probiotik. Berbagai alasan untuk mengenkapsulasi bahan dengan menggunakan *spray chilling* meliputi penyembunyian rasa, pelepasan terkontrol, pelepasan terpicu, konversi cairan menjadi padat, perlindungan dari lingkungan, pemisahan bahan aktif, atau peningkatan bioavailabilitas. Karena beragamnya bahan cangkang yang tersedia untuk dan terkait dengan pendinginan semprotan, banyak aplikasi dimungkinkan dengan berbagai macam bahan (Garti dan McClements, 2012).

Spray Dryer

Dalam proses ini, bahan yang akan dienkapsulasi dihomogenkan dengan bahan pembentuk matriks, selanjutnya campuran ini diatomisasi oleh alat penyemprot. Campuran yang diatomisasi tersebut menjadi bentuk partikel solid/bubuk setelah pelarutnya diuapkan oleh udara panas (Jaworek, 2016). *Spray drying* merupakan teknologi pengeringan yang sederhana, cepat, dapat direproduksi, dan dapat memungkinkan kondisi suhu ringan yang cocok untuk senyawa yang sensitif panas. *Spray drying* secara langsung mengubah berbagai cairan (misalnya larutan, emulsi, dispersi, bubur, pasta, atau bahkan lelehan) menjadi partikel padat dengan ukuran, distribusi, bentuk,

porositas yang dapat disesuaikan, densitas, dan komposisi kimia. Peralatan pengeringan semprot tersedia secara komersial dan biaya produksi biasanya lebih rendah dibandingkan dengan teknologi pengeringan lainnya seperti misalnya *freeze drying* (Arpagaus *et al.*, 2018). Ciccarella dan Vergaro, (2013) menggunakan metode *spray drying* untuk menciptakan CaCO_3 dengan ukuran nano, dan mengklaim bahwa ukurannya bisa dibawah 200 nm. Pembuatannya dilakukan dengan mencampur larutan NaHCO_3 dan CaCl_2 , kemudian campuran tersebut diatomisasi di *pre-heated air flow*, nantinya akan terbentuk bubuk kalsium karbonat dan natrium klorida.

Fluidized Bed

Fluidized merupakan proses pengeringan menggunakan aliran udara panas dengan kecepatan tertentu yang menembus hamparan bahan sehingga bahan tersebut memiliki sifat fluida (Kunii, 1977 dalam Suryadi, *et al.*, 2017). Prinsip kerja dari alat *fluidized bed* adalah ketika udara pengering dari ruang pemanas yang menggunakan bantuan *blower* penggerak untuk menuju ruang pengering melalui lubang-lubang pada saringan yang mengalir melewati bahan yang dikeringkan dan melepaskan sebagian panas yang nantinya akan terjadi proses penguapan air pada bahan. Dalam penggunaannya perlu diperhatikan pengaturan suhu, kecepatan aliran udara pengering, dan tebal tumpukan bahan yang dikeringkan sehingga hasil kering yang diharapkan dapat tercapai (Tanggasari, 2014). Jumlah bahan yang dapat dikeringkan menggunakan alat pengering *fluidizes bed* sangat bergantung pada ukuran alat baik secara geometris dan dinamis. Peningkatan ukuran dimensi *fluidized bed* bertujuan untuk meningkatkan kapasitas bahan yang dapat dikeringkan sehingga diharapkan dapat meningkatkan kapasitas bahan menjadi dua kali lipat dari jumlah yang sebelumnya.

HEM (High Energy of Milling)

Kalsium yang terkandung dalam tulang ikan gabus berpotensi sebagai bahan dasar pembuatan kalsium oksida (CaO) hal ini karena tulang ikan gabus memiliki kandungan kalsium sebanyak 16.86-22.77% (Cucikodana *et al.*, 2012). Metode yang dapat digunakan untuk preparasi *nano fishbone* dari tulang ikan gabus yaitu *High Energy of Milling* (HEM) dimana metode ini tidak memerlukan bahan kimia berbahaya selama proses pembuatannya. HEM merupakan proses deformasi mekanis yang dapat memproduksi logam atau nanokristalin yang berbentuk bubuk, pada metode ini proses penggilingan bola berenergi tinggi dan struktur butir kasar terdisosiasi yang mana ini merupakan akibat dari deformasi siklik yang parah (Oleszak dan Shingum 1996) dan untuk mengurangi kontaminasi dari media penggilingan digunakan surfaktan, media penggilingan berlapis, dan atmosfer pelindung (Koch, 1997). Pada penelitian yang dilakukan oleh Koch (1997) didapatkan hasil logam berukuran partikel minimum mulai dari 4 hingga 26 nm. Untuk prinsip dari metode ini yaitu pengecilan ukuran partikel menggunakan cara menggiling hingga ukuran nanometer dimana untuk ukuran partikel rata-rata yang dihasilkan yaitu 115 nm dengan kecepatan 3000 rpm dan diameter bola 0,5 mm (Yin *et al.*, 2015).

Pembuatan nano kalsium dilakukan dengan memotong tulang ikan gabus dengan ukuran $\pm 2-5$ mm sebanyak 1 kg lalu rebus selama 1 jam. Setelah direbus kemudian dicuci dan dijemur sampai kering dan beratnya konstan selama 1 hari. Setelah itu dilanjutkan dengan maserasi 100 g tulang ikan gabus menggunakan larutan HCl 1 M selama 2 jam. Setelah 2 jam dimaserasi dilanjutkan dengan dicuci hingga pH netral lalu dikeringkan menggunakan oven dengan suhu 105°C selama 2 jam. Setelah tulang ikan gabus menjadi kering dilanjutkan dengan dihaluskan menggunakan mortar dan disaring

menggunakan 60 mesh dan disimpan di desikator. Proses destruksi tulang ikan gabus dilakukan sesuai SNI 06-6989-56-2005 dimana serbuk tulang ikan bandeng akan dikalsinasi dalam tanur dengan suhu 900°C selama 4 jam. Setelah dikalsinasi serbuk CaO dihaluskan menggunakan *High Energy of Milling* (HEM) selama 1 jam dengan perbandingan berat CaO : 1 bola yaitu 1:5. Langkah yang terakhir yaitu ukuran partikel ditentukan menggunakan persamaan *Scherrer* pada persamaan 1:5 (Muryati, *et al*, 2019).

Pengaplikasian

Penelitian yang dilakukan oleh Erfanian *et al* (2015) yaitu menguji susu skim bubuk yang difortifikasi dengan kalsium sitrat dengan ukuran nano dan tambahan inulin, EPA, DHA, dan vitamin sesuai dengan anjuran. Pengujian dilakukan secara *in vivo* menggunakan tikus yang telah diovariectomi dan tikus ovariektomi-osteoporosis, hasilnya menunjukkan bahwa penambahan kalsium sitrat dengan ukuran nano dapat meningkatkan penyerapan dan bioavailabilitas kalsium, selain itu kedua tikus menunjukkan peningkatan kekerasan dan kekuatan tulang. Selain kekuatan dan kekerasan tulang, penelitian yang dilakukan oleh Al Mijan *et al* (2014) menunjukkan pemberian nanokalsium dari cangkang telur meningkatkan densitas mineral pada tulang dan juga dapat meningkatkan volume tulang pada tikus yang diberikan bubuk cangkang telur dengan ukuran nano. Penelitian yang dilakukan oleh Park *et al* (2008) menggunakan susu yang diperkaya kalsium dengan ukuran nano menunjukkan peningkatan sekresi kalsium dan menurunnya deoksipiridinolin dan hidroksiprolin pada urin tikus yang telah diovariectomi.

Hasil dari pembuatan nanokalsium pada tepung tulang ikan cakalang dengan metode presipitasi yaitu nanokalsium tulang ikan cakalang memiliki ukuran partikel yang lebih

kecil daripada tepung tulang ikan cakalang yaitu kisaran 53,78 – 71,68 nm, memiliki kadar air yang lebih rendah yaitu 3,99% dan kadar abu yang tinggi yaitu 85,72%, hal ini disebabkan lebih banyak kandungan mineral yang terdapat pada nano kalsium tulang ikan cakalang. Nanokalsium tulang ikan cakalang juga mengandung komponen mineral yang lebih tinggi dibandingkan dengan tepung tulang ikan cakalang kadar dari masing-masing komponen tersebut, yaitu kalsium 2,94%, besi 0,016%, magnesium 0,528%, dan seng 0,0089%. Pensubstitusian nano kalsium tulang ikan cakalang dalam pembuatan *crackers* ilabulo daging ikan cakalang disukai oleh panelis dengan formulasi perbandingan 1:1 antara daging ikan cakalang dan tepung terigu dan nano kalsium tulang ikan cakalang sebanyak 20 gr. Hasil dari organoleptik yang didapatkan yaitu nilai kenampakan sebesar 5,97, warna dan tekstur 5,67, aroma 5,87, dan rasa 5,20 (Harmain *et al.*, 2018).

Penelitian yang dilakukan Chen *et al.* (2008) menggunakan bubuk mutiara dengan ukuran nano dan mikro sebagai sumber kalsium untuk diujikan kepada manusia, dan dari hasil penelitian tersebut didapati bahwa ukuran partikel cukup berpengaruh pada bioavailabilitas kalsium.

Penelitian yang dilakukan Prayitno *et al* (2015) melakukan penelitian pengaruh fortifikasi nanopartikel kalsium laktat kerabang telur terhadap sifat kimia dan fisik bakso ayam dimana pembuatan nano CaL kerabang telur dilakukan menggunakan metode *freeze drying* yang mengacu pada penelitian Wang *et al* (2012). Langkah pertama yaitu larutan 1 mol/L kalsium oksida sebanyak 20 ml dicampurkan dengan larutan 6 mol/L asam laktat sebanyak 30 ml dengan perbandingan 1:1,5 selama 30 menit menggunakan suhu 50°C dan kecepatan 500 rpm/menit menggunakan alat magnetic stirrer, setelah itu dimasukkan larutan etanol dengan konsentrasi 50% sebanyak 20 ml,

dilanjutkan dengan pengovenan pada suhu 105°C selama 72 jam. Setelah proses pengovenan selesai dilanjutkan dengan penghalusan menggunakan blender. Langkah terakhir adalah CaL kerabang telur disimpan dan siap digunakan pada proses berikutnya yaitu mencampurkannya ke dalam adonan bakso. Setelah bakso matang maka diuji sifat fisik kimia dan uji karakteristik bakso. Pada uji kalsium ditunjukkan hasil bahwa bakso yang ditambahkan CaL yaitu hanya 0,10% dimana hasil ini tidak begitu tinggi apabila dibandingkan dengan perlakuan lain. Selain itu pada uji fisik dengan parameter kekenyalan bakso yang dicampurkan CaL tingkat kekenyalannya masih dibawah perlakuan lain hal ini karena bakso dengan fortifikasi CaL kerabang telur memiliki daya ikat air yang rendah yaitu hanya 48,18% dan pH yang rendah yaitu 5,48 ini mengakibatkan struktur daging terbuka. Buckle *et al.*(1985) menjelaskan bahwa pengaruh dari rendahnya nilai pH membuat struktur daging terbuka dan menurunkan daya ikat air. Soeparno (2009) menambahkan bahwa penurunan pH otot postmortem akibat dari pembentukan asam laktat membuat daya ikat air pada daging turun dan membuat air berasosiasi dengan protein otot yang mengakibatkan keluar dari serabut otot. Selain itu protein sarkoplasma yang mudah rusak dalam suasana asam dan cenderung mudah kehilangan daya ikat air pada pH dibawah 6,2 (Buckle *et al*, 1985).

KESIMPULAN

Berdasarkan penjelasan diatas dapat disimpulkan bahwa nanoteknologi berperan penting dalam kemajuan inovasi industri pangan yang memiliki salah satu fungsi untuk mempercepat penyerapan zat gizi dan menghambat degradasi fisik serta meningkatkan bioavailabilitasnya, salah satu jenis zat gizi tersebut yaitu kalsium. Kalsium yang diubah menjadi nanokalsium dapat

langsung terserap oleh tubuh dan lebih efisien, serta sangat bermanfaat dalam pemenuhan kalsium tubuh yang optimal dan dapat dikonsumsi untuk segala usia. Metode pembuatan nanokalsium dapat dilakukan dengan beberapa metode yaitu presipitasi, *extrusion*, *spray chilling*, *spray dryer*, *fluidized bed*, dan HEM. Setiap metode yang dipakai akan menghasilkan karakteristik komponen yang berbeda-beda.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonimus. 2008. Pembuatan Biokapsul. <http://thuminamlea.blogspot.com/2009/03/pembuatan-biokapsul-ii.html>. [Agustus, 17, 2009]
- Collins, S.J., B.H. Bester, and A.E.J. McGill. 1993. Influence of psychotropic bacterial growth in raw milk on the sensory acceptance of UHT skim milk. *J. Food Protec.* 56 (5): 418-425.
- Cruz, R.T.D. 2002. A second look at jackfruit. http://www.bar.gov.ph/barchronicle/2002/mar02_16-31_asecond.asp. [10 Nopember 2009]
- Hamzah, N. dan Hasbullah. 1997. Evaluasi Mutu gula semut yang dibuat dengan menggunakan beberapa bahan pengawet alami, h. 175-180. Dalam. Prosiding Seminar Nasional Teknologi Pangan, Surabaya.
- Jay, J.M. 2000. *Modern Food Microbiology*. Aspen Publ. Inc., Gaithersburg, Maryland.
- Putra, IN.K. 2007. Studi Daya Antimikroba Ekstrak Beberapa Bahan Tumbuhan Pengawet Nira terhadap Mikroba Perusak Nira serta Kandungan Senyawa Aktifnya. [Disertasi tidak dipublikasikan]. Program Doktor Ilmu-Ilmu Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Brawijaya, Malang.
- Whistler, R.L. dan J.R. Daniel. 1985. Carbohydrate. Dalam: Fennema, O.R.

- (ed.). *Food Chemistry*. Marcel Dekker Inc., New York. hlm 70 - 125.
- Arpagaus, C., Collenberg, A., Rütli, D., Assadpour, E., dan Jafari, S. M. 2018. Nano spray drying for encapsulation of pharmaceuticals. *International Journal of Pharmaceutics*, 546(1–2): 194–214.
- Anu Bhushani, J., dan C. Anandharamakrishnan. 2014. Electrospinning and electrospraying techniques: Potential food based applications. *Trends in Food Science and Technology*. 38 (1): 21–33.
- Alam, M. S., J. Kaur, H. Khaira, dan K. Gupta. 2016. Extrusion and extruded products: Changes in quality attributes as affected by extrusion process parameters: A review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. 56 (3):445–73.
- Bakry, A. M., S. Abbas, B. Ali, H. Majeed, M. Y. Abouelwafa, A. Mousa, dan L. Liang. 2016. Microencapsulation of oils: A comprehensive review of benefits, techniques, and applications. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety* 15 (1): 143–82.
- Buckle, K. A., R. A. Edwards, G. H. Fleet and M. Wooton. 1985. *Ilmu Pangan*. Diterjemahkan oleh Purnomo, H dan Adiono. Cetakan Ke-1. UI Press, Jakarta
- Chaudhry, Q, Scotter, M, Blackburn, J, Ross, B, Boxall, A, Castle, L, Aitken, R dan Watkins, R. 2011. Applications and implications of nanotechnologies for the food sector. *Food Additives and Contaminants*. 25(3): 241-58.
- Chen, H. S., Chang, J. H., dan Wu, J. S. B. 2008. Calcium Bioavailability of Nanonized Pearl Powder for Adults. *Journal of Food Science*. 73(9): 246–251.
- Ciccarella, G., dan Vergaro, V. 2013. Synthesis of nano-sized CaCO₃ particles by spray dryer (Patent No. 13425061.2).
- Donsì F, Sessa M, Mediounic H, Mgaidic A, Ferrari G. 2011. Encapsulation of bioactive compounds in nanoemulsion based delivery systems. *Proc. Food Sci*. 1: 1666–1671.
- Erfanian, A., Mirhosseini, H., Rasti, B., Hair-Bejo, M., Mustafa, S. bin, dan Manap, M. Y. A. 2015. Absorption and Bioavailability of Nano-Size Reduced Calcium Citrate Fortified Milk Powder in Ovariectomized and Ovariectomized-Osteoporosis Rats. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 63(24): 5795–5804.
- Fata Moradali, M., I. Donati, I. M. Sims, S. Ghods, dan B. H. A. Rehm. 2015. Alginate polymerization and modification are linked in *Pseudomonas aeruginosa*. *MBio* 6 (3):1–17.
- Garti, N., dan McClemers, D. J. 2012. *Encapsulation Technologies and Delivery Systems for Food Ingredients and Nutraceuticals*. Woodhead Publishing. Cambridge:
- Gouin, S. 2004. Microencapsulation: Industrial appraisal of existing technologies and trends. *Trends in Food Science and Technology* 15 (7–8): 330–347.
- Gupta, P. K., S. B. Jadhav, and R. S. Singhal. 2015. Development of shrikhand premix using microencapsulated rice bran oil as fat alternative and hydrocolloids as texture modifier. *Food Hydrocolloids* 48: 220–227.
- Harmain, R., M., Dali, F., A., dan Husain, R. 2018. *Karakteristik Crackers dan Nanokalsium Ikan Cakalang (Katsuwonus pelamis)*. Gorontalo. Artha Samudera
- Joye, I. J., Davidov-Pardo, G., dan McClements, D. J. 2014. Nanotechnology for increased micronutrient bioavailability. *Trends in Food Science & Technology*. 40(2): 168–182

- Jaworek, A. 2016. 1 - Electrohydrodynamic microencapsulation technology. Dalam: A. M. Grumezescu (Ed.), Encapsulations. Academic Press. Cambridge. 1–45.
- Koch C. 1997. Synthesis of nanostructured materials by mechanical milling: problems and opportunities. *Nanostruct Mater.* 9(1-8): 13–22.
- Leclercq, S., Harlander, K.R., Reineccius, G.A., 2009. Formation and characterization of microcapsules by complex coacervation with liquid or solid aroma cores. *Flavour Frag. J.* 24: 17–24.
- McClements, D. J. (2014). Nanoparticle- and microparticle-based delivery systems: Encapsulation, protection and release of active components. CRC Press. Boca Raton
- Moris, V. 2007. Nanotechnology and Food. *IUFest Scientific Information Bulletin.* 1-7.
- Muryati., Hariani Loekitowati Poedji., dan Said Muhammad. 2019. Preparation and Characterization Nanoparticle Calcium Oxide from Snakehead Fish Bone using Ball Milling Method. *Indones. J. Fundam. Appl. Chem.* 4(3): 111-115.
- Al Mijan, M., Lee, Y.-K., dan Kwak, H.-S. (2014). Effects of nano powdered eggshell on postmenopausal osteoporosis: a rat study. *Food Science and Biotechnology.* 23(5): 1667–1676.
- Oleszak, Dariuz., Shingu H. P. 1996. Nanocrystalline metals prepared by high-energy ball milling *J. Appl. Phys.* 79(6): 15
- Purwamargaptala, Y., Winatapura, D. S., dan Sukiran, E. 2009. Sintesis Superkonduktor YBa₂Cu₃O_{7-x} Secara Kopresipitasi untuk Aplikasi Industri Nuklir. *Jurnal Batan.* 15(4): 171-232.
- Prayitno Hadi Agus., Suryanto Edi., Rusman. 2015. Pengaruh Fortifikasi Nanopartikel Kalsium Laktat Kerabang Telur Terhadap Sifat Kimia Dan Fisik Bakso Ayam. *Buletin Peternakan.* 40(1): 40-47.
- Porzio, M. 2008. Melt extrusion and melt injection: An in-depth look at the strengths, limitations and applications of these two processes. *Perfumer & Flavorist* 33:48–53.
- Park, H.-S., Ahn, J., dan Kwak, H.-S. 2008. Effect of Nano-Calcium-Enriched Milk on Calcium Metabolism in Ovariectomized Rats. *Journal of Medicinal Food.* 11(3): 454–459.
- Soeparno. 2009. Ilmu dan Teknologi Daging. Cetakan Ke-5. Gadjah Mada Press. Yogyakarta.
- Shen, L., Qiao, Y., Guo, Y., dan Tan, J. 2013. Preparation and Formation Mechanism of Nano- Iron Oxide Black Pigment from Blast Furnace Flue Dust. *Ceramics Journal.* 39(1): 737-744.
- Suryadi, Sukmawaty, Guyup Mahardhian Dwi Putra. 2017. Scale Up dan Uji Teknis Alat Pengering Tipe Fluidized Bed. *Jurnal Ilmiah Rekayasa Pertanian dan Biosistem.* 5(2): 452-461.
- Seth, D., H. N. Mishra, dan S. C. Deka. 2017. Effect of microencapsulation using extrusion technique on viability of bacterial cells during spray drying of sweetened yoghurt. *International Journal of Biological Macromolecules.* 103: 802-807
- Tangasari, Devi. 2014. Sifat Teknik dan Karakteristik Pengeringan Biji Jagung (*Zea mays L.*) pada Alat Pengering Fluidized Beds. Fakultas Teknologi Pangan dan Agroindustri Universitas Mataram. Mataram.
- T. Yin, J. W. Park, dan S. Xiong, S., 2015. Physicochemical Properties of Nano Fish Bone Prepared by Wet Media Milling. *LWT - Food Science and Technology.* 64(1): 367– 73
- Tandra, H. 2009. Segala Sesuatu yang Harus Anda Ketahui Tentang Osteoporosis

- Mengenal, Mengatasi, dan Mencegah Tulang Keropos. Gramedia. Jakarta
- Vega-Lugo, A. C. dan L. T. Lim. 2009. Controlled release of allyl isothiocyanate using soy protein and poly (lactic acid) electrospun fibers. *Food Research International*. 42 (8): 933–940.
- Weiss, J., Takhistov, P., dan McClements, J. 2006. Functional material in food nanotechnology. *Journal of Food Science*. 71(9): 107-116.
- Wang, Y., L. Huang dan J. Wu. 2012. Optimization of conditions for calcium lactate nano-particle production. *Adv. Materials Res*. 479: 314-317.
- Y Cucikodana., A. Supriadi, dan B. Purwanto, 2012. Pengaruh Perbedaan Suhu Perebusan Dan Konsentrasi NaOH Terhadap Kualitas Bubuk Tulang Ikan Gabus (*Channa striata*). *Fishtech* 1(1): 91–101.
- Zuidam, N. J., dan E. Heinrich. 2010. Encapsulation of aroma. Dalam: *Encapsulation technologies for active food ingredients and food processing*, eds. N. J. Zuidam and V. Nedovic, Springer. Basel. 127–60.