

## **Aplikasi Teknologi Nanoenkapsulasi untuk Melindungi Senyawa Bioaktif Bahan Pangan**

### *Application of Nanoencapsulation Technology to Protect Bioactive Compounds in Food System*

**Dani Satrio Wicaksono<sup>1</sup>, Fafa Nurdyansyah<sup>1\*</sup>**

<sup>1</sup>Program Studi Teknologi Pangan, Fakultas Teknik dan  
Informatika Universitas PGRI Semarang

Jl. Sidodadi Timur Nomor 24-Dr. Cipto Semarang

\*Email korespondensi: fafanudyansyah@upgris.ac.id

#### **ABSTRACT**

*Bioactive compounds are components in plants that have health benefits such as antioxidants, anticancer, anti-inflammatory and antibacterial activities. However, bioactive compounds are easily damaged due to processing such as heating, drying, changes in pH, temperature and environment, thereby reducing their activity and functional value. One technique that can be used to reduce the level of damage for bioactive compounds is to use nanoencapsulation technology. Application of nanoencapsulation is used to protect bioactive components of food ingredients due to processes and environmental changes. Nanoencapsulation is one of the most effective technologies because of its ability to entrap bioactive compounds in the coating matrix, namely biopolymer components that are nanoparticle-sized so that they are more resistant to environmental changes and processing. Encapsulation can be used by various methods such as emulsification, coacervation, and inclusion. The coating material that will form the wall or capsule generally consists of carbohydrate, protein and fat polymers. The effectiveness of nanoencapsulation in protecting bioactive compounds depends on the selection of the nanoencapsulation method and the type of coating material used. The results showed that the nanoencapsulation process could increase or maintain the stability of the bioactive components.*

**Keywords:** *nanoencapsulation; bioactive compounds, deterioration; stability*

#### **ABSTRAK**

Senyawa bioaktif merupakan suatu komponen dalam tanaman yang memiliki manfaat untuk kesehatan tubuh seperti antioksidan, antikanker, antiinflamasi dan antibakteri. Akan tetapi senyawa bioaktif mudah mengalami kerusakan akibat proses pengolahan seperti pemanasan, pengeringan, perubahan pH, suhu dan lingkungan, sehingga menurunkan aktivitas dan nilai fungsionalnya. Salah satu teknik yang dapat digunakan untuk mengurangi tingkat kerusakan senyawa bioaktif adalah dengan menggunakan teknologi nanoenkapsulasi. Pemanfaatan teknologi nanoenkapsulasi digunakan untuk melindungi kandungan maupun komponen bioaktif bahan pangan

akibat proses maupun perubahan lingkungan. Nanoenkapsulasi menjadi salah satu teknologi yang paling efektif karena kemampuannya memerangkap senyawa bioaktif di dalam matriks penyalut yaitu komponen biopolimer yang berukuran nanopartikel sehingga lebih tahan terhadap perubahan lingkungan maupun proses pengolahan. Enkapsulasi dapat dilakukan dengan berbagai metode seperti emulsifikasi, koaservasi, inklusi. Bahan penyalut yang akan membentuk dinding atau kapsul umumnya terdiri dari polimer karbohidrat, protein maupun lemak. Efektifitas nanoenkapsulasi dalam melindungi senyawa bioaktif tergantung pada pemilihan metode nanoenkapsulasi serta jenis bahan penyalut yang digunakan. Hasil-hasil penelitian menunjukkan bahwa proses nanoenkapsulasi dapat meningkatkan atau menjaga stabilitas komponen bioaktif.

**Kata kunci:** *nanoenkapsulasi; senyawa bioaktif; kerusakan; stabilitas*

## **PENDAHULUAN**

Penerapan nanoteknologi pada bidang pangan dapat menghasilkan inovasi pada karakteristik produk pangan, seperti tekstur, rasa, atribut sensorik lainnya, serta stabilitas selama masa simpan. Selain itu, penggunaan nanoteknologi juga dapat meningkatkan kelarutan air, stabilitas termal dan bioavailabilitas senyawa bioaktif (Silva *et al.*, 2021). salah satu penerapan nanoteknologi di bidang pangan yaitu penggunaan teknologi nanoenkapsulasi untuk melindungi komponen bioaktif bahan pangan. Nanoenkapsulasi bertujuan untuk menjaga stabilitas komponen yang diperangkap dalam matriks terselubung (polifenol, mikronutrien, enzim, antioksidan, probiotik, dan nutraseutikal), sehingga mencegah terjadinya interaksi maupun reaksi antara komponen yang dilindungi dengan lingkungan luar. Sehingga pelepasan target molekul atau senyawa yang dilindungi sesuai sasaran dan waktu yang tepat (Fathi *et al.*, 2012). Mikrokapsul merupakan partikel yang memiliki ukuran diameter antara 3 – 800  $\mu\text{m}$ , sedangkan nanopartikel merupakan partikel koloidal yang memiliki diameter antara 10 – 1,000 nm, yang diekspresikan dalam bentuk nanokapsul maupun nanosfer (Meena *et al.*, 2011)

Pengolahan merupakan salah satu faktor esensial dalam mempertahankan senyawa bioaktif. Perubahan komponen bioaktif dapat terjadi selama proses pengolahan. Pemanfaatan teknologi nanoenkapsulasi selain mampu menjaga stabilitas komponen bioaktif juga mampu mempertahankan flavor khusus seperti minyak atsiri atau oleoresin sehingga produk nanoenkapsulasi tetap memiliki aroma dan flavor yang sama dengan produk asli (Failisnur *et.al.*, 2015 ). Perkembangan teknologi nanoenkapsulasi berkembang tidak hanya pada sektor bidang farmasi saja, akan tetapi juga merambah ke bidang industri pangan. Pertimbangan penggunaan aplikasi

nanoenkapsulasi antara lain berkaitan dengan stabilitas dan nilai fungsional komponen bioaktif produk pangan terutama untuk manfaat kesehatan. Penyampaian komponen bioaktif ke sisi aktif pada tubuh secara langsung dipengaruhi oleh ukuran partikel. Dengan demikian, nanoenkapsulasi memiliki potensi untuk meningkatkan bioavailabilitas, meningkatkan pelepasan terkontrol, dan mengaktifkan penargetan presisi dari senyawa bioaktif dalam tingkat yang lebih besar daripada mikroenkapsulasi (Mozafari *et al.*, 2006).

Beberapa komponen senyawa bioaktif yang dilakukan nanoenkapsulasi antara lain antioksidan, mineral, vitamin, asam lemak, probiotik, dan nutraseutikal lainnya. Beberapa keunggulan penggunaan teknologi nanoenkapsulasi antara lain : stabilitas senyawa bioaktif, lebih aman, mampu menjaga komponen flavor dan volatil, menjaga viabilitas probiotik selama proses dan pengolahan, dapat melepaskan senyawa sesuai target dan waktunya, menutupi cita rasa yang kurang disukai, serta meningkatkan umur simpan (Mohammed *et.al*, 2020). Oleh karena itu, pada artikel ini akan dibahas bagaimana proses enkapsulasi senyawa bioaktif, pemilihan bahan penyalut, serta metode yang digunakan dalam proses nanoenkapsulasi.

## **METODE**

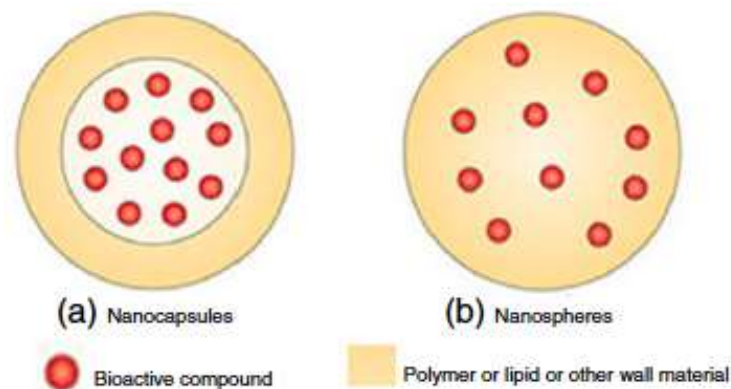
Metode yang digunakan dalam penulisan artikel ini meliputi analisis dari beberapa referensi yang berasal dari berbagai jurnal nasional maupun internasional baik berupa artikel review, hasil-hasil penelitian, buku teks, prosiding yang terkait dengan pokok bahasan yaitu nanoenkapsulasi komponen bioaktif pangan.

## **HASIL DAN PEMBAHASAN**

### **Nanoenkapsulasi**

Nanoenkapsulasi merupakan teknologi yang diterapkan pada suatu zat atau senyawa yang dilapisi menggunakan polimer dengan tujuan zat atau senyawa tersebut terlindungi dari pengaruh luar. Proses nanoenkapsulasi dapat mencegah perubahan karakteristik serta menjaga stabilitas senyawa yang dilindungi. Fokus teknologi ini diterapkan pada senyawa atau zat yang mudah mengalami kerusakan dan rentan mengalami perubahan karakteristik. Sehingga teknologi ini sangat potensial jika dapat diaplikasikan pada industri pangan (Aminah dan Hersoelistyorini, 2021). Pada industri pangan teknologi ini digunakan untuk melindungi berbagai

komponen senyawa bioaktif (antioksidan, polifenol, berbagai mikronutrien dan enzim) yang semuanya berukuran partikel (nano) (Nakagawa *et al.*, 2011). Sehingga nantinya pelepasan senyawa yang terkontrol dapat meningkat, selain itu presisi senyawa bioaktif yang ditargetkan juga akan meningkat. Komponen keseluruhan dari nanoenkapsulasi ini terdiri atas senyawa yang menjadi komponen inti dan juga bahan penyalut sebagai polimer. Bahan penyalut atau (*wall material*) yang digunakan akan melindungi komponen inti dengan tujuan tertentu seperti menjaga dari kerusakan dan mempertahankan stabilitas komponen senyawa. Bahan yang digunakan sebagai penyalut harus dapat memberikan lapisan tipis dan tidak bereaksi terhadap senyawa yang menjadi komponen inti. Bahan polimer yang paling banyak digunakan pada enkapsulasi sistem bahan pangan ialah berbasis *biodegradable* alami (Hughes, 2005).

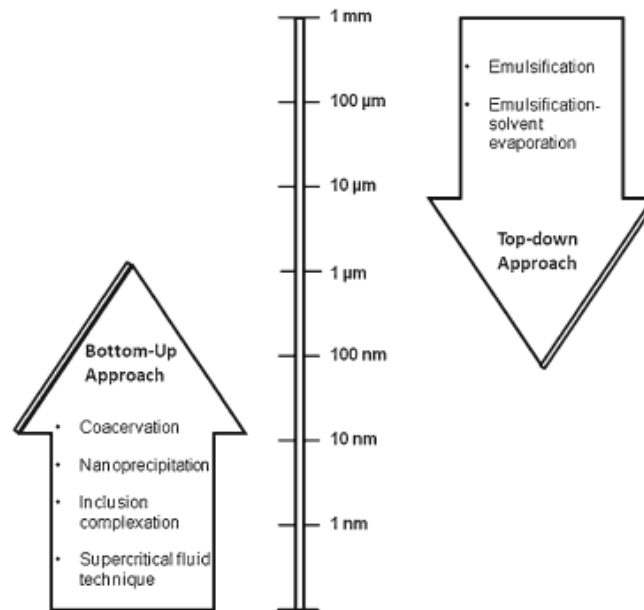


**Gambar 1.** Struktur sistematis nanocapsule dan nanospheres (Orive *et al.*, 2009)

Nanokapsul merupakan suatu sistem vesikuler dimana senyawa bioaktif yang dibatasi oleh matriks terbatas pada rongga yang dikelilingi oleh membran polimer yang unik, sedangkan nanospheres merupakan sistem matriks di mana senyawa bioaktif tersebar merata (Gambar 1). Pengiriman senyawa bioaktif ke ke sisi aktif dalam tubuh secara langsung dipengaruhi oleh ukuran partikel (Hughes 2005). Dengan demikian, nanoenkapsulasi memiliki potensi untuk meningkatkan bioavailabilitas, meningkatkan pelepasan senyawa yang terkontrol, dan dapat mengaktifkan penargetan presisi dari senyawa bioaktif dalam tingkat yang lebih besar dari pada mikroenkapsulasi

Teknik nanoenkapsulasi menggunakan pendekatan baik *top-down* atau *bottom-up* untuk pengembangan nanomaterial. Pendekatan *top-down* melibatkan penerapan

presisi alat yang memungkinkan pengecilan ukuran dan pembentukan struktur untuk aplikasi yang diinginkan dari nanomaterials sedang dikembangkan (Gambar 2)



**Gambar 2.** Struktur sistematis nanocapsule dan nanospheres (Orive *et al.*, 2009)

Pada proses nanoenkapsulasi terdiri dari komponen yang akan diperangkap atau bisa disebut dengan komponen inti, serta komponen penyalut atau disebut *wall material*. Komponen bioaktif yang telah dilakukan proses nanoenkapsulasi meliputi antioksidan, flavor, vitamin, enzim, dan lainnya (K. Trifković *et al.*, 2016). ukuran partikel hasil nanoenkapsulasi yaitu  $< 0.2 \mu\text{m}$  (10 – 1,000 nm). Pemilihan teknik enkapsulasi berkaitan dengan karakteristik fisiko kimia seperti ukuran partikel, distribusi ukuran, area permukaan, bentuk, kelarutan, efisiensi enkapsulasi serta mekanisme pelepasan komponen yang dilindungi. Beberapa teknik telah dikembangkan untuk tujuan mikroenkapsulasi. Namun, teknik emulsifikasi, koaservasi, kompleksasi inklusi, nanopresipitasi dan teknik supercritical fluid merupakan beberapa metode yang digunakan untuk teknik nanoenkapsulasi karena metode tersebut mampu menghasilkan kapsul berukuran nanometer (10 – 1,000 nm) (Chi-Fai *et al.* 2007).

### **Aplikasi Nanoenkapsulasi pada Berbagai Senyawa Bioaktif**

Proses nanoenkapsulasi dengan berbagai metode dimaksudkan untuk melindungi komponen target sehingga komponen target tidak mengalami kerusakan, penurunan

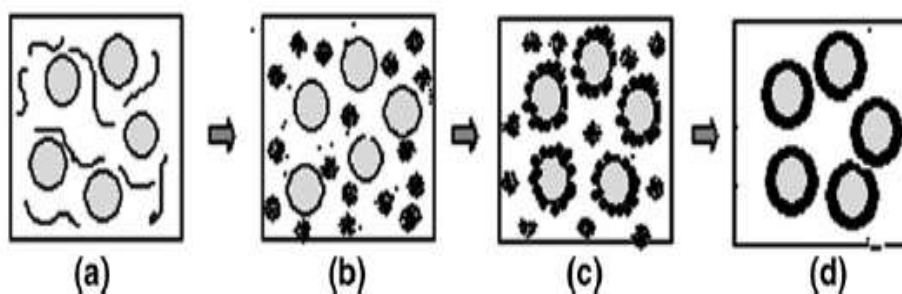


aktivitas yang signifikan serta stabil selama penyimpanan. Aplikasi teknologi nanoenkapsulasi komponen bioaktif dapat dilihat pada Tabel 1.

**Tabel 1.** Aplikasi nanoenkapsulasi pada berbagai senyawa bioaktif

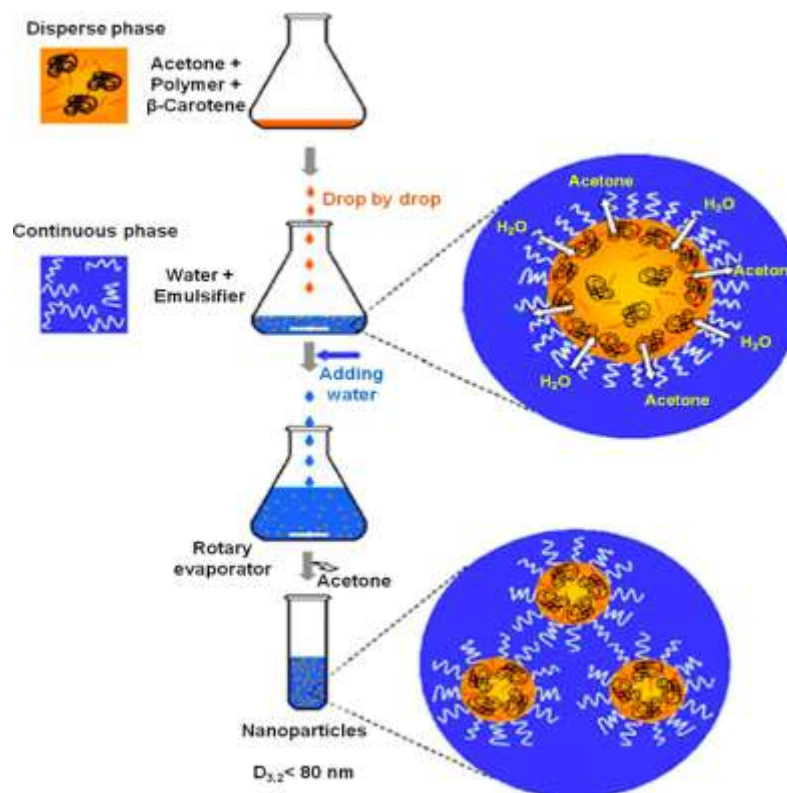
Metode Nanoenkapsulasi	Senyawa Bioaktif target	Ukuran Partikel (nm)	Referensi
Emulsifikasi	D-Limonene (L)	543-1.292	Jafari <i>et al.</i> , 2007
Emulsifikasi	Curcumin (L)	79-618	Wang <i>et al.</i> , 2008
Emulsifikasi	Betakaroten	132-184	Yuan <i>et al.</i> , 2008
Koaservasi	Capsaicin (L)	100	Jincheng <i>et al.</i> , 2010
Koaservasi	DHA (L)	100	Gan dan Wang 2007
Nanopresipitasi	Asam linoleat	236	Hadaruga <i>et al.</i> , 2006
Nanopresipitasi	Curcumin (L)	117 dan 128	Suwannatee ep <i>et al.</i> , 2011
<i>Freeze dried</i>	Capsicum oleoresin	152	Nakagawa <i>et al.</i> , 2011
Spary drying	Catechin (H)	80	Ferreira <i>et al.</i> , 2007
Supercritical Fluid	Lutein	163-219	Heyang <i>et al.</i> , 2009

Berbagai teknik enkapsulasi terus dikembangkan dengan berbagai tujuan seperti hasil penelitian Jincheng *et al.*, (2010) yang melaporkan bahwa proses nanoenkapsulasi senyawa capsaicin menggunakan metode koaservasi kompleks dan dikeringkan dengan pengeringan oven vakum seperti Gambar 3. Optimasi proses yang telah dilakukan yaitu kecepatan agitasi 15.000 rpm, viskositas gelatin (15-20 cP s), waktu reaksi (40 – 80 menit), penggunaan tanin mampu menghasilkan nanoenkapsulasi yang terbaik.



**Gambar 3.** Proses pembentukan nanoenkapsulasi Capsaicin; a. dispersi capsaicin dalam larutan gelatin; b. koaservasi gelatin dengan larutan acacia; c. koaservasi kompleks tak larut pada permukaan capsaicin; d. Pembentukan penyalut dengan penambahan larutan glutaraldehid (Jincheng *et.al.*, 2010).

Riberio *et al.* (2008) memproduksi betakaroten melalui nanodispersi dengan enkapsulasi karoten menjadi PLA dan PLGA menggunakan teknik pengeringan beku / *Freeze drying* (Gambar 4). Penggunaan gelatin dan Tween 20 sebagai stabilizer hidrokoloid pada fase kontinyu. Diameter droplet dilaporkan berukuran dibawah 80 nm serta menghasilkan dispersi lebih stabil terhadap koalesen. Selain itu, redispersi serbuk hasil liofilisasi tidak berbeda nyata terhadap perubahan ukuran droplet.



**Gambar 4.** Skema produksi nanodispersi Betakaroten dengan metode *solvent displacement* (Riberio *et.al* 2008)

### Karakterisasi nanopartikel

Karakterisasi nanopartikel merupakan salah satu tahapan yang penting bertujuan untuk mempelajari karakteriistik produk hasil nanoenkapsulasi. Karakterisasi nanopartikel meliputi kondisi agregrasi, dispersi, penyerapan, ukuran partikel, struktur dan bentuk dapat dipelajari menggunakan teknik visualisasi seperti TEM, *Scanning electron microscopy* (SEM), dan *atomic force microscopy* (Luykx *et al.* 2008). Penggunaan SEM sesuai untuk mengamati struktur permukaan partikel

dengan teknologi resolusi tinggi, sedangkan kromatografi dan sejenisnya seperti kromatografi size exclusion (SEC), elektroforesis kapiler, dan *hydrodynamic chromatography* (HDC) digunakan untuk pemisahan partikel. SEC memungkinkan untuk pemisahan partikel berdasarkan distribusi ukuran serta muatan dari komponen. *Field flow fractionation* (FFF) merupakan teknik yang akurat untuk pemisahan ukuran dari nanopartikel dengan kemampuan pemisahan ukuran antara 1 nm – 1 mm pada mode brownian. Sentrifugasi dan filtrasi seperti ultrasentrifugasi, ultrafiltrasi, dan nanofiltrasi digunakan untuk preparasi sampel fraksinasi ukuran partikel (Tiede *et al.*, 2008).

## KESIMPULAN

Nanoenkapsulasi merupakan salah satu metode yang potensial untuk meningkatkan efektivitas penyampaian senyawa bioaktif untuk meningkatkan kesehatan. Berbagai metode nanoteknologi seperti emulsifikasi, koaservasi, teknik *super critical fluid*, nanopresipitasi, dan lainnya dapat digunakan untuk metode nanoenkapsulasi senyawa bioaktif. Bahan penyalut yang berfungsi sebagai pelindung permukaan komponen bioaktif umumnya dapat menggunakan biopolimer seperti karbohidrat, protein, maupun lemak. Karakterisasi produk hasil nanoenkapsulasi dapat menggunakan teknik mikroskopi resolusi tinggi, kromatografi serta fraksinasi. Penggunaan nanoenkapsulasi terbukti mampu melindungi komponen bioaktif yang bersifat menguntungkan bagi kesehatan serta menjaga stabilitasnya.

## DAFTAR PUSTAKA

- Aminah, S., & Hersoelistyorini, W. (2021, December). Review Artikel: Enkapsulasi Meningkatkan Kualitas Komponen Bioaktif Minuman Instan. In *Prosiding Seminar Nasional Unimus* (Vol. 4).
- Chi-Fai, C., Shiuan-Huei, W., & Gow-Chin, Y. 2007. The development of regulations for food nanotechnology. *Trends in Food Science and Technology*, 18(5), 269–280.
- Fathi, M., Mozafari, M. R., and Mohebbi, M. 2012. Nanoencapsulation of food ingredients using lipid based delivery system. *Trends in Food Science and Technology*, 23(1), 13–27.
- Failisnur, Firdausni, dan Silfia. 2015. Pengaruh Proses Pengolahan Terhadap Sifat Fisika dan Kimia Bubuk Kedelai. *Jurnal Litbang Industri*, 5 (1), 37-43 <http://ejournal.kemenperin.go.id/jli/article/view/664>
- Ferreira, I., Rocha, S., & Coelho, M. 2007. Encapsulation of antioxidants by spray-drying. *Chemical Engineering Transactions*, 11(9), 713–717.
- Gan, Q., & Wang, T. 2007. Chitosan nanoparticle as protein delivery carrier—systematic



- examination of fabrication conditions for efficient loading and release. *Colloids and Surfaces. B, Biointerfaces*, 59(1), 24–34.
- Hadaruga, N. G., Hadaruga, D. I., Paunescu, V., Tatu, C., Ordodi, V. L., Bandur, G., & Lupea, A. X. 2006. Thermal stability of the linoleic acid/ $\alpha$ - and  $\beta$ -cyclodextrin complexes. *Food Chemistry*, 99(3), 500–508.
- Heyang, J., Fei, X., Cuilan, J., Yaping, Z., & Lin, H. 2009. Nanoencapsulation of lutein with hydroxypropylmethyl cellulose phthalate by supercritical antisolvent. *Chinese Journal of Chemical Engineering*, 17(4), 672–677.
- Hughes, G. A. 2005. Nanostructure-mediated drug delivery. *Nanomedicine: Nanotechnology, Biology and Medicine*, 1(1), 22–30.
- Jafari, S. M., Assadpoor, E., Bhandari, B., & He, Y. 2008. Nanoparticle encapsulation of fish oil by spray drying. *Food Research International*, 41(2), 172–183.
- Jincheng, W., Xiaoyu, Z., & Siahao, C. 2010. Preparation and properties of nanoencapsulated capsaicin by complex coacervation method. *Chemical Engineering Communication*, 197(7), 919–933.
- K. Trifković<sup>1</sup>, G. Tadić<sup>2</sup>, B. Bugarski, 2016. Short Overview Of Encapsulation Technologies For Delivery Of Bioactives To Food. *Journal Of Engineering & Processing Management*. Pp: 103-111. Doi: 10.7251/Jepmen1608103t.
- Luykx, D. M. A. M., Peters, R. J. B., Van Ruth, S. M., & Bouwmeester, H. 2008. A review of analytical methods for the identification and characterization of nano delivery systems in food. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 56, 8231–8247.
- Meena, K. S., Bairwa, N. K., & Parashar, B. 2011. Formulation and in vitro evaluation of verapamil hydrochloride loaded microcapsule. *Food Bioprocess Technol* (2013) 6:628–647 using different polymer. *Asian Journal of Biochemical and Pharmaceutical Research*, 1(3), 528–538.
- Mozafari, M. R., Flanagan, J., Matia-Merino, L., Awati, A., Omri, A., Suntres, Z. E., and Singh, H. 2006. Recent trends in the lipid based nanoencapsulation of antioxidants and their role in foods. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 86(13), 2038–2045.
- Mohammed NK., Tan CP., Manap., YA., Muhualdin B.J., and Hussin ASM. 2020. Spray Drying for the Encapsulation of Oils—A Review. *J. Molecules*, 25, 3873. Doi: 10.3390/molecules25173873
- Nakagawa, K., Surassmo, S., Min, S. G., & Choi, M. J. 2011. Dispersibility of freeze-dried poly( $\epsilon$ -caprolactone) nanocapsules stabilized by gelatin and the effect of freezing. *Journal of Food Engineering*, 102(2), 177–188.
- Orive, G., Anitua, E., Pedraz, J. L., & Emerich, D. F. 2009. Biomaterials for promoting brain protection, repair and regeneration. *Nature Reviews Neuroscience*, 10, 682–692.
- Ribeiro, H. S., Chua, B. S., Ichikawa, S., & Nakajima, M. 2008. Preparation of nanodispersions containing  $\beta$ -carotene by solvent displacement method. *Food Hydrocolloids*, 22(1), 12–17.
- Silva, H. D., Cerqueira, M. A., and Vicente, A. A. 2012. Nanoemulsions for food applications: development and characterization. *Food Bioprocess Technology*, 5, 854–867.
- Suwannateep, N., Banlunara, W., Wanichwecharungruang, S. P., Chiablaem, K., Lirdprapamongkol, K., & Svasti, J. 2011. Mucoadhesive curcumin nanospheres: biological activity, adhesion to stomach mucosa and release of curcumin into the circulation. *Journal of Controlled Release*, 151(2), 176–182.
- Tiede, K., Boxall, A., Tear, S. P., Lewis, J., David, H., & Hasselov, M. (200). Detection and characterization of engineered nanoparticles in food and the environment. *Food Additives and Contaminants*

*Part A*, 25(7), 795–821.

- Yuan, Y., Gao, Y., Mao, L., & Zhao, J. 2008. Optimisation of conditions for the preparation of  $\beta$ -carotene nanoemulsions using response surface methodology. *Food Chemistry*, 107(3), 1300–1306.
- Wang, X., Jiang, Y., Wang, Y. W., Huang, M. T., Hoa, C. T., & Huang, Q. (2008). Enhancing anti-inflammation activity of curcumin through O/W nanoemulsions. *Food Chemistry*, 108(2), 419–424.