

**Optimasi Konsentrasi VCO dalam Mikroemulsi O/W dengan Tiga Surfaktan sebagai Pembawa Senyawa Bioaktif**

*Optimization of VCO Concentration in O/W Microemulsion with Three Surfactant as Bioactive Delivery System*

**I.D.G. Mayun Permana<sup>1\*</sup> dan Lutfi Suhendra<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Jurusan Ilmu dan Teknologi Pangan, Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Udayana,

<sup>2</sup>Jurusan Teknologi Industri Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Udayana, Kampus Bukit Jimbaran, Badung, (90361); Telp/Fax : (0361) 701801

Diterima 7 April 2015 / Disetujui 22 April 2015

*ABSTRACT*

This research aims to get optimum VCO concentration in formula of O/W micro-emulsion by using three surfactant that will be used as bioactive delivery. Surfactant that is used is the mixture Tween 80, Tween 20 and Span 80 by setting up HLB to 14. The phase of dispersion uses VCO while phase of continuous uses aquades of 80 percent. There are treated by changing the ratio of VCO to surfactant, namely: 2.5, 5, 7.5 and 10 percent VCO. Randomized design is used in this research with treatment repeated twice. Results of the study shows that the optimum concentration of VCO in O/W micro-emulsion with three surfactant is 7.5 percent

**Keywords:** *Optimization, VCO, micro-emulsion, surfactant, bioactive*

---

\*Korespondensi Penulis:

Email: [mayun\\_dev@yahoo.com](mailto:mayun_dev@yahoo.com)

## PENDAHULUAN

Mikroemulsi adalah *self-assembler* dari campuran air, minyak dan surfaktan yang mempunyai keuntungan *optically isotropic* dan stabilitas termodinamika (Lin *et al.*, 2009). Mikroemulsi berpotensi sebagai sistim pembawa yang telah diaplikasikan pada industri makanan, farmasi, nutrisi dan kosmetik karena transparansi, meningkatkan *palability*, *deserability*, bioaktif, mudah preparasinya dan mempunyai stabilitas lebih baik (McCleman, 2007). Potensi senyawa bioaktif kebanyakan dalam aplikasinya tidak efektif yaitu mempunyai stabilitas dan bioavailabilitas rendah karena sedikit larut dalam air. Salah satu pendekatan untuk memperbaiki kelarutan dan bioavailabilitas adalah dalam bentuk mikroemulsi *o/w* (Wang *et al.*, 2008; Yuan *et al.*, 2008).

Mikroemulsi mempunyai ukuran droplet sekitar 100 nm yang dapat digunakan sebagai sistem pembawa senyawa bioaktif, sehingga dalam aplikasinya tidak mempengaruhi kenampakan pada sistem *aqueous*, mudah preparasinya, mempunyai stabilitas lebih baik dibandingkan emulsi biasa, meningkatkan bioavailabilitas dan mudah terdispersi. Kebanyakan makanan dan sistem biologis adalah kompleks, multi komponen, dan sistem heterogen. Oksidasi dalam larutan *aqueous* sangat penting untuk memberi pengertian faktor yang mempengaruhi oksidasi dalam makanan dan sistem biologi. Membran droplet emulsi terdiri dari zat aktif permukaan seperti pengemulsi dan/atau protein yang memberikan penghalang proteksi pada

penetrasi dan difusi metal atau radikal yang menginisiasi oksidasi lipid.

Mikroemulsi menggunakan campuran ko-surfaktan seperti alkohol, tidak sesuai untuk diaplikasikan dalam makanan, karena alkohol rantai pendek atau medium dapat mengakibatkan toksis dan iritasi (Flanagan and Singh 2006). Ko-surfaktan juga menyebabkan mikroemulsi menjadi rapuh sehingga partisi yang dilarutkan ke luar melalui ko-surfaktan pada daerah antar muka ke dalam fase kontinue (Warisnoicharoen *et al.*, 2000). Surfaktan nonionik seperti gula ester, polyoxyethylene sorbitan ester (tween) dan polyoxyethylene eter telah digunakan secara luas dibidang farmasi yang mempunyai toksitas relatif rendah tetapi berpotensi menimbulkan iritasi (Flanagan and Singh, 2006). Campuran surfaktan (tweens, span, dan garam asam lemak) dan phospholipids (lecithin) telah banyak digunakan diindustri makanan dalam sistim pangan (McClements, 2008).

Surfaktan mempunyai daya larut terbatas pada ikatan panjang triasilgliserol, maka dari itu kesesuaian panjang rantai surfaktan dan minyak merupakan faktor penting untuk membentuk mikroemulsi yang stabil dan mempunyai kelarutan tinggi terhadap senyawa bioaktif. Mikroemulsi *o/w* dari dari campuran surfaktan Tween 20, Tween 80 dan Span 80 tidak menimbulkan toksis, menghasilkan droplet kecil dan aman untuk dikonsumsi. HLB 14 dan 14,5 dengan berbagai kombinasi perbandingan surfaktan dapat meningkatkan kestabilan mikroemulsi *o/w*, meningkatkan perbandingan fase minyak (*VCO*) dan meningkatkan kelarutan senyawa bioaktif

(Suhendra *et al.*, 2010). Keseimbangan hidrofilik lipofilik (HLB) adalah konsep yang mendasari metode semiempirik untuk memilih pengemulsi yang tepat atau kombinasi pengemulsi pada stabilitas emulsi (Hiemenz *and* Rejogopolan, 1997). Stabilitas dan kelarutan mikroemulsi yang terbentuk sangat penting untuk meningkatkan kelarutan dan bioavailabilitas senyawa bioaktif yang mudah preparasinya dalam aplikasi sistem pangan.

VCO kaya asam lemak rantai medium terutama asam laurat (46,89-48,03 %) (Marina *et al.*, 2009a). VCO mempunyai aktivitas antioksidan (Marina *et al.*, 2009b; Seneviratne *et al.*, 2009), menurunkan *Low Density Lipoprotein* (LDL) dan meningkatkan *High Density Lipoprotein* (HDL) (Nevin *and* Rajamohan, 2004). Pembentukan mikroemulsi dengan stabilitas tinggi dalam sistem pangan sangat kompleks yang dipengaruhi oleh fase minyak dan jenis surfaktan, suhu, pH dan pengenceran (Cho *et al.*, 2008; Cui *et al.*, 2009). Campuran jenis surfaktan hidrofilik dan lipofilik, dan VCO dengan perbandingan yang tepat dalam pembentukan mikroemulsi *o/w* diperoleh formulasi mikroemulsi yang stabil dan mempunyai kelarutan yang tinggi pada senyawa bioaktif. Penggunaan VCO sebagai fase minyak dapat meningkatkan *neutraceutical* minuman kesehatan yang dihasilkan untuk mencegah penyakit degeneratif akibat radikal bebas dan *reactive oxygen spesies* (ROS).

Uraian tersebut menggambarkan bahwa senyawa bioaktif penting yang mudah rusak oleh oksidasi, absorpsi tidak

efektif dan aplikasi dalam sistem pangan sulit diterapkan. Pembentukan mikroemulsi *o/w* menggunakan beberapa jenis surfaktan nonionik untuk meningkatkan kelarutan dan bioavailabilitas senyawa bioaktif yang mudah dalam preparasinya dan mempunyai stabilitas lebih baik dibandingkan emulsi biasa.

## METODE PENELITIAN

### Tempat penelitian

Penelitian dilakukan di Lab. Analisis Pangan Fakultas Teknologi Pertanian Udayana.

### Alat

Hotplate magnetic stirrer Lab. Companion HP-300, neraca analitik Shimadzu AUW 220, oven memert, sentrifuge, Water bath shaker polyscience dual action shaker, transfer pipet dan peralatan gelas.

### Bahan

Span 80, Tween 20, Tween 80, dari Merck (Darmstadt, Germany), VCO dari supermarket di Denpasar.

### Formulasi mikroemulsi

Mikroemulsi dibuat dari campuran surfaktan dari jenis surfaktan hidrofilik (Twin 20 dan Twin 80) dan lipofilik (Span 80). Selanjutnya campuran surfaktan diatur HLB-nya (v/v/v) pada kisaran 11, 12, 13, 14, dan 15. HLB tersebut masing-masing dibuat sebanyak tiga formula berbeda mendekati kisaran HLB yang telah ditentukan dengan perbandingan dari campuran ketiga jenis surfaktan. Formulasi surfaktan tersebut dicampur

dengan *VCO* dengan perbandingan sesuai dengan perlakuan (*v/v*). Selanjutnya campuran surfaktan dan *VCO* ditambahkan air tetes demi tetes dan diaduk menggunakan stirer pada suhu  $70\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$  sampai larutan terlihat transparan pada kadar air 95%. Mikroemulsi yang terbentuk diamati secara visual yaitu terbentuknya larutan dengan kenampakan transparan. Mikroemulsi yang terbentuk diuji dengan pemanasan oven pada suhu  $105\text{ }^{\circ}\text{C}$  selama 5 jam. Pengamatan visual mikroemulsi yang stabil berdasarkan tidak terbentuk gel dan saat digojok selama 1 menit tidak keruh dan tetap transparan.

#### Pengujian stabilitas mikroemulsi

Stabilitas mikroemulsi terhadap pemanasan dan sentrifugasi dilakukan menurut metoda yang dilaporkan oleh Cho *et al.* (2008). Pengujian stabilitas terhadap pemanasan dilakukan dengan memanaskan sampel mikroemulsi (15 ml) pada suhu  $105\text{ }^{\circ}\text{C}$  selama 5 jam dalam oven. Stabilitas terhadap sentrifugasi dilakukan dengan mengambil sampel mikroemulsi (10 ml) dan disentrifugasi pada 4500 rpm selama 30 menit. Mikroemulsi *o/w* disebut stabil bila kenampakan transparan, tidak terbentuk gel dan mempunyai indeks turbiditas kurang dari 1%. Indeks turbiditas mikroemulsi diukur dengan spektrometer UV/VIS pada panjang gelombang 502 nm dengan rumus: indeks turbiditas  $\times$  panjang kuvet =  $2.303 \times$  absorbansi (Cho *et al.*, 2008).

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Emulsi berbasis lipid terbentuk secara spontan dalam larutan dengan variasi stabilitas bentuk struktur termodinamik yang disebut sebagai kumpulan koloid (misel, bilayer, *vesicles*, misel yang terbalik). Struktur ini terbentuk untuk meminimalkan kontak yang tidak bersesuaian antara nonpolar ekor pada molekul pengemulsi dan polar pada molekul air (Boca *et al.*, 1994). Jenis sekumpulan koloid yang dibentuk tergantung prinsip polaritas dan bentuk geometri molekul pengemulsi. Koloid mempunyai ikatan relatif lemah, kedinamisan tinggi dan struktur fleksibel (Israelachvili, 1994). Tabel 1 menunjukkan bahwa mikroemulsi *o/w* dengan HLB 13, 14 dan 15 mempunyai kenampakan transparan dan indeks turbiditas di bawah 1%.

Pada mikroemulsi *o/w*, HLB rendah cenderung berada dibagian dalam sedangkan HLB lebih tinggi cenderung berada bagian luar dengan ekor hidrokarbon saling berdekatan yang dapat meningkatkan partisi lapisan antar muka (Cho *et al.*, 2008). HLB adalah angka yang menunjukkan indikasi afinitas total pada pengemulsi untuk fase minyak dan *aqueous* (Hiemenz and Rejogopalan, 1997). Pengemulsi mempunyai angka HLB sesuai dengan struktur kimianya. Molekul dengan angka HLB tinggi mempunyai rasio kelompok hidrofilik lebih besar dibandingkan kelompok lipofilik, dan sebaliknya. Span 80 (HLB = 4,3) bersifat

Tabel 1. Mikroemulsi dengan campuran Tween 80:Tween 20:Span 80:VCO (4% v/v) dan kadar air 96% pada beberapa variasi HLB.

| HLB | Tween 80:Tween 20:<br>Span 80:VCO | Indeks Turbiditas<br>(%) | Kenampakan |
|-----|-----------------------------------|--------------------------|------------|
| 11  | 2,7768 : 0,08 : 0,12 : 1,0232     | 1.399                    | Keruh      |
| 12  | 3,0432 : 0,08 : 0,12 : 0,7568     | 1.003                    | Keruh      |
| 13  | 3,808 : 0,08 : 0,12 : 0,492       | 0.207                    | Transparan |
| 14  | 3,5768 : 0,08 : 0,12 : 0,2232     | 0.414                    | Transparan |
| 15  | 3,74 : 0,03 : 0,05 : 0,18         | 0.591                    | Transparan |

hidrofobik kemungkinan berada dibagian dalam dan Tween 80 (HLB = 15) kemungkinan berada bagian luar, sedangkan Tween 20 (HLB = 16,7) kemungkinan berada bagian paling luar diantara Tween 80. Tween 20 keberadaan diantara Tween 80 pada bagian luar membentuk partisi lebih rapat pada bagian antar muka mikroemulsi. Sinergisme surfaktan (Tween 80, Tween 20 dan Span 80) dengan perbandingan yang tepat mampu menjaga stabilitas mikroemulsi akibat pemanasan.

Tween 20 dapat meningkatkan stabilitas mikroemulsi pada konsentrasi rendah, namun pada konsentrasi tinggi mikroemulsi tidak terbentuk. VCO dan Tween 20, keduanya mempunyai kandungan asam laurat, sehingga VCO akan mudah larut dalam droplet, karena mempunyai polaritas sama. Bayrak *and* Iscan (2005) melaporkan kesesuaian panjang rantai asam lemak antara surfaktan dan fase minyak merupakan faktor penting dalam pembentukan mikroemulsi. Campuran surfaktan dengan perbandingan tepat pada panjang rantai hidrokarbon yang bervariasi kemungkinan dapat mengatur kelarutan VCO menjadi

optimum di dalam droplet, sehingga droplet terbentuk berukuran kecil, mikroemulsi menjadi stabil dan meningkatkan kelarutannya. Cho *et al.* (2008) melaporkan bahwa campuran surfaktan dengan nilai HLB yang berbeda dapat meningkatkan stabilitas, karena membentuk partikel kecil dan dapat meningkatkan kelarutan.

Pengaruh peningkatan perbandingan konsentrasi VCO terhadap terbentuknya mikroemulsi *o/w*

Fase minyak berfungsi sebagai pelarut senyawa bioaktif yang bersifat non polar pada mikroemulsi *o/w*. Mikroemulsi *o/w* mempunyai konsentrasi fase minyak tinggi diharapkan mempunyai kemampuan membawa senyawa bioaktif lebih banyak dibandingkan konsentrasi fase minyak rendah. Perbandingan (VCO)–surfaktan (v/v) yang diuji adalah 5:95; 7,5:92,5; 10:90; 12,5:87,5 dan 15:85 untuk mengetahui pengaruh peningkatan konsentrasi VCO terhadap mikroemulsi *o/w* (Tabel 2).

Tabel 2. Mikroemulsi pada variasi campuran (*VCO* –surfaktan (v/v)), perbandingan surfaktan (Tween 80:Tween 20:Span 80 = (% v/v)) dan kadar air 95%.

| Minyak:Surfaktan<br>(v/v) | Indeks Turbiditas<br>(%) | Kenampakan |
|---------------------------|--------------------------|------------|
| 5:95                      | 0,595 <sup>a</sup>       | Transparan |
| 7,5:92,5                  | 0,749 <sup>b</sup>       | Transparan |
| 10:90                     | 0,942 <sup>c</sup>       | Transparan |
| 12,5:87,5                 | 1,288 <sup>d</sup>       | Keruh      |
| 15:85                     | 2,120 <sup>e</sup>       | Keruh      |

Keterangan : Notasi sama pada kolom yang sama berarti tidak beda nyata ( $P > 0,05$ ).

Konsentrasi *VCO* yang meningkat dari total campuran minyak-surfaktan menunjukkan indek turbiditas berbeda nyata ( $P < 0,05$ ). Konsentrasi *VCO* lebih dari 10 % dari total campuran minyak-surfaktan pada pembentukan mikroemulsi *o/w* menyebabkan larutan cenderung menjadi keruh dan indek turbiditasnya meningkat. Konsentrasi *VCO* meningkat menyebabkan droplet yang terbentuk menggelembung dan kenampakan cenderung menjadi keruh pada larutan. Molekul nonpolar biasanya tidak larut atau hanya sedikit larut di air dan larut dalam larutan surfaktan yang tergabung ke dalam misel atau tipe kelompok koloid lainnya.

Campuran (*VCO*)–surfaktan (v/v) dengan perbandingan 12,5:87,5 dengan nilai indek turbiditas lebih dari 1% menunjukkan kenampakan keruh. Konsentrasi *VCO* meningkat, maka konsentrasi surfaktan menjadi rendah. Konsentrasi surfaktan rendah menyebabkan kapasitasnya melarutkan *VCO* menurun, sehingga *VCO* yang tidak terlarutkan oleh surfaktan dalam misel berada dalam fase air, hal ini

kemungkinan menyebabkan larutan menjadi keruh. Molekul nonpolar biasanya tidak larut atau hanya sedikit larut di air dan larut dalam larutan surfaktan yang tergabung ke dalam misel atau tipe kelompok koloid lainnya. Tiga faktor penting yang menentukan sifat fungsional mikroemulsi adalah lokasi pelarut dalam misel, jumlah maksimum bahan yang dapat larut per satuan berat surfaktan, dan tingkat proses pelarutan (Dickinson *and* McClements, 1995).

Stabilitas mikroemulsi *o/w* terhadap pemanasan

Mikroemulsi setelah dipanaskan (5 jam, 105 °C) menunjukkan kenampakan transparan dan indek turbiditas kurang dari 1 % pada campuran minyak di bawah 10% terhadap surfaktan (Tabel 3). Hal ini mengindikasikan bahwa mikroemulsi yang terbentuk mempunyai stabilitas tinggi terhadap pemanasan.

Mikroemulsi *o/w* setelah dilakukan pemanasan mempunyai nilai indek turbiditas berbeda nyata ( $P < 0,05$ ). Mikroemulsi *o/w* pada campuran *VCO*

Tabel 3. Stabilitas mikroemulsi setelah pemanasan 105 °C selama 5 jam pada variasi campuran (VCO –surfaktan (v/v)), perbandingan surfaktan (Tween 80:Tween 20:Span 80 = (% v/v)) dengan kadar air 95%.

| Minyak:Surfaktan (v/v) | Indeks Turbiditas (%) | Kenampakan |
|------------------------|-----------------------|------------|
| 5:95                   | 0.282 <sup>a</sup>    | Transparan |
| 7,5:92,5               | 0.629 <sup>b</sup>    | Transparan |
| 10:90                  | 0.815 <sup>b</sup>    | Transparan |
| 12,5:87,5              | 1.092 <sup>c</sup>    | Keruh      |
| 15:85                  | 1.852 <sup>d</sup>    | Keruh      |

Keterangan : Notasi sama pada kolom yang sama berarti tidak beda nyata ( $P > 0,05$ ).

7,5% dan 10% terhadap surfaktan tidak berbeda nyata dengan indeks turbiditas di bawah 1%.

Uji pemanasan terhadap mikroemulsi merupakan pengujian yang paling kritis. Hal ini disebabkan surfaktan pada suhu tinggi dapat menyebabkan larutan menjadi keruh yang disebut sebagai titik *cloud*. Suhu tinggi menyebabkan dehidrasi meningkat pada bagian hidrofili, sehingga molekul pengemulsi teragregasi. Agregat cukup besar mempunyai kemampuan memencarkan cahaya, sehingga menyebabkan larutan kelihatan menjadi keruh. Suhu di atas titik *cloud*, menyebabkan agregat tumbuh menjadi besar dan mengendap yang dipengaruhi oleh gravitasi. Titik *cloud* semakin tinggi disebabkan meningkatnya hidrofobik pada molekul surfaktan. Peningkatan hidrofobik disebabkan bagian hidrokarbon meningkat atau ukuran kelompok hidrofili menurun (Aveyard, 1990).

Stabilitas mikroemulsi *o/w* terhadap sentrifugasi

Stabilitas mikroemulsi terhadap sentrifugasi nilai indeks turbiditas berbeda nyata ( $P < 0,05$ ) (Tabel 4). Sentrifugasi menyebabkan mikroemulsi yang terdispersi terpisah dengan fase kontinuenya, bila mikroemulsi tidak stabil. Mikroemulsi yang terbentuk dengan konsentrasi VCO 7,5% mempunyai kestabilan tinggi.

**Tabel 4.** Stabilitas mikroemulsi *o/w* setelah dilakukan sentrifugasi 5000 RPM pada variasi campuran (VCO –surfaktan (v/v)), perbandingan surfaktan (Tween 80:Tween 20:Span 80 = (% v/v)) dengan kadar air 95%.

| Minyak:Surfaktan (v/v) | Indeks Turbiditas (%) | Kenampakan |
|------------------------|-----------------------|------------|
| 5:95                   | 0.558 <sup>a</sup>    | Transparan |
| 7,5:92,5               | 0.696 <sup>b</sup>    | Transparan |
| 10:90                  | 0.895 <sup>c</sup>    | Transparan |
| 12,5:87,5              | 1.116 <sup>d</sup>    | Keruh      |
| 15:85                  | 1.954 <sup>e</sup>    | Keruh      |

Keterangan: Notasi sama pada kolom yang sama berarti tidak beda nyata ( $P > 0,05$ ).

## KESIMPULAN

Pembentukan formulasi mikroemulsi *o/w* dari ketiga surfaktan non ionik yang mempunyai stabilitas tinggi yaitu pada HLB = 14 dan konsentrasi optimum VCO dalam mikroemulsi *o/w* adalah 7,5%.

## DAFTAR PUSTAKA

- Aveyard, R., Binks, B.P., Clark, S. and Fletcher P.D.I. 1990. Cloud Points, Solubilization and Interfacial Tensions in Systems Containing Nonionic Surfactants. *Journal of Chemical Technology and Biotechnolog.* 48:161.
- Bayrak, Y., and Iscan, M. 2005. Studies on the Phase Behavior of the System Non-Ionic Surfactant/Alcohol/Alkane/H<sub>2</sub>O. *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects.* 268:99–103.
- Boca-Raton, F.L., Evans, D.F. and Wennerstrom, H. 1994. *The Colloid Domain: Where Physics, Chemistry, Biology and Technology Meet.* VCH Publishers, New York, NY
- Israelachvili, J. 1994. The Science and Applications of Emulsions—an overview. *Colloids Surface. A* 91:1.
- Cho, Y.H., Kim, S., Bae, E.K., Mok, C.K. and Park, J. 2008. *Formulation of a Cosurfactant-Free O/W Microemulsion Using Nonionic Surfactant mixtures.* *J. Food Science.* 73: 115-121.
- Cui, J., Yu, B., Zhao, Y., Zhu, W., Li, H., Lou, H. and Zhai, G. 2009. Enhancement of Oral Absorption of Curcumin by Self-Microemulsifying Drug Delivery Systems. *International J. Of Dickinson, E and McClements, D.J. 1995. Advances in Food Colloids.* Blackie Academic and Professional, Glasgow
- Flanagan, J., and Singh, H. 2006. Microemulsions: a potential delivery system for bioactive in food. *Crit Rev Food Sci Nutr.* 4:221–237.
- Hiemenz, P.C. and Rejogopalan, R. 1997. *Principles of Colloid and Surface Science.* 3rd edn., Dekker, New York, NY.
- Lee, E.C. and Min D.B. 1988. Quenching mechanism of  $\beta$ -carotene on the chlorophyll sensitized photooxidation of soybean oil. *J Food Science.* 53:1894–1895.
- Lin, C.C., Lin, H.Y., Chen, H.C., Yu, M.W., and Lee, M.H. 2009. Stability and Characterisation of Phospholipid-Based Curcumin-Encapsulated Microemulsions. *J. Food Chemistry.* 116: 923–928.
- Lin, J. K., Chen, Y. C., Huang, Y. T., and Lin-Shiau, S. Y. 1997. Suppression of protein kinase C and nuclear oncogene expression as possible molecular mechanisms of cancer chemoprevention by apigenin and curcumin. *Journal of Cellular Biochemistry.* 67: 39–48.
- Marina<sup>a</sup>, A.M., Man, Y.B.C. and Amin, I. 2009. Virgin Coconut Oil: Emerging Functional Food Oil. *J. Food Sci. and Tech.* 20: 1-7.
- Marina<sup>b</sup>, A. M., Che Man, Y. B., Nazimah, S. A. H., & Amin, I. 2009. Chemical properties of virgin coconut oil. *J. American Oil Chem. Soc.* 86: 301-307.



- Marina<sup>a</sup>, A.M., Man, Y.B.C. and Amin, I. 2009. Virgin Coconut Oil: Emerging Functional Food Oil. *J. Food Sci. and Tech.* 20: 1-7.
- Marina<sup>b</sup>, A. M., Che Man, Y. B., Nazimah, S. A. H., & Amin, I. 2009. Chemical properties of virgin coconut oil. *J. American Oil Chem. Soc.* 86: 301-307.
- McClements, D.J., Decker, E.A. and Weiss, J. 2007. Emulsion-Based Delivery Systems for Lipophilic Bioactive Components. *J. Food Science.* 72: 109-124.
- Nevin, K. G., and Rajamohan, T. 2004. Beneficial effects of virgin coconut oil on lipid parameters and in vivo LDL oxidation. *Clinical Biochemistry.* 37: 830-835.
- Seneviratne, K. N., Hapuarachchi, C. D., and Ekanayake, S. 2009. Comparison of the phenolic-dependent antioxidant properties of coconut oil extracted under cold and hot conditions. *Food Chemistry.* 114: 1444-1449.
- Suhendra, L., Raharjo, S., Hastuti, P., and Hidayat, C. 2010. Singlet Oxygen Quenching Kinetics and Mechanism of Fucoxanthin on Photo-sensitized Oxidation of Linoleic acid. *Proceeding International Seminar Emerging Issues and Technology Developments in Food and Ingredients.* September 29 th-30 th, 2010, Jakarta.
- Wang, X., Jiang, Y. Wang, Y.W., Huang, M.T., Hoa, C.T. and Huang, Q. 2008. Enhancing Anti-Inflammation Activity of Curcumin through *O/W* Nanoemulsions. *J. Food Chemistry.* 108:419-424.
- Warisnoicharoen, W., Lansley, A.B. and Lawrence, M.J. 2000. Nonionic oil-in-water microemulsions: the effect of oil type on phase behavior. *Int J Pharm* 198:7-27.
- Yuan, Y., Gao, Y., Zhao, J. and Mao, L. 2008. Characterization and Stability Evaluation of  $\beta$ -carotene Nanoemulsions Prepared by High Pressure Homogenization under Various Emulsifying Conditions. *Food Research International.* 41: 61-68.