

KARAKTERISTIK ENKAPSULAT MINYAK SAWIT MERAH DENGAN PENGAYAAN β -KAROTEN

Characteristics of Red Palm Oil Encapsulates Enriched with β -carotene

Shannora Yuliasari¹, Dedi Fardiaz², Nuri Andarwulan², Sri Yuliani³

¹ Balai Pengkajian Teknologi Pertanian Bengkulu, Jl. Irian Km. 6,5 Kelurahan Semarang, Bengkulu

² Departemen Ilmu dan Teknologi Pangan, Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor

³ Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Pascapanen Pertanian

Telp. (0736) 23030, Fax. (0736) 345568

E-mail: rara_shy@yahoo.com

(Makalah diterima, 25 November 2015 – Disetujui, 3 Juni 2016)

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi pengaruh kombinasi *maltodekstrin* dengan bahan pengapsul yang berbeda terhadap enkapsulasi minyak sawit merah dengan pengering semprot. Maltodekstrin dikombinasikan dengan *xanthan gum* (XG), *gum arab* (GA), dan *natrium kaseinat* (SC). Penelitian ditata dengan rancangan acak kelompok dengan 10 perlakuan dan tiga ulangan. Penggunaan kombinasi bahan pengapsul yang berbeda memberikan pengaruh yang signifikan ($p < 0,05$) terhadap karakteristik enkapsulat. Efisiensi enkapsulasi dan retensi β -karoten terbaik diperoleh pada enkapsulat dengan kombinasi bahan pengapsul MD : XG dengan proporsi 99,7 : 0,3%, sementara efisiensi enkapsulasi dan retensi β -karoten terendah pada enkapsulat dengan kombinasi bahan pengapsul MD : SC. Kombinasi bahan pengapsul MD : XG menghasilkan enkapsulat dengan minyak tidak terkapsul sebesar 1,03%, retensi minyak 92,40%, efisiensi enkapsulasi 72,05%, dan retensi β -karoten 72,65%. Perbedaan campuran bahan pengapsul juga berpengaruh terhadap morfologi enkapsulat. Enkapsulat dengan bahan pengapsul MD : SC memiliki permukaan dengan kerutan dan pengempisan yang lebih banyak, sedangkan enkapsulat dengan bahan pengapsul MD : XG memiliki permukaan yang lebih halus.

Kata kunci: minyak sawit merah, beta karoten, efisiensi enkapsulasi, mikroenkapsulasi, pengeringan semprot

ABSTRACT

This study aimed to evaluate the effect of maltodextrin combination with different encapsulation materials in the encapsulation of red palm oil by spray drying, in order to maximize encapsulation efficiency and retention of β -carotene. Maltodextrin was combined with xanthan gum (XG), gum arabic (GA), sodium caseinate (SC). The study was designed using a block randomized design with ten treatments and three replicates. The use of different combinations of encapsulation materials in this study had a significant effect ($p < 0.05$) on the characteristic of encapsulates. The best encapsulation efficiency and β -carotene retention were obtained with MD:XG at a combination of 99.7:0.3%, while the lowest encapsulation efficiency and β -carotene retention were obtained for MD:SC. Combination of MD:XG produced encapsulate with 1.03% of surface oil, 92.40% of oil retention, 72.05% of encapsulation efficiency, and 72.65% of β -carotene retention. The mixtures of different encapsulation materials influenced encapsulate morphology. The MD:SC encapsulate had higher dents and folds on encapsulate surface, whereas the combination of MD:XG resulted in a smoother surface of the encapsulate.

Key words: red palm oil, beta carotene, encapsulation efficiency, microencapsulation, spray drying

PENDAHULUAN

Minyak sawit merah (MSM) adalah fraksi olein dari pemurnian minyak sawit kasar (*Crude Palm Oil/CPO*) yang masih mengandung karotenoid dengan total karoten 550 mg/kg, diantaranya dengan β -karoten 70% (Manorama *et al.* 1996; Dauqan *et al.* 2011). Selama proses pengolahan dan penyimpanan, MSM dan bahan aktif di dalamnya yang terpapar oleh panas dan oksigen mengalami kerusakan struktur, terutama senyawa β -karoten. Senyawa β -karoten sensitif terhadap panas dan reaksi oksidasi karena memiliki banyak ikatan ganda terkonjugasi. Proses kerusakan β -karoten yang umum adalah isomerisasi, oksidasi dan fragmentasi molekul β -karoten. Perubahan bentuk isomer dari trans menjadi cis yang terjadi menyebabkan aktivitas β -karoten sebagai provitamin A menurun dari 100% dalam bentuk isomer trans menjadi 53% setelah dalam bentuk isomer 13-cis- β -karoten, dan 38% dalam bentuk isomer 9-cis- β -karoten (Fernandez-Garcia *et al.* 2012). Karena itu, MSM tidak dianjurkan untuk minyak goreng, karena karotenoid yang terkandung di dalamnya akan rusak pada suhu penggorengan. MSM lebih dianjurkan sebagai minyak makan untuk menumis, minyak salad, dan bahan fortifikan pada produk pangan berlemak.

Mikroenkapsulasi dengan pengeringan semprot (*spray drying*) merupakan alternatif untuk melindungi β -karoten dalam MSM dan memperluas aplikasi MSM. Mikroenkapsulasi dapat mengurangi reaktivitas bahan aktif dari berbagai faktor lingkungan yang dapat menyebabkan kerusakan, seperti oksigen, panas, dan cahaya. Dalam bentuk mikroenkapsulat, penanganan dan pencampuran bahan aktif ke dalam bahan pangan lain menjadi lebih mudah (Shahidi dan Han 1993; Desai dan Park 2005).

Beberapa penelitian mikroenkapsulasi MSM untuk mempertahankan kadar karoten dalam MSM telah dilaporkan. Mikroenkapsulasi campuran MSM dan RBDPO (*Refined, Bleached, Deodorized Palm Olein*) dengan *spray drying* menghasilkan mikroenkapsulat dengan kadar total karoten 194,65-215,28 mg/kg, dengan retensi karoten sekitar 54-60% (Dian *et al.* 1996). Mikroenkapsulasi MSM dengan pengering lapis tipis (*thin layer*) menghasilkan mikroenkapsulat dengan kadar β -karoten 100,48-210,8 mg/kg, retensi β -karoten 52,69-59,75%, minyak terkapsul 5,65-7,08%, dan minyak tidak terkapsul 38,03-44,40% (Simanjuntak 2007; Yudha 2008). Fasikhatur (2010) juga melaporkan mikroenkapsulasi MSM dengan *spray drying* menghasilkan mikroenkapsulat dengan minyak tidak terkapsul sebesar 32,24-56,34%, kelarutan 60,31-78,87%, dan retensi β -karoten 7,96-20,52%. Umumnya penelitian tersebut dilakukan untuk mengoptimasi

formula bahan pengapsul yang mampu mempertahankan kandungan karoten dalam MSM.

Retensi komponen bioaktif yang dien kapsulasi bergantung pada komposisi dan sifat bahan pengapsul (Madene *et al.* 2006). Beberapa penelitian menunjukkan beberapa jenis bahan pengapsul yang dapat digunakan dalam mikroenkapsulasi minyak adalah maltodekstrin, pati termodifikasi, gum arab, natrium kaseinat, protein whey, protein kedelai, dan gelatin. Bahan pengapsul dapat digunakan secara tunggal atau kombinasi. Maltodekstrin memberikan stabilitas oksidatif yang baik pada minyak terenkapsulasi, namun kapasitas pengemulsi, stabilitas emulsi, dan retensi minyak rendah (Gharsallaoui *et al.* 2007). Retensi β -karoten dalam minyak trigliserida yang berantai sedang (*Medium Chain Triglyceride/MCT*) juga dapat dipertahankan dengan bahan pengapsul berupa campuran maltodekstrin, natrium alginat, dan kitosan (Donhowe *et al.* 2014).

Pemilihan bahan pengapsul ini sangat penting karena tantangan aplikasi teknologi mikroenkapsulasi terletak pada pemilihan teknik mikroenkapsulasi dan bahan pengapsul yang tepat (de Vos *et al.* 2010). Bahan pengapsul harus stabil, kelarutan dalam air tinggi, higroskopisitas rendah, viskositas rendah pada kadar padatan tinggi, dan mampu mencegah pemisahan fase dalam emulsi selama proses pengeringan atau memiliki sifat sebagai penstabil emulsi (Desai dan Park 2005; Madene *et al.* 2006; Lokuwan 2007). Penelitian ini bertujuan mengevaluasi pengaruh bahan pengapsul terhadap karakteristik enkapsulat MSM dan memperoleh jenis bahan pengapsul yang mampu mempertahankan kandungan β -karoten dalam enkapsulat MSM.

MATERI DAN METODE

Bahan dan Alat

Bahan utama yang digunakan dalam penelitian ini adalah MSM yang dimurnikan dari CPO produksi PT Salim Ivomas Pratama Jakarta pada penelitian tahap I. MSM mengandung karoten 556,93 mg/kg, β -karoten 424,66 mg/kg, asam lemak bebas 0,13%, bilangan peroksida 0,81 meq peroksida/kg minyak, dan air 0,07%. Campuran bahan yang digunakan dalam pembuatan emulsi adalah β -karoten murni 97% (NC 22040 Sigma), pengemulsi Tween 80 (*polyoxyethylene sorbitan monooleate*) (Merck Schuchardt, Jerman), dan larutan buffer fosfat 0,01 M pH 7,0 yang dibuat dari NaH_2PO_4 dan Na_2HPO_4 . Bahan pengapsul yang digunakan adalah maltodekstrin DE 10-12 (*National Starch and Chemicals*), gum arab (*National Starch and Chemicals*), natrium kaseinat, *xanthan gum*, dan bahan kimia lainnya untuk analisis kimia.

Alat yang digunakan adalah *homogenizer* (model Ultra-Turrax, Armfield), *spray dryer* (model Buchi 190, Jerman), *soxhlet*, *oven*, *desikator*, *High Performance Liquid Chromatograph/HPLC* (LC-2040 Shimadzu, Jepang), SEM, dan peralatan analisis lainnya.

Pengayaan MSM dengan β -karoten

MSM dipanaskan sambil diaduk sampai suhu 140°C (Yuan *et al.* 2008; Mao *et al.* 2009). Kemudian, sebanyak 0,4% (b/b) β -karoten didispersikan ke dalamnya dan diaduk dengan vorteks selama 2 menit. MSM yang telah mengandung β -karoten dialiri dengan gas nitrogen dan kemudian ditutup rapat. Selanjutnya, MSM disentrifugasi pada kecepatan 1.750 rpm (332 g) selama 10 menit pada suhu ruang untuk mengendapkan β -karoten yang tidak larut (Ahmed *et al.* 2012; Qian *et al.* 2012).

Enkapsulasi MSM

Untuk mengetahui karakteristik enkapsulat MSM dengan pengayaan β -karoten, enkapsulasi MSM didesain dengan rancangan acak kelompok dengan 10 perlakuan kombinasi bahan pengapsul dan tiga pengulangan. Kombinasi bahan pengapsul, jumlah MSM, dan pengemulsi disajikan pada Tabel 1.

Maltodekstrin (MD), *xanthan gum* (XG), *gum arab* (GA), dan *natrium kaseinat* (SC) dilarutkan dalam larutan *buffer fosfat* pH 7,0 dengan total padatan 25% (b/b) dari total emulsi. Pengemulsi dan MSM ditambahkan

secara perlahan ke dalam larutan bahan pengapsul dan dihomogenisasi dengan *ultraturrax homogenizer* (Model Armfield) pada kecepatan 11.000 rpm selama 2 menit. Jumlah MSM dan pengemulsi yang ditambahkan merupakan formula terpilih pada penelitian sebelumnya, dengan rasio MSM dan pengemulsi sebesar 1,33 dengan konsentrasi MSM 4% dan pengemulsi 3% (b/b) (Yuliasari *et al.* 2014). Emulsi dikeringkan menggunakan pengering semprot (Model Buchi 190, Jerman). Kondisi operasional pengering semprot meliputi suhu udara inlet 180°C dan laju umpan 10 mL/menit yang menghasilkan suhu udara *outlet* 105°C.

Karakteristik Enkapsulat MSM

Efisiensi enkapsulasi ditentukan berdasarkan jumlah minyak total dan minyak tidak terkapsul (*surface oil*). Jumlah minyak tidak terkapsul ditentukan menggunakan metode Bae dan Lee (2008). Sebanyak 1 g enkapsulat dimasukkan ke dalam tabung reaksi tertutup dan ditambahkan 20 mL heksana. Selanjutnya, campuran disaring dengan penyaring vakum melalui kertas saring Whatman no. 1. Enkapsulat yang masih tertinggal dalam tabung dicuci lagi dengan 20 mL *heksana* dan disaring. Proses tersebut dilakukan sebanyak tiga kali. Ekstrak yang diperoleh dipindahkan ke dalam labu minyak dan pelarut diuapkan menggunakan *soxhlet*. Sisa pelarut dalam labu minyak diuapkan dengan oven sampai bobot konstan. Kemudian labu lemak didinginkan dalam desikator dan ditimbang.

Tabel 1 Komposisi bahan pengapsul, jumlah MSM, dan pengemulsi untuk proses enkapsulasi MSM

Perlakuan	Bahan pengapsul (g/100 g larutan)				Bahan inti (g/100 g larutan)		Total padatan (g)
	Maltodekstrin	Xanthan gum	Gum arabik	Natrium kaseinat	MSM	Pengemulsi	
MD	25,0	-	-	-	4,0	3,0	32
MD/XG1	24,7	0,3	-	-	4,0	3,0	32
MD/XG2	24,7	0,3	-	-	4,0	2,0	31
MD/XG3	24,6	0,4	-	-	4,0	2,0	31
MD/GA1	22,5	-	2,5	-	4,0	3,0	32
MD/GA2	20,0	-	5,0	-	4,0	3,0	32
MD/GA2	17,5	-	7,5	-	4,0	3,0	32
MD/SC1	22,5	-	-	2,5	4,0	3,0	32
MD/SC2	20,0	-	-	5,0	4,0	3,0	32
MD/SC3	17,5	-	-	7,5	4,0	3,0	32

Keterangan : MD (kombinasi bahan pengapsul maltodekstrin saja), MD/XG (kombinasi bahan pengapsul maltodekstrin dan xanthan gum, MD/GA (kombinasi bahan pengapsul maltodekstrin dan *gum arab*, dan MD/SC (kombinasi bahan pengapsul maltodekstrin dan natrium kaseinat)

Jumlah minyak total ditentukan dengan metode ekstraksi menggunakan *soxhlet* (Tan *et al.* 2005). Sebanyak 2 g sampel enkapsulat ditimbang dan dibungkus dengan kertas saring. Selanjutnya, sampel diekstraksi menggunakan heksana selama 6 jam. Setelah proses ekstraksi selesai, dilakukan distilasi. Kemudian sisa pelarut diuapkan dengan oven sampai bobot konstan. Kandungan minyak total ditentukan dengan perbedaan berat antara berat labu kosong dan labu yang telah mengandung minyak hasil ekstraksi. Efisiensi enkapsulasi (%) = [(Minyak total – Minyak tidak terkapsul)/ Minyak total] x 100.

Kadar air

Kadar air enkapsulat MSM ditentukan secara gravimetri dengan cara mengeringkan sampel dalam oven pengering pada suhu 105°C sampai bobot konstan (AOAC, 2007).

Kelarutan Enkapsulat MSM dalam Air

Kelarutan ditentukan dengan metode yang telah dimodifikasi oleh Cano-Chauca *et al.* (2005). Sekitar 1 g sampel enkapsulat ditimbang (a) dan ditambahkan 100 mL akuades, kemudian disaring dengan penyaring vakum. Kertas saring sebelum digunakan dikeringkan terlebih dahulu dalam oven 105°C sekitar 30 menit lalu ditimbang (b). Setelah proses penyaringan, kertas saring beserta residu bahan dikeringkan kembali dalam oven pada 105°C sekitar 3 jam, didinginkan dalam desikator selama 15 menit, lalu ditimbang

$$(c). \text{Kelarutan (\%)} = \left(1 - \frac{c-b}{\frac{100-\%ka}{100} \times a} \right) \times 100\%$$

Kemampuan Terbasahkan (*wettability*)

Wettability ditentukan dengan metode Fuchs *et al.* (2006). Sebanyak 1 g enkapsulat didispersikan pada permukaan 100 mL akuades tanpa pengadukan. *Wettability* dinyatakan dalam detik per g enkapsulat.

Ekstraksi Minyak Enkapsulat MSM

Sebanyak 3 g enkapsulat MSM direndam dalam 20 mL pelarut campuran kloroform dan methanol (2:1) selama 1 jam dan diaduk dengan pengaduk magnet. Hasil maserasi kemudian disaring menggunakan kertas saring dengan bantuan pompa vakum. Kemudian, sebanyak 4 mL NaCl 0,88% ditambahkan ke dalam larutan hasil penyaringan, dan selanjutnya dilakukan pemisahan dengan labu pisah untuk mendapatkan fase minyak. Sisa-sisa pelarut pada fase minyak diuapkan menggunakan *rotary evaporator* pada suhu 40°C (Folch *et al.* 1957).

Kadar β-karoten

Kadar β-karoten dalam sampel ditentukan dengan metode AOAC Official Method 2001.13 method (de Vries dan Silvera, 2002). Sampel disaponifikasi menggunakan 10 mL ethanol absolut dan 2,5 mL KOH 50% dalam akuades (b/v), kemudian dipanaskan dalam *waterbath* 80°C selama 1 jam. Campuran didinginkan dan ditambah 2,5 mL asam asetat glasial. Campuran dipindahkan ke dalam labu ukur 25 mL dan volume ditepatkan dengan ethanol : tetrahydrofuran 1:1 (v/v). Kemudian sampel disaring dengan *syringe filter* Whatman ukuran pori 0,45 μm. Kadar β-karoten ditentukan dengan HPLC (Shimadzu, Jepang) secara isokratik menggunakan kolom C18 atau ODS (15 cm x 4.6 cm i.d., 5 μm) dan detektor UV Vis pada 450 nm. Elusi dilakukan dengan laju alir 1,0 mL/menit pada suhu ruang, menggunakan fase gerak *dichloro methane/methanol/asetonitril* (2:1:3). Kadar β-karoten dalam sampel dihitung dengan memplotkan area sampel ke dalam persamaan linier kurva standar. Konsentrasi β-karoten sampel (μg β-karoten/g sampel) =

$$= \frac{\left(\frac{\text{area sampel} - \text{intersept}}{\text{slope}} \right)}{\text{berat sampel (g)}} \times \text{Faktor pengenceran}$$

Higroskopisitas

Higroskopisitas ditentukan dengan metode Cai dan Corke (2000). Sebanyak 1 g sampel enkapsulat dimasukkan ke dalam desikator dengan larutan garam NaCl jenuh (RH 75,2%) pada suhu 25°C selama 1 minggu. Higroskopisitas ditentukan sebagai bobot air yang diserap oleh sampel enkapsulat per 100 g padatan kering (g/100 g).

Morfologi

Morfologi permukaan enkapsulat MSM dianalisis dengan *Scanning Electron Microscope* (EVO MA 10, Zeiss). Contoh enkapsulat MSM dipreparasi pada *specimen holder* dan dilapisi dengan emas. Pengamatan SEM dilakukan pada tegangan 20 kV dengan perbesaran 5.000 kali.

Analisis Statistik

Seleksi bahan pengapsul berdasarkan semua parameter karakteristik enkapsulat MSM dilakukan dengan uji statistik analisis *multivariate varians* (manova) dan uji lanjut Duncan pada tingkat kepercayaan 95% menggunakan *software* SPSS 20,0. Hubungan antara variabel karakteristik jumlah minyak terkapsul terhadap efisiensi enkapsulasi, kelarutan, dan *wettability* enkapsulat MSM dianalisis dengan regresi linier sederhana menggunakan *software* microsoft excel.

Keeratan hubungan antarkarakteristik tersebut dijelaskan berdasarkan nilai R^2 . Uji signifikansi antarpersamaan regresi dianalisis dengan metode analisis regresi linier pada tingkat kepercayaan 95% menggunakan *software* SPSS 20,0.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada penelitian ini, MSM yang dienkapsulasi adalah MSM dengan pengayaan β -karoten karena berdasarkan hasil penelitian sebelumnya formula emulsi MSM yang dapat membentuk emulsi yang stabil adalah rasio MSM dan pengemulsi (M/P) 1,33-2,0 dengan jumlah MSM sebanyak 4–6% (b/b) dan pengemulsi 3% (b/b) dari total emulsi.

Efisiensi Enkapsulasi

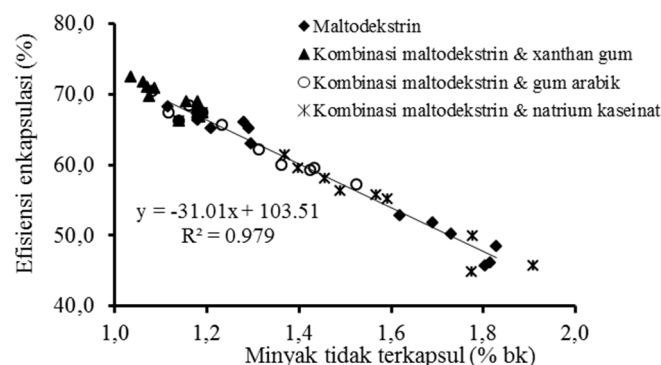
Efisiensi enkapsulasi sangat dipengaruhi oleh jumlah minyak tidak terkapsul. Adanya minyak tidak terkapsul berhubungan dengan stabilitas enkapsulat selama penyimpanan. Jumlah minyak tidak terkapsul yang tinggi cenderung berkorelasi dengan terbentuknya *off-flavor* pada enkapsulat dan stabilitas yang rendah jika terpapar kondisi lingkungan sekitar (Kaushik *et al.* 2014). Hasil penelitian menunjukkan efisiensi enkapsulasi

bervariasi antara 46,79-72,05%, dan menurun seiring dengan meningkatnya jumlah minyak tidak terkapsul (Gambar 1).

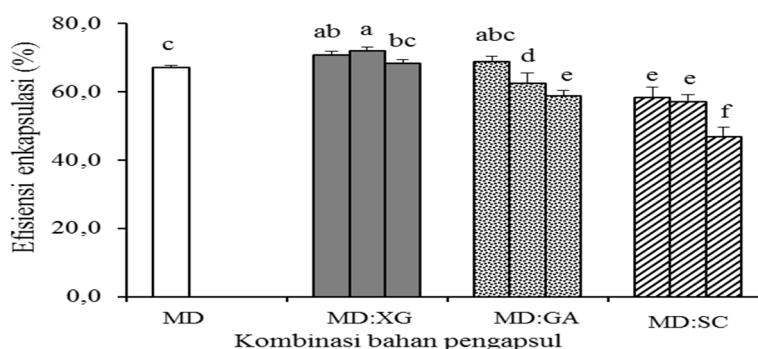
Penggunaan bahan pengapsul yang berbeda memberikan pengaruh yang signifikan ($p < 0.05$) terhadap efisiensi enkapsulasi. Kombinasi bahan pengapsul *maltodextrin* dan *xanthan gum* dengan perbandingan 99,7 : 0,3% (b/b) dari total bahan pengapsul berpengaruh signifikan terhadap peningkatan efisiensi enkapsulasi MSM dibandingkan dengan bahan pengapsul maltodekstrin saja. Sebaliknya, kombinasi bahan pengapsul *maltodextrin* dan *gum arab* (MD/GA) serta kombinasi *maltodextrin* dan *natrium kaseinat* (MD/SC) berpengaruh signifikan terhadap penurunan efisiensi enkapsulasi MSM dibandingkan dengan kombinasi bahan pengapsul maltodekstrin saja (Gambar 2).

Kombinasi bahan pengapsul *maltodextrin* dan *xanthan gum* dengan perbandingan 99,7 : 0,3% (b/b) dari total bahan pengapsul dapat meningkatkan efisiensi enkapsulasi hingga 72,05%. Sebaliknya, penggunaan gum arab dan natrium kaseinat yang semakin banyak justru menurunkan efisiensi enkapsulasi, karena dengan kombinasi bahan pengapsul tersebut menghasilkan enkapsulat MSM dengan jumlah minyak tidak terkapsul yang semakin tinggi (Gambar 3).

Jumlah minyak tidak terkapsul pada enkapsulat MSM berkisar 1,03-1,82% (bk). Bahan pengapsul yang berbeda

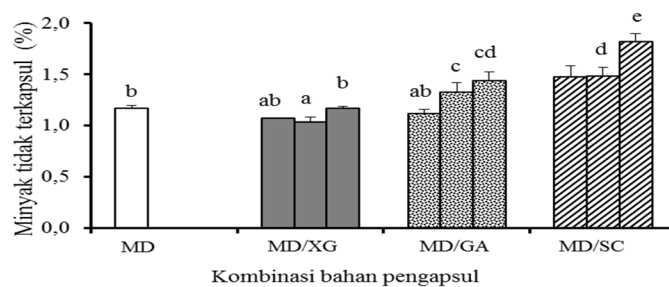


Gambar 1. Hubungan jumlah minyak tidak terkapsul dengan efisiensi enkapsulasi MSM dengan pengayaan β -Karoten



Keterangan : jenis bahan pengapsul maltodekstrin (MD), kombinasi maltodekstrin dan *xanthan gum* (MD/XG), kombinasi maltodekstrin dan gum arab (MD/GA), serta kombinasi maltodekstrin dan natrium kaseinat (MD/SC). Huruf kecil yang berbeda menunjukkan perbedaan yang signifikan ($p < 0.05$) antarpelakuan

Gambar 2. Efisiensi enkapsulasi MSM dengan pengayaan β -Karoten pada berbagai jenis bahan pengapsul



Keterangan: Jenis bahan pengapsul maltodekstrin (MD), kombinasi maltodekstrin dan xanthan gum (MD/XG), kombinasi maltodekstrin dan *gum arab* (MD/GA), serta kombinasi maltodekstrin dan natrium kaseinat (MD/SC). Huruf kecil yang berbeda menunjukkan perbedaan yang signifikan ($p < 0.05$) antar perlakuan

Gambar 3. Jumlah minyak tidak terkapsul pada permukaan enkapsulat MSM dengan pengayaan β -Karoten pada berbagai jenis bahan pengapsul

memberikan pengaruh yang signifikan ($p < 0.05$) terhadap jumlah minyak tidak terkapsul enkapsulat MSM.

Kombinasi *maltodekstrin* dan *xanthan gum* dengan perbandingan 99,7 : 0,3% (b/b) dari total bahan pengapsul menghasilkan minyak tidak terkapsul lebih rendah dibandingkan dengan bahan pengapsul lain. Hal ini disebabkan karena penggunaan *xanthan gum* dapat menghasilkan enkapsulat dengan permukaan kapsul yang lebih halus. Ini diduga proses pembentukan membran *semipermeable* yang melingkupi droplet minyak selama pengeringan berlangsung lebih intensif dan peluang terbentuknya struktur pori terbuka pada permukaan enkapsulat menjadi berkurang (Yuliani *et al.* 2007; Carneiro *et al.* 2013). Namun, penggunaan *xanthan gum* pada konsentrasi 0,4% (b/b) dari total bahan pengapsul justru meningkatkan jumlah minyak tidak terkapsul menjadi 1,24%.

Penggunaan *xanthan gum* yang berlebihan menyebabkan viskositas emulsi semakin tinggi, sehingga efisiensi proses pengeringan menjadi lebih rendah dan jumlah minyak yang tidak terkapsul semakin besar. Jumlah minyak tidak terkapsul paling tinggi diperoleh pada enkapsulat MSM dengan kombinasi bahan pengapsul maltodekstrin dan natrium kaseinat berkisar 1,47-1,82%, namun masih lebih rendah dibandingkan dengan hasil penelitian yang dilaporkan oleh peneliti lain. Mikroenkapsulasi campuran MSM dan RBDPO dengan kombinasi bahan pengapsul maltodekstrin dan natrium kaseinat menghasilkan enkapsulat dengan minyak tidak terkapsul 9,7-21,5% (Dian *et al.* 1996). Hal ini disebabkan karena pada penelitian ini jumlah minyak yang dienkapsulasi lebih rendah, hanya 4% (w/w) dan jumlah bahan pengapsul lebih tinggi yaitu 25% (w/w) dari total emulsi, sehingga bahan pengapsul yang digunakan mampu melindungi droplet minyak dengan lebih sempurna. Dian *et al.* 1996 melaporkan jumlah minyak yang dienkapsulasi berkisar 15,4-27% dengan jumlah bahan pengapsul 9,2-20,8% (w/w) dari total emulsi. Penelitian ini juga membuktikan penggunaan *gum arab* dalam kombinasi bahan pengapsul

ternyata tidak dapat memperbaiki karakteristik fisik enkapsulat MSM. Enkapsulat dengan maltodekstrin dan *gum arab* memiliki jumlah minyak tidak terkapsul lebih tinggi, berkisar 1,12 -1,44%.

Kelarutan dalam Air

Kelarutan dalam air merupakan parameter yang berhubungan antara pelepasan bahan aktif dengan aplikasi enkapsulat. Hasil penelitian menunjukkan kelarutan enkapsulat sangat tinggi, berkisar 91,63 -97,35% (bk), seperti pada Tabel 2. Penggunaan natrium kaseinat pada campuran bahan pengapsul cenderung menurunkan kelarutan enkapsulat. Hal ini diduga karena struktur molekul protein pada natrium kaseinat meningkatkan hidrofobisitas enkapsulat, dan selanjutnya akan menghambat penyebaran air ke permukaan enkapsulat (Botrel *et al.* 2014). Selain itu, kondisi pengeringan pada suhu 180°C kemungkinan telah merusak struktur protein, sehingga menyebabkan enkapsulat dengan bahan pengapsul natrium kaseinat memiliki kelarutan paling rendah (Tabel 1). Pada enkapsulat dengan kombinasi maltodekstrin dan *gum arab* serta maltodekstrin dan natrium kaseinat, kelarutan juga juga sangat dipengaruhi oleh jumlah minyak tidak terkapsul. Keeratan hubungan antara jumlah minyak tidak terkapsul dengan kelarutan enkapsulat MSM ditunjukkan oleh nilai R^2 pada hasil analisis regresi linier yang semakin mendekati nilai 1,0 (Gambar 4).

Pada setiap perlakuan bahan pengapsul terdapat hubungan yang signifikan antara jumlah minyak tidak terkapsul dan kelarutan enkapsulat ($p < 0.05$). Persamaan regresi pada setiap bahan pengapsul menunjukkan nilai negatif pada variabel X dan nilai positif pada konstanta. Ini berarti setiap penurunan nilai variabel X (jumlah minyak tidak terkapsul) secara signifikan ($p < 0.05$) meningkatkan nilai variabel Y (kelarutan enkapsulat). Jumlah minyak tidak terkapsul yang semakin tinggi memberikan sifat hidrofobik pada permukaan dinding

enkapsulat, sehingga menghambat penyebaran air ke permukaan enkapsulat (Botrel *et al.* 2014).

Wettability

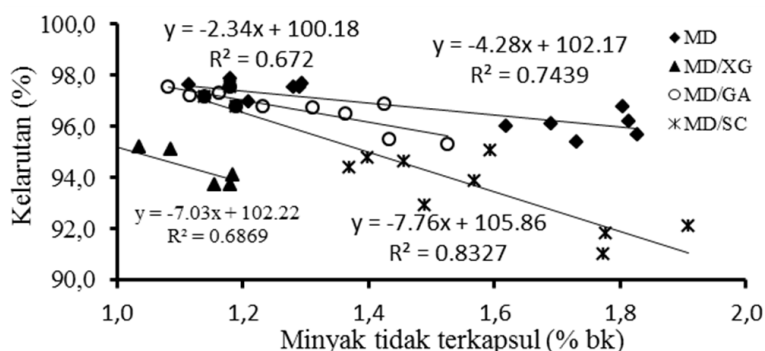
Wettability adalah waktu yang dibutuhkan sampai sampel enkapsulat tepat terbasahkan seluruhnya atau menghilang dari permukaan akuades. *Wettability* dinyatakan dalam detik per g enkapsulat. Semakin rendah nilai *wettability* semakin sedikit waktu yang diperlukan sampai semua permukaan enkapsulat terbasahkan oleh air. Ini berarti enkapsulat semakin cepat larut.

Keberadaan bahan pengapsul lain seperti *xanthan gum*, gum arab, dan natrium kaseinat justru meningkatkan *wettability* dibandingkan bahan pengapsul maltodekstrin saja (Tabel 2). Nilai *wettability* yang rendah pada enkapsulat MSM dengan bahan pengapsul maltodekstrin saja menunjukkan permukaan enkapsulat lebih mudah

terbasahkan oleh air. Kondisi ini sejalan dengan karakteristik kelarutan enkapsulat yang juga paling tinggi. Semakin rendah nilai *wettability* enkapsulat semakin tinggi kelarutan. Karakteristik *wettability* enkapsulat juga sangat dipengaruhi oleh jumlah minyak tidak terkapsul pada permukaan dinding enkapsulat. Semakin tinggi jumlah minyak pada permukaan dinding enkapsulat semakin menghambat penyebaran air ke permukaan enkapsulat (Botrel *et al.* 2014).

Kadar dan Retensi β -karoten

Hasil penelitian menunjukkan kombinasi bahan pengapsul maltodekstrin dan *xanthan gum* menghasilkan enkapsulat dengan kandungan dan retensi β -karoten yang tidak berbeda dengan bahan pengapsul maltodekstrin saja, namun berbeda signifikan ($p < 0,05$) dibanding bahan pengapsul kombinasi maltodekstrin dan gum arab,



Keterangan: Jenis bahan pengapsul maltodekstrin (MD), kombinasi maltodekstrin dan *xanthan gum* (MD/XG), kombinasi maltodekstrin dan *gum arab* (MD/GA), serta kombinasi maltodekstrin dan natrium kaseinat (MD/SC). Huruf kecil yang berbeda menunjukkan perbedaan yang signifikan ($p < 0,05$) antar perlakuan

Gambar 4. Hubungan jumlah minyak tidak terkapsul dengan kelarutan enkapsulat MSM dengan bahan pengapsul

Tabel 2. Kelarutan, *wettability*, dan retensi β -Karoten enkapsulat MSM

Bahan pengapsul	Kelarutan (%)	<i>Wettability</i> (detik/g)	Kadar β -karoten (mg/kg)	Retensi β -karoten
MD	97.15 $\pm$ 0.38 ^a	194.34 $\pm$ 7.01 ^a	2 922.86 $\pm$ 126.74 ^b	67.80 $\pm$ 3.0 ^b
MD/XG1	95.15 $\pm$ 0.59 ^{bc}	307.51 $\pm$ 15.20 ^{cd}	3 106.82 $\pm$ 197.47 ^{ab}	72.06 $\pm$ 4.14 ^{ab}
MD/XG2	95.09 $\pm$ 0.16 ^{bc}	282.44 $\pm$ 19.94 ^c	3 132.26 $\pm$ 117.80 ^{ab}	72.65 $\pm$ 2.49 ^{ab}
MD/XG3	93.85 $\pm$ 0.24 ^d	343.08 $\pm$ 8.25 ^{ef}	3 184.67 $\pm$ 46.19 ^a	73.87 $\pm$ 2.13 ^a
MD/GA1	97.35 $\pm$ 0.16 ^a	219.54 $\pm$ 17.64 ^b	2 370.25 $\pm$ 81.35 ^d	54.98 $\pm$ 2.02 ^d
MD/GA2	96.79 $\pm$ 0.06 ^a	358.63 $\pm$ 13.40 ^f	2 700.21 $\pm$ 107.40 ^c	62.53 $\pm$ 3.54 ^c
MD/GA3	95.76 $\pm$ 0.63 ^b	414.48 $\pm$ 9.82 ^g	2 610.37 $\pm$ 98.45 ^c	60.55 $\pm$ 3.29 ^c
MD/SC1	94.68 $\pm$ 0.35 ^{cd}	320.75 $\pm$ 16.82 ^{de}	2 309.55 $\pm$ 126.95 ^d	53.57 $\pm$ 3.32 ^d
MD/SC2	93.84 $\pm$ 0.92 ^d	337.77 $\pm$ 4.19 ^{ef}	2 991.68 $\pm$ 54.75 ^{ab}	69.49 $\pm$ 2.48 ^{ab}
MD/SC3	91.63 $\pm$ 0.56 ^e	502.80 $\pm$ 23.46 ^h	2 705.25 $\pm$ 143.51 ^c	62.75 $\pm$ 3.51 ^c

Keterangan: Jenis bahan pengapsul maltodekstrin (MD), kombinasi maltodekstrin dan *xanthan gum* (MD/XG), kombinasi maltodekstrin dan *gum arab* (MD/GA), serta kombinasi maltodekstrin dan natrium kaseinat (MD/SC). Huruf kecil yang berbeda menunjukkan perbedaan yang signifikan ($p < 0,05$) antarperlakuan

serta kombinasi maltodekstrin dan natrium kaseinat (Tabel 2). Dari hasil pengamatan morfologi juga dapat dilihat enkapsulat MSM dengan bahan pengapsul maltodekstrin dan *xanthan gum* dengan perbandingan 99,7 : 0,3% (b/b) dari total bahan pengapsul memiliki permukaan yang lebih halus dibandingkan enkapsulat lainnya (Gambar 5). Ini diduga proses pembentukan membran *semi permeable* yang melingkupi droplet minyak selama pengeringan berlangsung lebih intensif dan peluang terbentuknya struktur pori terbuka pada permukaan enkapsulat menjadi berkurang, sehingga β -karoten dalam enkapsulat menjadi lebih terlindungi (Yuliani *et al.* 2007; Carneiro *et al.* 2013). Kandungan β -karoten enkapsulat juga berkorelasi dengan jumlah minyak tidak terkapsul. Enkapsulat dengan bahan pengapsul kombinasi maltodekstrin dan *xanthan gum* memiliki kandungan dan retensi β -karoten yang tinggi karena jumlah minyak tidak terkapsul rendah. Semakin sedikit jumlah minyak tidak terkapsul semakin banyak jumlah minyak dalam kapsul sehingga β -karoten dalam enkapsulat menjadi lebih terlindungi.

Morfologi

Morfologi permukaan enkapsulat MSM mempengaruhi karakteristik enkapsulat seperti laju pelepasan bahan aktif dan minyak tidak terkapsul. Pada penelitian ini, enkapsulat yang menggunakan bahan pengapsul maltodekstrin saja (Gambar 5a), kombinasi maltodekstrin dan *gum arab* (Gambar 5c), serta kombinasi maltodekstrin dan natrium kaseinat (Gambar 5d) mengalami keretakan dan mempunyai bentuk yang mengempis, yang diduga akibat peristiwa *ballooning* selama *spray drying*. Ketika dinding enkapsulat tidak cukup kuat untuk menahan tekanan dalam enkapsulat, dinding akan pecah dan enkapsulat akan mengempis.

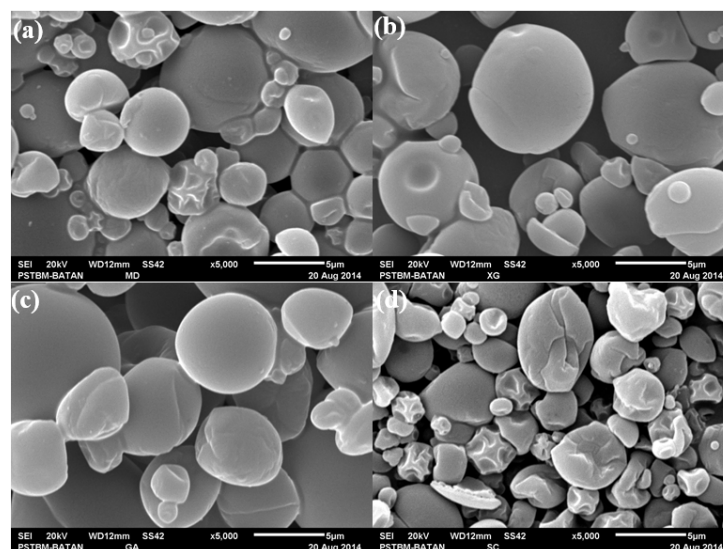
Ballooning dapat menyebabkan hilangnya bahan aktif dari dalam enkapsulat (Jafari *et al.* 2008). Pada Gambar 5d tampak jelas adanya keretakan dan pengempisan pada enkapsulat. Keretakan dapat disebabkan oleh kekuatan fisik dinding kapsul yang lemah. Diduga kondisi pengeringan pada suhu 180°C telah merusak struktur protein, sehingga dinding enkapsulat dengan bahan pengapsul natrium kaseinat mengalami keretakan dan memiliki bentuk yang mengempis dan berkerut. Bentuk enkapsulat yang mengempis dan berkerut disebabkan karena sebagian minyak dan bahan aktif telah keluar dari partikel enkapsulat, sehingga jumlah minyak tidak terkapsul pada permukaan dinding enkapsulat menjadi tinggi.

Higroskopisitas

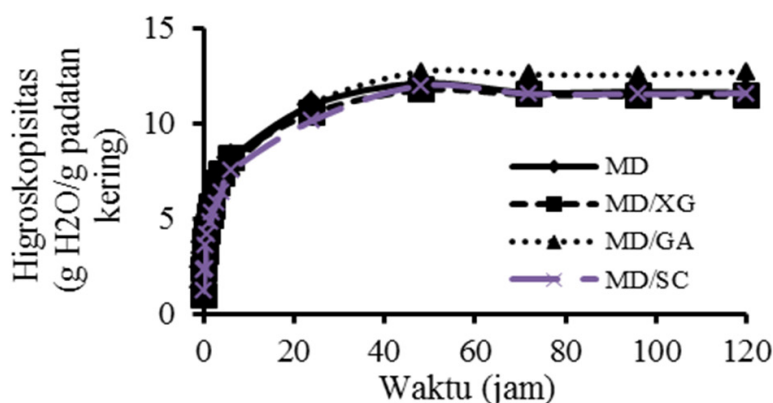
Kombinasi bahan pengapsul maltodekstrin dengan *xanthan gum*, gum arab, dan natrium kaseinat tidak berpengaruh signifikan terhadap sifat higroskopisitas enkapsulat (Gambar 6). Hasil penelitian menunjukkan penggunaan gum arab dalam campuran bahan pengapsul justru meningkatkan higroskopisitas enkapsulat, namun tidak signifikan ($p > 0,05$). Penyerapan air merupakan faktor kritis terhadap umur simpan enkapsulat karena air dapat berperan dalam proses oksidasi (Botrel *et al.* 2014).

KESIMPULAN

Kombinasi bahan pengapsul maltodekstrin dan *xanthan gum* dengan perbandingan 99,7 : 0,3% (b/b) dari total bahan pengapsul berpengaruh signifikan terhadap peningkatan efisiensi enkapsulasi MSM dibandingkan



Gambar 5. SEM enkapsulat MSM dengan bahan pengapsul maltodekstrin (a), kombinasi *maltodekstrin* dan *xanthan gum* (b), kombinasi *maltodekstrin* dan *gum arab* (c), serta kombinasi *maltodekstrin* dan *natrium kaseinat* (d), pada perbesaran 5.000 kali



Keterangan: Jenis bahan pengapsul maltodekstrin (MD), kombinasi *maltodekstrin* dan *xanthan gum* (MD/XG), kombinasi *maltodekstrin* dan *gum arab* (MD/GA), serta kombinasi *maltodekstrin* dan *natrium kaseinat* (MD/SC). Huruf kecil yang berbeda menunjukkan perbedaan yang signifikan ($p < 0,05$) antarperlakuan

Gambar 6 Higroskopisitas enkapsulat MSM yang disiapkan dengan bahan pengapsul

dengan bahan pengapsul maltodekstrin saja. Sebaliknya, kombinasi bahan pengapsul maltodekstrin dan gum arab (MD/GA) serta kombinasi maltodekstrin dan natrium kaseinat (MD/SC) berpengaruh signifikan terhadap penurunan efisiensi enkapsulasi MSM dibandingkan dengan kombinasi bahan pengapsul maltodekstrin saja.

Bahan pengapsul yang secara signifikan dapat melindungi senyawa β -karoten dalam enkapsulat MSM adalah campuran maltodekstrin dan *xanthan gum* dengan perbandingan 99,7 : 0,3 % (b/b) dari total bahan pengapsul. Kombinasi tersebut menghasilkan enkapsulat dengan kandungan β -karoten 3.132,26 mg/kg, retensi β -karoten 72,65%, efisiensi enkapsulasi 72,05%, jumlah minyak tidak terkapsul 1,03% dan retensi minyak 92,40%.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih disampaikan kepada otoritas Laboratorium Departemen Ilmu dan Teknologi Pangan IPB, dan SEAFast CENTER IPB yang telah memberikan fasilitas penelitian. Ucapan terima kasih disampaikan juga kepada Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian, Kementerian Pertanian, atas bantuan beasiswa pendidikan program Doktor tahun 2010-2014. Terima kasih juga disampaikan kepada Kepala Balai Pengkajian Teknologi Pertanian (BPTP) Bengkulu yang telah memberikan kesempatan untuk mengikuti pendidikan program Doktor.

DAFTAR PUSTAKA

Ahmed K, Li Y, McClements DJ, Xiao, H. 2012. Nanoemulsion and emulsion based delivery systems for curcumin: Encapsulation and release properties. *Food Chem.* 132:799–807. doi:10.1016/j.foodchem.2011.11.039

[AOAC]. 2007. Official Method of Analysis. Association of Official Analytical Chemistry Washington D.C.

Bae E.K, Lee SJ. 2008. Microencapsulation of avocado oil by spray drying using whey protein and maltodextrin. *J. Microencapsulation* 25(8): 549–560. doi: 10.1080/02652040802075682

Botrel DA, Fernandes RVD, Borges SV, Yoshida MI. 2014. Influence of wall matrix systems on the properties of spray-dried microparticles containing fish oil. *Food Res. Int.* 62: 344–352. doi: 10.1016/j.foodres.2014.02.003

Cai YZ, Corke H. 2000. Production and properties of spray-dried *Amaranthus* betacyanin pigments. *J. Food Sci.* 65: 1248-1252.

Cano-Chauca M, Stringheta PC, Ramos AM, Cal-Vidal J. 2005. Effect of the carriers on the microstructure of mango powder obtained by spray drying and its functional characterization. *Innovative Food Sci. Emerg. Technol.* 6: 420-428. doi:10.1016/j.ifset.2005.05.003

Carneiro HCF, Tonon RV, Grosso CRF, Hubinger MD. 2013. Encapsulation efficiency and oxidative stability of flaxseed oil microencapsulated by spray drying using different combinations of wall materials. *J. Food Eng.* 115: 443–451. doi:10.1016/j.jfoodeng.2012.03.033

Dauqan E, Sani HA, Abdullah A, Muhammad H, Top AGM. 2011. Vitamin E and β -carotene composition in four different vegetable oils. *Am. J. Appl. Sci.* 8: 407-412.

Desai KGH, Park, HJ. 2005. Recent Developments in Microencapsulation of Food Ingredients. *Drying Technol.* 23: 1361–1394. doi: 10.1081/DRT-200063478

de Vos P, Faas M, Spasojevic M, Sikkema J. 2010. Encapsulation for preservation of functionality and targeted delivery of bioactive food components. *Int. Dairy J.* 20:292–302.

- deVries JW, Silvera KR. 2002. Determination of vitamins A (Retinol) and E (alpha-Tocopherol) in foods by liquid chromatography: Collaborative study. *J. AOAC Int.* 85: 424-434.
- Dian NLHM, Sudin N, Yusoff MSA. 1996. Characteristics of microencapsulated palm-based oil as affected by type of wall material. *J Sci Food Agric.* 70: 422-426.
- Donhowe EG, Flores FP, Kerr WL, Wicker L, Kong F. 2014. Characterization and in vitro bioavailability of b-carotene: Effects of microencapsulation method and food matrix. *Food Sci. and Technol.* 57: 42-48. doi: 10.1016/j.lwt.2013.12.037
- Fasikhathun T. 2010. Pengaruh konsentrasi maltodekstrin dan gum arab terhadap karakteritik mikroenkapsulat minyak sawit merah dengan metode spray drying [skripsi]. Bogor : Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor.
- Fernandez-Garcia E, Carvajal-Lerida I, Jaren-Galan M, Garrido-Fernandez J, Perez-Galvez A, Hornero-Mendez D. 2012. Carotenoids bioavailability from foods: From plant pigments to efficient biological activities. *Food Res. Int.* 46: 438–450. doi:10.1016/j.foodres.2011.06.007
- Folch J, Lees M, Sloane-Stanley GH. 1957. A simple method for the isolation and purification of total lipids from animal tissues. *J Biol Chem.* 226: 497-509.
- Fuchs M, Turchiuli C, Bohin M, Cuvelier ME, Ordonnaud C, Peyrat-Maillard MN, Dumoulin E. 2006. Encapsulation of oil in powder using spray drying and fluidized bed agglomeration. *J. Food Eng.* 75: 27–35. doi:10.1016/j.jfoodeng.2005.03.047
- Gharsallaoui A, Roudaut G, Chambin O, Voilley A, Saurel R. 2007. Applications of spray-drying in microencapsulation of food ingredients: An overview. *Food Res. Int.* 40: 1107–1121. doi:10.1016/j.foodres.2007.07.004
- Jafari SM, Assadpoor E, He Y, Bhandari B. 2008. Encapsulation efficiency of food flavours and oils during spray drying. *Drying Technol.* 26: 816–835. doi: 10.1080/07373930802135972
- Kaushik P, Dowling K, Barrow CJ, Adhikari B. 2014. Microencapsulation of omega-3 fatty acids: A review of microencapsulation and characterization methods. *J. Func. Foods.*xx: 1–14. doi: 10.1016/j.jff.2014.06.029
- Loksuwan J. 2007. Characteristics of microencapsulated b-carotene formed by spray drying with modified tapioca starch, native tapioca starch and maltodextrin. *Food Hydrocolloids.* 21: 928–935. doi:10.1016/j.foodhyd.2006.10.011
- Madene A, Jacquot M, Scher J, Desobry S. 2006. Review Flavour encapsulation and controlled release – a review. *Int. J. Food Sci. and Technol.* 41: 1–21.
- Manorama R, Brahman GNV, Rukmini C. 1996. Red palm oil as a source of β -carotene for combating vitamin A deficiency. *Plant Food for Human Nutrition.* 49: 75-82. <http://www.cansa.org.za/files/2011/04/Manorama-et-al-carotenes.pdf>. [diunduh Tgl. 16 Januari 2012].
- Mao L, Xu D, Yang J, Yuan F, Gao Y, Zhao J. 2009. Effects of small and large molecule emulsifiers on the characteristics of b-carotene nanoemulsions prepared by high pressure homogenization. *Food Technol. Biotechnol.* 47(3): 336-342. <http://www.ftb.com.hr/47/47-336.pdf>. [diunduh Tgl. 9 Maret 2012].
- Qian C, Decker EA, Xiao H, McClements DJ. 2012. Physical and chemical stability of β -carotene-enriched nanoemulsions: influence of pH, ionic strength, temperature, and emulsifier type. *J. Food Chem.* 132: 1221-1229. doi:10.1016/j.foodchem.2011.11.091.
- Shahidi F, Han X. 1993. Encapsulation of Food ingredients. *Critical Reviews in Food Sci. and Nutr.* 33: 501-547. doi: 10.1080/10408399309527645
- Simanjuntak M. 2007. Optimasi formula mikroenkapsulat minyak sawit merah menggunakan maltodekstrin, gelatin, dan caroxymethyl cellulose dengan proses thin layer drying [skripsi]. Bogor : Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor.
- Tan LH, Chan LW, Heng PWS. 2005. Effect of oil loading on microspheres produced by spray drying. *J. Microencapsulation* 22(3): 253–259. doi: 10.1080/02652040500100329
- Yuan Y, Gao Y, Zhao J, Mao L. 2008. Characterization and stability evaluation of β -carotene nanoemulsions prepared by high pressure homogenization under various emulsifying conditions. *J. Food Res.* 41: 61–68. doi:10.1016/j.foodres.2007.09.006.
- Yudha KB. 2008. Optimasi formula mikroenkapsulat minyak sawit merah menggunakan pectin, gelatin, dan maltodekstrin melalui proses thin layer drying [skripsi]. Bogor : Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor.
- Yuliani S, Desmawarni, Harimurti N, Yuliani SS. 2007. Pengaruh laju alir umpan dan suhu inlet spray drying pada karakteristik mikrokapsul oleoresin jahe. *J. Pascapanen* 4, 18-26.
- Yuliasari S, Fardiaz D, Andarwulan N, Yuliani S. 2014. Karakteristik nanoemulsi minyak sawit merah diperkaya β -karoten. *J. Littri.* 20 (3): 111-121.