

Penelitian/Research

STUDI MIKROENKAPSULASI OLEORESIN LADA MENGGUNAKAN PENGERING SEMPROT

A Study on Microencapsulation of Pepper Oleoresin by Using Spray Drying

Agus Sudiby, Endah Djubaedah, Suprpto dan Nasyirudin

Balai Penelitian Kemurgi dan Aneka Industri

Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Industri Hasil Pertanian (BBIHP)

Jl. Ir. H. Juanda No. 11, Bogor - 16122

Abstract : Microencapsulation of pepper oleoresin was conducted by using spray dryer in which gelatin, Tween 80, Sodium alginat and dextrin were the wall material and pepper oleoresin and lecithin were the core material. The influence of solids concentration and drying condition on the product of microencapsulation and the retention of piperine and volatile oil were evaluated. It was found that higher solid concentration will increase the retention of the piperine and volatile oil. Drying temperature, however, may decrease the content of piperine and volatile oil in the product microencapsulated.

PENDAHULUAN

Oleoresin dari berbagai rempah-rempah kini telah banyak dipasarkan secara komersial. Oleoresin diperoleh dengan cara ekstraksi menggunakan pelarut organik seperti etanol, aseton atau dikloroetan (PURSEGLOVE *et al*, 1981), kemudian pelarut dipisahkan dari ekstrak dengan cara penguapan.

Dalam perdagangan lada, Indonesia dikenal sebagai salah satu negara produsen lada terbesar di dunia. Komoditas lada ini terkenal pula dalam industri pangan dan pewangian karena bisa diolah menjadi oleoresin ataupun diolah lebih lanjut menjadi produk oleoresin yang terlapis kapsul dengan cara mikroenkapsulasi.

Mikroenkapsulasi adalah suatu cara atau teknik dimana cairan atau partikel padat ditutup dan dikemas dengan bahan lapisan tipis yang bertindak sebagai pelindung. Bahan inti yang berupa partikel padat atau cair tersebut dijerat dalam dalam senyawa lapisan polimer yang berfungsi sebagai dinding pembungkus (DZIEZAK, 1988 ; JACKSON dan LEE, 1991 ; SHAHIDI dan HAN, 1993).

Bahan (dinding) pembungkus ini didesain untuk melindungi bahan inti dari faktor-faktor yang bisa menyebabkan kerusakan terhadapnya (ROSENBERG *et al*, 1990) atau sistem bahan pembungkus tersebut untuk melindungi bahan inti dari adanya kerusakan, mengurangi sesedikit mungkin penguapan bahan yang

mudah menguap, dan membebaskan bahan inti pada kondisi yang terkendali (SHAHIDI dan HAN, 1993).

Lemak dan minyak, senyawa-senyawa yang berbau (aroma) dan oleoresin, vitamin, mineral, bahan pewarna (pigments) dan beberapa jenis enzim telah banyak dibuat mikroenkapsulasi (DZIEZAK, 1988; REINECCIUS, 1988 ; VERSIC, 1988). Prosesnya cukup ekonomis, fleksibel dan menggunakan peralatan siap pakai serta menghasilkan suatu butiran atau partikel dengan mutu yang baik (HEATH dan REINECCIUS, 1986).

Secara fungsional, profil bahan pembungkus dalam pengering semprot (spray dryer) harus mencakup kriteria : (a) mempunyai kemampuan kelarutan yang tinggi dan efektif sebagai pembentuk emulsi ; (b) mempunyai kemampuan membentuk lapisan tipis, dan (c) memiliki sifat kemampuan pengeringan yang efisien. Disamping itu, bahan pembungkus ini dalam bentuk larutan pekat harus mempunyai kekentalan (viskositas) yang rendah (REINECCIUS, 1988).

Dekstrin telah banyak dipakai sebagai salah satu komponen bahan pangan dalam mikroenkapsulasi (KENYON dan ANDERSON, 1988 ; SHAHIDI dan HAN, 1993). Sedangkan maltodekstrin jika digunakan dalam mikroenkapsulasi lalu dikeringkan, akan menunjukkan manifestasi diri sifat matriks bahan pembungkus di dalam sistem dinding pembungkusnya (KENYON dan ANDERSON, 1988). Kestabilan tetesan emulsi bahan inti pada larutan bahan pembungkus

merupakan hal yang kritis dalam mikroenkapsulasi (RISCH dan REINECCIUS, 1988).

Oleoresin mengandung fixed oil dan minyak atsiri atau essential oil. Pada penyimpanan suhu kamar pun, minyak atsiri dapat mengalami penguapan yang berakibat aromanya menjadi berkurang, sehingga oleoresin tersebut perlu ditangani lebih lanjut. Dengan demikian, Indonesia yang merupakan salah satu negara produsen lada terbesar perlu mengembangkan produksi oleoresin lada menjadi mikroenkapsulasi oleoresin menggunakan pengering semprot. Dengan merubah oleoresin menjadi mikroenkapsulasi oleoresin, diharapkan aroma dari oleoresin dapat dilindungi dari pengaruh luar dan dipertahankan kegunaannya.

Tujuan dari penelitian ini adalah mempelajari proses mikroenkapsulasi oleoresin lada menggunakan pengering semprot dan mencari formula yang baik untuk menghasilkan mikroenkapsul oleoresin lada.

BAHAN DAN METODE

Bahan

Bahan baku yang digunakan dalam penelitian ini adalah oleoresin lada. Oleoresin lada berasal dari biji lada segar yang sudah dijemur di udara terbuka sampai kadar airnya 10 % dan dibersihkan kotorannya, kemudian dihaluskan (diblender) sampai ukuran 60

mesh. Selanjutnya dilakukan ekstraksi oleoresin lada dengan cara perkolasi menggunakan pelarut organik etanol 95 %. Oleoresin yang diperoleh dipekatkan dengan alat rotary vakum evaporator pada suhu 40°C.

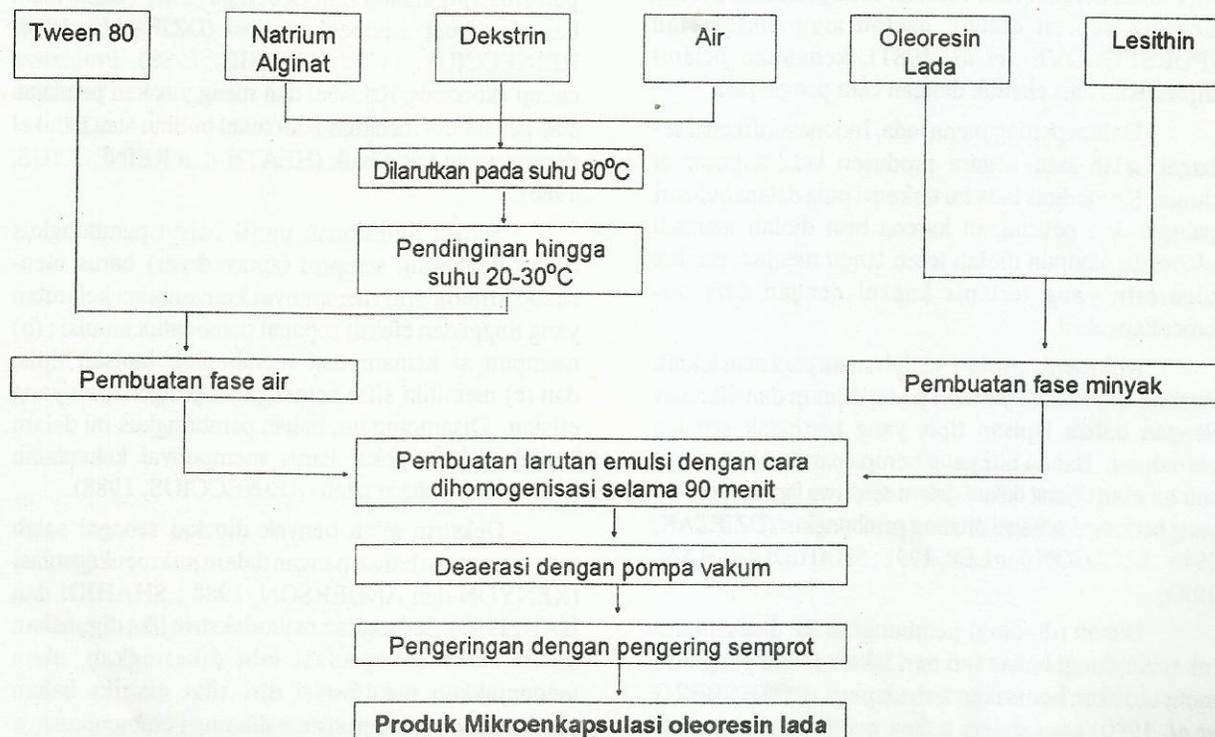
Biji lada yang dipakai berasal dari kebun percobaan Balai Penelitian Tanaman Rempah dan Obat (BALITTRO) di daerah Sukabumi, sedang pembuatan oleoresin dilakukan di laboratorium Balai Penelitian Kemurgi dan Aneka Industri, Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Industri Hasil Pertanian, Bogor.

Bahan pembungkus atau pembentuk dinding yang digunakan untuk mikroenkapsulasi adalah dekstrin, gelatin, Tween 80 dan natrium alginat; sedangkan bahan intinya adalah oleoresin lada yang dicampur dengan lesitin sebagai bahan pengemulsi. Bahan pembungkus dan pengemulsi diperoleh dari toko bahan kimia PT Setia Guna, Bogor.

Penelitian proses pembuatan mikroenkapsulasi oleoresin lada menggunakan pengering semprot dilakukan di laboratorium Puslitbang Kimia Terapan, Pusat Penelitian Ilmu dan Teknologi (PUSPITEK) LIPI, Serpong, Tangerang.

Metode Penelitian

Pembuatan mikroenkapsulasi oleoresin lada dilakukan dengan menggunakan metode yang dilaporkan oleh BEATUS *et al* (1985) dengan sedikit modifikasi, seperti dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar1. Metode pembuatan mikroenkapsulasi oleoresin lada cara BEATUS *et al* (1985) yang dimodifikasi

Dalam proses pembuatan mikroenkapsulasi terlebih dahulu dibuat fase minyak atau bahan intinya, yaitu dengan mencampur oleoresin dan lesitin dalam pelarut alkohol sebanyak 50 ml. Kemudian dibuat fase air atau bahan pembungkusnya, yaitu dengan melarutkan dekstrin dan natrium alginat dalam 500 ml air yang bersuhu sekitar 80°C. Lalu didinginkan hingga suhu mencapai sekitar 20 - 30°C. Setelah itu, tambahkan bahan Tween 80 ke dalam larutan tersebut. Selanjutnya dibuat larutan emulsi dengan cara menghomogenisasikan larutan oleoresin yang berisi emulsifier lesitin ke dalam larutan pelapis berisi emulsifier (dekstrin, natrium alginat dan tween 80) yang larut dalam air. Larutan ini lalu ditambah air hingga volumenya mencapai satu liter dan dihomogenisasi dengan alat homogeniser pada kecepatan 2.000 rpm per 10 menit selama 90 menit sampai diperoleh larutan emulsi yang homogen.

Larutan emulsi yang terbentuk dideaerasi dengan menggunakan pompa vakum dan akhirnya dikeringkan (diatomisasi) dengan pengering semprot, pada kondisi pengeringan sebagai berikut : tekanan atomisasi 6 atmosfer, suhu udara masuk (inlet) 130 - 135°C, suhu udara ke luar (outlet) 70 - 80°C, dan suhu umpan lebih kurang 25°C.

Pada penelitian ini, konsentrasi total padatan yang digunakan adalah 15 persen atas dasar bahan kering (dry basis). Artinya total padatan yang terdiri dari bahan inti dan bahan pelapis /pembungkus sebanyak 150 gram untuk satu liter larutan. Alasan dipilihnya konsentrasi total padatan sebesar 15 % ini, karena berdasarkan percobaan pendahuluan bila digunakan lebih besar dari 15 % akan mengganggu proses atomisasi mikroenkapsulasi di dalam pengeringan semprot.

Perlakuan pada penelitian dilakukan untuk menentukan formulasi bahan inti dan bahan pelapis (pembungkus) yang digunakan, khususnya konsentrasi kandungan oleoresin dan dekstrin. Formulasi bahan inti oleoresin dan bahan pelapis dekstrin disajikan pada Tabel 1. Ulangan percobaan dilakukan sebanyak lima kali.

Tabel 1. Formulasi yang diterapkan pada penelitian

Formulasi	Bahan Inti (%)		Bahan Pelapis (%)			
	Oleoresin	Lesitin	Gelatin	Tween 80	Na. Alginat	Dekstrin
I	14,5	0,5	8,5	2,8	0,7	71,0
II	12,0	0,5	8,5	2,8	0,7	75,0
III	9,5	0,5	8,5	2,8	0,7	78,0

Metode Analisis

Bobot produk mikroenkapsulasi oleoresin lada yang diperoleh ditimbang dengan alat penimbang Sartorius. Penetapan kadar air ditentukan dengan cara

pemanasan dengan menggunakan oven (AOAC, 1984), kadar piperin dengan metode Spektrometri (DEPARTEMEN PERDAGANGAN, 1986) dan kadar minyak atsiri dengan metode LANGENAU (1948).

HASIL DAN PEMBAHASAN

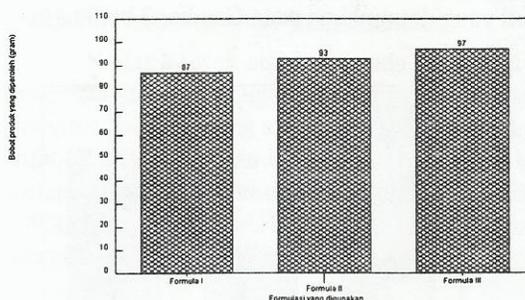
Hasil Analisis Kadar Piperin Bahan Oleoresin Lada

Bahan inti atau "core material" oleoresin lada yang akan digunakan, dianalisis terlebih dahulu kadar piperinnya. Hasil analisis kadar piperin oleoresin lada yang akan dipakai sebagai bahan inti untuk proses mikroenkapsulasi (rata-rata dari lima kali ulangan) adalah 4,76 %. Senyawa piperin ini memberikan rasa pedas pada lada dan merupakan suatu alkaloid dengan rumus molekul C₁₉H₂₁NO₃ (GUENTHER, 1952).

Hasil Mikroenkapsulasi Oleoresin Lada

Bobot Produk yang dihasilkan

Penentuan formula perbandingan antara oleoresin dan bahan pelindung/pembungkus dekstrin menghasilkan produk hasil mikroenkapsulasi yang bobotnya disajikan pada Gambar 2.



Gambar 2. Bobot produk hasil mikroenkapsulasi yang diperoleh dari tiga formulasi yang dicobakan.

Dari Gambar 2 tersebut dapat dilihat bahwa ditinjau berdasarkan bobot produk mikroenkapsulasi yang dihasilkan dari setiap 150 gram total bahan padatan, formula III menghasilkan bobot produk hasil mikroenkapsulasi sebanyak 97 gram, formula II sebanyak 93 gram dan formula I sebanyak 87 gram. Dengan demikian bobot produk hasil mikroenkapsulasi tertinggi diperoleh dari formula III, sedangkan terendah diperoleh dari formula I.

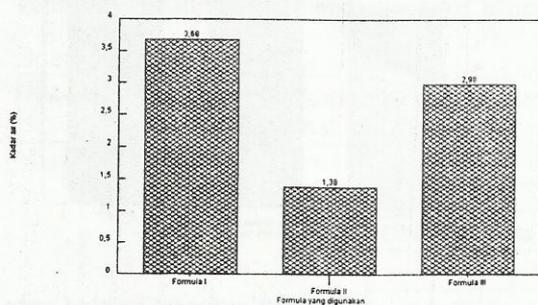
Adanya perbedaan bobot produk hasil mikroenkapsulasi tersebut disebabkan karena sebagian bahan padat yang dipakai, baik bahan inti (oleoresin dan lesitin) dan bahan pelapis/pembungkus (dekstrin, natrium alginat, gelatin dan tween 80) tertinggal pada alat pengering semprot yang digunakan. Ternyata ter-

lihat bahwa makin tinggi konsentrasi oleoresin yang dipakai (formula I) semakin rendah bobot produk hasil mikroenkapsulasi yang diperoleh, sebaliknya dengan konsentrasi penggunaan oleoresin yang semakin rendah pada formula II dan III akan diperoleh produk hasil mikroenkapsulasi yang semakin tinggi. Hal ini disebabkan karena oleoresin mempunyai sifat lengket, sehingga sewaktu diproses/dikeringkan di dalam spengering semprot untuk pembuatan mikroenkapsulasinya, sebagian akan mengikat bahan lainnya dan menempel pada dinding pengering. Akibatnya bobot produk bahan padat hasil mikroenkapsulasi akan menjadi berkurang.

Fenomena ini bisa diamati dengan jelas pada setiap kali percobaan pembuatan mikroenkapsulasi oleoresin lada menggunakan alat pengering semprot atau pengering semprot tersebut. Akibatnya setiap kali percobaan diperlukan pembersihan terlebih dahulu terhadap dinding dalam alat spray dryer yang digunakan.

Kadar air

Dari hasil percobaan yang dilakukan dengan lima kali ulangan, diperoleh produk hasil mikroenkapsulasi dengan kadar air sebagai berikut : 3,68 % (formula I) ; 1,38 % (formula II) dan 2,98 % (formula III) seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3 berikut ini.



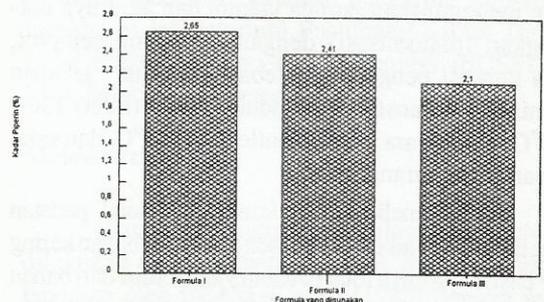
Gambar 3. Kadar air produk hasil mikroenkapsulasi yang diperoleh dari tiga formulasi yang dicobakan.

Ditinjau dari kadar airnya, produk hasil mikroenkapsulasi oleoresin lada formula I dan formula III mempunyai kadar air sekitar 3 % sudah sesuai dengan persyaratan produk yang dihasilkan untuk pengering semprot ; sedangkan produk mikroenkapsulasi oleoresin lada formula II kadar airnya agak terlalu rendah. Hal ini disebabkan karena produk mikroenkapsulasi yang baik dengan menggunakan pengering semprot sebagai alat pengeringnya, harus mempunyai kadar air sekitar 3 % (HEATH dan REINECCIUS, 1986).

Kadar piperin

Kadar sisa bahan pembentuk cita-rasa (piperin) pada produk hasil mikroenkapsulasi dipengaruhi oleh tingkat konsentrasi padatan yang masuk ke dalam alat spray drying, suhu udara pengering dan penyebaran ukuran partikel (HEATH dan REINECCIUS, 1986).

Dari hasil percobaan yang dilakukan dengan lima kali ulangan, ternyata semakin kecil konsentrasi penambahan oleoresin pada formula yang dicobakan, kadar piperin produk mikroenkapsulasi yang dihasilkan juga semakin rendah (Gambar 4). Rata-rata tertinggi kadar piperin dihasilkan dari penambahan oleoresin dengan konsentrasi 14,5 % (formula I), lalu disusul penambahan oleoresin dengan konsentrasi 12 % (formula II), dan terendah kadar piperinnya dihasilkan dari penambahan oleoresin dengan konsentrasi 9,5% (formula III).



Gambar 4. Kadar piperin produk hasil mikroenkapsulasi yang diperoleh dari tiga formulasi yang dicobakan

Dari Gambar 4 tersebut dapat dilihat bahwa kadar piperin produk mikroenkapsulasi yang dihasilkan dengan konsentrasi total padatan 15 % (atas dasar bahan kering), formula I menghasilkan kadar piperin sebanyak 2,65 % ; formula II sebanyak 2,41 % dan formula III sebanyak 2,10 %.

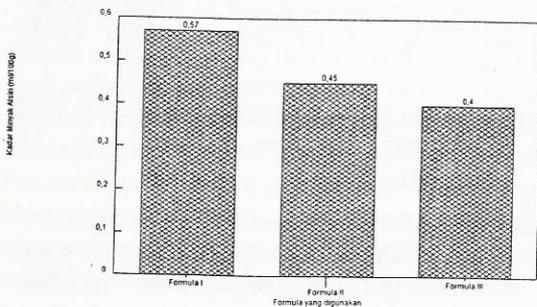
Ditinjau dari kadar piperin oleoresin awal yang dipakai sebagai bahan inti yakni 4,76 %; ternyata ketiga formula yang dicobakan dalam mikroenkapsulasi oleoresin lada tersebut mengalami penurunan kadar piperinnya berturut-turut sebanyak 44,3 % ; 49,4 % dan 55,9 %. Dengan demikian, kadar sisa piperin pada produk mikroenkapsulasi oleoresin lada yang dihasilkan berturut-turut tinggal 55,7 % ; 50,6 % dan 44,1 % dari total padatan oleoresin yang dipakai. Fenomena menurunnya kadar piperin pada produk mikroenkapsulasi ini, didukung oleh hasil penelitian REINECCIUS dan BANGS (1985) yang menyatakan bahwa kadar sisa bahan pembentuk aroma/cita-rasa (termasuk piperin) pada produk mikroenkapsulasi; dipengaruhi oleh tingkat konsentrasi total padatan awal yang dipakai. Pada tingkat konsentrasi total padatan awal 10 - 20 % hanya akan menghasilkan kadar sisa bahan pembentuk cita-rasa sebanyak 30 - 40 %.

Disamping itu, fenomena menurunnya kadar piperin pada setiap formula yang dicobakan dapat disebabkan pula oleh menguapnya kandungan oleoresin sebagai akibat adanya pemanasan (pengeringan) di pengering semprot pada suhu 130 - 135 derajat Celsius. fenomena ini diperkuat oleh hasil penelitian yang dilakukan oleh LEAHY *et al* (1983), yang menyatakan bahwa kadar sisa bahan pembentuk cita-rasa (piperin) pada oleoresin yang dibuat menjadi produk mikroenkapsulasi, dipengaruhi oleh suhu pemanasan (pengeringan) yang digunakan.

Kadar minyak atsiri

Menurut Standard the Essential Oil Association of America (PURSEGLOVE *et al*, 1981) dinyatakan bahwa kadar minyak atsiri pada oleoresin lada adalah 17 - 35 ml per 100 gram. Hasil analisis kadar minyak atsiri pada oleoresin lada sebelum diproses menjadi produk mikroenkapsulasi (rata-rata dari lima kali ulangan) adalah 18,3 ml per 100 gram.

Dari hasil percobaan yang dilakukan dengan lima kali ulangan, diperoleh produk hasil mikroenkapsulasi oleoresin lada dengan kadar minyak atsiri sebagai berikut : 0,57 % (formula I) ; 0,45 % (formula II) dan 0,40 % (formula III) seperti yang ditunjukkan pada Gambar 5 .



Gambar 5. Kadar minyak atsiri produk mikroenkapsulasi oleoresin lada yang diperoleh dari ketiga formulasi yang dicobakan.

Dari Gambar 5 tersebut dapat dilihat bahwa semakin kecil konsentrasi penambahan bahan padatan oleoresin pada formula pembuatan mikroenkapsulasi yang dicobakan, kadar minyak atsiri produk mikroenkapsulasi yang dihasilkan juga semakin rendah. Ditinjau dari kadar minyak atsiri oleoresin awal yang dipakai sebagai bahan inti yaitu 18,3 % ; ternyata ketiga formula yang dicobakan dalam percobaan mikroenkapsulasi lada ini mengalami penurunan (loss) kadar minyak atsirinya berturut-turut sebanyak 96,9 % (formula I) ; 97,5 % (formula II) dan 97,8 % (formula III).

Menurunnya kadar minyak atsiri pada produk mikroenkapsulasi oleoresin lada yang dihasilkan

dibandingkan dengan kadar minyak atsiri oleoresin lada awal, disebabkan karena minyak atsiri merupakan senyawa yang mudah menguap pada suhu di atas 40 derajat Celsius, lebih-lebih bila suhu yang dipakai untuk mikroenkapsulasi dalam pengering semprot mencapai 135 derajat Celsius. Hal ini dimungkinkan karena bahan yang mudah menguap seperti halnya minyak atsiri lada dapat terlepas atau mengalami difusi melalui pori-pori lapisan kerak produk mikroenkapsulasi yang terbentuk pada saat pengeringan, sehingga menyebabkan adanya penurunan kadar minyak atsiri pada produk mikroenkapsulasi yang dihasilkan.

Fenomena ini sesuai dengan hasil penelitian yang pernah dilakukan oleh MENTING *et al* (1970) yang menyatakan bahwa bahan yang mudah menguap seperti halnya minyak atsiri dapat terlepas melalui pori-pori lapisan kerak pada produk mikroenkapsulasi yang terbentuk selama dikeringkan. Sedangkan menurut ROSENBERG *et al* (1990) menyatakan bahwa selain melalui pori-pori lapisan kerak pada produk mikroenkapsulasi yang terbentuk, juga dipengaruhi oleh konsentrasi bahan padatan yang dipakai. Konsentrasi bahan padatan seperti oleoresin yang dipakai berpengaruh pula terhadap kekentalan (viskositas), sehingga pada gilirannya akan mempengaruhi pula terhadap kadar minyak atsiri yang hilang (loss) pada produk mikroenkapsulasi yang dihasilkan.

Kadar minyak atsiri sisa pada bahan inti hasil mikroenkapsulasi dengan menggunakan pengering semprot atau pengering semprot dipengaruhi pula oleh sifat-sifat fisik dan kimia dari bahan inti dan bahan pelapis/dinding pelindung yang digunakan (BOMBEN *et al*, 1983 ; LEAHY *et al*, 1983) serta kondisi pengeringannya (REINECCIUS, 1988).

KESIMPULAN

Perbedaan formulasi penggunaan bahan inti oleoresin lada dan bahan pelapis dekstrin pada percobaan mikroenkapsulasi oleoresin lada menggunakan spray drying berpengaruh terhadap bobot produk yang diperoleh, kadar piperin dan kadar minyak atsiri sisa pada produk mikroenkapsulasi yang dihasilkan.

Semakin kecil konsentrasi bahan inti oleoresin lada dan semakin besar konsentrasi bahan pelapis dekstrin yang digunakan dalam formulasi, menghasilkan produk mikroenkapsulasi dengan bobot produk kering yang diperoleh semakin besar dan kadar air yang relatif sama serta kadar piperin dan kadar minyak atsiri sisa yang semakin rendah.

Secara umum ketiga formula yang dicobakan pada mikroenkapsulasi oleoresin lada ini dapat menghasilkan produk mikroenkapsulasi yang baik.

Untuk penelitian ke depan perlu dipilih dan dicoba kondisi atomisasi dan kondisi pengeringan

yang tepat dalam pengering semprot guna menghasilkan produk mikroenkapsulasi dengan kadar piperin dan kadar minyak atsiri sisa yang masih tinggi.

DAFTAR PUSTAKA

- ASSOCIATION of Official Analytical Chemists (AOAC). *Official Methods of Analysis of the AOAC*, 14th ed. Arlington - Washington DC, AOAC, 1984.
- BEATUS, Y. ; RAZIEL, A.; ROSENBERG, M. and KOPELMAN, I.J. "Spray-drying microencapsulation of paprika oleoresin". *Lebensm-wiss. - Technol.*, 18, 1985 : 28 - 34.
- BOMBEN, J.L.; BRUIN, B.; THIJSSSEN, H.A.C. and MERSON, R.L. "Aroma recovery and retention in concentration and drying of foods". *Adv. Food. Res.*, 20 (1) 1973 : 2 - 111.
- DEPARTEMEN PERDAGANGAN. *Standar Perdagangan dan Standar Metoda Pengujian Oleoresin Lada Hitam*, SP-SMP-332-1984. Jakarta, Pusat Pengujian Mutu Barang departemen Perdagangan, 1986.
- DZIEZAK, J.D. "Microencapsulation and encapsulated ingredients". *Food Technol.*, 42 (4) 1988 : 136-151.
- GUENTHER, E. *The Essential Oils*, Vol. V. New York, Robert E. Kreiger, 1952.
- HEATH. H.B. and REINECCIUS, G. *Flavor Chemistry and Technology*. Westport, AVI, 1986.
- JACKSON, L.S. and LEE, K. "Microencapsulation in the food industry" *Lebensm-Wiss. Technol.*, 24, 1991 :289 - 297.
- KENYON, M.M. and ANDERSON, R.J. "Maltodextrin and low-dextrose equivalence corn syrup solids : Production and technology for the flavor industry" in *Flavor Encapsulation*, G.A. Reineccius and S.J. Risch (Ed.). Washington, Am. Chem. Soc., 1988 : 7 - 12.
- LEAHY, M.; ANANDARAMAN, M.; BANGS, W.E. and REINECCIUS, G.A. "Spray drying of foods flavors II ; A Comparison of encapsulating agents for the drying of artificial flavors". *Perfumer Flavorist.*, 8 (5) 1983 : 49 - 52, 55 - 56.
- LANGENAU, E.E. "The extraction and analysis of essential oils, synthetic and isolates" in *The Essential Oils*, Vol. I, Ed. by E. Guenther. New York, Robert E. Kreiger, 1948 : 227 - 370.
- MENTING, L.C.; HOOGSTAD, C.J. and THIJSSSEN, H.A.C. "Aroma retention during the drying of liquid of foods". *J. Food Technol.*, 5 (3) 1970 : 127 -139.
- PURSEGLOVE, J.W.; BROWN, E.G. ; GREEN, C.L. and ROBBINS, S.R.J. *Spices*, Vol. I. London, Longman, 1981.
- REINECCIUS, G.A. and BANGS, W.E. "Spray drying of food flavors III : optimum infeed concentration for the retention of the artificial flavors". *Perfumer Flavorist*, 9 (3) 1985 : 27.
- REINECCIUS, G.A. "Spray drying of food flavors" in *Flavor Encapsulation*, G.A. Reineccius and S.J. Risch (ed.). Washington, Am. Chem. Soc., 1988 : 55 - 56.
- RISCH, S.J. and REINECCIUS, G.A. "Spray dried orange oil : Effect of emulsion size on flavor retention and shelf life stability" in *Flavor Encapsulation*, G.A. Reineccius and S.J. Risch (Ed.). Washington, Am. Chem. Soc. , 1988 : 67 - 68.
- ROSENBERG, M. ; KOPELMAN, I.J. and TALMON, Y. "Factors affecting retention in spray drying microencapsulation of volatile materials". *J. Agric. Food Chem.*, 38, 1990 : 1288 - 1294.
- SHAHIDI, F. and HAN, X. "Encapsulation of food ingredients". *Crit. Rev. Food Sci.*, Nutr. 33, 1993 : 501 - 547.
- VERSIC, R.J. "Flavor encapsulation : an overview" in *Flavor Encapsulation*, G.A. Reineccius and S.J. Risch (Ed.). Washington, Am. Chem. Soc. 1988 : 1 - 6.