

산 · 학 · 연 논문

## 분무건조에 의한 유지 캡슐화의 특성

김창훈 · 노승배\* · 이문조†

(주) 희창유업 연구실, \*양산대학 식품가공제과제빵과

### Characteristics of Microencapsulated Fat and Oil by Spray Drying

Chang-Hoon Kim, Sung-Bae Roh\* and Moon-Jo Lee†

Research Laboratory, Heechang Dairy and Food Industry, Yansang 626-110, Korea

\*Dept. of Food Processing and Baking, Yansang College, Yangsan 626 800, Korea

#### 서 론

미세캡슐화(microencapsulation)는 원료물질, 유지 또는 향기 성분들을 보호하기 위해 액적(droplets)이나 고체 입자에 얇은 막을 형성시키는 기술이다(1,2). 식품산업에서 분무건조는 가장 일반적인 미세캡슐화 기술이다. 분무건조에 이용되는 캡슐재료(wall materials)의 기능은 유지나 향기성분 등의 물질을 보호하는 막의 형성능이 우수하여야 하고 전반적인 유화 액의 점도는 낮아야 한다(3-5). 분무건조에 의해 유지를 미세캡슐화 하는데 있어서는 캡슐(wall) 내에 유지(fat and oil)를 유화상태에서 균일하고 미세하게 분산시키는 것이 필요하다. 그러므로 2 μm보다 작은 대개 0.5 μm 정도의 입자로 안정된 유화를 시키는 것이 필수적이다(6-8). 또한 분무건조에 의한 미세캡슐화의 효율성은 사용된 캡슐재료(wall material)의 형태에 의존하기 때문에 이것은 건조전의 유화 안정성과 건조후의 물리적 안전성 및 저장수명에 영향을 미친다(6). 또한 미세캡슐화에 쓰인 캡슐재료는 용해성, 유화, 막의 형성 및 건조 특성에 영향을 미친다. 따라서 유지를 미세캡슐화하여 분말 유지 식품으로 하는데 쓰이는 캡슐재료(wall materials)는 제한되어 있으며, 주로 천연 검, 탄수화물, 젤라틴 및 몇 가지 단백질을 이용하고 있다(9-12). Horn(13), Beatus(14)과 Sankarikutty 등(15)은 말토덱스트린과 아라빅검이 미세캡슐화 된 향 오일의 보호능이 우수한 것으로 보고 하였으나 이들 미세 캡슐에는 유지가 아주 적게 함유되어 있었다. 이보다 유지 함량이 높은 미세캡슐화에 있어서는 카제인 나트륨(sodium caseinate), 농축유청단백(WPC), 분리유청단백(WPI) 그리고 가수분해한 대두단백 등의 단백질들이 효과적인 캡슐재료(wall materials)이며 이들은 탄수화물(검류, 셀룰로오스, dextrin) 및

안정제 등과 조합되어 사용되고, 캡슐화의 정도는 유지의 물리적 성질에 달렸다(16-17). 가공식품에 사용되고 있는 유지는 일반적으로 사라다유, 튀김유 등의 액체유와 마아가린, 쇼트닝 등 용점이 40°C 정도의 고체지방이 있다. 이러한 유지의 성상은 식품에 있어서의 배합량의 한계와 배합방법에 있어 어려운 점이 많다(18). 또한 유지가 갖고 있는 물리, 화학적 특성상 산화되기가 쉽다. 따라서 유지에 대한 캡슐에 의한 분말화(microencapsulation)가 요구되고 있으며, 분말화 된 유지는 지질의 자동산화 억제, 지질의 안정성이 높아짐에 따른 활용도가 증대, 지질에 용해되어 있는 향기성분의 유지 및 방출의 조절, 지용성 고미성분의 masking 및 MCTs(Triglycerides of fatty acids of medium chain length)같은 분말화 지방은 지용성 생리활성물질을 입에서 소장까지 운반하는 역할을 하는 효과가 있다(19). 따라서 여기서는 분무건조(spray drying)에 의한 유지의 캡슐화(microencapsulation)에 대한 소재(wall material)를 중심으로 최근 동향을 살펴보고자 한다.

#### 분무건조에 의한 유지의 캡슐화(microencapsulation) 방법

일반적으로 가장 많이 쓰이는 방법은 분무건조기(spray dryer)를 이용하는 방법(6,20-23)으로 캡슐 소재 용액에 유지를 수중 유적형(o/w형)으로 조제하여 분무건조에 의해 만들어지며, 이때 사용되는 캡슐 소재로는 casein, gelatin, dextrin, whey protein 등이 사용되며 제조 공정 및 건조조건은 Fig. 1 및 Table 1과 같다. 분무 건조된 분말유지의 경우 입자표면에는 유지가 없고 단백질과 탄수화물과 같은 캡슐재료(wall materials)로 미세캡슐화되어 있는 것이 큰 특징이다.

†Corresponding author. E-mail: lmj317@chollian.net  
Phone: 055-385-3427. Fax: 055-384-7801

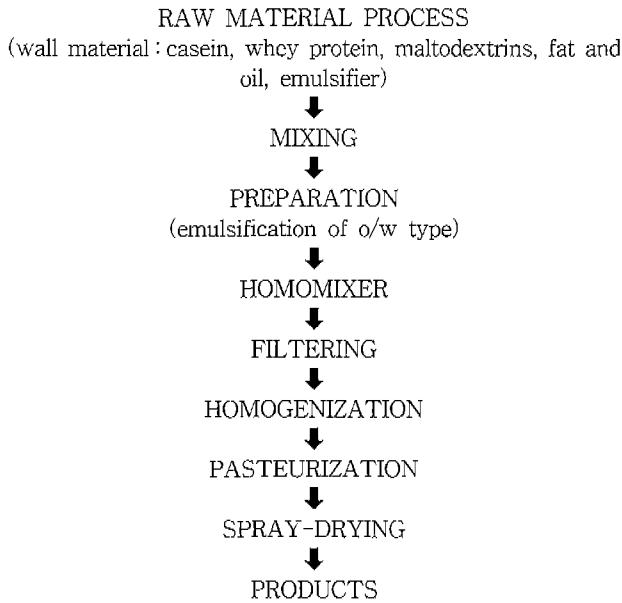


Fig. 1. Flow sheet for production of microencapsulated fat and oil.

### 분말유지의 미세캡슐화 특징

미세캡슐화는 향기 물질에 휘발 방지와 분말제품에 있어 흐름성을 개선하는 등 식품산업에 있어 중요한 공정이다(21). 이 중 유화된 유지 분말은 단백질이나 탄수화물과 같은 캡슐 재료를 이용하여 유지를 캡슐화 한 뒤 분무건조에 의해 생산되고 있으며 일본의 경우에 있어 분말유지의 종류는 Table 2와 같다(18). 이러한 분말유지의 제조에 있어 캡슐 재료(wall material)는 가장 중요하다. 현재까지는 일반적으로 분무건조에 이용되는 유지의 캡슐 재료로는 sodium caseinate, whey protein concentrates(WPC), whey protein isolates(WPI) 등의 유단백질, starch, gelatin, gum arabic과 maltodextrins 등의 탄수화물이 사용되고 있다(1,6,22-25). 또한 유지 종류와 함량 및 캡슐 소제와 함량에 따라 유지 분말의 캡슐화 정도가 달라진다.

Chin-cheng Lim 등(26)이 squid oil을 Table 3의 조성으로 제조하여 분무 건조한 유지 분말화 캡슐화 정도를 조사한 것을 살펴보면, 보다 견고하게 캡슐화 된 유지분말은 산화에 의한 유지 산패가 억제될 뿐 아니라 저장수명이

Table 2. The type of microencapsulated fat and oil by spray drying

	Composition	Drying method	Type	Fat and Oil content
SD fat&oil powders	Fat and oil emulsifier proteins carbohydrates	Spray-drying	High fat Whipping powders Cream powders	70~80% 50~70% 5~35%

Table 3. Formulations for preparing squid oil microcapsules

Code	Component (g)				
	Oil	Gelation	Caseinate	Malto dextrin	Lecithin + Avicel
GM	30	30		30	
CM	30		30	30	
GCM	30	20	20	20	
GCM20	20	20	20	20	
AGCM	30 <sup>1)</sup>	20	20	20	4+1

<sup>1)</sup>Molecular distilled oil was replaced by alumina-purified oil.

길어진다. 즉 캡슐화 재료인 단백질, 탄수화물이 유지를 견고하게 캡슐화 함으로써 보존성은 좋은 것으로 나타났다. 이 연구에서 캡슐화 재료(wall material)에 따른 유지의 캡슐화 능력을 보면 캡슐화 재료인 gelatin(GM)은 caseinate(CM)보다 유지의 캡슐화가 더 좋은 것으로 나타났다. 그러나 GM의 경우 유지의 캡슐화율은 낮은 것으로 나타났다. 반면에 caseinate와 gelatin을 함께 캡슐화 재료로 사용하였을 경우에는 캡슐화 된 유지의 양이 증가하였다(GCM과 GCM 20). 또한 유지함량이 적은 GCM 20은 유지함량이 많은 GCM보다 유지의 캡슐화 능력이 더 좋은 것으로 나타났다(Table 4). 이는 캡슐화 재료(wall material)를 같은 양을 사용하여도 유지 함량이 적은 경우가 미세 캡슐화 하는데 있어 더 용이하다는 것을 가르킨다. 그리고 Fig 2는 서로 다른 조성으로 제조된 미세캡슐의 표면구조와 내부구조를 SEM(scanning electron micrographs)으로 관찰한 것으로 CM의 경우(A,B) 표면에 균열이 넓게 나타났다. 반면에 GCM(C,D)과 GCML(E,F)에 의해 형성된 미세 캡슐의 표면 구조는 부드러우며 함물이나 균열과 같은 것은 없는 것으로 나타났다. 또한 두 미세 캡슐의 바깥모양과 입자크기는 비슷하지만(Fig.

Table 1. Condition of spray drying for microencapsulated fat and oil

	Conditions of spray drying				
	A	B	C	D	E
Product feed temperature	50~55	-		50	50
Nozzle speed	33,000~37,000	-	50,000	50,000	30,000
Inlet temperature	120	180	160	105~210	200
Outlet temperature	80~84	113	80	50~95	100
Feed rate (mL/min)		15			50

Table 4. Oil content of microcapsule and encapsulating efficiency

Code	Oil content (mg/g)		Encapsulating <sup>1)</sup> efficiency
	Encapsulated	Unencapsulated	
GM	127.5	63.8	38.25
CM	94.8	37.4	28.44
GCM	238.9	30.4	71.76
GCM20	251.3	25.1	75.39
GCML	304.2	9.7	91.26

<sup>1)</sup>Encapsulated oil/original oil content in the formulation (Table 3).

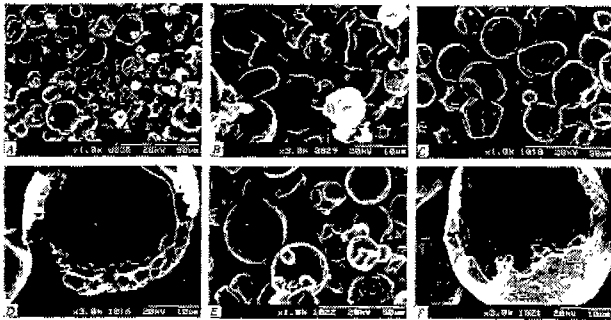


Fig. 2 Scanning electron micrographs of squid oil microcapsules of different formulations : (A,B) CM ; (C,D) GCM ; (E,F) GCML.

2(C)와 (E)) 캡슐 구조는 달랐다. 그리고 GCML에 의한 미세캡슐은 캡슐 층이 압축된 구를 보였지만(Fig. 2, (F1)), GCM의 경우에 있어서는 미세 캡슐 층에 미세한 구멍의 구조가 관찰되었다(Fig 2, D). 이는 분무건조 전과 그 기간의 유화상태가 미세캡슐 구조에 영향을 주었을 것이다. 그러나 유화제나 안정제가 미세캡슐화에 있어 틈이 형성되는 것을 감소 시켰을 것으로 생각된다.

한편 Young 등(22)은 whey protein을 사용한 유지방의 미세캡슐화의 연구에서는 미세캡슐화의 첫 단계는 캡슐화 재료(wall material)의 용액이 미세하고 안정된 유화를 형성함으로써 캡슐의 내부 물질이 안정화된다. Fig. 3은 캡슐화 재료인 분리유청단백(WPI)와 농축유청단백(WPC)의 농도를 달리 사용하여 유지방과 함께 유화시킨 후 분말 유지방(AMF)의 입도 분포를 나타낸 것으로 이들 유화액에서의 AMF의 평균 입도는 모두 0.3~0.6 μm 범위를 나타내었다. 따라서 여기서는 캡슐화의 재료, 농도 및 AMF의 양이 유화액의 입도에 영향을 미치지 않는 것으로 나타났다(Fig. 3). 그러나 유화액의 점도는 분무건조 및 입도 크기에 영향을 준다. 높은 점도는 분무를 어렵게 하고 크고 긴 액적(droplets)은 건조율에 영향을 미친다(27-28). 한편 유지방 분말의 제조에 따른 유지방 캡슐화의 수율을 Table 5에 나타내었는데 여기서는 모든 구에서 캡슐화 재료의 농도와 유지방 함량에 관계없이 90% 이상의 수율을

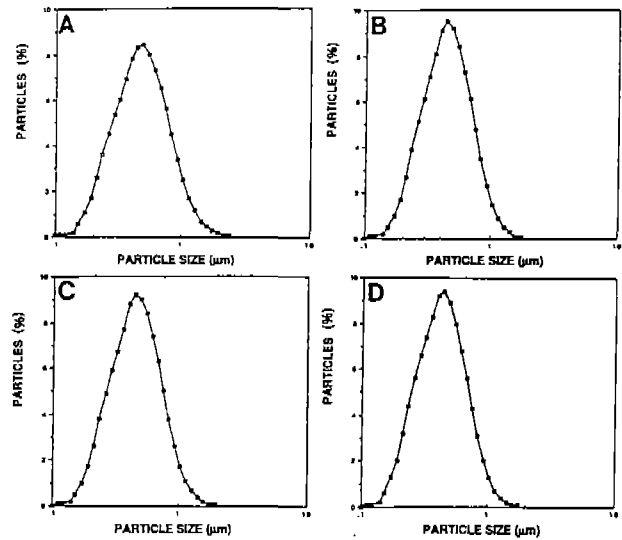


Fig. 3 Representative spectra of particle size distribution of emulsions consisting of 25 or 50% (wt/wt) anhydrous milk fat (for A and for B and D, respectively) emulsified in different wall solutions.

A and B) 10 and (wt/wt) whey protein isolate, respectively ; C and D) 10 and 20% (wt/wt) whey protein concentrate (50% protein), respectively.

Table 5. Effects of wall material type, wall solution concentration, and anhydrous milk fat load on microencapsulation yield (%)

Wall system	Microencapsulation yield <sup>1)</sup>		
	25% fat <sup>2)</sup>	50% fat	75% fat
10% <sup>3)</sup> WPC50 <sup>4)</sup>	96.1 <sup>7)</sup>	98.7 <sup>a</sup>	98.4 <sup>a</sup>
20% WPC50	96.8 <sup>ab</sup>	91.3 <sup>c</sup>	97.5 <sup>a</sup>
30% WPC50	96.6 <sup>ab</sup>	97.4 <sup>ab</sup>	
10% WPC75 <sup>3)</sup>	97.3 <sup>ab</sup>	98.6 <sup>ab</sup>	97.4 <sup>a</sup>
20% WPC75	96.5 <sup>ab</sup>	98.95 <sup>a</sup>	97.3 <sup>a</sup>
30% WPC75	99.6 <sup>a</sup>	98.3 <sup>ab</sup>	96.8 <sup>a</sup>
10% WPI <sup>5)</sup>	92.5 <sup>c</sup>	97.3 <sup>ab</sup>	95.6 <sup>a</sup>
20% WPI	99.0 <sup>ab</sup>	95.1 <sup>b</sup>	95.6 <sup>a</sup>
30% WPI	99.2 <sup>ab</sup>	96.8 <sup>ab</sup>	
SEM	.97	1.12	1.12

<sup>1)</sup>The ratio (percentage) of microencapsulated fat load to the fat load in the emulsion.

<sup>2)</sup>Percentage (wt/wt) of wall solids. Each data point represents the mean of observations on four preparations.

<sup>3)</sup>Percentage (wt/wt) of wall solids in wall solution.

<sup>4)</sup>Whey protein concentrate with 50% protein.

<sup>5)</sup>Whey protein concentrate with 75% protein.

<sup>6)</sup>Whey protein isolate.

<sup>7)</sup>Means in the same column with like letters are not significantly different ( $p > 0.05$ ).

나타내었다. 그리고 25% 유지방구의 미세캡슐화 수율은 92.5~99.6% 였으며, 가장 높은 구는 30% WPC 75 의 캡슐화재료로 나타났으며 가장 낮은 미세캡슐화 수율은 10% WPI 캡슐화재료로 나타났다. 반면에 50% 유지방 구에서는

모든 구에서 91.3~98.5%의 수율을 나타내었고 수율이 가장 높은 미세캡슐재료 구는 20% WPC75 였으며 가장 낮은 것은 20% WPC 50 구로 나타났다. 그리고 75% 유지방 구에 있어서는 캡슐 재료가 30% WPI 구와 WPC 50 구에 있어서는 유화액의 점도가 높아 분무 건조가 되지 않았다. 그 외 다른 구에서는 건조가 되었으며 미세 캡슐의 수율은 95.6~98.4% 나타났다(Table 5). 또한 서와 신(29)은 분무 건조 방법으로 corn syrup(43%) 및 sodium casein(6%) 등의 캡슐재료로 정어리 기름을 미세 캡슐화 한 후 미세 캡슐화의 수율을 측정하였는데 soxhlet 추출방법으로 surface oil 함량을 정량한 결과 추출시간이 길어짐에 따라 surface oil 함량이 조금씩 증가되었으며 추출 8시간 이후에는 surface oil 함량이 8.5% 내외로 더 이상 증가를 보이지 않았다(Table 6). 그리고 캡슐재료별로 제조된 microcapsules의 microencapsulation의 수율을 측정한 결과 corn syrup 및 sodium casein의 캡슐재료가 정어리 기름에 있어 캡슐효과가 가장 큰 것으로 나타났으며 특히 sodium-casein 농도가 높아질수록 미세 캡슐화 수율이 조금씩 증가하는 경향을 나타내었다(Table 7).

결론

식품 중에 함유된 유지는 영양원과 에너지원으로 중요하지만 식품의 풍미와 식감, 즉 식품의 맛에 중요한 기능을 가지고 있다. 그러나 유지가 갖고 있는 물리 화학적 특성상 산화되기 쉽고 그 보존성과 편의성에 있어서도 다른 식품과 비교해 볼 때 떨어진다. 따라서 유지를 분말화

함으로써 자동산화의 억제와 유지의 안정성 확보 및 유지가 갖고 있는 기능성의 효과를 기대할 수 있다. 따라서 여기서는 분무 건조에 의한 유지 분말화(microencapsulation)의 특성들에 대한 최근의 연구동향을 살펴보았다.

유지의 캡슐화에 있어서는 유화특성, 캡슐재료 및 분말 후의 수율 등이 중요한 요인으로 생각된다. 지금까지 분무 건조에 의한 미세 분말화의 경우는 방향성 물질의 보존에 대해서 많은 발전이 있어 왔다. 그러나 최근의 분무건조 기술은 분무건조가 어려운 유지를 분말화 하는 작업이 진행되고 있으며 현재의 연구는 유지 함량과 캡슐화의 재료 상관관계를 실험하고 이에 유지함량을 높여(high fat) 분말화(microencapsulation)하는 방법이 진행되고 있다. 분말유지에 대한 식품으로서 가치는 분말 제품을 제조하는데 있어 중요한 비중을 차지하고 있으며 앞으로도 분말유지 이용은 편의성과 경제적인 측면에서 본다면 식품산업 뿐만 아니라 사료 산업으로까지의 확대가 기대된다.

참고 문헌

1. Sheu, T-Y and Rosenberg, M. : Microencapsulation by spray drying ethyl caprylate in whey protein and carbohydrate wall systems. *J. Food Science*, **60**, 98 (1995)
2. Jackson, L.S. and Lee, K. : Microencapsulation in the food industry. *Lebensm. Wiss. Technol.*, **24**, 289-297 (1991)
3. Shahidi, F. and Han, X. : Encapsulation of food ingredients. *Crit. Rev. Food Sci. Nurt.*, **33**, 501-547(1993)
4. Dziezak, J.D. : Microencapsulation and encapsulated ingredients. *Food Technol.*, **42**, 136-151 (1988)
5. Reineccius, G.A. and Coulter, S.T. : Flavor retention during drying. *J. Dairy Sci.*, **52**, 1219-1224 (1969)
6. Noor Lida Habi Mat Dian, Nor'arin Sudin and Nohd Suria Affsndi Yusoff : Characteristics of microencapsulated palm-based oil as affected by type of wallmaterial. *J. Sci. Food Agric.*, **70**, 422-426 (1996)
7. Blendford, D. : Fully protected. Food Flavors, Ingredients. *Packaging and Processing*. July, 43-45 (1986)
8. Sims, R.J. : Spray dried emulsion. *Develop Food Sci.*, **19**, 495-509 (1989)
9. Young, S.L. Sarda, X. and Rosenberg, M. : Microencapsulating properties of whey proteins. 2. Combination of whey proteins with carbohydrates. *J. Dairy Sci.*, **76**, 2878-2885 (1993)
10. Onwulata, C., Smith, P.W., Craig, Jr. J.C. and Holsinger, V. H. : Physical properties of encapsulated spray dried milkfat. *J. Food Sci.*, **59**, 316-320 (1994)
11. Jackson, L.S. and Lec, K. : Microencapsulation in the food industry. *Lebensm Wiss Technol.*, **24**, 289-287 (1991)
12. Lauren, S.J. and Ken, L. : Microencapsulation and the food industry. *Lebensm Wiss Technol.*, **24**, 289-274 (1991)
13. Horn, J.D. : Spray-dried fats. *Int. Flaw Food Add.*, 64-68 (1976)

Table 6. Surface oil content of microencapsulated sardine oil affected by the extractiontime of soxhlet method

Extraction time (hr)	Surface oil content (g/200 g of microcapsules)
2	5.6±0.4 <sup>1)</sup>
4	6.7±0.3
6	8.2±0.5
8	8.5±0.5
10	8.4±0.4

<sup>1)</sup>Mean ± S.D. based on 3 replicates.

Table 7. Microencapsulation yield of sardine oil according to the type of wall materials used

Type of wall material	Microencapsulation yield (%)
Corn syrup (49%)	82.5±0.6 <sup>1)</sup>
Corn syrup (43%) & wheat protein (6%)	65.3±0.7
Corn syrup (43%) & Na-cascin (6%)	91.5±0.5
Corn syrup (41%) & Na-casein (8%)	92.5±0.4
Corn syrup (39%) & Na-casein (10%)	93.5±0.3

<sup>1)</sup>Mean ± S.D. based on 3 replicates.

14. Beatus, Y., Raziell, A., Rosenberg, M. and Koplman, I.J. : Spray-drying microencapsulation of paprika oleoresin. *Lebensm Wiss Technol.*, **18**, 28-34 (1985)
15. Sankarikutty, B., Sreekumar, M.M., Narayanan, C.S. and Mathew, A.G. : Studies on microencapsulation of cardamom oil by spray drying technique. *J. Food Sci. Technol.*, **25**, 352-355 (1988)
16. Pauwels, F., Van Camp, J., De Moor, H. and Huyghebaert, A. : Microencapsulation of palm oil. Int : *PORIM Int Palm Oil Conf Proc Modul III*, PORIM. B B Bangi. Selamgor Malaysia., p 289-295 (1991)
17. Arai, M. and Ito, M. : Lipid powder having cross-linked coating thereon and process for preparing same. *United States Patent*, 4921705 (1990)
18. 福田哲郎 : 粉末油脂の機能特性と應用. *フートケミカル*, p. 8 (1987)
19. 김희수 : 지질의 캡슐화 기술. *식품기술*, 6(4) (1993)
20. Young, R.A. : Spray drying encapsulation-today's view. *Food January*. (1986)
21. Kim, Y.D. and Morr, C.V. : Microencapsulation properties of gum arabic and foodproteins : Spray-dried orange oil emulsion particles. *J. Agric. Food Chem.*, **44**, 1314-1320 (1996)
22. Young, S.L., Sarda, X. and Rosenberg, M. : Microencapsulating properties of whey proteins. 1. Microencapsulation of anhydrous milk fat. *J. Dairy Sci.*, **76**, 2868-2877 (1993)
23. Taguchi, K., Iwami, K., Ibuki, F. and Kawabata, M. : Oxidative stability of sardine oil mixed in spray-dried egg white powder and its use for n-3 unsaturated fatty acid fortification of cookies. *Biosci. Biotech Biochem.*, **56**, 560-563 (1992)
24. Rosenberg, M. and Young, S.L. : Whey protein as microencapsulating agents. microencapsulation of anhydrous milk fat-structure evaluation. *Food Structure*, **12**, 31-34 (1993)
25. Andersen, S. : Microencapsulated omega-3 fatty acids from marine sources. *PJ Barnes & Associates*, **81** (1995)
26. Chin-Cheng Lin, Shan-Yang Lin, and Lucy Sun Hwang : Microencapsulation of squid oil with hydrophilic macromolecules for oxidative and thermal stabilization. *J. Food Science*, **60**, 36 (1995)
27. Risch, S. J. and Reineccius, G.A. : Spray-dried orange oil : effect of emulsion size on flavor retention and shelf stability. In *Flavor Encapsulation.*, Reineccius, G.A. and Risch, S.J. (eds.), Am. Chem. Soc. Symp. No. 370. Am. Chem. Soc., Washington, DC., p.67 (1988)
28. Rosenberg, M., Koplman, I.J. and Talmon, Y. : Factors affecting retention in spray-drying microencapsulation of volatile materials. *J. Agric. Food Chem.*, **38**, 1238 (1990)
29. 서자영, 신명곤 : 분무건조방법으로 미세캡슐화된 정어리 기름의 수율 측정. *한국식품영양과학회지*, **28**, 274-276 (1999)