

## 다시마 알긴산으로 제조한 에스테르화합물 캡슐에 있어서 내부물질의 잔존량에 미치는 유화조건과 알긴산농도의 영향

유병진<sup>+</sup> · 임영선\*

강릉대학교 식품과학과, \*강릉대학교 동해안해양생물자원연구센터

## Effects of Emulsifying Conditions and Alginate Concentration of Encapsulating Ester Compounds on Retention Rate of Core Material in Microcapsules Prepared with Sea Tangle Alginates

Byeong-Jin YOU and Yeong-Seon LIM

Kangnung National University, Department of Food Science, Kangnung 210-702, Korea  
East Coastal Marine Bioresources Research Center, Kangnung National University,  
Kangnung 210-702, Korea

To investigate the effects of preparation conditions of encapsulating ester compounds on retention rate of core material in microcapsules prepared with sea tangle alginate, the amounts of ester compounds migrated gelling solution (1 M CaCl<sub>2</sub>) and washing water from microcapsules that were prepared by adding kinds of ester compound, by controlling ratios of emulsifier to ester compounds and by differing ratios of alginates (wall material) to ester compounds (core material) were measured. Also the amount of ester compounds retained in microcapsules was measured. The higher weight molecular of ester compounds were, the lower amounts of ester compounds migrated gelling solution and washing water from microcapsules were. But its amounts retained in microcapsules were increased. The changes of ethyl caprylate amount migrated gelling solution and washing water from microcapsules prepared by increasing ratios of emulsifier to ethyl caprylate were little, but its half-lives in microcapsules during storage at 25°C were steeply increased. Increasing ratios of wall material to core material, ethyl caprylate amount migrated gelling solution and washing water from microcapsules showed 1.8~2.0% and 2.9~3.5% respectively but half-lives of ethyl caprylate retained in alginate microcapsules were increased.

Key words: Alginate, Microencapsulation, Ester compounds, Retention rate

### 서 론

방향성분을 오랜 기간동안 방향을 유지하도록 하는 캡슐화의 방법은 심재료를 벽막물질로 둘러싸는 과정으로, 둘러싸인 aromas, flavors 및 열에 민감한 심재료를 보호하고 shelf-life의 연장 및 방출을 조절할 수 있다는 이점이 있어서 향기성분을 유지하는데 많이 사용되고 있다 (Risch and Reineccius, 1986). 그리고 향기성분을 오랫동안 유지하기 위하여 매트릭스의 선택도 중요한 요인으로 알려져 있는데 현재 연구되고 있는 매트릭스로써의 탄수화물은 maltodextrins, corn syrup solid, modified starch 그리고 gum acacia (Reineccius, 1991) 등을 들 수 있다.

식품에 주로 사용되는 향기성분은 주로 에스테르 화합물로 알려져 있는데 Risch and Reineccius (1986)는 fruit pulp, beverage, hard candy, bakery filling 및 ice cream toppings의 제품에서 소비자의 구매 욕구를 충족시키는 대부분의 향기성분으로는 에스테르 화합물이라고 보고하였다. 그리고 Zilberboim et al. (1986)은 저장기간동안 paprika oleoresin과 aromatic ester의 보존율을 향상시키기 위한 캡슐화에 영향을 미치는 가공조건에 대하여 연구하여 에스테르 화합물의 보존에 관하여 보고하였으며, Mattick and Robinson (1960)은 체리 포도주의 숙성 과정 중에 휘발하는

에스테르 화합물에 대한 연구에서 체리 포도주의 품질 균일화와 객관적 평가 기준을 설정하여 향기성분의 보존과 shelf-life를 연장하기 위한 연구결과를 발표하고 있어 식품향기산업에서 에스테르 화합물이 차지하는 비중이 높다.

식품산업에 이용되는 alginate는 주로 Na, K, NH<sup>+</sup><sub>4</sub>-Ca 및 Na-Ca염 형태인데 이들 수용성 alginate는 분자량, Ca함량, 입자형태 (구형 또는 섬유상), 입자크기, M(mannuronic acid)/G(guluronic acid)비 등에 따라 다양한 물성을 나타낸다 (Haug, 1961a; 1961b). 또한 다시마로부터 추출한 alginate는 추출조건에 따라 물리화학적 성질의 변화에 큰 영향을 미치며 (You et al., 1997; 1998) alginate가 금속이온과 결합하는 반응기구는 alginate의 구성성분인 uronic acid의 carboxyl group 사이에 금속이온이 결합하여 3차원적 가교 결합의 gel을 형성하기 때문 (Grant et al., 1973)으로 알려져 있다. Alginate의 이러한 성질을 이용하여 Draget et al. (1989)은 미생물 배지의 응고제인 agar를 대체할 수 있는 gelling agents로의 이용 가능성에 대해 연구하였고, 또한 필름 제조 (Guilbert, 1986; You et al., 1999; You and Shim, 1999; 2000) 및 capsule 제조용 (Reineccius, 1991; You and Lim, 2002)으로 이용하기 위한 연구도 보고되어 있다.

본 연구는 다시마 알긴산을 식품에 사용되는 에스테르화합물의 캡슐화를 위한 매트릭스로 사용할 목적으로 에스테르화합물을 다시마로부터 추출한 alginate로 캡슐화 하였을 때 유화조건과 알긴산

<sup>+</sup> Corresponding author: ybjin@kangnung.ac.kr

의 농도가 에스테르화합물의 잔존량에 미치는 영향을 조사하였다.

## 재료 및 방법

### Alginates의 추출 및 평균분자량 측정

본 실험에 사용한 alginates는 You et al. (1997)의 방법에 따라 강원도 고성군에서 채취한 다시마 (*Laminaria spp.*)로부터 추출하였다. 즉, 다시마 건조 분말 (60 mesh)을 3% Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> 용액으로 60°C에서 2.5시간 추출하고 methanol과 증류수로 탈수세척과 용해를 3회 반복하여 정제한 후 열풍건조하였다. 추출된 alginates의 평균분자량은 Mancini et al. (1996)의 방법에 따라 측정 계산하였다.

### Alginates 용액의 유화액 조제

1% (w/v) alginates의 용액 300 mL에 에스테르 화합물 (ethyl formate, ethyl acetate, ethyl caprylate; Sigma Co.)과 유화제 (Tween-80, Sigma Co.)를 각각 농도를 달리하여 첨가하고 균질기 (6M-2, Nihonseikikaisha, Japan)를 사용하여 24,000 rpm에서 1분 동안 유화시켰다.

### 캡슐의 조제

유화시킨 alginates 용액을 1M CaCl<sub>2</sub> 용액 4 L에 직경 100 μm 노즐을 통하여 3.5 kgf/cm<sup>2</sup>의 압력으로 압축 분무하여 atomizing한 후 Toyo No. 2 여과지로 여과하고 미세캡슐을 1 L의 증류수로 3회 세척하였다. 세척된 캡슐은 상온 (20 ± 3°C)에서 음건하였다. ESI (emulsion stability index)와 EAI (emulsifying activity index)의 측정 ESI와 EAI의 측정은 Pearse and Kinsella의 방법 (1978)으로 측정하고 계산하였다.

### 에스테르화합물의 정량

에스테르화합물의 정량은 Mattick and Robinson의 방법 (1960)에 따라 측정하였다.

### 유화액 에멀전 입자크기와 수의 측정

유화된 alginates 용액의 에멀전 입자크기와 수를 측정하기 위하여 유화시키기 전 에스테르화합물에 methyl red를 1% 되도록 녹인 뒤 앞에서 언급한 방법에 따라 유화시켰다. 유화액 1 mL에 0.5% SDS 용액 9 mL를 가하여 10 mL로 정용한 후 이 용액 10 μL를 현미경 (Olympus BH-2, Japan)으로 관찰하여 유화액 1 μL에 존재하는 에멀전 입자의 크기와 수로 표시하였다.

### 통계분석

실험 결과의 통계처리는 Computer Program Statistix Version 4.0 (Statistix Inc., 1992)의 one-way ANOVA test를 실시하여 Duncan's multiple range test (Duncan, 1955)로 처리하였고 평균간 유의성은 최소유의차 검정 (LSD)으로 95% (P < 0.05) 유의수준에서 검정하였다.

## 결과 및 고찰

### 내부물질의 잔존량에 미치는 에스테르 화합물 종류의 영향

에스테르 화합물을 캡슐화할 목적으로 다시마로부터 추출한 alginates (평균 분자량=2.81 kD) 용액 (1%, w/v)과 에스테르 화합물을 유화시킨 용액을 1 M의 CaCl<sub>2</sub> 용액에 atomizing하였을 때 에스테르 화합물의 종류에 따라 alginates에 의해서 캡슐화되지 못하고 gelling solution인 CaCl<sub>2</sub> 용액으로 이동된 에스테르 화합물의 양을 측정하였다. 또한 캡슐을 겔화시킨 후 캡슐의 표면에 남아있는 과량의 CaCl<sub>2</sub> 용액을 제거하기 위하여 세척수로 사용한 증류수에 추출되는 에스테르화합물의 양과 모든 과정을 거친 최종 캡슐에 존재하는 에스테르 화합물의 함량을 측정된 결과는 Table 1과 같다.

Gelling solution에 추출된 에스테르 화합물의 양은 ethyl formate (mw=74.08)는 55.6%, ethyl acetate (mw=88.10)는 46.3%, ethyl caprylate (mw=172.26)는 1.8%를 나타내었으며 세척수 중에서 각각 27.8, 33.5 및 3.5% 존재하였으며 최종 캡슐에는 각각 16.6, 19.8 및 94.3% 존재하였다. 이와 같이 에스테르 화합물의 분자량이 증가함에 따라 gelling solution에 이동되는 에스테르 화합물의 양이 감소하는 것은 에스테르 화합물의 분자량이 증가함에 따라 물에 녹는 용해도가 낮아지기 때문으로 생각된다. 이와 비슷한 경향은 세척수에 이동한 에스테르 화합물의 양에서도 나타났다. 그러나 캡슐 속에 존재하는 에스테르 화합물의 양은 각각 16.6, 19.8 및 94.3%로 에스테르 화합물의 분자량이 증가하고 용해도가 감소함에 따라 증가하는 경향을 나타내었다.

### 유화제의 첨가비율이 내부물질의 잔존량에 미치는 영향

유화제의 농도가 내부물질의 잔존량에 미치는 영향을 알아보기 위하여 내부물질인 ethyl caprylate 1g에 대하여 유화제로서 Tween-80을 각각 0.15, 0.25, 0.50 및 1.00 g으로 첨가량을 달리하였을 때 gelling solution 및 세척수에 이동한 ethyl caprylate 양과 캡슐에 잔존하는 양을 측정하여 Table 1에 나타내었다. Gelling solution에 이동된 ethyl caprylate의 양은 유화제의 첨가 비율이 0 (control), 0.15, 0.25, 0.50 및 1.00일 때 각각 1.7, 1.8, 1.8, 1.8 및 1.8%로서 유화제의 첨가비율이 증가하여도 거의 변화가 없었으며, 세척수에 이동되는 양은 각각 6.5, 6.5, 3.5, 2.8 및 2.3%를 나타내어 유화제의 첨가비율이 증가함에 따라 약간 감소하는 경향을 보였다. 그리고 최종 캡슐에 잔존하는 ethyl caprylate의 양은 각각 90.4, 90.4, 94.3, 96.3 및 96%로 유화제의 첨가비율이 증가함에 따라 잔존량이 증가하였다.

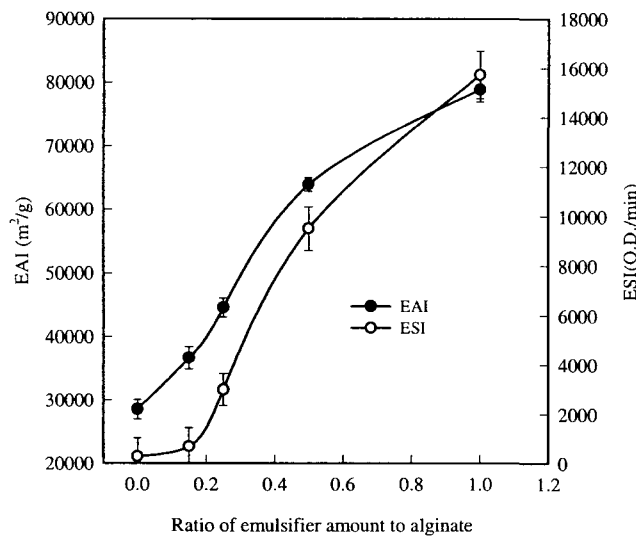
유화제의 첨가비율에 따른 EAI와 ESI의 변화를 Fig. 1에, 유화제 첨가비율이 에멀전 입자의 크기와 수에 미치는 영향을 Fig. 2에 각각 나타내었다. 유화제의 첨가비율이 증가함에 따라 EAI와 ESI가 증가하였다 (Fig. 1). 유화제의 첨가 비율이 증가할수록 에멀전 입자의 크기는 작아지고 입자수는 증가하는 결과를 보였다 (Fig. 2). 그리고 최종 캡슐을 25°C에 저장할 때 저장시간의 경과에 따른 ethyl caprylate의 잔존량을 Fig. 3에 나타내었다. 유화제의 첨가비율이 증가함에 따라 ethyl caprylate 잔존량의 감소속도는 감소반응을

**Table 1. Containing amounts (%) of core material in gelling solution, washing water and microcapsules prepared with alginate**

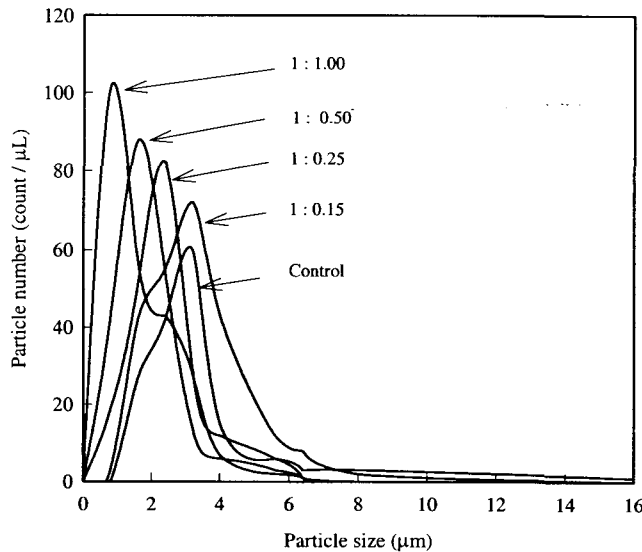
	Core material (%)			Ratio of emulsifier amount (ethyl caprylate g: tween-80 g)					Ratio of core material amount (alginate g: ethyl caprylate g)		
	Ethyl formate	Ethyl acetate	Ethyl carrylate	control*	1:0.15	1:0.25	1:0.50	1:1.00	3:1	6:1	12:1
Gelling solution	55.6 <sup>a</sup>	46.3 <sup>b</sup>	1.8 <sup>c</sup>	1.7 <sup>a</sup>	1.8 <sup>a</sup>	1.8 <sup>a</sup>	1.8 <sup>a</sup>	1.8 <sup>a</sup>	1.8 <sup>a</sup>	1.7 <sup>a</sup>	2.0 <sup>a</sup>
Washing water	27.8 <sup>a</sup>	33.5 <sup>a</sup>	3.5 <sup>b</sup>	6.5 <sup>a</sup>	6.5 <sup>a</sup>	3.5 <sup>b</sup>	2.8 <sup>bc</sup>	2.3 <sup>c</sup>	3.5 <sup>a</sup>	3.4 <sup>ab</sup>	2.9 <sup>b</sup>
Microcapsule	16.6 <sup>a</sup>	19.8 <sup>b</sup>	94.3 <sup>c</sup>	90.4 <sup>a</sup>	90.4 <sup>a</sup>	94.3 <sup>ab</sup>	96.3 <sup>b</sup>	96.0 <sup>b</sup>	94.3 <sup>a</sup>	94.8 <sup>a</sup>	95.0 <sup>a</sup>

\*Tween-80 was not added.

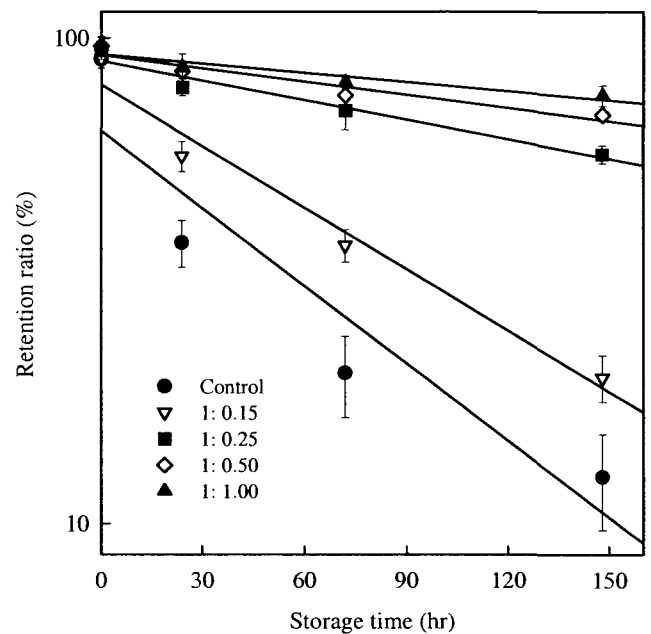
Means with different superscript in same row are significant difference (P<0.05).



**Fig. 1. Effects of ratios of emulsifier to ethyl caprylate on EAI and ESI of alginate-ethyl caprylate emulsion.**



**Fig. 2. Distributions of particle size in alginate-ethyl caprylate emulsion prepared with various adding levels of emulsifier. (Tween-80 was not added to control. Numbers with arrow show the amount ratios of ethyl caprylate to Tween-80.)**



**Fig. 3. Retention ratios of ethyl caprylate in alginate microcapsules prepared by differing levels of adding emulsifier for storage at 25°C.**

▲  $\log y = -6.2807 \times 10^{-4}x + 1.9662$  ( $r^2 = 0.8928$ )

◇  $\log y = -9.0540 \times 10^{-4}x + 1.9648$  ( $r^2 = 0.9200$ )

■  $\log y = -1.3427 \times 10^{-3}x + 1.9532$  ( $r^2 = 0.9589$ )

▽  $\log y = -4.2096 \times 10^{-3}x + 1.9044$  ( $r^2 = 0.9746$ )

●  $\log y = -5.3195 \times 10^{-3}x + 1.8104$  ( $r^2 = 0.8771$ )

Control and symbols with numbers were same as explanation of Fig. 2.

1차 반응으로 해석할 경우 각각  $-5.3195 \times 10^{-3}$ ,  $-4.2096 \times 10^{-3}$ ,  $-1.3427 \times 10^{-3}$ ,  $-9.0540 \times 10^{-4}$  및  $-6.2807 \times 10^{-4} \%$ /h를 나타내어 유화제의 첨가비율이 증가할수록 잔존량의 감소속도는 현저하게 늦어진다는 것을 알 수 있었다. Fig. 1, 2의 결과를 고려하면 이것은 유화제 첨가비율이 증가함에 따라 에멀전 활성과 에멀전 안정성이 증가하므로 내부물질 입자의 크기가 작아지는 대신 입자의 수가 증가하여 alginates가 ethyl caprylate 입자를 균일하게 둘러싸 안정된 벽막을 형성하기 때문으로 생각된다. Table 1에서 유화제의 첨가비율이 증가함에 따라 극성용매인 gelling solution과 세척수에 이동되는 ethyl caprylate의 양은 거의 변화가 없었고 최종

캡슐에 잔존하는 ethyl caprylate의 양도 크게 차이 없었지만, 캡슐 저장 중 측정된 ethyl caprylate의 감소속도는 현저히 감소하는 사실을 미루어 볼 때, gelling solution과 세척수에 ethyl caprylate의 이동되는 양이 적은 것은 ethyl caprylate의 소수성이 크므로 극성 용매인 gelling solution과 세척수에 ethyl caprylate가 잘 녹지 않기 때문으로 생각된다. 또한 캡슐 저장 중에 ethyl caprylate의 감소속도가 유화제의 첨가비율이 증가할수록 현저히 감소하는 것은 소수성이 강한 내부물질인 ethyl caprylate와 친수성이 강한 벽막 물질인 alginates를 유화제가 강하게 결합시켜 ethyl caprylate의 휘발을 억제하기 때문으로 생각된다. 그러므로 캡슐의 제조과정 중 겔화 공정과 수세공정에서 내부물질의 잔존량은 유화제의 첨가비율보다는 내부물질의 친수성에 더 큰 영향을 받으며, 최종 캡슐 저장 중 내부물질의 감소속도는 유화제의 첨가비율에 더 큰 영향을 받는 것으로 생각된다.

벽막물질과 내부물질의 비율이 내부물질의 잔존량에 미치는 영향  
 벽막물질과 내부물질의 비율이 내부물질의 잔존량에 미치는 영향을 알아보기 위하여 내부물질인 ethyl caprylate 1g에 대하여 벽막물질인 alginates를 각각 3, 6 및 12g을 첨가하고 유화시킨 후 gelling solution과 세척수에 이동되는 내부물질의 양과 캡슐에 잔존하는 내부물질의 양을 측정하여 Table 1에 나타내었다. Alginates량이 ethyl caprylate 1g에 비하여 각각 3, 6 및 12g로 증가하여도 gelling solution에 이동되는 ethyl caprylate 양은 1.8, 1.7 및 2.0%로 거의 변하지 않았으며 세척수에 이동되는 양은 각각 3.5, 3.4 및 2.9%로 큰 차이를 나타내지 않았다. 그리고 최종 캡슐에 잔존하는 내부물질의 양은 각각 94.3, 94.8 및 95.0%로 벽막물질의 비율이 증가함에 따라 잔존량이 증가하였지만 큰 차이가 없었다. Fig. 4는 벽막물질과 내부물질의 비율이 EAI와 ESI에 미치는 영향을 알아보기 위하여 alginate와 ethyl caprylate의 비율을 3:1, 6:1 및 12:1로 조절하여 유화시킨 후 EAI와 ESI를 측정하여 나타낸 것이다. Alginates의 비율이 증가함에 따라 EAI는 각각 44,680, 54,395 및 65,965 m<sup>2</sup>/g으로 증가하는 경향을 나타내었다. 또한 ESI에 있어서도 벽막물질의 비율이 증가함에 따라 각각 3,384, 5,678 및 8,142 O.D./min으로 증가하는 것으로 나타났다. 그리고 같은 조건으로 유화시켰을 때 에멀전입자의 크기와 수를 측정하여 Fig. 5에 나타내었다. 벽막물질의 비율이 증가함에 따라 액적의 크기가 작아지는 경향을 알 수 있었다. 이것은 Fig. 4에서 나타낸 바와 같이 유화액의 EAI와 ESI가 증가하는 것을 미루어 내부물질에 대한 벽막물질의 비율이 증가함에 따라 에멀전 입자가 안정되므로 크기가 작은 입자가 서로 결합하여 큰 입자를 형성하는 것이 억제되기 때문으로 생각된다. 그리고 최종 캡슐을 25°C에 저장할 경우 캡슐의 내부물질인 ethyl caprylate 잔존량을 측정하여 Fig. 6에 나타내었다. 벽막물질의 비율이 증가함에 따라 ethyl caprylate의 감소속도는 1차 반응으로 해석할 때, 각각 1.1727×10<sup>-3</sup>, 1.316×10<sup>-3</sup> 및 5.9223×10<sup>-4</sup> %/h를 나타내어 벽막물질의 비율이 증가할수록 감소속도는 낮아졌다. 이것은 알긴산의 농도가 증가함에 따라 겔화된 matrix의 공극구조가 치밀해지므로 에스테르화합물의 확산과 휘발이 억제되기 때문으로 생각된다.

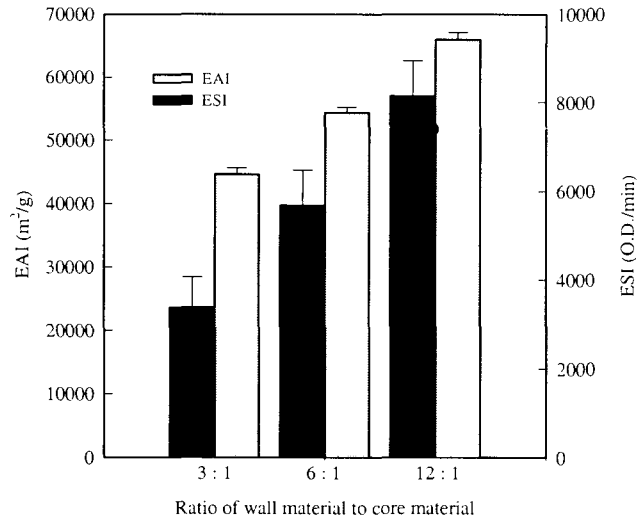


Fig. 4. Effects of ratios of wall material to core material on EAI and ESI of alginate-ethyl caprylate emulsion.

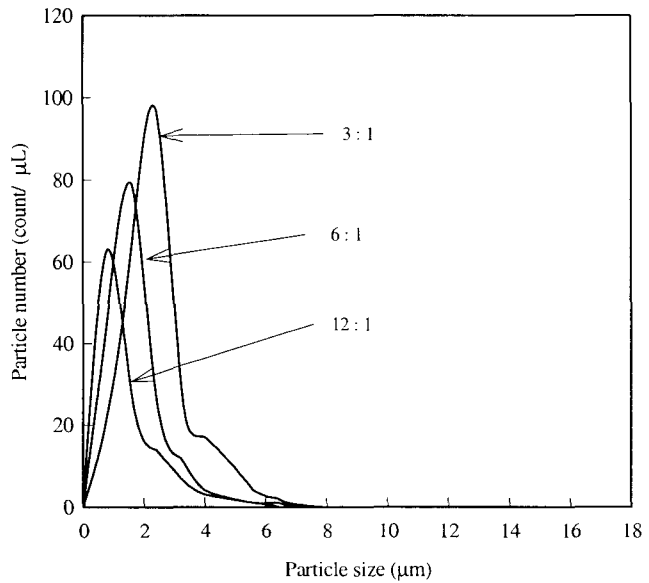


Fig. 5. Distributions of particle size in alginate-ethyl caprylate emulsion prepared with different ratios of wall material to core material. (Numbers with arrow are the ratios of alginate to ethyl caprylate.)

ethyl caprylate의 반감기

Fig. 3과 6에 나타낸 바와 같이 에멀전화제의 비율과 벽막물질의 비율을 달리하여 ethyl caprylate를 미세캡슐로 제조하고 25°C에 저장하면서 저장시간에 따른 캡슐에 존재하는 ethyl caprylate량을 측정하여 그 감소속도를 1차 반응으로 해석할 때 계산되는 반감기를 Table 2에 나타내었다. 에멀전화제의 비율이 0, 0.15, 0.25, 0.50 및 1.00 일때 캡슐의 ethyl caprylate의 반감기는 각각 20.9, 48.8, 189.3, 293.6 및 4,254.8 시간으로 에멀전화제의 첨가비율이 증가할수록 반감기가 증가하였다. 또한 ethyl caprylate에 대한 벽막물질의 비율이 3, 6 및 12로 증가함에 따라 반감기도 212.3, 251.0

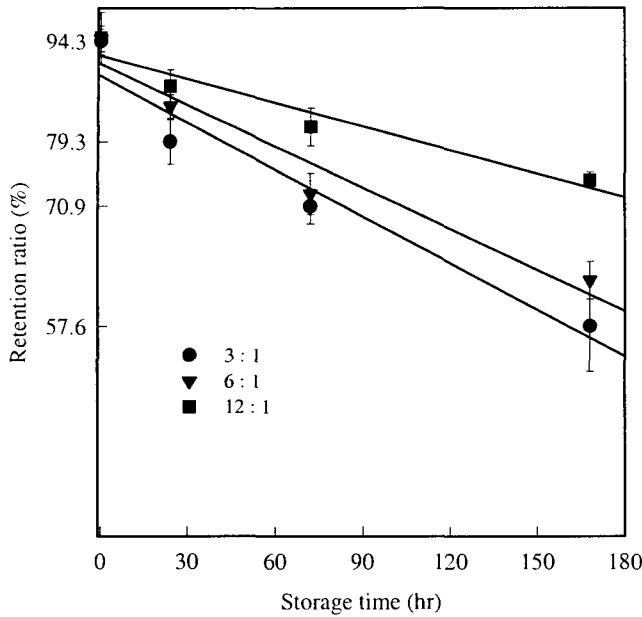


Fig. 6. Changes of retention ratios of ethyl caprylate in alginate microcapsules prepared by controlling ratios of alginates to ethyl caprylate during storage at 25°C.  
 ■  $\log y = -1.1727 \times 10^{-3}x + 1.9486$  ( $r^2 = 0.9428$ )  
 ▼  $\log y = -1.0316 \times 10^{-3}x + 1.9579$  ( $r^2 = 0.9430$ )  
 ●  $\log y = -5.9223 \times 10^{-4}x + 1.9640$  ( $r^2 = 0.9333$ )  
 (Numbers with symbol showed the ratios of alginate to ethyl caprylate.)

Table 2. Half-lives (hr) of ethyl caprylate retained in alginate microcapsules prepared by various conditions during storage at 25°C

Ratios of emulsifier to ethyl caprylate <sup>1</sup>					Ratios of alginate to ethyl caprylate <sup>2</sup>		
0	0.15	0.25	0.50	1.00	3	6	12
20.9 <sup>a</sup>	48.8 <sup>b</sup>	189.3 <sup>c</sup>	293.6 <sup>d</sup>	4,254.8 <sup>e</sup>	212.9 <sup>a</sup>	251.0 <sup>b</sup>	447.5 <sup>c</sup>

<sup>1</sup>Emulsion are prepared in 1% alginates solution.

<sup>2</sup>Tween-80 was added to 0.2%.

Means with different superscript in same row are significant difference (P<0.05).

및 447.5 시간으로 증가하였다.

### 요 약

다시마 알긴산으로 에스테르 화합물을 캡슐화할 때 에스테르 화합물의 잔존량에 영향을 미치는 가공조건을 알아보기 위하여, 에스테르 화합물의 종류, 유화제 첨가비율 및 에스테르 화합물(내부물질)에 대한 alginates(벽막물질)의 비율을 달리하여 캡슐을 제조하고 제조중에 사용하는 gelling solution(1M CaCl<sub>2</sub>)과 캡슐의 세척수에 이동되는 에스테르 화합물의 량과 캡슐에 잔존하는 에스테르 화합물의 량을 측정하였다. 에스테르 화합물의 분

자량이 커질수록 캡슐에 잔존하는 량이 증가하였고 gelling solution과 세척수에 이동되는 량이 감소하였다. Ethyl caprylate 량에 대한 유화제의 첨가 비율이 증가하여도 gelling solution과 세척수에 이동되는 ethyl caprylate의 량은 1.7~1.8%와 2.3~6.5%이었고 캡슐에 잔존하는 량은 90.4~96.0%로 거의 변화가 없었다. 그러나 캡슐을 25°C에 저장할 때 ethyl caprylate의 반감기는 유화제의 첨가비율이 증가할수록 급격히 증가하였다. Ethyl caprylate에 대한 alginates 비율이 증가하여도 gelling solution과 세척수에 이동되는 ethyl caprylate 량은 각각 1.8~2.0% 및 2.9~3.5%이었고 캡슐에 잔존하는 량은 94.3~95.0%로 큰 차이가 없었다. 그러나 캡슐을 25°C에 저장할 때에 벽막물질의 비율이 증가함에 따라 내부물질의 반감기는 증가하였다.

### 감사의 글

본 연구는 한국과학재단 지정 강릉대학교 2002년도 동해안 해양생물자원연구센터의 지원에 의한 것입니다.

### 참 고 문 헌

Draget, K.I., K. Østgaard and O. Smidsrød. 1989. Alginate-based solid media for plant tissue culture. *Appl. Microbiol. Biotechnol.*, 31, 78~84.

Ducan, D.B. 1955. Multiple-range and multiple F tests. *Biometrics*, 11, 1~42.

Grant, G.T., E.R. Morris, D.A. Rees, P.J.C. Smith and D. Them. 1973. Biological interactions between polysaccharides and divalent cations: The egg-box model. *FEBS Lett.*, 32, 195~199.

Guilbert, S. 1986. Technology and application of edible protective film. In *Food Packaging and Preservation: Theory and Practice*, M. Mathlouthi, ed. Elsevier Appl. Sci. Publ. Ltd., London, pp. 371~394.

Haug, A. 1961a. Dissociation of alginic acid. *Acta. Chem. Scand.*, 15, 950~952.

Haug, A. 1961b. The affinity of some divalent metals to different types of alginates. *Acta. Chem. Scand.*, 15, 1974~1975.

Mancini, M., M. Moresi and F. Sappino. 1996. Rheological behaviour of aqueous dispersions of algal sodium alginates. *J. Food Eng.*, 28, 283~295.

Mattick, L.R. and W.B. Robinson. 1960. Changes in volatile constituents during the baking of sherry wine by the trussler process. *Food Technol.*, 14, 30~34.

Pearse, K.N. and J.E. Kinsella. 1978. Emulsifying properties of proteins: evaluation of turbidimetric technique. *Agric. Food Chem.*, 26, 716~723.

Reineccius, G.A. 1991. Carbohydrates for flavor encapsulation. *Food Technol.*, 45, 146~149.

Risch, S.J. and G.A. Reineccius. 1986. Flavor encapsulation. *Symp. Series 370*, Am. Chem. Soc., Washington, D.C.

You, B.J. and Y.S. Lim. 2002. Encapsulation pine agaric (*Tricholoma matsutake*) flavor with alginate. *J. Kor. Fish. Soc.*, 35, 231~236 (in Korean).

- You, B.J. and J.M. Shim. 1999. Effects of processing conditions on physical properties of alginate film. J. Kor. Fish. Soc., 32, 582~586 (in Korean).
- You, B.J. and J.M. Shim. 2000. Effects of processing conditions of seatangle (*Laminaria* spp.) alginate film on permeability of ester compounds. J. Kor. Fish. Soc., 33, 143~147 (in Korean).
- You, B.J., J.M. Shim and M.H. Jang. 1999. Effects of extracting conditions on film properties of seatangle alginate. J. Kor. Fish. Soc., 32, 664~668 (in Korean).
- You, B.J., Y.S. Im, I.H. Jeong and K.H. Lee. 1997. Effects of extraction conditions on bile acids binding capacity in vitro of alginate extracted from sea tangle (*Laminaria* spp.). J. Kor. Fish. Soc., 30, 31~38 (in Korean).
- You, B.J., Y.S. Im, I.H. Jeong and K.H. Lee. 1998. Effects of extraction conditions on the viscosity and binding capacity of metal ion of alginate from sea tangle (*Laminaria* spp.). J. Kor. Fish. Soc., 31, 267~271 (in Korean).
- Zilberboim, R., I.J. Kopelman and Y. Talmon. 1986. Microencapsulation by a dehydrating liquid: retention of paprika oleoresin and aromatic esters. J. Food Sci., 51, 1301~1306.

---

2002년 8월 29일 접수

2002년 11월 21일 수리