

## 향기 성분의 미세캡슐화를 위한 피복물질에 대한 연구

조영희 · 신동석 · 박지용  
연세대학교 생명공학과 및 생물산업소재연구센터

### A Study on Wall Materials for Flavor Encapsulation

Young-Hee Cho, Dong-Suck Shin and Jiyong Park  
Department of Biotechnology and Bioproducts Research Center, Yonsei University

#### Abstract

For the encapsulation of flavor compounds, maltodextrin (MD), gum arabic (GA) alkenylsuccinated modified starch (MS) and gellan gum were chosen for wall materials and their combination was optimized. Five fruit flavor compounds having boiling point of 90~200°C were selected as core materials and their mixture was incorporated with rapeseed oil (flavor mixture to oil = 1 : 4). Flavor compound mixture to wall material ratio of 1 : 4 was selected, and the amount of maltodextrin was fixed to 30% of the wall material mixture. Gellan gum was selected as an additional wall material to increase emulsion stability. The optimum combination ratio of the wall material mixture for maximal total oil retention and minimal surface oil content is : 30.0% MD ; 26.4% GA ; 39.6% MS ; 4% gellan gum.

Key words : flavor encapsulation, emulsion stability, flavor release

#### 서 론

캡슐화(encapsulation)기술은 고체, 액체, 기체상의 물질을 특정 조건하에서 조절된 속도로 내용물을 방출할 수 있도록 어떤 물질이나 조직(system) 내부에 포장하는 기술이다<sup>(1)</sup>. 미세한 포장단위를 미세캡슐(microcapsule)이라 하며 직경이 수  $\mu\text{m}$ 에서 수 mm로 다양하다<sup>(2)</sup>. 내부에 코팅되는 물질을 핵물질(core material), payload, active, internal phase, fill 등으로 부르며, 외부의 피복부위를 피복물질(wall material), carrier, membrane, shell, coating 등으로 부른다<sup>(2)</sup>.

미세캡슐화(microencapsulation) 기술은 향료, 영양성분 등 불안정한 물질을 외부환경, 즉 빛, 산소, 수분으로부터 보호하여 손실을 줄이고, 반응성이 큰 물질을 격리시키고, 고형화시켜 취급을 간편하게 하고, 내용물의 용출속도를 조절하는 등의 목적으로 이용되고 있다<sup>(3)</sup>. 그러나 식품산업에서 미세캡슐의 이용은 다른 산업에 비해 식품에 이용되는 피복물질이나 용매에 제약이 있으므로 처리비용, 기능성 등을 고려하여 적절한 공정을 선택하는 것이 중요하다. 식품과 제약분야

에서는 다양한 캡슐화 기술이 이용되고 있다<sup>(4)</sup>.

캡슐화 공정에서는 피복물질이 유화제의 역할을 하므로 여러 고분자 화합물 중에서 기본적으로 피막형성 능력이 우수한 물질을 캡슐화를 위한 피복물질로 선택한다. 최근 다양한 피복물질이 개발되어 이용되고 있으나 현재까지도 널리 이용되고 있는 피복물질로 maltodextrin, modified starch, gum arabic 등이 있다. 이 중 modified starch와 gum arabic은 유화력과 유화안정성이 우수하다는 장점을 가지고 있으나<sup>(5)</sup>, gum arabic은 흡습성이 높고 노란색을 띄며 특유의 냄새를 내는 단점이 있으며, modified starch는 gum arabic보다 산화안정성이 떨어지고 가격이 너무 비싸다는 단점이 있다<sup>(6,7)</sup>. Maltodextrin은 사용되는 물질 중 가격이 저렴하고 흡습성이 매우 낮다. 그러나 glucose unit로 구성되어 있어 다른 물질에 비해 chain길이가 짧기 때문에 유화액의 안정화가 어렵고 film 형성능력이 좋지 않아 공정 중의 flavor oil 손실이 클 뿐만 아니라 캡슐 내부에서도 향기성분의 보유가 힘들다<sup>(3,5)</sup>. 그러나 이들 물질을 조합해서 사용할 경우 상호 단점을 보완하여 단독으로 사용할 때보다 더 우수한 결과를 얻었는데, 여러 논문에서 maltodextrin을 modified starch 또는 gum arabic과 혼합하여 사용할 때 캡슐화 능력을 향상시키거나 유지할 수 있고 비용을 절감할 수 있었

Corresponding author : Jiyong Park, Department of Biotechnology, Yonsei University, Seoul 120-749, Korea.

다<sup>(8-11)</sup>. 한 예로 Thevenet 등<sup>(8)</sup>은 유화안정성이 높은 gum arabic과 점도가 낮은 maltodextrin 혼합물을 사용하면 고형분 농도 50%에서 분무건조하여 gum arabic 단독 35%일 때와 같은 제품을 얻었다고 보고하였다. 또한 gum arabic을 단독사용할 때 보다 산화안정성이 향상되어 저장기간을 연장할 수 있었으며 경비 절감의 효과도 보였다.

본 연구에서는 maltodextrin(MD), gum arabic(GA), alkenylsuccinated modified starch(MS), gellan gum을 혼합하여 캡슐화 능력을 유지하면서 비용절감 효과를 높이기 위한 최적의 배합비율을 얻고자 하였다.

## 재료 및 방법

### 핵물질

식품에 주로 많이 존재하고, 과일향을 갖는 향기성분으로 분자량이 100~130이고 비등점이 90~200°C의 범위에 있는 ethyl propionate, butyl acetate, 2-heptanone, limonene, octanol-1을 핵물질로 선택하였다.

### Flavor model system

유화 과정 중에 손실되는 향기성분의 양을 최소화 하기 위한 향기성분 : 채종유의 최적의 비율을 측정하였다. 채종유를 1:0~1:5의 부피비로 이용 homomixer (Polytron PT-3000, Kinematica, Japan)를 이용하여 혼합한 후, 50 mL headspace vial에 담아 90°C oven에서 20분간 활성화시켰다. Headspace에 포집된 휘발성분을 gas-tight syringe로 0.2 mL 취해 gas chromatograph (Hewlett-Packard 6890, U.S.A.)로 분석하였다. 검출기는 flame ionization detector, 컬럼은 Ultra II column(25 m×0.32 mm I.D.×0.17 μm), 운반기체는 수소(1.0 mL/min)를 사용하였다. 주입기 온도는 200°C, 검출기 온도는 250°C로 설정하였으며, 컬럼의 초기온도는 35°C에서 5분간 유지시킨 다음 10°C/min의 속도로 180°C까지 승온하였다. 향기성분을 채종유 없이 증류수와 혼합하여 표준물질로 사용하였다.

실험 결과는 아래식에 의해 구하여 상대증기압 (relative vapor pressure)으로 표시하였다<sup>(12)</sup>.

상대증기압 =

$$\frac{\text{시료의 headspace에 포집된 향기성분의 농도}}{\text{표준물질의 headspace에 포집된 향기성분의 농도}}$$

값은 0~1로 표시하며, 값이 '0' 이면 채종유와 향기성분의 완전한 상호작용으로 headspace에 포집된 휘발성분이 없음을 나타낸다.

### 피복물질

Alkenylsuccinated modified starch(상품명 : N-Lok, National Starch and Chemical Co., U.S.A.), gum arabic(TIC Gums, U.S.A.), maltodextrin(D.E. = 15, 세원)을 주 피복물질로, gellan gum(Kelco, U.S.A.), gelatin(삼미산업), κ-carrageenan(명신화학공업주식회사)은 유화액의 점도를 증가시켜 유화안정성을 증가시키기 위한 첨가제로 사용하였다.

### 점도 측정

각 피복물질의 1, 5, 10, 20, 30, 40, 60% 수용액을 제조하여 25, 40, 60, 80°C에서 Brookfield 점도계 (RVF, Brookfield Co., U.S.A.)를 이용하여 점도를 측정하였다.

### 유화액 및 분말의 제조

피복물질을 homomixer(Model 2.5 spec, Tokushu Kika, Japan)를 이용하여 수화시키고, 여기에 핵물질을 넣고 homomixer로 혼합하여 분리를 막은 다음 piston-type homogenizer(Rannie, APV, Germany)를 이용하여 유화 압력 20 MPa로 균질화 하여 유화액을 제조하였다. 제조된 유화물은 송풍 온도 170°C, 분무 속도 15,000 rpm, 펌프 속도 40 mL/min의 조건으로 disk-type spray dryer(L-8, Ohkawara Kakohki, Japan)로 분말화 하였다.

### 유화안정성

유화액을 50 mL 메스실린더에 담고 마개를 막은 후 100°C oven에서 6시간 경과후 유화액으로부터 분리되어지는 수용액층의 부피를 측정하였으며, 그 측정값은 아래 식에 대입하여 유화안정지수(emulsion stability index, ESI)로 나타내었다<sup>(13)</sup>.

$$ESI = \left( 1 - \frac{\text{분리된 수분층의 부피}}{\text{유화액내 수분의 총부피}} \right) \times 100$$

### 유화액으로 부터의 flavor release

유화액내 핵물질의 보유력을 static headspace analysis system을 사용하여 측정하였다. 제조된 유화액 10 mL를 50 mL vial에 담아 80°C oven에서 30분간 활성화시킨 후, headspace에 포집된 휘발성분을 gas-tight syringe로 1 mL 취해 위와 같은 분석 조건에서 GC로 분석하였다. 향기성분을 혼합하여 10 mL를 취해 50 mL vial에 담아 표준물질로 사용하였다.

분말의 surface oil 분석

Soxhlet 추출법을 변형하여 분석하였다<sup>(14)</sup>. 10 g의 분말을 추출 골무에 담고 솜을 덮은 후 Soxhlet 추출관에 넣고, pentane 200 mL를 Soxhlet 추출 플라스크에 넣어 60°C에서 2시간 동안 추출하였다. 추출이 끝나면 Soxhlet 추출관에서 추출 골무를 꺼내고 추출관내의 용매를 플라스크에 담았다. -20°C 이하의 냉동실에 1시간 방치하여 추출액 중의 수분을 제거한 후, 회전 진공 증발기(Series-N, Eyela, Japan)를 이용하여 40°C에서 25 mL까지 농축시켰다. 농축액에서 1.0 µL를 취해 GC로 분리 정량하였다.

각 향기성분들을 0.2 mL씩 취해 200 mL pentane과 함께 500 mL 플라스크에서 위와 같은 방법으로 농축시켜 표준물질로 사용하였다.

분말의 total oil 분석

분말의 total oil 함량은 Clevenger trap을 사용하여 분석하였다<sup>(14)</sup>. 분말 30 g을 500 mL 플라스크에 계량하여 200 mL 증류수로 용해하고 Clevenger 분리관 아래에 시료를 넣은 플라스크를, 위에 냉각관을 장치하였다. 용액을 100°C로 가열하여 2시간동안 증류하였다. Oil의 부피를 oil collecting arm(5 mL)에서 직접 읽고, 0.9 g/mL의 밀도 환산 계수를 곱하여 무게로 환산하였다.

결과 및 고찰

Flavor model system 개발

향기성분을 피복물질과 혼합해서 유화액을 준비하는 과정에서 많은 양의 향기성분이 손실되므로 이를 최소화하기 위해 채종유와 혼합하였다<sup>(15)</sup>. 채종유와의 혼합비를 달리하여 실험한 결과, 5종류 향기성분 모두에서 채종유와의 혼합비가 증가할수록 headspace에서의 상대증기압이 감소하였다(Fig. 1). 이 결과는 혼합하는 oil의 양이 headspace에서의 향기성분의 양에 크게 영향을 준다는 Sheirle-Keller 등<sup>(12)</sup>의 실험 결과와 동일하였다. 본 실험에서 향기성분 : 채종유 = 1 : 5의 혼합비에서 가장 낮은 상대증기압을 나타내기는 하였지만, 사용되는 향기성분의 양이 너무 적으므로, 앞으로의 실험에서는 향기성분 : 채종유 = 1 : 4의 부피비로 혼합하여 사용하였다.

피복물질의 점도 특성 분석

각 피복물질의 점도 특성 분석 결과(Table 1), 고형분 농도 1%와 5%에서는 3종류 피복물질의 점도가 비슷하였으나 10% 이상부터는 농도가 증가할수록 피복

Fig. 1. Influence of rapeseed oil content on relative vapor pressure of each flavor compound.

■: flavor:rapeseed oil = 1 : 0, ▨: 1 : 1, ▩: 1 : 2, ▭: 1 : 3, ▮: 1 : 4, □: 1 : 5.

Table 1. Viscosity of the selected wall materials

%Solids in water	Solution temperature (°C)	Viscosity of compounds (cp)		
		MD <sup>1)</sup>	MS <sup>2)</sup>	GA <sup>3)</sup>
1	80	- <sup>4)</sup>	-	-
	60	-	-	10.9
	40	10.5	11.5	11.5
	25	11.5	12.5	12.5
5	80	-	-	12.6
	60	-	11.2	13.7
	40	10.7	12.1	14.9
	25	13.0	14.1	17.4
10	80	-	12.4	16.7
	60	10.6	13.9	18.3
	40	12.8	15.9	22.6
	25	14.2	19.6	28.2
20	80	13.3	21.6	34.3
	60	14.5	25.7	41.0
	40	16.3	34.7	51.7
	25	19.0	42.3	66.0
30	80	18.0	35.7	69.0
	60	22.2	50.3	90.3
	40	28.9	61.2	104.2
	25	35.8	83.2	141.4
40	80	25.2	74.6	100.6
	60	32.6	105.0	160.0
	40	48.2	132.8	265.5
	25	61.8	256.5	444.5

<sup>1)</sup>Maltodextrin.

<sup>2)</sup>Alkenylsuccinated modified starch.

<sup>3)</sup>Gum arabic.

<sup>4)</sup>Viscosity of solution was too low to be measured.

물질간의 점도 차이가 커졌다. 40% 이상에서는 피복 물질간 현저한 차이를 보였으며 온도에 따라서도 점도차이가 크게 나타났다. MD를 제외한 각 피복물질의 60% 수용액에서는 점도가 너무 높아 측정하기가 어려

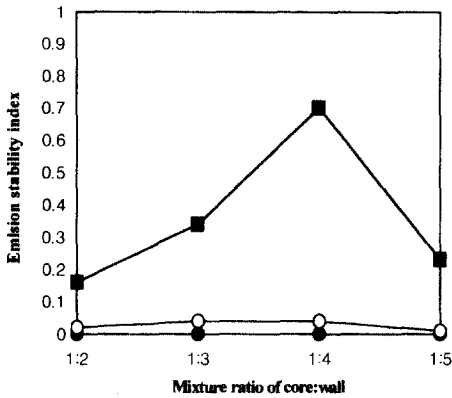


Fig. 2. Stability of flavor emulsion made with different wall materials.

●-●: maltodextrin, ○-○: modified starch, ■-■: gum arabic.

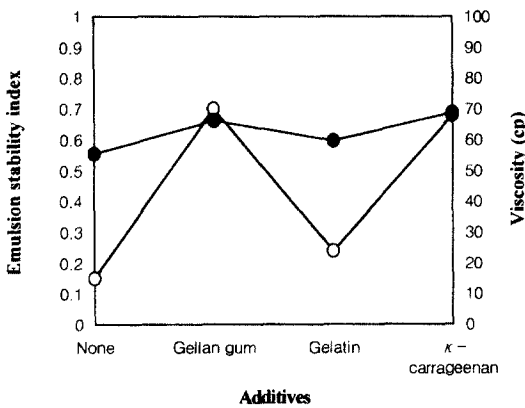


Fig. 3. Effect of different wall materials added to the mixture of MD:GA:MS on viscosity and emulsion stability.

웠다. Sankarikutty 등<sup>(11)</sup>과 Rosenberg 등<sup>(16)</sup>에 의하면 분무건조를 이용한 향기성분의 캡슐화에 적당한 점도 범위는 70~120 cp 정도인데, GA 30%(25°C) 이상 수용액의 점도가 140 cp 이상으로 분무건조하기에 너무 높았다. 반면에 MD는 40% 수용액에서의 점도가 60 cp 정도로 안정한 캡슐을 만들기에 너무 점도가 낮았다.

피복물질과 핵물질의 배합비율 결정

각 피복물질을 핵물질과 1:2, 1:3, 1:4, 1:5의 비율로 혼합하여 유화액을 제조한 후 유화안정성을 측정한 결과는 Fig. 2와 같다. MD는 모든 비율에서 ESI가 0으로 단일물질로 사용할 때 유화안정성이 현저히 떨어지며, MS의 경우 1:3과 1:4의 비율에서 유화안정성이 약간 높았으나, 시료간 큰 차이를 보이지는 않았다. GA의 유화안정성이 가장 우수하였으며, 그 중

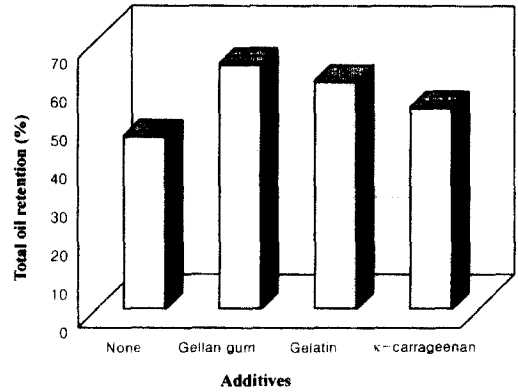


Fig. 4. Effect of different wall materials added to the mixture of MD:GA:MS on total oil retention.

●-●: emulsion stability index (ESI), ○-○: viscosity.

1:4에서의 ESI가 0.7로 가장 우수한 결과를 보였다. 여러 논문<sup>(7,11,17)</sup>에서도 향기성분의 캡슐화를 위한 핵물질:피복물질의 비율은 1:4로 제안하고 있다.

Maltodextrin 함량 결정

경제성과 유화안정성을 고려한 MD의 적정 혼합비율을 결정하기 위해 GA:MD=5:5의 혼합물에 MD를 20, 30, 40% 첨가하여 유화액을 제조하여 유화안정성을 측정하였다. MD 30% 첨가한 것이 ESI가 0.11로 가장 우수하였다. Sankarikutty 등<sup>(11)</sup>도 GA와 MD 혼합시 MD 30%에서 최고의 결과를 보였다. 그러나 MD 30% 첨가시 total oil retention은 45%로 MD를 첨가하지 분말의 67.5%에 비해 현저히 감소하였다. 반면에 surface oil content는 14.13 mg/100g으로 MD를 첨가하지 분말(4.59 mg/100g)보다 증가하여 캡슐화 효과가 저하되므로, 이를 보완해 줄 첨가물질의 필요성이 제시되었다.

첨가제 선정

앞에서도 언급했듯이 MD의 첨가에 따른 캡슐화의 효과가 저하되므로, 이를 개선하기 위한 여러 첨가제를 비교, 실험하였다. MD:GA:MS=30:35:35의 혼합물에 유화액의 점도를 증가시켜 유화안정성을 증가시키기 위한 첨가제를 선택하기 위해 gellan gum, gelatin, κ-carrageenan을 각각 3.3% 첨가하였다. 우선 점도와 유화안정성의 상관관계를 살펴보면, Fig. 3에서 보는 바와 같이 점도가 높은 gellan gum 첨가군과 κ-carrageenan 첨가군에서 ESI가 각각 0.70과 0.68로 우수한 결과를 보였다.

Total oil retention은 gellan gum 첨가군의 경우가

Fig. 5. Effect of different wall materials added to the mixture of MD:GA:MS on surface oil content.

□: no addition, ▨: gellan gum, ▩: gelatin, ▪: κ-carrageenan.

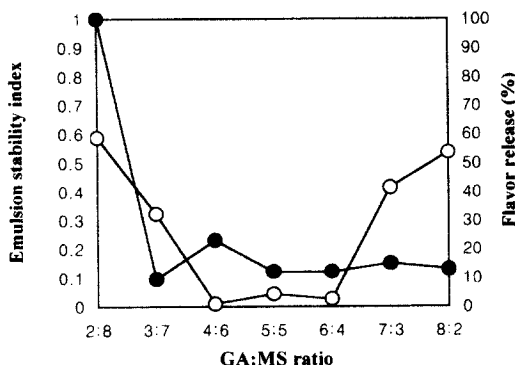


Fig. 6. Effect of GA to MS ratio in flavor emulsion on emulsion stability and flavor release.

●: emulsion stability index (ESI), ○: flavor release.

63.8%로 가장 높았으며, gellan gum 첨가군과 마찬가지로 우수한 유화안정성을 보인 κ-carrageenan 첨가군의 경우는 오히려 gelatin 첨가군보다도 낮은 값을 보였다(Fig. 4). κ-carrageenan 첨가군을 분무건조에 의해 분말을 제조할 때, 분말이 제대로 형성되지 않고 뭉치는 경향을 보였는데, 이 때문에 total oil retention이 낮아진 것으로 보인다. Surface oil content는 gellan gum 첨가군에서 0.13 mg/100 g으로 가장 적었다(Fig. 5). 이상의 결과를 토대로 gellan gum을 유화안정성을 증가시키기 위한 첨가제로 선정하였다.

Gum arabic과 modified starch의 배합비율 결정

MD를 30%로 고정하였을 때, GA:MS의 최적 배합 비율을 결정하기 위해 GA:MS를 2:8-8:2의 비율로 혼합하여 반복 실험하였다. Fig. 6을 보면 유화안정성

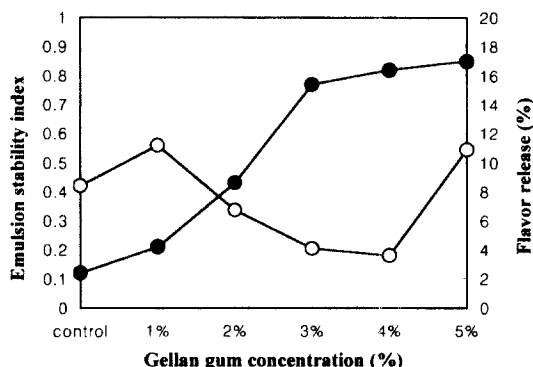


Fig. 7. Effect of gellan gum concentration on emulsion stability and flavor release in emulsion.

●: emulsion stability index (ESI), ○: flavor release.

은 GA:MS = 2:8의 비율에서 가장 우수하였다. 그러나 이 비율에서 유화액에서의 flavor release 역시 가장 높아 우수한 유화상태를 보이지는 않았다. GA:MS = 4:6의 비율에서 비교적 유화안정성이 높았으며, flavor release 역시 가장 적어 MD 30% 고정시 GA:MS = 4:6을 가장 적합한 배합비율로 선정하였다.

첨가제 함량 결정

MD:GA:MS = 30:28:42(GA:MS = 4:6)의 배합 비율에 첨가제로 선정된 gellan gum을 1-5% 첨가하였다. Fig. 7을 보면 유화안정성은 gellan gum 5% 첨가에서 ESI가 0.85로 가장 우수하였으며, 3%와 4% 첨가군에서도 각각 0.77, 0.82로 역시 우수한 결과를 보였다. Flavor release는 gellan gum 4% 첨가군에서 3.61%로 가장 적은 값을 보여 가장 우수한 결과를 보였다.

이상의 결과로 MD=30%, gellan gum=4%, GA:MS=4:6 즉, MD:GA:MS:gellan gum=30:26.4:39.6:4를 피복물질의 최적배합비율로 선정하여 앞으로의 실험에서 wall system으로 사용하였다.

단일 피복물질과의 특성 비교

위와 같이 최적화된 wall system의 캡슐화 정도를 이미 우수한 캡슐화 물질로 많이 사용되고 있는 GA 또는 MS와 같은 단일 피복물질과 total oil retention, surface oil content를 비교하였다. 예비실험에서 MD, MS, GA를 단일 피복물질로 사용하여 실험한 결과, MD의 total oil retention이 20%로 MS의 65%나 GA의 72.5%에 비해 현저히 떨어지고, 다른 분석실험 결과 역시 큰 차이를 보여 wall system과의 비교 실험에

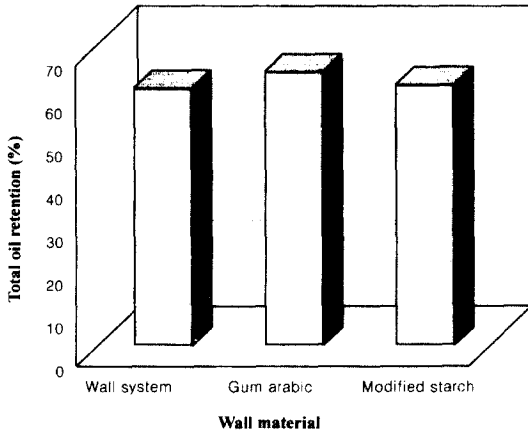


Fig. 8. Total oil retention in flavor encapsulated powder made with wall system (mixture of wall materials), gum arabic and alkenylsuccinated modified starch.

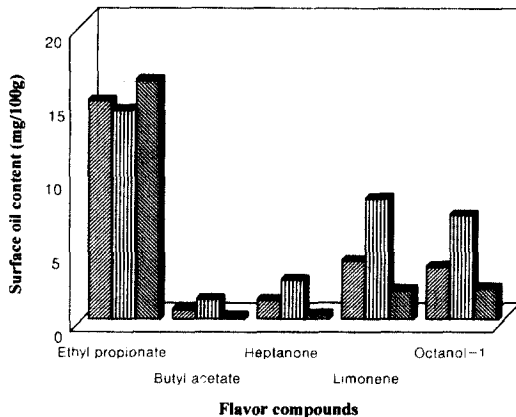


Fig. 9. Surface oil content in flavor encapsulated powder made with wall system (mixture of wall materials), gum arabic and alkenylsuccinated modified starch.

▨: wall system, ▤: gum arabic, ▥: modified starch.

서 제외하였다.

Fig. 8을 보면 GA로 캡슐화한 분말에서 total oil retention이 69%로 가장 높았으며, MS 또는 wall system으로 캡슐화한 분말에서는 65%로 이보다 조금 낮았으나, 큰 차이를 보이지는 않았다. Surface oil content를 보면(Fig. 9), GA로 캡슐화한 분말에서 ethyl propionate를 제외한 모든 향기 성분에서 surface oil content가 높았는데, 이러한 실험결과는 Risch 등<sup>(18)</sup>의 결과와 같았다. 이상의 결과로 GA는 total oil retention이 우수해도 캡슐내에 향기 성분을 포집하는 정도는 다른 피복물질과 비슷함을 알 수 있었다. MS로 캡슐화한 분말에서 ethyl propionate를 제외한 모든 향기 성분에서 surface oil content가 가장 적었다. 이는 GA가

단지 높은 점도에 의해 핵물질을 캡슐화 하는데 비해 MS는 구조내에 소수성을 가지고 있어서 구조적 장점에 의해 캡슐화하기 때문에 지용성인 향기성분을 내부에 효과적으로 포집할 수 있기 때문이다<sup>(3,5)</sup>. 이러한 이유 때문에 MS의 함량이 상대적으로 많은 wall system에서 GA보다 surface oil content가 더 적은 것으로 생각되었다.

이와 같은 결과를 볼 때, 본 연구에서 개발한 wall system은 높은 MD함량에도 불구하고 MS, GA를 단독으로 사용했을 때와 같은 우수한 캡슐화 능력을 보여 피복물질의 단독 사용보다는 장점과 단점을 보완할 수 있는 적절한 혼합 사용이 더 나은 결과를 가져올 수 있음을 알 수 있었다.

## 요 약

본 연구는 분무건조를 이용한 향기성분의 미세캡슐화를 위해 maltodextrin(MD), gum arabic(GA), alkenylsuccinated modified starch(MS), gellan gum을 피복물질로 사용하여 배합비율을 최적화하는 데 목표를 갖고 수행되었다. 핵물질은 특성이 다른 5종류의 향기성분을 채종유와 1:4의 비율로 혼합한 flavor model system으로 사용하였다. 예비실험을 통해 핵물질:피복물질의 비율을 1:4로 하였으며, MD함량은 30%로 고정하였다. GA:MS를 2:8-8:2의 비율로 제조하여 유희액에서의 특성을 분석한 결과, GA:MS=4:6에서 유희안정성이 우수하였으며, flavor release가 가장 적었다. 이 비율에 gellan gum을 1~5% 첨가하여 실험한 결과, 4% 첨가한 것이 결과가 가장 우수하였다. 이상의 결과로 MD:GA:MS:gellan gum=30:26.4:39.6:4의 배합비율이 분무건조를 이용한 향기성분의 미세캡슐화를 위한 피복물질의 최적 배합조건이었다.

## 감사의 글

본 연구는 1996년 농림수산부에서 시행한 농림수산 기술개발사업에 의해 수행된 결과중의 일부이며 연구비 지원에 감사드립니다.

## 문 헌

1. Dziezak, J.D. Microencapsulation and encapsulated ingredients. *Food Technol.* 42(4): 136-148 (1988)
2. Risch, S.J. Encapsulation-overview of uses and techniques, pp. 2-7. In: *Encapsulation and Controlled Release of Food Ingredients*, Risch, S.J. and Reinec-

- cius, G.A. (eds.). ACS symposium series No 590. American Chemical Society, Washington DC, USA (1995)
3. Shahi, F.S. and Han, X. Encapsulation of food ingredients. *CRC Cri. Rev. in Food Sci. Nutr.* 33(6): 501-547 (1993)
  4. Giese, J. Packaging, storage and delivery of ingredients. *Food Technol.* 47(8): 54-63 (1993)
  5. Reineccius, G.A. Carbohydrates for flavor encapsulation. *Food Technol.* 45(3): 144 -146 (1991)
  6. Anonymous. Gum arabic protect spray-dried flavors against oxidation. *Food Technol.* 47(2): 130-131 (1993)
  7. Baisier, W. and Reineccius, G. Spray drying of food flavors-V. Factors influencing shelf-life of encapsulated orange peel oil. *Perfumer & Flavorist* 14(5/6): 48-53 (1989)
  8. Thevenet, F. Acacia gums-stabilizers for flavor encapsulation, pp. 37-44. In: Flavor encapsulation, Risch, S.J. and Reineccius, G.A. (eds.). ACS symposium series No 370, American Chemical Society, Washington DC, USA (1988)
  9. Kenyon, M. Modified starch, maltodextrin, and corn syrup solids as wall materials for food encapsulation, pp. 42-59. In: Encapsulation and Controlled Release of Food Ingredients. Risch, S.J. and Reineccius, G.A. (eds.). ACS symposium series No 590, American Chemical Society, Washington DC, (1995)
  10. Bhandari, B.R., Doumoulin, E.D., Richard, H.M.J., Noleau, I. and Lebert, A.M. Flavor encapsulation by spray drying: Application to citral and linalyl acetate. *J. Food Sci.* 57(1): 217-221 (1992)
  11. 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(6): 352-356 (1988)
  12. Schirle-Keller, J.P., Reineccius, G.A. and Hatchwell, L.C. Flavor interactions with fat replacers: Effect of oil level. *J. Food Sci.* 59(4): 813-815, 875 (1994)
  13. Chang, P.S., Shin., M.G. and Lee, W.H. Relationship between emulsion stability index and HLB value of emulsifier in the analysis of W/O emulsion stability. *Anal. Sci. Technol.* 7(2): 237-243 (1994)
  14. Risch, S.J. and Reineccius, G.A. Spray dried orange oil-effect of emulsion size on flavor retention and shelf stability, pp. 67-77. In: Flavor Encapsulation. Risch, S.J. and Reineccius, G.A. (eds.). ACS symposium series No 370, American Chemical Society, Washington DC, USA (1988)
  15. Kim-Ha, J. and Reineccius, G.A. Spray drying of food flavors-IV. The influence of flavor solvent on retention of volatile flavors. *Perfumer & Flavorist* 13(8/9): 2-4 (1988)
  16. Rosenberg, M., Kopelman, I.J. and Talmon, Y. Factors affecting retention in spray-drying microencapsulation of volatile materials. *J. Agric. Food Chem.* 38(5): 1288-1294 (1990)
  17. Reineccius, G.A. and William, E.B. Spray drying of food flavors-III. Optimum infeed concentrations for the retention of artificial flavors. *Perfumer & Flavorist* 9(2/3): 27-29 (1985)
  18. Risch, S.J. and Reineccius, G.A. Differences between gum acacias for the spray drying of citrus oils. *Perfumer & Flavorist* 15(7/8): 55-58 (1990)

---

(1999년 7월 30일 접수)