

알긴산을 이용한 송이 향의 캡슐화

유병진⁺ · 임영선*

강릉대학교 식품과학과, *강릉대학교 해양생물자원센터

Encapsulation of Pine Agaric (*Tricholoma matsutake*) Flavor with Alginates

Byeong-Jin YOU⁺ and Yeong-seon LIM*

Dept. Food Science, Kangnung National Univ., Kangnung 210-702, Korea

*East Coastal Marine Bioresources Research Center, Kangnung National Univ., Kangnung 210-702, Korea

Encapsulating 1-octen-3-ol with alginates solution, the effects of physical properties (viscosity, emulsion activity, emulsion stability) of alginates solution on the retention of 1-octen-3-ol in capsules were investigated. Only alginates solutions having less than 350 cP in viscosity were capable to be adopted to spray dry. Adding citric acid to alginates solution in order to reduce its viscosity, the concentration of citric acid became higher, the viscosity of alginates solution were lower. Adding 0.1% of citric acid could reduce viscosity of alginates solution to 150 cP. The viscosity of alginates solution after emulsifying showed higher value than that of solution before emulsifying, but its viscosity were within the possible ranges for spray drying. The lower viscosity of alginates solution were, EAI became higher but ESI and amount of remaining 1-octen-3-ol in capsules were lower. In reducing the viscosity of alginates solutions, heating time after adding citric acid were longer, the their viscosity became lower. Differences of viscosity of alginates solution after and before emulsifying were little. In encapsulating raw pine agaric with alginates solution, the adding amount of soybean oil increased, the amounts of remaining 1-octen-3-ol in capsules increased. After freeze drying the amount of remaining 1-octen-3-ol in alginates capsules prepared with raw pine agaric was higher than that after cold air flow drying.

Key words: Alginates capsules, 1-octen-3-ol, Pine agaric, Encapsulation, Viscosity

서 론

향기산업은 식품과 방향제로 이용될 뿐 아니라 질병의 예방에 이용되는 (박, 1999) 등 그 용도가 다양해짐에 따라 방향성분을 오랫동안 유지할 수 있는 방법으로 향기성분의 미세 캡슐화에 관한 연구가 활발해지고 있다. 방향성분을 오랜 기간동안 방향을 유지하도록 하는 캡슐화의 방법은 방향성분을 벽막물질로 둘러싸는 과정으로, 둘러싸인 aromas, flavors 및 열에 민감한 내부물질을 보호하고 shelf-life의 연장 및 방출을 조절할 수 있다는 이점이 있어서 향기성분을 유지하는데 많이 사용되고 있다 (Risch and Reineccius, 1986; Anker and Reineccius, 1988; Skopec et al., 1995; Muka and Nelson, 1988; Anandaraman and Reineccius, 1986). 그리고 향기성분을 오랫동안 유지하기 위하여 매트릭스의 선택도 중요한 요인으로 알려져 있는데 현재 연구되고있는 매트릭스로서 탄수화물은 maltodextrins (Reineccius, 1991), corn syrup solid (Reineccius, 1991), modified starch (Chattopadhyaya, 1998; Yilmaz et al., 1999; Subramania, 1997) 그리고 gum acacia (Reineccius, 1991), gum arabic (Kim and Morr, 1996; Kim et al., 1996; Ziberboim et al., 1986), carrageenan (Lacroix, 1990) 등을 들 수 있다. 갈조류의 세포막 또는 세포간 물질로 함유되어 있는 다당류인 alginates는 독특한 물리화학적 특성을 지니고 있어, 식품공업, 직물공업, 의약품, 용수처리, 도료공업 등에 널리 사용되고 있

고, 또한 생분해성 식용필름의 원재료로서의 이용에 관한 연구 (You and Shim, 1999a; 1999b; 2000)도 많이 진행되고 있으며 이러한 필름 형성능은 캡슐화에 사용되는 매트릭스로서 중요한 성질을 나타낸다.

우리나라 양양군 적송림에서 생산되는 송이는 독특한 향기로 인하여 그 품질이 뛰어나 송이 중 최고의 상품으로서 평가받고 있다. 송이의 독특한 향의 주된 물질은 1-octen-3-ol 이라는 물질로 알려져 있는데 (Ahn and Lee, 1986) 수확후 2~3일만에 탈향현상이 일어나 상품의 가치를 쉽게 잃어버리기 때문에 송이의 향을 보존할 수 있는 방법이 절실히 요구되는 실정이다.

그러므로 국내산 송이의 특징인 송이 향을 효과적으로 보존할 수 있는 방법을 개발하기 위하여 송이 향의 주된 성분인 1-octen-3-ol을 alginates로서 캡슐화 시키고 캡슐화 공정과 송이 향의 잔존량에 영향을 미치는 요인을 조사하였다.

재료 및 방법

재 료

본 실험에 사용한 alginates는 마크로키스티스 피리페라 (*Macrocystis pyrifera*)에서 추출하여 Na염 형태로 제조한 것 (Sigma Co., medium viscosity)을, 또한, 1-octen-3-ol, span 80, citric acid, CaCl₂는 모두 Sigma사의 제품을 사용하였으며 대두유 (동방유량 Co.)는 시판되는 것을 이용하였다. 송이 (*Tricholoma matsutake*)는 2000년 9월 27일에 양양군 임업협동조합에서 구입하여 사용하였다.

*Corresponding author: ybjin@kangnung.ac.kr

Alginates 용액의 점도측정 및 강화

Alginates를 캡슐화의 매트릭스로 사용하기 위하여 점도를 낮출 목적으로 2% alginates 용액에 citric acid의 농도가 각각 0.1, 0.2, 0.3, 0.4 및 0.5% 되도록 첨가하고 90°C에서 2시간 가열하는 방법과 2% alginates 용액에 citric acid를 0.5% 되도록 첨가하고 90°C에서 30분, 1, 2, 4 및 6 시간 각각 가열하는 방법으로 점도를 낮추었다. 이렇게 제조된 alginates 용액의 일부는 점도를 측정하기 위하여 사용되었으며 나머지는 캡슐용 매트릭스로 사용하였다. Alginates 용액의 점도는 회전식 점도계 (Brookfield model 85-150-E, U.S. A.)를 사용하여 측정하였다.

1-octen-3-ol의 캡슐화

캡슐화 조건은 점도를 낮춘 2% alginates 용액 50 mL에 1-octen-3-ol 0.04 g, 대두유 1 g, span 80 1 g을 첨가하고 균질기 (IKA T25 Basic, Malaysia)로서 24,000 rpm으로 3분간 균질화는 조작을 2회 반복하여 에멀전을 만든 후 분무건조하였다. 이때 사용한 분무건조기 (Eyela Co. SD-1000, Japan)의 건조속도는 1.5~2.5 mL/min, 시료입구온도 180~190°C, 출구온도 90~100°C, 온풍속도 0.50~0.55 m²/min, Atomizing pressure 120~130 kPa로 하였다.

생송이의 캡슐화

대조구로서 2% alginates 용액 500 mL에 생송이 200 g을 넣고 Blender (금성사 제품)에서 3분간 균질화하였으며 균질화 후에는 2 M의 CaCl₂ 용액에 직경 2.0~4.0 mm의 크기로 dropping하여 젤화시키고 증류수로서 3회 세척하여 캡슐을 제조하고 -25°C에 동결 저장하면서 실험에 사용하였다. 또한 대두유의 첨가 효과를 측정하기 위하여 대조구와 같은 양으로 alginates 용액과 생송이를 넣고 대두유를 생송이의 무게에 대하여 각각 4, 10, 25 및 40%씩 첨가하였고, 유화제로서 span 80 (Sigma Co.) 50 g을 각각 첨가한 후 대조구와 같은 방법으로 캡슐을 제조하고 보관하면서 실험에 사용하였다.

1-octen-3-ol의 측정

Alginates로 제조된 캡슐 분말에 잔존하는 1-octen-3-ol의 양을 측정하기 위하여 캡슐분말 1 g을 증류수 25 mL에 현탁시키고 5°C의 pentane 25 mL를 가하여 분액 여두에서 잘 섞어 1-octen-3-ol을 pentane 층으로 이동시키고 pentane층만 분리하여 회전식 진공증발기에서 농축하여 gas chromatography (Shimadzu GC-14B, Japan)로서 분석하였다. 이때 사용한 column은 Stabil Wax (Restek Co. 30 m×0.52 mm)이었으며, carrier gas는 helium으로 유속은 7 mL/min였고, injection 온도는 230°C, detector 온도는 250°C이었으며, injection volume는 1 µL였고, 분석시 column은 100°C에서 210°C까지 승온하였으며 승온속도 3°C/min이었고, 내부표준물질은 n-nonano는 사용하였다. 또한 alginates 용액으로 제조된 bead에 잔존하는 생송이의 1-octen-3-ol의 양을 측정하기 위하여 캡슐 3 g을 2 N Na₂CO₃ 용액 100 mL에 넣고 homogenizer (IKA Co. S25 N-25F, Malaysia)로서 24,000 rpm에서 3분간 에멀전시키고 분액 여두에 넣어 100 mL의 pentane를 가하고 격렬하게 흔든 다음 증

류수 150 mL로써 3회 수세하고 pentane 층을 분리하여 회전식 진공증발기로서 농축하여 캡슐분말의 분석조건과 같이하여 gas chromatography에서 분석하였다.

Emulsifying activity index (EAI)와 Emulsion stability index (ESI) 측정

미세 캡슐화하기 위하여 매트릭스로 사용한 alginates의 EAI와 ESI의 측정은 Pearce and Kinsella (1978)의 방법에 따라 측정하고 계산하였다.

분석결과와 통계처리

실험결과와 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

1. Alginates 용액의 점도 강화와 ESI (emulsion stability index)와 EAI (emulsifying activity index)

Alginates를 송이 향의 주성분인 1-octen-3-ol의 캡슐화를 위한 매트릭스로 사용하기 위하여 중간 정도의 점도를 가지는 alginates를 2% 용액으로 분무건조하려 하였으나 용액의 점도가 1,200 cPs 이상의 고점도를 나타내므로 분무건조 할 수 없었다. 그러므로 alginates 용액의 점도를 낮추기 위하여 citric acid로 분해하여 alginates의 분자량을 낮추기로 하였다. 이때 2% alginates 용액에 citric acid의 농도가 0.1, 0.2, 0.3, 0.4 및 0.5% 되도록 각각 첨가하여 90°C에서 1시간 가열하여 얻은 용액의 점도와 점도가 낮추어진 각각의 용액 300 mL에 유화제 1 g과 1-octen-3-ol 0.1 g을 첨가하여 균질화하여 제조한 에멀전 용액의 점도를 측정하였으며 (Fig. 1), citric acid로 점도를 낮춘 alginates 용액의 EAI, ESI를 각각 측정하였고 (Fig. 2), 이 용액을 분무건조하여 얻은 분말에 잔존하는 1-octen-3-ol의 양을 측정하여 그 결과를 Fig. 3에 나타내었다.

Citric acid의 첨가농도에 따른 점도의 변화를 나타낸 Fig. 1의 결과에서 알 수 있듯이 에멀전으로 제조하기전의 점도는 citric acid의 농도가 0.1, 0.2, 0.3, 0.4 및 0.5%일 경우 각각 117.5, 57.5, 40.0, 35.0 및 25.0 cP를 나타내어 첨가하는 citric acid의 농도를 높일수록 점도가 낮아졌으며, 특히 citric acid 농도가 가장 낮은 조건인 0.1% 첨가의 경우 점도가 117.5 cP로 급격히 낮아져 분무건조에 전혀 문제를 일으키지 않았다. 유기산에 의해 alginates가 분해되어 분자량이 작아지면 alginates의 점도가 낮아진다는 연구보고 (Haug et al., 1966)를 고려하면 citric acid의 농도가 증가함에 따라 점도가 낮아지는 것은 citric acid에 의해 alginates가 분해되므로 분자량이 작아졌기 때문으로 생각된다. 에멀전으로 제조한 후의 점도를 측정된 결과는 citric acid 첨가 농도에 따라 각각 135.0, 65.5, 51.5, 30.0 및 21.0 cP를 나타내어 유화하기 전과 같이 첨가한 citric acid의 농도가 증가할수록 점도는 낮아졌으며 citric acid 농도 0.1~0.3%까지는 에멀전으로 제조하기 전보다 약간 높은 점도

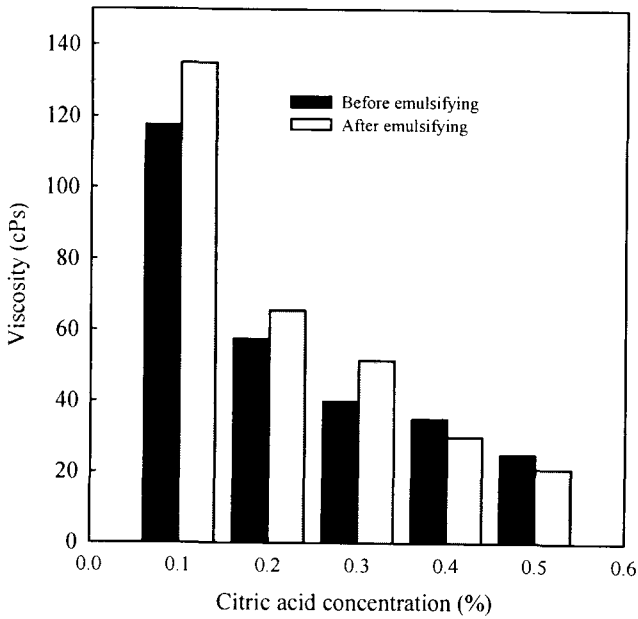


Fig. 1. Effects of citric acid concentration on viscosity of alginate solution treated before and after emulsifying.

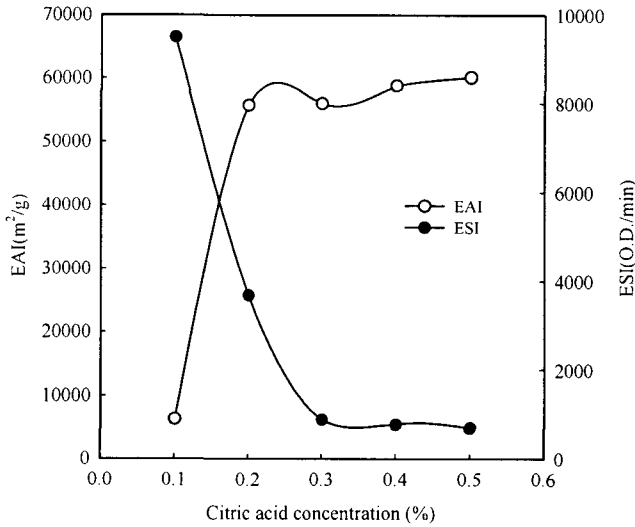


Fig. 2. Changes of EAI (emulsifying activity index) and ESI (emulsion stability index) of alginate solution prepared by heating for 1 hr at 90°C after adding citric acid.

를 나타내었으나 가장 점도가 높은 0.1%의 경우에서도 135.0 cP를 나타내 분무건조 시에 전혀 문제가 없었다.

Citric acid의 첨가 농도에 따라서 에멀전시킨 alginates 용액의 EAI와 ESI를 측정된 결과를 Fig. 2에 나타내었다. EAI에 있어서 citric acid 첨가농도가 0.1, 0.2, 0.3, 0.4 및 0.5%일 경우 각각 6,278, 55,707, 56,007, 58,851 및 60,120 m²/g을 나타내 citric acid 첨가농도가 높아질수록 증가하였다. 이 결과와 앞의 Fig. 1의 점도변화에서 결과를 미루어보면 alginates의 분자량이 클수록 EAI는 감소되는 것으로 보여진다. ESI의 경우 EAI의 경우와는 달리 citric

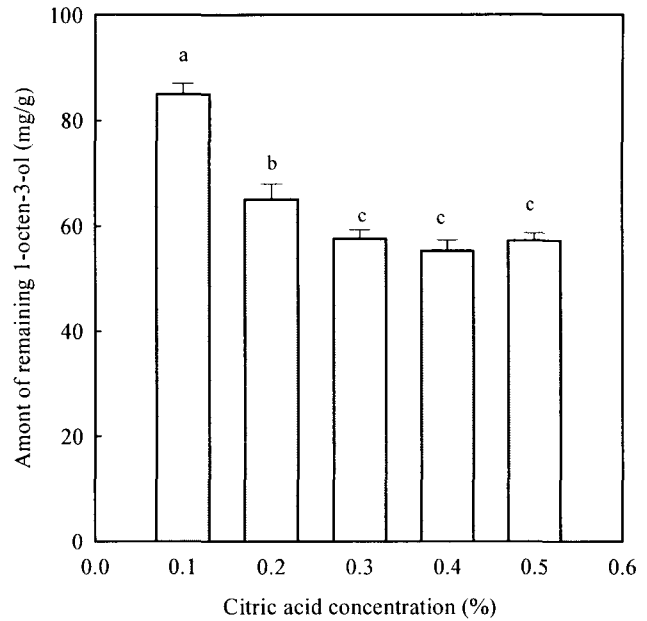


Fig. 3. Changes of remaining 1-octen-3-ol contents in preparing microcapsules with alginate treated with citric acid. a, b, c (mean ± S.D.) were significantly difference (P<0.05).

acid의 첨가농도에 따라서 각각 9,500, 3,677, 885, 775 및 698 O.D./min을 나타내어 citric acid의 첨가농도가 증가함에 따라 감소하는 것으로 나타났다. 그러므로 분무건조 공정을 이용하여 캡슐화 하려면 EAI의 값이 높게 나타난 저분자 alginates를 매트릭스로 사용하여 에멀전이 쉽게 형성되도록하고, 반면 저분자 alginates는 ESI가 떨어지기 때문에 에멀전을 제조한 즉시 분무건조 공정을 시행하는 것이 좋을 것으로 여겨진다.

Fig. 3은 분무건조하여 캡슐화한 분말에 잔존하는 1-octen-3-ol의 양을 나타낸 것으로 alginates 용액에 첨가한 citric acid의 농도가 0.1, 0.2, 0.3, 0.4 및 0.5%일 경우 잔존하는 1-octen-3-ol량은 각각 85.0, 65.1, 57.6, 55.3 및 57.2 mg/g을 나타내어 citric acid의 농도가 증가함에 따라 1-octen-3-ol의 잔존량이 감소하는 경향을 보였다. Fig. 1과 2에 나타난 alginates용액의 점도와 ESI의 결과를 미루어 보면 1-octen-3-ol의 잔존량은 alginates 용액의 ESI값이 높을수록 증가하므로 1-octen-3-ol의 잔존량과 alginates의 안정성은 밀접한 상관관계가 있다고 생각된다. 그러므로 alginates 용액의 ESI값을 높이고 점도를 낮추기 위하여 유화제의 첨가량을 다소 증가시킬 필요가 있을 것으로 생각된다.

Alginates 용액의 점도를 낮추는 방법으로 citric acid 첨가농도를 조절하는 것 외에 citric acid 첨가농도를 일정하게 하고 90°C에서 가열시간을 조절하는 방법을 사용하였다. 2% alginates 용액에 citric acid를 0.5% 되도록 첨가한 후 90°C에서 가열시간을 각각 1, 2, 4 및 6시간으로 하였을 경우 용액의 점도를 측정된 결과를 Fig. 4에 나타내었다. 각 가열시간에 따른 점도는 에멀전화하기 전에는 각각 25.0, 12.5, 10.0 및 5.0 cP를 나타내었고 에멀전으로 제조한 후에는 각각 21.0, 11.0, 9.0, 7.5 및 6.0 cP를 나타내어 가열

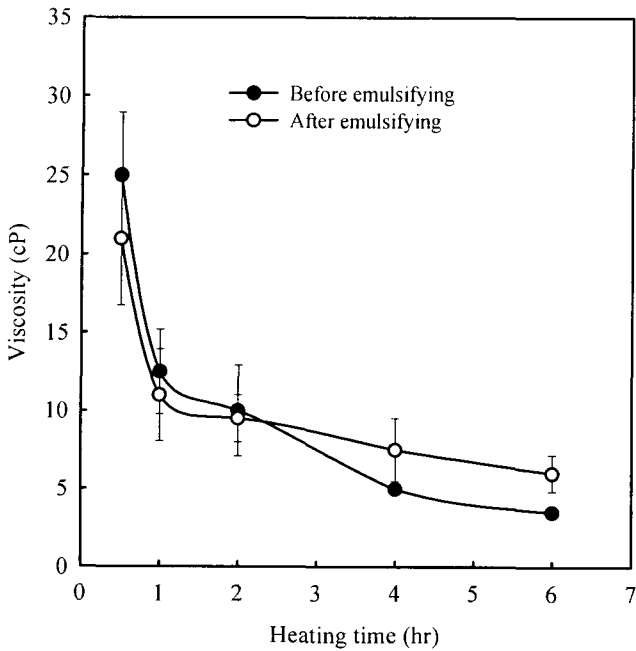


Fig. 4. Effects of heating time on viscosity of alginate solution at 90°C after adding 0.5% citric acid.

시간의 증가에 따라 점도는 감소하였으며 에멀전화한 전후의 점도는 크게 차이하지 않는 것으로 나타났다. 또한 에멀전화한 후의 EAI와 ESI를 측정하여 Fig. 5에 나타내었다. 90°C에서 0, 1, 2, 4 및 6시간 동안 가열했을 경우 EAI는 각각 6,013, 22,890, 47,030, 46,809 및 47,226 m²/g으로 가열 2시간까지는 급격하게 증가하였으나 2시간 이상 가열할 경우 EAI 값의 변화는 거의 없었다. ESI에 있어서는 가열시간에 따라 각각 12,325, 1,595, 891, 808 및 573 O.D./min을 나타내어 EAI의 변화와 반대로 가열시간이 길어짐에 따라

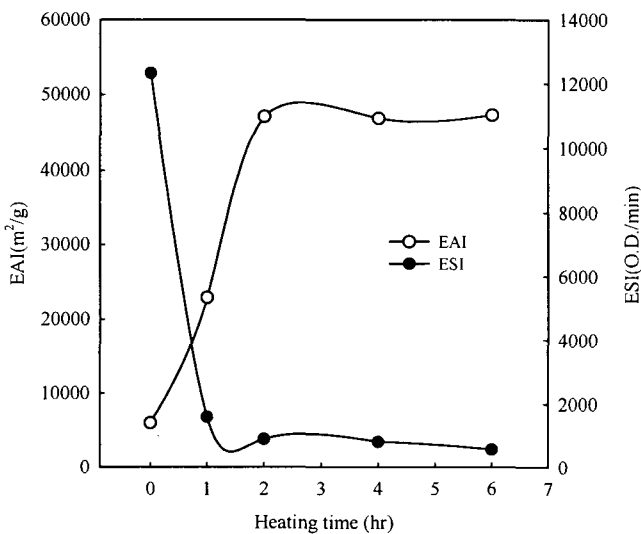


Fig. 5. Changes of EAI (emulsifying activity index) and ESI (emulsion stability index) of alginate solution heated at 90°C after adding 0.5% citric acid.

감소하는 경향을 보였다. 이와 같은 결과는 앞에서 alginates 용액의 점도를 낮추기 위해 citric acid의 첨가농도를 달리하여 측정된 결과와도 유사하므로 alginates 용액의 EAI와 ESI 값은 용액의 점도와 밀접한 관계가 있는 것으로 여겨진다.

2. Alginates 용액을 이용한 생송이의 캡슐화

1) 1-octen-3-ol의 잔존량에 미치는 대두유 첨가량 효과

1-octen-3-ol은 지용성이므로 생송이를 alginates 용액으로 캡슐화할 때 쉽게 휘발하는 것을 방지하기 위하여 대두유를 첨가하였다. 대두유의 첨가 비율은 4, 10, 25 및 40%로 조절하여 캡슐로 제조하였을 경우 대두유 첨가비율에 따라 캡슐에 존재하는 1-octen-3-ol의 함량을 측정된 결과를 Fig. 6에 나타내었다. 대두유의 첨가비율이 4, 10, 25 및 40%씩 각각 첨가하였을 경우 캡슐로 제조한 뒤 잔존하는 1-octen-3-ol의 양은 각각 5.8, 7.7, 10.2 및 13.5 µg/g을 나타내어 대두유의 첨가량이 많을수록 1-octen-3-ol의 잔존량이 증가함을 알 수 있었다. 이와 같은 현상은 1-octen-3-ol이 지용성이므로 대두유에 쉽게 용해될 뿐 아니라 캡슐화된 후에도 쉽게 증발하지 않음을 보여주므로 생송이를 alginates 용액으로 캡슐화할 경우 대두유의 첨가량을 늘리는 것이 바람직할 것으로 보였다. 그러나 대두유의 첨가량이 생송이의 무게에 대하여 25%를 초과할 경우 캡슐이 건조된 후에 식용유가 캡슐의 표면으로 유리되어 나오고 대두유 고유의 냄새가 캡슐의 송이향에 영향을 미치므로 그 이상의 첨가는 어려운 것으로 생각되었다.

2) 1-octen-3-ol의 잔존량에 영향을 미치는 캡슐의 건조방법 앞의 방법으로 제조한 캡슐을 진공동결건조한 것과 상온에서 72시

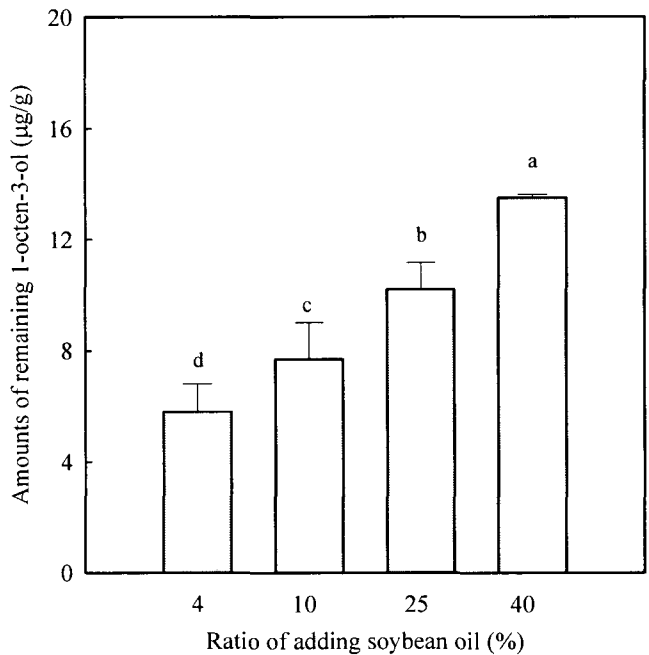


Fig. 6. Effects of adding soybean oil amounts on remaining 1-octen-3-ol amounts in alginate gel bead prepared with raw pine agaric. a, b, c and d (mean ± S.D.) were significantly difference (P<0.05).

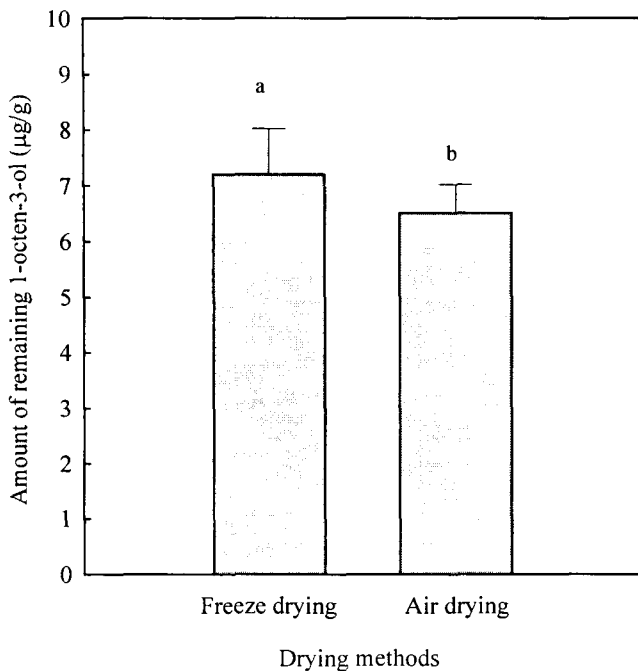


Fig. 7. Effects of drying methods on amounts of remaining 1-octen-3-ol in alginate gel bead prepared with raw pine agaric. a and b (mean \pm S.D.) were significantly difference ($P < 0.05$).

간 풍건하였을 때 캡슐에 존재하는 1-octen-3-ol의 잔존량을 측정하여 Fig. 7에 표시하였다. 진공동결 건조한 캡슐에서 1-octen-3-ol의 잔존량은 7.2 $\mu\text{g/g}$ 이었으며 상온에서 풍건하였을 경우 6.5 $\mu\text{g/g}$ 으로 건조방법에 따른 1-octen-3-ol 잔존량의 차이는 크게 나타나지 않았으나 상온에서 풍건한 경우 건조 후 캡슐의 갈변이 심하게 일어나면서 이취가 발생하였다. 그러므로 생송이를 alginates 용액으로 캡슐화할 경우 건조방법은 진공동결건조법을 이용하는 것이 좋을 것으로 생각되었다.

요 약

국내산 송이의 특징인 송이 향을 효과적으로 보존할 수 있는 방법을 개발하기 위하여 알긴산으로 송이 향의 주된 성분인 1-octen-3-ol을 캡슐화 공정과 송이 향의 잔존량에 영향을 미치는 요인을 조사한 결과는 다음과 같다. 분무건조를 위한 alginates의 점도는 350 cP 이하가 되어야 하므로, alginates 용액의 점도를 낮추기 위하여 첨가한 citric acid 양이 증가할수록 점도는 낮아졌으며, 또한 0.1%의 농도에서 150 cP 이하의 점도를 나타내었다. 1-octen-3-ol과 유화제를 첨가하여 예멀전시킨 alginates 용액의 점도는 예멀전시키기 전의 점도보다 높았지만 150 cP 이하를 나타내 분무 건조 공정에는 영향이 없었다. alginates 용액의 점도가 낮을수록 용액의 EAI는 증가하였으나 ESI는 감소하였고 캡슐의 1-octen-3-ol의 잔존량이 감소하였다. alginates 용액의 점도를 낮추는 공정에서 citric acid 첨가 후 가열시간이 길어질수록 점도는 급격히

감소하였고 예멀전 전후의 점도는 큰 차이 없었다. 생송이를 알긴산용액으로 캡슐화할 때 첨가되는 대두유의 양이 많을수록 1-octen-3-ol의 잔존량이 많았다. 생송이를 alginates 용액으로 캡슐화한 후 진공동결건조한 캡슐이 풍건한 것보다 1-octen-3-ol의 잔존량이 많았다.

감사의 글

본 연구는 한국과학재단지정 강릉대학교 동해안 해양생물자원 연구센터의 지원에 의한 것입니다.

참 고 문 헌

Ahn, J.S. and K.H. Lee. 1986. Studies on the volatile aroma compounds of edible mushroom (*Tricholoma matsutake*) of Korea. J. Korean Soc. Food Nutr., 15, 253~257 (in Korean).

Anandaraman, S. and G.A. Reineccius. 1986. Stability of encapsulated orange peel oil. Food Technol., 40, 88~93.

Anker, M.H. and G.A. Reineccius. 1988. Encapsulated orange oil; Influence of spray-dryer air temperatures on retention and shelf-life. In *Flavor Encapsulation*. ACS sym. Ser., 370, pp. 78~86.

Chattopadhyaya, S., R.S. Singhal and P.R. Kulkarni. 1998. Oxidised starch as gum arabic substitute for encapsulation of flavours. Carbohydrate Polymers, 37, 143~144.

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

Haug, A., B. Lasen and O. Smidsrød. 1966. A study of the constitution of alginic acid by partial acid hydrolysis. Acta Chem. Scand., 20, 183~190.

Kim, Y.D. and C.V. Morr. 1996. Microencapsulation properties of gum arabic and several food proteins: Spray-dried orange oil emulsion particles. J. Agric. Food Chem., 44, 1314~1320.

Kim, Y.D., C.V. Morr and T.W. Schenz. 1996. Microencapsulation properties of gum arabic and several food proteins: Liquid orange oil emulsion particles. J. Agric. Food Chem., 44, 1308~1313.

Lacroix, C., C. Paquin and J.P. Arnaud. 1990. Batch fermentation with entrapped growing cells of *Lactobacillus casei*. Appl. Microbiol. Biotechnol., 32, 403~408.

Muka, J.R. and D.B. Nelson. 1988. Preparation of encapsulated flavors with high flavor level. Modified procedures now allow preparation of encapsulated flavors with flavor levels over twice that of prior commercial products. Food Technol., 42, 154~157.

Pearce, 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; Maltodextrins, corn syrup solids, modified starch, and gum acacia each have strengths and weaknesses in flavor encapsulation. Food Tech., 45, 144~149.

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

Skopec, R.A., P.E. Collee and L.K. Shallenberger. 1995. High-viscosity gel encapsulation for core preservation and improved reservoir

- evaluation. *J. Pet. Tech.*, 5, 399.
- Subramania, A. 1997. Starch-encapsulated flavours. U.S. Patent US55 06353 in *Trends in Food Sci. & Technol.*, 8, 95.
- Yilmaz, G., R.O.J. Jongboom, J.J.G. van Soest and H. Feil. 1999. Effect of glycerol on the morphology of starch-sunflower oil composites. *Carbohydrates Polymers*, 38, 33~39.
- You, B.J. and J.M. Shim. 1999a. Effects of extracting conditions on film properties of seatangle alginates. *J. Korean Fish. Soc.*, 32, 664~668 (in Korean).
- You, B.J. and J.M. Shim. 1999b. Effects of processing conditions on physical properties of alginates film. *J. Korean Fish. Soc.*, 32, 582~586 (in Korean).
- You, B.J. and J.M. Shim. 2000. Effects of processing conditions of seatangle (*Laminaria* spp.) alginates film on permeability of ester compounds. *J. Korean Fish. Soc.*, 33, 143~147 (in Korean).
- Ziberboim, R., I.J. Kopelman and Y. Talmon. 1986. Microencapsulation by a dehydrating liquid: Retention of paprika oleresin and aromatic esters. *J. Food Sci.*, 51, 1301~1306.
- 박중곤. 1999. 국내허브산업의 현황과 발전방향. 고려대 자연자원대학원 석사학위 논문.

2002년 1월 15일 접수

2002년 4월 22일 수리