

## 미세캡슐화 마늘분말의 안정성 및 관능특성

이창민 · 김영은 · 우희동<sup>1</sup> · 고상훈\*

세종대학교 식품공학과, <sup>1</sup>한국보건산업진흥원 대외협력팀

### Stability and Sensory Property of Microencapsulated Garlic Powders

Changmin Lee, Yeong Eun Kim, Hee Dong Woo<sup>1</sup>, and Sanghoon Ko\*

Department of Food Science and Technology, Sejong University

<sup>1</sup>External Cooperation Team, Korea Health Industry Development Institute

#### Abstract

The objectives of this study are to encapsulate lyophilized garlic powder with various coating materials for reducing its unpleasant taste and odor and to investigate their physicochemical and taste masking properties. All coating materials used in this study were edible ones such as maltodextrin (MD), whey protein isolate (WPI), whole milk powder (WMP), and skim milk powder (SMP). To produce encapsulated garlic powders, lyophilized garlic powder was mixed with coating materials at the ratio of 1:1 followed by homogenization for 30 min, and then spray- or freeze-dried. Physicochemical property measurements and quantitative analyses were carried out for the encapsulated garlic powders. Encapsulated garlic powder using WMP with spray drying method showed the highest alliin concentration (4.131 mg/g) compared to those coated with other coating materials. Sensory evaluation showed that encapsulated garlic powder using WPI and WMP reduced unpleasant garlic taste and odor effectively. Milk fats in the WMP and hydrophobic chains of the proteins in WPI might bind with volatile and hydrophobic odor emitting molecules. In the evaluation for aqueous stability, encapsulated garlic powder using WMP showed better stability compared to others. This garlic taste and odor masking study can contribute to a number of possible health benefits by adding garlic powder to a wide variety of functional foods.

**Key words:** garlic, masking, spray drying, freeze drying, HPLC

## 서 론

백합과(Liliaceae) 과속(*Allium*)에 속하는 마늘(*Allium sativum* L.)은 많은 양의 유기황을 함유하여 그 특유의 맛과 냄새를 보이고 있으며, 특히 각종 생리활성 물질이 함유되어 있어 식품 및 의약품에 활용 가능성이 높다(Cavallito et al., 1944). 마늘이 함유하는 황 화합물들은 여러 생리활성을 나타내는데, 항당뇨작용(Sheela & Augusti, 1995), 항산화작용(Cristol et al., 1992), 콜레스테롤 저하작용(Yeh & Liu, 2001), 동맥경화 예방효과(Kumari et al., 1995), 항암작용(Lim & Kim, 1997), 혈압 강하 작용(Chi et al., 1982) 등이 보고되고 있다. 마늘의 황 화합물들로 알려진 대표적인 성분은 alliin, allicin, allyl methyl thiosulfonate, 1-propenyl allyl thiosulfate, ajoene 등이 있다(Koch & Lawson, 1996).

이들 중 allicin은 마늘 특유의 매운 맛과 냄새를 내는데, 마늘을 잘게 파쇄하거나 분쇄해서 조직이 파괴될 때 불활성 전구체인 alliin이 alliinase 의해 전환되는 작용으로 생성된다(Mazelis & Crews, 1968). 마늘은 allicin으로부터 기인한 특유의 매운맛과 냄새 때문에 섭취하기 어려움이 있으며, allicin은 매우 불안정한 화합물로 알려져 있다(Lawson et al., 1991). 따라서 마늘의 주요활성성분 중 alliin (Sangeetha & Darlin Quine, 2007)을 가공, 저장 섭취 중 보호하여 생리활성을 유지 해야 한다. Allicin 역시 생리활성을 갖고 있으나 불안정하여 생리활성의 유지가 어렵고 특히 allicin에서 유래되는 특유의 맛과 냄새 때문에 이를 masking하여 제품에 적용하는 것이 중요하다.

마늘의 생리활성 성분을 유지하여 소재화하는 방법으로 마늘을 동결건조하여 생산하는 방법이 많이 이용되고 있다(Chung & Choi, 1990). 식품의약품안전처는 마늘을 고시형 건강기능식품 기능성원료로 인정하고 있으며, ‘마늘을 분말로서 하루에 0.6-1.0 g (alliin 10 mg/g 이상) 섭취 시 혈중 콜레스테롤 개선에 도움을 줄 수 있다’는 내용을 포함하고 있다. 현재까지는 마늘분말의 매운 맛과 냄새가 섭취에 있어 불쾌감을 주고 있어 마늘원료를 활용한 다양한

\*Corresponding author: Sanghoon Ko, Department of Food Science and Technology, Sejong University, 98 Gunja-dong, Gwangjin-gu, Seoul 143-747, Korea

Tel: +82-2-3408-3260; Fax: +82-2-3408-4319

E-mail: sanghoonko@sejong.ac.kr

Received June 2, 2015; revised July 3, 2015; accepted August 19, 2015

건강기능식품 제조에도 걸림돌이 되고 있다. Ikeura (2012)는 삼백초를 이용 하였으며, Shin et al. (2008)은 흑마늘 추출물에 고압처리방법으로 마늘의 이미 및 이취제거 연구를 수행하였지만, 마늘분말 지표물질의 안정성과 병행하여 관능특성 개선에 대한 연구는 거의 미미하다.

마늘분말의 안정성과 관능특성 개선을 위해서 미세캡슐화 기술이 유용한 수단이 될 수 있다. 미세캡슐화 기술은 불안정한 물질을 외부환경으로부터 보호하여 손실을 줄이고 맛이나 냄새를 억제하는데 효과적이다(Cho et al., 1999). 미세캡슐제조에서 탄수화물, 단백질, 지방 등 다양한 물질이 코팅물질로 이용되고 있는데(Gharsallaoui et al., 2007), 코팅물질은 마늘의 냄새 및 맛을 주는 성분과 결합하여 이들의 강도를 낮추어 주는 역할을 할 수 있다. 본 연구에서는 여러 미세캡슐화 기술 중 동결건조방법과 분무건조방법을 이용하여 마늘의 alliin 안정성과 관능특성 개선을 수행하고자 하였다. King(1971)의 연구에 따르면 건조방법 중 동결건조방법으로 식품조직이나 향미성분을 잘 유지할 수 있다고 보고하고 있으므로, 마늘의 불쾌감을 야기시키는 마늘의 매운 맛과 냄새성분을 포집하여 masking 할 수 있을 것으로 판단하였다. 맛과 향의 masking, 지표물질의 안정화를 위해 동결건조방법 이외에도 분무건조(spray-drying)방법을 이용한 미세캡슐화 연구도 각광을 받고 있다(Lee et al., 2000). 분무건조방법은 분산액 또는 현탁액을 고온의 chamber로 단시간에 분무하여 분말화 하는 방법으로서 건조비용이 저렴하고 산업 현장에서 쉽게 적용될 수 있어 여러 분야에서 다양하게 이용되고 있다(Tan et al., 2005). 본 연구에서는 마늘분말의 캡슐화를 위한 코팅물질로서 말토덱스트린(maltodextrin, MD), 분리유청단백질(whey protein isolate, WPI), 전지분유(whole milk powder, WMP), 탈지분유(skim milk powder, SMP)를 이용하여 마늘을 캡슐화하고 동결건조 및 분무건조를 이용하여 분말화 하였다. 다양한 생리활성의 특성을 보유하여 이용가치가 높지만 매운 맛과 향 때문에 활용에 다소 어려움이 있는 마늘의 이용성을 증진시키고 안정성을 향상시키기 위해서 미세캡슐화 기술을 적용하였다. 미세캡슐화한 마늘분말들의 alliin 함량과 코팅물질 및 건조방법 별 alliin 보호특성, 관능특성, 혼탁도를 조사하였다.

## 재료 및 방법

### 실험재료

본 실험을 위해 동결건조 마늘분말을 (주)엠에스씨에서 제공받아 냉동 보관하면서 사용하였으며, 코팅물질로는 말토덱스트린(Samyang Genex Co., Incheon, Korea), 분리유청단백질(WPI, Hilmar Ingredients, CA, USA), 전지분유(Seoul Milk Co., Yangju, Gyeonggi, Korea), 탈지분유(Maeil Dairies Co., Pyeongtaek, Gyeonggi, Korea)를 사용하

였다. 지표 성분의 함량 측정에 쓰인 표준물질로 alliin ( $\geq 98.0\%$ , Sigma-Aldrich, St. Louis, MO, USA)을 구입하여 사용하였다. 그 외 시약들은 모두 분석용 등급(analytical grade)을 사용하였다.

### 마늘분말의 미세캡슐화

증류수 200 mL에 코팅물질 5 g을 넣고 교반기(MSH-20D, Daihan Scientific, Co., Ltd., Seoul, Korea)를 이용하여 완전히 용해될 때까지 500 rpm, 25°C 조건으로 교반한 후 동결건조 마늘분말 5 g을 천천히 첨가하였다(동결건조 마늘분말:코팅물질=1:1). 동결건조 마늘분말과 코팅물질을 혼합하여 균질기(HG-15A, Daihan Scientific, Co. Ltd.)로 30분 동안 균질화시켰다.

### 분무건조

미세캡슐화 과정을 통해 균질화된 혼합액을 분무건조기(SD-1000, Eyela, Tokyo, Japan)를 이용하여 분말화 하였으며, 운전조건은 투입구 온도를 175°C, 토출구 온도를 75°C로 조절하였고, 아토마이저 공기 압력 80 kPa로 하고 원료액 투입 속도는 800 mL/h으로 하였다.

### 동결건조

미세캡슐화 과정을 통해 균질화된 혼합액을 급속냉동기(DF 9010, Ilshin Lab Co., Ltd., Dongducheon, Korea)를 이용하여 -80°C에서 급속냉동 한 후 동결건조기(FD5508, Ilshin Lab Co., Ltd.)를 사용하여 72시간 동안 동결건조하였다.

### Alliin 함량 분석

미세캡슐화된 마늘 분말 100 mg을 3차 증류수 1 mL에 첨가하여 충분히 용해시킨 후, 0.45  $\mu\text{m}$  nylon syringe filter로 여과하여 HPLC 분석시료로 사용하였다. 미세캡슐화된 마늘 분말에 함유되어 있는 alliin을 분석하기 위하여 Mohammad (2010)의 alliin 정량분석 방법을 수정하여 분석에 사용하였다. Alliin의 High-Performance Liquid Chromatography (HPLC) 분석조건은 Table 1과 같다. 분석기기는 HPLC (1200 series, Agilent Technologies, Foster City, CA, USA)을 사용하였으며, 컬럼은 Unisol C18 (5  $\mu\text{m}$ , 150  $\text{\AA}$ , 4.6 $\times$ 250 mm, Agela Technologies, Wilmington, DE, USA)를 사용하였고, 210 nm에서 측정하였다. 이동상은 0.04%

**Table 1. HPLC operating conditions to quantify alliin content**

| HPLC condition | Alliin   |
|----------------|--|
| Mobile phase   | 0.04% formic acid : methanol   |
| Column         | Unisol C18, 5 $\mu\text{m}$ , 150 $\text{\AA}$ (4.6 $\times$ 250 mm) |
| Flow rate      | 0.8 mL/min   |
| Detector       | UV 210 nm  |

formic acid 수용액(A)과 methanol (B)을 이용하여 0-5분간 0% B, 5-10분간 50% B, 10-20분간 100% B가 되도록 gradient 법을 이용하여 0.8 mL/min 유속으로 흘러주었고, 시료의 주입량은 10 µL로 하였다.

**분산성 측정**

코팅물질별, 건조방법별 미세캡슐화 마늘분말의 분산성을 측정하기 위해 시료 0.3 g을 증류수 1 mL에 넣고 1 mL cuvette을 이용하여 spectrophotometer (DU 730, Beckman Coulter Inc., Fullerton, CA, USA)로 600 nm에서 혼탁도를 측정하였다. 혼탁도는 매 1시간 간격으로 총 9시간 측정하였으며, 분말의 분산성이 높을수록 미세캡슐화 마늘분말 현탁액의 혼탁도가 유지되는 현상을 이용하여 분산성 분석을 실시하였다.

**관능평가**

관능평가는 세종대학교 식품공학과 대학원생을 대상으로 관능평가의 취지를 충분히 인식시킨 후 최종적으로 평가하였다. 훈련 과정에서 평가 방법을 정립하였으며, 평가할 시료의 관능적 특성에 대해 묘사 용어를 개발하고 정의를 내렸다. 각각의 코팅 마늘분말에는 임의의 번호를 부여하여 평가요원들에게 각각 0.1 g씩 무작위로 제공하였다. 평가는 마늘 냄새(garlic odor), 마늘 맛(garlic taste), 아린 맛(acrid taste), 뒷 맛(after taste), 단 맛(sweet taste), 쓴 맛(bitter taste), 신 맛(sour taste) 그리고 전체적인 선호도(overall acceptability)를 조사하였고 평가척도는 9점 척도(1점=매우 약하다; 9점=매우 강하다)로 각 특성 별로 모든 시료에 대해 강도 평가를 실시하였다.

**미세캡슐화 마늘분말의 현미경 관찰**

건조된 미세캡슐화 마늘분말의 입자 형태 및 크기의 측정을 위해 주사전자현미경(scanning electron microscopy, SEM)을 사용하였다. 미세캡슐화 마늘분말은 SEM 측정 전에 금으로 120초간 코팅하였다. SEM image는 SEM (S-4300, Hitachi, Tokyo, Japan)을 이용하여 가속전압 15 kV에서 얻었다.

**통계 분석**

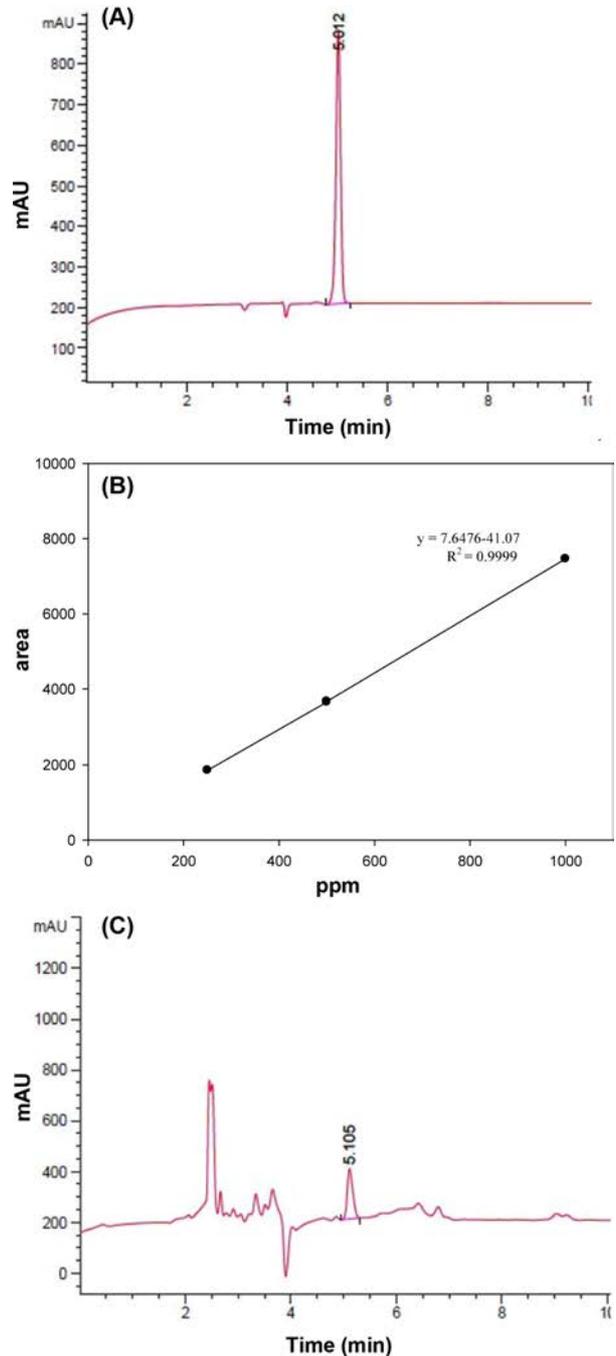
대조구와 실험구는 SAS (version 9.3 SAS Institute Inc., Cary, NC, USA)을 이용하여 분산분석(ANOVA)을 실시한 후  $p < 0.05$  수준에서 Duncan's multiple range test로 평균간의 유의성을 검증하였다.

**결과 및 고찰**

**코팅물질별 미세캡슐화 마늘분말의 alliin 보호 특성**

Alliin의 함량 분석을 위한 표준곡선의 직선성(linearity)을

구하기 위해 alliin 표준용액을 3차 증류수로 희석하여 125-1,000 mg/kg의 농도로 하여 Table 1에 제시된 HPLC 분석조건으로 측정한 결과(Fig. 1), 검량곡선의 상관계수( $R^2$ )는 0.999로 양호한 직선성을 나타냄을 확인하였다(Fig. 1). 본 실험방법을 통해 분석한 결과 미세캡슐화 마늘분말로부터의 alliin의 함량은 1.90-5.20 mg/g의 범위로 측정되었다. 대조구의 경우 5.032 mg/g의 alliin 함량을 보였으며,



**Fig. 1.** HPLC chromatogram of alliin standard solution (A), calibration curve of alliin (B) and HPLC spectra of spray dried garlic powder encapsulated with whole milk powder (C).

코팅물질별 미세캡슐화 마늘분말들의 alliin 함량은 Table 2와 같다. 분석결과 전지분유를 코팅물질로 한 미세캡슐화 마늘분말의 alliin 함량은 4.131 mg/g이었으며, 이 때 alliin 보존율이 82.1%로 가장 높았다. 탈지분유를 코팅물질로 한 미세캡슐화 마늘분말이 3.147 mg/g이었으며, 62.5%의 alliin 보존율로 코팅물질 중 전지분유 다음으로 높은 보호 특성을 나타냈다. 다른 코팅물질과 비교하여 전지분유가 가장 높은 보호 특성을 띠는 것은 휘발성 화합물을 캡슐화를 위해 지방 성분이 효과적이라는 Matsuno & Adachi (1993)의 연구와 일치함을 알 수 있었는데, 전지분유는 유지방을 약 26% 포함하고 있다(Fitzpatrick et al., 2004). 또한 단백질은 향기성분에 높은 결합특성을 띠는데(Landy et al., 1995), 전지분유로 미세캡슐화를 하면서 전지분유 우유단백질의 결합특성이 마늘분말의 불안정한 황화합물로부터 생성되는 매운맛과 매운 냄새 억제에 도움을 준 것으로 판단된다. 냄새성분을 포집하는데 높은 결합특성을 갖는 전지분유의 우유단백질과 유지방이 마늘분말 미세캡슐화 시 불안정한 황화합물에 높은 결합특성을 보이며, 미세캡슐화 시 다른 코팅물질들 보다 높은 alliin 보호특성 꺾임을 확인할 수 있었다. 결과적으로 마늘의 지표 성분인 alliin의 경우 전지분유를 이용하여 분무건조한 미세캡슐화 마늘분말에서 가장 안정한 것으로 판단되었다.

#### 건조방법별 미세캡슐화 마늘분말의 alliin 보호 특성

건조방법별 캡슐화된 마늘분말의 alliin 함량은 Table 2와 같다. 동결건조로 캡슐화된 분말에 비하여 분무건조로 캡슐화된 마늘분말의 alliin 함량이 대체적으로 높음을 확인할 수 있다. 이는 분무건조 방법으로 미세캡슐 제조 시 내부물질을 포집하는데 유리하다는 Rosenberg et al. (1990)의 연구와 유사한 것으로 판단된다. 분무건조 방법을 이용해서 미세캡슐화 시 일반적으로 휘발성성분들은 화학적 안

**Table 2. Alliin concentrations of the encapsulated garlic powder extracts using various wall materials**

| Encapsulation method | Coating material | mg/g                    | % Protection of alliin (%) |
|----------------------|------------------|-------------------------|----------------------------|
| Control              |                  | 5.032±0.05 <sup>a</sup> |                            |
| Freeze drying        | MD               | 2.208±0.10 <sup>c</sup> | 43.9±1.97                  |
|                      | WPI              | 1.684±1.28 <sup>c</sup> | 33.5±25.44                 |
|                      | WMP              | 2.079±0.73 <sup>c</sup> | 41.3±14.43                 |
|                      | SMP              | 2.796±0.15 <sup>c</sup> | 55.6±3.02                  |
| Spray drying         | MD               | 2.789±1.09 <sup>a</sup> | 55.4±21.68                 |
|                      | WPI              | 2.913±0.40 <sup>c</sup> | 57.9±7.90                  |
|                      | WMP              | 4.131±0.18 <sup>c</sup> | 82.1±3.54                  |
|                      | SMP              | 3.147±1.05 <sup>c</sup> | 62.5±20.95                 |

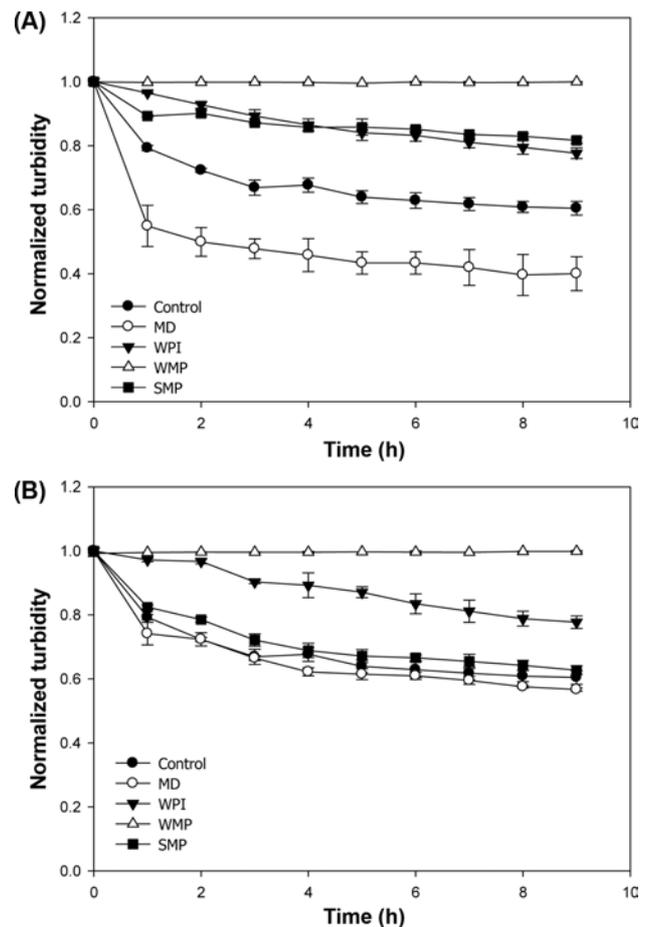
\*Means with the different letters in the same column are significantly different at  $p < 0.05$ .

<sup>1)</sup>MD, WPI, WMP and SMP are indicating maltodextrin, whey protein isolate, whole milk powder and skim milk powder, respectively.

정성을 나타낸다(Gharsallaoui et al., 2007). HPLC를 이용한 alliin 정량분석 결과 분무건조 방법으로 캡슐화한 마늘분말 중 코팅물질을 전지분유로 한 분말이 대조구 대비 82.1%의 alliin 보존율을 나타낸 반면, 코팅물질을 전지분유로 하고 동결건조 방법으로 캡슐화한 마늘분말은 대조구 대비 41.3%의 alliin 보존율을 나타내었다. 이러한 결과는 분무건조 공정이 냄새성분이나 유지 등을 미세캡슐화 할 때 많이 쓰이며, 낮은 수분활성, 비교적 쉬운 공정, 그리고 다른 바람직하지 않은 반응들로부터 활성물질을 보호하는데 유리하다는 보고와 일치한다(Fuchs et al., 2006). 건조방법에 따른 alliin의 분석 결과, Table 2와 같이 동결건조 방법보다 분무건조 방법이 마늘분말의 황화합물에 더 높은 보호특성을 가지며, 이에 alliin의 보존율도 높음을 확인할 수 있으므로 분무건조 방법을 통해서 마늘분말을 캡슐화하는 것이 적합한 방법이라 판단된다.

#### 미세캡슐화 마늘분말의 분산성

분산성이 좋은 분말은 수중에 고르게 분산되어 오랫동안 침전이나 부유 없이 상태를 유지하기 때문에 시간에 따른



**Fig. 2. Comparison of time-dependent aqueous stability of the encapsulated garlic powders by freeze drying (A) and spray drying (B).**

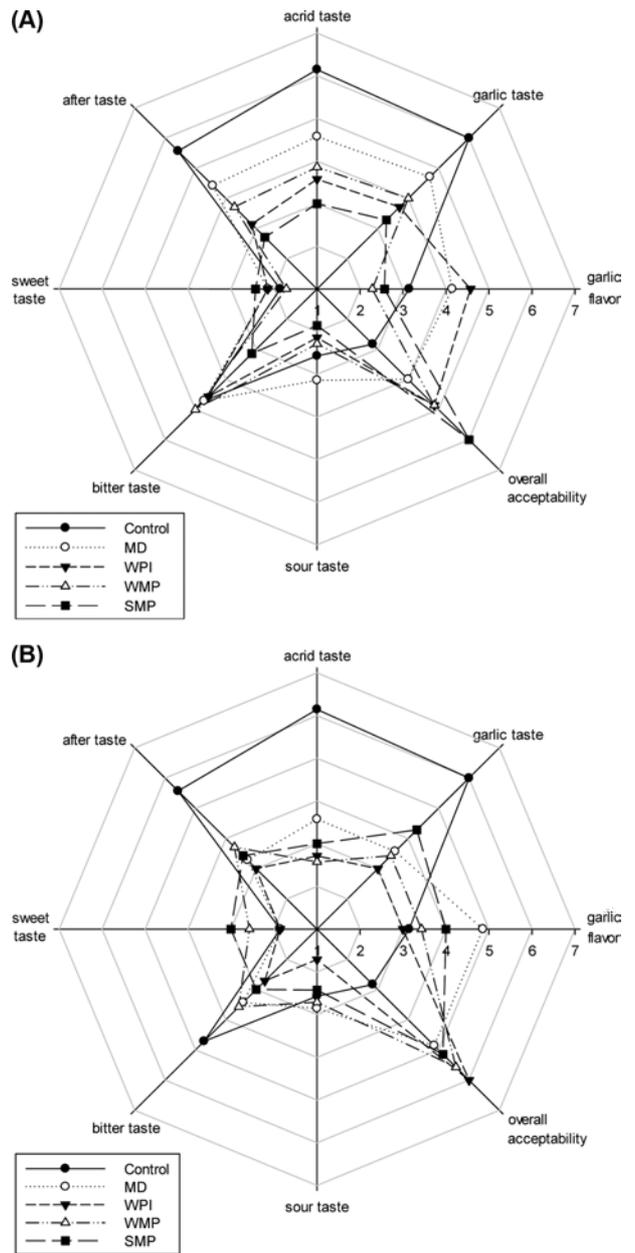
혼탁도의 변화가 적다. 반면에 분산도가 나쁜 분말은 시간에 따라 분말이 침강하거나 부유하기 때문에 층 분리가 생겨 결과적으로 시료의 혼탁도가 작아지게 된다. Fig. 2는 물속에 분산된 캡슐화된 마늘분말의 시간에 따른 혼탁도 변화를 보여준다. 건조방법의 차이에 따른 분산성 측정에서는 건조방법을 달리하고 동일한 코팅물질을 이용해 캡슐화한 마늘분말들의 직선성이 모두 비슷한 양상을 나타내며, 유의성을 확인할 수 없었다. 코팅물질별 마늘분말의 분산성은 유의적인 차이가 있었는데 전지분유, 탈지분유, 분리유청단백질 그리고 말토텍스트린 순으로 분산성의 차이가 있었다. 전지분유로 캡슐화된 마늘분말의 분산성이 가장 높게 나타났으며, 말토텍스트린으로 캡슐화된 마늘분말이 가장 낮게 나타났다. Buma (1971)에 따르면 지방함량이 높을수록 분산성이 높다고 보고하고 있다. 마늘분말의 미세캡슐화에 쓰인 코팅물질들인 전지분유, 탈지분유, 유청단백질, 말토텍스트린 중에서 전지분유의 분산성이 가장 좋게 나타나는 것은 전지분유의 카제인 단백질 성분의 유화능에 의한 것으로 판단된다.

**코팅물질별 미세캡슐화 마늘분말의 관능 특성**

미세캡슐화 마늘분말의 관능 특성 평가를 위하여, 평가 척도는 9점 척도(1점=매우 약하다; 9점=매우 강하다)로 각 특성 별로 모든 시료에 대해 강도 평가를 실시하였다. 관능평가 항목에서 마늘 냄새에 대한 기호도에서는 코팅물질을 전지분유로 하고 동결 건조한 마늘분말이 2.29의 수치를 보여 냄새에 대한 기호도가 가장 좋다고 평가되었다. 마늘 맛, 뒷 맛에 대한 기호도 에서는 코팅분말을 분리유청단백질로 하고 분무건조한 마늘분말이 각각 3.00의 수치를 보이며 맛 개선 효과가 가장 좋게 평가되었다. 아린 맛에 대한 기호도에 대한 평가는 코팅분말을 전지분유로 하고 분무건조한 마늘분말이 가장 좋게 나타났고 단맛, 쓴맛, 신맛의 평가에서는 유의성을 확인할 수 없었다. 분무건조 방법으로 마늘분말을 미세캡슐화 했을 시 코팅물질별 관능평가결과를 Fig. 3을 통해서 확인해보면, 전체적인 선호도 항목에서 분리유청단백질이 가장 높은 점수를 받고 전지분유, 탈지분유, 말토텍스트린의 순서로 좋게 평가 되었다. 이를 통해 본 관능평가에서 관능특성 개선에 단백질 성분의 역할이 중요한 역할을 했음을 확인할 수 있는데, 분리유청단백질과 전지분유의 단백질성분이 마늘분말의 황화합물을 포집하여 황화합물로부터 유발되는 매운 맛과 매운 냄새를 억제하는데 효과적인 역할을 한 것으로 판단된다. 이는 Landy et al. (1995)의 캡슐화에 사용되는 코팅물질 중 단백질이 향기성분과 결합에 효과적이라고 하였으며, bovine serum albumin (Damodaran & Kinsella, 1980), 대두단백질(Damodaran & Kinsella, 1981), 그리고  $\beta$ -lactoglobulin (O'Neill & Kinsella, 1987)을 이용한 연구들과 일치함을 확인할 수 있었다.

**건조방법별 미세캡슐화 마늘분말의 관능 특성**

건조방법별 마늘분말의 관능 특성은 다음과 같다(Fig. 3). 냄새에 대해서는 코팅물질을 전지분유로 하고 동결건조방법으로 건조한 마늘 분말이 기호도 개선에서 좋게 평가 되었지만, 마늘 맛, 아린 맛, 뒷 맛의 선호도 평가에는 분무건조방법으로 건조한 마늘 분말이 각각 3.0, 2.6, 3.0으로 낮게 나왔다. 전체적인 선호도 항목의 평가에서도 분무건조방법으로 캡슐화한 분리유청단백질 캡슐화 마늘 분말이 가장 좋게 평가되었다. 이를 통해 마늘분말의 관능 특성 개선을 위해 미세캡슐화 시 분무건조방법이 동결건조



**Fig. 3.** Spider web of sensory evaluation scores of the encapsulated garlic powders by freeze drying (A) and spray drying (B).

방법보다 효과적이라고 판단할 수 있다. 미세캡슐화 마늘 분말 제조공정에서 분무건조방법은 혼합액을 미세한 액적 형태로 분무하여 단시간에 건조하는 방법으로(Fellows, 2009) 마늘분말의 향기성분들의 화학적 안정성을 향상시키는(Gharsallaoui et al., 2007) 동시에 황화합물로부터 유래 되는 매운 맛의 마스킹에도 효과적이라 판단된다.

#### 미세캡슐화 마늘분말의 입자 형태 분석

SEM 관찰결과 동결건조로 캡슐화된 마늘분말의 입자 형태는 표면이 거친 형태의 불규칙적인 결정 모양을 이루었다(Fig. 4). 반면 분무건조로 캡슐화된 마늘분말의 입자 형태는 원형의 규칙적인 모양이며, 동결건조로 캡슐화된 마늘분말과 비교하여 입자 크기가 작은 것을 확인 할 수 있다. 동결건조로 캡슐화된 마늘분말의 경우 입자의 형태와 크기가 불규칙하므로, 균질화를 위한 추가 분쇄 공정이 필요한 반면, 분무건조로 캡슐화된 마늘분말은 추가 공정 없이 규칙적인 형태의 입자를 얻을 수 있었다. 관능특성과 연결 지어 볼 때, 균질화된 마늘분말 입자가 관능특성 분석에서 선호도에도 영향을 준 것으로 판단된다. 분무건조방법이 동결건조방법보다 제조 공정이 간소하므로 산업적인 측면에서도 분무건조방법이 마늘분말을 미세캡슐화 하는데 더 적합하다고 생각한다. 또한 입자모양이 원형을 형성함으로써 향기성분의 미세캡슐화에 효과적이라는 Gharsallaoui

et al. (2007)의 연구와 일치한다.

## 요 약

본 연구에서는 마늘 특유의 매운 맛과 냄새를 억제하고 대표성분인 alliin을 보호하기 위해 코팅물질과 건조방법을 달리하여 미세캡슐화하였다. 코팅물질은 말토덱스트린(MD), 분리유청단백질(WPI), 전지분유(WMP), 탈지분유(SMP)로 하고 건조방법은 분무건조(spray-drying)방법과 동결건조(freeze-drying)방법을 이용하여 캡슐화 후 코팅물질 별, 건조방법 별 alliin 보호특성, 관능특성 그리고 분산성을 알아 보았다. 코팅물질을 증류수에 완전히 분산시키기 위해 24 시간 동안 교반한 후 동결건조 마늘분말을 천천히 첨가하였다. 1:1 비율의 동결건조마늘분말과 코팅물질을 혼합한 용액을 균질기를 이용하여 균질화하고, 분무건조기 또는 동결건조기를 이용하여 코팅물질을 달리하여 분말화하였다. 미세캡슐화된 마늘분말의 추출물을 HPLC로 alliin 함량을 정량 분석하였다. HPLC 분석결과 전지분유를 코팅물질로 하고 분무건조방법으로 캡슐화한 마늘분말의 alliin 함량이 4.131 mg/g으로 최대함량을 보였으며, 관능평가 결과로서 코팅물질을 분리유청단백질로 하고 분무건조방법으로 캡슐화한 마늘분말이 매운 맛과 냄새를 억제하는데 효과적이었다. 또한 혼탁도 측정을 통한 캡슐화된 마늘 분말의 분산성을 측정했을 때, 전지분유로 캡슐화한 마늘분말의 안정성이 가장 높음을 확인할 수 있었다. 코팅물질 중 유지방과 단백질이 황화합물에서 발생하는 특유의 매운맛과 냄새를 억제해주며 alliin의 보호에도 기여함을 알 수 있었다. 본 실험결과, 지표물질 보호특성, 이취개선 등의 기초 자료는 기능성 식품 산업에 있어서 마늘 소재 개발을 위한 기초자료가 될 수 있을 것이다.

## 감사의 글

본 연구는 미래창조과학부 및 한국연구재단의 (재)유전자 동의보감사업단(NRF-2013M3A9C4078159) 연구비 지원에 의해 수행되었습니다.

## References

- Buma TJ. 1971. Free fat and physical structure of spray-dried whole milk. Ph.D. thesis, Wageningen Univ., Wageningen, Netherlands.
- Cavallito CJ, Buck JS, Suter C. 1944. Allicin, the antibacterial principle of *Allium sativum*. II. Determination of the chemical structure. J. Am. Chem. Soc. 66: 1952-1954.
- Chi MS, Koh ET, Stewart TJ. 1982. Effects of garlic on lipid metabolism in rats fed cholesterol or lard. J. Nutr. 112: 241-248.
- Cho YH, Shin DS, Park J. 1999. A study on wall materials for flavor encapsulation. Korean J. Food Sci. Technol. 31: 1563-

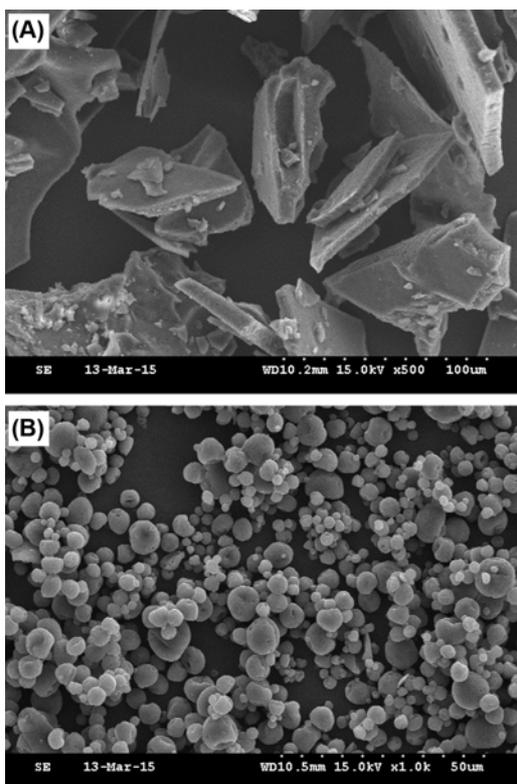


Fig. 4. SEM images of the encapsulated garlic powder using WMP by freeze drying (A) and spray drying (B).

- 1569.
- Chung S, Choi J. 1990. The effects of drying methods on the quality of the garlic powder. *Korean J. Food Sci. Technol.* 22: 44-49.
- Cristol LS, Jialal I, Grundy SM. 1992. Effect of low-dose probucol therapy on LDL oxidation and the plasma lipoprotein profile in male volunteers. *Atherosclerosis* 97: 11-20.
- Damodaran S, Kinsella JE. 1980. Flavor protein interactions. Binding of carbonyls to bovine serum albumin: thermodynamic and conformational effects. *J. Agr. Food Chem.* 28: 567-571.
- Damodaran S, Kinsella JE. 1981. Interaction of carbonyls with soy protein: thermodynamic effects. *J. Agr. Food Chem.* 29: 1249-1253.
- Fellows PJ. 2009. *Food processing technology: principles and practice* (eds). Elsevier Applied Science, New York, NY, USA, pp. 481-521
- Fitzpatrick J, Iqbal T, Delaney C, Twomey T, Keogh M. 2004. Effect of powder properties and storage conditions on the flowability of milk powders with different fat contents. *J. Food Eng.* 64: 435-444.
- Fuchs M, Turchiuli C, Bohin M, Cuvelier M, Ordonnaud C, Peyrat-Maillard M, Dumoulin E. 2006. Encapsulation of oil in powder using spray drying and fluidised bed agglomeration. *J. Food Eng.* 75: 27-35.
- Gharsallaoui A, Roudaut G, Chambin O, Voilley A, Saurel R. 2007. Applications of spray-drying in microencapsulation of food ingredients: An overview. *Food Res. Int.* 40: 1107-1121.
- Ikeura H. 2012. Deodorizing ability of *Houttuynia cordata* Thunb.(Dokudami) for masking garlic odor. *J. Agr. Sci.* 4: 245.
- King CJ. 1971. *Freeze-drying of foods*. CRC Press, Cleveland, OH, USA, pp: 9-86
- Koch HP, Lawson LD. 1996. Garlic: the science and therapeutic application of *Allium sativum* L. and related species. Williams & Wilkins, Baltimore, MD, USA, pp: 135-212
- Kumari K, Mathew BC, Augusti K. 1995. Antidiabetic and hypolipidemic effects of S-methyl cysteine sulfoxide isolated from *Allium cepa* L. *Indian J. Biochem. Biophys.* 32: 49-54.
- Landy P, Druaux C, Voilley A. 1995. Retention of aroma compounds by proteins in aqueous solution. *Food Chem.* 54: 387-392.
- Lawson LD, Wood SG, Hughes BG. 1991. HPLC analysis of alliin and other thiosulfinates in garlic clove homogenates. *Planta Med.* 57: 263-270.
- Lee SJ, Kwon YA, Mok CK, Park JH. 2000. Interfacial properties of spray - dried omija (fruit of *Schizandra Chinensis*) Tea. *Food Eng. Prog.* 4: 51-54.
- Lim SW, Kim TH. 1997. Physiological activity of alliin and ethanol extract from korean garlic (*Allium Sativum*, L.). *Korean J. Food Sci. Technol.* 29: 348-354.
- Matsuno R, Adachi S. 1993. Lipid encapsulation technology-techniques and applications to food. *Trends Food Sci. Tech.* 4: 256-261.
- Mazelis M, Crews L. 1968. Purification of the alliin lyase of garlic, *Allium sativum* L. *Biochem. J.* 108: 725-730.
- Mohammad JAG. 2010. Determination of alliin and alliin in different types garlic using high performance liquid chromatography. *J. University of Anbar for Pure Science* 4: 16-23.
- O'Neill TE, Kinsella JE. 1987. Binding of alkanone flavors to beta.-lactoglobulin: effects of conformational and chemical modification. *J. Agr. Food Chem.* 35: 770-774.
- Rosenberg M, Kopelman IJ, Talmon Y. 1990. Factors affecting retention in spray-drying microencapsulation of volatile materials. *J. Agr. Food Chem.* 38: 1288-1294.
- Sangeetha T, Darlin Quine S. 2007. Preventive effect of S-allyl cysteine sulfoxide (alliin) on lysosomal hydrolases and membrane bound atpases in isoproterenol induced myocardial infarction in wistar rats. *J. Biochem. Mol. Toxic.* 21: 118-124.
- Sheela C, Augusti K. 1995. Antiperoxide effects of S-allyl cysteine sulphoxide isolated from *Allium sativum* Linn and guggulipid in cholesterol diet fed rats. *Indian J. Exp. Biol.* 33: 337-341.
- Shin J, Choi D, Lee S, Cha J, Sung N. 2008. Antioxidant activity of black garlic (*Allium sativum* L.). *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 37: 965-971
- Tan L, Chan L, Heng P. 2005. Effect of oil loading on microspheres produced by spray drying. *J. Microencapsul.* 22: 253-259.
- Yeh YY, Liu L. 2001. Cholesterol-lowering effect of garlic extracts and organosulfur compounds: human and animal studies. *J. Nutr.* 131: 989S-993S.