

## 분무건조를 이용한 아보카도 오일의 캡슐화

배은경<sup>1</sup> · 김진희\*

덕성여자대학교 자연과학대학 식품영양학과, <sup>1</sup>덕성여자대학교 식물자원연구소

### Encapsulation of Avocado Oil Using Spray Drying

Eun Kyung Bae<sup>1</sup> and Gun-Hee Kim\*

Department of Food and Nutrition, Duksung Women's University

<sup>1</sup>Plant Resources Research Institute, Duksung Women's University

**Abstract** This study was performed to verify the effects of encapsulation against oil oxidation. Thiobarbituric acid (TBA) values of samples were compared during storage at 60°C, indicating that the encapsulated avocado oil had lower TBA values than the free avocado oil. Microcapsules consisting of a whey protein isolate (WPI)-only wall system had slightly improved oxidative stability; however, spray-dried particles containing a high proportion of maltodextrin (MD) clearly offered better protection from oxidation than the other forms of encapsulation. The chlorophyll (Chl) content of the encapsulated avocado oil was higher than that of the free oil sample. When compared to the control, all wall systems protected the change of the chlorophyll content storage. No large differences were observed between the encapsulated powders according to the various wall materials. The color of the encapsulated oil changed from green to yellowish-green, indicating the formation of pheophytin from chlorophyll. The yellowish color of the oil correlated with a reduced total Chl content. In conclusion, encapsulation with spray drying for avocado oil could lead to improved stability during storage with respect to oxidation and the preservation of chlorophyll.

**Key words:** avocado oil, spray drying, oxidation, chlorophyll

## 서 론

아보카도는 오일의 함량이 많은 과일로서 오일 생산을 위해 이용되어 오고 있다(1,2). 특히, 불포화 지방산의 함량이 많아 심장 질환, 암, 당뇨병 등의 위험성을 감소시키는 특성을 가지고 있다. 또한, 체내에서 바람직하지 않은 저밀도지단백질(LDL)의 축적을 방지하고, 중요한 기능을 하는 고밀도지단백질(HDL)의 축적을 촉진시키는 역할을 수행하면서 심장에 좋은 영향을 미치는 것으로 알려져 있다(3). 다른 연구에서는 아보카도 내에 존재하는  $\beta$ -sitosterol이 남자에게서 전립선비대증을 완화시키는데 도움을 주고 콜레스테롤이 축적되는 것을 방지하는 역할을 수행한다고 보고되고 있으며, 또한 lutein과 같은 건강을 유지하는 물질들을 함유하고 있다(3). 이러한 특성들과 생물학적 활성으로 인하여 현재 아보카도 오일에 대한 대중들의 관심이 증가되고 있다. 그러나 다른 식물유와 같이 아보카도 오일도 산화작용에 민감하다. 이와 같은 산화작용이 아보카도 오일에 발생할 경우 지방 변패와 바람직하지 않은 풍미형성, 저장기간 중 품질 손실 등의 문제점이 발생할 수 있다. 오일의 산화는 필수지방산을 파괴시키고 독성이 있는 물질과 산화물질을 생산하므로 식미감, 영양가, 식물유의 독성에서 중요한 의미를 차지하고 있다(4).

자동산화과정이 다른 오일에서 보다 아보카도 오일에서 더욱 문제가 될 수도 있는데 이는 천연항산화제의 양이 많지 않고 아보카도의 녹색을 차지하는 클로로필이 많은 양 존재하기 때문에 산화되는 속도를 증가시킬 수 있기 때문이다(1,5). 클로로필은 식용 식물성 기름에 흔히 존재하는 색소로서(4) 클로로필의 함량이 많은 양 존재하면 오일의 색깔은 녹색을 띄게 된다. 클로로필은 열에 의해서 페오피틴으로 분해가 되는데 이로 인하여 오일의 색은 갈색의 탁하고 어두운 색으로 변화 된다. 클로로필과 그의 산화물질들은 오일의 산화를 촉진시킬 수 있고, 페오피틴은 클로로필보다 오일의 산화에 더 큰 영향을 미친다(4). 이와 같은 작용에 의해서 오일에 바람직하지 않은 결과를 가져오고 결국에는 저장안정성이 감소하게 된다(6).

식물유의 산화를 감소시키기 위해 온도를 낮추거나 빛과 산소를 차단하고 금속 및 산화물을 제거하거나 토코페롤과 페놀 화합물과 같은 항산화제를 이용하는 등의 방법이 이용되고 있다(4). 다른 오일들과 같이 아보카도 오일의 안정성을 증가시키기 위해서 연구가 진행되고 있지만 대부분의 경우 항산화제를 이용하는 것에 한정되어 있다(1,5). 캡슐화는 지방의 자동산화를 억제시킬 수 있는 유용한 수단으로 이용될 수 있다(7-9). 캡슐화 기술은 고체, 액체, 기체상의 물질을 특정 조건하에서 어떤 물질이나 조직 내부에 포장하는 기술이다(10). 미세캡슐화의 기술은 불안정한 물질을 외부환경, 즉, 빛, 산소, 수분으로부터 보호하여 손실을 줄이고 반응성이 큰 물질을 격리시키고 독성, 냄새, 맛을 은폐시키고 고형화시켜 취급을 간편하게 하고, 내용물의 용출속도를 조절하는 등의 목적으로 이용되고 있다(11).

분무건조법(spray drying)은 피복물질을 수화시킨 후, 대상물질에

\*Corresponding author: Gun-Hee Kim, Department of Food and Nutrition, Duksung Women's University, Seoul 132-714, Korea  
Tel: 82-2-901-8496  
Fax: 82-2-901-8474  
E-mail: ghkim@duksung.ac.kr  
Received April 7, 2008; revised June 2, 2008;  
accepted June 3, 2008

분산시키고 이 혼합물을 고온의 chamber로 분무하는 것을 말하는 것으로, 미세캡슐화를 만드는 상업화된 방법 중 가장 오래된 것이며, 그 생산량도 가장 많아서 여러 분야에서 다양한 목적으로 이용되고 있다(11-13). 분무건조법의 장점은 비용이 저렴하고 다양한 피복 물질의 이용이 가능하며 핵 물질의 보유가 우수하고 최종산물의 안정성이 좋고 대량으로서 계속적인 생산이 가능하다는 것이다(10). 또한 산업 현장에서 쉽게 적용되고, 저렴하게 적용될 수 있다(14). 분무 건조된 입자는 저장, 관리와 최종적인 적용에 있어서 피복물질의 조성에 의해 그 특성이 결정된다(15).

본 연구에서는 아보카도오일의 캡슐화를 위한 피복물질로서 말토덱스트린과 분리유청단백질(whey protein isolate, WPI)을 이용하여, 캡슐화된 오일의 저장안정성을 살펴보고자 하였다. 말토덱스트린은 D-glucose가 1차적으로 1-4결합으로 연결되어 있는 비영양원성 다당류로서 dextrose equivalent(DE)가 20 미만인 것으로, 안전하고 적합한 산이나 효소에 의해 부분 가수분해 되어 제조되는 것이다. 말토덱스트린은 핵물질의 포집량이 낮지만 가격이 저렴하여 분무건조 시 피복물질로서 많이 이용되고 있으며, 산소투과도를 감소시키는 특성을 지녀서 항산화제 없이도 이를 이용하여 제조된 캡슐 내 오일은 산화안정성이 우수한 편이다(16). WPI는 양쪽성을 가지며 다른 물질들과의 상호 반응성이 있고 분자량이 크다. 또한, 용해성, 점도, 유화력, 피막형성능력 등의 기능적 특성이 우수하다. 이 단백질은 오일과 수분의 표면에서 물 분자, 작은 이온, polymer 등과 반응하여 유화액적의 안전성을 증가시킨다(17,18). 다양한 소재의 피복물질들은 각각 장점과 단점을 갖고 있으므로 이들 물질을 여러 형태로 조합할 경우, 단독으로 사용할 때 보다, 더 나은 결과를 보여 줄 수 있다. 따라서, 본 연구에서는 다양한 생리활성의 특성을 지녀서 그 이용가치가 높은 아보카도오일의 산업적인 이용성을 증가시키고, 안정성을 향상시키기 위해 피복물질들을 단독, 혼합 사용하고 분무건조기술을 이용하여 아보카도오일의 캡슐화 연구를 진행하고, 아보카도 오일의 저장기간 내 산화안정성 및 클로로필 안전성과 오일의 색의 변화에 대해 그 특성을 살펴보고자 하였다.

## 재료 및 방법

### 실험 재료

피복물질은 NZMP브랜드(Fonterra, Whareora, New Zealand)의 97% 단백질을 함유하고 있는 WPI와 Bronson과 Jacobs사(Auckland, New Zealand)로부터 구입한 말토덱스트린(MD) DE5를 사용하였다. 핵물질은 첨가제가 함유되어 있지 않은 아보카도 오일(Olivado NZ Ltd., Kerikeri, New Zealand)을 사용하였다.

### 유화액의 제조

아보카도 오일의 캡슐화를 위해서 피복물질로 WPI와 MD를 선정하여 각각을 물에 용해 시켰다. 오일과 함께 40°C에서 30분간 처리한 후, Table 1과 같은 조성으로 Ultraturax 균질기(Model # 342785, Virtis Co., New York, USA)를 이용하여 2분간 낮은 속도에서 균질화하고, 같은 균질기를 이용하여 속도를 높인 후 16,000 rpm에서 10분간 처리하여 O/W 유화액을 제조하였다. 모든 유화액에는 항균제로 sodium azide(Sigma, St. Louis, MO, USA)를 0.02% 처리하였다.

### 유화 안전성 분석

제조된 O/W 유화액을 10 mL 메스 실린더에 넣고, 뚜껑을 덮

Table 1. Composition of the O/W emulsion

	Component	Weight % in O/W emulsion
Core	Avocado oil	9
	WPI100	
	WPI:MD = 90:10	
Wall	WPI:MD = 50:50	18
	WPI:MD = 10:90	
	Distilled water	
		73

은 후 25°C에서 안전성실험을 수행하였다. 유화액의 층분리가 된 후에 분리된 부분의 부피를 비교하여 이를 emulsion stability index (ESI)로 나타내었다.

$$ESI = 1 - \frac{\text{total volume of separated water}}{\text{total volume of water in emulsion}}$$

### 분무건조

제조된 유화액은 air inlet 180°C, outlet 80°C의 조건에서 분무 건조기, Saurin Lab Spray Dryer SL10B model(Saurin Enterprises Pty. Ltd., Melbourne, Australia)를 이용하여 분무 건조하였다. 분무 건조하여 제조된 분말은 외부공기 및 알루미늄 호일로 외부 빛을 차단하고 분석 전까지 유리병에 담아 4°C에 보관하였다.

### 저장성 실험

분무 건조된 분말은 4, 25, 60°C의 어두운 조건에서 각각 저장하고, 일주일에 한번씩 샘플링하여 산화안정성, 클로로필 함량, 색도 측정 등의 실험에 사용하였다.

### 오일 추출

분말 1 g을 4 mL의 40°C 물에 현탁시키고, 2분간 vortex한 후, 현탁액은 45 mL hexane/iso-propanol(3:1, v/v) 용액을 처리한 후 회전식 진탕기를 이용하여 400 rpm에서 15분간 혼합하였다. 혼합 후에 3000 rpm에서 2분간 원심분리를 실시하고, 층분리시킨 후 상층액만 취해 70°C 조건에서 유기용매를 제거하였다. 추출된 오일은 다음의 분석을 위해 이용하였다.

### Thiobarbituric acid(TBA)값 측정

TBA 값은 기존의 설명된 방법(19)을 일부 변형하여 측정하였다. 추출된 오일 시료 0.05 g-0.06 g에 부탄올 5 mL를 처리하고, 부탄올에 용해시킨 0.2% TBA 용액 5 mL를 첨가하였다. 잘 혼합하여 95°C 항온수조에서 2시간 동안 정치한 후 10분 동안 냉각하고, 분광광도계(UV 1601, Shimadzu, Kyoto, Japan)를 이용하여 532 nm에서 흡광도를 측정하였다. Malonaldehyde를 이용하여 작성한 표준곡선을 이용하여 TBA 값을 정하였다.

### 클로로필(chlorophyll) 안전성 test

4, 25, 60°C 암조건에서 저장한 후, 1주일 마다 캡슐화된 오일을 추출하여 100% 아세톤용액에 용해시켰다. 클로로필의 a, b( $\mu\text{g}$  chlorophyll/g oil extract)의 함량은  $A_{646}$ 와  $A_{662}$ 의 흡광영역에서 분광광도계(Shimadzu)를 이용하여 흡광도를 측정한 후 다음의 계산 방법을 이용하여 총 클로로필 함량을 결정하였다(20).

$$\text{클로로필 a} = 11.24 A_{662} - 2.04 A_{646}$$

$$\text{클로로필 b} = 20.13 A_{646} - 4.19 A_{662}$$

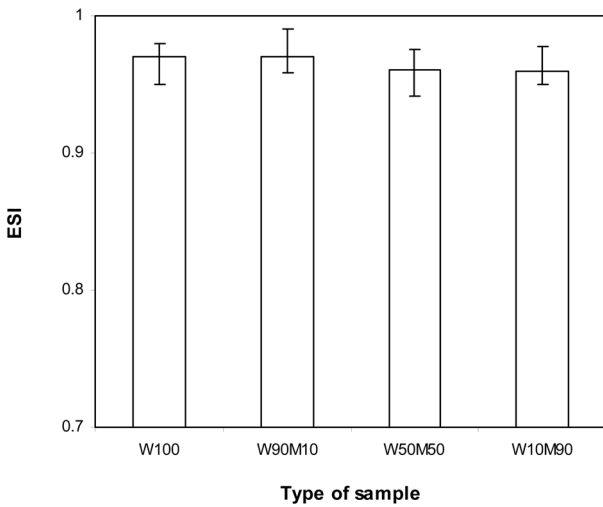


Fig. 1. Emulsion stability index of avocado oil emulsions using different wall material at 25°C.

색도측정

4, 25, 60°C 암조건에서 저장한 후, 각각의 샘플에 대해 분광광도계(Shimadzu)를 이용하여 transmission spectra(400 – 700 nm)를 구한다. 이 값을 weighed ordinate method를 이용하여 CIE specification을 계산하고, 이를 통해서 tristimulus와 chromaticity 값을 구하고 CIE L\*a\*b\*를 정하였다(21).

통계분석

모든 분석은 3회 반복 측정하였으며 측정값은 평균±표준편차로 나타내었다. Paired t-test를 이용하여 측정값 간의 유의성을 분석하였다.

결과 및 고찰

유화액의 특성

유화안정성은 캡슐화된 oil의 양, 미립자의 품질, 기능성 등에 영향을 미치므로 분무건조 전에 안정한 유화액을 얻는 것이 중요하다. 유화액을 분무건조 하기 전에 25°C에서 3일간 저장한 후에 제조된 O/W 유화액의 유화안정성을 분석하였다. 유화 안정성을 분석한 결과에 의하면 WPI의 비율이 높을수록 유화안정성이 높은 것으로 관찰되었다(Fig. 1). 이는 단백질이 유화제의 역할을 수행하고, MD 자체가 캡슐제조 시 유화능력은 떨어지기 때문이다. 그러나 이와 같은 유화액의 유화안정성은 유화액을 제조한 후 30분 이내에 분무건조가 되었기 때문에, 제조된 분무건조분말에는 큰 영향을 미칠 것으로 판단되지는 않았다.

산화안정성 (TBA 값)

캡슐화된 아보카도 오일내의 산화안정성을 측정하기 위해 TBA 값을 이용하였다. 지방의 산화과정 중에 지방산은 부산물의 생성을 유도한다. 이러한 부산물들은 다른 물질들과 함께 복합물을 형성하거나 분해가 계속되어 휘발성의 화합물을 형성한다. TBA값은 이러한 부산물중의 한 부분을 차지하는 것이다(14). TBA 값은 오일 산화과정 중에 형성된 2차 산물에 대한 정보를 제공해 준다. 캡슐화된 샘플의 산화안정성이 4°C, 25°C에서 8주의 저장기간 동안에 측정되었고, 60°C에서도 분석되었다. 저장성 실험에는 온도 등의 저장조건을 선택하는 것이 중요한 문제이다(20). 실온조

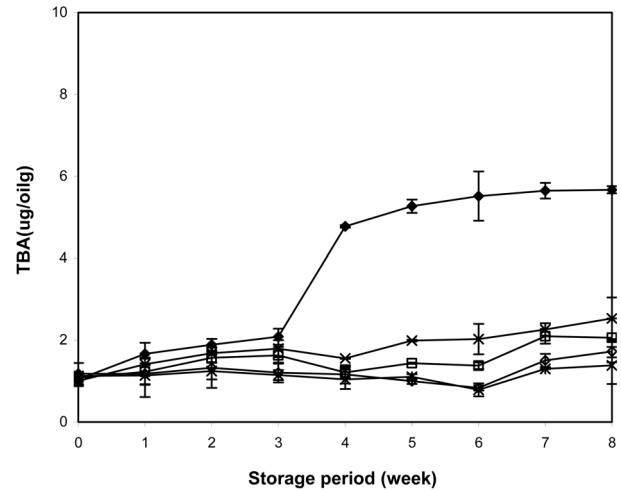


Fig. 2. TBA test of spray dried sample stored at 60°C (ug/oilg). -◆-, Oil; -✱-, W100; -□-, W90M10; -◇-, W50M50; -\*, W10M90

건이 실험에 과도하게 많은 시간을 요구하므로 대개 가속화된 조건(>60°C) 에서 산화안정성 연구가 진행되기 때문에 본 연구에서도 가속화된 조건에서 산화안정성 실험을 실시하였다(5). Fig. 2는 다른 피복물질 조성에서의 TBA 값을 나타내고 있다. 캡슐화 되지 않은 오일의 TBA값은 4주 후에 최대도 도달하고 그 후에는 더 이상 증가되지 않는 경향을 나타내고 있다. 이러한 현상은 steady state를 나타내는 것으로 산화 정도와 부산물의 분해 정도가 같다는 것을 의미한다(14). 이것은 5주 후에 완전히 산화가 종료되었다는 것을 나타내는 것은 아니다. 다른 연구결과(22)를 살펴보면 저장시간이 지남에 따라 산화가 종료되는 점에서 TBA 값의 기울기의 변화가 관찰되었어야만 하나 이 실험에서는 이러한 현상은 관찰되지 않았다. 이것은 산화가 9주째에도 계속 진행되고 있음을 나타내고 있으며 유사한 결과가 다른 보고서에서도 보고되었다(14). 캡슐화된 샘플내의 오일과 오일 자체만을 60°C 온도의 암조건에서 8주 동안 저장한 후 TBA값을 측정된 결과(Fig. 1), 캡슐속의 오일이 대조군과 비교하였을 때 산화에 더 안정하였다. 이 결과는 캡슐 내 오일의 산화 안정성에 미치는 피복물질의 효과를 보여준다. WPI로만 구성되어 있는 피복물질조성과 WPI/MD로 구성된 피복물질조성의 현저한 차이점을 확인할 수 있었다. WPI matrix는 MD와의 조합에 의해 지방산화를 억제시키는 경향을 나타내었다. 즉, 분무 건조된 분말의 가운데서는 단백질의 함량이 커질수록 그 안정성이 감소하는 경향을 나타내었다. 이는 단백질이 피복물질로 이용되어 분말이 제조되면서 제조된 분말에서 다공성의 구조를 형성하였기 때문이라고 판단된다. 다른 연구에서도 wall matrix의 산소 투과 정도가 wall matrix의 다공성의 정도에 의해 영향을 받고 캡슐에 사용된 물질의 산화안정성을 결정한다고 보고하였다(23). 말토 텍스트린은 산소가 투과하기 어려운 matrix를 생산하기 때문에 저장기간을 향상시켜주는 결과를 나타낸다는 보고도 있다(24). 본 실험결과는 이와 같은 실험결과와 같이 산화안정성에서 MD의 효과를 확인할 수 있었다. 4°C, 25°C에서 저장한 시료의 경우 저장기간 동안 시료간의 산화안정성의 차이를 발견할 수는 없었다(Fig. 3, 4). 4°C와 25°C에 저장한 분말 시료는 멎쳐지기 쉽기 때문에 캡슐화된 오일 내로 산소가 확산되는 것이 감소될 수 있으며, 온도에 의한 영향을 받지 않아 실험군과 대조군의 결과에 큰 차이를 관찰할 수 없었던 것으로 판단된다. 본 논문에서 아보카도 오일의 초기 TBA 값은 다른 오일의

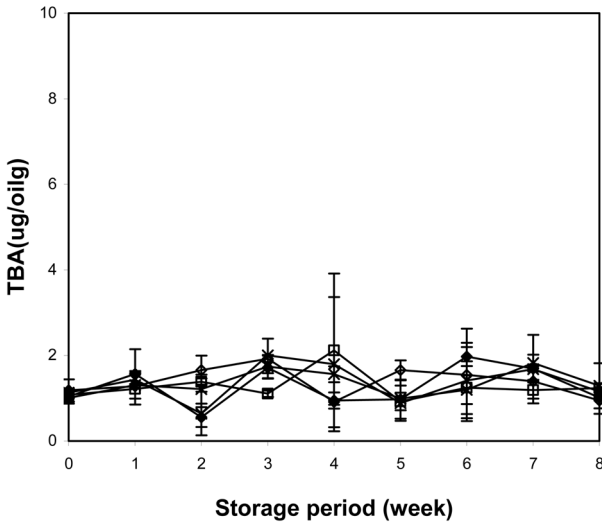


Fig. 3. TBA test of spray dried sample stored at 25°C. -◆-, Oil; -✱-, W100; -□-, W90M10; -◇-, W50M50; -\*-, W10M90

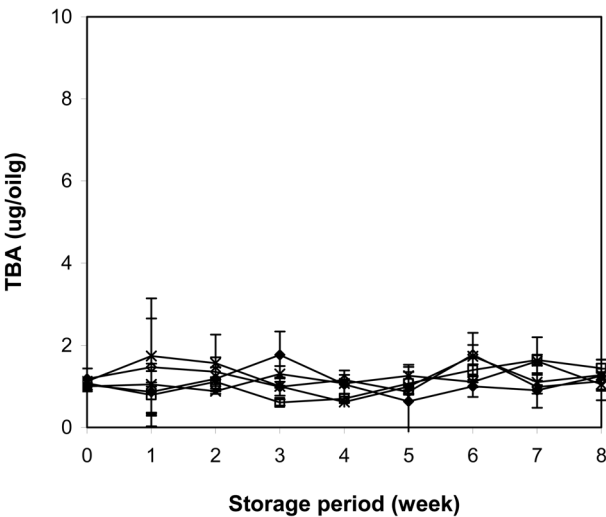


Fig. 4. TBA test of spray dried sample stored at 4°C. -◆-, Oil; -✱-, W100; -□-, W90M10; -◇-, W50M50; -\*-, W10M90

TBA 값(22)보다 다소 높은 경향을 나타내는데 이는 지방의 산화를 측정하는 방법과 실험에 사용된 샘플간에 여러 변이가 있을 수 있고 결과에 영향을 주는 여러 요인들이 발생할 수 있기 때문에 산화 정도를 측정하는 다른 논문의 TBA의 값과 본 연구의 TBA값과의 정확한 상관관계는 설명하기 어렵기 때문이라고 판단된다.

**클로로필 안정성**

아보카도 오일은 아보카도 자체가 지니고 있는 색에 의해 육안으로 확인했을 때 녹색을 띄는데, 식물체에서 녹색을 나타내는 색소성분은 주로 클로로필이다. 아보카도 오일의 녹색은 품질을 결정짓는데 중요한 역할을 한다. 이것은 천연적인 제품에 대한 소비가 증가하는 경향으로 인해 바람직한 특성으로 받아들여지고 있다(5). 따라서 아보카도 오일의 저장기간 내 클로로필 함량과 관련된 색의 변화를 억제하는 것은 제품의 품질에 영향을 미

Table 2. Change of chlorophyll a level during the storage periods at 60°C

Type	0 week	1 week	2 week	3 week
Oil	0.69±0.09 <sup>a*</sup>	0.69±0.13 <sup>a</sup>	0.46±0.08 <sup>c</sup>	0.50±0.08 <sup>c</sup>
W100	0.73±0.15 <sup>a</sup>	0.54±0.11 <sup>b</sup>	0.59±0.08 <sup>b</sup>	0.57±0.08 <sup>b</sup>
W90M10	0.71±0.13 <sup>a</sup>	0.67±0.12 <sup>a</sup>	0.69±0.10 <sup>a</sup>	0.66±0.04 <sup>a</sup>
W50M50	0.70±0.04 <sup>a</sup>	0.66±0.13 <sup>a</sup>	0.62±0.12 <sup>b</sup>	0.61±0.01 <sup>b</sup>
W10M90	0.70±0.11 <sup>a</sup>	0.64±0.02 <sup>a</sup>	0.67±0.08 <sup>a</sup>	0.66±0.11 <sup>a</sup>

\*Means with same letter are not significantly different.

Table 3. Change of chlorophyll b level during the storage periods at 60°C

Type	0 week	1 week	2 week	3 week
Oil	0.27±0.06 <sup>a*</sup>	0.27±0.05 <sup>a</sup>	0.11±0.03 <sup>b</sup>	0.12±0.06 <sup>b</sup>
W100	0.23±0.07 <sup>a</sup>	0.25±0.17 <sup>a</sup>	0.23±0.05 <sup>a</sup>	0.25±0.05 <sup>a</sup>
W90M10	0.24±0.03 <sup>a</sup>	0.25±0.13 <sup>a</sup>	0.28±0.12 <sup>a</sup>	0.25±0.08 <sup>a</sup>
W50M50	0.24±0.20 <sup>a</sup>	0.21±0.13 <sup>a</sup>	0.24±0.04 <sup>a</sup>	0.22±0.09 <sup>a</sup>
W10M90	0.23±0.04 <sup>a</sup>	0.22±0.12 <sup>a</sup>	0.24±0.01 <sup>a</sup>	0.24±0.02 <sup>a</sup>

\*Means with same letter are not significantly different.

치는 중요한 요인이다. 따라서 본 연구에서는 캡슐화가 클로로필 함량에 미치는 효과에 대해 살펴보았다. 클로로필의 함량은 Madeira 등(20)에 의해서 보고된 방법과 같은 방법으로 계산되었다. 이에 관계된 식은 실험방법에 명시하였다. 저장기간 도중에 클로로필의 함량은 발생된 산화에 의한 결과로 형성된 과산화물의 영향을 받을 수 있고, 이는 클로로필과 반응을 한다. 특징적으로 오일 자체의 색은 저장기간이 길어질수록 아보카도 오일 자체의 특유한 녹색을 상실하고, 저장전보다 투명도가 높아졌다. 이는 클로로필 자체가 열에 약한 특성을 지니고 있어서 60°C의 저장조건이 클로로필 안정성에 영향을 미쳤다고 판단된다. 흡광영역에서의 흡광도를 측정 후 클로로필 a, b의 함량을 계산하여 얻은 후 저장기간 동안의 함량변화를 비교분석 하였다. 그 결과 캡슐화된 시료간의 큰 차이는 관찰할 수 없었으나 캡슐화된 시료와 대조군 간의 차이는 확인할 수 있었다. 클로로필 a, b 모두 캡슐화되었을 때 캡슐화 전 보다 열에 대한 안정성을 보여주었다(Table 2, 3). 본 연구에서 아보카도 오일 내 초기 총 클로로필 함량은 다른 연구에서 보고된 것보다 낮은 값을 나타내었다(2). 이는 클로로필 함량의 측정 방법 및 추출방법, 샘플간의 차이점 등에서 기인한 것으로 판단된다.

**색도측정**

본 연구에서는 아보카도 오일의 색도를 color coordinates를 계산하는 간단한 방법으로 계산하였다. 다른 보고(25)에 의하면, 투과스펙트럼은 투과값의 함수에 의해 얻어지는 3차극치로 표현될 수 있다. 본 연구에서 아보카도 오일의 색이 이러한 3차극치로부터 계산되었다. 저장기간 내 색의 변화는 통계적인 유의성을 찾을 수는 없었으나, 저장된 샘플 내 오일의 색도를 측정 한 결과 전체적으로 L값은 감소하고 a값은 증가하며, b값은 감소하는 경향을 나타내었다(Table 4-6). 저장기간 도중에 캡슐화된 오일의 색은 녹색에서 노란색으로 변했고, 이는 클로로필이 페오피틴으로 변했음을 의미한다. 오일의 노란색은 전체 클로로필 양의 감소와 관련이 있다. 25°C와 4°C에 저장한 시료도 같은 경향을 나타내었으나 그 정도가 60°C에서 저장한 시료보다 적었다. 저장온도

**Table 4. Color changes of spray dried avocado oil during storage at 60°C, dark**

Time (week)		Type														
		Oil			W100			W90M10			W50M50			W10M90		
0	CIE L a b	23.43	-10.10	23.17	23.50	-9.70	22.51	24.05	-8.83	20.57	24.25	-8.34	19.34	24.87	-8.50	19.51
	CIE L C h		319.43	180.88		300.37	180.93		250.61	180.95		221.88	180.93		226.40	180.89
1	CIE L a b	22.90	-7.16	17.40	24.49	-7.57	17.73	23.60	-9.12	21.60	24.07	-8.24	19.07	23.63	-10.07	23.17
	CIE L C h		176.97	181.16		185.76	180.97		274.85	181.02		215.74	180.92		319.05	180.89
2	CIE L a b	21.85	-4.68	9.90	21.32	-4.13	9.68	19.37	-5.60	13.88	20.59	-4.12	9.54	20.52	-3.89	9.09
	CIE L C h		59.91	180.60		55.39	180.98		112.08	181.28		53.94	180.92		48.93	180.96
3	CIE L a b	20.93	-1.82	3.57	19.93	-3.71	8.00	17.58	-3.94	9.62	17.91	-1.86	4.31	15.78	-1.22	5.16
	CIE L C h		8.03	180.42		38.90	180.67		54.07	181.19		11.02	180.94		14.07	179.50
4	CIE L a b	23.01	-0.90	1.78	22.00	-2.14	5.17	21.83	-3.56	7.89	22.40	-1.56	3.34	2.39	0.16	3.80
	CIE L C h		2.00	180.42		15.67	181.12		37.50	180.75		6.81	180.65		7.25	180.53
5	CIE L a b	22.61	-0.67	1.28	21.74	-2.00	5.18	19.87	-2.98	7.12	21.65	-1.45	3.09	4.41	0.31	2.50
	CIE L C h		1.04	180.36		15.40	181.62		29.79	181.06		5.84	180.62		3.17	179.88
6	CIE L a b	23.23	-0.53	0.74	18.84	-2.32	6.47	19.27	-2.03	4.45	21.04	-1.57	3.88	10.96	0.19	2.54
	CIE L C h		0.41	179.83		23.59	182.72		11.96	180.72		8.78	181.26		3.25	181.38
7	CIE L a b	22.25	-0.39	0.54	21.00	-3.78	10.49	21.47	-1.97	4.74	21.20	-2.04	5.20	12.53	0.09	3.20
	CIE L C h		0.22	179.79		62.15	182.62		13.16	181.09		15.59	181.47		5.12	178.78
8	CIE L a b	22.57	-0.33	0.55	23.35	-2.99	8.67	24.51	-1.83	5.24	2.66	-0.14	3.48	7.34	0.32	3.39
	CIE L C h		0.21	180.13		42.03	184.05		15.38	183.49		6.06	170.59		5.78	180.50

분무건조를 이용한 아보카도 오일의 캡슐화

**Table 5. Color changes of spray dried avocado oil during storage at 25°C, dark**

Time (week)		Type														
		Oil			W100			W90M10			W50M50			W10M90		
0	CIE L a b	23.43	-10.10	23.17	23.50	-9.70	22.51	24.05	-8.83	20.57	24.25	-8.34	19.34	24.87	-8.50	19.51
	CIE L C h		319.43	180.88		300.37	180.93		250.61	180.95		221.88	180.93		226.40	180.89
1	CIE L a b	22.77	-8.40	20.16	25.03	-6.55	15.60	24.31	-9.69	22.81	14.40	-5.93	17.69	18.40	-7.36	20.09
	CIE L C h		238.45	181.09		143.19	181.06		307.10	180.99		174.11	186.26		228.87	182.28
2	CIE L a b	19.59	-6.95	15.63	18.95	-5.83	14.09	18.00	-6.68	16.55	19.76	-5.48	13.01	19.97	-4.95	11.48
	CIE L C h		146.23	180.81		116.34	181.13		159.30	181.28		99.69	181.03		78.13	180.92
3	CIE L a b	19.28	-7.14	15.38	19.12	-5.69	12.61	18.53	-6.13	13.44	19.03	-6.65	14.52	19.37	-6.69	14.45
	CIE L C h		143.75	180.66		95.72	180.76		109.10	180.71		127.55	180.71		126.74	180.67
4	CIE L a b	21.82	-7.52	16.23	21.45	-6.24	13.69	21.70	-6.62	14.52	21.82	-6.64	14.52	22.40	-6.61	14.40
	CIE L C h		159.95	180.67		113.11	180.72		127.30	180.71		127.42	180.71		125.51	180.70
5	CIE L a b	22.26	-7.06	15.29	22.49	-6.02	12.99	22.16	-6.36	13.92	22.11	-6.66	14.57	20.64	-5.60	11.95
	CIE L C h		141.77	180.68		102.46	180.67		117.14	180.71		128.34	180.71		87.04	180.63
6	CIE L a b	18.84	-6.44	14.70	19.57	-5.31	13.25	19.56	-5.85	13.75	18.87	-5.51	13.62	18.95	-4.94	11.51
	CIE L C h		128.79	180.87		101.84	181.33		111.68	180.99		107.95	181.26		78.44	180.95
7	CIE L a b	19.87	-6.62	15.23	19.81	-4.86	11.45	18.14	-5.22	12.94	17.93	-5.44	13.36	19.53	-4.88	11.64
	CIE L C h		137.86	180.90		77.37	181.00		97.38	181.28		104.03	181.22		79.61	181.06
8	CIE L a b	24.04	-7.10	15.98	20.76	-4.95	12.18	23.35	-5.82	13.56	23.81	-1.68	4.19	23.58	-4.89	11.21
	CIE L C h		152.89	180.81		86.45	181.23		108.80	180.95		10.21	181.32		74.84	180.88

**Table 6. Color changes of spray dried avocado oil during storage at 4°C, dark**

Time (week)		Type														
		Oil			W100			W90M10			W50M50			W10M90		
0	CIE L a b	23.43	-10.10	23.17	23.50	-9.70	22.51	24.05	-8.83	20.57	24.25	-8.34	19.34	24.87	-8.50	19.51
	CIE L C h		319.43	180.88		300.37	180.93		250.61	180.95		221.88	180.93		226.40	180.89
1	CIE L a b	23.24	-8.84	20.93	22.65	-8.54	20.63	23.14	-8.41	19.90	22.67	-8.65	21.15	22.44	-10.09	24.15
	CIE L C h		258.04	181.02		249.22	181.13		233.46	181.02		261.10	181.20		342.59	181.08
2	CIE L a b	19.41	-7.17	16.92	18.40	-6.22	15.82	18.51	-6.20	15.65	19.58	-6.03	14.47	20.15	-6.15	14.26
	CIE L C h		168.87	181.01		144.39	181.47		141.63	181.41		122.92	181.09		120.51	180.93
3	CIE L a b	19.14	-6.87	14.69	18.92	-6.46	14.47	19.77	-6.81	14.95	19.79	-6.95	15.12	19.92	-7.31	15.65
	CIE L C h		131.51	180.64		125.51	180.79		134.99	180.72		138.49	180.69		149.12	180.64
4	CIE L a b	21.88	-7.28	16.29	22.52	-6.87	15.23	22.58	-7.30	15.97	22.49	-7.04	15.65	22.59	-7.33	16.15
	CIE L C h		159.21	180.79		139.67	180.75		154.18	180.71		147.21	180.76		157.25	180.73
5	CIE L a b	19.60	-6.76	15.10	19.01	-6.20	14.25	21.35	-6.73	15.38	21.00	-6.76	15.48	18.49	-6.41	16.03
	CIE L C h		136.85	180.78		120.71	180.89		140.85	180.87		142.70	180.87		149.06	181.35
6	CIE L a b	18.79	-6.71	15.29	18.58	-6.29	14.72	18.69	-6.18	14.46	18.67	-6.05	14.20	19.40	-6.49	14.62
	CIE L C h		139.35	180.86		128.16	180.97		123.69	180.97		119.11	180.98		127.87	180.81
7	CIE L a b	22.16	-7.29	16.84	19.48	-5.85	13.65	16.03	-5.61	13.57	15.85	-5.55	13.60	16.74	-5.99	14.30
	CIE L C h		168.48	180.91		110.23	180.96		107.80	181.14		107.88	181.21		120.18	181.07
8	CIE L a b	24.20	-7.15	15.42	23.25	-7.46	17.01	24.71	-7.45	16.17	24.22	-7.45	16.45	24.11	-7.97	17.45
	CIE L C h		144.43	180.66		172.47	180.86		158.49	180.68		163.08	180.74		184.09	180.71

별 각 시료 간의 색도변화의 차이는 관찰하기 어려웠다.

결론적으로, 식물유는 빛과 열, 지방산의 조성, 산소, 금속, 색소, 인지질, 유리지방산, 산화물, 항산화제에 의해 영향을 받는다. 이와 같은 요인들을 고려하여 산화안정성을 증가시키기 위한 많은 연구가 진행되고 있다. 본 연구에서는 다른 조성의 피막조직으로 캡슐화된 아보카도 오일내의 산화안정성을 살펴보았다. 60°C에서 저장한 모든 캡슐화된 오일은 대조군과 비교 시 TBA 값 및 클로로필의 함량에 대한 저장안정성을 나타내었다. 시험군 간의 TBA값은 유사한 형태를 나타내며 변화하나 산화안정성은 WPI 단독으로 캡슐화를 하였을 때보다 말토덱스트린과 혼합하여 피복물질로서 이용되었을 경우 산화안정성이 향상되었다. 또한 말토덱스트린의 함량이 높아질수록 산화안정성이 증가되는 결과를 확인할 수 있었다. 이 결과는 본 연구에서의 캡슐화된 오일의 산화안정성이 말토덱스트린에 의한 효과에서 기인한 것임을 나타내고 있다. 아보카도 오일의 색도는 저장기간 내 클로로필 함량이 감소됨에 따라서 녹색에서 노란색으로 변함을 알 수 있었다. 따라서, 본 연구에서 관찰된 TBA값 및 클로로필 함량에 의한 결과에 의하면 아보카도 오일의 캡슐화가 산화를 억제하는데 효과적인 수단임을 나타낸다. 분말 건조된 캡슐은 제품의 취급이 쉽고 다른 제품과의 혼합이 용이하여 식품 성분으로서 쉽게 이용될 수 있을 것이다. 본 연구에서의 캡슐화 방법이 아보카도 오일과 유사한 특성을 지닌 향기성분, 항산화제와 같은 지용성 물질의 캡슐화에 응용될 수 있을 것이다.

## 요 약

아보카도 오일의 산업적인 이용성을 증가시키고, 안정성을 향상시키기 위해 분무건조기술을 이용하여 아보카도 오일의 캡슐화 연구를 수행하였다. 캡슐화된 샘플내의 오일과 오일자체만을 4, 25, 60°C 온도의 압조건에서 8주 동안 저장하여 TBA값을 측정 한 결과, 캡슐 속의 오일이 대조군과 비교하였을 때 산화에 더 안정하였다. 대조군의 TBA 형성은 저장기간이 길어질수록 증가하고 5주째에 급격하게 증가하였다. 그러나 캡슐화된 샘플 내에서의 TBA 값은 대조군보다 낮은 값을 나타내었다. 캡슐화된 샘플의 TBA 값은 아보카도 오일내의 MDA형성을 저지시켜 산화작용을 효과적으로 억제하였다. 분무 건조된 분말의 가운데서는 단백질의 함량이 커질수록 그 안정성이 감소하는 경향을 나타내었다. 클로로필 안정성을 60°C의 저장조건에서 비교한 결과 캡슐화된 시료 내에서 안정성을 보여주었다. 저장된 샘플 내 오일의 색도를 측정 한 결과, 통계적인 유의성을 관찰할 수는 없었으나, 전체적으로 L값은 감소하고 a값은 증가하며, b값은 감소하는 경향을 나타내었다. 결론적으로 TBA 값 및 클로로필 함량, 색도의 실험결과에 의하면 아보카도 오일의 캡슐화가 산화를 억제하고 관능적인 특성을 향상시키는데 효과적인 수단임을 나타낸다.

## 감사의 글

이 논문은 2005년 정부(교육인적자원부)의 재원으로 한국학술진흥재단의 지원을 받아 수행된 연구임(KRF-2005-214-D00277).

## 문 헌

1. Elez-Martinez P, Soliva-Fortuny RC, Gorinstein S, Martin-Belloso O. Natural antioxidants preserve the lipid oxidative stability of minimally processed avocado puree. *J. Food Sci.* 70: 325-329 (2005)

2. Ashton OB, Wong M, McGhie TK, Vather R, Wang Y, Cecilia Requejo-Jackman C, Ramankutty P, Woolf AB. Pigments in avocado tissue and oil. *J. Agr. Food Chem.* 54: 10151-10158 (2006)

3. Logaraj TV, Bhattacharya S, Udaya SK, Venkateswaran G. Rheological behaviour of emulsions of avocado and watermelon oils during storage. *Food Chem.* 106: 937-943 (2008)

4. Choe E, Min DB. Mechanisms and factors for edible oil oxidation. *Compr. Rev. Food Sci. F.* 5: 169-186 (2006)

5. Werman MJ, Neeman I. Oxidative stability of avocado oil. *J. Am. Oil Chem. Soc.* 63: 355-360 (1986)

6. Diosady L. Chlorophyll removal from edible oils. *Int. J. Appl. Sci. Eng.* 3: 81-88 (2005)

7. Fuchs M, Turchiuli C, Bohin M, Cuvelier ME, Ordonnaud C, Peyrat-Maillard MN, Dumoulin E. Encapsulation of oil in powder using spray drying and fluidised bed agglomeration. *J. Food Eng.* 75: 27-35 (2006)

8. Hardas N, Danviriyakul S, Foley JL, Nawar W, Chinachoti P. Accelerated stability studies of microencapsulated anhydrous milk fat. *LWT-Food Sci. Technol.* 33: 506-513 (2000)

9. Hogan SA, O'riordan ED, O'sullivan M. Microencapsulation and oxidative stability of spray-dried fish oil emulsions. *J. Microencapsul.* 20: 675-688 (2003)

10. Cho Y, Shin D, Park J. A study on wall materials for flavor encapsulation. *Korean J. Food Sci. Technol.* 32: 132-139 (2000)

11. Tan LH, Chan LW, Heng PWS. Effect of oil loading on microspheres produced by spray drying. *J. Microencapsul.* 22: 253-259 (2005)

12. Wu KG, Chai XH, Chen Y. Microencapsulation of fish oil by simple coacervation of hydroxypropyl methylcellulose. *Chin. Chem. Lett.* 36: 1569-1572 (2005)

13. Beristain CI, Garcia HS, Vernon-Carter EJ. Spray-dried encapsulation of cardamom (*Elettaria cardamomum*) essential oil with mesquite (*Prosopis juliflora*) um. *LWT-Food Sci. Technol.* 34: 398-401 (2001)

14. Kim E, Chen X, Pearce D. Melting characteristics of fat present on the surface of industrial spray-dried dairy powder. *Colloid Surface B.* 42: 1-8 (2005)

15. Hogan SA, McNamee BF, O'Riordan ED, O'Sullivan M. Emulsification and microencapsulation properties of sodium caseinate/carbohydrate blends. *Int. Dairy J.* 11: 137-144 (2001)

16. Dzondo-Gadet A, Nzikou JM, Etoumoungou A, Linder A, Desobry S. Encapsulation and storage of safoou pulp oil in 6DE maltodextrins. *Process Biochem.* 40: 265-271 (2005)

17. Bylaitė E, Nylander T, Venskutonis R, Jonsson B. Emulsification of caraway essential oil in water by lecithin and beta-lactoglobulin: Emulsion stability and properties of the formed oil-aqueous interface. *Colloid Surface B.* 20: 327-340 (2001)

18. Rosenberg M, Sheu TY. Microencapsulation of volatiles by spray-drying in whey protein-based wall systems. *Int. Dairy J.* 6: 273-284 (1996).

19. Pegg RB. Spectrophotometric measurement of secondary lipid oxidation products; Lipid oxidation/stability, pp. 551-553 In: Handbook of Food Analytical Chemistry. John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, NJ, USA (2005)

20. Madeira AC, Ferreira A, Varennes A, Vieira MI. SPAD meter versus tristimulus colorimeter to estimate chlorophyll content and leaf color in sweet pepper. *Commun. Soil Sci. Plan.* 34: 2461-2470 (2003)

21. Pérez-Magariño S, González-Sanjosé ML. Application of absorbance values used in wineries for estimating CIELAB parameters in red wines. *Food Chem.* 81: 301-306 (2003)

22. Bilancia MT, Caponio F, Sikorska E, Pasqualone A, Summo C. Correlation of triacylglycerol oligopolymers and oxidised triacylglycerols to quality parameters in extra virgin olive oil during storage. *Food Res. Int.* 40: 855-861 (2007)

23. Moreau DL, Rosenberg M. Oxidative stability of anhydrous milk fat microencapsulated in whey proteins. *J. Food Sci.* 61: 39-43 (1996)

24. Kagami Y, Fujishima N, Matsuda K, Kometani T, Matsumura Y. Oxidative stability, structure, and physical characteristics of microcapsules formed by spray drying of fish oil with protein and dextrin wall materials. *J. Food Sci.* 68: 2248-2255 (2003)

25. Ayala F, Echavarrri JF, Negueruela AI. A new simplified method for measuring the color of wines. III. All wines and brandies. *Am. J. Enol. Viticul.* 50: 359-363 (1999)