

ω-3계 지방산의 미세캡슐화에 관한 연구

김철현 · 이경욱 · 백승천 · 곽해수* · 강종옥**

서울우유기술연구소, *세종대학교 식품공학과, **단국대학교 축산학과

Studies on the Microencapsulation of ω-3 Polyunsaturated Fatty Acid

Chul-Hyun Kim, Kyung-Wook Lee, Seung-Chun Baick, Hae-Soo Kwak* and Jong-Ok Kang**

Seoul Dairy Co-op., Institute of Dairy Food Research

*Department of Food Science and Technology, Sejong University

**Department of Animal Science, Dankook University

Abstract

This study was carried out to investigate the microencapsulatuion of ω-3 fatty acid isolated from fish oil and to obtain fundamental information on the utilization of the ω-3 fatty acid in the dairy foods field. To obtain the desirable microencapsulation efficiency, 1.5% agar and 0.5% gelatin were used as coating materials, and 0.5% SFAN 60 (HLB 4.5 value) was used to maintain the emulsion stability. The optimal mixing ratio of coating material to core material was 8:2 (w/w). The thermostability of microencapsulated product was not maintained above 60°C. Microencapsulation efficiency was kept at about 90% at 4°C and 10°C for 7 days storage at various temperatures. At 20°C and 30°C, however, about 80% microencapsulatuion efficiency was obtained for 3 days storage. About 80.57% microcapsule was destroyed by 1% pepsin solution at 37°C for 10 min.

Key words: microencapsulation, polyunsaturated fatty acids, HLB value

서 론

최근 어패류나 해조류와 같은 수산식품은 식품영양학적 가치 뿐만 아니라 만성퇴행성 질환, 성인병 등 질병의 예방과 치료에 관한 생리적 약리효과가 과학적으로 입증되므로써 수산생물의 생리활성을 이용한 제약화와 식품화에 많은 연구와 관심이 집중되고 있다. 연구결과에 의하면 이러한 기능들은 등푸른 생선 등의 수산식품 속에 들어 있는 eicosapentaenoic acid (EPA, C_{20:5} ω-3), docosahexaenoic acid (DHA, C_{22:6} ω-3) 등의 ω-3계 지방산에 의한 효과임이 과학적으로 입증되고 있다^(1,2).

전구체인 α-linolenic acid의 전환과정에서 생성되는 ω-3계 지방산은 순환기 계통 질환의 위험인자를 제거해 주거나 혈청내 지질구성이나 혈소판 응집기능에 변화를 주어 동맥경화증에 유익한 효과를 나타낸다고 알려져 있다⁽³⁾. 특히 DHA는 망막 및 두뇌 인지질의 구성

성분으로서 실험동물의 학습능을 비롯한 뇌기능 향상에 기여한다고 한다^(5,6). 최근 이외에도 여러가지 다양한 생리적 기능을 가진 것으로 보고되고 있는 EPA와 DHA가 풍부하게 함유된 어유를 캡슐로 제조하거나 분말화하여 건강보조식품, 수산식품, 제과, 제빵, 탄산음료, 가공치즈, 조제분유 등에 첨가하여 상품화되고 있다. 그러나 어취와 더불어 어유의 지방산은 탄소수가 많고 불포화도가 높기 때문에 쉽게 산화되어 고분자의 산화생성물을 생성하게 되며 이에 따른 질저하로 인해 직접적인 식품첨가 범위가 제한되고 있는 실정이다^(7,8). 이러한 식품첨가 범위의 제한적인 요소를 극복하기 위해 미세캡슐화가 이용되는데, 캡슐은 목적에 따라 적절한 안정성과 더불어 어떤 작용에 의해 파괴되어 캡슐내 물질이 유리되어야 하며 미세캡슐을 제조하는 방법으로는 분사조립법, 분무조립법, 액중조립법, 전동조립법 등이 있으며 일반적으로 분무건조법이 주로 이용되고 있다. 이러한 미세캡슐화 공정을 통해 분무건조하여 생산된 지질분말을 첨가하거나^(9,10) 탈취제를 첨가하여 식품에 첨가하고 있으나 액상제품 등에는 첨가가 곤란하며 식품가공과정 중 풍미에도 좋지 않은 영향을 미치

Corresponding author: Seung-Chun Baick, Seoul Dairy Co-op., Institute of Dairy Food Research, 1059, Shingil-dong, Ansan, Kyunggi-do 425-120, Korea

게 되므로 이에 따른 신기술 개발이 절실히 요구되고 있는 실정이다.

따라서 이 연구는 각종 성인병 예방과 항암효과 및 뇌기능 향상에 높은 효과를 가진 ω -3계 지방산을 풍부하게 함유한 어유를 식품에 첨가하는데 따르는 제한요소를 극복할 수 있는 방법의 일환으로 미세캡슐화에 대한 기초 자료를 얻기 위해 수행되었다.

재료 및 방법

실험에 사용된 캡슐소재는 agar (Myeongsin Chemical Ind. Co., Ltd., Korea)와 gelatin (Kyunggi Gelatin, Ltd., Korea), soluble starch (Junsei Chemical Co., Ltd., Japan) 및 80% whey protein concentrate (Haesung, Ltd., Korea)를 사용하였으며, 유화제는 HLB값이 각각 4.3, 4.5, 6.0, 8.0인 식용 등급의 유화제로서 DM-70 (Glycerine fatty acid ester, Ilshin Emulsifier Co., Ltd., Korea), SFAN 60 (Sorbitan fatty acid ester, Ilshin Emulsifier Co., Ltd., Korea)과 DK ester인 F-50, F-70 (Sucrose fatty ester, DKS international, Inc., Japan)을 사용하였다.

지방산의 미세캡슐화

캡슐소재 선정을 위한 heptadecaenoic acid의 미세캡슐화: 캡슐재는 Table 1과 같은 배합비율로서 사용하였으며 캡슐소재를 중류수에 충분히 용해한 후 60°C로 유지하고 이 용액 50 g에 heptadecanoic acid ($C_{17:0}$, Sigma Chemical Co., U.S.A.)를 각각 200 mg 첨가한 후 60°C의 water bath에서 homo mixer (Ultra turrax, Janke & Kunkel, Germany)를 사용하여 10,000 rpm/3 min으로 처리한 후 4°C로 냉각된 중류수 240 g에 airless sprayer (No. 355E, Wagner Spray Tech. Co., U.S.A.)를 사용하여 10 g씩 각각 분무하였다.

유화제 선정을 위한 ω -3계 지방산의 미세캡슐화: 식용어유(DHA 27%, EPA 5%, Nippon Chemical Feed Co., Ltd., Japan) 10 g에 제시된 식용 등급의 유화제를

각각 0.5% (w/w)첨가하고 60°C의 water bath에서 충분히 용해한 후 캡슐용액 50 g을 첨가하고 homo mixer를 사용하여 10,000 rpm/3 min으로 균질화한 후 airless sprayer를 사용하여 4°C로 냉각된 중류수 240 g에 10 g을 분무하여 수율을 측정하고 광학현미경(Leitz, Germany)을 이용하여 미세캡슐을 검정하였다.

미세캡슐화 수율측정

수율측정을 위한 전처리: 미세캡슐화 수율측정의 전처리는 Paquot와 Hautfenne의 방법⁽¹²⁾을 수정하여 다음과 같이 실시하였다. 시료 10 g을 밀폐용기에 넣고 중탕으로 끓이면서 강하게 진탕한 후 chloroform (EM Industries, Inc., U.S.A.)과 methanol (Baxter Healthcare Co., U.S.A.)을 2 : 1로 혼합하여 조제한 용액 60 ml를 첨가하여 지방을 외부로 추출하고 이를 처리하지 않은 시료와 함께 각각 10 g씩 분액여두에 취하여 petroleum ether (Baxter Healthcare Co., U.S.A.) 20 ml를 첨가하여 지방산을 추출한 후 비누화시켰다. 여기에 ethyl ether를 20 ml 첨가하여 비응고성 물질인 wax, sterol 등이 추출된 상층을 제거한 다음 여액에 1 N HCl 1.6 ml를 가해 pH 2.0으로 조절한 후 다시 petroleum ether 20 ml를 첨가하여 지방산 혼합물을 추출하고 수분을 제거한 후 얻어진 지방산의 methyl ester는 14%의 BF_3 -methanol 용액(BDH Laboratory Supplies Poole, England)으로 methylation하여 GC분석용 시료로 하였다.

GC를 이용한 지방산 측정: ω -3계 지방산의 동정을 위해 표준지방산과 추출된 지방산의 retention time을 비교하여 동일 시간대의 ω -3계 지방산의 농도를 측정하였으며 internal standard로 heptadecaenoic acid 100 ppm을 첨가하였다. 실험에 사용된 GC의 분석조건은

Table 2. Instrument and operating conditions for fatty acids methyl ester analysis by gas chromatography

Type	Coating materials	
I	1.0% Agar+0.5% Gelatin	FID (Hewlett Packard, U.S.A)
II	1.0% Agar+0.5% Soluble starch	Omegawax™ 320 Capillary column (Supelco, U.S.A) (30 m × 0.32 mm I.D × 0.25 μm film)
III	1.0% Agar+0.5% Whey protein concentrate	Flow rate Split Ratio: 6 : 1 Carrier gas (N_2): 1 ml/min Air: 300 ml/min H_2 : 20 ml/min Auxiliary gas(N_2): 29 ml/min
IV	1.5% Agar+0.5% Gelatin	• Temperature Injection port: 260°C Dectector: 260°C
V	1.5% Agar+0.5% Soluble starch	Colum: 180°C for 5 min → incresing by 10°C/min 240°C for 20 min
VI	1.5% Agar+0.5% Whey protein concentrate	• Injection volume 1.0 μl

Table 1. Various coating materials for the microencapsulation of ω -3 fatty acid

Type	Coating materials
I	1.0% Agar+0.5% Gelatin
II	1.0% Agar+0.5% Soluble starch
III	1.0% Agar+0.5% Whey protein concentrate
IV	1.5% Agar+0.5% Gelatin
V	1.5% Agar+0.5% Soluble starch
VI	1.5% Agar+0.5% Whey protein concentrate

Table 2와 같으며 수율측정은 다음과 같은 식을 통해 추정하였다.

$$\text{Yield}(\%) = \frac{\text{TF} - \text{NF}}{\text{TF}} \times 100$$

TF: 총 캡슐용액의 지방산농도

NF: 캡슐용액내의 캡슐화되지 않은 지방산농도

미세캡슐의 열안정성 실험: 미세캡슐용액을 각각 10 g씩 밀폐용기에 취한 후 각각 40°C, 60°C, 80°C, 100°C의 shaking water bath에서 각 시료당 10분, 30분, 60분간 진탕하면서 가온한 후 현미경 검정과 GC에 의한 수율 측정을 실시하였다.

미세캡슐의 보존성 실험: 미세캡슐용액 10 g을 취하여 4°C, 10°C, 20°C, 30°C에서 각각 1일, 3일, 7일간 보존한 후 현미경 검정과 GC에 의한 수율측정을 실시하였다.

Pepsin에 의한 미세캡슐의 분해실험: 소화효소인 pepsin (Junsei Chemical Co., Japan) 0.1 g을 10 ml의 citric acid, NaOH buffer (pH 2.2)에 녹인 후 9 g의 미세캡슐용액에 1 ml를 첨가하고 shaking water bath에서 37°C에서 10분간 진탕하며 반응시킨 후 현미경 검정과 GC에 의한 수율 측정을 실시하였다.

결과 및 고찰

캡슐소재의 선정

실험에 사용된 캡슐소재로 matrix의 밀도와 강도가 우수한 agar를 사용하였으며 agar만을 사용하였을 경우 체내에서 소화효소에 의한 캡슐의 분해가 불가능하여 지방산이 소화기관에서 흡수되지 않으므로 효소의 분해작용을 받을 수 있는 캡슐소재인 gelatin, solu-

ble starch 및 whey protein concentrate를 일부 첨가하여 사용하였다.

적합한 캡슐소재를 선정하기 위해 종류와 첨가량을 달리하여 단일 지방산인 heptadecaenoic acid를 미세캡슐화하였고 각 캡슐소재를 이용한 미세캡슐의 수율은 heptadecaenoic acid의 농도를 통해 추정하였으며 결과는 Table 3과 같다.

1.5%의 agar에 0.5% gelatin을 첨가한 처리구가 평균 97.0%로 가장 높은 수율을 나타냈는데 이러한 결과는 Magee와 Olson이 유지방을 캡슐소재로하여 제시한 수율인 87%보다 높게 나타났으며⁽¹³⁾, Jackson과 Lee가 유지방을 캡슐소재로하여 제시한 99%와는 유사한 결과

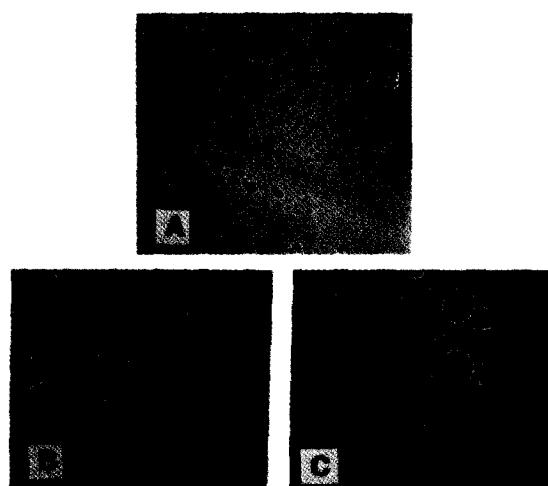


Fig. 1. Photomicrographs of microcapsules composed of various coating materials; dispersed in water Photo A was made of 1.5% agar + 0.5% gelatin solution as coating materials; photo B 1.5% agar + 0.5% soluble starch; photo C 1.5% agar + 0.5% WPC; Each photo was taken at 1000 × magnification

Table 3. Effect of various coating materials on yield of microencapsulated heptadecaenoic acid

Replication	Yield (%)					
	1.0% Agar			1.5% Agar		
	G ¹⁾	S ²⁾	WPC ³⁾	G	S	WPC
1	91.76	83.61	73.23	96.47	92.21	70.45
2	92.16	87.53	65.76	98.76	93.03	81.55
3	90.62	81.97	77.42	96.55	90.54	82.08
4	88.35	88.53	79.66	96.31	92.47	76.18
5	90.47	90.15	73.33	96.73	94.78	85.11
Mean ± SD ⁴⁾	90.7 ± 1.48	86.4 ± 3.44	73.9 ± 5.31	97.0 ± 1.02	92.6 ± 1.53	79.1 ± 5.80

¹⁾ Gelatin, 0.5%

²⁾ Soluble starch, 0.5%

³⁾ Whey protein concentrate, 0.5%

⁴⁾ Values are expressed as mean ± SD (standard deviation) for 5 replications

를 나타냈다⁽¹⁴⁾. Soluble starch를 첨가한 처리구에서도 평균 수율은 92.61%로 양호하였으며 이는 agar와 혼합된 gelatin과 soluble starch가 고분자물질로서 matrix의 강도가 우수하기 때문인 것으로 생각되었다. Fig. 1에 나타난 바와 같이 캡슐의 형태와 유화안정성도 gelatin을 첨가한 처리구가 가장 양호하였으며 이는 Magee와 Olson이 제시한 유화상태보다 안정된 형태를 나타내었고⁽¹⁵⁾, 1.5%의 agar에 0.5% gelatin을 첨가한 처리구의 미세캡슐 크기는 2~5 μm로서 Bersen'eva 등이 제시한 1 μm보다는 크게 나타났으며⁽¹⁵⁾ Jackson과 Lee가 제시한 6.0±3.4 μm보다는 작은 것으로 나타났는데 상업적으로 생산되는 미세캡슐의 크기는 약 200 μm±30 μm로서⁽¹⁴⁾ 이보다는 매우 미세화된 것으로 나타났으며 동일한 미세캡슐화 조건에서는 분무압이 높을수록 캡슐이 미세화되므로 실험목적에 따라 캡슐크기의 조절은 가능할 것으로 판단되었다. Whey protein concentrate 처리구의 경우 낮은 수율과 불균일한 캡슐형태로 보아 캡슐소재의 안정성이 떨어지는 것으로 나타났다.

유화제의 선정

캡슐소재로 가장 우수한 것으로 나타난 1.5% agar, 0.5% gelatin 용액에 적합한 유화제를 선별하기 위해 유화제의 종류와 첨가량에 따라 동일한 방법으로 미세캡슐화하여 수율을 측정하였으며 결과는 Table 4와 같다.

유화제의 종류에 따른 수율은 HLB가가 4.5인 DM 70과 SFAN 60을 첨가한 처리구는 92~98%로 나타났으며 HLB가가 6.0, 8.0으로서 자당지방산 에스테르인 F-50과 F-70을 첨가한 처리구는 62~89%로서 HLB가가 높아짐에 따라 수율이 낮아지는 것으로 나타났다. F-50과 F-70을 첨가한 처리구에서는 농도가 증가할수록 수율이 감소하였으며 DM 70과 SFAN 60을 첨가한 처리구에서는 농도의 증가에 따른 유의적인 차이가 없어 Braun과 Olson의 보고와 유사한 것으로 나타났다⁽¹⁶⁾. 이는 적정한 유화력을 가진 일정범위내 유화제의 농도하에서 캡슐화는 유화액의 조제온도와 분산액

의 온도 및 유화제, 유화액의 혼합비율에 따른 점도 등과 같은 유화조건에 더 큰 영향을 받는 것으로 생각되었다. Magee와 Olson에 의하면 2.5% SFAN 85와 2.5% SPAN 60을 혼합하여 사용한 결과 분산액의 온도에 따라 51~87%의 수율을 얻어 단일 유화제를 사용한 본 실험보다 수율이 낮은 것으로 나타났다⁽¹³⁾. 또한 Fig. 2에 나타난 바와 같이 SFAN 60을 0.5% 첨가한 처리구가 캡슐의 크기와 형태가 미세하고 균일하여 가장 우수한 유화안정성을 나타냈다.

유화액의 조제시 캡슐소재와 어유의 최적비율 선정

코팅소재와 어유의 배합비율을 달리하여 각각의 미세캡슐화 수율을 측정하여 적정 배합비를 설정하였으며 그 결과는 Table 5와 같다.

6:4의 비율에서 평균수율이 72.1%로 가장 낮게 나타났으며 캡슐소재의 비율이 증가함에 따라 수율이 증가하여 8:2의 비율에서 95.6%로 가장 높은 수율을 나타내어 Jackson과 Lee의 보고와 유사하였다⁽¹⁴⁾. 즉

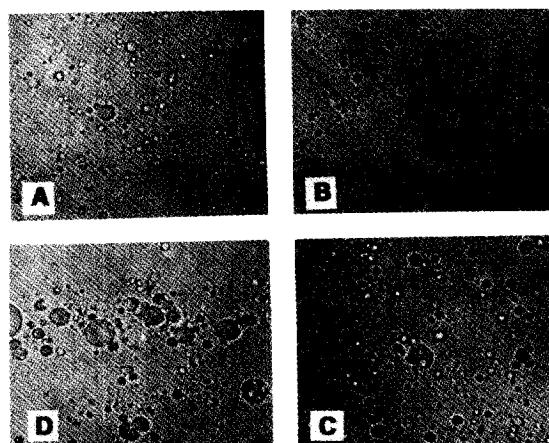


Fig. 2. Photomicrographs of microcapsules composed of various emulsifiers; dispersed in water Photo A was made of 0.5% DM 70 as an emulsifier; photo B 0.5% SPAN 60; photo C 0.5% F-50; photo D F-70; Each photo was taken at 1000× magnification

Table 4. Mean¹⁾ of yields in microencapsulation with various amount of emulsifiers in emulsion

HLB of emulsifier	Amount of emulsifier(%)			
	0.3	0.5	1.0	1.5
4.3	93.4±0.42 ^{ab2)}	94.3±0.53 ^{ab}	94.2±0.71 ^{ab}	85.8±0.44 ^{ab}
4.5	92.3±0.63 ^{ab}	98.6±0.65 ^a	95.7±1.70 ^{ab}	94.4±0.69 ^{ab}
6.0	84.2±1.34 ^{cd}	89.2±2.56 ^c	80.9±4.33 ^{cd}	70.1±7.62 ^{cd}
8.0	79.2±2.55 ^{cd}	72.1±3.16 ^{cd}	69.0±8.32 ^d	62.1±6.84 ^d

¹⁾Means of triplicates

²⁾Means with the same letter are not significantly different ($P<0.05$)

Table 5. Effect of various mixing ratio on yield¹⁾ of microencapsulated fish oil

Replication	Mixing ratio of coating material and fish oil (w/w)		
	6 : 4	7 : 3	8 : 2
	(%)		
1	74.33	85.76	94.66
2	62.58	88.43	95.18
3	79.31	90.32	94.15
4	71.86	87.11	97.45
5	73.11	91.89	96.33

¹⁾ Values are expressed as mean \pm SD (standard deviation) for 5 replications

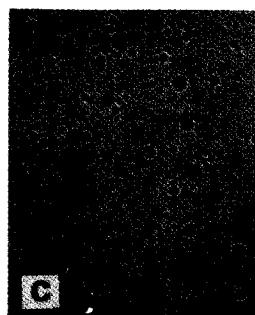
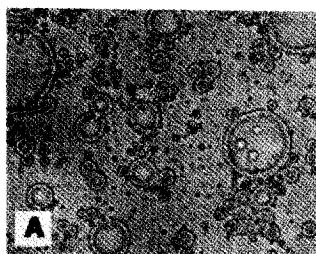


Fig. 3. Photomicrographs of microcapsules composed of various ranges of fish oil/coating material plus fish oil; dispersed in water Photo A was made of 0.4 as proportion of fish oil; photo B 0.3; photo C 0.2; Each photo was taken at 1000 \times magnification

Jackson과 Lee는 여러가지 지방을 캡슐소재로 하였을 때 코아소재인 철분의 비율이 증가함에 따라 수율의 저하는 크게 나타나지 않았으나 경화유지방을 캡슐소재로 하였을 때 철분의 비율이 증가함에 따라 수율이 유의적으로 감소한다고 보고하였다. 또한 Mutca와 Nelson⁽¹⁷⁾ 및 Ishii 등⁽¹⁸⁾도 이와 유사한 결과를 보고하였다. Magee와 Olson은 코아소재의 비율이 캡슐소재의 60%수준까지 높았을 때 수율의 감소가 유의적으로 일어나지 않았으나 60% 이상일 경우 코아소재의 비율이 너무 높아 유화액의 혼합시 캡슐소재와 코아소재의 치환현상이 나타날 수 있다고 보고하였다⁽¹⁹⁾. 캡슐

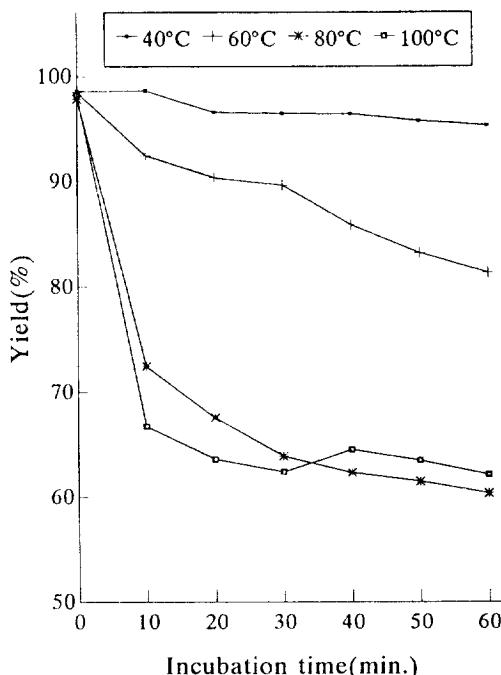


Fig. 4. Stabilities of microencapsulation at various heat treatment

의 유화안정성이 있어서도 Fig. 3에 나타난 바와 같이 8 : 2의 비율에서 가장 우수하여 수율측정 결과와 일치하는 것으로 나타났다.

미세캡슐의 열안정성과 보존성

위의 실험에 의해 정해진 조건에 따라 어유를 미세캡슐화하여 얻어진 미세캡슐의 열안정성과 보존성을 실험한 결과 열안정성에 있어 Fig. 4에 나타난 바와 같이 40°C 처리구에서는 각 시간별 수율이 95% 이상으로 일정하여 안정성이 매우 높은 것으로 나타났으며, 60°C 처리구에서는 60분대까지 조금씩 감소하였으나 80% 이상 유지되었다. 80~100°C 처리구에서는 10분까지 수율이 60~70%로 감소한 후 60분까지 조금씩 감소하는 경향을 나타내었다. 이는 캡슐소재의 내열성이 60°C 이상에서 10분까지 급격히 떨어져 미세캡슐의 물리적 변성이 일어난 것으로 생각되며 열에 의한 미세캡슐의 형태변화는 Fig. 5에 나타난 바와 같이 열에 의해 캡슐의 물리적 안정성과 유화안정성이 파괴되었다. Magee 등에 의하면 유지방으로 캡슐을 제조하였을 때 33°C 이하의 열처리가 필요한 것으로 나타났으며⁽¹⁹⁾, Hoshino 등은 50°C의 열처리시에 캡슐화하지 않은 glucose oxidase의 활성이 급격히 감소하였고 65°C에서는 거의 불활성화되었으나 캡슐화 된 경

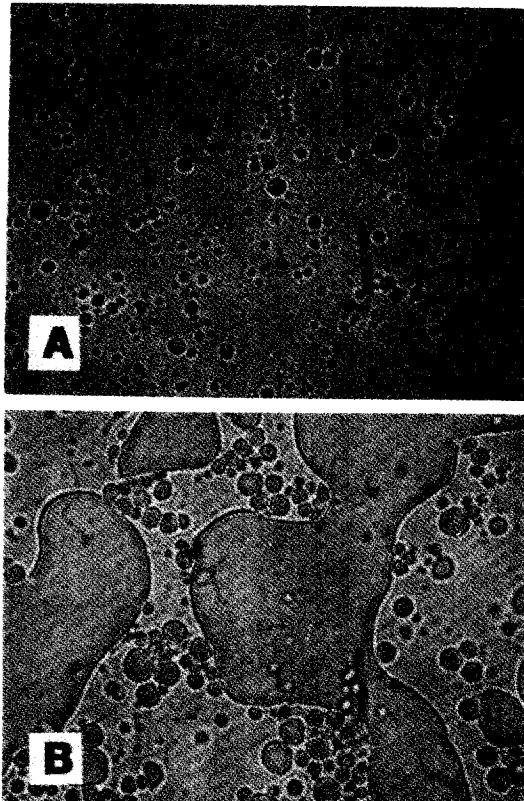


Fig. 5. Photomicrographs of microcapsules after the heat treatments; dispersed in water Photo A was treated with 40°C for 30 min, photo B 80°C for 30 min; Each photo was taken at 1000 \times magnification

우 65°C 이상에서 80% 미만으로 감소하기 시작하여 70°C에서도 30% 이상의 활성을 유지하는 것으로 보고하였다⁽²⁰⁾. 또한 Jackson과 Lee 등은 경화유지방을 이용해 미세캡슐화된 철분의 경우 39°C에서 2시간 열처리시 25% 내외의 캡슐이 파괴되는 것으로 보고하였다⁽¹⁴⁾. 이러한 캡슐소재에 따른 열안정성의 차이는 미세캡슐의 이용목적에 따라 선정된 캡슐소재의 melting point와 같은 물리적 특성에 의해 내열성이 다르게 나타나기 때문으로 생각되며, 향후 식품산업에 좀더 다양하게 응용하기 위해서는 고온에서 장시간 안정하면서 소화효소에 의해 분해될 수 있는 캡슐소재를 선정하는데 계속적인 연구가 필요할 것으로 생각된다.

미세캡슐의 보존성 실험의 결과는 Fig. 6에 나타난 바와 같다. 4°C, 10°C 처리구에서는 보존시간이 경과함에도 불구하고 90% 이상 높은 수율을 나타내어 냉장보관시 장기간 캡슐의 안정성을 유지할 수 있는 것으로 나타났으며, 20°C와 30°C 처리구에서 1일간 저장한 경우 90% 이상 수율을 유지하였으나 3일째부터

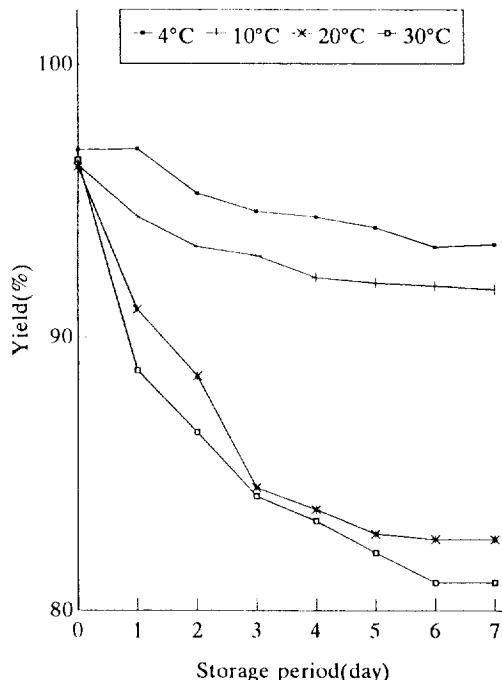


Fig. 6. Stabilities of microencapsulation at different temperature and storage period

80% 수준으로 감소하는 경향을 나타냈는데 이러한 결과는 미생물이 생산하는 효소에 의한 캡슐의 분해에 의해 기인된 것으로 생각된다. Lin 등은 미세캡슐화된 마늘과 생강의 향미성분을 1년간 상온에서 저장하였을 때 지방산의 변화와 관능적특성의 변화에 있어 유의적인 차이가 없다고 보고하였으며⁽²¹⁾, Berson'eva 등에 의하면 gelatin을 이용해 lemon, mint, orange 등의 향미성분을 미세캡슐화하여 상온에서 1년간 저장하였을 때 향미성분의 손실이 거의 없는 것으로 보고하였는데⁽¹⁵⁾ 이러한 캡슐안정성의 차이는 분무건조에 의해 분말형태로 보존한 시료가 액상형태보다 캡슐안정성을 파괴할 수 있는 물리 화학적 요인이 더욱 적어지기 때문인 것으로 생각된다.

Pepsin에 의한 미세캡슐의 분해

미세캡슐화된 용액에 1% pepsin 용액을 첨가하고 효소반응에 의해 분해된 캡슐의 수율을 측정한 결과 효소 반응액의 수율은 19.43%로 효소에 의해 완전한 분해는 이루어지지 않았으며, 이는 반응조건과 효소의 활성도에 기인한 것으로 생각되었다. 이러한 결과로 보아 미세캡슐화된 지방산을 섭취할 경우 미세캡슐의 gelatin부위가 인체효소에 의해 파괴되어 ω3-계 지방

산이 장내에서 대부분 흡수될 것으로 생각되며 좀더 정확한 결과를 얻기 위해 임상실험이 이루어져야 할 것으로 생각되었다.

요 약

ω-3계 지방산을 함유한 어유성분을 미세캡슐화하기 위해 최적의 미세캡슐화 조건을 설정하였고 이에따라 분무된 미세캡슐의 열안정성과 보존성 및 효소에 의한 분해율 등을 실험하였다. Agar 1.5%와 gelatin 0.5% (w/w)를 첨가한 처리구의 수율이 97%로 가장 높았으며 유화안정성이 우수한 것으로 나타나 캡슐소재로 선정하였고, HLB값이 4.5인 SFAN 60을 0.5% (w/w) 첨가한 처리구가 가장 수율이 높게 나타나 캡슐소재에 적합한 유화제로 나타났으며, 캡슐소재와 어유의 최적 배합비율은 8 : 2 (w/w)로 나타났다. 정해진 조건에 따라 제조된 미세캡슐의 열안정성은 40°C 처리구에서는 높은 수율을 유지하였으며, 80°C 이상의 처리구에서는 수율이 급격히 감소하여 고온에서의 열안정성이 낮은 것으로 나타났으나, 보존성에 있어 4°C, 10°C의 냉장온도에서는 7일간 보존시에도 수율의 변화가 거의 없었으며, 20°C, 30°C의 상온에서는 장기간 보존시 수율이 80% 내외로 감소하였다. 또한 미세캡슐용액에 pepsin을 첨가하여 캡슐의 분해정도를 실험한 결과 80.57%의 캡슐이 분해되어 섭취시 소화에는 큰 영향이 없을 것으로 생각된다.

문 현

- Dyerberg, J. and Bang, H.O. : Eicosapentaenoic acid and prevention of thrombosis and atherosclerosis. *Lancet*, **2**, 117 (1978)
- Bang, H.O., Dyerberg, J. and Hjorne, N. : The composition of food consumed by Greenland Eskimos. *Acta Med. Scand.*, **69**, 200 (1976)
- Bang, H.O., Dyerberg, J. and Sinclair, H.M. : The composition of the Eskimo food in North Western Greenland. *Am. J. Clin. Nutr.*, **33**, 2657 (1980).
- Herold, P.M. and Kinsella, J.E. : Fish oil consumption and decreased risk of cardiovascular disease. A comparison of finding from animal and human feeding trials. *Am. J. Clin. Nutr.*, **107**, 890 (1986)
- Neuringer, M. and Connor, W.E. : n-3 fatty acids in the brain and retina; Evidence for their essentiality. *Nutr. Rev.*, **44**, 285(1988)
- Connor, W.E., Neuringer, M. and Reisbick, S. : Essential fatty acids : The importance of ω3 fatty acids in

- the retina and brain. *Nutr. Rev.*, **50**(4), 21 (1992)
- Pinche, L.A., Draper, H.H. and Cole, P.D. : Malondialdehyde excretion by subjects consuming cod liver oil vs a concentrate of n-3 fatty acid. *Lipids*, **23**, 370 (1988).
 - Shukla, V.K.S., and Perkins, G.E. : The presence of oxidative polymeric material in encapsulated fish oils. *Lipids*, **36**, 23 (1991)
 - Courst, A. : Gelatin emulsions in the formation of microcapsules. *Chemistry & Industry*, **19**, 943 (1973)
 - Sankarikutty, B.M., Sreekumar, M., Narayanan, C.S. and Mathew, A. G. : Studies on microencapsulation of cardamom oil by spray drying technique. *J. of Food Sci. & Tech., India*, **25**(6), 352 (1988)
 - Taguchi, K., Iwami K., Ibuki, F. and Kawabata, M. : Oxidative stability of sardine oil embedded in spray-dried egg white powder and its use for ω-3 unsaturated fatty acid fortification of cookies. *Bio Sci. BioTech. & BioChem.*, **56**(4), 560 (1992)
 - Paquot, C. and Hautenne, A. : *Standard Methods for the Analysis of Oils, Fats and Derivatives*. Blackwell Scientific Publications Ltd., p.123 (1982)
 - Magee, E.L. Jr. and Olson, N.F. : Microencapsulation of cheese ripening systems : Formation of microcapsules. *J. Dairy Sci.*, **64**, 600 (1981)
 - Jackson, L.S. and Lee, K. : Microencapsulated iron for food fortification. *J. of Food Sci.*, **56**, 1047 (1991).
 - Bersen'eva, E.A., Ivanov, A.A., Samsonova, T.P., Chernova, E.M. and Oragvelidze, N.I. : Microencapsulated aromatizers for tea. *Pishchevaya Promyshlennost, USSR*, **1**, 57 (1990)
 - Braun, S.D. and Olson, N.F. : Encapsulation of proteins and peptides in milk fat : Encapsulation efficiency and temperature and freezing stabilities. *J. of Microencapsulation*, **3**(2), 115 (1986)
 - Mutca, J.R. and Nelson, D.B. : Preparation of encapsulated flavors with high flavor level. *Food Tech.*, **42**(4), 154 (1988)
 - Ishii, F., Takamura, A. and Ogata, H. : Preparation conditions and evaluation of the stability of lipid vesicles (liposomes) using the microencapsulation technique. *J. Dispersion Sci. Tech.*, **9**, 1 (1988)
 - Magee, E.L. Jr. Olson, N.F. and Lindsay, R.C. : Microencapsulation of cheese ripening systems: Production of diacetyl and acetoin in cheese by encapsulated bacterial cell-free extract. *J. Dairy Sci.*, **64**, 616 (1981)
 - Hoshino, K., Muramatsu, N. and Kondo, T. : A study on the thermostability of microencapsulated glucose oxidase. *J. of Microencapsulation*, **6**(2), 205 (1989)
 - Lin, S.Y., Sheen, L.Y. and Tsai, S.J. : Changes in microencapsulated garlic and ginger essential oils after storage. *J. of the Chiness Agri. Chem. Society*, **30**(4), 54 (1992)