

다양한 피복물질을 이용한 연어 오일의 미세캡슐화 및 품질 특성

임현정*** · 박슬기*** · 김민정** · 이원경** · 민진기* · 조영제*†
(*부경대학교 · ** (주)씨웰)

Quality Characterization of Salmon Oil Microencapsulated with Various Wall Materials

Hyun-Jung LIM*** · Seul-Ki PARK*** · Min-Jeong KIM** · Won-Kyung LEE** · Jin-Ki MIN* · Young-Je CHO*†
(*Pukyong National University · ** Seawell Co., Ltd.)

Abstract

The aim of this study was to investigate the quality characterization of salmon oil microencapsulated with maltodextrin (MD), cyclodextrin (CD), sodium caseinate (SC), arabic gum (AG) and WPI. After spray drying to ambient temperature, the salmon oil powders were packed (single package) and placed at room temperature (25°C) for 30 day. The quality characterization of salmon oil powder including total oil (%), extractable oil (%), encapsulation efficiency (%), fatty acid, SEM, pH, acid value (AV), peroxide value(POV) were investigated. Salmon oil was microencapsulated with a high power yield (> 80%); including the formulation MD/SC and MD/SC/WPI. The microencapsules of MD/SC/WPI presented spherical shapes, smooth texture and non-porous surfaces. The pH of MD/SC/WPI varied from 6.11 to 5.99 ($p>0.05$). The AV of MD/SC/WPI varied from 4.74 to 4.61 ($p>0.05$). The pH and AV were not significantly different. The POV of MD/SC/WPI increased with storage day ($p<0.05$). It was concluded that MD/SC/WPI could delay lipid oxidation and high yield (82.55%) of salmon oil powder.

Key words : Salmon oil, Microencapsulation, Maltodextrin, Sodium caseinate, WPI

I. 서론

연어(*Oncorhynchus keta*)는 바다에서 성장하여 산란기에 민물로 돌아오는 대표적인 회귀성 어종으로, 몸이 길고 옆으로 납작하면서 입이 크며, 회귀 시 어획된 경우 전장이 일반적으로 60 ~ 80 cm에 이른다(Kim et al., 2007). 이와 같은 형태적 특성을 가진 연어와 연어 오일은 EPA (Eicosapentaenoic acid) 및 DHA(Docosa hexaenoic

acid)와 같은 고도불포화 지방산을 다량 함유하고 있어 건강 기능적으로 의미가 있다 (Rural Nutrition Institute, 1991). 그러나 이러한 장점에도 불구하고 고도불포화지방산들은 너무 쉽게 산화 분해되어 유지의 산화변색, 저급 carbonyl 화합물의 생성으로 인한 불쾌취 생성 및 영양가의 저하 등 품질에 나쁜 영향을 주고 있는 실정이다 (Gwak et al., 2010). 이에 어유의 안전하고 신속한 추출과 추출된 어유의 산화를 막고 산업적 활용

† Corresponding author : 051-629-5826, yjcho@pknu.ac.kr

* 본 연구는 2014년도 산업통상자원부 지역특화산업육성사업(과제번호 : R0002988)의 지원을 받아 연구되었음.

용도를 높일 수 있는 기술 개발이 요구되고 있다.

이러한 문제를 해결하기 위하여 어유의 미세캡슐화가 많이 시도되고 있으며, 수십 μm 의 직경을 갖는 미세캡슐을 제조하는 방법인 미세캡슐화(microencapsulation)이 많이 시도되고 있다. 미세캡슐화 기술은 특정 조건하에서 고체, 액체, 기체상의 물질을 피복물질로 포장하는 기술로 빛, 산소, 수분 등의 외부환경으로부터 보호하고 독성이나 냄새, 맛을 차단시킬 수 있으며 고형화함으로써 취급을 간편하게 할 수 있다(Shahidi et al., 1993; Risch et al., 1995). 또한 내부 물질과 피복물질의 종류에 따라 다양한 기능을 부여 할 수도 있다(Dian et al., 1966). 미세캡슐에 이용되는 피복물질은 기본적으로 피막형성 능력이 우수하고, 용해성이 뛰어나며, 핵물질에 용해되거나 반응하지 않아야 한다(Fishman et al., 1997).

미세캡슐화의 피복물질로는 maltodextrin, WPI, arabic gum, cyclodextrin, sodium caseinate 등이 일반적으로 사용된다. 이들 피복물질은 유화안정성 및 피막평성능을 향상시키는 효과가 있으며, maltodextrin은 핵물질의 포집량이 낮지만 가격이 저렴하고, WPI(Whey protein isolate)는 양쪽성을 가지는 물질로 다른 물질들과 상호 반응성이 있으며 분자량이 큰 특징을 가지고 있다. 또한 용해성, 점도, 유화력, 피막형성능력이 우수하며, 오일과 수분의 표면에서 물 분자, 작은 이온, polymer 등과 반응하여 유화액의 안정성을 증가시킨다(Bylaite et al., 2001; Rosenberg et al., 1996). Arabic gum은 낮은 pH에서도 안정하며 결합력이 뛰어나 피막형성과 표면활성의 특징을 지니며, 용해도가 높다(Thevenet F., 2012). Cyclodextrin은 내면이 hydrophobic하고 표면이 hydrophilic 하기 때문에 소수성을 띤 휘발 성분이나 불안정한 물질을 포집하여 복합체를 형성하여 성분을 보호할 뿐만 아니라 산소, 열, 빛에 대한 안정성을 강화시키며(Hirayama F et al., 1999), sodium caseinate

는 단백질 특유의 기포성이 있어 유화액의 안정성을 증가시키고, 용해성, 유화력, 피막형성력이 우수한 특징을 지닌다(Kim et al., 1996).

이에 본 연구에서는 이러한 특징을 가진 maltodextrin, WPI, arabic gum, cyclodextrin 및 sodium caseinate를 피복물질로 하여 연어 오일의 산업적 활용도와 안정성을 확보하고자 분무건조를 이용하여 미세캡슐화 하였으며, 이 때 피복물질의 종류에 따른 품질 특성을 비교하였다.

II. 재료 및 방법

1. 실험 재료

연어 오일은 ㈜씨웰에서 공급하여 수세, 추출, 정제과정을 거쳐 냉장 보관 (4°C) 하며 사용하였다. 유화제는 HLB 값이 14.5인 polyglycerin fatty acid ester (Almax-9080, Ilshinwells, Korea)를 사용하였으며, 피복물질은 maltodextrin (ES Ingredients, Korea), cyclodextrin (ES Ingredients, Korea), sodium caseinate (ES Ingredients, Korea), arabic gum (ES Ingredients, Korea) 및 WPI (Credo Korea, Korea)를 사용하였다.

2. 연어 오일의 미세캡슐화

연어 오일의 캡슐화를 위해서 피복물질로 maltodextrin, cyclodextrin, sodium caseinate, arabic gum, WPI의 비율을 5:5 (w/w)로 혼합하여 용해한 후 유화제를 첨가하여 균질기(IKA T25-B, Malaysia)로 22,000 rpm에서 균질화시킨 후 연어 오일을 가하여 균질화시켜 유화액을 제조하였다(<Table 1> 참조). 제조된 유화액을 분무건조기(Ein system Co., LTD, Korea)를 이용하여 분말화하였으며, 기기 운용조건은 inlet temperature를 200°C 로 조절하여 outlet temperature를 100°C 로 설정하였고, 시료 공급 속도는 6 mL/min으로 하였다.

<Table 1> Description of formulations

No	SO ¹	MD ²	CD ³	SC ⁴	AG ⁵	WPI ⁶	PFAE ⁷	Total(%)
1	30	33.5	33.5	-	-	-	3.0	100
2	30	33.5	-	33.5	-	-	3.0	100
3	30	33.5	-	-	33.5	-	3.0	100
4	30	33.5	-	-	-	33.5	3.0	100
5	30	-	33.5	33.5	-	-	3.0	100
6	30	-	33.5	-	33.5	-	3.0	100
7	30	-	33.5	-	-	33.5	3.0	100
8	30	-	-	33.5	33.5	-	3.0	100
9	30	-	-	33.5	-	33.5	3.0	100
10	30	-	-	-	33.5	33.5	3.0	100
11	30	22.3	22.3	22.3	-	-	3.0	100
12	30	22.3	22.3	-	22.3	-	3.0	100
13	30	22.3	22.3	-	-	22.3	3.0	100
14	30	22.3	-	22.3	22.3	-	3.0	100
15	30	22.3	-	22.3	-	22.3	3.0	100
16	30	-	22.3	-	22.3	22.3	3.0	100
17	30	-	22.3	22.3	22.3	-	3.0	100
18	30	-	22.3	22.3	-	22.3	3.0	100
19	30	-	-	22.3	22.3	22.3	3.0	100

¹SO : Salmon Oil, ²MD : Maltodextrin, ³CD : Cyclodextrin, ⁴SC : Sodium Caseinate, ⁵AG : Arabic Gum,

⁶WPI : Whey Protein Isolate, ⁷PFAE : Polyglycerin Fatty Acid Ester

3. 수율 분석

피복물질 및 배합비율에 따른 미세캡슐화 수율을 알아보기 위해 Gabriela et al., (2013) 방법에 따라 미세캡슐화 수율을 측정하였다. 총오일 (Total oil, TO) 함량은 산 분해, 용매 추출 방법을 사용해서 측정하였다. 미세 캡슐 1 g을 조지방 추출 용기에 옮겨 HCl - H₂O를 4 : 1로 한 용액 10 mL을 천천히 첨가한 후, 70℃로 설정된 항온수조에서 100℃로 가온하며 30분 간 끓여주었다. 반응이 끝나면 실온에서 냉각한 후, ethyl ether와 petroleum ether를 각각 25 mL 씩 첨가한 후 1분간 강하게 진탕하며, 일정시간 방치하여 상층액을 분리하고 남아있는 하층부에 위의 과정을 두 번 반복하여 상층액을 모아 여과(Whatman

No. 1)하였다. 여과한 여액을 감압농축한 뒤 진공 건조하여 무게를 측정한 값을 TO값으로 나타내었다.

미세캡슐화 되지 않은 extractable oil (EO) 함량은 유기용매 추출 방법을 이용해서 측정하였다. 즉, 미세캡슐 분말 4 g에 75 mL ethyl ether를 가하여 25℃에서 15분간 추출한 후 여과한 뒤, 남아있는 고형분에 위의 과정을 2회 더 반복하여 여액을 모았다. 모은 여액을 감압농축한 뒤 진공 건조하여 무게를 측정한 값을 EO 값으로 나타내었고 아래의 식을 이용하여 미세캡슐화 효율 (Encapsulation efficiency, EE)을 계산하였다.

$$EE(\%) = \left(\frac{TO - EO}{TO} \right) \times 100$$

4. 지방산 조성 분석

지방산 분석은 지질 추출을 Folch 등 (1957)의 방법으로 chloroform과 methanol을 이용하여 추출하였다. Methylation은 Folch 방법으로 추출한 지질 80 mg과 0.4 mg의 tricosanoic acid methyl esters (0.4 mg/mL hexane, internal standard)를 screw-capped test tube에 넣고 질소충전 하에서 용매를 제거한 후 0.5 N NaOH (in methanol) 1 mL을 넣고 90°C에서 7분 동안 가수분해 시킨 다음 실온에서 5분 동안 냉각시켰다. 14% boron trifluoride (in methanol) 1 mL을 첨가하여 90°C에서 10분간 methylation 시킨 후 30분간 실온에서 냉각시켰으며, Hexane 3 mL과 증류수 8 mL을 넣고 GC 분석을 위해 상층 1 mL을 회수하여 분석하였다(<Table 2> 참조).

5. 주사전자현미경(SEM) 분석

미세캡슐화한 연어 오일 분말을 silver paste로 고정하고 ion-coater (gold)로 coating 한 후, 주사전자현미경(S3500N, Hitachi Ltd., Tokyo, Japan)을 이용하여 15.0 kV에서 1,500배의 배율로 구조적 특성을 분석하였다.

<Table 2> Experimental conditions for the analysis of salmon oil microencapsulated by gas chromatography

Traits	Apparatus / Condition
Column	SP - 2560 (No. 24056) / 100 m × 0.25 mm ID, 0.20 μm film
Oven	140°C (5 min) to 240°C at 4°C / min
Carrier gas	Nitrogen, 20 cm / sec
Detector	FID, 260°C
Injector	1 μl, 260°C, split 10 : 1

6. 저장성 실험

분무건조 된 분말은 25°C의 실온에서 저장하여 10일 간격으로 pH, 산가(AV) 및 과산화물가

(POV)를 실험하였다.

pH는 마쇄한 시료 3 g을 증류수 27 mL과 함께 homogenizer (IKA T25-B, Malaysia)로 14,000 rpm에서 1분간 균질하여 pH-meter (Mettler Toledo Co, MP 230, Swiss)로 측정하였다. 산가는 시료 2 g을 250 mL 삼각 플라스크에 정확히 취하여 중성용제인 ether - ethanol을 2 : 1로 한 용액 100 mL을 가하여 녹였다. 여기에 1% phenolphthalein 용액을 지시약으로 하여 2 - 3방울을 가하여 0.1 N KOH - ethanol 표준액으로 적정하여, 미홍색이 될 때 종말점으로 적정하였다. 과산화물가는 시료 2 g을 250 mL 삼각 플라스크에 정확히 취하여 chloroform - acetic acid 용액 50 mL을 가하여 녹였다. 여기에 KI 포화용액 1 mL을 가한 후 마개를 하여 1분간 진탕시킨 후 5분간 냉암소에 방치 후 증류수 75 mL을 가하여 세계 흔들어 혼합하였다. 지시약으로 1% 전분용액 1 mL을 가한 후 0.01 N Na₂S₂O₃ 용액으로 무색이 될 때 종말점으로 적정하였다.

7. 통계처리

실험에서 얻은 값들은 SAS (2002)를 이용하여 각 항목의 평균값 간 유의적 차이($p < 0.05$)를 Duncan의 multifur range test를 이용하여 분석하였다.

Ⅲ. 결과 및 고찰

1. 미세캡슐화 분말의 수율

미세캡슐화 수율 측정은 미세캡슐화 분말에서 캡슐화 되지 않은 extractable oil 함량을 정량하는 간접 분석방법을 사용하였으며, 그 결과를 <Table 3>에 나타내었다. 미세캡슐화 수율은 MD/SC/WPI (82.55%), MD/SC (81.73%), MD/CD (76.99%) 처리구 순으로 높은 수치를 나타내었다($p < 0.05$). 공통적으로 maltodextrin이 첨가되었는데, 이는 수용성이며 유화액에서 저점도를 나타내어 에멀전의 고

<Table 3> Characterization of microencapsulated salmon oil prepared with different types of wall materials

No	Treatments ¹	TO ² (% w/w)	EO ³ (% w/w)	EE ⁴ (%)
1	MD/CD	29.19 ± 0.13 ^B	6.72 ± 0.26 ^I	76.99 ± 1.00 ^B
2	MD/SC	26.14 ± 0.05 ^{DE}	4.51 ± 0.19 ^J	81.73 ± 0.75 ^A
3	MD/AG	24.48 ± 0.16 ^F	7.58 ± 0.32 ^H	69.04 ± 1.52 ^{CD}
4	MD/WPI	26.57 ± 0.56 ^{CD}	7.53 ± 0.23 ^H	71.64 ± 0.27 ^C
5	CD/SC	29.48 ± 0.37 ^{AB}	12.49 ± 0.48 ^{BC}	57.63 ± 2.15 ^E
6	CD/AG	29.17 ± 0.46 ^B	12.64 ± 0.22 ^{BC}	56.66 ± 1.44 ^{EF}
7	CD/WPI	.	.	.
8	SC/AG	25.75 ± 0.07 ^E	12.93 ± 0.07 ^B	49.78 ± 0.13 ^G
9	SC/WPI	22.77 ± 0.12 ^G	10.43 ± 0.08 ^E	54.21 ± 0.10 ^F
10	AG/WPI	.	.	.
11	MD/CD/CN	29.88 ± 0.01 ^A	8.47 ± 0.42 ^G	71.66 ± 1.43 ^C
12	MD/CD/AG	26.43 ± 0.04 ^{CD}	11.88 ± 0.12 ^{CD}	55.04 ± 0.40 ^{EF}
13	MD/CD/WPI	22.15 ± 0.37 ^H	9.62 ± 0.49 ^F	56.56 ± 1.49 ^{EF}
14	MD/SC/AG	26.74 ± 0.08 ^C	11.68 ± 0.33 ^D	56.33 ± 1.09 ^{EF}
15	MD/SC/WPI	25.57 ± 0.11 ^E	4.46 ± 0.62 ^J	82.55 ± 2.34 ^A
16	CD/AG/WPI	.	.	.
17	CD/SC/AG	29.53 ± 0.31 ^{AB}	9.56 ± 0.32 ^F	67.62 ± 1.44 ^D
18	CD/SC/WPI	29.57 ± 0.15 ^{AB}	16.18 ± 0.45 ^A	45.27 ± 1.81 ^H
19	SC/AG/WPI	.	.	.

¹Treatments are the same as in Table 2.

²TO : Total oil, ³EO : Extractable oil, ⁴EE : Encapsulation efficiency

Data are means±standard deviation. n=3.

^{A-J} Means with different superscript capital letters in a column within each treatment differ significantly (p<0.05).

형분 함량을 증가시킨다(Gharsallaoui et al., 2007). CD/SC/WPI는 45.27%로 가장 낮은 수율을 나타내었으며(p<0.05), CD/WPI, AG/WPI, CD/AG/WPI, SC/AG/WPI 처리구의 경우, 유화액의 미세캡슐 분말화가 이루어지지 않았다. 이는 피복물질의 조합에 따라 유화액의 점도가 높아졌기 때문으로 사료된다.

2. 미세캡슐화 분말의 지방산 조성

연어 오일과 미세캡슐화 한 연어 오일 분말의 지방산 조성은 <Table 4>에 나타내었다. 연어 오일과 미세캡슐화 한 연어 오일 분말은 유사한 지방산 구성을 나타내었으며, oleic acid(C_{18:1n9c})가

36.27 - 36.89%로 가장 많은 함량으로 나타났다. 또한 oleic acid (C_{18:1n9c}, 36.27 - 36.89%), linoleic acid (C_{18:2n6c}, 19.83 - 19.93%), linolenic acid (C_{18:3n3}, 5.30 - 5.14%), palmitoleic acid (C_{16:1}, 2.96 - 2.93%), eicosenoic acid (C_{20:1}, 2.11 - 2.12%) 및 docosahexaenoic acid (C_{22:6n3}, 4.29 - 4.31%) 등 불포화 지방산(Unsaturated fatty acid, UFA)을 많이 함유하고 있으며, 그 함량은 79.66 - 79.94%로 나타났다. 어유의 포화지방산에 대한 고도불포화지방산의 비율이 1.00 이상이면 혈중 콜레스테롤의 개선 및 성인병 예방에 효과가 있다는 보고(Minoru and Kenji, 1975)로 볼 때, 연어 오일과 연어 오일 분말은 1.84 - 1.86을 나타내, 포함 된 유지는 기능성이 우수한 것으로 판단된다.

<Table 4> Fatty acid composition of salmon oil from microencapsules MD/SC/WPI after total oil extraction

Fatty acid	SO ¹	MD/SC/WPI
C _{12:0}	0.07	0.07
C _{14:0}	2.35	2.35
C _{15:0}	0.24	0.24
C _{16:0}	13.00	12.80
C _{16:1}	2.93	2.96
C _{17:0}	0.27	0.26
C _{17:1}	0.14	0.14
C _{18:0}	4.04	3.97
C _{18:1n9c}	36.27	36.89
C _{18:1n9t}	0.18	0.00
C _{18:2n6c}	19.93	19.83
C _{18:3n3}	5.14	5.30
C _{18:3n6}	0.22	0.21
C _{20:0}	0.37	0.36
C _{20:1}	2.12	2.11
C _{20:2}	2.08	2.03
C _{20:3n3}	0.44	0.43
C _{20:3n6}	0.43	0.41
C _{20:4n6}	0.50	0.48
C _{20:5n3}	3.45	3.41
C _{22:1n9}	0.28	0.25
C _{22:2}	0.91	0.90
C _{22:6n3}	4.31	4.29
C _{24:1}	0.33	0.31
SFA ²	20.34	20.06
UFA ³	79.66	79.94
MUFA ⁴	42.26	42.66
PUFA ⁵	37.40	37.28
PUFA/SFA	1.84	1.86

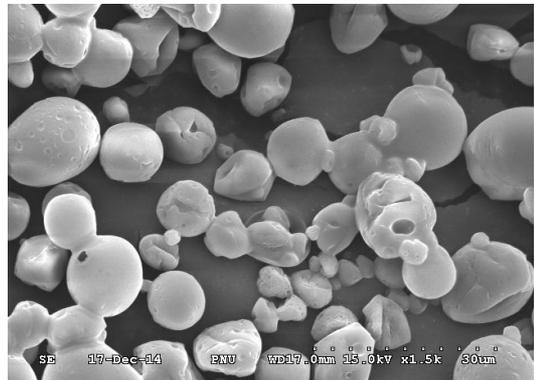
¹SO : Salmon Oil, ²SFA : Saturated fatty acid, ³UFA : Unsaturated fatty acid, ⁴MUFA : Monounsaturated fatty acid, ⁵PUFA : Polyunsaturated fatty acid.

3. 미세캡슐화 분말의 SEM

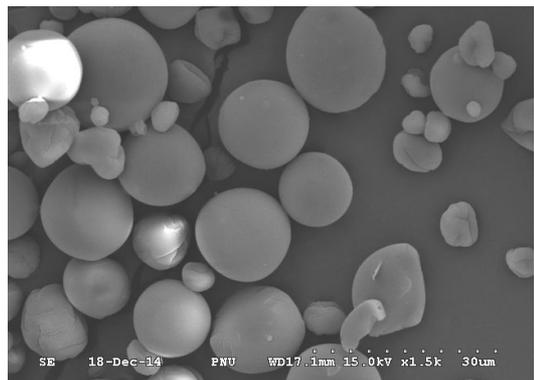
미세캡슐의 표면형태를 관찰하기 위하여 주사

전자현미경을 이용하였으며, 수율이 가장 낮게 나타난 CD/SC/WPI (45.27%) 처리구와 수율이 가장 높게 나타난 MD/SC/WPI (82.55%)로 제조한 처리구 비교 결과를 [Fig. 1]에 나타내었다. CD/SC/WPI 처리구는 캡슐의 입자 표면이 불안정하며 분포가 불균일하게 나타났다. MD/SC/WPI 처리구의 경우, 입자의 분포가 균일하고 섬유 표면의 질감이 매끄럽게 나타났다. 또한 모두 원형에 가까운 형태를 유지하고 있으며, 서로 응집되거나 화합하지 않는 것으로 미루어보아 캡슐의 안정성이 좋다는 결과를 알 수 있다.

a)



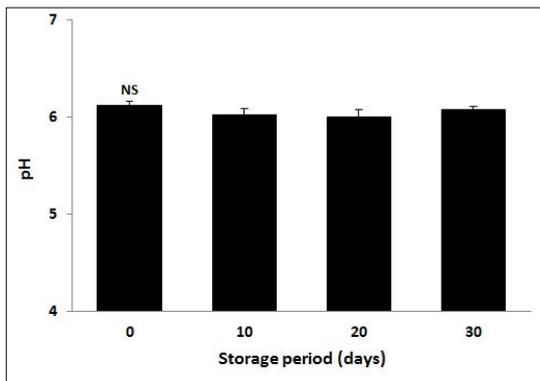
b)



[Fig. 1] SEM microscopic images of microencapsulated salmon oil a) CD/SC/WPI and b) MD/SC/WPI.

4. 미세캡슐화 분말의 저장 품질 특성(pH, AV, POV)

미세캡슐화 분말을 실온에서 30일 동안 저장하며 품질 특성을 분석하였다. 연어 오일 미세캡슐화 분말의 저장 기간에 따른 pH 변화는 [Fig. 2]에 나타내었다. 본 연구의 연어 오일 분말은 저장 30일 동안 5.99 - 6.11으로 유의적인 차이는 나타나지 않았다($p>0.05$).



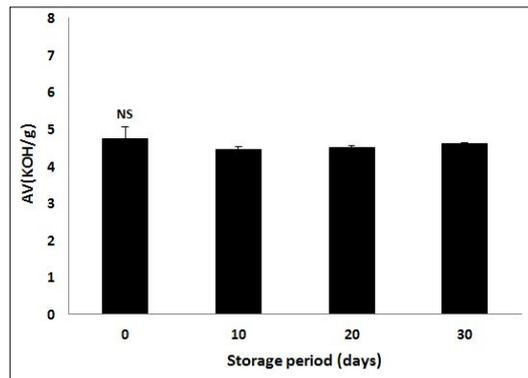
[Fig. 2] Changes in pH of salmon oil microencapsulated MD/SC/WPI during storage at room temperature. Data are means ± standard deviation. $n=3$. Values are mean ± SD. NS Not significantly different.

연어 오일 분말의 저장기간에 따른 산가 변화가 유의적인 차이를 나타내지 않았다($p>0.05$) ([Fig. 3] 참조). 저장 0일차 4.74 mg/g에서 저장 30일차 4.61 mg/g으로 안정한 것으로 나타났다. 피복 물질 중 maltodextrin은 Dzondo-gadet et al., (2005)에 의하면 maltodextrin은 산소투과도를 감소시키는 특성을 지녀서 항산화제 없이도 이를 이용하여 제조된 캡슐 내 오일의 산화 안정성이 우수한 편으로 나타났다.

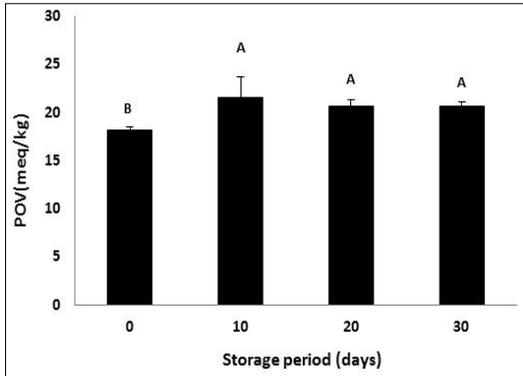
과산화물가 수치는 저장기간에 따라 유의적으로 증가하는 경향을 나타내었다($p<0.05$) ([Fig. 4] 참조). 저장 0일차는 18.15 meq/kg이었으며, 저장 10일차 21.56 meq/kg으로 증가하였다. 과산화물가는

지질 산화의 초기 단계 산패도와 관련이 있고, 산화의 속도를 비교하는데 유리한 지표가 된다(Min et al., 1985). 본 연구의 과산화물가 결과에서 보면, 저장 30일 째 20.64 meq/kg을 나타냄에 따라 품질이 유지됨을 알 수 있다($p<0.05$). Bae and Kim (2008)에 의하면 WPI는 maltodextrin과의 조합에 의해 지방산을 억제시키는 경향을 나타내었다. Maltoextrin은 산소가 투과하기 어려운 matrix를 생산하기 때문에 저장기간을 향상시켜주는 결과를 나타낸다는 보고도 있다(Kagami et al., 2003). 또한 WPI는 산화를 촉진하는 금속의 킬레이트화 및 유화액의 표면에 두꺼운 점탄성 필름 형성과 같은 다양한 항산화 메커니즘으로 인해 지질 산화를 억제하는 것으로 밝혀졌다(Hu et al., 2003).

이와 같이 MD/SC/WPI의 pH 및 산패 변화(AV, POV)를 저장 30일 동안 조사하였다. 연어 오일 분말의 저장과 유통에 가장 중요한 것은 지방 산패도가 낮고 품질 유지가 되어야 하는 것으로 사료 되는데, 본 연구 결과 연어 오일 분말이 저장 30일 동안 지방 산화도가 유지되는 것으로 나타났다.



[Fig. 3] Changes in acid value of salmon oil microencapsulated MD/SC/WPI during storage at room temperature. Data are means ± standard deviation. $n=3$. Values are mean ± SD. NS Not significantly different.



[Fig. 4] Changes in peroxide value of salmon oil microencapsulated MD/SC/WPI during storage at room temperature. Data are means \pm standard deviation. $n = 3$. ^{A-C} Means with different superscript capital letters within each storage period (days) differ significantly ($p < 0.05$).

IV. 요약

본 연구에서는 연어 오일의 미세캡슐화를 위해 다양한 피복물질을 사용해 보았다. 피복물질의 종류가 미세캡슐화 수율에 큰 영향을 미쳤으며, 피복물질로 사용한 MD/SC/WPI 혼합 처리구에서 수율이 82.55%로 가장 우수한 성능을 보였다. SEM 분석 결과 입자의 분포가 균일하고 섬유 표면의 질감이 매끄럽게 나타났으며, 저장성 실험 결과 pH, 산가, 과산화물가에서 안정한 수치를 나타내었기에 제품화 시 유통기한 30일까지는 실온저장에서 안전할 것으로 사료된다. 또한 MD/SC/WPI를 이용하여 분말화 한 연어 오일은 유화안정성이 높고, 제품의 취급이 쉽게 이용될 수 있을 것이다. 이에 본 연구에서의 캡슐화 방법이 연어 오일과 유사한 특성을 지닌 물질의 캡슐화에 응용될 수 있을 것이다.

References

- Bae, E. K. and Kim, G. H.(2008). Encapsulation of avocado oil using spray drying, *Korean Journal of Food Science and Technology*, 40(3), 303~310.
- Bylaite, E. · Nylander, T. · Venskutonis, R. and Jonsson, B.(2001). Emulsification of caraway essential oil in water by lecithin and β -lactoglobulin: emulsion stability and properties of the formed oil - aqueous interface, *Colloids Surfaces B: Biointerfaces*, 20(4), 327~340.
- Dian, N. · Sudin, N. and Yusoff, M.(1966). Characteristics of microencapsulated palm-based oil as affected by types of wall material, *Journal of Agricultural Science*, 70, 422.
- Dzondo-Gadet, M. · Nzikou, J. M. · Etoumoung, A. · Linder, M. and Desobry, S.(2005). Encapsulation and storage of safou pulp oil in 6DE maltodextrins, *Process Biochemistry*, 40, 265~271.
- Fishman, M.L. (1997). Edible and biodegradable polymer films-challenge and opportunities, *Journal of Food Technology*, 51, 60~72.
- Folch, J. · Lees, M. and Sloane Stanley, G. H. (1957). A simple method for the isolation and purification of total lipids from animal tissues, *The Journal of Biological Chemistry*. 226, 497~507.
- Gabriela, G. · Leticia, G. · Vanina, M. · Maria, C. L. · Dana, B. · Ramiro, B. · Ruth, P. and Laura, G. H.(2013). Microencapsulation of linseed oil by spray drying for functional food application, *Food Research International*. 52, 473~482.
- Gharsallaoui, A. · Roudaut, G. · Chambin, O. · Voilley, A. and Saurel, R.(2007). Applications of spray-drying in microencapsulation of food ingredients: An overview, *Food Research International*, 40(9), 1107~1121.
- Gwak, H. J. and Eun, J. B.(2010). Chemical changes of low salt Gulbi (salted and dried yellow corvenia) during hot-air drying with different temperatures, *Korean Society of Food Science and Technology*, 42, 147~154.
- Hirayama, F. and Uekama, K. (1999). Cyclodextrin-based controlled drug release system, *Advanced Drug Delivery Reviews*, 36, 125~141.
- Hu, M. · McClements, D. J. and Decker, E. A.

- (2003). Impact of whey protein emulsifiers on the oxidative stability of salmon oil-in-water emulsions, *Journal of Agricultural and Food chemistry*, 51(5), 1435~1439.
- Kagami, Y. · Fujishima, N. · Matsuda, K. · Kometani, T. and Matsumura, Y.(2003). Oxidative stability, structure, and physical characteristics of microcapsules formed by spray drying of fish oil with protein and dextrin wall materials, *Journal of Food Science*, 68, 2248~2255.
- Kim, J. S. · Heu, M. S. · Kim, H. S. and Ha, J. W. (2007). Fundamentals and applications for canned foods, Hyoil Publishing Co., Seoul, 38~41.
- Kim, Y. D. · Charles, V. M. and Timothy, W. S. (1996). Microencapsulation properties of gum arabic and several food proteins: Liquid orange oil emulsion particles, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 44(5), 1308~1313.
- Min, B. A. and Lee, J. H.(1985). Effects of frying oils storage conditions on the rancidity of Yackwa, *Korean Society of Food Science and Technology*, 17, 114~120.
- Minoru, Y. and Kenji, H.(1975). Fatty acid composition of lipids from 22 species of fish and mollusk, *Bulletin of the Japanese Society for the Science of Fish*, 41, 1143~1152.
- Risch, S. J. and Reimeccius, G. A.(1995). Encapsulation and controlled release of food ingredients, ACS symposium series No 590, American Chemical Society, Washington D.C., USA.
- Rosenberg, M. and Sheu, T. Y.(1996). Microencapsulation of volatiles by spray-drying in whey protein-based wall systems, *International Dairy Journal*, 6(3), 273~284.
- Rural Nutrition Institute(1991). Food composition table, Rural Nutrition Institute, 4th eds, Seoul, Korea, 256~259.
- SAS Institute(2002). SAS/STAT Software for PC. Release 9.2, Cary, NC, USA.
- Shahidi, F. S. and Han, X.(1993). Encapsulation of food ingredients, *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 33, 501~547.
- Thevent, F.(2012). Acacia gum, *Polymer Science : A comprehensive Reference*, 10, 205~212.
-
- Received : 10 August, 2015
 - Revised : 14 September, 2015
 - Accepted : 19, September, 2015