



저작자표시 2.0 대한민국

이용자는 아래의 조건을 따르는 경우에 한하여 자유롭게

- 이 저작물을 복제, 배포, 전송, 전시, 공연 및 방송할 수 있습니다.
- 이차적 저작물을 작성할 수 있습니다.
- 이 저작물을 영리 목적으로 이용할 수 있습니다.

다음과 같은 조건을 따라야 합니다:



저작자표시. 귀하는 원저작자를 표시하여야 합니다.

- 귀하는, 이 저작물의 재이용이나 배포의 경우, 이 저작물에 적용된 이용허락조건을 명확하게 나타내어야 합니다.
- 저작권자로부터 별도의 허가를 받으면 이러한 조건들은 적용되지 않습니다.

저작권법에 따른 이용자의 권리는 위의 내용에 의하여 영향을 받지 않습니다.

이것은 [이용허락규약\(Legal Code\)](#)을 이해하기 쉽게 요약한 것입니다.

[Disclaimer](#)

공학석사 학위연구

어획시기에 따른

남극 크릴(*Euphausia superba*)의

식품성분 변화



2013년 2월

부경대학교대학원

식품공학과

김민아

공학석사 학위논문

어획시기에 따른
남극 크릴(*Euphausia superba*)의
식품성분 변화



지도교수 김 선 봉

이 논문을 공학석사 학위논문으로 제출함

2013 년 2 월

부 경 대 학 교 대 학 원

식 품 공 학 과

김 민 아

金民娥의 工學碩士 學位論文을 認准함

2013 년 2 월 22 일



주 심 농학박사 이 양 봉 ㉞

위 원 약학박사 김 영 목 ㉞

위 원 농학박사 김 선 봉 ㉞

목 차

ABSTRACT	III
I . 서 론	1
II . 실험재료 및 방법.....	5
1 실험재료	5
2. 실험방법	5
2.1 일반성분 정량.....	5
2.2 아미노산 정량.....	5
2.3 지방산 정량.....	6
2.4 Astaxanthin 정량	7
2.5 Vitamin A, E 정량	8
2.6 Vitamin B군 정량	9
2.7 Trace minerals 과 Heavy metals 정량	10
2.8 Betaines 정량.....	11
2.9 Nucleotides 정량	12
2.10 Total cholesterol 정량	13
2.11 Fluoride 정량	13
2.12 통계분석.....	14

III. 결과 및 고찰.....	15
3.1 일반성분 조성 변화.....	15
3.2 아미노산 함량 변화.....	17
3.3 지방산 조성 변화.....	21
3.4 Astaxanthin 함량 변화.....	24
3.5 Vitamin 함량 변화.....	26
3.6 Trace minerals 함량 변화.....	28
3.7 Heavy metals 함량 변화.....	31
3.8 Betaines 함량 변화.....	33
3.9 Nucleotides 함량 변화.....	35
3.10 Total cholesterol 함량 변화.....	37
3.11 Fluoride 함량 변화.....	38
IV. 요약.....	42
V. 참고문헌.....	43
VI. 감사의 글.....	55

A Variation of Food Components in Antarctic Krill (*Euphausia superba*)
According to Catching Months

Min-A Kim

Department of Food Science and Technology, Graduate School,
Pukyong National University



Abstract

Antarctic krill (*Euphausia superba*) is usually harvested in months between March and August. The variations in its nutritional compositions according to the month of harvest were investigated.

Fresh-frozen krill was freeze-dried and milled. Moisture content were highest (80.7%) in June and lowest (77.7%) in March. Ash content were highest (13.5%) in March and lowest (12.4%) in July. Protein content were highest (74.1%) in June and lowest (48.0%) in May. Fat content were highest (23.7%) in April and lowest (17.8%)

in June. Among total amino acids (9,292.86–11,055.91 mg/100 g), glutamic acid, aspartic acid and leucine showed high level in March and lowest level in June. Arginine showed the highest level in May and lowest level in July. Among free amino acids (761.25–1,363.14 mg/100 g), proline showed high level in March and low level in July. Taurine showed high level in August and low level in May. Polyunsaturated fatty acid (PUFA; EPA, DHA) was highest in March and occupied about 50% of total fatty acid composition. Oil-soluble vitamin A and E were highest in March and water-soluble vitamin content was less than that of oil-soluble vitamin. Mineral contents were highest (298.16 mg/100 g) in June and the highest mineral was Na of 235.60 mg/100 g. Heavy metal contents were highest (3.66 mg/100 g) in March and lowest (0.72 mg/100 g) in August. Nucleotides was highest (8,299 μ mol/100 g) in July. Betaines were highest (7.291 mg/100 g) in April and lowest (5.472 mg/100 g) in June. Astaxanthin was highest (21.59 ppm) in May. Cholesterol was highest (367.20 mg/100 g) in April and lowest (249.65 mg/100 g) in March. Fluoride was highest (599.63 ppm) in August and lowest (397.51 ppm) in May.

I. 서론

남극 크릴(Antarctic krill, *Euphausia superba*)은 새우와 비슷한 갑각류(Chen et al., 2009)로, 지구상에서 가장 풍부한 자원으로 알려져 있다(Tou et al., 2007). 남극 크릴의 자원은 379 million tonnes 으로 추정되고 있으며(Atkinson et al., 2009), whales, seals (Leopard, Crabeater), penguins, albatrosses, squids, fishes 의 먹이로서 남극 생태계의 먹이연쇄를 지탱하는 중요한 생물이다(Suh et al., 1991). 남극 생물의 먹이로 이용되는 크릴은 152-313 million tonnes/year 으로, 이 중에서 seals (63-130 million tonnes/year)로 크릴을 가장 많이 섭취하며, 그 다음으로 whales (34-43 million tonnes), birds (15-20 million tonnes), squid (30-100 million tonnes), fish (10-20 million tonnes)순으로 알려져 있다(Miller and Hampton, 1989; Bonner, 1995).

남극 크릴은 10,000-30,000 individuals/m² 에 달할 정도로 고밀도로 커다란 무리를 지어 생활하는 습성이 있으므로(Hamner et al., 1983), 대량 조업이 가능하고, 자원 량이 막대하여 인류의 미래 식량자원으로서 커다란 관심대상이 되고 있어 많은 연구가 진행되고 있다.

남극 크릴의 식품성분에 관한 연구를 살펴보면, Grantham (1977)는 크릴의 수분 77.9-83.1%, 지방 0.4-3.6%, 단백질 11.9-15.4%, 키틴질 2% 이하라고 보고하고 있다. 단백질 함량이 72.9-75.8% (dry basis)로 나타났고, 지방 함량 12-50% (dry basis)로 나타났다(Jaczynski et al., 2011; Saether et al., 1986). 지질과 지방산 조성에 관한 각각의 연구에서 지방산 중에 n-3 PUFA인 EPA와 DHA 함량이 높다고 보고하고 있다(Kolakowska et al., 1994; Jaczynski et al., 2011). 크릴의 cholesterol 함량은 생선보다는 높고, 새우보다는 낮은 것으로 알려져 있다(Tou et al., 2007).

남극 크릴의 중금속 함량은 Zn 123 $\mu\text{g/g}$ (dry matter), Cd 2.5 $\mu\text{g/g}$ (dry matter), Pb 3.4 $\mu\text{g/g}$ (dry matter)로 나타났고(Kim et al., 1999; Soszka et al., 1981), Kim et al.(2004)은 Pb (2.76ppm), Cr (0.14ppm), As (1.29ppm)로 안전성에는 문제가 없는 것으로 나타났다.

크릴의 무기질 함량은 Shrimp 류의 무기질과 성분조성이 유사한 것으로 나타났으며(Tovar-Sanchez et al., 2007; Chen et al., 2009), 비타민 A 와 비타민 D 및 Astaxanthin 함량이 높다고 보고되고 있다(Kim et al., 2004; Suzuki and Shibata, 1990).

남극 크릴은 1960 년대에 단백질 공급원으로 조업이 시작된 이래 식용으로의 이용가능성이 연구되었다(Kim et al., 2004). 남극 크릴 단백질은 육류 단백질 만큼 영양학적 가치가 높은 것으로 알려져 있고(Suzuki and Shibata, 1990; Tou et al., 2007), 함유된 필수아미노산은 성인의 필수아미노산 섭취량의 FAO/ WHO 요구 사항을 충족시킬 수 있는 것으로 알려져 있다(Chen et al., 2007).

그러나 남극 크릴에는 효소 활성이 높아 육의 변질이 빠르고, 불쾌취 발생 및 육의 변색(Anheller et al, 1989) 비롯하여 선도유지가 어려워 식용으로 어려움이 있다. 또한, 남극 크릴은 껍질에 다량의 불소를 함유(Nicol and Stolp, 1991; Soevik and Breakkan, 1979; Virtue et al., 1995)하고 있어서, whole body 를 식품으로 이용할 경우 안전성에 논란이 제기되고 있기도 하다(Budzinski et al., 1985).

어획되는 남극 크릴은 fresh frozen (34%), boiled frozen (11%), peeled krill meat (23%) 과 meal (32%)의 형태로 가공되고 있다(Nicol and Endo, 1997). 남극 크릴은 대부분이 사료 및 낚시미끼로 이용되고, peeled krill meat 이 식용으로 이용되고 있다(Budzinski et al., 1985 ; Kim et al., 2000).

이와 같이 남극 크릴은 자원량은 많으나 식용으로는 제한적으로 이용되고 있고, 이들 식품성분에 대한 체계적인 해석 및 어획시기에 따른 함량변화에 대한 연구가 없다. 따라서, 본 연구는 친환경적인 미래의 식량자원으로 주목 받고 있는 남극 크릴을 이용하여 어획 시기에 따른 일반성분, 지방산 및 아미노산 조성을 비롯하여 vitamin, mineral, heavy metal, nucleotides, betaines, astaxanthin, cholesterol, fluoride 등 식품성분의 변화를 알아보았다.



II. 재료 및 방법

1. 실험재료

실험에 사용된 남극 크릴은 동원산업(부산, 한국)에서 계절별로 어획한 것을 fresh frozen state 로 구입한 후, 동결건조(PVTFD 500R, Ilshin Lab Co., KOREA) 하여 4℃에서 보관하면서 실험에 사용하였다.

2. 실험방법

2.1 일반성분 정량

일반성분 조성은 Horwitz (2005)에 따라 수분은 상압 가열건조법, 조회분은 건식 회화법, 조 단백질은 Kjeldahl 질소 정량법, 조 지방은 Soxhlet 추출법으로 실험하였고, 염도는 Kraemer과 Stamm (1924)의 방법으로 측정하였다.

2.2 아미노산 정량

총 아미노산은 Chen et al. (2009)의 방법에 따라 시료 0.5g 에 6N HCl 15 mL 를 가하여 감압 밀봉한 후 110℃의 dry bath 에서 24 시간 동안 산 가수분해 시켰다. Glass filter 로 분해 액을 여과하고 얻은

여액을 55℃ 에서 감압 농축기(N-100-S-W, Eylea, Japan)로 염산과 물을 완전히 증발시킨 다음, 농축된 시료를 sodium citrate buffer (pH2.2)로 50mL 정용한 후, 0.45 μm membrane filter (Tyoko Roshi Kaisha, Japan)로 여과한 시료 액을 시험용액으로 사용하였고, Amino Acid Analyzer (L-8900, HITACHI Tokyo, Japan)로 분석하였다.

유리아미노산은 Horwitz (2005)의 방법을 수정하여 다음과 같이 하였다. 시료 1 g 에 10 배의 물을 가해 water bath 에서 비등수욕상에서 응고시킨 후, 여과 (ADVANTEC 5A, Tyoko Roshi Kaisha, Japan)하였다. 여과 액은 감압 농축 (EYELA SB-1100, Japan)하였고, 얼은 잔사를 0.2 N lithium citrate buffer (pH 2.2)로 50mL 정용한 후, 0.45 μm membrane filter (Tyoko Roshi Kaisha, Japan)로 여과한 시료액을 시험용액으로 사용하였고, Amino Acid Analyzer (L-8900, HITACHI Tokyo, Japan)로 분석하였다.

2.3 지방산 정량

지방산분석은 Folch et al. (1957)의 방법과 Horwitz (2005)방법을 수정하여 사용하였다. 시료 5 g을 chloroform/methanol (2:1,v/v) 용액 200 mL를 이용하여 60℃ 에서 12 시간 지방을 추출한다. 추출한 지방 100 mg을 toluene 5mL 에 용해하고, BF₃-methanol 3 mL가하고, 75℃

에서 30분간 가열시킨 다음, hexane 3 mL, 10% NaCl 1 mL 첨가하여 methylation 하였고, 지방산 분석용 시료로 사용하였다. GC 분석조건은 HP-INNOWax capillary column (30m x 0.32mm i.d., film thickness 0.5 μ m, Hewlett-packard, USA)이 장착된 gas chromatography (GCMS QP-5050A, Shimadzu., Japan)로 carrier gas 는 헬륨을 사용하였다. Injector detector (FID)온도는 250 $^{\circ}$ C, 270 $^{\circ}$ C로 설정하였고 오븐온도는 170 $^{\circ}$ C에서 225 $^{\circ}$ C까지 1 $^{\circ}$ C/min 증가시켰다.

각 지방산은 동일조건에서 표준지방산 methyl ester mixture (Sigma-Aldrich Co., U.S.A)와 retention time을 비교하여 동정하였으며 함량은 각 피크면적을 상대적인 백분율로 나타내었다.

2.4 Astaxanthin 정량

Astaxanthin 분석은 Pavasant et al. (2008)의 방법을 수정하여 사용하였다. 시료 10 g 을 Ethyl ether 로 Soxhlet 장치에 넣어 60 $^{\circ}$ C에서 12 시간 지방을 추출한다. 추출하여 얻은 지방 1 mg 을 dichloromethane/ethanol (1:4)에 100 mL 로 정용한 후, 0.45 μ m membrane filter (Tyko Roshi Kaisha, Japan)로 여과하여 HPLC (HITACHI 2000, Tokyo, Japan)로 분석하였다.

HPLC 분석조건은 C18 column (250 x 4.6 mm 5 μ m, Waters)을 사용하였고, 용매는 acetonitrile/dichloromethane/ethanol (5:10:85) 혼합하여 사용하였으며, 유속은 1.0 mL/min, 시료주입량은 10 μ L 로 하여 470 nm 에서 분석하였다. Astaxanthin 표준검량곡선은 astaxanthin (Dr. Ehrenstorfer GmbH Co., Germany)를 이용하였다.

2.5 Vitamin A, E 정량

비타민 A 와 E 는 Horwitz (2005)의 방법을 수정하여 사용하였다. 시료 10 g 을 갈색 메스플라스크에 취한 후 ethanol 30 mL, potassium hydroxide 용액 3 mL, 그리고 10% pyrogallol 1 mL 를 첨가하여 이를 환류 냉각기에서 30 분간 비누화시킨 후, 실온으로 냉각시켜 증류수 30 mL 를 가해 갈색 분액깔때기로 옮겼다. 플라스크는 증류수와 diethyl ether 로 헹군 후, 분액깔때기에 혼합하여 방치시킨 후 물 층을 별도의 갈색분액깔때기에 옮기고 ethyl ether 30 mL 씩 가하여 2 회 추출하였다. 추출된 ethyl ether 액을 증류수 10 mL 씩 phenolphthalein 시약으로 정색이 되지 않을 때까지 수세하였고, Ethyl ether 층을 sodium sulfate 를 가해 탈수하고 갈색 플라스크에 옮겼다.

비타민 A 는 Ethyl ether 추출 액을 40°C에서 감압 농축하여 isopropanol 5 mL 로 녹여 0.25 μ m membrane filter 로 여과하여

시험용액으로 사용하였고, 비타민 E 는 ethanol 5 mL 에 녹여 0.25 μ m membrane filter 로 여과하여 시험용액으로 사용하였다.

비타민 A 분석조건은 ODS 2 column (250x4.6 mm 5 μ m, Waters)을 사용하였고 이동상 용매는 혼합된 용매를 1 N H₂SO₄ 용액으로 pH3.7 로 조정하여 사용하였으며 유속은 0.5 mL/min, 시료 주입량은 5 μ L 로 하여 200 nm 에서 분석하였다.

비타민 E 분석조건은 C18 column (250x4.6 mm 5 μ m, Waters)을 사용하였고 이동상 용매는 methanol/water (7:3)으로 하여 사용하였으며 유속은 1.0 mL/min, 시료주입량은 10 μ L 로 하여 298 nm 에서 분석하였다.

2.6 Vitamin B군 정량

비타민 B₁, B₅, B₆ 는 Horwitz (2005)의 방법을 수정하여 사용하였다. 비타민 B₁ 과 B₆ 는 시료 5 g 을 50% acetonitrile 을 50 mL 가하여 균질화시킨 후 원심분리 (3,000 rpm, 20 min)하여 상층 액을 여과 (0.45 μ m membrane filter)하여 시험용액으로 사용하였다. B₅ 는 시료 5 g 을 20 mM 인산완충용액 50 mL 을 가하여 30 분간 초음파장치로 추출한 후 원심분리 (3,000 rpm, 10 min)하여 상층 액을 여과 (0.45 μ m membrane filter)하여 시험용액으로 하였다. 비타민 B₁, B₅, B₆ 의 HPLC 의 조건은

다음과 같다. C18 column (250 x 4.6 mm 5 μ m, Waters)사용하였으며 이동상 용매는 20 mM potassium phosphate (pH 2.1)과 20 mM potassium phosphate/CAN (80/20)를 96 : 4 의 20 mM potassium phosphate (pH 2.1)혼합액으로 37 분, 20 mM potassium phosphate/CAN (80/20)용액으로 10 분으로 흘러 보내주고 유속은 1.0 mL/min 시료주입량은 10 μ L 로 하여 254 nm 에서 분석하였다.

2.7 Trace minerals 과 heavy metals 정량

미네랄 및 중금속 함량은 Chen et al. (2009)의 방법을 사용하였다. 시료 10g 에 70% 질산을 20mL 가하여, heating mantle (MS-E103) 에서 $100 \pm 5^{\circ}\text{C}$ 로 가열하여 4 시간 이상 반응시켜 완전히 분해시킨 후, 0.2 N 질산용액을 이용하여 100 mL 로 정용하여 시료용액으로 하였다. 분석 기기는 Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometer (Perkin Elmer, U.S.A)을 이용하여 중금속 및 미량금속 함량을 측정하였고, Flow Injection Mercury System (Perkin elmer, FIMS 400, U.S.A)을 이용하여 Hg 을 분석하였다.

2.8 Betaines 정량

베타인의 분석은 Lee et al. (2004)의 방법을 수정하여 사용하였다. 시료 10g 을 50% methanol 에 10% (w/v)농도로 첨가한 후 균질화하여 40°C shaking water bath 에서 12 시간 동안 추출하였다. 추출액은 3,000 rpm 에서 15 분간 원심 분리한 후 상층 액을 10 mL 가 되게 감압 농축하여 시료 액으로 사용하였다. 시료 액을 Amberlite IRA 400(OH⁻, 14 x 67 mm)와 Amberlite IR.120 (H⁺, 14 x 67 mm) column 을 이용하여 betaine 이 함유된 용출 액을 회수하여 methanol-KOH 용액 (methanol 10 mL 에 KOH 15 mg 을 녹인 용액) 300 μ L 를 가한 후 감압 농축하였다. 농축 후 acetonitrile-crown ether 용액 (acetonitrile 10 mL 에 18-crown-6-ether 15 mg 을 녹인 용액) 200 μ L 와 acetonitrile-bromophenacyl bromide 용액 (acetonitrile 10 mL 에 4-bromophenacyl bromide 20 mg 을 녹인 용액) 1.8 mL 를 가한 후, 40°C 에서 30 분간 반응시켰다. 0.45 μ m membrane filter (Tyko Roshi Kaisha, Japan)로 여과한 시료 액을 HPLC (Hitachi 2000, Japan)를 이용하여 분석하였다. 컬럼은 ODS2 column (250 x 4.6 mm 5 μ m, Waters)을 사용하였고 이동상 용매는 13 mM sodium heptanes sulfonic acid 와 5 mM Na₂SO₄ 가 혼합된 용매를 1 N H₂SO₄ 용액으로 pH 3.7 로

조정하여 사용하였으며 유속은 0.5 mL/min, 시료 주입량은 5 μ L 로 하여 200 nm 에서 측정하였다.

2.9 Nucleotides 정량

Nucleotide 분석은 Ryu et al. (2009)의 방법을 사용하였다. 시료 0.5 g 에 10% perchloric acid (PCA) 10 mL 를 가하여 균질화 한 후, 4,000 rpm 에서 10 분간 원심 분리하여 상층을 분리하였다. 침전물에 대하여 10% PCA 용액 10 mL 로 위와 같은 조작을 2 회 반복하여 상층 액을 합하였다. 상층 액은 여과(ADVANTEC 5A, Tyoko Roshi Kaisha, Japan)하고, 5 N KOH 로 pH 6.5 로 조정한 후, 10% PCA 용액을 첨가하여 100 mL 로 정용 하였다. 정용한 후 0 $^{\circ}$ C에서 30 분간 방치하고 0.45 μ m membrane filter 로 여과하여 시료 액으로 사용하였다. HPLC (Hitachi 2000, Japan)를 이용하여 분석하였다. 분석 조건은 C18 column (250 x 4.6 mm 5 μ m, Waters)을 사용하였고, 용매는 50 mM KH₂PO₄ (pH7.5) 사용하였으며, 유속은 0.8 mL/min, 시료주입량은 10 μ L 로 하여 254 nm 에서 측정하였다. ATP, ADP, AMP, inosine, hypoxanthine 표준 품은 Sigma 사 제품을 사용하였고 0.001-1.0 M 농도로 조제한 후, 위의 조건으로 분석하였다.

2.10 Total cholesterol 정량

총 콜레스테롤 분석은 Horwitz (2005)의 방법을 수정하여 사용하였다. 시료 5 g 에 증류수 30 mL 와 5 α -cholestane 1 mL 를 가하여 혼합, 균질화시킨 후 분액깔때기에 옮겨 chloroform/methanol (2:1) 200 mL 를 가하여 5 분간 추출하였다. chloroform 층은 0.5% NaOH 용액 100 mL 로 세척한 후 무수황산나트륨으로 탈수 하고 40°C이하에서 감압 농축하였다. 농축 잔류물에 2 N NaOH-에탄올 용액 20 mL 를 가하여 85°C에서 1 시간 환류 추출 하였다. 이를 냉각하여 분액깔때기에 옮겨 물 20 mL 를 가하고 ethyl ether 20 mL 씩 4 회 추출하였다. ethyl ether 추출액은 물 20 mL 로 세척한 후 무수 황산나트륨으로 탈수 및 감압 농축하고, hexane 2 mL 에 녹여 GC 로 분석하였다. GC 의 분석조건은 Column (30m x 0.32mm x 0.25 μ m)장착된 Gas Chromatography (Clarus 500, Perkin Elmer, U.S.A)로 초기온도는 270°C에서 시험용액을 주입한 후 5 분간 유지하고 4°C/min 비율로 온도를 상승시켜 290°C 증가시켜 분석하였다.

2.11 Fluoride 정량

총 불소는 ASTM (2002)과 Horwitz (2005)의 방법을 수정하여 측정하였다. 시료 0.5 g 와 1 N NaOH 용액 10 mL 를 따로 연소장치 (1108 oxygen combustion bomb, Parr, USA)에 넣어 밀폐한 후 산소를 주입하여

5 분간 완전 연소시켰다. 연소 후 흔들어서 기화된 불소를 1 N NaOH 용액에 용해시키고, 연소장치의 압력을 대기압으로 하였다. 그 후 연소장치를 개방하여 물 100 mL 를 가하여 불소가 용해된 NaOH 용액을 씻어 500 mL 정용 플라스크에 옮겼다. 정용된 시료액을 Sulfuric acid/water (2:3, v/v)용액 150 mL 를 가하고 증류 플라스크를 증류장치에 연결하여 170℃를 유지하면서 3 시간 증류하였다. 증류 액은 물을 가하여 500 mL 로 정용 하였다. 증류 액 25 mL 에 5% alfosone (Dojindo, Japan)용액 5 mL 와 acetone 10 mL 를 가하여 50 mL 로 하여 1 시간 실온에서 방치하여 UV-Spectrophotometer(UV-1800, Shimadzu, Japan)를 사용하여 620 nm 에서 흡광도를 측정하였다. 불소의 정량은 fluoride ion standard solution (Kanto Chemical, Japan)을 이용한 검량선으로 구하였다.

2.13 통계분석

실험 결과는 $\text{mean} \pm \text{S.E.M}$ (standard error of the mean) ($n = 2$)으로 나타내었다. 각 그룹의 결과 차이는 tests ($p < 0.05$)와 함께 SPSS v12.01 (SPSS, Chicago, USA)를 분석하는데 사용하였다.

Ⅲ. 결과 및 고찰

3.1 일반성분 조성 변화

어획시기에 따른 남극 크릴의 일반성분 조성의 변화를 Table 1 과 같이 나타내었다. 수분 조성은 77.7-80.7% 로 나타났으며, 6 월과 7 월에 다소 높게 나타났으나 유의적 차이를 보이지 않았다. 조 단백질은 48.0-74.1% (dry basis)로 5 월에 가장 낮게 나타났고, 3 월, 6 월, 7 월과 8 월이 높게 나타났으나 유의적 차이는 나타나지 않았다. 조 지방은 17.75-23.72% (dry basis)로 4 월에 가장 높게 나타났고, 6 월이 가장 낮게 나타났다. 조 회분은 12.4-13.5% (dry basis)로 3 월에 높게 나타났고, 7 월에 낮게 나타났다. 식염은 3.8-5.6% (dry basis)로 6 월에 높게 나타났고, 6 월과 8 월을 제외한 달에서는 유의적 차이를 보이지 않았다.

Jaczynski et al. (2011)는 남극 크릴의 protein 함량이 72.9-75.8% (dry basis)로 나타났다고 보고하였으며, 본 연구의 결과 4 월과 5 월을 제외한 어획시기별 남극 크릴의 조 단백질 함량과 비슷한 결과를 나타내었다. Saether et al. (1986)은 lipids의 함량이 12-50% (dry basis)까지 나타나는 것으로 보고하고 있으나, 본 실험의 조 지방 함량과는 차이가 많은 것으로 나타났다.

Table 1. Changes in proximate composition of Antarctic krill according to the harvesting month (% , dry weight)

Components	March	April	May	June	July	August
Moisture*	77.7±0.0 ^c	78.4±0.4 ^d	79.2±0.2 ^a	80.7±0.1 ^b	80.1±0.0 ^b	79.31±0.5 ^a
Crude protein	71.4±1.8 ^a	65.1±2.9 ^b	48.0±1.0 ^c	74.1±4.0 ^a	70.7±4.1 ^a	73.8±1.0 ^a
Crude fat	22.1±0.1 ^a	23.7±0.1 ^b	20.2±0.2 ^c	17.8±0.3 ^d	22.7±1.0 ^c	21.2±0.3 ^f
Crude ash	13.5±0.1 ^b	13.1±0.0 ^a	12.7±0.1 ^c	13.3±0.1 ^a	12.4±0.1 ^d	12.9±0.0 ^e
Salinity	5.0±0.0 ^a	5.1±0.1 ^a	5.0±0.1 ^a	5.6±0.1 ^b	5.0±0.3 ^a	3.8±0.2 ^c

* Moisture values from fresh-frozen krill before freeze drying. Different letters indicate significant differences at P<0.05.

Shon et al. (1994)는 남극 크릴의 조 단백질 61.1%, 조 지방 15.8%, 조 회분 12.5% 로 보고하고 있고, 본 연구의 4월과 비슷한 결과를 나타내었다. 연구자들에 따른 남극 크릴의 일반성분에 약간의 차이를 보이는 것은 크릴의 크기, 성별, 연령, 어획시기 등에 따라 다소 차이가 있는 것으로 생각된다.

3.2 아미노산 함량 변화

남극 크릴의 어획시기별 총 아미노산 조성은 Table 2 에 나타내었다. 총 아미노산 중 glutamic acid 는 1,510.13-1,299.29 mg/100 g 으로 가장 높게 나타났고, aspartic acid (1,187.95-993.49 mg/100 g), leucine (857.52-743.46 mg/100 g), arginine (715.72-624.01 mg/100 g)으로 높게 나타났다. Glutamic acid, aspartic acid 와 leucine 은 3월에 높게 나타났으며, 6월에 낮은 함량을 나타내었다. Arginine 은 5월에 높게 나타났으며, 7월에 낮은 함량을 나타내었다

Chen et al. (2009)는 glutamic acid, aspartic acid, lycine, leucine 의 함량이 높은 것으로 나타났으며, Mohr 과 Saether (1987) 은 glutamic acid, aspartic acid, asparagine, glycine, alanine, lysine, leucine 함량이 높은 것으로 나타나 본 연구와 유사한 결과를 나타내었다.

Table 2. Total amino acid composition of Antarctic krill according to the harvesting month (mg/100 g, dry weight)

Total amino acid	March	April	May	June	July	August
Aspartic acid	1187.95	1111.86	1097.75	993.49	1027.93	1141.65
Threonine	458.39	415.14	418.26	379.45	387.50	450.31
Serine	463.31	421.65	415.63	388.85	404.74	440.88
Glutamic acid	1510.13	1335.24	1386.74	1299.29	1315.47	1467.23
Proline	716.07	530.11	561.85	494.63	500.82	509.85
Glycine	562.97	507.17	480.42	478.54	507.26	568.20
Alanine	645.42	572.46	582.91	533.77	546.80	603.77
Cystine	305.07	300.98	290.76	278.60	289.94	298.49
Valine	579.54	543.81	540.91	493.87	508.36	554.40
Methionine	309.85	292.24	292.34	271.41	276.90	300.87
Isoleucine	560.94	538.98	533.83	485.55	504.08	546.09
Leucine	857.52	810.23	802.59	743.46	761.50	831.46
Tyrosine	388.37	372.65	359.06	333.31	356.32	376.01
Phenylalanine	469.27	441.42	437.98	403.89	410.70	463.31
Histidine	256.46	235.35	239.15	228.85	226.29	249.17
Lysine	971.82	860.39	856.43	759.30	671.47	860.82
Arginine	715.72	656.81	658.60	646.35	624.01	722.18
Tryptophane	97.10	77.75	74.75	80.26	84.62	83.67
mg/100g	11,055.91	10,024.25	10,029.96	9,292.86	9,404.71	10,468.36

남극 크릴의 총 아미노산 함량은 3 월에 11,055.91 mg/100 g 으로 높은 함량을 나타냈고, 6월에 9,292.86 mg/100 g 으로 낮은 함량을 나타내었다.

Sriket et al. (2007)는 arginine, proline, leucine, isoleucine, phenylalanine 과 glutamic acid 가 높은 함량을 나타내었고, 총 아미노산 함량은 black tiger shrimp meat 에서 29,808 mg/100 g, white shrimp meat 에서 29,121 mg/100 g 으로 나타났다. Heu et al. (2003)는 aspartic acid, glutamic acid, leucine, arginine, lysine and glycine 이 높은 함량을 나타내었고, 총 아미노산 함량은 Northern pink shrimp muscle 에서 12.588 mg/100 g, Spotted shrimp muscle 에서 14,479 mg/100 g 으로 나타났다.

남극 크릴의 어획시기별 유리아미노산 조성은 Table 3 에 나타내었다. Proline 은 330.22-108.37 mg/100 g 으로 높은 함량을 나타내었고, lysine (233.26-108.39 mg/100 g), taurine (171.48-152.19 mg/100 g), arginine (145.70-135.79 mg/ 100 g), glycine (131.87-73.93 mg/ 100 g)로 각각 높게 나타났으며, proline 함량은 3 월에 가장 높게 나타났고, 7 월에 낮게 나타났다. Taurine 은 8 월에 높게 나타났으며 5 월에 낮게 나타났다. 유리아미노산 함량은 3 월에 1,363.14 mg/100 g 으로 높게 나타났으며, 6 월에 761.25mg/100 g 으로 낮은 함량을 나타내었다.

Table 3. Free amino acid composition of Antarctic krill according to the harvesting month (mg/100 g, dry weight)

Free amino acid	March	April	May	June	July	August
Taurine	154.41	154.84	152.19	155.63	154.29	171.48
Aspartic acid	18.68	8.53	10.44	10.78	8.68	11.88
Threonine	38.82	12.76	10.47	13.67	14.92	16.85
Serine	11.72	12.55	12.61	13.11	14.63	15.78
Glutamic acid	15.94	2.49	3.33	2.36	3.32	3.68
Proline	330.22	190.51	157.24	135.54	108.37	112.74
Glycine	119.80	86.32	73.93	88.59	112.80	131.87
Alanine	72.75	38.38	38.34	35.93	42.71	41.77
Cystine	5.37	3.10	3.36	2.94	2.24	3.45
Valine	34.11	10.81	10.81	10.41	11.13	11.49
Methionine	19.38	7.02	9.26	7.28	8.46	9.01
Isoleucine	21.41	5.50	6.24	6.21	7.97	8.05
Leucine	55.12	12.28	14.81	12.41	14.15	15.57
Tyrosine	28.78	6.93	9.84	10.82	11.57	13.56
Phenylalanine	31.37	6.36	5.41	6.13	7.65	8.43
Histidine	10.81	3.31	3.95	3.62	4.99	5.24
Lysine	233.26	151.88	141.87	108.39	134.57	128.64
Arginine	145.70	102.27	110.01	132.02	104.96	135.79
Tryptophane	15.48	6.18	6.20	5.38	6.21	6.90
mg/100g	1,363.14	822.01	780.29	761.25	773.63	852.19

Chen et al. (2007)은 남극 크릴 단백질에 필수 아미노산이 포함되어 있는 것으로 보고하고 있으며, Mohr 과 Saether (1987)는 크릴에 taurine, arginine, alanine 등의 함량이 높게 나타났다.

남극 크릴의 총 아미노산과 유리아미노산의 함량은 3 월에 가장 게 나타났다. 남극 크릴 중의 아미노산은 성인의 필수아미노산 섭취량에 FAO/ WHO/ UNU 요구 사항을 충족시키는 것으로 알려져 있다(Chen et al., 2007). Tou et al. (2007)는 남극 크릴 단백질의 생물학적 가치는 육류단백질의 가치와 맞먹는 것으로 보고하고 있다. 이상 본 연구와 같이 남극 크릴에는 taurine 함량이 높아 taurine 의 공급원으로서 중요한 역할을 할 수 있을 것으로 기대된다.

3.3 지방산 조성 변화

어획시기별 남극 크릴의 지방산 조성은 Table 4 에 나타내었다. 본 연구의 남극 크릴의 전체 지방산의 구성을 비교해 보면 포화 지방산 (51.10-54.91%)과 불포화지방산(48.00-51.21%)이 비슷하게 나타났다. 포화지방산의 경우 8월이 가장 높게 나타났고 4월이 낮게 나타났으며, 불포화 지방산의 경우 포화지방산과 반대로 4월에 높게 나타났고, 8월에 낮게 나타났다.

Table 4. Fatty acid composition of Antarctic krill according to the harvesting month (% , dry weight)

Fatty acids	March	April	May	June	July	August
C12:0	0.40	0.39	0.38	0.43	0.35	0.35
C13:0	0.11	0.12	0.17	0.15	0.11	0.12
C14:0	16.46	16.44	16.85	18.19	16.97	17.35
C15:0	0.49	0.54	0.76	0.63	0.54	0.57
C16:0	25.10	25.07	25.26	25.34	27.03	27.64
C17:0	7.08	6.72	7.04	5.99	6.30	6.77
C18:0	1.44	1.54	1.41	1.61	1.82	1.80
C22:0	0.03	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04
C23:0	0.23	0.25	0.30	0.27	0.27	0.28
C24:0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.00
	51.33	51.10	52.22	52.65	53.45	54.91
C14:1	0.33	0.31	0.33	0.35	0.26	0.28
C16:1	5.70	7.26	7.24	8.21	8.82	9.21
C17:1	0.20	0.18	0.28	0.21	0.17	0.17
C20:1	0.77	0.97	0.70	0.93	1.09	1.04
C24:1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.10	0.09
	7.00	8.72	8.55	9.70	10.45	10.79
C18:1n9c	14.02	15.50	15.09	16.97	17.50	17.33
C18:2n6c	2.04	2.11	2.55	2.26	2.07	2.15
C18:3n3	2.58	2.09	2.02	1.81	1.26	1.32
C18:3n6	0.16	0.20	0.18	0.20	0.21	0.21
C20:3n3	0.16	0.12	0.00	0.10	0.00	0.00
C20:5n3	14.13	13.01	11.96	10.54	10.18	9.64
C22:1n9	0.46	0.00	0.40	0.44	0.71	0.61
C22:6n3	10.42	9.46	9.64	7.30	6.38	5.95
	43.96	42.49	41.85	39.61	38.32	37.21

포화 지방산 중에서는 C16:0 (25.07-27.64%)와 C14:0 (16.44-18.19%)가 주요 지방산으로 나타났다. C16:0 은 8 월에 높게 나타났고, 4 월에 낮게 나타났다. 반면에 C14:0 는 6 월에 가장 높게 나타났고, 4 월이 낮게 나타났다. 불포화 지방산은 C16:1(5.70-9.21%), C18:1 (14.02-17.50%), C20:5 (9.64-14.13%) 및 C22:6 (5.95-10.42%)이 주요 지방산으로 나타났다. C16:1 은 8 월에 높았고, 3 월에 낮은 함량을 나타냈다. C18:1 은 7 월에 높게 나타났고 3 월에 낮은 함량을 나타내었다. 그에 반해 n-3 polyunsaturated fatty acid (PUFA), 지방산인 C20:5 (EPA)와 C22:6 (DHA)는 3 월에 높게 나타났고 8 월에 낮은 함량을 나타내었다. 전체적으로 포화지방산 함량은 8 월에 높고, 3 월에 낮게 나타났으며, 반면에 불포화지방산은 3 월에 높고 8 월에 낮게 나타나는 경향을 보였다. Yoshitomi 와 Nagano (2012)의 연구에서는 palmitic acid 15.6%, oleic acid 16.5% 로 본 연구와 비슷한 함량을 나타내었으나, EPA 7.8%, DHA 13.0% 조성의 경우, 본 연구에 비해 EPA 함량이 낮게 나타났다. Kolakowska et al. (1994)의 연구에서도 n-3 PUFA 인 EPA 와 DHA 의 분석에서 본 실험과 비슷한 결과를 나타내었다. 이 외에도 Cho et al. (1999)는 palmitic acid, EPA 와 DHA 함량이 각각 19.95%, 16.14% 14.09% 로 나타났고, Sriket et al. (2007)는 black tiger shrimp meat 에서 DHA 와 EPA 조성이 14.9%,

8.58% 로 나타났다. Heu et al. (2003)은 Northern pink shrimp muscle 의 DHA 와 EPA 조성은 14.5%, 11.6 % 로 나타났고, Spotted shrimp muscle 의 DHA 와 EPA 조성은 14.2% and 13.2 % 로 나타났다. EPA 와 DHA 등의 n-3 PUFA 는 혈압과 혈액중의 콜레스테롤 및 중성지방을 감소시켜 동맥경화나 심장질환 예방에 관여하는 것으로 알려져 있어(Venugopal, 2009), 본 연구의 남극 크릴이 n-3 지방산의 공급원으로 중요한 역할을 할 수 있을 것으로 기대된다.

3.4 Astaxanthin 함량 변화

어획시기별 남극 크릴의 astaxanthin 함량은 Fig. 1 에 나타났다. 남극 크릴의 astaxanthin 함량은 전체적으로 6.94-21.59 ppm 범위로 나타났다. 계절별로는 5 월에 21.59 ppm 으로 가장 높았고, 6 월에 6.94 ppm 으로 가장 낮게 나타났다. Kim et al. (2004)은 크릴의 astaxanthin 함량을 10 ppm 으로 보고하고 있는데, 이는 본 연구의 5 월을 제외한 계절에서 나타난 함량과 비슷한 결과를 나타내었다.

Yamaguchi et al. (1983)은 크릴 중의 총 카로티노이드 함량은 3-4 mg/100 g 으로 보고하고 있다. 이 중에서 astaxanthin diester 가 40-50% 로 가장 함량이 많고, astaxanthin monoester 와 astaxanthin 이 각각 30-40% 및 15-25% 차지한다고 하고 있다. Astaxanthin 은 carotene 과는 달리 비타민 A 의 기능이 없고, 항산화 작용이 강하다.

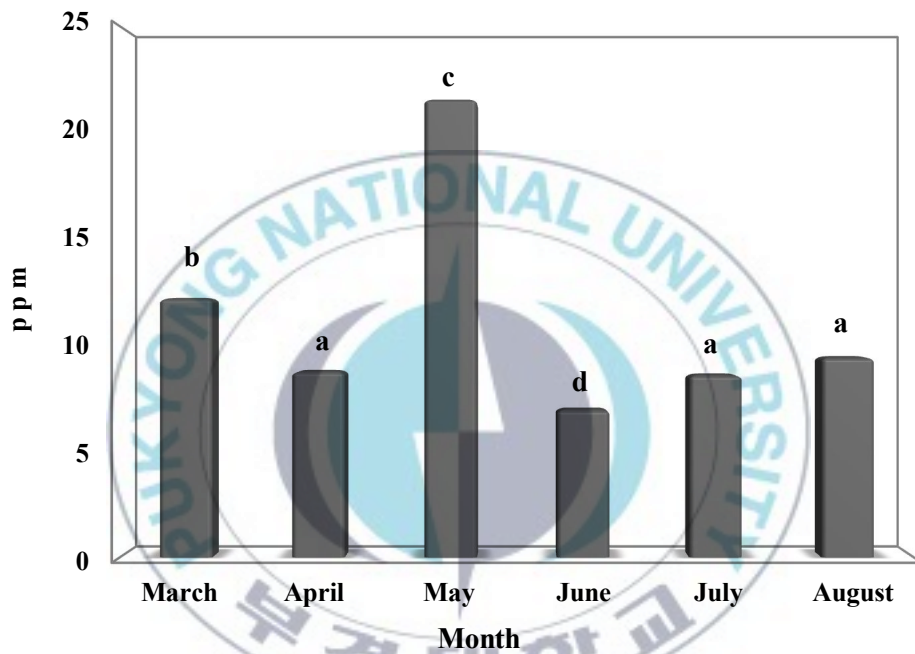


Fig. 1. Astaxanthin contents of Antarctic krill according to the harvesting month (dry weight). Different letters indicate significant differences at $P < 0.05$.

Astaxanthin 은 β -carotene 보다 10 배, 비타민 E 보다 100 배의 항산화력을 가지며, 면역 자극효과도 β -carotene 보다 더 우수하다고 하였다(Mortensen and Skibsted, 1997; Kim et al., 2004). Astaxanthin 은 cardiovascular, immune, inflammatory 에 도움을 주고, oxidative damage 로 부처 조직을 보호하는 기능을 한다는 연구를 통하여(Guerin et al., 2003; Fassett and Coombes, 2009), 본 연구의 남극 크릴의 Astaxanthin 은 높은 항산화력을 가질 것으로 기대된다.

3.5 Vitamin 함량 변화

어획시기별 남극 크릴의 비타민 함량은 Table 5 에 나타내었다. 비타민 함량은 전체적으로 $B_6 > B_1 > E > A > B_5$ 의 순으로 함량이 높았다. 수용성 비타민의 함량이 지용성 비타민보다 높게 나타났다. 지용성 비타민인 비타민 A는 5월 (7.1 mg/100 g dry weight)에 높게 나타났고, 6 월 (5.2 mg/100 g dry weight)에 낮았다. 비타민 E는 3월 (13.4 mg/100 g)에 가장 높았고, 7 월 (9.8 mg/100g)에 낮게 나타났다. Tou et al. (2007)은 비타민 A의 함량은 380 I.U/100 g (11.4 mg/100 g)로 본 연구에 비해 높은 함량을 나타냈으며, 비타민 E는 15 mg/100 g로 나타나 본 연구의 3월과 결과와 비슷한 함량을 나타냈다.

Table 5. Vitamin contents of Antarctic krill according to the harvesting month (mg/100 g, dry weight)

Vitamins	March	April	May	June	July	August
A	6.10 ±0.74 ^a	6.60 ±0.12 ^a	7.10 ±0.40 ^a	5.20 ±0.21 ^a	5.30 ±1.41 ^a	5.80 ±1.91 ^a
B ₁	17.78 ±4.59 ^a	15.88 ±2.38 ^a	15.50 ±3.42 ^a	11.95 ±1.11 ^a	11.40 ±0.66 ^a	14.12 ±2.86 ^a
B ₅	0.47 ±0.04 ^b	0.56 ±0.06 ^a	0.56 ±0.01 ^a	0.54 ±0.08 ^a	0.75 ±0.05 ^c	0.69 ±0.06 ^d
B ₆	109.50 ±4.72 ^b	67.44 ±2.38 ^a	63.77 ±6.94 ^a	64.66 ±6.96 ^a	66.95 ±1.40 ^a	82.54 ±5.22 ^c
E	13.40 ±0.00 ^a	12.40 ±0.00 ^b	11.13 ±0.00 ^c	11.21 ±0.00 ^d	9.83 ±0.00 ^e	10.78 ±0.00 ^f

* Different letters indicate significant differences at P<0.05.

수용성 비타민의 경우 B₁ 은 3 월 (17.78 mg/100 g)에 가장 높은 함량을 보였으며, 7 월 (11.40 mg/100 g)에 낮은 함량을 나타내었다. B₆ 는 3월 (109.50 mg/100 g)에 가장 높은 함량을 나타냈으며, 5 월 (63.77 mg/100 g)에 가장 낮은 함량을 나타내었고, 4 월 - 7 월까지는 유의적 차이를 보이지 않았다. B₅ 의 경우 7 월 (0.75 mg/100 g)에 가장 높은 함량을 나타내었고, 3 월 (0.47 mg/100 g)에 낮은 함량을 나타내었다. Tou et al. (2007)은 비타민 B₁ 은 불검출, 비타민 B₆ 는 0.001 mg/100 g 로 보고하고 있으나, 본 연구에 비해 낮은 함량을 나타내었다.

3.6 Trace minerals 함량 변화

미네랄은 생물체의 주요구성 성분으로 비타민과 더불어 미량으로 생명 유지와 건강을 위해서 생체조절작용을 하는 필수불가결한 영양소이다.

어획시기별 남극 크릴의 미네랄 함량은 Table 6 에 나타내었다. Na 함량은 4 월 (233.6 mg/100 g)에 가장 높았고, 7 월 (203.6 mg/100 g)은 낮은 함량을 보였으나, 다른 미네랄 함량에 비해 높게 나타났다. Kim et al. (2004)는 무기물인 Na 함량이 2.85% 로 높게 나타났다.

그리고 Mg 함량은 3 월 (38.86 mg/100 g)에 높은 함량을 보였고, 7 월 (30.74 mg/100 g)에 낮은 함량을 나타냈으며, Ca, Mg, Na 은 월별로 유의적 차이를 보였다.

Table 6. Mineral contents of Antarctic krill according to the harvesting month (mg/100 g, dry weight)

	March	April	May	June	July	August
Ca	6.47 ±0.01 ^a	6.28 ±0.01 ^b	7.50 ±0.01 ^c	10.16 ±0.01 ^d	9.51 ±0.00 ^e	8.53 ±0.02 ^f
Mg	38.86 ±0.04 ^a	35.12 ±0.10 ^b	33.48 ±0.05 ^c	36.64 ±0.07 ^d	30.74 ±0.01 ^e	31.4 ±0.03 ^f
Na	216.40 ±2.08 ^a	233.60 ±3.27 ^c	219.60 ±1.54 ^b	235.60 ±1.27 ^c	203.60 ±2.10 ^a	206.40 ±0.55 ^a
Fe	19.05 ±0.04 ^d	6.67 ±0.03 ^b	7.55 ±0.00 ^c	3.44 ±0.00 ^a	3.83 ±0.01 ^a	3.69 ±0.00 ^a
Zn	4.66 ±0.01 ^b	4.30 ±0.02 ^a	3.95 ±0.01 ^c	4.97 ±0.01 ^d	4.27 ±0.02 ^a	4.60 ±0.01 ^b
Cu	6.32 ±0.01 ^a	7.39 ±0.0 ^a	7.45 ±0.01 ^a	7.26 ±0.00 ^a	6.77 ±0.03 ^b	6.67 ±0.00 ^b
Se	0.07 ±0.01 ^c	0.18 ±0.00 ^e	0.05 ±0.00 ^f	0.09 ±0.00 ^d	0.02 ±0.00 ^a	0.03 ±0.00 ^b

* Different letters indicate significant differences at P<0.05.

Fe 의 함량은 3 월 (19.05 mg/100 g) 에 높게 나타났고 6 월 (3.44 mg/100 g)에 낮은 함량을 나타내었다. Ca (6.28-10.16 mg/100 g)과 Zn (3.95-4.97 mg/100 g)함량은 다른 미네랄 금속에 비해 낮은 함량을 보였으나 6 월에 가장 높은 함량을 나타났으며, 4 월에 낮은 함량이 나타났다. Cu 는 6.32-7.456 mg/100 g 로 전체 미량금속 중에서 가장 함량이 5 월이 가장 높게 나타났고, 3 월에 낮게 나타났다. 이는 갑각류의 Cu 를 함유하는 혈액 성분인 hemocyanin 의 영향으로 생각된다.

Yamamoto et al. (1987)은 크릴 중의 Cu, Zn, Fe 의 함량은 각각 12.7, 9.6, 3.6 $\mu\text{g/wet g}$ 으로 보고하였다. Se 의 함량 (0.02-0.18 mg/100 g)은 전체적으로 낮게 나타났다. Se 은 사람에게 essential trace element nutrient 이며, 인체에서 reactive oxygen species 를 제거하는 항산화 효소인 glutathione peroxidases 의 구성성분으로서 중요한 역할을 한다. Se 은 어류나 갑각류에 함량이 많으므로 (Barclay et al., 1995), 남극 크릴은 Se 의 공급원으로 중요하다고 생각되어진다. Tovar-Sanchez et al. (2007)과 Chen et al. (2009)은 크릴의 미량금속의 조성 연구에서 무기질은 새우 류와 비슷하다고 보고하고 있다.

3.7 Heavy metals 함량 변화

어획 시기별 남극 크릴의 중금속 함량은 Table 7에 나타내었다. Hg 함량은 0.03-0.05 mg/100 g 으로 월별 차이가 나타나지 않았다. Cd 함량은 5 월 (0.05 mg/100 g)에 높은 함량을 보였으며, 4 월, 7 월과 8 월 (0.03 mg/100 g)에 낮은 함량을 보였다. Pb 함량은 3 월 (2.94 mg/100 g)에 높은 함량을 보였으며, 5 월 과 7 월 (0.01 mg/ 100 g)에 낮은 함량을 나타내었다. As 함량은 6 월 (1.01 mg/100 g)에 높은 함량을 보였으며, 4 월 (0.52 mg/100 g) 에 낮은 함량을 나타내었다. Yamamoto et al. (1987)은 남극 크릴의 Cd, Pb 과 Hg 의 함량이 각각 0.43, 0.04 , 0.008 $\mu\text{g/wet g}$ 으로 나타났고, Kim et al. (2004)는 남극 크릴의 Pb, Cd, As 의 함량이 각각 2.76 ppm, 0.14 ppm, 1.29 ppm 로 나타났고 안전성에 문제가 없는 것으로 나타났다. CODEX 중금속 함량 기준치는 Hg, As 와 Pb 각각 0.1, 0.1, 0.3 ppm 으로 나타났다. 그리고 남극 크릴의 중금속 함량 기준치는 CODEX 과 EU 의 기준으로 하며, 식품의 기준치는 Hg 은 0.5 mg/kg 이하, Pb 는 2.0 mg/kg 이하, Cd 또한 2.0 mg/kg 이하로 나타났다.

Table 7. Heavy metal contents of Antarctic krill according to the harvesting month (mg/100 g, dry weight)

	March	April	May	June	July	August
Hg	0.05 ±0.00 ^a	0.04 ±0.00 ^a	0.04 ±0.00 ^a	0.03 ±0.00 ^a	0.03 ±0.00 ^a	0.04 ±0.00 ^a
As	0.63 ±0.00 ^a	0.52 ±0.00 ^b	0.79 ±0.01 ^c	1.01 ±0.00 ^d	0.56 ±0.00 ^c	0.63 ±0.00 ^a
Cd	0.04 ±0.00 ^b	0.03 ±0.00 ^a	0.05 ±0.00 ^c	0.04 ±0.00 ^d	0.03 ±0.00 ^c	0.03 ±0.00 ^a
Pb	2.94 ±0.00 ^c	0.02 ±0.01 ^b	0.01 ±0.00 ^a	0.02 ±0.00 ^a	0.11 ±0.00 ^a	0.02 ±0.00 ^b

* Different letters indicate significant differences at P<0.05.

3.8 Betaines 함량 변화

어획 시기에 따른 남극 크릴의 베타인류 함량은 Fig. 2 에 나타내었다. Glycine bataine은 전체적으로 함량이 낮았고, 계절별로는 6 월 (0.49-0.69 mg/100 g)에 높은 함량을 나타내었다. Trigonelline은 5 월 (0.52 mg/100 g)에 높게 나타났고, 3 월 (0.23 mg/100 g)에 낮은 함량을 보였다. 반면에 carnitine은 베타인류 중 가장 높은 함량은 보였으며, 4 월 (6.63 mg/100 g) 에 높은 함량을 나타내었고, 6 월 (4.46 mg/100 g) 에 낮은 함량을 보였다. 일반적으로 카르니틴은 지방의 에너지 대사에 관여하는 필수물질로 알려져 있다. 즉 지방을 에너지로 만들기 위해 mitochondria로 지방을 수송하는 중요한 역할을 한다. 카르니틴은 osteocalcin 의 농도를 높여 osteoporosis 를 예방하는 효과가 있고(Cavazza, 2002a), 인지질 membrane 의 peroxidation 과 oxidative stress 에 대한 항산화작용이 보고되고 있다(Cavazza, 2002b). 베타인은 동·식물계에 널리 분포하며 choline 의 생체내 최종대사 산물로 간에서 homocysteine 으로부터 methionine 생성을 위한 methyl group donor로 작용한다(Garrow and Park, 1999). Betaine 의 공급은 혈중 homocysteine 의 농도를 저하시켜 혈관계 질환을 예방할 수 있다(Garrow and Park, 1999)

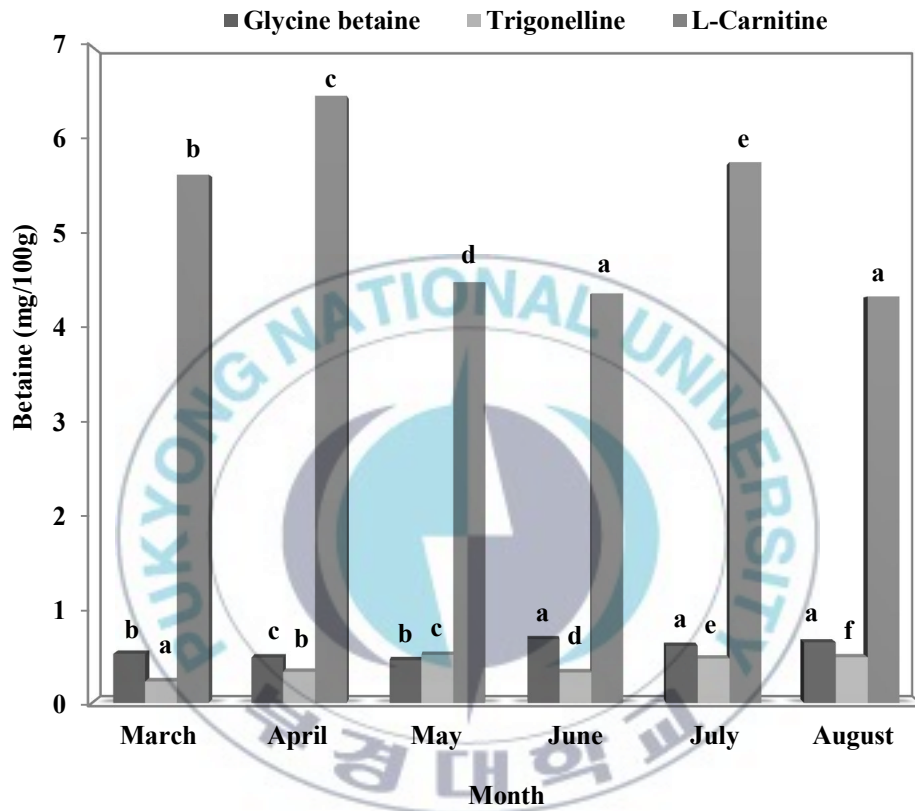


Fig.2. Betaine contents of Antarctic krill according to the harvesting month (dry weight). Different letters indicate significant differences at P<0.05.

3.9 Nucleotides 함량 변화

ATP는 동물의 근육에서 대표적인 adenine nucleotide이다. ATP는 효소적 탈인산과정 등을 거쳐서 ADP, AMP, IMP, Inosine 및 hypoxanthine 등을 생성한다. 어획 시기에 따른 남극 크릴의 Nucleotide의 함량은 Fig. 3에 나타내었다. 어획 시기에 따른 남극 크릴의 nucleotide 총 함량은 2,242.71-8,645.90 $\mu\text{mol}/100\text{g}$ 으로 나타났다.

전체적으로 inosine의 함량이 가장 많았고, ADP의 함량이 가장 낮았다. Nucleotide 종류별로 함량을 살펴보면, ATP 함량은 6월 (840.52 $\mu\text{mol}/100\text{g}$)에 높은 함량을 나타냈으며, 3월 (221.55 $\mu\text{mol}/100\text{g}$)에 낮은 함량을 나타내었다.

ADP는 3월 (73.16 $\mu\text{mol}/100\text{g}$)에 높았고, 5월 (16.86 $\mu\text{mol}/100\text{g}$)에 가장 낮았다. AMP도 3월 (272.73 $\mu\text{mol}/100\text{g}$)에 높았고, 5월 (179.22 $\mu\text{mol}/100\text{g}$)에 낮았다. Inosine도 ADP 및 AMP와 같이 3월 (1470.67 $\mu\text{mol}/100\text{g}$)에 높은 함량을 나타내었다. 그러나, hypoxanthine 함량은 7월 (8,645.90 $\mu\text{mol}/100\text{g}$)에 가장 높게 나타났고, 3월 (204.60 $\mu\text{mol}/100\text{g}$)에 낮은 함량을 나타내었다. 전체 nucleotide 중에서 hypoxanthine 함량이 가장 높게 나타났다. 그리고, IMP는 검출되지 않았다.

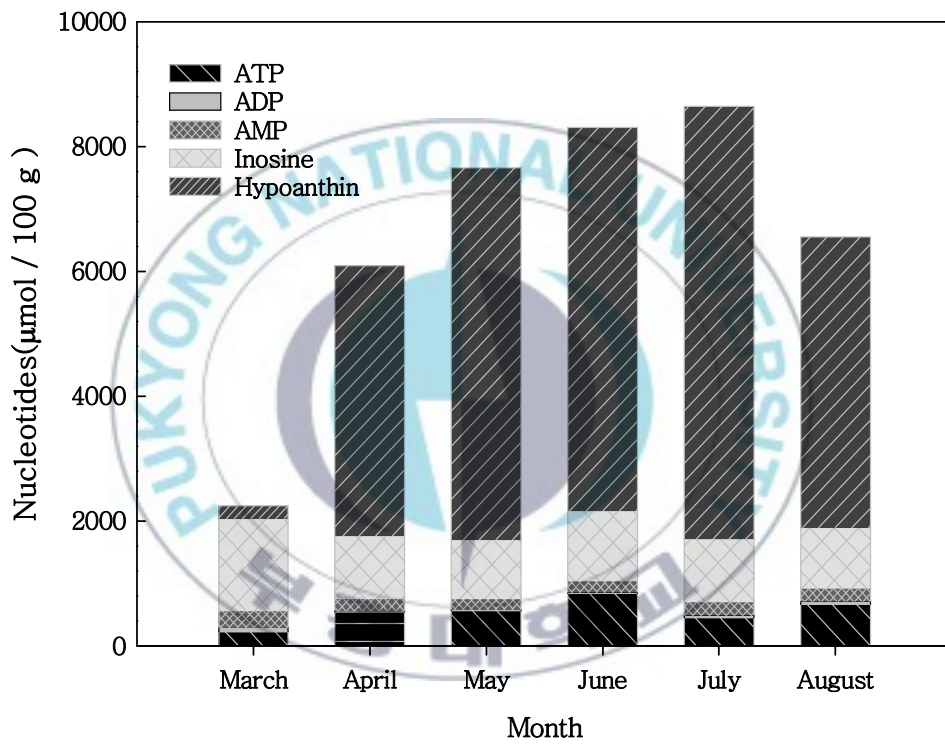


Fig. 3. Nucleotide contents of Antarctic krill according to the harvesting month (dry weight).

일반적으로 어류에서는 ATP 의 분해로 IMP 의 축적이 많다고 알려져 있고(Oba et al., 1991), ATP 의 함량은 어류와 shellfish 의 사후 신선도 변화와 밀접한 관련을 가지고 있다(Koseki et al., 2006).

본 연구에서는 남극 크릴에 IMP 가 검출되지 않고 inosine 의 함량이 많은 것은 AMP 로부터 adenosine 의 경로를 거쳐 inosine 을 생성한 때문으로 생각된다.

3.10 Total cholesterol 함량 변화

일반적으로 콜레스테롤은 steroid hormone 및 vitamin D 를 만드는데 중요한 역할을 하는 것으로 알려져 있다(Kanazawa et al., 1978). 콜레스테롤의 주요 dietary sources는 cheese, egg yolk, beef, shrimp 등으로 알려져 있다(Jensen et al., 1978).

Kanazawa et al. (1978)은 콜레스테롤은 각종장기 및 조직에 분포하고 지질성분으로서는 다량으로 존재하기 때문에 갑각류에 있어서도 생명유지에 꼭 필요한 물질로 여겨진다. 어획시기별 남극 크릴의 총 콜레스테롤 함량은 Fig. 4 에 나타내었다. 콜레스테롤 함량은 전체적으로 249.65-348.88 mg/100 g 로 나타났다. 계절별로는 4 월 (348.88 mg/100 g)에 가장 높은 함량을 나타냈으며, 8 월(249.65 mg/100 g)에 가장 낮게 나타났다. 새우 류는 콜레스테롤이 150-160 mg/100g wet

weight 로 육에 함유한다고 보고되고 있다 (Krzynowek and Panunzio, 1989). Tou et al. (2007)는 남극 크릴의 콜레스테롤 함량을 66.1 mg/100 g, 새우 (*Penaeidae and pandalidae*)의 콜레스테롤 함량은 152 mg/100 g 로 보고되어 있다. 남극 크릴의 Cholesterol 함량은 생선보다는 높지만 새우의 Cholesterol 함량보다는 낮다고 하고 있으나, 본 연구 결과 새우 보다 다소 높은 것으로 나타났다.

3.11 Fluoride 함량 변화

남극 크릴은 껍질에 다량의 불소를 함유 (Christians and Leinemann, 1983; Nicol and Stolp, 1991; Soevik and Breakkan, 1979; Virtue et al., 1995)하고 있어서, whole body를 식품으로 이용할 경우 안전성에 논란이 제기되고 있기도 하다(Budzinski et al., 1985). 어획시기에 따른 남극 크릴의 Fluoride 농도는 Fig. 5 에 나타내었다. Fluoride 함량은 8 월 (599.63 ppm)에 높은 함량을 보였으며, 5 월(397.51 ppm)에 가장 낮은 함량을 보였다.

크릴의 불소 함량에 관한 보고를 보면, Soszka et al. (1981)은 불소 함량이 1,330-2,400 mg F-/kg. Moren et al. (2007)은 불소 함량 1,160 ± 230mg F-/kg로 나타났고, Mohr 과 Saether (1987)은 불소 함량이 1040-3200 ppm으로 나타냈다. 이와 같이 남극 크릴의 불소 함량은

연구자에 따른 편차가 나타나는 것은 시료 어획 시기, 크기, 처리방법과 분석방법에 기인하는 것으로 볼 수 있다.



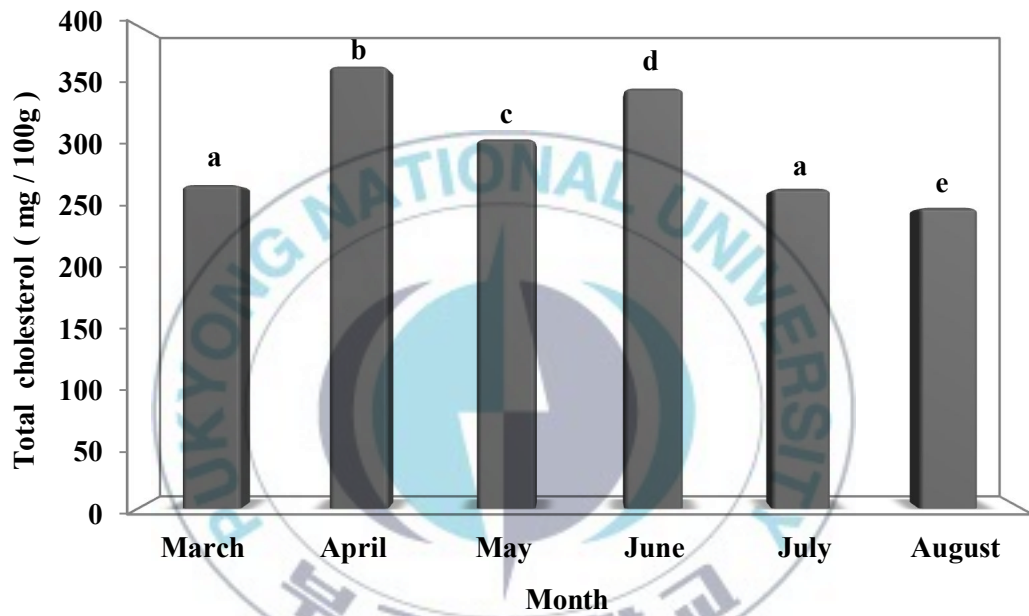


Fig. 4. Total cholesterol contents of Antarctic krill according to the harvesting month (dry basis). Different letters indicate significant differences at $P < 0.05$.

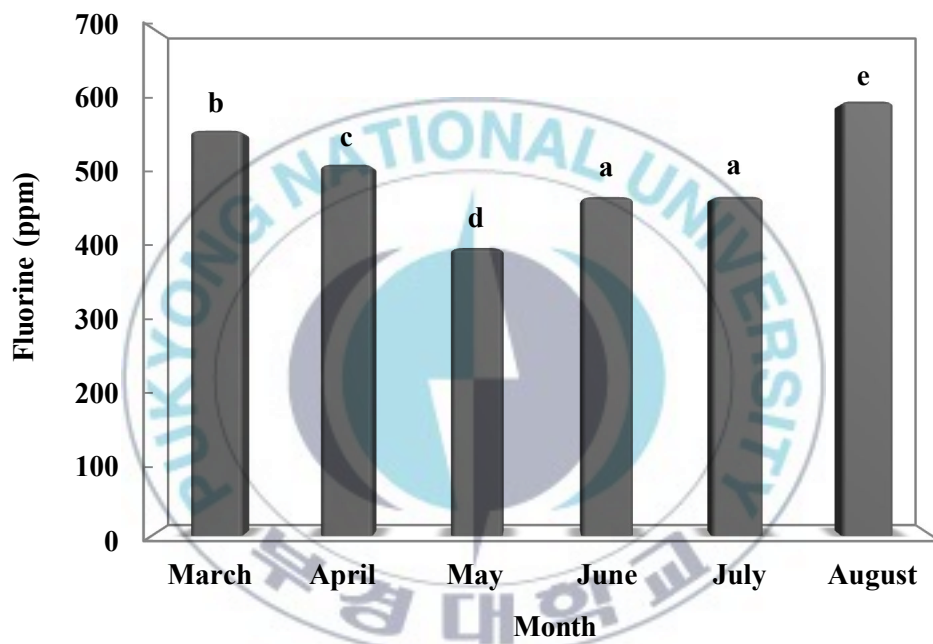


Fig. 5. Fluoride contents of Antarctic krill according to the harvesting month (dry weight). Different letters indicate significant differences at $P < 0.05$.

IV. 요약

본 연구는 친환경적인 미래의 식량자원으로 주목 받고 있는 남극 크릴을 이용하여 계절(어획 가능한 계절인 3월-8월)에 따른 식품성분의 함량 변화를 해석하였다.

남극 크릴의 영양성분 분석결과 조 단백질, 총 아미노산, 유리아미노산, 불포화 지방산 (EPA, DHA), 수용성비타민, 지용성 비타민은 3월에 가장 높게 나타났다. Betaine과 콜레스테롤 함량은 4월에 높게 나타났고, 아스타잔틴 함량은 5월, 미네랄과 중금속 함량은 6월, Nucleotide 는 7월에 높은 함량을 나타냈으며, Total Fluorine 는 8월에 높게 나타났다.

계절별 남극 크릴의 식품 영양성분 함량의 변화를 알아본 결과 남극 크릴의 풍부한 아미노산, 불포화지방산, 비타민 및 미네랄 함량이 높게 나타나 영양학적 가치가 높은 것으로 생각되어지며, 월별 분석 결과 3월이 영양학적으로 가치가 있을 것으로 생각되어 진다.

V. 참고문헌

Anheller, J. E., Hellgren, L., Karlstam, B., & Vincent, J. (1989). Biochemical and biological profile of a new enzyme preparation from Antarctic krill (*E. superba*) suitable for debridement of ulcerative lesions. *Archives of Dermatological Research*, 281, 105–110.

ASTM (2002). Standard test method for total fluorine in coal by the oxygen bomb combustion/ion selective electrode method. ASTM D 3761-91, 1-3.

Atkinson, A., Siegel, V., Pakhomov, E. A., Jessopp, M. J., & Loeb, V. (2009). A re-appraisal of the total biomass and annual production of Antarctic krill. *Deep-Sea Research part I*, 56, 727–740.

Barclay, M. N. I., MacPherson, A., & Dixon, J. (1995). Selenium content of a range of UK foods. *Journal of food composition and analysis*, 8(4), 307–318.

Bonner, B. (1995). Birds and Mammals–Antarctic Seals. In R. Buckley. *Antarctica*. Pergamon Press 202–222.

Budzinski, E., Bykowski, P., & Dutkiewicz, D. (1985). Possibilities of processing and marketing of products made from Antarctic krill. *FAO Fisheries Technical*, 268, 1-46.

Cavazza, C. (2002a). Composition for the Prevention and Treatment of Osteoporosis due to Menopause Syndrome . *United States Patent* , 6,335,038, column 4.

Cavazza, C. (2002b). Composition for the Prevention and Treatment of Osteoporosis due to Menopause Syndrome . *United States Patent*, 6,335,038, column 3.

Chen, Y. C., Tou, J. C., & Jaczynski, J. (2007). Amino acid, fatty acid, and mineral profiles of materials recovered from rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) processing by-products using isoelectric solubilization/precipitation. *Journal of Food Science*, 72(9), 527–535.

Chen, Y. C., Tou, J. C., & Jaczynski, J. (2009). Amino acid and mineral composition of protein and other components and their recovery yields from

whole Antarctic krill (*Euphausia superba*) using isoelectric solubilization/precipitation. *Journal of Food Science*, 74(2), 31–39.

Cho, K. W., Shin, J. H., & Jung, K. H. (1999). Lipid and fatty acid composition of the Antarctic krill *Euphausia superba*. *Ocean Polar Research*, 21(2), 109-116.

Christians, O., & Leinemann, M. (1983). Investigations on the migration of fluoride from the shell into the muscle flesh of Antarctic krill (*Euphausia superba*) in dependence of storage temperature and time. *Archiv fuer Fischereiwissenschaft*, 34(1), 87–95.

Fassett, R. G., & Coombes, J. S. (2009). Astaxanthin, oxidative stress, inflammation and cardiovascular disease. *Future Cardiology*, 5(4), 333–342.

Folch, J., Lees, M., & Stanley, G. H. S. (1957). A simple method for the isolation and purification of total lipids from animal tissues. *Journal of Biological Chemistry*, 226, 497-509.

Garrow, T. A., & Park, E. I. (1999). Interaction between Dietary Methionine and Methyl Donor Intake on Rat Liver Betaine-homocysteine Methyltransferase Gene Expression and Organization of the Human Gene. *Journal of Biological Chemistry*, 274(12), 7816-7824.

Grantham, G. J. (1977). The Southern Ocean: The utilization of krill. Southern Ocean Fisheries Survey Programme GLO/SO/7/3 (pp. 1–61). Rome, Italy : Food and Agriculture Organization.

Guerin, M., Huntley, M. E., & Olaizola, M. (2003). Haematococcus astaxanthin: applications for human health and nutrition. *Trends in Biotechnology*, 21(5), 210–216.

Hamner, W. M., Hamner, P. P., Strand, S. W., & Gilmer, R. W. (1983). Behavior of Antarctic krill, *Euphausia superba*: chemoreception, feeding, schooling and molting. *Science*, 220, 433–435.

Heu, M. S., Kim, J. S., & Shahidib F. (2003). Components and nutritional quality of shrimp processing by-products. . *Food Chemistry*, 82(2), 235–242.

Horwitz, W. (2005). *Official Methods of Analysis*. AOAC Official Method. Publish. AOAC International, pp. 2-102, Maryland, USA.

Jaczynski, J., Gigliotti, J. C., Davenport, M. P., Beamer, S. K., & Tou, J. C. (2011). Extraction and characterisation of lipids from Antarctic krill (*Euphausia superba*). *Food Chemistry*, 125(3), 1028-1036.

Jensen, R.G., Hagerty, M. M., & McMahon, K. E. (1978). Lipids of human milk and infant formulas: A review. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 31, 990–1016.

Kanazawa, A., Tesmmas, S., Endom, M., & Kayaman, M. (1978). Effects of eicosapentaenoic acid on growth and fatty acid composition of prawn, *Penaeus japonicus*. *Memoirs Faculty Fisheries Kagoshima University*, 27(1), 35-40.

Kim, S. A., Kang, D. H., & Hwang, D. J. (1999). Biomass and distribution of Antarctic krill, *Euphausia superba*, in the Northern part of the South Shetland Islands, Antarctic Ocean. *Journal of the Korean fisheries Society*, 32(6), 737-747.

Kim, D. S., Do, J. R., Park, I. S., & Rhee, S. K. (2000). Study on the manufacturing of chitosan using krill (*Euphausia superba Dana*) and quality characteristics. *Journal of the Korean Society of Agricultural Chemistry and Biotechnology*, 43(4), 309-313.

Kim, J. D., Chang, J. I., Yoo, M. I., Chang, H. W., Kwon, C. H., & Oh, D. S. (2004). Effect of krill meal as a feed additive in laying hen diets. *Korean Journal of International Agriculture*, 16(1), 110-116.

Kolakowska, A., Kolakowski, E., & Szczygielski, M. (1994). Winter season krill (*Euphausia superba Dana*) as a source of *n*-3 polyunsaturated fatty acids. *Die Nahrung*, 38(2), 128-134.

Koseki, S., Kitakami, S., Kato, N., & Arai, K. (2006). Rigor mortis fish and shellfish and evaluation of freshness of their muscles as K value. *Journal of the College of Marine Science and Technology, Tokai University*, 4(2), 31-36.

Kraemer, E. O., & Stamm, A. J. (1924). Mohr's method for the determination of silver and halogens in other than neutral. *Journal of American Chemical Society*, 46(12), 2707-2709.

Krzynowek, J., & Panunzio, L. J. (1989). Cholesterol and fatty acids in several species of shrimp. *Journal of Food Science*, 54(2), 237-239.

Lee, C. H., Kim, I. H., Kim, Y. E., Oh, S. W., & Lee, H. J. (2004). Determination of Betaine from *Salicornia herbacea* L. *Journal of the Korean Society of Food Science and Nutrition*, 33(9), 1584-1587.

Miller, D. G. M. & Hampton, I. (1989). Biology and ecology of the Antarctic krill (*Euphausia superba* Dana): a review. *Biomass Scientific Series*, 9, 1-66.

Mortensen, A., & Skibsted, L. H. (1997). Importance of carotenoid structure in radical scavenging reactions. *Journal of Agricultural and food chemistry*, 45(8), 2970-2977

Mohr, V., & Saether, O. (1987). Chemical composition of North Atlantic krill. *Comparative Biochemistry and Physiology Part B: Comparative Biochemistry*, 88(1), 157-164.

Moren, M., Malde, M. K., Olsen, R. E., Hemre, G. I., Dahl, L., & Karlsen, O. K. (2007). Fluorine accumulation in Atlantic salmon (*Salmo salar*), Atlantic cod (*Gadus morhua*), rainbow trout (*Onchorhyncus mykiss*) and Atlantic halibut (*Hippoglossus hippoglossus*) fed diets with krill or amphipod meals and fish meal based diets with sodium fluoride (NaF) inclusion. *Aquaculture*, 269(1-4), 525-531.

Nicol, S., & Endo, Y. (1999). Krill fisheries: Development, management and ecosystem implications. *Aquatic Living Resources*, 12(2), 105-120.

Nicol, S., & Stolp, M. (1991). Molting, feeding and fluoride concentration of the Antarctic krill, *Euphausia superba* Dana. *Journal of Crustacean Biology*, 11(1), 10-16.

Oba, K., Katsu, T., & Ono, M. (1991). Quality control of minced fish meat as the material of fish balls, Suppressions by sodium chloride of its quality deyerioration during storage. *Journal of home economics of Japan*, 42(5), 435-440.

Pavasant, P., Krichnavaruk, S., Shotipruk, A., & Goto. M. (2008). Supercritical carbon dioxide extraction of astaxanthin from *Haematococcus pluvialis* with vegetable oils as co-solvent. *Bioresource Technology*, 99(13), 5556–5560.

Ryu, K. Y., Shim, S. L., Kim, W., Jung, M. S., Hwang, I. M., Kim, J. H., Hong, C. H., & Kim, K. S. (2009). Analysis of the seasonal change of the proximate composition and taste components in the conger sse (*Congermyriaster*). *The Korean Society of Food Science and Nutrition*, 38, 1069-1075.

Saether, O., Ellingsen, T. E., & Mohr, V. (1986). Lipolysis post mortem in North Atlantic krill. *Journal of Lipid Research*, 27,274-285.

Shahidib F., Kim, J. S., & Heu, M. S. (2003). Components and nutritional quality of shrimp processing by-products. . *Food Chemistry*, 82(2), 235–242.

Shon, M. Y., Chung, M. H., Park, S. K., & Cho, Y. S. (1994). Effects of Krill and Cadmium on Lipid Composition of Plasma in Cholesterol - Fed Rats. *Journal of The Korean Society of Food and Nutrition*, 23(1), 38-43.

Soszka, J, Suplifiska, M. M., Barfinski, A., Grzybowska, D., & Pietruszewski, A. (1981). Trace metals, fluorine and radionuclides in Antarctic krill *Euphausia superba* Dana. *Polish Polar Research*, 2, 109-117.

Soevik, T., & Breakkan, O. R. (1979). Fluoride in Antarctic krill (*Euphausia superba*) and Atlantic krill (*Meganyctiphanes norvegica*). *Journal of the Fisheries Research Board of Canada*, 36(11), 1414-1416.

Sriket, P., Benjakul, S., Visessanguan, W., & Kijroongrojana, K. (2007). Comparative studies on chemical composition and thermal properties of black tiger shrimp (*Penaeus monodon*) and white shrimp (*Penaeus vannamei*) meats. *Food Chemistry*, 103(4), 1199–1207.

Suh, H. L., Kim S., & Soh, H. Y. (1991). Distribution and Abundance of the Antarctic Krill (*Euphausia superba*) : A brief Overview. *Korean Journal of Polar Research*, 2(2), 29-49.

Suzuki, T., & Shibata, N. (1990). The utilization of Antarctic krill for human food. *Food Reviews International*, 6(1), 119–147 .

Tou, J. C., Jaczynski, J., & Chen, Y. C. (2007). Krill for human consumption: nutritional value and potential health benefits. *Nutrition Reviews*, 65(2), 63–77.

Tovar-Sanchez, A., Duarte, C. M., Hernandez-Leon, S., & Sanudo-Wilhelmy, S. A. (2007). Krill as a central node for iron cycling in the Southern Ocean. *Geophysical Research Letters*, 34, 11601-11604.

Venugopal, V., (2009). Marine products for healthcare. Boca Raton: CRC Press, 143.

Virtue, P., Johannes, R. E., Nichols, P. D. & Young, J. W. (1995). Biochemical composition of *Nyctiphanes australis* and its possible use as an aquaculture feed source: lipids, pigments and fluoride content. *Marine Biology*, 122(1), 121-128.

Yamaguchi, K., Miki W., Toriu N., Kondo, Y., Murakami M. & Konosu S. (1983). The composition of carotenoid pigments in the Antarctic krill *Euphasia superb.* *Nippon Suiean Gakkaishi*, 49(9), 1411-1415.

Yamamoto, Y., Honda, K. & Tatsukawa, R. (1987). Heavy metal accumulation in Antarctic krill *Euphausia superba*. Pro. NIPR Symp. *Polar Biology*, 1, 198-204.

Yoshitomi, B. & Nagano, I. (2012). Effect of dietary fluoride derived from Antarctic krill (*Euphausia superba*) meal on growth of yellowtail (*Seriola quinqueradiata*). *Chemosphere*, 86(9), 891-897.



VI. 감사의 글

이 논문이 완성되기까지 많은 관심과 격려로 도움을 아끼지 않으신 모든 분들에게 지면으로나마 진심으로 감사의 인사를 올립니다. 가장 먼저 저의 지도교수님이신 김선봉교수님께 진심으로 고개 숙여 깊은 감사의 인사를 올립니다. 또한 논문의 잘못된 부분을 수정해 주시고 다듬어 주신 이양봉 교수님과 김영목 교수님께 진심으로 감사의 인사를 올립니다. 그리고 많은 지도 편달과 조언을 해주신 조영제 교수님, 전병수 교수님, 양지영 교수님, 안동현 교수님께도 깊은 감사를 드립니다.

그리고 학부 때부터 지금까지 앞으로도 쪽~ 저의 멘토 정갑섭 교수님, 학부생활에 모든 것이 대학원생활에 힘이 되게 해주신 이군자 교수님, 이남걸 교수님, 변함없는 소녀감성 임성미 교수님, 대학원 1년 계획을 지도해주신 심옥주 교수님, 항상 멋쟁이신 이민규 교수님께도 깊은 감사를 드립니다.

실험실 일이라면 자신의 일로 여기시며, 학문적으로나 생활적으로 많은 조언을 해주신 박영훈 선배님, 류영무 선배님, 유승재 선배님, 박정현 선배님, 김기현 선배님, 이영준 선배님, 조상원 선배님, 조승목 선배님 외 많은 식품화학실험실(보장실) 선배님들께도 감사 드립니다. 실험실 생활하면서 정말 좋은 오빠, 언니, 동생들을 만났습니다. 먼저 실험실 생활을 같이 하지 못했지만 한번씩 실험실을 들려주실 때마다 많은

지원을 아끼지 않았던 진옥선배, 대옥선배, 재웅선배, 봄비선배, 주련선배, 수연선배, 대학원 생활 1년 실험에 관하여 친절하게 가르쳐주신 성환 선배님, 도형오빠, 주연오빠, 같이 동기생활 해주신다고 고생하신 해림언니, 몸은 멀리 계시지만 학교로 출근하시는 정옥오빠, 기사 공부 같이했던 06학번 동기 남훈이, 윤필이, 경신이, 민지, 맨날 티격태격하는 홍덕이, 주연이, 실험실 막내 겸 비주일을 담당하고 있는 명훈이, 창욱이, 가현이, 진희, 힘들 때 마다 옆에 있어주었던 연주언니, 말하지 않아도 통하는 은혜, 앞으로 실험실을 이끌어 나갈 차기 실장 연이, 항상 옥상에서 대화하던 수빈이에게도 감사드립니다. 대학원 생활을 하는 동안 같이 많은 시간을 보내고 우정을 나눈 동기 유부남 정남오빠, 준비된 남자 준호오빠, 저에게 새로운 세상을 보여준 혜연언니, 주희랑 맨날 싸우던 홍희오빠, 힘들때 마다 이야기 들어주기 바빴던 지일이, 웃으며 나를 반기던 인혜, 항상 바쁜 현주언니, 4층 복도에서 항상 만나는 현지 동기는 아니지만 나얼 없이 못사는 민홍이, 홍희오빠랑 맨날 싸우던 주희, 오랜 사랑 키워오는 령희, 아줌마 감성을 가진 연중이 오빠에게 감사드립니다. 그리고 다른 방인데도 불구하고 언니, 누나를 잘 따라주던 미생방의 은혜, 엽이, 송이, 혜림이, 대규에게도 감사드립니다.

그리고 항상 곁에서 힘이 되어주는 우리어머니 남윤희 선생님, 친언니 같이 나를 챙겨주던 민주언니, 나의 일에 발벗고 나서주는 익원오빠, 승

현오빠, 선철오빠, 대학원 11학번 동기 허민오빠, 동혁오빠, 선진오빠, 육모식당 해식이 쌤, 지희쌤, 열쌤, 송곳 쌤, 나의 모든걸 알고 있고, 우리아빠가 좋아하는 은주, 자신이 하고 싶은 일을 하고 있는 민경이, 내가 보고 배울 점이 많은 영심이, 공부 잘하는 대학동기 옥이, 대학동기 학회장님 경미, 나랑 같은 길을 걷고 있는 주영이, 툭툭 대지만 열심히 사는 유라, 나를 친 언니라고 소개하는 효지, 어리지만 이야기가 잘 통하는 보경이, 짧은 알바 동안 친해진 민주, 이제 20년 지기 친구인 징그러운 은정이 대학원 생활에 활력소가 되어주셔서 감사드립니다.

마지막으로 집에서 큰 딸로 좋은 길, 바른 길로 갈수 있도록 이야기해 주시며 든든하게 뒤를 받쳐주시고 학위를 받을 수 있도록 힘을 주신 사랑하는 우리아버지, 할머니, 하나밖에 없는 우리동생 종언이, 우리고모 김여사, 고모부, 작은 아버지, 작은어머니, 지은이언니, 은영이언니, 효영이언니, 흥기, 성훈이, 병진이에게 다시 한번 머리 숙여 감사를 전하며 이 논문을 바칩니다. 감사합니다.