

ORIGINAL ARTICLE

남극해 크릴 새우의 지방산조성과 무기질 및 비타민함량

김한수 · 김민아 · Duan Yishan · 장성호^{1)*} · 강동수²⁾ · 이원기³⁾ · 이춘식⁴⁾ · 류재용⁵⁾

부산대학교 식품공학과, ¹⁾부산대학교 바이오환경에너지학과, ²⁾전남대학교 식품공학·영양학부,
³⁾부경대학교 고분자공학과, ⁴⁾경남과학기술대학교 환경공학과, ⁵⁾한국원자력연구원 공업환경연구부

Fatty Acid Compositions, Mineral and Vitamin Contents of the Antarctic Krill (*Euphausia superba*)

Han-Soo Kim, Min-A Kim, Yishan Duan, Seong-Ho Jang^{1)*}, Dong-Soo Kang²⁾,
Won-Ki Lee³⁾, Chun-Sik Lee⁴⁾, Jae-Young Ryu⁵⁾

Department of Food Science & Technology, Pusan National University, Miryang 627-706, Korea

¹⁾Department of Bioenvironmental Energy, Pusan National University, Miryang 627-706, Korea

²⁾Division of Food Technology & Nutrition, Chonnam National University, Yeosu 550-749, Korea

³⁾Department of Polymer Engineering, Pukyong National University, Busan 608-739, Korea

⁴⁾Department of Env. Eng. Gyeongnam National University of science and Technology, Gyeongnam 660-758, Korea

⁵⁾Division for Industrial & Environmental Research, Korea Atomic Energy Research Institute (KAERI), Jeollabuk-do 580-185, Korea

Abstract

Antarctic krill (*Euphausia superba*) is typical of a enormous biomass of marine zooplankton that could provide good nutrition in human body. This study was conducted to identify the nutrition of krill, a live in Antarctic Ocean. The analysis result of fatty acids of krill meal was as follow. The compositions of fatty acid were saturated fatty (SFA) acid 41.41%, monounsaturated fatty acid (MUFA) 21.69%, polyunsaturated fatty acid (PUFA) 36.89%, and p/s ratio was 0.89. The major fatty acids in all parts were eicosapentaenoic acid (EPA, 21.54%), palmitic acid (27.51%), oleic acid (13.35%) and docosahexaenoic acid (DHA, 12.42%). Especially, EPA and DHA were occupied 33.96% of polyunsaturated fatty acid. The mineral contents of krill meal were calcium 24477.21 mg kg⁻¹, sodium 14728.69 mg kg⁻¹, magnesium 6973.49 mg kg⁻¹, potassium 3981.67 mg kg⁻¹, iron 395.33 mg kg⁻¹ and manganese 5.74 mg kg⁻¹. The contents of major vitamin were retinol 86717.37 µg RE, β-carotene 44.87 µg RE, tocopherol 2.60 mg, pantothenic acid 1.61 mg, indicating that krill meal contains large amount of retinol and β-carotene.

Key words : Krill (*Euphausia superba*), Fatty acid composition, Mineral, Vitamin

1. 서 론

크릴새우(Antarctic krill; *Euphausia superba* Dana)

는 남극해 일대에서 식물성 플랑크톤을 주 먹이로 하는 동물성 플랑크톤으로 난바다곤쟁이과에 속하며 미래 식량자원으로 사용할 수 있는 가능성이 높아 그

Received 19 April, 2013; Revised 28 May, 2013;

Accepted 19 June, 2013

*Corresponding author : Seong-Ho Jang, Department of Bioenvironmental Energy, Pusan National University, Miryang 627-706, Korea
Phone: +82-55-350-5435
E-mail: jangsh@pusan.ac.kr

© The Korean Environmental Sciences Society. All rights reserved.
© This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

치가 매우 큰 해양 바이오매스 중 하나이다(Kim과 Kim, 1995). 또한 양질의 단백질원으로 영양학적으로도 가치가 매우 높고 매년 어획할 수 있는 양 또한 방대하여 식품으로의 활용 방안에 대해 관심이 높아지고 있으나 체내에 축적되어 있는 불소 성분과 어획 후 단시간내에 냉동 및 가공 처리 하지 않으면 쉽게 변하게 되는 이유 등으로 식품으로 이용되고 있지 않은 실정이다(Chen과 Jaczynski, 2007, Kim 등, 2004). 한편, krill의 운송 비용 및 수송 단가 절감을 통해 식품 산업에 이용되기 위한 기술 개발로 고액분리기만 사용하였을 때보다 날분쇄기와 같이 사용 하였을 때 크릴의 고액분리효율이 14.2% 증가 하여 날분쇄 후 고액 분리 하는 것이 크릴의 생산에 효율적이라고 보고 되어 있으며(Oh 등, 2011), 급성기 반응 중인 육계 병아리에 있어서 크릴 밀 사료의 급여가 사료 효율 및 체중 증가량은 감소시켰으며 병아리의 생산성, 간장과 비장의 중량 및 Mn-SOD와 Cu/Zn-SOD의 활성은 증가시켰다고 보고된 바 있다(Koh 등, 2004). 또한, 크릴에서 키틴과 키토산을 추출한 후 특성을 분석한 결과, 크릴의 키토산은 표준품보다 탈아세틸화도 및 점도가 낮게 나타났고 알칼리 용액의 농도 및 반응 온도가 일정한 조건일 때 반응시간과 탈아세틸화도는 음의 상관 관계를 보였다고 보고된 바 있으며(Kim 등, 2000), 크릴을 원료로 하여 페이스트 가공 조건 등을 검토한 후 만들어진 크릴 페이스트의 특성을 분석한 결과 유해중금속 함량은 안전한 수준이었고 taurine과 EPA (eicosapentaenoic acid) 등의 함량은 높았다는 보고도 있다(Lee 등, 1985). 따라서 본 연구는 크릴의 바이오헬스 기능성 식품으로의 활용 가능성을 검토하기 위하여 지방산 조성, 무기질 및 비타민 함량을 분석하였다.

2. 재료 및 방법

2.1. 실험재료

동결건조시킨 후 처리한 krill meal을 국립수산물과학원으로부터 제공받아 본 실험의 재료로 사용하였다.

2.2. 분석시약

실험에 사용된 시약은 Merk사(Germany), Junsei 화학(Japan)의 일급 이상의 시약을 사용하였고 지방

산 조성 분석의 표준지방산 methyl ester mixture는 Sigma사(U.S.A) 제품 등을 사용하였다.

2.3. 지방산 조성 분석

Krill meal의 지방산 조성 분석은 Bligh과 Dyer (1959)의 방법에 의해 측정하였다. 즉, 시료의 지질성분을 CHCl_3 -MeOH로 추출하고 추출된 지방은 AOAC 방법에 의해 methyl ester화 하였다. 지방산 시료는 omegawax capillary column (30 m × 0.32 mm, 0.25 μm , Max Usable Temp. 280°C)을 장착한 gas chromatography (Simadzu GC-17A, Japan)로 분석하였다. carrier gas는 He를 사용하였으며 injector와 detector (FID) 온도는 250°C로 설정하였고, oven 온도는 180°C에서 230°C까지 3°C/min 증가시켰다. 각 지방산은 동일 조건에서 표준지방산 methyl ester mixture와 retention time을 비교하여 동정하였으며 조성은 각 peak의 면적을 상대적인 백분율로 나타내었고 분석 조건은 Table 1과 같다.

Table 1. Gas chromatography operating conditions for fatty acid analysis

Items	Operating Conditions
Instrument	Simadzu GC-17A
Column	omegawax (30m × 0.32mm, 0.25 μm)
Oven Temperature	180°C to 230°C
Injector Temperature	250°C
Detector Temperature	250°C
carrier gas	He
Detector	Flame Ionization Detector

2.4. 무기질 분석

Krill meal의 칼슘(Ca), 칼륨(K), 마그네슘(Mg), 나트륨(Na), 철(Fe), 망간(Mn)은 Yon 등(2003)의 방법을 약간 수정하여 ICP (Perkin-Elmer, model 4300 DV, USA)로 분석하였다. 즉, 시료를 회분 도가니에 넣어 예비 회화를 시킨 후 회화로에서 550°C로 5시간 동안 가열한 후 냉각하였다. 회분은 낮은 온도의 hot plate에서 6 mol HCl 2 mL로 천천히 용해시킨 후 증발시켰고 다시 같은 조건으로 재용해 시킨 후 1 mol HCl 50 mL로 정용하였다. 시료는 0.45 μm filter membrane로 여과한 후 분석하였으며 무기질 농도는 mg kg^{-1} sample로 표현하였다.

2.5. 비타민 분석

Krill meal의 β -carotene, retinol, thiamin (vitamin B₁), riboflavin (B₂), pantothenic acid (B₅), pyridoxine (B₆), calciferol (vitamin D), tocopherol (vitamin E)은 식품공전법의 시험방법(Korea Food and Drug Association, 2005)을 기준으로 하여 분석하였다.

2.6. 통계처리

모든 분석은 3회 반복 실시하였으며 측정된 분석치를 평균값과 표준편차로 계산하여 나타내었다.

3. 결과 및 고찰

3.1. 지질 구성 지방산 조성

Krill meal의 지질 구성 총 지방산의 조성은 Table 2와 Fig. 1에 나타내었다. 포화지방산은 총 지방산 중 41.41%의 비율로 가장 높게 나타났으며 단불포화지방산은 21.69%로 가장 낮은 함유 비율을 보였고 다불포화지방산은 총 지방산 중에서 36.89%로 두 번째로 높은 함유 비율을 보였다. 지방산의 p/s비는 0.89로 나타났다. 포화지방산 중에서는 palmitic acid가 27.51%로 가장 높은 함량을 나타내었고 단불포화지방산 중에서는 oleic acid가 13.35%로 가장 높게 나타났다. 또한, 다불포화지방산 중에서는 EPA (eicosapentaenoic acid)가 21.54%, DHA (docosahexaenoic acid)가 12.42%로 가장 높게 나타났다. 특히, ω -3계인 EPA와 DHA는 지질 구성 총 지방산 중 33.96%의 높은 함량을 보여 krill meal의 지질 구성 총 지방산 대부분을 차지하는 것으로 나타났다. Kang 등(2003)은 지방산의 p/s비 보다 n-3계 지방산, 특히 EPA 및 DHA의 특성에 따라 흰쥐의 혈청지질농도, 효소활성 등이 영향을 받으므로 식품을 섭취할 때 각 지방산의 특성을 고려해야 한다고 권고하였다. 한편, Pierce 등(1969)에 의하면 krill의 지방산 중 포화지방산 중에서 palmitic acid가 24.4%로, 단불포화지방산 중에서는 oleic acid가 15.2%로 가장 높게 나타났으며 다불포화지방산 중에서는 EPA가 25.3%, DHA가 14.6%로 가장 높게 나타나 본 실험결과와 유사한 경향을 보였으나 palmitic acid가 EPA보다 낮은 함량을 보여 다소 차이를 보였다. 이는 실험 방법, 시료의 차이 등에서 기인한 것으로 사료된다. 한편, 높은 함량의 EPA와 DHA의 급여

는 흰쥐의 콜밀도를 증가시켜 골격 형성에 도움이 되며(Yoon, 2012), EPA, DHA의 섭취는 고콜레스테롤 혈증 개선에 효과가 있을 것이라고 보고된 바 있다(Jones 등 2007). 또한, ω -3계 지방산은 항염증 효과, 고지혈증, 제2형 당뇨 등의 개선에 중요한 인자라고 알려져 있으며(Micallef과 Garga, 2009), 동맥경화 질환에 예방 효과가 있을 것이라고 보고되어져 있다(Jun 등, 2011). 따라서, 본 실험 결과 krill meal의 지질 구성 총 지방산 조성은 ω -3계의 EPA와 DHA의 함유 비율이 높은 것으로 나타났다.

Table 2. Fatty acid compositions of antarctic krill

Fatty acid	Peak Area (%)
Lauric acid (C12:0)	0.15±0.00*
Tridecanoic acid (C13:0)	0.05±0.01
Myristic acid (C14:0)	11.83±0.02
Pentadecanoic acid (C15:0)	0.36±0.02
Palmitic acid (C16:0)	27.51±0.05
Stearic acid (C18:0)	1.51±0.01
Saturates	41.41±0.11
Myristoleic acid (C14:1)	0.10±0.01
Palmitoleic acid (C16:1)	6.53±0.19
Oleic acid (C18:1n9)	13.35±0.02
Eicosenic acid (C20:1n9)	0.83±0.01
Docosenoic acid (C22:1n9)	0.88±0.03
Monoenes	21.69±0.26
Linoleic acid (C18:2n6)	2.08±0.02
γ -Linolenic acid (C18:3n6)	0.14±0.01
Eicosadienoic acid (C20:2)	0.10±0.00
Eicosatrienoic acid (C20:3n3)	0.49±0.02
Arachidonic acid (C20:4n6)	0.12±0.01
Eicosapentaenoic acid (C20:5n3)	21.54±0.03
Docosahexaenoic acid (C22:6n3)	12.42±0.07
Polyenes	36.89±0.16

* Mean \pm SD (n=3).

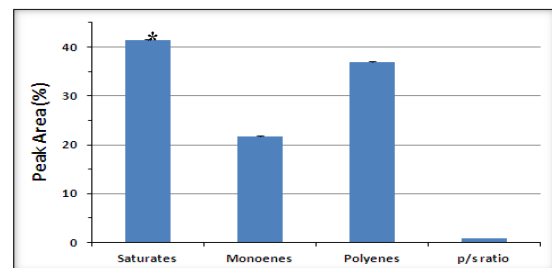


Fig. 1. Fatty acid contents of antarctic krill.

* Mean \pm SD (n=3).

3.2. 무기질 함량

ICP로 분석한 krill meal의 무기질 함량의 결과는 Table 3과 같다. 칼슘이 24477.21 mg kg⁻¹로 가장 많은 함량을 나타냈으며 나트륨 14728.69 mg kg⁻¹, 마그네슘 6973.49 mg kg⁻¹, 칼륨 3981.67 mg kg⁻¹, 철 395.33 mg kg⁻¹ 순으로 높게 나타났으며 망간이 5.74 mg kg⁻¹으로 가장 적은 함량을 나타냈다. 한편, Kim 등(2004)은 krill meal의 무기질 중 나트륨이 2.85%로 가장 높게 나타났으며 다음으로 칼륨, 칼슘, 인, 마그네슘 순으로 높게 나타났으며, Chen 등(2009)에 의하면 krill의 무기질 함량은 인이 100 g당 1415.17 mg으로 가장 높게 나타났고 칼슘이 1334.70 mg로 두 번째로 많은 함량을 나타내었으며 그 다음으로 마그네슘, 철 순으로 높게 나타나 본 실험 결과와 다소 차이가 있는 것으로 나타났으나 이는 실험 방법에 따른 시료의 처리 및 차이에 의한 것으로 사료된다.

Table 3. Mineral contents of antarctic krill

Element	Content (mg kg ⁻¹)
Calcium	24477.21±108.08*
Potassium	3981.67±47.31
Magnesium	6973.49±32.46
Sodium	14728.69±152.76
Iron	395.33±7.30
Manganese	5.74±0.11

*Mean ± SD (n=3).

3.3. 비타민 함량

Krill meal의 비타민 함량은 Table 4와 같다. Retinol이 86717.37 µg RE로 가장 높은 함량을 나타내었으며 β-carotene이 44.87 µg RE로 두 번째로 많은 함량을 보였고 다음으로 tocopherol이 2.60 mg, pantothenic acid가 1.61 mg으로 나타났다. 그 외 riboflavin, thiamin, pyridoxine, calciferol도 미량 검출되었다. β-carotene은 vitamin A의 전구체로 프로비타민A 라고도 불리며 항산화, 망막기능 유지, 압 및 심혈관계 질환의 위험 감소 등의 다양한 기능을 가지고 있어 화장품, 식품, 의약품 등에 사용되는 생리활성물질 중의 하나이다(Go 등, 1999; Jo 등, 2009; Liebler과 McClure, 1996; Terao, 1989). 또한, 대장균으로부터 추출한 β

-carotene이 주름 개선 효과가 있으며(Jo 등, 2008), 카드뎀으로 산화스트레스를 일으킨 쥐에 β-carotene의 급여가 뇌와 고환에 유의적으로 산화스트레스를 감소시켜 항산화 효과가 있을 것이라고 보고되어져 있다(El-Missiry과 Shalaby, 2000). 따라서 krill meal의 비타민 함량은 Retinol과 β-carotene의 함유 비율이 높은 것으로 나타났다.

Table 4. Vitamin contents of antarctic krill

Vitamin	Content
β-carotene (µg RE*/100g)	44.87±2.03**
Retinol (µg RE/100g)	86717.37±2244.79
Calciferol (mg/100g)	0.017±0.01
Tocopherol (mg/100g)	2.60±0.02
Thiamin (mg/100g)	0.06±0.00
Riboflavin (mg/100g)	0.08±0.00
Pantothenic acid (mg/100g)	1.61±0.07
Pyridoxine (mg/100g)	0.01±0.00

*µg RE means micrograms of retinol equivalents.

**Mean ± SD (n=3).

4. 결론

남극해 일대에 대량으로 분포하는 krill의 미래 식량 자원 및 대체자원으로의 이용 가능성을 검토하기 위해 krill meal의 지질 구성 지방산 조성, 무기질 함량 및 비타민 함량을 분석한 결과는 다음과 같다. Krill meal의 지질 구성 총 지방산의 조성은 포화지방산이 41.41%, 단불포화지방산이 21.69%, 다불포화지방산은 36.89%의 비율을 보였으며 p/s ratio는 0.89로 나타났다. 포화지방산 중에서는 palmitic acid가 27.51%, 단불포화지방산 중에서는 oleic acid가 13.35%, 다불포화지방산 중에서는 EPA 및 DHA가 각각 21.54%, 12.42% 비율로 높은 함량을 보여 지방산 조성의 대부분을 차지하였다. 무기질 함량은 칼슘이 24477.21 mg kg⁻¹로 가장 높은 함량을 나타냈으며 다음으로 나트륨, 마그네슘, 칼륨, 철 순으로 구성되어 있었으며 망간은 5.74 mg kg⁻¹으로 적은 함량을 나타냈다. Krill meal의 비타민 함량은 retinol이 86717.37 µg RE로 가장 높은 함유 비율을 보였다. 또한 β-carotene도 44.87 µg RE

의 함유 비율을 보여 두 번째로 많은 함량을 보였고 tocopherol, pantothenic acid, riboflavin, thiamin, pyridoxine, calciferol 순으로 함유되어 있었으며 이중 retinol과 β -carotene이 krill meal의 비타민 성분 중 대부분을 차지하는 것으로 본 실험 결과 나타났다.

감사의 글

본 연구는 국립수산물과학원 위탁과제의 일부이며, 분석에 도움을 주신 수산물과학원 윤호동 선생님과 사정량 실험보조원에게 감사드립니다.

참 고 문 헌

- Bligh, E. G., Dyer, W. J., 1959, A rapid method of total lipid extraction and purification, *Can. J. Biochem. Physiol.*, 37, 911-917.
- Chen, Y. C., Jaczynski, J., 2007, Gelation of protein recovered from whole antarctic krill (*Euphausia superba*) by isoelectric solubilization/precipitation as affected by functional additives, *J. Agric. Food Chem.*, 55, 1814-1822.
- 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. *J. Food Science*, 74(2), 31-39.
- El-Missiry, M. A., Shalaby, F., 2000, Role of β -carotene in ameliorating the cadmium-induced oxidative stress in rat brain and testis, *J. Biochem. Molecular Toxicology*, 14(5), 238-243.
- Go, K. M., Koo, J. S., Kim, Y. I., Yang, J. H., 1999, Preparation and stability of sodium alginate beads containing β -carotene, *J. Kor. Pharm. Sci.*, 29(4), 323-327.
- Jo, J. S., Ku, B. M., Kang, S. S., Lee, J. S., Kim, Y. G., Lee, H., Kim, S. B., Kim, S. W., Kim, C. J., Chung, I. Y., 2008, Anti-wrinkle activity of β -carotene extracted & purified from recombinant *Escherichia coli*, *Kor. J. Biotechnol. Bioeng.*, 23(6), 513-518.
- Jo, J. S., Nguyen, D. Q. A., Yoon, J. K., Kim, Y. N., Kim, Y. G., Kim, S. B., Seo, Y. G., Lee, B. H., Kang, M. K., Kim, C. J., 2009, Extraction & Purification of β -carotene from recombinant *Escherichia coli*, *Kor. J. Microbiol. Biotechnol.*, 37(3), 231-237.
- Jones, P. JH., Demonty, I., Chan, Y. M., Herzog, Y., Pelled, D., 2007, Fish-oil esters of plant sterols differ from vegetable-oil sterol esters in triglycerides lowering, carotenoid bioavailability and impact on plasminogen activator inhibitor-1 (PAI-1) concentrations in hypercholesterolemic subjects, *Lipids in Health and Disease*, 6(28), 1-9.
- Jun, H. J., Ko, J. H., Jung, H. S., Yoon, C. S., Kim, T. K., Kwon, M. J., Lee, S. H., Suk, J. H., Kim, M. K., Kim, D. K., Park, J. H., 2011, Effect of omega-3 fatty acids on low density lipoprotein subfraction, adiponectin and apolipoprotein B in type 2 diabetic patients, *Endocrinol Metab*, 26(3), 218-224.
- Kang, M. J., Lee, E. K., Lee, S. S., 2003, Effects of p/s ratio of fatty acids and antioxidants supplement on serum lipids levels and hepatic antioxidant enzyme activities in rats, *Kor. J. Nutr.*, 36(3), 245-254.
- 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, *J. Kor. Soc. Agric. Chem. Biotechnol.*, 43(4), 309-313.
- Kim, J. D., Chang, J. I., Yoo, M. I., Chung, H. W., Kwon, C. H., Oh, D. S., Kim, C. H., 2004, Effect of krill meal as a feed additive in laying hen diets, *Kor. J. Intl. Agri.*, 16(1), 110-116.
- Kim, S. A., Kim, D. Y., 1995, Status and prospect of antarctic krill fisheries, *Ocean Policy Research*, 10(2), 419-444.
- Koh, T. S., Im, J. T., Park, I. K., Kim, J. H., 2004, Effect of dietary krill meal on the performance of broiler chicks during the acute phase response, *J. Anim. Sci. & Technol.*, 46(2), 173-182.
- Korea Food and Drug Association, 2005, Food standards codex, Korean Foods Industry Association, Seoul, Korea, 367-385.
- Lee, E. H., Cha, Y. J., Oh, K. S., Koo, J. K., 1985, Processing of intermediate product (krill paste) derived from krill, *J. Kor. fisheries society*, 18(3), 195-205.
- Liebler, D. C., McClure, T. D., 1996, Antioxidant reactions of β -carotene: identification of carotenoid-

- radical adducts, *Chem. Res. Toxicol.*, 9, 8-11.
- Micallef, M. A., Garg, M. L., 2009, Beyond blood lipids: phytosterols, statins and omega-3 polyunsaturated fatty acid therapy for hyperlipidemia, *J. Nutr. Biochem.*, 20, 927-939.
- Oh, I. H., Jang, C. H., Kim, W. G., Yang, S. Y., 2011, Development of solid/liquid separation technique for krill (*Euphausia superba*), *J. Lives. Hous. & Env.*, 17(1), 33-38.
- Pierce, R. W., Van der Veen, J., Olcott, H. S., 1969, Proximate and lipid analyses of krill (*Euphausia species*) and red crab (*Pleuroncodes planipes*), *J. Agr. Food Chem.*, 17(2), 367-369.
- Terao, J., 1989, Antioxidant activity of β -Carotene- Related carotenoids in solution, *Lipids*, 24(7), 659-661.
- Yon, S. I., Choi, W. J., Choi, Y. D., Lee, S. H., Yoo, S. H., Lee, E. H., Ro, H. M., 2003, Distribution of heavy metals in soils of Shihwa tidal freshwater marshes, *Kor. J. Ecol.*, 26, 65-70.
- Yoon, G. A., 2012, Beneficial effect of fish oil on bone mineral density and biomarkers of bone metabolism in rats, *Kor. J. Nutr.*, 45(2), 121-126.