

새로운 식량자원인 남극새우 “크릴(Krill)”의 식용화 기술

김 동 수 · 김 영 호

수산물산업화연구부

1. 서론

부유생물로서 동물성 플랑크톤으로 분류하는 크릴은 *Euphausia superba* Dana의 일반적인 명칭으로서 현재까지 85여종이 발견되었다(1989, The new frozen sea food handbook).

-2~2℃의 냉수성 해역(최적 수온 -0.5℃~1℃)인 남빙양에 주로 서식하는 크릴은 *Euphausia superba* 종인데, 남극대륙 연안에서 방란되어 부화된 후 2~3년 지난 성체는 체장 25~60mm(평균 50mm), 체중 0.1~2.5g(평균 1.0g) 크기로 새우와 비슷한 외형을 지니며 수km²에 걸쳐 광범위하게 군집을 이루고 있는데(60,000개체/m², 또는 15kg/m³) 대부분 60°이남 해역인 ice-edge에 밀집되어 있다. 남빙양에 서식하는 크릴의 자원량은 조사자 및 계산방법에 따라 차이가 있으나 수억~수십억톤으로 추정되고 있으며(FAO), 이 중에서 남빙양 생태계를 위협하지 않는 범위내에서 어획할 수 있는 연간 잠재 어획량이 영국 어업조사국에서는 5천만 M/T, 일본 과학기술청에서는 7천만

M/T 또는 FAO에서는 1~2억 M/T 등으로 추정하고 있는데, 이러한 연간 잠재 어획량을 세계 총 어획량과 비교할 때, 그 무한한 양적인 측면에서 미래의 식량자원으로 주목받기에 충분하다.

크릴을 미래의 식량자원으로 이용하기 위하여 1961년 소련이 처음으로 조사선과 조업선을 남빙양에 파견하였으며, 이후 폴란드, 일본, 서독, 불란서, 칠레, 자유중국, 동독 그리고 한국 등이 참여하여 크릴의 어획량이 1982년까지 꾸준한 증가추세를 보였으나, 이후 점차 감소하는 추세를 보였는데 이는 연간 40일 전후의 짧은 조업기간에 따른 조악한 어업환경과 낮은 부가가치로 인한 크릴 이용기술의 제약이 주된 이유인 것으로 나타나고 있다.

국내 크릴 어업의 역사는 정부에서 1978년에 남빙양의 Wilkes land 해역과 Enderby land 해역에 시험연구선을 파견하여 남빙양 어류환경조사와 어획시험을 실시한 후 1988년까지 7차에 걸친 시험조업으로 10,000여톤을 어획한 바 있으며 특히, 1987년에는 남극개발에 참여할 수 있는 남극조약에 가입하여 크릴 식용화 기술에 박차를 가하는 듯

하였으나 1988년 이후 민간 주도의 상업적 크릴 조업 정책으로 바뀐에 따라 크릴 어업에 대한 정부의 지원정책이 퇴조하고 크릴 어획물에 대한 경제적 이용기술의 개발도 이루어지지 않아 크릴 어업 전망은 점차 악화되고 있다. 그러나 '90년대 초반 이후 원양 수산자원의 보호 필요성이 강력하게 대두되는 새로운 국제 해양법 질서가 정립됨에 따라 아직까지 자원보호 대상에서 제외되고 있는 크릴이 국가적 차원에서 확보해야 할 새로운 해양자원으로서 재평가되기에 이르렀으며, 크릴 어업의 채산성을 높이기 위한 고부가가치 가공이용 기술인 크릴 식용화 기술의 개발이 필요하게 되었다.

2. 크릴 식용화 연구 현황

학술적으로 발표된 연구자료는 많지 않으나 일본, 러시아 및 페루 등지에서는 실질적으로 식용화하고 있고 식용화 방법도 매우 다양하여 일본의 경우 신선한 크릴을 생(헛감용)으로, 튀김용 소재로, 또는 만두속에 첨가하는 등 활용도를 제고 하려고 하는 노력이 진행중에 있고 페루에서는 통조림 제품으로 직접 생산하고 있는 실정이다. 이러한 내용은 학술적으로 발표되지 않고 있어 실질적인 세계적인 활용상황은 추적하기가 어렵다.

국내의 식품관련 문헌이나 특허가 수록되어 있는 FSTA를 검색하면 1980년 이후의 크릴관련 논문 및 특허가 130여편에 불과하여 아직 크릴에 대한 각국의 연구가 활발하지 못한 것으로 나타나고 있다. 이들 연구의 대부분은 크릴의 생태학적 또는 생물학적 특성, 가공식품으로서의 가공적성, 식품안전성 측면에서의 불소감량방법, 가공방법 및 제품개발등에 관한 것으로서 대부분이 크릴 식용화에 초점을 두고 있다. 그러나 아직 가공식품으로서 실용화율은 매우 저조한 편이며, 소련, 일본 등 일부 국가에서 크릴을 이용한 제품이 소량 생산되고 있을 뿐이다.

한편, 국내에서의 크릴 관련 연구는 1977년 이후 1997년 현재까지 30여편의 논문이 발표되어 지난 20년동안 매년 1~2편 정도가 발표되었는데 우

리나라가 남빙양에 시험조사선을 띄워 남빙양 어류 환경조사와 크릴을 어획하기 시작한 1970년대 말에서 1980년대 중반까지 크릴 관련 연구가 가장 활발하였으며, 이후 정부의 크릴 정책지원이 퇴조하기 시작한 1990년대 초반부터는 크릴 관련 연구 활동이 저조한 것으로 나타났다.

발표된 논문의 경향을 살펴보면 1980년대 중반까지는 남빙양 크릴의 식량자원화에 목적을 두고 가공적성 및 가공기술에 대한 연구가 주로 진행되었으나, 이후 크릴 껍질에 다량의 불소가 존재하여 식품안전성 측면에서 문제가 되고 있음이 밝혀짐에 따라 물리·화학적 방법 또는 기계적 방법에 의한 불소 감량 방법에 대한 연구에 초점을 두었다. 이러한 측면에서 국내에서는 한국식품개발연구원에서 전기농축방법을 이용하여 남극새우의 껍질에 존재하는 불소를 감량시킬 수 있는 방법을 개발하여 국내는 물론 일본 및 영국 특허를 받은 상태이며, 이외에 기계적으로 크릴의 껍질을 탈각하여 불소함량을 감량시키는 방법이 개발되기도 하였으나 껍질과 같은 부산물 활용에 대한 연구 결과는 거의 없는 실정이다.

현재의 국내수물의 수급실정으로 볼 때 새로운 식량자원의 개발과 이용은 매우 시급한 때이며 국가적으로도 아주 중요한 현실이 되고 있다. 따라서 이미 국내 원양회사(주, 인성실업)에서 남빙양에서 조업을 하고 있고 어획한 크릴을 식량차원에서 새로운 이용개발을 위해 노력하고 있으나 많은 장애 요인이 있어 정부적 차원에서의 지원이 절실한 시점이다.

2.1 성분조성

크릴의 성분조성은 성별, 나이, 어획시기, 크기에 따라 차이가 있으나, 일반적으로 수분 76~82%, 조단백질 11~15%, 조지방 1~4%, 회분 2~4%, 키틴 0.5%, 환원당 0.5% 정도로 보고되고 있다. 크릴의 영양적 가치는 대체적으로 높은 것으로 나타나고 있는데 육질을 구성하고 있는 단백질의 필수아미노산 조성은 우유 또는 우유과 유사하나, 화학가 및 아미노산가는 우유나 우유보

다 양호한 것으로 나타나고 있다. 단백질 효율성은 2.8로서 계란(3.6)에 비하여 떨어지나 우유 단백질인 카제인(2.9)과는 유사하며, 생물가는 82.2로서 카제인(80.6)보다는 높으나 전란(98.8)보다는 낮고, 소화율은 91.7로서 전란(92.2)과 카제인

(95.9)보다 낮은 것으로 보고되고 있다. 지방함량과 지질구성성분은 계절의 변화에 따라 차이가 크게 나타나고 있는데 인지질 함량이 45~65%로서 매우 높다. 지방산 조성은 포화지방산보다 불포화지방산 함량이 높으며, 불포화지방산 중에서도

표 1. General Component of Antarctic Krill Meat

Sample(No)	Moisture	Crude Protein	Crude Fat	Crush ash
1	76.60	19.63	2.65	1.48
2	79.95	17.65	1.31	1.43
3	79.69	17.41	1.64	1.45
4	84.20	12.90	0.40	1.10

표 2. Comparison of Amounts of Crude Protein and Crude Ash in Boiled Krill and Raw Krill

Sample(No)	Body length(cm)	Body weight(g)	Chemical Component(%, dry weight)	
			Crude Protein	Crude ash
1 Raw	4.0	0.9	73.5	16.4
			Boiled	67.6
2 Raw	4.2	1.2	74.2	12.9
			Boiled	65.0
3 Raw	4.4	0.6	71.5	12.7
			Boiled	64.9

표 3. Vitamine and Vitamine Related Compounds of Krill

Substances	Amounts in Frozen Whole Body(Wet bases)
Vitamin A	380 I. U/100g
Astaxanthin	3.12 mg/100g
Riboflavin	1.58 γ /g
Vitamin B ₆	1.1 γ /g
Ca-panthothenate	15 γ /g
Niacin	70 γ /g
Folic acid	60 γ /g
Biotin	10 γ /g
Vitamine B ₁₂	16 γ /g

표 4. Protein Efficiency Ratio, Biological Value of Each Part of Krill

Feed	Weight Gain(g/2wKs)	Per	NPR	BV	Digestibility(%)	NPU
Egg	104.7	4.11	5.17	99.7	93.4	93.1
Casein	67.8	3.02	4.25	78.6	97.0	76.2
Raw Krill	75.8	3.16	4.25	75.0	93.1	69.8
Peeled Meat*	73.2	3.00	4.13	75.1	93.1	69.9
Cephalothorax	89.7	3.23	4.32	80.0	94.8	75.8
Tail Meat	95.7	3.41	4.38	80.9	96.6	78.1

* Each part is of degatted krill

PER : Protein Efficiency Ratio

NPR : Net Protein Ratio

Bv : Biological Value

NPU : Net Protein Utilization

EPA(C_{20:5}), DHA(C_{22:6}) 및 올레인산(C_{18:1})의 함량이 매우 높아 EPA 및 DHA의 생리작용을 고려할 때 크릴의 지방은 우수한 조성을 가지고 있는 것으로 평가할 수 있다.

크릴의 껍질 및 위벽의 내층은 키틴, 조단백질, 조지방 및 무기질로 구성된 키틴질로 형성되어 크릴 생체중의 30% 수준을 차지하고 있으며, 이 중에서 키틴은 생체중의 1.5% 수준인 것으로 보고되고 있다. 이외에 380 I.U./100g 정도로서 비교적 높은 함유량을 가지고 있는 비타민A는 물론 각종 비타민 B군이 다량 함유되어 있으며, 무기질은 새우류의 무기질과 성분조성이 유사하지만 비소함량은 적은 것으로 보고되고 있으며 그 양도 어류의 1/10에 불과한 것으로 나타나고 있다. 이외에 카드뮴, 크롬, 수은이 각각 0.08~0.74 ppm, 0.1~0.5ppm, 0.01~0.155ppm 수준으로서 중금속에 의한 안전성 문제는 없는 것으로 나타나고 있다.

2.2 크릴의 사후 생물학적 특성

2.2.1 자가소화 현상

크릴은 두흉부에 강력한 효소활성을 지닌 단백질 분해효소가 많이 존재함과 동시에 연한 육질을 가지고 있다는 생물학적 특성이 있다. 이러한 생물학

적 특성으로 어획 후 수시간 이내에 크릴의 육질이 연화되어 액즙이 유출되고, 흑변과 더불어 불쾌치가 형성되어 크릴의 이용에 문제점을 일으키고 있다. 자가소화를 일으키는 단백질분해효소의 활성은 두흉부 내장기관에 존재하는 단백질분해효소에 의한 것이 95% 이상이고, 5% 정도가 육질에 존재하는 단백질분해효소에 의한 것으로 알려지고 있다. 따라서 어획 즉시 두흉부를 제거한다면 단백질분해효소에 의한 육질의 자가소화현상은 지연되거나 억제될 수 있는데, 어획 후 식용으로 가공처리까지의 시간을 고려할 때 두흉부 제거 후 식용에 적합한 가능성을 가질 수 있는 적정 저장시간에 대한 연구가 수반되어야 한다.

국립수산진흥원(1984)은 어획 당시의 크릴은 7.1mg/100g의 휘발성염기태 질소를 나타내는데, 식품가공원료로 이용하는 선도한도치인 20mg/100g에 도달하기까지에는 0℃에서 24시간, 6℃에서 17시간, 20℃에서 8시간 정도 걸리는 것으로 발표하고 있어 크릴의 자가소화현상, 육질의 탄력성저하 및 흑변현상 등을 고려하면, 적정가공적성을 유지하기 위한 저장시간은 선내 처리공장은 0(±1℃)에서는 3~4시간, 남방양어장의 해수온도(0±1℃)에서는 7~8시간, 상온(20±1℃)에서는 1~2시간이 적절할 것으로 생각된다.

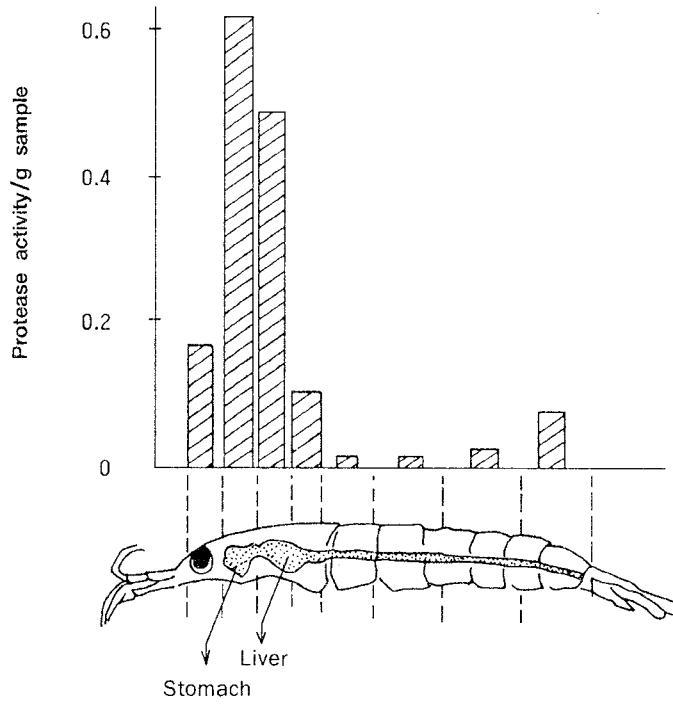


그림 1. Distribution of caseinolytic activity in krill body

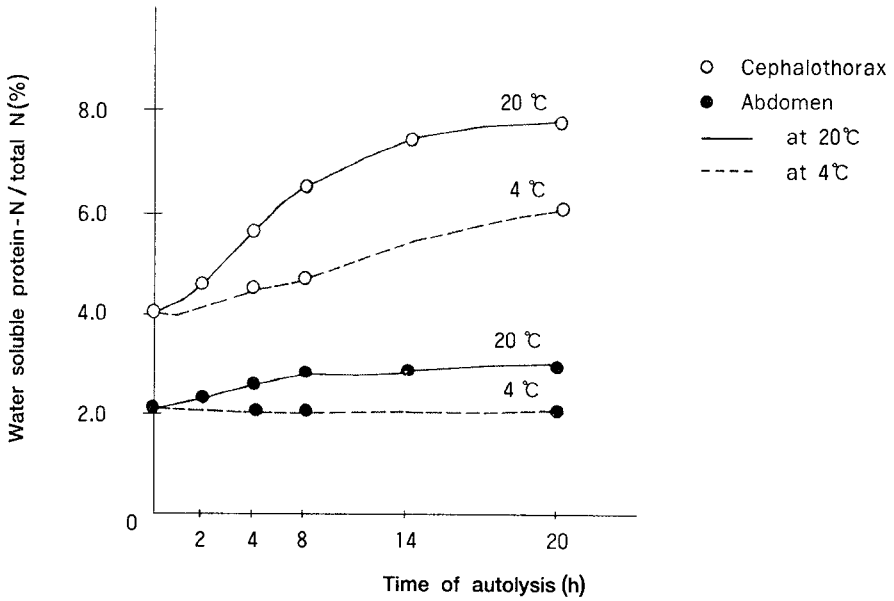


그림 2. Autolysis in cephalothorax and abdomen of krill

2.2.2 흑변현상

크릴을 식용으로 이용하기 위해서는 일정 시간동안 신선한 상태를 유지하여야 하는데, 어획 후 시간이 경과됨에 따라 흑변이 일어나고 불쾌취가 생성되기 때문에 가공적성에 문제가 되고 있다. 크릴에서 일어나고 있는 흑변현상은 대부분의 갑각류에서와 마찬가지로 tyrosinase에 의하여 tyrosine이 melamine으로 변하기 때문인 것으로 생각하여 tyrosinase 활성을 억제하는 방법이 연구되어 왔으나, 최근에는 catechol oxidase의 작용이 더 큰 영향을 미치는 것으로 밝혀지고 있다. 이러한 흑변현상은 22~37℃ 온도에서는 빨리 진행되고 60℃ 이상 또는 2℃ 이하의 온도에서는 서서히 진행되고 특히, 건조된 상태나 동결된 상태에서는 흑변이 지연되거나 방지되는 것으로 밝혀지고 있어 동결전이나 해동후에 흑변이 급속히 진행되고 있음을 알 수 있다. 이와 더불어 식물성플랑크톤에서 유래되는 dimethyl-β-propiothetin의 효소적 분해에 의하여 생성된 dimethyl sulfide 또는 지방 분해산물인 각종 carbonyl 화합물에 의하여 불쾌취도 동시에 생기기 때문에 크릴의 적정가공적성을 유지하기 위해서는 선상에서의 급속가공처리공정이 요구되고 있다.

2.2.3 불소함량

불소는 인체의 뼈와 치아에 fluoroapatite 형태로 집중 분포되어 100~600ppm 농도로 존재하고 있다. 불소를 적당량 섭취하면 (1.5~4.0 mg/day) 충치예방과 같은 잇점이 있으나, 불소를 과다하게 섭취하면 dental fluorosis, skeletal fluorosis와 같은 만성독성을 나타내고 하루에 8mg 이상을 장기간(10~20년) 섭취할 경우 척추 및 신경조직에 장애를 가져오는 것으로 알려져 있다. 이러한 불소의 독성으로 인하여 미국과 유럽 등에서는 식품중의 최대잔존량을 법적으로 규제하고 있으며, 특히 FDA에서는 100ppm 이하로 규정하고 있다. 크릴에는 다른 어류나 갑각류와는 달리 불소이온이 비정상적으로 많이 축적되어 있으며 최고 2,400ppm까지 함유하고 있다. 따라서 크릴의 식용화 연구는 안전성과 연관한 불소의 감량연

구가 수반되어야 하며, 이러한 관점에서 불소감량 방법에 대한 연구가 활발하게 진행되어 왔다. 크릴에 존재하는 불소는 두흉부, 각피, 다리에 집중되어 있는 반면 육질에는 적게 분포되어 있는 것으로 나타나고 있는데, 어획된 크릴의 불소이온은 두흉부, 각피와 같은 키틴질에서 육질로의 이동을 계속하여 점차 육질의 불소함량이 증가하고 있다. -40℃ 이하의 심온 동결상태에서는 불소이온의 이동은 거의 없는 것으로 나타나고 있으나 이 이상의 온도에서는 불소이온의 이동이 일어나고 있어, 불소이온이 집중적으로 분포되어 있는 두흉부 및 껍질을 어획 즉시 제거하여 가능한 한 저농도의 불소를 함유하고 있는 육질을 얻고자 하는 연구가 진행되어 왔다. 이러한 방법의 일환으로 크릴의 껍질을 제거하여 불소이온의 이동을 억제하는 기계적 탈각방법과 물리화학적 방법을 이용한 불소이온 제거기술에 대한 연구가 병행되어 크릴에서 불소이온을 완전히 제거할 수 있는 기술 개발의 가능성을 보여주고 있다.

그러나 최근 정부에서는 크릴을 껍질채 사용할 수 있는 법적인 허용방침에 따라 활용도가 매우 높을 것으로 사료되고 껍질의 불소함량에 대한 문제점은 완전히 종식되었다.

3. 크릴 식용화 기술 현황

무한한 잠재적 자원량으로 인하여 미래 식량자원으로 주목받기 시작한 크릴은 1961년 소련에서 최초로 식용화 기술개발을 시도한 이래 폴란드, 일본, 독일 그리고 우리나라 등에서 크릴의 어획 및 식용화에 관심을 가지게 되었다. 소련에서는 남빙양 크릴을 연간 80~100천 M/T정도 어획하여 크릴 페이스트(paste) 가공법 등 초기에는 식용화 기술개발에 투자를 하였으나, 크릴 원료의 식품소재로서의 관능적 평가 및 가공적성에 대한 문제점을 해결하지 못해 어획한 크릴의 대부분을 어분이나 가축의 사료로 이용하고 있다. 일본에서는 크릴의 식용화에 대하여 관심을 가지기 시작한 1972년 이후 크릴 저속냉동품을 새우와 같은 식품소재로 이

용하였으나, 과도한 불소함량 등 식품소재로서의 문제점이 발견된 1978년 이후부터는 식품소재로서 이용하는 자숙냉동품보다는 낚시미끼, 사료 등으로 이용하는 생냉동품의 소비가 증가하고 있다. 그러나 최근에는 크릴의 생물학적 특성인 자가소화현상을 이용한 크릴 추출물을 생산하여 각종 소스류로 광범위하게 이용하고 있다. 우리나라에서는 1978년에 남빙양 크릴 시험조합에 착수한 이래 1995년까지 13차에 걸쳐 크릴을 어획하였으나 그 어획량은 소련이나 일본에 비하여 매우 미미한 수준이며, 정부의 크릴어업 지원정책 퇴조 등으로 크릴의 식용화 기술 개발은 부진한 상태이다. 현재까지 알려진 크릴 가공식품의 제품 및 제품특성은 다음과 같다.

■ 생냉동품

크릴은 크기 및 어획시기에 따라 보수력과 유리액즙량의 차이가 나타나는데, 일반적으로 냉동크릴의 유리액즙은 38~50%, 보수력은 27~37% 수준이며 크릴의 크기가 작을수록 유리액즙량은 증가하고 보수력은 감소하고 있다. 냉동에 의한 단백질 변성은 일반새우에 비하여 크릴의 단백질 변성이 크게 나타나며 특히 근장단백질보다 근원섬유단백질의 변성이 크게 나타나고 있다. 연한 육질을 지닌 크릴의 생냉동품은 냉동에 의한 단백질 변성과

더불어 해동시 발생하는 다량의 유리액즙으로 인하여 보수력이 낮아져 가공적성이 불량하며, 가공적성을 높이기 위하여 sodium glutamate나 설탕 등을 가하여 냉동에 의한 변성을 방지하거나 지연시키는 방법이 모색되고 있다. 일본에서는 이러한 생냉동품을 그대로 자숙하거나 껍질을 벗겨 자숙한 것을 이용하는데, 계란을 입힌 크릴을 자숙하여 냉동한 제품도 생산되고 있다. 이 제품은 수분함량을 40~50% 수준까지 낮추면 0~10℃ 온도에서도 저장 가능한 것으로 알려지고 있다. 그러나 아직까지 생냉동된 크릴의 대부분은 이료나 사료의 원료로 이용되고 있는 실정이다.

■ 자숙냉동품

크릴의 생물학적 특성중 하나가 어획후 급속한 자가소화 현상과 흑변을 일으킨다는 점이다. 이러한 문제를 해결하기 위하여 어획후 즉시 자숙한 다음 냉동시키는 자숙냉동방법이 개발되었다. 자숙냉동품은 크릴의 껍질을 벗겨 자숙하는 것과 크릴 전체를 자숙하는 것 등 2종류로 나눌 수 있는데, 일본에서는 껍질을 벗겨 자숙하는 것보다 크릴 전체를 자숙하여 냉동시키는 것이 매우 높은 비중을 차지하고 있다. 자숙 공정을 하는 근본적인 이유는 자가소화를 일으키는 단백질분해효소가 63~80℃

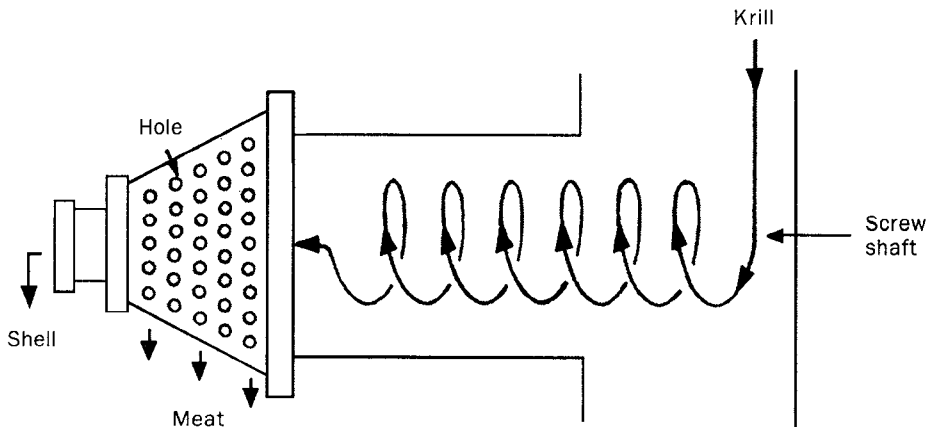


그림 3. Deboner

의 온도에서 대부분 실활되며, 흑변의 원인이 되고 있는 tyrosinase 활성 역시 이러한 온도대에서 상당량 실활되기 때문에 이러한 효소들의 실활로 인하여 자가소화현상과 흑변현상을 지연 또는 방지하고자 함에 있다. 어획한 즉시 선상에서 크릴을 자숙할 경우에는 바다물로 90℃에서 5분간 branching한 다음, 물을 제거하여 급속동결하는 것이 품질 좋은 자숙냉동품을 생산할 수 있는 것으로 알려져 있다.

■ 건제품

건제품을 생산하기 위하여 신선한 크릴을 원료로 사용하면 품질이 좋은 건제품이 생산되나, 생냉동품 또는 자숙냉동품을 사용하여 건제품을 생산하면

흑변, 지방산패 그리고 풍미손실 등을 초래하게 된다. 건조 크릴의 수분함량은 5~25% 수준인데 수분함량이 낮을수록 보존성은 좋아지지만 부서지기 쉬운 단점이 있다. 수분함량 40~50% 수준인 반건조상태의 크릴제품은 조직감이 좋아지지만 저장중 일어나는 변색과 변패를 방지하기 위하여 냉장저장을 하여야 한다. 크릴 건제품의 외관을 좋게 하기 위하여 간, 채장과 같은 내장을 제거하여 건조하지만, 이 경우에는 크릴 특유의 풍미가 대부분 소실되고 수율이 감소되는 단점이 있다.

■ 페이스트(paste)

크릴 페이스트의 상업적 개발은 소련에서 시작되었다. 제조방법은 어획 즉시의 신선한 크릴을 압착

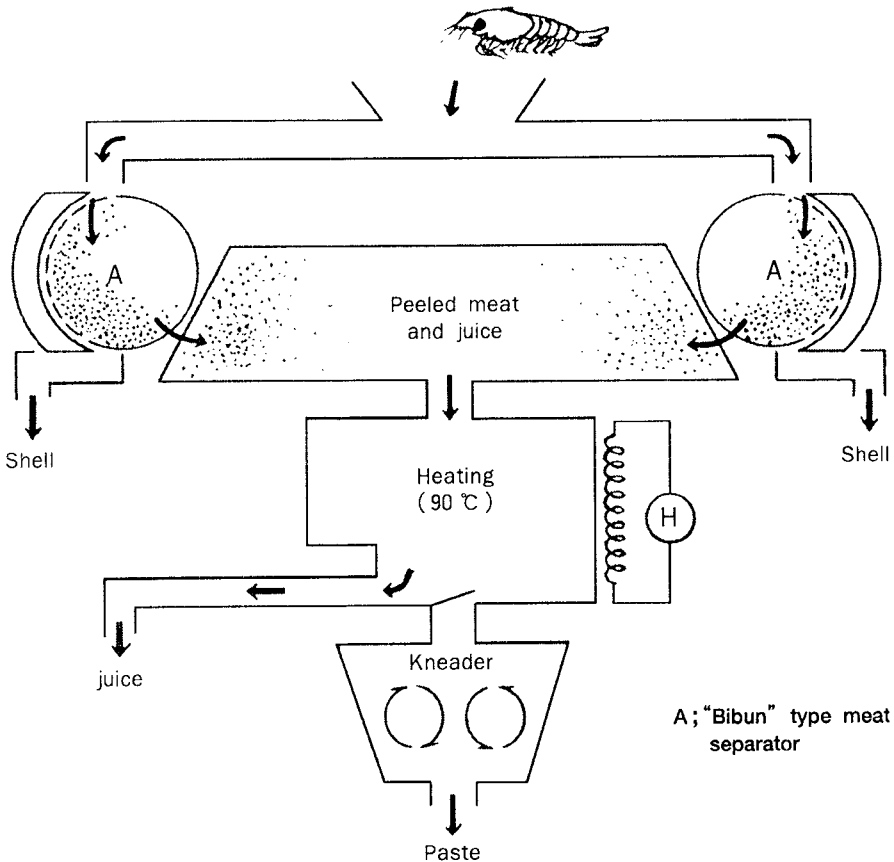


그림 4. Manufacturing machine of krill paste in USSR

하여 단백질이 함유된 주스를 모은다. 주스에 90℃ 정도의 열을 가하여 열응고단백질을 따로 분리한다. 다음, 압착 성형하여 냉동 보관하는데 선상에서 직접 제조할 수 있도록 탈각공정, 가열공정, 분리공정을 연속적으로 할 수 있는 기계장치가 고안되어 수율 10% 수준의 페이스트를 생산할 수 있다.

크릴 페이스트는 연분홍색으로 연질치즈와 같은 외관을 가지는데 여러 가지 식품 소재로써 또는 치즈, 버터 등의 혼합물로써 이용되기도 한다. 크릴 페이스트가 함유된 치즈 스프레드, 스낵형 치즈 등이 개발되어 호응을 받고있으며 이외에도 크릴 페이스트가 함유된 크로켓, 소시지 등이 생산되기도 한다.

이러한 크릴 페이스트는 단백질, 지방, 비타민, 무기질 등으로 구성되어 있기 때문에 영양가는 물론 생리적 기능성도 좋은 것으로 나타나고 있다. 크릴 페이스트의 수율을 높이는 방법이 개발되었는데 이는 냉동된 크릴에 동량의 물을 가하여 2시간 정도 정치시킨 다음 45℃에서 가수분해시켜 압착, 가열, 열응고단백질 분리 등의 공정을 거치는 것으로 초기의 소련식 방법이 9.0%의 단백질수율(db)을 보인 반면 개선된 방법으로는 40.3%의 수율(db)을 보이고 있다. 일본에서는 이와는 다른 제조 방법 즉, 내장을 제거한 크릴과 소금을 혼합하여 균질화한 크릴-소금 균질액을 원심분리하여 상등액을 취한다음, 전기투석하여 소금을 제거하고 원심분리하여 상등액을 얻는다. 이것을 열응고시켜 응고단백질을 모은다. 그러나 이러한 공정에 의한 크릴 페이스트는 아직 실용화가 안된 상태이다.

■ 냉동선상크릴육(frozen surimi)

surimi 제조공법을 이용한 냉동선상크릴육의 제조방법이 일본에서 개발되었다. 냉동선상크릴육은 red surimi와 white surimi의 두가지 형태로 제조할 수 있다. Red surimi는 원심분리로 크릴의 내장을 제거한 다음, meat collector로 육질과 껍질 부위를 모아 여기에 sorbitol(5%), polyphosphate(0.3%), 건조난백(1%) 등을 첨가하여 silent cutter에서 혼합한 후 정형하여 -23℃

에서 동결시켜 제조한 것으로 껍질의 적색소로 인하여 red surimi로 명명하고 있다. White surimi는 껍질과 내장을 제거하여 얻은 육질과 sorbitol(10%), polyphosphate(0.3%), 건조난백(1%) 등을 혼합하여 동결시킨 것을 말한다. 크릴 surimi로 만든 kama-boko는 맛과 향이 너무 강하기 때문에 명태로 만든 냉동선상어육과 혼합하여 사용하기도 하며, 기타 다른 제품의 풍미강화제 또는 색상개선제로 이용되기도 한다.

■ 크릴농축단백질(protein concentrate)

수분 80%, 단백질 13%를 함유하고 있는 크릴은 운반과 저장이 어렵기 때문에 용량을 줄이고 저장성을 좋게하기 위하여 수분과 지방을 제거한 후 고농도의 단백질을 함유하고 있는 분말이나 고형물로 가공된다. 분말단백질, 다공성농축단백질, marin-beef 등 여러 가지 제품들이 실험실적으로 생산되고 있지만 선상에서의 제조과정 중 isopropanol과 같은 가연성용매를 사용하여 추출해야 하는 문제점이 있기 때문에 아직 실용화가 안된 실정이다. 다공성 크릴농축단백질은 크릴 육질로 만든 페이스트를 가공하여 제조하는데 300~500%의 수화율을 가지기 때문에 쇠고기 등과 혼합하여 햄버거 또는 다른 유사 식품의 원료로 이용되고 있다. 크릴 marinbeef는 백색어육으로 만든 marinbeef 제조공법을 응용하여 제조할 수 있으나 크릴육질의 점도가 매우 낮기 때문에 압출공정에 주의를 기울여야 한다. 크릴 marinbeef는 연분홍색 또는 연노랑색을 띠며, 크릴 특유의 이취가 제거되어 새우와 유사한 풍미를 나타내고 수화율은 300~400% 정도이다. 크릴 marinbeef는 새우나 게의 대용품으로 이용될 수 있다.

■ 크릴액화단백질

액화단백질은 효소의 작용으로 크릴 단백질을 펩타이드나 아미노산까지 분해시켜 수용성으로 만들어 이를 조미료등으로 사용할 목적으로 제조되는 것으로 일본에서는 크릴액젓이라는 상품명으로 상용화되어 한국 등에 수출하고 있으며 우리나라에서

는 찌개류, 나물무침, 김치 등의 조미료로 사용하고 있다.

4. 크릴 식용화 기술 개발 방향

4.1 제품 개발

생태계의 변화를 일으키지 않고 연간 1억M/T 정도 어획가능한 것으로 추정하고 있는 남빙양 크릴은 그 무한한 양적 가치 측면에서 미래의 양질의 동물성단백질원으로 주목받고 있다. 크릴을 식용화하기 위한 연구는 1960년대 초부터 시작되었으나 제한된 어획시기, 어획후 장거리 수송, 어획된 크릴의 급격한 생물학적 변화(자가소화현상, 흑변현상, 불쾌취 생성 등) 등 경제적, 기술적 측면의 문제와 더불어 크릴의 껍질에 과량으로 함유되어 있는 불소이온으로 인한 안전성문제가 완전히 해결되지 못하여 크릴의 식용화기술은 아직 초보단계에 있다.

그러나 선상조업 직후의 급속냉동, 열처리에 의한 효소의 불활성화, 기계적 탈각방법의 개발, 물리화학적 불소이온제거기술, 질소가스를 충전시킨 포장용기의 사용 등으로 이와 같은 많은 문제점이 점차 해결되어 일본에서는 크릴액젓과 같은 제품이 상품화되어 유통되고 있다. 크릴 가공제품이 식품으로서 지속적인 상품성을 갖기 위해서는 품질과 가격에서 경쟁력이 있는 다양한 제품이 생산되어야 하며 특히, 각 나라는 식생활과 관습이 서로 다르기 때문에 그 나라의 식문화적 특성을 고려한 제품이 개발되어야 할 것이다. 이러한 관점에서 우리나라는 새우, 게 등 갑각류의 조직감과 풍미를 선호하는 경향이 있으므로 크릴을 이용한 다양한 제품의 개발 전망은 밝은 것으로 사료된다.

국내외적으로 현재까지 실험실적으로 개발되었거나 상품화된 제품으로는 저차 가공품으로 생냉동크릴, 자숙냉동크릴, 건조크릴 등이 있고, 고차 가공품으로는 페이스트, 분말, 농축단백질, 액화단백질(액젓), 크릴surimi, marinbeef 등 다양한 종류가 있으므로 이들 제품의 경제성 및 기호성 검토를

통하여 각 나라별 국민들의 기호에 적합한 새로운 제품이 개발되어야 할 것이다. 즉, 소련에서는 크릴 페이스트를 선호하는 경향이 있지만 일본에서는 marinbeef 또는 크릴surimi와 같은 형태의 제품을 선호하므로 수출을 목적으로 이러한 제품에 대한 연구개발이 필요하고, 내수용에서는 새우 조직감 및 새우 향을 좋아하는 우리 국민의 정서를 감안하여 생크릴 원형을 유지하는 제품과 크릴 향을 강조할 수 있는 조미료 및 첨가제로의 개발이 우선되어야 할 것으로 생각된다.

이와 같은 내수용, 수출용의 차별화 제품개발 정책과 더불어 크릴의 부가가치를 높일 수 있도록 크릴 생체중의 60% 정도를 차지하고 있는 비가식부위의 활용방안에 대한 연구가 중요하다. 비가식부위에는 각종 효소, 키틴질, 지방질 등이 다량으로 함유되어 있으며, 이들을 원료로하여 유용 효소의 분리 및 정제, 키틴·키토산의 제조, Astaxanthine 강화 인지질 등 기능성소재에 대한 연구 개발이 병행되어야 한다.

4.2 식용화 정책 개발

크릴은 우리나라에서도 '99년 3월이후 완전히 식용화가 가능한 품목으로 결정되어 각종 식품의 첨가소재로 활용이 가능하게 되었고 껍질채 사용해도 되기 때문에 크릴 이용의 가장 장해요인이 해결되었다. 일본에서는 슈마이(중국만두의 일종), 샌베류(과자류), 튀김용 및 액젓 등으로 크릴을 식용하고 있는데, 그 동안 우리나라에서는 아직 크릴을 식용화하지 않고 사료나 이료로 이용하고 있는 실정이다.

최근 해양수산부에서도 크릴의 식용화 허용 방침을 결정하고 새로운 식량자원의 활용통로를 열어 적극적으로 대처하고자 하는 의지를 보여 주었으며 이러한 결정은 수산식품의 개발과 이용에 많은 도움을 줄 수 있게 되었다.

그러나 크릴은 어체가 적고 해동 후 자가소화 효소의 활력이 매우 커서 식품업계에서 사용하기가 여간 까다로운 소재가 아니다. 다시 말하면 크릴중

에 껍질이 차지하는 비중이 40~50%수준이 되어 수율이 매우 낮고, 그것도 빨리 처리하지 않으면 육이 액화되어 소실되므로 경제적인 손실이 매우 크다는 점이다.

그러므로 상업적이고 경제적인 활용을 위해서는 일본처럼 껍질을 포함한 전어체를 활용할 수 있는 방법개발이 필요하다.

5. 결론

남빙양에 서식하는 크릴의 자원량은 대체로 10~20억 M/T으로 추정되고 이중에서 남빙양 생태계에 영향을 주지않고 어획할 수 있는 적정 어획량은 0.5~2억 M/T인 것으로 알려지고 있다. 크릴의 적정 어획량을 1억 M/T으로 계산하여 이중 1%를 국내 원양어선이 어획한다면 연간 1,000천 M/T의 어획이 가능하여 단일 어종으로서는 최대의 어획량을 가질 수 있다.

그리고 크릴의 육질을 20%, 비가식부위를 60%로 계산하면 연간 200천 M/T의 동물성 단백질원 제품 생산과 동시에 600천 M/T의 부산물을 활용한 기능성식품 소재의 생산이 가능한 최대의 식량 자원이다. 단백질원 식품 또는 기능성 식품 소재로서 크릴을 이용하기 위해서는 크릴 식용화 기술 개발에 대한 정부의 정책적 지원이 뒷받침되어야 하며, 업계, 학계, 연구기관이 서로 협동하여 기초연구와 실용화기술이 동시에 수행되어야 한다. 크릴을 식용화하기 위한 기초연구로서는 tyrosinase와 같은 효소에 의한 변색현상 억제기술, 크릴 불쾌취 방지기술, 불소감량기술, 효소·단백질 등 유용성분의 분리 및 정제기술, 생리활성 및 특수물질의 탐색 등이 있으며, 실용화기술로서는 열응고단백, 크릴 단백질축출물, 크릴 marine beef 등과 같은 육 가공제품의 소재 개발, 크릴 액젓과 같은 조미료 소재 개발, 크릴 부산물을 활용한 키틴·키토산, 색소(astaxanthine), 기능성 지질 등 건강식품 소재 개발 등이 있다. 이러한 연구를 통하여 미래식량자원의 이용기술을 확보하여 국가경쟁력을 강화하여야 할 것이다.

참고자료 및 문헌

- 박영호, 이용호, 이강호, 변대형, 유흥수, 오후규, 김세권, 김선봉, 남빙양 크릴의 이용에 관한 연구(2) 각종 가공품의 제조, 한국수산학회지, 13(2), 65~85(1980).
- ARAI, k., Watanabe, T. and Kinumaki, T.:Bull. Tokai Reg. Fish. Res. Lab., No. 85 (1976) 1-12
- "Experiments on the production of frozen fish block from krill", a Nihon Kyodo Whaling Co., Ltd., Report 1978, p.26, 1979, p.34.
- BOTTINO, N. R.:Mar. Biol., 27 (1974) 197-204.
- BOTTINO, R.Comp.Biochem. Physiol., 50 (1975) 479-484.
- CHOKKI, S., Matsumoto, k., Maekawa, A., Suzuki, T. and Hamakawa, T.:Present. annual meeting, Agric. Chem. Soc. Jap., Sapporo, July, 1975.
- CHOKKI, S., Matsumoto, K., Maekawa, A., Suzuki, T. and Hamakawa, T.:Present. annual meeting, Jap. Soc. Food Nutri., Tokyo, Dec. 1974.
- FERGUSON, G. P. and Raymont, J. K. B.:Man. Biol. Assoc. U. K., 54 (1974) 719-725.
- GRANTHAM, G. J.:In "The Utilization of Krill", Southern Ocean Fisheries Survey Programme, FAO, 1977, pp3-16
- GRANTHAM, G. J.: "The utilization of krill", Southern Ocean Fisheries Survey Programme, FAO, 1977, p. 41.
- HASHIMOTO, A. and Arai, K.:Bull. Jap. Soc. Sci. Fish., 45 (1979) 1453-1460.
- HANSEN, R. P.:J. Sci. Food Agric., 21 (1970) 203-206
- IWATANI, M., Obatake, Y. and Ta-mura,

- E.:Jap. J. Nutr., 35(1977) 101-107.
- KINUMAKI, T.: "Reito", 53, No. 611 (1978) 821-825.
- KINUMAKI, T.: Rep. on exchange information about Jap. USSR fisheries, Fish. Agency, Jap., 1978.
- KINUMAKI, T., Iida, H. and Shimma, H.: Bull. Jap. Soc. Sci. Fish., 42 (1976) 769-776.
- KINUMAKI, T.: Indo-Pacific Fishery Commission (FAO), Symp. Manila, 1978.
- KINUMAKI, T.: "Comprehensive studies on the effective utilization of krill resource in Antarctic Ocean", Science and Technology Agency, Japan, 1980, pp.57-65
- KONAGAYA, S.: "Comprehensive studies on the effective utilization of krill resource in Antarctic ocean", Science and Technology Agency, Japan, 1978, pp.28-32
- KONAGAYA, S. and Watanabe, T.: "Comprehensive studies on the effective utilization of krill resource in Antarctic Ocean", Science and Technology Agency, Japan, 1979, pp.33-37.
- KONAGAYA, S.: Bull. Jap. Soc. Sci. Fish., 46 (1980) 175-183.
- KUBOTA, M. and Sakai, K.: Transactions, Tokyo Univ. Fisheries, No. 2 (1978) 53-63.
- KUMANO, K., Osawa, Y., Sekiyama, N., Tsukui, A. and Mitamura, T.: ibid., 29 (1976) 35.
- KUWANO, K., Osawa, Y., Sekiyama, N., Tsukui, A. and Mitamura, T.: J. Jap. Soc. Food and Nut., 28 (1975) 191-194.
- KUWANO, K., Osawa, Y., Sekiyama, K., Tsukui, A. and Mitamura, T.: J. Jap. Food, Nut., 29 (1976) 35-38.
- KUMANO, K. and Mitamura, T.: Bull. Jap. Soc. Sci. Fish., 43 (1977) 559-565.
- KUWANO, K., Tsukui, A. and Mitamura, T.: ibid., 46 (1980) 711-715.
- LAGUNOV, L. L., Kryuchkova, M. I., Ordukhanyan, N. I. and Sysoeva, L. V.: FAO Technical Conference on Fishery Products., F II, FP/73/E-34, (1973) pp.1-6.
- NAGAHISA, E., Nishimiya, S. and Mori, M.: Bull. Cent. Res. Lab. Nippon Suisan Co., Ltd., 11 (1976) 6-10.
- NISHIDA, K. and Takeda, K.: Present. annual meeting, Jap. Soc. Sci. Fish., Tokyo, April, 1979.
- NOGUCHI, A., Yanagimoto, M., Umeda, K. and Kimura, S. J.: Agric. Chem. Soc. Jap., 50 (1976) 415-421.
- MASUDA, T., Suzuki, T. and Kimoto, K.: "Utilization and Processing of Fish in USSR", Fisheries Agency, Japan, 1980.
- MAEKAWA, A., Choki, S., Hamakura, D. and Suzuki, T.: Present., The 10th. Int. Congress Nutrit., Kyoto, Aug. 1975.
- MORI, M. and Yasuda, S.: Bull. Cent. Res. Lab. Nippon Suisan Co., Ltd., 11(1976)1-5.
- OBATAKE, Y.: "Comprehensive studies on the effective utilization of krill resource in Antarctic Ocean", Science and Technology Agency, Japan, 1980, pp. 28-45.
- ONISHI, T.: Bull. Tokai Reg. Res. Lab., No. 100(1979) 13-16.

- ONISHI, T.: "Comprehensive studies on the effective utilization of krill resource in Antarctic Ocean", Science and Technology Agency, Japan, 1980, p.89.
- OZAKI, H.: Report, Fisheries meeting, Jap. Soc. Sci. Fish., No. 11 (1977) 71-91.
- SAKASAI, N., Hayashi, K., Nakajima, G., Saito, N. and Shiba, M.: Bull. Jap. Soc. Sci. Fish., 44 (1978) 673-675.
- SEKI, N., Ozawa, R. and Arai, K.: Bull. Jap. Soc. Sci. Fish., 41 (1975) 1287-1292.
- SEKI, N. and Arai, K.: *ibid.*, 40 (1974) 1187-1194.
- SEKI, N., Sakaya, H. and Onozawa, T.: Bull. Jap. Soc. Sci. Fish., 43 (1977) 955-962.
- SEKI, N., Ozawa, R. and Arai, K.: *ibid.*, 41 (1975) 1287-1292.
- SHIBATA, N.: Bull. Tokai Reg. Fish. Res. Lab., No. 100 (1979) 17-33
- SHIBA, M.: "Development of Surimi from krill" Zenkama, 1980.
- SIDHU, G. S., Montgomery, W. A., Holloway, G. L., Johnson, A. R. and Walker, D. M.: J. Sci. Food Agric., 21 (1970)
- SOEVIK, T. and Braekkan, O.R.: J. Fish. Res. Board Can., 36(1979) 1414-1416.
- SUZUKI, T.: Technocrat, 10 (1978) 39-40.
- SUZUKI, T. and Kanna, K.: Bull. Tokai Reg. Fish. Res. Lab., No. 91 (1977) 67-72.
- SUZUKI, M., Kobayashi, T. and Yanagimoto, M.: Bull. Jap. Soc. Sci. Fish., 45 (1979) 745-751.
- SUZUKI, T. and Matsumoto, J. J.: not printed.
- SUZUKI, T.: Fish and Krill Protein, Applied Science Publishers, 1981, pp193~251
- SUZUKI, T.: The 5th International Ocean Development Conference, Session C-2, Tokyo, Sept. 1978, pp.33-36
- SUZUKI, T.: not printed.
- SUZUKI, T. and Kanna, K.: Bull. Tokai Reg. Fish. Res. Lab., No. 91 (1977) 67-72.
- SUZUKI, T., Kanna, K., Okazaki, E. and Suzuki, M.: *ibid.*, pp. 45-48.
- TAMURA, E.: "Comprehensive studies on the effective utilization of krill resource in Antarctic Ocean", Science and Technology Agency, Japan, 1980, pp. 46-51.
- TANAKA, K.: *ibid.*, 1980, pp. 96-109.
- TOKUNAGA, T., Iida, H. and Kakamura, K.: Bull. Jap. Soc. Sci. Fish., 43 (1977) 1209-1217.
- WATABE, S., Suzuki, T., Kanna, K. and Okazaki, E.: not printed.
- WATANABE, T., Sugii, R., Yuguchi, H. and Kinumaki, T.: *ibid.*, No. 85 (1976) 13-30
- WATABE, S.: Personal communication.
- YANASE, M.: cited by Kinumaki, T., in "Reito", 53, No. 611(9178)830.
- YANASE, M.: Bull. Tokai Reg. Fish. Res. Lab. No. 78(1974) 78-84.
- YAMANISHI, S.: "Comprehensive studies on the effective utilization of krill resource in Antarctic Ocean", Science and Technology Agency, Japan, 1980, pp.71-83
- YANASE, M.: Bull. Tokai Reg. Fish. Res. Lab., 77(1974) 97-102.
- YANASE, M.: New Food Industry, 16(1974) 6-11
- YANASE, M.: "Comprehensive studies on the

effective utilization of krill resource in Antarctic Ocean". Science and Technolgy Agency, Japan, 1980. pp.115-126.

YANAGIMOTO, M., Shibazaki, M.,

Sugiura, H., Shimazaki, E., Umeda, K. and Kimura, S.:J. Jap. Soc. Food Sci. Tech., 26 (1979) 151-155.

YANASE, M.:Bull. Tokai Reg. Fish. Res. Lab., 65 (1971) 59-66
