

최 중
연구보고서

남극 크릴새우(Eupausia superba)의
선상가공 기술개발
Processing of Antarctic krill
(Eupausia superba) on Boat

건국대학교

2010-124

농림수산식품자료실

등록번호 : 6946

등록일 : 2010년 12월 7일

농림수산식품부

제 출 문

농림수산식품부 장관 귀하

이 보고서를 “남극 크릴새우(*Eupausia superba*)의 선상가공 기술개발” 과제
의 보고서로 제출합니다.

2010 년 10 월 12 일

주관연구기관명 : 건국대학교

주관연구책임자 : 오 인 환

세부연구책임자 : 고 태 송

연 구 원 : 박 인 경

연 구 원 : 이 범 규

연 구 원 : 김 운 결

연 구 원 : 장 철 환

연 구 원 : 이 진 재

참여연구기관명 : 바이오폴리텍대

참여연구책임자 : 김 두 현

연 구 원 : 정 성 오

연 구 원 : 고 수 현

참 여 기 업 : 인성실업

연 구 원 : 오 두 식

연 구 원 : 신 성 호

연 구 원 : 김 정 도

요 약 문

I. 제 목

남극 크릴새우(*Eupausia superba*)의 선상가공 기술개발

II. 연구개발의 목적 및 필요성

소득의 증가와 건강에 대한 관심이 높아지면서 크릴오일의 수요가 증가됨에 따라 효율적으로 크릴오일의 주성분인 오메가3 추출공정의 필요성이 대두되고 있으며 실용화 장치개발도 활발히 진행되고 있으나, 남극 크릴새우(*Eupausia superba*)는 단백질 가수분해효소가 풍부하여 쉽게 변성되기 쉽다, 특히 크릴오일을 구성하는 불포화 지방산의 대부분인 오메가3는 추출공정에서 많은 양이 파괴되므로 효율적이고 추출효율을 높일 수 있는 방법 내지는 장치개발의 필요성이 절실히 요구되고 있다.

남극 크릴새우(*Eupausia superba*)는 포획 후 급속히 변질되므로 급냉시켜 보관한다. 그러나 선박의 급냉능력은 선박의 포획량에 영향을 주게 되고 육상까지의 운반비가 발생하므로 포획한 남극 크릴새우(*Eupausia superba*)의 선상 가공기술개발은 가격 경쟁력을 확보할 수 있어 경제적으로도 매우 중요하다. 본 연구에서는 선상에서 유기용매의 사용을 최소화하면서 효율적으로 크릴오일을 추출하고 오일추출 부산물인 추출박을 사료로 이용할 수 있는 남극 크릴새우(*Eupausia superba*)의 선상가공 기술을 확보하고자 한다.

III. 연구개발 내용 및 범위

1차년도에는 압착추출기술과 상품화 가능성을 타진하며, 2차년도에는 공정의 전체시스템을 확립하고자 하였다. 새우는 표피가 각질층으로 되어 있어 압착추출을 데칸터 보다는 스크류프레스가 유리한 것으로 보이며 그대로 고액분리 하기에는 한계가 있어, 파쇄한 후 고액분리를 하면 오일분리 효율이 더 향상 될 것으로 판단되어 고액분리하기 전에 분쇄를 하기위하여 두 종류의 분쇄기를 개발하여 시험을 수행하였다.

사료상품화 시험에서는 크릴 함유사료를 급여한 육계 병아리에 살모넬라를 접종하여 면역반응을 미접종과 비교 평가하였으며, 크릴제품(레시킨크릴)함유 사료를 급여한 육계 병

아리에 살모넬라를 접종하여 면역반응과 조직중 살모넬라 생존 정도를 반코마이신 함유 사료 및 크릴 사료와 비교하였다.

2차년도 연구개발 내용은 다음과 같다.

- 남극 크릴새우의 기능성성분(Krill oil 등) 추출 및 농축기술 개발.
 - 중고압(100Mpa 이하)기를 이용한 유효성분 효율적인 추출 조건 검토
 - 추출박을 사료로 사용 가능한 추출용매 선택 및 최적조건 검토
- 추출물과 건조 크릴 밀의 상품화 조건 검토.
- Pilot 설비 선상장착 및 가동

IV. 연구개발 결과

압착추출시험에서 고액분리기로만 사용하였을 때 분리 효율은 45.3%, 부러쉬와 고액분리기의 조합에서는 60.4% 그리고 날 분쇄기와 고액분리기의 조합에서는 61.0%로 나타났다. 고액분리 전에 분쇄기를 사용함으로써 최대 15.7%의 증가를 나타내었다. 고액분리 전에 날 분쇄기로 분쇄한 후 고액분리기로 분리하는 것이 이상적이라 판단된다.

사료상품화 시험에서 육계 병아리 사료중 크릴은 살모넬라 오염시 선천면역 반응(항산화계) 및 세포성 면역 반응에 영향을 미친다. 육계 병아리 사료중 크릴제품(레시친크릴)함유 사료는 조직중 살모넬라 생존을 억제한다. 살모넬라를 접종한 육계 병아리에서, 레시친크릴 사료와 반코마이신 사료 사이에 면역 장기(간장, 파브리우스낭)의 무게, 선천 면역(EcSOD 활성), 세포성 면역(PBMC와 비장세포 증식도 및 TNF- α 활성과 IL-1 활성) 그리고 조직중 살모넬라 출현율이 비슷하였다. 레시친 크릴 사료를 급여한 병아리에서 크릴 사료보다 살모넬라에 대한 높은 저항성은, 저항성 단백질 생산, 항체생산, 그리고 세포성 면역의 조절에 의한다는 것을 시사하였다. 본 연구 성적은 레시친 크릴사료는 항산화계와 세포성 면역을 조정함으로써 살모넬라의 생존을 억제한다는 것을 시사하였다.

전체적으로 선상가공 공정은 다음과 같다. 원료, 냉동 크릴을 해동 후 파쇄하여 추출조에 투입한다. 60℃로 가열된 30% 에탄올을 고압발생기를 통하여 추출조로 분사하여 크릴을 재차 파쇄한다. 파쇄물을 이송펌프를 이용하여 고액분리기로 이송하여 추출액과 추출박으로 분리한다. 이 과정을 크릴오일이 충분히 추출될 때까지 반복한다. 크릴오일 추출이 완료된 추출조의 추출물은 이송펌프를 통하여 고액분리기를 통과한 추출박은 건조기로 이송되어 건조되며, 추출액은 60℃로 가열된 농축조로 이송되어 알코올이 증발되면서 오일

이 회수된다. 증발된 알코올은 알콜저장조로 이송되어 재사용된다. 회수된 오일은 유수분리기로 기름과 물을 완전히 분리시킨 후, 오일저장조로 이송된다.

크릴오일의 조지방 함량은 97.68%로 나타났으며, 그 가운데 포화지방산은 42.39%, 인지질은 42%, 아스타잔틴 함량은 약 126 ppm이었다. 선상조건실험에서 조지방은 71.33%로 나타났으며, 그 가운데 포화지방산은 33.06%, 인지질은 약 22.21%, 아스타잔틴은 약 94.5 ppm이었다.

V. 연구성과 및 성과활용 계획

선상가공실험을 수행하여 보완점을 찾아내어 개선하며, 자 회사의 선박에 장착을 하여 사용한다. 관련 회사에도 기술을 이전 또는 판매하여 수익을 창출하도록 한다. 세부적으로는 인성호에 장착된 PILOT 설비를 이용하여 실용화 장비 구축을 위한 선상실험을 계속할 것이며, 실제적으로 세계적인 크릴오일 제조회사와 우루과이에 실용화 장비 구축을 위한 JIONT VENTURE 설립을 위해 실무적인 협상을 진행 중이다.

SUMMARY (영문 요약문)

Following the increase of income, and the concerning about health, the demand of krill oil has been increased. The major component of Krill oil is an omega 3 fatty acid, and some technologies for practical application process have been applied to produce krill oil production. However, krill has abundant of protein hydrolysis enzyme, and its omega 3 unsaturated fatty acids make degeneration of proteins and easy break down of lipid components in its nature. Because of the rapid denaturation in nature after captured, the krill is generally fast frozen for storage purpose, but it has influenced the capture capacity, reversely.

Therefore, it is necessary to develop the efficient process to enhance the extract efficiency of krill oil. To overcome this contradiction and to obtain the more economic interest, development of a extract technology of krill oil on boat has been developed in this study, and also included a process to minimize the use of extractant and to increase the extract efficiency, and the byproduct, extract cake could be used as a feed stuff.

In the compression test, a liquid/solid separator and two kinds of crusher were used. The separation efficiency was 45.3% by separator only, 60.4% in combination of brush, and 61.0% in combination of crusher. It seems to be ideal order to separate the krill after smashed by the crusher. Krill in feed has effect on the salmonella infected broiler. The feed which contains krill components restrains from the salmonella alive.

The process on boat is following steps. The krill is crushed by means of crusher, after that sprayed with 30% ethanol heated on 60 °C with high pressure. The crushed krill pumped to the liquid/solid separator, which separates liquid part and press cake. This process repeated until the krill oil was fully extracted. The extract flows into the condense tank heated with 60 °C, which alcohol is evaporated and oil recovered. The recovered oil pumped into the oil/water separator. The oil is then stored in the tank. In the lab test, the crude fat contents was 97.68%, among them was 42.39% the saturated fatty acid. The phospholipid was 42%, and the astaxanthin about 126 ppm. On boat condition, it was shown that the crude fat was 71.33%, among them saturated fatty acid 33.06%. The phospholipid was 22.21% and the astaxanthin about 94.5 ppm.

CONTENTS
(영 문 목 차)

Chapter 1 Outline of research projects -----	11
Chapter 2 Status of international and domestic technology -----	19
Chapter 3 Results and discussion -----	20
Chapter 4 Goal achievement and contribution to the related industry -----	61
Chapter 5 Applications of research results -----	63
Chapter 6 Scientific information from abroad -----	64
Chapter 7 References -----	65

목 차

제 1 장 연구개발과제의 개요 -----	11
제 2 장 국내외 기술개발 현황 -----	19
제 3 장 연구개발수행 내용 결과 -----	20
제 1 절 남빙양 크릴새우 압착추출기의 개발 과제수행 결과 -----	20
1. 1차 고액분리 실험결과 -----	22
2. 2차 고액분리 실험결과 -----	24
3. 3차 고액분리 실험결과 -----	26
제 2 절 남극 크릴 제품의 경제성 : 압착 크릴 제품의 사료상품화 방안연구 -----	30
1. 연구수행 내용 및 결과 -----	30
2. 배경 및 목적 -----	30
가. 실험 1. 크릴 분(粉)의 살모넬라오염 저항성 -----	31
나. 실험 2 : 크릴제품 항생제 대체제 개발 -----	33
제 3 절 2차년도 선상가공 기술수행내용 -----	35
1. 최종목표 및 내용 -----	35
2. 당해년도 연구개발 목표 및 내용 -----	35
3. 연구개발 실험 수행 내용 및 결과 -----	36
가. 시료 -----	36

나. 분석 방법 -----	36
다. 실험실 규모의 크릴오일 추출 가능성 검토 -----	38
라. PILOT 시작품 제작 -----	39
마. PILOT 장치를 이용한 크릴오일 최적추출조건 및 분석결과 -----	44
바. PILOT기기의 선상장착 및 공정 최적화 -----	50
사. 오일 수율 향상 및 효율성 확보 방안 -----	59
아. 추출 오일의 구체적인 산업화 전략 -----	59
자. 사료화 연구 -----	60
제 4 장 목표달성도 및 관련분야에의 기여도 -----	61
제 5 장 연구성과 및 성과활용 계획 -----	63
제 6 장 연구개발과정에서 수집한 해외 과학기술정보 -----	64
제 7 장 참고문헌 -----	65

< 표 목 차 >

표 1. 오메가 3 시장규모 -----	12
표 2. 1차실험결과 고액분리기의 효율 -----	23
표 3. 2차실험결과 고액분리기의 효율 -----	25
표 4. 3차실험결과 고액분리기의 효율 -----	27
표 5. 크릴분 사료 급여가 암수 육계 병아리에 살모넬라 공격 14일뒤(3주령)의 혈장, LPS로 자극한 PBMC과 비장세포 분비 TNF- α 활성화 -----	32
표 6. 크릴의 일반성분 -----	36
표 7. 지방산 분석조건 -----	37
표 8. 추출된 크릴오일의 일반성분 -----	38
표 9. 에탄올 농도별 크릴 오일 추출효율 -----	44
표 10. 온도별 크릴 오일 추출효율 (알콜농도 : 30%) -----	45
표 11. 압력별 크릴 오일 추출효율 (온도: 60 $^{\circ}$ C, 알콜농도 : 30%) -----	45
표 12. 일반성분 분석표 -----	46
표 13. 크릴 오일 지방산 분포 -----	46
표 14. 크릴 오일 추출 막 일반 성분 조성 및 미생물 검사표 -----	48
표 15. 크릴 오일 추출 막 아미노산성분 분석표(mg/100g F.W) -----	49
표 16. 일반성분 분석표 -----	56
표 17. 크릴 오일 지방산 분포(%) -----	56
표 18. 크릴 오일 추출막 아미노산성분 분석표(mg/100g F.W) -----	58

< 그림 목 차 >

그림 1. 해빙된 크릴 새우 -----	21
그림 2. 스크류 프레스 고액 분리기 -----	21
그림 3. Brush 분쇄기 -----	23
그림 4. 날 분쇄기 -----	24
그림 5. 날 분쇄기를 통과한 크릴새우 -----	25
그림 6. 압착 분리되어 나오는 고형물 -----	26
그림 7. 분쇄와 고액분리 방법별 고액분리 효율 -----	27
그림 8. Brush 분쇄기 정면도와 평면도 -----	28
그림 9. 날 분쇄기 정면도와 측면도 -----	28
그림 10. 스크류 프레스 고액 분리기 측면도와 정면도 -----	29
그림 11. 살모넬라 접종 14일 뒤(3주령) 육계병아리의 혈장, PBMC 또는 비장세포 분비 TNF-a 활성화에 미치는 크릴 분, 크릴제품 및 반코마이신(반코마) 사료 급여의 영향 -34	-34
그림 12. 크릴오일 추출 모식도 -----	39
그림 13. 고압발생장치 -----	40
그림 14. 추출장치 -----	40
그림 15. 분리장치 -----	41
그림 16. 농축장치 -----	41
그림 17. 크릴오일 추출장치의 전경 -----	42
그림 18. 크릴오일 추출 모식도 -----	43
그림 19. 크릴오일 추출과정 도식도 -----	44
그림 20. 크릴오일의 크로마토그램 -----	47
그림 21. Pilot 기기를 장착한 인성호 전경 -----	50
그림 22. 육상PILOT기기 선상 이동 사진 -----	51
그림 23. 육상PILOT기기 선상 장착 사진 -----	51
그림 24. 선상장착 완료 후 전경 -----	52
그림 25. 크릴새우 및 생산된 오일 추출 박 -----	53
그림 26. PILOT기기 선상 장착 위치 및 배관도 -----	54
그림 27. 선상 PILOT기기 알코올, 스팀, 에어 계통도 -----	54
그림 28. 선상 크릴오일 추출공정 -----	55

제 1 장 연구개발과제의 개요

제 1 절 서론

1. 남극 크릴새우 선상가공 필요성 및 개발현황

소득의 증가와 건강에 대한 관심이 높아지면서 크릴오일의 수요가 증가됨에 따라 효율적으로 크릴오일의 주성분인 오메가3 추출공정의 필요성이 대두되고 있으며 실용화 장치 개발도 활발히 진행되고 있으나, 남극 크릴새우(*Eupausia superba*)는 단백질 가수분해효소가 풍부하여 쉽게 변성되기 쉽다, 특히 크릴오일을 구성하는 불포화 지방산의 대부분인 오메가3는 추출공정에서 많은 양이 파괴되므로 효율적이고 추출효율을 높일 수 있는 방법 내지는 장치개발의 필요성이 절실히 요구되고 있다.

또한 남극 크릴새우(*Eupausia superba*)의 인지질(phospholipid)은 우리 인체 지방세포벽을 구성하는 인지질과 구조가 유사하여 어류오일보다 인체에의 흡수효과가 월등히 높은 것으로 알려져 있다. 그리고 크릴오일에는 오메가3 등의 지질 외에 비타민 A, E, D가 함유되어 있고 특히 강력한 항산화제인 아스타잔틴(astaxanthin)이라는 물질이 포함되어 있어 크릴오일의 항산화기능은 일반 생선오일의 48배에 달하는 것으로 보고되고 있다. 한편 크릴오일은 다음과 같은 효능 및 용도가 알려져 있다.

의약 용도

크릴오일 및 그의 분획들은 소염 특성을 가지고 있으며 심혈관계 질환의 증상을 완화시키는 데 도움이 되는 것으로 알려져 있다. 또한, 신장 질환의 전개를 억제하는 것으로 알려져 있다.

식이조절제

크릴오일은 인체의 식이조절의 식이요법 공급원으로서 사용될 수도 있다. 이 지방산들은 뇌와 눈의 적절한 발달에 필수적이며, 지용성 비타민 A, D 및 E와 카로티노이드가 풍부하다.

화장품

크릴오일은 보습성이 뛰어나 모이스처 크림 제조용으로 사용된다.

어류 양식사료

크릴오일 중에는, 고농도의 지방산 18:3(리놀레닌산), 20:5(에이코사펜타노산) 및 22:6(도코사헥사노산)이 존재한다. 이들 지방산들은 필수 영양소들이며 어류의 사료로서 유용하다. 특히 크릴오일에는 아스타잔틴 함량이 풍부하여 적색육 어류의 사료로 이용할 수 있다.

동물 사료

오메가-3 지방산이 풍부한 동물 사료 양생법은 고기의 콜레스테롤 레벨을 감소시키고 불포화 지방산의 레벨을 증가시킬 수 있다. 이 특성은 이미 달걀의 품질을 향상시키기 위해 가금류 산업 분야에서 활용되고 있다.

참고로 오메가 3 시장규모는 2007년까지 150억 원 수준을 맴돌다 지난해는 93% 성장해 266억원을 기록했다.

표 1. 오메가 3 시장규모

구분	국내	일본	유럽	미국
2007년	150억 원	150억 엔	2억9,600만 달러	30억 달러
2009년	266억 원	240억 엔	4억4,200만 달러	50억 달러

크릴오일을 추출하는 많은 방법들이 알려져 있다. 일반적으로 상업적인 크릴오일의 추출법으로는 아세톤, 메탄올, 클로로포름, 헥산 및 에탄올 등과 같은 용매가 주로 사용된다. 그리고 추출방법으로는 감압증류법, 저온추출법, 초임계 추출법 등이 알려져 있다. 아세톤과 같은 유기용매를 이용하는 추출법은 15℃ 내지 80℃의 온도에서 오일을 추출하여 50℃ 내지 200℃의 고온 고압 조건 하에서 응결시킨다. 그러나, 유기용매는 크릴새우와 같은 해양 동물의 추출용으로는 바람직하지 않으며, 응결 단계에서 온도가 높으므로 추출된 오일을 변형시키기 쉽다. 또한 유기용매를 사용하여 오일을 추출하면 추출박에는 유기용매가 잔류하게 되어 양질의 단백질을 함유한 추출박을 사료 등으로 활용하지 못하고 전량 폐기하고 있는 실정이다.

인지질은 유기용매 중 에탄올에 선택적으로 추출된다, 따라서 인지질 함량이 높은 크릴오일을 얻기 위해서는 아세톤에 에탄올을 첨가하여 추출하거나, 아세톤 등의 유기용매로 오일을 추출한 후 에탄올로 인지질을 추출하는 방법을 사용하고 있다. 이러한 방법들은 인화성이 높은 유기용매를 사용해야 하므로 선상에서 크릴오일을 추출하기에는 화재 등

여러 가지 사고를 유발할 수 있는 요인들이 많다. 최근에는 유기용매를 사용하지 않거나 낮은 농도의 에탄올을 사용하는 초임계 추출법이 사용되고 있으나, 장비가 고가이고 대량의 탄산가스를 사용하므로 선상가공에는 적합하지 않은 추출방법이다.

남극 크릴새우(*Eupausia superba*)는 포획 후 급속히 변질되므로 급냉시켜 보관한다. 그러나 선박의 급냉능력은 선박의 포획량에 영향을 주게 되고 육상까지의 운반비가 발생하므로 포획한 남극 크릴새우(*Eupausia superba*)의 선상 가공기술개발은 가격 경쟁력을 확보할 수 있어 경제적으로도 매우 중요하다.

본 연구에서는 선상에서 유기용매의 사용을 최소화하면서 효율적으로 크릴오일을 추출하고 오일추출 부산물인 추출박을 사료로 이용할 수 있는 남극 크릴새우(*Eupausia superba*)의 선상가공 기술을 확보하였다.

2. 남극 크릴새우(*Eupausia superba*) 국내외 크릴새우 선상가공 사례

가. 남극 크릴새우(*Eupausia superba*) 선상가공에 대한 연구사례의 조사

(1) 외국의 경우

크릴오일을 생산하는 나라 중 남극 크릴새우(*Eupausia superba*)를 포획할 수 있는 나라는 일본, 미국, 노르웨이, 캐나다, 칠레 등 한정된 국가이며, 이들 중 캐나다와 노르웨이가 선상가공 기술을 보유하고 있으며, 추출방법으로는 초임계 추출법을 사용하고 본 연구와 동일한 용매인 알코올을 사용하는 나라는 노르웨이이다.

(2) 국내의 경우

남극 크릴새우(*Eupausia superba*)를 포획할 수 있는 회사는 동원산업과 인성실업이며 선상가공에 관한 연구는 크릴 밀 제조에 관하여 약간의 연구가 진행되었으나, 크릴오일의 선상가공에 대한 연구는 전무한 실정임

(3) 조사연구개발사례에 대한 평가

국내외 크릴오일 선상가공에 대한 연구는 노르웨이 ACER사, 캐나다의 NAPTUNE 등 일부 오메가3를 생산하는 기업을 중심으로 연구개발이 진행되고 있으며, ACER사는 실질적으로 상당한 수준의 장비와 기술을 보유하고 있다. 본 연구는 노르웨이 등이 보유하고 있는 기술 및 장비와 차별성이 있는 경제적이고 효율적인 기술로 평가된다.

나. 세부 기술사항의 검토 분석

(1) 국내·외 기술수준 비교

항목	국외	국내	비고
크릴오일제조 기술	추출·정제기술개발 등 완료	추출에 대한 기술	육상에서 정제하는 것이 경제적이다
안전성	확보로 수출 가능	국외기술보다 안정적	
공업 형태	대기업	중소기업	
오일함량	3% 이상	3% 이상	
품질 균일화	균일	균일	
해외 경쟁력	확보	미확보	유통line 미확보
제조 공정	대량기술 확보	PILOT 기술확보	

(2) 공정단위별로 주요기술 사항 및 그 기술수준의 분석 평가

(가) 외국의 경우

남극 크릴새우(*Eupausia superba*) 국내의 크릴새우 선상가공 기술은 크게 두 가지로 분류된다,

1. 크릴 밀 제조공정 중에서 발생하는 오일을 가공하는 기술로서 가장 단순한 공정이나 생산효율은 낮다
2. 초임계 추출법을 이용하여 크릴오일을 추출하는 방법으로서 노르웨이 등 일부국가에서 상업화 공정으로 사용하고 있음. 효율성은 좋으나, 장비운영이 까다롭고 운전비용이 비싼 단점이 있음

(나) 국내의 경우

크릴오일 생산을 위한 선상가공기술은 크릴밀 제조시 발생하는 오일을 회수하는 정도의 단순한 기술만 보유하고 있으며, 크릴오일 생산만을 위한 기술 및 장비에 대한 연구는 전무한 실정임

(다) 개발되었거나 개발 중인 새로운 기술

노르웨이, 캐나다 등은 추출효율이 높은 추출용매를 사용하여 크릴오일을 추출하고 있으나 크릴오일을 추출하고 남은 잔사물은 유기용매가 잔존하므로 동물사료 등으로 활용할 수 없다. 본 연구에서 개발한 기술은 식용으로 사용할 수 있는 에탄올을 공정에 적용하고 있으므로 크릴오일을 추출하고 남은 잔사도 사료로 활용할 수 있어 외국기술보다 새로운 기술이라고 할 수 있다.

(3) 기존 공정방법, 기술의 사례를 조사하여 다음 사항에 걸쳐 평가·분석함

(가) 기술적인 평가 : 적용의 난이성, 기술수준 등

- 크릴오일 선상 가공기술의 대부분은 크릴밀 제조공정의 수분제거 공정에서 발생하는 수분과 같이 나오는 오일을 정제하는 수준의 단순한 공정으로서, 수율이 매우 낮음
- 크릴오일 추출 전용 선상가공공정의 가장 일반적인 방법은 초임계 추출법이며 효율도 가장 좋은 기술이다. 그러나 초임계 추출법은 조작이 까다로우며, 장치가격이 비싼 단점이 있다.

(나) 경제적인 평가 : 제조원가, 투자규모 등

본 연구에서 개발된 기술은 기존의 제조장치보다 간단하여 투자 설비비 대비 제조원가가 적으며 운영비도 절약할 수 있다. 또한, 크릴오일 추출 후의 잔사를 양어 등 동물사료로 활용할 수 있어 제조원가를 더욱 낮출 수 있는 장점이 있다. 캐나다 크릴오일 제조회사인 N사는 정제공정을 포함한 제조시설에 약 1,000만 달러 이상의 투자하였으며, 노르웨이의 J사는 선상 크릴오일 추출장치에만 약 300만 달러 이상을 투입하였다.

참고로 본 연구로 개발된 기술을 이용하여 생산설비를 구축할 시 약 80억원 정도의 시설비가 필요하다. 선상가공장치에 약 20억원, 육상 정제공정 건설에 약 60억원 정도가 소요될 것으로 추정됨. 캐나다의 N사는 매년 인성실업으로부터 약 만톤 이상을 수입하고 있으며 크릴새우로부터 약 4% 정도의 크릴오일을 정제하고 있다. N사는 크릴오일을 유기

용매를 이용하여 추출하고 있으므로 추출박은 폐기처분하고 있다. 본 연구에서 개발한 공정은 추출박을 사료로 사용할 수 있으므로 크릴오일의 경쟁력을 높일 수 있다. 참고로 크릴오일 공장도 가격은 80~100달러/kg이며, 사료 가격은 어분 기준으로 4000~6000원/kg 수준이다. 인성실업은 크릴오일 생산가격을 60달러 수준, 어분가격을 2000원 이하로 생산할 예정이다.

(다) 산업기술에 미치는 파급효과 분석

- 크릴새우 외에 다른 어류 등으로부터 오일생산 가능
- 추출 부산물을 양식 등 동물사료로 활용 가능

(4) 주요 관련기술의 검토

현재, 크릴오일에 대한 소비자의 요구는 증대되고 있으나 국내에서는 효율적인 선상가공이 가능한 기술을 보유하고 있지 않음. 외국제품의 수입에 의존하고 있음

다. 특허 및 기술도입과의 중복여부에 대한 검토·분석

공정이 기존의 특허와 중복되는 점이 많고 핵심적인 요소는 공개사항이므로 특허출원의 필요성은 없음.

(1) 관련기술의 특허내용과 차이점 비교

크릴오일을 추출하는 공정에서의 용매 선택에 대한 특허가 있으나, 식품에 사용할 수 있는 유기용매는 에탄올, 헥산 등이므로 이들 용매로 추출될 수 있는 물질이 한정되므로 수율상의 문제보다는 얼마나 값싼 원료를 확보할 수 있는지가 가장 중요하다. 본 연구관련 기술은 값싼 장비를 이용하여 크릴오일을 추출하는 실용화 장비를 개발하여 가격경쟁력 있는 양질의 크릴오일을 생산하는 장비를 구축하였다는데 커다란 의의가 있을 것으로 사료 됨.

(2) 관련기술도입 내용과 차이점 비교

현재 관련 기술의 도입은 없음

3. 연구개발의 목적

기능성 식품으로 널리 알려진 오메가 3와 인지질 및 아스타잔틴이 대량으로 함유된 크릴오일을 값싸고 양질의 제품으로 생산할 수 있는 크릴오일 추출 장치를 개발하는데 그 목적이 있다. 일반적으로 크릴오일을 추출할 때 효율을 극대화하기 위하여 추출용매로서 아세톤 등과 같은 비식용 용매를 사용하고 있다. 이런 용매를 사용할 시, 오메가3 추출효율은 향상될 수 있으나 인지질과 같은 기능성 물질은 다시 알코올로 재추출하여야 하는 번거로움이 있으며, 아세톤으로 추출된 추출박은 그 독성으로 인하여 사료로서 활용할 수 없는 단점을 가지고 있다. 본 연구개발의 목적은 크릴오일에 함유된 오메가 3, 인지질, 아스타잔틴 등의 지용성 물질을 한번의 공정으로 추출하는 크릴오일 선상 추출장치를 개발하는 것이다. 또한 추출박의 사료로서의 타당성 검토도 함께 실험할 예정이다.

제 2 절 개발대상기술(또는 제품)의 중요성(필요성)

1. 기술적 측면

- 남극 크릴새우로부터 유용물질 추출기술의 독자적인 개발.
- 남극 크릴새우의 선상 가공기술 축적.
- 남극 크릴새우 추출물의 기능성 소재화 기술 확보.
- 남극 크릴새우 건조물의 사료화 기술 확보.
- 선상가공 기술로 어류 등에 응용 가능

2. 경제·산업적 측면

- 부존 자원이 풍부한 남극 크릴새우의 기능성/사료 소재 활용기술 확보.
- 선상 가공으로 인한 수송비용 절감.

3. 사회·문화적 측면(공공성 포함)

- 양질의 값싼 기능성 소재/사료 제공
- 국민의 건강 증진에 기여

4. 관련 후속연구개발의 전망

- 크릴오일 추출 부산물의 연어, 돔 등 적색 어류용 양질 사료 개발
- 기능성 사료 개발

제 2 장 국내외 기술개발 현황

1. 국내 기술 동향

2007년 국내의 오메가3 시장규모는 약 150억원으로 추정되며, 국내에 오메가3 가공업체가 몇 군데 있으나 실질적으로 오메가3의 원료를 생산하는 업체는 없다. 최근에는 어분값의 상승으로 선상에서 어분을 가공하는 수산회사가 거의 없으며 크릴을 포획할 수 있는 회사는 한정되어 있어, 종래의 어분 생산공정에서 부산물로 어유를 얻는 정도의 아주 원초적인 어유생산기술이 존재하고 있다.

크릴오일은 오메가3뿐만 아니라 인지질, 아스타진틴 등 기능성 물질을 대량으로 함유하고 있어 기능성 식품으로서도 중요한 위치를 차지하고 있다. 그리고 크릴 오일의 수요는 증가하고 있으나 국내의 크릴 오일 가공기술 연구는 전무한 실정이다.

2. 국외 기술동향

노르웨이, 캐나다 등을 중심으로 크릴 오일의 선상 가공기술에 대한 연구 및 실용화가 활발히 진행되고 있으나, 이들 대부분의 기술은 크릴 오일 추출에 중점을 두고 있어 크릴 오일 추출 부산물로 발생하는 크릴 추출박의 유용활용까지는 연구하지 못하고 있는 실정이다. 이들이 크릴 오일 추출에 사용하고 있는 유기용매는 아세톤, 클로로포름, 메탄올 등 식품에서는 사용할 수 없으므로 크릴 오일 추출 후 생산되는 크릴 오일 추출박은 폐기물로써 폐기되고 있는 실정이다.

3. 향후 전망

노령인구의 증가 및 소득 증대로 인한 고기능성 식품에 대한 관심 및 수요가 점점 증가되고 있다. 크릴 오일은 상기의 요구를 충분히 충족시킬 수 있는 우수한 기능성식품 소재이다. 효율적이고 안전한 크릴 오일 생산을 위한 지속적인 연구가 절실히 요구되고 있다. 본 연구에서는 이러한 요구를 충족시킬 수 있는 안전하고 친환경적인 크릴 오일 추출기술을 확립하였다. 현재 오메가-3는 거의 수입에 의존하고 있다. 크릴 오일은 오메가-3는 물론 인지질 등 기능성 물질을 대량으로 함유하고 있다. 따라서 본 연구로 개발된 기술을 크릴 오일 추출에 응용한다면 수입내체 효과는 물론 수출 증대에도 기여할 것으로 사료된다.

제 3 장 연구개발 수행 내용 결과

제 1 절 남빙양 크릴새우 압착추출기의 개발 과제수행 결과

남극에서 우리나라까지 운송하는 물류비용을 절감하기 위하여, 크릴새우를 고형물과 액상으로 분리하여 고형물은 사료 등으로 사용하고, 액상물은 고부가가치의 물질로 이용하도록 한다.

고액 분리방식에는 경사스크린, 진동체분리기, 스크류프레스, 벨트프레스, 데칸터 등이 있다. 이중에서도 스크류프레스와 데칸터가 크릴새우에 적합한 것으로 사료된다. 스크류프레스 고액분리기는 호퍼, 스크류, 그리고 앞부분에 반대압력을 가해주는 장치 등으로 구성되어 있다. 스크류는 주위가 망으로 둘러싸여있어 압착되어 발생하는 액체가 빠져나오도록 되어 있다. 스크류의 회전수는 17.5 rpm이며, 축 뿐만 아니라 전체 통이 회전하도록 되어 있다.

새우는 표피가 각질층으로 되어 있어 데칸터 보다는 스크류프레스가 유리한 것으로 보이며 그대로 고액분리 하기에는 한계가 있어, 파쇄한 후 고액분리를 하면 분리 효율이 더 향상 될 것으로 판단되어 고액분리하기 전에 분쇄를 하기위하여 두종류의 분쇄기를 개발하여 시험을 수행하였다.

분쇄기로는 날 분쇄기와 솔(Brush) 분쇄기를 설계, 제작하여 실험에 적용하였다. 날 분쇄기는 날을 축에 이중으로 장치하여 회전수 1750 rpm으로 회전하며 호퍼를 통해 투입된 새우는 회전하는 날을 통과하는 과정에서 분쇄되어 아래쪽으로 떨어지는 구조로 되어 있다.

솔(Brush)분쇄기는 축에 브러쉬가 이중으로 장착되어 있으며 주위는 2mm의 구멍이 뚫려 있는 망이 둘러싸고 있어 그 사이를 통과하여 외벽사이로 배출되도록 되어 있다. 축의 회전수는 60 rpm이었다. 투입될 때 중앙부분에 분쇄되지 않고 그대로 통과되는 것을 방지하기 위하여 추가로 갓을 만들어 장착하였고, 외통과 망사이에 쌓인 것을 청소하기 위하여 모터와 축을 들어 올리는 구조로 개선하였다. 고액분리기의 효율은 다음의 식을 이

용하여 계산하였다. 분리되어서 나오는 액체에 기준을 두었다.

$$\eta = \frac{\text{투입량(수분함량\%)} - \text{분리 고형물 PC(수분함량\%)}}{\text{투입량(수분함량\%)}} \times 100$$



그림 1. 헤빙된 크릴 새우

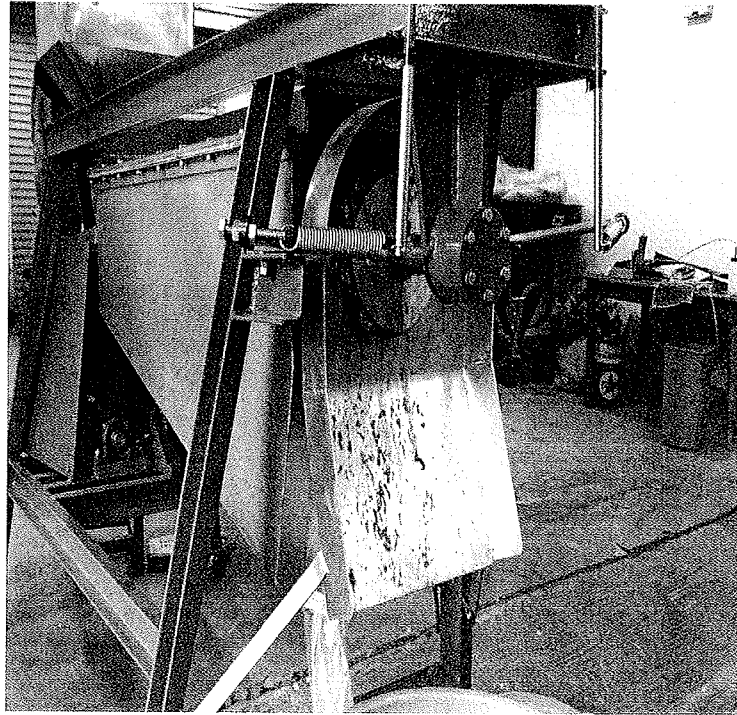


그림 2. 스크류 프레스 고액 분리기

1. 1차 고액분리 실험결과

동결된 크릴새우가 해빙된 후 수분함량은 77.7%를 나타내었다. 전년도에 잡아온 새우를 마대로 포장하여 동결하였기 때문에 약간 건조되어 있는 상태였다. 액체의 고형물 함량은 고액분리기만 가동하였을 때 20.4%, 솔 분쇄기와 고액분리기의 조합에서는 20.9%, 그리고 날 분쇄기와 고액분리기의 조합에서는 21.1%를 나타내었으며 분쇄를 한 관계로 미세고형물이 액체 내에 포함된 것으로 사료된다.

1차 실험결과 액체의 분리효율은 단순 고액분리기 23.3%, 솔 분쇄기와 고액분리기의 조합에서 30.2%, 그리고 날 분쇄기와 고액분리기의 조합에서 33.2%로 날 분쇄기와 고액분리기의 조합이 가장 높은 분리효율을 보여주고 있다. 처리용량은 3.9kg/min을 나타내었다.

표 2. 1차실험결과 고액분리기의 효율

	고액분리기	솔(Brush)분쇄기 + 고액분리기	날 분쇄기 + 고액분리기
효율 η (%)	23.3	30.2	33.2
액체의 건물함량(%)	20.4	20.9	21.1

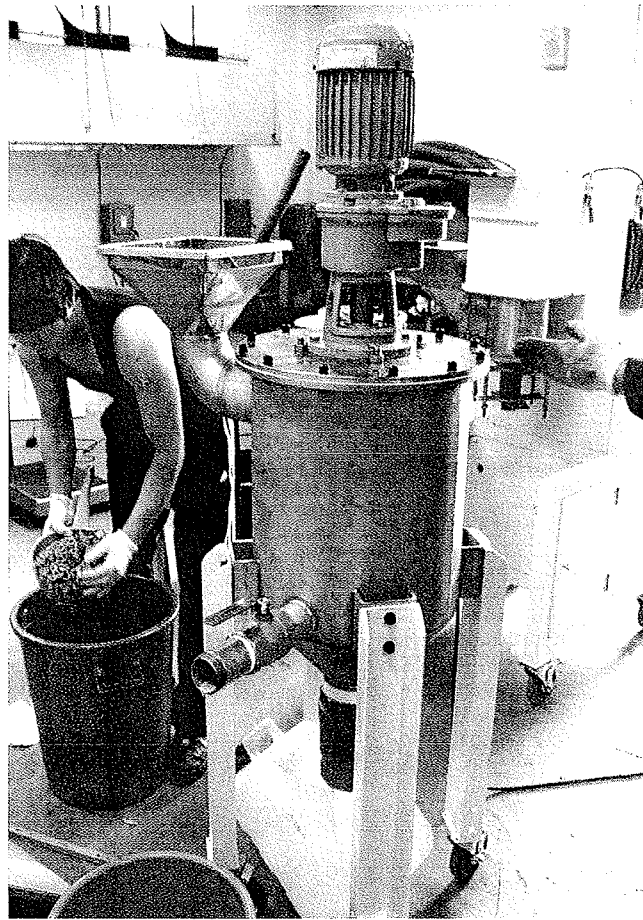


그림 3. Brush 분쇄기

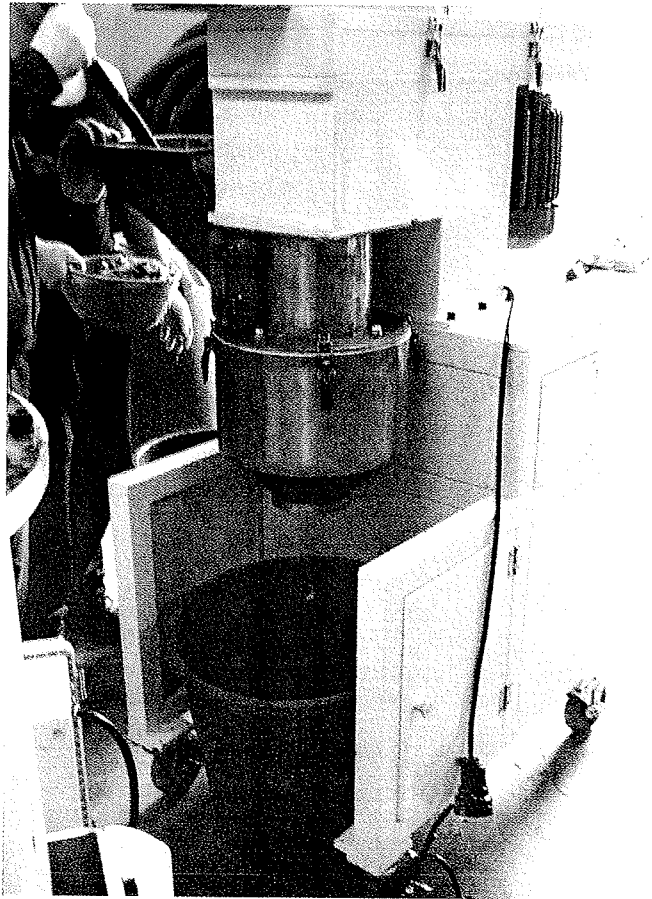


그림 4. 날 분쇄기

2. 2차 고액분리 실험결과

크릴새우로 두 번째 실험을 수행하였다. 새우는 포장에 비닐로 되어 있었으며 수분함량은 약 80.7%로 1차 보다 다소 높았다. 분리 효율은 고액 분리기만 사용하였을 경우에 40.6%, 부러쉬와 고액분리기의 조합에서는 53.0% 그리고 날 분쇄기와 고액분리기의 조합에서 55.5%를 나타내었다. 가장 좋은 효율은 고액분리기만 사용하였을 경우 14.9%나 높게 나타났다. 원재료의 수분함량이 높을 경우에는 효율이 높게 나타나는 것으로 사료된다. 액체의 고형물 함량은 고액분리기만 사용하였을 경우에 15.2%, 부러쉬와 고액분리기의 조합에서는 17.8%, 날 분쇄기와 고액분리기의 조합에서는 18.1%로 되었으며 분쇄로 인하여 액체의 고형물 함량이 약간 증가하였다. 처리 용량은 4.1 kg/min을 나타내었다.

표 3. 2차실험결과 고액분리기의 효율

	고액분리기	솔(Brush)분쇄기 + 고액분리기	날 분쇄기 + 고액분리기
효율 η (%)	40.6	53.0	55.5
액체의 건물함량(%)	15.2	17.8	18.1

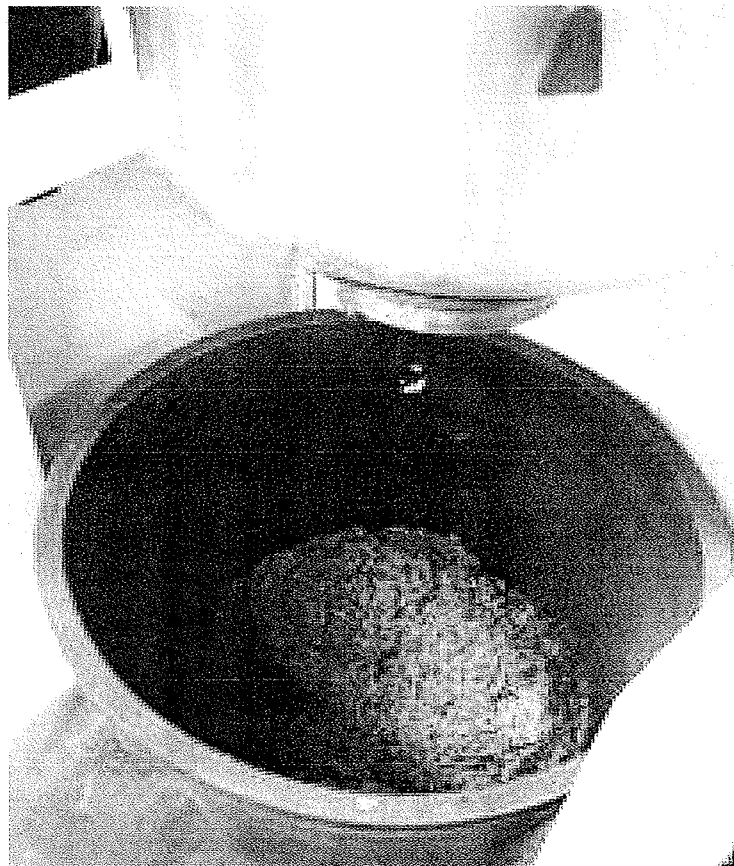


그림 5. 날 분쇄기를 통과한 크릴새우

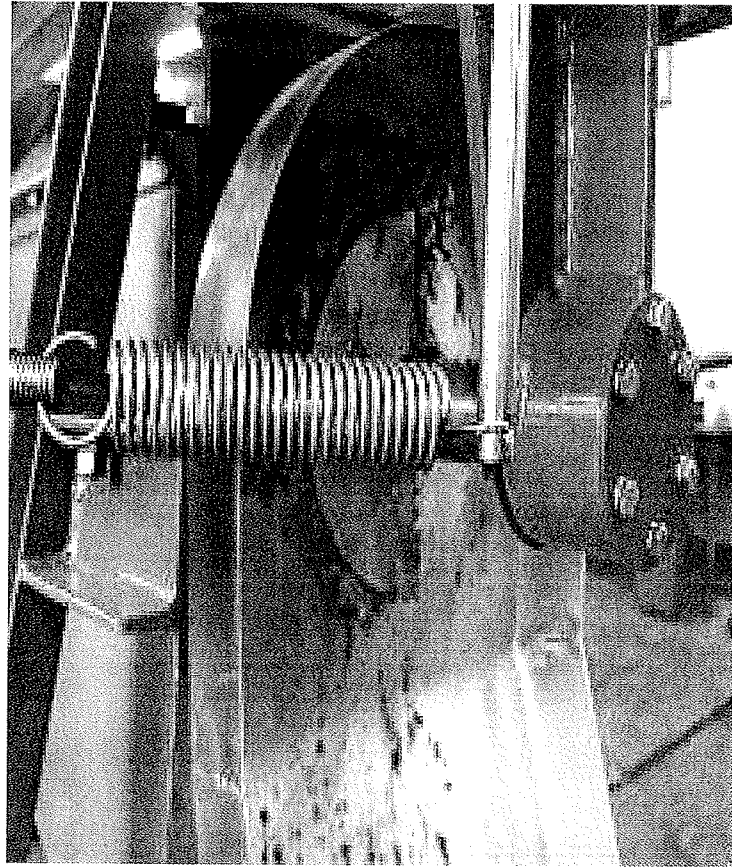


그림 6. 압착 분리되어 나오는 고형물

3. 3차 고액분리 실험결과

크릴새우로 3차 시험을 수행하였다. 크릴새우의 수분함량은 80%로 2차의 경우와 비슷하였다. 고액분리기로만 사용하였을 때 분리 효율은 45.3%, 부러쉬와 고액분리기의 조합에서는 60.4% 그리고 날 분쇄기와 고액분리기의 조합에서는 61.0%로 나타났다. 고액분리 전에 분쇄기를 사용함으로써 최대 15.7%의 증가를 나타내었다.

분리 액체의 고형물 함량은 단순 고액분리기에서 17.0%, 부러쉬 분쇄와 고액분리 후의 액체의 고형물함량은 17.7% 그리고 날 분쇄기와 고액분리 후의 액체의 고형물 함량은 17.5%를 나타내었다. 분쇄 후의 액상물에서 건물함량이 약간은 증가했으나 증가폭이 2차 시험과 같이 크지는 않았다. 시험수행 차수별로 분리효율의 차이는 각각 9.9%, 14.9%, 15.7%로 나타났다. 처리용량은 4.2kg/min을 나타내었다.

표 4. 3차실험결과 고액분리기의 효율

	고액분리기	솔(Brush)분쇄기 + 고액분리기	날 분쇄기 + 고액분리기
효율 η (%)	45.3	60.4	61.0
액체의 건물함량(%)	17.0	17.7	17.5

고액분리 전에 날 분쇄기로 분쇄한 후 고액분리기로 분리하는 것이 이상적이라 판단된다.

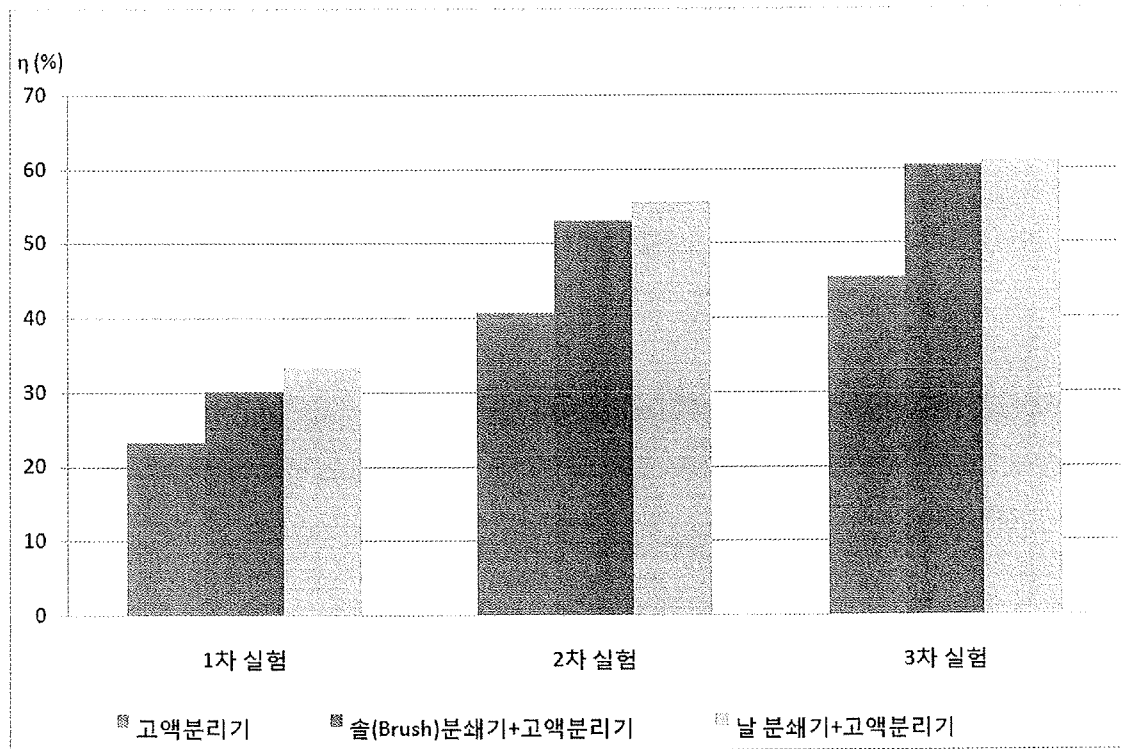


그림 7. 분쇄와 고액분리 방법별 고액분리 효율

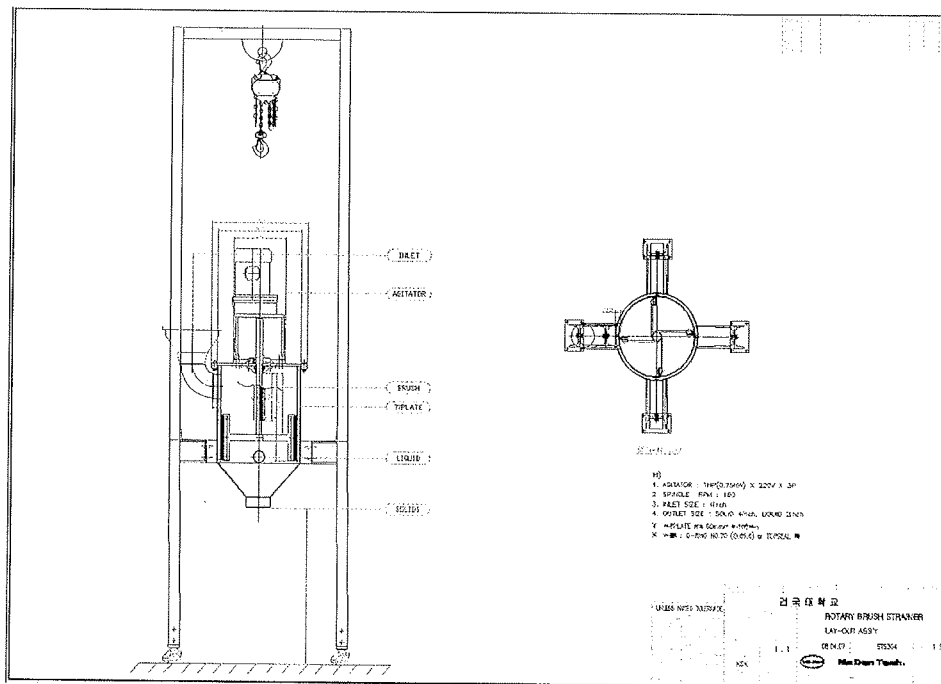


그림 8. Brush 분쇄기 정면도와 평면도

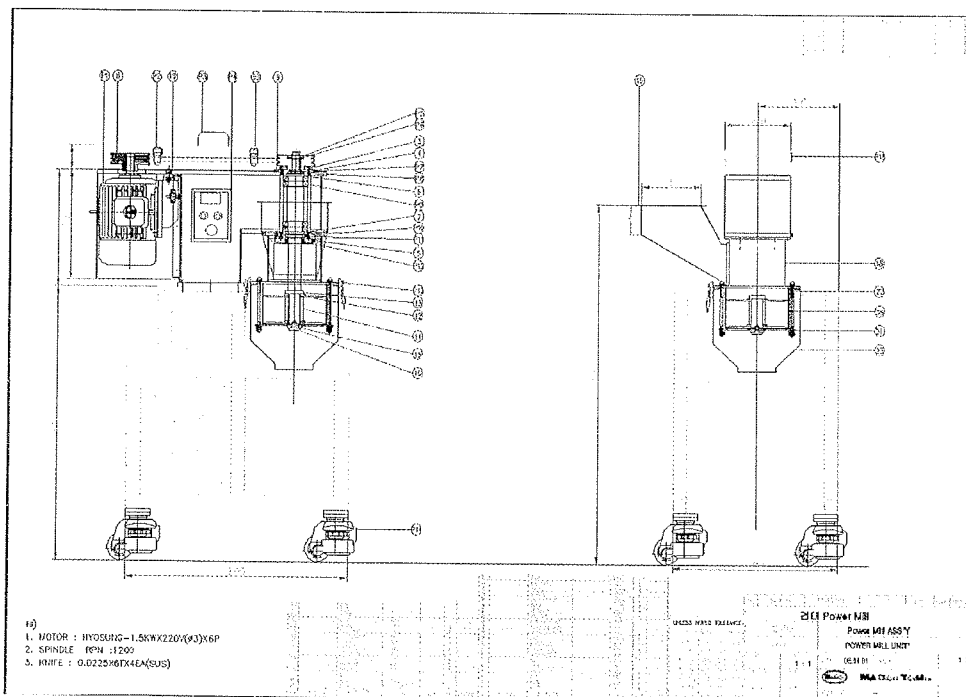


그림 9. 날 분쇄기 정면도와 측면도

MPS-2000

RPM DRUM-60
 SCREW-100
 SCREEN OPEN SIZE: 0.5mm

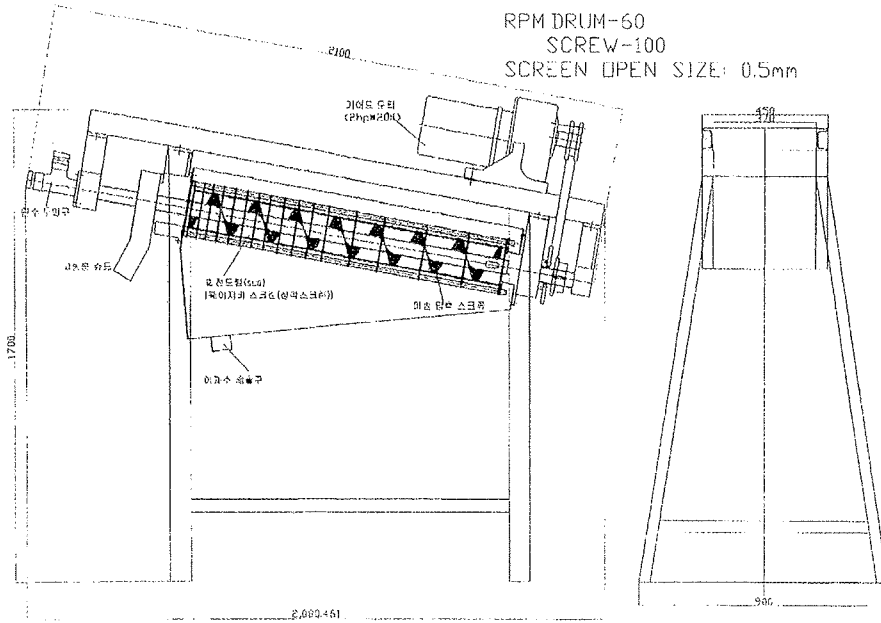


그림 10. 스크류 프레스 고액 분리기 측면도와 정면도

제 2 절 남극 크릴 제품의 경제성 : 압착 건조 크릴 분말화 제품(크릴 분(粉))의 상품화와 사료 이용성

1. 연구수행 내용 및 결과

연구 내용	연구결과	연구수행방법 (이론적·실험적 접근방법)	비고
크릴 분(粉)의 살모넬라 오염 저항성	사료중 크릴분은 살모넬라 오염시 선천면역 반응(항산화계) 및 세포성 면역 반응에 영향을 미친다.	크릴분 함유사료를 급여한 육계 병아리에 살모넬라를 접종하여 면역 반응을 미접종과 비교 평가.	
항생제 대체제 크릴 제품 개발	크릴제품(레시킨함유)함유 사료는 조직중 살모넬라 생존을 억제한다.	크릴제품 함유 사료 급여 살모넬라 접종 육계 병아리의 면역반응과 조직중 살모넬라 생존 정도를 반코마이신또는 크릴 粉 함유사료와 비교.	

2. 배경 및 목적

포획 크릴을 선상(船上)에서 자비(煮沸) 뒤에 유(油)성분 함유한 채 건조하여 분말화(粉末化)한 건조(乾燥) 크릴 분말(粉末)(크릴粉)의 동물 사료 원료로서의 이용성이 육계 병아리에서 검토되었다.

크릴 분(粉)은, 독일, 소련, 폴란드 및 국내(國內) 다른 연구에서, 사료 중 그 함량이 높을수록 가금과 돼지의 생산성을 나추고, 계란에 어취가 생겨서 그 상품성을 떨어뜨린다. 동물 생산성에 미치는 크릴 粉의 이러한 나쁜 영향의 원인은 정확히 모르고 있으며, 이들의 발생원인 들 중에는 크릴의 높은 불소 함량, 지방 산패나 미생물 오염으로 크릴 粉 중 비영양성 물질(아민류 등) 생성이 포함되어 있다. 이들 미지(未知) 화합물(化合物)들의 영향을 최소화 하고 그 원인(原因)들의 극복(克復)을 시도한 물질을 첨가한 크릴제품(製品)을 조제(調製)하였다. 선행(先行) 연구 성적에 따라, 크릴 제품이 소량(0.5%) 함유된 사료를 급여한 육계 암평아리와 수평아리의 선천 면역 반응과 세포성 면역 반응이 조사되었다.

실험 1에서는 선상 가공 크릴 분(粉)의 부가가치와 상품성을 높이기 위하여 크릴 분 함유 사료의 살모넬라 오염억제 능력을 면역 반응성으로 평가 하였다.

실험 2에서는 선상 건조 분쇄 크릴(크릴 분)의 동물 사료로서의 제한점을 극복하여 조제된 크릴 제품이 함유된 사료를 급여한 육계 병아리의 살모넬라 오염 억제 효과를 조사하였다.

가. 실험 1. 크릴 분(粉)의 살모넬라오염 저항성

방법 : 대조(기초)사료 또는 크릴분 0.5% 함유사료(크릴분 사료)를 1일령부터 급여한 암수 7일령 육계병아리 소낭 내에 *Salmonella typhymurium*(CCARM, 8013)의 접종이 선천면역반응(적혈구 항산화계) 와 세포성 면역반응에 미치는 영향을 미접종 대조(기초)사료 급여와 비교하였다.

결과 : 1. 크릴 분 함유 사료는 살모넬라 접종 육계 병아리에서 암수와 관계없이 생산성에 유의한 영향을 미치지 않았다. 그러나 크릴분 사료는, 수평아리의 혈장 Ec(Extra cellular)SOD 활성($P<0.05$)을 살모넬라 오염과 관계 없이 크릴 분이 함유 되지 않은 대조(기초)사료 보다 높였으나, 암평아리에서는 차이가 없었다. 살모넬라 오염은 크릴분 사료 급여시에 수평아리의 적혈구 세포액 CuZnSOD 활성 ($P<0.05$)을 미 오염 대조사료 보다 나추었다.

2. 살모넬라 오염 육계 병아리에서, 크릴분 사료는, 대조사료 보다 Con A 및 LPS 자극 수평아리의 PBMC 증식도($P<0.05$)를 높이거나 암평아리에서는 낮추었고, 한편 수평아리의 비장세포 증식도를 높이는 경향이 그리고 암평아리($P<0.05$)에서는 감소시켰다. 그리고 크릴 분사료는, 대조사료에 비하여, 암수 육계병아리에서 순환 TNF- α 활성($P<0.0001$)을 낮추나, LPS자극 PBMC분비 TNF- α 활성을, 수평아리에서 높이거나 암평아리에서는 낮추었고, 비장세포 분비 TNF- α 활성을 암수평아리에서 감소 시켰다(Table). 한편, 살모넬라 오염 육계 병아리는 미오염에 비하여 사료 종류나 암수와 관계 없이 PBMC분비 IL-1활성을 높였다.

결론 : 크릴분 0.5% 함유 사료는 살모넬라 오염 육계 병아리에서 생산성에 영향을 미치지 않았다. 선천면역(항산화계 균형), 세포성 면역(PBMC와 비장세포증식도, TNF- α 와 IL-1활성)는 크릴분 함유 사료에 의하여 조정되나 크릴 분 사료의 면역 반응 조정 기능은 암수 병아리 사이에 달랐다.

표 5. 크릴분 사료 급여가 암수 육계 병아리에 살모넬라 공격 14일뒤(3주령)의 혈장, LPS로 자극한 PBMC과 비장세포 분비 TNF- α 활성

		Normal	Inoculation		SEM	P value		
Sex		Basal	Basal	Krill		Diet	Sex	Diet*Sex
TNF- α like activity								
Plasma	Male	21.22 \pm 9.60 ^{a*}	1.64 \pm 0.48 ^b	1.08 \pm 0.36 ^b	1.27	<.0001	0.01	<.0001
	Female	1.07 \pm 0.83 ^b	6.3 \pm 4.0 ^{a*}	0.06 \pm 0.04 ^b				
PBMC	Male	0.007 \pm 0.003 ^c	356.5 \pm 189.2 ^b	666.1 \pm 519.1 ^{a*}	66.02	0.001	0.62	0.006
	Female	317 \pm 239.8 ^{b*}	854.2 \pm 443.8 ^{a*}	40.59 \pm 30.27 ^{bc}				
Splenocytes	Male	15.7 \pm 12.2 ^{a*}	4.97 \pm 4.57 ^{ab}	0.48 \pm 0.29 ^b	2.75	0.02	0.01	0.01
	Female	0.087 \pm 0.61	1.30 \pm 0.91	0.48 \pm 0.17				

Values are mean \pm SD of three replicates (bird/pen). ^{a-c}: Means in a column without common superscript, and * means between Male and Female in a low differ significantly at p<0.05.

나. 실험 2 : 크릴제품 항생제 대체제 개발

방 법 : 크릴 제품 (레시친 첨가 크릴 분) 함유 사료 급여시 육계병아리의 생산성, 면역장기의 무게, 혈액항산화계, PBMC와 비장세포증식도, TNF- α 활성과 IL-1 활성이 크릴 분 또는 반코마이신 (vancomycin) (반코마이신)함유사료 급여와 비교하였다. 7일령의 모든 병아리에 1수당 1.0×10^4 cfu의 *Salmonella typhimurium*(CCARM, 8013)을 소낭 내에 주입하였다.

결과 1 살모넬라 접종(감염) 육계 병아리에서, 생산성(성장율과 사료이용효율), 장기무게 및 항산화 효소계 활성은 크릴 분, 크릴 제품, 또는 반코마이신 사료 사이 또는 암수 사이에 일치되는 결과는 없었다.

2 그러나 크릴제품 사료 급여 병아리의 세포성 면역 반응성(PBMC와 비장세포 증식도 및 TNF- α 또는 IL-1 활성)은, 반코마이신 사료 급여한 것의 이들 지표 값들에 가깝고, 크릴분 사료 급여와 달랐다.

3 한편 살모넬라 접종 3주뒤에, 크릴粉 사료 급여는 암 수 육계 병아리의 장간막과 비장에서 살모넬라가 검출되었으나, 크릴 제품 사료 급여는 암평아리의 장 간막에서 만 살모넬라가 검출되었다. 반코 마이신사료 급여는 장간막과 비장 양쪽에서 살모넬라가 회수되지 않았다.

결론: 크릴제품 사료를 섭취한 병아리는 살모넬라 저항성(조직내 살모넬라 생존 억제능력)을 크릴 분 사료를 급여한 병아리 보다 높였다. 이것은 크릴 제품 사료에 육계 병아리의 선천 면역 반응 (항산화계 : 식세포 작용)과 세포성 면역반응성(면역세포 증식성과 사이토카인분비)의 조정 능력이 있다는 것을 나타낸다.

응용 :

실험 1과 실험2의 결과들은 크릴 분의 사료로서의 활용에는, 크릴 분 내 존재 또는 생성되는 생산성 감소 물질의 작용을 조정해야 된다는 것을 강조하고 있다. 그리고 크릴粉의 사료화에는 함유된 아스타키산친이나 n-3 지방산(EPA, DHA)의 생리기능을 응용(應用)한 동물의 선천면역 반응성이나 세포성 면역반응의 조절을 시도하는 것이 필요하다.

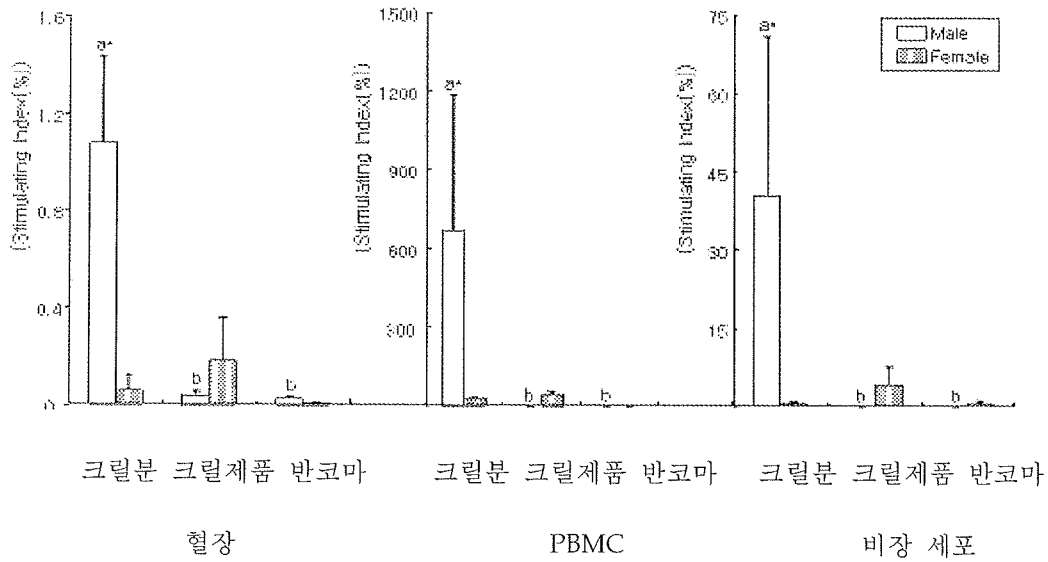


그림 11. 살모넬라 접종 14일 뒤(3주령) 육계병아리의 혈장, PBMC 또는 비장세포 분비 TNF- α 활성화에 미치는 크릴 분, 크릴제품 및 반코마이신(반코마) 사료 급여의 영향
 Value bars are means \pm SD of 3 pens(birds). a-b : Means with different superscript among diets and * : means between male and female differ significantly at $p < 0.05$

제 3 절 2차년도 선상가공 기술개발 수행내용

1. 최종목표 및 내용

- 남극 크릴새우의 기능성성분(Krill oil 등) 추출 및 농축기술 개발.
 - 중고압(100MPa 이하)기를 이용한 유효성분 효율적인 추출 조건 검토
 - 추출박을 사료로 사용 가능한 추출용매 선택 및 최적조건 검토
- 추출물과 건조 크릴 밀의 상품화 조건 검토.
- Pilot 설비 선상장착 및 가동

2. 당해년도 연구개발 목표 및 내용

목 표	연구 내용 및 범위	비고
- 크릴오일 추출 장치 Pilot설비 제작	- 1톤 규모의 Pilot설비 제작	총제작비 : 3억 8천만원 국고금 : 5천만원 참여기업부담금 : 3억 3천만원
- Pilot 선상 운전조건 확립	- 추출용 최적용매 및 농도 선정 - Pilot 선상 최적 추출조건 확립 ▪ 아스타잔틴 함량 35mg 이상 ▪ EPA, DHA 등 25% 이상 ▪ 인지질 38% 이상	
- 추출물의 기능성 연구	- 조건별 추출물의 성분 분석 ▪ 조지방 및 지방산 함량 ▪ 조단백질 및 아미노산 함량	
- 추출박 건조조건 검토	- 추출박의 수분제거 조건 검토	
- 추출물과 건조 크릴 밀의 상품화 조건 검토.	- 기능성 식품 및 사료로서의 타당성 검토	
- Pilot 설비 선상장착	- 선상 운전조건 최적화	

3. 연구개발 실험 수행 내용 및 결과

가. 시료

시료는 -80℃에서 급랭한 남극크릴을 -80℃에 보관하면서 실험에 사용하였다. 본 실험에 사용된 크릴의 일반성분표를 표 6에 나타내었다.

표 6. 크릴의 일반성분

성분	조성비(%/100g)
수분	79.9
조지방	4.3
조단백질	12.6
조섬유	0.8
조회분	2.4

나. 분석 방법

일반성분은 AOAC법에 따라 수분은 상압가열건조법, 조단백은 Kjeldahl법, 조지방은 Soxhlet법, 인지질 함량 측정은 Baginski법, 그리고 아스타잔틴 함량은 액체 크로마토그래피로 분석하였다.

(1) 수분

수분측정은 상압 가열법으로 시료 1g을 칭량병에 넣고 105℃에서 4시간 건조한 후 약 70℃까지 냉각시킨 후 데시케이터로 옮긴 후 실온까지 냉각시킨 후 무게를 측정하여 수분함량을 구하였다.

(2) 조단백질

Micro Kjeldahl 방법으로 70℃의 건조기에서 72시간 건조시킨 시료를 마이크로킬달에 시료 5g과 산화촉매 2g을 넣은 후 진한 황산 2ml을 넣고 700℃로 분해하여 실온에서 냉각시킨후 증류수로 희석하였다. 이어서 증류장치의 증류플라스크에 0.1N H₂SO₄ 10ml과 혼합지시약 5~6방울 이 함유된 삼각플라스크를 냉각장치 하단에 놓고 증류플라스크에 희석된 시료와 1N NaOH 7ml을 넣고 삼각플라스크 원액의 3가가 될 때까지 가열한 다음 적정하였다.

(3) 조지방

통상의 방법에 따라 수기 및 원통여과지의 무게를 칭량하고 분쇄한 시료 30g을 칭량한 후 원통여과지에 넣고 다시 원통여과지+시료를 칭량한 후 원통여과지 상단을 솜으로 막은 다음 siphon에 넣는다. Soxhlet에 용매인 에테르를 충분히 넣고 35℃에서 24시간 동안 환류 시킨다. 환류를 마친 수기 내용물을 glass filter에서 여과한다. 이어서 증발농축기에서 용매를 회수하고 아세톤으로 수분을 제거한 후 38℃에서 1시간 건조시킨 후 데시케이터에서 30분간 방냉 후 칭량하여 조지방 함량을 구하였다.

(4) 유리지방산

유리지방산은 HP 6890 Series GC-HP 5973 MSD (제작사 : 미국, Hewlett Packard) 기체 크로마토그래피를 이용하여 분석하였으며, 분석에 사용된 칼럼은 HP-FFAP (25m x 0.32mm x 0.5 μ m)이며, 오븐온도는 초기에 150℃로 올린 다음 230℃까지 2.9℃/분으로 온도를 상승시켜 230℃에 달하면 1분 후 측정을 종료하였다. 이때, 샘플 주입구의 온도는 260℃, 검출기 온도는 260℃ 및 검출기는 FID를 사용하였다.

표 7. 지방산 분석조건

Column	HP-FFAP, 25m, 0.32mm, 0.5 μ m
Carrier	Hellium 46.6 psi
Oven	150℃(1 min), to 230℃(2.9 °C/min), 230 °C(1 min)
Split Ratio	20/1
Injector Temp.	260℃
Injection Size	1.5 μ l
Detector Temp.	260℃

다. 실험실 규모의 크릴오일 추출 가능성 검토

냉동 크릴을 해동시킨 후, 50℃로 가열된 동량(W/W%)의 30% 에탄올을 첨가하고 온도를 유지하면서 고속 균질기를 이용하여 파쇄한 후, 원심분리하고 농축하여 크릴오일 추출 가능성을 검토하였다. 추출된 크릴오일의 일반성분을 표 3에 나타내었다. 조지방함량이 89.38%로서 매우 높은 크릴오일 추출 효율을 나타내었다.

크릴오일은 크릴새우의 껍질부분과 육질사이의 얇은 막에 존재하며, 인지질역시 이 막에 존재하는 것으로 알려져 있다. 따라서 껍질과 육질부분을 잘 분리하는 기술을 이용하거나, 크릴새우를 완전 파쇄하여 껍질과 육의 경계를 없애는 방법이 가장 효율적인 크릴오일 추출방법이라고 생각한다. 따라서 본 연구에서는 크릴새우를 단시간에 효율적으로 완전 파쇄하는 방법으로 크릴오일을 추출하는 장치를 개발하였다.

표 8. 추출된 크릴오일의 일반성분

성분	조성비(% , 100g)
수분	1.83
조지방	89.38
조단백질	8.57
기타	0.22

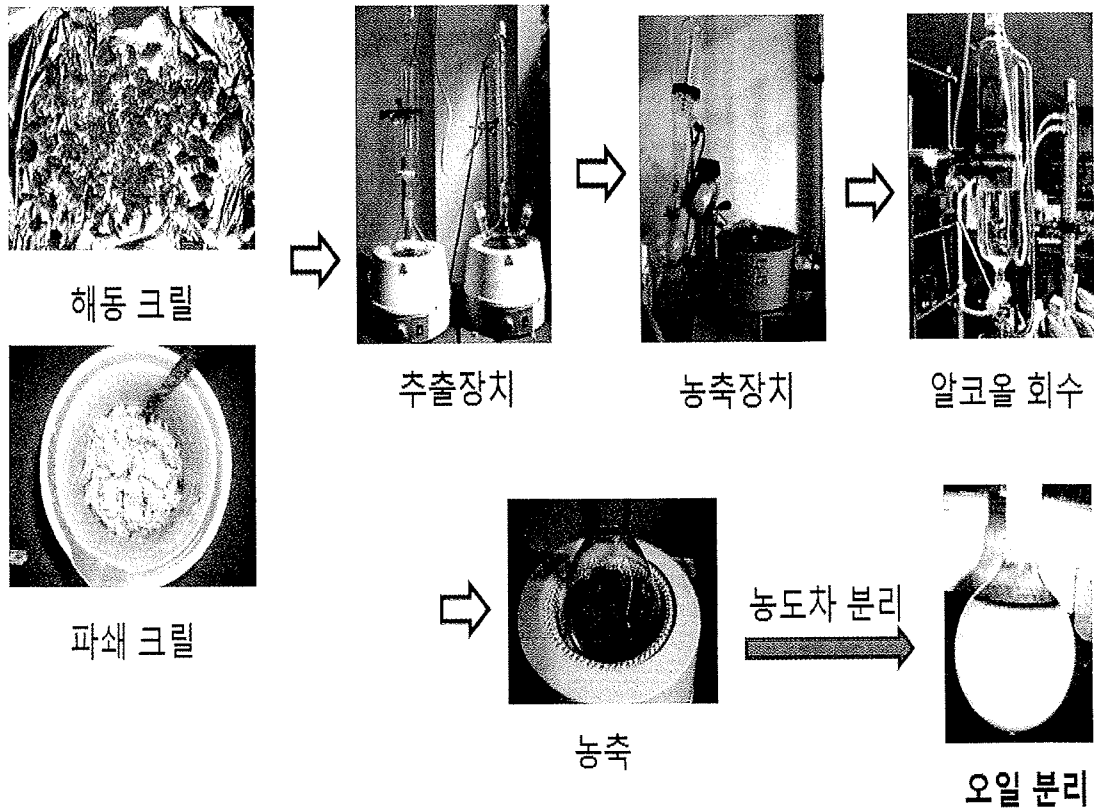


그림 12. 크릴오일 추출 모식도

라. PILOT 시작품 제작

본 연구에서는 실험실 규모 결과를 토대로 효율적으로 크릴오일을 파쇄할 수 있는 대형장치를 검토한 결과 고속균질기와 비슷한 효능을 나타내는 고압펌프를 크릴새우파쇄장치로 최종결정하였다. 실험실 규모의 조건을 토대로 1톤규모의 PILOT 시작품을 제작하였다. PILOT 제작에 소요된 경비는 총금액 3억 8천만원이며 이중 연구비로 충당된 금액은 5천만원이고 나머지 금액은 참여기업인 (주)인성실업이 부담하였다.

PILOT 장비의 구성은 1. 고압발생장치, 2. 추출장치, 3. 분리장치, 4. 농축장치, 5. 건조장치로 구성되어 있다. 각 장치별 기능을 설명하면 다음과 같다.

(1) 고압발생장치

시판의 고압발생장치(400bar)를 4대 구입하여 PILOT 장치에 장착하였다. 고압장치의 역할은 크릴을 미세하게 분쇄하여 효율적으로 오일을 추출하는 역할을 한다.

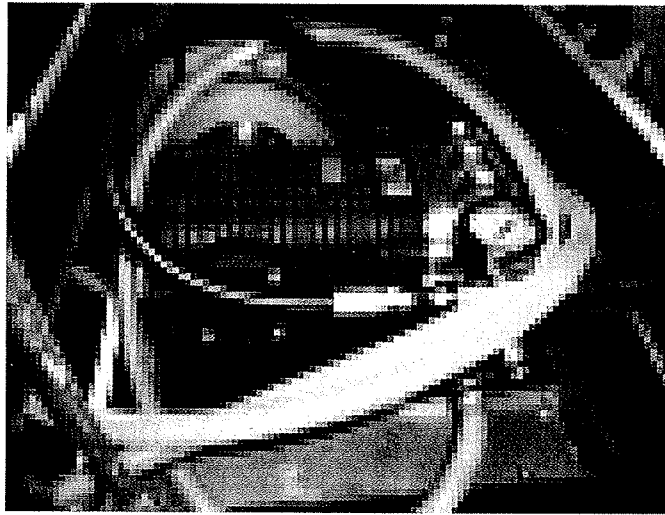


그림 13. 고압발생장치

(2) 추출장치

스팀으로 가열이 가능하고 보온장치가 된 원통형으로서 고압장치로부터 발생된 고압의 유기용매가 혼합된 물을 분사시켜 크릴을 미세하게 파쇄하는 역할을 한다.

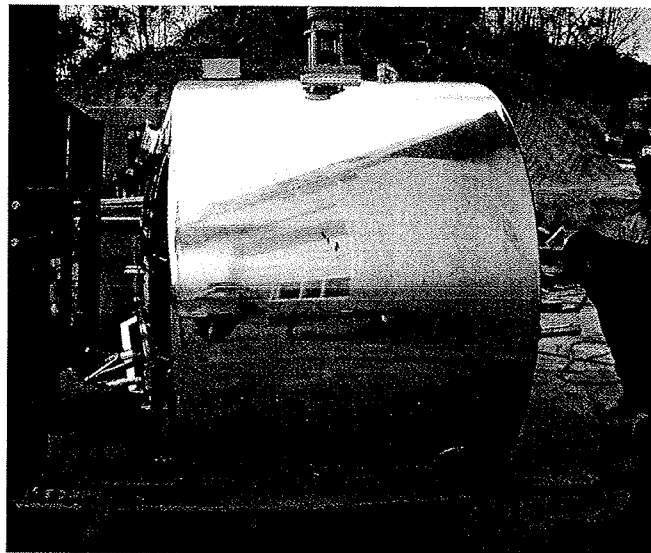


그림 14. 추출장치

(3) 분리장치

미세하게 파쇄된 그릴새우 파쇄물을 액상과 고형물로 분리하는 장치이며, 이 장치를 사용하여 크릴오일을 크릴 파쇄물로부터 분리한다.

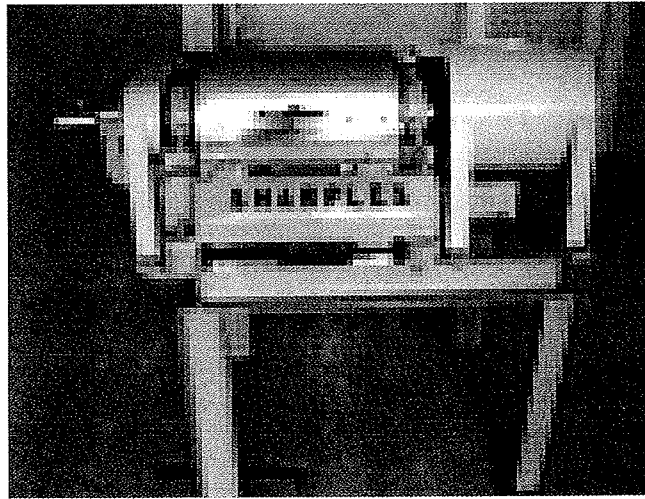


그림 15. 분리장치

(4) 농축장치

유기용매와 물의 혼합물로 추출한 크릴오일을 유기용매를 증발시켜 크릴오일을 농축하는 장치이다. 농축시 회수되는 유기용매인 에탄올은 회수탱크로 회수하여 재사용한다.

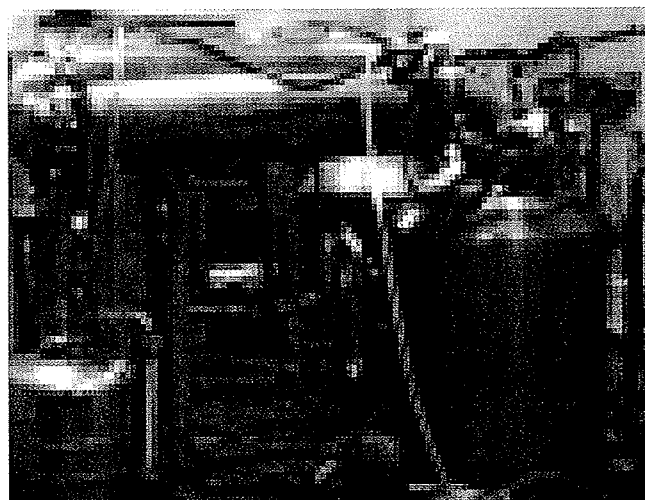
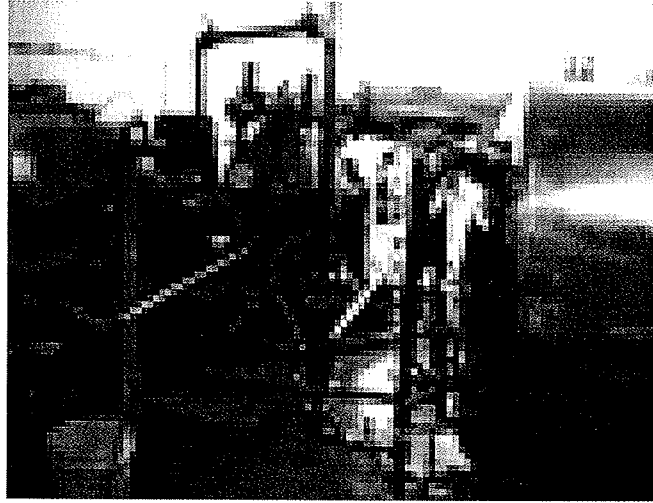
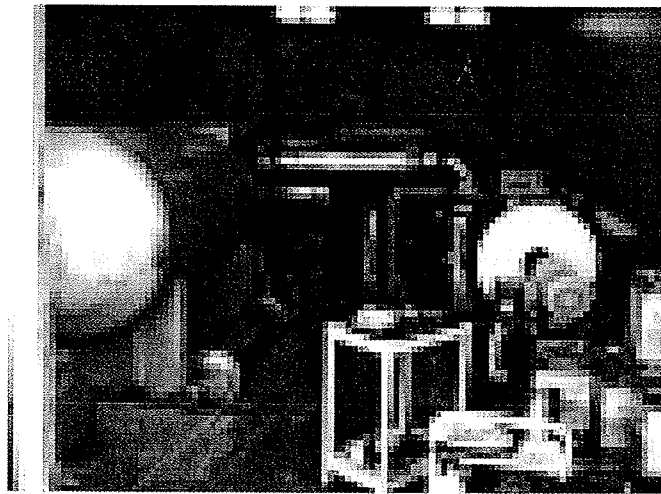


그림 16. 농축장치

다음 그림은 크릴오일 추출장치의 전경사진이다.



정면 사진



후면 사진

그림 17. 크릴오일 추출장치의 전경

PILOT 장치에서의 크릴오일추출공정은 다음과 같다.

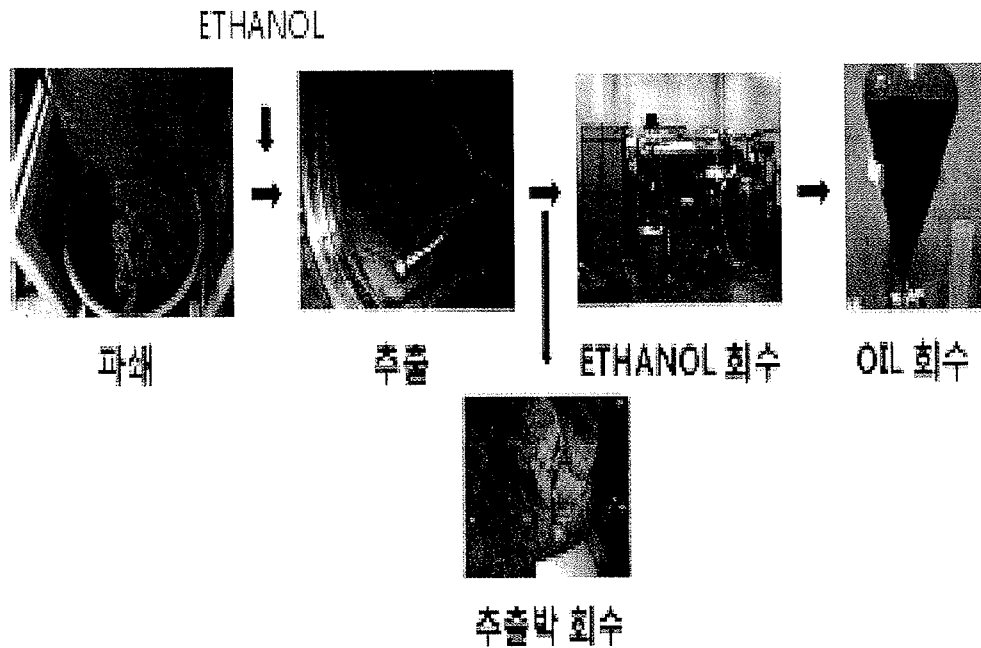


그림 18. 크릴오일 추출 모식도

크릴오일 추출과정을 도식화하면 다음과 같다. 도식도를 중심으로 크릴오일 추출과정을 상세히 설명하면 다음과 같다.

원료, 냉동 크릴을 해동 후 파쇄하여 추출조에 투입한다. 60℃로 가열된 30% 에탄올을 고압발생기를 통하여 추출조로 분사하여 크릴을 파쇄한다. 파쇄물을 이송펌프를 이용하여 고액분리기로 이송하여 추출액과 추출박으로 분리한다. 이 과정을 크릴오일이 충분히 추출될 때까지 반복한다. 크릴오일 추출이 완료된 추출조의 추출물은 이송펌프를 통하여 고액분리기를 통과한 추출박은 건조기로 이송되어 건조되며, 추출액은 60℃로 가열된 농축조로 이송되어 알코올이 증발되면서 오일이 회수된다. 증발된 알코올은 알콜저장조로 이송되어 재사용된다. 회수된 오일은 유수분리기로 기름과 물을 완전히 분리시킨 후, 오일 저장조로 이송된다. 선박이라는 특수성을 감안하여 회수된 물은 재사용을 위해 저장조에 보관하며 재사용할 수 있도록 하였다. 크릴오일이 충분히 추출되는데 소요되는 시간은 약 1시간 정도이고 전 공정 소요시간은 약 2시간정도이다.

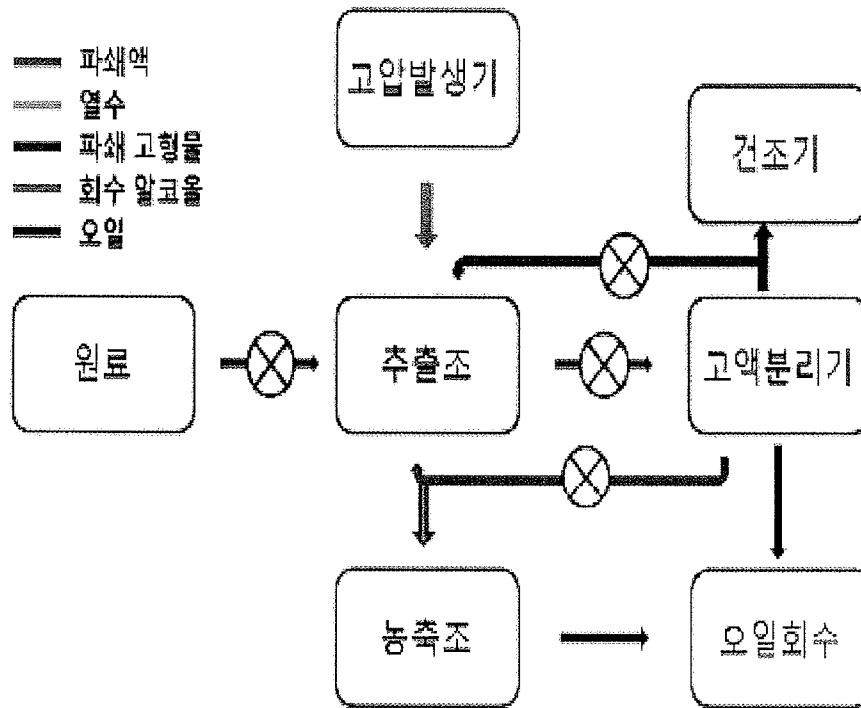


그림 19. 크릴오일 추출과정 도식도

마. PILOT 장치를 이용한 크릴오일 최적추출조건 및 분석결과

(1) 크릴오일 최적추출조건 검토

(가) 최적 에탄올 농도조건

에탄올 농도가 높을수록 크릴 오일 추출효율이 증가하나 선상에서 추출을 행하여야 하므로 화재위험 방지 등 선박 안전을 위해 가능한 낮은 농도의 에탄올을 사용할 필요가 있다. 효율성을 감안하여 30%에탄올 농도가 선상에서의 크릴 오일 추출에 가장 적합함을 알 수 있었다. 표 4는 에탄올 농도별 크릴 오일 추출효율을 나타낸 것이다.

표 9. 에탄올 농도별 크릴 오일 추출효율

Water-EtOH(V/V)%	0	10	20	30	40	50
추출율(ppm)	13	45	83	110	115	126

(나) 최적 온도조건

크릴 오일은 매우 열에 민감하여 온도가 80℃를 넘으면 급속하게 분해되는 경향이 있다. 또한 추출용매의 온도에 따라 인지질 추출량도 현저히 차이가 난다. 따라서 크릴오일의 변질을 최소화하면서 인지질의 추출량을 극대화 하는 최적 추출조건을 도출할 필요성이 있다. 표 5는 온도별 크릴 오일 추출효율을 나타내고 있다. 알코올 끓는점이 82℃인 점을 감안한다면 60℃가 가장 적합한 크릴오일 추출온도라고 추정할 수 있다.

표 10. 온도별 크릴 오일 추출효율 (알코올농도 : 30%)

온도(℃)	40	50	60	70	80
추출율(%)	2.37	2.39	2.84	3.19	3.35

(다) 최적 압력조건

압력이 증가할수록 추출효율이 증가되나 효율별 고압장치 가격을 비교할 때 100-500bar 정도의 고압발생기를 사용하는 것이 경제적인 추출방법으로 사료된다. 표 2는 압력별 크릴 오일의 추출효율을 나타내고 있다.

표 11. 압력별 크릴 오일 추출효율 (온도: 60℃, 알코올농도 : 30%)

압력(bar)	50	100	500	1000	2000	3000
추출율(%)	2.37	2.39	2.84	3.19	3.35	3.43

(2) 크릴오일 분석 결과

(가) 분석방법

일반성분은 AOAC법에 따라 수분은 상압가열건조법, 조단백은 Kjeldahl법, 조지방은 Soxhlet법, 인지질 함량 측정은 Baginski법, 그리고 아스타잔틴 함량은 액체 크로마토그래피로 분석하였다.

(나) 일반성분 분석

수분함량은 0.85%로서 실험실 규모로 실험하였을 경우보다 좋은 결과를 얻었다. 조지방 함량은 97.68%로, 아스타잔틴 등 기타 지용성 성분 등이 함유되어 있어 조지방 함량이 높은 것으로 사료된다. 조단백질 함량은 0.3%로 실험실 규모로 실험하였을 경우보다 매

우 낮은 함량을 나타내었다. 이유는 농축과정 중 수용성 단백질이 침전분리되어 제거되었기 때문으로 추정된다. 기타성분은 1.17%였다.

표 12. 일반성분 분석표

성분	조성비(% , 100g)
수분	0.85
조지방	97.68
조단백질	0.3
기타	1.17

(다) 지방산

추출된 크릴오일의 지방산 조성은 다음과 같다. 표2와 도1은 각각 지방산 함량과 크로마토그램을 나타내고 있다.

표 13. 크릴 오일 지방산 분포

조성물		조성비	비고
포화지방산		33.06	
불포화 지방산	DPA	0.12	
	EPA	3.33	
	DHA	1.22	
	linoleic acid	2.11	
	linolenic acid	0.93	
	Oleic acid	12.70	
	Arachidonic acid	0.07	
	Palmioleic acid	7.66	
인지질		22.21	
기타		16.59	

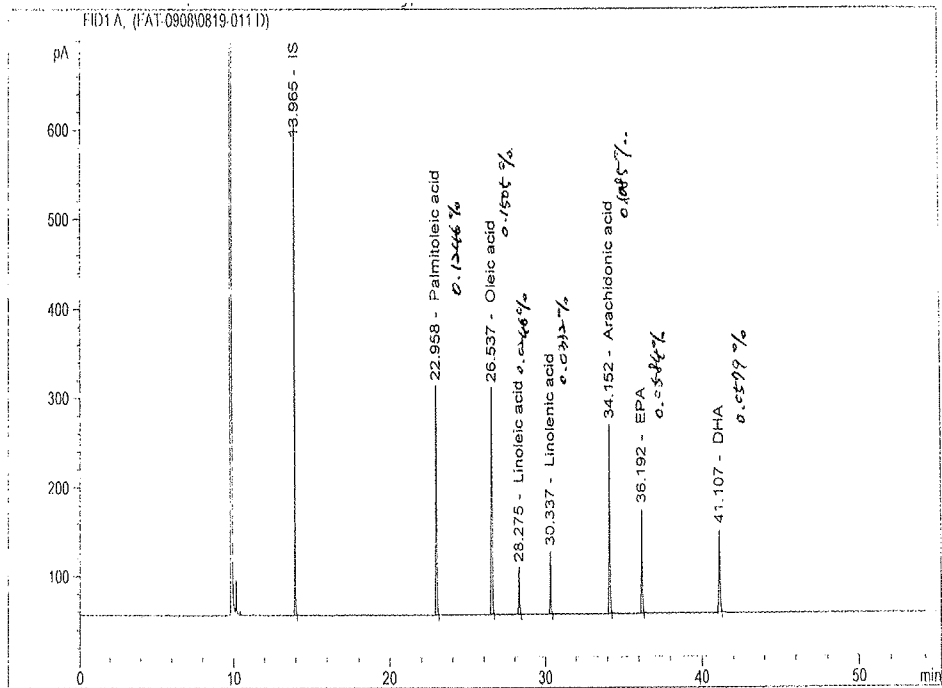


그림 20. 크릴오일의 크로마토그램

(라) 인지질

인지질 측정은 실험실 규모의 측정방법과 동일한 측정방법을 사용하였다. 인지질함량은 아세톤 불용물로써 약 42%였다.

(마) 아스타잔틴

아스타잔틴 측정은 실험실 규모의 측정방법과 동일한 방법으로 측정하였다. 아스타잔틴 함량은 약 126ppm이었다.

(3) 크릴 밀 분석 결과

크릴 오일을 추출하고 남은 잔사 즉 추출 박의 동물 사료적용 가능성을 검토하기 위하여 크릴 오일 추출 박의 성분 분석을 하였다. 유리아미노산은 전처리한 시료를 아미노산 자동분석기(S-433H, Sykam GmbH, 독일)로 분석 및 정량하였다. 분석결과를 표14, 표 15에 나타내었다.

표 14. 크릴 오일 추출 막 일반 성분 조성 및 미생물 검사표

Sample 시험 항목	A	B	C	D	대조군
수분 (%)	7.04	51.05	5.70	7.50	13.41
조단백질 (%)	66.20	33.07	72.32	67.06	26.28
조지방 (%)	5.97	3.86	2.14	3.21	2.30
조섬유 (%)	6.18	3.05	8.53	3.01	5.02
조회분 (%)	13.72	7.11	10.94	18.63	5.09
대장균	불검출	검출	불검출	불검출	불검출
살모넬라	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출

※ 알파벳 : 날짜별 , 대조군 : K사 제품

표 15. 크릴 오일 추출 박 아미노산성분 분석표(mg/100g F.W)

Sample 시험 항목	A	B	C	D	대조군
Aspartic acid	6.81	3.54	8.23	5.71	2.42
Threonine	2.93	1.54	3.38	2.46	0.97
Serine	2.80	1.42	3.36	2.31	1.19
Glutamic acid	9.01	4.70	11.24	8.01	4.32
Proline	1.90	1.11	1.99	2.53	1.32
Glycine	3.14	1.63	3.13	3.85	1.19
Alanine	3.59	1.90	4.28	3.38	1.22
Valine	3.24	1.69	3.71	2.92	1.16
Isoleucine	3.35	1.75	3.70	2.57	1.06
Leucine	5.28	2.71	6.11	4.13	1.93
Tyrosine	2.62	1.24	3.24	1.99	0.91
Phenylalanine	3.00	1.60	3.44	2.26	1.26
Histidine	1.73	0.96	2.28	1.35	0.73
Lysine	4.57	2.19	5.64	3.84	1.16
Arginine	3.77	1.76	4.68	3.47	1.77
Cystine	0.68	0.25	1.01	0.66	0.41
Methionine	1.56	0.82	2.14	1.30	0.33
Tryptophan	0.56	0.30	0.75	0.45	0.27

※ 대조군은 A사

본 연구에서 개발된 장치를 이용하여 크릴 오일 추출 박을 제조 및 건조하였을 경우는 밀폐된 공간 내에서 파쇄 및 회수가 일어나며, 건조시에도 80℃이하의 저온에서 건조하므로 대조군(일반적인 압착 추출 및 고온건조법)에 비해 영양 손실이 현저히 적음을 알 수 있다. 현재 우루과이 몬테비데오시 근교의 양계농장 및 양돈농장에서 사양 예비실험을 하고 있음.

바. PILOT기기의 선상장착 및 공정 최적화

(1) 선상장착

10월 25일 육상PILOT기기를 철수하여 부산으로 이송 후 포장하여 선상장착 예정인 인성호가 귀항예정인 우루과이, 몬테비데오로 10월 31일 장비를 송출하였다. 12월 28일 몬테비데오에서 육상 PILOT기기를 인성호에 선적하고 PILOT기기 설치공간을 위해 선미부분의 상갑판을 제거하고 설치공간을 확보함. 12월 29일부터 본격적인 설치작업을 실시하여 2010년 1월 7일 설치작업을 완료함. 2010년 5월 22일부터 7월 2일까지 남위 64도 서경 48도 King George섬 부근에서 선상 최적 조건검토 실험을 행하였다.

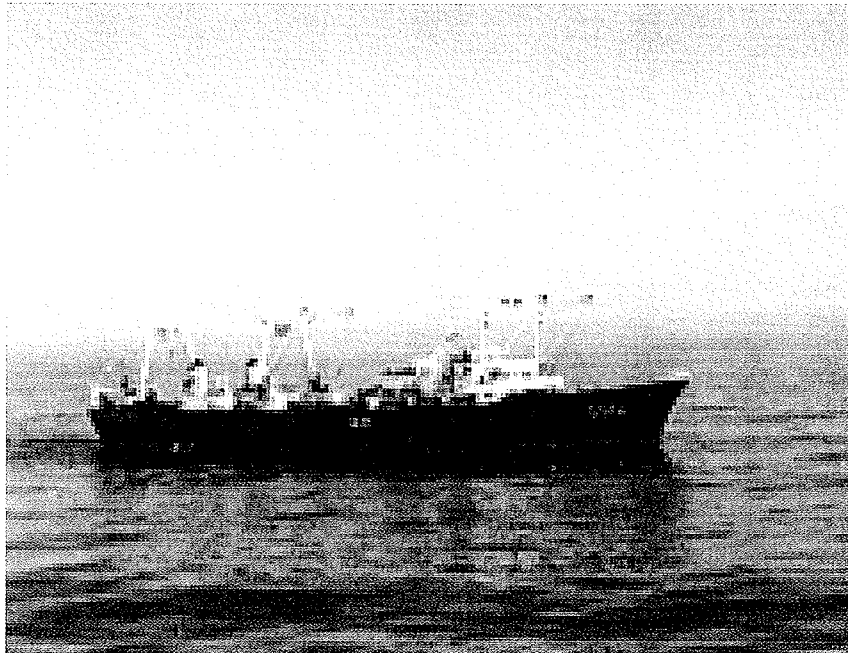


그림 21. Pilot 기기를 장착한 인성호 전경

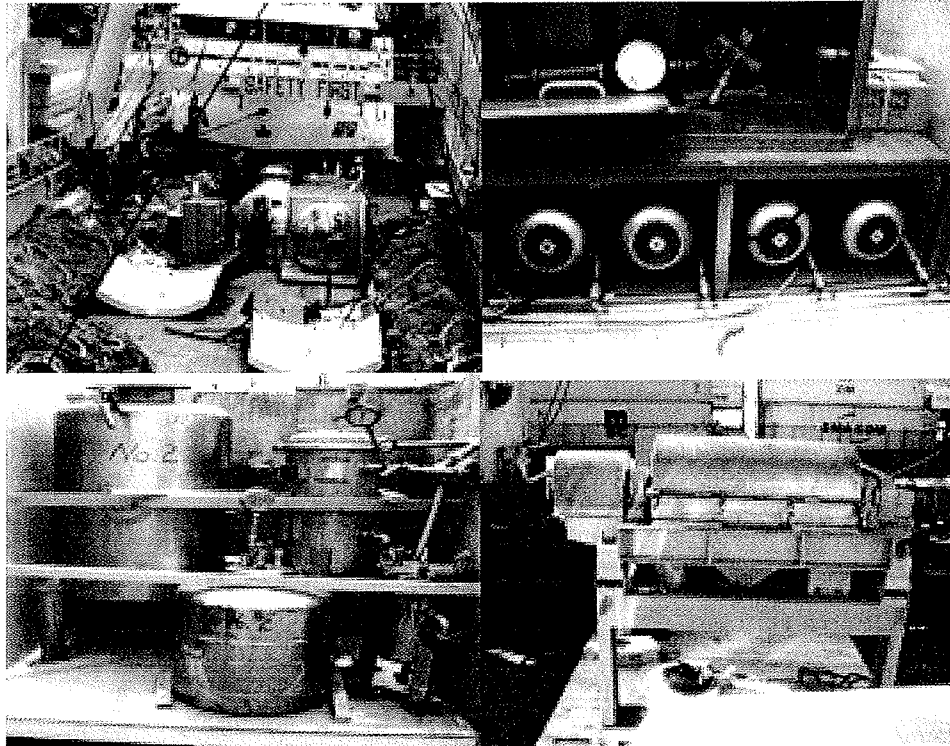


그림 22. 육상PILOT기기 선상 이동 사진

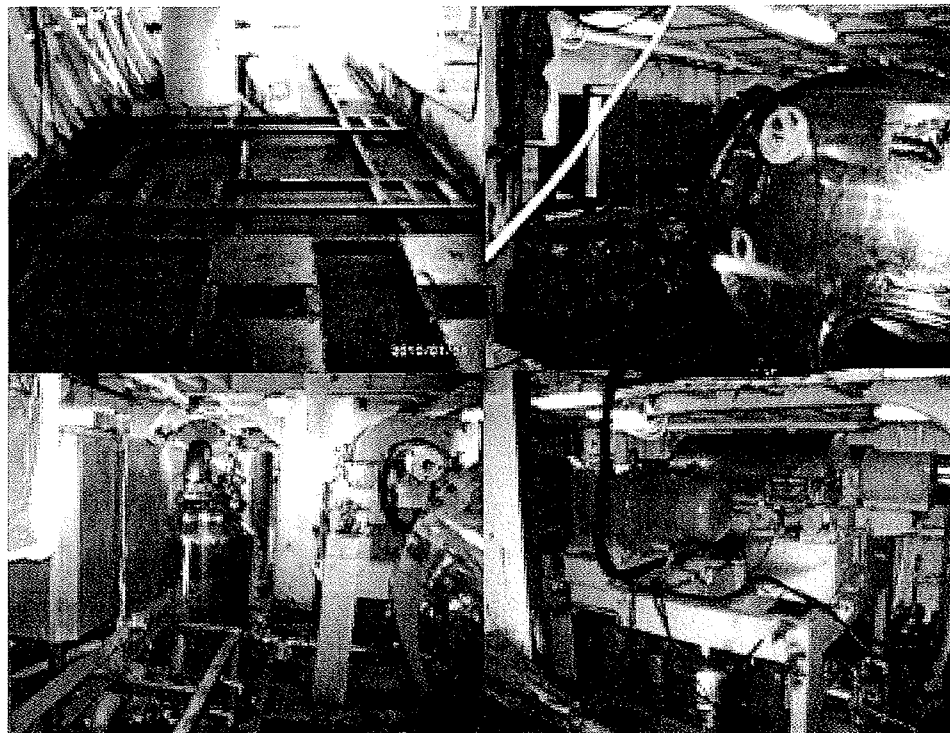


그림 23. 육상PILOT기기 선상 장착 사진

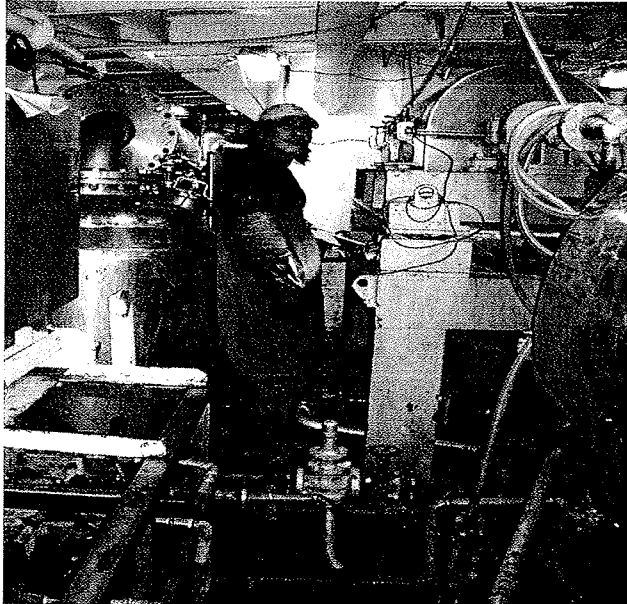
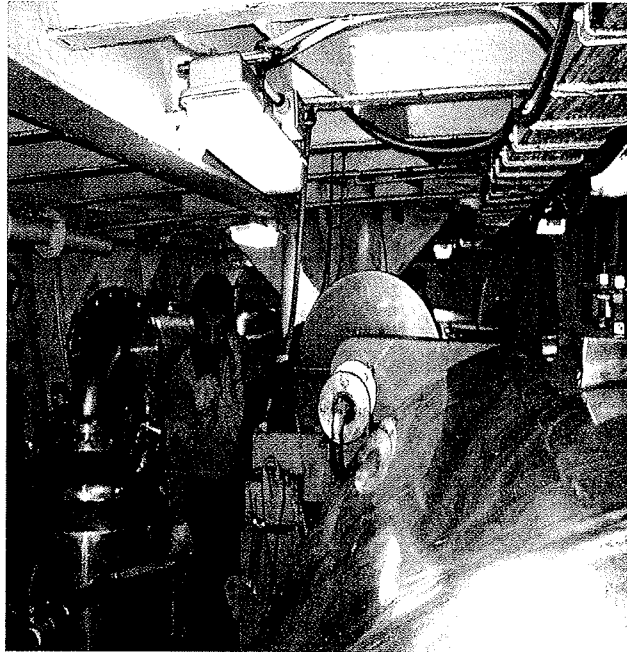


그림 24. 선상장착 완료 후 전경



그림 25. 크릴새우 및 생산된 오일 추출 박

크릴 장치 배관도 1

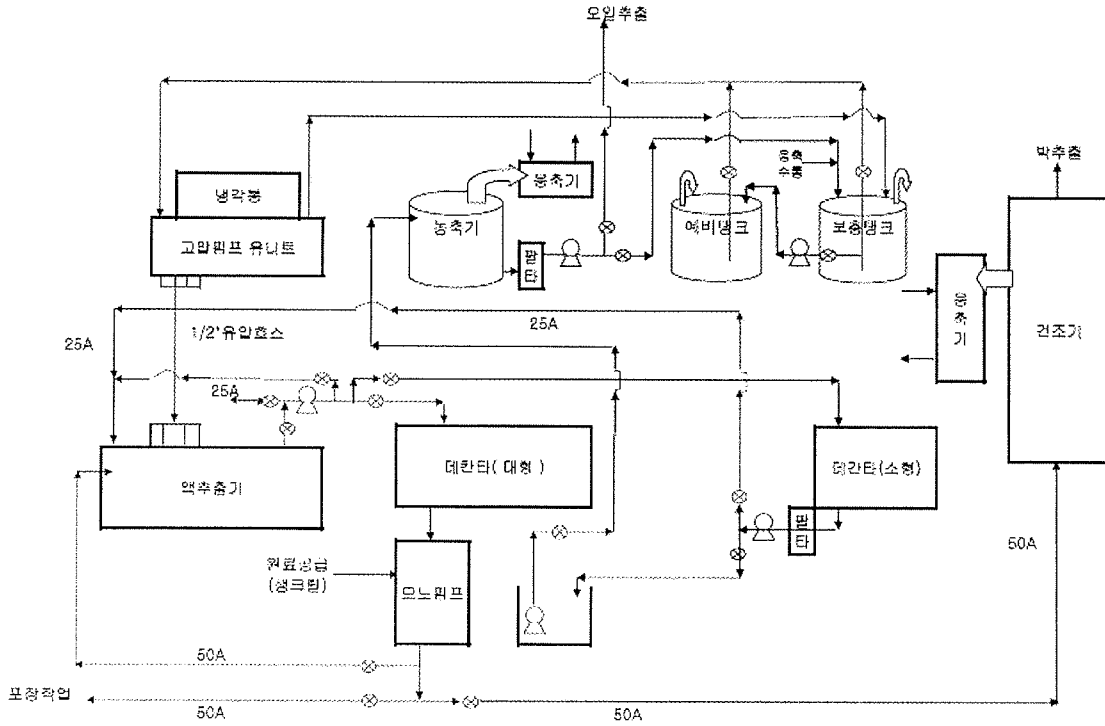


그림 26. PILOT기기 선상 장착 위치 및 배관도

크릴 장치 배관도 2 (알코올, 스팀, 에어 계통도)

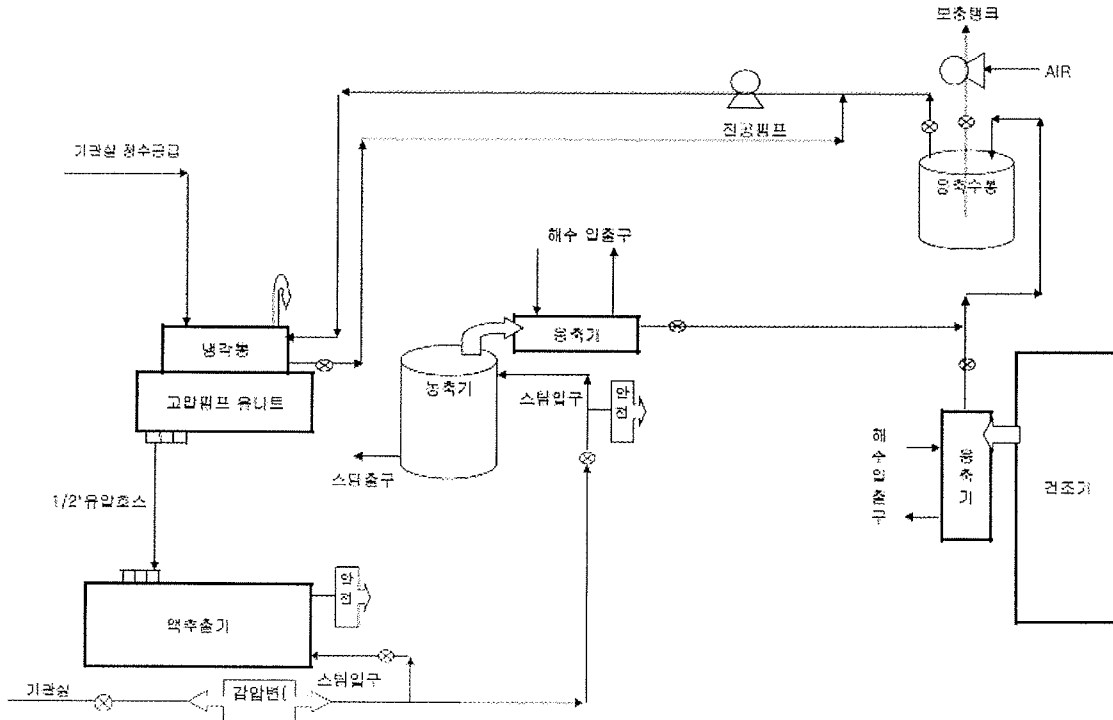
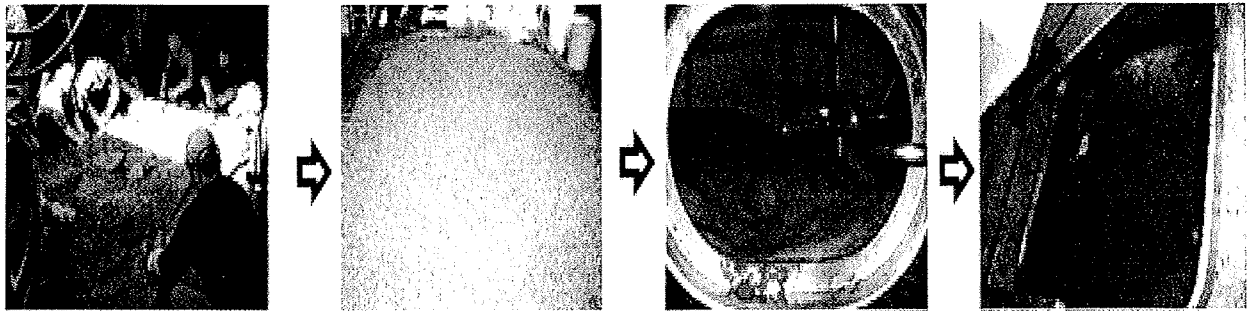


그림 27. 선상 PILOT기기 알코올, 스팀, 에어 계통도

(2) 공정 최적화

장착된 PILOT기기를 이용하여 선상가공 최적조건 검토실험을 하였다. 선상이라는 특수성 때문에 분리정제공정은 육상에서 시행할 계획으로 추출공정까지만 행하였다. 추출공정은 Batch식으로 운영되며 약 2시간이 최적 크릴오일 추출 시간으로 판명되었다.

선상 크릴오일 추출



해동

분쇄

추출

회수

그림 28. 선상 크릴오일 추출공정

(3) 추출조건 검토 및 분석

크릴오일 추출조건은 육상과 같은 조건으로 실시하였다. 각 공정에서 채취한 시료는 -80℃ 급냉실에 보관 후 육상으로 이송하여 분석실험을 행하였다.

(가) 일반성분

선상가공 크릴오일의 일반성분 분석 결과를 표 16에 나타내었다. 수분함량은 육상보다 높은 것으로 나타났다. 이유는 육상실험에서는 완전 정제공정을 거쳤으므로 수분이 거의 제거되어 1% 이하의 수분함량을 나타내었으나, 선상에서는 정제공정을 생략하였으므로 수분함량이 높은 것으로 추정된다. 수분함량이 높아 상대적으로 조지방 함량이 낮으나 육상실험과 거의 유사한 조지방 함량을 나타내었다.

표 16. 일반성분 분석표

성분	조성비(% , 100g)
수분	14.07
조지방	71.33
조단백질	1.76
기타	12.66

(나) 지방산

추출된 크릴오일의 지방산 조성은 다음과 같다. 표 11은 지방산 함량과 크로마토그램을 나타내고 있다. 지방산 함량 역시 육상실험보다 감소하였다. 원인은 크릴오일을 추출 후 완전히 수분을 제거하지 않은 이유로 분석된다. 수분을 제거하면 육상 조건과 동일한 수준의 지방산함량이 얻어질 것으로 추정된다.

표 17. 크릴 오일 지방산 분포(%)

조성물		조성비	비고
포화지방산		33.06	
불포화 지방산	DPA	0.12	
	EPA	3.33	
	DHA	1.22	
	linoleic acid	2.11	
	linolenic acid	0.93	
	Oleic acid	12.70	
	Arachidonic acid	0.07	
	Palmioleic acid	7.66	
인지질		22.21	
기타		16.59	

(다) 인지질

인지질 측정은 실험실 규모의 측정방법과 동일한 측정방법을 사용하였다. 인지질함량은 아세톤 불용물로써 약 22.21%였다. 인지질 함량이 육상보다 낮은 것은 크릴오일을 완전 정제하지 않았기 때문으로 추정된다.

(라) 아스타잔틴

아스타잔틴 측정은 실험실 규모의 측정방법과 동일한 방법으로 측정하였다. 아스타잔틴 함량은 약 94.5ppm이었다. 아스타잔틴 함량이 육상보다 낮은 것은 크릴오일을 완전 정제하지 않았기 때문으로 추정된다.

(마) 아미노산

유리 아미노산 분석은 실험실 규모의 측정방법과 동일한 방법으로 측정하였다. 유리아미노산 함량 역시 육상가공보다 낮은 수치를 나타내었으나 대조군보다는 높았다. 표 18에 선상에서 추출한 크릴박의 유리아미노산 함량을 나타내었다.

표 18. 크릴 오일 추출박 아미노산성분 분석표(mg/100g F.W)

Sample 시험 항목	선상가공	대조군
Aspartic acid	7.85	2.42
Threonine	3.05	0.97
Serine	3.35	1.19
Glutamic acid	8.92	4.32
Proline	2.91	1.32
Glycine	3.67	1.19
Alanine	4.67	1.22
Valine	4.40	1.16
Isoleucine	2.31	1.06
Leucine	6.94	1.93
Tyrosine	2.43	0.91
Phenylalanine	3.85	1.26
Histidine	3.12	0.73
Lysine	5.52	1.16
Arginine	4.16	1.77
Cystine	0.77	0.41
Methionine	1.09	0.33
Tryptophan	0.63	0.27

육상 PILOT장치를 선박에 장착하여 시운전 및 조건검토를 한 결과, 육상과 비슷한 수준의 결과를 얻을 수 있었다. 추출된 크릴오일은 기존의 N사, A사 등과 비교하여 함량면에서도 전혀 손색이 없어 충분히 경쟁사와 경쟁할 수 있는 제품생산이 가능할 것으로 추정된다. 선박에서의 공정 단순화 및 원가절감을 위한 연구는 계속할 예정이다.

사. 오일 수율 향상 및 효율성 확보 방안

(1) 추출장치 대형화

선박이라는 제한된 공간에 Pilot 장치를 설치하여 오일 추출을 행하였으므로 전반적인 오일 추출에 필요한 장치의 공간확보가 힘들어 전체 오일량의 약 70%이하의 추출효율을 나타내었다.

(2) 추출장치 설치장소

본격적인 오일 추출효율 향상과 효율성 확보를 위해 충분한 공간확보가 가능한 대형선박이나 육상에 오일 추출장치를 설치하여 운영할 계획임

아. 추출 오일의 구체적인 산업화 전략

(1) 오일추출 설비 안정화

단기간에 걸친 실험을 통하여 도출된 실험결과이므로 10톤/일 생산 규모의 Pilot 장비를 인성호에 설치하여 장기적인 선박에서의 최적운전조건을 확립할 예정임. (2010년 10월 중순에 10톤/일 생산 규모의 Pilot 장비 설치예정)

(2) 대량생산설비 구축

도출된 최적운전 조건을 바탕으로 1년 이내에 100톤/일 규모의 대량생산장비를 구축하여 안정적인 상업적 생산을 시작할 예정임

(3) Crude Oil 정제

- 캐나다 N사와의 전략적 제휴를 통한 오일정제
- 국내 식품관련 연구소 및 생물산업진흥원과 연계하여 오일정제 시스템 구축

(4) 판매전략

- 캐나다 N사와 World marketing 전략을 통한 전세계 유통망 확립
- 한국 식품대기업을 통한 OEM 생산

자. 사료화 연구

- 크릴제품 사료를 섭취한 병아리는 살모넬라 저항성(조직내 살모넬라 생존 억제능력)을 크릴 분 사료를 급여한 병아리 보다 높였다. 이것은 크릴 제품 사료에 육계 병아리의 선천 면역 반응 (항산화계 : 식세포 작용)과 세포성 면역반응성(면역세포 증식성과 사이토카인분비)의 조정 능력이 있다는 것을 나타낸다.

- 크릴 분의 사료로서의 활용에는, 크릴 분 내 존재 또는 생성하는 생산성 감소 물질의 작용을 조정해야 된다는 것을 강조하고 있다. 그리고 크릴 분의 사료화에는 함유된 아스타잔틴이나 n-3 지방산(EPA, DHA)의 생리기능을 응용한 동물의 선천면역 반응성이나 세포성 면역반응의 조절을 시도하는 것이 필요하다.

본 연구를 수행하면서 느낀 점은 단순히 실험 결과를 얻기 위한 연구 장치를 소규모로 제작하여 연구를 수행했다면 단시간 내에 이 많은 결과는 얻지 못했을 것으로 사료된다. 실용화에 강한 의지를 가진 참여 기업인 인성실업(주)의 아낌없는 인적, 물적 지원에 깊이 감사드립니다.

제4장 목표달성도 및 관련분야에의 기여도

제 1절 연도별 연구목표 및 평가의 착안점

1. 연구목표 및 평가 착안점

세부연구목표	평가의 착안점 및 척도
○ 추출장치 개발	<ul style="list-style-type: none"> - Pilot 설비 제작 - Pilot 선상 최적 운전조건 확립
○ 추출물 분리 및 건조	<ul style="list-style-type: none"> - 최적 추출조건 검토 <ul style="list-style-type: none"> ▪ 최적 추출용매 선정 ▪ 아스타잔틴 함량 35mg 이상 ▪ EPA, DHA 등 25% 이상 ▪ 인지질 38% 이상 - 고액 분리 및 건조조건 검토 <ul style="list-style-type: none"> ▪ 추출물 수분함량 60% 이하 조건 검토
○ 기능성 검토	<ul style="list-style-type: none"> - 추출물의 아스타잔틴, 오메가 3, 인지질 등 기능성성분 분석 - 기능성 식품 및 사료로서의 기능성 검토 <ul style="list-style-type: none"> ▪ 조지방 및 지방산 분석 ▪ 조단백 및 아미노산 분석 ▪ 아스타잔틴 및 인지질 정량 ▪ 기능성 식품원료로의 적용조건 검토 ▪ 축산 및 양어사료로의 활용 가능성 검토

2 연구목표 내용 및 달성

세부연구목표	달성 내용	달성도(%)
○ 추출장치 개발	<ul style="list-style-type: none"> - Pilot 설비 제작 - Pilot 선상 최적 운전조건 확립 	100
○ 추출물 분리 및 건조	<ul style="list-style-type: none"> - 최적 추출조건 검토 <ul style="list-style-type: none"> ▪ 최적 추출용매 선정 ▪ 아스타잔틴 함량 35mg 이상 ▪ EPA, DHA 등 25% 이상 ▪ 인지질 38% 이상 - 고액 분리 및 건조조건 검토 <ul style="list-style-type: none"> ▪ 추출박 수분함량 60% 이하 조건 검토 	100
○ 기능성 검토	<ul style="list-style-type: none"> - 추출물의 아스타잔틴, 오메가 3, 인지질 등 기능성성분 분석 - 기능성 식품 및 사료로서의 가능성 검토 <ul style="list-style-type: none"> ▪ 조지방 및 지방산 분석 ▪ 조단백 및 아미노산 분석 ▪ 아스타잔틴 및 인지질 정량 ▪ 기능성 식품원료로의 적용조건 검토 ▪ 축산 및 양어사료로의 활용 가능성 검토 	100

제 5 장 연구개발결과의 활용계획

1. 추가연구의 필요성

- 추출된 오일 정제기술 개발
- 효과적인 선상 추출방법 개선을 통한 원가 절감
- 크릴새우 이외의 해양생물 오일 추출에 응용
- 제조공정의 표준화를 통한 원료처리, 추출 후 건조처리 등의 제조공정 및 장치부문 개선

2. 타 연구에의 응용

- 해양생물을 포함함 오일함유 물질의 오일 추출 및 추출잔사물의 기능성 사료화
- 저온조기술을 이용한 고영양 사료 개발
- 수산가공 부산물의 사료소재 자원화 연구

3. 기업화(상용화) 추진 방안

- 크릴포획 회사인 인성실업을 중심으로 실용화 장비 설치 및 상용화

인성호에 장착된 PILOT 설비를 이용하여 실용화 장비 구축을 위한 선상실험을 계속할 것이며, 실제적으로 세계적인 크릴오일 제조회사와 우루과이에 실용화 장비 구축을 위한 JOINT VENTURE 설립을 위해 실무적인 협상을 진행 중임.

- 추출된 오일의 정제기술 확립 및 대량 생산체제 구비

이미 인성이 우루과이 Montevideo시 부근의 Salida시에 약 800만평의 농지를 확보하고 대단위 도축시설을 겸비한 가축농장 건설을 준비하고 있고 외국의 크릴오일 제조회사와 실용화 장비구축을 위한 실무가 진행 중임

- 오일 추출박의 사료화 및 양돈·양계장 운영계획

이미 우루과이에서 오일추출박 사료를 이용한 육계 및 산란계 실험을 완료하였으며, 산란계 전용 양계장 건설 계획 중에 있다.

제 6 장 연구개발과정에서 수집한 해외과학 기술정보

1. Westfalia Separator 사의 선상 어류가공기술
2. 캐나다 N사의 크릴오일 정제공정
3. 노르웨이 J사의 선상크릴오일 추출장치

제 7 장 참고 문헌

1. Ruggiero-Lopez, D, Comparative effects of dietary corn, fish and krill oils on intestinal glycosylation, Vol.33 No.5, 1994
2. Massrieh, W. Health benefits of omega-3 fatty acids from Neptune krill oil, LIPID TECHNOLOGY, Vol.20 No.5, 2008
3. Bunea, R.; El Farrah, K.; Deutsch, L. Evaluation of the Effects of Neptune Krill Oil on the Clinical Course of Hyperlipidemia, ALTERNATIVE MEDICINE REVIEW, Vol.9 No.4, 2004
4. Seaman, D. Omega-3 Fat Confusion AND the Beginning of a Krill Oil Kraze AMERICAN CHIROPRACTOR, Vol.28 No.10, 2006
5. Watkins, C. Krill oil: Next generation source of omega-3s?, NFORM -CHAMPAIGN-, Vol.18 No.9, 2007
6. Varthi, A. Krill Oil - The Black Omega: Omega-3 fatty acids from krill oil flood the market with its wave of benefits, ASIA PACIFIC FOOD INDUSTRY, Vol.20 No.8, 2008
7. Deutsch, L. Evaluation of the Effect of Neptune Krill Oil on Chronic Inflammation and Arthritic Symptoms, Journal of the American College of Nutrition, Vol.26 No.1, 2007
8. Tandy, S.; Chung, R.W.S.; Wat, E.; Kamili, A.; Dietary Krill Oil Supplementation Reduces Hepatic Steatosis, Glycemia, and Hypercholesterolemia in High-Fat-Fed Mice Ber, Journal of agricultural and food chemistry, Vol.57 No.19, 2009
9. Fukuda, M.; Shinobu, T.; Endo, M. Physiological action of PL combined n-3 fatty acids-rich Antarctic Krill Oil, FOOD STYLE 21, Vol.10 No.5, 2006
10. Neptune krill oil to be sold by Walgreens under the brand name Schiff MegaRed unknown, LIPID TECHNOLOGY, Vol.20 No.11, 2008
11. Sampalis, F.; Bunea, R.; Pelland, M. F.; Kowalski, Evaluation of the Effects of Neptune Krill Oil™ on the Management of Premenstrual Syndrome and Dysmenorrhea, ALTERNATIVE MEDICINE REVIEW, Vol.8 No.2, 2003
12. KRILL OIL: Where is the market going?, FOOD INGREDIENTS HEALTH AND NUTRITION, Vol.1 No.1, 2008
13. Di Marzo, V.; Griinari, M.; Carta, G.; Murru, E.; Dietary krill oil increases docosahexaenoic acid and reduces 2-arachidonoylglycerol but not N-acylethanolamine levels in the brain of obese Zucker..., INTERNATIONAL DAIRY JOURNAL, Vol.20 No.4, 2010
14. Gangal, M.; Sampalis, T. Neptune Krill Oil - a strong promise for your skin protection (AGRO FOOD INDUSTRY HI TECH, Vol.18 No.1, 2007) [SCIE]

15. Li, P.; Ghosh, A.; Wagner, R. F.; Krill, S.; Joshi ;Effect of combined use of nonionic surfactant on formation of oil-in-water microemulsions Effect of combined use of nonionic surfactant on formation of oil-in-water microemulsions, International journal of pharmaceutics, Vol.288 No.1, 2005
16. Is krill fishing sustainabl, INFORM -CHAMPAIGN-, Vol.18 No.9, 2007
17. Kusumoto, N.; Ando, Y.; Matsukura, R.; Mukai, T. Lipid Profile of Krill *Euphausia pacifica* Collected in the Pacific Ocean near Funka Bay, Hokkaido, Japan Lipid Profile of Krill *Euphausia pacifica* Collected in the Pacific Ocean near Funka Bay, Hokkaido, Japan, Journal of Oleo Science, Vol.53 No.1, 2004