

최 종
연구보고서

김치의 고품질 상품화 기술개발

A Comprehensive Study on Production of Kimchi
Products with High Quality

김치공장의 염수 및 폐수의 효율적 처리 및
재활용 기술 개발

Waste Water Treatment in Kimchi Industry

연구 기관
한국식품개발연구원

농 립 부



제 출 문

농림부 장관 귀하

본 보고서를 “ 김치의 고품질 상품화 기술개발” 과제 (세부과제 “김치공장의 염수 및 폐수의 효율적 처리 및 재활용 기술 개발”)의 최종보고서로 제출합니다.

2000. 10. 7.

주관연구기관명 : 한국식품개발연구원

총괄연구책임자 : 박 완 수

세부연구책임자 : 김 동 만

연 구 원 : 남 궁 배

연 구 원 : 김 명 호

연 구 원 : 김 선 희

연 구 원 : 최 희 송(참여기업)

(필터피아코리아)

위탁연구기관명 : 충남대학교

위탁연구책임자 : 윤 혜 현

여 백

요 약 문

I. 세부과제명:

김치공장의 염수 및 폐수의 효율적 처리 및 재활용 기술 개발

II. 연구개발의 목적 및 중요성

김치공장의 배추 절임 염수의 재활용과 폐수를 효율적으로 처리하여 재활용할 수 있는 기술을 개발코져 하였다. 김치 제조시 배출되는 폐수 중에는 소량의 가용성 고형물인 소금과 원료로부터 유출되는 당류 등 매우 적은 량의 가용성 물질이 함유되어 있는 데 이를 종래의 처리방식으로는 비경제적인 면이 많고 소금 및 수자원이 재활용되지 못하고 있어 김치산업의 경쟁력 제고 및 환경보존을 위하여 매우 중요한 과제이다.

III. 연구내용 및 범위

1. 1차 년도

- 김치 공장 염수 및 폐수처리 현황 조사
- 염수 및 폐수의 처리 및 재활용을 위한 관련기술조사
- 절임염수의 특성 및 처리기술 연구
- 폐수에 함유된 물질 성분 및 특성 조사

2. 2차 년도

- 절임염수의 재활용기술 연구
 - 염수의 재활용을 위한 전처리기술 연구
 - 염수의 재활용을 위한 여과기술 연구
 - 염수의 재활용을 위한 제균 처리연구

- 폐수 재활용을 위한 함유물질의 분리기술연구
 - 폐수에 함유된 소립 고형물의 특성 및 효과적인 제거기술 연구
 - 폐수 중 유기가용성 물질의 분리제거기술 연구
 - 폐수 중 염분의 효율적 분리제거 기술연구

3. 3차 년도

- 절임 염수의 재활용시스템 도출
 - 염수의 재활용을 위한 전처리, 여과, 제균 시스템 도출
 - 염수 재활용 시스템의 성능 평가
- 폐수처리 및 재활용시스템 도출
 - 폐수의 전처리 기술 개발
 - 폐수 중 소립 고형물 제거기술개발
 - 폐수 중 유기가용성분 제거기술개발
 - 폐수 중 염분 제거기술 개발
 - 효율적인 폐수처리 및 재활용 시스템 도출

IV. 연구개발결과 및 활용에 대한 건의

1. 폐수발생 및 처리현황

배추 1톤을 절이기 위해서는 대략적으로 70kg의 소금이 사용되고 있으며, 절임 후 세척 등을 위하여 필요로 하는 용수의 양은 배추 1톤당 10톤 정도가 사용되는 것으로 추정된다. 김치 제조공장에서의 염수 재사용 횟수는 평균적으로 봄, 가을에는 2회, 여름 2회, 겨울 3~5회이며, 절임 배추의 세척횟수는 3회가 가장 많고 원료 배추 톤당 4~6톤 정도의 물을 사용하여 역류(overflow)방식으로 세척하므로 용수의 낭비가 많다. 김치공장의 폐수처리 방법은 식품공장에서 적용하고 있는 일반적인 폐수처리 방법인 물리화학적 처리방법과 이에 생물 화학적 처리를 병행하는 경우가 대부분이다.

2. 절임 염수 및 세척수의 부유 고형물 제거기술

절임에 사용된 염수에 함유된 배추 잎 등의 부유물 제거를 위하여 금속 망을 사용하여 분리하였던 바 40 메쉬 미만의 부유물이 82%정도이었으며 100 메쉬에는 14%정도, 200 메쉬는 4% 범위였다. 폐 세척수의 부유물의 크기분포는 절임 염수의 경우와 유사하였으며 세척단계별로는 1차 및 2차 세척 시 부유물 발생이 3차 세척 시에 비하여 많았다.

3. 여과소재에 따른 폐 절임 염수 및 세척수의 처리효과

폐 절임 염수 및 폐 세척수의 정수처리를 위한 여과소재로 자갈, 굵은 모래, 가는 모래 및 활성탄을 사용하여 이들의 정수효과를 비교하였던 바 자갈, 굵은 모래, 가는 모래 순으로 COD가 저하되었으나 큰 효과는 없었으나 활성탄의 경우 다른 소재에 비해 COD의 감량효과가 우수하였다. 활성탄의 COD 감량효과는 종류 및 입도에 따라 약간의 차이를 보였다.

4. 분리 막의 종류에 따른 폐염수 및 폐 세척수의 처리효과

폐 염수 및 폐 세척수를 각각 가는 모래 및 활성탄에 순차적으로 통과시킨 후 0.45 μ m 및 0.22 μ m의 공경의 microfiltration 분리 막으로 처리하였던 바 활성탄 처리후 COD의 10%미만정도의 정수효과를 보였다. 또한 가는 모래 및 활성탄을 처리한 폐염수 및 세척수를 ultrafiltration을 행하였던 바 정수효과는 microfiltration의 경우와 유사하였다.

5. 역삼투 막을 이용한 폐 염수 및 폐 세척수의 처리효과

배추 절임 염수 및 절임 배추 세척수가 혼합된 폐수를 역삼투 처리하였던 바 폐수중의 염분이 비교적 높아 농도분극 현상으로 인한 염분의 제거능이 매우 낮았다. 절임 세척수 만을 분리하여 역삼투 처리하였던 바 CA990 분리 막으로는 0.15%, HR98 분리 막으로는 0.05%의 염분만이 잔유되었다.

6. 폐 절임 염수 및 세척수의 재활용방법 및 처리장치 개발

절임시 발생하는 폐수와 절임 배추의 세척 시 다량 발생하는 세척수를 별도로 분리 회

수하여 이를 간편하고 경제적인 여과처리방법을 거쳐 절임 염수 및 세척수로 재활용하는 방법 및 장치를 개발하였다. 장치의 주된 구성은 1차 및 2차 금속망조, 모래조, 활성탄 조로 되어 있으며 이 장치는 밀폐형으로 펌프에 의하여 폐수가 이동되도록 고안되었다.

7. 개발장치의 처리효과

개발 장치를 사용하여 폐 염수 및 폐 세척수를 각각 5회 반복 처리 사용 후 후 절임 및 세척된 배추로 제조한 김치와 처리치 않고 제조한 김치의 품질을 비교하였던 바 정수 처리한 김치의 품질이 처리치 않고 제조한 김치에 비해 조직감 및 냄새가 우수하였고, 산도의 변화도 완만하였다.

개발 기술은 기존 김치공장에서 적용하고 있는 폐수처리방법의 대체하여 절임 염수 및 세척수를 분리 재활용할 수 기술로 희망업체에 대한 폐수처리시스템의 현장 검증 후 보급할 예정이다.

V. 주요실적 및 성과

1. 특허출원:1건

김동만, 윤혜현등: 배추절임염수와 절임배추 세척수의 재활용 장치 및 방법, 출원번호: 2000년 55560호

2. 논문게재:3편

윤혜현, 김동만등 : 배추의 절임공정중 폐염수의 특성, 한국식품과학회지, 32(1), 97-101(2000)

윤혜현, 김동만등: 계절별 배추절임염수의 특성변화, 한국식품영양학회지, 29(1), 26-29(2000)

윤혜현, 김동만등: 봄배추 절임공정중 재사용염수의 화학적 특성변화, 한국산업식품공학회, 3(4), 199-204(1999)

3. 논문발표: 8편(3편은 2000 추계학술대회 발표예정, 초록제출)

윤혜현, 김동만등: 계절별 배추절임수의 특성, 한국식품과학회, 춘계학술발표회
1999

윤혜현, 김동만등: 배추김치 절임공정중 폐염수의 특성, 한국산업식품공학회, 춘계학
술발표회, 1999

윤혜현, 김동만등: 배추 김치 제조공정중 염수 반복사용에 의한 폐염수의 특성변화,
한국식품영양학회, 춘계학술발표회, 1999

윤혜현, 김동만등: 배추의 절임 공정중 염수 반복에 따른 여과처리를 통한 반복사용
폐 절임 염수의 특성변화, 한국식품과학회, 추계학술발표회, 1999

윤혜현, 김동만등: 재활용 처리염수로 제조한 배추김치의 특성, 한국식품영양학회, 추
계학술발표회, 1999

여 백

SUMMARY

I. Title

Waste water treatment in Kimchi industry

II. Purpose and Significance

Kimchi industry have a typical characteristics distinguished from the other food industries. For processing of Kimchi, large quantity of salt is applied to Chinese cabbages for salting, and then the cabbages are washed several times with fresh water after salting. The composition of waste water produced in Kimchi industry is very simple, used brines and water used for washing of the salted cabbages. All the Kimchi processing factories have adopted the conventional methods including biological treatment for the waste water treatment. Such the methods are impractical for the treatment of the characteristics of the waste water. This study was aimed to develop the new treatment methods of waste water for re-use of water and brine produced in Kimchi Industry

III. Sope and Content

In the first year

- Preliminary survey on the waste water treatment in Kimchi industry
- Survey on the technology for waste water treatments
- Basic characteristics of waste water in Kimchi industry

In the second year

- Study on the method for re-use of brine
 - Pre-treatment methods
 - Filtering methods
 - Methods for reduction of microbial population
- Study on the separation methods of substances in the waste water
 - Methods for elimination of suspended particles
 - Methods for reduction of soluble organic matters
 - Methods for reduction of salt in the brine.

In the third year

- Development of new system for re-use of brine
 - Systematization of the methods for pretreatment, filtering and reduction of microbial population
 - Functions of the new system
- Development of new system for re-use of brine
 - Pretreatment methods
 - Methods for elimination of suspended particles
 - Methods for reduction of soluble organic matters
 - Methods for reduction of salt in the brine.
 - Functions of the new system

IV. Results and Recommendations

1. Preliminary survey on the waste water treatment in Kimchi industry

The salt quantity used for salting process of the cabbages is about 70 kg per ton of the cabbages and ten times in volume of fresh water is used for dressing of the salted cabbages before seasoning. The used brine are recycled from 2 to 5 times and number of recycling is different by the seasons. Three times of

desalting and dressing treatment under overflowing condition are performed commonly for the salted cabbages. All the Kimchi processing factories have adopted the conventional methods including biological treatment for the waste water treatment.

2. Methods for elimination of suspended particles in the brine and waste water

When the steel screens applied to separate the suspended matters in the brine used for the salting, 82% of the matters were captured by sieve with 40 mesh, 14% by sieve with 100 mesh and 4% by sieve with 200 mesh. Distribution of the suspended matters in dressing water is similar to that in the brine.

3. Effects of filtering agents on the treatment of brine and waste water

Pebbles, sands and active carbons were applied for the waste water treatment as the filtering aids. Pebbles and sand didn't show the effect on the reduction of COD. Active carbon showed the good effect to reduce the COD of the waste the effect was different by the source and particle size of the carbon. All the Kimchi processing factories have adopted the conventional methods including biological treatment for the waste water treatment.

4. Effects of membranes types on the treatment of brine and waste water

Ten % of the COD in the active carbon treated waste water was reduced through the treatment of microfiltration with pore size of $0.45\mu\text{m}$ and $0.22\mu\text{m}$ and reduction rate by ultrafiltration treatment was same as by microfiltration.

5. Effects of reverse osmosis membranes on the salination of brine and waste water

Reverse osmosis treatment of the brine and waste water composed with brine and dressing water did not show the effect on the desalination by high concentration of the salt which is caused by concentration polarization phenomenon in membrane separation. In case of dressing water which had low

concentration of salt, HR membrane showed the high flux and rejection rate of the salt compared to the CA membranes.

6. Development of the system for re-use of brine and waste water

The system to applied for recycling of the brine and dressing water used, repectively. This system is composed with 3 step steel sieve and sand and active carbon tanks. This is very practical and comfortable for treatment of the brine and the dressing water, respectively and for regeneration of the filling materials such as sands and active carbons by back-flushing treatment after use.

7. Effect of the developed system on the re-use of brine and waste water

The quality of Kimchi prepared with recycled brine and dressing water for 5 times was superior to the Kimchi with reused brine for 5 time and reused dressing water for 5 times, repectively. Furthermore the Kimchi with recycled brine for 5 times had good quality in changes in acidity, odor and texture compared to the Kimchi prepared with the Chinese cabbage salted with raw salt because of the contaminants in itself.

The system developed through the this study is pending for patent and will be applied to Kimchi industry after field test before dissemination under cooperation with the company participated in the program.

CONTENTS

Chapter 1 Introduction-----	17
Chapter 2 Survey on the status of waste water treatment in Kimchi industry---	21
Chapter 3 Properties of waste water in Kimchi processing-----	25
Chapter 4 Seasonal properties variation of the waste water-----	43
Chapter 5 Properties variation of the waste water by re-use-----	55
Chapter 6 Basic physical properties of the waste water-----	69
Chapter 7 Separation of the materials in the waste water-----	73
Chapter 8 Development of new system for the waste water-----	87
Chapter 9 Efficiency of the system for re-generation of the waste water---	93

여 백

목 차

제1장	서 론-----	17
제2장	김치공장염수 및 폐수처리현황-----	21
	제1절 서설-----	21
	제2절 현황-----	21
제3장	배추의 절임공정중 폐염수 및 세척수의 특성-----	25
	제1절 서설-----	25
	제2절 재료 및 방법-----	26
	제3절 결과 및 고찰-----	27
제4장	계절별 배추절임염수의 특성-----	43
	제1절 서설-----	43
	제2절 재료 및 방법-----	44
	제3절 결과 및 고찰-----	45
제5장	반복사용에 따른 절임후 염수 및 세척수의 특성-----	55
	제1절 서설-----	55
	제2절 재료 및 방법-----	56
	제3절 결과 및 고찰-----	57
제6장	김치제조시 배출되는 폐수의 물리적 기본 특성-----	69
	제1절 서설-----	69
	제2절 폐수의 기본특성-----	69
제7장	염수 및 폐수 재활용을 위한 전처리 및 함유물질 분리-----	73
	제1절 서설-----	73
	제2절 재료 및 방법-----	73

	제3절 결과 및 고찰-----	74
제8장	절임염수 및 세척수의 재활용 처리장치 개발-----	87
	제1절 서설-----	87
	제2절 장치의 개발-----	87
제9장	개발장치를 이용한 절임염수 및 세척수의 처리효과-----	93
	제1절 서설-----	93
	제2절 재료 및 방법-----	93
	제3절 결과 및 고찰-----	95

제1장 서론

일반 식품 제조 공정과는 달리 김치의 제조과정 중에는 고농도의 염수 및 다량의 고형성 폐기물과 다량의 폐수가 되는 특성이 있다.

김치 제조과정 중 배추의 절임을 위해서는 고농도의 염수를 사용하는데 배추의 절임에 사용한 염수는 업체 및 계절에 따라 반복 사용하거나 폐수처리장으로 방류되고 있다. 배추 절임 염수의 반복 사용할 때에는 적절한 처리를 하지 않으므로 염수 중 존재하는 오염 미생물 등이 다른 절임 배추에 악영향을 미치며, 이러한 결과는 김치의 맛, 향, 조직감, 저장성 등에 영향을 미친다. 김치제조 중 발생하는 폐수는 원료의 세척, 절임, 절임후 세척에 사용되었던 물로서 사용 후에는 폐수처리장으로 보내 처리하여 방류하거나, 경우에 따라서는 그대로 하천에 방류하여 공장주변의 오염발생 및 농경지의 염분 축적으로 인한 작물 피해를 발생시키고 있다. 김치공장 폐수 중에 함유된 물질로는 작은 크기의 폐기물 및 토사 등 고형물과 절임 시 사용되었던 염분 및 절임 시 배추나 무 조직으로부터 빠져 나온 당류 등 가용성 물질이 소량 함유되어 있다. 이러한 특성을 갖는 폐수를 처리하기 위해 김치공장에서는 정치식 폐수처리 시설을 설비하여 놓았는데 폐수처리시설 설치를 위해서는 많은 비용과 면적이 소요되며, 시설의 가동을 위해서는 전문 인력과 많은 운전비용이 필요로 된다. 또한 폐수의 정화효과를 높이기 위해서는 온도관리가 필수적인데 김치공장의 주 조업기인 가을부터 이듬해 봄까지는 기온이 낮음에 따라 많은 어려움을 겪고 있다. 따라서 일부 업체에서는 폐수 중 고형물만을 간단히 제거한 후 무단 방류를 하고 있는 경우도 발생하고 있다.

이와 같은 원인 중에는 김치 제조 시 배출되는 폐수 중 김치 제조 시 발생하는 폐엽의 일부와 염분 등 소량의 가용성 성분을 제거하기 위해 설치 운영하는 기존 정화처리 방식이 불합리하고 비경제적인 요인을 안고있기 때문인 것으로 판단된다. 따라서 김치공장의 경영합리화를 통한 생산원가 절감과 절임 염수 및 폐수에 의한 환경오염방지, 수자원의 재활용을 위한 절임 염수 처리 기술 및 새로운 폐수처리 기술의 개발이 절실하다. 그러나 지금까지 대부분의 김치관련 연구개발에서는 주로 김치의 품질 및 저장성 향상, 제조의 자동화 및 기계화를 위한 내용이 주를 이루고 있으며, 김치공장 폐수관련 내용은 전무한 실정이다.

한편 경제·산업적 측면을 살펴보면 김치는 한국 고유의 전통발효 식품으로 그 맛과

향, 조식감 등이 독특하여 최근 세계적인 식품으로서의 가능성이 높아지고 있다. 최근 주거환경 및 식생활의 변화, 가사노동력의 부족 등으로 인하여 가정에서 담그는 김치의 양이 매년 4-5% 정도씩 감소하고 있음에 반하여 공장에서 생산, 유통하는 김치의 양은 점차 증가하고 있는 실정임. 공장에서 생산되는 김치는 15만7천 톤 정도로 김치 총 소비량의 10.5%에 달하며, 공장 김치의 양은 매년 25% 이상 지속적으로 증가될 추세이다. 김치제조 업체의 자본규모는 2억 원 이하의 영세업체가 70%이며 현대화된 시설을 일부 갖추고 수출하는 업체는 30-40개소에 달한다. 김치의 제조를 위해서는 배추의 절임 및 세척이 필수적인 처리공정인데 배추 1톤을 절이기 위해서는 개략적으로 70kg의 소금이 사용되고 있다. 절임 후 세척 등을 위하여 필요로 되는 용수의 양은 배추 톤당 10톤이 사용되는 것으로 추정되며, 이를 처리하기 위한 시설 및 운전비용이 많이 소요되고 있다.

사회·문화적 측면을 보면 생활여건의 변화에 따라 식문화도 급속하게 변화되어가고 있다. 이와 같은 현상 중 대표적인 것으로 종래에는 가정에서 주부에 의해 가용으로 제조, 식용하여 오던 전통식품류가 현대의 기술과 접목된 대량 생산시스템에 의해 생산 유통되고 있으며, 이와 같은 추세는 더욱 심화될 것이다. 김치는 이와 같은 품목중 대표적인 것으로서 국내 시장 뿐만 아니라 해외수출까지도 꾸준히 추진되고 있어, 공장에서의 생산량은 더욱 증가할 것이다. 김치제조 시 물의 사용량은 다른 품목의 가공과는 달리 매우 많고 이에 따라 발생하는 폐수의 양도 매우 많다. 제조과정 중 발생하는 폐수를 처리하기 위하여 김치공장의 79% 정도가 자체 폐수처리 시설을 보유하고 있지만, 정상 가동되는 업체는 이보다 훨씬 적을 것으로 추정되며, 나머지 21%의 업체에서는 폐수를 직접 하수에 방출하고 있는 실정으로 주변 환경오염이 문제로 되고 있다. 김치공장에서 배출되는 폐수는 소금과 절임 시 배추에서 빠져 나오는 당류 등 가용성 고형물이 주로 함유되어 있을 것으로 추측됨에 따라 적절한 처리를 통하여 이들을 제거시키는 물론 염수 및 폐수를 재활용한다면 김치 제조비용의 절감은 물론 환경보호에도 기여할 수 있을 것이다. 따라서 환경보존의 중요성이 점차 강조되어 가고 있는 시점에 있어 김치산업에 있어서도 김치공장 폐수처리에 대한 중요성을 재인식할 필요가 있다. 또한 수자원의 중요성 역시 재인식되어 가는 현실에 비추어 볼 때 김치 제조 시 사용하였던 물의 재활용은 반드시 재고해야할 필요성이 있다.

한편 국내·외 관련 기술의 현황과 문제점을 살펴보면 국내·외적 김치공장의 절임 염

수 처리 및 재활용과 폐수처리 기술에 관한 자료는 전무한 실정이며 일부 김치 제조공장에서는 배추 절임 염수를 적절한 처리를 거치지 않고 반복 사용하는데 반복사용 횟수는 계절에 따라 차이가 있다. 국내·외 식품공장에서 현재 사용할 수 있는 폐수처리 방법으로는 폐수 중에 함유된 고체와 액체를 분리하는 처리로 조부유물 제거, 침강분리, 부상분리, 간이여과 방식이 이용되고 있다. 폐수 중 분리된 액체상의 폐수는 용해물 및 소립의 부유물을 제거할 목적으로 중화, 산화환원, 흡착, 이온교환수지흡착, 포말분리, 역삼투분리, 전기투석분리, 탈이온, 탈질소 처리 등의 방법이 적용될 수 있다. 또한 생물화학적 처리는 용해성 현탁성 유기물의 분해, 제거, 감량, 안전화를 목적으로 활성오니, 살수여상, 혐기성 소화, 탈질 처리가 이용되고 있으며 기타의 처리 방법으로 희석, 지하주입, 지하관개 방법 등이 적용되고 있다. 이와 같이 폐수처리 기술은 매우 다양하며 폐수의 특성에 따라 선택적으로 조합하여 사용되고 있다.

기존 김치공장 폐수 처리 방법의 문제점을 살펴보면 일부 김치공장에서의 배추 절임 염수를 적절한 처리 없이 반복 사용함에 따라 절임 염수 중 이물질 및 오염 미생물의 번식 등으로 인해 절임 배추의 품질 및 제조 후 김치의 맛, 향, 저장성 등에 악영향을 미치는 경우도 발생하고 있다. 현재 김치공장의 폐수처리 방식은 식품공장에서 일반적으로 적용하고 있는 일반적인 폐수처리 방식인 물리화학적 처리를 하거나 이에 생물화학적 처리를 아울러 병행하는 경우도 있다. 김치 제조 시 배출되는 폐수 중에는 소량의 가용성 물질인 소금과 원료로부터 유출된 당류 등 매우 적은 양의 가용성 물질이 함유되어 있는데 이를 기존의 폐수처리 방식을 적용하여 정화시키는데는 설비, 운영 등 여러 면으로 볼 때 매우 불합리한 것으로 판단된다. 따라서 이와 같은 이유가 김치공장에서의 폐수처리시설 가동율을 매우 저조하게 만든 원인으로 작용하고 있다. 또한 김치공장의 폐수는 적절히 처리를 한다면 절임 염수 및 폐수를 김치제조에 재활용할 수 있지만 지금의 방식으로는 재활용이 매우 곤란하여 수자원의 활용측면에서도 매우 비합리적이다. 영세한 김치제조업체에서는 희석방법을 사용하여 폐수를 적절히 지하수와 혼합, 희석시켜 배출하는 경우도 가끔 있는데 이와 같이 배출된 폐수를 농업용수로 이용 시에는 농경지에 염분이 계속 축적되어 작물재배에 악영향을 미칠 수 있으며, 일부지역에서는 이러한 문제가 실제 발생하고 있다. 이와 같은 문제는 그 동안 김치산업에 대한 여러 가지 지원 및 연구개발이 이루어지고 있지만 이 부분에 대한 이해 부족과 무관심에 의해 발생한 것으로 판단된다. 따라서 김치공장의 현대화, 자동화를

통한 김치의 고품질화, 세계화를 추진하는 현 단계에서는 경제적이고 효율적으로 배추 절임 염수 및 폐수를 처리 재활용할 수 있는 관련기술의 개발이 절실하다.

이러한 기술은 김치산업의 발전, 김치공장의 현대화 및 자동화에 따라 김치공장 배추 절임 염수 및 폐수의 효율적이며, 경제적인 처리기술의 필요성이 더욱 부각될 것이며 환경보전 및 수자원의 중요성 강조됨에 따라 배추 절임 염수의 재활용 및 폐수처리 기술의 중요성도 높아질 것이다.

제2장 김치공장 염수 및 폐수처리 현황

제1절 시설

김치공장에 적합한 폐수의 처리 및 염수의 재활용을 위한 기초조사로서 기존김치공장에서 사용하고 있는 배추의 절임 방법, 절임 농도, 절임 염수의 재활용횟수 등에 관한 조사와 아울러 절임 염수의 반복사용에 따른 문제점을 조사하였다. 이를 위하여 전국의 김치제조업체를 대상으로 폐수처리 시설의 보유실태, 폐수처리장의 크기, 폐수처리 시설의 설치비용, 폐수처리비용, 일일 최대 용수사용량, 배추의 절임 조건 및 방법, 절임 염수의 재활용 횟수, 절임수 재활용에 따른 문제 등을 설문지를 통하여 조사하였다.

제2절 현황

기존의 절임 방법, 절임 농도, 절임 염수의 사용현황을 조사 분석한 결과는 표 2-1~2-6에 나타낸 바와 같다. 대부분 배추의 절임 시에는 배추의 뿌리를 중심으로 2절 또는 4절로 나눈 후 절이며, 절임 방법은 염수를 이용하는 방법과 건염 처리 후 염수 절임 방법을 병행사용하고 있는 업체도 있었다.

절임 염수의 농도는 7~17%까지 업체에 따라 다양하게 적용하고 있으며 절임 시간은 계절에 따라 차이를 두고 있는데 고른 절임을 위하여 대부분 저염에서 장시간 절임 방법을 선호하고 있다. 절임 염수의 재활용 횟수는 업체 및 계절에 따라 차이가 있었으나 대부분 3회 반복 사용하는 경우가 많음. 염수의 반복사용은 소금의 비용과 폐수 발생량을 줄이기 위함이 주목적이며 외기의 온도가 낮은 겨울철의 경우 반복사용 횟수가 높고 여름 같은 경우 염수중 미생물 등에 의한 변질로 인한 배추의 품질 저하를 고려하여 염수를 1회만 사용하거나 반복사용횟수를 줄이고 있다.

한편 배추 절임 염수 및 폐수처리를 위한 국내외 유사장치 및 시설의 특성 조사로 국내외 관련기술의 현황을 조사 분석하였던 바, 국내외적으로 김치공장의 절임 염수 처리 및 재활용과 폐수처리기술에 관한 자료는 거의 전무한 상태이었다. 식품공장에서 현재 사용할 수 있는 폐수처리 방법 중 물리적 처리방법으로는 폐수 중에 함유된 고체와 액체를 분리하는 처리로 조부유물 제거, 침강분리, 부상분리, 간이여과방식이 있으

며, 폐수중 분리된 액체상의 폐수는 용해물 및 소립의 부유물을 제거키 위해 중화, 산화환원, 흡착, 이온교환수지흡착, 포말분리, 막분리, 전기투석분리, 탈이온, 탈질소처리 등의 방법이 적용될 수 있다. 또한 생물화학적 처리는 용해성 현탁성 유기물의 분해, 제거 감량, 안전화를 목적으로 활성오니, 살수여상, 혐기성 소화, 탈질처리가 주로 이용되며 기타의 처리방법으로는 희석, 지하주입, 지하 관개방법등이 적용되고 있다. 폐수의 처리방법은 이와 같이 다양하며 폐수의 특성에 따라 선택적으로 조합 활용되고 있다. 김치공장의 폐수처리 방법은 식품공장에서 적용하고 있는 일반적인 폐수처리 방법인 물리화학적 처리를 하거나 이에 생물화학적 처리를 아울러 병행하는 경우가 대부분이다. 김치 제조시 배출되는 폐수중에는 소량의 가용성 고형물인 소금과 원료로부터 유출되는 당류등 매우 적은 량의 가용성 물질이 함유되어 있는데 이를 기존의 처리방식을 적용하여 처리하는데는 설비, 운영비등 여러 면으로 매우 불합리한 것으로 사료되며, 따라서 이와 같은 이유가 김치공장에서의 폐수처리시설 가동율을 매우 저조하게 만드는 원인으로 작용하는 것으로 판단된다. 또한 영세한 김치공장에서는 희석 방법을 사용하여 폐수를 적절히 지하수 등과 혼합, 희석한 후 배출하는 경우도 있는데 이와 같이 배출된 폐수를 농업용수로 활용 시 농경지에 염분이 지속적으로 축적되어 작물재배에 악영향을 미칠 수 있다.

표 2-1. 김치 폐수처리 공장의 면적규모에 의한 분포

Size (Pyung)	Distribution (%)
5~20	17.8
21~40	35.7
41~60	10.7
61~80	14.3
81~100	10.7

표 2-2. 김치 폐수처리 공장의 투자규모에 의한 분포

Size (10mil. Won)	Distribution (%)
2~5	8.7
5~10	30.4
10~20	43.5
20~30	13.0
30~40	4.3

표 2-3. 김치 폐수처리 공장의 월 지출경비에 의한 분포

Expense (10thousand Won)	Distribution (%)
30~50	27.8
51~100	16.7
101~200	33.4
More than 200	22.1

표 2-4. 김치 가공공장에서 일일 최대처리량에 의한 분포

Max. quantity (T)	Distribution (%)
Less than 10	10.5
11~30	26.3
31~60	21.0
61~90	15.8
More than 90	26.3

표2-5. 김치공장에서 절임 배추의 세척횟수와 세척수 양에 의한 분포

Time (No.)	Distribution (%)	Quantity*	Distribution (%)
2	5.4	Less than 2	11.1
3	64.9	2~4	11.1
4	24.3	4~6	44.4
5	5.4	6~8	22.3
		More than 8	11.1

표 2-6. 김치공장에서 배추 절임 염수의 재사용 횟수에 의한 분포

Time (No.)	Distribution (%)
1	15.8
2	21.1
3	47.4
4	10.5
More than 5	5.2

제3장 배추의 절임 공정 중 폐염수 및 세척수의 특성

제1절 서 설

김치는 계절에 따라 생산되는 각종 채소가 주원료인 전통 발효음식으로써, 우리 나라의 식탁에서 빼놓을 수 없는 부식으로 이용되고 있다. 이러한 김치는 여성의 사회참여의 증가에 따라 가정에서 담그던 김치가 공장에서 대량 생산되어 대체되는 경향이 나타나, 1996년 우리 나라의 김치제조산업체는 총 253개로써 연간 생산량은 17만 톤 이상으로 보고되어 있으며 증가 추세이다.⁽¹⁾

김치의 주된 재료는 배추이고, 제조공정은 크게 절임 과정, 세척과정과 탈수과정을 거치게 되며, 별도의 공정에서 제조된 양념과 합쳐진 후 발효과정을 거친다.⁽²⁾ 이러한 과정 중에서 김치의 품질에 가장 크게 영향을 미치는 요인은 배추의 절임 공정으로 보고되어 있다.^(3,4) 김치의 절임 공정에서 발생하는 폐 염수는 배추를 절이고 난 후 배출되는 염적수와 절임을 마친 배추의 세척과정에서 발생하는 세척수로 분류된다. 설문조사 결과, 배추의 절임 시 사용된 염수의 재사용빈도는 조사업체 가운데 3회가 가장 많았고, 겨울철에는 5회까지 반복 사용하는 것으로 조사되었는데, 반복 사용할 때 적절한 처리를 하지 않는 경우가 대부분으로 조사되어, 반복 사용된 염수에 존재하는 당류 등의 가용성 물질 및 미생물 등이 배추에 영향을 줄 뿐 만 아니라 이 절임 배추로 제조한 김치의 맛, 향, 조직감, 저장성 등에 영향을 미칠 것으로 판단된다. 배추의 절임 과정에 대한 많은 연구보고가 있는데, 이들 대부분의 연구는 주로 절임 조건에 관한 것⁽⁵⁻⁹⁾으로 절임 조건에 따른 배추의 조직감⁽¹⁰⁻¹²⁾, 염도⁽¹³⁾, 미세구조⁽¹⁴⁾에 대한 연구들으로써 절임 공정 후 발생한 폐수의 특성에 대한 연구는 전무하다.

따라서, 본 연구에서는 폐 염수 방출에 의한 환경오염의 방지 및 천일염과 공업용수 등의 재활용을 위한 절임 염수 처리기술 및 폐수처리 기술 개발의 기초 연구로서, 고행지배추를 통배추와 세절 배추의 형태로 절이는 과정 중에 생성된 폐 염적수와 폐 세척수의 특성을 절임 공정의 단계별로 비교 조사하였다.

제2절 재료 및 방법

1. 실험 재료

본 실험에서 사용한 배추는 1998년 8월 유성 소재 한화스토아에서 구입한 강원도 둔내산 고랭지배추이며 소금은 (주)동양소금의 천일염(NaCl 80%이상)을 구입하여 사용하였다.

2. 절임과정

통배추는 세로로 4등분하고 세절 배추는 4×5cm의 크기로 잘라서⁽¹⁵⁾ 준비한 후 10kg의 배추를 초기 염농도 16.7%⁽¹⁶⁾(천일염 5kg, 물 25kg)의 염수에 물 간법으로 절였다. 상온에서 통배추는 2시간마다 한번씩 뒤집어 주면서 6시간을 절였고, 세절 배추는 2시간 염지하였다. 절인 통배추와 세절 배추를 각 10kg의 물에 3회 연이어 세척한 후 채반에 18시간동안 탈수하였다.⁽¹⁷⁾ 이 과정에서 초기 염수, 절임 염수, 각 세척수와 탈수액 및 혼합수(절임 염수+각 세척수+탈수액의 부피비율 혼합액)의 시료를 채취하였고, 1회 절임 후 염수에 천일염을 첨가하여 염도를 맞춘 뒤 2회 절임의 염수로 재사용하는 방식으로 절임 공정을 5회 반복한 후 각각의 절임 염수 및 세척수 등의 시료를 취하였다.

3. 염도, 가용성 고형물, pH 측정

배추 절임 공정에서 채취한 각 시료의 염도, 가용성 고형물 및 pH를 각각 염도계(salometer, Atago S-28E, Japan), 굴절당도계(refractometer, Atago N-1E, Japan) 및 pH meter(Hanna 8521, USA)를 사용하여 3회 반복 측정하였다.

4. COD

일반적으로 해수 또는 염소이온이 다량 함유된 시료에 적용하는 알칼리성 산화-환원 적정법⁽¹⁸⁾을 채택하여 화학적 산소요구량을 측정하였다. 각 시료 염수 30ml에 20% NaOH 1ml를 넣어 알칼리성으로 하고, 0.025N KMnO₄ 10ml를 넣어 80℃에서 60분간 가열한 후, 10% KI 1ml를 넣고 방냉한 다음, 10% H₂SO₄ 5ml와 지시약으로 전분용액 2ml를 넣고 0.025N Na₂S₂O₃용액으로 적정하여 COD값을 구하였다.

5. 미생물 총균수

각 시료 염수를 1ml 취하여 단계적으로 희석한 후 tryptone glucose extract agar 배지를 이용하여 각 희석액 0.1ml를 도말하여 30℃에서 24시간 평판배양한 후, 생균수를 계측하였다.

제3절 결과 및 고찰

1. 염도

통배추와 세절 배추의 5회 절임 염수 반복재사용 절임 공정을 실시한 후 생성되는 폐염수, 폐 세척수의 염도를 측정한 결과는 Fig. 3-1과 같다. 초기 염수, 절임 염수, 탈수액의 염도는 절임 공정을 반복할수록 점차 증가하였고 세척수의 염도는 세척반복에 따라 낮아졌다. 초기 염수는 14~16%, 절임 후 염수는 12~14%, 세척수는 1회 약 2~2.6%, 2회 세척 후 약 0.2~0.9%, 3회 세척 후 약 0~0.4%로 낮았고, 탈수용액의 염도는 약 3.2~4.4%정도로 1회절임 과정에서 통배추와 세절 배추 사이에 큰 차이가 없었다. 혼합수의 염수는 통배추와 세절 배추에서 모두 약 7%의 염도를 나타내어 김치제조 공장에서 배출되는 폐수의 염도가 매우 높음을 확인할 수 있었다. 초기 염수의 염도 측정값은 각각 14%와 14.4%로 낮게 나타났는데, 이것은 실험에서 사용한 천일염의 NaCl 함량이 100%가 아니고 80%이상의 순도이기 때문이다. 통배추 절임 후의 염수의 염도가 세절 배추보다 더 높게 나타났는데, 이것은 세절 배추에서 많은 양의 수분이 빠져 나왔기 때문이라고 생각된다. 한 등⁽¹⁹⁾에 의하면 절단방법을 각기 달리한 배추를 10℃, 15% 염수로 15시간 절인 후 배추의 부위별 염도를 측정한 결과 각 그룹별 배추에 있어서 통배추 군 보다 반절 배추 군이 평균과 각 부위별 염도에서 더 높은 값을 나타내어 절단할수록 염분 흡수가 많이 됨을 보고하였다. 세척수의 염도는 0~2.6% 이하로 매우 낮은 값을 나타내어 간단한 처리과정을 거친다면 재활용할 수 있는 수자원으로서의 가능성을 보여주었다.

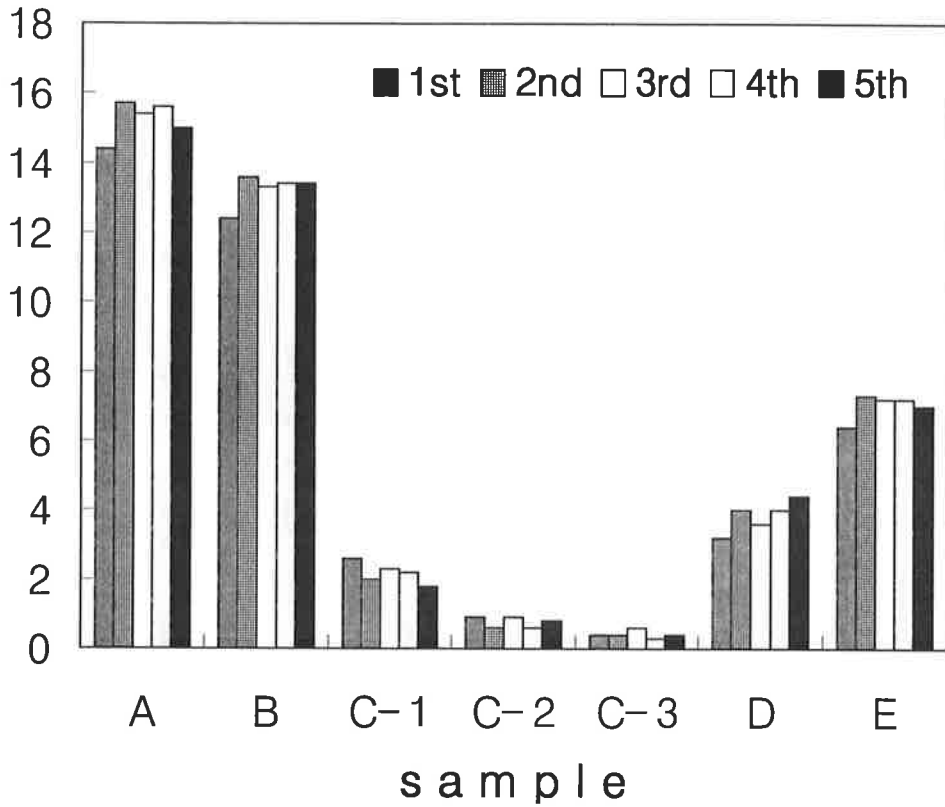


Fig. 3-1(a). Changes in salinity of brines during 5 successive salting process of quarter(top) of Chinese cabbage.

A : Initial brine, B : salting brine, C1~C3 : washing water, D : drained water,
 E : total wastewater (B+C1~C3+D)

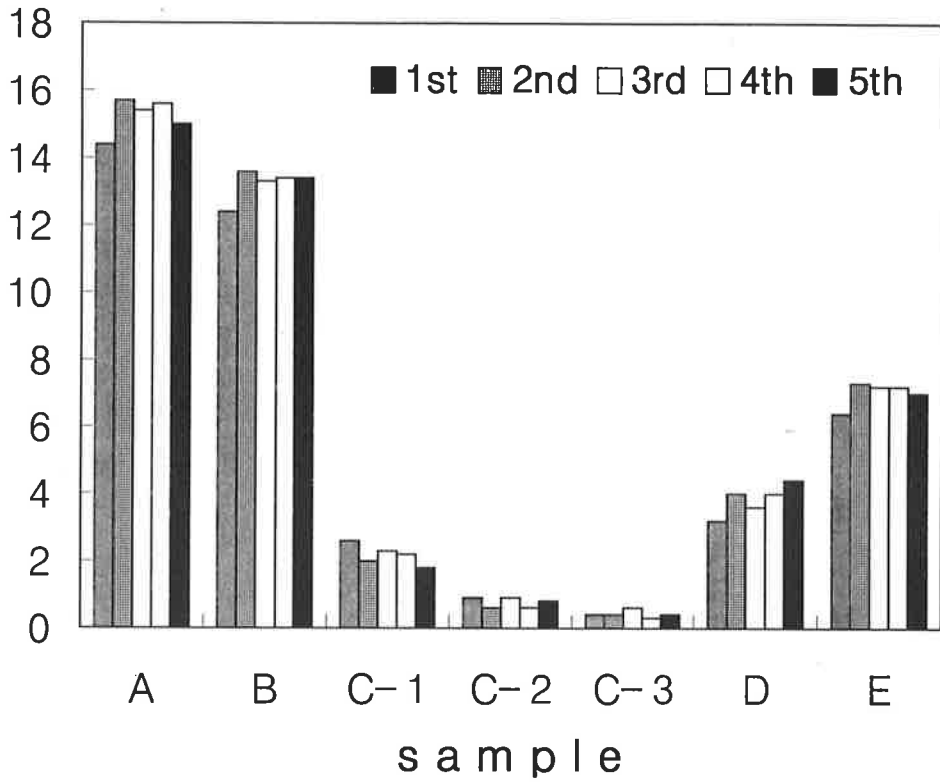


Fig. 3-1(b). Changes in salinity of brines during 5 successive salting process of small cut(bottom) Chinese cabbage.

A : Initial brine, B : salting brine, C1~C3 : washing water, D : drained water, E : total wastewater (B+C1~C3+D)

2. pH

통배추와 세절 배추의 절임 과정 중의 pH 변화는 Fig. 3-2와 같으며, 절단방법에 따른 pH변화의 큰 차이는 보이지 않아서, 1회 초기 염수의 pH가 8.63으로 높았고 초기염수, 절임 염수, 혼합수의 pH는 절임 공정을 반복할수록 낮아졌다.

1회 초기 염수는 배추를 절이기 전의 염수로 해수의 pH와 비슷한 수치를 나타냈으며, 절임 반복횟수가 증가함에 따라 배추로부터 용출되는 가용성 고형물, 유기산 및 염류 등의 증가 및 누적으로 절임수가 산성화됨을 보여주었다. 또한, 절임 과정을 반복함에 따라 발효가 진행되어 pH가 낮아지는 것으로 추정된다. 통배추와 세절 배추 모두 세척을 3번 반복할수록 pH는 중성에 가까워졌고, 탈수액에서는 절임 배추 자체의 미생물에 의한 발효 생성물과 유기산이 용출되었기 때문에 pH는 4~5의 범위 내에서 가장 낮은 수치를 나타내었다. 한⁽³⁾의 연구에 의하면 고랭지 배추의 냉장저장 중에도 pH가 3주 저장까지 계속 저하함을 나타내었다. 혼합수는 절임 횟수를 반복할수록 낮아져 pH 5~6을 나타냈는데, 일반적으로 수질환경기준에 따르면⁽²⁰⁾, 하천의 경우 상수원수나 공업용수의 pH 기준이 5.8~8.6 범위이므로 김치제조 공장에서 폐수처리 과정 없이 그대로 배출한다면 수질오염의 원인이 될 수 있을 것으로 사료된다.

3. 가용성 고형물

통배추와 세절 배추의 절임 과정 중의 초기 염수, 절임 후 염수, 세척수, 혼합수의 5회 반복에 따른 가용성 고형물 함량변화는 Fig. 3-3와 같다. 가용성 고형물의 함량은 두 시료 모두에서 절임 횟수를 반복할수록 배추의 당류, 유기산 등이 용출되어서 증가하였고, 세척을 3회 반복함에 따라서는 감소하여 0에 가까워졌다. 절임 염수, 탈수액, 혼합수의 가용성 고형물의 함량은 통배추 시료가 세절배추 시료보다 높았으나, 각 세척수의 가용성 고형물 함량은 세절배추에서 통배추보다 더 높았다. 이는 세절배추를 2시간 절이는 동안 가용성 고형물보다 수분이 먼저 용출되었기 때문에 절임염수에서 가용성 고형물의 함량이 낮았고, 세척을 함에 있어서는 세절배추가 통배추보다 표면적이 크기 때문에 더 많은 가용성 고형물이 용출되었을 것으로 추측된다. 통배추와 세절 배추 절임염수의 pH와 가용성 고형물의 함량을 비교하여 살펴보면 절임을 반복할수록 절임염수의 유기산 및 당류, 염류의 증가로 pH는 낮아지면서 가용성 고형물의 함량은 점차 증가함을 알 수 있었다.

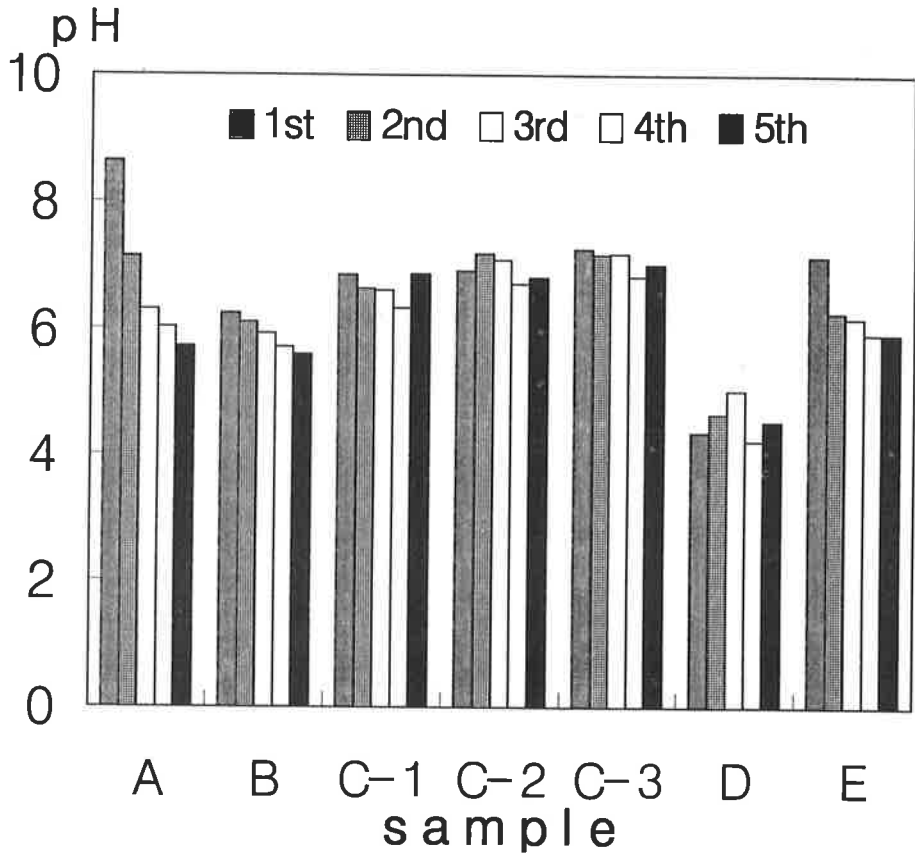


Fig. 3-2(a). Changes in pH of brines during 5 successive salting process of quarter of Chinese cabbage.

A : Initial brine, B : salting brine, C1~C3 : washing water, D : drained water,
 E : total waste water (B+C1~C3+D)

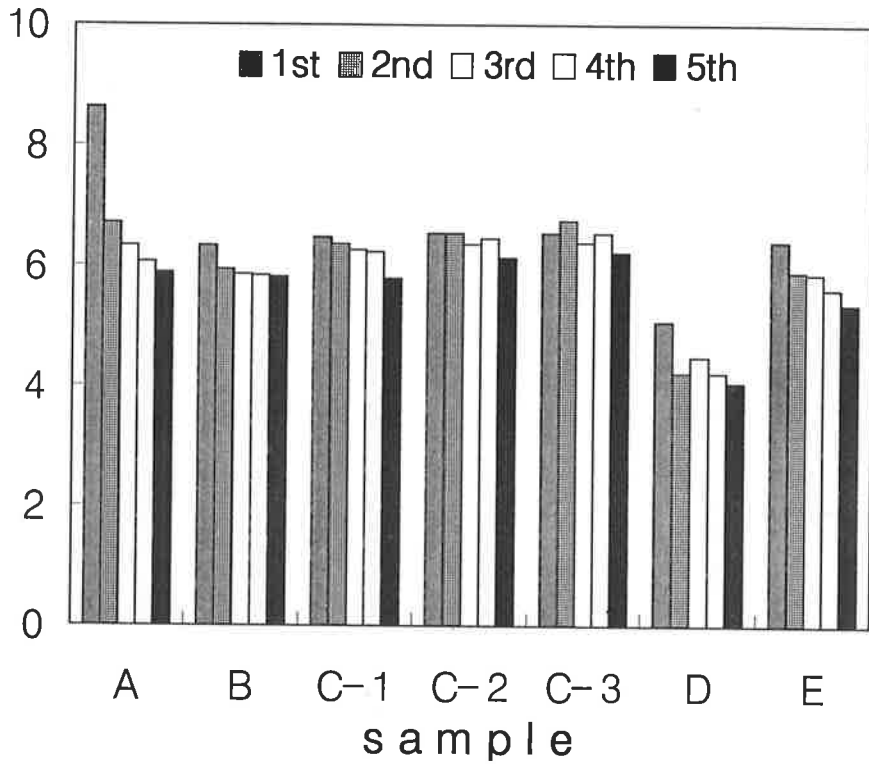


Fig. 3-2(b). Changes in pH of brines during 5 successive salting process of small cut(bottom) Chinese cabbage.

A : Initial brine, B : salting brine, C1~C3 : washing water, D : drained water, E : total waste water (B+C1~C3+D)

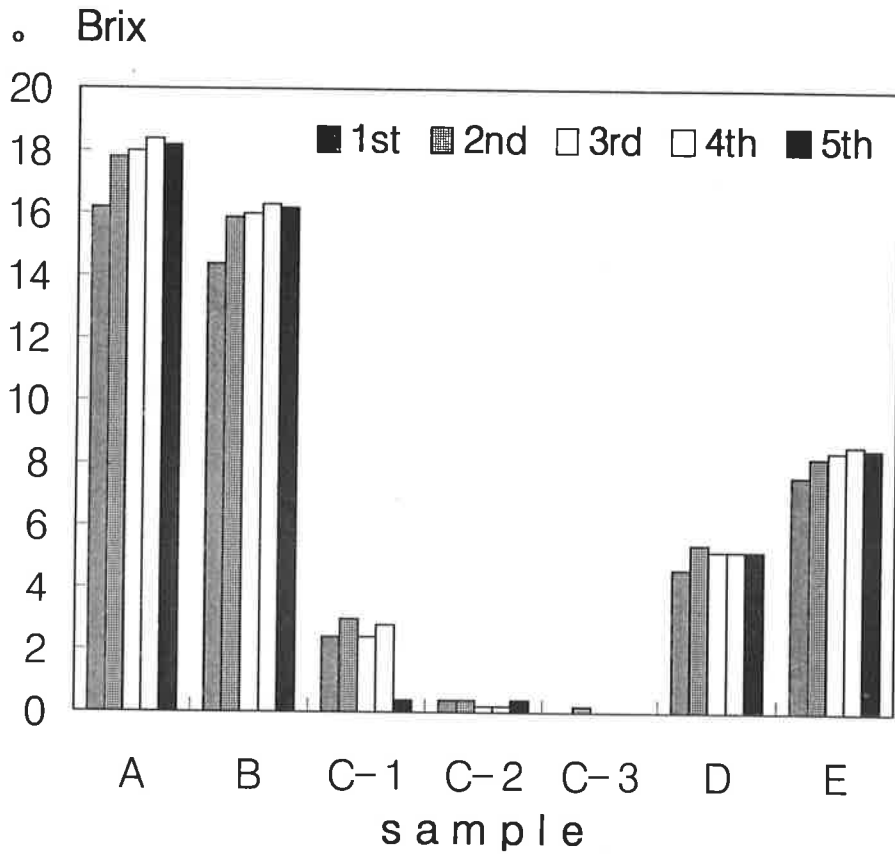


Fig. 3-3(a). Changes in soluble solids content of brines during 5 successive salting process of quarter Chinese cabbage.

A : Initial brine, B : salting brine, C1~C3 : washing water, D : drained water,
E : total waste water (B+C1~C3+D)

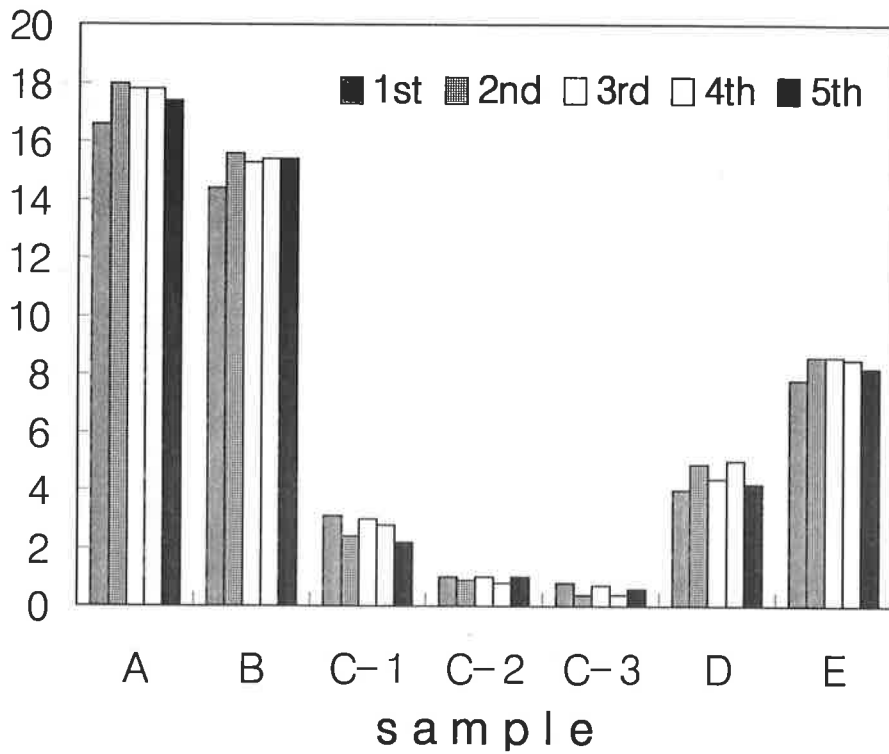


Fig. 3-3(b). Changes in soluble solids content of brines during 5 successive salting process of small cut(right) Chinese cabbage.

A : Initial brine, B : salting brine, C1~C3 : washing water, D : drained water,
 E : total waste water (B+C1~C3+D)

4. COD

배추의 절임 공정 중에 발생하는 폐 염수의 오염정도를 알아보기 위하여 5회 반복 절임 공정중의 통배추, 세절 배추 시료들의 화학적 산소 요구량을 측정한 결과를 Fig. 4-4에 나타내었다. 절임 횟수를 반복함에 따라 통배추의 시료에서는 초기 염수, 절임 염수, 혼합수의 COD가 반복에 따라 증가하였으나, 세절배추에서는 5회 반복함에 따라 일정한 변화의 경향성은 보이지 않았다.

1회 절임 과정의 초기 염수 COD값이 24ppm이상으로 이것은 천일염의 염류 이온등의 환원성 물질에 의한 것으로 추측된다. 또한 절임 과정에서 초기 염수와 절임 염수 간의 COD값의 차이를 보면 절임을 반복할수록 통배추는 7.5ppm(1회 반복 후), 9ppm(2회 반복 후), 2.6ppm(3회 반복 후)만큼씩 증가하였고, 세절 배추에서는 11.9ppm(1회 반복 후), 7ppm(2회 반복 후), 9.4ppm(3회 반복 후)만큼 증가하였다. 이는 배추에서 용출된 환원성 물질의 증가에 의한 것으로 생각되며 통배추보다 세절 배추에 의한 증가폭이 더 큰 것을 알 수 있다. 초기염수와 절임염수의 COD값은 Fig.3의 가용성 고형물의 함량변화와 절임 반복에 따라 대체로 비례적인 상관관계를 갖는 것으로 나타났다.

청정지역에서 폐수의 COD 배출 허용기준을 보면, 1일 배출량이 50ppm이하인데⁽²⁰⁾, Fig. 4의 COD값을 보면 통배추와 세절배추의 5회 연속 절임공정 후의 혼합액에서는 50ppm 이상의 COD값을 나타내어 적합한 처리 없이는 비교적 높은 오염도의 폐수가 방출될 수 있음을 시사하였다.

5. 미생물 총균수

배추 절임공정 후 생성되는 폐염적수의 미생물 오염도를 추정하기 위하여 절임단계에 따른 시료의 생균수를 측정한 결과는 Table 3-1, 3-2와 같다.

통배추와 세절배추의 절임공정 중 미생물 생균수는 탈수액과 혼합수에서 특히 높게 나타났다. 1회 초기염수의 미생물 생균수를 보면 통배추에서는 전혀 측정되지 않았고, 세절배추에서는 33×10^4 CFU/ml로 나타났으며 통배추의 2, 3회 세척수에서도 거의 미생물 생균이 나타나지 않았는데, 세절배추의 2, 3회 세척수에서는 $3 \sim 80 \times 10^4$ CFU/ml로 나타났다. 그리고 통배추와 세절배추 모두 탈수액에서의 미생물 생균수는 $2 \times 10^6 \sim 5 \times 10^7$ CFU/ml로 가장 높게 나타났는데, 이것은 배추내 젖산균의 발효에 의한 것으로 생각된다. 통배추와 세절배추의 절임염수의 미생물 생균수는 절임을 5회 반복할수록

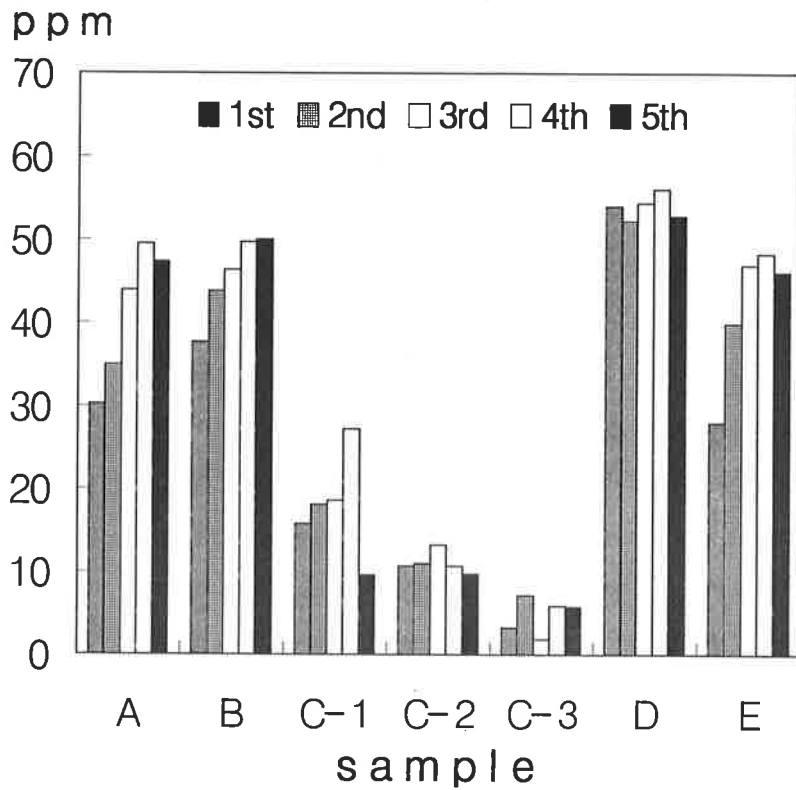


Fig. 3-4(a). Changes in COD (Chemical Oxygen Demand) of brines during 5 successive salting process of quarter Chinese cabbage.

A : Initial brine, B : salting brine, C1~C3 : washing water, D : drained water,
 E : total waste water (B+C1~C3+D)

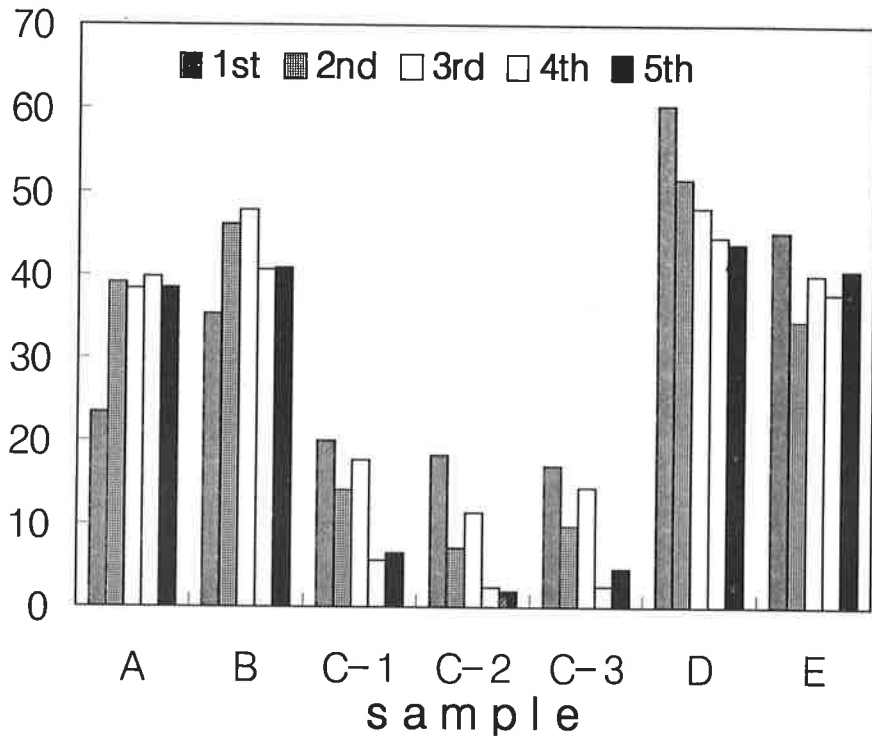


Fig. 3-4(b). Changes in COD (Chemical Oxygen Demand) of brines during 5 successive salting process of small cut(bottom) Chinese cabbage.

A : Initial brine, B : salting brine, C1~C3 : washing water, D : drained water,
 E : total waste water (B+C1~C3+D)

Table 3-1. Variations in the count of microorganisms in 5 repeated salting process of quarter-cut Highland Chinese cabbage.

(X10⁴ CFU/ml)

Salting process	Samples						
	A	B	C1	C2	C3	D	E
1st	0	11	46	4	0	1892	8
2nd	5	9	7	1	0	269	200
3rd	33	12	92	0	0	780	284
4th	41	16	22	0	0	2133	151
5th	15	51	33	0	0	4228	156

Table 3-2. Variations in the count of microorganisms in 5 repeated salting process of small-cut Highland Chinese cabbage.

(X10⁴ CFU/ml)

Salting process	Samples						
	A*	B	C1	C2	C3	D	E
1st	33	151	169	80	48	442	272
2nd	51	64	120	39	34	1754	206
3rd	43	78	41	27	3	1967	335
4th	67	50	25	30	17	2081	403
5th	69	32	40	30	5	4848	448

A : Initial brine, B : salting water, C1~C3 : washing water, D : drained water, E : total waste water (B+C1~C3+D)

크게 증가하지 않았는데 이는 절임염수의 염도가 높아 번식하지 못한 것으로 생각되며, 이 결과로 보아, 절임 염수를 재활용함에 있어서 미생물의 오염은 크게 문제가 되지 않으리라고 생각된다. 김치 절임공정중 생성된 폐염수에 관한 보고⁽¹⁷⁾에 의하면 절임헹수를 10회 반복하여 절임염수 내의 미생물 변화를 관찰하였을때, 미생물의 종류는 대부분 젖산균이고, 미생물의 숫자는 절임헹수 8회(16×10⁶CFU/ml)이후부터 급격하

게 증가하였다. 김치공장에서는 대체로 절임염수를 5회 이하 재사용한 후 폐수로써 처리하는데, 본 실험결과 5회 이내의 염수 반복 재사용에서는 미생물에 의한 문제는 크지 않을 것으로 사료된다. 그러나, 절임염수에서의 미생물 증식이 어렵다는 것은 이 염수를 그대로 배출할 경우, 강이나 하천의 미생물 및 생명체의 정상적인 성장에 영향을 미치게 된다는 것으로 환경오염 방지를 위해서는 폐염수의 처리가 매우 중요하다고 생각된다.

참고문헌

1. National Statistical Office: 1996's number of establishments, quantity and value of shipments of products by province, p.447 (1996)
2. Kim, B.G.: Research Report: Reuse of brining wastewater in Kimchi industry (in Korean). The Institute of Environmental Science and Engineering, Ministry of Environment, Seoul, Korea, p. 14~45 (1997)
3. Han, E.S. and Seok, M.S: The development of salting-process of Chinese cabbage for Kimchi processing plant (in Korean). Food Industry and Nutrition, 1(1), 50~70 (1996)
4. Han, E.S.: Salting storage effects of Chinese cabbage for the Kimchi processing plant. Cooperative Review 14, 148~155 (1993)
5. Rhee, H.S., Lee, C.H. and Lee, G.J.: Changes in the chemical composition and textural properties of Korean cabbage during salting (in Korean). Korean J. Soc. Food Sci., 3(1), 64~70 (1987)
6. Kim, W.J., Ku, K.H. and Cho, H.O.: Changes in some physical properties of Kimchi during salting and fermentation (in Korean). Korean J. Food Sci. Technol., 20(4), 483~487 (1988)
7. Park, W.S., Lee, I.S., Han, Y.S. and Koo, Y. J.: Kimchi preparation with brined Chinese cabbage and seasoning mixture stored separately (in Korean). Korean J. Food Sci. Technol., 26, 231~237 (1994)

8. Kim, K.O., Moon, H.A. and Jeon, D.W.: The effect of low molecular weight chitosans on the characteristics of Kimchi during fermentation (in Korean). Korean J. Food Sci. Technol., 27(3), 420~427 (1995)
- 9) Han, K.Y. and Noh, B.S.: Characterization of Chinese cabbage during soaking in sodium chloride solution (in Korean). Korean J. Food Sci. Technol., 28(4), 707~713 (1996)
10. Woo, K.J. and Koh, K.H.: A study on the texture and taste of Kimchi in various saltings (in Korean). Korean J. Soc. Food Sci., 5(1), 31~41 (1989)
11. Kim, J.B., Yoo, M.S., Cho, H.Y., Choi, D.W. and Pyun, Y.R.: Changes of physical characteristics of Chinese cabbage during salting and blanching (in Korean). Korean J. Food Sci. Technol. 22, 445~448 (1990)
12. Lee, C.H. and Hwang, I.J.: Comparison of cutting and compression tests for the texture measurement of Chinese cabbage leaves (in Korean). Korean J. Food Sci. Technol., 20(6), 749~754 (1988)
13. Choi, S.Y., Kim, Y.B., Yoo, J.Y., Lee, I.S., Chung, K.S. and Koo, Y.J.: Effect of temperature and salts concentration of Kimchi manufacturing on storage (in Korean). Korean J. Food Sci. Technol. 22(6), 707~710 (1990)
14. Yoo, M.S., Kim, J.B. and Pyun, Y.R.: Change in tissue structure and pectins of chinese cabbage during salting and heating (in Korean). Korean J. Food Sci. Technol., 23(4), 420~427 (1991)
15. Lee, N.S. and Kyung, K.H.: Single cell protein production from Chinese cabbage juice (in Korean). Korean J. Food Sci. Technol., 23(5), 646~648 (1991)
16. Lee, I.S., Park, W.S., Koo, Y.J. and Kang, K.H.: Changes of some characteristics of brined Chinese cabbage of fall cultivars during storage (in Korean). Korean J. Food Sci. Technol., 26(3), 239~245 (1994)
17. Lee, J.H.: Research Report: Reuse of brining wastewater in Kimchi industry (in Korean). The Institute of Environmental Science and Engineering, Ministry of Environment, Seoul, Korea, p. 15~19 (1997)

18. Kim, J.T. : Environmental pollution analysis method (water), Sinkwang Press, Seoul, p. 75~76 (1991)
19. Han, E.S., Seok, M.S., Chun, J.K. and Jo, J.S.: Effects of cutting methods on the yield, salinity and pH of salted Chinese cabbage. Foods and Biotechnol., 5, 1~6 (1996)
20. Kang, Y.S., Kim, J.O., So D.W., Jun, B.Y., Chung, Y.T., and Yoo, Y.J. : Hygiene regulation, Hyungsul Press, Seoul, p. 427~428 (1988)

여 백

제4장 계절별 배추 절임염수의 특성

제1절 서 설

김치는 우리의 식생활에 필수적인 부식으로서, 계절에 따라 생산되는 배추, 무, 오이 등 신선한 채소와 젓갈류, 향신료 등을 이용하여 제조한 후 발효시킨 전통식품이다. 김치의 주재료가 되는 배추는 동아시아 지역에서 가장 중요한 채소로서 배추의 생산지역 및 계절에 따라 품질이 다르고 배추의 종류에 따라 김치의 맛, 조직감, 저장성 등 김치의 품질이 달라진다고 알려져 있다.(1,2) 또한 김치의 제조공정에서 품질에 영향을 주는 요소의 중요도를 순위법으로 조사한 결과에 따르면(3), 배추의 절임 공정이 가장 중요하고, 다음으로 양념배합비율로 나타나, 배추의 계절별 품종과 절임 공정이 김치의 품질을 좌우하는 조건들이라 할 수 있다.

한편, 김치의 산업화 요구에 의해 늘어난 김치제조공장이 대체로 청정지역에 위치하는데 비해 폐수처리실정은 비효율적인 곳이 많아 그에 따른 환경오염 문제가 대두되고 있다. 김치공장에서 배출되는 폐수는 소금과 절임 과정에서 배추에서 빠져 나오는 염류, 당류 등 가용성 고형물이 주로 함유되어 있을 것으로 추측되어 적절한 처리를 통하여 이들을 분리하여 제거한다면 수자원 및 소금을 재활용할 수 있을 것이며, 이에 따라 김치제조 비용의 절감은 물론 환경보호에도 기여할 수 있을 것이다.

배추절임에 대한 최근의 연구논문은 주로 절임 조건에 대한 연구(4-9)로서 과거와는 달리 원료배추가 하우스 봄 배추, 노지 봄 배추, 고랭지 여름배추, 가을 추석배추, 가을 김장배추 및 월동배추의 형태로 연중 생산되고 있는 현시점에서, 김치의 주원료인 계절별 배추품종의 영향에 대한 연구는 미흡한 편이며, 배추의 절임 공정 중 발생하는 폐염수에 대한 연구도 한 등(10)의 논문 외에는 거의 없는 실정이다.

따라서, 본 연구에서는 계절별 배추 품종의 염수 절임 과정에서 생성되는 폐 염수의 이화학적인 특성을 비교하고자, 월동배추, 봄 배추, 고랭지배추를 대표적인 품종으로 1가지씩을 선택하여 동일한 조건의 절임 과정에 따른 폐 염수의 염도, 가용성 고형물, pH, COD의 이화학적인 특성과 미생물 총균수를 조사하였다.

제2절 재료 및 방법

1. 실험재료

본 실험에서 사용한 배추는 겨울배추로서 월동배추는 전남 해남에서 재배된 동풍을, 봄 배추로는 경남 하동 지방의 명가를, 여름배추로는 강원도 둔내의 고랭지배추를 각각 1998년 1월, 3월, 8월에 유성 소재 한화 스토아에서 주문 구입하여 사용하였고, 소금은 (주)동양소금의 천일염(NaCl 80%이상)을 사용하였다.

2. 배추의 절임 공정

원료배추의 비가식 부위를 다듬은 후, 세로로 4등분하여 10kg을 썬 후, 천일염 5kg을 25kg의 물에 녹인 염수(16.7%, w/w)에 잠기도록 하여 상온에서 2시간마다 뒤집어 6시간을 절인 뒤, 배추무게와 동량의 물에 3회 세척하고 절단면을 밑으로 채반에 얹어 18시간을 탈수하였다. 실험시기의 차이에 의해 겨울배추의 절임 온도는 9℃이고, 봄 배추는 18℃, 여름배추는 28℃이었다. 시료는 배추를 절이기 전의 초기 염수와 절인 뒤의 말기 염수를 채취하였다.

3. 염도, 가용성 고형물, pH

각 시료의 염도는 염도계(salometer, Atago S-28E, Japan)로 측정하였고, 가용성 고형물은 당도계(refractometer, Atago 2412-W04, Japan)를 이용하였으며, 수소이온농도는 pH meter(HI 8521, Hanna Inc., Singapore)를 이용하여 3회 반복 측정하였다.

4. COD

COD(Chemical Oxygen Demand)는 화학적 산소 요구량으로 알칼리성 산화-환원 적정법(11)에 의해 측정하였다. 대략적인 실험방법은 시료 25~30ml를 취하고 20% NaOH 1ml를 넣어 알칼리성으로 한 다음 0.025N $KMnO_4$ 10ml를 넣은 뒤 water bath에서 열탕 후 방냉한다. 여기에 10% H_2SO_4 5ml, 전분용액 2ml를 넣고 0.025N $Na_2S_2O_3$ 으로 무색이 될 때까지 적정하였다.

5. 미생물 총균수

시료의 생균수는 시료액을 적절히 희석한 후 trypton glucose extract agar 배지에

평판 주가법으로 접종하여 30℃의 항온기에서 24시간 배양한 후 형성된 colony수를 계측하였다.

제3절 결과 및 고찰

1. 가용성 고형물

월동배추, 봄 배추, 고랭지배추에 대한 배추를 절이기 전의 염수(이하 초기염수)와 배추를 절인 후 염수(이하 말기 염수)의 가용성 고형물 함량 변화를 Fig. 4-1에 나타내었다. 3가지 배추에서 폐수 처리되는 말기 염수의 가용성 고형물 함량이 모두 14 ° Brix 이상으로 매우 높았고 초기 염수에 비해 말기 염수의 가용성 고형물 함량은 낮아졌다. 가용성 고형물의 감소 현상은 6시간의 절임 과정 동안 고농도 염수에 의한 삼투 현상으로 배추 세포 내 수분이 용액 중으로 용출, 희석되어 나타난 결과로 추측된다. 계절에 따른 배추별 초기 염수와 말기 염수의 고형물 함량 변화를 비교해 보면 월동배추(2.3 °Brix)가 가장 많은 함량 감소를 보였고, 고랭지배추, 봄 배추의 순서로 절임 염수의 절임 동안 가용성 고형물 함량이 감소하였다.

봄 배추와 가을배추의 생육정도와 성분을 분석한 결과 수확량과 가용성 고형물의 함량에 있어서 가을배추가 봄 배추에 비해 월등히 높다고 보고된 바 있고(12), 또한 박등(3)도 가용성 고형물의 함량이 배추 자체의 품종별로도 약간의 차이가 있지만 재배 계절에 따르는 차이가 훨씬 크다고 보고하여 월동배추와 봄 배추, 고랭지배추의 말기 염수의 가용성 고형물 함량의 차이도 배추의 차이에서도 비롯된 것으로 사료된다.

2. pH

월동배추, 봄 배추, 고랭지배추의 초기 염수와 말기 염수의 pH변화는 Fig. 4-2와 같다. 초기 염수의 pH는 8.40~8.63, 말기 염수는 pH 6.03~6.24로 배추간의 큰 차이는 없었고, 3 종류에서 모두 6시간의 절임 과정 동안 유기산의 방출 및 초기 발효에 의해 pH가 감소하여 각 배추의 초기 염수와 말기 염수간의 pH차이는 2.1~2.3으로 일정한 값을 나타내었다. 초기 염수의 pH는 해수의 pH와 비슷하여 천일염의 여러 염류에 의해 약알칼리의 pH를 나타내었다. 말기 염수의 pH는 보고된 자료가 없으나, 한(13)의 염장 저장 배추의 pH가 초기 6.4에서 저장에 따라 낮아짐을 볼 때 말기 염수의 pH도 6.1에서 방치 시간에 따라 다소 낮아질 것으로 추측된다. 수질환경기준(14)

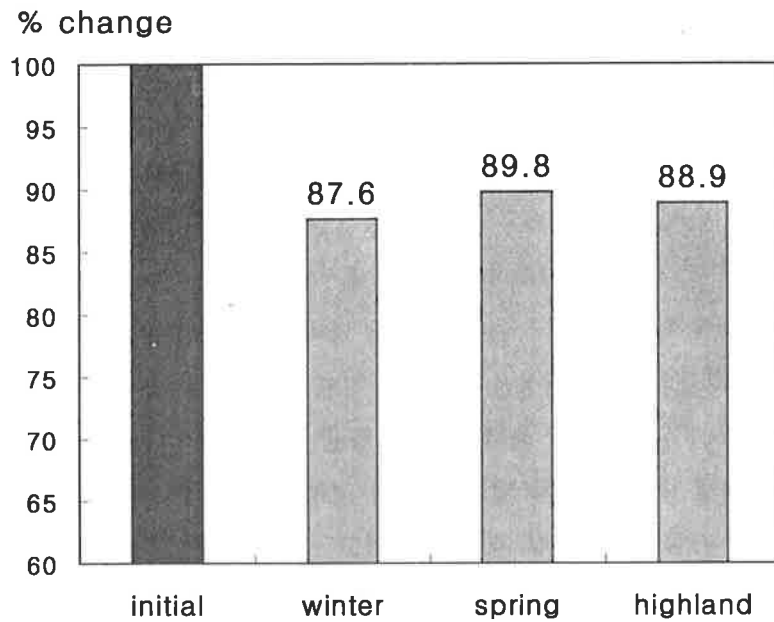


Fig. 4-1. Changes of soluble-solid contents in brine during the salting process of winter, spring and highland Chinese cabbages.

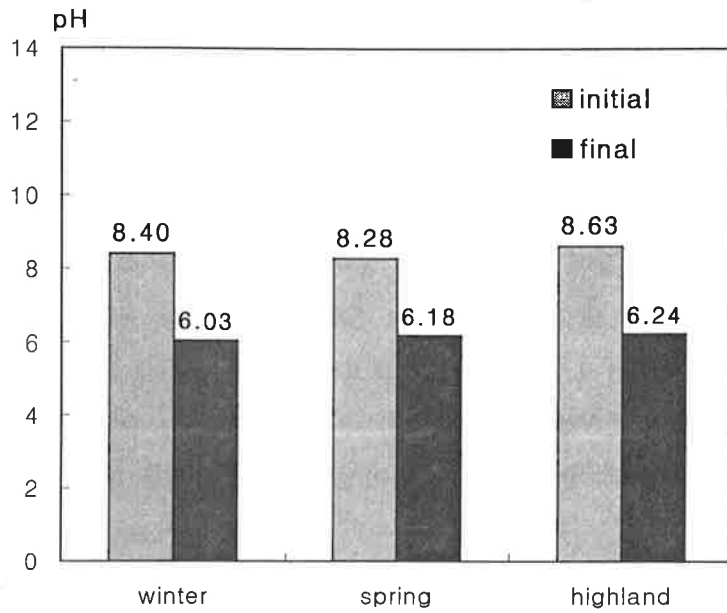


Fig. 4-2. Changes of pH in brine during the salting process of winter, spring and highland Chinese cabbages.

에 의하면, 하천의 경우 공업용수의 허용 pH가 5.8-8.6 범위로 말기염수의 경우 기준치에 매우 근접한 pH를 나타내므로, 배추 절임 후의 말기 염수는 적절한 처리 후에 방류하는 것이 바람직할 것으로 생각된다.

4. 염도

월동배추와 봄 배추, 고랭지배추의 초기 염수와 말기 염수 간의 염도의 비교는 Fig. 4-3에 나타내었다. 염도 변화는 가용성 고형물 결과 (Fig. 4-1)와 비슷한 경향을 보이고 있는데, 초기 염수의 염도는 월동배추(16.1%)>봄 배추(15.4%)>고랭지배추(14%) 순으로 높아 천일염의 계절에 따른 차이를 보여주었고, 말기 염수는 각각 14%, 14%, 12.4%로 조사되어, 초기 염수와 말기 염수 간의 염도 차이는 월동배추는 2.1%, 봄 배추는 1.4%, 고랭지배추는 1.6%의 차이를 보였다. 초기 염수에 비해 말기 염수에서의 염도 저하는 염수의 삼투작용으로 배추에서 수분이 빠져 나오고, 소금은 세포 안으로 확산되었기 때문으로 생각된다. 염도 12% 이상의 말기 염수가 그대로 방류될 경우 수자원의 오염을 일으킬 뿐 아니라, 공업용수와 천일염의 낭비도 예상된다. 따라서, 염류를 포함하는 가용성 물질의 효율적 제거로 절임 염수의 재활용이 시급히 이루어져야 할 과제이다.

5. COD

월동배추, 봄 배추, 고랭지 배추의 초기 염수와 말기 염수의 COD값의 증가변화는 Fig. 4-4에 나타내었다.

초기 염수의 COD는 월동배추는 20.4ppm, 봄 배추는 9.4ppm, 고랭지배추는 32ppm으로 계절에 따른 천일염의 차이가 컸고, 말기 염수의 COD는 각각 39.6ppm, 52.1ppm, 37.7ppm으로 나타났다. 초기 염수와 말기 염수간의 차이는 월동배추에서 19.2ppm, 봄 배추 42.6ppm, 고랭지 배추 7.5ppm으로 봄 배추의 COD값이 절임과정 중에 크게 증가하였다. 염도 및 가용성 고형물 함량 변화와 달리 COD는 초기염수에 비해 말기염수 값이 증가하여 절임과정 동안 배추의 당류 및 염류 등의 환원성 물질이 방출되었음을 알 수 있었다. 청정지역의 COD 배출 허용기준을 보면, 1일 배출량이 50ppm이하인데(13), 말기염수에서는 40ppm 가까이 (월동, 고랭지배추) 또는 50ppm이상(봄배추)의 COD값을 나타내어 적합한 처리 없이는 비교적 높은 오염도의 폐수가 방출될 수 있음을 시사하였다.

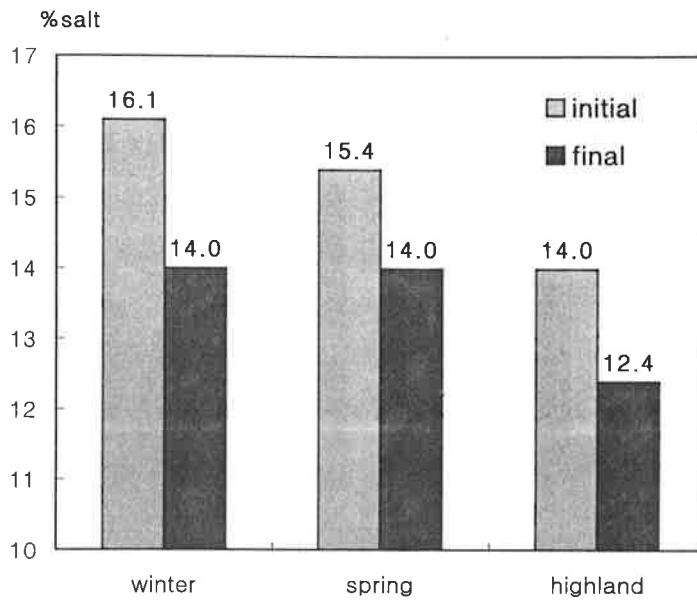


Fig. 4-3. Changes of salt contents in brine during the salting process of winter, spring and highland Chinese cabbages.

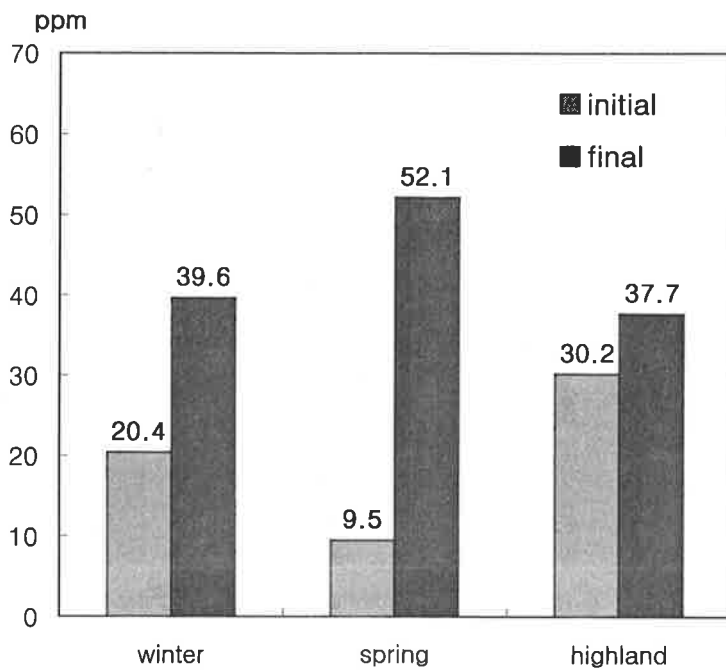


Fig. 4-4. Changes of COD in brine during the salting process of winter, spring and highland Chinese cabbages.

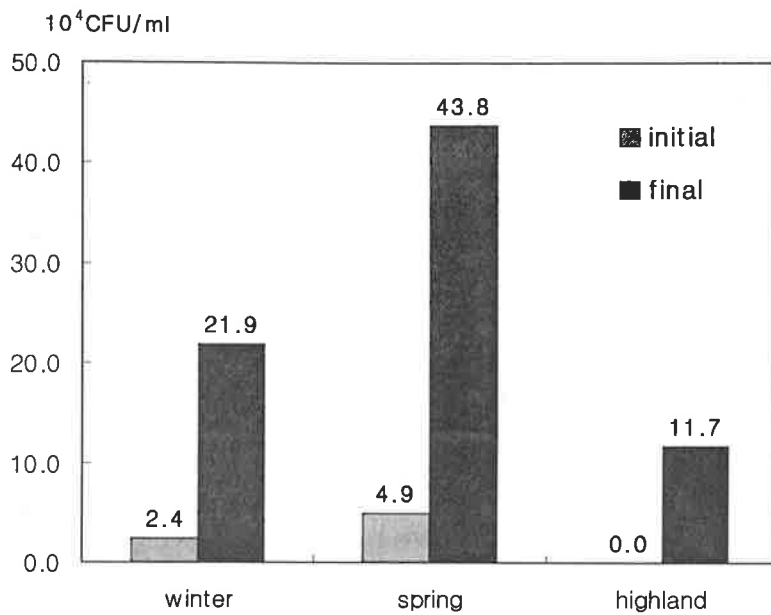


Fig. 4-5. Changes of total viable cell count in brine during the salting process of winter, spring and highland Chinese cabbages.

6. 미생물 총균수

월동배추, 봄배추, 고랭지배추의 초기염수와 말기염수의 총생균수를 측정한 결과는 Fig. 4-5와 같다. 3가지 실험에서 모두 초기염수에 비해 말기염수의 총생균수가 10배 정도 증가하는 것을 볼 수 있는데, 이는 배추에서 유래된 미생물들로 생각된다. 말기염수의 총 균수는 월동배추 21×10^3 , 봄배추의 경우 43×10^3 , 고랭지배추 11×10^3 로 이러한 배추간의 차이도 각 배추의 미생물 오염상태에 따른 것으로 생각된다.

참고문헌

1. Cho E.J., Lee S.M., Rhee S.H. and Park K.Y. : Studies on the standardization of chinese cabbage *kimchi* (in Korean), *Korean J. Food Sci. Technol.*, **30**, 324-332 (1998)
2. Han, E.S. and Seok, M.S : The development of salting-process of Chinese cabbage for *kimchi* processing plant (in Korean), *Food Industry and Nutrition*, **1**, 50-70 (1996)
3. 박완수, 구영조, 이명기, 이인선 : 김치제조용 원료의 가공특성 및 역할, 한국식품과학회 제 1회 김치의 과학 심포지움발표논문집, p.247 (1994)
4. Park I.K., Kim S.H. and Kim S.D. : Effect of initial temperature of salt solution during salting on the fermentation of *Kimchi*, *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.*, **25**, 747-753 (1996)
5. Han K.Y. and Noh B.S. : Characterization of chinese cabbage during soaking in sodium chloride solution, *Korean J. Food Sci. Technol.*, **28**, 707-713 (1996)
6. Lee I.S., Park W.S., Koo Y.J. and Kang K.H. : Changes in some characteristics of brined chinese cabbage of fall cultivars during storage (in Korean), *Korean J. Food Sci. Technol.*, **26**, 239-245 (1994)
7. Kim D.K., Kim M.H. and Kim B.Y. : Mass transfer during salting and desalting processes of chinese cabbage, *J. Korean Soc. Food Nutr.*, **22**, 317-322 (1993)

8. Choi S.Y., Kim Y.B., You J.Y., Lee I.S., Chung K.S. and Koo Y.J. : Effect of temperature and salts concentration of *Kimchi* manufacturing on storage (in Korean), *Korean J. Food Sci. Technol.*, **22**, 707-710 (1990)
9. Kim, J.B., Yoo, M.S., Cho, H.Y., Choi, D.W. and Pyun, Y.R. : Changes of physical characteristics of Chinese cabbage during salting and blanching (in Korean), *Korean J. Food Sci. Technol.*, **22**, 445-450 (1990)
10. Han E.S., Seok M.S., Pa가 J.H., Jo J.S., Lee H.J. : Quality changes of brine during brine salting of highland baechu (in Korean), *Food Engineering Progress*, **2**, 85-89 (1998)
11. 김종택 : 환경오염공정시험법해설(수질분야), 신광출판사, 서울, p.75 (1991)
12. Lee I.S., Park W.S., Koo Y.J. and Kang K.H. : Comparison of fall cultivars of chinese cabbage for *Kimchi* preparation (in Korean), *Korean J. Food Sci. Technol.*, **26**, 226-230 (1994)
13. Han E.S. : Salting storage method of highland chinese cabbage for *Kimchi* (in Korean), *Korean J. Food Sci. Technol.*, **25**, 118-122 (1993)
14. 김종오, 소대우, 전병영, 정용택, 강영식, 유영준 : 위생관계법규, 형설출판사, 서울, p. 427 (1988)

여 백

제5장 반복사용에 따른 절임 후 염수 및 세척수의 특성

제1절 서설

김치는 전통식품의 하나로서 우리의 식생활에서 빼놓을 수 없는 기본 부식으로 배추, 무 등 계절에 따라 생산되는 각종 채소를 원료로 하여, 소금에 절이고 각종양념을 첨가하여 제조한 발효식품이다. 가정이나 기업에서 일반적인 배추김치 제조공정은 배추 선별, 다듬기, 절단, 절임, 탈염 및 세척, 탈수, 양념 속 넣기, 숙성으로 행하여지고 있다(임득열, 1991: 이인선 등, 1994: 박완수 등, 1994).

김치의 산업화로 김치 제조의 규모가 방대해지면서 대두되는 문제의 하나는 김치제조 과정 중 발생하는 엄청난 양의 염수가 재활용 없이 처리되고 있으며, 폐 염수의 배출로 인한 농지와 하천 등의 환경오염을 발생시킨다는 점이다. 1996년의 우리나라 김치 제조산업체는 총 253개로 연간 김치 출하량은 178,631톤에 이르며 (통계청, 1996), 70%정도의 업체가 자본규모 2억 원 이하의 영세업체이고, 현대화된 시설을 일부 갖추고 수출하는 업체는 30-40개소 정도이다.

김치의 제조를 위해서는 배추의 절임 및 세척이 필수적인 처리공정인데 특히 배추를 소금으로 절이는 과정은 맛에 있어 매우 중요한 역할을 한다(한기영과 노봉수, 1996). 배추 1톤을 절이기 위해서는 대략적으로 70kg의 소금이 사용되고 있으며, 절임 후 세척 등을 위하여 필요로 하는 용수의 양은 배추 1톤당 10톤 정도가 사용되는 것으로 추정되어, 폐염수는 여름에는 주당 약 120m³(겨울-약 50m³)가 발생하며 폐 세척수는 여름에 주당 약 540m³(겨울-약 300m³)가 발생한다(이정학 등, 1997). 또한 김치 제조공장에서 염수 재사용 횟수는 평균적으로 봄, 가을에는 1.6회, 여름 1.1회, 겨울 2.2회로 (한웅수와 석문식, 1996) 비교적 낮았고, 절임 배추의 세척횟수는 3회가 가장 많은데, overflow방식으로 세척하기도 하여 용수의 낭비가 많은 것으로 추정된다.

김치에 관한 연구는 김치의 성분 변화(김우정 등, 1988: 김주봉 등, 1990), 미생물 및 발효양상에 대한 연구(심선택, 1990: 신동화, 1994: 심동화 등, 1996: 정장호 등, 1997), 김치의 보존성 연구(김중만 등, 1987: 최신양 등, 1990: 고하영 등, 1993: 한재숙 등, 1996), 김치 부 재료인 양념에 관한 연구(박혜진과 한영실, 1994: 조은주 등, 1998)등이 있다. 특히 절임에 관한 연구로는 절임 과정중 성분변화에 대한 연구

(이희섭 등, 1987; 우경자와 고경희, 1989; 김주봉 등, 1990; 송은주 등, 1995; 한기영과 노봉수, 1996), 염장저장에 관한 연구(한응수, 1993; 이인선 등, 1994)와 절임배추의 포장방법에 관한 연구(한응수, 1994; 한응수 등 1996; 한응수 등, 1998)등 많이 발표되어 있으나 배추를 절이고 난 후의 폐 염수의 특성에 대한 연구는 매우 미흡한 실정이다.

따라서, 본 실험에서는 봄배추로 염수를 5회 반복 재 사용하는 절임 과정을 통해 생성된 각 단계 폐 염수 시료들의 염도, 당도, pH, COD 등의 이화화적인 특성과 총균수를 조사하여, 수자원, 소금 등의 자원 낭비를 줄이고 환경오염을 방지하는 방법 모색의 기초 자료를 얻고자 하였다.

제2절 재료 및 방법

1. 실험재료

배추는 경남 하동의 봄 배추(명가)를 1997년 3월에 유성 시장에서 구입하여 이용하였고, 소금은 (주)동양소금의 천일 염(NaCl 80%)을 사용하였다.

2. 배추의 절임 공정

10kg의 배추를 세로로 4등분하여 물 25kg에 천일염 5kg을 녹인 절임 염수(약 16.7%)에 잠기도록 한 후 2시간마다 한번씩 뒤집어주어 6시간을 절였다. 이것을 각 10kg의 물통에 3단계 연이어 세척한 다음 다공의 체반에 절단면을 밑으로 하여 18시간을 탈수하였다. 남은 염수를 초기 염수와 같은 염도로 맞춘 뒤 위와 같은 절임 과정을 총 5회 반복하였다.

3. 염도, 가용성 고형물, pH

염도, 가용성 고형물, pH를 각각 염도계 (S-28E, Atago, Japan), 당도계 (2412-W04, Atago, Japan), pH meter (HI8521, Hanna Istr., USA)를 이용하여 각 3회 반복 측정하였다.

4. COD

폐염수에 대한 화학적 산소요구량을 측정하여 폐염수의 허용기준치와 비교하기 위하여 알칼리분해 산화법에 의해 COD를 다음과 같이 측정하였다(김남천, 1989). 환저플라스

크에 시료 25~30ml를 취하고 20% NaOH 1ml를 넣어 알칼리성으로 한 다음 여기에 0.025N KMnO₄ 10ml를 넣어 끓는 수욕 중에서 가열한 후 방냉한 뒤 10% H₂SO₄ 5ml, 전분용액 2ml를 넣어 0.025N 표준 Na₂C₂O₃으로 무색이 될 때까지 적정하였다.

$$\text{COD (ppm)} = (a-b) \times f \times \frac{1,000}{V} \times 0.2$$

a : 공시험적정에 소비된 0.025N 티오황산나트륨용액 (ml)

b : 본시험적정에 소비된 0.025N 티오황산나트륨용액 (ml)

f : 0.025N 티오황산나트륨용액의 역가(factor)

V : 시료의 양(ml)

5. 미생물 생균수

시료 액을 취하여 적절히 희석한 후 생균수는 trypton glucose extract agar 고체 배지에 평판 주가법으로 접종하여 30℃의 항온기에서 24시간 배양한 후 생성된 집락수를 조사하였다.

제3절 결과 및 고찰

1. 염도

봄 배추의 5회 절임 과정 중의 각 단계의 염수 시료들의 염도는 Fig. 5-1에서 보는 것과 같이 초기 염수는 약 16%로 일정한 수치를 나타내었고, 절인 후 염수는 약 14%로 염도가 낮아졌다. 염도가 절임 염수에서 초기 염수보다 낮은 이유는 삼투압으로 인해서 소금이 배추 속으로 침투하고 배추의 물이 빠져 나와 염도가 낮아졌기 때문으로 생각된다. 세척과정에서는 1회 세척수의 염도는 약 2% 정도를 나타내다가 3회 세척수는 염도가 거의 0%로 낮아졌다. 탈수액의 염도는 배추에서 소금기가 용출되어 약 4%의 염도를 나타내었다. 김치 절임 공정에서 배출되는 혼합된 폐염수를 나타내는 혼합수 염도는 약 7.5%를 나타내었다.

한 등(1998)은 고랭지 배추는 절임 횟수에 따른 염수의 염도를 측정한 결과, 12% 염수에서는 매회 약 0.4%씩, 24% 염수에서는 0.9%씩 낮아졌다고 보고하여 비슷한 경향을 나타내었다.

절임염수의 경우 염도가 매우 높기 때문에 그대로 방출한다면 하천수의 염도 상승의

원인이 될 수 있고 생태계의 파괴를 야기시킬 수 있으며, 주변 토지의 염분 증가에 의한 황폐화도 일어날 수 있다. 따라서 절임 염수나 세척수를 처리하여 재활용한다면 자원의 재활용 및 환경보존에 효과적일 것이라 생각된다.

2. pH

염수의 5회 절임 반복에 따른 pH 변화를 Fig. 5-2에 나타내었다. 초기 염수를 16.7%로 제조하여 pH를 측정했을 때, 해수의 pH와 비슷한 pH 8.3이었고, 두번째 절임 염수부터는 pH 6.2~6.5로 낮아져 염수 반복 사용시 처음 염수보다 낮은 pH의 염수를 사용하게 됨을 알 수 있었다. 절임 횟수의 반복에 따라 염수의 pH가 6.4에서 5.8까지 낮아지는데 이는 절임 동안 배추내의 유기산이 빠져 나오고, 4, 5회 이상의 반복 절임에 의해서는 젖산발효도 일어나 염수가 산성으로 변화되는 것으로 생각된다. 3회 세척과정동안 pH가 다시 중성화되어 3회 세척수는 pH 6.9~7.3을 나타내었다. 그러나, 탈수액의 pH는 5.7~6.0이며, 절임이 반복됨에 따라 낮아지는 경향을 보여주었고, 혼합된 폐염수도 pH가 약 6.0의 값으로 약 산성을 나타내었다.

한 등(1998)은 고랭지 배추를 염수에서 6회 반복하여 절이는 동안 초기 pH 8.0에서 절임에 따라 점차 낮아졌다고 보고하여 비슷한 결과를 나타내었고, 또한, Han et al(1996)은 염수순환 횟수를 달리함에 따라, 배추부위별에 따라, 절단방법에 따라 pH 변화를 조사한 결과, 염수 순환에 따라서는 절임조 상·하부간의 pH는 거의 차이를 보이지 않았으며, 배추부위별에 따른 변화는 절임조 상부에서는 염신부가 낮았으나, 하부에서는 차이를 보이지 않았고, 절단방법별 변화는 절단면이 넓을수록 소금의 침투가 빨라서 pH가 낮아졌다고 보고하였다. 이인선 등(1994)은 품종별 절임 가을배추의 저장 중의 pH를 조사한 결과, 0℃와 10℃ 저장초기에는 약 5.9~6.2를 나타내다 시간이 지남에 따라 10℃에서는 급격하게 저하됨을 보고하여, 본 실험과 같이 절임염수 반복사용에 의해서도 누적되는 젖산균과 당에 의해 pH가 빠르게 저하될 것을 예측할 수 있었다.

3. 가용성 고형물

봄배추를 5회 절이면서 생성된 염수의 가용성 고형물을 조사한 결과를 Fig. 5-3에 나타내었다. 초기염수의 가용성 고형물 함량은 17.6~18.8 °brix이며, 절임염수는 15.

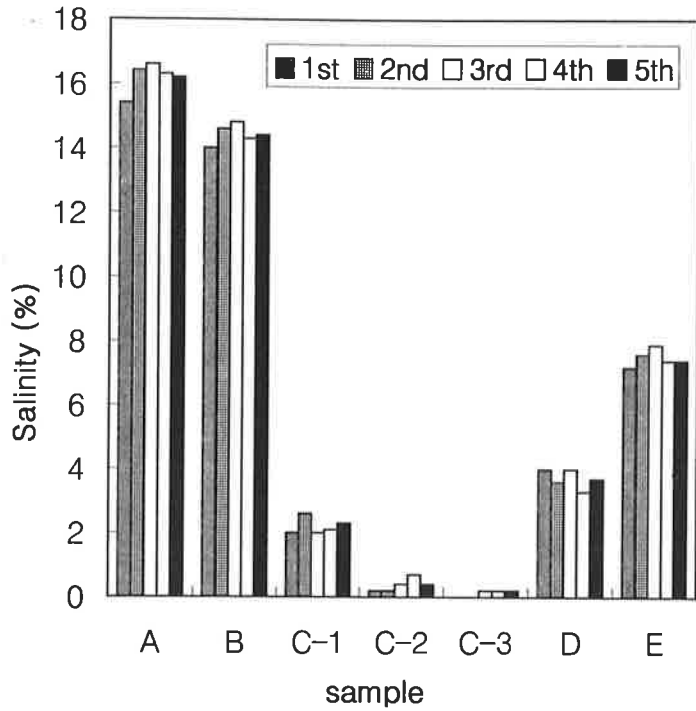


Fig. 5-1. Changes of salinity in brines during the salting process of spring Chinese cabbages

A : initial brine, B : salting brine,
 C1~3 : washing water, D : drained water,
 E : total waste water (B+C1~C3+D)

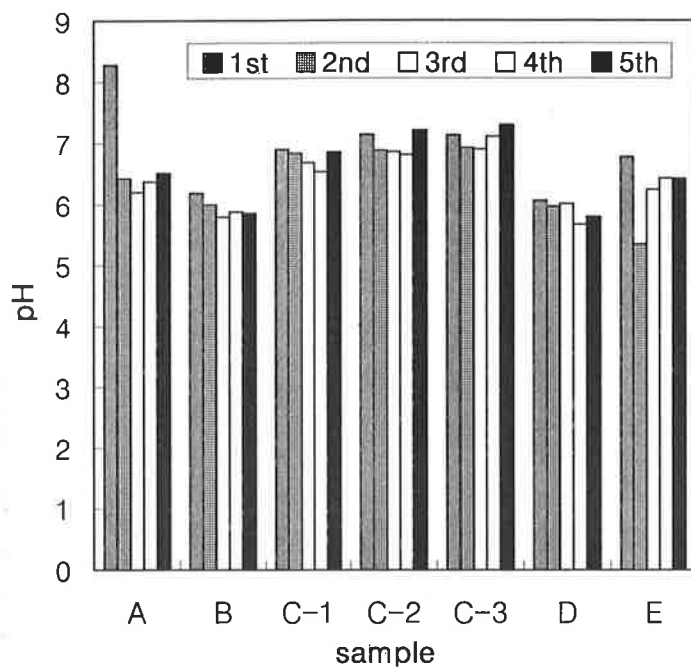


Fig. 5-2. Changes of pH in the waste brines during the salting process of spring Chinese cabbages

A : initial brine, B : salting brine,

C1~3 : washing water, D : drained water,

E : total waste water (B+C1~C3+D)

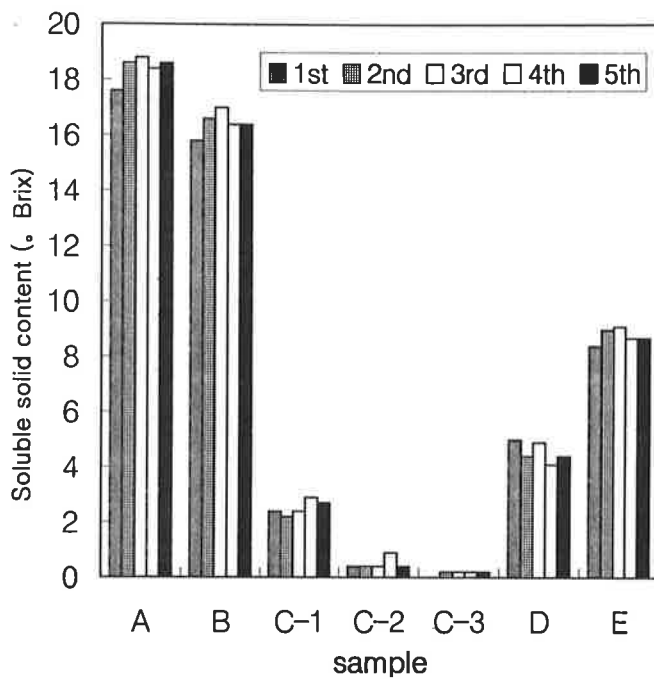


Fig. 5-3. Changes of soluble solid content in waste brines during the salting process of spring Chinese cabbages

A : initial brine, B : salting brine,

C1~3 : washing water, D : drained water,

E : total waste water (B+C1~C3+D)

8~16.4 °brix의 범위를 나타내고, 세척수는 0.0~2.9 °brix로 낮았으며 탈수액은 4.1~5.0 °brix, 혼합수에서는 8.4~9.1 °brix를 나타내었다. 절임염수에서 절임 횟수가 증가함에 따라 가용성고형물이 증가하였는데 이는 배추로부터 반복 절임과정 동안 지속적으로 당류 등이 염수로 용출되기 때문으로 생각된다. 이희성 등(1987)에 의하면 배추의 절임과정 동안 배추내의 Na함량이 현저히 증가하는 반면, Ca, Mg, 및 K는 감소하였다고 하였으며, Kentaro et al(1983)은 이것이 배추의 펙틴질에 있던 염류들이 염수의 Na에 의해 치환되어 용출되기 때문이라고 하였다. 또한, 박혜진과 한영실(1994)은 배추의 절임 전후의 배추내의 환원당 함량을 조사한 결과 품종에 따라 증가하거나 감소하였는데, 이는 품종마다 다른 농축효과 때문으로 추정하였다.

4. COD

봄배추의 5회 절임과정 동안의 COD 변화는 Fig. 5-4와 같다. 초기 염수에서 절임횟수가 증가할수록 COD값은 9.5ppm(1차)에서 61.6ppm(5차)으로 매우 높아졌고, 절임 염수에서도 반복에 따라 COD값이 계속 증가함을 보였다. 김병기 등(1997)도 절임 횟수가 1회에서 5회로 갈수록 절임 염수의 환원당의 함량이 증가하였다고 보고하여 본 실험결과와 같은 경향을 보고하였다. 절임염수의 COD값이 반복에 따라 높아지는 것은 배추를 절이는 동안 환원성 물질이 절임수로 유출되었기 때문으로 추정된다. 세척수에서도 반복에 따라 COD값이 증가하지만, 2단계와 3단계 세척수에서는 40ppm 이하로 감소하였다. 탈수액에서는 높은(55-65ppm) 수치를 나타냈는데, 탈수과정 중 배추로부터 환원당과 염류들이 빠져 나왔기 때문으로 생각된다. 혼합수에서는 절임염수와 탈수액의 절임횟수에 따른 증가경향이 반영되어 반복에 따라 COD값이 높아졌다. 청정지역의 COD 배출허용기준치가 50mg/l임을 고려할 때 세척수 외의 절임염수, 탈수액 등의 폐염수는 처리과정을 거친 후 방출되거나 재사용 되어야 할 것으로 사료된다.

5. 총생균수

봄배추 5회 염수 재사용 절임 중의 절임염수와 세척수 및 탈수액의 미생물 오염도를 조사하기 위하여 총생균수를 측정한 결과는 Fig. 5-5와 같다. 절임염수의 경우 절임 횟수가 늘어날수록 미생물의 수가 증가하는 것을 볼 수 있는데 이것은 배추에 함유되었던 미생물이 절임수 반복사용에 따라 염수에 누적되고 절임시간이 진행됨에 따라 미

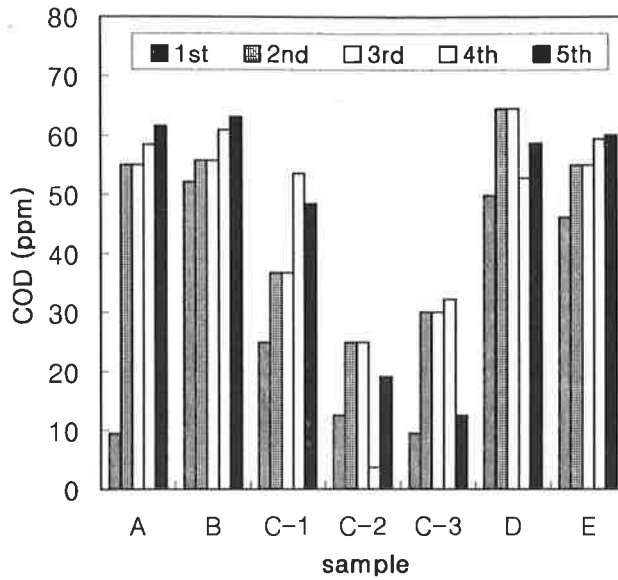


Fig. 5-4. Changes of COD in the waste brines during the salting process of spring Chinese cabbages

A : Initial brine, B : salting brine,

C1~3 : washing water, D : drained water,

E : total waste water (B+C1~C3+D)

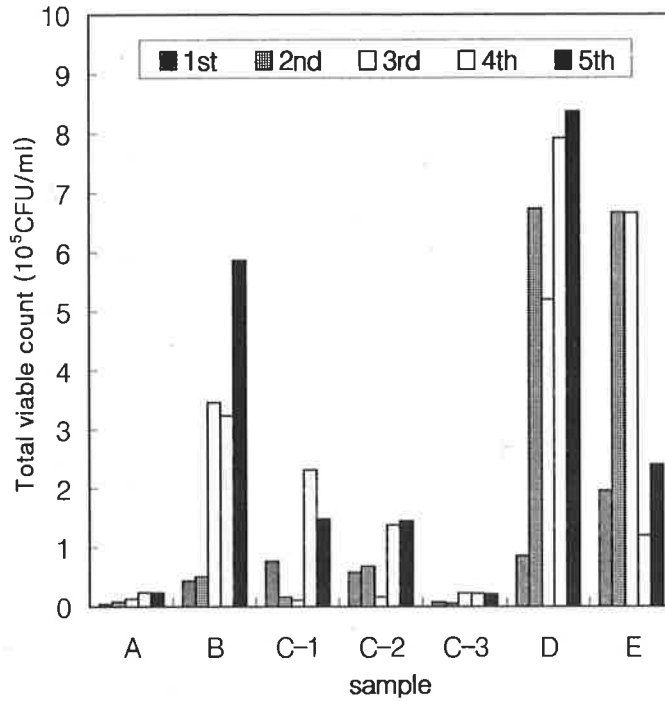


Fig. 5-5. Changes of total viable counts in waste brines during the salting process of spring Chinese cabbages

A : Initial brine, B : salting brine,

C1~3 : washing water, D : drained water,

E : total waste water (B+C1~C3+D)

생물 번식이 일어났기 때문으로 생각된다. 그러나, 일반적으로 16%정도의 높은 염도에서는 미생물이 잘 생육하지 못한다고 알려져 있는데 본 실험에서도 고염도의 절임염수보다, 탈수액에서 미생물이 많이 측정되었고, 혼합수에서도 2회와 3회째 많이 측정되어 대체로 반복횟수에 따라 폐염수의 미생물수가 증가 추세를 알 수 있었다.

참고문헌

- 김남천. 1989. 환경공학실험(수질편). 동아기술. 서울. 대한민국. p. 220-234.
- 김병기. 1997. 김치산업에서의 염수 재이용 기술 (제 1차년도 연차보고서). 환경부.
- 김우정, 구경형, 조한욱. 1988. 김치의 절임 및 숙성과정 중 물리적 성질의 변화. 한국식품과학회지 20: 483-487.
- 김주봉, 유명식, 조형용, 최동원, 변유량. 1990. 열절임 및 Blanching시 배추의 물리적 특성의 변화. 한국식품과학회지 22: 440-445.
- 김중만, 김인숙, 양희천. 1987. 김치의 간절임 배추의 저장에 관한 연구. 한국식품영양과학회지 16: 75-82.
- 고하영, 이현, 양희천. 1993. 절임배추 및 김치의 동결저장에 따른 품질변화. 한국영양학회지. 22: 62-67.
- 박완수, 이인선, 한영숙, 구영조. 1994. 분리 저장한 절임배추와 김치숙을 이용한 김치의 제조. 한국식품과학회지 26: 231-238.
- 박혜진, 한영실. 1994. 갖의 첨가가 김치의 품질과 관능적 특성에 미치는 영향. 한국영양학회지 23: 618-624.
- 송은주, 김명선, 한재숙. 1995. 배추 절임 방법이 김치의 맛과 숙성에 미치는 영향. 한국조리과학회지 11: 14-20.
- 신동화. 1994. 공장김치의 발효온도 및 포장방법별 성분과 미생물의 변화. 한국식품과학 심포지움 발표논문집. p. 82-136.
- 신동화, 김문숙, 한지숙, 임대관, 박완수. 1996. 시판 김치의 발효 온도별 성분과 미생물 변화. 한국식품과학회지. 28: 137-284.
- 심선택, 김경제, 김규향. 1990. 배추의 가용성 고형물 함량이 김치의 발효에 미치는 영향. 한국식품과학회지 22: 278-284.

- 우경자, 고경희. 1989. 절임정도에 따른 배추김치의 질감과 맛에 관한 연구. 한국조리학회지. 5: 31-41.
- 이정학. 1997. 김치산업에서의 염수 재이용 기술 (제 2차년도 연차보고서). 환경부.
- 이인선, 박완수, 구영조, 강국희. 1994. 품종별 가을배추로 제조한 절임배추의 저장중 특성변화. 한국식품과학회지 26: 239-245.
- 이희섭, 이철호, 이귀주. 1987. 배추의 염장과정중 성분변화와 조직감의 변화. 한국식품과학회지 3: 64-70.
- 임득열. 1991. 김치 산업의 현황과 문제점. 식품과학과 산업. 24: 54-56.
- 정장호, 김연순, 유양자, 경규항. 1997. 김치 발효중 대장균군의 소장과 억제에 관한 연구. 한국식품과학회지. 29: 999-1005.
- 조은주, 이선미, 이숙희, 박건영. 1998. 배추김치의 표준화연구. 한국식품과학회지. 30: 324-332.
- 최신양, 김영봉, 유진영, 이인선, 정건섭, 구영조. 1990. 김치제조시의 온도 및 염농도에 따른 저장효과. 한국식품과학회지. 22: 707-710
- 통계청. 1996년 지역구 품목별 시·도별 사업체수 출하량 및 출하액. p. 447.
- 한기영, 노봉수. 1996. 통배추의 염절임 방법에 따른 특성변화. 한국식품과학회지. 28: 707-713.
- 한응수. 1993. 김치제조용 고랭지 배추의 염장 저장방법. 한국식품과학회지. 25: 118-122.
- 한응수. 1994. 포장방법에 따른 절임배추의 저장중 품질변화. 한국식품과학회지. 26: 283-287.
- 한응수, 석문식, 박지현. 1998. 포장방법을 달리한 절임배추의 장기저장 중 품질변화. 한국식품과학회지. 30: 1307-1311.
- 한응수, 석문식, 박지현, 이호재. 1998. 절임배추의 포장압력 및 저장온도에 따른 품질변화. 한국식품과학회지. 28: 650-656.
- 한응수, 석문식, 박지현, 조재선, 이호재. 1998. 고랭지 배추의 염수절임 중 염수의 품질변화. 산업식품공학. 2: 85-89.
- 한재숙, 김명선, 송주은. 1996. 맛 있는 김치의 조리 및 저장방법의 확립. 한국식생활문화학회지. 11: 207-215.

Han, E. S., M. S. Seok, J. K. Chun and J. S. Jo. 1996. Effect of cutting methods on the yield, salinity and pH of salted Chinese cabbage. *Foods and biotechnol.* 5: 1-6.

Kentaro, K., Mitsue, K., Yasuhiro, M. 1983. Changes of Na-, Ca-, and Mg- content in pectin fraction of radish root during soaking in sodium chloride solution. *日食工誌*. 3: 483-487.

여 백

제6장 김치제조시 배출되는 폐수의 물리적 기본특성

제 1절 서설

절임 염수 재활용을 위한 전처리 기술연구로 김치공장에서도 같이 폐수의 발생량 및 폐수의 특성이 유사한 산업체에서 적용하고 있는 폐수처리방법을 FSTA, AGRICOLA 및 Internet search 등을 통하여 조사하였으나 적합한 처리기술의 적용사례를 찾을 수 없었다. 단, 일본의 두부제조공장에서의 폐수처리 및 재활용을 위한 처리방법이 김치공장의 효과적인 폐수처리 및 염수 및 폐수의 재활용기술 개발에 참고가 될 수 있는 자료라 사료되었다.

따라서 김치공장 폐수의 재활용처리 기술의 개발 시 여과처리기술을 위주로 적용에 앞서 김치공장 폐수의 기본적인 특성을 구명하는 것이 필요로 되었다.

제2절 폐수의 기본 특성

배추의 절임 및 세척단계에 따른 폐수의 특성을 단계별로 조사하였고(표 6-1), 배추의 절임 시 포기 및 막 김치용으로 절단 처리하여 이들을 온도를 달리하여 절임, 세척 처리시 각 단계별 폐수의 특성을 분석하였던 바 그 결과는 표 6-2와 같다.

한편 절임 염수 재활용을 위한 여과기술연구로 절임 후 염수중에 존재하는 배추 잎 등의 건더기 등 고형물과 염도, 모래 등 침전 잔사, 미생물 수 등에 관한 기초자료를 조사하였으며 이를 적절히 처리할 수 있는 방안의 모색을 위하여 실험실적 소규모의 절임수 재활용을 위한 전처리 여과장치를 고안하여 제작하였다. 절임수의 예비여과를 위해 사용하였던 소재로는 자갈, 왕사, 세사 및 활성탄이었으며 절임수를 이들 소재에 순차적으로 처리하여 처리에 따른 효과를 조사하였던 바 그 결과는 표6-3 및 표6-4 와 같다.

절임수의 염농도는 13.44%이었나 처리 단계가 증가할수록 염의 농도가 감소하는 것으로 나타났는데 이는 각 소재의 사용전 세척시 사용하였던 물이 소재에 잔존함에 따라 나타난 희석효과에 의한 영향으로 판단된다. pH 의 경우 초기 6.32에서 최종단계인 활성탄 처리후에는 8.83으로 높아져 활성탄에 의한 pH조절은 가능하나 염수의 재활용

표. 6-1. 배추의 절임온도에 따른 절임 염수 및 세척후 발생한 폐수의 성분특성

	NaCl content, %			Soluble solid, °Brix			COD (ppm)		
	4℃	10℃	20℃	4℃	10℃	20℃	4℃	10℃	20℃
초기염수	15.19	14.76	14.08	17.40	17.65	17.05	2.22	4.43	7.37
절임염수	13.63	13.96	13.11	15.75	16.15	16.20	71.25	48.65	52.08
세척1	1.40	1.27	1.43	2.00	1.90	2.20	16.22	10.81	12.78
세척2	0.01	0.01	0.02	0.20	0.15	0.30	9.34	8.36	5.90
세척3	0.00	0.08	0.01	0.01	0.00	0.11	5.41	6.39	2.22
탈수	0.87	1.84	1.41	1.40	2.10	2.25	75.18	105.64	108.59
혼합	6.49	6.77	7.02	8.30	8.30	8.65	37.35	37.84	51.59

표 6-2. 배추의 절단형태에 따른 절임 및 세척 후의 폐수의 특성

	Poki Kimchi			Mak Kimchi		
	NaCl (%)	Soluble solid (°Brix)	COD (ppm)	NaCl (%)	Soluble solid (°Brix)	COD (ppm)
초기염수	14.76	17.65	4.43	14.01	16.3	2.95
절임염수	13.96	16.15	48.65	12.59	14.7	113.01
세척 1	1.27	1.90	10.81	1.88	2.6	74.69
세척 2	0.01	0.15	8.36	0.19	0.5	70.75
세척 3	0.08	0.00	6.39	0.01	0.1	65.84
탈수	1.84	2.10	105.64	2.49	3.3	126.77
혼합	6.77	8.30	37.84	6.62	7.6	112.03

표 6-3. 여과전처리 소재를 통과시킨 절임수의 특성

	NaCl content, %	Soluble solid, °Brix	pH	COD (ppm)
초기	13.44±0.00	15.5±0.14	6.32±0.03	83.53±1.39
자갈	13.30±0.00	15.2±0.00	6.56±0.01	80.58±0.00
왕사	12.21±0.00	14.9±0.14	6.77±0.01	77.63±1.39
세사	12.17±0.00	14.3±0.14	6.93±0.04	71.74±1.39
활성탄	10.75±0.00	13.0±0.00	8.83±0.02	39.31±0.00

표 6-4. Microfiltration처리 절임염수의 특성

	NaCl content, %	Soluble solid, °Brix	pH	COD (ppm)
절임수	13.72±0.00	16.25±0.07	6.78±0.01	120.87±1.39
세모래-활성탄	11.74±0.00	15.00±0.00	8.52±0.03	83.53±1.39
0.45-①	7.85±0.00	11.00±0.00	8.61±0.02	63.88±1.39
0.45-②	11.18±0.00	14.60±0.00	8.46±0.01	83.53±1.39
0.45-③	11.46±0.00	14.75±0.07	8.50±0.01	80.58±2.78
0.22-①	4.64±0.00	6.70±0.00	8.55±0.01	34.39±1.39
0.22-②	11.27±0.00	14.20±0.00	8.53±0.00	78.62±0.00
0.22-③	11.27±0.00	14.60±0.00	8.53±0.00	75.67±1.39

측면에서 적절한 활성탄 소재의 선발이 필요한 것으로 나타났다.

COD의 경우 초기값이 85.53 ppm이었으며 세사처리 단계까지는 전술한 희석효과를 고려하더라도 별효과를 보이지 않았으나 활성탄 처리시에는 39.31 ppm으로 급격히 감소하는 경향을 보여 활성탄이 절임수의 COD저하에 효과 있음을 알 수 있었다.

한편 절임염수를 여과전처리한 후 microfiltration을 하였던 바 COD의 감량에는 큰 효과를 보이지 않았으며 미생물의 제거에도 효과가 미미한 것으로 나타났다.

여 백

제7장 염수 및 폐수의 재활용을 위한 전처리 및 함유물질 분리

제 1절 서설

김치공장에서 발생하는 절임 염수 및 세척수의 효율적인 재활용 및 처리방법을 개발하기 위하여 배추의 절임 조건을 달리하여 절임 처리를 한 후 발생된 절임수를 금속망, 모래, 활성탄 등의 여과 보조제 처리에 따른 정수효과를 조사하였고, microfiltration 및 ultrafiltration 처리효과를 분석하였으며, 역삼투 처리 시 절임 염수 및 세척수에 함유된 염분의 제거효과를 측정하였다.

제2절 재료 및 방법

1. 배추의 절임 처리

염수 및 폐수의 특성 및 재활용처리를 위하여 배추의 절임 및 세척처리를 한 후 나온 염수 및 세척수를 재료로 하여 실험을 수행하였다. 배추의 절임 조건은 원료배추를 1로 하였을 때 물은 2.5배, 소금은 0.5배의 표준조건으로 적용하였으며, 절임 시간은 절임 온도를 달리하여 4℃에서는 15시간, 10℃에서는 6시간, 20℃에서는 3시간씩을 방치하였으며, 처리중간에 주기적으로 뒤집음 처리를 하여 가능한 고루 절여지도록 하였다.

2. 염수의 재활용을 위한 전처리

배추를 4℃, 10℃, 20℃에서 각각 절임 처리한 후 남은 염수에 함유된 배추 잎등의 고형물을 40-200메쉬의 금속 망을 사용하여 분리한 후 이 염수를 자갈, 왕사, 세사 및 활성탄을 단계적으로 통과시킨 후 각 처리에 따른 가용성 고형물함량, 염도, pH 및 COD (chemical oxygen demand)를 분석하였다. 활성탄의 종류 및 활성탄의 입도에 따른 염수의 전처리효과를 조사하였는데 사용한 활성탄으로는 일반 활성탄, 염소수로 처리한 활성탄, 인산과 황산을 처리한 활성탄이었으며, 입도는 4-8메쉬, 20-60메쉬의 granular형과 100메쉬 정도의 분말형을 사용하였다.

3. 폐수 재활용처리

배추의 절임 처리 후 3차례의 세척단계를 거치고 이 이후 탈수 처리하였다. 각 단계별 세척처리 시 사용한 물의 양은 원료배추의 양과 동일한 비율(1 : 1)을 사용하였으며 각 단계에서 발생한 폐수는 각각 분리하여 수거한 후 이들의 특성을 조사하였다. 폐수에 함유된 배추 잎등의 고형물을 40-200메쉬의 금속 망을 사용하여 분리한 후 이 염수를 자갈, 왕사, 세사 및 활성탄을 단계적으로 통과시킨 후 각 처리에 따른 가용성 고형물함량, 염도, pH 및 COD(chemical oxygen demand)를 분석하였다. 왕사, 세사 및 활성탄의 처리는 길이 1m 내경 4cm인 유리관에 높이를 달리하여 충전시킨 후 염수의 특성의 분석하였다. 활성탄의 종류 및 활성탄의 입도에 따른 염수의 전처리효과를 조사하였다 사용한 활성탄으로는 일반 활성탄, 염소수로 처리한 활성탄, 인산과 황산을 처리한 활성탄이었으며, 입도는 4-8메쉬, 20-60메쉬의 granular형과 100메쉬 정도의 분말형을 사용하였다.

한편 막분리방법을 이용한 처리효과조사로 microfiltration, ultrafiltration 및 reverse osmosis처리를 행하였다. 염수 및 폐수의 처리에 사용한 microfiltration membrane은 공경이 0.22 μ m 및 0.45 μ m이었으며 사용압력은 5bar이었고 상온에서 처리하였다. 한외여과 처리로 DDS 사의 GR 51(MWCO 100,000) 및 Gr90(MWCO 20,000)를 사용하여 상온에서 10 bar의 압력을 가하여 처리하였다. 역삼투 처리는 배추절임 염수를 포함하는 폐수와 절임 배추의 세척수를 분리하여 행하였다. 이를 위하여 사용한 membrane은 cellulose acetate 재질의 CA 990 membrane과 thin layer composite type의 HR 98 membrane을 사용하였으며 사용압력은 20bar 가동온도는 상온이었다.

제3절 결과 및 고찰

1. 절임 염수의 특성

Table 7-1은 배추를 절이기 전 및 절인 후 염수의 특성을 비교한 것으로 절임 염수의 염 농도를 중량비로 계산하여 16%가 되도록 하여 염수를 조제하였으나 조제후 염수의 농도는 14.8-15.1%를 나타내었다. 이 염수를 사용하여 배추를 4 $^{\circ}$ C, 10 $^{\circ}$ C 및 20 $^{\circ}$ C에서 각각 절임 처리 후 염수중 염분의 농도를 분석하였던 바 13.5%-14.1%로 염의 농도가 절임 전에 비하여 0.8%-1.6%정도 감소하였다. 염수 중 염분을 비롯하여 해리되어 있는 물질의 양을 간접적으로 알 수 있는 전기 전도도를 측정하였던 3,055 μ S/cm-3,270 μ S

/cm이었으며 각 온도 별 절임 처리 후 염수의 전도도는 처리전에 비해 $170\mu\text{S}/\text{cm}$ - $340\mu\text{S}/\text{cm}$ 정도 낮은 값을 보였다.

절임 전 염수의 COD를 분석하였던 바 11.3ppm-15.7ppm를 나타내었다. 이와 같은 결과는 절임에 사용하고 있는 소금 자체가 일반 화학시약과는 달리 불순물을 함유하고 있기 때문인 것으로 판단된다. 이와 같은 불순물이 절임 배추에 어떠한 영향을 미치는지에 대한 조사가 김치 품질측면에서 검토되어야 할 것이며 폐수처리 측면에서는 절임 소금의 순도가 고려되어야 할 것으로 판단된다. 배추의 절임 후 염수중 COD함량은 48.6ppm-60.9ppm으로 증가하였다.

염수의 절임 처리 후 특성 조사로 배추 잎을 포함한 부유 물질과 흙을 비롯한 잔사의량을 조사하였던 바(Table 7-2) 부유 물질의 양은 원료 배추 kg당 15.1-45.4g 이었고 잔사량은 0.22-0.87g으로 나타났다. 또한 절임 전 염수의 탁도는 증류수를 100으로 기준할 때 86.2-94.3이었으며 절임 후에는 보다 탁하여져 79.2-93.4의 수준을 나타내었다.

한편 절임 염의 농도에 따른 절임 후 염수의 양을 조사하였던 바 Table 7-3에서와 같이 절임 농도가 증가할수록 절임 처리 후 염수의 양이 다소 증가하는 것으로 나타났다.

2. 절임 염수의 여과 보조제 처리효과

배추를 4℃, 10℃, 20℃에서 각각 절임 처리한 후 남은 염수에 함유된 배추 잎등의 고형물을 눈의 크기가 다른 금속 망을 사용하여 분리한 후 이 염수를 자갈, 왕사, 세사 및 활성탄을 단계적으로 통과시킨 후 각 처리에 따른 가용성 고형물함량, 염도, pH 및 COD (chemical oxygen demand)를 분석하였다.

배추 절임 염수 중에 부유하는 배추 부스러기 등의 크기 특성등을 분석키 위해 염수에 떠있는 배추 부스러기 중 입도가 큰 것은 플라스틱 바구니를 이용하여 제거한 후 40, 100, 200메쉬의 금속 망으로 처리하여 부유물의 량과 메쉬 통과에 따른 여과 효과등을 분석하였던 바 Table 7-4의 결과에서와 같이 40메쉬에는 408mg/L, 100메쉬에는 90mg/L, 200메쉬에는 33mg/L의 배추부스러기가 걸러진 것으로 나타났다. 염수의 금속 망 처리 시 메쉬의 수사 증가할수록 탁도가 약간 개선되는 효과는 있었으나 가용성고형물 및 염도는 예측한대로 변화를 보이지 않았다.

Table 7-1. Comparison of characteristics of salt solution before and after dipping treatment of Chinese cabbage at different temperature for Kimchi processing

Temperature \ Item	Conductivity ($\mu\text{S}/\text{cm}$)		NaCl (%)		COD (ppm)	
	Before	After	Before	After	Before	After
4°C	3,270	2,930	5.11	13.5	13.4	59.3
10°C	3,200	3,030	14.8	14.0	11.3	48.6
20°C	3,055	2,850	15.1	14.1	15.7	60.9

Table 7-2. Content of suspended solids and soil and turbidity of salt solution after dipping treatment of Chinese cabbage at different temperature for Kimchi processing

Suspended solid, (g/kg of Chinese cabbage)	Soil (g/kg of Chinese cabbage)	Transmittance (%)	
		Before	After
15.1-45.4	0.22-0.87	86.2-94.3	79.2-93.4

Table 7-3. Changes in volume of salt solution after dipping treatment of Chinese cabbage by salt concentration

Salt concentration (%)	8	12	16
Volume change (%)	106	108	109

Table7-4. Screened particle quantity and effect of sieving on quality of salt solution used for dipping treatment of Chinese cabbage

Treatment	Item	Screened particle (mg/L)	Turbidity(%)	Soluble solids (Brix)	NaCl(%)
Raw		*	83.2	16.5	15.2
40 mesh		408	85.2	16.5	15.2
100 mesh		90	86.3	16.5	15.2
200 meshe		33	86.1	16.5	15.2

*: 배추절임후 염수에 떠있는 배추부스러기중 입도가 큰 것은 플라스틱 바구니(그물망 0.5cm x 0.5cm)를 이용하여 처리하였음. 이때 잔사량: 10.4g

배추를 절인 후 남은 염수를 여과 보조제로 자갈, 왕사 및 세사에 처리하였을 때 처리수의 특성을 비교하였던 바 Table 7-5와 같이 가용성 고형물의 경우 자갈 및 왕사 처리 시에는 효과가 없었다. 세사 처리 후에는 약간 그 값이 감소하는 것으로 나타났지만 감소 정도는 매우 미미하였다. pH의 경우에는 처리에 따른 차이를 보이지 않았고 염분의 함량도 역시 처리효과를 전혀 나타내지 않았으나 COD의 경우 처리에 따라 그 값이 다소 처리에 따라 다소 저하되는 경향을 보였다. 절임 염수를 각각 여과보조제로 처리한 후 탁도를 비교하였던 바 절임 처리 후 79.2-93.4%의 투과도를 보였으나 자갈 왕사 및 세사 처리 후 탁도는 다소 개선의 효과가 있는 것으로 나타났다. 또한 활성탄의 종류 및 활성탄의 입도에 따른 염수의 전처리효과를 조사하였다.

이때 사용한 활성탄으로는 일반 활성탄, 염소수로 처리한 활성탄이었으며, 입도는 4-8메쉬, 20-60메쉬의 granular형과 100메쉬 정도의 분말형을 사용하였다. 활성탄의 입자크기와 활성탄의 종류를 달리하여 배추 절임 후 염수를 처리하였던 바 절임 염수 중에 함유되어 있는 염분은 차이를 보이지 않았으나 활성탄은 절임 염수에 함유되어 있던 가용성 고형물의 일

Table 7-5. Effect of pre-filtering agent on quality of salt solution used for dipping treatment of Chinese cabbage

Treatment \ Item	Soluble solid, (Brix)	pH	NaCl(%)	COD(ppm)
Non-treated	15.5	6.3	13.4	83.4
Pebbles	15.5	6.3	13.4	83.1
Sands, coarse	15.5	6.3	13.4	82.3
Sands, fine	15.3	6.3	13.4	77.6

Table 7-6. Turbidity of salt solution after dipping treatment of Chinese cabbage and then pre-filtered by pebble and sands

Treatment	Initial	Pebbles	Sand, coarse	Sand, fine
Transmittance (%)	79.2-93.4	79.2-93.4	82.1-93.8	84.5-94.5

Table 7-7. Effect of pre-filtering materials on total microbial count of salt solution used for dipping treatment of Chinese cabbage

Treatment	Total microbial count(CFU/ml)
Non-treated	6.8×10^4
Pebbles	8.2×10^4
Sand, coarse	9.4×10^4
Sand, fine	7.6×10^4

Table 7-8. Effect of active carbon on quality of salt solution used for dipping treatment of Chinese cabbage

Item Treatment	Solouble solid, (Brix)	pH	NaCl (%)	COD(ppm)
Non-treated	15.5	6.3	13.4	83.4
Active carbon, untreated 100mesh	13.5	8.3	13.3	32.3
Active carbon, HCl treated, 100mesh,	13.8	7.3	13.4	31.7
Active carbon, untreated, 20-60 mesh	14.2	8.2	13.3	40.2
Active carbon, untreated, 4-6 mesh,	14.4	8.3	13.3	42.5

Table 7-9. Tubidity of salt solution after dipping treatment of Chinese cabbage and then pre-filtered by active carbons

Treatment	Transmittance (%)
Non-treated	82.1
Active carbon, untreated 100mesh	99.3
Active carbon, HCl treated, 100mesh,	99.6
Active carbon, untreated, 20-60 mesh,	98.8
Active carbon, untreated, 4-6 mesh,	98.1

Table 7-10. Effect of active carbon on total microbial count of salt solution used for dipping treatment of Chinese cabbage

Treatment	Total microbial count(CFU/ml)
Non-treated	6.8×10^4
Active carbon, untreated 100mesh,	2.7×10^4
Active carbon, HCl treated, 100mesh,	3.1×10^4
Active carbon, untreated, 20-60 mesh,	4.3×10^4
Active carbon, untreated, 4-6 mesh,	4.8×10^4

Table 7-11. Quality of salt solution used for dipping treatment of Chinese cabbage after microfiltration treatment

Treatment	NaCl content(%)	COD(ppm)	Total microbial count, (CFU/ml)
Initial	13.72	83.4	7.2×10^4
Pretreatment	11.74	41.2	2.7×10^4
0.45 μ m	11.46	31.7	1.8×10^4
0.22 μ m	11.27	30.2	1.1×10^4

배추를 절인 후 남은 염수를 여과 보조제로 자갈, 왕사 및 세사에 처리하였을 때 처리수의 특성을 비교하였던 바 Table 7-5와 같이 가용성 고형물의 경우 자갈 및 왕사 처리 시에는 효과가 없었다. 세사 처리 후에는 일부가 활성탄에 의해 감소되는 것으로 나타났다. 이와 같은 효과는 활성탄의 입도가 작을수록 높은 것으로 나타났다. HCl로 전 처리한 활성탄과는 일반적인 활성탄과 뚜렷한 차이를 보이지 않았다. pH의 경우 절임후 염수는 6.3이었으나 활성탄의 처리에 의해 높아지는 경향을 보였으며 일반적인 활성탄 처리구의 경우 8.2-8.3범위를 나타내었으며 HCl로 전처리한 활성탄 처리구의 경우도 7.3을 나타내었다. 절임 후 염수의 COD는 83.4ppm이었는데 활성탄의 처리결과 31.7ppm-42.5ppm으로 낮아졌으며 이는 처리전에 비해 50%-61%가 저하된 것으로 본 실험에서 사용하였던 여과보조제중에 COD감량에 가장 우수한 효과를 보였다.

Table 7-12. Content of suspended solids in rinsed water of salted Chinese cabbage for Kimchi processing

Unit: mg/L

Rinsing step	1st	2nd	3rd	mixed
Raw	*	*	*	*
40mesh	514	618	226	392
100mesh	68	60	37.5	75
200mesh	73	57	7	6

플라스틱바구니(그물망 0.5cm x 0.5cm)로 부수리기를 1차 걸렀음: 이 때 잔사량 1st: 3.9g, 2nd: 2.9g, 3rd: 2.0g/kg

Table 7-13. Turbidity of in rinsed water of salted Chinese cabbage for Kimchi processing

Unit: mg/L

Rinsing step	1st	2nd	3rd	mixed
Raw	94.1	97.6	98.1	84.9
40mesh	92.3	97.4	98.2	84.9
100mesh	91.7	97.6	97.8	81.7
200mesh	92.4	97.7	98.4	82.3

Table 7-14. Quality of rinsed water after pre-filtering treatment

Materials	NaCl(%)	pH	COD(ppm)
Non-treated	0.69	7.04	96.30
Pebbles	0.68	7.08	88.8
Sand, coarse	0.69	7.06	85.8
Sand, fine	0.67	7.06	84.9
Active carbon, 4-6 mesh,	0.63	8.73	47.5

3. 염수의 재활용을 위한 여과 및 제균 처리

절임 처리한 후 남은 염수에 함유된 배추 잎 등의 고형물을 눈의 크기가 다른 금속 망을 사용하여 분리한 후 이 염수를 자갈, 왕사, 세사 및 활성탄을 단계적으로 통과시킨 후 공경이 0.45 μm 와 0.22 μm 인 cartridge형 microfilter를 통과시키고 이를 mwco값 (molecular weight cut off-value)이 20,000 및 100,000인 ultrafiltration membrane으로 처리한 후 염수의 염도, pH 및 COD를 분석하였다.

절임 처리한 후 남은 염수에 함유된 배추 잎 등의 고형물을 눈의 크기가 다른 금속 망을 사용하여 분리한 후 이 염수를 자갈, 왕사, 세사 및 활성탄을 단계적으로 통과시킨 후 공경이 0.45 μm 인 cartridge형 microfilter를 통과 시켰다. Microfiltration처리 후 염수의 특성조사로 염분, COD 및 미생물 총균수를 분석하였던 바 염도가 절임 직후 보다 다소 낮은 값을 보였는데 이는 처리과정중 세척수의 사용으로 인한 희석 효과로 판단되며 COD의 경우 여과 보조제 처리시 50%정도가 감소된 반면 microfiltration 처리 시에는 그 값이 31.7 ppm 및 30.2ppm으로 여과 전처리 후에 비해 23%-27%정도가 감소되었다.

4. 폐수에 함유된 소립 고형물의 특성 및 제거

배추의 절임 처리 후 3차례의 세척단계를 거치고 이 이후 탈수 처리하였다. 각 단계별 세척 처리 시 사용한 물의 양은 원료배추의 양과 동일한 비율(1 : 1)을 사용하였으며 각 단계에서 발생한 폐수는 각각 분리하여 수거한 후 이들의 특성을 조사하였다. 배추의 세척 단계별 배추잎 부수리기 등 부유물의 양은 1차 세척 후 배추 kg당 7.6-22.5g 이었으며 세척 단계가 높아짐에 따라 그 발생량은 감소하였다. 절임 배추 세척액에 존재하는 모래를 비롯한 침전 잔사의 양은 1차 세척 후 배추 kg당0.04-0.12g 이었으며 이 양도 세척이 더 진행됨에 따라 감소하여 3차 세척 후에는 잔사가 거의 검출되지 않았다.

배추의 세척수에 부유된 소립 고형물의 수거를 위하여 40-200 메쉬의 금속 망을 사용하여 분리하였던 바 그 결과는 Table 15와 같다. 대부분의 소립 고형물은 40메쉬에 걸리어 제거되었고 100 메쉬에서도 일정량의 소립자가 제거되었으며 1차 및 2차 세척수의 경우에는 200메쉬에서도 걸리는 소립자가 있었으나 3차수 및 세척액 혼합수의 경우 거의 미량만 걸리어 폐수의 여과 처리 전 소립자를 제거키에는 메쉬 크기가 다른

Table 7-15. Effect of microfiltration on soluble solids and COD of water used for rinsing of salted Chinese cabbage.

Materials	Soluble solid (Brix)	COD(ppm)
Non-treated*	15.0	83.5(100)
0.45 μ m	14.9	80.6(96.5)
0.22 μ m	14.8	78.6(94.1)

금속망을 단계적으로 처리하는 방안도 효과적인 여과를 위해 고려사항으로 판단되었다.

절임 배추 세척액을 그물의 크기가 다른 금속 망으로 처리 시 처리에 따른 탁도 개선 효과를 비교하였던 바 절임 염수의 경우와는 달리 처리에 따른 개선 효과는 나타내지 않았다.

5. 폐수중 유기가용성 물질의 분리제거기술 연구

폐수중 유기가용성 물질 제거를 위한 처리로서 처리의 공정 및 소재의 단순화를 위하여 염수처리를 위해 적용하였던 여과보조제를 사용하였다. 절임배추세척액을 여과보조제인 자갈, 왕사, 세사 및 활성탄에 처리하였던 바

염도는 거의 변화되지 않았으며 pH는 활성탄처리 후 8.73으로 다른 처리시 7.04보다 높은 값을 보였다. COD는 자갈, 왕사, 세사 처리시에 감소의 변화를 보이지 않았으나 활성탄 처리시 50%정도의 COD감량효과를 보였다.

여과 보조제의 실용화시 처리용량을 예측키 위해 각 보조제에 따른 1차, 2차 및 3차 세척수의 투과속도를 측정하였다. 왕사, 세사 및 활성탄의 처리를 유리관에 높이를 달리하여 충전시킨 후 염수의 투과속도와 투과속도를 측정하였고 각각 투과된 세척수의 특성을 분석하였다. 분석항목은 염도, pH, COD, 탁도이다. 또한 활성탄의 여과보조제로서의 성능을 조사키 위해 연속적으로 활성탄이 충전된 유리관에 절임염수를 연속적으로 통과시키며 일정시간 경과에 따른 여과효과의 변화를 분석하였다.

여과보조제에 따른 1차, 2차, 및 3차 세척수의 투과속도는 여과제의 깊이가 증가함에 따라 다소 감소하는 경향을 보였으며 입도가 작을수록 동일한 깊이 이더라도 낮아지는 경향을 나타내었다. 또한 수도수와 세척수의 투과속도를 비교하여 보면 세척수의

Table 7-16. Comparison of rinsed water quality by ultrafiltration

Materials	Soluble solid (Brix)	COD (Relative %)
Non-treated*	15.0	100
GR 51(MWCO: 50,000)	15.0	97
GR 90(MWCO: 20,000)	14.9	93

투과속도는 수도수와 거의 유사한 투과속도가 낮은 경향을 보였으며 활성탄 처리구중에는 100메쉬의 활성탄 처리구가 다른 처리에 비해 낮은 값을 나타내었다.

Microfiltration 처리에 의한 절임배추 세척액의 유기가용성 고형물의 제거 효과를 조사하기 위해 0.22 μ m 및 0.45 μ m의 공경을 갖는 MF막을 사용하여 세척액 혼합액을 처리하였던 바 가용성 고형물 및 COD의 경우의 경우 처리 전에 비해 근소한 차이를 보여 MF 처리로 만든 세척액에 함유되어 있는 가용성 유기물질의 분리 제거효과를 기대하기는 곤란한 것으로 나타났다.

Ultrafiltration처리에 의한 배추세척액중에 함유된 가용성 유기물질을 제거를 시도하였다. 실험에는 MWCO값이 각각 20,000 및 50,000인 GR90 및 Gr51의 frame and plate type의 한외여과막을 사용하였는데 그 결과(Table 7-16) MF를 처리하였던 경우와 유사처리효과를 나타내었다. 즉 배추 세척액 중에 존재하는 가용성 유기물질의 대부분이 분자량이 20,000미만의 물질일 것으로 판단되었다.

6. 폐수중 염분의 분리

배추의 절임염수 및 세척시 발생하는 세척폐수의 염도를 조사하였던 바(Table 7-17~7-19) 절임염수와 세척수를 혼합한 폐수의 염도는 7.2-77%범위였고 1차-3차 세척수를 혼합한 세척수는 0.3-1.0%로 김치공장에서 배출되는 폐수시 염분을 효율적으로 제거키 위해서는 절임 염수와 세척수를 각각 분리하여 처리하는 것이 바람직한 것으로 나타났다.

배추 절임 염수 및 세척수의 혼합액에 함유된 염분을 제거키 위해 역삼투 막 처리를 행하였다. 실험에 사용한 역삼투 막은 cellulose acetate 재질의 CA 990과 thin layer composite재질의 HR90막을 적용하였다. 처리전 혼합액은 세사만을 처리한 후 역삼투 처리를 하였다. 처리 전 초기 염도가 7.2%이었던 폐수를 CA990으로 처리 시 6.1%

Table 7-17. Salt concentration of brine solution used for salting and water for rinsing of Chinese cabbage for Kimchi

Waste water	Brine solution + water used for rinse	Water for rinse
NaCl (%)	7.2-7.7	0.3-1.0

Table 7-18. Quality of waste water mixed with brine solution and water used for rinsing after reverse osmosis treatment

Treatment	NaCl(%)
Non treated	7.2
CA990 membrane	6.1
HR98 membrane	5.8

Table 7-19. Quality of waste water used for rinsing after reverse osmosis treatment

Treatment	NaCl(%)
Non treated	0.82
CA990 membrane	0.15
HR98 membrane	0.05

이었으며, HR98으로 처리 시 5.8%이었다. 역삼투 처리의 경우 염분의 제거에 효과 있는 방법으로 보고되어 있지만 처리초기의 염도가 높은 용액의 경우 처리효과가 예상보다는 낮아 이를 개선 할 수 있는 방안의 모색이 필요한 것으로 판단되었다. 한편 김치 공장 폐수 중 절임 배추 세척액만을 회수하여 역삼투 처리하였던 바 CA990막의 경우 세척수에 함유되어 있던 염분의 81%, HR98막의 경우 염분의 94%정도가 제거되는 효과를 나타내었다.

여 백

제8장 절임염수 및 세척수의 재활용처리

장치개발

제1장 서설

일반적으로 식품공장에서 현재 사용할 수 있는 폐수처리 방법 중 물리적 처리방법으로는 폐수 중에 함유된 고체와 액체를 분리하는 처리로 조부유물 제거, 침강분리, 부상분리, 여과방식이 있으며, 생물 화학적 처리로는 용해성 현탁성 유기물의 분해, 제거 감량, 안전화를 목적으로 활성 오니, 살수여상, 혐기성 소화, 탈질 처리가 주로 이용되며 기타의 처리방법으로는 회석, 지하주입, 지하관개 방법 등이 있으며 폐수의 처리방법은 이들 방법을 폐수의 특성에 따라 선택적으로 조합 활용되고 있다. 김치공장의 폐수처리 방법은 식품공장에서 적용하고 있는 일반적인 폐수처리 방법인 물리화학적 처리방법과 이에 생물 화학적 처리를 병행하는 경우가 대부분이다(Fig. 8-1). 한편 막 분리기술을 이용하여 김치공장의 절임과 세척 시 발생하는 혼합폐수로부터 염의 회수를 위하여 정밀여과와 전기투석 방법을 순차적으로 적용하는 기술이 개발된 바 있다.

김치 제조 시 배출되는 폐수 중에는 앞서 언급하였듯이 소량의 가용성 고형물인 소금과 원료로부터 유출되는 당류 등 매우 적은 량의 가용성 물질이 함유되어 있는 데 이를 종래의 처리방식으로는 비경제적인 면이 많아서 자원이 재활용되지 못하고 있으며, 특히 대부분의 김치제조공장은 규모가 영세하고 폐수처리시설이 미흡하여 절임 및 세척 공정 중 발생하는 폐수를 정화 처리하더라도 폐 염수 내의 염 농도가 높기 때문에 미생물의 정상적인 성장경로에 변화를 가져와 토양오염 및 수질오염으로 인한 환경오염을 일으키는 원인이 되고 있다. 본 발명은 이러한 종래 김치공장에서의 폐수처리공정의 단점을 개선하고, 절임 시 발생하는 폐수와 절임 배추의 세척 시 다량 발생하는 세척수를 별도로 분리 회수하여 이를 간편하고 경제적인 여과처리방법을 거쳐 절임 염수 및 세척수로 재활용하는 방법을 목적으로 하였다.

제2절 장치의 개발

김치 절임 염수 및 폐수의 효율적 처리 및 재활용을 위하여 전기의 연구결과를 토대

로 하여 처리장치를 개발하였다. 개발장치는 종래 김치공장에서의 폐수처리공정을 단점을 개선하고자 절임 시 발생하는 폐수와 절임 배추의 세척 시 대량으로 발생하는 세척수를 별도로 각각 분리 회수하여 눈의 크기가 다른 3종의 금속 망을 단계적으로 처리하는 금속 망 처리조와 모래조 및 활성탄조를 순차적으로 통과시킨 후 이를 예비 필터로 정수 처리하여 절임 염수 및 세척수로 재활용하거나 이 처리수를 다시 오존발생장치를 통과시켜 절임 염수 및 세척수를 다시 재활용할 수 있는 장치이다.

개발 장치는 배추 절임 염수와 세척수의 처리장치는 배추를 염수에 절이는 배추 절임조(8)와 절임 배추를 물로 세척하는 절임 배추 세척조(9)와, 상기 배추 절임 조(8)로부터 유출된 폐 염수의 부유물과 절임 배추 세척조(9)로부터 유출된 세척수의 부유물을 각각 여과하는 3단 금속 처리조(10)와, 상기 부유물이 제거된 폐 염수와 부유물이 제거된 세척수를 각각 재차 여과하는 3단 정수 처리조(11)와, 상기 3단 정수 처리조(11)로부터 유출된 폐 염수 또는 세척수를 각각 여과하는 필터(12)와, 상기 필터(12)에 의해 각각 여과된 폐 염수 또는 세척수의 미생물을 살균하는 살균처리장치(13)로 구성되었다.

상기에서, 3단 금속 처리조(10)는 분리 가능한 3층의 금속 망으로 금속 망의 눈의 크기가 폐수가 유입되는 상부로부터 하부로 갈수록 작아지도록 한 것이며, 3단 정수처리조(11)의 제1단은 금속 망(15), 제2단은 모래조(16), 제3단은 활성탄조(17)로 구성되고, 미생물의 살균처리장치(13)는 오존처리장치 또는 염소살균처리장치를 사용하도록 고안 되었다. 한편 3단 금속 처리조의 금속망은 눈이 9.51~25.4mm, 4.00~12.7mm, 및 2.00~6.73 mm의 크기 순으로 분리 식 3층 망의 금속 여과체로 구성되고, 3단 정수처리조(11)는 금속 망 눈이 1.0~4.0mm, 0.149~2.00mm, 및 0.074~0.297 mm의 3단 금속 망을 차례로 통과한 폐염수 또는 세척수는 모래조 및 활성탄조로 이송 시 T자형의 가지관을 통하여 상층부에서 분사되어 하부 방향으로 흐르도록 하였다.

또한 본 발명의 배추 절임 염수와 세척수의 처리방법은 배추 절임 염수와 절임 배추 세척수를 별도로 각각 분리하여 회수하는 단계와, 상기 단계에 의해 각각 회수된 배추 절임 염수와 세척수를 경사진 그물 망의 눈이 전기의 크기 순으로 부착된 금속 여과체를 1차 통과하여 부유 물질을 제거하는 단계와, 금속 망을 통과치 못한 부유물은 경사면을 통하여 여과 체의 하부로 모여 처리가 끝난 후 각각의 그물 망을 들어내어 쌓인 부유물을 제거하는 단계와, 금속 망을 통과한 염수 및 세척수를 회수조로 보내는

단계와, 회수조에서 이송된 염수 및 세척수를 각각 펌프에 의하여 금속망 눈이 전기의 3단 금속망, 모래조, 활성탄조의 3칸으로 격리된 밀폐형 정수 처리조 내로 주입시켜 여과시키는 단계와, 전기의 처리과정을 거친 염수 및 세척수를 각각 필터로 재차 여과하는 단계와, 오존 발생장치 또는 염소살균장치로 염수 또는 세척수의 미생물을 각각 살균하는 단계와, 전기의 처리공정을 거친 폐 염수는 소금으로 염도를 12%~17%로 조절하여 배추 절임 염수로 재 사용하거나 또는 처리공정을 거친 폐 세척수는 세척수로 재 사용하는 단계로 이루어져있다.

Fig. 8-2는 개발장치를 단순화하여 나타낸 것으로 김치 절임 시 사용된 절임 염수와 절임 배추 세척 시 사용된 세척수를 별도로 각각 분리하여 회수 처리하도록 하였다. 절임 폐 염수 또는 세척 후 발생한 폐수는 회수시 경사진 그물 망의 눈이 9.51~25.4mm, 4.00~12.7mm, 및 2.00~6.73 mm의 크기 순으로 부착된 금속 여과 체(10)를 1차 통과하여 부유 물질을 제거한다. 금속 망을 통과치 못한 부유물은 경사면을 통하여 여과 체의 아래 부위로 모여서 처리가 끝난 후 각각의 그물 망을 들어내어 쌓인 부유물을 제거할 수 있도록 구성되어 있다. 금속 망을 통과한 염수 및 세척수는 필요에 따라 일시 저장을 위하여 설치한 회수조에 연결된 배수관을 통하여 펌프에 의하여 정수 장치로 이송된다. 회수조 및 정수장치의 펌프에 연결된 배수관 부위에는 폐 염수 원액 및 폐 세척수 원액에 함유된 부유 물질 제거에 사용하였던 금속 망 보다 망의 눈 크기가 보다 작은 1.0~4.0mm, 0.149~2.00mm, 및 0.074~0.297 mm의 3단 금속 그물 망을 부착하여 부유물을 가능한 제거토록 설계되어 있다. 회수조에서 이송된 염수 및 세척수는 펌프에 의하여 3칸으로 격리된 밀폐형 정수장치(11) 내로 주입되는데 1차 금속망(15), 2차 모래(16), 3차 활성탄(17) 처리의 3단계 여과처리를 거치도록 설계되어 있다. 정수 장치 내 금속 망은 분리 가능한 3층의 금속 망이 설치되어 있으며 금속 망의 눈의 크기는 폐수가 유입되는 위로부터 아래로 갈수록 작아지도록 설계되었다. 이 망을 통과하여 금속망 조 아래로 모여진 폐 염수 또는 폐 세척액은 격막으로 분리되어 있는 모래 처리 조를 거친 후 격막으로 분리되어 있는 활성탄 처리조를 통과하여 밖으로 내보내진다.

정수 장치내 금속 망을 통과한 폐 염수 또는 폐 세척수는 모래 조 및 활성탄 조로 이송 시 T자형의 가지관(18)을 통하여 각각의 상층부에서 분사되어 아래 방향으로 흐르도록 하였으며, 이러한 구조는 정수 처리효과를 높임은 물론 정수 처리 후 모래 조 및

활성탄 조에 쌓인 폐 염수 또는 폐 세척수 잔유물의 제거를 위하여 역 배출(back flushing)시 잔유물 제거를 용이하도록 하였다.

3차 처리과정을 거친 염수 및 세척수는 필터(12)만을 거치거나 미생물의 살균을 위하여 미생물 살균장치(13)의 하나인 오존 발생장치 내부를 통과한다. 이때 미생물 살균을 위하여 사용된 오존 발생장치 대신 염소 살균처리로 대체하여 사용할 수 있다. 이 공정을 거친 각각의 처리 액은 각각 배추의 절임조 탱크 및 세척원수 탱크로 이송되어 배추의 절임 염수 및 세척수로 재활용한다. 이때 폐 절임 염수를 재활용 처리한 경우 배추의 초기 염수를 이용하여 절임 시 배추로부터 유출된 수분에 의하여 염도가 다소 저하됨에 따라 재활용하기 위해서는 처리 후 소량의 소금으로 배추 절임에 적합한 12~17%의 염 농도로 보정하도록 하였다.

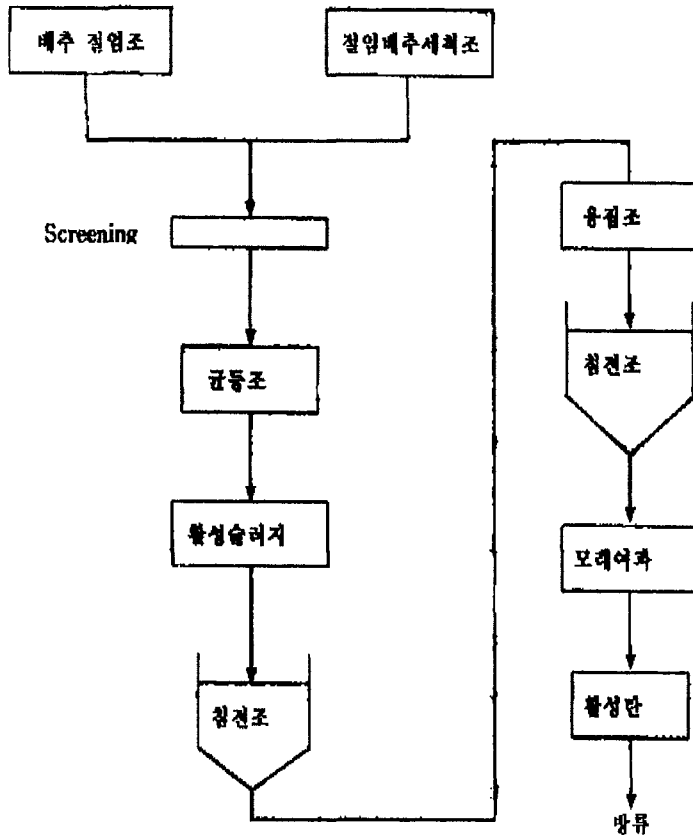


Fig. 8-1. 일반적인 김치공장 폐수처리시스템

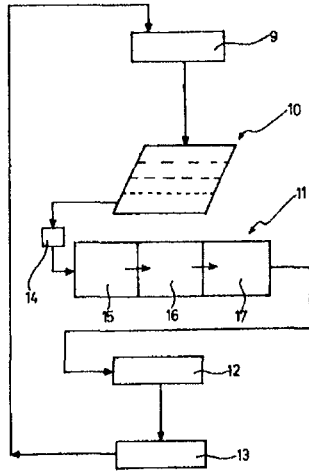
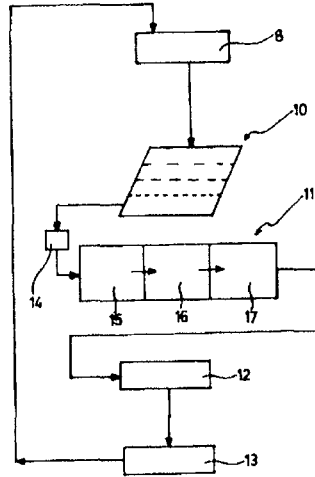


Fig. 8-2. 개발된 김치 절임염수 및 세척수 재활용 시스템의 구성

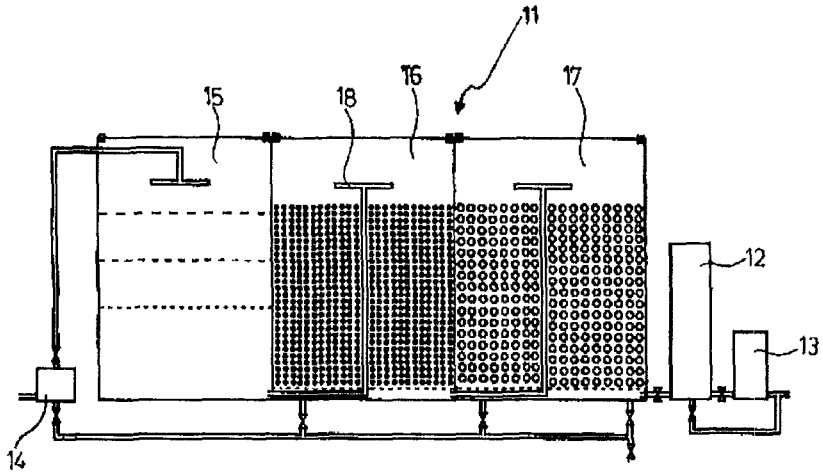


Fig. 8-3. 개발된 김치 절임염수 및 세척수 재활용 시스템중 3단처리조

<도면의 주요부분에 대한 설명>

- | | |
|-------------|-------------|
| 8: 배추절임조 | 9: 절임배추세척조 |
| 10: 3단금속여과체 | 11: 3단정수처리조 |
| 12: 필터 | 13: 살균처리장치 |
| 14: 펌프 | 15: 금속망조 |
| 16: 모래조 | 17: 활성탄조 |
| 18: T형 가지관 | |

제9장 개발장치를 이용한 절임 염수 및 세척수의 처리효과

제1절 서설

개발장치의 절임 염수 및 세척수 처리효과를 조사하기 위하여 절임 염수 또는 세척수를 5회 사용한 경우와 절임 또는 세척수로 사용한 후 개발장치로 처리하면서 5회 반복 사용하였을 경우로 구분하여 김치의 제조 후 숙성 중 품질을 비교하였다.

제2절 실험 재료 및 방법

1. 실험재료, 시약 및 기구

본 실험에서 사용한 배추는 강원도 원주에서 생산한 고랭지 배추(품종: 강력)로서 대전시 유성구 소재 한화스토아에서 구입하였고, 소금은 (주)동양소금의 천일염NaCl(80% 이상)을 마늘, 파, 생강, 고춧가루(충북 괴산), 멸치액젓(에덴식품) 등의 양념을 유성농협(궁동점)에서 구입한 것을 사용하였다.

2. 실험 방법

가. 배추 절임 공정

통배추(강원도 원주, 강력 배추)를 다듬고 세로로 2등분해서 배추 10kg을 초기 염 농도 16.7%²⁵⁾ (천일염 5kg, 물 25kg)의 염수에 물간법으로 절였으며 절임 공정은 Fig.1과 같다. 상온에서 통배추는 절임수에 잠기도록 하여 2시간마다 한번 씩 뒤집어 주면서 4시간 절였다. 한편 고운 모래와 활성탄을 원통형 관 (높이 43cm, 직경 22cm)에 약 33cm로 채워 세사 관과 활성탄 관을 제조하여 절임 공정 중 1회, 3회와 5회 절임 후 생성된 염수는 고운 세사 관(treat 1), 활성탄 관(treat 2)에 차례로 통과시켜 각각 처리수 1, 처리수 2의 시료를 얻었다. 1회 절임수에 천일염과 물을 첨가하여 동일하게 16.7%의 염수를 만들어 배추를 넣고(염수:배추=3:1) 초기 염수와 같은 과정을 반복하여 2회 절임을 하였고 이후의 5회 절임까지도 같은 공정을 반복하였다. 또한 3회, 4회 및 5회 절임 시에도 같은 무게의 배추를 각각 넣고 16.7%의 염 농도로 하여 위와 동일한 절임 공정을 거친다. 5회 반복 절임과 처리 공정에 의해 시료로써 초기

염수(A)와 1회 절임수(B), 3회 절임수(C), 5회 절임수(D)의 염수 및 각각의 처리수 시료(B1, B2, C1, C2, D1, D2)를 각각 300ml 채취하여 특성 조사에 사용하였다.

1) COD측정

본 실험에서는 일반적으로 해수 또는 염소이론이 다량 함유된 시료에 적용하는 알칼리성 산화-환원 적정법²⁶⁾을 채택하여 화학적 산소 요구량을 측정하였다. 즉, 각 시료 염수 30ml에 20% NaOH 1ml를 넣어 알칼리성으로 하고, 0.025N - KMNO₄ 10ml를 넣어 80℃에서 60분간 가열한 후, 10% KI 1ml를 넣고 방냉한 다음, 10% H₂SO₄ 5ml와 지시약으로 전분용액 2ml를 넣고 0.025N - Na₂S₂O₃용액으로 적정하였다. COD값의 산출 식은 다음과 같다.

$$\text{COD(0ml/L)} = (a-b) \times f \times \frac{1000}{V} \times 0.2$$

a : 공시험적정에 소비된 0.025N 티오황산나트륨용액 (ml)

b : 본시험적정에 소비된 0.025N 티오황산나트륨용액 (ml)

f : 0.025N 티오황산나트륨용액의 역가(factor)

V : 시료의 양(ml)

2) 미생물 총균 수 및 젖산균 수

각 시료 염수를 1ml 취해서 적절히 희석한 후 생균수는 Plate Count Agar(Merck)를 이용, 젖산균수는 MRS agar(Merck) 배지를 이용하여 각 희석 액 0.1ml를 3번씩 30℃에서 3일간 평판 배양한 후, 생균 수와 젖산균 수를 계측하여 평균값을 취하였다.

나. 김치 제조 공정

통배추를 4절하여 줄기와 잎 부분을 골고루 섞어 1.6kg씩 무게를 재어 각각을 16.7% 염도의 절임수에 4시간 동안 한 번 뒤집으며 절였다. 절임수는 초기 염수(A), 5회 반복 사용 절임 후 염수(D), 5회 절임수를 세사 관에 통과시킨 처리수(D-1), 5회 절임수를 활성탄 관에 통과시킨 처리수(D-2)에 천일염을 넣어 염도를 맞추어(16.7%) 사용하였다. 절임 후 절임수와 동량의 물로 3회 행구고 30분간 탈수하여 2~4cm로 세절한 후

100g씩 칭량하여 양념(고추 가루 2.3g, 마늘 1.5g, 생강 0.4g, 파 3.1g, 멸치액젓 3.0g)을 섞어 김치를 제조하였다. 제조된 김치는 진공포장필름에 밀봉한 후 10℃ incubator(vision scientific Co. Ltd., VS 8480SR, Korea)에서 숙성시켰으며, 김치 담금 초기부터 대략 3일 간격으로 산도, 총 생균수, 젖산 균수를 측정하였다.

1) pH 및 산도 측정

김치 착즙 액의 pH는 pH meter(8521, Hanna, Singapore)로 측정하였으며 산도는 착즙 액에 pH meter 전극을 담그고 0.1N NaOH 용액으로 pH 8.3이 될 때까지 적정하여 젖산량으로 환산하였다.²⁷⁾

$$\text{총산도}(\%, \text{젖산}) = 0.1\text{N NaOH의 ml} \times 0.09$$

2) 미생물 총균 수 및 젖산균 수

각 김치 착즙 액 1ml를 취하여 적절히 희석한 후 총균 수는 Plate Count Agar(Merck), 젖산균 수는 MRS Agar(Difco) 배지를 이용하여 각 희석 액 0.1ml를 3번씩 30℃에서 48시간 평판 배양한 후, 생균 수와 젖산균 수를 계측하여 평균값을 취하였다.

3) 관능검사

초기 염수, 5회 반복 절임 염수, 5회 절임수를 세사와 활성탄으로 처리한 염수로 제조한 김치를 10℃에서 숙성시키면서 최적 숙성시기인 5일째(pH 4.2)에 관능적 기호도를 조사하였다.

관능요원은 충남대학교 식품영양학과 학생 15명으로 구성하였으며, 난수표에 의한 3자리 숫자가 매겨진 시료를 하얀 접시에 담아 관능 검사실에서 행하였다. 검사방법은 10 cm line scale에 의하여 맛(덜익은 맛, 상큼한 맛, 신맛), 냄새(풋내, 신내, 군덕내), 텍스처(경도, 질긴 정도)에 대하여 평가하였다.

제3절 결과 및 고찰

1. 처리수의 COD

배추 절임 공정 중 염수 반복사용에 의해 생성되는 폐 염수와, 폐 염수를 여과 처리하여 얻은 재활용수의 COD함량을 비교하였다.

절임 횟수를 반복함에 따라 초기 염수(23.6ppm)에 비해서 1회, 3회, 5회 절임수는 각각 34.6ppm, 44.8ppm, 54.5ppm로 증가하였다. 세사 관 처리와 활성탄 관 처리에 따라 단계적으로 감소하였으나, 5회 절임수의 경우는 세사 관 처리 후에는 36ppm, 활성탄 관 처리 후에는 9.03ppm으로 처리 과정을 거친 1, 3회 절임수에 비해서 높은 값을 나타내었다. (Fig.9-1)

청정 지역에서 폐수의 COD 배출 허용 기준을 보면, 1일 배출량이 2,000m³이상에서는 40ppm이하이고, 1일 배출량이 2,000m³이하에서는 50ppm이하인데, Fig. 3의 COD값을 보면 5회 절임수만 제외하고는 모두 50ppm이하였으며, 처리과정 후에는 10ppm이하이므로 재사용이 가능하다고 생각된다.

2. 처리수의 미생물 총균 수 및 젖산균 수

배추 절임 공정 중 염수 반복사용에 의해 생성되는 폐 염수와, 폐 염수를 여과 처리하여 얻은 재활용수의 미생물 특성을 조사하고 재활용수를 염수로 하여 절인 김치의 저장기간에 따른 미생물의 특성을 비교 조사하였다(Table 9-2). 월동배추를 16.7%의 염수에 절인 후 남은 절임 염수의 소금 농도를 맞추어 재사용하는 방식으로 5회 반복하였고, 3회와 5회 절임수는 1차 처리(고운 모래관 통과)와 2차 처리(활성탄 관 통과)를 하였다. 초기염수(대조군), 1~5회 절임 후 폐염수, 3회, 5회 절임수를 1차, 2차 여과한 처리수의 총생균수와 대장균수는 절임을 반복함에 따라 급격하게 증가하였고, 여과 처리에 의해 감소하였다. 또한 초기 염수, 5회 절임사용 폐염수, 1차, 2차 처리수로 김치를 절임하여 제조한 뒤 저온 incubator(10°C)에서 숙성시키면서 미생물을 측정된 결과, 전체적으로 시료간에 비슷한 경향을 나타내었다. 젖산균은 모든 시료에서 숙성 6일(숙성적기)까지 증가하다가 이 후 감소하였고, 총생균수는 숙성적기 6일 후부터 2차 처리수로 절인 배추김치가 다른 시료 보다 다소 적은 수를 나타내었다.

3. 처리에 따른 김치의 품질

절임염수의 재활용처리 효과 분석을 위하여 통배추를 다듬고 세로로 2등분하여 절단한 배추 10kg을 초기 염농도 16.7%의 염수에 물간법으로 절여 상온에서 배추를 염수에 잠기도록 하여 2시간마다 한번 씩 뒤집어 주면서 4시간 동안 절였다. 1회 절임수에 천일 염과 물을 첨가하여 동일하게 16.7%의 염수를 만들어 배추를 넣고(염수:배추=3:1) 초

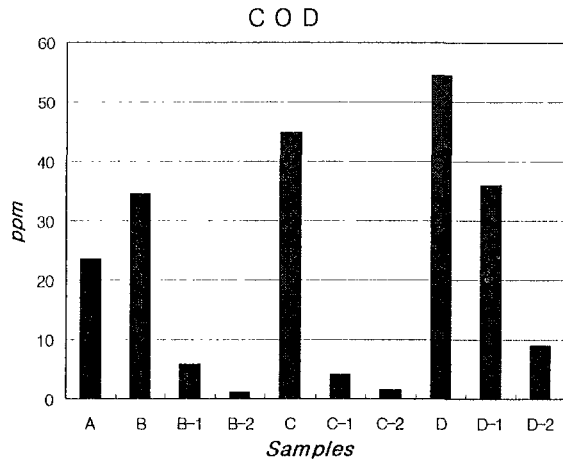


Fig 9-1. Changes in COD values of the wastebrines and waste brine- treatments
 A: Initial brine, B: Brine after 1st salting, B-1: 1st treatment sample of B, B-2: 2nd treatment sample of B-1, C: Brine after 3rd salting, C-1: 1st treatment sample of C, C-2: 2nd treatment sample of C-1, D: Brine after 5th salting, D-1: 1st treatment sample of D, D-2: 2nd treatment sample of D-1

총 균 수

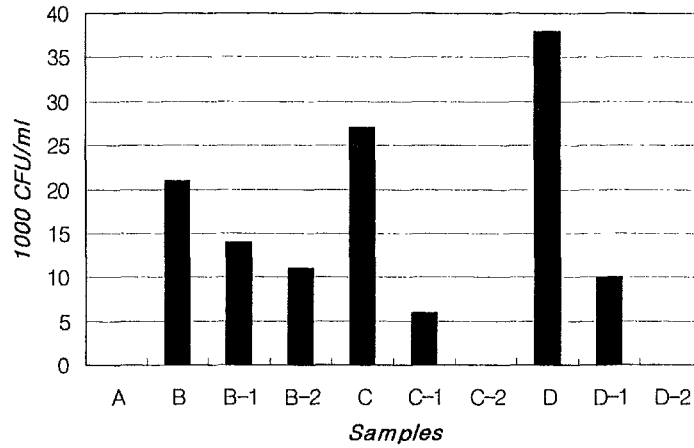


Fig 9-2. Changes in total viable cell counts of the waste-brines and waste-brine treatments

A: Initial brine, B: Brine after 1st salting, B-1: 1st treatment sample of B, B-2: 2nd treatment sample of B-1, C: Brine after 3rd salting, C-1: 1st treatment sample of C, C-2: 2nd treatment sample of C-1, D: Brine after 5th salting, D-1: 1st treatment sample of D, D-2: 2nd treatment sample of D-1

Table 9-1. Lactic acid bacteria cell counts of the waste brines and waste brine-treatments

(100 CFU/ml)

처리횟수 \ 절임반복	A	B	C	D
0	0	1	3	164
1	-	0	0	3
2	-	0	0	0

A : Initial brine

B : Brine after 1st salting

C : Brine after 3rd salting

D : Brine after 5th salting

기 염수와 같은 과정을 반복하여 2회 절임을 하였고 이후의 5회 절임까지도 같은 공정을 반복하였다. 또한 3회, 4회 및 5회 절임 시에도 같은 무게의 배추를 각각 넣고 16.7%의 염 농도로 하여 위와 동일한 절임 공정을 거친다. 절임 공정 중 1회, 3회 및 5회 절임 후 생성된 염수는 정수장치를 통과시켰다. 절임 염수는 금속 망, 모래, 활성탄으로 통과시킨 후 예비필터만 통과시키거나 이를 다시 오존발생장치를 통과시켰다. 각 반복 처리단계에서 얻은 절임 배추는 절임 후 절임수와 동량의 물로 3회 헹구고 30분간 탈수하여 2~4cm로 세절한 후 100g씩 칭량하여 양념(고추가루 2.3g, 마늘 1.5g, 생강 0.4g, 파 3.1g, 멸치액젓 3.0g)을 섞어 김치를 제조하였다. 제조된 김치는 진공포장필름에 밀봉한 후 10℃ 인큐베이터(incubator)에서 숙성시켰다.

이와 같이 처리한 김치의 숙성중 산도의 변화를 비교하였던 바(표 9-2) 염수를 아무런 처리 없이 5회 반복하여 배추를 절인 후 이를 김치로 제조한 경우 염수를 배추 절임에 1회만 사용하였던 경우에 비해 숙성중 산도의 증가가 다소 빠르게 진행되었다. 배추의 절임후 정수처리를 하면서 5회 반복 사용하였던 경우 산도의 변화는 염수를 5회 반복 사용하였던 경우는 물론 1회만 사용하였을 경우에 비해서도 산도의 증가가 느리게 진행되었다. 한편 염수의 정수처리구 중 동일한 처리과정에 오존 발생 장치를 통과시킨 처리구의 경우 김치의 숙성 중 산도의 증가가 이 과정을 거치지 않은 처리구에 비해 다소 느리게 진행되었다.

또한 염수의 반복 사용 시 정수처리가 김치의 숙성 중 관능적 품질변화에 미치는 영향을 조사하였던 바 그 결과는 표 9-3와 같다. 염수를 배추 절임에 5회 반복 사용한 경우와 염수를 배추 절임에 1회 만 사용하여 김치를 제조한 경우를 비교하여 보면 맛과 조직감에서는 큰 차이를 보이지 않았으나 냄새는 염수를 5회 반복하여 절임에 사용하였던 경우가 1회만 사용하였던 경우에 비해 다소 열등한 것으로 나타났다. 배추의 절임염수를 정수 처리하여 5회 반복 사용하였던 경우, 염수를 1회만 사용하였던 경우 및 처리 없이 5회 반복 사용하였던 경우에 비해 김치의 숙성 중 맛, 냄새, 조직감면에서 품질이 우수한 한 것으로 나타났다.

한편 염수의 정수처리구중 동일한 처리과정에 오존 발생장치를 통과시킨 처리구의 경우 김치의 숙성 중 관능적 품질은 이 과정을 거치지 않은 처리구와 거의 유사한 수준을 나타내었다. 한편 초기염수, 5회 절임수, 모래관을 통과시킨 5회 절임수, 모래관과 활성탄관을 통과시킨 5회 절임수로 담근 김치를 10℃에서 저장하면서 총 생균수와 젖산균수의 변화를 조사한 결과를 각각 Fig. 9-3와 9-4에 나타내었다.

표 9-2. 김치발효 중 산도의 변화(10℃)

(단위: %, lactate)

염수	발효기간 (일)			
	0	7	14	21
B1	0.35	0.61	0.80	1.04
B5	0.36	0.68	0.83	1.02
BT5-1	0.38	0.54	0.62	0.87
BT5-2	0.39	0.52	0.54	0.76

B1: 염수를 배추 절임에 1회만 사용한 처리구

B5: 염수를 배추 절임에 5회 반복하여 사용한 처리구

BT5-1: 배추를 절인 염수를 부유물 제거, 모래 조 및 활성탄 조에 순차적으로 통과시킨 후 예비필터를 통과시켜 반복적으로 5회 사용한 처리구

BT5-2: 배추를 절인 염수를 부유물제거, 모래조 및 활성탄 조에 순차적으로 통과시킨 후 이를 예비필터 및 오존 발생장치를 통과시켜 반복적으로 5회 사용한 처리구

한편 초기염수, 5회 절임수, 모래관을 통과시킨 5회 절임수, 모래관과 활성탄관을 통과시킨 5회 절임수로 담근 김치를 10℃에서 저장하면서 총 생균수와 젖산균수의 변화를 조사한 결과를 각각 Fig. 9-3와 9-4에 나타내었다.

총 생균수는 숙성 과정 동안 2차처리수(활성탄 처리수)만 다소 낮은 값을 보였으나, 젖산균수의 결과는 4가지 시료에서 모두 비슷한 변화를 나타내었다. 숙성 적기라고 보여지는 6일 째에 가장 많은 미생물이 자라고 있음을 확인하였고, 5회반복 절임 염수나 재활용 처리수를 절임염수로 사용한 경우 대조군인 초기염수와 비슷한 미생물 생장이 가능함을 알 수 있었다.

한편 절임 배추 세척수의 재활용처리 효과 분석을 위하여 통배추를 다듬고 세로로 2등 분해서 배추 10kg을 초기 염농도 16.7%의 염수에 물 간법으로 절였다. 상온에서 통 배

표 9-3. 염수 종류별 김치의 관능평가

Index	Brine	Fermentation pperiod(day)	
		5	7
Taste	B1	3.75	3.63
	B5	3.83	3.65
	BT5-1	5.01	4.35
	BT5-2	5.39	4.18
Odor	B1	3.76	3.73
	B5	3.16	3.37
	BT5-1	5.11	4.67
	BT5-2	5.10	4.58
Texture	B1	5.35	4.11
	B5	5.27	4.58
	BT5-1	5.59	5.33
	BT5-2	5.44	5.30

B1, B5, BT5-1, Bt5-2: 표 1과 동일

점수: 1점 가장 낮다. 7점 가장 높다.

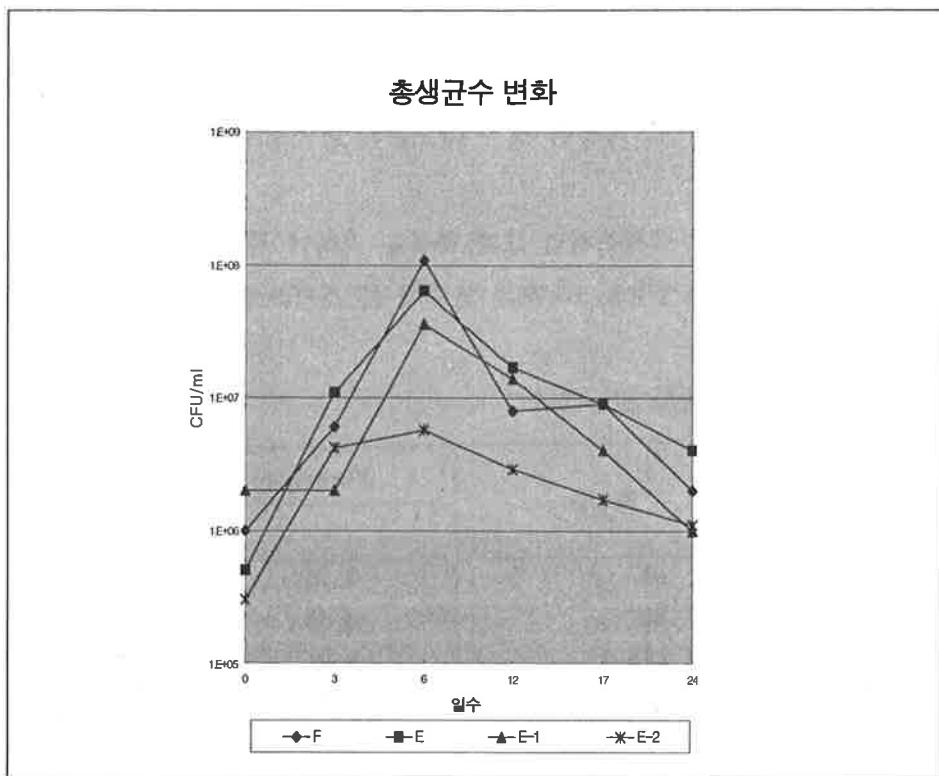


Fig. 9-3. 10℃에서 22일간 보관한 김치에서의 총 생균수 변화
 F : 초기염수 E : 5차절임수 E-1 : 5차세사관수 E-2 : 5차활성탄관수

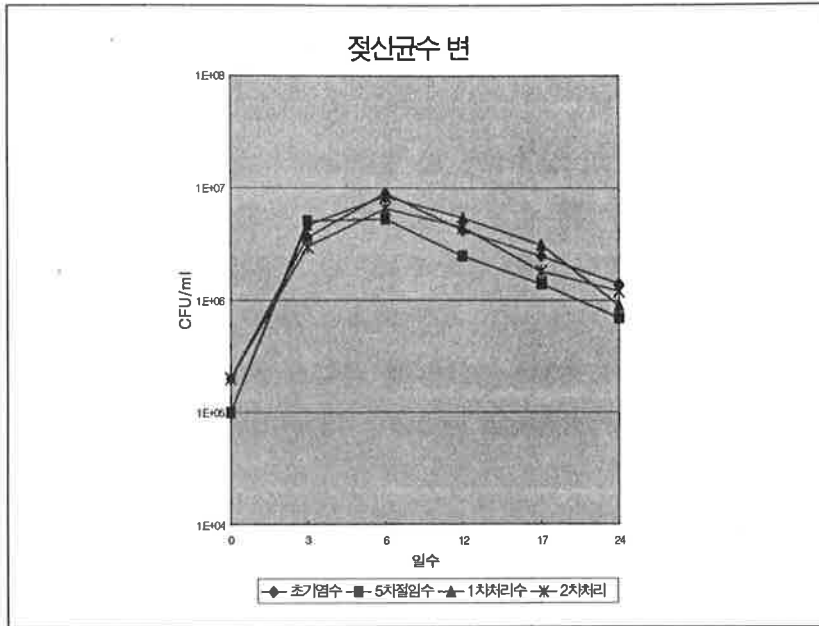


Fig. 9-4. 10℃에서 22일간 보관한 김치에서의 총 생균수 변화
 F : 초기염수 E : 5차절임수 E-1 : 5차세사관수 E-2 : 5차활성탄관수

추는 절임수에 잠기도록 하여 2시간마다 한번 씩 뒤집어 주면서 4시간 절였고 절임 후 절임수와 동량의 물로 3회 행구고 30분간 탈수하였다. 세척 및 탈수시 발생한 세척수 폐액만을 별도로 분리하여 금속망, 모래, 활성탄으로 통과시킨 후 예비필터로 구성된 정수장치와, 세척수 폐액을 금속 망, 모래, 활성탄을 거치고 이를 다시 예비필터 및 오존발생장치를 통과시켰다. 이와 같이 처리한 세척수를 5회 반복 처리하여 사용한 후 이를 사용하여 세척한 절임 배추를 사용하여 김치를 제조하였다. 제조된 김치는 진공포장필름에 밀봉한 후 10℃ 인큐베이터에서 숙성시켰다.

표 9-4은 절임 배추 세척수의 반복사용 및 정수처리에 따른 김치의 숙성중 산도 변화를 나타낸 것으로 세척수를 아무런 처리 없이 5회 반복하여 배추를 절인 후 이를 김치로 제조한 경우 세척수를 절임 배추 세척에 1회 만 사용하였던 경우에 비해 숙성중 산도의 증가가 다소 빠르게 진행되었다. 절임 배추의 세척 후 정수처리를 하면서 5회 반복 사용하였던 경우, 산도의 변화는 세척수를 아무런 처리 없이 5회 반복 사용하였던 경우에 비하여 완만하게 증가하였으나 세척수를 1회만 사용하였을 경우에 비해서는 큰 차이를 보이지 않았다.

한편 세척수를 정수 처리한 구중 동일한 처리과정에도 오존 발생장치를 부가적으로

표 9-4. 김치발효 중 산도변화(10℃)(Unit: %, lactate)

Rinsing water	Fermentation period(day)			
	0	7	14	21
W1	0.19	0.43	0.62	0.87
W5	0.25	0.66	0.84	1.03
WT5-1	0.17	0.41	0.57	0.75
WT5-2	0.15	0.42	0.61	0.76

W1: 물을 절임배추 세척에 1회만 사용한 처리구

W5: 물을 절임배추 세척에 5회 반복하여 사용한 처리구

WT5-1: 절임배추의 세척수를 부유물 제거, 모래 조 및 활성탄 조에 순차적으로 통과시킨 후 예비필터를 통과시켜 반복적으로 5회 사용한 처리구

WT5-2: 절임배추의 세척수를 부유물제거, 모래조 및 활성탄 조에 순차적으로 통과시킨 후 이를 예비필터 및 오존 발생장치를 통과시켜 반복적으로 5회 사용한 처리구

표 9-5. 세척수별 김치의 관능검사

Index	Rinsing water	Fermentation period(day)	
		5	7
Taste	W	5.96	5.64
	W5	4.84	4.66
	WT5-1	6.02	5.36
	WT5-2	6.40	5.19
Odor	W1	5.87	5.74
	W5	4.17	4.38
	WT5-1	6.12	5.68
	Wt5-2	6.11	5.59
Texture	W1	6.36	5.52
	W5	5.08	4.29
	WT5-1	6.60	5.44
	WT5-2	6.45	5.61

W1, W5, WT5-1, WT5-2: 표 3과 동일

통과시킨 처리구의 경우 김치 숙성 중 산도변화가 이 과정을 거치지 않은 처리구에 비해 다소 완만하게 진행되었다. 표 9-5는 절임 배추 세척수의 반복 사용 시 정수처리가 김치의 숙성 중 관능적 품질변화에 미치는 영향을 조사한 결과이다. 절임 배추 세척에 아무런 처리 없이 5회 반복 사용한 세척수의 경우와 세척수를 절임 배추 세척에 1회만 사용하여 김치를 제조한 경우의 관능적 품질을 비교하여보면 5회 반복 사용하였을 경우 맛, 냄새 및 조직감이 세척수를 1회만 사용하였을 경우에 비해 열등하였다. 절임 배추의 세척수를 정수 처리하여 5회 반복 사용하였던 경우 아무런 처리 없이 5회 반복 사용하였던 경우에 비해 김치의 숙성 중 맛, 냄새, 조직감면에서 품질이 우수한 것으로 나타났으며, 세척수를 1회만 사용하였을 경우에 비하여서는 품질이 거의 유사한 것으로 나타났다. 한편 세척수의 정수처리구중 동일한 처리과정이다 오존 발생장치를 부수적으로 처리한 구의 경우 김치의 숙성 중 관능적 품질은 이 과정을 거치지 않은 처리구와 거의 유사한 수준을 나타냈다.

참고문헌

1. 임득열, 김치 산업의 현황과 문제점, 한국김치·절임 식품공업협동조합
2. 이인선, 박완수, 구영조, 김국희, 가을 김장배추 품종별 김치 가공적성의 비교, 한국식품과학회지, **26(3)**, pp.226~230 (1994)
3. 한기영, 노봉수, 통배추의 염절임 방법에 따른 특성변화, 한국식품과학회지, **28(4)** pp.707~713 (1996)
4. 서울대학교 환경안전연구소, 김치산업에서의 염수 재이용 기술, 1997 제 1차년도 연차보고서, pp.14~15
5. 서울대학교 환경안전연구소, 김치산업에서의 염수 재이용 기술, 1997 제 2차년도 연차보고서 pp. 15~19
6. 한국식품공업협회 식품연구소, 김치산업화 방안에 관한 연구, pp.48~50 (1998)
7. 이희성, 이철호, 이귀주, 배추의 염장과정 중 성분 변화와 조직감의 변화, 한국식품과학회지, **3(1)**, pp.64~70 (1987)
8. 김우정, 구경형, 조한옥, 김치의 절임 및 숙성과정 중 물리적 성질의 변화, 한국식품과학회지, **20(4)**, pp.483~487 (1988)
9. 이인선, 박완수, 구영조, 강구희, 가을 김장배추 품종별 김치 가공적성의 비교, 한국식품과학회지, **26(3)**, pp.226~230 (1994)
10. 김광옥, 문형아, 전동원, 저분자 chitosan이 배추김치 모델시스템의 보존성에 미치는 영향, 한국식품과학회지, **27(3)**, pp.420~427 (1995)
11. 한기영, 노봉수, 통배추의 염절임 방법에 따른 특성변화, 한국식품과학회지, **28(4)**, pp.707~714 (1996)
12. 한응수, 석문식, 박지현, 이호재, 절임배추의 포장압력 및 저장온도에 따른 품질변화, 한국식품과학회지, **28(4)**, pp.650~656 (1996)
13. 홍석인, 박노현, 구영조, 초기진공조건이 유연포장 김치의 품질변화에 미치는 영향, 한국식품과학회지, **28(1)**, pp.190~196 (1996)
14. 한응수, 포장 방법에 따른 절임 배추의 저장 중 품질변화, 한국식품과학회지, **26(3)**, pp.283~287 (1994)
15. 고하영, 이현, 양희천, 절임배추 및 김치의 동결저장에 따른 품질변화, 한국영양식량학회지, **22(1)**, pp.62~67 (1993)

16. 한응수, 석문식, 박지현, 포장 방법을 달리한 절임 배추의 장기저장 중 품질변화, 한국식품과학회지, **30**(6), pp.1307~1311 (1998)
17. 10과 동일
18. 이성갑, 김동수, 오세옥, Cocoon Silk Fibroin 분해물의 첨가에 따른 김치의 저장성 향상, 한국농화학회지, **40**(6), pp.541~545(1997)
19. 장경숙, 김미정, 김순동, 인삼첨가가 배추김치의 보존성과 품질에 미치는 영향, 한국영양식량학회지, **24**(2), pp.313~322 (1995)
20. 김선재, 박근형, 식물성 김치재료 추출물의 항미생물활성, 한국식품과학회지, **27**(2), pp.216~220 (1995)
21. 이신호, 최우정, 임응숙, 오미자(*Schizandra chinensis*)추출물이 김치 숙성에 미치는 영향, **25**(2), pp.229~234 (1997)
22. 김선재, 박근형, 부추 추출물의 김치 발효 지연 및 관련 미생물 증식억제 한국식품과학회지, **27**(5), pp.813~818 (1995)
23. 노홍균, 박인경, 김순동, 소금절임시 키토산 첨가가 김치의 보존성에 미치는 영향, 한국영양식량학회지, **24**(6), pp.932~936 (1995)
24. 문광덕, 변정아, 김석중, 한대석, 김치의 선도유지를 위한 천연보존제의 탐색, 한국식품과학회지, **27**(2), pp.257~263 (1995)
25. 박완수, 구영조, 이명기, 이인선, 김치 제조용 원료의 가공특성 및 역할, 김치의 과학(심포지움 발표논문집), pp.247~264
26. 김종택, 환경오염공정 시험법해설(수질분야), 신광출판사, pp.75~76 (1991)
27. 24와 동일
28. 박혜진, 한영실, 갖의 첨가가 김치의 품질과 관능적 특성에 미치는 영향, 한국영양식량학회지, **23**(4), pp.618~624 (1994)
29. 김용권, 활성탄 수처리 기술과 관리, 신광출판사 (1995)
30. 박길동, 이철, 윤석인, 하승수, 이영남, 김치의 숙성과정 중 조직감의 변화, 한국식문화학회지, **4**(2), pp.167 (1989)
31. 심선택, 이경제, 경규향, 배추의 가용성 고형물 함량이 김치의 발효에 미치는 영향, 한국식품과학회지, **22**(3), pp.278~284 (1990)

32. 이준녕, 조재선, 김치 제조 및 연구사, 한국음식문화연구원 논총1, pp.193~200 (1998)
33. 안중요, 김치제조에 관한 연구(제 1보), 조미료 첨가가 김치 발효에 미치는 효과, 국립공업연구소 연구보고 20, pp.61~68 (1970)