발간등록번호
11-1543000-000253-01

배추와 절임배추를 연계한 맞춤형 장기저장기술 개발

(Development of long-term storage technology of Chinese cabbage and salted Chinese cabbage)

청원오가닉

농 림 축 산 식 품 부

제 출 문

농림축산식품부 장관 귀하

이 보고서를 “배추와 절임배추를 연계한 맞춤형 장기저장기술 개발” 과제(협동과제 “배추 및 절임배추의 맞춤형 장기저장기술 개발”)의 보고서로 제출합니다.

2013년 9월 일

주관연구기관명 : 청원오가닉
주관연구책임자 : 정 병 만
협동연구기관명 : 세계김치연구소
협동연구책임자 : 조 정 은
연 구 원 : 서 혜 영
연 구 원 : 이 미 애
연 구 원 : 정 영 배
연 구 원 : 양 지 희
연 구 원 : 차 민 하
연 구 원 : 윤 지 혜
연 구 원 : 이 완 배

요 약 문

Ⅰ. 제 목

배추 및 절임배추의 맞춤형 장기저장기술 개발

Ⅱ. 연구개발의 목적 및 필요성

산업적 김치 생산시 원료의 수급조절을 효율적으로 하기 위하여 각 계절별 배추의 저장 및 절임 특성과 절임배추의 저장특성을 종합적으로 분석하여, 배추와 절임배추를 연계한 맞춤형 장기저장기술을 개발하고자 한다.

Ⅲ. 연구개발 내용 및 범위

○ 계절별 배추 저온저장조건 최적화
- 계절별 배추의 수확후 생리 조사
- 저장기간에 따른 배추 품질변화 조사 및 장기저장기술 개발
- 배추 장기저장용 최적 필름 탐색

○ 절임배추 장기저장기술 개발
- 배추 저장기간에 따른 절임배추 품질 특성 분석
- 절임배추 장기저장기술 개발

Ⅳ. 연구개발결과

1. 계절별 배추 저온저장조건 최적화

- 계절별 배추의 수확후 생리 분석 : 배추가 재배된 시기의 영향을 많이 받아 계절별로 차이가 나타났음. 대체로 가을배추와 월동배추의 에틸렌 발생량 및 호흡량이 낮았으며 당도, 환원당, 적정산도가 높게 나타나서 전체적인 품질이 좋은 것으로 나타났음. 반면 생육환경이 불량한 시기에 재배된 고랭지배추의 에틸렌 발생량과 호흡량이 높게 나타났으며 이화학적인 특성이 모두 나쁘게 나타났음
- 1-MCP 처리 : 에틸렌 발생량이 가장 높았던 고랭지배추의 저장기간 연장에 효과가 있

었으나, 그 외 봄배추나 겨울배추에서는 처리 효과가 나타나지 않았음

- 필름 처리 : 배추 장기저장시 수분 증발로 인한 중량감소가 가장 큰 문제로 나타나서, 필름처리에 의한 수분 증발 억제는 배추 장기저장을 위해 매우 효과적이었음. 필름 구입 및 처리의 용이성을 고려할 때 PE 필름이 가장 적합하였음

2. 절임배추 장기저장기술 개발

- 생배추 저장기간에 따른 절임배추 품질 특성 : 겨울배추는 저장 8주부터 품질저하가 나타났음. 따라서 저장 9주부터 저장 생배추를 이용하여 절임배추를 제조한 결과, 10주간 저장한 생배추를 이용하여 제조한 절임배추는 품질이 양호하였으나, 11주간 저장한 배추를 이용하여 만든 절임배추는 발효가 빠르게 진행되어 저장중 산도 증가가 높게 나타났음
- 절임배추 염도별 저장 : 절임배추 장기저장을 위하여 10, 16, 24% 염수를 이용하여 절임배추를 제조하였으며, 저온살균 처리를 실시하여 살균 효과를 확인하였음. 절임배추 염도가 높아질수록 저장성이 좋아졌으며, 24% 염수로 제조한 절임배추를 2% 염수에 침지시켜 저장시 10주간 저장이 가능하였음.

Ⅴ. 연구성과 및 성과활용 계획

본 연구에서는 배추와 절임배추를 연계한 장기저장기술 개발을 목표로 생배추와 절임배추의 저장기술에 관한 연구를 수행하였으며, 저장 생배추를 이용하여 절임배추를 제조하여 최적 절임시기를 설정하였다.

이러한 연구결과를 특허와 논문으로 발표할 예정이며, 본 기술은 배추 저장 기업으로 이전하여 배추 저장기술을 관련 기업체에 홍보할 계획이다. 또한 배추와 절임배추를 연계한 저장기술의 보급으로 매년 반복되는 배추 수급 불균형으로 인한 배추 가격 폭등을 막아 배추 가격 안정화에 기여할 것이다.

본 연구결과는 배추뿐만 아니라 양배추 및 양상추 등과 같은 다른 엽채 작물에도 활용될 수 있다.

SUMMARY

Ⅰ. Title

Development of long-term storage technology of Chinese cabbage and salted Chinese cabbage

Ⅱ. Objectives and Significance of Research

This study was conducted to development of long-term storage technology of Chinese cabbage and salted Chinese cabbage to extend supply period of Kimchi ingredient.

Ⅲ. Scope and Contents of Research

○ Optimization of Storage Condition for Seasonal Chinese Cabbage
- Analysis of postharvest physiological properties of seasonal Chinese cabbage
- Analysis of quality properties of Chinese cabbage depending on storage period
- Selection of optimum film for long-term storage of Chinese cabbage

○ Development of Long-term Storage Technology of Salted Chinese Cabbage
- Analysis of quality properties of salted Chinese cabbage depending on storage period of Chinese cabbage
- Development of long-term storage of salted Chinese cabbage

Ⅳ. Results of Research

1. Optimization of Storage Condition for Seasonal Chinese Cabbage

• Analysis of postharvest physiological properties of seasonal Chinese cabbage
- Chinese cabbage cultivated in spring and summer season showed high ethylene production and respiration rate and low reducing sugar
- Chinese cabbage cultivated in autumn and winter season showed low ethylene production and respiration rate and high reducing sugar

• 1-MCP treatment

- 1-MCP treatment was effective to extension of storage period of Chinese cabbage cultivated in spring and summer season

• Film treatment

- FIlm treatment was effective to prevent weight loss regardless of cultivation season. Among the film types, PE film was the most suitable considering the availability of treatment

2. Development of Long-term Storage Technology of Salted Chinese Cabbage

• Analysis of quality properties of salted Chinese cabbage depending on storage period of Chinese cabbage

- Salted Chinese cabbage produced with 10 weeks storage Chinese cabbage showed good condition after 2 weeks storage
- However, Chinese cabbage produced with 11 weeks storage Chinese cabbage showed high titratable acidity during storage

• Development of long-term storage of salted Chinese cabbage

- Chinese cabbage salted with 10, 16, and 24% of saline to extend shelf-life. Salted Chinese cabbage with 24% of saline showed the best condition after 10 weeks storage

Ⅴ. Application Plan of Results

The purpose of this study was to improve the technological development of long-term preservation of raw and brined baechu cabbage and its practical application. And to set-up the optimal salting period and time for brined cabbage that use stored baechu cabbage.

From these results plan on apply to paper and patent, this technology were scheduled to promote by moving at Kimchi manufacturing and Chinese cabbage storage company to inform the long-term storage technology.

Based on the results obtained in this study, suggestions were given to make not only Baechu cabbage but also another leafy vegetables such as 'Cabbage' and 'Lettuce'.

CONTENTS

Chapter 1. Outlines of the Research ····· **8**
Section 1. Objective of the Research ····· 8
Section 2. Significance of the Research ····· 8
Section 3. Scope of the Research ····· 9

Chapter 2. Current Status of Technical Development ····· **10**
Section 1. Domestic trends in the Research Fields ····· 10
Section 2. International trends in the Research Fields ····· 13

Chapter 3. Contents and Results of the Research ····· **15**

Chapter 4. Goal Accomplishments and Contributions to the Related Fields ····· **100**

Chapter 5. Results Achievements and Application Plans of the Results ····· **101**

Chapter 6. Foreign Scientific Information Acquired ····· **103**

Chapter 7. References ····· **104**

목 차

제 1 장 연구개발과제의 개요 ····· 8
제 1 절 연구개발의 목적 ····· 8
제 2 절 연구개발의 필요성 ····· 8
제 3 절 연구개발 범위 ····· 9

제 2 장 국내외 기술개발 현황 ····· 10
제 1 절 국내 기술개발 현황 ····· 10
제 2 절 국외 기술개발 현황 ····· 13

제 3 장 연구개발수행 내용 및 결과 ····· 15

제 4 장 목표달성도 및 관련분야에의 기여도 ····· 100

제 5 장 연구개발 성과 및 성과활용 계획 ····· 101

제 6 장 연구개발과정에서 수집한 해외과학기술정보 ····· 103

제 7 장 참고문헌 ····· 105

제 1 장 연구개발과제의 개요

제 1 절 연구개발의 목적

산업적 김치 생산시 원료의 수급조절을 효율적으로 하기 위하여 각 계절별 배추의 저장 및 절임 특성과 절임배추의 저장특성을 종합적으로 분석하여, 배추와 절임배추를 연계한 맞춤형 장기저장기술을 개발하고자 함

제 2 절 연구개발의 필요성

1. 경제적 측면

○ 배추는 김치의 주원료로서 출하기가 짧고 저장이 어려워 단기간에 유통시키지 못하면 상품성을 급격히 상실하며 따라서 물류조절에 어려움이 있음

○ 현재 김치공장에서 가장 어려움을 겪는 부분은 불안정한 배추 공급이며, 그 다음이 원료 가격과 품질일 정도로 배추 원료 공급 불안정은 업계에서 큰 문제임

○ 월동배추는 봄배추에 비해 김치 제조시 품질이 떨어지므로 고품질의 김치를 장기간 공급하기 위해서는 배추와 절임배추를 연계한 맞춤형 장기저장기술 개발이 요구됨

○ 지구온난화 및 여름 홍수, 태풍, 이상저온 등으로 인해 결구가 불량해지고 무름병 발생이 많아지는 등 고랭지배추 작황이 불량하여 9-10월 배추값 폭등이 해를 거듭할수록 심각해지는 상태임

○ 배추는 고온에 매우 취약하여 평지에서는 7-8월에는 재배가 어려워 6월 20일을 재배한계일로 보고 있으며, 따라서 6월 20일경 출하 물량이 집중되므로 가격이 폭락함

○ 6월에 집중 출하되는 배추를 배추와 절임배추 형태로의 맞춤 저장을 통하여 가을배추가 출하되는 9-10월까지 장기저장할 수 있는 기술 개발이 요구됨

2. 기술적 측면

○ 배추의 공급과잉으로 가격폭락이 예상될 경우 생배추의 저장유통기간이 짧아 출하조절이 어려움

○ 배추 및 절임배추 저장성 연장에 관한 연구가 진행된바 있으나, 아직 실용화단계에 이르지 못해 효과를 보지 못하고 있음

○ 배추를 절여서 저장하려는 연구는 20여 년 전부터 시작되었으며, 산업체에서도 여러 가지로 수행되었으나 아직 실용화되지 못하고 있음

○ 탈수후 포장된 절임배추는 유통기한이 5일 정도로 짧으므로, 절임배추 시장 확대를 위해서 절임배추 유통기한 연장 기술 개발이 시급함

○ 계절별 배추의 저장 및 절임특성, 그리고 절임배추 저장특성을 명확히 구명하여 원료특성 및 수급상황에 따라 저장기간을 탄력적으로 운영할 수 있는 배추와 절임배추를 연계한 맞춤형 저장기술 개발이 필요함

3. 사회적 측면

○ 농산물의 경우 공급이 10% 감소시 가격은 100% 이상 상승하며, 특히 배추의 경우는 국민 먹거리와 직결되는 채소이므로 파급효과가 더 큼(2010년 9월 배추 파동의 경우 공급이 18% 감소하여 소매가가 250% 폭등했음)

○ 절임배추 생산량은 2003년 4,124톤에 불과하던 것이 2008년에는 38,257톤으로 약 10배가량 증가하였으며, 최근 배추 파동으로 인한 가격 상승으로 절임배추 수요가 증가하는 추세임

○ 절임배추의 편리성으로 인해 절임배추 기구매자의 재구매율이 높으며, 절임배추 형태로 유통시 무게와 부피가 줄어들어 유통 및 저장 비용이 절감되며, 도심 배추 쓰레기 발생량을 줄일 수 있음

○ 김치의 생산량은 계절별로 편차가 크지만 배추의 저장기술은 획일화되어있으며, 김치원료로의 배추관리도 계절별로 차별화되지 않아 계절별 배추 생산량에 따라 가격 폭등락이 거듭되고 있음

그러므로 산업적 김치 생산시 원료의 수급조절을 효율적으로 하기 위하여 각 계절별 배추의 저장 및 절임 특성과 절임배추의 저장특성을 종합적으로 분석하여, 배추와 절임배추를 연계한 맞춤형 장기저장기술을 개발할 필요가 있음

제 3 절 연구개발의 범위

본 연구에서는 배추와 절임배추의 장기저장기술을 개발하기 위하여 계절별 배추의 수확후 생리를 분석하고, 계절별 배추의 장기저장을 위한 처리 및 절임배추 장기저장을 위한 절임 및 저장조건을 구명하고자 함

개발된 배추와 절임배추의 장기저장기술을 바탕으로 김치원료관리지침서를 제작하여 김치제조업체 및 배추 저장 기업에 배포하고자 함

제 2 장 국내외 기술개발 현황

제 1 절 국내 기술개발 현황

1. 배추 및 절임배추 저장 기술개발 현황

배추는 부피가 크고 조직이 무르기 때문에 저장과 유통에 있어서 어려운 점이 많으며 작황의 풍흉 및 계절에 따라 가격 변동과 수급이 심하게 발생하는 품목임. 최근 더욱 대량화, 산업화되고 있는 김치산업에 있어서 시기에 관계없이 배추의 원활한 공급이 요구되고 있음

배추를 수확한 후 절임배추로 제조하여 유통하게 되면 김치에 대한 소비자들의 다양한 기호를 충족시켜줄 수 있을 뿐 아니라 가정에서 직접 배추를 절여야 하는 번거로움을 덜어주어 김치를 보다 편리하게 담을 수 있게 해줌. 또한 배추를 절여서 유통하게 되면 생배추일 때보다 무게와 부피가 줄게 되어 운반 및 보관의 편의성을 확보할 수 있게 해줄 뿐 아니라, 소금으로 절이는 과정을 통해 부패성 미생물을 억제하여 저장성을 증진시키는 효과도 가져올 수 있음

절임배추는 김치생산업체 중 25여 곳에서 생산 유통하고 있으며 계속 증가 추세에 있으나(18,000~25,000원/10 kg), 절임배추의 대부분은 구매단가가 저렴한 가을겨울 배추를 사용하여 김장철을 대비한 계절상품으로만 공급되고 있는 실정임. 따라서 김치가격 불안정 해소를 위해서는 절임배추의 품질을 표준화하고, 여름배추에 비해 품질이 우수한 가을, 겨울 배추를 이용해 절임배추를 제조하고 이를 장기 보존할 수 있는 방법을 개발하는 것이 요구되고 있음(특허, 10-1166410)

2. 배추 및 절임배추 저장 기술개발 현황

가. 포장방법에 따른 기술

생배추의 보관에 적합한 용기 및 기간을 살펴보고자 PP-net, PE-container, P-box에 담아 보관효율성을 측정하여 생배추로서의 최적 포장재와 최대 보관기간을 확보한 기술이 보고되고 있음(특허, 10-1166410)

절임수의 염 농도를 달리하여 절임배추를 제조하여 부패균 번식은 억제 되었으나 절여진 상태가 과하여 탄력성 등이 감소되며 소금의 사용량이 많아질 것으로 예상되어 적정 염수 농도 설정하는 기술이 보고되고 있음(특허, 10-1166410)

배추의 절임 농도와 절임배추의 포장 필름 처리구를 달리하여 절임 농도는 10% 염도에서, 포장재질로는 MF-film이 절임배추 저장시 품질특성을 가장 안정적으로 유지시켜주는 것으로 관찰된 기술이 보고되고 있음(Kim et al., 2009)

절임배추를 각각 다른 5종류의 필름에 sealing 한 다음 품질특성을 평가한 결과 기체 투과도 조절 필름인 MF필름이 가장 적합하였고 LDPE필름 또한 저장성 증진과 품질특성 유지 면에서 성능은 떨어졌지만 가격 면이나 대중적인 면에서 고려해 보았을 때 LDPE필름의 사용도 가능하다고 보고되고 있음(Kim et al., 2009)

절임배추의 장기저장에 적합한 포장방법을 연구하기 위하여 각각의 포장재 별로 20kg씩 대형 포장하여 저온저장고에서 저장한 결과 플라스틱 상자에 포장하여 덮개를 덮은 처리구가 가장 빠르게 변질되었고, LDPE로 포장한 것이 품질이 가장 잘 유지되었으며, HDPE 포장은 LDPE보다 약간 빠르게 변화하였는데 모든 포장구에서 즙액에 잠긴 부분은 품질이 6주이상 양호하였으나 잠기지 않은 부분이 초기부터 빠르게 변질되었으므로, 절임배추는 즙액에 잠기도록 포장하는 것이 품질유지에 중요하였다고 보고되고 있음(Han et al., 1998)

포장필름별 절임배추를 1달간 관찰 하였는데 미라프레시 polyethylene 필름으로 포장 시 미생물수, pH, 산도, 텍스처 등을 고려해 본 결과 우수한 저장성을 보임. 또한 다음 LP 필름이 절임배추의 품질변화에 대한 우수한 저장성을 보여 대중적으로 많이 사용하고 있는 LP필름에 대한 연구가 필요할 것으로 기술되고 있음(Choi et al., 2011)

포장방법별 절임배추의 품질변화를 관찰하기 위하여 케이블 타이로 묶는 방법과 hand sealer로 실링하는 방법 두가지 방법을 사용하였는데 묶기 방법 사용시, 입구로 통해 어는 정도 밖에 공기가 투과가 되는 점과 실링 할 경우는 입구를 통해 밖에 공기를 차단되는 차이점이 있는데 절임배추의 경우는 묶기 방법을 사용한 경우 미생물수, pH, 산도, 그리고 텍스처 등에 우수한 결과가 나옴. 따라서 입구를 포장하는 방법 중에서 묶기 방법이 보관성이 우수한 결과가 보고되고 있음(Choi et al., 2011)

고랭지 여름배추의 저장을 위한 저장 전처리 기술을 보급하고자 0.02mm PE film Liner 처리를 실시할 경우 수확 후 발생되는 무게손실을 최소화할 수 있는 결과가 보고되고 있음(Hong et al., 2013)

나. 온도 및 살균 기술

배추의 조직이 녹아내리는 연부현상 및 썩는 현상을 방지하기 위하여 배추를 급냉시켜 배추의 품온을 낮추어 줌으로서 공급과잉으로 출하를 포기하는 현상을 방지하는 기술이 보고되고 있음(특허, 10-2013-0078525)

절임배추를 40~65℃로 저온살균을 실시한 후, 다양한 품질 특성 평가를 통해 장기간 저장 후에도 미생물 증식이 억제되며, 절임배추의 발효 진행이 조절되어 저장성이 증진되고, 미생물수가 거의 일정하게 유지되며, 외관상의 변화도 적은 한편, 부패취가 발생되지 않고, 조직감이 장기간 유지되는 기술이 보고되고 있음(특허, 10-1166410)

냉온살균기술의 하나인 오존살균기술을 이용하여 김치 원부재료 중에 가장 함유량이 많은 배추 또는 절임배추에 오존처리를 하였을 때 총균수, 효모 및 곰팡이 수가 저장기간 내내 낮은

균수를 유지했다는 기술이 보고되고 있음(Lee et al., 2008)

절임배추의 장기보존 기술 개발 및 현지 실용화 연구에서 생배추는 PE-container에 세워 5-6개씩 보관하는 것이 적합하다고 보고되어 있으며, 생배추의 저온 창고 보관 시폐기율을 최소화할 수 있는 용기는 plastic-Container 재질의 컨테이너인 것으로 보고되고 있음(Choi et al., 2011)

다. 항균물질 및 첨가물 처리 기술

배추의 재배 시부터 녹차추출액을 살포하여 녹차유용성분의 흡수를 도모하고, 세척단계에서도 녹차추출액을 사용하여 헹구도록 함으로써 배추의 조직은 물론 오랜 배송기간 중에도 절임배추가 변질되지 않고 신선도를 유지할 수 있으며, 독특한 미감과 인체 건강에 유용하도록 하는 김치를 가능하게 하는 기술이 보고되고 있음(특허, 10-2012-0125776)

천연 항균물질 비타젠-K를 사용하여 젖산균 및 총균의 증식 억제하고, 키토산을 처리하여 저장기간 중 텍스처 감소를 억제하는 기술이 보고되고 있음(특허, 10-1166410)

라. 절임방법 및 절임조건 처리 기술

전통적인 누름방식, 감압처리 및 증기 투과 후 절임으로 절임방법을 달리하여 염 첨가량과 절임시간을 낮춰 조절하면 저염 절임이 활성화 될 수 있음을 확인한 기술이 보고되고 있음(Lee et al., 2011)

절임공정에서 물리적 절단, 삼투압 현상으로 인한 조직의 손상, pH 변화 등을 절임조건(소금농도와 절임시간)에 따라 myrosinase 활성 및 total glucosinolates 함량의 변화를 분석한 기술이 보고되고 있음(Hwang et al., 2010)

건염법과 염수법에 의한 관능적, 기계적 배추 질감을 비교 측정한 결과 소규모의 김치 제조 시 염수법보다 건염법을 이용하면 소금의 양을 절약하고 절임시간을 단축할 수 있으며 줄기와 잎이 고르게 절여지므로 균일한 맛의 김치 제조 기술이 보고되고 있음(Jung et al., 2003)

배추의 소금 절임시 가장 중요한 영향인자인 소금농도, 절임시간 및 절임온도에 따른 관능적 특성 및 물리적 특성에 대하여 반응표면분석을 실시한 결과 물리적 특성으로 견고성과 씹힘성은 소금의 농도가 증가할수록 값이 낮아지는 경향을 보였으며 소금의 농도에 가장 영향을 많이 받고 절임시간, 절임온도의 순으로 영향을 받는 것으로 보고되고 있음(Lee et al., 2002)

절임배추의 저장 기간을 연장하기 위한 전해수 세척 과정의 첨가는 절임배추의 초기 균수를 낮춰 미생물 증식에 의해 야기되는 품질 변화를 연장시켜줄 수 있을 것으로 보고되어짐(Park et al., 2013)

제 2 절 국외 기술개발 현황

1. 국외 절임식품 연구 동향

가. 국외 절임식품 연구 현황

국외에서의 배추 및 절임배추의 저장에 관한 연구는 미비한 편이며, 중국의 파오차이나 일본의 쯔게모노, 서양의 sauerkraut 및 pickle류 와는 달리 현재 발표된 외국인에 의한 배추 및 절임배추의 저장 연구는 거의 찾아 볼 수 없음

나. 피클 관련 선행연구

오이가 물러지는 연부현상은 펙틴질 분해효소인 펙틴에스테라아제(pectinesterase)와 폴리갈락투로나아제(polygalacturonase)의 작용에 의해 세포벽을 구성하는 불용성 펙틴질은 분해되어 감소되고 가용성 펙틴질은 증가되기 때문에 조직이 헐거워져 나타나게 되는 것으로 오이의 화학적, 물리적, 관능적 특성에 변화를 일으킨다고 알려져 있음(Schwimmer S, 1981). 이러한 연부현상은 오이 숙성기간 중 염농도, pH, 저장온도 등에 의해 영향을 받는데 이 연부현상을 방지하기 위한 대표적인 방법들로는 약한 열처리(Fleming HP et al., 1978), 예비열처리(MeFeeters et al., 1985, Sistruck WA et al., 1960, Fleming HP et al., 1987)로 억제할 수 있다는 연구가 보고되고 있음

Feming 등(1996)은 약한 열처리가 오이 피클의 질감을 유지하는데 효과가 있음을 밝힌 바 있고, 또한 열처리의 방법으로서 짧은 시간의 전자레인지(microwave)처리(Ute Rosenberg and Wernel Bogl, 1987)가 과일이나 채소류의 살균과 효소의 불활성화에 효과가 있다고 보고되고 있음(Bell TA et al., 1950)

또 다른 방법으로는 CaCl2 첨가와 염 혼합물의 첨가, 고농도의 소금용액을 사용하는 방법들이 있음(Buescher KW et al., 1986). 이러한 방법들 중 가장 손쉽게 사용할 수 있는 방법이 고농도의 소금용액을 사용하는 것인데 최근에는 저 농도의 소금을 사용하면서 식품에 나쁜 영향을 미치지 않는 방법을 개발하기 위한 연구가 진행되고 있음

피클은 강산·강염 상태에서 발효와 저장과정을 거치면서 조직이 물러지며 이는 세포벽 물질의 수용성화로 이러한 변화는 펙틴물질의 메틸화(methylation) 수준의 감소와 관계가 있다고 보고되었음(Howard LR et al., 1994)

Bell 등(1950)은 효모가 생육하게 되면 효모가 생산하는 폴리갈락투로나아제에 의해 오이 속의 펙틴이 분해되고 젖산이 파괴되며 단백질과 지질물질이 분해되기 때문에 불쾌한 냄새 조직변화 및 오이의 색깔 변화와 흰 반점의 생성 같은 현상이 일어난다고 하였음. 펙틴 분해 효소의 최적온도는 37로 그 이상의 온도에서는 활성이 점차 감소하기 때문에 높은 온도에서 발

효한 오이피클의 제조가 시도되었으나 조직감의 상실이라는 문제점이 가공 딜 피클(dill pickle)에서 보고되었음(Bell et al., 1950)

Fleming 등(1987)은 초산염(Ca acetate)과 소금물의 혼합용액으로 제조한 경우가 오이의 완전한 발효를 유지할 뿐만 아니라 조직을 단단하게 할 수 있었다고 보고하였음. 비효소적반응에 의한 피클 제품의 조직연화는 산 종류, 농도, 저장기간, 저장 온도에 의해 영향을 받으며 0.6-1.5%의 초산이 효과가 좋다고 하였음(Sistrunk et al., 1982, McFeeters RF et al., 1982). McFeeters 등(1991)은 pH 5 이상에서는 연부 속도에 대한 저해효과가 거의 다고 하였고 Doesburg 등(1961)은 pH 4근처가 유효하며 Potts 등(1982)은 pH 4(0.3% acetic acid)에서 곰팡이에 의한 연화작용을 방지할 수 있고 또한 오이 발효 시 젖산 세균인 젖산균(lactobacillus)이 존재하면 펙틴 분해 효소를 분비하는 세균의 활성을 저해한다고 하였음(Mcdonald LC et al., 1991).

피클의 선행연구로는 오이, 무, 순무, 가지, 땅 두릅 등 다양한 재료를 가지고 향미와 저장기간의 연장을 위해 여러 가지 물질을 첨가하여 품질 특성의 변화에 대한 연구가 있음(Miran Song et al., 2009).

제 3 장 연구개발수행 내용 및 결과

제 1 절 계절별 배추 저온저장조건 최적화

1. 연구수행 방법

가. 계절별 배추의 수확후 생리 조사

(1) 공시 재료

우리나라 배추의 주요 작형인 봄, 고랭지, 가을, 월동 배추를 이용하였으며, 본 실험에 사용된 배추의 품종, 재배시기, 재배지는 Table 1-1과 같다.

Table 1-1. Description of Chinese cabbages used in this study

Cultivating type	Cultivar	Harvest date	Cultivating region
Spring	Chun-Gwang	Jun. 2011	Pyeong-Chang
Summer	Chun-Gwang	Sep. 2011	Tae-Baek
Autumn	Bul-Am	Dec. 2011	Hae-Nam
Winter	Dong-Poong	Feb. 2012	Shin-An

(2) 실험방법

계절별 배추의 수확후 생리를 분석하기 위하여 우리나라 배추의 주요 작형인 봄, 고랭지, 가을, 월동 배추의 생리적(에틸렌 발생량, 호흡량) 및 이화학적(무게, pH, 적정산도, 환원당, 당도) 특성을 분석하여 확인하였다.

(가) 에틸렌 발생량

배추의 에틸렌 발생량 측정은 상온에서 시료를 밀폐용기에 넣고 시간의 경과에 따라 용기 내의 에틸렌 가스 농도를 GC(DS 6200, Donam Instrument Inc.)를 이용하여 측정하였다. 분석을 위한 GC의 운전조건은 Table 2와 같다.

(나) 호흡량

배추의 호흡량 측정은 상온에서 시료를 밀폐용기에 넣고 시간의 경과에 따라 용기 내의 이산화탄소 가스 농도를 GC(M600D, Young Lin)를 이용하여 측정하였다. 분석을 위한 GC의 운전조건은 Table 1-2와 같다.

Table 1-2. GC conditions for ethylene production and respiration rate measurement

Item	Condition for ethylene production	Condition for respiration rate
Detector	FID	TCD
Column	Alumina F-1 (Alltech, 80/100)	Porapak-Q (Young Lin, 80/100)
Oven temp.	70°C	100°C
Injector temp.	200°C	120°C
Detector temp.	250°C	120°C
Carrier gas	N_2	He

(다) 무게 및 엽수

무게는 배추 전체의 무게를 저울을 이용하여 측정하였으며, 엽수는 배추를 1/4로 절단한 후 5cm 이상인 엽수를 세어 표시하였다.

(라) 당도, pH 및 적정산도

당도는 blender로 간 반죽상태의 시료를 거즈로 감싸 즙을 추출한 후 Digital Refractometer(N-1E ATAGO, Japan)를 사용하여 가용성고형물 함량을 측정한 후 °Brix로 나타내었으며, pH는 blender로 간 반죽(paste)상태의 시료에 pH electrode를 직접 넣어 측정하였다. 적정산도는 blender로 간 반죽상태의 시료 약 1 g을 정확히 달아 적당히 희석(약 100배)하여 여과(Toyo no. 1)한 후 여과액 20 mL에 0.01 N NaOH 용액으로 pH가 8.3이 될 때까지 적정하였다. 별도로 증류수에 대한 바탕시험을 실시하여 다음 식에 따라 계산하였다.

$$\text{적정산도}(\%) = \frac{(A-B)\times 0.0009\times f\times D}{S}\times 100$$

여기에서 A : 본 시험에 소비된 0.01 N NaOH 용액의 mL수, B : 바탕시험에 소비된 0.01 N NaOH 용액의 mL수, f : 0.01 N NaOH 용액의 역가, D : 희석배수, S : 시료채취량(g)이다.

(마) 수분

수분 함량은 배추의 내엽과 외엽을 취하여 각각의 잎과 줄기부분의 약 5 g의 시료를 취한 후 적외선 수분 측정기(MB45, Ohaus, Boston, UK)를 이용하여 측정하였다.

(바) 환원당

환원당은 DNS법으로 수행하였다. 즉, blender로 간 반죽상태의 시료 약 1 g을 정확히 달아 적당히 희석(약 100배)하여 여과(Toyo no. 1)한 후 여과액 1 mL에 DNS 시약 3 mL를 넣어

즉시 vortex mixer로 혼합하고 끓는 물에 5분간 중탕하였다. 실온에서 방냉한 후 증류수 16 mL로 희석하여 UV-VIS spectrophotometer(UV-1800, Shimadzu, Kyoto, Japan)를 사용하여 550 nm에서 흡광도를 측정하였으며, 미리 구해 놓은 glucose 표준곡선에 의해 환원당 함량을 산출하였다.

나. 저장기간에 따른 배추 품질변화 조사 및 장기저장기술 개발

(1) 공시 재료

배추의 저장기간에 따른 품질 변화를 조사하고, 장기저장기술을 개발하기 위하여 춘광(봄배추, 고랭지배추), 및 동풍(월동배추)을 이용하였다. 봄배추와 고랭지배추의 경우는 기후적인 특성상 20℃ 이상의 고온에서 생육되기 때문에 수확후 품온 상승에 의한 품질 저하를 막기 위하여 새벽에 수확하고 예냉을 실시한 후 -0.2℃에서 저장하였으며, 월동배추의 경우 품온 상승에 의한 품질 저하 우려가 없기 때문에 수확후 바로 -0.2℃에서 저장하였다.

배추의 장기저장기술을 개발하기 위하여 1-methylcyclopropene(1-MCP)을 처리하고 modified atmosphere(MA) 저장기술을 이용하여 배추를 저장하였다. 수확후 생리를 분석한 결과를 토대로 에틸렌 발생량이 상대적으로 높았던 봄배추와 고랭지배추에 1-MCP를 처리하고, 장기저장기술개발이 요구되는 봄배추와 월동배추에 MA저장을 실시하였다.

(2) 실험방법

(가) 1-MCP 처리

봄배추와 고랭지 배추를 플라스틱 박스에 4포기씩 담아 밀폐 저장고에 넣은 후 1-MCP generator를 이용하여 1 ppm 농도의 1-MCP(이프래쉬, 동부한농)를 -0.2℃에서 16시간 동안 처리하였다(Fig. 1). 1-MCP 처리후 -0.2℃에서 저장하면서 배추의 이화학적 품질변화를 분석하였다.

(나) MA 저장

봄배추를 플라스틱 배추 박스에 4포기씩 담은 후 각각의 플라스틱 박스를 polyamide (PA, 100 mm, Xtend, 815-CB3/a, US Patent 6190710, Israel) film으로 포장한 후 -0.2℃에서 저장하면서 배추의 이화학적 품질변화를 분석하였다(Fig. 1-1).

월동배추를 플라스틱 배추 박스에 6포기씩 담은 후 각각의 플라스틱 박스를 polyamide(PA, 100 mm, Xtend, 815-CB3/a, US Patent 6190710, Israel), polyethylene (PE, 100 mm, 대륜포장산업, 한국), polypropylene(PP, 100 mm, 대륜포장산업, 한국) film으로 포장한 후 -0.2℃에서 저장하면서 배추의 이화학적 품질변화를 분석하였다.

Fig. 1-1. 1-MCP generator (left) and storage room of spring Chinese cabbage (right).

(다) 에틸렌 발생량

배추의 에틸렌 발생량 측정은 상온에서 시료를 밀폐용기에 넣고 시간의 경과에 따라 용기 내의 에틸렌 가스 농도를 GC(DS 6200, Donam Instrument Inc.)를 이용하여 측정하였다. 분석을 위한 GC의 운전조건은 Table 3과 같다.

(라) 호흡량

배추의 호흡량 측정은 상온에서 시료를 밀폐용기에 넣고 시간의 경과에 따라 용기 내의 이산화탄소 가스 농도를 GC(M600D, Young Lin)를 이용하여 측정하였다. 분석을 위한 GC의 운전조건은 Table 1-3과 같다.

Table 1-3. GC conditions for ethylene production and respiration rate measurement

Item	Condition for ethylene production	Condition for respiration rate
Detector	FID	TCD
Column	Alumina F-1 (Alltech, 80/100)	Porapak-Q (Young Lin, 80/100)
Oven temp.	70°C	100°C
Injector temp.	200°C	120°C
Detector temp.	250°C	120°C
Carrier gas	N_2	He

(마) 당도, pH 및 적정산도

당도는 blender로 간 반죽상태의 시료를 거즈로 감싸 즙을 추출한 후 Digital Refractometer(N-1E, ATAGO, Japan)를 사용하여 가용성고형물 함량을 측정한 후 °Brix로 나타내었으며, pH는 blender로 간 반죽(paste)상태의 시료에 pH electrode를 직접 넣어 측정하였다. 적정산도는 blender로 간 반죽상태의 시료 약 1 g을 정확히 달아 적당히 희석(약 100배)하여 여과(Toyo no. 1)한 후 여과액 20 mL에 0.01 N NaOH 용액으로 pH가 8.3이 될 때까지 적정하였다. 별도로 증류수에 대한 바탕시험을 실시하여 다음 식에 따라 계산하였다.

$$\text{적정산도}(\%) = \frac{(A-B)\times 0.0009\times f\times D}{S}\times 100$$

여기에서 A : 본 시험에 소비된 0.01 N NaOH 용액의 mL수, B : 바탕시험에 소비된 0.01 N NaOH 용액의 mL수, f : 0.01 N NaOH 용액의 역가, D : 희석배수, S : 시료채취량(g)이다.

(바) 환원당

환원당은 DNS법으로 수행하였다. 즉, blender로 간 반죽상태의 시료 약 1 g을 정확히 달아 적당히 희석(약 100배)하여 여과(Toyo no. 1)한 후 여과액 1 mL에 DNS 시약 3 mL를 넣어 즉시 vortex mixer로 혼합하고 끓는 물에 5분간 중탕하였다. 실온에서 방냉한 후 증류수 16 mL로 희석하여 UV-VIS spectrophotometer(UV-1800, Shimadzu, Kyoto, Japan)를 사용하여 550 nm에서 흡광도를 측정하였으며, 미리 구해 놓은 glucose 표준곡선에 의해 환원당 함량을 산출하였다.

다. 배추 장기저장용 최적 필름 탐색

(1) 공시 재료

배추 장기저장용 최적 필름을 탐색하기 위해, 장기 저장 필요성이 가장 높은 봄배추와 겨울배추의 저장 실험을 실시하였으며, 구체적인 배추 품종 및 수확일은 표 1-4와 같다.

Table 1-4. Description for long-term storage of Chinese cabbage cultivated in spring and winter season

Season	Cultivar	Harvest date	Cultivating region
Spring	Jin-Chung	2012. 7	Chung-Won
Winter	Dong-Poong	2013. 2	Hae-Nam

봄배추는 기후적인 특성상 20℃ 이상의 고온에서 생육되기 때문에 수확후 품온 상승에 의한 품질 저하를 막기 위하여 새벽에 수확하고 예냉을 실시한 후 -0.2℃에서 저장하였으며, 월동배추의 경우 품온 상승에 의한 품질 저하 우려가 없기 때문에 수확후 바로 -0.2℃에서 저장하였다.

(2) 실험방법

(가) MA 저장

봄배추를 플라스틱 배추 박스에 4포기씩 담은 후 각각의 플라스틱 박스를 20 μm와 100 μm 두께의 PE 필름으로 포장한 후 -0.2℃에서 저장하면서 배추의 이화학적 품질변화를 분석하였으며 동일한 실험을 겨울배추에도 적용하여 장기저장을 위한 최적 필름을 탐색하였다.

(나) 당도, pH 및 적정산도

당도는 blender로 간 반죽상태의 시료를 거즈로 감싸 즙을 추출한 후 Digital Refractometer(N-1E, ATAGO, Japan)를 사용하여 가용성고형물 함량을 측정한 후 °Brix로 나타내었으며, pH는 blender로 간 반죽(paste)상태의 시료에 pH electrode를 직접 넣어 측정하였다. 적정산도는 blender로 간 반죽상태의 시료 약 1 g을 정확히 달아 적당히 희석(약 100배)하여 여과(Toyo no. 1)한 후 여과액 20 mL에 0.01 N NaOH 용액으로 pH가 8.3이 될 때까지 적정하였다. 별도로 증류수에 대한 바탕시험을 실시하여 다음 식에 따라 계산하였다.

$$\text{적정산도}(\%) = \frac{(A-B)\times 0.0009\times f\times D}{S}\times 100$$

여기에서 A : 본 시험에 소비된 0.01 N NaOH 용액의 mL수, B : 바탕시험에 소비된 0.01 N NaOH 용액의 mL수, f : 0.01 N NaOH 용액의 역가, D : 희석배수, S : 시료채취량(g)이다.

(다) 환원당

환원당은 DNS법으로 수행하였다. 즉, blender로 간 반죽상태의 시료 약 1 g을 정확히 달아 적당히 희석(약 100배)하여 여과(Toyo no. 1)한 후 여과액 1 mL에 DNS 시약 3 mL를 넣어 즉시 vortex mixer로 혼합하고 끓는 물에 5분간 중탕하였다. 실온에서 방냉한 후 증류수 16 mL로 희석하여 UV-VIS spectrophotometer(UV-1800, Shimadzu, Kyoto, Japan)를 사용하여 550 nm에서 흡광도를 측정하였으며, 미리 구해 놓은 glucose 표준곡선에 의해 환원당 함량을 산출하였다.

(라) 조직감

조직 강도는 texture analyzer(TAXT-2, Stable Micro Systems, Godalming, England)를 사

용하여 측정하였으며, texture analyzer의 운영조건은 Table 1-5과 같다. 시료의 중앙부분에서부터 100% 통과하면서 받는 최대 강도를 측정하였으며, 시료 처리구당 10회 반복하여 측정 후 평균값을 구하였다.

Table 1-5. Operation condition for puncture test

Items	Operation condition
Probe	2 mm
Pretest speed	5 mm/s
Test speed	0.5 mm/s
Posttest speed	10 mm/s
Rupture test	2 mm/s
Distance	15 mm

(마) 수분

수분 함량은 배추의 내엽과 외엽을 취하여 각각의 잎과 줄기부분의 약 5 g의 시료를 취한 후 적외선 수분 측정기(MB45, Ohaus, Boston, UK)를 이용하여 측정하였다.

(바) 온·습도 측정

필름 처리에 따른 저장중 온·습도 측정을 위해 temperature logger(EBI 20-TH1, Ebro, Germany)를 저장고 내부에 설치하여 저장기간 동안의 온·습도 변화를 모니터링 하였다.

라. 생배추 저장기간별 김치 제조시 특성 변화 조사

(1) 공시 재료

우리나라 월동배추 중 포피 원통형배추로 내한성이 비교적 강하고, 만생종으로 저온 결구력이 강한 “동풍배추”를 사용하였다. 본 실험에 사용된 “동풍배추”는 전남 신안에서 2011년 10월초에 정식하여 2012년 2월초에 수확 작업을 실시하기로 하였으나 기상악화로 인하여 2월말에 수확하였다.

(2) 실험방법

(가) MA 저장

월동배추를 배추박스에 6포기씩 담은 후 각각의 플라스틱 박스를 polyamide(PA, 100 mm, Xtend, 815-CB3/a, US Patent 6190710, Israel), polyethylene (PE, 100 mm, 대륜포장산업, 한국), polypropylene(PP, 100 mm, 대륜포장산업, 한국) film으로 포장하여 0℃에서 저장하면서

김치로 제조하여 특성 변화를 조사하였다.

Fig. 1-2. Storage of Chinese cabbage packed with PA, PE, and PP films.

(나) 김치 제조

배추를 2등분 하여 절임수에 잠기도록 하며, 이때 사용하는 절임수는 배추 1 kg당 0.18 kg의 한주소금(본소금, 99%, 주식화사한주, 한국)과 물 1.5kg을 혼합하여 제조하고 절임조건은 18~20℃에서 20~22시간 절임하여 김치의 염함량이 약 1.9%가 되도록 하였다. 김치 제조시 부재료는 절임배추 1 kg당 무 0.24 kg, 고춧가루 0.05 kg, 멸치액젓 0.03 kg, 마늘 0.02 kg 대파 0.02 kg, 식염 0.007kg을 첨가하여 속넣기 후 한포기씩(0.8~1 kg) 포장하여 0~1℃에서 보관하여 3일 후 시료를 분석하였다.

Fig. 1-3. Manufacturing process of Kimchi with Chinese cabbage stored with PA, PE, and PP films.

(다) 전처리 수율, 총절임 수율

배추의 절단 및 전처리 과정 중에 일어나는 무게 변화를 측정하여 원료의 상태를 나타내는 지표인 전처리 수율과 총절임 수율은 다음과 같은 식으로 계산하였다.

$$\text{원료의 전처리 수율}(\%) = \frac{\text{전처리후 원료량(kg)}}{\text{전처리전 원료량(kg)}} \times 100$$

총절임 수율은 절임, 세척 및 탈수과정을 통하여 원료의 변화를 나타낸 절임수율을 다음과 같은 식으로 계산하였다.

$$\text{총절임수율}(\%) = \frac{\text{절임 세척 및 탈수된 원료량(kg)}}{\text{전처리후 원료량(kg)}} \times 100$$

(라) 당도, pH 및 적정산도

당도는 녹즙기(NUE-3520, 엔유씨, 한국)로 즙을 추출한 후 휴대용 굴절당도계(MASTER-M, ATAGO, Japan)로 측정한 후 °Brix로 나타내었으며, pH는 녹즙기로 즙을 추출한 후 pH meter(HI 8424, 한나기계주식회사, 한국)를 이용하여 측정하였다. 적정산도는 녹즙기로 간 반죽상태의 시료 약 10 g을 정확히 달아 10배 희석하여 희석액 100 mL에 0.1 N NaOH 용액으로 pH 8 .3이 될 때 까지 적정하였다.

$$\text{적정산도}(\%) = \frac{A \times 0.0009 \times f \times D}{S} \times 100$$

여기에서 A : 본 시험에 소비된 0.01 N NaOH 용액의 mL수, f : 0.01 N NaOH 용액의 역가, D : 희석배수, S : 시료채취량(g)이다.

(마) 총균, 젖산균

총균수의 경우, PCA(plate count agar, Difco)배지를 사용하여 단계별로 희석한 시료를 접종 한 후 pouring culture method로 30℃에서 48시간 배양하여 계수하였다. 젖산균수의 경우, MRS(Lactoacilli MRS agar, Difco)배지에 BPB 지시약 20 ppm을 넣어 제조한 BPB(bromophenol blue) 선택배지를 사용하여 단계별로 희석한 시료를 접종하여 spreading culture method로 30℃에서 72시간 배양하였다. 이때, 전체적으로 환이 없거나 암청색을 띄는 것을 *Leuconostoc* spp.으로, 전체적으로 담청색을 띄면서 중앙에 암청색 환이 있으나 전체적으로 담청색을 띄는 것을 *Lactobaillus* spp.로 계수 하였다.

2. 연구내용 및 결과

가. 계절별 배추의 수확후 생리 조사

(1) 계절별 배추의 수확후 생리 특성

배추는 사과와 같은 과수와는 달리 상온에서 에틸렌 발생량이 <0.1 μL kg^{-1} h^{-1} 이하로 발생되는 non-climacteric(호흡 비급등형) 작물로 분류된다. 본 연구과제에서는 계절별로 재배된 배추의 수확후 생리를 확인하기 위하여 수확후 생리 지표로 가장 많이 이용되는 식물 노화 관련 호르몬인 에틸렌 발생량을 작형별로 분석하였다. 에틸렌 발생량은 봄배추의 경우 79~120 nL kg^{-1} h^{-1}, 여름배추의 경우 4,306~5,116 nL kg^{-1} h^{-1}, 가을배추의 경우 6~18 nL kg^{-1} h^{-1}로 분석되었으며, 겨울에 재배된 배추에서는 거의 검출되지 않았다(Fig. 1-4). 가을, 월동배추의 경우는 기존 문헌에서 보고된 바와 같이 에틸렌 발생량이 거의 없었으나, 여름철 고랭지 지역에서 재배된 배추는 상대적으로 높은 에틸렌 발생량을 나타내었다. 특히 봄배추와 고랭지배추는 품종이 "춘광"으로 같은 품종임에도 불구하고 에틸렌 발생량은 큰 차이를 나타내어 배추의 수확후 생리는 품종보다는 재배 환경에 더 큰 영향을 받는다는 것이 확인되었다.

호흡량도 에틸렌 발생량과 같이 고랭지 배추에서 가장 높게 나타났으며, 가을배추와 월동배추가 고랭지 배추나 봄배추에 비해 호흡 속도가 낮은 것으로 조사되었다. 봄배추의 호흡량은 2,462~2,772 μL kg^{-1} h^{-1}, 고랭지 배추는 3,753~2,886 μL kg^{-1} h^{-1}, 가을배추는 359~729 μL kg^{-1} h^{-1}, 월동배추는 195~361 μL kg^{-1} h^{-1}로 분석되어 봄배추나 고랭지배추에 비해 가을배추나 월동배추의 호흡량이 1/10 수준인 것으로 조사되었다(Fig. 1-4). 호흡량 역시, 봄배추와 고랭지 배추의 품종이 "춘광"으로 같았으나 여름철에 고랭지 지역에서 재배된 배추의 호흡량이 약 2배 정도 높은 것으로 분석되어, 에틸렌 발생량과 마찬가지로 품종 자체의 차이보다는 온도와 같은 재배 환경의 차이가 2차적으로 영향을 미쳐 수확후 생리의 변화가 나타난 것으로 여겨진다.

에틸렌 발생량과 호흡량 분석 결과를 토대로, 배추는 재배환경에 따라 수확후 생리가 크게 달라지며, 가을 및 겨울과 같이 배추의 생육 조건이 양호한 시기에는 배추의 수확후 생리도 만생종의 특성을 나타내어 에틸렌 발생량 및 호흡량이 적었으나, 봄 및 여름과 같이 생육 조건이 불량할 경우에는 조생종의 특징을 나타내며 에틸렌 발생량 및 호흡량이 높게 분석되었다.

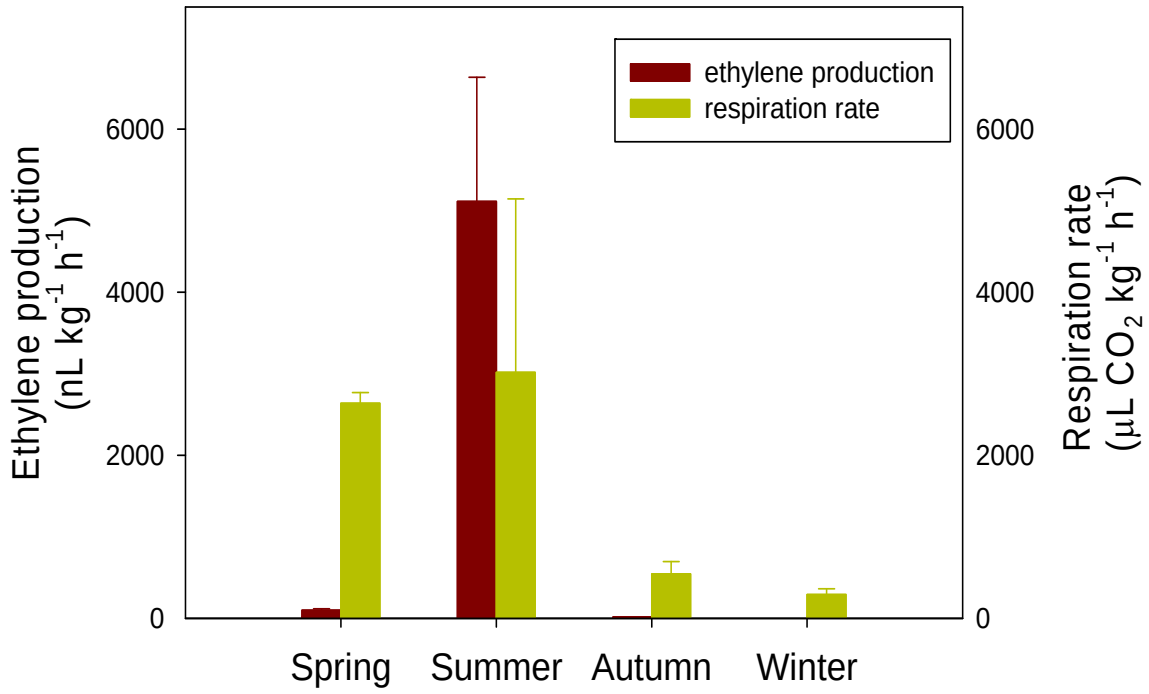


Fig. 1-4. Comparison of ethylene production and respiration rate of Chinese cabbage cultivated in spring, summer, autumn, and winter seasons.

(2) 계절별 배추의 중량 및 수분 특성

배추는 대표적인 호냉성 작물로 20℃ 이상의 온도는 생육이 어려워 여름철에는 강원도 고랭지 지역에서만 재배되고 있다. 하지만 고랭지 지역에서 재배된다고 해도 여름철의 덥고 습하며, 잦은 우천으로 인하여 배추 재배환경은 매우 불량하다. 따라서 여름철에 재배되는 배추는 스트레스 환경에서 재배되어 수확후 에틸렌 생성량이 타 작형에 비해 높은 것으로 판단된다. 또한 봄과 여름철에는 온도가 높고 광량이 많이 배추 재배기간이 60~80일 정도인 반면, 가을과 겨울철에 재배된 배추는 생육기간이 90~120일 정도로 길어 대체로 만생종의 특징을 나타내어 에틸렌 발생량이 상대적으로 적은 것으로 여겨진다.

이러한 생육기간의 차이로 인해 작형별로 무게의 차이도 크게 나타나서 생육기간이 짧은 봄배추와 고랭지배추는 엽수도 적고, 중량도 적은 반면, 가을과 겨울에 재배된 배추의 엽수가 많고 무게도 많이 나갔다(Fig. 1-5). 봄배추의 중량은 평균 3,013 g이었으며, 고랭지 배추는 평균 2,540 g, 가을배추는 5,241 g, 월동배추는 평균 4,692 g으로 측정되어 가을 및 월동배추가 봄 및 고랭지 배추에 비해 약 1.5배 정도 크게 확인되었다.

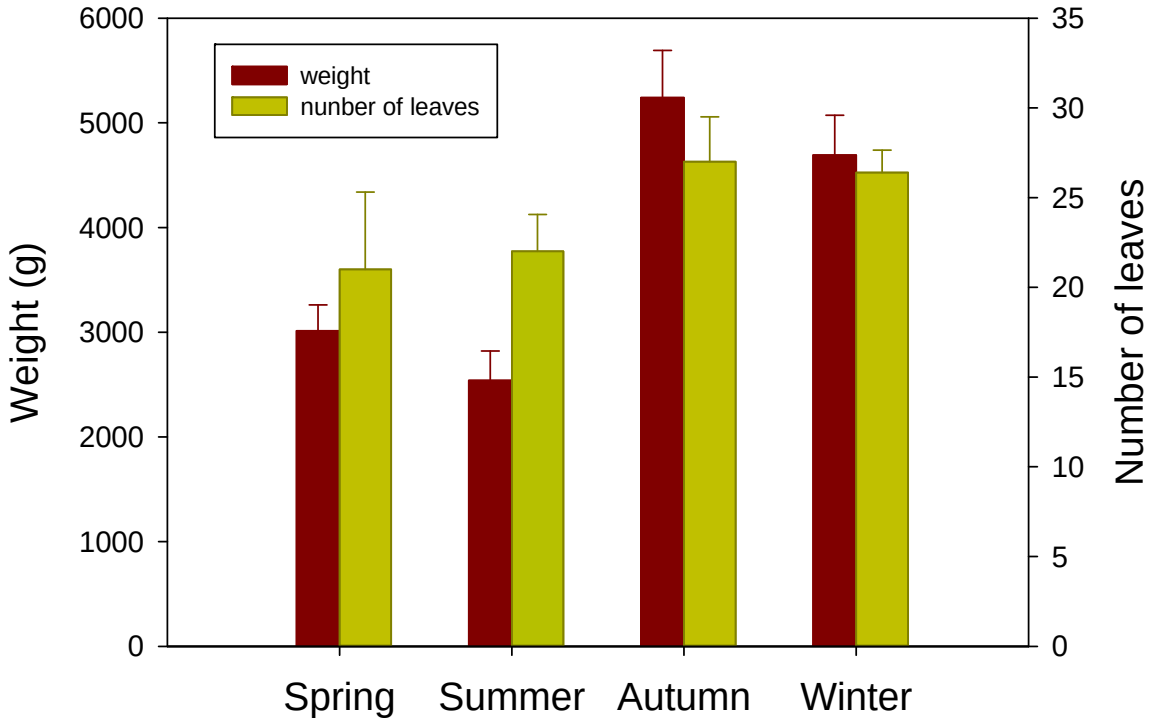


Fig. 1-5. Comparison of weight and number of leaves of Chinese cabbage cultivated in spring, summer, autumn, and winter seasons.

수분함량의 경우는 고랭지배추 > 봄배추 > 가을배추 > 월동배추 순으로 분석되었으나 그 차이가 크게 나타나지는 않았다(Fig 1-6). 각각의 내엽과 외엽의 잎과 줄기의 수분함량은 Table 1-6에 나타냈다. 대체로 외엽의 수분함량이 내엽에 비해 높았으며, 잎 부분 보다 줄기 부분의 수분함량이 높게 나타났다.

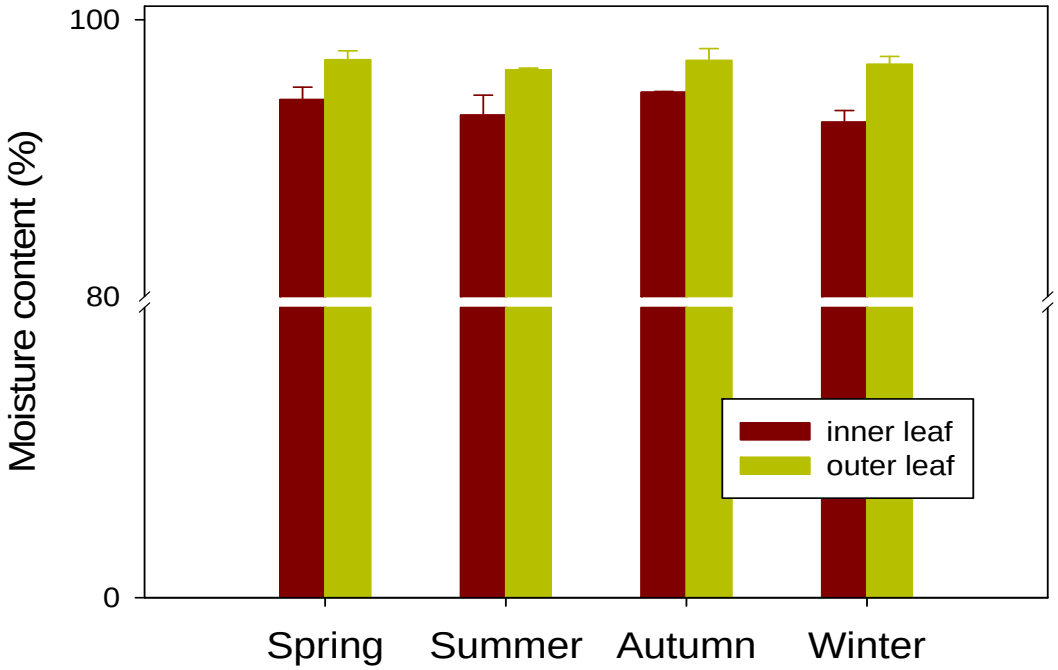


Fig. 1-6. Comparison of moisture contents of Chinese cabbage cultivated in spring, summer, autumn, and winter seasons.

Table 1-6. Moisture content of seasonal Chinese cabbage

(unit : %)

Leaf part		Spring	Summer	Autumn	Winter
inner	leaf (yellow part)	94.12	93.37	93.86	95.11
	stalked leaf (white part)	95.15	94.10	94.76	92.60
outer	leaf (green part)	94.35	93.55	94.49	95.61
	stalked leaf (white part)	96.11	96.46	97.06	96.78

(3) 계절별 배추의 화학적 특성

계절별 배추의 화학적 특성을 확인하기 위하여 당도, pH, 적정산도, 환원당 등을 외엽과 내엽으로 구분하여 분석하였다(Fig. 1-7~11).

배추의 당도는 계절별로 차이가 나타났으며, 내엽과 외엽간의 차이도 크게 나타났다(Fig. 1-7). 봄배추의 경우 내엽의 당도는 4.2~4.6 °Brix였으며, 외엽의 당도는 3~3.1 °Brix로 분석되었다. 고랭지배추는 내엽은 3.6~4.2 °Brix, 외엽은 2.2~2.3 °Brix로 분석되어 본 실험에서 분석한 배추 중 당도가 가장 낮았다. 가을배추의 당도는 내엽은 5.5~6.0 °Brix으로 가장 높은 당도

를 나타낸 반면 외엽은 1.8~2.7 °Brix로 다른 계절에 재배된 배추의 당도와 크게 다르지 않았다. 월동배추의 경우는 내엽은 4.5~5.1 °Brix, 외엽은 2.3~2.7 °Brix으로 분석되었다.

계절별 배추의 pH는 대체로 5.7~6.4 이내의 범위였으며, 계절별로 큰 차이는 보이지 않았으나 내엽과 외엽 간의 차이가 나타났다. 대체로 내엽의 pH가 6.1~6.4 정도의 범위에서 분석되어, 5.7~6.1로 분석된 외엽의 pH보다 높게 나타났다(Fig. 1-8).

계절별 배추의 적정산도는 0.8~1.8% 사이에서 분석되었다(Fig. 1-9). 봄배추의 경우는 내엽의 산도는 0.09~0.15%, 외엽은 0.09~0.14%였으며, 고랭지 배추는 내엽은 0.08~0.12%, 외엽의 경우는 0.08~0.09%, 가을배추는 내엽은 0.18~0.21%, 외엽은 0.09~0.14%, 월동배추는 내엽이 0.13~0.14%, 외엽은 0.15%로 분석되었다. 적정산도의 경우는 계절별로도 차이가 뚜렷이 나타나 가을>월동>봄>고랭지배추 순으로 높게 측정되었으며, 내엽과 외엽 간의 차이도 나타났다. 특히 가을배추의 경우 엽의 위치에 따른 차이가 약 2배 정도 나타났다.

환원당의 경우는 특히 계절간의 차이가 크게 나타 가을배추와 월동배추의 경우 환원당 함량이 높은 반면, 고랭지배추는 매우 낮게 나타났다(Fig. 1-10). 봄배추의 경우는 내엽의 환원당은 14.9~17.1 mg/mL, 외엽은 9.9~14.1 mg/mL였으며, 고랭지 배추는 내엽은 7.7~14.5 mg/mL, 외엽의 경우는 6.1~8.4 mg/mL, 가을배추는 내엽은 18.7~21.2 mg/mL, 외엽은 12.9~15.2 mg/mL, 월동배추는 내엽이 15.8~17.8 mg/mL, 외엽은 10.4~14.6 mg/mL로 분석되었다.

본 연구에서 분석한 화학적 특성 모두 배추가 재배된 시기의 영향을 많이 받아 계절별로 차이가 나타났다. 대체로 가을배추와 월동배추의 당도, 환원당, 적정산도가 높게 나타나서 전체적인 품질이 좋은 것으로 나타났고, 생육환경이 불량한 시기에 재배된 고랭지배추의 화학적인 특성이 모두 나쁘게 나타났다. 이러한 계절별 배추의 화학적 품질 인자의 차이로 인하여 배추를 이용하여 김치를 제조하였을 때 계절별로 관능평가가 다르게 나타나서, 가을배추와 월동배추를 이용하여 제조한 김치의 관능평가는 좋은 반면 봄배추와 고랭지배추로 제조한 김치의 관능평가는 좋지 않은 것으로 알려져 있다. 특히 환원당의 경우에는 배추 자체의 품질을 위해서도 중요한 요소이지만, 김치 제조후 적절한 발효를 위해서도 매우 중요한 인자이다. 김치는 채소발효식품으로 발효를 위한 당원 공급이 매우 중요하며, 발효과정이 진행됨에 따라 발효성 당류가 유기산 등 다른 물질로 전환되므로 발효를 위해서는 환원당이 필수 요소이다.

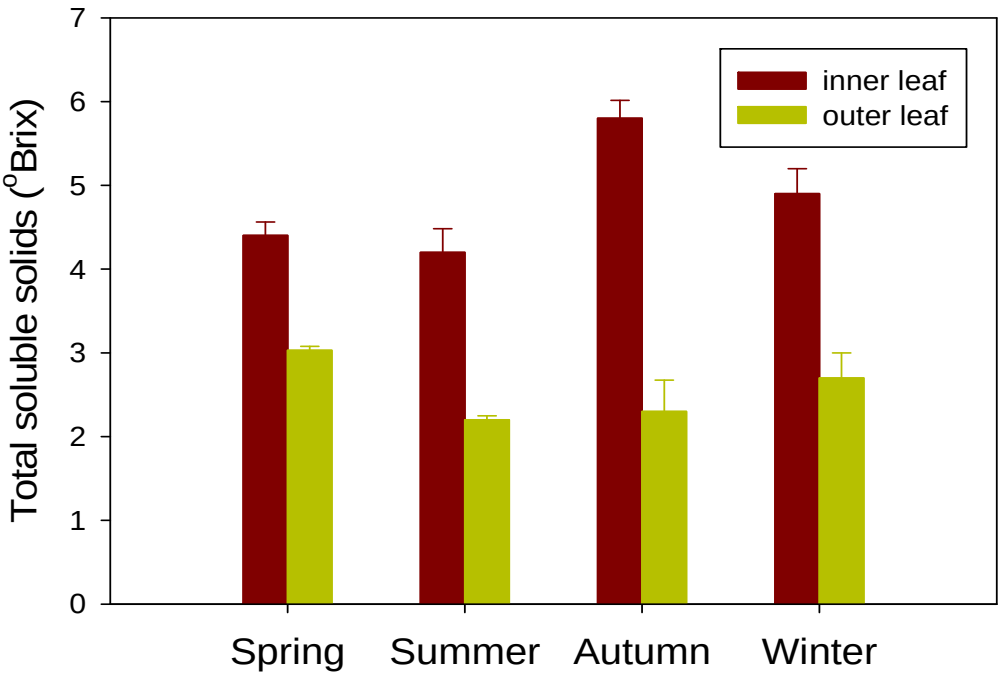


Fig. 1-7. Comparison of total soluble solids of Chinese cabbage cultivated in spring, summer, autumn, and winter seasons.

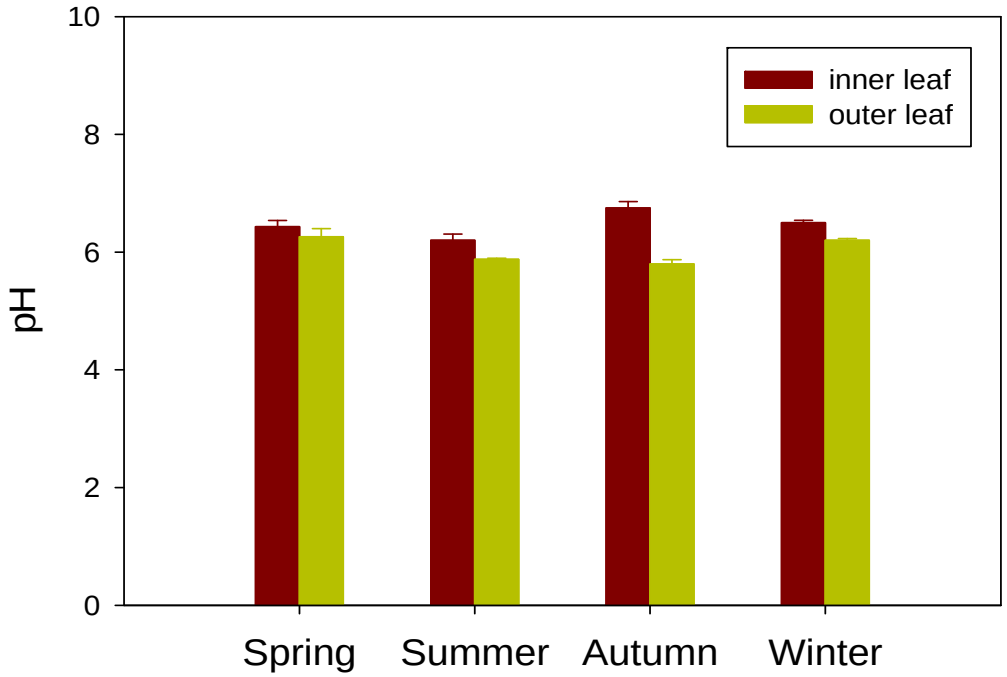


Fig. 1-8. Comparison of pH of Chinese cabbage cultivated in spring, summer, autumn, and winter seasons.

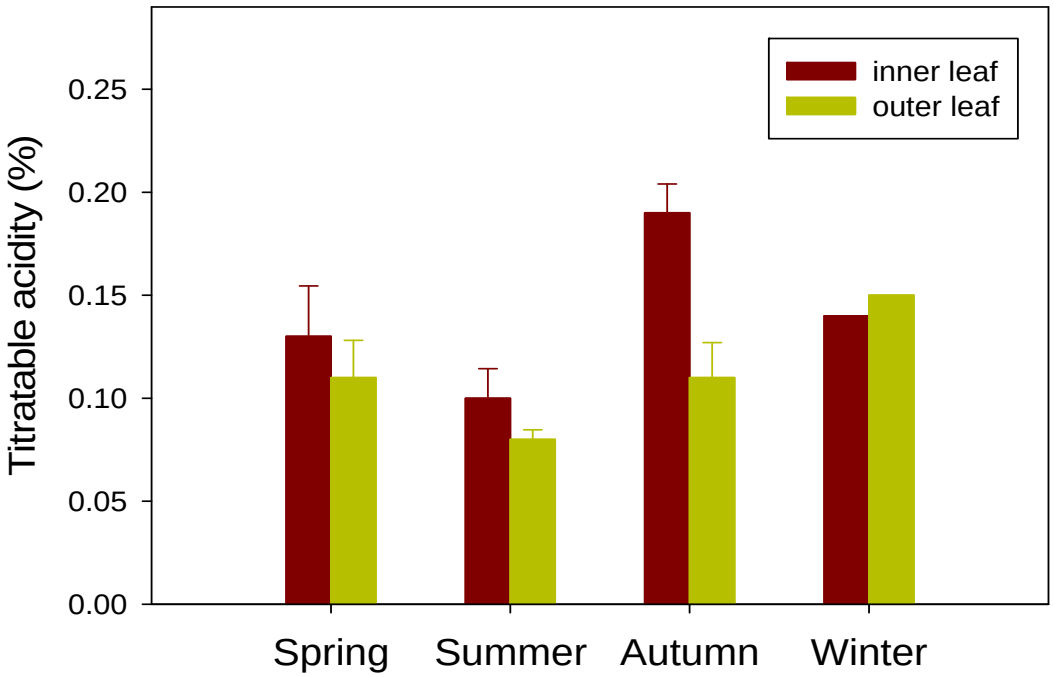


Fig. 1-9. Comparison of titratable acidity of Chinese cabbage cultivated in spring, summer, autumn, and winter seasons.

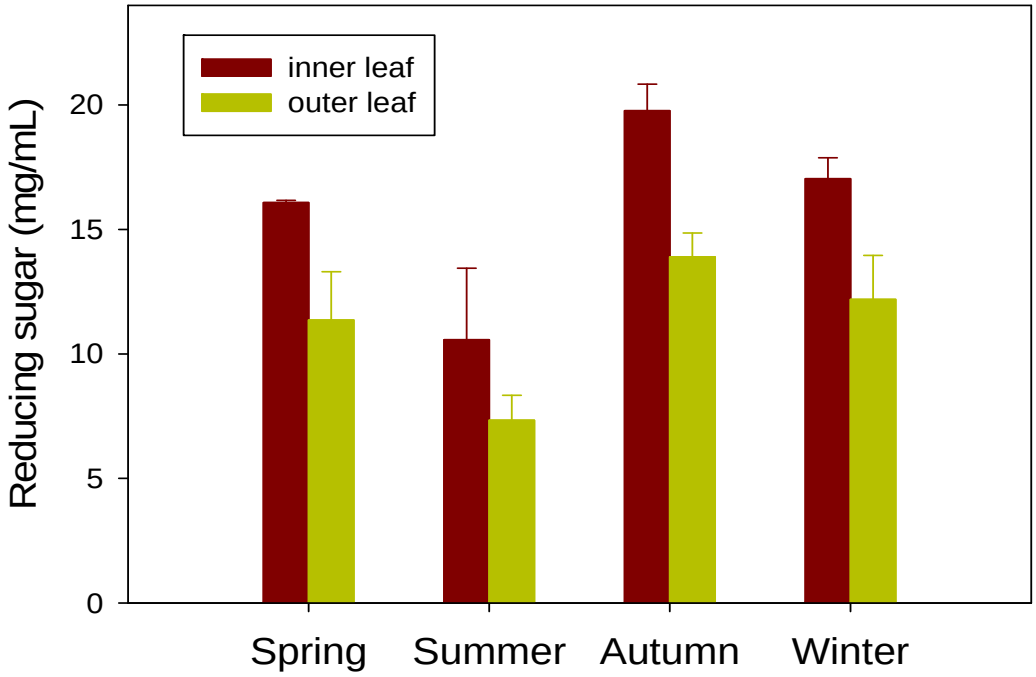


Fig. 1-10. Comparison of reducing sugar contents of Chinese cabbage cultivated in spring, summer, autumn, and winter seasons.

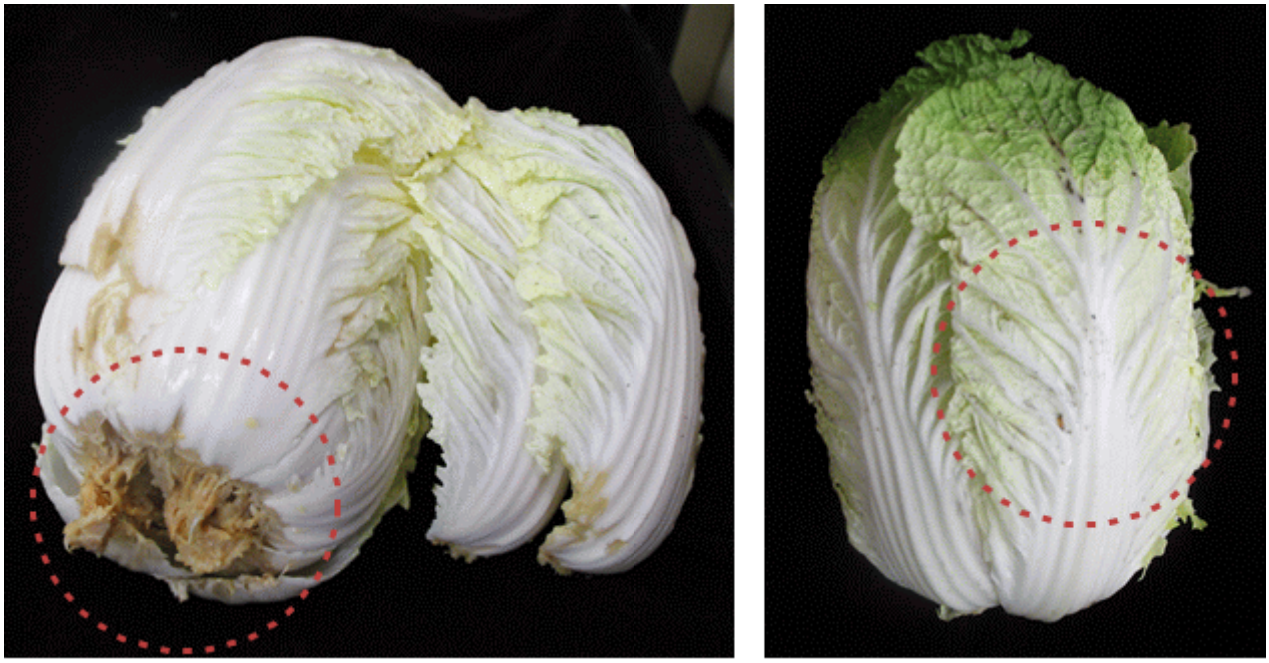


Fig. 1-11. Physiological disorders (left: soft rot, right: black spot) occurred in Chinese cabbage during storage.

나. 저장기간에 따른 배추 품질변화 조사 및 장기저장기술 개발

본 연구과제는 산업적 김치 생산시 원료의 수급조절을 효율적으로 하기 위하여 배추의 장기저장기술을 개발하는 것을 목적으로 한다. 따라서 배추 수급에 문제가 있는 시기인 8~10월과 3~4월에 배추를 공급하기 위하여 6월에 수확하는 봄배추와 2월에 수확되는 월동배추의 저장기간을 연장할 수 있는 기술을 개발하고자 하였다. 고랭지 배추의 경우는 생산 단가 자체가 높은 작물로 장기저장으로 인한 수익을 기대하기 힘들기 때문에 일반적으로 장기저장은 실시하지 않으나, 다른 작형의 배추와는 다르게 에틸렌 발생량 및 호흡량이 높게 측정되어 1-MCP 처리 효과를 구명하기 위하여 1-MCP 처리 실험을 실시하였다. 가을배추의 경우는 배추의 주요 작형으로 생산량도 가장 많고, 월동배추와 생산시기가 연장되므로 저장의 필요성이 높지 않아 장기저장실험은 실시하지 않았다.

계절별 배추의 수확후 생리를 분석한 결과 봄배추와 고랭지배추에서 에틸렌 발생량이 많이 나타나 봄배추의 저장기간 연장을 위하여 1-MCP를 처리하였으며, 저장중 수분손실로 인한 품질저하를 막기 위하여 MA 저장을 병행하면서 품질 평가를 실시하였다. 또한, 계절별 배추중 가장 에틸렌 발생량이 높게 나타난 고랭지배추에 1-MCP를 처리하여 수확후 저장기간의 연장 효과를 확인하였다. 또한 봄배추 저장실험 결과 1-MCP에 비해 MA 저장이 효과가 더 좋게 나타나 월동배추 저장기간 연장 기술에서는 PA, PE, PP 필름 등 다양한 필름을 이용하여 저장하면서 배추 저장에 맞는 최적 필름을 탐색하였다.

(1) 봄배추의 저장기간에 따른 품질 특성 및 1-MCP와 MA 저장 효과

에틸렌은 식물 노화를 촉진시키는 호르몬으로 원예작물의 저장수명을 연장하기 위하여 에틸렌을 제거하기 위한 여러 노력이 행해지고 있으며, 가장 간단하고 효과적인 방법으로 1-MCP 처리가 있다. 1-MCP는 가장 대표적인 에틸렌 작용 억제제로서, 성숙기에 에틸렌 발생량 및 호흡량이 급등하는 호흡급등형 원예 작물의 수확후 선도 유지에 매우 효과적이며, 최근 국내에서도 원예 산물의 품질 변화 방지를 위해 1-MCP를 이용한 연구가 많이 이루어지고 있다.

같은 작물이라고 하더라고 품종, 재배환경 등과 같은 요인에 의해 에틸렌 및 호흡량 발생 형태가 다르며, 만생종보다는 조생종에서 에틸렌 및 호흡량이 많이 발생한다. 봄배추의 경우 생육기간이 60~80일로 가을배추나 월동배추에 비해 생육기간이 짧아 조생종의 특징을 나타낸다. 봄배추는 수확후 생리를 분석한 결과 수확후 에틸렌 발생량이 79~120 $\mu L\ kg^{-1}\ h^{-1}$이었고, 호흡량은 2,462~2,772 $\mu L\ kg^{-1}\ h^{-1}$로 엽채류에 비해 다소 높은 에틸렌 및 호흡량을 나타냈다. 따라서 에틸렌 inhibitor인 1-MCP를 처리하여 수확후 저장기간을 연장하고자 했다.

또한 배추는 대표적인 엽채로써 엽면적이 넓어 증발에 의한 수분감소 및 중량감소로 인한 품질 손상이 크기 때문에 이를 방지하기 위하여 포장재를 이용한 MA 저장이 이용되고 있다. MA 저장이란 산물의 호흡에 의해 포장 내부의 산소와 이산화탄소 농도가 외부와는 다르게 형성되어 노화 등 품질 저하를 억제하는 필름 포장방법을 말한다. 에 주로 이용되는 필름은 폴리에틸렌(PE) 필름이지만, 본 연구과제에서는 이스라엘의 Xtend사에서 개발한 MA 저장에 적합한 최적 필름(PA film)을 이용하여 봄배추의 저장기간 연장효과를 구명하였다.

봄배추의 저장중 에틸렌 발생량은 Fig. 1-12과 같으며 전 처리구, 전 저장기간에 걸쳐 189~6 $\mu L\ kg^{-1}\ h^{-1}$ 범위 내에서 분석되었다. 에틸렌 발생량은 처리구에 관계없이 저장 초기에 높게 나타나다가 저장 후기로 갈수록 감소하는 경향을 보였다. 하지만 처리구 간의 큰 차이는 나타나지 않았으며, 특히 에틸렌 작용 억제제인 1-MCP 처리군의 에틸렌 발생량은 대조구와 크게 다르게 나타나지 않았다. 처리구 중에서는 1-MCP와 PA 필름을 이용하여 MA 저장을 병행한 처리구에서 에틸렌 발생량이 가장 낮게 분석되었다. 비록 처리구 간의 차이가 나타나지 않았으나, 봄배추 자체의 에틸렌 발생량이 많지 않아 1-MCP 처리 효과가 미비한 것으로 판단된다. 또한 에틸렌 발생량이 많지 않아 저장중 에틸렌 발생에 따른 엽록소 분해 및 엽의 황화 현상과 같은 저장 장해는 관찰되지 않았다.

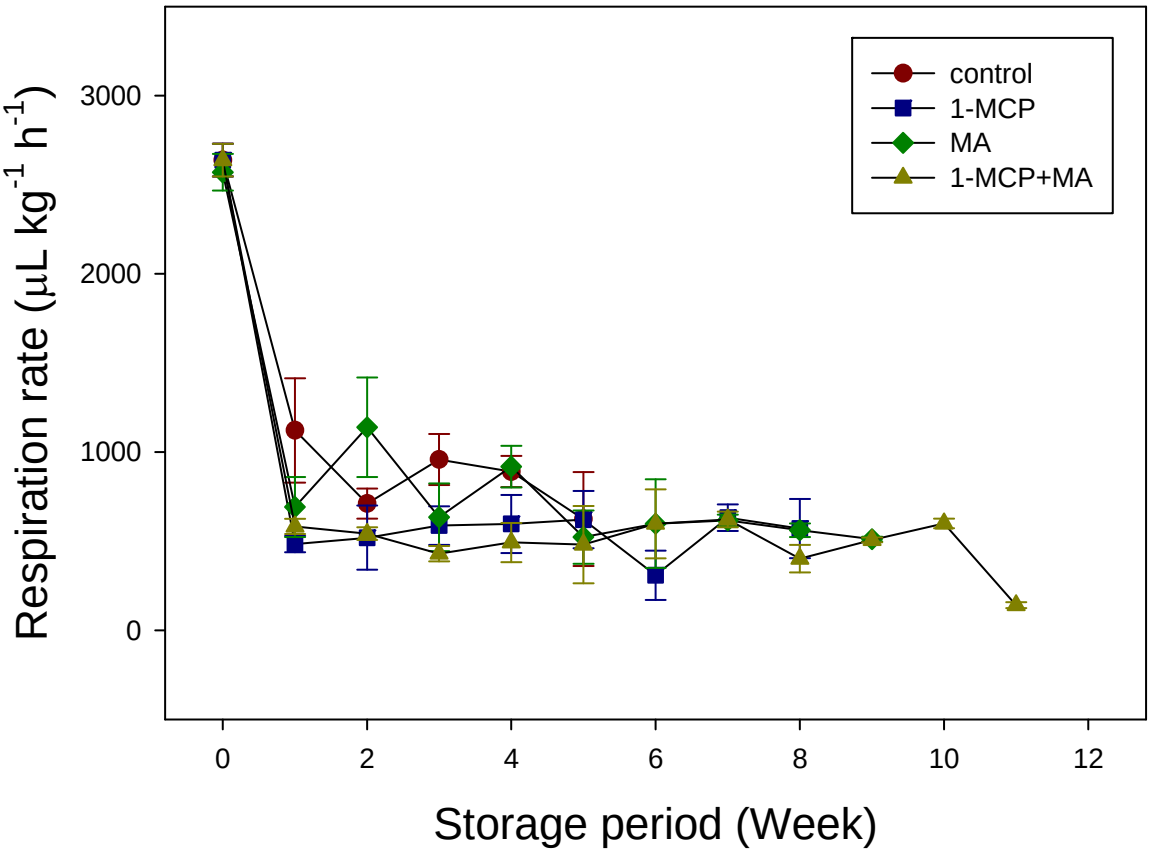


Fig. 1-12. Change of ethylene production of Chinese cabbage cultivated in spring season.

호흡량 역시 에틸렌 발생량과 마찬가지로 처리구 간의 큰 차이는 나타나지 않았으며 수확 후 2,772 μL kg^{-1} h^{-1}로 높았으나, 저장 직후 급격히 낮아졌다(Fig. 1-13). 다만 저장기간중 호흡량 변화에 있어서 처리구 간의 차이는 나타나지 않았으며, 이 역시 에틸렌 발생량 변화의 결과와 마찬가지로 절대적인 호흡량 자체가 매우 적기 때문에 처리구 간의 차이가 관찰되지 않은 것으로 판단된다.

저장중 에틸렌 발생량과 호흡량의 변화 결과를 토대로 봄배추는 저장중 에틸렌 발생량도 매우 낮고, 호흡량도 적어 저장기간 연장을 위한 기술로 1-MCP 처리는 적합하지 않는다고 판단되었다. 또한 에틸렌 발생량과 호흡량이 적기 때문에 PA 필름을 이용한 MA 저장 시 필름 내부에 에틸렌 및 이산화탄소 축적으로 인한 장해가 나타나지 않아 배추 장기저장시 MA 저장이 적합한 것으로 사료된다.

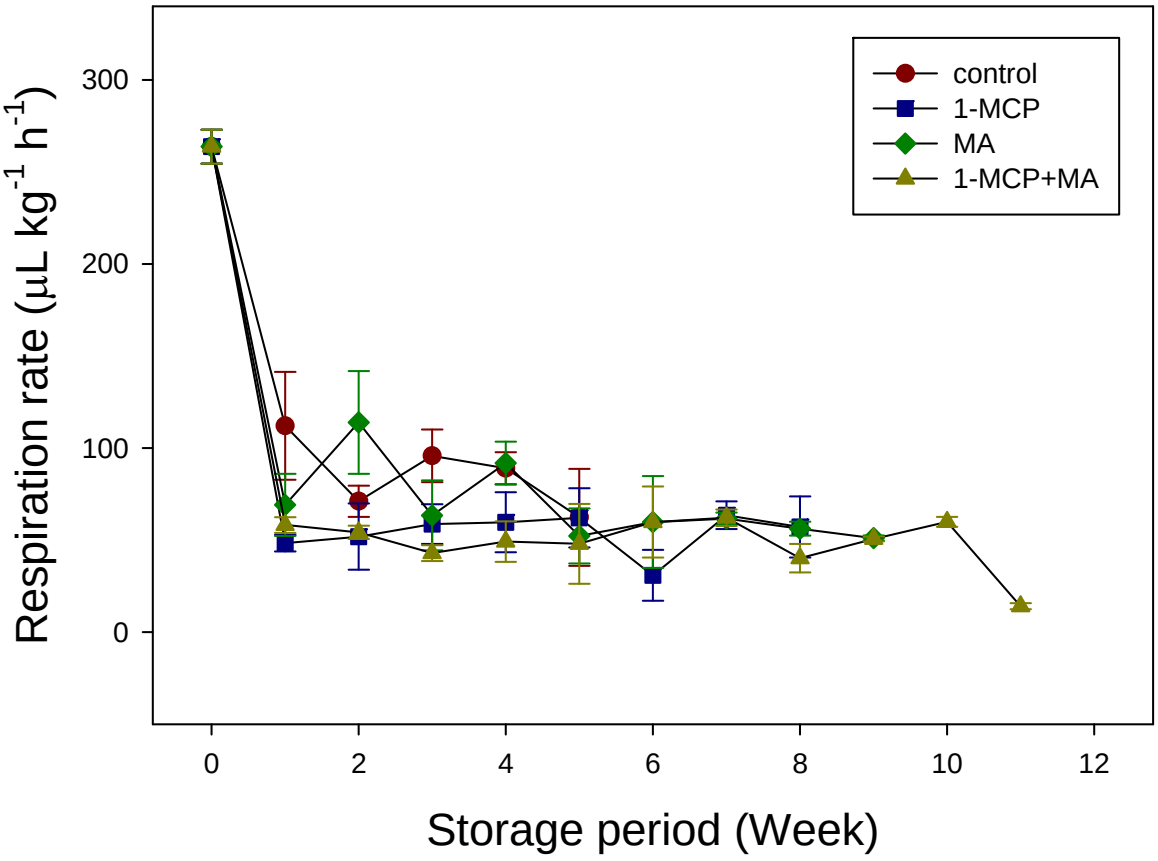


Fig. 1-13. Change of respiration rate of Chinese cabbage cultivated in spring season.

저장중 중량변화는 처리구간의 큰 차이를 보였다(Fig. 1-14). 특히 MA 저장에 의한 중량 감소 억제 효과가 크게 나타났다. 대조구와 1-MCP 단독 처리구는 중량 감소가 크게 나타나서 1주일에 약 50g 씩의 중량 감소가 나타났으며, 특히 대조구의 중량 감소가 컸다. 대조구는 저장 6주 후 저장 수명을 다했는데, 중량 감소로 인한 품질 저하가 크게 나타났다. 반면 PA 필름을 이용한 MA 저장구는 중량 감소가 매우 적었으며, 1주일에 약 10g 이하의 중량 감소가 관찰되었다. 모든 처리구 중에서 1-MCP와 MA 저장을 병행한 처리구에서 중량 감소가 가장 적게 나타나 저장기간도 가장 길게 나타나 대조구 대비 약 1.8배의 저장기간 연장 효과가 있었으며, 저장 11주 후 중량 감소도 약 100g 정도 밖에 나타나지 않았다.

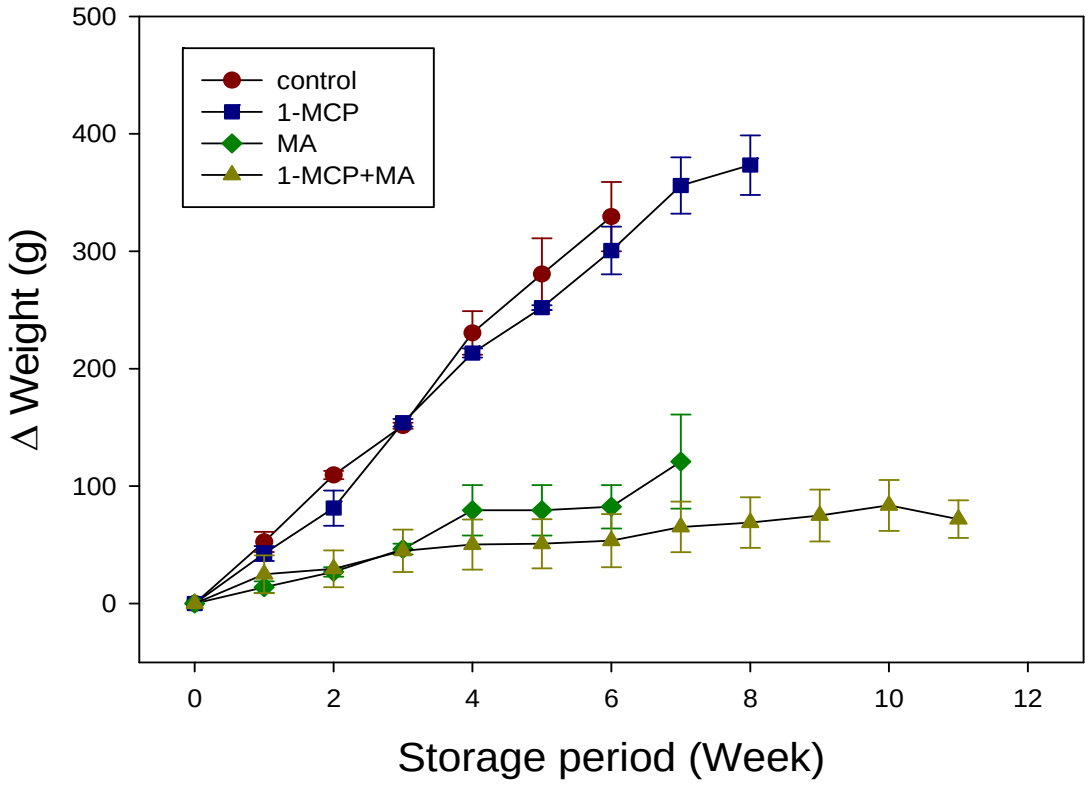


Fig. 1-14. Change of weight of Chinese cabbage cultivated in spring season.

저장 1개월 후의 사진(Fig. 1-15)을 보면 대조구와 1-MCP 단독 처리구의 경우 배추 외엽 말단 부분의 수분 증발이 심하게 나타나 품질이 저하되었으며, 대조구의 경우는 저장 6주후 수분 증발이 심하게 나타나 저장성을 완전히 상실하였다. 하지만 MA 저장구의 경우는 필름에 의해 수분 증발이 억제되어 저장 1개월 후에도 외엽의 품질이 좋았으며, MA 저장만 실시한 경우는 저장기간이 9주여서 대조구 대비 1.5배 증가하였으며, 1-MCP와 MA 저장을 병행한 경우는 11주까지 상품성을 지녀 대조구 대비 1.8배의 저장성 증가를 보여 봄배추 장기저장을 위한 처리로는 필름을 이용한 MA 저장이 적합하다고 판단되었다.

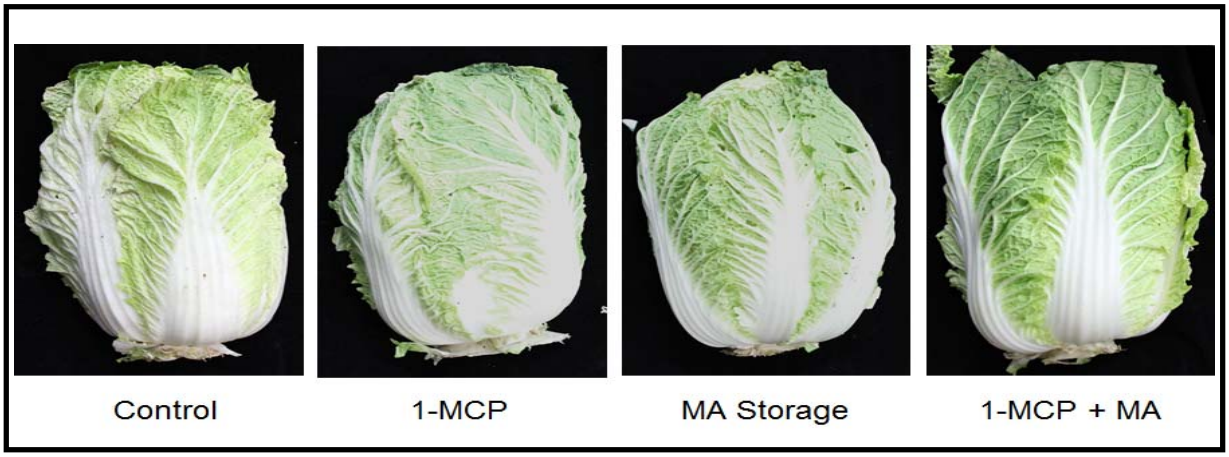


Fig. 1-15. Chinese cabbage stored at −0.2°C for 1 month with different treatments.

봄배추의 저장중 품질변화를 확인하기 위하여 당도, 산도, pH, 환원당과 같은 이화학적 품질요인을 분석하였다. 당도의 변화는 Fig. 1-16에 나타내었으며, 전 저장기간에 걸쳐 2.1~3.8 oBrix의 범위에서 분석되었다. 저장기간 중 당도 변화는 크게 관찰되지 않았으며, 1-MCP 처리 및 MA 저장에 따른 차이도 나타나지 않았다.

pH 역시 저장기간 중 큰 변화가 나타나지 않았다(Fig. 1-17). 저장기간 중 pH는 5.7~6.3 범위에서 나타나 저장 처리에 따른 차이가 없었으며, 저장기간에 따른 영향도 나타나지 않았다.

적정산도는 전체적으로 저장기간이 증가함에 따라 감소하는 추세를 보였다(Fig. 1-18). 저장 초기 배추의 적정산도는 0.13%였으며, 저장 6주 후에는 모든 처리구에서 0.1%까지 감소하였다. 하지만 1-MCP 처리나 MA 저장과 같은 처리에 따른 차이는 나타나지 않았으며, 1-MCP처리와 MA 저장을 병행하여 11주까지 저장한 배추의 최종 적정산도는 0.7%까지 내려갔다. 저장기간에 따른 적정산도의 감소는 유기산 등이 저장기간이 증가함에 따라 호흡에 소모되는 에너지원으로 사용됨으로써 나타나는 현상으로 판단된다.

환원당 함량도 적정산도와 마찬가지로 전체적으로 저장기간이 증가함에 따라 감소하는 추세를 보였다(Fig. 1-19). 저장 초기 배추의 환원당 함량은 9.8 mg/mL이었으며, 저장이 시작됨과 동시에 급격한 감소가 일어나서 저장 2주후의 환원당 함량은 모든 처리구에서 4.8 mg/mL 이하로 50% 이상 감소하였다. 하지만 저장 2주후부터 저장 종료 시까지의 환원당 함량의 큰 변화는 나타나지 않아 1~5 mg/mL 사이의 범위에서 분석되었다. 환원당 함량은 다른 이화학적 특성과 마찬가지로 1-MCP 처리나 MA 저장에 따른 차이는 나타나지 않았으며, 저장기간 동안 전반적으로 감소한 이유는 적정산도의 변화와 마찬가지로 환원당이 저장기간이 증가함에 따라 호흡에 소모되는 에너지원으로 사용됨으로써 나타나는 현상으로 판단된다.

앞에서 살펴본 당도, 산도, pH, 환원당과 같은 이화학적 품질 특성 변화 결과를 토대로 1-MCP 처리나 MA 저장이 배추의 이화학적 품질 특성에는 큰 영향을 미치지 않으며, 다만 MA 저장을 통하여 수분 증발이 억제되어 중량 감소가 줄어들고, 품질 유지도 잘 이루어져 저장기간이 연장되는 효과를 볼 수 있었다. 봄배추는 에틸렌 발생량이 높지 않은 작물로 1-MCP 처리를 통해서 저장기간 연장 효과는 크게 나타나지 않았으며, 봄배추의 장기저장을 위해서는 MA 저장이 효과적이었다.

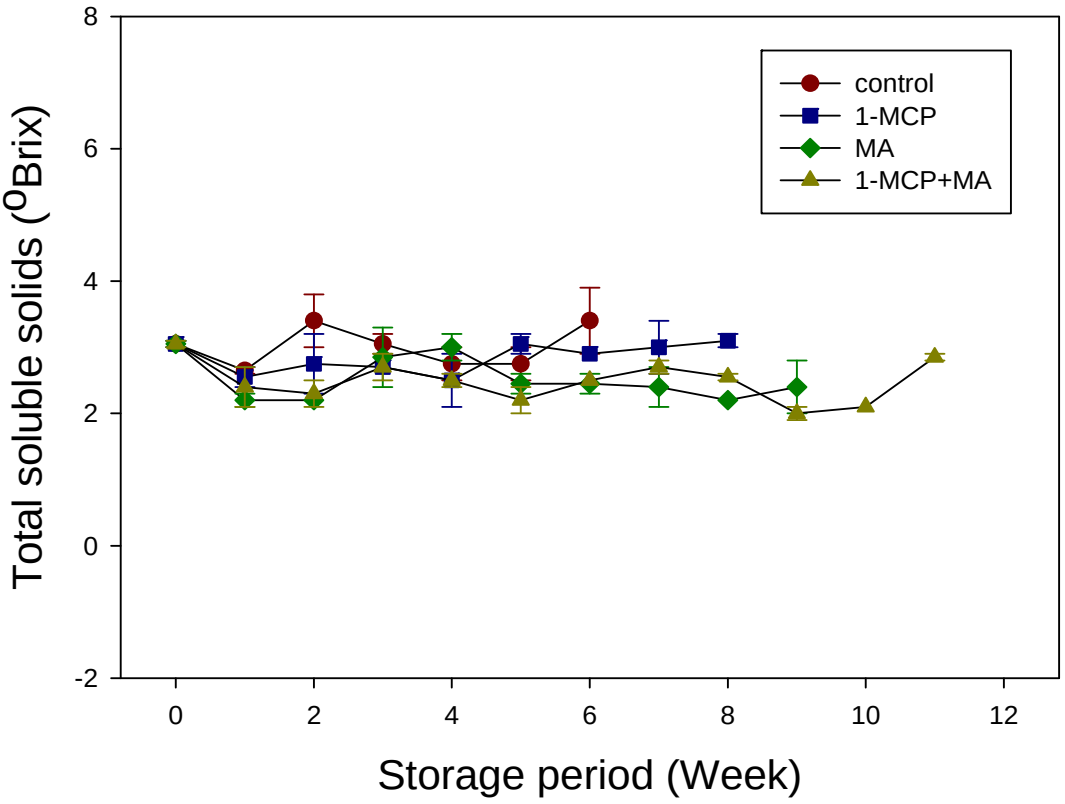


Fig. 1-16. Change of total soluble solid content of Chinese cabbage cultivated in spring season.

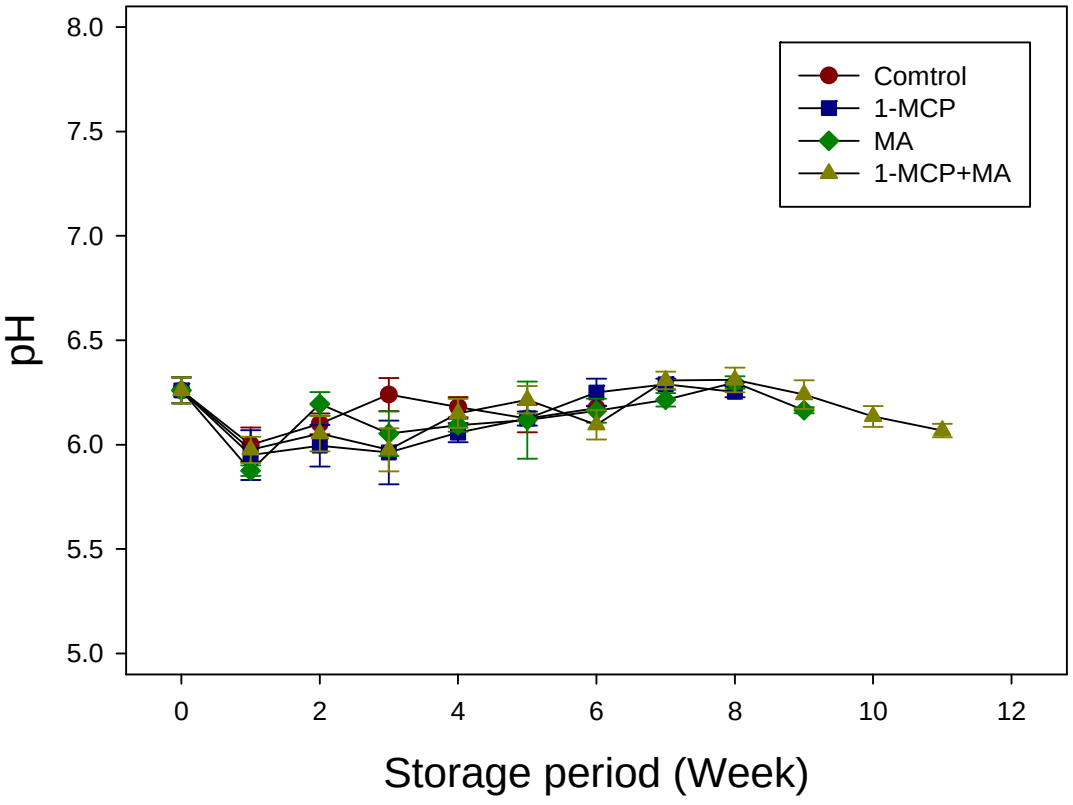


Fig. 1-17. Change of pH of Chinese cabbage cultivated in spring season.

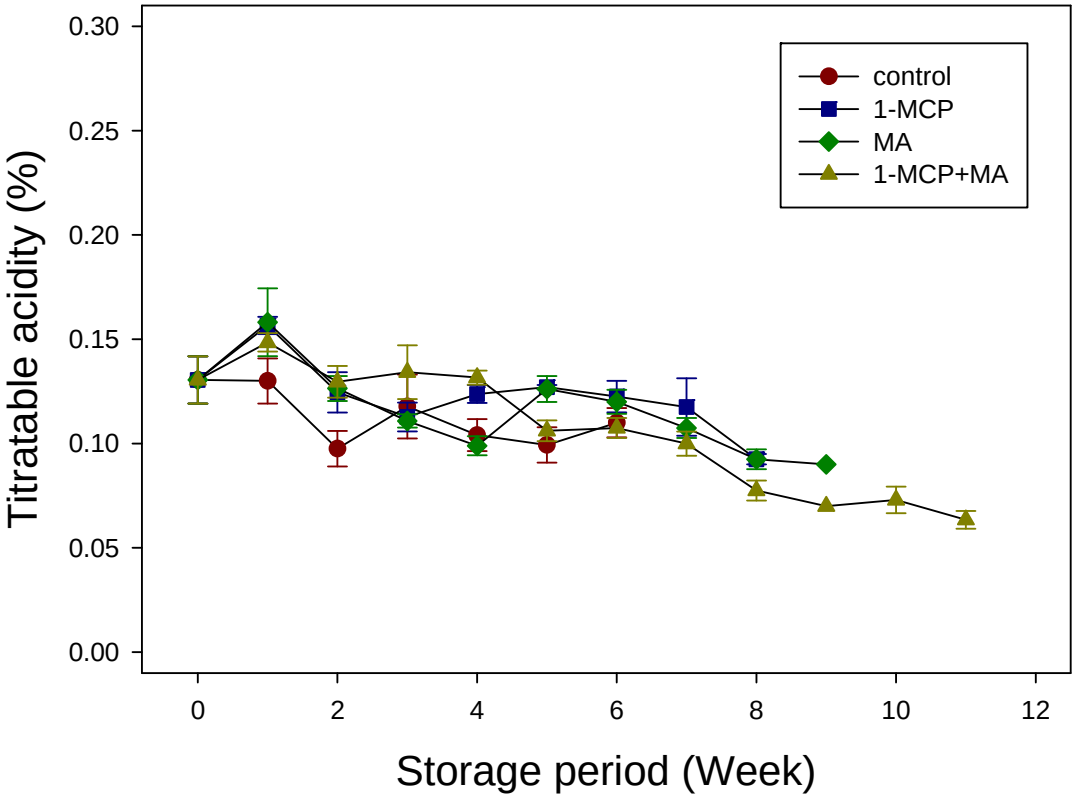


Fig. 1-18. Change of titratable acidity of Chinese cabbage cultivated in spring season.

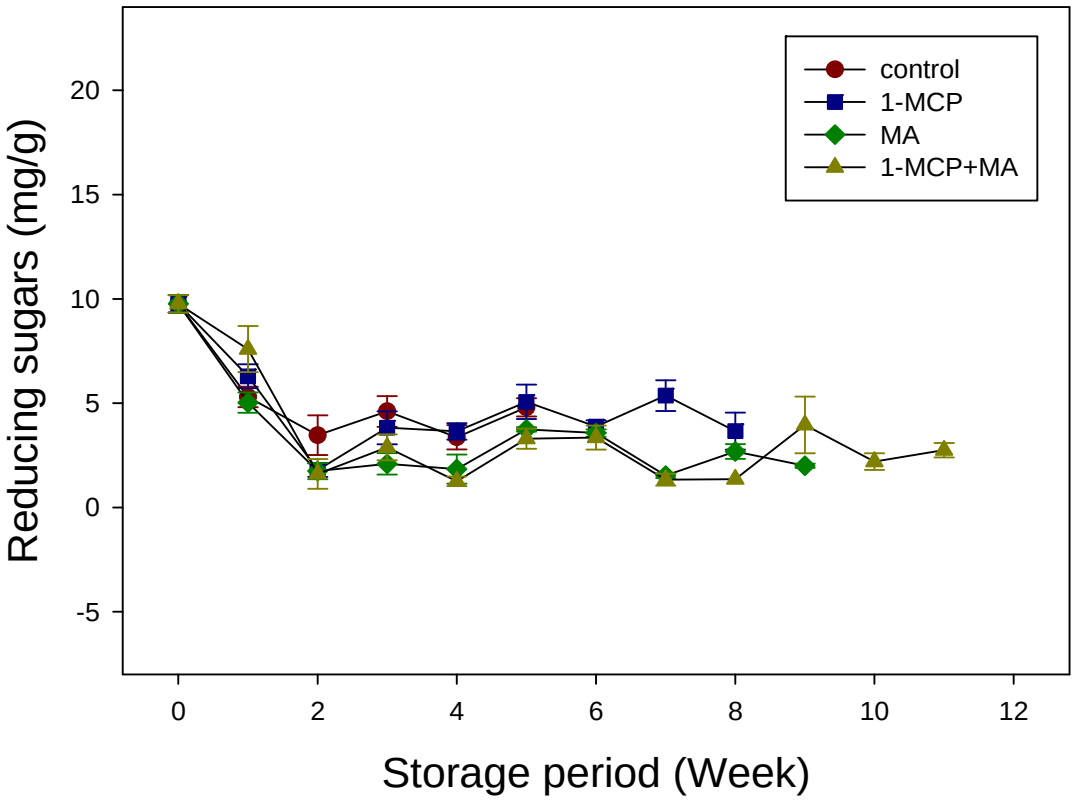


Fig. 1-19. Change of reducing sugar content of Chinese cabbage cultivated in spring season.

(2) 고랭지배추의 저장기간에 따른 품질 특성 및 1-MCP 처리 효과

고랭지배추는 계절별 배추중 에틸렌 발생량이 가장 높게 분석되어 고랭지배추의 저장기간을 연장하기 위하여 에틸렌 작용 억제제인 1-MCP를 처리하였다. 실험 결과 대조구에 비해 1-MCP 처리시 수분 증발에 의한 외엽의 품질 저하는 줄어들었으며(Fig. 1-20) 저장기간은 대조구는 6주인 반면 1-MCP 처리구는 8주로 연장되어 2주의 연장 효과가 있었다.

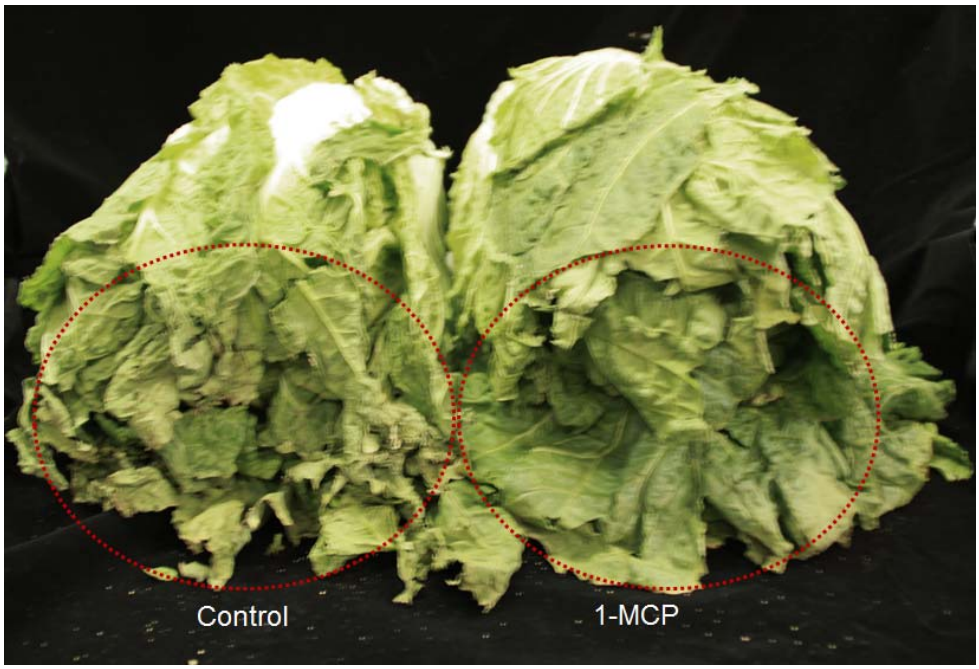


Fig. 1-20. Chinese cabbage stored at −0.2°C for 3 weeks with 1-MCP treatments.

에틸렌 발생량 및 호흡량과 같은 수확후 생리에 관련된 특성을 살펴보면 전반적으로 에틸렌 발생량은 저장기간이 증가함에 따라 급격히 감소하는 추세를 보였다(Fig. 1-21). 저장 초기 에틸렌 발생량은 5,116 nL kg^{-1} h^{-1}으로 계절별 배추 중 유일하게 높은 에틸렌 발생량을 보였다. 하지만 저장중 에틸렌 발생량 변화는 다른 계절에 재배된 배추와 마찬가지로 저장기간이 늘어날수록 급격히 감소하였으며, 저장 1주후에는 대조구의 경우 초기값 대비 50% 정도 감소한 2,230 nL kg^{-1} h^{-1}였으며, 1-MCP 처리구의 경우는 70% 감소한 1,543 nL kg^{-1} h^{-1}을 보였다. 그 이후도 꾸준한 감소 추세를 보여 저장 수명을 다했을 때는 에틸렌이 거의 발생하지 않았다. 하지만 대조구의 경우도 저장기간이 증가함에 따라 급격히 감소하여 다른 사과나 자두와 같은 호흡급등형(climacteric) 작물에 비해 1-MCP 효과가 크게 나타나지는 않았다.

호흡량도 에틸렌 발생량과 마찬가지로 계절별 배추 중 유일하게 높은 호흡량을 보였다(Fig. 1-22). 하지만 호흡량도 에틸렌 발생량과 같이 저장 기간이 증가함에 따라 급격히 감소하여 저장 1주후 대조구의 경우 1,203 μL kg^{-1} h^{-1}였으며, 1-MCP 처리구의 경우는 70% 감소한 972 μL kg^{-1} h^{-1}을 보였다. 그 이후 호흡량은 큰 변화를 나타내지 않았으며, 호흡량도 에틸렌 발생량과 마찬가지로 다른 호흡급등형(climacteric) 작물에 비해 1-MCP 효과가 크게 나타

나지는 않았다.

배추 저장성에 가장 큰 영향을 미치는 요인은 중량 변화이다. 1-MCP 처리는 배추의 저장 중 무게 감소를 지연시키는 효과를 나타냈다(Fig. 1-23). 이는 1-MCP 처리에 의해 호흡량이 감소하였으며, 이로 인하여 무게 감소도 지연된 것으로 판단된다. 특히 외엽의 수분 증발이 감소한 것 역시 호흡량 감소로 인한 무게 감소가 지연에 따른 것으로 판단된다. 1-MCP 처리가 봄배추에서는 별다른 효과가 나타나지 않았으나, 에틸렌 발생량 및 호흡량이 높은 고랭지배추의 경우는 품질유지기간이 증가함에 따라 저장기간 연장을 위한 처리로 가능하다고 판단된다.

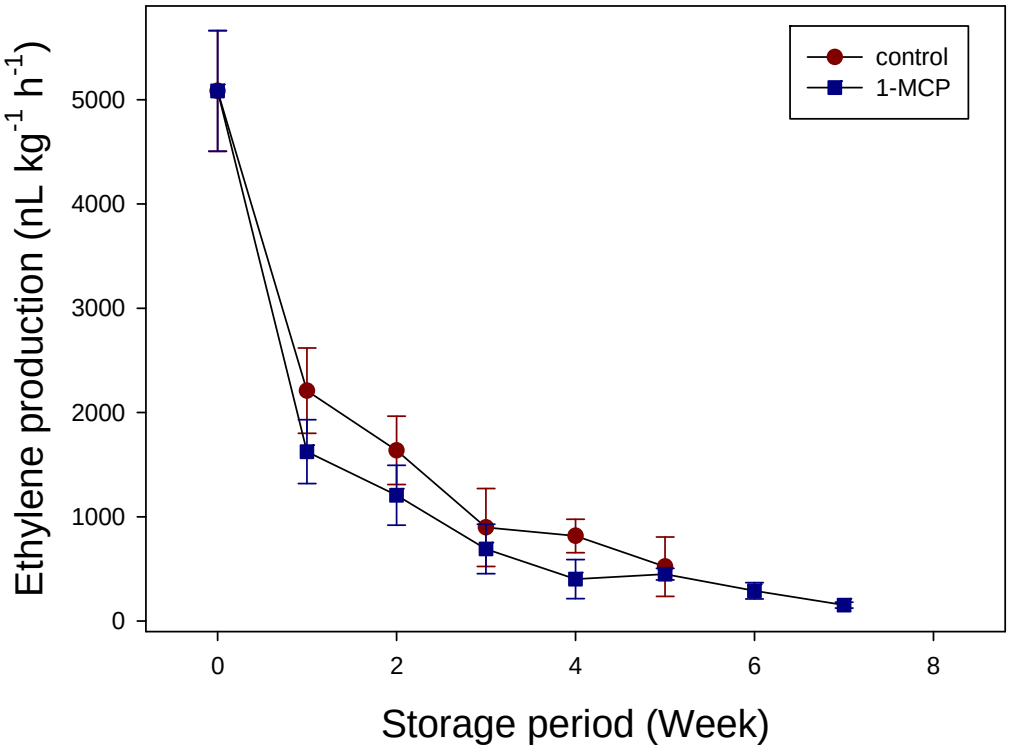


Fig. 1-21. Change of ethylene production of Chinese cabbage cultivated in summer season.

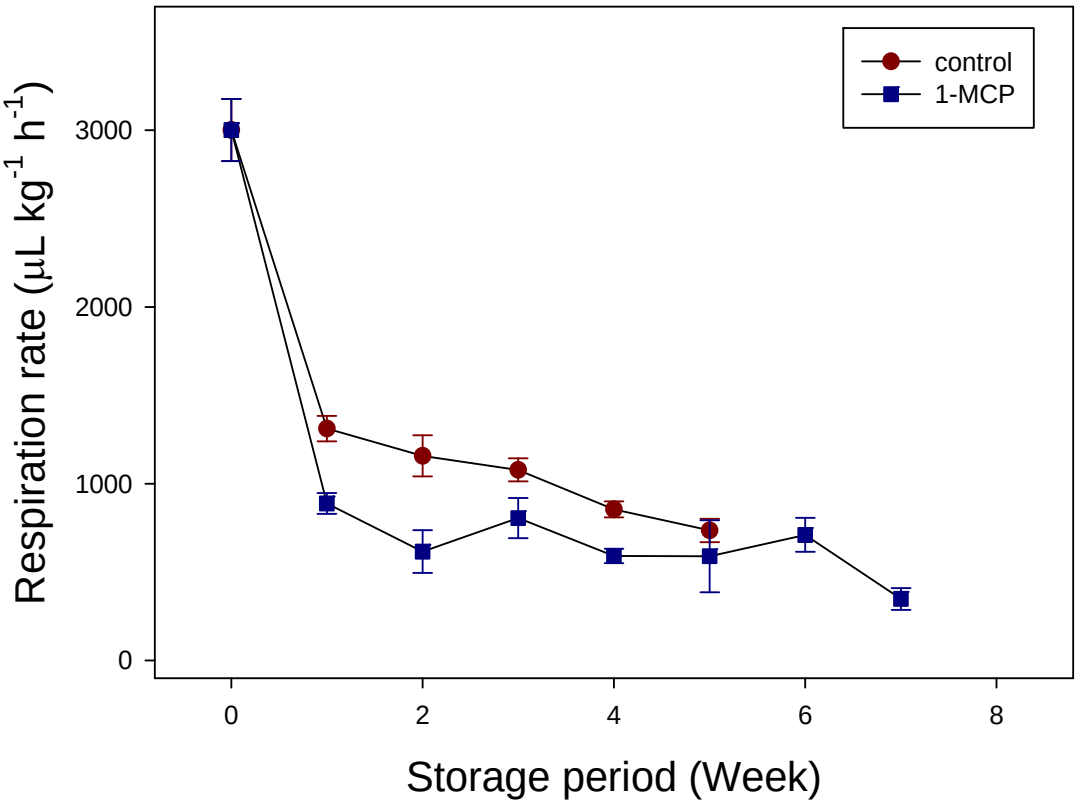


Fig. 1-22. Change of respiration rate of Chinese cabbage cultivated in summer season.

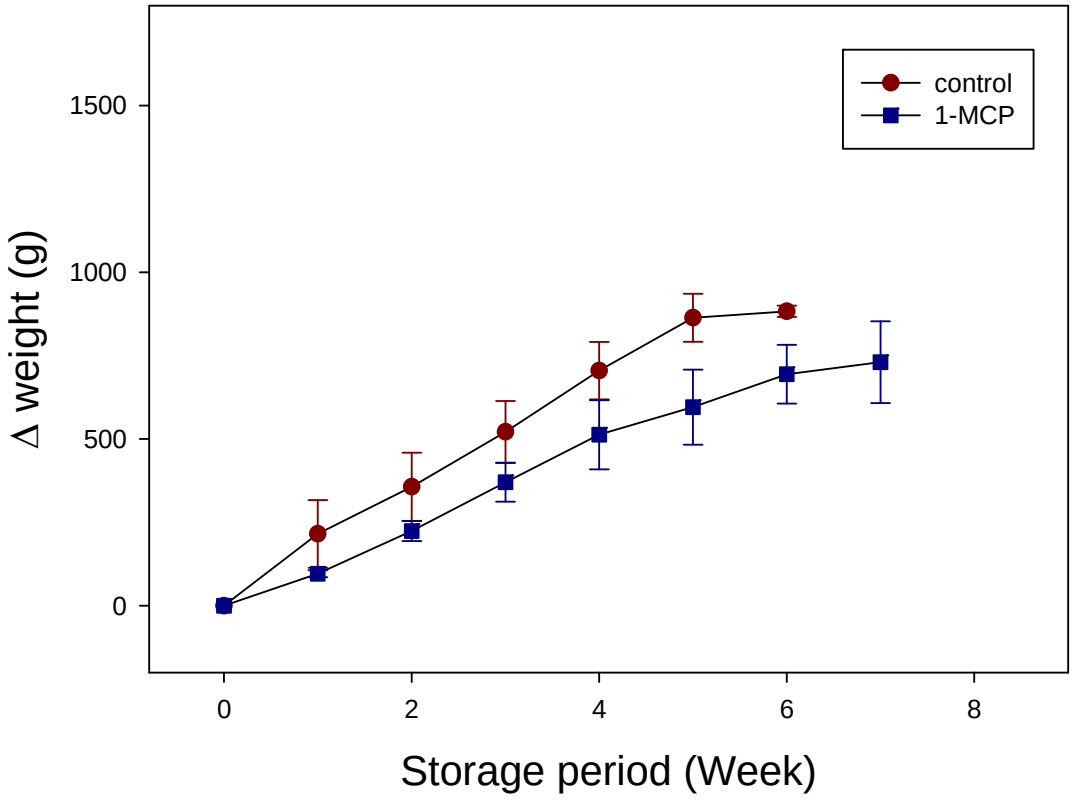


Fig. 1-23. Change of weight of Chinese cabbage cultivated in summer season.

고랭지배추의 저장중 품질변화를 확인하기 위하여 당도, 산도, pH, 환원당과 같은 이화학적 품질요인을 분석하였다. 당도의 변화는 Fig. 1-24에 나타내었으며, 전 저장기간에 걸쳐 2.1~3.9 °Brix의 범위에서 분석되어 봄배추와 크게 다르지 않았다. 저장기간중 당도 변화는 크게 관찰되지 않았으며, 1-MCP 처리에 따른 차이도 나타나지 않았다.

pH 역시 당도와 마찬가지로 저장기간중 큰 변화가 나타나지 않았다(Fig. 1-25). 저장기간중 pH는 6.0~6.5 범위에서 나타나 1-MCP 처리에 따른 차이가 없었으며, 저장기간에 따른 변화도 나타나지 않았다.

적정산도는 pH와 마찬가지로 전체적으로 저장기간이 증가에 따른 큰 변화는 관찰되지 않았다(Fig. 1-26). 저장 초기 배추의 적정산도는 0.08%로 봄배추에 비해서는 약간 낮게 분석되었으며, 저장 6주 후도 0.1%정도로 초기값과 크게 다르지 않았다. 하지만 1-MCP 처리에 따른 차이는 나타나지 않았다.

환원당 함량도 다른 이화학적 품질요인과 마찬가지로 저장기간이 증가에 따른 변화는 없었다(Fig. 1-27). 저장 초기 배추의 환원당 함량은 7.2 mg/mL으로 계절별 배추 중 가장 낮은 함량을 보였으며, 저장기간 중 변화는 나타나지 않았다. 환원당 함량은 다른 이화학적 특성과 마찬가지로 1-MCP 처리에 따른 차이는 나타나지 않았다.

앞에서 살펴본 에틸렌 발생량과 호흡량과 같은 생리학적 특성뿐만 아니라 당도, 산도, pH, 환원당과 같은 이화학적 품질 인자를 분석한 결과 1-MCP 처리가 배추의 이화학적 품질 특성에는 큰 영향을 미치지 않았으며, 1-MCP 처리에 따라 에틸렌 발생량 및 호흡량이 감소하여 무게 감소가 지연되는 효과가 나타났다. 또한 무게 감소가 지연됨에 따라 수분 증발이 억제되어 외엽 마름 현상이 지연되어, 품질 유지도 잘 이루어져 저장기간이 연장되는 효과를 볼 수 있었다. 봄배추에서는 1-MCP 처리에 따른 저장기간 연장 효과가 거의 나타나지 않았으나, 에틸렌 발생량이 상대적으로 높은 고랭지 배추에서는 1-MCP 처리 효과가 나타나 저장기간이 2주간 연장되었다.

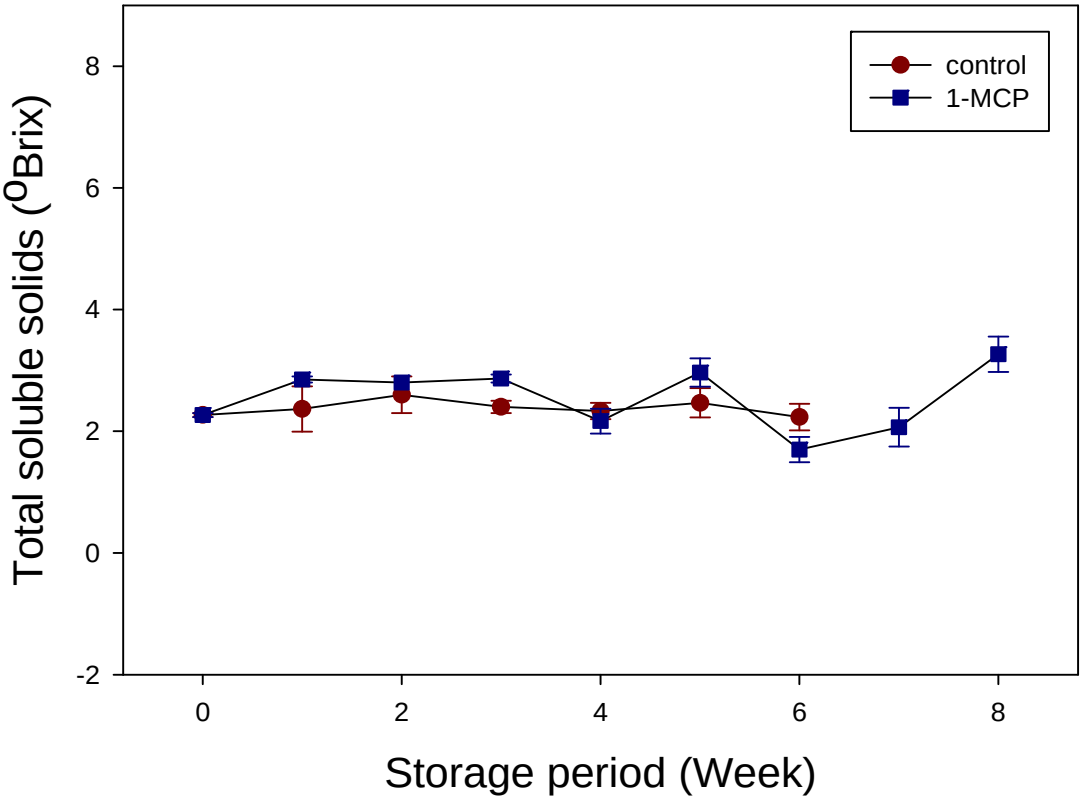


Fig. 1-24. Change of total soluble solid content of Chinese cabbage cultivated in summer season.

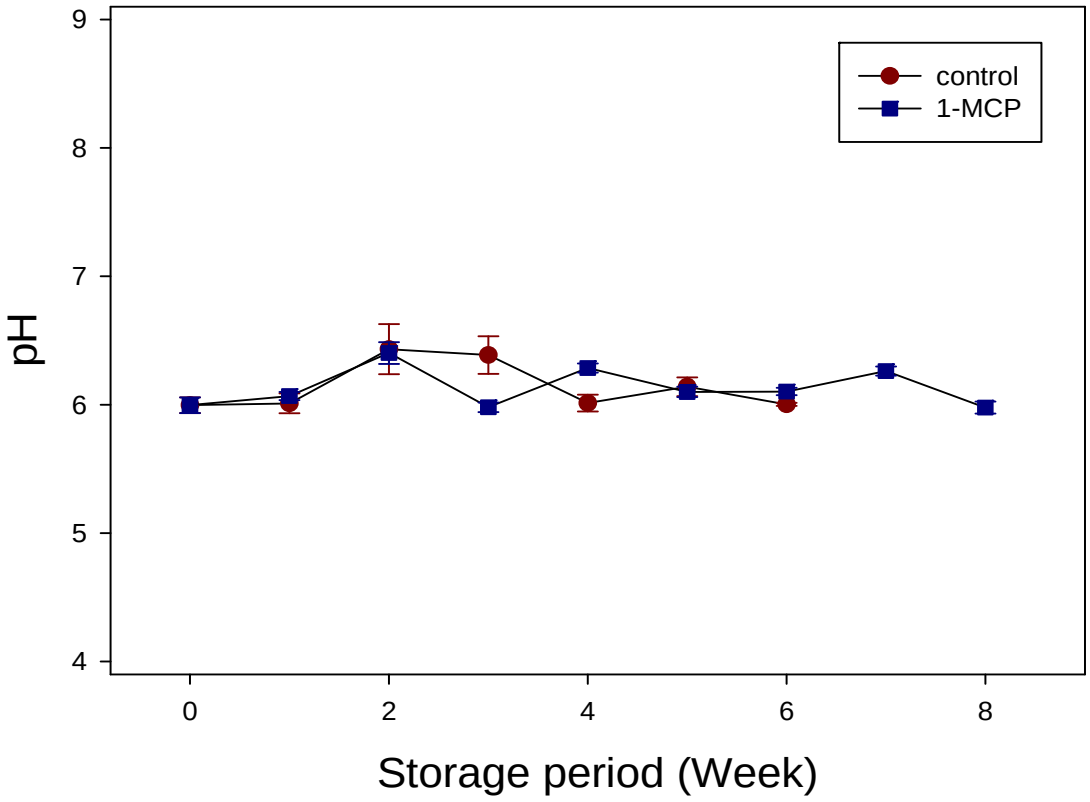


Fig. 1-25. Change of pH of Chinese cabbage cultivated in summer season.

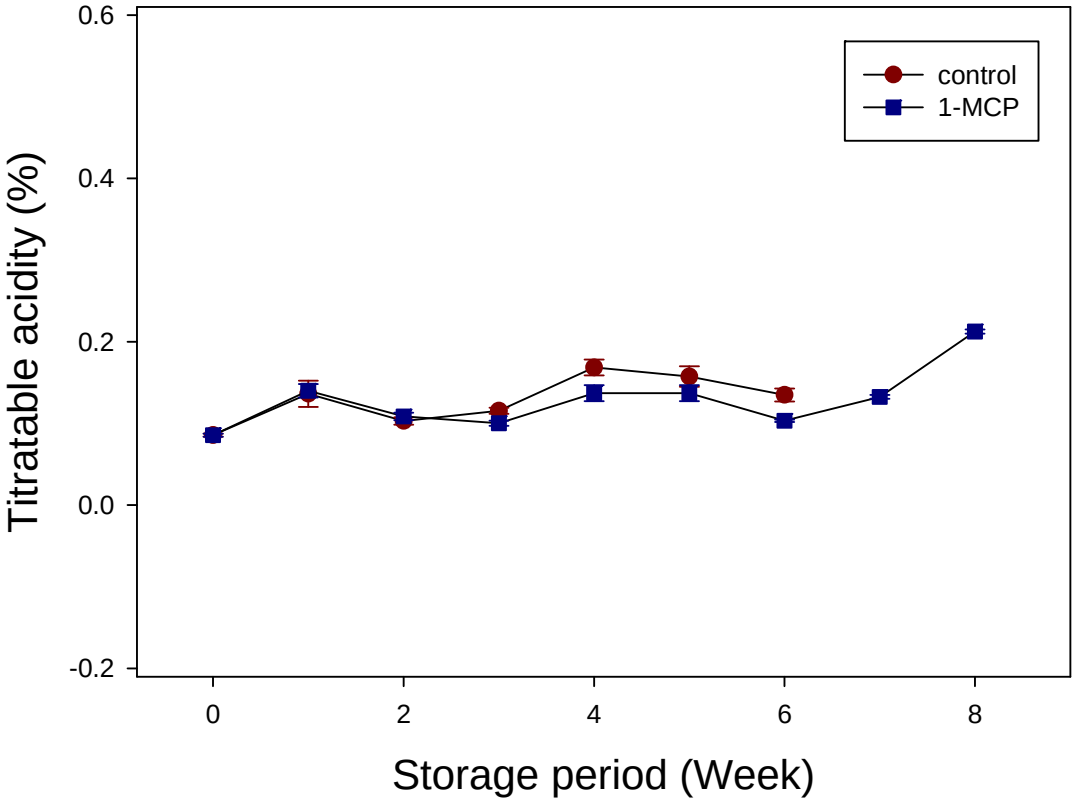


Fig. 1-26. Change of titratable acidity of Chinese cabbage cultivated in summer season.

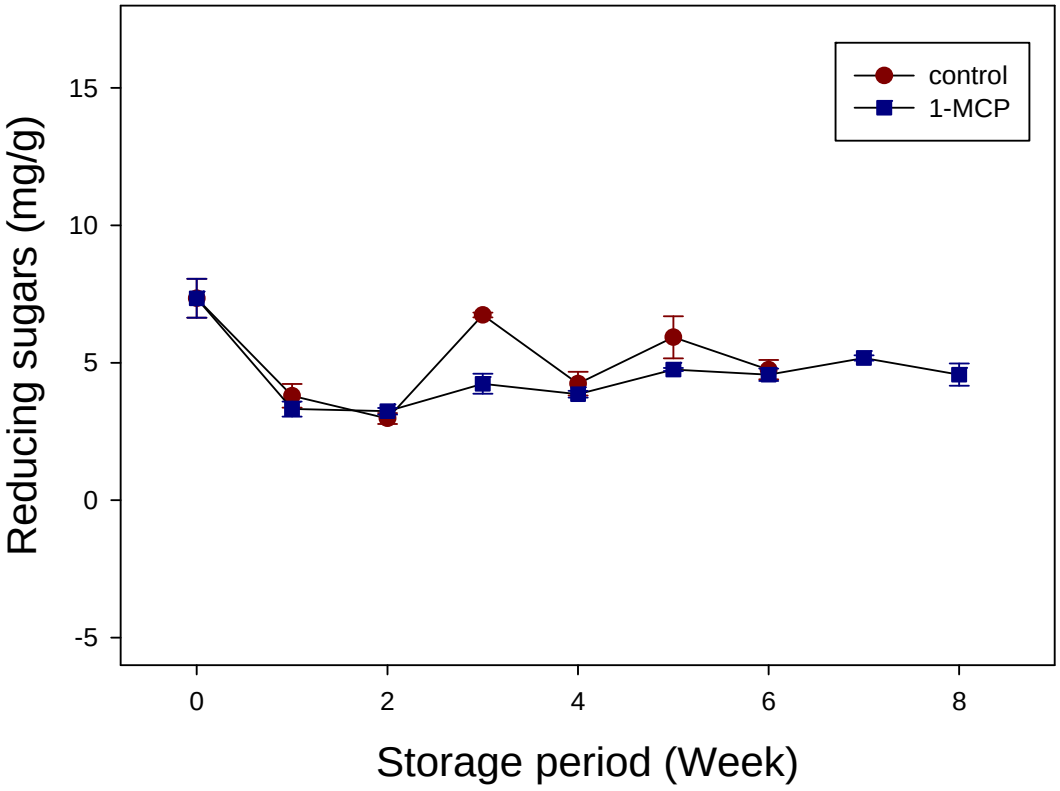


Fig. 1-27. Change of reducing sugar content of Chinese cabbage cultivated in summer season.

(3) 월동배추의 저장기간에 따른 품질 특성 및 MA 저장 효과

봄배추, 고랭지배추, 가을배추, 월동배추의 수확후 생리를 분석한 결과, 고랭지배추에서만 에틸렌 발생량 및 호흡량이 높게 나타났다. 1-MCP는 에틸렌 작용 억제제로서 일반적으로 에틸렌 발생량이 높은 작물에서 효과가 크다. 하지만 월동배추는 저장 직후부터 에틸렌 발생량이 매우 낮아 저장기간 연장을 위한 처리로 적합하지 않다고 판단되었다. 봄배추의 저장실험에서 1-MCP 처리는 대조구와 비교하여 거의 효과가 없었던 반면, PA 필름을 이용한 MA 저장은 저장기간 연장 효과가 매우 컸기 때문에 월동배추 저장기간 연장을 위한 처리로 MA 저장을 실시하였다.

MA 저장이란 산물의 호흡에 의해 포장 내부의 산소와 이산화탄소 농도가 외부와는 다르게 형성되어 노화 등 품질 저하를 억제하는 필름 포장 방법을 말한다. 배추와 같이 엽면적이 넓어 수분 증발이 쉽게 일어나는 작물의 장기 저장을 목적으로 할 경우 MA 저장은 수분 증발을 막아줘 품질 유지에 효과적이다. 하지만 필름이 적합하지 않을 경우 오히려 내부에 수분이 응결되어 부패를 촉진시키며, 필름 내부 공기조성이 불량해져 저장기간이 짧아질 수 있으므로, 적합한 필름 선택이 매우 중요하다.

봄배추에서는 MA 저장을 위해서 PA 필름 처리만 실시하였으나, 월동배추 저장기간 연장 실험을 위해서 PA, PE, PP 등 다양한 필름을 이용하여 월동배추 저장기간 연장을 위한 최적 필름을 탐색하였다(Fig. 1-28).

Fig. 1-28. Storage of Chinese cabbage cultivated in winter season with PE, PP, and PA film.

일반적으로 이용되는 포장재 종류는 폴리에틸렌(PE) 필름과 폴리프로필렌(PP) 필름이다. PP 필름은 PE 필름에 비해서 산소와 이산화탄소의 투과도가 약하여 controlled atmosphere(CA) 환경을 조성하는데 효과적이다. 판매시 투명도로 인해 선호되는 포장재는 PP 필름이다. 그러나 PP 필름의 투과도는 PE 필름에 비해 낮기 때문에 저장 중 온도편차가 발생시 무기호흡에 의한 이취가 발생할 가능성이 더 높으며, PP 필름은 PE 필름에 비해 유연성이 떨어져 작업에는 PE 필름이 더 용이하다. 본 실험에서 사용된 PA 필름은 이스라엘의 Xtend사에서 개발한 필름으로 작물별로 수확후 생리를 분석한 후 투과도를 조절한 필름으로 아직 국내에서는 연구된 바 없는 필름이다.

월동배추의 품질이 봄배추에 비해 월등히 좋아 김치 업체에서는 최대한 장기간 월동배추를 공급받기를 원하기 때문에 본 연구과제에서는 월동배추를 최대한 늦게 수확한 후 장기 저장하여 월동배추 공급기간을 늘리고자 하였다. 그래서 2월말 월동배추 작형 말기에 월동배추 저장실험을 시작하였으나, 2월 중순에 월동배추 주산지인 전남 지역에 한파 및 폭설이 내려 월동배추의 작황이 매우 불량하였으며, 이로 인해 저장초기부터 품질이 좋지 않아 장기저장을 기대할 수 없었다.

월동배추의 저장중 품질변화를 확인하기 위하여 당도, 산도, pH, 환원당과 같은 이화학적 품질요인을 분석하였다. 당도의 변화는 Fig. 1-29에 나타내었으며, 저장 초기의 당도는 4.6 °Brix으로 분석되었다. 당도는 전 저장기간에 걸쳐 3.2~4.8 °Brix의 범위에서 분석되어 봄배추나 고랭지배추에 비해 높게 나타났으나, 봄배추나 고랭지배추와 마찬가지로 저장기간중 당도 변화는 관찰되지 않았으며, 필름 종류에 따른 차이도 나타나지 않았다.

pH는 저장기간이 증가할수록 감소하는 경향을 보였다(Fig. 1-30). 저장 초기의 pH는 6.35였으며, 저장기간이 증가함에 따라 pH는 5.8~6.1 범위에서 나타났으나, 저장 후기에는 5.6까지 하락했다. 하지만 저장기간에 따른 pH의 필름 종류에 따른 차이는 관찰되지 않았다.

적정산도는 pH와 반대로 전체적으로 저장기간이 증가함에 따라 상승하는 경향을 보였다(Fig. 1-31). 저장 초기 배추의 적정산도는 0.18%로 봄배추나 고랭지배추에 비해서는 높게 분석되었으며, 저장 2주후부터 약간 상승하였으며, 저장 후기에는 0.25~0.38%까지 상승하였다. 전반적으로 대조구의 적정산도가 높은 편이었으며, 처리구의 적정산도가 낮게 분석되었으나, 필름 종류에 따른 차이는 크게 나타나지 않았다.

환원당 함량도 다른 이화학적 품질요인과 마찬가지로 저장기간이 증가에 따른 변화는 없었다(Fig. 1-32). 저장 초기 배추의 환원당 함량은 17.8 mg/mL으로 계절별 배추 중 가장 높은 함량을 보였으며, 저장기간 중 변화는 나타나지 않았다. 환원당 함량은 다른 이화학적 특성과 마찬가지로 필름 종류에 따른 차이는 나타나지 않았다.

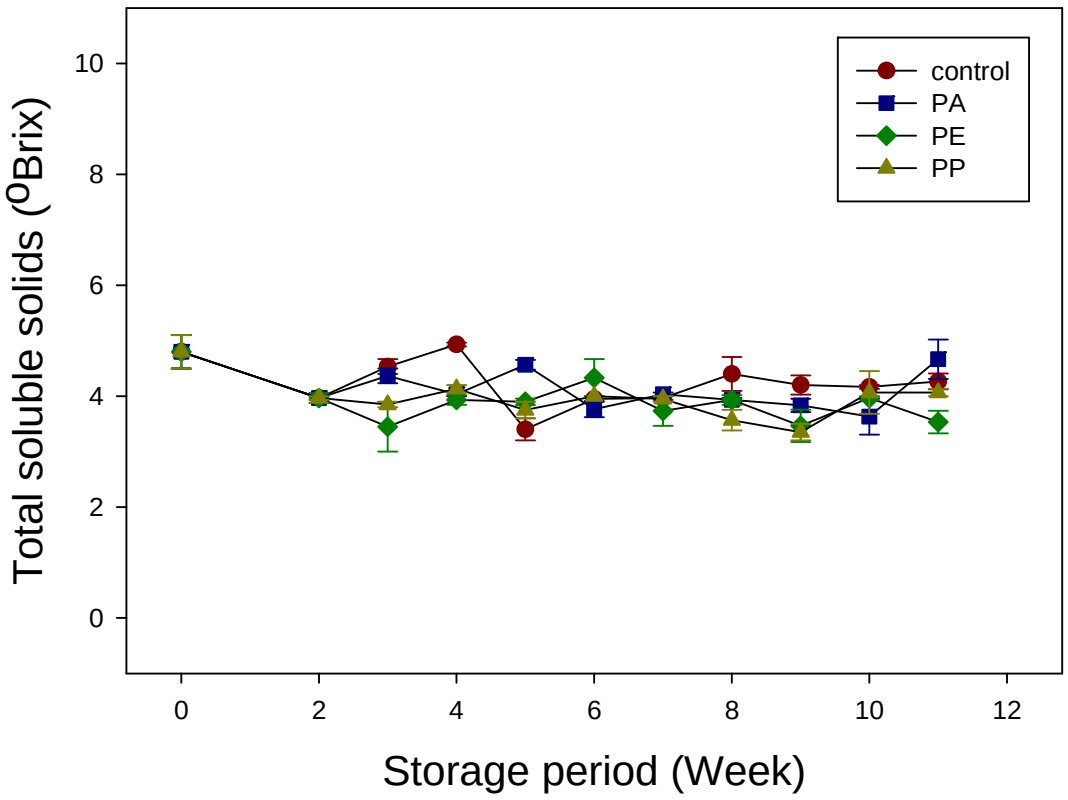


Fig. 1-29. Change of total soluble solid content of Chinese cabbage cultivated in winter season.

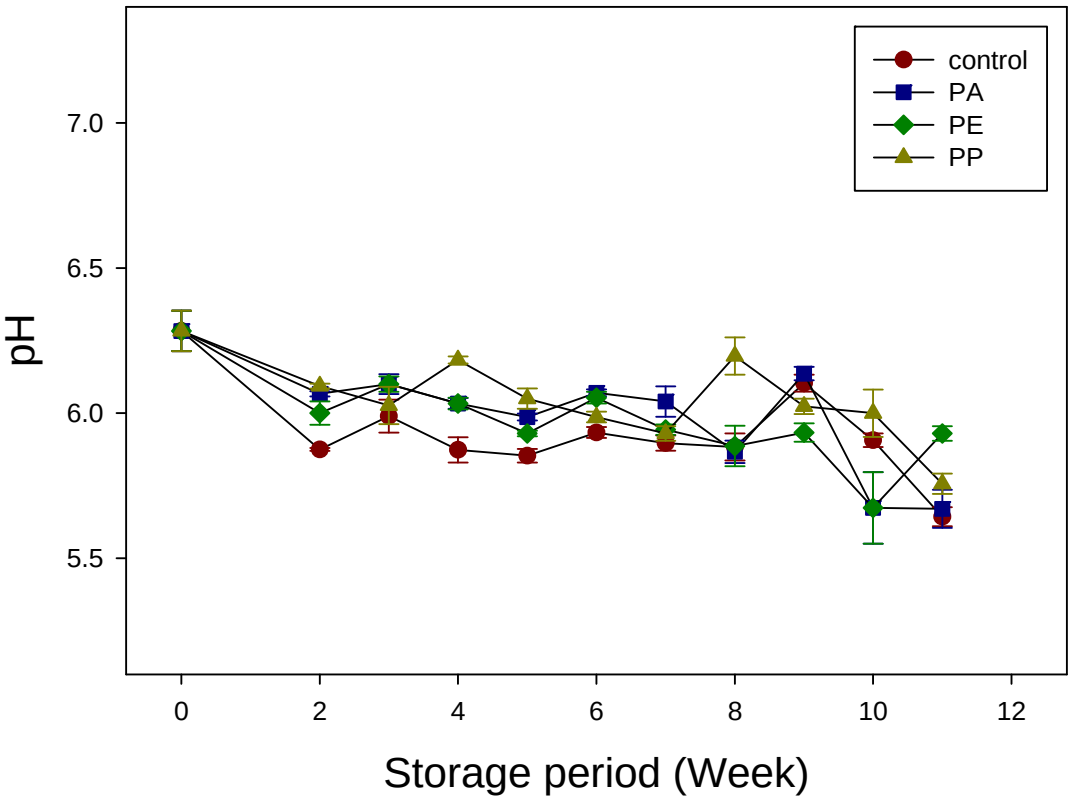


Fig. 1-30. Change of pH of Chinese cabbage cultivated in winter season.

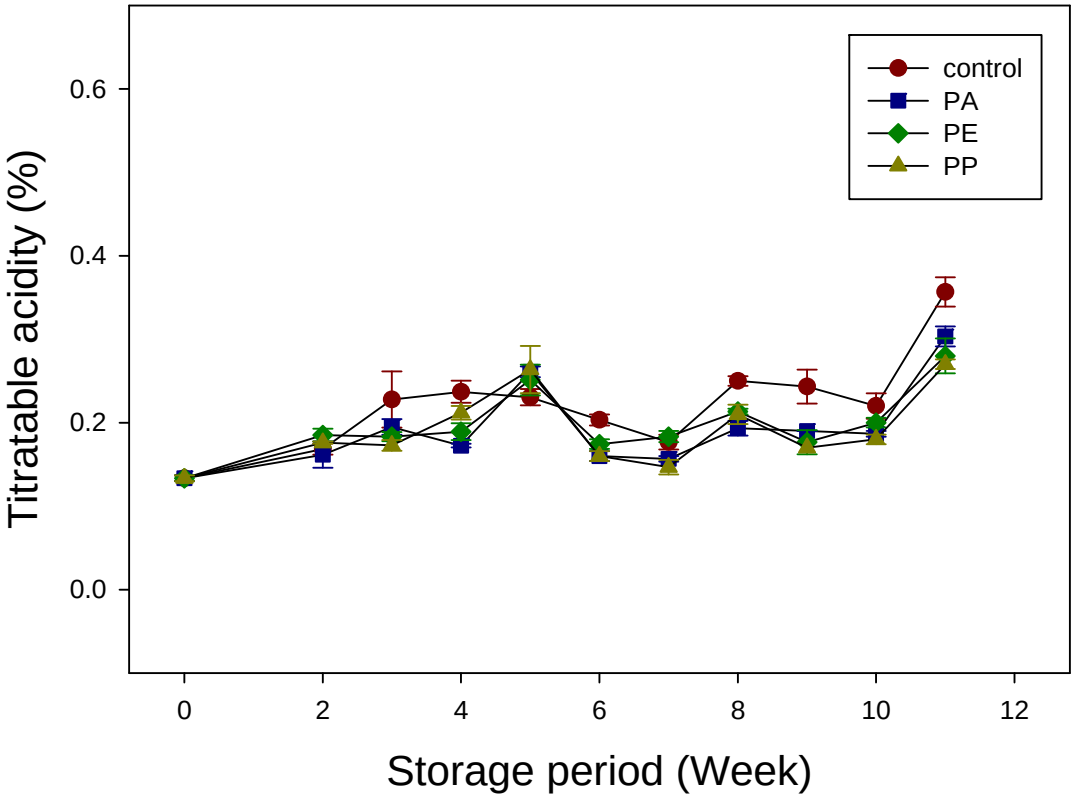


Fig. 1-31. Change of titratable acidity of Chinese cabbage cultivated in winter season.

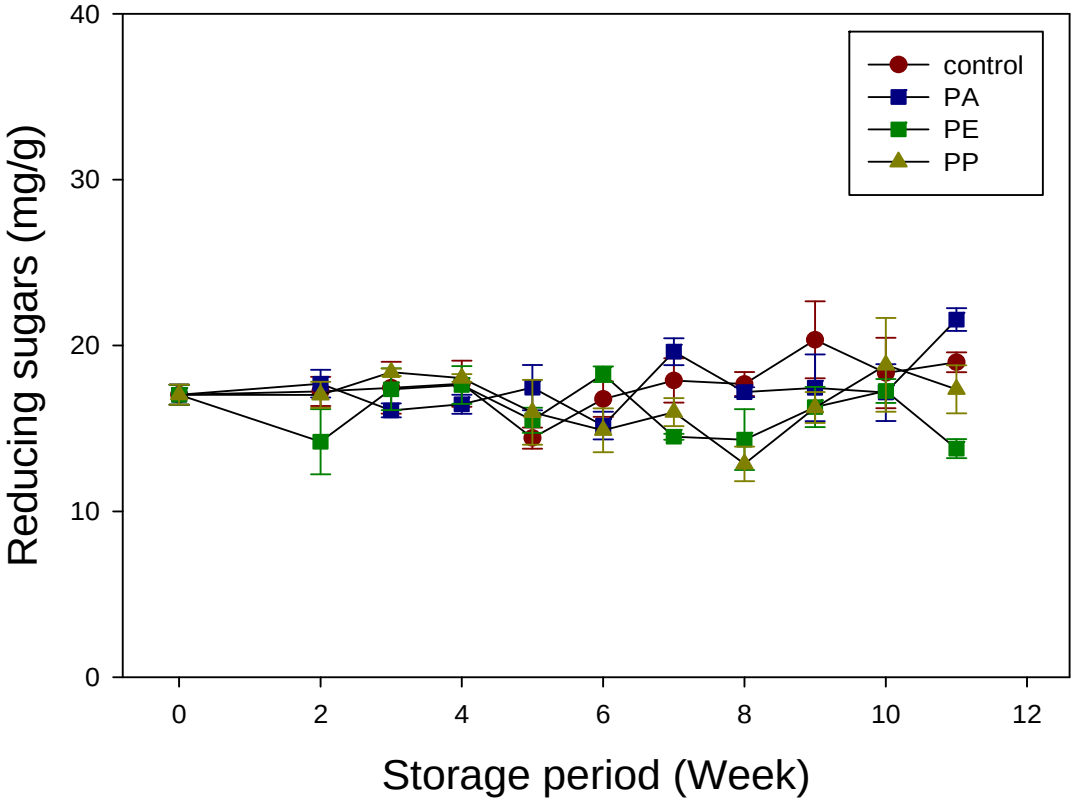


Fig. 1-32. Change of reducing sugar content of Chinese cabbage cultivated in winter season.

봄배추와 고랭지배추의 저장 실험 결과를 토대로 월동배추 장기저장을 위해서 MA 저장을 실시하였으며, 월동배추 장기저장을 위한 최적 필름을 탐색하기 위하여 PA, PE, PP 등 다양한 필름을 처리하여 저장실험을 실시하였다. 하지만 저장전 한파 및 폭설로 인하여 수확 당시의 배추의 상태가 매우 불량하여 장기저장을 기대하기 힘들었으며, 저장 결과도 필름간 차이가 뚜렷이 나타나지 않았다. 하지만 대조구와는 차이가 나타나 대조구의 경우 저장 2주차부터 외엽의 마름현상이 관찰되었지만, MA 저장구의 경우는 저장 6주차부터 외엽의 마름현상이 나타나 수분 증발 억제로 인한 품질 유지 효과가 있었다.

앞에서 살펴본 당도, 산도, pH, 환원당과 같은 이화학적 품질 인자를 분석한 결과 MA 저장이 배추의 이화학적 품질 특성에는 큰 영향을 미치지 않았으며, MA 저장 실시시 무게 감소가 지연되어 저장기간이 연장되는 효과가 나타났다. 하지만 필름 종류에 따른 차이는 나타나지 않았으며, 다만 PP 필름 보다는 PE 나 PA 필름이 작업의 용이성으로 인하여 더 선호되었다.

본 실험을 통하여 배추의 저장기간을 연장하기 위하여 1-MCP와 MA 저장을 실시하였는데, 배추는 에틸렌 발생량이 높지 않으며 엽면적이 넓은 작물이기 때문에 이러한 특성으로 인하여 1-MCP 보다는 MA 저장이 장기저장을 위한 수단으로 더 적합하다고 판단되었다. 봄배추의 경우 1-MCP와 MA 저장을 병행하였을 때 저장기간이 가장 길게 나타났으나, 저장기간 연장이 그리 크지 않았기 때문에 1-MCP 처리 비용 등으르 고려하면 MA 저장을 단독으로 실시하는 편이 더 효과적이라고 판단된다. 배추에 있어서 MA 저장은 원예산물의 저장 및 유통 중 중요한 손실요인인 중량감소율을 저장말기까지 낮게 유지해주어, 배추 장기저장을 위한 효과적인 수확후관리 기술이라 할 수 있다.

다. 배추 장기저장용 최적 필름 탐색

1차년도에 월동배추 저장기간 연장 실험을 위해서 PA, PE, PP 등 다양한 필름을 이용하여 MA 저장을 실시하여 배추 장기저장을 위한 최적 필름을 탐색하였으나, 배추 수확 당시 이상한파로 인하여 저장초기부터 배추 상태가 좋지 않아 MA 저장 효과가 크게 나타나지 않았으며, 최적 필름 탐색도 어려워 2차년도에 최적 필름을 위한 실험을 다시 실시하였다. 다만, PP 필름의 경우 필름의 탄성이 떨어지고 쉽게 파손되어 처리에 어려움이 있었으며 PA 필름은 저장기간 연장 효과는 있었으나, 아직까지 국내 보급률이 높지 않아 처리가 용이하지 않았다. 따라서 2차년도 실험에서는 처리도 쉽고 저장효과도 있으면서 쉽게 구할 수 있는 PE 필름을 이용하여 실험을 진행하였으며, 필름 두께에 따른 처리 효과를 확인하기 위하여 두께 20μm와 100μm의 필름을 봄배추와 겨울배추에 각각 처리하여 저장기간 연장효과를 확인하였다.

(1) 필름 종류에 따른 봄배추의 저장 중 품질 특성

두께 20μm와 100μm의 PE 필름을 이용하여 배추가 담긴 플라스틱 박스에 포장한 후 저장 중 이화학적 품질변화를 관찰하였다. 처리에 따른 저장기간을 살펴보면, 별도의 필름 포장 없이 플라스틱박스에 배추를 담아 저장한 대조구의 경우는 8주간 저장이 가능하였으며, 100μm

두께의 PE 필름으로 배추 플라스틱 박스를 포장한 처리구(PE-100)는 11주간 배추 저장이 가능하였다. 반면, 20μm 두께의 PE 필름으로 포장한 처리구(PE-20)는 12주간 저장이 가능하여 가장 긴 저장기간을 보였으며, 대조구 대비 30% 이상 저장기간 연장 효과를 나타냈다. 대조구의 경우 저장중 수분 감소로 인한 중량감소 및 시들음이 가장 큰 문제로 나타났으며, 필름 포장 처리구의 경우는 필름 종류에 상관없이 필름 내부 수분 응결로 인한 내부 과습 현상 및 이로 인한 부패, 곰팡이 등이 가장 큰 문제로 조사되었다.

저장 중 이화학적 품질변화를 살펴보면, 필름 처리와 상관없이 저장기간이 증가할수록 pH는 감소하고 산도는 증가하는 경향을 보였다(Fig. 1-33, 34). 필름 처리간 차이를 살펴보면, pH의 경우는 처리에 따른 큰 차이가 관찰되지 않아 저장 7주 후 pH는 대조구 6.02±0.09, PE-20은 6.15±0.05, PE-100은 6.01±0.06으로 유의적 차이를 보이지 않았다. 하지만 저장 후기로 갈수록 필름 처리시 pH 감소 속도가 지연되어 저장 10주 후 pH는 대조구 5.89±0.08, PE-20는 5.94±0.01를 보인 반면, PE-100은 6.05±0.03을 나타내 PE-100으로 처리시 pH 감소 속도가 가장 지연되었다. 산도의 경우도 pH와 비슷한 경향을 보여 저장 7주 후 산도는 대조구 0.19±0.02 PE-20은 0.16±0.02, PE-100은 0.19±0.01으로 유의적 차이를 보이지 않았다. 하지만 저장 후기로 갈수록 필름 처리시 산도 증가 속도가 지연되어 저장 10주 후 산도는 대조구 0.26±0.01를 보인 반면, PE-20은 0.20±0.01, PE-100은 0.20±0.01로 분석되어 필름 처리에 따른 산도 증가 속도가 지연됨을 확인할 수 있었다.

당도의 경우는 저장기간 및 필름 처리에 따른 유의적인 차이가 관찰되지 않았으나, 환원당의 경우는 저장기간이 증가할수록 감소하는 경향을 보였으며, 필름 처리간 차이는 나타나지 않았다(Fig. 1-35, 36). 당도의 경우는 저장 초기에는 4.50±0.42를 나타내었으며, 저장 8주후 당도는 대조구가 4.47±0.55, PE-20은 4.03±0.15, PE-100은 4.50±0.26으로 분석되어 처리간 유의적 차이는 나타나지 않았다. 환원당의 경우는 저장 초기에는 19.10±1.12로 분석되었으나, 저장 종료시 대조구는 15.41±2.36, PE-20의 경우는 16.58±0.15, PE-100은 15.52±0.63으로 분석되어 저장기간동안 약 20% 가량 감소하는 것으로 분석되었다.

저장기간중 물리적 변화를 살펴보면, 수분 함량의 경우 필름 처리에 따른 가장 큰 차이가 보이는 품질평가 항목으로 대조구의 경우 수분 증발로 인한 시들음 및 중량감소로 상품성을 크게 잃어 저장기간이 종료되었다(Fig. 1-37). 저장 초기 수분함량은 94.57±1.44이었으며, 저장기간 동안 수분함량의 큰 변화는 관찰되지 않았으나, 대조구의 경우 저장 10주후 수분 함량이 91.73±0.89로 PE-20의 93.96±0.91과 PE-100의 94.30±0.25에 비해 크게 낮은 함량으로 분석되었다. 특히 필름 처리구의 경우 필름 종류에 상관없이 내부 상대습도가 높게 유지되어 수분함량 및 중량감소를 억제하여 저장기간이 연장되었다.

조직감의 경우는 저장기간에 따른 유의적인 차이는 나타나지 않았다(Fig. 1-38). 보통의 원예작물의 경우 저장기간이 증가할수록 조직의 연화가 일어나 경도가 떨어져 조직감이 나빠지게 되나, 배추의 경우는 저장기간이 증가할수록 조직내 수분 감소가 일어나고, 이로 인하여 배추 조직의 탄성이 증가하여 저장기간이 증가하여도 조직감이 유지되는 것으로 판단된다.

종합적으로 볼 때, 봄배추 장기저장시 필름 처리는 필름 두께 및 종류에 상관없이 저장성을 향상시키는데 도움이 되었다. 대조구의 경우 8주 저장후 품질이 급속히 떨어져 상품성을 상실하였지만, 필름 처리구의 경우 11~12주간 저장이 가능하여 약 40% 이상 저장기간 연장 효과를 확인할 수 있었다. 하지만 처리 및 필름 구입의 용이성을 고려할 때 PE 필름이 배추 MA 저장을 위한 최적의 필름으로 판단되며 PE 필름의 두께는 100μm보다는 20μm가 저장중 부패 및 곰팡이 발생도 적게 나타나 PE 20μm 필름이 봄배추 저장에 적합한 것으로 나타났다.

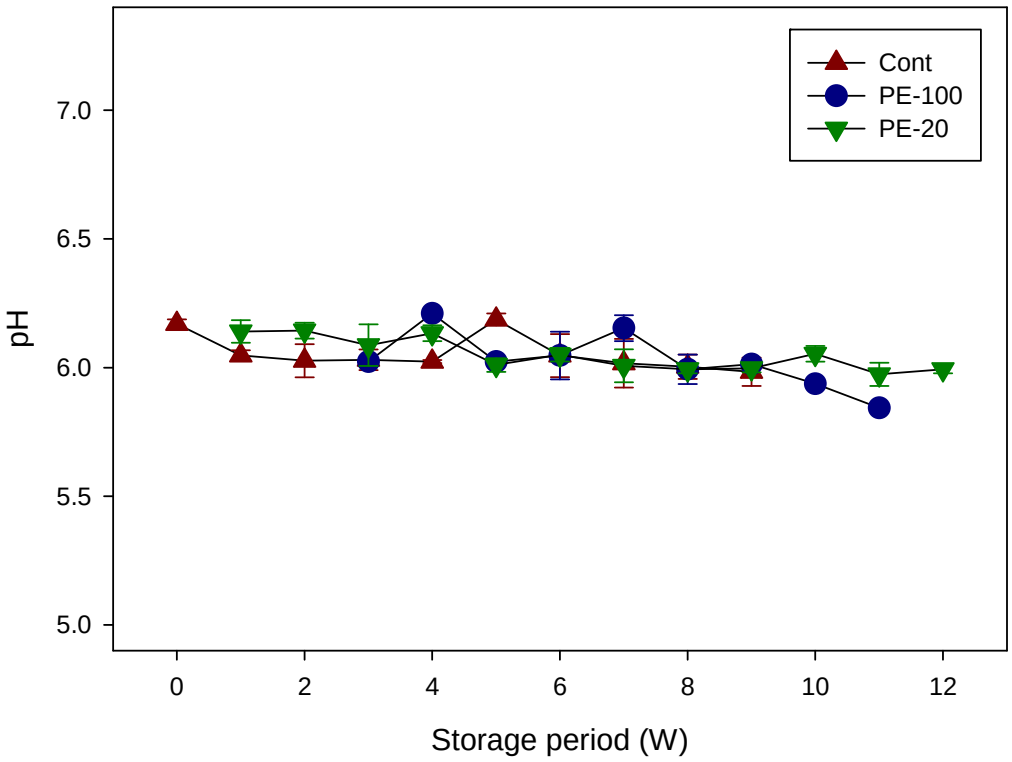


Fig. 1-33. Change of pH of Chinese cabbage covered with PE films (20 and 100 μm thickness).

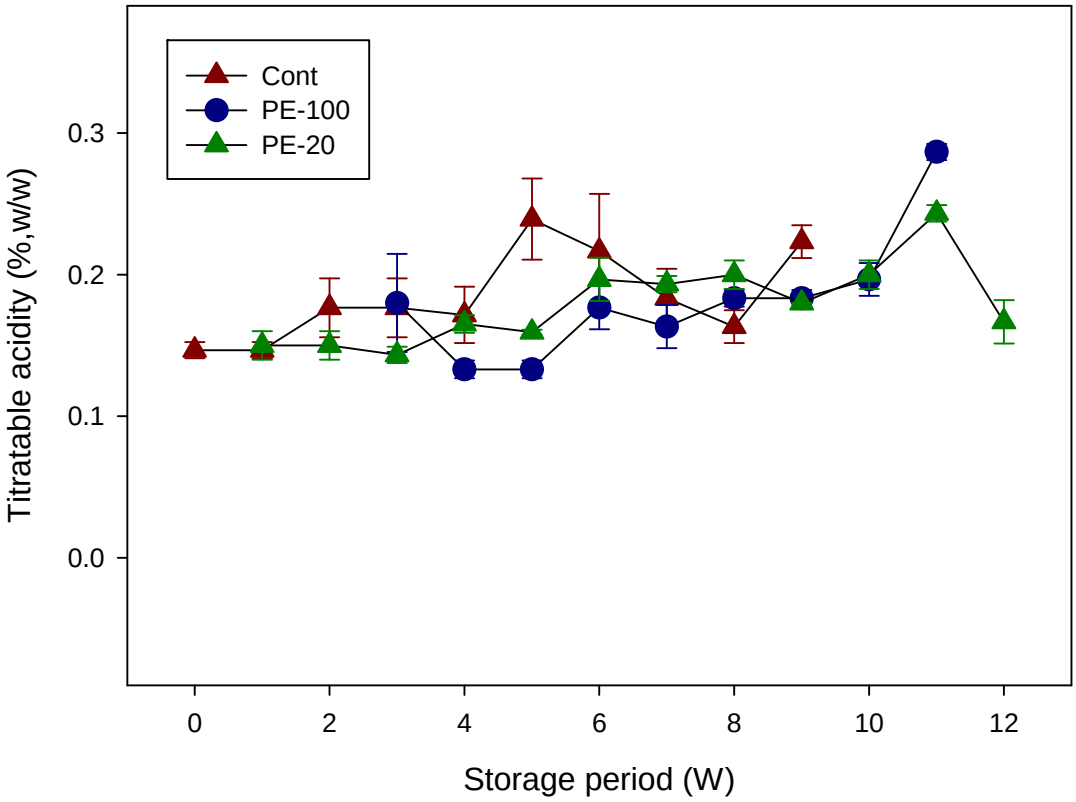


Fig. 1-34. Change of titratable acidity of Chinese cabbage covered with PE films (20 and 100 μm thickness).

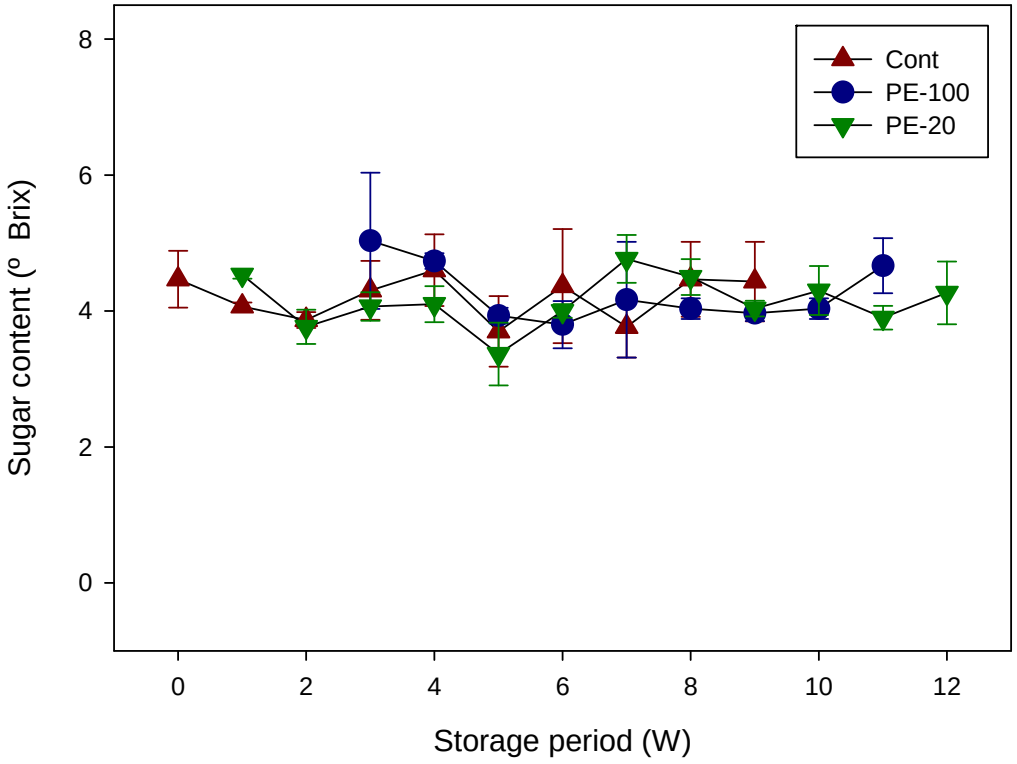


Fig. 1-35. Change of sugar content of Chinese cabbage covered with PE films (20 and 100 μm thickness).

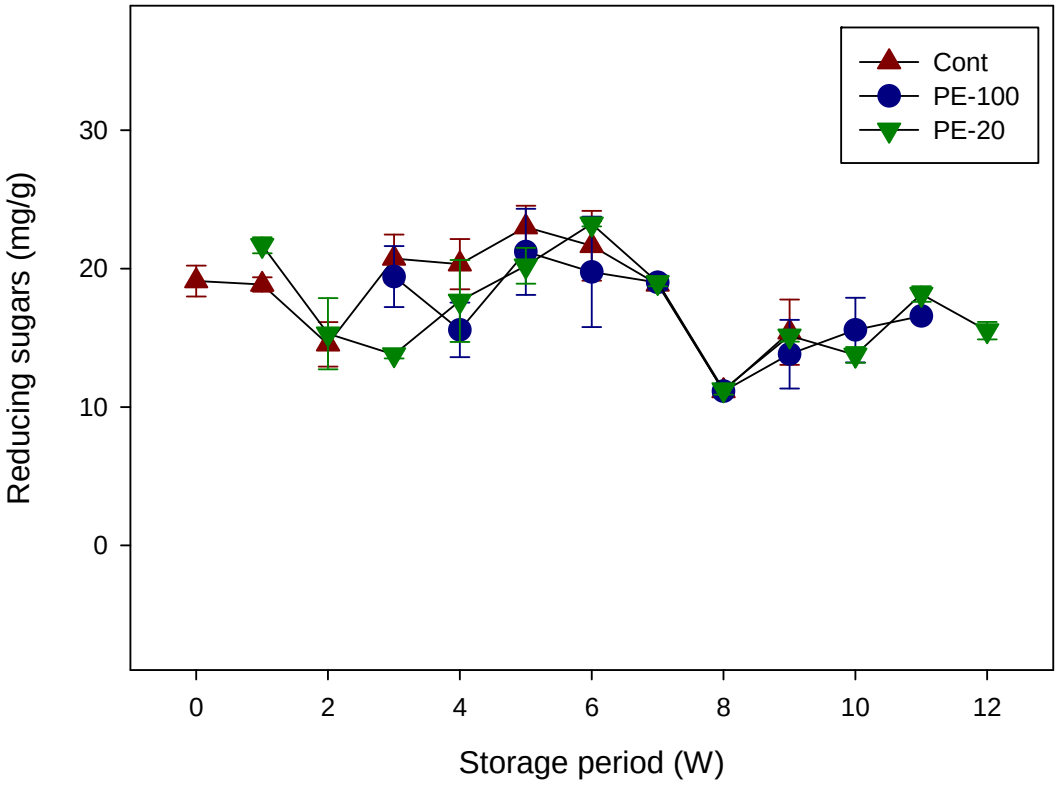


Fig. 1-36. Change of reducing sugars of Chinese cabbage covered with PE films (20 and 100 μm thickness).

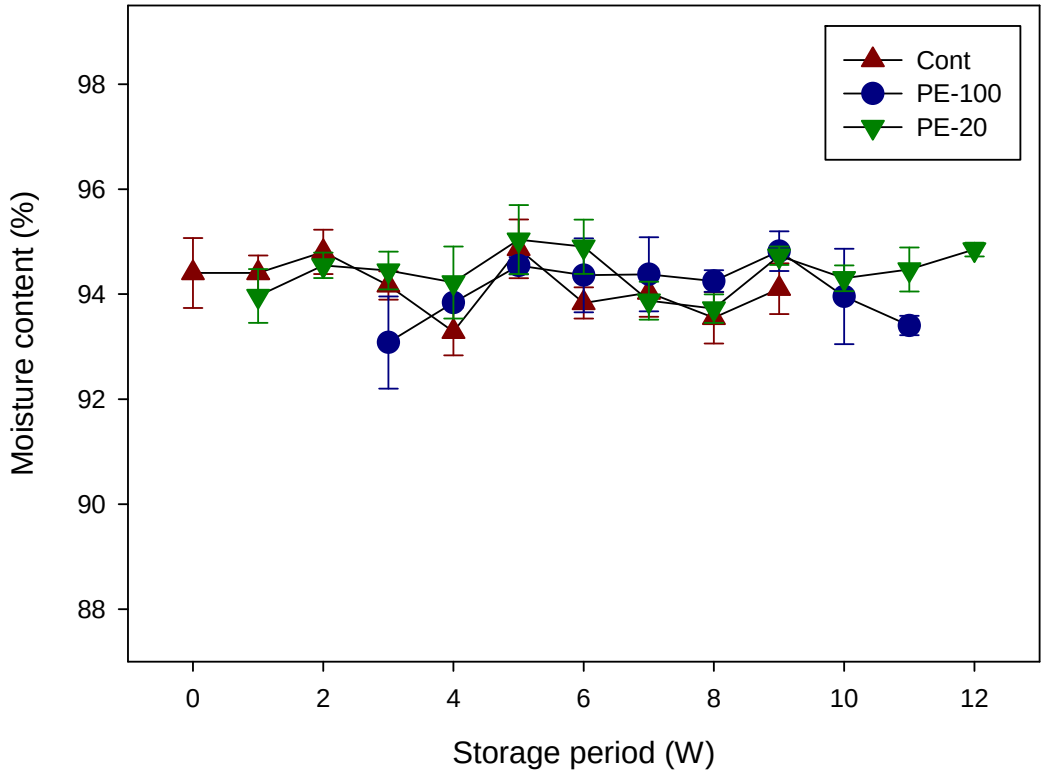


Fig. 1-37. Change of moisture content of Chinese cabbage covered with PE films (20 and 100 μm thickness).

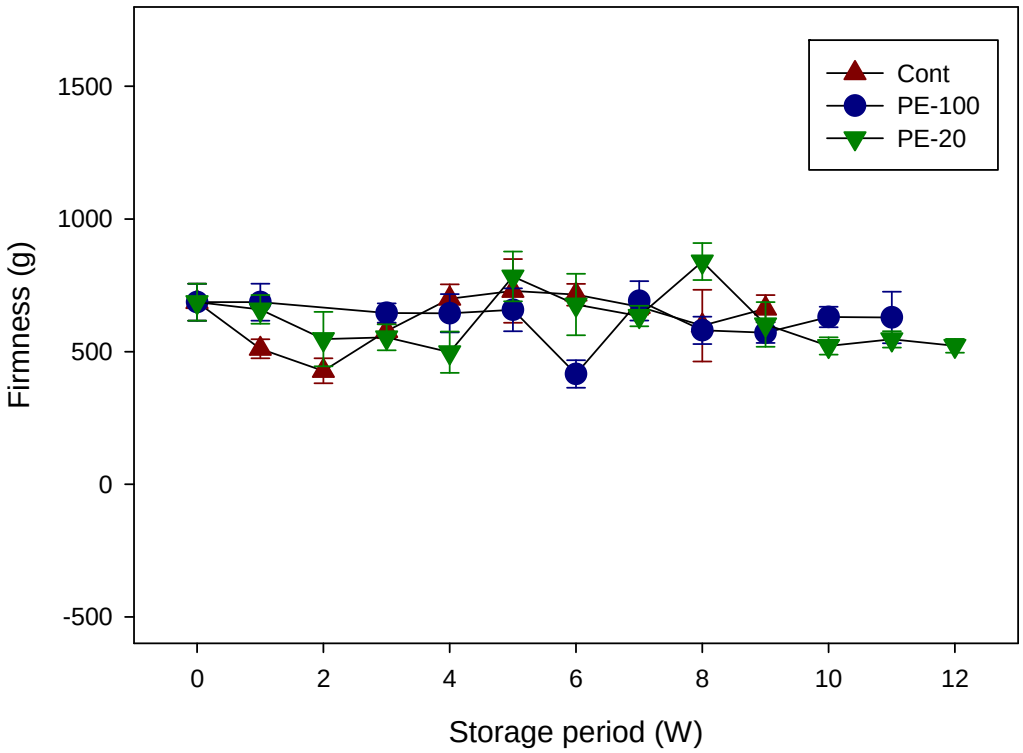


Fig. 1-38. Change of firmness of Chinese cabbage covered with PE films (20 and 100 μm thickness).

(2) 필름 종류에 따른 겨울배추의 저장 중 품질 특성

겨울배추의 장기저장을 위하여 두께 20μm와 100μm의 PE 필름을 배추가 담긴 플라스틱 박스에 포장한 후 저장중 배추 중량, 이화학적 품질 및 온·습도 변화를 분석하였다. 겨울배추의 경우 봄배추에 비해 저장성이 좋아 봄배추는 대조구의 저장기간이 8주에 불과하였으나, 겨울배추는 저장 10주까지 상품성을 유지하였다. 또한 필름 처리구의 경우 봄배추는 11-12주까지 저장이 가능했으나, 겨울배추는 16주까지 저장이 가능하였다. 처리에 따른 저장기간을 살펴보면, 저장 8주차까지는 무게 및 이화학적 품질 변화에 있어서 처리간 큰 차이가 나타나지 않았다. 하지만 저장 8주 이후 대조구의 품질이 급속히 나빠졌으며, 특히 수분 증발로 인한 중량 감소가 두드러지게 나타났다.

저장기간 중 필름처리에 따른 온·습도 변화를 모니터링한 결과는 그림 1-39과 같다. 플라스틱 박스에 필름을 씌우지 않은 대조구의 경우는 온도는 비교적 일정하게 유지되었으나, 상대습도가 90-99%의 범위에서 측정되어 상대습도 유지가 잘 이루어지지 않았음을 확인할 수 있었다. 필름 처리구의 경우, 대조구에 비해 상대습도가 상당히 안정적으로 유지되었다. 특히 필름의 두께에 따라 상대습도의 편차도 더 적게 나타나 20μm보다 100μm 필름 처리구에서 상대습도도 높고 습도 편차도 적게 나타났다. 하지만 100μm 필름 처리구의 경우, 상대습도가 저장기간 내내 거의 100%로 유지되어 배추 저장을 위해선 지나치게 과습된 환경이 만들어져 오히

려 과습으로 인한 부패, 곰팡이 발생 등이 더 많이 나타나 저장성이 떨어지는 결과를 초래하였다(Fig. 1-40).

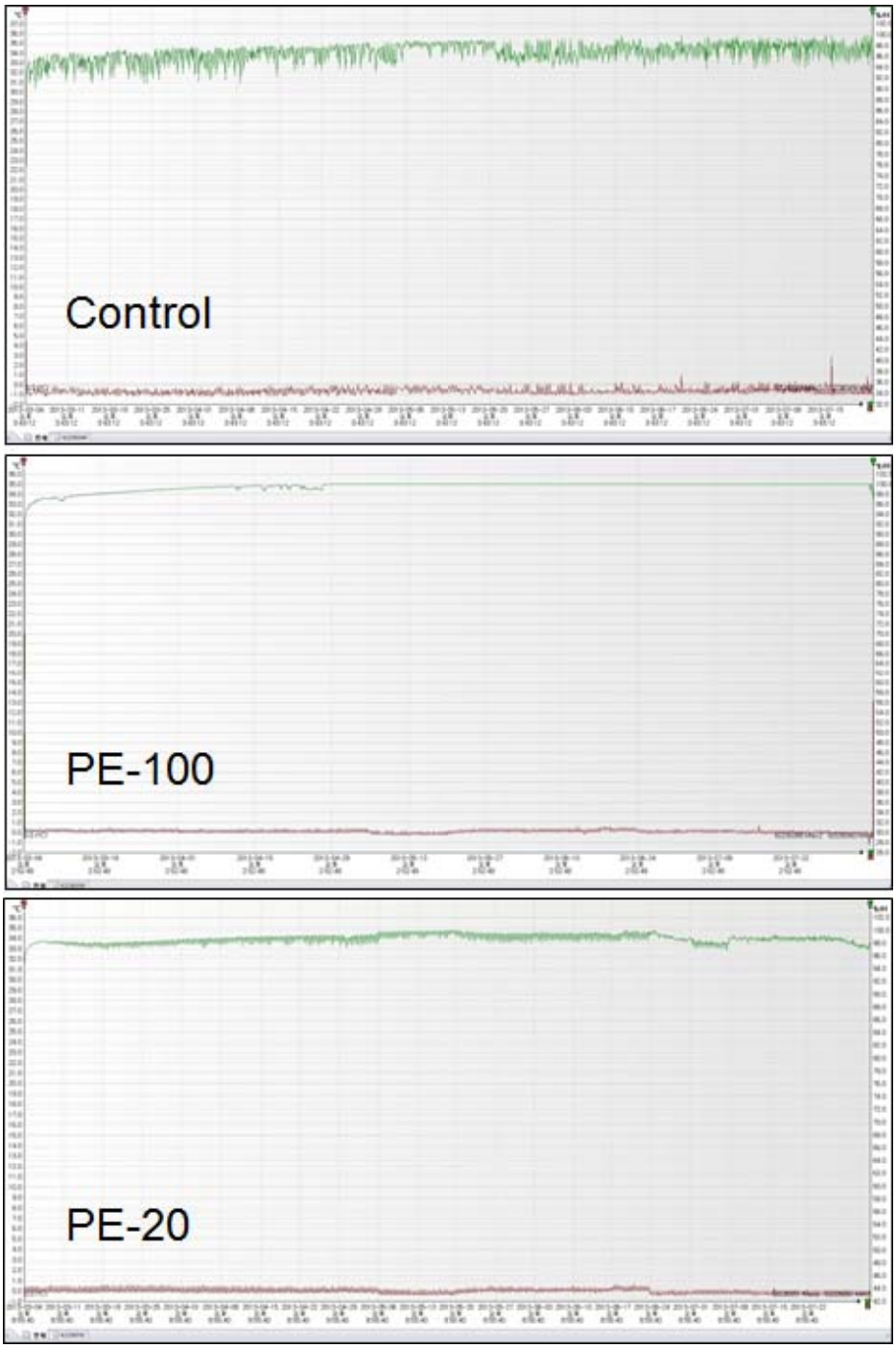


Fig. 1-39. Monitoring of temperature and relative humidity depending on film types during storage of Chinese cabbage.

Fig. 1-40. Chinese cabbage stored at −0.2°C for 15 weeks with different kinds of films (PE, 20 and 100 μm thickness).

겨울배추의 저장 중 중량변화를 살펴보면 저장 8주까지는 처리에 상관없이 무게가 일정하게 유지되어 중량감소율이 적게 나타났다(Fig. 1-41, 42). 하지만 대조구의 경우 저장 8주 이후 무게 감소가 급격히 일어났으며, 저장 12주에는 중량감소율이 25%까지 일어나 저장성을 상실하였다. 반면 필름 처리구의 경우 저장 12주차의 중량감소율이 PE-20은 8%, PE-100은 4%로 나타나 필름 처리가 중량 감소 지연에 매우 효과적이었다. 또한 저장 16주 후에도 중량감소율이 PE-20은 10%, PE-100은 5%로 나타나 중량감소로 인한 저장성 상실은 나타나지 않았다.

이화학적 품질변화를 살펴보면, 필름 처리와 상관없이 저장기간이 증가할수록 pH는 감소하고 산도는 증가하는 경향을 보였다(Fig. 1-43, 44). 필름 처리간 차이를 살펴보면, pH의 경우는 처리에 따른 큰 차이가 관찰되지 않아 저장 8주 후 pH는 대조구 5.92±0.07, PE-20은 5.98±0.04, PE-100은 5.97±0.02로 유의적 차이를 보이지 않았다. 산도의 경우도 pH와 비슷한 경향을 보여 저장기간 및 처리에 따른 유의적인 차이는 보이지 않았으며, 저장기간 동안 0.15~0.26% 수준에서 분석되었다. 저장기간 동안의 배추 산도를 살펴보면, 저장초기에는 0.25±0.01로 분석되었으며, 저장 8주 후 산도는 대조구 0.21±0.01, PE-20은 0.19±0.01, PE-100은 0.18±0.01으로 유의적 차이를 보이지 않았다. 봄배추는 저장 후기가 산도 증가 속도가 지연되었으나, 겨울배추의 경우 저장후기에도 산도변화가 크게 나타나지 않아 저장 12주 후 산도는 대조구 0.26±0.01, PE-20은 0.23±0.01, PE-100은 0.27±0.01로 분석되어 필름 처리에 따른 유의적 차이가 나타나지 않았으며, 저장 초기값과 비교해도 큰 차이가 나타나지 않았다.

당도의 경우는 저장기간 및 필름 처리에 따른 유의적인 차이가 관찰되지 않았으며 저장기간 동안 5.1-6.1°Brix의 범위에서 분석되었다(Fig. 1-45, 46). 환원당의 경우는 저장 12주까지는 큰 변화를 보이지 않았으나, 저장 말기에 약간 증가하는 경향을 보였다. 이는 실제로 환원당

함량이 증가했다는 것 보다는 수분 증발로 인한 중량감소로 인해 환원당 농도가 높게 나타난 것으로 판단된다.

저장기간 중 물리적 변화를 살펴보면, 봄배추와 마찬가지로 수분 함량의 경우 필름 처리에 따른 가장 큰 차이가 보이는 품질평가 항목으로 대조구의 경우 수분 증발로 인한 시들음 및 중량감소로 상품성을 크게 잃어 저장기간이 종료되었다(Fig. 1-47). 저장 초기 수분함량은 93.95±0.50으로 봄배추와 비슷한 함량을 나타냈으며, 저장 8주부터 수분 함량 감소가 나타났다. 대조구의 경우 저장 12주후 수분 함량이 91.08±0.43으로 PE-20의 92.00±0.10과 PE-100의 92.22±0.17에 비해 낮은 함량으로 분석되었다. 특히 필름 처리구의 경우 필름 종류에 상관없이 내부 상대습도가 높게 유지되어 수분함량 및 중량감소를 억제하여 저장기간이 연장되었다.

조직감의 경우는 저장기간이 증가할수록 감소하는 경향을 보였다(Fig. 1-48). 필름 처리에 따른 차이를 보면 대조구의 조직감이 가장 크게 나빠져 저장 초기에는 0.66±0.11kg이었으나, 저장 12주 이후에는 0.39±0.05kg로 분석되었다. 반면 필름 처리구의 경우는 배추의 경우는 PE-20은 저장 12주 이후 0.43±0.0kg이었으며, PE-100은 0.48±0.03kg으로 분석되어 필름 처리가 조직감 유지에 효과적이었으며, 필름 두께가 두꺼울수록 조직감이 잘 유지되었다.

종합적으로 볼 때, 겨울배추 장기저장시 필름 처리는 봄배추와 마찬가지로 필름 두께 및 종류에 상관없이 저장성을 향상시키는데 도움이 되었다. 대조구의 경우 8주 저장후 품질이 급속히 떨어졌으며, 저장 12주 이후 상품성을 상실하였지만, 필름 처리구의 경우 16주간 저장이 가능하여 약 40% 가량 저장기간이 연장됨을 확인할 수 있었다. 특히 필름 처리는 배추 저장중 상대습도를 높게 유지하여 수분 증발을 억제하고 이로 인해 시들음이 방지되고 중량감소도 억제되었다. 또한 필름 처리구의 경우 수분 증발 억제로 인한 조직감 유지 등 물리적 품질이 대조구에 비해 우수하였으며, 환원당, pH 등과 같은 이화학적 품질 요소에서 문제점도 나타나지 않았다. 필름 두께간 차이를 보면 필름이 두꺼울수록 상대습도 유지가 잘 되어 중량감소는 적게 일어났다. 하지만 100μm 필름의 경우 상대습도가 저장기간 내내 거의 100%로 유지되어 배추 저장을 위해선 지나치게 과습된 환경이 조성되어, 이로 인한 부패 및 곰팡이 발생이 20μm 필름에 비해 높게 나타나, 중량감소가 적게 일어났음에도 불구하고 저장성은 낮게 나타났다. 따라서 배추 저장을 위한 최적 필름으로 20μm 두께의 PE 필름이 가장 적합하다고 판단된다.

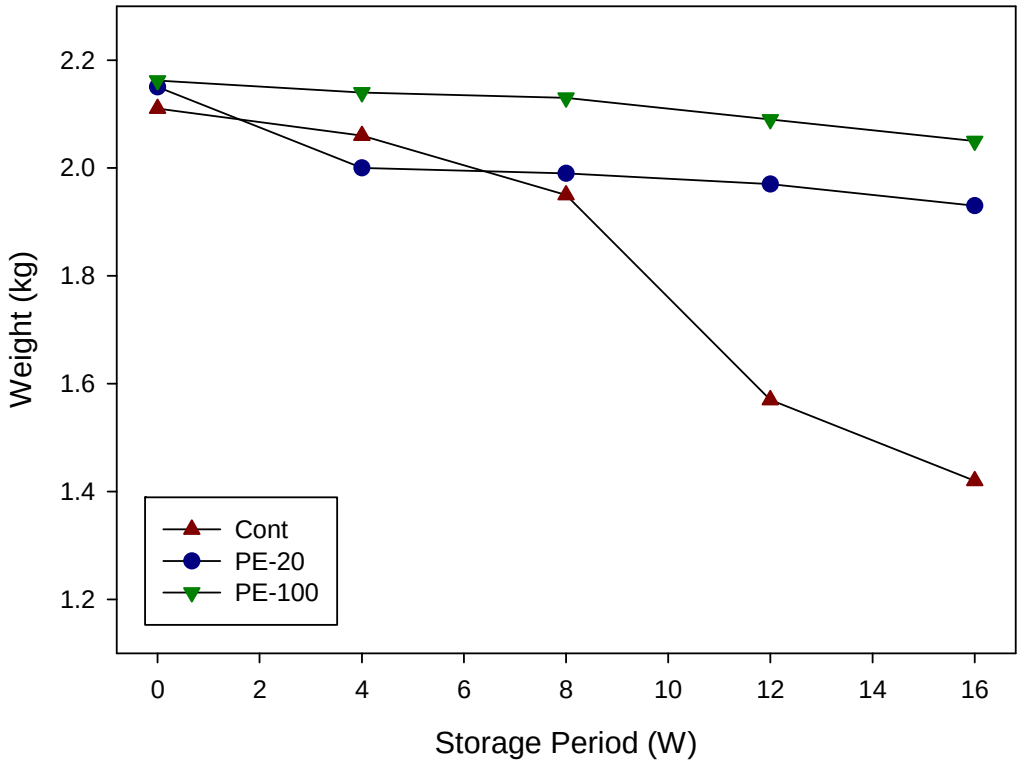


Fig. 1-41. Change of weight of Chinese cabbage covered with PE films (20 and 100 μm thickness).

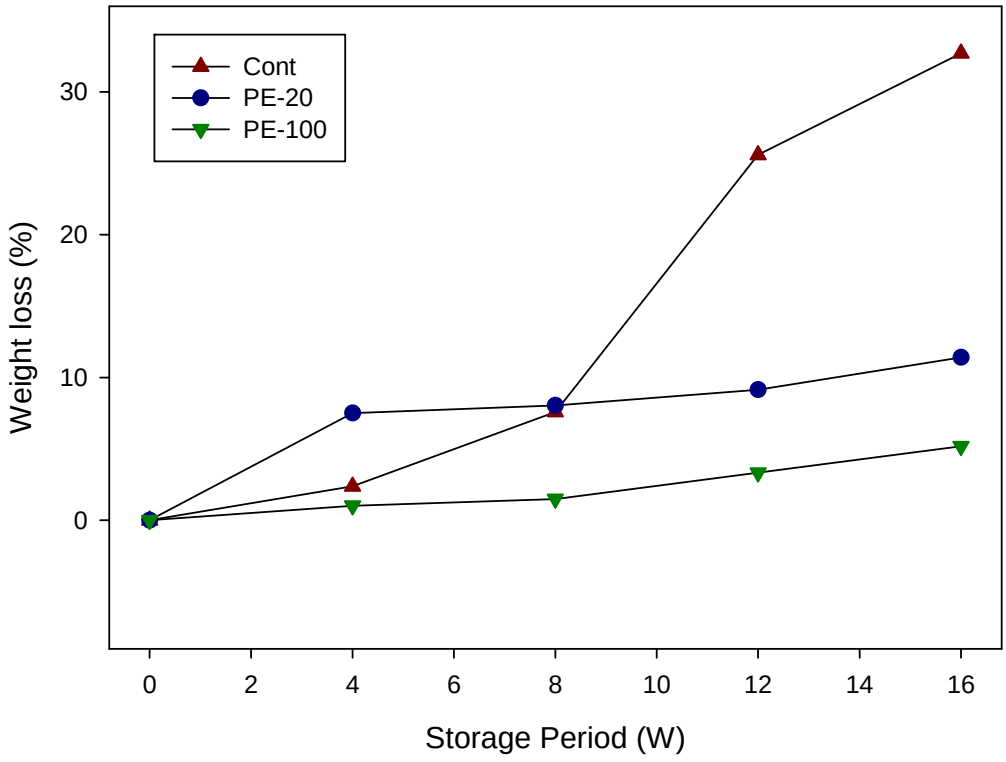


Fig. 1-42. Change of weight loss of Chinese cabbage covered with PE films (20 and 100 μm thickness).

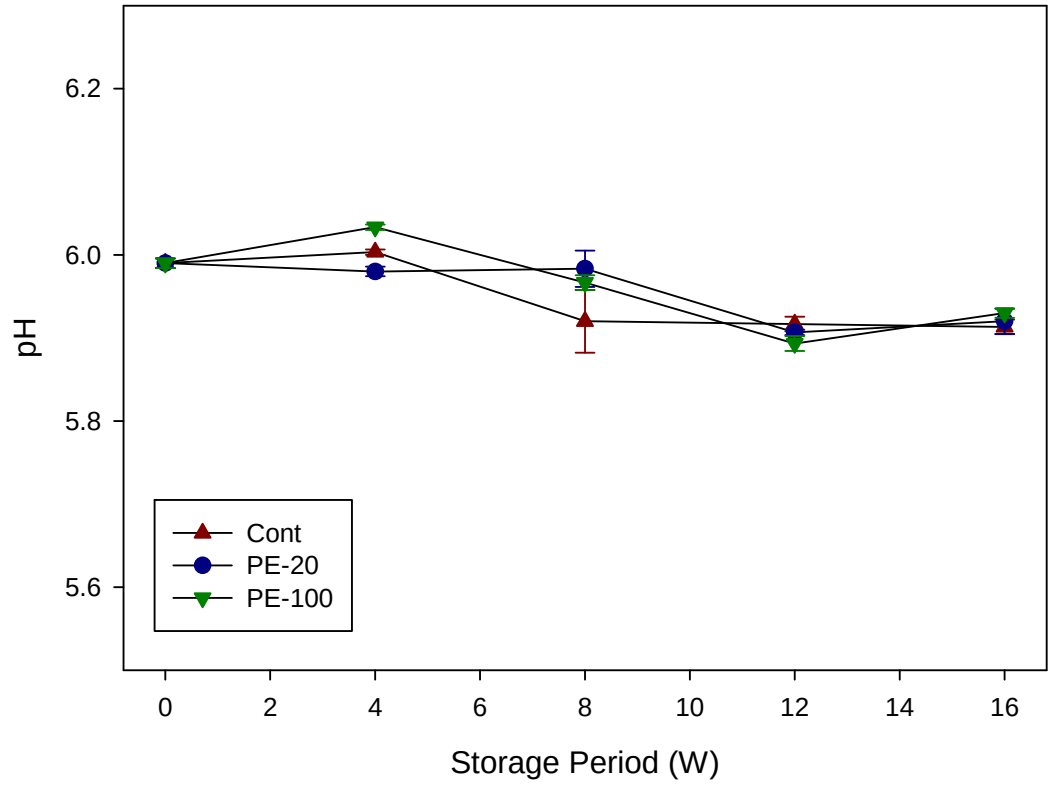


Fig. 1-43. Change of pH of Chinese cabbage covered with PE films (20 and 100 μm thickness).

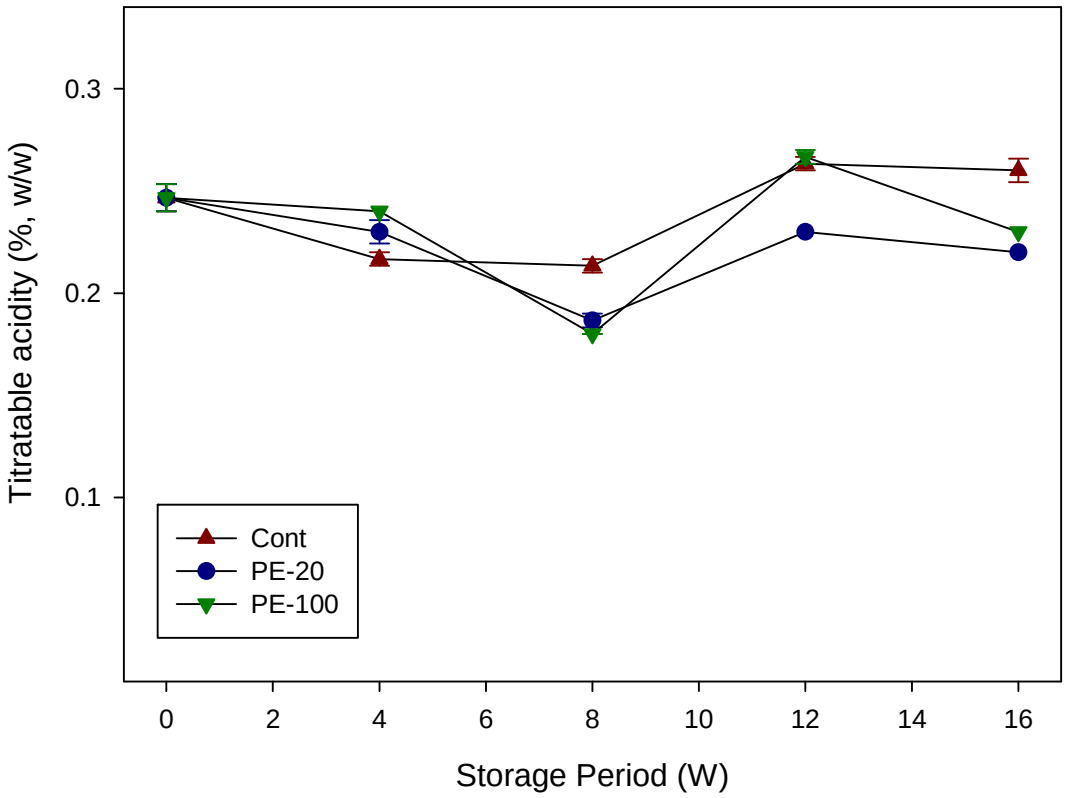


Fig. 1-44. Change of titratable acidity of Chinese cabbage covered with PE films (20 and 100 μm thickness).

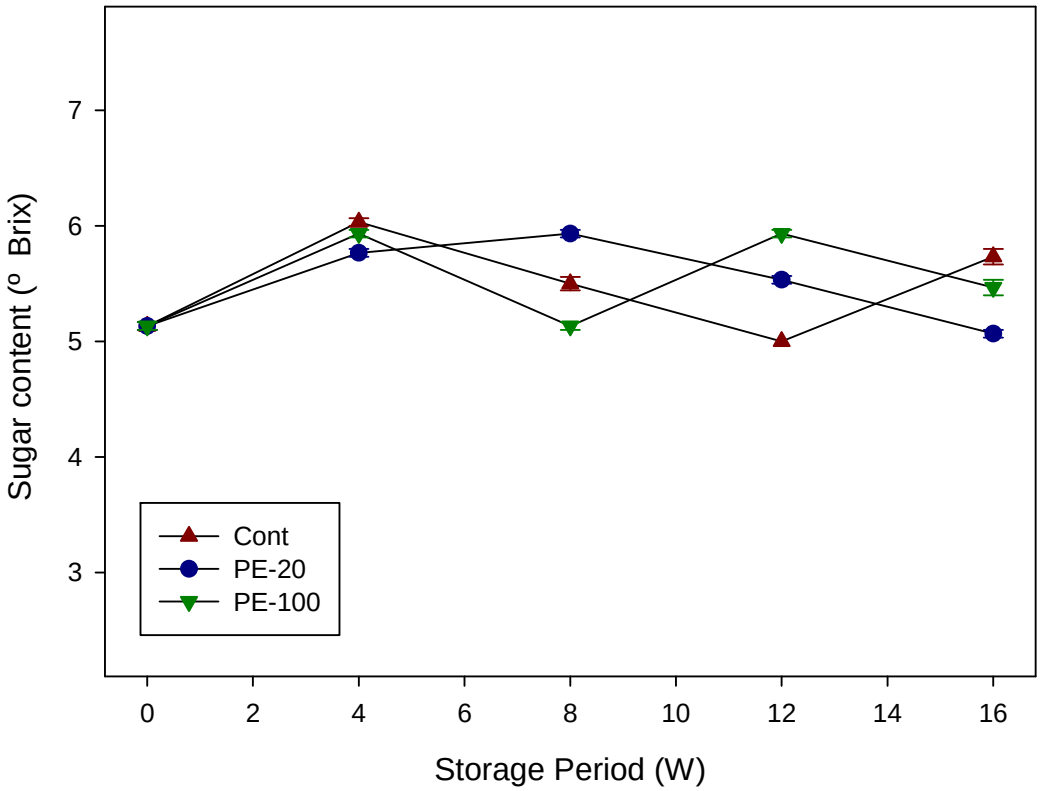


Fig. 1-45. Change of sugar content of Chinese cabbage covered with PE films (20 and 100 μm thickness).

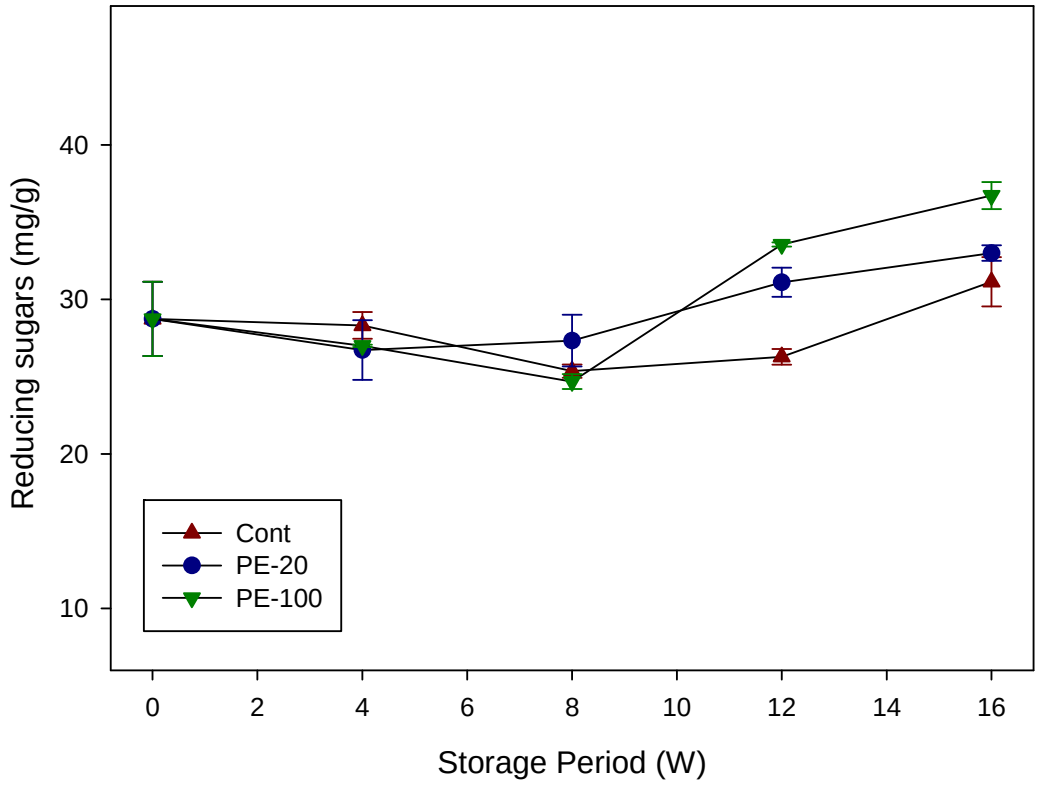


Fig. 1-46. Change of reducing sugar of Chinese cabbage covered with PE films (20 and 100 μm thickness).

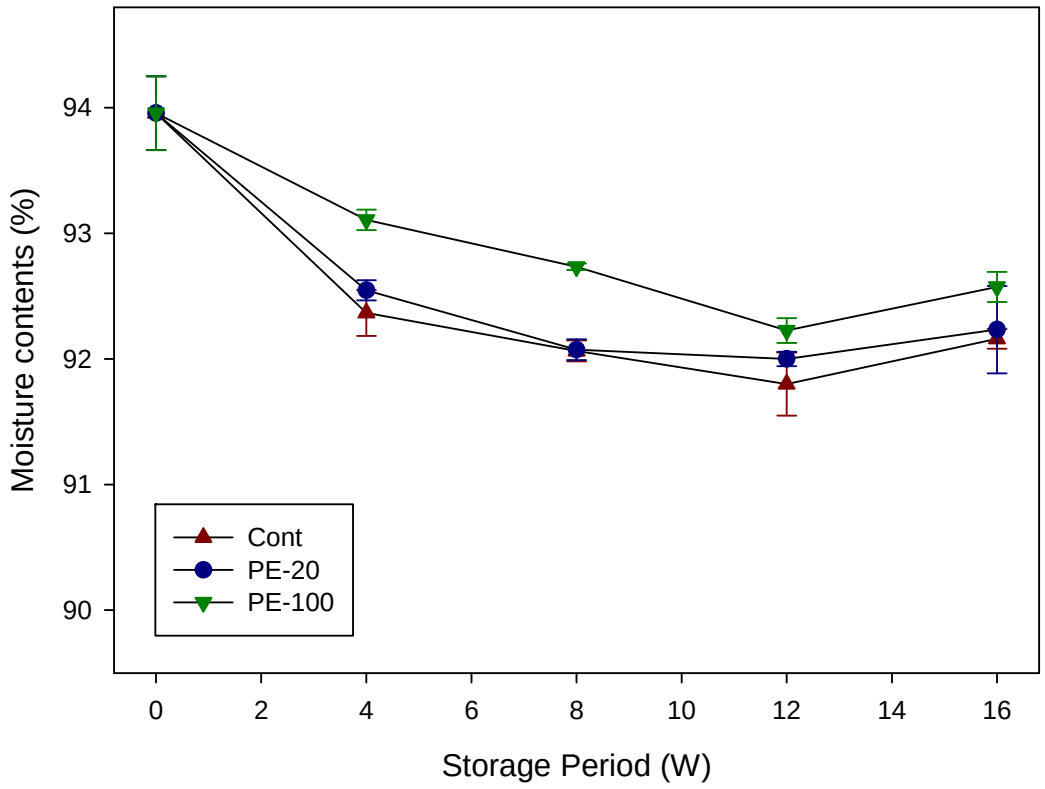


Fig. 1-47. Change of moisture content of Chinese cabbage covered with PE films (20 and 100 μm thickness).

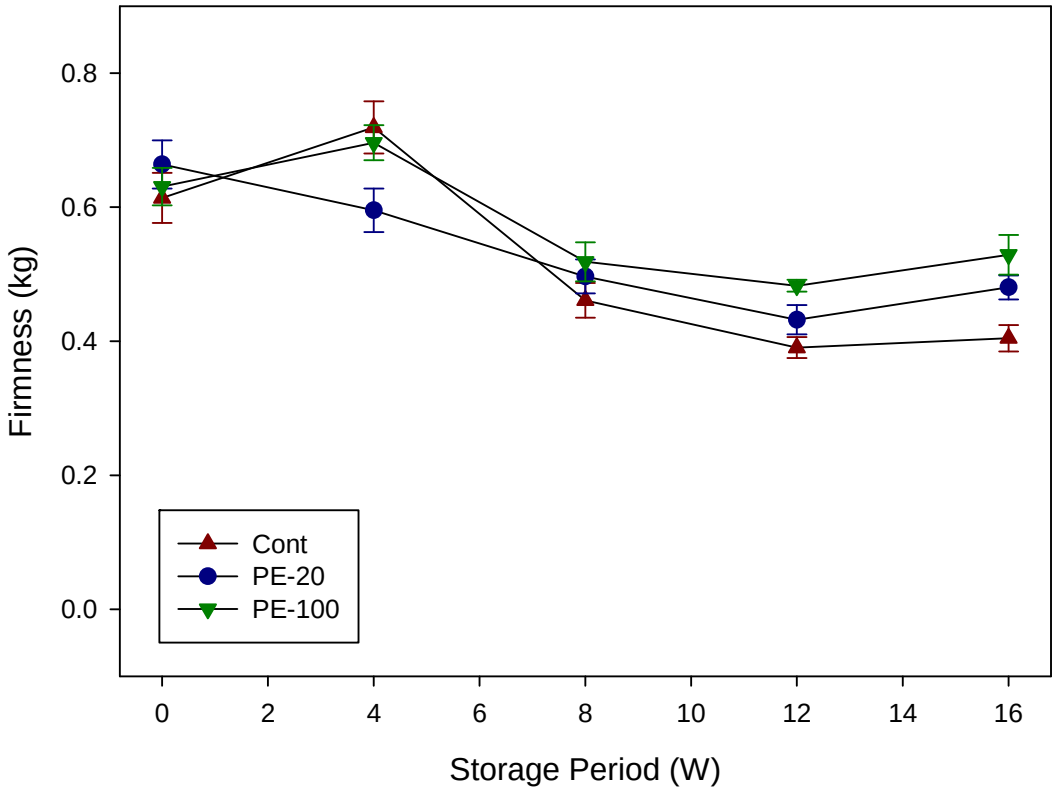


Fig. 1-48. Change of firmness of Chinese cabbage covered with PE films (20 and 100 μm thickness).

라. 배추 저장기간별 김치 제조

(1) 필름 종류에 따른 봄배추의 저장 중 품질 특성

온도 0°C, 습도 70-80%의 저온 저장고에서 월동배추를 저장하면서 일주일 단위로 김치를 제조하여 전처리수율 및 절임수율을 조사하였다(Fig. 1-49, 50). 2011년 겨울 한파와 폭설 등 기상 악화로 인하여 전라남도 지역의 배추 작황 상태가 좋지 않아 수확 당시부터 배추의 상태가 매우 불량하였으며, 이로 인하여 예년의 월동배추에 비해 저장성이 좋지 않았다.

이러한 기상악화로 인한 작황상태 불량 때문에 본 과제에서 실험한 월동배추의 저장 한계일은 평균 전처리수율 평균 50%로 측정 된 약 50일로 판단되었다. 대조구의 경우 저장 4주후부터 저장 상태가 급격히 나빠져 저장 5주차의 전처리 수율은 28%까지 떨어져 저장성을 상실하였다(Fig. 1-49, 50). MA 저장구의 경우 대조구에 비해 원료의 전처리 수율이 높게 나타나 저장 5주차에 약 40%의 원료의 전처리 수율을 보였다. 하지만 대체로 PP 필름이 원료의 전처리 수율이 높게 나타났으나, 필름간의 큰 차이는 나타나지 않았으며, 대조구와 MA 저장구 모두 저장기간이 길어질수록 배추의 저온장해로 인한 배추 무름병 발생 및 깨씨무늬병 등의 확산으로 상품성이 떨어져 배추의 수율이 낮아졌다.

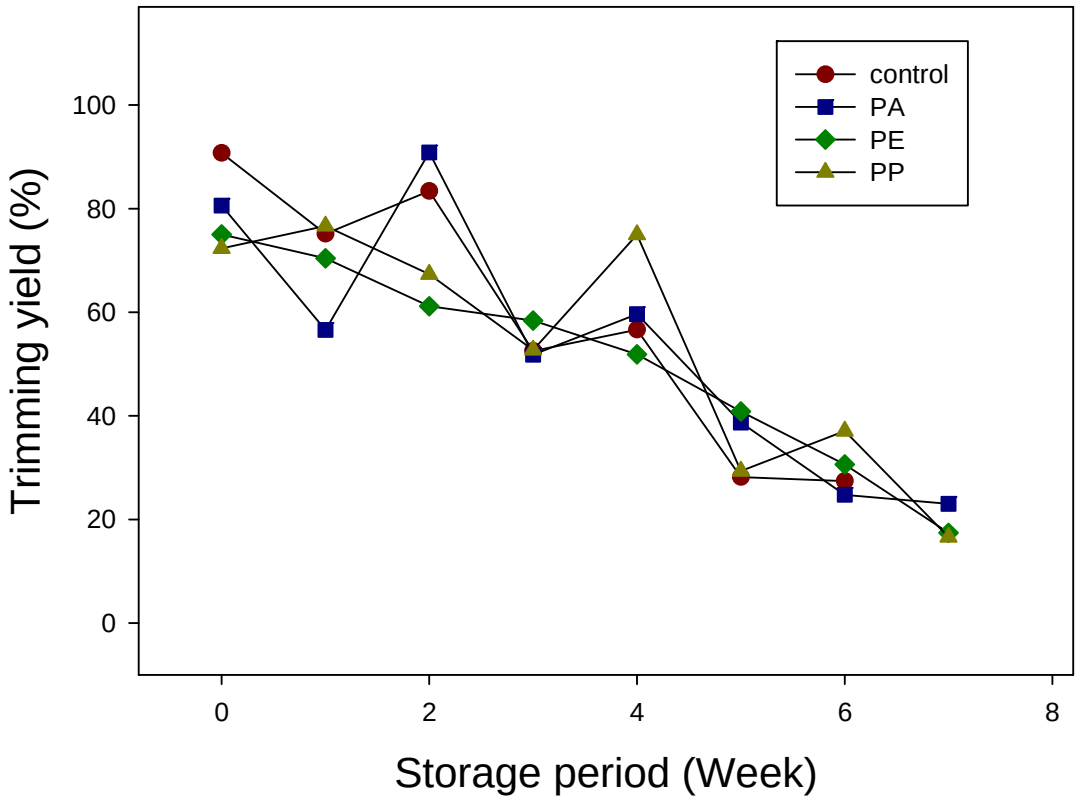


Fig. 1-49. Trimming yield of Chinese cabbage stored with PA, PE, and PE films.

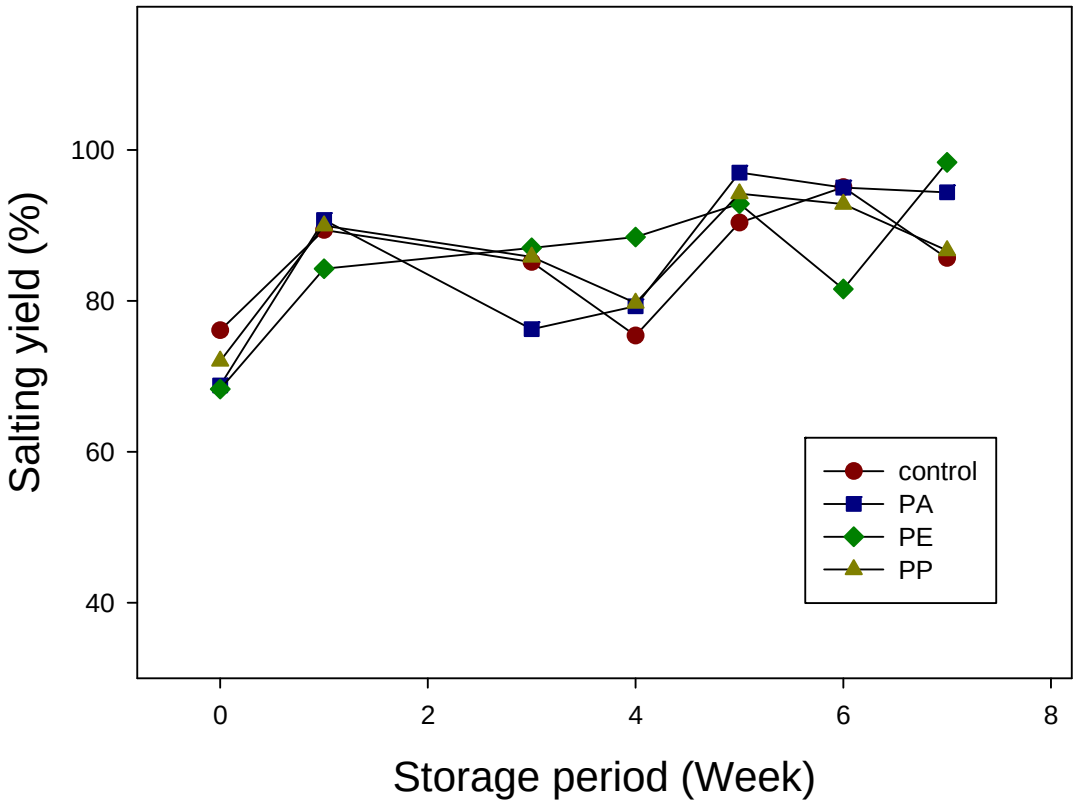


Fig. 1-50. Salting yield of Chinese cabbage stored with PA, PE, and PE films.

② 제조된 김치 품질평가

월동배추를 저장하여 제조한 김치의 이화학적 품질 특성을 평가하기 위하여 김치의 pH, 당도, 적정산도를 분석하였으며, 미생물학적 품질 특성을 평가하기 위하여 총균, 젖산균 등을 분석하였다.

저장된 월동배추를 이용하여 제조된 김치의 pH는 대체로 5.5-5.2 이내의 범위였으며, MA 저장구와 대조구간의 차이는 나타나지 않았으며, 필름 종류에 따른 차이도 나타나지 않았다 (Fig. 1-51). 협동연구기관에서 실시한 저장 배추의 pH 분석 시에도 저장기간에 따른 pH는 거의 분석되지 않았다. 또한 본 과제에서 분석한 pH는 배추의 pH를 분석한 것이 아니라 김치의 pH를 분석한 결과로, 김치 제조과정에서의 마늘, 고춧가루와 같은 김치 부재료 첨가로 인해의 pH 차이가 나타나지 않은 것으로 판단된다.

저장된 월동배추를 이용하여 제조된 김치의 당도는 약 9.3-9.5°Brix로 분석되었으며, pH 분석 결과와 마찬가지로 대조구와 MA 저장구 간의 차이는 나타나지 않았다(Fig. 1-52). 또한 MA 저장시 이용한 필름 간의 차이도 나타나지 않았다.

저장된 월동배추를 이용하여 제조된 김치의 적정산도는 0.27-0.35% 이내의 범위였으며 적정산도도 pH와 마찬가지로 MA 필름 종류에 따른 별다른 차이를 나타내지는 않았으나, 저장기간에 길어질수록 김치의 산도 또한 조금씩 높아지는 경향을 나타내었다(Fig. 1-53).

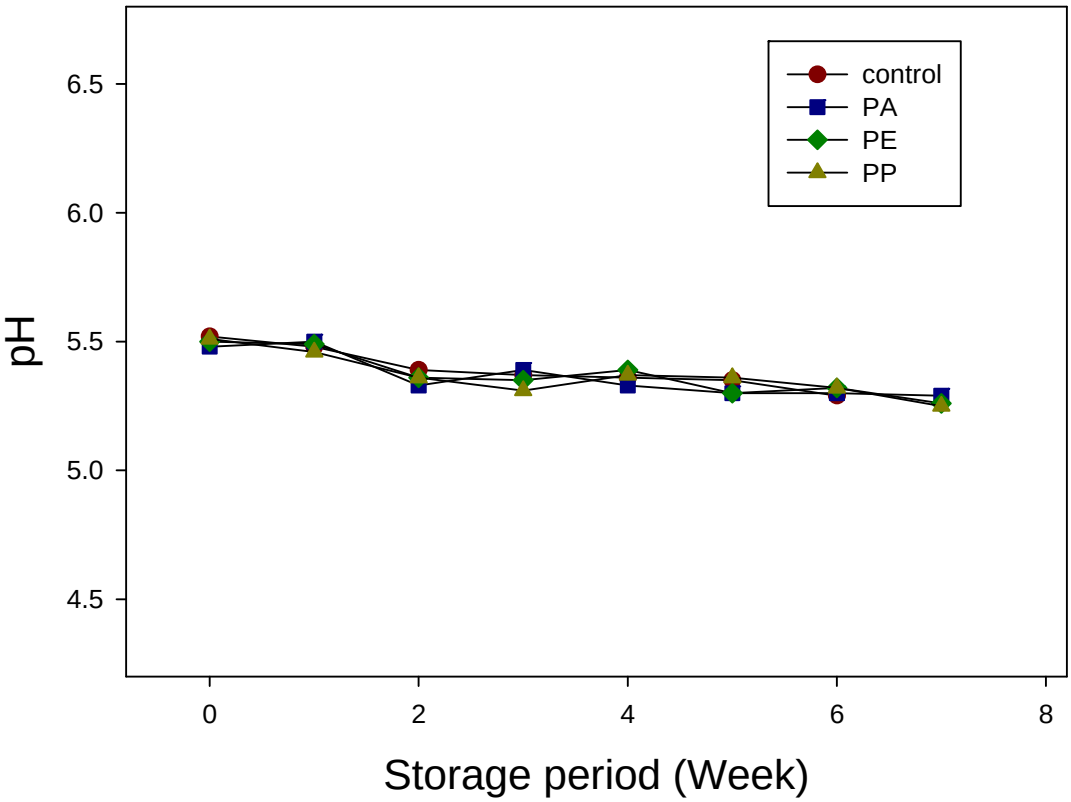


Fig. 1-51. Change of pH of Chinese cabbage stored with PA, PE, and PE films.

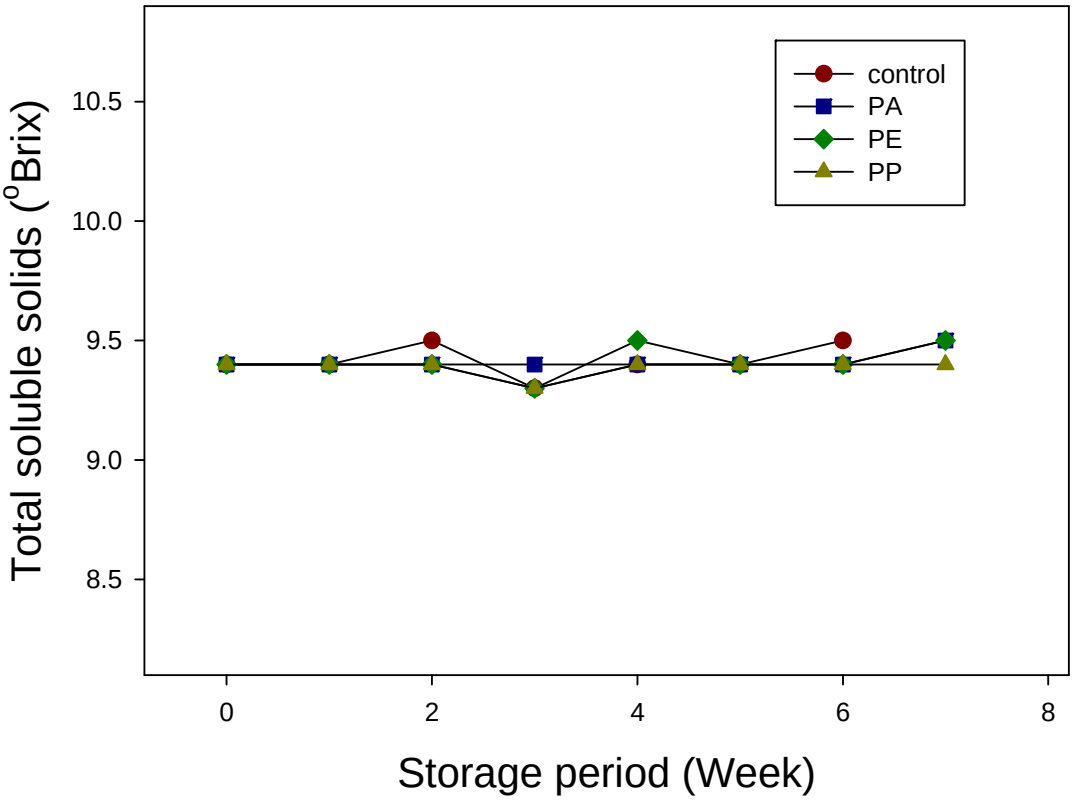


Fig. 1-52. Change of total soluble solid content of Chinese cabbage stored with PA, PE, and PE films.

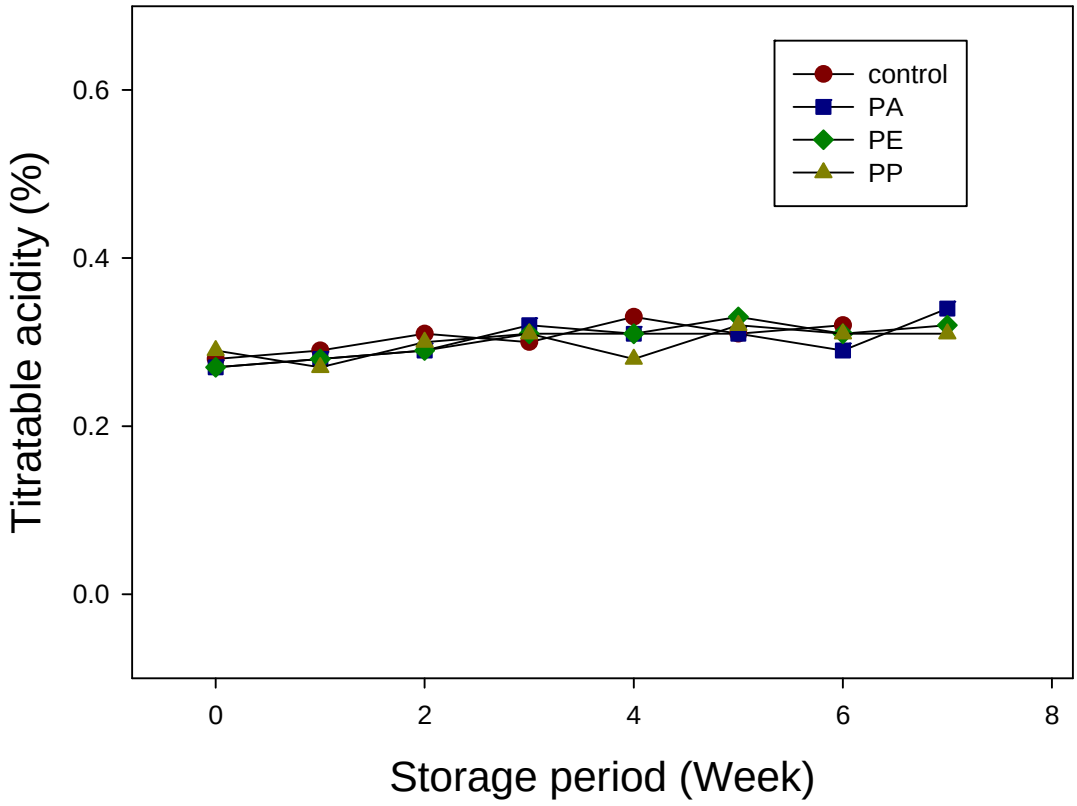


Fig. 1-53. Change of titratable acidity of Chinese cabbage stored with PA, PE, and PE films.

저장된 월동배추를 이용하여 제조된 김치의 총균과 젖산균 등 미생물학적 특성은 Table 1-7과 같다. 총균과 젖산균과 같은 미생물학적 특성 역시 이화학적 특성과 마찬가지로 저장기간에 따른 큰 차이는 관찰되지 않았으며, 필름 종류간의 차이도 나타나지 않았다.

전반적으로 MA 저장을 통해 원료 전처리 수율이 높게 유지되었으나 필름간의 차이는 나타나지 않았다. 또한 품질평가 결과를 보면 대조구와 MA 저장한 배추를 이용하여 제조한 김치의 이화학적 특성에는 큰 차이가 나타나지 않았으며, 미생물학적 차이도 나타나지 않았다.

Table. 1-7. Comparison of microbiological properties of Kimchi manufactured with Chinese cabbage stored with PA, PE, and PP films

Storage period (w)	Treatment	Total cell count	Lactic acid bacteria
0	Control	3.9×10^6	2.0×10^3
	PA	2.6×10^6	1.0×10^3
	PE	2.5×10^6	3.0×10^3
	PP	2.5×10^6	7.0×10^3
1	Control	2.5×10^6	5.0×10^3
	PA	2.4×10^6	2.1×10^4
	PE	1.8×10^6	2.7×10^4
	PP	2.5×10^6	1.5×10^4
2	Control	1.3×10^6	1.9×10^5
	PA	3.7×10^6	1.3×10^5
	PE	2.8×10^6	7.4×10^4
	PP	6.0×10^6	2.0×10^4
3	Control	1.0×10^6	1.7×10^5
	PA	5.0×10^5	1.5×10^5
	PE	4.0×10^5	1.2×10^5
	PP	5.0×10^5	2.6×10^5
4	Control	8.0×10^5	1.2×10^3
	PA	7.0×10^5	1.1×10^3
	PE	3.0×10^5	3.0×10^5
	PP	6.0×10^5	8.0×10^5
5	Control	1.5×10^7	3.0×10^3
	PA	3.0×10^5	3.0×10^4
	PE	1.8×10^7	3.0×10^5
	PP	1.3×10^7	5.0×10^5
6	Control	2.0×10^6	6.0×10^5
	PA	5.0×10^6	7.0×10^5
	PE	3.0×10^6	6.0×10^4
	PP	4.0×10^6	3.0×10^4
7	Control	4.3×10^5	3.0×10^5
	PA	3.7×10^5	3.1×10^5
	PE	1.6×10^5	1.2×10^5
	PP	1.6×10^5	2.0×10^5

제 2 절 절임배추 장기저장기술 개발

1. 연구수행 방법

가. 배추 저장기간에 따른 절임배추 품질 특성 분석

(1) 공시 재료

2012년 2월에 전남 신안 지역에서 재배한 겨울배추(cv. 동풍)을 이용하여 절임배추를 제조하였으며, 배추 저장기간에 따른 절임배추의 품질 특성을 분석하였다. 배추와 절임배추를 연계하여 배추 공급기간을 최대한 연장하고 최적 절임시기를 설정하기 위하여, 저장중 품질이 저하되기 시작한 저장 9주차부터 12주차까지 매주 절임을 실시하였다.

배추는 겉잎을 제거한 후 이절하여 10% 농도의 염수에서 14시간 동안 절임을 실시하였다. 이렇게 절여진 배추를 10% 염수에 침지시킨 후 절임배추 보관용기에 넣어 -0.2℃의 저장고에서 2주간 추가 저장을 실시하면서 절임배추의 저장중 이화학적 및 미생물학적 품질 변화를 분석하였다.

(2) 실험방법

(가) 당도, pH 및 적정산도

당도는 blender로 간 반죽상태의 시료를 거즈로 감싸 즙을 추출한 후 Digital Refractometer(N-1E, ATAGO, Japan)를 사용하여 가용성고형물 함량을 측정한 후 °Brix로 나타내었으며, pH는 blender로 간 반죽(paste)상태의 시료에 pH electrode를 직접 넣어 측정하였다. 적정산도는 blender로 간 반죽상태의 시료 약 1 g을 정확히 달아 적당히 희석(약 100배)하여 여과(Toyo no. 1)한 후 여과액 20 mL에 0.01 N NaOH 용액으로 pH가 8.3이 될 때까지 적정하였다. 별도로 증류수에 대한 바탕시험을 실시하여 다음 식에 따라 계산하였다.

$$\text{적정산도}(\%) = \frac{(A-B)\times 0.0009\times f\times D}{S}\times 100$$

여기에서 A : 본 시험에 소비된 0.01 N NaOH 용액의 mL수, B : 바탕시험에 소비된 0.01 N NaOH 용액의 mL수, f : 0.01 N NaOH 용액의 역가, D : 희석배수, S : 시료채취량(g)이다.

(나) 환원당

환원당은 DNS법으로 수행하였다. 즉, blender로 간 반죽상태의 시료 약 1 g을 정확히 달아 적당히 희석(약 100배)하여 여과(Toyo no. 1)한 후 여과액 1 mL에 DNS 시약 3 mL를 넣어 즉시 vortex mixer로 혼합하고 끓는 물에 5분간 중탕하였다. 실온에서 방냉한 후 증류수 16 mL로 희석하여 UV-VIS spectrophotometer(UV-1800, Shimadzu, Kyoto, Japan)를 사용하여

550 nm에서 흡광도를 측정하였으며, 미리 구해 놓은 glucose 표준곡선에 의해 환원당 함량을 산출하였다.

(다) 조직감

조직 강도는 texture analyzer(TAXT-2, Stable Micro Systems, Godalming, England)를 사용하여 측정하였으며, texture analyzer의 운영조건은 Table 2-1과 같다. 시료의 중앙부분에서부터 100% 통과하면서 받는 최대 강도를 측정하였으며, 시료 처리구당 10회 반복하여 측정 후 평균값을 구하였다.

Table 2-1. Operation condition for puncture test

Items	Operation condition
Probe	2 mm
Pretest speed	5 mm/s
Test speed	0.5 mm/s
Posttest speed	10 mm/s
Rupture test	2 mm/s
Distance	15 mm

(라) 수분

수분 함량은 배추의 내엽과 외엽을 취하여 각각의 잎과 줄기부분의 약 5 g의 시료를 취한 후 적외선 수분 측정기(MB45, Ohaus, Boston, UK)를 이용하여 측정하였다.

(마) 미생물

무균적으로 시료를 10 g 취한후 멸균된 0.85% saline 용액으로 10배 희석하여 stomacher (Bagmixer R400, Interscience, Saint Nom, France)로 균질화한 후 단계 희석하여 실험을 실시하였다. 일반세균수의 경우 plate count agar(PCA, Difco, Franklin Lakes, NJ, USA)배지를 사용하여 단계별로 희석한 시료를 접종한 후 pouring culture method로 30°C에서 48시간 배양하여 계수하였다. 젖산균수의 경우, MRS(Lactobacilli MRS agar, Difco, Franklin Lakes, NJ, USA)배지에 bromocresol purple(BCP, Samchun chemical, Pyeongtaek) 지시약을 25 ppm으로 넣어 제조한 배지를 사용하여 단계별로 희석한 시료를 접종한 후 pouring culture method로 30°C에서 48시간 배양하고 총 colony와 yellow 발색 반응을 나타낸 colony(유기산 생산균)를 계수하였다. 계수한 총균과 젖산균 집락수는 colony forming unit(CFU/g)으로 표시하였다.

나. 절임배추 장기저장기술 개발

(1) 공시 재료

2013년 2월에 전남 해남 지역에서 재배한 겨울배추(cv. 동풍)을 이용하여 절임배추를 제조하였으며, 저장중 절임배추의 품질 특성을 분석하였다.

(2) 실험방법

(가) 절임배추 저장 및 전처리

절임배추 장기저장을 위하여 저온살균 및 고염절임을 실시하였다. 고염절임배추는 배추는 이절하여 10, 16, 24% 농도의 염수로 실온에서 16시간 절임을 실시하여 염도별 절임배추를 제조하였으며, 절여진 배추를 각각 염도 2.5, 4, 6%로 맞추어 2% 염수(보존액)에 침지시켜 0℃에서 냉장보관하며 1주 간격으로 10주간 샘플을 채취하여 품질특성 분석하였다.

저온살균 처리는 정선후 이절하여 10% 농도의 염수로 실온에서 16시간 절임을 실시하여 2.5% 염도의 절임배추를 제조하였다. 이렇게 제조된 절임배추를 65℃에서 30분간 저온살균 실시후 2% 염수(보존액)에 침지시켜 0℃에 냉장보관하며, 1주 간격으로 10주간 샘플을 채취하여 품질특성 분석하였다.

(나) 당도, pH 및 적정산도

당도는 blender로 간 반죽상태의 시료를 거즈로 감싸 즙을 추출한 후 Digital Refractometer(N-1E, ATAGO, Japan)를 사용하여 가용성고형물 함량을 측정한 후 °Brix로 나타내었으며, pH는 blender로 간 반죽(paste)상태의 시료에 pH electrode를 직접 넣어 측정하였다. 적정산도는 blender로 간 반죽상태의 시료 약 1 g을 정확히 달아 적당히 희석(약 100배)하여 여과(Toyo no. 1)한 후 여과액 20 mL에 0.01 N NaOH 용액으로 pH가 8.3이 될 때까지 적정하였다. 별도로 증류수에 대한 바탕시험을 실시하여 다음 식에 따라 계산하였다.

$$\text{적정산도}(\%) = \frac{(A-B)\times 0.0009\times f\times D}{S}\times 100$$

여기에서 A : 본 시험에 소비된 0.01 N NaOH 용액의 mL수, B : 바탕시험에 소비된 0.01 N NaOH 용액의 mL수, f : 0.01 N NaOH 용액의 역가, D : 희석배수, S : 시료채취량(g)이다.

(다) 환원당

환원당은 DNS법으로 수행하였다. 즉, blender로 간 반죽상태의 시료 약 1 g을 정확히 달아 적당히 희석(약 100배)하여 여과(Toyo no. 1)한 후 여과액 1 mL에 DNS 시약 3 mL를 넣어 즉시 vortex mixer로 혼합하고 끓는 물에 5분간 중탕하였다. 실온에서 방냉한 후 증류수 16 mL로 희석하여 UV-VIS spectrophotometer(UV-1800, Shimadzu, Kyoto, Japan)를 사용하여

550 nm에서 흡광도를 측정하였으며, 미리 구해 놓은 glucose 표준곡선에 의해 환원당 함량을 산출하였다.

(라) 조직감

조직 강도는 texture analyzer(TAXT-2, Stable Micro Systems, Godalming, England)를 사용하여 측정하였으며, texture analyzer의 운영조건은 Table 2-2와 같다. 시료의 중앙부분에서부터 100% 통과하면서 받는 최대 강도를 측정하였으며, 시료 처리구당 10회 반복하여 측정 후 평균값을 구하였다.

Table 2-2. Operation condition for puncture test

Items	Operation condition
Probe	2 mm
Pretest speed	5 mm/s
Test speed	0.5 mm/s
Posttest speed	10 mm/s
Rupture test	2 mm/s
Distance	15 mm

(마) 수분

수분 함량은 배추의 내엽과 외엽을 취하여 각각의 잎과 줄기부분의 약 5 g의 시료를 취한 후 적외선 수분 측정기(MB45, Ohaus, Boston, UK)를 이용하여 측정하였다.

(바) 색도

김치 후보원료의 색도는 Spectrocolorimeter(Minolta CR-300, Tokyo, Japan)를 사용하여 측정되었다. 슬라이스 된 후 염장된 김치 후보원료의 동일한 부분을 각각 3번씩 측정하였으며, L, a, b 값을 측정한 후 아래의 식을 이용하여 ΔE*ab를 계산하여 색의 변화를 나타내었다.

$$\Delta E^*ab = [(L-L_0)^2 + (a-a_0)^2 + (b-b_0)^2]^2 = [(\Delta L)^2 + (\Delta a)^2 + (\Delta b)^2]^2$$

L_0, a_0, b_0는 초기 시료의 색도값을 의미하고, ΔE*ab은 값의 정도에 따라 다음과 같이 해석할 수 있다. ΔE*ab의 값이 0~0.5은 색차가 거의 없는 경우이고, 0.5~1.5은 근소한 차이, 1.5~3.0은 감지할 수 있을 정도의 차이, 3.0~6.0은 현저한 차이, 6.0~12은 극히 현저한 차이, 12 이상은 다른 계통의 색으로 해석할 수 있다.

(사) 미생물

무균적으로 시료를 10 g 취한후 멸균된 0.85% saline 용액으로 10배 희석하여 stomacher (Bagmixer R400, Interscience, Saint Nom, France)로 균질화한 후 단계 희석하여 실험을 실시하였다.

일반세균수의 경우, PCA(plate count agar, Difco)배지를 사용하여 단계별로 희석한 시료를 접종한 후 pouring culture method로 30℃에서 48시간 배양하여 계수하였다.

젖산균수의 경우, MRS(Lactobacilli MRS agar, Difco)배지에 BCP(bromocresol purple) 지시약을 25 ppm으로 넣어 제조한 배지를 사용하여 단계별로 희석한 시료를 접종한 후 pouring culture method로 30℃에서 48시간 배양하고 총 colony와 yellow 발색 반응을 나타낸 colony (유기산 생산균)를 계수하였다. 또한 여러 젖산균을 형태적 특성에 따라 선별 계수하기 위하여 MRS(Lactobacilli MRS agar, Difco)배지에 BPB 지시약 20 ppm을 넣어 제조한 BPB (bromophenol blue) 선택배지를 사용하여 단계별로 희석한 시료를 접종하여 spreading culture method로 30℃에서 72시간 배양하였다. 이때 전체적으로 환이 없거나 암청색을 띄는 것을 *Leuconostoc* spp.으로, 전체적으로 담청색을 띄면서 중앙에 암청색 환이 있으나 전체적으로 담청색을 띄는 것을 *Lactobacillus* spp.로 계수하였다.

대장균군은 10배씩 단계 희석한 용액 1 mL씩을 대장균군 건조필름배지(3M, USA)에 접종한 후 잘 흡수시켜 30℃에서 48시간 배양하였다. 생성된 붉은 집락 중 주위에 기포를 형성하고 있는 집락수의 평균값에 희석배수를 곱하여 대장균군 수를 산출하였다.

효모 및 곰팡이 균수는 PDA(potato dextrose agar, Difco)배지를 살균한 후 10% tartaric acid 1.4 mL/100 mL를 첨가하고 단계별로 희석한 시료를 접종한 다음 spreading culture method로 25℃에서 48-72시간 배양 후 계수하였다.

다. 저장 절임배추로 제조한 김치 품질 특성

(1) 공시 재료

2013년 2월에 전남 해남 지역에서 재배한 겨울배추(cv. 동풍)을 이용하여 절임배추를 제조하였으며, 저장된 절임배추를 이용하여 제조한 김치의 품질 특성을 분석하였다. 이때 사용한 절임배추는 절임배추 장기저장기술 개발을 위하여 실시한 본 보고서의 제 2 절 중 나. 절임배추 장기저장기술 개발 부분에 기술한 절임배추를 사용하였다. 즉 10, 16, 24% 농도의 염수로 실온에서 16시간 절임을 실시하여 염도별 절임배추를 제조하였으며, 절여진 배추를 각각 염도 2.5, 4, 6%로 맞추어 2% 염수(보존액)에 침지시켜 0℃에서 냉장보관한 후 김치로 제조하여 이화학적, 미생물학적 및 관능적 품질 특성을 분석하였다.

(2) 실험방법

(가) 김치 제조 방법

절임배추를 0, 3, 6, 9주간 0℃의 저장고에서 플라스틱 절임배추 저장용기에 담아 저장한 후 김치로 제조하여 이화학적, 미생물학적 및 관능적 품질평가를 실시하였다. 김치 제조를 위한 레시피는 표 2-3과 같다.

Table 2-3. Recipe for Kimchi manufacturing

Ingredient	**Ratio (%)**
Salted Chinese cabbage	82
Garlic	2.8
Ginger	1.0
Dried pepper powder	3.3
Fermented Anchovy sauce	3.0
Glutinous rice	0.8
Water	4.4
Welsh onion	2.7

(나) 당도, pH 및 적정산도

당도는 blender로 간 반죽상태의 시료를 거즈로 감싸 즙을 추출한 후 Digital Refractometer(N-1E, ATAGO, Japan)를 사용하여 가용성고형물 함량을 측정한 후 °Brix로 나타내었으며, pH는 blender로 간 반죽(paste)상태의 시료에 pH electrode를 직접 넣어 측정하였다. 적정산도는 blender로 간 반죽상태의 시료 약 1 g을 정확히 달아 적당히 희석(약 100배)하여 여과(Toyo no. 1)한 후 여과액 20 mL에 0.01 N NaOH 용액으로 pH가 8.3이 될 때까지 적정하였다. 별도로 증류수에 대한 바탕시험을 실시하여 다음 식에 따라 계산하였다.

$$\text{적정산도}(\%) = \frac{(A-B)\times 0.0009\times f\times D}{S}\times 100$$

여기에서 A : 본 시험에 소비된 0.01 N NaOH 용액의 mL수, B : 바탕시험에 소비된 0.01 N NaOH 용액의 mL수, f : 0.01 N NaOH 용액의 역가, D : 희석배수, S : 시료채취량(g)이다.

(다) 환원당

환원당은 DNS법으로 수행하였다. 즉, blender로 간 반죽상태의 시료 약 1 g을 정확히 달아 적당히 희석(약 100배)하여 여과(Toyo no. 1)한 후 여과액 1 mL에 DNS 시약 3 mL를 넣어 즉시 vortex mixer로 혼합하고 끓는 물에 5분간 중탕하였다. 실온에서 방냉한 후 증류수 16

mL로 희석하여 UV-VIS spectrophotometer(UV-1800, Shimadzu, Kyoto, Japan)를 사용하여 550 nm에서 흡광도를 측정하였으며, 미리 구해 놓은 glucose 표준곡선에 의해 환원당 함량을 산출하였다.

(라) 조직감

조직 강도는 texture analyzer(TAXT-2, Stable Micro Systems, Godalming, England)를 사용하여 측정하였으며, texture analyzer의 운영조건은 Table 2-4와 같다. 시료의 중앙부분에서부터 100% 통과하면서 받는 최대 강도를 측정하였으며, 시료 처리구당 10회 반복하여 측정 후 평균값을 구하였다.

Table 2-4. Operation condition for puncture test

Items	Operation condition
Probe	2 mm
Pretest speed	5 mm/s
Test speed	0.5 mm/s
Posttest speed	10 mm/s
Rupture test	2 mm/s
Distance	15 mm

(마) 수분

수분 함량은 배추의 내엽과 외엽을 취하여 각각의 잎과 줄기부분의 약 5 g의 시료를 취한 후 적외선 수분 측정기(MB45, Ohaus, Boston, UK)를 이용하여 측정하였다.

(바) 색도

김치 후보원료의 색도는 Spectrocolorimeter(Minolta CR-300, Tokyo, Japan)를 사용하여 측정되었다. 슬라이스 된 후 염장된 김치 후보원료의 동일한 부분을 각각 3번씩 측정하였으며, L, a, b 값을 측정한 후 아래의 식을 이용하여 ΔE*ab를 계산하여 색의 변화를 나타내었다.

$$\Delta E^*ab = [(L-L_0)^2 + (a-a_0)^2 + (b-b_0)^2]^2 = [(\Delta L)^2 + (\Delta a)^2 + (\Delta b)^2]^2$$

L_0, a_0, b_0는 초기 시료의 색도값을 의미하고, ΔE*ab은 값의 정도에 따라 다음과 같이 해석할 수 있다. ΔE*ab의 값이 0~0.5은 색차가 거의 없는 경우이고, 0.5~1.5은 근소한 차이, 1.5~3.0은 감지할 수 있을 정도의 차이, 3.0~6.0은 현저한 차이, 6.0~12은 극히 현저한 차이, 12 이

상은 다른 계통의 색으로 해석할 수 있다.

(사) 미생물

무균적으로 시료를 10 g 취한후 멸균된 0.85% saline 용액으로 10배 희석하여 stomacher (Bagmixer R400, Interscience, Saint Nom, France)로 균질화한 후 단계 희석하여 실험을 실시하였다.

일반세균수의 경우, PCA(plate count agar, Difco)배지를 사용하여 단계별로 희석한 시료를 접종한 후 pouring culture method로 30℃에서 48시간 배양하여 계수하였다.

젖산균수의 경우, MRS(Lactobacilli MRS agar, Difco)배지에 BCP(bromocresol purple) 지시약을 25 ppm으로 넣어 제조한 배지를 사용하여 단계별로 희석한 시료를 접종한 후 pouring culture method로 30℃에서 48시간 배양하고 총 colony와 yellow 발색 반응을 나타낸 colony (유기산 생산균)를 계수하였다. 또한 여러 젖산균을 형태적 특성에 따라 선별 계수하기 위하여 MRS(Lactobacilli MRS agar, Difco)배지에 BPB 지시약 20 ppm을 넣어 제조한 BPB (bromophenol blue) 선택배지를 사용하여 단계별로 희석한 시료를 접종하여 spreading culture method로 30℃에서 72시간 배양하였다. 이때 전체적으로 환이 없거나 암청색을 띄는 것을 *Leuconostoc* spp.으로, 전체적으로 담청색을 띄면서 중앙에 암청색 환이 있으나 전체적으로 담청색을 띄는 것을 *Lactobacillus* spp.로 계수하였다.

대장균군은 10배씩 단계 희석한 용액 1 mL씩을 대장균군 건조필름배지(3M, USA)에 접종한 후 잘 흡수시켜 30℃에서 48시간 배양하였다. 생성된 붉은 집락 중 주위에 기포를 형성하고 있는 집락수의 평균값에 희석배수를 곱하여 대장균군 수를 산출하였다.

효모 및 곰팡이 균수는 PDA(potato dextrose agar, Difco)배지를 살균한 후 10% tartaric acid 1.4 mL/100 mL를 첨가하고 단계별로 희석한 시료를 접종한 다음 spreading culture method로 25℃에서 48-72시간 배양 후 계수하였다.

(아) 관능평가

한국식품연구원에서 김치에 대한 묘사분석 및 차이식별 검사를 통하여 개발한 김치의 관능적 묘사용어를 사용하여 설정된 평가방법을 사용하였으며, 훈련된 김치 관능요원 10명을 선발하여 15 선척도법(line-scaling method)에 따라 김치의 관능평가를 실시하였다. 이때 시료는 냄새가 배지 않은 사기그릇에 배추 중록 부분의 김치 2-3 조각을 넣고 뚜껑을 덮은 후 증류수와 함께 시료로 제공하였다.

2. 연구내용 및 결과

가. 배추 저장기간에 따른 절임배추 품질 특성 분석

최근 대량화, 산업화되고 있는 김치산업에 있어서, 연중 규칙적이고 원활한 배추 공급은 매우 중요한 문제이다. 하지만 배추는 부피가 크고 조직이 무르기 때문에 저장과 유통에 있어 어

려움이 많으며, 작황의 풍흉 및 계절에 따라 가격 변동과 수급 불균형이 심하게 발생하는 작물이다. 절임배추는 소금으로 절이는 과정에서 무게와 부피가 줄어들고, 소금으로 인해 부패성 미생물의 생육이 억제되어 저장성 증진 효과가 기대될 수 있다. 따라서 본 연구에서는 배추 및 절임배추의 공급기간 연장을 위하여 실제로 저장되던 배추를 이용하여 절임배추를 제조하였으며, 배추 저장기간에 따른 절임배추의 품질 특성 분석을 통하여 절임배추의 실제 저장 가능기간에 대해 조사하였다.

(1) 배추 저장기간에 따른 절임배추의 저장중 이화학적 품질 특성

배추와 절임배추를 연계하여 배추 공급기간을 최대한 연장하고 최적 절임시기를 설정하기 위하여, 저장중 품질이 저하되기 시작한 저장 9주차부터 12주차까지 매주 절임을 실시하였다.

저장 생배추를 이용하여 제조한 절임배추의 품질 특성은 표 2-3(9주 저장 생배추), 표 2-4(10주 저장 생배추), 표 2-5(11주 저장 생배추), 표 2-5(12주 저장 생배추)에 나타냈다. 9주간 저장한 생배추로 제조한 절임배추는 절임배추 제조 후 추가 2주간 저장을 실시했을 때, 품질상의 큰 변화가 나타나지 않았다. 또한 10주간 저장한 생배추로 제조한 절임배추는 절임배추 제조 후 추가 2주간 저장을 실시했을 때, 절임배추 직후는 산도가 0.23±0.01%로 분석되어 품질상의 문제가 발견되지 않았으나, 저장 중 산도가 약간 증가하는 경향을 보였다. 하지만 11주간 저장한 생배추로 제조한 절임배추는 절임배추 제조 후 추가 2주간 저장을 실시했을 때, 절임배추 제조 초기부터 산도가 0.29±0.01%로 나타나 높은 편을 보였으며, 추가 저장 실시 시에도 산도가 꾸준히 증가하여 절임배추의 품질이 불량하게 나타났다.

따라서 저장중인 생배추를 이용하여 절임배추를 제조시에는 생배추의 품질이 양호할 경우에만 절임배추의 품질이 저장중에도 유지되는 것으로 확인되었다.

Table 2-5. Physicochemical properties of salted Chinese cabbage during storage for 2 weeks. Chinese cabbage was stored at 0°C for 9 weeks prior to salting.

Analysis items	0 weeks	1 weeks	2 weeks
Sugar content (°Brix)	8.90±0.09	10.6±0.12	10.9±0.08
Titratable acidity (%)	0.23±0.02	0.26±0.01	0.23±0.02
Salinity (%)	3.83±0.21	4.61±0.31	5.79±0.42
Reducing sugar (mg/g)	26.21±1.13	24.34±2.31	25.81±0.07
pH	5.74±0.04	5.70±0.02	5.71±0.05
Moisture content (%)	90.33±0.27	88.76±0.34	89.50±0.41
Texture (g)	559.2±61.71	497.4±62.14	447.1±78.33

Table 2-6. Physicochemical properties of salted Chinese cabbage during storage for 2 weeks. Chinese cabbage was stored at 0°C for 10 weeks prior to salting.

Analysis items	0 weeks	1 weeks	2 weeks
Sugar content (°Brix)	8.30±0.29	9.97±0.12	9.33±0.34
Titratable acidity (%)	0.23±0.01	0.28±0.02	0.27±0.02
Salinity (%)	3.94±0.03	4.77±0.23	5.04±0.23
Reducing sugar (mg/g)	27.11±0.17	22.96±0.29	15.88±2.23
pH	5.64±0.03	5.81±0.03	5.89±0.04
Moisture content (%)	90.87±0.25	88.94±0.16	89.62±0.28
Texture (g)	537.5±39.69	537.5±39.68	481.9±58.10

Table 2-7. Physicochemical properties of salted Chinese cabbage during storage for 2 weeks. Chinese cabbage was stored at 0°C for 11 weeks prior to salting.

Analysis items	0 weeks	1 weeks	2 weeks
Sugar content (°Brix)	7.90±0.36	9.60±0.46	10.60±0.46
Titratable acidity (%)	0.29±0.01	0.26±0.02	0.31±0.01
Salinity (%)	3.18±0.21	3.28±0.34	4.88±0.08
Reducing sugar (mg/g)	25.12±0.97	24.20±0.29	23.11±1.34
pH	5.68±0.01	5.72±0.04	5.24±0.07
Moisture content (%)	92.08±0.40	89.37±0.28	88.91±0.42
Texture (g)	541.1±43.08	389.4±92.76	447.3±119.42

Table 2-8. Physicochemical properties of salted Chinese cabbage during storage for 2 weeks. Chinese cabbage was stored at 0°C for 12 weeks prior to salting.

Analysis items	0 weeks	1 weeks	2 weeks
Sugar content (°Brix)	7.90±0.36	8.77±0.34	9.20±0.08
Titratable acidity (%)	0.22±0.01	0.32±0.04	0.29±0.01
Salinity (%)	3.26±0.15	3.56±0.57	4.10±0.14
Reducing sugar (mg/g)	25.00±0.93	23.60±1.06	25.37±0.28
pH	5.6±0.01	5.61±0.03	5.24±0.07
Moisture content (%)	91.48±0.17	90.72±0.18	88.91±0.42
Texture (g)	627.24±103.20	442.4±90.92	447.3±119.42

나. 절임배추 장기저장기술 개발

절임배추 저장시 가장 문제가 되는 부분은 저장중 절임배추가 발효된다는 점이다. 배추는 절임과 동시에 호염성 미생물인 *Leuconostoc* spp.이나 *Lactobacillus* spp.와 같은 젖산균에 의해 젖산 발효가 일어난다. 이로 인하여 젖산 생성 및 이취 발생 등의 문제가 생겨 현재는 1주일 이상 저장을 못하고 있는 실정이다. 따라서 본 연구에서는 고염 절임 및 저온살균 처리를 실시하여 절임배추의 미생물을 제어하여 절임배추의 저장기간을 연장하고자 했다.

(1) 절임배추 염도 및 저온살균 처리에 따른 절임배추 이화학적 품질 평가

절임배추 장기저장을 위하여 배추를 10, 16, 24% 농도의 염수로 실온에서 16시간 절임을 실시하여 염도 2.5, 4, 6%의 절임배추를 제조하였으며, 저온살균 효과를 구명하기 위하여 65°C에서 30분간 저온살균처리를 실시하였다. 보통 식품은 70°C 이상의 온도에 노출시 열에 의한 품질 변화가 크게 나타나기 때문에 저온살균 온도로 65°C를 설정하였다. 이렇게 만들어진 절임배추는 2% 염수(보존액)에 침지시켜 장기저장을 실시하였다. 또한 절임배추의 최적 저장형태를 구명하기 위하여 염수에 침지시킨 처리구와 별도로 탈수된 상태의 절임배추를 저장하여 품질 비교를 실시하였다.

처리구별 절임배추의 저장기간은 절임배추 저장형태에 따라 품질 차이가 크게 나타나서, 절임 후 탈수시켜서 저장한 절임배추의 경우 저장 2주후부터 품질이 급격히 떨어진 반면, 염수 침지 처리구는 절임배추 염도에 따른 차이는 있었지만 저장 8주까지 품질이 유지되었으며, 절임배추 염도가 높을수록 저장기간이 길게 나타났다.

처리구별 절임배추의 저장중 pH와 산도의 변화는 그림 2-1과 같다. 처리와 상관없이 저장중 pH는 5.4~6.2의 범위에서 분석되었으며, 처리간의 유의차는 나타나지 않았다.

산도의 경우는 처리간의 차이가 나타나서 절임배추 제조시 염수 염도가 높을수록 저장중

산도가 낮게 유지되었으며, 24% 염수로 제조한 절임배추의 산도가 저장중 가장 낮게 유지되어 가장 적합한 것으로 분석되었다.

당도 역시 처리에 따른 차이가 크게 나타났다. 절임배추를 염수에 침지하지 않고 탈수 상태로 저장한 처리구의 당도가 가장 높게 나타났으며, 저온살균 처리한 절임배추의 당도가 가장 낮게 나타났다. 이는 열처리로 인해 배추 조직내의 당 성분이 염수로 빠져나와 당도가 가장 낮게 분석된 것으로 판단된다.

환원당 함량 역시 당도와 비슷한 경향을 보였다. 당도 역시 처리에 따른 차이가 크게 나타났다. 절임배추를 염수에 침지하지 않고 탈수 상태로 저장한 처리구의 당도가 가장 높게 나타났으며, 저온살균 처리한 절임배추의 당도가 가장 낮은 농도로 분석되었다. 또한 염수 농도에 따른 환원당 함량 차이를 살펴보면, 염수의 농도가 높을수록 환원당 함량도 약간씩 낮아지는 경향을 보였는데, 이는 삼투 작용에 의해 배추 내 환원당이 염수로 나왔기 때문에 환원당 함량이 낮아진 것으로 판단된다.

염도의 경우는, 최종 보관액의 염도가 2%였기 때문에 24%의 염수로 제조한 절임배추의 염도도 2.5% 이하로 분석되어 김치 제조시 약 3회가량 세척 공정이 들어가는 것을 감안하면 김치 24% 염수 절임도 김치 제조시 고염으로 인한 문제는 없을 것으로 판단된다. 초기 염도가 낮은 10% 염수 절임 처리구는 보관액의 염도가 2% 였기 때문에 저장중 염도가 점점 높아지는 경향을 보였으며, 16% 염수 절임구나 24% 염수 절임구는 저장기간 내내 염도가 2% 전후로 유지되었다.

조직감은 처리구간의 큰 차이는 관찰되지 않았으나, 저온살균 처리구의 경도가 가장 낮게 분석되었다. 이는 저온살균시 입은 열처리로 인해 조직의 손상이 일어나 경도가 낮게 분석된 것으로 판단된다. 하지만 유의적인 차이는 나타나지 않았기 때문에 이로 인해 김치 제조시 문제가 되지는 않을 것으로 판단된다.

색상변화는 10% 염수로 절인 처리구에서 가장 심하게 나타났다. 절임배추의 저장중 관찰된 가장 큰 문제는 갈변현상으로, 이 현상은 특히 저온살균 처리구와 10% 염수로 절인 절임배추에서 가장 심하게 나타났다.

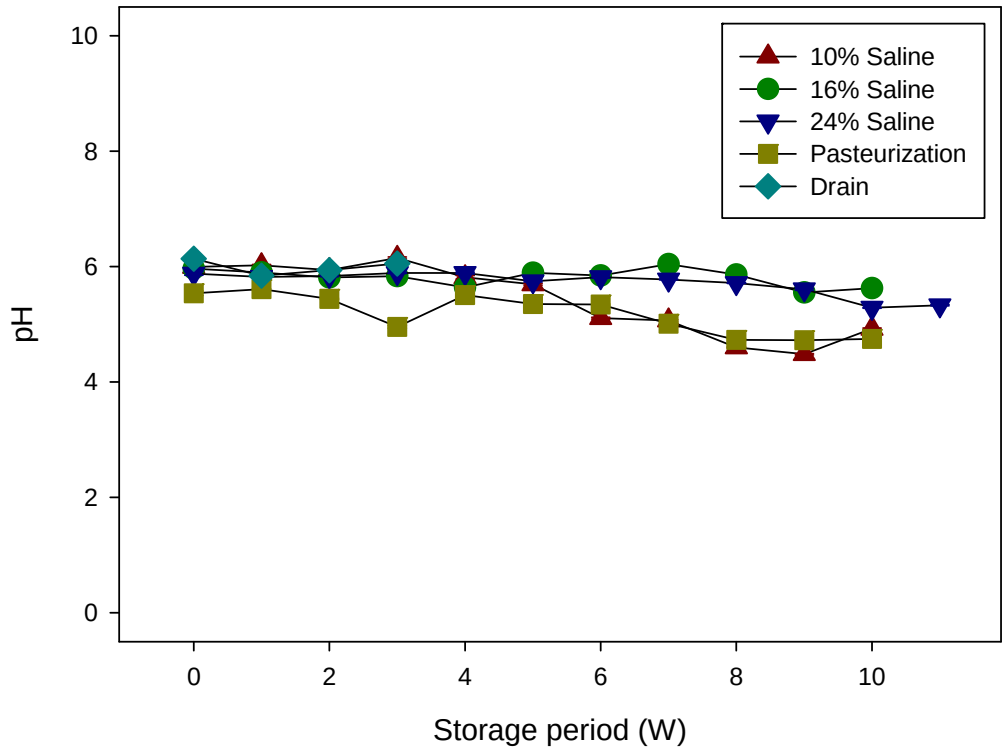


Fig. 2-1. Change of pH of salted Chinese cabbage with 10, 16, and 24% of saline for 16 h and pasteurization treatment during storage.

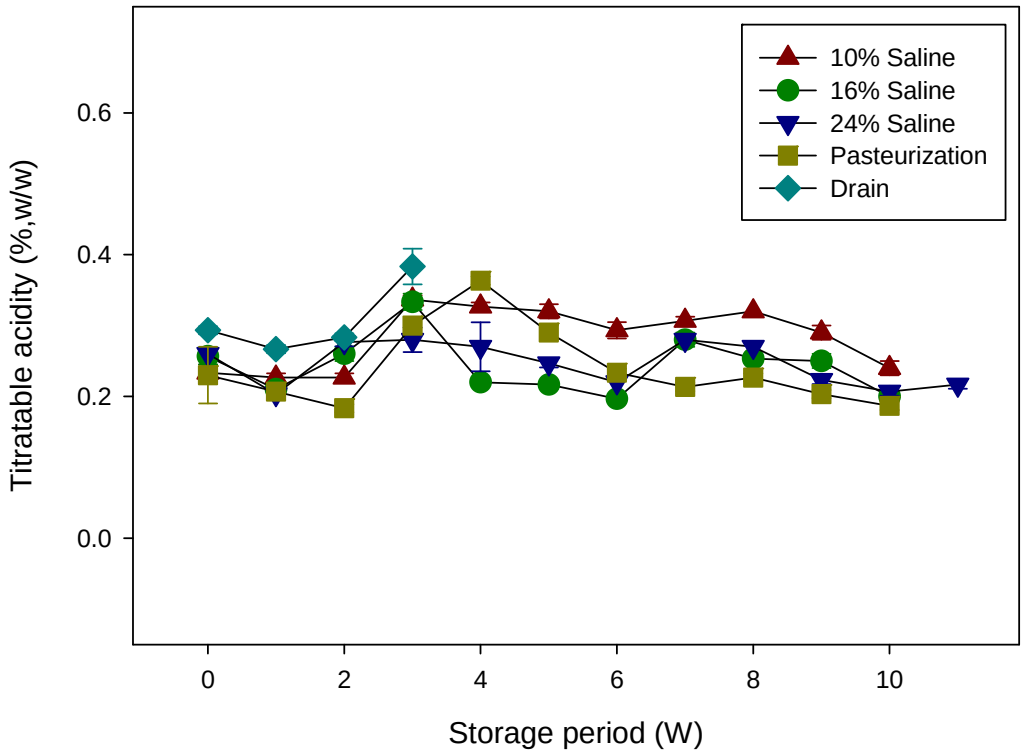


Fig. 2-2. Change of titratable acidity of salted Chinese cabbage with 10, 16, and 24% of saline for 16 h and pasteurization treatment during storage.

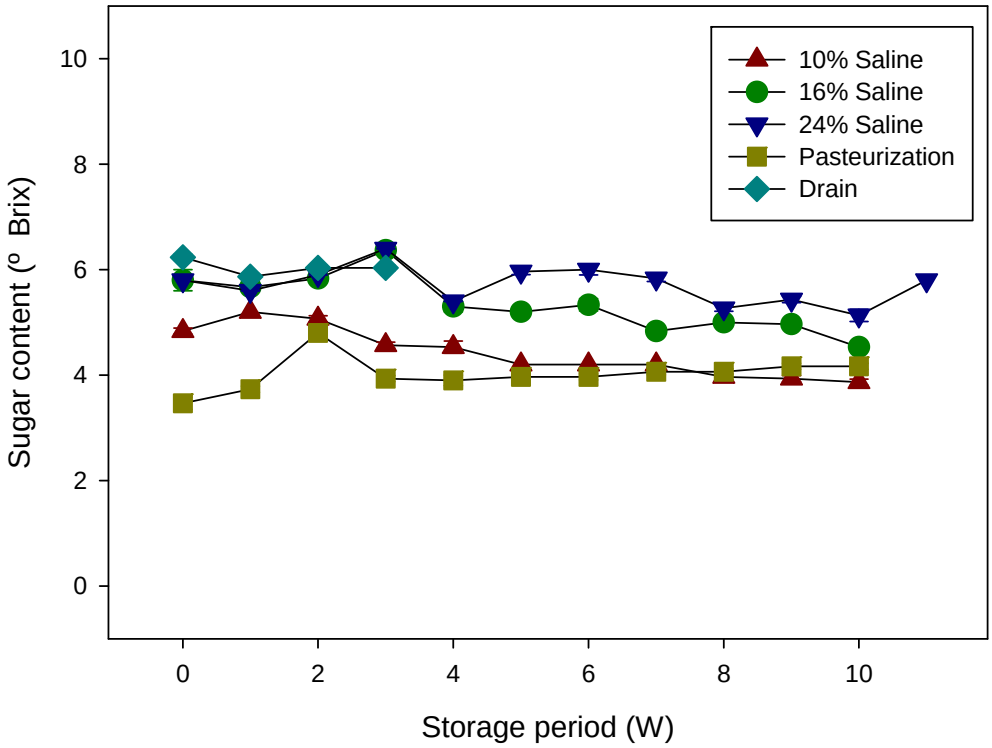


Fig. 2-3. Change of sugar content of salted Chinese cabbage with 10, 16, and 24% of saline for 16 h and pasteurization treatment during storage.

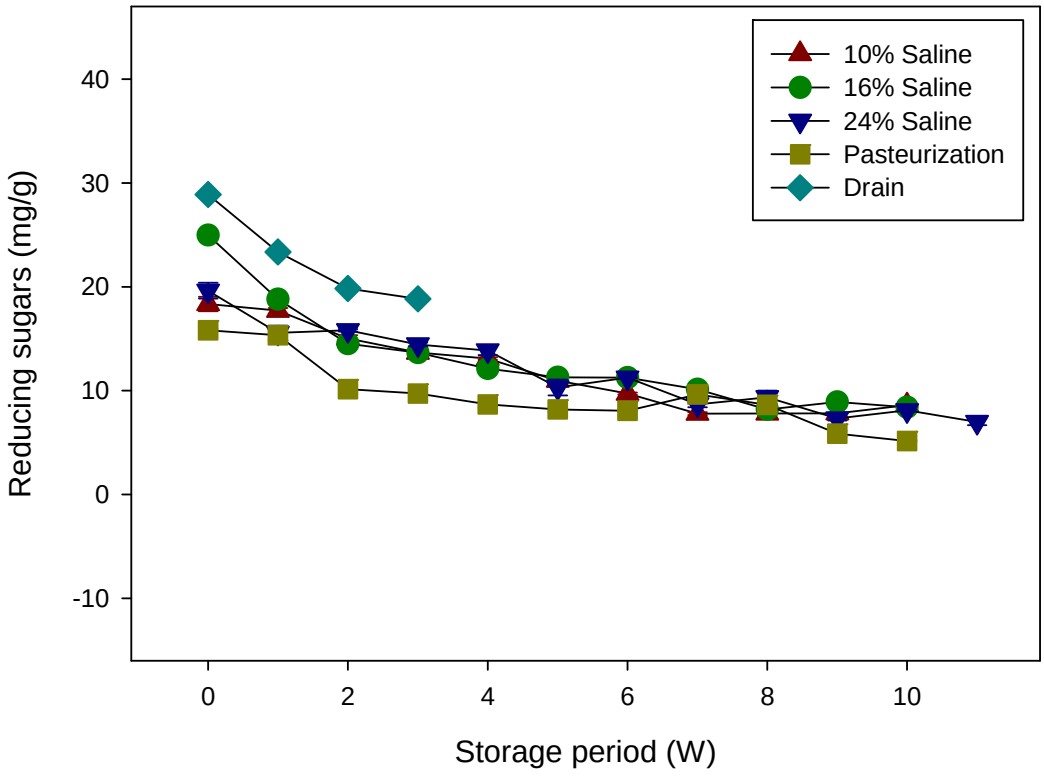


Fig. 2-4. Change of reducing sugar of salted Chinese cabbage with 10, 16, and 24% of saline for 16 h and pasteurization treatment during storage.

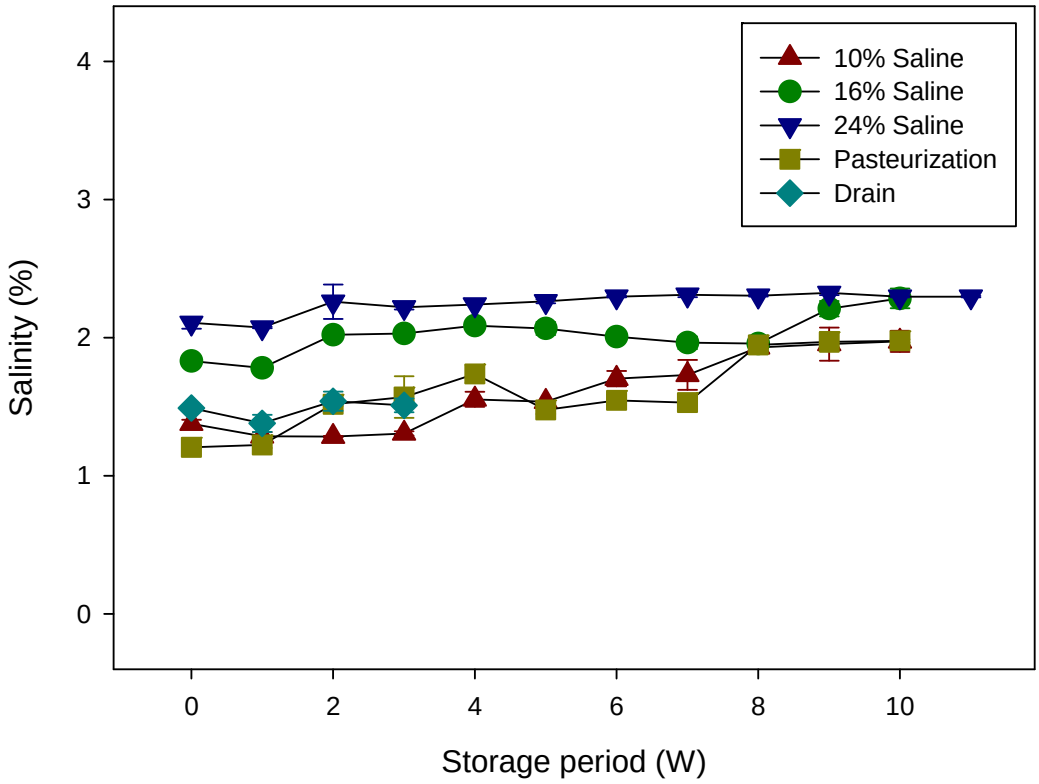


Fig. 2-5. Change of salinity of salted Chinese cabbage with 10, 16, and 24% of saline for 16 h and pasteurization treatment during storage.

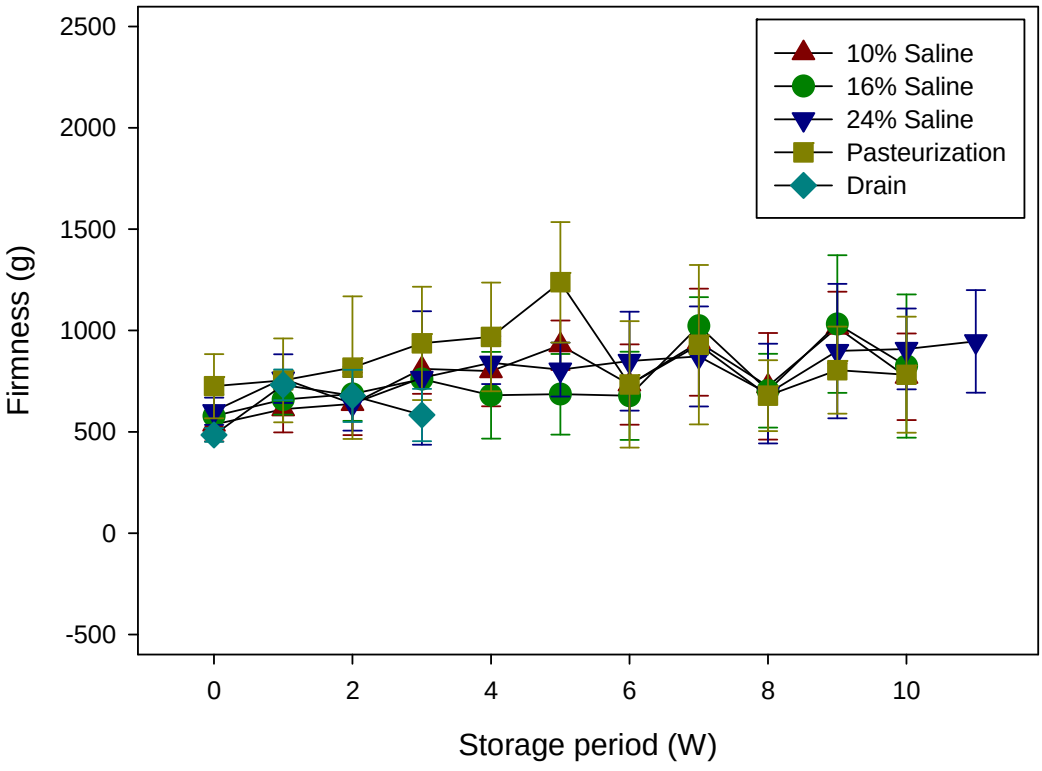


Fig. 2-6. Change of firmness of salted Chinese cabbage with 10, 16, and 24% of saline for 16 h and pasteurization treatment during storage.

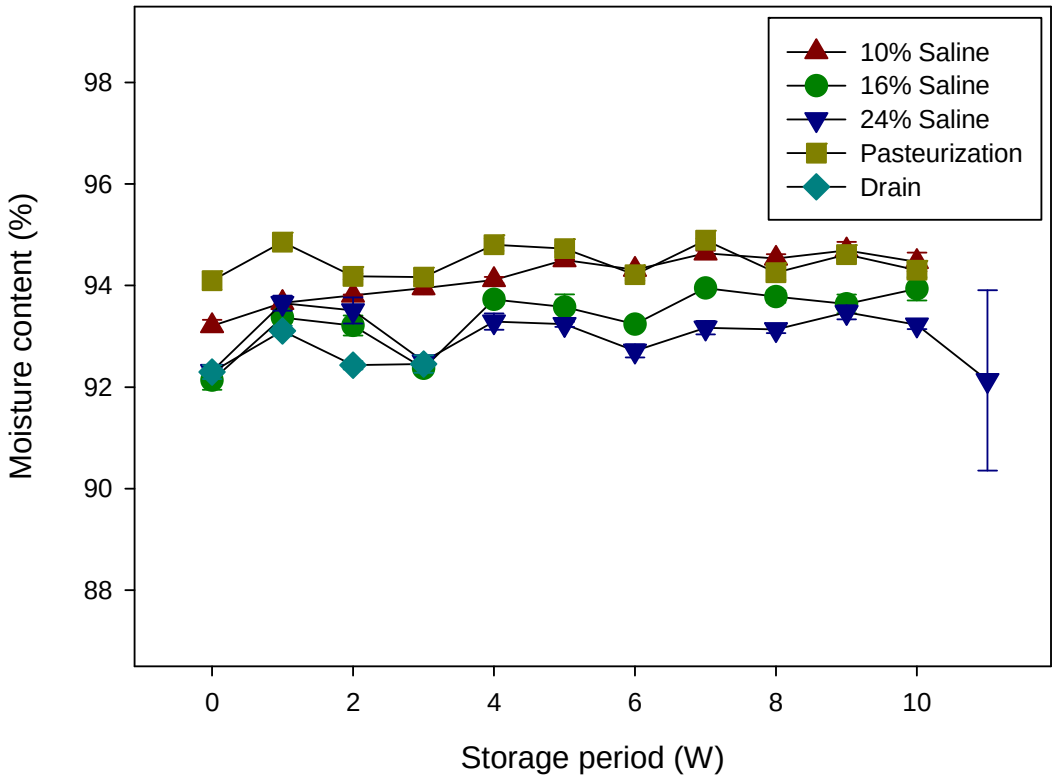


Fig. 2-7. Change of moisture content of salted Chinese cabbage with 10, 16, and 24% of saline for 16 h and pasteurization treatment during storage.

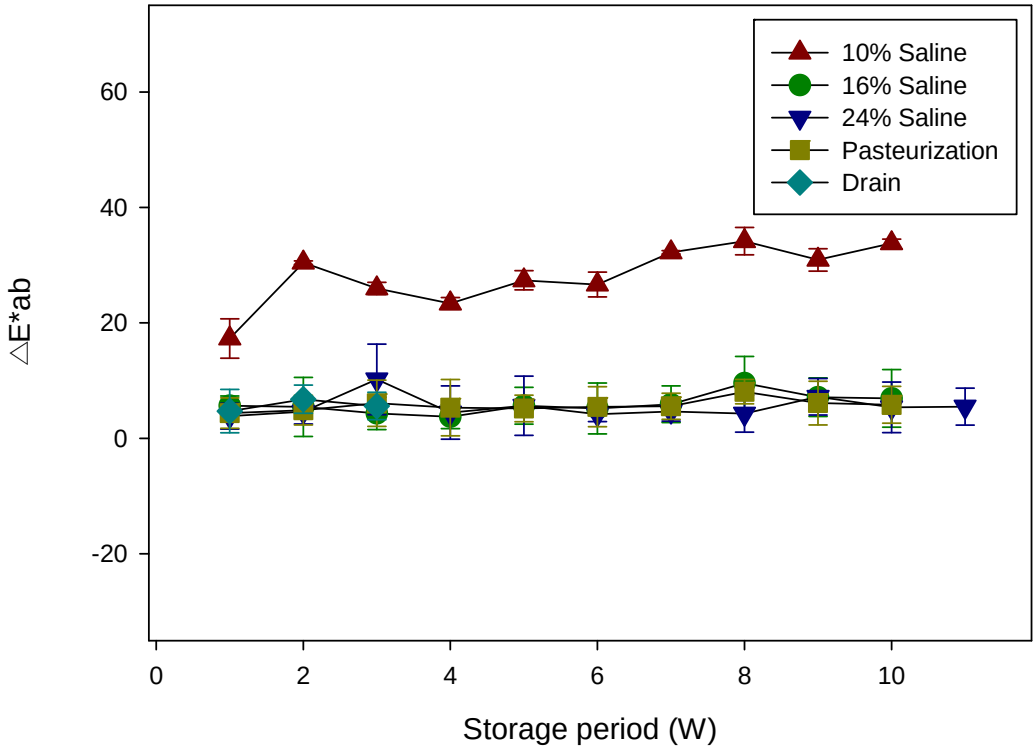


Fig. 2-8. Change of color of salted Chinese cabbage with 10, 16, and 24% of saline for 16 h and pasteurization treatment during storage.

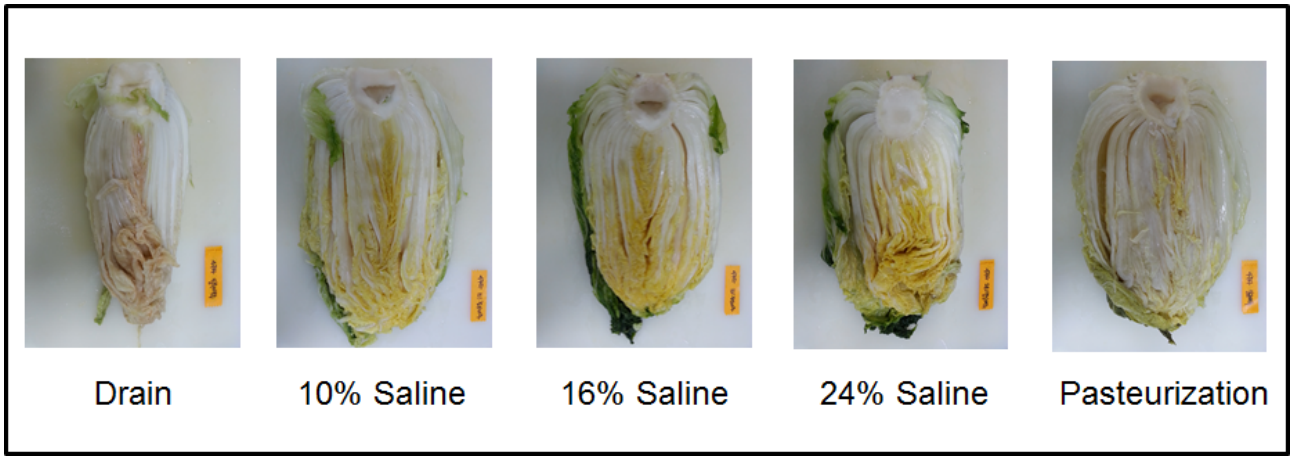


Fig. 2-9. Appearance of salted Chinese cabbage with 10, 16, and 24% of saline for 16 h and pasteurization treatment, then stored at 0°C for 4 weeks.

절임배추의 장기저장기술 개발을 위하여 절임배추의 저장형태를 침지형과 탈수형으로 분리하여 저장중 품질변화를 살펴보았다. 또한 절임배추의 저장중 미생물에 의한 변질을 억제하기 위하여 염도별로 절임을 실시하였고, 저온살균을 처리하여 절임배추 저장중 이화학적 및 미생물학적 품질변화를 분석하였다. 실험 결과 절임배추의 장기저장을 위한 최적 저장형태는 탈수시켜 저장할 경우는 저장 2주후부터 발효 및 변질이 일어나 절임배추의 산도가 0.4% 가까이 상승하여 절임배추의 품질이 급격히 손상되었다. 반면, 절임배추를 염수에 침지하여 저장할 경우, 탈수시켜 저장한 절임배추에 비해 품질 유지 기간이 길게 조사되었다. 특히 24% 염수로 절인 후 2% 저장액에 침지시켜 보관한 절임배추의 경우 11주까지 갈변 등의 장해도 관찰되지 않았으며, 산도도 0.2% 수준으로 낮게 유지되어 절임배추 장기저장에 효과적이었다. 따라서 절임배추 장기저장을 위해선 절임배추 제조후 절임배추를 탈수시켜 저장하는 방법보다는 절임배추를 염수에 침치하여 저장하는 편이 저장기간 연장을 위해 효과적으로 판단된다. 또한 절임배추 제조시 염수의 농도가 높을수록 저장중 미생물 생육이 억제되어 품질변화가 적게 나타났다. 미생물 살균을 위한 저온살균 처리는 저장 초반에는 품질 유지에 효과적이었으나 저장 5주 이후부터 조직에서 갈변 현상 및 수침 현상 등 저장 장해가 발생하였으며, 저온살균 처리 자체가 쉽지 않았기 때문에 절임배추 장기저장을 위한 처리로 적합하지 않아 보였다.

따라서 절임배추 장기저장을 위해 저온살균 보다는 고염 절임 후 2% 염수 저장이 품질 유지 및 저장기간 연장에 가장 효과적인 방법으로 판단된다.

Table 2-9. Physicochemical properties of salted Chinese cabbage during storage for 2 weeks. Chinese cabbage was stored at 0oC for 11 weeks prior to salting.

(unit: CFU/mL)

Storage period (w)	10% saline	16% saline	24% saline	Pasteurization	Drain
Total cell count					
0	2.10×10^{5}	8.30×10^{5}	1.90×10^{5}	1.08×10^{6}	5.74×10^{6}
1	1.70×10^{5}	1.00×10^{5}	2.05×10^{5}	8.00×10^{5}	4.40×10^{5}
2	2.10×10^{5}	8.30×10^{5}	1.90×10^{5}	1.08×10^{6}	5.74×10^{6}
3	2.37×10^{8}	3.75×10^{6}	5.16×10^{6}	6.22×10^{6}	4.75×10^{6}
4	4.80×10^{7}	1.60×10^{5}	3.60×10^{6}	4.90×10^{5}	1.20×10^{7}
5	9.55×10^{6}	9.50×10^{4}	2.78×10^{5}	1.55×10^{7}	1.05×10^{5}
6	6.10×10^{8}	6.30×10^{8}	4.35×10^{8}	3.75×10^{8}	2.95×10^{8}
7	5.80×10^{7}	9.50×10^{5}	8.00×10^{5}	1.05×10^{7}	3.14×10^{6}
8	8.70×10^{6}	5.35×10^{7}	7.65×10^{6}	5.65×10^{5}	3.70×10^{6}
9	8.30×10^{7}	8.45×10^{7}	8.60×10^{6}	7.25×10^{5}	5.00×10^{6}
10	9.05×10^{7}	9.75×10^{7}	1.26×10^{7}	8.60×10^{5}	5.40×10^{6}
11	2.25×10^{8}	1.30×10^{7}	5.50×10^{6}	6.50×10^{6}	9.35×10^{6}
Lactic acid bacteria					
0	5.40×10^{2}	1.85×10^{2}	1.30×10^{2}	8.50×10^{1}	9.50×10^{2}
1	4.25×10^{4}	5.50×10^{3}	5.50×10^{3}	1.60×10^{4}	7.50×10^{2}
2	5.40×10^{2}	1.85×10^{2}	1.30×10^{2}	1.08×10^{6}	9.50×10^{2}
3	8.05×10^{5}	1.36×10^{6}	4.00×10^{5}	1.05×10^{6}	8.88×10^{6}
4	1.25×10^{7}	2.50×10^{4}	7.00×10^{4}	2.85×10^{5}	1.19×10^{6}
5	3.60×10^{6}	3.75×10^{4}	6.05×10^{5}	1.40×10^{7}	1.00×10^{5}
6	3.25×10^{8}	3.50×10^{8}	4.25×10^{8}	4.15×10^{8}	8.88×10^{6}
7	5.95×10^{6}	6.20×10^{5}	7.70×10^{5}	2.15×10^{6}	4.00×10^{6}
8	9.20×10^{6}	7.30×10^{7}	8.25×10^{6}	5.00×10^{5}	5.65×10^{6}
9	1.16×10^{7}	8.15×10^{7}	8.75×10^{6}	7.85×10^{5}	8.50×10^{6}
10	1.85×10^{7}	1.33×10^{8}	9.75×10^{6}	8.35×10^{5}	7.35×10^{6}
11	1.40×10^{8}	1.05×10^{6}	3.85×10^{7}	3.00×10^{7}	9.40×10^{6}
BPB-MRS medium (*Leuconostoc* spp.)					
0	2.50×10^{2}	-	-	5.50×10^{2}	-
1	-	-	-	2.20×10^{4}	1.00×10^{3}
2	2.50×10^{2}	-	-	5.50×10^{2}	-
3	9.50×10^{5}	-	-	-	-
4	-	-	-	-	-
5	-	-	-	-	-
6	-	-	-	-	-
7	-	1.00×10^{5}	1.00×10^{4}	-	1.00×10^{5}
8	2.30×10^{6}	2.50×10^{6}	6.50×10^{5}	-	1.00×10^{6}
9	4.75×10^{6}	1.50×10^{6}	6.00×10^{5}	-	3.40×10^{6}
10	5.75×10^{6}	2.00×10^{6}	3.00×10^{5}	-	1.70×10^{6}
11	-	-	-	-	-

(to be continued)

Storage period (w)	10% saline	16% saline	24% saline	Pasteurization	Drain
BPB-MRS medium(*Lactobacillus* spp.)					
0	3.85×10^{3}	1.88×10^{4}	1.55×10^{3}	1.11×10^{4}	4.05×10^{4}
1	1.00×10^{6}	1.26×10^{5}	4.35×10^{4}	1.18×10^{5}	5.50×10^{3}
2	3.85×10^{3}	1.88×10^{4}	1.55×10^{3}	1.11×10^{4}	4.05×10^{4}
3	8.40×10^{6}	3.50×10^{6}	9.15×10^{6}	1.50×10^{6}	9.80×10^{6}
4	1.14×10^{7}	1.25×10^{5}	3.65×10^{5}	7.80×10^{5}	4.80×10^{6}
5	5.80×10^{6}	2.05×10^{5}	8.75×10^{5}	1.14×10^{7}	2.25×10^{5}
6	2.30×10^{9}	4.00×10^{9}	9.15×10^{6}	1.50×10^{6}	9.80×10^{6}
7	1.25×10^{7}	4.35×10^{6}	6.50×10^{5}	3.20×10^{6}	3.05×10^{6}
8	7.00×10^{6}	1.05×10^{8}	7.85×10^{6}	5.20×10^{5}	4.05×10^{6}
9	8.45×10^{6}	1.26×10^{8}	8.05×10^{6}	6.20×10^{5}	8.20×10^{6}
10	1.22×10^{7}	1.33×10^{8}	8.75×10^{6}	7.10×10^{5}	5.20×10^{6}
11	7.00×10^{8}	1.45×10^{6}	7.55×10^{6}	3.50×10^{5}	1.30×10^{7}
Yeast · mold					
0	-	-	-	-	-
1	-	-	-	-	-
2	-	-	-	-	-
3	-	-	-	-	-
4	-	-	-	-	-
5	-	-	-	-	-
6	-	-	-	-	-
7	-	-	-	-	-
8	-	-	-	-	-
9	-	-	-	-	-
10	-	-	-	-	-
11	-	-	-	-	-
Coliform bacteria					
0	-	-	-	-	-
1	-	-	-	-	-
2	-	-	-	-	-
3	-	-	-	-	-
4	-	-	-	-	-
5	-	-	-	-	-
6	-	-	-	-	-
7	-	-	-	-	-
8	-	-	-	-	-
9	-	-	-	-	-
10	-	-	-	-	-
11	-	-	-	-	-

다. 저장 절임배추로 제조한 김치 품질 특성

장기저장된 절임배추를 이용하여 김치로 제조시 김치 품질 유지를 확인하기 위하여 저온살균 및 염도별로 제조한 절임배추를 이용하여 김치를 제조한 후 이화학적, 미생물학적 및 관능적 품질평가를 실시하였다.

(1) 저장 절임배추로 제조한 김치의 품질 특성

절임배추를 0℃에서 저장하면서 0, 3, 6, 9주후에 꺼내어 김치로 제조후 품질평가를 실시하였다. 처리간 차이를 보면 고염절임을 실시한 절임배추에 비해 저온살균한 절임배추의 경우 발효가 천천히 진행되어 김치 제조후 저장중 산도가 가장 낮게 유지되었다. 하지만 저온살균을 처리한 절임배추로 제조한 김치의 경우 저온살균 과정 동안 당의 손실이 가장 많이 일어나서, 김치로 제조시에도 전체적인 당도뿐만 아니라 환원당 함량이 가장 낮게 분석되었다. 김치는 발효과정이 진행됨에 따라 발효성 당류가 유기산 등 다른 물질로 전환되므로 발효를 위해서는 환원당이 필수요소이나, 저온살균 과정을 통해 환원당의 손실이 일어나서, 이로 인해 발효도 천천히 진행되어 저온살균 처리를 실시한 절임배추로 제조한 김치의 경우, 숙성 기간 동안 산도가 가장 천천히 증가한 것으로 판단된다. 비록 저온살균 처리구의 산도 증가율이 가장 천천히 일어났지만, 김치 제조후 11주 경과시 산도 함량은 다른 처리구에 비해 유의적인 차이를 보이지 않았다.

색도의 변화를 살펴보면, 저온살균 처리를 실시한 처리구의 경우 절임배추 상태에서는 갈변이 가장 심하게 발생되어 절임배추의 품질을 손상시키는 주요 원인으로 나타났다. 하지만 김치로 제조시에는 고춧가루 등의 양념 색이 더해서 갈변이 크게 나타나지 않았으며, 전체적인 색도의 변화 역시 다른 처리구와 유의적인 차이를 보이지 않았다.

김치 숙성중 염도 변화는 크게 나타나지 않았으며, 10% 염수로 제조한 절임배추로 제조한 김치만 김치 숙성 초반에 염도가 감소하는 경향을 나타냈고, 그 밖의 처리구에서는 숙성기간 동안 초기 염도값을 유지하였다. 비교적 고염수로 절임을 실시한 16%와 24% 절임배추 제조구의 경우 염도가 2.2-2.5%의 범위에서 분석되었으며, 이는 최근 김치의 염도인 2% 전후에 비해 약간 높은 편이므로, 24% 염수로 절임을 실시한 절임배추의 경우는 김치 제조시 세척 공정을 1회 추가하면 2% 전후의 염도에서 김치를 제조할 수 있을 것으로 판단된다.

염도별로 절임을 실시한 후 2% 염수에 11주간 장기저장한 절임배추를 이용하여 김치를 제조한 후 관능평가를 실시한 결과, 10% 염수로 절임을 실시한 절임배추를 저장하지 않고 바로 김치로 제조한 경우가 종합적 기호도가 9.47로 높게 나타났다. 10% 염수 절임의 경우는 김치 제조시, 저장기간이 길어질수록 관능적 기호도가 낮아져 저장 11주에는 종합적 기호도가 7.7까지 낮아졌다. 절임염수 농도별로 관능평가 결과를 살펴보면, 절임염수의 농도가 높아질수록 장기저장 절임배추를 이용하여 제조한 김치의 종합적 기호도가 높게 나타나 24% 염수로 절임을 실시한 절임배추를 9주간 저장한 후 김치를 제조하였을 때 종합적 기호도가 9.6으로 나타나 미저장 절임배추로 제조한 김치와 유의적 차이를 보이지 않아, 산업적으로 이용하였을 때 최종제

품과 관능적으로 품질차이가 없음을 확인할 수 있었다. 따라서 절임배추의 장기저장을 위해서는 고염절임을 실시해야 이화학적 및 관능적 품질차이를 최소한으로 줄일 수 있었다.

절임배추의 저장기간별 이화학적 품질변화 분석시, 저장기간에 따른 가장 큰 차이를 보이는 항목이 환원당이었다. 절임배추 저장기간이 증가할수록 김치의 환원당 함량이 낮게 분석되었으며, 이로 인한 품질 저하가 나타났다. 환원당은 수용성 물질로 염수에 침지하여 저장하는 특성상 저장기간이 증가할수록 침지액에 많이 녹아 나오기 때문으로 판단되며, 이로 인한 품질 저하를 막기 위하여 장기저장을 실시한 절임배추를 이용하여 김치 제조시 별도의 보당을 실시해야 김치 품질 저하를 막을 수 있을 것으로 판단된다. 그 외의 다른 품질 항목은 저장기간 증가시에도 유의적인 차이를 나타내지 않아 고염 절임후 염수에 침지하여 절임배추를 저장하는 방법은 절임배추 저장기간 연장에 효과적인 방법으로 판단된다.

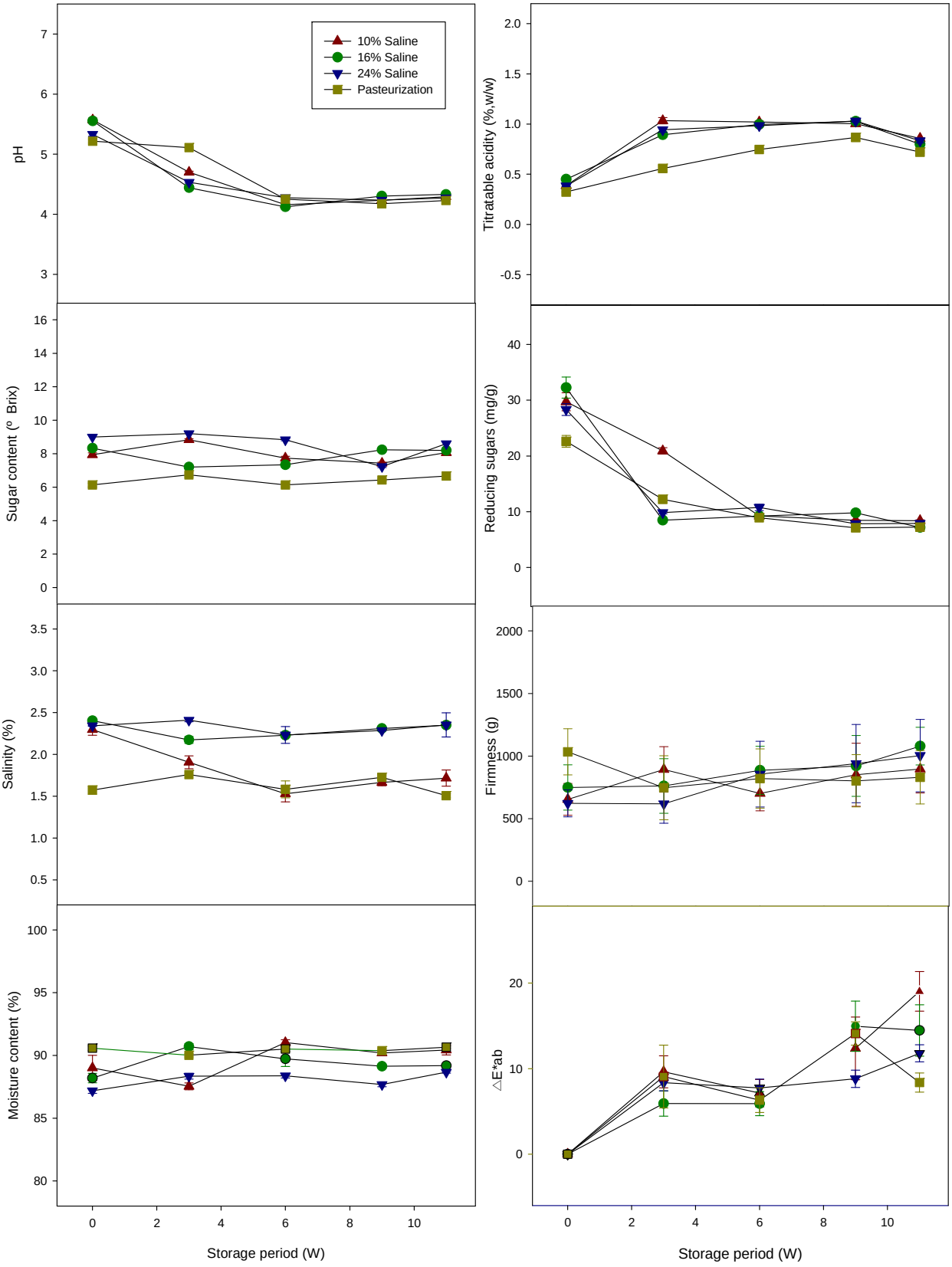


Fig. 2-10. Change of physicochemical properties of Kimchi produced with salted Chinese cabbage with 10, 16, and 24% of saline for 16 h and pasteurization treatment.

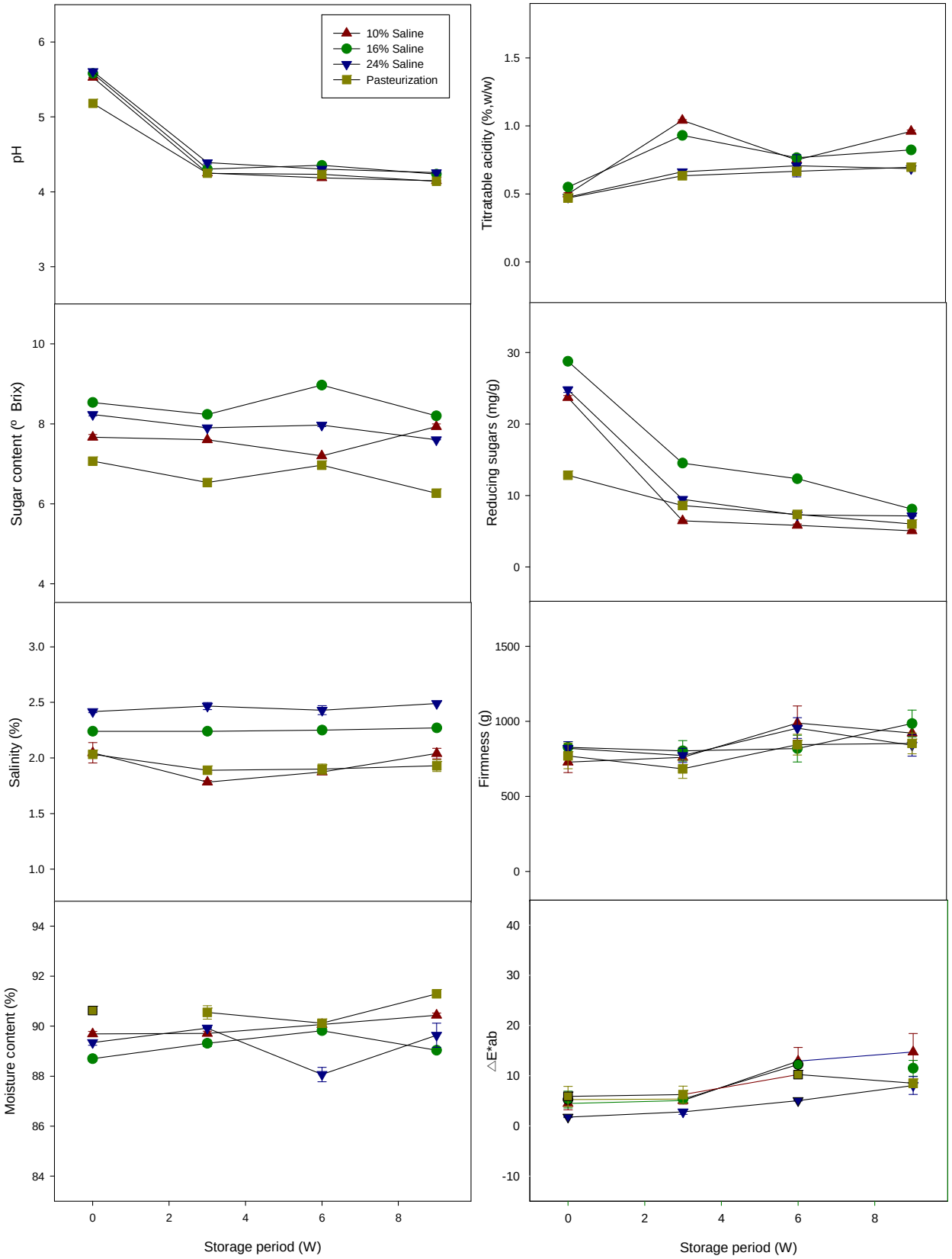


Fig. 2-11. Change of physicochemical properties of Kimchi produced with salted Chinese cabbage with 10, 16, and 24% of saline for 16 h and pasteurization treatment, then stored for 3 weeks.

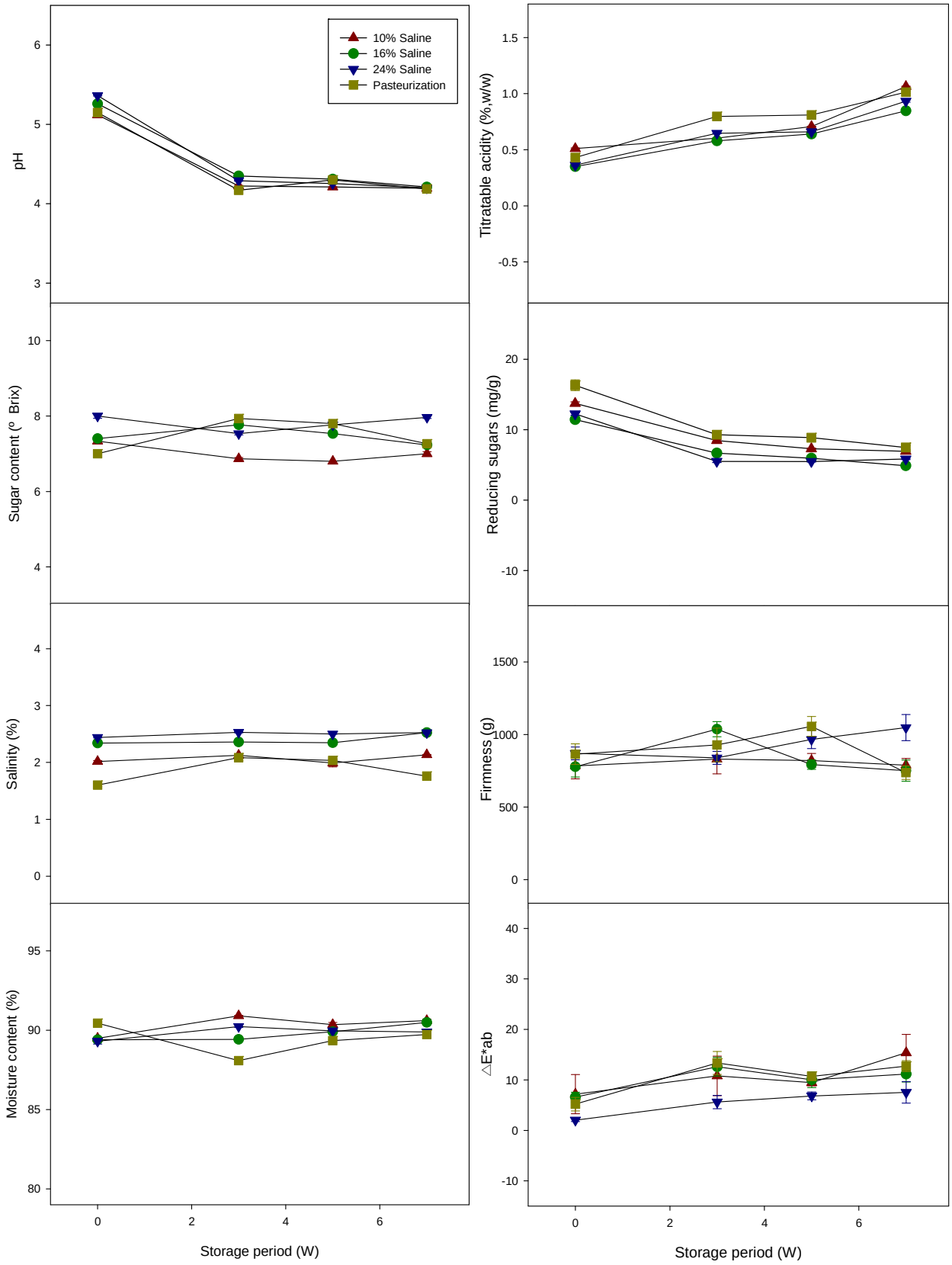


Fig. 2-12. Change of physicochemical properties of Kimchi produced with salted Chinese cabbage with 10, 16, and 24% of saline for 16 h and pasteurization treatment, then stored for 6 weeks.

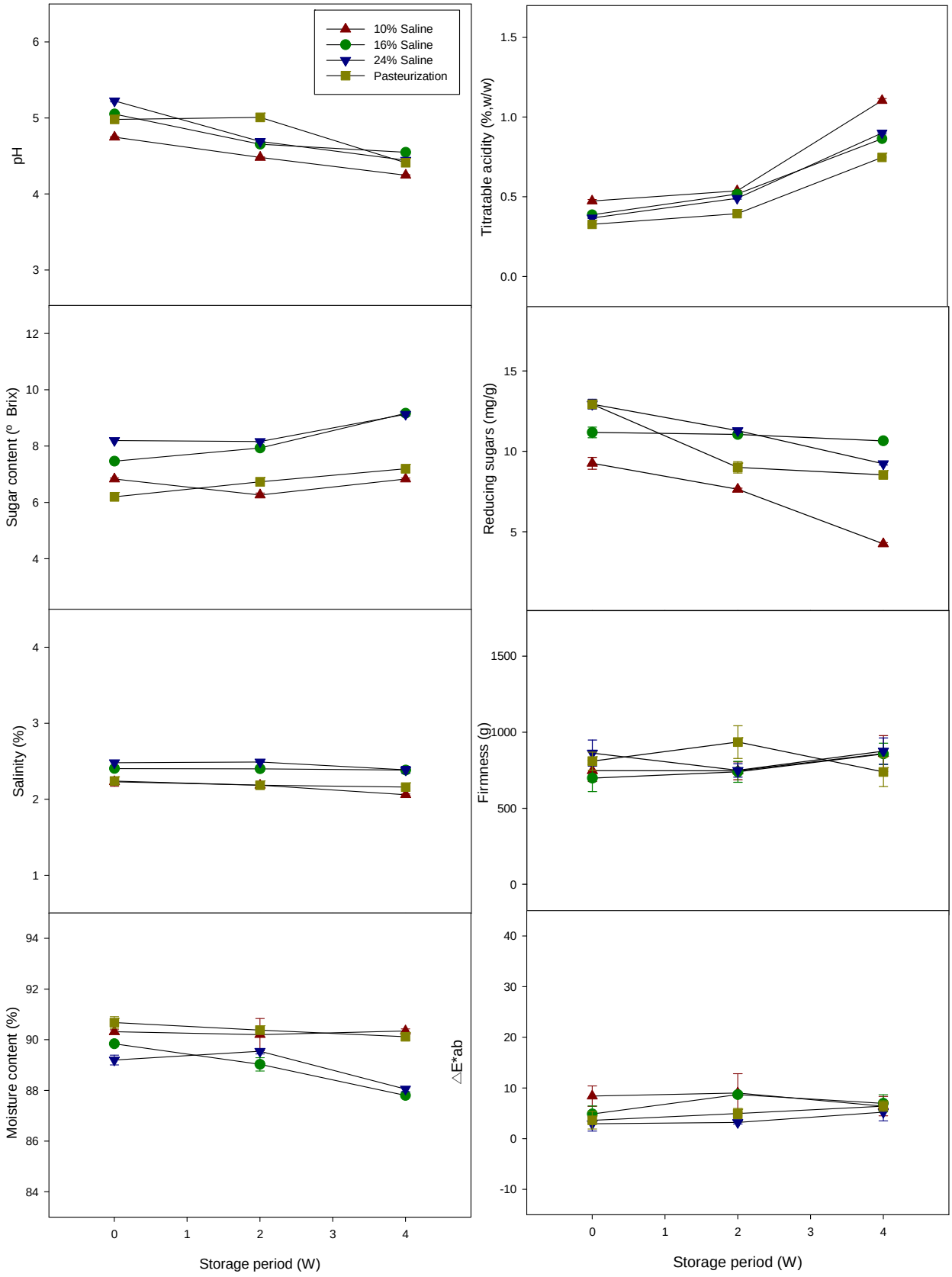


Fig. 2-13. Change of physicochemical properties of Kimchi produced with salted Chinese cabbage with 10, 16, and 24% of saline for 16 h and pasteurization treatment, then stored for 9 weeks.

Table 2-10. Change of physicochemical properties of Kimchi produced with salted Chinese cabbage with 10, 16, and 24% of saline for 16 h and pasteurization treatment.

(unit: CFU/mL)

Storage period (w)	10% saline	16% saline	24% saline	Pasteurization
Total cell count				
0	6.05×10^{6}	1.66×10^{6}	4.00×10^{7}	2.15×10^{6}
3	1.95×10^{8}	5.65×10^{7}	4.25×10^{7}	5.00×10^{6}
6	6.25×10^{8}	4.25×10^{8}	3.25×10^{8}	3.25×10^{8}
9	8.70×10^{8}	8.30×10^{8}	5.20×10^{8}	5.55×10^{8}
11	3.10×10^{8}	1.15×10^{6}	3.50×10^{8}	3.50×10^{8}
Lactic acid bacteria				
0	4.60×10^{5}	3.75×10^{6}	5.05×10^{6}	1.30×10^{5}
3	1.89×10^{9}	9.35×10^{8}	7.20×10^{8}	-
6	3.25×10^{8}	3.50×10^{8}	4.25×10^{8}	4.15×10^{8}
9	5.75×10^{8}	7.30×10^{8}	6.25×10^{8}	5.75×10^{8}
11	2.10×10^{8}	3.000×10^{5}	9.15×10^{5}	1.50×10^{5}
BPB-MRS medium (*Leuconostoc* spp.)				
0	6.50×10^{4}	9.00×10^{3}	2.50×10^{3}	7.00×10^{4}
3	-	2.05×10^{8}	5.00×10^{7}	3.00×10^{7}
6	-	-	-	-
9	-	-	-	-
11	1×10^{8}	-	-	-
BPB-MRS medium (*Lactobacillus* spp.)				
0	4.15×10^{5}	8.50×10^{4}	9.20×10^{4}	5.30×10^{5}
3	1.80×10^{8}	5.15×10^{8}	3.35×10^{8}	1.00×10^{7}
6	2.30×10^{9}	4.00×10^{9}	3.05×10^{9}	1.50×10^{7}
9	5.35×10^{9}	2.00×10^{10}	4.55×10^{9}	1.80×10^{7}
11	1.20×10^{9}	1.15×10^{8}	9.15×10^{6}	1.50×10^{6}
Yeast · mold				
0	-	-	-	-
3	-	-	-	-
6	-	-	-	-
9	-	-	-	-
11	-	-	-	-
Coliform bacteria				
0	-	-	-	-
3	-	-	-	-
6	-	-	-	-
9	-	-	-	-
11	-	-	-	-

Table 2-11. Change of physicochemical properties of Kimchi produced with salted Chinese cabbage with 10, 16, and 24% of saline for 16 h and pasteurization treatment, then stored for 3 weeks.

(unit: CFU/mL)

Storage period (w)	10% saline	16% saline	24% saline	Pasteurization
Total cell count				
0	6.05×10^{6}	1.66×10^{6}	4.00×10^{7}	2.15×10^{6}
3	5.70×10^{8}	6.35×10^{8}	9.70×10^{7}	1.35×10^{7}
6	6.70×10^{8}	7.95×10^{8}	1.10×10^{8}	2.45×10^{7}
9	8.70×10^{8}	1.80×10^{8}	9.70×10^{7}	1.35×10^{7}
Lactic acid bacteria				
0	4.60×10^{5}	3.75×10^{6}	5.05×10^{6}	1.30×10^{5}
3	2.10×10^{6}	3.50×10^{8}	7.20×10^{8}	3.60×10^{6}
6	4.20×10^{6}	4.85×10^{8}	5.50×10^{8}	4.35×10^{6}
9	2.10×10^{6}	3.45×10^{7}	7.20×10^{8}	3.60×10^{6}
BPB-MRS medium (*Leuconostoc* spp.)				
0	6.50×10^{4}	9.00×10^{3}	2.50×10^{3}	7.00×10^{4}
3	-	2.05×10^{8}	5.00×10^{7}	3.00×10^{7}
6	-	-	-	-
9	-	-	-	-
BPB-MRS medium (*Lactobacillus* spp.)				
0	4.15×10^{5}	8.50×10^{4}	9.20×10^{4}	5.30×10^{5}
3	1.80×10^{8}	5.15×10^{8}	3.35×10^{8}	1.00×10^{7}
6	2.30×10^{9}	4.00×10^{9}	3.05×10^{9}	1.50×10^{7}
9	5.35×10^{9}	2.00×10^{10}	4.55×10^{9}	1.80×10^{7}
Yeast · mold				
0	-	-	-	-
3	-	-	-	-
6	-	-	-	-
9	-	-	-	-
Coliform bacteria				
0	-	-	-	-
3	-	-	-	-
6	-	-	-	-
9	-	-	-	-

Table 2-12. Change of physicochemical properties of Kimchi produced with salted Chinese cabbage with 10, 16, and 24% of saline for 16 h and pasteurization treatment, then stored for 6 weeks.

(unit: CFU/mg)

Storage period (w)	10% saline	16% saline	24% saline	Pasteurization
Total cell count				
0	8.45×10^{5}	1.80×10^{7}	1.80×10^{7}	1.80×10^{7}
3	4.85×10^{8}	6.85×10^{8}	1.18×10^{9}	4.70×10^{7}
5	4.95×10^{8}	3.05×10^{8}	3.35×10^{9}	1.70×10^{7}
7	1.05×10^{9}	5.50×10^{7}	3.50×10^{8}	8.00×10^{8}
Lactic acid bacteria				
0	6.00×10^{5}	10.5×10^{4}	1.25×10^{5}	1.23×10^{8}
3	4.50×10^{9}	8.20×10^{8}	8.20×10^{8}	6.10×10^{7}
5	1.40×10^{8}	2.30×10^{8}	3.15×10^{8}	6.50×10^{7}
7	1.60×10^{10}	7.50×10^{7}	1.35×10^{8}	1.35×10^{9}
BPB-MRS medium (*Leuconostoc* spp.)				
0	-	2.05×10^{8}	-	3.00×10^{7}
3	-	-	-	-
5	-	-	-	-
7	-	-	-	-
BPB-MRS medium (*Lactobacillus* spp.)				
0	2.50×10^{6}	1.75×10^{6}	1.70×10^{6}	2.05×10^{6}
3	4.20×10^{8}	3.65×10^{8}	3.65×10^{8}	1.65×10^{8}
5	2.35×10^{9}	3.55×10^{9}	8.50×10^{9}	1.35×10^{8}
7	9.50×10^{10}	4.00×10^{10}	6.50×10^{10}	1.25×10^{9}
Yeast · mold				
0	1.00×10^{4}	1.00×10^{4}	-	5.50×10^{2}
3	6.50×10^{2}	-	-	-
5	1.50×10^{2}	-	-	-
7	6.75×10^{4}	5.50×10^{4}	3.55×10^{3}	2.85×10^{2}
Coliform bacteria				
0	-	-	-	-
3	-	-	-	-
5	-	-	-	-
7	-	-	-	-

Table 2-13. Change of physicochemical properties of Kimchi produced with salted Chinese cabbage with 10, 16, and 24% of saline for 16 h and pasteurization treatment, then stored for 9 weeks.

(unit: CFU/mg)

Storage period (w)	10% saline	16% saline	24% saline	Pasteurization
Total cell count				
0	1.20×10^{10}	2.40×10^{8}	4.55×10^{8}	3.70×10^{8}
2	7.50×10^{8}	2.20×10^{9}	1.70×10^{9}	1.50×10^{8}
4	8.35×10^{6}	6.00×10^{7}	1.45×10^{10}	2.00×10^{7}
Lactic acid bacteria				
0	5.10×10^{8}	4.10×10^{8}	5.15×10^{8}	3.05×10^{9}
2	1.90×10^{9}	2.40×10^{9}	1.85×10^{9}	1.05×10^{10}
4	8.50×10^{7}	6.00×10^{7}	1.80×10^{9}	3.50×10^{7}
BPB-MRS medium (*Leuconostoc* spp.)				
0	-	1.50×10^{9}	-	1.00×10^{6}
2	-	-	-	-
4	1.00×10^{10}	2.00×10^{10}	2.50×10^{9}	-
BPB-MRS medium (*Lactobacillus* spp.)				
0	5.50×10^{8}	3.60×10^{11}	2.70×10^{8}	1.30×10^{8}
2	2.35×10^{10}	1.05×10^{9}	1.50×10^{10}	2.40×10^{11}
4	1.05×10^{11}	3.40×10^{11}	2.50×10^{9}	1.50×10^{12}
Yeast · mold				
0	-	-	-	-
2	1.50×10^{2}	-	-	-
4	6.55×10^{4}	2.80×10^{2}	1.00×10^{3}	4.30×10^{3}
Coliform bacteria				
0	-	-	-	-
2	-	-	-	-
4	-	-	-	-

Table 2-14. Sensory evaluation of Kimchi produced with salted Chinese cabbage with 10, 16, and 24% of saline for 16 h and pasteurization treatment

저장 기간 (주)	냄새				맛				조직감				종합적 기호도
	잘익은 냄새	과숙된 냄새	이취	잘익은 맛	매운맛	짠맛	쓴맛	과숙된 맛	이미	아삭한 정도	무른 정도	질긴 정도	
10% Saline													
0	4.97±2.46	3.62±2.09	2.72±1.39	4.08±2.53	8.35±3.59	7.85±2.38	4.32±3.21	2.90±2.08	2.00±0.94	8.15±3.51	4.74±3.16	5.70±3.71	9.47±2.54
3	8.89±2.37	7.28±3.24	3.93±2.97	10.03±1.64	7.69±3.16	7.09±2.89	5.03±3.91	6.65±2.69	3.92±2.26	10.48±2.26	4.06±2.72	5.29±3.18	9.78±2.32
6	9.00±2.54	9.10±3.96	3.60±1.96	10.00±2.21	6.40±2.55	7.10±2.56	4.80±2.25	9.00±3.02	3.80±1.99	6.30±1.49	8.10±3.21	5.70±2.06	7.50±3.47
9	9.00±2.21	8.60±3.10	3.80±2.86	10.60±2.01	8.30±2.41	8.70±2.67	5.20±3.36	9.40±3.86	3.70±2.06	8.30±2.41	7.50±3.21	7.30±3.20	8.90±3.21
11	10.25±2.42	9.25±3.58	4.00±3.30	10.65±2.56	8.75±1.93	8.35±2.11	5.70±3.62	9.40±3.03	4.40±3.10	8.00±2.26	6.20±2.44	5.80±2.04	7.70±1.42
16% Saline													
0	4.45±2.61	3.32±2.73	2.09±1.19	3.92±3.19	6.85±2.65	7.40±3.49	4.91±3.28	2.80±2.04	2.72±1.47	9.17±2.58	4.77±2.36	5.17±2.88	8.74±2.76
3	10.44±2.35	8.53±4.24	4.33±3.69	10.46±2.61	8.85±2.63	8.36±2.89	6.12±3.90	8.12±4.71	4.06±3.48	9.43±3.09	5.15±3.00	5.78±3.35	9.43±2.11
6	9.20±2.39	8.00±3.83	4.20±2.35	8.20±3.55	7.60±2.12	8.20±2.97	5.70±3.13	7.50±4.20	3.90±2.13	8.30±2.31	6.30±2.58	7.70±2.67	6.70±2.06
9	9.50±1.90	8.60±1.84	3.60±1.78	9.70±2.31	7.60±3.50	10.90±2.28	5.10±2.85	9.00±3.30	4.70±2.41	8.00±3.20	6.90±3.90	9.00±3.02	8.20±2.57
11	8.60±1.90	7.90±2.92	3.60±2.59	9.40±1.51	6.80±2.57	9.20±3.19	5.10±3.18	7.50±3.24	4.10±4.36	9.00±2.00	4.60±1.43	6.50±2.68	7.80±2.20
24% Saline													
0	5.36±3.35	3.72±3.04	2.52±1.59	3.40±2.13	8.75±3.17	8.85±3.40	3.52±2.39	2.70±1.97	3.06±1.53	8.42±3.77	5.00±2.92	5.01±3.20	7.97±1.75
3	9.65±3.23	9.15±3.02	4.68±3.64	9.02±3.23	8.03±2.61	8.58±2.49	5.53±4.37	6.68±4.18	3.93±3.15	7.62±3.20	5.92±4.31	7.22±5.11	8.35±2.77
6	8.22±2.59	8.11±3.52	2.89±0.78	8.60±3.27	7.80±2.74	8.90±2.42	4.80±2.78	8.30±3.89	3.40±1.26	7.60±1.78	6.50±3.10	5.60±1.58	7.80±2.82
9	10.40±1.51	9.90±2.38	4.00±2.11	10.80±2.04	7.80±3.43	9.00±2.71	5.10±3.03	10.00±3.94	3.70±1.77	8.40±2.22	7.20±2.39	5.30±2.54	9.60±3.06
11	9.70±1.42	8.00±3.06	2.60±0.84	9.80±2.20	7.40±3.41	7.50±3.41	5.50±4.03	8.20±3.85	3.70±3.40	8.80±1.87	5.30±2.50	6.10±2.28	8.20±2.78
Pasteurization													
0	5.37±3.37	4.04±2.98	2.44±1.08	4.04±2.92	7.13±3.94	6.25±3.85	5.54±4.18	3.00±2.35	3.04±2.60	8.89±3.54	6.10±3.94	6.31±3.92	8.18±2.62
3	8.86±1.29	8.68±2.33	5.68±4.21	8.82±1.72	5.87±2.28	6.16±2.75	5.22±4.14	5.78±3.13	5.32±4.22	7.15±3.61	6.99±3.41	6.71±3.51	7.25±2.66
6	9.20±2.04	7.90±2.69	3.10±1.29	8.30±2.91	8.00±2.40	7.90±2.47	4.80±3.19	7.30±3.95	3.00±1.33	8.90±2.60	5.90±3.45	6.20±2.30	8.10±3.21
9	10.50±1.90	10.00±2.11	3.20±1.62	10.70±2.00	8.10±2.64	9.70±3.53	5.70±2.75	9.70±3.89	3.40±1.65	7.50±3.06	9.00±3.23	6.50±3.21	8.50±3.37
11	10.30±2.16	9.40±3.17	3.90±3.03	9.80±2.57	8.10±3.81	7.50±2.99	6.00±3.68	8.80±3.74	4.20±3.26	7.30±2.83	7.10±3.28	6.10±3.14	7.50±2.37

Table 2-15. Sensory evaluation of Kimchi produced with salted Chinese cabbage with 10, 16, and 24% of saline for 16 h and pasteurization treatment, then stored for 3 weeks.

저장 기간 (주)	냄새				맛				조직감				종합적 기호도
	잘익은 냄새	과숙된 냄새	이취	잘익은 맛	매운맛	짠맛	쓴맛	과숙된 맛	이미	아삭한 정도	무른 정도	질긴 정도	
10% Saline													
3	6.85±3.59	4.65±3.57	3.85±2.65	6.42±3.69	8.37±2.31	7.55±2.31	5.75±3.85	4.05±3.39	3.55±3.06	8.55±3.73	4.35±2.54	4.98±2.87	8.35±2.43
6	9.30±2.41	9.30±2.45	4.30±2.75	9.20±2.70	8.60±2.22	8.40±2.07	5.00±3.62	8.90±2.96	4.30±2.79	7.00±2.45	6.90±2.42	6.50±3.95	7.50±2.46
9	8.10±2.60	7.30±3.16	4.30±2.67	9.70±2.91	8.30±2.98	6.80±3.29	5.40±2.95	8.50±4.03	4.10±3.07	6.90±3.96	7.00±3.56	5.10±1.85	7.50±3.66
11	9.60±2.67	8.90±2.81	3.30±2.45	10.50±3.69	9.20±3.01	9.60±3.34	4.10±3.11	9.10±3.63	3.60±2.46	8.40±2.72	7.50±2.76	5.40±2.12	8.50±3.63
16% Saline													
3	6.25±3.51	5.15±3.61	3.35±2.58	6.45±3.59	9.95±2.03	10.85±1.89	4.85±3.23	4.75±3.74	4.35±3.67	9.35±3.35	5.45±3.30	5.43±3.50	8.65±3.00
6	9.80±2.44	9.80±2.70	3.60±2.17	9.90±2.69	8.80±2.25	9.80±2.30	4.90±3.11	9.30±2.71	3.80±2.66	8.40±1.84	6.70±3.13	5.70±3.86	8.50±3.27
9	9.20±2.25	8.00±2.71	3.70±1.70	8.70±3.09	8.60±3.20	9.80±3.39	6.40±4.72	8.40±3.44	5.40±4.30	8.10±2.02	5.80±2.86	6.40±2.91	7.00±2.91
11	10.50±2.64	8.80±2.70	4.00±3.50	10.10±2.38	10.20±2.86	11.90±2.51	6.20±2.97	10.40±3.66	5.20±3.85	7.80±2.57	8.60±2.76	5.60±2.72	5.80±1.99
24% Saline													
3	5.75±2.76	4.53±3.81	4.15±3.59	6.28±3.28	8.35±1.63	10.08±2.64	3.95±2.43	4.89±3.52	3.98±3.14	9.28±3.89	5.15±3.62	5.35±3.87	8.20±3.40
6	9.20±2.44	9.20±2.39	4.60±2.76	9.30±2.54	9.00±3.37	10.70±3.68	6.30±2.71	9.40±2.99	5.30±4.32	7.40±3.13	7.80±4.21	6.10±3.63	6.60±2.76
9	8.20±1.93	7.00±2.98	3.60±1.84	8.00±2.45	8.30±3.33	9.40±3.89	4.50±3.57	7.90±3.41	4.10±3.38	6.50±2.46	6.30±3.37	6.00±3.27	5.90±2.18
11	9.70±2.16	8.50±2.37	4.20±3.08	9.40±2.95	9.40±2.84	12.00±2.31	5.20±2.53	9.40±3.63	4.90±3.28	8.30±2.36	6.60±3.03	6.10±2.77	6.70±2.11
Pasteurization													
3	6.55±3.13	4.75±2.84	3.32±1.80	5.50±2.68	8.40±2.72	8.05±4.04	4.75±2.92	4.25±3.28	3.85±1.97	8.05±3.11	5.05±3.37	5.15±3.11	7.75±3.36
6	9.20±2.44	10.10±2.51	4.70±3.50	9.60±3.10	8.60±3.03	8.10±3.35	5.60±4.22	9.20±2.94	4.90±4.28	6.60±2.95	8.00±3.92	7.60±3.75	7.40±3.53
9	7.60±3.34	7.40±3.95	2.80±1.40	7.60±3.47	9.60±2.50	8.40±3.13	4.50±2.37	7.00±3.62	5.30±3.59	7.90±2.69	4.90±2.69	6.70±3.20	5.90±2.18
11	10.00±1.70	9.10±2.08	3.60±1.96	10.10±2.69	9.60±2.84	9.00±2.87	4.80±2.39	10.20±3.36	3.70±2.50	7.60±2.76	9.00±2.54	6.90±3.21	7.90±2.64

Table 2-16. Sensory evaluation of Kimchi produced with salted Chinese cabbage with 10, 16, and 24% of saline for 16 h and pasteurization treatment, then stored for 6 weeks.

저장 기간 (주)	냄새				맛				조직감				종합적 기호도
	잘익은 냄새	과숙된 냄새	이취	잘익은 맛	매운맛	짠맛	쓴맛	과숙된 맛	이미	아삭한 정도	무른 정도	질긴 정도	
10% Saline													
6	6.00±3.24	5.00±2.83	4.44±4.03	5.33±3.12	6.11±3.37	7.56±4.30	4.33±3.20	4.33±3.20	4.33±4.97	8.89±2.15	5.22±3.56	4.56±2.30	6.78±2.68
9	9.50±1.58	8.50±1.78	3.10±2.08	10.10±2.56	7.40±2.63	9.20±2.44	6.00±3.40	8.10±3.60	4.50±3.54	9.80±2.15	3.70±1.83	6.20±3.49	8.00±3.43
11	9.80±2.78	9.60±4.06	5.60±4.35	10.30±3.16	8.90±2.69	7.80±2.15	5.90±3.93	8.40±3.66	4.50±3.17	8.00±1.83	8.00±2.40	7.00±2.79	8.80±3.01
13	9.00±1.94	8.70±2.31	3.70±2.06	10.20±2.62	6.90±2.18	8.60±2.72	5.00±3.20	9.30±2.91	4.30±3.23	8.60±2.01	6.60±2.99	5.90±2.81	8.60±2.67
10% Saline													
6	4.60±2.32	3.90±2.18	3.50±2.88	4.30±2.41	5.80±2.20	9.40±3.27	5.20±3.08	3.10±1.85	4.30±4.14	8.80±2.90	4.80±3.39	5.40±3.20	6.10±2.23
9	10.30±1.77	8.60±3.50	3.30±2.11	8.60±2.84	6.50±2.37	10.70±3.09	6.20±3.52	8.20±3.52	3.50±1.58	9.30±2.45	4.70±2.91	6.30±3.02	7.20±3.58
11	10.60±2.50	10.20±4.02	6.10±5.63	9.90±1.79	7.30±2.41	11.30±2.06	5.50±2.32	9.10±3.67	5.00±3.53	8.40±1.96	5.50±2.68	6.40±1.71	7.80±2.15
13	10.00±2.98	9.50±3.06	4.30±2.87	9.60±3.17	7.60±2.50	9.90±2.51	4.50±3.10	9.30±3.13	4.40±2.80	8.20±2.10	5.60±2.07	6.90±2.88	7.00±3.80
10% Saline													
6	5.33±3.20	3.89±2.80	2.56±1.33	4.56±2.40	6.89±3.10	9.67±3.12	5.44±3.13	3.78±1.92	3.22±2.54	9.67±2.06	4.56±2.83	4.67±2.18	6.78±1.39
9	9.50±2.27	8.50±3.03	2.80±1.69	9.70±2.16	7.70±2.00	11.00±1.94	5.30±3.20	8.60±3.44	4.70±3.89	8.20±2.78	6.30±2.71	5.60±2.76	7.40±2.27
11	10.70±2.26	9.70±3.30	6.10±5.34	10.10±1.85	10.40±3.06	13.00±1.56	5.90±3.93	9.90±3.73	5.00±4.42	7.20±1.93	8.50±2.32	7.60±2.37	6.30±3.33
13	9.10±2.13	8.00±2.49	4.40±2.72	9.90±2.69	9.40±3.20	11.40±2.50	6.00±3.71	8.80±3.29	4.90±3.41	8.30±2.26	6.60±2.91	6.10±2.18	7.40±2.91
Pasteurization													
6	6.10±2.77	4.70±2.54	2.90±3.28	4.80±2.74	6.30±2.91	7.40±3.84	5.30±3.86	4.00±2.40	3.10±2.56	8.10±2.38	5.30±3.65	5.20±3.29	7.10±2.69
9	10.70±1.57	10.50±1.96	2.90±1.79	10.50±2.01	7.50±2.68	8.50±2.64	5.60±3.72	10.70±2.87	4.90±3.60	6.30±3.33	10.00±3.16	4.90±2.38	6.50±3.41
11	10.50±1.84	10.30±3.95	6.80±5.20	10.10±2.56	10.10±2.96	10.20±3.01	6.00±4.83	9.90±4.12	6.20±5.18	8.40±1.26	7.90±1.85	6.00±1.94	6.40±2.27
13	9.50±2.32	8.80±2.44	5.40±2.84	10.00±2.16	9.70±2.50	8.50±2.12	5.30±2.91	9.20±2.74	4.70±3.80	8.10±2.28	7.60±2.63	7.40±2.88	8.40±3.37

Table 2-17. Sensory evaluation of Kimchi produced with salted Chinese cabbage with 10, 16, and 24% of saline for 16 h and pasteurization treatment, then stored for 9 weeks.

저장 기간 (주)	냄새				맛				조직감				종합적 기호도
	잘익은 냄새	과숙된 냄새	이취	잘익은 맛	매운맛	짠맛	쓴맛	과숙된 맛	이미	아삭한 정도	무른 정도	질긴 정도	
10% Saline													
9	7.30±2.16	5.30±2.67	2.50±0.85	6.60±1.43	7.00±2.58	7.80±2.15	5.00±3.37	4.00±1.25	3.30±2.26	10.10±2.08	4.35±1.67	5.20±1.69	7.05±2.71
11	8.90±3.45	7.80±3.05	3.00±2.21	7.30±2.26	6.60±1.65	8.10±2.77	4.30±2.54	6.10±2.85	3.60±2.37	9.10±2.08	5.40±2.12	6.50±2.68	8.20±2.94
13	10.70±2.58	9.60±4.58	4.20±2.90	9.20±2.53	6.50±2.99	8.90±3.14	4.30±2.67	8.10±3.90	3.50±2.17	7.40±2.80	7.60±3.34	5.90±2.60	7.70±3.09
10% Saline													
9	6.60±2.50	4.90±2.60	3.30±2.26	6.00±2.58	6.90±1.29	12.40±2.99	5.80±3.97	4.70±3.09	3.20±1.93	10.30±1.06	4.70±2.11	5.90±2.23	5.90±2.51
11	7.60±2.55	7.40±2.41	3.30±2.31	6.90±2.13	6.60±1.71	12.00±3.27	4.60±2.88	6.80±3.16	4.50±3.57	8.10±1.60	5.50±1.35	6.20±3.08	6.30±2.58
13	9.50±2.68	7.80±3.16	3.80±2.44	9.40±3.31	7.90±2.88	12.20±2.25	6.30±4.40	7.40±3.92	4.00±2.21	8.70±2.21	5.90±2.33	6.90±2.81	6.80±2.15
10% Saline													
9	7.10±2.88	4.30±2.54	2.0±0.92	5.50±1.43	6.40±1.07	10.90±2.28	5.00±2.62	4.50±1.96	3.60±2.55	9.80±1.32	3.70±1.25	6.10±3.81	7.10±1.10
11	6.80±1.55	5.70±1.77	3.60±2.84	6.30±1.70	6.40±1.96	12.00±1.34	5.40±2.41	5.30±2.41	3.80±2.53	7.70±2.54	6.00±3.50	6.10±2.56	6.80±1.48
13	10.30±2.54	9.50±3.81	2.70±1.42	9.60±3.06	6.60±3.44	12.90±1.29	5.90±3.45	8.20±4.61	4.30±3.27	8.70±2.36	5.50±1.96	5.60±2.12	7.20±2.97
Pasteurization													
9	7.30±3.37	5.10±2.73	3.00±1.63	5.70±2.06	6.60±1.78	8.80±2.10	4.60±2.63	4.50±3.06	3.70±2.26	9.70±1.95	5.40±3.03	7.40±3.57	7.00±2.67
11	7.40±3.41	6.10±3.45	3.30±2.26	6.70±2.79	6.60±1.78	9.20±2.15	5.10±2.60	5.20±2.74	3.70±2.26	8.90±1.97	5.60±1.78	5.40±2.72	7.10±3.35
13	9.50±2.12	7.50±2.22	4.90±3.51	8.10±3.00	7.40±2.46	10.30±2.95	4.20±2.74	6.20±4.29	3.30±1.64	8.90±2.23	6.00±2.67	5.70±2.16	7.10±4.12

제 4 장 목표달성도 및 관련분야에의 기여도

제 1 절 목표달성도

본 연구사업의 연구개발목표는 산업적 김치 생산시 원료의 수급조절을 효율적으로 하기 위하여 각 계절별 배추와 절임배추의 저장특성 등을 종합적으로 분석하여 생배추와 절임배추를 연계한 맞춤형 장기저장기술을 개발하는 것으로 배추 공급기간을 봄배추 70일, 겨울배추 90일로 연장하는 것이 목표임

본 연구개발 결과 봄배추는 84일간 저장하였으며, 겨울배추는 110일간 저장하여 연구개발 목표를 초과 달성하였음. 또한 절임배추의 저장기간도 기존 1주에서 10주까지 저장하여 연구개발 목표를 달성하였음

그 외 김치원료 관리지침서를 작성하여 김치업체 및 관련 기업체에 배포할 계획임

제 2 절 관련분야에의 기여도

배추 및 절임배추의 장기저장기술 개발로 김치원료의 수급 안정화 및 가격 안정화에 기여할 수 있을 것으로 판단됨. 또한 원예작물 중 가장 장기저장이 어려운 엽채류의 장기저장기술 개발로 수급이 불안한 타 작물의 장기저장에 활용할 수 있을 것으로 판단됨.

최근 블루오션으로 떠오른 절임배추의 장기저장 및 품질 유지기술 개발로 고품질의 절임배추를 소비자에게 공급이 가능하며, 소비자의 신뢰도 상승으로 절임배추 및 김치의 신규시장이 창출될 것으로 기대됨

제 5 장 연구개발 성과 및 성과활용 계획

제 1 절 연구개발 성과

1. 학술대회 발표

학회명	발표일자	제목	국가
한국식품 영양과학회	2011.10.31	Effect of cultivating seasons on post harvestphysiology and physico-chemical quality of Chinese cabbage (*Brassica campestris* cv. Chungwang)	대한민국
IFT	2012.06.26	Effect of 1-MCP Treatment on Post harvestphysiology and Physicochemical Quality of Chinese Cabbage (*Brassica campestris* cv. Chungwang) Cultivated in Summer Season	미국
한국원예학회	2013.05.23	Postharvest Properties and Physicochemical Quality of Kimchi Cabbage (*Brassica campestris*): a Comparison between Cultivated Seasons	대한민국
한국식품 과학회	2013.08.30	Extension of Shelf-Life of Kimchi Cabbage by Packaging Films during storage	대한민국

2. 교육・지도 활용

교육명	발표일자	제목	주요 내용
서울대 원예과학전공 초청강연	2012.05.21	김치의 이해	김치의 이해를 돕기 위하여 김치의 건강 기능성, 발효 등 김치의 우수성에 대하여 설명하고, 김치산업 활성화를 위하여 김치 특성, 김치산업 현황 및 김치산업의 문제점에 대한 교육을 진행했음. 특히 김치 산업의 가장 큰 문제점인 원료 수급 불안정을 해소하기 위하여 배추 저장기술 개발의 필요성 및 연구 개발 현황에 대한 강연을 실시하였음

3. 홍보 실적

매체명	발표일자	제목
2012 산업기술출연연 대표연구성과백서	2013.03.25	배추 및 절임배추의 맞춤형 장기저장기술 개발

제 2 절 성과활용 계획

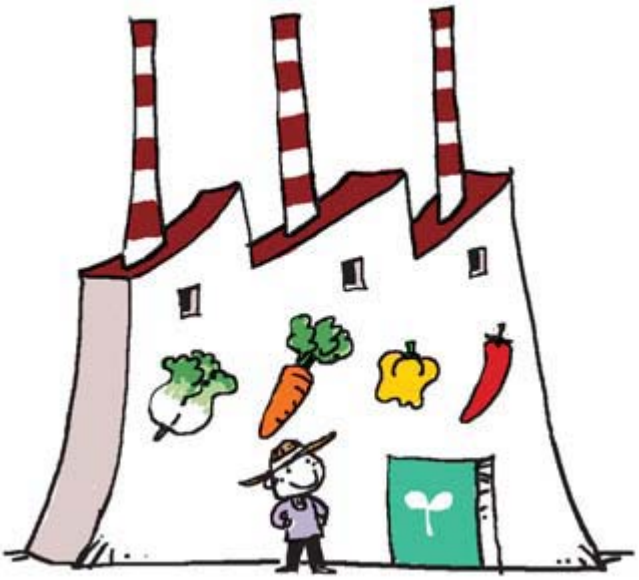
본 연구에서는 배추와 절임배추를 연계한 장기저장기술 개발을 목표로 생배추와 절임배추의 저장기술에 관한 연구를 수행하였으며, 저장 생배추를 이용하여 절임배추를 제조하여 최적 절임시기를 설정하였다.

이러한 연구결과를 특허와 논문으로 발표할 예정이며, 본 기술은 배추 저장 기업으로 이전하여 배추 저장기술을 관련 기업체에 홍보할 계획이다. 또한 배추와 절임배추를 연계한 저장기술의 보급으로 매년 반복되는 배추 수급 불균형으로 인한 배추 가격 폭등을 막아 배추 가격 안정화에 기여할 것이다.

본 연구결과는 배추뿐만 아니라 양배추 및 양상추 등과 같은 다른 엽채 작물에도 활용될 수 있다.

제 6 장 연구개발과정에서 수집한 해외과학기술정보

1. 일본의 식물공장



일본의 경우, 일본 교토역에서 전철로 30분 걸리는 가메오카시에 스프레드사가 운영하는 초고층 식물공장이 있다. 15m 높이의 식물공장에는 12층짜리 선반식 재배장이 빼곡히 설치돼 있다. 이 곳에서는 지난해 4월부터 양상추 배추 상추 등을 생산하고 있다. 초기 생산량은 하루 6000포기였으나 최근 1만2000포기까지 늘어났다.

양상추의 경우 생산비가 100g당 120엔에서 90엔까지 떨어졌고 재배기간도 50일에서 40일로 짧아져 생산성이 크게 높아졌다. 판매가는 100g당 158엔으로 일반 양상추(128엔)와 큰 차이가 없다.

요즘 일본에서는 공장에서 식물을 재배해 출하하는 일명 '식물공장'이 새로운 비즈니스로 떠오르고 있다. 식물공장에서 출하되는 제품은 농약을 전혀 쓰지 않는데다 이물질 이입을 철저히 막아 식품안전에 까다로운 소비자들로부터 좋은 반응을 얻고 있다.

특히 제조업체 등 생산 이력이 확실하다는 게 장점으로 평가받고 있다. 일본 정부는 수요변동으로 가격이 급등락하는 야채 가격을 안정적으로 유지하기 위해 식물공장 건설을 적극 지원하고 있다. 8월 현재 일본에서 식물공장은 50개를 넘어섰고, 시장 규모는 100억엔(약 1280억원)을 돌파했다.

대기업들은 새로운 수익원 확보 차원에서 앞다퉈 식물공장 사업에 진출하고 있다. 철강업체인 JFE홀딩스는 연초 이바라키현에 대규모 식물공장을 준공했다. 다이세이건설도 농업벤처를 통해 식물공장 사업에 참여하고 있다. 미쓰비시그룹은 하이테크 농업회사인 다이요흥업을 최근 매수했다.

미쓰비시종합연구소는 지난 6월 식물공장연구회를 발족했다. 이 연구회에는 아사히가라스 다이킨 오지제지 등 다양한 업종의 74개사가 참여해 공동으로 제품 개발을 하고 있다. 기업들이 농업을 새로운 성장 산업으로 인식하고 있다는 방증이다.

최인한. 배추・상추가 공장에서?…日 무농약 '식물공장' 뜬다. 한국경제. (2009.08.12.)

2. 지역 농산물 이용 활성화 사례

일본의 경우 농림수산성의 추진으로 지역 소비자의 기호를 반영한 농업생산과 생산된 농산물을 지역에서 소비하여 활성화를 도모하는 '지산지소 운동'을 실시함으로써 해당지역의 소비자, 소매업, 식당 등에 지역 농산물을 공급하고 있으며, 생산자와 소비자 간의 심리적 거리가 단축되는 효과를 얻고 있다. 이탈리아의 경우에도 식품첨가물 문제로 안정성을 의심받게 된 와인의 품질을 관리하기 위하여 '슬로푸드 협회'를 결성하여 450개의 지역 농산품의 재배 또는 사육방법을 기록하고, 소규모 농축산물 생산자가 세계적 유통망을 통해 판매할 수 있도록 소개, 홍보하는 슬로푸드 지킴이(Slow Food Presidia)를 마련하여 국가적 지원을 하고 있다.

제 7 장 참고문헌

특허(등록번호) 10-1166410. 절임배추의 장기 저장 방법. 부산대학교 산학협력단 (2012)

특허(등록번호) 10-2013-0078525. 절임배추의 제조방법. 유중지 (2013)

특허(등록번호) 10-2012-0125776. 녹차절임배추 제조방법. 김다인 (2012)

Lee MK, Yang HJ, Woo HN, Rhee YK, and Moon SW. Changes in the Texture and Salt Content of Chinese Cabbage Using Different Salting Methods. Korean J. Soc. Food Sci. Nutr 40(8), 1184-1188 (2011)

Hwang ES. Changes in Myrosinase Activity and Total Glucosinolate Levels in Korean Chinese Cabbages by Salting Conditions. Korean J. Food Cookery Sci. 26(1), 104-109 (2010)

Kim YW, Jung JK, Cho YJ, Lee SJ, Kim SH, Park KY and Kang SA. Quality Changes in Brined Baechu Cabbage using Different Types of Polyethylene Film, and Salt Content during Storage. Korean J. Food Preserv. 16(5). 605-611 (2009)

Kim YW, Jeong JK, Lee SM, Kang SA, Lee DS, Kim SH, and Park KY. Effect of Permeability-Controlled Polyethylene Film on Extension of Shelf-life of Brined Baechu Cabbage. Korean J. Soc Food Sci Nutr. 38(12), 1767-1772 (2009)

Lee KH. Effect of Ozone Treatment for Sanitation of Chinese Cabbage and Salted Chinese Cabbage. Korean J. Soc Food Sci Nutr. 37(1), 90-96 (2008)

Jung SO, Oh HH, Chen SH, Choi EJ, Kim BM, and Cho SH. Standardization of Preparation of Chinese Cabbage Kimchi. Korean J. Food and Nutr. 16(4), 423-429 (2003)

Lee MH, Lee GD, Son KJ, Yoon SR, Kim JS, and Kwon JH. Changes in Organoleptic and Rheological Propertieds of Chinese Cabbage with Salting Condition. Korean J. Soc. Food Sci. Nutr. 31(3), 417-422 (2002)

Han ES, Seok MS, Park JH. Quality Changes of Salted Baechu with Packaging Methods during Long Term Storage. Korean J. Food Sci. Technol. 30(6), 1307-131 (1998)

Park SS, Sung JM, Jeong JW, Park KJ, and Lim JH. Quality Changes of Salted Chinese Cabbages with Electrolyzed Water Washing and a Low Storage Temperature. Korean J. Soc. Food Sci. Nutr. 42(4), 615-620 (2013)

Jeong JK, Park SE, Lee SM, Choi HS, Kim SH, and Park KY. Quality Changes of Brined Baechu Cabbage Prepared with Low Temperature Stored Baechu Cabbages. Korean J. Soc Food Sci Nutr. 40(3), 475-479 (2011)

Eum HR, Kim BS, Yang YJ, and Hong SJ. Quality Evaluation and Optimization of Storage Temperature with Eight Cultivars of Kimchi Cabbage Produced in Summer at Highland Areas. Kor. J. Hort. Sci. Technol. 31(2), 211-218 (2013)

최혜선. 절임배추의 품질향상 및 활용성 증진 연구. 농촌진흥청. 2011

홍세진. 고랭지배추 안정수급을 위한 수확 후 관리 및 유통기술 개발. 농촌진흥청. 2013

주 의

1. 이 보고서는 농림축산식품부에서 시행한 고부가가치식품기술개발사업의 연구보고서입니다.

2. 이 보고서 내용을 발표할 때에는 반드시 농림축산식품부에서 시행한 고부가가치식품기술개발사업의 연구결과임을 밝혀야 합니다.

3. 국가과학기술 기밀유지에 필요한 내용은 대외적으로 발표 또는 공개하여서는 아니 됩니다.