최 종
연구보고서

수입대체 고품질옥수수확보를 위한 안전성 및 가공저장기술개발

Development of Safety, Processing and Preservation Techniques For High Quality Maintenance of Corn

연 구 기 관
강 원 대 학 교

농 림 부

최 종
연구보고서

수입대체 고품질옥수수확보를 위한 안전성 및 가공저장기술개발

Development of Safety, Processing and Preservation Techniques For High Quality Maintenance of Corn

연 구 기 관
강 원 대 학 교

농 림 부

제 출 문

농림부 장관 귀하

본 보고서를 “수입대체 고품질옥수수확보를 위한 안전성 및 가공저장기술개발” 의 최종보고서로 제출합니다.

2000 . 11 . 07

주관연구기관명 : 강원대학교
총괄연구책임자 : 오 덕 환
세부연구책임자 : 이 윤 수
연 구 원 : 박 부 길
연 구 원 : 민 황 기
연 구 원 : 김 인 종
위탁연구기관명 : 한국식품개발연구원
위탁연구책임자 : 금 준 석
연 구 원 : 이 상 효
연 구 원 : 하 태 열
연 구 원 : 박 광 장

요 약 문

I. 제 목

수입대체 고품질옥수수확보를 위한 안전성 및 가공저장기술개발

II. 연구개발의 목적 및 중요성

일반적으로 옥수수는 수확시기가 한정되어 있으며 수확시기가 지나면 호흡작용에 의해 성분변화가 일어나 당분이 전분으로 변화되어 조직이 딱딱하고 품질이 떨어진다. 이러한 문제점을 해결하기 위하여 현재 이용하고 있는 찰옥수수의 저장방법은 냉동저장방법에 의존하고 있으나 이는 저장비용이 너무나 많이 소요되므로 농민들이 현장에서 이 기술을 이용하기에는 채산성이 없다. 따라서 이를 대체할 경제성이 있는 새로운 저장기술로서 상온이나 저온에서 저장하는 경제성 있는 기술개발이 매우 필요한데 최근에는 비가열처리 방법으로 전자파를 이용하거나 이온화 에너지를 이용하는 감마선 조사기술이 식품의 안전성 확보를 위한 기술로 많이 이용되고 있다. 또한, 가공용 옥수수 통조림이나 사료용 건조 옥수수는 전량 수입되고 있는 실정이므로 막대한 외화를 낭비하고 있다. 따라서 국내산 옥수수를 가공할 수 있는 기술을 개발함으로써 국제 경쟁력을 확보함으로써 고품질의 옥수수 가공식품을 생산하는 기술 개발이 절실한 실정이다. 한편, 고품질 옥수수 생산에 제일 큰 제한요인의 하나는 저장 중에 발생하는 곰팡이 병해에 의한 피해이며 이들 병 방제를 위한 방법이 전무한 상태이다. 옥수수 재배시 양질의 옥수수 생산을 제한하는 제 요인 중 각종 곰팡이 병해에 의한 피해가 심각하며 수확 후 저장 중에 *F. moniliforme*, *F. graminearum*등 *Fusarium* spp. 에 의해 발생되는 저장병해가 가장 문제가 되고 있지만, 이에 대한 연구가 국내에서는 거의 전무한 상태이므로 과학적인 신속한 병해의 진단을 통한 시간과 노동력의 절약이 시급한 실정이다. 따라서 이들 곰팡이에 의한 병해를 최소화하기 위한 전략으로 수확 후 저장 중에 안정성의 위협이 되는 *F. moniliforme*을 조기진단 함으로써 고품질의 가공용 또는 식용옥수수의 안전한 공급을 통하여 공급자와 수

요자 사이의 신뢰성을 높여 소비를 촉진함으로써 농가 소득에 크게 기여할 것으로 기대한다. 본 연구의 최종 목적은 국내 식용 찰옥수수의 경쟁력을 높이기 위하여 고품질을 유지하는 상태로 중·저온하에서 선도유지기간을 증진시킬 수 있는 저장기술을 개발하고, 마이크로파 전처리공정을 통하여 찰옥수수를 가공용 식품으로서 개발하고자 하였으며, 옥수수 저장 중에 발생하는 곰팡이에 의한 병해를 줄이고 안전성을 확보하기 위하여 분자생물학적인 방법으로 이들 유해곰팡이를 신속하게 진단할 수 있는 기술을 개발하고자 하였다.

III. 연구개발 내용 및 범위

본 연구는 국내산 찰옥수수의 고품질확보를 위한 방안으로 기존의 냉동방식을 대체하기 위하여 Alginate gel을 이용한 당침지액의 고정화기술과 비가열처리에 의한 방법을 사용하여 새로운 중·저온저장기술을 개발하고 찰옥수수의 안전하고 위생적인 품질확보를 위하여 저장옥수수에 대한 대상병원균의 분리, 동정 및 분자생물학적인 방법을 이용하여 Marker를 개발하며, 마이크로파 전처리공정의 최적화에 의한 식용찰옥수수의 다양한 가공적성특성을 조사하여 향후 가공식품으로서의 기술체계확립을 수립 하고자 하는 것이 목표이며 범위는 다음과 같다.

1. 연구개발목표

가. 찰옥수수의 선도유지기간 연장을 위한 저장기술개발확립
나. 저장옥수수에 대한 병원균의 탐색 및 진단법 개발
다. 마이크로파 전처리공정의 최적화 및 가공식품의 기술체계확립

2. 연구개발 내용 및 범위

가. 찰옥수수의 선도유지기간 연장을 위한 저장기술개발
1) Alginate gel을 이용한 당침지액의 고정화기술
- 당종류에 의한 침지액 조건을 규명

- 당침지액의 시간에 따른 수분활성도를 측정.
- 당침지액과 alginate gel의 고정화를 위한 최적 조건을 규명
- 포장방법과 병행하여 고정화 시스템의 최대효율을 측정
- 저장기간중 미생물의 생육변화를 측정

2) 감마선조사 및 마이크로파처리에 의한 옥수수 품질확보검색
- 감마선조사 와 마이크로파처리 후 옥수수의 수분활성도를 검색
- 당 전처리 후 감마선조사(마이크로파처리)에 의한 옥수수의 품질특성
- 포장방법과 병행하여 감마선조사 (마이크로파처리)의 효능을 검색.
- 각 처리구에 대한 수분함량, 조직경도, 유리 환원당, 미생물조사 및 관능검사 조사

나. 옥수수 주요 진균병의 분자생물학적 진단기술 개발

1) 저장옥수수에 대한 대상병원균의 분리, 동정 및 핵산분석과 marker개발
- 정보수집
- 저장옥수수에서의 대상병원균(Fusarium spp.)의 분포조사
- RAPD 및 RFLP를 이용한 대상병원균의 marker 개발

2) 저장옥수수에 대한 대상병원균의 분리, 동정 및 핵산분석과 marker개발
- 1차년 도의 연속과제로 AFLP, CHEF 및 fingerprinting방법을 이용하여 대상병원균의 marker개발
- 감마선 조사한 식용옥수수를 저장하면서 이 시료에 대한 진단기술의 적용시험
- 저장기간별 감염균의 생장능력 검증시 진단기술의 적용
- 위 두 항의 시험을 통해 저장전후 감마선처리 및 저장기간에 따라 감염균의 진단 적기 규명

다. 국내산 찰옥수수의 전처리 공정 및 가공특성 연구

1) 마이크로파를 이용한 옥수수 전처리 방법 개발
- 전처리시간에 따른 수분함량 측정, 전처리 후 품질특성 조사

- 진공 및 마이크로파를 병행하여 전처리 후 마이크로파 효과를 조사
- 열풍 및 마이크로파를 병행하여 전처리 후 마이크로파 효과를 조사
- 진공 열풍을 겸한 마이크로파 전처리방법의 최적화
- Pulse 마이크로파 전처리 후 마이크로파 효과조사

2) 마이크로파 전처리 후의 옥수수 가공제품의 (통조림과 죽) 특성
- 마이크로파 전처리 후 옥수수의 물리화학적 특성변화 및 미세구조조사 및 마이크로파 전처리효과 및 옥수수의 물성조사
- 마이크로파 전처리 후 가공적성 검토
- 마이크로파 및 열풍, 진공을 병행한 전처리방법을 검토한 후 이화학적 특성 및 실제 관능검사를 통하여 수출상품화 할 수 있도록 제품의 고급화를 유도

IV. 연구개발 결과 및 활용에 대한 건의

1. 찰옥수수의 선도유지기간 연장을 위한 저장기술개발

가. Alginate gel을 이용한 당침지액의 고정화기술

찰옥수수의 맛과 저장성을 높이기 위하여 여러 종류의 당 (설탕, 과당, 솔비톨, 글루코오스, 스테비오사이드)을 사용하여 만든 조미액에 30분간 침지시킨 후 당의 강도와 맛에 대한 관능평가를 실시한 결과 스테비오사이드와 설탕을 첨가하는 것이 가장 높은 감미도와 식감을 나타내었고 최적 침지시간은 15% 설탕용액에서는 30분, 0.5%스테비오사이드 용액에서는 15분 정도 침지하는 것이 가장 적당한 것으로 나타났다. 반면에, 당첨가에 따른 옥수수의 수분함량과 수분활성도의 차이는 없는 것으로 나타났다. 또한, 당침지액과 alginate gel의 고정화를 위한 최적조건을 규명한 결과 0.5% 스테비오사이드- 0.7% alginate농도에서 가장 좋은 관능결과를 나타내었으며 alginate 농도의 증가가 실질적인 관능검사에는 별다른 영향을 미치지 못하였다. 그러나 증자한 찰옥수수의 표면이 왁스코팅되어 있어 실질적으로 옥수수 입자 속으로 alginate용액의 침투가 어려웠으며 표면이 끈적끈적하게 되어 질감에 약간의 문제점을 나타냄으로 alginate 용액을 사용하여 당침지액을 고정화 시키는 것은 바람직하지 않은 것으로

나타났다. 반면에 원적외선 건조기를 사용하여 당침지액 찰옥수수의 수분을 어느 정도 탈수시킨 후에 저장하면 중·저온에서도 저장효과가 상당히 증가하는 것으로 나타났다.

나. 감마선조사 및 마이크로파처리에 의한 옥수수 품질확보검색

찰옥수수를 중·저온에서 장기간 저장할 수 있는 방법을 개발하기 위하여 찰옥수수를 증자하여 당침지 후 감마선조사 및 마이크로파를 처리하여 각각의 온도에서 저장하는 동안 미생물의 생육변화 및 이화학적 성질을 규명하였다. 증자 옥수수를 감마선조사시 총균수는 3kGy조사에서 모두 사멸하였고 곰팡이 및 효모는 34 CFU/g을 나타내었으며 25oC에서 7개월간 저장하였을 때 총균수 및 곰팡이와 효모는 무처리구에서 7.1x106 CFU/g, 1.9x107 CFU/g를 나타내었으나 3kGy 조사구에서는 총균수는 완전히 사멸되었고 곰팡이 및 효모는 5kGy에서 완전히 사멸되었으며 이러한 경향은 15oC와 4oC에서 저장하였을 경우에도 비슷한 경향을 나타내었다. 반면에 설탕이나 스테비오사이드로 침지한 옥수수에서는 감마 선처리시 증자옥수수에 비하여 훨씬 미생물저해효과가 좋은 것으로 나타났다. 감마선처리가 증자 및 당침지액 옥수수의 수분함량 및 수분활성도에 미치는 영향을 조사한 결과 조사 선량과는 상관없이 2개월까지는 초기의 수분함량 및 수분활성도를 유지하였으나 그 이후로는 저장기간이 진행될수록 수분함량은 감소되는 경향을 보였다. 한편, 감마선 조사구의 이화학적 성질을 조사한 결과, 감마선조사구가 비조사구에 비하여 색도 변화의 차이는 거의 없었으나 경도는 낮았고 조사 선량이 증가할수록 더 낮은 경도를 나타내었다. 또한 환원당 함량은 각 처리구 모두 비조사구가 감마선 조사구에 비하여 많이 용출되는 경향을 나타내었으며 온도가 높을수록 환원당 용출이 약간 증가하는 것으로 나타났다. 관능 검사결과, 스테비오사이드와 설탕 용액에 침지한 찰옥수수가 증자 옥수수보다 모든 저장온도에서 좋은 것으로 나타났으며 감마선조사구가 비조사구에 비하여 더 좋은 관능적 성질을 나타내었다. 한편, 마이크로파 처리는 감마선조사구에 비하여 미생물 억제능이 현저히 떨어졌으며 이화학적성질도 무처리구에 비하여 거의 차이가 없는 것으로 나타났다.

2. 옥수수 주요 진균병의 분자생물학적 진단기술

RAPD의 결과에서 약 70% 수준에서 크게 4 그룹으로 나뉘어 졌으며 80% 수준에서 각각 같은 mating type teser strain끼리 그룹 지어지며 또한 90% 수준에서 국내에서 채집한 옥수수에서 분리한 *Fusarium moniliforme*도 그룹지어진다. 그러나 같은 mating type strain간의 구별과 옥수수에서 분리한 *F. moniliforme* 간의 그룹은 확실히 지어졌다. PCR-RFLP의 결과에서는 ITS, ITS Ⅱ 지역의 제한 효소의 절단 결과 *Hha* Ⅰ, *Hae* Ⅲ, *Msp* Ⅰ, *Kpn* Ⅰ, *EcoR* Ⅰ, *Hind* Ⅲ 제한효소에서 그룹내 균주 간의 다양성이 관찰되었다. 대부분 mathing type간에는 높은 상동성을 보였으나 C+와 C-, E+와 E-, F+와 F-은 다소 상동성이 낮게 나타났다. rDNA의 PCR-RFLP 결과 subgroup의 구분이 어려워 종내 그룹의 유연관계 분석은 한계가 나타났고, ITSⅡ영역의 제한효소 절단 결과 밴드의 다양성은 찾기 어려웠다. AFLP 분석결과, 여섯 가지의 서로다른 mating type을 지닌 *F. moniliforme*를 구분할 수 있는 마커를 선발하였고, Fusarium species를 다른 균들과 구분 지울 수 있는 공통 밴들 하나를 선발하였다. 또한 AFLP 분석결과, 서로 다른 mating type에 속하는 *F. moniliforme* 균주들과 다른 *Fusarium* species 간에 85-95%의 유전적 유사성이 있음을 밝혀냈다.

3. 국내산 찰옥수수의 전처리 공정 및 가공특성 연구

수분함량이 증가함에 따라 유전상수 값은 증가하였으나 유전손실계수는 수분함량에 따라서 거의 일정한 값을 나타내었다. 침투깊이는 수분함량이 증가함에 따라서 약간의 증가를 나타내었다. 마이크로파 진공 전처리 방법이 색도 변화가 적은 것으로 나타났다. 마이크로파 열풍 방법이 가장 높은 경도를 나타내었다. 마이크로파 전처리 후 옥수수가루의 호화 특성을 측정한 결과 각 처리구간에 공히 출력이 높아질수록 최대점도는 감소하는 경향을 나타내었으며 연속적인 처리 공정이 pulse 공정보다 낮은 값을 나타내었다. 마이크로파 열풍 전처리 방법이 가장 낮은 최대점도를 나타내었다. 전처리한 옥수수시료를 가지고 옥수수 죽을 제조하여 품질 특성을 검토한 결과 고형분 함량, pH, 점도, 및 색도는 대조구에 비해 큰 차이를 나타내지 않았으며 관능검사 결과 대조구에 비해 종합적 기호도 결과가 높은 것으로 나타났으며 가장 큰 이유는

죽 제조 후 마이크로 전처리 시료는 층 분리 및 외관적인 면에서 대조구에 비해 매우 우수한 것으로 나타났다.

4. 활용에 대한 건의

본 연구를 통하여 얻은 결과는 다음과 같이 활용할 수 있다.

- ○ **찰옥수수의 냉동저장을 대체할 수 있는 새로운 기술을 연구 중, 중·저온에서도 품질변화 없이 장기간 저장할 수 있는 새로운 기술을 개발함으로써 옥수수산업의 경제성에 기여할 것으로 사료됨**
- ○ **본 연구에서 얻어진 결과를 바탕으로 하여 옥수수 가공업체의 요구가 있을 경우 기술을 이전함으로서 제품의 생산비절감 및 소비확대를 유도하고자 함**
- ○ **본 연구에서 확립된 조기진단법을 기술이전 함으로써 전염원의 파악과 진단적기의 파악 등 대농민 서비스 강화에 활용할 수 있음**
- ○ **병 발생 예방효과 및 병의 피해를 최소화하여 고품질옥수수의 생산을 확보할 수 있음**

V. 주요 연구실적

가. 논문발표

1) **조선영, 최영춘, 박성민, 박부길, 오덕환 : 수입대체 고품질옥수수 확보를 위한 가공 저장기술개발. 제15차 한국농산물저장유통학회 추계발표회**, 1999. 10. 22-23

2) Woo, S. J., K. S. Kim, H. J. Kim, H. S. Shin, D. H. Oh, Y. S. Lee. 1999. RAPD and PCR- RFLP analysis for the evaluation of genetic diversity among the *Fusarium moniliforme* from maize. **한국식물병리학회 추계학술발표회 초록** pp. 45.

3) Lee, Y. S. and H. J. Kim. 2000. Genetic relationships among the different mating types of *F. moniliforme* isolates and other *Fusarium* spp. **한국식물병리학회 추계학술발표회 초록**. pp. 23.

4) 감마선조사에 의한 당침지액 찰옥수수의 품질안전성확보. 국제식품과학회 (IUFost)발표대회 (2001. 6월 예정)
5) 원적외선건조에 의한 당침지액 찰옥수수의 저장기술개발. 국제식품과학회 (IUFost)발표대회 (2001. 6월 예정)

나. 논문투고

1) 조선영, 김현석, 박성민, 박부길, 오덕환 : 당침지액처리 찰옥수수의 진공포장에 의한 선도유지연장효과. 한국농산물저장유통학회지 (2000 투고 중)
2) 김현석, 조선영, 이명기, 박부길, 오덕환 : 원적외선건조에 의한 당침지액 찰옥수수의 선도유지효과. 한국식품영양과학회지 (2000년 투고중)
3) 김현석, 조선영, 이명기, 박부길, 오덕환 : 감마선조사에 의한 당침지액 찰옥수수의 선도유지효과. 한국식품과학회지 (2001년 투고예정)
4) 금준석, 안용식, 오덕환 : 마이크로파 전처리에 따른 옥수수죽 의 품질특성. 한국식품과학회지 (2001년 투고예정)
5) 김희종, 이윤수, 오덕환 : 옥수수에서 분리한 *F. moniliforme*균 진단을 위한 분자표지인자의 선발. 한국식물병리학회 (2000년 투고 중)

다. 학생지도실적

1) 강원대학교 석사학위논문 : 김희종. Development of Molecular Detection Methods for the Major Fungal Corn Disease. 2001, 식물자원응용학부

Summary

I. Title

Development of Food Safety, Preservation and Processing Techniques for the High Quality Maintenance of Corn

II. Objectives and Significance of Research

Generally, harvest period of corn has been limited and the quality declined and tissues hardened because carbohydrates changed to starch by respiration actions after passing harvest periods. To solve this problems, freezing method for long-term preservation of corn has been used, but storage costs are very expensive. Thus, new technology, effective preservation techniques which can increase shelf life of corn at low or room temperature storage, are very necessary. Recently, non-heat treatments, such as gamma irradiation or ionizing energy have become more wildly used for the establishment of food safety. Also, canned sweet corn or deried corn of animal feeding has been exclusively imported and resulted in massive economic loss. Thus, it is very necessary to develop processing corn foods with high quality by developing new processing techniques for domestic corns. In the meanwhile, the consumption of corn has been increased in recent years. Problems in quality control, especially fungal infections, however, at harvest and during the storage periods make the crop less attractive in economic aspects for farmers, and cause health threats to consumers due to mycotoxins. Also, there are not effective measures to control and to prevent fungal infections on corn kernels. Fungi such as *F. moniliforme*, *F. subglutinans*, and/or *F. graminearum* cause kernel or ear rots at harvest and storages. Therefore, development of control measures or rapid detection methods for the *Fusarium* speices infected in corn would make the corn production more cost effective and time saving for farmers. Consumers can also be protected from the toxins produced by the *Fusarium* species through elimination of infected kernels using rapid and easy detection methods at harvest or during storage. The main objective of this research was to develope preservation technique which can enhance shelf-life of sticky corn with high quality at room or low temperature and to develop a pre-treatment and processing techniques which can enhance the quality of domestic corn and increase physico-chemical properties for processing of domestic corn, and also, to develop rapid and easy detection methods for the control of the fungal diseases by using molecular detection methods.

III. Scope and Contents of Research

The main objective of this research was to develope preservation techniques for shelf-life extension of corn with high quality at room or low temperature as alternative freezing method and to develop a pre-treatment and processing techniques which can enhance the quality of domestic corn and increase physico-chemical properties for processing of domestic corn, and also, to develop rapid and easy detection marker of the fungal diseases by using molecular detection methods. Also, the contents are as follows;

A. Contents and Scope

1. Development of preservation technique for shelf-life extension of sticky corn

1) Immoblization of Carbohydrate Dipping Solution into Corn with Alginate Gel

○ Determination of dipping solution using different carbohydrates

○ Measurement of water activity by drying time

○ Optimal condition for immoblization of carbohydrate dipping solution with alginate gel

○ Optimal condition of the immoblized system combined with vaccum packaging

○ Changes in physico-chemical and microbiological properties during storage

2) Quality characteristics of sticky corn by gamma irradiation and microwave treatment during storage

○ Water activity of sticky corn after gamma irradiation and microwave treatment

○ Changes in physico-chemical and microbiological properties of carbohydrate dipping corns by gamma irradiation and microwave treatment

○ Changes in physico-chemical and microbiological properties of vacuum packaged corns combined with gamma irradiation and microwave treatment

2. Development of Molecular Detection Methods for the Major Fungal Corn Disease

1) Isolation and identification, and marker development of the target pathogenic mold during the storage

○ Sampling

○ Incidence of the *Fusarium moniliform* from storage corns

○ Development of marker by using RAPD and RFLP

2) Isolation and identification, and marker development of the target pathogenic mold during the storage

○ Development of marker by using AFLP and CHEH

○ Application of marker on detection of *Fusarium moniliform* during storage corns

3. Development of pre-treatment and processing characteristics for domestic corn

1) Development of microwave pre-treatment processing method for domestic corn.

○ Water activity by pre-treatment time and quality characteristics after pre-treatment

○ Effect of microwave after pre-treatment combined with vacuum and microwave

○ Effect of microwave after pretreatment combined with hot drying and microwave

○ Optimization of pre-treatment microwave combined with vacuum and hot drying

○ Effect of microwave after pretreatment with pulse microwave

2) Physico-chemical properties of processed domestic corn after microwave pre-treatment processing

○ Physico-chemical Characteristics of corn after pre-treatment of microwave

○ Processing characteristics of corn after pre-treatment of microwave

○ Processing characteristics of corn after pre-treatment combined with vacuum, hot drying and microwave

IV. Conclusions and Recommendation

1. Development of Preservation Technique for Shelf-Life Extension of Sticky Corn

1) Immoblization of Carbohydrate Dipping Solution into Corn with Alginate Gel

Sensory evaluation on the carbohydrates(sugar, fructose, sorbitol, glucose and stevioside) dipped corns for 30 min was determined. The results showed that steviside and sugar dipped corn had the highest sweetness and tastes and optimal dipping time for 15% sugar and 0.5% stevioside solution was 30 min and 15 min, respectively. However, little difference on the changes in the water contents and water activity based on added concentrations of carbohydrates was observed. Also, optimal condition of immoblization of carbohydrates dipping solutions and alginate gel showed that 0.5% stevioside and 0.7% alginated treated sticky corns obtained the highest sensory evaluation score and the addition of alginate gel did not affect sensory evaluation. The alginate gel could not penetrate into the kernel of cooked corn because the surface of cooked corn covered with wax coating. Thus, carbohydrate dipped corns immoblized with alginate gel showed negative effects on sensory evaluation including chewing and tastes due to sticky surface. On the other contrary, when the cooked or carbohydrates dipped corns with vacuum packaging was appropriately dried with far-infrared dryer after cooking of corn, shelf-life of the corns was significantly enhanced during storage at room or low temperature

2) Quality Characteristics of Sticky Corn by Gamma Irradiation and Microwave Treatment During Storage

Effect of gamma irradiation and microwave on the microbiological and physicochemical characteristics of carbohydrates dipped corns in other to develop preservation techniques to enhance shelf-life during storage at room or low temperature was determined. The initial total counts and yeast and mold of heated corn(control) before irradiation was 2.1x103, 1.9x103 CFU/g, respectively. However, at 3kGy treatment, total counts was completely inactivated and yeast and mold was only 34 CFU/g. Also, when the corn was stored at 25℃ for 7 month, the growth of total counts, yeast and mold was rapidly increased up to 7.1x106 CFU/g and 1.9x107 CFU/g, respectively. However, total counts at 3kGy and yeast and mold at 5kGy were completely inactivated, respectively. Similar results was observed at 15℃ and 4℃ storage. On the other hand gamma irradiation of sugar and stevioside dipped corns showed significantly enhanced antimicrobial effect compared to heated corn. Effect of gamma irradiation on the water contents and water activity of heated or carbohydrate dipped corns was determined. the water contents and water activity of the each corn was consistent up to 2 month irrespective of doses of gamma irradiation and water content decreased as storage periods increased. In the meantime, effect of gamma irradiation on the physicochemical characteristics of the corns was determined. Gamma irradiation treatments did not show any different color change compared to control, but hardness of the corn was more decreased and sugar contents in the gamma irradiation treatment was less free than non treated samples. Sensory evaluation results showed that sugar or stevioside dipped corns during storage at 25℃ and 4℃ had much better sensory score than heated corns(control) and gamma irradiation treatments showed significantly enhanced sensory scores compared to non irradiated samples. However, microwave treatment showed significantly decreased antimicrobial effects compared with gamma irradiation and there was little different physicochemical characteristics between microwave treated samples and non treated samples.

2. Development of Detection Techniques against Harmful Molds by Molecular Technology

In RAPD analysis, *Fusarium moniliforme* isolates from corn kernels divided into four major groups at 70% level, and each mating type tester strains were grouped at 80% level. All the *F. moniliforme* isolates collected from kernels of corn in Korea grouped at 90% level. Also, mating type tester strains and *F. moniliforme* isolates from corn kernels were differentiated. In PCR-RFLP analysis, restriction enzymes (*Hha* I , *Hae* III, *Msp* I , *Kpn* I , *EcoR* I , and *Hind* III) digestion in ITS and ITSII regions produced polymorphisms among the isolates tested. Most of the mating types showed high similarities, and C+ and C-, E+ and E-, and F+ and F- showed lower similarities. PCR-RFLP of rDNA showed limitations for genetic relationship analyses, and showed less polymorphisms. In AFLP, we selected six specifically amplified marker for the six different mating types in *F. moniliforme*, and isolated one common band specifically amplified for all the *Fusarium* species tested. In the AFLP analysis, different mating types of *F. moniliforme* showed similarities of 0.98-0.85 compared with other *Fusarium* species.

3. Development of pre-treatment and Processing Characteristics for Domestic Corn

Dielectric constant(ε') and penetration depth(*dp*) of corn was increased as water content of corn increased while loss factor(ε'') has a constant value.

Microwave vacuum treatment had no difference in color values and microwave with hot air treatment had the highest hardness. Maximum viscosity of corn flour was decreased as power of microwave increased. Continuous microwave treatment had the higher maximum viscosity than holding microwave treatment. Corn soup subjected to pre-treatment with microwave had no difference compared with control in soluble content, pH, viscosity and color values while higher sensory evaluation score in overall acceptability. Therefore, Corn soup subjected to pre-treatment with microwave was the most desirable one.

Contents

목 차

제 1 장 서 론

제 1 절 연구개발의 목적과 범위

1. 연구의 목적

본 연구는 국내산 찰옥수수의 고품질확보를 위한 방안으로 기존의 냉동방식을 대체하기 위하여 중·저온에서 선도유지기간을 연장할 수 있는 새로운 저장기술을 개발하고 찰옥수수의 안전하고 위생적인 품질확보를 위하여 저장옥수수에 대한 대상병원균의 분리, 동정 및 분자생물학적인 방법을 이용하여 Marker를 개발하며, 마이크로파 전처리공정의 최적화에 의한 식용찰옥수수의 다양한 가공적성특성을 조사하여 향후 가공식품으로서의 기술체계확립을 수립 하고자 하는 것이 최종목적이다.

2. 연구개발 내용 및 범위

가. 찰옥수수의 선도유지기간 연장을 위한 저장기술개발

1) Alginate gel을 이용한 당침지액의 고정화기술

○ 당종류에 의한 침지액 조건을 규명

○ 당침지액의 시간에 따른 수분활성도를 측정

○ 당침지액과 alginate gel의 고정화를 위한 최적 조건을 규명

○ 포장방법과 병행하여 고정화 시스템의 최대효율을 측정

○ 저장기간중 미생물의 생육변화를 측정

2) 감마선조사 및 마이크로파처리에 의한 옥수수 품질확보검색

○ 감마선조사 와 마이크로파처리 후 옥수수의 수분활성도를 검색

○ 당 전처리 후 감마선조사(마이크로파처리)에 의한 옥수수의 품질특성 조사

○ 포장방법과 병행하여 감마선조사 (마이크로파처리)의 효능을 검색

○ 각 처리구에 의한 옥수수의 미세구조를 관찰

○ 각 처리구에 대한 수분함량, 조직경도, 유리 환원당, 미생물 및 관능검사

나. 옥수수 주요 진균병의 분자생물학적 진단기술개발

1) 저장옥수수에 대한 대상병원균의 분리, 동정 및 핵산분석과 marker개발

○ 정보수집

○ 저장옥수수에서의 대상병원균(Fusarium spp.)의 분포조사

○ RAPD 및 RFLP를 이용한 대상병원균의 marker 개발

2) 저장옥수수에 대한 대상병원균의 분리, 동정 및 핵산분석과 marker개발

○ AFLP, CHEF 및 fingerprinting방법을 이용하여 대상병원균의 marker개발

○ 저장기간별 감염균의 생장능력 검증시 진단기술의 적용

○ 저장전후 감마선처리 및 저장기간에 따라 감염균의 진단적기 규명

다. 국내산 찰옥수수의 전처리 공정 및 가공특성연구

1) 마이크로파를 이용한 옥수수 전처리 방법 개발

○ 전처리시간에 따른 수분함량 측정, 전처리 후 품질특성 조사

○ 진공 및 마이크로파를 병행하여 전처리 후 마이크로파 효과를 조사

○ 열풍 및 마이크로파를 병행하여 전처리 후 마이크로파 효과를 조사

○ 진공 열풍을 겸한 마이크로파 전처리방법의 최적화

○ Pulse 마이크로파 전처리 후 마이크로파 효과조사

2) 마이크로파 전처리 후의 옥수수 가공제품의 (통조림과 죽) 특성

○ 마이크로파 전처리 후 옥수수의 물리화학적 특성변화 및 미세구조를 조사하여 마이크로파 전처리효과 및 옥수수의 물성조사

○ 마이크로파 전처리 후 가공적성 검토

○ 마이크로파 및 열풍, 진공을 병행한 전처리방법을 검토한 후 이화학적특성 및 실제 관능검사를 통하여 수출상품화 할 수 있도록 제품의 고급화를 유도

제 2 절 연구개발의 필요성

1. 기술적 측면

가. 최근 국민소득향상에 따라 식용 옥수수에 대한 수요가 증대 되어가고 있으며 전세계의 식량난 해결방안의 하나로 옥수수가 유력한 식품으로 대두되고 있음.

나. 옥수수는 수확시기가 한정되어 있으며 수확시기가 지나면 호흡작용에 의해 성분변화가 일어나 당분이 전분으로 변화되어 조직이 딱딱하고 품질이 떨어짐.

다. 수확 후 생리대사작용을 억제시킬 수 있는 가공 저장 기술이 절실히 요구됨

라. 현재 이용되고 있는 찰옥수수의 저장방법은 냉동저장방법에 의존하고 있으나 이는 저장비용이 너무나 많이 소요되므로 이를 대체할 경제성이 있는 새로운 저장기술 개발이 절실히 요구됨

마. 최근에는 비가열처리 방법으로 전자파를 이용하거나 이온화 에너지를 이용하는 감마선 조사기술이 식품의 안전성 확보를 위한 기술로 많이 이용되고 있음.

바. 국내산 옥수수의 저장, 가공특성과 관련된 연구는 극히 미비한 실정이며 옥수수의 가공제품의 품질개선으로 인한 제품의 고급화가 시급함

사. 고품질 옥수수 생산에 제일 큰 제한요인의 하나는 저장 중에 발생하는 곰팡이 병해에 의한 피해이며 이들 병 방제를 위한 방법이 전무한 상태임.

아. 옥수수 재배시 양질의 옥수수 생산을 제한하는 제 요인 중 각종 곰팡이 병해에 의한 피해가 심각하며 수확 후 저장 중에 *F. moniliforme*, *F. graminearum* 등 *Fusarium* spp. 에 의해 발생되는 저장병해가 가장 문제가 되고 있지만, 이에 대한 연구가 국내에서는 거의 전무한 상태임.

자. 따라서 이들 곰팡이에 의한 병해를 최소화하기 위한 전략으로 수확 후 저장 중에 안정성의 위협이 되는 *F. moniliforme*을 조기진단 함으로써 가공용 또는 식용옥수수의 안전한 공급과 고품질의 옥수수를 이용할 수 있는 조기 진단법의 개발이 선결되어야 할 것으로 생각됨.

2. 경제 · 산업적 측면

가. 옥수수는 최근 강원도 등을 중심으로 관광상품으로 또는 기호식품으로 애용되면서 재배 농가의 주요 소득원으로 부상하고 있음.

나. 가공용 옥수수 통조림이나 사료용 건조 옥수수는 전량 수입되고 있는 실정이므로 막대한 외화를 낭비하고 있음.

다. 따라서 국내산 옥수수를 가공할 수 있는 기술을 개발함으로써 국제 경쟁력을 확보함으로써 고품질의 옥수수 가공식품을 생산하는 기술 개발이 절실한 실정임.

라. 새로운 소득 증대원으로 부상한 옥수수의 안정적 생산을 위해 필수적인 수확후 발생하는 병해의 방제에 관한 연구는 병행되어 오지 못한 실정임.

마. 이삭 썩음병 (*F. moniliforme*), 붉은곰팡이병 (*F. graminearum*) 등의 병원균을 조기 검출 · 동정할 수 있는 방법 개발을 통한 안전성 확보가 시급함.

3. 사회 · 문화적 측면

가. 옥수수는 세계 식량난 문제를 해결할 수 있는 유력한 대체 식품중의 하나이며 기호성 식품으로도 각광을 받을 수 있음.

나. 옥수수는 특산물 가공산업으로 육성하여 지역경제의 활성화를 가져 올 수 있음.

다. 저장 중에 발생하는 붉은곰팡이 병원균은 독소를 생성해 안전한 옥수수의 공급을 위협하는 요인이 되고 있으므로 이러한 병원균의 조기진단을 통한 안전한 농산물의 공급은 공급자와 수요자 사이의 신뢰성을 높여 소비를 촉진하여 결과적으로 농가 소득에 크게 기여할 것으로 기대함.

라. 분자생물학적 방법을 이용한 병원균의 조기 진단을 통해 재래적인 방법을 사용해서 야기되는 인력, 시간 그리고 자원의 낭비를 감소시킬 수 있음.

마. 이러한 여러 여건을 고려할 경우 옥수수 저장 중 발생하는 이들 곰팡이 병해의 적절한 방제를 위해서는 안정적인 대책의 확립과 병의 조기진단 개발이 절실함.

제 3 절 국내·외 연구동향

1. 관련기술의 현황과 문제점

미국이나 구미유럽에서는 식용옥수수의 대부분이 통조림으로 가공 유통되고 있으며 통조림용 옥수수의 품질확보를 위한 대부분의 연구가 많이 보고되고 있으나 우리나라를 비롯한 아시아국가에서는 대부분의 식용옥수수는 수확한 후 삶거나 구어서 식용하는 경우가 대부분으로 고품질유지를 위한 저장기술 및 유통방법의 개선에 대한 많은 지식이 요구됨에도 불구하고 아직까지 이에 대한 연구가 극히 미약한 상태이다. 지금까지 이러한 문제점을 해결하기 위하여 수확직 후 예냉처리를 하여 품온을 떨어뜨리거나 CA 및 MA저장 또는 냉동저장에 대한 연구가 활발하게 보고되고 있다. 현재 상업적으로 판매하고 있는 식용 찰옥수수의 경우 품질변화를 최소화하기 위하여 수확 직후 냉동 저장한 후 필요시 증자하여 진공 포장한 다음 냉동 저장하여 유통하고 있기 때문에 이는 저장비용이 너무나 많이 소요될 뿐 아니라 시장의 판로개척에도 커다란 장해 요인이 되고 있다. 따라서 이를 대체할 경제성이 있는 새로운 저장기술로서 상온이나 저온에서 저장하는 경제성 있는 기술개발이 매우 필요한데 최근에는 비가열처리 방법으로 전자파를 이용하거나 이온화 에너지를 이용하는 감마선 조사기술이나 마이크로파처리에 의한 식품의 안전성 및 품질확보를 위한 기술로 많이 이용되고 있다. 지금까지 선진 외국에서의 식품조사 분야는 기술의 심도와 다양성이 겸비되어 있으나 국내 기술은 제한된 기술항목과 수준에 국한되어 있으며, 이에 따라 실용화 및 상업화를 전제로 한 농산물의 장기안전저장 연구가 절대적으로 필요하다.

옥수수 저장가공제품 제조시 공정시간의 증가로 인한 시설면적의 확대와 미생물의 오염이 증가되고 있다. 도한 전처리공정 시간의 감소와 전처리시설의 축소로 인한 옥수수제품의 품질개선과 운영비 절감을 꾀하고 경쟁력 강화시킬 수 있으므로 마이크로파 전처리 시설의 형상 최적화 알고리즘을 통하여 형상 최적화 모델을 개발하고 가공공정의 개선으로 인한 제품의 고급화가 시급하다. 현 기술상태의 취약점은 옥수수 전처리제품의 품질을 향상시킬 수 있는 전처리방법, 및 전처리 후 가공 제품의 품질 특성을 향상시킬 수 있는 방법이 매우 미약하고 자동화를 위한 기계공정 설비 시스템이 전무한 실정이다.

옥수수 재배시 양질의 옥수수 생산을 제한하는 제 요인 중 각종 곰팡이 병해에 의한 피해가 심각하며 수확 후 저장 중에 *F. moniliforme*, *F. graminearum* 등 *Fusarium* spp. 에 의해 발생되는 저장병해가 가장 문제가 되고 있고 현재까지 저장중에 발생하는 옥수수의 병해 방제로는 체계적으로 연구된 바 없어 대부분의 농가에서는 방치하고 있다. 최근에 국내의 옥수수 생산량은 계속적인 증가추세에 있으나 식용으로 재배되는 옥수수는 수확 후 안전성에 관한 연구가 거의 전무한 상태이며 이를 해결할 수 있는 신속진단 기술개발이 필요하다. 한편, 외국에서는 이들 병해에 대한 진단기술이 활발하게 연구되어왔으나 수확 후 저장옥수수중에 *F. moniliforme*, *F. graminearum* 등에 의해 발생되는 저장병해를 진단하는 기수에 관한 연구는 거의 보고되고 있지 않다. 따라서 본 연구를 통하여 저장옥수수중에 병해를 일으키는 이들 곰팡이에 대한 새로운 marker를 개발한다면 국제적으로 매우 경쟁력이 있을 것으로 생각된다.

2. 향후전망

전 세계 39개국이 농산물을 비롯한 각종 식품에 감마선을 조사하는 것을 허가하고 있으며, 상업적으로 실용화되고 있는 국가도 25개국 이상에 이르러 이러한 추세를 고려할 때 감마선 조사를 이용한 식량의 장기저장법은 널리 확대될 전망이다. 또한, 진공 및 열풍을 이용한 마이크로파 전처리로 옥수수 저장, 가공방법의 신기술로 다양한 옥수수제품의 개발이 가능하며 고품질의 제품이 생산될 수 있다.

마이크로파전처리를 이용하면 환경오염의 문제점을 감소시키고 앞으로 다가올 그린라운드에 대비한 새로운 방향으로 식품산업을 발전시킬 수 있다. 또한, 작은 설비면적 및 소음방지, 청결도를 유지함으로 작업환경 개선이 가능하고 수요 증가와 고소득 보장이라는 이점에서 앞으로 옥수수 재배를 통한 농가소득 증대는 확대될 것으로 생각된다.

지금까지의 연구결과가 제시하듯 저장 중 발생하는 주요 곰팡이 병의 방제는 쉽게 해결될 문제로 생각되지 않는다. 저장옥수수에 심각한 피해를 주는 이들 병의 신속하고 정확한 조기진단 기술이 개발· 확립될 경우 조기에 전염원의 능력을 평가하여 예방을 위한 기초자료를 제공 할 수 있을 것으로 생각되며 분자생물학적 방법을 이용한

조기 진단법 개발은 다른 곰팡이 병의 방제 체계확립을 위한 방향을 제시하는 동시에 적기 진단법의 개발로 재배 농가의 소득을 증대시킬 수 있을 것으로 생각된다.

제 2 장 옥수수의 선도유지기간 연장을 위한 저장기술개발

제 1 절 서설

옥수수는 독특한 맛과 풍부한 비타민과 영양분을 함유하고 있어 매년 그 소비가 증가하고 있으며 강원도, 충청북도를 중심으로 재배되고 있고, 지역 농가의 고소득 작물로 부상되고 있는 가운데 그 수요는 날로 증가되고 있다. 강원도는 국내 옥수수 생산량의 50-60%를 차지하고 있으므로 지역특산 가공품목의 다양화 및 품질 개선에 의한 국제 경쟁력을 강화시켜야 할 것이다. 미국이나 구미유럽에서는 식용옥수수의 대부분이 통조림으로 가공 유통되고 있으며 통조림용 옥수수의 품질확보를 위한 대부분의 연구가 많이 보고되고 있으나 우리나라를 비롯한 아시아국가에서는 대부분의 식용 옥수수는 수확한 후 삶거나 구어서 식용하는 경우가 대부분으로 고품질유지를 위한 저장기술 및 유통방법의 개선에 대한 많은 지식이 요구됨에도 불구하고 아직까지 이에 대한 연구가 극히 미약한 상태이다.

일반적으로 식용 옥수수는 종실 가공용 또는 사료용 옥수수와는 달리 미성숙 단계에서 수확되기 때문에 다른 신선 채소류와 같이 수확 후 유통과정에서 호흡 및 증산작용을 지속하여 선도저하는 물론 이화학적 변성을 초래하여 상품성과 식품적 가치를 떨어뜨리며 수확시기가 지나면 호흡작용에 의해 성분변화가 일어나 당분이 전분으로 변화되어 조직이 딱딱하고 품질이 떨어진다. 뿐만 아니라 이들 식용 옥수수는 일시에 다량 출하되므로 홍수출하에 의한 가격하락을 방지하고 연중 공급을 통한 가격 안정을 도모하기 위해서는 품질의 변화를 최대한 억제할 수 있는 장기저장 및 유통방법의 확립이 절실히 요구된다. 이러한 품질변화에 미치는 여러 가지 요인에는 온도, 습도, 공기 및 미생물 등의 여러 가지가 있으나 그 중에서 온도에 의한 영향이 가장커서 80% 이상을 차지하는 것으로 알려져 있다.

지금까지 이러한 문제점을 해결하기 위하여 지금까지 수확직후 예냉처리를 하여 품온을 떨어뜨리거나 CA 및 MA저장 또는 냉동저장에 대한 연구가 활발하게 보고되

고 있다. 현재 상업적으로 판매하고 있는 식용 찰옥수수의 경우 품질변화를 최소화하기 위하여 수확 직후 냉동 저장한 후 필요시 증자하여 진공 포장한 다음 냉동 저장하여 유통하고 있기 때문에 이는 저장비용이 너무나 많이 소요될 뿐 아니라 시장의 판로개척에도 커다란 장해 요인이 되고 잇다. 따라서 이를 대체할 경제성이 있는 새로운 저장기술로서 상온이나 저온에서 저장하는 경제성 있는 기술개발이 매우 필요한데 최근에는 비가열처리 방법으로 전자파를 이용하거나 이온화 에너지를 이용하는 감마선 조사기술이나 마이크로파처리에 의한 식품의 안전성 및 품질확보를 위한 기술로 많이 이용되고 있다. 이에 본 연구에서는 국내산 찰옥수수의 고품질확보를 위한 방안으로 기존의 냉동방식을 대체하기 위한 기술개발의 일환으로 중·저온에서 선도유지기간을 연장할 수 있는 새로운 저장기술을 개발하기 위하여 alginate와 당침지액을 이용한 고정화기술과 감마선조사 또는 마이크로파처리에 의한 찰옥수수의 품질확보를 연구하고자 하였다.

제 2 절 연구내용 및 방법

1. 실험재료 준비

강원도 인제군 옥수수시험장이나 인근주변에서 8월과 9월에 수확한 찰옥수수(찰혹 1호)를 구입하여 -25C에서 냉동 보관하여 시료로 사용하였으며, 일반 진공포장용 포장지는 PE 35/Nylon 15/L-LDPE 50적층포장재(광신산업, 경기도)를 정성군 여량농협으로부터 지원 받아 사용하였다.

2. 당을 이용한 조미시험

찰옥수수 맛의 증진과 저장기간 연장의 목적으로 사용한 당의 종류로는 설탕과 과당, 솔비톨, 글루코오스, 천연감미료인 스테비오사이드(스테비온 100S, 태평양)를 사용하였다. 첨가 농도는 5, 10, 15, 20%의 설탕과 10, 15, 20, 25%의 솔비톨과 글루코오스, 5, 10, 15, 20, 25%의 과당과 0.1, 0.3, 0.5, 0.7, 1.0%의 스테비오사이드를 첨가하여 만든 조미액에 30분간 증자한 찰옥수수를 30분 동안 침지시킨 후 훈련된 관능요원 8

명을 대상으로 당의 강도와 맛에 대한 관능평가를 실시하여 검토하였다.

3. 당 종류에 따른 수분 함량의 변화

각각의 당의 종류와 농도를 달리한 조미액에 30분간 증자한 찰옥수수를 30분 동안 침지한 다음 찰옥수수를 꺼내어 105℃ 건조기에 넣고 3-5시간 건조 후 데시케이터에 넣어 실온에서 방치하여 냉각시킨 다음 꺼내어 무게를 달았다. 다시 1-2시간 건조하여 항량이 될 때까지 같은 조작을 반복하여 다음과 같이 수분함량을 계산하였다.

수분(%) = $(W1-W2)/(W1-W0) \times 100$

여기에서 W0 = 칭량병의 무게(g)

W1 = 칭량병과 시료의 무게(g)

W2 = 칭량병과 건조시료의 무게(g)

4. 적정 침지시간 결정

침지 시간이 찰옥수수의 당도에 미치는 영향을 알아보기 위하여 15% 설탕과 0.5% 스테비오사이드를 함유한 조미액에서 0, 15, 30, 60, 90분간 침지시킨 후 훈련된 관능요원 8명을 대상으로 찰옥수수의 당도에 대한 관능 평가를 실시하였다.

5. 당침지액과 alginate gel의 고정화를 위한 최적 조건 규명

Alginate gel은 실험 24시간 전에 농도별(0, 0,3, 0.5, 0.7, 1.0, 1.2%) 로 조정한 후 autoclave 하여 4℃ 냉장 보관하였다. 끓는 물에서 30분간 증자한 찰옥수수를 15%설탕용액에 30분, 0.5% 스테비오사이드용액에 15분간 각각 침지시킨 후 꺼내어 위의 농도로 조정된 각각의 alginate gel용액에 수분간 침지하여 coating 한 후 관능검사를 실시하였다.

6. 수분활성도 측정

생옥수수, 100o℃에서 30분간 증자한 옥수수 및 15% 설탕과 0.5%스테비오사이드 용액으로 조미한 찰옥수수를 60℃ 원적외선 건조기를 이용하여 건조시간을 달리하여 건조한 후 수분활성도 측정기(AxAir Ltd. Novasina unit, Switzerland)를 사용하여 수분활성도를 측정하였으며 이때 수분활성도 측정기의 chamber온도는 25℃에서 측정하였으며 각 시료는 5반복하여 수행되었다.

7. 건조시간에 따른 색도 변화

생옥수수, 100℃에서 30분간 증자한 옥수수 및 15% 설탕과 0.5%스테비오사이드 용액으로 조미한 찰옥수수를 60℃ 원적외선 건조기를 이용하여 건조시간을 달리하여 건조한 후 시료의 표면 색도를 Chroma meter CR-310(Minolta, Co., Ltd., Japan)을 이용하여 L값(lightness), a값(redness), b값(yellowness)으로 나타내어 각각의 시료표면을 측정하였으며 이들 L값, a값, b값으로부터 ΔE를 구하였다.

8. 경도측정

감마선 조사량과 저장 기간을 달리하여 저장한 옥수수의 물성을 측정하기 위하여 Rheo meter를 이용하여 경도(Hardness)를 측정하였으며, 10회 반복하여 그 평균값을 구하였다.

9. 호화도

건조 시간과 저장 기간에 따른 옥수수의 낟알 호화도는 Kainuma 등의 방법에 따라 다음과 같이 측정하였다. 100℃에서 30분간 익힌 찰옥수수의 낟알 10g에 에탄올 100 ㎖를 가한 후 바로 분쇄하여 알코올 불용성 고형물(AIS)을 제조하여, 약 150㎎의 알코올 불용성 고형물을 15㎖의 증류수에 분산시킨 후 20,000rpm으로 3분간 균질화시켜 시험에 공시하였다. 호화도는 완전 호화액의 효소에 대한 분해도를 100으로 하였을

때 시료액의 분해도를 상대적으로 나타내었으며 다음 식에 따라 호화도를 산출하였다.

$$\text{호화도(degree of gelatiniziation), \%} = \frac{A - a}{A' - a} \times 100$$

A' :완전 호화액의 흡광도

A : 시료액의 흡광도

a : 공시험구의 흡광도

10. 환원당 정량

시료 10g에 증류수 약 100ml를 가한 후 blender를 사용하여 1분간 마쇄한 후 여과한다. 여기서 여과액을 취하여 중성초산납 포화용액 2ml를 가하여 잘 교반한 후, $Na_2S_2O_3$ 분말을 첨가하여 중성 초산납을 석출하고, 다시 이 여과액을 시료액으로 사용하여 Somogyi법으로 환원당 함량을 구하였다.

11. 미생물 생육변화

옥수수 10g씩을 취하여 멸균된 stomacher bag에 넣은 다음 살균된 0.1% 펩톤수로 10배 희석하여 homogenizer로 2분간 균질화시켰다. 일반 세균은 plate count agar에, 효모 및 곰팡이는 potato dextrose agar에 희석된 균질액을 0.1㎖씩 분주한 다음 도말하여 incubator에서 배양하였다. 일반 세균은 35℃에서 2일간, 효모 및 곰팡이는 25℃에서 3일간 배양하여 생성된 colony들을 계수하였으며, 3회 반복하여 실시하였다.

12. 관능검사.

25℃, 15℃ 및 4℃에서 5개월 간 저장한 감마선처리구, 마이크로파처리구 및 무처리구의 증자살균 찰옥수수, 설탕침지액 및 스테비오사이드 침지액 찰옥수수구를 열탕중에서 10분간 재가열 한 후 색깔, 냄새, 맛, 조직감 및 종합적 기호도를 5점 평점제로 하여 평가하였으며 관능평가요원은 숙달된 대학원생 7명을 선발하여 5회 반복실시 하여 그 결과를 SAS 통계프로그램으로 처리하였다.

13. 진공포장 당침지액 찰옥수수의 제조 및 저장 중 품질변화

냉동 찰옥수수를 꺼내어 표면에 묻은 이물질을 제거한 후 냉장고에 넣어 해동한 다음 끓는 물에서 30분간 증자하여 15%설탕용액에 30분, 0.5% 스테비오사이드용액에 15분간 각각 침지시킨 후 alginate gel 농도별로 coating 하여 paper towel로 표면의 물기를 제거하고 L-LDPE/Nylon/PE 적층포장지로 진공 포장하여 121℃에서 레토르트하여 살균한 후 4, 20 및 35℃의 암소에 저장하였다. 각 온도에서 저장하는 동안 매 1개월 경과시 마다 시료를 꺼내어 미생물 생육변화 (총균수)와 관능검사(색깔, 냄새, 맛 등)를 실시하였다.

14. 원적외선 건조

본 실험에 사용된 찰옥수수시료는 위의 방법에서 수행한대로 준비하여 끓는 물에서 30분간 증자하여 15%설탕액과 0.5%스테비오사이드에서 30분간 침지한 후 원적외선 건조기로 각각 6시간과 9시간 건조하였다. 이 무처리구와 당침지액의 건조 찰옥수수를 PE 35/Nylon 15/L-LDPE 50 적층포장재(광신산업, 경기도)를 사용하여 진공 포장한 후 각각의 찰옥수수를 4℃와 상온(25℃)에서 저장하면서 시험시료로 사용하였다.

15. 감마선조사

본 실험에 사용된 찰옥수수시료는 위의 방법에서 수행한대로 준비하여 끓는 물에서 30분간 증자하여 15%설탕액과 0.5%스테비오사이드에서 30분간 침지한 후 냉각하여 paper towel로 찰옥수수 표면의 물기를 제거하였다. 이 무처리구와 당침지액 찰옥수수를 PE 35/Nylon 15/L-LDPE 50 적층포장재(광신산업, 경기도)를 사용하여 진공 포장한 후 10분간 끓는 물에서 재가열한 후 경기도 이천에 있는 (주)그린피아에서 감마선조사를 수행하였다. 포장된 찰옥수수의 방사선조사는 10만 Ci, Co-60 감마선조사 시설을 이용하여 1, 3, 5, 10kGy의 총흡수선량을 얻도록 하였고, ceric cerous dosimeter(USA)를 이용한 흡수선량 확인에서 흡수선량 오차범위는 ± 10Gy이었다.

감마선 조사된 각각의 찰옥수수는 4C, 15C 및 상온에서 저장하면서 시험시료로 사용하였다.

16. 마이크로파 처리

마이크로파를 이용한 옥수수의 전처리 방법은 한국식품개발연구원에서 자체 제작한 마이크로파 건조기를 이용하여 2450 MHz 주파수를 사용하였다. 시료의 전처리는 찰옥수수 진공포장 후 마이크로파처리, 무포장에서 마이크로파를 처리한 후 진공 포장하여 마이크로파처리의 2가지 그룹으로 각각 나누어 사용하였다. 전처리방법은 불연속 공정으로 출력 300watt에서 90초 전처리- 1분 정지(1분 30초 power on, 1분 power off- pulse microwave)를 반복하는 방법과 연속적으로 2분 전처리하는 방법으로 수분함량 20% 미만이 되도록 하였다.

제 3 절 결과 및 고찰

1. Alginate gel을 이용한 당침지액의 고정화기술

가. 당을 이용한 조미시험

냉동 찰옥수수의 경우 별다른 처리 없이 증자하고 진공 포장한 후 냉동 유통되는 경우에는 찰옥수수 자체의 낮은 감미로 인하여 기호성이 높지 않다. 따라서 찰옥수수에 감미를 증진시킴은 물론 저장기간을 연장하기 위하여 여러 종류의 당(설탕, 과당, 솔비톨, 글루코오스, 스테비오사이드)을 적정농도로 첨가하여 만든 조미액에 증자한 찰옥수수를 30분 동안 침지시킨 후 관능요원 6명을 대상으로 당의 강도와 맛에 대한 관능평가를 실시하였으며 그 결과는 Table 1과 같다. 당의 종류를 달리하여 조미 시험한 결과 설탕은 10 20%까지 유의적인 차이는 없었지만 15%가 가장 적당한 것으로 나타났고 솔비톨은 20%, 글루코오스는 25%, 과당은 15%가 가장 적당하였다. 스테비오사이드는 0.7%의 농도에서 관능적 평가가 가장 좋았으나 당의 첨가량이 증가할수록 당도가 증가함과 동시에 쓴맛도 증가하여 관능적 평가가 저하되므로 0.5%의 농도가 가장 적당하였다. 실제 찰옥수수의 조미시에는 스테비오사이드가 다른 당류들에 비해 매우 높은 감미도를 나타내었으며, 조미 시험 결과 15% 설탕과 0.5% 스테비오사이드를 사용하는 것이 가장 바람직한 것으로 나타나 실제 찰옥수수의 조미시에는 스테비오사이드가 설탕에 비해 약 30배정도의 높은 감미를 보이는 것으로 나타났다.

Table 1. 감미료의 종류를 달리하여 조미한1) 찰옥수수의 관능평가

감미료의 종류	첨가량(%)	관능적 평가(당도)	관능적 평가(맛)
sugar	5	2.5	2.83
	10	4.5	4.6
	15	4.83	5.33
	20	4.5	5.0
sorbitol	10	3.83	4.33
	15	5.5	4.83
	20	5.83	6.5
	25	5.67	5.5
glucose	10	4.0	3.83
	15	4.17	4.17
	20	4.83	4.67
	25	4.67	4.83
fructose	5	3.0	3.17
	10	4.67	4.83
	15	6.33	7.0
	20	6.0	6.5
	25	6.0	6.17
stevioside	0.1	3.0	3.83
	0.3	4.33	4.67
	0.5	5.83	6.17
	0.7	7.0	5.83
	1.0	6.17	5.5

1) 조미방법 : 60℃에서 30분 동안 침지

2) 강도 측정법(9점: 당도가 매우 강함, 5점: 강도가 적당함, 1점: 강도가 매우 약함)으로 관능요원 6명을 대상으로 실시함

나. 적정 침지시간 결정

침지시간을 달리하여 조미한 찰옥수수에 대한 관능평가를 Table 2에 나타내었다. Table 1에서 검토한 여러 종류의 당류 중에서 설탕과 스테비오사이드가 가장 좋은 관

능결과를 나타내었기 때문에 적정 침지시간의 결정은 두 종류의 당만 사용하였다. 침지 시간이 찰옥수수의 당도에 미치는 영향에 대한 실험 결과 15% 설탕의 경우 30분까지는 완만한 증가를 나타내었으나 그 이상 침지시에는 관능적 평가가 저하되었다. 0.5% 스테비오사이드 경우에도 30분까지는 증가하였으나 60분 이상의 침지에서는 관능적 평가가 저하되었다. 따라서 설탕은 30분, 스테비오사이드는 15분 정도의 침지가 가장 적당한 것으로 나타났다. 이상의 조미시험 결과를 종합하여 볼 때 당의 경우 15%와 스테비오사이드 0.5%가 적당한 것으로 나타났으나 경제성이나 맛에 대한 선호도에서 볼 때 스테비오사이드를 사용하는 것이 바람직한 것으로 나타났다.

Table 2. 침지시간을 달리하여 조미한 찰옥수수에 대한 관능평가

감미료	시간(분)	관능적 평가(당도)	관능적 평가(맛)
15% 설탕	0	3.5	4.5
	15	5.0	4.5
	30	6.25	5.0
	60	4.75	5.0
	90	4.25	5.5
0.5% 스테비오사이드	0	3.5	3.0
	15	5.0	5.25
	30	5.0	5.0
	60	4.75	4.25
	90	4.5	4.5

다. 당 종류에 따른 수분 함량의 변화

당 종류와 농도에 따른 수분함량의 변화를 Table 3에 나타내었다. 당을 첨가하지 않은 시료에서는 수분함량이 69.3%이었으나 5-15%설탕용액에 침지시에는 약 64%, 20%설탕 용액에서는 62.07%를 나타내었다. 25% 솔비톨 용액 침지시 63%, 25% 글

루코스 용액 침지시 60.8%**의 수분함량을 각각 나타내었고 스테비오사이드는** 1%**용액에 침지시** 61%**의 수분함량을 나타내었다. 당의 종류에 따라 약간의 차이는 있지만 일반적으로 당의 농도가 증가함에 따라 수분함량이 감소함을 알 수 있다.**

Table 3. **당 종류와 농도에 따른 수분함량의 변화**

감미료	농도(%)	수분함량(%)
control	0	69.31
sugar	5	64.08
	10	64.73
	15	64.67
	20	62.07
sorbitol	10	69.8
	15	69.64
	20	64.06
	25	63.03
glucose	10	66.8
	15	66.47
	20	65.98
	25	60.75
fructose	5	68.11
	10	64.01
	15	57.95
	20	57.29
	25	58.22
stevioside	0.1	68.52
	0.3	67.85
	0.5	66.59
	0.7	65.69
	1.0	60.99

라. 당침지액과 alginate gel의 고정화를 위한 최적 조건 규명

15%설탕용액에 침지한 후에는 1% alginate의 농도에서 당도와 많이 좋은 것으로 나타났으며 0.5% 스테비오사이드에 침지시킨 후에는 0.7% alginate농도가 가장 좋은 관능결과를 나타내었다 (Table 4). 그러나 찰옥수수 낱알의 표면은 왁스 층으로 코팅되어 있기 때문에 alginate gel을 사용시 입자 속으로 alginate 용액의 침투가 어려워 표면이 끊적끊적할 뿐만 아니라 당침지용액을 입자 속에 고정시키지 못하는 것으로 나타났다. 따라서 찰옥수수에 당침지액을 고정화시키기 위하여 alginate gel을 사용하는 것은 바람직하지 못한 것으로 나타났으며 오히려 당침지액을 고정화하려면 적절한 건조처리를 하는 것이 훨씬 좋은 것으로 나타났다.

Table 4. Alginate gel 농도를 달리하여 조미한 찰옥수수에 대한 관능평가

감미료	농도(%)	관능적 평가(당도)	관능적 평가(맛)
15% 설탕	0	2.75	3.0
	0.3	3.0	3.25
	0.5	3.5	4.0
	0.7	3.5	4.5
	1.0	4.25	3.5
	1.2	4.25	4.5
0.5% 스테비오사이드	0	4.5	4.25
	0.3	5.0	5.25
	0.5	5.5	5.76
	0.7	5.75	5.75
	1.0	5.5	5.55
	1.2	5.0	5.25

마. 건조 시간에 따른 수분 활성도와 수분함량의 변화

건조시간을 달리하여 건조한 찰옥수수의 수분 활성도는 Table 5와 같다. 생옥수수의 경우 증자한 옥수수나 당으로 침지한 옥수수에 비하여 수분함량이나 수분활성도가 감소하는 것으로 보아 증자 또는 침지하는 동안 수분이 옥수수 입자 속으로 많이 침투되었음을 알 수 있다. 또한 건조 6시간까지는 증자 또는 당침지 옥수수에서는 수분 활성도의 변화가 없었으며 9시간 건조 후에는 설탕 침지 옥수수의 수분활성도가 가장 적게 나타났다. 한편, 건조시간을 달리하여 건조한 찰옥수수의 수분함량의 변화를 조사한 결과 (Fig. 1) 생옥수수의 경우 초기 58.45%에서 12시간 건조 후 19.43%를 나타낸 것에 반하여, 당을 첨가하지 않은 증자옥수수는 12시간 후 9.76%, 15% 설탕 침지액에서는 6.82%, 0.5% 스테비오사이드 침지액은 6.95%를 나타내어 당을 침지한 옥수수가 무첨가 옥수수에 비해서 건조시간이 증가함에 따라 수분함량이 더욱 낮아졌다. 따라서 조미한 찰옥수수의 경우 무첨가 옥수수에 비하여 기호성뿐만 아니라 수분함량이 낮기 때문에 저장성이 증가하는 것으로 사료된다.

Table 5. **건조 시간에 따른 수분 활성도 측정**

시료	건조시간(Hour)	측정시간(Min)	수분활성도(Aw)
생옥수수1)	0	50-70	0.995
	6	80-90	0.991
	9	60-85	0.971
	12	55-80	0.817
증자 옥수수2)	0	70-90	1.000
	6	60-90	1.000
	9	50-70	0.892
	12	50-60	0.609
설탕 침지3)	6	70-90	1.000
	6	50-80	0.991
	9	55-90	0.932
	12	40-60	0.613
스테비오사이드 침지4)	0	70-90	1.000
	6	60-80	1.000
	9	60-70	0.984
	12	60-70	0.758

1) 수확직후의 옥수수 → 60℃ 원적외선 건조

2) 100℃에서 30분 증자 → 60℃ 원적외선 건조

3) 100℃에서 30분 증자 → 15% 설탕용액에서 30분 침지 →60℃ 원적외선 건조

4) 100℃에서 30분 증자 → 0.5% 스테비오사이드용액에서 30분 침지 →60℃ 원적외선 건조

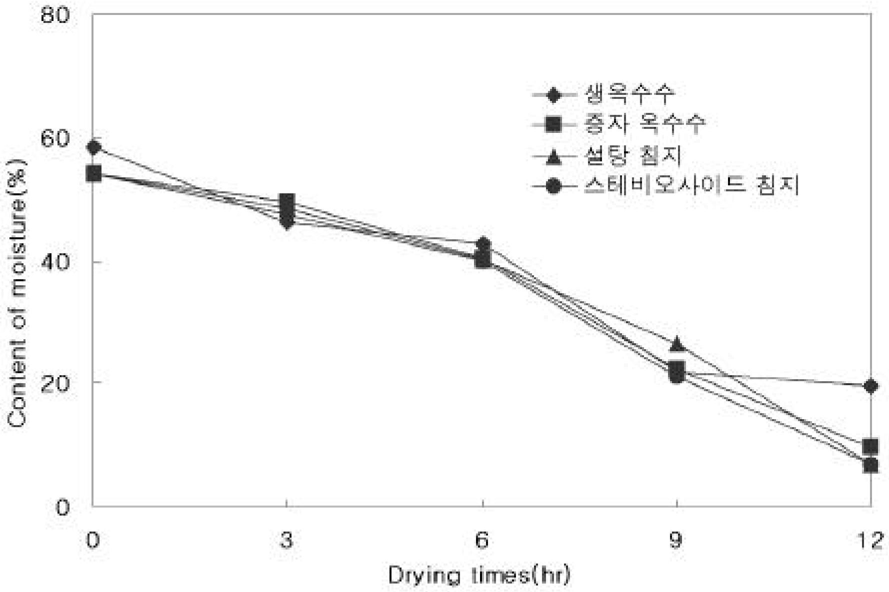


Fig. 1 건조시간에 따른 수분함량의 변화

바. 건조시간에 따른 색도 변화

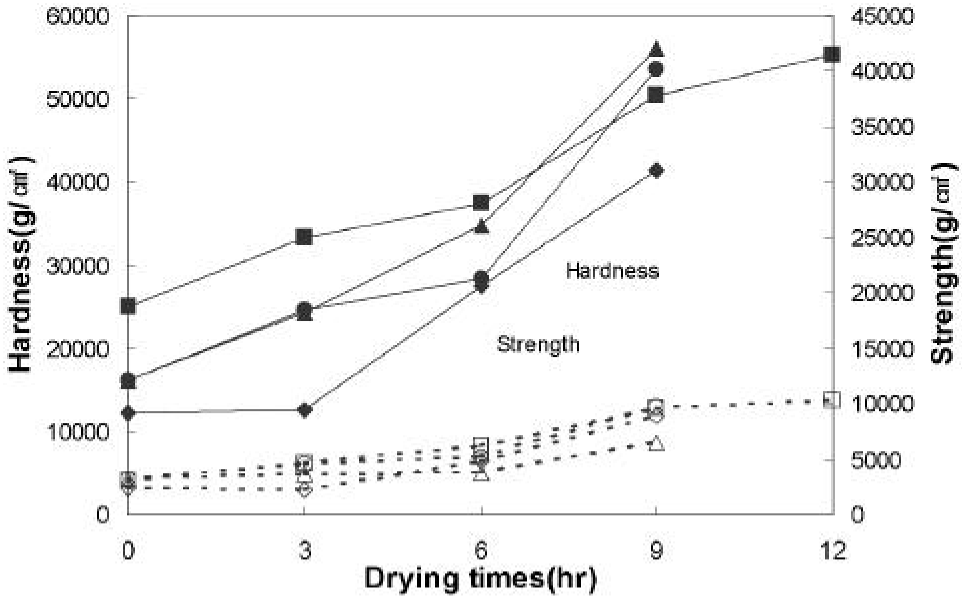
건조시간을 달리하여 건조한 찰옥수수의 색도 변화는 Table 6과 같다. 원적외선 건조기로 건조한 찰옥수수의 경우 생옥수수는 건조시간이 증가함에 따라 색의 밝기(L값)가 증가하였으며 증자 또는 당에 조미한 옥수수는 9시간 건조까지는 건조시간에 따라 L값이 증가하였으나 12시간 이후부터는 현격히 감소하였다. 또한 당침지 옥수수는 흡수된 당으로 인하여 12시간 건조에서는 갈변현상이 나타나는 것으로 나타났다.

사. 건조시간에 따른 찰옥수수의 경도 측정

건조시간을 달리하여 각 처리구별로 Rheo meter를 이용하여 경도(Hardness)와 강도(Strength)를 측정한 결과 (Fig 6) 생옥수수가 다른 처리구에 비해 물성이 약한 것으로 나타났으며, 12시간 건조시 생옥수수를 제외한 다른 처리구는 심화된 경도로 인하여 물성 측정이 불가능하였다.

Table 6. 건조시간에 따른 옥수수의 색도 변화

시 료	건조시간(hour)	L	a	b
생옥수수	0	0.12	0.01	0.41
	3	0.91	0.05	0.17
	6	0.95	0.11	0.26
	9	2.04	0.61	0.44
	12	2.98	0.67	0.31
증자 옥수수	0	0.75	0.16	0.35
	3	1.95	0.38	0.83
	6	2.03	0.20	0.77
	9	2.37	0.65	0.95
	12	1.32	0.02	0.70
설탕 침지	0	0.75	0.16	0.35
	3	0.64	0.29	0.24
	6	0.88	0.25	0.50
	9	1.20	0.82	0.38
	12	0.22	0.12	0.40
스테비오사이드 침지	0	0.75	0.16	0.35
	3	0.71	0.08	0.28
	6	0.91	0.29	0.42
	9	1.01	0.10	0.62
	12	0.36	0.27	0.64



—■—, —□— : 생옥수수, —◆—, —◇— : 증자 옥수수

—▲—, —△— : 설탕 침지, —●—, —○— : 스테비오사이드 침지

Fig. 2 건조시간을 달리한 찰옥수수의 경도 변화

아. 진공포장 당침지액 찰옥수수의 저장 중 품질변화

1) 미생물의 생육변화

진공 포장된 alginate gel처리된 당침지액 찰옥수수를 121℃에서 20분간 레토르트 살균한 후 4℃, 20℃ 및 35℃에 각각 저장한 진공포장 조미찰옥수수의 미생물생육변화 결과는 Table 7과 같다. 저장 1개월 째에는 4℃와 20℃에 저장한 옥수수에서는 미생물의 생육이 없었으나 35℃에 저장한 옥수수에서는 당 종류에 상관없이 3.3-9.4 x 10^3CFU/g을 나타내었고 그 이후부터는 급격히 증식하여 부패함을 나타내었다. 4℃와 20℃에 저장한 옥수수에서 저장 2개월까지는 미생물이 검출되지 않았으나 3개월 째에는 20℃의 온도에서 저장한 옥수수에서 미생물이 생육하기 시작하였는데 0.5% 스테비오사이드 처리구가 15% 설탕 처리구에 비하여 미생물의 생육을 더 저하시키는 것으

로 나타났다. 또한 모든 처리구에서 alginate첨가는 농도에 상관없이 미생물의 생육에 영향을 미치지 않는 것으로 나타났다.

Table 7. 저장기간을 달리한 진공포장 조미찰옥수수의 미생물 시험

저장기간 (Month)	Alginate 농도(%)	0.5% 스테비오사이드			15% 설탕		
		4℃	20℃	35℃	4℃	20℃	35℃
1	0.7	0	0	5.0×103	0	0	9.4×103
	1.0	0	0	8.5×103	0	0	3.3×103
	1.2	0	0	6.8×103	0	0	7.5×103
2	0.7	0	0	TNTC	0	0	TNTC
	1.0	0	0	TNTC	0	0	TNTC
	1.2	0	0	TNTC	0	0	TNTC
3	0.7	0	3.4×102	TNTC	0	3.9×102	TNTC
	1.0	0	1.1×102	TNTC	0	4.3×103	TNTC
	1.2	0	5.6×102	TNTC	0	5.9×103	TNTC

2) 관능검사

121℃에서 20분간 레토르트 살균한 후 4℃와 20℃에 각각 저장한 진공포장 조미찰옥수수의 관능검사 결과는 Table 8과 9와 같다. 색깔의 경우 1개월까지는 4℃의 온도로 저장한 처리구는 0.5% 스테비오사이드 처리구나 15% 설탕 처리구 모두 큰 차이를 나타내지 않았으나 20℃에서 저장한 레토르트 처리구는 4℃ 처리구에 비해 다소 나빠지는 것으로 나타났다. 또한 저장기간이 길어질수록 모든 처리구에서의 색깔은 저하되는 것으로 나타났다. 냄새의 경우는 5.0 5.25점으로 큰 차이가 없이 저장 중에도 안정한 것으로 나타났으며 냄새 또한 저장기간이 길어질수록 나빠졌다. 맛의 경우에도 다른 검사와 마찬가지로 처음 1개월에는 두 처리구 모두 5.25 6.25로 별 차이가

없어 저장 기간 중에도 안정한 것으로 나타났으며, 저장기간이 길어짐에 따라 관능적 결과가 다소 감소하였으며 3개월경과 후에는 모든 처리구에서의 관능적 검사가 감소함을 나타내었다.

이상의 모든 결과를 종합해 볼 때 4℃와 20℃의 암소에 저장시에 2개월까지는 제품의 품질에 거의 영향이 없었으나 저장 3개월 이후부터는 4℃에 저장한 옥수수에서는 별문제가 없었지만 20℃이상의 온도에 저장한 찰옥수수에서는 종합적 관능도가 약간 저하되었으며 그이상의 온도에서는 더 빨리 품질이 저하되는 것으로 나타났다.

Table 8. 4℃ 저장한 진공포장 조미찰옥수수의 관능검사

시료	저장기간 (Month)	Alginate 농도(%)	관능검사		
			색깔	맛	냄새
0.5% 스테비오사이드 침지	1	0.7	5.25	6.0	5.0
		1.0	5.5	5.75	5.0
		1.2	5.0	5.25	5.25
	2	0.7	5.0	5.25	5.0
		1.0	5.0	4.5	4.75
		1.2	4.0	4.25	4.0
	3	0.7	4.25	4.5	4.0
		1.0	4.0	3.5	3.5
		1.2	4.5	3.5	3.0
15% 설탕 침지	1	0.7	5.5	5.75	5.25
		1.0	7.0	6.25	5.0
		1.2	4.5	5.25	5.0
	2	0.7	4.0	4.0	5.0
		1.0	5.0	5.5	5.75
		1.2	3.5	3.5	3.5
	3	0.7	3.5	3.5	4.0
		1.0	4.0	3.5	3.5
		1.2	3.5	3.0	3.5

Table 9. 20℃ 저장한 진공포장 조미찰옥수수의 관능검사

시료	저장기간 (Month)	Alginate 농도(%)	관능검사		
			색깔	맛	냄새
0.5% 스테비오사이드 침지	1	0.7	4.25	3.5	4.25
		1.0	3.5	4.25	4.75
		1.2	4.5	4.25	4.25
	2	0.7	3.75	3.5	3.75
		1.0	2.25	3.25	3.75
		1.2	3.0	3.5	3.25
	3	0.7	2.5	3.0	3.0
		1.0	1.5	3.0	3.0
		1.2	1.5	3.5	3.0
15% 설탕 침지	1	0.7	3.75	4.5	4.5
		1.0	4.5	4.5	5.0
		1.2	3.75	4.0	5.0
	2	0.7	3.75	2.75	2.75
		1.0	4.5	3.25	4.5
		1.2	3.5	4.25	3.5
	3	0.7	3.0	3.0	3.0
		1.0	3.0	1.0	3.0
		1.2	2.5	2.5	2.5

자. 저장중 원적외선 건조처리에 의한 찰옥수수의 품질확보

당침지한 찰옥수수를 레토르트 처리를 할 경우 색깔이 대한 관능적 품질이 문제시 될 뿐만 아니라 조직자체가 매우 연해지는 경향이 있으므로 바람직하지 않은 것으로 나타났다. 따라서 본 연구는 생옥수수를 증자한 후 당으로 침지한 다음 건조처리를 하여 진공 포장한 후 7개월 동안 각 다른 온도에 저장하면서 찰옥수수의 품질변화를 조사하였다.

1) 미생물의 생육 변화

증자한 찰옥수수 및 15% 설탕과 0.5% 스테비오사이드 용액에 조미한 찰옥수수를 원적외선 건조기로 각각 6시간과 9시간 건조한 후 진공 포장하여 4℃에서 7개월 동안 저장하였을 때의 미생물 생육 변화를 Table 1에 나타내었다. 총균수는 건조처리를 하지 않은 대조구의 경우 저장 전에 2.1x102 CFU/g을 나타내었으나 6시간과 9시간 원적외선 건조한 처리구에서는 검출되지 않았다. 저장 3개월까지 6시간동안 원적외선 건조한 각 처리구에서는 총균수가 검출 되지 않았으나 원적외선처리를 하지 않은 대조구는 7.8x103 CFU/g 까지 생육하였다. 그러나 저장 5개월 후에는 원적외선건조 처리구에서 생육을 보이기 시작하였으며 7개월 저장 후에는 증자 찰옥수수의 원적외선 처리구가 대조구에 비하여 2 log 정도 생육이 감소함을 나타내었으며 당침지액 찰옥수수의 경우는 3 log정도 감소함을 나타내었다. 곰팡이 및 효모의 경우는 총균수보다 원적외선 건조에 더 저항성을 나타내었으며 1개월 저장까지는 모든 원적외선 건조구에서 검출되지 않았지만 3개월 후부터는 생육을 보이기 시작하여 저장 7개월 후에는 대조구에 비하여 2 log정도 감소함을 나타내었다. 이러한 결과는 찰옥수수를 증자한 후 물기만 제거하여 진공포장 하는 것보다는 어느 정도 건조를 함으로써 미생물의 생육을 현저하게 저하시킬 수 있으므로 식품의 안전성을 확보할 수 있는 것으로 사료되어진다. 한편, 25℃에서 저장한 원적외선건조 증자 찰옥수수와 당침지액 찰옥수수의 미생물 생육변화는 Table 2와 같다. 1개월 저장까지는 총균수와 곰팡이 및 효모 모두 원적외선 건조 처리한 처리구에서는 검출되지 않았지만 대조구에서는 약 3.5-8.8x102 CFU/g의 생육을 나타냈다. 5개월 저장 후 대조구에서는 곰팡이 및 효모의 생육이 현저하게 생육하였으나 원적외선건조 처리구에서는 대조구에 비하여 약 3log 정도 감소

함을 보였다. 특히 당침지액 처리구는 건조에 더욱 민감하여 미생물이 더 감수성을 나타내었다. 따라서 본 연구결과, 미생물학적인 측면에서는 찰옥수수증자 후 어느 정도 건조처리 한 다음 진공포장을 하여 저장을 하면 고품질을 유지하면서 오랫동안 찰옥수수의 선도를 유지할 수 있는 것으로 판단되어진다.

Table 1. 4℃에서 저장된 60℃ 원적외선건조 처리에 의한 찰옥수수의 미생물 생육변화

저장기간 (Month)	건조시간 / 시 료[1]	6h		9h	
		일반 세균수	곰팡이&효모	일반 세균수	곰팡이&효모
0	Control)	2.1×10^{2}	3.5×10^{2}	2.1×10^{2}	3.5×10^{2}
	증자 옥수수	N. D.	N. D.	N. D.	N. D.
	설탕 침지	N. D.	N. D.	N. D.	N. D.
	스테비오사이드 침지	N. D.	N. D.	N. D.	N. D.
1	Control	3.5×10^{2}	5.5×10^{2}	3.5×10^{2}	5.5×10^{2}
	증자 옥수수	N. D.	N. D.	N. D.	N. D.
	설탕 침지	N. D.	N. D.	N. D.	N. D.
	스테비오사이드 침지	N. D.	N. D.	N. D.	N. D.
3	Control	7.8×10^{3}	1.2×10^{4}	7.8×10^{3}	1.2×10^{4}
	증자 옥수수	N. D.	4.2×10^{3}	N. D.	5.3×10^{3}
	설탕 침지	N. D.	3.7×10^{3}	N. D.	1.5×10^{3}
	스테비오사이드 침지	N. D.	3.4×10^{3}	N. D.	1.9×10^{3}
5	Control	4.6×10^{4}	1.7×10^{5}	4.6×10^{4}	1.7×10^{5}
	증자 옥수수	5.0×10^{3}	4.3×10^{3}	5.7×10^{3}	9.1×10^{4}
	설탕 침지	3.9×10^{2}	1.3×10^{3}	2.4×10^{2}	7.4×10^{4}
	스테비오사이드 침지	4.32×10^{2}	5.1×10^{4}	4.0×10^{2}	2.5×10^{3}
7	Control	4.6×10^{6}	4.4×10^{6}	4.6×10^{6}	4.4×10^{6}
	증자 옥수수	5.0×10^{4}	3.24×10^{4}	9.4×10^{4}	9.1×10^{5}
	설탕 침지	7.45×10^{3}	4.25×10^{4}	4.75×10^{4}	6.5×10^{5}
	스테비오사이드 침지	8.6×10^{3}	2.4×10^{4}	5.26×10^{3}	8.7×10^{4}

1) Control : 100℃ 30분 증자 후 30분간 수용액 침지 → 진공 포장
증자 찰옥수수 : 100℃ 30분 증자 후 30분간 수용액 침지 후 원적외선건조 → 진공 포장
설탕침지 찰옥수수 : 100℃ 30분 후 15% 설탕용액 30분간 침지 후 원적외선건조 → 진공 포장
스테비오사이드침지 찰옥수수 : 100℃ 30분 후 0.5 %스테비오사이드 용액 30분간 침 지 후 원적외선건조 → 진공 포장

Table 2. 25℃에서 저장된 60℃ 원적외선건조 처리에 의한 찰옥수수의 미생물 생육변화

저장기간 (Month)	건조시간 / 시 료1	6h		9h	
		일반 세균수	곰팡이&효모	일반 세균수	곰팡이&효모
0	Control	2.1×10^{2}	3.5×10^{2}	2.1×10^{2}	3.5×10^{2}
	증자 옥수수	N. D.	N. D.	N. D.	N. D.
	설탕 침지	N. D.	N. D.	N. D.	N. D.
	스테비오사이드 침지	N. D.	N. D.	N. D.	N. D.
1	Control	3.5×10^{2}	8.5×10^{2}	3.5×10^{2}	4.5×10^{2}
	증자 옥수수	N. D.	N. D.	N. D.	N. D.
	설탕 침지	N. D.	N. D.	N. D.	N. D.
	스테비오사이드 침지	N. D.	N. D.	N. D.	N. D.
3	Control	3.5×10^{3}	2.8×10^{5}	3.5×10^{3}	2.8×10^{5}
	증자 옥수수	4.3×10^{2}	3.0×10^{3}	2.5×10^{2}	6.0×10^{3}
	설탕 침지	3.1×10^{2}	3.4×10^{3}	4.3×10^{3}	6.0×10^{3}
	스테비오사이드 침지	5.2×10^{2}	7.42×10^{3}	3.0×10^{3}	7.34×10^{3}
5	Control	4.2×10^{4}	7.5×10^{6}	4.2×10^{4}	7.5×10^{6}
	증자 옥수수	4.6×10^{3}	2.0×10^{4}	5.5×10^{3}	5.4×10^{5}
	설탕 침지	2.43×10^{3}	2.85×10^{4}	3.0×10^{3}	2.45×10^{3}
	스테비오사이드 침지	5.2×10^{2}	8.92×10^{3}	4.53×10^{3}	5.34×10^{4}
7	Control	7.1×10^{6}	1.9×10^{7}	7.1×10^{6}	1.9×10^{7}
	증자 옥수수	5.35×10^{3}	5.0×10^{4}	3.25×10^{4}	4.2×10^{4}
	설탕 침지	6.75×10^{4}	4.5×10^{4}	4.5×10^{3}	3.6×10^{4}
	스테비오사이드 침지	3.42×10^{3}	8.4×10^{4}	2.74×10^{4}	5.1×10^{4}

1) Control : 100℃ 30분 증자 후 30분간 수용액 침지 → 진공 포장

증자 찰옥수수 : 100℃ 30분 증자 후 30분간 수용액 침지 후 원적외선건조 → 진공 포장

설탕 침지 찰옥수수 : 100℃ 30분 후 15%설탕용액 30분간 침지 후 원적외선건조→ 진공포장

스테비오사이드 침지 찰옥수수 : 100℃ 30분 후 0.5%스테비오사이드 용액 30분간 침지 후 원적외선건조 → 진공 포장

2) 호화도(Degree of gelatinization)

증자한 찰옥수수 및 15% 설탕과 0.5% 스테비오사이드 용액에 조미한 찰옥수수를 원적외선 건조기로 각각 6시간과 9시간 건조한 후 진공 포장한 후 저장기간동안의 호화도를 완전 호화액의 효소에 대한 분해도를 100으로 하였을 때 시료액의 분해도를 상대적으로 나타낸 결과는 Fig. 5와 6과 같다. 건조 처리를 하지 않은 냉동 찰옥수수를 대조구로 하였을 때 대조구는 저장 전 98%에서 7개월경과 후 96.2%로 거의 일정하였다. 반면에 4℃에서 저장한 건조 찰옥수수의 경우 저장 전에는 증자 옥수수, 설탕 침지 옥수수, 스테비오사이드 침지 옥수수가 각각 81.14, 83.63, 82.19%를 나타내었으며 저장 5개월까지 유지되었으나 저장 7개월 후에는 각각 57.73, 63.24, 61.56%로 크게 감소하였다. 이러한 결과는 25℃에서 저장했을 때에도 4℃에서 저장한 결과와 전반적으로 비슷한 경향을 나타냈으며 각 처리구사이의 호화도 차이는 거의 없었다.(Fig. 6). 저장 7개월 후 대조구와 비교하여 호화도가 낮은 것은 건조로 인한 수분 증발 등과 같은 물리적인 요인으로 인한 노화에 의한 것이라고 생각되며, 이러한 노화 현상이 저장 기간이 길어짐에 따라 온도 등과 같은 물리적인 요인으로 인해 재호화가 저해되는 것이라고 생각된다. 그러나 관능검사의 결과 냉동찰옥수수와 비교하여 맛이나 기호성 면에 있어서 별다른 차이를 느끼지 못함으로 앞으로 냉동찰옥수수를 대체할 수 있는 새로운 가능성을 시사하였다.

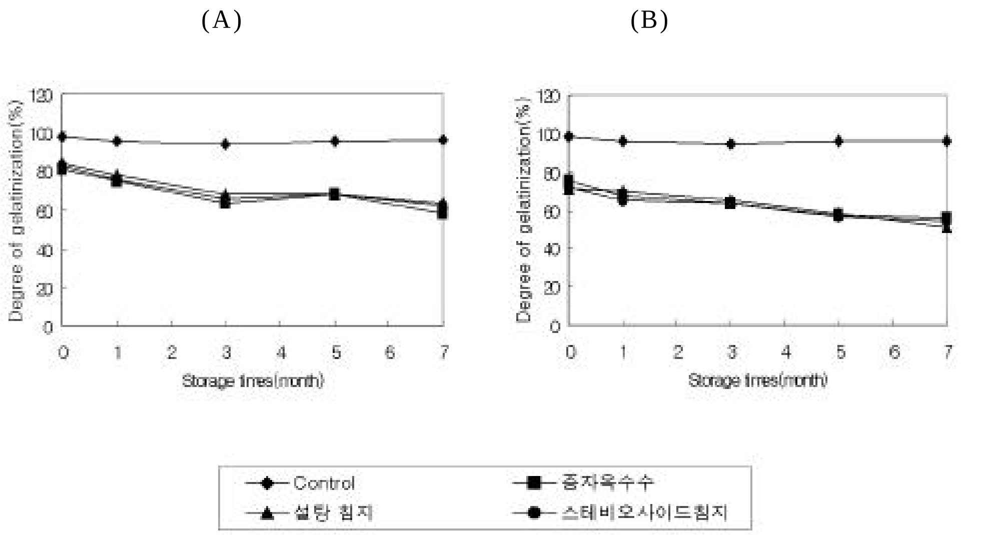


Fig. 5. 4℃에서 저장한 건조 옥수수의 호화도 변화 (A : 6시간 건조, B: 9시간 건조)

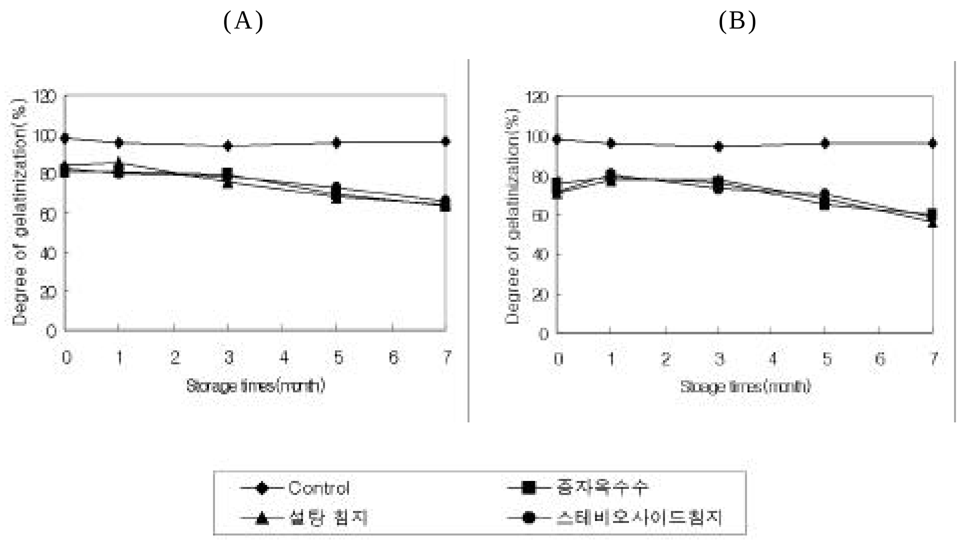


Fig. 6. 25℃에서 저장한 건조 옥수수의 호화도 변화 (A : 6시간 건조, B: 9시간 건조)

2. 감마선 조사와 마이크로파 처리에 의한 찰옥수수의 품질평가

가. 미생물의 생육변화

증자한 찰옥수수를 진공 포장하여 감마선조사를 한 후 각각의 온도에서 7개월 동안 저장하였을 때의 미생물의 생육변화를 Table1에 나타내었다. 총균수는 무처리구의 경우 저장 전에 2.1x103 CFU/g을 나타내었으나 감마선 처리구의 경우 1kGy 처리구는 1.7x102 CFU/g이었으나 3kGy 처리구에서는 완전히 사멸하였다. 25℃에서 7개월 간 저장하는 동안 무처리구에서는 7.1x106 CFU/g까지 생육하였으나 1kGy 처리구에서는 7.8x104 CFU/g을 나타내었고 3kGy 처리구에서는 저장 7개월까지 완전히 사멸하였다. 이러한 경향은 15℃ 와 4℃에서 저장하였을 때에도 비슷한 경향을 나타내었다. 곰팡이 및 효모의 경우 무처리구는 저장 전에 1.9x103 CFU/g을 나타내었으나 감마선 처리구의 경우 1kGy 처리구는 2.2x102 CFU/g이었고 3kGy 처리구에서는 34 CFU/g를 나타내었다. 25C에서 7개월 간 저장하는 동안 무처리구에서는 1.9x107 CFU/g까지 생육하였으나 1kGy 처리구에서는 8.4x105 CFU/g을 나타내었고 3kGy 처리구에서는 7.0x103 CFU/g을 나타내어 총균수에 비하여 곰팡이 및 효모는 감마선에 대한 저항성이 강한 것으로 나타났다. 15℃에서 7개월 동안 저장하였을 경우도 이와 비슷한 경향을 나타내었으며 4℃에 저장하였을 때에는 저장 7개월까지 3kGy 조사구에서 곰팡이 및 효모는 완전히 저해되었다. Table 2는 설탕 침지액 찰옥수수를 진공 포장하여 감마선조사를 한 후 각각의 온도에서 7개월 동안 저장하였을 때의 미생물의 생육변화를 나타내었다. 총균수는 무처리구의 경우 저장 전에 2.1x103 CFU/g을 나타내었으나 감마선 처리구의 경우 1kGy 처리구는 5.6x102 CFU/g이었으나 3kGy처리구에서는 완전히 사멸하였다. 25oC에서 7개월 간 저장하는 동안 무처리구에서는 5.5x105 CFU/g까지 생육하였으나 1kGy 처리구에서는 7.7x104 CFU/g을 나타내었고 3kGy 처리구에서는 저장 7개월까지 완전히 사멸하였으며 이러한 경향은 15℃ 와 4℃에서 저장하였을 때에도 비슷한 경향을 나타내었다. 곰팡이 및 효모의 경우 무처리구는 저장 전에 1.7x103 CFU/g을 나타내었으나 감마선 처리구의 경우 1kGy 처리구는 3.8x102 CFU/g이었고 3kGy 처리구에서는 완전히 저해되었다. 25oC에서 7개월간 저장하는 동안 무처리구에서는 5.6x106 CFU/g까지 생육하였으나 1kGy 처리구에서는 1.4x106 CFU/g을

나타내었으나 3kGy 처리구에서는 모든 저장온도에서 완전히 생육이 저해되었다. 따라서 증자 찰옥수수에 비하여 설탕 침지액 찰옥수수의 경우 미생물의 작용이 감마선에 더 민감한 것으로 나타났다. Table 3은 스테비오사이드 침지액 찰옥수수를 진공 포장하여 감마선조사를 한 후 각각의 온도에서 7개월 동안 저장하였을 때의 미생물의 생육변화를 나타내었다. 무처리구 및 감마선조사구 모두 설탕 침지액에서 나타난 결과와 비슷한 경향을 나타내었다. 이상의 결과를 근거로 미생물의 관점에서 볼 때, 진공포장 당침지액 찰옥수수를 감마선조사를 하여 저장을 하면 저온뿐만 아니라 상온하에서도 미생물의 증식이 거의 없이 안전한 고품질의 옥수수를 유지할 수 있을 것으로 판단된다.

한편, 증자한 찰옥수수를 진공포장 후 및 포장 전·후에 각각 마이크로파로 전처리한 후 4℃와 25℃에서 2개월 동안 저장하였을 때의 미생물의 생육변화를 Table 4에 나타내었다. 총균수는 각각의 처리구에서 차이점이 거의 없었으며 저장 하기 전에는 각 처리구에서 총균수가 약 8.1-9.7x103 CFU/g을 나타내었으나 25℃에서 2개월간 저장하였을 때에는 약 1.4-9.8x104 CFU/g를 나타내었다. 곰팡이 및 효모의 경우 총균수에 비하여 비교적 생육이 많았으며 저장 하기 전에는 각 처리구에서 약 2.6-8.4x103 CFU/g을 나타내었으나 25C에서 2개월간 저장하였을 때에는 포장전이나 2회 마이크로파처리구가 1.4x105 CFU/g로 포장 후 마이크로파 처리구 4.5x106 CFU/g에 비하여 약간 곰팡이 및 효모의 생육저해를 나타내었으나 유의성의 크게 없었다. 이러한 경향은 설탕 침지액 찰옥수수나 스테비오사이드 침지액 찰옥수수의 경우도 비슷한 결과를 나타내었다 (Table 5, 6). 따라서 미생물의 관점에서 볼 때, 마이크로파 전처리효과는 찰옥수수에 오염된 미생물의 생육저해에 별다른 영향을 미치지 못하는 것으로 나타났다.

나. 색도 변화(color)

증자한 찰옥수수를 진공 포장하여 감마선조사를 한 후 각각의 온도에서 7개월 동안 저장하였을 때의 색도변화를 Fig. 1에 나타내었다. 25℃에서 7개월 동안 저장한 증자 찰옥수수의 경우 저장초기에 비하여 저장기간이 증가할수록 L값 및 a값은 감소하였으며 b값은 서서히 증가하는 경향을 나타내었고 감마선 조사선량에 따라서는 25℃

와 15℃에서는 조사구간의 유의성도 나타나지 않았지만 4℃에 저장하였을 경우 감마선 조사선량이 증가할수록 L값이 증가하였다. 또한 저장기간이 증가함에 따라 저장온도가 낮을수록 L값 과 b 값은 증가하였으며 a값은 감소하는 경향을 나타내었다. Fig. 2는 설탕 침지한 진공포장 찰옥수수를 감마선조사를 한 후 각각의 온도에서 7개월 동안 저장하였을 때의 색도 변화를 나타내었다. 설탕 침지액 찰옥수수는 증자옥수수에 비하여 저장기간동안 L값, a값 및 b값이 감소하는 경향을 나타내었고 이러한 결과는 스테비오사이드 침지액 처리구에서도 비슷한 경향을 나타내었다. (Fig. 3)

Table 1. 감마선 조사 선량 및 저장온도에 따른 증자 옥수수의 미생물변화

저장기간 (Month)	온도(℃) 조사선량(kGy)	25		15		4	
		PCA	PDA	PCA	PDA	PCA	PDA
0	0	2.1×10^{3}	1.9×10^{3}	2.1×10^{3}	1.9×10^{3}	2.1×10^{3}	1.9×10^{3}
	1	1.7×10^{2}	2.2×10^{2}	1.7×10^{2}	2.2×10^{2}	1.7×10^{2}	2.2×10^{2}
	3	N.D	3.4×10	N.D	3.4×10	N.D	3.4×10
	5	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D
	10	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D
1	0	7.5×10^{3}	6.5×10^{3}	7.4×10^{3}	2.5×10^{4}	1.5×10^{3}	4.5×10^{3}
	1	1.1×10^{3}	5.3×10^{2}	4.4×10^{2}	9.5×10^{2}	2.0×10^{2}	7.6×10^{3}
	3	N.D	5.5×10	N.D	1.7×10	N.D	N.D
	5	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D
	10	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D
3	0	1.5×10^{4}	7.8×10^{6}	3.8×10^{4}	1.6×10^{5}	4.8×10^{4}	9.2×10^{4}
	1	8.6×10^{2}	6.7×10^{4}	7.8×10^{2}	3.3×10^{3}	5.7×10^{2}	8.8×10^{4}
	3	N.D	1.1×10^{3}	1.5×10	3.9×10^{2}	N.D	N.D
	5	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D
	10	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D
5	0	4.2×10^{4}	7.5×10^{6}	2.6×10^{5}	8.4×10^{5}	4.6×10^{4}	1.7×10^{5}
	1	9.2×10^{3}	4.3×10^{5}	3.4×10^{3}	5.9×10^{5}	1.7×10^{3}	3.2×10^{5}
	3	N.D	4.5×10^{3}	N.D	2.7×10^{3}	N.D	N.D
	5	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D
	10	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D
7	0	7.1×10^{6}	1.9×10^{7}	2.1×10^{6}	3.5×10^{6}	4.6×10^{6}	4.4×10^{6}
	1	7.8×10^{4}	8.4×10^{5}	6.8×10^{4}	1.2×10^{6}	8.7×10^{3}	7.6×10^{5}
	3	N.D	7.0×10^{3}	1.3×10	2.9×10^{3}	N.D	N.D
	5	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D
	10	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D

Table 2. **감마선 조사 선량 및 저장온도에 따른 설탕 침지 옥수수의 미생물변화**

저장기간 (Month)	온도(℃) 조사선량(kGy)	25 PCA	25 PDA	15 PCA	15 PDA	4 PCA	4 PDA
0	0	2.1×10^{3}	1.7×10^{3}	2.1×10^{3}	1.7×10^{3}	2.1×10^{3}	1.7×10^{3}
	1	5.6×10^{2}	3.8×10^{2}	5.6×10^{2}	3.8×10^{2}	5.6×10^{2}	3.8×10^{2}
	3	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D
	5	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D
	10	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D
1	0	8.4×10^{3}	2.5×10^{3}	6.6×10^{3}	2.5×10^{4}	1.5×10^{3}	7.9×10^{3}
	1	3.1×10^{2}	2.8×10^{2}	4.3×10^{2}	7.6×10^{2}	1.8×10^{2}	7.6×10^{3}
	3	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D
	5	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D
	10	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D
3	0	1.9×10^{4}	5.6×10^{5}	3.7×10^{4}	5.8×10^{5}	4.8×10^{3}	8.7×10^{4}
	1	5.1×10^{2}	9.7×10^{3}	7.7×10^{2}	4.3×10^{3}	6.2×10^{2}	9.8×10^{4}
	3	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D
	5	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D
	10	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D
5	0	2.3×10^{4}	7.5×10^{5}	2.6×10^{5}	8.4×10^{5}	4.6×10^{4}	1.7×10^{5}
	1	3.7×10^{3}	2.7×10^{5}	3.8×10^{3}	5.6×10^{5}	1.1×10^{3}	1.3×10^{5}
	3	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D
	5	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D
	10	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D
7	0	5.5×10^{5}	5.6×10^{6}	3.6×10^{6}	9.9×10^{5}	4.9×10^{6}	7.7×10^{5}
	1	7.7×10^{4}	1.4×10^{6}	2.8×10^{4}	9.0×10^{5}	5.3×10^{3}	7.7×10^{5}
	3	N.D	2.1×10	N.D	N.D	N.D	N.D
	5	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D
	10	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D

Table 3. **감마선 조사 선량 및 저장온도에 따른 스테비오사이드 침지 옥수수의 미생물변화**

저장기간 (Month)	**온도**(℃) **조사선량**(kGy)	25		15		4	
		PCA	PDA	PCA	PDA	PCA	PDA
0	0	3.3×10^{3}	4.6×10^{3}	3.3×10^{3}	4.6×10^{3}	3.3×10^{3}	4.6×10^{3}
	1	N.D	3.9×10^{2}	N.D	3.9×10^{2}	N.D	3.9×10^{2}
	3	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D
	5	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D
	10	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D
1	0	5.5×10^{3}	6.8×10^{3}	6.9×10^{3}	4.0×10^{4}	2.3×10^{3}	5.6×10^{3}
	1	1.1×10^{2}	2.3×10^{2}	3.6×10^{2}	6.7×10^{2}	1.5×10^{2}	9.5×10^{3}
	3	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D
	5	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D
	10	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D
3	0	1.8×10^{4}	4.2×10^{5}	1.9×10^{4}	2.8×10^{5}	4.2×10^{4}	4.7×10^{5}
	1	5.9×10^{2}	7.3×10^{4}	8.6×10^{2}	4.9×10^{3}	5.3×10^{2}	7.6×10^{4}
	3	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D
	5	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D
	10	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D
5	0	4.4×10^{4}	8.3×10^{6}	3.2×10^{5}	6.4×10^{4}	4.1×10^{4}	2.3×10^{5}
	1	4.8×10^{3}	3.9×10^{5}	5.4×10^{3}	5.6×10^{5}	1.4×10^{3}	5.1×10^{5}
	3	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D
	5	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D
	10	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D
7	0	5.6×10^{5}	4.8×10^{7}	1.6×10^{6}	9.8×10^{5}	2.2×10^{6}	7.4×10^{5}
	1	3.5×10^{4}	8.4×10^{6}	7.1×10^{4}	1.0×10^{6}	8.3×10^{3}	7.5×10^{5}
	3	N.D	N.D	N.D	N.D	3.3×10	1.0×10
	5	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D
	10	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D

Table 4. **마이크로파 처리방법 및 저장온도에 따른 증자 옥수수의 미생물변화**

저장기간 (month)	조사순서	온도(℃) / 조사방법	4 PCA	4 PDA	25 PCA	25 PDA
0	후조사 (포장후)	연속	8.12×102	8.43×103	8.12×102	8.43×103
		불연속	9.04×102	2.59×103	9.04×102	2.59×103
	선조사 (포장전)	연속	3.42×103	8.69×103	3.42×103	8.69×103
		불연속	9.67×102	3.17×104	9.67×102	3.17×104
	2회조사 (포장후에 추가조사)	연속	6.78×102	7.26×103	6.78×102	7.26×103
		불연속	1.12×103	7.31×103	1.12×103	7.31×103
1	후조사 (포장후)	연속	8.15×102	9.24×103	1.26×104	1.92×105
		불연속	1.24×103	3.17×103	9.08×103	8.56×104
	선조사 (포장전)	연속	4.58×103	9.77×103	4.56×104	2.33×105
		불연속	2.15×103	4.58×104	3.35×104	9.55×104
	2회조사 (포장후에 추가조사)	연속	8.86×102	5.85×103	4.51×103	6.58×104
		불연속	9.50×102	7.21×103	3.45×103	2.59×104
2	후조사 (포장후)	연속	8.40×102	1.09×104	9.78×104	4.56×106
		불연속	1.31×103	4.34×103	5.09×104	1.07×106
	선조사 (포장전)	연속	4.59×103	9.72×103	1.29×105	9.78×105
		불연속	1.17×103	5.25×104	9.36×104	2.77×106
	2회조사 (포장후에 추가조사)	연속	9.88×102	5.36×103	2.25×104	2.67×105
		불연속	1.03×103	2.44×104	1.07×104	1.39×105

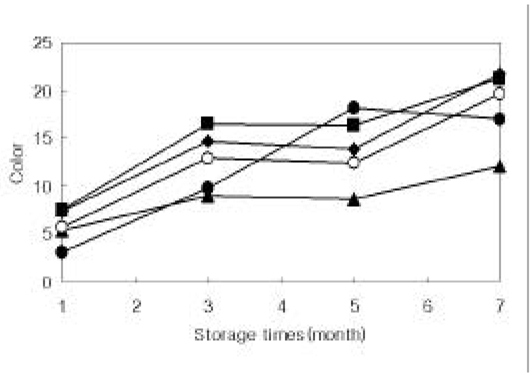
Table 5. **마이크로파 처리방법 및 저장온도에 따른 설탕 침지 옥수수의 미생물변화**

저장기간 (month)	조사순서	온도(℃)	4		25	
		조사방법	PCA	PDA	PCA	PDA
0	후조사 (포장후)	연속	9.75×102	4.45×103	9.75×102	4.45×103
		불연속	1.43×103	5.07×103	1.43×103	5.07×103
	선조사 (포장전)	연속	2.96×103	2.11×103	2.96×103	2.11×103
		불연속	2.88×103	1.01×104	2.88×103	1.01×104
	2회조사 (포장후에 추가조사)	연속	5.75×102	4.41×103	5.75×102	4.41×103
		불연속	5.33×102	5.16×103	5.33×102	5.16×103
1	후조사 (포장후)	연속	9.78×102	4.43×103	8.87×103	6.78×104
		불연속	2.15×103	4.66×103	5.55×104	4.91×104
	선조사 (포장전)	연속	2.32×103	2.24×103	7.96×103	3.64×104
		불연속	3.66×103	9.15×103	7.13×103	8.56×104
	2회조사 (포장후에 추가조사)	연속	6.13×102	4.90×103	2.79×103	2.64×104
		불연속	4.75×102	3.89×103	6.54×103	3.20×104
2	후조사 (포장후)	연속	8.95×102	4.30×103	2.10×104	8.59×105
		불연속	1.76×103	5.75×103	3.18×105	5.68×105
	선조사 (포장전)	연속	2.45×103	2.61×103	4.14×104	1.84×105
		불연속	7.17×103	1.67×104	4.50×104	7.22×105
	2회조사 (포장후에 추가조사)	연속	8.44×102	6.67×103	2.57×104	1.72×105
		불연속	7.62×102	8.50×103	2.64×104	4.46×105

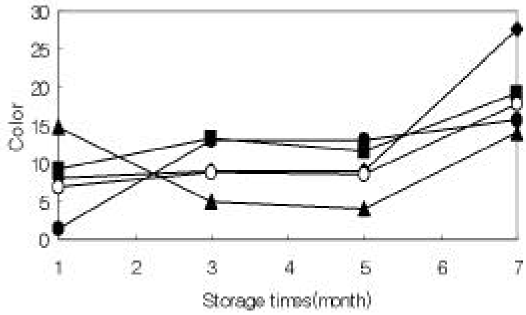
Table 6. **마이크로파 처리방법 및 저장온도에 따른 스테비오사이드 침지 옥수수의 미생물변화**

저장기간 (month)	조사순서	온도(℃) / 조사방법	4 PCA	4 PDA	25 PCA	25 PDA
0	후조사 (포장후)	연속	3.63×103	2.98×103	3.63×103	2.98×103
		불연속	5.59×102	3.14×103	5.59×102	3.14×103
	선조사 (포장전)	연속	1.91×103	5.71×103	1.91×103	5.71×103
		불연속	1.41×103	6.32×103	1.41×103	6.32×103
	2회조사 (포장후에 추가조사)	연속	1.09×103	3.98×103	1.09×103	3.98×103
		불연속	9.42×102	2.48×103	9.42×102	2.48×103
1	후조사 (포장후)	연속	3.17×103	3.28×103	2.15×104	2.40×104
		불연속	1.05×103	3.35×103	8.57×103	3.62×104
	선조사 (포장전)	연속	1.94×103	5.52×103	8.22×103	4.72×104
		불연속	1.65×103	6.42×103	6.45×103	4.71×104
	2회조사 (포장후에 추가조사)	연속	5.93×103	4.06×103	2.14×104	5.18×104
		불연속	4.59×103	3.53×103	1.07×104	4.67×104
2	후조사 (포장후)	연속	2.99×103	3.01×103	1.29×105	4.47×105
		불연속	2.10×103	2.80×103	7.71×104	3.10×105
	선조사 (포장전)	연속	1.55×103	6.33×103	3.92×104	2.50×105
		불연속	2.00×103	5.89×103	4.26×104	3.15×105
	2회조사 (포장후에 추가조사)	연속	5.91×103	4.85×103	8.52×104	3.90×105
		불연속	6.02×103	3.83×103	1.95×105	7.82×105

(A) 4℃



(B) 15℃



(C) 25℃

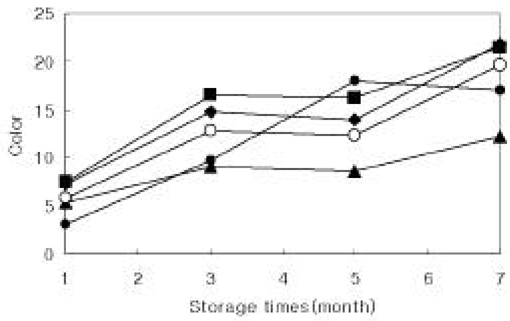
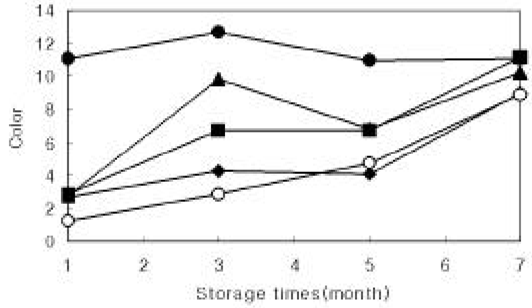
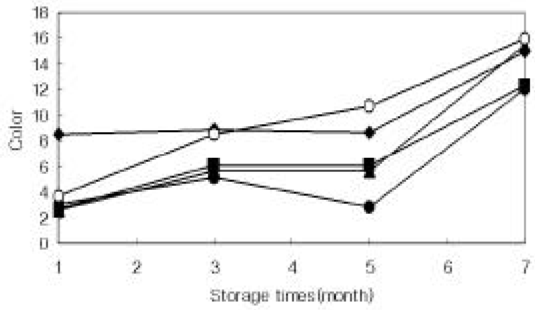


Figure 1. **감마선 조사 선량 및 저장온도에 따른 증자 옥수수의 색도 변화**

(A) 4℃



(B) 15℃



(C) 25℃

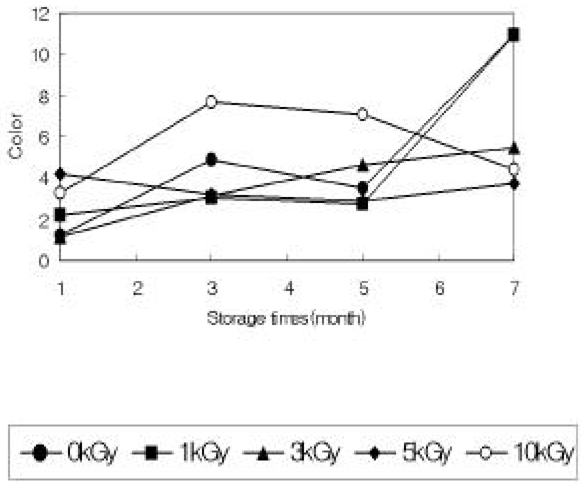
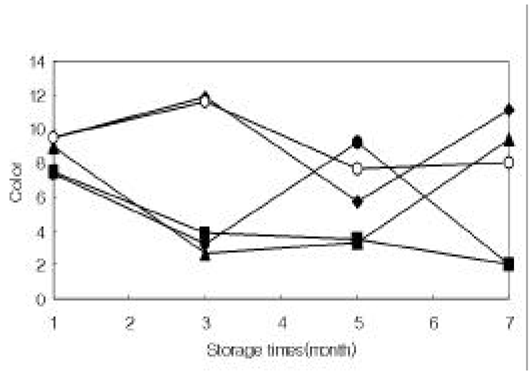
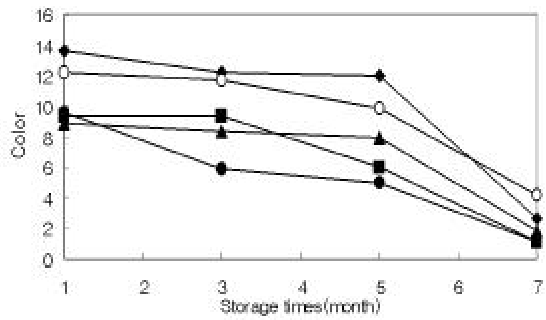


Figure 2. **감마선 조사 선량 및 저장온도에 따른 설탕 침지 옥수수의 색도 변화**

(A) 4℃



(B) 15℃



(C) 25℃

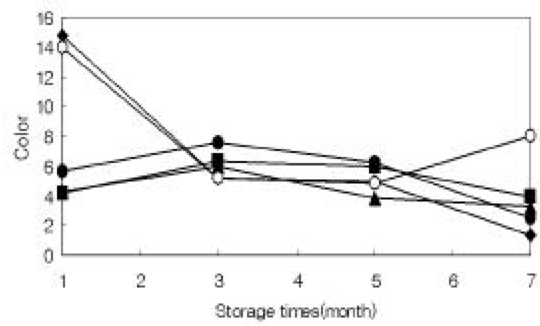


Figure 3. **감마선 조사 선량 및 저장온도에 따른 스테비오사이드 침지 옥수수의 색도 변화**

다. 경도변화

증자한 찰옥수수를 진공 포장하다 감마선조사를 한 후 각각의 온도에서 7개월 동안 저장하였을 때의 경도변화를 Fig. 4에 나타내었다. 일반적으로 조사선량이 증가할수록 증자찰옥수수의 경도는 감소하였으며 특히 5kGy이상 조사구에서는 다른 저선량구에 비하여 현저하게 낮은 경도를 나타내었다. 25℃에서 7개월 동안 저장시 증자 찰옥수수는 조사선량에 비례하여 선량이 낮을수록 높은 경도를 나타냈으며 무처리구에서는 감마선조사구보다 높은 경도를 나타내었다. 이러한 경향은 15℃나 4℃에서 저장하였을 때에도 비슷한 경향을 나타내었다. 또한 15℃와 4℃에서 저장한 증자 찰옥수수의 경우 무처리구와 1kGy 처리구에서는 저장 3개월 째까지는 경도가 증가하다가 5개월째 다시 감소하였으며 7개월 째에는 증가하는 경향을 나타내었다. Fig. 5는 설탕침지액 찰옥수수를 진공 포장하여 감마선조사를 한 후 각각의 온도에서 7개월 동안 저장하였을 때의 경도변화를 나타내었다. Fig. 4의 결과와 마찬가지로 전반적인 경도는 비슷한 경향을 나타내었으며 온도가 높을수록 경도는 증가되었으며 증자 찰옥수수에 비하여 당침지액 찰옥수수의 감마선조사는 5kGy이상의 조사구에서 현저하게 경도가 저하되었다. 이 같은 결과는 스테비오사이드 침지액 찰옥수수의 경우에도 비슷한 경향을 나타내었다(Fig. 6)

한편, 증자한 찰옥수수를 진공포장 후 및 포장 전·후에 각각 마이크로파로 전처리한 후 4℃와 25℃에서 2개월 동안 저장하였을 때의 경도변화를 Fig. 7과 Fig. 8에 각각 나타내었다. 무처리구에 비하여 당침지액 찰옥수수가 마이크로파전처리를 할 경우 경도가 낮았으며 저장 2개월 후 스테비오사이드 침지액 찰옥수수가 가장 경도가 낮은 것으로 나타났다. 또한 저장온도간의 유의성은 없었으며 연속처리와 불연속처리간의 경도의 차이는 별다른 유의성이 없는 것으로 나타났다.

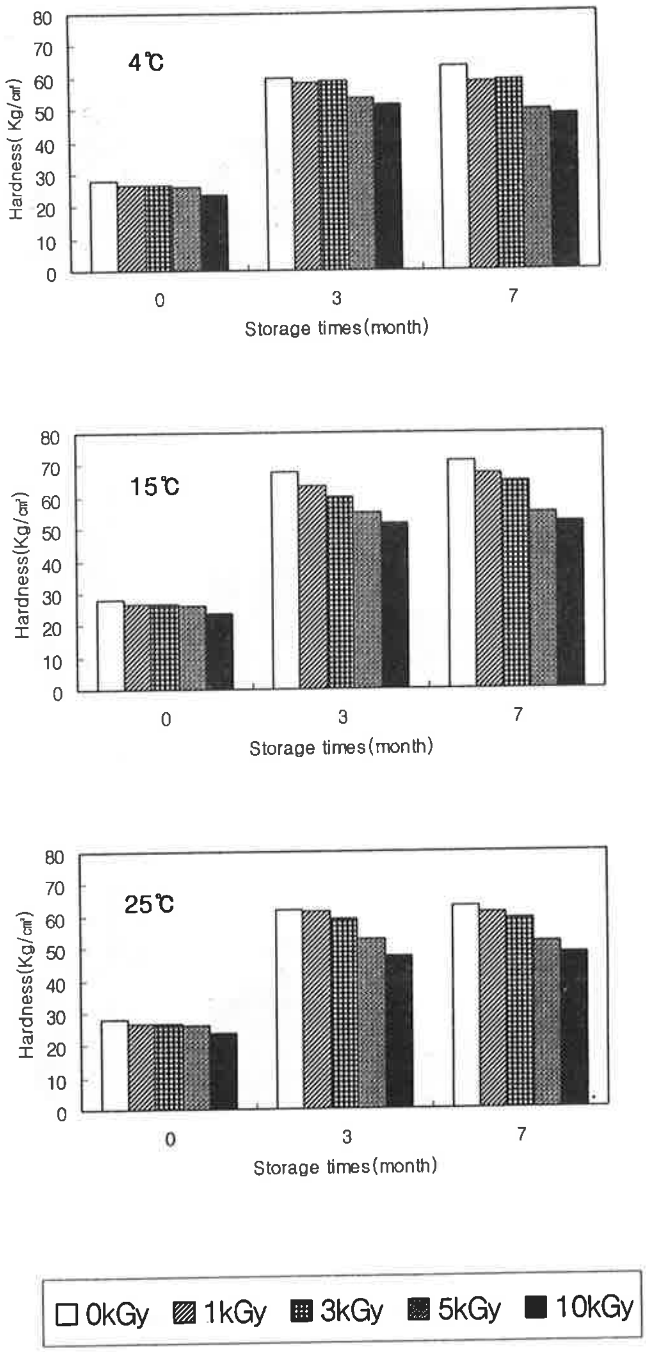


Figure 4. 감마선 조사 및 저장온도에 따른 증자 옥수수의 물성변화

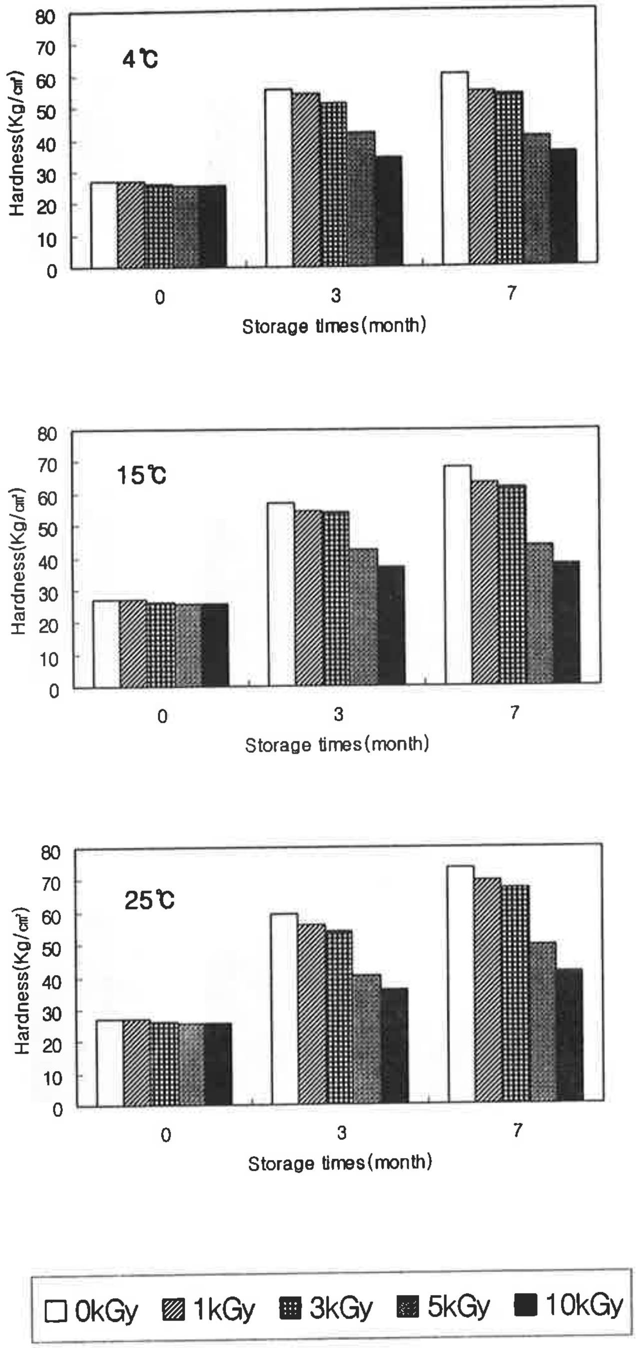


Figure 5. 감마선 조사 및 저장온도에 따른 설탕 침지 옥수수의 물성변화

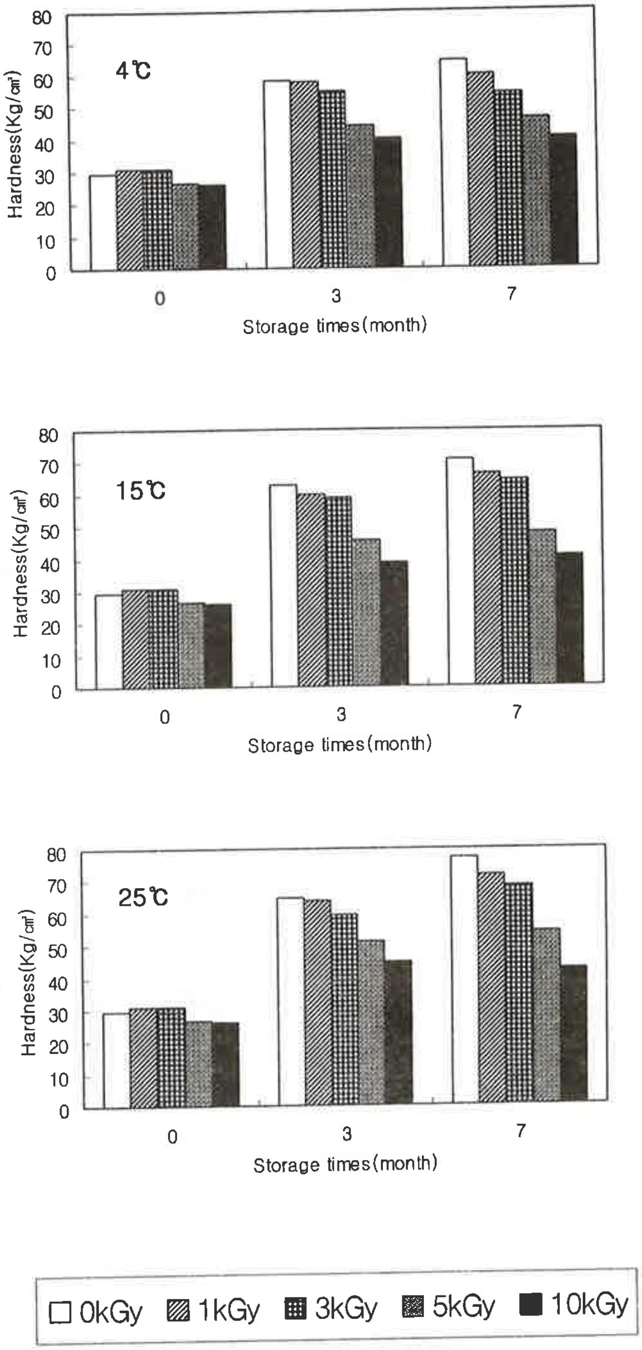


Figure 6. 감마선 조사 및 저장온도에 따른 스테비오사이드 침지 옥수수의 물성변화

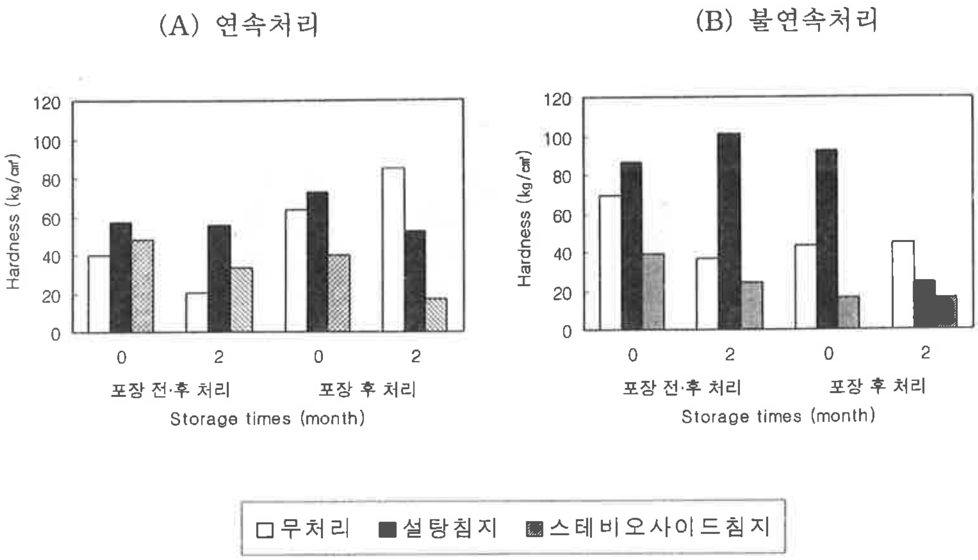


Figure 7. 4℃에서 저장한 옥수수의 마이크로파 처리 방법에 따른 물성변화

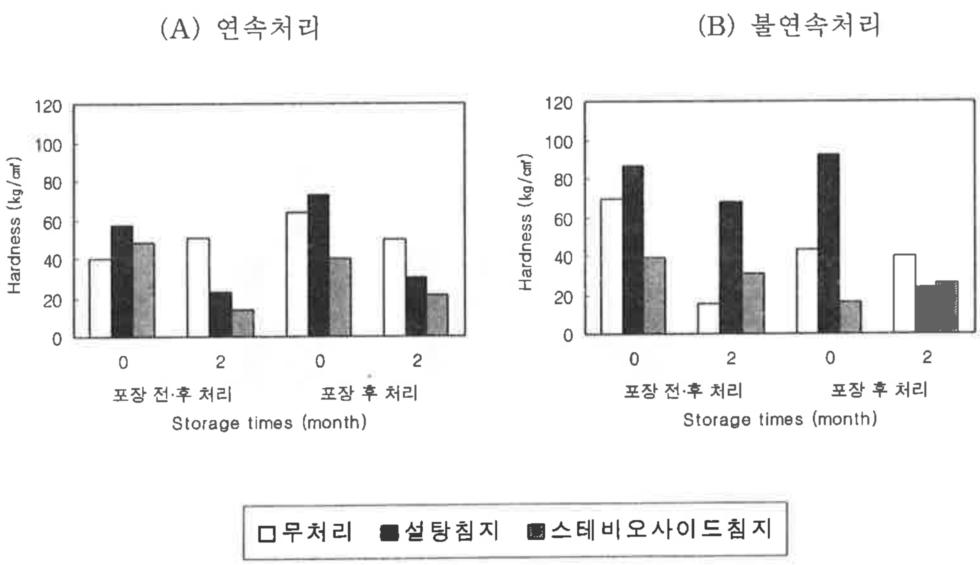


Figure 8. 25℃에서 저장한 옥수수의 마이크로파 처리 방법에 따른 물성변화

라. 환원당 정량

증자한 찰옥수수를 진공 포장하여 감마선조사를 한 후 각각의 온도에서 7개월 동안 저장하였을 때의 환원당 변화를 Fig. 9에 나타내었다. 일반적으로 조사선량이 증가할수록 증자찰옥수수의 환원당 용출은 감소하였으며 저장온도에 상관없이 비슷한 경향을 나타내었다. 또한, 무처리구보다는 감마선 조사구가 환원당 용출이 더 적은 것으로 나타났다. 그러나 설탕 침지액 찰옥수수나 스테비오사이드 침지액 찰옥수수의 경우 인위적으로 당을 첨가하였기 때문에 각각의 온도에서 일정기간 동안 저장할 때 증자 찰옥수수와는 달리 무처리구와 감마선조사구간의 유의성이 일정하지 않고 변화의 폭이 큰 것으로 나타났다. (Fig. 9, 10, 11)

한편, 증자 찰옥수수 및 당침지액 찰옥수수를 진공포장 후 및 포장 전·후에 각각 마이크로파로 전처리한 후 4℃와 25℃에서 2개월 동안 저장하였을 때의 환원당 함량 변화를 Fig. 12와 Fig. 13에 나타내었다. 진공포장 후 연속적으로 마이크로파처리를 할 경우 불연속처리에 비하여 환원당이 약간 더 용출되는 것으로 나타났으며 저장 전 마이크로파처리를 할 경우 설탕 침지액 찰옥수수가 가장 많이 환원당이 용출되었다. 이는 찰옥수수 침지시 설탕용액을 사용하였기 때문인 것으로 사료된다. 2개월 저장 후 환원당 함량은 저장전과 비교하여 비슷한 것으로 나타났으며 온도변화에 따른 환원당 함량의 변화도 거의 없었고 포장 후 마이크로파 처리시 환원당 용출에는 별 영향이 없는 것으로 나타났다. 또한, 진공포장 전후에 2번 마이크로파를 처리한 경우도 비슷한 결과를 나타냈으며 포장 후 처리에 비하여 2차 처리를 하였기 때문에 환원당 용출은 약간 감소되었다 (Fig. 14, 15).

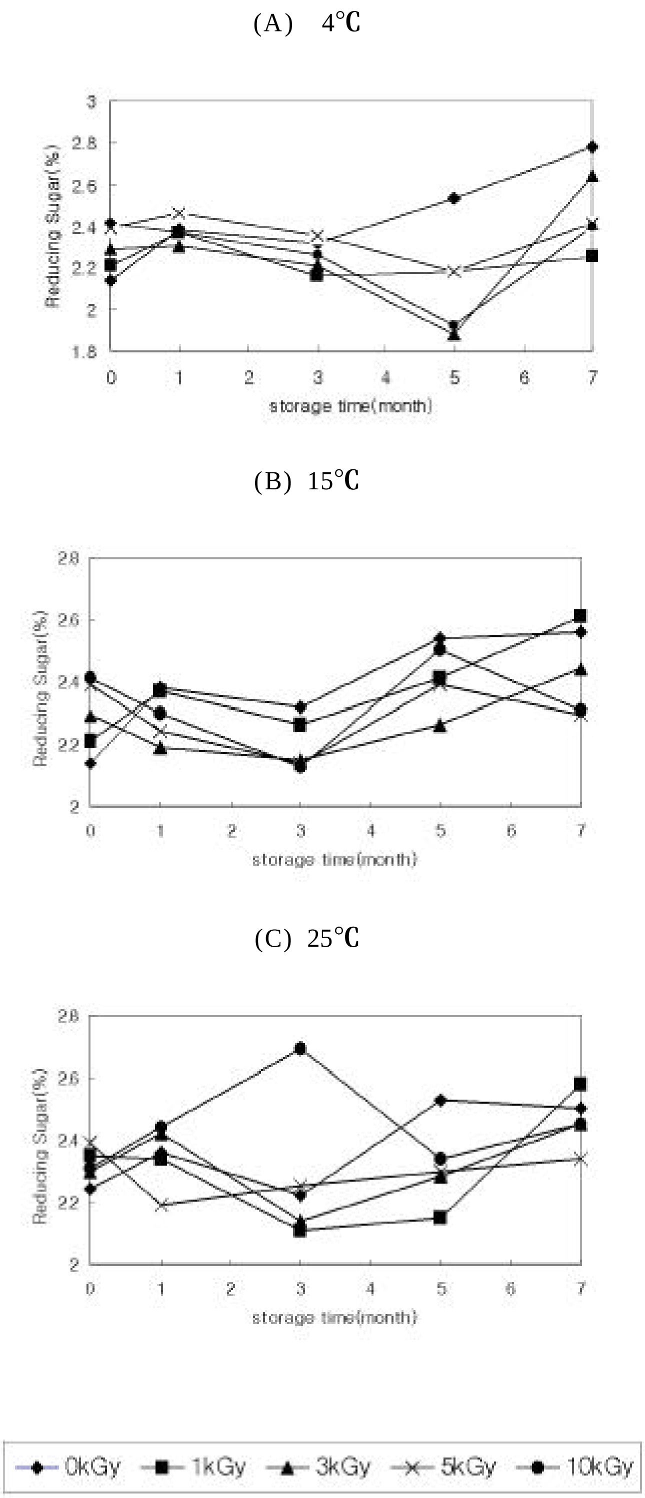
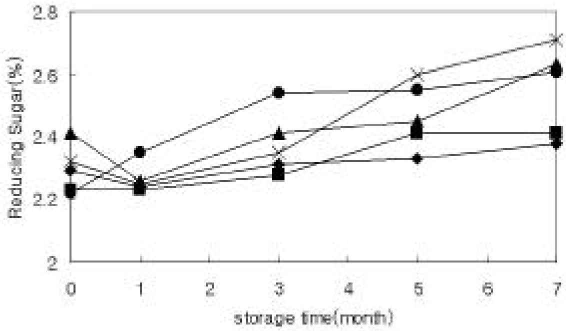
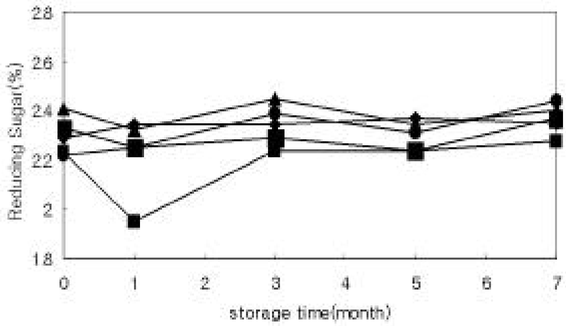


Figure 9. **감마선 조사 선량 및 저장온도에 따른 증자 옥수수의 환원당 함량**

(A) 4℃



(B) 15℃



(C) 25℃

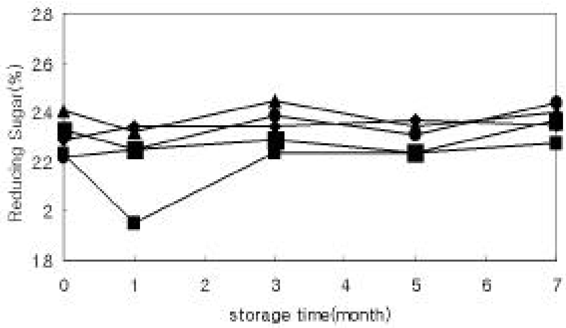
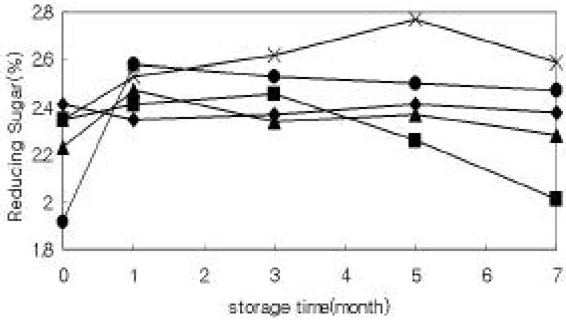
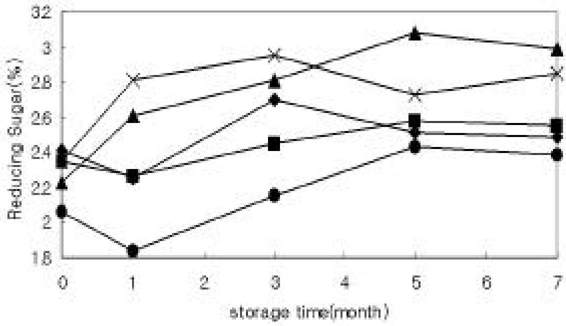


Figure 10. **감마선 조사 선량 및 저장온도에 따른 설탕 침지 옥수수의 환원당 함량**

(A) 4℃



(B) 15℃



(C) 25℃

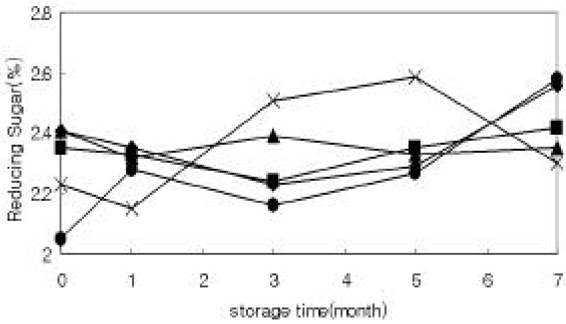


Figure 11. **감마선 조사 선량 및 저장온도에 따른 스테비오사이드 침지 옥수수의 환원당 함량**

(A) 4℃ (B) 25℃

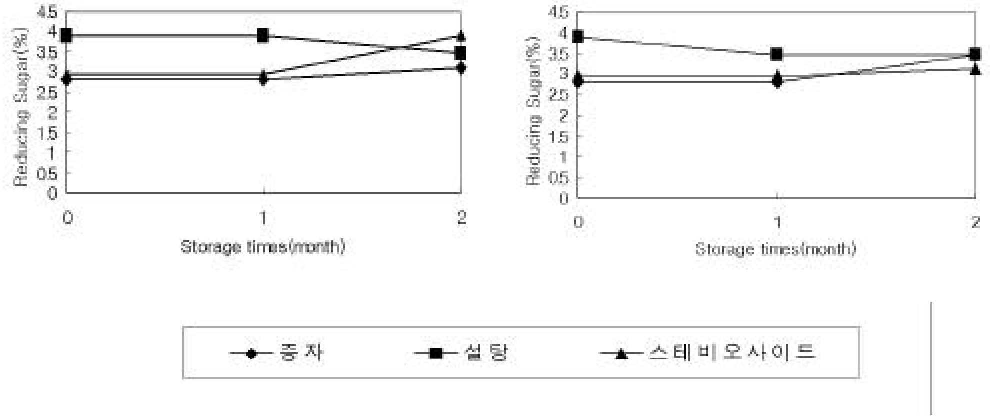


Figure 12. **포장 후 연속처리한 옥수수의 저장온도에 따른 환원당 함량**

(A) 4℃ (B) 25℃

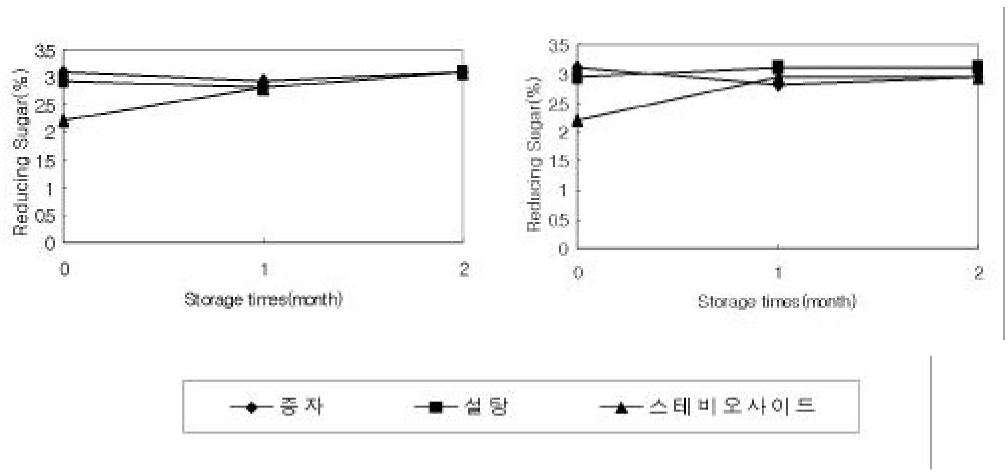


Figure 13. **포장 후 불연속처리한 옥수수의 저장온도에 따른 환원당 함량**

(A) 4℃ (B) 25℃

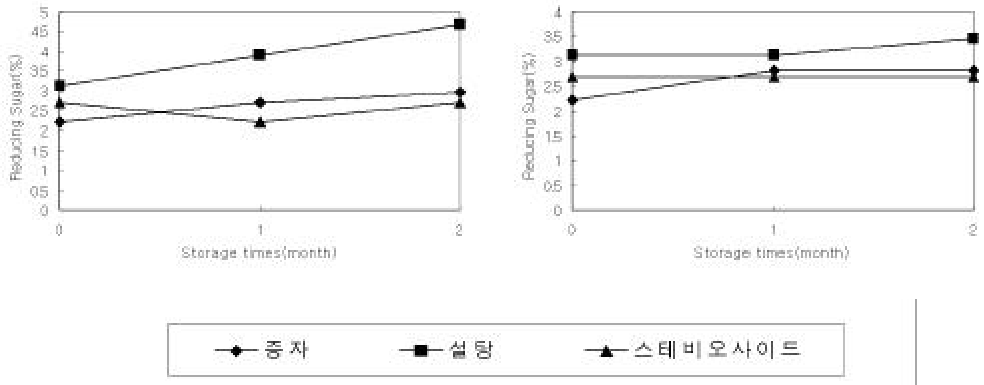


Figure 14. **포장 전후 2회 연속처리한 옥수수의 저장온도에 따른 환원당 함량**

(A) 4℃ (B) 25℃

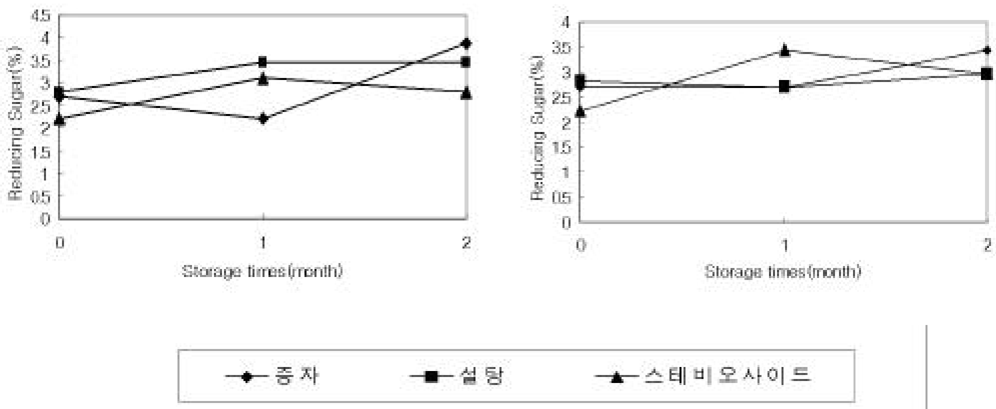


Figure 15. **포장 전후 2회 불연속처리한 옥수수의 저장온도에 따른 환원당 함량**

마. 수분함량 변화

증자한 찰옥수수를 진공 포장하여 감마선조사를 한 후 각각의 온도에서 7개월 동안 저장하였을 때의 수분함량 변화를 Fig. 16에 나타내었다. 저장 전에는 무처리구와 감마선조사구사이의 수분함량차이가 거의 없었으며 25℃에서 7개월간 저장한 후에는 초기 수분함량 65-70%에서 약 30%로 감소되었다. 저장기간동안 무처리구와 감마선조사구에서의 수분함량 차이는 없었으며 온도가 낮을수록 수분함량이 약간 증가하는 것으로 나타났다. Fig. 17은 설탕 침지액 찰옥수수를 진공 포장하여 감마선조사를 한 후 각각의 온도에서 7개월 동안 저장하였을 때의 수분함량 변화를 나타내었다. 증자 찰옥수수의 경우와 비슷한 결과를 나타내었으며 저장초기에 10kGy 감마선 조사구에서는 다른 조사구에 비하여 수분함량이 감소되는 것으로 나타났으며 그 이외의 경향은 증자 찰옥수수의 경우와 거의 비슷하였다. 스테비오사이드 침지액 찰옥수수의 경우 7개월 저장 후에 설탕 침지액에 비하여 모든 저장온도조건에서 수분함량이 조금 높은 것으로 나타났다 (Fig. 18).

한편, 증자 찰옥수수 및 당침지액 찰옥수수를 진공포장 후 및 포장 전·후에 각각 마이크로파로 전 처리한 후 4℃와 25℃에서 2개월 동안 저장하였을 때의 수분함량 변화를 Fig. 19와 Fig. 20에 각각 나타내었다. 진공포장 후 연속적으로 마이크로파처리를 할 경우 불연속처리에 비하여 수분함량 변화의 차이는 없었으며 2개월 저장 후 수분함량은 저장초기에 비하여 감소되었다. 또한, 진공포장전후에 2번 마이크로파를 처리한 경우도 포장 후 마이크로파 처리한 구와 거의 유사한 경향을 나타내었으며 증자 찰옥수수와 당침지액 찰옥수수간의 수분함량차이는 거의 없었다.

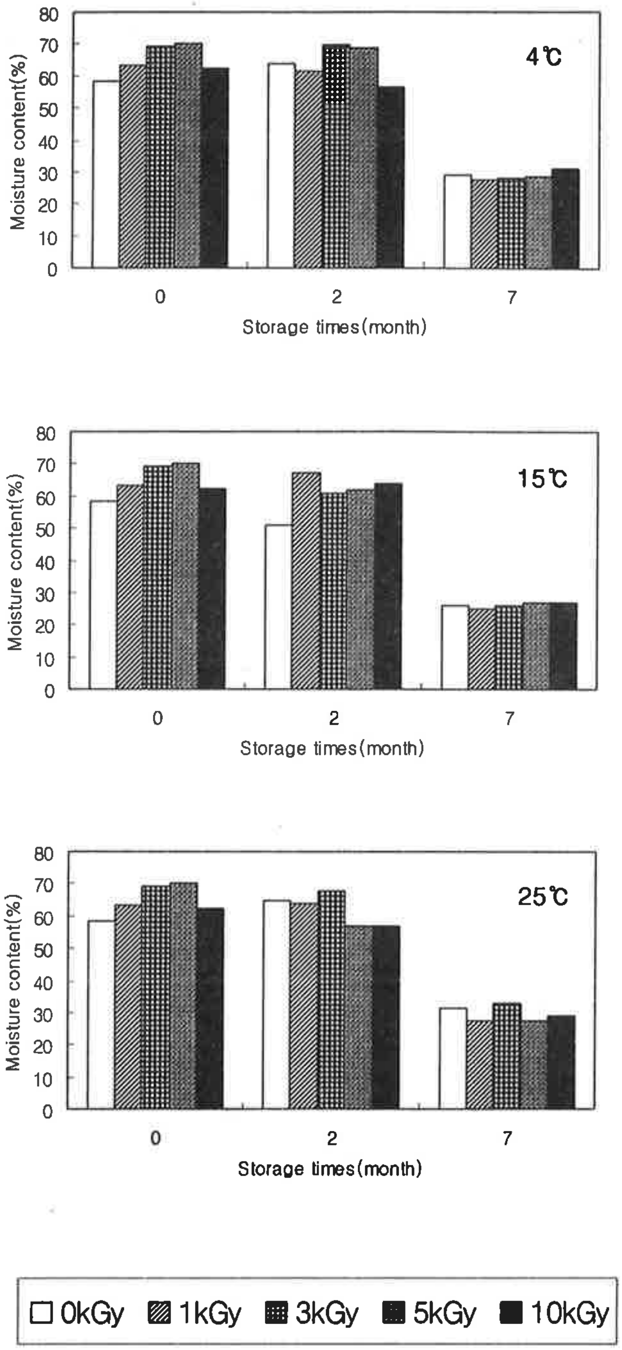


Figure 16. 감마선 조사 및 저장온도에 따른 종자 옥수수의 수분함량

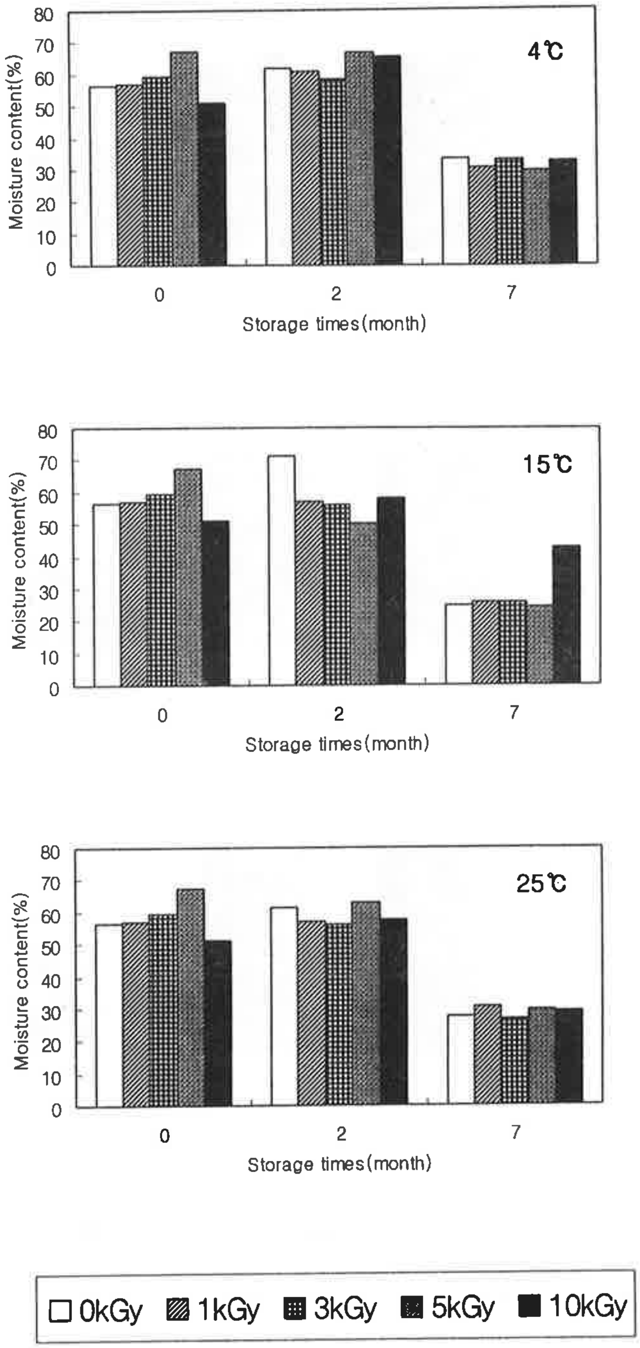


Figure 17. 감마선 조사 및 저장온도에 따른 설탕 침지 옥수수의 수분함량

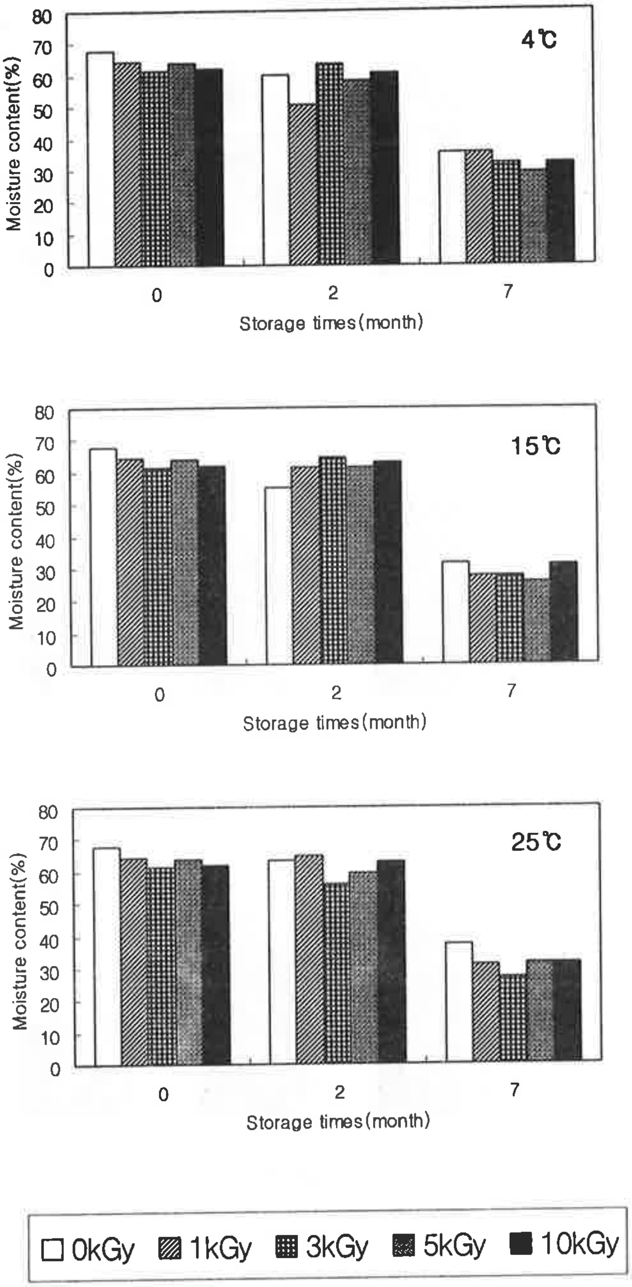


Figure 18. 감마선 조사 및 저장온도에 따른 스테비오사이드 침지 옥수수의 수분함량

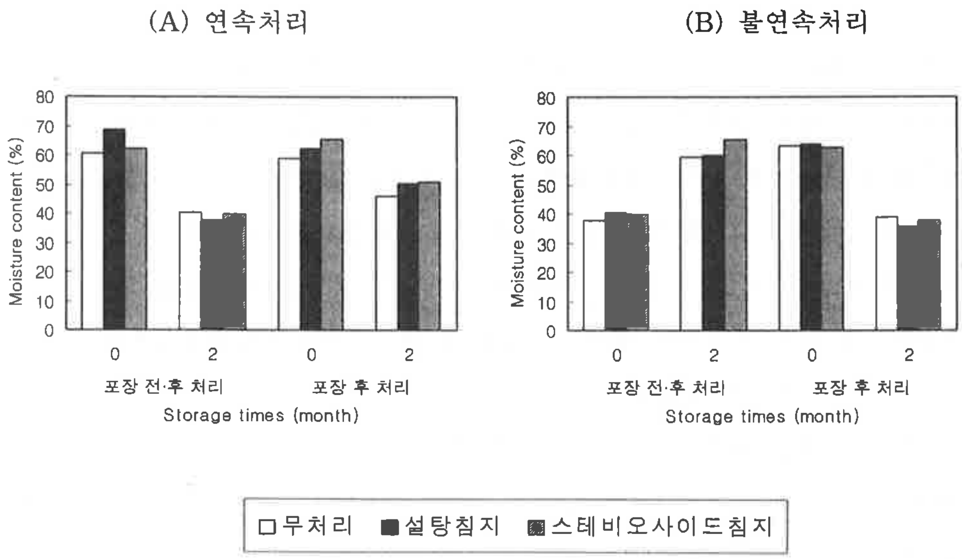


Figure 19. 4℃에서 저장한 옥수수의 마이크로파 처리 방법에 따른 수분함량변화

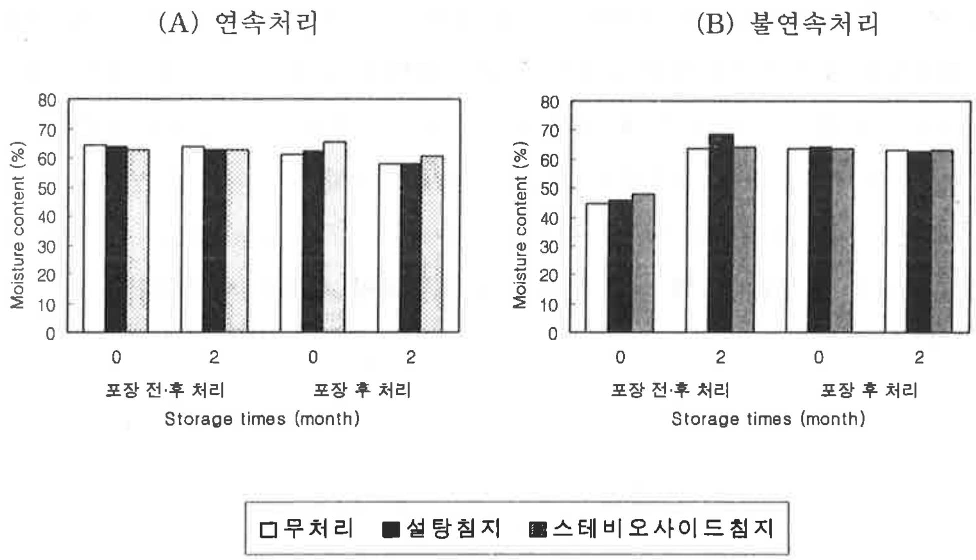


Figure 20. 25℃에서 저장한 옥수수의 마이크로파 처리 방법에 따른 수분함량변화

바. 수분활성도 변화

증자한 찰옥수수를 진공 포장하여 감마선조사를 한 후 각각의 온도에서 7개월 동안 저장하였을 때의 수분활성도 변화를 Fig. 21에 나타내었다. 저장 전에는 무처리구와 비교하여 감마선조사구가 수분활성도가 조금 높았고 수분활성도는 약 0.95-0.97을 나타냈으나 25℃에서 7개월간 저장한 후에는 수분활성도가 0.93-0.94로 현저히 낮아졌다. 그러나 저장온도가 낮을수록 수분활성도는 약간 증가하였다. Fig. 22는 설탕침지액 찰옥수수를 진공 포장하여 감마선조사를 한 후 각각의 온도에서 7개월 동안 저장하였을 때의 수분활성도 변화를 나타내었다. 증자 찰옥수수의 경우와 비슷한 결과를 나타내었으며 7개월 저장 후 증자옥수수에 비하여 설탕 침지액의 찰옥수수가 수분활성도가 조금 감소되는 것으로 나타났으며 스테비오사이드 침지액의 경우도 이와 비슷한 결과를 나타내었다 (Fig. 23)

한편, 증자 찰옥수수 및 당침지액 찰옥수수를 진공포장 후 및 포장 전·후에 각각 마이크로파로 전처리한 후 4℃와 25℃에서 2개월 동안 저장하였을 때의 수분활성도 변화를 Fig. 24와 Fig. 25에 각각 나타내었다. 진공포장 후 연속적으로 마이크로파처리를 할 경우 불연속처리에 비하여 수분함량 변화의 차이는 없었으며 2개월 저장 후 수분활성도는 저장초기에 비하여 거의 차이가 없었다. 또한, 진공포장전후에 2번 마이크로파를 처리한 경우도 포장 후 마이크로파 처리한 구와 거의 유사한 경향을 나타내었으며 증자 찰옥수수와 당침지액 찰옥수수간의 수분활성도 차이는 거의 없었다. 이러한 결과는, 본 연구에서 사용한 마이크로파처리가 증자 또는 당침지액 찰옥수수의 수분함량 또는 수분활성도에 거의 영향을 미치지 못한 것으로 사료된다.

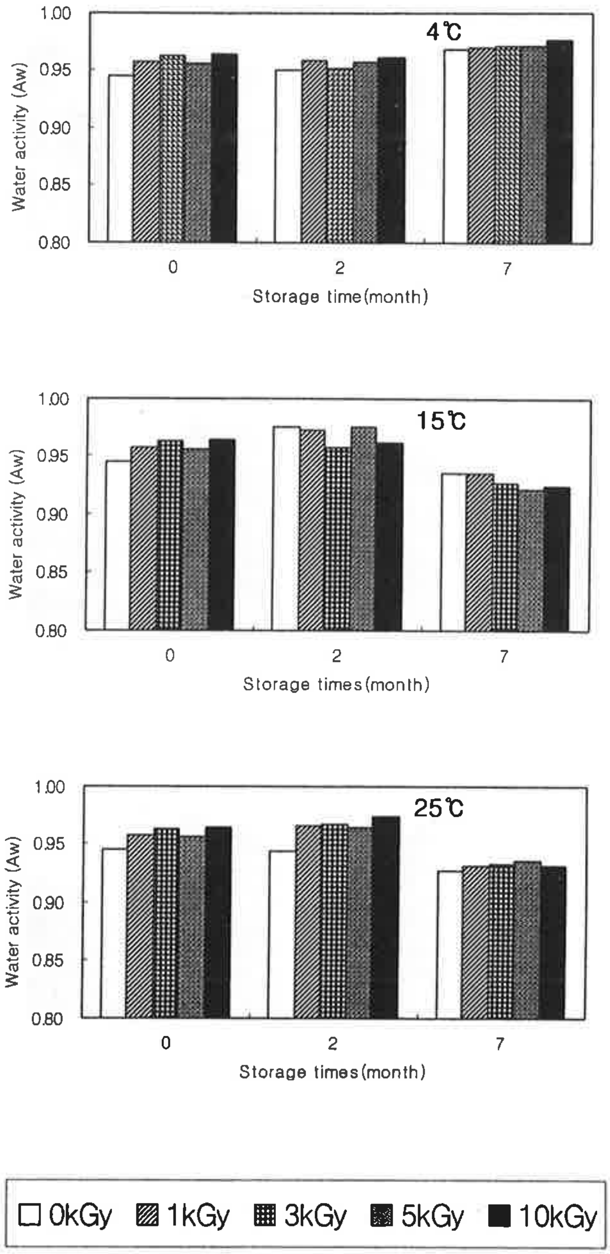


Figure 21. 감마선 조사 및 저장온도에 따른 증자 옥수수의 수분활성도 변화

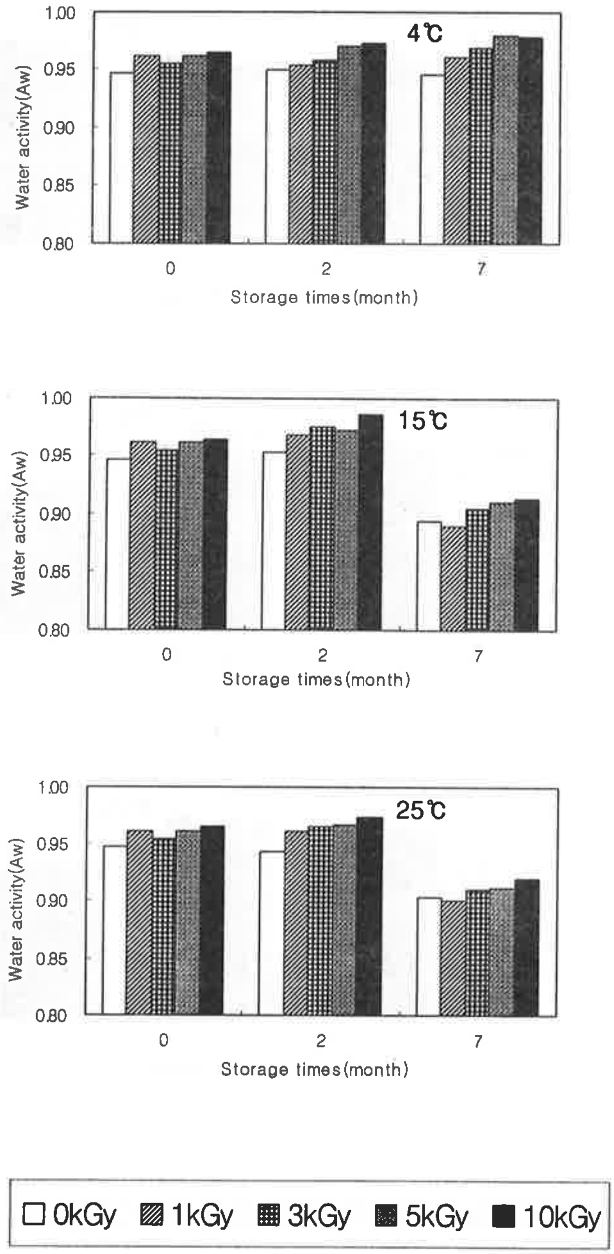


Figure 22. 감마선 조사 및 저장온도에 따른 설탕 침지 옥수수의 수분활성도 변화

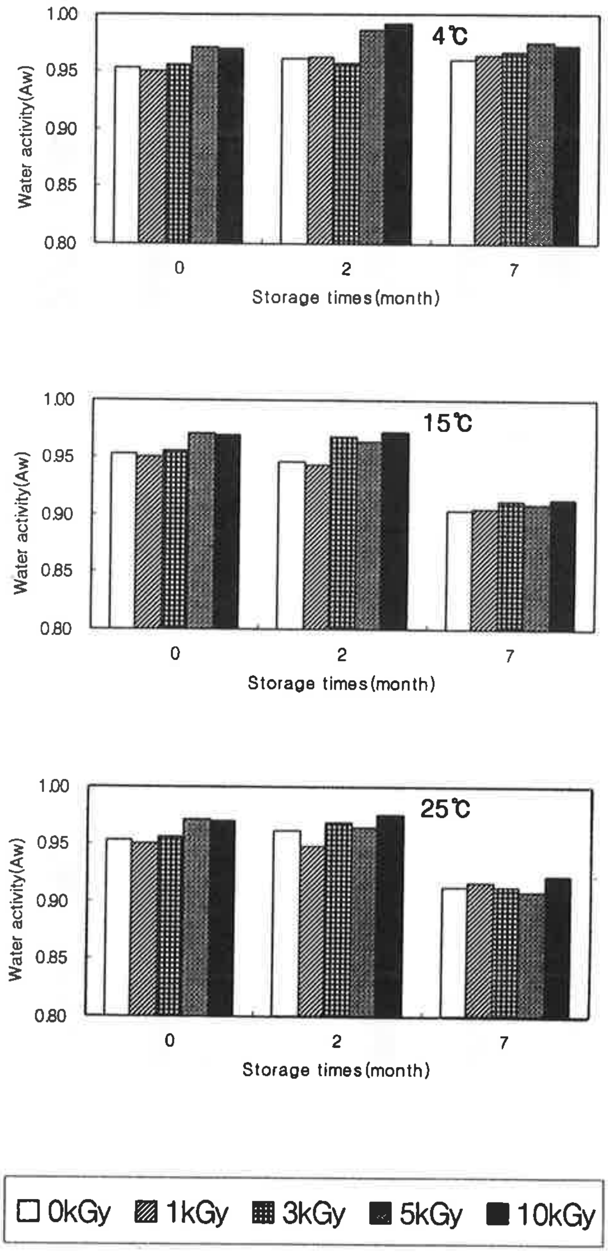


Figure 23. 감마선 조사 및 저장온도에 따른 스테비오사이드 침지 옥수수의 수분활성도 변화

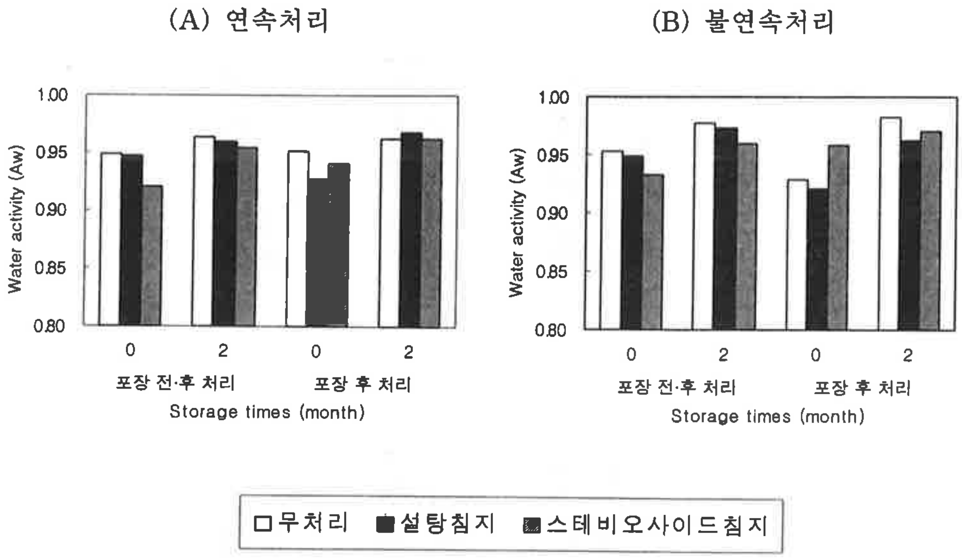


Figure 24. 4℃에서 저장한 옥수수의 마이크로파 처리 방법에 따른 수분활성도의 변화

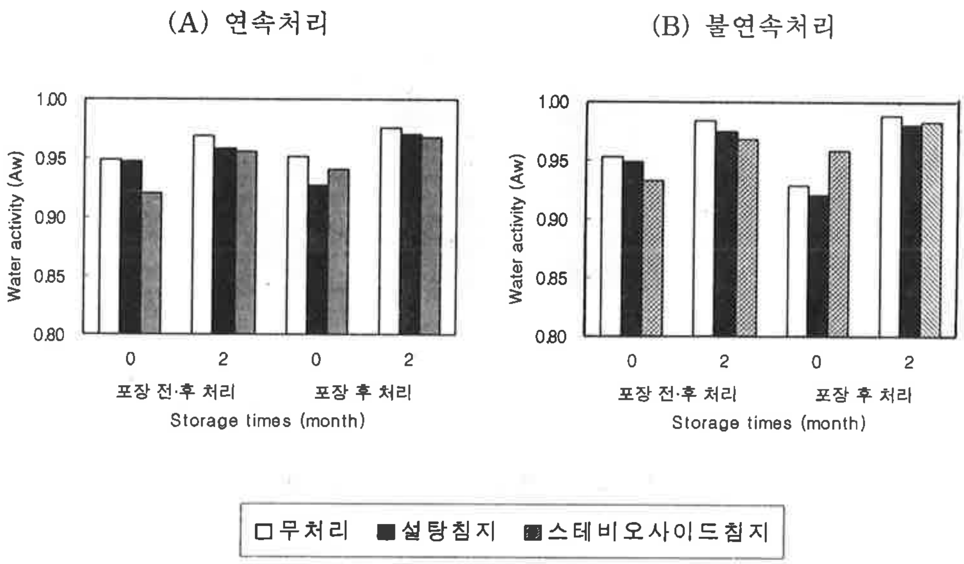


Figure 25. 25℃에서 저장한 옥수수의 마이크로파 처리 방법에 따른 수분활성도의 변화

사. 관능검사

25℃에서 저장한 진공포장 조미찰옥수수의 관능검사 결과는 Table 4와 같다. 저장하기 전에는 증자 찰옥수수나 당침지액 찰옥수수의 경우 종합적 기호도가 무처리구와 감마선조사구의 차이가 거의 없었으며 조사선량사이에도 차이가 없었고 스테비오사이드 침지액 찰옥수수가 가장 관능적 선호도가 높았다. 25℃에서 저장을 할 경우 3개월부터는 모든 처리구에서 관능적 특성을 상실하였다. 그러나 15℃에서 저장하였을 경우 저장 5개월까지 좋은 관능적 기호도를 나타내었으며 스테비오사이드 침지액 찰옥수수가 가장 좋은 관능적 기호도를 나타냈다. 반면에 증자 찰옥수수는 전반적으로 저장 1개월 후부터는 관능적 선호도가 현저히 떨어졌으며 4℃에 저장하였을 경우도 비슷한 경향을 나타냈다. 이상의 모든 결과를 종합해 볼 때 4℃와 15℃의 중·저온에 저장할 경우 당침지액 찰옥수수는 관능적 특성을 그대로 유지하면서 장기간 보존할 수 있었지만 25℃이상의 온도에 저장한 찰옥수수에서는 종합적 관능도가 현저히 저하되었다. 따라서 본 연구결과, 당침지액과 감마선조사를 병용한 진공포장 찰옥수수는 품질을 손상하지 않고 옥수수 자체의 특성을 유지하면서 상온 또는 중·저온에서의 연간 유통이 가능할 수 있음을 시사하였다.

Table 4. 25℃에서 저장한 감마선 조사 옥수수에 대한 관능평가1)

저장기간 (Month)	조사선량 (kGy)	관능적 평가		
		증자	설탕침지	스테비오사이드 침지
0	0	6.8	6.8	7.0
	1	6.5	7.0	7.2
	3	6.5	7.2	7.0
	5	6.5	6.5	7.5
	10	6.0	7.0	7.0
1	0	5.0	6.5	6.5
	1	5.5	6.7	6.5
	3	5.0	7.0	6.8
	5	5.0	7.5	7.0
	10	6.0	7.0	7.5
3	0	3.5	5.5	5.8
	1	4.5	5.5	5.0
	3	4.0	5.0	5.5
	5	4.0	5.0	5.5
	10	4.5	5.5	5.8
5	0	3.3	4.0	4.3
	1	3.3	4.0	4.0
	3	3.5	4.5	4.5
	5	4.0	4.0	4.8
	10	4.5	4.5	4.7

1) 관능검사법(9점 : 매우 좋음, 5점: 적당함, 1점: 매우 나쁨)으로 관능요원 6명을 대상으로 실시함

Table 5. 15℃에서 저장한 감마선 조사 옥수수에 대한 관능평가1)

저장기간 (Month)	조사선량 (kGy)	관능적 평가		
		생옥수수	설탕침지	스테비오사이드 침지
0	0	6.8	6.8	7.0
	1	6.5	7.0	7.2
	3	6.5	7.2	7.0
	5	6.5	6.5	7.5
	10	6.0	7.0	7.0
1	0	5.0	6.0	7.0
	1	5.5	6.5	7.2
	3	5.5	7.0	7.5
	5	6.0	6.8	7.0
	10	6.0	7.0	7.5
3	0	4.0	6.0	6.0
	1	4.5	6.2	6.5
	3	5.0	6.5	6.5
	5	5.0	6.5	6.5
	10	5.0	6.5	6.7
5	0	4.5	6.0	6.0
	1	5.0	6.0	6.4
	3	5.0	6.0	6.5
	5	5.0	6.5	6.5
	10	5.5	6.5	6.8

1) 관능검사법(9점 : 매우 좋음, 5점: 적당함, 1점: 매우 나쁨)으로 관능요원 6명을 대상으로 실시함

Table 6. 4℃에서 저장한 감마선 조사 옥수수에 대한 관능평가1)

저장기간 (Month)	조사선량 (kGy)	관능적 평가		
		생옥수수	설탕침지	스테비오사이드 침지
0	0	6.8	6.8	7.0
	1	6.5	7.0	7.2
	3	6.5	7.2	7.0
	5	6.5	6.5	7.5
	10	6.0	7.0	7.0
1	0	6.0	7.0	7.0
	1	6.0	7.0	7.0
	3	6.5	7.2	7.0
	5	6.5	7.0	7.5
	10	6.8	7.0	7.5
3	0	4.5	6.0	6.0
	1	5.5	6.0	6.5
	3	5.5	6.5	6.8
	5	5.5	6.5	7.0
	10	5.8	6.8	7.0
5	0	5.0	5.5	6.8
	1	5.0	6.5	6.8
	3	5.5	6.5	6.5
	5	5.5	6.5	6.5
	10	5.0	6.5	6.8

1) 관능 검사법(9점 : 매우 좋음, 5점: 적당함, 1점: 매우 나쁨)으로 관능요원 6명을 대상으로 실시함

제 4 절 참고문헌

1. 석호문, 박무현, 김성수, 김경탁, 홍희도 : 국내산 옥수수 통조림 제조 기술 및 상품화 연구, 한국식품개발연구원 (1992).
2. 김덕웅 : 식품 포장재의 종류와 특성, 식품 과학과 산업, 23(3), pp12, (1990).
3. B. H. Choe., H. B. Lee., W. K. Beak and S. U. Park. 1993. Tenderness of Korean glutious maize Hybrids, R. D. A. J. of Agr. Sci. 35 : 33 44.
4. Showalter, R. K. 1960. Factors affecting quality maintenance of fresh sweet corn. Fla. Agr. Sta., Food Tech. and Nutr. Mimeo Rpt. 60-1.
5. Collins. J. L., J. R. Mount and D. L. Coffey. 1987. Quality of hydrocooled, refrigerated sweet corn. Tennessee Farm Home Sci. 141:14 21.
6. Showalter, R. K. 1957. Effect of wetting and top-icing upon the quality of vacuum cooled and hydrocooled sweet corn. Proc. Fla. State Hort. Soc. 70. 214 219.
7. Winter J. D., R. E. Nylund and A. F. Legun. 1954. Relation of sugar content to flavor of sweet corn after harvest. Am. Soc. for Hort. Sci. 393 395.
8. Stewart. J. K., 1955. Rapid cooling makes more marketable sweet corn. Prog. Agr. Ariz. 7(1):8 15.
9. 김선림, 박승의, 차선석, 서중활, 정태구. 1994. 숙기에 따른 찰옥수수 및 초당옥수수의 주요 품질 특성 변화. 한국작물학회지. 39(1):73 78.
10. 박승의, 차선석, 손영아, 손영구. 1994. 단옥수수와 초당옥수수의 저장기간에 따른 당함량의 변화. 한국작물학회지. 39(1):79 84.
11. Geise. C. E., P. G. Homeyer and R. G. Tischer. 11951. A comparison of three methods for determination of moisture in sweet corn. Foo. Tech. 250 253.
12. Drake. S. R. and J. W. Nelson. 1979. A comparison of three methods of maturity determination in sweet corn. Hortsci. 14(4):546 548.
13. Sims W. L., R. K. Kasmire and O. A. Lorenz. 1978. Quality sweet corn production, Agr. Extension service, Univ. of Calif., Berkeley, Leaf. 1,818.
14. Showalter R. K. 1963. Shank and husk trimming effects on sweet corn storage

life. Proc. Fla. State. Hort. Sci. 76:308 312.

15. Evensen K. B. and C. D. Boyer. 1986. Carbohydrate composition and sensory quality of fresh and stored sweet corn. J. Am. Soc. Hort. Sci. 111:734 735.

16. Zhu. S., J. r. Mount and J. L. Collins. 1992. Sugar and soluble solid changes in refrigerated sweet corn(Zea Mays L.). J. Food Sci. 57(2):454 457.

17. Dianan D. M., and R. C. Wiley. 1976. D. M. S. levels in the aroma of cooked frozen sweet corn affected by cultivar, maturity, blanching and packaging. J. Food. Sci. 41:346 348.

18. Deak, T., E. K. Heaton., c. Y. Hung., and L. r. Beuchat. 1987. Extending the shelf life of fresh sweet corn by shrink wrapping, refrigeration and irradiation. J. Food Sci. 52(6):1,625 1,631.

19. Risse, L. A., and R. E. Mcdonald. 1990. Quality of supersweet corn film-overwrapped in trays. Hortsci. 25(3):322 324.

20. Kramer A. A. 1952. A trimetric test for sweet corn quality. Proc. Am. Soc. Hort. Sci. 59:405 413.

21. Tracy. W. F. and W. C. Galinat. 1987. thickness and cell layer number of the pericarp of sweet corn and some of its relatives. Hortsci. 22(4):645 647.

22. Brewbaker. J. L. 1971. Breeding tropical super sweet corn. Hawaii Farm Sci. 20:7 10.

23. Wiley. r. C., F. D. Schales. and K. A. Corey. 1989. Quality and preservation of vegetables(sweet corn). Florida. CRC Press.

24. Flora. L. F. and R. C. Wiley. 1974. Sweet corn aroma, chemical components and relative importance in the overall flavor response. J. Food Sci. 39:770 773.

25. 박승의, 진문연, 박근용, 1991. 단, 찰옥수수 재배의 이론과 기술, 농진총서 20, 사단법인농진회.

26. 손영구. 1995. 식용 풋옥수수 상랭처리 기술. 연구와 지도 36(1):46 48.

27. Mitchell, f. G., R. Guillou and R. A. Parsons. 1972. Commercial cooling of fruits and vegetables. Cornell Univ. Coop. Ext. Bull. No. 186.

28. Grizzell and A. H. Bennett. 1966. Hydrocooling stacked crates of celery and

sweet corn. USDA. Res. Serv. ARS 52 12.

29. Becwar M. R, N. S. Mansour and G. W. Varseveld. 1977. Microwave drying, a rapid method for determination sweet corn moisture, Hortsci. 12:562 563

30. Mangelsdorf, P. C., 1974. Corn, its origin, evolution and improvement., Harvard University Press.

31. Arnold. C. Y. 1974. A preliminary evaluation of a centrifuge technique for measuring maturity in sweet corn. Hortsci. 9(1):78 79

제 3 장 옥수수 주요 진균병의 분자생물학적 진단기술

제 1 절 서 설

최근 국민소득향상에 따라 식용 옥수수에 대한 수요가 증대 되어가고 있으며 전 세계의 식량난 해결방안의 하나로 옥수수가 유력한 식품의 하나로 각광을 받고 있다. 최근 6년 동안 국내 옥수수 생산량은 72,168M/T - 92,203M/T로 전국적으로 재배 면적은 17,541 ha - 21,874 ha로 밝혀졌다. 이중 전체 재배면적의 30-40%를 그리고 전체 생산량의 50-60%를 강원도가 차지하고 있다.

옥수수 재배시 양질의 옥수수 생산을 제한하는 제 요인 중 각종 곰팡이 병해에 의한 피해가 심각하며 수확 후 저장 중에 *F. moniliforme*, *F. graminearum* 등 *Fusarium* spp. 에 의해 발생되는 저장병해가 가장 문제가 되고 있고 현재까지 저장 중에 발생하는 옥수수의 병해 방제로는 체계적으로 연구된 바 없어 대부분의 농가에서는 방치하고 있다. 옥수수는 이삭 썩음병 (*F. moniliforme*), 붉은곰팡이병 (*F. graminearum*) 등의 병원균에 노출 되어있는데 이러한 병원균들을 조기 검출·동정할 수 있는 방법 개발을 통한 안전성 확보가 시급하다. 또한 강원도의 경우 냉동저장에 의존하는 풋 옥수수는 저장비용이 너무나 막대하기 때문에 상온이나 저온에서 저장하는 경제성 있는 기술개발과 옥수수병원균에 대한 체계적인 연구가 필요한 실정이다.

제 2 절 연구내용 및 방법

1. 대상병원균의 분리, 동정 및 감염도 조사

풋 옥수수와 저장옥수수 시료를 전국에서 채집하여 *Fusarium* 균주를 분리 동정하였다. 각각의 시료당 100개의 옥수수 종자를 1% sodium hypchlorite 용액에 2 3분간

침지하여 표면 살균한 후 여과지로 수분을 제거하고 streptomycin sulfate(200ppm)가 첨가된 감자 한천 배지(potato dextrose agar:PDA)에 치상하여 6 7일간 25℃에서 배양하여 *Fusarium* 균주를 분리하였다. 분리한 균주들을 단포자 분리를 거쳐 다시 순수 분리한 후 PDA slant에 5일간 배양 후 사용할 때까지 4℃의 냉장고에서 보관하였다. *Fusarium* 균주를 동정하기 위하여 PDA slant에 배양한 후 균총의 색깔을 관찰하고 carnation leaf agar에 2주간 25℃에서 배양한 후 광학 현미경(400X)하에서 대형분생포자, 소형분생포자, 후막포자, phialide의 형성유무 및 형태 등을 관찰하여 종을 동정하였다

2. DNA 추출

*Fusarium moniliforme*의 genomic DNA를 추출하기 위해서 PDB(Potato Dextrose Broth) 배지에서 15일간 자란 균사를 사용하였다. 광목천으로 PDB (Potato Dextrose Broth)에서 자란 균사를 거른 후 균사의 배지 성분을 제거하기 위해 멸균수로 2-3회 세척한 후 균사를 동결건조 하였다. 동결 건조된 균사를 액체질소를 이용하여 마쇄하고 멸균된 50ml tube에 넣어 -85℃ 냉동고에 보관하면서 사용하였다. DNA의 추출은 마쇄된 균사 5g에 lysis buffer(50mM Tris-HCl, pH 8.0; 50mM EDTA, pH 8.0; 3% Sodium Dodecyl Sulfate; 1% 2-mercaptoethanol) 10ml (W/V)을 넣고 68℃ 항온수조에서 1시간 동안 반응시킨 다음 3,000rpm에서 10분간 원심분리한 후 상등액을 취하여 Phenol/Chloroform/Isoamylalchol (25:24:1)과 Chloroform/Isoamylalchol (24:1)처리과정을 순차적으로 1회씩 처리한 후, 13,000rpm 에서 10분간 원심분리하여 상층액을 취하였다. 상등액에 동량의 isoprophanol을 첨가하여 12시간 이상 -20℃냉동고에 보관하였다. 보관된 상층액을 13,000rpm에서 10분간 원심분리하여 DNA를 침전시켰다. 침전된 DNA를 70% ethanol 500ml을 넣고 세척한 다음 실온에서 완전히 건조시키고 RNase(50㎕/ml)가 첨가된 TE buffer(10mM Tris-Cl, 1mM EDTA, pH7.4)를 1 ml에 충분히 녹인 후 37℃에서 1시간 보관하였다. DNA를 0.8% Agarose gel을 사용하여 0.5X buffer상에서 100V/㎤의 전원으로 60분간 전기 영동 후 UV상자 상에서 이미 농도를 알고 있는 lambda DNA를 기준하여 농도를 확인하였고, 확인된 DNA는 -20℃ 냉동고에 보관하여 사용하였다

3. RAPD

가. 공시 균주

국내에서 채집한 옥수수 시료로부터 분리한 *Fusarium moniliforme*중 선발된 10 균주를 공시 균주로 사용하였다. 또한 미국의 Kansas State University에서 분양돼 서울대에서 재분양 받은 *Fusarium moniliforme* mating type tester strain 12 균주를 사용하였다. 또한 비교 균주로 *Fusarium oxysporum* 과 *Fuarium sporotrichioides*를 각각 1 균주씩 사용하였다(Table 1).

나. RAPD

본 실험에서 사용한 10 base oligonucleotide primer는 Operon Technologies Inc. USA에서 구입했다(Table 2). PCR 증폭은 Williams *et al*의 수정된 방법으로 수행하였다. DNA 증폭은 0.5㎖ effendorf tube를 사용하여 총 20㎕의 반응 혼합믈을 조성하여 PTC-100TM(MJ Research Inc.)을 이용하여 36회의 증폭을 수행하였으며 반응 혼합물은 다음과 같이 하였다 : 10ng의 genomic DNA, 0.5mM의 primer, 1 unit의 Taq DNA polymerase(Biotools), 10Xreaction buffer, 그리고 20mM의 dNTP(dATP, dTTP, DGTP, DCTP) 그리고 PCR 프로그램은 초기 denaturing 단계를 95℃에서 5분간 실행했고 최종 신장단계는 72℃에서 10분간 지속시키고 종결하였으며, 증폭은 94℃에서 1분간 denaturing 과정과 36℃에서 1분간의 annealing 단계 그리고 72℃에서 2분간의 extending 과정을 1회 증폭으로 35회 수행하였다. 전기 영동에 사용된 젤은 1.5% agarose gel로 하였고 120V에서 2 3시간 동안 진행시킨 후 UV transilluminator 상에서 Polaroid film을 사용하여 사진으로 기록하였다.

Table 1. Isolates of *Fusarium species* from various location and sources.

Fusarium species	Isolate No.	Isolatea Name	Host	Locations	Sourceb (and number)
Fusarium moniliforme	1	A+a	Maize	Visalia, calif	JFL-A-00149
	2	A-	Maize	Knighston, Ind.	JFL-A-00999
	3	B+	Lab.cross	-	JFL-B-3853
	4	B-	Lab.cross	-	JFL-B-3582
	5	C+	Rice	Taiwan	JFL-C-1993
	6	C-	Rice	Taiwan	JFL-C-1995
	7	D+	-	-	JFL-D-4853
	8	D-	-	-	JFL-D-4854
	9	E+	Maize	St. Elmo, In	JFL-E-00990
	10	E-	Maize	St. Elmo, In	JFL-E-02192
	11	F+	Lab.cross	-	JFL-F-04094
	12	F-	Lab.cross	-	JFL-F-04093
	13	MA 00505	Maize	Kyeonggi-do	
	14	MA 00507	Maize	Kyeonggi-do	
	15	MA 02303	Maize	Kyeonggi-do	
	16	MA 03903	Maize	Chungcheongbuk-do	
	17	MA 03904	Maize	Chungcheongbuk-do	
	18	MA 03906	Maize	Chungcheongbuk-do	
	19	MA 07501	Maize	Kangwon-do	
	20	MA 07601	Maize	Kangwon-do	
	21	MA 07603	Maize	Kangwon-do	
	21	MA 07603	Maize	Kangwon-do	
	22	MA 10701	Maize	Kangwon-do	
Fusarium oxysporum	23	KCT 358	Spinach	Whasung	
Fusarium sporotrichioides	24	SA 1	-	-	

c Isolate number in KangWon National University collection.

d Names of Provinces in Korea.

Table 2. List of random primers(10-mer) and their base sequences used for RAPD analysis.

Primer No.	Nucleotide sequences(5' to 3')	No. of bands	Remark
OPB-2	TGA TCC CTG G	12(12)a	Operon Tch. Inc.
OPB-3	CAT CCC CCT G	11(9)	
OPB-4	GGA CTG GAG T	13(13)	
OPB-6	TGC TCT GCC C	10(10)	
OPB-11	GTA GAC CCG T	8(7)	
OPB-18	CCA CAG CAG T	11(10)	
Total		65(61)	

a The numbers in parentheses are the numbers of polymorphic bands for each.

4. rDNA의 ITS영역의 PCR-RFLP

가. 공시 균주

국내에서 채집한 옥수수 시료로부터 분리한 *Fusarium moniliforme*중 선발된 10 균주를 공시 균주로 사용하였다. 또한 미국의 Kansas State University에서 분양돼 서울대에서 재분양 받은 *Fusarium moniliforme* mating type tester strain 12 균주를 사용하였다. 또한 비교 균주로 *Fusarium oxysporum* 과 *Fuarium sporotrichioides*를 각각 1 균주씩 사용하였다(Table 1).

Table 1. Isolates of *Fusarium species* from various location and sources.

Fusarium species	Isolate No.	Isolatea Name	Host	Locations	Sourceb (and number)
Fusarium moniliforme	1	A+a	Maize	Visalia, calif	JFL-A-00149
	2	A-	Maize	Knighston, Ind.	JFL-A-00999
	3	B+	Lab.cross	-	JFL-B-3853
	4	B-	Lab.cross	-	JFL-B-3582
	5	C+	Rice	Taiwan	JFL-C-1993
	6	C-	Rice	Taiwan	JFL-C-1995
	7	D+	-	-	JFL-D-4853
	8	D-	-	-	JFL-D-4854
	9	E+	Maize	St. Elmo, In	JFL-E-00990
	10	E-	Maize	St. Elmo, In	JFL-E-02192
	11	F+	Lab.cross	-	JFL-F-04094
	12	F-	Lab.cross	-	JFL-F-04093
	13	MA 00505	Maize	Kyeonggi-do	
	14	MA 00507	Maize	Kyeonggi-do	
	15	MA 02303	Maize	Kyeonggi-do	
	16	MA 03903	Maize	Chungcheongbuk-do	
	17	MA 03904	Maize	Chungcheongbuk-do	
	18	MA 03906	Maize	Chungcheongbuk-do	
	19	MA 07501	Maize	Kangwon-do	
	20	MA 07601	Maize	Kangwon-do	
	21	MA 07603	Maize	Kangwon-do	
	21	MA 07603	Maize	Kangwon-do	
	22	MA 10701	Maize	Kangwon-do	
Fusarium oxysporum	23	KCT 358	Spinach	Whasung	
Fusarium sporotrichioides	24	SA 1	-	-	

c Isolate number in KangWon National University collection.

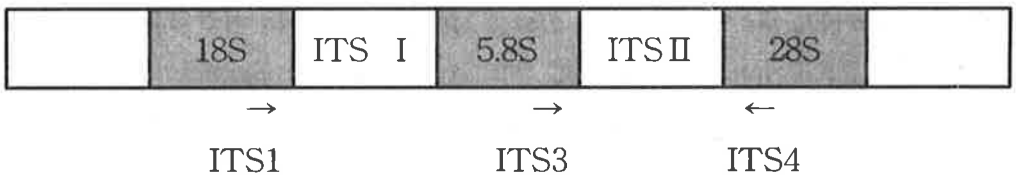
d Names of Provinces in Korea.

나. rDNA ITS, ITS Ⅱ영역의 PCR 반응

rDNA의 noncoding region ITS(Ⅰ+Ⅱ), ITS Ⅱ영역을 증폭하기 위하여 White의 방법에 따라 실시하였으며, ITS Ⅱ지역의 증폭은 specific primer ITS 1: 5'-TCCGT

AGGTGAACCTGCGG-3′ , ITS 3: 5′-GCATCGATGAAGAACGCAGC-3′와 ITS 4: 5′-TCCTCCGCTTATTGATATGCTGC-3′를 이용하였다(Figure 1). PCR반응은 1X reaction buffer, 200μM dNTPs, 1 unit Taq polymerase, 1.5mM $MgCl_2$, 0.5μM primers를 첨가하여 전체량을 100㎕로 수행하였다. PCR 반응 조건은 95℃에서 5분간 초기 변성 시킨 후, 95℃에서 1 분, 57℃에서 1 분, 72℃에서 1 분을 1cycle 로 최종 35 cycle을 반복하고 72℃에서 10분간 반응시킨 후 반응을 종료하였다. 증폭된 PCR 산물은 0.5×TBE(0.045M Tris-borate, 0.001M EDTA) buffer를 사용하여 1% agarose gel에서 2시간 동안 전기 영동한 후 UV 상자에서 전개된 DNA 단편들의 양상을 관찰하였다.

ITS(Ⅰ+Ⅱ), ITS Ⅱ영역의 증폭을 확인한 후, 이 지역의 염기서열 차이를 확인하기 위해 제한효소로 절단 양상을 관찰하였다. ITS Ⅱ영역의 절단인식 부위를 갖고 있는 제한효소를 선별하기 위하여 4 bases를 인식하는 *Msp* Ⅰ, *Hha* Ⅰ, *Hae*Ⅲ, 5 bases를 인식하는 *Hinf* Ⅰ, 6 bases를 인식하는 *BamH* Ⅰ, *Xho* Ⅰ, *EcoR* Ⅰ 등 총 11개의 제한효소를 이용하여 최종 20㎕(PCR product 9㎕, 10X enzyme buffer 2㎕, Enzyme 1㎕, dH_20 8㎕)로 하여 각 제한효소의 최적 반응온도에서 반응 시킨 후 3% MetaPhor™ agarose gel(FMC Bioproducts, USA)에 전기영동하여 각 균주 간에 다형화 현상을 비교하였다.



◎ **Primer** ITS 1: 5′-TCCGTAGGTGAACCTGCGG-3′
ITS 3: 5′-GCATCGATGAAGAACGCAGC-3′
ITS 4: 5′-TCCTCCGCTTATTGATATGC-3′

Figure 1. rRNA gene structure in the repeat unit of a portion of the rDNA repeat showing the location of oligonuclotide primer site used to amplify rDNAs from *Fusarium moniliforme*.

5. CHEF

균주의 배양은 28℃에서 PDA(Potato Dextrose Agar)에 7일간 배양한 후 멸균증류수를 이용하여 분생포자를 취하여 PDB배지에서 preculture 한 후 새로운 PDB 배지에 옮기어 28℃, 180rpm으로 16시간 진탕배양 후 사용하였다. intact한 염색체성 DNA는 Minem의 방법을 이용하여 추출하였고 PFGE는 CHEF system(Bio-Rad)를 이용하였다. CHEF조건은 크기가 큰 DNA 분자의 분리를 위하여 0.7% agarose gel에서 switching interval을 75분에서 5분 줄이고 1.3V/cm로 228시간 동안 전기영동 하였다. 작은 크기의 DNA를 분지하기 위하여 0.9% agarose, switching interval을 1분에서 2분으로 연장하고 5.0V/cm로 24시간 수행하였다. standard marker는 *Saccharomyces cerevisiae*(Bio-rad)를 사용하였고 EtBr를 이용하여 염색하였다.

6. AFLP(Amplified Fragment Length Polymorphism)

가. 공시 균주

국내에서 채집한 옥수수 시료로부터 분리한 *Fusarium moniliforme*중 선발된 4개의 균주와 미국의 Kansas State University에서 분양, 서울대에서 재분양 받은 *Fusarium moniliforme* mating type tester strain 12 균주를 사용하였다. 또한 비교균주로 *F. oxysporum cucumarium*, *F. oxysporum lycopersici*, *F. oxysporum raphani*, *F. oxysporum lagenariae*, *F. oxysporum gladiolrus*를 사용하였다(Table 3).

나. AFLP

본 실험에서는 genomic DNA 2㎍을 *EcoR* I(BRL, Germany) 5unit를 첨가하여 37℃에서 12시간동안 절단한 후 2.5배의 ethanol을 첨가하여 -70℃에서 1시간동안 침전시킨 후 14,000rpm 에서 30분 동안 원심분리하여 절단된 DNA를 침전시켰다. 침전된 DNA는 실온에서 충분히 말린 후 *Mse* I(Gibco, USA)으로 DNA를 다시 절단한 후 위와 같은 방법으로 다시 침전시켰다. 침전된 DNA는 멸균된 3차 증류수에 녹인 뒤 5 unit의 T4 DNA ligase(Promega, USA)와 0.5μM의 *EcoR* I/*Mse* I adaptor를

첨가한 후 14℃에서 12시간 ligation 시켰다. Ligation 된 DNA는 1:10으로 희석하여 pre-amplification을 하기 위한 재료로 사용하였다.

Table 3. Isolates of *F. moniliforme* and *F. oxysporum* used in this study

Isolated No.	*Fusarium* spp.	
1	*F. moniliforme(a+)*	corn
2	*F. moniliforme(a-)*	corn
3	*F. moniliforme(b+*	corn
4	*F. moniliforme(b-)*	corn
5	*F. moniliforme(c+)*	corn
6	*F. moniliforme(c-)*	corn
7	*F. moniliforme(d+)*	corn
8	*F. moniliforme(d-)*	corn
9	*F moniliforme(e+)*	corn
10	*F. moniliforme(e-)*	corn
11	*F. moniliforme(f+)*	corn
12	*F. moniliforme(f-)*	corn
13	*F. moniliforme*	*Allium thunbergil*
14	*F. moniliforme*	corn
15	*F. moniliforme*	corn
16	*F. moniliforme*	corn
17	*F. moniliforme*	corn
18	*F. oxysporum cucumarium*	cucumber
19	*F. oxysporum cucumarium*	cucumber
20	*F. oxysporum cucumarium*	cucumber
21	*F. oxysporum lycopersici*	tomato
22	*F. oxysporum lycopersici*	tomato
23	*F. oxysporum lycopersici*	tomato
24	*F. oxysporum raphani*	turnip
25	*F. oxysporum raphani*	turnip
26	*F. oxysporum raphani*	turnip
27	*F. oxysporum lagenariae*	strawberry
28	*F. oxysporum gladiolrus*	gladiolus
29	*F. oxysporum gladiolrus*	gladiolus

Table 4. Oligonucleotide adapters and primers used for AFLP analysis.

EcoR I-adaptor[a] CTCGTAGACTGCGTACC	
CATCTGACGCATGGTTAA	
Mse I-adaptor[a] GACGATGAGTCCTGAG	
TACTCAGGACTCAT	
AFLP primer[b]	
EcoR I+0: GACTGCGTACCAATTC	*Mse* I+0: GATGAGTCCTGAGTAA
EcoR I+2	*Mse* I+3
E1 GACTGCGTACCAATTC+AT	M1 GATGAGTCCTGAGTAA+CAG
E2 GACTGCGTACCAATTC+AC	M2 GATGAGTCCTGAGTAA+CAC
E3 GACTGCGTACCAATTC+TA	M3 GATGAGTCCTGAGTAA+CTA
E4 GACTGCGTACCAATTC+TG	M4 GATGAGTCCTGAGTAA+CTT
E5 GACTGCGTACCAATTC+AA	M5 GATGAGTCCTGAGTAA+CTC

Primer combinations analyzed in this experiment

E1/M1	E1/M2	E1/M3
E2/M1	E2/M2	E2/M3
E4/M2	E4/M2	E4/M5

a/ *EcoR* I and *Mse* I adaptors were ligates onto the ends of restriction fragments of template genomic DNAs.

b/ *EcoR* I+0 and *Mse* I+0 primers were used in the preamplification of template DNA.

The AFLP fingerprint was generated using pairs *EcoR* I+2 and *Mse* I+3 primers.

Pre-amplification은 adaptor에 상보적인 염기서열을 가진 primer를 이용하여 제한효소로 절단된 DNA 중 특정부위의 DNA만 증폭시킨다. PCR 반응조건은 희석된 DNA 5㎕에 1X buffer (10mM Tris-HCl, pH8.8, 1.5mM $MgCl_2$, 50mM KCl, 0.1% Triton X 100), 200㎛ dNTP, 0.5㎛ *EcoR* I-0/*Mse* I-1 primer, 1 unit Taq DNA polymerase(DynazymeTM)를 첨가하여 Perkin-Elmer thermal cycler에서 94℃ 30초, 60℃ 1분, 72℃ 1분을 1 cycle로 최종 20회 반복하고 반응을 종료하였다.

Pre-amplification의 PCR 산물은 1:50으로 희석하여 2차 PCR 반응을 수행하기 위한 재료로 사용하였다(Table 4). 2차 PCR 반응의 조건은 Pre-amplification으로부터 희석된 DNA 5㎕에 1X buffer(10mM Tris-HCl, pH8.8, 1.5mM $MgCl_2$, 50mM KCl, 0.1% Triton X 100), 200㎛ dNTP, 0.5㎛ *EcoR* I-2/*Mse* I-3 primer, 1 unit Taq DNA polymerase(DynazymeTM)를 첨가하여 최초 94℃에서 30초, 65℃에서 30초, 72℃에서 1분을 첫 cycle로 시작하여 다음 cycle부터는 annealing 온도를 1℃씩 감소시키면서 11 cycles를 반복한 뒤 마지막으로 94℃에서 30초, 56℃에서 30초, 72℃에서 1분을 23회 반복하고 반응을 종료하였다.

최종 PCR 반응이 끝난 후 PCR 산물 6㎕를 취하여 formamide loading dye(95% formamide, 10mM EDTA, pH8.0, 0.05% bromo phenol blue, 0.05% Xylene cyanol FF) 4㎕와 혼합한 뒤 95℃에서 5분간 가열하여 준 다음 그중 6㎕를 55℃로 미리 가열된 6% denaturing polyacrylamide gel (acrylamide:bisacrylamide(19:1), 7.5M urea, 1X TBE (0.89M Tris-HCl, pH8.3, 0.89M boric acid, 0.02M EDTA, pH8.0))에 loading한 후 1,800V 80W에서 3시간동안 전기영동한 다음 silver staining으로 결과를 분석하였다.

TG+CTC의 조합의 경우 *Fusarium* spp.에 공통으로 증폭이 되는 band를 검출하였고, 각각의 mating type 간에 특이적인 band를 검출할 수가 있었다. 원하는 band를 재증폭하기 위하여 먼저 blade를 이용하여 원하는 bands를 오려내고 그 위에 증류수 20㎕를 넣어서 유리판으로부터 gel이 잘 떨어지도록 하였고, 분리된 acrylamide gel은 effendorf tube에 넣고 1X buffer(10mM Tris-HCl, pH8.8, 1.5mM $MgCl_2$, 50mM KCl, 0.1% Triton X 100), 200㎛ dNTP, 0.5㎛ *EcoR* TG /*Mse* CTC primer, 1 unit Taq DNA polymerase(BIOTOOLTM)를 첨가하여 최초 94℃에서 30초, 65℃에서 30초, 72℃에서 1분을 첫 cycle로 시작하여 다음 cycle부터는 annealing 온도를 1℃씩 감소시키면서 11 cycles를 반복한 뒤 마지막으로 94℃에서 30초, 56℃에서 30초, 72℃에서 1분을 23회 반복하고 반응을 종료하였다. 증폭된 PCR산물은 1% agarose gel에 loading 하여 원하는 size가 정확히 증폭이 되었나 확인하였다.

증폭된 PCR산물을 TBE buffer 상에서 전기영동 한 후 증폭된 부위를 blade를 이용하여 agrarose gel로부터 분리하였다. 분리한 gel은 300㎕의 agarose lysis buffer를 넣어주었다. 이에 MEGA-bead gel 10㎕를 첨가 한 후 vortex 하였고 55-60℃에서 5

분간 incubation시켜서 agarose을 완전히 용해시켰다. 완전히 용해된 agarose gel은 원심분리기를 이용하여 30초간 11,000-13,000에서 원심분리 하였다. 원심분리한 상등액은 버리고 Bead stabilizer buffer 600㎕를 넣고 tapping 시켜준 뒤 다시 원심분리를 하였다. 원심분리 후 상층액을 버린 뒤 washing buffer 600㎕를 넣고 resuspend 시킨 후 다시 30초간 원심 분리 후 상층액을 버리고 pellet를 얻었다. tube 벽면의 물기를 제거하고 TE buffer 30-50㎕를 첨가한 후 55-60℃에서 5분간 incubation 시킨 후 maximun rpm에서 1분간 원심 분리한 후 새로운 tube에 옮겼고 제대로 purification이 되었는가를 알아보기 위해 1% agarose gel에서 loading 하였고 이를 확인하였다. purification된 PCR 산물은 cloning을 위한 재료로 사용하였다.

7. Data 분석

데이타 분석은 NTSYS-pc 프로그램(Version 1.61)을 이용하여 수행하였다. 각 균주 간의 simple matching coefficients(Ssm) 분석은 Sneath and Sokal의 방법에 따라 수행하여 작성하였다. 또한 matrix of similarity coefficients를 UPGMA로 분석하여 유연관계를 밝혔다.

제 3 절 결과 및 고찰

1. 대상병원균의 분리동정 및 감염도 조사

풋 옥수수와 저장옥수수 각각 100립 씩 무작위로 선발 후 종자를 파쇄해 PDA에 치상 한 후 균을 순수분리 하였다. 그 결과 *F. moniliforme*의 경우 풋 옥수수에서 13%의 감염율이, 그리고 저장옥수수에서 21%의 감염율이 나타났다 (Table 5).

Table 5. *Fusarium moniniforme* infection rates on corns.

	No. of samples infected with		
Samples	No. of samples	*F. moniliforme*	Infection rate(%)
Fresh corn	100	21	21
Storage corn	100	13	13

2. RAPD 분석결과

Fusarium moniliforme 중 mating type tester strain (A+ F-)과 국내에서 채집한 옥수수 시료로부터 분리한 *Fusarium moniliforme*와의 유연성 관계 및 *Fusarium oxysporum*과 *Fusarium sporotrichioides* 종간의 차이를 명확히 규명하기 위해 실시한 본 실험에서는 6개의 random primer를 사용하여 *Fusarium* spp.의 genomin DNAs가 RAPD pattern의 비교 분석에 이용되었다. 밴드의 모호성을 피하기 위해 24개 의 isolate 밴드를 비교할 수 있는 것만 count했고 이는 *Fusarium* spp.를 분석하는데 이용되었다. 증폭된 DNA 단편들의 크기는 3.0Kb 0.5Kb의 범위에 속하였으며 총 65개의 밴드 중 61개의 polymorphic band를 얻을 수 있었다(Figure 2). 각 primer 마다 같은 mating type tester strain은 서로 유사한 밴드 양상이 나타났으며 국내에서 채집한 옥수수에서 분리한 *Fusarium moniliforme*사이에도 매우 유사한 밴드 양상이 나타났다. 비교 균주 사용된 *Fusarium oxysporum*과 *Fusarium sporotrichioides*는 *Fusarium moniliforme*와 밴드 비교시 서로 다른 특이한 양상이 나타났으나 OPB-3과 OPB-11 primer에서는 다른 균주와 비슷한 밴드 양상이 나타났으며 특히 OPB-3 primer에서는 1.5Kb와 0.6Kb에서 모두 같은 밴드가 나타났다. F+, F-는 OPB-3 primer를 사용했을 때 다른 균주와 달리 0.4Kb 부근에서 특이한 밴드를 나타냈으며 OPB-18 primer에서도 이러한 양상이 나타났다.

유사정도를 나타낸 결과를 토대로 각 분리 균주간의 관계를 서로 비교하여 보기 쉽게 나타낸 것이 유사도(Figure 3) 이며 UPGAM program을 이용하여 작성되었다. 약 70% 수준에서 크게 4 그룹으로 나뉘어 졌으며 80% 수준에서 각각 같은 mating type teser strain끼리 그룹 지어지며 또한 90% 수준에서 국내에서 채집한 옥수수에서 분리한 *Fusarium moniliforme*도 그룹 지어진다. 그러나 같은 mating type strian간의 구별과 옥수수에서 분리한 *F. moniliforme* 간의 그룹은 확실히 지어졌으나 같은 *Fusarium moniliforme* 보다 비교 균주로 사용된 *Fusarium oxysporum* 과 *Fusarium sporotrichioides*가 옥수수에서 분리돼 *Fusarium moniliforme*과 더 상관성이 높게 나타났다(Table 7).

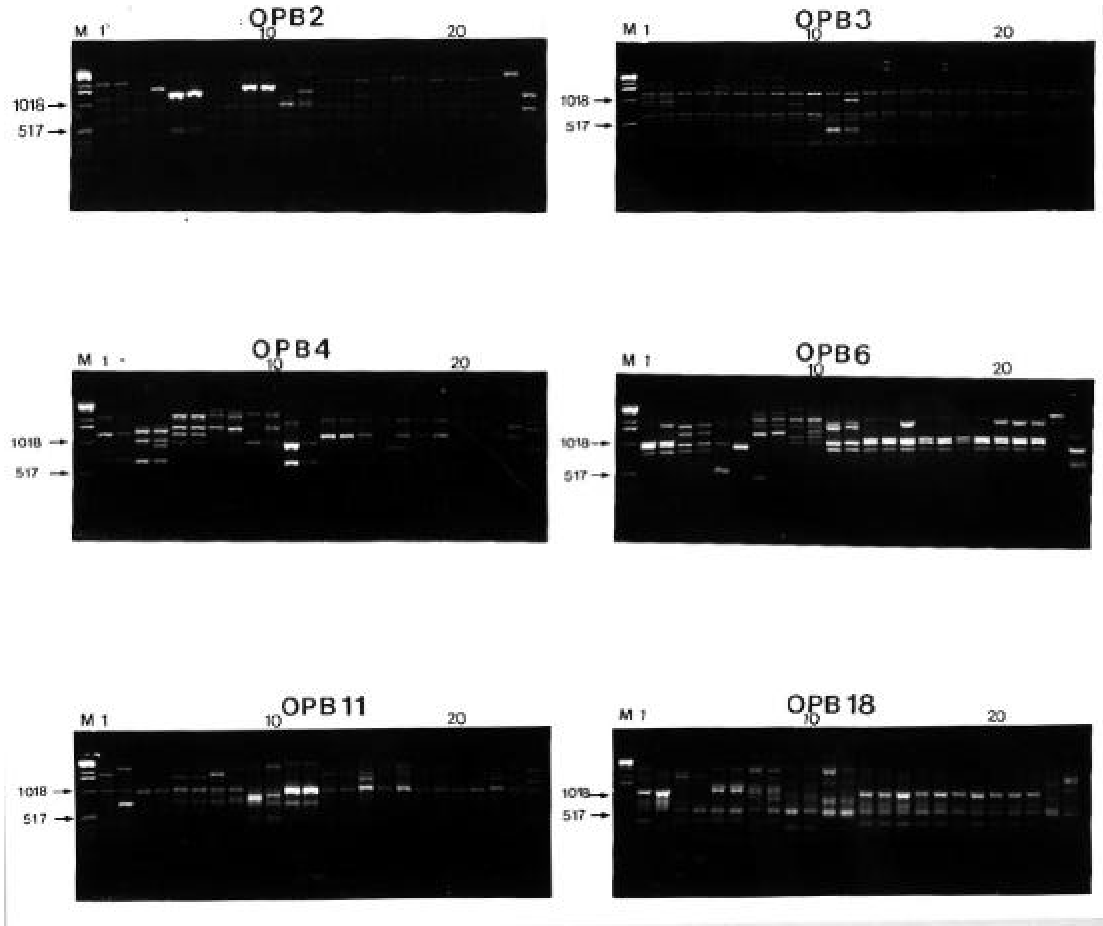


Figure 2. PCR amplified genomic DNAs from the twenty-two isolates of *F. moniliforme*, one isolate of *Fusarium oxysporum*(KCT358), and one isolate of *F. sporotrichioides*(SA1). The order of the isolates in lanes from 1 through 24 were the same as in Table 1. The primers used were the same in order as those shown in Table 2.

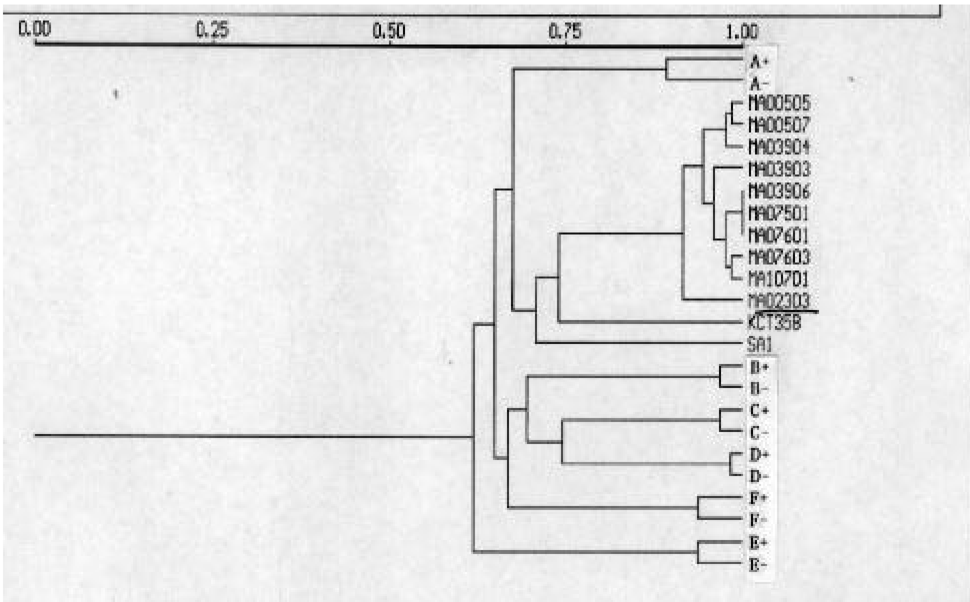
Table 7. Similarity matrix based on the number shared bands by the compared *Fusarium* species on 1.5% agarose gel in RAPD analysisa.

	A+	A-	B+	B-	C+	C-	D+	D-	E+	E-	F+	F-	MA 00505	MA 00507	MA 02303	MA 03903	MA 03904	MA 03906	MA 07501	MA 07601	MA 07603	MA 10701	KCT b 358
A- b	0.892																						
B+	0.646	0.692																					
B-	0.646	0.661	0.969																				
C+	0.615	0.630	0.723	0.692																			
C-	0.584	0.600	0.692	0.661	0.969																		
D+	0.615	0.569	0.692	0.692	0.753	0.723																	
D-	0.600	0.584	0.707	0.707	0.769	0.738	0.984																
E+	0.584	0.630	0.569	0.569	0.600	0.569	0.661	0.676															
E-	0.553	0.600	0.630	0.630	0.600	0.569	0.692	0.707	0.938														
F+	0.646	0.692	0.661	0.630	0.692	0.692	0.630	0.646	0.661	0.630													
F-	0.615	0.661	0.692	0.692	0.692	0.661	0.661	0.676	0.661	0.661	0.938												
MA00505	0.738	0.692	0.692	0.692	0.661	0.630	0.692	0.676	0.630	0.661	0.661	0.661											
AM00507	0.723	0.676	0.676	0.676	0.646	0.615	0.707	0.692	0.646	0.676	0.646	0.646	0.984										
AM02303	0.676	0.692	0.692	0.661	0.692	0.661	0.661	0.646	0.600	0.630	0.661	0.661	0.938	0.923									
MA03903	0.707	0.692	0.692	0.692	0.661	0.630	0.661	0.676	0.630	0.661	0.661	0.661	0.969	0.953	0.938								
MA03904	0.723	0.707	0.707	0.707	0.646	0.615	0.676	0.661	0.615	0.646	0.646	0.646	0.984	0.969	0.923	0.953							
MA03906	0.676	0.692	0.692	0.692	0.630	0.600	0.630	0.646	0.600	0.630	0.661	0.661	0.938	0.923	0.907	0.969	0.953						
MA07501	0.676	0.692	0.692	0.692	0.630	0.600	0.630	0.646	0.600	0.630	0.661	0.661	0.938	0.923	0.907	0.969	0.953	1.000					
MA07601	0.676	0.692	0.692	0.692	0.630	0.600	0.630	0.646	0.600	0.630	0.661	0.661	0.938	0.923	0.907	0.969	0.953	1.000	1.000				
MA07603	0.692	0.707	0.707	0.707	0.646	0.615	0.646	0.661	0.615	0.646	0.676	0.676	0.953	0.938	0.892	0.953	0.969	0.984	0.984	0.984			
MA10701	0.676	0.692	0.692	0.692	0.661	0.630	0.630	0.646	0.600	0.630	0.661	0.661	0.938	0.923	0.907	0.938	0.953	0.969	0.969	0.969	0.984		
KCT359	0.584	0.630	0.692	0.692	0.600	0.569	0.600	0.615	0.600	0.630	0.569	0.600	0.723	0.707	0.692	0.723	0.738	0.753	0.753	0.753	0.769	0.784	
SA1	0.569	0.523	0.646	0.615	0.615	0.584	0.615	0.600	0.492	0.553	0.615	0.615	0.707	0.723	0.738	0.707	0.692	0.707	0.707	0.707	0.692	0.707	0.707

a Data matrix was made by scoring the presence or absence of the bands as 1 and 0, respectively. Similarity coefficients between two isolates were then calculated with modified formular of Sneath and Sokal (1973).

b Isolate name.

Figure 3. UPGMA dendrogram among the twenty-two *Fusarium* species. based on the bands on 1.2% agarose gel in RAPD

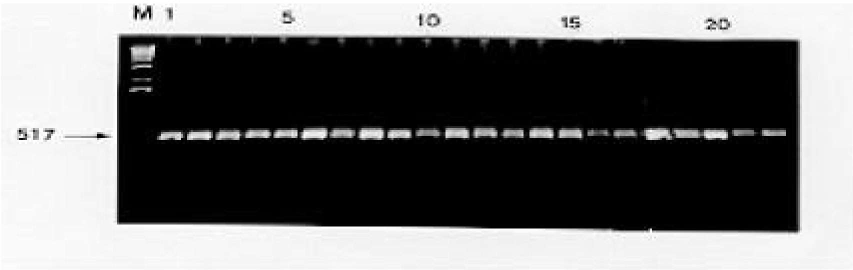


3. PCR-RFLP 분석결과

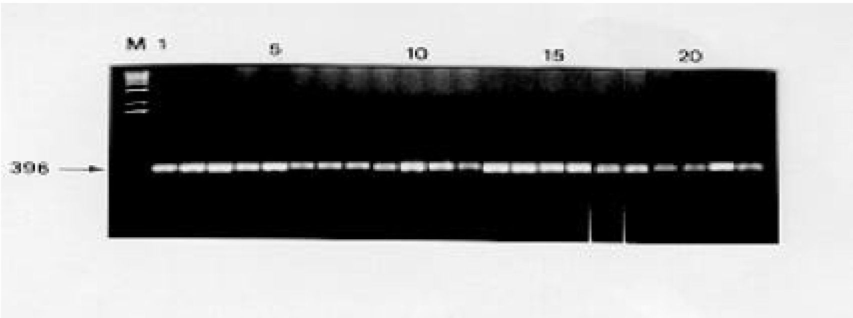
Fusarium species의 rDNA분석을 위해서 ITSⅡ, ITS(Ⅰ+Ⅱ)부위를 증폭하였다. ITS Ⅱ 부위의 증폭에는 primer ITS 3과 primer ITS 4 각각 사용하였다. ITS(Ⅰ+Ⅱ)의 증폭에는 primer ITS 1과 primer ITS 4를 각각 사용하였다. PCR증폭 후 1% agarose gel에서 전기영동 후 관찰한 결과 ITS Ⅱ 부위에서는 400bp정도로 나타났다 (Figure 4). ITS 지역은 500bp 정도로 나타났다(Figure 4). r DNA에서 증폭된 ITS rDNA에서 증폭된 ITS(Ⅰ+Ⅱ), ITS부위를 4bp의 *Hha*Ⅰ,*Tag*Ⅰ, *Hae* Ⅲ, *Msp*Ⅰ, 5bp의 *Hinf*Ⅰ, 6bp의 *BamH*Ⅰ, *Kpn*Ⅰ, *EcoR*Ⅰ, *Hind* Ⅲ의 제한효소를 이용하여 절단해 다형성을 비교한 결과 HinfⅠ, TaqⅠ을 제외한 ahenms 제한 효소에서 절단되었다 (Figures 5, 6).

ITS, ITS Ⅱ 지역의 제한 효소의 절단 결과 *Hha*Ⅰ, *Hae* Ⅲ, *Msp*Ⅰ, *Kpn*Ⅰ, *EcoR* Ⅰ, *Hind* Ⅲ 제한효소에서 그룹내 균주간의 다양성이 관찰되었다. YCK137과 함께 절단되었다. *Msp*Ⅰ에서는 40113에서 다양한 밴드를 가지는 현상이 나타났고, *Tag*Ⅰ에

서도 40113에서 다른 종들과는 다른 밴드 양상을 보였다. ITS지역이 ITS Ⅱ 지역보다 염기서열의 삽입 또는 결실이 많은 것으로 나타났고, 제한효소 *Hae*Ⅲ만 그룹간의 차이를 나타냈다. 또한 이들 10가지 제한효소를 가지고 각 균주간의 ITS지역의 RFLP의 현상을 비교하기 위해 전기영동상에서 확인된 band들의 유무에 따라 유연관계를 분석하였다(Figure 7). 대부분 mathing type간에는 높은 상동성을 보였으나 C+와 C-, E+와 E-, F+와 F-은 다소 상동성이 낮게 나타났다. rDNA의 PCR-RFLP 결과 subgroup의 구분이 어려워 종내 그룹의 유연관계 분석은 한계가 나타났고, ITSⅡ영역의 제한효소 절단 결과 밴드의 다양성은 찾기 어려웠다(Table 8). *Fusarium moniliforme*의 유형관계 분석에는 ITS영역이 ITSⅡ영역보다는 더 적합한 것으로 나타났다.



ITS Ⅰ+Ⅱ



ITS Ⅱ

Figuer 4. PCR amplified portion of ITS and ITSⅡ region in *Fusarium* species. The numbers on top of the lane indicate isolate numbers in Table 1.

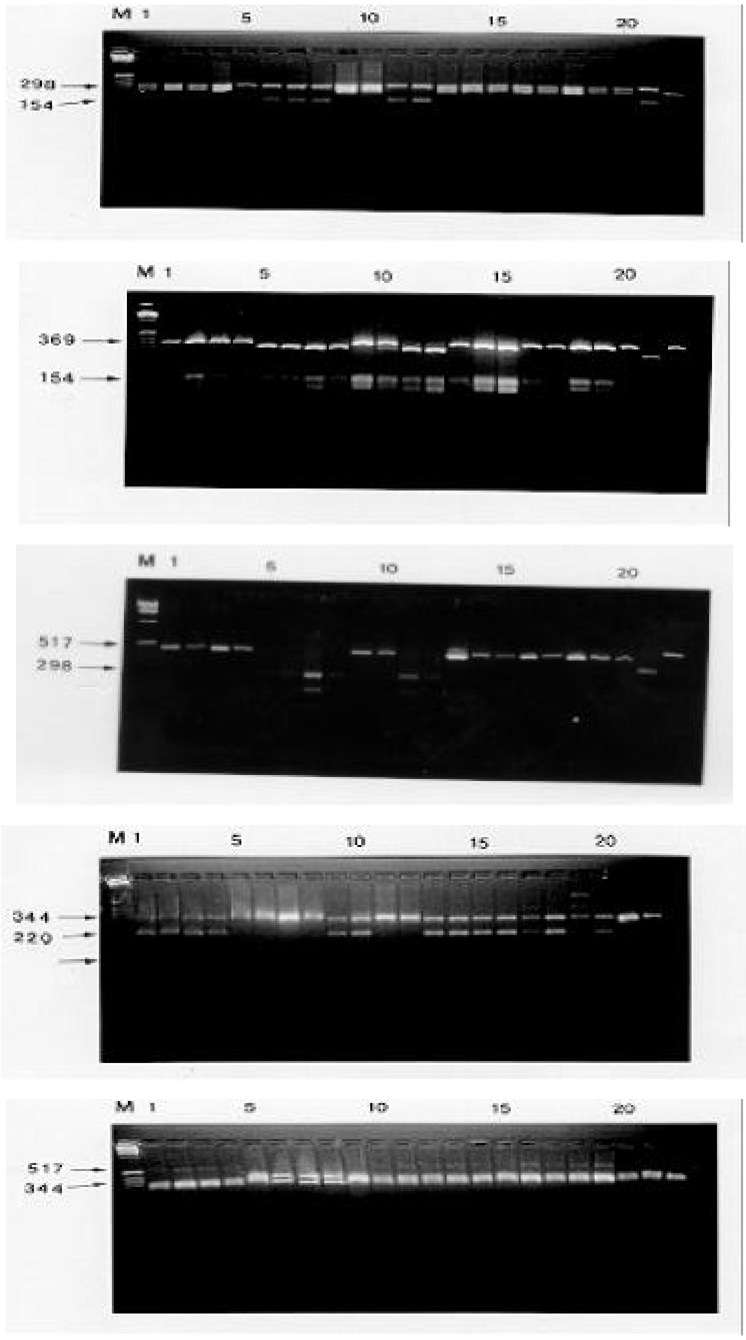


Figure 5. Restriction fragment length polymorphism of *Fusarium* species. rDNA-ITS(Ⅰ+Ⅱ) amplification products digested with *Hha*Ⅰ, *Hae*Ⅲ, *Msp*Ⅰ, *Kpn* Ⅰ, *EcoR*Ⅰ. The numbers on top of the lane indicate isolate numbers in Table 1.

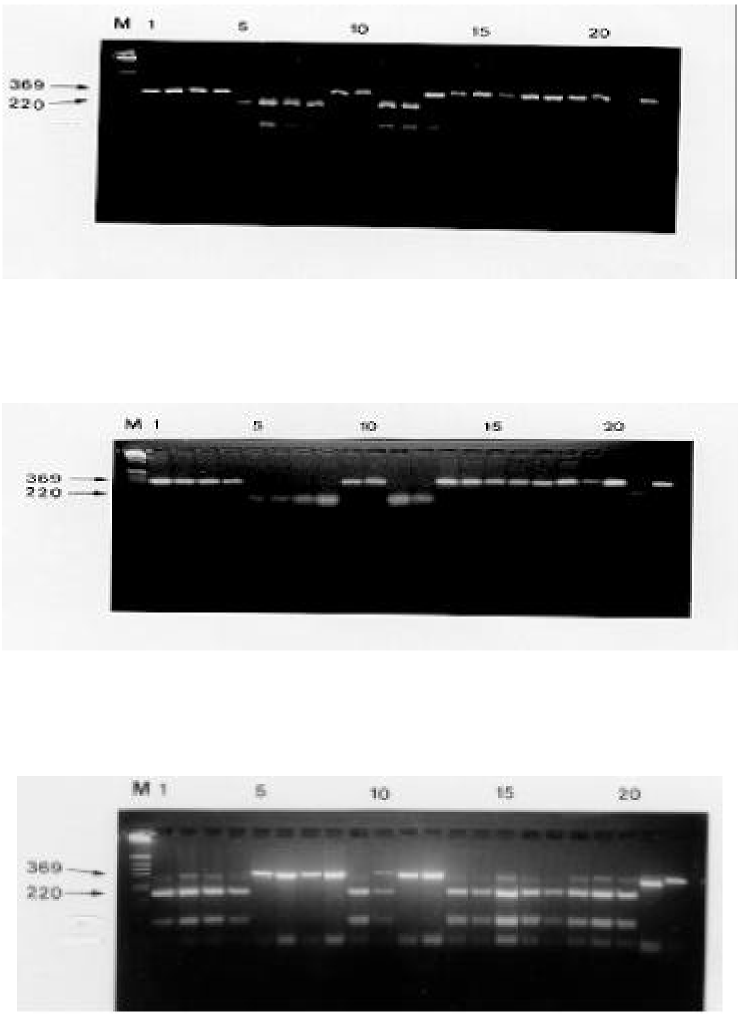


Figure 6. Restriction fragment length polymorphism of *Fusarium* species. rDNA-ITS II amplification products digested with *Hsp* I ,*Hha* I *Hinf* I . The numbers on top of the lane indicate isolate numbers in Table 1.

Table 8. Similarity matrix based on the number of shared bands by the compared *Fusarium* species on 3.0% metaphor-agarose gel in PCR-RFLP analysis .

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21a
2b	1.000																				
3	1.000	1.000																			
4	1.000	1.000	1.000																		
5	0.350	0.350	0.350	0.350																	
6	0.300	0.300	0.300	0.300	0.950																
7	0.250	0.250	0.250	0.250	0.900	0.950															
8	0.300	0.300	0.300	0.300	0.950	1.000	0.950														
9	0.950	0.950	0.950	0.950	0.300	0.350	0.300	0.350													
10	0.900	0.900	0.900	0.900	0.350	0.300	0.250	0.300	0.850												
11	0.350	0.350	0.350	0.350	1.000	0.950	0.900	0.950	0.300	0.350											
12	0.300	0.300	0.300	0.300	0.950	1.000	0.950	1.000	0.350	0.300	0.950										
13	0.950	0.950	0.950	0.950	0.300	0.350	0.300	0.350	1.000	0.850	0.300	0.350									
14	1.000	1.000	1.000	1.000	0.350	0.300	0.250	0.300	0.950	0.900	0.350	0.300	0.950								
15	0.950	0.950	0.950	0.950	0.400	0.350	0.300	0.350	0.900	0.950	0.400	0.350	0.900	0.950							
16	1.000	1.000	1.000	1.000	0.350	0.300	0.250	0.300	0.950	0.900	0.350	0.300	0.950	1.000	0.950						
17	1.000	1.000	1.000	1.000	0.350	0.300	0.250	0.300	0.950	0.900	0.350	0.300	0.950	1.000	0.950	1.000					
18	0.950	0.950	0.950	0.950	0.400	0.350	0.300	0.350	0.900	0.950	0.400	0.350	0.900	0.950	1.000	0.950	0.950				
19	0.850	0.850	0.850	0.850	0.300	0.250	0.200	0.250	0.800	0.850	0.300	0.250	0.800	0.850	0.900	0.850	0.850	0.900			
20	0.950	0.950	0.950	0.950	0.400	0.350	0.300	0.350	0.900	0.950	0.400	0.350	0.900	0.950	1.000	0.950	0.950	1.000	0.900		
21	0.300	0.300	0.300	0.300	0.950	0.900	0.850	0.900	0.250	0.300	0.950	0.900	0.250	0.300	0.350	0.300	0.300	0.350	0.250	0.350	
22	0.750	0.750	0.750	0.750	0.500	0.450	0.400	0.450	0.700	0.750	0.500	0.450	0.700	0.750	0.800	0.750	0.750	0.800	0.700	0.800	0.450

a Data matrix was made by scoring the presence or absence of the bands as 1 and 0, respectively.

Similarity coefficients between two isolates were then calculated with modified formular of Sneath and Sokal (1973).

b Isolate name.

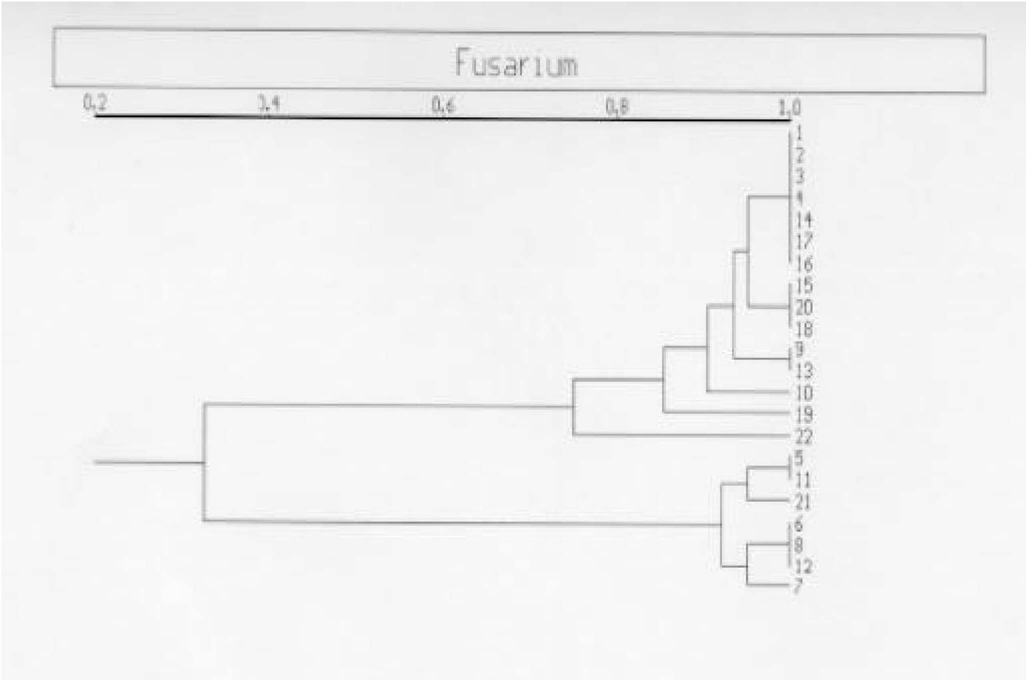


Figure 7. UPGMA dendrogram among the twenty-two *Fusarium* species. based on the bands on 3.0% agarose gel in PCR-RFLP(ITS Ⅰ+Ⅱ, ITS Ⅱ).

4. CHEF 분석결과

CHEF 분석의 결과 *F. moniliforme*를 특이적으로 다른 진균 혹은 다른 *Fusarium* species들과 구분 지울 수 있는 특이 밴드가 관찰되지 않아 CHEF를 통한 marker의 선발은 어려운 것으로 판단된다. 다른 연구자들에 의하면, *Fusarium* species의 경우 CHEF를 통해 *Fusarium* species 간의 유연관계를 분석해 보면 그 상관관계가 매우 낮은 수준으로 나타난다고 하는 것으로 보아 marker를 선발하는 도구로는 적당치 않은 것으로 여겨진다.

5. AFLP 분석결과

Williams와 Koebner등은 genomic DNA를 제한효소로 절단한후 증폭반응을 하면 증폭양상이 단순화되며 bands의 상대적인 강도가 변하여 재현성을 높이는 AFLP 방법을 개발하였다. AFLP는 RFLP의 정확성과 RAPD의 간편함을 각각 수용함과 동시에 문제점을 극복하기 위하여 제한효소를 이용하여 DNA를 절단 후 adaptor에 상응하는 primer를 이용하여 RAPD와 같이 PCR을 이용하여 DNA 단편을 증폭하여 marker를 얻을 수가 있는데 분석범위가 상당히 넓고 각 반응마다 생성되는 단편들의 수는 약 50-100개 정도로서 이들은 각 개체간 변이가 아주 심하여 marker 개발에 아주 유용하게 사용되고 있다. AFLP가 어떤 새로운 기원의 식물체 DNA를 fingerprinting 하는데 가장 강력한 도구로 알려져 있고 RFLP, RAPD, AFLP등을 대두의 유전분리 집단에 적용 분석한 결과 AFLP방법이 가장 유용한 것으로 보고되었다. 또한 AFLP는 유전자 지도작성에 유용하고, 생물다양성 분석에 매우 효과적이며 genome의 근연관계 및 계통발상과정을 조사 또는 도입염색체의 확인 및 동정에 적합한 기술이다. 본 실험에서는 AFLP의 기법을 도입하여 *F. moniliforme*간의 유연관계를 밝히고 *F. moniliforme*를 detection 할 수 있는 marker를 개발하고자 하였다.

F. moniliforme genomic DNA의 AFLP(Amplified Fragment Length Polymorphism)의 유연관계를 분석에서 9개의 primer조합을 (E1/M1, E1/M2, E1/M3, E2/M1, E2/M2, E2/M3, E4/M1, E4/M2, E4/M3)을 사용하였으며 분석된 9개 primer 조합당 평균 50개 정도의 band가 증폭되었으며, 300-1,500bp 사이에 위치하였다 (Figure 8, 9, 10). 9개의 primer를 사용해서 증폭된 bands를 가지고 bionominal matrix code (0,1)를 작성하고, dendrogram을 나타내는 NTSYS-PC에서 UPGMA program을 이용하여 clustering analysis를 이행하였다(Table 9). AFLP실험결과 각각의 mating type 간에는 유연관계가 상당히 높은 것으로 나타났다. A type 의 경우 0.98이고, B type은 0.96, C type은 0.98, D type은 0.96, E type은 0.89, F type은0.94로 나타났다. 하지만 각각의 mating type 간에는 상대적으로 낮은 0.7-0.8의 similarity를 나타내었다.

AFLP의 실험결과 *F. moniliforme*만을 증폭시키는 band는 얻지 못하였지만 조합 E+TG, M+CTC의 결과에서는 *Fusarium* 속에 속하는 공통된 common band를 찾을

수 있었고 각각의 mating type간에 특이적으로 증폭하는 band를 찾을 수 있었다 (Figure 9).

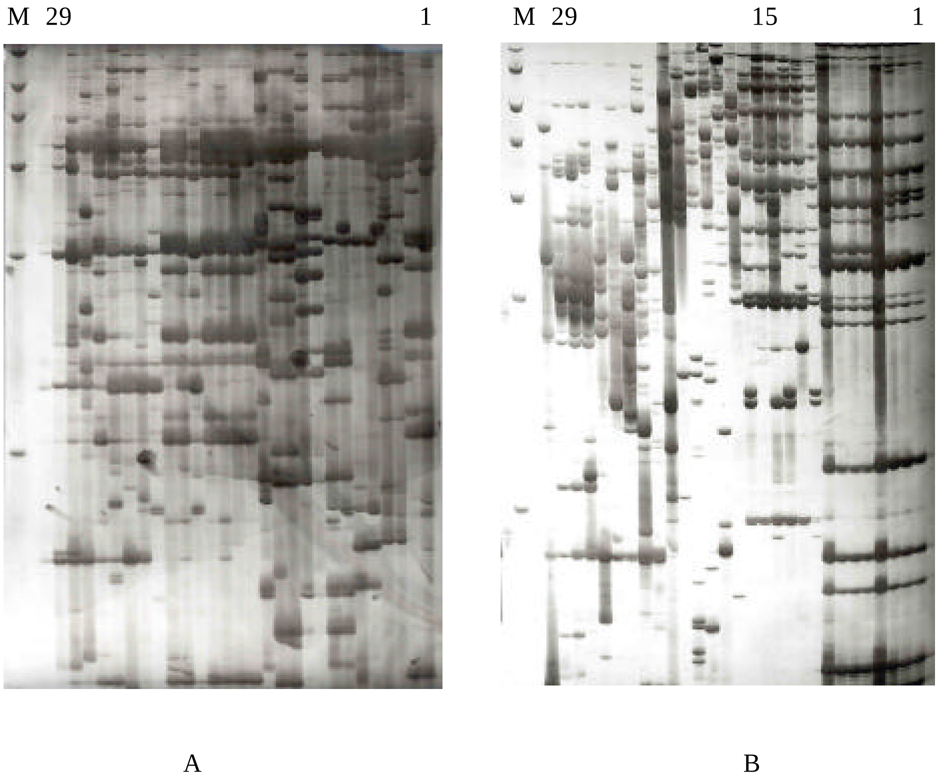


Figure 8. AFLP profile with *F. moniliforme* using primer combination (A: E1+M3, B: E2+M1). The numbers on top of the lane indicate isolate numbers in Table 2.

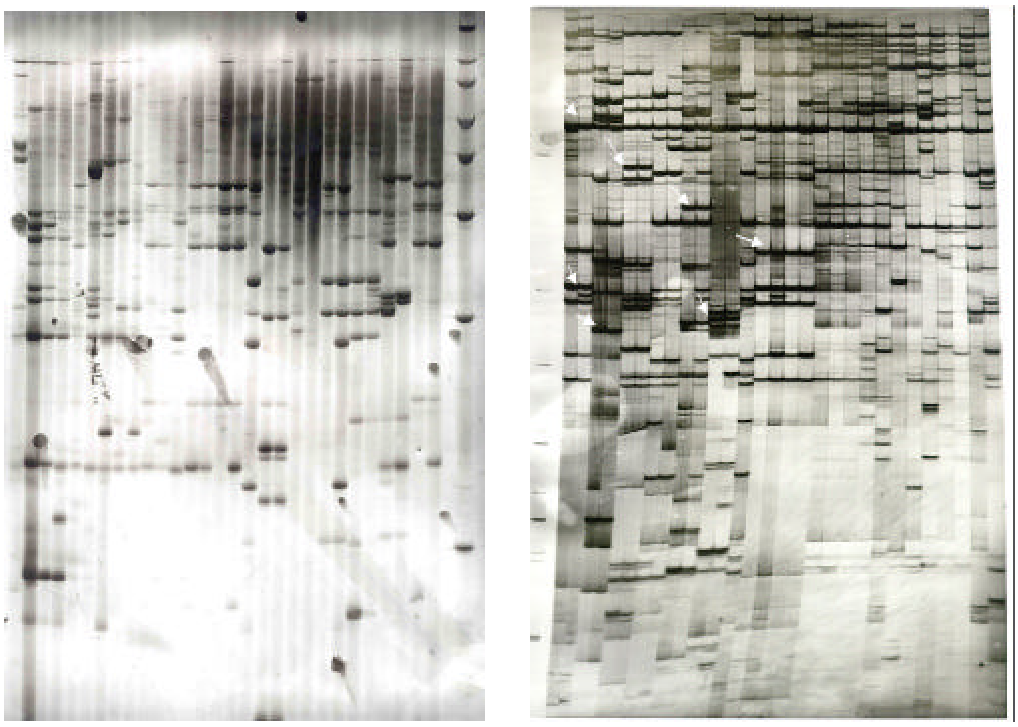


Figure 9. AFLP profile with *F. moniliforme* using primer combination (A: E2+M4, B: E4+M5)

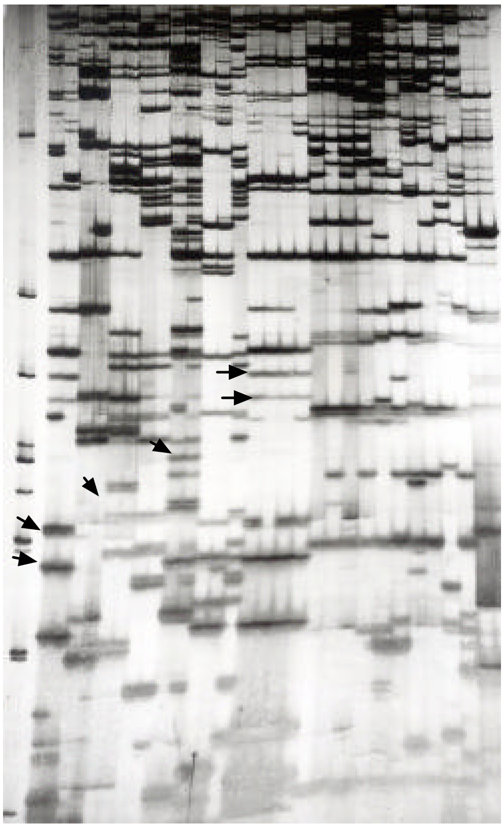


Figure 10. AFLP profile with *F. moniliforme* using primer combination E3+M5

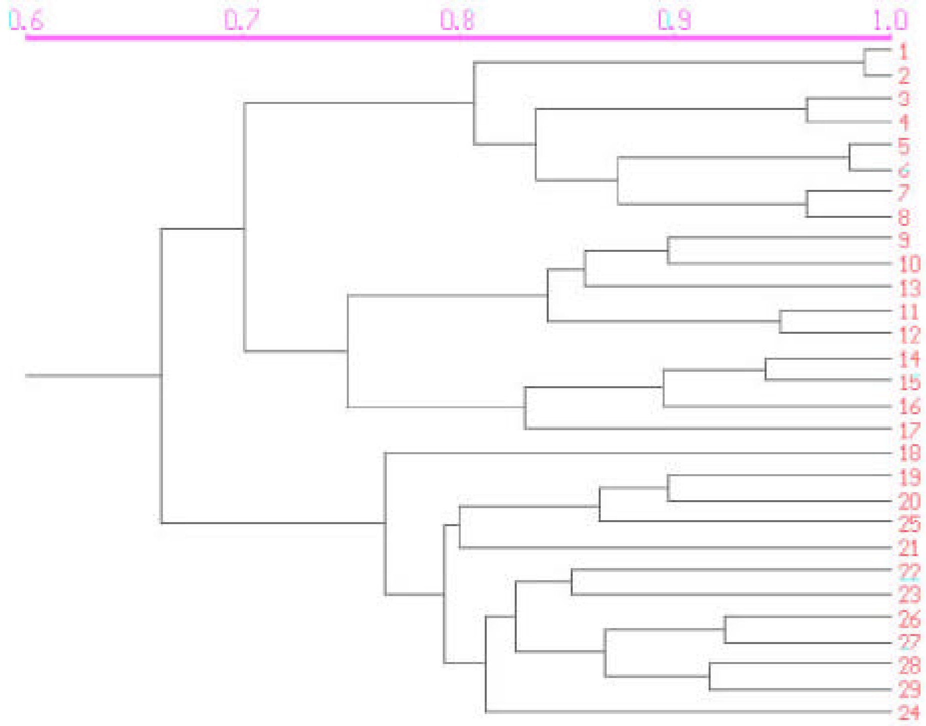


Figure 11. UPGMA dendrogram among the twenty-five *Fusarium moniliforme* based on the bands 6% acrylamide gel in AFLP analysis.

E+TG, M+CTC의 *Fusarium* spp.에 공통으로 증폭하는 band와 mating type간에 특이적인 band를 acrylamide gel 판으로부터 elution 하였고 이를 재증폭하였다(Figure 12). cloning을 하기 위하여 이들 band를 agarose gel 상에서 loading하였고 이를 MEGA-bead Agarose gel extraction kit를 이용하여 purification 하여 정제하였다(Figure 12).

E+TG, M+CTC의 AFLP결과에서 *Fusarium* spp.에서 공통적으로 증폭이 되는 것은 *Fusarium*이 생성하는 공통된 독소와 관련이 있을 수 있고, 식물체를 인지하는 elicitor 일 수도 있을 것이다. 아직까지 Cloning을 하지 못하였지만 이들의 sequence를 밝히고 기능까지 밝힌다면 아마도 *Fusarium* spp. 가 식물체를 가해하는 model을 예찰할 수 있을 것이라고 기대된다. 또한 mating type간에 특이적으로 증폭되는 band를 elution 하였는데 *Fusarium moniliforme*의 경우 ITS지역은 단지 몇 개의 sequence만 틀리고 거의 일치하였으므로 ITS지역을 이용할 수 없었다. 하지만 AFLP 결과 mating type별로 확연히 구분이 가능하므로 *Fusarium moniliforme*을 mating type별로 구분하는 것은 가능하리라 사료된다.

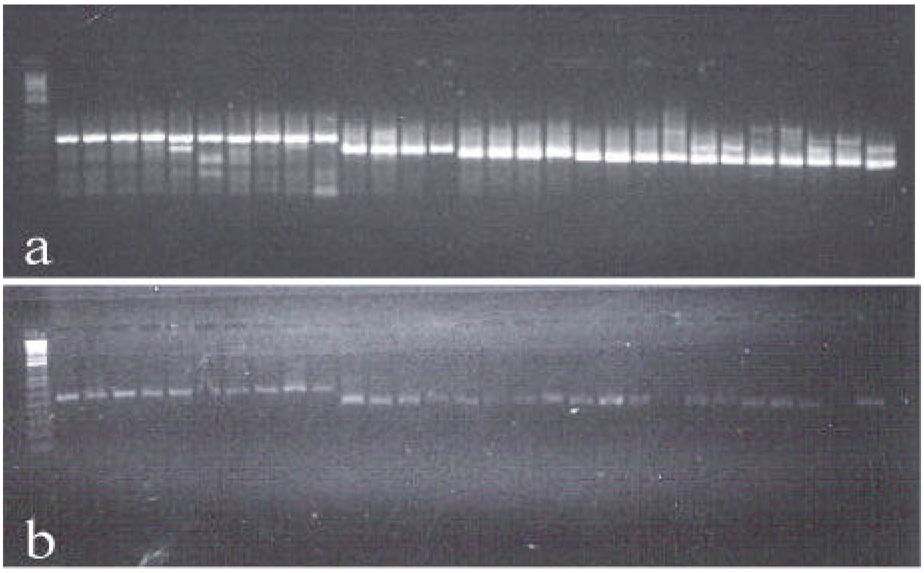


Figure 12. Reamplification and purification of *Fusarium moniliforme* fragment isolated from combination E4+M+5(a: reamplification, b: purification)

제 4 절 참 고 문 헌

1. Cahagnier B, Melcion D, Richard-Molard D. Growth of Fusarium moniliforme and its biosynthesis of fumonisin B1 on maize grain as a function of different water activities. Lett Appl Microbiol. 1995 Apr;20(4):247-51.
2. Choi, H. S., K. S. Kim, Y. A. Chae, C. Y. Yu and Youn Su Lee. 1997. Evaluation of genetic diversity of callus-derived plantlets of *Rehmannia glutinosa* using randomly amplified polymorphic DNA(RAPD). J. Agric. Development Research. 2:143-147.
3. Coddington, A., and Gould, D. S. 1992. Use of RFLPs to identify races of fungal pathogens. In: Techniques for the rapid detection of plant pathogens. Duncan, J. M. and Torrance, L. (Eds.) Blackwell Scientific, Oxford.
4. Dresler-Nurmi A, Terefework Z, Kaijalainen1 S, Lindstrom K, Hatakka A. Silver stained polyacrylamide gels and fluorescence-based automated capillary electrophoresis for detection of amplified fragment length polymorphism patterns obtained from white-rot fungi in the genus Trametes. J Microbiol Methods. 2000 Jul;41(2):161-72.
5. Fadl Allah EM. Occurrence and toxigenicity of Fusarium moniliforme from freshly harvested maize ears with special references to fumonisin production in Egypt. Mycopathologia. 1997-98;140(2):99-103.
6. ICGFI : Summary report on eleventh meeting of the international consultative group on food irradiation. Denpasar, Bali, Indonesia, 2-4 November (1994)
7. Kedera C.J., Plattner R.D.and Desjardins A.E. 1999. Incidence of *Fusarium* spp. and levels of fumonisin B1 in maize in western Kenya. Appl Environ Microbiol. Jan;65(1):41-4.
8. King, S. B., and Scott, G. E. 1981. Genotype differences in maze to kernel infection by *Fusarium moniliforme*. Phytopathology 71:1245-1247.
9. Lee, Y. S., C. H. Park, K. Y. Kang, and N. S. Kim. 1995. RAPD analyses using rapidly extracted genomic DNAs in plant species. Kor. J. Breeding

26:187-293.

10. Paran, I., and Michelmore, R. W. 1993. Development of reliable PCR-based markers linked to downy mildew resistance genes in lettuce. TAG 85:985-993.
11. Park S, Wong M, Marras SA, Cross EW, Kiehn TE, Chaturvedi V, Tyagi S, Perlin DS. Rapid identification of Candida dubliniensis using a species-specific molecular beacon. J Clin Microbiol. 2000 Aug;38(8):2829-36.
12. Pieter Vos, R. Hogers, M. Bleeker, M. Reijans, T. van de Lee, M. Hornes, A. Frijter, J.Pot, J. Peleman, M. Kuiper, and M. Zabeau. 1995. AFLP:a new technique for DNA fingerprinting. Nucleic Acids Research 23(21):4407-4414.
13. Reineke A, Karlovsky P. Simplified AFLP protocol: replacement of primer labeling by the incorporation of alpha-labeled nucleotides during PCR. Biotechniques. 2000 Apr;28(4):622-3.
14. Sambrook, J., Fritsch, E. F., and Maniatis, T. 1989. Molecular cloning: A laboratory manual. 2nd Ed. Coldspring Harbor, New York.
15. Thyssen A, Van Eygen S, Hauben L, Goris J, Swings J, Ollevier F. Application of AFLP for taxonomic and epidemiological studies of Photobacterium damselae subsp. piscicida. Int J Syst Evol Microbiol. 2000 May;50 Pt 3:1013-9.
16. Velluti A, Marin S, Bettucci L, Ramos AJ, Sanchis V. The effect of fungal competition on colonization of maize grain by Fusarium moniliforme, F. proliferatum and F. graminearum and on fumonisin B1 and zearalenone formation. Int J Food Microbiol. 2000 Jul 25;59(1-2):59-66.
17. WHO : Wholesomeness of irradiated food. Report of a joint FAO/IAEA/WHO Expert Committee. Technical Report Series-659, 34 (1981)
18. Williams, J. G. K., Hanafey, M. K., Rafalski, J. A., and Tingey, S. V. 1993. Genetic analysis using random amplified polymorphic DNA markers. In: Methods in Enzymology. Vol. 218. Wu, R. (Eds.) Academic Press, San Diego, pp. 7-4-740.

19. **최혜선**, **김경수**, **정천순**, **이윤수**. 1997. **머스크 멜론과 그 교배종의** RAPD**를 통한 유전적 다변성 구명**. **농촌개발연구** 2:133- 141.

20. **김경수**, **최혜선**, **임태헌**, **장태현**, **정봉구**, **김명조**, **이윤수**. 1997. **단감나무 둥근갈색 무늬병균** *Pestalotiopsis***의** RAPD**를 통한 유전다양성 분석**. **한국식물병리학회지** 13(5):311- 316.

21. **김경수**, **최혜선**, **이민웅**, **심재욱**, **이윤수**. 1997. *Cordyceps* species **를 포함한 곤충 기생성균의** RAPD**를 이용한 유전적 관계분석**. **농업과학연구** 8:23- 28.

국내산 찰옥수수의 전처리 공정 및 가공특성 연구

2000. 11. 07

위탁연구기관명 : 한국식품개발연구원

위탁연구책임자 : 금 준 석

연　구　원 : 이 상 효

연　구　원 : 하 태 열

연　구　원 : 박 광 장

제 4 장 국내산 옥수수의 전처리 공정 및 유통기간 연장에 관한 연구

제 1 절 서 설

국내 옥수수의 재배 면적 및 총 생산량의 변화는 1984년에 133,400톤을 생산하였고 1994년에 88,578톤으로 감소하였으나 현재는 다소 증가하는 추세를 나타내고 있어 큰 변화는 나타내지 않고 있다. 이중 강원도에서 생산되는 비율은 약 63%정도로 대부분을 차지하고 있다. 그러나 국내 생산량은 약 73천톤 정도이나 수입량은 6,000천톤 정도를 수입하고 있어 국내 생산량은 매우 미비한 실정이다. 수입 옥수수 중 70%이상이 사료로 이용되며 가공용과 식용으로 이용되는 옥수수는 전분, 기름, 주정 및 냉동 옥수수 형태로 주로 이용되고 있다. 옥수수의 주성분은 건조 후 분말화 한 경우 대부분이 녹말이며 포도당이 일부 함유되어 잇고 단백질 함량은 10%정도로 아미노산 구성 성분을 보면 트레오닌 과 황 함유 아미노산의 함유가 높은 대신 곡류 단백질에서 중요한 라이신과 트립토판의 필수아미노산이 적어 단백가가 다소 낮은 값을 가지고 있다. 그러나 지방성분은 2% 정도로 주로 씨눈에 존재하며 불포화지방산의 함량이 높아 동맥경화 치료와 예방에 우수한 효과가 있는 것으로 나타났고 필수지방산의 함량도 높아 우수한 지질 식품으로 알려져 있다. 또한 신경조직 및 피부의 노화, 건조, 습진에 좋은 레시틴과 비타민 E 함량이 다른 곡물에 비해 많이 함유되어있다.

옥수수 가공 공정에서 큰 특징은 구성성분의 대부분을 차지하는 전분의 구조적 특성에 있으며 전분의 호화 및 노화의 차이를 규명하는 것이다. 국내산 옥수수는 수확시기가 한정되어 있고 특히 가공용 옥수수는 생리적 변화가 왕성한 유숙기에 수확되므로 수확 후에도 호흡작용에 의해 종실종의 성분변화가 계속되어 식미가 급속히 저하된다. 따라서 옥수수는 수확 후 신속히 가공처리 하거나 전처리 과정을 거처 장기간 저장할 수 있는 방법이 필요하다. 그러나 옥수수의 저장, 가공과 관련된 연구는 대부분이 미국을 중심으로 수행된 것으로 국내산 옥수수의 저장, 가공특성과 관련된 연구는 매우 미비한 실정이다. 따라서 본 연구에서는 국내산 옥수수를 이용하여 수확 후 전처리 과정에 따른 가공적성을 파악하고 국내산 옥수수를 이용한 가공제품 개발한

연구를 수행하고자 하였다.

제 2 절 연구내용 및 방법

1. 재료

실험에 사용한 시료는 국내(강원도)에서 재배된 옥수수를 구입하여 냉동실(-20℃)에 보관하면서 실험에 사용하였다.

2. 전처리방법

옥수수의 전처리 방법은 자체 제작한 마이크로파 건조기를 이용하여 2450 MHz 주파수를 사용하였다. 전처리방법은 1분 전처리-2분 정지(1분 power on, 2분 power off- pulse microwave)를 반복하는 방법과 연속적으로 전처리하는 방법으로 수분함량 20% 미만이 되도록 하였다. 전처리의 마이크로파 동작은 마이크로파만 동작하는 방법, 마이크로파 열풍, 마이크로파 진공의 3가지 방법을 이용하였으며 각 동작 방법에 따라 0.25 Watt/g, 0.50 Watt/g, 0.75Watt/g의 전처리 양을 달리하여 실험하였다.

3. 일반성분

수분함량은 105℃ 상압가열건조법으로 측정하였으며 단백질은 Kjeldahl법으로 측정하였으며 조지방은 Soxhlet법으로 분석하였다. 색도는 Color & Color Difference Meter, (Yasuda, Japan)를 사용하여 측정하였다.

4. 유전상수

수삼의 유전상수는 open-ended coaxial probe 법(5)으로 300 MHz 3 GHz 범위에서 load/air/short방법을 이용하여 장비 보정을 한 network analyzer(Hewlett packard, HP8753C), S-parameter test set(Hewlett packard, HP85046A) 및 Dielectric Probe kit(Hewlett packard, HP85070A)를 이용하여 측정하였으며 침투깊이는 (1)의 식(ϵ)에 의하여 계산하였다.

$$d_p = \frac{\lambda}{2\pi}\sqrt{\frac{1}{2\varepsilon'\left(\sqrt{1 + (\varepsilon''/\varepsilon')^2} - 1\right)}} \quad ------ (1)$$

여기서 dp : 침투깊이(penetration depth), λ : 12.2 cm (2450 MHz), ε' : 유전상수 (dielectric constant), ε'' : loss factor(유전손실계수)를 나타낸다

5. 조직감 측정

시료를 알루미늄 용기에 담아서 Texture analyser (Model TX XT2, Stable Micro Systems)를 사용하였으며 이때의 측정 조건은 Test type : Texture profile analysis, Measuring type : Measuring force in compression, Deformation ratio : 30.0%, Plunger type : Cylindrical type ϕ 6mm, Sample size : ϕ 60mm X 20mm, Speed : 0.5 mm/s로 하여 조직감을 측정하였다.

6. 호화특성

호화특성은 Brabender amylograph(model 800200, West Germany)를 이용하여 옥수수를cyclotec(1093 sample mill)을 사용 분쇄한 후 최대분포도인 80mesh - 100mesh의 것을 사별하여 시료농도 8%에서 측정하였다.

7. 유동특성

유동특성은 원통형 점도계인 HAAKE Rotovisco Viscometer(Model RV20)로 MVIP cup과 MV-bob를 사용하여 유동 특성을 분석하였다.

8. 광투과도

무기질 분석은 ICP(Inductively Coupled Plasma)ASE(Atomic Emission Spectrometer)에 주입하여 무기성분을 분석하였으며 분석조건은 다음과 같다.
Spectrophometer : Jobin Yvon model JY 38 Plus, Nebulizer : Glass concentric, Frequency : 40.68MHz, Power : 1Kw, Cooling gas : 14L/min, Aerosol flow rate : 0.3L/min, Sheath gas : 0.3~0.6L/min

9. 수분흡수지수(WAI) 및 수분용해도지수(WSI)

Anderson의 방법을 변형시켜 시료 2g을 30ml의 증류수와 혼합하여 원심분리기에서 분산시키고 실온에서 1 시간 방치한 다음 1500g에서 10분간 원심분리하여 고형분량을 WSI로 산출하였다.

10. 청값 및 Gel consistency

청값은 Gilbert의 방법으로 측정하였으며 겔강도는 Caganpang 등의 방법으로 측정하였다.

11. 관능검사

죽의 물성 변화 및 품질 변화를 알아보기 위하여 차이 특별 검사로 색, 입안에서의 촉감, 산미, 점도, 종합적 기호도 등을 훈련된 관능평가요원 20명을 대상 평가하게 하였다. 관능검사의 결과는 SAS 통계 프로그램을 이용하여 최소 유의차 검정을 실시하여 처리하였다.

12. 점도

점조도 측정은 측정온도를 25℃로 고정하고 Bostwich_viscometer를 사용하여 수평

으로 놓인 직사각형의 용기에 한 쪽을 격자로 막고 시료를 50㎎씩 담아 격자를 순간적으로 들어 올렸을 때부터 일정시간(30초) 동안 진행된 거리를 측정하였다.

13. 고형분 함량의 측정

여러 가지 조건의 죽을 제조한 다음 각각 3g씩 취하여 상압 오븐에서 48시간 동안 수분을 완전히 건조시킨 다음 무게를 측정하여 고형분의 함량을 나타내었다.

14. pH

pH는 pH meter를 사용하여 저장 기간 중의 pH변화를 경시적으로 측정하였다.

15. Soluble 아밀로오즈 함량

아밀로오즈의 정량은 Sowbhagy와 Bhattacharya 의 방법을 참조하여 실시하였다. 죽 시료 1g을 취한 다음 95%에탄올 1㎖와 1N NaOH 9㎖을 가한 후 10분 동안 중탕가열 하였다. 이를 식힌 다음 100㎖로 정용하고 다시 5㎖을 취하여 1N 아세트산 1㎖와 (0.2%) Iodine 2㎖을 넣어준 후 100㎖로 정용하고 20분간 방치한 후 620nm에서 흡광도를 측정(3회)하였다.

제 3 절 결과 및 고찰

실험에 사용한 옥수수의 일반 성분은 Table 1과 같다. 옥수수의 초기 수분함량은 54.6% 이었다. 국내산 옥수수의 유전특성은 마이크로파 건조시 건조 특성을 파악하는데 필요하며 유전특성에 영향을 미치는 인자는 수분함량, 온도, 구성성분 등이 있으며 그 중에서도 수분함량은 유전특성에 직접적인 영향을 나타낸다. 따라서 주파수 2450 MHz에서 수분함량에 따라 측정한 결과, 수분함량이 증가함에 따라 유전상수 값은 증가하였으나 유전손실계수는 수분함량에 따라서 거의 일정한 값을 나타내었다. 이는

일반적으로 과채류가 가지는 수분함량에 따라서 유전상수가 비례적으로 증가하는 것과 같은 경향을 보여주었다. 옥수수의 수분함량에 따른 침투깊이는 수분함량이 증가함에 따라서 약간의 증가를 나타내었다. 침투깊이는 마이크로파가 1/e로 감소되는 거리로서 마이크로파 가열양상을 나타내는 중요한 인자이며 일반적으로 주파수가 증가함에 따라, 즉 915MHz에서 2450MHz로 증가함에 따라 침투깊이는 감소한다. 따라서 옥수수를 건조하는 가공단계에서는 침투깊이에 따라서 직경을 고려해야 한다고 판단된다. 온도변화에 따른 유전특성을 측정한 결과, 온도 증가에 인해서 유전손실 값과 침투깊이는 수분함량의 증가와 같은 결과를 나타내었다. 온도가 상승함에 따라서 옥수수의 내부에 있는 수분과 전분의 결합구조에 호화가 일어나면서 변화가 일어난 것으로 생각된다. 따라서 마이크로파를 이용하여 수삼을 건조하는 경우 마이크로파의 출력과 가공시간을 적절히 조절해야 한다고 생각된다.

연속적인 마이크로파 전처리 방법과 pulse 마이크로파 전처리 방법의 차이는 연속적인 방법이 전처리 속도는 매우 빠르나 색도 변화에서 L값이 증가하는 경향으로 나타났으며, 마이크로파 진공 전처리 방법이 색도 변화가 적은 것으로 나타났다 마이크로파, 마이크로파/열풍, 마이크로파 진공 전처리의 출력 및 시간 당 전처리 속도는 출력이 높을수록 수분증발이 빠르게 나타났으며 마이크로파만 사용한 전처리 방법이 수분증발이 빠르게 나타났다. 전처리 방법에 따른 조직감 변화는 마이크로파 열풍 방법이 가장 높은 경도를 나타내었으며 연속적인 마이크로파 전처리 방법이 pulse 마이크로파 전처리 방법에 비해 경도 값이 높음을 나타내었다. 그러나 마이크로파 진공 전처리에서는 각 출력 및 전처리 방법 간의 차이가 크지 않았다. 마이크로파 전처리 후 옥수수가루의 호화 특성을 측정한 결과 각 처리구간에 공히 출력이 높아질수록 최대점도는 감소하는 경향을 나타내었으며 연속적인 처리 공정이 pulse 공정보다 낮은 값을 나타내었다. 마이크로파 열풍 전처리 방법이 가장 낮은 최대점도를 나타내었다. 그러나 노화정도를 나타내는 setback값은 가장 낮은 값을 나타내었다. 옥수수전분의 특성을 살펴보기 위해 전분을 추출한 후 마이크로파로 전처리하여 품질 특성을 검토한 결과 대조구에 비해 L값은 감소하였으나 a 및 b값은 증가하였다. 또한 수분흡수지수 및 수분용해지수 값도 증가하여 가공적성이 우수한 것으로 나타났다. 찬물에 녹는 정도도 대조구에 비해 증가하여 이용 가능성이 매우 높은 것으로 나타났다. 온도변화에 따른 광투과도를 측정한 결과 70℃에서 급격히 증가하여 가공 시 온도변화에 관한 연

구가 앞으로 진행되어야 한다고 사료된다. 그러나 전단속도 및 농도에 의한 영향은 크지 않은 것으로 나타났다. 전처리한 옥수수시료를 가지고 옥수수 죽을 제조하여 품질 특성을 검토한 결과 고형분 함량, pH, 점도, 및 색도는 대조구에 비해 큰 차이를 나타내지 않았으며 관능검사 결과 대조구에 비해 종합적 기호도 결과가 높은 것으로 나타났으며 가장 큰 이유는 죽 제조 후 마이크로 전처리 시료는 층 분리 및 외관적인 면에서 대조구에 비해 매우 우수한 것으로 나타났다.

Table 1. 원료 옥수수의 일반 성분 분석

	수분	단백질	지방	회분
함량	54.6%	10.7%	5.9%	1.8%

Table 2. 국내산 옥수수의 수분함량에 따른 유전 특성

Moisture content(%)	Dielectric constant	Loss factor	Penentration depth(cm)
30	16.4	12.6	1.73
35	20.3	13.1	1.82
40	24.3	13.5	1.89
45	31.1	14.2	1.94
50	34.5	14.8	2.14
55	39.8	15.3	2.21

Table 3. 국내산 옥수수의 온도에 따른 유전 특성

Temperature (℃)	Dielectric constant	Loss factor	Penentration depth(cm)
20	36.2	13.2	2.2
40	38.3	16.4	2.1
60	39.4	17.1	1.8
80	40.2	17.2	1.7

1)moisture content= 55.0%

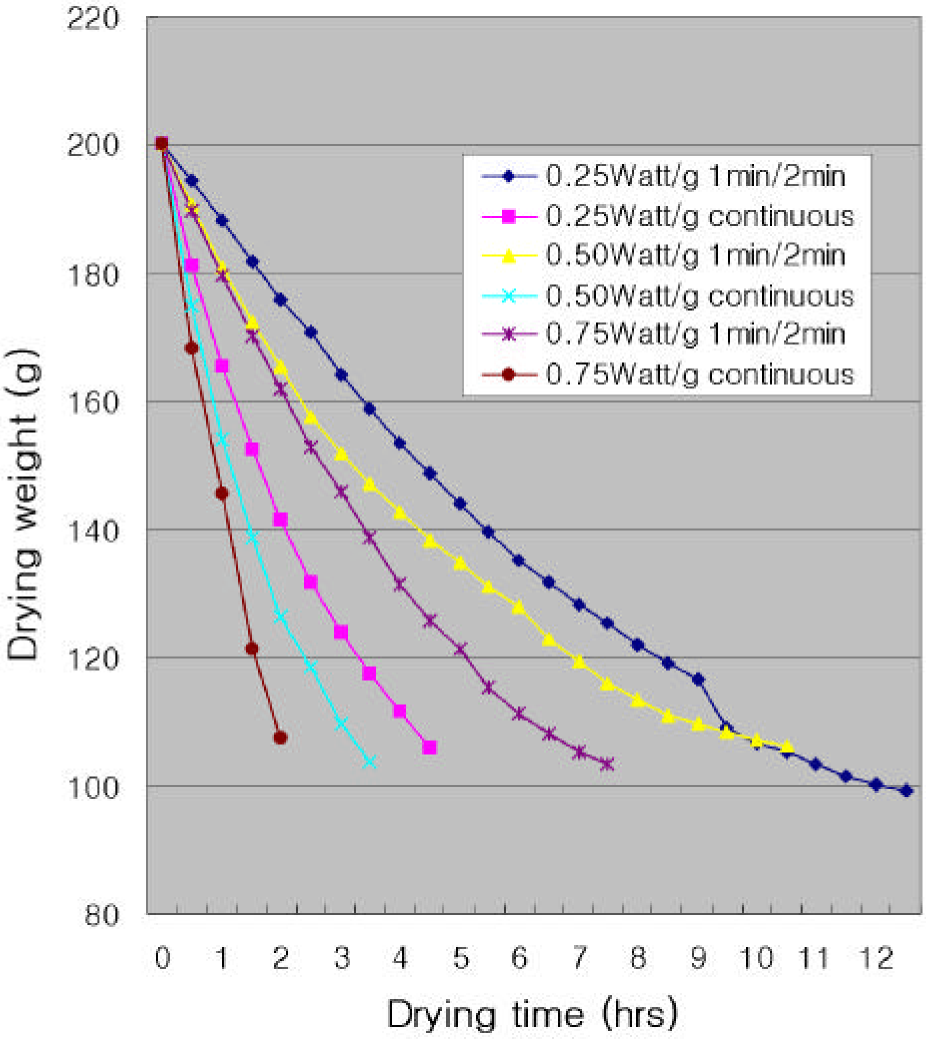


Fig. 1. **마이크로파를 이용하여 건조한 옥수수의 무게 변화**

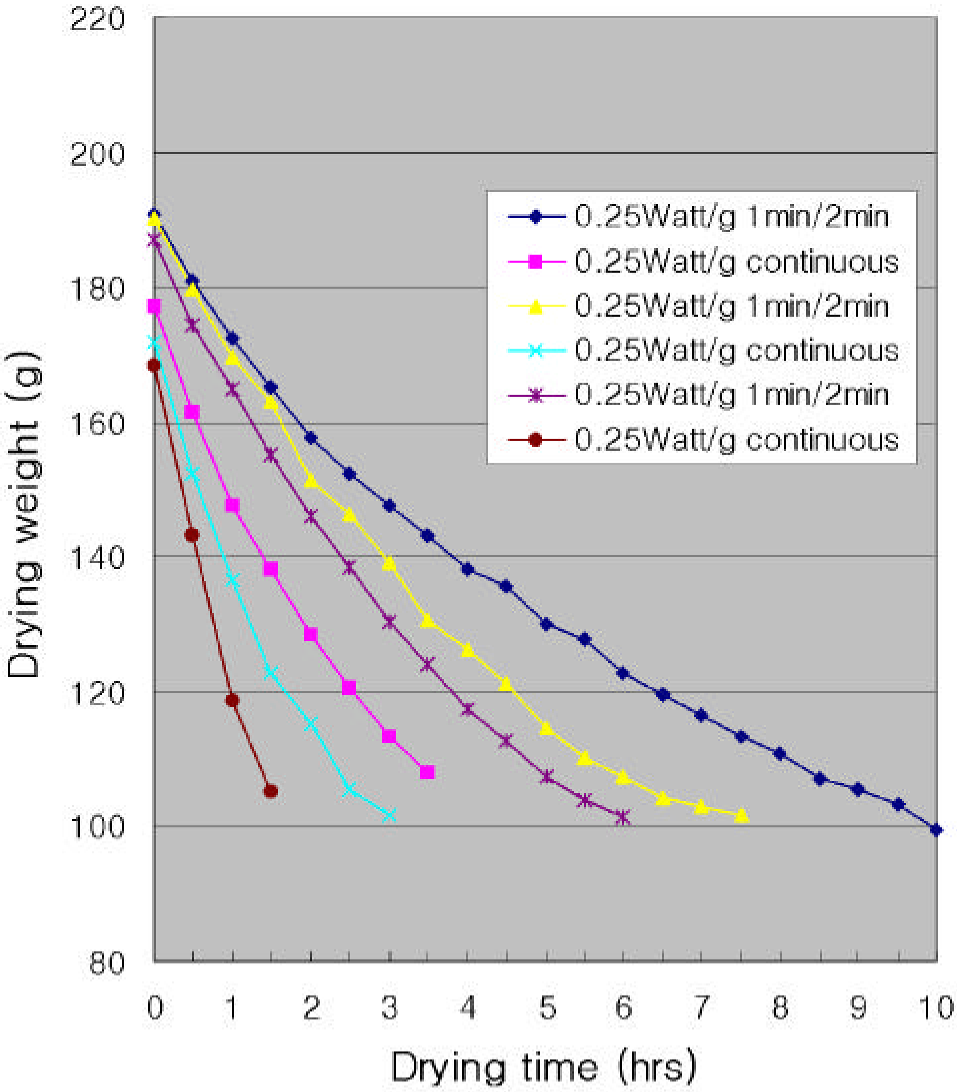


Fig. 2. **마이크로파와 진공을 병행하여 건조한 옥수수의 무게 변화**

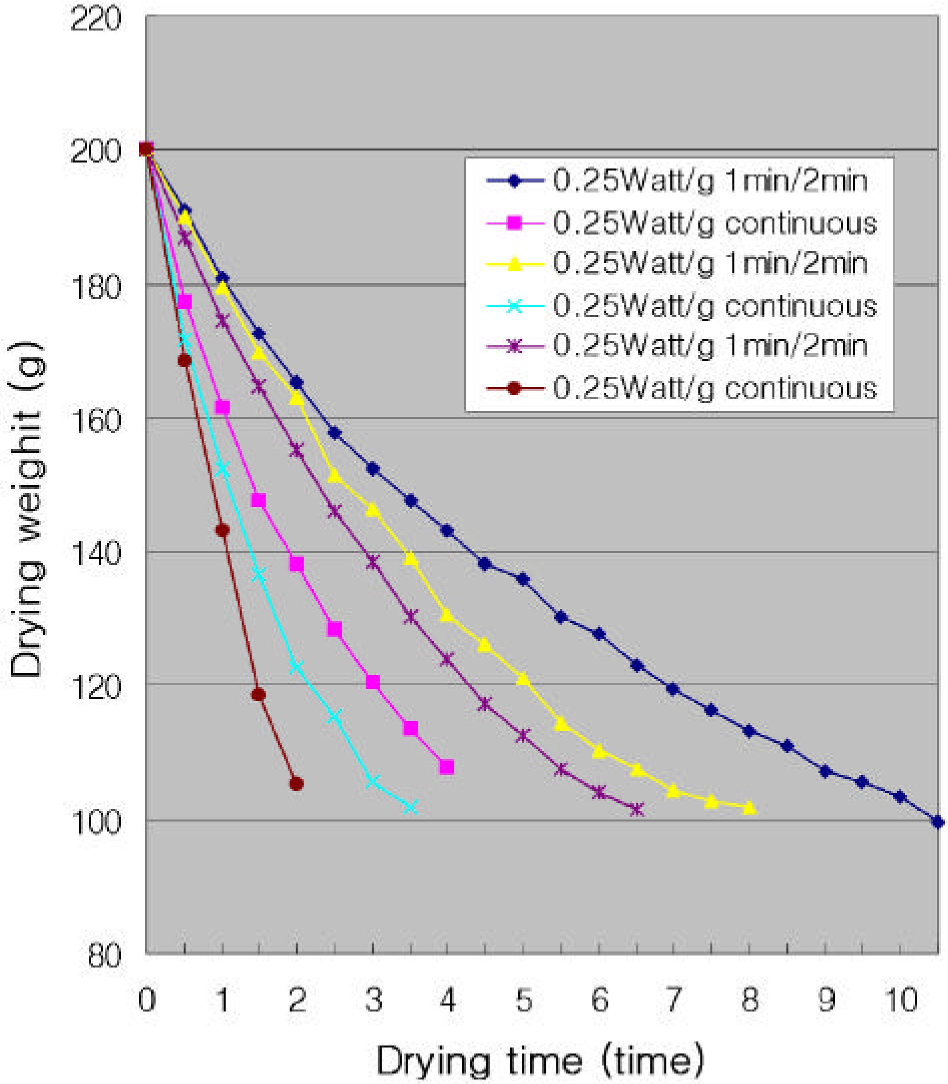


Fig. 3. **마이크로파와 열풍을 병행하여 건조한 옥수수의 무게 변화**

Table 4. **마이크로파 건조에 따라 증발되는 수분의 양**(g)

처 리 조 건	0.25 Watt/g 1분 작동 2분 정지	0.25 Watt/g 연 속	0.50 Watt/g 1분 작동 2분 정지	0.50 Watt/g 연 속	0.75 Watt/g 1분 작동 2분 정지	0.75 Watt/g 연 속
30분	5.5	18.8	9.2	25.2	10.1	31.6
1시간	11.8	34.5	19.1	45.9	20.2	54.3
1시간 30분	18.2	47.6	27.5	61.4	29.8	78.8
2시간	24.0	58.4	34.6	73.7	37.9	92.5
2시간 30분	29.2	68.4	42.6	81.5	47.2	
3시간	35.7	76.0	48.0	90.5	53.9	
3시간 30분	41.3	82.6	52.9	96.4	61.4	
4시간	46.4	88.5	57.3		68.6	
4시간 30분	51.3	94.0	61.7		74.1	
5시간	56.0		65.2		78.8	
5시간 30분	60.3		68.9		84.6	
6시간	64.9		72.2		88.7	
6시간 30분	68.4		77.1		91.9	
7시간	71.6		80.5		94.6	
7시간 30분	74.7		83.9		96.6	
8시간	78.1		86.7			
8시간 30분	80.9		89.1			
9시간	83.5		90.3			
9시간 30분	91.0		91.7			
10시간	93.3		92.8			
10시간 30분	94.7		93.8			
11시간	96.7					
11시간 30분	98.6					
12시간	99.9					
12시간30분	100.8					

건조되는 시료양은 200g**으로 고정**.

Table 5. 마이크로파와 진공 건조에 따라 증발되는 수분의 양(g)

처 리 조 건	0.25 Watt/g 1분 작동 2분 정지	0.25 Watt/g 연 속	0.50 Watt/g 1분 작동 2분 정지	0.50 Watt/g 연 속	0.75 Watt/g 1분 작동 2분 정지	0.75 Watt/g 연 속
30분	3.5	16.8	8.2	22.2	8.1	29.6
1시간	9.8	32.5	19.1	42.9	18.1	50.3
1시간 30분	16.2	45.7	26.5	58.4	27.8	72.8
2시간	22	56.2	33.6	70.7	35.9	86.8
2시간 30분	27.2	66.5	41.6	78.5	44.2	93.2
3시간	33.7	73.8	47.0	86.5	51.4	
3시간 30분	39.7	80.5	51.8	92.9	58.4	
4시간	44.4	85.7	56.3	95.4	66.6	
4시간 30분	49.3	89.4	60.7	96.8	72.1	
5시간	54.0	92.5	64.2		76.8	
5시간 30분	58.3	95.8	67.9		82.6	
6시간	62.9		71.2		86.7	
6시간 30분	66.4		16.1		89.9	
7시간	69.6		19.5		91.1	
7시간 30분	72.1		82.9		92.6	
8시간	76.9		85.7		94.6	
8시간 30분	81.5		88.1		95.4	
9시간	83.5		89.3		96.4	
9시간 30분	85.2		90.7			
10시간	86.9		91.8			
10시간 30분	88.4		92.8			
11시간	90.2		93.7			
11시간 30분	91.3		94.2			
12시간	92.7		94.7			
12시간 30분	94.7					
13시간	96.6					
13시간 30분	97.5					
14시간	98.4					
14시간 30분	100.2					
15시간	101.0					

건조되는 시료양은 200g으로 고정.

Table 6. 마이크로파와 열풍 건조에 따라 증발되는 수분의 양(g)

처 리 조 건	0.25 Watt/g 1분 작동 2분 정지	0.25 Watt/g 연 속	0.50 Watt/g 1분 작동 2분 정지	0.50 Watt/g 연 속	0.75 Watt/g 1분 작동 2분 정지	0.75 Watt/g 연 속
30분	9.2	22.8	10.0	28.2	13.1	31.5
1시간	19.1	38.5	20.4	47.6	25.5	56.8
1시간 30분	27.5	52.4	30.2	63.3	35.2	81.4
2시간	34.7	61.9	37.0	77.2	44.9	94.7
2시간 30분	42.2	71.5	48.6	84.7	53.8	
3시간	47.7	79.5	53.6	94.5	61.5	
3시간 30분	52.4	86.6	60.8	98.3	69.8	
4시간	56.8	92.1	69.5		76.1	
4시간 30분	61.7		73.9		82.7	
5시간	64.2		78.8		92.5	
5시간 30분	69.9		85.4		96.1	
6시간	72.2		89.8		98.6	
6시간 30분	77.1		92.5			
7시간	80.5		95.8			
7시간 30분	83.5		97.1			
8시간	86.7		98.2			
8시간 30분	89.1					
9시간	92.9					
9시간 30분	94.4					
10시간	96.7					
10시간30분	100.4					

건조되는 시료양은 200g으로 고정.

Table 7. 마이크로파 건조 조건에 따른 옥수수의 색도 변화

건 조 조 건	L	a	b
옥 수 수 시 료	59.84[1)]±0.64b	0.44±0.28f	18.56±0.46d
대 조 구 (자연건조, 48시간)	64.12±0.52a	1.00±0.32ef	19.60±0.62c
0.25 Watt/g 1분 작동 2분 정지	60.46±1.26b	1.51±0.23ce	19.96±0.58bc
0.25 Watt/g 연속	56.52±2.29c	2.01±0.47cd	19.58±0.31c
0.50 Watt/g 1분 작동 2분 정지	57.00±0.89c	2.71±0.22b	20.62±0.77ab
0.50 Watt/g 연속	45.38±3.87d	4.02±0.96a	16.26±0.51e
0.75 Watt/g 1분 작동 2분 정지	59.04±1.15bc	2.54±0.42bc	21.10±0.19a
0.75 Watt/g 연속	44.66±2.72d	4.34±0.31a	16.74±0.81e

1) Mean±S.D α=0.05

Table 8. 마이크로파 진공 건조 조건에 따른 옥수수의 색도 변화

건 조 조 건	L	a	b
옥 수 수 시 료	59.84	0.44	18.56
대 조 구 (자연건조, 48시간)	64.12	1.00	19.60
0.25 Watt/g 1분 작동 2분 정지	61.32	1.49	20.41
0.25 Watt/g 연속	58.92	1.89	19.23
0.50 Watt/g 1분 작동 2분 정지	60.44	1.54	21.37
0.50 Watt/g 연속	56.85	2.42	19.58
0.75 Watt/g 1분 작동 2분 정지	60.17	1.62	21.94
0.75 Watt/g 연속	54.64	2.67	19.11

Table 9. 마이크로파 열풍 건조 조건에 따른 옥수수의 색도 변화

건 조 조 건	L	a	b
옥 수 수 시 료	59.84	0.44	18.56
대 조 구 (자연건조, 48시간)	64.12	1.00	19.60
0.25 Watt/g 1분 작동 2분 정지	54.74	2.53	19.47
0.25 Watt/g 연 속	45.35	2.82	20.17
0.50 Watt/g 1분 작동 2분 정지	53.21	3.13	21.22
0.50 Watt/g 연 속	41.11	4.79	20.83
0.75 Watt/g 1분 작동 2분 정지	51.64	3.29	22.15
0.75 Watt/g 연 속	40.32	5.24	20.46

Table 10. 마이크로파 건조 조건에 따른 옥수수의 조직감 변화

건 조 조 건	Hardness	Cohesiveness	Springness	Chewiness
0.25 Watt/g 1분 작동 2분 정지	690.4	0.4	0.7	352.8
0.25 Watt/g 연 속	754.6	0.3	0.7	302.1
0.50 Watt/g 1분 작동 2분 정지	743.3	0.3	0.6	341.7
0.50 Watt/g 연 속	800.7	0.3	0.5	278.2
0.75 Watt/g 1분 작동 2분 정지	827.4	0.3	0.6	294.8
0.75 Watt/g 연 속	894.2	0.3	0.5	252.3

Table 11. **마이크로파 진공 건조 조건에 따른 옥수수의 조직감 변화**

건 조 조 건	Hardness	Cohesiveness	Springness	Chewiness
0.25 Watt/g 1분 작동 2분 정지	496.8	0.5	0.8	380.4
0.25 Watt/g 연 속	527.3	0.5	0.8	352.2
0.50 Watt/g 1분 작동 2분 정지	543.1	0.4	0.8	373.5
0.50 Watt/g 연 속	584.9	0.4	0.7	347.9
0.75 Watt/g 1분 작동 2분 정지	672.4	0.4	0.8	368.8
0.75 Watt/g 연 속	721.5	0.4	0.7	319.6

Table 12. **마이크로파 열풍 건조 조건에 따른 옥수수의 조직감 변화**

건 조 조 건	Hardness	Cohesiveness	Springness	Chewiness
0.25 Watt/g 1분 작동 2분 정 지	789.3	0.3	0.6	301.8
0.25 Watt/g 연 속	797.2	0.3	0.5	259.3
0.50 Watt/g 1분 작동 2분 정지	814.9	0.3	0.5	260.4
0.50 Watt/g 연 속	872.8	0.3	0.5	224.6
0.75 Watt/g 1분 작동 2분 정 지	916.4	0.2	0.4	232.1
0.75 Watt/g 연 속	932.7	0.2	0.4	219.7

Table 13. **마이크로파 건조 조건에 따른 옥수수의 호화 특성**

건 조 조 건	A	B	C	D	E	F
0.25 Watt/g 1분 작동 2분 정 지	310	300	420	10	120	110
0.25 Watt/g 연 속	290	268	376	22	108	86
0.50 Watt/g 1분 작동 2분 정 지	300	274	412	26	138	112
0.50 Watt/g 연 속	276	240	351	36	111	75
0.75 Watt/g 1분 작동 2분 정 지	246	232	388	14	156	142
0.75 Watt/g 연 속	230	220	340	10	120	110

A: Maximum viscosity B: Viscosity at 95℃ C: Viscosity at 50℃
D: Breakdown E: Consistency F: Setback

Table 14. **마이크로파 진공 건조 조건에 따른 옥수수의 호화 특성**

건 조 조 건	A	B	C	D	E	F
0.25 Watt/g 1분 작동 2분 정 지	356	320	450	36	130	94
0.25 Watt/g 연 속	330	318	410	12	92	80
0.50 Watt/g 1분 작동 2분 정 지	324	316	438	8	122	114
0.50 Watt/g 연 속	310	310	400	0	90	90
0.75 Watt/g 1분 작동 2분 정 지	300	296	428	4	132	128
0.75 Watt/g 연 속	290	285	400	5	115	110

A: Maximum viscosity B: Viscosity at 95℃ C: Viscosity at 50℃
D: Breakdown E: Consistency F: Setback

Table 15. **마이크로파 열풍 건조 조건에 따른 옥수수의 호화 특성**

건 조 조 건	A	B	C	D	E	F
0.25 Watt/g 1분 작동 2분 정 지	356	320	450	36	130	94
0.25 Watt/g 연 속	330	318	410	12	92	80
0.50 Watt/g 1분 작동 2분 정 지	324	316	438	8	122	114
0.50 Watt/g 연 속	310	310	400	0	90	90
0.75 Watt/g 1분 작동 2분 정 지	300	296	428	4	132	128
0.75 Watt/g 연 속	290	285	400	5	115	110

A: Maximum viscosity B: Viscosity at 95℃ C: Viscosity at 50℃
D: Breakdown E: Consistency F: Setback

옥수수전분의 이화학적 특성

Table 16. **시료의 수분함량**(%)

시료	생전분	M1	M2
옥수수	12.7	10.5	10.3

Table 17. **단백질 함량**(%)

시료	단백질
옥수수	0.30

Table 18. 청 값

시료	청값 (O.D)
옥수수전분	2.40
LSD	0.05

Table 19. 색도 측정값

시 료	색 도		
	L	a	b
옥수수전분	96.6	0.01	2.56
옥수수전분M1	92.4	0.26	6.04
옥수수전분M2	90.5	0.24	4.30

Table 20. WAI 및 WSI 측정값

시 료	WAI (%)	WSI (%)
옥수수전분	115.80	0.02
옥수수전분M1	145.85	0.30
옥수수전분M2	173.80	0.60

Table 21. 찬물에 녹는 정도(CWS)의 측정값(%)

시 료	생전분	M1	M2
옥수수	0.40	0.83	0.99

Table 22. **시료의 무기질 함량**

무기질 (mg%)	**옥수수**	M1	M2
칼 슘	4.5	5.2	5.1
인	234.8	280.5	283.2
철	2.2	4.3	4.7
나트륨	3.2	3.2	3.5
칼륨	219.3	312.4	322.4

옥수수전분의 유동특성

Table 23. **온도변화에 따른 광투과도**(%)

시 료	Temperature (℃)				
	50	60	70	80	90
옥수수전분	4.5	4.0	2.9	1.8	3.8
옥수수전분M1	8.2	9.3	21.5	23.5	23.6
옥수수전분M2	8.5	10.2	21.8	24.2	26.8

Table 24. **전단속도 변화에 의한 유동특성**

시 료	Yield Stress(g/cm)		Flow Behavior(N)		Consistency	
	증 가	**감 소**	**증 가**	**감 소**	**증 가**	**감 소**
옥수수전분M1	3.44	1.18	- 0.08	- 0.10	0.11	0.25
옥수수전분M2	4.03	1.23	- 0.12	- 0.19	0.12	0.23

Table 25. 농도변화에 따른 Gel Consistency 측정값

시 료	Gel Consistency (㎝)	
	4.4% (wt/v)	6.6% (wt/v)
옥수수전분	16.5	12.2
옥수수전분M1	16.8	12.2
옥수수전분M2	15.5	12.2

옥수수가공제품의 관능 특성

Table 26. 저장시간별로 제조한 옥수수 통조림의 일반 성상

저장시간(hr) 일반성상	0	6	9	18	24	48	72	96
고형분 무게(g)	116.00	115.20	116.00	119.16	119.19	117.27	119.64	124.22
즙의 무게(g)	41.83	40.14	36.51	39.12	36.29	36.03	33.96	29.63
즙량(g)	41.00	39.20	35.80	38.00	35.00	35.00	33.00	29.00
즙액당도(。Bx)	14.2	13.5	13.0	12.6	13.0	12.9	12.9	13.10
즙액염도(%)	1.69	1.69	1.69	1.77	1.90	1.94	1.90	1.90

Table 27. 저장시간별로 제조한 옥수수 통조림의 경도

Storage time (hr)	0	6	9	18	24	48	72	96
Hardness of corn grain (㎏)	3.7	3.65	3.4	3.75	4.5	5.7	7.2	7.7

Table 28. 저장시간별로 제조한 옥수수 통조림의 관능검사

Storage time (hr)	0	6	9	18	24	48	72	96
Texture	6.4	6.1	6.5	5.7	7.15	4.8	4.5	4.9
Color	5.4	5.5	6.25	4.9	5.85	6.7	7.6	7.8

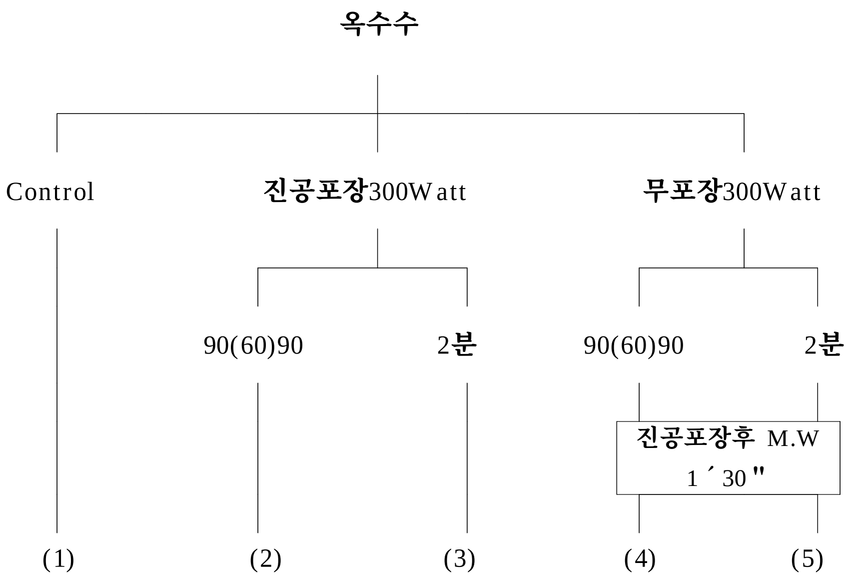
Table 29. **전처리에 따른 분말옥수수 죽의 관능검사**

항목	옥수수	M1	M2
외형	5.9	6.2	5.3
식감	4.9	5.3	4.8
향미	6.0	5.2	5.4
기호도	4.7	5.3	5.3

Table 30. **가수량에 따른 분말옥수수 죽의 관능검사**

항목	2배	3배	4배
식감	5.3	5.4	5.2
기호도	5.3	5.6	5.3

옥수수 죽의 전처리 조건



죽 제조시 배합비

재 료 명	첨 가 량㎖(g)
배 합 수(쌀의 9배)	1778㎖
멥쌀 : 찹쌀 (9:1)	198(178:20)g
부 재 료 (1%)	20g
정 재 염 (0.2%)	4g
합	2000㎖(g)

죽의 제조 모델

원료 쌀을 25℃에서 30분간 침지

↓

물기제거(10분) 후 계량

↓

시료에 따른 전처리(Microwave),

부재료 입자크기(Mixer-10sec),

혼합비율(주:부- 1:0.1),

층분리 방지 처리(찹쌀0.1%)

↓

가수량 별로 물첨가 (멥쌀함량의 9배)

↓

가열-약불(40분)

↓

방냉(약 30분)

Table. 31 **처리조건별 옥수수 죽의 초기 물성 측정 결과**

		Control	무포장 2분	무포장 90(60)90	포장 2분	포장 90(60)90
고형분함량(%)		12	12	12	12	12
pH		7.36	6.61	7.28	7.28	6.81
점도(㎝)		1.33	0.97	1.23	1.40	1.30
색도	L	111.79	113.66	113.30	112.07	110.77
	a	- 1.53	- 1.41	- 1.57	- 1.53	- 1.43
	b	5.31	4.88	7.22	6.15	6.61

Table. 32 **처리조건별 초기 옥수수 죽의 관능검사 결과**

기 호 도	Control	무포장2분	무포장90(60)90	포장2분	포장90(60)90
색	5.80±1.61b	6.20±1.32ab	6.80±1.47a	6.30±1.03ab	6.10±1.33ab
향	5.55±1.23na	5.80±1.32	5.60±1.47	5.80±1.32	6.00±1.26
점도	5.25±1.37na	5.80±1.44	5.45±1.32	6.05±1.64	5.05±1.57
조직감	5.25±1.25na	5.85±1.60	5.95±1.61	6.00±1.45	5.15±1.73
종합적	5.25±1.59na	5.70±1.38	5.95±1.43	5.85±1.39	5.25±1.48

Amylose

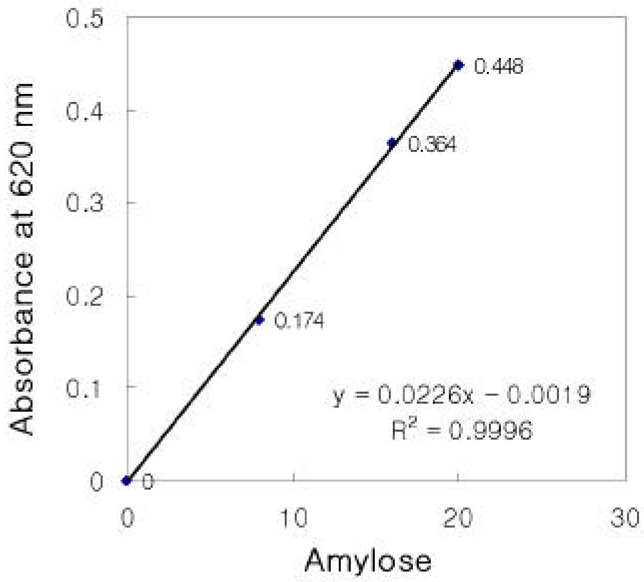


Fig. 4. **초기 옥수수 죽의 아밀로오스** Standard Curve

Table 33. **처리조건별 초기 옥수수 죽의 아밀로오스 함량**(%)

	Y(A620nm)	X	Amylose**함량**(%)at 620nm
Control	0.273	12.16	24.32
포장300Watt2**분**	0.276	12.30	24.60
포장300Watt90(60)90**초**	0.292	13.00	26.00
무포장300Watt2**분**	0.281	12.52	25.04
무포장300Watt90(60)90**초**	0.306	13.62	27.24

refre) X × 2 = 620nm**에서** Amylose **함량**(%)

Total sugar

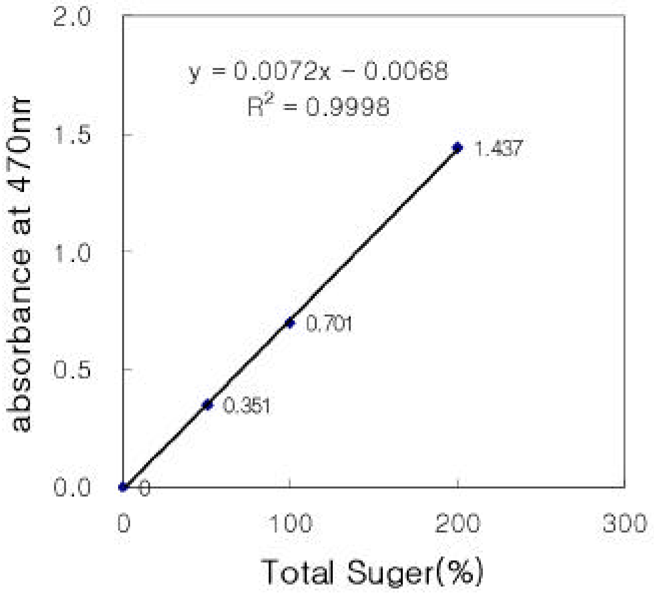


Fig. 5. 초기 옥수수 죽의 총당 Standard Curve

Table 34. 처리조건별 초기 옥수수 죽의 총당 함량(㎎%)

	Y (A470㎚)	X	mg%
Control	4.425	615.53	6.15
포장300Watt2분	4.423	615.25	6.15
포장300Watt90(60)90초	4.422	615.11	6.15
무포장300Watt2분	4.423	615.25	6.15
무포장300Watt90(60)90초	4.424	615.39	6.15

제 4 절 결 론

수분함량이 증가함에 따라 유전상수 값은 증가하였으나 유전손실계수는 수분함량에 따라서 거의 일정한 값을 나타내었다. 침투깊이는 수분함량이 증가함에 따라서 약간의 증가를 나타내었다. 마이크로파 진공 전처리 방법이 색도 변화가 적은 것으로 나타났다. 마이크로파 열풍 방법이 가장 높은 경도를 나타내었다. 마이크로파 전처리 후 옥수수가루의 호화 특성을 측정한 결과 각 처리구간에 공히 출력이 높아질수록 최대점도는 감소하는 경향을 나타내었으며 연속적인 처리 공정이 pulse 공정보다 낮은 값을 나타내었다. 마이크로파 열풍 전처리 방법이 가장 낮은 최대점도를 나타내었다. 전처리한 옥수수시료를 가지고 옥수수 죽을 제조하여 품질 특성을 검토한 결과 고형분 함량, pH, 점도, 및 색도는 대조구에 비해 큰 차이를 나타내지 않았으며 관능검사 결과 대조구에 비해 종합적 기호도 결과가 높은 것으로 나타났으며 가장 큰 이유는 죽 제조 후 마이크로 전처리 시료는 층 분리 및 외관적인 면에서 대조구에 비해 매우 우수한 것으로 나타났다.

[별첨] 관능검사 용지

● **제품명**: 옥수수 죽
● **시료번호** ______ ______ ______ ______ ______
● **부서-성명-연락처**: _______-_______-_______
● **날짜**: 2000년 월 일

먼저 입을 가신 후 제품에 대해 귀하의 느낌을 가장 잘 표현한 난에 표시해 주십시오.

1. 색

( ) ( ) ( ) ( ) ( ) ( ) ( ) ( ) ( )

대단히 나쁘다.	좋지도 나쁘지도 않다.	대단히 좋다.

2. 향미

( ) ( ) ( ) ( ) ( ) ( ) ( ) ( ) ( )

대단히 나쁘다.	좋지도 나쁘지도 않다.	대단히 좋다.

3. 점도(되거나 묽은 정도)

( ) ( ) ( ) ( ) ( ) ( ) ( ) ( ) ( )

대단히 나쁘다.	좋지도 나쁘지도 않다.	대단히 좋다.

4. 조직감

( ) ( ) ( ) ( ) ( ) ( ) ( ) ( ) ( )

대단히 나쁘다.	좋지도 나쁘지도 않다.	대단히 좋다.

5. 종합적 기호도

( ) ( ) ( ) ( ) ( ) ( ) ( ) ( ) ( )

대단히 나쁘다.	좋지도 나쁘지도 않다.	대단히 좋다.

☞의견:

제 5 절 참고문헌

1. **작물통계** : **농림수산부** (1994)
2. **상품으로서 옥수수에 관한 총정리** : **식품산업** (1993)
3. **승정자** : **계절기획- 풍부한 비타민** E**로 피부노화방지**, **식생활** (1985)
4. American Association of Cereal Chemists - Approved Methods of the AACC (1983)
5. **주현규**, **조규성**, **조광행**, **채수규**, **박충균**, **마상조** : **식품분석법** (1989)
6. Anderson, R.A. Cereal Chem. 59:265 (1982)
7. Cagampang, G.B., Perez, C.M., and Juliano, B.O. J Sci. Food agri. 24: 1589(1973)
8. Gilbert, G.G., and Spragg, S.P : Physical Analysis. 4: 168 (1963)

주 의

1. 이 보고서는 농림부에서 시행한 농림기술개발사업의 연구보고서입니다.
2. 이 보고서는 내용을 발표할 때에는 반드시 농림부에서 시행한 농림기술개발사업의 연구결과임을 밝혀야 합니다.
3. 국가과학기술 기밀유지에 필요한 내용은 대외적으로 발표 또는 공개하여서는 아니 됩니다.