최 종
연구보고서

배추의 조직감에 관여하는 인자의 동정과 이를 이용한 배추의 품질평가기술의 개발

Characterization of Factors Involved in Texture of the Tissues and Their Application to Quality Evaluation of Chinese Cabbage

연구기관
중 앙 대 학 교

농 림 부

농림부 도서실
0003996
9ㅂ
92-57

최 종
연구보고서

배추의 조직감에 관여하는 인자의 동정과 이를 이용한 배추의 품질평가기술의 개발

Characterization of Factors Involved in Texture of the Tissues and Their Application to Quality Evaluation of Chinese Cabbage

2002-57
농림부 자료실
등록번호: 0003996
등록일: 2002년 10월 15일
기증:

연구기관
중 앙 대 학 교

농 림 부

제 출 문

농림부 장관 귀하

본 보고서를 "배추의 조직감에 관여하는 인자의 동정과 이를 이용한 배추의 품질 평가기술의 개발"에 관한 연구과제의 최종보고서로 제출합니다.

2002. 8. .

주관연구기관 : 중앙대학교
총괄연구책임자 : 김 종 기
연 구 원 : 황 병 호
정 준 혁
이 정 용
장 은 정

요 약 문

I. 제 목

배추의 조직감에 관여하는 인자의 동정과 이를 이용한 배추의 품질 평가 기술의 개발

II. 연구개발의 목적 및 필요성

배추의 주된 이용 수단인 김치는 우리나라 전통식품중 국제적인 경쟁력이 가장 높아 수출금액이 최근 7,000 ~ 8,000 만불/년로 전체 채소 수출액의 40%를 상회하고 매년 증가추세에 있다. 최근에는 국제적으로 김치의 식품으로서의 우수성이 입증되면서 배추김치의 재료 및 종류의 표준화에 관한 연구가 진행되고 있으며, 또한 2001년 국제식품규격(CODEX)에 등록된바 있다. 국제식품규격에 의하면, 김치의 품질기준은 총산도, 염도, 색, 맛, 조직감(texture)으로 구성되어 있다. 이중에서도 김치의 조직감은 재료인 배추의 물성 특성에 크게 좌우되며, 부재료의 종류나 가공방법에 의해 다소 영향을 받는다고 한다. 그러나 배추의 조직감을 결정하는 인자가 무엇인지, 품종별 조직감의 차이 및 가공중 조직감의 변화에 대하여 연구된 바가 거의 없는 형편이다.

배추의 조직감은 품종에 따라 다르며, 동일한 품종이라도 재배지역의 토양이나 기후조건, 그리고 재배기술에 따라 상당히 다를 것으로 인식되어 왔다. 그러나 현재 배추를 가정이나 가공공장에서는 재료의 물성특성에 대한 과학적인 자료가 결여된 채, 시기에 따라 생산 출하되는 배추를 가공

이용하고 있는 형편이다. 이러한 배추를 품종의 구별없이 가공하였을 때는 배추의 품종뿐만 아니라 재배시기나 재배환경에 따라서도 산물의 품질이 크게 영향을 받아 품질이 일정한 김치를 만들지 못하고 있다. 예를 들면, 봄에 생산되는 배추는 육질이 상대적으로 연하여 김치를 담으면 쉽게 물러진다. 일본으로 수출되는 김치도 여름에는 쉽게 물러져 외국 구매자들이 기피하는 경향이 있다고 한다. 이러한 가공이나 가공후 저장중에 초래되는 조직감의 변화는 주로 배추 조직의 특성에 기인하는 것으로 세포벽의 조성 또는 구조변화가 가장 중요한 요인으로 사료되고 있으나, 구체적인 연구결과는 전혀 없다. 따라서 배추의 조직감을 결정하는 인자가 무엇인지를 구명하고, 이를 이용하여 품종간 조직감을 비교하여 배추의 품질평가 기술을 확립하고자 한다. 이러한 연구는 김치의 국제화에 필요한 재료의 특성을 제공하는 가치있는 작업이 될 것이며, 나아가 물성특성을 고려한 고품질 배추의 육성에도 매우 귀중한 자료로 활용할 수 있다.

Ⅲ. 연구개발 내용 및 범위

1. 연구개발 목표

본 과제에서는 배추의 조직감에 관여하는 인자를 구명하고, 이를 품종별, 재배환경에 의한 물성특성과 김치의 조직감과 비교하여 물성특성에 입각한 배추의 품질을 평가하는 기술을 개발하였다.

본 과제의 연구개발 목표는 다음과 같다.

- 배추의 조직 경도 측정 기술의 표준화
- 배추 품종별 물성 특성의 규명
- 배추 품질 평가 기술의 확립
- 품종별 배추와 김치의 물성관계 규명

2. 연구개발 내용

본 과제의 목표를 달성하기 위하여 단계적으로 2년에 걸쳐 연구를 수행하였다. 그 내용은 다음과 같다.

1년차

- 배추의 엽위별 수량 및 건물 지수의 비교
- 배추 엽위별 경도분포 및 물성특성의 분석
- 배추의 조직 경도측정 기술의 개발
- 배추의 세포벽의 함량 및 조성 분석
- 배추의 조직감에 영향하는 내생인자의 동정
- 재배시기별 배추의 조직감의 변화

2년차

- 배추 품종별 조직의 경도 측정
- 배추 품종별 세포벽의 조성 및 구조 비교
- 배추 조직의 경도와 세포벽 구성물질의 상관관계 규명
- 품종별 조직감에 영향하는 인자와 경도와의 상관관계 규명
- 배추 품종별 조직감 및 관능특성 평가
- 배추 조직감 변화 기작의 규명
- 품종별 배추 김치의 조직감 및 관능특성 측정
- 품종별 배추 김치의 성분 평가
- 배추의 조직특성과 김치가공적성의 상관관계구명

표. 배추의 실험 내용표.

재배시기	재배장소	공시재료	생육조사	경도(두께)	색도	당도	건물률	기타
2000 가을	중앙대학교 부속포장	16품종	생체중, 엽수 엽장, 엽폭	홀수엽	홀수엽	-	5개 엽을 취합하여 측정 (1,11,21,31,41번엽)	15품종 세포벽 함량분석, 8품종 세포벽 조성분석
2001 봄	중앙대학교 부속포장	15품종	생체중, 엽수 엽장, 엽폭	전체엽	전체엽	5개 엽을 취합하여 측정 (1,11,21,31,41번엽)	전체엽	-
2001 가을	중앙대학교 부속포장	4품종 (노랑봄, 강력여름, 불암, 대백채)	생체중, 엽수 엽장, 엽폭	홀수엽	-	외엽(5,7,9번엽)과 내엽(35,37,39번엽) 측정	짝수엽	불암 엽서별(2,4,20,22,38,40번엽) 세포벽함량, 전분함량 분석
		11품종	생체중, 엽수 엽장, 엽폭	11-20번 엽중 홀수엽 측정	-	외엽(5,7,9번엽)과 내엽(35,37,39번엽) 측정	11-20번 엽중 짝수엽	-
	재배지역별 ((주)홍농 종묘 조치원, 해남포장)	3품종 (불암, 노랑추석, CR-통일)	생체중, 엽수 엽장, 엽폭	홀수엽	-	외엽(5,7,9번엽)과 내엽(35,37,39번엽) 측정	짝수엽	-
2002 봄	중앙대학교 부속포장	5품종 (노랑봄, 고랭지여름, 불암, 동풍, 대백채)	생체중, 엽수 엽장, 엽폭	홀수엽	-	-	짝수엽	-
	재배방법별 (원예 연구소 부속포장)	3품종 (노랑봄, 고랭지여름, 불암)	생체중, 엽수 엽장, 엽폭	홀수엽	엽서별 매5엽마다 측정	엽서별 매5엽마다 측정	짝수엽	-

표. 김치의 실험 내용표.

재배시기	재배장소	공시재료	경도 (두께)	김치국물의 pH, 당도	관능실험
2000 가을	중앙대학교 부속포장	12품종	15일 저장후 포기의 반절 중 10엽 측정	경도측정시	15일 저장후 실시
2001 봄	중앙대학교 부속포장	15품종	15일 저장후 포기의 반절 중 10엽 측정	경도측정시	15일 저장후 실시
2001 가을	중앙대학교 부속포장	15품종 (노랑봄, 강력여름, 불암, 대백채)	15일 저장후 포기의 반절 중 10엽 측정	경도측정시	가공전 생배추 관능평가, 가공후 15일 저장후 김치 관능평가
	재배지역별 ((주)홍농종묘 조치원, 해남포장)	3품종 (불암, 노랑추석, CR-통일)	15일 저장후 포기의 반절 중 10엽 측정	경도측정시	가공전 생배추 관능평가, 가공후 15일 저장후 김치 관능평가
2002 봄	중앙대학교 부속포장	5품종 (노랑봄, 고랭지여름, 불암, 동풍, 대백채)	2주간 저장기간중 4회 측정 (포기의 반절 중 10엽)	저장기간중 2일 간격 10회 측정	2주간 저장후 실시
	재배방법별 (원예 연구소 부속포장)	3품종 (노랑봄, 고랭지여름, 불암)	2주간 저장기간중 4회 측정 (포기의 반절 중 10엽)	저장기간중 2일 간격 10회 측정	가공전 생배추 관능평가, 가공후 2주 저장후 김치 관능평가

Ⅳ. 연구개발 결과 및 활용에 대한 건의

1. 연구개발 결과

가. 배추의 품질평가를 위한 경도측정 기술의 표준화

배추의 중륵 부위의 경도는 측정방법과 부위에 따라 다른 양상을 보였는데, 실제 배추 조직을 씹었을 때의 저작감과 가장 유사한 경향을 보이는 probe를 선정하였고, 실제 현장에 적용하기 위하여 경도 측정 범위를 축소시킬 수 있음을 증명하였다. 배추 중륵 조직의 경도는 전체 포기중 매 5엽을 취하여(포기당 5-7매) 일정 크기의 시료로 절단 후 측정하여 Tissue Firmness = Max Peak Height(N)/Thickness of Tissue(mm)로 표시하였다. 즉 배추중륵의 경도는 씹었을때 느끼는 단위두께당 최고의 힘으로 나타났다.

나. 품종별 중륵의 조직감 특성

배추는 작형별로 봄, 여름, 가을, 월동, 남방계, 북방계의 16개 품종을 공시하여, 각각 엽위별 경도와 품종별 수량 및 건물 지수, 세포벽 함량, 세포벽 조성 분석을 실시하였다. 배추의 품종별 엽서와 중륵의 경도와의 관계를 직선회기방정식으로 나타내었을때, 품종간의 차이는 있으나 일반적으로 16개 품종 **모두 외엽에서 내엽으로 갈수록 증가하는 경향을 나타내었고**, 계통별 배추 중륵의 경도는 가을재배 계통이 봄, 여름 계통에 비해 경도가 높았다. 엽서에 따른 중륵의 두께를 직선회기방정식으로 나타내었을때, **엽서간 중륵의 엽두께는 모든 계통에서 내엽으로 갈수록 감소하였다.** 중륵조직의 경도는 건물율과 세포벽함량과 정의 상관이 있었으며, **경도가 높은 품종은 건물율이 높고, 세포벽함량이 많은 것을 알 수 있었다.** 또, **경도가 높은 품종은 세포벽의 구성요소인 펙틴의 주사슬 성분인 polyuronides 함량이 높았다**(r=0.58*). 가을재배한 '불암'의 엽서에 따

른 전분함량을 조사하였는데, **엽서에 따른 중륵의 전분함량은 내부 엽으로 갈수록 증가하였고, 중륵의 경도와 전분함량은 정의 상관관계가 있었다.**

다. 재배시기에 따른 중륵의 조직감 특성

배추 품종간의 재배시기에 따른 조직감 관련 인자의 변화를 규명하고자 봄작형으로 '노랑봄', 여름작형은 '강력여름', 가을작형은 '불암', 북방계통은 '대백채'를 공시하여, 봄과 가을에 표준경종법으로 재배, 수확하여 각각 중륵의 경도 및 건물중을 조사하였다. 배추 조직 경도는 봄과 가을의 재배시기에 관계없이 모든 품종에서 내부의 엽으로 갈수록 증가하였고, **봄에 재배한 배추 중륵의 경도가 가을 재배 배추의 경도보다 모든 품종에서 높게 나타났다.** '대백채'의 중륵 경도는 재배시기에 관계없이 공시 품종중 가장 높았고, '불암'과 '노랑봄'은 가을재배에서 봄재배보다 엽서간 경도차이가 적었다. **엽의 두께는 내엽으로 갈수록 감소하였고, 봄재배시 가을재배에 비하여 얇았다.** 엽서에 의한 중륵의 건물율을 직선회기방정식으로 나타내었을때, **중륵의 건물율은 재배시기에 관계없이 모든 품종에서 내부 엽으로 갈수록 증가하였고, 가을에 재배한 배추의 중륵 건물율이 봄재배 배추의 건물율보다 외엽과 내엽간의 건물율의 차이가 더 컸다.** 즉 가을 재배시 내엽으로 건물축적이 많이 이루어 지는 것으로 사료된다. 중륵의 경도와 건물율은 높은 정의 상관관계가 있었다($r=0.66^{**}\sim0.71^{**}$).

라. 재배방법에 따른 중륵의 조직감 특성

배추의 재배방법별 중륵의 조직감을 비교하기 위하여 작형별 품종을 공시, 토경재배와 양액재배에 따른 중륵의 경도, 엽서별 건물률, 엽신의 색도, 당도를 측정하여 상관관계를 구명하였다. 봄작형으로 '노랑봄', 여름작형은 '고랭지여름', 가을작형은 '불암'을 공시하여, 토경재배와 양액재배후 수확하여 실험에 이용하였다. **배추 조직 경도는 재배방법에 관계없이 모든 품종에서 내부의 엽으로 갈수록 증가하였고, 토경 재배한 배추 중륵의 경도가 양액 재배한 배**

추의 경도보다 모든 품종에서 높게 나타났다. 엽서간 경도차는 양액재배시 경도차이가 적은 것으로 나타났다. 엽서간 중륵의 두께는 재배방법에 관계없이 모든 품종에서 내부의 엽으로 갈수록 감소하였고, '노랑봄', '불암'은 토경재배에서 양액재배 보다 중륵의 두께가 얇은 것으로 나타났다. 엽서에 의한 중륵의 건물률은 재배방법에 관계없이 모든 품종에서 내부 엽으로 갈수록 증가하였고, 토경재배시의 중륵의 건물률이 양액재배보다 높았다. 또, 양액재배시 토경재배보다 엽서간 건물률의 차이가 많은 것으로 나타났고, 중륵의 경도와 건물률은 재배방법과 품종에 관계없이 정의 상관관계가 있었다. **엽서에 따른 중륵의 당도는 재배방법에 관계없이 모든 품종에서 내부 엽으로 갈수록 증가하였고, 양액재배시 토경재배 보다 엽서간 당도의 차이가 많은 것으로 나타났으며, 중륵의 경도와 당도는 재배방법과 품종에 관계없이 정의 상관관계가 있었다.**

마. 재배지역에 따른 중륵의 조직감 특성

배추의 재배지별 중륵의 조직감을 비교하기 위하여 가을에 '불암', '노랑추석', 'CR-통일'의 3품종을 공시, 재배하여 중륵의 경도 및 엽서별 건물률을 측정하여 상관관계를 조사하였다. 중부지방은 충북 청원군과 남부지방은 전남 해남군에서 표준경종법으로 재배, 수확하여 각각 중륵의 경도 및 건물중을 조사하였다. **배추 조직 경도는 재배지역에 관계없이 모든 품종에서 내부의 엽으로 갈수록 증가하였고, 남부지방에서 재배한 배추 중륵의 경도가 중부에서 재배한 배추의 경도보다 모든 품종에서 높게 나타났다.** 엽서간 경도차는 '불암'의 경우 재배지역에 관계없이 엽서간 경도차가 적었으며, '노랑추석'과 'CR-통일'은 남부지역 재배에서 엽서간 경도차이가 큰 것으로 나타났다. **엽서간 중륵의 두께는 재배지역에 관계없이 모든 품종에서 내부의 엽으로 갈수록 감소하였고, 모든 품종에서 중부지역의 재배시에 남부지역보다 엽서간 두께차이가 적었다.** 또, 건물함량은 재배지에 관계없이 모든품종에서 내엽으로 갈수록 증가하였고, '불암'은

엽서간 건물함량의 차이가 적었으며, 'CR-통일'이 다른 품종에 비하여 지역간에 외엽과 내엽의 건물함량 차이가 많은 것으로 나타났다.

바. 품종별 김치의 조직감 특성

재배 계통별 12개 품종을 김치로 가공하여 배추의 경도 측정 방법과 동일한 방법으로 경도를 측정한 결과, **내엽으로 갈수록 경도가 증가하는 배추의 경향과는 다르게 김치 가공 후 내엽으로 갈수록 경도는 감소하는 경향을 나타내었다.** 김치의 관능평가 결과, 가공전 배추의 경도와 가공후 아삭아삭한 맛은 고도의 상관이 있는 것으로 판단되었다. 김치 가공후 김치 국물의 pH는 모든 품종에서 가공후 4일까지 5.23~5.30으로 유지하다가, 4일이후 급격히 변화하여 2주후에는 3.83~4.20으로 감소하였고, 김치의 엽두께는 가공후 시간이 지날수록 점차 감소하였다. **김치의 경도는 가공후 일시 증가한 후에 점차 연화하는데, 가공전 배추의 경도는 김치의 연화속도와 부의 상관관계가 있었다. 즉 경도가 높은 배추는 가공후 저장중 더 빨리 물러지고, 경도가 낮은 배추는 저장중 천천히 물러졌다.**

사. 배추와 김치의 관능 비교

관능검사 항목중 전체적인 맛과 경도, 아삭아삭한 정도, 질긴정도 등을 나타낸 결과, 전체적인 맛은 '노랑봄', 'CR-싱싱', '대백채' 등의 품종이 높았고, 경도는 '대백채'와 '치힐리' 등이 높았다. **조직의 경도와 아삭아삭한 정도, 또 경도와 질긴 정도 간에는 상관관계가 있었다. 배추와 김치의 조직감 요소와 관능평가 항목과의 상관관계를 조사한 결과 경도와 건물률이 높고, 얇은 중륵을 가진 배추를 선호하였고, 단맛이 높고, 쓴맛이 적으며, 단단하고 아삭아삭한 배추를 선호하였다. 또 맛이 좋은 김치는 가공전 배추의 경도, 건물률과 정의 상관이 있었고, 가공전 배추와 김치의 저작감(씹힘성)인 단단한 정도, 아삭아삭한 정도는 가공전 배추의 경도, 건물률과 정의 상관이 있었다.**

표. 배추의 품질요인 비교평가표.

외적요인 / 공시재료 / 조사항목		품 종	재배시기	재배방법	재배지역
		작형별 16품종	작형별 5품종	작형별 3품종	가을작형 3품종
중륵의 경도		모든 품종 내엽으로 갈수록 증가	봄재배>가을재배	토경 > 양액	남부지방>중부지방
중륵의 두께		내엽으로 갈수록 감소	봄재배<가을재배	2품종, 토경 < 양액	외엽과 내엽간의 두께차 : 중부지방<남부지방
중륵의 건물율		내엽으로 갈수록 증가	외엽과 내엽간의 건물율차 : 가을재배>봄재배	토경 > 양액	2품종, 남부지방>중부지방
중륵의 당도		내엽으로 갈수록 증가	-	외엽과 내엽간의 당도차 : 양액 > 토경	-
비 고		경도∝세포벽 ∝펙틴	'대백채'의 경도가 가장 높음	'불암'의 경도가 가장 높음	'CR-통일'의 경도가 가장높음
김치의 조직감	중륵 경도	내엽으로 갈수록 감소	봄재배<가을재배	품종에 따라 다름	중부지방>남부지방
	중륵 두께	내엽으로 갈수록 감소	봄재배<가을재배	품종에 따라 다름	중부지방<남부지방
	관능 평가	김치 경도는 초기 증가후 감소, 대백채'의 경도가 가장 높음	재배시기에 따라 맛있는 품종이 다름	토경재배 김치가 더 맛있음	재배지역에 관계없이 '불암' 품종의 김치가 더 맛있음

2. 연구 성과 및 활용

가. 연구성과

o 배추의 조직경도 측정기술을 개발함

- 배추의 조직의 경도를 측정하는 것은 중륵조직의 하부위를 절취하여 인간의 악관절 구조를 연상케하는 Volodkevich bite jaw probe를 적용하는 것이 가장 효과적이었다.
- 중륵의 경도는 조직의 두께를 반드시 고려하여, 단위두께당 최대치로 표현하는 것이 가장 객관성이 높았다.
- 생산현장에서 배추의 조직감을 평가할 경우, 매 5엽마다 측정하면 충분하다.

o 품종별 조직경도 특성을 구명함

- 동일한 포기내에서는 내엽으로 갈수록 중륵의 두께가 얇아지고, 경도는 오히려 증가함
- 공시한 16 계통에서 내엽에서 외엽까지 경도분포는 품종간 차이는 있지만, 경향은 동일하게 나타남
- 엽서에 의한 중륵조직의 경도는 매우 급격하게 변하는 품종에서부터 거의 변하지 않는 계통으로 분류할 수 있었음

o 배추 중륵의 경도와 물성인자와의 상관관계

- 배추 중륵의 경도와 물성인자와는 건물함량($r=0.70^{**}$), 세포벽함량($r=0.58^{**}$), 펙틴함량($r=0.58^{*}$), 전분함량($r=0.79^{**}$), 당도($r=0.35^{**}$)으로 상관관계가 있었다.

o 배추조직의 특성과 김치가공후의 물성 특성과의 관계

- 배추 중륵의 경도는 내엽으로 갈수록 증가하지만, 김치를 담았을 때

에는 오히려 내엽으로 갈수록 조직의 경도가 감소하였으며, 공시된 12개 품종에서 동일한 경향이었음

- 김치의 조직이 아삭아삭함이 높을수록 전반적인 맛이 우수한 것으로 나타났음
- 원료배추와 김치가공후의 중륵 두께는 상관이 없었음
- 배추의 중륵의 경도는 김치 제조후 저장시 연화속도와 상관관계가 있는 것으로 나타남

나. 활용 범위

o 배추의 품종별 조직감의 특성을 구명하였고, 배추의 조직의 물성(texture) 측정 기술을 표준화함과 동시에 이를 품질평가의 지표로 활용이 가능함

o 배추의 조직감 측정기술은 배추품질 측정기술의 표준방법으로 정부 품질규격화 정책에 이용할 수 있음

o 표준화된 배추의 조직의 경도측정 방법은 향후 비파괴 배추 품질 측정 기술의 개발에 활용할 것임.

o 품종별 중륵 조직의 특성은 조직감(texture)에 입각한 고품질 배추의 육종을 위한 기초자료로 활용

o 배추의 조직특성과 김치가공후의 조직특성과의 관계는 품질이 일정한 김치 제조에 적용

SUMMARY

1. Introduction

Chinese cabbage is one of the most popular vegetables in north-east Asian countries, where people consume in a number of different food recipes, including a raw materials for 'Kimchi' and an ingredient for making various foods. Efforts in breeding chinese cabbage cultivars to accomodate different climate conditions have been tremendous. Therein, a number of commercial F_1 varieties are available to produce the head in spring, summer, fall and winter season. It is widely accepted that firmness of chinese cabbage plant is one of the most important quality criterion that is used to processing 'Kimchi'. In general , head of chinese cabbage plant consists of many leaves attached to a short stem and the order of leaf emergency is known to be 2/5.

It is generally accepted that tissue firmness is largely attributed to cell wall composition and structure, turgor pressure of the tissue, and reserve materials such as starch in the tissue. Much of the study supporting this theory have come from ripening fruits, such as tomato, kiwi and apples. In these fruits, loss in tissue firmness during ripening accomponies with hydrolysis of cell wall polysaccharides, which leads fruit to soften.

Change in firmness of tissues other than fruit has not been studied in detail although it serves an important factor in quality evaluation of the product. The objective of the present study was to determine textural characteristics of chinese cabbage and to compare them among cultivars, growing seasons, and cultural practices.

2. Results

1) Establishment of methods in measuring firmness to evaluate textural quality of chinese cabbages

In order to optimize a method to determine firmness of the leaf tissue with their chronological order of emergence, that is from outer to inner leaves, hardness of midrib tissue was compared using 'balde set', 'cylinder probe', 'crisp fracture support rig', and 'Volodkevich bite jaws'. Measuring tissue firmness using a probe 'Volodkevich bite jaws' gave a consistent and highest positive correlation with firmness and leaf order.

2) Comparison of textural characteristics of midrib tissue in chinese cabbages among genotypes

Tissue firmness, thickness and dry mass was compared from 16 genotypes of chinese cabbage and their correlation was determined. Firmness of midrib tissue from outer to inner leaves became higher from all 16 different chinese cabbage genotypes tested. Mean firmness of the midrib tissue from individual head varied from 1.58N to 3.46N. Thickness of leaf in individual head was positively correlated with the order of emergence, being thicker in outer leaves. Mean thickness of midrib tissue from the head ranged from 7.74 to 9.28mm. Firmness and dry mass of the midrib tissue gave a positive correlation($r=0.70$) from 15 genotypes. In addition, the amount of cell wall materials and tissue firmness was highly correlated($r=0.58$).

Starch contents of midrib tissue from outer to inner leaves became higher from 'Bulam'. Firmness and starch contents of the midrib tissue

gave a positive correlation(r=0.79).

3) Textural characteristics of midrib tissue in chinese cabbages produced during spring and fall season

Chinese cabbage plants were grown representing different texture and growing season in Korea. Heads of the plant were harvested 9 weeks after planting in fall season growth and 7 weeks for spring season. Five to ten of uniformly shaped heads were selected from each genotype and used for texture measurement, dry mass, tissue thickness, and cell wall materials of the midrib tissue.

When tissue firmness of chinese cabbage was compared from the head grown in spring and fall, head grown and harvested in spring tend to be firmer that cultivated during fall season. Distribution of tissue firmness within each head of chinese cabbage tends to change between growing seasons. Thickness of midrib tissue from outer to inner leaves became lower from all different chinese cabbage genotypes tested. In addition, thickness of midrib tissue was higher in fall season growth. Dry mass of midrib tissue from outer to inner leaves became higher from different chinese cabbage genotypes tested. Firmness and dry mass of the midrib tissue gave a positive correlation.

4) Textural characteristics of midrib tissue in chinese cabbages grown in soilculture and nutriculture

Firmness of midrib tissue from outer to inner leaves became higher from all different chinese cabbage genotypes tested. Firmness of midrib tissue from soilculture was higher than that of grown hydroponic culture from three cultivars tested. Thickness of leaf in individual head

was positively correlated with the order of emergence, being thicker in outer leaves. However, mean leaf thickness between soil and soiless culture gave inconsistent response among genotypes tested. Dry mass of midrib tissue from outer to inner leaves became higher from all different chinese cabbage genotypes tested. Dry mass of midrib tissue from soilculture was higher than that of grown hydroponic culture from three cultivars tested. Soluble solids contents of midrib tissue from outer to inner leaves became higher from all different chinese cabbage genotypes tested. Firmness and soluble solids contents of the midrib tissue gave a positive correlation.

5) Textural characteristics of midrib tissue in chinese cabbages grown in different cultivation area

Firmness of midrib tissue from outer to inner leaves became higher from all different chinese cabbage genotypes tested. Firmness of midrib tissue from southern area was higher than that of grown central area from three cultivars tested. Thickness of midrib tissue from outer to inner leaves became lower from all different chinese cabbage genotypes tested. Difference of thickness according to leaf position from southern area was higher than that of grown central area from three cultivars tested.

6) Textural characteristics of midrib tissue in 'Kimchi' of chinese cabbages

After processing 'Kimchi', firmness of midrib tissue from outer to inner leaves became lower from all 12 different chinese cabbage genotypes. After processing, mean firmness of the midrib tissue became

higher. In addition, thickness of tissue from outer to inner leaves became lower from all genotypes. After processing, mean thickness of the midrib tissue became lower.

At storage time, firmness of 'Kimchi' increased at one time, and then it decreased slowly. Firmness of fresh cabbage and diminution rate of firmness in 'Kimchi' gave a negative correlation from 5 genotypes.

7) Sensory evaluation of fresh chinese cabbage and their fermented products 'Kimchi'

Results of sensory evaluation, tissue firmness and crispness of sensory evaluation in fresh cabbage and 'Kimchi' gave a positive correlation. In addition, tissue firmness and chewiness gave a positive correlation.

CONTENTS

Chapter 1. Introduction 21

Section 1. Necessity of Research 21

Section 2. Content and Scope of Research 23

Section 3. Current Status of Research and Technology Development 26

Chapter 2. Results 30

Section 1. Establishment of Methods in Measuring Firmness to Evaluate Textural Quality of Chinese Cabbages 30

Section 2. Comparison of Textural Characteristics of Midrib Tissue in Chinese Cabbages among Genotypes 52

Section 3. Textural Characteristics of Midrib Tissue in Chinese Cabbages Produced During Spring and Fall Season 71

Section 4. Textural Characteristics of Midrib Tissue in Chinese Cabbages Grown in Soilculture and Nutriculture 85

Section 5. Textural Characteristics of Midrib Tissue in Chinese Cabbages Grown in Different Cultivation Area 103

Section 6. Textural Characteristics of Midrib Tissue in 'Kimchi' of Chinese Cabbages 114

Section 7. Sensory Evaluation of Fresh Chinese Cabbage and Their Fermented Products 'Kimchi' 131

Reference 144

목 차

제 1 장 연구개발 개요 21

제 1 절 연구개발의 필요성 21
제 2 절 연구개발의 목적 및 범위 23
제 3 절 국내외 기술개발 현황 26

제 2 장 연구개발수행 내용 및 결과 30
제 1 절 품질평가를 위한 경도측정 기술의 표준화 30
제 2 절 품종별 중륵의 조직감 특성 52
제 3 절 재배시기에 따른 중륵의 조직감 특성 71
제 4 절 재배방법에 따른 중륵의 조직감 특성 85
제 5 절 재배지역에 따른 중륵의 조직감 특성 103
제 6 절 품종별 김치의 조직감 특성 114
제 7 절 배추와 김치의 관능 비교 131

참고문헌 144

제 1 장 연구개발과제의 개요

제 1 절 연구개발의 필요성

우리나라 국민의 1인당 채소소비량은 세계에서 가장 높은데 최근 5년간의 연평균 350Kg으로, 미국(155kg)의 2.3배, 일본의 1.7배에 달하고 있다. 채소 중에서도 배추는 우리나라에서 가장 중요한 채소작물로서 연평균 채소 소비량의 약 30%를 차지한다. 국민의 식생활의 변화와 더불어 최근 배추의 재배면적은 약간 감소해 왔으나, 1990년대 이후에는 약 40,000 - 50,000ha(노지 및 시설재배)를 유지하고 있으며, 이중에서 고냉지에서의 재배면적은 약 10,000ha를 점유하고 있다. 그리고 노지월동배추나 봄배추의 시설재배 면적도 점차 증가하고 있는 추세이다('00/'99, 32% 증가)('01 농림부 통계자료).

배추는 서늘한 기후를 선호하는 호냉성 채소로서 우리나라에서는 크게 봄, 여름, 가을, 그리고 월동배추로 작형이 분화되어 연중 생산이 가능하다. 그러나 여름철의 평지에서는 고온으로 인하여 결구가 잘 되지 못하며, 박테리아나 곰팡이 및 바이러스에 의한 피해 등으로 재배가 거의 불가능하여 대부분 고냉지에서의 생산에 의존하고 있다. 그러나 고냉지에서의 여름생산도 기상조건에 따라 작황의 기복이 심하며 이에 따라 매년 7, 8월에는 배추의 수급 및 가격이 불안정하다. 동계절에는 전남 해남 일대(약 6,000 ha) 및 제주도에서 월동배추를 생산하며, 그 작황에 따라 봄철배추의 공급 및 가격이 불안정한 상태이다.

배추의 주된 이용 수단인 김치는 우리나라 전통식품중 국제적인 경

쟁력이 가장 높아 수출금액이 7,000 ~ 8,000 만불/년로 전체 채소수출액의 40%를 상회하고 매년 증가추세에 있다. 최근에는 국제적으로 김치의 식품으로서의 우수성이 입증되면서 배추김치의 재료 및 종류의 표준화에 관한 연구가 진행되고 있으며, 2001년 국제식품으로 등록되어 있다. 국제식품규격에 의하면, 김치의 품질기준은 총산도, 염도, 색, 맛, 조직감(texture)으로 구성되어 있다. 이중에서도 김치의 조직감은 재료인 배추의 물성 특성에 크게 좌우되며, 부재료의 종류나 가공방법에 의해 다소 영향을 받는다고 한다. 그러나 배추의 조직감을 결정하는 인자가 무엇인지, 품종별 조직감의 차이 및 가공중 조직감의 변화에 대하여 연구된 바가 거의 없는 형편이다.

배추의 조직감은 품종에 따라 다르며, 동일한 품종이라도 재배지역의 토양이나 기후조건, 그리고 재배기술에 따라 상당히 다를 것으로 인식되어 왔다. 그러나 현재 배추를 가정이나 가공공장에서는 재료의 물성특성에 대한 과학적인 자료가 결여된 채, 시기에 따라 생산 출하되는 배추를 가공 이용하고 있는 형편이다. 이러한 배추를 품종의 구별없이 가공하였을 때는 배추의 품종뿐만 아니라 재배시기나 재배환경에 따라서도 산물의 품질이 크게 영향을 받아 품질이 일정한 김치를 만들지 못하고 있다. 예를 들면, 봄에 생산되는 배추는 육질이 상대적으로 연하여 김치를 담으면 쉽게 물러진다. 일본으로 수출되는 김치도 여름에는 쉽게 물러져 외국 구매자들이 기피하는 경향이 있다고 한다. 이러한 가공이나 가공후 저장중에 초래되는 조직감의 변화는 주로 배추 조직의 특성에 기인하는 것으로 세포벽의 조성 또는 구조변화가 가장 중요한 요인으로 사료되고 있으나, 구체적인 연구결과는 전혀 없다.

따라서 배추의 품종별 조직감을 측정하는 표준기술을 개발하며, 조직감을 결정하는 인자가 무엇인지를 구명하고, 배추의 경도 및 저작감(씹힘

성)과의 상관관계를 구명하는 일은 매우 중요하다. 동시에 재배환경이 배추의 조직감에 미치는 영향에 관하여 연구하고, 이를 이용하여 품종별 김치를 가공하여 배추의 조직특성과 김치의 물성, 맛 등을 비교하여 상관관계를 구하고자 한다. 이러한 연구는 배추의 이용방법을 보다 과학적으로 제시할 수 있는 자료를 제공하고, 김치를 담그는데 있어 김치의 저장성 및 조직감 등을 예측하는데 매우 중요한 표지인자를 산출할 수 있으며 김치의 국제화에 필요한 재료의 특성을 제공하는 가치있는 작업이 될 것이며, 나아가 물성특성을 고려한 고품질 배추의 육성에도 매우 귀중한 자료로 활용할 수 있다.

제 2 절 연구개발의 목적 및 범위

1. 연구개발 목표

본 과제에서는 배추의 조직감에 관여하는 인자를 구명하고, 이를 품종별로 비교 분석하여 물성특성에 입각한 배추의 품질을 평가하는 기술을 개발한다.

본 과제의 연구개발 목표는 다음과 같다.

- 배추의 조직 경도 측정 기술의 개발
- 재배환경에 의한 배추의 조직감의 변화 규명
- 배추 품종별 물성 특성의 구명
- 배추 품질 평가 기술의 확립
- 배추 품종별 가공적성의 평가기술 확립

따라서 본 과제의 목표를 달성하기 위하여 단계적으로 2년에 걸쳐 연구를 수행하였다. 그 내용은 다음과 같다.

- 배추의 엽위별 수량 및 건물 지수의 비교
- 배추 엽위별 경도분포 및 물성특성의 분석
- 배추의 조직 경도측정 기술의 개발
- 배추의 세포벽의 함량 및 조성 분석
- 배추의 조직감에 영향하는 내생인자의 동정
- 재배시기별 배추의 조직감의 변화
- 배추 품종별 조직의 경도 측정
- 배추 조직의 경도와 세포벽 구성물질의 상관관계 구명
- 품종별 조직감에 영향하는 인자와 경도와의 상관관계 구명
- 배추 품종별 조직감 및 관능특성 평가
- 배추 조직감 변화 기작의 구명
- 품종별 배추 김치의 조직감 및 관능특성 측정
- 배추의 조직특성과 김치의 조직물성의 상관관계구명

2. 연차별 연구개발목표와 내용

구분	연구개발 목표	연구개발내용 및 범위
1차 년도	- 배추의 조직 경도 측정기술 표준화	- 배추 계통별(봄배추, 가을배추, 남방계, 북방계) 재배 생산 및 경도 관련인자 분석 및 경도 측정 - 배추의 엽위별 수량 및 건물 지수의 비교 - 배추의 엽위별 경도 측정 - 배추 엽위별 경도분포 및 물성특성의 분석 - 배추의 조직 경도측정 기술의 표준화 - 배추 조직의 경도와 세포벽 구성물질의 상관구명 - 배추의 조직감에 영향하는 내생인자의 동정
	- 재배시기별 조직감의 변화	- 봄재배, 가을재배 배추의 조직감의 비교 및 관련인자의 상관 분석 - 재배시기별 배추의 조직감의 변화 분석 - 배추의 재배시기별 경도분포 및 물성특성의 분석 - 배추의 재배시기별 조직감의 변화에 영향하는 관련인자의 분석
2차 년도	- 배추 품종별 물성특성 구명	- 표준화된 방법에 의한 품종별 조직의 경도측정 - 배추의 품종별 건물 지수의 비교 - 배추의 품종별 경도분포 분석 - 배추의 품종별 물성특성의 분석 - 배추의 품종별 조직의 경도와 세포벽 구성 물질의 상관관계 구명 - 품종간 물성관련 인자의 상관분석
	- 품종별 배추 품질 평가	- 배추의 품종별 저작감과 물성인자의 분석 - 배추의 품종별 조직감 및 관능특성 평가 - 품종별 배추의 맛 관련 성분분석
	- 배추 조직 특성과 김치의 물성특성 상관구명	- 품종별 배추 김치의 조직감 및 관능특성 측정 - 품종별 배추 김치의 성분 평가 - 품종별 배추의 조직감과 김치 가공중 물성변화의 관계구명

제 3 절 국내외 기술개발 현황

1. 기술적 측면

그동안 주로 배추에 관한 재배기술 및 병해충 방제 등에 관하여 수많은 연구에 의해 국내에서도 품종에 따른 작형의 분화 등이 잘 알려져 있으나 배추의 물성특성에 관한 연구는 거의 없다. 특히, 배추김치에 있어서 저장방법이나, 부재료의 선택 및 배합, 숙성방법, 영양가치 등에 관한 연구는 많으나, 재료인 배추조직의 이화학적 특성을 기초로 하여 김치가공시의 특성변화에 관한 연구가 미미한 상태이다.

배추는 절단이나 절임, 국거리 등의 조리과정에서 조직의 성분, 특히 조직의 경도가 상당히 변한다고 인식되어 왔다. 김치의 저장중 조직의 연화는 세포벽의 붕괴에 의하며, 특히 젖산균에서 생산되는 효소들에 의해 세포벽의 가수분해가 영향이 클 것으로 보고된 바 있다. 조직의 연화를 결정하는 요인으로는, 세포벽의 조성변화, 수분의 손실에 의한 팽압의 변화, 그리고 전분과 같은 저장양분의 함량변화를 들 수 있다. 식물조직의 세포벽은 대개 셀룰로스(30%), 헤미셀룰로스(30%), 펙틴(35%), 그리고 5 내지 10%의 단백질로 구성되어 있으며, 절단이나 가공중에 현저한 구조적인 변화를 겪는다. 즉 식물의 세포벽은 건축에 있어서 철근 콘크리트 구조에 비유되기도 하는데, 셀룰로스는 골격을 유지하는 철근으로, 그 외의 다당류들은 약한 힘으로 변형시킬 수 있는 시멘트에 해당된다. 그리하여 조직의 가공도중 세포벽의 어느 한 부분만이라도 분해 또는 변형되면 전체의 구조에 영향을 미치게 되어 결국 조직의 경도(firmness)가 떨어지게 된다.

채소중 배추 다음으로 널리 이용되고 있는 무에서는 품종간 물성특성인 경도가 매우 다른 것으로 밝혀졌다. 우선 무 조직의 경도는 건물중, 저장양

분의 함량, 그리고 세포벽의 함량과 고도의 정의 상관관계를 보이는데, 가을무 및 소형무 계통이 이들의 함량이 높아 경도가 다른 계통보다 높은 것으로 나타났다. 특히 조직의 세포벽은 주로 셀룰로스, 헤미셀룰로스, 펙틴, 그리고 소량의 단백질로 구성되어 있는데, 이중에서도 펙틴 및 헤미셀룰로스를 구성하고 있는 중성당의 분포가 가장 중요한 것으로 밝혀졌다(Kang et al., 1999). 한편, 세포벽의 조성 탄수화물의 비율은 식물의 종류나 생육단계에 따라서도 매우 다른 것으로 알려져 있다. 세포벽을 구성하는 탄수화물의 조성 및 변화에 의해 조직의 경도가 영향을 받는 것으로 판단된다. 즉 무 조직이 단단한 품종은 세포벽을 구성하는 다당류중에서도 비섬유성 중성당의 함량이 높아 보다 단단한 구조를 형성하는 것으로 판단되었다.

대부분의 청과물은 조직내 전분을 축적하는데, 감자는 지하부 괴경에 다량의 전분을 비축하여 저장기간 양분으로 이용하고 있으며, 사과, 바나나, 멜론 등의 과실에서도 성숙 후기에 과육에 저장된 전분을 분해하여 유리당으로 전환되어 당도가 증가하게 된다. 특히 바나나와 멜론은 생체중의 약 20%가 전분이 차지하고 과실이 익는 동안 호흡기질 및 유리당으로 거의 전부 분해되고, 동시에 과실의 경도가 감소한다. 본 연구팀에 의하면, 무에서도 품종에 따라 전분의 함량이 다르며, 조직이 단단한 알타리무와 가을무는 생체중의 0.1 - 0.3 % 정도 함유하고 있었고, 조직이 상대적으로 무른 봄무와 단무지무는 전분이 거의 검출되지 않았다.

김치에 관한 연구는 배추를 절이는 방법, 부재료의 배합비, 포장기술, 저장방법 등 국내에서도 최소한 500 여편이 넘는 논문으로 다양하게 진행되어 왔다. 특히 김치의 보건식품으로서의 기능성과 기호식품 으로서의 관능 및 이화학적인 자료를 토대로 배추 100에 대하여 고춧가루 3.5,

무 13.0, 파 2.0, 마늘 1.4, 생강 0.6, 멸치액젓 2.2, 설탕 1.0, 최종염도 2.7로 제시된 바도 있어(조은주 등, 1988) 가공 및 가공이후의 김치의 품질이나 저장기술 등은 매우 발전되어 왔다.

한편, 종묘산업계에서 오늘날까지 꾸준하게 새로운 품종의 개발이 진행되어 재배작형의 분화를 통하여 배추의 년중 생산이 가능해졌다. 최근에는 배추속이 노란계통이 시판종의 주류를 이루고 있으나, 아직까지 품종이나 작형에 따른 배추의 물성특성이 구명되지 못해 조직감에 입각한 고품질 육종은 거의 이루지지 않은 실정이다.

2. 경제, 산업적 측면

배추는 우리나라에서 가장 중요한 채소로서 우리의 식생활에 차지하는 비중이 막중하다. 배추의 주된 이용 수단인 김치는 우리나라 전통식품중 국제적인 경쟁력이 가장 높아 수출금액이 7,000 ~ 8,000 만불/년로 전체 채소수출의 40%를 상회하고 매년 증가추세에 있다.

배추나 무의 용도별 소비는 크게 두가지로 나누어 볼 수 있다. 각 가정에서 신선채소 그대로 조리해서 사용하는 경우와 가공공장에서 가공원료로 사용하는 경우이다. 최근 10년간의 용도별 소비량은 신선채소로 이용된 량은 평균 100만톤 정도로 뚜렷한 변화가 없었다. 그러나 최근 10년간의 가공실적은 85년도 2만 7천톤에서 93년 8만 1천톤으로 급격하게 증가하며, 전체 채소류 가공에서 배추는 약 45%, 무는 35%를 차지하고 있다('01 농림부 과실류 및 채소류 가공현황). 현재 우리나라에서 가장 중요한 부식인 김치는 배추의 품종별 조직 물성에 대한 과학적인 자료가 전무한 상태에서 농가에서 생산 출하되는 그대로 가공이나 조리 등으로 다양하게 이용되고 있다. 따라서 식품재료로서의 배추의 조직의 이화학적 특성을 규명

하는 작업은 전통식품 산업의 과학화에 이바지 할 수 있다.

3. 사회, 문화적 측면

채소는 무기물, 비타민, 식이섬유, 그리고 독특한 맛을 가지고 있어 국민의 선호도가 계속 증가하는 추세이다(최근 20년간 채소류의 소비량은 2배 가까이 증가함). 국내에서는 신선채소에 대한 인식이 과거와는 달리 건강식품으로서의 중요성이 더욱 부각되고 있어 이러한 채소의 부가가치를 향상시키는 새로운 노력이 절실히 요청되고 있다. 또한 매년 홍수출하로 인한 수확물의 가격의 등락폭을 개선하기 위해서는 장기저장 기술의 개발이나 소비의 다양화를 유도하는 방안도 필요하다.

배추는 신선한 맛, 독특한 조직감, 무기물 및 식이섬유가 풍부하여 알칼리성 식품으로서 그 효용가치가 오래전부터 잘 알려져 왔다. 그리고 배추는 항암작용 등 여러 가지 보건효과가 이미 잘 알려져 있다. 최근에는 국산 농산물에 대한 이해 및 중요성이 높아지면서 이들을 이용한 국산 먹거리의 과학적인 연구개발, 나아가 국제화에 대한 관심이 날로 증가되고 있다. 특히 김치는 국산 농산식품의 수출중 제 1위를 차지하고 있어 배추의 품종별 조직감의 규명과 품질평가 기술의 확립은 이런 사회적인 요구 및 정책을 성공적으로 이끄는데 큰 기여를 할 수 있으며, 농촌사회의 안정화에 일조를 할 수 있을 것으로 사료된다.

제 2 장 연구개발수행 내용 및 결과

제 1 절 품질평가를 위한 경도측정 기술의 표준화

1. 배추의 엽위별 중륵 조직의 물성 특성

가. 연구목표

배추의 조직특성을 이용한 품질평가 기술의 표준화를 위해 배추의 엽위별 경도특성을 파악하였다.

나. 연구수행방법

1) 공시재료

중륵조직의 경도 측정에 사용된 배추는 경기도 안성시 (주)동부한농종묘 포장에서 재배된 노랑여름 및 권심계를 수확하여 부위별 경도, 경도측정방법에 관하여 비교하였다.

2) 경도측정

건전한 배추 겉잎에서 시작하여 엽장 5㎝가 되는 잎까지 단축경으로부터 엽기부를 절단하였다. 중륵의 길이를 측정하여 상, 중, 하 부위로 나누고 직경 1.2cm의 조직을 절편하여 경도를 측정하였다. 조직의 경도는 실린더형 probe를 이용하여 Penetration(관통), 그리고 Compression(압축), blade set를 사용하여 Shear Force-vertical(엽맥에 수직으로 절단), Shear Force-horizontal(엽맥에 수평방향으로 측정)를 측정하였다.

3) 건물중 측정

경도측정 후 중륵의 나머지 조직은 동결건조기로 3일간 건조한 후 건물

중을 측정하였다.

다. 연구결과

배추는 품종과 재배시기에 따라 다소 달라지지만, 수십장의 잎들이 단축경에 순차적으로 밀생하여 생육하므로 엽육부위 보다는 백색의 중륵을 중심으로 경도를 측정하는 것이 품종의 고유특성, 재배환경 등의 요인을 충실하게 반영할 수 있다고 판단되었다. 그리고 중륵의 경도를 측정하기 위해서는 측정부위 및 기기(probe)를 일관성 있게 유지하고, 외엽부터 내엽으로 경도의 분포 특성을 조사하여 이를 토대로 결구된 배추의 경도를 산출하는 것이 보편적이고 객관적일 것으로 판단되었다.

본 실험에 공시된 노랑여름배추는 상업적으로 널리 재배되고 있는 대표적인 여름작형으로 엽수가 많고, 속이 노랗고, 포합형이다. 권심계는 남방계로서 중륵이 두껍고 엽수가 적으며, 포피형계통이다.

배추의 중륵조직은 측정방법과 부위에 따라 경도가 다르게 나타났다. 노랑여름배추는 관통 및 수평절단 경도가 하부위에서 높았으며, 압착 및 수직절단에서는 중부위의 경도가 상대적으로 높았다. 권심배추는 압착 및 관통 경도에서 하부가 가장 높았다(Table 1). 따라서 배추 중륵의 경도를 측정하기 위해서는 측정방법과 부위를 일관성 있게 유지하되30~50장의 잎이 단축경에 밀생된 점을 고려하여 중륵의 하부를 측정하고, 엽서에 의한 경도의 분포를 비교하는 작업이 필요하다.

엽서에 따른 중륵의 건물률은 두 품종 모두 외부로 나갈수록 감소하였고, 중륵의 두께는 외부엽일수록 두꺼워, 중륵의 건물중과 엽의 두께는 서로 반비례하였다(Figure 1, 2, 3).

엽서에 의한 중륵의 경도를 측정한 결과, 측정방법에 따라 경향이 다른 것으로 나타났다. 이중에서도 중륵에 압착경도를 측정하는 것이 조직의 두께 및 건물중의 분포와 가장 일치하는 경향을 보여 품종간 비교에 적합하다고 판단되었다(Figure 4, 5). 그 다음으로는 중륵의 엽맥에 수직방향으로

절단 경도를 측정하는 것이었다.

본 예비시험으로부터 배추 중륵의 경도를 측정하기 위하여 조직의 압착에 소요되는 힘(압착경도)이나 절단에 필요한 힘(절단경도)으로 표현하는 것보다는 사람의 입속에서 치아에 의해 파쇄되는 저작감을 나타낼 수 있는 경도를 나타내는 방법의 모색이 필요하였다.

Table 1. Comparison of firmness determined from midrib tissue of chinese cabbage. (unit:$10^3 N/m^2$)[Z]

Variety	Measurement[Y]	Upper	Middle	Lower	Significance[X]
Norang-Yeorum	Penetration	447.1	417.9	417.0	**
	Shear force-V	838.9	896.9	869.6	**
	Shear force-H	585.8	538.7	485.6	**
	Compression	1975.4	2156.5	1927.3	**
Kwon-Shim	Penetration	419.5	392.5	389.3	*
	Shear Force-V	768.7	723.7	696.9	N.S.
	Shear Force-H	496.5	476.8	431.5	N.S.
	Compression	2422.7	2834.0	2655.7	*

[Z]Data were obtained from 7 to 8 heads. Beginning outer leaves 35 to 40 leaves per head were sampled for Norang-Yeorum and 22 to 25 leaves for Kwon-Shim cabbage.

[Y]Shear force of midrib tissue was determined either vertical(V) or horizontal(H) direction to leaf vein.

[X]Mean comparison among sections using LSD, α= 0.01 or 0.05 level.

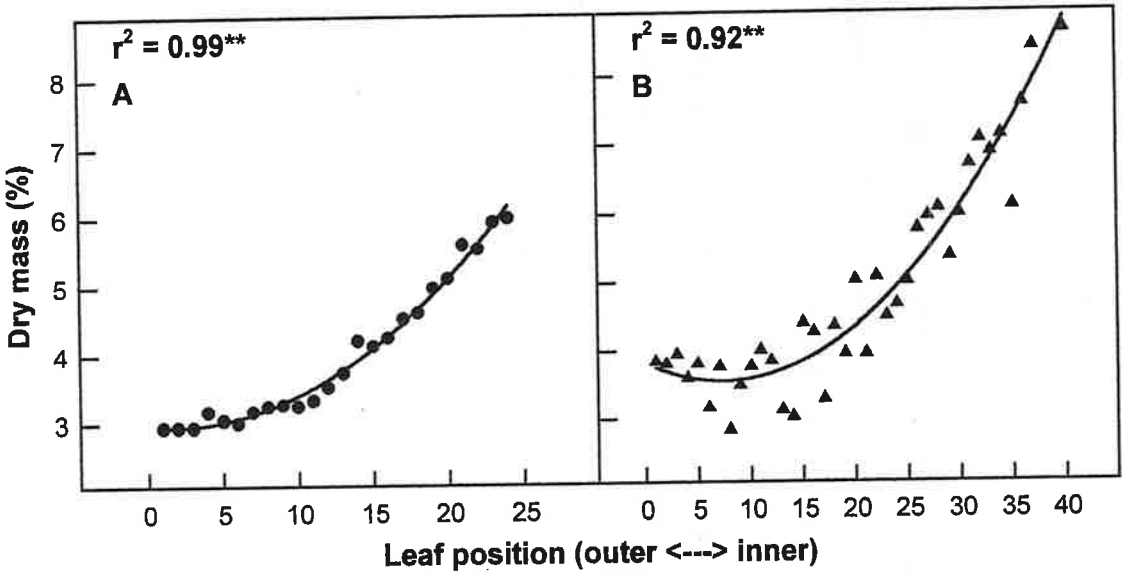


Fig. 1. Relationship between dry mass and leaf position

A : Kwon-Shim B : Norang-Yeorum

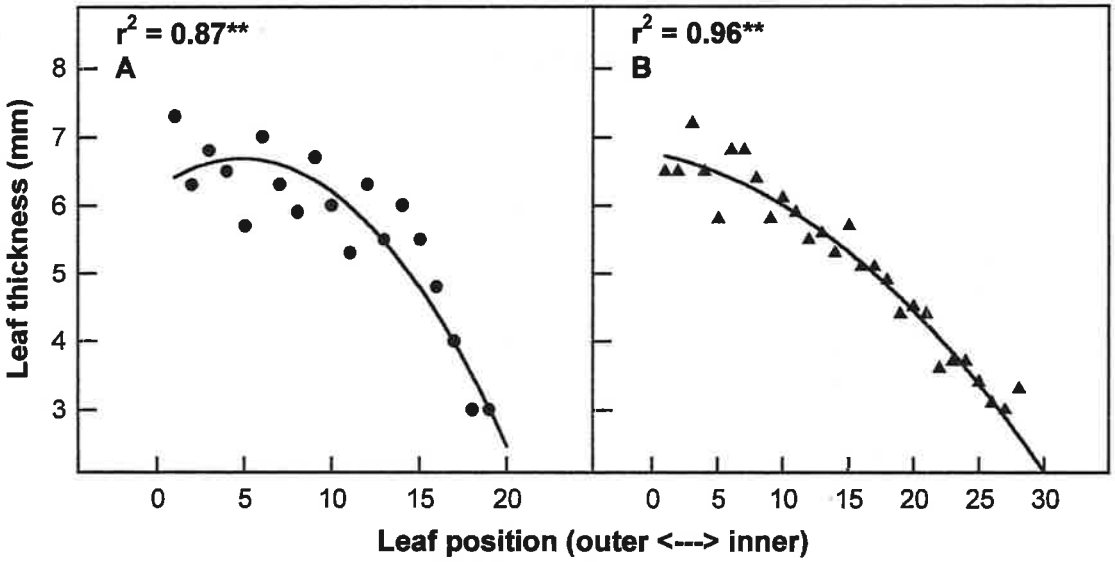


Fig. 2. Relationship between leaf thickness and leaf position

A : Kwon-Shim **B : Norang-Yeorum**

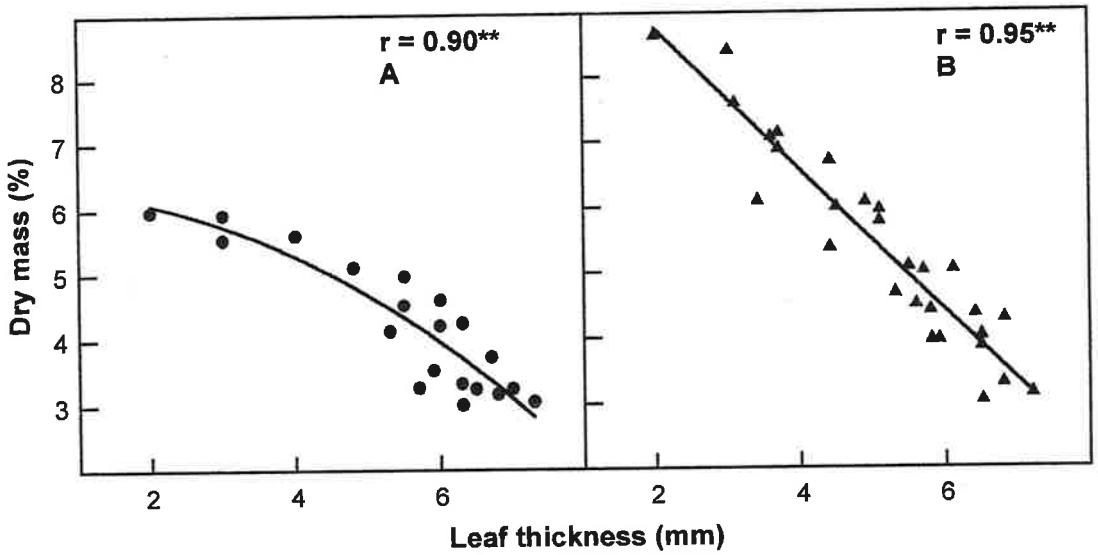


Fig. 3. Correlation between leaf thickness and dry mass

A : Kwon-Shim B : Norang-Yeorum

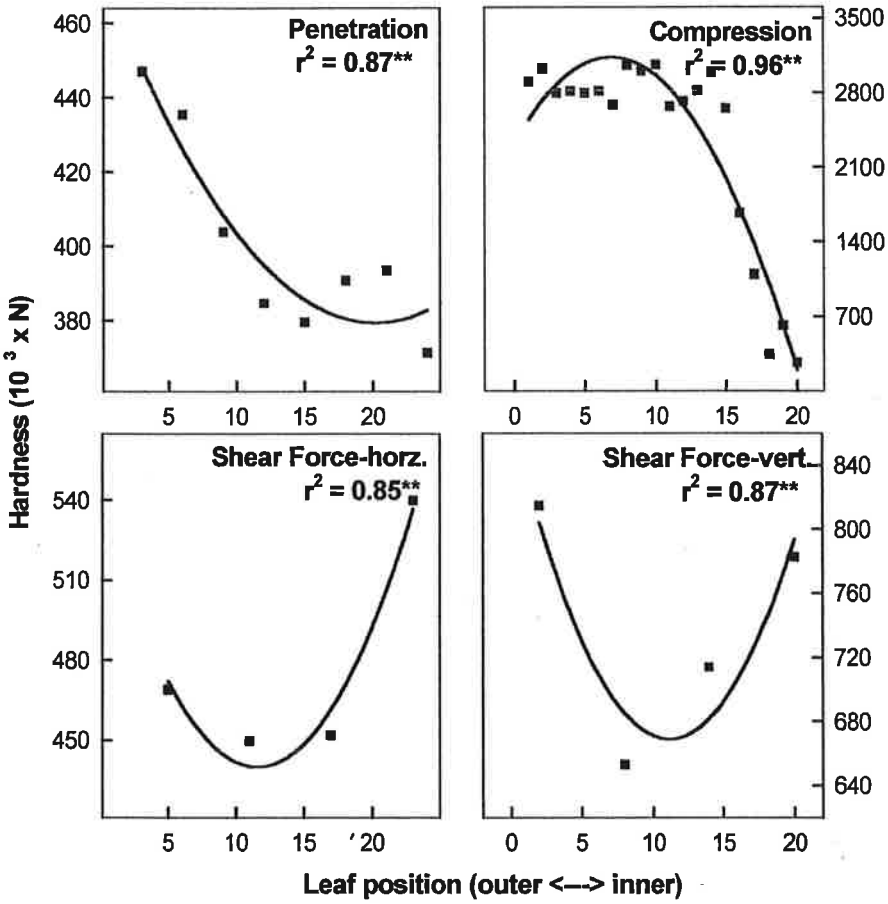


Fig. 4. Comparison of tissue firmness according to the leaf position in different methods for Kwon-Shim.

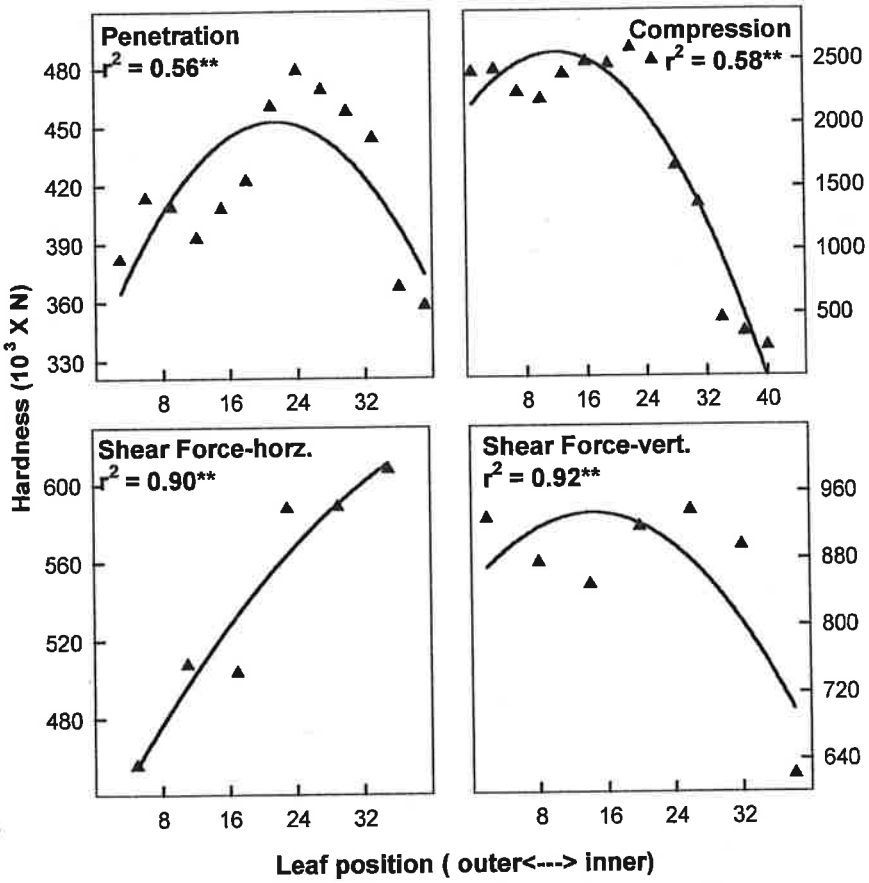


Fig. 5. Comparison of tissue firmness according to the leaf position in different methods for Norang-Yeorum.

2. 경도 측정 probe의 비교

가. 연구목표

배추 중륵의 측정 방법에 따른 경도특성의 다양성을 실제 저작감과 가장 유사한 방법을 선정하기 위해 4종류의 probe를 비교 평가하였다.

나. 연구수행방법

1) 공시재료

중륵 조직의 경도 측정에 사용된 배추는 안성 농협 포장에서 적숙기를 수확하여 probe 선정 실험에 사용하였다.

2) 경도측정

배추의 엽기부를 칼로 절취하여 엽서대로 펼친후 중륵의 절단부에서 1cm 상부위를 cork borer로 직경 1.2cm 절편을 구하였다. Probe별 7반복으로 경도를 측정했고 기기로는 Texture Analyser TA-HDi (Stable Micro Systems, England)를 사용하였다. 경도 측정 밥법에 따라 압착(compression), 절단(Shear force), 관통(penetration)을 고려하여 압착력과 절단력 실험에 사용되는 Volodkevich Bite jaws와 관통력 실험에 사용하는 Crisp Fracture Support Rig, 압착력과 관통력 실험에 쓰이는 Cylinder, 절단력 실험에 사용되는 Blade Set 등의 probe를 이용하여 엽서별로 측정을 하였다(Fig. 6.).

다. 연구결과

일반적으로 조직의 경도(hardness)는 측정하고자 하는 부위의 특성, 이용방법에 따라 가장 적합한 방법을 적용해야 한다. 그리고 경도를 측정하는 장치(probe)에 따라 나타나는 texture profile은 다르며, 이때 얻어지는 data를 토대로 조직의 물성을 정확하게 분석해야 한다.

그림 7에는 4종류의 다른 장치(probe)를 이용하여 배추 중륵의 경도(hardness)를 측정한 그래프를 나타냈다. Blade set에 의한 최대치(maximum peak height)는 조직이 절단되는데 소요된 힘(N)을 나타내며, 이때 소요된 시간(거리)는 조직표면의 절단에 대한 저항력을 의미한다. 즉 절단에 소요된 시간이 길수록 조직표면이 견고하다고 판단된다. Cylinder probe에 의한 그래프에서는 조직을 파쇄하는데 소요되는 힘이 maximum peak height로 나타나고, 파쇄소요시간은 조직의 질김정도나 물렁하거나 유연한 정도를 표시할 수 있다. 즉 파쇄에 소요된 시간이 짧은 것은 조직이 바삭바삭함을 의미한다. Crisp fracture support rig에 의해서 나타난 그래프는 최대높이가 조직의 경도를 표시한다. 그리고 bite jaws에 의해 얻어진 그래프는 조직의 씹힘성(저작감)을 가장 잘 나타낼 수 있도록 장치가 고안되었으며, 그래프상의 최고치는 조직의 경도를 나타낸다.

그림 8은 이들 4종류의 탐침(probe)를 이용하여 배추의 외엽에서 내엽으로 경도를 측정한 결과이다. Blade set에 의해 조직의 절단에 소요된 힘과 엽서간의 상관은 비교적 낮았지만, 그러나 유의성은 있었다(r^2=0.28*). 경도 측정에 널리 이용되고 있는 cylinder형 탐침에 의해서는 중륵의 경도는 감소후 15번 엽부터 증가하는 경향을 나타내었다(r^2=0.48*). Crisp support rig 탐침과 bite jaws 탐침에 의해 배추의 중륵의 경도와 엽서와 고도의 상관이 있는 것으로 나타났다(r^2=0.71**~0.85**). 한편, 관능평가에 의하면 중륵은 외엽에서 내엽으로 갈수록 조직이 단단한 것으로 인식되어 그림 8의 C와 D의 측정결과와 잘 일치하는 것으로 판단되었다.

이중에서 보다 인간이 느끼는 감각에 근접하고자 인간의 악관절 구조와 유사하게 개발된 Volodkevich Bite Jaws를 배추 중륵의 경도를 측정하는 probe로 선정하였다.

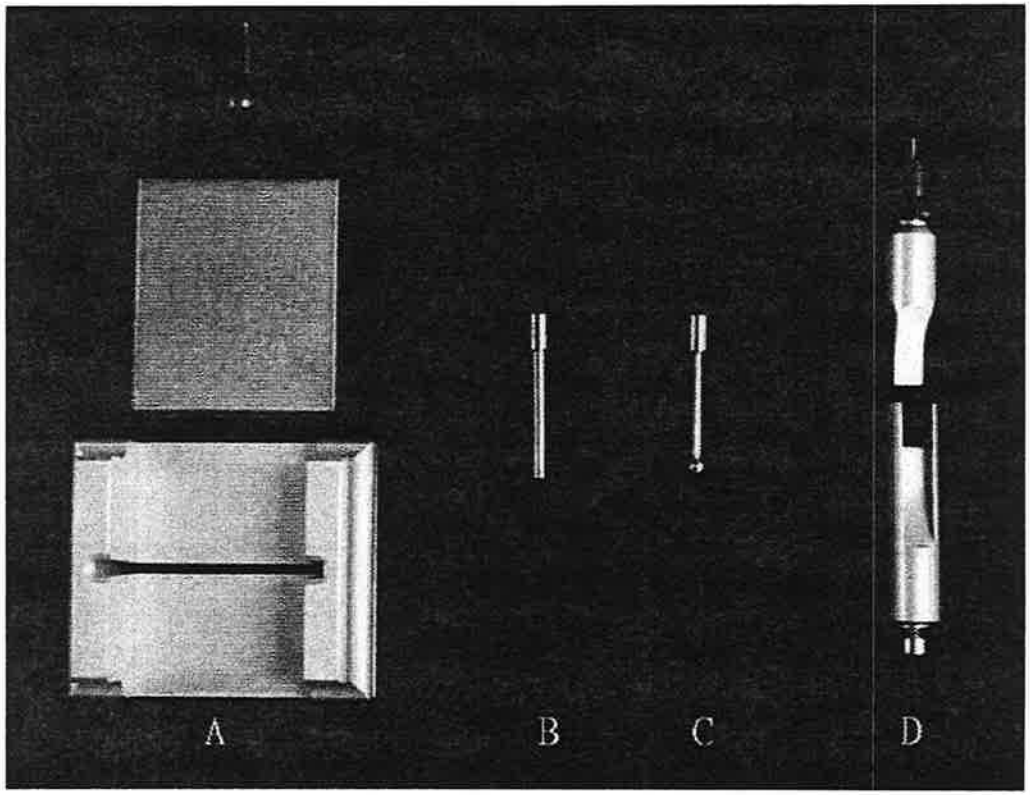


Fig. 6. Photography of probes used to determine texture of mid-rib tissues in chinese cabbage.

A:Blade Set (Knife) B:Cylinder (φ 5mm) C:Crisp Fracture Support Rig D:Volodkevich Bite Jaws

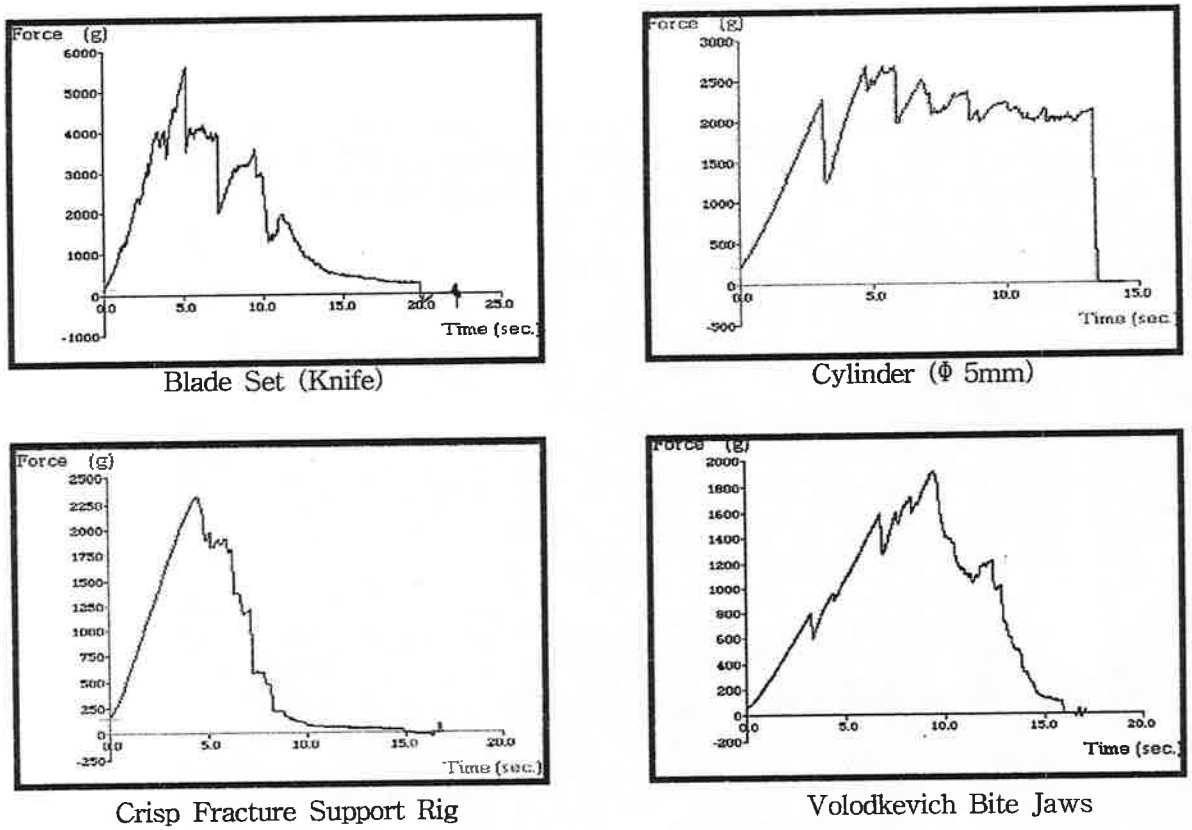


Fig. 7. Force-distance profiles of mid-rib tissues of chinese cabbage determined by four different probes. A representative texture profile using each probe was shown.

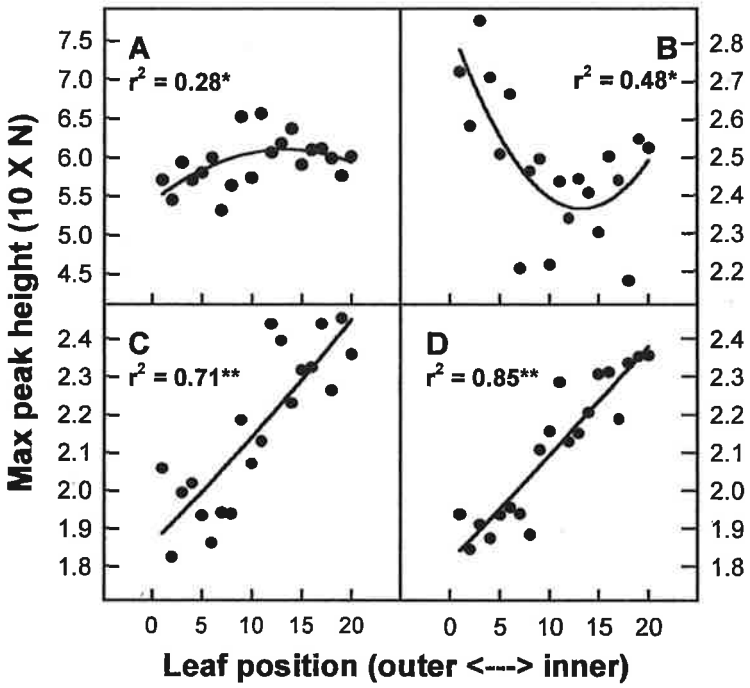


Fig. 8. Relationship between tissue firmness using different measuring probes ; max peak height and leaf position in different method.

A : Blade Set (Knife) B : Cylinder (Φ 5mm)

C : Crisp Fracture Support Rig D : Volodkevich Bite Jaws

3. 경도 측정의 표준화

가. 연구목표

배추의 조직의 경도를 측정할 경우 포기의 모든 엽을 측정하기에는 시료의 양이 많아 어려운 점이 많기 때문에 재배 및 유통현장에서 품질검사를 실시하기에 쉽고 간편한 방법을 모색하였다.

나. 연구수행방법

계통별 16개 품종의 배추에서 전체 엽을 대상으로 중륵 하부 중앙부위의 경도를 측정하고, 배추의 전체엽 측정치와 배추의 외부엽을 일정한 수 제거한 측정치, 매 5번째 잎마다 경도를 측정한 결과를 비교, 상관분석하였다. 중륵의 경도는 Bite Jaws 탐침을 사용하였으며, 제2항과 동일한 방법으로 측정하였다.

다. 연구결과

Fig. 9의 A는 배추의 전체 엽을 대상으로 중륵 중앙부위의 경도를 측정한 결과이고, B는 실제 사용시 외각 잎은 보통 제거된 후 사용되므로 외부엽을 일정한 수 제거한 후 측정한 결과이고, C는 배추의 엽서가 2/5이므로 매 5번째 잎마다 경도를 측정한 결과이다. 계통별 16개 품종의 배추에서 경도 측정 범위를 축소시켜도 그다지 큰 변화는 없었다(Table 2). 즉 실험에 사용한 16품종의 전체잎 측정시(Table 2., A) 엽서에 의한 경도의 회기계수의 평균치는 0.75였고, 외엽 제거후 측정한 결과(Table 2., B)의 회기계수 평균치는 0.77이었으며, 5번째 엽 측정(Table 2., C)에서는 0.89를 보였다.

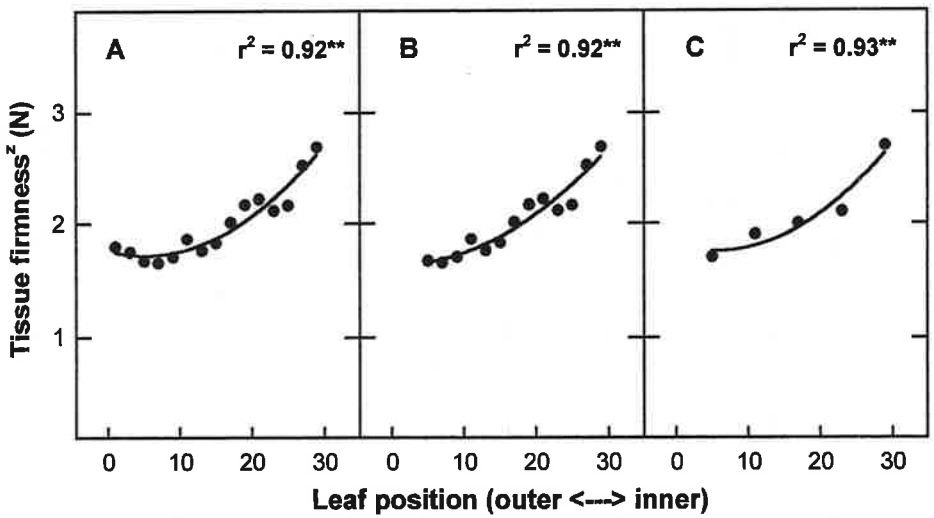


Fig. 9. Relationship between tissue firmness and leaf position of Norang-Bom.

A : Total Leaves
B : w/o Outer Leaves
C : Every 5th Leaves
^{z}Tissue firmness = Max peak height (N) / Thickness of tissue (mm)

Table 2. Correlation coefficients between tissue firmness[z] and the order of leaf emergence.

Variety	Number of leaves measured	Correlation coefficients		
		Total leaves (A)	w/o outer leaves (B)	every 5th leaves (C)
Norang-Bom	15	0.92**	0.92**	0.93**
Kangryuck-Yeorum	15	0.78**	0.86**	0.89**
Korengi-Yeorum	15	0.42**	0.32*	0.68
Norang-Yeorum	20	0.55**	0.29	0.65
Bulam	15	0.77**	0.93**	0.97**
Norang-Chusuk	20	0.66**	0.67**	0.74*
CR-Green	15	0.21*	0.49**	0.89**
CR-Shingshing	15	0.77**	0.74**	0.94**
CR-Tongil	20	0.83**	0.79**	0.96**
CR-Power	15	0.81**	0.87**	0.97**
Jangmee	20	0.87**	0.86**	0.89**
Dong-Poong	15	0.88**	0.95**	0.96**
Chihili	15	0.96**	0.97**	0.97**
Rangno	15	0.78**	0.95**	0.97**
Daebaekchae	15	0.86**	0.87**	0.90**
Kwon-Shim	15	0.86**	0.86**	0.99**
Overall Average	16	0.75**	0.77**	0.89**

[z]Tissue Firmness=Maximum peak height(N)/Thickness of tissue(mm)

Correlation between column A and B is 0.761, and column A and C is 0.699.

4. 경도에 관여하는 구성요인의 구명

배추 중륵 조직의 경도에 관여하는 엽서, 엽두께, 경도곡선의 면적, 경도곡선의 최대높이 등의 경도구성요소간의 상관관계를 알아보았다.

그림 10은 '노랑봄'의 엽서에 따른 경도곡선(Texture Profile)의 구성요소인 최대높이(Maximum peak height), 단위두께당 경도곡선의 면적(Total area / Thickness), 단위두께당 경도곡선의 최대높이(Max peak height / Thickness)를 나타낸 그림이다. 그리고, 표3은 16개 품종의 경도구성요소간의 상관계수를 나타낸 표이다. 그림 10의 '노랑봄'은 엽서에 따른 '경도곡선의 최대높이'와 '단위두께당 경도곡선의 최대높이' 모두 높은 상관관계를 갖는다. 하지만 표3의 결과에서 보면 엽서에 따라서 품종에 따라 '노랑봄', '강력여름', '불암', '장미', '동풍', '대백채' 등과 같이 경도가 증가하기도 하고, '노랑여름', '고랭지여름', 'CR-그린', '랑노', '치힐리' 등과 같이 내엽으로 갈수록 경도최대높이가 감소하기도 한다(Table 3.의 P:H의 Correlation coefficients). 내엽으로 갈수록 경도곡선의 최대높이가 감소하는 것은 내엽으로 갈수록 단단해지는 실제의 저작감과 반대의 결과를 나타내는데, 이는 내엽으로 갈수록 얇아지는 엽두께를 고려하지 않아 나타난 결과이다. 즉 무, 오이, 사과 등의 조직의 경도를 조사할 경우 조직의 두께를 일정하게 조제한 다음 기기를 이용하여 측정하는 것이 보편화 되어 있으나 배추에서는 일정한 두께를 조제하는 것보다 잎의 중륵을 일정한 크기로 절단하여 측정하는 것이 훨씬 현실적이며, 조직에 충격을 최소화 하는 것이라고 판단하였고, 배추의 경도곡선의 최대 높이(Max. peak height)는 시료의 두께가 관여하고 있으므로 두께를 고려한 측정치로 표현하였다.

즉, 배추엽의 특성상 경도를 측정할 때 두께를 일정하게 시료를 만들 수 없기 때문에 엽서별 두께가 다르더라도 일정 두께의 경도값인 경도 최대높이 / 두께로 나타내게 되었다.

$$\text{Tissue firmness} = \frac{\text{Maximum peak height (N)}}{\text{Thickness of tissue (mm)}}$$

Table. 3에서는 모든 품종에서 배추의 경도(tissue firmnes)로 정의한 단위두께당 최대높이 (H/T)가 엽서(P)와 상관이 높은 것을 알 수 있다. 또 앞서 실험한 엽서(P)와 두께(T)의 상관관계도 16개 모든 품종에서 높고, 경도(H/T)는 두께와 역의 상관 관계가 있었다.

그림 11은 '노랑봄'의 엽서에 따른 두께(A), 경도(B),와 엽두께와 경도와의 상관관계(C)를 나타낸 그림인데, 내엽으로 갈수록 엽두께가 얇아지고(Fig. 11-A), 경도는 높았다(Fig. 11-B). 그리고 중륵 조직의 두께가 두꺼울수록 경도는 낮아졌다(Fig. 11-C). 이와 같은 결과는 16개 모든 품종에서 같은 결과를 보였다(Table 3.).

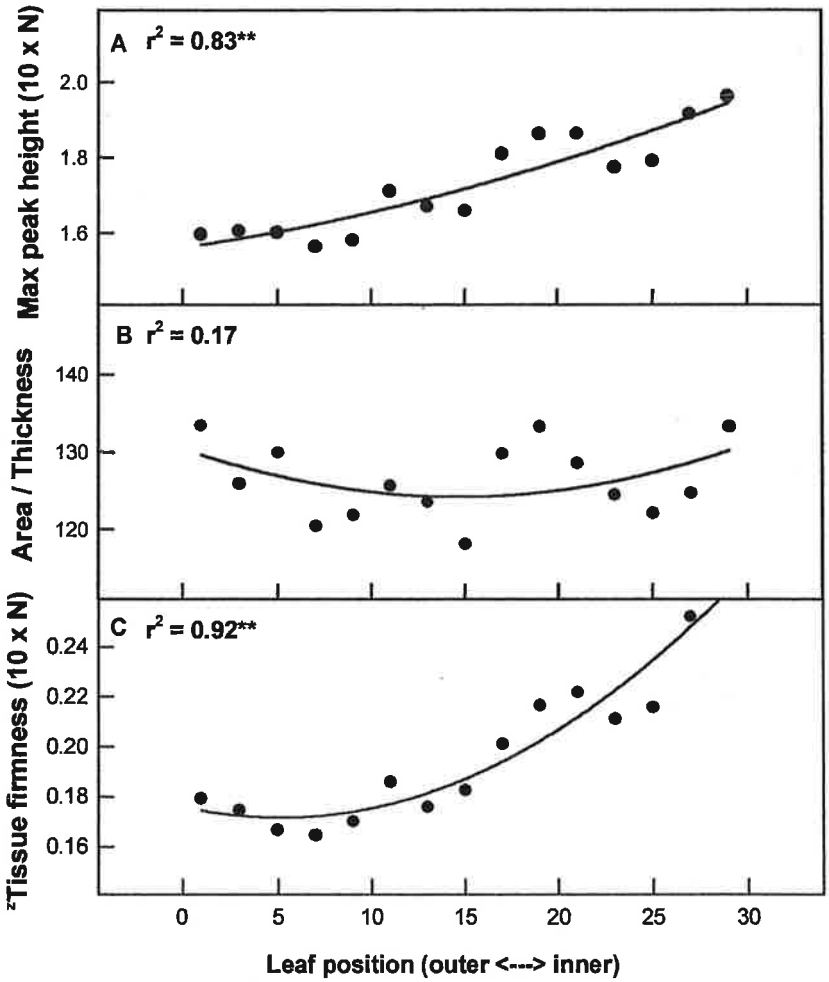


Fig. 10. Comparison of tissue firmness using texture parameters.

A : Relationship between max peak height and leaf position of Norang-Bom.

B : Relationship between firmness area / thickness and leaf position of Norang-Bom.

C : Relationship between tissue firmness and leaf position of Norang-Bom.

[z]Tissue Firmness = Max peak height (N) / Thickness of tissue

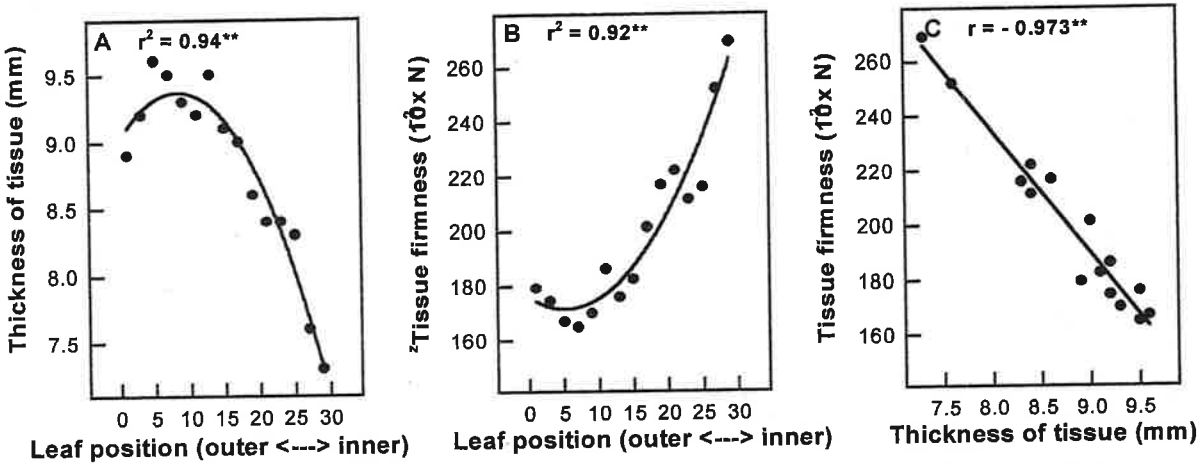


Fig. 11. Comparison tissue firmness, tissue thickness, and leaf position in chinese cabbage

A : Relationship between thickness and leaf position of Norang-Bom
B : Relationship between tissue firmness and leaf position of Norang-Bom
C : Correlation between tissue firmness and thickness of Norang-Bom

ZTissue Firmness = Max peak height (N) / Thickness of tissue

Table 3. Correlation coefficients of various parameters related to firmness of chinese cabbage.

Variety	Correlaton coefficients														
	P:T	P:A	P:H	P: A/T	P: H/T	T:A	T:H	T: A/T	T: H/T	A:H	A: A/T	A: H/T	H: A/T	H: H/T	A/T: H/T
Norang-Bom	-0.84**	-0.85**	0.91**	0.04	0.89**	0.88**	-0.87**	-0.32	-0.97**	-0.70**	0.18	-0.83**	0.38	0.96**	0.37
Kangryuckyeorum	-0.80**	-0.67**	0.79**	0.17	0.88**	0.65**	-0.67**	-0.44*	-0.93**	-0.50*	0.40	-0.64**	0.20	0.91**	0.37
Norang-Yeorum	-0.95**	-0.94**	-0.71**	-0.84**	0.57**	0.97**	0.77**	0.86**	-0.57**	0.86**	0.95**	-0.42*	0.89**	0.08	0.20
Korengi-Yeorum	-0.88**	-0.87**	-0.55*	-0.79**	0.63**	0.94**	0.82**	0.83**	-0.42	0.86**	0.97**	-0.25	0.82**	0.17	-0.11
Bulam	-0.45*	-0.28*	0.90**	0.34	0.87**	0.47*	-0.37	-0.84**	-0.76**	-0.36	0.09	-0.47*	0.18	0.88**	0.56*
Norang-Chusuk	-0.96**	-0.98**	-0.10	-0.87**	0.75**	0.96**	-0.08	0.76**	-0.87**	0.11	0.91**	-0.74**	0.37	0.56**	-0.45*
Jangmee	-0.84**	-0.84**	0.51*	-0.74**	0.86**	0.97**	-0.82**	0.78**	-0.89**	-0.16	0.91**	-0.81**	0.02	0.65**	-0.57**
CR-Shingshing	-0.97**	-0.97**	-0.18	-0.84**	0.87**	0.96**	0.19	0.75**	-0.92**	0.31	0.90**	-0.81**	0.58**	0.28	-0.50*
CR-Tongil	-0.97**	-0.98**	-0.09	-0.82**	0.86**	0.98**	-0.08	0.76**	-0.94**	0.08	0.87**	-0.87**	0.50*	0.39*	-0.53**
CR-Power	-0.86**	-0.83**	0.12	-0.42	0.90**	0.93**	0.13	0.40	-0.90**	0.37	0.70**	-0.75**	0.69**	0.30	-0.11
CR-Green	-0.92**	-0.84**	-0.83**	-0.37	0.45*	0.83**	0.77**	0.26	-0.65**	0.75**	0.76**	-0.40	0.37	-0.01	0.05
Dong-Poong	-0.82**	-0.83**	0.94**	-0.15	0.93**	0.98**	-0.85**	0.05	-0.95**	-0.81**	0.23	-0.93**	0.08	0.96**	0.02
Rangno	-0.81**	-0.87**	-0.47*	-0.85**	0.83**	0.95**	0.77**	0.84**	-0.86**	0.73**	0.97**	-0.82**	0.65**	-0.34	-0.73**
Daebaekchae	-0.91**	-0.84**	0.44*	-0.19	0.93**	0.94**	-0.25	0.22	-0.93**	-0.19	0.55*	-0.83**	0.06	0.59**	-0.11
Chihili	-0.90**	-0.96**	-0.89**	-0.92**	0.54*	0.94**	0.73**	0.75**	-0.79**	0.88**	0.92**	-0.57*	0.92**	-0.19	-0.26
Kwon-Shim	-0.67**	-0.62**	0.33	-0.34	0.92**	0.93**	0.38	0.49*	-0.65**	0.47*	0.78**	-0.50*	0.46*	0.46*	-0.09

P : Ranked from outer to inner leaves according to the order of leaf emergence.

H : Max peak height in texture profile

T : Thickness of leaf tissue where hardness was measured.

A : Total area in texture profile

A/T : Area / Thickness

H/T : Max peak height / Thickness

제 2 절 품종별 중륵의 조직감 특성

1. 연구목표

배추의 품종별 조직감을 비교하기 위하여 작형별 주요 품종을 공시하여 중륵의 경도를 측정하고, 조직의 건물률과 세포벽 함량, 세포벽조성, 전분함량과의 상관관계를 구명하였다.

2. 연구수행방법

가. 공시재료

공시된 배추는 '노랑봄'(봄배추), '강력여름', '노랑여름', '고랭지여름'(여름배추), '불암', '노랑추석', '장미', 'CR싱싱', 'CR통일', 'CR그린', 'CR파워', '랑노'(이상 가을배추), 월동배추는 '동풍', 북방계로서 '대백채'(大白菜, 배추의 中國語, 본문에서는 중국 북방계통 배추를 뜻함), '치힐리', 남방계는 '권심'을 공시하여, 2000년 9~12월 경기도 안성시 중앙대학교 부속포장에서 표준경종법으로 재배 후 수확하여 실험에 이용하였다.

전분함량 분석에 사용된 재료는 2001년 9~12월 경기도 안성시 중앙대학교 부속포장에서 표준경종법으로 재배 후 수확한 '불암'을 이용하였다.

나. 경도측정

배추 중륵의 경도는 건전한 배추 겉잎에서 시작하여 엽장 5㎝가 되는 잎까지 단축경으로부터 엽기부를 절단하였다. 엽서별 중륵 하단부의 가장 두꺼운 부위를 직경 12mm cork borer를 이용, 절편을 채취하여 Texture Analyser TA-HDi (Stable Micro Systems, England)의 Volodkevich Bite Jaws probe로 측정하여 단위 두께당 조직에 가해지는 힘으로 표현하였다(Tissue Firmness =

Maximum Peak Height / Thickness of Tissue). 각 계통별 건전한 개체 10포기를 측정하였다.

다. 건물중 측정 및 세포벽추출

조직의 경도를 측정한 후 계통별 엽서에 따라 중륵조직을 절취하여 1포기당 생체중 100g씩을 동결건조 후 건물함량을 측정하였다. 진공건조기에 보관된 시료로부터 세포벽 추출을 하였는데, 그 과정은 Fig. 12에 나타낸 바와 같다. 즉 조직을 80% EtOH과 1:100(w/v)로 섞어 homogenize한 후 miracloth로 여과하고, 색소 및 지질을 제거하기 위해 chloroform: MeOH (1:1v/v) 및 아세톤으로 추출 여과한 후, 잔사를 풍건시켜 조세포벽을 구하고, P_2O_5하에서 2일간 진공 건조후 함량을 조사하였다.

라. 세포벽 조성비교

세포벽의 주성분인 cellulose, hemicellulose, pectin 등의 조성을 알아보기 위하여 cellulose 분리 및 정량은 Gross(1984)의 방법에 준하였고, pectin의 주사슬의 구성물질인 polyuronides 추출 및 정량은 Carpita(1992)의 방법에 따라 정량하였다. Pectin의 측쇄와 hemicellulose의 주성분인 NCNS (Non-cellulosic neutral sugars)를 분석하였다.

1) Polyuronides : 세포벽 10mg을 2ml의 진한 황산에 넣고 냉각수조에서 가수분해 시킨 후 상등액을 추출하여 0.4ml를 취해 40ul의 sulfamate-KOH와 2.4ml의 75mM sodium tetraborate를 첨가 후 20분간 끓여 분해 후 0.15% m-phenylphenol로 발색시켜 O.D. 525nm에서 정량하였다.

2) Cellulose : 세포벽 10mg을 1ml 2N Trifluoroacetic acid(TFA)에 넣고 1시간 동안 121℃에서 분해한 후, 상등액을 제거하고 남은 잔사에 1ml의 78% 황산에 넣고 가수분해한 후 Anthron으로 발색시켜 O.D. 620nm에서 정량하였다.

3) Non-cellulosic neutral sugars(NCNS) : 세포벽 10mg을 1ml 2N

Trifluoroacetic acid(TFA)에 넣고 1시간동안 121℃에서 분해한 후, 상등액을 취해 질소가스를 이용해 완전히 건조시킨다. 건조된 시료는 1ml TFA로 용해시켜 2등분 후 각각 재차 건조시킨 후 반절은 증류수를 이용해 용해 시킨 후 phenol-sulfuric acid를 이용하여 발색시켜 O.D. 420nm에서 total non-cellulosic neutral sugars(NCNS)의 함량을 측정하였고, 나머지 절반은 alditol acetate유도체를 만든 후 GC-FID로 NCNS를 구성하는 단당류의 조성을 분석하였다. 당분석에 사용된 column과 분석조건은 다음과 같다.

Column: 5% phenylmethyl silicone 30m(0.25 mm i.d.) capillary column
Injector temp: 220℃
Detector temp: 230℃
Carrier gas : He(30㎕/min)
Oven temp.

* Program 1	* Program 2
Initial temp: 172℃	Initial temp.: 212℃
Initial time: 1 min	Initial time: 3min
Rate: 4℃/min	Rate: 2℃/min
Final temp: 212℃	Final temp.: 232℃
	Final time: 1min

마. 전분분석

전분함량 분석에 사용된 재료는 2001년 9~12월 경기도 안성시 중앙대학교 부속포장에서 표준경종법으로 재배하여 수확한 '불암'을 이용하였다. 개체별로 건전한 겉잎부터 2, 4번째 잎과 20, 22번째 잎, 38, 40번째 잎의 3부위로 나누어 중륵을 사용하였고, 경도 측정후 조직 10g씩 동결건조시켜 건물함량을 측정하였으며, 외각부위, 중간부위, 내부의 두엽의 건물시료를 합하여 AIS을 추출하고

세포벽함량을 조사한 후, 전분함량을 비교하였다.

중륙의 전분함량은 Iodometeric method 법을 응용하여 실시하였다. 즉, AIS 10mg에 1.8% HCl 5ml를 첨가한 후 65℃ shaking water bath에서 1시간 동안 진탕한 후 3,000rpm으로 10분간 원심 분리하여 상등액을 취하였다. 상등액에서 1ml를 취해 증류수에 녹인 KI/I_2(10.2g/5.08g/L) 용액 100㎕를 넣은 후 665nm에서 흡광도를 측정하였다. Standard는 potato starch(1mg/ml)를 사용하였다.

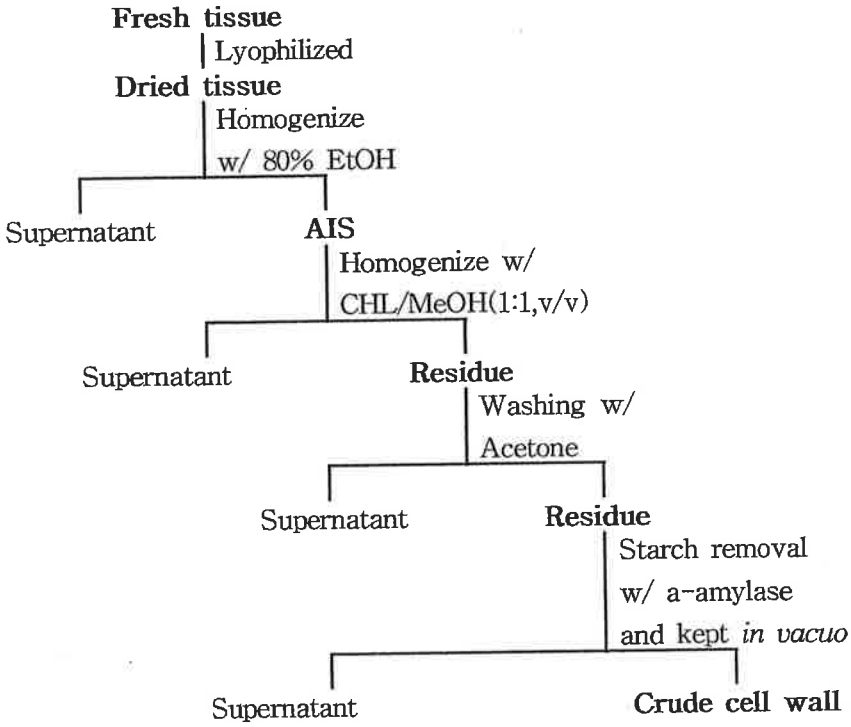


Fig. 12. Outline of the extraction procedure and quantification of cell wall.

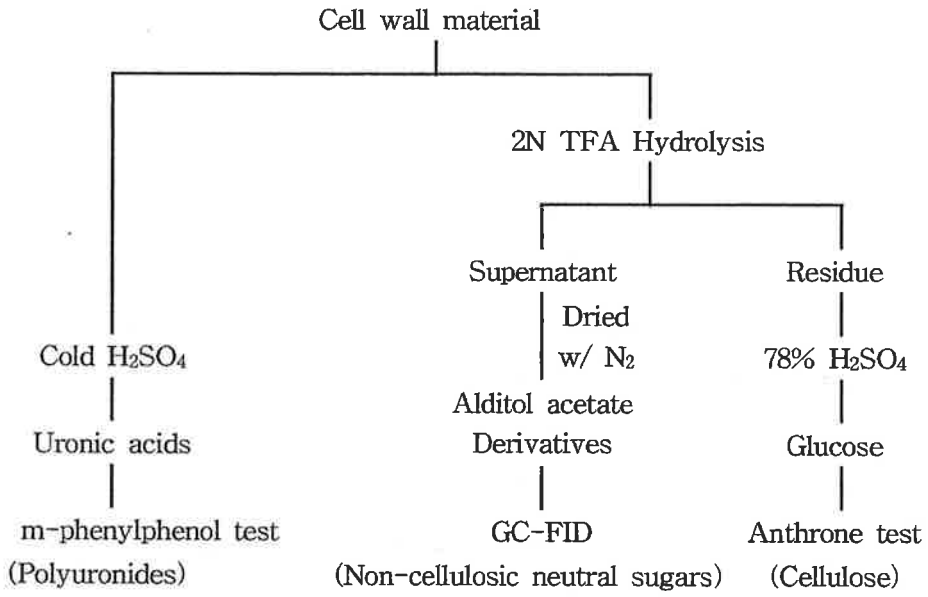


Fig. 13. Outline of quantification of cell wall composition.

3. 연구결과

품종별 배추의 경도는 'CR싱싱', 'CR통일', '치힐리', 'CR파워', '노랑추석' 등이 각각 평균 3.46N, 3.09N, 3.08N, 2.80N, 2.54N으로 전체 계통중 가장 높았고, '불암', '노랑봄', '권심', '고랭지여름', '랑노' 등이 각각 2.08N, 2.01N, 19.2N, 1.88N, 1.58N으로 다른 계통에 비하여 낮은 경도값을 보였다. '노랑추석', '노랑봄', '노랑여름', 'CR싱싱', '동풍', '치힐리', '권심'은 각각 2.01N, 2.24N, 3.46N, 2.44N, 3.08N, 1.92N로 각 계통 중에서 가장 높았고, 계통별로는 봄작형인 '노랑봄'은 평균 2.01N, 여름작형인 '강력여름', '노랑여름', '고랭지여름' 등은 평균 2.09N, 북방계인 '대백채', '치힐리'가 평균 2.67N이었고, 가을작형인 'CR싱싱', 'CR통일', 'CR파워', '노랑추석' '장미'등이 평균 2.55N으로 북방계, 가을작형의 배추가 봄, 여름계통에 비해 경도가 높았다(Table 4., Fig. 14).

배추의 품종별 엽서와 경도와의 관계를 직선회귀 방정식으로 나타낸 결과, 모든 계통에서 내엽으로 갈수록 증가하는데, '동풍'의 경우 외엽에서 내엽으로 갈수록 경도가 급격하게 증가하였고(slope:0.059, r^2=0.88**), 다음 'CR싱싱', '치힐리', '장미', 'CR파워', '노랑봄', 'CR통일'의 순이었으며(slope:0.031~0.041, r^2=0.77**~0.96**), '대백채', '강력여름', '불암', '권심', '노랑추석'은 경도가 완만히 증가하고(slope:0.015~0.029, r^2=0.66**~0.85**), '노랑여름', '랑노', 'CR그린', '고랭지여름'은 내엽과 외엽간 경도차가 거의 없었다(slope: 0.005~0.007, r^2=0.23*~0.75**, Table 4.).

엽서간 중륵의 두께는 모든 계통에서 내엽으로 갈수록 감소하였고 (r^2=0.53**~0.96**, Fig.15), 엽서와 엽의 두께와의 관계를 직선회귀 방정식으로 나타낸 결과, 계통의 '치힐리'는 가장 두꺼운 엽이 10.59mm였고, 가장 얇은 엽이 4.39mm로 두께차가 6.20mm로 엽서간 두께의 차이가 가장 컸고, '동풍'의 경우는 가장 두꺼운 엽이 11.33mm, 가장 얇은 엽이 7.22mm로 두께의 차이가

4.11mm로 컸으며(slope:-0.190~-0.115, r^2=0.71**~0.92**), '불암'은 가장 두꺼운 엽과 얇은 엽의 엽서간 두께의 차이가 1.25mm로 적었다(slope:-0.023, r^2=0.53**, Table 5.).

중륵 조직의 건물함량과 세포벽함량을 구한 결과, 건물률과 세포벽 함량은 정의상관(r=0.83**)이 있었고, 경도가 높은 품종은 세포벽 함량이 높았고 (r=0.58**). 공시계통간 엽서별 조직의 건물률과 경도는 고도의 상관관계가 있었으며, r=0.70**을 보였다(Fig. 16).

Fig. 17는 중륵의 세포벽을 추출하고, 이들의 조성을 비교한 그림인데, 중륵의 경도와 세포벽의 펙틴의 주사슬인 polyuronides는 정의 상관관계를 가졌으며, 셀룰로스, 헤미셀룰로스의 상관관계는 유의성이 인정되지 않았다. 즉 경도가 높은 품종은 중륵 조직에 펙틴의 주사슬인 polyuronides 함량이 높은 것으로 사료된다.

'불암'의 중륵조직 경도와 건물함량, 세포벽함량, 그리고 전분함량을 엽서별로 분석한 결과, 내엽으로 갈수록 경도와 건물, 세포벽, 전분의 함량이 모두 증가하였고(Fig. 18), 조직의 경도는 건물함량, 세포벽함량, 전분함량과 높은 정의 상관관계를 보였다(Fig. 19).

본 실험에서 계통간 비교시 사용된 배추는 가을에 재배하였으므로 봄배추, 여름배추, 겨울배추는 계통고유의 형질을 나타내지 못하는 가능성을 배제할 수 없다.

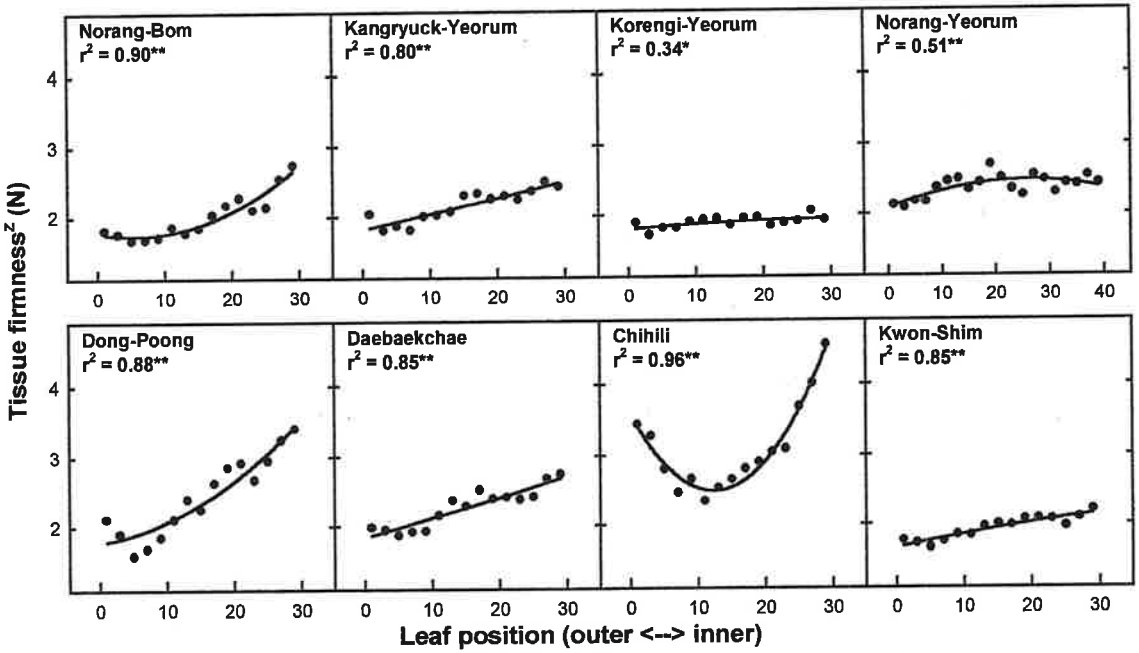


Fig. 14-1. Relationship between tissue firmness and leaf position from chinese cabbages.
[z]Tissue firmness = Max peak height (N) / Thickness of tissue (mm)

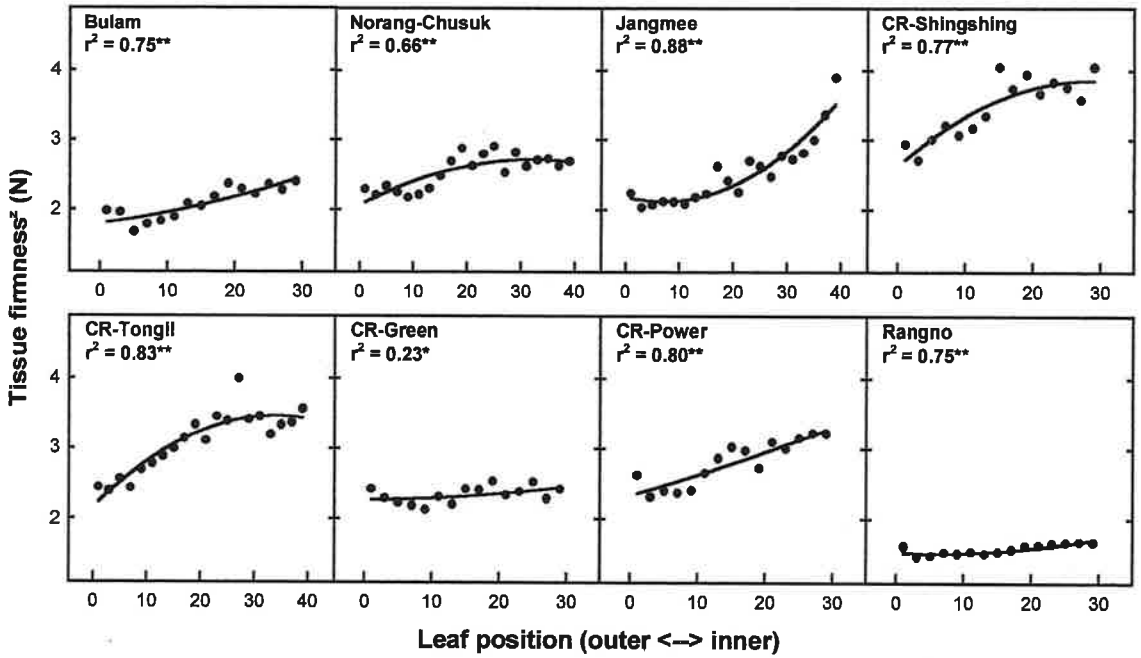


Fig. 14-2. Relationship between tissue firmness and leaf position from chinese cabbages.
[z]Tissue firmness = Max peak height (N) / Thickness of tissue (mm)

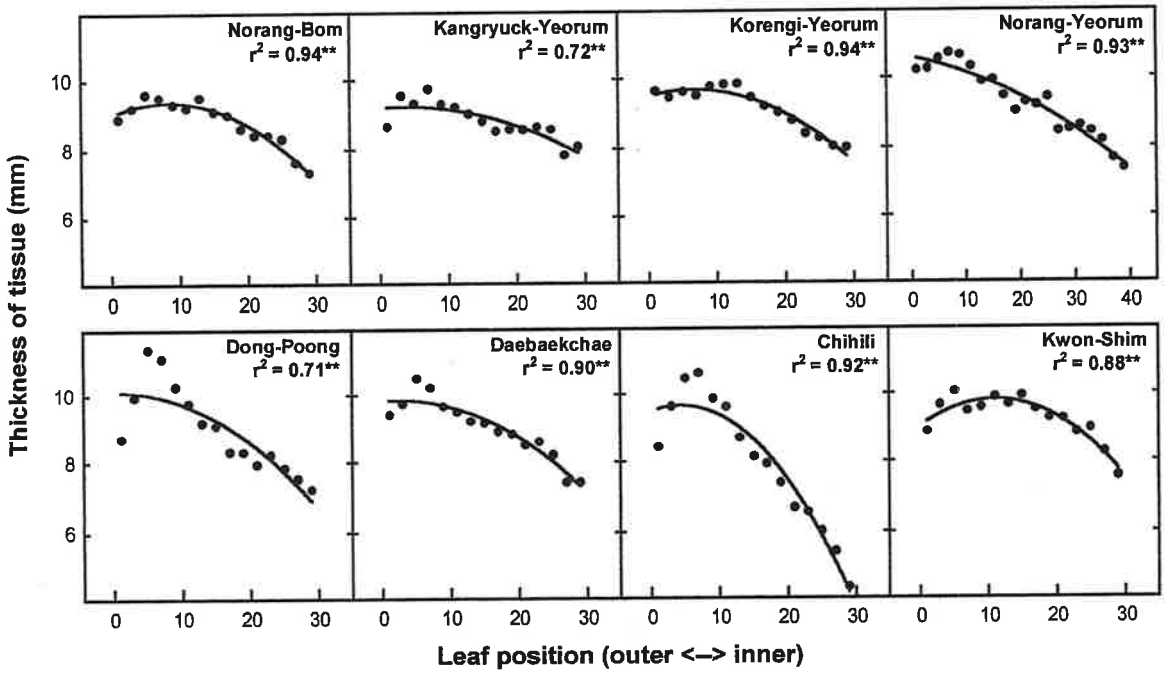


Fig. 15-1. Relationship between thickness of tissue and leaf position from chinese cabbages.

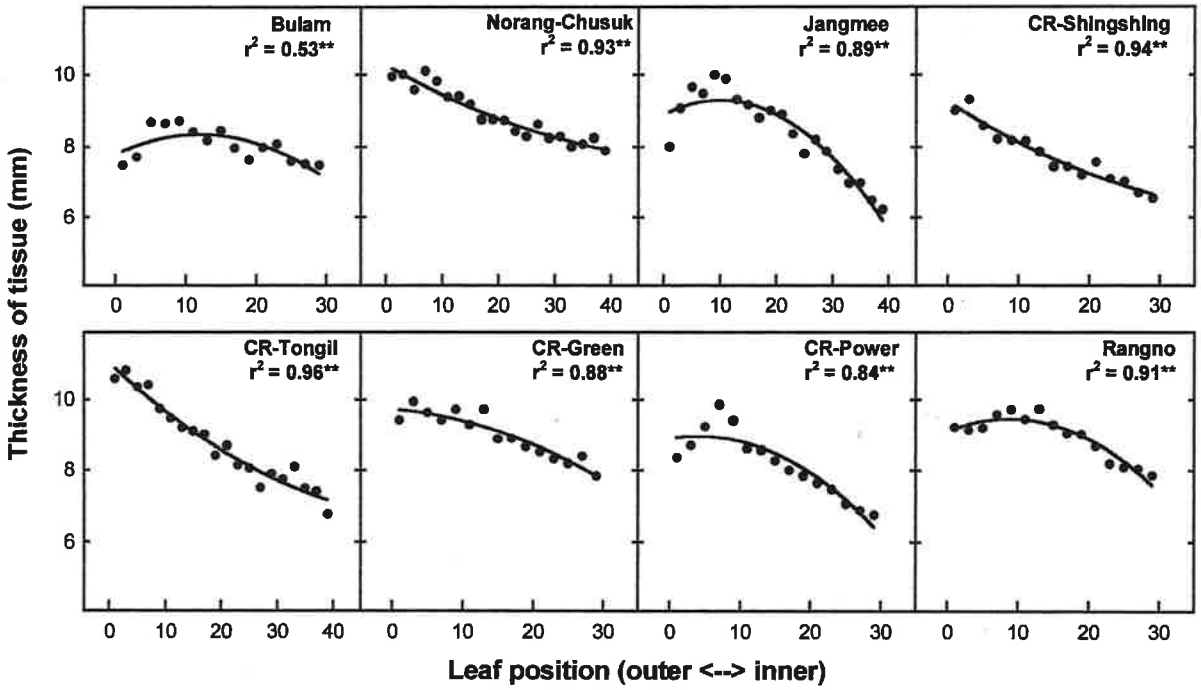


Fig. 15-2. Relationship between thickness of tissue and leaf position from chinese cabbages.

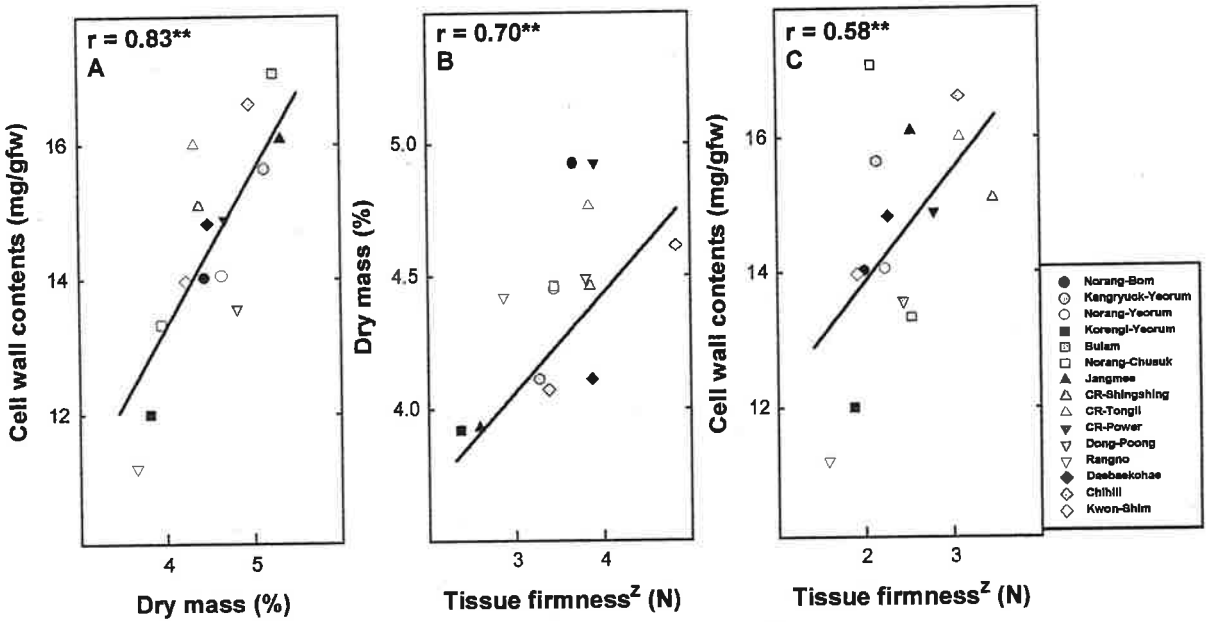


Fig. 16. A : Correlation between dry mass and cell wall contents
B : Correlation between tissue firmness and dry mass
C : Correlation between tissue firmness and cell wall contents

[z]Tissue firmness = Max peak height (N) / Thickness of tissue (mm)

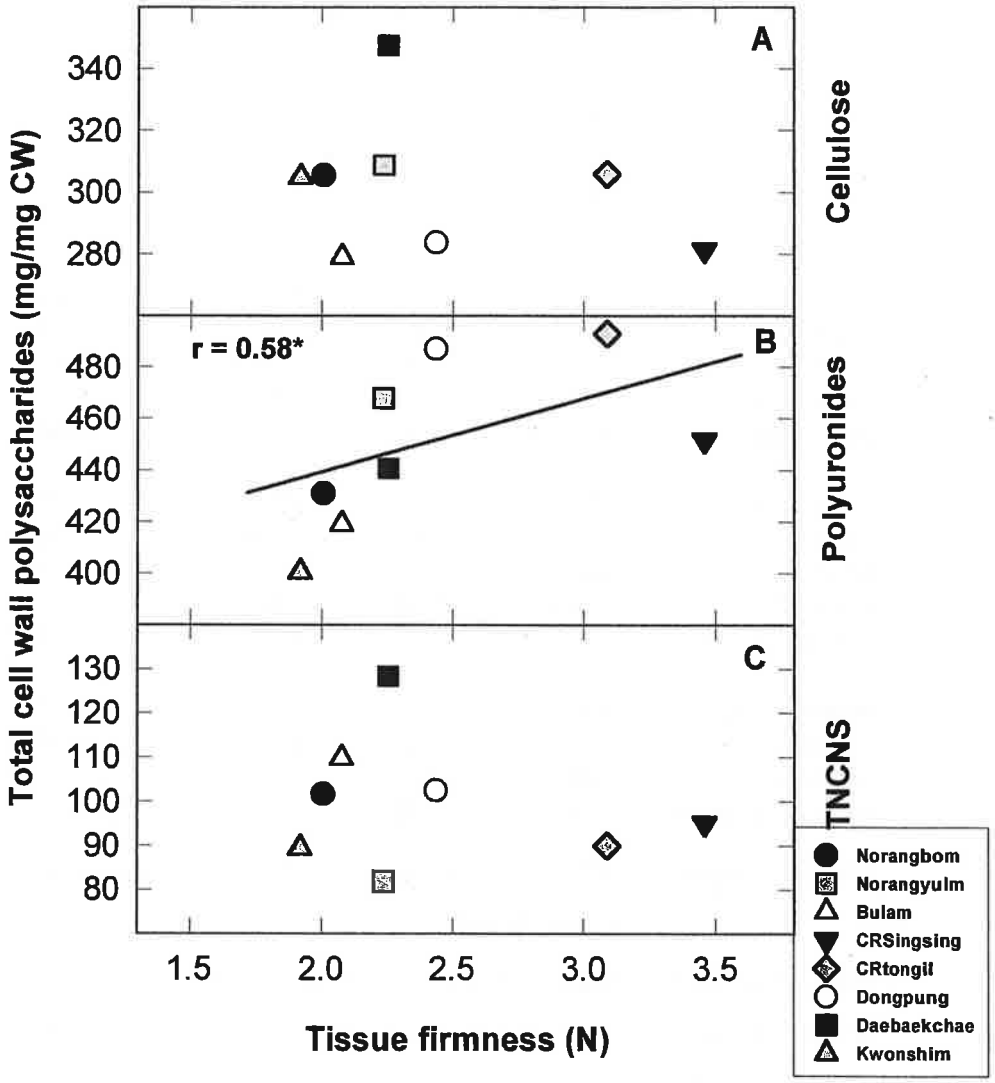


Fig. 17. Correlation between cell wall polysaccharide content and tissue firmness in chinese cabbage
A : Cellulose contents
B : Polyuronides
C : Total non-cellulosic neutral sugar contents

Table 4. Comparison of regression parameters of [z]tissue firmness as a function of leaf position with 16 different chinese cabbage genotypes.

Varieties	y = ax + b		[Y] r^2	[x]Mean
	a	b		
Dong-Poong	0.059	1.56	0.88**	2.44
CR-Shingshing	0.041	2.85	0.77**	3.46
Chihili	0.039	2.50	0.96**	3.08
Jangmee	0.035	1.82	0.88**	2.53
CR-Power	0.032	2.32	0.80**	2.80
Norang-Bom	0.032	1.53	0.90**	2.01
CR-Tongil	0.031	2.46	0.83**	3.09
Daebaekchae	0.029	1.83	0.85**	2.26
Kangryuck-Yeorum	0.023	1.81	0.80**	2.15
Bulam	0.022	1.75	0.75**	2.08
Kwon-Shim	0.016	1.68	0.85**	1.92
Norang-Chusuk	0.015	2.23	0.66**	2.54
Norang-Yeorum	0.007	2.23	0.51**	2.24
Rangno	0.007	1.48	0.75**	1.58
CR-Green	0.006	2.24	0.23*	2.34
Korengi-Yeorum	0.005	1.81	0.34**	1.88

[z]Tissue firmness = Maximum peak height (N) / Thickness of tissue (mm)

[Y]Statistical significance is given at $**P<0.01$ and $*P<0.05$.

[x]Mean : Average of all leaves in one head. Five to ten heads per genotypes use determined.

Table 5. Comparison of regression parameters of tissue thickness as a function of leaf position with 16 different chinese cabbage genotypes.

Varieties	y = ax + b		$^{z}r^2$	^{Y}Mean
	a	b		
Chihili	-0.190	10.82	0.92**	7.97
Dong-Poong	-0.115	10.69	0.71**	8.97
CR-Tongil	-0.098	10.96	0.96**	8.73
Daebaekchae	-0.090	10.35	0.90**	9.00
CR-Power	-0.090	9.51	0.84**	8.16
CR-Shingshing	-0.089	9.07	0.94**	7.74
Norang-Yeorum	-0.081	10.89	0.93**	9.28
Jangmee	-0.081	9.97	0.89**	8.83
CR-Green	-0.068	9.99	0.88**	8.98
Korengi-Yeorum	-0.065	10.08	0.72**	9.11
Norang-Bom	-0.065	9.76	0.94**	8.80
Norang-Chusuk	-0.059	10.06	0.93**	8.87
Rangno	-0.058	9.80	0.91**	8.94
Kwon-Shim	-0.050	9.97	0.88**	9.22
Kangryuck-Yeorum	-0.047	9.52	0.72**	8.80
Bulam	-0.023	8.37	0.53**	8.01

^{z}Statistical significance is given at $**P<0.01$ and $*P<0.05$.

^{Y}Mean : Average of all leaves in one head. Five to ten heads per genotypes use determined.

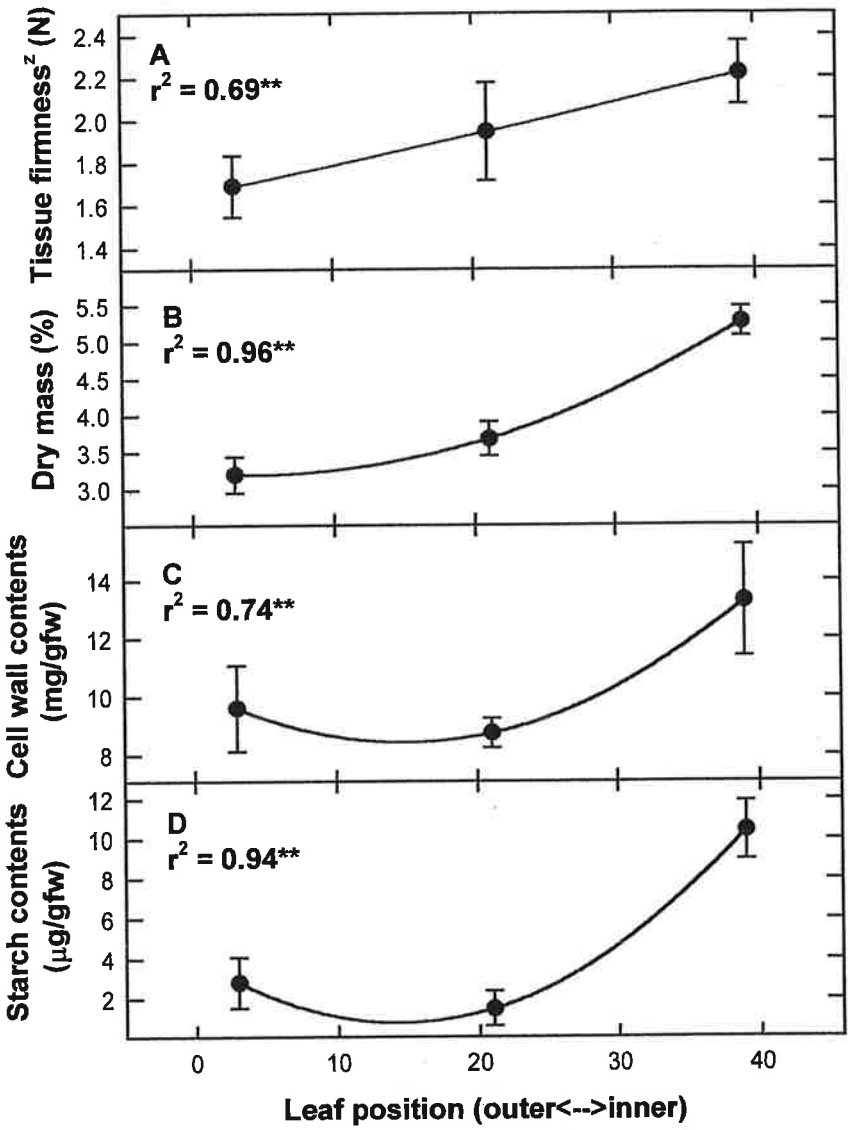


Fig. 18 . Comparison leaf position and its parameter in 'Bulam'.
A : Tissue firmness **B : Dry mass**
C : Cell wall contents **D : Starch contents**

^{z}Tissue firmness = Maximum peak height (N) / Thickness (mm)

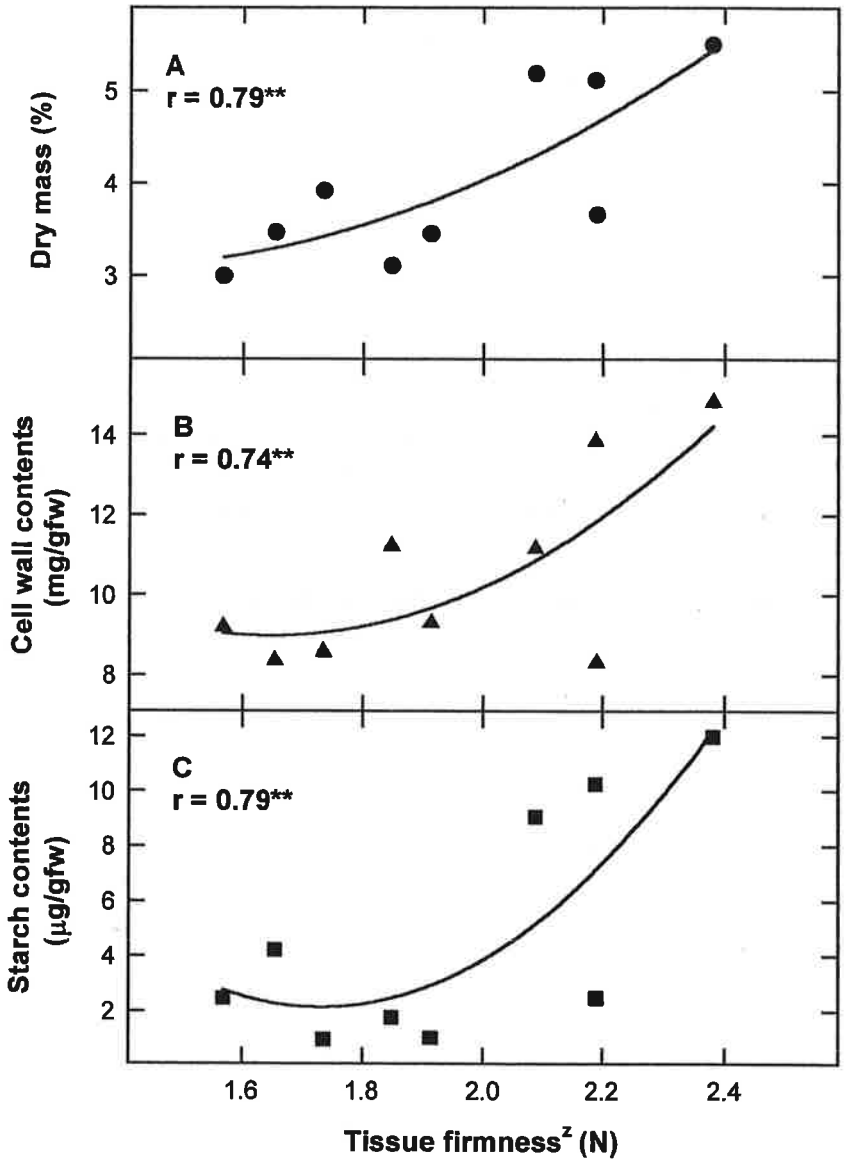


Fig. 19 . Comparison tissue firmness and its parameter in 'Bulam'.
A : Dry mass B : Cell wall contents C : Starch contents
[z]Tissue firmness = Maximum peak height (N) / Thickness (mm)

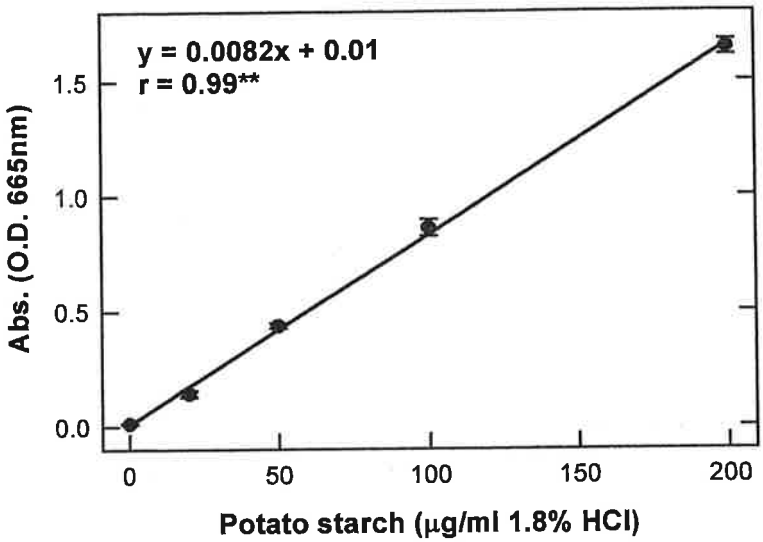


Fig. 20. Standard curve of starch for Iodometeric assay.

제 3 절 재배시기에 따른 중륵의 조직감 특성

1. 연구목표

배추의 재배시기별 중륵의 조직감을 비교하기 위하여 봄과 가을에 작형별 품종을 공시, 재배하여 중륵의 경도 및 엽서별 건물률을 측정하여 상관관계를 구명하였다.

2. 연구수행방법

가. 공시재료

봄작형으로 '노랑봄', 여름작형은 '강력여름', '고랭지여름', 가을작형은 '불암', 북방계통은 '대백채'를 공시하여, 봄재배와 가을재배를 각각 2000년 가을부터 2002년 봄까지 각 2년에 걸쳐 3~6월 및 9~12월 경기도 안성시 중앙대학교 부속 포장에서 표준경종법으로 재배, 수확하여 실험에 이용하였다.

나. 경도측정

배추 중륵의 경도는 건전한 배추 겉잎에서 시작하여 엽장 5㎝가 되는 잎까지 단축경으로부터 엽기부를 절단하였다. 엽서별 중륵 하단부의 가장 두꺼운 부위를 직경 12mm cork borer를 이용, 절편을 채취하여 Texture Analyser TA-HDi (Stable Micro Systems, England)의 Volodkevich Bite Jaws probe로 측정하여 단위 두께당 조직에 가해지는 힘으로 표현하였다(Tissue Firmness = Maximum Peak Height / Thickness of Tissue). 각 품종별 건전한 개체 10포기를 측정하였다.

다. 건물중 측정

재배시기별로 조직의 경도를 측정한 후 5개 품종의 중륵조직을 엽서별로 생체중 20g씩을 채취하여 동결건조 후 건물함량을 측정하였다. 2000년 가을에는 건물함량을 엽서별로 조사하지 않았다.

3. 연구결과

배추 조직 경도는 봄과 가을의 재배시기에 관계없이 모든 품종에서 내부의 엽으로 갈수록 증가하였고(r^2=0.25*~0.90**, Fig. 21), 봄에 재배한 배추 중륵의 경도가 가을에 재배한 배추의 경도보다 모든 품종에서 높게 나타났다(Fig. 21, Table 6.). '대백채'의 중륵 경도는 봄재배시 2회 평균 3.40N, 가을재배시 2.46N로 각각의 재배시기에서 가장 높았고, '고랭지여름'은 봄에 2.26N, 가을에 1.88N으로 각각의 재배시기에서 가장 낮은 경도를 보였으며, '노랑봄'은 봄에는 2.97N, 가을에는 2.13N, '강력여름'은 봄 3.27N, 가을 2.26N, '불암'은 봄재배시 2.93N, 가을재배시에 2.01N의 결과를 나타내었다(Fig. 21, Table 6.). 계통별로는 북방계인 '대백채'가 4회 재배 평균 2.93N으로 가장 높았고, '강력여름'(2.59N), '노랑봄'(2.55N), '불암'(2.47N), '고랭지여름'(2.07N)의 순이었다.

엽서에 따른 경도를 직선회기방정식으로 나타내어 엽서간 경도차인 slope를 조사한 결과, '노랑봄'의 경우 봄재배시 2회 재배 평균 0.032, 가을재배시 0.020, '고랭지여름'은 봄에 0.039, 가을재배에서 0.005였고, '대백채'는 봄에 0.037, 가을에 0.031로 각각 가을재배에서 적게 나타나 가을재배시 엽서간 경도차이가 적은 것으로 나타났다(Table 6.). '강력여름', '불암'은 가을재배시 엽서간 경도차이가 더 있었지만, 두 품종 모두 4회 재배 평균은 0.016~0.017로 다른 품종에 비하여 외엽과 내엽간의 차이가 재배시기에 관계없이 적은 품종으로 나타났다(Table 6.).

엽서간 중륵의 두께는 재배시기에 관계없이 모든 품종에서 내부의 엽으로

갈수록 감소하였고(r^2=0.15*~0.94**, Fig. 22), 가을에 재배한 배추의 중륵 두께는 8.41~9.11mm로 봄에 재배한 배추의 6.42~7.35mm보다 모든 품종에서 높게 나타났으며(Fig. 22, Table 7.), '대백채', '고랭지여름', '강력여름', '노랑봄'은 가을재배에서 봄재배 보다 엽서간 두께차이가 적었고, '불암'은 엽서에 따른 엽두께의 직선회기방정식의 회기계수가 0.018로 다른 품종의 0.027~0.078에 비하여 재배시기에 관계없이 외엽과 내엽간의 엽두께 차이가 적은 것으로 나타났고, ''대백채'는 0.078로 다른 품종에 비하여 재배시기에 관계없이 엽서간 두께 차이가 큰 것으로 나타났다(Table 7.).

엽서에 의한 중륵의 건물률은 재배시기에 관계없이 모든 품종에서 내부 엽으로 갈수록 증가하였고(r^2=0.65**~0.99**, Fig. 23), 봄재배시의 중륵의 건물률은 '고랭지여름'을 제외한 4품종 평균 3.99%로 가을재배의 4.05%보다 낮았으나 유의차는 보이지 않았다(Table 8.). '노랑봄'의 건물률은 봄재배시 2회 재배 평균 3.94%, 가을재배시 3.66%를 보였고, '강력여름'은 봄에는 4.12%, 가을에는 4.51%, '불암'은 봄 3.94%, 가을 3.83%, '대백채'은 봄재배시 3.94%, 가을재배시에 4.21%로 나타났고, 가을재배에서 엽서에 따른 건물함량의 차이인 회기계수는 0.058~0.071로 봄의 0.024~040보다 높은 것으로 나타났다(Table 8.). 이것은 가을 재배시 배추의 내엽으로 저장양분과 같은 건물의 축적이 많이 이루어지는 것으로 생각된다.

재배시기에 따른 전체 품종의 경도와 건물함량과의 상관관계를 나타낸 그림 24를 보면 중륵의 경도와 건물률은 재배시기와 품종에 관계없이 높은 정의 상관관계가 있었다(r=0.52*~0.95**, Fig. 24). 즉 건물함량이 높은 배추의 중륵 조직은 경도가 높은 것으로 사료된다.

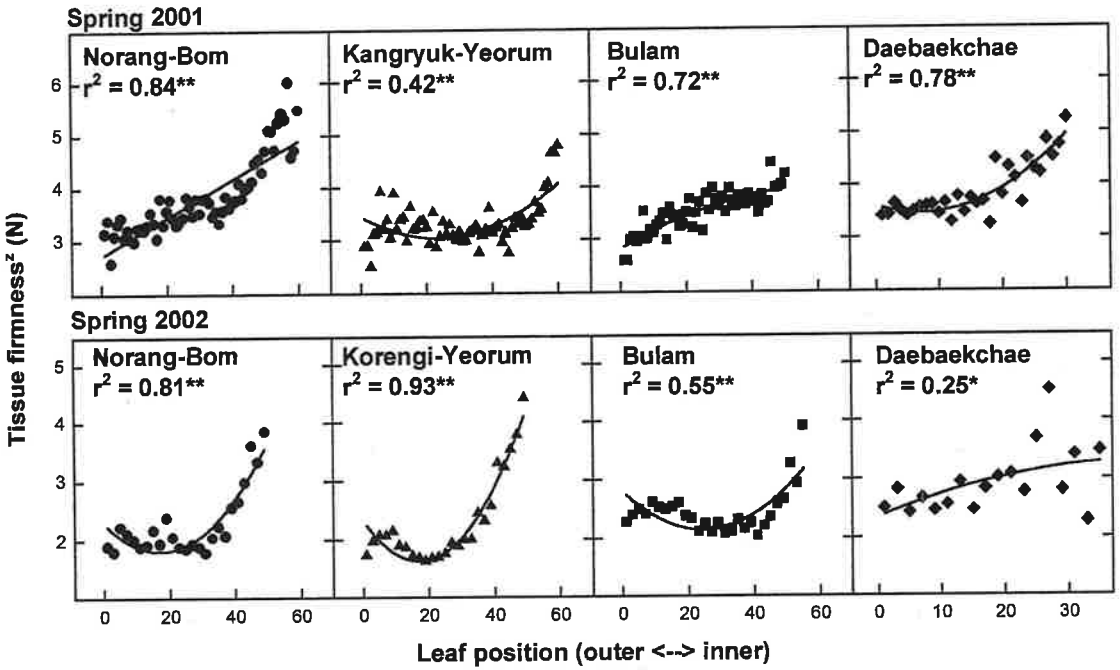


Fig. 21-A. Relationship between tissue firmness of tissue and leaf position from chinese cabbage grown in spring season.

[z]Tissue firmness = Max peak heght (N) / Thickness of tissue (mm)

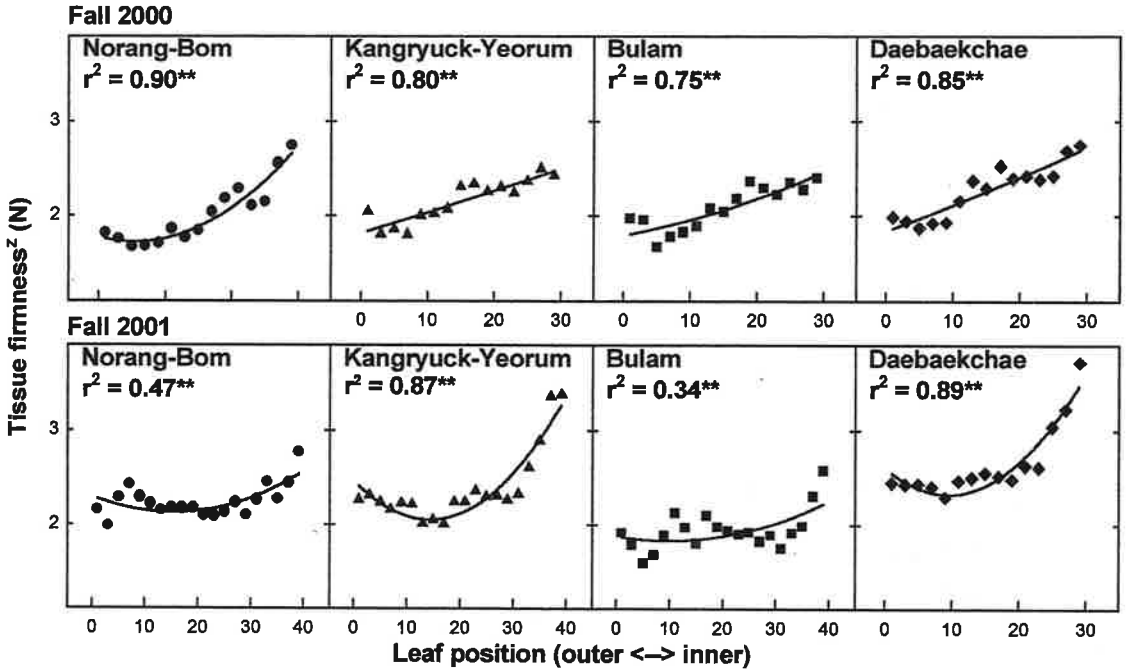


Fig. 21-B. Relationship between tissue firmness and leaf position from chinese cabbages grown in fall season.

[z]Tissue firmness = Max peak height (N) / Thickness of tissue (mm)

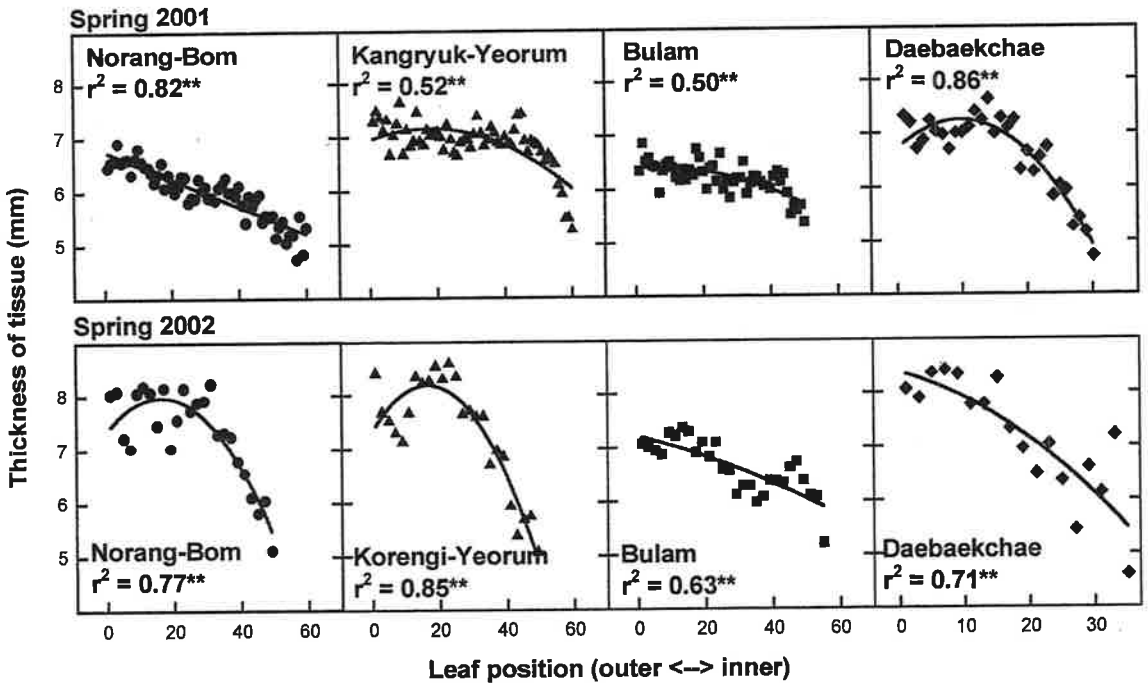


Fig. 22-A. Relationship between thickness of tissue and leaf position from chinese cabbage grown in spring season.

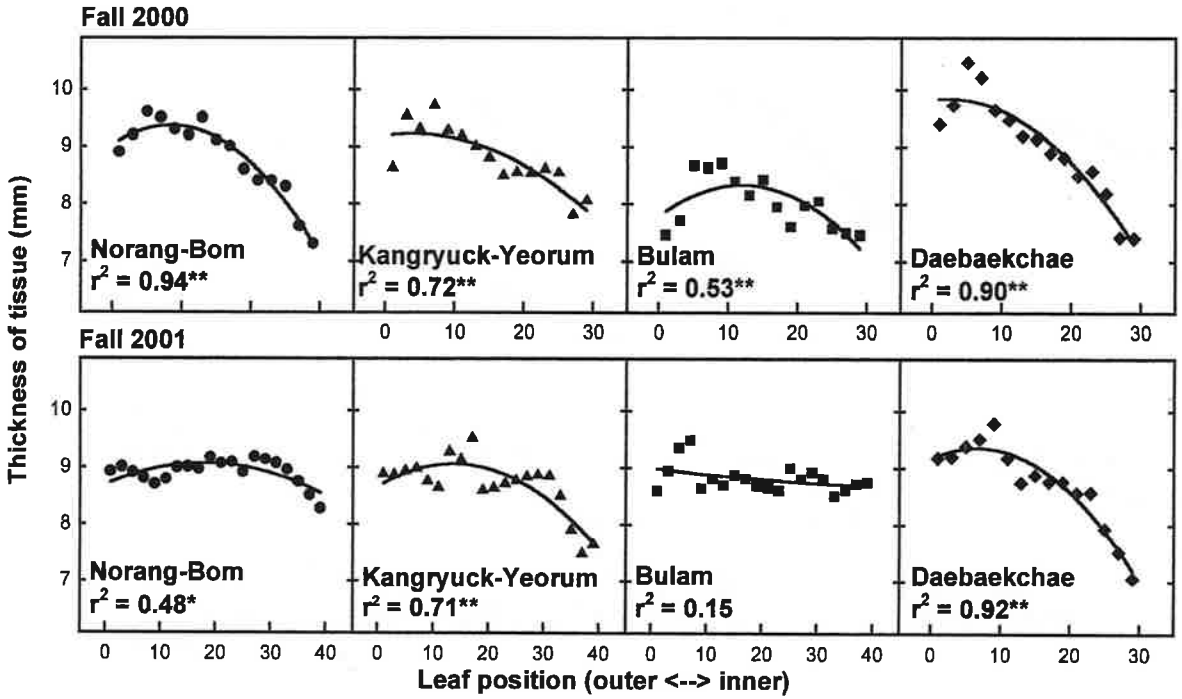


Fig. 22-B. Relationship between thickness of tissue and leaf position from chinese cabbages grown in fall season.

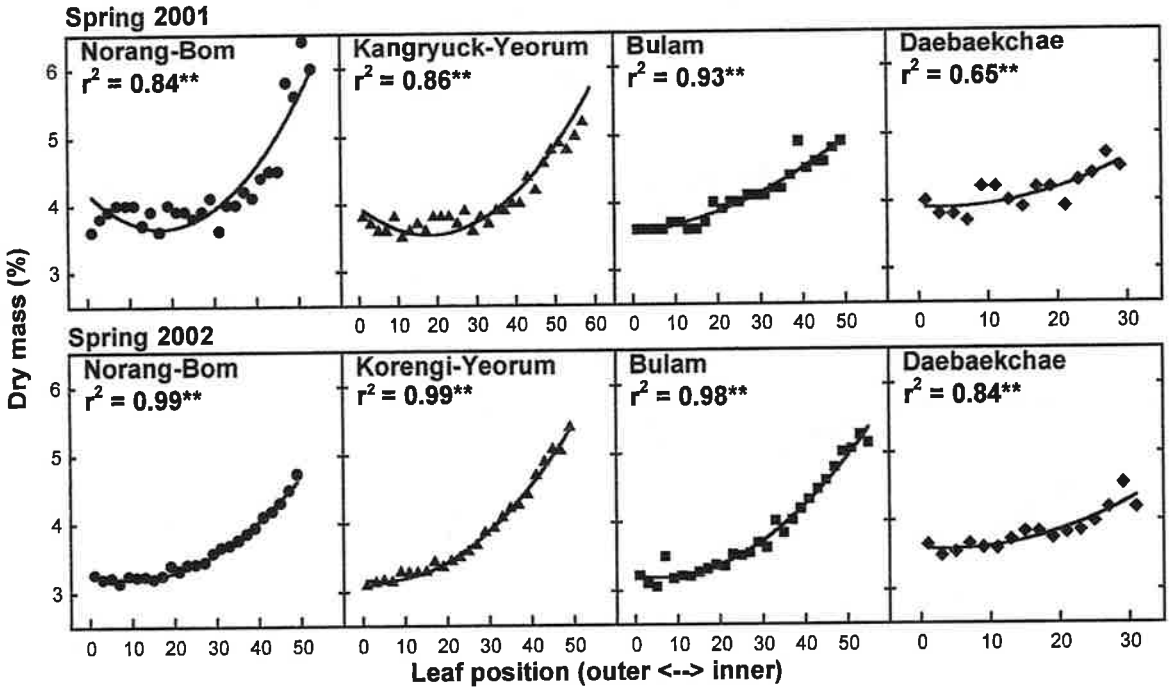


Fig. 23-A. Relationship between dry mass and leaf position from chinese cabbages grown in spring season.

Fall 2001

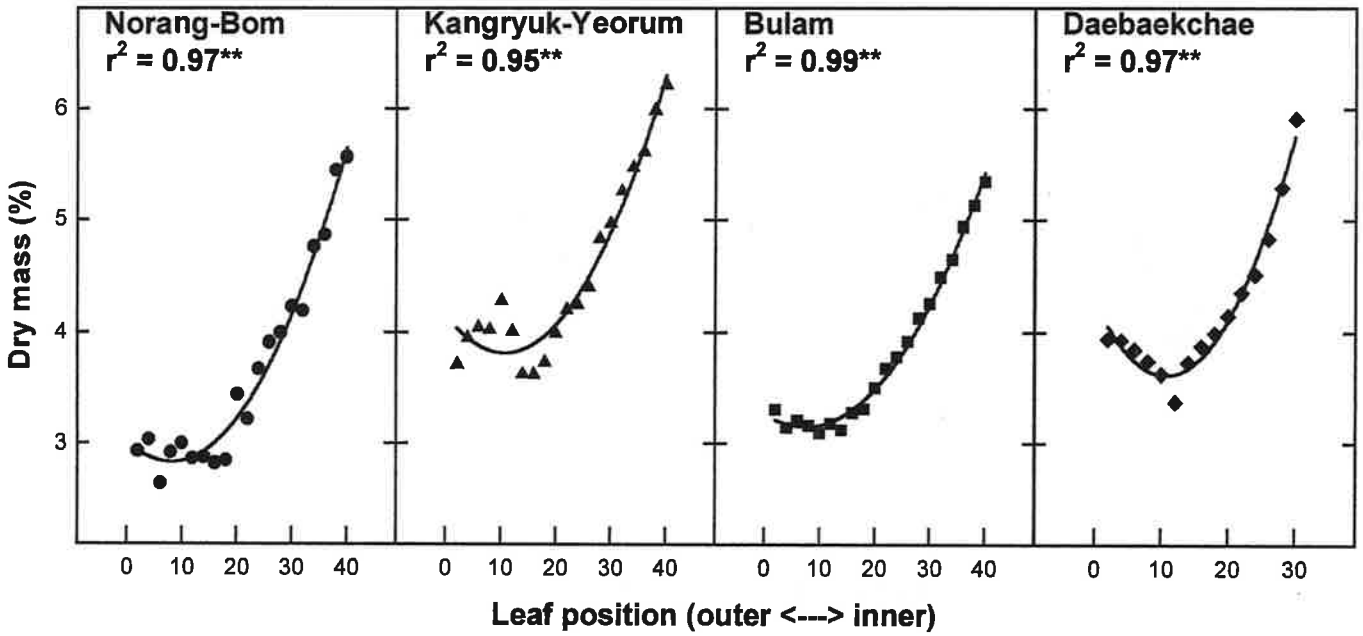


Fig. 23-B. Relationship between dry mass and leaf position from chinese cabbage grown in fall season.

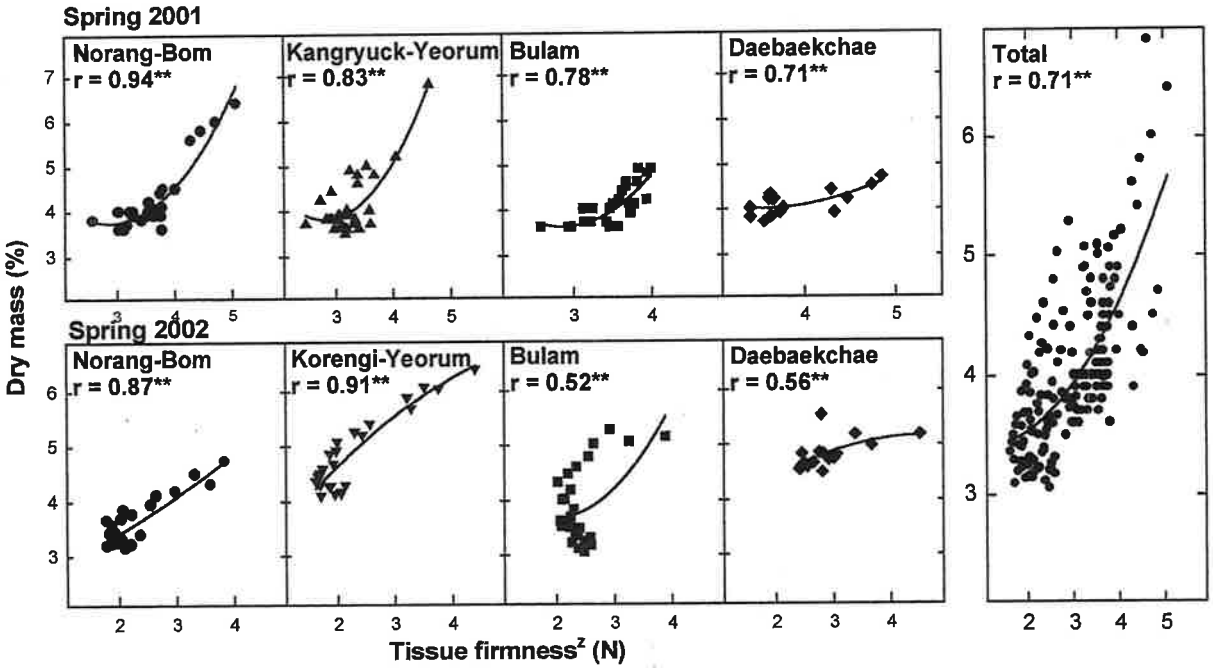


Fig. 24-A. Correlation between dry mass and tissue firmness from chinese cabbages grown in spring season.
[z]Tissue firmness = Max peak height (N) / Thickness of tissue (mm)

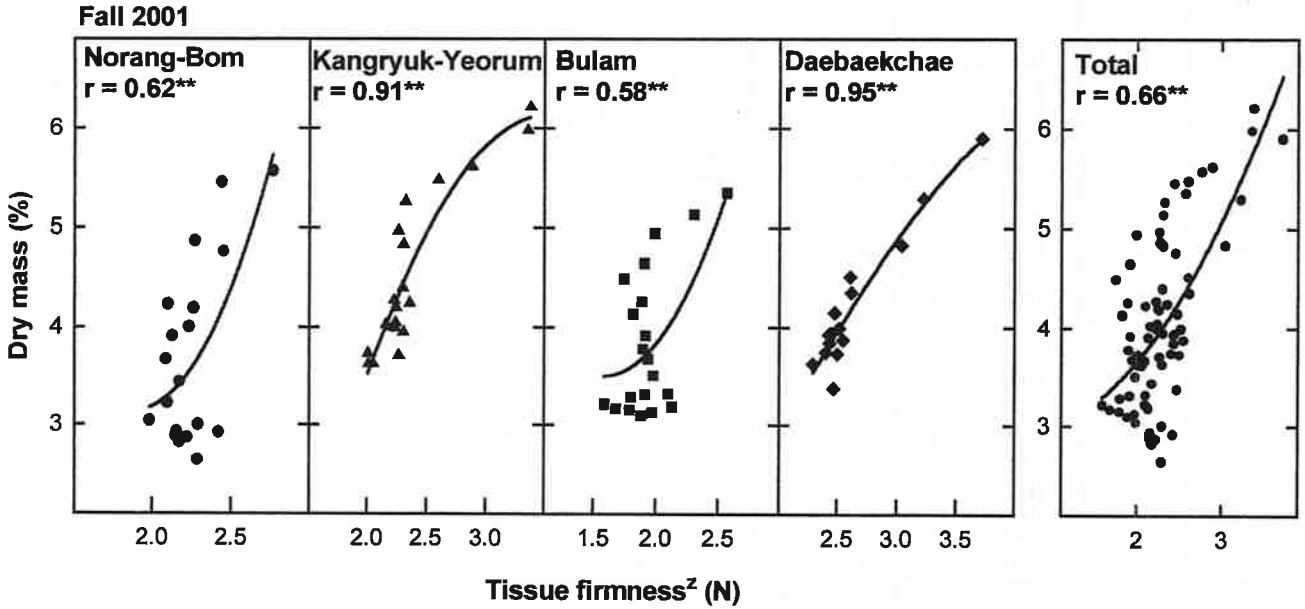


Fig. 24-B. Correlation between dry mass and tissue firmness from chinese cabbage grown in fall season.
[z]Tissue firmness = Max peak height (N) / Thickness of tissue (mm)

Table 6. Comparison of parameters of [Z]tissue firmness as a function of leaf position with 5 different chinese cabbage genotypes grown in spring and fall season.

Varieties	Season		y = ax + b		[Y] r^2	[X]Mean
			a	b		
Norang-Bom	Spring	'01	0.036	2.72	0.84**	3.66
		'02	0.027	1.59	0.81**	2.27
	Fall	'00	0.032	1.53	0.90**	2.01
		'01	0.007	2.11	0.47**	2.24
Kangryuck -Yeorum	Spring	'01	0.011	2.95	0.42**	3.27
		'02	[W]-	-	-	-
	Fall	'00	0.023	1.81	0.80**	2.15
		'01	0.023	1.93	0.87**	2.36
Korengi -Yeorum	Spring	'01	-	-	-	-
		'02	0.039	1.32	0.93**	2.26
	Fall	'00	0.005	1.81	0.34**	1.88
		'01	-	-	-	-
Bulam	Spring	'01	0.022	2.93	0.72**	3.45
		'02	0.008	2.22	0.55**	2.40
	Fall	'00	0.022	1.75	0.75**	2.08
		'01	0.010	1.75	0.34**	1.94
Daebaekchae	Spring	'01	0.048	3.13	0.78**	3.86
		'02	0.026	2.46	0.25*	2.93
	Fall	'00	0.029	1.83	0.85**	2.26
		'01	0.033	2.15	0.89**	2.65

[Z]Tissue firmness = Maximum peak height (N) / Thickness of tissue (mm)

[Y]Statistical significance is given at $**P<0.01$ and $*P<0.05$.

[X]Mean : Average of all leaves in one head. Five to ten heads per genotypes use determined.

[W]- : Not determined.

Table 7. Comparison of parameters of tissue thickness as a function of leaf position with 5 different chinese cabbage genotypes grown in spring and fall season.

Varieties	Season		y = ax + b		$^{Z}r^2$	^{Y}Mean
			a	b		
Norang-Bom	Spring	'01	-0.026	6.76	0.82**	5.98
		'02	-0.041	8.34	0.77**	7.31
	Fall	'00	-0.065	9.76	0.94**	8.80
		'01	-0.005	9.00	0.48**	8.91
Kangryuck -Yeorum	Spring	'01	-0.016	7.36	0.52**	6.87
		'02	^{X}-	-	-	-
	Fall	'00	-0.047	9.52	0.72**	8.80
		'01	-0.026	9.24	0.71**	8.69
Korengi -Yeorum	Spring	'01	-	-	-	-
		'02	-0.052	8.63	0.85**	7.35
	Fall	'00	-0.065	10.08	0.94**	9.11
		'01	-	-	-	-
Bulam	Spring	'01	-0.014	6.56	0.50**	6.20
		'02	-0.025	7.29	0.63**	6.64
	Fall	'00	-0.023	8.37	0.53**	8.01
		'01	-0.008	8.15	0.15*	8.81
Daebaekchae	Spring	'01	-0.065	7.64	0.86**	6.63
		'02	-0.084	8.68	0.71**	7.26
	Fall	'00	-0.090	10.35	0.90**	9.00
		'01	-0.072	9.82	0.92**	8.73

^{Z}Statistical significance is given at $**P<0.01$ and $*P<0.05$.

^{Y}Mean : Average of all leaves in one head. Five to ten heads per genotypes use determined.

^{X}- : Not determined.

Table 8. Comparison of parameters of dry mass as a function of leaf position with 5 different chinese cabbage genotypes grown in spring and fall season.

Varieties	Season		y = ax + b		[Z] r^2	[Y]Mean
			a	b		
Norang-Bom	Spring	'01	0.036	3.01	0.84**	4.27
		'02	0.028	2.87	0.99**	3.60
	Fall	'00	[X]–	–	–	–
		'01	0.071	2.16	0.97**	3.66
Kangryuck	Spring	'01	0.031	2.89	0.86**	4.12
-Yeorum	Fall	'01	0.059	3.26	0.95**	4.51
Korengi	Spring	'01	–	–	–	–
-Yeorum		'02	0.046	2.67	0.99**	3.84
Bulam	Spring	'01	0.028	3.08	0.93**	4.08
		'02	0.040	2.70	0.98**	3.80
	Fall	'00	–	–	–	–
		'01	0.058	2.61	0.99**	3.83
Daebaekchae	Spring	'01	0.024	3.46	0.65**	4.12
		'02	0.025	3.40	0.84**	3.76
	Fall	'00	–	–	–	–
		'01	0.061	3.24	0.97**	4.21

[Z]Statistical significance is given at $**P<0.01$ and $*P<0.05$.

[Y]Mean : Average of all leaves in one head. Five to ten heads per genotypes use determined.

[X]– : Not determined.

제 4 절 재배방법에 따른 중륵의 조직감 특성

1. 연구목표

배추의 재배방법별 중륵의 조직감을 비교하기 위하여 작형별 품종을 공시, 토경재배와 양액재배에 따른 중륵의 경도, 엽서별 건물률, 엽신의 색도, 당도를 측정하여 상관관계를 구명하였다.

2. 연구수행방법

가. 공시재료

봄작형으로 '노랑봄', 여름작형은 '고랭지여름', 가을작형은 '불암'을 공시하여, 2002년 3~6월 경기도 원예연구소에서 토경재배와 양액재배후 수확하여 실험에 이용하였다.

나. 재배방법

1) 토경재배 : 토경재배는 원예연구소 플라스틱 필름 하우스에서 표준경종법으로 재배하였다.

2) 양액재배 : 양액재배는 원예연구소의 토경재배 장소와 동일한 곳에서 펄라이트 배지에 정식후 양액 재배하였다. 양액의 조성비는 다음과 같이 제조하였고, 토경재배와 동일하게 점적관수를 실시하였다.

양액조성비

원소	비료성분	구분	분자량	농 도			모액(200배) 1L 당 시료량(g/L)
				당량	½ S	무게	
다량원소	KNO_3	A	101	6	3.0	303.0	60.6
	$Ca(NO_3)_2 4H_2O$	A	236	8	4.0	472.0	94.4
	$NH_4H_2PO_4$	B	115	3	1.5	57.5	11.5
	$MgSO_4 \cdot 7H_2O$	B	246	4	2.0	246.0	49.2
미량원소	EDTA-Fe	A				20	4
	H_3BO_3	B				3	0.6
	$MnSO_4$ $4H_2O$	B				2	0.4
	$ZnSO_4$ $7H_2O$	B				0.22	0.044
	$CuSO_4$ $5H_2O$	B				0.05	0.01
	$NaMoO_4$ $2H_2O$	B				0.02	0.004

다. 생육 조사

재배방법별로 개체의 생체중을 측정후, 건전한 배추 겉잎에서 시작하여 엽장 5㎝가 되는 잎까지 단축경으로부터 엽기부를 절단하여 엽수를 조사하였다. 그중 가장 큰 잎의 엽장과 엽폭의 길이를 측정하였다.

라. 경도측정

배추 중륵의 경도는 건전한 배추 겉잎에서 시작하여 엽장 5㎝가 되는 잎까지 단축경으로부터 엽기부를 절단하였다. 엽서별 중륵 하단부의 가장 두꺼운 부위를 직경 12mm cork borer를 이용, 절편을 채취하여 Texture Analyser TA-HDi (Stable Micro Systems, England)의 Volodkevich Bite Jaws probe로 측정하여 단위 두께당 조직에 가해지는 힘으로 표현하였다(Tissue Firmness = Maximum Peak Height / Thickness of Tissue). 각 품종별 건전한 개체 5포기

를 측정하였다.

마. 건물중 측정

재배방법별로 조직의 경도를 측정한 후 3개 품종의 중륵조직을 엽서별로 생체중 20g씩을 채취하여 동결건조 후 건물함량을 측정하였다.

바. 색도 측정

배추 중륵의 색도는 건전한 배추 겉잎에서 시작하여 엽장 5㎝가 되는 잎까지 단축경으로부터 엽기부를 절단하였다. 엽서별 5엽마다 엽신 중앙부위를 색도계(Minolta Color Reader CR-10, Japan)를 이용하여 색도(Hunter 'a' value)를 측정하였다.

사. 당도 측정

배추의 중륵의 당도는 건전한 배추 겉잎에서 시작하여 엽장 5㎝가 되는 잎까지 단축경으로부터 엽기부를 절단하였다. 엽서별 5엽마다 중륵 중앙부위를 착즙하여 간이굴절당도계(Atago , Japan)를 이용하여 당도를 측정하였다.

3. 연구결과

표 9는 배추의 생육조사 결과를 나타낸 것인데, 생체중은 모든 품종에서 양액재배한 배추가 더 무거웠고, 엽수는 토경재배한 배추의 엽수가 더 많았다. 가장 큰 잎의 모양은 토경재배한 것이 더 길쭉한 형태였지만, 개체의 단면의 모양은 양액재배한 배추의 모양이 더 길쭉하였다.

배추 조직 경도는 재배방법에 관계없이 모든 품종에서 내부의 엽으로 갈수

록 증가하였고(r^2=0.13~0.85**, Fig. 25), 토경 재배한 배추 중륵의 경도가 양액 재배한 배추의 경도보다 모든 품종에서 높게 나타났다(Fig. 25, Table 10.). '불암'의 중륵 경도는 토경재배시 4.02N, 양액재배시 2.82N로 각각의 재배방법에서 가장 높았고, '노랑봄'은 토경재배시에는 3.22N, 가을에는 2.38N, '고랭지여름'은 토경 2.96N, 양액 1.87N의 결과를 나타내었다(Fig. 25, Table 10.).

엽서에 따른 경도를 직선회기방전식으로 표현하여 엽서간 경도차인 slope를 알아본 결과, '불암'의 경우 토경재배시 0.040, 양액재배시 0.008, '고랭지여름'은 토경재배에서 0.050, 양액재배에서 0.025로 각각 양액재배에서 적게 나타나 양액재배시 엽서간 경도차이가 적은 것으로 나타났다(Table 10.).

엽서간 중륵의 두께는 재배방법에 관계없이 모든 품종에서 내부의 엽으로 갈수록 감소하였고(r^2=0.20*~0.96**, Fig. 26), '노랑봄', '불암'은 토경재배에서 양액재배 보다 중륵의 두께가 얇은 것으로 나타났다(Table 11.).

엽서에 의한 중륵의 건물률은 재배방법에 관계없이 모든 품종에서 내부 엽으로 갈수록 증가하였고(r^2=0.93**~0.99**, Fig. 27), 토경재배시의 중륵의 건물률은 3품종 평균 3.44%로 양액재배의 3.34%보다 높았다(Table 12.). '노랑봄'의 건물률은 토경재배시 3.42%, 양액재배시 3.37%를 보였고, '고랭지여름'은 토경재배에서는 3.44%, 양액재배에서는 3.33%, '불암'은 토경 3.47%, 양액 3.31%로 나타났으며, 양액재배시 토경재배 보다 엽서간 건물률의 차이가 많은 것으로 나타났다(Table 12.).

중륵의 경도와 건물률은 재배방법과 품종에 관계없이 정의 상관관계가 있었다(r=0.28~0.93**, Fig. 28). 즉 건물률이 높은 중륵 조직은 경도가 높은 것으로 나타났다(Fig. 28.-Total, r=0.63**).

엽서에 따른 색도는 재배방법과 품종에 관계없이 모든 품종에서 Hunter 'a' 값이 내부 엽으로 갈수록 증가하였으나(r^2=0.70**~0.92**, Fig. 29), 경도와는 매우 낮은 상관을 보였다(Fig. 30-Total, r=0.23). 즉 배추 잎의 색도는 재배방법에 관계없이 내엽으로 갈수록 Huter 'a'값이 증가하지만, 'a'값이 높은 배추의 잎이 중륵의 경도가 높다고 말할 수 없다.

엽서에 따른 중륵의 당도는 재배방법과 품종에 관계없이 모든 품종에서 내부 엽으로 갈수록 증가하였고(r^2=0.58**~0.99**, Fig. 31), '노랑봄'의 당도는 토경재배시 2.70%, 양액재배시 2.87%를 보였고, '고랭지여름'은 토경재배에서는 2.56%, 양액재배에서는 2.81%로 양액재배시 높게 나타났으며, 양액재배시 토경재배 보다 엽서간 당도의 차이가 많은 것으로 나타났다(Table 13.).

중륵의 경도와 당도는 재배방법과 품종에 관계없이 정의 상관관계가 있었다(Fig. 32-Total, r=0.35**). 즉 당도가 높은 중륵 조직은 경도가 높다고 말할 수 있다.

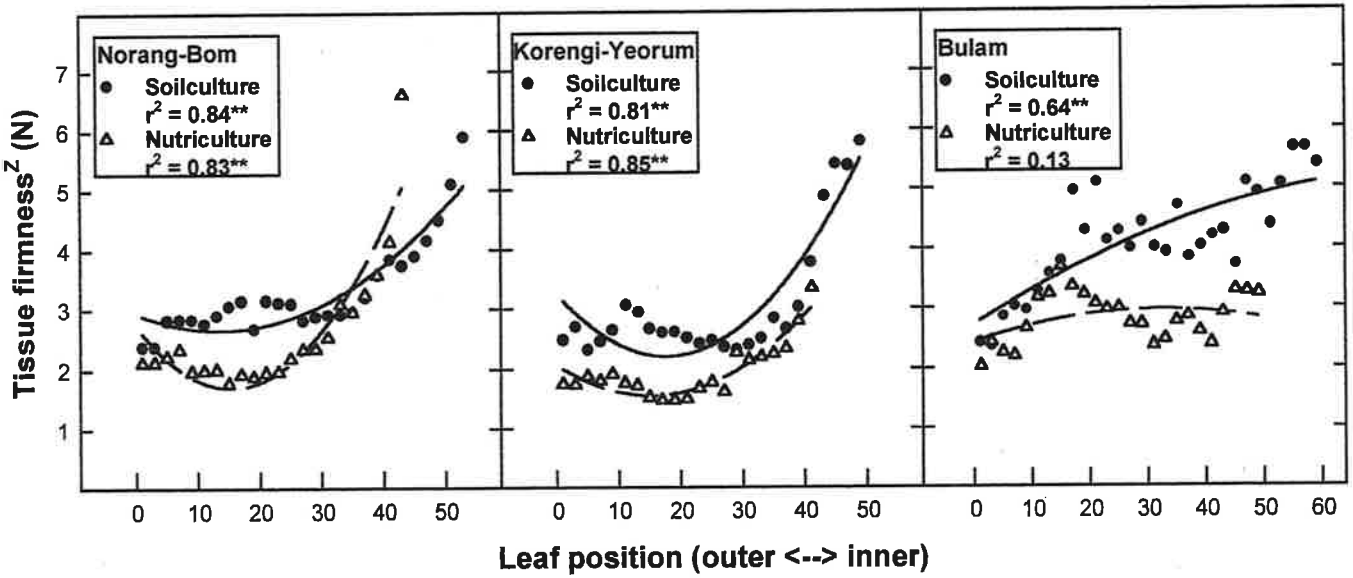


Fig. 25 . Relationship between tissue firmness and leaf position from chinese cabbage grown in soilcultre and nutriculture.
[Z]Tissue firmness = Maximum peak height (N) / Thickness (mm)

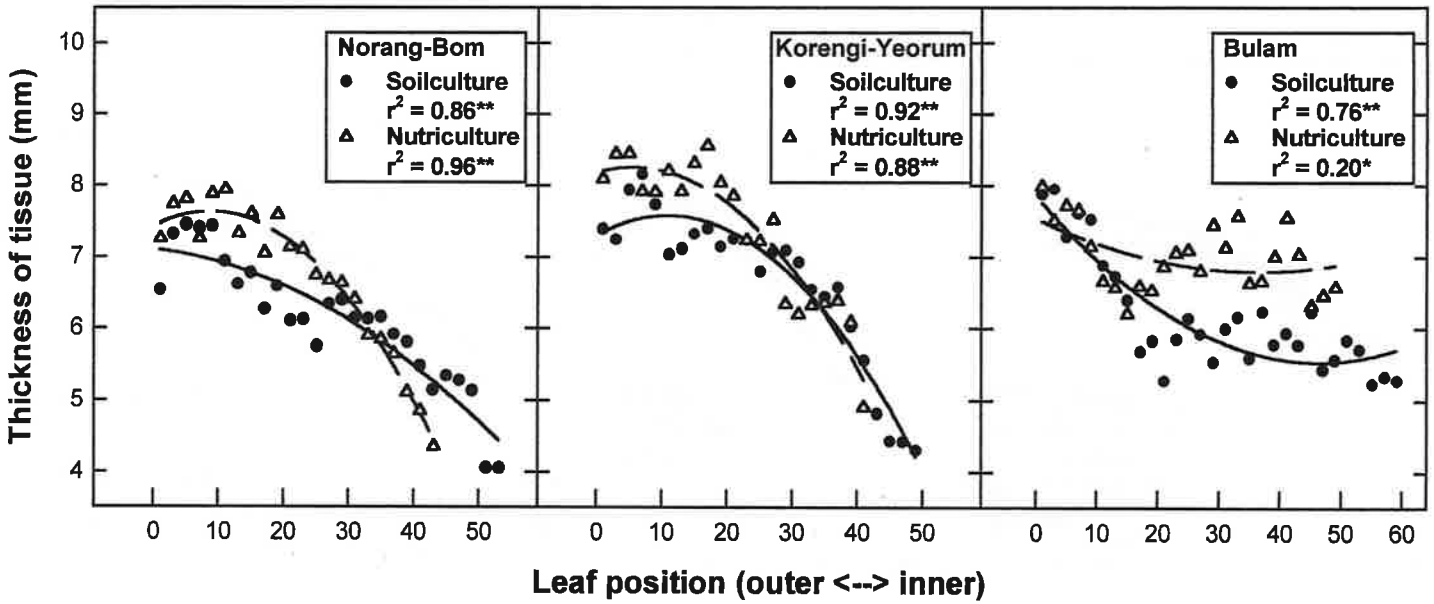


Fig. 26 . Relationship between tissue thickness and leaf position from chinese cabbage grown in soilcultre and nutriculture.

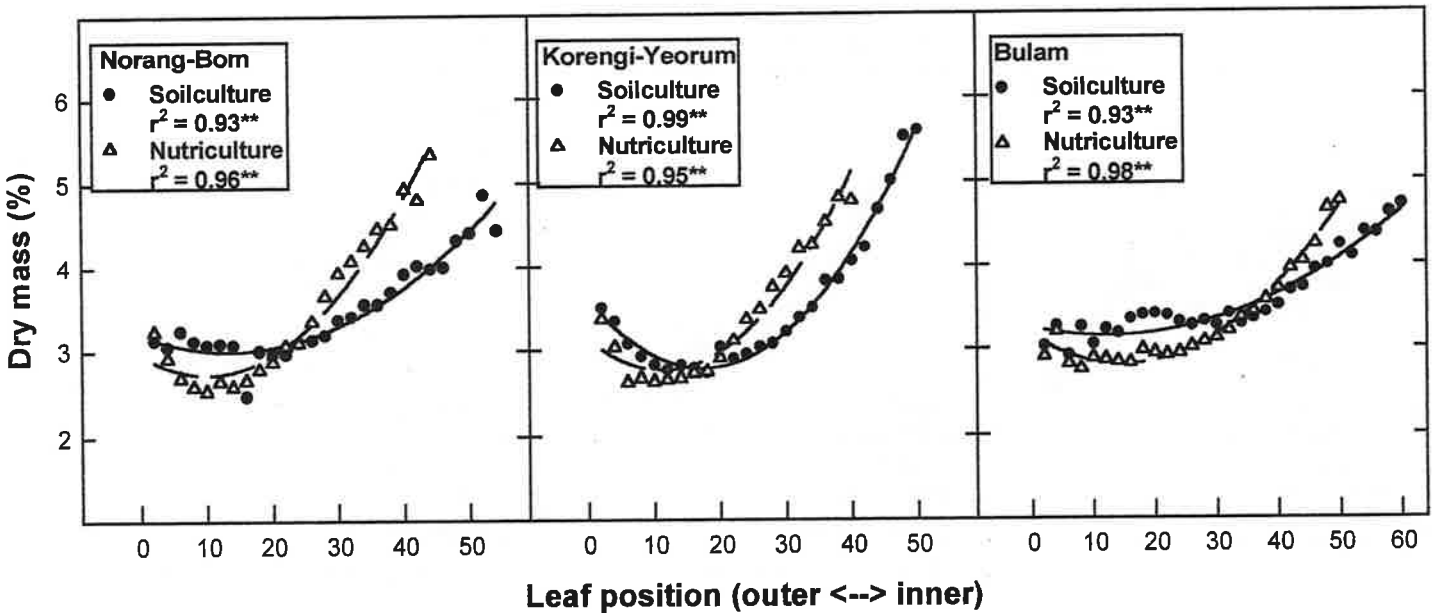


Fig. 27 . Relationship between dry mass and leaf position from chinese cabbage grown in soilcultre and nutriculture.

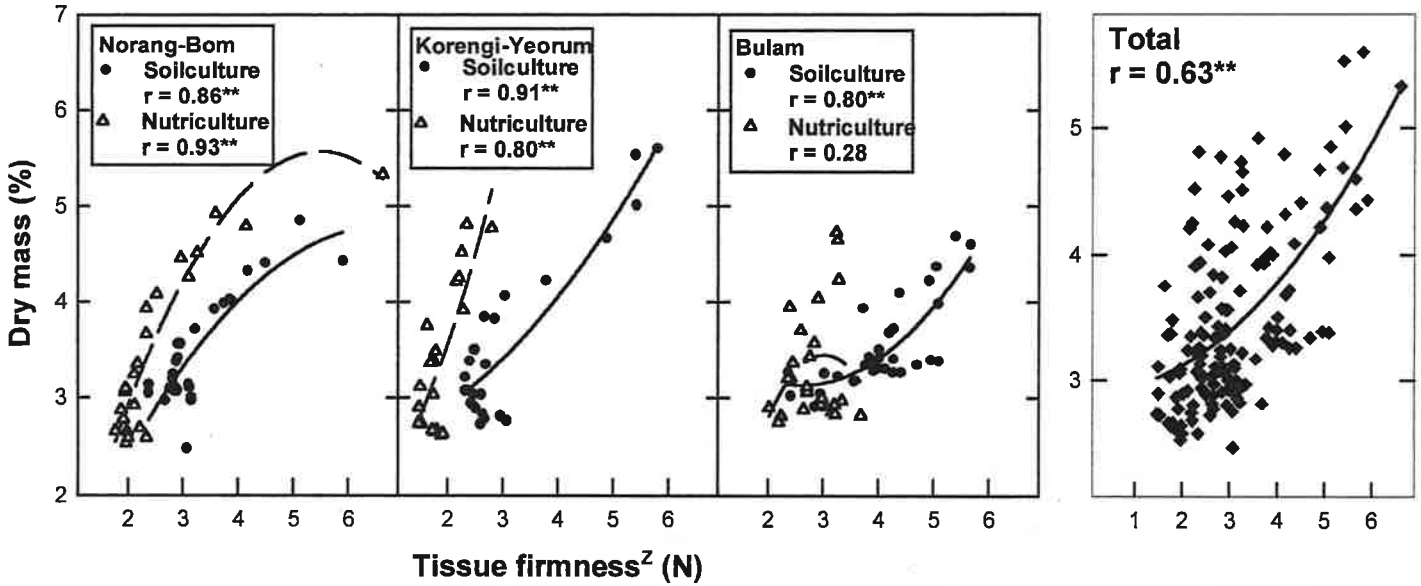


Fig. 28 . Correlation between tissue firmness and dry mass from chinese cabbage grown in soilcultre and nutriculture.
[z]Tissue firmness = Maximum peak height (N) / Thickness (mm)

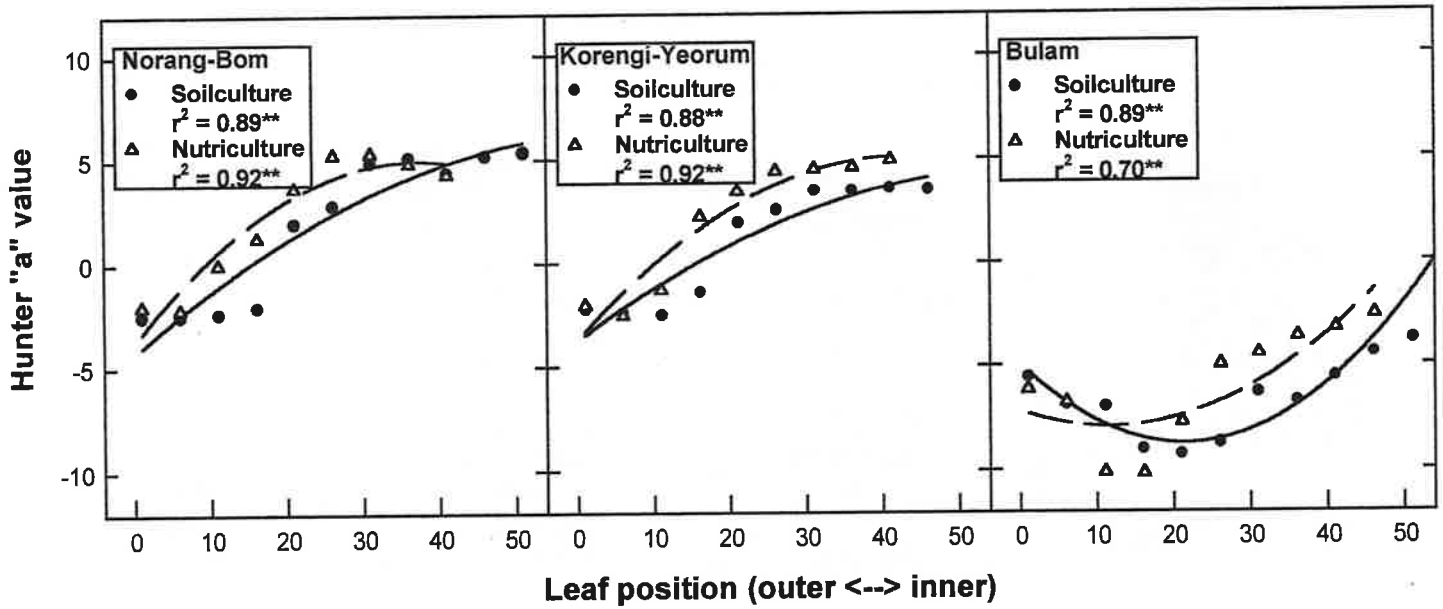


Fig. 29 . Correlation between Hunter "a" value and leaf position from chinese cabbage grown in soilcultre and nutriculture.

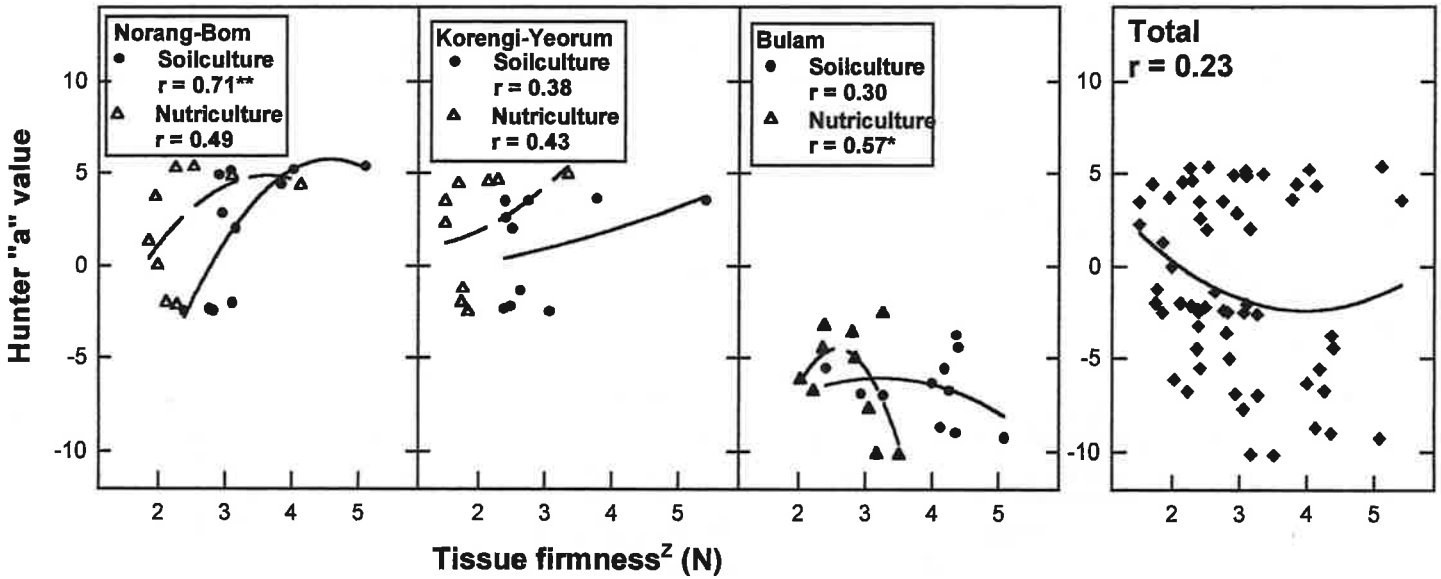


Fig. 30. Correlation between tissue firmness and Hunter "a" value from chinese cabbage grown in soilcultre and nutriculture.
^{Z}Tissue firmness = Maximum peak height (N) / Thickness (mm)

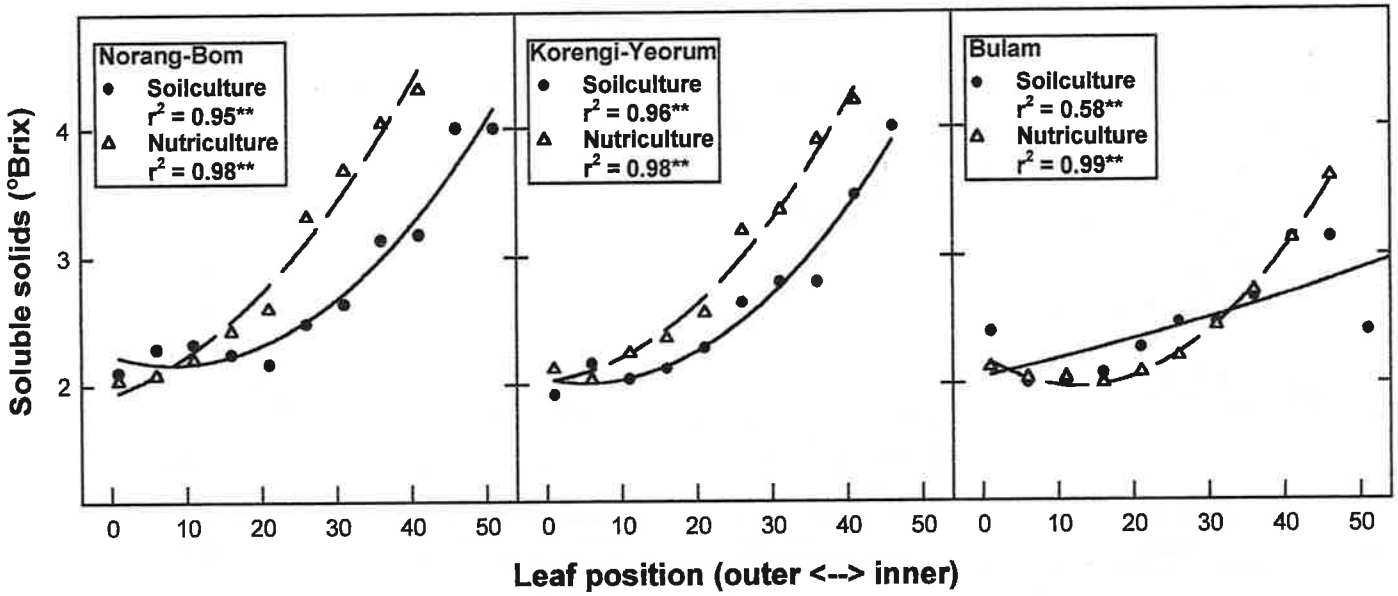


Fig. 31. Relationship between soluble solids and leaf position from chinese cabbage grown in soilcultre and nutriculture.

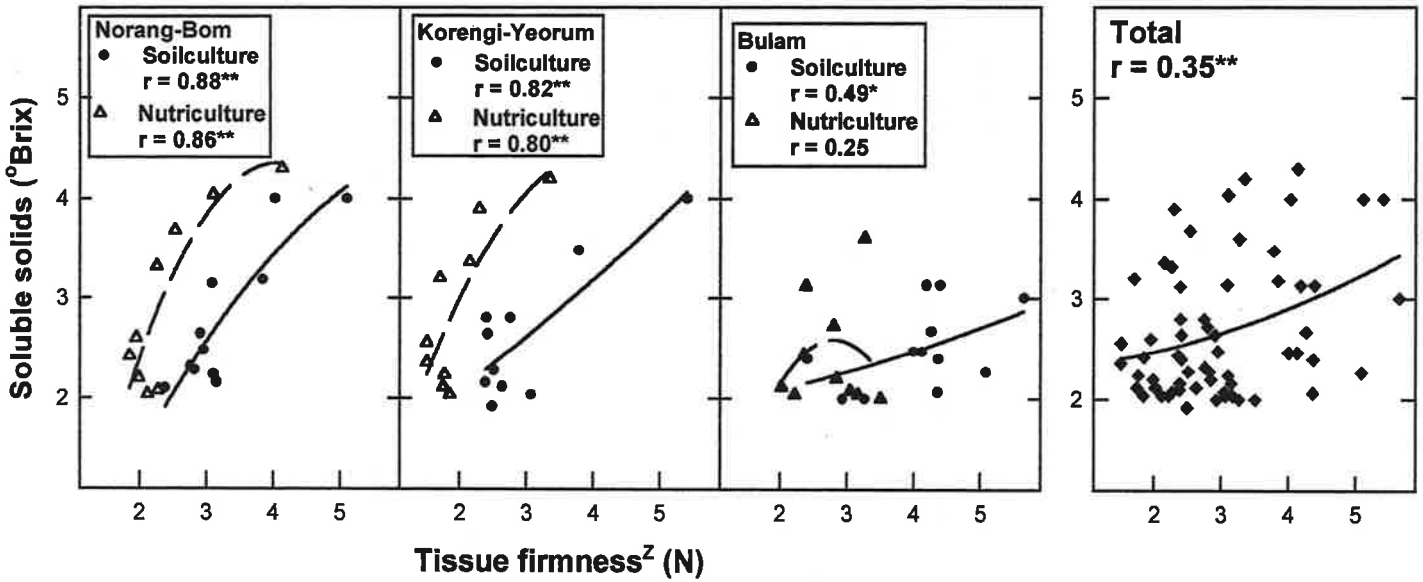


Fig. 32. Correlation between tissue firmness and soluble solids from chinese cabbage grown in soilcultre and nutriculture.
[z]Tissue firmness = Maximum peak height (N) / Thickness (mm)

Table 9. Comparison of parameters with 3 different chinese cabbage genotypes grown in soilculture and nutriculture.

Varieties	Cultivation method	[z]Mean of fresh weight (g)	Mean of leaves number	Max size leaf in head	
				Mean of length (cm)	Mean of width (cm)
Norang-Bom	Soilculture	2750	58	41	26
	Nutriculture	2855	44	44	32
Korengi -Yeorum	Soilculture	2663	49	41	27
	Nutriculture	2984	41	42	30
Bulam	Soilculture	3113	79	48	28
	Nutriculture	3426	67	47	28

[z]Mean : Average of all heads. Five to ten heads per genotypes use determined.

Table 10. Comparison of regression parameters of [z]tissue firmness as a function of leaf position with 3 different chinese cabbage genotypes grown in soilculture and nutriculture.

Varieties	Cultivation method	y = ax + b		[Y] r^2	[X]Mean
		a	b		
Norang-Bom	Soilculture	0.042	2.19	0.84**	3.22
	Nutriculture	0.058	1.32	0.83**	2.38
Korengi -Yeorum	Soilculture	0.050	1.85	0.81**	2.96
	Nutriculture	0.025	1.42	0.85**	1.87
Bulam	Soilculture	0.040	2.94	0.64**	4.02
	Nutriculture	0.008	2.63	0.13	2.82

[Z]Tissue firmness = Maximum peak height (N) / Thickness of tissue (mm)

[Y]Statistical significance is given at $**P<0.01$ and $*P<0.05$.

[X]Mean : Average of all leaves in one head. Five to ten heads per genotypes use determined.

Table 11. Comparison of regression parameters of tissue thickness as a function of leaf position with 3 different chinese cabbage genotypes grown in soilculture and nutriculture.

Varieties	Cultivation method	y = ax + b		$^{Z}r^2$	^{Y}Mean
		a	b		
Norang-Bom	Soilculture	-0.051	7.48	0.86**	6.20
	Nutriculture	-0.072	8.30	0.96**	6.87
Korengi -Yeorum	Soilculture	-0.065	8.27	0.92**	6.75
	Nutriculture	-0.073	8.87	0.88**	6.48
Bulam	Soilculture	-0.035	7.21	0.76**	6.19
	Nutriculture	-0.013	7.31	0.20*	6.99

^{Z}Statistical significance is given at $**P<0.01$ and $*P<0.05$.

^{Y}Mean : Average of all leaves in one head. Five to ten heads per genotypes use determined.

Table 12. Comparison of regression parameters of dry mass as a function of leaf position with 3 different chinese cabbage genotypes grown in soilculture and nutriculture.

Varieties	Cultivation method	y = ax + b		$^{Z}r^2$	^{Y}Mean
		a	b		
Norang-Bom	Soilculture	0.031	2.61	0.93**	3.42
	Nutriculture	0.061	2.09	0.96**	3.37
Korengi -Yeorum	Soilculture	0.047	2.33	0.99**	3.44
	Nutriculture	0.056	2.24	0.95**	3.33
Bulam	Soilculture	0.025	2.81	0.93**	3.47
	Nutriculture	0.034	2.43	0.98**	3.31

^{Z}Statistical significance is given at $**P<0.01$ and $*P<0.05$.

^{Y}Mean : Average of all leaves in one head. Five to ten heads per genotypes use determined.

Table 13. Comparison of regression parameters of soluble solids as a function of leaf position with 3 different chinese cabbage genotypes grown in soilculture and nutriculture.

Varieties	Cultivation method	y = ax + b		$^{Z}r^2$	^{Y}Mean
		a	b		
Norang-Bom	Soilculture	0.039	1.77	0.95**	2.70
	Nutriculture	0.063	1.65	0.98**	2.87
Korengi -Yeorum	Soilculture	0.041	1.65	0.96**	2.56
	Nutriculture	0.057	1.70	0.98**	2.81
Bulam	Soilculture	0.017	2.01	0.58**	2.48
	Nutriculture	0.031	1.70	0.99**	2.44

^{Z}Statistical significance is given at $**P<0.01$ and $*P<0.05$.

^{Y}Mean : Average of all leaves in one head. Five to ten heads per genotypes use determined.

제 5 절 재배지역에 따른 중록의 조직감 특성

1. 연구목표

배추의 재배지역에 따른 중록의 조직감을 비교하기 위하여 가을에 3품종을 공시, 재배하여 중록의 경도 및 엽서별 건물률을 측정하여 상관관계를 구명하였다.

2. 연구수행방법

가. 공시재료

본 실험에서는 가을작형인 '불암', '노랑추석', 'CR-통일'을 공시하여, 2001년 9~12월 중부지방은 충북 청원군 (주)흥농종묘의 조치원육종연구소와 남부지방은 전남 해남군 (주)흥농종묘의 해남농장 포장에서 표준경종법으로 재배, 수확하여 각각 중록의 경도 및 건물중을 조사하였다.

나. 생육 조사

재배지역별로 개체의 생체중을 측정후, 건전한 배추 겉잎에서 시작하여 엽장 5㎝가 되는 잎까지 단축경으로부터 엽기부를 절단하여 엽수를 조사하였다. 그중 가장 큰 잎의 엽장과 엽폭의 길이를 측정하였다.

다. 경도측정

배추 중록의 경도는 건전한 배추 겉잎에서 시작하여 엽장 5㎝가 되는 잎까지 단축경으로부터 엽기부를 절단하였다. 엽서별 중록 하단부의 가장 두꺼운 부위를 직경 12mm cork borer를 이용, 절편을 채취하여 Texture Analyser TA-HDi (Stable Micro Systems, England)의 Volodkevich Bite

Jaws probe로 측정하여 단위 두께당 조직에 가해지는 힘으로 표현하였다 (Tissue Firmness = Maximum Peak Height / Thickness of Tissue).

라. 건물중 측정

재배지역별로 조직의 경도를 측정한 후 3개 품종의 중륵조직을 엽서별로 생체중 20g씩을 채취하여 동결건조 후 건물함량을 측정하였다.

3. 연구결과

재배지역에 따라 생육조사를 실시한 결과, 품종에 관계없이 남부지방에서 재배한 배추의 생체중이 중부지방에서 재배한 배추의 생체중보다 더 높았으며, '노랑추석'과 'CR-통일'은 엽수 또한 남부지방에서 재배한 배추가 더 많았다. 또 개체당 가장 큰 잎의 엽장/엽폭의 비율은 중부지방의 배추의 최대엽이 더 높았다. 즉 중부지방에서 재배한 배추의 엽모양이 남부지방에 비하여 더 길쭉하였다(Table 14.).

배추 조직 경도는 재배지역에 관계없이 모든 품종에서 내부의 엽으로 갈수록 증가하였고(r^2=0.75**~0.96**, Fig. 33), 남부지방에서 재배한 배추 중륵의 경도가 중부에서 재배한 배추의 경도보다 모든 품종에서 높게 나타났다(Fig. 33, Table 15.). 'CR-통일'의 중륵 경도는 중부지방 재배시 2.90N, 남부지방 재배시 3.09N로 각각의 재배지역에서 가장 높았고, '불암'은 중부에서는 1.84N, 남부에서는 2.22N, '노랑추석'은 중부 2.35N, 남부 2.77N의 결과를 나타내었다(Fig. 33, Table 15.).

엽서에 따른 경도를 직선회기방정식으로 나타냈을때 엽서간 경도차인 slope는 '불암'의 경우 중부지역 재배시 0.018, 남부 재배시 0.019으로 재배

지역에 관계없이 엽서간 경도차가 적었으며, '노랑추석'은 중부에서 0.032, 남부재배에서 0.016, 'CR-통일'은 중부 0.056, 남부 0.043으로 각각 남부지역 재배에서 엽서간 경도차이가 작은 것으로 나타났다(Table 15.).

엽서간 중륵의 두께는 재배지역에 관계없이 모든 품종에서 내부의 엽으로 갈수록 감소하였고(r^2=0.72**~0.95**, Fig. 34), '불암', '노랑추석'은 해남지역에서 재배한 배추의 중륵 조직의 두께가 더 얇았고, 'CR-통일'은 중부에서 재배한 배추의 중륵 조직이 더 얇았다. 모든 품종에서 중부지역의 재배시 남부지역보다 엽서간 두께차이가 적었다(Table 16.).

엽서에 의한 중륵의 건물률은 재배지역에 관계없이 모든 품종에서 내부엽으로 갈수록 증가하였고(r^2=0.96**~0.99**, Fig. 35), '불암'의 건물률은 중부지역 재배시 4.52%, 남부지역 재배시 4.09%를 보였고, '노랑추석'은 중부에서는 4.12%, 남부에서는 4.87%, 'CR-통일'은 중부 4.79%, 가을 4.26%였다(Table 17.). 또, '불암'은 엽서간 건물함량차이인 slope가 중부에서 0.121, 남부에서 0.108으로 엽서간 건물함량의 차이가 적었으며, 'CR-통일'이 다른 품종에 비하여 지역간에 외엽과 내엽의 건물함량 차이가 많은 것으로 나타났다(Table 17.).

'불암'은 '노랑추석', 'CR-통일'에 비하여 엽서간 경도와 두께, 건물함량의 차이가 적었다.

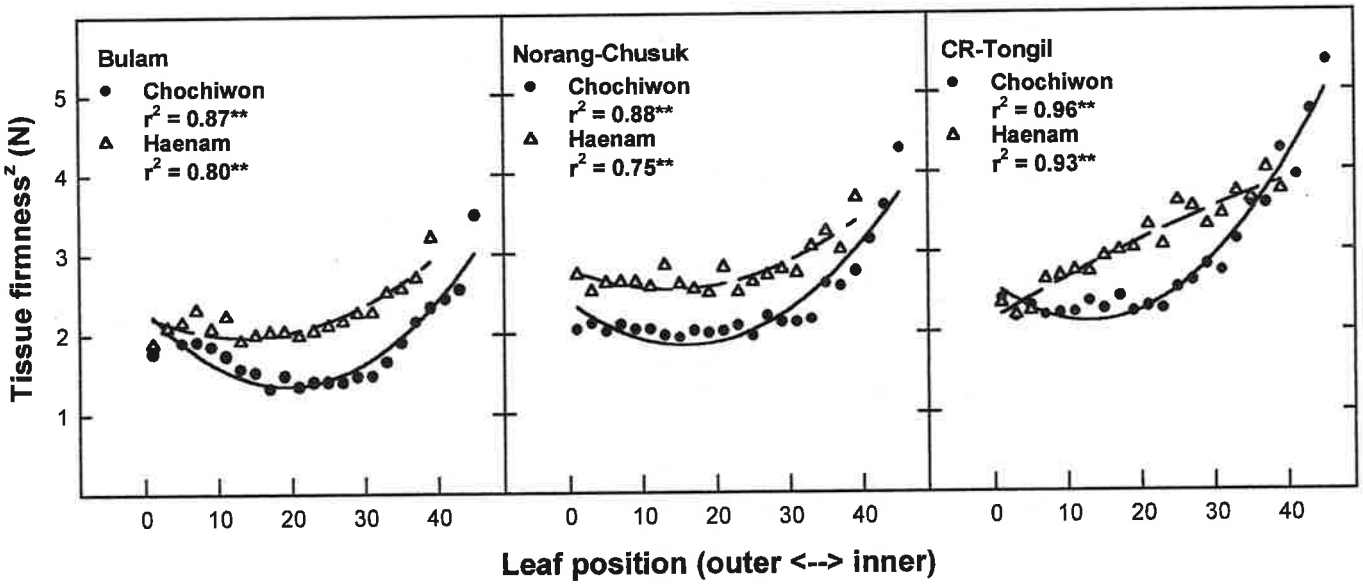


Fig. 33. Relationship between tissue firmness and leaf position from chinese cabbage grown in Chochiwon and Haenam .
[z]Tissue firmness = Maximum peak height (N) / Thickness (mm)

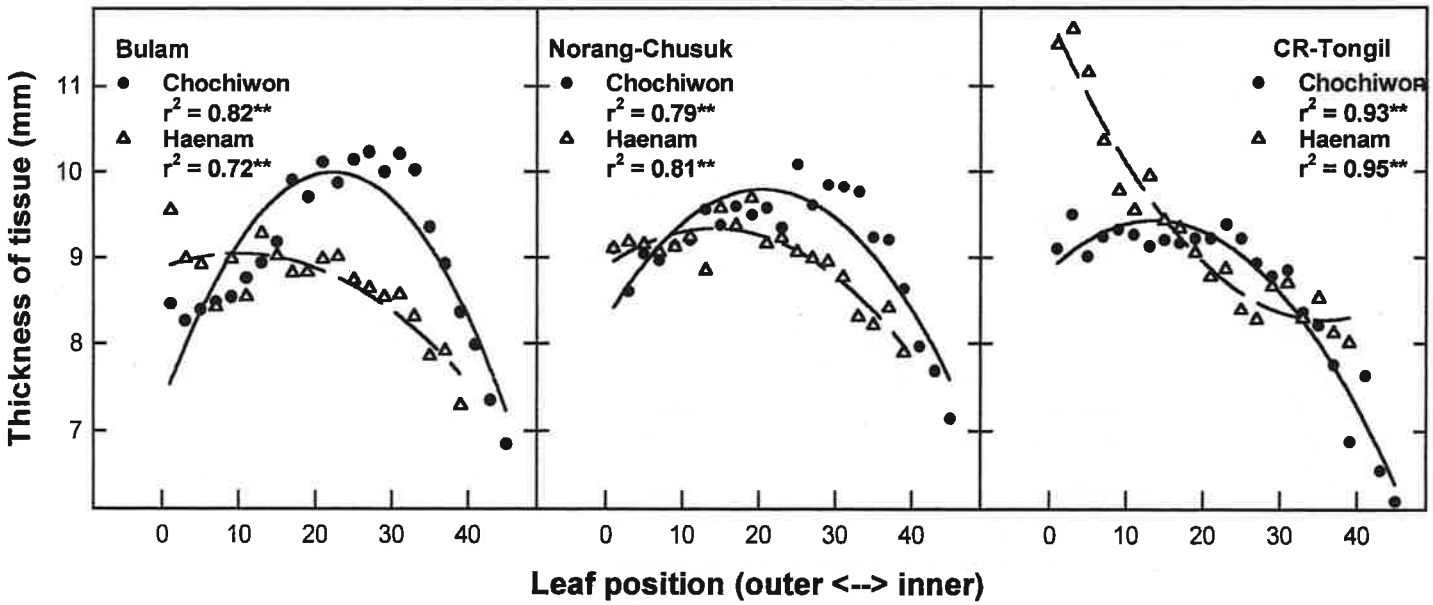


Fig. 34. Relationship between thickness of tissue and leaf position from chinese cabbage grown in Chochiwon and Haenam .

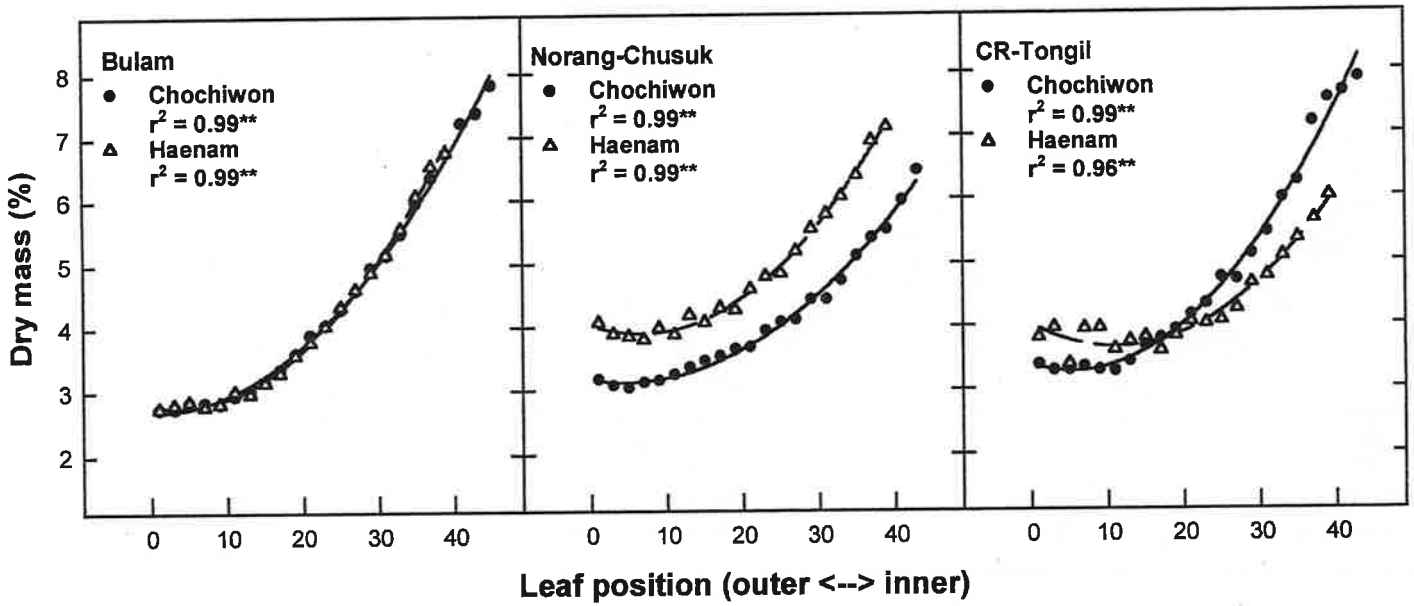


Fig. 35. Relationship between dry mass and leaf position from chinese cabbage grown in Chochiwon and Haenam .

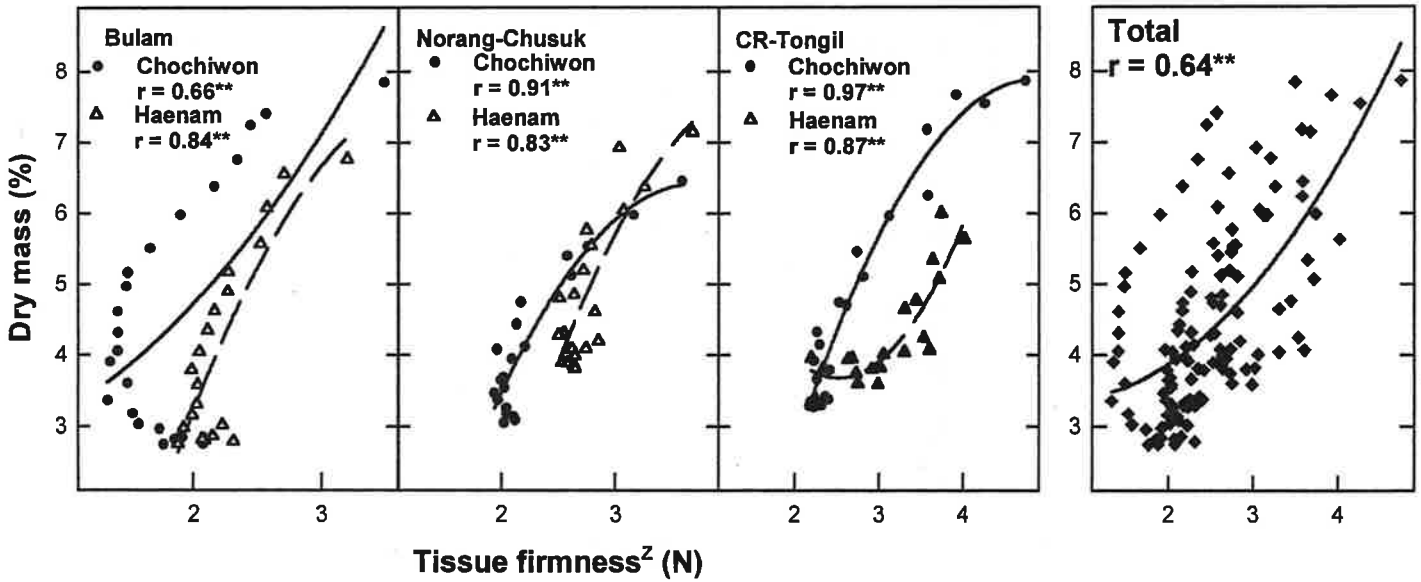


Fig. 36. Correlation between tissue firmness and dry mass from chinese cabbage grown in Chochiwon and Haenam.
[z]Tissue firmness = Maximum peak height (N) / Thickness (mm)

Table 14. Comparison of parameters with 3 different chinese cabbage genotypes grown in Chochiwon and Haenam.

Varieties	Cultivation area	[z]Mean of fresh weight (g)	Mean of leaves number	Max size leaf in one head	
				Mean of length (cm)	Mean of width (cm)
Bulam	Chochiwon	3804	57	42	23
	Haenam	3941	56	41	27
Norang-Chusuk	Chochiwon	3591	57	41	27
	Haenam	3967	60	34	23
CR-Tongil	Chochiwon	3291	53	40	25
	Haenam	3990	62	46	35

[z]Mean : Average of all heads. Five to ten heads per genotypes use determined.

Table 15. Comparison of regression parameters of tissue firmness as a function of leaf position with 3 different chinese cabbage genotypes grown in Chochiwon and Haenam.[Z]

Varieties	Cultivation area	y = ax + b		[X] r^2	Mean
		a	b		
Bulam	Chochiwon	0.018	1.43	0.87**	1.84
	Haenam	0.019	1.86	0.79**	2.22
Norang-Chusuk	Chochiwon	0.032	1.62	0.88**	2.35
	Haenam	0.016	2.45	0.75**	2.77
CR-Tongil	Chochiwon	0.056	1.60	0.96**	2.90
	Haenam	0.043	2.23	0.93**	3.09

[Z]Data were obtained from 10 heads.

[Y]Tissue firmness = Maximum peak height (N) / Thickness of tissue (mm)

[X]Statistical significance is given at $**P<0.01$ and $*P<0.05$.

Table 16. Comparison of regression parameters of tissue thickness as a function of leaf position with 3 different chinese cabbage genotypes grown in Chochiwon and Haenam.[Z]

Varieties	Cultivation area	y = ax + b		x r^2	Mean
		a	b		
Bulam	Chochiwon	0.007	9.21	0.82**	9.04
	Haenam	0.033	9.33	0.72**	8.66
Norang-Chusuk	Chochiwon	0.019	9.56	0.79**	9.12
	Haenam	0.025	9.49	0.81**	8.91
CR-Tongil	Chochiwon	0.058	9.94	0.93**	8.61
	Haenam	0.087	11.05	0.95**	9.32

[Z]Data were obtained from 10 heads.

[Y]Statistical significance is given at $**P<0.01$ and $*P<0.05$.

Table 17. Comparison of regression parameters of dry mass as a function of leaf position with 3 different chinese cabbage genotypes grown in Chochiwon and Haenam.[Z]

Varieties	Cultivation area	y = ax + b		$^{x}r^{2}$	Mean
		a	b		
Bulam	Chochiwon	0.121	1.75	0.99**	4.52
	Haenam	0.108	1.93	0.99**	4.09
Norang-Chusuk	Chochiwon	0.074	2.49	0.99**	4.12
	Haenam	0.084	3.19	0.99**	4.87
CR-Tongil	Chochiwon	0.116	2.24	0.99**	4.79
	Haenam	0.052	3.22	0.96**	4.26

[Z]Data were obtained from 10 heads.

[Y]Statistical significance is given at $**P<0.01$ and $*P<0.05$.

제 6 절 품종별 김치의 조직감 특성

1. 품종별 김치의 조직감

가. 연구목표

배추의 조직감과 김치 제조후의 조직감을 비교하여 김치 물성 관련 인자를 구명하기 위하여 작형별 품종을 공시, 김치 가공전후 중륵의 경도를 측정하고, 관능 평가를 실시하여 상관관계를 조사하였다.

나. 연구수행방법

1) 공시재료

배추의 가공전후의 경도 및 물성 관련 인자를 조사하기 위해 2000년 가을에 재배 수확한 배추중 12개 품종을 공시하여 배추의 중륵의 물성을 조사하는 한편, 품종당 5포기씩 김치 가공업체인 (주)정안농산에서 기업 공정에 의해 제조된 김치를 사용하여 중륵조직의 경도를 측정 비교하고, 관능실험을 실시하였다. 봄 배추로는 노랑봄, 여름배추로는 강력여름, 노랑여름, 고랭지여름을 공시하였고, 가을 배추로는 불암, 노랑추석, CR-싱싱, CR-파워, 랑노의 5품종을, 월동배추로 동풍, 북방계로 대백채, 남방계로 권심을 공시하였다. 각 포기를 2절하여 김치를 담아 4℃에서 2주간 저장한 후에 경도, 품질 평가를 실시하였다.

2) 경도측정

김치의 경도측정은 배추의 경도측정 방법과 동일한 방법으로 온전한 잎

을 채취하여 엽서별로 측정하였다.

3) 김치의 관능 평가

가공한 김치의 관능실험을 하기 위해 중륵부위를 채취하여 대학원생 10명을 대상으로 실험에 임하였다. 입가심 음식으로 물과 식빵을 사용하였고, 가공한 12품종의 김치를 재료로 사용하였다. 조사항목으로 미각, 조직감, 냄새, 색, 외관 등을 구분하여 평가하였다.

다. 연구결과

1) 배추와 김치의 가공 전후 조직경도 비교

상업적인 가공공정에 의해 12개 품종의 김치를 배추의 경도 측정 방법과 동일하게 경도 측정후 가공전의 배추와 경도를 비교하였다. 같은 밭에서 생산하여 일부는 조직의 경도를 측정하였으며, 다른 일부 (5포기)는 김치공장에서 모든 품종에 동일한 방법으로 포기김치를 조제하였다. 배추김치 가공후 월동배추인 동풍의 경우 다른 품종에 비해 중륵 조직의 경도가 더 증가하였고, 중륵 조직의 두께는 더 얇아졌다. 김치가공전후 품종에 따라 경도와 두께에 있어 낮은 상관을 보였다(Fig. 37).

이것으로 김치 가공 전후의 배추는 조직의 특성이 품종에 따라서 다르게 변화하는 것으로 추측된다.

'불암'과 '노랑추석'을 제외한 10개의 모든 품종에서 김치 가공후 중륵의 두께는 가공전의 배추와 동일하게 엽서에 따라 내엽으로 갈수록 더 얇아지고(Table 18.), 12개 품종의 김치 가공전 배추의 중륵 엽두께 평균은 8.74mm이었고, 가공후 5.34mm로 김치 가공후 중륵의 두께는 약 60%정도

얇아졌다 (Table 18., Fig. 37). 그러나 내엽으로 갈수록 경도가 증가하는 배추의 경향과는 다르게 김치 가공후 내엽으로 갈수록 경도는 점점 감소하는 경향을 나타냈으며, 김치 가공전 배추의 중륵 경도 평균은 2.28N이었고, 가공후 6.56N으로 김치 가공후 중륵의 전체의 경도는 약 3배정도 증가하였다(Table 19., Fig. 38).

'불암', '노랑추석'은 다른 품종에 비하여 외엽과 내엽의 두께차이가 김치가공전후 적은 품종으로, 김치 가공 후에도 외엽과 내엽의 두께가 다른 품종에 비하여 균일했고, '동풍', '노랑여름', 'CR-싱싱', 'CR-파워' 등은 김치 가공전후 외엽과 내엽의 차이가 컸다(Table 18.). '강력여름', '권심'은 가공전 외엽과 내엽의 두께차가 적었으나 가공후 내엽과 외엽의 차이가 커진 품종이었다(Table 18.).

'노랑봄', '강력여름' 등은 외엽과 내엽의 경도차이가 김치가공전후 모두 큰 품종이었고, '노랑여름'은 가공전 경도가 균일했으나 가공후 내엽과 외엽의 차이가 커진 품종이었다(Table 19.). 'CR-싱싱', '동풍'은 가공전 외엽과 내엽의 경도차가 컸으나 가공후 내엽과 외엽의 차이가 균일해진 품종이었다(Table 19.).

김치가공 전후 중륵의 경도와 엽두께는 상관관계가 적은 것으로 나타났다(Fig. 39, 경도 : r=0.45, 엽두께 : r=0.43).

Table 18. Comparison of regression parameters of leaf thickness as function of leaf position with tissue of fresh chinese cabbage and their processed products, kimchi.

Varieties	Linear regression parameters (y = ax + b)				$^{Z}r^2$		^{Y}Mean tissue thickness (mm)		B/A (%)
	a		b						
	Fresh	Fermented	Fresh	Fermented	Fresh	Fermented	Fresh(A)	Fermented(B)	
Norang-Bom	-0.065	-0.091	9.76	5.82	0.70**	0.62**	8.80	5.32	60.5
Kangryuck-Yeorum	-0.047	-0.129	9.52	5.88	0.64**	0.50**	8.80	5.06	57.5
Norang-Yeorum	-0.081	-0.157	10.89	6.43	0.90**	0.67**	9.28	5.57	60.0
Korengi-Yeorum	-0.065	-0.117	10.08	6.24	0.77**	0.58**	9.11	5.60	61.5
Bulam	-0.023	-0.047	8.37	5.22	0.20*	0.08	8.01	4.96	61.9
Norang-Chusuk	-0.059	-0.007	10.06	5.60	0.92**	0.01	8.87	5.55	62.6
CR-Shingshing	-0.088	-0.153	9.06	6.59	0.94**	0.71**	7.74	5.75	74.3
CR-Power	-0.090	-0.145	9.51	5.86	0.74**	0.37*	8.16	5.06	62.0
Rangno	-0.058	-0.088	9.80	6.04	0.66**	0.36*	8.94	5.56	62.2
Dong-Poong	-0.115	-0.115	10.69	5.05	0.67**	0.55**	8.97	4.42	49.3
Daebaekchae	-0.090	-0.086	10.35	6.38	0.83**	0.30*	9.00	5.91	65.7
Kwon-Shim	-0.050	-0.132	9.97	6.09	0.45**	0.62**	9.22	5.37	58.2
Average	-0.069	-0.105	9.84	5.93	0.70	0.45	8.74	5.34	61.3

^{Z}Statistical significance is given at $^{**}P<0.01$ and $^{*}P<0.05$.

^{Y}Mean : Average of all leaves in one head. Five to ten heads per genotypes use determined.

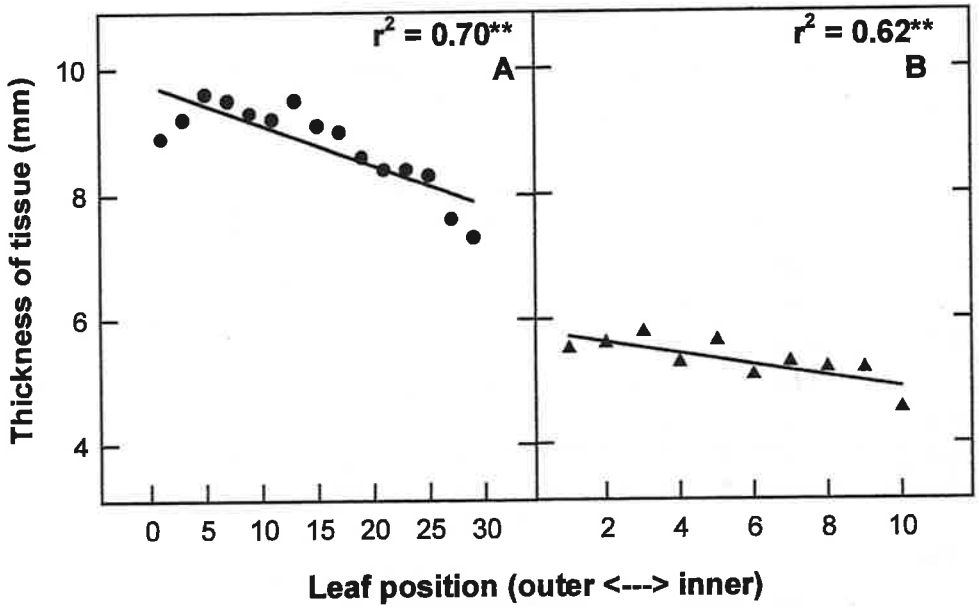


Fig. 37. Relationship between thickness of tissue and leaf position of Norang-Bom.
A : Fresh cabbage B : Kimchi

Table 19. Comparison of regression parameters of tissue firmness as funtion of leaf position with tissue of fresh chinese cabbage and their processed products, kimchi.

Varieties	Linear regression parameters (y = ax + b)				[Y] r^2		[X]Mean tissue firmness (N)		B/A (%)
	a		b						
	Fresh	Fermented	Fresh	Fermented	Fresh	Fermented	Fresh(A)	Fermented(B)	
Norang-Bom	0.032	-0.356	1.53	8.49	0.77**	0.66**	2.01	6.53	324.9
Kangryuck-Yeorum	0.023	-0.311	1.81	9.04	0.81**	0.52**	2.15	7.33	340.9
Norang-Yeorum	0.007	-0.330	2.23	7.38	0.30**	0.55**	2.24	5.57	248.7
Korengi-Yeorum	0.005	-0.218	1.81	7.72	0.32*	0.69**	1.88	6.52	346.8
Bulam	0.022	-0.430	1.75	9.29	0.75**	0.62**	2.08	6.92	332.7
Norang-Chusuk	0.015	-0.179	2.23	7.26	0.56**	0.40*	2.54	6.27	246.9
CR-Shingshing	0.041	-0.274	2.85	8.37	0.71**	0.64**	3.46	6.86	198.3
CR-Power	0.032	-0.109	2.32	7.96	0.79**	0.11	2.80	7.36	262.9
Rangno	0.007	-0.238	1.48	6.73	0.62**	0.79**	1.58	5.42	343.0
Dong-Poong	0.059	-0.110	1.56	8.05	0.85**	0.25	2.44	7.99	327.5
Daebaekchae	0.029	-0.246	1.83	7.43	0.85**	0.83**	2.26	6.07	268.6
Kwon-Shim	0.016	-0.206	1.68	7.03	0.85**	0.46**	1.92	5.90	307.3
Average	0.024	-0.251	1.92	7.90	0.68	0.54	2.28	6.56	287.7

[Z]Tissue firmness = Maximum peak height (N) / Thickness of tissue (mm)

[Y]Statistical significance is given at $**P<0.01$ and $*P<0.05$.

[X]Mean : Average of all leaves in one head. Five to ten heads per genotypes use determined.

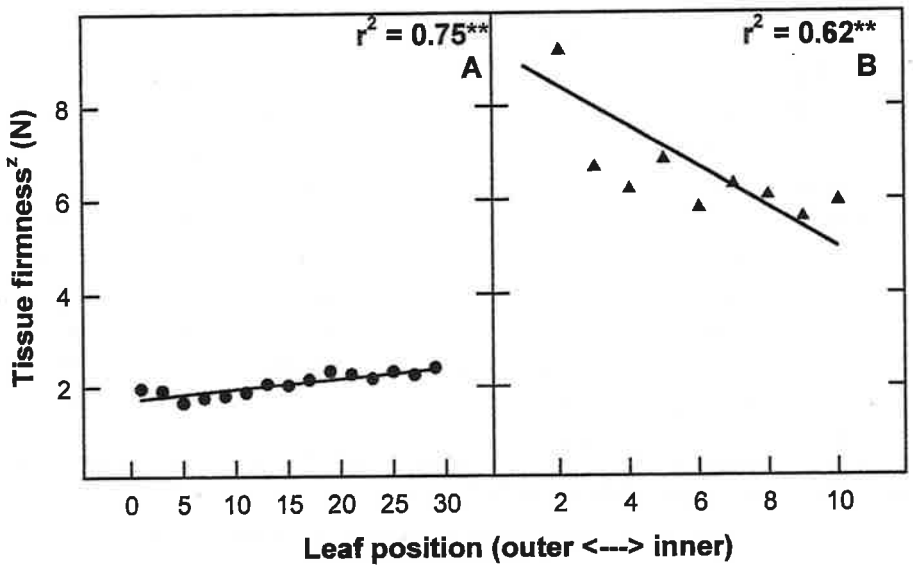


Fig. 38. Relationship between tissue firmness and leaf position of Bulam.
A : Fresh cabbage B : Kimchi
[z]Tissue firmness = Max peak height (N) / Thickness of tissue (mm)

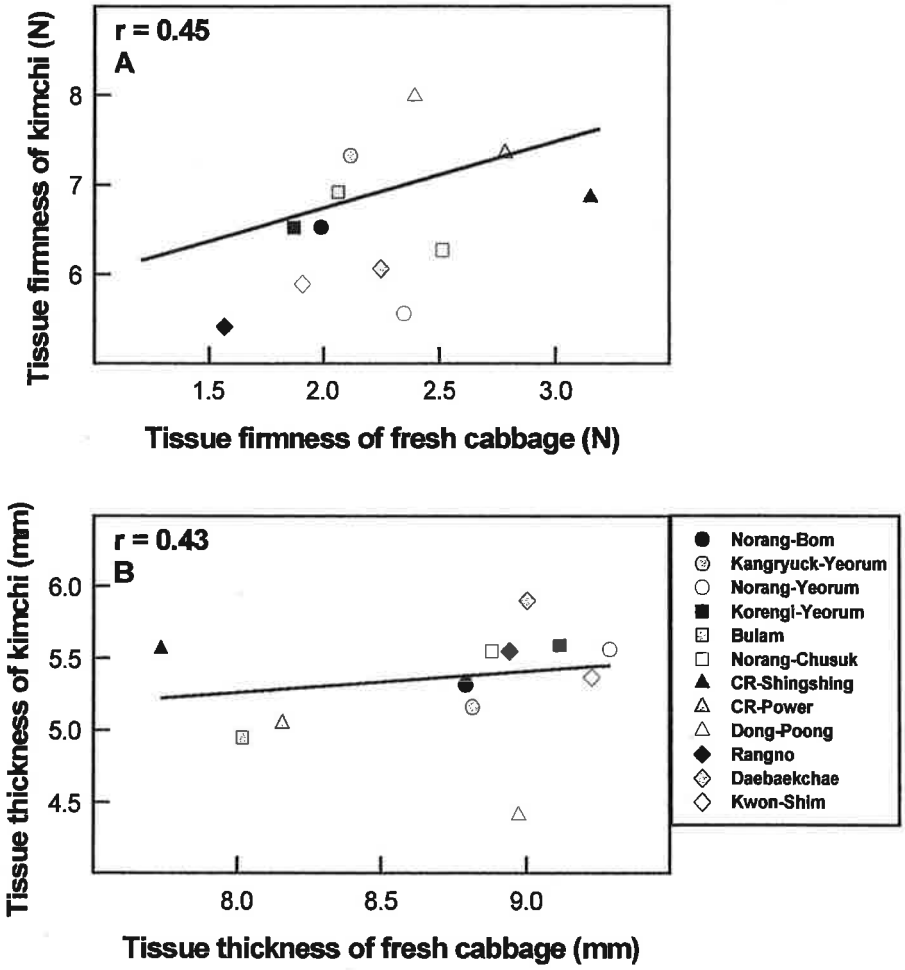


Fig. 39. Correlation between fresh cabbage and kimchi
A : Tissue firmness B : Thickness of tissue

2) 품종별 김치의 관능평가

그림 40은 김치의 관능검사 항목중 전체적인 맛과 경도, 아삭아삭한 정도, 질긴정도 등을 나타낸 결과이다. 경도나 아삭아삭한 정도가 높은 것이 맛도 좋다는 것을 알 수 있다(Fig. 40). 하지만 질긴 정도는 맛과 부의 상관을 가진다. 'CR-싱싱', '노랑여름', '불암' 등의 품종의 김치가 아삭아삭한 정도나 전체적인 맛에서 높은 점수를 얻었다. '랑노', '대백채' 등은 질기고 맛이 없는 것으로 나타났다. 또, 가공전 배추의 경도와 가공후 아삭아삭한 맛은 고도의 상관이 있는 것으로 판단되었다(Fig. 41-A).

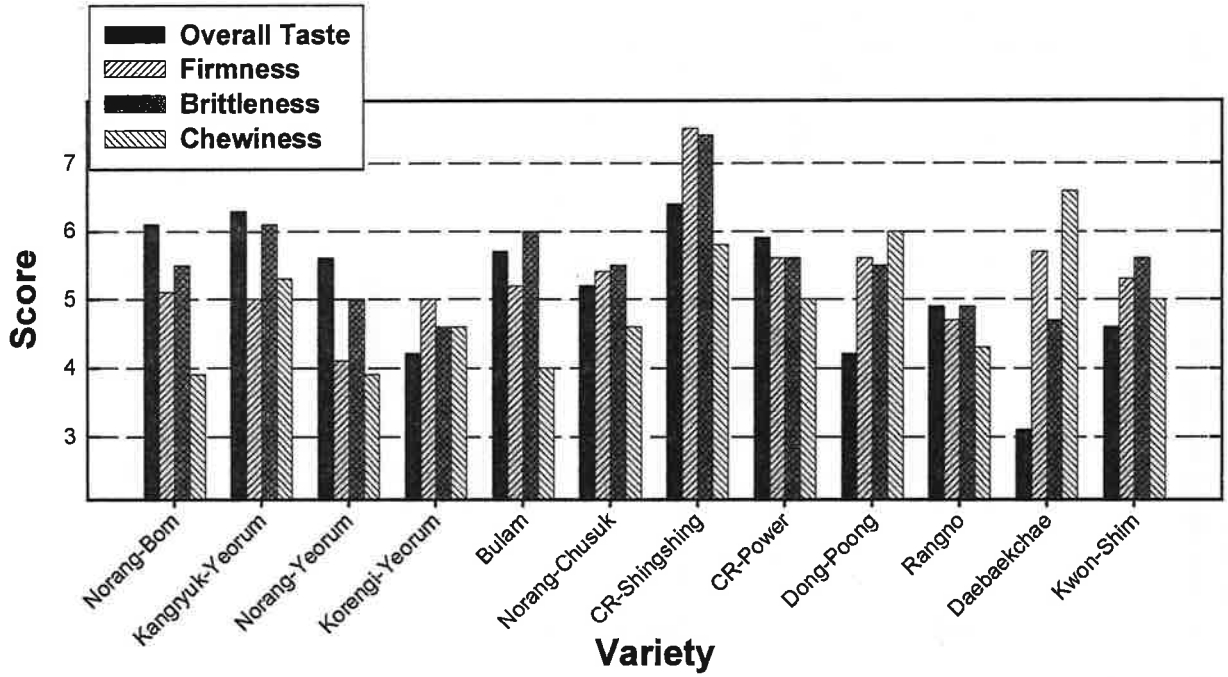


Fig. 40. Sensory evaluation of fermented tissues various Chinese cabbage cultivars, kimchi.

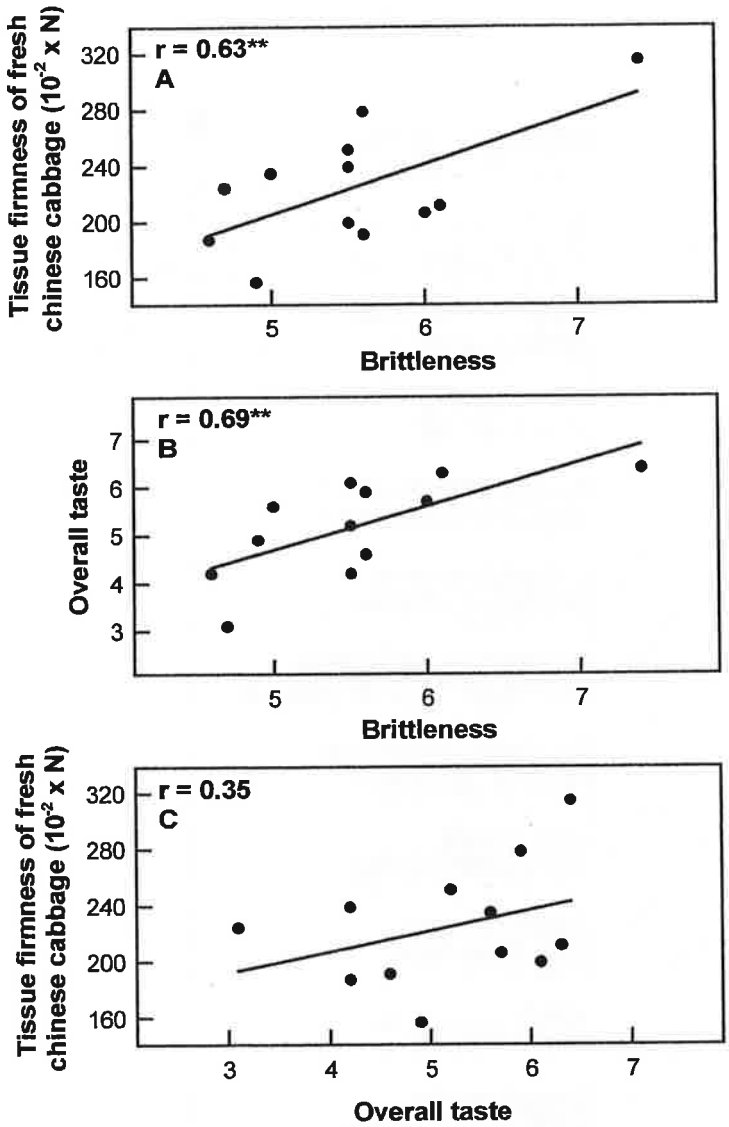


Fig. 41. Correlation between tissue firmness of fresh chinese cabbage and sensory evaluation

A : Tissue firmness vs Brittleness

B : Overall taste vs Brittleness

C : Tissue firmness vs Overall taste

2. 김치 가공전후 조직의 변화

가. 연구목표

배추의 조직감과 김치 제조 과정중, 이후의 관련 인자 변화를 구명하기 위하여 작형별 품종을 공시, 김치 가공전후 중륵의 경도를 측정하여 상관관계를 조사한다.

나. 연구수행방법

1) 공시재료

봄작형으로 '노랑봄', 여름작형은 '고랭지여름', 가을작형은 '불암', 월동배추로 '동풍', 북방계로 '대백채'를 공시하여, 2001년 3~6월 경기도 안성시 중앙대학교 부속포장에서 표준경종법으로 재배, 수확하여 배추 중륵의 조직감을 조사하는 한편, 품종당 5포기씩 김치 가공업체인 (주)미라푸레시에서 기업 공정에 의해 제조된 김치를 사용하여 중륵조직의 경도를 측정 비교하고, 관능실험을 실시하였다. 각 포기를 2절하여 김치를 담아 2℃에서 2주간 저장중의 경도, 품질 평가를 실시하였다.

2) 경도측정

김치의 경도측정은 저장중 김치 국물의 pH의 변화폭에 따라 4회 배추의 경도측정 방법과 동일한 방법으로 온전한 중륵 조직을 채취하여 엽서별로 측정하였다.

3) pH측정

김치의 저장중 pH는 김치국물을 miracloth로 여과한 후, pH meter를 사용하여 측정하였다.

4) 김치의 관능 평가

가공한 김치의 관능실험을 하기 위해 중륵부위를 채취하여 대학원생 10명을 대상으로 실험에 임하였다. 입가심 음식으로 물과 식빵을 사용하였고, 가공한 5품종의 김치를 재료로 사용하였다. 조사항목으로 미각, 조직감, 냄새, 색, 외관 등을 구분하여 평가하였다.

다. 연구결과

김치 가공후 김치 국물의 pH는 모든 품종에서 가공후 4일까지 5.23~5.30으로 유지하다가, 4일 이후 급격히 변화하여 2주후에는 3.83~4.20으로 감소하였다(Fig. 42).

김치의 엽두께는 절임 등의 김치 가공 공정중 급격히 감소하여 가공후에는 시간이 지날수록 천천히 감소하였다(Fig. 43).

김치의 경도는 가공 공정중 급격히 증가하여 가공후 일시 증가한 후에 점차 연화하는데(Fig. 44), 가공전 배추의 경도는 김치의 연화속도와 부의 상관관계가 있었다(Fig. 45). 즉 경도가 높은 배추는 가공후 저장중 더 빨리 물러지고, 경도가 낮은 배추는 저장중 천천히 물러졌다(Fig. 44, Fig. 45).

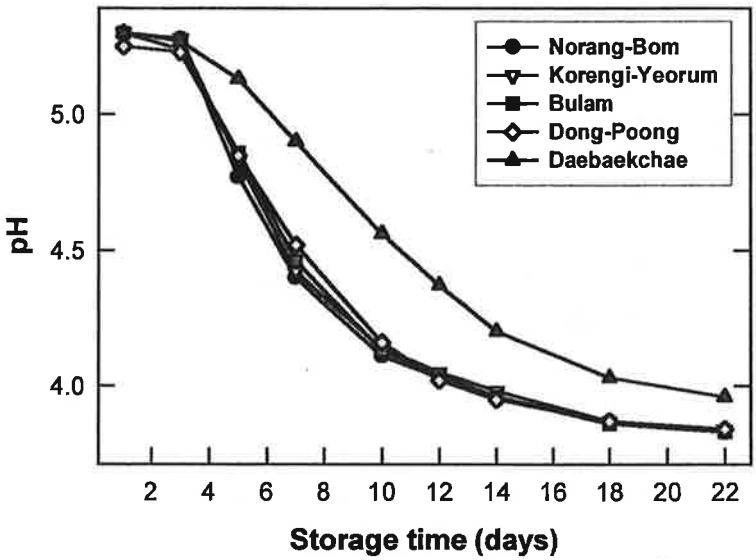


Fig. 42. Changes in pH of Kimchi of chinese cabbage during storage at 2°C for 22days.

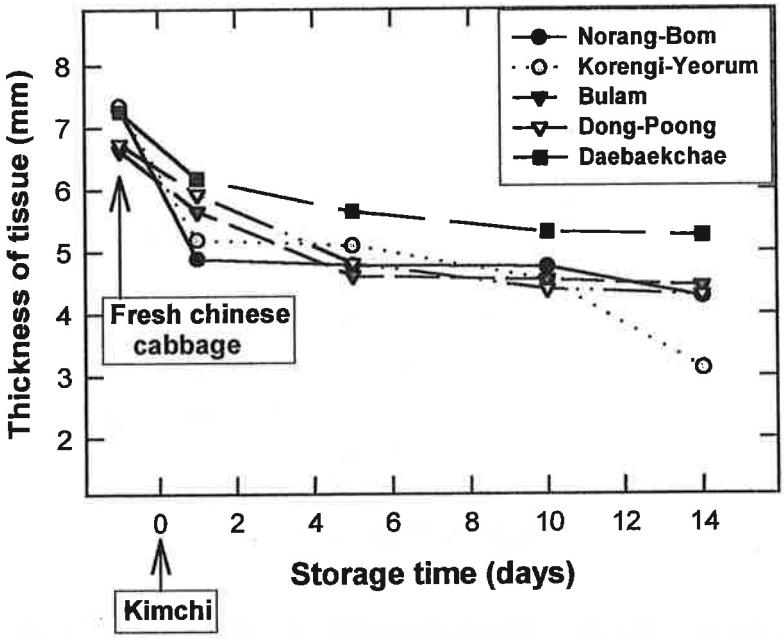


Fig. 43. Changes in leaf thickness of Kimchi of chinese cabbage at 2°C for 14days.

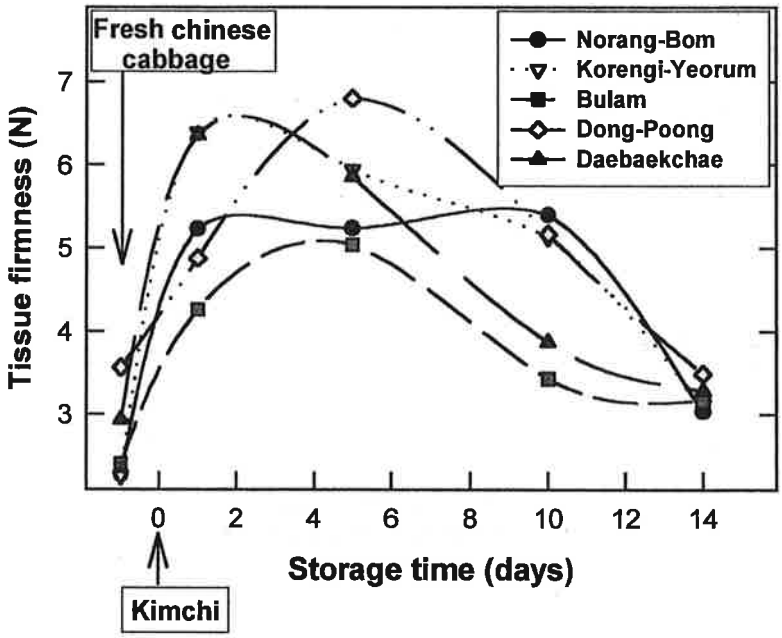


Fig. 44. Changes in firmness of Kimchi of chinese cabbage during storage at 2°C for 14days.

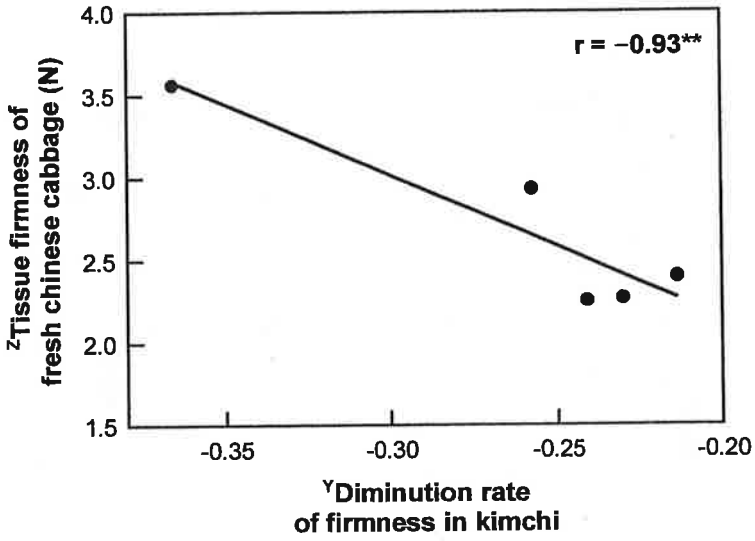


Fig. 45. Correlation between tissue firmness of fresh chinese cabbage and diminution rate of firmnes in kimchi of during storage at 2°C

ZTissue firmness = Max. peak height (N) / Thickness of tissue (mm)
YDiminution rate : Slope 'a' (y = ax + b)

제 7 절 배추와 김치의 관능 비교

1. 품종별 생배추의 관능평가

가. 연구목표

배추의 품종별 중륵의 조직감 인자와 생배추와 김치의 관능특성을 비교하여 상관관계를 구명하였다.

나. 연구수행방법

1) 공시재료

공시된 배추 품종은 '노랑봄'(봄배추), '강력여름', '노랑여름', '고랭지여름'(여름배추), '불암', '노랑추석', '장미', 'CR싱싱', 'CR통일', 'CR그린', 'CR파워', 월동배추는 '동풍', 북방계로서 '대백채', '치힐리', 남방계는 '권심'을 공시하여, 2001년 9~12월 경기도 안성시 중앙대학교 부속포장에서 표준경종법으로 재배 후 수확하여 실험에 이용하였다.

2) 경도측정

배추 중륵의 경도는 건전한 배추 겉잎에서 시작하여 엽장 5㎝가 되는 잎까지 단축경으로부터 엽기부를 절단하였다. 엽서별 중륵 하단부의 가장 두꺼운 부위를 직경 12mm cork borer를 이용, 절편을 채취하여 Texture Analyser TA-HDi (Stable Micro Systems, England)의 Volodkevich Bite Jaws probe로 측정하여 단위 두께당 조직에 가해지는 힘으로 표현하였다(Tissue Firmness = Maximum Peak Height / Thickness of Tissue).
각 품종별 건전한 개체 10포기를 측정하였다.

3) 생배추의 관능 평가

가공전의 생배추의 관능실험을 하기 위해 중륵부위를 채취하여 대학원생 10명을 대상으로 실험에 임하였다. 입가심 음식으로 물과 식빵을 사용하였고, 조사항목으로 미각, 조직감, 냄새, 색, 외관 등을 구분하여 평가하였다.

4) 김치의 관능 평가

가공한 김치의 관능실험을 하기 위해 중륵부위를 채취하여 대학원생 10명을 대상으로 실험에 임하였다. 입가심 음식으로 물과 식빵을 사용하였고, 조사항목으로 미각, 조직감, 냄새, 색, 외관 등을 구분하여 평가하였다.

다. 연구결과

그림 46는 생배추와 김치의 관능검사 항목중 전체적인 맛과 경도, 아삭아삭한 정도, 질긴정도, 다즙도 등을 나타낸 결과이다.

생배추의 전체적인 맛은 '노랑봄', '불암', '노랑추석', 'CR-통일', '동풍', '대백채' 등의 품종이 높았고, 김치의 전체적인 맛은 '불암', '노랑추석', 'CR-통일', '동풍' 등의 품종이 높았다. 생배추의 경도는 '대백채'와 '치힐리' 등이 높았고, 김치의 경도는 'CR-싱싱', 'CR-그린', '동풍', '치힐리' 등이 높았다.

'불암'은 생배추일 때 전체적인 맛, 경도, 아삭아삭한 정도, 다즙도가 다른 품종에 비하여 높게 나타났는데, 김치 가공후에도 전체적인 맛이 다른 품종에 비하여 좋은 것으로 나타났다.

'치힐리'는 김치 가공 전후 경도는 높았으나, 김치 가공후 전체적인 맛

은 매우 떨어지는 것으로 나타났는데, 이것은 조직감의 요소중 질긴 정도(chewiness)가 너무 높기 때문인 것으로 사료된다.

조직의 경도와 아삭아삭한 정도간(r=0.83**), 또 경도와 질긴 정도간(r=0.72**)에는 상관관계가 있음을 알 수 있었다(Fig. 47). 즉 조직의 경도에는 전체적인 맛과 상관이 있는 아삭아삭한 맛에 영향을 미치지만, 전체적인 맛과 부의 상관이 있는 질긴 정도에도 관련이 있는 것으로 생각된다.

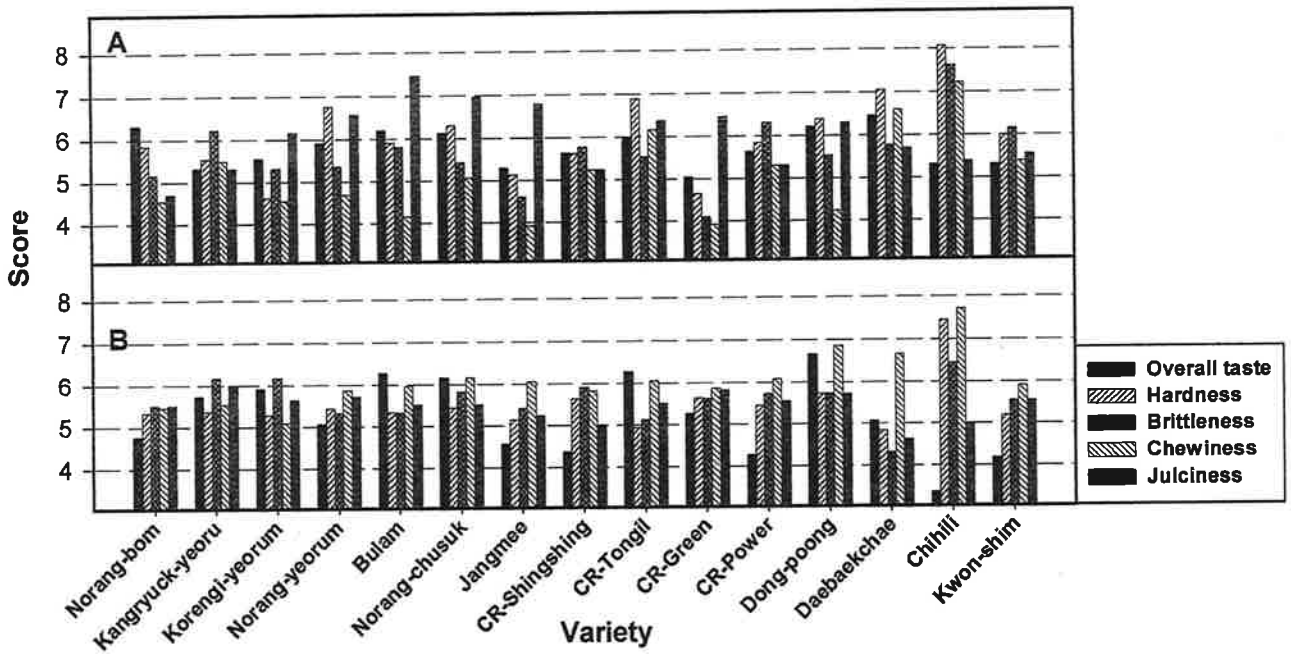


Fig. 46. Comparison of sensory evaluation of fresh chinese cabbage and kimchi.
A : Fresh cabbage B : Kimchi

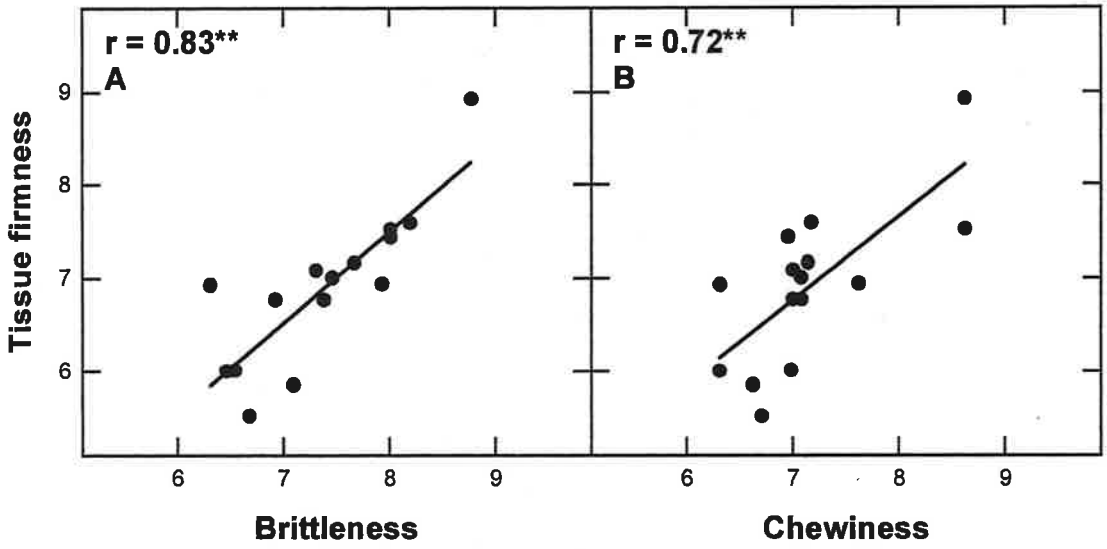


Fig. 47. Correlation between firmness and sensory evaluation

A : Firmness vs Brittleness
B : Firmness vs Chewiness

2. 재배방법별 배추와 김치의 관능 비교

가. 연구목표

배추의 재배방법에 따른 중륵의 조직감 인자와 생배추의 관능특성을 비교하고 김치의 관능특성과 비교, 상관관계를 구명하였다.

나. 연구수행방법

1) 공시재료

공시된 배추 품종은 봄배추로 '노랑봄', 여름배추로 '고랭지여름', 가을배추로 '불암'을 공시하여, 2002년 3~6월 경기도 원예연구소에서 토경재배와 양액재배 후 수확하여 실험에 이용하였다. 김치 가공전 배추의 경도측정후 생배추의 관능평가를 실시하였고, '노랑봄'과 '고랭지여름' 2품종을 택하여, 품종, 재배방법별 5포기씩 (주)미라푸레시에서 기업 공정에 의해 제조된 김치를 사용하여 중륵조직의 경도를 측정 비교하고, 관능 실험을 실시하였다. 각 포기를 2절하여 김치를 담아 2℃에서 2주간 저장중의 경도, 품질 평가를 실시하였다.

2) 재배방법

가) 토경재배

토경재배는 원예연구소 플라스틱 필름 하우스에서 표준경종법으로 재배하였다.

나) 양액재배

양액재배는 원예연구소의 토경재배지와 동일장소에서 perlite 배지에 정식후 양액재배하였다.

3) 경도측정

배추 중륵의 경도는 건전한 배추 겉잎에서 시작하여 엽장 5㎝가 되는 잎까지 단축경으로부터 엽기부를 절단하였다. 엽서별 중륵 하단부의 가장 두꺼운 부위를 직경 12mm cork borer를 이용, 절편을 채취하여 Texture Analyser TA-HDi (Stable Micro Systems, England)의 Volodkevich Bite Jaws probe로 측정하여 단위 두께당 조직에 가해지는 힘으로 표현하였다(Tissue Firmness = Maximum Peak Height / Thickness of Tissue).
각 품종별 건전한 개체 10포기를 측정하였다.

4) 생배추의 관능 평가

가공전의 생배추의 관능실험을 하기 위해 중륵부위를 채취하여 대학원생 10명을 대상으로 실험에 임하였다. 입가심 음식으로 물과 식빵을 사용하였고, 조사항목으로 미각, 조직감, 냄새, 색, 외관 등을 구분하여 평가하였다.

5) 김치의 관능 평가

김치 가공후 2품종의 관능실험을 하기 위해 중륵부위를 채취하여 대학원생 10명을 대상으로 실험에 임하였다. 입가심 음식으로 물과 식빵을 사용하였고, 조사항목으로 미각, 조직감, 냄새, 색, 외관 등을 구분하여 평가하였다.

다. 연구결과

그림 48는 생배추의 경도와 관능 평가 결과이고, 그림 49는 그 결과를 QDA profile로 나타낸 그림이다.

김치 가공전 배추의 경도측정 결과, 모든 품종에서 토경재배한 배추의 중륵 경도가 양액재배한 배추보다 높았고, '불암'이 가장 높았으며, '고랭지 여름'이 가장 낮았다(Fig. 48, 49).

경도측정후 생배추의 관능평가를 실시한 결과, 모든 품종에서 양액재배한 배추에 비하여 토경재배한 배추의 전체적인 맛, 단맛 등이 조직의 경도 측정 결과와 동일하게 높은 점수를 받았고, '노랑봄', '불암'은 단단한 정도, 아삭아삭한 정도, 질긴 정도 등의 항목에서 조직의 경도측정 경향과 동일한 결과를 보였으며, 토경재배한 '노랑봄'이 가장 맛이 좋았고, 양액재배한 '노랑봄'이 가장 맛이 떨어지는 것으로 나타났다(Fig. 48, 49).

김치가공후의 관능평가에서는 배추 조직의 경도는 김치의 조직감중 단단한 정도, 질긴 정도의 항목과 상관이 있는 것으로 나타났으며(Fig. 50, 51), 토경재배한 배추 김치가 양액재배한 배추 김치에 비하여 단단한 정도, 질긴 정도가 높았고, 토경재배한 '고랭지여름' 김치가 가장 전체적인 맛이 좋은 것으로 나타났고, 양액재배한 '고랭지여름' 김치가 가장 맛이 떨어지는 것으로 나타났다(Fig. 50, 51).

배추와 김치의 조직감 요소와 관능평가 항목과의 상관관계를 조사한 결과 경도와 건물률이 높고, 얇은 중륵을 가진 배추를 선호하였고, 단맛이 높고, 쓴맛이 적으며, 단단하고 아삭아삭한 배추를 선호하였다(Table 20.). 또 맛이 좋은 김치는 가공전 배추의 경도, 건물률과 정의 상관이 있었다(Table 20.). 가공전 배추와 김치의 저작감(씹힘성)인 단단한 정도, 아삭아삭한 정도는 가공전 배추의 경도, 건물률과 정의 상관이 있었다(Table 20.).

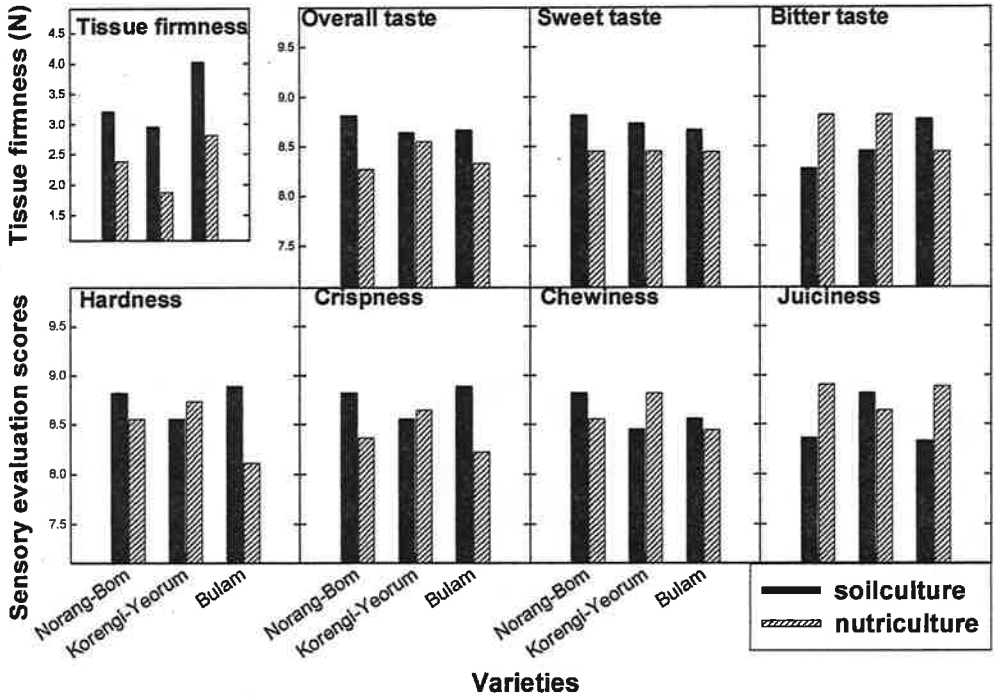
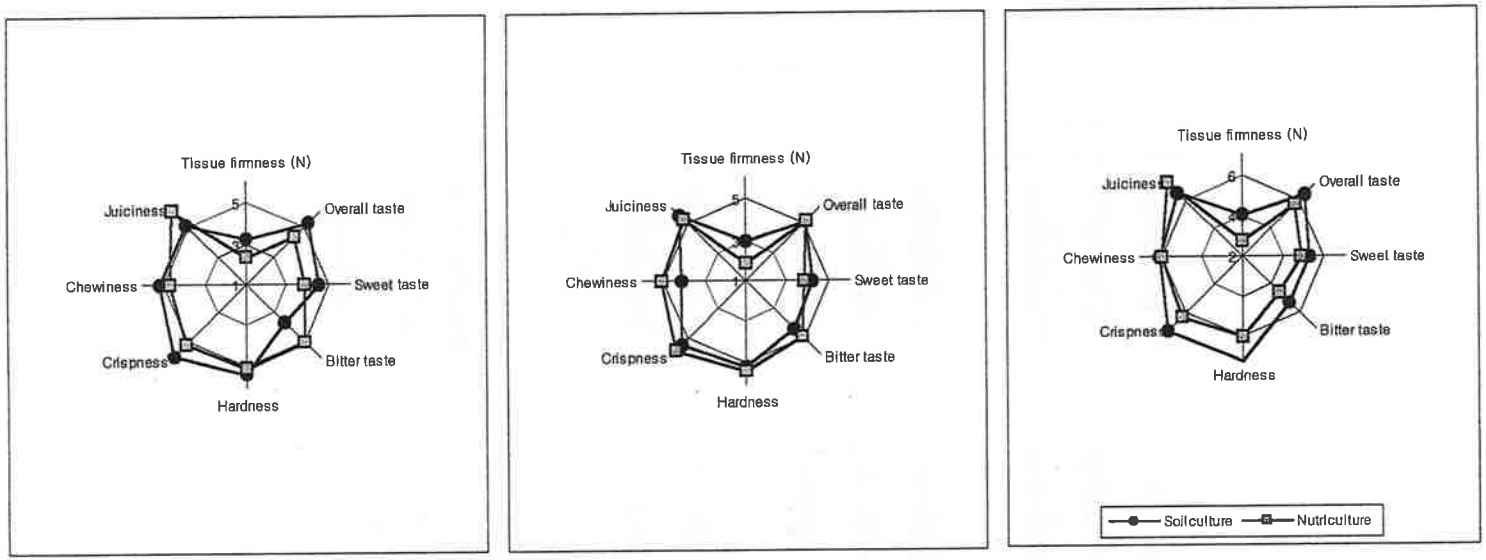


Fig. 48. Comparison tissue firmness of fresh chinese cabbage and sensory evaluation of fresh chinese cabbage.



Norang-Bom Korengi-Yeorum Bulam

Fig. 49. Comparison of QDA profiles tissue firmness of fresh chinese cabbage and sensory evaluation of fresh chinese cabbage.

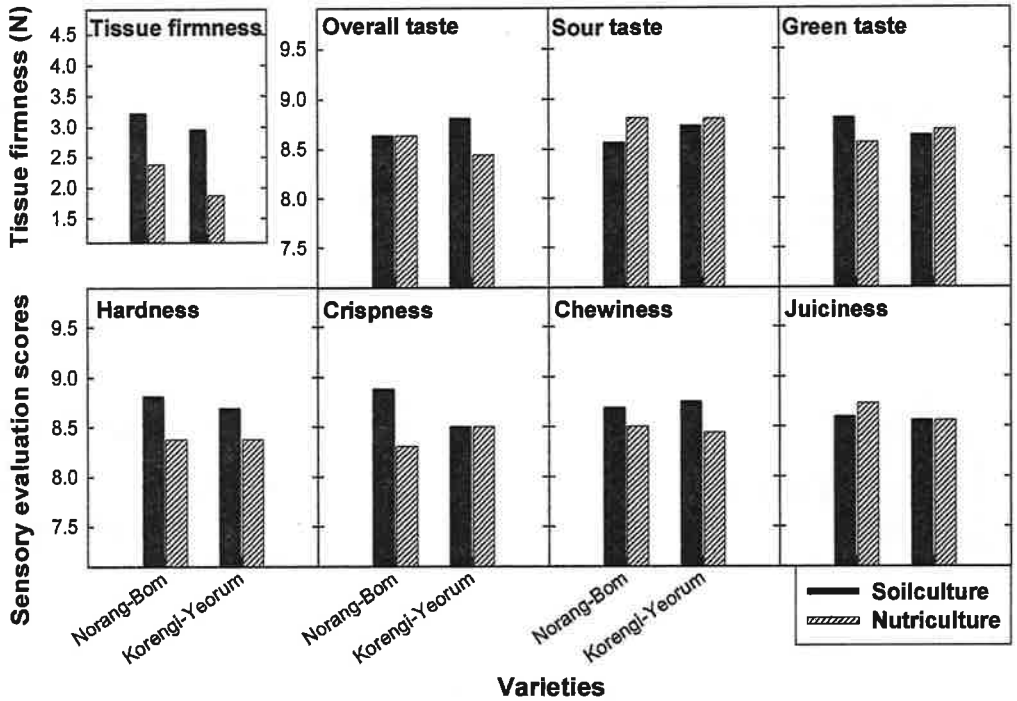
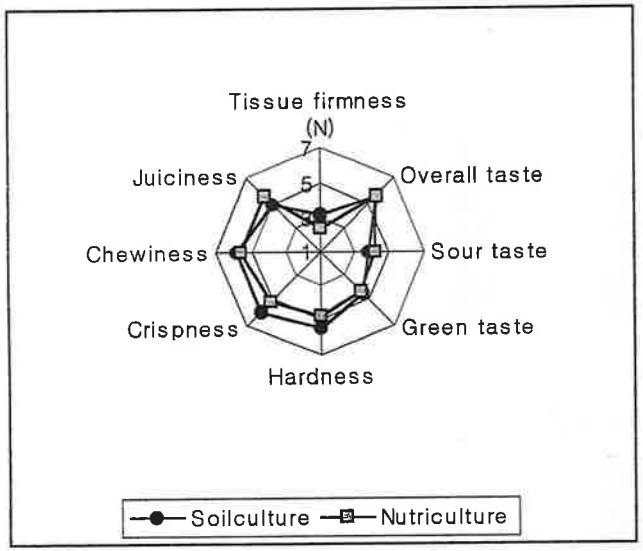
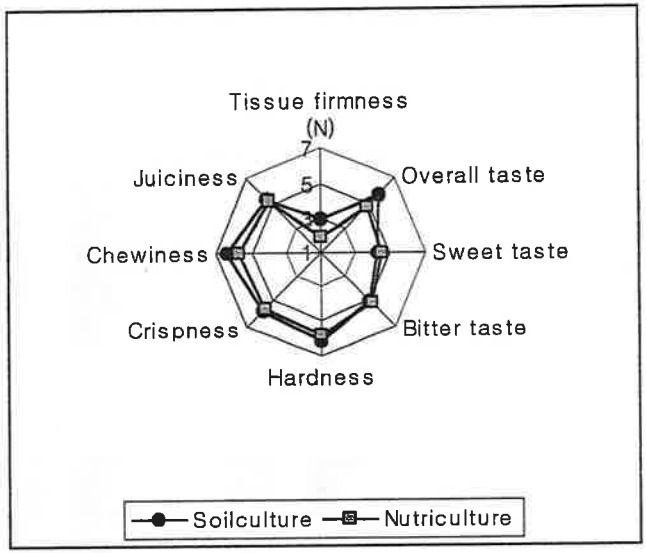


Fig. 50. Comparison tissue firmness of fresh chinese cabbage and sensory evaluation of kimchi.



Norang-Bom



Korengi-Yeorum

Fig. 51. Comparison of QDA profiles of tissue firmness of fresh chinese cabbage and sensory evaluation of kimchi.

Table 20. Correlation coefficient of quality parameters of chinese cabbages and their products 'Kimchi'.

		Fresh chinese cabbage				Kimchi		Sensory evaluation of fresh chinese cabbage							Sensory evaluation of kimchi			
		firmness	thickness	dry mass	soluble solid	firmness	thickness	overall taste	sweet taste	bitter taste	hardness	crispness	chewiness	juiciness	overall taste	hardness	crispness	chewiness
Fresh chinese cabbage	thickness	-0.60	-															
	dry mass	0.77**	-0.71*	-														
	soluble solid	-0.54	-0.03	-0.09	-													
Kimchi	firmness	-0.40	-0.40	-0.20	-0.40	-												
	thickness	0.60	-0.40	0.80*	1.00**	0.40	-											
Sensory evaluati-on of fresh chinese cabbage	overall taste	0.77*	-0.83**	0.66**	-0.26	0.20	0.80*	-										
	sweet taste	0.55	-0.67*	0.73*	0.24	-0.13	0.67	0.79**	-									
	bitter taste	-0.60	0.20	-0.26	0.49	0.09	-0.77	-0.71*	-0.55	-								
	hardness	0.60	-1.00**	0.71*	0.03	0.40	0.40	0.83**	0.67*	-0.20	-							
	crispness	0.60	-1.00**	0.71*	0.03	0.40	0.40	0.83**	0.67*	-0.20	1.00**	-						
	chewiness	0.14	-0.77*	0.26	0.49	0.00	-0.20	0.60	0.61	-0.09	0.77**	0.77*	-					
	juiciness	-0.66*	0.94**	0.60	0.26	-0.40	-0.40	-0.89**	-0.55	0.37	-0.94**	-0.94**	-0.66*	-				
Sensory evaluati-on of kimchi	overall taste	0.72	0.31	0.92**	-0.51	-0.51	0.51	0.31	0.48	-0.57	-0.31	-0.31	-0.51	0.31	-			
	hardness	0.94**	-0.67	0.67	-0.67	-0.13	0.67	0.94**	1.00**	-0.99**	0.67	0.67	0.40	-0.67	0.48	-		
	crispness	0.80*	-0.80*	0.60	-0.80*	0.20	0.80*	1.00**	0.94**	-0.95**	0.80*	0.80*	0.40	-0.80*	0.31	0.94**	-	
	chewiness	0.80*	0.00	1.00**	-0.80*	-0.20	0.80*	0.60	0.67	-0.77	0.00	0.00	-0.40	0.00	0.92**	0.67	0.60	-
	juiciness	0.13	1.00**	0.00	0.40	-0.40	-0.40	0.40	-0.67	0.60	-1.00**	-1.00**	-0.80*	1.00**	0.31	-0.67	-0.60	0.00

참고문헌

1. 강수기, 박완수, 최태동. 1995. 김치: 수지맞는 사업추진과 경영. 농민신문사

2. 김경제, 경규항, 명원경, 심선택, 김현구. 1989. 김치류 저장기간 연장을 위한 무우 품종선발에 있어서 발효성 당 함량의 역할. 한국식품과학회지. 21:100

3. 우정, 구경형, 조한옥. 1988. 김치의 절임 및 숙성과정중 물리적인 성질의 변화. 한국식품과학회지. 20:483.

4. 농림부 농산물 작물통계(2001)

5. 과실 및 채소류 가공현황(2001). 농림부

6. 정귀화, 이혜수. 숙성기간에 따른 무김치의 텍스처와 섬유소, 헤미세룰로오스, 펙틴질의 함량 변화. 한국조리과학회지. 2:68.

7. 조영환, 유근창, 성진근, 전병문, 남상현, 김해동, 리왕영. 1995. 무 배추: 경쟁력있는 기술과 경영. 농민신문사

8. 조은주, 이숙희, 박건영. 1998. 배추김치의 재료종류 표준화. 한국식품과학회지 30:1456-1463.

9. Blakeny, A.B. and P.J. Harris. 1982. A simple and rapid preparation of alditol acetate for monosaccharide analysis. Carbohydr. Res. 113:291

10. Cho, E.J., S.M. Lee, S.H. Rhee, and K.Y. Park. 1998. Studies on the standardization of chinese cabbage kimchi. Korean J. Food Sci. 30:324-332.

11. Gross, K.C. 1982. A rapid and sensitive spectrophotometric method for assaying polygalacturonase using 2-cyanoacetamide. HortScience 17:933-934.

12. Gross, K.C. and C.E. Sams. 1984. Changes in cell wall neutral sugar composition during fruit ripening: a species survey. Phytochemistry 23:2457-2461.

13. Kang, N.K. J. Kim, B.M, Chun, and Y.H. Cho. 1999. A temporal relationship between tissue firmness and cell wall compositions of radish roots(Raphanus sativus L.). Acta Hort. 483:95-104.

14. Massiot, P., J.F. Thibault, and X. Rouau. 1989. Degradation of carrot(Daucus carota) fibers with cell-wall polysaccharide-degrading enzymes. J. Sci. Food Agric. 49: 45-57.

주 의

1. 이 보고서는 농림부에서 시행한 농림기술개발사업의 연구보고서입니다.

2. 이 보고서 내용을 발표할 때에는 반드시 농림부에서 시행한 농림기술개발사업의 연구결과임을 밝혀야 합니다.

3. 국가과학기술 기밀유지에 필요한 내용은 대외적으로 발표 또는 공개하여서는 아니됩니다.