

무의 품종별 조직특성에 의한 품질,
조리 및 가공적성 평가와 이의
육종에의 활용

Quality evaluation of fresh radish roots,
cooked and processed products using texture
parameters, and their application to breeding
programs

연구기관

중앙대학교

농림부



제 출 문

농림부 장관 귀하

본 보고서를 “무의 품종별 조직특성에 의한 품질, 조리 및 가공적성 평가와 이의 육종에의 활용”에 관한 연구과제의 최종보고서로 제출합니다.

1999. 11. .

주관연구기관 : 중앙대학교

총괄연구책임자 : 김 종 기

연 구 원 : 정 동 호

연 구 원 : 박 기 환

연 구 원 : 김 기 속

협동연구기관: 흥농종묘(주)

협동연구책임자 : 전 병 문

요 약 문

I. 제목

무의 품종별 조직특성에 의한 품질, 조리 및 가공적성평가와 이의 육종에의 활용

II. 연구개발의 목적 및 중요성

농식품의 국제간 무역장벽이 철폐되면서 대외 경쟁력이 있는 생산과 관리 기술의 개발이 시급한 과제로 대두되었다. 국내의 원예산업은 주로 생산비의 절감이나 다수확을 위한 재배방식의 개선에 많은 노력으로 생산성의 향상과 연중 생산 등의 결실을 가져왔다. 그러나 생산된 산물의 품질관리 및 상품화 기술은 상대적으로 아직 매우 낙후되어 있다.

수확된 원예산물의 품질은 크기, 형상, 색상, 경도 등의 외형적 요인과, 체내의 탄수화물, 향기성분 등의 내적 요인을 모두 고려해서 각각의 용도에 알맞은 기준을 설정해야 한다. 왜냐하면 대부분의 원예산물은 성숙이 된 후에 수확 출하되는데, 수분함량이 높고, 모양이 다양하며, 조직이 부드러워지기 때문에 유통이나 저장중 물리적인 상처나 노화로 인한 변패가 진행되면서 상품가치를 잃어버린다. 따라서 수확된 원예작물의 부가가치를 높이기 위해서는 고품질의 산물의 생산 및 산물의 이용기술의 개발 등이 뒷받침되어야 한다.

무는 꽃눈형성에 필요한 저온감응성(vernalization)의 차이로 인하여 봄무와 가을무, 그리고 여름철 고랭지에서 재배하는 여름무로 품종이

분화되어 있다. 그러나 현재 무를 가정이나 가공공장에서 사용함에 있어 품종의 특성을 고려하지 않고 있는 실정이다. 이러한 무를 품종의 구별없이 가공하였을 때는 산물의 품질은 일정하지 못하다. 예를 들면, 봄에 생산되는 무는 육질이 연하여 깎두기를 담으면 장기저장이 되지 못해 가공공장에서 생산하는 장기저장용 깎두기로는 이용이 곤란하다. 그리고 품종에 따라 조리시에 국에 사용하는 무도 끓인 후에 조직이 쉽게 물러지는 것도 있다. 이러한 저장이나 가공중에 초래되는 조직감의 변화는 주로 무 조직의 특성에 기인하는 것으로 품질판정에 가장 중요한 요인이다. 따라서 무의 품종별로 조직의 이화학적 특성을 구명함과 동시에 품종에 따라 조리특성 및 가공적성을 비교하면, 이를 용도에 알맞은 품종의 육성에 활용할 수 있다. 그리하여 용도에 따라 가장 적합하게 이용될 수 있는 품종의 구명 및 개발은 무 생산 및 이용효율을 향상시키는 중요한 작업이라고 판단된다.

본 연구의 목적은 세 가지로 요약하면 다음과 같다.

- 첫째, 무의 품종들의 조직의 물성(texture)에 관여하는 이화학적인 특성과 가공 및 조리특성을 비교하며
- 둘째, 조직의 경도에 관여하는 요인들을 품종별로 평가하여
- 셋째, 이들을 토대로 무의 용도에 적합한 고품질 품종의 개발을 위한 기초 자료를 제공하고자 하였다.

III. 연구개발의 내용 및 범위

1. 무 품종별 조직의 물성에 의한 품질 평가 및 물성 인자의 유전성 구명
본 과제에서는 무 조직의 물성 특성을 품종별로 비교 분석하여 현재 시판중인 무의 품질 평가기준을 확립하고 동시에 종묘산업체에서 생산되는

품종들의 조리 가공적성에 입각하여 적합한 품종을 육성하는데 필요한 기초자료를 작성하고, 또한 무의 물성에 입각하여 육성된 조합들의 유전적인 특성도 구명하고자 하였다.

- 품종별 조직감에 영향하는 인자의 비교
- 품종별 세포벽의 조성 및 구조 비교
- 무 조직의 경도와 세포벽 구성물질의 상관관계 구명
- 무 품종별 조직특성의 구명 및 가공에의 활용
- 무의 조직의 물성특성의 유전적인 특성 규명

2. 무의 품종별 조리특성 및 가공적성 평가

본 과제에서는 무의 실제 이용방법에 따른 가공 및 조리식품의 품질 및 저장성을 평가하여 용도에 적합한 품종의 육성에 필요한 자료를 제공하기 위하여 다음과 같은 연구를 수행하였다.

- 무 품종별 가공식품의 조직감, 관능특성평가
- 무 품종별 가공적성 비교 평가
- 무의 가열 및 비가열 조리시 품질 변화 요인 구명
- 표준조리법에 의한 무 품종별 조리특성 비교
- 무의 품종별 최적 조리 용도의 구명

3. 무 조합육성 및 물성인자의 유전분석

본 과제에서는 무의 물성을 고려하여 다양한 용도에 적합한 조합을 육성하며 이들을 포장에서의 생산력을 검정하며 동시에 수량 및 물성 인자의 유전적 특성을 규명하고자 하였다. 따라서 다음의 단계별 연구를 수행하였다.

- 무의 재배작형에 따른 품질검사
- 무의 재배작형에 따른 형태적 특성 분석
- 무 품종별(봄무, 여름무, 소형무, 가을무, 가을알타리무) F₁ 조합육성

- 육성된 무의 포장검정 및 생산
- 무의 물성을 이용한 교배조합 육성과 조합별 차세대 생산력 검정
- 무의 수량 및 물성 인자의 유전적 특성 구명

IV. 연구개발 결과 및 활용에 대한 건의

1. 무 조직의 경도 측정 기술의 확립

무는 품종에 따라 크기가 매우 상이하어 조직을 상, 중, 하부로 구분하여 부위별 경도의 변화를 비교하였으며, 무 조직 특성에 적합한 경도 측정방법의 개발을 모색하였다.

첫째, 무는 부위에 따라 조직의 경도가 상이하였다.

둘째, 무는 측정방향에 따라 경도의 차이를 보였다.

셋째, 무 조직의 경도는 측정방법에 따라 달랐지만, 품종간 경도의 차이, 측정 부위와 방향별 경도의 차이에서 그 경향은 같았다.

따라서 무 품종간 경도를 비교할 때에는 품종 고유의 외형을 지닌 10-20 개체를 택하여 일정한 부위 및 방향으로 측정해야 객관적인 비교가 가능하였다.

2. 무 품종별 조직의 경도 특성 비교

국내에서 이용되는 무의 작형이나 계통을 대표할 수 있는 총 13 품종을 대상으로 측정 부위와 방향별로 경도를 측정 후 비교하였다. 측정 부위에 따른 품종별 경도의 비교에서는 대체로 상, 중, 하부 順位로 경도가 높았다. 품종별로는 알타리무와 가을무, 단무지무가 이와 일치하였고, 여름무 계통인 '대진'은 하부, 중부, 상부의 순으로 경도가 높아 易의 경향을 보였으며, '하우스봄', '백광' 그리고 '대부령'은 부위별 경도의 차이를 보이지 않았다.

품종간 조직의 경도는 '신진알타리'가 가장 높았으며, '하우스봄'이

가장 낮았다. 작형별로는 가을무가 다른 작기의 무에 비해 단단하였으며 여름무, 봄무 순으로 경도가 높았다. 반면 가을무 중 '청운'은 여름무보다 약간 낮았다.

3. 무의 조직감(경도)에 영향을 미치는 인자들

3.1. 무 조직의 경도와 근 형태의 상관관계

작형을 대표하는 무 13 품종을 공시하여 근의 형태와 경도와의 상관을 검정한 결과, 근장(根長)과 근중(根重)은 회귀계수가 각각 -0.71과 -0.74로 고도의 負의 相關을 보이며, 근경은 -0.29로 유의성을 보이지 않았다.

3.2. 무 조직의 경도와 내부 구성물질의 상관관계

가. 건물 함량과의 관계

무 조직의 건물함량은 경도가 가장 강한 알타리무가 생체중의 8.0%로 가장 높았고, 가을무 중 '태백'과 '백자'가 높았으며 봄무 계통이 생체중의 5.0~5.5%로 가장 낮았다. 조직의 건물중과 경도와의 회귀계수는 0.97(r)로 고도의 상관성을 보였다.

나. 전분 함량과의 관계

조직의 전분 함량은 단단한 알타리무와 가을무에서는 생체중의 1.0~1.3%를 차지하였지만, 봄무와 단무지무에서는 생체중의 0.03~0.05%로 매우 낮은 함량을 보였다. 품종간 전분의 함량과 경도의 회귀계수는 0.82(r)로 고도의 유의성을 보여주었다.

다. 세포벽 함량과의 관계

조직내 세포벽 함량은 알타리무 품종인 '신진' 및 '추석', 가을무인 '태백'에서 생체중의 1.4~1.5% 이었고, 경도가 낮았던 봄무 품종들은

0.55~0.60%의 함량을 보였다. 조직의 세포벽의 함량과 경도간의 회귀계수는 0.88(r)로 고도의 정의 유의성을 보였다.

라. 조직내 양이온과의 상관성

무 조직의 Mg과 경도와의 회귀계수는 0.84(r)의 높은 유의성을 보였다. 반면 Ca은 몇 품종을 제외하고 비슷한 함량을 보였고, 회귀계수는 0.20(r)으로 경도와의 상관성을 찾지 못했다.

마. 세포벽 구성성분의 함량과의 상관성

조직의 세포벽을 구성하는 탄수화물과 경도와의 회귀계수는 펙틴의 주사슬인 polyuronides와는 0.85를, 펙틴의 측쇄와 헤미셀룰스의 주요 성분인 비섬유성 중성당(non-cellulosic neutral sugars)은 0.94로 고도의 유의성을 보였다. 그러나 셀룰로스는 0.52로 낮은 상관성을 보였지만 통계적 유의성은 있었다.

세포벽중 비섬유성 중성당의 함량과 경도와의 상관을 보면, Mannose를 제외한 모든 당들이 경도와 높은 상관을 보여 주고 있으며, 그 중에서도 galactose와의 상관이 가장 높았다.

결론으로, 무 조직의 경도가 높은 계통은 지하 저장기관인 뿌리의 세포벽 및 전분의 함량이 높았으며, 이 성분들이 건물중의 증가에 기여하고 있었다. 세포벽에서는 펙틴을 구성하는 주사슬 및 측쇄에 존재하는 탄수화물의 함량과 고도로 정의 상관을 보였다. 따라서 알타리무와 가을무에서는 생육중 잎으로부터 지하부로 동화산물의 전류가 활발히 진행되어 봄무나 여름무보다 전분 및 세포벽의 합성이 왕성하고, 세포벽의 조성에서는 비섬유성 중성당들의 비율이 높아 보다 복잡한 구조를 보이는 것으로 판단된다. 이러한 탄수화물의 이동 및 대사가 조직의 경도를 결정하는데 중요한 요인으로 작용하는 것으로 사료된다.

4. 재배환경이 무의 조직감에 미치는 영향

무 품종간의 경도차와 측정부위, 측정방향별 경도차이는 봄과 가을의 재배시기에 관계없이 일정하게 유지되었다. 그러나 동일 품종의 무를 봄에 온실에서 가온재배 하였을 때의 경도가 가을에 노지에서 재배한 경우보다 다소 높았다. 따라서 무 조직의 경도는 환경에 따라 다소 영향을 받지만, 품종 고유의 유전특성에 더 크게 좌우되는 것으로 판단되었다.

5. 무의 물성인자 유전특성

무 조직의 경도에 영향을 주는 인자의 유전특성을 구명하고자 봄무, 여름무, 가을무에서 4종의 F_1 의 양친, F_1 및 차세대 그리고 여교잡 조합들의 조직의 경도, 건물중, 전분지수를 비교하였다. 전분지수는 조직내 전분을 요오드로 반응시킨 다음 색차계로 수치를 측정된 값으로 정하였다. 무 조직은 경도가 높을수록 전분함량이 많아 요오드 반응시 색도가 짙게 나타났다. 즉 경도가 상대적으로 높은 가을무 계통에서 전분지수가 봄무나 여름무보다 높았다.

무 조직의 경도는 양친중 경도가 약한 친이 우성으로 작용하였으며, 조합의 양친과 조합 1세대의 건물률은 교배조합 1세대에서 모두 감소하였다.

전분의 유전력은 청운과 백봉에서 매우 강하게 나타났으며, 관동에서도 비교적 강한 것으로 나타났다. 잡종강세의 정도도 각 품종 모두 강하게 나타났다. 한편, 조직의 경도는 청운에서 매우 높은 유전력을 보였고, 다른 두 품종에서도 강하게 유전되는 것으로 보였다. 특히 경도에서는 잡종강세가 두드러지게 나타났다.

한편, 품종들에 있어서의 조직의 경도와 전분지수는 청운 및 백봉에서는 여교잡 및 F_2 세대에서만 상관관계가 있었으나, 관동에서는 단지 BC_1 에서만 유의성이 있었다. 전반적으로 모든 품종 공히 세대들간에 조직내 전분 지수와 경도가 상관관계가 있다고 유의성이 인정되었지만, 그

정도는 다소 미약한 것으로 보인다.

6. 무 가공적성 평가

무 품종별 가공적성을 평가한 결과, 무조직은 glucose와 fructose가 주요 유리당으로 구성되었으며, sucrose는 미량임이 확인되었으며, 조직의 산도는 약알칼리성을 띠었다. 봄무인 백광의 경우 수분과 회분의 함량에서 최대치를 나타내었으나, 당도의 경우 가을무인 태백무가 가장 높았으며, 백광이 가장 낮았다. 조단백질의 함량은 대부분이 최대치를 나타내었으며, 부위별로 유의차를 나타내었는데 하위부의 함량이 적었다. .

7. 무의 염절입시 물성변화

무(‘태백’)를 1, 2, 3%의 소금용액으로 절인 결과, 3%에서 수분이 가장 뚜렷하게 감소하였고, 초기 30분 동안 가장 많았다(96.2, 89.4, 87.0 %). 또한, 염장 시간의 경과에 따라 세포벽 성분 중 polyuronides의 조성비가 감소하는 경향을 보였다.

8. 무 품종별 가열 조리시 품질특성 변화

가. 무국

무 조직의 당도는 가열에 의해 감소되어, 30분 가열시 품종간 차이가 근소해졌다. 당도가 높았던 ‘청운’ 무가 무국의 식미가 가장 우수한 것으로 평가되었다. 조직의 경도는 가열전 상대적으로 단단한 가을무와 여름무가 오히려 급격히 연화되는데 비해, 30분 가열후에는 봄무인 백광의 경도가 가장 높게 나타났다. 가열동안 세포벽 조성물질 중 polyuronides와 비섬유성 중성당이 현저하게 분해되는 것으로 나타났으며, 전분의 분해는

품종간 다소 달랐지만, 세포벽과 전분의 분해는 경도의 변화와 정의 상관을 나타내는 것으로 검토되었다. 즉 가을무인 '태백'은 가열에 의해 세포벽이 심하게 분해되어 봄무인 '백광'보다 경도가 저하되었다.

9. 무 품종별 비가열 조리시 품질특성 변화

가. 나박김치

숙성과정에 따라 경도에는 큰 영향을 미치지 않아 가을무가 가장 높게 나타났으며, 당도 역시 가을무(태백, 청운)가 가장 높고, 봄무(백광), 여름무(관동, 대진, 대부령)의 순이었다. 숙성과정에 따른 유의차는 나타나지 않았으며, 전반적으로 바람직한 숙성과정은 2,3일 정도로 평가되었다.

나. 동치미

동치미 무의 저장 중 경도변화는, 가을무의 경우 저장 과정을 통하여 감소하는 경향을 보이는데 반하여, 봄무의 경우에는 증가하는 경향을 보였다.

다. 깍두기

품종별 제조한 깍두기를 4℃에서 42일간 저장하면서 경도의 변화를 측정한 결과, 제조 직후 6시간동안 상당히 낮게 떨어지며, 2일 사이에 급격한 상승치를 나타내었다. 24일 경과 후, 경도의 변화는 거의 없었으며, 생무의 경도와 비슷하거나 조금 높은 경향을 보였다. 품종별로는 가을무인 '태백'이 가장 높았고 ($68 \sim 107 \times 10^3 \text{N/m}^2$), 봄무인 '백광'이 가장 낮았다 ($46 \sim 61.9 \times 10^3 \text{N/m}^2$).

라. 품종별 무말랭이 제조평가

공시재료로는 봄무인 관동, 백봉, 96371을 사용하였으며, 시중에서 판매되는 무말랭이와 비교 평가하였다. 절단시료를 50, 60, 70, 80, 90℃에서 건조하여, 6시간에 걸쳐 수분함량(%) 변화를 측정하여 가공적성을 비교하였다. 실험결과, 품종간의 차이보다는 가공과정의 온도와 건조시간을 적정하게 설정함으로써 품질이 좋은 무말랭이를 생산할 수 있음을 나타내고 있다.

10. 활용방안

본 과제에서 얻어진 결과는 다음과 같이 활용할 수 있다.

- 무 조직의 경도 측정 기술 : 고품질 무 육성에 적용
- 무 품종간 경도 특성의 구명 : 무 가공 및 조리 용도를 구명함
- 무 경도의 유전 특성 : 무 조직의 물성을 고려한 고품질 육종에 활용
- 무 조직의 전분 측정 기술의 개발 : 육성중인 교배조합의 경도를 간단하게 측정함
- 무 품종간 깎두기의 품질 평가 : 깎두기용 무 육성에 필요한 내적인자의 구명
- 무 품종 조리 특성 : 가열 및 비가열 조리의 과학적인 기초자료를 확립
조리 용도별 적합한 무 계통의 이용
- 무를 이용한 조리 및 가공 식품의 품질 규격화에 기초자료로 제공

무의 품종에 따라 용도를 전문화시키면 가공 산업도 보다 전문화되고, 김치와 같은 전통 음식의 과학적인 이용에 공헌함

본 과제에서 얻어진 무 조직의 경도 특성 및 경도의 유전양상, 조리특성, 가공적성을 토대로 주요 품종의 최적용도를 규명한 결과를 요약하면 다음과 같다.

표 1. 무 품종별 최적용도의 규명과 조직특성

용 도	최적 품종	조 직 특 성	비 고
각 두 기	태백	대형무중 조직이 가장 단단하나, 가열시 조직이 쉽게 물러진다	전분의 함량이 가장 높아 저장력이 매우 우수하다
동 치 미	96371	저장력이 우수하고, 씹힘성이 우수하며, 동치미액의 향미 및 기호도가 가장 우수함	교배육성중인조합
나 박 김 치	청운	조직이 치밀하며, 당도가 가장 높다	가을무중 생육이 매우 빠르며, 당도가 우수하다
무 국	청운	조직이 치밀하여 식미가 우수하며, 당도가 높다	상동

Summary

Radish roots are one of the most popular vegetables in Korea, 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 radish cultivars to accomodate different climate conditions have been tremendous. Therein, a number of commercial varieties are available to produce the root in spring, summer and fall season. In addition, the shape of root is also variable from 60cm long with 10cm diameter to 10cm long with 2cm diameter. It is widely accepted that firmness of radish root is one of the most important quality criterion that is used to processing 'Radish Kimchi' and as well as other food recipes. However, little information is available on their textural characteristics in order to specify their optimum usage as a food resource.

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. In radish roots, though a few research had been performed, a clear relationship between tissue firmness and cell wall materials was not observed yet.

The objective of the present study was to determine textural characteristics of radish root; and a temporal relationship between firmness of radish roots

and their cell wall components. Secondly, textural parameters as well as other quality aspects were compared during cooking and processing of representative cultivars in relation to define optimum usage of individual cultivar. In addition, inheritability of radish roots with regard to their texture parameters among representative cultivars with parent, F_1 , back-crosses, and F_2 generations were determined.

Section I. Relationship between root firmness and cell wall composition as well as their inheritance.

An individual root was divided into three sections from hypocotyl to bottom end. When their firmness were measured by either compressibility or shear force, the differences in the magnitude of root firmness among cultivars remained the same. Root tissue firmness was the highest in 'Altari' type and lowest in 'Spring season' type. Relationship between external characteristics and tissue firmness show that hardness is lower as heavier and longer radish. Dry matter, cell wall and starch contents were high in 'Altari' type, showing 8%, 1.5% and 0.15% of fresh tissue, respectively. The amount of Calcium in radish tissue were between 150 and 280 μg per gram fresh weight. The Mg contents in fresh tissue were between 45 and 87 μg per gfw.

Cellulose is the most abundant component in radish cell wall, ranging 3,000 to 7,500 μg per gfw. The amounts of polyuronides in cell wall were between 2,000 and 6,000 μg per gfw, and Total non-cellulosic neutral sugars (NCNS) contents in cell wall were between 500 and 1,500 μg per gfw of root tissue. It was found that tissue firmness was highly correlated with the amounts of dry matter in the tissue ($r=0.97$), total non-cellulosic neutral sugars in cell wall ($r=0.94$), with cell wall content ($r=0.88$). More over, all constituents of NSNC show high relationship with firmness, especially galactosyl fraction related high with tissue firmness value 0.88(r).

The genetic characteristics which influence on tissue firmness were focused on examining textural characters among parents, F₁, F₂ and back-cross (BC) generations. It was clearly demonstrated that domestic radish cultivars have been bred based on degree of their hybrid vigor with regard to root weight, root length, and root diameter, but not root hardness. Firmness of F₁ roots were softer than their parent. It was found that tissue firmness in radish roots was inherited dominantly by less firmer parental lines. In addition, the percent dry matter was always decreased in F₁ generations compared to their parental lines so is starch content of the tissue.

The firmness of roots as well as starch content from F₂ generations shows the complete or close to normal distribution. The heritability and heterosis of starch index were the highest in 'Chungun' and 'Baekbong', and, in case of tissue firmness, these were mostly in high, especially in 'Chungun'. The correlations between starch index and firmness were shown($r^2=0.85$).

Section 2. Determination of radish root with an optimum usage during cooking and processing

This study has been designed to find out the optimum cooking use the according to the quality characteristics when radish roots of various cultivars were cooked by heating or non-heating. It was selected to Mooguk for heated cookery and Nabakkimchi for non-heated cookery in solid and liquid type. It was selected to cooked radish potherbs for heated cookery and radish salad for non-heated cookery in solid type. Mooguk was investigated changes in quality characteristics by 10, 20, 30 min. heating. The quality characteristics of Nabakkimchi stored at 8°C for 1, 2, 3, 4 day after kept at 25°C for 12 hour and stored at 8°C for 1, 3, 5, 7, 9 day were made comparative study. Hardness and sensory characteristics of cooked radish potherbs and radish salad was investigated and compared.

Sweetness of Mooguk before heating was highest in 'Fall season' type and lowest in 'spring season' type. As heated, solid sweetness was decreased and difference of samples was shortened at 30 min. heating. As heated, lightness was decreased and yellowness was increased and so Daeburyoung was lowest in lightness and most yellow. Haziness of Mooguk soup was increased by heating and accordingly 'Spring season' type and 'Summer season' type were suddenly changed than 'Full season' type. Mooguk solid weight was decreased after cooking but effect of heating time was little.

Hardness of 'Taebaek' radish was highest before heating but suddenly softened by heating then 'Baekkwang' radish was the highest after 30 min. heating. 'Taebaek' showed the highest percentage in dry weight and cell wall materials in raw radish. As heating time was passed, dry weight and cell wall weight was decreased then the difference of sample was shortened. Consequently, it was found that dry weight and cell wall weight were correlated with tissue hardness. The result of analysis in component of radish cell wall, polyuronides were dissolved in every radish cultivars. TNCNS(Total non-cellulosic neutral susars) was dissolved a little in Daeburyoung and remarkably in Taebaek and Chungwoon. So it was found that sudden soften of hardness according to 'Fall saeson' type was heated, was related TNCNS. Especially it was supposed that reduce of arabinose, xylose, glucose and galactose in 'Taebaek' and 'Chungwoon' was related hardness in 'Fall season' type.

Starch contents was a little in 'Baekkwang', while 'Daeburyoung' and 'Taebaek' were relatively high, ranging approximately 1.0%. As 'Daeburyoung' and 'Chungwoon' was heated, starch contents was decreased.

Results of sensory evaluation, in the case of Mooguk solid as heating time was elapsed, hardness was decreased, color was lighted, appearance was not

big difference among the in cultivars, respectively. As Mooguk liquid was heated, color was deep, turbidity tended to gradually increase. The sample heated for 20min. was evaluated the best for Baekkwang, Daeburyoung and Chungwoon. In case of Taebaek, the best sample was the one heated for 30min. In additoin to, when every cultivars was heated for 20min. equally, Chongwoon was estimated to be the best.

It was concluded that 'Chungwoon' was the best cultivar for Mooguk among the 4 cultivars. 'Daeburyoung' was second to 'Chungwoon' because there was not significant between the sample. Otherwise if heating time is increased, difference among tissues reduced to no significance.

In the case of Nabakkimchi solid, sweetness of sample just manufactured was highest in 'Fall season' type. Sweetness of solid was gradually decreased and it of liquid was increased and tended to increase again after then. The pH of the aqueous solution was suddenly decreased to 2 day at 8°C after preliminary fermentation and to 5 day at 8°C after just manufactured. Acidity was suddenly increased to 2 day at 8°C after preliminary fermentation and since 3 day at 8°C after just manufactured. Vitamin C content of solid was suddenly decreased at 1 day refrigeration after preliminary fermentation. In the case of liquid, it was detected since 2 day refrigeration and vitamin C content was much in Baekkwang at initial fermentation period but both solid and liquid was much in Daeburyoung with the lapse of time. In the case of refrigeration storage, it tended to decrease and a little increase again after then for solid. It was detected at 9 day refrigeration for Baekkwang and 7 day refrigeration for Daeburyoung.

Hardness of Taebaek was highest at just manufactured and also hardness of 'Fall season' type was relatively high after storage. As storage extended, lightness was decreased and especially, Taebaek was rapidly changed.

In the case of preliminary fermentation, haziness of liquid was rapidly increased at preliminary fermentation stage. It was sudden increase between 3 day and 5 day in the case of refrigeration storage. Results of sensory evaluation, hardness of solid at 8°C storage was higher one of preliminary fermentation and 'Fall season' type was evaluated the most hard. There was not significant in liquid. Chungwoon stored 2 day after preliminary fermentation was estimated to be the best and was not significant with sample 3 day stored after preliminary fermentation. The sample stored at 8°C was estimated relatively better than one of preliminary fermentation and to be the second. In the case of 'Spring season' type, sample stored at 8°C was evaluated to be the better. And in the case of 'Fall season' type, sample stored 8°C after preliminary fermentation was estimated to be the better.

Consequently, Chungwoon was the best cultivar for Nabakkimchi and Baekkwang was the second. It was recommended that Nabakkimchi with Chungwoon was 2, 3 day stored at 8°C after preliminary fermentation. It was possible that Baekkwang has replaced Chungwoon when 'Fall season' type could not supplied. In the case of Baekkwang, the best fermentation condition was 5, 7 day to be stored at 8°C.

In this study, we measured quality parameters including general nutritive components, sugar contents and hardness by kind and part of radish in order to apply these factors as basic information in processing *Dongchimi*, and we purposed to provide basic information for selection of appropriate kind in making *Dongchimi* and processing aptitude with pH for storage, change of total acidity, hardness and sense test in making *Dongchimi* by kind.

Kinds of radish used in experiment were Kwandong, Paekbong and 96371 as spring radish and we divided these into the upper and middle and bottom then we measured moisture content, ash content, sugar contents, pH and total

acidity. In moisture content, Paekbong was the highest for 94.6% and 96371 was the lowest for 93.9%. It did not show difference. In ash content, 96371 was higher than other kinds for 11.03% and the bottom part was higher than other parts. In sugar contents, 96371 was the highest for 4.5 °Brix. PH did not show difference in 5.7~5.8 and acidity did not also show difference in 0.10~0.11%. In hardness, 96371 was higher than other kinds for 113.15 N/m² ($\times 10^3$).

We measured change for storage with aging of *Dongchimi* in condition of 3% salt concentration, 4°C storage temperature by kind. PH of liquid showed a tendency to decrease progressively. And it decreased slowly in the beginning of fermentation, rapidly in the middle and slowly in the last. Acidity increased as passing of aging period and its change phase was in inverse proportion to pH. Hardness decreased rapidly by 6 storage day and increased by 21day and decreased slowly. The change phase of 96371 showed slowly for 119.7~86.0 N/m²($\times 10^3$) than others by part. Sense test performed for 20 and 26 storage day, when it is showed 3.9 ± 0.1 for pH and 0.2~0.3% for total acidity in, and 96371 got high grade in whole taste. As a results of these, appropriate kind in processing aptitude of *Dongchimi* showed features as follows; moisture content was low; and ash content, sugar contents and hardness were high; and hardness was high in processing storage. And 96371 satisfied these features.

C O N T E N T S

Chapter 1. Introduction	1
Section 1. Necessity of Research	1
Section 2. Content and Scope of Research	4
Chapter 2. Characterization of Texture and Its Inheritability of Radish Components	9
Section 1. Introduction	9
Section 2. Establishment of Methods in Measuring Firmness to Evaluate Textural Quality of Radish	9
Section 3. Establishment of Correlation Between Firmness and Components of Radish	23
Section 4. Texture Inheritability of Cross-Breeding Combination	43
Section 5. Reference	68
Chapter 3. Evaluation of Processing Characteristics of Commercial Radish Variety	72
Section 1. Evaluation of Processing Characteristics and Texture Change During Salting	72
Section 2. Comparison of Processing Characteristics of Radish Variety	86
Section 3. Quality Change of processing <i>Dongchimi</i>	100

Chapter 4. Evaluation of Cooking Characteristics	
of Commercial Radish Variety	125
Section 1. Introduction	125
Section 2. Materials and Methods	127
Section 3. Results and Discussion	138
Section 4. Summary and Conclusion	199
Section 5. Reference	203
 Chapter 5. Yield and Inheritability Characteristics	
of Radish Variety	208
Section 1. Texture and Yield Parameters	
in Growth Area and Season Type	208
Section 2. Texture and Growth Characteristics	
of Cross-Breeding Combination	219
Section 3. Genetic Analysis of Texture and Yield	
Parameters	226

목 차

제 1 장 서 론.....	1
제 1 절 연구개발의 필요성.....	1
제 2 절 연구개발의 목표 및 내용.....	4
제 2 장 품종별 무 조직의 물성특성과 유전특성	9
제 1 절 서 설	9
제 2 절 무 품질평가를 위한 경도측정 기술개발	9
제 3 절 무 고정품종의 경도와 구성성분과의 상관구명	23
제 4 절 교배조합의 물성유전 양상	43
제 5 절 참고문헌	68
제 3 장 무 품종별 가공적성 및 가공 후 품질평가	72
제 1 절 무 가공적성 평가 및 엽절임시 물성변화	72
제 2 절 품종별 가공적성의 비교	86
제 3 절 무 품종별 동치미 가공시의 품질변화	100

제 4 장 무 품종별 조리적성 및 조리 후 품질평가	125
제 1 절 서 설	125
제 2 절 재료 및 방법	127
제 3 절 결과 및 고찰	138
제 4 절 요약 및 결론	199
제 5 절 참고문헌	203
제 5 장 무 품종별 수량 및 유전특성	208
제 1 절 재배지역 및 작형별 고정종의 물성 및 수량특성	208
제 2 절 교배조합내의 물성 및 수량특성	219
제 3 절 물성 및 수량형질의 유전양상	226

제 1 장 서론

제 1 절 연구개발의 필요성

농산물의 국제간 무역장벽이 철폐되면서 우리나라도 국제적으로 경쟁력이 있는 농업의 육성이 시급한 과제로 대두되었다. 국내의 원예산업은 주로 생산비의 절감이나 다수확을 위한 재배방식의 개선에 많은 노력으로 생산성의 향상과 년중생산 등의 결실을 가져왔다. 그러나 수확된 원예산물의 품질은 크기, 형상, 색상, 경도등의 외형적 요인과, 체내의 탄수화물, 향기성분등의 내적 요인을 모두 고려해서 각각의 용도에 알맞은 기준을 설정해야 한다. 왜냐하면 대부분의 원예산물은 성숙이 된 후에 수확 출하되는데, 수분함량이 높고, 모양이 다양하며, 조직이 부드러워기 때문에 유통이나 저장중 물리적인 상처나 노화로 인한 변패가 진행되면서 상품가치를 잃어버린다. 따라서 수확된 원예작물의 부가가치를 높이기 위해서는 고품질의 산물의 생산 및 산물의 이용기술의 개발등이 뒷받침되어야 한다.

무는 꽃눈형성에 필요한 저온감응성(vernalization)의 차이로 인하여 봄무와 가을무, 그리고 여름철 고랭지에서 재배하는 여름무로 품종이 분화되어 있다. 그러나 현재 무를 가정이나 가공공장에서 사용함에 있어 품종의 특성을 고려하지 않고 있는 실정이다. 이러한 무를 품종의 구별없이 가공하였을 때는 산물의 품질은 일정하지 못하다. 예를 들면, 봄에 생산되는 무는 육질이 연하여 깎두기를 담으면 장기저장이 되지 못해 가공공장에서 생산하는 장기저장용 깎두기로는 이용이 곤란하다. 그리고 품종에 따라 조리시에 국에 사용하는 무도 끓인 후에 조직이 쉽게 물러지는 것도 있다. 이러한 저장이나 가공중에 초래되는 조직감의 변화는 주로 무 조직의 특성에 기인하는 것으로 품질평가에 가장 중요한 요인이 되어왔다.

따라서 무의 품종별로 조직의 이화학적 특성을 구명함과 동시에 품종에 따라 조리특성 및 가공적성을 비교하면, 이를 용도에 알맞은 품종의 육성

에 활용할 수 있다. 그리하여 용도에 따라 가장 적합하게 이용될 수 있는 품종의 구명 및 개발은 무 생산 및 이용효율을 극대화시키는 중요한 작업이라고 판단된다.

따라서 본 연구의 필요성은 세가지로 요약하면 다음과 같다.

첫째, 무의 품종들의 조직의 이화학적인 특성과 가공 및 조리특성을 비교하며

둘째, 조직의 경도에 관여하는 요인들을 품종별로 비교하여

셋째, 이들을 토대로 무의 용도에 적합한 고품질 품종의 개발에 활용하는 것이다.

1. 기술적 측면

무는 여러가지 김치의 주재료로 이용되는데, 동치미, 깍두기, 단무지, 총각김치, 무채 등이 있고, 배추김치의 부재료로도 널리 이용되고 있다. 그동안 주로 무에 관한 재배생리 및 품종특성 등에 관하여 수많은 연구에 의해 국내에서도 품종에 따른 작형의 분화등이 잘 알려져 있으나 최종용도를 고려한 품종의 분화에 관한 연구는 거의 전무한 실정이다. 한편, 무의 식품으로서의 가공특성이나 무김치나 동치미의 발효, 맛, 저장성에 관하여 일부 연구가 진행되었으나, 재료인 무조직의 이화학적 특성을 기초로 하여 조리나 가공시의 특성변화에 관한 연구가 미미한 상태이다.

무는 절단이나 절임, 국거리 등의 조리과정에서 조직의 성분, 특히 조직의 경도가 상당히 변한다고 인식되어 왔다. 무의 가공 중 조직의 연화는 세포벽의 붕괴에 의하며, 특히 펙틴의 분해가 영향이 클 것으로 보고된 바 있다. 조직의 연화를 결정하는 요인으로는, 세포벽의 조성변화, 수분의 손실에 의한 팽압의 변화를 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.

식물의 세포벽은 건축에 있어서 철근 콘크리트 구조에 비유되기도 하는

데, 셀룰로스는 골격을 유지하는 철근으로, 그외의 복합당들은 약한 힘으로 변형시킬 수있는 시멘트에 해당된다. 그리하여 조직의 가공도중 세포벽의 어느 한부분만이라도 분해 또는 변형되면 전체의 구조에 영향을 미치게 되어 결국 조직의 경도(firmness)가 떨어지게 된다.

현재 무는 품종별 조직의 물성에 대한 과학적인 자료가 없이 김치나 절임등으로 다양하게 이용되고 있다. 따라서 무 품종간에 이들 세포벽 조성 및 구조를 파악하고, 품종별 조리특성 및 가공적성을 평가 비교하여 여기에서 얻어진 결과를 용도에 적합한 품종의 육성에 활용하고자 한다.

근래 국내의 원예산업은 주로 수량증대와 주년생산을 위하여 꾸준히 발전되어 왔으며, 경영방식도 상업적인 영농을 추구하여 농가의 소득증대에 중요한 위치를 차지하고 있다. 그러나 수출주도형의 공업성장 우선정책에 따른 농업의 상대적 빈곤은 균형적인 국민경제발전에 크다란 저해요인이 되고 있다. 특히 최근 국제적으로도 농산물 시장의 개방화에 즈음하여 국내의 원예산업도 자구책을 강구해야 되는 일대의 전환기에 놓여 있다. 즉 생산위주의 영농에서 부가가치를 높일 수 있는 기술의 개발이 시급히 요청되고 있으나, 원예작물의 수확후 관리나 가공이용 기술은 전반적으로 낙후되어 있는 실정이다.

무는 우리나라에서 배추 다음으로 중요한 채소로서 우리의 식생활에 다양하게 이용되고 있다. 최근 10년간의 무 재배면적은 37,000 ha에서 33,000ha로 약 11% 감소하였으며, 생산량은 평균 167만톤에서 149 만톤으로 약 10% 감소하는 추세이다('95 농수산부 통계). 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 가공에서는 배추

의 46.5%에 이어 37.3%를 차지한다('94 농수산부 과실류 및 채소류 가공현황). 따라서 신선무를 조리하거나 가공할 때 용도별로 적합한 무를 선정해주는 작업이 필요하다. 이러한 작업을 통하여 가공공장은 공장의 가동율을 높일 수 있으며, 각 가정에서는 보다 필요에 따라 효율적으로 무를 이용 전통식품 산업의 과학화에 이바지 할 수 있다.

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.

무는 신선한 맛, 독특한 조직감, 풍부한 무기물, 그리고 체내 소화작용을 도우는 효소들이 풍부하여 알칼리성 식품으로서 그 효용가치가 오래전부터 잘 알려져 왔다. 그리고 무의 매운 맛의 주성분인 glucosinolate는 항암물질로도 제기되어 있어 보건적인 가치가 매우 높다고 판단된다.

최근에는 국산 농식품에 대한 이해 및 중요성이 높아지면서 이들을 이용한 국산 먹거리의 과학적인 연구개발, 나아가 국제화에 대한 관심이 날로 증가되고 있다. 무의 품종별 용도규명 및 이용최적화는 이런 사회적인 요구 및 정책을 성공적으로 이끄는 데 큰 기여를 할 수 있으며, 농촌사회의 안정화에 일조를 할 수 있을 것으로 사료된다.

제 2 절 연구개발의 목표 및 내용

1. 연구개발 목표와 내용

가. 무 용도별 조합육성 및 물성인자의 유전분석

본 과제에서는 무의 물성을 고려하여 다양한 용도에 적합한 조합을 육성하며 이들을 포장에서의 생산력을 검정하며 동시에 물성인자의 유전적 특성을 규명하여 종묘생산에 직접 활용하고자 한다. 따라서 다음의 단계별 연구를 수행하였다.

- 무의 재배작형에 따른 품질검사
- 무의 재배작형에 따른 형태적 특성 분석
- 무 품종별(봄무, 여름무, 소형무, 가을무, 가을알타리무) F₁ 조합육성
- 육성된 무의 포장검정 및 생산
- 무의 물성을 이용한 교배조합 육성과 조합별 차세대 생산력 검정
- 무의 물성인자의 유전적 특성 규명

나. 무 품종별 조직의 물성에 의한 품질평가 및 물성인자의 유전성 규명

본 과제에서는 무 조직의 물성특성을 품종별로 비교분석하여 현재 시판중인 무의 품질 평가기준을 확립하고 동시에 종묘산업체에서 생산되는 품종들의 조리 가공적성에 입각하여 적합한 품종을 육성하는데 필요한 기초자료를 작성하고자 하였다. 또한 무의 물성에 입각하여 육성된 조합들의 세포벽 구조를 비교함으로써 무의 물성의 유전적인 특성도 규명하고자 하였다.

- 무의 세포벽의 함량 및 조성 분석
- 무의 조직감에 영향을 미치는 내생인자의 동정
- 품종별 세포벽의 조성 및 구조 비교
- 무 조직의 경도와 세포벽 구성물질의 상관관계 규명
- 품종별 조직감에 영향을 미치는 인자의 비교
- 무 품종별 조직특성의 규명 및 가공에의 활용
- 무의 조직의 물성특성의 유전적인 특성 규명

다. 무의 품종별 조리특성 및 가공적성 평가

본 과제에서는 무의 실제 이용방법에 따른 식품의 품질 및 저장성을 평가하여 용도에 적합한 품종의 육성에 필요한 자료를 제공하기 위하여 다음과 같은 연구를 수행하고자 하였다.

- 무 품종별 가공식품의 조직감, 관능특성평가
- 무 품종별 가공식품의 화학성분 분석
- 무 품종별 가공식품의 보존성 비교
- 무 품종별 가공적성 비교 평가
- 봄무 및 가을무의 가공특성 평가
- 무의 가열 및 비가열 조리시 품질 변화 요인 구명
- 표준조리법에 의한 무 품종별 조리특성 비교
- 무 조리식품의 저장성 평가
- 무의 품종별 최적 조리 용도의 구명

2. 연차별 연구개발 목표와 내용

구 분	연구 개발 목표	연구 개발 내용 및 범위
1차년도 (1997)	<p>협동과제: 작형별, 품종별 무 품질 및 형태 비교</p> <p>제 1 세부과제: 무의 조직 특성을 이용한 품질평가 기술개발</p> <p>제 2 세부과제: 무의 조리 및 가공시의 품질평가 기술개발</p>	<ul style="list-style-type: none"> - 무의 재배작형에 따른 품질검사 당도, 경도, 생체중, 건물중의 비교 - 무의 재배작형에 따른 형태적 특성 분석 외관, 표피의 구조 및 선택의 비교 - 무의 조직의 경도 측정기술 개발 (Compressibility, Shear force) - 무의 세포벽의 함량 및 조성 분석 - 무의 조직감에 영향을 미치는 내생인자의 동정 - 무의 가공중 화학적 성분 변화 분석 - 무의 가공중 물성의 변화 분석 - 무의 가공중 관능적 특성 평가 - 무의 가열 및 비가열 조리시 품질 변화요인 구명
2차년도 (1998)	<p>협동과제: - 무 품종별 조합작성 및 각조합별 특성 평가</p> <p>제 1 세부과제: - 무 품종별 조직의 물성에 의한 품질 평가</p> <p>제 2 세부과제: - 무 품종별 가공 적성 평가 - 무 조리적성 인자의 구명 - 표준조리법 설정</p>	<ul style="list-style-type: none"> - 무 품종별(봄무, 여름무, 소형무, 가을무, 가을알타리무)의 교배조합 육성 - 육성된 무의 포장검정 및 생산 (수량형질 및 형태적 특성분석) - 품종별 세포벽의 조성 및 구조 비교 - 무 조직의 경도와 세포벽 구성물질의 상관관계 구명 - 품종별 조직감에 영향을 미치는 인자의 비교 - 무 품종별 가공식품의 조직감, 관능특성 평가 - 무 품종별 가공식품의 화학성분 분석 - 무 품종별 가공식품의 보존성 비교 - 조리의 최적화를 위한 조리법의 표준화 - 품종별 조리 식품의 저장성 평가

구 분	연구 개발 목표	연구 개발 내용 및 범위
3차년도 (1999)	협동과제: - 육성된 조합의 차세대 유전적 특성 분석	- 전년도에 육성된 조합의 차세대 검정 조직의 경도 및 외관의 유전특성 비교 - 생산력 검정 - 외관 및 품질 검사
	제 1 세부과제: - 무 조합별 물성의 분석과 물성인자의 유전성 구명	- 무 교배조합별 물성 인자의 비교 - 무 교배조합별 세포벽의 성분의 유전적 특성 분석
	제 2 세부과제: - 무 품종별 가공식품의 보존성 평가 - 무 품종별 조리특성의 비교	- 무 품종별 가공식품의 저장중 관능특성 비교 - 무 품종별 가공식품의 저장중 품질 변화분석 - 무 품종별 최적 조리 용도의 구명

제 2 장

품종별 무 조직의 물성특성과 물성인자의 유전특성 구명

제 1 절 서 설

본 과제에서는 무 조직의 물성특성을 품종별로 비교분석하여 현재 시판중인 무의 품질 평가기준을 확립하고 동시에 종묘산업체에서 생산되는 품종들의 조리 가공적성에 입각하여 적합한 품종을 육성하는데 필요한 기초자료를 작성하고자 하였다. 또한 무의 물성에 입각하여 육성된 조합들의 세포벽 구조를 비교함으로써 무의 물성의 유전적인 특성도 구명하고자 하였다.

- 무의 조직감에 영향을 미치는 내생인자의 동정
- 무의 세포벽의 함량 및 조성 분석
- 품종별 세포벽의 조성 및 구조 비교
- 무 조직의 경도와 세포벽 구성물질의 상관관계 구명
- 품종별 조직감에 영향을 미치는 인자의 비교
- 무 품종별 조직특성의 구명 및 가공에의 활용
- 무의 조직의 물성특성의 유전적인 특성 규명

제 2 절 무 품질평가를 위한 경도측정 기술개발

1. 연구목표

무의 조직특성을 이용한 품질평가 기술개발을 위해 무의 경도특성을

파악하고 조직의 경도와 수분함량 및 세포벽 성분 함량과의 상관관계를 구명한다.

2. 연구수행방법

가. 무의 부위별, 측정방향별, 측정방법별 경도비교

1) 공시재료: 봄무는 '하우스봄'을 가을무는 '백자'를 선정하여 충남 조치원 흥농종묘 육종연구소에서 가을에 파종하여 109일 경과한 것 중 균일한 생육을 보인 20개체를 선발하여 실험에 사용하였다.

2) 경도측정: 무를 상, 중, 하부의 3등분으로 절단하고, 각 부위를 다시 2등분하여 수직 및 수평방향으로 각각 2×2×1cm 크기로 잘라서 Universal Testing Instrument(Food Technology co.)를 이용하여 compressibility와 shear force를 측정하였다.<그림 1>.

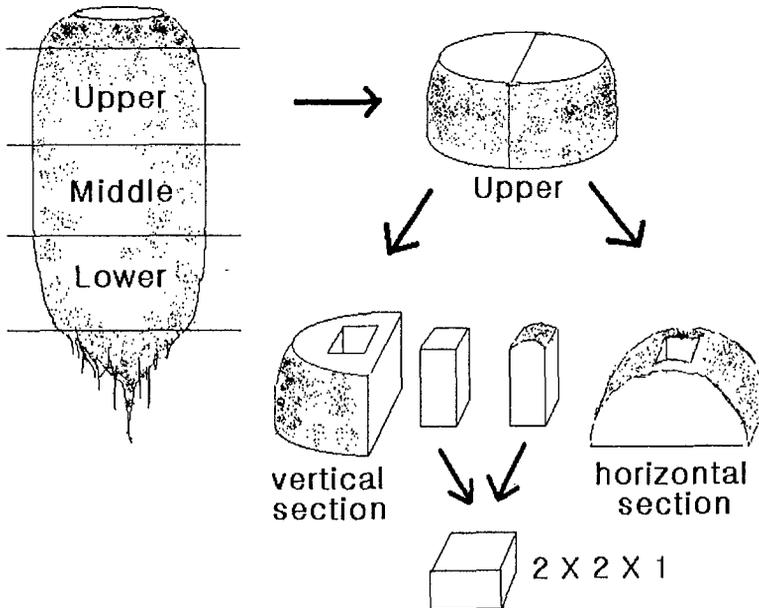


Fig. 1. Diagram of the sample preparation of radish roots for determination of tissue firmness.

나. 무 조직의 경도특성과 세포벽 성분과의 상관관계

1) 건물중 측정 및 세포벽 추출 및 조성분석: 경도 측정을 마친 조직을 동결 건조하여 건물중을 조사하였다. 세포벽 함량은 건조시료 2g에 80% ethanol 50ml를 첨가하여 alchole insoluble solides(AIS)를 추출한 후, 색소 및 지질을 제거 하기위해 AIS에 chloroform/methanol(1:1,v/v) 50ml를 첨가하여 진탕한 후 추출한 잔사를 acetone 40ml로 재차 추출하고 그 잔사를 풍건한 후 측정하였다. 추출한 세포벽을 분해하여 cellulose, polyuronide 그리고 non-cellulosic neutral sugar의 함량을 측정한 후 조성분석을 하였다.

2) 세포벽 성분의 함량조사

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

나) Cellulose: 세포벽 10mg을 1ml 2N Trifluoroacetic acid(TFA)에 넣고 1시간 동안 121 $^{\circ}$ C에서 분해한 후, 상등액을 제거하고 남은 잔사에 1ml의 78% 황산에 넣고 가수분해 한 후 Anthron으로 발색시켜 O.D. 620nm에서 정량하였다.

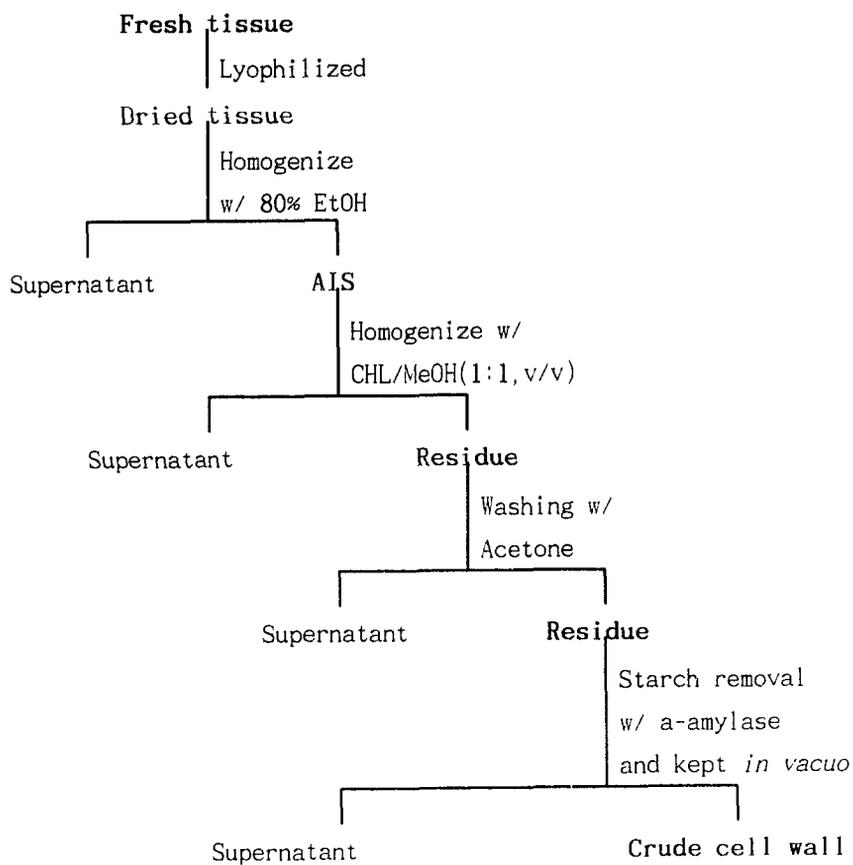


Fig. 1. Outline of the cell wall extraction procedure.

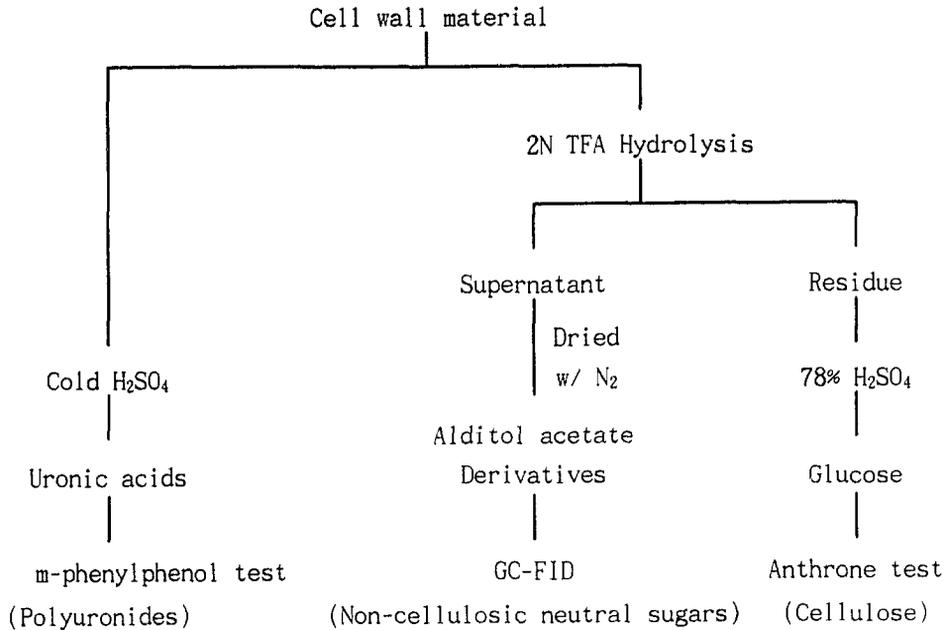


Fig. 2. Outline of quantification of cell wall composition.

다) Non-cellulosic neutral sugar(NCN): 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 시킨 후 phenol-sulfuric acid를 이용하여 발색시켜 O.D. 420nm에서 total non-cellulosic neutral sugar(TNCN)의 함량을 측정하였고, 나머지 반쪽은 alditol acetate유도체를 만든 후 GC-FID로 NCN를 구성하는 당당류의 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°C

Carrier gas : He(30 μ l/min)

Oven temp.

* Program 1

* Program 2

Initial temp: 172°C

Initial temp.: 212°C

Initial time: 1 min

Initial time: 3min

Rate: 4°C/min

Rate: 2°C/min

Final temp: 212°C

Final temp.: 232°C

Final time: 1min

3) Ca과 Mg의 함량분석: 건물시료 0.2g을 4ml의 진한 질산과 과산화수소수에 넣어 110°C의 Hot plate 상에서 습식분해 후 Atomic absorption spectrophotometer(AAS)를 이용하여 정량하였다.

3. 연구내용

본 과제에서는 무의 품종별 경도 특성을 구명하는 작업의 일환으로 봄무와 가을무를 대상으로 경도의 측정방법, 부위별 경도의 변화, 그리고 조직의 수분함량, 건물중 및 세포벽 함량을 비교 하였다.

가. 무조직의 경도특성 측정 기술개발

무는 품종에 따라 크기가 매우 상이하여 단무지무와 봄무는 근장이 30~40cm 정도이고 근경은 6-10cm 정도인 반면 가을무는 근장이 15~20cm로 짧고 근경은 8~15cm 정도로 두꺼운 외형을 가졌다. 따라서 조직을 상, 중, 하부로 구분하여 부위별 경도의 변화를 비교하였다. 무는 형성층의 내부에 위치한 목부가 비대하는 전형적인 목부비대형으로서 근 비대시 수직방향으로의 성장이 완료된 후 수평방향으로 비대해 간다. 따라서 경도측정시 수직, 수평방향으로 구분하여 측정방향에 따른 경도의

변화 추세를 탐색하였다. 또한 무 조직의 단단함을 나타내는 압착력을 측정하는 compression test와 전단력을 측정하는 shear-force test를 적용하여 무 조직 특성에 적합한 경도 측정방법의 개발을 모색하였다.

나. 조직의 경도에 영향을 주는 인자

채소류의 조직감은 여러 가지 인자에 의해 결정되어진다. 이 중 조직내 수분과 세포벽 성분의 조성이 경도에 큰 영향을 미친다고 알려져 있다. 따라서 본 세부과제에서는 무 조직의 수분과 세포벽 성분의 조성이 큰 영향을 미칠 것이라 판단되어 부위별 경도측정치와 수분함량 및 세포벽 성분의 조성, 세포벽의 결합력을 높여주는 역할을 하는 칼슘과 마그네슘의 함량과의 상관성을 탐색하였다.

4. 연구결과

무 조직의 경도 측정방법은 <표1>과 같이 Compressibility의 상관계수가 Shear force에 비해 측정방법에 관계없이 0.9이상의 높은 안정성을 보여 무 경도 측정방법으로 채택되었다. 조직의 경도는 백자가 하우스에 비해 압착력과 전단력 모두 높은 수치를 보였으며 수직, 수평간 차이는 보이지 않았다. 부위별 경도는 두 품종 모두 상부에서 하부로 갈수록 낮은 수치를 보였다<그림 2>.

<표1>과 같이 무 조직의 상부, 중부, 하부의 경도치를 직선회귀방정식으로 나타내었을 때 상관계수는 0.85이상으로 부위에 따른 경도의 차이가 분명하였으며 기울기는 하우스에 비해 백자가 6-9배 낮은 수치를 보여 부위별 경도차가 더욱 뚜렷하였다. 두 품종 모두 조직내 수분의 함량은 경도와 각각 0.9 이상의 높은 상관계수를 보이며 반비례하였으며 세포벽 함량 역시 부위별 경도 차가 뚜렷하였던 백자의 경우 부위별 경도차와 세포벽 함량차이의 상관계수 1.0에 육박하는 강한 연관성을 보여주었다. 조직의 칼슘과 마그네슘의 함량은 경도가 강할 경우

높은 수치를 보였다. 품종간 세포벽 조성의 차이는 <표 2>와 같이 총 중성당의 함량이 백자에서는 세포벽의 19%를 차지한 반면 하우스 봄무는 14%를 차지하였다. 그러나 셀룰로오스와 Uronide의 함량은 품종간에 뚜렷한 차이를 보이지 않았다.

본 실험에서 봄무와 가을무의 경도는 세포벽의 함량이 높을수록 강하였고 펙틴의 결합성을 높여주는 2가 이온의 함량이 많을수록 높았으며 조직내 수분은 경도에 반비례함을 보여주었다. 이러한 실험결과로 유추해 볼 때 조직내 건물의 함량과 세포벽 함량이 조직의 경도에 관여할 것으로 판단되며 세포벽 성분중 펙틴과 헤미셀룰로오스를 구성하는 중성당이 조직의 경도에 깊이 관여할 것이라고 사료되었다.

Table 1. Regression analyses for tissue firmness measured from upper, middle, and lower sections of radish roots.

Cultivars Measurement	Compressibility		Shear force		
	Slope*	Coefficient of determination	Slope	Coefficient of determination	
Housebom	Vertical	-2.5	0.85	-0.4	0.40
	Horizontal	-3.5	1.00	-0.4	0.92
Baekja	Vertical	-22.0	0.96	-3.5	0.98
	Horizontal	-18.9	0.96	-2.1	0.86

* Obtained from the equation $Y=aX+b$, where Y means tissue firmness and X represents three different sections in radish roots

Table 2. Regression analyses of textural parameters with average of tissue compressibility and shear force obtained from upper, middle, and lower sections of 'Housebom' and Baekja' radish roots.

Parameters	Compressibility		Shear force	
	Slope*	Coefficient of determination	Slope	Coefficient of determination
Dry matter(% of FW)	3.94×10^{-2}	0.974	2.89×10^{-1}	1.000
Crude cell wall (% of FW)	1.19×10^{-2}	0.992	8.63×10^{-2}	0.996
Ca ²⁺ (mg/gfw)	3.48×10^{-4}	0.983	2.54×10^{-3}	1.000
Mg ²⁺ (mg/gfw)	7.31×10^{-3}	0.946	5.42×10^{-4}	0.993
Cellulose(mg/gfw)	2.96×10^{-3}	0.996	2.10×10^{-2}	0.953
Polyuronide(mg/gfw)	1.89×10^{-3}	0.105	1.96×10^{-2}	0.215
TNCNS(mg/gfw)	2.31×10^{-3}	0.996	1.66×10^{-2}	0.992

* Obtained from the equation $Y=aX+b$, where Y means numeral value of each parameter and X represents tissue firmness from three different sections in radish roots.

Table 3. Composition of non-cellulosic neutral sugars content of cell wall in 'Housebom' and 'Baekja' radish roots(mg/g C.W.).

Cultivar	Section	Non-cellulosic neutral sugar content						Total
		RHA	ARA	XYL	MAN	GLC	GAL	
Housebom	Upper	10.6	20.1	14.1	4.1	14.1	11.4	74.4
	Middle	7.8	15.1	9.8	4.3	12.0	8.4	57.4
	Lower	8.9	18.5	11.9	3.7	13.8	11.9	68.7
	Average	9.1	17.9	11.9	4.1	13.3	10.6	66.8
Baekja	Upper	13.4	28.5	14.6	4.6	25.3	28.6	115.0
	Middle	13.7	31.4	16.5	5.6	23.4	34.6	125.2
	Lower	12.1	23.5	12.4	4.1	19.8	30.6	102.5
	Average	13.1	27.8	14.5	4.8	22.8	31.3	114.2

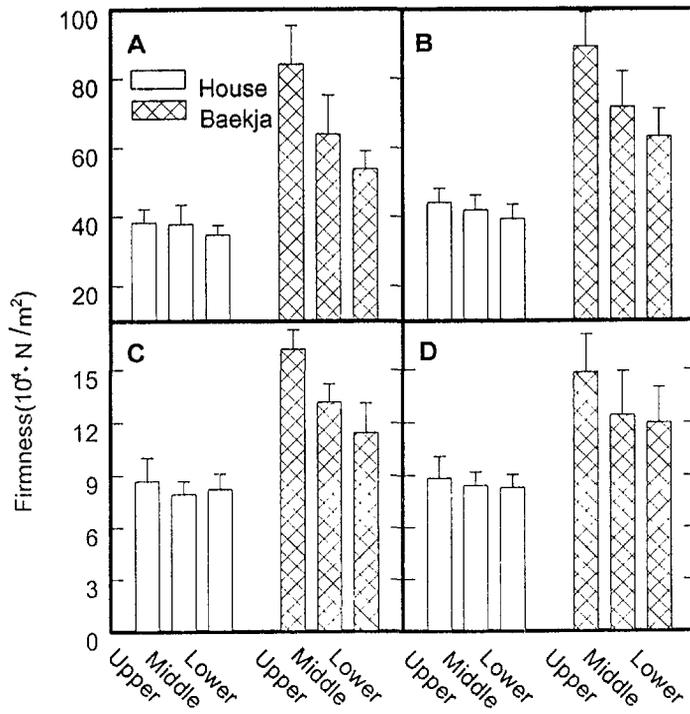


Fig. 2. Comparison of tissue firmness of radish roots measured as either compressibility(A,B) or shear force(C,D). Data represent means \pm S.E. from 20 radish roots of each cultivars. The firmness was measured either vertical(longitudinal) direction(A,C) or horizontal(cross-sectional) direction(B,D).

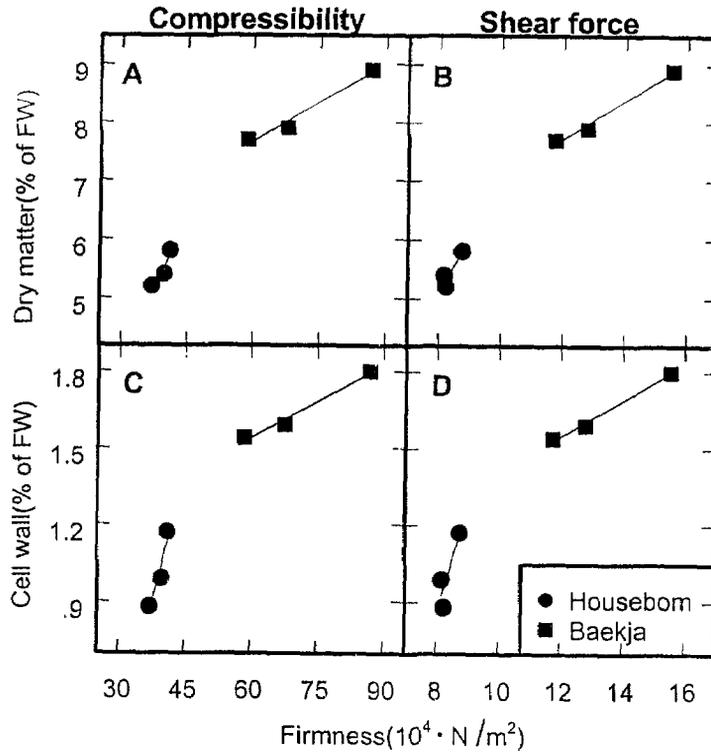


Fig. 3. Relationship between tissue firmness and dry matter or cell wall contents in radish roots.

A,B: Dry matter content vs tissue firmness.

C,D: Cell wall content vs tissue firmness.

For measuring dry matter and cell wall contents, 20 roots were dissected into three parts and each parts were pooled into 3 replicas.

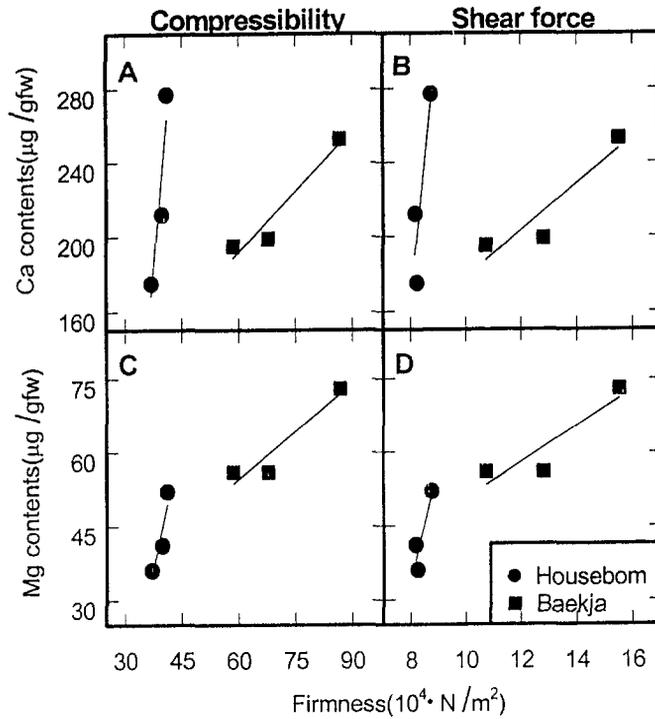


Fig. 4. Relationship between divalent cations and tissue firmness in radish roots.

A,B: Ca^{2+} content vs tissue firmness.

C,D: Mg^{2+} content vs tissue firmness.

For measuring Ca^{2+} and Mg^{2+} contents, 20 roots were dissected into three parts and each parts were pooled into 3 replicas.

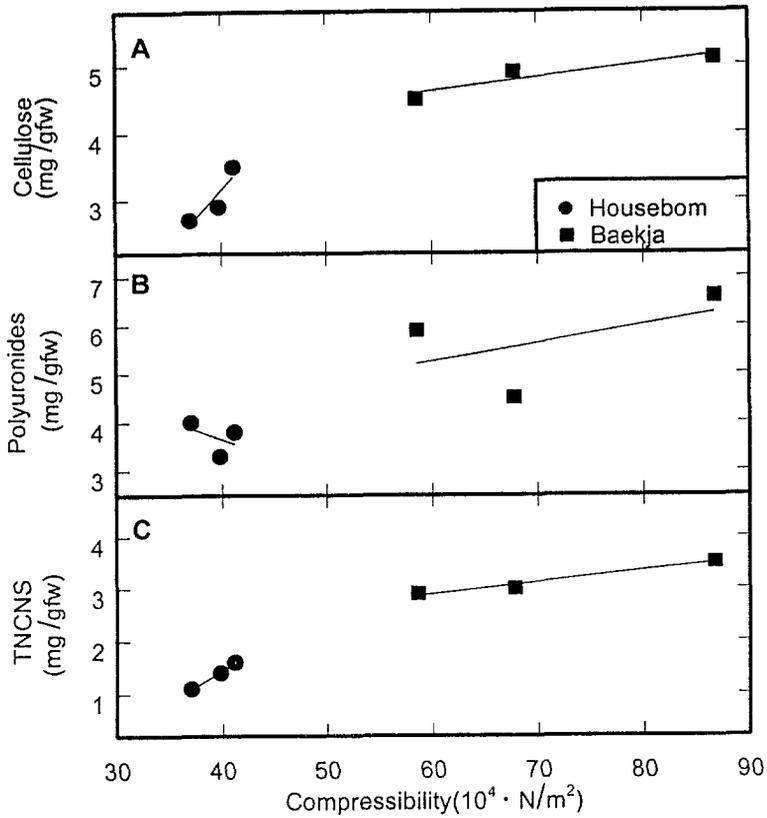


Fig. 5. Relationship between cell wall polysaccharide content and tissue compressibility in radish roots.
 A: Cellulose contents vs tissue compressibility
 B: Polyuronide vs tissue compressibility
 C: Total non-cellulosic neutral sugar contents vs tissue compressibility
 ● and ■ indicate 'housebom' and 'Baekja' radish. Sugar contents show milligrams per gram of fresh tissue.

제 3 절 무 고정 품종의 조직경도와 구성성분과의 상관 구명

1. 연구목표

무 고정종별 뿌리의 경도와 조직의 세포벽 함량, 건물중, 양이온의 농도 등과 비교함으로써 조직의 경도와 구성성분과의 상관을 구명하고자 수행되었다.

2. 연구수행방법

가. 무 품종별 조직의 경도 측정방법

공시 품종은 국내 작형을 대표하는 품종 13종을 이용하였다. 봄무는 하우스봄, 백광을, 여름무는 대진, 대부령을, 가을무는 태백, 백자, 청운을, 단무지무는, 백룡, 흥농단무지를, 소형무는, 동자와 추동을, 그리고, 알타리무는, 추석알타리, 신진알타리를 선정하여, 협동과제 수행기관인 흥농종묘 조치원 연구소에서 가을에 재배하였다. 수확후 본 대학 실험실로 즉시 운반하여, 무의 표면을 수돗물로 씻은 후 생육조사를 실시하고, 조직의 경도를 측정하였다. 무의 경도측정은 제 1차 연도에서 확립된 바와 같이 무를 상, 중, 하의 3등분으로 절단하고, 각 부위를 다시 2등분하여 수직 및 수평 방향으로 각각 $2 \times 2 \times 1$ (Width \times Length \times Height) cm 크기의 직육면체로 조제하였다. 시료는 Universal Testing Instrument (Food Technology Co.)를 사용하여 조직의 compressibility와 shear force를 측정하였다. Compression test 시에는 단면 압착력을 무 시료에 가한 후 기록계 나타나는 Texture profile analysis (TPA) 곡선을 구하여 조직의 hardness를 N/m^2 으로 계산하였다. 이 때 시료를 균일하게 절단하기 위해 2×2 cm (가로 \times 세로)로 목재 공구를 제작하여 사용하였다. 각 품종당 15내지 20개체를 이용하였으며, 경도 측정후 3등분으로 나누어

조직의 성분 분석을 위해 동결 건조한 다음, 진공건조기에 보관하면서 실험에 이용하였다.

한편, 재배시기가 품종간 경도특성에 어떠한 영향을 미치는가를 규명하기 위하여 1997년 3월 4일 중앙대학교 온실(Polycarbonate 피복)에 봄무인 '백광'과 '하우스봄'을, 가을무는 '백자', '청운'을 선정하여 직경 30cm, 높이 45cm인 플라스틱 화분에 Ball과 부농상토를 2:1(v/v)로 혼합한 배지에 직파하였다. 재배기간 동안 가을무의 추대를 방지하기 위해 일장은 8시간, 야간온도를 15℃ 이상으로 유지하였고, 원시양액을 조제하여 비배 관리하였으며, 동년 5월 6일 수확하여 즉시 조직의 특성을 조사하였다.

나. 무 조직의 세포벽 추출 및 분석

경도 측정을 마친 조직은 즉시 -80℃에서 동결시킨 후 동결 건조기(일신 '본디로')로 3일간 건조하였다. 건조가 완료된 시료들은 건물중을 측정된 후, 분쇄하여 진공 상태로 보관하면서 실험에 사용하였다.

시료들의 세포벽 추출 및 분석은 제 2절에서 사용한 방법과 동일하였다.

다. 무 조직의 양이온 함량 측정

동결건조가 완료된 무 시료를 0.2g씩 평취한 뒤 습식으로 분해한 후, Atomic absorption spectrophotometer(Hitach 6100)를 이용하여 K, Ca, Mg의 양을 정량하였으며, 표준물질로서 K는 KCl을 Ca는 CaCl₂를 Mg은 MgCl₂를 사용하였다.

라. 무조직의 전분함량 측정

무 조직의 전분함량은 Iodometric method법을 응용하여 실시하였다. 즉 AIS 10mg에 3ml의 증류수를 첨가한 후 65℃ shaking incubator에서 1시간 동안 진탕한 후 3000rpm으로 5분간 원심 분리하여 상등액만을

취하였다. 상등액에서 1mL를 취해 증류수에 녹인 KI/I₂(10.2g/5.08g/L) 용액 100 μ L을 넣은 후 665nm에서 흡광도를 측정하였다. Standard는 potato starch(Sigma)를 사용하였다.

3. 연구내용 및 결과

가. 제 1차년도 연구결과 요약

제 1차년도 '백자' 및 '하우스봄'을 공시하여 무 조직의 경도를 측정한 결과를 요약하면 다음과 같다.

첫째, 무는 부위에 따른 경도차가 상이하하였다. 재배시기나 측정방향에 따라 다소 차이를 보였지만 상부의 경도가 가장 높았고 하부의 경도가 가장 낮았다. 특히 '백자'는 '하우스봄'에 비해 부위별 경도차가 명확하였다. 따라서 무 조직의 경도 비교 시에는 측정부위를 고려해야 한다고 판단되었다.

둘째, 무는 측정방향에 따라 경도차를 보였다. 봄에 재배한 경우에는 측정방향에 따라 유의적 차이를 보이지 않았지만, 가을재배의 경우 수평방향이 수직방향에 비해 높은 수치를 보였으며 통계적 유의성을 보였다.

셋째, 무의 경도는 측정방법에 따라 compression test의 수치가 shear force test에 비해 4.0~5.5배 가량 높은 수치를 보였지만, 품종간 경도의 차이, 측정 부위와 방향별 경도의 차이에서 그 경향은 같았다.

나. 무 품종별 조직 특성 비교

무 작형을 대표할 수 있는 총 13 품종을 대상으로 측정 부위와 방향별로 경도를 측정한 후 비교하였다. 측정결과는 측정방향을 주구로 측정부위를 세구로 배치하여 평균간 Duncan의 다중검정을 이용해 통계처리

하였다.

측정방향에 따른 품종별 경도를 비교한 결과 전반적으로 측정 방향에 따른 경도값은 큰 차이는 보이지 않았지만, 수직방향이 수평방향에 비해 경도치가 높았다. 그러나 여름무인 대진과 대부령은 수평방향이 수직방향에 비해 경도치가 높았다(그림 3). 그림 4는 측정 부위에 따른 품종별 경도를 비교한 것이다. 전반적으로 상, 중, 하부 順位로 경도가 높았다. 품종별로는 총각무와 가을무, 단무지무가 이와 일치하였고 '대진'은 하부, 중부, 상부의 순으로 경도가 높아 易의 경향을 보였으며, '하우스봄', '백광' 그리고 '대부령'은 부위별 경도차를 보이지 않았다.

품종별 경도는 '신진알타리'가 150,250 N/m²로 가장 높았으며 '하우스봄'이 89,330 N/m²로 가장 낮은 수치를 보였다. 작형 별로 가을무가 다른 작기의 무에 비해 단단하였으며 여름무, 봄무 순으로 경도가 높았다. 반면 가을무 중 '청운'은 여름무보다 낮은 경도치를 보이기도 했다(그림 5).

넷째, 무는 재배시기에 따라 경도차를 보였지만, 측정 부위와 방향에 따른 경도차의 경향은 일치하였다. 동일 품종의 무를 봄에 온실에서 가온재배 하였을 때의 경도가 가을에 노지에서 재배한 경우보다 다소 높은 수치를 보였다. 봄 재배시 경도가 더 높았던 원인은 생육기간 내내 온실에서 재배하여 일조량이 부족하여 가을에 비해 생육이 더딘 반면 조직이 조밀해졌기 때문으로 추정된다. Park과 Fritz는 일반적으로 어린 무나 겨울의 하우스 재배지 생장이 더딘 무에서 texture 값이 높다는 보고를 하였는데 이와도 일치하였다.³³⁾ 그러나 품종간의 경도차와 측정부위, 측정방향별 경도차의 경향에 있어 통계적 유의성에 차이를 보이지 않았다. 따라서 무 조직의 경도 특성은 품종 특유의 유전특성에 기인하는 것이며, 생육환경에 따라 경도의 高低에 영향을 받는 것으로 판단된다.

다. 무 조직의 경도에 영향을 미치는 인자들

무는 작형에 따라 많은 품종이 분화되어 있는데 다양한 품종들은 그들 고유의 유전특성에 따라 외형과 내부 구성 물질의 함량이 상이할 것으로 판단된다. 따라서 본 장에서는 무의 외형 중 근부의 형태적 특성과 내부 구성물질의 조성을 조사하여 경도와의 상관성을 비교하여 보았다. 실험결과는 5% 범위에서 회귀분석을 하여 분산의 유의성 검정을 하였다.

1) 무의 근 형태와 경도와의 상관관계

무는 외형적 형태에 따라 대형무, 소형무로 분류되며 작기에 따라 봄, 여름, 가을무로 구분된다. 작기별로 다양한 품종을 보유하며 각 품종마다 다양한 근형태를 가지고 있다. 가을무 품종들은 다른 대형무에 비해 근장이 짧고 근경은 넓은 반면 봄무 품종들은 근장이 길고 근경은 좁은 편이었으며 여름무 품종들은 봄무와 가을무의 중간 정도의 외관을 보였다.

경도와의 유의성 검정 결과 근장과 근중은 회귀계수가 각각 -0.71과 -0.74로 易의 相關을 보이며 높은 유의성을 보였지만 근경은 -0.29로 유의성을 보이지 않았다(그림 6).

2) 무 조직의 경도와 내부 구성물질의 상관관계

원예작물은 내부성분의 구성정도에 따라 경도가 매우 상이한 것으로 알려져 있다. 따라서 조직의 건물함량은 경도와 매우 밀접한 상관성을 보인다는 많은 연구가 있었고, 이 중 세포벽이 경도의 결정에 많은 영향을 주는 것으로 알려져 있다. 저장기관의 경우 세포벽 뿐 아니라 저장양분으로 축적되어 있는 전분 역시 조직의 경도에 영향을 주는 것으로 알려져 있다. 본 실험에서도 무의 건물함량, 세포벽 함량, 전분함량과 경도와의 상관성을 비교하였다.

무 조직의 건물함량은 경도가 가장 높았던 알타리무가 생체중당 8%로 가장 높았고, 가을무 중 태백과 백자가 높았으며 봄무 품종이 생체중 당

5~5.5%로 가장 낮았다. 조직의 건물중과 경도와의 회귀계수는 0.97(r)로 고도의 상관성을 보였다. (그림 7).

조직의 전분 함량은 총각무와 가을무의 경우 생체중 당 1~1.3%를 차지하였지만 봄무와 단무지무에서는 생체중 당 0.03~0.05%로 거의 감지되지 않을 정도의 함량을 보였다. 전분의 함량과 경도의 회귀계수는 0.82(r)로 건물함량에 비해 낮은 수치를 보였지만 고도의 유의성을 보여주었다.

세포벽 함량 역시 총각무 품종인 '신진', '추석'과 가을무인 '태백'에서 1.4~1.5%정도인데 반해 경도가 낮았던 봄무 품종은 0.55~0.6%의 함량을 보였다. 세포벽의 함량과 경도의 회귀계수는 0.88(r)로 건물함량에 비해 다소 낮았지만 고도의 유의성을 보였다(그림 7).

3) 무 조직의 경도와 세포벽 조성과의 상관관계

Ca^{2+} 과 Mg^{2+} 은 2가 이온으로 세포벽의 성분 중 펙틴의 결합력을 높여주는 역할을 하는 것으로 알려져 있다. 특히 펙틴은 세포와 세포사이를 연결해주는 중층의 주성분으로 2가 이온들이 전기적 사슬을 형성하여 결합력을 강화시켜 주는 것으로 알려져 있다. 그림 8은 무의 경도와 조직 내 양이온이 함량과의 상관성을 비교한 것이다. Mg은 경도가 높았던 '추석', '신진', '태백'에서 높은 함량을 보였고 '하우스봄'과 '백광'에서는 낮은 함량을 보여 경도와의 회귀계수가 0.84(r)의 높은 유의성을 보였다. 반면 Ca은 몇 품종을 제외하고 비슷한 함량을 보여 회귀계수가 0.20(r)으로 경도와의 상관성을 찾지 못했다. 그러나 '하우스봄'과 '백자'에서는 경도가 높았던 상부가 다른 부위에 비해 Ca의 함량이 높았다.

그림 9는 세포벽 구성성분의 함량과 조직의 경도와의 상관성을 살펴보았다. 세포벽 구성당 중 셀룰로스의 함량이 생체중 당 3000~7500 $\mu\text{g}/\text{ml}$ 로 가장 높은 함량을 보였고 펙틴의 주성분인

polyuronides는 2000~5900 $\mu\text{g}/\text{ml}$ 을 non-cellulosic neutral sugars(NCNS)는 500~1800 $\mu\text{g}/\text{ml}$ 의 함량을 보였다. 각 세포벽 탄수화물과 경도와의 회귀계수는 polyuronides와 NCNS는 각각 0.85와 0.94로 고도의 유의성을 보였다. 그러나 셀룰로스는 0.52로 이들에 비해 다소 낮은 상관을 보였지만 통계적 유의성은 있었다.

조직의 세포벽중 비섬유성 중성당의 함량과 경도와의 상관을 그림8에 나타냈다. Mannose를 제외한 모든 당들이 경도와 높은 상관을 보여 주고 있으며, 그중에서도 galactose와의 상관이 가장 높았다.

따라서 무 조직의 경도가 높은 계통은 지하 저장기관인 뿌리의 세포벽 및 전분의 함량이 높았으며, 건물중의 증가에 기여하고 있었다. 세포벽에서는 펙틴을 구성하는 탄수화물의 함량과 고도로 정의 상관을 보였다.

라. 봄무와 가을무의 경도에 미치는 인자의 비교

표 1은 12월 파종하여 온실에서 가온 재배하여 3월에 수확한 두 품종의 무를 compression test 한 조직의 경도 측정 결과이다. 두 품종 모두 부위에 따른 경도의 유의차를 보였다. '백자'와 '하우스봄'의 상부위는 각각 960,100, 493,300 N/m^2 로 가장 높았고 하 부위가 821,400과 449,100 N/m^2 로 가장 낮았다. 또한 '백자'의 경우 상, 중, 하 부위 모두 유의차를 보였으나 '하우스봄'은 상부와 하부는 유의차를 보였지만 상부와 중부 間과, 중부와 하부 間에는 유의차를 보이지 않아 '백자'가 '하우스봄' 보다 부위별 경도차가 더욱 명확하였다. 그러나 측정방향에 따라서는 두 품종 모두 경도차를 보이지 않았다.

표 2는 8월 파종 후 노지에서 가을 재배하여 11월에 수확한 '하우스봄'과 '백자'를 compression test 한 결과이다. 두 품종 모두 측정부위와 방향에 따라 경도차를 보였다. '하우스봄'과 '백자'의 상부위가 각각 421,300과 866,800 N/m^2 로 가장 높은 수치를 보였으며

하부위가 380,100과 585,500 N/m²로 가장 낮은 수치를 보였다. 측정방법에 따라서 두 품종 모두 수평방향의 수직방향에 비해 높은 경도치를 보였는데 '하우스봄'은 수직과 수평이 각각 371,100과 431,300 N/m²의 수치를 보였고 '백자'는 각각 673,500과 746,500 N/m²의 수치를 보였다.

표 3은 봄 재배한 '하우스봄'과 '백자'를 shear force test한 후 경도를 비교한 것이다. '백자'의 경우 부위에 따른 경도차가 뚜렷하여 유의차를 보였으나 '하우스봄'은 부위별 경도차가 크지 않아 상부와 하부는 유의차를 보였지만 상부와 중부위, 중 부위와 하 부위의 유의차는 나타나지 않았으며 측정방향에 따른 유의차 또한 보이지 않았다. 표 4은 가을 재배한 '하우스봄'과 '백자'를 shear force test한 결과이다. 두 품종 모두 측정부위와 방향별로 경도차를 보였다.

무는 재배시기에 따라 경도차를 보였지만, 측정 부위와 방향에 따른 경도차의 경향은 일치하였다. 동일 품종의 무를 봄에 온실에서 가을재배 하였을 때의 경도가 가을에 노지에서 재배한 경우보다 다소 높은 수치를 보였다. 봄 재배시 경도가 더 높았던 원인은 생육기간 내내 온실에서 재배하여 일조량이 부족하여 가을에 비해 생육이 더딘 반면 조직이 조밀해졌기 때문으로 추정된다. Park과 Fritz는 일반적으로 어린 무나 겨울의 하우스 재배지 생장이 더딘 무에서 texture 값이 높다는 보고를 하였는데 이와도 일치하였다. 그러나 품종간의 경도차와 측정부위, 측정방향별 경도차의 경향에 있어 통계적 유의성에 차이를 보이지 않았다. 따라서 무 조직의 경도 특성은 품종 특유의 유전특성에 기인하는 것이며, 생육환경에 따라 경도의 高低에 영향을 받는 것으로 판단된다.

Table 1. Comparison of tissue firmness of radish roots cultivated in spring season measured as compressibility. ($10^3 \times N/m^2$)

Cultivars	Direction	Section			Mean
		Upper	Middle	Lower	
Housebom	Vertical	500.6	459.0	455.6	468.9a ^z
	Horizontal	487.6	439.3	453.4	459.5a
	Mean	493.3a ^y	454.5b	449.1b	
Baekja	Vertical	932.2	846.7	834.7	869.5a
	Horizontal	996.3	889.0	800.6	898.0a
	Mean	960.1a	866.3b	821.4b	

For measuring firmness, 20 roots were dissected into two parts which consist of vertical and horizontal direction, and each parts were divided to three part, upper, middle and lower.

^zMean separation within column by DMRT at 5% level.

^yMean separation within root section by DMRT at 5% level.

Table 2. Comparison of tissue firmness of radish roots cultivated in fall season measured as compressibility. ($10^3 \times N/m^2$)

Cultivars	Direction	Section			
		Upper	Middle	Lower	Mean
Housebon	Vertical	383.3	374.4	354.7	371.1b ^c
	Horizontal	464.2	426.5	405.5	431.3a
	Mean	421.3a [†]	400.4ab	380.1b	
Baekja	Vertical	841.6	631.6	539.4	673.5b
	Horizontal	892.1	715.8	631.6	746.5a
	Mean	866.8a	677.7b	585.5c	

^{z,x}see the table 1.

Table 3. Comparison of tissue firmness of radish roots cultivated in spring season measured as shear force. ($10^3 \times N/m^2$)

Cultivars	Direction	Section			
		Upper	Middle	Lower	Mean
Housebom	Vertical	108.0	103.3	99.5	103.6a ^z
	Horizontal	96.2	91.4	90.8	92.7a
	Mean	102.0a ^y	97.4ab	95.1b	
Baekja	Vertical	179.0	159.3	148.1	161.7a
	Horizontal	167.0	148.4	144.0	153.3a
	Mean	173.8a	154.5b	146.5b	

^{z, y} see the table 1.

Table 4. Comparison of tissue firmness of radish roots cultivated in fall season measured as shear force. ($10^3 \times N/m^2$)

Cultivars	Direction	Section			
		Upper	Middle	Lower	Mean
Housebom	Vertical	156.0	125.5	110.3	130.0a ^c
	Horizontal	88.9	84.1	80.5	84.6b
	Mean	102.3a ^v	104.8a	95.4b	
Baekja	Vertical	161.7	131.9	114.5	138.1a
	Horizontal	148.4	123.8	119.8	126.0b
	Mean	155.1a	127.8b	117.3b	

^{z,x}see the table 1.

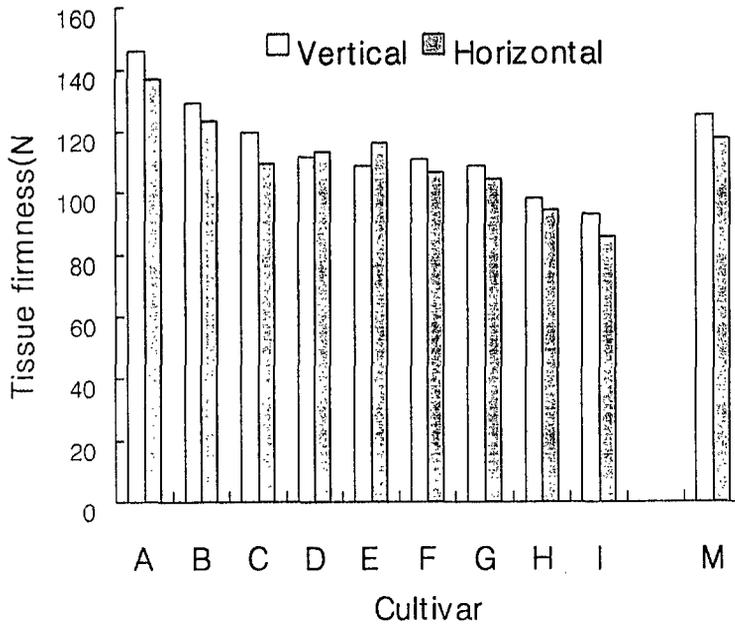


Fig. 1. Comparison of tissue firmness measured either vertical and or horizontal directions. The data was obtained from the average of upper, middle and lower sections of 20 root in each cultivars. Average root firmness by the two methods is shown as 'M'.

A: Taebaek B: Baekja C: Chungwoon D: Daejin
 E: Daeburyoung F: Baekryoungminhong G: Heungnong
 H: Baekkwang I: House M: Mean

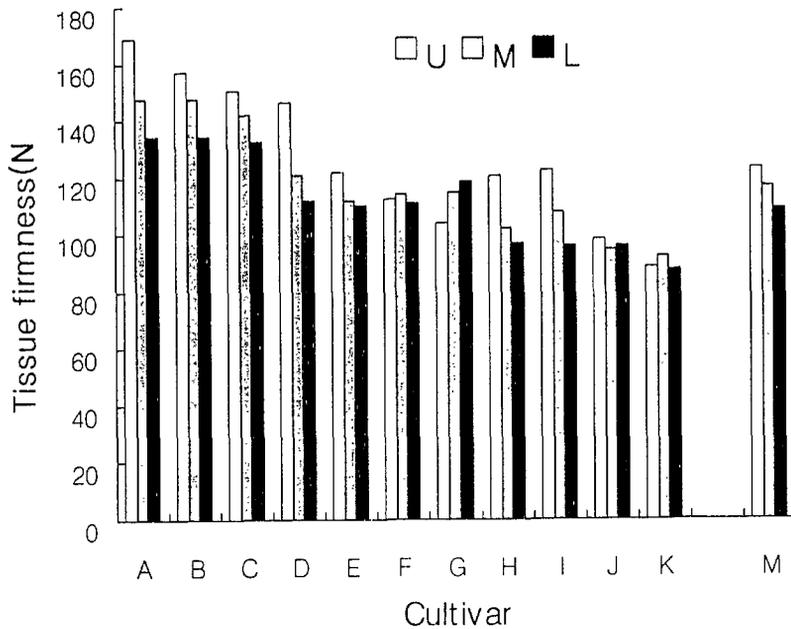


Fig. 2. Comparison of tissue firmness among sections. Radish roots were divided to three part: upper, middle, and lower. The data were obtained from the average of vertical and horizontal direction of 20 root for each cultivar. Overall average root firmness of each section is shown at right most.

U: Upper section, M: Middle section, L: Lower section

A: Chudong B: Sinjin C: Taibaek D: Baekja

E: Chungwoon F: Daeburyoung G: Daejin

H: Baekryongminong I: Hungnong J: Baekkwang

K: House M: Mean

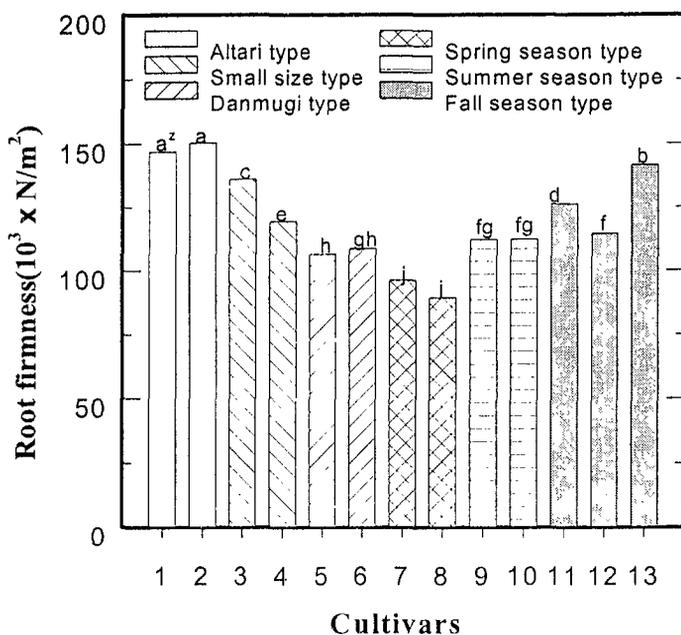


Fig. 3. Comparison of tissue firmness of radish roots measured as shear force. The data were obtained from the average of three sections(upper, middle and lower) and directions (vertical and horizontal) of 20 root in each cultivar. Mean separation within columns by DMRT at the 5% level.

1: Sinjin, 2: Chudong, 3: Dongja, 4: Chusock, 5: Hungnhong
 6: Baekryongminhong, 7: Baekkwang, 8: House, 9: Daejin
 10: Daeburyoung, 11: Baekja, 12: Chungwoon, 13: Taebaek

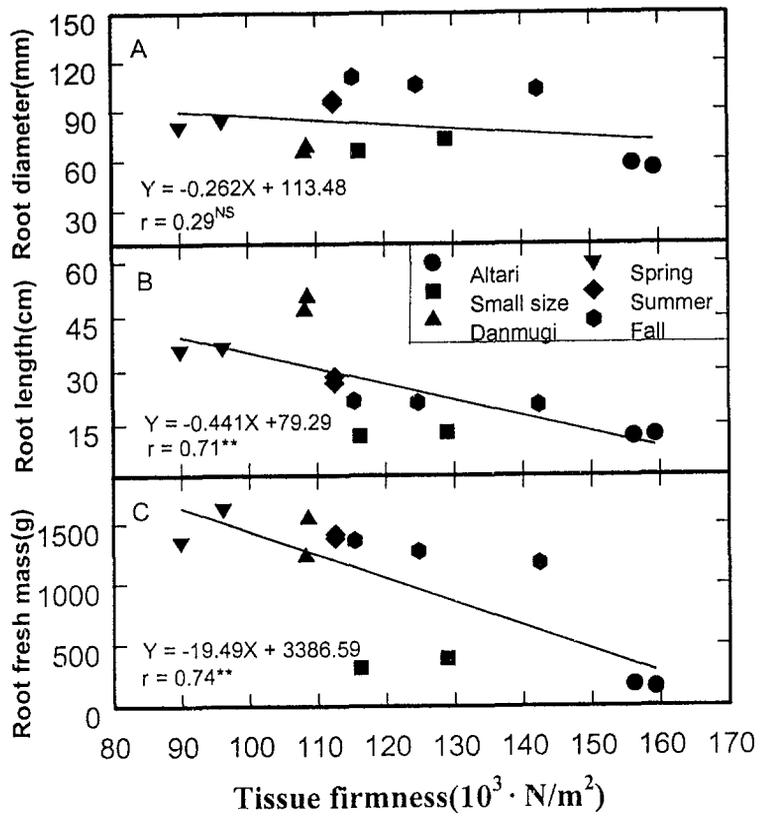


Fig. 4. Relationship between tissue firmness and diameter (A), length(B) and fresh weight(C) of radish root. Number of roots was 20. **: significance at $P < 0.01$.

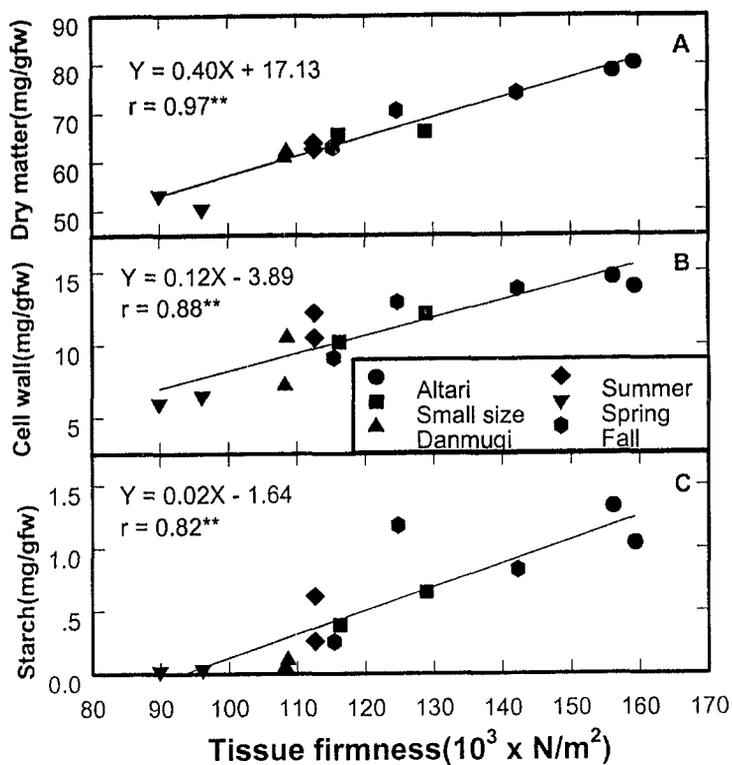


Fig. 5. Relationship between tissue firmness and dry matter (A), cell wall material(B) and starch(C) contents in radish root. For measuring dry matter and cell wall material and starch contents, 20 roots were dissected into three parts and each parts were pooled into 3 replicas. ****** mean significances at $P < 0.01$.

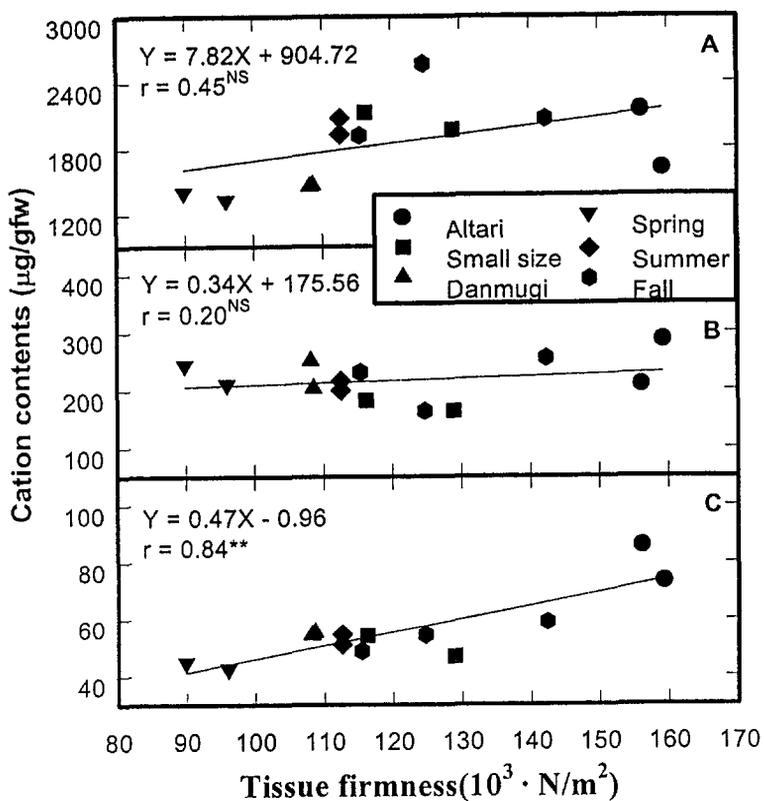


Fig. 6. Relationship between tissue firmness and potassium (A), calcium(B) and magnesium(C) contents in radish root. For measuring cation contents, 20 roots were dissected into three parts and each parts were pooled into 3 replicas. NS, and ** mean significances at $P < 0.01$, respectively.

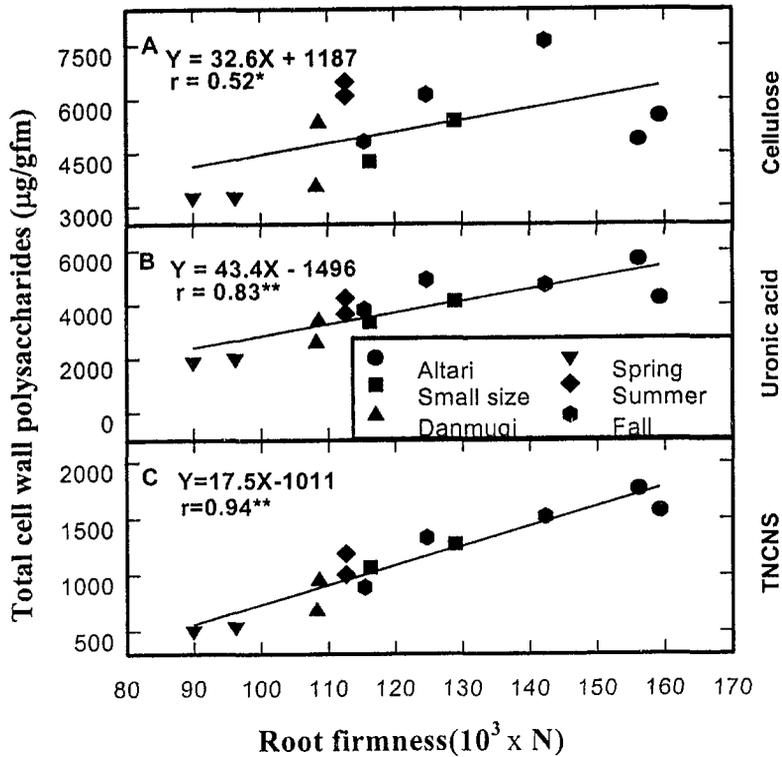


Fig. 7. Relationship between tissue firmness and cellulose(A), polyuronides(B) and total non-cellulosic neutral sugars (C) contents in radish root. For measuring cell wall polysaccharides contents, 20 roots were dissected into three parts and each parts were pooled into 3 replicas. *, and ** mean not significace or significances at $P < 0.05$ and 0.01 , respectively.

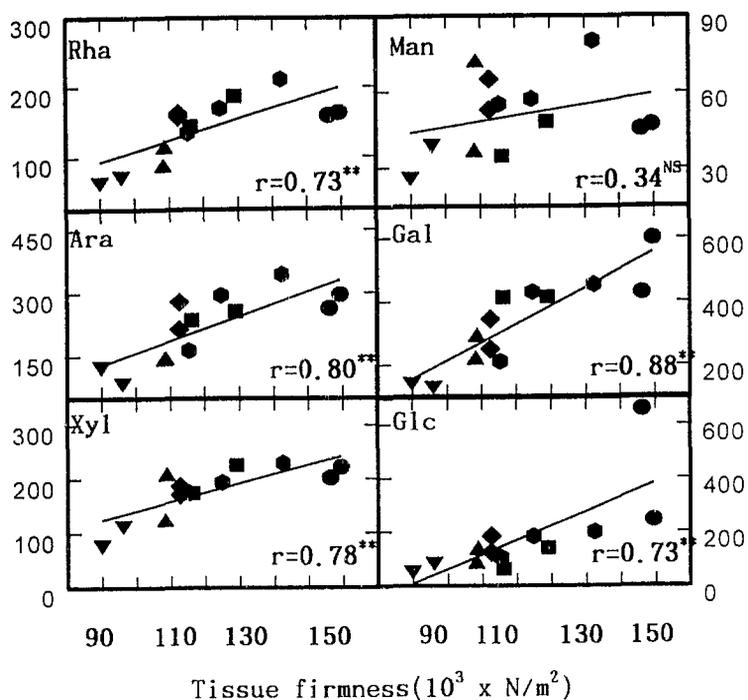


Fig. 8. Relationship between tissue firmness and contents of non-cellulosic neutral sugars in radish root.

For measuring cell wall polysaccharides contents, 20 roots from 13 cultivars were dissected into three parts and each parts were pooled into 3 replicas.

*, and ** mean not significace or significances at $P < 0.05$ and 0.01 , respectively.

RHA: rhamnose, ARA: arabinose, XYL: xylose,

MAN: mannose, GAL: galactose, GLC: glucose

제 4 절 무 조직의 물성 유전특성

1. 연구목표

무 조직의 경도와 상관관계가 높은 전분의 함량을 측정하여 이를 토대로 물성의 유전 특성을 구명하고자 수행되었다. 우선 각 개체의 전분의 함량을 간편하게 평가하는 기술을 개발하였는데, 무 조직을 요오드와 반응시켜 발색되는 색도를 새차계로 측정하여 Hunter 'b' 로 나타내고, 이 수치를 전분지수(starch index)로 정의하였다. 동시에 무 조직의 물성, 즉 경도와 건물률, 세포벽 성분과 전분과의 상관관계를 토대로, 작형별 대표품종의 고정종(F1)과 그 양친, F2 그리고 여교잡들의 색도를 측정하여 조직 물성의 유전양상을 구명하였다.

2. 연구수행방법

가. 전분함량 측정 및 전분지수의 비교

1) 무 조직의 전분의 함량을 신속히 측정하는 기술을 개발하였다. 전분과 요오드용액의 반응을 유도하기 위하여 무 조직의 호화조건을 규명하고 <Fig. 1>, 전분 standard를 이용해 전분농도와 색도(Hunter 'b' 값)와의 비례관계를 조사하였다<Fig. 2>. 규명된 조건에 의해 품종별 양친, F1, 여교잡, F2세대를 생산하여 각 개체들의 전분지수를 색도로 표기하여 분포도 및 유전특성을 구명하였다.

2) 충북 조치원 소재 흥농종묘 육종연구소에서 가을재배한(98년 11월) 고정종(F₁)인 백광, 관동, 백자, 청운, 95307, 92343, 96371, 97315, 97325, 97326, 97336 품종들의 조직을 두께 2 mm로 횡단한 후 60C water bath에서 20분간 호화시킨후 색도계(Minolta Color Reader CR-10)를 이용하여 색도(Hunter 'b')를 측정하고<Fig. 3, 4> 각각의 경도와 비교하였다.

나. 고정종 및 교배조합내 물성의 유전양상

고정종 백광, 백봉, 관동, 청운과 그들의 양친, F2, back crosses들을 다시 수확하여 즉시 부위별 경도를 측정하고, 개체들의 전분지수를 측정하였으며, 각 부위별 50g 씩의 조직을 달아 동결건조한 후 건물률을 구하였다.

3. 연구내용 및 결과

가. 전분측정 기술개발

본 과제 2차 년도에서 규명된 바와 같이 무 조직의 전분은 경도와 정의 상관 ($r=0.83$)을 보였는데, 이를 교배조합의 조직 물성을 평가하는 지표로 활용하고자 무 수확후 전분의 상대적인 함량비교를 할 수 있는 기술을 개발하기 위한 일련의 실험을 수행하였다.

그림1 에서 나타 낸 바와 같이 무 조직을 요오드와 반응시키기 위해 조직 슬라이스를 40, 60, 80, 100℃에서 시간별로 전분반응을 조사하였다. Hunter 'b' 값은 시료가 띠는 청색과 황색계열의 색상의 정도를 나타내며, 'b'값이 적을수록 전분이 요오드와 반응하여 황색계열에서 짙은 청자색계열로 변함을 뜻한다. 그리고 생체시료의 전분은 요오드와 반응하기 위하여 일정 온도에서 가열이 필요한데, 무 조직의 전분반응은 60℃에서 20분간 호화하는 것이 가장 적당한 조건으로 규명되었다. 이 조건에서 무조직을 호화시킨 후 색도계를 이용하여 Hunter 'b' 값을 측정하면 교배조합이나 품종간 전분의 함량을 간접적으로 평가할 수 있다. 이같은 전분함량과 색도는 감자의 전분을 표준품으로 하여 요오드 반응 후 665 nm에서의 흡광도와 Hunter 'b'값으로부터 정비례함을 확인할 수 있다. 전분 0.0 % 에서 0.1 % 까지의 농도와 흡광도는 정의 상관을 보였으며($r=0.999$), 동일한 농도범위에서 hunter 'b'값은 40 - 26을 나타내며 역의 상관을($r=0.948$) 보였다(Fig.2)

그림 4에 전분반응을 실시한 무 슬라이스의 모습을 나타냈다. 전분의 함량이 높은 백자(hunter 'b' = 26.8)는 청자색의 색상을 보였으며, 함량이 낮은 95315(hunter 'b' = 43.6)은 요오드 반응이 별로 진행되지 않아 요오드용액과 같은 황색을 띠었다.

일반적으로 전분의 함량은 조직의 알콜불용성 물질로부터 염산으로 추출하는 복잡한 과정을 거쳐야 한다. 또는 알콜불용성 물질을 호화한 후 요오드와 반응시킨 후 665 nm에서 흡광도를 구기도 하지만, 후자의 방법은 조직을 마쇄해야 하고, 전분이 완전히 녹지 않는 상태로 존재하기 때문에 절대치를 구하기엔 다소 제약이 따른다. 본 연구에서는 이러한 점을 개선하기 위하여 조직절편 또는슬라이스를 60C에서 20분간 가열한 후 요오드를 반응시킨 다음, 색차계를 이용하여 Hunter 'b'값을 구하면, 최소한 상대적인 비교가 가능하다.

이 방법은 사용기술이 간편하면서도 정확하기 때문에 시료의 양이 많은 포장실험이나 물성특성이 우수한 교배조합을 선발하고자 할 때 매우 효과적인 방법이 된다고 판단된다.

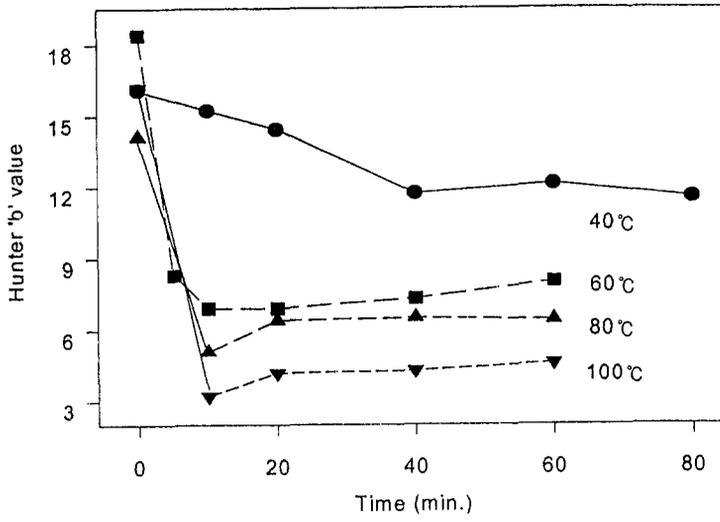


Fig.1 시간 및 온도별 무 슬라이스의 적정 호화조건

Comparison of Hunter'b' and Abs. of Potato Starch (99.3.30)

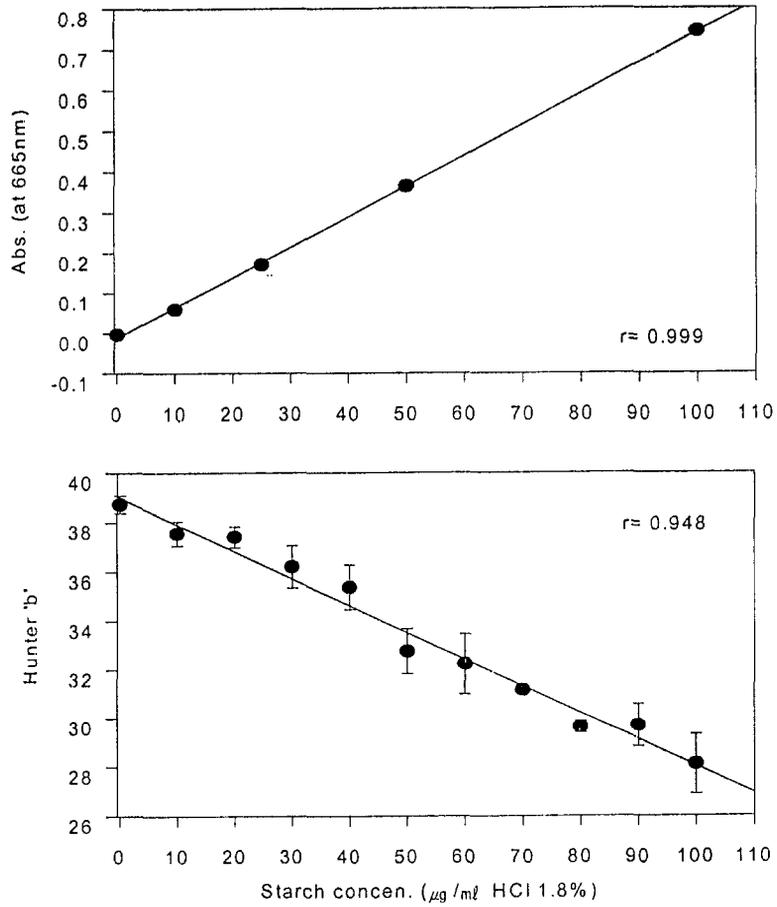


Fig.2 전분농도와 색도와의 상관관계

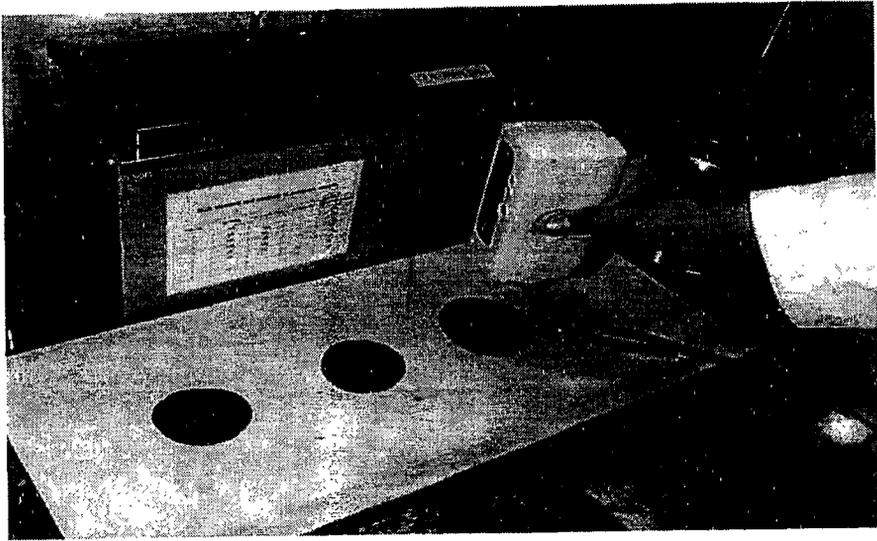


Fig. 3. 무 조직을 요오드 용액에 염색한 후 색도를 측정하는 모습.

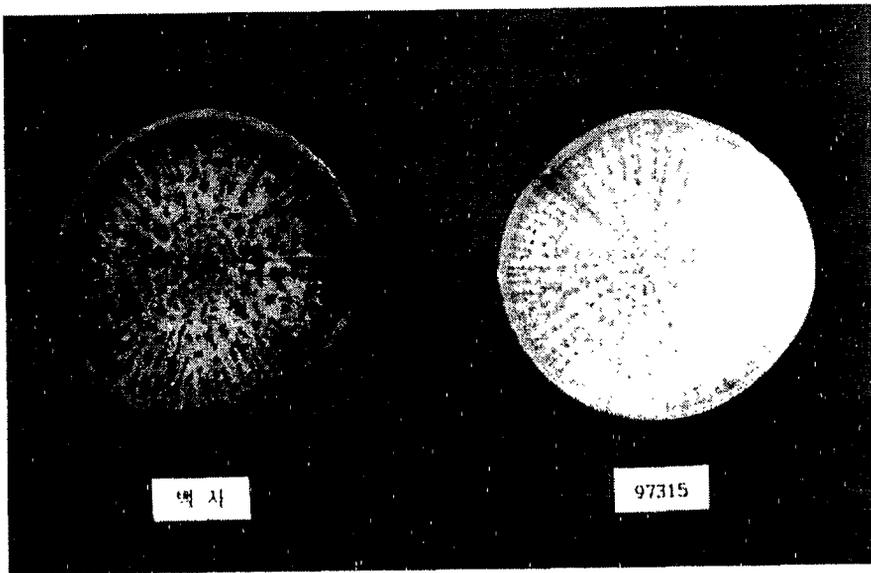
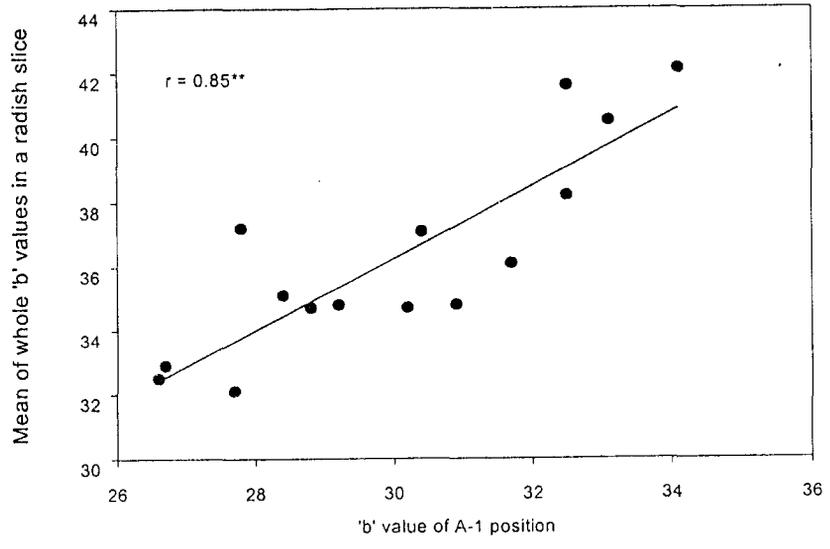
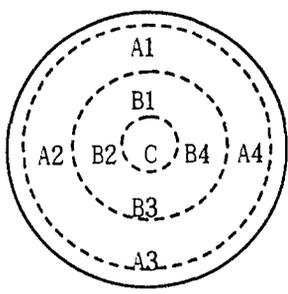


Fig. 4 무 조직의 전분함량에 따른 요오드 반응의 차이
 (Hunter 'b'값: 백자-26.8, 97315- 43.6 : 조직내 전분함량이 높으면
 요오드와 반응량이 많아져 청자색이 짙어지며, 측정된 'b'값은 낮아진다.)

한편, 무 조직의 전분지수를 구하기 위하여 'b' 값은 슬라이스내에서 가장 염색이 짙은 한 곳(A1이라고 지정)의 값을 취하였다.



그리고 이 수치의 대표성을 알아보기 위하여 슬라이스의 중앙, 가장자리 등 9군데를 모두 측정하여 평균치와 A1에서의 'b'와의 상관은 0.85**의 높은 유의성을 나타내었다. 이는 조직내 여러 부위를 측정하지 않고 가장 색상이 짙은 부위를 측정함으로써 대표적인 전분지수로 활용할 수 있었다.

나. 무 품종별 경도와 전분의 상관관계

조직의 경도와 전분의 함량이 정비례함을 이용하여 가을에 재배한 무 고정종 및 교배조합들을 대상으로 슬라이스 전분반응을 실시하였다. 우선 전반적인 경향은 무 조직의 경도가 높을수록 전분함량이 많아 요오드 반응시 색도가 짙게 나타나 Hunter 'b' 값은 낮아 반비례함을 확인하였다. 즉 경도가 상대적으로 높은 가을무 계통에서 'b' 값이 낮아 전분의 함량이 상대적으로 높음을 알 수 있고, 봄무나 관동여름은 'b' 값이 상대적으로 높아 전분의 함량이 적다는 것을 알 수 있다(그림 5).

또한 봄재배한 고정종들의 전분반응 및 경도의 관계에서도, 작형별 대표적 품종들간에 각기 고유한 경도 및 전분함량의 분포를 가짐을 알 수 있었다(그림 6).

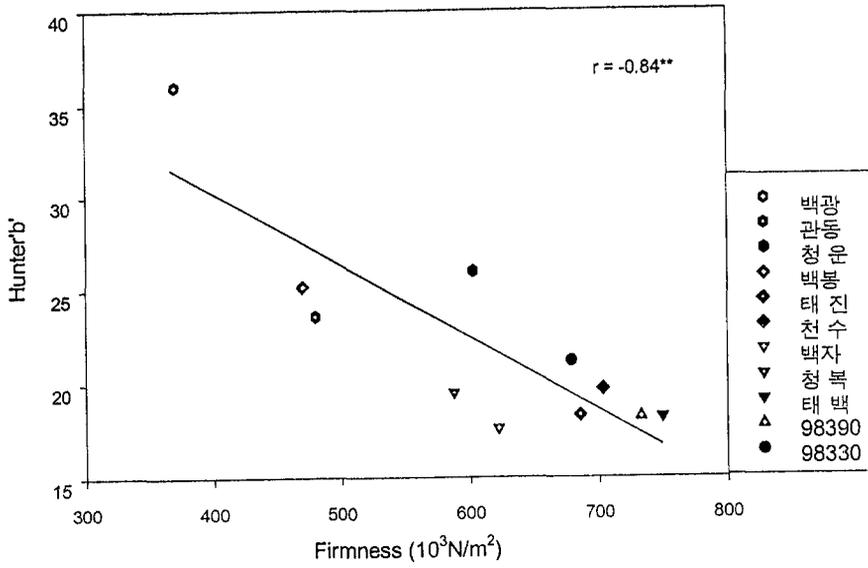


Fig. 5. F₁ 품종간 경도와 색도의 상관관계

Comparison of Firmness & Hunter'b' in 4 Radish F₁

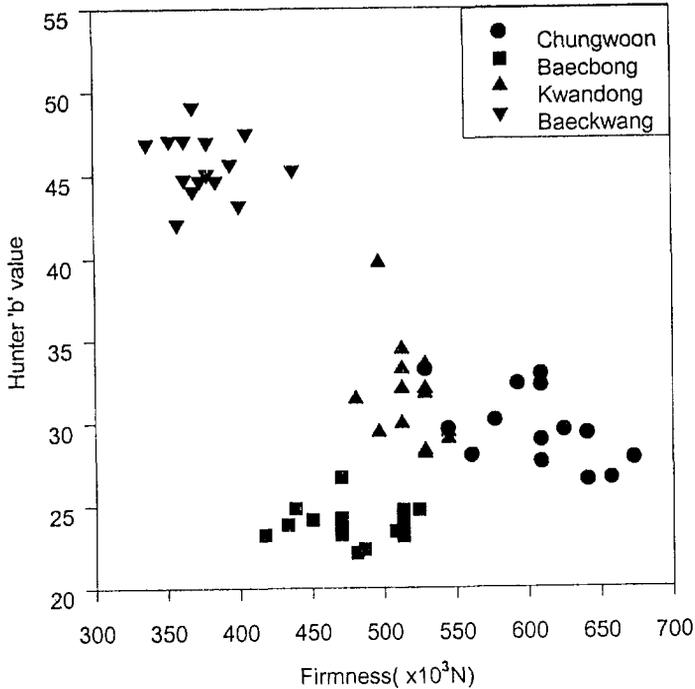


Fig. 6. 작형별 품종에 따른 경도 및 색도의 분포

다. 교배조합의 물성의 유전양상

제 2차년도 연구에서 무 조직의 건물률은 경도와 정의 상관이 있음이 밝혀진 바 있다. 본 3차년도 실험에서는 무 조직의 경도에 영향을 주는 인자의 유전특성을 구명하기 위하여 교배조합들의 양친 및 차세대 그리고 여교잡 조합의 물성특성을 비교하였다.

그림 7 에서 경도와 건물중의 상관관계를 보면, 고정종의 경도 및 건물률이 양친에 비해 공히 낮은 것을 볼 수 있다. 청운을 제외한

품종들의 양친 및 차세대의 상관성이 매우 높은 것으로 나타났지만, 집단간에 있어서도 경도 및 건물률 사이에 정의 상관($r^2=0.71$)이 있음을 알 수 있다.

조합의 양친과 조합1세대의 건물률은 교배조합 1세대에서 모두 감소하였다. 감소비율은 양친의 평균치에 비하여 백광은 13.8%, 95307은 12.4%, 관동은 16.5%, 청운은 16.2%를 나타냈다. 한편, 조직의 경도는 청운을 제외하고는 모두 양친보다 낮았다. 백광이 평균 24%, 95307은 13.6%, 관동은 19.4% 감소하였는데, 건물률의 감소비율보다 약간 많았다. 청운의 경우 양친중 부분보다 경도가 오히려 약간 높았으나, 양친의 평균치보다는 5.0% 감소하였다(그림 9,10). 특히 조직의 경도는 양친중 낮은 친이 우성으로 작용하는 것으로 나타났다. 이러한 사실은 추후 무조직감을 목표로 육성하는 교배조합을 작성할 때 매우 유용하게 사용될 것이다.

이들 조합들은 뿌리의 물리적 특성인 무게, 근의 직경 및 길이들은 조합 1세대가 양친보다 훨씬 증가하여 외관을 볼 때 잡종강세의 현상이 두드러지게 나타났지만, 물성 인자들인 건물률 및 조직의 경도는 오히려 감소하는 경향이였다.

Comparison of Firmness and Dry matter
in 4 Cultivars and their parents

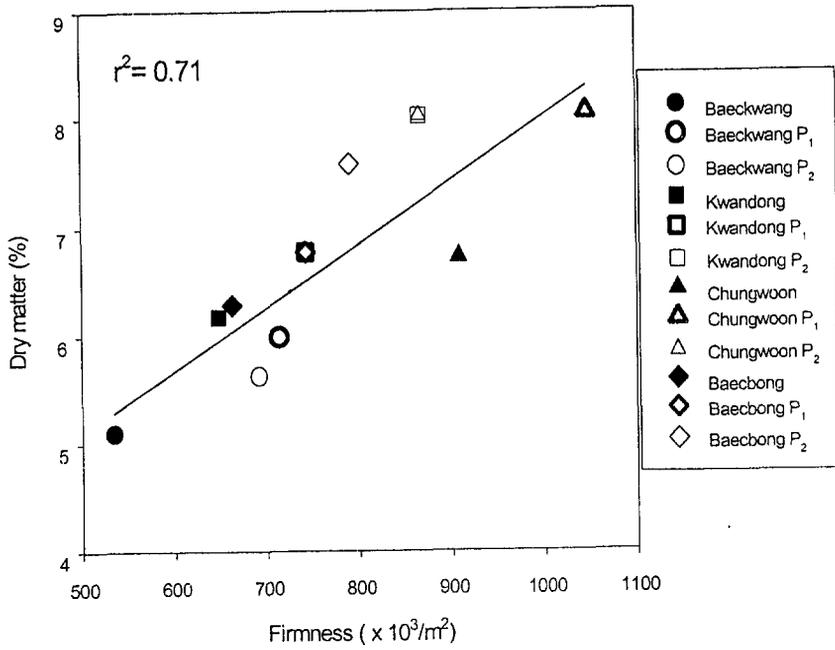
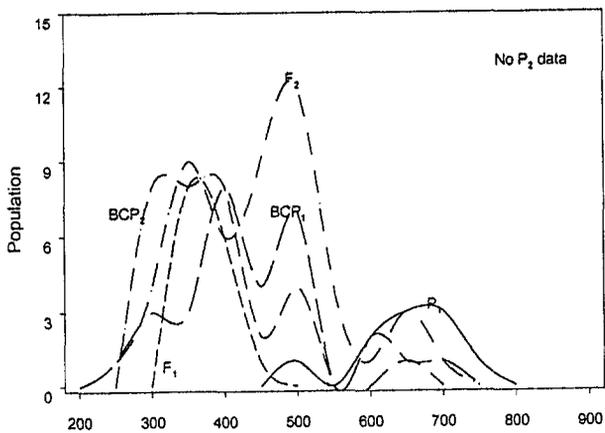
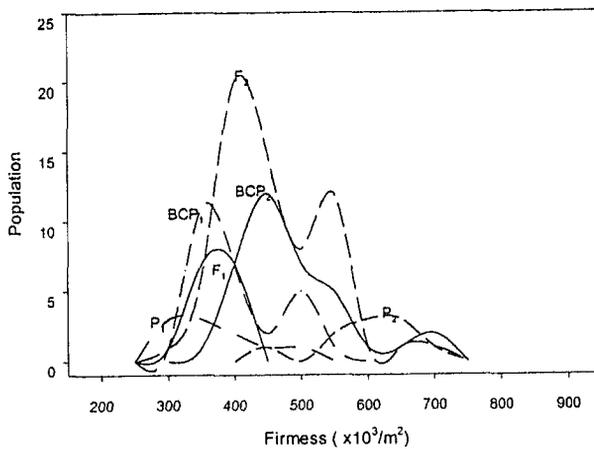


Fig. 7. 작형별 고정종과 양친들의 경도 및 건물률의 양상

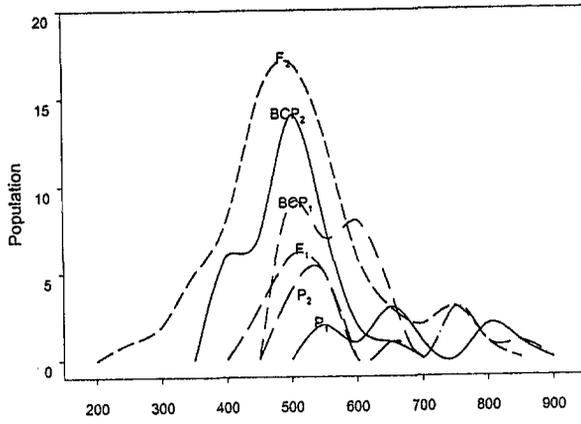
Distribution of Firmness in Baec-Kwang,parents, F_2 ,backcrosses
(In 99. 5.)



Distribution of Firmness in Baec-Bong,parents, F_2 ,backcrosses
(in 99. 5.)



Distribution of Firmness in Chung-Woon,parents, F_2 ,backcrosses
(in 99. 5.)



Distribution of Firmness in Kwan-Dong,parents, F_2 ,backcrosses
(in 99. 5.)

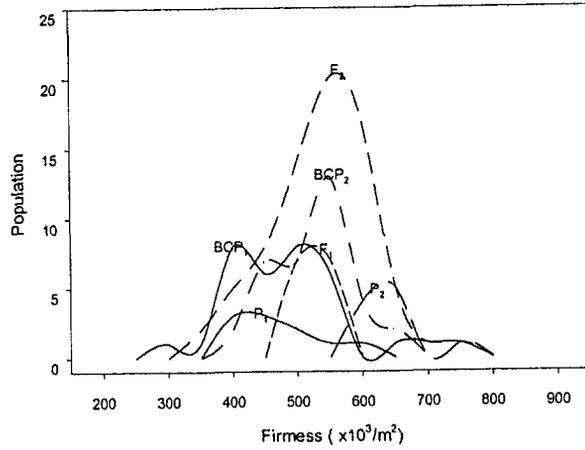
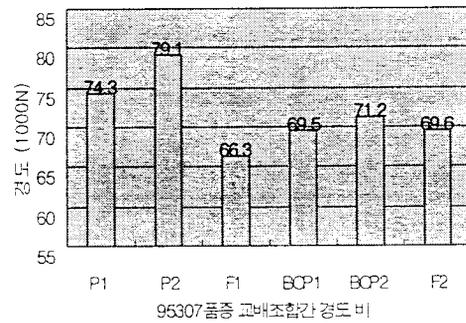
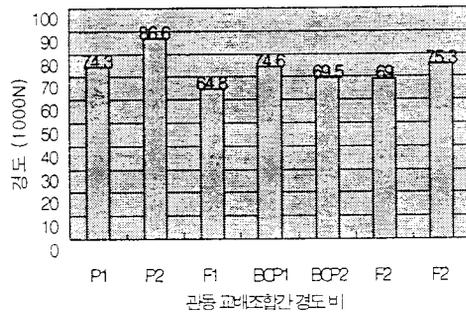
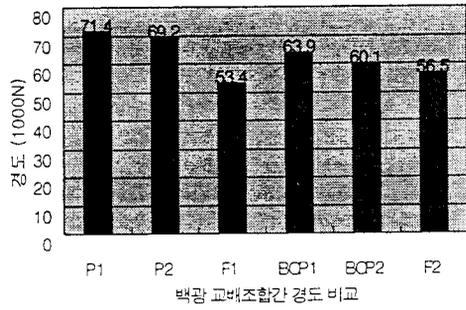


Fig. 8. 각 품종에 있어서의 교배조합별 경도의 분포



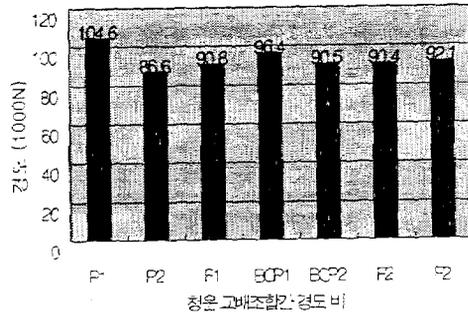
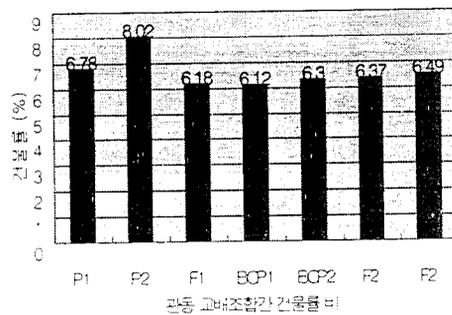
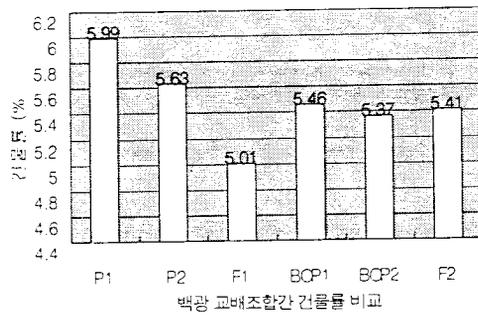


Fig.9. Firmness of 4 cultivars (Baekkwang, Baebong; 95307, Kwandong, Chungwoon), their parents F₂, and backcrosses cultivated in fall season, 1998. (Firmness unit: x 10⁴N/m²)



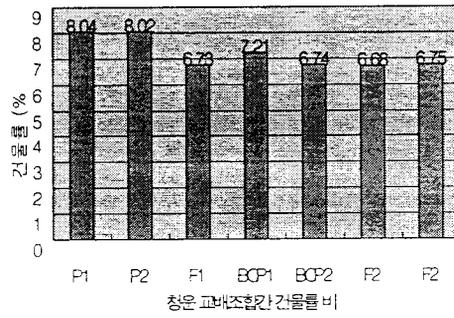
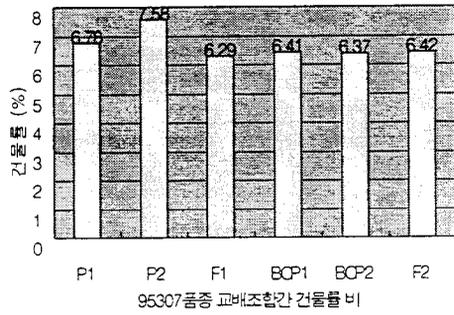
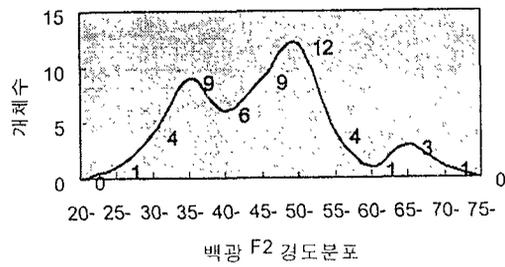
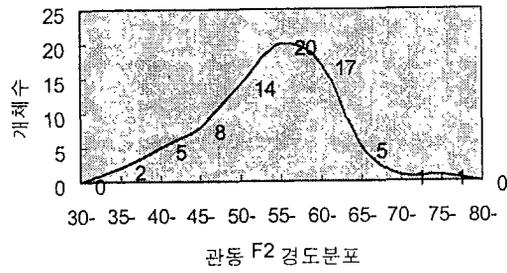
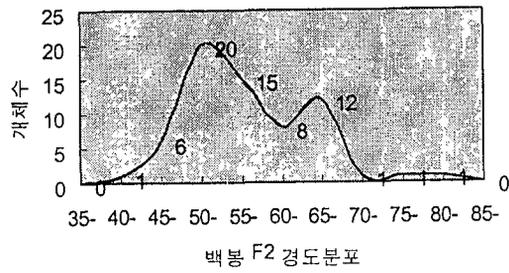
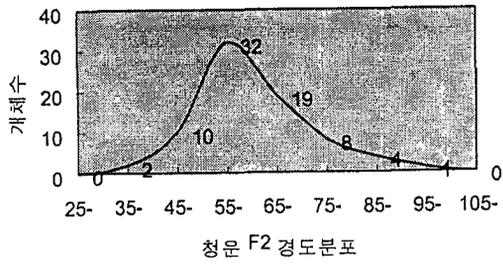
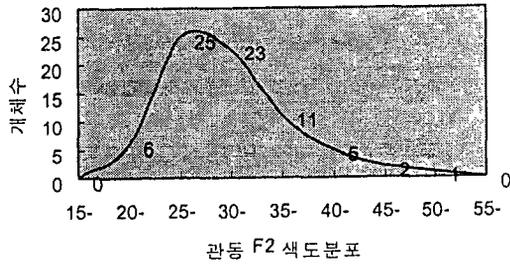
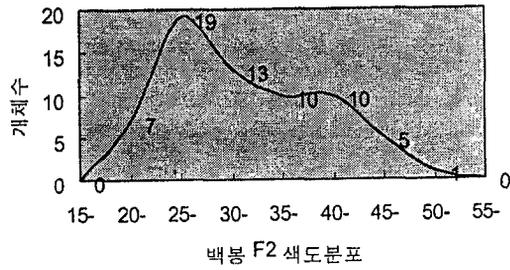
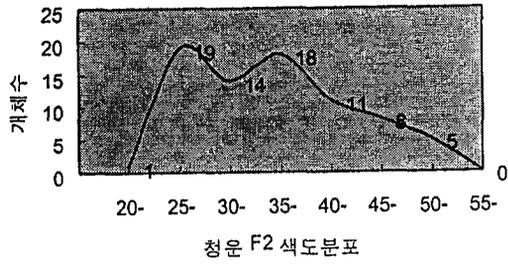


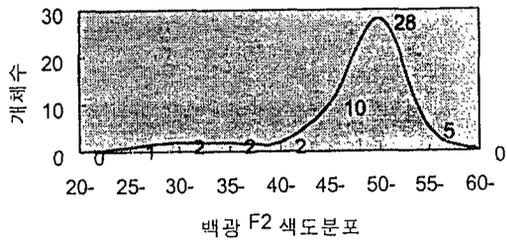
Fig.10. Dry matter(%) of 4cultivars (Baeckwang, Baebong; 95307, Kwandong, Chungwoon), their parents, F₂, and backcrosses cultivated in fall season, 1998.



* 정규분포이루지 않음



* 정규분포이루지 않음



아래 표 1 에는 공시된 F1 및 양친, 여교잡, F2세대들의 경도와 전분의 유전양상을 나타내었다. 우선 F2세대에서의 분포도는 경도 및 색도 각각 정규분포 또는 이에 준하는 분포를 보였다. 전분의 유전력은 청운과 백봉에서 매우 강하게 나타났으며, 관동에서도 비교적 강한 것으로 나타났다. 잡종강세의 정도도 각 품종 모두 강하게 나타났다. 한편, 조직의 경도는 청운에서 매우 강하게 유전력이 있었고, 다른 두 품종에서도 강하게 유전되는 것으로 보였다. 특히 경도에서는 잡종강세가 두드러지게 나타나고 있었다.

Table 1. Comparison of heritability and heterosis of starch index and firmness in three radish cultivars(F1), their parents, F₂, and backcross generations.

	Chungwoon	Kwandong	Bakbong
Starch Index			
Heritability	0.93 (0.91) ^z	0.47 (0.24)	0.73 (0.43)
Heterosis	122.4	110.0	93.2
Heterobeltrosis	142.3	117.5	114.9
Firmness			
Heritability	0.87 (0.61)	0.66 (-)	0.52 (0.28)
Heterosis	85.5	94.1	81.7
Heterobeltrosis	77.2	82.1	68.4

^z values in parentheses mean narrow sense of heritability.

한편, 품종들에 있어서의 조직의 경도와 전분지수는 청운 및 백봉에서는 여교잡 및 F2세대에서만 상관관계가 있었으나, 관동에서는 단지 BC1에서만 유의성이 있었다. 전반적으로 모든 품종 공히 세대들간에 조직내 전분지수와 경도가 상관관계가 있다고 유의성이 인정되었지만, 그 정도는 다소 미약한 것으로 보인다.

Table 2. Correlation coefficients between tissue firmness and starch index in four radish cultivars(F₁), their parents, F₂, and backcross generations.

i	Chungwoon	Kwandong	Bakbong	Baekwang
F ₁	-0.52 ^{ns}	-0.42 ^{ns}	-0.02 ^{ns}	-0.11 ^{ns}
P ₁	0.13 ^{ns}	-0.17 ^{ns}	-0.17 ^{ns}	-0.55 ^{ns}
P ₂	-0.60 ^{ns}	-0.60 ^{ns}	-0.06 ^{ns}	-
BC ₁	-0.41 [*]	-0.57 ^{**}	-0.44 [*]	-0.34 ^{ns}
BC ₂	-0.52 ^{**}	-0.10 ^{ns}	-0.50 ^{**}	-0.11 ^{ns}
F ₂	-0.30 ^{**}	-0.02 ^{ns}	-0.48 ^{**}	-0.30 [*]
Total	-0.38 ^{**}	-0.28 ^{**}	-0.39 ^{**}	-

라. 무 품종의 수량 및 물성 인자들의 상관분석

1) '청운' 가을 무의 수량형질과 물성 특성의 상관분석

	엽장	생체중	엽중	근중	근장	근경	경도	건물율	색도
엽장	1.00								
생체중	0.62 ^{**}	1.00							
엽중	0.73 ^{**}	0.76 ^{**}	1.00						
근중	0.41 ^{**}	0.81 ^{**}	0.54 ^{**}	1.00					
근장	0.35 ^{**}	0.66 ^{**}	0.50 ^{**}	0.55 ^{**}	1.00				
근경	0.44 ^{**}	0.88 ^{**}	0.53 ^{**}	0.71 ^{**}	0.34 ^{**}	1.00			
경도	-0.34 ^{**}	-0.31 ^{**}	-0.20 ^{**}	-0.30 ^{**}	-0.12 ^{ns}	-0.30 ^{**}	1.00		
건물율	-0.33 ^{**}	0.35 ^{**}	-0.25 ^{**}	-0.31 ^{**}	-0.31 ^{**}	-0.23 ^{**}	0.42 ^{**}	1.00	
색도	0.17 [*]	0.19 [*]	0.10 ^{ns}	0.20 ^{**}	0.35 ^{**}	0.03 ^{ns}	-0.38 ^{**}	-0.63 ^{**}	1.00

** 1%의 유의차, * 0.5%의 유의차, ns 유의차 없음

2) '백봉' (전년도 95307) 무의 수량형질 및 물성인자의 상관분석

	엽장	생체중	엽중	근중	근장	근경	경도	건물울	색도
엽장	1.00								
생체중	-0.22**	1.00							
엽중	0.79**	0.25**	1.00						
근중	-0.23**	0.99**	0.18**	1.00					
근장	0.02 ^{ns}	0.65**	0.30**	0.65**	1.00				
근경	0.09 ^{ns}	0.72**	0.38**	0.71**	0.21**	1.00			
경도	-0.08 ^{ns}	-0.31**	-0.15 ^{ns}	-0.33**	-0.20**	-0.22**	1.00		
건물울	-0.05 ^{ns}	-0.04 ^{ns}	-0.01 ^{ns}	-0.05 ^{ns}	0.06 ^{ns}	-0.04 ^{ns}	0.26**	1.00	
색도	-0.06 ^{ns}	0.31**	0.06 ^{ns}	0.31**	0.34**	0.01 ^{ns}	-0.42**	-0.14 ^{ns}	1.00

** 1%의 유의차

* 0.5%의 유의차

ns 유의차 없음.

3) '관동' 여름무의 수량형질 및 물성인자의 상관분석

	엽장	생체중	엽중	근중	근장	근경	경도	건물울	색도
엽장	1.00								
생체중	0.62**	1.00							
엽중	0.78**	0.78**	1.00						
근중	0.54**	0.99**	0.67**	1.00					
근장	0.18**	0.53**	0.26**	0.56**	1.00				
근경	0.54**	0.83**	0.64**	0.82**	0.14 ^{ns}	1.00			
경도	-0.06 ^{ns}	-0.33**	-0.14 ^{ns}	-0.36**	-0.49**	-0.13 ^{ns}	1.00		
건물울	0.01 ^{ns}	0.22**	0.16*	0.23**	0.11 ^{ns}	0.14 ^{ns}	0.28**	1.00	
색도	0.12 ^{ns}	0.11 ^{ns}	0.05 ^{ns}	0.12 ^{ns}	-0.01 ^{ns}	-0.01 ^{ns}	-0.10 ^{ns}	-0.34**	1.00

** 1%의 유의차, * 0.5%의 유의차, ns 유의차 없음

마. 무 작형별 수량형질 및 물성 인자들의 유전 특성

1) '청운' 가을 무의 유전특성

변량	유전력		잡종강세	
	광의	협의	Heterosis	Heterobeltiosis
엽장	0.39	-0.76	128.86	117.16
생체중	0.77	0.41	162.55	139.14
엽중	0.63	-0.17	102.01	86.66
근중	0.79	0.40	182.85	156.93
근장	0.79	1.95	107.73	100.00
근경	0.79	0.37	124.40	124.32
경도	0.61	0.75	85.48	77.11
건물율	0.62	-0.05	74.27	65.44
전분지수	0.93	0.91	122.36	134.38

2) '백봉' 무의 유전특성

변량	유전력		잡종강세	
	광의	협의	Heterosis	Heterobeltiosis
엽장	0.75	0.06	108.95	104.20
생체중	0.86	0.49	127.52	114.53
엽중	0.75	0.39	85.45	73.63
근중	0.87	0.57	139.91	127.25
근장	0.90	1.06	114.80	107.07
근경	0.86	0.53	112.79	112.07
경도	0.52	0.28	81.69	68.45
건물율	0.68	0.71	69.02	62.56
전분지수	0.73	0.43	93.18	78.36

3) '관동' 여름무의 유전특성

변량	유전력		잡종강세	
	광의	협의	Heterosis	Heterobeltiosis
엽장	0.88	0.64	124.22	124.42
생체중	0.92	-0.14	146.62	127.65
엽중	0.89	0.42	120.33	107.72
근중	0.91	-0.12	155.12	133.85
근장	0.88	-0.92	109.09	92.93
근경	0.84	0.63	118.99	116.36
경도	0.66	-0.18	94.06	82.12
건물율	0.58	-0.29	88.09	87.40
전분지수	0.47	0.24	107.85	115.30

제 5 절 참고문헌

1. Basic, A. P. Harris and B. Stone. 1988. Structure and fuction of plant cell walls, in *The Biochem. of Plant* 14:297-371.
2. Blakeny, A. and P. Harris. 1982. A simple and rapid preparation of alditol acetate for monosaccharide analysis. *Carbohydr. Res.* 113:291.
3. Brett, C. ad K. Waldron. 1996. Physiology and biochemistry of plant cell walls. *Champman & Hall*. pp:26-37.
4. Carpita, N. 1992. Measurement of uronic acids without interference from neutral sugars. *Anal. Biochem.* 54:484-489.
5. Carpita, N. and D. Gibeaut. 1993. Structural models of primary cell wall: consistency of molecular structure with the physical properties of the walls during growth. *Plant J.* 3:1-30.
6. 장지현. 1972. 한국채소재배역사. 서울농업대학논문집.
7. Cheigh, H., Park, K. 1994. Biochemical, microbiological, and nutritional aspects of kimchi(Korean fermented vegetable products). *Crit. Rev. Food sci.* 34:175-203.
8. Chitarra, A., J. Labavitch and A. Kader. 1989. Canning-induced fruit softening and cell wall pectin solubilization in the 'Patterson' apricot. *J. Food Sci.* 54:990-992.
9. 조영환, 유근창, 성진근, 전병문, 남상현, 김해동, 리왕영. 1995. 무·배추 경쟁력 있는 기술과 경영. 농민신문사.
10. Fuchigami, M. 1990. Differences between bamboo shoots and vegetables in thermal disintergration of tissue and polysaccharides fractionated by successive extract. *J. Food Sci.* 55:739-745.

11. Greve, I. 1994. Impact of heating on carrot firmness: changes in cell wall components. *J. Agric. Food Chem.* 42:2900-2906.
12. Gross, K. 1984. Fractionation and partial characterization of cell walls from normal and non-ripening mutant tomato fruit. *Physiol. Plant.* 62:25-32.
13. Gross, K. and C. Sams. 1984. Changes in cell wall neutral sugar composition during fruit ripening: a species survey. *Phytochemistry* 23:2457-2461.
14. Gross, K. and C. Wang. 1984. Compositional changes in cell wall polysaccharides from chilled and non-chilled cucumber fruit. *Phytochemistry* 23:1575-1578.
15. Harris, P., R. Henny, A. Blakery and B. Stone. 1984. An improved procedure for the methylation analysis of oligosaccharides and poly- saccharides. *Carbohydr. Res.* 127:59-73.
16. Hong, S. and S. Lee. 1995. Comparison of physicochemical characteristics among radish cultivars after storage. *J. Kor. Soc. Hort. Sci.* 36:812-817.
17. Kang, N. and J. Kim. 1999. Relationship between tissue firmness and cell wall compositions in radish root. *Acta Horticulturae* 483:95-104.
18. Kavanagh, E., D. Hockley and C. Brady. 1992. Relationship between softening and the polyuronides in ripening banana fruit. *J. Sci. Food Agric.* 60:61-68.
19. Kikuchi, A, Y. Edashige, T. Ishii, T. Fujii and S. Satoh. 1996. Variations in the structure of neutral sugar chains in the pectin polysaccharides of morphologically different carrot calli and correlations with the size of cell clusters. *Planta* 198:634-639.

20. Kim, J., M. Kim and H. Hwang. 1989. Physico-chemical change of radish cubes for Kakdugi during salting. Kor. J. Food Sci. Tech. 21:300-306.
21. Kim, W., K. Ku and H. Cho. 1988. Change in some physical properties of Kimchi during salting and fermentation. Kor. J. Food Sci. Tech. 22:483-487.
22. Lee, C. and S. Park. 1982. Studies on the texture describing terms of Korean. Kor. J. Food Sci. Tech. 14:21-29.
23. Lee, C., I. Hwang and J. Kim. 1988. Macro-and microstructure of chinese cabbage leaves and their texture measurements. Kor. J. Food Sci. Tech. 20:742-748.
24. Lee, C. and I. Hwang. 1988. Comparison of cutting and compression tests for the texture measurement of chinese cabbage leaves. Kor. J. Food Sci. Tech. 20:749-754.
25. 이미순, 정희돈. 1994. *총론채소학*. 선진문화사.
26. Marsilio, V. and B. Lanza. 1996. Olive cell wall components: physical and biochemical changes during processing. J. Sci. Food Agric. 70:35-43.
27. Muramatsu, M., T. Takahara, K. Kojima and T. Ogata. 1996. Relationship between texture and cell wall polysaccharides of fruit flesh in various species of citrus. HortScience 31:114-116.
28. Park, K. and M. Kim. 1985. Studies on the quality of radish. J. Kor. Soc. Hort. Sci. 26:226-230.
29. 표현구, 최정일, 이강희. 1992. *채소원예각론*. 향문사.
30. Ramana, S., C. Wright and A. Taylor. 1995. Measurement of firmness in carrot tissue during cooking using dynamic, static and sensory tests. J. Sci. Food Agric. 60:369-375.

31. Simandjuntak, V., D. Barrett and R. Wrolstad, 1996. Cultivar and frozen storage effects on muskmelon (*Cucumis melo*) colour, texture and cell wall polysaccharide composition. *J. Sci. Food Agric.* 71:291-296.
32. Song, J. and H. Park. 1996. Physical, functional, textural and rheological properties of foods. Woolsan university press.
33. Uemura, K, N. Ishida, S. Yoshizaki and A. Noguchi. 1995. Ohmic heating of Japanese white radish *Rhaphanus sativus* L. *Int. J. Food Sci. Tech.* 30:461-472.
34. 유근창, 이기의. 1981. 무의 추대 및 개화생리에 관한 연구. IV. 채종 방법을 달리한 무 및 배추의 추대반응. *한원지*. 22 : 73-79.
35. Yoo, M., J. Kim and Y. Pyun. 1991. Change in tissue structure and pectins of chinese cabbage during salting and heating. *Kor. J. Food Sci. Tech.* 23: 420-427.

제 3 장

무 품종별 가공 적성 및 가공 후 품질평가

제 1 절 무 가공 적성평가 및 염절임시 물성변화

1. 연구수행방법

가. 무 가공 적성평가

- 공시재료 : 협동과제에서 사용한 품종중 봄무는 백광을, 여름무는 대부령을, 가을무는 태백과 백자를 소형무는 추동과 동자를 선정하여 각 품종을 상·중·하부로 구분하여 실험에 사용하였다.

- 조직 내의 화학성분 분석 : AOAC의 분석방법에 준해 실험하였으며 모든통계처리는 3회 반복 측정 후 평균값으로 계산하였으며, SAS 프로그램을 이용하여 Duncan's multiple range test를 하였다.

1) 수분함량: 수분은 가열건조법을 이용하여 시료를 5g 취하여 90~95℃의 dryoven에 넣고 3시간, 1시간, 1시간 단위로 측정하며 항량을 환산하여 수분함량(%)으로 하였다.

2) 회분함량: 회분은 수분함량을 측정한 후의 건조물을 600℃ 회화로에서 2시간, 1시간, 1시간 단위로 측정하며 항량을 환산하여 회분함량(%)으로 하였다.

3) 조단백질 함량: 조단백질은 수분함량을 측정한 후의 건조물을 Macro-Kjeldahl장치를 이용하여 측정하였고 질소계수 6.25를 곱하여 환산한 후 조단백질 함량(%)으로 하였다.

4) 당도: 당도는 시료를 homogenizer(12,000rpm, 1min)로 분쇄한 후 여과하여 여과액을 refractometer(Atago, Japan)로 측정하였다.

- 5) pH: pH는 여액을 사용하여 pH meter(Jenco, USA)로 측정하였다.
- 6) 조직 내부 효소량 측정: 여액을 spectrophotometer(GBC, Australia)로 600nm에서 측정하였다.
- 7) 총산도: 산도는 0.1% phenolphthalein을 지시약으로 여액 10ml를 증화시키는 데 소요된 0.1N NaOH의 용량(ml)을 젯산 함량(%)으로 환산하여 표시하였다.
- 8) 당함량: 당함량은 시료를 80% ethanol과 섞어 여과한 후 centrifuge (12,000×g, 15min)하여 상층액을 Sep-Pak C₁₈로 처리하여 여과액을 농축시킨 후 HPLC(Gilson 702, France)를 이용하여 측정하였다.

나. 무 염절임시 조직의 물성변화 요인 분석

하우스봄을 선정하여 무를 2×2×2cm³ cube로 제작한 후 염 농도별 (1, 2, 3%), 염장시간별(30, 60, 120, 240, 360min)로 조직의 수분변화 및 경도를 측정 후 세포벽 성분의 함량을 조사하였다.

- 수분변화: 처리전 시료의 무게를 측정하고 각 처리후 표면수를 흡수지를 이용하여 제거하여 무게를 측정하였다.

- 경도측정: 각 처리별로 10개의 cube를 Universal Testing Instrument (Food Technology co.)를 이용하여 compressibility를 측정하였다.

- 건물중 측정 및 세포벽 추출 및 조성분석: 경도 측정을 마친 조직을 동결 건조하여 건물중을 조사한 후 80% ethanol 100ml를 첨가하여 alchole insoluble solids(AIS)를 추출한 후, 색소 및 지질을 제거 하기위해 AIS 에 chloroform/methanol(1:1, v/v) 100ml를 첨가하여 진탕한 후 추출한 잔사를 acetone 50ml로 재차 추출하고 그 잔사를 풍건한 후 측정하였다. 추출한 세포벽을 분해하여 cellulose, polyuronide 그리고 total non-cellulosic neutral sugar(TNCN)의 함량을 측정하였다.

1) Polyuronide: 세포벽 10mg을 2ml의 진한 황산에 넣고 냉각판에서 가수분해 시킨 후 상등액을 추출하여 0.4ml를 취해 40 μ l의 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 $^{\circ}$ C 에서 분해한 후, 상등액을 제거하고 남은 잔사에 1ml의 78% 황산에 넣고 가수분해 한 후 Anthron으로 발색시켜 O.D. 620nm에서 정량하였다.

3) TNCN: 세포벽 10mg을 1ml 2N Trifluoroacetic acid(TFA)에 넣고 1시간 동안 121 $^{\circ}$ C에서 분해한 후, 상등액을 취해 phenol-sulfuric acid를 이용하여 발색시켜 O.D. 425nm에서 정량하였다.

2. 연구내용

본 세부과제에서는 무조직을 이용하는 방법에 따른 조직의 물성변화와 가공 및 조리적성을 평가하기 위한 기초실험으로서 가공재료의 화학적 특성을 평가하였다.

가. 가공적성 평가

무를 가공 제품화 하는데 필요한 기초연구의 일부로서 무의 품종별·부위별 조직성분을 분석하였다. 무 가공시 염절임과 발효과정을 거치게 되고 이때 조직내의 화학성분이 변화하여 특유의 관능적 특성을 나타내게 된다. 따라서 본 연구에서는 생무의 수분함량, 회분함량, 조단백질, 당도, 세포용액의 흡광도, 총산도, pH 측정과 같은 화학성분을 조사하고 무의 품종별·부위별 유리당 함량 측정(sucrose, glucose, fructose)을 수행함으로써 무의 가공적성에 필요한 자료를 구하였다.

나. 엽절입시 무의 물성변화의 구명

세포벽 성분 중 펙틴은 중엽의 주요성분으로서 세포와 세포를 결합시켜 주며 식물 조직을 기계적으로 지지해주는 역할을 한다. 펙틴은 세포벽 내에 존재하는 칼슘, 마그네슘과 같은 이가 양이온에 의해 전기적 결합을 하고 있다. 무 엽절입시 첨가된 소금에 의해 펙틴의 전기적 결합이 붕괴되어 세포벽의 결합력이 감소하고 세포의 탈수현상을 초래해 액포의 팽압이 감소하여 조직의 물성에 변화가 생기는 것으로 알려져 있다. 따라서 본 연구에서는 무 가공시 주요 제조공정인 절입과정중 소금농도와 절입시간에 따른 조직의 물성변화를 조사하고 세포벽 성분의 변화를 조사하였다.

3. 연구결과

가. 무 가공적성 평가

1) 수분함량: 수분함량이 가장 높은 품종은 백광이었고 가장 적은 품종은 태백이었다. 부위별 수분함량의 차이는 크지 않았으나 상부위가 다른 부위와 유의적 차이를 보였다.(표1)

2) 회분함량: 백자, 대부령, 동자사이에는 유의차가 없었다. 백광과 추동무가 각각 회분함량의 최대와 최소를 나타내었다. 부위별 회분함량은 상부가 다른부위보다 적었다.(표2)

3) 조단백질 함량: 백광과 백자는 조단백질의 유의차가 없었고 나머지 품종간에는 유의차가 있었다. 조단백질 함량의 최대와 최소는 대부령과 추동이였다. 부위별로는 각각 유의적 차이를 나타내었고 하부위가 다른부위에 비하여 조단백질 함량이 적었다.(표3)

4) 당도: 동자와 추동무사이에는 당도의 유의차가 없었고, 나머지 품종 간에는 유의차가 없었다. 가을무인 태백무가 가장 당도가 높았으며, 봄무인 백광이 가장 낮았다. 한편, 부위별로는 상부가 당도가 높았다.(표4)

5) 조직의 산도: 품종간 모두 유의차가 있었으며, 약알칼리성을 띠었다. 태백무가 가장 중성이었고, 부위별로는 상부위가 중성에 가까웠다.(표5)

6) 세포용액의 흡광도: 흡광도가 가장 높은 것은 백자와 태백이었고, 동자무가 가장 낮았다. 부위별로는 하부위에서 흡광도가 낮았다.(표6)

7) 총산도: 대부분이 가장 산도가 높았다. 로 소형무인 동자와 추동이 산도가 낮았다. 부위별로는 상부위가 산도가 낮았다.(표7)

8) 조직 부위별 당함량

무조직에는 glucose와 fructose가 주요 유리당이였다.

Sucrose: 소형무인 추동과 동자무가 다른 무보다 함량이 높았으며, 봄무인 백광이 가장 낮았다. 부위별로는 하부위가 상, 중부위에 비해 함량이 적었다.

Glucose: 추동, 태백, 동자 사이에는 유의차가 없었으나, sucrose와 같이 추동무와 동자무에서 함량이 높았다. 부위별로는 유의차가 없었다.

Fructose: 추동무가 함량이 가장 높았으며, 나머지 품종간에는 유의차가 없었다. 부위 별로는 유의차가 없었다.

Table 1. Moisture content of radish roots in upper, middle, and lower sections(%).

Cultivars	Section			Mean
	Upper	Middle	Lower	
Baekkwang	93.6	94.3	94.1	94.0 ^a
Baekja	92.0	92.5	92.7	92.6 ^b
Taebaek	91.0	91.9	91.5	91.3 ^d
Daeburyoung	92.6	93.1	92.8	92.8 ^b
Dongja	91.1	92.0	92.1	91.7 ^c
Chudong	91.5	92.2	92.3	91.9 ^c
Mean	92.0 ^b	92.6 ^a	92.6 ^a	

Table 2. Ash content of radish roots(% of DW).

Cultivars	Section			Mean
	Upper	Middle	Lower	
Baekkwang	8.35	9.68	8.46	8.83 ^a
Baekja	6.52	9.14	8.72	8.13 ^b
Taebaek	5.71	8.56	8.96	7.74 ^{bc}
Daeburyoung	7.06	8.51	8.68	8.08 ^b
Dongja	6.87	8.47	8.84	8.06 ^b
Chudong	6.08	7.85	8.25	7.39 ^c
Mean	6.77 ^b	8.70 ^a	8.65 ^a	

Table 3. Crude Protein content of radish roots(% of DW).

Cultivars	Section			
	Upper	Middle	Lower	Mean
Baekkwang	13.59	6.72	5.40	8.57 ^b
Baekja	10.62	8.73	7.32	8.89 ^b
Taebaek	7.54	7.81	5.98	7.11 ^d
Daeburyoung	11.17	8.80	8.08	9.35 ^a
Dongja	8.09	8.21	-	8.15 ^c
Chudong	5.33	5.87	-	5.60 ^e
Mean	9.39 ^a	7.69 ^b	6.70 ^c	

Table 4. Sugar concentration of radish roots(Brix)

Cultivars	Section			
	Upper	Middle	Lower	Mean
Baekkwang	5.1	5.0	4.9	5.0 ^e
Baekja	6.3	6.3	5.7	6.1 ^b
Taebaek	7.0	6.8	6.1	6.6 ^a
Daeburyoung	5.9	5.9	5.6	5.8 ^c
Dongja	5.9	5.7	5.2	5.6 ^d
Chudong	5.9	5.6	5.4	5.6 ^d
Mean	6.0 ^a	5.9 ^b	5.5 ^c	

Table 5. pH of radish roots.

Cultivars	Section			
	Upper	Middle	Lower	Mean
Baekkwang	6.7	6.5	6.3	6.5 ^d
Baekja	6.8	6.5	6.5	6.6 ^b
Taebaek	6.9	6.8	6.6	6.8 ^a
Daeburyoung	6.5	6.4	6.2	6.3 ^e
Dongja	6.8	6.5	6.4	6.5 ^c
Chudong	6.7	6.5	6.3	6.5 ^{cd}
Mean	6.7 ^a	6.5 ^b	6.4 ^c	

Table 6. Absorbance of radish roots(OD 600nm).

Cultivars	Section			
	Upper	Middle	Lower	Mean
Baekkwang	0.2	0.2	0.2	0.2 ^b
Baekja	0.3	0.3	0.2	0.3 ^a
Taebaek	0.3	0.3	0.3	0.3 ^a
Daeburyoung	0.2	0.2	0.2	0.2 ^b
Dongja	0.1	0.2	0.1	0.2 ^c
Chudong	0.2	0.2	0.2	0.2 ^b
Mean	0.2 ^a	0.2 ^a	0.2 ^b	

Table 7. Total acidity of radish roots(% of lactic acid)

Cultivars	Section			Mean
	Upper	Middle	Lower	
Baekkwang	0.11	0.10	0.10	0.11 ^c
Baekja	0.11	0.12	0.13	0.12 ^b
Taebaek	0.11	0.10	0.11	0.11 ^c
Daeburyoung	0.12	0.13	0.13	0.12 ^a
Dongja	0.10	0.10	0.10	0.10 ^d
Chudong	0.10	0.10	0.10	0.10 ^e
Mean	0.11 ^a	0.11 ^a	0.11 ^a	

Table 8. Sugar content of radish roots in upper, middle, and lower sections.

Cultivars	Section ¹⁾	μ moles of g FW			
		Sucrose	Glucose	Fructose	Total
Baekkwang	U	0.9	14.6	15.5	31.0
	M	0.6	17.7	17.4	35.6
	L	0.8	15.0	16.2	32.0
	Mean	0.7 ^e	15.8 ^c	16.4 ^b	
Baekja	U	1.2	24.4	17.3	42.9
	M	2.0	22.5	18.6	43.1
	L	0.7	24.2	13.1	38.0
	Mean	1.3 ^c	23.7 ^{ab}	16.3 ^b	
Taebaek	U	1.2	25.9	23.1	50.2
	M	1.3	28.1	17.7	47.1
	L	1.0	25.2	16.8	43.1
	Mean	1.2 ^c	26.4 ^a	19.2 ^b	
Daeburyoung	U	1.1	20.2	18.6	39.8
	M	0.8	20.7	20.3	41.8
	L	0.6	19.4	17.1	37.1
	Mean	0.8 ^{de}	20.1 ^b	18.6 ^b	
Dongja	U	2.6	24.2	21.9	48.7
	M	1.9	22.1	17.4	41.4
	L	1.9	27.7	17.9	47.5
	Mean	2.1 ^b	24.7 ^a	19.1 ^b	
Choodong	U	2.7	20.9	19.6	43.2
	M	3.0	31.4	26.9	61.3
	L	2.5	29.5	22.8	54.8
	Mean	2.7 ^a	27.3 ^a	23.1 ^a	

¹⁾ U: upper section
M: middle section
L: lower section

나. 염절임시 무의 물성변화의 구명

무 cube를 1, 2, 3%의 소금용액에 염절임 하면서 수분함량을 조사한 결과 생무의 경우를 100%로 가정하고 30분후에는 각각 96.2, 89.4, 87.0%로 급격히 감소되어 소금용액의 농도가 높을수록 탈수량은 많았다. 또한 6시간 후에는 함량이 각각 95.8, 76.4, 72.1%로 감소되었다. 6시간 염절임동안 수분감소량은 30분사이에 가장 많았고 그 감소량은 시간이 지나며 줄어들었다(그림 1).

무 cube를 Instron을 이용하여 compression test를 한 결과 무 cube의 경도는 생무의 경우에는 $610.1(N/m^2 \times 10^3)$ 이었고, 수분감소가 급격하였던 1시간까지의 각 염농도별 무 cube의 경도는 570.0, 529.3, 513.0($N/m^2 \times 10^3$)으로 감소하였으며 높은 염농도에서의 무 cube의 경도가 현저히 감소하였다. 그러나 1시간이후에는 서서히 증가하여 6시간후에는 경도가 각각 627.8, 612.4, 591.5($N/m^2 \times 10^3$)을 나타내었다. 이것은 1시간까지는 소금용액의 높은 삼투압에 의하여 무 cube 세포내부의 수분이 탈수되고 세포전체가 쪼그러지며 견고성이 감소하는 것으로 생각된다(그림 2).

염장 시간의 경과에 따라 세포벽 성분 중 cellulose는 시간이 지날수록 양이 증가하였으며 polyuronide는 시간이 지날수록 양이 감소하였고 neutral sugar는 시간이 지날수록 양이 증가하는 경향을 보였다.

Table 1. Composition of sugar contents in cell wall of radish(Housebom) root.

Treatment		Sugar Content in C.W(%)		
		Cellulose	Uronide	Neutral sugar
Fresh radish		20.36	53.13	12.13
0.5hr	1%	18.40	45.83	7.01
	2%	26.99	42.10	11.46
	3%	23.89	45.55	15.59
1hr	1%	26.42	34.60	10.27
	2%	30.74	51.60	12.20
	3%	25.98	32.76	13.77
2hr	1%	25.40	46.20	10.85
	2%	23.07	45.87	9.42
	3%	28.22	34.57	15.48
4hr	1%	25.01	45.17	16.17
	2%	28.72	37.00	15.63
	3%	26.89	39.19	14.21
6hr	1%	26.11	38.40	15.22
	2%	25.72	48.55	15.69
	3%	26.36	47.67	16.53

* D.M.C : Dry Matter Contents

* C.W.C : Cell Wall Contents

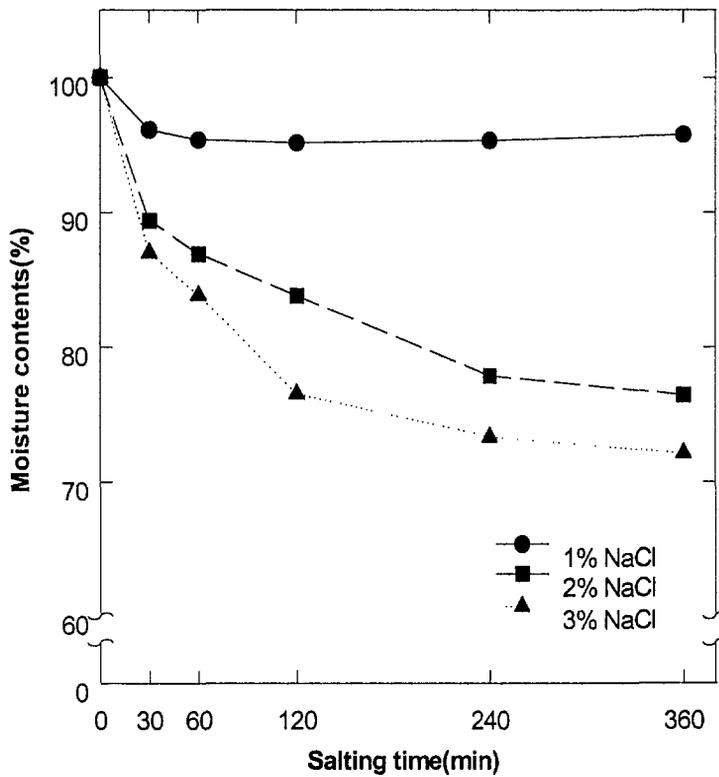


Fig. 1. Changes in moisture contents of radish cubes during salting at various salinity. Data was obtained from 10 replicas.

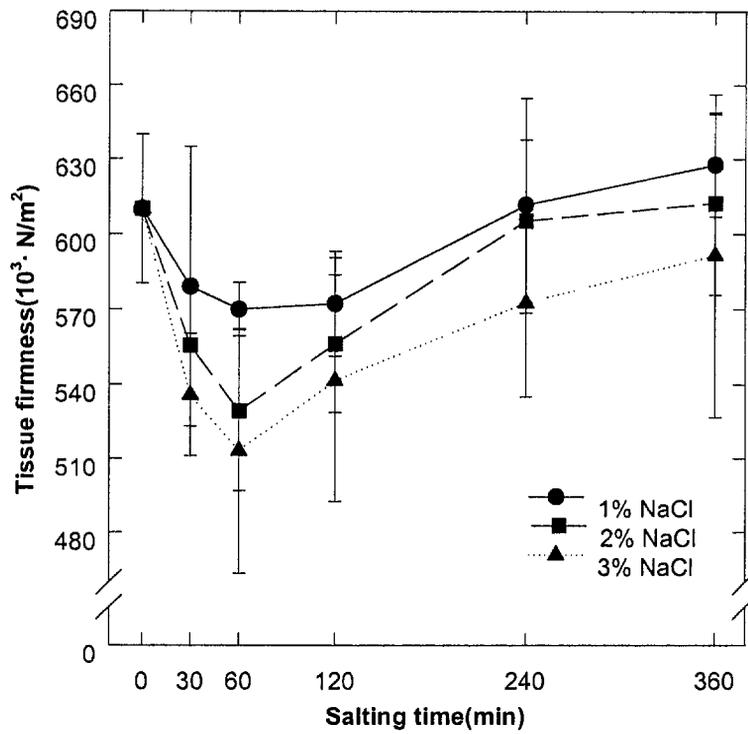


Fig. 2. Changes in tissue firmness of radish cubes during salting at various salinity. Data was obtained from 10 replicas.

제 2 절 품종별 가공적성의 비교

1. 연구수행방법

가. 품종별 가공적성의 비교

1) 공시재료 : 붉무 - 하우스붉, 백광, 여름무 - 대부령,
가을무 - 백자, 청운, 태백, 소형무 - 동자, 추동, 교배조합 - 96371

2) 염절입시 무 cube의 변화

본 실험에 사용된 시료는 제작한 무 절단기로 $2 \times 2 \times 2 \text{cm}^3$ 크기의 cube 형태로 절단하여 사용하였고 소금은 한주소금(주)에서 생산한 정제염을 사용하였다.

경도측정의 경우 compression test에 의하여 compressibility를 측정하였고 각 시료의 수는 10개씩 반복 측정하였다.

가) 하우스붉의 부위별 경도측정

하우스붉은 상, 중, 하 부위로 절단하여 cube를 만들고 2%(w/v) 농도의 소금용액에 담그어 10°C 로 유지하면서 texture meter로 6일까지 경도를 부위별로 비교 측정하였다.

나) 품종별 무의 경도측정

백광, 대부령, 백자, 청운, 태백, 추동 그리고 동자 7품종의 중 부위만을 cube 형태로 만들고 5%(w/v) 농도의 소금용액에 담그어 20°C 상온에서 보관하며 6시간까지 texture meter로 경도를 측정하였다.

3) 품종별 깎두기 저장시 무 cube의 변화 측정

가) 깎두기의 제조

백광, 대부령, 백자, 청운, 태백, 추동 그리고 동자 7품종의 무를 씻은 후 상과 하 부위를 제거하고 중부위에서만 $2 \times 2 \times 2 \text{cm}^3$ 의 크기로 cube를

제조하였다. 이것을 김장용 비닐 2장을 포개 넣은 20ℓ 플라스틱 통에 품종별로 분리한 후 무 300g에 대하여 고춧가루 8g, 파 10g, 마늘 6g, 생강 2g, 증류수 50ml와 무 무게의 2%의 소금을 넣고 골고루 섞었다⁽¹⁴⁾. 혼합이 끝난 후 비닐을 밀봉하여 통의 뚜껑을 닫고 가정용 냉장고의 일반 온도인 4℃에서 42일간 숙성시키며 검사시마다 각 시료당 10개씩 채취하여 사용하였다.

나) 짝두기 무 cube의 경도측정

4℃ 저온고에서 보관중인 무 시료를 품종별로 채취하여 염 절임시의 경도측정과 같은 방법으로 경도를 측정하였다.

다) pH와 총산도

경도측정이 끝난 후 품종별로 무 시료의 무게를 조사한 후 분쇄기에 넣고 증류수를 1:1(v/w) 비율로 넣고 1분, 1분간 마쇄한 후 흡인 여과하였다.

pH는 위의 여과액을 pH meter로 측정하였고 산도는 AOAC⁽¹⁵⁾ 방법에 의하여 0.1% phenolphthalein 지시약을 사용하여 여과액 10ml를 중화시키는 데 소요된 0.1N NaOH 용액의 용량을 젖산함량(%)으로 표시하였다.

라) 관능검사

훈련된 식품공학과 대학원생 10명이 9점척도법을 사용하여 7품종별 짝두기의 firmness, brittleness, chewiness 그리고 기호도를 평가하였다.

검사는 관능검사실에서 실행하였으며 검사물은 플라스틱 접시위에 먼저 세 품종을 control과 함께 제시하여 평가하고 다음에 네 품종을 다시 제시하여 두 번에 걸쳐 평가하였다. Texture 평가와 기호도 평가는 따로 평가하였다. 검사 시료의 개수는 각 1개씩이었고 control은 대부령 원료를 사용하였으며 5점을 기준점수로 정하였다. 입가심용으로 생수를 제공하였다.

Firmness와 brittleness의 평가는 어금니로 한번만 씹은 후 힘의 정도와 아삭아삭한 정도를 control과 비교하여 측정하도록 하였고 chewiness

는 어금니로 연속적으로 씹으며 삼킬 수 있을 정도가 되었을 때까지의 질감의 정도를 평가하였다. 마지막으로 기호도는 일반 깎두기와 비교하여 맛이 아닌 입안에서의 전체적인 texture에 대하여 평가하였다.

4) 근의 부위별 깎두기 저장중 변화 측정

태백무를 상부, 중부, 하부로 나누어 상기와 동일한 방법으로 깎두기를 제조한 다음, 화학성, 물리성 관은 평가를 실시하였다.

5) 태백과 96371 품종별 깎두기 저장중 변화 측정

전술한 바와 같은 방법으로 깎두기를 제조하여 저장하면서 품질의 변화를 측정하였다.

2. 연구내용 및 결과

가. 무 품종별 가공적성 평가

1) 염절임시 하우스봄의 부위별 경도

하우스봄의 상, 중, 하 부위를 가지고 실험한 결과는 Fig. 1에서 보듯이 세 부위 모두 6시간까지는 경도의 값이 각각 486, 475, 462 N/m²($\times 10^3$)까지 상승하였고 12시간까지는 455, 450, 421 N/m²($\times 10^3$)으로 감소한 후 상승을 하였다. 48시간 이후 144시간까지는 감소경향을 나타내었지만 484, 440, 445 N/m²($\times 10^3$)으로 생무의 경도보다는 높은 값을 유지하였고 전체적으로 상 부위가 다른 두 부위보다 높은 경도를 유지하였다.

2) 염절임시(가공중) 품종별 무의 경도

이 실험은 깎두기를 가공하여 저장까지는 어느정도의 시간이 걸리는데 이때의 조건을 생각하여 5%의 염용액에 20℃ 상온의 조건에서 실험하였다.

5%의 염용액 농도는 깎두기 가공시에는 염용액에 침지하는 것이 아니고 소금에 버무리는 것이기 때문에 깎두기 가공시보다는 염농도를 낮게 하였다. 온도는 가공시 조건을 상온으로 생각하여 20℃로 설정하였고 염의 침투가 짧은 시간안에 빠르게 진행되므로 측정시간도 초기에는 30분, 1시간 단위로 하였다.

7품종별로 6시간까지의 경도를 측정한 결과는 Fig. 2에서 보듯이 가장 높은 경도를 유지한 품종은 태백이었고 가을무와 소형무가 여름무와 봄무보다 상대적으로 높은 경도에서 시작되었으며 모든 품종이 0~60분 사이에서 감소를 나타내고 2시간 이후부터 6시간까지는 서서히 증가함을 나타내었다. 가을무인 태백의 경우 30분에 $875.25\text{N/m}^2(\times 10^3)$ 에서 $713.35\text{N/m}^2(\times 10^3)$ 으로 약 $160\text{N/m}^2(\times 10^3)$ 정도가 감소하였고 봄무인 백광의 경우는 초기 $508.96\text{N/m}^2(\times 10^3)$ 에서 60분에 $392.74\text{N/m}^2(\times 10^3)$ 으로 약 $110\text{N/m}^2(\times 10^3)$ 정도가 감소하여 가을무와 소형무의 경우 봄무에 비하여 30분안에 경도감소가 급격했고 이후 상승폭도 봄무보다 컸다. 앞의 하우스봄의 경도를 측정한 것을 보았을 때 6시간 이후에도 경도의 증가추세는 계속될 것으로 생각된다.

3) 깎두기 무 cube의 경도

품종별 제조한 깎두기를 4℃에서 42일간 저장하면서 경도의 변화를 측정한 결과는 Fig. 3에 나타 낸 바와 같다. 깎두기를 제조하고 처음 저장할 때(깎두기 가공 후 약 30~60분사이)에 상당히 낮게 떨어진 경도가 2일 사이에 급격한 상승치를 나타내었다(Fig. 3). 태백의 경우 생무의 경도가 $875.25\text{N/m}^2(\times 10^3)$ 이었고 저장 0일째에 $673.27\text{N/m}^2(\times 10^3)$ 으로 급격히 감소한 후 2일째에 $973.84\text{N/m}^2(\times 10^3)$ 으로 다시 생무보다 높게 상승하였다. 반면 봄무인 백광이 경우 생무의 경도가 $503.96\text{N/m}^2(\times 10^3)$ 이었고 0일째에 $463.27\text{N/m}^2(\times 10^3)$ 으로 감소한 후 2일째에 $605.14\text{N/m}^2(\times 10^3)$ 으로 다시 상승하였으나 변화 폭이 가을무와 소형무에 비하여 적었다. 24일이 경과

한 후에는 전 품종에 걸쳐 경도의 변화가 거의 없었으며 생무의 경도와 비슷하거나 조금 높은 경향을 보였고 봄무인 백광의 경우는 $504.95\text{N}/\text{m}^2 (\times 10^3)$ 으로 생무와 거의 같은 수치를 보였다. 전체적으로 품종별로는 염절임 시와 마찬가지로 태백이 $680\sim 1070\text{N}/\text{m}^2 (\times 10^3)$ 으로 가장 높았고 봄무인 백광이 $460\sim 619\text{N}/\text{m}^2 (\times 10^3)$ 정도로 가장 낮았으며 다른 품종은 $550\sim 860\text{N}/\text{m}^2 (\times 10^3)$ 수준으로 뚜렷한 차이는 없었다.

4) pH와 총산도

품종별 무로 깎두기를 담그었을 때의 pH와 산도의 변화는 Fig. 4와 같다. 깎두기가 저장되는 동안에 일어나는 가장 큰 변화는 젖산균에 의해서 각종 유기산이 생성되어 pH는 저하되고 산도가 증가되는 것인데 처음 pH가 봄무와 여름무에서 각각 5.96, 5.90으로 가을무와 소형무의 6.25~ 6.32에 비하여 낮았다. 그러나 젖산균이 활동하기 시작한 8일 이후에는 시간이 지날수록 가을무와 소형무의 pH 저하가 더 현저해져서 16일째에는 백광의 경우 4.53이었지만, 태백과 동자의 경우 4.47과 4.44를 나타내었다.

이것은 당함량에서 보듯이 젖산균이 당성분을 분해하여 젖산발효를 일으킨다는 것으로 당함량이 높은 가을무와 소형무에서 발효가 왕성하였고 이것이 pH의 저하를 봄무보다 더 빠르게 가져온 듯 하다.

마찬가지로 산도도 pH의 저하가 클수록 그 증가가 컸는데 숙성에 관여하는 대부분의 미생물이 젖산균이었기 때문으로 생각된다.

모든 품종이 8~16일 사이에 급격한 pH와 산도의 변화를 보였고 28일 이후에는 변화의 정도가 미비했다. 아마도 당성분이 고갈되어 젖산균의 증식이 둔화된 것으로 보인다. 우리의 식성으로 가장 맛이 좋을 때 젖산함량은 0.4~0.75% 범위이고 특히 0.5% 부근이 좋다는 연구결과와 완숙기의 pH는 4.2, 젖산의 함량은 0.6%라고 하는 연구결과만을 보았을 때 pH가 4.2정도이고 젖산함량이 0.5~0.6% 사이는 24~28일 사이였다.

5) 관능검사

관능검사는 pH가 4.2 부근이고 젖산함량이 0.5~0.6% 사이인 24일치에 측정하였고 그 결과는 Table 1과 같다.

Firmness는 태백이 6.5로 3.9를 나타낸 백광과 큰 차이가 났고 대체적으로 소형무와 가을무가 봄무와 여름무 보다 높은 점수를 보여서 texture meter로 측정한 결과와 비슷한 경향을 나타내었다. 품종간 유의차를 보면 대부령, 백자, 청운 사이에서는 유의차가 없었으며 소형무 사이에서도 유의차가 없었다. Brittleness는 태백이 5.4로 높았고 백광과 대부령이 4.4로 낮았으며 품종간 유의차는 없었다. 태백과 소형무를 제외한 나머지 품종이 생무에 비하여 점수가 낮은 것은 깎두기 저장중 수분이 감소하면서 다즙성이 감소하여 나타난 결과라고 생각된다. Chewiness는 어금니를 연속적으로 씹은 후 삼키기 좋을 때의 경우인데 질긴 정도로 표현할 수 있다. 청운은 가장 높은 6.3을 태백과 동자는 5.9를 나타내어 가을무와 소형무가 높음을 나타내었다. 이 경우 특별한 경향은 없었지만 control과 비교하여 대부분의 품종에서 질김성이 증가함을 보였다.

위의 검사와는 별도로 기호도를 조사하였는데 기호도는 맛이 아닌 입안에서 씹었을 때의 전체적인 느낌으로써 전체적으로 firmness가 높고 chewiness도 높은 품종이 높은 점수를 얻었는데 태백과 동자가 5.8로 가장 기호도가 좋았고 청운이 그 다음이었다. 봄무인 백광과 소형무인 추동은 각각 4.5와 4.1을 나타내어 기호도가 좋지 않았다.

6) 태백과 96371 깎두기 저장중의 경도의 변화

태백의 상, 중, 하 부위를 가지고 깎두기를 제조하여 경도를 측정한 결과는 Fig. 5에서 보듯이 세 부위 모두 3일까지는 경도의 값이 각각 840, 790, 717 $N/m^2(\times 10^3)$ 까지 상승하였고 21일에는 721, 564, 631 $N/m^2(\times 10^3)$ 으로 감소하였다. 역시 이번 실험에서도 경도는 상, 중, 하 부위순으로 높았다.

96371 품종은 3일까지는 태백과 마찬가지로 경도가 $763 \text{ N/m}^2 (\times 10^3)$ 까지 상승하였고 21일에는 $585 \text{ N/m}^2 (\times 10^3)$ 으로 감소하며 태백과 비슷한 경향을 보였다.

전체적으로 지난번 실험에 비하여 경도가 낮은 것은 시료로 사용된 무가 약 2개월 정도 저장되었었기 때문이라고 생각된다.

태백의 상, 중, 하 부위를 가지고 실험한 결과와 96371의 pH와 총산도 측정 결과는 Fig. 6에서 보듯이 14~21일 사이에 급격한 pH와 산도의 변화가 있었으며, 하부위가 다른 두 부위에 비하여 pH는 낮고 산도는 높았다. 96371 품종은 경도에서처럼 태백의 중부위와 비슷한 경향을 보였다.

7) 태백과 96371무의 가공적성 비교

이상의 결과에서 태백의 부위별 차이는 있었으며 가공시 각 부위의 특성을 이용하는 것도 고려해 볼 방법이라고 사료된다. 또한 두 품종간의 가공적성에서 태백과 비슷한 경향을 보인 96371도 깎두기 가공시 태백과 함께 다른 품종보다 선호도가 좋을 것으로 판단된다.

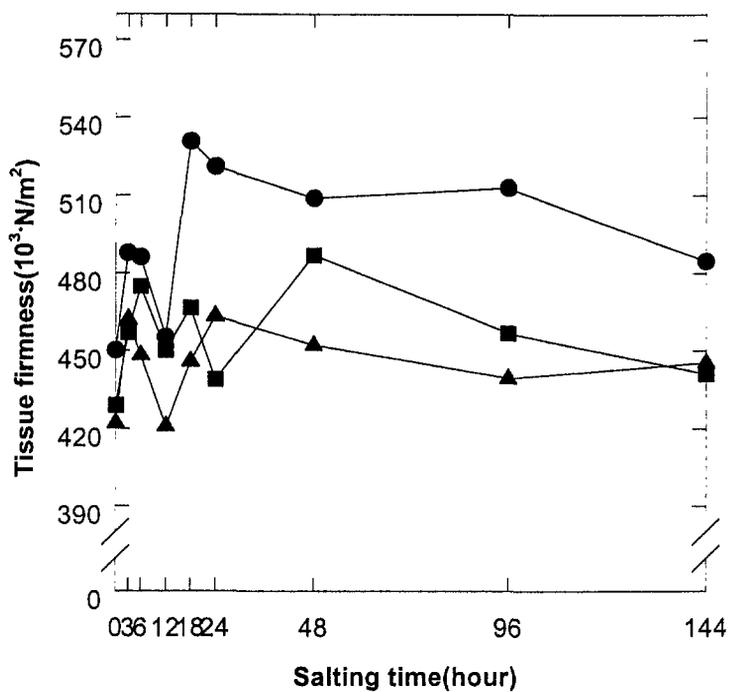


Fig. 1. Changes in firmness of Housebom sections during salting at 2% NaCl solution for 6 days(10°C).

- : Upper section
- : Middle section
- ▲— : Lower section

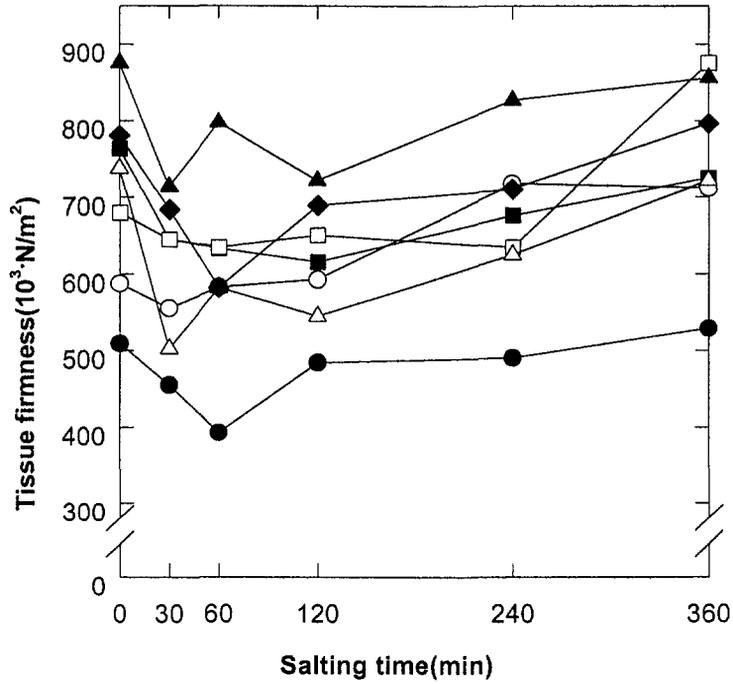


Fig. 2. Changes in firmness of middle sections of radish roots during salting at 5% NaCl solution for 6 hours(20°C).

- : Baekkwang
- : Baekja
- ▲- : Taebaek
- ◆- : Dongja
- : Daeburyoung
- : Chungwoon
- △- : Chudong

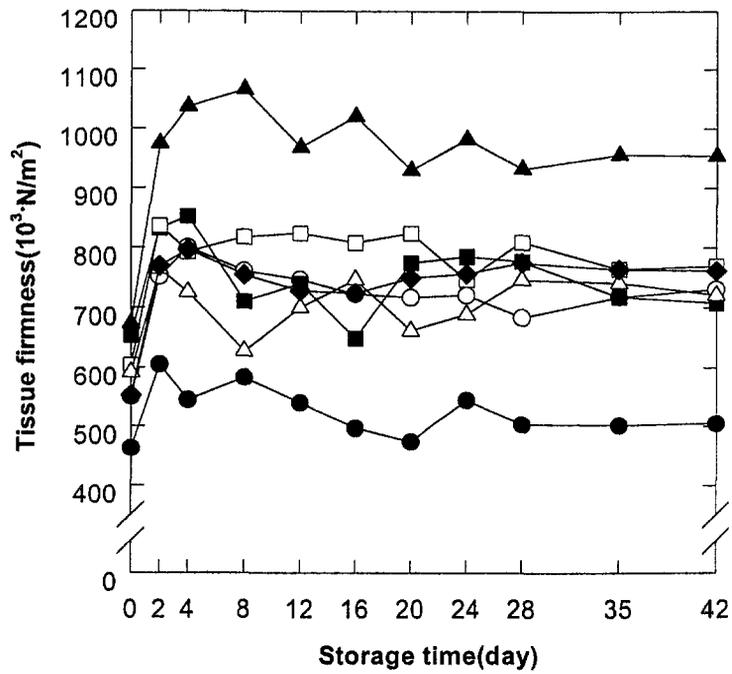


Fig. 3. Changes in firmness of *Kakdugi* of radish roots during storage at 4°C for 42days.

- : Baekkwang
- : Baekja
- ▲ : Taebaek
- ◆ : Dongja
- : Daeburyoung
- : Chungwoon
- △ : Chudong

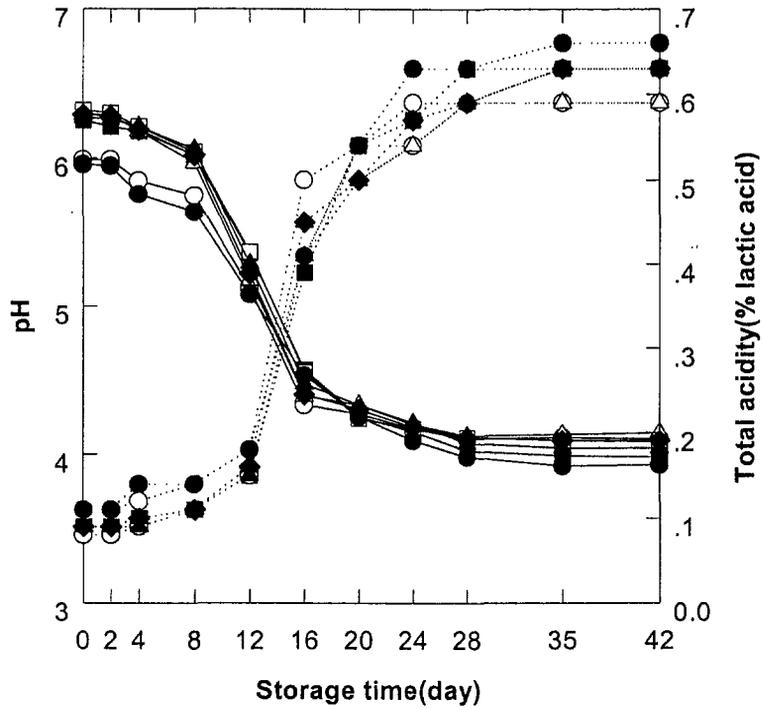


Fig. 4. Changes in pH and total acidity of *Kakdugi* of radish roots during storage at 4°C for 42days.

- : Baekkwang
- : Baekja
- ▲- : Taebaek
- ◆- : Dongja
- : Daeburyoung
- : Chungwoon
- △- : Chudong

Table 1. Sensory evaluation* of *Kakdugi* prepared with radish roots of cultivars stored at 4°C for 24 days.

Cultivars	Firmness	Brittleness	Chewiness	Acceptance
Baekkwang	3.9 ^c	4.4	5.6 ^{ab}	4.5 ^{bc}
Daeburyung	5.0 ^d	4.4	5.8 ^{ab}	5.4 ^{ab}
Baekja	5.1 ^d	4.6	4.9 ^b	5.1 ^{abc}
Chungwoon	5.3 ^d	4.8	6.3 ^a	5.7 ^a
Taebaek	6.5 ^a	5.4	5.9 ^{ab}	5.8 ^a
Chudong	5.7 ^{ab}	5.0	5.5 ^{ab}	4.1 ^c
Dongja	5.8 ^{ab}	5.1	5.9 ^{ab}	5.8 ^a

*Sensory test(very good, 9 : acceptable, 5 : very poor, 1) by 10 persons, and points were expressed as mean.

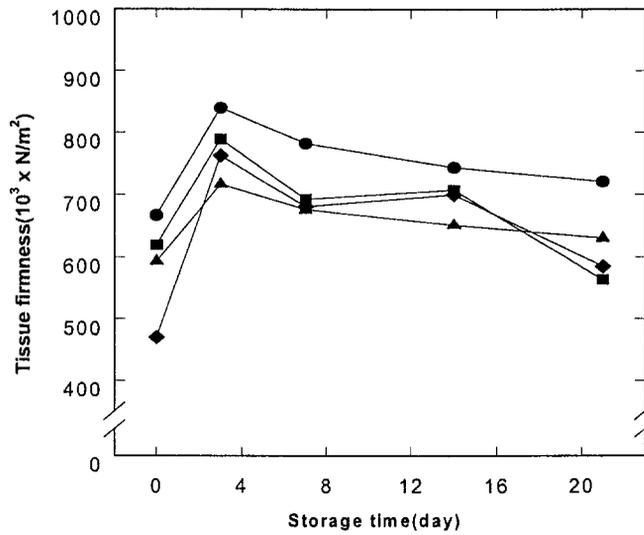


Fig. 5. Changes in firmness of *Kakdugi* of radish roots during storage at 4°C for 21days.

- : Taebaek(upper section)
- : Taebaek(middle section)
- ▲- : Taebaek(lower section)
- ◆- : 96371

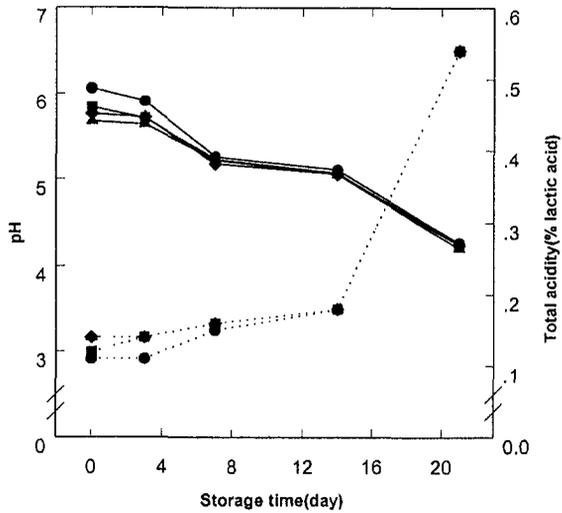


Fig. 6. Changes in pH and total acidity of *Kakdugi* radish roots during storage at 4°C for 21days.

- : Taebaek(upper section)
- : Taebaek(middle section)
- ▲- : Taebaek(lower section)
- ◆- : 96371

제 3 절 무 품종별 동치미 가공시의 품질변화

본 연구는 무의 품종과 부위별 일반성분과 당 함량, 경도 등의 특성을 측정하고, 동치미를 제조하였을 때 저장 중의 pH, 총 산도의 변화와 경도 그리고 관능적 검사를 조사하였다.

1. 품종별·부위별 생무의 이화학적·물리적 특성 측정

가. 재료 및 방법

1) 재료

본 실험에 사용된 무는 봄무로 관동, 백봉, 96371의 3품종이었다.

2) 방법

실험에 사용한 무는 품종별로 상, 중, 하 세부위로 구분하여 수분함량, 회분함량, 당도 및 pH와 총산도를 측정하였다.

나. 결과

1) 수분함량

품종별, 부위별 무의 수분함량은 Fig. 1과 같다. 수분함량은 백봉이 94.6%로 가장 높았고, 96371이 93.9%로 가장 낮았다. 부위별로는 별 차이를 나타내지 않았다.

2) 회분함량

회분함량은 Fig. 2와 같이 96371이 11.03%로 다른 품종에 비해 높게 나타났다. 부위별로는 하 부위가 상, 중 부위에 비해 많았고 상, 중 부위간에는 별 차이가 없었다.

3) 당도

당도는 Fig. 3과 같이 96371이 4.5 °brix로 가장 높았다. 관동이 4.0 °brix로 가장 낮은 수치를 보였다. 부위별로는 상, 중 부위에 비해 하 부위가 높았다.

4) pH

pH는 Fig. 4와 같이 차이가 없이 5.7~5.8의 값을 나타냈고, 부위별로는 상 부위가 다른 부위에 비해 중성쪽에 가까웠다.

5) 총산도

무의 총산도는 Fig. 5와 같다. 산도는 품종별로 큰 차이가 없이 0.10~0.11% 였고, 상 부위가 다른 부위에 비해 낮은 값을 나타냈다.

6) 경도

3품종의 품종별, 부위별 경도의 차이는 Fig. 6과 같다. 관동은 경도가 $109.86 \text{ N/m}^2 (\times 10^3)$ 로 다른 품종에 비해 낮았다. 부위별로는 상이 가장 높았고, 중, 하부의 순서였다.

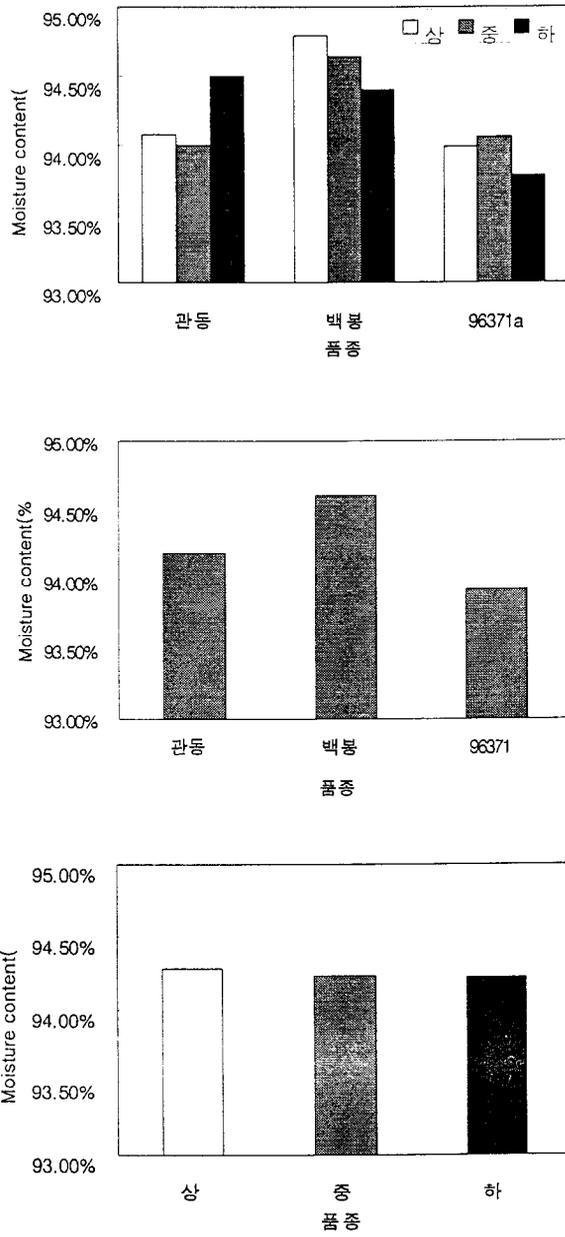


Fig 1. 무 품종별 · 부위별 수분함량

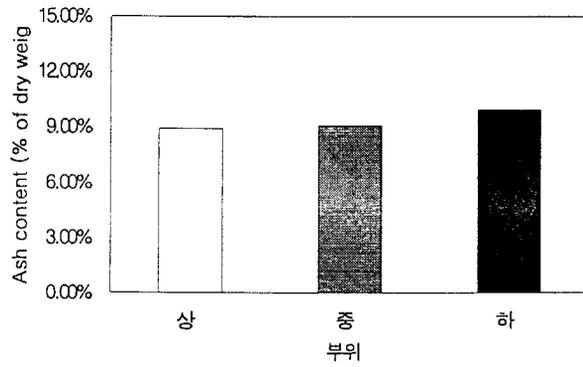
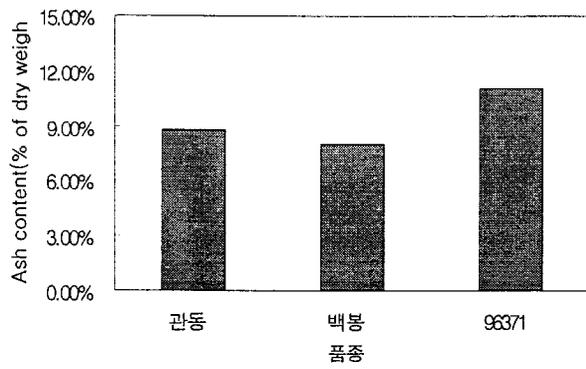
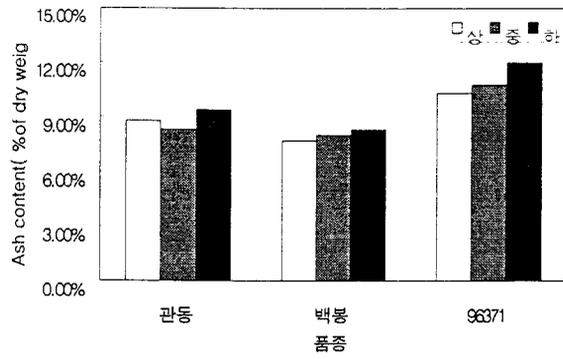


Fig. 2 무 품종별 · 부위별 회분함량

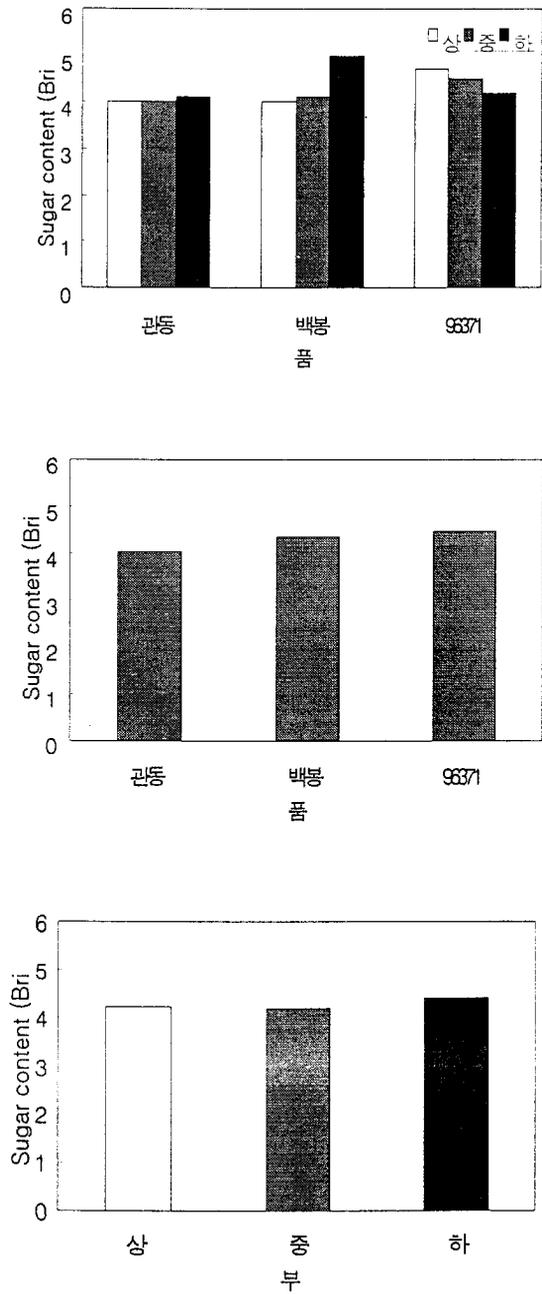


Fig. 3 무 품종별·부위별 당도

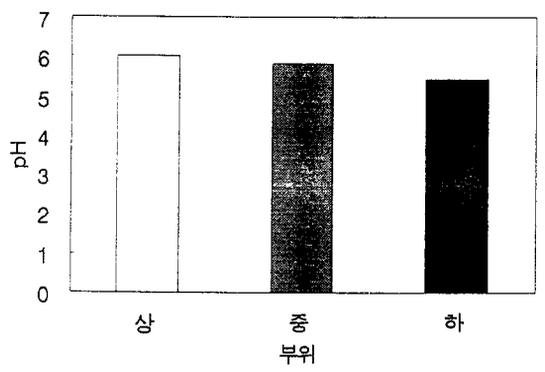
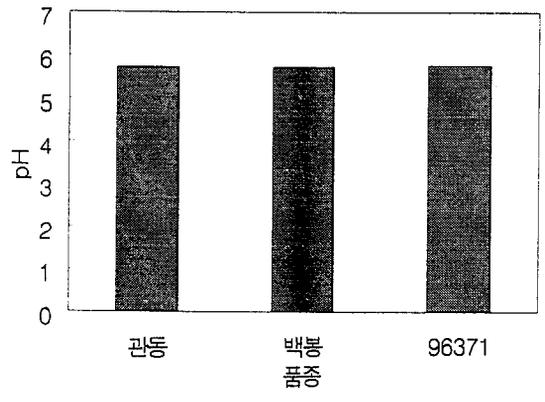
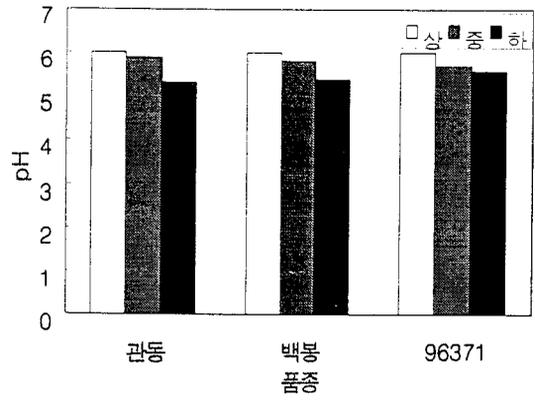


Fig. 4 무 품종별 · 부위별 pH

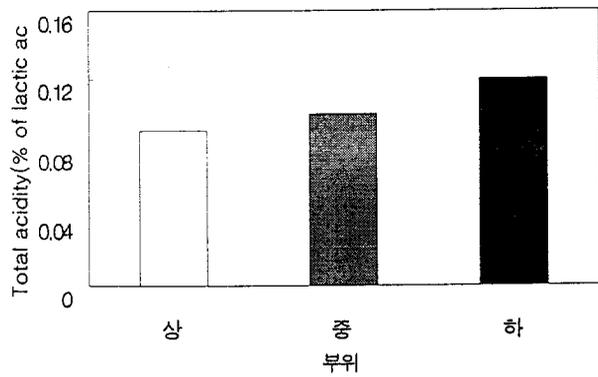
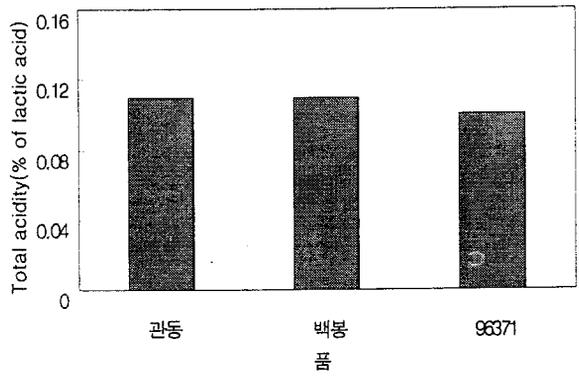
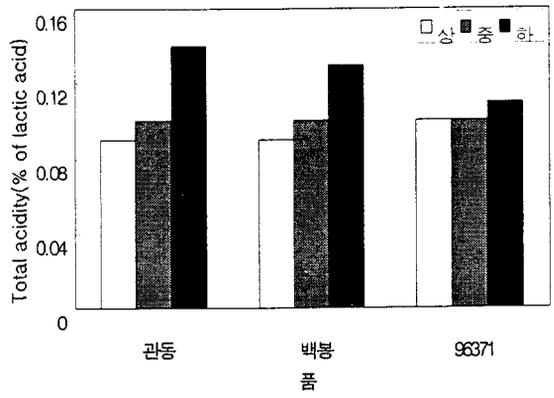


Fig. 5 무 품종별·부위별 총산도

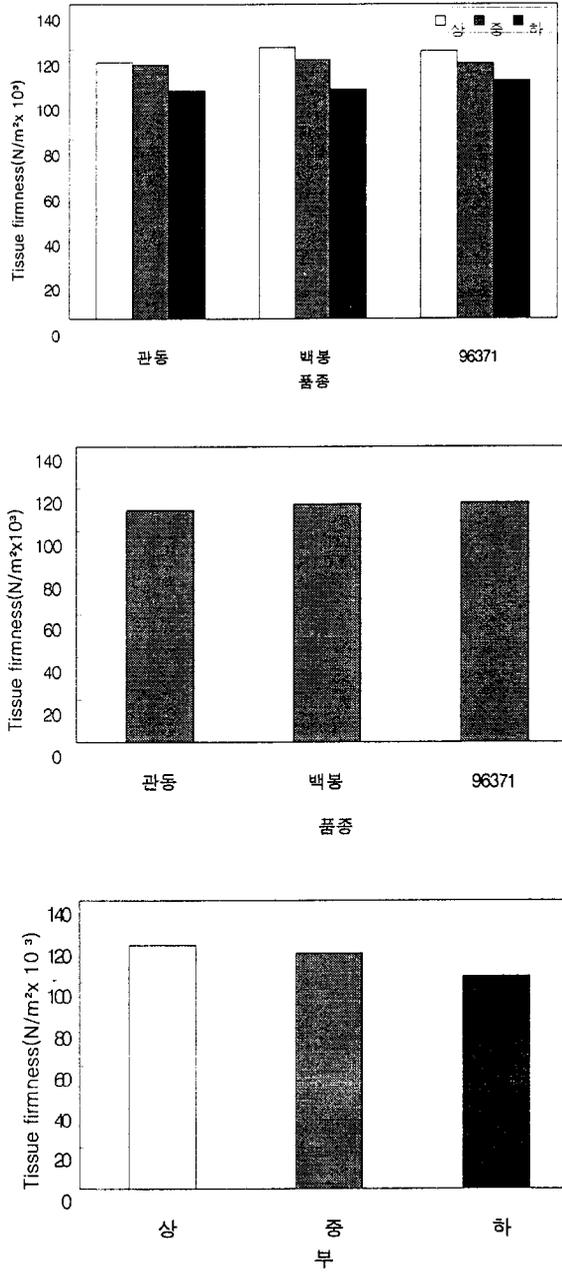


Fig. 6 무 품종별·부위별 경도

2. 무 품종별 무말랭이 제조실험

가. 재료

본 실험에 사용한 무는 여름무인 관동, 백봉, 96371로서 충남 조치원에 위치한 홍농종묘종연구소에서 수확한 것을 사용하였다. 시중제품은 안성 농협과 안성시장에서 구입한 무말랭이를 가지고 실험을 하였다.

나. 실험방법

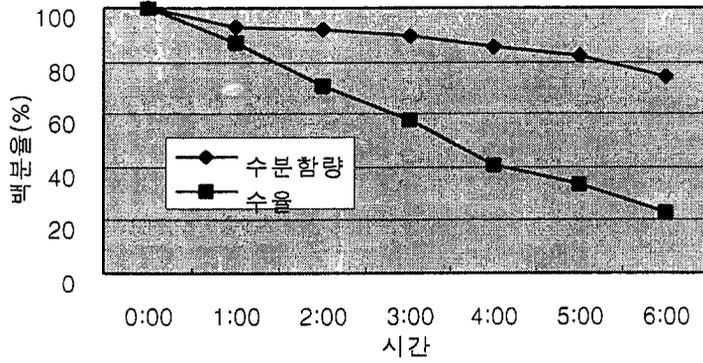
시중에 나와 있는 제품을 가열건조법으로의 수분함량(%)을 측정하고, 약 3g을 취하여 물에 침지시켜 매 10분마다 총 1시간 30분에 걸쳐 보습력을 측정하였다.

3품종의 무를 길이 1cm×1cm×7cm로 세절하여 50℃, 60℃, 70℃, 80℃, 90℃에서 열풍건조기로 건조를 하여 1시간 간격으로 측정하였고, 총 6시간에 걸쳐 수분함량(%)을 측정하였다.

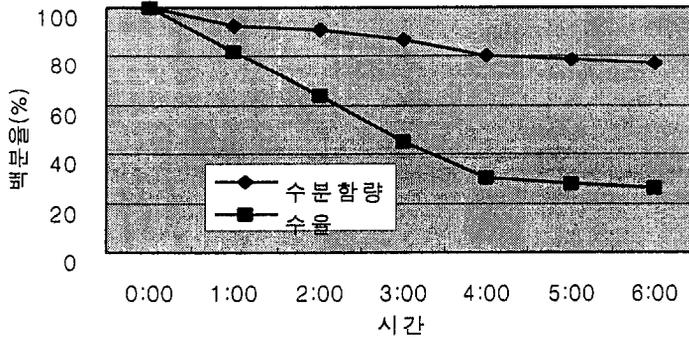
다. 결과

3품종의 무를 건조시킨 후의 수분함량 및 수율의 결과는 다음의 그림과 같다.

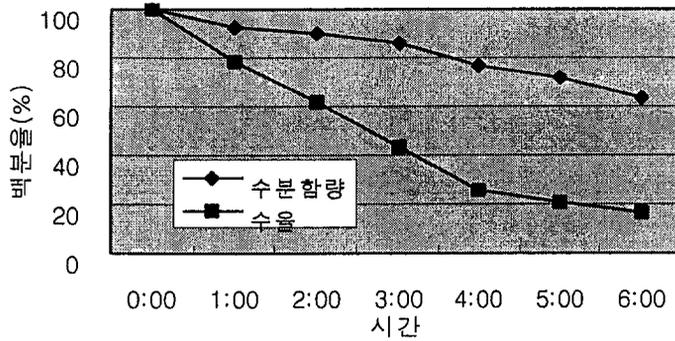
50°C에의 관동의 수분함량 변화



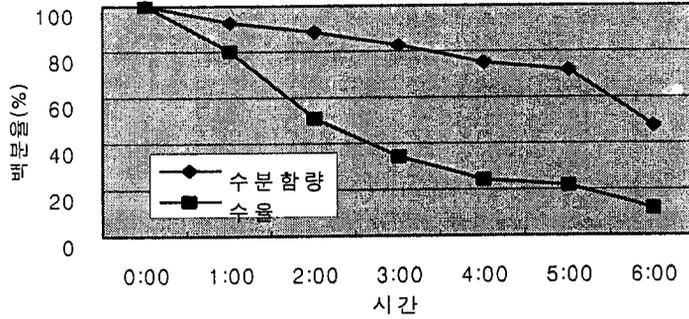
50°C에서의 백봉의 수분함량 변화



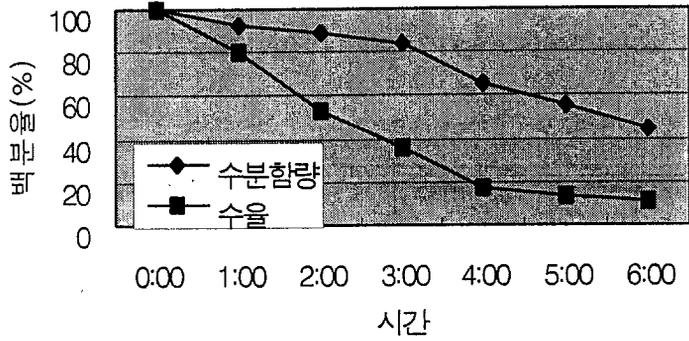
50°C에서의 96371의 수분함량 변화



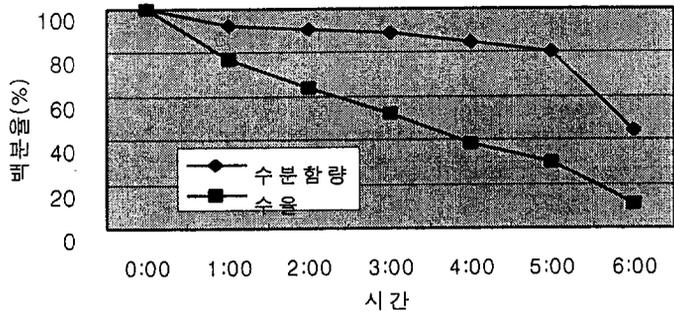
60°C에서의 관동의 수분함량 변화



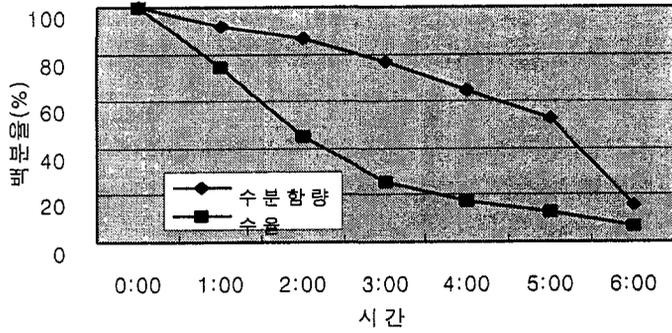
60°C에서의 백봉의 수분함량의 변화



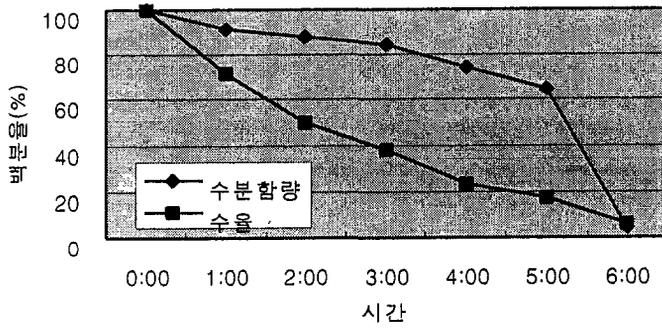
60°C에서의 96371의 수분함량의 변화



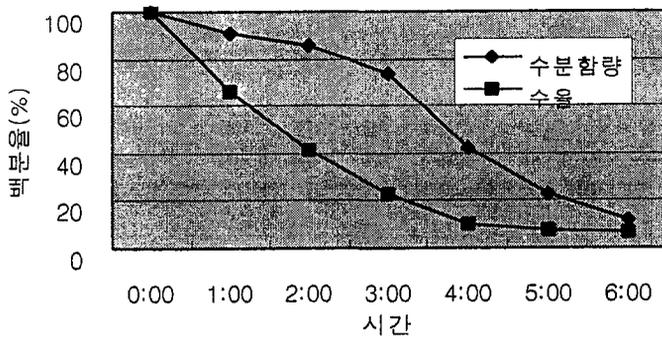
70℃에서의 관동의 수분함량의 변화



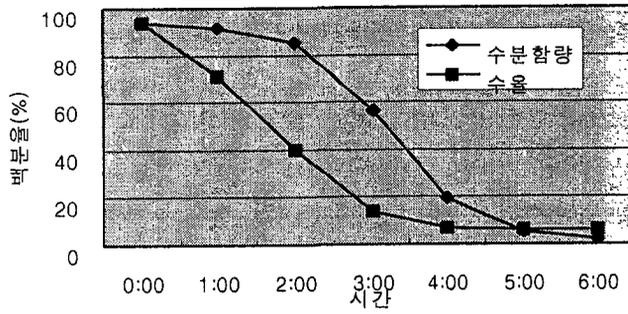
70℃에서의 백봉의 수분함량의 변화



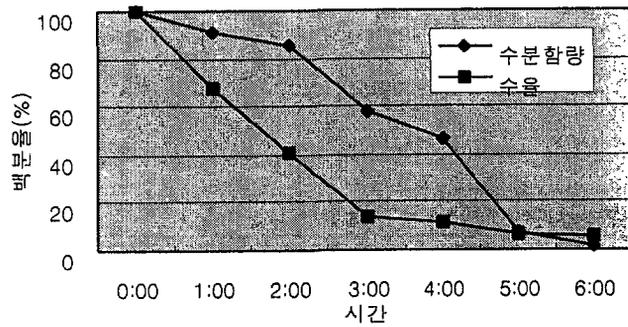
70℃에서의 96371의 수분함량의 변화



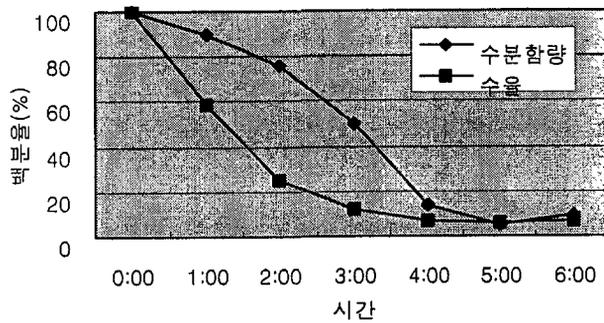
80°C에서의 관동의 수분함량의 변화



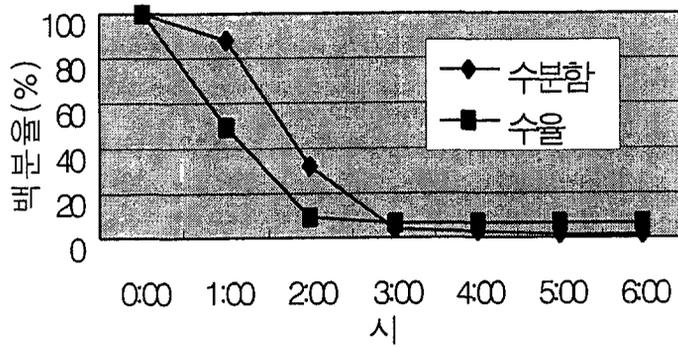
80°C에서의 백봉의 수분함량의 변화



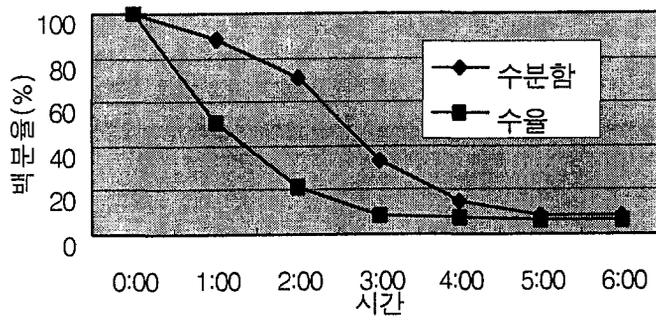
80°C에서의 96371의 수분함량의 변화



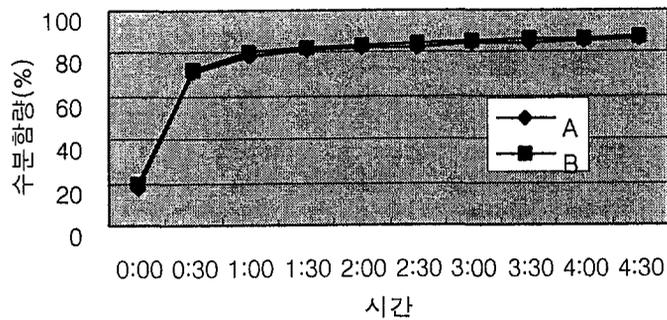
90°C에서의 96371의 수분함량의 변



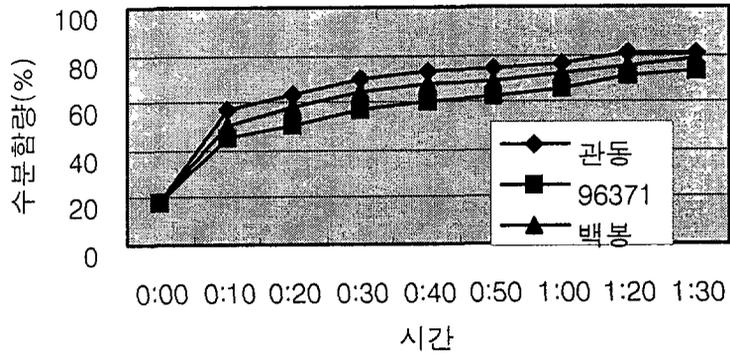
90°C에서의 백봉의 수분함량의 변화



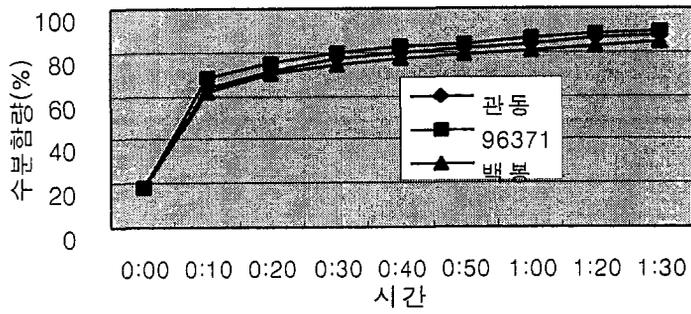
시중제품의 보습력 측정



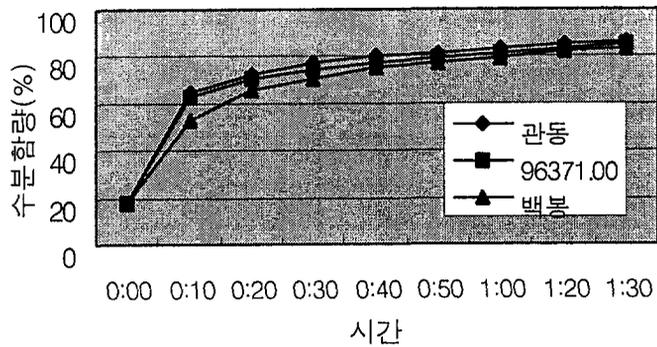
60°C에서의 품종별 보습력 측정



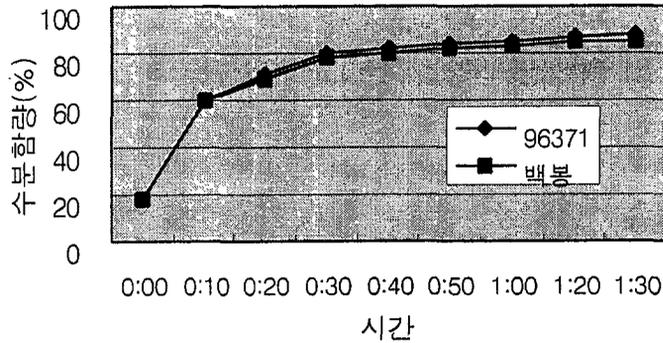
70°C에서의 품종별 보습력 측정



80°C에서의 품종별 보습력의 변화



90℃에서의 품종별 보습력 측정



위와 같은 결과를 고찰하여 보면, 열풍건조 시킨 50℃~70℃로 측정 한 시료는 건조하는 데 많은 시간을 필요로 하고, 제품의 색 또한 무 본래의 색과 별 다른 차이를 확인할 수 없었다.

90℃로 건조한 시료는 빠른 시간에 건조는 가능하나 갈변현상이 심하게 나타나 제품으로서의 우수함을 인정할 수 없었다. 80℃에서 약 4시간 30분을 건조시킨 결과 적정수준인 10%전 후의 무말랭이를 건조시킬 수 있었고, 표면의 색은 적정 수준의 갈색을 나타냈다.

유의차가 나타나지 않아, 품종간에 우수성을 판가름 할 수가 없었다. 시중에 시판중인 무말랭이 제품은 외관상 고온에서 단시간에 건조를 시킨 결과 표면은 심한 갈변현상을 나타내고, 제품의 내부는 건조가 이루어지지 않은 상태로 남아 있어 제품의 우수성을 인정할 수 없었다. 마지막 90℃에선 무의 저장 상태에 따른 무의 품질 손상으로 관동 품종을 가지고 실험을 수행하지 못하였다.

보습력을 측정함은 수분을 흡수시켜 무말랭이를 만드는데 있어 적절한 시료인지를 확인하기 위함이다. 시중 제품의 보습력은 약 30분 경과 후 상당량의 수분을 흡수한다는 것을 알 수 있었다. 측정된 결과 시중제품의

보습력은 1시간 30분을 측정하였을 때 82%의 수분함량을 나타내었고, 직접 제조한 무말랭이의 보습력을 측정한 결과 같은 시간이 경과한 시점에서 수분함량은 85%~90%로 나왔다.

3. 품종별 동치미 저장시 변화 측정

가. 재료 및 방법

1) 재료

동치미 재료로 사용된 배, 실파, 마늘, 양파, 다홍고추, 설탕, 소금은 안성시 농협에서 구입하였고, 삭힌고추는 시장에서 구입하였다.

2) 방법

관동, 백봉, 96371 3품종의 무를 씻어 통무를 7~10cm길이로 잘라 담그었으며, 소금농도는 3%로 하였다. 각 부재료는 무 무게의 생강 0.2%, 마늘 0.5%, 파 2%, 양파 6%, 배 3.6%로 하였다. 재료를 유리병에 넣은 후 3%의 소금물을 붓고 4℃에서 숙성시키면서 저장 기간동안 품종별로 동치미 액의 pH, 총산도와 총균수, 젖산균수를 측정하였으며, 무의 경도, pH, 총산도를 측정하였다. 또한, 5명을 7점 척도법으로 3품종별 동치미의 단단함, 부서짐성, 씹힘성, 국물의 향미 그리고 기호도를 평가하였다.

나. 결과

1) 동치미 저장 중 액의 pH 및 총산도 변화

품종별 동치미 저장기간동안 pH 와 총산도의 변화는 Fig. 7과 같다. pH는 점점 감소하는 경향을 보였는데, 발효 초기에는 완만히, 중기에는 빠르게 말기에는 다시 완만하게 되는 변화곡선을 보였다. 동치미 숙성적기 pH는 3.9 ± 0.1 이며, 이때에 이르는 기간은 21~26일 사이였다. 96371의 경우 이때에 이르는 시기가 다른 품종에 비해 빨랐으며, 그 변화의 폭이

크게 나타났다.

산도는 숙성기간이 경과함에 따라 증가하였고, 변화양상은 pH와 반비례적인 관계를 보였다.

숙성적기 산도는 0.13~0.21%이며, 17~21일 사이였다. 96371의 경우 pH변화 양상과 같이 다른 품종에 비해 적정 수준에 도달하는 기간이 짧았으며, 증가 속도도 빠르게 나타났다.

2) 동치미 저장 중 무의 pH 및 총산도 변화

품종별 동치미 저장기간동안 pH 와 총산도의 변화는 Fig. 8과 같다. pH는 저장 초기에는 약간 증가하는 경향을 보이다가 저장 10일 이후부터 감소하기 시작했다. 96371은 다른 품종에 비해서 그 변화 폭이 작았으며 완만한 변화양상을 보였다.

산도는 저장 초기 감소하는 경향을 보이다가 저장 10일 이후부터 증가하였으며, 96371의 산도 증가의 폭은 다른 품종에 비해 크게 나타났다.

3) 동치미 저장 중 무의 경도 변화

품종별로 4℃에서 35일 동안의 경도를 측정한 결과는 Fig. 9와 같다. 저장 6일까지는 경도가 급격히 감소하였고, 21일까지 증가하다가 그 후에는 서서히 감소하는 것을 볼 수 있었다. 품종별로는 96371이 그 변화양상이 완만하였으며, 관동은 그 변화 폭이 크게 나타났다.

4) 동치미 액의 저장 중 미생물 수 변화

품종별 동치미 액의 저장 중 미생물 수를 측정한 결과는 Fig. 10, 표 1과 같다.

총균수는 처음에 10^6 CFU/ml이던 것이 발효가 진행되면서 10^9 CFU/ml로 큰 폭으로 증가하다가 최고를 보인후 그 수에 큰 변화를 나타내지 않았다. 품종별로는 숙성 24일에 백봉이 가장 크게 증가한 뒤에 감소하고, 관동과

96371은 그 수가 일정하게 유지되는 경향을 나타냈다.

젖산균수는 처음에 10^5 CFU/ml이던 것이 발효가 진행되면서 10^9 CFU/ml로 총균수의 변화양상과 같게 나타났다. 초기에는 총균수와 차이를 보였으나, 후기에는 차이가 없는 것으로 보아 총균수 증가의 원인은 젖산균수 임을 알 수 있다.

5) 관능검사

관능검사는 pH가 3.9 ± 0.1 , 총산도가 0.2~0.3%에 이르는 저장 20일과 26일 양일에 걸쳐 측정하였고, 그 결과는 Table 2, 3과 같다.

저장기간이 길어질수록 단단함, 부서짐성, 씹힘성은 백봉이, 국물의 향미는 96371이 다른 품종에 비해 점수가 높아지는 경향을 보였으며, 전체적인 기호도를 보면 96371이 다른 품종에 비해 점수가 높은 것을 볼 수 있었다.

이상의 결과들을 종합해 볼 때 동치미 가공적성의 적당한 품종은 이화학적으로 수분함량이 적고, 회분함량과 당도가 높으며 물리적으로 경도가 높고 가공 저장시에 경도가 높은 것으로서 관동, 백봉, 96371의 3품종에서는 96371이 이 조건을 만족하는 것으로 나타났다.

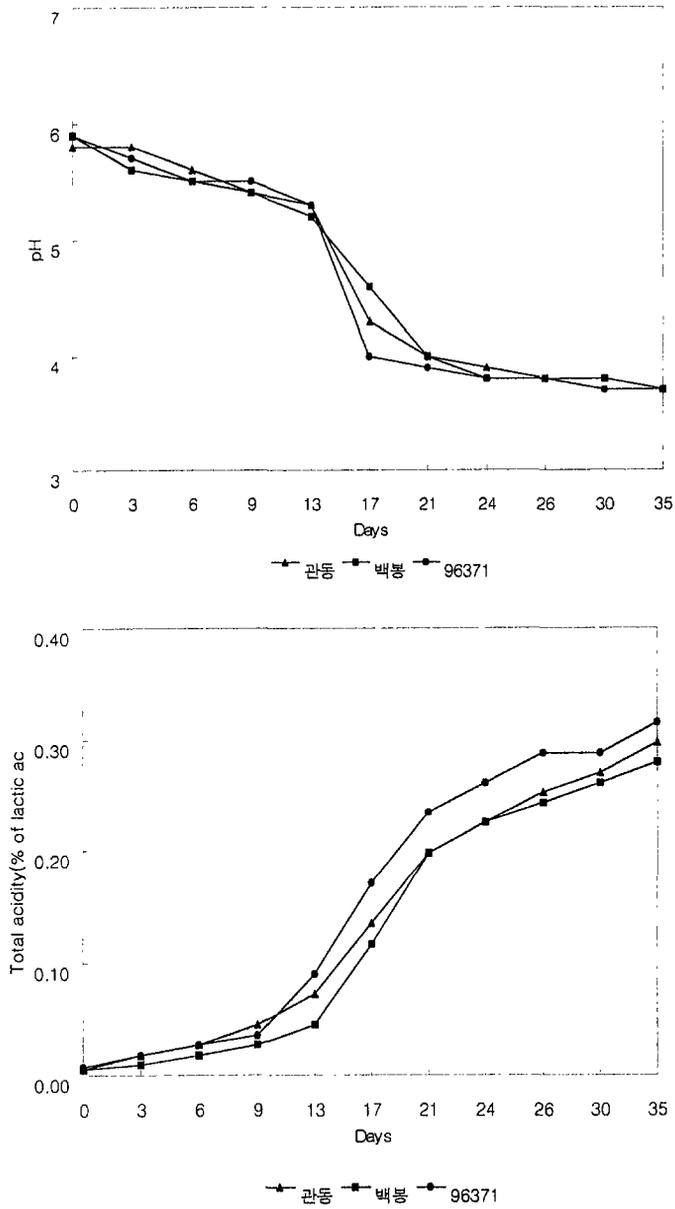


Fig. 7 품종별 등치미 액의 pH 및 총산도 변화

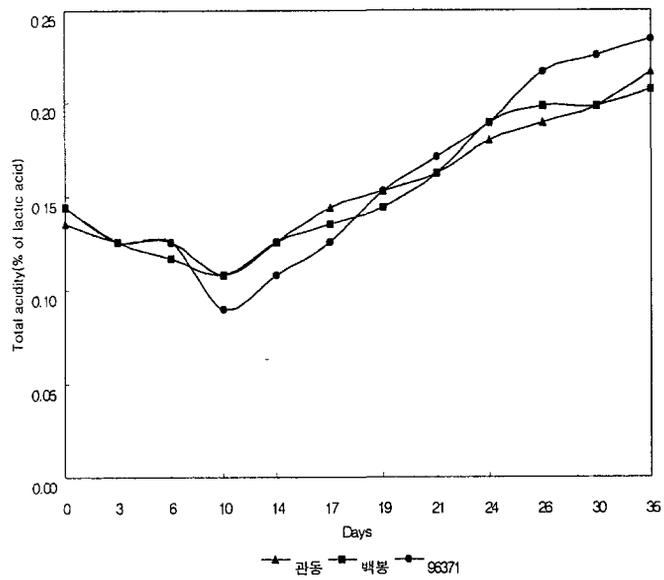
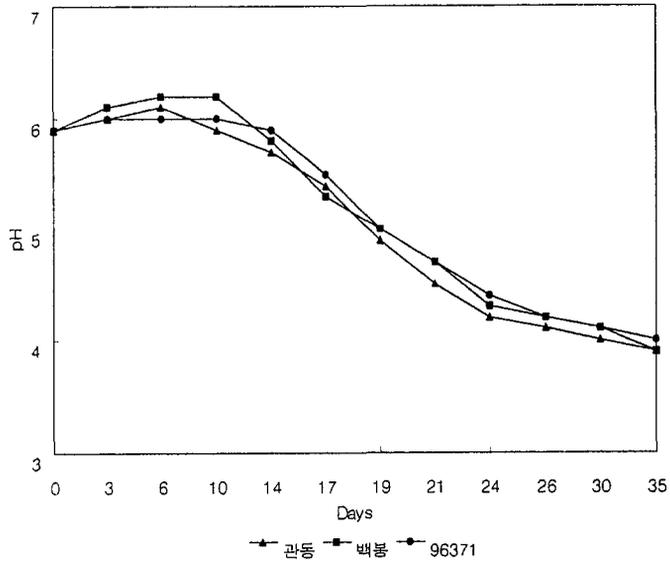


Fig. 8 품종별 동치미 무의 pH 및 총산도 변화

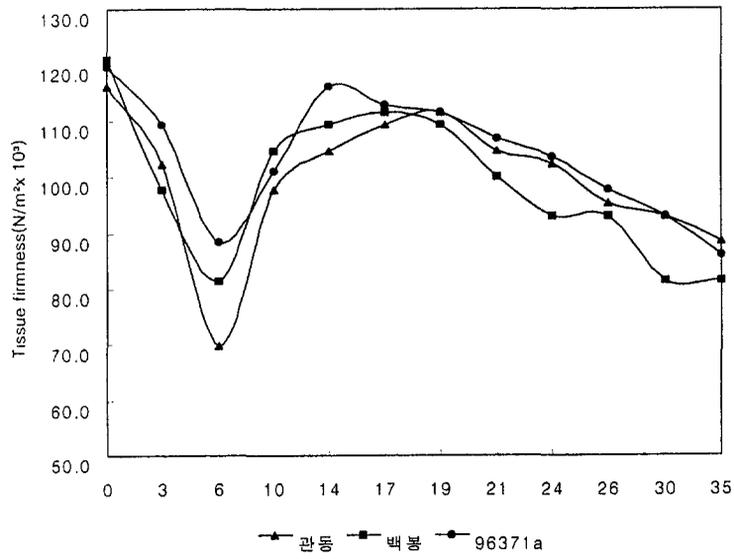


Fig. 9 품종별 동치미 무의 경도 변화

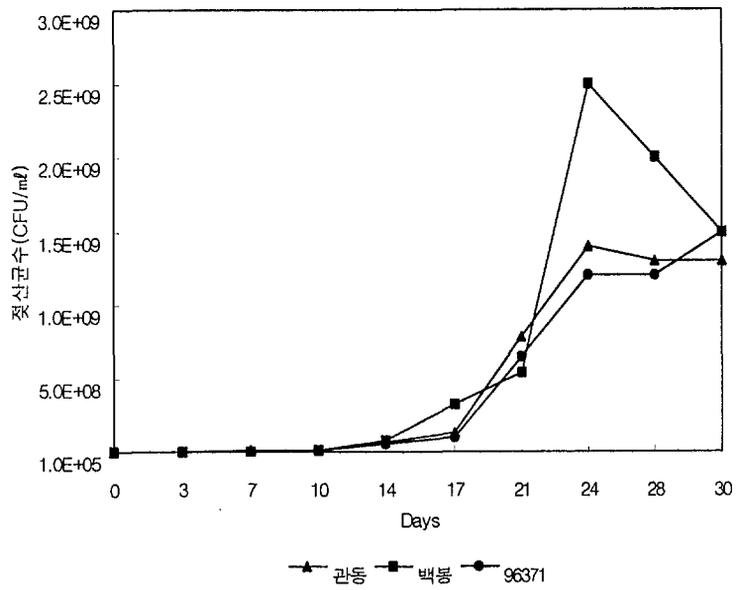
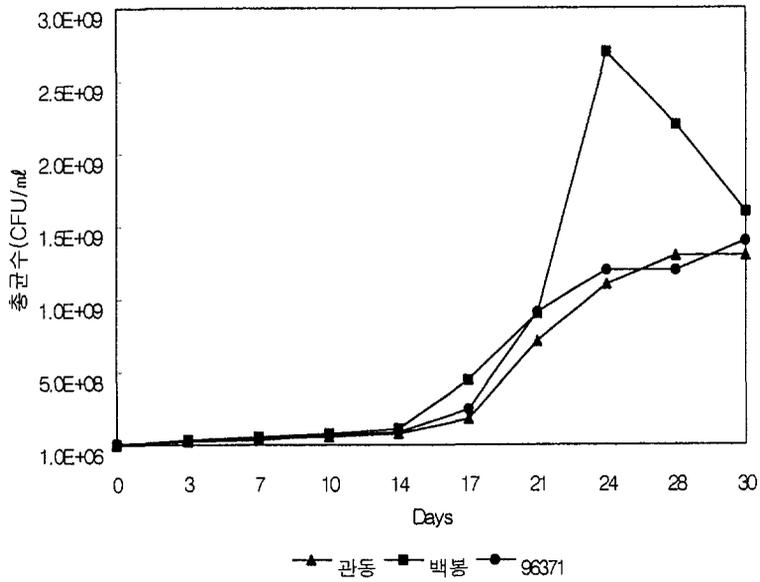


Fig. 10 품종별 동치미 액의 미생물 수의변화

Table. 1 품종별 동치미 액의 미생물 수 변화

품 종 Days	관 동		백 분		96371	
	총균수	젖산균수	총균수	젖산균수	총균수	젖산균수
0	4.7×10^6	2.2×10^5	6.5×10^6	2.5×10^5	7.5×10^6	1.9×10^5
3	2.5×10^7	4.0×10^6	3.8×10^7	2.0×10^6	2.6×10^7	2.5×10^6
7	4.5×10^7	6.4×10^6	5.8×10^7	3.1×10^6	3.8×10^7	4.3×10^6
10	6.1×10^7	1.1×10^7	7.8×10^7	6.8×10^6	6.7×10^7	7.5×10^6
14	8.4×10^7	6.9×10^7	1.1×10^8	7.5×10^7	8.8×10^7	5.1×10^7
17	1.8×10^8	1.3×10^8	4.5×10^8	3.2×10^8	2.5×10^8	1.1×10^8
21	7.1×10^8	7.8×10^8	9.0×10^8	5.4×10^8	9.1×10^8	6.5×10^8
24	1.1×10^9	1.4×10^9	2.7×10^9	2.5×10^9	1.2×10^9	1.2×10^9
28	1.3×10^9	1.3×10^9	2.2×10^9	2.0×10^9	1.2×10^9	1.2×10^9
30	1.3×10^9	1.3×10^9	1.6×10^9	1.5×10^9	1.4×10^9	1.5×10^9

Table. 2 동치미 관능평가 - 4℃에서 저장 20일째

품 종	단단함	부서짐성	씹힘성	국물의 향미	기호도
관 동	5.4	5.8	5.2	4.2	5.0
백 봉	4.2	3.0	3.8	2.8	3.6
96371	5.6	5.2	6.2	3.8	5.2

Table. 3 동치미 관능평가 - 4℃에서 저장 25일째

품 종	단단함	부서짐성	씹힘성	국물의 향미	기호도
관 동	4.2	5.0	4.6	4.8	5.0
백 봉	5.8	5.2	5.0	3.2	4.4
96371	4.4	4.6	4.6	5.2	5.2

제 4 장

무 품종별 조리적성 및 조리 후 품질평가

제 1 절 서 설

무(*Rhaphanus sativus* L.)는 배추와 함께 우리나라 2대 채소 중의 하나로서 겨자과에 속하는 1년생 또는 월년생 초본으로 원산지는 확실하지 않으며, 주로 중국을 통하여 들어온 무가 각 지방에 토착한 재래종이 많다.^{1,2)}

무의 성분은 대부분이 수분으로 93% 정도이며, 조단백질이 1% 정도 있고, 당질은 주로 glucose로서 3% 정도 함유되어 있으며³⁾, 비타민 C의 함량이 10~30mg%로 많은 편이다. 그리고, 무의 조직에는 섬유소와 펙틴질, 각종 무기질과 소화효소인 amylase 등이 함유되어 있고, methyl mercaptane 이나 mustard oil과 같은 특유의 방향 성분을 가지고 있다.⁴⁾

무는 꽃눈 형성에 필요한 저온 감응성 (vernalization)과 일장감응(日長感應)의 차이로 인하여 크게 봄무와 가을무 그리고, 여름철 고랭지에서 재배하는 여름무로 품종이 분화되어 있다⁵⁾. 새로운 품종의 개발이 진행되어 재배 작형의 분화를 통하여 무의 연중 생산이 가능해졌으나 아직까지 품종이나 작형에 따른 무의 물성 특성이 구명되지 못해 고품질을 위한 육종은 거의 이루어지지 않은 실정이다. 무는 다양한 용도로 전래되어 왔으나 품종에 따라서 조리 후의 품질이 달라질 수 있다. 예를 들면, 무 품종에 따라 조리 후에 조직감의 변화가 나타나는데 특히 가열 처리하였을 경우, 신선한 상태일 때는 봄무보다 가을무의 육질이 훨씬 단단하지만 가열하면 가을무는 조직이 급격히 연화되어서 봄무의 경도와 비슷하거나 또는 봄무보다도 더 연화되는 것을 볼 수가 있다. 또한, 봄에 생산되는 무는 육질이 연하여 깎두기를 담그면 장기 저장이 어렵다. 따라서, 품종별로 조직의 이화학적 특성을 구명함과 동시에 기계적 측정에 의한 물리적 방법과 주관적

평가 방법인 관능검사에 의해 품종별 조리 특성을 비교하여 용도에 따라 가장 적합하게 이용될 수 있는 품종의 구멍이 필요하다고 생각된다. 용도에 가장 적합한 품종의 구멍은 무 생산 및 이용 효율을 극대화시키고, 가공 공장의 가동율을 높이는 데도 기여할 수 있는 중요한 일이며, 각 가정에서는 필요에 따라 보다 효율적으로 무를 이용할 수 있도록 하는데 도움이 되는 일이라 생각된다.

일상 생활에서 사용하는 무 조리 방법은 크게 가열 조리과 비가열 조리로 나눌 수 있다. 무의 가열 조리 방법에서는 국물과 건더기를 모두 이용하는 가장 대표적인 것으로 무국을 들 수 있으며, 건더기를 주로 이용하는 방법으로는 무숙채가 있고, 사태나 생선을 조리할 때 같이 이용되는 무조림이 있고 그 외, 무를 첨가한 무떡을 찾아 볼 수 있다. 또한, 비가열 조리 방법에서는 배추김치의 부재료로 이용되고 있을뿐 아니라 여러 가지 김치의 주재료로도 사용되고 있는데 동치미, 나박김치와 같이 국물과 건더기를 같이 이용하는 경우와 깍두기, 단무지, 총각김치, 무생채 등과 같이 건더기를 이용하는 경우가 있다.

이처럼 여러 용도로 이용되고 있는 무에 대한 현재까지의 연구들은 주로 깍두기⁶⁻¹⁹⁾, 동치미²⁰⁻³¹⁾, 소금 절임³²⁻³⁶⁾, 나박김치³⁷⁻⁴⁰⁾, 열무물김치^{41, 42)}, 총각김치⁴³⁾ 같은 비 가열 조리 방법 위주로 진행되어 왔고, 가열 조리 방법⁴⁴⁻⁴⁷⁾에 대한 연구는 거의 찾아볼 수 없다. 또한, 현재 진행된 연구들은 개발된 무 품종들의 조직의 이화학적 특성들을 비교하고, 이를 조리에서 이용했을 때 품질 특성의 변화에 대한 비교 연구는 부족한 실정이다. 특히, 조리 후 조직의 물성적인 변화 중 특징적인 변화는 경도의 차이라고 볼 수 있는데 경도를 결정하는 주요인인 세포벽의 구조에 관하여 품종간의 특성은 전혀 밝혀져 있지 않다. 식물 조직의 세포벽은 식물체를 지지하는 역할을 수행하며, 세포벽 성분의 조성은 텍스처에 깊게 관련되어 있다. 그러나 조직의 경도에 어떠한 영향을 미치는지에 대한 연구는 거의 없는 실정이다. 따라서, 무 품종간에 이들 세포벽 조성 및 구조를 파악하고, 가열 시

간에 따른 세포벽의 조성을 분석하여 경도와의 관계를 검토하며, 가열에 따른 연화 요인에 세포벽 성분이 미치는 영향을 살펴보는 것은 의미있는 일이라고 생각한다. 또한, 나박김치 숙성 과정에서 건더기와 국물의 vitamin C 함량의 변화를 무 품종별로 비교 검토하는 것은 가치있는 일이라고 본다.

따라서, 본 연구에서는 국물과 건더기를 같이 이용하는 음식 중 가열 조리방법으로는 무국, 비가열 조리방법으로는 나박김치를 선정하여 무 품종별 조리 적성을 검토하고자 하였다. 즉, 무국은 가열시간, 나박김치는 숙성조건에 따른 품질특성의 변화를 품종별로 비교하였다. 품질특성 평가방법은 당도, 색도, 탁도, 경도, 세포벽 조성, 전분 함량, pH, 산도, vitamin C 함량을 측정하였으며, 기계적 측정과 관능 검사를 실시하였고, 이들을 토대로 무 품종별 최적 조리 용도를 구명하여 가정과 산업분야에 활용하고자 하였다.

제 2 절 재료 및 방법

1. 실험 재료

본 실험에 사용된 무(*Raphanus sativus* L.)는 봄무인 백광, 여름무인 대부령과 가을무인 청운, 태백의 4품종이었다. 전 품종의 재배가 가능한 가을시기를 선택하여 1996년부터 3년간 매년 8월 충남 조치원의 홍농 종묘 육종연구소 포장에서 파종하여 99일간 재배하여 수확한 것을 사용하였다.

시료 조제에 사용된 부 재료인 고기(양지머리), 파, 마늘, 미나리, 홍고추, 생강은 실험 당일 경기도 안성 중앙시장에서 구입하여 사용하였으며, 꽃소금(해표), 간장(샘표, 국간장), 고춧가루(안동 청결고춧가루), 설탕(백설탕, 정백당), 참기름(오뚜기)은 안성 농협에서 구입하여 사용하였다.

2. 시료의 제조

본 연구에서는 가열 조리 방법 중 국물과 건더기를 같이 이용하는 음식으로는 무국을 선정하였고, 무의 썰는 방법, 크기 등이 비슷하고, 이용 형태가 비슷하다는 공통점이 있기 때문에 비가열 조리 방법에서는 국물과 건더기를 같이 이용하는 음식으로 나박김치를 선정하였다. 조리 시 사용된 재료의 배합 비율과 조리 방법은 문헌고찰과 예비실험을 통해 결정하였다. 무국과 나박김치에 사용된 무는 시료를 균일하게 절단하기 위해 내경 2×2cm인 금속절단기를 사용하였으며, 0.3cm 두께로 잘랐다.

가. 무국⁴⁶⁻⁵²⁾

1) 재료 및 분량

무	100g	마늘	3.6g
물	450ml	간장	3.5g
고기	40g	소금	2.9g
파	5g	참기름	0.5g

2) 조리 방법

가) 채썬 고기에 다진 마늘과 간장, 소금을 각각 ¼t.s. 씩 넣어 밀간을 하고, 파는 3cm 길이로 채썰어 놓는다.

나) 스텐레스 냄비에 물을 넣고 화력을 일정하게 유지시키기 위해서 Hot Plate (CHANG SHIN Co.)를 사용하여 표면온도 200℃에서 가열하였다.

다) 물이 끓으면 밀간을 한 고기를 넣어 잘 풀은 후 무를 넣고 뚜껑을 덮어 가열하였다.

라) 가열시간 종료 2분전에 나머지 양념과 파, 마늘을 넣고 가열하여 완성하였다.

무국의 염도는 0.8% (간장 : 소금 = 1 : 4)로 조정하였다.

나. 나박김치^{48, 53-57)}

1) 재료 및 분량

무	100g	홍고추	2g
미나리	10g	소금	6g
파	6g	설탕	4.5g
마늘	2g	고춧가루	2g
생강	2g	물	300ml

2) 조리 방법

가) 물에 소금, 설탕을 넣어 잘 녹인 후 고춧가루를 넣어 충분히 풀어 만든 고춧물을 100mesh 체에 내려 붉은 고춧물을 제조하였다. 국물의 염도는 2%로 조정하였다.

나) 무를 썰어 놓고, 미나리와 파는 3cm 크기로 준비하였으며, 마늘, 생강, 홍고추는 채 썰어 모든 재료를 합한 다음 준비한 국물을 부어 나박김치를 제조하였다.

3. 가열시간에 따른 무국의 품질 특성 검토

무국 조리 시에는 가열 시간이 품질 변화에 영향을 미칠 것으로 생각되어 이에 따른 변화를 살펴보기 위해 가열 시간을 변화 (0, 10, 20, 30분) 시키면서 무국을 제조하여 당도, 색도, 탁도, 경도. 조리 후 중량과 건물 중량을 측정하였으며, 주관적 평가 방법인 관능검사를 실시하였다. 또한, 경도 변화에 영향을 주는 요인을 찾기 위해서 세포벽을 추출해서 조성을 분석하였다.

4. 숙성조건에 따른 나박김치의 품질 특성 검토

비 가열 조리인 나박김치에서는 숙성 조건에 따라 이화학적 및 관능적

특성이 크게 영향받을 것으로 생각되어 숙성 방법 및 온도와 기간에 따른 변화를 측정하였다.

숙성 조건은 다음과 같다.

* A : 제조 직후 냉장고(8℃)에 보관

* B : 25℃ incubator에서 12시간 숙성 후 냉장고(8℃) 보관

위의 숙성 조건에서 A는 냉장저장 0, 1, 3, 5, 7, 9일, B는 예비숙성 후 0, 1, 2, 3, 4일간 저장하면서 품질 특성의 변화를 측정하였다. 즉, 저장 기간 중 pH, 총산도를 측정하여 최적 숙성기간을 찾아내었고, 저장기간에 따라서 당도, 염도, 색도, 탁도와 경도의 품질변화를 측정하고, 비타민 C를 정량하였으며, 관능적 품질 특성을 살펴보았다.

5. 품질 특성 평가 방법

가. 당도

무국과 나박김치 건더기의 즙을 내서 굴절당도계 (refractometer, Atago Japan)를 사용하여 3회 반복 측정하였다.

나. 색도

Color difference meter (CQ-1200X, Hunter Lab. U.S.A.)를 사용하여 무국의 건더기와 나박김치의 국물을 각각 3회 반복 측정하여 L, a, b, ΔE 값을 얻었다. 건더기는 무를 polyethylene film으로 포장한 후 reflectance mode를 사용하여 측정하였고, 이 때 white standard plate (L=94.81, a=-0.96, b=0.43)를 표준으로 하였다. 국물은 측정용 cell에 넣어 transmittance mode를 이용하여 측정하였다. (L=100, a=0, b=0)

다. 탁도

국물의 탁도는 색도 측정과 같은 mode를 사용하여 3회 반복 측정하였다. (L=100, a=0, b=0) 이 때 증류수의 혼탁도(Haziness)를 0으로 기준을

설정 후, 국물의 Haze값을 구하였다.

라. 경도

무국과 나박김치는 Rheometer (SUN REHOMETER, COMPAC- 100)로 직경 5mm의 아크릴재질의 원통형 adapter를 사용하여 침투시험(puncture test)을 5회 반복 측정하였다.

Rheometer의 측정 조건은 Table 1과 같다.

Table 1. Condition for Rheometer with puncture test

Table speed	60mm/min
Graph speed	5mm/min
Load cell	10kg
Critical diameter	5mm
Sample height	3mm
Sample width	20mm
Sample length	20mm

마. 조리 후 중량, 건물 중량(dry weight) 측정

무 50g을 가제에 싸서 무국을 조리한 후 키친타올로 표면의 물기를 제거하여 조리 후 중량을 측정하였고, 측정을 마친 조직은 즉시 -80℃에서 동결시킨 후 Vacuum freezing drier (Martin Christ Beta A type, Germany)로 2일간 건조하고 다시 -80℃에서 하루 동결시킨 다음 진공 동결 건조기로 1일간 건조하였다. 건조가 완료된 시료들은 건물 중량을 측정하였다.

바. 세포벽 추출 및 분석

무국의 무 건더기를 동결 건조한 후 고무망치로 분쇄하여 분말건조시료를 만들었다. 세포벽 함량은 분말건조시료에 80% ethanol 100ml를 첨가하여 homogenizer (ULTRA TURRAX T-25, 24,000 rpm)로 1분간 분쇄한 후 buchner 깔대기에 miracloth를 2장 깔아 감압 여과하여 alcohol insoluble solids (AIS)를 추출하였다. 상등액은 제거하고 잔사를 취한 후 색소 및 지질을 제거하기 위해 AIS에 chloroform/methanol (1:1, v/v) 100ml를 첨가하여 20분간 homogenizer (20,500rpm)한 후 혼합액을 sintered glass funnel을 이용해 감압 여과하였다. 다시 잔사만을 취하여 acetone 50ml를 첨가하여 20분간 magnetic stirrer로 교반하였다. 혼합액을 감압 여과하여 얻은 잔사를 상온에서 1일간 풍건하였다. 건조가 끝난 시료는 전분을 제거하기 위해 α -amylase (1unit/ml)가 들어있는 20mM HEPES-NaOH (pH 7.0) buffer solution 100ml와 섞고, toluene을 1방울 넣어 12시간 동안 37°C incubator에서 shaking하였다. 교반이 종료되면 동일한 buffer로 2회 수세, 여과한 후 다시 acetone 100ml로 10분간 교반시켜 여과하는 것을 2회 반복하였다. 획득한 잔사는 진공하에서 건조제(P_2O_5)와 함께 35~40°C의 vacuum dry oven에서 3일간 건조시켜 조세포벽의 무게를 측정하였고, 이를 밀봉하여 vacuum desiccator에 보관하면서 실험에 사용하였다.

사. 세포벽 조성 분석

추출한 세포벽을 분해하여 Polyuronide, Cellulose, Total Non-Cellulosic Neutral Sugar (TNCNS)을 추출하여 정량 하였으며, Non-Cellulosic Neutral Sugar (NCNS)의 조성을 분석하였다.

1) Polyuronide 추출 및 정량

세포벽의 polyuronide의 추출 및 분해는 Gross의 방법⁵⁸⁾에 준하였다. 즉, 세포벽 시료 10mg을 시험관에 취하고 얼음 위에서 진탕하면서 2ml의

진한 황산을 조금씩 나누어 넣고 가수분해시킨 후 차가운 증류수 0.5ml를 한 방울씩 가하였다. 약 5분 후 다시 증류수 0.5ml를 가하여 완전히 분해가 될 때까지 얼음 위에서 진탕하였다. 분해된 시료를 여과한 후 증류수를 이용하여 10ml로 정용하였다. 용액 중의 polyuronides의 함량은 Carpita의 방법⁵⁹⁾에 의해 분석하였다. 즉, 정용한 용액을 유리솜(0.45 μ m)으로 걸러 상등액을 추출하여 그 중 0.4ml를 취해 40 μ l의 sulfamate-KOH와 황산에 녹인 75mM sodium tetraborate 2.4ml를 첨가한 후 20분간 끓여 분해한 후 실온으로 식혔다. 시료액에 0.5% NaOH에 녹인 0.15% m-phenylphenol 80 μ l를 넣어 잘 섞은 후 발색되던 15분에서 1시간 사이에 O.D. 525nm에서 흡광도를 측정하였다. Standard는 세포벽 중 uronide의 주성분인 galacturonic acid (0~400 μ g/ μ l)를 사용하였다.

2) Cellulose 추출 및 정량

Cellulose 추출은 Gross의 방법⁵⁸⁾에 준하여 실험하였다. 즉, 세포벽 10mg에 2N trifluoroacetic acid (TFA) 1ml를 넣고 1시간 동안 121 $^{\circ}$ C Autoclave에서 분해한 후, 유리솜을 통해 여과한 상등액은 non-cellulosic neutral sugar 분석을 위해 보관하고, 남은 잔사에 1ml의 78% H₂SO₄를 넣고 30 $^{\circ}$ C water bath에서 1시간 진탕하면서 가수분해한 후 증류수를 이용하여 20ml로 정용하였다. 정용한 용액 중 유리솜을 이용해 여과하여 0.5ml를 취한 후 3ml의 차가운 anthron을 넣고 15분간 끓인 다음 20분간 식혀서 발색시켜 O.D. 620nm에서 흡광도를 측정하였다. Standard는 glucose (400 μ g/ml)를 사용하였다.

3) Total Non-Cellulosic Neutral Sugar (TNCNS) 추출 및 정량

Cellulose 추출 시 얻은 2N TFA 가수분해 상등액을 40 $^{\circ}$ C의 N₂-evaporator에서 완전히 건조시킨 후 다시 증류수 3ml를 넣어 완전히 용해시켜 0.1ml를 취해 시험관에 넣고, 증류수 0.9ml를 넣어 희석시켰다. 5%

phenol을 1ml 넣고, 98% H₂SO₄ 5ml를 넣어 10분간 방치한 후 잘 섞어 25~30℃의 waterbath에서 20분간 반응시켜서 485nm에서 측정하였다. Standard는 glucose(200µg/ml)를 사용하였다.

4) Non-cellulosic neutral sugar(NCNS)의 조성 분석

cellulose 추출 시 얻은 2N TFA 가수분해 상등액을 40℃의 N₂-evaporator에서 완전히 건조시킨 후 Blackeny 와 Hariss의 방법⁶⁰⁾에 따라 alditol acetate 유도체를 만들었다. 즉, 건조된 시료에 1N NH₄OH 100µl (internal standard로 200µg/ml의 allose를 첨가시킴)을 넣은 후 500µl의 dimethyl sulfoxide(DMSO : containing 20mg/ml NaBH₄)를 넣어 진탕시킨 후 45℃에서 90분간 반응시켜 permethylated sugar를 만들었다. 이 반응액을 100µl의 glacial acetic acid로 중화시킨 후, 100µl의 1-methylimidazole과 500µl의 anhydrous acetic anhydride를 가하여 alditol acetate 유도체를 만들었다. 반응 10분 후 1.5ml의 증류수, 1ml의 methylene chloride를 넣어 잘 섞은 다음 10분간 2,400rpm으로 원심 분리하였다. 원심분리가 끝나면 유기용매 층만 분획하여 다시 증류수 1ml와 MeCl₂ 1ml를 첨가하여 분획하여 acetic acid가 완전히 제거된 유기용매 층만을 취한 후 N₂-evaporator를 이용하여 건조시켰다. 분석시료의 준비가 완료되면 100µl의 MeCl₂를 이용하여 당을 용해시킨 후 GC-FID(flame ionization detector, Young-In Scientific Co., LTD, M680D)을 이용하여 당분석을 하였다.¹⁰⁶⁾ External standard는 rhamnose, arabinose, xylose, mannose, glucose, galactose를 각각 50µg씩 사용하였으며, 당분석에 사용된 column과 분석조건은 다음과 같다.

Column : 5% phenylmethyl silicone

30m(0.25mm i.d.) capillary column

Injector temp. : 220℃

Detector temp. : 230°C

Carrier gas : He (30ml/min)

Oven temperature :

* Program 1

Initial temp. : 172°C

Initial time : 1min

Rate : 4°C/min

Final temp. : 212°C

* Program 2

Initial temp. : 212°C

Initial time : 3min

Rate : 2°C/min

Final temp. : 232°C

Final time : 1min

아. 전분 함량

무 조직의 전분함량은 Iodometric method 법을 응용하여 실시하였다.⁵⁹⁾ 즉, AIS 10mg에 3ml의 증류수를 첨가한 후 65°C shaking incubator에서 1 시간 동안 진탕한 후 3000rpm으로 5분간 원심 분리하여 상등액만을 취하였다. 상등액에서 1ml를 취해 증류수에 녹인 KI/I₂(10.2g/5.08g/L) 용액 100 μ l를 넣은 후 665nm에서 흡광도를 측정하였다. Standard는 potato starch(1mg/ml)를 사용하였다.

자. pH

나박김치의 건더기 50g과 국물 50ml를 취하여 homogenizer (20,500rpm)로 균질화 시킨 후 buchner filter 와 여과지 No.4를 사용하여 감압 여과하여 얻은 액을 시료로 사용하였으며, pH meter (Metrohm, 654 pH meter)를 이용하여 3회 반복 측정하였다.

차. 총 산도

나박김치의 pH 측정 시료와 같은 액을 사용하였으며, AOAC법에 의해 측정하였다. 즉, 0.1% phenolphthalein 용액을 지시약으로 하고, 시료 여액 10ml를 중화시키는데 소비된 0.1N NaOH의 양을 lactic acid의 양으로 환산

하였다. 계산 방법은 다음과 같다.

$$\text{Lactid acid (\%)} = \frac{0.009 \times A \times F}{S} \times 100$$

A : 0.1N-NaOH액의 적정치 (ml)
 F : 0.1N-NaOH액의 factor
 S : sample의 양 (ml)

카. Vitamin C (Ascorbic acid)

Indophenol 적정법⁶¹⁾으로 나박김치 건더기와 국물의 ascorbic acid 함량을 측정하였다. 건더기와 국물을 각각 5g씩 취하여 5% HPO₃ 용액 20ml와 소량의 sea sand를 넣고 homogenizer로 잘 마쇄한 후 증류수 25ml를 가하였다. Centrifuge (SORVALL RT 6000D, 5000rpm)로 20℃에서 30분간 원심분리하여 상징액을 마이크로 뷰렛에 취하고, 5ml의 indophenol 색소용액에 적정하여 홍색의 흔적이 없어지는 점을 종말점으로 하여 다음 식에 의해 시료 중의 ascorbic acid의 함량(mg%)을 계산하였다.

$$\text{Ascorbic acid (mg\%)} = a \times \frac{V_0}{V} \times \frac{D}{S} \times 100$$

a : Ascorbic acid 용액의 농도 (mg/ml)
 V₀ : 색소용액에 대한 ascorbic acid 용액의 적정소비량 (ml)
 V : 색소용액에 대한 시료침출액의 적정소비량 (ml)
 D : 희석침출액의 전량 (ml)
 S : 시료채취량 (g)

타. 관능검사

중앙대학교 식품영양학과 대학원생 10명을 선정하여 5점 평점법(scoring test)으로 측정하였다.

무국은 각 품종별로 가열시간(10, 20, 30분)에 따른 변화를 검토하였으며, 같은 시간 가열했을 때 품종별 차이를 검토하기 위하여 20분 가열한 무국에 대하여 관능검사를 실시하였다.

나박김치는 김치에 관한 여러 문헌에서 김치의 최적 pH를 3.8~4.2으로 제시하고 있는데, 본 연구에서는 예비숙성 후 냉장저장 2일과 3일, 제조직 후 냉장저장 5일과 7일의 시료가 이 기간에 숙했으므로 이를 대상으로 관능검사를 실시하여 품종별 차이를 검토하였다.

관능검사의 평가 항목과 척도는 Table 2와 같다.

Table 2. Characteristics and scale of sensory evaluation with Moo-Guk and Nabakkimchi

Sample		Characteristics	Scale
MooGuk	Solid	Appearance	very not square 1-----5 very square
		Color	very yellow 1-----5 very white
		Hardness	very soft 1-----5 very hard
	Liquid	Color	very light 1-----5 very deep
		Turbidity	very thick 1-----5 very clear
		Salty taste	very slight 1-----5 very strong
	Total	Overall quality	very poor 1-----5 very good
Nabak-kimchi	Solid	Color	very light 1-----5 very deep
		Hardness	very soft 1-----5 very hard
	Liquid	Color	very light 1-----5 very deep
		Turbidity	very thick 1-----5 very clear
		Sour taste	very slight 1-----5 very strong
Total	Overall quality	very poor 1-----5 very good	

7. 통계 처리

실험 결과는 SAS package를 이용하여 분산 분석 및 Duncan's multiple range test 에 의해 시료간의 유의차를 검증하였다.

제 3 절 결과 및 고찰

1. 무국

가. 당도

Table 4는 무 품종과 가열시간을 달리하여 제조한 무국 건더기의 당도 측정 결과를 분산분석하고, Duncan's multiple range test로 시료간의 유의차를 검증한 것이다.

Table 4. Changes in sweetness of Moo-Guk solid by heating time

(unit : Brix %)					
Cultivars Heating time(min)	Baek kwang	Daebu ryoung	Chung woon	Tae baek	F-value
0	^A 4.80 ^D	^A 5.10 ^D	^A 6.72 ^A	^A 6.49 ^A	26.40 ^{***}
10	^C 2.62 ^D	^C 2.84 ^D	^B 3.47 ^A	^B 2.87 ^D	7.78 ^{**}
20	^C 2.57 ^C	^C 2.87 ^D	^B 3.24 ^A	^C 3.20 ^A	28.15 ^{***}
30	^B 2.85 ^C	^B 3.49 ^D	^B 3.49 ^D	^B 3.69 ^A	56.31 ^{***}
F-value	327.24 ^{***}	69.27 ^{***}	85.23 ^{***}	503.26 ^{***}	

N, S. : Not Significant *p<0.05 **p<0.01 ***p<0.001

Means with the same letter are not significantly different.

- a, b means Duncan's multiple range test for radish cultivars (row).
- A, B means Duncan's multiple range test for heating time (column).

당도는 품종과 가열시간에 따라 모두 유의차가 있었다. 가을무인 청운, 태백이 여름무인 대부령, 백광 보다 높았으며, 모든 품종이 가열에 의해 당도가 감소되었는데, 가열 초기에 많이 감소하여 가열 10분까지 급격히 감소하였고, 그 이상의 가열시간에서는 큰 변화가 없었다. 30분 가열 후에는 태백이 가장 높았고, 백광이 가열 후에도 가장 낮게 나타났다.

나. 색도 (Color Difference)

Table 5는 무 품종과 가열시간을 달리하여 제조한 무국 건더기의 색도 측정 결과를 분산분석하고, Duncan's multiple range test로 시료간의 유의차를 검증한 것이다.

Lightness는 전반적으로 가열 전에 비해 가열한 시료의 명도가 감소하는 경향을 나타냈다. 가열 전과 10분가열 했을 때는 품종간의 유의차가 있었으나 20분 가열부터는 유의차가 없었다. 가열시간에 따른 차이에서는 백광의 경우를 제외하고는 모든 품종에서 유의차가 나타났다.

Redness는 전반적으로 음(-)의 값을 나타내고 있어 green의 경향이 많이 나타나고 있음을 알 수 있다. 10분과 30분 가열한 경우에 품종간의 유의차가 나타났으며, 청운을 제외하고 모든 품종에서 가열시간에 따른 차이를 보였다.

Yellowness는 백광의 가열 전 시료가 가장 낮은 값을 나타내고, 대부분 20분 가열한 것이 가장 높은 값을 나타냈으며, 모든 시료가 양(+)의 값을 가지고 있어 황색의 계열이 짙음을 알 수 있다. 가열전에는 품종간에 유의차가 없었으나 가열 10분과 20분에는 유의차가 있었다. 가열시간에 따른 차이는 백광의 경우만 유의차를 나타냈다.

ΔE 값은 가열하지 않았을 때와 10분 가열했을 때까지는 품종간의 유의차가 있었으나 20분 가열에서부터 품종간의 유의차가 없어졌다. 백광을 제외하고 모든 품종에서 가열시간에 따른 유의차가 있었다.

Table 5. Changes in color difference of Moo-Guk solid by heating time

Color	Cultivars Heating time(min)	Baek	Daebu	Chung	Tae	F-value
		kwang	ryoung	woon	baek	
L	0	66.08 ^c	^A 66.80 ^{bc}	^A 71.74 ^a	^A 68.98 ^b	9.61 ^{**}
	10	64.51 ^a	^B 61.24 ^b	^B 58.08 ^c	^C 59.01 ^c	23.50 ^{***}
	20	62.59	^B 62.05	^B 62.11	^C 58.71	2.48 ^{N.S.}
	30	63.69	^B 59.96	^B 60.58	^B 61.57	1.56 ^{N.S.}
	F-value	1.85 ^{N.S.}	12.44 ^{**}	22.99 ^{***}	39.77 ^{***}	
a	0	^B -1.50	^A -1.78	-1.34	^B -1.38	1.87 ^{N.S.}
	10	^A -0.80 ^a	^B -2.49 ^c	-1.35 ^d	^B -1.22 ^{ab}	20.50 ^{***}
	20	^A -1.05	^A -1.76	-1.21	^B -1.40	3.92 ^{N.S.}
	30	^A -0.77 ^a	^A -1.13 ^b	-1.24 ^b	^A -0.75 ^a	7.61 ^{**}
	F-value	11.91 ^{**}	7.35 [*]	0.32 ^{N.S.}	7.27 [*]	
b	0	^C 4.31	7.67	6.48	7.54	1.66 ^{N.S.}
	10	^B 6.76 ^b	10.96 ^a	8.17 ^{ab}	7.62 ^b	4.37 [*]
	20	^{AB} 8.24 ^b	12.14 ^a	8.54 ^b	9.50 ^b	5.11 [*]
	30	^A 8.66	10.35	9.86	9.42	1.71 ^{N.S.}
	F-value	17.37 ^{***}	2.45 ^{N.S.}	1.73 ^{N.S.}	3.62 ^{N.S.}	
ΔE	0	28.89a	^B 29.01 ^a	^B 23.98 ^b	^C 26.79 ^a	8.68 ^{**}
	10	30.95b	^A 35.46 ^a	^A 37.54 ^a	^{AB} 36.52 ^a	13.92 ^{**}
	20	33.16	^A 34.81	^A 33.69	^A 37.25	2.20 ^{N.S.}
	30	32.18	^A 36.25	^A 35.52	^B 34.43	1.95 ^{N.S.}
	F-value	2.84 ^{N.S.}	12.02 ^{**}	21.24 ^{***}	40.32 ^{***}	

N.S. : Not Significant * < 0.05 ** < 0.01 *** p < 0.001

Means with the same letter are not significantly different.

1) a, b means Duncan's multiple range test for cultivars (row).

2) A, B means Duncan's multiple range test for storage day (column).

L : 100 = white, 0 = black

a : + = red, - = green

b : + = yellow, - = blue

$$\Delta E = (\Delta L^2 + \Delta a^2 + \Delta b^2)^{1/2}$$

다. 탁도

Table 6은 무 품종과 가열시간을 달리하여 제조한 무국 국물의 탁도 측정 결과를 분산분석하고, Duncan's multiple range test로 시료간의 유의차를 검증한 것이다.

Table 6. Changes in transmission haze of Moo-Guk liquid by heating time

Cultivars Heating time(min)	Baek kwang	Daebu ryoung	Chung woon	Tae baek	F-value
10	^b 53.18 ^d	^c 45.93 ^c	^c 47.52 ^c	67.59 ^a	33.93 ^{***}
20	^b 58.38 ^c	^b 77.09 ^a	^b 54.23 ^d	70.18 ^d	345.04 ^{***}
30	^a 84.60 ^a	^a 85.70 ^a	^a 68.29 ^d	71.44 ^d	44.65 ^{***}
F-value	98.19 ^{***}	2507.38 ^{**}	40.02 ^{***}	5.08 ^{N.S.}	

N.S. : Not Significant *p<0.05 **p<0.01 ***p<0.001

Means with the same letter are not significantly different.

- a, b means Duncan's multiple range test for radish cultivars (row).
- A, B means Duncan's multiple range test for heating time (column).

탁도 측정 결과, 10분 가열했을 때는 45.93~67.59였으나 가열할수록 증가하여 30분 가열했을 때는 68.29~85.70의 범위를 나타내 가열할수록 건더기의 성분이 용출되어 국물이 혼탁해짐을 알 수 있다. 가열시간에 관계 없이 모든 품종이 유의차가 있었고, 태백을 제외하고는 가열시간의 영향에서도 유의차를 보였다. 즉, 모든 품종이 가열함에 따라 탁도가 증가하는 경향이었는데, 특히 백광, 대부령의 증가 폭이 컸으며, 대부령은 10분 가열에서는 가장 낮았다가 30분 가열에서는 가장 높아져서 가열에 의해 국물의 탁한 정도가 급격히 증가함을 알 수 있었다. 태백은 완만한 변화를 보였다.

라. 경도 (Hardness)

Table 7은 무 품종과 가열시간을 달리하여 제조한 무국 건더기의 hardness 측정 결과를 분산분석하고, Duncan's multiple range test로 시료간의 유의차를 검증한 것이다.

Table 7. Changes in hardness of Moo-Guk solid by heating time

(unit : $\times 10^3$ dyne/cm²)

Heating time(min)	Cultivars				F-value
	Baek kwang	Daebu ryoung	Chung woon	Tae baek	
0	^A 1019 ^b	^A 1000 ^b	^A 1003 ^b	^A 1253 ^a	5.81 ^{**}
10	^B 489 ^a	^B 308 ^b	^B 263 ^b	^B 302 ^b	12.95 ^{***}
20	^C 348 ^a	^C 199 ^{bc}	^C 120 ^c	^B 252 ^b	9.63 ^{***}
30	^C 383 ^a	^C 135 ^b	^C 153 ^b	^B 192 ^b	16.75 ^{***}
F-value	82.80 ^{***}	125.04 ^{***}	141.28 ^{***}	175.01 ^{***}	

N.S. : Not Significant *p<0.05 **p<0.01 ***p<0.001

Means with the same letter are not significantly different.

- a, b means Duncan's multiple range test for radish cultivars (row).
- A, B means Duncan's multiple range test for heating time (column).

가열에 의해 경도가 급격히 감소되었으며, 품종과 가열시간 모두에서 유의차를 나타냈다. 가열 전에는 가을무인 태백의 경도가 유의적으로 높게 나타났으며, 다른 품종들간에는 차이가 없었다. 그러나, 10분 가열부터는 백광이 유의적으로 경도가 높았고, 다른 품종들간의 차이는 없었다. 가열 시간에 따른 영향에서는 백광, 대부령, 청운은 가열 전에 비해 20분 가열 할 때까지는 유의차를 보이다가 30분 가열에서는 유의차가 없었다. 태백은 가열유무에 따라서는 유의차가 있었지만 가열시간에 따른 유의차는 없었다.

즉, 가열 전 경도는 태백이 다른 품종들에 비해 크게 높았는데, 가열 10 분만에 급격히 감소하여 오히려 봄무인 백광보다 더 낮은 경도를 나타냈다. 반면에 봄무인 백광은 가열전에는 낮은 값을 보이다가 가열 후에는 오히려 다른 품종들보다 높은 경도를 유지하고 있는 것으로 나타났다. 따라서, 봄무는 가열에 의해 연화되는 정도가 다른 품종에 비해 적고, 가을무는 특히 초기 가열로도 급격히 연화되는 성질이 있음을 알 수 있다.

마. 조리 후 중량, 건물 중, 세포벽 중량

Table 8은 무 품종과 가열시간을 달리하여 제조한 무국 건더기의 조리 후 중량 측정 결과를 분산분석하고, Duncan's multiple range test로 시료 간의 유의차를 검증한 것이다.

Table 8. Changes in fresh weight mass of Moo-Guk solid by heating time (unit : g)

Cultivars Heating time(min)	Baek kwang	Daebu ryoung	Chung woon	Tae baek	F-value
0	^a 50.0	^a 50.0	^a 50.0	^a 50.0	
10	^b 35.7	^b 35.6	^b 37.2	^b 35.9	0.30 ^{A,B}
20	^b 35.3	^b 32.8	^b 33.8	^b 35.7	0.65 ^{A,B}
30	^b 32.3	^b 30.5	^b 33.8	^b 35.4	2.34 ^{A,B}
F-value	12.40*	23.51**	11.76**	10.98*	

N.S. : Not Significant *p<0.05 **p<0.01 ***p<0.001

Means with the same letter are not significantly different.

A,B means Duncan's multiple range test for heating time (column).

조리 후 중량의 변화를 보면, 생체 중 50g이 10분 가열 후에는 35.7~37.2g 으로 감소하였고, 30분 가열 후에는 30.5~35.4g으로 감소하여 가열

조리에 의해 25.6~39.0% 정도의 중량 감소가 일어났다. 이는 가용성 성분들이 가열에 의해 국물로 용출되었기 때문으로 보여진다. 품종간에는 유의차가 없었고, 모든 품종이 가열유무에 따라서는 유의차가 있었지만 가열시간에 따른 유의차가 없었다.

Fig. 3.은 무 품종과 가열시간에 따른 무 건더기의 조리 후 중량, 건물중, 세포벽 함량 변화를 비교한 것이다.

가열 후 중량 변화를 보면, 모든 품종이 가열 10분만에 생무 중량의 70% 정도로 급격히 감소하였으며, 이후의 가열에서는 완만하게 감소하였다.

조직의 건물 중량은 태백이 가장 높았고, 가열 전 시료에 비해 가열 10분만에 급속히 감소하여 조직의 경도와 상관성이 있는 것으로 생각된다. 백광이나 대부령에 비해 가을무인 청운과 태백의 건물중이 높게 나타나 경도에서의 결과와 유사한 경향을 보였으며, 가열 전후 모두 태백이 가장 높았으나 가열 전에 비해 가열 후에는 품종간의 차이가 근소해져서 가열로 인해 태백의 경도가 급속히 감소한 것과 관련이 있는 것으로 보인다.

조직의 세포벽 함량은 특히 백광이 다른 품종들보다 상당히 낮았으며, 가열 전에는 태백이 가장 높았으나 가열 중 태백만 계속 감소하여 조직의 경도측정 결과 태백의 특징적인 감소와 상관성이 있는 것으로 생각된다.

즉, 조리후 중량은 가열에 의해 감소했지만, 가열시간이나 품종간의 유의차는 없었던 것으로 보아 경도와 연관성은 찾을 수 없었고, 건물중과 세포벽 중량은 유사한 경향을 보이며, 가열함에 따라 감소하였다. 가열 전에는 가을무인 태백과 청운의 중량이 다른 품종보다 높았으며 특히, 태백의 중량은 가장 높았으나 가열로 인해 계속 감소하는 것으로 보아 건물중과 세포벽 중량은 경도와 관련이 있는 것으로 생각된다.

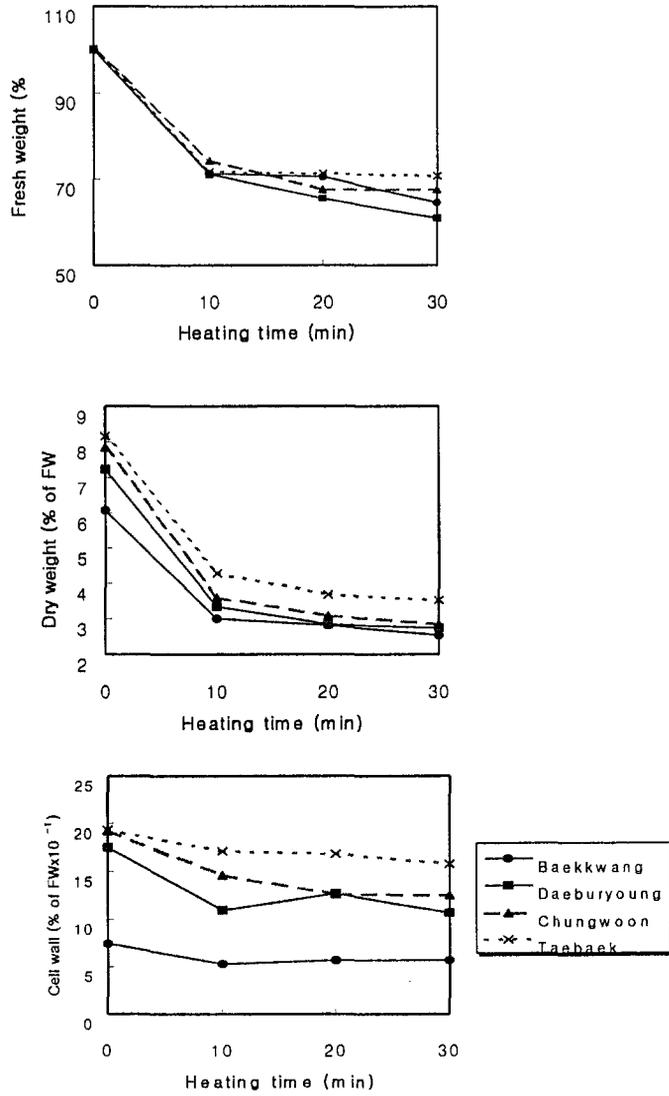


Fig. 3. Changes in fresh and dry weight, and cell wall content of Moo-Guk solid by heating time.

바. 세포벽 조성 분석

Table 9는 무 품종과 가열시간을 달리하여 제조한 무국 건더기의 세포벽 조성 분석 결과를 분산분석하고, Duncan's multiple range test로 시료간의 유의차를 검증한 것이다.

무 조직의 세포벽 탄수화물의 조성은 품종간 다소 차이는 있으나, cellulose는 23.1~37.4%를, polyuronides는 34.9~39.8%, 비섬유성 중성당은 16.6~19.8%를 보였다. 가열 30분 후에는 품종별로 차이를 보였는데, polyuronides는 모든 품종에서 18~37% 감소하였으며, 특히 대부령의 감소가 컸다. 비섬유성 중성당은 태백이 약 30%, 청운은 약 20% 감소하였으나, 백광은 감소하지 않았다. 한편, cellulose는 모든 품종에서 조성 비율이 증가하였는데, 이는 가열 중 거의 분해되지 않았음을 시사한다.

즉, 가열에 의해 백광은 세포벽의 polyuronides가 주로 분해되었으며, 대부령은 polyuronide의 현저한 분해와 약간의 비섬유성 중성당이 분해되었다. 태백과 청운은 polyuronides와 비섬유성 중성당 모두 현저하게 분해되었다. 따라서, 다른 품종에 비해 특히 가을무의 경도가 가열에 의해 급속히 연화되는 현상은 세포벽 성분 중 비섬유성 중성당과 관계가 있는 것으로 생각된다.

Table 9. Changes in cellulose, polyuronides and non-cellulosic neutral sugars contents of Moo-Guk solid by heating time

(unit : % of cell wall)

Item	Cultivars Heating time(min)	Baek	Daebu	Chung	Tae	F-value
		kwang	ryoung	woon	baek	
Cellulose	0	37.4 ^a	^b 23.4 ^b	^b 23.1 ^b	^b 31.8 ^a	7.97 ^{**}
	30	39.2	^A 47.1	^A 43.4	^A 44.9	1.20 ^{N.S.}
	T-value	0.88 ^{N.S.}	118.70 ^{**}	9.09 [*]	24.17 ^{**}	
Polyuronid e	0	37.5	39.8	36.8	34.9	0.35 ^{N.S.}
	30	30.2	25.1	30.2	28.9	0.38 ^{N.S.}
	T-value	4.01 ^{N.S.}	4.82 ^{N.S.}	2.27 ^{N.S.}	1.11 ^{N.S.}	
TNCNS ²⁾	0	18.0	19.8	16.6	^A 19.0	0.57 ^{N.S.}
	30	18.3	18.6	13.3	^B 14.0	3.49 ^{N.S.}
	T-value	0.01 ^{N.S.}	0.08 ^{N.S.}	2.06 ^{N.S.}	12.70 [*]	

²⁾TNCNS: Total non-cellulosic neutral sugars.

N.S. : Not Significant *p<0.05 **p<0.01 ***p<0.001

Means with the same letter are not significantly different.

- a,b means Duncan's multiple range test for radish cultivars (row).

- A,B means Duncan's multiple range test for heating time (column).

사. 비섬유성 중성당 조성

Table 10은 무 품종과 가열시간을 달리하여 제조한 무국 건더기의 비섬유성 중성당 조성분석 결과를 분산분석하고, Duncan's multiple range test로 시료간의 유의차를 검증한 것이다.

Table 10. Changes in non-cellulosic neutral sugar content of cell walls from Moo-Guk solid by heating (unit : % of cell wall)

Item	Cultivars	Baek kwang	Daebu ryoung	Chung woon	Tae baek	F-value
	Heating time(min)					
Rhamnose	0	1.67	^b 2.01	2.10	^b 1.62	2.16 ^{N.S.}
	30	2.36	^A 2.52	2.06	^A 2.03	1.58 ^{N.S.}
	T-value	2.32 ^{N.S.}	18.94*	0.01 ^{N.S.}	12.25*	
Arabinose	0	5.07	^A 6.46	5.25	5.60	2.07 ^{N.S.}
	30	5.59	^b 4.76	3.68	4.29	2.86 ^{N.S.}
	T-value	0.23 ^{N.S.}	14.82*	3.66 ^{N.S.}	7.53 ^{N.S.}	
Xylose	0	4.30	4.56	3.96	4.92	1.49 ^{N.S.}
	30	4.24	5.08	3.40	3.55	2.40 ^{N.S.}
	T-value	0.05 ^{N.S.}	0.46 ^{N.S.}	1.82 ^{N.S.}	0.57 ^{N.S.}	
Mannose	0	0.58	0.79	0.62	0.53	5.09 ^{N.S.}
	30	0.69	0.99	0.68	0.57	4.03 ^{N.S.}
	T-value	1.44 ^{N.S.}	5.46 ^{N.S.}	0.29 ^{N.S.}	0.06 ^{N.S.}	
Glucose	0	2.07 ^{ad}	1.68 ^{bc}	1.41 ^c	^A 2.47 ^a	10.14*
	30	1.52	1.64	1.28	^b 1.30	1.36 ^{N.S.}
	T-value	2.96 ^{N.S.}	0.05 ^{N.S.}	0.30 ^{N.S.}	45.08*	
Galactose	0	4.08	3.39	3.22	^A 3.86	0.84 ^{N.S.}
	30	3.86	3.56	2.03	^b 2.24	4.21 ^{N.S.}
	T-value	0.12 ^{N.S.}	0.05 ^{N.S.}	4.33 ^{N.S.}	10.40*	

N.S. : Not Significant *p<0.05 **p<0.01 ***p<0.001

Means with the same letter are not significantly different.

- a,b means Duncan's multiple range test for radish cultivars (row).

- A,B means Duncan's multiple range test for heating time (column).

무 세포벽에는 arabinose, xylose 및 galactose의 함량이 다른 당들에 비해 풍부하였다. 주로 가열에 의해 감소된 당은 arabinose, xylose, glucose, galactose였으며, 가을무인 태백 및 청운에서 가열에 의해 주요 중성당들이 감소하였다.

전반적으로 유의차는 크게 나타나지 않았는데 품종간의 유의차는 glucose의 가열 전 시료에서만 보였고, 가열에 따른 유의차는 태백의 rhamnose, glucose, galactose에서와 대부령의 rhamnose, arabinose에서만 있었다.

시료간의 유의차를 보면, rhamnose의 경우는 가열에 의해 청운을 제외하고는 함량이 약간 증가하는 경향이었고, 태백에서는 가열 전 시료에 비해 30분 가열 후에 유의적으로 증가하였다. Arabinose의 경우는 백광을 제외하는 가열에 의해 비교적 감소하는 경향이었으며 특히, 대부령에서는 가열에 의해 유의적으로 감소하였다. Mannose의 경우는 가열에 의해 약간의 증가는 있었지만 유의차는 없었다. Glucose의 경우는 청운을 제외하고는 가열에 의해 감소하는 경향을 보였으며, 태백은 5% 수준에서 유의적으로 감소하였다. 또한, 가열 전에는 여러 품종 중에서 태백이 유의적으로 높고, 청운이 낮았으나 가열 후에는 유의차가 없었으며, 태백이 백광이나 대부령보다 오히려 낮아졌다. Galactose의 경우는 대부령을 제외하고는 가열에 의해 감소했으며 특히, 태백이 유의적으로 감소하였다. 앞의 결과에서 가열에 의해 태백이 연화되는 현상은 polyuronide와 비섭유성 중성당의 분해와 관련이 있다고 지적했는데, 비섭유성 중성당의 성분중에서 glucose와 galactose의 분해가 현저하게 일어났음을 알 수 있었다. 따라서, 태백의 급격한 연화의 요인으로서 비섭유성 중성당의 성분 중 특히, glucose와 galactose가 깊이 관여하며, arabinose와 xylose도 관련이 있는 것으로 생각된다.

아. 전분 함량

Table 11은 무 품종과 가열시간을 달리하여 제조한 무국 건더기의 전분 측정 결과를 분산분석하고, Duncan's multiple range test로 시료간의 유의차를 검증한 것이다.

전분의 함량은 봄무인 백광에서는 매우 소량이었으며, 대부령, 태백은 상대적으로 함량이 높아 1.0%를 상회하였다. 가열 중 전분의 함량은 대부령 및 청운에서 뚜렷이 감소하였으나 태백에서는 일시적으로 급격히 증가하는 경향이였다. 즉, 태백은 가열 30분 동안 전분이 분해되지 않았음을 의미한다. 따라서, 품종에 따라서는 전분의 분해도 조직의 경도가 감소하는데 관여한다고 시사되었다.

시료간의 유의차는 가열 전, 후 모든 가열시간에서 품종간의 유의차가 있었으며, 가열시간에 따른 영향은 백광을 제외하고 모든 품종에서 유의적으로 나타났다. 즉, 가열에 따른 전분함량의 변화 양상이 백광과 태백이 비슷하고, 대부령과 청운이 비슷하게 나타났다. 백광과 태백은 가열10분과 20분에 감소하였다가 가열 30분에는 다시 감소하는 경향이었는데 백광은 변화가 크지 않았으나 태백은 증감의 폭이 현저하게 일어났다. 대부령과 청운은 가열 10분만에 급속히 감소하였다가 가열 20분에는 약간 증가하였다가 다시 30분 가열 시 감소하는 양상을 보였다. 전분 함량은 전반적으로 태백이 높았고, 백광이 낮게 나타났다.

Table 11. Changes in starch content of Moo-Guk solid by heating time
(% of fresh mass)

Heating time(min)	Cultivars				F-value
	Baek kwang	Daebu ryoung	Chung woon	Tae baek	
0	0.10 ^c	^a 1.54 ^a	^a 0.97 ^b	^b 1.05 ^b	28.83 ^{***}
10	0.09 ^c	^c 0.42 ^b	^b 0.30 ^{bc}	^a 2.17 ^a	100.58 ^{***}
20	0.16 ^d	^b 0.95 ^b	^b 0.45 ^c	^a 2.41 ^a	137.07 ^{***}
30	0.06 ^c	^b 0.80 ^b	^b 0.35 ^{bc}	^b 1.54 ^a	18.63 ^{***}
F-value	1.01 ^{N.S.}	20.77 ^{***}	11.63 ^{**}	12.00 ^{**}	

N.S. : Not Significant *p<0.05 **p<0.01 ***p<0.001

Means with the same letter are not significantly different.

- a, b means Duncan's multiple range test for radish cultivars (row).

- A, B means Duncan's multiple range test for heating time (column).

자. 관능 검사

1) 가열시간에 따른 영향

가) 백광

Table 12는 봄무인 백광으로 제조한 무국의 가열시간에 따른 관능검사 결과를 분산 분석하고, Duncan's multiple range test로 시료간의 유의차를 검증한 것이다.

건더기의 경우, 경도는 10분과 20분 가열한 것 사이에 유의차가 있었으나 20분과 30분 사이에는 차이가 나타나지 않았다. 색은 가열함에 따라 노르스름하다고 평가되었는데 10분과 30분 가열한 시료간에 유의차가 있었다. 외관에서는 가열시간에 따른 유의차가 나타나지 않았다.

국물의 경우, 색은 30분 가열한 것이 20분 가열한 것보다 유의적으로 진하게 평가되었으며, 짠맛은 가열시간이 경과함에 따라 유의적으로 증가하였고, 탁도는 가열 20분까지는 유의차가 없다가 30분 가열 시 유의적으로 증가하였다.

전반적인 바람직성에서는 20분 가열한 것이 가장 좋다고 평가되었고, 30분, 10분 가열한 것 순서였으나 유의차는 없었다.

Table 12. Result of sensory evaluation of Moo-Guk with baekkwang by heating time

Sample	Heating time(min)	10	20	30	F-value
	Characteristics				
Solid	Hardness	4.2 ^a	2.9 ^b	2.6 ^b	10.33 ^{***}
	Color	3.4 ^a	3.2 ^{ab}	2.6 ^b	2.85 [*]
	Appearance	3.9	3.8	3.9	0.10 ^{N.S.}
Liquid	Color	2.5 ^b	3.3 ^b	3.7 ^a	7.42 ^{**}
	Salty Taste	2.3 ^c	3.0 ^b	3.9 ^a	24.81 ^{***}
	Turbidity	2.6 ^b	3.1 ^b	3.8 ^a	3.94 [*]
Total	Overall Quality	2.8	3.1	3.0	0.21 ^{N.S.}

N.S. : Not Significant *p<0.05 **p<0.01 ***p<0.001

Means with the same letter are not significantly different.

나) 대부령

Table 13은 여름무인 대부령으로 제조한 무국의 가열시간에 따른 관능검사 결과를 분산 분석하고, Duncan's multiple range test로 시료간의 유의차를 검증한 것이다.

Table 13. Result of sensory evaluation of Moo-Guk with daeburyong by heating time

Sample	Heating time(min)	10	20	30	F-value
	Characteristics				
Solid	Hardness	3.7 ^a	2.3 ^b	1.6 ^c	35.90 ^{***}
	Color	2.8	2.6	2.5	0.34 ^{N.S.}
	Appearance	3.7	3.6	3.2	1.34 ^{N.S.}
Liquid	Color	2.1 ^b	2.9 ^a	3.5 ^a	9.31 ^{***}
	Salty Taste	2.5 ^c	3.2 ^b	4.3 ^a	27.11 ^{***}
	Turbidity	2.9	3.0	3.2	0.31 ^{N.S.}
Total	Overall Quality	2.8	3.6	3.2	1.46 ^{N.S.}

N.S. : Not Significant *p<0.05 **p<0.01 ***p<0.001

Means with the same letter are not significantly different.

건더기의 경우 경도는 가열함에 따라 점점 감소하여 가열시간에 따라 유의적으로 연화되었다. 색은 가열할수록 노랗다고 평가되었지만 유의차는 없었다. 외관의 결과는 감소하는 경향이었지만 유의차는 없었다.

국물의 경우 색은 점점 진해졌으며, 가열 10분과 20분 사이에 유의차가 있었다. 짠맛은 유의적으로 증가하여 가열함에 따라 국물의 농도가 진해져 짠맛이 강해짐을 나타냈다. 탁도는 가열함에 따라 증가되었지만 유의차는 없었다.

전반적인 바람직성은 20분 가열한 것이 가장 좋다고 평가되었고, 30분, 10분 가열한 것 순서였으나 유의차는 없었다.

다) 청운

Table 14는 가을무인 청운으로 제조한 무국의 가열시간에 따른 관능검사 결과를 분산 분석하고, Duncan's multiple range test로 시료간의 유의차를 검증한 것이다.

Table 14. Result of sensory evaluation of Moo-Guk with chungwoon by heating time

Sample	Heating time(min)	10	20	30	F-value
	Characteristics				
Solid	Hardness	4.0 ^a	3.0 ^b	2.2 ^c	22.87 ^{***}
	Color	3.5 ^a	2.8 ^{ab}	2.3 ^b	6.06 ^{**}
	Appearance	3.9 ^a	3.3 ^{ab}	3.1 ^b	3.37 [*]
Liquid	Color	2.7 ^c	3.3 ^b	3.9 ^a	10.68 ^{***}
	Salty Taste	2.3 ^c	3.0 ^b	3.7 ^a	10.84 ^{***}
	Turbidity	2.5 ^b	3.1 ^{ab}	3.6 ^a	3.44 [*]
Total	Overall Quality	2.2 ^c	3.6 ^a	3.0 ^b	13.32 ^{***}

N.S. : Not Significant *p<0.05 **p<0.01 ***p<0.001

Means with the same letter are not significantly different.

건더기의 경우 경도에서는 가열 시간별로 모두 유의차가 있었으며, 점점 연화되었다. 색은 가열함에 따라 노란색이 증가되었고, 10분과 30분 사이에 유의차가 있었다. 외관의 점수는 감소하는 경향이었고, 10분과 30분 시료사이에 유의차가 있었다.

국물의 경우 색과 짠맛은 가열할수록 유의적으로 계속 증가하였고, 탁도는 계속 증가하였으며, 10분과 30분 시료간에 유의차를 보였다.

전반적인 바람직성의 경우는 20분 가열한 것이 유의적으로 가장 좋다고 평가되었으며, 그 다음은 30분, 10분 순으로 평가되었다.

라) 태백

Table 15는 가을무인 태백으로 제조한 무국의 가열시간에 따른 관능검사 결과를 분산 분석하고, Duncan's multiple range test로 시료간의 유의차를 검증한 것이다.

Table 15. Result of sensory evaluation of Moo-Guk with taebaek by heating time

Sample	Heating time(min)	10	20	30	F-value
	Characteristics				
Solid	Hardness	4.6 ^a	2.9 ^b	3.1 ^b	10.50 ^{***}
	Color	3.5 ^a	3.0 ^{ab}	2.6 ^b	3.68 [*]
	Appearance	3.9	3.7	3.6	0.55 ^{N.S.}
Liquid	Color	2.2 ^b	3.2 ^a	3.8 ^a	11.92 ^{***}
	Salty Taste	2.2 ^b	3.3 ^a	3.9 ^a	13.75 ^{***}
	Turbidity	2.4 ^b	3.3 ^a	3.8 ^a	6.76 ^{**}
Total	Overall Quality	1.7 ^b	3.4 ^a	3.6 ^a	8.95 ^{**}

N.S. : Not Significant *p<0.05 **p<0.01 ***p<0.001

Means with the same letter are not significantly different.

건더기의 경우, 경도는 가열할수록 감소되었는데, 10분과 20분 가열 사이에 유의차가 있었다. 색은 점점 감소되었는데 10분과 30분 시료간에 유의차를 보였다. 외관의 평가 결과는 감소 경향을 나타냈지만 유의차는 없었다.

국물의 경우, 색은 20분 가열 시 유의적으로 증가하였고, 가열함에 따라 계속 증가 경향을 나타냈다. 짠맛, 탁도도 색의 결과와 같은 경향을 나타냈다.

전반적인 바람직성에서는 백광, 대부령, 청운의 경우는 모두 20분 가열한 것이 가장 좋고, 30분, 10분 순이었는데 태백으로 제조한 무국은 30분 가열한 것이 가장 좋다고 평가되었다. 그러나, 20분 가열한 것과 유의차는 없었다.

2) 품종에 따른 영향

전향에서 각 품종의 가열시간에 따른 영향을 살펴본 결과 백광, 대부령, 청운은 20분 가열한 것이 가장 좋고, 태백은 30분 가열한 것이 가장 좋다고 평가되었지만 20분 가열한 것과 유의차가 없었으므로 모든 시료를

20분간 가열하여 품종간의 차이를 비교 검토하였다.

Table 16은 20분간 가열하여 제조한 무국의 품종간의 차이에 따른 관능 검사 결과를 분산 분석하고, Duncan's multiple range test로 시료간의 유의차를 검증한 것이다.

Table 16. Result of sensory evaluation of Moo-Guk with different clutivar during 20min. heating

Sample	Heating time(min) Characteristics	Baek kwang	Daebu ryoung	Chung woon	Tae baek	F-value
Solid	Hardness	3.7 ^a	2.2 ^b	1.4 ^c	3.2 ^a	17.52 ^{***}
	Color	2.5	2.5	2.8	2.9	0.52 ^{N.S.}
	Appearance	3.8 ^a	2.8 ^b	2.8 ^b	3.6 ^{ab}	2.83 [*]
Liquid	Color	3.6 ^a	3.3 ^{ab}	2.5 ^b	2.3 ^b	3.41 [*]
	Salty Taste	3.0	3.0	3.2	2.15	2.05 ^{N.S.}
	Turbidity	3.5	3.2	2.9	2.7	0.90 ^{N.S.}
Total	Overall Quality	2.4 ^b	3.1 ^{ab}	3.7 ^a	2.2 ^b	4.57 ^{**}

N.S. : Not Significant *p<0.05 **p<0.01 ***p<0.001

Means with the same letter are not significantly different.

같은 시간 가열했을 때 품종간의 차이를 보면, 건더기의 경도, 외관과 국물의 색, 전반적인 바람직성에서 유의차가 있었다. 따라서, 유의차가 나타나지 않은 항목들은 무 자체의 특성에 의한 영향이 아니라 가열시간에 의한 영향을 받은 것이고, 유의차가 나타난 항목들은 무의 조직 특성에 의한 영향이라고 생각된다.

건더기의 경우, 경도는 백광과 태백사이에는 유의차가 없었고, 대부령과 청운은 유의적으로 연하게 평가되었다.

국물의 경우, 색은 백광이 가장 연하고 태백이 가장 진하게 나타났다.

전반적인 바람직성의 경우 청운이 가장 좋다고 평가되었으나 대부령과 유의차는 없었으며, 백광과 태백은 상대적으로 낮게 평가되었다.

따라서, 무국을 제조할 경우에는 가을무인 청운이 가장 좋았고, 가열시간은 20분이 적당했다. 그러나, 청운과 대부령간에는 유의차가 없었기 때문에 가을무가 조달되지 않는 시기에는 대부령을 대치하여 이용할 수 있겠고, 가열시간을 늘려 조리하면 시료간의 차이가 적어지리라 생각된다.

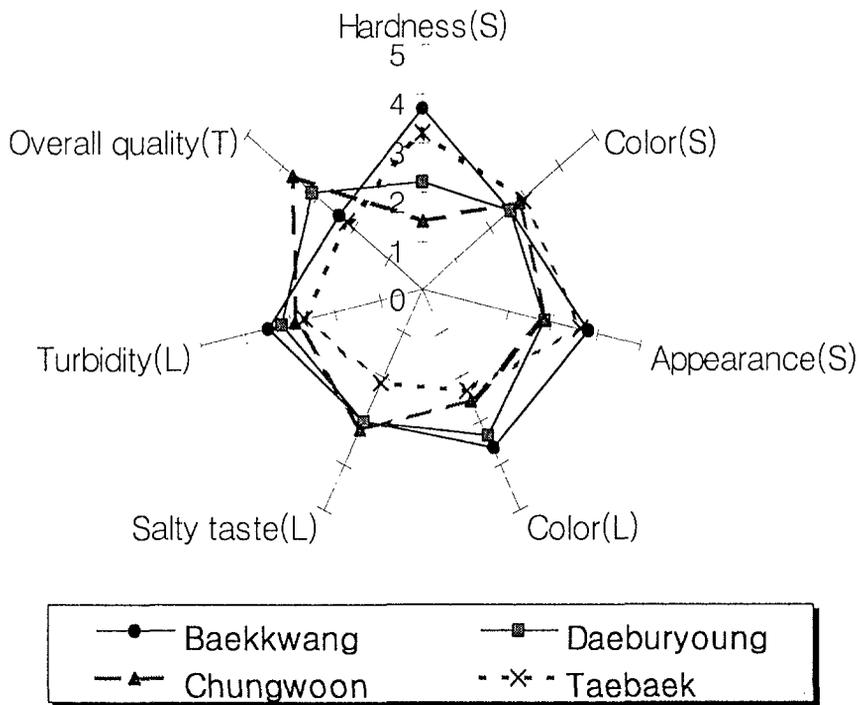


Fig. 4. QDA profiles of sensory evaluation of Mooguk by radish cultivars during 20min. heating..

S : Solid L : Liquid T : Total

2. 나박김치

가. 당도

1) 예비숙성 후 냉장저장

Table 17은 무 품종별로 나박김치를 제조하여 25℃에서 12시간 숙성시킨 후 8℃에서 저장하면서 건더기와 국물의 당도를 측정하여 그 결과를 분산 분석하고, Duncan's multiple range test로 시료간의 유의차를 검증한 것이다.

건더기의 경우 예비 숙성직후에는 4.10~4.33의 당도를 보이다가 저장기간이 지남에 따라 점점 감소하여 냉장4일에는 3.83~3.97의 당도를 보였다. 품종별로는 가을무인 태백의 당도가 가장 높게 나타났으며, 청운을 제외하고 모든 품종에서 저장기간에 따라 유의차를 보였다.

국물의 경우 품종간의 유의차는 나타나지 않았으나 각각의 품종에서 저장기간에 따라서는 유의차가 있었다. 숙성직후 국물의 당도는 3.55~3.70의 범위였으나 저장함에 따라 점차 증가하여 냉장4일에는 4.15~4.40의 범위를 보였다. 국물의 당도도 건더기와 마찬가지로 숙성기간 전반에 걸쳐 태백이 가장 높게 나타났다.

Table 17. Sweetness of Nabakkimchi during storage at 8°C after keeping at 25°C (Brix%)

Sample	Cultivar	Baek kwang	Daebu ryoung	Chung woon	Tae Baek	F-value
	Storage day					
Solid	0	^a 4.23 ^{ab}	^a 4.30 ^a	4.10 ^b	^a 4.33 ^a	4.79*
	1	^{ab} 4.13	^b 4.10	4.00	^{ab} 4.13	0.45 ^{N.S.}
	2	^{bc} 3.97 ^{bc}	^b 3.87 ^c	4.03 ^b	^a 4.27 ^a	26.00***
	3	^{bc} 4.00	^c 4.00	4.03	^{ab} 4.20	3.30 ^{N.S.}
	4	^c 3.87 ^{ab}	^b 3.83 ^b	3.97 ^a	^b 3.97 ^a	4.25*
	F-value	4.25*	80.75***	1.22 ^{N.S.}	3.56*	
Liquid	0	^b 3.55	^b 3.65	^c 3.75	^c 3.70	3.89 ^{N.S.}
	1	^b 3.60	^b 3.70	^c 3.75	^{bc} 3.75	4.00 ^{N.S.}
	2	^{ab} 3.95	^a 4.00	^{bc} 3.90	^{bc} 3.85	0.16 ^{N.S.}
	3	^a 4.10	^a 4.20	^a 4.20	^{ab} 4.15	0.22 ^{N.S.}
	4	^a 4.15	^a 4.15	^{ab} 4.15	^a 4.40	3.57 ^{N.S.}
	F-value	5.05*	21.42**	8.41*	7.67*	

N.S. : Not Significant * <0.05 ** <0.01 *** $p<0.001$

Means with the same letter are not significantly different.

1) a,b means Duncan's multiple range test for cultivars (row).

2) A,B means Duncan's multiple range test for storage day (column).

2) 제조직후 냉장저장

Table 18은 무 품종별로 나박김치를 제조한 직후 8°C에서 저장하면서 건더기와 국물의 당도를 측정하여 그 결과를 분산분석하고, Duncan's multiple range test로 시료간의 유의차를 검증한 것이다.

Table 18. Sweetness of Nabakkimchi during storage at 8°C (Brix %)

Sample	Cultivar	Baek kwang	Daebu ryoung	Chung woon	Tae Baek	F-value
	Storage day					
Solid	0	^A 4.23	^A 3.93	^A 4.23	^L 4.10	3.48 ^{N.S.}
	1	^B 4.10 ^B	^A 3.97 ^B	^A 4.10 ^{AB}	^{AB} 4.33 ^A	4.37 [*]
	3	^U 3.87 ^A	^B 3.67 ^{BC}	^B 3.73 ^B	^U 3.57 ^C	14.25 ^{**}
	5	^{LU} 3.90 ^B	^A 3.90 ^B	^A 4.13 ^A	^L 4.00 ^{AB}	6.29 [*]
	7	^B 4.03 ^{BC}	^A 3.90 ^C	^A 4.27 ^A	^{BL} 4.13 ^{AD}	9.63 ^{**}
	9	^{BL} 4.00 ^C	^A 3.97 ^C	^A 4.20 ^D	^A 4.47 ^A	38.07 ^{***}
	F-value	12.91 ^{***}	17.20 ^{***}	7.34 ^{**}	18.69 ^{***}	
Liquid	0	3.75	3.70	4.20	^L 3.65	1.39 ^{N.S.}
	1	3.65	3.65	3.75	^L 3.60	0.90 ^{N.S.}
	3	3.85	3.85	3.90	^{BL} 3.85	0.01 ^{N.S.}
	5	3.95	3.95	4.15	^{AB} 4.25	1.80 ^{N.S.}
	7	4.05 ^C	4.10 ^{BC}	4.35 ^{AB}	^A 4.45 ^A	8.52 [*]
	9	4.05 ^C	4.10 ^C	4.35 ^D	^A 4.55 ^A	28.78 ^{**}
	F-value	1.39 ^{N.S.}	2.57 ^{N.S.}	2.24 ^{N.S.}	9.98 [*]	

N.S. : Not Significant * <0.05 ** <0.01 *** $p<0.001$

Means with the same letter are not significantly different.

1) a,b means Duncan's multiple range test for cultivars (row).

2) A,B means Duncan's multiple range test for storage day (column).

건더기의 경우, 제조직후에는 품종간의 유의차가 없었으나 저장함에 따라 품종간에 유의차가 있었으며, 모든 품종에서 저장기간에 따른 유의차도 나타났다. 시료간의 차이를 보면, 냉장1일에는 가을무 사이에는 유의차가 없었으나 가을무인 태백과 백광, 대부령 사이에서는 유의차가 있었다. 냉장3일에는 백광의 당도가 유의적으로 높았으며, 태백이 유의적으로 낮았다. 냉장5일에는 청운이 백광과 대부령보다 유의적으로 높게 측정되었으나 가을무인 태백과는 차이가 없었다. 냉장7일에도 5일과 비슷한 경향이었고, 냉장9일에는 태백이 유의적으로 높았고, 백광과 대부령 사이에는 유의차가

없었다. 저장기간에 따른 차이를 보면, 백광은 제조직후의 당도가 4.23이었는데 냉장3일까지 유의적으로 감소하다가 5일부터는 다시 증가하였다. 대부령과 청운은 냉장 3일에만 유의적으로 당도가 낮게 나타났고, 그 외의 기간에서는 차이가 없었다. 태백도 유사한 경향을 보였다.

국물의 경우, 냉장5일까지는 품종간의 유의차가 없었으나 냉장7일부터 유의차가 있었으며, 저장일에 따라서는 태백에서만 유의차가 있었다. 시료간의 차이를 보면, 제조직후에는 청운의 당도가 가장 높았으나 유의차는 없었으며, 냉장7일에는 태백이 가장 높았고, 청운과는 유의차가 없었으나 백광, 대부령과는 유의차가 있었다. 냉장9일에는 건더기에서와 같은 결과를 보였는데 태백이 유의적으로 높게 나타났으며, 백광과 대부령 사이에는 차이가 없었다. 저장기간에 따른 차이를 보면, 모든 품종이 당도가 점차 증가하는 경향이었으며 태백에서만 유의차가 있었는데 제조직후에 비해 냉장5일과 7일에 유의적으로 증가하였다.

Fig. 11. 은 무 품종별로 나박김치를 제조하여 25℃에서 12시간 숙성한 후 8℃ 냉장고에 보관한 것(A군)과 제조 직후 8℃ 냉장고에 저장한 것(B군)의 저장기간에 따른 나박김치의 건더기와 국물의 당도를 비교한 것이다.

숙성 방법에 따른 건더기의 당도의 변화를 보면, A군은 모든 품종이 저장기간 전반에 걸쳐 약간의 감소 경향을 보였으며, 품종별로는 태백이 가장 높고, 대부령이 가장 낮았다. B군은 모든 품종이 냉장3일까지 감소하다가 다시 증가하는 경향을 보여 냉장3일째에 가장 낮은 당도를 보였다. 품종별로는 태백의 변화가 가장 심하게 나타났으며, 냉장5일부터는 가을무인 청운, 태백의 당도가 높은 경향을 보였다.

숙성 방법에 따른 국물의 당도의 변화를 보면, A군의 경우 모든 품종이 저장기간 전반에 걸쳐 증가하는 경향을 보이고 있는데 특히 냉장 1일과 2일 사이에 많이 증가되었다. 국물에 있어서도 태백의 당도가 가장 높았으

며, 백광의 당도가 가장 낮았다. 따라서, 나박김치를 제조하여 숙성하는 과정에서 건더기의 당성분이 국물로 이행되어 시간이 경과함에 따라 건더기의 당도는 감소하고 국물의 당도는 증가하는 것으로 생각된다. B군의 경우, 제조직후에는 백광, 대부령, 태백은 비슷한 수치를 보였으나 청운의 당도가 높게 나타났으며, 냉장1일에는 감소 경향을 보이다가 점차 증가하였다. 건더기와 마찬가지로 국물에서도 냉장5일부터는 가을무인 태백, 청운의 당도가 높게 나타났으며, 냉장9일에는 태백, 청운, 대부령, 백광 순이었다.

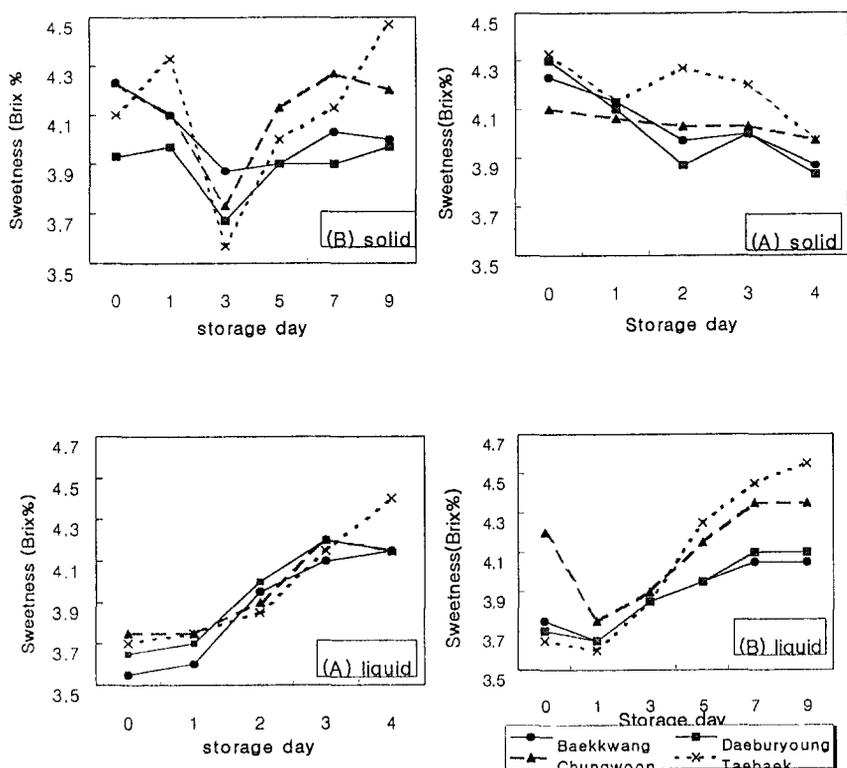


Fig. 11. Changes in sweetness of Nabakkimchi during storage.

A : stored at 8°C after keeping at 25°C for 12hours

B : stored at 8°C

나. pH

1) 예비숙성 후 냉장저장

Table 19는 무 품종별로 나박김치를 제조하여 25℃에서 12시간 숙성시킨 후 8℃에서 저장하면서 pH를 측정하여 그 결과를 분산분석하고, Duncan's multiple range test로 시료간의 유의차를 검증한 것이다.

예비숙성 후 냉장저장 했을 때 나박김치의 pH의 변화를 보면, 품종간에는 모든 저장일에서 유의차가 없었으며, 저장일에 따라서는 모든 품종에서 유의차를 보였다. 예비숙성 직후의 pH는 5.45~5.83의 범위였으며, 저장함에 따라 점차 감소하여 냉장4일에는 3.84~3.93의 범위였다.

Table 19. pH of Nabakkimchi during storage at 8℃ after keeping at 25℃ (unit : %)

Storage day	Cultivar				F-value
	Baek kwang	Daebu ryoung	Chung woon	Tae baek	
0	^A 5.45	^A 5.65	^A 5.70	^A 5.83	1.66 ^{N.S.}
1	^B 4.68	^B 4.54	^B 4.67	^B 4.69	0.22 ^{N.S.}
2	^C 3.96	^C 4.11	^C 4.32	^{BC} 4.42	2.01 ^{N.S.}
3	^C 3.93	^C 4.07	^{CD} 4.08	^C 4.00	1.78 ^{N.S.}
4	^C 3.93	^C 3.84	^D 3.91	^C 3.92	0.92 ^{N.S.}
F-value	34.99***	50.38***	77.28***	29.21**	

N.S : Not Significant * < 0.05 ** < 0.01 *** < 0.001

Means with the same letter are not significantly different.

1) a,b means Duncan's multiple range test for cultivars (row).

2) A,B means Duncan's multiple range test for storage day (column).

2) 제조직후 냉장저장

Table 20은 무 품종별로 나박김치를 제조한 직후 8℃에서 저장하면서 pH를 측정하여 그 결과를 분산분석하고, Duncan's multiple range test로 시료간의 유의차를 검증한 것이다.

Table 20. pH of Nabakkimchi during storage at 8°C (unit : %)

Storage day	Cultivars	Baek	Daebu	Chung	Tae	F-value
	kwang	ryoung	woon	baek		
0	^A 5.44	^A 5.37	^A 5.74	^A 5.65	1.73 ^{N.S.}	
1	^{AB} 5.24	^A 5.21	^A 5.43	^{AB} 5.36	0.07 ^{N.S.}	
3	^{ABC} 4.74	^{AB} 4.62	^B 4.52	^{BC} 4.63	0.03 ^{N.S.}	
5	^{BC} 4.22	^{BC} 3.81	^B 3.97	^C 3.94	0.59 ^{N.S.}	
7	^C 4.02	^C 3.74	^B 3.80	^C 3.85	0.44 ^{N.S.}	
9	^C 3.77	^C 3.62	^B 3.76	^C 3.74	0.89 ^{N.S.}	
F-value		4.05*	8.15**	13.61**	9.00**	

N.S. : Not Significant * <0.05 ** <0.01 *** $p<0.001$

Means with the same letter are not significantly different.

1) a,b means Duncan's multiple range test for cultivars (row).

2) A,B means Duncan's multiple range test for storage day (column).

제조 직후 냉장 저장한 시료의 pH측정 결과에서도 예비 숙성하여 냉장 저장한 시료에서와 마찬가지로 품종간에는 저장 기간에 관계없이 모두 유의차가 없었으나 저장기간에 따른 유의차는 모든 품종에서 나타났다. 나박김치의 제조직후 pH는 5.37~5.74의 범위였으며, 저장함에 따라 점차 감소하여 냉장9일에는 3.62~3.77의 범위를 보였다.

Fig. 12는 무 품종별로 나박김치를 제조하여 25°C에서 12시간 숙성한 후 8°C 냉장고에 보관한 것(A군)과 제조 직후 8°C 냉장고에 저장한 것(B군)의 저장기간에 따른 나박김치의 pH 변화를 비교한 것이다.

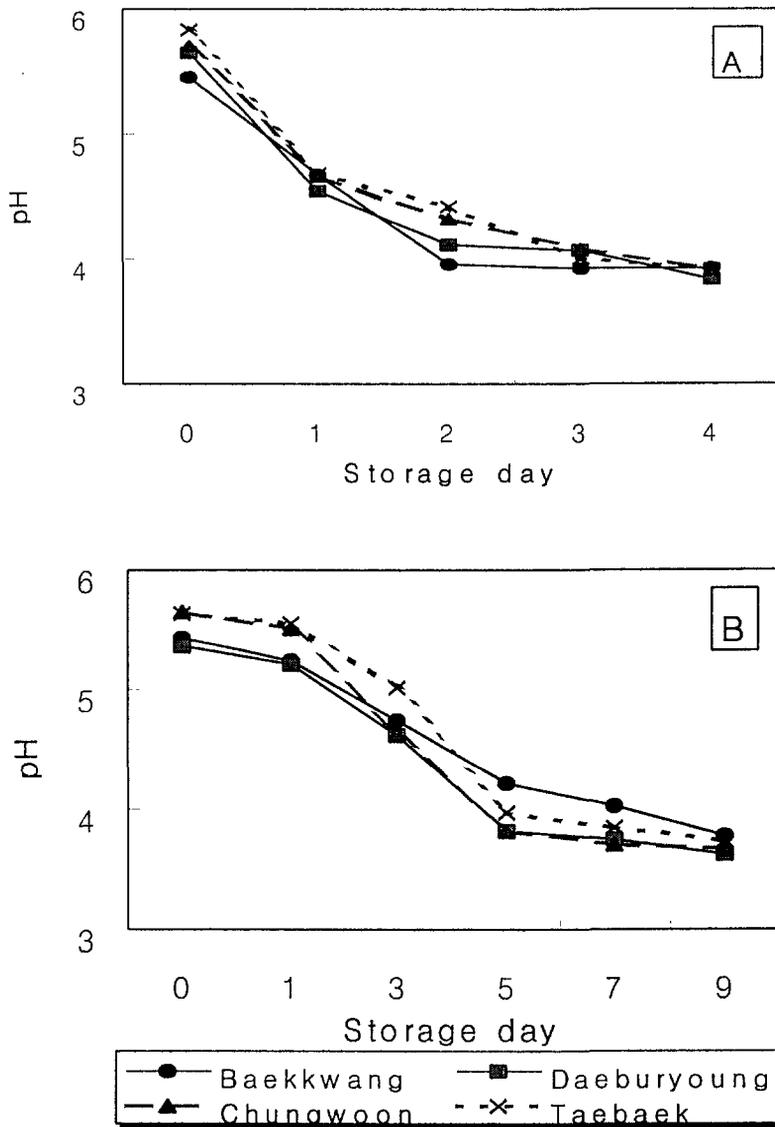


Fig. 12. Changes in pH of Nabakkimchi during storage.

A : stored at 8°C after keeping at 25°C for 12hours

B : stored at 8°C

A군의 경우, 모든 품종이 저장기간에 따라 pH가 감소하는 경향을 보였는데 특히, 예비숙성 직후와 냉장1일 사이에 급격한 감소가 있었으며, 냉장1일과 2일 사이에도 많이 감소하였다. 백광과 대부령은 냉장2일까지 급격히 감소하다가 그 이후에는 큰 변화가 없었으며, 가을무인 청운과 대부령은 봄무, 여름무보다 서서히 감소하여 냉장4일에는 비슷해졌다. B군이 경우는 모든 품종이 저장함에 따라 pH가 감소하는 경향을 보였는데 특히, 냉장1일과 5일 사이에 급격히 감소되었다. 품종별로는 제조직후에는 봄무, 여름무보다 가을무인 청운과 태백의 pH가 높았으며, 청운은 냉장1일, 태백은 냉장3일까지 높게 유지되다가 급격히 감소하여 냉장5일과 7일에는 봄무인 백광보다 낮게 유지되다가 냉장9일에는 전품종이 비슷해졌다.

다. 산도

1) 예비숙성 후 냉장저장

Table 21은 무 품종별로 나박김치를 제조하여 25℃에서 12시간 숙성시킨 후 8℃에서 저장하면서 산도를 측정하여 그 결과를 분산분석하고, Duncan's multiple range test로 시료간의 유의차를 검증한 것이다.

예비숙성 직후 나박김치의 산도는 0.06~0.08의 범위였으며, 저장함에 따라 점차 증가하여 냉장4일에는 0.29~0.34의 범위였다. 냉장1일을 제외하고는 모든 저장일에서 품종간의 유의차를 보였으며, 모든 품종에서 저장기간에 따른 유의차가 있었다.

Table 21. Acidity of Nabakkimchi during storage at 8°C after keeping

at 25°C					(unit : %)
Cultivar	Baek	Daebu	Chung	Tae	F-value
Storage day	kwang	ryoung	woon	baek	
0	^u 0.08 ^a	^b 0.07 ^{bc}	^b 0.08 ^{ab}	^b 0.06 ^c	6.44*
1	^c 0.14	^u 0.16	^u 0.15	^u 0.16	3.28 ^{n.s.}
2	^b 0.25 ^b	^b 0.26 ^a	^c 0.25 ^b	^c 0.22 ^c	12.17**
3	^A 0.29 ^b	^c 0.25 ^d	^b 0.31 ^a	^b 0.27 ^c	56.61***
4	^A 0.29 ^c	^A 0.34 ^a	^A 0.33 ^b	^A 0.29 ^c	32.14***
F-value	410.65***	718.36***	654.56***	503.25***	

N.S : Not Significant * <0.05 ** <0.01 *** $p<0.001$

Means with the same letter are not significantly different.

1) a, b means Duncan's multiple range test for cultivars (row).

2) A, B means Duncan's multiple range test for storage day (column).

2) 제조직후 냉장저장

Table 22는 무 품종별로 나박김치를 제조한 직후 8°C에서 저장하면서 산도를 측정하여 그 결과를 분산분석하고, Duncan's multiple range test로 시료간의 유의차를 검증한 것이다.

제조직후 나박김치의 산도는 0.06~0.09였으며, 저장함에 따라 점점 증가하여 냉장9일에는 0.32~0.35의 범위를 나타냈다. 냉장1일을 제외하고 모든 저장일에서 품종간의 유의차를 보였으며, 모든 품종에서 저장기간에 따른 유의차가 있었다.

Table 22. Acidity of Nabakkimchi during storage at 8°C (unit : %)

Storage day	Cultivars	Baek	Daebu	Chung	Tae	F-value
	kwang	ryoung	woon	baek		
0		^b 0.07 ^b	^b 0.07 ^b	^b 0.09 ^a	^b 0.06 ^b	8.74**
1		^b 0.07	^b 0.07	^b 0.08	^b 0.07	2.30 ^{N.S.}
3		^U 0.11 ^b	^U 0.11 ^a	^U 0.13 ^a	^U 0.09 ^b	17.79***
5		^U 0.17 ^c	^U 0.23 ^a	^U 0.24 ^a	^U 0.21 ^b	119.56***
7		^B 0.26 ^b	^B 0.26 ^b	^B 0.30 ^a	^B 0.27 ^b	12.70**
9		^A 0.32 ^b	^A 0.32 ^b	^A 0.35 ^a	^A 0.34 ^a	13.50** ⁸
F-value		267.67***	555.27***	683.38***	942.80***	

N.S. : Not Significant * < 0.05 ** < 0.01 *** < 0.001

Means with the same letter are not significantly different.

1) a, b means Duncan's multiple range test for cultivars (row).

2) A, B means Duncan's multiple range test for storage day (column).

Fig. 13. 은 무 품종별로 나박김치를 제조하여 25°C에서 12시간 숙성한 후 8°C 냉장고에 보관한 것(A군)과 제조 직후 8°C 냉장고에 저장한 것(B군)의 저장기간에 따른 나박김치의 산도 변화를 비교한 것이다.

A군의 경우, pH의 변화와 반대의 양상을 보이며 모든 품종이 저장기간에 따라 증가하는 경향을 나타냈다. 백광과 대부령은 냉장2일까지 급격한 증가를 보였으며, 청운과 태백은 냉장3일까지 많이 증가되었고, 저장기간 전반에 걸쳐 증가하는 경향을 보였다. 이는 pH 변화의 결과와 상응하는 것으로 pH의 변화에서도 백광과 대부령은 냉장2일까지는 급격히 감소하다가 그 이후에는 큰 변화가 없었고, 청운과 태백은 냉장3일까지 계속 감소하는 결과를 나타냈는데 산도의 변화에서도 같은 경향을 보이며 증가하는 것으로 나타나 pH와 산도는 밀접한 역의 상관관계가 있음을 알 수 있었다.

B군의 경우는 전반적으로 모든 품종이 저장기간에 따라 산도를 증가를 보였는데, 저장기간 초반보다 중반 이후에 급격한 증가를 나타냈다. 즉, 냉장1일까지는 큰 변화가 없다가 냉장3일에 약간의 증가를 보였으며, 냉장 3일 이후에는 급격한 증가의 양상을 보였다. 품종간의 차이는 크게

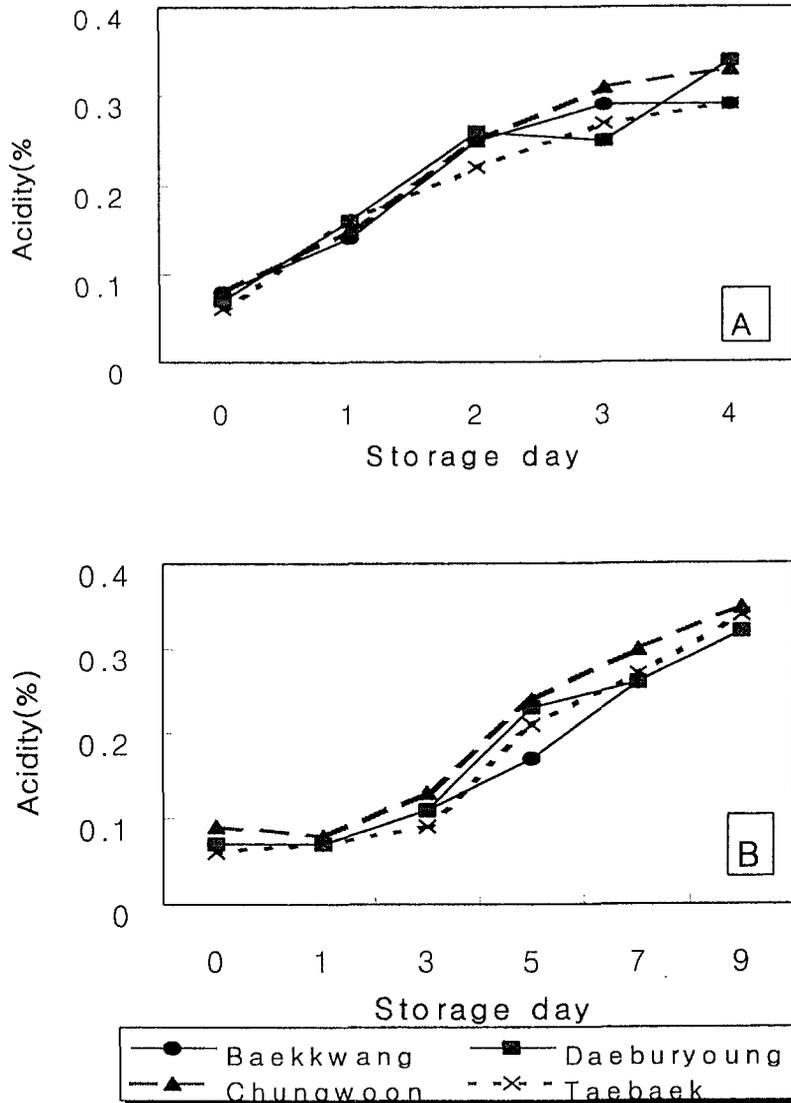


Fig. 13. Changes in acidity of Nabakkimchi during storage.
 A : stored at 8°C after keeping at 25°C for 12hours
 B : stored at 8°C

나타나지 않았으나 냉장5일에는 백광의 산도가 다른 품종들에 비해 낮은 경향을 보였다.

라. Vitamin C (Ascorbic acid)

1) 예비숙성 후 냉장저장

Table 23은 무 품종별로 나박김치를 제조하여 25℃에서 12시간 숙성시킨 후 8℃에서 저장하면서 Vitamin C 함량을 측정하여 그 결과를 분산분석하고, Duncan's multiple range test로 시료간의 유의차를 검증한 것이다.

건더기의 경우, 숙성 직후에 백광은 25.54mg%, 대부령은 21.30mg%의 비타민 C를 가지고 있었으며, 두 품종 모두 숙성기간에 따라 유의차가 있었고, 품종간에는 냉장 1, 3, 4일에 유의차를 보였다. 무가 보유한 비타민 C의 양은 백광이 더 많으나 나박김치 제조 후 발효 숙성함에 따라 점차 파괴되어 대부령 보다 백광이 더 많이 감소한 것으로 나타났다.

국물의 경우, 두 품종 모두 예비숙성 후 냉장 1일까지는 검출되지 않다가 냉장 2일부터 검출되었는데 대부령의 함량이 더 많았다. 품종간에는 냉장 3일부터 유의차를 보였으며, 대부령이 백광보다 유의적으로 함량이 많았다. 저장기간에 따라서는 대부령에서만 유의차가 있었으며, 냉장 2일과 3일 사이에 유의적으로 증가하여 예비숙성 후 냉장 4일이 되었을 때 국물의 비타민 C 함량은 8.73mg%로서 건더기와 비슷한 양을 가지고 있었다.

Table 23. Vitamin C of Nabakkimchi during storage at 8°C after keeping at 25°C (unit : mg %)

Sample	Cultivar	Baekkwang	Daeburyoung	F-value
	Storage day			
Solid	0	^a 25.54	^a 21.30	1.79 ^{N.S.}
	1	^b 5.17 ^b	^b 9.16 ^a	84.74 ^{***}
	2	^b 2.69	^c 4.41	16.00 ^{N.S.}
	3	^b 1.73 ^b	^b 7.96 ^a	135.90 ^{**}
	4	^b 1.07 ^b	^b 9.13 ^a	150.67 ^{**}
	F-value		22.07 ^{**}	68.92 ^{***}
Liquid	0	ND	ND	-
	1	ND	ND	-
	2	2.18	^b 3.54	2.01 ^{N.S.}
	3	1.01 ^b	^a 8.76 ^a	42.70 [*]
	4	0.80 ^b	^a 8.73 ^a	71.71 [*]
	F-value		4.19 ^{N.S.}	126.66 ^{***}

N.S : Not Significant * < 0.05 ** < 0.01 *** p < 0.001

ND : Non Detectable

Means with the same letter are not significantly different.

1) a, b means Duncan's multiple range test for cultivars (row).

2) A, B means Duncan's multiple range test for storage day (column).

2) 제조직후 냉장저장

Table 24는 무 품종별로 나박김치를 제조한 직후 8°C에서 저장하면서 Vitamin C 함량을 측정하여 그 결과를 분산분석하고, Duncan's multiple range test로 시료간의 유의차를 검증한 것이다.

품종간의 유의차는 냉장 1, 5, 9일에 있었으며, 저장기간에 따라서는 두 품종 모두 유의차를 보였다.

Fig. 14.는 무 품종별로 나박김치를 제조하여 25°C에서 12시간 숙성한 후 8°C 냉장고에 보관한 것(A군)과 제조 직후 8°C 냉장고에 저장한 것(B군)의 저장기간에 따른 나박김치의 건더기와 국물의 Vitamin C 변화를 비

교한 것이다.

Table 24. Vitamin C of Nabakkimchi during storage at 8°C (unit: mg %)

Sample	Cultivar	Baekkwang	Daeburyoung	F-value
	Storage day			
Solid	0	^A 19.12	^A 18.57	0.12 ^{N.S.}
	1	^A 20.63 ^a	^{AB} 16.66 ^b	9.33*
	3	^A 18.53	^B 15.69	2.15 ^{N.S.}
	5	^B 2.44 ^a	^B 0.77 ^b	41.97*
	7	^B 0.89	^B 1.64	3.26 ^{N.S.}
	9	^B 1.77 ^b	^C 7.12 ^a	27.29*
	F-value		41.01***	101.18***
Liquid	0	^B ND	^C ND	-
	1	^B ND	^C ND	-
	3	^B ND	^C ND	-
	5	^B ND	^C ND	-
	7	^B ND ^b	^B 5.24 ^a	281.61**
	9	^A 2.90 ^b	^A 8.01 ^a	351.06***
	F-value		254.08***	1138.90***

N, S : Not Significant * < 0.05 ** < 0.01 *** p < 0.001

Means with the same letter are not significantly different.

- 1) a, b means Duncan's multiple range test for cultivars (row).
- 2) A, B means Duncan's multiple range test for storage day (column).

건더기의 경우 숙성방법에 따른 차이를 비교해 보면 A군은 백광과 대부령 모두 예비숙성 직후에 비해 냉장 1일째에 급격히 감소되었으며, 백광의 비타민 C 함량이 더 많았으나 냉장 1일에는 대부령 보다 더 감소되었고, 백광은 저장기간이 지남에 따라 계속 감소되었다. 대부령은 냉장 2일까지 감소하다가 이후에는 다시 증가하였다. B군은 두 품종 모두 비슷한 경향을 보였는데 냉장 3일까지는 약간 증가 또는 감소하다가 냉장 3일과 5일 사이에 급격히 감소되었다가 냉장 9일에는 다시 약간 증가하였다. 품종별로는 냉장 5일까지는 백광이 대부령보다 다소 함량이 많았으나 7일부터는 대부령의 함량이 많아졌다.

숙성방법에 따른 국물의 차이를 비교해 보면, A군은 예비숙성 후 냉장 1일까지는 검출되지 않다가 냉장 2일부터 검출되었는데 대부령의 함량이 더 많았다. 대부령은 냉장 3일까지 증가하다 변화 없었으며, 백광은 냉장 2일 이후에는 다시 감소하였다. 따라서, 건더기와 국물 모두 비타민 C 영양면에서는 백광보다 대부령이 더 우수했으며, 파괴율도 더 적은 것으로 나타났다. B군의 경우는 두 품종 모두 냉장5일까지는 검출되지 않다가 냉장 7일부터 검출되기 시작하여 냉장 9일까지 증가하였다. 품종별로는 역시 대부령의 함량이 더 많아 A군에서의 결과와 같은 경향을 보였다.

문 등²⁶⁾은 동치미를 4℃에서 저장하면서 총 비타민 C를 측정된 결과 국물의 경우, 전체적으로 초기에는 비타민 C가 측정되지 않았으나 발효가 진행됨에 따라 급격한 증가를 보였고, 최대값에 이른 후에는 완만한 변화를 보였으며 무의 경우, 총 비타민 C 함량이 초기에 급격히 증가하였다가 발효 3일 이후에는 크게 감소하였으며, 발효 22일 이후부터는 거의 변화가 없었다고 하여 본 연구와 같은 결과를 보고하였다. 또한, 채와 주⁶²⁾의 동치미 무, 배추, 국물 중의 비타민 C 함량의 변화 실험에서 총 비타민 C 함량이 시일이 경과함에 따라 무와 배추에서는 점차로 감소되고, 동치미 국물 중에 이행되어서 국물에서는 그 함량이 최고량에 도달했다가 감소한다는 결과와도 일치하였다. 이등⁶³⁾은 배추김치 숙성 중에 비타민 C 함량이 초기에 감소하였다가 서서히 증가한 뒤에 최고치를 보인 후 감소한다는 결과를 나타내었는데 위의 실험 결과와 비슷하였다.

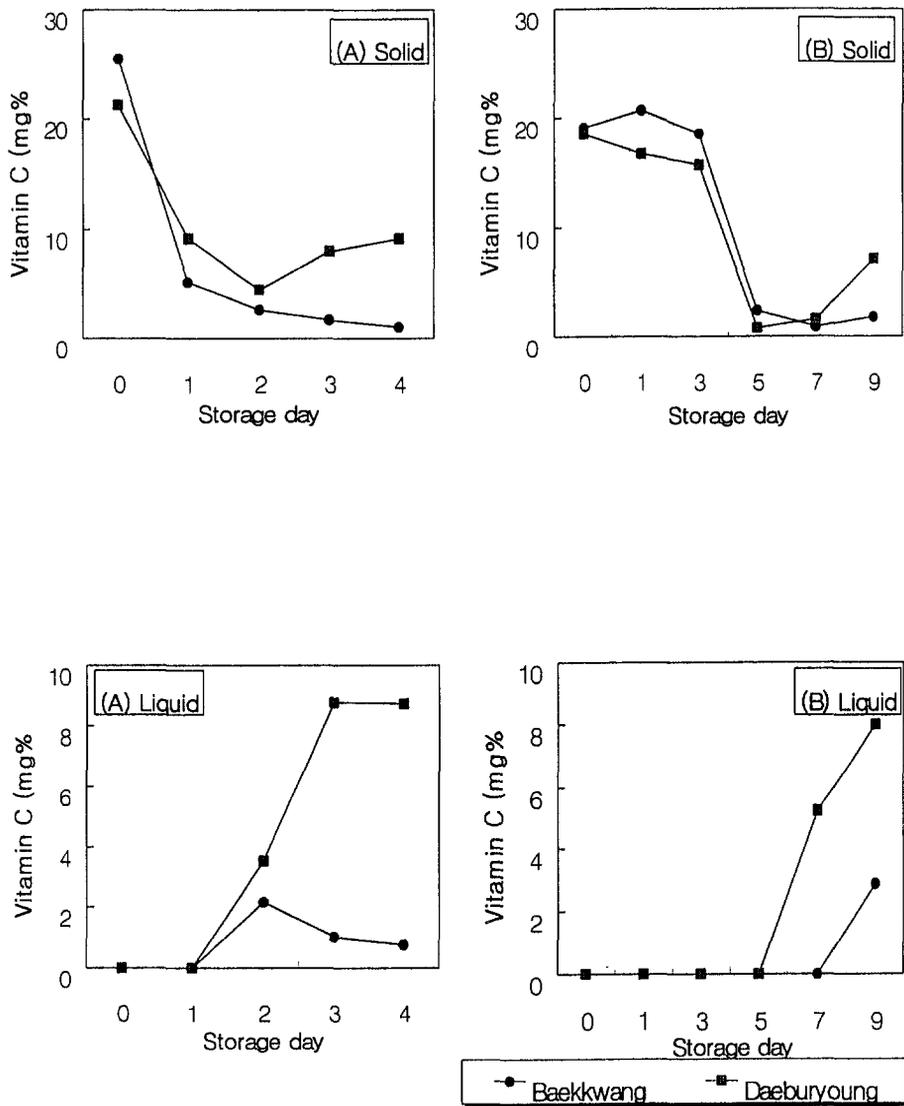


Fig. 14. Changes in vitamin C of Nabakkimchi during storage.

A : stored at 8°C after keeping at 25°C for 12hours

B : stored at 8°C

마. 색도

1) 예비숙성 후 냉장저장

Table 25는 무 품종별로 나박김치를 제조하여 25℃에서 12시간 숙성시킨 후 8℃에서 저장하면서 국물의 색도를 측정하여 그 결과를 분산분석하고, Duncan's multiple range test로 시료간의 유의차를 검증한 것이다.

색도 측정 결과 redness의 냉장 1일과 yellowness의 냉장 3일을 제외하고 L, a, b, ΔE 모두에서 품종에 따른 유의차가 있었으며, 대부령의 redness와 yellowness를 제외하고 저장기간에 따라서도 L, a, b, ΔE 모두 유의차가 있었다.

Lightness의 측정 결과 저장기간 전반에 걸쳐 78.58~88.05의 범위로 비교적 밝은색을 띠는 것으로 볼 수 있다.

Redness의 결과를 보면, 측정값이 4.08~6.60의 범위로 국물에 고춧가루를 넣었기 때문에 붉은색의 경향이 더 짙게 나타난 것을 볼 수 있다.

Yellowness는 측정값이 16.40~20.76의 범위로 노란색을 띠고 있는 것으로 나타났다.

ΔE의 경우는 백광의 경우는 예비숙성 직후와 냉장 1일 사이에 유의차가 있었으며, 냉장1일 이후의 기간에서는 차이가 나타나지 않았다. 대부령과 청운의 경우도 예비숙성 직후와 냉장 1일 사이에 모두 유의차를 보였다. 따라서, 이 기간에 나박김치 국물의 색도가 많은 영향을 받는 것으로 나타났다. 태백의 경우는 냉장 3일까지 저장기간에 사이에 모두 유의차가 있었다.

Table 25. Color difference of Nabakkimchi liquid during storage at 8°C after fermentation at 25°C

Color	Cultivar	Baek kwang	Daebu ryoung	Chung woon	Tae Baek	F-value
	Storage day					
L	0	^A 83.46 ^b	^A 83.62 ^b	^A 84.46 ^b	^A 88.05 ^a	16.62***
	1	^B 79.15 ^b	^B 79.04 ^b	^B 78.58 ^b	^C 82.03 ^a	6.34*
	2	^B 79.22 ^c	^C 76.99 ^d	^A 84.57 ^a	^C 81.11 ^b	86.27***
	3	^B 79.59 ^b	^B 79.65 ^b	^A 84.19 ^a	^B 85.65 ^a	23.62***
	4	^B 79.15 ^c	^B 79.45 ^{bc}	^A 85.11 ^a	^D 80.48 ^b	62.70***
	F-value		8.99**	45.40***	19.60***	65.24***
a	0	^B 5.65 ^a	5.61 ^a	^B 5.28 ^a	^C 4.50 ^b	20.67***
	1	^B 5.81	6.08	^A 6.41	^B 5.24	2.97 ^{N.S.}
	2	^B 5.72 ^b	6.30 ^a	^C 3.78 ^d	^B 4.91 ^c	37.61***
	3	^A 6.47 ^a	5.92 ^a	^B 5.37 ^{ab}	^B 4.73 ^b	5.11*
	4	^A 6.60 ^a	6.11 ^{ab}	^C 4.08 ^c	^A 6.02 ^b	51.85***
	F-value		5.30*	1.99 ^{N.S.}	12.16***	7.82**
b	0	^C 17.25 ^b	17.88 ^a	^B 17.05 ^b	^D 16.40 ^c	21.39***
	1	^B 17.91 ^{bc}	18.70 ^{ab}	^A 18.85 ^a	^C 17.60 ^c	5.07*
	2	^B 18.03 ^c	18.68 ^b	^A 19.21 ^b	^A 20.76 ^a	35.51***
	3	^A 18.71	18.49	^A 18.84	^C 17.81	2.00 ^{N.S.}
	4	^A 18.82 ^{ab}	18.52 ^b	^B 17.02 ^c	^B 19.25 ^a	38.12***
	F-value		9.85**	3.34 ^{N.S.}	13.92***	57.54***
ΔE	0	^B 24.58 ^a	^C 24.90 ^a	^B 23.68 ^a	^D 20.79 ^b	25.19***
	1	^A 28.10 ^a	^B 28.75 ^a	^A 29.25 ^a	^B 25.70 ^b	5.47*
	2	^A 28.10 ^b	^A 30.30 ^a	^B 24.93 ^c	^A 28.49 ^b	33.75***
	3	^A 28.44 ^a	^B 28.12 ^a	^B 25.18 ^b	^C 23.36 ^b	11.34**
	4	^A 28.86 ^a	^B 28.33 ^a	^B 22.98 ^b	^A 28.08 ^a	52.29***
	F-value		9.66**	25.27***	13.04***	50.72***

N.S. : Not Significant * < 0.05 ** < 0.01 *** p < 0.001

Means with the same letter are not significantly different.

1) a, b means Duncan's multiple range test for cultivars (row).

2) A, B means Duncan's multiple range test for storage day (column).

L : 100 = white, 0 = black

a : + = red, - = green

b : + = yellow, - = blue

$$\Delta E = (\Delta L^2 + \Delta a^2 + \Delta b^2)^{1/2}$$

2) 제조직후 냉장저장

Table 26은 무 품종별로 나박김치를 제조한 직후 8℃에서 저장하면서 국물의 색도를 측정하여 그 결과를 분산분석하고, Duncan's multiple range test로 시료간의 유의차를 검증한 것이다.

색도 측정 결과, 저장기간에 따라서는 L, a, b, ΔE의 모든 항목에서 유의차가 있었으며, 품종간의 비교에서는 lightness의 경우 냉장 1, 3일과 redness의 경우는 냉장 3, 9일, ΔE의 경우는 냉장 3일을 제외하고는 모두 유의차가 있었다.

Fig. 15, 16.은 무 품종별로 나박김치를 제조하여 25℃에서 12시간 숙성한 후 8℃ 냉장고에 보관한 것(A군)과 제조 직후 냉장고에 보관한 것(B군)의 저장기간에 따른 나박김치 국물의 색도 변화를 비교한 것이다.

Lightness의 저장 방법에 따른 비교를 보면, A군은 전반적으로 모든 품종이 저장기간에 따라 감소했다가 다시 증가 또는 그 상태를 유지하는 경향을 나타냈다. 냉장 1일까지는 태백이 다른 품종에 비해 높은 값을 보였으나 냉장 4일에는 청운이 가장 높게 나타났으며, 다른 품종간에는 차이가 없었다. B군에서 백광과 대부령의 경우는 저장함에 따라 약간 증가하다가 백광은 5일 이후에, 대부령은 3일 이후에 감소하는 경향을 나타냈다. 가을 무간에는 비슷한 경향이 나타났는데 제조직후에 비해 냉장 1일에는 다소 증가했다가 그 이후에는 감소하기 시작하여 청운은 냉장 5일까지, 태백은 냉장 7일까지 급격하게 감소하였다.

Redness를 저장 방법에 따라 비교해 보면, A군의 경우 백광과 대부령은 큰 변화없이 약간 증가하는 경향이었으며, 가을무인 청운과 태백은 저장기간에 따른 변화가 많이 일어났다. B군의 변화를 보면, 전반적으로 제조직후에 비해 냉장 1일에 감소했다가 다시 증가하는 경향을 나타냈다.

Table 26. Color difference of Nabakkimchi liquid during storage at 8°C

Color	Cultivar	Baek	Daebu	Chung	Tae	F-value
	Storage day	kwang	ryoung	woon	Baek	
L	0	^U 91.98 ^a	^C 91.06 ^b	^B 89.82 ^c	^B 89.10 ^c	25.77 ^{***}
	1	^C 92.56	^B 92.48	^A 92.87	^A 92.98	1.64 ^{N.S.}
	3	^B 93.10	^A 93.24	^{AB} 91.38	^{AB} 90.45	1.85 ^{N.S.}
	5	^A 94.09 ^a	^B 89.64 ^b	^C 80.31 ^d	^C 83.07 ^c	151.81 ^{***}
	7	^U 91.89 ^a	^B 89.43 ^b	^C 80.41 ^c	^U 75.78 ^d	167.32 ^{***}
	9	^B 90.09 ^a	^U 90.42 ^a	^C 81.92 ^b	^U 75.10 ^c	59.35 ^{***}
	F-value	121.67 ^{***}	57.63 ^{***}	65.97 ^{***}	50.82 ^{***}	15.84
a	0	^A 4.94 ^c	^A 4.83 ^c	^A 6.57 ^b	^A 7.05 ^a	143.48 ^{***}
	1	^B 4.41 ^a	^B 4.63 ^a	^U 3.83 ^b	^B 4.56 ^a	30.35 ^{***}
	3	^C 4.02	^B 3.74	^{CU} 4.24	^B 4.82	0.51 ^{N.S.}
	5	^B 2.76 ^c	^C 4.41 ^b	^{AB} 5.66 ^a	^B 4.38 ^b	93.02 ^{***}
	7	^U 3.65 ^c	^{BC} 4.54 ^{bc}	^{BC} 5.33 ^{ab}	^{AB} 6.20 ^a	11.97 ^{**}
	9	^B 4.43	^U 4.13	^{BC} 5.22	^{AB} 6.33	3.87 ^{N.S.}
	F-value	98.90 ^{***}	43.11 ^{***}	6.87 ^{**}	3.27 [*]	
b	0	^A 17.06 ^c	^A 17.10 ^c	^A 20.45 ^b	^A 21.52 ^a	348.77 ^{***}
	1	^{BC} 15.33 ^c	^U 15.91 ^c	^U 16.95 ^b	^{BC} 18.39 ^a	48.93 ^{***}
	3	^C 15.10 ^{bc}	^B 14.83 ^c	^{CU} 17.43 ^{ab}	^C 17.73 ^a	4.44 [*]
	5	^U 13.75 ^d	^{BC} 16.56 ^c	^{AB} 19.42 ^a	^C 17.80 ^b	296.34 ^{***}
	7	^B 15.43 ^c	^B 16.80 ^b	^B 18.97 ^a	^{AB} 19.69 ^a	44.51 ^{**}
	9	^A 17.05 ^{bc}	^C 16.48 ^c	^{BC} 18.44 ^b	^{AB} 20.23 ^a	10.95 ^{**}
	F-value	185.44 ^{***}	93.61 ^{***}	9.40 ^{***}	5.34 ^{**}	
ΔE	0	^B 19.49 ^c	^{AB} 19.90 ^c	^B 23.77 ^b	^B 25.13 ^a	179.02 ^{***}
	1	^C 17.60 ^d	^C 18.20 ^c	^C 18.79 ^b	^B 20.21 ^a	43.49 ^{***}
	3	^U 17.08	^U 16.73	^C 17.90	^C 20.79	2.71 ^{N.S.}
	5	^C 15.22 ^d	^A 20.02 ^c	^A 28.23 ^a	^C 24.97 ^b	230.59 ^{***}
	7	^C 17.81 ^d	^A 20.36 ^c	^A 27.78 ^b	^A 31.83 ^a	90.53 ^{***}
	9	^A 20.21 ^c	^B 19.50 ^c	^A 26.36 ^b	^A 32.71 ^a	30.99 ^{***}
	F-value	168.63 ^{***}	89.96 ^{***}	23.51 ^{***}	18.32 ^{***}	

N.S. : Not Significant * < 0.05 ** < 0.01 *** p < 0.001

Means with the same letter are not significantly different.

1) a, b means Duncan's multiple range test for cultivars (row).

2) A, B means Duncan's multiple range test for storage day (column).

L : 100 = white, 0 = black

a : + = red, - = green

b : + = yellow, - = blue

$$\Delta E = (\Delta L^2 + \Delta a^2 + \Delta b^2)^{1/2}$$

Yellowness를 비교해 보면, A군의 경우는 품종간에 큰 차이는 보이지 않았으며, 저장기간이 경과함에 따라 백광은 약간 증가, 대부령과 청운은 약간 증가했다가 감소하는 경향이었고, 태백은 냉장 2일에 가장 높은 값을 나타냈다. B군의 경우는 모든 품종이 저장기간에 따라 약간 감소했다가 증가하는 경향을 보였는데 저장기간 전반에 걸쳐 가을무가 봄무, 여름무보다 노란색이 더 진하게 나타났다.

ΔE 값의 비교 결과, A군은 예비숙성 직후와 냉장 1일 사이에 모든 품종이 증가하는 경향을 보여 이 기간에 많은 변화가 일어남을 시사해 주고 있으며, 냉장 4일이 되었을 때는 청운이 가장 낮은 값을 보이고 다른 품종간에는 차이가 없었다. 결과적으로 나박김치는 건더기의 경우보다 국물이 품종과 숙성에 따라 영향을 더 많이 받는 것으로 나타났다. B군의 변화를 보면, 모든 품종이 제조직후에 비해 냉장 1일에 감소했다가 냉장 3일 또는 5일 이후에 다시 증가했고, 태백의 변화가 가장 심했다. 전반적으로 나박김치 국물의 색도 변화를 측정한 결과 가을무인 청운과 태백이 유사한 경향을 나타냈고, 봄무와 여름무가 유사한 변화를 보여주었으며, 봄무와 여름무보다 가을무인 청운과 태백의 변화가 더 심하게 나타났다.

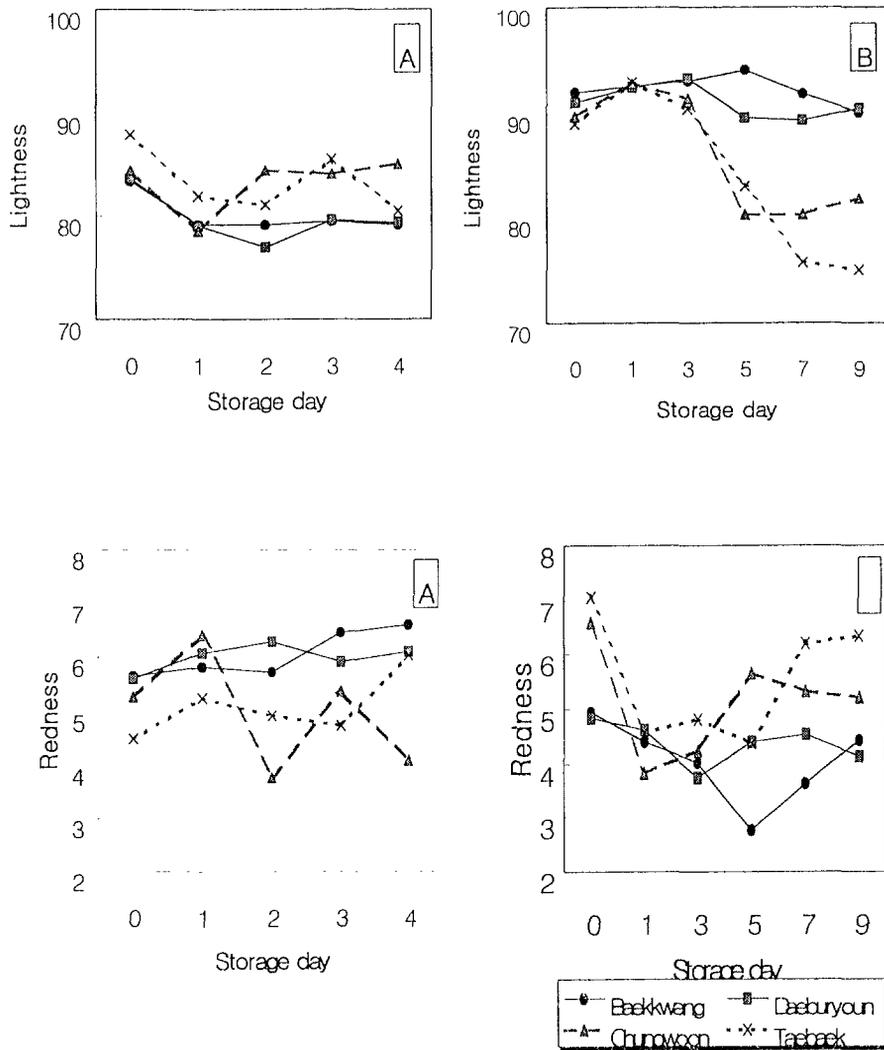


Fig. 15. Changes in lightness and redness of Nabakkimchi during storage.

A : stored at 8°C after keeping at 25°C for 12hours

B : stored at 8°C

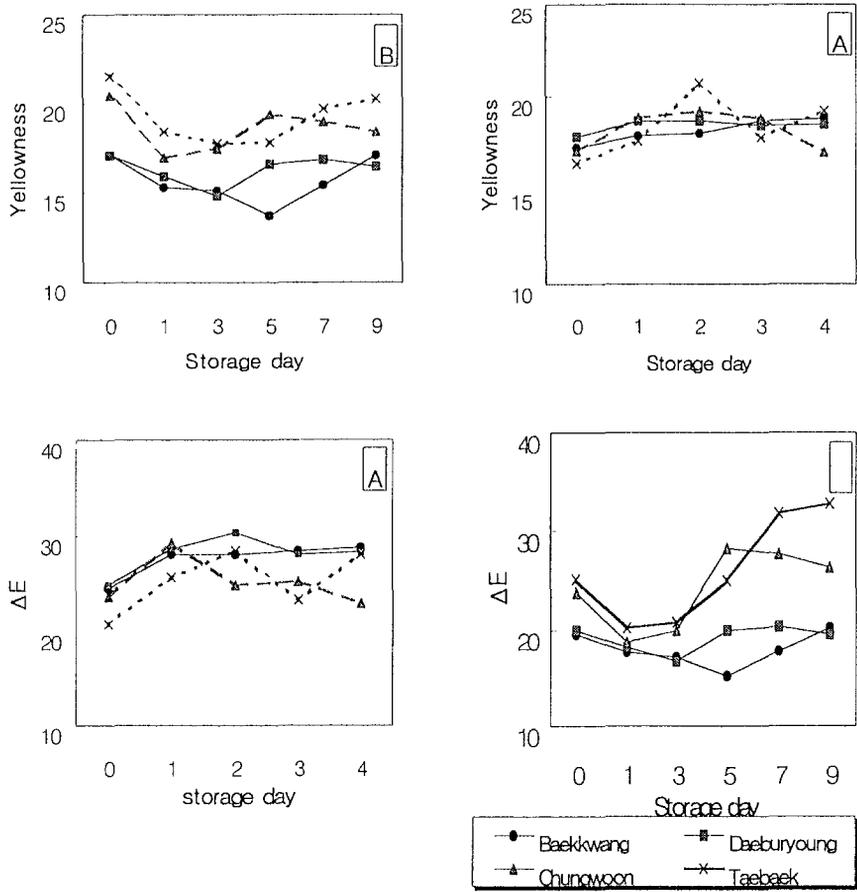


Fig. 16. Changes in yellowness and ΔE of Nabakkimchi during storage.

A : stored at 8°C after keeping at 25°C for 12hours

B : stored at 8°C

바. 탁도

1) 예비숙성 후 냉장저장

Table 27은 무 품종별로 나박김치를 제조하여 25℃에서 12시간 숙성시킨 후 8℃에서 저장하면서 국물의 탁도를 측정하여 그 결과를 분산분석하고, Duncan's multiple range test로 시료간의 유의차를 검증한 것이다.

무 품종별로 제조한 나박김치를 예비숙성 후 냉장저장 했을 때 탁도는 품종과 저장기간에 관계없이 모든 항목에서 유의차를 보였다. 예비숙성 단계에서 제조직후에 비해 탁도가 현저하게 증가되었기 때문에 예비숙성 후의 냉장저장에서는 뚜렷한 변화는 없었다.

Table 27. Transmission haze of Nabakkimchi liquid during storage at 8℃ after fermentation at 25℃

Storage day	Cultivar	Baek kwang	Daebu ryoung	Chung woon	Tae Baek	F-value
	0		^A 88.43 ^a	^C 86.95 ^a	^A 87.39 ^a	
1		^{A^B} 87.76 ^a	^B 87.70 ^a	^A 87.28 ^b	^{A^B} 84.58 ^c	321.83 ^{***}
2		^B 86.49 ^b	^A 88.42 ^a	^C 79.04 ^d	^B 83.32 ^c	95.73 ^{***}
3		^{A^B} 86.73 ^a	^{B^C} 87.56 ^a	^B 83.98 ^b	^B 83.26 ^b	7.72 ^{**}
4		^C 84.41 ^b	^B 86.13 ^a	^B 84.33 ^b	^A 86.31 ^a	116.52 ^{***}
F-value		7.53 ^{**}	15.07 ^{***}	67.05 ^{***}	4.92 [*]	

N.S : Not Significant * < 0.05 ** < 0.01 *** p < 0.001

Means with the same letter are not significantly different.

1) a, b means Duncan's multiple range test for cultivars (row).

2) A, B means Duncan's multiple range test for storage day (column).

2) 제조직후 냉장저장

Table 28은 무 품종별로 나박김치를 제조한 직후 8℃에서 저장하면서 탁도를 측정하여 그 결과를 분산분석하고, Duncan's multiple range test로 시료간의 유의차를 검증한 것이다.

Table 28. Transmission haze of Nabakkimchi liquid during storage at 8°C

Cultivars \ Storage day	Baek kwang	Daebu ryoung	Chung woon	Tae Baek	F-value
0	^b 33.86 ^d	^b 36.85 ^c	^c 46.05 ^b	^c 50.03 ^a	136.21***
1	^b 34.13 ^c	^b 36.56 ^{bc}	^c 47.81 ^b	^b 67.92 ^a	17.50***
3	^b 37.93 ^b	^b 39.72 ^b	^b 58.25 ^a	^b 64.11 ^a	29.12***
5	^c 53.37 ^c	^c 75.81 ^b	^A 84.86 ^a	^A 83.72 ^a	697.97***
7	^b 64.69 ^d	^b 78.65 ^c	^A 85.16 ^b	^A 88.42 ^a	2978.57***
9	^A 73.58 ^c	^A 84.98 ^b	^A 86.12 ^b	^A 88.28 ^a	151.14***
F-value	451.80***	1110.54***	78.14***	31.43***	

N.S. : Not Significant * < 0.05 ** < 0.01 *** p < 0.001

Means with the same letter are not significantly different.

1) a, b means Duncan's multiple range test for cultivars (row).

2) A, B means Duncan's multiple range test for storage day (column).

나박김치 제조직후 냉장 저장한 경우의 탁도의 변화를 측정 한 결과 품종별, 저장기간에 관계없이 모든 항목에서 유의차를 보였다. 제조직후 나박김치 국물의 탁도는 증류수를 standard로 하여 0으로 기준하였을 때 33.86~50.03의 범위를 보였으며, 저장함에 따라 점차 증가하여 냉장9일에는 73.58~88.28의 범위를 보였다. 품종별로는 태백이 가장 탁하고, 백광이 가장 맑은 경향을 나타냈다. 전반적으로 가을무 품종의 국물이 탁한 경향을 보였다.

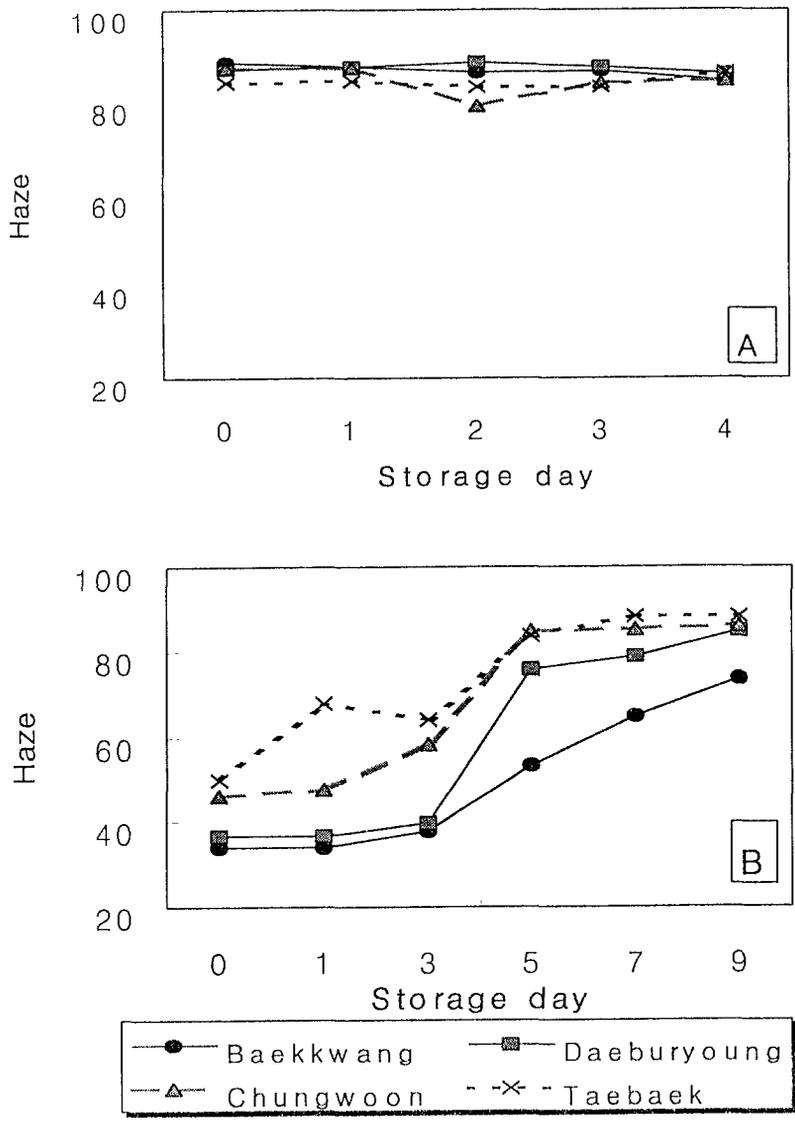


Fig. 17. Changes in transmission haze of Nabakkimchi liquid during storage.

A : stored at 8°C after keeping at 25°C for 12hours

B : stored at 8°C

Fig. 17은 무 품종별로 나박김치를 제조하여 25℃에서 예비 숙성한 후 8℃ 냉장고에 보관한 것(A군)과 제조 직후 8℃ 냉장고에 보관한 것(B군)의 저장 기간에 따른 나박김치 국물의 탁도 변화를 비교한 것이다.

A군의 경우, 전반적으로 청운의 변화가 심했으며, 냉장 3일까지는 백광, 대부령이 태백보다 탁한 경향을 보였으나 냉장 4일에는 차이가 근소해졌다. 백광은 예비숙성 직후에 비해 저장기간이 지남에 따라 탁도가 점점 감소했으며, 대부령은 냉장2일까지는 약간 증가하다가 다시 감소하여 냉장 4일에는 예비숙성 직후 보다 약간 낮아졌다. 청운은 냉장1일과 2일 사이에 급격히 감소했다가 다시 증가했으나 예비숙성 직후보다는 낮아졌고, 태백은 냉장3일까지는 큰 변화없다가 냉장4일이 되면서 증가하는 경향을 보였다.

B군의 경우는 저장기간에 따라 탁도가 증가하는 경향을 뚜렷이 보이고 있는데 특히, 냉장3일과 5일 사이에 전 품종의 탁도가 가장 많이 증가되었으며, 품종별로는 태백이 저장기간 전반에 걸쳐 가장 탁하게 나타났고, 청운, 대부령, 백광 순이었다. 봄무가 가장 맑게 유지되었고, 여름무는 중간, 가을무는 전반적으로 탁한 경향을 나타내고 있어 앞서의 예비숙성 후 냉장 저장했을 때와 반대의 경향을 보였다. 태백은 제조직후에서 냉장1일 사이와 냉장3일에서 5일 사이에 많은 증가가 있었으며, 청운과 대부령은 냉장3일과 5일 사이에 급격한 증가가 이루어졌고, 백광은 냉장3일부터 9일까지 계속 증가하는 경향을 보였다. 예비숙성의 경우에는 이미 예비숙성 단계에서 국물이 탁해지는 경향을 보였는데 냉장저장의 경우에는 저장3일까지는 맑은 국물을 유지할 수 있는 것으로 나타났다.

사. 경도

1) 예비숙성 후 냉장저장

Table 29는 무 품종별로 나박김치를 제조하여 25℃에서 12시간 숙성시킨 후 8℃에서 저장하면서 경도를 측정하여 그 결과를 분산분석하고,

Duncan's multiple range test로 시료간의 유의차를 검증한 것이다.

모든 저장일에서 품종간의 유의차를 보였으나 저장기간에 따라서는 모든 품종에서 유의차가 없었다. 저장기간에 따른 유의차는 없었지만 전반적으로 저장함에 따라 경도가 감소하는 경향이였다. 품종별로는 가을무인 청운, 태백이 다른 품종에 비해 유의적으로 단단한 경향을 나타냈다. 따라서, 나박김치의 건더기의 경도의 차이는 품종으로 인한 영향이며, 저장기간에 따라서는 영향을 받지 않는 것으로 생각된다.

Table 29. Hardness of Nabakkimchi solid during storage at 8°C after fermentation at 25°C (unit : $\times 10^3$ dyne/cm²)

Storage day \ cultivars	Baek	Daebu	Chung	TaeBaek	F-value
	kwang	ryoung	woon		
0	767 ^b	530 ^c	1018 ^a	1054 ^a	9.68 ^{***}
1	714 ^b	767 ^b	1031 ^a	987 ^a	6.49 ^{**}
2	627 ^b	625 ^b	1012 ^a	920 ^a	6.21 ^{**}
3	699 ^c	651 ^c	881 ^b	1004 ^a	17.76 ^{***}
4	692 ^b	494 ^c	847 ^a	977 ^a	18.93 ^{***}
F-value	1.83 ^{N.S.}	1.59 ^{N.S.}	2.38 ^{N.S.}	0.53 ^{N.S.}	

N.S. : Not Significant * <0.05 ** <0.01 *** $p<0.001$

Means with the same letter are not significantly different.

1) a,b means Duncan's multiple range test for cultivars (row).

2) A,B means Duncan's multiple range test for storage day (column).

2) 제조직후 냉장저장

Table 30은 무 품종별로 나박김치를 제조한 직후 8°C에서 저장하면서 경도를 측정하여 그 결과를 분산분석하고, Duncan's multiple range test로 시료간의 유의차를 검증한 것이다.

Table 30. Hardness of Nabakkimchi solid during storage at 8°C

(unit : $\times 10^3 \text{dyne/cm}^2$)

Cultivars	Baek	Daebu	Chung	Tae	F-value
Storage day	kwang	ryoung	woon	Baek	
0	^{AB} 748 ^c	^{B^c} 523 ^d	989 ^b	1164 ^a	56.57 ^{***}
1	^A 846 ^a	^C 495 ^b	959 ^a	994 ^a	10.28 ^{***}
3	^A 781 ^b	^A 709 ^b	1039 ^a	1033 ^a	6.68 ^{**}
5	^B 646 ^b	^A 744 ^{ab}	886 ^a	925 ^a	4.29 [*]
7	^A 773 ^{bc}	^{AB^c} 635 ^c	883 ^b	1096 ^a	12.41 ^{***}
9	^{AB} 755 ^b	^{AB} 689 ^b	782 ^b	1043 ^a	4.90 [*]
F-value	2.79 [*]	3.26 [*]	1.29 ^{N.S.}	1.85 ^{N.S.}	

N.S. : Not Significant * <0.05 ** <0.01 *** $p<0.001$

Means with the same letter are not significantly different.

1) a,b means Duncan's multiple range test for cultivars (row).

2) A,B means Duncan's multiple range test for storage day (column).

모든 저장일에서 품종간의 유의차가 있었으며, 저장기간에 따른 영향은 백광과 대부령 에서만 나타났다.

Fig. 18. 은 무 품종별로 나박김치를 제조하여 25°C에서 12시간 숙성한 후 8°C 냉장고에 보관한 것(A군)과 제조 직후 냉장고에 보관한 것(B군)의 저장기간에 따른 나박김치의 경도 변화를 비교한 것이다.

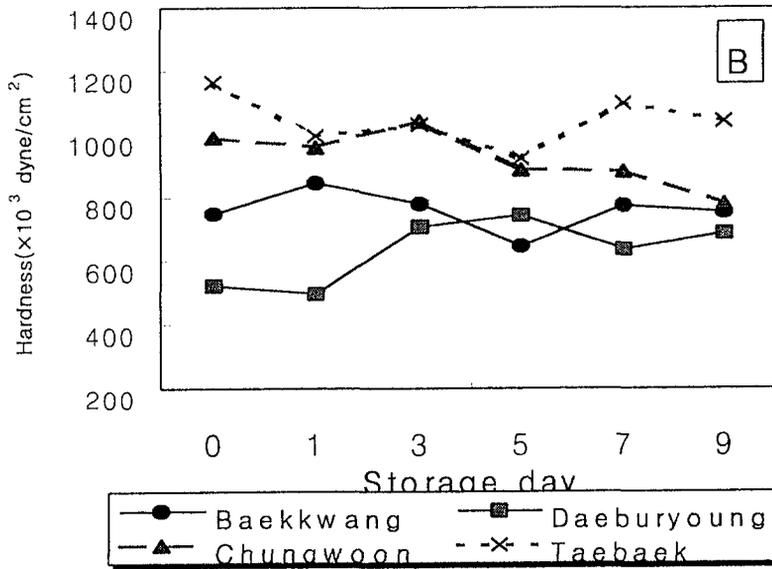


Fig. 18. Changes in hardness of Nabakkimchi solid during storage.
 A : stored at 8°C after keeping at 25°C for 12hours
 B : stored at 8°C

A군은 전반적으로 초기 경도에 비해 냉장4일 후에는 약간의 감소가 일어났지만 저장에 따른 뚜렷한 변화는 보이지 않았다. 품종별로는 가을무인 청운과 태백의 경도가 저장기간 전반에 걸쳐 높게 나타났으며, 봄무와 여름무는 가을무에 비해 연하게 나타났다. B군의 경우는 전반적으로 가을무인 태백의 경도가 저장기간 전반에 걸쳐 가장 높게 유지되었고, 가을무인 청운의 경도도 비교적 높게 나타났다. 백광과 대부령은 제조직후에는 백광이 다소 높았으나 저장 5일부터는 비슷해졌다. 따라서, 나박김치의 냉장저장에 따른 영향에서도 경도는 저장에 따른 영향보다는 품종의 차이로 인해 더 큰 영향을 받는 것으로 나타났으며, 예비숙성 후 냉장저장의 경우와도 같은 결과를 보였다.

아. 관능검사

저장방법 및 기간을 달리하여 숙성시킨 나박김치의 품종에 따른 관능적 특성의 변화를 보기 위해서 본 연구의 저장 조건에서 일반적으로 김치의 맛있는 범위라고 알려진 pH 3.8~4.2의 범위 내에 속하는 것으로, 예비숙성 후 2일, 3일된 시료와 냉장저장 5, 7일된 시료를 대상으로 관능검사를 실시하였다.

1) 건더기

가) 색

Table 31은 무 품종과 숙성조건에 따른 나박김치 건더기의 색에 대한 관능검사 결과를 분산분석하고, Duncan's multiple range test로 시료간의 유의차를 검증한 것이다.

Table 31. Color of sensory evaluation of Nabakkimchi solid with different fermentation condition

Cultivar Condition	Baek kwang	Daebu ryoung	Chung woon	Tae baek	F-value
A	2.36	2.91	3.00	3.18	1.47 ^{N.S.}
B	2.64	2.64	2.82	3.00	0.29 ^{N.S.}
C	3.09	3.09	3.09	3.36	0.22 ^{N.S.}
D	2.73	3.27	3.36	3.27	1.19 ^{N.S.}
F-value	1.04 ^{N.S.}	1.06 ^{N.S.}	0.69 ^{N.S.}	0.24 ^{N.S.}	

N.S. : Not Significant

A : stored at 8°C for 2days after keeping at 25°C for 12hours.

B : stored at 8°C for 3days after keeping at 25°C for 12hours.

C : stored at 8°C for 5days.

D : stored at 8°C for 7days.

나박김치 건더기의 색에 대한 관능검사 결과 품종이나 숙성방법 및 기간에 관계없이 모든 항목에서 유의차가 나타나지 않았다. 건더기의 색에 대한 점수는 2.36~3.36의 범위로 너무 진하지도 흐리지도 않은 정도의 색을 띠고 있는 것으로 보이며, 전반적으로 가을무인 청운과 태백의 색이 약간 진하게 평가되었지만 유의차는 없었다.

나) Hardness (경도)

Table 32는 무 품종과 숙성조건에 따른 나박김치의 건더기의 경도에 대한 관능검사 결과를 분산분석하고, Duncan's multiple range test로 시료간의 유의차를 검증한 것이다.

나박김치 건더기의 경도에 대한 관능검사 결과 품종에 따라서는 숙성방법 및 기간에 관계없이 모두 유의차가 있었으며, 숙성방법 및 기간에 따라서는 청운을 제외한 모든 품종에서 유의차가 있었다. 숙성3일된 백광이 가장 연하게 평가되었으며, 냉장5일된 태백이 가장 단단하게 평가되었다. 전반적으로 숙성기간에 따른 차이는 없었지만 숙성방법에 따라서는 차이를 보여 제조직후 냉장저장한 것이 예비숙성 후 냉장저장한 시료보다 경도가 높게 평가되었다. 품종에 따라서는 전반적으로 가을무인 청운과 태백의 경도가 높게 나타났다.

Table 32. Hardness of sensory evaluation of Nabakkimchi solid with different fermentation condition

Condition	Cultivar	Baek	Daebu	Chung	Tae	F-value
		kwang	ryoung	woon	baek	
A		^b 2.00 ^b	^A 3.45 ^a	3.73 ^a	^b 3.82 ^a	7.43 ^{***}
B		^b 1.27 ^b	^{A^b} 3.09 ^a	3.91 ^a	^c 3.00 ^a	12.87 ^{***}
C		^A 2.82 ^b	^A 3.55 ^b	4.36 ^a	^A 4.82 ^a	12.09 ^{***}
D		^A 2.82 ^b	^b 2.45 ^b	4.27 ^a	^{A^b} 4.36 ^a	18.41 ^{***}
F-value		8.27 ^{***}	2.29 [*]	1.54 ^{N.S.}	7.96 ^{***}	

N.S. : Not Significant * <0.05 ** <0.01 *** $p<0.001$

Means with the same letter are not significantly different.

1) a,b means Duncan's multiple range test for cultivars (row).

2) A,B means Duncan's multiple range test for fermentation condition (column).

A : stored at 8°C for 2days after keeping at 25°C for 12hours.

B : stored at 8°C for 3days after keeping at 25°C for 12hours.

C : stored at 8°C for 5days.

D : stored at 8°C for 7days.

2) 국물

가) Color (색)

Table 33은 무 품종과 숙성조건에 따른 나박김치 국물의 색에 대한 관능검사 결과를 분산분석하고, Duncan's multiple range test 로 시료간의 유의차를 검증한 것이다.

나박김치 국물의 색에 대한 관능검사 결과 숙성 2일에 품종간에 유의차가 있었으며, 다른 항목에서는 품종이나 숙성방법 및 기간에 관계없이 유의차가 없었다. 국물의 색에 대한 관능검사 점수는 2.27~3.45의 범위로 매우 진하거나 흐리지 않은 적당한 정도로 평가되었다.

Table 33. Color of sensory evaluation of Nabakkimchi liquid with different fermentation condition

Cultivar	Baek kwang	Daebu ryoung	Chung woon	Tae baek	F-value
A	3.45 ^a	2.27 ^b	2.36 ^b	3.09 ^{ab}	4.19*
B	2.64	2.82	3.36	3.18	1.71 ^{N.S.}
C	2.55	2.91	3.18	2.82	0.74 ^{N.S.}
D	2.73	3.09	2.64	3.00	0.61 ^{N.S.}
F-value	2.23 ^{N.S.}	1.62 ^{N.S.}	2.43 ^{N.S.}	0.35 ^{N.S.}	

N.S. : Not Significant *<0.05

Means with the same letter are not significantly different.

a,b means Duncan's multiple range test for cultivars (row).

A : stored at 8°C for 2days after keeping at 25°C for 12hours.

B : stored at 8°C for 3days after keeping at 25°C for 12hours.

C : stored at 8°C for 5days.

D : stored at 8°C for 7days.

나) Turbidity (탁도)

Table 34는 무 품종과 숙성조건에 따른 나박김치 국물의 탁도에 대한 관능검사 결과를 분산분석하고, Duncan's multiple range test로 시료간의 유의차를 검증한 것이다.

나박김치 국물의 탁도에 대한 관능검사 결과 품종이나 숙성방법 및 기간에 관계없이 모든 시료간에 유의차가 없었다. 탁도에 대한 평가 점수는 2.36~3.36의 범위로 색에 대한 평가에서와 마찬가지로 매우 맑지도 탁하지도 않은 중간 정도의 평가 점수를 얻고 있는데 이는 일반적으로 나박김치의 최적 pH라고 알려진 pH 3.8~4.2의 범위에 해당하는 시료를 관능검사 시료로 선택했기 때문에 시료 자체가 적당한 숙성 단계에 속해 있기 때문으로 생각된다.

Table 34. Turbidity of sensory evaluation of Nabakkimchi liquid with different fermentation condition

Cultivar Condition	Baek kwang	Daebu ryoung	Chung woon	Tae baek	F-value
A	3.00	3.00	2.91	2.64	0.30 ^{N.S.}
B	2.91	3.00	2.91	2.36	0.84 ^{N.S.}
C	2.82	3.36	2.82	2.73	0.78 ^{N.S.}
D	3.00	2.73	3.18	2.64	0.80 ^{N.S.}
F-value	0.07 ^{N.S.}	0.86 ^{N.S.}	0.31 ^{N.S.}	0.22 ^{N.S.}	

N.S. : Not Significant

A : stored at 8°C for 2days after keeping at 25°C for 12hours.

B : stored at 8°C for 3days after keeping at 25°C for 12hours.

C : stored at 8°C for 5days.

D : stored at 8°C for 7days.

다) Sour Taste (신맛)

Table 35는 무 품종과 숙성조건에 따른 나박김치 국물의 신맛에 대한 관능검사 결과를 분산분석하고, Duncan's multiple range test로 시료간의 유의차를 검증한 것이다.

나박김치 국물의 신맛에 대한 관능검사 결과 숙성2일과 냉장7일된 시료에서 품종에 따른 유의차가 있었고, 숙성방법 및 기간에 따라서는 대부분과 태백에서 유의차가 있었다.

Table 35. Sour taste of sensory evaluation of Nabakkimchi liquid with different fermentation condition

Cultivar	Baek	Daebu	Chung	Tae	F-value
Condition	kwang	ryoung	woon	baek	
A	3.36 ^b	^b 3.09 ^b	4.09 ^a	^b 3.18 ^b	3.78*
B	3.00	^b 3.27	3.55	^{A^b} 3.64	1.23 ^{N.S.}
C	2.91	^b 2.73	3.36	^b 2.91	0.89 ^{N.S.}
D	2.82 ^b	^A 4.18 ^a	3.73 ^a	^A 4.18 ^a	5.49**
F-value	0.86 ^{N.S.}	6.76***	1.17 ^{N.S.}	4.18*	

N.S. : Not Significant * <0.05 ** <0.01 *** $p<0.001$

Means with the same letter are not significantly different.

1) a,b means Duncan's multiple range test for cultivars (row).

2) A,B means Duncan's multiple range test for fermentation condition (column).

A : stored at 8°C for 2days after keeping at 25°C for 12hours.

B : stored at 8°C for 3days after keeping at 25°C for 12hours.

C : stored at 8°C for 5days.

D : stored at 8°C for 7days.

3) Overall quality (전반적인 바람직성)

Table 36은 무 품종과 숙성조건에 따른 나박김치의 전반적인 바람직성에 대한 관능검사 결과를 분산분석하고, Duncan's multiple range test로 시료간의 유의차를 검증한 것이다.

Table 36. Overall quality of sensory evaluation of Nabakkimchi with different fermentation condition

Cultivar \ Condition	Baek kwang	Daebu ryoung	Chung woon	Tae baek	F-value
A	2.55 ^b	2.09 ^b	^A 4.36 ^a	2.64 ^b	10.27 ^{***}
B	2.36 ^b	2.09 ^b	^A 4.09 ^a	2.64 ^b	11.32 ^{***}
C	3.09	2.09	^b 3.00	2.55	2.55 ^{N.S.}
D	3.18	2.55	^b 2.64	2.36	1.20 ^{N.S.}
F-value	1.43 ^{N.S.}	0.68 ^{N.S.}	8.06 ^{***}	0.21 ^{N.S.}	

N.S. : Not Significant * <0.05 ** <0.01 *** $p<0.001$

Means with the same letter are not significantly different.

1) a,b means Duncan's multiple range test for cultivars (row).

2) A,B means Duncan's multiple range test for fermentation condition(column).

A : stored at 8°C for 2days after keeping at 25°C for 12hours.

B : stored at 8°C for 3days after keeping at 25°C for 12hours.

C : stored at 8°C for 5days.

D : stored at 8°C for 7days.

나박김치의 건더기와 국물을 종합하여 전반적인 바람직성을 평가한 결과 품종에 따라서는 숙성 2일과 3일된 시료에서 유의차가 있었으며, 숙성 방법 및 기간에 따라서는 청운이 유의차를 보였다. 나박김치로 가장 바람직하다고 평가된 시료는 숙성 2일된 청운이었고, 가장 바람직하지 않다고 평가된 시료는 숙성2일, 3일과 냉장5일된 대부령 이었다. 시료간의 차이를 보면, 품종간의 차이의 경우 숙성 2일과 3일된 시료에서 같은 결과를 나타냈는데 청운이 유의적으로 좋다고 평가되었으며, 다른 품종들 간에는 유의차가 없었다. 숙성방법 및 기간에 따른 차이를 보면, 청운에서 유의차가 있었는데 숙성기간에 따른 유의차는 없었고, 숙성방법에 따라서는 유의차

가 나타나서 예비숙성한 시료가 냉장저장한 시료에 비해 유의적으로 좋다고 평가되었다. 그러나, 백광의 경우는 유의차는 없었지만 예비숙성한 것보다 냉장저장한 것이 비교적 좋게 평가되었고, 청운 다음으로 좋다고 평가되었다. 결과적으로 나박김치로서 가장 적당한 품종은 청운이라고 볼 수 있으며, 그 다음은 백광이었고, 대부령은 상대적으로 좋지 않다고 판단할 수 있다. 따라서, 나박김치는 청운무를 이용하여 제조하여서 25℃에서 12시간 예비숙성 시킨 후 냉장고에 보관하면서 2, 3일 이내의 단기간에 섭취하는 것이 권장할만하다고 생각한다. 그리고, 가을무인 청운이 조달되지 않는 시기에는 봄무인 백광을 이용하여 제조직후 냉장저장하여 5~7일에 섭취할 수 있다고 본다.

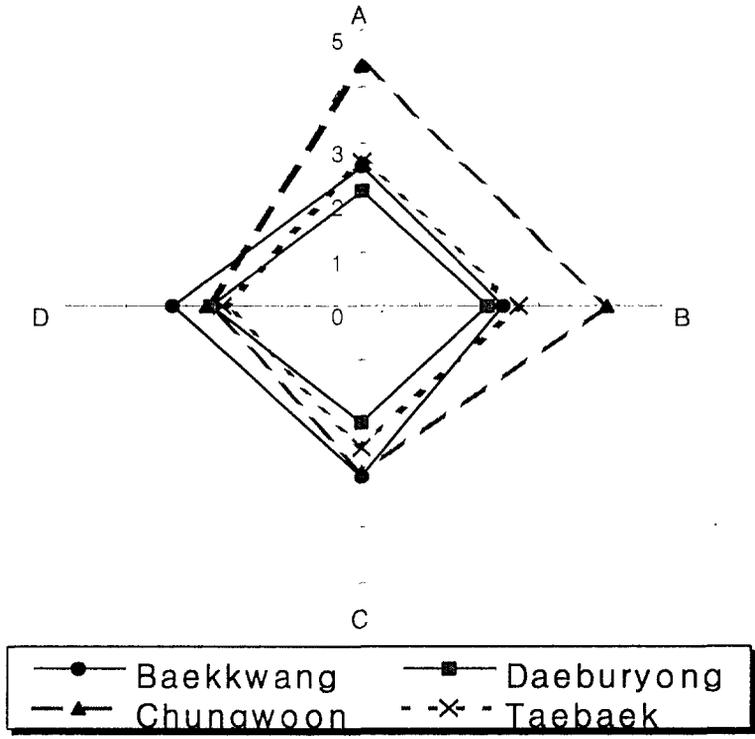


Fig. 19. QDA profiles of Overall quality of Nabakkimchi with different fermentation condition.

A : stored at 8°C for 2days after keeping at 25°C for 12hours.

B : stored at 8°C for 3days after keeping at 25°C for 12hours.

C : stored at 8°C for 5days.

D : stored at 8°C for 7days.

제 4 절 요약 및 결론

본 연구에서는 무 품종에 따른 가열 및 비가열 조리 시 품질 특성의 변화를 검토하여 조리 용도에 따라 가장 적합하게 이용될 수 있는 품종을 구명하고자 하였다. 가열 조리방법으로는 무국, 비가열 조리방법으로는 나박김치를 선정하였다.

무국은 10, 20, 30분의 가열시간에 따른 품질특성의 변화를 검토하였고, 비가열 조리방법인 나박김치는 숙성 시 저장방법과 기간을 달리하면서 품질특성의 변화를 측정하였다. 즉, 25℃에서 12시간 숙성 후 1, 2, 3, 4 일간 냉장(8℃) 저장한 것과 제조 직후 1, 3, 5, 7, 9일간 냉장 저장한 것의 품질특성을 비교하였다.

그 결과를 요약하면 다음과 같다.

1. 무국

가열전 무의 당도는 가을무가 가장 높았고, 봄무는 낮았다. 가열함에 따라 건더기의 당도는 감소되어 30분 가열 시 시료간의 차이가 근소해졌다.

색도는 가열함에 따라 lightness는 감소하고 yellowness는 증가하여 대부령이 가장 명도가 낮고 노란빛을 띠었다.

또한, 가열함에 따라 국물이 탁해졌으며, 가을무보다 봄무, 여름무의 변화가 급격했다.

조리후에 건더기의 중량이 감소되었으나 가열시간에 따른 차이는 없었다.

경도는 가열 전에는 태백무가 가장 높았고, 가열함에 따라 급격히 연화되었으며, 30분 가열 후에는 봄무인 백광의 경도가 가장 높았다. 생무의 건물 중량과 세포벽 중량은 태백이 가장 컸고, 가열시간이 경과함에 따라 감소의 경향을 보였으나, 30분 가열 후에는 시료간의 차이가 근소해졌다.

따라서, 건물 중과 세포벽 중량은 조직의 경도와 관련이 있는 것으로 보인다. 또한, 무 조직의 세포벽 조성의 분석 결과, 모든 품종에서 polyuronides가 분해되었으며, 비섬유성 중성당은 대부분에서 약간 분해되었고, 태백과 청운은 현저하게 분해되었다. 따라서, 가열에 의해 가을무의 경도가 급격히 연화되는 것은 비섬유성 중성당과 관련이 있는 것으로 판단된다. 따라서, 비섬유성 중성당의 조성을 분석해본 결과 특히, 가을무인 태백 및 청운에서 가열에 의해 arabinose, xylose, glucose, galactose가 감소한 것으로 보아 경도와 관련이 있는 주요 중성당 성분으로 추측된다.

전분 함량은 봄무인 백광에서는 매우 소량이었으며, 대부분, 태백은 상대적으로 높아 1.0%를 상회하였다. 가열 중 전분의 함량은 대부분 및 청운에서 뚜렷이 감소하였다.

관능검사 결과, 가열시간에 따른 영향에서는 전반적으로 무 건더기의 경우 가열시간이 경과됨에 따라 경도는 감소되고, 색은 연해졌으며, 외관은 큰 차이가 없었다. 국물의 경우는 가열함에 따라 색은 진해졌고, 점점 탁해지는 경향이였다. 전반적인 바람직성은 백광, 대부분과 청운은 20분 가열이 가장 좋았고, 태백은 30분 가열한 것이 가장 좋다고 평가되었다. 또한, 모든 품종을 20분 가열하였을 때 품종간의 차이가 있는지를 검토한 결과, 청운이 가장 좋다고 평가되었다.

이상의 결과를 종합하면, 본 연구에 사용한 4품종 중 무국에는 청운이 가장 좋았으며, 가열시간은 20분이 적당하였다. 그러나, 청운과 대부분간에는 유의차가 없었기 때문에 가을무가 조달되지 않는 시기에는 대부분을 대치하여 이용할 수 있겠고, 가열시간을 늘려 조리하면 시료간의 차이가 적어지리라 생각된다.

2. 나박김치

당도는 건더기의 경우 제조직후에는 가을무인 태백과 청운이 가장 높았다. 예비 숙성한 경우 건더기는 숙성기간에 따라 점차 감소되었고, 국물은

증가하였다. 냉장저장의 경우는 건더기, 국물 모두 일시적으로 낮아졌다가 다시 증가하는 경향을 보였다.

pH는 예비숙성의 경우는 냉장 2일까지, 냉장저장의 경우는 냉장 5일까지 급격히 감소되어 이 때 최적 숙성기간의 pH를 나타내었다. 산도는 예비숙성의 경우는 냉장 2일까지, 냉장저장의 경우는 냉장3일부터 급격히 증가하였다.

Vitamin C의 함량은 예비숙성의 경우 건더기는 냉장 1일째에 급격히 감소되었으며, 국물은 냉장 2일부터 검출되었고, 숙성초기에는 백광의 함량이 더 많았으나 숙성이 진행됨에 따라 건더기, 국물 모두 대부령의 함량이 더 많았다. 냉장저장의 경우는 건더기에서는 두 품종 모두 숙성함에 따라 감소하였다가 다시 소량 증가하는 경향을 보였으며, 국물에서는 백광은 냉장 9일에, 대부령은 냉장 7일에 검출되었다.

경도는 제조 직후에는 태백이 가장 높았으며, 저장 후에도 가을무의 경도가 비교적 높았다.

색도는 저장함에 따라 lightness가 감소하였는데 특히 태백의 변화가 컸고, redness와 yellowness는 냉장저장에서 감소 경향을 보였다.

탁도는 예비숙성의 경우는 예비숙성 단계에서 급격히 증가되었으며, 냉장저장의 경우는 저장 3일과 5일 사이에 증가의 폭이 컸다.

관능검사 결과, 건더기의 경도는 예비 숙성한 것보다 냉장 저장한 것이 높았으며, 품종별로는 가을무가 단단하다고 평가되었다. 국물의 경우는 유의차가 없었으며, 건더기와 국물을 종합하여 나박김치로서 가장 바람직하다고 평가된 시료는 예비숙성 후 2일된 청운이었으며, 예비숙성 후 3일된 시료와의 유의차는 없었다. 또한, 백광의 경우는 예비숙성한 것보다 냉장 저장한 것이 비교적 좋게 평가되었고, 청운 다음으로 좋다고 평가되었다. 숙성방법별로는 봄무는 냉장저장이, 가을무는 예비숙성 후 저장한 시료가 좋게 나타났다.

결과적으로 나박김치로서 가장 적당한 품종은 청운이라고 볼 수 있으

며, 그 다음은 백광이었다. 따라서, 나박김치는 청운무를 이용하여 제조하여서 25℃에서 12시간 예비숙성 시킨 후 냉장고에 보관하면서 2, 3일 이내의 단기간에 섭취하는 것이 권장할만하다. 그리고, 가을무인 청운이 조달되지 않는 시기에는 봄무인 백광을 이용하여 제조직후 냉장저장하여 5~7일에 섭취하는 것이 좋다고 생각한다.

이상의 실험 결과를 종합해 보면, 무국, 나박김치에서 모두 청운이 좋게 평가되어 고품질의 무로 육성할 가치가 있는 품종이라 생각되었다. 그러나, 백광은 나박김치에 비교적 좋다고 평가되었고, 대부령은 무국에서 좋은 결과가 나왔기 때문에 가을무인 청운이 조달되지 않는 시기에는 이러한 품종을 대치하여 사용 할 수 있을 것으로 생각된다. 또한, 태백은 본 연구의 조리에서는 적합하지 않았지만 육질이 단단하고 저장성이 좋기 때문에 깍두기와 같은 조리에 적합할 것으로 판단된다. 앞으로는 무 이외의 다른 채소들도 품종에 따른 조리학적인 검토가 계속되어서 적합한 용도 구명이 이루어져야 될 것으로 사료된다.

제 5 절 참 고 문 헌

1. 장현기, 남궁석, 식품학개론-식품재료학을 중심으로-, 유희문화사, 1997.
2. 조재선, 식품재료학, pp.149-150, 문운당, 1996.
3. 문수재, 손경희, 식품학 및 조리원리, 수학사, 1986.
4. 김종만, 신미경, 황호선, 간절임중 깍두기용 무 Cube의 이화학적인 변화, 한국식품과학회지, 21(2), 300-306, 1989.
5. 유근창, 이기의, 무의 추대 및 개화생리에 관한 연구, IV. 채종방법을 달리한 무 및 배추의 추대 반응, 한국원예학회지, 22 : 73-79, 1981.
6. 김미리, 무 김치 숙성 중 매운 맛 및 그 관련 물질의 변화에 관한 연구, 서울대학교 박사학위 청구논문, 1988.
7. 김미리, 이혜수, 무 김치 숙성 중 thiocyanate(nitrogen) 함량, 기질(indolyl-methyl glucosinolate) 함량 및 myrosinase 활성도 변화에 관한 연구, 한국조리과학회지, 5(1), 1989.
8. 김미리, 지옥호, 윤화모, 양차범, 무 품종 및 계절에 따른 깍두기의 향미 특성, 한국식품과학회지, 28(4), 762-771, 1996.
9. 김성단, 발효숙성 온도가 깍두기 향미성분에 미치는 영향, 단국대학교 석사학위논문, 1995.
10. 김소연, 김광욱, 소금농도 및 저장기간이 깍두기의 특성에 미치는 영향, 한국식품과학회지, 21(3), 370-374, 1989.
11. 장명숙, 김나영, 깍두기의 절임 방법이 발효숙성 중 이화학적 특성에 미치는 영향, 한국조리과학회지, 15(1), 61-67, 1999.
12. 류기돈, 무 품종별 깍두기 가공 적성, 중앙대학교, 석사학위논문, 1998.
13. 정귀화, 이혜수, 숙성 기간에 따른 무 김치의 텍스처와 섬유소, 헤미셀룰로오스, 펙틴질의 함량 변화, 한국조리과학회지, 2(2), 1986.

14. 김경제, 경규항, 명원경, 심선택, 김현구, 김치류의 저장기간 연장을 위한 무 품종 선발에 있어서 발효성 당함량의 역할, 한국식품과학회지, 21(1), 100-108, 1989.
15. 김소연, 엄진영, 김광옥, Calcium Acetate 및 Potassium Sorbate를 첨가한 깍두기의 품질 특성, 한국식품과학회지, 23(1), 1-5, 1991.
16. 엄진영, 김광옥, Sodium Acetate 와 Calcium Chloride를 첨가한 깍두기의 특성, 한국식품과학회지, 22(2), 140-144, 1990.
17. 길광훈, 김태환, 김재근, Pilot scale 연속식 김치순간살균장치를 이용한 무 김치의 살균, 한국식품과학회지, 16(1), 1984.
18. 옥철, 장금, 박관화, 안승요, 예비열처리에 의한 무김치의 연화방지, 한국식품과학회지, 17(6), 1985.
19. 이영춘, 박상현, 깍두기의 가공방법과 저장성에 관한 연구, 중대논문집 제31집 (자연과학편), 1988.
20. 김인혜, 김광옥, 저염 깍두기의 관능적 특성, 한국식품과학회지, 22(4), 380-385, 1990.
21. 김미정, 문성원, 장명숙, 양파 첨가가 동치미의 발효속성에 미치는 영향, 한국영양식량학회지, 24(2), 330-335, 1995.
22. 장명숙, 문성원, 감초 첨가가 동치미의 발효속성에 미치는 영향, 한국영양식량학회지, 24(5), 744-751, 1995.
23. 장명숙, 김나영, 유자 첨가 동치미의 이화학적 및 미생물학적 특성, 한국조리과학회지, 13(3), 1997.
24. 강근옥, 김종근, 김우정, 열처리와 염의 첨가가 동치미 발효에 미치는 영향, 한국영양식량학회지, 20(6), 565-571, 1991.
25. 강근옥, 구경형, 김우정, 동치미의 저장성 향상을 위한 열수 담금 및 염혼합물 첨가의 병용효과, 한국영양식량학회지, 20(6), 559-564, 1991.
26. 문성원, 조동욱, 박은수, 장명숙, 동치미의 발효속성에 미치는 소금농도의 영향, 한국식품과학회지, 27(1), 11-18, 1995.

27. 강근옥, 손현주, 김우정, 동치미의 발효 중 화학적 및 관능적 성질의 변화, 한국식품과학회지, 23(3), 1991.
28. 강근옥, 구경형, 이정근, 김우정, 동치미의 발효 중 물리적 성질의 변화, 한국식품과학회지, 23(3), 262-266, 1991.
29. 정동효, 김치 성분에 관한 연구 (제3보), 동치미의 산화환원 전위에 대하여, 한국식품과학회지, 2(2), 1970.
30. 김동희, 전윤기, 김우정, 동치미액 제조를 위한 발효기간 단축 연구, 26(6), 726-732, 1994.
31. 고은정, 허상선, 최용희, 역삼투막 농축에 의한 동치미를 이용한 이온 음료 개발에 관한 연구, 한국식품과학회지, 26(5), 573-578, 1994.
32. 이매리, 이혜수, 동치미의 맛 성분에 관한 연구, 한국조리과학회지, 6(1), 1990.
33. 김중만, 신미경, 황호선, 김형태, 간절입이 무 Cube의 Ascorbic Acid 함량, α -Amylase 활성 양념류 침투성, 생균수에 미치는 영향, 한국식품과학회지, 22(4), 492-495, 1990.
34. 이승인, 김병용, 조재선, 염농도의 확산에 따른 무의 물성학적 특성의 예측 model에 관한 연구, 한국식품과학회지, 24(4), 335-340, 1992.
35. 이희섭, 이귀주, 염장과정 중 무의 조직감과 이와 관련된 화학적, 효소활성변화, 한국식문화학회지, 8(3), 1993.
36. 이희섭, 이귀주, 무의 염장과정 중 조직감의 변화에 대한 예열처리 및 Chitosan 첨가효과, 한국식생활문화학회지, 9(1), 1994.
37. 권태연, 최용희, 무의 염절입시 소금의 침투량과 흡산도 예측모델, 한국영양식량학회지, 20(6), 572-581, 1991.
38. 문보경, 황인경, 발효온도와 설탕농도를 달리하여 제조한 나박김치의 발효특성변화, 생활과학연구, 제20권, 서울대학교 가정대학 생활과학연구소, 1995.
39. 문보경, 황인경, 발효온도와 설탕농도를 달리하여 제조한 나박김치에

- 서의 Dextran형성과 점도 및 발효 미생물의 특성, 생활과학 연구, 제21권, 서울대학교 가정대학 생활과학연구소, 1996.
40. 임희정, 신승미, 최윤정, 권혜순, 염초애, 수삼을 첨가한 나박김치에 관한 연구, 한국조리과학회지, 12(3), 1996.
 41. 임희정, 수삼을 첨가한 나박김치의 기호도에 관한 연구, 식품영양학회지, 한양여자전문대학, 10, 1996.
 42. 최성유, 한영숙, 발효 온도의 변화에 따른 열무 물김치 중 비타민 C의 함량 변화, 한국조리과학회지, 13(3), 1997.
 43. 피재은, 장명숙, 열무 물김치의 담금방법이 발효속성에 미치는 영향, 한국영양식량학회지, 24(6), 990-997, 1995.
 44. 방양선, 총각김치 숙성과정중 맛성분 변화에 관한 연구-유리아미노산 및 지질을 중심으로-, 동아대학교 교육대학원 석사학위논문, 1982.
 45. 정경숙, 우경자, 홍성야, 국 종류에 따른 장류의 분량 결정과 조미료의 첨가 효과, 한국조리과학회지, 2(1), 1986.
 46. 이영춘, 송주호, 이승엽, 국과 숙주나물에 사용된 간장의 기호도 조사, 한국식품과학회지, 26(5), 507-511, 1994.
 47. 배영희, 탕(국)류의 조리과학, 국민영양, 93(9), 42-45, 1993.
 48. 한혜성의 2인 공저, 한국의 전통음식, 교문사, 1991.
 49. 김혜영, 단체급식에 관한 연구, 대한가정학회지, 11(1), 55-72, 1973.
 50. 구선희, 류연화, 현성연, 홍선정, 무 맑은장국 조리법의 표준화를 위한 연구, 식생활연구, 중앙대학교 식품영양학과, 제10집, 1997.
 51. 한복려 외 다수 공저, 찌개, 국, 전골, 해장요리 (주부생활), 1995.
 52. 하선정, 요리대전집, 월간요리, 1991.
 53. 하순용의 2인 공저, 한국조리, 지구문화사, 1984.
 54. 한정혜, 오경호, 가정요리, 정우문화사, 1996.
 55. 하숙정, 우리의 맛, 한국조리전집, 삼화인쇄주식회사, 1986.
 56. 강인희, 한국의 맛, 대한교과서, 1987.

57. 박관숙, 한국조리실습, 효일문화사, 1988.
58. Gross. K., Fractionation and partial characterization of cell walls from normal and non-ripening mutant tomato fruit. *Physiology Plant*, 62 :25-32, 1984.
59. Carpita. N., Measurement of uronic acids without interference from neutral sugars, *Anal. Biochem.*, 54 : 484-489, 1992.
60. Blakeny, A. and P. Harris. A simple and rapid preparation of alditol acetate for monosaccharide analysis, *Carbohydrate Res.*, 113 : 291, 1982.
61. 채수규, 식품분석학, 이론 및 실험, 신광출판사, 1997.
62. 채례석, 주진순, 한국식품 중 vitamin C 함유량에 대한 조사연구, *중앙화학연구보고*, 4, 47, 1955.
63. 이태령, 이정원, 김치 숙성중의 비티민 C 함량의 소장 및 galacturonic acid의 첨가 효과, *한국농화학회지*, 24, 139, 1981.

제 5 장 무 품종별 생육 및 유전특성

제 1 절 재배지역 및 작형별 고정종의 물성, 생육특성

1. 서론

무는 12℃ 이하의 저온에 감응하여 화아가 분화되고 그후 고온장일 조건하에서 추대하여 개화하는 생리현상을 보이기 때문에 춘·하절기에는 재배시 근비대가 되지 않아 상품성을 잃게 되며 동절기에는 저온·저광의 생육조건 때문에 정상적인 근의 발육이 어렵다. 그러나 가을에는 모든 작기의 품종이 재배가 가능하고 기상조건이 가장 좋아 추절기에 작형별 대표품종을 선택하여 수확 후 품종들의 수량지수 및 조직의 경도특성을 비교하였으며 사질양토와 점질양토에서의 동시에 재배하여 재배 토성에 따른 품질차를 비교해 보았다.

무의 육종연구의 개가와 가공산업의 활성화와 소비자의 구매의욕에 따라 무는 연중 소비되어 과거와는 달리 연중 소비채소가 되었다. 그러나 무의 화아생리상 봄과 여름의 무 재배가 어려워춘하절기에는 저온에 둔감한 일부품종에 국한되어 있다. 이들 품종은 무의 연중생산은 가능하게 하였지만 질적품질 향상은 아직 미흡한 실정이다. 따라서 본 연구에서는 작형별로 여러 조합의 교배종을 재배한 후 수확후 외형 및 수량을 비교하여 고품질 무의 생산을 위한 기초자료를 얻고자 수행되었다.

2. 연구수행방법

가. 재배지역에 따른 무 생육 및 무 조직의 경도 비교

- 공시재료

봄 무: 하우스봄, 백광

여름무: 대진, 대부령

가을무: 백자, 태백, 청운

소형무: 신진 알타리, 추석 알타리, 추동, 동자

- 재배지역

포장 A: 충북 조치원 흥농종묘, 사질양토

포장 B: 경기도 안성군 중앙대학교, 점질양토

- 외관 및 조직특성비교

각 처리별 무의 외관 품질은 상대적 비교를 통해 상, 중, 하로 분류하였고 조직특성은 육질 및 식미를 강, 상, 중, 하로 분류하였다.

- 생육조사 및 경도측정

각 처리별로 신선중과 근중, 근경, 근장을 비교하였고 경도는 무를 수직과 수평방향으로 각각 $2 \times 2 \times 1(\text{cm}^3)$ 크기로 조제한 후 Texture test system을 이용하여 shaer force를 측정하였다.

나. 작형별 무 교배종의 수량비교

재배 작형별 무 교배종의 수량을 비교하기 위해 가을무, 하우스 봄무, 봄무, 여름무를 재배 후 지상부, 지하부의 생육을 각각 조사하였다.

- 가을무와 여름무의 F₁: 가을무는 태백, 태진, 청운, 백자를 여름무는 대부령, 대진을 각각 선정하여 흥농종묘(주)의 조치원 육종연구소의 포장에서 재배하였다.

- 하우스 봄무의 F₁: 백광, 백광유사, 하우스, 천하, 95307를 선정하여 흥농종묘(주)의 제주농장과 조치원 연구소의 유리온실에서 반복 재배하였다.

- 봄무와 고랭지 여름무의 F₁: 봄무는 백광, 백광유사, 천하대형, 95307을 고랭지 여름무는 관동 여름무, 대부령, 대진, 92343을 각각 선정하여 대관령의 흥농종묘(주) 진부농장에서 포장 재배하였다.

- 생육 및 수량조사: 각 처리별로 지상부는 엽장, 엽수, 엽중을 조사하였고 지하부는 근장, 근경(상경, 중경, 하경), 근중을 조사하였다.

3. 연구결과

가. 재배지역에 따른 무생육 및 무 조직의 경도 비교

오랫동안 무는 가을에 재배생산된 조직이 치밀하고 단단하다고 알려져 왔으며, 또한 식미가 상대적으로 우수한 것으로 간주되어 왔다. 표 1에는 무의 작형별 근조직의 외형, 육질 및 식미에 관한 관능성을 무육종가들을 대상으로 조사하여 상대적으로 비교하였다. 가을무중 태백 및 백자가 육질이 단단하고, 청운은 육질은 다소 연하며, 식미가 특히 우수한 것으로 판단되었다. 그리고 봄무 및 여름재배무는 육질이 다소 약하며, 식미도 가을무에 비해 다소 떨어지는 것으로 평가되었다. 소형무중 알타리게통이 특히 조직이 단단하며, 추동 및 동자는 식미도 우수하다고 평가되었다.

Table 1. 작형별 무의 지하부의 품질 특성.

작 형	품 종	외 관	조직(육질 및 식미)
가을무	태백	중	강, 중
	백자	중상	중강, 중상
	청운	상	중, 상
봄 무	하우스봄	중상	중연, 중하
	백광	상	중연, 중
여름무	대진	중상	중, 중상
	대부령	중	중, 중상
소형무	신진알타리	상	강, 상
	추석알타리	중상	강, 중
	추동	상	중강, 상
	동자	중상	중강, 상
단무지무	백룡미농조생	상	중, 중상
	홍농단무지	상	중, 중상

동일한 포장에서 재배한 무의 생육은 봄무가 가장 뛰어났으며 여름무, 가을무의 순으로 차이를 보였으나 봄무 중 백광을 제외한 나머지 품종은 유의적 차이를 보이지는 않았다. 그러나 같은 기간동안 무의 생육은 점질 양토보다 사질양토에서 생육이 월등히 좋은 결과를 보였다(표 2, 3, 4, 5). 무의 지하부의 경도는 작형별 차이가 상이하였으며 소형무 중 알타리 무가 가장 높은 수치를 보였으며 대형무 중에는 가을무가 가장 높았고, 다음은 여름무, 봄무순이었다. 그러나 재배토성에 따라 심한 생육차이를 보였음에도 불구하고 사질토양에 비해 점질토양에서 재배된 무의 경도가 조

급 높은 수치를 보였을뿐 유의적 차이를 보이지는 않았다. 이는 무 조직의 경도는 환경요인에 다소 영향을 받는다고 알려져 있지만, 유전적인 요인에 의해 더욱 지배되고 있음을 뜻한다.

조직의 경도 측정방향에 따라서는 알타리무에서는 수평방향의 경도가 수직방향에 비해 강하였으며, 봄무는 수직방향의 경도가 높았지만 나머지 품종에서는 수직, 수평방향 간에 차이가 없었다(표 6). 이상의 실험결과로 무의 지하부 경도는 품종에 따라 측정방향을 고려해야 한다고 사료되었다.

Table 2. Growth analysis of radish plants grown in fall season at different soil conditions¹⁾.

Cultivars	Soil conditions	Plant fresh weight(g)	Root fresh weight(g)	Root diameter(cm)	Root length(cm)
Taebaek	A ²⁾	1518±140	1173±182	10.3±0.6	20.5±1.4
	B	461± 53	340± 32	7.0±0.3	13.5±1.0
Baekja	A	1845± 22	1274±164	10.6±0.8	21.2±1.7
	B	386± 72	247± 38	6.2±0.3	11.8±0.6
Chungwun	A	1649±127	1365±108	11.1±0.4	21.7±1.3
	B	557±185	444±146	7.0±0.9	13.1±2.1

¹⁾ Data were obtained 10 plants for each cultivar.

²⁾ A: Sandy soil at 'Hungnong Co' field, Chochiwon.

B: Clay soil at 'Chung-ang univ.' field, Ansong.

Table 3. Growth analysis of radish, fall season type, grown in fall season at different soil conditions.

Cultivars	Soil conditions	Plant fresh weight(g)	Root fresh weight(g)	Root diameter(cm)	Root length(cm)
Beakkwang	A*	1975±220	1635±203	-	36.8±2.7
	B*	421±39	333±40	5.5±0.2	22.4±0.7
Housebom	A	1660±287	1360±242	8.1±0.7	36.0±2.6
	B	365±63	290±54	5.0±2.8	22.8±1.5

* A, B: See the <Table 2>

Table 4. Growth analysis of radish plants grown in summer in different soil conditions.

Cultivars	Soil conditions	Plant fresh weight(g)	Root fresh weight(g)	Root diameter(cm)	Root length(cm)
Daeburyoung	A*	1742±177	1384±146	9.5±0.6	28.5±1.6
	B*	631±103	469±84	7.0±0.2	18.6±2.9
Daejin	A	1675±148	1421±133	9.7±0.6	26.7±1.5
	B	443±127	338±106	6.1±5.7	18.2±2.1

* A, B: See the <Table 2>

Table 5. Growth analysis of small radishes grown in different soil conditions.

Cultivars	Soil conditions	Plant fresh weight(g)	Root fresh weight(g)	Root diameter(cm)	Root length(cm)
Sinjin altari	A*	199±27	150±21	5.5±0.5	12.1±0.6
	B*	119±18	90±13	4.9±0.3	9.9±0.4
Chusuck altari	A	230±26	171±16	5.8±3.1	11.8±1.1
	B	127±31	93±20	4.7±2.3	9.9±0.4
Dongja	A*	507±84	388±68	7.3±0.6	13.0±1.2
	B*	210±13	159±11	5.3±0.1	9.5±0.3
Chudong	A	399±62	312±49	6.6±5.4	12.0±1.6
	B	232±35	175±24	5.6±3.0	10.1±0.1

* A, B: See the <Table 2>

Table 6. Comparison of tissue hardness of radishes measured as shear force grown at two different locations. ($10^3 \cdot N/m^2$)

Cultivars	Ansung			Chochiwon			Total mean
	A ^Z	B ^Y	Mean	A	B	Mean	
Taebaek	150.3 ^x	134.4	142.4±11.2	145.7	141.3	143.5±3.1	142.9±0.8
Baekja	148.2	126.2	137.2±15.6	127.8	121.6	124.7±4.4	131.0±8.8
Chungwun	120.2	122.3	121.3± 1.5	120.4	110.3	115.4±7.1	118.3±4.2
Baekkwang	113.1	99.3	106.2± 9.8	97.7	94.5	96.1±2.3	101.2±7.1
Housebom	115.4	103.2	109.3± 8.6	93.5	86.2	89.9±5.2	96.9±13.8
Daeburyoung	118.1	118.6	118.4± 0.4	109.4	115.8	112.6±4.5	115.5±4.1
Daejin	117.0	121.3	119.2± 3.0	117.7	113.5	115.6±3.0	117.4±2.5
Sinjin altari	105.3	170.5	137.9±46.1	-	146.9	146.9	142.4±6.4
Chusuck altari	125.7	167.8	146.8±29.8	-	149.4	149.4	148.1±1.9
Dongja	129.9	129.9	129.9± 0.0	134.4	123.4	128.9±7.8	129.4±0.7
Chudong	120.0	111.7	118.9± 1.6	118.6	113.8	116.2±3.4	117.5±1.9

Z: Vertical(longitudinal) direction.

Y: Horizontal(croo-sectional) direction.

X: Data represent mean±S.E.

Ansung: Average from 30 roots for each cultivar.

Chochiwon: Average from 15 roots for each cultivar.

나. 작형별 무 교배종의 수량비교

여름무와 가을무 교배종의 가을 포장재배시 여름무는 가을무에 비해 근장이 길고 근경은 적었으며 근중은 무거웠다. 여름무 중에는 대부령이 대진에 비해 수량이 좋았으며 가을무 중에는 백자가 지상부와 지하부를 합친 생육은 가장 좋았으나 가식부위인 지하부의 생육은 청운이 가장 뛰어났다(표 7). 겨울과 봄에 재배한 조파종인 하우스 봄무용 교배종은 추대고가 높고 근경은 좁고 근장은 긴 외관을 보였으며 생육비교시 천하가 가장 높은 수량을 보였고 나머지 품종에서는 차이를 보이지 않았으며 95307의 경우는 지상부의 생육은 가장 높았으나 지하부의 생육이 떨어져 생산성은 다른 품종에 비해 떨어졌다(표 8, 9). 대관령의 고랭지에서 재배된 고랭지무의 포실험에서는 수량은 봄무 교배종인 천하대형과 백광이 여름무에 비해 월등히 높았으며 여름무 중에는 관동여름무와 92343 품종이 높은 수량을 보였다(표 10, 11).

표 7. 가을무 F₁ 수량조사

품종명	근장 (cm)	상경 (cm)	중경 (cm)	하경 (cm)	엽장 (cm)	엽수 (매)	근중 (g)	엽중 (g)
대부령	24.0	7.4	9.0	6.6	44.7	17.3	1,233	267
대진	21.7	6.6	9.1	6.7	41.3	13.7	1,183	167
태백	17.7	7.1	9.3	7.0	42.0	17.3	933	300
태진	16.7	7.5	10.4	8.0	44.3	18.3	1,033	267
청운	18.7	8.3	10.5	8.3	47.7	17.0	1,183	267
백자	17.3	7.8	9.3	7.7	54.7	28.3	1,000	583

차검지 : 홍농종묘(주) 조치원 연구소재배기간 : '96. 8.28. - '96. 11. 3.

표 8. 하우스 봄무 F₁ 수량조사

품종명	근장 (cm)	상경 (cm)	중경 (cm)	하경 (cm)	엽장 (cm)	엽수 (매)	근중 (g)	엽중 (g)	추대고 (cm)
백광	27.2	7.5	7.4	5.3	58.0	24.2	1,117	283	0.9
백광유사	23.2	7.5	7.7	5.3	60.2	25.0	1,208	337	1.3
하우스	28.0	7.1	7.5	5.2	57.7	24.8	1,191	308	0.5
95307	21.2	8.1	8.1	5.9	63.8	32.7	1,058	533	1.7
천하	29.3	7.4	7.6	5.3	61.6	23.0	1,295	337	2.0

차검지 : 흥농종묘(주) 제주농장

파종 : '96. 12. 20.

표 9. 하우스 봄무 F₁ 수량조사

품종명	근장 (cm)	상경 (cm)	중경 (cm)	하경 (cm)	엽장 (cm)	엽수 (매)	근중 (g)	엽중 (g)	추대고 (cm)
백광	27.2	6.4	8.0	6.6	55.4	19.4	1,175	307	1.3
백광유사	33	6.8	8.0	5.7	58.0	20.0	1,333	350	1.5
하우스	29.1	6.1	7.4	5.6	55.0	20.9	1,141	267	0.1
95307	27.4	6.8	8.3	6.2	60.9	23.0	1,271	517	9.8

차검지 : 흥농종묘(주) 조치원 연구소

재배기간 : '97. 1. 13 - '97. 4. 18

표 10. 고랭지무(1차) F1 수량조사

품종명	근장 (cm)	상경 (cm)	중경 (cm)	하경 (cm)	엽장 (cm)	엽수 (매)	근중 (g)	엽중 (g)
백광	34.0	7.1	8.2	6.5	45.7	20.7	1,500	267
백광유사	32.7	6.6	7.1	6.3	47.3	19.3	1,233	300
천하대형	36.3	6.9	7.9	6.4	47.3	18.3	1,600	300

차검지 : 흥농종묘(주) 신부농장

재배기간 : '97. 5. 12 - '97. 7. 21

표 11. 고랭지무(1차) F1 수량조사

품종명	근장 (cm)	상경 (cm)	중경 (cm)	하경 (cm)	엽장 (cm)	엽수 (매)	근중 (g)	엽중 (g)
95307	30.0	6.1	6.8	4.9	39.5	27.5	933	308
관동여름무	26.8	6.3	7.7	5.2	40.8	28.2	983	300
92343	25.7	6.6	8.0	4.8	40.7	16.3	983	275
대부령	21.7	5.4	6.4	4.2	32.5	15.5	575	158
대진	20.5	6.1	7.4	4.3	34.5	16.5	692	150

차검지 : 흥농종묘(주) 신부농장

재배기간 : '97. 6. 1 - '97. 8. 18

제 2 절 교배조합내의 물성 및 생육특성

1. 서론

본 협동과제에서는 제 1차 년도에서 밝혀진 무 조직의 경도 특성을 고려하여 현재 시판중인 F₁ hybrid 및 교배조합을 만들어 작형에 따라 중부 지방에서는 조치원에서, 남부지방에서는 해남에서 파종하여 생육조사를 실시하였으며, 조직의 경도를 측정하여 경도특성의 유전양상을 규명하는 기초자료를 구하였다.

2. 연구방법 및 연구내용

본 협동과제에서는 제 1차 년도에서 밝혀진 무 조직의 경도 특성을 고려하여 현재 시판중인 F₁ hybrid 및 교배조합을 만들어 작형에 따라 중부 지방에서는 조치원에서, 남부지방에서는 해남에서 파종하여 생육조사를 실시하였다.

3. 연구결과

표 1에 나타난 결과는 '97년 9월 5일에 파종하여 동년 11월 13일에 조사한 봄무 작형을 위한 교배조합들의 생육결과이다. 그리고 동일한 재료를 '98년 1월 15일 본 연구소 조치원 농장에서 플라스틱 필름 하우스에서 파종하여 동년 4월 13일 생육조사를 실시하였다(표2). 봄무로 육성중인 교배조합 중에서 95307은 시판중인 백광에 비하여 지상부의 생체중은 다소 억제되었지만, 뿌리는 오히려 생육이 양호하였다. 또한 다른 봄무보다 육질이 단단하였으며, 맛이 뛰어났다. 장해증상 중에서 특히 적심 및 흑심이 다른 봄무계통에 비하여 적게 발생하였다. 일반적으로 봄무는 청수(靑首)가 적으나 95307은 청수가 나타났다. 추대는 95307이 백광무보다 다소 빨랐다.

표 3 및 4에는 육성중인 가을무 교배조합 및 주요 시판 F₁의 생육을 비교하였다. 공시된 조합중 95341은 근피가 깨끗하며, 육질이 아삭아삭하

였으며, 96371은 역시 근피가 우수하며, 바람들이가 늦게 나타나고, 외형도 기존의 무가 타원형임에 반하여 H형에 가까워 가공용에 적합하다고 판단되었다.

표 5, 6에는 봄, 여름무의 F₁ 및 양친의 수량 및 조직의 경도 특성을 조사한 결과이다. 모계는 1, 부계는 2로 표시하였다. 수량 형질에서는 생체중, 초장, 근중, 근장, 근직경이 모두 F₁에서 월등하게 증가된 것을 알 수 있었다. 특히 근장은 양친중 모계의 영향이 우성으로 작용하는 것으로 판단되었다. 그러나 근의 경도는 양상이 다소 다르게 나타났는데, 대부분, 95307, 92343은 모계의 영향을 더 크게 받았으나, 백광, 관동여름, 91144에서는 어느 한쪽친의 영향을 파악할 수 없었다. 전반적으로 조직의 경도는 양친중 낮은 친의 영향을 많이 받아 우성으로 작용하는 것으로 판단되었다.

Table 1. Yield parameters of radish hybrids bred for spring season cultivation²⁾.

Line	Root length (cm)	Root diameter(cm)			Root fresh mass (g)	Leaf length (cm)	Number of leaves	Top fresh mass (g)
		Upper	Middle	Lower				
Baekkwang	33.7	6.1	6.9	5.1	1,033	48.0	19	300
95307	30.7	7.1	8.5	6.2	1,333	42.3	28	467
9664	29.0	6.4	7.9	5.5	1,000	39.0	35	367

²⁾Radish were produced in Experimental Station at Chochiwon. Five representative plant

from each line were sampled and the average was shown.

Table 2. Yield parameters of radish lines bred for house cultivation.

Line	Root length (cm)	Root diameter(cm)			Root fresh mass (g)	Leaf length (cm)	Number of leaves	Top fresh mass (g)	Length of flower stalk (cm)
		Upper	Middle	Lower					
Baekkwang	26.0	8.1	8.1	5.8	1,150	51.0	29.5	400	0.2
95307	31.0	7.9	7.9	4.6	1,200	43.5	22.5	200	0.2
9664	32.5	7.9	6.9	4.2	1,000	48.5	40.0	325	0.6

²⁾Radish were produced in a plastic film house during winter and early spring at Experimental

Station at Chochiwon. Five representative plants from each line were sampled and the

average was shown.

Table 3. Yield parameters for radish plant from F₁ and breeding lines for fall season cultivation²⁾.

Line	Root length (cm)	Root diameter (cm)			Root fresh mass (g)	Leaf length (cm)	Number of leaves	Top fresh mass (g)
		Upper	Middle	Lower				
95341	17.3	6.8	9.5	7.1	917	37.2	15.8	267
96371	21.7	7.5	9.6	7.1	1,183	39.7	20.5	283
Chungwun	19.8	8.0	10.1	8.0	1,217	41.8	17.3	317
Baekja	22.3	8.0	10.3	7.9	1,325	57.8	27.7	683
Taebaek	19.3	6.9	9.6	9.3	1,208	42.2	15.8	300

²⁾Radish were produced during fall season in Experimental Station at Chochiwon. Five representative plant from each line were sampled and the average was shown.

Table 4. Yield parameters for radish plant from F₁ and breeding lines for fall season cultivation²⁾.

Line	Root length (cm)	Root diameter(cm)			Root Fresh mass (g)	Leaf length (cm)	Number of leaf	Leaf fresh mass (g)
		Upper	Middle	Lower				
95341	20.2	7.8	10.7	5.2	1,342	33.3	18.5	283
96371	18.8	8.2	9.8	5.9	1,233	39.5	22.2	583
Chungwun	18.1	8.6	11.1	6.4	1,508	34.0	19.8	283
Baekja	17.5	8.6	10.6	6.3	1,492	49.3	27.7	742
Taebaek	18.2	7.4	9.9	5.2	1,150	36.3	17.3	342

²⁾Radish were produced during fall season in Experimental Station at Haenam, Chonlanum-do.

Five representative plant from each line were sampled and the average was shown.

Table 5. Growth parameters of F1 hybrids and parents lines for spring and summer radish cultivars.

Genotype	Number o f leaves	Plant height (cm)	Fresh mass (g)	Top weight (g)	Root weight (g)	Root length (cm)	Root diam. (mm)
Baekwang	20.3	75.1	1,458	194	1,263	33.5	73.9
1	25.9	32.6	529	184	345	28.1	41.3
2	16.9	31.2	520	135	385	14.7	65.8
Daeburyoun	16.5	61.5	1,363	162	1,201	26.1	91.3
g							
1	9.5	35.6	743	99	644	24.8	69.7
2	18.8	29.9	466	143	323	16.5	52.8
Kwangdong	29.8	58.5	1,480	208	1,272	24.6	88.6
1	42.2	35.4	943	260	683	25.2	61.7
2	19.7	34.5	802	199	603	18.5	67.8
91144	21.5	76.2	1,379	267	1,112	34.2	66.5
1	30.0	33.5	769	215	554	35.9	45.3
2	9.5	35.6	743	99	644	24.8	69.7
92343	16.2	70.7	1,620	221	1,399	28.9	97.2
1	9.5	35.6	743	99	644	24.8	69.7
2	16.9	31.2	520	135	385	14.7	65.8
95307	29.7	69.4	1,600	269	1,331	31.6	76.1
1	42.2	35.4	943	260	683	25.2	61.7
2	16.9	31.2	520	135	385	14.7	65.8

Table 6. Comparison of root firmness of F_1 and their parentlines(unit:N).

Line	Sections	Upper	Middle	Lower	Average
Bakwang		596.1	545.6	558.2	566.6
1		773.5	715.7	793.9	761.0
2		676.7	653.7	690.2	673.5
Daebureong		720.0	674.9	792.9	730.0
1		742.9	565.9	681.6	663.5
2		1261.7	1387.6	1586.9	1412.1
Kwandong		795.1	734.3	729.7	753.0
1		736.0	639.4	749.1	708.2
2		941.5	838.9	861.0	880.5
91144		823.2	688.3	728.2	746.6
1		938.8	920.0	922.1	927.0
2		742.9	565.9	681.6	663.5
92343		750.4	683.9	737.4	723.9
1		742.9	565.9	681.6	663.5
2		1031.1	936.7	1048.9	1005.6
95307		693.0	693.9	687.4	691.4
1		736.0	639.4	749.1	708.2
2		1031.1	936.7	1048.9	1005.6

제 3 절 물성 및 생육특성의 유전양상

1. 서론

본 과제에서는 물성특성에 입각하여 교배한 조합을 공시하여 양친, 여교잡, F2 세대를 동시에 생산성 및 물성특성의 유전특성을 구명하고자 하였다.

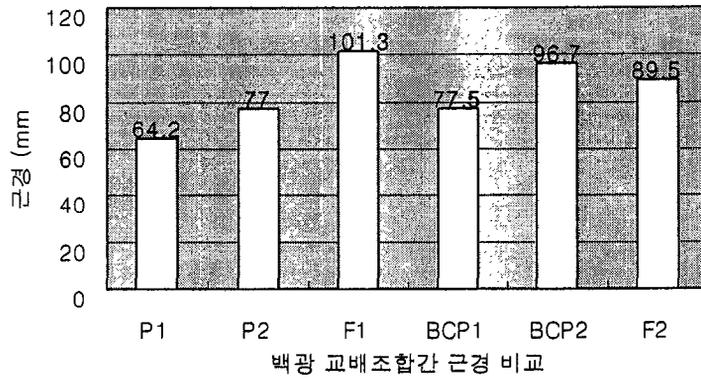
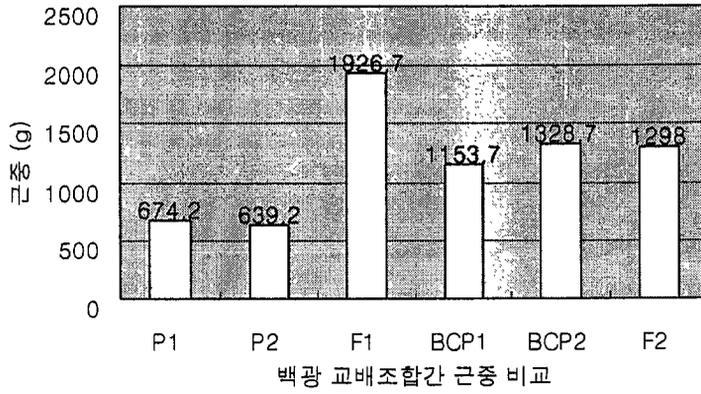
2. 연구방법 및 내용

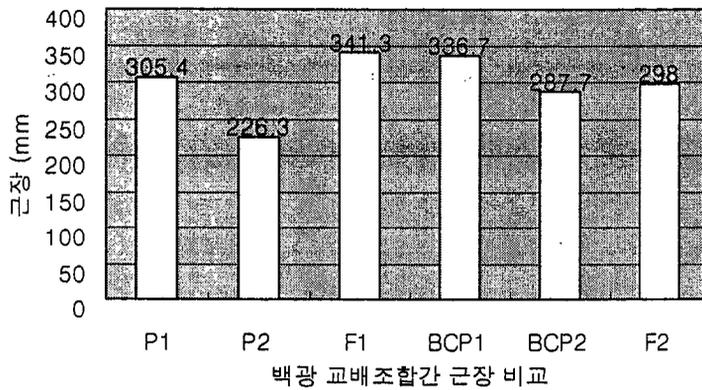
실험 재료로서 무의 작형별 대표적인 품종인 보무는 백광, 여름무는 관동여름, 가을무는 청운을 공시하였으며, 육성종인 95307을 포함하였다. 한편, 잡종 1세대 및 육성종인 교배조합들간의 생산력 검정을 실시하였다. 재료는 95341 및 96371이었으며, 대비품종으로 청운, 백자, 태백을 공시하였다.

3. 연구결과

대표적인 봄무 백광, 여름무계통인 관동, 가을무인, 청운, 그리고 육성종인 95307을 대상으로 양친, 여교잡, 차세대의 품종별 생육특성을 비교하였다.

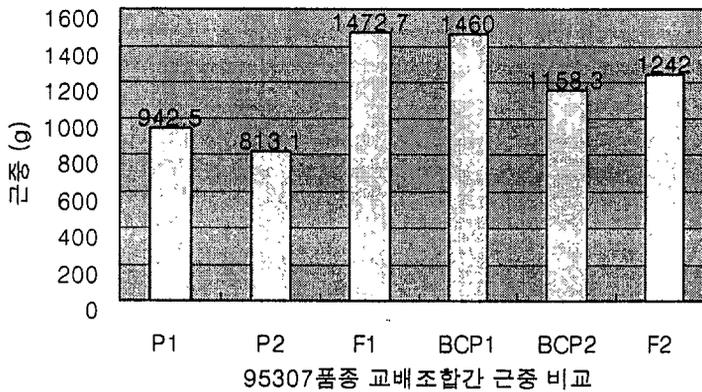
(1) 백광 (봄무)

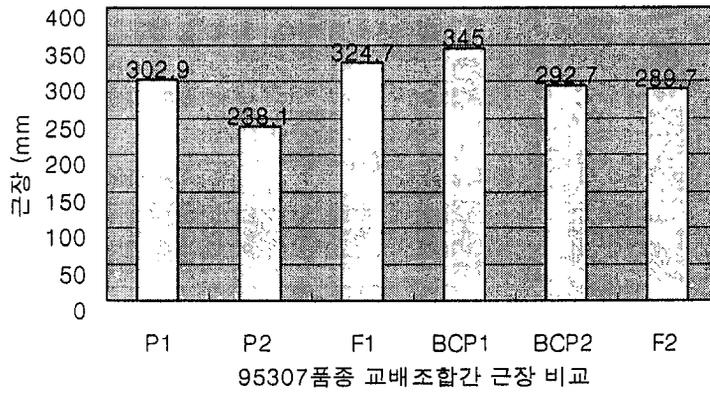
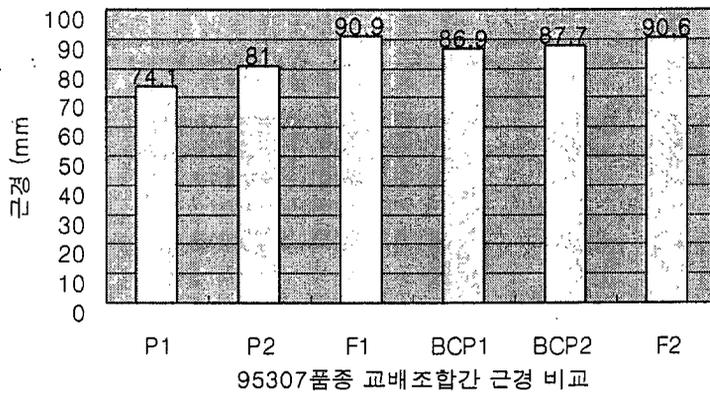




백광 교배조합간에 있어 근중은 F1이 모본에 비해 월등히 큰 편이며 근경, 근장에 있어서도 F1과 더불어 Backcross, F2들도 전반적으로 향상되었다.

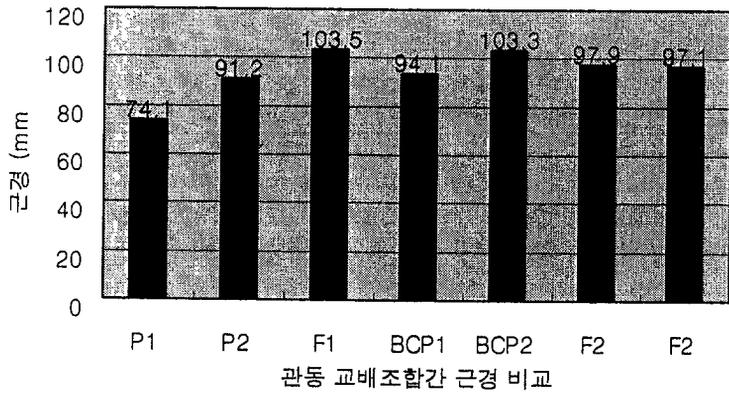
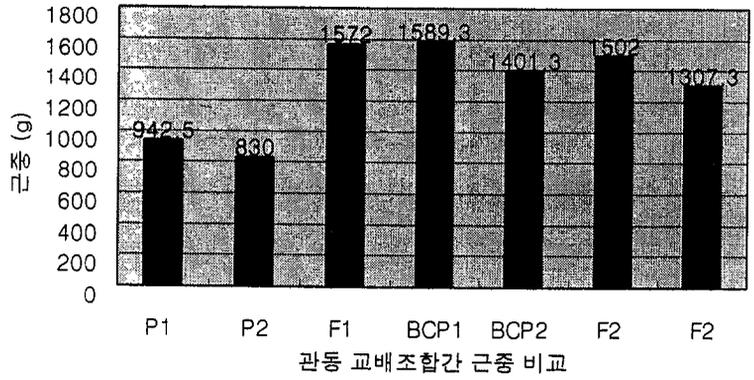
(2) 95307 (봄무계통)

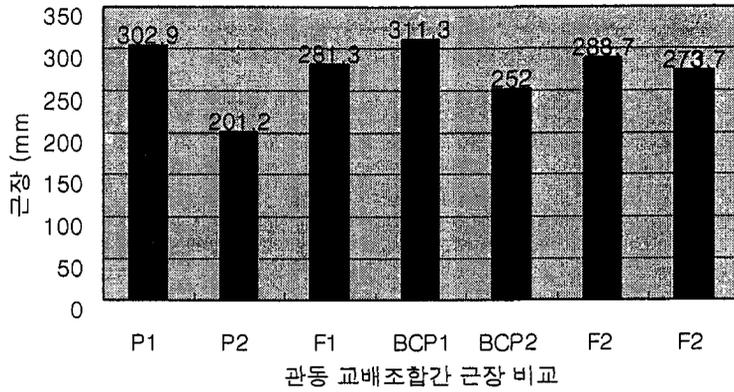




95307품종에 있어서도 F1이 근중이 월등하며 다른 항목에서도 마찬가지로 F1, Backcross, F2들이 우세하였다.

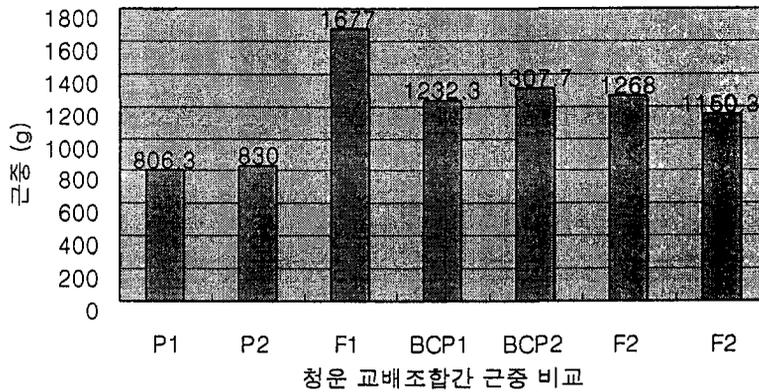
(3) 관동 (여름부)

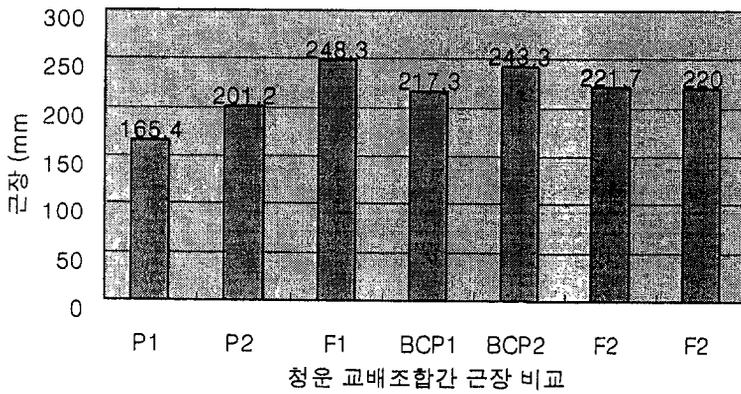
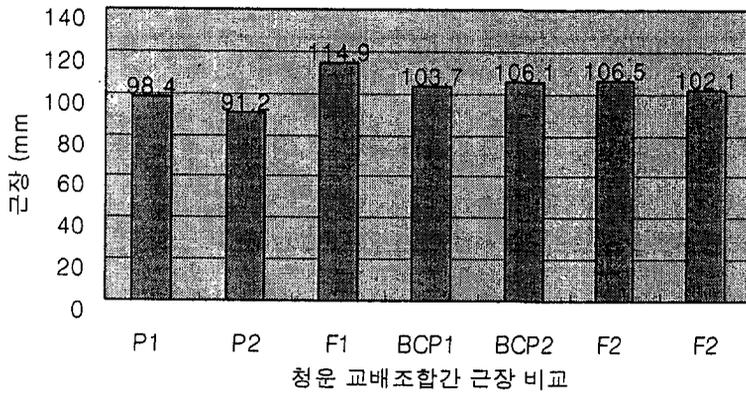




여름무인 관동에서도 봄무인 백광, 95307품종과 마찬가지로 근중과 근경은 F1이 월등하나 근장에서는 모본들의 중간치를 이룬다.

(4) 청운 (가을무)

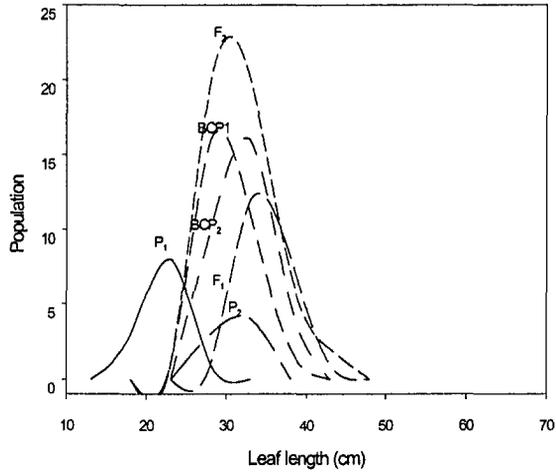




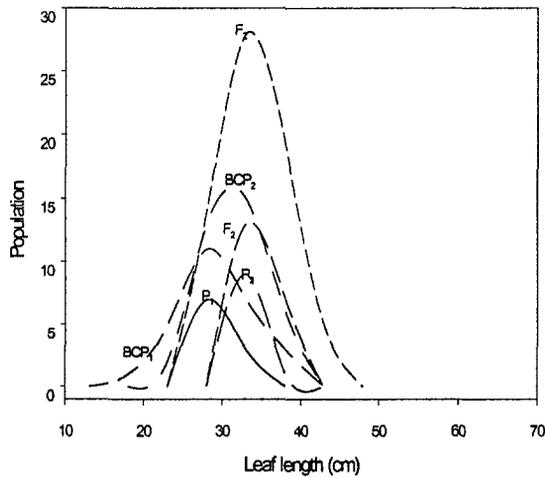
봄무, 여름무, 가을무를 통털어 F1의 근중이 월등히 높았고, 근경, 근장에 있어서는 F1보다는 덜하지만 Backcross, F2들 모두 모본보다 우세하였다.

각 교배조합들의 수량형질의 도수빈도분포도를 다음에 나타내었다. 조사된 형질들은 엽장, 생체중, 엽중, 근장, 근경의 순으로 도시하였다.

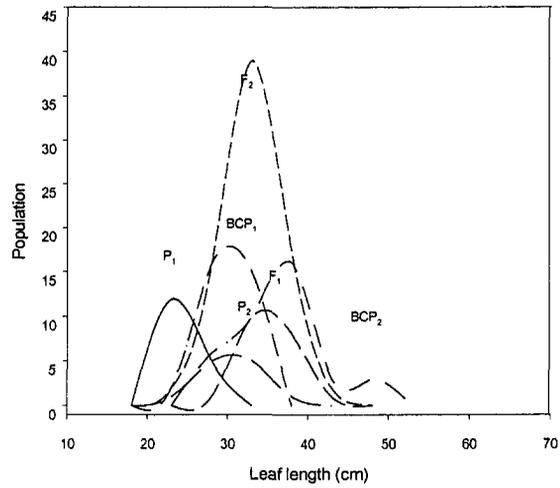
Distribution of leaf length in Baec-kwang, parents, F_2 , backcrosses
(in 99.5.)



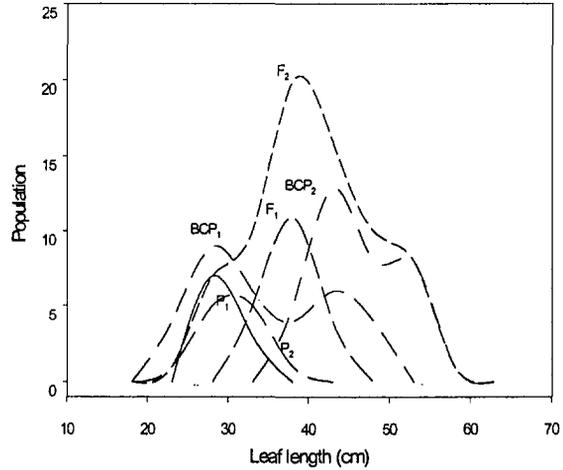
Distribution of leaf length in Baec-bong, parents, F_2 , backcrosses
(in 99.5.)



Distribution of leaf length in Chung-woon, parents, F₂, backcrosses
(in 99.5.)

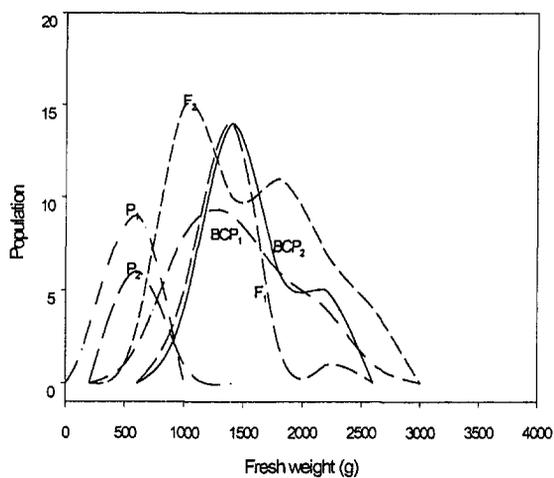


Distribution of leaf length in Kwan-dong, parents, F₂, backcrosses
(in 99.5.)

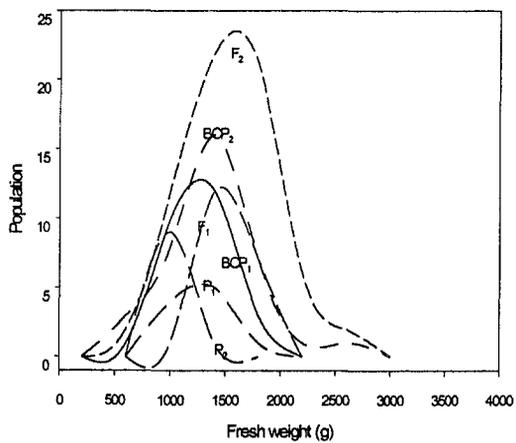


엽장은 새로 육성된 백봉(이전에 95307 교배조합으로 시험하였음)에서 세 대들의 분포가 다른 품종들의 세대에 비해 상대적으로 균일하여 변이의 폭이 적었다.

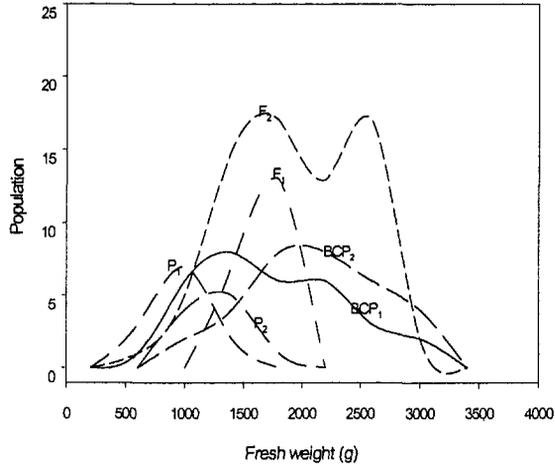
Distribution of fresh weight in Baec-kwang, parents, F_2 , backcrosses
(in 99.5.)



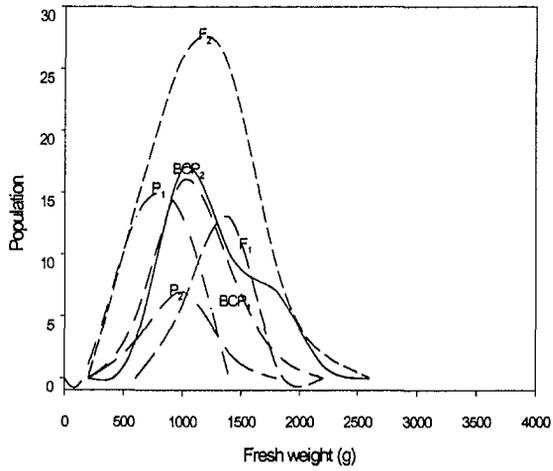
Distribution of fresh weight in Baec-bong, parents, F_2 , backcrosses
(IN 99.5.)



Distribution of fresh weight in Kwan-dong, parents, F_2 , backcrosses
(in 99.5.)

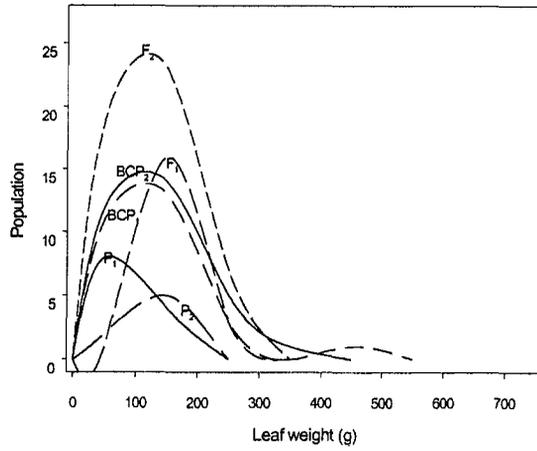


Distribution of fresh weight in Chung-woon, parents, F_2 , backcrosses
(in 99.5.)

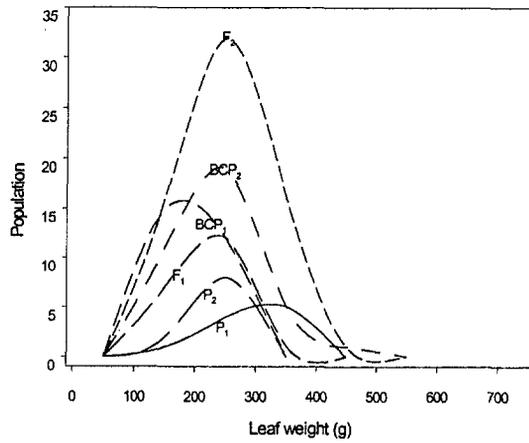


무의 생체중은 비교적 다른 형질에 비해 변이의 폭이 큰 것으로 나타났는데, 특히 관동여름 및 백광봄무에서 그 정도가 심했다.

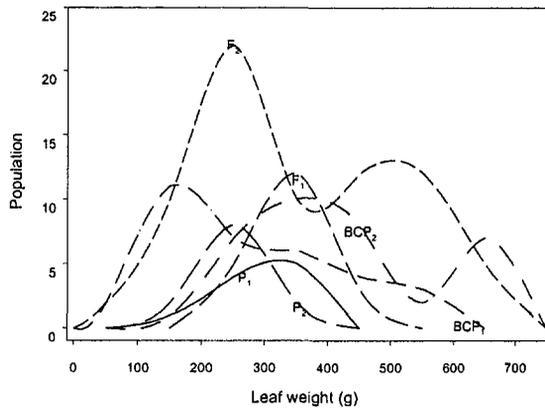
Distribution of leaf weight in Baec-kwang, parents, F_2 , backcrosses
(in 99.5.)



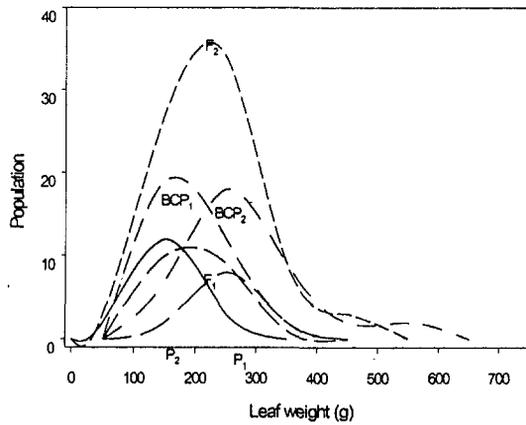
Distribution of leaf weight in Baec-bong, parents, F_2 , backcrosses
(in 99.5.)



Distribution of leaf weight in Kwan-dong, parents, F_2 , backcrosses
(in 99.5.)

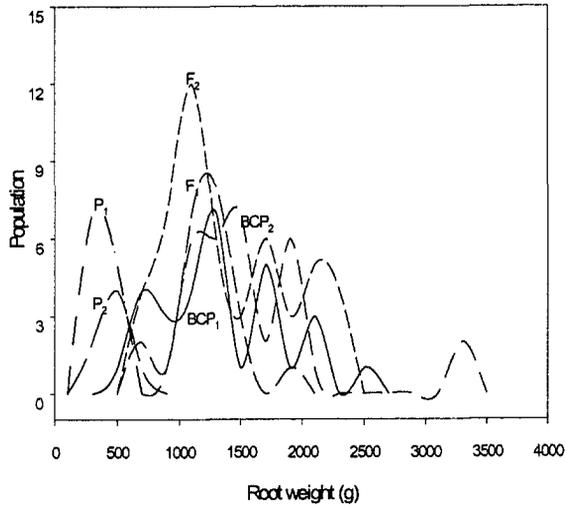


Distribution of leaf weight in Chung-woon, parents, F_2 , backcrosses
(in 99.5.)

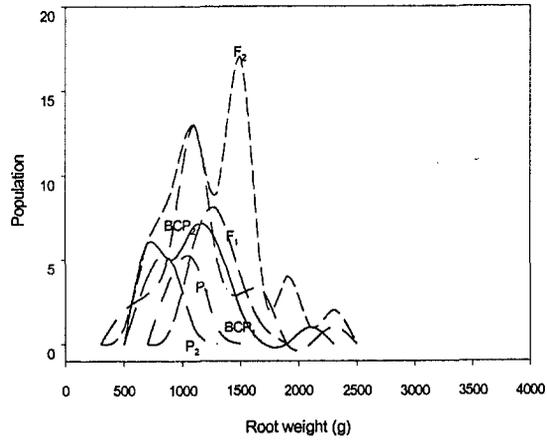


무 지상부 무게는 관동여름을 제외하고는 세대들간의 변이의 폭은 비교적 적었다.

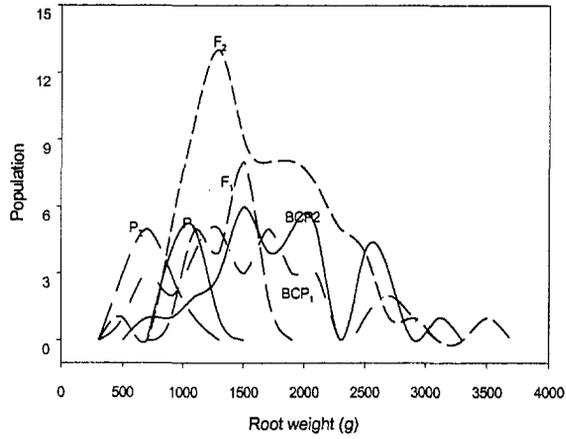
Distribution of Root weight in Baec-Kwang combinations (in 99. 5.)



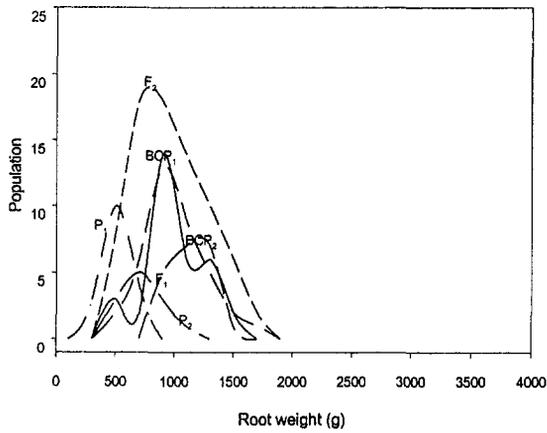
Distribution of Root weight in Baec-Bong,parents,F₂,backcrosses (in 99. 5.)



Distribution of Root weight in Kwan-Dong,parents,F₂,backcrosses
(in 99. 5.)

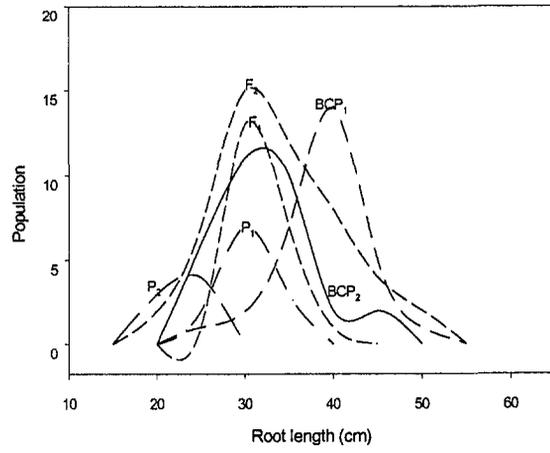


Distribution of Root weight in Chung-Woon,parents,F₂,backcrosses
(in 99. 5.)

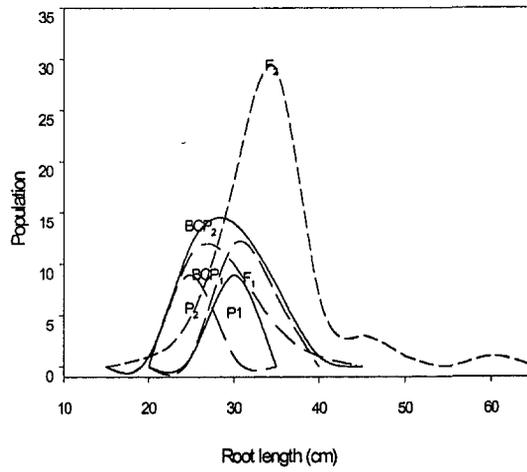


무의 근중은 다른 형질에 비해 세대들간의 변이의 양상이 매우 다른 것으로 나타났다. 백광봄무 및 관동여름무는 세대들간의 변이가 매우 심한 계통이었으며, 청운가을무 및 백봉은 비교적 변이가 적었다. 그러나 대체로 양친에 비해 후대 및 여교잡세대에서의 근중이 향상된 것으로 나타났다.

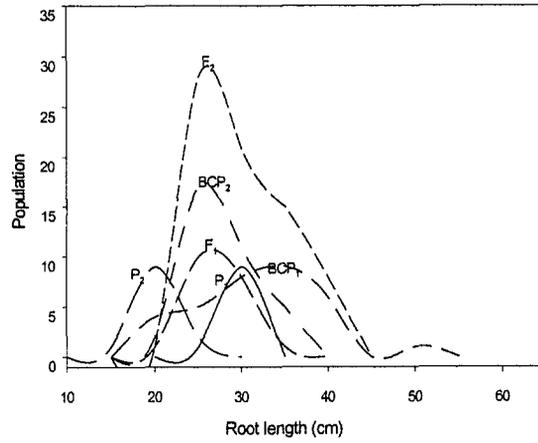
Distribution of Root length in Baec-Kwang, parents, F_2 , backcrosses
(in 99. 5.)



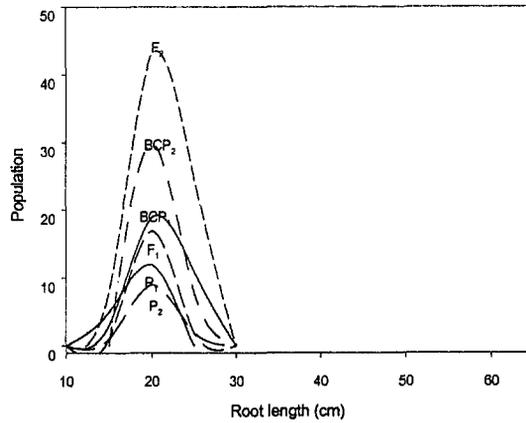
Distribution of Root length in Baec-Bong, parents, F_2 , backcrosses
(in 99. 5.)



Distribution of Root length in Kwan-Dong, parents, F_2 backcrosses
(in 99. 5.)

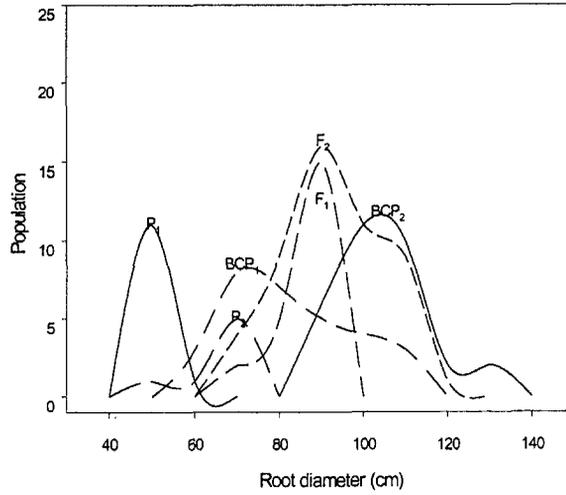


Distribution of Root length in Chung-woon, parents, F_2 backcrosses
(in 99. 5.)

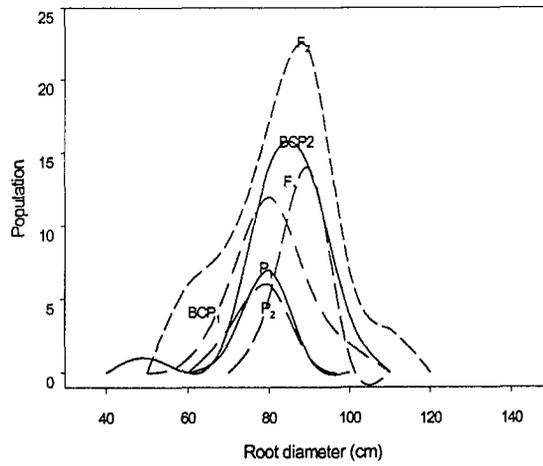


근장에서는 청운가을무의 세대들간의 변이가 매우 적었으며, 백광봄무가 상대적으로 변이가 심했다.

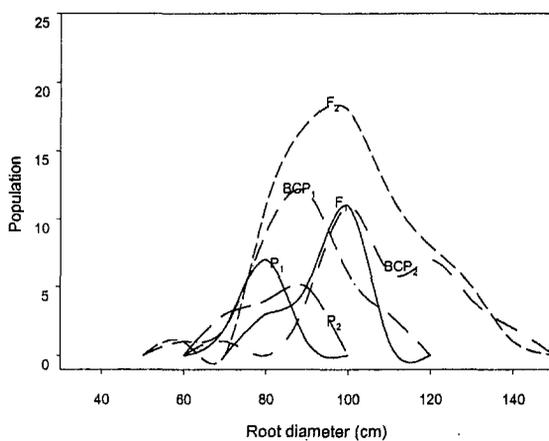
Distribution of Root diameter in Baec-Kwang, parents, F_2 , backcrosses
(in 99. 5.)



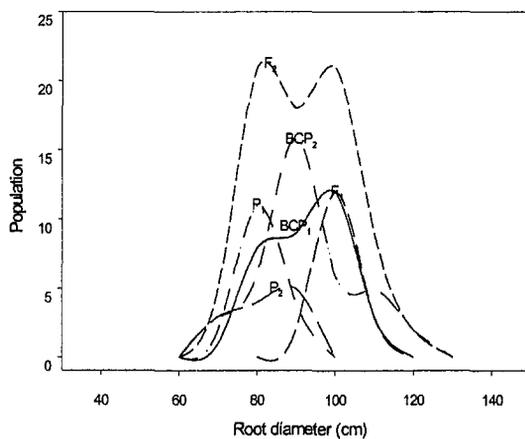
Distribution of Root diameter in Baec-Bong, parents, F_2 , backcrosses
(in 99. 5.)



Distribution of Root diameter in Kwan-Dong, parents, F_2 , backcrosses
(in 99. 5.)



Distribution of Root diameter in Chung-woon, parents, F_2 , backcrosses
(in 99. 5.)



근경은 백광 및 관동에서는 세대들간 변이가 심하고, 백봉 및 청운에서는 비교적 그 폭이 적었다.

우선, 공시된 교배조합의 근의 외관특성은 95341은 근피가 깨끗하고 잎떨어짐이 조금 강하였으며, 육질은 아삭아삭한 편이다. 그리고 96371은 바람들이가 늦고 근피가 깨끗하며 식미가 우수하였다. 특히 96371은 기존의 무가 타원형인데 비해 근형이 H형에 가까웠다.

표 1. 가을무 F₁ 수량비교

품종명	근 장 (cm)	상 경 (cm)	중 경 (cm)	하 경 (cm)	근 중 (g)	엽 장 (cm)	엽 수 (매)	엽 중 (g)
95341	18.5	7.2	11.0	7.5	1267	40.7	20.2	267
96371	24.7	7.6	10.0	7.3	1642	52	19.8	375
청 운	24	7.6	10.3	7.6	1508	55.2	19.5	317
백 자	21	7.9	11.7	8.2	1525	59.5	30.2	650
태 백	18.8	7.7	10.1	6.9	1108	45.5	19.7	350

차 검 지 : 흥농종묘 (주) 조치원 연구소 포장

파종: '98. 8. 26.

조사: '98. 11. 3.

표 2. 가을무 F₁ 수량조사

품종명	근 장 (cm)	상 경 (cm)	중 경 (cm)	하 경 (cm)	근 중 (g)	엽 장 (cm)	엽 수 (매)	엽 중 (g)
95341	18.7	7.3	10.0	5.5	1175	43.8	18.8	375
96371	22	8.3	9.9	5.8	1367	45.5	21.5	417
청 운	20.3	8.4	11.0	5.9	1550	44.8	1935	383
백 자	17.3	7.3	10.4	5.5	1183	60.7	27.2	817
태 백	18.2	7.0	9.3	4.4	1100	47.2	17.2	417

차 검 지 : 흥농종묘 (주) 해남농장

파 종 : '98. 9. 5

조 사 : '98. 11. 1