

## 알타리무의 삭피장치 개발에 관한 연구( I )

### - 알타리무의 물리적 특성 -

## Development of a Peeling Machine for Altari Radish( I )

### - Physical Properties of the Altari Radish -

김성태      민영봉      정효석  
정희원      정희원      정희원  
S. T. Kim   Y. B. Min   H. S. Jung

#### ABSTRACT

The geometric characteristics of the Altari radish were measured for the purpose of mechanization of the kimchi processing. In this study, geometric characteristics such as the sectional area and volume of the radishes(pyeong-gang and sa-chul) were calculated using the image processing method, and physical properties such as the compressive strength, the cutting force of the radish and the torsional moment of the radish leaf-stems were measured by using a universal testing machine.

In case of the radish(pyeong-gang), the weight was ranged 215.0~465.0 g, the length of the radishes(body) was 86.3~129.2 mm, the diameters were 43.3~58.1 mm, and the length of the leaves was 261.3~368.2 mm. And the vertical compressive strengths were ranged 83.8~171.7 N/cm<sup>2</sup>, the horizontal compressive strengths were 113.0~176.3 N/cm<sup>2</sup>, the shearing forces were 86.0~114.6 N, and the surface hardness was ranged 51.1~52.1 N/cm<sup>2</sup>.

In case of the radish(sa-chul), the weight was ranged 203.5~412.2 g, the length of the bodies was 67.5~127.0 mm, the diameters were 22.3~59.8 mm, and the length of the leaves was 245.6~312.6 mm, respectively. And the vertical compressive strengths were ranged 91.3~168.3 N/cm<sup>2</sup>, the horizontal compressive strengths were 132.6~186.9 N/cm<sup>2</sup>, the shearing forces were 89.4~116.5 N, and the surface hardness was ranged 52.4~67.8 N/cm<sup>2</sup>, respectively.

**Keywords** : Altari radish, Dimension, Compressive strength, Surface hardness.

#### 1. 서      론

무의 년 간 생산량은 약 150만 톤으로 이 중 알타리 무는 10% 정도로 추정된다. 알타리무 재배면적은 전국적으로 1,500~2,000 ha에 달하며, 지역적으로는 서산, 영암, 평택, 화성 등지에서 전국 재배면적의 50% 이상을 점하고 있다(M.A.F, 2000). 현재 전국 60여개 공장에서 가공되는 알타리무 김치는 국내 김치 총 생산량의 30%

까지 점하고 있으며, 알타리무는 1일 약 500 kg의 다양한 형태의 김치로 연중 가공되고 있다(Min 등, 2001).

우리나라 식품수출 중 김치가 차지하는 비율은 점차 증가할 것으로 예상되나, 알타리무의 전처리 가공공정에 필요한 기계화의 기술이 개발되어 있지 않아서 인력에 의존하고 있는 실정이다. 김치용 알타리무의 전처리 가공공정은 선별 - 무껍질깎기(이하 삭피) - 무청다듬기 - 세척 등의 순으로 이루어지는데 현재 기술적으로

This study was conducted by the research fund supported by Agricultural R&D promotion center(ARPC) and Institute of Agriculture and Life Science(IALS) of the Gyeongsang National University. This article was submitted for publication in October 2004, reviewed in January 2004, and approved for publication by editorial board of KSAM in February 2004. The authors are S. T. Kim, professor, Y. B. Min, Professor, H. S. Jung, research assistant, Division of Agricultural System Engineering, Gyeongsang National University. The corresponding author is Y. B. Min, Professor, Division of Agricultural Engineering, Gyeongsang National University, Chinju, 660-701, Korea. E-mail : <mybong@nongae.gsnu.ac.kr>

가장 어려운 것은 삭피공정으로, 아직까지 이 공정에 대한 기계화는 미흡하며, 따라서 자동화작업을 위한 기계화기술이 확립되지 못하고 있다. 이는 알타리무가 일반무보다 형태상으로 작고 또 외형이 균일하지 않으며, 또한 알타리무 김치의 특성상 무의 삭피공정에서 무청은 훼손되지 않으면서 몸통의 삭피가 이루어져야 하는 등의 어려움이 있기 때문이다.

기계가공을 위한 농산물의 물성에 관한 연구를 살펴보면, Kim 등(1985)은 품종 및 재배방법이 알타리무의 생육과 품질에 미치는 환경에 관하여 기술하였고, Kim 등(1999)은 사과, 배, 토마토, 참외, 무 및 당근 등의 기계적 특성을 구명하였다.

이와 같이 농산물의 물성 규명은 가공공정의 기계화 및 자동화에 중요한 자료이나, 농산물의 종류에 따라 형상이나 조직 등이 다르기 때문에 이에 대한 자료는 매우 빈약하고, 특히 알타리무에 관한 물리적 특성이나 기계적 특성에 관한 연구는 찾아보기 힘들다.

따라서 본 연구에서는 시설재배 알타리무와 노지재배 알타리무의 기하학적 형상, 뿌리부의 부위별 압축강도, 압축변형량, 표면경도 및 무청과 뿌리부의 절단강도 등을 분석하여 알타리무 김치의 전처리 가공시스템 중 삭피장치의 개발의 기초자료에 활용코자 하였다.

## 2. 재료 및 방법

### 가. 실험재료

본 실험에서 사용된 알타리무(이하 무와 병용)는 2003년 5월에 경남 진주 농산물 도매시장에서 전일 수확된 것으로, 무의 품종은 평강과 사철을 이용하였다. 구입한 무는 실험실의 환경조건(15℃, 75% RH)에서 약 4시간 동안 실험실 환경에 적응시킨 후 시료를 채취하여 실험하였는데, 반입 당시 시료의 함수율은 79~87%(w.b.)이었다. 실험은 측정항목에 따라 10회씩 반복하였다.

### 나. 실험장치 및 방법

#### 1) 알타리무의 외형

알타리무의 형상을 계량화하기 위하여 측정할 부위 및 길이는 Fig. 1에서 보는 바와 같다.

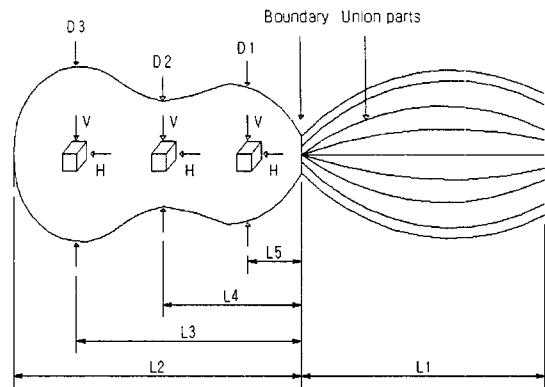


Fig. 1 Measuring parts of the Altari radish.

Fig. 1에서, L1은 무청의 길이, L2는 알타리무 뿌리부 전체의 길이, L3는 뿌리 하부의 가장 굵은 부분까지의 길이, L4는 중간에 잘록한 부분(neck)까지의 길이, L5는 뿌리부 상부의 가장 굵은 부분까지의 길이이며, D1, D2 및 D3는 각각 L5, L4 및 L3에서의 직경을 나타낸 것이다. 또 무청과 뿌리의 경계면에서 무청의 방향으로 3cm 까지를 무청 접합부라 하고 이 부분을 절단하여 무청의 단면적을 측정하였다. 측정에 사용된 시료는 10회 반복하여 사용하였으며 평균 함수율은 84.5% (w.b.)였다.

#### 2) 알타리무의 단면적과 둘레

무의 영상처리시스템은 300mm × 300mm × 1,200mm인 사각형 암실을 제작, 그 상단부에 카메라를 설치하고 암실의 중앙에 형광등 4개를 설치하여 사용하였다. 해상도 1,392 × 1,040, 픽셀 규격 4.65 μm × 4.65 μm인 CCD 카메라(Sony ICX205AL)를 이용하여 뿌리와 무청의 영상을 얻어 PC용 영상처리 프로그램인 Matrox 4.0ver를 통해 정보를 얻을 수 있는 구조로 구성하였다. Fig. 2는 알타리무 규격측정용 시험장치를 나타낸 것이다.

임계값 처리(thresholding)는 기준 값으로 정한 1cm × 1cm의 종이의 픽셀과 비슷한 임계값을 가지는 것으로 하여 무청의 경우 100으로 하였고, 뿌리의 경우는 140으로 정하였다. 그리고, 각 항목을 측정하기 위해 1cm × 1cm의 종이의 픽셀을 측정 후 무청과 뿌리에서 측정된 픽셀을 실제 크기로 변환하였다.

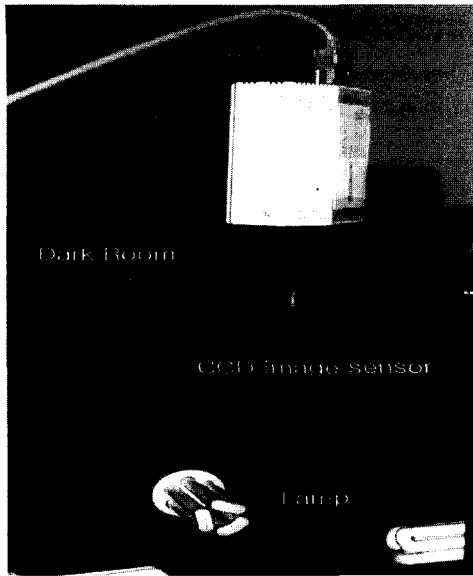


Fig. 2 Image acquisition apparatus.

### 3) 알타리무의 압축강도 및 전단강도

무의 압축강도와 전단강도의 측정은 물성분석기(TA-XT2i, Stable Micro Systems)를 사용하였다. 압축실험은 평판압축실험으로 수행되었으며, 하중 재하속도는 ASAE S368.3에서 규정하고 있는 2.5~30 mm/min의 범위인 30 mm/min으로 하였다. 압축실험에는 일변이 10mm인 정육면체시편을 채취하여 사용하였다.

시편은 알타리무의 뿌리부에서 직경이 가장 큰 부위와 중심부, 그리고 무청의 경계부에 인접한 곳에서 채취하여 사용하였다. 측정은 각 부위별로 수직방향(무의 좌우방향)과 수평방향(무의 상하방향)으로 구분하여 실시하였으며, 힘-변형곡선에서 측정한 기계적 특성치들은 파괴점, 압축변형량, 압축강도 등이다. 또한, 기계적 특성치를 비교하기 위해 일반무의 압축실험도 동일한 조건에서 실시하였다.

전단강도의 측정은 고정용 블록을 사용하여 알타리무를 고정시키고 알타리무의 뿌리부와 무청의 연결부분에 대해 실시하였다. 이 때 연결부의 직경에 맞추어 칼날의 폭은 70mm이었고, ASAE S459에 따라 너비는 3mm, 칼날이 통과하는 슬릿의 폭은 3.3mm, 칼날 각은 90°, 그리고 하중 재하속도는 규정 범위내인 5 mm/min으로 하였다. 측정된 물성은 전단력, 칼날의 이동거리 및 전단에너지 등이었다.

### 4) 알타리무의 표면경도

무의 부위별 표면경도 측정에는 물성분석기(TA-XT2i, Stable Micro Systems)의 관입시험장치(penetrometer)를 이용하였는데, 직경 2mm의 탐침(probe)을 0.2 mm/s의 속도로 표면에서 5mm까지 침투시켜 알타리무의 표면경도를 측정하였다. 이 경우 일반무 껍질의 표면경도도 함께 측정하여 알타리무의 경도와 비교하였다.

### 5) 무청의 비틀림모멘트

무청 분리를 위한 비틀림모멘트를 구하기 위해 Fig. 3에서 보는 바와 같이 시험장치를 제작하였다. 측정장치 위에 알타리무의 뿌리를 고정시키고 무청을 클램프에 지지한 후 모터의 회전에 따라 무청이 회전하게 되면 뿌리부를 고정하고 있는 베어링 판이 저항하는 힘을 가느다란 철사를 통해 로드셀(load cell)로 전달되도록 하였다. 로드셀에 가해진 힘은 동스트레인 증폭기를 통해 스트레인 값을 읽어들이고 자료수집-제어시스템을 통하여 값을 변환하여 컴퓨터에 저장되고, 컴퓨터 내에서 부하토크의 값을 측정한다.

무의 회전속도는 알타리무 삭피장치에서 무청을 회전시킬 때 손상이 생기지 않는 범위인 6, 7, 8 rpm으로 3단계로 나누어 측정하였고, 저장기간에 따른 무청의 분리에 필요한 최대비틀림 모멘트를 구하기 위해 수확

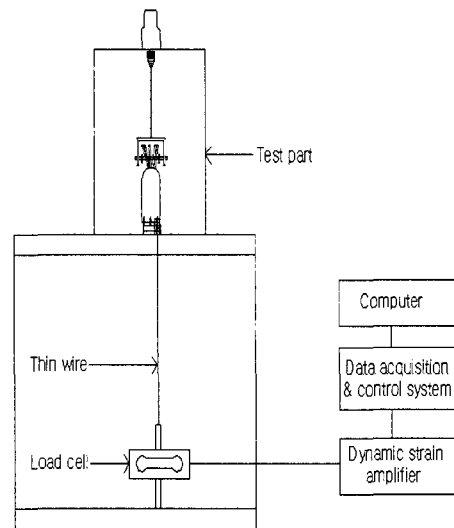


Fig. 3 Schematic of the twist moment test system.

## 알타리무의 삭피장치 개발에 관한 연구(I)

한지 3, 4, 5일이 경과한 것에 관하여 비교하였는데, 이는 산지에서 생산되어 김치공장에서 가공하기 위해 입고되는 시기에 기초한 것이다. 본 시험에 사용된 주요 장비와 그 제원은 Table 1과 같다.

Table 1 Specifications of the measuring equipment for the twist moment

Items	Specification
Motor	6W, 1800rpm, 1 : 180
Speed controller	1~10rpm
Test bed	220×220×330mm
Load cell	30kgf
Dynamic strain amplifier	DPM-700B, Kyowa, Japan
Data acquisition & control system	System 10 k7, daytronic, USA
Program	Quick-BASIC

### 3. 결과 및 고찰

#### 가. 알타리무의 외형

품종에 따른 알타리무의 부위별 측정치를 항목별로 정리한 것은 Table 2 및 Table 3과 같다. 평강 무의 경우 무청을 포함한 알타리무의 무게는 215.0~465.0g, 평균 무게는 320.3g이었으며, 뿌리부의 길이는 86.3~129.2mm, 평균길이 102.4mm, 뿌리 상부의 직경은 43.7~56.4mm,

평균 49.8mm, 중간부의 직경은 44.5~58.1mm, 평균 49.8mm, 하부의 직경은 43.3~56.0mm, 평균 50.3mm이었으며, 무청의 수는 평균 9.9 개로 나타났다. 사철 무의 경우 무청을 포함한 알타리무의 무게는 203.5~412.2g, 평균무게는 306.3g이었으며, 뿌리부의 길이는 67.5~127.0mm, 평균길이 94.3mm, 뿌리 상부의 직경은 25.2~38.5mm, 평균 33.2mm, 중간부의 직경은 22.3~33.1mm, 평균 29.9mm, 하부의 직경은 43.6~59.8mm, 평균 48.2mm이었으며, 무청의 수는 8.7개로 나타났다.

알타리무의 품종에 따라 무의 외형은 차이가 있었는데, 사철 무는 상부가 작고 하부가 큰 표주박 모양으로 평강 무의 타원형인 것에 비해 길이, 직경 및 무게가 작았으며, 부위별 직경의 차이도 크게 나타났다.

#### 나. 무청의 단면적과 둘레

알타리무의 삭피기는 무청을 잡고 회전시키므로 무청의 단면적과 둘레의 측정이 필요하다. 무청의 평균 단면적은 4.08cm<sup>2</sup>이었으며, 3.5~4.5cm<sup>2</sup> 사이에 시료의 78%가 분포하였다. Fig. 1의 접합부에서 무청의 평균 둘레는 11.2cm이었고, 8~16cm 범위에 시료의 95%가 분포하였으며, 8~10cm의 빈도가 40%로 가장 높았다.

#### 다. 뿌리부의 압축강도

Table 4와 Table 5는 평강무의 뿌리의 부위별 압축강

Table 2 Dimensions of the Altari radish(Pyeong-gang)

Item \ Part	L1 (mm)	L2 (mm)	L3 (mm)	L4 (mm)	L5 (mm)	D1 (mm)	D2 (mm)	D3 (mm)	Weight (g)
Max.	368.2	129.2	104.1	70.5	55.6	56.4	58.1	56.0	465.0
Min.	261.3	86.3	63.4	45.0	39.8	43.7	44.5	43.3	215.0
Average	325.4	102.4	79.9	54.5	48.9	49.8	51.9	50.3	320.3
S. D.	10.2	13.7	12.6	9.3	5.1	4.1	4.0	5.2	73.0

Table 3 Dimensions of the Altari radish(Sa-chul)

Item \ Part	L1 (mm)	L2 (mm)	L3 (mm)	L4 (mm)	L5 (mm)	D1 (mm)	D2 (mm)	D3 (mm)	Weight (g)
Max.	312.6	127.0	118.0	56.7	30.0	38.5	33.1	59.8	412.2
Min.	245.6	67.5	54.8	26.5	13.2	25.2	22.3	43.6	203.5
Average	283.1	94.3	82.8	39.4	20.7	33.2	29.9	48.2	306.3
S. D.	14.6	14.6	15.2	8.2	4.2	3.2	2.7	3.5	56.4

Table 4 Vertical compressive strength and rupture deformation point of the Altari radish(Pyeong-gang)

Item	Max. Compressive strength (N/cm <sup>2</sup> )			Rupture deformation (mm)		
	D1	D2	D3	D1	D2	D3
Max.	171.7	156.2	133.4	5.2	4.5	4.7
Min.	103.7	83.8	84.5	4.0	3.2	3.6
Ave.	133.6	113.0	109.3	4.6	4.0	4.1
S. D.	23.4	24.4	15.8	0.3	0.3	0.3

Table 5 Horizontal compressive strength and rupture deformation point of the Altari radish(Pyeong-gang)

Item	Max. Compressive strength (N/cm <sup>2</sup> )			Rupture deformation (mm)		
	D1	D2	D3	D1	D2	D3
Max.	176.3	191.7	176.1	4.6	4.7	4.6
Min.	113.0	116.1	127.3	3.7	3.6	3.9
Ave.	143.8	148.3	155.3	4.2	4.2	4.3
S. D.	21.4	22.3	18.9	0.2	0.3	0.2

도와 압축변형량을 시편에 대한 재하방향 별로 나타낸 것이며, 수직방향 압축강도는 83.8~171.7N/cm<sup>2</sup>, 수평방향 압축강도는 113.0~191.7 N/cm<sup>2</sup>에 분포하였다. Table 6은 평강 무의 재하의 방향과 위치에 따른 관계를 알아보기 위한 분산분석의 결과로 방향의 차이에 따라 압축강도의 차이가 있었으나, 위치에 따른 압축강도의 차이는 없는 것으로 나타났다. 이는 무의 재하 방향에 따라 압축강도에 영향을 미치는 것으로 판단된다.

Table 7과 Table 8은 사철 무의 뿌리부에 대한 부위별 압축실험 결과를 나타낸 것이며, 수직방향 압축강도

는 91.3~168.3 N/cm<sup>2</sup>, 수평방향 압축강도는 132.6~186.9 N/cm<sup>2</sup>에 분포하였다.

Table 9는 사철 무의 재하의 방향과 위치에 따른 관계를 알아보기 위한 분산분석의 결과로 평강 무와 동일한 결과를 나타내었다.

이상의 결과에서, 사철 무의 압축강도의 평균값은 평강 무의 압축강도에 비해 수직 방향의 경우 12.9 N/cm<sup>2</sup>, 수평 방향의 경우 5.3 N/cm<sup>2</sup> 정도 크게 나타났으며, 평강 무와 사철 무 모두 재하 방향이 수평일 때가 수직인 경우 보다 압축강도가 크게 나타남을 알 수 있다.

일반무의 경우 수직방향 압축강도는 131.3 N/cm<sup>2</sup>, 수평방향 압축강도는 164.4 N/cm<sup>2</sup>이었고, 하중이 수평으로 가해졌을 때가 수직인 경우보다 압축강도가 33.1 N/cm<sup>2</sup> 정도 큰 경향을 보였다. 일반무는 평강 무에 비해 수직방향 압축강도는 비슷하였고, 수평방향 압축강도는 9.1 N/cm<sup>2</sup> 만큼 크게 나타났다. 사철 무의 압축강도 보다는 수직, 수평방향 모두 각각 15.0, 3.9 N/cm<sup>2</sup> 정도 낮게 나타났다.

Table 6 ANOVA table of direction and position on the Altari radish(Pyeong-gang)

Source	DF	SS	F value	Pr
Direction	19	26,274.5	3.37	0.0006
Position	2	725.2	0.88	0.4210
Error	38	15,570.3		
Corrected total	59	42,570.5		

Table 7 Vertical compressive strength and rupture deformation point of the Altari radish(Sa-chul)

Item	Max. Compressive strength (N/cm <sup>2</sup> )			Rupture deformation (mm)		
	D1	D2	D3	D1	D2	D3
Max.	168.3	155.8	146.5	5.0	4.7	4.8
Min.	105.4	95.4	91.3	4.1	3.8	3.7
Ave.	146.3	129.6	118.6	4.5	4.1	4.2
S. D.	20.2	23.2	14.8	0.3	0.3	0.3

Table 8 Horizontal compressive strength and rupture deformation point of the Altari radish(Sa-chul)

Item	Max. Compressive strength (N/cm <sup>2</sup> )			Rupture deformation(mm)		
	D1	D2	D3	D1	D2	D3
Max.	180.3	181.2	186.9	4.9	4.6	4.6
Min.	135.4	132.6	134.1	4.0	3.8	3.9
Ave.	150.6	152.1	160.5	4.3	4.2	4.2
S. D.	21.4	22.3	18.9	0.2	0.3	0.2

Table 9 ANOVA table of direction and position on the Altari radish(Sa-chul)

Source	DF	SS	F value	Pr
Direction	19	17,036.8	5.04	1.12E-05
Position	2	926.1	2.60	0.0869
Error	38	6,752.1		
Corrected total	59	24,715.1		

그리고, 평균 압축변형량의 범위는 가해지는 하중의 방향과 관계없이 4.0~4.6mm로 나타났는데, 이처럼 압축 변형량이 작은 이유는 초기에 파괴점에 도달한 했을 때 가장 높은 압축강도를 보이고 파괴가 계속 일어나더라도 초기에 나타난 최대 압축강도를 넘지 않아 압축변형량은 초기에 이루어진 값만 취하게 된 것으로 생각된다.

라. 접합부의 전단강도

Table 10은 평강 무 경계면의 전단강도를 나타내는 것이다. 여기에서 전단 칼날이 뿌리부와 무청의 경계면이 완전히 전단될 때의 힘을 측정하는 것으로, 전단력은 86.0~114.6 N으로 평균 전단력 100.6 N이었고, 칼날의 이동거리는 11.6~27.0 mm, 평균 이동거리는 17.2 mm, 전단에너지는 99.7~309.4 N·cm, 평균치는 173.0 N·cm로 나타났다.

Table 11은 사철 무 접합부의 전단강도를 나타내는

것으로 전단력은 89.4~116.5 N으로 평균 전단강도는 103.1 N이었고, 칼날의 이동거리는 13.2~26.5mm, 평균 이동거리는 18.4mm, 전단에너지는 118.0~308.7 N·cm, 평균값은 189.7 N·cm로 나타났다.

사철 무의 접합부의 전단력은 평강 무의 전단력에 비해 2.5 N 정도로 그 차이는 작았다. 표 10과 11에서 무

Table 10 Shearing force of the Altari radish (Pyeong-gang)

Item	Shearing force (N)	Knife travel at max. shearing (mm)	Shearing energy (N·cm)
Max.	114.6	27.0	309.4
Min.	86.0	11.6	99.7
Ave.	100.6	17.2	173.0
S. D.	9.8	3.6	34.2

Table 11 Shearing force of the Altari radish(Sa-chul)

Item	Shearing force (N)	Knife travel at max. shearing(mm)	Shearing energy (N·cm)
Max.	116.5	26.5	308.7
Min.	89.4	13.2	118.0
Ave.	103.1	18.4	189.7
S. D.	9.2	3.8	31.2

청과 뿌리부의 경계면 전단 시 칼날의 이동거리가 무청의 직경에 비해 짧은 것은 경계면의 뿌리부와 연결된 무청이 초기의 파괴점(rupture point)에서 가장 높은 전단력으로 작용한 후에 그 보다 작은 전단력이 무청의 개수에 따라 이어지고 있기 때문으로 판단된다.

**마. 알타리무의 표면경도**

Fig. 4와 Fig. 5는 평강 무와 사철 무 부위별 껍질의 표면경도를 나타낸 것이다

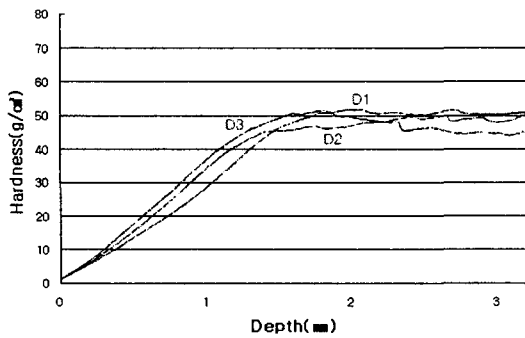


Fig. 4 Surface hardness of the Altari radish (Pyeong-gang).

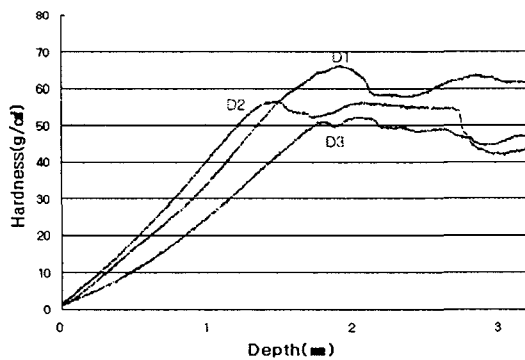


Fig. 5 Surface hardness of the Altari radish (Sa-chul).

평강 무의 경우 표면에서 1~2mm의 깊이까지 경도가 상승하다가 일정한 값을 유지하여 표면의 경도와 내부의 경도가 유사한 것으로 나타났으며, 사철 무의 경우 1~2mm까지 표면경도가 상승하다가 떨어지는 현상을 보여 껍질의 경도에 비해 내부의 경도가 작음을 알 수 있었다. 평강 무의 평균 표면경도는 상부(D1)에서 52.1 N/cm<sup>2</sup>, 중간부(D2)에서 51.1 N/cm<sup>2</sup>, 또 하부(D3)

에서는 52.0 N/cm<sup>2</sup>로 나타났으며, 부위별 차이는 미소하였다. 경도가 최대인 곳의 깊이는 1.9~2.5mm에 분포하였다.

사철 무 껍질의 평균 경도는 상부(D1)에서 67.8 N/cm<sup>2</sup>, 중간부(D2)에서 57.2 N/cm<sup>2</sup>, 하부(D3)에서는 52.4 N/cm<sup>2</sup>로 나타나, 상부(D1)에서 가장 높은 경도를 보였으며, 중간부(D2), 하부(D3)의 순이었다. 경도가 최대인 곳의 깊이는 1.5~2.2 mm에 분포하였다. 일반무의 평균 경도는 44.6 N/cm<sup>2</sup>로서, 알타리무에 비해 껍질의 경도가 7~23.2 N/cm<sup>2</sup> 정도 작은 것으로 나타났다.

**바. 무청의 비틀림모멘트**

Fig. 6은 회전속도 6 rpm, 7 rpm 및 8rpm에서 측정된 무청의 최대비틀림모멘트를 무청의 단면적으로 나눈 값을 나타낸 것이다.

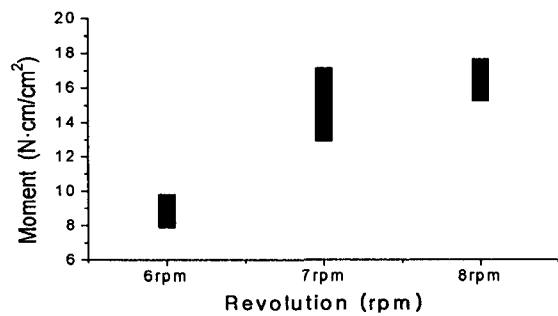


Fig. 6 Twist moment of the leaf-stems of the Altari radish(Pyeong-gang).

회전수가 증가함에 따라 비틀림모멘트도 증가하였는데, 회전속도 7 rpm과 8 rpm에서의 최대비틀림모멘트는 17.5~18.0 N·cm/cm<sup>2</sup>으로 큰 차이를 보이지 않았는데 이는 초기에 가해진 힘이 일정한 수준을 넘기면 무청의 저항력이 없어지기 때문인 것으로 생각된다.

**사. 저장기간에 따른 무청의 비틀림모멘트**

Fig. 7은 저장기간의 변화에 따른 무청의 최대비틀림모멘트를 비교한 것이다. 구입한 무의 저장 조건은 15℃, 75% RH으로 하였으며, 김치가공공장에서는 수확 후 2일째 되는 날부터 알타리무를 가공하므로 최대비틀림모멘트의 값을 Fig. 7에서는 제외하였다. 각 회전수별로

일정하게 수확한지 4일이 지난 5일째부터 비틀림 모멘트가 6.9~12.4 N·cm/cm<sup>2</sup> 정도로 급격하게 줄어드는 경향을 보이고 있다. 이는 시간이 지날수록 무청의 수분이 줄어들고 조직이 상하기 때문에 비틀림모멘트가 감소하는 것으로 판단된다.

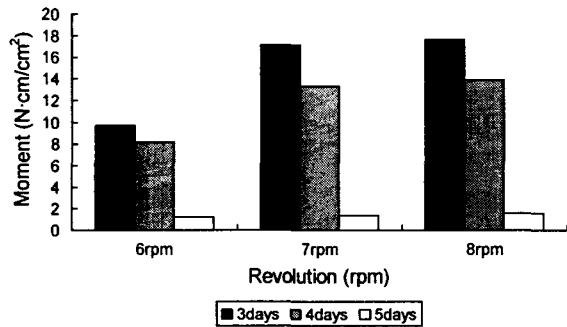


Fig. 7 Relationship between twist moment of the leaf-stems of the Altari radish and the storage days.

#### 4. 요약 및 결론

김치용 알타리무의 전처리과정 중 삭피공정의 기계화를 위해 평강 무와 사철 무의 기하학적 형상, 뿌리부의 부위별 압축강도, 압축변형량, 표면경도 및 무청과 뿌리부의 전단강도 등을 분석한 결과를 요약하면 다음과 같다.

1) 평강 무는 평균 무청길이 325.4mm, 무(몸통)의 길이 102.4mm, 상부의 직경 49.8mm, 중간부의 직경 51.9mm, 하부의 직경 50.3mm 이었으며, 사철 무는 평균 무청길이 283.1mm, 몸통길이 94.3mm, 상부의 직경 33.2mm, 중간부의 직경 29.9mm, 하부의 직경 48.2mm 이었다.

2) 무청의 평균 단면적은 4.08cm<sup>2</sup> 이었고, 3.5~4.5cm<sup>2</sup> 사이에 78%가 분포하였으며, 무청의 평균 둘레는 11.23 cm이었다.

3) 평강 무의 수직방향 압축강도는 83.8~171.7N/cm<sup>2</sup>,

수평방향 압축강도는 113.0~191.7 N/cm<sup>2</sup>에 분포하였으며, 사철 무의 수직방향 압축강도는 91.3~168.3 N/cm<sup>2</sup>, 수평방향 압축강도는 132.6~186.9 N/cm<sup>2</sup>에 분포하였다. 압축강도는 무의 위치보다는 재하 방향에 따라 차이가 있는 것으로 나타났다.

4) 평강 무청 접합부의 전단력은 100.6 N이었고, 사철 무의 경우 103.4 N으로 나타났다.

5) 평강 무 표면의 경도는 전체적으로 깊이 1~2mm에서 최대값 52.1 N/cm<sup>2</sup>을 나타내었고, 사철 무의 경우 상부의 같은 깊이에서 경도 67.8 N/cm<sup>2</sup>로 가장 높은 수치를 보였다.

6) 무청의 분리에 필요한 비틀림모멘트는 회전속도 8 rpm에서 15.2 N·cm/cm<sup>2</sup> 이었고, 수확 후 5일이 지난 후에는 급격히 감소하였다.

#### 참 고 문 헌

1. ASAE. 1996. ASAE Standards. S368.3 MAR95.
2. ASAE. 1996. ASAE Standards. S459 FEB93.
3. Kim, M. S., H. M. Jung and J. M. Park. 1999. Mechanical properties of the radish and the carrot. Proceedings of the KSAM Winter Conference. Vol. 4, No. 1:500-508. (In Korean)
4. Kim, T. J. and K. W. Park. 1985. Articles : Effect of cultivar and culture technique on the growth and quality components of Raphanus sativus L. var. 'Altari'. J. of the Kor. Soc. Hort. Sci. 26(1):7-13. (In Korean)
5. M. A. F. 2000. Crop production. Statistics Related to Agricultural Industry. (In Korean)
6. Min, Y. B., S. T. Kim, H. S. Jung and D. H. Kang. 2001. Development of the Altari-radish processing system. Research of Agricultural R&D promotion center (ARPC). (In Korean)