

## 배추 조직감 측정 방법의 최적화와 품종 간 물성특성비교

정준혁 · 이영섭 · 김종기\*

중앙대학교 식물시스템과학전공

### Optimizing a Method for Measuring Firmness of Chinese Cabbage (*Brassica rapa*) and Comparing Textural Characteristics among Cultivars

Jun-Hyeuk Jeong, Young-Seop Lee, and Jongkee Kim\*

Department of Integrative Plant Science, Chung-Ang University, Anseong 456-756, Korea

**Abstract.** In order to optimize a method to determine the firmness of Chinese cabbage, hardness of midrib tissues was examined based on their chronological order of emergence. Texture measurement using volodkevich bite jaws gave a consistent and highest regression ( $r^2 = 0.85$ ) between firmness and the order of leaf emergence, while blade set, cylinder probe, and crisp fracture support rig showed a lower coefficient of determination. Thickness of midrib tissue within an individual head from 16 cultivars of Chinese cabbage was positively correlated with the order of emergence, becoming thinner toward inner leaves. Mean thickness of midrib tissue from the head ranged from 7.74 mm for 'CR-shingshing' and 9.28 mm for 'Norangyeorum'. The covariance of leaf thickness within a head was highly cultivar-dependent, ranging from 23.6% for 'Chihili' and 5.8% for 'Bulam'. Firmness of the midrib tissue, defined as maximum peak height per tissue thickness, became higher from outer to inner leaves, showing 2<sup>nd</sup> order of regression. Mean firmness of the midrib tissue from individual head varied from 1.58 N for 'Rangno' to 3.46 N for 'CR-shingshing'. The 10<sup>th</sup> or 11<sup>th</sup> leaf brought the best correlation coefficient ( $r = 0.81$ ) between firmness of an individual leaf and the mean firmness of the entire leaves in a head, suggesting a reliable and rapid method to estimate the firmness of a head in lieu of examining all leaves in the head. The relationship between firmness of midrib tissue and dry mass ( $r = 0.70^{**}$ ) as well as cell wall content ( $r = 0.58^*$ ) of the head were positively correlated. Results obtained from the present study suggested that a new method to determine midrib firmness would enable to clarify the relationship between textural quality of fresh Chinese cabbage and their processed product, 'Kimchi'. It will also be important to apply this method to screen textural quality of various genotypes under breeding programs.

**Additional key words:** cell wall content, dry mass, order of leaf emergence, regression, texture profile

## 서 언

우리나라 국민의 1인당 채소소비량은 세계에서 가장 높은데 최근 5년간의 연평균 350kg으로 배추는 채소 소비량의 약 30%를 차지한다(MIFAFF, 2011). 최근 기상이변으로 인한 배추의 작황이나 재배면적의 변동이 다소 심하지만, 지난 10년간 33,000-40,000ha 가량 재배되고 있으며, 생산량도 250만 톤 내외를 기록하고 있다(MIFAFF, 2011). 최근에는 국제적으로 김치의 식품으로써의 우수성이 입증되면서 배추김치의 재료 및 종류의 표준화에 관한 연구가 진행

되고 있다. 더우기 농산물 시장이 개방되면서 국내 채소들의 품질고급화, 안전성 및 기능성에 대한 관심도 어느 때보다 높아지고 있다. 국제식품규격에 의하면 김치의 품질은 정상적인 '색상' '맛', 그리고 '조직감'을 가지고 있어야 하며, 이 중 조직감은 '적당히 단단하고 아삭아삭하고 씹는 맛이 있어야 한다' 라고 표기되어 있다(CODEX STAN 223-2001). 김치 주재료로써의 배추의 조직감(textural properties)은 조직의 물성 특성에 크게 좌우되며, 부재료의 종류나 가공방법에 의해 다소 영향을 받는다(Kim et al., 2000; Lee et al., 1994). 그러나 배추의 조직감을 결정하는 인자가 무엇

\*Corresponding author: jkkim@cau.ac.kr

※ Received 22 March 2012; Revised 6 April 2012; Accepted 10 April 2012. 이 논문은 2010년도 중앙대학교 연구장학기금 지원에 의한 것임.

인지, 품종별 조직감의 차이 및 가공 중 조직감의 변화에 대하여 연구된 바가 거의 없는 형편이다(Lee et al., 2007).

배추의 조직감은 품종에 따라 다르며, 동일한 품종이라도 재배지역의 토양이나 기후조건, 그리고 재배기술에 따라 상당히 다를 것으로 인식되어 왔다(Cho et al., 1998). 그러나 현재 배추를 가정이나 가공공장에서는 재료의 물성특성에 대한 과학적인 자료가 결여된 채, 재료의 배합비율에 따른 김치의 표준화에 관한 연구가 진행되어 왔다(Park et al., 1998). 김치의 가공이나 가공 후 저장 중에 초래되는 조직감의 변화는 주로 배추 조직의 특성에 기인하는 것으로 세포벽의 조성 또는 구조변화가 가장 중요한 요인으로 사료되고 있으나 아직 구체적인 연구결과는 없는 실정이다(Brett and Waldron, 1996; Lee et al., 1994). 배추 다음으로 널리 이용되고 있는 무 조직의 경도는 건물중, 저장양분의 함량, 그리고 세포벽의 함량과 고도의 정의 상관관계를 보였고, 가을 무 및 소형무 품종이 이들의 함량이 높아 다른 품종보다 경도가 높았다(Kang et al., 1999).

본 실험은 배추의 조직감을 측정하는 방법을 확립하고, 이를 바탕으로 작형 및 생태형에 따라 주요 배추 품종의 물성특성을 비교하고자 수행되었다.

## 재료 및 방법

### 공시재료

배추 중류의 경도 측정을 최적화하기 위하여 ‘노랑봄’ 배추 종자를  $28 \pm 1.0^{\circ}\text{C}$ 에 2일 동안 최아시켜 36공 육묘용 트레이에 파종하고, 3주 후에 본엽이 4-5매일 때 플라스틱 필름하우스에  $60 \times 45\text{cm}$ 로 정식하였다. 이후 농촌진흥청 농업기술종합정보 품목별관리매뉴얼(www.rda.go.kr)에 준

하여 재배하고, 기비로써 봉사를  $1,000\text{m}^2$ 당  $1.5\text{kg}$ 를 시비하였다. 한편, 품종별 배추의 경도를 비교하는 시험에는 작형 및 생태특성을 고려하여, ‘노랑봄’(봄배추), ‘강력여름’, ‘노랑여름’, ‘고랭지여름’(여름배추), ‘불암’, ‘노랑추석’, ‘장미’, ‘CR싱싱’, ‘CR통일’, ‘CR그린’, ‘CR파워’, ‘랑노’(이상 가을배추), 월동배추는 ‘동풍’, 북방계로서 ‘대백채’ 및 ‘치힐리’, 남방계는 ‘권심’을 공시하였다. 배추 16품종의 비배 관리는 농촌진흥청 농업기술종합정보 품목별관리매뉴얼(www.rda.go.kr)에 따라 실시하였으며, 공시된 배추의 수확기는 포합형 결구배추를 기준으로 결정하였다(Kim et al., 2007). 결구잎 선단이 결구정상부위에서 외엽들과 나란히 전개되고 구가 단단하게 감축되는 시기를 적숙기로 간주하여 수확하였으며, 다른 품종의 배추들도 동시에 수확하여 실험에 이용하였다.

### 배추 중류의 경도 측정방법

중류의 경도 측정 방법의 표준화: 배추 중류의 경도 방법을 표준화하고자 결구가 양호한 적숙기의 ‘노랑봄’ 배추를 10포기씩 수확하여 측정에 이용하였다. 각 포기의 외엽부터 시작하여 길이가 5.0cm 되는 잎까지 선택하여 단축경에서 엽기부를 절취하고, 엽서별 중류 하단부의 가장 두꺼운 부위에서 cork borer로 직경 12mm의 절편을 채취하였다. 조직의 경도는 4종류의 탐침을 선정하여 측정하였다. 즉 조직의 압착력과 절단력 측정에 주로 사용되는 volodkevich bite jaws와 관통력 측정에 사용하는 crisp fracture support rig, 압착력과 관통력 측정에 쓰이는 cylinder, 절단력 측정에 사용되는 blade set의 탐침을 이용하여 엽서에 따라 측정하였다(Fig. 1).

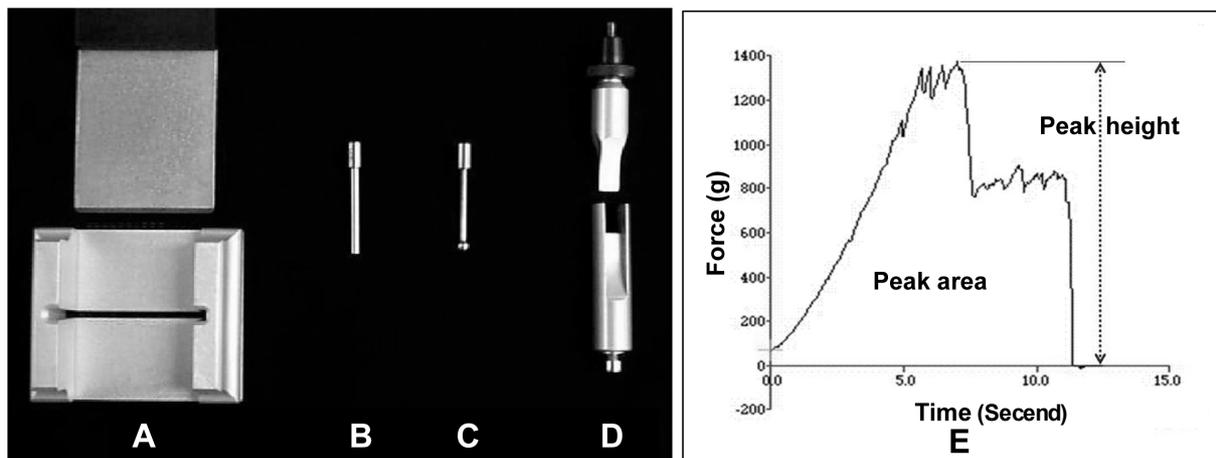


Fig. 1. Probes used to determine texture of midrib tissues in Chinese cabbage and a representative graph showing texture profile analysis obtained with bite jaws (E). A, Blade Set (Knife); B, Cylinder ( $\Phi$  5 mm); C, Crisp fracture support rig; D, Volodkevich bite jaws.

품종 간 배추 중육의 경도 비교 분석 : 배추 16품종에서 각 10포기씩을 수확하여, 실험실로 옮긴 다음, 각각 외엽에서부터 내엽까지 크기가 5cm 이상인 엽을 절취하고, 홀수 번호의 잎들을 선택하여 엽서에 따라 중육의 경도를 측정하였다. 각 품종의 배추를 수확하면서 개체마다 밭에서 고사한 외엽을 조사하여 엽수에 포함시켰으며, 개체별 고사한 엽수는 평균 4.0장이었다. 중육의 경도는 Texture Analyser TA-Hdi (Stable Micro Systems, England)의 volodkevich bite jaws probe로 측정하여 단위 두께당 조직에 가해지는 힘으로 산출하였다. 그리고 각 품종마다 엽서별 texture profile 그래프로부터 중육의 두께, 파쇄항복점, 파쇄면적지수들 간의 상관관계를 구하여 중육의 조직감을 가장 적절하게 표현하는 인자를 구하였다.

배추 품종별 중육의 물성특성 비교 : 경도를 측정한 후 각각의 품종에서 중육조직 100g씩, 3반복으로 취하여 동결건조를 실시하고 건물중 및 세포벽 함량을 구하였다. 중육조직의 세포벽 추출은 다음과 같이 수행하였다(Kim et al., 1999). 동결건조 후 마쇄된 조직 1.0g을 평취하여 85% 에틸알콜 20mL로 homogenize한 다음, sintered glass filter로 여과하였다. 잔사를 다시 chloroform/methanol(1:1, v/v) 및 100% acetone으로 차례대로 추출하여 풍건하고, 진공건조기에서 3일간 탈수한 후 조세포벽으로 삼았다. 품종별 중육의 건물함량과 조직감, 세포벽 함량과 조직감의 상관관계를 산출하였다.

## 결과 및 고찰

### 배추 중육의 경도 측정 방법의 표준화

배추는 엽서가 2/5이며, 품종과 재배시기에 따라 차이가 있지만, 결구형성이 완성되어 수확기에 도달하면 포기당 대체로 수십 개의 잎이 발달하고, 그 기부는 단축경에 밀생되어 있다. 배추의 조직감을 표시하기 위하여 포기를 형성하는 잎을 대상으로 중육의 경도를 측정하였다. 그리고 중육에는 조직의 수직방향으로 통도조직이 강하게 발달되어 있으므로 이를 고려하여 4종류의 탐침을 이용하여 조직감을 비교 평가하였다(Fig. 1). Blade set(Fig. 1A)로 나타나는 최고치(maximum peak height)는 조직이 절단되는데 소요된 힘(N)을 나타내며, 이때 소요된 시간(거리)는 조직표면의 절단에 대한 저항력을 의미한다. 즉 절단에 소요된 시간이 길수록 조직이 견고하다. Cylinder probe(Fig. 1B)에 의해 산출된 그래프에서는 조직을 파쇄하는데 소요되는 힘이 최고치로 나타나고, 파쇄소요 시간은 조직의 질감 정도나 물렁하거나 유연한 정도를 나타낸다. 즉 파쇄에 소요된 시간이 짧은 것은 조직이 바삭바삭함을 의미한다. Crisp fracture

support rig(Fig. 1C)로 측정된 그래프에는 최고치가 조직의 경도를 의미한다. 그리고 bite jaws(Fig. 1D)에 의해 얻어진 그래프는 조직의 저작감을 가장 잘 나타낼 수 있도록 장치가 고안된 것이 특징이다. Fig. 1E는 배추 중육의 경도를 측정한 texture profile 그래프이다. Probe에 의해 조직이 파쇄되기 시작하는 지점(파쇄항복점)에 도달하는데 소요되는 힘(N)은 최대치(maximum peak height)로 나타내고, 조직을 파쇄하여 완전히 관통하는데 소요되는 힘은 파쇄면적(peak area)으로 나타낸다.

이들 4종류의 탐침으로 배추 포기의 외엽에서 내엽으로 경도를 측정한 결과인데, 탐침에 따라 엽서간 경도의 분포 특성은 다르게 나타났다(Fig. 2). Blade set에 의해 얻어진 중육의 경도는 엽서와의 상관은 상대적으로 낮았지만, 통계적 유의성은 있었다(Fig. 2A,  $r^2 = 0.28^*$ ). 과실조직의 경도 측정에 널리 이용되고 있는 cylinder probe 탐침에 의해서는 중육의 경도가 내엽으로 갈수록 감소하다가 15번 엽부터 증가하였다(Fig. 2B,  $r^2 = 0.48^*$ ). Crisp support rig 탐침(Fig. 2C,  $r^2 = 0.71^{**}$ )과 bite jaws 탐침(Fig. 2D,  $r^2 = 0.85^{**}$ )에 의해서는 배추의 엽서와 중육의 경도가 고도의 상관성이 있었다. 한편, 식미평가에 의하면 중육의 외엽에서 내엽으로 갈수록 조직이 단단한 것으로 평가되어 Figs. 2C와 2D에 나타난 측정결과와 잘 일치하였다(자료 미제시). 이 중에서 경도와 엽서 간 상관계수가 가장 높았던 volodkevich bite jaws를 배추 중육의 경도를 측정하는 probe로 선정하였다.

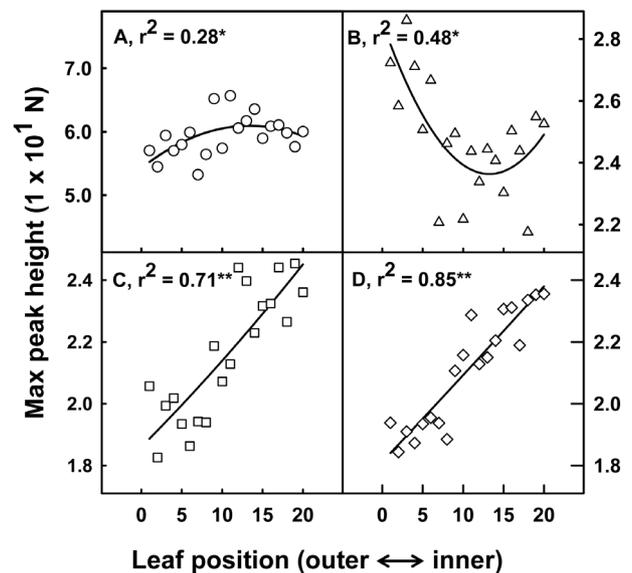
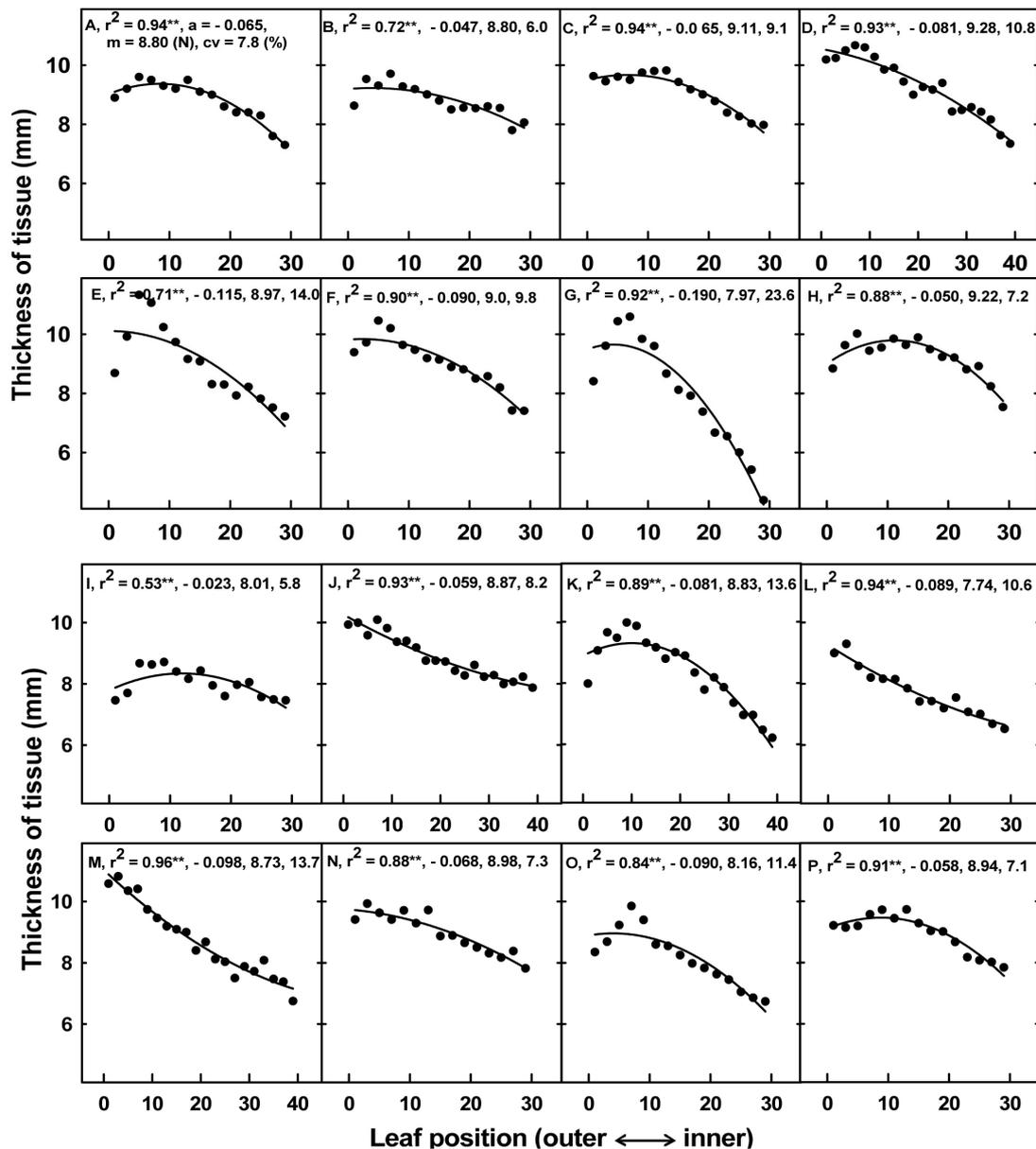


Fig. 2. Comparison of the relationship between tissue firmness and leaf position. Firmness was determined with four different types of probe. And ten heads of Chinese cabbage were analyzed with each probe. A, Blade set (knife); B, Cylinder ( $\Phi$  5 mm); C, Crisp fracture support rig; D, Volodkevich bite jaws.

배추의 조직감은 힘과 거리(force-distance)의 관계를 설명하는 함수그래프로 나타내며, 측정하는 탐침의 종류에 따라 함수그래프의 형태도 달라졌다(Yoon and Lee, 1990). Lee et al.(1988)은 배추의 조직감을 나타내는 그래프는 중륵 조직의 표피를 관통하는데 소요되는 힘과 조직내부의 통도조직을 절단하는데 필요한 힘, 그리고 조직의 유조직을 파쇄하는데 요구되는 힘으로 구성된다고 하였다. 그리고 김치의 조직감을 예측하기 위해서는 배추 조직을 절단력(shear-force)을 측정하는 것이 압착력(compression)을 측정

하는 것보다 상대적으로 더 정확하다고 보고된 바 있다(Lee and Hwang, 1988). 본 실험에서도 4종류의 탐침에 따라 경도곡선의 형태가 달랐으며(자료 미제시), 씹힘성을 가장 적합하게 반영하는 탐침인 volodkevich bite jaws를 선발하였다(Fig. 2). 선발된 탐침을 사용하여 작형 및 생태적 특성을 고려한 다양한 품종을 엽서에 따라 조직감을 측정함으로써 포기전체의 엽서별 조직감의 분포를 확연하게 나타낼 수 있었다(Fig. 3).



**Fig. 3.** Distribution of thickness of midrib tissue from 16 cultivars of Chinese cabbage. A, 'Norangbom'; B, 'Kangryuckyeorum'; C, 'Korengiyeorum'; D, 'Norangyeorum'; E, 'Dongpoong'; F, 'Daebaekchae'; G, 'Chihili'; H, 'Kwonshim'; I, 'Bulam'; J, 'Norangchusuk'; K, 'Jangmee'; L, 'CR-shingshing'; M, 'CR-tongil'; N, 'CR-green'; O, 'CR-power'; P, 'Rangno'. Slope: Obtained by linear regression analysis between tissue firmness and leaf position, although 2nd order function was the best-fit for regression. Mean: Average thickness from all leaves examined in one head. Ten heads per cultivar were determined. Statistical significance is given at \*\* $P < 0.01$  and \* $P < 0.05$ .

**Table 1.** Correlation coefficients of various parameters related to midrib firmness of Chinese cabbage<sup>z</sup>.

Cultivar	Correlation coefficient							
	P <sup>y</sup> :T <sup>x</sup>	P:A <sup>w</sup>	P:H <sup>y</sup>	P:A/T	P:H/T	T:A	T:H	A:H
Norangbom	-0.84**	-0.85**	0.91**	0.04	0.89**	0.88**	-0.87**	-0.70**
Kangryuckyeorum	-0.80**	-0.67**	0.79**	0.17	0.88**	0.65**	-0.67**	-0.50*
Norangyeorum	-0.95**	-0.94**	-0.71**	-0.84**	0.57**	0.97**	0.77**	0.86**
Korengiyeorum	-0.88**	-0.87**	-0.55*	-0.79**	0.63**	0.94**	0.82**	0.86**
Bulam	-0.45*	-0.28*	0.90**	0.34	0.87**	0.47*	-0.37	-0.36
Norangchusuk	-0.96**	-0.98**	-0.10	-0.87**	0.75**	0.96**	-0.08	0.11
Jangmee	-0.84**	-0.84**	0.51*	-0.74**	0.86**	0.97**	-0.82**	-0.16
CR-shingshing	-0.97**	-0.97**	-0.18	-0.84**	0.87**	0.96**	0.19	0.31
CR-tongil	-0.97**	-0.98**	-0.09	-0.82**	0.86**	0.98**	-0.08	0.08
CR-power	-0.86**	-0.83**	0.12	-0.42	0.90**	0.93**	0.13	
CR-green	-0.92**	-0.84**	-0.83**	-0.37	0.45*	0.83**	0.77**	0.75**
Dongpoong	-0.82**	-0.83**	0.94**	-0.15	0.93**	0.98**	-0.85**	-0.81**
Rangno	-0.81**	-0.87**	-0.47*	-0.85**	0.83**	0.95**	0.77**	0.73**
Daebaekchae	-0.91**	-0.84**	0.44*	-0.19	0.93**	0.94**	-0.25	-0.19
Chihili	-0.90**	-0.96**	-0.89**	-0.92**	0.54*	0.94**	0.73**	0.88**
Kwonshim	-0.67**	-0.62**	0.33	-0.34	0.92**	0.93**	0.38	0.47*

<sup>z</sup>Ten head for each cultivar and average 20 leaves per head was examined.

<sup>y</sup>Position of individual leaf. Ranked from outer to inner leaves according to the order of leaf emergence.

<sup>x</sup>Thickness of leaf tissue where hardness was measured.

<sup>w</sup>Total peak area in texture profile. A/T: Area/Thickness.

<sup>y</sup>Maximum peak height in texture profile. H/T: Maximum peak height/Thickness.

### 배추 중턱의 조직감 구성인자들간의 관계

공시된 배추로부터 엽서별 엽의 두께와 중턱의 경도를 측정하여 파쇄항복점 및 파쇄면적지수를 구하였으며, 이들 변수와 각 지수들의 상관관계를 산출하여 배추 중턱의 조직감을 표시하는 가장 적합한 측정치를 구하고자 하였다(Table 1). 우선, 16품종의 모든 배추에서 내엽으로 갈수록 엽의 두께는 감소하였는데, 품종에 따라 엽서와 두께의 상관계수(P:T)는 달랐다. 이 중 ‘CR-통일’과 ‘CR-싱싱’에서 상관계수가 0.97로 가장 높았으며, ‘불암’은 0.45로 가장 낮았다. 그리고 엽서와 파쇄면적지수(peak area)간의 상관도 ‘불암’ 배추 ( $r = -0.28$ )만 제외하고는 모두 고도의 유의성이 있었다 ( $0.62^{**}$ - $0.97^{**}$ ).

포기를 형성하는 잎들의 중턱의 두께와 파쇄면적지수 (Thickness:Peak area) 간에도 ‘불암’ 배추( $r = 0.47^{*}$ )를 제외하고는 나머지 15개 품종에서 고도의 유의성이 있었다. 즉 중턱이 두꺼울수록 조직을 파쇄하는데 더 많은 힘이 필요하고, 공시된 15품종의 배추에서 동일한 경향이 나타난 것은 비록 작형이나 생태형은 다르지만, 중턱 조직의 구조적 또는 해부학적 특성은 별다른 차이가 없음을 시사한다.

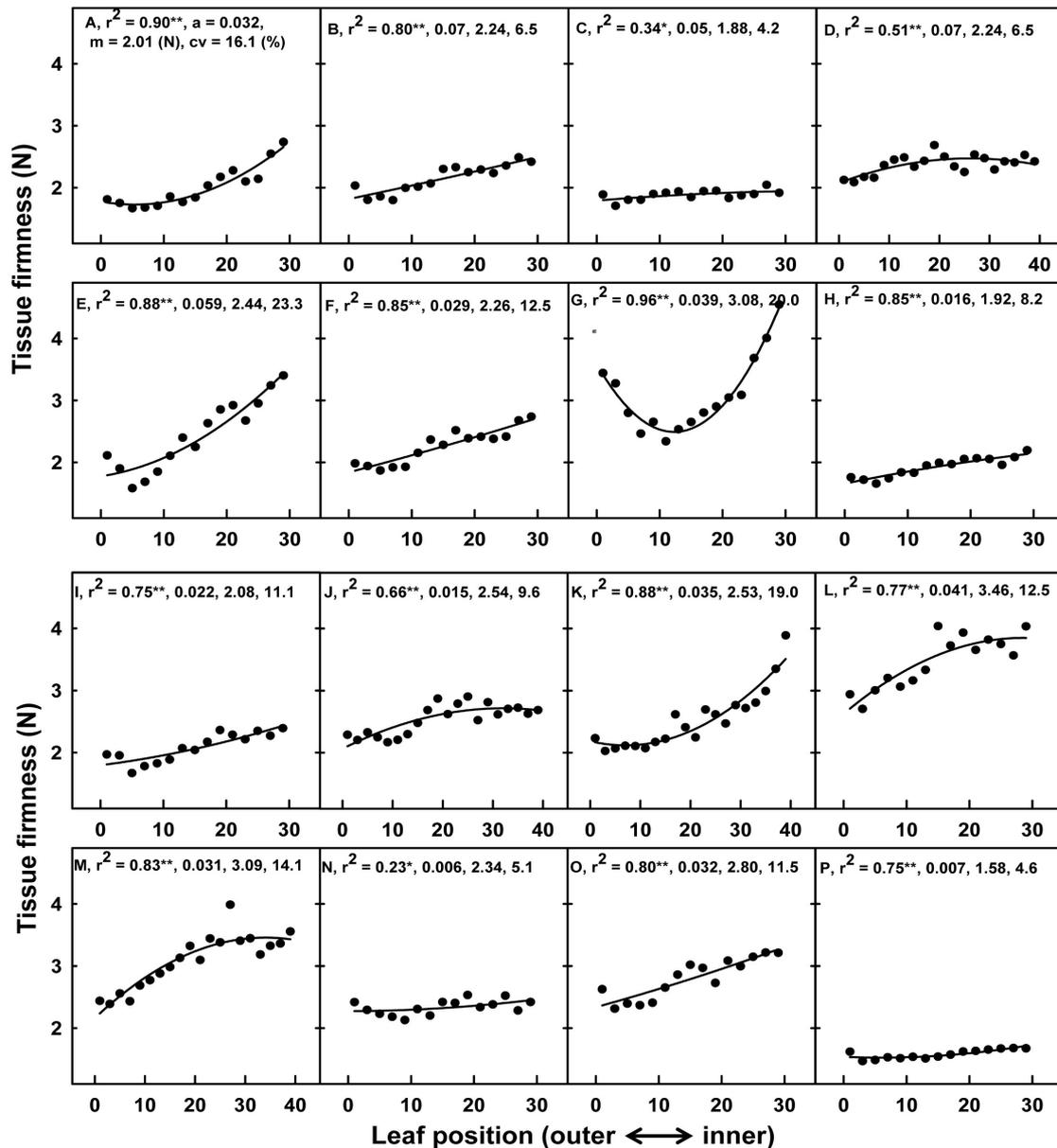
한편, 결구의 엽서와 파쇄항복점 간에는 품종에 따라 정과 부의 상관성이 모두 존재하였다(Table 1, P:H). 그러나 파쇄항복점을 잎의 두께로 나눈 값, 즉 중턱의 단위두께당 파

쇄항복점과의 상관성은 모든 품종에서 정의 상관관계가 있었다. 즉 ‘CR-그린’과 ‘치힐리’에서 상관계수가 각각  $0.45^{*}$ ,  $0.54^{*}$ 로 95% 수준에서 유의성이 있었으며, 나머지 14품종에서는 99% 수준의 유의성이 있었다. 따라서 결구배추에서 단축경에 밀생한 수십 개 잎의 중턱의 조직감을 측정하는 방법으로는 중턱의 단위두께당 파쇄항복점으로 표기하는 것이 엽서에 따른 경도 분포를 파악하기에 가장 적합한 것으로 나타났다(Table 1 and Fig. 2).

### 배추 주요 품종별 중턱의 물성 특성 비교

공시된 배추 16 품종의 엽서별 중턱의 두께(Fig. 3)와 조직감의 분포(Fig. 4)는 품종에 따라 매우 상이하게 나타났다. 중턱의 두께와 조직감은 분포는 모든 품종 공히 엽서와 2차 함수 관계가 성립하였고, 결정계수도 대부분 유의성이 높았다.

공시된 16품종 배추의 중턱의 두께는 외엽에서 시작하여, 많게는 7, 8번 잎까지, 두께가 증가하다가 이후부터 내엽으로 갈수록 감소하였다. 중턱의 엽서와 두께와의 결정계수는 ‘불암’ 배추가  $0.53$ 로 가장 낮았으며, ‘동풍’과 ‘강력여름’은 각각  $0.71$  및  $0.72$ 였고, 나머지 품종은  $0.84$ 에서  $0.94$ 의 고도의 유의성이 있었다(Fig. 3). 그리고 배추 중턱 두께의 변이도 품종 간 차이가 많았다. ‘CR-싱싱’ 배추의 중턱의 평균 두께는  $7.74\text{mm}$ 로 가장 얇았으며, ‘노랑여름’은  $9.27\text{mm}$



**Fig. 4.** Distribution of firmness of midrib tissue from 16 cultivars of Chinese cabbage. A, 'Norangbom'; B, 'Kangryuckyeorum'; C, 'Korengiyeorum'; D, 'Norangyeorum'; E, 'Dongpoong'; F, 'Daebaekchae'; G, 'Chihilli'; H, 'Kwonshim'; I, 'Bulam'; J, 'Norangchusuk'; K, 'Jangmee'; L, 'CR-shingshing'; M, 'CR-tongil'; N, 'CR-green'; O, 'CR-power'; P, 'Rangno'. Slope: Obtained by linear regression analysis between tissue firmness and leaf position, although 2nd order function was depicted as a best-fit in the graph. Mean: Average thickness from all leaves examined in one head. Ten heads per cultivar were determined. Statistical significance is given at \*\* $P < 0.01$  and \* $P < 0.05$ .

로 가장 두꺼웠다. 그리고 중륵의 두께는 '치힐리' 배추의 경우, 10.59mm에서 4.39mm의 분포를 보였고, 변이계수는 23.6%로 그 변화폭이 가장 컸다. '불암' 배추는 엽두께의 차이가 단지 1.25mm에 불과하여 변이계수가 5.8%로서 두께의 변화가 가장 적었다. 그리고 엽의 두께는 품종에 따라 감소율(slope)이 달랐는데(Table 2), '치힐리'(slope = -0.190)와 '동풍'(slope = -0.115) 배추가 가장 컸으며, '불암'(-0.023) 배추에서 엽두께의 감소폭이 가장 적었다(Table 2). 배추 중륵의 두께가 외엽 부위에서 증가 후 내엽으로 갈수록 감소

하는 경향은 이전의 중륵 두께 측정실험의 결과와 일치하였는데, Lee et al.(1988)은 외엽 부위의 수분 증발이 비교적 크기 때문에 잎의 두께가 얇아진 것으로 제시하였다.

배추 엽서별 중륵의 경도는 품종에 따라 양상이 다르게 나타났다(Fig. 4). 우선 모든 품종에서 포기의 외각 몇 잎에서 경도가 일시적으로 감소하다가 그 이후의 엽부터 내엽으로 갈수록 증가하는 이차함수 관계가 있었다. 겨울작형의 대표적인 품종인 '동풍'의 경우 외부의 5-6개 잎 이후에 내엽으로 갈수록 경도가 급격하게 증가하였다(slope:0.059,  $r^2$

**Table 2.** Variation of correlation coefficient between leaf firmness and mean firmness of all leaves in the head from 16 different cultivars of Chinese cabbage<sup>2</sup>.

Cultivar	Leaf position (outer ↔ inner)							
	5 <sup>y</sup>	7	9	11	13	15	17	19
Norangbom	0.10	-0.10	0.02	0.66	0.72*	0.87**	0.84**	0.57
Kangryukyeorum	0.88**	0.16	0.72*	0.80**	0.78**	0.72*	0.63*	0.40
Korengiyeorum	0.27	0.08	0.57	0.62	0.72*	0.82**	0.89**	0.62
Norangyeorum	0.99**	0.99**	0.63	0.90*	0.79	0.92*	0.89*	0.70
Bulam	0.82**	0.85**	0.57	0.80**	0.80**	0.56	0.90**	0.89**
Norangchusuk	0.59	0.45	0.64*	0.74*	0.51	0.69*	0.73*	0.54
Jangmee	-0.30	-0.13	0.26	0.90*	-0.06	0.69	0.73	0.91*
CR-shingshing	0.86**	0.73*	0.89**	0.82**	0.95**	0.94**	0.93**	0.97**
CR-tongil	0.82**	0.30	0.59	0.74*	0.94**	0.80**	0.82**	0.54
CR-green	0.90**	0.92**	0.86**	0.95**	0.89**	0.97**	0.75*	0.93**
CR-power	0.17	-0.10	0.30	0.78**	0.40	0.41	0.80**	0.62
Dongpoong	0.59	0.46	0.59	0.81**	0.09	0.49	0.45	0.34
Daebaekchae	0.30	0.40	0.55	0.87**	0.32	0.83**	0.78**	0.74*
Chihili	-0.23	-0.17	0.83	0.76	-0.26	0.16	0.23	0.50
Kwonshim	0.65*	0.36	-0.05	0.85**	0.78**	0.26	0.16	0.86**
Rangno	0.72*	0.59	0.89**	0.98**	0.74*	0.54	0.89**	0.77**
Mean	0.51	0.36	0.55	0.81	0.57	0.67	0.71	0.68
S.D.	0.41	0.39	0.29	0.10	0.37	0.24	0.24	0.20

<sup>2</sup>Correlation coefficient between firmness of midrib tissue of the leaf and the average firmness of the entire leaves in the same head. Eight to ten heads were used per cultivar, and firmness was determined as described in Materials and Method.

<sup>y</sup>The figures indicate average 3 to 5 leaves were removed from the head during harvest, so that the first leaf examined for test was regarded as the 5th leaf in a head.

= 0.88\*\*). 이어서 ‘CR싱싱’, ‘치힐리’, ‘장미’, ‘CR파워’, ‘노랑봄’, ‘CR통일’, ‘대백채’의 순으로(slope:0.041, 0.039, 0.035, 0.032, 0.031) 엽서 간 경도의 변화가 심한 편이었고, ‘강력여름’, ‘불암’, ‘권심계’, ‘노랑추석’은 경도가 완만히 증가하였다(slope:0.015-0.029), ‘노랑여름’, ‘랑노’, ‘CR그린’, ‘고랭지여름’은 내엽과 외엽 간 정도차가 거의 없었다(slope:0.005-0.007). 품종별 배추 중류의 경도는 ‘CR싱싱’, ‘CR통일’, ‘치힐리’, ‘CR파워’, ‘노랑추석’ 등이 각각 평균 3.46N, 3.09N, 3.08N, 2.80N, 2.54N으로 공시된 품종 중 상대적으로 높았고, ‘불암’, ‘노랑봄’, ‘권심’, ‘고랭지여름’, ‘랑노’ 등이 각각 2.08N, 2.01N, 1.92N, 1.88N, 1.58N으로 상대적으로 경도가 낮았다(Fig. 4).

무에서도 가을무 및 봄무를 봄과 가을에 각각 재배하였을 때, 조직감이 달랐으며, 유전적 요인이 환경적 요인보다 영향이 다소 큰 것으로 제시된 바 있다(Kang et al., 1999). 따라서 김치의 조직감은 같은 품종이라도 재배환경에 따라 다소 차이가 발생하므로 배추 및 배추김치의 조직감을 비교하는 것은 품질이 균일한 김치를 가공하는데 매우 중요한 과제가 될 것이다.

결구를 형성하는 잎 중에서 홀수번호를 선택하여 중류의 조직감(특정잎의 조직감)을 측정하고, 이를 전체 잎들의 조직감의 평균치(포기의 조직감)와 비교하여 상관관계를 구하였다(Table 2). 각 품종에서 포기전체의 조직감과 특정 잎의 조직감의 상관은 엽서마다 다소 차이가 있었다. ‘노랑봄’ 배추는 제 15번 엽이, ‘강력여름’과 ‘노랑여름’ 배추는 제 5번, ‘고랭지여름’, ‘불암’ 배추는 제 17번 엽과의 상관성이 가장 높았다. 나머지 9품종에서는 제 11번 엽이 상관성이 가장 높았다. 따라서 공시된 16품종을 대상으로 포기의 조직감을 대표할 수 있는 잎은 제11엽으로 선정하는 것이 상관계수의 평균이 0.81로써 가장 좋았다. 제17엽에서는 평균상관 계수가 0.71이었고, 제19엽은 0.68이었다(Table 2).

#### 배추 중류의 조직감에 영향을 미치는 인자

채소나 과실의 조직감은 조직의 세포벽 구조, 세포의 팽압, 그리고 저장양분 등에 의하여 크게 영향을 받는다(Brett and Waldron, 1997). 배추 중류 조직의 건물중과 세포벽함량을 측정된 결과, 공시 품종 조직의 건물중과 경도는 고도의 정의 상관관계가 있었으며( $r = 0.70^{**}$ ), 조직의 경도와

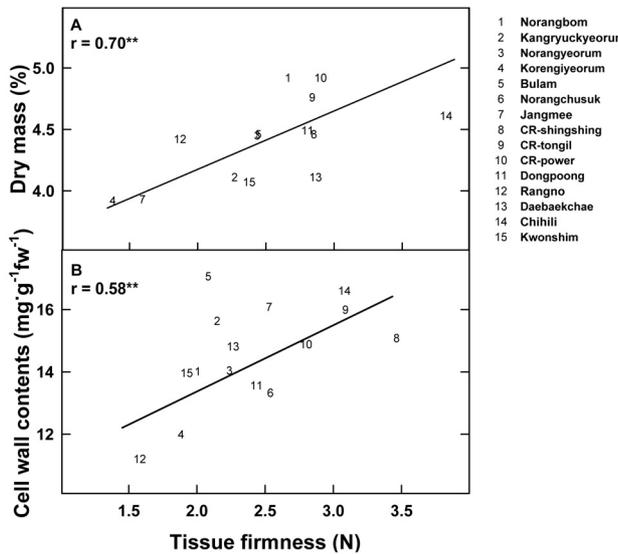
## 초 록

배추의 조직감 측정 방법을 확립하기 위하여 4종류의 탐침을 사용하여 ‘노랑봄’ 배추의 엽서별 중륙의 경도를 비교 측정하였다. 이 중에서 volodkevich bite jaws 탐침으로부터 엽서와 경도의 상관성이 가장 높은 유의성이 나타났다( $r^2 = 0.85$ ). 배추 중륙의 조직감은 단위두께당 조직파쇄에 소요되는 힘으로 나타났다. 배추의 작형과 생태형을 고려하여 16 품종의 엽서별 중륙 부위의 경도를 측정하였다. 중륙의 두께 분포는 외엽부 수개의 앞에서 증가하다가 내엽으로 갈수록 감소하였으며, 중륙의 평균두께는 ‘CR-싱싱’이 7.74mm로 가장 얇고, ‘노랑여름’ 배추는 9.28mm로 가장 두꺼웠다. 잎두께의 변이는 ‘치힐리’가 23.6%로 가장 높았으며, ‘불암’ 배추는 5.8%로 가장 적었다. 중륙의 조직감은 모든 품종에서 외엽에서 일시적으로 감소하다가 내엽으로 갈수록 증가하는 2차 함수적인 관계를 보였고, 결정계수는 16품종 중 13품종에서 0.75 이상이었다. ‘CR-그린’은 0.23으로 가장 낮았고, ‘치힐리’ 배추는 0.96으로 적합성이 가장 높았다. 수확한 배추의 조직감을 신속하게 평가하기 위하여는 제10번 또는 제11번 잎의 중륙의 경도를 측정하는 방법을 제시하였으며, 16품종의 평균결정계수는 0.81이었다. 중륙의 건물중과 경도는 정의 상관( $r = 0.70^{**}$ )을 보였고, 세포벽 함량과 경도와의 상관은 다소 낮았지만 유의성이 있었다( $r = 0.58^*$ ). 본 연구에서 얻어진 배추의 조직감 측정기술은 원료배추와 김치의 조직감의 관계를 구명하거나 조직감이 우수한 배추 품종을 육성하는 데 활용할 수 있다고 사료되었다.

**추가 주요어 :** 세포벽함량, 건물중, 엽서, 회귀곡선, 경도곡선

## 인용문헌

- Brett, C. and K. Waldron. 1996. Cell walls in diet and health, p. 222-238. Physiology and biochemistry of plant cell walls. 2nd ed. Chapman & Hall, London.
- Cho, Y.H., K.C. Yoo, J.K. Sung, B.M. Chun, S.H. Nam, H.D. Kim, and W.Y. Lee. 1998. Radish and Chinese cabbage for competitive technology and management. Nongmin Publishing Co., Seoul, Korea.
- Kang, N.K., J. Kim, B.M. Chun, and Y.H. Cho. 1999. A temporal relationship between tissue firmness and cell wall compositions in radish roots (*Raphanus sativus* L.). Acta Hort. 483:95-104.
- Kim, J., K.D. Kim, and Y.S. Choi. 2007. Chinese cabbage, a postharvest technology manual book. Ministry for Food, Agriculture, Forestry, and Fisheries, Seoul, Korea p. 1-35.
- Kim, J.Y., E.J. Lee, S.K. Park, G.W. Choi, and N.K. Baek. 2000. Physicochemical quality characteristics of several Chinese



**Fig. 5.** A, Correlation between tissue firmness and dry mass; B, Correlation between tissue firmness and cell wall contents. Tissue firmness = Max peak height (N)/Thickness of tissue (mm).

세포벽 함량과도 정의 상관관계가 있었다( $r = 0.58^{**}$ ) (Fig. 5). 배추의 중륙의 세포벽 함량은 북방계인 ‘불암’이 건물 1.0그램당 17.1mg으로 가장 높았으며, ‘랑노’는 11.2mg으로 가장 낮았다. 그리고 건물함량은 ‘노랑봄’ 배추가 4.92%로 가장 높았고, ‘고냉지여름’ 배추가 3.92%로 가장 낮았다.

무 조직의 건물함량은 소형무인 알타리무가 8.0%로 가장 높았고, 봄무 품종이 생체중당 5.0-5.5%로 가장 낮았는데, 품종 간 조직의 건물중과 경도와의 상관은 0.971, 세포벽의 함량과 경도의 상관은 0.881로 고도의 유의성을 보였다 (Kang et al., 1999).

가을 배추인 ‘불암’은 엽서 간 중륙의 두께의 변화가 완만하였으며, 경도의 변화 또한 적었다. 그리고 조직의 세포벽 함량은 다른 품종에 비해 높아, 이러한 특성은 이전에 조사된 바와 같이(Yoon et al., 1985) 김치 가공에 매우 적합할 것으로 사료되었다.

결과가 적절하게 형성된 배추 포기의 조직감은 중륙의 하단중심부위를 선택하여 bite jaws 탐침을 사용하여 조직의 경도를 측정하되, 중륙의 두께를 반드시 고려하여 파쇄항복점을 구하는 것이 가장 적합한 방법이었다. 여러 품종의 배추를 동시에 측정하는 경우에는 외엽에서 시작하여 10-11번째 잎의 경도를 측정하는 것이 객관적이고도 신속한 방법이라고 판단한다. 본 실험에서 확립된 조직감 측정기술은 원료배추와 가공된 김치의 조직감을 비교하거나, 우수한 조직감을 가진 배추 품종을 육성하는데 적절하게 활용될 것으로 기대된다.

- cabbage (*Brassica pekinensis* RuPR) cultivars. Kor. J. Hort. Sci. Technol. 18:348-352.
- Kim, J., T. Solomos, and K.C. Gross. 1999. Changes in cell wall galactosyl and soluble galactose content in tomato fruit stored in low oxygen atmospheres. Postharvest Biol. Technol. 17:33-38.
- Lee, C.H. and I.J. Hwang. 1988. Comparison of cutting and compression tests for the texture measurement of Chinese cabbage leaves. Kor. J. Food Sci. Technol. 20:749-754.
- Lee, C.H., I.J. Hwang, and J.K. Kim. 1988. Macro-and micro-structure of Chinese cabbage leaves and their texture measurement. Kor. J. Food. Sci. Technol. 20:742-748.
- Lee, I.S., W.S. Park, Y.J. Koo, and K.H. Kang. 1994. Changes in some characteristics of brined Chinese cabbage of fall cultivars during storage. Kor. J. Food. Sci. Technol. 26:239-245.
- Lee, S.K., J. Kim, Y.M. Park, J.G. Seo, Y.J. Yang, and Y.S. Hwang. 2007. Chinese cabbage, in postharvest handbook. Ministry for Food, Agriculture, Forest and Fisheries, Seoul, Korea p. 188-210.
- Ministry for Food, Agriculture, Forestry, and Fisheries (MIFAFF). 2011. Current status of greenhouse and vegetable crop production. www.mifaff.go.kr.
- Park, K.Y., E.J. Cho, S.M. Lee, and S.H. Rhee. 1998. Studies on the standardization of Chinese cabbage Kimchi. Kor. J. Food. Sci. Technol. 30:324-332.
- Yoon, E.J. and C.H. Lee. 1990. Changes in the force-distance curve of Chinese cabbage leaf-stalk by the type of puncture and cutting probes and their relation to the textural parameters. Kor. J. Rheology. 2:46-52.
- Yoon, J.Y. S.S. Lee, and J.G. Woo. 1985. A questionnaire survey on preference of Kimchi and heading Chinese cabbage. J. Kor. Soc. Hort. Sci. 26:122-126.