

김치제조용 배추의 구조와 조직감 측정에 관한 연구

이철호 · 황인주 · 김정교

고려대학교 농과대학 식품공학과

Macro-and Microstructure of Chinese Cabbage Leaves and Their Texture Measurements

Cherl-Ho Lee, In-Ju Hwang and Jeong-Kyo Kim

Department of Food Technology, Korea University, Seoul

Abstract

The macro-and microstructure of Chinese cabbage used for Korean Kimchi preparation were examined and the texture characteristics of raw cabbage leaf and salted or blanched leaves were evaluated by cutting test. The length and thickness of leaf stalk increased with the order of pyllostaxis, but the thinning effect of outermost leaves was observed. The microstructure of cut-profile of stalk showed densely compacted vascular systems aligned in the center of stalk and the outer space was filled with large parenchima cells. Due to this structure, characteristic cutting curves were obtained by cutting test, composing three peaks of cutting for inner surface skin, center vascular system and outer surface skin. Salting and blanching increased the cutting force mainly due to the increase of cutted cell wall number caused by the structure collapse.

Key words: microstructure of Chinese cabbage, cutting test, texture measurement of Chinese cabbage

서 론

김치의 산업화를 위하여는 제품의 품질기준과 그 객관적 측정방법이 수립되어야 한다. 김치의 관능적 품질요소로는 외관, 맛과 냄새, 및 조직감(texture)이 중요하며 특히 조직감은 김치의 신선미를 좌우하는 중요한 요소이다.

이와 박⁽¹⁾은 한국인의 조직감 표현용어에 관한 연구에서 95종의 조직감 표현용어를 수집하였으며 이로부터 김치의 주요 조직감 표현용어는 연한, 흐물흐물한, 아삭아삭한, 길긴, 말랑말랑한, 뻣뻣한 등이었고 이것을 물성학적 개념으로 표현하여 견고성(hardness), 깨어지는 성질(brittleness 혹은 crispiness), 씹히는 성질(chewiness), 탄력성(springness) 및 입자의 배열형태 등이 중요한 조직감 요소임을 보고한 바 있다.

윤등⁽²⁾은 배추의 품종에 따른 김치맛의 차이를 연구한 결과 결구포합형인 삼진, 청방, 지부 품종들이 우수하였으며 이들의 관능적 품질을 Texture-meter를 이용한

압착시험의 결과와 연관지우려 하였으나 유의적 상관관계를 얻지 못하였다.

최근 이등⁽³⁾은 배추의 염장과정 중에 일어나는 조직감 변화를 절단시험으로 측정하고 이를 펙틴질과 섬유소 함량변화 및 관능검사 결과와 연관지우려 하였다. 염장에 의하여 최대 절단력과 절단에너지는 각각 5배 및 2.5배 증가하였고 관능적으로는 씹힘성이 높아진 반면 깨어지는 성질은 감소하였다. 이 연구에서 배추잎의 두께는 신선한 배추의 절단력에는 크게 영향을 미쳤으나 염장배추에는 큰 영향을 나타내지 않았다. 최등⁽⁴⁾은 침투시험으로 가열에 의한 배추잎의 조직감 연화현상을 정량적으로 나타내려고 시도하였다. 배추조직의 열에 의한 연화속도는 1차 반응식으로 표현될 수 있었으나 80°C 이하에서는 온도의 영향을 크게 받지 않았다.

이들 실험에서 공통적으로 겪는 어려움은 배추잎 시료의 불균일성과 기계적 측정방법의 타당성에 관한 의문이 제기되는 것이다. 배추잎은 형성순위에 따라 그 크기와 두께가 달라지며 같은 잎에서도 위치에 따라 유관속 부위의 발달 정도가 달라지게 된다. 그러므로 신빙성이 있는 조직감 측정치를 얻기 위하여는 일관성이 있는 배추잎 시료의 채취가 필수적이며 배추잎의 구조적 특징을 감안한

Corresponding author: Cherl-Ho Lee, Department of Food Technology, Korea University, Anam-dong 1ga, Sungbuk-gu, Seoul 136-701

측정방법이 고안되어야 한다.

본 연구에서는 우리나라에서 사용되고 있는 대표적인 김장용 배추 한 품종을 선택하여 그 잎의 형성구조를 거시적으로 관찰하고 배추잎 절단면의 미세구조를 광학현미경으로 조사하였다. 또한 이들 구조적 특징이 절단시험에서 어떻게 나타나는지를 분석하였다.

재료 및 방법

실험재료

본 실험에 사용된 배추는 김치제조에 널리 사용되는 결구포합형 “장수” 품종으로 87년 2월 진해지방에 파종된 것으로 수확시 최외엽의 전장은 30cm 수준이었으며 포기당 평균 무게는 2.43±0.50kg 이었다. 길이 10cm 가 되는 속잎(1번 잎이라고 명명)에서부터 겹잎까지 평균 40개의 배추잎을 가지고 있었다. 이 배추는 대개 4개의 잎이 한 커로 구성되었으므로 1번잎에서 4번잎까지 동일한 시료로 간주하여 제1군은 1~4번잎까지, 제2군은 9~12번잎까지, 제3군은 17~20번잎, 제4군은 25~28번잎, 제5군은 37~40번잎으로 구분하여 형성순위에 따라 다섯개의 시료군으로 구분하여 그 크기와 형태를 측정하고 배추잎 형성 순서에 따른 조직감의 차이를 조사하였다.

배추잎의 크기 및 두께

배추잎의 크기는 Fig. 1과 같이 전장의 길이, 줄기의 길이와 전장의 1/4, 2/4, 3/4 지점의 폭을 각각 1mm 분획자로 측정하였고, 뿌리에 붙어있는 (f)부분의 폭을 측정하였으며 두께는 전장의 1/4의 중심부분과 2/4, 3/4의 중심부분을 캘리퍼로 측정하였고 2/4의 부분에서 (i)(j) 부분도 측정하였다.

현미경 관찰

배추잎 절단면의 미세구조를 광학현미경(ASA, No. 164563, Japan)으로 관찰하였다.

배추잎 줄기(g 부위)를 가로 4mm, 세로 7mm 크기로 절단한 후 25%당을 함유한 5% glutaraldehyde 용액으로 4°C에서 하룻밤동안 고정하였다. 고정액은 0.1M 인산완충용액(pH 6.7)으로 조제되었다. 고정액으로 처리한 시편들은 인산완충용액으로 여러번 세척한 후 ethanol로 탈수하였다.

40% ethanol에서부터 100% ethanol까지 매회 5분 정도 탈수하고 이를 다시 3회 반복하였다. Propylene

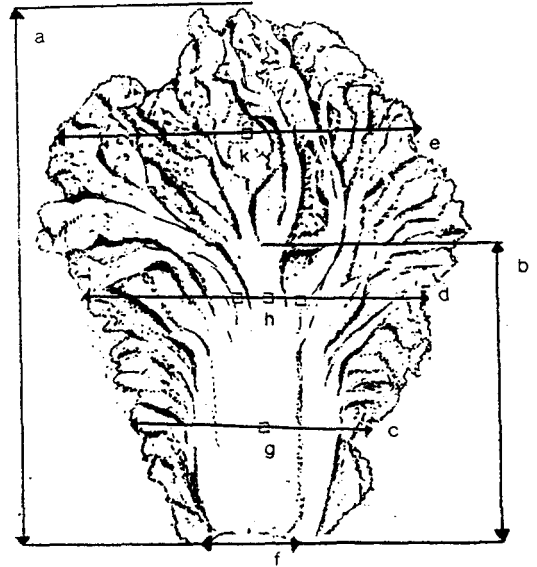


Fig. 1. Measurements of shape and size of cabbage leaf.

- a: the full length
- b: length of stalk
- c: width of a/4
- d: width of 2a/4
- e: width of 3a/4
- f: portion connected root tip
- g: central portion thickness of a/4
- h: central portion thickness of 2a/4
- k: central portion thickness of 3a/4

oxide 용액에 2회정도 옮겨준 후에 propylene oxide와 epon의 혼합용액(1:1)을 거쳐 epon 용액으로 embedding 하였다. 이와같이 만들어진 epon block을 LKB ultratome으로 16~18μm 두께로 자른 후 유리 slide에 얹어 염색한 후 검경하였다.

세포벽의 형상을 보기 위하여 Periodic acid-Schiff's액으로 염색하여 다당류가 적색으로 착색되도록 하거나⁽⁵⁾ 5% RuCl₃ 염색으로 펙틴질이 적색으로 발색하게 하였다.⁽⁶⁾

절단시험

배추잎의 절단시험은 Rheometer(R-UDJ-DM, Japan)를 사용하여 실시하였다.

Fig. 1에서 나타난 g 부위 즉 전장의 1/4되는 중앙부분을 2×3cm 가 되도록 면도칼로 잘라낸 시료를 사용하였으며 압축 표면이 탐침(probe)을 대하도록 하였다. Rheometer 조작조건은 최대하중 8kg, table speed 0.8mm/s, chart speed 2mm/s였으며 칼날형 탐침으로 3회 이상 반복시험하여 그 평균치를 얻었다.

결과 및 고찰

배추의 크기 및 두께

배추잎의 형성순위에 따른 크기는 제1군에서 5군으로 갈수록 커져 비례적인 증가를 보여주고 있다.

가장 외엽은 보통 전장의 길이가 30cm를 약간 넘는 수준인데 배추의 품종에 따라 많은 차이가 있다고 한다⁽²⁾. 한편 배추의 두께는 김치의 품질 또는 식미와 관련되어 생각되어 왔는데 두께는 얇고 면적은 넓어야 좋은 배추라고 알려져 왔다⁽²⁾. 배추의 두께가 내엽에서 외엽으로 갈수록 어떻게 변하는지 Fig 3에 제시하였다. 배추잎의 모든 부위에서 외엽으로 갈수록 증가하지만 4군잎이 5군보다 두꺼운 경향을 나타냈다. 이는 외엽 부위의 수분증발이 비교적 크기 때문에 잎의 두께가 얇아지는 것으로 생각된다. 두께는 1/4 부분(전장의)이 가장 크게 나타났고 1/4 부분에서도 가장 중심부분의 두께가 크게 나타났다. 배추줄기에서 가장 두꺼운 부분은 0.7cm 정도로 나타났으며 4군잎과 5군의 두께 차이는 평균 0.15cm이었다.

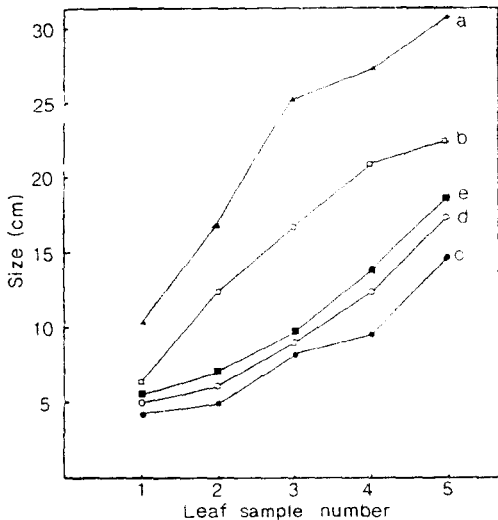


Fig. 2. Changes in the size of cabbage leaves by phyllotaxis.

- a: the full length
- b: length of stalk
- c: width of a/4
- d: width of 2a/4
- e: width of 3a/4

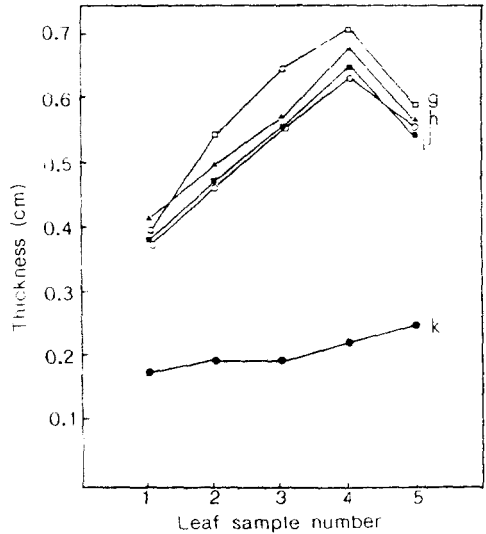


Fig. 3. Changes in the thickness of cabbage leaves by phyllotaxis

- g: central portion thickness of a/4
- h: central portion thickness of 2a/4
- k: central portion thickness of 3a/4
- i: points in the vicinity of h

배추 절단면의 미세구조

Fig. 4는 배추 절단면의 미세구조를 보여주고 있다. 배추줄기의 중심부에 유관속계의 사부와 목부가 위치하며 그 주위에 커다란 유조직 세포가 위치하고 있음을 볼 수 있다. Fig 5의 좀 더 확대된 사진을 보면 목부와 사부의 사이에 형성층(c)이 존재하는 것을 볼 수 있으며 1기 및 2기 생장목부와 도관(D-F)의 형태가 뚜렷하며 파괴된 사부요소(H)도 관찰된다.

Fig. 6은 10% 식염에 10시간 절임을 한 배추의 미세구조이다. 안쪽 어린잎(1군)과 제일 바깥쪽 큰잎(5군) 모두 절임에 의하여 세포구조가 변형된 것을 볼 수 있으며 유조직 세포가 크게 변형됨을 알 수 있었다. 절임시간이 길어질수록 변형이 크게 일어남을 관찰할 수 있었으며 안쪽 어린 잎보다는 바깥쪽 큰 잎의 세포구조가 절임에 의해 더 크게 변형되는 것으로 나타났다.

Fig. 7은 60°C 및 80°C의 증류수에 담그어 5분간 데침 과정을 거친 배추잎의 미세구조이다.

데침에 의하여 유세포 구조가 다소 변형되어 주글어짐을 볼 수 있으며 데침온도가 높을수록 변형이 다소 커졌으나 절임처럼 커다란 변형은 발견되지 않았다. 데침에



Fig. 4. Microstructure of the cut profile of Chinese cabbage leaf stalk.(Ruchenium red staining)
 A; pholem, B; xylem, C; Parenchyma cells in vascular system
 D; Parenchyma near inner skin, E; Parenchyma near outer skin(bar length 160 μ m)



Fig. 5. Microstructure of the vascular system of Chinese cabbage.(Periodic-Schiff's staining)
 (bar length 60 μ m)
 A; pholem B,C; cambium D-F; xylem



Sample No. 1 (young leaf)



Sample No. 5 (old leaf)

Fig. 6. Microstructure of the cut profile of Chinese cabbage leaf stalk salted in 10% salt solution for 10 hours.(bar length 63 μ m).

의해서는 바깥쪽 보다는 안쪽 어린 잎의 세포구조가 더 크게 변하는 경향을 나타내었다. 절임이나 데침과정에서 모두 유조직 세포가 주로 변형되며 유관속 세포의 변형은 크게 나타나지 않았다.

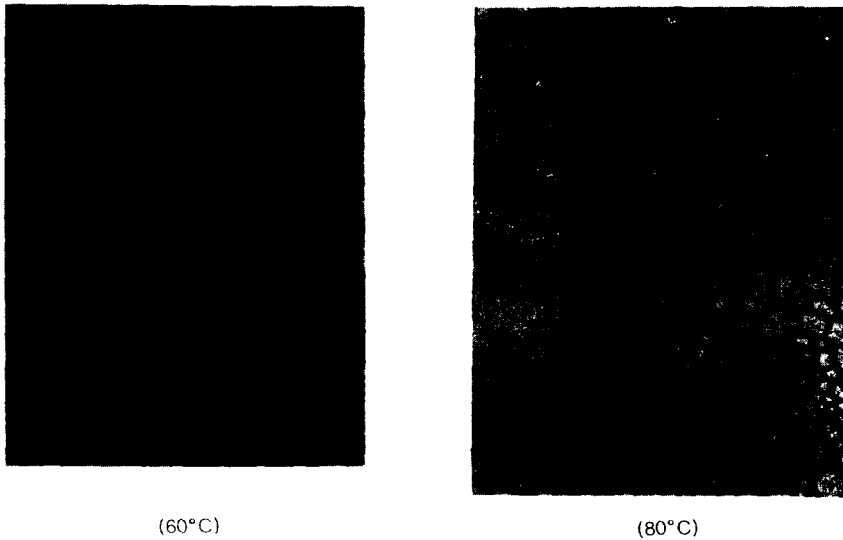


Fig. 7. Microstructure of the cut profile of Chinese cabbage leaf stalk heated at 60°C, and 80°C for 5min. (sample No. 1, young leaf) (bar length 63 μ m)

배추잎의 절단강도

원료 생배추의 잎줄기 부분을 Rheometer로 절단력을 측정할 전형적인 힘-거리 곡선은 Fig. 8에서 보는 바와 같다. 특징적인 3개의 peak를 보여주고 있는데 A는 배추줄기의 안쪽 외피를 자를때의 peak(1st cutting force)이며 B는 배추줄기의 내부 유관속 부위를 자를때의 것(2nd cutting force)이며 C는 바깥 외피부분을 자를때 필요한 힘(3rd cutting force)을 나타낸다.

이 그림에서는 외피부분을 자를 때보다도 배추의 유관속 부분을 자를 때 더 큰 절단력이 요구되는 것으로 보여지고 있다. 그러나 시료에 따라 그 상대적인 크기가 달라지는 것을 볼 수 있었다.

잎사귀 형성순위에 따라 실온(20°C)에서의 소금절임 및 데침에 의해 절단강도가 변화되는 현상을 보면 Fig. 9와 같다. 배추잎의 형성순위에 따라 커다란 차이를 보이고 있지 않지만 최내엽(1군)이나 최외엽(5군) 보다 중간엽의 3군 및 4군의 절단력이 더 크게 나타났다. 즉 속잎이나 바깥잎 보다 중간잎이 더 절단력이 높음을 알 수 있었으며 이것은 배추잎의 두께의 변화와 유사한 경향을 나타내었다.

소금절임이나 열처리 데침에 의하여 배추잎의 절단강도는 높아지는 특징을 나타내었다. Table 1에 보면 가열 데침이나 소금절임에 의하여 두께는 신선한 배추의 20%

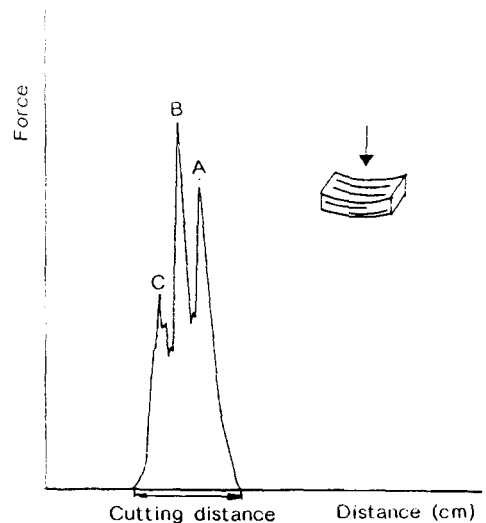


Fig. 8. A typical force-distance curve obtained from cutting test of Chinese cabbage.

- A: First cutting force
- B: Second cutting force
- C: Third cutting force

및 30% 감소하며 절단강도는 3배 및 4배로 증가함을 알 수 있다.

Table 1. Changes in leaf thickness and the first, second and third cutting force of cabbage stalk by salting and blanching

Parameters Samples	Cutting thickness(cm)	First cutting force	Second cutting force	Third cutting force
Fresh cabbage	1.04 ± 0.08	1.68 ± 0.10	1.44 ± 0.12	1.96 ± 0.15
Blanching (80°C x 5min)	0.80 ± 0.05	4.64 ± 0.94	5.72 ± 1.00	1.00 ± 1.04
Salting (15%, 5hr)	0.70 ± 0.07	6.92 ± 1.14	6.74 ± 1.32	7.12 ± 1.28

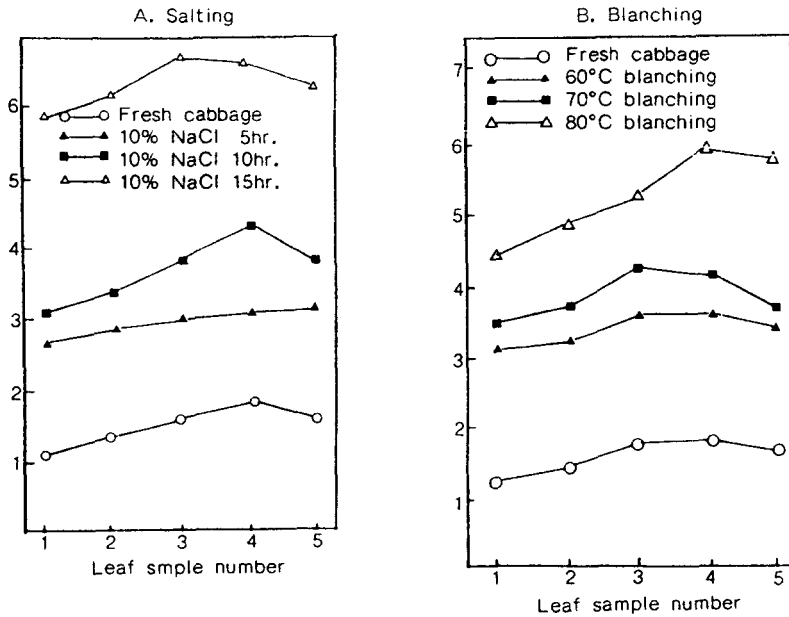


Fig. 9. Changes in first cutting force of salted, or hot-water blanched cabbage stalk by phyllotaxis.

이러한 결과는 최등(3)의 가열데침에 의한 연화현상에서도 관찰되었는데 80°C 이하에서는 질긴 성질을 나타내는 shear puncture probe의 상대경도가 가열시간에 따라 증가하는 것으로 나타났다.

따라서 이러한 가열이나 염장에 의한 절단강도의 증가는 섬유소의 강화현상이라기 보다는 세포벽의 포개짐에 의한 기하학적 변형효과로 볼 수 있다.

Fig. 10에서 보는 바와 같이 가열데침이나 염장에 의하여 배추잎 세포 내부의 공기가 탈기되고 수분이 용출됨에 따라 세포벽이 주글어져 포개지게 되므로(Fig. 4-7) 절단면에 걸리는 섬유소의 수가 증가하게 된다. 또한 탐침의 직경이 작은(<2~3mm)의 경우에는 유관속부위

침투여부에 따라 측정치의 커다란 차이를 나타낼 수 있다. 그림 11에서와 같이 세포벽이 두껍고 작은 세포군들이 밀집한 유관속 부위를 침투할 때와 유조직 부위를 침투할 때 측정되는 puncture force는 크게 달라질 수 있는 것이다(A<B<C).

결론적으로 배추의 기계적 조직감 측정법은 균일한 시료채취의 어려움과 미세구조의 불균일성으로 재현성있는 측정치를 얻기 어렵다. 그러므로 이들 변수를 통제할 수 있는 측정법의 확립이 우선 이루어져야 한다.

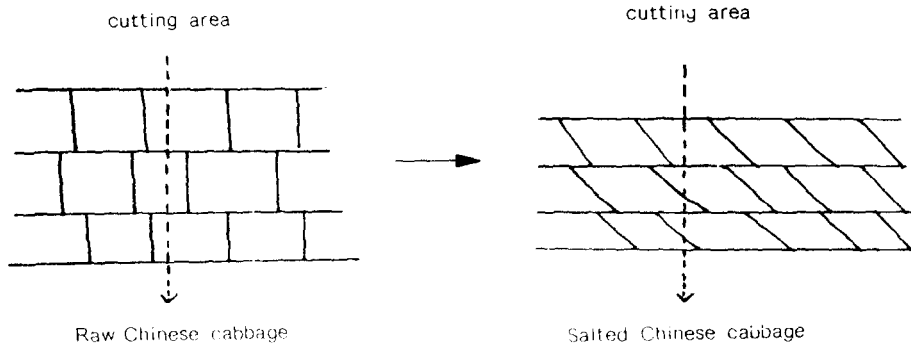


Fig. 10. Schematic diagram of the effect of cell-wall structure changes by salting or blanching on the cutting force determination.

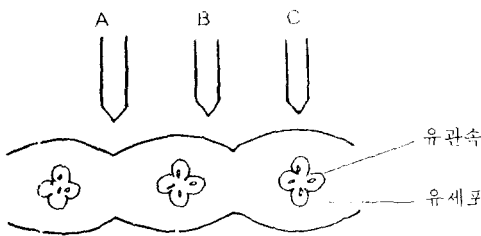


Fig. 11. Cut profile of Chinese cabbage leaf stalk and the possible penetration site of puncture test probe.

요 약

김치제조에 사용되는 절구포합형 배추의 구조와 그 조직감 특성을 조사하는 방법을 연구하였으며 소금절임, 가열데침 공정등에 의한 배추잎의 구조적 변화와 조직감 변화를 조사하였다. 배추잎의 형성순서에 따라 잎의 길이와 두께는 비례적으로 증가하였으며 두께는 최외엽에서 다소 감소하는 현상을 나타내었다.

배추잎의 미세구조는 밀집된 유관속 조직 주위에 유조직 세포가 쌓여있는 형태로서 절단시험에서 외피와 유관

속조직의 특징적인 절단력 곡선들을 나타내었다.

절임과 데침처리에 의하여 배추잎의 절단력은 증가하였으며 이것은 주로 세포벽의 구조적 변형에 따라 포개짐에 의한 절단면의 수적 증가에 의한 것이었다.

문 헌

1. 이철호·박상희 : 한국인의 조직감 표현용어에 관한 연구, 한국식품과학회지, 14(1), 21(1982)
2. 윤진영·이수성·우종규 : 김치와 배추기호성에 관한 설문조사 분석, 한국원예학회지, 26(2), 122(1985)
3. 이희섭·이철호·이귀주 : 배추의 열장과정중 성분변화와 조직감의 변화, 한국조리과학회지, 3(1), 64(1987)
4. 최동원·김주봉·유명식·변유량 : 배추조직의 가열연화의 속도론적 연구, 한국식품과학회지, 19(6), 515(1987)
5. 이철호·김정교 : 루핀콩과 대두의 미세구조에 관한 비교연구, 한국식품과학회지, 17(6), 454(1985)
6. 김정교·Tokuji Watanabe·이철호 : 강남콩 고물과 대두 고물의 미세구조와 조직감에 대한 연구, 한국식품과학회지, 19(2), 164(1987)

(1988년 4월 9일 접수)