

절단시험과 압착시험에 의한 배추잎의 조직감 측정 비교

이철호 · 황인주
고려대학교 식품공학과

Comparison of Cutting and Compression Tests for the Texture Measurement of Chinese Cabbage Leaves

Cherl-Ho Lee and In-Ju Hwang

Department of Food Technology, Korea University, Seoul

Abstract

The texture measurement of Chinese cabbage leaves used for Kimchi preparation were conducted by cutting and compression test and the results were compared to the sensory evaluation. The cutting force of cabbage leaf stalk increased by blanching or salting, and a maximum cutting force was attained by salting in 15% salt solution for 5 hours. The compression force and recovered height measured by compression test of Chinese cabbage leaf stalk decreased by blanching or salting, and the breaking point disappeared. Treatment with CaCl_2 solution increased the cutting force compression force and breaking strength of fresh leaves, but the effect disappeared by salting or blanching. Cutting strength could be used as a parameter indicating the hardness and chewiness of salted cabbage. Compression force and breaking strength could indicate the textural changes of blanched leaves, but were not useful for the measurement of hardness and chewiness of salted leaves.

Key words: texture measurement, Chinese cabbage, texture, cutting and compression test of cabbage

서 론

김치의 주재료로 사용되는 배추잎의 조직감 측정은 배추잎의 형성순서와 부위에 따라 그 형태와 미세구조가 크게 변하므로 신빙성이 있는 측정치를 얻기가 대단히 어렵다⁽¹⁻⁴⁾. 이 등⁽⁴⁾은 이러한 어려움을 극복하기 위하여 배추잎의 형성순위에 따른 형태학적 변화를 조사하고 배추잎 줄기부분의 절단면 미세구조를 관찰보고한 바 있다. 또한 가열데침이나 소금절임에 의한 미세구조의 변화를 관찰하여 이들 처리에 의한 절단강도의 증가는 주로 세포벽의 포개짐에 의한 절단면의 섬유소의 수적증가에 기인한다고 보고하였다.

본 연구에서는 전보⁽⁴⁾에서 얻은 배추잎의 구조와 절단시험 결과의 관계를 토대로 하여 가열데침, 소금절임, Ca^{++} 처리등의 효과를 절단시험 및 압착시험으로 평가하고 관능검사 결과와 비교 분석하였다.

재료 및 방법

실험재료

본 실험에 사용된 배추는 김치제조에 널리 사용되는 결구포합형 “장수” 품종으로 1987년 2월 진해지방에 파종된 것으로 수확시 최외엽의 전장은 30cm 수준이었으며 포기당 평균무게는 $2.43 \pm 0.50\text{kg}$ 이었다. 길이 10cm 가 되는 속잎(1번 잎이라고 명명)에서부터 절일까지 평균 40개의 배추잎을 가지고 있었으며 본 연구의 기계적 측정에는 17번에서 20번잎(전보⁽⁴⁾의 제3군 시료에 해당)이 사용되었다.

염용액 및 가열데침처리

배추잎의 줄기부분을 시료크기로 잘라 실온(20°C)에서 5~15% 식염용액에 담겨 조직감을 측정하였다. 가열데침은 60-80°C 물에 5분간 시료를 담근 후 건져내어 냉각하였다. 칼슘염용액 처리는 0.05M CaCl_2 에 5분간 담근 것, 15% 식염과 0.05M CaCl_2 혼합용액에 5분간 처리한 것, 이것을 다시 80°C 증류수에 담겨 5분간 열처리한 것

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

으로 나누어 시료로 사용하였다.

기계적 측정법

배추잎의 절단시험과 압착시험에는 Rheometer(R-UDJ-DM, Japan)를 사용하였다. 배추잎 줄기의 밑에서 1/4 높이가 되는 부위의 중앙부분을 절단시험의 경우 2×3cm의 크기로, 압착시험의 경우 1×1cm가 되도록 면도칼로 잘라내어 잎의 안쪽표면이 탐침을 대하도록 장입하였다.

Rheometer의 조작조건은 최대하중 8kg, 변형속도(table speed) 0.8mm/s, 기록계속도(chart speed) 2mm/s였으며 절단시험에는 칼날형탐침, 압착시험에는 직경 26mm의 원판형 탐침을 사용하였다. 압착시험의 압착율은 60%로 하였으며 2회반복 압착에 대한 힘-거리

곡선을 얻었다. 모든 측정은 3회이상 반복하여 그 평균치를 사용하였다.

관능검사

관능검사는 원료배추와 소금절임, 가열데침 및 CaCl₂ 처리한 배추를 가지고 고려대학교 대학원생 8명을 대상으로 굳은정도(hardness), 아삭아삭한 정도(crispiness), 질긴정도(chewiness), 뻣뻣한정도(stiffness)의 조직감 특성을 다시료 시험법에 의하여 평가하였다⁽⁶⁾. 조직감 측정치는 생배추를 0으로 하고 굳은 정도는 가장 흐물흐물한 점수 -5에서 가장 굳은 점수 5점까지를 기입하게 하였으며 가장 물경한 -5에서 가장 아삭아삭한 5점까지, 질긴 정도는 가장 연할 경우의 -5에서 가장 질긴 경우의 5점까지, 가장 아슬아슬한 -5에서 가장 뻣뻣한 경우의

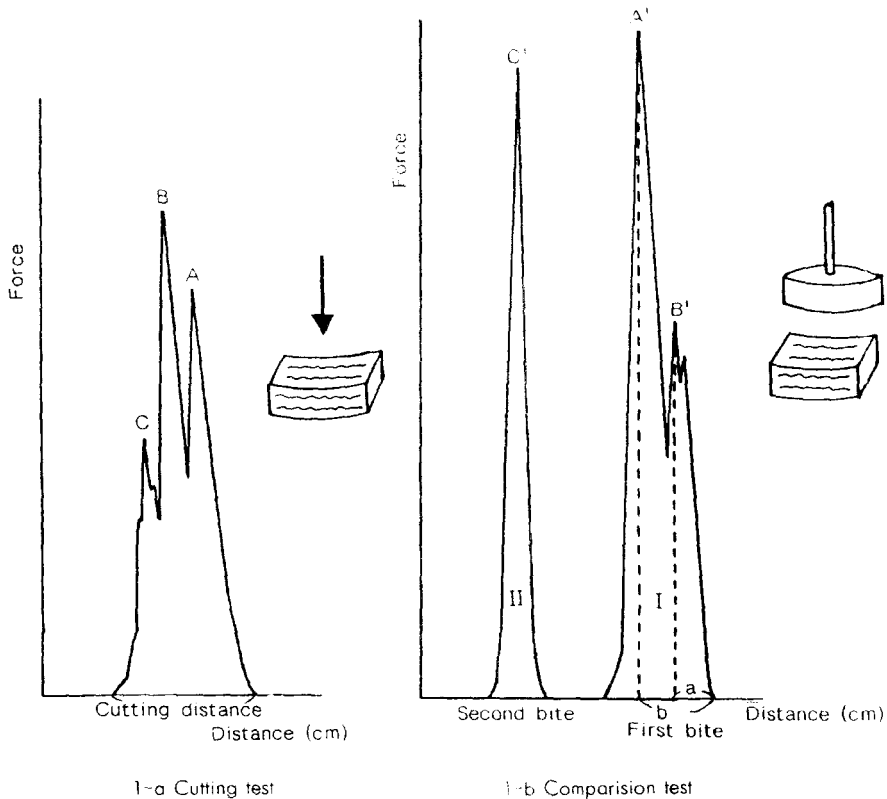


Fig. 1. A typical force-distance curve obtained from cutting and compression tests of Chinese cabbage.

- A: first cutting force
- B: second cutting force
- C: third cutting force
- A': compression force
- B': breaking force
- C': recovered height
- a: breaking point
- II / I: work ratio
- a/Initial sample height: breaking strain

5점까지를 표시하게 하여 기계적 조직감 측정치와 비교하였다.

결과 및 고찰

배추잎의 힘-거리 곡선

Fig. 1은 절단시험과 압착시험에서 얻은 배추잎의 특징적인 힘-거리 곡선이다.

전보⁽⁴⁾에서 언급한 바와 같이 절단시험은(그림 1-a) 배추잎의 안쪽 외피, 내부유관속 부위, 바깥쪽 외피의 절단강도를 각각 나타내는 3개의 peak를 보이고 있다. 반면 압착시험에서는 신선한 배추잎 경우 그림 1-b와 같이 뚜렷한 파열력(breaking force)을 나타내며 비교적 낮은 회복높이를 나타내고 있다. 이러한 압착시험 힘-거리 곡선은 과채류의 특징적인 곡선이며 Bourne⁽⁶⁾등 여러 연구자들에 의하여 보고된 결과와 유사하다.

또한 가열데침 및 소금절임에 의하여 파열점이 소실되는 것이 특징으로 나타났는데 이것은 절단시험에서 측정할 수 없었던 아삭아삭한 정도 혹은 깨어지는 성질(Brittleness)의 변화를 나타내는 지표라고 생각된다.

소금절임 효과

배추잎의 소금절임이 절단시험과 압착시험에 미치는 영향은 Fig. 2 및 3과 같다. 소금절임 시간이 15시간까지 경과함에 따라 배추잎의 절단강도는 증가하였으며 15% 식염농도에서는 5시간 이내에 최고 절단강도에 도달하여 그 후 변화가 없었다.

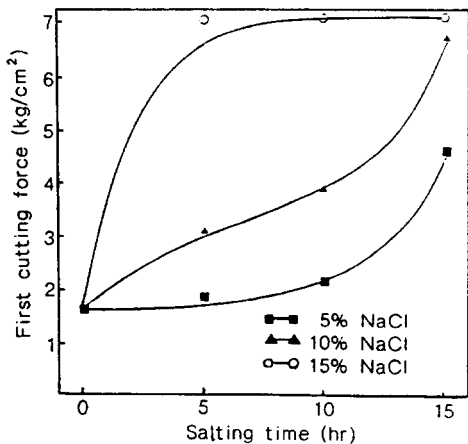


Fig. 2. Changes in first cutting force of cabbage stalk by salting concentration and time.

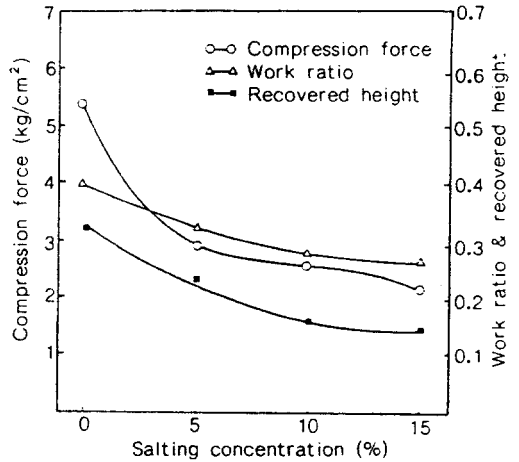


Fig. 3. Changes in compression force, work ratio and recovered height of cabbage stalk by salting concentration (at 10hr.).

달하여 그 후 변화가 없었다. 이 등⁽²⁾의 보고에 의하면 20% 식염농도에서 6시간 절임으로 최소 수분함량에 도달하며 절단강도는 최대치에 도달하였고 그 이후에는 수분함량이 다시 증가하고 절단강도도 저하되는 경향을 나타내었다. 따라서 배추잎의 소금절임에는 최대 절단강도에 도달하는 점이 있는 것으로 사료되며 이 점은 식염농도 15~20%에서 5-6시간 절임으로 도달되는 것으로 사료된다. 이러한 결과는 이⁽⁷⁾의 조리과학적 연구에서 김치제조를 위한 배추절임 조건은 15-20% 식염농도에서 3-6시간이 최적이라는 결과와 일치하고 있다.

한편 압착시험에서는 식염농도가 증가할 수록 압착강도, 회복높이 및 work ratio가 감소하는 것으로 나타났다. 일반적으로 압착강도는 식품의 견고성을, 회복높이는 탄력성을 그리고 work ratio는 응집성을 나타낸다고 하나⁽⁸⁾, 배추잎의 경우에 이러한 일반적 해석이 적용될 수 있는지 조사되어야 한다.

가열데침 효과

배추잎을 60-80°C 물에 5분간 담그어 열처리 하였을 때 절단시험과 압착시험 결과는 Fig. 4 및 5와 같다. 절단시험의 경우 80°C까지 가열에 의하여 배추잎의 절단강도는 크게 증가하는 것으로 나타났다. 그러나 외피부분의 강도(제1 및 제3 절단력)의 강도는 유관속 부분의 강도(제2 절단력)보다 가열에 의하여 상대적으로 감소되는 경향을 나타내었다. 최등⁽⁹⁾의 연구에 의하면 0.03cm 직경

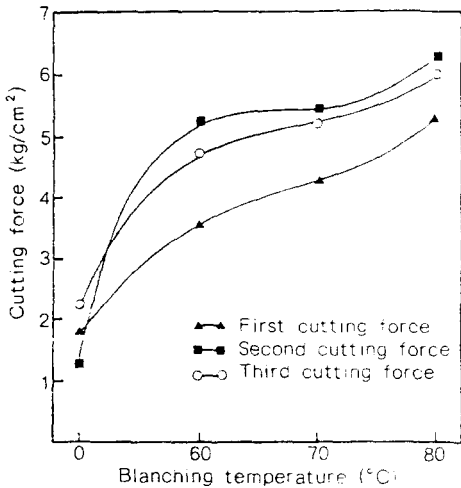


Fig. 4. Changes in cutting forces of cabbage stalk by blanching for 5 min. at different temperatures.

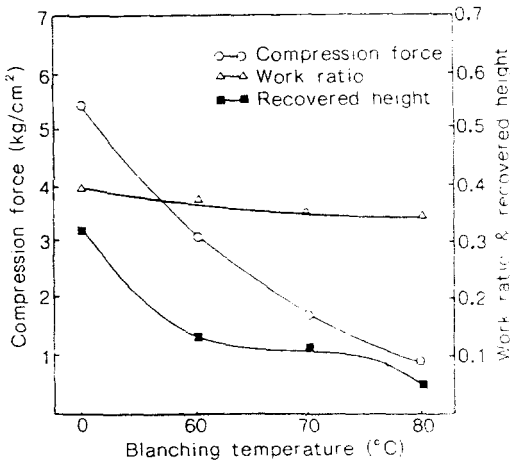


Fig. 5. Changes in compression force, work ratio and recovered height of cabbage stalk by blanching for 5 min. at different temperatures.

의 바늘 탐침으로 침투시험을 하였을 경우에는 가열시간에 따른 연화현상이 직선적으로 나타났으나 1.03cm 직경의 shear puncture 탐침을 침투시켰을 때에는 80°C에서 15분 가열하는 동안 침투강도는 증가되는 것으로 보고되고 있다. 이것으로 미루어 보아 배추잎은 80°C까지의 가열에서는 외피부분이 다소 연화되나 내부 유관속 부위는

영향을 받지 않으며 절단강도는 세포벽의 포개짐 효과에 의하여 증가되는 것으로 사료된다.

이러한 구조적 변화는 전보(4)에서 보고된 내용과 일치하고 있다. 한편 가열데침에 의하여 압착시험의 압착강도는 크게 저하되며 회복높이는 급격히 저하되었다. 그러나 work ratio는 큰 변화를 나타내지 않았다.

소금절임, Ca⁺⁺ 및 데침의 복합효과

Table 1은 배추잎의 처리조건에 따른 두께의 변화와 제1, 제2 및 제3 절단강도의 크기 변화를 나타낸 것이다. 80°C 물속에서 5분간 가열데침으로 약 20%의 수분을 잃어버리게 되며 15% 식염용액에서 5시간 절임으로 약 30%의 수분을 용출하는 것으로 나타났다. 이 두가지 처리를 합하여 소금절임 후 가열데침한 배추잎은 약 40%의 수분을 잃어버리게 된다. 0.05M Ca염 용액처리 배추의 수분용출에 크게 영향을 미치지 못했으나 절단강도의 증가효과를 나타내었으며 특히 신선한 배추와 가열데침한 배추에 Ca⁺⁺을 첨가함으로써 절단강도의 증가가 현저하게 나타났다.

Table 2는 같은 시료들의 압착시험 결과이다. 소금절임과 가열데침에 의하여 신선한 배추잎의 압착강도와 회복높이는 급격히 감소하였으며 파열점이 소실되었다. Ca⁺⁺에 조직경화 효과는 압착시험에서는 더욱 뚜렷이 나타났으며 파열강도가 2배이상 증가하였다. 그러나 이러한 효과는 소금절임이나 가열데침에서는 나타나지 않았다.

관능검사 결과

생배추와 소금절임 및 가열데침을 한 배추의 조직감에 대한 관능평가 결과는 Table 3과 같다. 소금절임에 의하여 굳은정도(hardness)와 질긴정도(chewiness)는 생배추보다 높아졌으며 뻣뻣한 정도(stiffness)는 비교적 낮아졌다. 절임시간이 길수록 또한 식염농도가 높을 수록 굳은정도와 질긴정도는 증가하였으며 반대로 뻣뻣한 정도는 감소하였다. 아삭아삭한 정도는 생배추와 비교하여 보면 큰 차이를 보이지 않았다. 한편 데침을 하게 되면 온도가 높을 수록 굳은정도, 아삭아삭한 정도, 질긴정도, 뻣뻣한 정도가 모두 감소하였다.

이러한 변화는 소금절임에 의한 조직감의 변화가 가열데침에 의한 변화와는 다소 다른 기작으로 일어나는 것을 암시하고 있다.

소금절임의 경우 기계적 측정에 의한 절단력은 배추잎의 질긴 정도 및 굳은 정도와 정의 상관관계를 보이느냐

Table 1. First, second and third cutting force of cabbage stalk by salting, blanching, CaCl₂ treatment

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	5.00 ± 1.04
Salting (15%, 5hr)	0.70 ± 0.07	6.92 ± 1.14	6.74 ± 1.32	7.12 ± 1.28
CaCl ₂ treatment. (0.05M, 5hr)	0.96 ± 0.06	2.00 ± 0.01	1.77 ± 0.90	2.24 ± 0.05
Salting + CaCl ₂ (0.05M)	0.72 ± 0.08	6.88 ± 1.03	6.76 ± 1.44	7.20 ± 1.37
Salting + Blanching	0.60 ± 0.07	6.04 ± 1.13	7.00 ± 0.74	6.24 ± 1.19
Salting + CaCl ₂ + Blanching	0.64 ± 0.05	6.88 ± 1.00	6.84 ± 0.99	6.46 ± 0.54

Table 2. Compression force, recovered height and work ratio of cabbage stalk by salting, blanching, and CaCl₂ treatment

Parameters Samples	Compression force	Recovered height =springness	Work ratio	Breaking point	Breaking force
Fresh cabbage	5.60 ± 0.96	0.32 ± 0.03	0.46 ± 0.02	0.50	2.00
Blanching (80°C x 5min)	1.30 ± 0.08	0.10 ± 0.04	0.36 ± 0.08	0	0
Salting (15% x 5min)	2.48 ± 0.12	0.23 ± 0.04	0.28 ± 0.06	0	0
CaCl ₂ treatment (0.05M, 5hr)	6.00 ± 1.26	0.25 ± 0.05	0.40 ± 0.06	0	0
Salting + CaCl ₂	2.54 ± 0.22	0.23 ± 0.05	0.30 ± 0.06	0	0
Salting + Blanching	2.04 ± 0.20	0.18 ± 0.07	0.25 ± 0.06	0	0
Salting + CaCl ₂ + Blanching	2.20 ± 0.36	0.20 ± 0.06	0.28 ± 0.05	0	0

뻣한 정도와는 역상관 관계를 나타낸다.

그러나 데침배추에서 절단강도가 증가함에도 질긴 정도가 감소하는 것은 데침으로 인하여 외피부분의 뚜렷한 연화현상이 일어남(Table 1)을 뒷받침하여 데침에서는 세포벽의 포개짐 효과와 외피섬유의 연화효과가 동시에 일어난 결과라고 볼 수 있다. 데친 배추의 조직감 변화는 압착시험의 조직감 요소로서 설명이 가능하다. 즉, 굳은 정도의 감소는 압착강도의 저하도 아삭아삭한 정도의 감소는 과열점의 상실과 회복높이의 감소로 나타나는 것 같다. 그러나, 소금절임한 배추의 조직감 변화는 압착시험으로 설명이 어려운 것으로 보인다. 일반적으로 견고성 지표로 알려진 압착강도는 절임배추의 굳은정도와는 무관하며 오히려 뻣뻣한 정도와 관계가 있는 것으로 판단된

다. 절임배추의 아삭아삭한 정도도 과열점의 상실에도 불구하고 생배추와 큰 차이가 없는 것으로 보아 Bourine⁽⁶⁾나 Szczesniak⁽⁸⁾이 정의한 조직감 특성 (brittleness)과는 차이가 있는 것으로 판단된다. 그러나 절단강도의 변화는 소금절임에 의한 배추잎의 굳은정도(hardness)와 질겨지는 정도(chewiness)를 나타내는 조직감 지표로 사용될 수 있을 것으로 보인다. 절임이나 데침, 김치 숙성 과정에서 일어나는 구조적 변화와 조직감 특성변화에 관한 좀 더 구체적이고 폭넓은 연구가 요망되고 있다.

요 약

김장용 배추잎의 조직감 평가를 위하여 절단시험 및 압

Table 3. Sensory score for the texture parameters of Chinese cabbage treated by salting and blanching (The scores for the fresh cabbage is 0)

	굳은 정도 Hardness	아삭아삭한 정도 Crispiness	질긴 정도 Chewiness	뻣뻣한 정도 Stiffness
5%, 5hr	1.08	0.45	1.16	-0.14
5%, 10hr	1.83	0.58	2.33	-0.26
5%, 15hr	2.41	1.45	2.75	-0.38
10%, 5hr	2.00	0.45	2.43	-1.16
10%, 10hr	2.58	0.43	2.65	-1.86
10%, 15hr	3.06	0.15	3.33	-2.78
15%, 5hr	2.86	0.66	2.50	-1.97
15%, 10hr	3.10	0.52	3.66	-3.38
15%, 15hr	3.09	-0.50	3.75	-2.90
60°C, 5min	1.83	1.53	1.58	-0.16
70°C, 5min	1.28	0.16	1.45	-0.21
80°C, 5min	0.33	-0.08	0.41	-0.40

착시험에 의한 기계적 측정을 시도하였으며 관능검사 결과와 비교하였다. 배추잎의 절단강도는 소금절임이나 가열데침에 의하여 증가하였으며 15% 식염용액에서 5시간 절임으로써 최대치에 도달하였다. 압착시험에서 얻은 압착강도와 회복높이는 가열데침이나 소금절임에 의하여 감소되었으며 파열점은 소실되었다. 생배추를 CaCl_2 용액에 처리할 경우 절단강도, 압착강도, 파열강도가 도

두 증가하였으나 절임배추나 가열데침한 배추에서는 Ca^{++} 의 이러한 영향이 나타나지 않았다. 배추잎의 절단강도는 절임배추의 견고성과 씹힘성을 나타내는 지표로 사용될 수 있을 것으로 판단되었다. 압착강도는 파열강도는 가열데침에 의한 배추잎의 조직감 변화를 나타낼 수 있었으나 소금절임한 배추의 견고성이나 씹힘성 지표로는 사용될 수 없었다.

문 헌

1. 윤진영·이수성·우종규 : 김치와 배추기호성에 관한 설문조사 분석, 한국원예학회지, 26(2), 122(1985)
2. 이희섭·이철호·이귀주 : 배추의 열장과정 중 성분변화와 조직감의 변화, 한국조리과학회지, 3(1), 64(1987)
3. 최동원·김주봉·유명식·변유량 : 배추조직의 가열연화의 속도 분석 연구, 한국식품과학회지, 19(6), 515(1987)
4. 이철호·황인주·김경교 : 김치제조용 배추의 구조와 조직감 측정에 관한 연구, 한국식품과학회지, 20(6), 742(1988)
5. 이철호·채수규·이진근·박봉상 : 식품공업품질관리론, 유림문화사 (1984)
6. Bourine, M.C. : Texture Profile of ripening pears, *J. Food Sci.*, 33, 223(1968)
7. 이혜수 : 김치에 대한 조리과학적 연구, 대한가정학회지, 35(1), 617(1972)
8. Szczesniak, A.S. : Classification of textural characteristics, *J. Food Sci.*, 28, 385(1963)

(1988년 4월 9일 접수)