

## 전자레인지의 Ceramic Coating이 채소류의 마이크로파 데치기에 미치는 영향

금준석<sup>†</sup> · 한 역\*

한국식품개발연구원

\*호서대학교 식품영양학과

### Effects of Ceramic Coating for Microwave Blanching on Vegetables

Jun-Seok Kum<sup>†</sup> and Ouk Han

Korea Food Research Institute, Songnam 463-420, Korea

Dept. of Food and Nutrition, Heoseo University, Asan 336-795, Korea

#### Abstract

Changes in quality of blanched vegetables(carrot, green onion, spinach) by microwave heating were evaluated. Ceramic coating treatment(CCT) within microwave oven caused the reduction of blanching time and Hunter's L, a, b values of vegetables. Also, CCT showed the higher cutting force compared to NCCT, after microwave heating. Photomicrographs of cross-section of blanched vegetables after heating in ceramic coated microwave oven showed better appearance than those in nonceramic coated microwave oven. CCT process improved retention of vitamin C.

**Key words:** microwave heating, vegetables, blanching

#### 서 론

마이크로파 가열은 일반적으로 저수분이나 중간 수분 식품에서는 성공적으로 평가되고 있으나(1,2), 고수분을 지닌 식품에서는 크게 성공하지 못하고 있는 실정이다(3,4). 또한 마이크로파 건조시에는 수분 함량을 50% 정도 감소시킨 후 마이크로파를 이용하는 경우가 있으며 최근에는 마이크로파의 이용이 점차 확대되어 해동 및 데치기 등에도 적극적으로 활용되고 있다. 과채류의 경우 물이나 스팀에 의해 데치기를 할 경우 영양소 파괴, 조직감 변화, 데치기시간 증가 등 많은 문제점이 나타나고 있으므로 이를 보완하기 위하여 마이크로파를 이용한 효소의 불활성화가 많이 시도되고 있다(5). 채소류를 데치기 하는데 물이나 스팀을 이용하였을 경우 마이크로파 가열에 비해 시간이 많이 소요되고 영양소 파괴 및 손실이 많다. 따라서 마이크로파를 이용할 경우 데치기 정도를 쉽게 조절할 수 있으며 데치기 한 후의 수율도 증가시킬 수 있다(6). 마이크로파 데치기에 대한 최초의 연구로 Proctor와 Goldblith(7)는 당근, 배, 시금치, 완두콩을 각각 내열성 플라스틱

백에 넣고 3000MHz로 처리한 후 vitamin C의 함량 변화를 측정한 결과 거의 손실이 없었다고 보고하였다. 또한 Copson(8,9)은 2450MHz에서 오렌지 주스 농축물의 pectin-methylesterase 불활성화 시험을 하였다. Chen 등(10)도 감자의 peroxidase를 불활성화시키는데 데치기 효과를 비교하면서 마이크로파의 경제적인 처리 시간이 인정된다고 하였다. 이밖에 Decareau(11)는 마이크로파에 의한 포장된 감자의 데치기 효과 시험에서 좋은 색깔, 풍미, 조직감 등을 유지하였다고 보고하였다. 특히 마이크로파를 이용하여 데치기 한 후 건조시키거나 냉동시킬 때 효과적이라고 보고하였다(12).

마이크로파 가열은 식품 자체와 마이크로파 장치간의 상호작용에도 많은 영향을 미친다. 예를 들어 마그네트론 튜브(magnetron tube) 및 마이크로파 장치 내부의 에너지 전파 양식, 식품 표면에서 마이크로파 에너지의 투과, 반사 및 흡수에 영향을 주는 식품의 전기적, 물리적 성질 등이 이에 속하며 이에 따라 마이크로파 가열의 특성이 변화하게 된다(13-16).

본 연구에서는 채소류를 마이크로파로 데치기를 하였을 때 채소류의 품질 변화 및 전자레인지 내부의 ce-

<sup>†</sup>To whom all correspondence should be addressed

ramic coating 여부에 따른 가열 시간 및 품질 특성을 측정하였다.

## 재료 및 방법

### 재료

본 실험에 사용한 채소류는 당근, 쪽파, 시금치를 시장에서 구입하여 사용하였다.

### 가열방법

수세한 후 일정한 힘으로 5회 동안 물기를 털어 내어 일정 크기로 절단하고 일정 무게를 재어서 플라스틱 비닐백에 넣어 동일한 크기의 구멍을 낸 후 두개의 전자레인지에서(캐비티 내부를 세라믹 처리하지 않은 전자레인지: NCCT, 세라믹 처리한 전자레인지: CCT) 자동 가열 처리하였다. 이 때 각 처리구의 데치기 시간은 자동저장된 내부온도 및 중량센서에 의해 측정하였다.

### 색도 측정

채소류의 표면색도(surface color)는 Chroma Meter (CR-200, Minolta, Japan)를 이용하여 L, a, b값으로 나타내었고, 이 때 calibration plate의 L, a, b값은 각각 97.5, -0.49, 1.96이었다.

### 절단강도 측정

전자레인지에 의하여 데치기가 끝난 채소류는 일정한 크기로 자른 후 칼날(blade)형 probe를 사용한 Rheometer(CR-200D, Sun Co., Japan)를 이용하여 절단강도를 측정하였다. 이때 table speed는 60mm/min, chart speed는 60mm/sec, load cell은 10kg이었다.

### 미세구조 관찰

각 시료는 pH 6.8인 2% glutaraldehyde와 0.05M sodium cacodylate용액에 넣어 얼음 속에서 30분간 전처리를 한 다음 2시간마다 용액을 3회 교환한 후 24시간 동안 4°C에서 방치하였다. 방치한 시료를 2% OsO<sub>4</sub>

용액에서 30분 동안 조직을 고정화시킨 후 30%, 50%, 70%, 95%, 100% 알코올용액 순으로 탈수시켰다. 탈수시킨 시료는 액체 질소로 냉동시킨 다음 절단하여 동결건조기로 건조하였다. 건조된 시료는 gold-polladium으로 코팅하여 주사전자현미경(Scanning electron microscope)에서 면밀하게 미세구조를 관찰한 후 해당 부위를 촬영하였다.

### Vitamin C 측정

시료의 vitamin C는 시료를 6% metaphosphoric acid와 함께 균질화한 다음 원심분리하고 상등액을 여과하여 Liquid Chromatography로 분석하였으며 분석 조건은 Table 1과 같다.

### 효소 불활성화 측정

시료의 효소 불활성화도는 peroxidase 활성으로 나타내었다. 즉 peroxidase 활성은 pyrogallol을 기질로 하여 시료 0.5g에 0.1M phosphate buffer(pH 6.0) 10ml를 가하여 균질화 한 후 10,000rpm에서 10분간 원심분리하여 얻어진 상등액을 조효소액으로 사용하였다. 효소 활성은 3ml cuvette에 조효소액 0.1ml를 넣고 0.1M phosphate buffer(pH 6.0) 0.32ml를 가하여 혼합한 뒤 420nm에서 흡광도 변화를 측정하였다.

## 결과 및 고찰

### 채소류의 데치기 시간 측정

채소류의 당근, 쪽파, 시금치를 NCCT와 CCT의 전자레인지에서 자동 데치기하는데 걸린 시간은 Table 2와 같았다. 당근의 경우 NCCT에서는 1.29분, CCT에서는 1.18분이 소요되었다. 쪽파의 경우 NCCT에서는 1.20분, CCT에서는 1.16분이 각각 소요되었다. 시금치는 NCCT에서 1.27분, CCT에서는 1.22분이 소요되었다. 따라서 세라믹 코팅을 한 전자레인지가 채소류를 데치기하는데 걸린 시간은 세라믹 코팅을 하지 않은 전자레인지 보다 감소하였다.

Table 1. HPLC analysis condition for vitamin C

Instrument	Waters Associate Model 244
Column	YMC-Pack Polyamine II column(4.6×250mm)
Column temp.	40°C
Flow rate	1.0ml/min
Chart speed	0.5cm/min
Mobile phase	Acetonitrile/50nM NH <sub>4</sub> H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> (70 : 30%, v/v)
Injection volume	20μl
Detector	UV(254nm)

**Table 2. Effect of nonceramic and ceramic coating treatment within microwave oven on blanching time of vegetables in microwave auto heating (min)**

Treatment	NCCT	CCT
Carrot	1.29	1.18
Green onion	1.20	1.16
Spinach	1.27	1.22

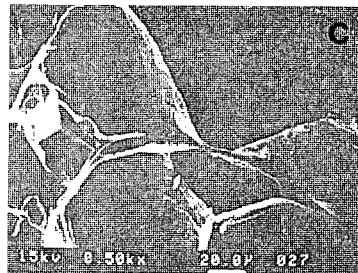
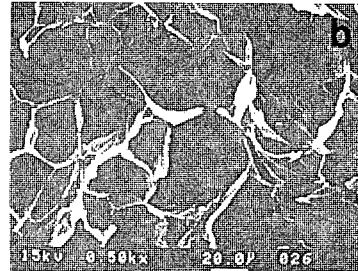
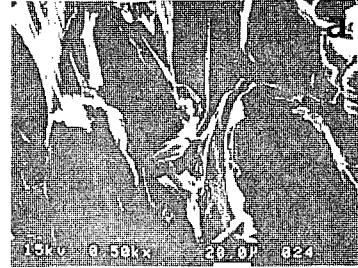
NCCT: Nonceramic coated microwave treatment  
 CCT: Ceramic coated microwave treatment

**채소류의 색도 및 절단강도 변화**

Table 3은 전자레인지에서 데치기한 후 채소류의 색도와 절단강도를 측정한 결과이다. 절단 강도는 당근, 쪽파, 시금치의 경우 모두 대조구에 비하여 데치기한 후 감소하였으며 전자레인지 CCT에 의하여 데치기한 시료들이 전자레인지 NCCT에 의하여 데치기한 것 보다 높은 값을 나타내었다. 이와 같은 결과는 전자레인지 CCT가 NCCT 보다 채소류 시료에 열에 의한 변성을 덜 주는 것으로 판단할 수 있었다. 당근, 쪽파, 시금치에 있어서 L, a, b값은 모두 대조구에 비하여 감소하였다. Mirza와 Morton의(5) 보고에 의하면 색도는 물이나 증기 하에서 가열처리하는 것과 마이크로파를 이용하는 방법에서 모두 약간씩 감소하였으나 방법간의 차이는 크지 않았다고 하였다.

**미세구조 관찰**

당근의 데치기 시험에서 원재료에 비하여 NCCT, CCT 전자레인지 모두 세포벽의 팽창과 모양이 원형에 가깝게 변화하였으나 특히 전자레인지 CCT의 경우



**Fig. 1. Scanning electron micrographs(SEM) of cross-section for carrot blanched by microwave.**  
 a: Untreated  
 b: Nonceramic coated microwave treatment  
 c: Ceramic coated microwave treatment

**Table 3. Effect of nonceramic and ceramic coating treatment within microwave oven on Hunter's color value and cutting force of vegetables after microwave heating**

Vegetables	Parameters	Untreated	NCCT	CCT
Carrot	Cutting force(g)	1240	660	890
	Color			
	L value	53.57	48.08	44.35
	a value	21.93	22.08	25.94
Green onion	b value	32.30	34.41	32.32
	Cutting force(g)	1563	820	1330
	Color			
	L value	46.04	29.70	31.04
Spinach	a value	-14.43	-12.79	-13.04
	b value	25.99	14.34	13.57
	Cutting force(g)	647	464	525
	Color			
	L value	45.52	30.52	29.74
	a value	-14.12	-16.80	-15.89
	b value	20.73	17.47	15.32

NCCT: Nonceramic coated microwave treatment, CCT: Ceramic coated microwave treatment

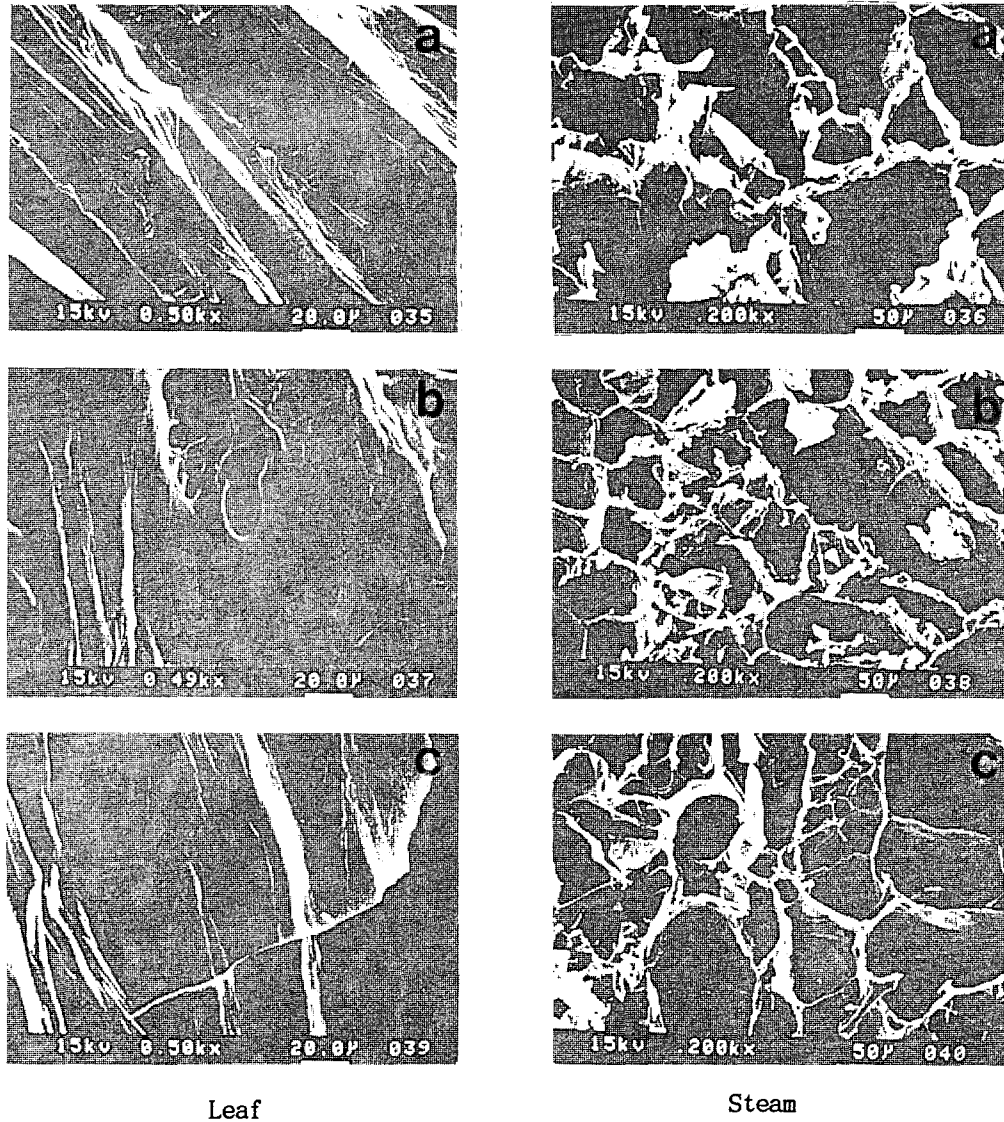


Fig. 2. Scanning electron micrographs(SEM) of cross-section for green onion blanched(leaf and stem) by microwave.

a: Untreated, b: Nonceramic coated microwave treatment, c: Ceramic coated microwave treatment

NCCT에 비해서 좀더 원형에 가깝고 팽창률이 큰 것으로 나타났다(Fig. 1). 데치기 처리 후 쪽파 일부분의 모습은(Fig. 2) 모두 압축한 모습을 나타내었으며 전자레인지 CCT가 NCCT에 비하여 조직이 덜 파괴되었음을 보여주었다. 쪽파 줄기 부분의 미세구조는(Fig. 2) 당근의 경우와 마찬가지로 모양이 원형에 가깝게 팽창이 되었고 전자레인지 CCT의 경우 역시 당근의 경우와 마찬가지로 좀더 원형에 가깝고 팽창률이 큰 것으로 나타났다. 시금치 일부분의 데치기 시험(Fig. 3)에

서 전자레인지 CCT가 시금치의 원형에 가까운 모습을 보여주었고 줄기 부분(Fig. 3) 또한 NCCT에 비하여 CCT의 전자레인지가 원형과 유사하였다. Mirza와 Morton(5) 및 Bacci 등(17)에 의하면 전자레인지를 이용하여 가열처리한 시금치의 미세구조를 살펴 본 결과 조직파괴가 심하지 않았다고 하였다. 본 실험의 미세구조 관찰 결과는 전체적으로 전자레인지 CCT가 NCCT에 비하여 각 시료 공히 대조구와 유사한 미세구조를 나타내었고 특히 시금치 처리구에서는 두 전자레인지

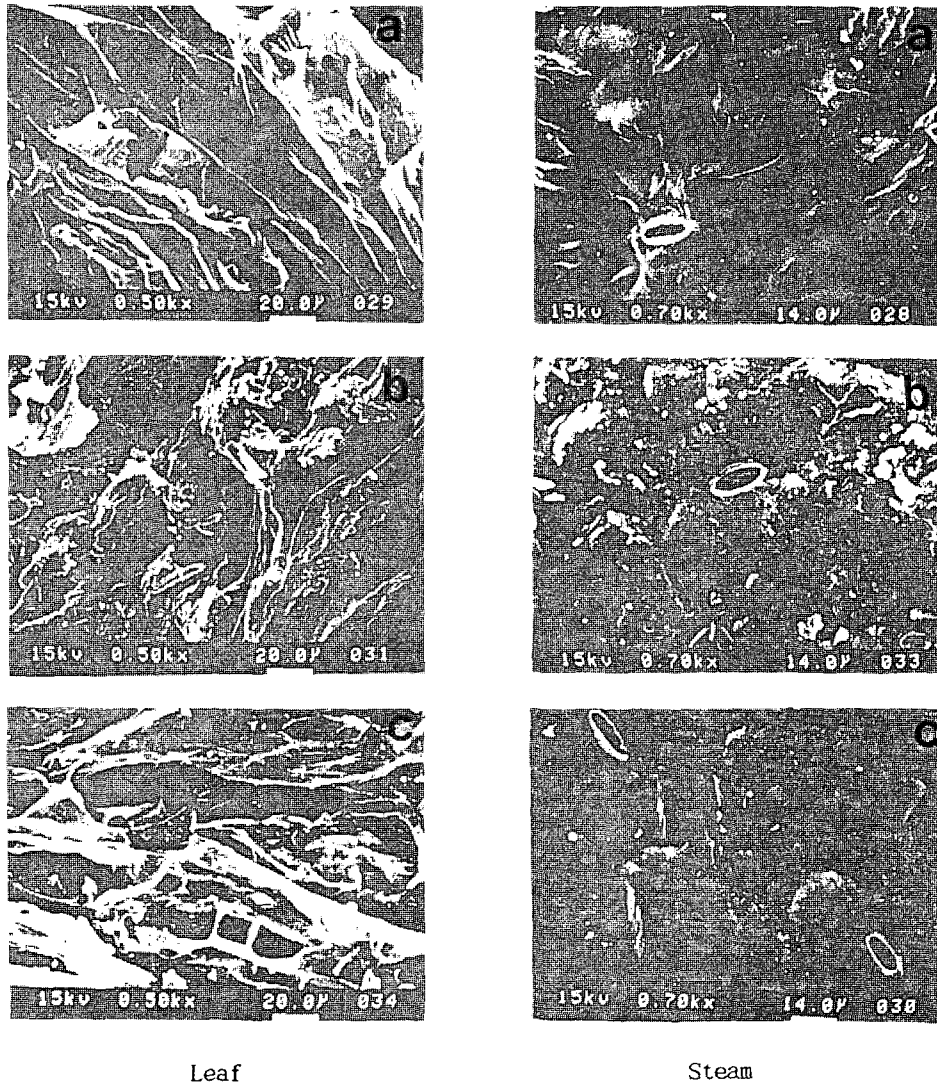


Fig. 3. Scanning electron micrographs(SEM) of cross-section for spinach blanched(leaf and stem) by microwave. a: Untreated, b: Nonceramic coated microwave treatment, c: Ceramic coated microwave treatment

사이에 많은 차이점을 나타내었다.

#### 채소류의 vitamin C 함량 변화

전자레인지간의 채소류의 vitamin C 함량 변화를 비교하여 보면 Table 4와 같다. 시금치는 가장 좋은 vitamin C의 근원으로 알려져 있는데 그 함량은 부위에 따라 차이가 있으며 김(18)은 신선물상태에서 줄기 및 잎의 vitamin C 함량이 각각 11.79, 35.38mg%로 보고하여 줄기 보다는 잎에 더 많은 vitamin C가 포함되어 있다고 보고하였다. 본 실험에서는 부위를 나누지 않고

함께 혼합하여 측정된 것으로 신선물로 환산할 때 vitamin C 함량이 55mg%로 김(18)의 보고 보다는 많이 검출되었다. 전자레인지간의 vitamin C의 손실률을 비교하여 보면 시료 종류에 따라 차이는 있었으나 약 9% 정도 전자레인지 CCT에서 데치기 한 경우가 덜 파괴되는 것으로 나타났다. 특히 쪽파의 경우는 12.9%으로 차이가 컸다.

Quenzer와 Burng(19)는 동결 건조된 시금치에 다양한 데치기 처리를 하여 vitamin C의 함량을 비교해 본 결과 마이크로파 처리를 한 것이 309.8mg/100g의 vitamin

**Table 4. Effect of nonceramic and ceramic coating treatment within microwave oven on content of vitamin C in vegetables after microwave heating**

Vegetables	Content(mg/100g DB)	%	
		NCCT	CCT
Carrot	51	66.7	58.8
Green onion	584	46.3	33.4
Spinach	761	51.4	46.5

NCCT: Nonceramic coated microwave treatment, CCT: Ceramic coated microwave treatment

C 손실이 일어났는데 이 값은 물이나 증기 하에서 처리하는 것 보다 낮은 값이라고 보고하였다. Poljoprivredni(20)는 셀러리, 감자, 양배추를 일정한 크기로 잘라 조건별 처리를 하여 vitamin C의 함량을 비교한 결과 Quenzer와 Burns(19)와 같은 결과를 얻었으며, 또한 vitamin C는 절단 크기가 큰 것이 손실률이 낮았다고 보고하였는데, 본 실험에서 크기가 작은 쪽과가 다른 시료에 비하여 손실률이 높아 Poljoprivredni(20)의 결과와 일치하였다.

마이크로파를 이용한 식품 특히, 채소의 처리는 수분의 증발이나 영양 성분의 용출 등을 크게 유도하지 않기 때문에 끓이거나 데치기 등의 다른 처리에 비하여 효과적이라고 할 수 있다(6,21). 특히 vitamin C는 저장 또는 처리 중 수분의 손실이 일어나면 세포벽 성분에 결합되어 있던 ascorbic acid oxidase가 유리되어 vitamin C를 산화형으로 전환시켜 많은 손실이 발생된다(6). 따라서 채소 등을 저장할 때는 수분의 손실이 일어나지 않도록 포장을 해서 저장하여야만 영양가의 손실을 최소화할 수 있으며, 또한 마이크로파를 이용하여 채소를 처리하는 것이 물이나 증기를 이용하는 방법 보다 영양가의 손실률을 낮출 수 있다.

#### 효소 불활성화

채소류의 가공시 갈변현상은 효소적, 비효소적 갈색화로 구분되며 그중 가장 문제가 되고 있는 것은 비효소적 갈색화이다. 마이크로파 처리에 따른 peroxidase의 활성 변화는 Table 5와 같다. 효소 활성은 마이크로파 처리를 하지 않은 시료의 활성을 100으로 보고 상대

**Table 5. Effect of microwave blanching on the activity of peroxidase in vegetables**

Materials	Relative activity of peroxidase(%)	
	NCCT	CCT
Carrot	3.2	2.8
Green onion	2.6	2.3
Spinach	4.6	3.1

NCCT: Nonceramic coated microwave treatment  
CCT: Ceramic coated microwave treatment

적인 활성으로 나타내었으며 효소 활성을 측정한 결과 시료 중 시금치의 경우가 가장 많이 남아있으며 전자레인지를 NCCT의 경우 4.6%였다. 또한 각 처리구에 있어서 데치기 전의 효소 불활성도가 100%로 기준으로 볼 때 데치기한 후의 효소 활성은 5% 이하로 나타나 각 처리구 모두 효소활성은 거의 없는 것으로 나타났다.

#### 요 약

당근, 쪽파, 시금치와 같은 채소류에 대한 데치기 실험에서 데치기 시간은 전자레인지 CCT가 빨랐으며, 색도 및 절단강도 변화에서는 데치기 처리로 명암도, 적녹도, 황청도, 절단 강도가 대조구에 비하여 감소하였으며 그 감소 폭은 전자레인지 CCT의 경우가 적었다. 미세구조 관찰에서는 전자레인지 CCT가 NCCT 보다 조직 구조가 덜 파괴하는 것으로 나타났으며, vitamin C 함량에서도 전자레인지 CCT가 손실이 적었다.

#### 문 헌

1. Meisel, N. : Microwave drying of pasta products. *Getreide Mehl. Brot.*, **30**, 187(1976)
2. Wysloulzil, W. and Kashyap, S. C. : Microwave sterilization of pea flour and protein concentrate. *J. Microwave Power*, **11**, 212(1976)
3. Dawson, L. E. and Sison, E. C. : Stability and acceptability of phosphate treated and pre-cooked chicken pieces reheated with microwave energy. *J. Food Sci.*, **38**, 161(1973)
4. Bunch, W. L., Matthews, M. E. and Martin, E. H. : Fate of *Staphylococcus aureus* in beef-soy loaves used in hospital chill food services systems. *J. Food Sci.*, **42**, 565(1977)
5. Mirza, S. and Morton, I. D. : Effect of different types of blanching on color of sliced carrot. *J. Sci. Food and Agri.*, **28**, 1035(1977)
6. Lane, R. H., Neggers, Y. B., Bonner, J. L. and Stitt, K. R. : Nutrient quality of selected vegetables prepared by conventional and cook-freeze method. *J. Food Quality*, **9**, 407(1987)
7. Proctor, B. E. and Goldblith, S. A. : Radar energy for rapid cooking and blanching and its effect on vitamin

- content. *Food Technol.*, **2**, 95(1984)
8. Copson, D. A. : Microwave irradiation of fruit juice. U. S. patent 2, **833**, 657(1954a)
  9. Copson, D. A. : Microwave irradiation of orange juice concentrate for enzyme inactivation. *Food Technol.*, **8**, 397(1954b)
  10. Chen, S. C., Collins, J. L., McCarty, I. F. and Johnston, M. R. : Blanching white potatoes by microwave energy followed by boiling water. *J. Food Sci.*, **36**, 742(1971)
  11. Decareau, R. V. : Microwave in food processing. *Food Technol.*, **36**, 81(1984)
  12. Copson, D. A. : Technology of microwave freeze-dried foods. In "Microwave heating" Copson, D. A.(ed.), AVI Publishing Inc., Westport, Conn., p.235(1975)
  13. Bengtsson, N. E. and Risman, P. O. : Dielectric properties of foods at 3GHz as determined by a cavity perturbation technique. II. Measurements on food materials. *J. Microwave Power*, **6**, 107(1971)
  14. Hasted, J. B., Ritson, D. M. and Collie, C. H. : Dielectric properties of ionic solutions. Parts 1 and 2. *J. Chem. Phys.*, **16**, 1(1948)
  15. Mudgett, R. E., Goldblith, S. A., Wang, D. I. C. and Westphal, W. B. : Prediction of dielectric properties in solid food of high moisture content at ultrahigh and microwave frequencies. *J. Food Process. Preserv.*, **1**, 119(1977)
  16. Mudgett, R. E. : Dielectric properties of foods. In "Microwave in the food processing industry" Decareau, R. V.(ed.), Academic Press, Orlando, p.15(1985)
  17. Bacci, M., Checcucci, A., Checcucci, G. and Palandri, M. R. : Biophysical and cellular effects of microwave interacting with plant tissues. *J. Microwave Power*, **20**, 153(1985)
  18. 김상옥 : 시금치 유통중의 조위 현상과 vitamin C의 함량. *한국영양식량학회지*, **14**, 23(1985)
  19. Quenzer, N. M. and Burns, E. E. : Effects of microwave, steam and water blanching on freeze-dried spinach. *J. Food Sci.*, **46**, 410(1981)
  20. Poljoprivredni Fak, Z. : Loss of vitamin C during thermal processing of vegetables. *Hrana-i-Ishrana*, **33**, 9(1992)
  21. Gould, M. F. and Golledge, D. : Ascorbic acid level in conventionally cooked versus microwave oven cooked frozen vegetables. *Food Sci. Nutr.*, **42**, 145(1989)

(1996년 8월 28일 접수)