

## 염절임 및 Blanching시 배추의 물리적 특성의 변화

김주봉 · 유명식 · 조형용 · 최동원 · 변유량  
연세대학교 식품공학과

### Changes in Physical Characteristics of Chinese Cabbage during Salting and Blanching

Ju-Bong Kim, Myung-Sik Yoo, Hyung-Yong Cho, Dong-Won Choi and Yu-Ryang Pyun  
*Department of Food Engineering, Yonsei University, Seoul*

#### Abstract

Changes in weight, volume and density of petiole tissue of Chinese cabbage during salting and blanching were investigated. Rapid changes in mass and volume occurred within 4 hours during salting in 5% salt solution and the changes were nearly completed after 8 h. After salting, the reduction of mass and volume ranged between 22~27% and 22~35%, respectively. Average density of the sample was found to be 0.88 g/ml, and increased to 1.020 g/ml after salting. Air content of the sample ranged from 0.093 to 0.120 ml/ml cabbage, and about 70% of the initial content was expelled from the tissue by salting. The changes of physical properties of the cabbage during steam blanching were similar to those during salting, but their relative values were smaller. A linearization model for physical changes during salting and blanching was proposed.

Key words : Chinese cabbage, salting, blanching

## 서 론

배추는 김치의 주원료로 우리나라 채소류 중에서 가장 큰 비중을 차지하는 것으로 수분이 93% 이상이고 약 10 v% 정도의 조직내 공기를 함유하고 있다<sup>(1)</sup>. 배추가공의 전처리조작으로서 일반적으로 염절임 또는 blanching을 하는데 이 때 부피 및 중량이 매우 크게 변한다.

이러한 부피 및 중량의 변화에 기인되는 물리적 성질은 배추의 텍스처 등의 품질 변화에 큰 영향을 미칠 뿐만 아니라, 여러 가지 응용면에서도 대단히 중요하다<sup>(2,3)</sup>. 또한 배추의 밀도, 부피 등은 열전달문제에 있어 열확산율의 계산, 수력을 이용한 취급장치와 설계, 세척 및 이물질의 분리조작, 저장 및 유통용기의 설계, 물리적 구조의 예측 등에 필요한 기본적인 물리적특성치이나 이들에 대하여 거의 보고된 바가 없다.

따라서 본 연구에서는 김치제조 등 배추가공을 위한 공학적 기초자료로서 염절임과 blanching시 일어나는 배추의 부피, 중량, 밀도 및 조직내 공기함량의 변화를 관찰하고 이들 현상을 수학적 model로 해석하고자 하였다.

## 재료 및 방법

### 재료

본 실험에 사용한 배추는 시장에서 구입한 신선한 결구종 배추로 겉에서부터 16~30번 잎의 줄기부분만을 취하여 4×4 cm로 절단하여 사용하였다. 또한 염절임에 사용한 소금은 한주소금(주)에서 생산한 정제염을 사용하였다.

### 염절임 및 blanching

배추줄기를 4×4 cm로 절단한 시료를 약 25배의 식염용액 (0~20 w/v%)에 완전히 잠기도록 한 후 4°C에서 침지시키면서 시간별로 시료를 채취하였다. 침지 후의 시료는 배추표면을 증류수로 세척하고 겉표면에 묻어있는 물기를 완전히 제거한 후 측정시료로 하였다.

Blanching은 일정온도로 유지되는 반밀폐된 항온수조에서 발생하는 수증기에 시료를 일정기간 노출시켜 행하였다.

### 조직내 공기함량 및 비중의 측정

배추 조직내에 존재하고 있는 공기의 양은 Mitchell 등의 상방치환법으로 측정하였으며, 측정된 공기 중에 포함된 수증기 함량을 보정하여 사용하였다.

Corresponding author : Yu-Ryang Pyun, Department of Food Engineering, Yonsei University, Seoul 120-749

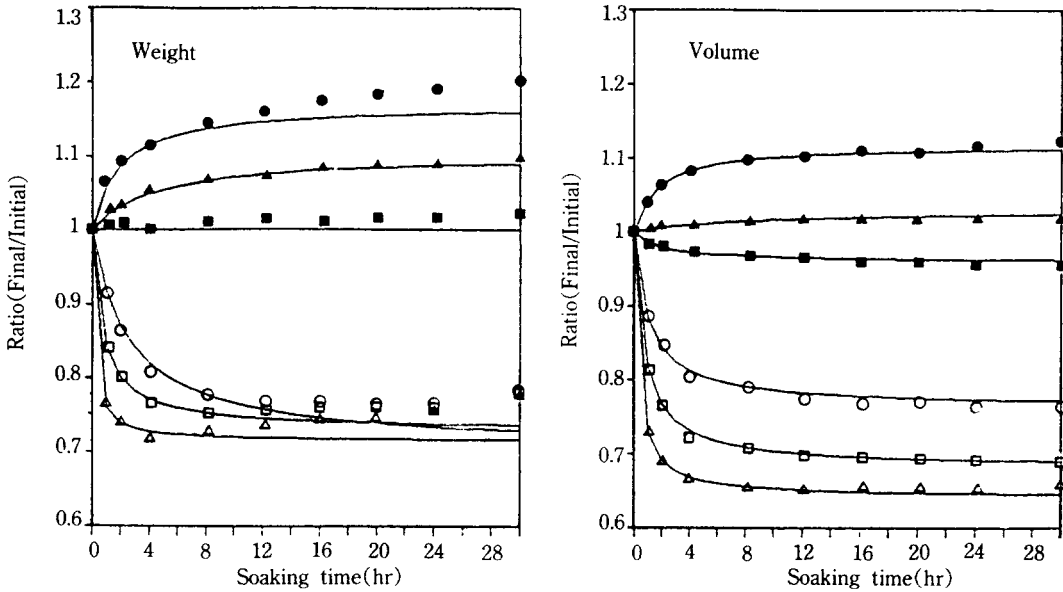


Fig. 1. Changes in weight and volume of Chinese cabbage during soaking in brine of various salt concentration for 30 h at 4°C

Legend : Experimental value  
 ● : 0% ▲ : 0.64% ■ : 1% ○ : 2% □ : 5% △ : 10%  
 Solid line : Calculated value by equation(1)

시료의 무게는 표면수를 흡수지로 제거한 후 측정하였으며, 배추의 비중은 배추줄기를 paraffin으로 coating한 후 부력에 의한 중량 증가로 부피를 측정하고 이때 coating된 paraffin의 부피를 보정한 값으로 배추 무게를 나눠 계산하였다.

결과 및 고찰

염절임 중 중량과 부피의 변화

배추의 1차적인 가공은 일반적으로 염절임 과정으로 이 과정 중에서는 중량 및 부피의 변화가 매우 크며 배추 조직의 텍스처와도 밀접한 관계를 가지고 있으므로 먼저 염절임 과정 중의 배추의 중량과 부피변화를 측정하였다.

각 식염농도에서 30시간까지 염절임 했을 때 생배추에 대한 중량과 부피의 변화율은 Fig. 1과 같다. 식염농도 1% 미만의 염용액에 침지했을 때 배추의 중량은 계속적으로 증가하였으며, 1%에서는 거의 중량변화가 없었다. 1% 미만에서 중량이 계속 증가하는 것은 세포내 액의 염농도가 외부 염용액보다 높기 때문에 삼투압에 의하여 외부의 물이 계속적으로 세포내로 이동되어 팽압(turgor pressure)이 증가되나 관측시간인 30시간내에서는 팽압에 의한 세포막파괴(plasmolysis)가 일어나지 않기 때문인 것으로 해석된다. 2% 이상의 농도에서는 세포 외부의 삼투압이 높아 세포내의 수분이 탈수되면서 원형

질분리(plasmolysis)와 원형질막파괴에 따라 세포내 액이 용액 중으로 급속히 유실되므로 급격한 중량감소가 일어나게 된다. 그러나 약 8시간 후에는 세포내 액의 유실이 거의 끝나 최초 중량의 22~27%가 감소하였으며 그 이후에는 외부용액 중의 NaCl이 세포벽을 통해 세포내로 계속적으로 확산되어 세포내 액의 비중이 높아지기 때문에 중량이 오히려 약간 증가하는 경향을 보였다.

한편, 염절임 중 부피변화는 증류수에 침지시 계속적으로 증가하고, 0.64% 용액에서는 2% 증가, 1% 용액에서는 4% 정도 감소되었다. 2% 이상 염용액에 침지했을 때는 초기 4시간 동안에 급속히 부피가 감소되고, 그 이후에는 거의 평형에 도달되었으며 염농도가 높을 수록 부피감소율이 커 22~35% 감소하였다.

저장액(hypotonic solution)에서 중량증가율이 부피증가율보다 큰 것은 배추조직의 비중보다 침투되는 물의 비중이 높기 때문이며, 고장액(hypertonic solution)에서 부피감소율이 중량감소율보다 큰 것은 세포내 액이 유실되면서 조직이 수축될 때 조직내 포집되어 있던 공기가 구속되기 때문이다.

저장액에서는 중량과 부피가 평형에 도달하는 시간이 길어지나 고장액에서는 초기 4시간 동안에 급격히 감소되고, 12시간에서 거의 평형에 도달했다.

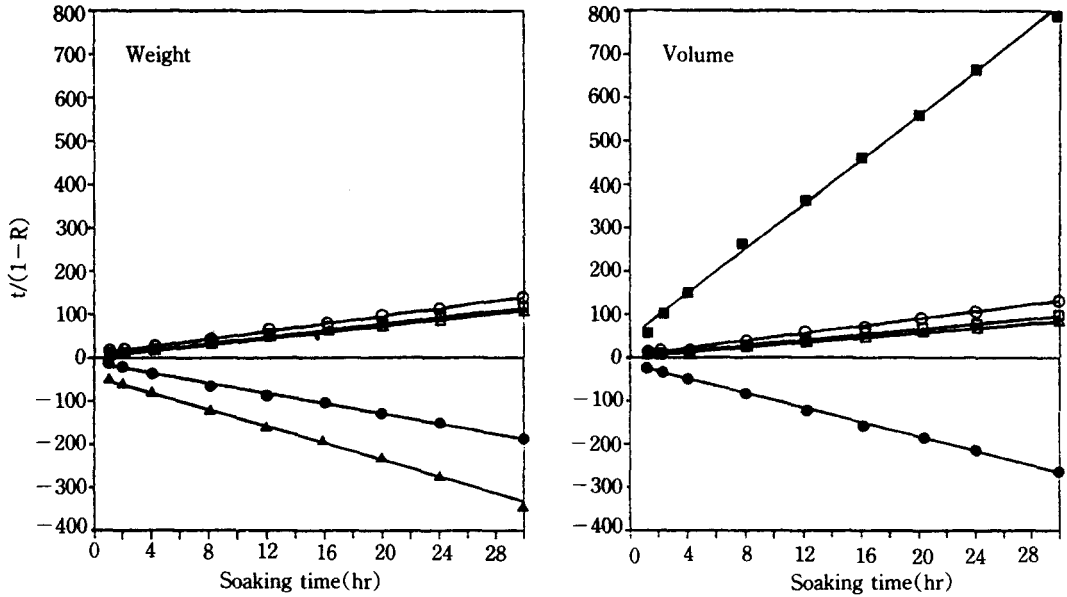


Fig. 2. Linearized weight and volume change curves of Chinese cabbage during soaking in brine of various salt solutions

● : 0% ▲ : 0.64% ■ : 1% ○ : 2% □ : 5% △ : 10%

염절임 중 중량 및 부피변화의 모델

염절임 중 중량과 부피의 변화를 수학적 표현으로 모델화하기 위하여 먼저 중량과 부피의 변화를 normalization하면<sup>(5)</sup>

$$\frac{X_0 - X_1}{X_0} = 1 - \frac{X}{X_0} = 1 - R \quad (1)$$

여기서  $X_0$ 는 초기의 중량 또는 부피,  $X$ 는 염용액에 침지한  $t$ 시간 후의 중량 또는 부피이고  $R$ 은  $t$ 시간 후의 중량 및 부피의 초기값에 대한 분율이다.

$(1-R)$ 과  $t$ 의 관계는 중량과 부피변화 곡선의 해석으로 여러 가지 식을 검토한 결과 다음과 같은 식으로 나타낼 수 있을 것으로 생각되었다.

$$1 - R = \frac{t}{k_1 + k_2 t} \quad (2)$$

$$\frac{t}{1 - R} = k_1 + k_2 t \quad (3)$$

식 (3)에서  $t/(1-R)$ 과  $t$ 를 plot하여 직선이 얻어진다면 식 (3)은 염절임 중 중량 및 부피변화와 시간관계를 나타내는 모델로 성립된다고 할 수 있다.

실제 데이터를 갖고 plot한 결과 Fig. 2에 나타난 것과 같이 중량 및 부피변화의 경우 상관관계( $r < 0.9999$ )가 매우 높게 직선이 되었으므로 식 (3)은 잘 성립된다고 할 수 있다. 식 (3)에서 각 농도별  $k_1$ 과  $k_2$ 를 구하면 각 염농도에서 침지시간에 따른 배추의 중량과 부피변화를

예측할 수 있으며  $t \rightarrow \infty$  일 때 평형상태에 변화율 ( $R_e$ )은 식 (2)에서  $(1 - 1/k_2)$ 가 되므로 쉽게 예측할 수 있다.

실질적으로 변화가 거의 완료되는 8~12시간까지의 데이터로부터 구한  $k_1$ 과  $k_2$ 를 Table 1에 나타내었으며, 이 값으로부터 계산한  $R$ 값을 Fig. 1에 실선으로 표시한 결과 실측치와 거의 일치하였다. 다만 중량변화의 경우 침지 12시간 이후 일 때 다소 실측값에서 벗어났으나 이는 전술한 것과 같이 식염의 확산에 기인되는 것이며, 실질적으로 모델식 적용에는 거의 문제가 없을 것으로 생각된다.

염절임배추의 밀도

배추줄기의 염절임 중 중량과 부피가 현저히 변화하므로 밀도의 변화도 예상된다. 각 식염농도에서 30시간 침지하여 거의 평형상태에 도달했을 때의 밀도를 Table 2에 나타내었다. 실험에 사용한 생배추의 평균밀도는 0.881 g/ml이었다. 염농도 0.2 M 이하의 용액에 염절임한 배추의 밀도증가율은 비교적 컸으나 그 이상의 농도에서는 거의 일정하였다. 이와 같이 염절임 후 배추의 밀도가 15% 증가하는 것은 전술한 바와 같이 염절임 과정 중에 중량감소율보다 부피감소율이 높기 때문이며 또한 침지 과정 중에 배추조직 중의 공기가 구축되었기 때문이다.

대표적으로 5% 및 10% 염용액에 침지했을 때 배추 중의 공기함량의 변화를 Fig. 3에 나타내었다. 배추 중의 공기함량은 시료에 따라 상당히 차이는 있을 것이나 본

**Table 1.** Coefficient of linearization mode(Eq.(1)) for weight and volume change during salting and steam blanching

	Weight		Volume	
	K1	K2	K1	K2
<b>Salt concentration(%)</b>	<b>Salting</b>			
0.00	-10.34	-5.60	-15.04	-8.38
0.64	-41.79	-9.71		
1.00			44.06	22.65
2.00	8.73	3.41	4.41	4.24
5.00	2.65	3.72	2.33	3.15
10.00	0.64	3.52	0.92	2.79
<b>Blanching temperature(°C)</b>	<b>Blanching</b>			
60.00	60.27	24.81	24.17	8.75
70.00	38.63	16.19	12.93	5.93
80.00	35.82	14.92	10.25	4.85
90.00	16.35	10.89	6.57	3.92

실험에 사용한 시료의 경우는 0.093~0.120 ml/ml 배추이었으며, 염용액의 농도에 관계없이 조직 중의 공기는 침지 초기에 급속히 빠져나와 4시간 후에는 초기 공기함량의 약 25%로 거의 평형에 도달하였다.

**생배추의 blanching 중 물리적특성의 변화**

생배추를 수증기로 blanching하는 과정 중 물리적특성의 변화를 살펴보기 위하여 중량, 부피 및 밀도의 변화를 측정하였으며 그 결과를 Fig. 4에 나타내었다. Steam blanching시 중량의 변화는 60, 70, 80 및 90°C에서 각각 초기 중량의 3.7, 5.1, 5.7 및 7.2%가 감소하여 염절입의 경우에 비하여 매우 적었다. 염절입의 경우는 삼투압차에 의하여 조직내부의 수분이 탈수되는데 비하여 steam blanching은 가열에 의한 배추수분의 증발로 인한 수분손실이 생기기 때문이다. 또한 초기부피에 대한 감소율은 각 온도에서 각각 9.2, 14.2, 16.7, 19.1%로 중량의 변화보다 컸으나, 염절입시 부피감소율의 약 1/2 정도이었다.

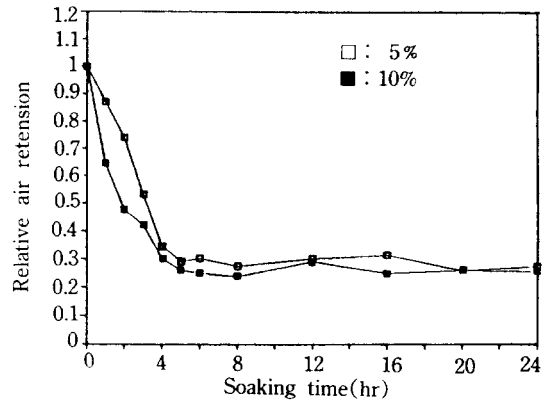
한편, blanching시 중량 및 부피의 변화에 대한 식 (2)의 적용성을 검토한 결과 매우 잘 적용되었으며 각 온도에서 구한 k<sub>1</sub> 및 k<sub>2</sub>값은 Table 1에 나타내었다. 이 값을 이용하여 식 (2)로 각 온도에서의 중량 및 부피감소율을 계산하여 Fig. 4에 실선으로 표시한 결과 일치됨을 알 수 있다.

Blanching에 따른 배추의 중량과 부피변화를 반영하는 밀도의 변화를 살펴본 결과 생배추의 초기 밀도 0.881~0.913 g/ml에서 blanching되면서 서서히 증가하여 5분 후에 0.936~1.00 g/ml로 거의 일정하게 되었다.

일반적으로 채소류 열처리과정 중 blanching의 주목

**Table 2.** Changes in density of Chinese cabbage after soaking in brine of various salt concentration for 30h

Salt Con- centration (M)	Density(g/ml)		Relative Change ( $\rho_t - \rho_i$ ) / $\rho_i$
	initial( $\rho_i$ )	Final( $\rho_t$ )	
0.0	0.869	0.956	0.100
0.1	0.880	0.966	0.097
0.15	0.877	0.989	0.127
0.2	0.873	1.007	0.153
0.3	0.885	1.016	0.149
0.4	0.884	1.023	0.157
0.5	0.886	1.017	0.147
0.6	0.893	1.048	0.174
0.7	0.882	1.004	1.138
0.8	0.881	1.027	0.165

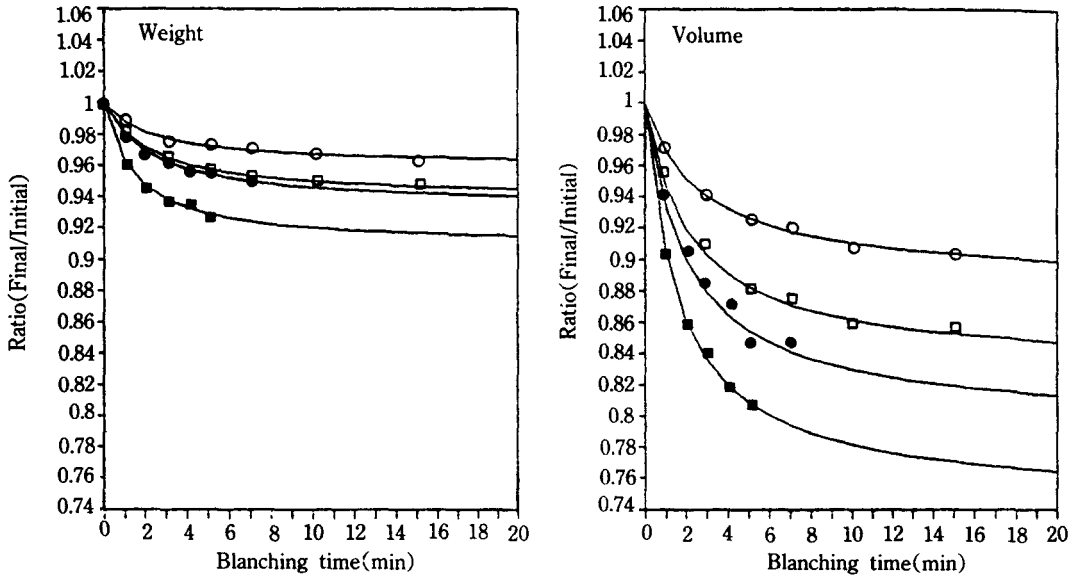


**Fig. 3.** Changes in air volume of Chinese cabbage during salting

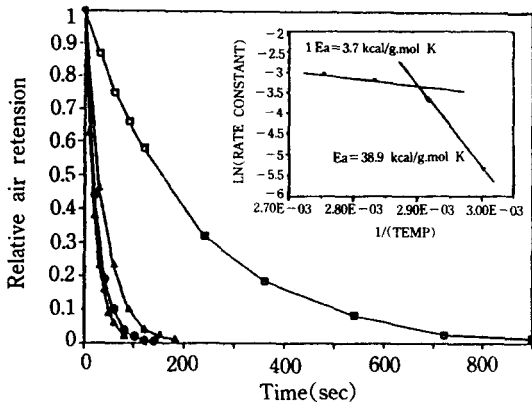
적은 유해효소의 불활성화와 부피의 감소, 조직내 공기의 구속 및 이에 따른 가공적성의 향상에 있다. 따라서 blanching 중 공기구축에 대한 kinetic data를 구하기 위하여 일정온도로 유지되는 항온수조에서 배추 줄기조각을 가열하면서 그 때 구속되는 공기량을 측정하였다.

그 결과 Fig. 5에 나타난 것처럼 가열초기에 급속히 감소하여 60°C를 제외하고는 모두 2~3분내에 완전히 제거되었다. 본 실험에 사용한 시료배추 중의 공기함량은 0.093~0.120 ml/ml 배추이었으나 80 및 90°C에서 5분간 blanching하면 배추조직 중 공기는 거의 구속되어 잔존량이 0.056~0.022 ml/ml 배추에 지나지 않았다.

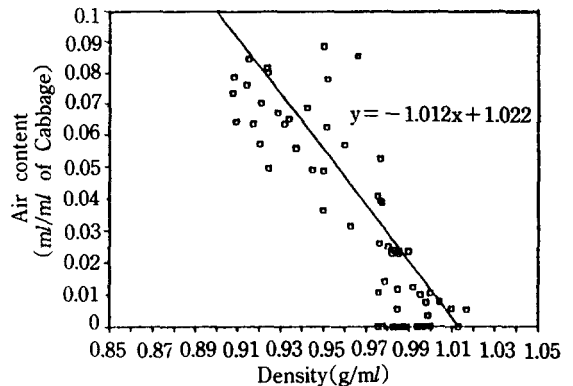
한편, 가열 중 배추 조직내 공기구축은 1차 속도식으로 표현할 수 있었으며, 이 때 온도의존성에 대한 활성화에너지는 70°C 이상과 이하에서 현저한 차이를 나타내 각각 3.7 및 38.9 kcal/g · mol · K이었다. 이와 같이 두 구간에 활성화에너지에 현저한 차이를 보이는 것은 70°C를 전후하여 조직구조가 변하기 때문인 것으로 생각된다. 식물세포의 세포벽은 조직의 경도를 유지해 주는



**Fig. 4.** Changes in weight and volume of Chinese cabbage during steam blanching  
 Legend : Experimental value ○ : 60°C □ : 70°C ● : 80°C ■ : 90°C  
 Solid line : Calculated value by equation(1)



**Fig. 5.** Relative air retention of Chinese cabbage during water blanching



**Fig. 6.** Relation between air content and density of Chinese cabbage

일종의 골격을 이루고 있는데 70°C 이상에서는 세포막이 반투과성을 상실하여 급격한 연화와 동시에 급격히 조직내 가스가 구속되는 것으로 판단되었다(6,7).

한편, 채소류 열처리과정 중 조직내 공기함량은 밀도, texture 및 전열특성에 크게 영향을 미치므로 공정의 진행에 따른 공기함량의 변화를 알 필요가 있다. 그러나 공기함량을 측정할 수 있는 방법의 대부분이 파괴적인 방법이므로 측정하기 쉬운 다른 물리적인 특성값과의 상관성을 알면 개략적인 값을 예측할 수 있을 것이다. Blanching 중 주로 배추 표면 수분이 증발하여 중량이 감소되고 실질적으로 수분함량에는 큰 변화가 없으며

부피감소는 주로 조직내 공기 구속에 기인하는 것으로 생각되므로 생배추를 여러 조건에서 blanching한 후 조직내 잔존공기량과 그 때의 비중과의 관계를 조사하였다. Fig. 6에 나타난 것처럼 유의적인 관계가 성립되었으며 밀도(g/ml) Y와 공기함량(ml/ml 배추) X사이에는  $Y = -1.012X + 1.022$ 의 상관관계를 보였다.

**염절임배추의 blanching 중의 변화**

각 식염농도에서 염절임한 배추줄기를 blanching하였을 때 중량, 부피 및 밀도의 변화를 측정하였으며 대표적으로 5% 염용액에 24시간 침지한 시료를 90°C에서

**Table 3.** Changes in residual air volume and density of salted Chinese cabbage during steam blanching at 90°C

Blanching time (min)	Residual air content (ml/ml of cabbage)	Density (g/ml)
0	0.023	0.974
1	0.022	0.981
2	0.019	0.985
3	0.017	1.004
4	0.016	1.008
5	0.014	1.014

steam blanching할 때의 변화를 Table 3에 나타내었다. 염절입한 배추의 blanching은 약 2분만에 완료되었으며 이 때 중량은 8% 정도 감소하였다. 90°C에서 5분 blanching하였을 때 부피는 약 10% 정도 감소하여 생배추 부피감소율보다 약 1/2 감소되었다. 이는 전술한 바와 같이 염절입시 이미 약 30%의 부피가 감소되고 약 70%의 공기가 구축되었기 때문이다.

한편, 잔존공기량의 변화를 보면 배추 중에는 초기 0.093~0.120 ml/ml 배추의 공기가 함유되어 있었으나 5~10% 염용액에 염절입함으로써 0.023~0.029 ml/ml 배추로 약 3/4이 감소하고 blanching한 후에는 0.014~0.017 ml/ml 배추가 되었다. 밀도는 염절입 후 0.974~1.009 g/ml에서 blanching함으로써 1.014~1.020 g/ml로 약간 증가하였다.

## 요 약

배추 가공을 위한 물리적 성질의 기초 자료로서 배추 줄기의 염절입과 blanching시 중량, 부피 및 밀도의 변화를 측정하였다. 5% 이상의 소금 용액에 침지했을 때 배추의 중량 및 부피는 초기 4시간 동안에 급격히 감소되고 8시간 후에는 실질적으로 완료되었으며 이 때 중량감소율은 22~27%, 부피감소율은 22~35%로 중량 감소에 비해 부피 감소가 더 컸다. 시료로 사용한 생배추 줄기의 평균 밀도는 0.881 g/ml 였으며, 0.2 M 이상의

염용액에 염절입했을 때 농도에 따른 밀도차이는 거의 없었으며 약 15% 증가한 평균 1.02 g/ml였다. 한편 생배추 시료의 공기함량은 0.093~0.120 ml/ml 배추였으며 염절입 4시간 동안에 급격히 구축되고 그 후 거의 변화가 없었으며 초기 공기함량의 약 25%가 잔류되었다. 생배추 줄기를 60~90°C 범위에서 steam blanching 했을 때 중량 및 부피감소율은 각각 3.7~7.2%, 9.2~19.1%였으며, 밀도는 0.936~1.000 g/ml, 잔존공기량은 0.056~0.022 ml/ml 배추였다. 또한 염절입 배추의 steam blanching의 중량 및 부피변화율은 각각 8%, 10% 정도로 부피변화율은 생배추의 1/2밖에 되지 않았다. 염절입 및 blanching의 속도는  $t/(1-R) = k_1 + k_2 \cdot t$ 의 식으로 표현할 수 있었으며 R은 초기값에 대한 상대적 변화율,  $k_1$ ,  $k_2$ 는 각각 상수이다.

## 문 헌

1. 변유량, 신승규, 김주봉, 조은경 : Retort pouch 김치의 전열특성과 살균조건에 관한 연구. 한국식품과학회지, 15, 414(1983)
2. 권태환 : 김치 저장에 관한 연구. KAIST Report BSI 227-926-5(1977)
3. 김우정, 구경형, 조한옥 : 김치의 숙성과정 중 물리적성질의 변화. 한국식품과학회지, 20, 483(1987)
4. Mitchell, R.S., Lynch, L.J. and Casimir, D.J. : Blanching of green peas. *Food Technol.*, 23, 812(1962)
5. Peleg, M. : Linearization of relaxation and creep curves of solid biological materials. *J. Rheology*, 24, 451(1980)
6. 田村暎江 : 野菜の煮熟による軟化と組織の形態. *New Food Industry*, 31(11), 69(1989)
7. Pereira, E.C., Norwig, J. and Thompson, D.R. : Green bean and asparagus blanching data. *Transaction of the ASAE*, 27, 624(1984)

(1990년 5월 3일 접수)