

Quality characteristics of outer leaves of Kimchi cabbage according to various blanching treatment conditions

Joo-Heon Hong¹, Tae-Young Hwang^{2*}

¹Department of Food Science and Technology, Catholic University of Daegu, Gyeongsan 38430, Korea

²Department of Food Science and Technology, Jungwon University, Goesan 28024, Korea

국내산 배추 우거지의 blanching 처리에 따른 품질 특성

홍주헌¹ · 황태영^{2*}

¹대구가톨릭대학교 식품공학전공, ²중원대학교 식품공학과

Abstract

The aim of this study was to establish an optimum blanching condition for outer cabbage leaves to increase utilization of the byproduct. Outer leaves of Kimchi cabbages were cut to size (4×4 cm) and blanched at 80, 90, 100 °C for 1, 3, and 5 min. Subsequently, weight loss, pH, total bacteria, coliform and texture properties were investigated. Sensory evaluation of a ready-to-cook soup prepared from blanched outer leaves was investigated to determine whether the quality of the blanched outer leaves was acceptable. Both weight loss and pH of outer leaves of Kimchi cabbage were increased by blanching. Compared to raw samples, total bacterial counts decreased and coliform bacteria were not detected. The hardness of raw leaf samples was 1.5 kg·force (N). Sample hardness was 18.7~21.7% lower after blanching for 3 min and 34.8~36.7% after blanching for 5 min. Sensory evaluation of outer leaves blanched at 100 °C for 5 min revealed significant differences from the other treatments ($p<0.05$). In addition, sensory evaluation scores for texture and appearance of outer leaves blanched at 100 °C for 3 min were higher than those for commercially available products. The results of this study indicate that blanching can be effective for developing a food product from the outer leaves of Kimchi cabbage.

Key words : outer leaves, Kimchi cabbage, blanching, texture, sensory evaluation

서 론

최근 급변하는 환경 속에서 소비자의 식품소비 형태도 건강, 환경 친화, 편리성을 확보하고 있는 고품질의 제품에 대한 수요 증가로 나타나고 있다. 이러한 이유로 시판 김치 뿐 아니라 김치용 절임배추에 대한 수요 또한 성장하고 있다(1,2). 절임배추의 생산과정 중 발생하는 각종 부산물의 양도 동시에 증가하고 있다. 특히 배추의 비가식부위를 제거한 곱잎, 즉 우거지의 발생량은 업계 추산 약 25%

에 달하고 있어 절임배추 생산단가의 주요 상승요인으로 작용하고 있으며, 작업장 위생환경 등에 부정적인 영향을 미치고 있다. 절임과정 중 발생하는 우거지는 가식부위로 써 식재료로 사용 가능하나, 선별, 수거시스템 및 관련 전처리 기술의 미비로 인해 대부분 산업쓰레기로 폐기되고 있다.

한편 우거지는 배추의 녹색 곱잎을 통칭하는 용어로, 소비자들에게 섬유질이 풍부하고 토속적인 건강 식품소재로 인지되고 있으며 각종 국, 탕의 주원료로 애용되고 있는 원료이나 용어에 대한 정확한 정의조차 이루어지지 않아 무청, 시래기 등과 혼용되어 사용되고 있다(3). 또한 우거지를 식재료로 활용하기 위해서는 우거지 원료의 품질규격 설정과 효율적 수거시스템의 설정 및 건조 등의 다양한 전처리 방법을 활용한 원료의 보존성 연장이 필요하다(4,5). 특히 중요한 품질지표로는 조직감을 들 수 있는데, 너무 연하거나 질기지 않도록 전처리 해야 한다.

*Corresponding author. E-mail : hty301@jwu.ac.kr
Phone : 82-43-830-8617, Fax : 82-43-830-8679
Received 29 September 2016; Revised 5 December 2016;
Accepted 5 December 2016.
Copyright © The Korean Society of Food Preservation. All rights reserved.

국내를 중심으로 김치의 산업화와 함께 김치 및 절임배추에 관한 다양한 연구는 활발히 보고되고 있으나, 우거지 및 관련 제품에 대한 관심과 연구는 아직 미흡한 실정이다. 배춧잎을 대상으로 조직감을 연구한 관련 보고로는 다양한 조직감 측정방법 연구(6), 염절임 및 blanching 등 가열처리에 따른 물성변화에 대한 연구들이 있다(7-10). 또한 채소류에 대한 필수 전처리로 인식되고 있는 blanching은 품질열화를 유발하는 각종 효소의 불활성화를 통해 품질향상을 꾀할 수 있는 전처리 방법으로, 이러한 blanching 처리가 배추의 이미, 이취를 유발하는 것으로 알려진 lipoxigenase, polygalacturonase와 같은 조직감에 영향을 주는 효소에 미치는 영향에 관한 연구들이 보고되고 있다(11-13).

즉, 절임배추 공정 중 부산물로 발생하는 우거지 원료의 활용까지 제고를 위한 제품화를 활발히 하기 위해서는 우선 우거지 원료에 대한 효율적인 전처리 방법의 연구를 통해 품질규격을 설정해야 할 것이다. 따라서 본 연구에서는 우거지 전처리의 필수과정인 blanching 조건의 세부적인 설정을 통해 물성을 중심으로 한 품질변화를 조사하고 최적조건으로 전처리한 우거지를 활용한 완제품 국의 관능적 품질을 측정하여 관련 제품화의 기초연구로 활용하고자 한다.

재료 및 방법

실험재료

괴산지역 소재 농가의 배추밭에서 직접 수확한 배추를 수확 후 즉시 냉장보관하면서 실험에 사용하였다. 사용한 배추는 괴산시골절임배추의 주요 품종인 ‘불암 3호’였다. 우거지 제조를 위해 배추의 비가식부위 및 흙과 같은 이물들을 제거하고, 녹색을 띠는 잎을 채취하여 실험에 사용하였다. 사용한 배추의 평균 중량은 $3,937.2 \pm 199.9$ g, 평균 길이는 39.6 ± 1.7 cm로 나타났다. 이때 녹색 잎 부위만을 취한 경우 배추 총중량의 평균 30% 수준이었다.

Blanching 처리 방법

비가식부위를 제거한 배추의 녹색 잎 부위만을 대상으로 4×4 cm로 절단하고 세척한 후 80, 90, 100°C에서 각각 1, 3, 5분간 blanching하였고, blanching 직후 냉각 증류수에 담그어 냉각하고 종이타올로 표면의 물기를 제거하였다. Blanching은 각 구별로 200 g의 배추를 사용하여 항온이 유지되는 water bath에서 5 L의 물을 가하여 일정시간 처리하였다.

중량감소율 및 pH 측정

Blanching 조건에 따른 중량감소율은 blanching 전후의 배추는 중량측정 후 다음과 같이 계산하여 나타내었다.

$$\text{Weight loss(\%)} = \left(w_0 - \frac{w}{w_0} \right) \times 100$$

w_0 : initial weight of sample(g)

w : weight of the sample after blanching(g)

배추 10 g에 90 mL의 증류수를 가하여 마쇄 및 여과한 여액을 사용하여 pH 미터기(420A, Orion, Beverly, MA, USA)를 이용하여 측정하였다.

총균수 및 대장균군수 측정

멸균관에 시료 10 g씩을 넣고 0.85% Saline solution을 90 mL 가하여 1분간 상하좌우로 각 100회씩 교반한 후, 1 mL씩 취하여 일반세균배지(Petrifilm™ aerobic count, 3M, St. Paul, MN, USA), 대장균군배지(Petrifilm™ coliform count, 3M)에 각각 접종하였다. 접종 후 일반세균은 35°C에서 48시간, 대장균군은 35°C에서 24시간 동안 배양한 후 colony 수를 측정하여 log colony forming unit(CFU/g)으로 나타내었다.

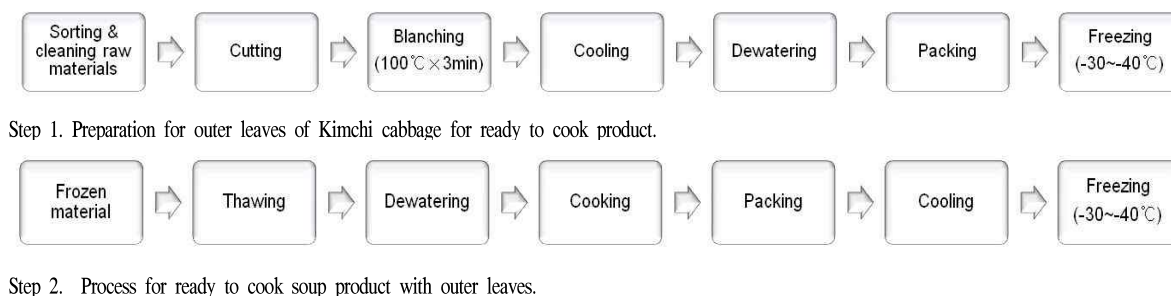
경도 측정 및 관능평가를 통한 조직감 조사

Blanching에 따른 배추의 경도변화는 rheometer(Compac-100II, sun scientific Co., Ltd., Japan)를 사용하여 측정하였다. 측정은 25 mm인 원판형 probe를 장착하고 배춧잎의 안쪽이 probe에 접하도록 하여 30 mm/min의 속도로 압축하고 10회 반복 측정하였으며, 이때의 최대강도를 hardness (kgf)로 나타내었다.

또한 총 8명의 패널에 의한 관능평가를 통해 blanching 처리에 따른 배추의 조직 변화를 조사하였다. 즉, 훈련된 패널을 대상으로 굳은 정도(hardness), 아삭아삭한 정도(crispiness), 질긴 정도(chewiness) 및 뻣뻣한 정도(stiffness)의 조직감 특성을 다시로 시험법에 의해 평가하였다. 조직감은 생배추를 기준으로 하고 생배추에 비해 약한 변화와 강한 변화로 나눈 후 다시 변화의 정도에 따라 가장 큰 변화를 9로 하여 측정하였다.

우거지 함유 해장국의 제조 및 관능 품질 조사

시판 중인 우거지를 함유한 국제품은 대부분 즉석국 및 상온국 형태였으며, 사전 설문 결과 우거지에 대한 식감 불만을 확인하여 본 연구에서는 우거지를 활용한 냉동 즉석국 형태의 제품으로 개발방향을 설정하였다. 우거지 함유 즉석국의 우거지 함유량은 시판 제품의 함유량을 참고하여 22%로 설정하였고, 쇠고기 추출물 등을 함유한 일반적인 배합비로 제조하였다(배합비 미기재). 우거지 함유 냉동즉석국의 제조방법은 냉동우거지 원료의 제조 및 냉동즉석국을 제조하는 2단계로 진행하였다(Fig. 1). 우거지 함유 시판 제품 및 개발된 제품에 대한 관능검사는 다음과 같이 실시하였다. 즉, 총 8명의 패널을 대상으로 즉석국 제품을 시료



Step 1. Preparation for outer leaves of Kimchi cabbage for ready to cook product.

Step 2. Process for ready to cook soup product with outer leaves.

Fig. 1. Operational process for ready to cook product with outer leaves of Kimchi cabbage.

로 제시하고 5점 척도법으로 전반맛, 외관, 향, 짠맛 정도 및 선호도, 조미료맛 정도 및 선호도, 우거지 외관 및 식감에 대한 조사를 실시하였다. 매우 좋다/강하다는 5점, 좋다/강하다는 4점, 보통이다 3점, 좋지 않다/약하다는 2점, 매우 좋지 않다/약하다는 1점으로 하였다.

통계처리

실험은 3회 반복 실시하였으며, 실험결과는 SPSS Ver. 12(SPSS Institute, Chicago, IL, USA)에 의해 ANOVA 검정 및 Duncan's multiple range test로 $p < 0.05$ 수준에서 유의성을 분석하였다.

결과 및 고찰

Blanching 처리에 따른 중량감소율, pH 및 미생물적 변화

일반적으로 채소류의 가공 시 각종 효소 불활성화를 통한 저장성 연장을 위해 blanching 처리를 하게 된다. 즉,

Table 1. Changes in weight loss and pH of Kimchi cabbage with different blanching temperature and time

Blanching temp. (°C)	Blanching time (min)	Weight loss ¹⁾ (%)	pH
control	0	-	6.16±0.01 ^a
80	1	0.99±0.24 ^{ab}	6.14±0.01 ^a
	3	1.23±0.25 ^{abc}	6.14±0.01 ^a
	5	4.43±0.49 ^c	6.16±0.03 ^a
90	1	1.48±0.49 ^d	6.16±0.02 ^a
	3	2.46±0.07 ^e	6.30±0.01 ^c
	5	4.43±0.25 ^{bcd}	6.35±0.01 ^c
100	1	2.46±0.01 ^{cd}	6.25±0.01 ^b
	3	3.45±0.06 ^e	6.26±0.02 ^{bc}
	5	3.94±0.11 ^e	6.24±0.02 ^b

¹⁾Weight loss (%)=(w_0-w/w_0)×100. w_0 , initial weight of sample (g); w , weight of the sample after blanching (g).

배추의 녹색 잎을 이용한 우거지 원료 제조를 위한 blanching 조건의 확립도 중요한데, 80, 90, 100°C에서 각각 1, 3, 5분간 blanching한 배춧잎의 중량감소율 및 pH를 측정 한 결과는 Table 1과 같다. 중량감소율은 blanching 온도가 높고 시간이 길어질수록 증가하였고, 중량감소율이 크게 나타난 경우 pH의 변화 또한 크게 나타나, blanching을 통한 배추 세포 조직의 변화 및 이로 인한 내부성분의 용출이 있었음을 예측할 수 있었다(10,14,15). Blanching 처리에 의한 중량감소율은 0.99~4.43%로, 생배추를 60~90°C 범위에서 steam blanching 한 경우의 3.7~7.2%보다 다소 낮게 나타났다(14). 한편 저온의 열처리(40°C)를 적용한 경우 절단 배추의 중량감소율이 낮게 나타났다는 연구보고(16)도 있었는데 이러한 차이는 열처리 강도 및 배추의 조직구조, 밀도 등의 차이에 기인한 것으로 보인다.

중량감소율은 blanching 온도 및 시간의 영향을 받고 있는 반면, pH의 경우 온도에 따라 유의적인 차이를 나타내고 있었다. 특히 blanching 온도가 90°C 이상인 경우 중량감소율과 함께 pH의 변화가 크게 나타나고 있는데, 이러한 변화는 우거지의 수율이나 조직감에 영향을 주게 되므로 특히 고려해야 할 사항으로 보여진다. 이러한 경향은 뉴질랜드 시금치를 대상으로 blanching 처리한 경우에서도 동일하게 보고되고 있다(17).

무처리한 생배추(대조구)의 녹색 잎 부분은 6.48 log CFU/g 수준의 일반세균을 함유하고 있었으나, 대장균군은 관찰되지 않았다. Blanching 처리에 따라 일반세균의 경우 경시적으로 감소함을 관찰할 수 있었으나, blanching 처리 시간 및 온도에 따른 유의적인 차이는 나타나지 않았다 (Table 2). 또한 모든 처리구에서 대장균군은 관찰되지 않았다.

Blanching 조건이 물성 변화 및 관능적 특성에 미치는 영향

Blanching 온도 및 시간에 따른 경도(hardness)의 변화는 Fig. 2와 같다. 온도 및 시간의 증가에 따라 배춧잎의 경도는 감소하는 경향을 나타냈으며, 이는 가열처리에 의해 식물 조직의 부피, 밀도, 중량의 변화 및 세포구조의 변화를 통해 조직감이 달라지기 때문인 것으로 보인다(15,18,19). 생배

추의 경도인 1.5 kg-force에 비해 3분간의 blanching 처리에 따라 18.7~21.7%, 5분 처리 시 34.8~36.7% 수준으로 경도가 감소되고 있었다. 우거지를 활용한 제품의 경우 부드러운 식감이 장점으로 작용하기 때문에 경도의 변화가 크게 나타나는 3, 5분 처리구 및 90, 100°C 처리를 통한 blanching 처리가 효과적일 것으로 판단된다. 이러한 변화는 냉동대파의 경우에도 유사하게 나타났는데, blanching 온도가 높을수록, 처리시간이 길어질수록 대파의 경도가 감소하여 조직의 연화가 진행되었다(20). 또한 Irish York cabbage를 대상으로 한 보고에서도, 각각 14분간 80~85°C에서 처리한 경우 43.2~50.3%, 90~100°C 처리 시 83.0~87.6%의 조직 연화가 관찰되었다. 특히 blanching 처리 2분 후 9~28.9%의 연화 감소가 나타나, 본 연구결과보다 감소율이 크게 나타났다(21).

Table 2. Total aerobes and coliform counts of Kimchi cabbage by blanching

Blanching temp. (°C)	Blanching time (min)	Viable cell (log CFU/g)	
		Total aerobes	Coliform counts
control	0	6.48±0.24	ND ¹⁾
80	1	6.18±0.15	ND
	3	4.30±0.25	ND
	5	ND	ND
	90	1	5.30±0.15
90	3	ND	ND
	5	ND	ND
	100	1	4.30±0.10
100	3	ND	ND
	5	ND	ND

¹⁾ND, not detected.

Blanching 처리에 따라 생배추와의 관능적 특성에 차이가 나타나고 있는데 그 결과는 다음의 Table 2와 같다. 굳은 정도를 나타내는 hardness의 경우 기준시료인 생배추보다 약하게 나타나고 있으며 온도 및 시간이 증가할수록 낮게 나타나, 100°C, 5분 처리구에서 유의적으로 낮았다(p<0.05). 아삭한 정도를 나타내는 crispiness의 경우 생시료와의 차이가 크지 않았으며 패널에 따라 약하게 혹은 강하게 느끼고 있음을 알 수 있었다. 질긴 정도를 나타내는 chewiness는 모두 생배추보다 더 질기다고 답했으며 최대 5.5의 수준까지 차이를 인식하고 있었다. 즉, blanching에 따라 생배추 조각의 공기가 빠져나가면서 아삭함은 줄어들고 좀 더 질겨지고 있음을 알 수 있었다. 시료의 뻣뻣한 정도를 나타내는 stiffness는 모두 생배추 대비 음의 변화를 나타내어, blanching에 의해 생배추의 뻣뻣함이 감소하여 부드러워지는 것으로 판단된다.

산업체에서 일반적으로 적용하는 blanching 조건인 90, 100°C 처리 구의 경우, 경도는 약해지나 질긴 정도가 크게 차이 나지 않는 것을 볼 수 있었다. 특히 경도가 낮으며 질기지 않은 100°C, 3분 처리의 경우, 품질에 악영향을 주는 효소의 불활성화 및 부드러운 조직감의 구현이 가능한 효율적인 처리 구간으로 나타났다.

기계적인 측정과 관능평가 간의 상관관계를 조사한 결과 관능평가 항목 중 hardness와만 높은 수준의 상관관계(0.79)를 나타내었다. 즉, 우거지의 hardness에 대한 기계적 측정방법은 향후 우거지 제조 시 품질관리 항목으로 활용할 수 있을 것으로 사료된다.

Table 3. Sensory score for the texture parameters of Kimchi cabbage by blanching

Blanching temp. (°C)	Blanching time (min)	Texture parameters			
		Hardness	Crispiness	Chewiness	Stiffness
80	1	4.20±1.07 ^{ab1)}	1.75±0.74 ^a	4.25±1.06 ^a	3.00±0.53 ^a
	3	4.50±1.16 ^{ab}	3.50±1.28 ^a	5.00±1.41 ^a	4.25±1.51 ^a
	5	3.50±1.16 ^{ab}	3.25±1.13 ^a	5.25±1.36 ^a	3.50±0.89 ^a
90	1	4.75±1.25 ^{ab}	2.50±0.89 ^a	5.00±0.93 ^a	3.00±0.76 ^a
	3	4.50±1.67 ^{ab}	3.86±1.62 ^a	4.71±1.57 ^a	4.50±1.16 ^a
	5	3.50±1.04 ^{ab}	4.25±1.06 ^a	6.75±0.99 ^a	5.00±0.93 ^a
100	1	4.50±0.71 ^{ab}	3.50±1.16 ^a	6.25±0.74 ^a	4.25±1.06 ^a
	3	4.25±1.30 ^{ab}	3.50±1.04 ^a	4.75±1.25 ^a	4.75±1.13 ^a
	5	3.20±0.17 ^b	3.25±0.99 ^a	5.25±1.13 ^a	4.50±1.16 ^a

¹⁾Means with the same letter in column are not significantly different by Duncan's multiple range test (p<0.05).

우거지 함유 국제품의 관능평가 결과

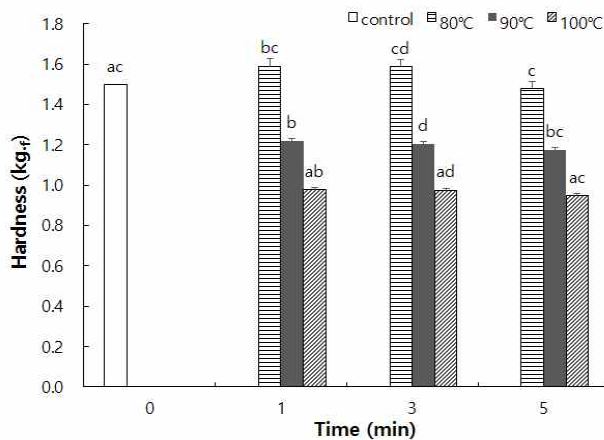
배추의 녹색 잎 부분을 취하여 100°C에서 3분 처리하여 제조한 우거지를 활용하여 냉동즉석국을 만들고, 관능평가를 통해 시판 중인 우거지 함유 즉석국 제품과의 비교를 실시하였다(Table 4). 그 결과 두 개의 시판 제품은 5점 척도 하에서 전반맛 1.7 및 2.0의 수준으로 허용 범위에 들지 못했으며, 외관, 풍미, 짠맛, 맛난맛 등 대부분의 항목에서 2점대에 머물렀다. 특히 우거지의 외관 및 조직감에서 2점대의 낮은 점수를 나타내어 제품의 개발 시 우거지의 조직감, 외관 등의 개선이 필요할 것으로 판단되었다. 한편 본 연구결과에서 도출한 blanching 조건을 적용한 냉동즉석국의 경우 전반맛 4.0, 우거지의 외관 3.7 및 우거지 식감 3.3으로 향상된 결과를 보여, 시판제품과 유의적인 차이를 나타내었다(p<0.05). 따라서 본 연구결과를 활용할 경우 절임배추 제조 중 발생하는 부산물인 녹색잎 부위를 우거지로 제조하고 냉동 즉석국 등의 제품으로 활용할 가능성이 높을 것으로 판단된다.

Table 4. Sensory score of ready to eat soup with outer leaves of Kimchi cabbage

Sensory characteristics	Product A	Product B	Developed product
Overall acceptability	1.7±0.5 ^{1)ab2)}	2.0±0.0 ^{3a}	4.0±0.6 ^b
Appearance	2.0±0.6 ^a	2.0±0.6 ^a	4.3±0.5 ^b
Odor	1.5±0.8 ^a	2.0±0.8 ^b	4.2±0.8 ^c
Salty	(preference)	2.3±0.8 ^a	3.8±0.6 ^b
	(strength)	3.8±0.8 ^a	3.8±0.6 ^a
Condimentary	(preference)	2.0±0.6 ^a	4.2±0.8 ^b
	(strength)	2.7±0.5 ^a	2.2±0.8 ^b
Appearance of cooked outer leaver	2.8±0.4 ^b	2.3±0.5 ^a	3.7±0.5 ^c
Texture of cooked outer leaver	2.7±0.5 ^a	2.2±0.6 ^a	3.3±0.4 ^b

¹⁾Means are significantly different by ANOVA test ($p<0.05$).

²⁾Means with the same letter in column are not significantly different by Duncan's multiple range test ($p<0.05$).

**Fig. 2. Changes of hardness of Kimchi cabbage outer leaves with different blanching treatments.**

Bars are Mean±SD, n=10.

Means with the same letter are not significantly different by Duncan's multiple range test ($p<0.05$).

요 약

배추의 녹색 겉잎을 이용한 우거지 원료 제조를 위해서는 blanching 조건의 확립이 중요하다. 당해 수확한 생배추의 녹색 잎 부분을 채취하여 4×4 cm 로 절단하고 80, 90, 100°C에서 각각 1, 3, 5분간 blanching 하여 우거지를 제조하고, 우거지의 중량감소율, pH, 경도 및 관능검사를 실시하여 고품질 우거지 원료 확보를 위한 전처리 조건을 조사하였다. 또한 우거지의 품질이 우수한 blanching 조건을 적용하여 우거지를 함유한 냉동즉석국을 제조한 후 시판제품과 관능평가를 통한 비교를 실시하였다. Blanching 처리에 따른 중량감소율은 blanching 온도가 높고 시간이 길어질수록

증가하였다. 또한 중량감소가 큰 경우 pH의 변화 또한 크게 나타나 blanching을 통한 배추 세포 조직의 변화를 통한 내부성분의 용출 등이 있었음을 예측할 수 있었다. Blanching 온도 및 시간의 증가에 따라 경도(hardness)는 감소하였으며, 생배추의 경도인 1.5 kg·force에 비해 3분간의 blanching 처리 시 18.7~21.7%, 5분 처리 시 34.8~36.7% 수준이었다. 우거지 활용 제품의 경우 부드러운 식감이 장점으로 작용하기 때문에 경도의 변화가 크게 나타나는 3, 5분 처리구 및 90, 100°C 처리를 통한 blanching 처리가 효과적일 것으로 판단된다. Blanching 처리에 따른 우거지의 관능검사 결과에서도 경도가 낮으며 질기지 않은 100°C, 3분 처리구가 관능적 조직감에 유의적인 영향을 미치는 것으로 나타났다. 이 조건을 적용한 우거지를 함유한 냉동즉석국의 우거지 식감 및 외관은 3.3과 3.7로 나타나 시판제품에 비해 향상됨을 알 수 있었다.

References

- Ku KH, Jeong MC, Chung SK (2013) Industrialization of salted Chinese cabbages and fresh-cut Chinese cabbage. *Food Science and Industry*, 46, 2-11
- Ministry of Agriculture and Forestry (MAF) (2012) Statistics of vegetables production amount. MAF (<http://www.mafra.go.kr>) (accessed April, 2016)
- Doopedia (2016) <http://terms.naver.com/entry.nhn?docId=1267816&cid=40942&categoryId=32106> (accessed April, 2016)
- Bautista OK, Acedo AL (1987) Postharvest handling of fruits and vegetables. Techguide Series No. 4. National Book Store Inc, Manila, Philippines, p 24
- Cantwell M, Suslow T (2006) Cabbages (Round and Chinese types): Recommendations for maintaining postharvest quality. UC Davis Postharvest Technology Research Information Center, CA, USA
- Lee CH, Hwang IJ (1988) Comparison of cutting and compression tests for the texture measurement of Chinese cabbage leaves. *Korean J Food Sci Technol*, 20, 749-754
- Kim JB, Yoo MS, Cho HY, Choi DW, Pyun YR (1990) Changes in physical characteristics of Chinese cabbage during salting and blanching. *Korean J Food Sci Technol*, 22, 445-450
- Hwang ES, Kim GH (2011) Different cooking methods for Korean cabbage and their effect on antioxidant activity and carotenoid and tocopherol contents. *Korean J Food Cookery Sci*, 27, 713-721
- Kim JB, Lee DS, Choi DW, Pyun YR (1991) Thermal

- conductivity of petiole tissue of Chinese cabbage. Korean J Food Sci Technol, 23, 325-329
10. Yoo MS, Kim JB, Pyun YR (1991) Changes in tissue structure and pectins of Chinese cabbage during salting and heating. Korean J Food Sci Technol, 23, 420-427
 11. Kim DK, Han KY, Noh BS (1997) Characteristics of crude lipoxygenase in Chinese cabbage. Korean J Food Sci Technol, 29, 710-715
 12. Cheong TK, Moon TW, Park KH (1993) Thermostability of polygalacturonase from Chinese cabbage. Korean J Food Sci Technol, 25, 576-581
 13. Choi DW, Kim JB, Yoo MS, Pyun YR (1987) Kinetics of thermal softening of Chinese cabbage tissue. Korean J Food Sci Technol, 19, 515-519
 14. Lee YJ, Lee HO, Kim JY, Kwon KH, Cha HS, Kim BS (2011) Quality characteristics of frozen *Doraji* (*Platycodon grandiflorum*) according to various blanching treatment conditions. Korean J Food Preserv, 18, 661-668
 15. Hwang JK, Kim CT, Hong SI, Kim CJ (1994) Solubilization of plant cell walls by extrusion. J Korean Soc Food Nutr, 23, 358-370
 16. Kim SS, Ku KH, Jeong MC, Hong JH, Chung SK (2014) Effects of pre-heat pre-heat treatments on the quality of cut Kimchi cabbages during short-term storage. Korean J Food Preserv, 21, 776-783
 17. Grzeszczuk M, Jadczyk D, Podsiadlo C (2007) The effect of blanching, freezing and freeze-storage on changes of some chemical compounds content in New Zealand spinach. Veg Crops Res Bull, 66, 95-103
 18. Lim JH, Kim JH, Seo YH, Moon KD (1990) Effects of low-temperature blanching on physical properties of chestnut powder. Korean J Food Sci Technol, 31, 1216-1220
 19. Hwang TY, Kim JH, Kim JK, Moon KD (1998) The effects of microwave heating on the texture of sugared chestnuts. Korean J Food Sci Technol, 30, 569-573
 20. Lee HO, Lee YJ, Kim JY, Yoon DH, Kim BS (2011) Quality characteristics of frozen welsh onion (*Allium fistulosum* L.) according to various blanching treatment conditions. Korean J Food Sci Technol, 43, 426-431
 21. Jaiswal AK, Gupta S, Abu-Ghannam N (2012) Kinetic evaluation of colour, texture, polyphenols and antioxidant capacity of Irish York cabbage after blanching treatment. Food Chem, 131, 63-72