

## 냉동 비빔밥 제조 공정 중 콩나물, 무채 및 돈육의 품질 변화

김이슬 · 선민지 · 홍근표\*

세종대학교 식품생명공학과

### Changes in the Quality Characteristics of Bean Sprout, Radish, and Pork During the Unit Processing in Frozen *Bibimbab* Production

Yiseul Kim, Minji Seon, and Geun-Pyo Hong\*

Department of Food Science and Biotechnology, Sejong University

#### Abstract

This study investigated the changes in the physicochemical properties of soybean sprout, radish, and pork loin during frozen *Bibimbab* production. The qualities of soybean sprout were affected by the blanching, thawing, and cooking processes, with the blanching process particularly regarded as an important process to attribute the overall quality of the soybean sprouts in the final product. High weight loss of radish was found in the thawing and cooking processes, while the weight loss was relatively lower than that of soybean sprout. However, mixing with hot rice can be attributed for the steep decrease in shear force of the radish. For pork meat, normally thermal treatment such as mixing with hot rice and cooking manifested quality deterioration. Based on the results, mixing process appeared to be the most important process which affected the final quality of the materials. To improve the quality of final frozen *Bibimbab*, therefore, it was recommended to freeze the food ingredient separately from rice prior to packaging, which warranted the follow up exploration.

**Key words:** *Bibimbab*, freezing, soybean sprout, radish, pork

## 서 론

최근 냉동식품이 갖는 편의성 및 편리성 대한 소비자 만족도 향상에 따라 HMR (home meal replacement) 등 가정 편의식에 대한 소비자 요구가 크게 증가하고 있다. 현재 HMR 제품에 대한 명확한 기준 규격은 설정되지 않았지만, 비빔밥이나 볶음밥 등의 ready-to-eat (RTE) 형태의 한식 제품들이 냉동 HMR 제품으로 인식되어 판매되고 있다(Lee, 2016). 일반적으로 비빔밥은 나물류와 고기 등의 원료와 밥을 고추장과 참기름으로 조리하여 섭취하기 때문에 원료에 의한 다양한 영양 섭취가 이루어지는 이상적인 영양식으로 평가 받고 있다(Han et al., 2008). 반면 비빔밥을 냉동 HMR 제품으로 생산하는 경우, 원료 전처리, 조미, 취반미 혼합, 냉동 및 포장의 공정으로 제조가 이루어지며, 특히 취반미와의 혼합과정에서 원료는 고

온의 취반미와 장시간 혼합되기에 원료 자체의 이화학적 특성 변화가 발생할 수 있다. 또한 유통 및 판매를 위해 냉동처리를 실시하게 되면, 실제 소비자가 가열 조리하여 섭취하는 경우 본래의 비빔밥과는 다소 상이한 품질을 야기한다(Lee, 2016).

비빔밥은 지역별로 특성화된 산채류 등 매우 상이한 원료를 사용하고 있는 반면, 대량 생산 시스템으로 제조되는 제품들의 적용 식재료에는 정형화된 품목들이 존재한다. Han et al. (2008)은 6개 급식업체별 비빔밥 첨가 식재료의 사용 빈도를 분석해본 결과, 콩나물, 시금치, 당근, 고사리, 도라지, 무, 쇠고기, 계란이 주요 원료로 사용되었다. 이들 농산물 원료는 냉동 처리에 따라 품질 저하가 심하게 발생할 수 있는데, 이를 고려해 볼 때 냉동 HMR 제품 형태의 비빔밥 제조를 위해서는 원료의 개별 특성을 고려한 효과적인 처리 기술이 고려될 필요가 있다.

비빔밥에서 가장 활용도가 높은 원료인 콩나물은 냉동처리에 의한 품질 저하가 가장 높은 농산물로 보고되고 있다. Jang et al. (2014)은 냉해동 속도에 따른 냉동 콩나물의 품질 특성을 평가한 결과 대조구에 비하여 심한 조직 손상이 야기된다고 보고하였다. Suh (2017)는 냉동에 의한 콩나물의 품질 저하를 억제하기 위하여 동해방지제 처리를

\*Corresponding author: Geun-Pyo Hong, Department of Food Science and Biotechnology, Sejong University, Neungdong-ro, Gwangjin-gu, Seoul 05006, Korea  
Tel: 82-2-2408-2914; Fax: 82-2-3408-4319  
E-mail: gphong@sejong.ac.kr  
Received September 13, 2017; revised October 11, 2017; accepted October 15, 2017

실시한 결과, 설탕용액에 침지 후 냉동 처리하는 경우 품질 저하를 줄일 수 있다고 보고하였다. 반면, 이들의 연구에서는 데치기나 냉동 공정 등의 단일 공정 개선에 따른 콩나물의 품질 비교를 실시하고 있으며, 실제 복합 공정으로 이루어지는 냉동 비빔밥 생산 과정에서 야기되는 전반적인 품질 변화 예측에 관한 정보를 제공하지 못하는 한계가 있다. 특히 데치기 등 가열 공정에서 야기된 품질 변화는 이후 냉해동 공정을 개선하더라도 품질 복원을 이루기 어려우며, 따라서 전체적인 공정 수행에 따른 품질 변화에 대한 기본적인 평가 자료가 요구된다.

가공식품으로서 냉동 비빔밥의 생산에는 신선 식재료의 사용이 요구된다. 반면 최근 기후변화에 의한 국내 자생 산채류 등 농산물의 수급 불균형과 국산 농산물의 가격경쟁력 하락으로 인하여 최종 제품의 단가가 높아지는 문제점이 야기될 수 있다(Han et al., 2007). 이를 해결하기 위한 방안으로 냉동 식재료의 활용을 고려할 필요가 있다. 반면 이들 식재료의 냉해동 사이클 증가에 따른 품질 변화에 관한 연구는 전무한 실정이다. 따라서 본 연구는 비빔밥의 대표 식재료인 콩나물, 무채 및 식육 원료에서 최종 소비자 섭취 단계에 이르는 각 공정별 이화학적 특성 변화를 평가하고, 냉동 비빔밥의 품질에 영향을 미치는 주요 공정을 선정하여, 향후 공정 개선 및 제품의 품질 향상을 위한 전략 수립의 기본 자료로 활용하고자 수행되었다.

## 재료 및 방법

### 공시재료

본 연구에서 사용한 콩나물과 무는 국내에서 수확된 신선한 농산물을 서울 광진구 소재 식품 마트에서 구입하여 사용하였다. 콩나물은 표면 이물질을 수세한 후 물기를 제거하여 원료로 사용하였다. 무는 수세 후 채칼을 이용하여 5 mm 두께의 나물 형태로 성형하여 원료로 사용하였다. 돈육은 서울 마장동 소재 축산물 판매장에서 사후 24시간이 경과한 도체의 등심부위(*M. longissimus dorsi*)를 구입한 후 과도한 지방과 결체조직을 제거하였고, 근섬유 방향과 평행하게 10 mm 두께로 성형하여 원료로 사용하였다.

### 단위 공정 별 처리

본 연구에서는 실제 냉동농산물 및 냉동 비빔밥 생산 업체에서 사용되고 있는 단위 공정을 모델화하여 개별 식재료의 공정 별 처리를 실시하였다. 각 원료는 1 kg 단위로 진공 포장하여 사용하였다. 원료 중 데치기가 요구되는 콩나물은 100°C에서 5분 처리를 실시한 이후 체를 통해 과도한 수분을 제거한 후 4°C 냉장고에서 3시간 냉각을 실시하여 진공포장을 실시하였다. 이후 모든 원료는 -30°C 냉동고에서 24시간 냉동 처리하였고 상온에서 유수해동을 2시간 실시하였다. 해동 후 개별 식재료는 1% 식염을 첨

가하여 5분간 조미배합을 실시하였다. 취반미와의 혼합 모델을 위하여 각 식재료는 100°C 스팀을 5분 실시하였으며, 냉장고에서 3시간 냉각 처리 후 -30°C에서 냉동을 실시하였다. 이후 냉동 식재료는 전자레인지 800 W에서 3분간 가열을 실시하여 공정을 종료하였다. 반복 측정을 위하여 개별 원료는 3회 동일 장소에서 구입하였으며, 모든 처리 공정은 3회 반복 측정되었다(n=3).

### 중량손실

각 공정 별 식재료의 중량손실은 각 단위 공정의 처리 전 및 처리 직후 시료의 중량을 측정 후 공정 처리 전 중량 대비 백분율로 나타내었다. 또한 수율은 각 공정 별 중량 감소율을 누적하여 산술적으로 계산하였다.

### 수축률

공정 별 식재료의 직경 변화 측정을 위하여 콩나물은 줄기부위, 무채와 돈육은 무작위적으로 캘리퍼스(530-101, Mitutoyo, Kawasaki, Japan)를 이용하여 측정하였다. 각 측정은 시료를 무작위적으로 선정하여 9회 반복 측정하였다.

### 전단력

식재료의 전단력 측정을 위하여 각 공정별로 10개의 시료를 무작위적으로 선별하였다. 전단력은 texture analyzer (CT3, Brookfield, Middleboro, MA, USA)에 전단력 측정용 probe (TA-SBA, Brookfield)를 장착하여 측정하였다. 이 때 trigger load는 10 g, test speed는 1.0 mm/s의 조건으로 측정하였다.

### 총 비타민 C 함량

콩나물과 무의 품질 척도로 총 비타민 C 함량은 2,4-dinitrophenyl hydrazine (DNPH) 비색법으로 측정하였다(Terada et al., 1978). 각 원료 5 g에 6% (w/v) metaphosphoric acid 100 mL (in 2 M acetic acid)을 가하여 균질한 후 17,600 ×g에서 15분간 원심분리를 실시하였다. 이후 상등액을 여과지(Whatman No. 1, Sigma Aldrich Co., St. Louis, MO, USA)를 이용하여 여과하여 총 비타민 C 분석 시료로 사용하였다. 각 시료는 1 mL을 취한 후 0.2% (w/v) 2,6-dichlorophenolindophenol을 0.05 mL 가하여 상온에서 1시간 정지시켰다. 이후 혼합 용액에 2% (w/v) thiourea (in 5% metaphosphoric acid, w/v) 1 mL와 2% (w/v) DNPH (in 4.5 M sulfuric acid)를 0.5 mL 가하여 60°C에서 3시간 반응시켰다. 반응의 종료를 위하여 시료는 얼음수조에서 1차 냉각을 실시한 후 미리 냉각시킨 90% (w/v) sulfuric acid 2.5 mL을 천천히 가하여 최종 반응을 종료시켰다. 총 비타민 C 함량은 시료의 흡광도를 540 nm에서 측정한 후 ascorbic acid에 의한 표준 곡선을 통하여 정량하였다.

### 단백질 용해도

돈육의 품질 척도로 수용성 및 염용성 단백질 용해도를 Acton & Saffle (1970)의 방법으로 평가하였다. 각 공정별로 채취한 시료 1 g에 9 mL의 증류수를 가한 후 3분 간 균질하여 1,500 g에서 10분 간 원심분리를 실시하였다. 이후 상등액의 단백질 농도를 Biuret법으로 측정하여 수용성 단백질 용해도를 산출하였다. 염용성 단백질은 증류수를 0.5 M NaCl로 대체하여 동일한 방법으로 측정하였다.

### 미세구조 분석

각 공정별 원료 식재료의 미세구조 관찰을 위하여 개별 공정별 처리 식재료로부터 약 2 mm의 시료를 채취하였다. 시료의 전처리에는 Haga & Ohashi (1984)의 방법에 따라 수행되었다. 시료의 전처리로 2.4% (w/v) glutaraldehyde (in 0.1 M sodium phosphate buffer, pH 7.0)에 침지하여 4°C에서 24시간 고정처리를 실시한 후 0.1 M sodium phosphate buffer (pH 7.0)으로 세척을 실시하였다. 이후 1% (w/v) osmium tetroxide (in 0.1 M sodium phosphate buffer, pH 7.0)에서 5시간 사후고정 처리를 실시하였다. 이후 시료는 0.1 M sodium phosphate buffer (pH 7.0)를 이용하여 세척을 10분간 3회 반복하여 실시하였고, 시료의 건조는 에탄올의 농도를 50%에서 100%로 10% 단위씩 증가시키면서 각 농도에서 10분간 침지시켜 실시하였다. 반면 냉동 처리된 시료는 동결건조기(ALPHA 1-2LD, Martin Christ Gefriertrocknungsanlagen GmbH, Osterode am Harz, Germany)를 이용하여 0.1 Torr의 진공압력에서 24시간 건조시켜 준비하였다. 각 건조 시료는 ion sputter (E-1010, Hitachi Science System Ltd., Hitachinaka, Japan)를 이용하여 gold 코팅을 실시한 후 주사전자현미경(scanning electron microscope JSM-6390, JEOL, Tokyo, Japan)을 이용하여 15 kV의 가속전압 조건에서  $\times 150$  배율로 미세구조를 관찰하였다.

### 통계분석

본 연구는 3회 반복 측정을 실시하였고(n=3), 각 측정치에서 얻은 평균값을 SPSS Statistics (Ver 11.0, SPSS Inc., Chicago, IL, USA)를 이용하여 ANOVA 분석을 실시하였다. 주 효과가 유의적인 경우( $p < 0.05$ ), Duncan's multiple range test를 통하여 사후검증을 실시하였다.

## 결과 및 고찰

### 비빔밥 제조공정 중 콩나물의 품질 변화

비빔밥 제조 공정 중 콩나물은 주로 데치기, 해동 및 조리 단계에서 현저하게 높은 감량 수준을 보여주었다(Fig. 1A). 데치기 공정에서 16.4%의 감량 수준을 보였으며, 이후 원료의 냉동 후 해동 과정에서 40.5%의 가장

높은 감량이 야기되었다( $p < 0.05$ ). 따라서 냉동 원료로 콩나물을 사용하는 경우, 해동과정에서 야기되는 수율 손실이 약 50% 정도로 평가되었다. 반면, 이후 조미(5.8%), 취반미혼합(7.6%) 및 냉동(2.4%) 공정에 따른 중량 손실은 다소 완만하게 감소하는 경향을 보였지만, 냉동 비빔밥의 조리 단계에서 32.9%로 이전 공정들에 비해 유의적으로 높은 감량을 보여주었다( $p < 0.05$ ). 따라서 콩나물을 냉동 비빔밥에 적용하는 경우 원료 대비 최종 섭취 단계에서 28.4%의 매우 낮은 수율이 야기되었다. 이상의 감량 증가는 주로 콩나물 조직 중 수분의 손실에 의하여 야기되는 변화인데, 수분 손실의 증가는 원료의 직경 감소를 야기하는 결과를 초래하였다(Fig. 1B). 초기 2.23 mm 직경의 콩나물은 각 단위 공정을 거치는 동안 유의적으로 감소하여 해동공정에서 0.85 mm로 수축하는 현상을 보여주었다( $p < 0.05$ ). 이후 조미단계에서 비빔밥의 냉동 단계까지 점진적으로 감소하는 경향을 보여주었지만 각 공정간 콩나물의 직경에서는 유의적인 차이를 보이지 않지만, 최종적으로 전자레인지 가열 과정에서 0.14 mm 직경으로 유의적인 감소가 관찰되었다( $p < 0.05$ ). 이상의 직경 감소는 소비자가 육안으로도 식별이 가능한 정도로 판단되며, 콩나물이 비빔밥의 대표적인 재료임을 감안할 때, 수축 현상을 억제할 수 있는 기술적 보완이 요구된다. 콩나물의 전단력은 원료가 4.6 N 수준을 보인 반면, 데치기 공정에서 10.1 N으로 유의적인 증가를 보였다( $p < 0.05$ ). 일반적으로 데치기 공정에 따른 식물성 식재료의 질겨짐 현상은 다른 농산물에서도 동일하게 관찰된다. 반면, 이후 냉동 과정에서는 6.8 N으로 전단력이 다소 저하되는 현상을 보였으며, 이는 이후 공정 진행에 따른 유의적인 차이를 보이지 않는 특성을 보였다. 일반적으로 콩나물의 수분손실은 전단력의 증가를 야기하는 반면, 각 공정에 따른 직경 감소에 기인하여 유의적인 차이를 보이지 않은 것으로 판단되었다. 각 공정별 콩나물 줄기의 미세구조를 관찰한 결과, 초기 원료는 규칙적이고 다소 직경이 넓은 조직 구조를 보인 반면, 데치기 이후 조직이 치밀해지는 현상이 야기되었으며, 이후 공정의 진행에 따라 치밀도가 다소 심해지는 현상을 보여주었다(Fig. 1C). 특히 취반미 혼합 과정에서 조직 구조의 파괴들이 관찰되었고, 이는 최종 조리 단계에서 가장 심하게 관찰되었다. 비빔밥에서 나물류는 신선 상태의 질감 유지가 중요한 품질 척도임을 감안할 때(Lee, 2016), 데치기 공정 개선은 최종 제품에서 콩나물의 품질 향상을 위한 가장 중요한 공정으로 사료된다.

이상의 결과는 영양학적 손실과도 직접적인 관련성을 보여주었는데, 영양학적 지표로 콩나물의 ascorbic acid 함량을 측정된 결과 원료상태에서만 14.85 mg/100 g의 함량을 보인 반면, 데치기 등 가공공정의 개시에 의하여 ascorbic acid는 검출되지 않는 문제점을 보여주었다. 데치기에 의한 비타민 C 손실은 Youn et al. (2011)의 연구에

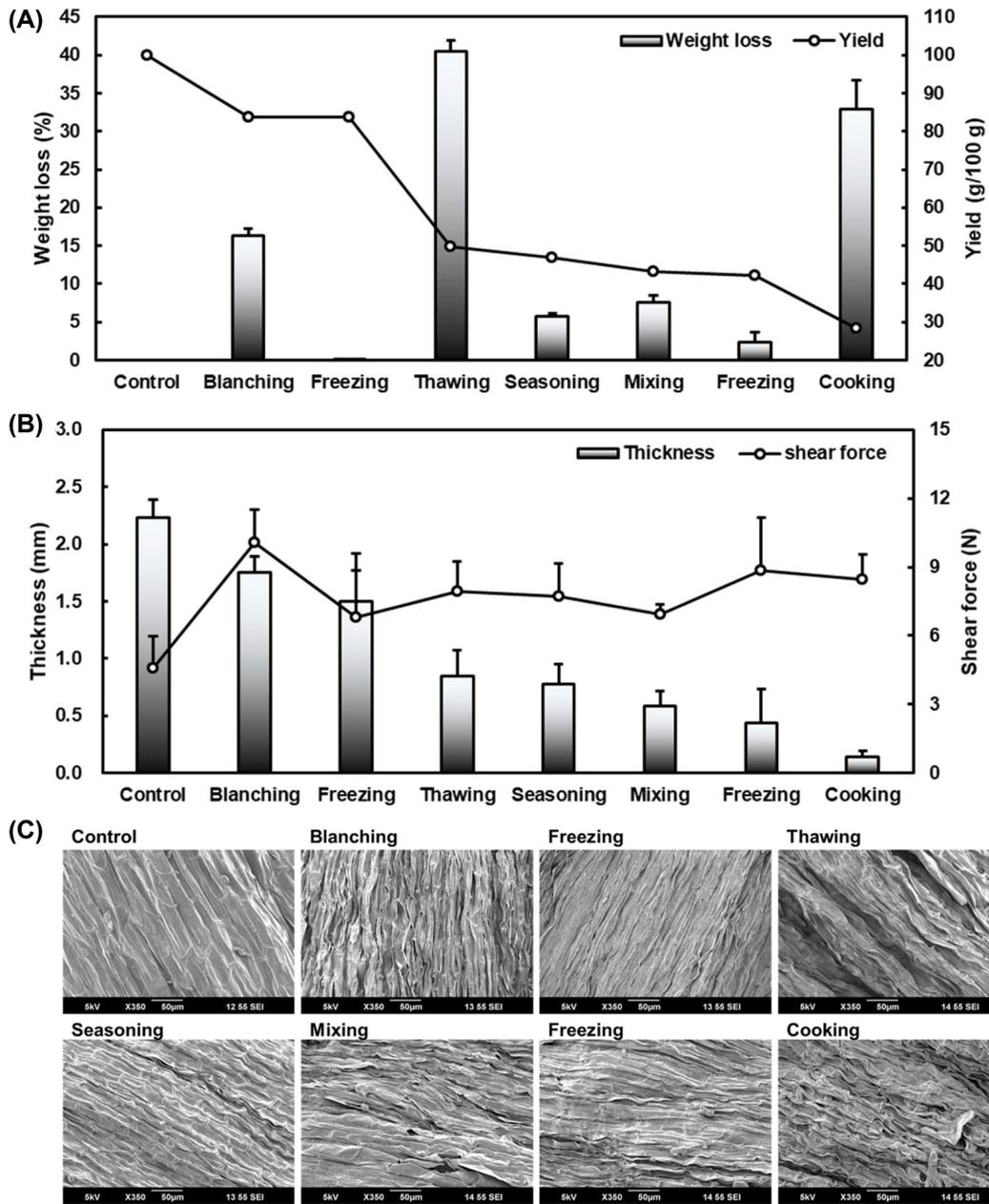


Fig. 1. Changes in (a) weight loss, (b) thickness and shear force and (c) microstructure of soybean sprouts during frozen *Bibimbab* production. Vertical bars indicate standard deviations (n=3).

서도 동일하게 관찰되었는데, 콩나물은 품종별로 다소 상이한 비타민 C 함량을 보였지만 데치기 이후 비타민 C 함량은 자엽에서 1.1-3.3 mg/100 g, 배축에서 3.3-7.4 mg/100 g 수준으로 저하되었다고 보고하였다. 결국 콩나물의 품질 저하가 최초로 발생하는 데치기 공정 변화가 요구되며, 특히 비빔밥 제조 공정 중 콩나물에 열이 가해지는 취반미 혼합 및 조리 과정을 감안할 때, 가정식 비빔밥용 콩나물 데치기에 비하여 데치기 시간을 단축시킬 수 있는 개선 공정이 요구되었다.

#### 비빔밥 제조과정 중 무의 품질 변화

원료인 채친 무를 기준으로 중량 손실을 평가한 결과 냉동 원료의 해동과정에서 24.4%의 높은 중량 손실이 야기되었다(Fig. 2A). 이후, 조미, 취반미 혼합 및 냉동 단계에서는 4.5-10.0%의 중량 손실이 야기된 반면, 최종 조리 과정에서 25.0%의 가장 높은 감량 수준이 야기되었다( $p < 0.05$ ). 무는 전반적으로 콩나물과 유사한 중량 감소를 보였고, 초기 원료 대비 최종 제품 중 무의 수율은 46.1%로 콩나물보다 높은 최종 수율을 보여주었는데, 이는 데치기 공정을 거치지 않기에 야기된 결과로 판단되었다. 무채의 직경은

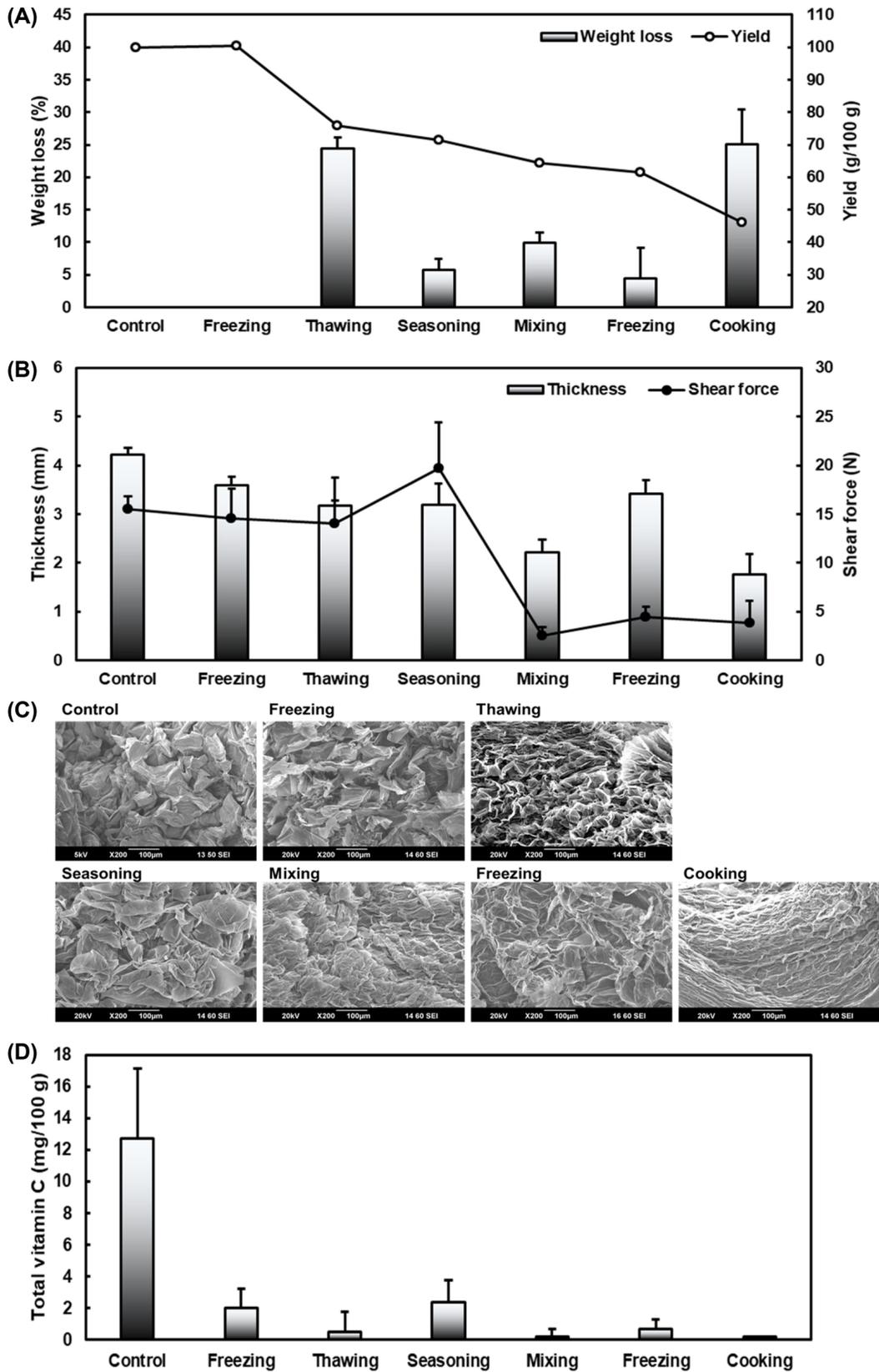


Fig. 2. Changes in (a) weight loss, (b) thickness and shear force, (c) microstructure and (d) total vitamin C content of radish during frozen *Bibimbab* production. Vertical bars indicate standard deviations (n=3).

초기 4.21 mm를 보였고, 냉동 단계에서 3.59 mm로 유의적인 감소치를 보여주었다( $p < 0.05$ ) (Fig. 2B). 이후 해동 및 조리단계에서도 직경이 다소 감소하는 경향을 보였지만 유의적인 차이는 인정되지 않았다. 반면 취반미 혼합단계에서는 2.22 mm로 조리단계에 비하여 직경의 유의적인 감소를 보였지만( $p < 0.05$ ), 이후 냉동 단계에서 3.41 mm로 직경이 증가하는 특성을 보였다. 반면 냉동 단계에서의 직경 증가는 수분의 이동보다는 원료 표면의 얼음 결정 형성에 기인한 것으로 판단되는데, 일반적으로 무는 품종별, 계절별로 다양한 수분함량을 보이지만, 전반적으로 92.1-93.8%의 높은 수분함량을 갖는 농산물 식재료이다(Kim et al., 2007). 본 연구에서 원료의 1차 냉동 및 해동과정에서 야기된 직경의 감소와는 달리 취반미 혼합 후 비빔밥 냉동과정에서 야기된 직경 증가는 취반미에 의해 품온이 상승된 무 원료가 냉동과정 중 표면에 다수의 성에를 형성하였기에 야기된 변화로 판단되었다(Thibaut Brian et al., 1970). 이들 성에는 최종 조리 단계에서 원료 무 표피에서 제거되며, 따라서 최종 조리 제품 중 무의 직경은 1.76 mm로 가장 낮은 수치를 보여주었다. 이를 통해 무는 비빔밥 원료로 활용하는 경우 취반미와의 혼합 후 충분한 냉각이 요구되었지만, 냉각 과정 중 취반미의 노화현상이 발생할 수 있는 가능성이 있으며, 따라서 취반미와의 혼합 대신 냉동 비빔밥 제품 위에 따로 포장하는 등의 성에 제거를 위한 전략 수립이 요구되었다.

조직감 측면에서 무는 원료의 냉해동 과정에서 전단력의 유의적인 차이가 관찰되지 않았고 14.1-15.5 N 범위의 전단력을 보인 반면, 조리단계에서 19.7 N으로 전단력이 다소 증가하는 경향을 보여주었다. 이는 조리단계에서 야기된 소금에 의해 일부 수분이 원료에서 손실되며 야기된 현상으로 판단되는데, 원료의 전단력과 유의적인 차이가 인정되지 않았다. 반면, 취반미 혼합 단계에서 2.6 N으로 전단력이 급격히 저하되는 현상이 야기되었으며, 이후 제품의 냉동 및 조리 단계에서도 3.9-4.5 N 범위의 낮은 전단력을 보여주었다. 따라서 무는 냉동보다는 주로 열처리(취반미 혼합 공정)가 조직에 미치는 영향이 크다고 판단되는데, Nguyen et al. (2010)은 열처리에 의한 무의 연화 효과를 보고하였으며, 이러한 열적 연화 현상은 조직 세포의 팽압 저하와 함께 세포벽의 펙틴질 용해도 증가에 기인한다고 하였다. 무의 공정별 미세구조를 분석한 결과 원료에서는 절단과정에서 야기된 거친 조직면을 보였으며, 이는 냉동공정에 의해 영향을 받지 않고 조직면이 유사한 형태로 유지되는 특성을 보였다(Fig. 2C). 반면 해동 공정 중 조직이 다소 작고 치밀해지는 현상을 보였는데, 이는 해동과정에서 야기되는 수분손실에 기인한 변화로 판단되었다. 조리과정 중에는 원료와 동일한 조직 복원이 이루어진 반면, 취반미 혼합과정을 통하여 조직이 작아지며 치밀해지는 현상이 야기되었다. 이는 냉동과정 중에도 유

사하게 유지된 반면, 이후 최종 제품의 조리 단계에서 더욱 치밀해지는 특성을 보여주었다. 따라서 무의 공정별 미세구조는 전단력 측정 결과와 유사한 경향을 보였는데, 열처리 공정(취반미 혼합 및 조리)에 의한 조직 치밀도 증가는 오히려 전단력의 저하를 초래하고 있으며, 이는 열에 의한 조직 세포벽의 연화에 기인한 것으로 콩나물과는 상이한 결과로 사료되었다(Van Buggenhout et al., 2009). 무의 영양지표인 비타민 C 함량은 원료에서 12.7 mg/100 g으로 8-11 mg/100 g 범위의 Kim et al. (2007)의 보고와 유사한 수치를 보여주었다(Fig. 2d). 반면 냉동 공정에 의하여 비타민 C 함량은 2.0 mg/100 g으로 유의적으로 감소하는 결과를 보였고( $p < 0.05$ ), 조리단계에서 2.35 mg/100 g으로 다소 증가하는 경향을 보였지만 이후 0.2-0.7 mg/100 g으로 대부분의 비타민이 가공 과정 중 소실되는 결과를 초래하였다. 결국 무채를 비빔밥 원료로 적용하는 경우 콩나물과 동일하게 영양학적 가치는 소실되는 결과를 보였으며, 이를 개선하기 위한 방안 마련이 요구되었다.

#### 비빔밥 제조공정 중 돈육의 품질 변화

공정 처리 별 돈육의 중량 감소는 해동과정 중 11.8%로 최초의 감량이 관찰되었고, 특히 취반미와의 혼합과정에서 24.9%로 가장 높은 감량 수준을 보여주었다. 반면, 조리 공정 및 냉동 공정 자체에 의한 중량 손실을 미약한 반면, 최종 제품의 조리 단계에서 24.7%의 2차 감량이 야기되었다(Fig. 3A). 이에 따라 원료 대비 최종 제품에서 돈육의 수율은 34.9%로 가공 과정 중 무채보다 높은 감량을 초래하였다. 돈육 원료의 직경은 원료에서 9.2 mm를 보였으며, 공정의 진행에 따라 다소 감소하는 경향을 보였지만, 공정 간의 유의적인 차이가 관찰되지 않았다 (Fig. 3B). 반면 돈육의 전단력은 원료 34.2 N에 비하여 냉동 상태에서는 52.8 N으로 유의적으로 증가하였지만, 해동공정에 의하여 20.5 N으로 크게 감소하는 결과를 보여주었다( $p < 0.05$ ). 일반적으로 냉동 돈육은 신선육에 비하여 가열 후 전단력이 다소 증가하는 결과를 보이는데(Jakobsson & Tsson, 1973), 본 연구에서는 열처리를 가하기 전 원료의 전단력을 측정하였고, 특히 냉동 과정에서 야기된 조직 손상이 원료의 전단력을 다소 감소시킨 것으로 사료된다. 조리공정에 의해 전단력이 38.8 N으로 유의적으로 증가하는 결과를 보였는데( $p < 0.05$ ), 이는 염용성 단백질의 추출 및 이에 따른 식육 조직 내부의 결합력 발생에 기인한 것으로 판단되었다(Hongsprabhas & Barbut, 1999). 반면 취반미 혼합과정 중 가해진 열은 돈육의 수분손실을 야기하며, 이에 따라 전단력이 79.5 N으로 크게 증가하는 결과를 초래하였다( $p < 0.05$ ). 이는 Ruiz de Huidobro et al. (2005)에서도 동일하게 관찰되는데, 가열에 의한 단백질간의 작용력 증가 및 이에 따른 수분손실은 가열 전에 비하여 식육의 전단력을 증가시키는 결과를 야기하였다. 이후 제품 냉동과정 중 전단력

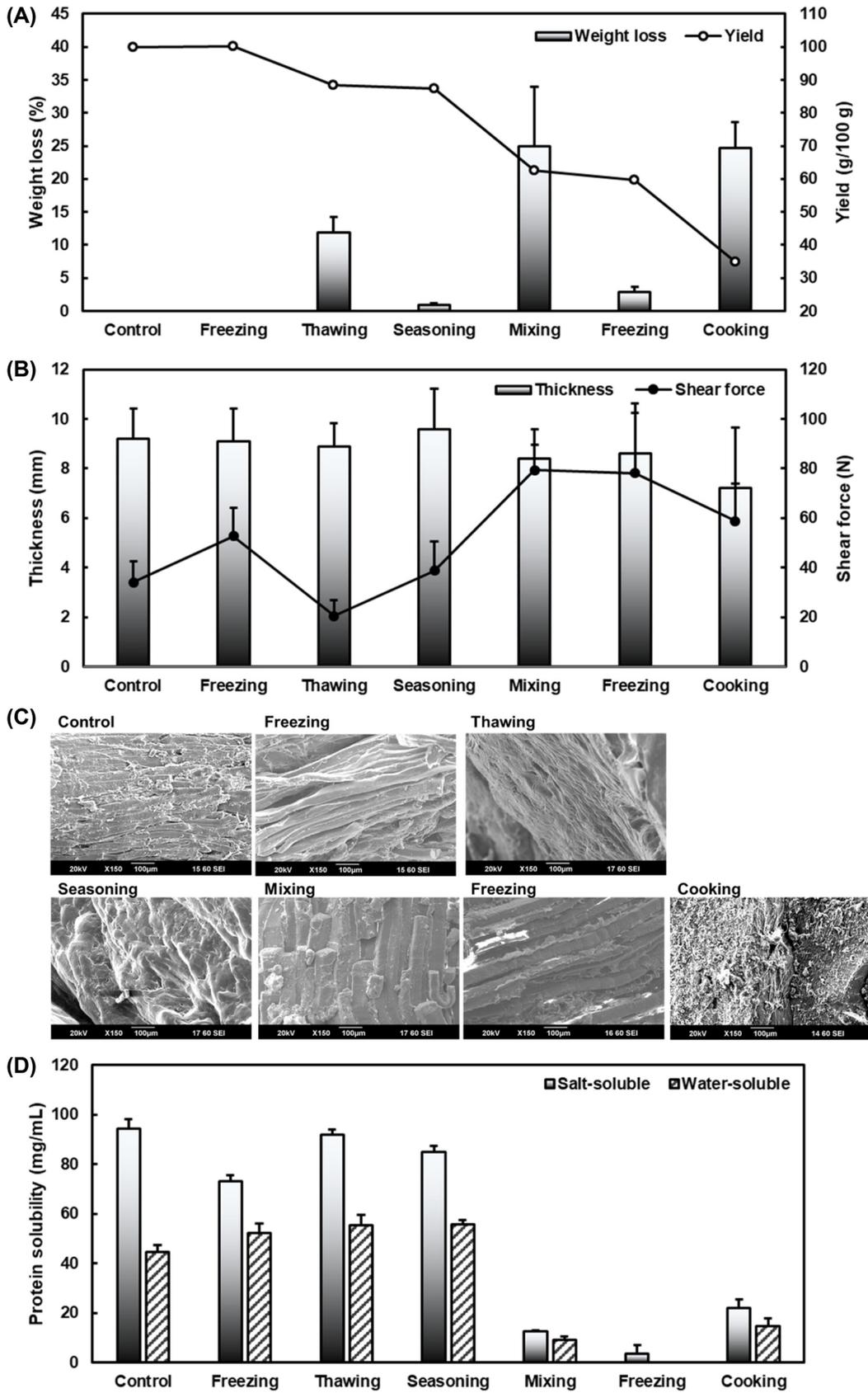


Fig. 3. Changes in (a) weight loss, (b) thickness and shear force, (c) microstructure and (d) protein solubility of pork loin during frozen *Bibimbab* production. Vertical bars indicate standard deviations (n=3).

변화는 야기되지 않은 반면, 최종 조리과정에서 58.9 N으로 전단력이 다소 감소하는 경향을 보였지만 유의적인 차이는 인정되지 않았다. 이상의 결과는 돈육 원료의 미세 구조에서도 유사한 경향을 보였는데(Fig. 3C), 근 섬유 구조는 해동공정에 의해 다소 손상을 받는 경향을 보였지만, 섬유 구조를 안정적으로 유지한 반면, 조미단계에서는 염용성 단백질 추출에 의해 섬유 표면에 용출된 단백질에 의한 무정형 구조를 보여주었다.

취반미 혼합과정에서는 고온에 의해 원료 가열이 이루어졌으며, 이에 따라 근 섬유는 초기 원료에 비하여 다소 팽창한 형상을 보였고, 최종 조리 단계에서 심한 손상이 야기되는 결과를 보여주었다. 돈육의 염용성 및 수용성 단백질 용해도는 각 공정간에 다소 차이를 보였지만 전반적으로 조미단계까지는 높은 용해도를 유지한 반면, 취반미 혼합공정 이후 급격한 용해도 저하를 야기하였다(Fig. 3D). 이는 가열 전 및 후 돈육에서 야기되는 변화로 판단되며, 특히 취반미를 통한 가열은 식육 단백질 간의 aggregation을 야기하여 용해도의 소실을 야기한 것으로 평가되었다(Hamm & Deatherage, 1960). 이상의 결과를 통하여 돈육은 가열 공정에 의해 품질 변화가 야기되는 것으로 판단된다. 냉동 비빔밥 등 RTE 제품의 특성 상 제조 과정 중 돈육의 가열 과정이 필수적으로 수반되어야 하며(Kim et al., 2015), 이후 최종 조리에서 2차 열처리되는 돈육 식재료의 수분손실 및 연도저하를 야기하여 소비자 기호도에 악영향을 미칠 수 있다(Bae et al., 2014). 따라서 조미단계에서 수분 손실을 최소화 할 수 있는 기술적 개선이 필요할 것으로 판단된다.

## 요 약

본 연구에서는 냉동비빔밥 제조 공정 중 주요 식재료인 콩나물, 무채 및 돈육의 이화학적 특성 변화를 평가하였다. 콩나물의 품질은 원료의 데치기 공정, 해동 공정 및 최종 조리 단계에서 변화가 야기되었으며, 특히 데치기 공정이 이후 단위 공정에 따른 품질에 영향을 미치는 중요한 공정 단계로 평가되었다. 무채는 해동 및 최종 조리 단계에서 높은 중량 감소를 보였지만, 다른 식재료에 비하여 감소 폭이 현저하지 않았다. 반면 취반미 혼합 공정에서 조직이 물러지는 현상이 야기되었다. 돈육은 취반미 혼합 및 최종 조리 등 열처리에 의하여 중량 감소 및 연도 저하가 현저하게 발생하는 것으로 평가되었다. 이상의 결과에 의하면, 원료 단계에서 콩나물의 데치기 온도 및 시간에 대한 최적화 공정이 요구되며, 특히 모든 식재료에서 공통적으로 발생하는 취반미 혼합 공정에서의 품질 변화 억제를 위하여 냉동밥과 식재료를 분리하여 개별 냉동 후 포장할 수 있는 공정의 개선이 요구되었다.

## 감사의 글

본 결과물은 농림축산식품부의 재원으로 농림식품기술기획평가원의 고부가가치식품기술개발사업의 지원을 받아 연구되었음(과제번호 316049-3).

## References

- Acton JC, Saffle RL. 1970. Stability of oil-in-water emulsion. 1. Effects of surface tension, level of oil, viscosity and type of meat protein. *J. Food Sci.* 35: 852-855.
- Bae YS, Lee JC, Jung S, Kim HJ, Jeon SY, Park DH, Lee SK, Jo C. 2014. Differentiation of deboned fresh chicken thigh meat from the frozen-thawed one processed with different deboning conditions. *Korean J. Food Sci. An.* 34: 73-79.
- Haga S, Ohashi T. 1984. Heat induced gelation of a mixture of myosin B and soybean protein. *Agric. Biol. Chem.* 48: 1001-1007.
- Hamm R, Deatherage FE. 1960. Changes in hydration, solubility and changes of muscle proteins during heating of meat. *J. Food Sci.* 25: 587-610.
- Han KH, Park JG, Jang DK. 2007. Exportation of agricultural products: challenge and opportunity. Chonnam National University Press, Gwangju, Korea, p. 187-188.
- Han KS, Pyo SH, Lee EJ, Lee HA. 2008. Standardization of the recipe for the large-scale production of Korean cooked rice varieties-Bibimbab, bean sprout Bab, and fried rice. *Korean J. Food Cookery Sci.* 24: 580-592.
- Hongsprabhas P, Barbut S. 1999. Effect of pre-heated whey protein level and salt on texture development of poultry meat batters. *Food Res. Int.* 32: 145-149.
- Jakobsson B, Tsson NB. 1973. Freezing of raw beef: influence of aging, freezing rate and cooking method on quality and yield. *J. Food Sci.* 38: 560-565.
- Jang MY, Jung YK, Min SG, Cho EK, Lee MY. 2014. Effect of freezing and thawing condition on the physical characteristics of blanched bean sprouts as home meal replacement. *Korean J. Culinary Res.* 20: 235-244.
- Kim KI, Lee SY, Hwang IG, Yoo SM, Min SG, Choi MJ. 2015. Quality characteristics of beef by different cooking methods for frozen home meal replacements. *Korean J. Food Sci. An.* 35: 441-448.
- Kim MJ, Kim JH, Oh, HK, Chang MJ, Kim SH. 2007. Seasonal variations of nutrients in Korean fruits and vegetables: examining water, protein, lipid, ascorbic acid, and  $\beta$ -carotene contents. *Korean J. Food Cookery Sci.* 23: 423-432.
- Lee YJ. 2016. Distribution status and prediction of frozen foods. *Magazine of the SAREK.* 45: 26-33.
- Nguyen LT, Tay A, Balasubramaniam VM, Legan JD, Turek EJ, Gupta R. 2010. Evaluating the impact of thermal and pressure treatment in preserving textural quality of selected foods. *LWT-Food Sci. Technol.* 43: 525-534.
- Ruiz de Huidobro F, Miguel E, Blázquez B, Onega E. 2005. A comparison between two methods (Warner-Blatzler and texture profile analysis) for testing either raw meat or cooked meat. *Meat Sci.* 69: 527-536.

- Suh JH. 2017. Changes in physicochemical properties of cryoprotectant treated soybean sprouts during freezing storage. M.S. Thesis, Konkuk University.
- Terada M, Watanabe Y, Kunitomo M, Hayashi E. 1978. Differential rapid analysis of ascorbic-acid and ascorbic-acid 2-sulfate by dinitrophenylhydrazine method. *Anal. Biochem.* 84: 604-608.
- Thibaut Brian PL, Reid RC, Shah YT. 1970. Frost deposition on cold surfaces. *Ind. Eng. Chem. Fundamen.* 9: 375-380.
- Van Buggenhout S, Sila DN, Duvetter T, Van Loey A, Hendrickx, M. 2009. Pectins in processed fruits and vegetables: Part III-texture engineering. *Compr. Rev. Food Sci. Food Saf.* 8: 105-117.
- Youn JE, Kim HS, Lee KA, Kim YH. 2011. Contents of minerals and vitamins in soybean sprouts. *Korean J. Crop Sci.* 56: 226-232.