



블랜칭 처리가 비트의 품질특성과 항산화 활성에 미치는 영향

최해연¹ · 김수빈¹ · 고은성¹ · 추지혜¹ · 전희경² · 최진희^{3,*}

¹공주대학교 외식상품학과, ²한국생산기술연구원 에너지소재부품연구그룹, ³대전대학교 식품영양학과

Effect of Blanching Treatment on Quality Characteristics and Antioxidant Activity of Beetroots

Hae Yeon Choi¹, Soo Bin Kim¹, Eun Seong Go¹, Ji Hye Chu¹, Hee-Kyung Jeon², Jin Hee Choi^{3,*}

¹Department of Food Service Management and Nutrition, Kongju National University

²Advanced Energy Materials and Components R&D Group, Korea Institute of Industrial Technology

³Department of Food Science and Nutrition, Daejin University

Abstract

This study investigated quality characteristics and antioxidant activity of beetroots after blanching. Beetroots were blanched in distilled water, 2% NaCl water, and 2% citric acid water at 100°C for 3 minutes (the blanched group). The moisture content was highest in the control (CON) at 91.30% ($p < 0.05$), and cooking loss was lowest in the water-blanched beetroot (BW) at 5.39% ($p < 0.01$). Chromaticity decreased after blanching compared to CON ($p < 0.001$). Total polyphenol contents (TPC) and total flavonoid contents (TFC) decreased after blanching, and as a result of comparing the True retention (TR) of the blanching treatment group, BW had the highest with TPC TR 91.22% and TFC TR 70.51%. DPPH and ABTS+ radical scavenging activities were highest in the CON, and in the blanching group BW was highest scavenging activity. The total number of microorganisms in the CON group was 2.97 log CFU/g, whereas no microorganisms were detected in the blanched groups. Therefore, this study, blanching in water without additives is the most appropriate method for preserving physiologically active substances and nutrients in beetroots and inhibiting microbial growth.

Key Words : NaCl, citric acid, blanching, beetroot, true retention

1. 서 론

오늘날 산업의 발달은 생활 식습관을 변화시켰고, 변화한 모습에 따라 즉석에서 빠르고 간편하게 섭취할 수 있는 편의 식품의 소비가 증가하였다. 수요가 증가함에 따라 식품 산업에서는 편의 식품 및 가공 식품의 개발을 활발히 진행 중이다(Kim et al. 2014). 식품이 가공, 유통되는 과정에서 미생물에 의한 부패 및 품질 저하, 효소에 의한 갈변 반응 등이 발생하면 식품의 가치가 떨어져 문제가 되는데, 품질 보존 및 상품성 향상을 위해 가열이나 냉동 등의 다양한 전처리 과정을 걸치게 된다(Choi et al. 2022). 채소류의 경우 polyphenol oxidase, pectinesterase 등의 산화 효소를 보유하고 있으며 효소의 활성으로 인한 갈변 등의 품질 저하와 기능성 저하가 발생할 수 있어 신선 상태로의 보관이 어렵다. 효소를 불활성화 시키기 위한 전처리 과정은 염이나 당을 첨가하여 데치는 것이 일반적이는데, 이러한 가열공정을 거치면서 영양소 및 기능성 성분의 소실이나 열적 품질 저하가 수

반될 수 있다(Hwang et al. 2019). 식물체에 있는 천연색소는 다양한 항산화 물질을 함유하고 있으며 폴리페놀 화합물은 DNA 손상, 노화, 암 등의 원인이 되는 free radical을 소거하는 기능이 있어 이에 따라 항암, 항바이러스, 면역력 증진 등 생체에 도움을 줄 수 있는 기능성 물질 개발을 위한 다양한 연구가 이루어지고 있다(Hwang et al. 2015). 식물체에서 추출한 천연색소는 안정성이 불안하여 pH, 수분 활성도, 산소, 빛 등의 외부환경 변화에 인해 민감하게 반응하며, 식품에 활용될 경우 색소의 농도, 온도, 가공 및 보관 조건 등 다양한 요소에 영향을 받는다(Güneser 2016). 채소의 품질을 보존하고 상품 가치를 향상하면서 가열 처리로 인한 품질 저하 및 기능성 성분과 영양소 손실을 최소화 하기 위한 연구가 진행되고 있으며 선행 연구로는 전처리 근채류의 저장과정중의 품질평가(Kwak et al. 2012), 다양한 전처리 방법에 따른 당근의 이화학 및 영양학적 특성 분석(Kim et al. 2014), 데치기 조건에 따른 우엉, 연근 및 마늘종의 이화학적 특성 변화(Hwang et al. 2019), 전처리 조건에 따른 당근의

*Corresponding author: Soo Bin Kim, Department of Food Service Management and Nutrition, Kongju National University, Dahakro 54, Yesan, Chungnam 32439, Korea
Tel:***-****-**** Fax: +82-41-330-1500 E-mail: rokmsubin@naver.com

품질특성과 항산화 활성(Choi et al. 2022) 등이 있다.

비트는 명아주과의 두해살이풀로 잎과 뿌리 모두 식용이 가능하여 샐러드나 피클 등의 요리에 많이 활용하고 있으며, 기후가 따뜻한 유럽 남부가 원산지인 우리나라에서는 제주도에서 많이 재배하고 있다(Yi et al. 2017). 비트 뿌리의 주요 색소 성분인 betalain은 적자색의 betacyanin과 황색의 betaxanthin으로 구분되며, 이 중 betacyanin은 betanin과 isobetanin으로 다시 한 번 나누어지게 된다. 이러한 성분은 수용성 색소 성분으로 카테킨과 플라보노이드 등 다른 천연 항산화 물질보다 높은 활성 산소 및 free radical 소거능을 가진 것으로 알려져 있다(Jang et al. 2009). 하지만 betanin은 열과 산소, 빛과 같은 외부 환경 변화에 대해 민감하고 pH 변화나 금속 이온 첨가 시에 안정성이 감소하여 천연색소로 식품의 활용에 제약이 있는 상태이다(Min et al. 2018). 하지만 다른 안토시아닌계 천연색소에 비하여 안정성이 좋고 높은 항산화 활성을 나타내기 때문에 제품 활용을 위한 비트의 색소 안정성 연구가 진행 중이다. 선행 연구로는 레드 비트 뿌리 추출물의 항산화 및 항염증 효과(Yi et al. 2017), 국내산 레드비트 추출 천연색소의 항산화 특성 및 안정성(Min et al. 2018), 추출 조건에 따른 제주도 레드비트 색소의 항산화 활성 비교(Kang et al. 2022) 등이 있으며, 비트의 항산화 보존을 위한 연구가 진행되고 있으나 실제 식품가공에 필요한 연구는 아직 미비한 실정이다.

한편, 미국 농무성(USDA)는 가공, 조리로 인하여 증감하는 기능성 성분의 함량 변화를 True retention(보존율, TR)을 사용하여 나타내고 있다. TR은 조리 후 식품 중량 변화를 함께 고려하여 조리 후 식품의 영양성분 함량 변화를 계산하며, 조리된 식품에 함유된 영양성분의 보존율을 나타낸다(Hwang et al. 2016). 하지만 아직 전처리나 블랜칭에 관한 선행 연구는 항산화 활성 및 품질특성만 비교한 연구가 진행되고 있으며, TR을 적용하여 영양소 변화를 나타낸 연구는 부족한 상황이다.

따라서 본 연구에서는 다양한 블랜칭 조건에서 비트의 품질특성 및 TR을 적용한 항산화 활성 비교 분석을 통하여 비트의 색소 안정성을 높이고, 기능성 성분의 손실을 최소화할 수 있는 전처리 조건에 대한 기초 자료를 제시하고자 하였다.

II. 연구 내용 및 방법

1. 실험 재료

실험에 사용된 비트는 예산 농협마트(Yesan, Korea)에서 구매하여 사용하였다. 무수 구연산(Jungbunzlauer, pernhofen, Austria)은 (주)대한제당 사이트에서 구입하였으며, 소금(CJ cheiljedang, Sinan, Korea)은 농협 마트에서 구입하여 사용하였다.

<Table 1> Composition of treatment for various blanching treatments methods of Beetroot

Sample	Blanching treatments
Beetroots	CON ¹⁾ Non treatment
	BW Water treatment 3 min (100°C)
	BN NaCl 2%+water treatment 3 min (100°C)
	BC Citric acid 2%+water treatment 3 min (100°C)

¹⁾CON: Non treatment beetroot, BW: Beetroot water blanching treatments 3 min, BN: Beetroot NaCl blanching treatments 3 min, BC: Beetroot citric acid blanching treatments 3 min.

²⁾Treatment sample were (beetroot 200 g, water 800 mL) with the ratio of 1:10

2. 재료 준비 및 전처리

비트는 흐르는 물에 세척한 후 비가식 부위를 제거하고 2×2×1 cm³ 규격의 직육면체로 절단하여 시료로 사용하였다. 블랜칭 처리하지 않은 것을 대조군(CON)으로 설정하였으며, 블랜칭 그룹은 Water blanched (BW, 증류수), Citric acid blanched (BC, 2%), NaCl blanched (BN, 2%)로 처리하였다<Table 1>. 비트 200 g을 100°C로 예열한 물(800 mL)에 3분간 블랜칭 처리한 후 실온에서 30분 방랭하여 품질 변화와 항산화 활성을 측정하였다.

3. 기열감량 및 수분함량 측정

기열감량은 블랜칭한 비트를 실온에서 30분 방랭한 뒤 전처리 전과 후의 중량 차이를 아래의 수식으로 계산하여 백분율(%)로 나타내었다. 수분함량은 수분측정기(MJ-33, Mettler Toledo, Zurich, Switzerland)를 사용하여 105°C에 적외선 수분 측정 방법으로 측정하였다. 비트는 얇게 썰어 사용하였으며, 실험은 10회 반복하여 얻은 평균값과 표준편차로 표시하였다.

$$\text{Cooking loss (\%)} = \left(\frac{\text{전처리 전 중량} - \text{전처리 후 중량}}{\text{전처리 전 중량}} \right) \times 100$$

4. pH 측정

pH는 비트 3 g과 증류수 27 mL를 Homogenizer (PT-2500 E, Kinematica, Maltes, Switzerland)를 사용하여 교반한 시료를 여과(Whatman No. 2)한 뒤 pH meter (Coming 340, Mettler Toledo, Burrington, UK)를 이용하여 측정하였다. pH는 5회 반복 측정하여 얻은 평균값과 표준편차로 나타내었다.

5. 색도 측정

색도는 비트의 단면을 색차계(CR-300, Kolica Minolta Co., Osaka, Japan)로 측정하여 L값(lightness), a값(+redness/-greeness), b값(+yellowness/-blueness)을 나타내었으며, 실험

은 20회 반복하여 평균값과 표준편차로 나타내었다. 표준 백색판(standard plate)은 L=94.65, a=-0.43, b=4.12이다.

6. 페놀 화합물 및 항산화 활성 분석

1) 시료액 조제

비트 20 g에 70% ethanol을 180 mL 가하여 130 rpm의 shaking incubator (SI-900R, Jeio Tech, Kimpo, Korea)에 실온에서 24시간 동안 추출하였다. 추출액은 여과지 (Whatman No. 2, Whatman Ltd.)에 여과한 후 희석하여 시료액으로 사용하였다.

2) 총 폴리페놀 함량 측정

전처리 방법을 따른 총 폴리페놀 함량은 Swain & Hillis (1959)의 방법을 참고하여 측정하였다. 시료액 100 µL에 증류수 2000 µL와 2 N Folin 용액 200 µL를 가하여 3분 방치한 후 Na₂CO₃ (1 N sodium carbonate)를 가하여 암소에서 1시간 동안 방치하였다. 반응시킨 시료를 765 nm에서 분광광도계(DU-800, beckman coulter Inc., Seoul, Korea)를 이용하여 측정하였으며, 3회 반복하여 평균값과 표준편차로 나타내었다. 표준물질로 gallic acid를 사용하여 표준 곡선을 작성한 뒤 시료 100 g 당 총 폴리페놀 함량을 gallic acid equivalents (mg GAE/100 g)로 표시하였다.

3) 총 플라보노이드 함량 측정

총 플라보노이드 함량은 Um & Kim (2007)에 방법을 참고하여 측정하였다. 시료액 100 µL에 90% diethylene glycol 1000 µL와 1 N NaOH 100 µL를 가하여 37°C water bath (SB-1200, Eyela, Siheung, Korea)에 1시간 방치시킨 후 측정하였으며, 표준물질로는 quercetin(Sigma Chemical Co.)을 사용하여 표준곡선을 작성하였다. 분광광도계 (DU-800, Beckman coulter Inc., Seoul, Korea)를 이용하여 420 nm 파장에서 흡광도를 측정한 후 시료 100 g 당 총 플라보노이드 함량을 quercetin equivalents (mg QE/100 g)로 나타내었다. 실험은 3회 반복하여 평균값과 표준편차로 나타내었다.

4) 1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl (DPPH) radical 소거 활성 측정

DPPH radical 소거 활성은 Lee et al. (2007)의 방법에 따라 측정하였다. DPPH에 99.9% ethanol을 취하여 조제한 DPPH solution 1 mL를 시료액 4 mL에 가하여 30분 암실에서 반응시킨 후 517 nm로 흡광도를 측정하였다. 대조군으로 ethanol을 사용하였으며, 3회 반복하여 평균값과 표준편차로 나타내었다.

$$\text{DPPH radical 소거활성} = \left(1 - \frac{\text{O.D.}}{\text{Control}}\right) \times 100$$

5) ABTS⁺ radical 소거 활성 측정

전처리 방법을 달리한 비트의 ABTS⁺ radical 소거 활성은 Siddhuraju & Becker (2007)의 방법에 따라 측정하였다. 7.0 mM로 용해한 ABTS⁺ radical 시약과 2.45 mM로 용해한 potassium persulfate 시약을 혼합하고 암소에서 16시간 방치한 뒤 흡광도 734 nm에서 0.70±0.02가 되도록 설정하여 사용하였다. 시료액 100 µL에 ABTS⁺ radical solution을 취하여 1분 간격으로 6회 반복 측정하였으며, 대조군은 시료액 대신 ethanol을 사용하여 측정하였다. 실험은 3회 반복하여 평균과 표준편차로 나타내었다.

$$\text{ABTS}^+ \text{ radical 소거활성} = \left(1 - \frac{\text{O.D.}}{\text{Control}}\right) \times 100$$

6) 함량 변화율

실온에서 30분 방랭한 비트의 전처리 전후 100 g 당 총 폴리페놀 및 플라보노이드 함량을 아래의 수식에 대입하여 계산한 후 백분율(%)로 표시하였다.

Percentage variation (%)

$$= \left(\frac{\text{전처리 후 중량} - \text{전처리 전 중량}}{\text{전처리 전 중량}}\right) \times 100$$

7) 보존율

전처리 전후 비트의 100 g 당 총 폴리페놀 및 플라보노이드 함량을 아래의 수식에 따라 계산한 뒤 백분율(%)로 표시하였다.

True retention (%) =

$$\left(\frac{\text{전처리 후 중량} \times \text{전처리 후 함량}}{\text{전처리 전 중량} \times \text{전처리 전 함량}}\right) \times 100$$

7. 총균수 측정

총균수는 Kang et al. (2013)의 방법을 참고하여 측정하였으며, 칼과 핀셋을 121°C로 15분간 Autoclave (BF-60AC, Bio free Co., Ltd., Seoul, Korea)에서 멸균 처리한 후 시료를 무균 채취하였다. 비트 10 g에 멸균 생리식염수(0.85%) 90 mL를 취하여 멸균 stomacher bag (B01195WA, Zefon International Co., Ltd., Florida, USA)에 담아 stomacher (HG400V, Mayo International SR., MI, Italy)로 균질화 한 뒤 멸균 생리식염수로 단계 희석하여 사용하였다. Petrifilm 3M 배지(3M Co., St. Paul, MN, USA)에 희석액 1 mL를 취하여 incubator에서 36±1°C에 48시간 동안 배양 후 colony 균체를 계수하여 log CFU/g로 나타내었다.

8. 통계처리

실험 결과는 통계분석 프로그램 IBM SPSS Statistics

(Ver 25.0, SPSS Institute Inc.)를 이용하여 평균과 표준편차로 표시하였으며, $p < 0.05$ 수준에서 일원배치 분산분석 (ANOVA)을 실시하여 Duncan's multiple range test로 시료 간의 유의차를 검증하였다.

III. 결과 및 고찰

1. 블랜칭 처리에 따른 비트의 수분함량 및 가열감량

블랜칭 조건을 달리한 비트의 수분함량 및 가열감량을 측정된 결과를 <Table 2>에 나타내었다. 블랜칭한 비트의 수분함량은 CON, BW, BN, BC가 각각 91.30, 90.30, 89.39, 88.73%로 블랜칭한 실험군들의 수분함량이 전처리를 거치지 않은 CON보다 낮은 값을 보였다($p < 0.05$). Lee & Chung (2020)은 채소 가열 시 조직의 수축이 일어나 수분의 유출이 발생하고 이에 따라 수분함량이 감소한다고 보고하였다. Hwang et al. (2019)의 연구에서 100°C에서 3분 이상 블랜칭 처리한 우엉의 수분함량이 블랜칭 처리하지 않은 대조군보다 낮게 측정되어 본 연구와 유사한 경향을 보였으며, 근채류의 경우 블랜칭을 할 때 온도가 증가할수록 수분함량이 감소한다고 보고하였다. Cheigh et al. (2012)의 연구에서도 블랜칭한 감자의 수분함량이 감소하며 본 실험과 유사한 결과를 보였다.

가열감량이란 조리 전과 비교하여 조리 후 중량이 감소한 비율을 나타내는 지표로 블랜칭 처리한 비트의 가열감량은 BC가 8.96%로 가장 높게 측정되었고($p < 0.01$), BN과 BW가 6.65, 5.39%로 측정되었으나 두 시료 간 서로 유의적인 차이를 보이지 않았다. Choi et al. (2022)의 연구에서 당근의 가열감량은 블랜칭 처리를 함에 따라 중량이 감소하고 인해 당근의 부피가 줄어들어 보수력이 낮아졌기 때문이라고 보고하였다. 본 실험에서도 블랜칭한 비트 조직의 파괴로 인해 부피가 수축하고 수분이 유출되어 가열감량이 발생한 것으로 사료된다.

2. 블랜칭 처리에 따른 비트의 pH

블랜칭 조건을 달리한 비트의 pH 측정 결과를 <Table 2>에 나타내었다. pH를 측정한 결과 BN, BW, CON, BC가 6.13, 6.05, 6.04, 3.60 순으로 실험군 BC가 가장 낮게 측정되었다($p < 0.001$). Choi et al. (2022)의 연구에서도 구연산에 블랜칭한 당근의 pH가 가장 낮게 측정되어 본 연구와 유사한 경향을 보였다. 2% 구연산 용액의 pH는 1.98로 측정되었는데, BC의 pH가 낮게 측정된 것은 구연산의 낮은 pH에 영향을 받은 것이라 사료된다. Rahman et al. (2011)의 연구에서도 구연산을 첨가하여 블랜칭한 실험군의 pH가 물로 블랜칭한 실험군의 pH보다 낮게 측정되어 본 연구와 유사한 결과를 보였다.

3. 블랜칭 처리에 따른 비트의 색도

블랜칭 조건을 달리한 비트의 색도 측정 결과를 <Table 2>에 나타내었다. 블랜칭 조건을 달리한 비트의 L값(lightness)은 CON이 37.82로 가장 밝았고, 블랜칭한 실험군은 BN, BW, BC가 33.24, 31.47, 31.02 순으로 측정되었다($p < 0.001$). a값(+redness/-greenness)은 CON이 16.95로 가장 높게 측정되었으며, 블랜칭 처리한 실험군의 경우 BW, BN, BC가 13.23, 9.57, 9.30 순으로 측정되었다($p < 0.001$). b값(+yellowness/-blueness)도 CON이 3.40으로 가장 높았으며, 블랜칭한 실험군은 BW, BN, BC가 3.05, 2.05, 1.33 순으로 측정되었다($p < 0.001$). 블랜칭 조건에 따른 비트의 색도는 BW가 CON과 가장 유사한 값을 보여 블랜칭 처리 전 색을 가장 많이 유지하였다.

Zhang et al. (2021)의 연구에서 100°C에 60-180초 블랜칭한 비트의 L, a, b값이 감소하여 본 연구와 유사한 결과를 보였으며 이는 블랜칭 처리 과정 중 비트 뿌리의 조직 세포가 파괴되어 색소가 손실되었기 때문이라고 보고하였다. Min et al. (2018)의 연구에서 100°C의 항온수조에 시료를 보관하며 변화를 관찰한 결과 열처리를 함에 따라 색소의 강도가

<Table 2> Qualities characteristics different blanching treatments of beetroot

Sample	Moisture	Cooking loss (%)	pH	Color values		
				L	a	b
CON ¹⁾	91.30±0.54 ²⁾³⁾	-	6.04±0.01 ^b	37.82±1.60 ^a	16.95±2.74 ^a	3.40±0.82 ^a
BW	90.30±0.97 ^{ab}	5.39±0.45 ^b	6.13±0.01 ^a	31.47±2.57 ^c	13.23±2.71 ^b	3.05±1.10 ^b
BN	89.39±1.97 ^b	6.65±1.60 ^b	6.05±0.01 ^b	33.24±2.99 ^b	9.57±2.77 ^c	2.05±0.86 ^c
BC	88.73±0.90 ^b	8.96±0.95 ^a	3.60±0.01 ^c	31.02±3.55 ^c	9.30±2.39 ^c	1.33±0.61 ^d
F-value	6.699*	10.771**	61066.185***	62.985***	91.999***	59.148***

¹⁾CON: Non treatment beetroot, BW: Beetroot water blanching treatments 3 min, BN: Beetroot NaCl blanching treatments 3 min, BC: Beetroot citric acid blanching treatments 3 min.

²⁾All values are mean±SD (n=5).

³⁾a-d Values with different letter within a column suggest significant difference by Duncan's multiple range test ($p < 0.05$).

⁴⁾* $p < 0.05$, ** $p < 0.01$, *** $p < 0.001$.

<Table 3> Effect of blanched on the total phenolics content and true retention in beetroot

Sample	Total polyphenols content (TPC)			Total flavonoids content (TFC)		
	TPC	Percentage variation	True retention	TFC	Percentage variation	True retention
CON ¹⁾	90.69±0.87 ²⁾	-	100.00±0.00	59.13±2.97 ³⁾	-	100.00±0.00
BW	88.61±2.96	-2.30±3.26	91.22±3.45	44.66±0.99 ^b	-24.47±1.67 ^a	70.51±1.71 ^a
BN	85.28±3.13	-5.97±3.45	88.97±2.76	42.23±0.80 ^{bc}	-28.57±1.35 ^{ab}	67.58±1.12 ^b
BC	85.56±2.29	-5.67±2.53	85.89±2.33	40.11±2.02 ^c	-32.16±3.41 ^b	61.75±1.96 ^c
F-value	3.285 ^{NS4)}	1.293 ^{NS}	3.443 ^{NS}	61.211 ^{***}	8.188 [*]	29.809 ^{***}

¹⁾CON: Non treatment beetroot, BW: Beetroot water blanching treatments 3 min, BN: Beetroot NaCl blanching treatments 3 min, BC: Beetroot citric acid blanching treatments 3 min.

²⁾All values are mean±SD (n=3).

³⁾a-d Values with different letter within a column suggest significant difference by Duncan's multiple range test (p<0.05).

⁴⁾NS: not significant.

⁵⁾*p<0.05, **p<0.01, ***p<0.001.

전반적으로 유의적 감소하는 경향을 보였다. 또한, 유기산을 첨가하거나 pH 2 이하로 조절하였을 때 레드비트 색소의 안정성이 대조군보다 낮아지는 경향을 보여 비트의 색소 성분이 고온과 낮은 pH에 불안정하다고 보고하였다.

비트의 주요 색소는 적색의 betacyanin과 황색의 betaxanthin으로 이루어져 있다. 비트의 주요 발색 성분인 betalain계 betanin은 열과 pH 변화에 불안정하다고 알려져 있으며, pH 감소에 따라 안정성이 떨어진 betacyanin은 적색에서 보라색으로 betaxanthin은 노란색에서 주황색으로 변화한다(Güneser 2016). 또한 Güneser (2016)은 식물 천연추출물에 금속이온을 첨가할 경우 안정성이 떨어진다고 하였다. BN과 BC의 경우 소금(NaCl)이나 구연산을 첨가하여 블랜칭함에 따라 pH 변화와 금속 이온 결합으로 인해 a값과 b값을 감소시킨 것이라 사료된다. 따라서 전처리 시 소금이나 구연산 등의 기타 첨가물을 넣지 않은 순수한 물에 블랜칭 하는 것이 비트의 색소를 가장 많이 보존하는 것으로 사료된다.

4. 블랜칭 처리에 따른 비트의 총 폴리페놀 및 플라보노이드 함량 변화

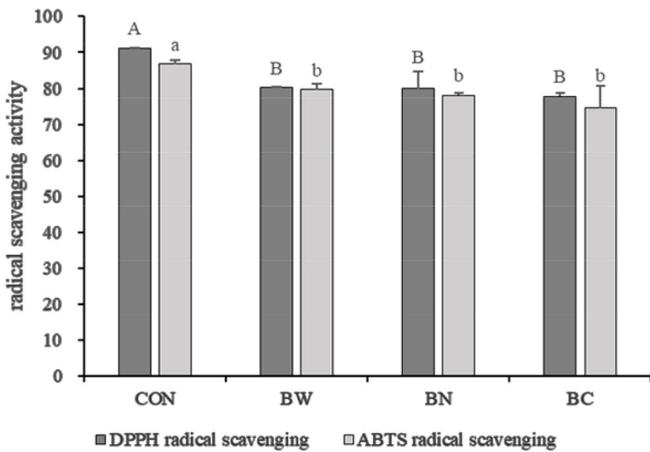
블랜칭 처리에 따른 비트의 총 폴리페놀 함량 변화를 <Table 3>에 나타내었다. 총 폴리페놀 함량은 CON이 90.69 mg GAE/100 g, 블랜칭한 실험군 BW, BC, BN이 88.61, 85.56, 85.28 mg GAE/100 g으로 측정되었으나 실험군 간 유의적인 차이는 나지 않았다(p>0.05). Percentage variation (PV)은 BW, BC, BN이 -2.30, -5.67, -5.97%로 모든 실험군이 블랜칭 처리 전보다 감소하는 경향을 보였다(p>0.05). True retention (TR)은 BW, BN, BC가 91.22, 88.97, 85.89%로 측정되어 블랜칭한 실험군 모두 CON보다 감소하며 시료 간 차이를 보였으나 유의적이지 않았다(p>0.05). 총 플라보노이드 함량은 CON, BW, BN, BC가 59.13, 44.66, 42.23, 40.11 mg QE/100 g으로 측정되어 전처리 후 총 플라보노이드 함량은 모두 감소하였으나 블랜칭한 실험군 중 BW

의 총 플라보노이드 함량이 가장 높게 측정되었다(p<0.001). PV은 BW, BN, BC가 -24.47, -28.57, -32.16% 순으로 측정되며 CON보다 감소하는 모습을 보였다(p<0.05). TR 또한 BW, BN, BC가 70.51, 67.58, 61.75% 순으로 측정되어 총 플라보노이드 함량과 유사한 결과를 보였다(p<0.001).

Lee et al. (2012)의 연구에서 생 자색고구마의 총 폴리페놀 함량이 굵거나 찌는 등의 조리 과정을 거친 후 감소하는 경향을 보여 본 연구와 유사하였다. 해당 연구에서 일반고구마와 황색고구마는 가열처리가 총 폴리페놀 함량에 영향을 주지 않거나 증가 요인으로 작용한 반면, 자색고구마에서는 감소 요인으로 작용하였다. 이는 acylated 형태로 존재하는 안토시아닌의 성분이 낮은 열안정성에 의해 분해되었기 때문이라고 보고하였다. Zhang et al. (2021)의 연구에서 전처리를 하지 않은 비트의 총 폴리페놀 함량이 6.40 mg/g에서 100°C에 블랜칭 후 4.88-4.74 mg/g으로 감소하여 본 연구와 유사한 결과를 보였으며, 이는 세포 내 액포에 위치한 페놀 화합물이 열처리에 의해 파괴되기 때문이라고 보고하였다. 본 실험에서도 비트에 블랜칭한 후 파괴된 세포벽으로 폴리페놀 및 플라보노이드가 유출되어 총 폴리페놀 및 플라보노이드 함량이 감소한 것이라 사료된다. No et al. (2019)의 연구에서도 생 단자미 자색고구마에 비하여 가열 처리 후 고구마칩의 총 폴리페놀 함량 및 플라보노이드 함량이 감소하여 본 연구와 유사한 경향을 보였다.

5. 블랜칭 조건에 따른 비트의 DPPH 및 ABTS⁺ radical 소거 활성

블랜칭 처리에 따른 비트의 5% 추출물의 DPPH 및 ABTS⁺ radical 소거 활성은 <Figure 1>과 같다. DPPH radical 소거 활성은 CON이 91.19%로 가장 높게 측정되었으며(p<0.001), 블랜칭 처리군의 경우 BW, BN, BC가 80.29, 79.93, 77.85%의 순서로 측정되어, 블랜칭한 실험군 중 BW에서 가장 높은 소거 활성을 보였다. ABTS⁺ radical



<Figure 1> DPPH and ABTS⁺ radical scavenging activities of 5% beetroots with different blanching treatments

Values with different letters (a-b and A-B) within DPPH and ABTS⁺ radical suggest significant difference by Duncan's multiple range test (p<0.05).

소거능의 경우도 CON이 86.81%로 가장 높았으며(p<0.01), 블랜칭한 실험군의 경우 BW, BN, BC가 각각 79.67, 78.14, 74.53%로 실험군 간 유의적 차이를 보이지 않았으나 BW에서 가장 높은 항산화 활성을 보였다.

Jang et al. (2009)은 비트 분말의 MeOH 추출물과 water 분획물을 제외한 다른 분획물들에서 높은 항산화 효과를 확인해 생리활성 물질은 수용성 계열 색소라 보고하였다. 이러한 물질들은 높은 항산화 능력을 가졌지만 열이나 산소, pH 등의 외부 환경 변화에 민감하게 반응하고, 유기산이나 금속 이온을 첨가하였을 때 안정성이 떨어진다(Min et al. 2018). Betalain의 pH와 radical 의존성에 대한 보고에 따르면 betanin은 pH 4 이상에서 높은 라디칼 소거활성을 가진다(Slimen et al. 2017). 본 연구에서 블랜칭한 실험군의 DPPH 및 ABTS⁺ radical 소거 활성은 pH가 높을수록 높게 측정되어 pH에 따른 betalain의 항산화 활성에 영향을 받았을 것이라 사료된다.

Hwang & Lee (2021)의 연구에서 열처리 하지 않은 자색 고구마의 DPPH 및 ABTS⁺ radical 소거 활성이 140-180°C로 구운 자색고구마칩의 활성보다 높게 측정되어 유사한 결과를 보였다. 본 실험에서 비트를 가열함에 따라 불안정한 생리활성 물질들이 파괴되어 블랜칭한 실험군의 항산화 활성이 CON보다 낮게 측정된 것으로 사료되며, BN과 BC의 경우 블랜칭 할 때 함께 사용된 소금과 구연산 등의 영향을 받아 더 큰 폭으로 감소한 것으로 보인다. 따라서 비트의 생리활성 물질을 보존하기 위해서는 첨가물을 넣지 않고 블랜칭 하는 것이 손실을 최소화 할 수 있는 방법이라고 사료된다.

6. 블랜칭 조건에 따른 비트의 총균수

블랜칭 처리에 따른 비트의 총균수는 <Table 4>에 나타내

<Table 4> Total plate count by various treatments of beetroots

Sample	Total plate count (log CFU/g)			
	CON ¹⁾	BW	BN	BC
Beetroot	2.97±0.27 ²⁾	ND ³⁾	ND	ND

¹⁾CON: Non treatment beetroot, BW: Beetroot water blanching treatments 3 min, BN: Beetroot NaCl blanching treatments 3 min, BC: Beetroot citric acid blanching treatments 3 min.

²⁾All values are mean±SD.

³⁾ND: not detected.

었다. 비트의 총균수를 측정된 결과 CON에서 2.97 log CFU/g으로 측정되었고, 블랜칭한 실험군에서는 미생물이 검출되지 않았다. Bae et al. (2003)은 식품의 전처리 과정을 통해 여러 생화학적 기작과 미생물 번식을 억제 시킬 수 있다고 하였다. Choi et al. (2022)의 연구에서 전처리하지 않은 당근은 3.37 log CFU/g의 미생물이 측정된 반면 3분 이상 블랜칭한 당근에서는 미생물이 측정되지 않아 본 연구와 유사한 결과를 보였다. 3분 이상 100°C의 물에 블랜칭 처리를 하면 열이나 산에 관계없이 미생물 살균 효과가 있는 것으로 사료된다. Kim et al. (2012)의 연구에서도 전처리 후 채소에서 미생물이 검출수준 이하로 측정되어 본 연구와 유사한 결과를 보였다.

IV. 요약 및 결론

본 연구에서는 다양한 조건에서 블랜칭한 비트의 품질특성 및 TR을 통한 항산화 활성 비교 분석을 하였다. 비트를 증류수, 2% 소금물, 2% 구연산 용액에 블랜칭 하였다. 블랜칭한 비트의 수분함량은 CON, BW, BN, BC가 각각 91.30, 90.30, 89.39, 88.73%로 블랜칭한 실험군들의 수분함량이 전처리를 거치지 않은 CON보다 낮은 값을 보였다(p<0.05). 가열감량은 BC가 8.96%로 가장 높게 측정되었고(p<0.01), BN, BW가 6.65, 5.39%로 측정되었으나 두 시료 간 서로 유의적인 차이를 보이지 않았다. pH를 측정할 결과 3.60-6.13으로 실험군 BC가 가장 낮게 측정되었다(p<0.001), 비트의 L값은 CON이 37.82로 가장 밝았고, 블랜칭한 실험군은 BN, BW, BC가 33.24, 31.47, 31.02 순으로 측정되었다(p<0.001). a값은 CON이 16.95, 블랜칭한 실험군은 9.30-13.23으로 측정되었고(p<0.001), b값은 CON이 3.40 블랜칭한 실험군은 1.33-3.05으로 측정되었다(p<0.001). 블랜칭 후 비트의 색도는 BW가 CON과 가장 유사한 값을 보였다. TPC, TFC 모두 CON이 가장 높게 측정되었으며, 블랜칭한 실험군의 경우 BW가 TPC 88.61 mg GAE/100 g, TFC 44.66 mg QE/100 g, TPC PV -2.30%, TFC PV -24.47%, TPC TR 91.22%, TFC TR 70.51%로 측정되어 항산화 물질이 가장 많이 보존되었다. DPPH 및 ABTS⁺ radical 소거 활성도 CON이 가장 높게 측정되었고, 블랜칭한 실험군은

BW가 DPPH 80.29%, ABTS⁺ 79.67%로 측정되어 가장 높은 항산화 활성을 보였다($p < 0.01$). 비트의 총균수를 측정할 결과 CON에서 2.97 log CFU/g으로 측정되었고, 블랜칭한 실험군에서는 미생물이 검출되지 않았다. 결론적으로 비트의 항산화 활성 및 영양성분을 보존하면서 미생물 번식 억제 및 품질 보존을 위해서는 증류수에 블랜칭하는 것이 가장 적합하다고 사료된다. 본 연구는 비트의 편의식품 및 가공식품에서의 활용과 개발에 있어 식품 가공 및 전처리 기술의 기초 자료로 활용될 수 있을 것이다.

저자정보

최해연(공주대학교 외식상품학과, 교수, 0000-0003-4569-7924)

김수빈(공주대학교 외식상품학과, 학석사 연계과정, 0009-0006-5254-970X)

고은성(공주대학교 외식상품학과, 석사, 0000-0003-1649-4060)

추지혜(공주대학교 외식상품학과, 석사, 0000-0002-7664-6903)

전희경(한국생산기술연구원 에너지소재부품연구그룹, 수석연구원, 0000-0003-1797-6045)

최진희(대진대학교 식품영양학과, 교수, 0000-0001-9337-9272)

Conflict of Interest

No potential conflict of interest relevant to this article was reported.

References

- Bae HJ, Lee HJ, Oh SI. 2003. Effect of applying pretreatment methods before cooking for decreasing the microbiological hazard of cooked dried fish in foodservice establishments. *Korean J. Food Cook. Sci.*, 19(5):555-561
- Cheigh CI, Lee JH, Chung MS. 2012. Effects of soft steam treatments on quality characteristics of potatoes. *Korean J. Food Nutr.*, 25(1):50-56
- Choi JH, Chu JH, Ryu HS. 2022. Quality characteristics and antioxidant activities of carrots based on pretreatment conditions. *J. Korean Soc. Food Cult.*, 37(2):153-161
- Güneser O. 2016. Pigment and color stability of beetroot betalains in cow milk during thermal treatment. *Turkey J. Food Chem.*, 196:220-227
- Hwang CR, Kang MJ, Shim HJ, Suh HJ, Kwon OO, Shin JH. 2015. Antioxidant and antiobesity activities of various color resources extracted from natural plants. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.*, 44(2):165-172
- Hwang ES, Lee HK. 2021. Quality characteristic, antioxidant activity and acrylamide content of sweet potato chips according to the baking temperature. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.*, 50(12):1350-1357
- Hwang KH, Shin JA, Lee KT. 2016. True retention and β -carotene contents in 22 blanched vegetables. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.*, 45(7):990-995
- Hwang SI, Yun YC, Lee EJ, Hong GP. 2019. Effect of blanching condition on the physicochemical properties of burdock, lotus root, and garlic scape. *Food Eng. Prog.*, 23(1):69-75
- Jang JR, Kim KK, Lim SY. 2009. Effects of solvent extracts from dried beet (*Beta vulgaris*) on antioxidant in cell systems and growth of human cancer cell lines. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.*, 38(7):832-838
- Kang HJ, Park JD, Lee HY, Kum JS. 2013. Effect of grapefruit seed extracts and acid regulation agents on the qualities of Topokkidduk. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.*, 42(6):948-956
- Kang YR, Lee SY, Kim HJ. 2022. Antioxidant activity of pigment extracted from red beet (*Beta vulgaris* L.) produced in Jeju: A study comparing the extraction conditions. *Korean J. Food Cook. Sci.*, 38(3):139-145
- Kim BC, Hwang JY, Wu HJ, Lee SM, Cho HY, Yoo YM, Cho EK. 2012. Quality changes of vegetables by different cooking methods. *Korean J. Culin. Sci. Hosp. Res.*, 18(1):40-53
- Kim KI, Hwang IG, Yoo SM, Min SG, Choi MJ. 2014. Effects of various pretreatment methods on physicochemical and nutritional properties of carrot. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.*, 43(12):1881-1888
- Kwak SJ, Park NY, Kim GC, Kim HR, Yoon GS. 2012. Changes in quality characteristics of wild root vegetables during storage. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.*, 41(8):1158-1167
- Lee KJ, Chung HJ. 2020. Nutritional compositions and their retention rates of carrots by different cooking methods. *Korean J. Food Preserv.*, 27(3):311-324
- Lee YM, Bae JH, Kim, JB, Kim SY, Chung MN, Park MY, Ko JS, Song J, Kim JH. 2012. Changes in the physiological activities of four sweet potato varieties by cooking condition. *Korean J. Nutr.*, 45(1):12-19
- Lee YU, Huang GW, Liang ZC, Mau JL. 2007. Antioxidant properties of three extracts from *Pleurotus citrinopileatus*. *LWT-Food Sci. Technol.*, 40(5):823-833
- Min JY, Park HY, Kim YS, Hong JS, Choi HD. 2018. Antioxidant activity and stability of natural pigment extracted from red beetroot (*Beta vulgaris* L.). *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.*, 47(7):725-732
- No JH, Lee JR, Shin MS. 2019. Acrylamide content and antioxidant activity of sweet potato chips prepared from domestic cultivars. *Korean J. Food Cook. Sci.*, 35(6):631-641
- Rahman S, Jin YG, Oh DH. 2011. Combination treatment of alkaline electrolyzed water and citric acid with mild heat to ensure microbial safety, shelf-life and sensory quality

- of shredded carrots. Food Microbiol., 28(3):484-491
- Siddhuraju P, Becker K. 2007. The antioxidant and free radical scavenging activities of processed cowpea (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) seed extracts. J. India. Food Chem., 101(1):10-19
- Slimen IB, Naja T, Abderrabba M. 2017. Chemical and antioxidant properties of betalains. J. Agric. Food Chem., 65:675-689
- Swain T, Hillis WE. 1959. The phenolic constituents of *Prunus domestica*. I.-The quantitative analysis of phenolic constituents. J. Sci. Food Agric., 10:63-68
- Um HJ, Kim GH. 2007. Studies on the flavonoid compositions of *Elsholtzia* spp. J. Korean Soc. Food Sci. Nutr., 20(2):103-107
- Yi MR, Kang CH, Bu HJ. 2017. Antioxidant and anti-inflammatory activity of extracts from red beet (*Beta vulgaris*) root. Korean J. Food Preserv., 24(3):413-420
- Zhang Y, Sun BH, Pei YP, Vidyarthi SK, Zhang DP, Zhang WK, Ju HY, Gao ZJ, Xiao HW. 2021. Vacuum-steam pulsed blanching (VSPB): An emerging blanching technology for beetroot. LWT-Food Sci. Technol. 147:111532