

직냉식 냉장고에서 조건별로 저장한 절임배추의 항산화 및 영양성분 분석

박지현 · 김하윤 · 김진세¹ · 조용식 · 김경미 · 장현욱 · 황영*

농촌진흥청 국립농업과학원 농식품자원부, ¹농촌진흥청 국립농업과학원 농업공학부

Analysis of Nutritional Compositions and Antioxidant Activities of Salted Chinese Cabbage Based on Storage Conditions in Direct Refrigerator

Ji Hyun Park, Ha Yun Kim, JinSe Kim¹, Yong Sik Cho, Kyung Mi Kim, Hyun Wook Jang, and Young Hwang*

Department of Agrofood Resources, National Institute of Agricultural Sciences.

¹Department of Engineering, National Institute of Agricultural Sciences

Abstract

This study was conducted to find out the change in nutritional components and antioxidant activities of salted Chinese cabbage according to storage temperature and duration using supercooling. Salted Chinese cabbage was investigated every 2 weeks while it was stored at -2°C and 2°C for 8 weeks. This was followed by an analysis of freeze dried samples. The analyzed contents were free sugar and free amino acid contents, DPPH and ABTS radical scavenging activity, and TPC and TFC. Free sugar content of salted Chinese cabbage decreased with longer storage duration, while free amino acid did not change significantly. DPPH and ABTS radical scavenging activities did not change significantly with storage duration whereas the TPC and TFC of salted Chinese cabbage stored at -2°C was higher than that stored at 2°C for 6 weeks. Therefore, the quality of salted Chinese cabbage was maintained in direct refrigerator storage for a long duration, showing economic and industrial values as a new storage technology.

Keywords: direct refrigerator, salted Chinese cabbage, supercooling, antioxidant, nutritional composition

서 론

배추(*Brassica rapa* L. ssp. *pekinensis*)는 십자화과 채소 중 하나로 동아시아권에서 많이 재배되고 있으며 우리나라에서도 생산과 소비가 많은 채소 중 하나이다(Kim & Lee, 2014). 배추의 구성성분은 97%가 수분으로 이루어져 있으며(Lee, 1986), 수분 이외에 폐놀 화합물, 플라보노이드와 같은 생리활성 물질이 풍부하며 비타민 C, 베타카로틴과, Glycosinolate를 함유하고 있다(Black, 1987; Doosan world wide, 1997; Hyun et al., 2004). 우리나라의 김치 중 가장 많이 섭취하고 있는 배추김치의 주원료로 사용되고 있지만(Park et al., 2013), 사계절이 있는 우리나라 기후 특성상 연중 생산이 어려우며, 수분 함량이 높아 오랜 기간 저장이 어렵기 때문에 계절별 가격 변동이 심하며 유통하는 과

정 중 수확 후 일어나는 호흡과 대사활동에 의한 부패, 오염(Kim et al., 1996) 등에 의해 상품의 보존이 어렵기 때문에 여러 가지 문제점이 존재한다. 배추는 주로 가을과 겨울에 많이 생산되는데 다른 계절에 생산되는 배추에 비해 품질이 우수하고 저장성이 좋다(Kim et al., 2001). 하지만 주 수확기에는 과잉 생산 되어 폐기하는 경우가 많아 품질 좋은 배추를 장기간 동안 보존할 수 있는 저장기술이 필요하다(Jung et al., 1993). 배추를 저장하는 방법으로 김치를 만들기 전 절이는 공정이 가장 중요하며, 대부분 10-20%의 염수에 일정 시간 동안 침지하여 절이는 공정으로 배추 내부에 존재하는 유리수를 제거하고 조직에 양념이 잘 베이도록 하기 위한 과정이다. 절임배추를 장기간 보존하기 위한 기술로 포장방법과 포장재질을 활용한 방법(Yang et al., 1993; Kim et al., 2009), CA저장(Park et al., 1999), 저온저장(Chung, 1997), 예건 후 저장하는 방법(Eum et al., 2013), 절임 방법, 염도에 관한 연구(Ryu et al., 2014) 등 진행되고 있으나, 더 다양한 저장 기술에 대한 연구가 필요한 상황이다. 최근에는 어는점 이하에서 얼지 않은 상태인 과냉각(Supercooling)을 활용하여 농산물 저장에 활용한 연구가 진행되고 있다(Martins & Lopes,

*Corresponding author: Young Hwang, Department of Agrofood Resources, National Institute of Agricultural Sciences, 166, Nongsaengmyeong-ro, Iseo-myeon, Wanju-gun, Jeollabuk-do 55365, Republic of Korea.

Tel: +82-63-238-3632; Fax: +82-63-238-3843

E-mail: youngh@korea.kr

Received August 3, 2020; revised August 18, 2020; accepted August 19, 2020

2007). 이에 본 연구에서는 절임배추를 냉장(2°C)온도와 과냉각(-2°C) 상태에서 8주 동안 저장하면서 나타나는 성분의 변화에 대해 비교하여 절임배추의 저장성을 연장하기 위한 방법을 제시하고자 한다.

재료 및 방법

실험 재료

본 실험에 사용한 배추(*Brassica rapa* L. ssp. *pekinensis*)는 해남 땅끝마을 영농조합에서 2019년에 생산된 '남도장군' 월동배추를 사용하였으며 10 kg씩 포장된 제품을 구입 후 모든 배추의 부위를 길이 2 cm로 절단한 후 동결 건조 후 항산화 물질 분석 및 영양성분 분석 실험에 사용하였다.

분석시료 전처리

분석에 사용된 시료는 절임배추를 동결건조 후 믹서기(TW-MX100S, Twinelfin smart blender, Ningbo winlim electric appliance Co., Ningbo, China)로 분쇄하여 40 mesh sieve를 통과한 샘플을 사용하였으며, 시료 5 g에 3차 증류수(J.T. Barker®, Center Valley, PA, USA)로 20배 희석시킨 후 상온(25°C)에서 30분 동안 40 kHz에서 초음파 추출(Ultrasonic cleaner UC-02, Lab companion, Daejeon, Korea)하였다. 추출 후 원심분리기(Himac CR21GII, Hitachi, Tokyo, Japan)로 8,000 rpm에서 30분 동안 분리한 후 상등액을 syringe로 1 mL 취한 후 PVDF syringe filter 0.2 µm 로 여과한 후 분석 실험에 사용하였다.

유리당 분석

절임배추의 유리당 분석은 High Performance Liquid Chromatography (HPLC, Alliance e2695, Waters Co., Milford, MA, USA)를 사용하여 분석하였으며 분석에 사용된 컬럼은 유리당 분석용 컬럼(Shodex Asahipak NH2P-50 4E, 4.6 × 250 mm, Showa Denko K.K., Kanagawa, Japan)을 사용하였다. 이동상 용매는 70% Acetonitrile (Acetonitrile 70 : Water 30, %(V/V), J.T. Barker®)을 이용하였고, 이동상의 유속은 1 mL/min, oven의 온도는 25°C, injection(주입량)은 10 µL로 설정한 뒤 RI detector로 검출하였다. 표준물질은 glucose, fructose, sucrose (Sigma-Aldrich Co. St Louis, Mo, USA)을 기준으로 하여 작성한 검량선에 대입하여 mg/100 g으로 산출하였다.

유리 아미노산 분석

유리 아미노산 분석은 Ultra Performance Liquid Chromatography (UPLC)로 분석하였으며 Derivatization kit (Waters AccQ·Tag™ Ultra Derivatization kit, 250 analyses, Waters, Milford, MA, USA)를 사용하여 유도체화 후 유

리아미노산 분석용 컬럼(Acc·cTag™ Ultra 2.1×100 mm, Waters)을 이용하여 분석하였다. 이동상 용매는 Eluent A (Eluent A 1 : Water 20, V/V)와 Eluent B로 분석하였고, 컬럼의 oven 온도는 55°C 이동상의 유속은 0.7 mL/min, injection(주입량)은 1.0 µL로 설정한 후 PDA Detector (ACQUITY UPLC PDA eλ Detector, Waters)로 260 nm에서 분석하였다. 표준물질은 17종의 아미노산 혼합물질을 기준으로 하여 작성된 검량선에 대입하여 산출하였다.

생리활성 물질 및 항산화 실험 추출물 제조

절임배추는 -70°C deep freezer에서 24시간 동안 냉동시킨 후 동결건조기를 이용하여 건조하였다. 동결건조 후 건조된 배추는 믹서기(TW-MX100S, Twinelfin smart blender)로 분쇄한 후 분말화 된 배추에 70% 에탄올을 시료의 15배로 가하여 희석하였다. 희석한 시료는 초음파 추출기(Ultrasonic cleaner UC-02, Lab companion)로 40 kHz에서 1시간 동안 추출하였으며 추출 후 filter paper로 감압 여과한 후 농축하여 -70°C에서 동결 후 동결건조기(PVTFD 10R, ILSHIN, Yangju, Korea)로 건조 후 실험에 사용하였다.

DPPH, ABTS 라디칼 소거능

절임배추를 추출한 추출물을 농도별로 희석하여 100 µL씩 96-well plate에 분주하였으며 0.2 mM DPPH solution을 100 µL씩 넣은 후 37°C에서 30분 동안 암실에서 반응하였다. 반응 후 혼합물은 microplate reader (Infinite 200 pro, TECAN, Mannedorf, Switzerland)로 515 nm에서 값을 측정하였으며 절임배추 추출물의 DPPH 라디칼 소거능에 대한 값은 아래의 식에 대입하여 값을 산출하였다. ABTS 라디칼 소거능은 7 mM ABTS 용액과 2.45 mM potassium persulfate 두 가지 용액을 같은 비율(1:1)로 혼합한 후 빛을 차단하여 12시간 이상 방치하였다. 실험에 사용할 때 혼합한 용액의 흡광도는 1.0-0.7이 되도록 맞춘 후 사용하였으며 농도를 맞춰 희석시킨 시료 100 µL와 ABTS용액 100 µL를 넣어 30분 동안 암소에서 반응시킨 후 413 nm에서 흡광도를 측정하였다.

총 페놀함량 및 플라보노이드 함량

폴리페놀 함량은 Folin-Denis법을 변형하여 이용하였다. 농도에 맞게 희석한 시료 추출물 200 µL에 2% Sodium carbonate 2 mL를 가하여 섞은 후 2분 동안 방치하였다. 1N Folin-ciocalteu's phenol reagent 200 µL를 넣고 30분 동안 어두운 곳에서 반응시킨 후 200 µL씩 96-well plate에 분주하여 750 nm에서 흡광도를 측정하였다. 총 페놀함량에 대한 표준물은 gallic acid (Sigma Co.)를 기준으로 하여 작성한 검량선을 기준으로 구하여 GAE mg/100g으로 나타내었다. 플라보노이드 함량은 폴리페놀과 같이 알맞은 농

도로 희석한 추출물 250 µL에 에탄올 1 mL을 넣고 10% Alluminum chloride hydrate를 150 µL를 넣어 섞은 후 1 M NaOH를 500 µL 첨가하여 20분 동안 반응시켰다. 반응 후 96-well plate에 200 µL씩 분주하여 microplate reader (Infinite 200 pro, TECAN)로 510 nm에서 흡광도를 측정하였으며, 측정 후 quercetin (Sigma Co.)을 기준으로 하여 작성한 검량선에 대입하여 QE mg/100g으로 나타내었다.

통계분석

실험 결과에 대한 분석은 SPSS for Window 20.0 (SPSS Inc., Chicago, IL, USA) 통계 분석을 사용하였으며, 일원 배치분산분석(One-Way ANOVA test) 후 Duncan's multiple range test로 사후검정 하여 $p < 0.05$ 수준으로 유의적인 차이를 검증하였다.

결과 및 고찰

유리당 분석

저장기간에 따라 직냉식 냉장고에서 저장한 절임배추의 유리당 함량은 Table 1과 같이 나타났다. 본 실험 결과 절임배추에 존재하는 유리당은 3가지로 fructose, glucose, sucrose가 존재하였으며, fructose, glucose의 함량은 177.5, 141.82 mg/100 g, sucrose는 18.19 mg/100 g으로 sucrose의 함량이 낮게 나타났다. Seong et al. (2016)의 실험 결과 생배추에 존재하는 유리당은 glucose, fructose, sucrose이며, sucrose의 함량도 두 가지 유리당에 비해 낮게 검출되어 본 실험결과와 같은 경향성을 나타내었다. 또한 저장 방법에 따라 비교한 결과는 2°C에서 저장한 절임배추의 유리당 함량이 전반적으로 감소하는 경향을 보였으며 과냉각 (-2°C) 상태로 저장하였을 때는 저장하지 않은 상태의 절임배추와 큰 차이를 보이지 않았다. Hwang et al. (2012)의 실험에서 홍고추의 -20°C 냉동 전과 후의 유리당 함량을 분석한 결과 냉동 전 함량과 냉동 후 함량이 유의적인 차이를 보이지 않고, 대파를 -20°C에서 30일 동안 저장하였을 때 fructose와 glucose 함량이 유의적인 차이를 보이지 않은(Kim et al., 2016) 것처럼 과냉각 저장에서도 처리 전

후 차이가 나타나지 않았다. 과냉각은 어느점 보다는 낮으나 얼지 않는 상태를 뜻하며(James et al., 2009) 식품 내에 존재하는 수분이 얼음으로 변화하는 온도 구간을 뜻한다(Kong, 1985). 과냉각 저장은 저장기간을 늘릴 수 있는 냉장, 냉동과 비슷한 기술로(Esomon, 2010) 식품이 과냉각 상태일 때 내부에 존재하는 물질들이 전과 크게 차이가 없는 것으로 본 실험 결과에 나타났다.

유리아미노산 분석

절임배추에 존재하는 유리아미노산 17종을 분석한 결과로 Arginine (56.45 mg%), Serine (12.52 mg%), Cysteine (10.27 mg%)의 3종류 유리아미노산 함량이 가장 높게 나타났다(Table 2). Lim et al. (2014)의 실험결과 시중에서 판매하는 절임배추의 유리아미노산의 함량 중 Serine 15.0-14.1% 존재하는 것으로 나타났으며 실험에 사용된 절임배추와 비슷하게 나타났다. 저장기간에 따라서는 큰 변화가 없었으며, 저장 방법에서는 대조구의 유리아미노산 함량이 감소하는 것으로 나타났다. 저장에 따른 유리아미노산의 변화를 실험한 유사한 사례를 보면 1°C에서 15주 동안 저장한 밤의 유리아미노산을 분석한 결과(Nha & Yang, 1996) 원물과 비교하여 큰 변화가 없는 것으로 나타났으며 마늘을 -15°C에서 15개월 동안 저장하였을 때, 총 유리아미노산의 함량이 1,047.8-1,044.6 mg%로 큰 변화가 없는 것으로 나타났으며(Shin et al., 2000), 본 실험 결과에서도 저장기간에 따른 변화는 보이지 않았다.

DPPH 라디칼 소거능

DPPH 라디칼 소거능 측정 방법은 free radical을 지니고 있는 수용성 물질 중 하나로 활성이 있는 성분을 만나면 전자를 주고난 후 DPPH 라디칼이 사라지는 원리를 기초로 한 실험으로 시료에 존재하는 수소 공여능을 측정하는 실험 방법이다. 본 실험에서 절임배추의 DPPH 라디칼 소거능은 95.85%로 나타났으며(Fig. 1), Kim et al. (2013) 배추김치의 활성(94%)과 유사하였다. 본 실험 결과에서는 저장기간이 길어질수록 라디칼 소거능이 감소하는 경향을 보였으며 저장 방법에 따라서는 유의적인 차이를 보이지 않았다. 과채류의 저장에 따른 DPPH 라디칼 소거능 연구

Table 1. Free sugar content of salted Chinese cabbage during the storage periods at 2°C and -2°C (in direct refrigerator)
unit : mg/100 g (dry)

Storage wk	0	2		4		6		8	
		2°C	-2°C	2°C	-2°C	2°C	-2°C	2°C	-2°C
Glucose	141.82±2.09 ^{A2)}	112.62±3.70 ^B	138.87±0.71 ^A	129.20±0.82 ^B	115.62±0.53 ^C	90.59±0.98 ^C	105.74±0.70 ^B	50.81±0.48 ^C	134.92±2.87 ^B
Fructose	177.5±3.18 ^A	145.19±2.95 ^C	154.16±0.47 ^B	132.57±0.74 ^B	134.9±0.38 ^B	67.97±1.12 ^C	142.80±3.02 ^B	75.48±0.15 ^C	94.87±1.94 ^B
Sucrose	18.19±0.39	17.34±5.06 ^{NS1)}	17.74±0.34	21.52±0.39 ^A	16.63±0.46 ^C	20.08±0.32 ^A	12.71±0.33 ^C	15.61±0.11 ^B	9.48±1.30 ^C

Values are expressed as the mean±SD (n=3).

¹⁾Means with NS are not significantly different by Duncan's multiple range test ($p < 0.05$).

^{2)A-C}Values with different letter within the same row are significantly different by Duncan's multiple range test ($p < 0.05$).

Table 2. Free amino acid content of salted Chinese cabbage during the storage periods at 2°C and -2°C (in direct refrigerator)
unit : mg% (dry)

Storage wk	0	2		4		6		8		
Storage temperature	Raw (salted cabbage)	2°C	-2°C	2°C	-2°C	2°C	-2°C	2°C	-2°C	
Histidine	0.72	0.64	0.55	0.61	0.87	1.10	1.09	0.44	1.22	
Serine	12.52	7.89	8.86	7.46	9.62	17.96	12.08	9.74	11.39	
Arginine	56.45	64.54	61.28	65.19	57.90	38.46	48.95	53.28	46.73	
Aspartic acid	0.00	0.10	0.46	0.37	0.81	0.00	1.30	0.00	1.68	
Glutamic acid	0.08	0.01	0.06	0.04	0.06	0.04	0.04	0.08	0.05	
Threonine	6.12	6.08	4.34	4.31	5.27	5.95	5.71	6.54	6.53	
Alanine	1.59	1.19	1.34	1.08	1.44	2.05	2.21	2.20	2.16	
Proline	6.77	6.56	7.18	7.32	7.71	9.20	8.80	10.27	8.96	
Cysteine	10.27	8.57	10.56	8.02	10.22	8.87	11.79	10.02	11.76	
Lysine	0.41	0.13	0.59	0.75	0.75	1.53	1.11	0.90	1.35	
Tyrosine	0.47	0.44	0.41	0.22	0.42	0.53	0.80	0.51	0.94	
Methionine	0.00	0.00	0.00	0.07	0.00	0.00	0.00	0.00	0.05	
Valine	2.21	1.71	2.29	3.27	2.51	3.22	2.51	2.61	2.80	
Isoleucine	0.61	0.51	0.61	0.00	0.72	1.21	1.21	1.07	1.54	
Leucine	1.66	1.51	1.42	1.22	1.65	9.88	2.34	2.18	2.64	
Phenylalanine	0.13	0.14	0.04	0.07	0.05	0.00	0.05	0.17	0.26	
Total				100(%)						

Values are expressed as the mean mg(%) and total value 100(%) (n=3).

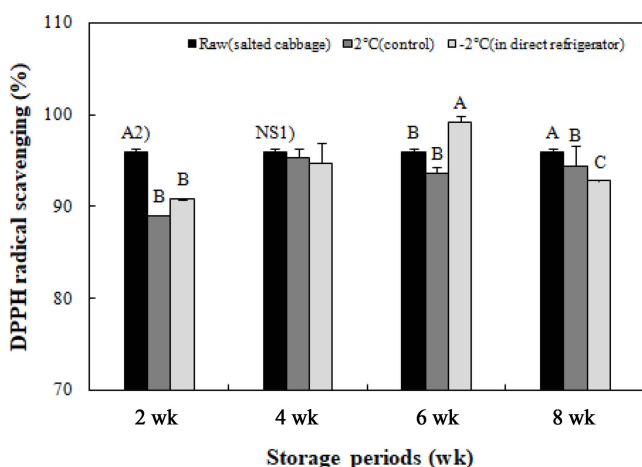


Fig. 1. DPPH radical scavenging activity of salted Chinese cabbage during the storage periods at 2°C and -2°C (in direct refrigerator). Values are expressed as the mean±SD (n=3). ¹⁾Means with NS are not significantly different by Duncan's multiple range test ($p<0.05$). ^{2)A-C}Values with different letter within the storage periods and same storage conditions are significantly different by Duncan's multiple range test ($p<0.05$).

를 보면 4°C에서 저장한 딸기의 DPPH 라디칼 소거능은 15°C에서 저장한 딸기의 활성이 처리하지 않은 딸기와 비교 하였을 때 소폭 감소하였고, Park et al. (2016)는 저장 온도(0, 1, 3°C)에 따른 로메인 상추의 DPPH 라디칼 소거능은 0°C에서 저장하였을 때는 초기에 비해 25%가 감소하였으나 저장 기간 동안은 유의적인 차이를 보이지 않았

다. 절임배추의 과냉각 저장에서도 이와 유사한 경향을 나타내었다.

ABTS 라디칼 소거능

ABTS 실험법은 potassium persulfate와 ABTS이온이 반응하여 항산화 성분에 의해 사라지게 되면서 시약 특유의 색상인 청녹색이 변하게 되는 원리로 항산화 활성을 측정하는 방법 중 하나이다(Amao et al., 2001). 절임배추의 ABTS 라디칼 소거능은 Fig. 2과 같다. 절임배추의 라디칼 소거능은 97.95%로 DPPH 라디칼 소거능과 유사한 수치로 나타났다. 저장기간에 따라서는 변화가 크게 나타나지 않았으며, 저장 6주차 이후로 과냉각에서 저장한 절임배추의 항산화 활성이 유의적으로 더 높게 나타났다. -20°C에서 냉동 후 저장한 멜론의 ABTS 항산화 활성은 생과가 94.5%로 나타났으며, 냉동기간에 따라서는 활성의 차이가 크지 않은 것으로 나타났다(Cho et al., 2009).

총 페놀함량

본 실험 결과 총 페놀의 함량은 저장하지 않은 절임배추와 비교하였을 때 저장기간이 길어질수록 감소하는 경향을 보였으며, 저장 방법별로 비교하였을 때 대조구(2°C)에 비하여 과냉각(-2°C)에서 저장한 절임배추의 페놀 함량이 더 낮은 것으로 나타났다(Fig. 3). Park et al. (2015)의 연구결과에서는 마늘을 저장 온도에 따라 비교하였을 때 4°C에서 총 페놀 함량이 $6.91\pm 0.69 \mu\text{g GAE/g}$ 였으며 -20°C에서 저

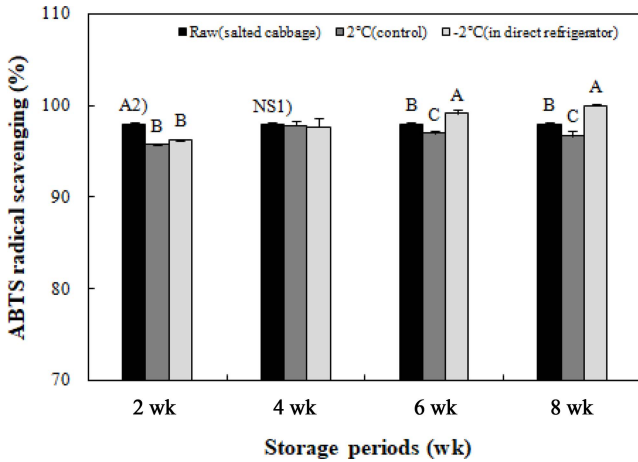


Fig. 2. ABTS radical scavenging activity of salted Chinese cabbage periods the storage periods at 2°C and -2°C (in direct refrigerator). Values are expressed as the mean±SD (n=3). ¹⁾Means with NS are not significantly different by Duncan's multiple range test ($p<0.05$). ²⁾A-C Values with different letter within the storage periods and same storage conditions are significantly different by Duncan's multiple range test ($p<0.05$).

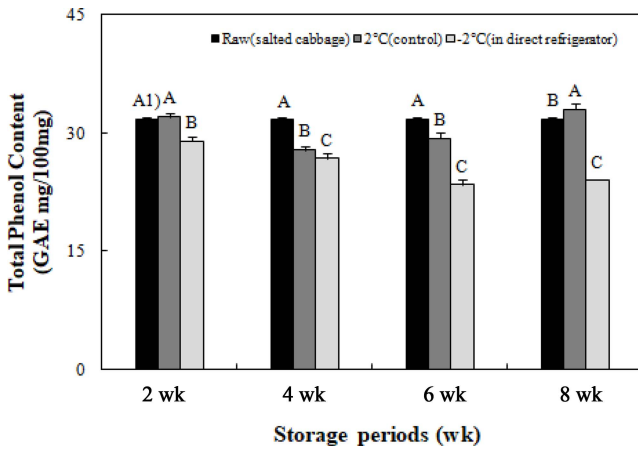


Fig. 3. Total phenol content of salted Chinese cabbage during the storage periods at 2°C and -2°C (in direct refrigerator). Values are expressed as the mean±SD (n=3). ¹⁾A-C Values with different letter within the storage periods and same storage conditions are significantly different by Duncan's multiple range test ($p<0.05$).

장하였을 때는 6.70 ± 0.76 μg GAE/g로 -20°C에서 더 낮은 온도에서 저장한 마늘의 총 페놀 함량이 낮아 본 실험 결과와 유사한 경향을 보였다. 이와 다르게 Hwang & Yeom (2019)의 연구결과에서 4°C와 -20°C에서 저장한 아로니아의 총 페놀 함량은 4°C에서 저장하였을 때는 저장기간이 길어질수록 유의적으로 감소하여 20주차에는 658.0 ± 20.1 mg GAE/g으로 나타났으며, -20°C에서는 20주차에 698.4 ± 23.5 mg GAE/g으로 4°C에서 저장 하였을 때 보다 적게 감소하여 본 실험과는 다른 경향을 보였다. 페놀 함량은 배추, 마늘 등 함량이 적은 채소는 냉장 온도가 과냉각 보다 성분의 유지가 잘 되었으며, 아로니아와 같이 페놀함량

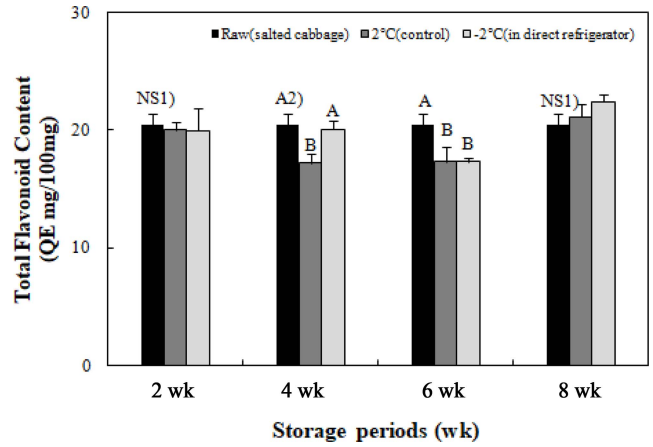


Fig. 4. Total flavonoid content of salted Chinese cabbage during the storage periods at 2°C and -2°C (in direct refrigerator). ¹⁾Means with NS are not significantly different by Duncan's multiple range test ($p<0.05$). ²⁾A-B Values with different letter within the storage periods and same storage conditions are significantly different by Duncan's multiple range test ($p<0.05$).

이 높은 배리의 경우 과냉각 온도에서 저장할 때 성분 유지가 잘 되는 것으로 나타났다. 이는 페놀 성분의 보존에는 저장 온도 외에 다른 요소가 작용하는 것으로 나타나 추가적인 연구가 필요할 것으로 보여진다.

총 플라보노이드 함량

배추에 존재하는 총 플라보노이드의 함량은 원물이 20.45 ± 0.97 mg GAE/g으로 나타났으며, 저장 방법별로 비교하였을 때 저장기간이 지날수록 플라보노이드 함량의 차이는 크게 나타나지 않았으며 방법에 따라서는 저장 2주에서는 과냉각의 플라보노이드 함량이 더 높았으며, 나머지 조건에서는 유의적인 차이를 보이지 않았다(Fig. 4). 유사한 연구 결과를 보면, 멜론 추출물을 -20°C에서 저장하였을 때 플라보노이드의 함량은 저장 전 23.27 ± 3.40 $\mu\text{g}/\text{mL}$ 3개월 저장 후 21.52 $\mu\text{g}/\text{mL}$, 6개월 후에는 20.83 $\mu\text{g}/\text{mL}$ 로 큰 차이가 없는 것으로 나타났으며(Cho et al., 2009). Part et al. (2015)의 실험에서 냉동 온도에서 마늘의 생리활성 물질의 변화를 측정된 결과 마늘의 플라보노이드 함량은 4°C에서 저장한 대조구의 플라보노이드 함량은 0.327 μg QE/g 이며, -20°C에서 저장한 경우 0.263 μg QE/g으로 유의적인 차이를 보이지 않았다. 본 연구에서와 같이 멜론과 마늘도 낮은 온도에서 저장하게 될 경우 플라보노이드 함량의 변화가 크지 않은 것으로 나타나 플라보노이드에 존재하는 소염효과(Rapisarda et al., 1999)와 같은 효능들은 온도가 낮은 경우 보존에 유리한 것으로 생각된다.

요 약

본 연구는 직냉식 냉장고에서 저장한 절임배추의 항산화

활성 및 영양성분의 변화에 대해 살펴보기 위해 2°C 저온 냉장고(대조구)와 -2°C 직냉식 냉장고(과냉각)에서 8주 동안 절임배추를 저장하며 2주 간격으로 비교 분석하였다. 절임배추의 유리당 함량은 원물과 비교하여 감소하였으며, 대조구의 유리당 함량이 직냉식 냉장고에서 저장했을 때 보다 더 감소하였다. 유리아미노산은 저온 냉장고에서 저장한 절임배추의 유리아미노산이 과냉각장치에서 저장한 경우보다 감소하였으며, 저장기간에 따른 차이는 나타나지 않았다. DPPH 라디칼 소거능과 ABTS 라디칼 소거능과 같은 항산화 활성은 저장 기간이 지날수록 감소하였으며, 총 페놀 함량은 과냉각 상태에서 저장하였을 때 대조구 보다 감소하였다. 플라보노이드 함량은 저장 6주까지 대조구 함량이 더 낮게 나타났다. 위의 실험결과를 바탕으로 저온 저장고(2°C 대조구)보다 직냉식 냉장고(-2°C 과냉각)에서 저장한 절임배추의 항산화 활성과 영양성분이 저장하지 않은 절임배추와 더 비슷하게 나타나며, 품질이 유지되기 때문에 장기적으로 절임배추의 품질을 유지하기 위한 저장방법으로 절임배추를 과냉각 상태인 -2°C에서 직냉식 냉장고에서 저장하는 것이 기존 저장방법보다 품질유지 면에서 효과적이며, 새로운 저장기술로 산업적 효용 가치가 있는 것으로 기대된다.

감사의 글

본 연구는 농촌진흥청 기관과유과제 연구사업(과제번호 :PJ01343902)의 연구비 지원으로 수행된 과제로 이에 감사드립니다.

References

- Amao MB, Cano A, Alcolea JG, Acosta M. 2001. Setimation of free radical-quenching activity of leaf pigment extracts. *Phytochem. Anal.* 12: 138-143
- Black SH. 1987. Potential involvement of free radical reactions in ultraviolet light-mediated cutaneous damage. *Photochem. Photobiol.* 46: 213-221
- Cho JG, Young SJ, Lee ET, Kim Tw, Kwoen DJ. 2009. Change of biological activity of melon (*Cucumis melo* L.) according to frozen storage period. *J. Appl. Biol. Chem.* 52: 200-204.
- Chung DS. 1997. Low temperature storage of Chinese cabbage. *The Monthly Horticulture*, Sept. 135-13.
- Doosan world wide encyclopedia Vol. 12. 1997. Doosan-donga Co. Ltd., Seoul, Korea, pp19-20.
- Esmon A. 2010. Effective vaccine storage. *Global Hospital & Healthcare Management*, Published in CLI, New Delhi, India, pp 26-27.
- Eum HL, Bae SJ, Kim BS, Yoon JR, Kim JK, Hong SJ. 2013. Postharvest quality changes of *kimchi* cabbage '*Choongwang*' cultivar as influenced by postharvest treatments. *Korean J. Hort. Sci. Technol.* 31: 429-436.
- Hwang ES, Yeom MS. 2019. Effects of storage temperature on the bioactive compound content and antioxidant activity of aronia (*Aronia melanocarpa*) fruit. *Korean J. Food Preserv.* 26: 455-465.
- Hwang IK, Jeong HS, Lee JS, Kim HY, Yoo SM. 2012. Influences of freezing and thawing temperature on the quality characteristics of mashed red pepper. *Korea J. Food & Nutr.* 25: 691-696.
- Hyun YH, Koo BS, Song JE, Kim DS. 2004. *Food materials*. Hyungseul publishing, Paju, Korea, pp 81-84.
- James C, Seignemartin V, James S. 2009. The freezing and supercooling of garlic (*Allium sativum* L.). *Int. J. Refrig.* 32: 253-260.
- Jung JL, Kim MJ, Kim SD. 1993. Salting of Chinese cabbage under Sub-atmosphere. *J East Asian. Soc Dietary Life.* 3: 99-106.
- Kim BS, Kim MJ, Kim OW, Kim GH. 2001. Quality changes of winter Chinese cabbage by different packing and loading during cold storage by different packing and loading during cold storage. *Korea J. Postharvest Sci. Technol.* 8: 30-36.
- Kim HY, Kil JH, Park KY. 2013. Comparing the properties and functionality of *kimchi* made with Korea or Japanese baechucabbage and recipes. *Korea Soc. Food Sci. Nutr.* 42: 520-526.
- Kim KJ, Lee KH. 2014. Quality characteristics of *kimchi* with south-east Asian fish sauce. *J East Asian. Soc Dietary Life.* 24: 862-874.
- Kim SY, Kim HS, Kim JS, Han GJ. 2016. Changes in quality of welsh onion (*Allium fistulosum* L.) during the freezing storage period under different freezing conditions. *Korea J. Food Cook Sci.* 32: 665-676.
- Kim YB, Yasutaka K, Akitsugu I, Reinosuke N. 1996. Effect of storage temperature on keeping quality of tomato and strawberry fruits. *J. Korean. Soc. Hort. Sci.* 37: 526-532.
- Kim YW, Jeong JK, Lee SM, Kang SA, Lee DS, Kim SH, Park KY. 2009. Effect of permeability-controlled polyethylene film on extension of shelf-life of brined *baechu* cabbage. *Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 38: 1767-1772.
- Kong JY. 1999. *Food freezing technology*. Hyungseul Publishing, Paju, Korea, pp 38-41.
- Lee CH. 1986. Korean fermented vegetable foods. *Korean J. Dietary Culture.* 1: 395-402.
- Lim JH, Jung JH, Kim DS, Kim YM, Kim BM. 2014. Comparison of quality changes in brined cabbage with deep sea water salt and a commercial brined cabbage product. *Korea J. Food Preserv.* 21: 676-687.
- RC Martins, VV Lopes. 2007. Modelling supercooling in frozen strawberries: experimental analysis, cellular automation and inverse problem methodology. *J. Food Eng.* 80: 126-141.
- Nha YA, Yang CB. 1996. Changes of constituent in chestnut during storage. *Korea J. Food sci. Technol.* 28: 1164-1170.
- Park HJ, Lee MJ, Lee HR. 2016. Vitamin and antioxidant capacity in cherry and romaine during storage at different temperature. *J Nutr. Health.* 49: 51-58.
- Park JW, Kim JS, Park SH, Choi SR, Oh SS, Kim YH, Yoo SN, Han GJ. 2015. Effects of freezing temperature on the physiological activities of garlic extracts. *Korean J. Food Preserv.* 22: 520-527.
- Park SJ, Lim BS, Hong SS. 1999. Effect of CA storage on post-harvest quality of Chinese cabbage grown in summer. *Korean J. Hortic. sci. Technol.* 17:647-647.

Park SS, Sung JM, Jeong JW, Park KJ, Lim JH. 2013. Quality changes of salted Chinese cabbage with electrolyzed water washing and a low storage temperature. *Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 42: 615-620.

Rapisarda P, Tomaino A, Lo Cascio R, Bonina F, De Pasquale A, Saija A. 1999. Antioxidant effectiveness as influenced by phenolic content of fresh orange juices. *J. Agric. Food Chem.* 47: 4718-4723.

Ryu JP, Yang JH, Chung YB, Lee SI, Han ES. 2014. Quality characteristics of *baechu-kimchi* salted at high salt concentration for a short time. *Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 43: 1913-1919.

Seong GU, Hwang JW, Chung SK. 2016. Physicochemical composition of head-type *kimchi* cabbage leaves. *Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 45: 923-928.

Shin DB, Lee YC, Kim JH. 2000. Changes in quality of garlic during frozen storage. *Korea J. Food sci. Technol.* 32: 102-110.

Yang YJ, Jeong JC, Chang TJ, Lee SY, Pek UH. 1993. Marketability affected by cultivars and packaging conditions during the long-term storage of Chinese cabbage grown in autumn. *Hortic Environ Biotechnol.* 34: 184-190.

Author Information

- 박지현: 국립농업과학원 농식품자원부 발효가공식품과 연구원
- 김하윤: 국립농업과학원 농식품자원부 발효가공식품과 농업연구사
- 김진세: 국립농업과학원 농업공학부 수확후관리과 농업연구사
- 조용식: 국립농업과학원 농식품자원부 발효가공식품과 농업연구관
- 김경미: 국립농업과학원 농식품자원부 발효가공식품과 농업연구사
- 장현욱: 국립농업과학원 농식품자원부 발효가공식품과 농업연구사
- 황영: 국립농업과학원 농식품자원부 발효가공식품과 농업연구사