



Quality characteristics and kimchi processing ability of kimchi cabbage cultivars ‘Cheonjincheongmayeop’ and ‘Chunkwang’

Sang-Un Park¹, Young Bae Chung¹, Su-Hyung Park², Hae Woong Park¹,
 Eung Soo Han^{1*}

¹Advanced Process Technology and Fermentation Research Group, World Institute of Kimchi, Gwangju 61755, Korea

²Vegetable research Div., National Institute of Horticultural and Herbal Science, Wanju 55365, Korea

배추 ‘천진청마엽’과 ‘춘광’ 품종의 품질 특성 및 김치 가공 적성

박상언¹ · 정영배¹ · 박수형² · 박해웅¹ · 한응수^{1*}

¹세계김치연구소 신공정발효연구단, ²국립원예특작과학원 채소과

Abstract

The quality characteristics and kimchi processing ability of the kimchi cabbage cultivar ‘Cheonjincheongmayup’ (CC) were analyzed and compared with those of the ‘Chunkwang’ (CK) cultivar. The head weight of CC was lower than that of CK, and the head length of CC was larger than that of CK. CC had narrower and longer mid ribs than CK. Furthermore, the head formation index of CC was lower than that of CK. The firmness and soluble solid content were higher in CC than in CK. The salinity of Cheonjincheongmayup kimchi (CCK) was 2.89-3.02%, which was higher than 1.94-2.10% salinity measured in Chunkwang kimchi (CKK). The initial titratable acidity in CCK was higher than that of CKK, but increased more slowly during storage. CCK was firmer than CKK; lactic acid bacteria in CCK was lower than in CKK initially, but increased more in CKK than in CCK after six weeks of storage. We found that CC was suitable for making Makkimchi because of its long and narrow mid ribs, saltiness, and slow fermentation. CC should be improved as less hot spicy and less hard texture to use a Makkimchi material.

Key words : kimchi cabbage, quality, kimchi processability, Cheonjincheongmayeop, Chunkwang

서 론

김치는 식이섬유소, 비타민, 무기질 등이 풍부한 식품으로 영양학적으로 우수할 뿐만 아니라 비만억제, 동맥경화 예방, 항노화, 항돌연변이 및 항암 효과 등의 건강기능성이 밝혀지면서 그 우수성이 인정되고 있다(1,2). 그리고 2006년 건강전문잡지에서 김치가 세계 5대 건강식품으로 선정되면서 건강 발효 식품으로서 세계인의 관심을 받고 있다(3).

김치의 주원료인 배추(*Brassica rapa* L. ssp. *pekinensis*)는

십자화과(Cruciferae)에 속하는 두해살이 초본으로서 한국, 일본, 중국 등을 비롯하여 동아시아에서 오랫동안 재배해 온 채소이다(4). 배추의 품질은 품종, 재배 및 저장 조건 등에 영향을 받으며 이는 김치의 품질에 크게 영향을 미치는 것으로 보고되었다(5,6).

김치는 수출과 수입이 활발한 중요한 교역품인데 수입김치는 대부분 포기김치이고 수출김치는 거의가 막김치이다. 국내소비도 아직은 포기김치가 주종이지만 막김치의 선호도가 포기김치 다음으로 높았다(7).

중국산 김치의 한국으로의 수입은 확대되고 있지만, 한국 김치는 중국 정부의 절임 채소류 기준에 적합하지 않아 수출이 어려웠다(8). 그러나 2015년 2월에 중국이 비멸균 발효식품에 대해 대장균군 기준을 적용하지 않는 절임 채소에 대한 식품안전국가표준 의견을 발표함으로써 한국 김치의 중국 수출이 가능하게 되었다(9,10). 따라서 중국에서 소비되고 있는 배추 품종의 품질특성을 조사하고 중국 배추

*Corresponding author. E-mail : hanakimchi@wikim.re.kr
 Phone : 82-62-610-1732, Fax : 82-62-610-1850
 Received 28 December 2017; Revised 23 February 2018;
 Accepted 8 March 2018.
 Copyright © The Korean Society of Food Preservation. All rights reserved.

품종으로 제조한 막김치의 품질특성 변화를 연구하여 중국인에게 적합한 막김치의 개발이 필요하게 되었다.

중국 배추 품종인 천진청마엽은 중국의 요리법에 적합하도록 중륵부가 좁고 길며 농가에서 처마 밭, 부엌 또는 마당에 쌓아서 저장하며 겨울동안 채소로서 이용하기에 적합하게 크다.

현재 국내 품종 배추의 품질특성 비교(11-13)와 국내 품종 배추로 제조한 절임배추나 김치의 특성(5,14-16) 변화에 대해서는 많은 연구가 진행되어 왔고, 한국과 일본의 배추로 제조한 김치의 품질 비교(2,17), 한국, 일본, 중국에서 생산한 김치의 품질 비교(9) 등의 연구가 진행되어 왔다. 하지만 중국 품종 배추를 한국에서 재배하여 제조한 김치의 품질 특성 변화에 대한 연구는 없었다. 또한 김치의 제조과정 중 수작업이 많아 노무비의 비중이 제조원가의 20-30%로 높으므로 생산비를 낮추기 위한 자동화 연구가 필요하다(7). 자동화에 적합한 배추 품종이 개발 된다면 막김치의 생산비를 크게 낮출 수 있을 것이다.

본 연구에서는 한국의 대표적인 배추 품종인 춘광과 중국 품종 천진청마엽의 품종별 품질특성을 비교하고 이 품종 배추를 이용하여 제조한 막김치의 품질특성 변화를 비교 분석하여 천진청마엽의 막김치 가공 가능성을 검토하였다.

재료 및 방법

재료

배추는 농촌진흥청 국립원예특작과학원에서 2011년 중국 우한에서 개최되는 중자박람회회에서 구입한 품종으로 2017년 봄에 재배한 중국 품종 ‘천진청마엽’ 과 국내 품종 ‘춘광’ 을 실험에 사용하였다. 배추의 절임에 사용한 소금은 (주)한주(Ulsan, Korea)에서 생산한 정제염을 사용하였고, 김치의 양념은 무 31.6%, 고춧가루 15.8%, 다시육수 7.4%, 멸치젓 10.8%, 새우젓 6.3%, 마늘 5.4%, 참쌀죽 4.7%, 양파 3.2%, 대파 3.2%, 건고추 2.8%, 배 2.2%, 쪽파 1.6%, 생강 1.6%, 설탕 1.6%, 갓 0.9%, 황석어젓 0.9%의 부재료를 혼합하여 제조한 것으로 (주)뜨레찬(Gwangju, Korea)에서 구입하여 사용하였다.

배추의 품종별 생육특성

배추의 품종별 생육특성을 살펴보고자 구중, 구고, 구폭, 절구지수(head formation index)를 조사하였으며, 이중 절구지수는 다음의 식으로 계산하였다(18). 품종별 배추는 10개 시료를 측정하여 평균과 표준편차를 계산하였다.

$$\text{절구지수} = \frac{\text{구중(kg)}}{[\text{구고(cm)} + \text{구폭(cm)}] \times 0.5} \times 100$$

다듬기 손실률

다듬기 손실률은 배추의 겉잎을 비 가식 부위를 제거한 다음 초기 무게에 대한 정선 후 무게의 변화량을 백분율로 표기하였다.

조직감

생배추의 조직감을 나타내는 경도(hardness)는 texture analyzer(TAXT-2, Stable Micro Systems, Ltd., Godalming, England)로 측정하였으며 배추의 중간엽 중 두께가 0.9-1.0 cm인 것을 선별하고 중륵을 2×2 cm의 크기로 절단하여 측정하였다. 측정조건은 원통형 probe(Ø2.0 mm)를 사용하였고, pretest speed 5.0 mm/s, test speed 0.5 mm/s, rupture test speed 2.0 mm/s, posttest speed 10.0 mm/s, distance 15 mm이었다. 조직감은 강도를 나타내는 kg-force 값으로 평가하였다. 막김치의 조직감은 중륵 두께가 0.8-0.9 cm인 것을 선별하여 생배추와 같은 방법으로 측정하였다.

가용성 고형분

가용성 고형물 함량은 배추를 blender(HR1372, Koninklijke Philips N.V., Amsterdam, Netherlands)로 마쇄하고 거즈로 착즙한 후 그 여과액을 굴절당도계(PAL-1, Atago, Tokyo, Japan)로 측정하였다.

막김치의 제조

막김치는 배추를 다듬기, 절단, 절임, 세척, 탈수하고 양념을 혼합하여 막김치를 제조하였다. 배추를 다듬고 이절 한 다음 3 cm 크기로 절단하여 배추 무게 2배량의 25%(w/w) 염수에 30분 동안 절인 후 수도수로 3회 세척 후 2시간 동안 중력탈수하였다. 제조된 절임배추에 양념을 8:2의 비율로 혼합하고 low density polyethylene(LDPE) 필름에 400 g씩 포장하여 8주간 0°C에서 저장하면서 2주 간격으로 한 팩을 취하여 시료로 사용하였다.

염도

염도는 Mohr법(19)으로 측정하였다. 균질된 시료 약 1 g을 취하여 100배 희석한 뒤 여과한 여액 10 mL에 2% potassium chromate(Daejung Chemicals & Metals Co., Ltd., Siheung, Korea) 1 mL를 넣어 0.02 N AgNO₃(Daejung Chemicals & Metals Co., Ltd.) 용액으로 적갈색이 될 때까지 적정하여 소비된 ml 수를 측정하였다.

pH 및 적정산도

pH는 균질된 시료에 pH meter(Titroline easy module 2, SI Analytics GmbH, Germany)의 전극을 직접 넣어 측정하였다. 적정산도는 균질된 시료 약 1 g을 100배 희석한 뒤 여과한 여액 20 mL를 0.01 N NaOH 용액(Samchun Pure Chemical Co., Ltd., Pyeongtaek, Korea)으로 pH가 8.3이 될

때까지 적정하여 소비된 mL 수를 구한 뒤 젖산의 함량(%)으로 환산하여 표시하였다(19).

유산균수

유산균수는 균질된 시료를 무균적으로 취하여 멸균 필터백에 넣어 0.85% NaCl(Junsei Chemical Co., Ltd., Tokyo, Japan) 용액으로 희석한 후 1분간 균질하였다. MRS agar(Lactobacilli MRS agar, Difco, Sparks, MD, USA)에 bromocresol purple(BCP) 지시약(Samchun Chemical Co., Ltd, Pyeongtaek, Korea)을 25 ppm으로 넣어 제조한 배지에 단계별로 희석한 시료를 접종한 후 30°C에서 48시간 배양하여 계수하였다.

통계처리

실험결과는 SPSS 19.0 statistics 프로그램을 이용하여 평균과 표준편차를 구하였으며, 두 군 간의 평균값 차이는 t-test로 p<0.05 미만인 경우를 통계적으로 유의성이 있는 것으로 판단하였다.

결과 및 고찰

배추의 품종별 외형특성

국내 품종 ‘춘광’과 중국 품종 ‘천진청마엽’의 품종별 품질특성은 Table 1과 같다. 배추의 외형 중 구고와 구폭은 유의적인 차이를 보였다. 천진청마엽의 구중은 1.98±0.74 g로 춘광의 구중 2.48±0.49 g보다 가벼웠고, 구고는 57.33±2.52 cm으로 춘광의 31.42±1.63 cm보다 길었으며, 구폭은 13.25±0.96 cm로 춘광의 19.05±0.39 cm보다 작았다. 천진청마엽의 외형은 Fig. 1과 같이 중륵보다 엽신 부분이 많았고 특히 중륵이 좁고 길었으며 춘광에 비해 결구율이 낮았다. 배추의 구중, 구고, 구폭을 계측하여 산출한 결구지수는 천진청마엽이 5.25±0.68로 춘광 9.83±1.49보다 낮게 나타났다. 천진청마엽은 통이 길고 중륵이 좁아 막김치를 생산하는데 춘광보다 적합한 품종으로 판단된다.

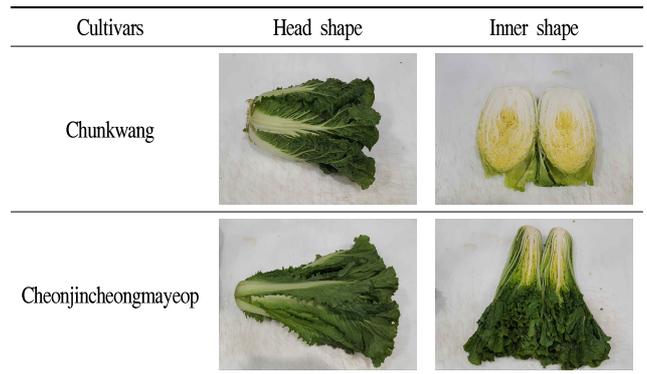


Fig. 1. Shape of kimchi cabbages.

배추의 품종별 다듬기 손실률

배추가 건조되거나 부패되어 식용이 불가능한 걸잎을 제거하여 구한 다듬기 손실률은 Table 1에 나타낸 바와같이 천진청마엽이 24.07±3.46%, 춘광 23.89±2.92%로 유의적 차이가 없었고 봄배추의 정선손실률이 22.9-45.7% 라고 한 Lee 등(18)의 결과와 비슷하였다.

배추의 품종별 조직감

천진청마엽의 경도는 1.06±0.10 kg-force로 춘광의 0.71±0.04 kg-force 보다 유의적으로 높게 나타났다. 배추의 조직감은 세포 내 섬유조직, 무기이온, 수분함량 등에 영향을 받는 것으로 보고되고 있고(12), 천진청마엽과 춘광 배추의 성분 차이에 의해 경도 차이가 나타난 것으로 사료된다.

배추의 품종별 가용성 고형분

천진청마엽의 가용성 고형분 함량은 5.03±0.06 °Brix로 춘광의 3.17±0.06 °Brix보다 높게 나타났다. 봄배추의 가용성 고형분이 2.73-3.37 °Brix라고 한 Lee 등(12)의 결과와 비교하여 대조구인 춘광은 범위 안에 포함되었지만 천진청마엽은 유의적으로 높았다.

김치의 염도

중국 품종 ‘천진청마엽’과 한국 품종 ‘춘광’을 이용하여 제조한 김치의 염도 변화는 Fig. 2와 같다. 천진청마엽 김치

Table 1. Quality characteristics and kimchi processability of kimchi cabbages

Cultivars	Head				Trimming loss (%)	Firmness (kg-force)	Soluble solids (°Brix)
	Weight (g)	Height (cm)	Width (cm)	formation index			
Chunkwang	2.48±0.49 ¹⁾	31.42±1.63	19.05±0.39	9.83±1.49	22.89±2.92	0.71±0.04	3.17±0.06
Cheonjincheongmayeop	1.98±0.74	57.33±2.52	13.25±0.96	5.25±0.68	24.07±3.46	1.06±0.10	5.03±0.06
p-value	0.243	0.000 ^{***2)}	0.000 ^{***}	0.017 [*]	0.516	0.000 ^{***}	0.000 ^{***}

¹⁾All values are mean±SD.

²⁾p<0.05, **p<0.01, ***p<0.001: significance as determined by independent sample t-test.

의 제조 초기 염도는 2.89%로 춘광 김치의 1.94%보다 높게 나타났다. 각각의 품종으로 제조한 김치의 저장이 진행됨에 따라 초기염도와 비슷한 수준을 유지하였고, 천진청마엽의 염도가 춘광보다 지속적이면서 유의적으로 높게 나타났다. Kim 등(20)에 의하면 조직이 두꺼운 중륵 부위보다 조직이 얇은 잎 부분의 염 침투가 쉬워 잎 부분이 더 잘 절여진다는 보고와 같이 천진청마엽은 춘광에 비하여 중륵이 좁고 잎 부분이 넓어 염도가 더 높게 나타난 것으로 사료된다.

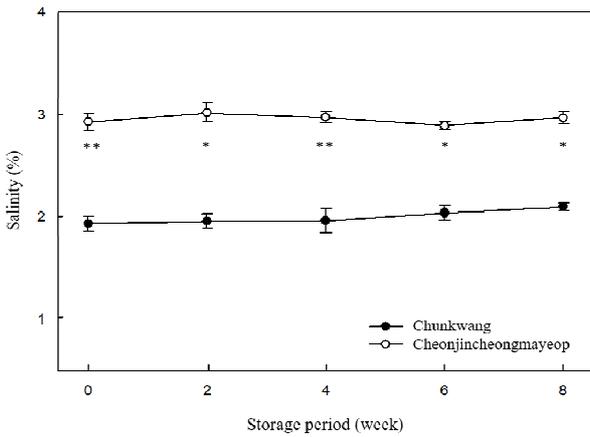


Fig. 2. Salinity changes of kimchi made of different cultivars during storage.

*p<0.05, **p<0.01, ***p<0.001: Significance as determined by independent sample t-test.

김치의 pH 및 적정 산도

천진청마엽과 춘광으로 제조한 김치의 저장 중 pH 변화는 Fig. 3과 같다. 천진청마엽 김치의 pH는 제조 초기 5.70으로 춘광 김치의 5.89에 비해 낮았지만 저장 중 더 느리게 감소하여 2주 차에는 5.34로 춘광의 4.58보다 유의적으로 높았고, 4주 차 이후에도 지속적으로 높게 나타났다. 천진

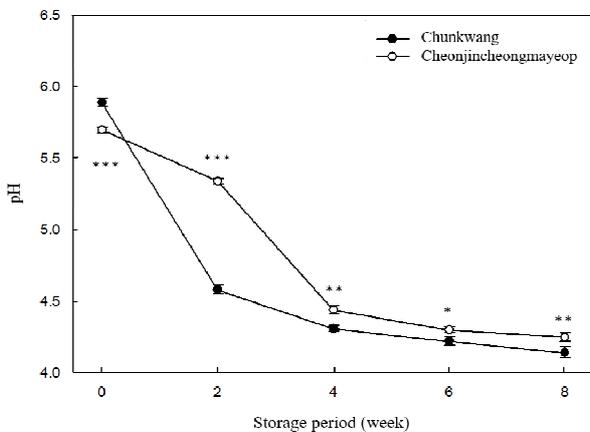


Fig. 3. pH changes of kimchi made of different cultivars during storage.

*p<0.05, **p<0.01, ***p<0.001: Significance as determined by independent sample t-test.

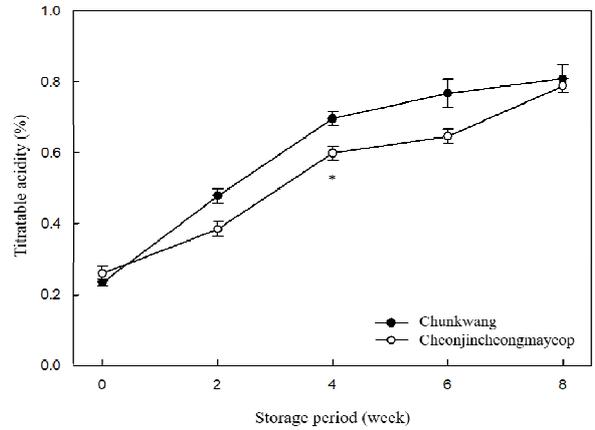


Fig. 4. Titratable acidity changes of kimchi made of different cultivars during storage.

*p<0.05, **p<0.01, ***p<0.001: Significance as determined by independent sample t-test.

청마엽 김치는 춘광 김치보다 발효가 느리게 진행되어 품질 유지기한이 연장되므로 막김치로의 가공적성이 우수할 것으로 사료된다. 천진청마엽 김치의 적정산도는 Fig. 4와 같이 제조 초기 0.26%에서 8주 저장 후 0.78%로 증가하여 춘광 김치 0.23% 및 0.81%와 비슷하였으나 저장 2-6주 사이에는 춘광 김치보다 유의적으로 낮았다. 일반적으로 산도는 김치의 품질을 평가하는데 중요한 인자로 알려져 있으며, 산도 0.4-0.8% 정도일 때 섭취하기 적합한 것으로 알려져 있는데(21), 산도를 기준으로 볼 때 천진청마엽 김치는 2주 차에 산도 0.4%에 가까이 도달하여 8주 차까지 섭취에 적합한 산도를 유지하였다.

김치의 조직감

천진청마엽 김치의 경도는 Fig. 5와 같이 제조 직후 1.09 kg-force로 춘광 김치 0.73 kg-force 보다 유의적으로 높았고

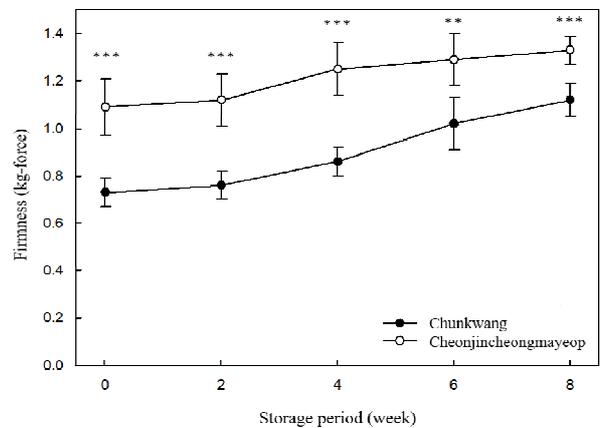


Fig. 5. Firmness changes of kimchi made of different cultivars during storage.

*p<0.05, **p<0.01, ***p<0.001: Significance as determined by independent sample t-test.

저장 중 점차 높아져 저장 8주 차까지 천진청마엽 김치의 경도가 유의적으로 높았다. 배추의 경도는 절이거나 김치 발효 시 세포내 수분이 손실되어 세포벽이 겹치기 때문에 증가하는데(22). 천진청마엽 김치의 경도가 춘광 김치보다 높은 것은 품종 자체가 수분이 적고 섬유질이 많아 경도가 높게 나타난 것으로 판단되고 저장 중에도 그러한 원료 특성이 유지된 것으로 판단된다.

김치의 유산균수

천진청마엽 김치와 춘광 김치의 저장 중 유산균수는 Fig. 6과 같다. 천진청마엽 김치의 유산균수는 제조 직후 3.12 log CFU/g로 춘광 김치 3.26 log CFU/g과 비슷하였다. 저장 2주 차 6.86 log CFU/g로 춘광의 7.89 log CFU/g보다 유의하게 낮았으나 그 후 지속적으로 증가하여 6주 차에는 춘광보다 더 높았다. 천진청마엽 김치의 유산균수는 제조 초기부터 증가하여 저장 6주까지 높은 유산균수를 유지하다가 8주 차에는 7.31 log CFU/g으로 약간 감소하였다. 이는 춘광 김치에서 저장 4주 차부터 유산균 수가 감소한 것과 비교하여 유산균 수가 느리게 증가하고 느리게 감소한 것이다. 김치의 pH 및 산도 변화와 유산균수의 변화를 비교분석하면, 천진청마엽 김치에서는 저장 6주 이후에 춘광 김치보다 유산균수가 많음에도 불구하고 pH는 높고 산도가 낮았는데 이는 천진청마엽 김치에서 산생성능이 낮은 유산균이 증식했을 것으로 사료된다. 김치의 발효과정에서 천진청마엽 김치의 높은 가용성 고형분 함량이 저장 후기까지 유산균 성장에 영향을 미치는 것으로 판단된다.

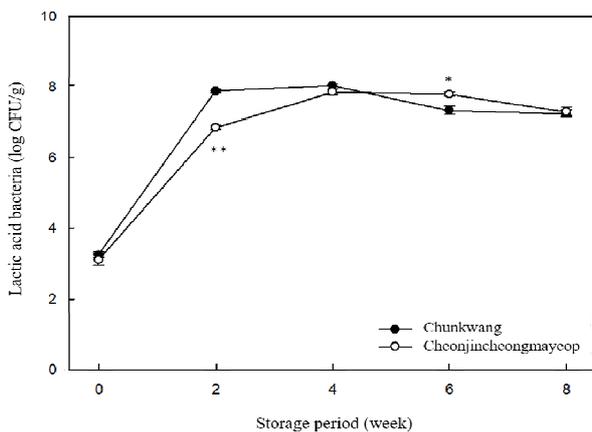


Fig. 6. Lacticacid bacteria changes of kimchi made of different cultivars during storage.

*p<0.05, **p<0.01, ***p<0.001: Significance as determined by independent sample t-test.

요 약

중국 천진청마엽 품종의 품질특성과 이 배추를 가지고

막김치를 만들었을 때의 김치 품질특성 변화를 한국 춘광 품종과 비교분석하였다. 천진청마엽 품종의 구중은 1.98 kg으로 춘광의 2.48 kg보다 작았고, 구고와 구폭은 57.33 cm, 13.25 cm로 춘광의 31.42 cm, 19.05 cm보다 길면서 통이 좁은 형태로 중륵이 좁고 길어서 막김치 제조용으로 적합하였다. 또한 결구지수도 5.25로 춘광의 9.83보다 작아 결구도가 낮았다. 중륵의 경도는 1.06 kg-force로 춘광의 0.71 kg-force보다 높았고, 절임 후에도 높았다. 가용성 고형분 함량도 5.03 °Brix로 춘광의 3.17 °Brix보다 높았다. 천진청마엽으로 제조한 김치의 염도는 2.89-3.02%로 춘광 김치 1.94-2.10%보다 높았고, pH는 초기에 저하 속도가 춘광보다 느렸고 후기의 pH는 더 높았다. 적정산도는 제조 직후에는 춘광보다 더 높았지만 저장이 진행되면서 더 느리게 증가하였다. 또한 경도는 1.09-1.33 kg-force로 춘광의 0.73-1.12 kg-force보다 크게 높았고, 유산균수는 발효 2주 차 6.86 log CFU/g로 춘광의 7.89 log CFU/g보다 크게 낮았으나 그 후 지속적으로 증가하여 6주 이후에는 춘광보다 더 높았다. 천진청마엽은 춘광에 비해 중륵이 좁고 길며 빨리 절여지고, 발효가 느리게 진행되어 막김치로의 가공적성이 우수하였다. 그러나 조직이 너무 단단하여 이에 대한 개선이 필요하다.

감사의 글

본 연구는 농림축산식품부 농림수산식품기술기획평가원 고부가가치식품기술개발사업(317036-03)의 연구비 지원을 받아 수행되었으며, 이에 감사드립니다.

References

1. Park KY, Rhee SH (2005) Functional foods from fermented vegetable products; kimchi (Korean fermented vegetables) and functionality. In Asian Functional Food, Shi J, Ho CT, Shahidi F (editors), CRC press, Boca Raton, FL, USA, p 341-380
2. Kim HY, Kil JH, Park KY (2013) Comparing the properties and functionality of kimchi made with Korean or Japanese *Baechu* cabbage and recipes. J Korean Soc Food Sci Nutr, 42, 520-526
3. Health (2006) The world's 5 healthiest food. Time inc, NY, USA, 106-121
4. Chen X, Zhu Z, Gerendás J, Zimmermann N (2008) Glucosinolates in Chinese *Brassica campestris* vegetables: Chinese cabbage, purple cai-tai, choysum, pakchoi, and turnip. Hort Science, 43, 571-574

5. Lee IS, Park WS, Koo YJ, Kang KH (1994) Change in some characteristics of brined Chinese cabbage of fall cultivars during storage. *Korean J Food Sci Technol*, 26, 239-245
6. Kim MJ, Hong GH, Chung DS, Kim YB (1998) Quality comparison of kimchi made from different cultivars of Chinese cabbage (*Brassica campestris* var. *pekinensis*). *J Korean Soc Hortic Sci*, 39, 528-532
7. Park SH, Jung SH, Lee KM, Choi JS, Kim SM, Jung HJ, Ha JH (2017) 2016 Trend of kimchi industry. World Institute of Kimchi. Gwangju, Korea, p 40
8. Chang JY, Choi YR, Chang HC (2011) Change in the microbial profiles of commercial kimchi during fermentation. *Korean J Food Preserv*, 18, 786-794
9. Lee HJ, Jeong SY, Kim JH, Yoo SR (2016) Comparative quality analysis of kimchi products manufactured in Korea, Japan, and China. *Korean J Food Preserv*, 23, 967-976
10. Kim JH, Han BS (2015) Contents analysis on the revision of hygienic standard for pickled vegetables (GB 2714-2003) by national health and family planning commission of people's republic of China for kimchi exports to PRC's market. *J Korea Res Assoc In Commer*, 15, 93-117
11. Kim JY, Lee EJ, Park SK, Choi GW, Baek NK (2000) Physicochemical quality characteristics of several Chinese cabbage (*Brassica pekinensis* RuPR) cultivars. *Korean J Hortic Sci Technol*, 18, 348-352
12. Lee KH, Kuack HS, Jung JW, Lee EJ, Jeong DM, Kang KY, Chae KI, Yun SH, Jang MR, Cho SD, Kim GH, Oh JY (2013) Comparison of the quality characteristics between spring cultivars of kimchi cabbage (*Brassica rapa* L. ssp. *pekinensis*). *Korean J Food Preserv*, 20, 182-190
13. Eum HL, Kim BS, Yang YJ, Hong SJ (2013) Quality evaluation and optimization of storage temperature with eight cultivars of kimchi cabbage produced in summer at highland areas. *Korean J Hortic Sci Technol*, 31, 211-218
14. Jeong ST, Kim JG, Kang EJ (1999) Quality characteristics of winter Chinese cabbage and changes of quality during the kimchi fermentation. *Korean J Postharvest Sci Technol*, 6, 179-183
15. Kim MJ, Kim SD (2000) Quality characteristics of kimchi prepared with major spring Chinese cabbage cultivars. *Korean J Postharvest Sci Technol*, 7, 343-348
16. Choi EJ, Jeong MC, Ku KH (2015) Effect of seasonal cabbage cultivar (*Brassica rapa* L. ssp. *pekinensis*) on the quality characteristics of salted-Kimchi cabbages during. *Korean J Food Preserv*, 22, 303-313
17. Park SE, Bong YJ, Kim HY, Park KY (2013) Quality characteristics and functionalities of Korean and Japanese spring *Baechu* cabbages and the kimchi prepared with such cabbages. *Korean J Food Preserv*, 20, 854-862
18. Lee JS, Park SH, Lee YS, Lim BS, Yim SC, Chun CH (2008) Characteristics of growth and salting of Chinese cabbage after spring culture analyzed by cultivar and cultivation method. *Korean J Food Preserv*, 15, 43-48
19. AOAC (1995) Official methods of analysis. 16th ed. Association of Official Analytical Chemists, Washington DC, USA, p 1-43
20. Kim JM, Kim IS, Yang HC (1987) Storage of salted Chinese cabbages for kimchi. *J Korean Soc Food Nutr*, 16, 75-82
21. Park JH, Kim HN, Oh DH (2016) Quality enhancement of kimchi by pre-treatment with slightly acidic electrolyzed water and mild heating during storage. *J Korean Soc Food Sci Nutr*, 45, 269-276
22. Lee CH, Hwang IJ, Kim JK (1988) Macro-and microstructure of Chinese cabbage leaves and their texture measurements. *Korean J Food Sci Technol*, 20, 742-748