

흑미를 첨가하여 항산화성이 강화된 배추김치의 개발 및 품질 특성

모은경¹ · 김승미¹ · 양선아¹ · 제갈성아¹ · 최영심¹ · 이선영² · 성창근^{1,3*}

¹(주)대덕바이오 기업부설연구소, ²충남대학교 식품영양학과, ³충남대학교 식품공학과

Properties of *Baechu Kimchi* treated with Black Rice Water Extract

Eun-Kyoung Mo¹, Seung-Mi Kim¹, Sun-A Yang¹, Sung-A Jegal¹, Young-Sim Choi¹,
Sun-Yung Ly² and Chang-Keun Sung^{1,3*}

¹Research and Development Center, DBIO Inc., KT&G Agricultural Life Center #410, Daejeon 305-764, Korea

²Department of Food and Nutrition, Chungnam National University, Daejeon 305-764, Korea

³Department of Food Science and Biotechnology, Chungnam National University, Daejeon 305-764, Korea

Abstract

To develop a new functional *kimchi* with antioxidative properties, salted *baechu* was soaked in black rice water extract for 6 h at room temperature. The antioxidative property of the water extract was 78.75±1.18% that of the control (0.1% [w/v] alpha-tocopherol). The black rice gel was added to the *baechu kimchi* preparation. The color of *baechu kimchi* treated with black rice water extract changed to dark violet and/or black. Control *kimchi* and black rice water-treated *kimchi* were stored at 4°C for 30 days. No significant differences were detected between the control and the black rice water-treated group in the early stages of fermentation. As fermentation time increased, pH decreased and titratable acidity increased rapidly in control *kimchi*. However, such marked changes were not evident in test *kimchi*. The hardness value of black rice water-treated *kimchi* was higher than that of control *kimchi* after the midpoint of the fermentation period. The storage life of *baechu kimchi* treated with black rice water extract was prolonged by up to 5 days compared with control samples, owing to a decline in lactic acid bacteria and yeast levels during the final fermentation period in black rice water-treated *kimchi*. The total phenolic levels and the antioxidative capacity of black rice water-treated *kimchi* (83%) were approximately 1.5-fold higher than in control *kimchi* (57%). In sensory evaluation, black rice water-treated *kimchi* scored higher than did control *kimchi* using a blind test protocol.

Key words : *Baechu kimchi*, Black rice, antioxidative capacity, sensory quality.

서 론

김치는 배추나 무 등의 채소를 소금에 절인 후에 마늘, 고추 등의 향신료와 젓갈 등의 부재료를 첨가하여 발효과정을 거쳐 숙성시킨 우리나라 고유의 전통 발효식품이다. 김치는 발효되는 동안 많은 종류의 영양소를 생산할 뿐만 아니라 사용되는 재료에 따라 다양한 건강기능성을 나타내는 것으로 알려져 있다. 배추김치는 지방질의 산화를 방지하는 효과를 나타내었고, 지방산의 산화반응으로 인한 과

산화물의 생성을 저해하였으며 가열우육 모델 시스템에 김치를 많이 첨가할수록 우육의 산화를 방지하였다(1-2). 이외에도 항노화효과(3), 항암효과(4), 동맥경화억제효과(5), 항균 및 probiotics 생산효과(6) 등이 있는 것으로 보고되고 있다. 김치의 기능성은 미국의 한 건강잡지에서 한국의 김치를 세계인이 주목해야 할 5대 건강 식품 중의 하나로 선정 발표하면서, 세계인으로부터 더욱 많은 각광을 받고 있다(7). 따라서 김치의 산업화 및 다양화를 위한 기반기술 연구가 시급하다. 특히 식품영양학적 기능성을 고려한 기능성 김치들, 즉, 비타민 C 강화 김치, 고식이섬유 함유 김치 및 항산화성 김치의 생산기술 개발이 필요하다(8).

우리 나라의 쌀 생산량은 일정 수준을 유지하고 있으나

*Corresponding author. E-mail : ekymo@hanmail.net,
Phone : 82-42-821-7147, Fax : 82-42-822-2287

1인당 연간 소비량은 계속하여 감소하고 있다(9). 식생활의 서구화로 인해 쌀소비가 감소하자 잉여분의 쌀을 소비하기 위하여 떡, 한과, 쌀음료 개발을 비롯한 기능미 및 유색미에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다(10-12). 흑미(유색미)에는 α -, β -, γ -, δ -tocopherol과 tocotrienol, 식물성 스테롤 및 다양한 페놀성 화합물들이 함유되어 있다(13). 유색미 중에서도 적갈색미에 비하여 흑자색 유색미에서 더 높은 항산화능력을 지니며, 이는 흑자색 유색미에 함유된 안토시아닌이 강력한 항산화제로 작용하기 때문인 것으로 알려져 있다(14-15). 유색미에서 확인된 anthocyanin은 cyanidin, pheonidin, malvidin, pelargonidin, delphinidin flavylum 및 이들의 배당체로, 이들은 α -tocopherol과 유사한 수준의 항산화능을 지니고 있다(13,16-17). Han 등(9)은 흑미로부터 항산화능이 우수하고 피부질환의 치료에 효과가 높은 allantoin, oryzafuran, quercein, vanillic acid, protocatechuic acid를 분리동정하였다.

쌀 소비를 촉진하기 위해 다양한 품종의 기능성 쌀이 생산되고 있고(16), 쌀을 이용한 식품들이 개발되고 있으나 상식할 수 있는 식품은 개발되어 있지 않은 상황이다(9). 우리나라 전통의 식사습관에서 상식할 수 있는 음식은 밥, 국, 김치이다. 따라서 본 연구에서는 흑미를 첨가하여 항산화성이 증가된 새로운 기능성 김치를 개발하였고, 이를 저온에 저장하면서 식품학적 특성을 분석하였다.

재료 및 방법

흑미색소추출액 및 흑미겔(gel)의 제조

흑미(흑진주벼; 수원415호) 100 g을 물로 3회 세척한 후 증류수 2 L를 넣고 실온에서 10 rpm으로 6시간동안 추출하여 흑미의 색소를 물로 용출시켰다. 그 후 추출액을 여과(0.45 μ M)하여 추출액 내에 존재하는 진분 등을 제거한 후 흑미의 색소추출액을 김치 제조 시에 사용하였다. 흑미 50 g을 마쇄하여 물 300 mL을 넣고 가열하여 김치 제조에 사용되는 풀(흑미겔)을 만들었다.

배추김치의 제조

통배추를 4등분하여 15% (w/w) 소금물에 상온에서 2시간 동안 절인 후 세척 탈수하였다. 흑미의 색소를 배추에 최대한 흡수시키기 위하여 절인 배추를 흑미색소추출액에 6시간동안 담근 후에 상온에서 30분간 탈수하였다. 절인 배추 100 g에 고춧가루 3 g, 쪽파 3 g, 마늘 2 g, 생강 1 g, 설탕 1.2 g, 소금 1.2 g, 까나리액젓 2 mL, 흑미 gel 3% (w/w)을 넣어 잘 버무린 후 비닐백 (PET/ CPP)에 담아 밀봉하였다. 제조한 배추김치는 저온 (4 \pm 0.5 $^{\circ}$ C)에서 저장하였다 (Low Temp. Incubator, LTI-1000SD, Eyela, Japan). 배추 등의 주재료는 2009년 2월 대전 오정동 농수산물 시장에서

구입하였고, 소금은 정제염인 한주소금을, 설탕은 백설탕(삼양사)을, 까나리액젓은 대현수산 제품을 사용하였다.

배추김치 시료 (100 g 고형분과 김치 국물)를 균질화한 후 4 $^{\circ}$ C, 3,000 rpm에서 10분간 원심분리하였다. 상등액에 활성탄 (10 g)을 넣어 5분간 vortexing한 후 4 $^{\circ}$ C, 8,000 rpm에서 30분간 원심분리하였다. 이 과정을 2회 더 반복하여 얻은 맑은 상등액을 김치의 이화학적 특성 측정에 사용하였다.

색도 측정

동일한 크기로 절단한 배추김치의 잎과 줄기 각각 20 g 및 국물 20 mL을 혼합하여 시료별로 색도측정용 용기에 담은 후 색도계 (color meter JX777, Minolta, Japan)를 이용하여 명도 (L, Lightness), 적색도 (a, Redness), 황색도 (b, Yellowness)를 측정하였다. 표준백판의 보정치는 L=98.46, a=-0.23, b=1.02이었다. 시료 당 8회 반복 측정하여 그 평균값으로 나타내었다.

pH 및 산도의 측정

배추김치 추출액의 pH는 pH meter로 측정하였고, 적정산도는 0.1% phenolphthalein 용액이 분홍색으로 변하는 점까지 적정한 후 소비된 0.1 N NaOH 용액을 총산도 (lactic acid, %)로 나타내었다.

배추김치의 조직감 측정

배추김치의 줄기 부분을 동일한 면적으로 절단한 후 texture profile analysis (TPA; texture analyzer TA-XT2 stable micro systems, UK)를 이용하여 조직감을 측정하였고, 분석 조건은 pretest speed, 10.0 mm/s; test speed, 5.0 mm/s; post test speed, 10.0 mm/s; sample area, 3.0 mm²; distance, 90%; force threshold, 20 g; contact force, 5 g; probe, 2(\varnothing) \times 7 mm로 하였다.

미생물 변화

총균수는 plate count agar (Difco, MD, USA)에서 측정하였고, 젖산균은 MRS agar (Difco, MD, USA)에 도달하여 CO₂ jar fermenter (37 $^{\circ}$ C)에서 48시간 동안 배양하였다. 효모는 potato dextrose agar (Difco, MD, USA)를 이용하여 생균수를 측정하였다 (24시간, 30 $^{\circ}$ C). 미생물의 생균수 측정은 각 시료당 3회 반복하였다.

Total phenolic compounds 함량

시료 1 g에 증류수 60 mL, Folin-Ciocalteu reagent 5 mL을 넣고 잘 혼합하여 5분간 반응시킨 후, 20% sodium bicarbonate 15 mL를 넣었다. 증류수를 넣어 최종 부피가 100 mL가 되도록 2시간 동안 실온에 놓고 반응시킨 후에 760 nm에서 흡광도를 측정하여 gallic acid equivalent로 계산하였다.

항산화력의 측정

항산화력은 α, α -diphenyl- β -picrylhydrazyl (DPPH)의 유리 radical을 소거하는 능력을 측정하였다. 즉, DPPH 0.5 mL (mg/100 mL ethanol)에 시료 50 μ L를 넣고 ethanol을 가하여 1 mL로 조정하여 혼합한 후 20분 뒤에 517 nm에서 흡광도를 측정하여 전자공여능(electron donating ability, EDA)을 구해 양성대조물질에 대한 상대비율로 나타내었다.

관능검사

배추김치의 맛에 익숙하도록 훈련된 관능검사요원에 의해 배추김치의 맛, 질감, 냄새 및 전체적인 수용도에 대해 5점 만점의 평점법으로 관능검사를 실시하였다. 5점에 가까울수록 좋고 0점에 가까울수록 안 좋은 것으로 하였다. 패널은 20~40세 사이의 남녀 12명으로 구성되었다.

통계분석

모든 실험은 3회 반복하여 평균 \pm 표준편차 (SD)로 표기하였다. 통계분석은 95% 신뢰수준에서 일원배치분산분석법으로 시행하였고, 사후검정은 Fisher's protected least-significant differences로 하였다. 통계프로그램은 SPSS (ver. 12.0.)를 이용하였다.

결과 및 고찰

흑미색소추출액에 침지한 배추의 색도 변화

흑미색소추출액은 당도 0.35 ± 0.054 °Brix, pH 6.87 ± 0.02 , 점도 1.32 ± 0.04 cps로 물리적 특성은 물과 유사하였다. 총폴리페놀화합물의 함량은 204.18 ± 25.96 mg/100 mL이었고, 0.1% α -tocopherol을 양성대조구로 하였을 때의 전자공여능 (EDA)은 $78.75 \pm 1.18\%$ 로 높은 항산화력을 나타내었다. 따라서 흑미를 첨가하여 항산화능이 강화된 배추김치를 제조하기 위하여 일반적인 김치 제조 시에 사용되는 절임 방법으로 배추를 절인 후, 세척 탈수한 절인 배추를 흑미색소추출액에 다시 절여 배추 조직 내로 흑미색소가 흡수되도록 하였다. Table 1에서와 같이 흑미색소추출액에 절이는 시간이 증가할수록 배추조직의 색이 암자색(흑색)으로 변하였다. 이러한 변화는 절임 시간이 30분이 경과되면서 나타났고 6시간 이상이 되면 더 이상의 변화는 관찰되지 않았다. 따라서 배추 조직 내로 흑미의 색소가 흡수되는 데는 6시간 정도가 소요되는 것으로 사료되었다.

흑미추출액을 첨가한 배추 김치의 숙성 중 pH 및 산도 변화

흑미추출액에 6시간 동안 침지한 후, 흑미풀을 가해 제조

Table 1. Effects of Black rice water extract on Hunter's color values in salted-Chinese cabbage during storage at room temperature

Soaking time (hr)	L value (Lightness)	a value (Redness)	b value (Yellowness)
Control	63.59 \pm 2.74	-4.52 \pm 0.89	11.87 \pm 2.86
0.5	60.09 \pm 3.81	-4.18 \pm 1.41	11.75 \pm 2.39
2	56.58 \pm 2.83	-2.93 \pm 0.94	11.38 \pm 2.16
BR ¹⁾ 4	54.23 \pm 4.28	-1.12 \pm 0.97	11.12 \pm 2.43
6	54.08 \pm 2.64	-0.98 \pm 0.31	11.08 \pm 2.14
10	54.11 \pm 3.51	-0.95 \pm 0.25	11.05 \pm 2.13
12	54.06 \pm 3.47	-0.96 \pm 0.32	11.06 \pm 1.84

¹⁾BR; Chinese cabbage treated with black rice water extracts.

한 배추김치를 4°C에 저장하면서 김치의 이화학적 품질 변화를 측정하였다. Fig. 1에서와 같이, 흑미를 첨가한 김치의 pH는 저장 초기는 대조구에 비하여 근소하게 낮았으나 저장 기간이 증가하면서 pH가 감소하는 폭이 감소하여 저장 말기에는 대조구보다 높은 pH 범위를 유지하였다. 산도의 변화도 이와 유사한 경향을 나타내었다. 즉, 흑미첨가구에서의 산도 증가폭은 대조구에 비하여 낮았다. 김치는 발효가 진행되면서 pH가 낮아지고 산도는 증가하여, pH 4.22~4.21, 산도 0.4~0.75%일 때가 최적의 김치 품질을 나타내는 것으로 보고되고 있다(18). 또한 산도 0.75~1%는 김치 숙성의 최종단계이며 1%를 넘으면 먹을 수 없는 것으로 알려져 있다(18). 대조구는 저장 20일째부터 산도가 급격히 증가하여 25일 이후에는 먹을 수 없는 단계이나, 흑미추출물 처리구의 산도는 0.75~0.81%로 저장 30일에도 먹을 수 있는 것으로 나타났다. 따라서 배추김치를 제조할 때 흑미추출액을 첨가하는 것은 김치의 가식기간 연장에도 효과적인 것으로 사료되었다.

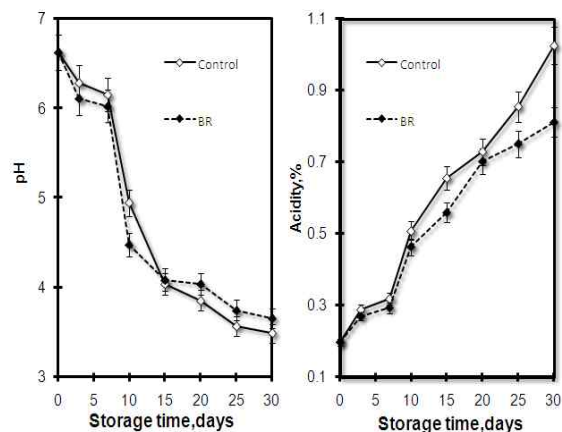


Fig. 1. Changes in pH and acidity of *Baechu kimchi* treated with black rice water extract during fermentation at 4 °C.

A: pH, B: acidity, p=0.05

흑미추출물을 첨가한 배추김치의 숙성 중 경도의 변화

대조구와 흑미처리구에서의 경도의 변화는 Fig. 2와 같다. Fig. 2에서와 같이 저장기간이 증가함에 따라 두 군 모두 경도가 감소하는 경향을 나타내었다. 이는 김치의 발효과정이 진행되면서 배추의 조직이 연화되기 때문으로 사료되었다. 그러나 흑미처리구는 발효 초기를 제외하면 전 발효기간 동안 대조구보다 높은 경도를 유지하였다. 이는 흑미추출물 처리에 의해 김치 발효가 지연되기 때문인 것으로 사료되었으며, 이러한 결과는 산도의 변화 양상과 일치하였다.

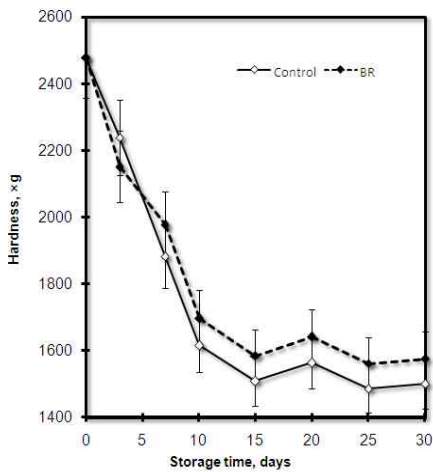


Fig. 2. Changes in hardness of *Baechu kimchi* treated with black rice water extract during fermentation at 4 °C.

p=0.05

흑미추출물을 첨가한 배추김치의 숙성 중 색도의 변화

흑미추출액을 처리한 배추김치의 저장 기간 중의 색도 변화는 Table 2와 같다. 일반적인 김치 제조 방법으로 담근 대조구의 초기 색도는 흑미추출물을 첨가한 김치의 초기 색도와 유의적인 차이를 나타내었다. 즉, 흑미처리구의 L 값 (명도)은 대조구보다 약 20% 정도 낮았다. 이는 흑미추출물 처리에 의해 배추 조직의 색이 암자색 (흑색) 어두워졌고, 김치 양념에 흑미풀을 첨가하였기 때문으로 사료되었다. 대조구의 색도는 저장 10일째에 가장 높은 수치를 나타내었으며 이후로 감소하였다. 이는 김치의 발효와 관련된 현상으로 최적의 숙성 시기를 지나면 색도값이 감소하는 것으로 알려져 있다(19). 반면에 흑미추출물 처리구에서의 색도 변화는 대조구와 약간 다른 경향을 나타내었다. 흑미추출물 처리구는 저장 15일째에 가장 높은 색도값을 나타내었고 이후에 점차 감소하는 경향을 보였으나 저장 30일째까지 색도값이 현저히 낮아지지 않았다. 이러한 결과는 pH 및 산도 측정결과와 일치하는 것으로 흑미추출물 처리에 의해 배추김치의 저장성이 연장되는 것으로 사료되었다.

Table 2. Color changes of *Baechu kimchi* treated with black rice water extract during storage at 4°C

Storage (day)	L value (Lightness)	a value (Redness)	b value (Yellowness)	
0	50.49±1.03	17.84±0.98	12.89±1.98	
5	53.12±2.01	19.14±1.15	15.18±1.74	
10	61.37±3.37	28.13±2.05	17.54±0.84	
Control	15	59.29±1.82	26.05±1.84	17.01±1.64
20	55.21±2.31	24.36±1.35	16.58±0.98	
25	51.28±3.22	24.17±1.09	16.19±2.05	
30	51.54±2.19	23.29±2.18	15.82±2.62	
0	40.07±2.88	22.09±1.08	19.03±0.98	
5	39.85±1.83	22.18±2.01	19.91±2.09	
10	38.14±1.72	23.99±1.85	19.88±2.03	
BR ¹⁾	15	37.11±1.09	25.13±0.93	20.13±2.01
20	37.08±0.98	25.06±1.07	20.18±1.72	
25	37.28±1.28	24.85±1.12	20.14±1.05	
30	36.43±2.53	24.15±2.31	20.19±1.26	

¹⁾BR; Chinese cabbage treated with black rice water extracts.

흑미추출물을 첨가한 배추김치의 숙성 중 미생물의 변화

흑미추출물을 첨가한 배추김치 숙성 중의 미생물 변화 양상은 Fig. 3과 같다. Fig. 3A에서와 같이, 대조구의 젖산균 수는 저장 20일까지 증가하고 그 후에는 점차적으로 감소하였다. 김치에서의 젖산균 증식 양상은 김치의 숙성과 관련되어 있는 것으로, 대조구는 저장 20일경에 최적의 숙성 상태를 나타내며 20일 이후부터 김치의 품질이 감소되는 것으로 사료되었다. 흑미처리구의 경우, 저장 초기는 대조구보다 젖산균 증식 속도가 빨랐으나 최대의 젖산균 수를 나타내는 시기는 저장 20일째로 동일하였다. 대조구에서의 젖산균 수는 저장 20일 이후로 감소하였으나 흑미처리구는 20일 이후에도 유의적인 감소를 나타내지 않았다. 김치에서의 젖산균 증식은 pH의 감소 및 산도 증가에 영향을 주는 것으로 알려져 있으며(20), 이는 본 실험 결과와 일치하였다.

배추김치 발효과정 중 효모의 변화는 Fig. 3B와 같다. 흑미처리구에서 효모 수의 증가는 젖산균 수의 증가 양상과 유사하였다. 즉, 저장 초기에는 대조구와 유의적인 차이를 나타내지 않았다. 이는 흑미추출물 처리가 김치의 숙성에 영향을 미치지 않기 때문인 것으로 사료되었다. 그러나 흑미처리구에서의 효소 수는 숙성 적기 (20일)를 지나면서 대조구보다 유의적으로 낮았다. 대조구는 김치가 숙성되면서 효모의 수도 급격히 증가하였다. 특히, 대조구의 경우 최적 숙성 기간 (20일)이 지나면서 효모의 수가 급격히 증가하였다. 이는 김치 발효 말기에 *Brettanomyces claussenii*, *Candida bogoriensis*, *C. cacaoi*, *C. guilliermondii*, *Citeromyces matritensis*, *Kluyveromyces vaeronae*, *Pichia membranaefaciens*, *Rhodotorula glutinis*, *Saccharomyces*

bayanus, *S. cerevisiae*, *S. pretoriensis*, *S. italicus* 및 *Torulopsis salmanticensis* 등 다양한 종류의 효모가 분리동정된 결과(21-22)와 일치하는 것으로 사료되었다. 김치 발효(최종 단계) 과정 동안 다량으로 생성된 효모에 의해 산막 현상과 연화현상이 나타나므로, 효모수의 증가는 김치 품질의 저하를 의미하고 있다(21). 이러한 결과는 pH 및 산도 측정결과와 일치하는 것으로 김치 제조시에 흑미추출물을 첨가하는 것은 김치 젖산균 증식을 촉진하며 김치의 가식기간을 연장시키는 것으로 사료되었다.

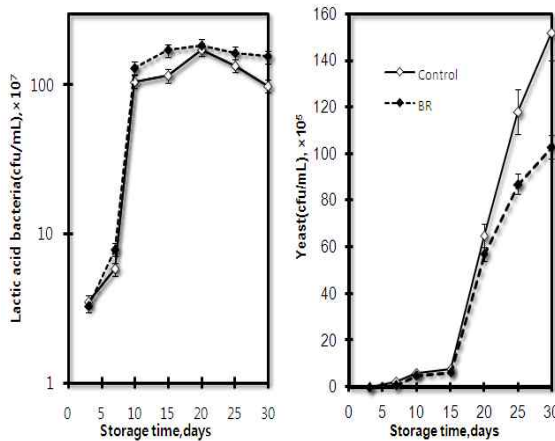


Fig. 3. Microfloral changes during *Baechu kimchi* fermentation treated with black rice water extract 4 °C.

A: lactic acid bacteria, C: yeast, p=0.05

흑미추출물을 첨가한 배추김치의 페놀화합물 함량 및 항산화성

흑미처리구의 페놀화합물 및 항산화성을 측정된 결과, 흑미처리구의 총페놀화합물 함량은 대조구보다 유의적으로 높았다 (Table 3). 흑미의 외피, 과피 및 호분층에는 유리

Table 3. Contents of total phenolic compounds and antioxidant capacity in *Baechu kimchi* treated with black rice water extract during storage at 4°C

Storage (day)	Total phenolic compounds (mg/100 g)		Electron donating ability ²⁾ (Relative percentage) ³⁾	
	Control	BR ¹⁾	Control	BR
0	111.91±9.87	241.98±9.54	57.38±0.31	83.29±0.76
5	112.72±8.65	238.39±9.12	56.92±0.38	82.03±0.84
10	109.73±7.04	232.75±8.75	58.78±0.54	81.28±0.57
15	106.39±8.21	239.67±4.54	63.41±0.58	83.74±0.49
20	109.80±9.56	237.31±5.83	68.91±0.21	87.58±0.28
25	108.78±6.45	240.28±9.62	61.85±0.47	85.19±0.68
30	109.49±5.82	239.56±7.69	55.47±0.64	84.15±0.89

¹⁾BR; Chinese cabbage treated with black rice water extracts.

²⁾Electron donating ability per 1 mg of sample.

³⁾Relative percentage: alpha-tocopherol (0.1%) was used as a positive control. The EDA(%) of 0.1 % alpha-tocopherol was 18.94%.

형의 페놀화합물을 다량 함유하고 있는 것으로 알려져있다 (23). 따라서 흑미추출물 처리에 의해 김치 내의 총페놀화합물 함량이 유의적으로 증가한 것으로 사료되었다. 대조구 및 흑미처리구의 총페놀화합물 함량은 김치의 저장기간 동안 유의적인 변화를 나타내지 않았다. 따라서 김치제조 시에 사용되는 재료에 따라 김치 내의 총페놀화합물 함량이 달라지는 것으로 사료되었다.

폴리페놀화합물은 과일, 야채와 같은 모든 식물체에 널리 존재하며, 항산화 기능성을 갖고 있는 것으로 보고되고 있다(24-25). 따라서 대조구와 흑미처리구에서 추출한 총페놀화합물의 항산화성을 전자공여능으로 측정하였다(Table 3). 0.1% alpha-tocopherol의 전자공여능 (18.94%)을 양성대조구로 하였을 때, 김치 제조 직후의 항산화성은 흑미처리구 83%, 대조구 57%의 항산화성을 나타내었다. 이는 흑미에서 유래한 폴리페놀화합물 때문인 것으로 사료되었다. 김치의 발효가 진행되면서 대조구와 흑미처리구 모두 항산화성이 증가하여, 최적의 숙성 시기인 20일째에 가장 높은 항산화성을 나타내었다. 대조구의 항산화성은 저장 20일 이후부터 급격히 감소한 반면에 흑미처리구의 항산화성은 저장 30일째까지 높은 수치를 유지하였다. 본 실험에서 총페놀화합물 함량과 항산화성이 다르게 나타난 것은 김치의 발효 단계에 따라서 생성되는 항산화성 물질의 종류가 다르기 때문인 것으로 사료되었다. 즉, 김치는 다양한 재료를 사용하여 만들어지며 여러 미생물 및 효소가 관여하는 복잡한 발효과정을 거치면서 많은 종류의 생리활성물질을 생성한다. 김치의 항산화 물질은 vitamin C, β-carotene, phenol compounds 및 chlorophyll 등과 같은 성분으로 이들은 활성산소 및 유리라디칼을 제거하거나 활성을 소거시키는 역할을 하며, 김치 재료물질들의 종류, 함량 및 발효정도는 생성되는 항산화물질의 함량에 영향을 미치는 인자로 작용하는 것으로 알려져 있다(26). 본 결과는 소량의 흑미처리에 의해 대조구보다 폴리페놀 함량이 높고, 항산화능이 약 1.5배 증가된 김치를 제조할 수 있는 것으로 나타났다. 이러한 결과는 반건조고추씨를 60% 정도 첨가한 김치의 항산화능 (27)과 유사한 것으로 다른 재료를 첨가하는 것보다 흑미처리를 하는 것이 보다 경제적인 것으로 사료되었다.

관능검사

저장 20일째에 대조구와 흑미처리구 모두 최적의 숙성도를 나타냈으므로, 저장 20일째에 관능검사를 실시하였다 (Fig. 4). 평가항목은 맛 (palatability), 외관/색 (appearance), 향 (flavor), 질감 (texture) 및 수용도 (acceptability)의 다섯 항목이었고 이를 5점 평점법으로 측정하였다. 대조구는 모든 항목에서 우수한 평점을 받은 반면 흑미처리구는 전 항목에서 대조구보다 낮은 평점을 받았다. 특히 외관 및 수용도에서 낮은 관능특성을 나타내었다. 이러한 결과는 대조구가 전통적으로 섭취하였던 형태의 김치인 것에 비하

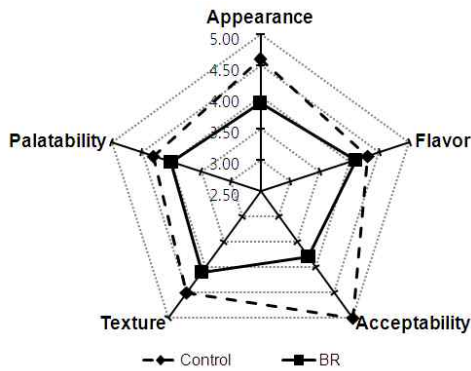


Fig. 4. Sensory evaluation of *Bacchu kimchi* treated with black rice water extract on 20th day storage at 4°C.

BR; Chinese cabbage treated with black rice water extract.

여 흑미처리구는 이전에는 볼 수 없었던 김치형태이기 때문에 패널들의 선호도(수용도)가 낮았던 것으로 사료되었다. 따라서 연구진은 직전의 관능검사 때와 동일한 패널에게 맹검법으로 김치의 맛(palatability), 질감(texture), 향(flavor), 수용도(acceptability)을 5점 평점법으로 재평가하도록 하였다 (Fig. 5). Fig. 5에서와 같이, 맛, 질감 및 향의 세 가지 관능특성은 흑미처리구가 대조구보다 높은 평점을 받았으며 이는 물리화학적 분석결과와 일치하는 경향이 있었다. 또한 수용도에서는 대조구와 흑미처리구에서 차이를 나타내지 않았다. 따라서 식품의 외관(색)이 김치의 선호도(수용도)에 영향을 미치는 것으로 사료되었다.

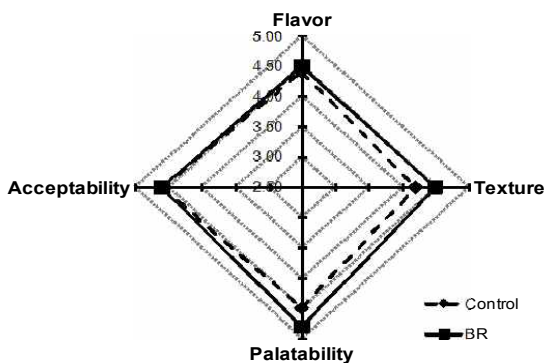


Fig. 5. Evaluation of sensory properties of *Bacchu kimchi* treated with black rice water extract on 20th day storage at 4°C using the blind test.

BR; Chinese cabbage treated with black rice water extract.

절인배추를 흑미추출액에 침지하고 흑미풀을 첨가하여 배추김치를 제조한 후, 저온에서 저장하면서 김치의 식품학적 특성을 분석하였다. 전술한 바와 같이, 흑미처리에 의하여 배추김치의 색은 암자색~흑색을 나타내었고, 김치의 가식기간은 대조구에 비하여 약 5일 정도가 연장되는 효과를 나타내었다. 가식기간이 연장되는 이유는 흑미처리가 김치 발효 증기 이후의 젖산균과 효모 증식을 억제하기

때문인 것으로 사료되었다. 흑미처리 김치의 항산화성은 흑미에 함유된 높은 총페놀화합물의 양과 발효기간 중에 생성되는 항산화성물질들에서 기인하는 것으로 사료되었으며, 대조구보다 약 1.5배 증가되는 것으로 나타났다. 흑미처리 김치는 외관, 수용도 및 다른 관능특성에 대한 점수가 대조구보다 낮았으나 맹검법으로 재 실시한 관능검사에서는 모든 관능검사 항목에서 대조구보다 높은 점수를 나타내었다. 이러한 결과는 흑미처리 김치가 일반 대중에게 익숙하지 않았기 때문에 나타난 것으로 사료되며, 흑미처리 김치의 식품학적·관능적 품질특성은 대조구보다 우수한 것으로 나타났다.

이상의 결과를 고려할 때, 식품학적 품질이 우수하고 기능성이 높은 김치이더라도 일반 대중은 새로운 형태의 김치를 적극적으로 수용하지 않는 것으로 사료되었다. 따라서 새로운 형태의 김치에 대한 일반 대중의 수용도를 증가시키기 위한 노력이 필요한 것으로 사료되었다.

요 약

흑미의 이용도를 높이고 항산화능이 있는 새로운 기능성 김치를 개발하기 위하여 흑미색소추출액에 절인배추를 침지하여 흑미색소가 배추에 흡수되도록 한 후 흑미풀을 첨가하여 배추김치를 제조하였다. 흑미색소추출액의 항산화능은 양성대조구인 α -tocopherol (0.1%)의 $78.75 \pm 1.18\%$ 를 나타내었다. 흑미를 처리한 배추김치를 저온에 저장하면서 김치의 물리화학적 특성의 변화를 측정할 결과, 흑미 처리에 의해 김치의 가식기간이 연장되는 효과가 관찰되었다. 즉, 흑미처리구가 최적의 pH 및 적정산도에 도달하는 기간은 대조구와 비슷하였으나 pH 감소 또는 적정산도 증가는 대조구와 유의적인 차이를 나타내었다. 또한 흑미처리구의 조직감은 발효 증기를 지나면서 대조구보다 유의적으로 높은 값을 나타내었다. 이는 흑미처리에 의해 젖산균 및 효모의 증가 속도가 감소되었기 때문으로 사료되었다. 흑미처리구의 총페놀화합물 양은 대조구보다 많았으며 이는 흑미처리에 기인한 것으로 사료되었다. 김치의 항산화성은 0.1% α -tocopherol을 양성대조구로 하였을 때 대조구가 약 57%, 흑미처리구가 83%의 전자공여능을 나타내었고, 김치의 항산화성은 숙성이 진행될수록 증가하여 숙성 최적기에 가장 높은 항산화성을 나타내었다. 흑미처리구와 대조구의 김치로 관능검사를 실시한 결과, 흑미처리구는 외관 및 수용도에서 낮은 점수를 받았으나 맹검법으로 재 실험을 하였을 때는 흑미처리구가 모든 관능검사 항목에서 대조구보다 높게 평가되었다. 따라서 흑미를 처리함으로써 대조구보다 약 5일의 가식기간 연장 및 약 30% 정도의 항산화성이 높은 배추김치를 제조할 수 있는 것으로 사료되었다.

감사의 글

본 연구는 (주)맛생식품의 지원을 받아 수행한 연구결과로 이에 감사드립니다.

참고문헌

1. Yu, R. (1995) Effect of dietary hot red pepper powder on humoral immune response in rats. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.*, 24, 837-842
2. Song, E.S., Jeon, Y.S. and Cheigh, H.S. (1997) Changes in chlorophylls and carotenoids of mustard leaf *kimchi* during fermentation and their antioxidative activities on the lipid oxidation. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.*, 26, 563-568
3. Sim, K.H. and Han, Y.S. (2008) Effect of red pepper seed on *kimchi* antioxidant activity during fermentation. *Food Sci. Biotechnol.*, 17, 295-301
4. Kim, Y.J., Pak, W.S., Koo, K.H., Kim, M.R. and Jang, J.J. (2000) Inhibitory Effect of *Baechu kimchi* (Chinese Cabbage *kimchi*) and *Kakduki* (Radish *kimchi*) on diethylnitrosamine and D-galactosamine induced hepatocarcinogenesis. *Food Sci. Biotechnol.*, 9, 89-94
5. Lee, J.J., Lee, Y.M., Kim, A.R., Chang, H.C. and Lee, M.Y. (2008) Effect of *Leuconostoc kimchii* GJ2 isolated from *kimchi* (fermented Korean cabbage) on lipid metabolism in high cholesterol-fed rats. *Korean J. Food Preserv.*, 15, 760-768
6. Kim, M., Lee, S.J., Seoul, K.J., Park, Y.M. and Ghim, S.Y. (2009) Characterization of antimicrobial substance produced by *Lactobacillus paraplantarum* KNUC25 isolated from *kimchi*. *Korean J. Microbiol. Biotechnol.*, 37, 24-32
7. Kim, I.W. and Cho, Y.B. (2006) A study on preference for purchase and ingestion of *kimchi* among Busan residents. *Korean J. Culinary Res.*, 12, 187-198
8. Cheigh, H.S. and Park, K.Y. (1994) Biochemical, Microbiological, and Nutritional aspects of *kimchi* (Korean fermented vegetable products). *Critical Rev. Food Sci. Nutr.*, 34, 175-203
9. Han, S.J. (2005) Antioxidant activity of colored rice and identification of new substances, oryzafuran and allantoin. *Korean J. Crop Sci.*, 40, 2-6
10. Hwang, Y.K. and Kim, T.Y. (2000). Characteristics of colored rice bread using the extruded *Heugjinju* rice. *Korean Soc. Food Sci.*, 16, 167-172
11. Lim, J.K., Park, I.K., Kim, Y.H. and Kim, S.D. (2003) Effect of pigmented rice on the quality characteristics of baguette. *J. East Asian Soc. Dietary Life* 13, 130-135
12. Kim, S.D., Kim, M.H. and Ham, S.S. (2000) Preparation and quality of uncooked-colored wine using black rice. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.*, 29, 224-230
13. Kahkonen, M.P. and Heinonen, M. (2003) Antioxidant activity of anthocyanins and their aglycons. *J. Agric. Food Chem.*, 51, 628-633
14. Satue-Gracia, M.T., Heinonen, M. and Frankel, E.N. (1997) Anthocyanins as antioxidants on human low-density lipoprotein and lecithin-liposome systems. *J. Agric. Food Chem.*, 45, 3362-3367
15. Wang, H., Cao, G. and Prior, R.L. (1997) Oxygen radical absorbing capacity of anthocyanins. *J. Agric. Food Chem.*, 45, 304-309
16. Cho, M.H., Paik, Y.S., Yoon, H.H. and Hahn, T.R. (1996) Chemical structure of the major color component from a Korean pigmented rice variety. *Agric. Chem. Biotechnol.*, 39, 304-308
17. Rye, S.N., Park, S.Z. and Ho, C.T. (1998) High performance liquid chromatographic determination of anthocyanin pigments in some varieties of black rice. *J. Food Drug Analysis* 6, 729-736
18. Lee, Y.H. and Yang, I.W. (1970) Studies on the packaging and preservation of *kimchi*. *J. Korean Agric. Chem. Soc.*, 13, 207-218
19. Sung, J.M., Lim, J.H., Park, K.J. and Jeong, J.W. (2008) Effects of semi-dried red pepper with a different seed ratio on the quality of *kimchi*. *Korean J. Food Preserv.* 15, 427-436
20. Kim, S.D. and Kim, M.H. (2003) Calcium lactate affects shelf-life and firmness of *kimchi*. *Food Sci. Biotechnol.*, 12, 497-503
21. Lee, S.H., Park, N.Y. and Choi, W.J. (1999) Changes of the lactic acid bacteria and selective inhibitory substances against homo and hetero lactic acid bacteria isolated from *kimchi*. *Korean J. Appl. Microbiol. Biotechnol.*, 27, 410-414
22. Kim, H.J., Kang, S.M. and Yang, C.B. (1997) Effects of yeast addition as starter on fermentation of *kimchi*. *Korean J. Food Sci. Technol.*, 29, 790-799
23. Chung, Y.A. and Lee, J.K. (2003) Antioxidative properties of phenolic compounds extracted from black rice. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.*, 32, 948-951
24. Kim, E.S. and Kim, M.K. (1999) Effect of dried leaf powder and ethanol extracts of persimmon, green tea and

- pine needle on lipid metabolism and antioxidative capacity in rats. Korean Nutr. Soc., 32, 337-352
25. Velioglu, Y.S., Mazza, G., Gao, L. and Oomh, B.D. (1998) Antioxidant activity and total phenolics in selected fruits, vegetables and grain products. J. Agric. Food Chem., 46, 4113-4117.
26. Cheigh, H.S. and Hwang, J.H. (2000) Antioxidative characteristics of *kimchi*. Food Ind. Nutr., 5, 52-56
27. Sung, J.M., Lim, J.H., Park, K.J. and Jeong, J.W. (2008) Effects of semi-dried red pepper with a different seed ratio on the quality of *kimchi*. Korean J. Food Preserv., 15, 427-436

(접수 2009년 10월 20일, 채택 2010년 1월 29일)