

유기농법에 의해 재배된 열무김치의 품질 및 기능적 특성

정수진^{1,2} · 소병옥¹ · 신상욱^{2,4} · 노순옥^{1,2} · 정은수¹ · 채수완^{1,2,3}

¹전북대학교병원 기능성식품임상시험지원센터, ²전북대학교 일반대학원 의학영양치료학과
³전북대학교 의과대학 약리학, ⁴(주) 소요원

Physiochemical and Quality Characteristics of Young Radish (Yulmoo) Kimchi Cultivated by Organic Farming

Su-Jin Jung^{1,2}, Byung-Ok So¹, Sang-Wook Shin^{2,4}, Sun-Ok Noh^{1,2}, Eun-Soo Jung¹, and Soo-Wan Chae^{1,2,3}

¹Clinical Trial Center for Functional Foods, Chonbuk National University Hospital

²Department of Medical Nutrition Therapy and ³Department of Pharmacology, Chonbuk National University Medical School

⁴SoYoWon

ABSTRACT This study compared and analyzed the physiochemical and quality characteristics of young radish kimchi made with YR-FNC or YR-GC cultivated by organic farming as well as kimchi made with young radish cultivated by chemical composting/general farming (YR-Control). YR-Control showed higher contents of water and crude protein than YR-FNC and YR-GC kimchi but lower contents of crude ash, dietary fiber, and vitamin C. YR-FNC and YR-GC kimchi also showed higher contents of P and Cu than YR-Control but lower contents of N, K, Ca, Mg, Fe, and Zn. YR-Control fermentation progressed faster than that of YR-FNC or YR-GC after 24 days, and YR-Control more rapidly reached an appropriate pH. On the other hand, YR-FNC and YR-GC kimchi fermentation progressed slow and did not reach a pH level below 5.3. For period of fermentation, YR-Control and YR-FNC kimchi showed no significant difference in reducing sugar content, whereas that of YR-GC kimchi decreased significantly after 24 days of fermentation ($P<0.002$). YR-FNC and YR-GC kimchi showed 1.5~3 times higher total polyphenol and flavonoid contents than YR-Control at the beginning of fermentation, whereas YR-Control and YR-FNC kimchi showed a significant increase in total polyphenol and flavonoid contents during the fermentation period. By day 7 of fermentation, YR-FNC kimchi showed higher contents of lactic acid bacteria and total microbes than YR-Control. In the sensory evaluation, YR-FNC and YR-GC kimchi showed higher preference values than YR-Control. Therefore, kimchi made from young radish cultivated by organic farming has a longer freshness period than control kimchi and is characterized by excellent sensory quality, increased physiological contents, and improved beneficial health effects.

Key words: young radish (Yulmoo), kimchi, organic, compost, physiochemical

서론

오늘날 우리의 농업생산성은 농약과 화학비료의 사용 증가 및 재배기술의 향상에 의해 양적으로 크게 증가되었으나, 화학비료와 농약의 과다 사용으로 심각하게 자연환경을 오염시키고 있으며 여기에서 생산된 농산물의 안전성이 우려되고 있다. 특히 국가 경제가 발전하고 점차 소득이 향상됨에 따라 소비자들은 고품질의 안전한 농산물을 요구하며 유기농산물에 대한 선호도가 증가하고 있다. 이에 따라 화학비

료와 유기합성농약의 사용을 줄이면서 퇴비나 생물농약 등을 사용하여 농산물을 생산하는 친환경적 농법이 점차 확대되고 있다(1). 유기농산물에 주목하는 이유는 자연환경 보호, 가축복지 향상, 맛의 증진 및 건강상의 이점 등 때문이다. 그러나 유기재배 농작물이 화학비료와 농약으로 재배한 것보다 건강에 좋은 생리활성물질이 더 많이 함유되어 있다(2-4)와 그렇지 않다(5,6)는 이견에 대한 상충되는 면이 많아 논란의 여지가 되고 있는 실정이며 유기재배와 관행농법으로 재배한 농작물의 영양 및 기능적 차이에 관한 연구는 꾸준히 보고되고 있다(7-16). 농작물의 영양성분과 생리활성물질 함량은 재배 시 지리적 위치, 재배 품종 및 시기, 토양 및 시비 처리 전략에 따라 다를 수 있으며(17), 농산물 재배 시 화학비료를 시비하여 생산된 농산물의 경우 유기농산물과는 영양학적으로 큰 차이를 보이지 않고 오히려 일반농산

Received 31 March 2014; Accepted 14 July 2014

Correspondence author: Soo-Wan Chae, Clinical Trial Center for Functional Foods, Chonbuk National University Hospital, Jeonju, Jeonbuk 561-172, Korea
E-mail: soowan@jbnu.ac.kr, Phone: +82-63-250-2348

물이 영양학적으로 풍부하다고 하였다(18). 좋은 먹거리는 비타민과 무기질 등 영양성분뿐만 아니라 다양한 생리활성물질(파이토케미컬)을 포함하고 있어야 한다. 요즘 파이토케미컬이 더욱 관심을 받는 이유는 항산화, 항암, 항염증 및 해독작용 등의 기능을 하여 다양한 생리활성 기능을 하기 때문이다. 즉 생리활성물질의 함량이 높은 고품질 농산물의 생산이 무엇보다 중요하게 인식되고 있으며 각종 농산물의 생리활성물질과 건강기능성에 대한 관심과 연구가 대두되고 있다.

한국인에게서 많이 이용되고 있는 김치의 주원료인 열무는 우리 식생활에서 중요한 위치를 차지하고 있는 채소 중 하나이다. 특히 열무(*Raphanus sativus*)는 십자화과 채소로써 잎에는 비타민 A, 비타민 C, 칼슘 및 철분 등 무기질의 함량이 많아 영양학적 가치가 높고 열무김치는 배추김치에 비해 클로로필의 함량이 높고 식이섬유소가 풍부하다(19). 열무에는 비타민과 유기황화합물인 glutathione, 페놀성 화합물 등 각종 파이토케미컬이 다량 함유되어 있어 항돌연변이성, 항산화 및 항암활성을 나타낼 수 있는 생리활성성분이 높아 기능성식품 원료로서의 개발 가능성이 높다고 알려져 있다(20-24).

그러나 현행까지 주로 열무김치의 제조 방법에 따른 품질 특성 차이에 관한 연구로써 물 비율 차이(25), 담금법(4), 온도 차이(26), 동결건조 시 품질특성(27), 저장 중 질산염 함량 변화 연구(28)와 부재료인 매실즙(29), 톳가루(30) 및 들깨풀(31) 등의 첨가에 따른 품질특성 차이에 관한 연구가 주를 이루고 있다. 최근 기능성물질을 함유한 열무 생산을 위한 일환으로써 열무 성장과 토양에 미치는 영향에 관한 연구(32), 유향 처리하여 생산된 열무로 제조한 열무김치의 특성과 위암세포 성장 억제 효과(33) 등이 일부 보고되고 있으나 농법 차이에 따른 열무김치의 품질특성에 관한 연구는 전무한 실정이다. 건강과 환경보존이라는 명제 하에 안전한 먹거리 생산이 중요한 사안으로 대두되는 시점에서 열무의 영양학적이고 기능적 특성에 대하여 일반관행농산물과 유기농산물의 차이점을 분석하고 구명하는 것은 중요하며 우리농산물의 가치 향상과 자연환경 보호 측면에서 필요하다. 따라서 본 연구에서는 유기농으로 재배하여 생산된 열무김치의 품질 및 기능적 특성에 미치는 영향을 구명하기 위한 일환으로 유기농 열무와 일반열무의 화학적 품질특성, 기능성 및 관능적 특성에 대한 차이를 비교 분석하였다.

재료 및 방법

재료

열무(young radishes; YR, 농협종묘; 초하열무)는 2013년 전북 임실군 임실읍 정원리에 소재한 (주)영농조합 소유원의 비닐하우스 내에서 2개월간 재배하여 수확한 열무를 제공받아 사용하였다. 시험작물의 토양은 사질식양토로 pH(H₂O, 1:5)는 6.5, 전기전도도(electric conductivity, EC)

는 0.43 dS/m, 유기물 함량은 32.3 g/kg, 총 질소 2.0 g/kg, 유효인산(P₂O₅) 404 mg/kg, 치환성칼륨 0.28 cmolc/kg, 치환성칼슘 6.5 cmolc/kg, 치환성마그네슘은 1.6 cmolc/kg이었다.

시비 처리구는 유기농법 일환으로 친자연개발퇴비(가축분뇨발효퇴비 FNC CTCF2, (주)요요코리아, Jeongeup, Korea) 처리구와 일반퇴비 처리구(기능성 스테비아퇴비; 가축분발효고급퇴비, (주)한국스테비아, Jeongeup, Korea), 대조군인 화학비료 처리구(맞춤 14호; 동부팜농, Seoul, Korea) 등 3개의 처리구로 하였으며 시비처방은 국립농업과학원에서 제안한 시비기준(34)에 따랐다.

친자연개발퇴비-열무(YR-FNC) 처리구는 친자연개발퇴비(310 kg/10a)에 혼합유박(100 kg/10a, 그린소일 N-P-K 4-1-3, (주)바이오그린텍, Damyang, Korea)을 혼합 처리하였고, 일반퇴비-열무(YR-GC) 처리구는 310 kg/10a, 화학비료-열무(YR-Control)는 밀거름(요소 6 kg/10a, 용성인비 3 kg/10a, 염화칼리 9 kg/10a)+ 웃거름(요소 24 kg/10a, 염화칼륨 15 10a⁻¹)을 시비 처리하였다. 시험작물 재배는 2013년 4월 5일에 파종한 후 6월 4일에 수확하여 그 당일에 각각 처리구에 따라 열무의 일반성분 분석용 시료는 동결건조를 실시하였고 열무김치를 제조하였다. 대조군(YR-Control)은 화학비료를 처리하여 재배한 일반열무를 나타내며 친환경 농법으로 재배한 열무는 2종의 퇴비를 사용하였는데 친자연개발퇴비를 처리하여 재배한 열무를 YR-FNC, 시판 중인 일반퇴비를 처리하여 재배한 열무를 YR-GC로 하였다.

열무의 일반성분

열무는 이물질을 제거하고 가식부위를 3×3 cm 크기로 잘라 골고루 섞은 비닐팩에 담아 동결건조(IIShin Biobase, Seoul, Korea) 하고 분쇄(Hanil, Incheon, Korea)하여 분석용 시료로 사용하였다.

일반성분의 분석은 AOAC법(35)에 준하여 실시하였다. 즉 수분함량은 105°C 상압가열건조법으로, 단백질의 함량은 Micro Kjeldahl법으로, 조지방의 함량은 에테르추출법으로, 조회분의 함량은 550°C 건식회화법으로 각각 분석하였고 식이섬유소의 함량은 Prosky변법으로 분석하였다(36).

김치 제조

김치 제조에 필요한 부재료인 고추, 마늘, 생강, 부추 및 찹쌀가루는 재래시장에서 담금 전날 일괄 구입하여 사용하였다. 실험에 사용된 김치의 재료 배합비는 Table 1에 제시하였다. 김치 제조 방법은 열무의 크기와 모양새가 비슷한 것을 선별한 뒤 열무 5 kg을 통째(줄기+잎)로 씻은 후 국내에서 생산된 일반천일염(NaCl 80~90%, 신안천일염, 신안군, 한국)을 사용하여 7% 소금물에 2시간 절인 후 3회 세척하여 30분간 물기를 뺀 후 동일하게 김치를 제조하였다. 부재료인 마늘과 생강은 다듬어 깨끗이 씻은 후 믹서기(MR

Table 1. Ingredients ration of Yulmoo kimchi

Ingredients	Weight (g)
Young radish	100.0
Garlic	3.0
Ginger	1.5
Red pepper powder	4.3
Red pepper	10.0
Green onion	1.6
Anchovy juice	6.5
Thick salt	-
Glutinous rice	10.0

4050 CA, Braun, Madrid, Spain)로 곱게 분쇄하였고 부추는 길이 7 cm로 썰고 홍고추는 씨를 빼고 깨끗이 씻은 후 믹서기로 곱게 갈아 준비하였다. 열무김치를 제조할 때 사용한 재료 및 양념의 배합비는 소금에 절인 열무는 100 g당 마늘(3.0 g), 생강(1.5 g), 부추(10 g), 고춧가루(4.3 g), 청정멸치액젓(6.5 g, 대상(주), Cheonan, Korea), 참쌀풀(10 g) 및 홍고추(10 g) 등 부재료를 혼합하여 열무김치를 제조하였다(28). 제조한 각 김치를 5°C에 보관하며 24일간 발효시켰고 일정한 기간마다 시험에 필요한 시료 채취는 담금 직후(0일), 발효 7일 및 24일 날짜에 취하여 실험에 이용하였다.

pH 및 산도 측정

제조된 각각의 열무김치들을 대상으로 pH와 산도를 측정하였다. 분석에 필요한 시료를 분쇄한 후 10 g을 취한 후 증류수를 넣어 5배로 희석한 다음 pH meter(PP-15, Satorius Co., Elk Grove Village, IL, USA)를 이용하여 측정하였다. 산도는 AOAC 표준법(35)에 따라 시료 20 g을 취하여 증류수로 100 mL 정용한 뒤 그중 20 mL를 취하여 0.1 N-NaOH로 pH 8.3이 될 때까지 적정하고 citric acid로 환산하여 산출하였다.

$$\text{산도 (\%)} = V \times F \times A \times D \times 1/S$$

V: 0.1 N-NaOH 용액의 적정치(mL)

F: 0.1 N-NaOH 용액의 역가

A: 0.1 N-NaOH 용액 1 mL에 상당하는 유기산의 양

D: 희석배수

S: 시료채취량

환원당 함량 측정

열무김치의 환원당 함량은 시료 10 g을 취하여 추출한 용액을 10배 희석한 뒤 1 mL를 test tube에 넣고 dinitrosalicylic acid(DNS) 시약 1 mL를 가하여 잘 섞은 후 끓는 물에서 15분 동안 중탕시켰다(37). 상온에서 충분히 식힌 후 증류수 3 mL를 넣었다. Spectrophotometer(UV-1650 PC, Shimadzu Co., Kyoto, Japan)를 이용하여 546 nm에서 흡광도를 측정하였으며, glucose standard curve를 이

용하여 환원당 함량(%)을 구하였다.

총 균수 및 유산균수 측정

총 균수의 측정은 열무김치 시료 10 g을 무균적으로 취하여 0.1% 멸균 펩톤수 90 mL를 넣어 Bag mixer(400 Model W STOMACHER, 한국과학상사, Siheung, Korea)로 균질화한 후 상층액은 0.1% 펩톤으로 희석하였다. 총 세균수의 측정을 위해 각 단계 희석액 1 mL씩을 멸균 페트리접시 3매씩에 무균적으로 취하여 약 43~45°C로 유지한 Plate count agar(Difco, St. Louis, MO, USA) 배지 약 15 mL를 무균적으로 분주하고 페트리접시 뚜껑에 부착하지 않도록 주의하며 조용히 회전하여 좌우로 기울이면서 겹쳐와 배지를 잘 섞고 냉장 응고시킨다. 특히 확산 집락의 발생을 억제하기 위하여 다시 표준한천배지 3~5 mL를 가하여 중첩시킨 후 냉장 응고된 페트리 Shimadzu접시는 거꾸로 하여 37±1°C에서 24~48시간 배양하였다. 젖산균수는 0.05% BCP 지시약이 첨가된 MRS agar(Lactobacilli MRS AGAR, Difco)를 부어 굳인 후 확산 집락을 방지하기 위하여 PCA 배지를 중첩하였으며 37±1°C에서 48시간 배양한 후 colony 수를 계수(CFU/mL)하였다.

총 폴리페놀 및 총 플라보노이드 함량 측정

시료 전처리: 각 열무김치 10 g을 취하고 70% methanol 50 mL를 가하여 microwave 시료추출장치(Mars, CEM, Matthews, NC, USA)를 사용하여 90°C에서 1시간 추출한 후 100 mL로 정용하여 실험에 이용하였다.

총 폴리페놀 함량: 각 열무김치 시료의 총 폴리페놀화합물의 함량 분석은 Folin-Denis법으로 측정하였다(38). 즉 시료액 0.1 mL, 증류수 6 mL와 Folin-Denis 시약 0.5 mL를 혼합하고 실온에서 3분간 방치한 다음 포화 Na₂CO₃ 용액 1.5 mL를 가하였다. 이어 실온에서 다시 1시간 방치시킨 후 분광광도계(UV 1601, Shimadzu Co., Tokyo, Japan)를 사용하여 765 nm에서 흡광도를 측정하였다. 이때 표준용액으로는 gallic acid를 이용하였다.

총 플라보노이드 함량: 총 플라보노이드의 함량 분석은 열무김치 10 g을 칭량하고 90% 에탄올 20 mL를 가한 후 3,000 rpm에서 10분간 원심분리 하여 상층액을 취하였다. 잔류물에 80% 에탄올 8 mL로 3회 추출하였다. 전 추출액을 합하여 80% 에탄올을 사용하여 전량을 50 mL로 넣고 혼합하여 실온에서 40분간 정치 후 415 nm에서 흡광도를 측정하였다. 이때 표준물질은 quercetin으로 하여 정량하였다(39).

관능평가

관능평가는 예비실험을 통하여 훈련된 식품영양 전공자 및 학생 20명의 관능요원을 대상으로 실시하고 김치를 제조 후 냉장고 5°C에 보관하면서 제조 당일(0일)과 발효 7일, 24일이 되는 날 평가하였다. 관능평가 시 김치는 시험 처리

군 별로 약 15 g을 각각 접시에 담아 제공하였으며 김치를 섭취할 때에는 잎과 줄기를 같이 섭취하도록 하였다. 냄새를 맡을 때는 숨을 깊이 들이 쉬면서 4~5초 동안 냄새를 음미하도록 하였고 맛과 질감은 김치를 삼키지 않고 씹으면서 평가하도록 하였다. 각 시료 사이의 김치의 맛에 영향을 주지 않도록 백미 밥과 생수를 함께 제공하였다. 관능평가 항목은 외관(appearance)에 대한 항목, 냄새에 대한 평가는 신내(acidic odor), 군덕내(moldy odor), 풋내(fresh cabbage odor) 및 새콤한 내(fresh acidic odor)에 대한 항목, 맛에 대한 조사는 신맛(acidic taste), 군덕맛(moldy taste), 달익은 맛(fresh acidic odor) 및 새콤한 맛(fresh sourness taste)에 대한 항목, 질감은 아삭아삭함(fracturability)과 질깃함(chewiness)에 대한 항목과 종합적인 맛에 대한 항목에 대한 평가를 조사하였다. 각 관능적 품질의 강도는 5점 평점법(매우 좋다: 5점, 좋다: 4점, 보통이다: 3점, 나쁘다: 4점, 매우 나쁘다: 1점)으로 평가하게 하였으며 더 좋을수록 높은 점수를 부여하였고 검사하는 동안 김치의 관능평가 항목에 대해 충분히 설명한 후 진행하였다.

통계처리 방법

모든 실험에서 얻어진 결과는 SPSS Software Package (Statistical Package for the Social Science ver 18.0, SPSS Inc., Chicago, IL, USA)를 이용하여 각 측정군별 3회 반복 처리하여 평균과 표준편차를 산출하였으며, 수확 후 시범재배지 토양의 물리화학적 특성과 열무의 물리화학적 특성과의 상관성은 Pearson's correlation coefficient로 검증하였으며 처리군 간 차이의 유의성을 $P < 0.05$ 수준에서 검정하였다. 각 시료 간의 물리화학적 특성 및 관능적 평가에 대한 얻어진 결과의 유의성 검증은 일원배치분산분석(One way-ANOVA)으로 분석하였으며 유의성이 있을 경우 Duncan's multiple range를 이용하여 검정하였다.

결과 및 고찰

일반성분 및 영양성분

유기농 열무와 일반열무의 일반영양성분 함량을 분석한 결과는 Table 2에 제시하였다. 일반영양성분인 수분 및 조단백질은 유기농 열무(YR-FNC, YR-GC)보다 일반열무(YR-Control)에서 높은 함량을 나타내었으나 조회분, 식이섬유소 및 비타민 C는 유기농 열무에서 높은 함량을 나타내었다. 무기질 중 인과 구리는 일반열무보다 유기농 열무에서 높았으나 질소, 칼륨, 칼슘, 마그네슘, 철, 망간 및 아연의 함량은 유기농 열무보다 일반열무에서 높게 나타났다. 열무의 수분, 조단백질, 조지방 및 조회분의 함량은 유기농 열무에 비해 일반열무에서 높고 총 식이섬유소의 함량은 유기농 열무에서 높았다. Seong 등(40)의 일반배추보다 유기농 배추에서 수분함량은 낮으며, 총 식이섬유소의 함량(유기농 배추 2.03%, 일반배추 1.10%)이 높았다는 결과와 유사하였다. 본 연구에서 비타민 C 함량이 큰 차이를 보였는데 유기농 열무가 일반열무에 비해 약 5배(YR-FNC)에서 40배(YR-GC)수준까지 차이가 있었으며 유기농 배추가 일반배추에 비해 2.5배 정도 높다는 Seong 등(40)의 결과보다 더 큰 함량 차이를 보였다. 본 연구에서 열무의 무기질 함량은 유기농 열무에 비해 일반열무가 높았고 Seong 등(40)의 일반배추보다 유기농 배추의 무기질 함량이 높았다는 결과와는 다른 양상을 보였다. 일반적으로 농법 차이에 따른 작물의 영양 및 기능성 성분의 함량 차이를 보이는 것은 재배환경 및 시비 조건과 밀접한 관계가 있다고 하였다(17).

수확 후 시범재배지 토양의 물리화학적 특성과 열무의 물리화학적 특성과의 상관관계

열무 수확 후 시범재배지 토양의 물리화학적 특성과 열무의 물리화학적 특성과의 상관관계를 분석한 결과는 Table 3과 같다. 열무 수확 후 시범재배지 토양의 pH, 총 질소량, 칼슘 및 마그네슘 함량과 열무의 일반영양성분 중 수분, 단

Table 2. Proximate composition, mineral, and vitamin contents of young radish

Samples ¹⁾	Nutrients (g/100 g)								
	Moisture	Lipid	Protein	ASH	Fiber	Vitamin C			
YR-Control	20.4±0.1 ^c	1.83±0.1	11.8±0.1 ^b	15.5±0.1 ^a	36.2±0.4 ^a	9.1±0.2 ^a			
YR-FNC	14.9±0.5 ^b	1.81±0.2	9.58±0.1 ^a	15.1±0.3 ^a	36.9±0.5 ^a	50.6±3.5 ^b			
YR-GC	7.40±0.7 ^a	1.77±0.1	10.0±0.3 ^a	15.6±0.5 ^b	40.9±0.5 ^b	368.8±7.9 ^c			
<i>P</i> -value	0.001	0.220	0.002	0.092	0.004	0.001			
Samples	Mineral (mg/100 g)								
	N	P	K	Ca	Mg	Cu	Fe	Mn	Zn
YR-Control	14.5±0.1 ^c	5.7±0.3 ^a	29.7±0.01 ^b	2.4±0.01 ^c	2.4±0.01 ^c	1.8±0.1 ^b	38.1±0.5 ^b	13.9±0.2 ^c	47.9±0.6 ^c
YR-FNC	8.6±0.2 ^a	5.8±0.1 ^a	20.8±0.01 ^a	1.5±0.01 ^a	1.5±0.01 ^a	1.5±0.02 ^a	11.5±0.2 ^a	7.6±0.02 ^b	27.8±0.6 ^a
YR-GC	8.9±0.2 ^b	7.2±0.5 ^b	20.6±0.06 ^a	1.8±0.01 ^b	1.8±0.01 ^b	1.9±0.01 ^c	12.0±0.02 ^a	6.3±0.01 ^a	33.7±0.4 ^b
<i>P</i> -value	0.001	0.003	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001

¹⁾YR-Control: young-radish commonly cultivated in the chemical fertilizer, YR-FNC: young-radish commonly cultivated in the development of compost in natural friendly, YR-GC: young-radish commonly cultivated in the general compost.

^{a-c}Means with different superscripts in a column are significantly different at $P < 0.05$ by Duncan's multiple range test.

Table 3. Correlation coefficient between physical properties of soil after harvesting that influence in proximate composition of young radish

	Soil					
	pH	Total N	P ₂ O ₅	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺
pH (soil)	1	0.995 ^{***} (0.001)	0.997 ^{***} (0.001)	0.737 [*] (0.024)	0.991 ^{***} (0.001)	0.988 ^{***} (0.001)
N	-0.045 (0.909)	0.998 ^{***} (0.001)	-0.023 (0.943)	0.346 (0.362)	-0.018 (0.967)	0.084 (0.629)
P	-0.258 (0.502)	-0.293 (0.445)	-0.285 (0.457)	-0.416 (0.265)	-0.313 (0.412)	-0.349 (0.357)
K	-0.037 (0.924)	0.011 (0.978)	-0.017 (0.989)	0.359 (0.343)	-0.001 (0.998)	0.098 (0.601)
Ca	-0.025 (0.949)	0.013 (0.973)	-0.017 (0.985)	0.083 (0.631)	-0.017 (0.985)	0.083 (0.631)
Mg	-0.023 (0.954)	0.023 (0.950)	-0.008 (0.969)	0.376 (0.318)	0.005 (0.989)	0.110 (0.779)
Cu	-0.003 (0.984)	-0.012 (0.978)	-0.033 (0.933)	0.078 (0.843)	-0.070 (0.858)	-0.018 (0.953)
Young radish						
Moisture	0.860 [*] (0.028)	0.908 ^{***} (0.001)	0.892 [*] (0.017)	0.926 ^{**} (0.008)	0.918 ^{***} (0.001)	0.969 ^{***} (0.001)
Lipid	0.109 (0.837)	0.999 ^{***} (0.001)	0.997 ^{***} (0.001)	0.742 (0.091)	0.990 ^{***} (0.001)	0.978 ^{***} (0.001)
Protein	0.980 ^{***} (0.001)	0.992 ^{***} (0.001)	0.997 ^{***} (0.001)	0.807 (0.052)	0.977 ^{***} (0.001)	0.988 ^{***} (0.001)
Ash	0.976 ^{***} (0.001)	0.998 ^{***} (0.001)	0.741 (0.092)	0.987 ^{***} (0.001)	0.976 ^{***} (0.001)	0.996 ^{***} (0.001)
Fiber	0.997 ^{***} (0.001)	0.994 ^{***} (0.001)	0.993 ^{***} (0.001)	0.704 (0.118)	0.979 ^{***} (0.001)	0.960 ^{**} (0.002)
Vitamin C	0.566 (0.242)	0.493 (0.320)	0.504 (0.308)	-0.003 (0.996)	0.429 (0.395)	0.348 (0.499)
Total polyphenol	0.178 (0.736)	0.106 (0.841)	0.149 (0.778)	-0.426 (4.000)	0.126 (0.811)	-0.280 (0.985)
Total flavonoid	0.161 (0.760)	0.093 (0.860)	0.138 (0.795)	-0.426 (0.400)	0.122 (0.818)	-0.033 (0.951)

Significance as determined by Pearson's correlation coefficient.

* $P < 0.05$, ** $P < 0.01$, *** $P < 0.001$.

백질 및 회분 함량과는 양의 상관관계가 있는 것으로 나타났으나($P < 0.001$), 토양의 pH 및 무기질 함량과 비타민 C, 총 폴리페놀과 총 플라보노이드 함량과의 상관관계는 낮은 것으로 나타났다. 열무 수확 후 시범재배지 토양의 물리적 특성이 일반영양성분에 어떠한 영향을 미치는지 관련성을 분석한 결과 재배 토양의 pH, 총 질소량, 칼슘 및 마그네슘

함량과 일반영양성분 중 수분, 단백질, 회분과는 양의 상관관계가 있었으며 토양의 pH 및 유기물 성분 함량과 파이토케미컬(총 폴리페놀, 총 플라보노이드), 비타민 C 함량과의 관련성은 나타나지 않았다. 그 이유는 시비처방 시 풍부한 유기인산영양물을 공급하였고 외부의 환경적 스트레스인 기생충이나 세균과 같은 병원성 공격이 적어서 충분한 생리

Table 4. Changes in pH and acidity (% citric acid) of Yulmoo kimchi with fermentation time

	Sample ¹⁾	Fermentation time (days)			P-value
		0	7	24	
pH	YR-Control	5.83±0.09 ^c	5.61±0.13 ^b	4.36±0.03 ^a	0.001
	YR-FNC	5.76±0.03 ^c	5.52±0.05 ^b	5.41±0.03 ^a	0.001
	YR-GC	5.89±0.04 ^c	5.63±0.06 ^b	5.31±0.07 ^a	0.001
Acidity	YR-Control	0.26±0.02 ^a	0.34±0.03 ^c	0.26±0.05 ^b	0.034
	YR-FNC	0.22±0.01 ^a	0.40±0.03 ^b	0.42±0.02 ^b	0.001
	YR-GC	0.25±0.02 ^a	0.34±0.02 ^b	0.26±0.01 ^a	0.034

¹⁾YR-Control: young-radish commonly cultivated in the chemical fertilizer, YR-FNC: young-radish commonly cultivated in the development of compost in natural friendly, YR-GC: young-radish commonly cultivated in the general compost.

^{a-c}Means with different superscripts in a row are significantly different at $P < 0.05$ by Duncan's multiple range test.

활성물질의 생성에는 영향을 주지 않았을 것으로 판단된다.

pH 및 산도 변화

시비처방을 달리하여 재배된 열무김치의 발효기간에 따른 산도와 pH의 변화는 Table 4와 같다. 열무김치의 pH는 발효가 진행되면서 시비처리구 모두 급격히 유의적으로 낮아졌다($P<0.001$). 화학비료(YR-Control)와 일반유기농퇴비 처리군의 열무김치 산도는 7일째 급격히 증가하다가 발효 24일째 감소하는 경향을 보인 반면, 친자연개발퇴비 처리군의 열무김치는 발효가 진행될수록 산도가 유의적으로 증가하였다($P<0.001$). 특히 시비 처리에 따른 열무김치의 산도는 김치 담금 당일(0일)과 발효 7일째 산도에는 거의 영향을 주지 않았으나, 친자연개발퇴비 처리군 열무김치의 경우 발효 24일째 산도는 일반유기농퇴비와 화학비료 처리군의 열무김치에 비해 유의적으로 높았다($P<0.01$). 일반열무김치(YR-Control)는 발효 24일(3주째)에 적숙기 pH에 도달하여 유기농 열무김치보다 빠르게 발효가 진행되었으나 유기농법에 의해 생산된 열무김치의 발효가 더 느리게 진행되어 저장기간을 연장될 수 있음을 확인하였다. 일반적으로 김치의 발효 중 pH 감소현상은 발효가 진행이 되면서 여러 유기산들의 생성 증가에 의한 것이며, 발효과정 중 원재료에 함유된 효소와 발효미생물의 상호작용에 의해 유기산 생성 및 새콤한 맛을 부여하며 산도와 pH는 김치의 품질을 좌우하는 중요한 요인으로 작용한다(41). Kong 등(33)은 유향 처리하여 생산된 열무김치의 경우 발효 4~5주째에 적숙기 pH(4.3~4.4)에 도달하며 일반토양에서 생산된 열무김치에 비해 pH가 빠르게 감소하고 열무김치의 pH는 저장 4일 이후에 pH 5.0 부근에서 안정화가 되어 발효가 진행된 이후 거의 변화가 없다고 하였다(42).

본 연구의 유기농 열무김치의 산도는 일반열무김치에 비해 발효가 서서히 진행되어 거의 변화를 보이지 않았으나, 5°C에서 발효시킨 열무김치의 산도는 3일 이후부터 서서히 증가되어 13일째에는 최고치에 달하다가 감소하였다는 연구(42) 및 일반열무김치의 발효 양상과 유사한 경향이었다. 발효과정 중 총 산도의 증가는 젖산과 초산의 생성에 의한 것이며, 일반열무김치에 비해 유기농 열무김치의 총산 함량이 완만하게 증가하는 것은 발효기간을 지연시켜 줄 수 있을

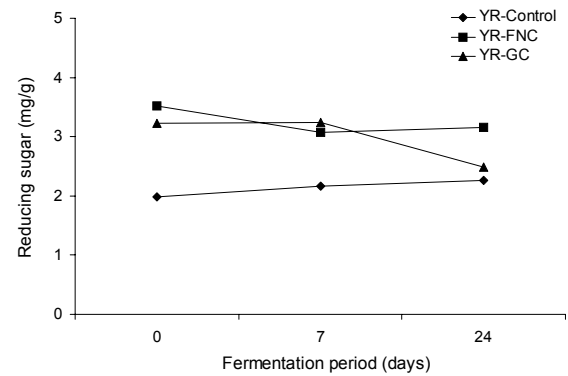


Fig. 1. Changes in reducing sugar contents of Yulmoo kimchi during fermentation at 5°C for 24 days.

것으로 사료된다.

환원당의 변화

시비처방을 달리하여 재배된 열무김치의 발효기간에 따른 환원당 함량의 변화는 Fig. 1에 제시하였다. 열무김치의 발효기간 경과에 따른 환원당의 함량은 일반열무(YR-Control)와 유기농 친자연개발퇴비(YR-FNC) 열무김치의 경우 차이를 보이지 않았으나, YR-GC 열무김치에서만 환원당 함량이 발효 초기보다 24일째 유의적으로 감소하였다($P<0.002$). 김치의 환원당 함량에 영향을 주는 요인은 발효 중 생성된 젖산균에 의하여 김치 재료 중의 당분이 분해되어 생성된 유리당의 함량이 증가하였기 때문이며 잔류당이 50% 존재할 때 적숙기에 해당된다. 함초분말을 첨가한 열무물김치의 환원당은 발효 13일에 최대치를 보인 후 감소하였는데(43), 본 연구에서 환원당 함량의 변화는 일반열무김치에서만 발효 7일째 적숙기에 빨리 도달하여 24일째 감소하여 다른 양상을 보였다(28). 김치의 발효가 진행되면서 젖산균이 증식되면 환원당은 감소하고, 환원당은 미생물의 영양원으로 쓰이며 미생물의 성장에도 중요한 작용과 역할을 할 뿐만 아니라(44) 발효 시 미생물의 생육 조건은 부재료의 조성 비율, 저장온도 및 염도 등 여러 요인에 의해 다르게 작용한다(4).

Table 5. Counts of total microbial and total lactic acid bacteria of Yulmoo kimchi with fermentation time CFU/g

Sample ¹⁾	Fermentation time (days)			P-value	
	0	7	24		
Lactic acid bacteria	YR-Control	6.76±0.07 ^a	6.91±0.01 ^b	6.70±0.09 ^a	0.024
	YR-FNC	6.79±0.06 ^a	7.10±0.06 ^b	7.00±0.01 ^a	0.001
	YR-GC	6.94±0.09	6.88±0.04	6.97±0.05	0.244
Total microbial	YR-Control	6.90±0.12	6.67±0.06	6.55±0.06	0.423
	YR-FNC	6.99±0.07 ^a	7.56±0.19 ^b	7.00±0.01 ^a	0.004
	YR-GC	6.81±0.06 ^{ab}	7.10±0.02 ^b	6.68±0.06 ^a	0.047

¹⁾YR-Control: young-radish commonly cultivated in the chemical fertilizer, YR-FNC: young-radish commonly cultivated in the development of compost in natural friendly, YR-GC: young-radish commonly cultivated in the general compost.

^{a,b}Means with different superscripts in a row are significantly different at $P<0.05$ by Duncan's multiple range test.

젖산균수와 총 균수의 변화

시비처방을 달리하여 재배된 열무김치의 발효기간에 따른 젖산균수 및 총 균수의 변화는 Table 5와 같다. 유기농 YR-FNC 열무김치와 YR-Control 열무김치의 젖산균수 (*Lactobacillus* sp.)는 담금 초기(0일)에 비해 발효 7일째 증가하다가 24일째 유의적으로 감소함을 확인하였다. 특히 발효 7일째 유기농 YR-FNC 열무김치의 젖산균수는 유의적으로 증가하였다($P<0.001$). 총 균수의 변화는 YR-Control 열무김치에서 발효기간 동안 감소하는 경향이었으나 유의한 차이는 보이지 않았고 유기농 열무김치(YR-FNC, YR-GC)에서 발효 7일째 최대치에 도달한 후 서서히 감소함을 확인하였다. 본 연구에서 일반열무김치의 젖산균수는 담금 초기(0일)에 비해 발효 7일째 증가하다가 24일째 감소하여 발효 4일째에 최대치에 도달한 후 25일째 감소하였다는 연구(28)와는 일치하였다. 그러나 유기농 열무김치의 젖산균수는 차이를 보이지 않았고 5°C에서 발효시킨 열무김치의 젖산균수는 2주(14일)째 최대치에 도달 후 서서히 감소(33)하는 것과 다른 양상을 보였다. 김치의 발효가 진행되면서 미생물수는 급격히 증가하여 젖산균수가 최대치에 이를 때 김치의 독특한 맛, 탄산미와 향을 부여함은 물론 적숙기의 김치의 맛을 나타낸다. 김치의 발효균은 주로 *Leu. mesenteroides*로 이 젖산균은 김치의 맛과 냄새에 긍정적인 영향을 주는데 적숙기에 해당될 때 그 수가 최대치에 달하는 반면, 젖산균수의 감소 시점에는 산패를 일으키는 *Lac. plantarum*이 증가하는 것으로 알려져 있다(41).

총 폴리페놀 및 총 플라보노이드 함량

시비처방을 달리하여 재배된 열무김치의 발효기간 경과에 따른 총 폴리페놀과 총 플라보노이드의 함량은 Table 6과 같다. 일반열무김치(YR-Control)는 총 폴리페놀($P<0.008$)과 총 플라보노이드($P<0.01$)의 함량은 발효 초기(0일)에 각각 53.9 mg, 3.0 mg에서 발효 24일째에 각각 86.3 mg과 10.3 mg으로 유의적으로 증가하는 양상을 보였다. 유기농 일반유기농퇴비 열무김치(YR-GC)는 발효기간 경과에 따른 차이는 보이지 않았으며, 유기농 친자연개발퇴비 열무김치(YR-FNC)에서 총 폴리페놀의 함량은 유의적으로 증가하였다($P<0.049$). 더욱이 유기농법으로 생산한 유기농

열무김치(YR-FNC, YR-GC)의 경우 총 폴리페놀과 총 플라보노이드의 함량은 발효 초기(0일) 시점부터 일반열무김치(YR-Control)에 비해 약 1.5~3배 정도가 월등히 높은 수준임을 확인할 수 있었고 발효기간이 경과하면서 증가하는 경향을 보였다. 김치 발효 중에 아스코르브산 함량의 변화에 영향을 주는 요인은 김치 재료, 발효 조건, pH, 산소량, 온도 및 보존제 등에 의해 차이가 있을 수 있다(41). Kong 등(33)에 의하면 유향 처리하여 재배한 열무는 파이토케미컬의 일종인 sulfur 유사물질의 함량이 일반토양에서 재배한 열무에 비해 2.5배나 높을 뿐만 아니라 AGS 암세포의 성장 억제 효과가 높았고(11,33), 유기농 토마토가 일반토마토에 비해 플라보노이드의 함량이 2배가 더 높음을 보고하였는데(45), 본 연구에서도 유사한 양상을 보였다. 특히 식품의 영양과 생리활성물질의 함량은 재배 품종, 성장 조건인 해충의 공격 여부, 비료사용, 기후, 수확시기, 저장 및 가공절차 등 다양한 요인에 따라 영향을 받는다(12,46). 본 연구에서 생리활성물질의 함량이 크게 차이가 있었던 이유는 김치의 제조공정이나 발효 조건이 동일하였다는 점을 고려해 볼 때 화학비료의 투입량과 해충의 공격여부가 생리활성물질의 생성에 영향을 주었을 것으로 유추해 볼 수 있으나 유기농법의 차이 때문인지는 지속적인 연구가 더 필요할 것으로 사료된다.

본 연구에서 유기농 열무김치에서 생리활성물질의 함량이 높은 점은 향후 유기농 열무김치를 섭취함으로써 건강에 좋은 기능성물질의 함량을 높게 섭취할 수 있는 이점이 있을 것으로 판단되며, 추후 기능성식품의 원료로서의 가치를 기대할 수 있을 것으로 사료된다.

관능적 특성

시비처방을 달리하여 재배된 열무김치를 발효기간 경과에 따른 관능적 특성 차이를 평가한 결과는 Table 7과 같다. 발효기간이 경과하면서 유기농 열무김치(YR-FNC)의 경우 풋내($P<0.007$)는 감소한 반면 신내($P<0.040$)와 새콤한 맛($P<0.003$)은 유의적으로 증가됨을 확인할 수 있었다. 열무김치의 덜 익은 맛은 유기농 YR-FNC 김치에서 유의적으로 감소하였고($P<0.001$), 군덕내는 유기농 YR-GC 열무김치의 경우만 유의적으로 증가하였다($P<0.023$). 열무김치의 종합적인 맛에 대한 기호도를 평가한 결과, 유기농 열무김치

Table 6. Changes in total polyphenol and flavonoid contents of Yulmoo kimchi with fermentation time

	Sample ¹⁾	Fermentation time (days)			P-value
		0	7	24	
Total polyphenol (mg/GAE/100 g extract)	YR-Control	53.9±0.7 ^a	76.8±5.7 ^b	86.32±1.7 ^c	0.008
	YR-FNC	85.5±7.6 ^a	95.9±3.1 ^b	115.8±2.3 ^b	0.049
	YR-GC	88.5±1.0	97.8±3.5	98.2±0.8	0.368
Total flavonoid (mg/QE/g extract)	YR-Control	3.0±0.6 ^a	4.9±0.1 ^b	6.5±0.7 ^c	0.010
	YR-FNC	9.6±1.4 ^a	10.8±0.4 ^c	10.3±2.3 ^b	0.263
	YR-GC	9.5±0.1	9.5±0.5	9.7±0.8	0.690

¹⁾YR-Control: young-radish commonly cultivated in the chemical fertilizer, YR-FNC: young-radish commonly cultivated in the development of compost in natural friendly, YR-GC: young-radish commonly cultivated in the general compost.
^{a-c}Means with different superscripts in a row are significantly different at $P<0.05$ by Duncan's multiple range test.

Table 7. Sensory score of Yulmoo-kimchi during fermentation time at 5°C

Attributes	Samples ¹⁾	Fermentation time (days)			P-value
		0	7	24	
External appearance	A	3.70±0.80 ²⁾	3.60±0.75	3.70±0.73	0.892
	B	3.35±0.75	3.25±0.64	3.30±0.57	0.890
	C	3.10±0.78	3.40±0.94	3.25±0.64	0.478
Odor acidic odor	A	1.85±0.93	2.15±1.04	2.50±1.10	0.144
	B	1.85±1.04 ^a	2.25±0.04 ^{ab}	2.70±0.98 ^c	0.040
	C	1.80±1.00	2.25±1.11	2.55±1.19	0.107
Moldy odor	A	1.65±0.93	1.90±1.07	2.25±0.72	0.126
	B	1.80±0.75	1.95±0.99	2.25±0.79	0.309
	C	1.65±0.93 ^a	1.80±0.77 ^a	2.35±0.75 ^b	0.023
Fresh cabbage odor	A	2.90±1.16	3.20±0.95	2.75±0.85	0.355
	B	3.85±0.88 ^b	3.50±1.10 ^b	2.80±1.10 ^a	0.007
	C	3.80±0.83	3.60±0.82	3.20±0.89	0.084
Fresh acidic odor	A	2.05±1.09	2.45±0.99	2.50±0.89	0.303
	B	1.70±0.80 ^a	2.45±1.09 ^b	2.80±1.10 ^b	0.003
	C	1.95±1.05	2.50±1.10	2.58±1.01	0.135
Taste acidic taste	A	2.20±1.36	2.45±1.19	2.45±0.95	0.742
	B	1.80±1.19	2.20±1.10	2.35±0.99	0.271
	C	2.00±1.17	2.25±1.07	2.45±1.06	0.435
Moldy taste	A	1.60±0.99	1.85±0.93	2.25±0.97	0.109
	B	1.70±1.13	1.90±1.25	2.50±0.95	0.070
	C	1.75±1.20	1.90±1.17	2.30±1.08	0.304
Fresh cabbage taste	A	3.40±1.04	3.40±0.75	3.20±0.77	0.703
	B	4.15±0.88 ^b	3.80±0.89 ^b	3.05±0.99 ^a	0.001
	C	3.90±1.07	3.45±0.99	3.85±0.93	0.306
Fresh sourness taste	A	2.25±1.33	2.40±0.88	2.60±1.09	0.614
	B	1.95±1.34	2.15±0.93	2.65±1.09	0.145
	C	1.90±1.11	2.10±1.02	2.45±1.05	0.263
Texture fracturability	A	3.15±0.74	2.84±0.69	3.02±0.88	0.548
	B	3.05±0.76	3.45±1.15	3.15±1.04	0.422
	C	3.35±0.81	3.45±0.99	3.45±1.05	0.930
Chewiness	A	3.35±0.67	3.45±0.83	3.20±0.83	0.597
	B	3.60±0.88	3.25±0.85	3.20±0.95	0.314
	C	3.65±1.04	3.10±0.91	3.05±0.68	0.070
Total acceptance	A	3.15±0.93	3.15±0.93	2.85±0.93	0.506
	B	2.45±0.83 ^a	3.60±0.82 ^b	3.65±0.95 ^b	0.001
	C	2.40±1.04 ^a	3.40±0.82 ^b	3.70±0.80 ^b	0.001

¹⁾YR-Control: young-radish commonly cultivated in the chemical fertilizer, YR-FNC: young-radish commonly cultivated in the development of compost in natural friendly, YR-GC: young-radish commonly cultivated in the general compost.

²⁾Mean±SD (n=20).

^{a-c}Means with different superscripts in a row are significantly different at $P<0.05$ by Duncan's multiple range test.

(YR-FNC, YR-GC)는 발효기간이 경과되면서 더욱 기호도가 증가됨을 확인할 수 있었다($P<0.001$). 특히 유기농 열무김치(친자연개발퇴비)에서 종합적인 맛과 냄새 등에 대한 기호도의 점수가 높게 평가를 받았던 이유는 발효기간 24일째 꽃내는 감소하고 총산 함량의 생성 증가로 인하여 김치의 맛을 좌우하는 적정 산도 범위인 0.4~0.75% 수준에 해당되었기 때문으로 사료된다. 일반적으로 배추김치의 가장 맛있는 시기의 총산 함량은 0.6~0.8%에 해당하며 배추김치의 신맛과 신내는 숙성 2주(14일)째 급격히 증가한다고 하였는데(47), 본 연구에서 열무김치의 맛있는 시기는 배추김치와는 다르게 발효 24일째에 기호도가 높았다. 김치의 적

정 발효는 재료에 따라 신맛과 신내의 생성에 영향을 주는 요인과 시점이 다르게 작용함을 알 수 있었다.

유기농 열무김치(YR-FNC, YR-GC)는 화학비료(YR-Control)를 처리하여 재배한 일반열무김치에 비해 열무 자체의 원재료 내 생리활성물질의 함량이 월등히 높았을 뿐만 아니라 발효가 진행되면서 김치의 맛은 더욱 증진됨을 확인할 수 있었다. 따라서 일반관행농법으로 재배한 일반열무김치에 비해 유기농 열무김치를 섭취할 경우 맛의 효과 기대뿐만 아니라 생리활성물질까지 높게 섭취할 수 있는 점을 미루어 볼 때 가축분뇨처리의 일괄처리기술개발로 얻어진 부산물(친자연개발퇴비 활용)은 친환경농자재 신개념인 양질의

유기물 퇴비자원으로써의 친환경 농업에 활용적 가치가 인정되었고, 향후 유기농법으로 재배하여 제조된 열무김치의 섭취는 생활습관질환을 예방하고 치유할 수 있는 건강기능성 소재로 이용할 가능성이 높음을 시사한다.

요 약

유기농법으로 재배한 친자연개발퇴비열무(YR-FNC), 일반 퇴비열무(YR-GC)와 일반관행농법인 화학비료로 재배한 일반열무(YR-Control)로 김치를 제조하여 발효기간의 경과에 따른 품질특성, 관능적 특성 및 기능성에 대한 차이를 관찰하였다. 열무의 일반영양성분 중 수분 및 조단백질의 함량은 유기농 열무(YR-FNC, YR-GC)보다 일반열무(YR-Control)에서 높았으나 식이섬유소 및 비타민 C의 함량은 유기농 열무에서 높았다. 무기질 중 인과 구리의 함량은 유기농 열무가 높은 반면 질소, 칼륨, 칼슘, 마그네슘, 철, 망간 및 아연의 함량은 일반열무(YR-Control)에서 높게 나타났다. 일반열무김치(YR-Control)는 발효진행의 속도가 빠르게 진행이 되어 적숙기 pH에 빨리 도달하였고, 유기농 열무김치(YR-FNC, YR-GC)는 발효가 서서히 진행되어 저장성이 길어지는 경향을 확인하였다. 당초 열무김치 담금 초기(0일)부터 열무김치의 총 폴리페놀과 총 플라보노이드의 함량은 유기농 열무김치(YR-FNC, YR-GC)의 경우 일반열무김치(YR-Control)에 비해 약 1.5~3배가 높은 수준으로 나타났으며 발효기간이 경과되면서 일반열무김치(YR-Control)와 유기농 열무김치(YR-FNC)에서 유의적으로 증가하였다. 김치 발효 7일째에 김치의 젖산균인 lactic acid bacteria 함량과 총 균수(total microbial)는 일반열무김치(YR-Control)에 비해 유기농 열무김치(YR-FNC)에서 높은 수준이었다. 발효기간이 경과하면서 유기농 열무김치는 관능적 품질의 특성이 우수하였고 저장성을 연장시킬 수 있는 가능성을 시사한다. 따라서 일반관행농법으로 재배한 일반열무김치에 비해 유기농 열무김치를 섭취함으로써 맛의 증진 효과뿐만 아니라 고기능성 생리활성물질을 높게 섭취할 수 있어 기능성식품 소재로서의 개발 가능성을 기대할 수 있을 것으로 사료된다.

감사의 글

본 연구는 전북대학교병원 보건의로 R&D 임상연구과제 발굴 및 기술개발육성사업(미래형 헬스케어 모델구축 및 Agro-Medical 기반조성기술 개발사업)의 연구비 지원(CUHBRI-2012-02-007)에 의하여 수행되어 이에 감사를 드립니다.

REFERENCES

1. Cho SH, Park TH. 2002. Effect of organic fertilizer, micro-organism and seaweed extract application on growth of Chinese cabbage. *J of Kowrec* 10: 81-85.
2. Orhan IE, Senol FS, Ozturk N, Celik SA, Pular A, Kan Y. 2013. Phytochemical contents and enzyme inhibitory and antioxidant properties of *Anethum graveolens* L. (dill) samples cultivated under organic and conventional agricultural conditions. *Food Chem Toxicol* 59: 96-103.
3. Vinha AF, Barreira SV, Costa AS, Alves RC, Oliveira MB. 2014. Organic versus conventional tomatoes: influence on physicochemical parameters, bioactive compounds and sensorial attributes. *Food Chem Toxicol* 67: 139-144.
4. Pie JE, Jang MS. 1995. Effect of preparation methods on *Yulmoo kimchi* fermentation. *J Korean Soc Food Nutr* 24: 990-997.
5. Woese K, Lange D, Boess C, Bogl KW. 1997. A comparison of organically and conventionally grown foods—Results of a review of the relevant literature. *J Sci Food Agric* 74: 281-293.
6. Søltøft M, Nielsen J, Holst Laursen K, Husted S, Halekoh U, Knuthsen P. 2010. Effects of organic and conventional growth systems on the content of flavonoids in onions and phenolic acids in carrots and potatoes. *J Agric Food Chem* 58: 10323-10329.
7. Magkos F, Arvaniti F, Zampelas A. 2003. Organic food: nutritious food or food for thought? A review of the evidence. *Int J Food Sci Nutr* 54: 357-371.
8. Materska M, Perucka I. 2005. Antioxidant activity of the main phenolic compounds isolated from hot pepper fruit (*Capsicum annum* L.). *J Agric Food Chem* 53: 1750-1756.
9. Bourn D, Prescott J. 2002. A comparison of the nutritional value, sensory qualities, and food safety of organically and conventionally produced foods. *Crit Rev Food Sci Nutr* 42: 1-34.
10. Altamimi M, Oh MM, Janke RR, Williams KA, Nelson NO, Rajashekar CB, Rotenberg D, Carey EE. 2009. Organic versus conventional fertilization of pac choi and tomato produced in the field versus high tunnels influences crop yield, plant and soil nitrogen, and phytochemical content. The 2009 ASHS Annual Conference, St. Louis, MO, USA. Poster Board #254.
11. Kim KA, Rho CW, Choi KR, Hwang HJ, Choi HS. 2004. Quinone reductase inducer from radish leaf cultivated in the soil containing sulfur. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 33: 946-950.
12. Young JE, Wang WQ. 2004. Phytochemical farming: a new age in food, nutrition, and agriculture. *Agro Food Ind Hi Tech* 15: 38-39.
13. Koh E, Charoenprasert S, Mitchell AE. 2012. Effect of organic and conventional cropping systems on ascorbic acid, vitamin C, flavonoids, nitrate, and oxalate in 27 varieties of spinach (*Spinacia oleracea* L.). *J Agric Food Chem* 60: 3144-3150.
14. Amarowicz R, Carle R, Dongowski G, Durazzo A, Galensa R, Kammerer D, Maiani G, Piskula MK. 2009. Influence of postharvest processing and storage on the content of phenolic acids and flavonoids in foods. *Mol Nutr Food Res* 2: S151-183.
15. Lima GPP, da Rocha SA, Takaki M, Ramos PRR, Ono EO. 2008. Comparison of polyamine, phenol and flavonoid contents in plants grown under conventional and organic methods. *Int J Food Sci Tech* 43: 1838-1843.
16. Dangour AD, Dodhia SK, Hayter A, Allen E, Lock K, Uauy R. 2009. Nutritional quality of organic foods: a systematic review. *Am J Clin Nutr* 90: 680-685.
17. Bae EJ, Han NR, Kim SU, Kwon HS, Lim SH, Kim YJ, Son DH, Na HY. 2013. Application of microbial fertilizer

- for eco-friendly production in *Raphanus sativus* L. and *Brassica campestris* L. *J Korean Soc People Plants Environ* 16: 401-405.
18. Shin HJ, Lee SH, Kim BH. 2007 Determination of the calcium contents of vegetables sprayed with liquid calcium fertilizer and fermentation characteristics of kimchi using Ca-treated Korean cabbage. *Korean J Biochem Bioeng* 22: 255-259.
 19. Kim GE, Lee YS, Kim SH, Cheong HS, Lee JH. 1998. Changes of chlorophyll and their derivative contents during storage of Chinese cabbage, leafy radish and leaf mustard kimchi. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 27: 852-857.
 20. Beevi SS, Narasu ML, Gowda BB. 2010. Polyphenolics profile, antioxidant and radical scavenging activity of leaves and stem of *Raphanus sativus* L. *Plant Foods Hum Nutr* 65: 8-17.
 21. Sayantan D, Shardenou. 2013. Amendment in phosphorus levels moderate the chromium toxicity in *Raphanus sativus* L. as assayed by antioxidant enzymes activities. *Ecotoxicol Environ Saf* 95: 161-170.
 22. Baek SH, Park M, Suh JH, Choi HS. 2008. Protective effects of an extract of young radish (*Raphanus sativus* L) cultivated with sulfur (sulfur-radish extract) and of sulfuraphane on carbon tetrachloride-induced hepatotoxicity. *Bio-sci Biotechnol Biochem* 72: 1176-1182.
 23. Bak SS, Kong CS, Rhee SH, Rho CW, Kim NK, Choi KL, Park KY. 2007. Effect of sulfur-enriched young radish kimchi on the induction of apoptosis in HT-29 human colon cancer cells. *J Food Sci Nutr* 11: 184-190.
 24. Kim SJ, Kim BS, Kyung TW, Lee SC, Rho CW, Choi KR, Hwang HJ, Choi HS. 2006. Suppressive effects of young radish cultivated with sulfur on growth and metastasis of B16-F10 melanoma cells. *Arch Pharm Res* 29: 235-240.
 25. Choi SY, Oh JY, Yoo JW, Hahn YS. 1998. Fermentation properties of Yulmoo Mulkimchi according to the ratio of water to Yulmoo. *Korean J Soc Food Sci* 14: 327-332.
 26. Choi SY, Hahn YS. 1997. The changes of vitamin C content in Yulmoo Mulkimchi according to the shift of fermentation temperature. *Korean J Soc Food Sci* 13: 364-366.
 27. Ko YT, Kang JH. 2003. Quality of freeze-dried yulmoo-kimchi. *Korean J Food Sci Technol* 35: 254-259.
 28. Park YH, Seo HJ, Cho IY, Han GJ, Chun HY. 2007. Changes of quality characteristic and nitrate contents in *Ulgari-baechu Kimchi*, *Yulmoo Kimchi* and *Yulmoo Mul Kimchi* during storage period. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 36: 794-799.
 29. Jang MS, Park JE. 2004. Effect of Maesil (*Prunus mume Sieb. et Zucc*) juice on *Yulmoo Mul-Kimchi* fermentation. *Korean J Food Cookery Sci* 20: 511-519.
 30. Moon SW, Lee MK. 2011. Effects of added harvey powder on the quality of *Yulmoo Kimchi*. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 40: 435-443.
 31. Kim HR, Park JE, Jang MS. 2002. Effect of perilla seed paste on the *Yulmoo Mul-kimchi* during fermentation. *Korean J Soc Food Cookery Sci* 18: 290-299.
 32. Kim YS, Kim BT. 2007. Effect of food-waste and poultry mature compost on the growth of young radish and the change of soil properties. *J Korea Organic Resource Recycling Association* 15: 159-170.
 33. Kong CS, Bak SS, Rhee SH, Rho CW, Kim NK, Choi KL. 2006. Fermentation properties of young radish kimchi prepared using young radish cultivated in the soil containing sulfur and its inhibitory effect on the growth of AGS human gastric adenocarcinoma cells. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 35: 158-163.
 34. NAAS (National Academy of Agricultural Science). 2010. *Fertilization application recommendation for crops*. Rural Development Administration, Suwon, Korea. p 95-96.
 35. AOAC. 1990. *Official methods of analysis*. 15th ed. Association of Official Analytical Chemists, Washington, DC, USA. p 788.
 36. Asp NG, Johansson CG, Hallmer H, Siljeström M. 1983. Rapid enzymatic assay of insoluble and soluble dietary fiber. *J Agric Food Chem* 31: 476-482.
 37. Miller GL. 1959. Use of dinitrosalicylic acid reagent for determination of reducing sugar. *Anal Chem* 31: 426-428.
 38. Gutfinger T. 1981. Polyphenols in olive oils. *J Am Oil Chem Soc* 58: 966-968.
 39. Kong S, Lee J. 2010. Antioxidants in milling fractions of black rice cultivars. *Food Chem* 120: 278-281.
 40. Seong JH, Park SG, Park EM, Kim HS, Kim DS, Chung HS. 2013. Contents of chemical constituents in organic Korean cabbage. *Korean J Food Preserv* 13: 655-660.
 41. Kang SS, Kim JM, Byun MW. 1988. Preservation of *Kimchi* by ionizing radiation. *Korea J Food Hygiene* 3: 225-332.
 42. Kim GE, Lee YS, Kim SH, Cheong HS, Lee JH. 1998. Changes of chlorophyll and their derivative contents during storage of Chinese cabbage, leafy radish and leaf mustard *Kimchi*. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 27: 852-857.
 43. Park JE, Lee JY, Jang MS. 2011. Quality characteristics of *Yulmoo Mul kimchi* containing saltwort (*Salicornia herbacea* L.). *J Korean Soc Food Sci Nutr* 40: 1010-1016.
 44. Lim JH, Park SS, Jeong JW, Park KJ, Seo KH, Sung JM. 2013. Quality characteristics of *kimchi* fermented with abalone or sea tangle extracts. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 42: 450-456.
 45. Mitchell AE, Hong YJ, Koh E, Barrett DM, Bryant DE, Denison RF, Kaffka S. 2007. Ten-year comparison of the influence of organic and conventional crop management practices on the content of flavonoids in tomatoes. *J Agric Food Chem* 55: 6154-6159.
 46. Selma MV, Martínez-Sánchez A, Allende A, Ros M, Hernández MT, Gil MI. 2010. Impact of organic soil amendments on phytochemicals and microbial quality of rocket leaves (*Eruca sativa*). *J Agric Food Chem* 58: 8331-8337.
 47. Rru BM, Jeon YS, Song YS, Moon GS. 1996. Physicochemical and sensory characteristics of anchovy added kimchi. *J Korean Soc Food Nutr* 25: 460-469.