



김치와 김치의 건강기능성

박건영* · 홍근혜
차의과학대학교 식품생명공학과

Kimchi and Its Functionality

Kun-Young Park*, Geun-Hye Hong
Department of Food Science and Biotechnology, Cha University

Abstract

Kimchi is a traditional Korean fermented vegetable probiotic food. The use of high quality ingredients and predominant LAB (lactic acid bacteria)-whether it be ambient bacteria or adding starters, low temperature and facultative anaerobic condition for the fermentation are important factors for preparing kimchi with better taste and functionality. The predominated LAB genera are *Leuconostoc*, *Lactobacillus*, and *Weissella* in kimchi fermentation. The representative species are *Leu. mesenteroides*, *Leu. citrium*, *Lab. plantarum*, *Lab. sakei*, and *Wei. koreensis*. Kimchi, especially the optimally fermented kimchi, has various health benefits, including control of colon health, antioxidation, antiaging effects, cancer preventive effect, antiobesity, control of dyslipidemic and metabolic syndrome, etc.; due to the presence of LAB, various nutraceuticals, and metabolites from the ingredients and LAB. The kimchi LAB are good probiotics, exhibiting antimicrobial activity, antioxidant, antimutagenic and anticancer effects, as well as immunomodulatory effect, antiobesity, and cholesterol and lipid lowering effects. Thus, kimchi ingredients, LAB, fermentation methods, and metabolites are important factors that modulate various functionalities. In this review, we introduced recent information showing kimchi and its health benefits in Korean Functional Foods (Park & Ju 2018)

Key Words: Kimchi, functionality, lactic acid bacteria (LAB), fermentation methods

1. 서 론

김치는 한국의 전통적인 유산균 채소 발효식품이다. 김치의 종류로는 161-187종류가 알려져 있고 김치 중에 배추김치가 70% 이상 소비되고 있어 배추김치는 한국의 대표적인 김치라고 할 수 있다(Son 1991; Park et al. 1994a).

김치 제조 시 배추 등에 자연적으로 존재하는 유산균이 발효에 중요하게 작용하여 김치는 세계적인 프로바이오틱 식품이다. 소금물에 절이는 동안 부패균들은 감소되고 소금에 잘 견디는 유산균이 스타터로써 성장하여 유산균 발효식품이 된다(Yun et al. 2014).

김치의 맛, 품질, 건강기능성은 재료, 부재료, 발효방법, 특히 온도, 미생물, 발효용기 등에 의해 영향을 받는다. 김치는 발효되어 10^{7-9} CFU/mL 또는 g의 유산균 수와 유기산, 비타민, 맛 성분, 식물화합물 등이 만들어져 건강에 좋은 발효식품이 된다. 즉, 채소나 양념, 유산균들에 의한 발효산물에 의해 결국 재료와 발효과정을 통해 발효건강기능성 식품이

된다(Park & Cheigh 2004).

김치는 식이섬유, 비타민, 미네랄, 식물화합물 등의 영양을 긴 추운 겨울에 한국인들에게 공급해왔다. 한국인의 식단은 밥을 주식으로 반찬을 먹는다. 그 중에 김치는 매끼 마다 상에 오르는 전통 식품인데 과거에는 하루에 300 g의 김치를 먹었으나 이제는 60-100 g 정도 섭취한다. 김치는 건강기능성 뿐 아니라 맛, 조직감, 품질 등이 좋으며 발효산물과 유산균 함량이 높은 세계적인 건강식품으로 알려져 있다.

김치의 재료, 유산균발효, 발효산물, 유산균 등은 김치의 건강기능성을 높이는데 관여한다. 즉, 이들의 복합작용에 의해 항암, 항산화, 항노화, 항비만, 면역증강 효과 등을 갖는다(Park et al. 2014). 과거에는 집에서 주로 김치를 담아 먹었지만 지금은 거의 50%가 산업체에서 제조된다. 김치의 맛을 높이기 위해 공장김치들은 heterofermentative LAB를 종균으로 많이 이용하고 있다. 특히 *Wei. koreensis*, *Lab. graminis*, *Lab. sakei*, *Leu. gelidum*과 *Leu. mesenteroides*가 주로 발견되었다(Kim et al. 2016). 그래서 probiotic 김치유산균을

*Corresponding author: Kun-Young Park, Department of Food Science and Biotechnology, Cha University, Seongnam, Gyeonggi 13488, Republic of Korea
Tel: +82-31-881-7159 Fax: +82-31-850-9228 E-mail: kunypark@cha.ac.kr

사용해 품질과 건강기능성을 높이려는 연구를 많이 하고 있다.

II. 김 치

1. 김치의 종류

사용된 재료, 제조방법, 계절, 지리적 지역 등에 의해 여러 종류의 김치가 있다. 배추와 무가 가장 중요한 주원료이며, 계절별, 지역별에 따라 여러 종류의 김치가 만들어진다. Jo & Nam(1979)은 1959-1976년 동안에 발표된 data를 정리하여 55종의 김치 중, 31개의 배추 및 무 유래김치, 8개의 장아치, 4개의 깍두기, 2개의 동치미 6개의 다른 김치를 보고 하였다. 한편 Son(1991)은 161종류의 김치를 소개했다. 배추 김치(12종) 중에서는 통배추김치가 가장 유명하고 백김치, 보쌈김치, 그리고 무김치(17종)중에서는 동치미와 총각김치가 가장 유명하다. 깍두기 군(25종)에서는 깍두기가 가장 유명하며, 석박지와 나박김치 등 20종류가 있다. 녹색과 줄기채소(27종)에는 갓 김치, 고들빼기김치가 있다. 과일 및 뿌리채소김치(27종)에는 오이김치, 우영김치 등이 많이 알려져 있다. 파, 마늘, 부추김치 등(14종)에는 파김치, 부추김치가 많이 알려져 있다. 그외로는 meat, fish, shellfish와 seaweed(19종)의 김치가 있다. 그러나 김치로는 배추김치가 한국인의 가장 선호하는 김치이고 깍두기, 총각김치 등도 많이 먹는 김치이다.

2. 김치의 재료

주원료는 배추, 무, 열무, 오이 등이 있다. 그러나 배추 (*Brassica campestris* sp. *Pekinensis*)와 무(*Raphanus sativus* L.)가 가장 대표적인 주재료이다. 품종, 재배방법, 배추의 종류와 타입은 다른 맛, 조직감, 발효특성, 건강기능성 등을 나타낸다. Spices, seasoning 등 여러 양념류는 맛, 품질, 건강기능성을 높인다. 양념류로는 고춧가루, 마늘, 생강, 파, 부추, 겨자, 후추, 양파, 계피 등을 사용한다. Seasoning(조미료)으로는 소금, 새우젓, 멸치젓, 간장, 식초, MSG, 설탕, 깨소금, 참기름, 굴 등 그 외에 다른 채소, 견과류, 곡물류, 해산물, 육류, 생선 등을 첨가하여 김치를 제조할 수 있다(Park & Cheigh 2004).

3. 제조방법 및 레시피

제조방법과 레시피는 사용원료, 가정에 따른 선호방법, 지역특성 등에 따라 다를 수 있다. 제조방법은 재료준비, 전처리, 혼합, 포장 및 발효 순 등이다. 배추를 2절 또는 4절을 하고 절이는데 줄기부위에 건염을 칠 수 있다. 배추는 세척 후 3시간 동안 물을 빼고 2.5%의 소금농도, 요즈음은 1.4-1.8% 소금농도로 맞춘다. 배추김치의 제조를 자세히 보면, 2절 또는 4절한 통배추는 간수를 뺀 천일염(10%)에 하루밤(10시간)절인다. 또는 건염처리도 할 수 있다. 절인배추는 물

로 적당히 씻고, 3시간정도 탈수한다. 레시피에 따라 준비된 양념과 부재료 혼합물을 배추 잎 사이에 넣는다. 양념을 넣은 배추는 바깥 잎으로 잘 싸서 산소를, 즉 공기를 가능하면 제거한다. 항아리에 차곡히 넣고 누른다(위에 깨끗이 씻은 돌로 눌러 놓는다). 발효에 참여하는 유산균은 통성혐기성균으로 공기를 싫어하기에 유산균 발효를 위해 가능하면 공기를 제거한다. 맛배추김치는 배추를 3-5 cm 길이로 자른다. 소금물(8-15%)에서 2-7시간 절이고 물로 씻고 탈수한다. 또 다르게는 통배추김치와 같이 절인다음 3-5 cm를 자른다. 혼합된 부재료들과 혼합하여 통배추김치 제조 방법으로 담는다.

우리나라 김치제조방법(논문, 요리책, 공장, 가정마다의 전통방법)을 총망라하여 부산대학교 김치연구소에서 표준화하여 제조한 표준 레시피는 다음과 같다(Cho et al. 1997; Cho 1999). 절인배추(100%)에 채썬 무(13%) 고춧가루(3.5%) 으갠 마늘(1.4%) 으갠 생강(0.6%) 발효멸치젓국(2.2%) 설탕(1%) 파(2%)에 최종 소금농도 2.5%이다. 본 연구실에서 개발한 항암김치의 레시피는 절인배추(100%) 고춧가루(2.5%) 으갠 마늘(2.8%) 으갠 생강(0.6%) 채썬 무(11%) 파(2%) 설탕(1%) 갓잎(7.5%) 초피(0.1%) 배(2.8%) 시타케 버섯과 다시마주스(5%), 겨우살이 추출물(0.05%) 종균으로 *Lab. plantarum* (10^6 CFU/g) 최종 소금농도(2.2%)이며, 소금은 3년 숙성 천일염, 세척탈수 천일염 또는 죽염을 사용한다(Kil 2004; Park et al. 2014; Lee 2016).

4. 발효와 유산균

김치는 좋은 재료로부터 온 유산균들에 의해 자연적으로 발효된다. 주재료안에 있는 유산균이 배추와 부재료의 포도당과 과당 등의 당을 발효한다. 유산균(Lactic acid bacteria, LAB)성장에 여러 요인들이 작용을 한다. 발효미생물, 소금의 농도 및 종류, 발효용 탄수화물, 다른 여러 영양소, 저해물질, O_2 , pH, 온도 등이 중요하다. 이 중에 온도, 소금농도, pH가 특히 중요하다. 온도가 높아지고 소금농도가 낮으면 발효가 빨리 된다. 김치발효에서는 소금, 산 등에 잘 견디고 혐기적 조건, 재료에 있는 항균물질 등에 잘 견뎌야 하기에 부패균 및 병원균은 제거되고 유산균이 우점균이 되어 선택적으로 발효에 참여한다. 그러나 probiotic 김치유산균을 종균으로 사용하면 일정한 맛과 품질 그리고 기능성을 갖는 김치를 제조할 수 있다. 다른 부재료들에서 유래된 유산균들 보다는 주원료인 배추에서 유래된 유산균이 김치의 주 발효균이 된다(Yun et al. 2014). 호기성 부패균 성장을 막기 위해서는 김치발효는 혐기적 조건이 좋다(Park et al. 1994b).

김치 발효 과정은 pH, 산도, CO_2 양, 당 농도 등의 변화로 추적 할 수 있다. 첫 번째 과정은 pH의 빠른 감소와 산도와 CO_2 양의 증가에 있다. 이때 당의 농도는 떨어진다. 과당과 포도당의 감소와 함께 유산, 초산, CO_2 와 에탄올이 특히 heterofermentative과정에서 생성되고 많은 양의 만니톨도 생성된다(Wisselink et al. 2002). 만니톨은 산뜻한 맛을 주고

당뇨병 환자에게도 좋다. 이는 pH의 변화와 미생물(LAB)의 성장과 연관을 갖는다(Jung et al. 2011). 다음 stage에서는 pH가 천천히 떨어지고 산도와 CO₂는 계속 증가하고 당은 감소된다. 마지막 stage에서는 pH의 변화, 산도, CO₂, 당의 변화가 거의 없다. 가장 김치가 잘 익었을 때는 pH 4.2-4.5이며, 산도는 0.4-0.8%이다(Cheigh & Park 1994).

김치 발효는 산도에 따라 구별할 수도 있는데 초기단계(<0.2%), 덜 익은 단계(0.2-0.4%), 잘 익은 단계(0.4-0.9%), 과숙성단계(>0.9%)이다. 덜 익은 단계와 잘 익은 단계에서 *Leu. mesenteroides*, 그리고 초기단계에서 과숙단계 사이에서는 *Lab. plantarum*과 *Lab. sakei*가 우점균이며, 또한 *Wei. koreensis*는 과숙단계와 발효 끝에 주로 나타난다. 김치발효는 3속의 유산균 발효에 의해 주로 발효가 된다. 즉 *Leuconostoc*, *Lactobacillus*, *Weissella*인데, *Leu.*속은 전체 김치발효에 관여하며 초기에 우점균으로 활동한다. 다음에 *Lab*와 *Wei*가 증가한다(Jung et al. 2011). 한국의 대표적인 9가지 김치상품(pH 4.3-4.7, 잘 익은 김치)에서 유산균은 1.3×10^7 - 1.6×10^9 CFU/g이었으며, *Wei.* (52%) *Lab.* (28%) *Leu.* (20%)를 나타내었다. *Wei. koreensis* (34.4%)가 가장 많았으며 *Lab. graminis* (12.5%), *Wei. cibaria* (11.2%), *Lab. sakei* (9.2%), *Leu. gelidum* (8.9%)들이 우점균들이었다(Kim et al. 2016). 9개 시료의 평균 pH는 4.4였고 유산균수는 7.7×10^8 CFU/g이었으며, 우점균들은 heterofermentative하여 저온에서 다양한 발효산물을 생산해서 맛을 내는 유산균들이었다. 최근에는 우수한 유산균 종균을 첨가하여 일정한 맛과 품질이 우수한 김치를 개발하려는 시도가 있었다. *Leu. citreum* (Chang & Chang 2011), *Leu. mesenteroides* (Jung et al. 2012) probiotic효과가 좋은 *Leu. mesenteroides*와 *Lab. plantarum*을 혼합한 균주 등이 사용되었다(Bong et al. 2013). 이 혼합균주를 종균으로 사용한 김치에서는 맛 뿐 아니라 항산화 및 항암효과가 증진되었다. 과거에는(AD 2000년 전) *Weissella* 속이 없었는데 그 후에 *Leu.*의 subsp.에서 *Wei.*가 재 분류되었다(Collins & Gibson 1999).

III. 김치의 건강기능성

김치의 주재료는 배추와 무이며, 부재료는 고춧가루, 마늘, 생강, 파 등 한국의 민속 약으로도 쓰였던 양념들이다. 김치가 제조될 때 다른 부재료로는 맛, 영양, 건강기능을 높이는 다른 부재료들을 첨가할 수 있다. 전통적으로 김치는 생채소가 없었던 겨울에 보호식품으로의 역할을 하였다. 또한 맛과 저장성이 있는 식품으로 유산균이 10^9 CFU/g까지 들어있는 probiotic 식품이며 저칼로리 식품(18 kcal/100 g)이다. 김치는 특히 비타민(C, carotinoids, B-complex 등), 무기질(Na, Ca, K, Fe, P 등), 식이섬유소(건조물당, 24%; 7.8% 수용성, 16.2% 불용성)와 여러 발효성기능물질을 갖는다(Park et al. 1996). 기능성물질로는 isothiocyanates, indole-3-carbinol,

allyl sulfur화합물(알리신, diallyl sulfide 등), β -sitosterol, 비타민C, 카로리노이드, 플라보이드, 토코페롤, 셀레늄, 식이섬유소, 불포화지방산, 유산균 등이다. 가정마다의 특성에 따라 생선, 조개, 굴, 육류 등을 넣어 단백질이나 지방함량을 높일 수도 있다(Park et al. 2014).

우리 연구실에서 특히 항암 또는 항비만 효과를 가지는 기능성 김치를 제조해 왔다. 김치의 맛을 좋게 하면서도 주재료 및 부재료를 조절하여 항암효과가 높은 김치를 제조하였다. 초피, 겨우살이 추출분말, 갓, 유산균종균 등을 이용하고 소금종류를 달리하고 유기농으로 제배된 배추를 이용하였다. 또한, 발효조건 즉 온도와 용기 등을 조절하여 항암기능을 높이고자 하였다. 이러한 내용은 총설이나 외국 책의 김치chapter를 통해 여러 번 발표한 바 있다(Cheigh & Park 1994; Park 1995; Park & Cheigh 2004; Park & Rhee 2005; Park & Kim 2012; Park et al. 2014; Park & Jeong 2016; Park et al. 2017; Park & Ju 2018). 지금까지 연구된 김치의 건강 기능성으로 유리한 점을 요약하면 다음과 같다.

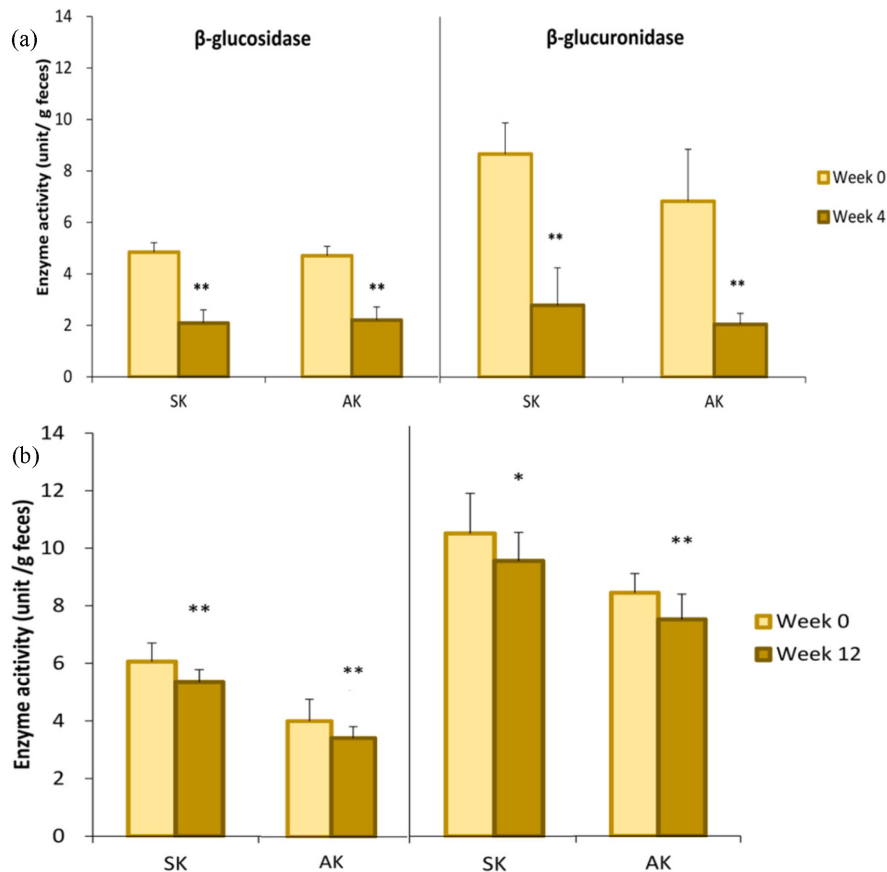
- Probiotics 유산균의 보고임.
- 대장건강을 증진시킴.
- 암 예방 및 항암효과.
- 체중을 조절하고 감소시킴.
- 혈중지질농도를 낮추고 대사증후군을 억제함.
- 항산화 효과 및 항노화 효과.
- 기타(면역을 높이고 식욕 촉진 등).

그러면 다음에서 최근에 연구된 김치의 새로운 기능을 소개한다.

1. 대장 건강 증진

최근 일반 성인과 IBS (Irritable Bowel Syndrome)환자에서 연구된 대장 건강과 관련된 김치의 효과에 대한 내용을 소개한다(Kim 2016). 일반성인 28명을 4주 동안 하루에 210g의 김치를 한달 간 섭취한 후의 변화를 연구하였다. 일반김치(standard kimchi, SK), functional kimchi (FK, 항암김치 레시피)를 먹인 결과 대변의 pH가 6.6 ± 0.9 에서 6.4 ± 0.7 (SK), 6.8 ± 0.7 에서 6.3 ± 0.79 (FK)로 감소되었다. 한편 IBS환자(87명, 12주 김치섭취, 하루에 210g의 김치섭취) 대변의 pH는 7.1 ± 0.5 에서 6.7 ± 0.4 (SK), 7.1 ± 0.5 에서 6.5 ± 0.4 (FK)로 감소하였다. 그래서 김치섭취는 대변의 pH를 정상인과 IBS환자 모두에게 감소시키는 효과를 나타내었다.

한편 대장에서 암을 일으키는데 관여하는 효소인 β -glucosidase와 β -glucuronidase의 함량을 정상인의 SK와 FK 섭취군 모두에서 유의적으로 감소시켰다(Figure 1). 대변 내 β -glucosidase (SK)는 4.8 ± 0.4 units/g에서 2.1 ± 0.5 로, FK는 4.7 ± 0.9 에서 2.2 ± 0.3 으로 감소시켰다. 또한 대변의 β -glucuronidase도 8.7 ± 1.2 에서 2.8 ± 1.5 (SK), 6.8 ± 2.0 에서 2.1 ± 0.4 (FK)로 감소시켰다($p < 0.05$).



<Figure 1> Fecal β-glucosidase- and β-glucuronidase activity changes of (a) normal healthy subjects and in (b) IBS patients who consumed standardized kimchi (SK) and functional kimchi (FK). Data represent mean±SD. *Means significantly different from week 0 value (p<0.05). **Means significantly different from week 0 value (p<0.01) (Kim 2016).

또한 IBS환자인 경우에도 β-glucuronidase는 6.1±0.6에서 5.4±0.4 (SK), 4.4±0.8에서 3.7±0.4 (FK)로 감소시켰으며, β-glucuronidase는 10.3±0.6에서 9.4±0.1 (SK), 8.6±0.5에서 7.6±0.7 (FK)로 감소시켰다(p<0.05). 이런 감소효과는 통계학적으로 유의성을 보여 김치를 섭취하므로 유산균이 대장으로 가서 pH를 낮추고 유해균의 성장을 억제하므로 암을 일으킬 수 있는 효소들의 활성을 감소시킨 것으로 보여 김치유산균의 probiotic 효과가 김치의 섭취로 대장건강에 영향을 끼치는 것으로 나타났다. 김치유산균이 살아서 대장에서 산을 생성하므로 유해균을 사멸하여 대장에서 독소물질의 흡수를 막으므로 대장건강에 유리할 수 있다(Martineau & Laflamme 2002). 유산균은 대장에서 식이섬유소를 분해하여 단쇄지방산(short-chain fat acid, SCFA)를 생산한다. SCFA는 대장 내에서 면역작용을 하고 혈관을 확장하고 대장의 연동운동을 증가시키고 상처치료에도 영향을 준다. 한편, 뷰틸릭산은 IBD환자의 염증반응을 조절하는 것으로 연구된 바 있다. Bengmark(2001)는 *Lab. plantarum*은 식이섬유소에서 SCFA를 생성하여 대장암세포의 apoptosis를 유도하고 대장암을 억제하는 효과가 있다고 하였다. β-glucuronidase는 식물로부터 독소 aglycone을 만들고 β-glucuronidase는 glucuronic

acid conjugate를 가수분해하여 독소물질을 장간 혈관에서 높이는 것으로 알려져 있다. β-glucuronidase, nitroreductase, azoreductase는 주요 장관효소로 발암 전구물질을 발암물질로 전환시키는 효소이다(Goldin & Gorbach 1976). 김치와 사우어크라우트를 먹는 한국인과 독일인은 대변의 pH가 낮고 이 효소들이 활성이 낮은 것으로 알려져 있다(Oh et al. 1993). 최근에 사균인 김치유산균 *Lab. plantarum* (nF1)은 동물실험에서 대장염과 대장암을 예방하여 IgA를 생성하게 하여 여러 염증성 사이토카인들을 감소시키며 NK세포를 증가시킨다고 하였다(Lee et al. 2015a, 2015b). 그래서 김치섭취는 대장건강을 유지해주며, 대장암도 예방하는데 역할을 할 수 있다 하겠다.

IBS환자는 배가 아프거나 불편하고, 장의 연동운동이 잘 안되고, 변비, 또는 배가 부풀어 오른다. 이러한 증상이 김치 섭취 후(SK, FK) 모두 현저히 감소되었다. 이러한 증상이 2.2-2.6에서 1.3-1.4로 감소되었다<Table 1>. 한편 Kajander et al.(2005)은 IBS의 이런 증상은 probiotics섭취로 감소됨을 보고 한 바 있다. 김치에 많이 들어있는 고춧가루로부터의 캡사이신은 위액분비를 증가시키고 위점막을 회복시키고, 멀균효과 및 대장의 연동운동을 증가시킨다(Sohn 2002; Choi

<Table 1> Comparison of irritable bowel symptom scores between IBS patients who participated in clinical studies

	SK		FK	
	W-0	W-12	W-0	W-12
Abdominal pain or discomfort	2.4±0.6	1.4±0.5 ^a	2.5±0.6	1.4±0.4 ^a
Urgent feeling to have bowel movement	2.2±0.9	1.3±0.5 ^a	2.2±0.8	1.4±0.5 ^a
Incomplete evacuation	2.5±0.8	1.4±0.5 ^a	2.4±0.8	1.4±0.6 ^a
Bloating	2.6±0.7	1.3±0.5 ^a	2.5±0.6	1.4±0.6 ^a

Data represent mean±SD. SK, IBS patients consumed standardized kimchi (n=30); FK, IBS patients consumed functional kimchi (n=29). IBS score was based on the intensity of symptoms rated from 1 to 5: 1 for no symptoms, 2 for light to moderate symptoms, 3 for moderate symptoms, 4 for severe symptoms, 5 for extremely severe symptoms. ^a Means significantly different from week 0 value (p<0.001) (Kim 2016).

2001). IBS환자에서는 IL-1β, TNF-α와 IL-6같은 염증성 사이토카인(cytokine)을 증가시키는 것으로 알려져 있다. TNF-α와 IL-6는 배가 아프다던지 불편함 등과 연관이 있다 (Hughes et al. 2013). IBS환자에게서 12주 후 TNF-α는 크게 감소(p<0.001) 하여 김치는 이런 염증성cytokine 생성을 억제하는 효과가 인체 실험을 통해서도 나타났다.

또한 대장에서 미생물균총의 변화도 확실히 나타났는데 김치섭취 후 *Faecalibacterium*, *Roseburia*, *Phascolarctobacterium* 속과 *Lactobacillus*와 *Bifidobacterium*종 같은 유익균들이 대장에서 크게 증가하였고, *Escherichia*종은 감소되었다. 이와 같이 김치섭취는 대장에서 미생물균의 공동체를 변화시키는 것으로 나타났다. *Lactobacillus*종은 SK와 FK군에서 0.11%에서 3.38%로 증가하였다. IBS군에서 김치소비 후 *Bifidobacterium*종이 많이 증가하였다. SK섭취 후 12주 후에 *Bifidobacterium*이 0.95%에서 16.8%로 증가하였다(Kim & Park 2018; Kim 2016).

2. 항산화 및 항노화 효과

산화적 스트레스(산소와 질소)혈관질환, 당뇨병, 알츠하이머, 암 등 여러 질병의 원인이 된다. 김치에서 항산화 화합물은 수소를 공급하는 방법에 의해 신체에서 형성되는 유리라디칼(free radical)을 제거할 수 있다(Hwang & Song 2000). 김치는 자연적으로 가지는 비타민C, 엽록소, 페놀물질, 카로티노이드, 식이섬유소 등 다른 식물화합물과 발효산물, 유산균 등에 의해 항산화물질을 많이 가진다. 유산균에 의해 생성된 발효산물들은 산화물, 친산화물 또 다른 유리라디칼을 감소시키거나 제거한다(Ryu et al. 2004).

DPPH radical, NO, O₂⁻, ·OH radicals 제거능을 발효기간에 따라 측정해보면(1000 µg/mL 농도) 적당히 익은 김치가 가장 좋고 다음이 익은 김치 그리고 생김치순이었다. 또한 LLC-PK1세포에서 SNP (NO), pyrogallol (O₂⁻), SW-1 (ONOO⁻)로 유도되는 산화적 스트레스는 적당히 익은 김치와 익은 김치가 억제하는 효과가 높았다 (Kim et al. 2014a). 김치는 SIN-1으로 유도된 COX-2, iNOS, NF-κB p65, IκB의 mRNA 및 단백질 발현을 억제하여 항염증 효과를 나타냈다. SIN-1처리 LLC-pK1세포에서 COX-2와 iNOS의 발현

이 증가되었지만, 500 µg/mL 김치는 COX-2, iNOS, NF-κB p65의 mRNA 및 단백질의 발현을 현저히 감소시켰다. 더 익은 김치가 효과가 좋았다(Kim et al. 2014a).

항노화효과는 SAM (senescence-accelerated mice, 노화 촉진 마우스)의 뇌에서 유리라디칼 생성과 항산화 효소 활성을 감소시켜 김치는 노화로 인한 유리라디칼 생성을 완화시켰다(Kim et al. 2002) 특히 배추김치에 갓 잎 30% 첨가나 갓김치는 표준김치보다 뇌에서 훨씬 유리라디칼 생성을 더 억제했다. 김치의 항노화효과는 stress-induced premature senescence (SIPS)모델을 이용하여 평가하였다. WI-38인체 fibroblasts는 H₂O₂로 처리하면 세포의 생존도를 잃게 된다. 또 지방 과산화화가 증가되며 세포 생존시간도 감소되어 SIPS의 유도를 나타낸다. 그러나 적당히 익은 김치는 세포의 생존력과 지방 과산화의 억제에 의한 세포성 산화스트레스를 감소시켰다. 또한 WI-38세포의 생존기간도 증가시켜 김치는 노화를 억제하는 식품으로 중요한 역할을 하는 것으로 나타났다(Kim et al. 2011a).

김치의 항노화효과를 AIN-76 diet에 김치를 첨가하여 20주 동안 무모쥐에서 평가해보았다. 16주 후에 표피와 진피에서 형태적 변화를 측정하고 UV-유도 광노화와 유리라디칼 제거효과 등을 이용하여 20주 후에 항산화효과를 측정했다 (Ryu 2000). 배추, 갓, 부추김치를 이용해서 무모생쥐에서 대조군에 비해 표피의 두께는 22-37% 두꺼웠으며, stratum corneum (각질층)은 58-62% 얇아져 김치는 건강한 피부조건을 유지해 주었다. 진피에서 collagen의 함정도 증가하였다. 이는 fibroblast (섬유아세포)에서 rough endoplasmic reticulum (내형질세망)에서 김치 특히 갓김치를 먹은 군들은 type 4 collagen (basement membrane에 matrices를 지지하는 단백질)이 대조군에 비해 52%나 증가되었다. 김치를 먹은 군은 간에서 지방산화(TBARS양)를 낮추는 효과가 있었고, superoxide anion, hydroxyl radical 그리고 H₂O₂의 함량이 감소되어 유리라디칼 제거효과를 나타냈다.

Choi et al.(2014)은 마우스를 이용한 실험에서 김치의 기억력 유지능력에 대해 연구했다. 알츠하이머 마우스모델에서 Aβ25-35에 의해 유도되는 기억력감퇴에 대한 연구를 했다. ICR 마우스 뇌에 Aβ-25-35를 주사하고 적당히 익은 김치를

구강으로 2주간 투여했다. 목표인식능력(objective cognitive ability), T-maze tests, 그리고 Morris water maze test에서 김치는 또한 A β -25-35에 의해 유도된 인지능력 파괴를 강력히 억제하는 효과가 있었다($p < 0.05$). 그리고 김치는 A β -25-35에 의한 뇌에서의 지방과산화물을 보호하는 효과를 나타냈다. 결국 김치는 뇌에서 일어날 수 있는 노화 관련 만성질환을 예방하는 주요역할을 하는 것으로 나타났다.

3. 암예방 및 항암효과

김치가 암을 예방하는 효과가 있음을 우리 연구실에서 처음으로 발표한 바가 있다(Park et al. 1995). Ames test와 SOS chromotest를 이용해 aflatoxin B1과 MNNG의 발암물질에 대해 김치는 항돌연변이 효과가 있다고 보고하였다. 적당히 익은 김치가 생김치 그리고 과숙한 김치보다 더 높은 항돌연변이 효과를 나타냈다. 김치추출물은 초파리 날개 실험에서도 항돌연변이 효과가 있었다(Hwang et al. 1997). 또한 *in vivo* supravital staining micronucleus assay를 이용한 MMC로 유도된 실험에서도 효과가 있었으며(Ryu & Park 2001), 김치추출물은 SRB와 MTT assay를 이용한 인체 암세포(AGS위암세포, HT-29대장암세포, MG-63 osteocarcinoma cells, HL-60 leukemia cells, Hep3B간암세포)에서도 항암효과를 나타냈다. 더구나 김치는 여러 인체 암세포에서 apoptosis(암세포 자살유전자 조절)를 유도하여 항암효과를 보였다(Cho 1997; Cho 1999; Park & Rhee 2005).

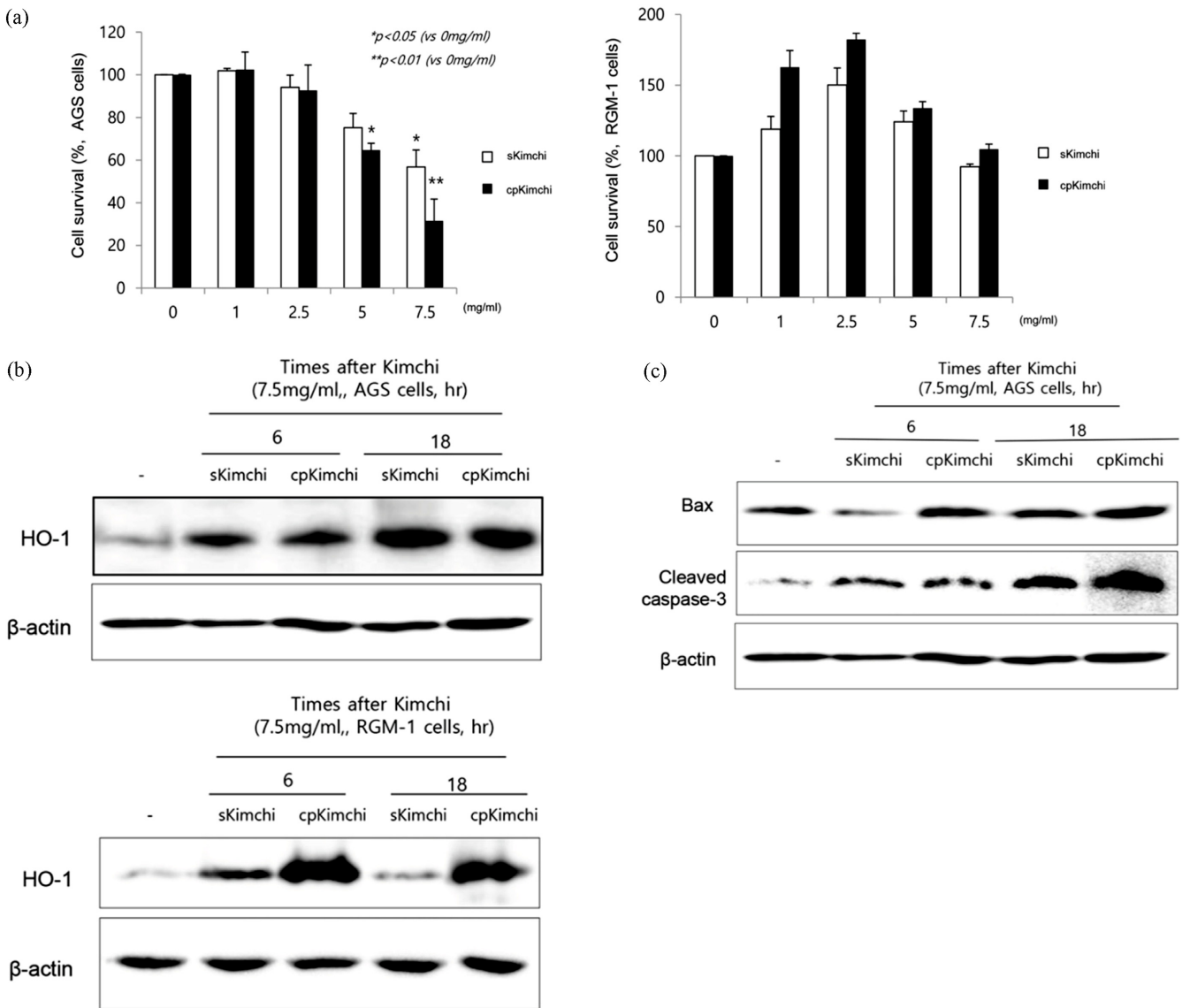
김치의 디클로로메탄 분획과 그 분획에서의 활성성분 β -sitosterol은 세포주기에서 G2/M기를 억제하고 HL-60인체 leukemia cell의 아포토시스를 유도하였다. 김치의 메탄올 추출물과 dichloromethane (DCM)분획은 Rat2 fibroblast 정상세포에서는 크게 영향을 끼치지 않았지만 HO6암세포(Ras로 암화된 Rat2세포)에서는 항암효과를 나타냈다(Park et al. 2003). CK (Commercial baechu cabbage kimchi), OK (Organically cultivated baechu cabbage kimchi), DCM분획에서 23, 18, 8% 억제했으나 Rat2 fibroblast 정상세포에서는 70%의 세포가 생존하였다. 이와 같이 김치는 정상세포에는 영향을 미력하게 미치나 암세포에는 선택적으로 사멸시키는 효과가 있는 것으로 나타났다. 최근 Jeong et al.(2015)의 연구에서도 비슷한 연구결과가 보고되었다. 김치는 정상세포인 RGM-1 위점막 세포에서는 세포독성이 나타나지 않았는데 인체 AGS위암세포에서는 높은 세포독성을 보였다. 이러한 결과들은 김치는 결국 선택적으로 암세포에만 독성 효과가 있는 것으로 보인다. 1.0-7.5 mg/mL 처리군에서 표준 김치(SK)와 암예방김치(CPK, Cancer preventive kimchi)의 효과가 비교되었다(Figure 2a). 차이점 중 하나는 세포를 보호하는 유전자(cytoprotective gene)인 HO-1 (heme oxygenase-1)의 발현을 검토해 보았다. RGM-1세포에서 HO-1발현이 차이가 있었는데 CPK에서 발현이 크게 증가되어 HO-1의 발현으로 정상세포에서는 세포독성이 방어되었음을 볼 수 있

다(Figure 2b). 그래서 정상세포에서는 안전하고 암세포에서는 아포토시스(암세포 자살)를 유도(Bax, Caspase 3 등)하여 항암효과가 있는 것으로 연구되었다. 또한 CPK는 정상세포에서는 아포토시스 발현을 증가시키지 않았다(Figure 2c). 결국 김치는 정상세포에서는 영향을 끼치지 않고, 암세포에만 선택적으로 관여하여 암세포를 제거하는 것으로 나타났다(Figure 2c).

본 연구실에서는 김치의 항암효과를 높이기 위한 여러 보완 연구를 하였다. 다른 부재료 첨가 중 유기농 배추 이용, 초피, 겨울살이 추출물, 소금의 종류, 고춧가루, 마늘, 생강, 갓잎 첨가, 종균 사용, 암환자의 설문조사 등 다양한 방법이 연구되었다. 발효방법 또한 항암효과에 영향을 끼친다. 항암효과 증진은 김치를 저온 발효했을 때 더 우수하다. 용기도 중요하며, 발효시간 역시 항암효과 증진에 중요하다. 적당히 익은 김치가 갓 담은 것이나 많이 익은 김치보다 항암효과가 더 크다(Park & Ju 2018). 최근에 암예방김치를 이용해 *Helicobacter pylori*와 소금을 이용한 위암발생을 시키면서 억제효과를 연구하였다. C57BL/6 마우스를 이용하여 36주 동안 위암을 일으켰다. 24주 후에 위 내 홍반과 작은 마디 모양의 변화와, 점막의 궤양 및 침식적인 병변이 나타났다. CPK는 이런 암 발생을 유의적으로 감소시켰다. Figure 3에서는 CPK를 오랜 기간 섭취시켰는데도 위암의 생성이 예방된 것을 볼 수 있다. 36주 뒤에는 심각한 만성위축성 위염과 현저한 위암병변이 발생되었다(Figure 3ab). 중심궤양부에서 작은 마디의 점막의 변화, 얇은 위점막, 선종의 용종, 종양병변 등을 관찰할 수 있다. 그리고 심각한 만성 위축성 위염, 위궤양, 심부낭포(cystica profunda), 양성종양, 선암 등이 관찰되었다.

전체 병변 지표는 대조군에서 크게 증가했으나 CPK는 현저히 감소하였으며, 병리학적인 관찰에서도 비슷하게 나타났다(Figure 3a). Figure 3b에서도 암 발생이 현저히 감소되었다($p < 0.01$). CPK는 COX-2발현 및 macrophage infiltration이 감소되었다. 또한 CPK는 위염과 위암에 연관되는 대식세포 관련 염증 매개자들 IL-1 β , VEGF, IL-6, MMP-2를 크게 감소시켰다. 또한 김치는 위 염증에 관계되는 STAT3과 NF- κ B도 현저히 감소시켰다.

김치가 대장암 예방에도 효과가 있었는데 AOM과 DSS로 유도된 마우스 대장암실험에서 김치는 대장의 길이를 증가시키고 대장 무게/길이 비 및 종양의 숫자를 감소시키는 효과를 나타내었다(Kim et al. 2014b). 특히 항암김치(ACK)는 pro-inflammatory cytokine인 TNF- α , IL-6, IFN- γ 등을 serum과 대장조직에서 크게 감소시켰고, iNOS, COX-2도 감소시켰으며, p53과 p21을 유의적으로 증가시켰다($p < 0.05$). 결국, 김치는 인체 암세포나 *in vivo*실험의 위암 및 대장암도 억제하는 효과를 나타냈다고 하겠다. 또한, 김치는 pro-inflammatory cytokine의 발현, 염증, 대식세포 infiltration등도 저해시키는 효과가 있었다. 그러나 항암 효과에 관여하는



<Figure 2> Biological actions of standard kimchi (sKimchi) and cancer-preventive kimchi (cpKimchi); comparison in an *in vitro* *H. pylori* cell model. (a) Cell survival by MTT assay. MTT assay was done in AGS cells (left) and RGM-1 cells (right) treated with 1, 2.5, 5, and 7.5 mg/mL concentration of sKimchi and cpKimchi soluble extracts, respectively. (b) Western blot of HO-1 after each kimchi extract. (c) Western blot for Bax and cleaved caspase-3 (Jeong et al. 2015).

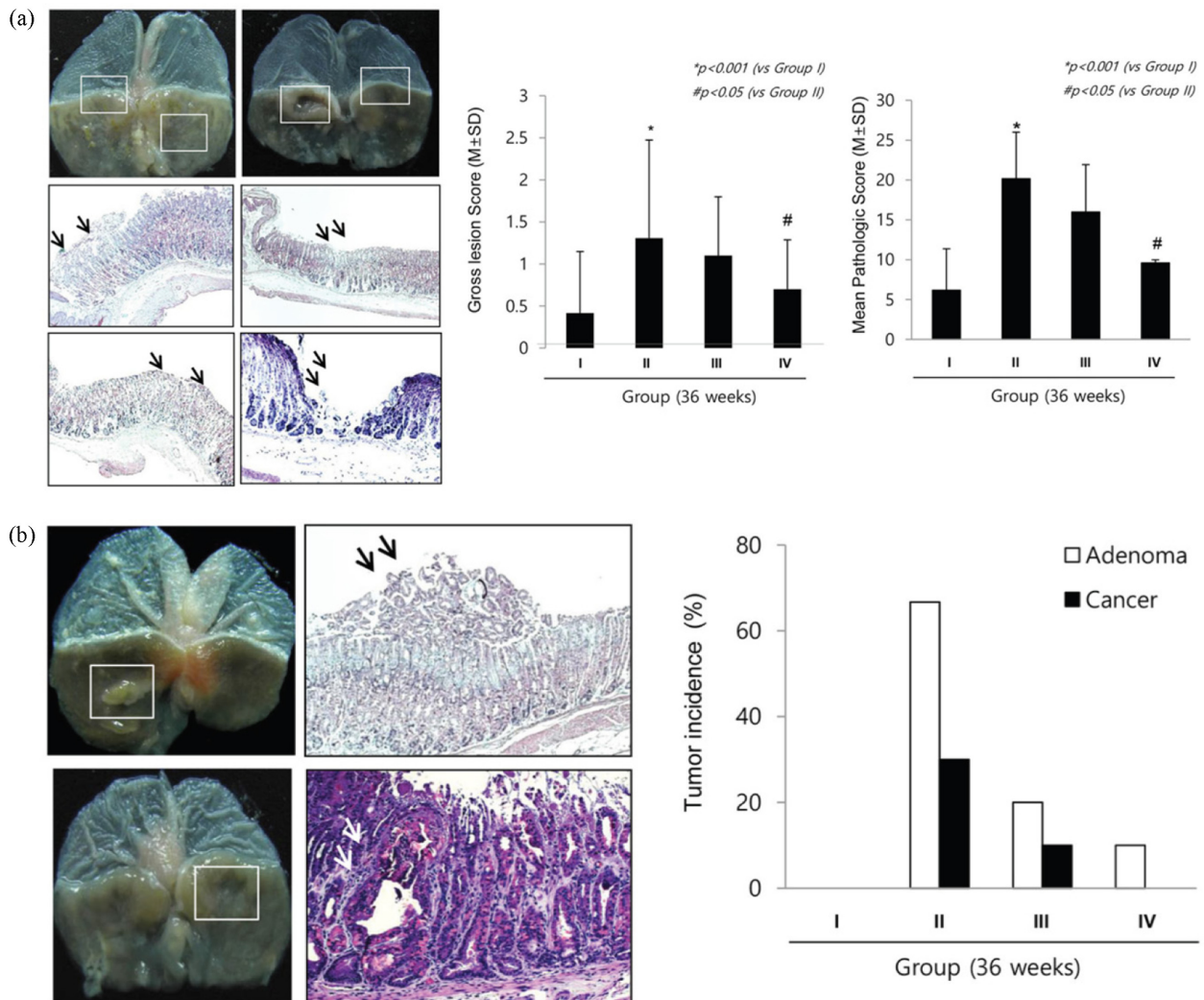
p53과 p21의 발현은 높이고 정상세포에서는 OH-1 유전자 발현을 유도해 정상세포에는 영향을 끼치지 않고 암세포만 선택적으로 반응하여 항암효과가 있는 것으로 확인되었다.

4. 항비만효과

김치는 체중을 조절하고 DIO(diet-induced obese, 식이유도비만) 마우스의 간과 지방 조직의 지방세포의 관련 유전자를 조절한다(Choi 2001; Choi et al. 2002; Yoon et al. 2004; Yoon et al. 2005; Ahn 2007; Kim et al. 2011b; Cui et al. 2015; Lee et al. 2015d; Lee 2016). 김치의 고춧가루 내의 캡사이신은 척수신경을 자극해 부신의 카타콜아민의 분비를 자극해서 에너지를 많이 소모하게 한다(Kim

1998). 그러나 김치 자체는 고춧가루 보다 더 체중을 감소하는 효과를 갖는다(Choi 2001). 김치는 같은 수준의 고춧가루 양을 넣은 식이보다 더 체중감소 및 perirenal fat pad의 양을 감소시키는 효과를 나타냈다. 이러한 지방감소효과는 여러 부재료를 마늘, 무, 생강, 고춧가루, 발효산물들의 복합적 효과라 할 수 있다(Yoon et al. 2005).

항비만 효과는 김치뿐 아니라 고춧가루가 없는 백김치에서도 있었다. 실제로 백김치가 배추김치보다 고지방식이로 유도된 동물실험에서 더 비만억제효과가 컸었다. 김치 재료 중 고춧가루, 마늘, 생강, 무는 마우스에서 항비만 효과가 큰 것으로 나타났으며, 마늘과 생강이 고춧가루보다 더 항비만 효과가 컸었다(Yoon et al. 2005). 마늘과 생강 식이균은 간,



<Figure 3> Prevention of *H. pylori*-induced gastric tumorigenesis with long-term intake of cpKimchi (36 weeks after *H. pylori* infection). (a) Gross and pathological pictures and index according to group. On gross evaluation of resected stomach, the following findings were obtained; nodular mucosal changes, thinned gastric mucosa, adenomatous polyps, and tumorous lesion with central ulcerations. The whole gross lesion index was significantly increased in the control group, but significantly decreased in the group administered with cpKimchi ($p<0.05$). Severe chronic atrophic gastritis, gastric ulcer, gastritis cystica profunda, adenoma, and adenocarcinoma were shown in control group ($\times 100$). The mean pathological scores were significantly increased in control group, but significantly decreased in group administered with cpKimchi ($p<0.05$). (b). The gastric cancer occurrence rate, according to group gastric adenoma, and cancer occurrence were significantly increased in the control group, but significantly decreased in the group administered with cpKimchi ($\times 100$) ($p<0.05$) (Jeong et al. 2015).

지방조직 무게가 현저히 낮았으며 혈청, 간, 지방조직에서 TG와 TC의 함량이 매우 낮았다. 유산균과 다른 발효산물들도 체중을 감소시키는 효과가 있었다(Moon et al. 2012; Kang et al. 2015). 사람에서도 김치는 체중감소효과를 나타내었다. 김치캡슐(3 또는 6 g의 냉동 건조 김치가루/일)과 일주일에 한번 1시간 운동한 군에서 체중과 BMI가 현저히 감소되었다. 이 경우 내장지방, 혈청 TG, LDL은 유의적으로 감소하였고 HDL은 증가하였다($p<0.05$, Ahn 2007). Kim et al.(2011b)은 발효 김치를 섭취하면 비만인에서 체중, BMI, 체지방%가 감소한다고 하였다. 우리는 다시 시중에서 많이 판매되는 D김치가 일반표준 김치와 함께 항비만 효과가 있

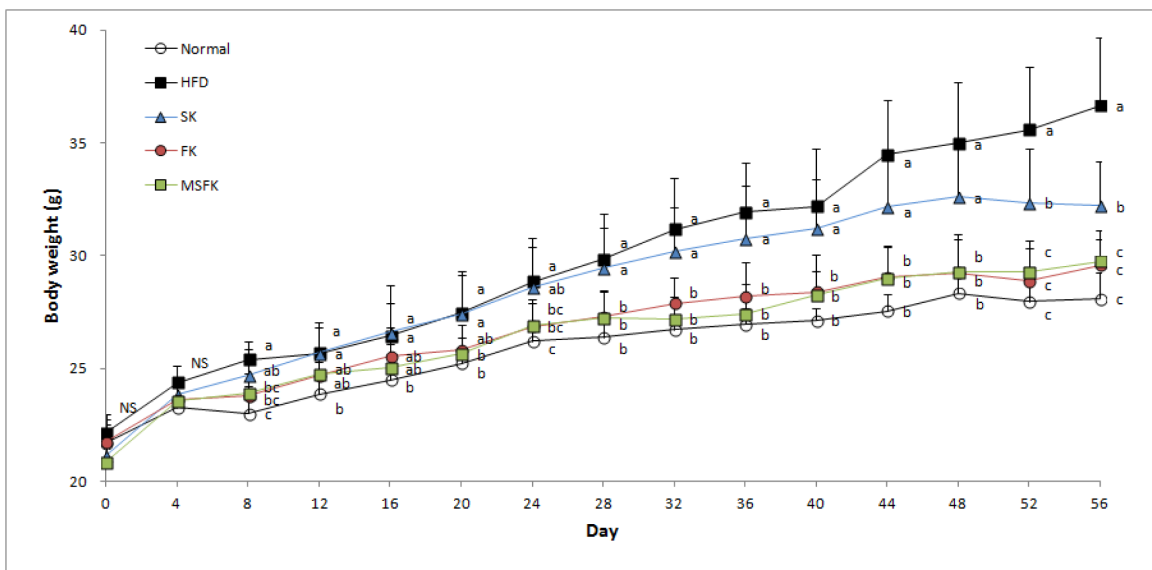
는지 연구하였다(Cui et al. 2015). <Table 2>에서 보듯이 정상 마우스의 체중은 24.7 ± 0.9 g이었는데 HFD, S 김치군, D 김치군은 4주 후에 고지방식을 섭취하여 모두 29.1-29.5g이었다. 그 후, 10% 냉동 건조김치를 4주동안 다시 섭취시킨 결과 김치처리군은 체중이 현저히 감소했다. HFD군은 43.0 ± 3.4 g으로 4주 동안 13.5g이 증가했는데 S김치와 D김치는 32.8 ± 2.5 g과 32.6 ± 2.3 g으로 3.7과 3.3g만 각각 증가하고 HFD군에 비해 10g 정도가 감소되었다. HFD군의 FER (Food Efficiency Ratio)는 $13.9\pm 1.7\%$ 였는데 S김치와 D김치는 3.9 ± 0.1 , $3.5\pm 0.5\%$ 로 감소되어 고지방으로 인한 비만이 억제된 것을 볼 수 있다. 결국 마우스의 체중은 4주 동

<Table 2> Body weights, food Intakes, food efficiency ratios, and tissue weights in DIO (Diet-Induced Obese) mice

		ND ^a	HFD ^b	S Kimchi ^c	D kimchi ^d
Body Weight(g)	Initial	23.4±1.3 ^e	23.3±1.3 ^f	23.5±0.6	23.4±0.6
	Fourth week	24.7±0.9(1.3) ^g	29.5±1.1(6.2)	29.1±0.7(5.6)	29.3±0.7(5.7)
	Eighth week	27.2±1.2(2.5)	43.0±3.4(13.5)	32.8±2.5(3.7) ^h	32.6±2.3(3.3) ^h
Body weight gain (g/d)		0.1±0.1 ^e	0.5±0.1	0.1±0.1	0.1±0.1
Food intake (g/d)		3.4±0.1	3.5±0.2	3.4±0.1	3.5±0.1
Food efficiency ratio (FER ⁱ ,%)		2.7±0.8	13.9±1.7	3.9±0.1 ^h	3.5±0.5 ^h

^aND: normal diet ^bHFD: high-fat diet ^cS kimchi: standardized kimchi ^dD kimchi: Korean commercial kimchi ^eNot significant ^fResults are presented as means±SDs. ^gNumbers in parentheses mean increase in body weight. ^hSignificantly different (p<0.05) in the same raw compared to HFD.

ⁱFER is total weight gain/total food intake(Cui et al. 2015).



<Figure 4> Effects of standardized kimchi (SK), functional kimchi (FK) and mixed starter-fermented functional kimchi (MSFK) on changes in body weight in HFD-induced obesity in mice. Symbols: normal=normal diet; HFD= high-fat diet; S=high-fat diet+standardized kimchi; FK= high-fat diet+functional kimchi; MSFK=high-fat diet+ mixed starter fermented functional kimchi. ^{a-c}Means with different letters on the same day are significantly different (p<0.05) by Duncan's multiple range test (Lee 2016).

안 HFD 섭취로 비만이 되었는데 그 후, 김치 섭취 4주동안 체중이 급격히 감소되어 김치는 비만 마우스에서 비만을 억제 또는 감소시키는 효과를 보였다.

D 김치섭취는 체중 감소와 함께 TG, TC, LDL-C, insulin, leptin 등은 감소하고 HDL-C와 adiponectin은 증가되었다. 김치 섭취는 간에서 지방 형성을 감소시키는데 간에서 adipogenesis 관련 유전자인 C/EBP- α , PPAR- γ , SREBP-1c 와 FAS는 현저히 감소되었고, 지방산 산화 관련 유전자 CPT-1의 발현은 높아졌다. 부고환 지방조직에서 지방세포의 크기는 HFD가 7.5±2.6 units에서 3.4±0.8 (S김치)로, 1.8±0.7 (D김치), 2.0±0.7 (정상쥐)로 감소하였다. D 김치를 섭취시킨 마우스에서 지방세포의 크기가 정상 쥐에서와 비슷하게 감소되었다. 또한 MCP-1 mRNA발현(대식세포 활성화의 중요 증계자이며 지방조직에서 염증반응의 promotor) 과 IL-6발현이 8주 후 현저히 감소되었다.

우리 실험실에서는 항비만기능을 갖는 김치를 개발했다. 5% 녹차와 0.1% 초피, 배, 버섯, 다시마 우린 물, 죽염을 이용해서 제조했다. 이러한 FK (Functional kimchi)에 혼합균주(*Leu. mesenteroides*+*Lab. plantarum*)를 사용했다.

<Figure 4>에서 보는 바와 같이 FK와 MSFK (Mixed starter-fermented functional kimchi)는 유의성 있게 체중을 감소시켰다. 8주 실험 기간 중 표준김치와 HFD군에 비해 유의적으로 체중을 감소시켰다(p<0.05). 이들 김치의 경우 고지방을 동시에 섭취시켰지만 거의 정상 쥐와 비슷한 수준으로 체중이 감소되었다. FK는 SK (Standardized kimchi)에 비해 28-56일 사이에 통계적 유의성을(p<0.05) 나타내며 체중감소효과를 보였다. 56일 후 간과 지방조직에서 병리학적 실험을 했을 때 확연한 차이를 보였다. FK와 MSFK는 간 조직과 지방 조직에서 정상 쥐의 condition과 비슷한 건강한 병리적 효과를 나타내었다. 혈청의 TG, TC, LDL, leptin은

감소되어 정상군과 비슷했고, HDL과 adiponectin 양은 증가하였다. 간에서의 SREBP-1C, C/EBP- α , PPAR- γ 역시 감소되었다(Lee 2016). 그래서 항비만김치 뿐 아니라 일반 상품용 김치도 비만을 억제하는 효과가 있었으며, 그 효능은 맞춤형으로 더 잘 조절될 수 있을 것으로 보인다.

5. Hypolipidemic(HL)효과와 대사증후군 조절효과

김치는 여러 동물실험 및 인체실험연구에서 혈관의 지방생성을 억제(hypolipidemic)하는 효과를 나타냈다(Kwon et al. 1997; Kwon et al. 1999; Ahn 2007; Kim et al. 2011b; Kim 2016; Lee 2016). 김치섭취는 혈장 중 TG와 콜레스테롤 및 VLDL-C와 LDL-C는 감소시키고, HDL-C는 증가시켰다. 간의 콜레스테롤, TG, 총지방과 apolipoprotein B는 감소시켰지만 대변 내 총 지방, 콜레스테롤, TG, apolipoprotein A1은 유의성 있게 증가하였다(Kwon et al. 1997). 발효된 김치가 부고환 지방 조직에서 총 지방, 콜레스테롤, TG의 양이 갓 담은 김치에서 보다 더 낮았다(Kim et al. 2011b). 대변에서의 TG양이 김치 섭취군에서 많아서 김치는 부고환 지방 조직으로부터 또는 대변을 통해 지방의 제거 효과가 더 높은 것으로 나타났다. 아마도 김치 내의 식이섬유소가 콜레스테롤과 TG를 결합해서 대변으로 제거하는 것으로 보인다. Ray & Bhunia(2008)는 유산균은 식이 콜레스테롤을 대사하고 대장에서 담즙을 제거하면서 간에서 이들의 재흡수를 막아 혈청에서 콜레스테롤 함량을 감소시킨다고 하였다. 우리 연구팀은 최근에 김치가 혈청 지질농도에 어떤 영향을 끼치는지 임상연구를 했다. 김치를 하루에 210 g 섭취하고 4주 후에 혈청 지질의 profile과 dyslipidemia의 지표들을 검사했다. <Table 3>에서 보는 바와 같이 혈청에서 TG, TC, LDL은 감소되었고 HDL은 증가되었다. Adiponectin 양은 SK와 FK에서 모두 증가했는데 FK (Functional kimchi)는 특히 커다란 변화를 일으켰는데, IL-6와 MCP-1의 양은 유의적으로 감소했다(p<0.05). 결국 김치를 섭취하면 혈청 지방 profile이 좋아지는데 기능성 물질이 들어있는 FK는 더욱 효과가 좋았

다(Kim & Park 2018).

다음의 5가지 증상 즉, 비만, 고혈당농도(당뇨병), 고혈청 TG, 고혈압, 감소된 HDL-C 중 3개 이상이 나타나면 대사증후군이라 할 수 있다(Kaur 2014). 발효된 김치(pH 4.3±0.02)는 갓 담은 김치보다 비만자를 이용한 실험에서 혈관질환과 대사증후군 위험군이 나타내는 여러 parameter에서 더 좋은 효과를 나타냈다(Kim et al. 2011b). BMI가 25 kg/m² 이상 되는 비만환자를 2주 washout 기간을 가지면서 2번의 4주식이 기간에서 다음과 같은 내용을 연구하였다. 이들은 하루에 갓 담은 김치와 잘 익은 김치를 각각 300 g씩 섭취하였다. <Table 4>에서 보는 바와 같이 체중, BMI, 체지방이 유의적으로 감소하였는데, 특히 발효김치는 WHR (waist-hip ratio)와 공복 혈당이 크게 감소했다. 발효 김치 섭취가 혈압, 체지방%, 공복 혈당, 총 콜레스테롤 감소효과가 갓 담은 김치보다 현저히 좋았다. 김치, 특히 발효 김치 섭취는 공복 인슐린 수준이 매우 낮았다. MCP-1과 다른 proinflammatory 사이토카인(CRP, TNF- α , IL-6 등은 동맥경화 발병에 관계)이 발효김치 섭취군에서 크게 감소되었다. 비만세포에서 leptin 생성은 pituitary(뇌하수체)계에서 식욕을 감소시키고 에너지 소비를 증가시키는 효과를 낸다. 혈청 leptin 양은 비만인들에서 높았는데 이는 leptin 저항성을 나타낸다고 하겠다. Ruige et al.(1999)은 leptin의 분비는 체지방량과 직접적으로 연관을 가져 비만자에서는 이를 증가시키게 된다고 하였다. 또한 체지방은 인슐린 저항성과 정의 관계를 가지므로 leptin의 수준은 인슐린 저항성 증가와 관련이 되어 있다. 이 연구에서 leptin은 발효 김치의 소비 이후에 현저히 감소하여 대사증후군과 관련된 여러 인자 즉, 혈압, 체지방의 %, 공복 혈당, 총 콜레스테롤 양 등이 갓 담은 김치보다 훨씬 효과가 좋았다. 특히 발효된 김치는 비만, 지방대사, 염증 과정 및 대사증후군 관련 인자들을 조정하는 역할을 하는 것으로 확인되었다.

인체실험에서 젊고 건강한 사람 100명의 대상자를 이용하여 각 50명씩 15 g/일와 210 g/일로 나누어 김치를 섭취시켰

<Table 3> Changes in serum lipid, metabolic, and inflammatory markers in healthy subjects consuming baechu kimchi for 4 weeks

	SK		FK	
	W-0	W-4	W-0	W-4
TG (mg/dL)	72.6±23.5	67.0±17.3	82.0±34.8	62.3±21.8 ^a
TC (mg/dL)	167.5±30.5	164.1±25.8	171.2±21.8	153.3±16.3 ^a
LDL (mg/dL)	104.9±22.4	82.1±13.4 ^a	104.0±25.2	84.7±13.5 ^a
HDL (mg/dL)	48.5±8.1	58.1±8.8 ^a	50.9±7.8	67.3±11.2 ^b
Adiponectin (ig/mL)	6.6±1.1	8.8±2.3 ^a	6.5±1.0	9.0±2.9 ^a
IL-6 (pg/mL)	1.4±0.9	1.3±0.3	1.9±1.0	0.7±0.2 ^a
MCP-1 ((pg/mL)	313.5±68.0	294.0±55.0	254.1±64.9	232.8±34.7

Results are presented as means±SDs. FK: functional kimchi; SK: standardized kimchi.

^aSignificantly different (p<0.05) compared to that in W-0.

^bSignificantly different (p<0.01) compared to that in W-0. (Kim 2016)

<Table 4> Changes in metabolic parameters related to metabolic syndrome in obese subjects by kimchi intake

	Fresh kimchi (n=22)		Fermented kimchi (n=22)	
	Initial ^a	Final ^b	Initial ^c	Final ^d
Body weight(kg)	7.29±9.6	7.17±9.4 ^e	73.0±10.1	71.5±9.7 ^e
BMI (kg/m ²)	27.4±2.2	27.0±2.2 ^e	27.5±2.2	26.9±2.2 ^e
WHR	0.86±0.05	0.85±0.06	0.86±0.06	0.84±0.06 ^e
Body fat (5)	31.9±4.0	31.6±4.0 ^e	32.1±4.3	31.4±4.4 ^{e,f}
Blood pressure, systolic (mmHg)	125.8±10.7	122.1±7.9	126.1±12.1	121.3±6.9 ^f
Blood Pressure, diastolic (mmHg)	76.1±9.9	74.7±8.5	76.9±9.7	72.7±7.4 ^f
Glucose, fasting (mg/dL)	101.0±11.1	96.6±10.5	100.0±10.2	94.1±11.3 ^{e,f}
Insulin, fasting (μU/mL)	15.0±6.9	13.4±5.3	14.9±6.2	11.0±5.6 ^e
Totoal Cholesterol (mg/mL)	176.0±29.5	172.0±31.6	171.0±25.7	161.0±29.9 ^{e,f}
MCP-1 (pg/mL)	170.0±59.4	157.0±48.9	167.0±50.9	154.0±41.0 ^e
Leptin (ng/mL)	21.0±6.6	19.3±7.0	202±1.3	15.7±11.4 ^e

^aInitial data of fresh kimchi group were the means of data on week 0 of group 2 and week 6 of group 1. ^bFinal data of fresh kimchi group were the means of data on week 4 of group 2 and week 10 of group 1. ^cInitial data of fresh kimchi group were the means of data on week 0 of group 1 and week 6 of group 2. ^dFinal data of fresh kimchi group were the means of data on week 4 of group 1 and week 10 of group 2. ^eSignificantly different from initial value (p<0.05). ^fSignificantly different between fresh and fermented kimchi groups (p<0.05) (Kim et al. 2011b).

다. 7일 간 기숙사에 있으면서 김치의 섭취 양만 다르게 하고 똑같은 식사를 하였다(Choi et al. 2013). 공복 혈당 (FBG), 총 포도당, 총 콜레스테롤, LDL-C은 7일 김치 섭취 후 모두 감소하였다. 특히, FBG는 김치를 많이 먹은 군에서 유의적으로 감소하였다. TG와 총 콜레스테롤은 양군 모두에서 현저히 감소하였다. 혈청 총 항산화 상태(Total antioxidant status, TAS mmol/L)는 모두 현저히 증가했는데 5.2% (15 g/일)와 7.5% (210 g/일)였다. 또한, 다른 연구에서도 김치는 혈당을 낮추고 항당뇨효과를 보였다(Islam & Choi 2009). 냉동 건조 배추김치를 스트렙토토신(STZ)과 고지방 식이를 먹여 제2형 당뇨를 유발시켰는데 김치 섭취는 4주 후 혈청 인슐린 농도를 높이고 췌장 β세포 기능을 활성화시켰다. 그리고 혈액의 glycated Hb 농도는 감소시켰으며 김치 섭취는 FBG도 낮아졌고 내당능도 증가하였다. 이러한 연구는 고지방식과 함께 항당뇨효과를 보인 것으로 김치 제조 방법과 섭취량을 조절하고 정상적이고 저지방식이였다면 항당뇨효과 및 대사증후군은 더 크게 감소될 수 있다고 하겠다.

6. 김치유산균의 기능성

1) Probiotic 기능

김치 유산균은 여러 건강기능을 갖는 probiotic 균들이다. 일반적으로 위장(GI) 관에서 다음과 같은 여러 기능성을 갖는다. Probiotic균은 ① 사람의 GI관을 통해 살아서 운반되어 대장에서 colonize를 한다. ② 위장의 어려운 환경(저산 pH와 담즙)을 통과하는 동안 여러 스트레스 단백질을 encode하는 새로운 유전자를 만들면서 살아서 간다. ③ 항산화 활성을 나타낸다. ④ 항균물질들을 생성한다. ⑤ 암 유발에 대응하는 보호효과를 갖는다. ⑥ 숙주의 면역계를 증진시킨다.

⑦ 염증 또는 알러지반응을 감소시킨다. ⑧ 지방감소 효과를 갖는다. ⑨ 설사와 변비를 예방한다 등이다(Holzappel 2006). 김치 *Lab. plantarum* KTCT3099는 Caco-2 장 상피세포에 잘 결합하는 능력이 보고된 바 있다(Lee 2005a). 세계적인 probiotic으로 알려진 *Lab. rhamnosus* GG보다 149% 더 높은 결합능력을 보였다. 본 실험실 연구에서 김치에서 분리한 *Lab. plantarum* KCCM 11532p와 *Leu. mesenteroides* KCCM 11533p는 강력한 산, 담즙, 열 저항성을 나타내었으며 인체 대장상피세포에 접착력이 대단히 높았다.

최근 유산균의 세포벽물질인 peptidoglycan은 대장에서 뿐 아니라 간, 지방조직, 뇌 등의 다른장기에서도 염증, 대사과정, 면역 및 여러질병을 조절하는 효과가 있는 것으로 알려져져 건강기능성에 직접적인 연관이 있는 것으로 많은 연구가 되고 있다(Wolf & Underhill 2018).

2) 항균작용

유산균은 유기산, CO₂, ethanol, diacetyl, H₂O₂ 및 bacteriocin을 생성하는데 이들은 항균효과를 갖는다. 김치유산균인 *Leu. mesenteroides*, *Leu. carnosum*, *Lab. pentosus*, *Wei. kimchii*, *Wei. cibaria*와 *Ped. pentosaceus*는 *Bac. subtilis*, *E. coli*, *Sal. enteritidis*, *Sal. paratyphi*, *Sal. typhi*, *Staph. aureus*, *Shigella boydii*와 *Shi. sonnei* 등에 항균효과를 나타냈다(Ahn et al. 2003). 5개의 김치유산균 *Lab. curvatus*, *Lab lactis* ssp. *lactis*, *Lab. casei*, *Lab. pentosus*와 *Lab. sakei*는 *Asp. flavus*, *Fus. moniliforme*, *Pen. commune*과 *Rhi. oryzae* 등 넓은 범위의 곰팡이에 대해 항곰팡이 효과를 보였다(Kim 2005). *Lab. plantarum* AF1은 여러 곰팡이 뿐 아니라 G+ 및 G-세균에 대해서도 항균효과를 보였다

(Yang & Chang 2008). 또한 김치 *Leu. mesenteroides* YML003은 조류독감바이러스 H9N2에서 항 바이러스 효과를 보였다. 이 유산균을 섭취하였을 때 닭에서 IFN- γ 의 생성을 증가시켰다(Seo et al. 2012).

Lab. plantarum KC21은 bacteriocins을 생성하여 항균 효과를 갖는다. 이 균주는 산과 담즙에 잘 견디고 인체 장벽에 잘 정착하며, 강력한 bacteriocin은 병원성 세균에 대해 효과를 나타낸다(Lim & Im 2009). 김치유산균은 발암성의 *H. pylori*를 효과적으로 억제한다(Lee & Chang 2008; Ki et al. 2010; Lee et al. 2010). 김치 *Lab. plantarum* NO1은 *H. pylori* KCCM 41756에 강력한 제거효과를 보였다. 이 유산균의 culture medium은 *H. pylori*의 urease활성을 33% 이상 억제했다. *Lab. plantarum*과 김치재료 중 마늘과 고춧가루는 *H. pylori*감염에 상승적으로 작용해 *H. pylori* 감염을 억제할 수 있다고 보고되어 있다(Jones et al. 1997; Iimuro et al. 2002).

3) 항산화효과

김치 유산균 *Lab. plantarum* KCTC 3099의 활성산소종에 대한 저항력을 측정했다(Lee et al. 2005b). 이 유산균의 전체 세포와 세포를 제거한 추출물(cell-free extracts)은 지방산화를 감소시키는 항산화 활성을 보였다. KCTC 3099균주는 1 mM H₂O₂와 0.4 mM hydroxyl radicals과 그리고 paraquat에 의해 발생된 superoxide anion 존재 하에서 8시간 후까지 생존했다. Chang et al.(2010)은 김치에서 분리한 4종류의 유산균은 biological barriers (산과 담즙산)에 저항하는 효과를 보였다. 4균주 중 *Lab. acidophilus* KFRI 342는 가장 좋은 probiotic 효과를 보였는데 comet assay를 통해 세포과괴(damage)에 높은 보호효과를 보였다. H₂O₂ 유무에 따라 30분 처리 후 HT-29세포의 형광 꼬리 DNA 강도 %는 영향을 받아 H₂O₂유도 세포과괴는 농도 의존적으로 그리고 유의적(p<0.05)으로 억제되었다. 또한 DNA 과괴에 대한 KFRI 342의 억제활성은 40과 400 μ mol 처리에서 36.2 \pm 2.9%와 50.4 \pm 4.2% 억제효과를 나타냈다.

4) 항돌연변이 및 항암효과

김치유산균의 균체가 Ames test와 SOS chromotest에서 항돌연변이 효과가 있는지를 연구했다(Park et al. 1998; Son et al. 1998). 4-NQO, MeIQ, Trp-P2에 의해 유도된 돌연변이 유발은 김치유산균들에 의해 유의적으로 감소되었다(p<0.01). *Leu. mesenteroides*는 다른 유산균들 보다 더 4-NQO, MeIQ, MNNG에 대해 높은 항돌연변이 효과가 있었다. 유제품에서 유래된 *Lab. acidophilus*도 김치유산균과 비슷하게 항돌연변이 효과가 있었다. 그 활성은 cytosol 분획 보다는 세포벽 분획이 효과가 더 컸었다. 그래서 유산균의 생사와 관련없이 김치유산균 자체는 항돌연변이 효과가 있다고 하겠다(Park et al. 1998). 또한 유산균의 glycopeptide

세포벽 분획이 항종양효과를 낸다고 알려져있다(Friend & Shahani 1984). Peptidoglycan은 세포벽 조성 물질인데 이것은 muramyl peptide와 결합되어 있다. Muramyl dipeptide와 그 유도체들은 세포성 면역기능을 높이며, 이 물질이 처리되면 대식세포에 의해 생성된 superoxide anion과 H₂O₂가 종양세포를 사멸시키는 것으로 알려져 있다(Bogdanov et al. 1975). 열처리와 동결건조유산균을 살코마-180 암세포를 이식시킨 ICR 마우스에 섭취시켰다. 특히 *Lab. plantarum*과 *Leu. mesenteroides* 처리 쥐에서 각각 유의적으로 암발생을 57%와 39% 억제 하는 효과를 나타냈다(p<0.05). 그리고 Lewis lung carcinoma를 C57BL/6 마우스에 처리하고 *Lab. plantarum*과 *Leu. mesenteroides*를 섭취시켰을 때 각각 암의 성장을 42%와 44% 억제하였다(Kim et al. 1991). 김치의 재료, 김치유산균 혼합물, 김치 *Lab. plantarum* (cell lysate)를 마우스에 40 mg/kg/day를 30일 동안 먹였다. 이 경우 종양생성이 현저히 감소되었으며 *Lab. plantarum*을 처리한 마우스에서는 수명 연장 효과도 있었는데, 60% 증가 효과가 나타났다(Shin et al. 1998).

5) 면역조절기능

김치유산균은 대장건강과 관련 면역계의 항상성을 유지해 주는데 중요한 역할을 한다(Choi et al. 2015). 유산균의 peptidoglycan과 다른 세포벽물질들이 장관에서 면역세포를 자극하며 유산균은 Th1과 Th2 반응사이의 균형을 조절하여 알려지 반응을 조절한다. 이런 균형은 IL-10과 TGF- β 같은 억제 cytokine을 생성하는 Treg cells의 특이한 subsets에 의해 조절되는 것으로 보고 있다. *Lab. plantarum*을 ovalbumin (OVA)으로 sensitized된 splenocytes에 첨가하면 Th1 활성은 높아지고 Th2활성은 억제되었다(Won et al. 2011). *Lab. sakei* WIKIM-100도 비슷하게 IFN- α Th1 cytokine은 많이 생성시키고 IL-4, Th2 cytokine은 감소시켰다(Park et al. 2013).

김치 *Lab. plantarum*의 세포 lysate (용해물)을 Balb/c 마우스에 먹이면 면역자극효과가 있는 것으로 나타났다. 이들은 splenocytes와 peyer's patch cells의 성장속도를 증가시키고 peritoneal 대식세포에 의해 생성된 NO 생성을 증가시키고 장 분비 IgA, TNF- α 와 혈중에 IL-2를 많이 생성시킨다. 김치 *Lab. plantarum*의 cell lysate를 Balb/c마우스에 경구 투여하면 enteric (장관)과 systemic (전신의) 면역반응을 증가시킨다(Chae et al. 1998). 김치 *Lab. plantarum*의 culture broth를 투여하면 마우스에서 면역기능이 증가된다. 이 화합물은 대식세포 활성을 증가시키고 superoxide anion과 H₂O₂를 생성하여 종양세포를 사멸시킨다. 그리고 *Lab. plantarum*은 Raw 264.7 대식세포에서 NO, TNF- α , IL-6 생성을 증가시킨다. 특히 *Lab. plantarum*은 면역증강에 중요한 역할을 한다(Hur et al. 2004).

김치유산균은 natural killer (NK)세포 기능도 조절한다.

Lab. plantarum HY7712의 구강섭취는 면역억제마우스에서 NK세포와 cytotoxic T-세포의 cytotoxicity를 회복시켰다 (Jang et al. 2013) 이 균주는 γ -irradiated aging mouse 모델에서 toll-like receptor (TLR)2/NF- κ B 신호전달과정을 활성화시키므로 NK세포의 기능을 높여주었다(Lee et al. 2014) 또한 *Wei. cibaria* WIKIM28 (갓김치에서 분리)은 dendritic cell (DC)의 기능을 조절하는 효과를 보였다(Lim et al. 2017). 우리 실험실의 연구에서는 사균체인 김치유산균 *Lab. plantarum* (nLp)은 유의적으로 proinflammatory cytokines (TNF- α , IL-1 β , IL-6, IFN- γ)의 발현을 감소시켰으며 Th1 면역반응은 유도하였으나 Th2 반응은 억제하였다. 또한 nLp는 대장 내에서 IgA생성을 증가시키고, 마우스 비장세포의 NK 세포의 활성을 증진시키는 것으로 나타났다(Lee 2016).

6) 항비만, 콜레스테롤 및 지방감소효과

HFD (high fat diet, 고지방식이)로 유도된 SD rat에 김치 유산균분말(KL)을 처리하였을 때 지방 축적의 감소효과를 보였다. 10%와 20% KL식이는 13%와 15%의 감량효과를 보였다. 그러나 visceral fat (복부지방)는 42, 48%로 유의적으로 감소하였다. 혈장 TG, 콜레스테롤, LDL수준은 현저히 감소되었으며 KL균의 분변에서TG와 콜레스테롤이 많이 제거되었다고 하여 KL은 식이섬유소와 비슷한 역할을 보였다고 하였다(Kwon et al. 2004).

김치 *Wei. koreensis* OKI-6는 3T3-L1세포에서 항비만효과를 보였다(Moon et al. 2012). 배양한 배지추출물과 세포질(cytoplasmic) 분획은 TG와 세포 내 지방 축적을 감소시켰다. 지방세포분화에 관여하는 주전사인자인 C/EBP- α 의 mRNA 수준을 낮추었으며, aP2, 지방산합성효소(FAS)와 SREBP1유전자의 발현도 크게 낮추었다. 거기에 이 균으로 발효된 김치는 특히나 김치의 항비만효과를 크게 증진시켰다(Park et al. 2012). 이러한 결과는 비만을 예방하기 위해 probiotic을 기초로 한 영양의약품질과 김치산업에 잘 응용이 될 수 있으리라고 생각된다.

김치 *Lab. plantarum* KCTC 3928는 C57BL/6마우스에서 혈중 콜레스테롤양을 낮추는 효과를 보였다. 마우스에서 HFD와 함께 2중으로 coat된 *Lab. plantarum*을 섭취시켰다. 생 유산균을 먹었을 때 LDL-C과 혈장 TG양이 각각 42%와 32% 억제하는 효과를 보였다. 그리고 분변에서 담즙산 분비는 45% 증가되었다. 이 생 유산균은 분변으로 담즙산 배설을 유도하고, 간의 콜레스테롤을 담즙산으로 분해하는 것을 증가시키므로 콜레스테롤을 감소시키는 효과가 있다고 하였다(Jeun et al. 2010).

IV. 요약 및 결론

김치는 발효된 채소 프로바이오틱 식품이다. 주재료는 십자화과 채소(배추와 무)이며 부재료는 고춧가루, 마늘, 생강,

파, 짓갈 등이다. 전통적으로 김치를 담을 때는 자연적으로 존재하는 미생물들 특히 배추와 부재료에 있는 유산균들이 발효의 주균으로 작용한다. 좋은 품질의 재료, 특히 소금의 종류, 유산균, 저온발효, 통성혐기적 조건(항아리 사용) 등은 김치의 맛과 건강기능성 향상에 영향을 끼친다. 김치발효에 참여하는 유산균의 우점균들은 *Leuconostoc*, *Lactobacillus*, *Weissella* 속 들이다. 대표적인 종은 *Leu. mesenteroides*, *Leu. citrium*, *Lab. plantarum*, *Lab. sakei*, *Wei. koreensis* 등이다. Heterolactic(이형유산) 발효가 우수한 맛과 일정한 품질의 김치를 만들게 하여 상품용 김치에서는 이런 균들이 주로 분리 동정된다. 김치의 생화학적 변화는 우점유산균, 재료들의 품질 및 양, 발효조건 등에 의해 영향을 받는다. 유산균과 재료들로부터 발효대사산물이 만들어지고 이들로부터 김치의 맛, 품질, 건강기능성이 영향을 받는다. 적당히 익은 김치(발효 김치)가 대장건강, 항산화, 항노화, 항암, 항비만, 대사증후군 등 여러 질병을 예방하고 조절하는데 중요한 기능을 나타낸다. 유산균과 영양생리물질, 발효산물들이 이런 질병 예방효과가 있고 김치의 맛도 좋게 한다. 김치에서 유산균 함량은 발효 후 10^9 CFU/mL 또는 g까지 증가된다. 김치유산균은 건강에 좋은 프로바이오틱균으로 항균작용, 항돌연변이 및 항암효과, 면역조절, 항염증, 항비만, 콜레스테롤 및 지방 감소효과 등을 갖는다. 그래서 김치재료, 유산균, 발효조건, 발효산물들은 여러 건강기능성을 조절할 수 있는 중요한 요인이 된다. 결국 김치는 필요에 따라 인종, 나이 그리고 특별한 질병, 특히 항암, 항비만, 항알러지 등에 기능적 효과를 낼 수 있기에 이들 재료, 유산균, 발효조건 등의 조절에 의해 맞춤형으로 제조될 수 있는 최고의 건강식품이라 할 수 있다고 하겠다.

감사의 글

본 연구는 경기도의 지역협력연구센터 사업의 일환으로 수행하였으며[GRRRC-CHA2018-B03, 기능성 김치 및 태명청음료의 건강기능식품 개발], 이에 감사를 드립니다.

Conflict of Interest

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

References

- Ahn DK, Han TW, Shin HY et al. 2003. Diversity and antibacterial activity of lactic acid bacteria isolated from kimchi. *Korean J Microbiol Biotechnol*, 31:191-196
- Ahn SJ. 2007. The effect of kimchi powder supplement on the body weight reduction of obese adult women. Master's degree thesis, Pusan National University, Busan, Korea.

- Bengmark, S. 2001. Use of prebiotics, probiotics, and synbiotics in clinical immunonutrition. Proceedings of International Symposium on food nutrition and health for 21st century, 187-213
- Bogdanov IG, Dalev PG, Gurevich AI et al. 1975. Antitumor glycopeptides from *Lactobacillus bulgaricus* cell wall. FEBS Lett, 57(3):259-261
- Bong YJ, Jeong JK, Park KY. 2013. Fermentation properties and health functionality improvement of kimchi by kimchi lactic acid bacteria starters. J Korean Soc Food Sci Nutr, 42(11):1717-1726
- Chae OW, Shin KS, Chung H, Choe TB. 1998. Immunostimulation effects of mice fed with cell lysate of *Lactobacillus plantarum* isolated from kimchi. Korean J Biotenol Bioeng, 13(4):424-430
- Chang JH, Shim YY, Cha SK, Chee KM. 2010. Probiotic characteristics of lactic acid bacteria isolated from kimchi. J Appl Microbiol, 109(1):220-230
- Chang JY, Chang HC. 2011. Growth inhibition of foodborne pathogens by kimchi prepared with bacteriocin-producing starter culture. J Food Sci, 76(1): M72-M78
- Cheigh HS, Park KY. 1994. Biochemical, microbiological and nutritional aspect of kimchi (Korean fermented vegetable products). Crit Rev Food Sci Nutr, 34:175-203
- Cho EJ, Park KY, Rhee SH. 1997. Standardization of ingredient ratios of Chinese cabbage kimchi. Korean J Food Sci Technol, 29(6):1228-1235
- Cho EJ. 1999. Standardization and cancer chemopreventive activities of Chinese cabbage kimchi. Doctoral degree thesis, Pusan National University, Busan, Korea
- Choi SM, Jeon YS, Rhee SH, Park KY. 2002. Red pepper powder and kimchi reduce body weight and blood and tissue lipids in rats fed a high fat diet. Nutraceuticals Food, 7:162-167
- Choi HJ, Lee NK, Paik HD. 2015. Health benefits of lactic acid bacteria isolated from kimchi, with respect to immunomodulatory effects. Food Sci Biotechnol, 24(3):783-789
- Choi IH, Noh JS, Han JS et al. 2013. Kimchi, a fermented vegetable, improves serum lipid profiles in healthy young adults: Randomized clinical trial. J Med Food, 16(3):223-229
- Choi JM, Lee SH, Park KY et al. 2014. Protective effect of kimchi against A β -25-35-induced impairment of cognition and memory. J Korean Soc Food Sci Nutr, 43(3):360-365
- Choi SM. 2001. Antiobesity and anticancer effects of red pepper powder and kimchi. Doctoral degree thesis, Pusan National University, Busan, Korea
- Collins MD, Gibson GR. 1999. Probiotics, prebiotics, and synbiotics: Approaches for modulating the microbial ecology of the gut. Am J Clin Nutr, 69(5):1052s-1057s
- Cui M, Kim HY, Lee KH et al. 2015. Antiobesity effects of kimchi in diet-induced obese mice. J Ethnic Foods, 2(3):137-144
- Friend BA, Shahani K. 1984. Antitumor properties of lactobacilli and dairy products fermented by lactobacilli. J Food Prot, 47(9):717-723
- Goldin BR, Gorbach SL. 1976. The relationship between diet and rat fecal bacterial enzymes implicated in colon cancer. J Natl Cancer Inst, 57(2):371-375
- Holzappel WH. 2006. Introduction to prebiotics and probiotics. In: Probiotics in food safety and human health. (Goktepe I, Juneja VK, Ahmedna M, eds.) CRC Taylor and Fransis, Boca Raton, FL, USA, pp 1-33
- Hwang JW, Song YO. 2000. The effects of solvent fractions of kimchi on plasma lipid concentration of rabbit fed high cholesterol diet. J Korean Soc Food Sci Nutr, 29:204-210
- Hwang SY, Hur YM, Choi YH et al. 1997. Inhibitory effect of kimchi extracts on mutagenesis of aflatoxin B1. Environ Mut Carcino, 17(2):133-137
- Hughes PA, Zola H, Penttila IA et al. 2013. Immune activation in irritable bowel syndrome: Can neuroimmune interactions explain symptoms? Am J Gastroenterol, 108(7):1066-1074
- Hur HJ, Lee KW, Lee HJ. 2004. Production of nitric oxide, tumor necrosis factor- α and interleukin-6 by RAW 264.7 macrophage cells treated with lactic acid bacteria isolated from kimchi. Biofactors, 21(1-4):123-125
- Iimuro M, Shibata H, Kawamori T et al. 2002. Suppressive effects of garlic extract on *Helicobacter pylori*-induced gastritis in Mongolian gerbils. Cancer Letters, 187(1-2):61-68
- Islam MS, Choi H. 2009. Antidiabetic effect of Korean traditional Baechu (Chinese cabbage) kimchi in a type 2 diabetes model of rats. J Med Food, 12(2):292-297
- Jang SE, Joh EH, Lee HY et al. 2013. *Lactobacillus plantarum* HY7712 ameliorates cyclophosphamide-induced immunosuppression in mice. J Microbiol Biotechnol, 23(3):414-421
- Jeong M, Park JM, Han YM et al. 2015. Dietary prevention of *Helicobacter pylori*-associated gastric cancer with kimchi. Oncotarget, 6(30):29513-29526
- Jeun J, Kim S, Cho SY et al. 2010. Hypocholesterolemic effects of *Lactobacillus plantarum* KCTC3928 by increased bile acid excretion in C57BL/6 mice. Nutrition, 26(3):321-330
- Jo JS, Nam CW. 1979. Standardization of kimchi and related products. Bull Dongduk Women's University, 9:199-212
- Jones NL, Shabib S, Sherman PM. 1997. Capsaicin as an inhibitor of the growth gastric pathogen *Helicobacter pylori*. FEMS Microbiol Lett, 146(2):223-227

- Jung JY, Lee SH, Kim JM et al. 2011. Metagenomic analysis of kimchi, a traditional Korean fermented food. *Appl Environ Microbiol*, 77(7):2264-2274
- Jung JY, Lee SH, Lee HJ et al. 2012. Effects of *Leuconostoc mesenteroides* starter cultures on microbial communities and metabolites during kimchi fermentation. *Int J Food Microbiol*, 153(3):378-387
- Kajander K, Hatakka K, Poussa T et al. 2005. A probiotic mixture alleviates symptoms in irritable bowel syndrome patients: A controlled 6-month intervention. *Aliment Pharmacol Ther*, 22(5):387-394
- Kang BK, Cho MS, Ahn TY et al. 2015. The influence of red pepper powder on the density of *Weissella koreensis* during kimchi fermentation. *Scientific Reports*, 5:15445. doi: 10.1038/srep15445
- Kaur J. 2014. A comprehensive review on metabolic syndrome. *Cardiol Res Pract*, 2014:943162. doi: 10.1155/2014/943162.
- Ki MR, Ghim SY, Hong IH et al. 2010. In vitro inhibition of *Helicobacter pylori* growth and of adherence of cagA-positive strains to gastric epithelial cells by *Lactobacillus paraplantarum* KNUC25 isolated from kimchi. *J Med Food*, 13(3):629-634
- Kil JH. 2004. Studies on development of cancer preventive and anticancer kimchi and its anticancer mechanism. Doctoral degree thesis, Pusan National University, Busan, Korea.
- Kim JD. 2005. Antifungal activity of lactic acid bacteria isolated from kimchi against *Aspergillus fumigates*. *Mycobiology*, 33:210-214.
- Kim BK, Park KY, Kim HY et al. 2011a. Anti-aging effects and mechanisms of kimchi during fermentation under stress-induced premature senescence cellular system. *Food Sci Biotechnol*, 20(3):643-649
- Kim BK, Choi JM, Kang SA et al. 2014a. Antioxidative effects of kimchi under different fermentation stage on radical-induced oxidative stress. *Nutr Res Pract*, 8(6):638-643
- Kim EK, An SY, Lee MS et al. 2011b. Fermented kimchi reduces body weight and improves metabolic parameters in overweight and obese patients. *Nutr Res*, 31(6):436-443
- Kim HY. 2016. Effects of kimchi intake on colon health of Korean young adults and irritable bowel syndrome patients. Doctoral degree thesis, Pusan National University, Busan, Korea
- Kim HY, Bong YJ, Jeong JK et al. 2016. Heterofermentative lactic acid bacteria dominate in Korean commercial kimchi. *Food Sci Biotechnol*, 25(2):541-545
- Kim HY, Park KY. 2018. Clinical trials of kimchi intakes on the regulation of metabolic parameters and colon health in healthy Korean young adults. *J Functional Foods*, 47:325-333
- Kim HY, Song JL, Chang HK et al. 2014b. Kimchi protects against azoxymethane/dextran sulfate sodium-induced colorectal carcinogenesis in mice. *J Med Food*, 17(8):833-841
- Kim HY, Bae HS, Baek YJ. 1991. In vivo antitumor effects of lactic acid bacteria on sarcoma 180 and mouse Lewis lung carcinoma. *J Korean Cancer Association*, 23(2):188-196
- Kim JH, Ryu JD, Lee HG et al. 2002. The effect of kimchi on production of free radicals and anti-oxidative enzyme activities in the brain of SAM. *J Korean Soc Food Sci Nutr*, 31(1):117-123
- Kim KM. 1998. Increase in swimming endurance capacity of mice by capsaicin. Doctoral degree thesis, Kyoto University, Japan.
- Kim MJ, Chun JS. 2005. Bacterial community structure in kimchi, a Korean fermented vegetable food, as revealed by 16S rRNA gene analysis. *International J Food Microbiol*, 103:91-96
- Kwon JY, Cheigh HS, Song YO. 2004. Weight reduction and lipid lowering effects of kimchi lactic acid powder in rats fed high fat diets. *Korean J Food Sci Technol*, 36(6):1014-1019
- Kwon MJ, Song YO, Song YS. 1997. Effect of kimchi on tissue and fecal lipid composition and apolipoprotein and thyroxine levels in rats. *J Korean Soc Food Sci Nutr*, 26:507-513
- Kwon MJ, Chun JY, Song YS, Song YO. 1999. Daily kimchi consumption and its hypolipidemic effect in middle-aged men. *J Korean Soc Food Sci Nutr*, 28(5):1144-1150
- Lee H, Ahn YT, Park SH et al. 2014. *Lactobacillus plantarum* HY7712 protects against the impairment of NK-cell activity caused by whole-body gamma-irradiation in mice. *J Microbiol Biotechnol*, 24(1):127-131
- Lee HA, Bong YJ, Kim H et al. 2015a. Effect of nanometric *Lactobacillus plantarum* in kimchi on dextran sulfate sodium-induced colitis in mice. *J Med Food*, 18:1073-1080.
- Lee HA, Kim H, Lee KW et al. 2015b. Dead nano-sized *Lactobacillus plantarum* inhibits azoxymethane/dextran sulfate sodium-induced colon cancer in BALB/c mice. *J Med Food*, 18:1400-1405
- Lee J. 2005a. Adhesion of kimchi *Lactobacillus* strains to Caco-2 cell membrane and sequestration of aflatoxin B1. *J Korean Soc Food Sci Nutr*, 34:581-585
- Lee J, Hwang KT, Heo MS, Lee JH, Park KY. 2005b. Resistance of *Lactobacillus plantarum* KCTC 3099 from kimchi to oxidative stress. *J Med Food*, 8(3):299-304
- Lee KH. 2016. Lactic acid bacteria starter fermented kimchi inhibits obesity and colitis-associated colon cancer in C57BL/6J mice. Doctoral degree thesis, Pusan National University, Busan, Korea.

- Lee KH, Song JL, Park ES et al. 2015d. Antiobesity effects of starter fermented kimchi on 3T3-L1 adipocytes. *Prev Nutr Food Sci*, 20:298-302
- Lee YD, Yoo HL, Hwang JY et al. 2010. Antimicrobial effect of lactic acid bacteria isolated from kimchi and tarak on *Helicobacter pylori*. *Korean J Food Nutr*, 23: 664-669
- Lee Y, Chang HC. 2008. Isolation and characterization of kimchi lactic acid bacteria showing anti-*Helicobacter pylori* activity. *Korean J Microbiol Biotechnol*, 36(2):106-114
- Lim SM, Im DS. 2009. Screening and characterization of probiotic lactic acid bacteria isolated from Korean fermented foods. *J Microbiol Biotechnol*, 19(2):178-186
- Lim SK, Kwon MS, Lee J et al. 2017. *Weissella cibaria* WIKIM28 ameliorates atopic dermatitis-like skin lesions by inducing tolerogenic dendritic cells and regulatory T cells in BALB/c mice. *Scientific Reports*, 7:40040
- Martineau B, Laflamme DP. 2002. Effect of diet on markers of intestinal health in dogs. *Res Vet Sci*, 72(3):223-227.
- Moon YJ, Soh JR, Yu JJ et al. 2012. Intracellular lipid accumulation inhibitory effect of *Weissella koreensis* OK1-6 isolated from kimchi on differentiating adipocyte. *J Appl Microbiol*, 113(3):652-658
- Oh YJ, Hwang IJ, Leitzmann C. 1993. Regular intake of kimchi prevents colon cancer. *Kimchi Sci Ind*, 2(9):9-22
- Park JA, Pichiah PBT, Yu JJ et al. 2012. Anti-obesity effect of kimchi fermented with *Weissella koreensis* OK1-6 as starter in high-fat diet-induced obese C57BL/6J mice. *J Appl Microbiol*, 113(6):1507-1516
- Park KY, Baek KA, Rhee SH et al. 1995. Antimutagenic effect of kimchi. *Foods Biotechnol* 4(3):141-145
- Park KY, Cho EJ, Rhee SH et al. 2003. Kimchi and an active component, beta-sitosterol, reduce oncogenic H-Ras^{v12}-induced DNA synthesis. *J Med Food* 6(3):151-156.
- Park KY, Kim HY, Jeong JK. 2017. Kimchi and its health benefits, In: *Fermented foods in health and disease prevention*. (Frías J, Martínez-Villaluenga C, Peñas E eds.) London, United Kingdom: Elsevier. pp 477-502
- Park KY, Jeong JK. 2016. Kimchi (Korean fermented vegetable) as a probiotic food. In: *Probiotics, prebiotics, and synbiotics*. (Wastos RR, Preedy VR eds.) London, United Kingdom: Elsevier. pp 391-408
- Park KY, Jeong JK, Lee YE et al. 2014. Health benefits of kimchi (Korean fermented vegetables) as a probiotic food. *J Med Food*, 17(1):6-20
- Park KY, Ju J. 2018. Kimchi and its health Benefits, In : *Korean functional foods*. (Park KY, Kwon DY, Lee KW, Park S eds.) CRC Press, Boca Raton, FL, USA, pp 63-98
- Park KY, Kim BK. 2012. Lactic acid bacteria in vegetable fermentations. In: *Lactic acid bacteria-microbiological and functional aspects*. (Lahtinen S, Salmien S, Ouwehand A, von Wright A eds.) CRC Press, Boca Raton, FL, USA, pp 187-211
- Park KY, Kim SH, Son TJ. 1998. Antimutagenic activities of cell wall and cytosol fractions of lactic acid bacteria isolated from kimchi. *J Food Sci Nutr*, 3(4):329-333.
- Park KY, Rhee SH. 2005. Functional foods from fermented vegetable products: kimchi (Korean fermented vegetables) and functionality. In: *Asian functional foods*. (Shi J, Ho CT, Shahidi F eds.) CRC Press, Boca Raton, FL, USA, pp 341-380
- Park KY. 1995. The nutritional evaluation, and antimutagenic and anticancer effects of kimchi. *J Korean Food Sci Nutr*, 24:169-182
- Park KY, Ha JO, Rhee SH. 1996. A study on the contents of dietary fibers and crude fiber in kimchi ingredients and kimchi. *J Korean Food Sci Nutr*, 25:69-75
- Park KY, Cheigh HS. 2004. Kimchi. In: *Handbook of food and beverage fermentation technology*, (Hui YH, Goddik IM, Hansen AS, Josephsen J, Nip WK, Stanfield PS, Toldra F eds.) Marcel Dekker Inc, New York, pp 621-655
- Park SY, Jin HM, Lim HJ et al. 2013. Immunomodulatory effects of lactic acid bacteria isolated from kimchi on the function of mouse T cells. *Curr Top LAB Probiotics*, 1:133-137
- Park WS, Koo MJ, Ahn BH et al. 1994a. Standardization of kimchi-manufacturing process. Report of Korean Food Research Institute, Seoul, Korea, 0449
- Park WS, Lee IS, Han YS et al. 1994b. Kimchi preparation with brined Chinese cabbage and seasoning mixture stored separately. *Korean J Food Sci Technol*, 26(3):231-238
- Ray B, Bhunia A. 2008. *Fundamental food microbiology*, 4th edition. CRC Press, Boca Raton, FL, USA, pp 165-168
- Ruige JB, Dekker JM, Blum WF et al. 1999. Leptin and variables of body adiposity, energy balance, and insulin resistance in a population-based study. The Hoorn study. *Diabetes Care* 22(7):1097-1104
- Ryu BM. 2000. Effect of kimchi on inhibition of skin aging of hairless mouse. Doctoral degree thesis, Pusan National University, Busan, Korea.
- Ryu BM, Ryu SH, Lee YS et al. 2004. Effect of different kimchi diets on oxidation and photooxidation in liver and skin of hairless mice. *J Korean Soc Food Sci Nutr*, 33:291-298
- Ryu JC, Park KY. 2001. Anticlastogenic effect of baechu (Chinese cabbage) kimchi and Buchu (leek) kimchi in mitomycin C-induced micronucleus formations by supravital staining of mouse peripheral reticulocytes. *Environ Mut Carcino*, 21(1):51-56
- Seo BJ, Rather IA, Kumar VJR et al. 2012. Evaluation of *Leuconostoc mesenteroides* YML003 as a probiotic against low-pathogenic avian influenza (H9N2) virus in chickens. *J Appl Microbiol*, 113(1):163-171

- Shin KS, Chae OW, Park IC et al. 1998. Antitumor effects of mice fed with cell lysate of *Lactobacillus plantarum* isolated from kimchi. Korean J Biotechnol Bioeng, 13:357-363
- Sohn CI. 2002. Selected summary: the treatment of functional dyspepsia with red pepper. J Neurogastroenterol Motil 8(2):208-209
- Son K. 1991. Variety and use of kimchi. Korean J Diet Cult, 6:503-520
- Son TJ, Kim SH, Park KY. 1998. Antimutagenic activities of lactic acid bacteria isolated from kimchi. J Korean Assoc Cancer Prev, 3(3):65-74
- Wisselink HW, Weusthuis RA, Eggink G et al. 2002. Mannitol production by lactic acid bacteria: A review. Int Dairy J 12(2-3):151-161
- Wolf AJ, Underhill DM. 2018. Peptidoglycan recognition by the innate immune system. Nature Rev/Immunology, 18(4): 243. doi: 10.1038/nri.2017.136
- Won TJ, Kim B, Lim YT et al. 2011. Oral administration of *Lactobacillus* strains from kimchi inhibits atopic dermatitis in NC/Nga mice. J Applied Microbiology, 110:1195-1202
- Yang EJ, Chang HC. 2008. Antifungal activity of *Lactobacillus plantarum* isolated from kimchi. Korean J Microbiol Biotechnol, 36(4):276-284
- Yoon JY, Jung KO, Kil JH, Park KY. 2005. Antiobesity effect of major Korean spices (red pepper powder, garlic, and ginger) in rats fed high fat diet. J Food Sci Nutr 10(1):58-63
- Yun JY, Jeong JK, Moon SH, Park KY. 2014. Effects of brined cabbage and seasoning on fermentation of kimchi. J Korean Soc Food Sci Nutr 43(7):1081-1087
- Yoon JY, Jung KO, Kim SH, Park KY. 2004. Antiobesity effect of baek-kimchi (whitish baechu kimchi) in rats fed high fat diet. J Food Sci Nutr, 9:259-264

Received April 02, 2019; revised April 29, 2019; accepted April 30, 2019