

김치 첨가 크로켓의 이화학적 품질 특성 및 항산화 활성

김 태 준 · 서 정 희[†]

강원대학교 식품영양학과

Physicochemical Properties and Antioxidant Activities of *Kimchi*-added Croquette

Taejoon Kim and Jeonghee Surh[†]

Dept. of Food and Nutrition, Kangwon National University

ABSTRACT

A croquette added with heat-treated *kimchi* at 20% showing higher sensory preferences was analyzed for its physicochemical properties and antioxidant activity using a croquette without *kimchi* as a control. Compared with the control, *kimchi*-added croquette had 3.3-fold higher organic acids content ($p<0.001$), resulting in a significant reduction of pH ($p<0.001$) and higher metal chelating activity ($p<0.001$). Upon addition of *kimchi*, total reducing capacity increased from 109.4 to 139.4 $\mu\text{g/g}$ gallic acid equivalents ($p<0.01$), and DPPH radical scavenging activity also increased 2-fold, which corresponded to 54% of the electron-donating ability of 0.35 mM gallic acid. In addition, contents of free amino acids and γ -aminobutyric acid (GABA) appreciably increased by 1.6-fold ($p<0.01$) and 10-fold ($p<0.001$), respectively. This could be attributed to the ingredients of *kimchi* and/or enzymatic transformation of precursors by microorganisms during *kimchi* fermentation. *Kimchi*-added croquette was determined to be a good source of dietary fiber relative to its calorie content. Texture profile analysis showed no significant differences in hardness, springiness, cohesiveness, gumminess, and chewiness between the two croquettes with or without *kimchi*. Taken together, this study shows that utilization of heat-treated *kimchi* as a filling for croquette could be a good strategy to improve both the nutritional quality and antioxidant activity of croquette.

Key words : Croquette, *kimchi*, dietary fiber, GABA, antioxidant activity

서 론

크로켓(croquette)은 다진 고기나 채소에 삶아서 으갠 감자를 넣어 원통이나 원반 모양으로 성형한 후 튀겨낸 음식으로 (Wikipedia 2016), 크로켓 내부에 첨가되는 재료에 따라 다양한 제품이 가능하며, 튀김 음식 고유의 풍미로 인해 특히 어린이, 청소년층에 관능적 기호도가 높은 식품이다(Kim S 등 2013). 그러나 튀김(deep-fried) 음식은 조리 중 흡수되는 상당량의 기름으로 지방과 에너지 밀도가 높고, 저장 중 유해한 유지 산화물이 생성될 수 있어(Chang YS & Yang JH 2001), 일면 부정적으로도 인지되고 있다. 따라서 튀김 식품에 있어 현대인의 웰빙(well-being)에 대한 니즈(needs)를 충족시키기 위한 시도들은 대부분의 경우 튀김 공정 중 지방의 흡수를 줄일 수 있거나, 유지의 산화 안정성을 높일 수 있는 조리 조건들에 대한 탐색이 주를 이루었다(Chae YC 2005; Chang YS & Yang JH 2001; Choi IS 등 2011). 본 연구에서는 방향을 달리하여, 다양한 재료를 소(filling)에 적용할 수 있는 크로켓 고

유의 제조 특성을 살려 기능성 식품 소재를 크로켓에 선택적으로 첨가함으로써 소비자의 건강 지향적 니즈에 맞추고자 하였다. 구체적으로, 본 연구에서 크로켓에 추가하고자 한 식품 소재는 우리나라 대표 발효식품인 김치이다.

김치는 배추, 고추, 생강, 마늘, 파 등 식물성 식품 소재들을 주원료로 하므로, 식물 세포벽에 특이적으로 존재하는 상당량의 섬유소로 인해 한국인의 식이섬유 섭취의 주요 급원 식품이다(Park KY 등 1996). 한편, 식물들은 재배 중 혹은 수확 후 저장되는 동안 환경 변화에 대한 생리적 방어 체계로 아스코르브산, 카로티노이드, 파이토알렉신(phytoalexin), 플라보노이드 외 다양한 페놀성 물질들을 지속적으로 생성하여 축적할 수 있다(Brecht JK 등 2008). 최근, 이러한 종류의 피토케미칼들(phytochemicals)에서 확인된 항산화, 항암, 항염, 항균 등의 생리활성 결과들은 식물성 식품 소재를 주원료로 하는 김치를 기능성 건강식품으로 인지되게 한 과학적 근거를 제공해 주었다(Kim HY 등 2008; Kong YH 등 2007; Lee IH 등 2008). 특히 김치는 숙성 중 발효에 의해 고혈압, 비만 등 생활습관병과 관련된 위해인자들을 조절할 수 있는 γ -amino-butyric acid(GABA), 프로피온산(3-(4'-hydroxyl-3',5'-dime-

[†] Corresponding author : Jeonghee Surh, Tel: +82-33-540-3314, Fax: +82-33-540-3319, E-mail: jsurh@kangwon.ac.kr

thoxyphenyl) propionic acid) 등 새로운 대사체들을 생성할 수 있으며, 이와 관련된 다양한 젖산균들이 분리 동정되기도 하였다(Kim HY 등 2008; Lee HH & Kim GH 2013; Park SY 등 2013; Yu MH 등 2009). 이로써 한국인의 식생활에서 부식으로 자리매김해온 김치가 이제는 프리바이오틱스(prebiotics)와 프로바이오틱스(probiotics)를 함께 함유한 우수한 기능성 식품 소재로 재평가되고 있다. 실제로, 김치를 동결건조나 열풍건조 후 식품에 직접 첨가하거나(Han KH 등 2006; Lee JJ 등 2011; Lee MA 등 2008), 김치로부터 생리활성 성분과 관련된 유산균을 분리하여 식품에 첨가하여 새로운 발효식품을 제조하는 방식(Roh HJ & Kim GE 2009; Choi H 등 2013) 등으로 김치의 기능성을 식품에 부가하려는 연구들이 시도되고 있다. 또한, 김치의 풍부한 식이섬유와 우수한 기능성에도 불구하고, 과거에 비해 감소되고 있는 김치 섭취량을 회복하기 위한 시도로 김치의 관능적 기호도를 높일 수 있는 방안도 모색되고 있다(Ko YT & Baik IH 2002; Kim S 등 2013). 즉, 김치를 주재료로 하는 다양한 메뉴를 개발하여 학교 급식에 적용하고자 한 시도도 있었으며(Kim S 등 2013), 과숙한 김치의 부정적 관능 요소인 강한 신맛과 휘발성 냄새를 줄이기 위한 열처리 공정도 시도되었다(Ko YT & Baik IH 2002).

본 연구에서는 대표적 튀김 식품인 크로켓의 품질 특성을 향상시키기 위한 방안의 하나로 크로켓에 김치의 기능성을 부가하고자 하였다. 산업적 적용을 고려하여 김치 첨가 크로켓의 관능적 기호도를 우선적 충족요인으로 결정하였다. 즉, 숙성 정도와 열처리 유무에 따라 맛과 향 등 관능적 특성이 달라지는 김치 고유의 특성뿐 아니라, 크로켓과의 맛 조화도 고려하여 관능적 기호도가 높은 김치 첨가 크로켓을 제조하고자 하였다. 이 후 제조된 김치 첨가 크로켓의 품질 특성을 이화학적 특성 및 항산화 활성 측면에서 평가함으로써 기존 크로켓과의 차별성을 확보하고자 하였다.

재료 및 방법

1. 실험재료

본 실험에 사용된 김치 첨가 유무가 다른 크로켓은 ㈜한백푸드(Sokcho, Korea)로부터 진공 포장된 냉동식품 상태로 공급받았다. 공급자에 따르면, 자사의 게살 크로켓(붉은 대게살 8.3%, 우유 27.6%, 빵가루 27.6% 외 생크림, 양파, 마가린, 밀가루, 분유, 계란, 와인, 소금, 설탕, 닭분말 시즈닝, 후추)을 대조군으로 제공하였고, 게살 크로켓 제조 시 혼합된 동일한 원재료에 20%의 열처리 김치만을 추가로 더하여 제조한 크로켓을 김치 첨가 크로켓군으로 제공하였다. 대조군과 김치 첨가군 모두 크로켓 개당 중량은 55 g으로 동일하게 유지하였다. 공급받은 크로켓의 일부는 화학적 조성 및 항산화 활성 분석

을 위해 개봉 직후 바로 동결건조(FDU-1200, Eyela, Tokyo Rikakikai Co., LTD, Tokyo, Japan)하여 분석 전까지 -20°C 에서 보관되었다. 한편, 색도와 텍스처 등 조리 후 물리적 특성 분석을 위해 사용될 크로켓들은 진공 포장된 상태 그대로 -20°C 에서 보관되었다. 분석에 사용된 Folin-Ciocalteu's phenol reagent, gallic acid, 3-(2-pyridyl)-5,6-dihpenyl-1,2,4-triazine-*p,p'*-disulfonic acid monosodium salt hydrate(FerroZine™ iron reagent), ethylenediaminetetraacetic acid(EDTA), 2,2'-diphenyl-1-picrylhydrazyl(DPPH)은 Sigma-Aldrich(St. Louis, MO, USA)로부터 구입하였으며, sodium hydroxide(NaOH), sodium carbonate(Na_2CO_3), methanol, ethanol은 Showa Chemical Industry Co.(Tokyo, Japan)의 특급시약을 사용하였다. 시약 조제에는 탈염·탈이온수가 사용되었다.

2. 크로켓 김치 첨가량 결정

김치 크로켓군에 첨가될 최적의 김치 첨가량은 크로켓과 김치의 맛 조화를 고려하여 관능검사를 통해 결정하였다. 김치의 숙성 정도, 열처리 유무, 김치 첨가량에 따라 다양한 종류의 김치 크로켓을 제조한 후 20대 대학생 30명을 대상으로 5점 평점법(전체적 맛의 조화가 좋을수록 5점)으로 2회에 걸쳐 종합적 기호도(overall acceptability)를 평가하였다. 김치 첨가량 선정을 위해 관능평가에 사용된 크로켓들은 ㈜한백푸드(Sokcho, Korea)에서 다음의 과정에 따라 준비되었다. 먼저, 김치는 산도 측정을 통해 결정된 숙성 정도에 따라 덜 익은 김치(산도 0.29%), 익은 김치(산도 0.52%), 신 김치(산도 0.86%)의 3군으로 구분하였다. 각 김치는 다시 10분간 열처리를 거친 열처리 김치(Heat-treated)와 열처리를 하지 않은 생 김치(Untreated)로 구분하여 총 6종의 김치를 준비하였다. 이 후 대조군 크로켓 제조에 사용된 원재료들의 총량을 기준으로 하여 6종 김치 각각을 1%, 5%, 10%, 15%, 20%의 농도로 크로켓에 부가적으로 첨가함으로써 총 30종의 김치 첨가 크로켓을 제조하였다. 이 때, 김치 이외의 나머지 원재료들의 함량은 동일하게 유지하였다. 제조된 크로켓들은 공급처에서 제안한 조리법에 따라 튀김유(1.8 L soybean oil/ 2 L capacity)를 넣고 175°C 로 예열된 튀김기(DF 520, Huiyang Allan Plastic & Electric Industries Co. Huizhou, China)에서 5분 30초 동안 튀겨낸 후 식혀 기호도 평가에 사용하였다.

3. 일반성분 및 식이섬유 분석

김치 첨가 크로켓들 중 가장 높은 관능적 기호도를 나타낸 군과 대조군 크로켓이 이화학적 품질특성과 항산화 활성 평가를 위해 분석되었다. 크로켓의 수분 함량은 동결건조 전후의 무게 차이로 산출하였으며, 그 외 일반성분과 식이섬유는 동결건조 시료로 AOAC 방법에 준하여 분석하였다(AOAC

1990). 조단백질은 킬달 분해 장치(Digestion unit K-424, Buchi, Flawil, Switzerland), 증류 장치(Kjelflex K-360, Buchi), 적정 장치(702 SMTirino Metrohm, Buchi)를 연속적으로 사용하여 micro-Kjeldahl 법으로 질소를 분석한 후, 질소계수 6.25를 곱하여 산출되었다. 조회분은 회백색의 회분이 얻어질 때까지 시료를 600℃ 회화로(MF31G, Jeio Tech, Gimpo, Korea)에서 완전히 회화시킨 직접회화법으로 분석하였다. 조지방은 diethyl ether를 추출 용매로 하여 Soxhlet 장치(E-816, Buchi)로 추출하여 정량하였다. 탄수화물은 100-(수분+조회분+조단백질+조지방)의 식으로 차감법으로 산출하였다. 식이섬유는 열에 안정한 효소들(amylase, protease, amyloglucosidase)을 시료에 처리한 분해(digestion) 단계와 ethanol을 가하여 식이섬유를 침전시킨 단계, 여과(filtration) 단계(Fibertec System E 1023 Filtration Module, Foss, Switzerland)를 순차적으로 거친 후 얻어진 반응물에서 잔존하는 회분과 단백질을 정량하여 차감함으로써 산출되었다.

4. 나트륨과 염도 분석

김치 첨가로 인한 나트륨(Na) 상승 여부를 확인하기 위해 대조군과 김치 첨가군의 나트륨과 염도를 분석하였다. 먼저, 나트륨 분석을 위해 동결건조 시료 0.2 g에 H₂O₂ 2 mL, HNO₃ 7 mL를 가한 후 마이크로파 시료용해장치(Microwave Digestion System, Ethos Touch Control, Milestone Inc, Sorisole, Italy)로 다음의 온도 조건으로 분해 추출하였다. 시료의 온도를 3분 동안 85℃까지 상승시키고, 이후 9분 동안 145℃까지 상승시킨 후 다시 4분 동안 180℃까지 올려 15분간 유지시켰다. 분해된 시료를 증류수로 20배 희석한 후 ICP-AES(Inductively Coupled Plasma-Atomic Emission Spectrometer, Vista-Pro, Varian, Belrose, Australia)에 주입하여 reflected power는 1.2 kW, flow gas는 argon, plasma flow는 15 L/min, auxiliary gas flow rate는 1.5 L/min, nebulizer gas flow rate는 0.7 L/min의 조건으로 588.995~589.592 nm에서 multi-channel detector(Simultaneous polychromators, Echelle polychromator)를 거쳐 분석하였다. Na 농도는 0~10 ppm농도 범위에서 표준물질 3점을 이용하여 작성된 표준곡선의 회귀직선방정식으로 계산되었다. 한편, 염도 분석을 위해 동결건조 시료 0.5 g에 증류수 25 mL를 첨가하여 homogenizer(Wise Mix Hg-15, Daihan Scientific, Seoul, Korea)로 1분간 교반하고, 원심분리기(5810R, Eppendorf, Hamburg, Germany)로 3,061×g에서 10분간 원심분리하여 상층액을 얻었다. Mohr법에 따라 상층액에 10% K₂CrO₄ 1 mL를 지시약으로 가하고, 표준용액 0.01 N AgNO₃을 적가하여 적갈색의 난용성 침전이 형성될 때까지 적정하였다.

5. pH, 수용성 고형분, 산도 분석

염도 분석과 동일한 전처리를 거쳐 얻어진 상층액으로 pH (pH meter 725P, Istek, Seoul, Korea), 수용성 고형분(soluble solid), 산도(titratable acidity)를 측정하였다. 수용성 고형분은 상층액의 굴절률(refractometer, N-1a, Atago, Tokyo, Japan)을 측정된 후 당의 농도(Degrees Brix, °Bx)로 나타내었으며, 증류수에 의한 희석배수는 측정된 값에 별도로 반영하지 않았다. 산도는 상층액을 0.005 N NaOH로 중화적정하여 소모된 NaOH 부피로부터 시료의 총산 함량을 김치 속 대표 유기산인 젖산(lactic acid, 90.08 g/mol)함량으로 산출하였다.

6. 아미노산 분석

아미노산 분석을 위한 전처리는 Hitachi사에서 공급한 매뉴얼에 수록된 방법을 일부 변형하여 수행하였다(Instruction manual, Hitachi, 2001). 먼저, 구성아미노산 분석을 위한 전처리는 시료 약 400~500 mg에 6 N HCl를 약 10 mL 첨가한 후 110℃에서 22시간 동안 가수분해하였다. 이후 진공 농축과 건조과정을 통해 HCl을 제거하였고, 증류수를 첨가하여 100 mL로 정용한 후 0.45 µm Syringe filter(AD. 13CP045AS, Advantec, Houston, TX, USA)로 여과시켜 아미노산 분석기(Hitach L-8800 Amino acid, Hitachi, Tokyo, Japan)에 주입하였다. 유리아미노산 분석을 위해서는 50 mL 원심분리관에 시료 약 5 g과 70% 에탄올 30 mL를 넣어 1시간 동안 교반한 후 10 min 동안 방치시켰다. 이 추출물을 15,000 rpm에서 15 min 동안 원심분리한 후, 상층액을 농축플라스크로 옮기고, 남은 침전물에는 70% 에탄올 25 mL를 넣어 교반과 원심분리 과정을 2회 추가 반복하여 얻어진 상층액을 모두 합하였다. 농축플라스크에 모은 추출액을 진공농축한 후, 증류수를 첨가하여 150 mL로 정용하고, 0.45 µm Syringe filter(AD. 13-CP045AS, Advantec)로 여과한 후 아미노산 분석기(Hitach L-8800 Amino acid, Hitachi)에 주입하였다. 각 시료를 이온교환수지 컬럼(Ion Exchange column, lithium form, 4.6 mm×60 mm)에 통과시킨 후 다양한 pH와 이온강도를 가진 buffer를 컬럼에 흘려 아미노산들을 분리하였다. 이들 아미노산을 고온의 reaction coil에서 ninhydrin과 반응시켜 발색 화합물을 형성시켰다. 570 nm와 440 nm의 파장에서 흡광도를 측정함으로써 각 아미노산들을 정량하였다. 컬럼 오븐 온도는 30~70℃, 반응코일 온도는 135℃, 유속은 0.35 mL/min, 시료 주입액은 20 µL이었다. 시료 속 아미노산의 함량은 표준용액 1점을 주입하여 얻어진 크로마토그램을 이용하여 농도와 면적의 비례식을 이용하여 계산되었다.

7. 조리 후 크로켓의 색도와 텍스처(Texture)

공급자가 제안한 조리법에 따라 크로켓을 조리한 후, 색차계(CR400, Konica Minolta Sensing, Osaka, Japan)를 사용하

여 명도(L, lightness), 적색도(a, redness), 황색도(b, yellowness)를 측정하였다. 표준 백색판을 이용하여 calibration한 후, L 값은 0(검정색)에서 100(흰색)까지, a 값(적색도)은 -80(녹색)에서 100(적색)까지, b 값(황색도)은 -70(청색)에서 70(황색)까지의 범위에서 색도를 측정하였으며, 모든 시료는 개별 시료에 대해 측정 부위를 달리하여 6회 반복 측정하여 평균값±표준편차로 결과를 나타내었다. 조리된 크로켓의 물성은 Texture Analyzer(Instron 5542, Instron, Norwood, USA)를 사용하여 직경 50 mm의 원형 probe로 2회 반복 압착실험(two-bite compression test)으로 측정하였다. Pre-test speed 50.0 mm/min, test speed 3.3 mm/sec, post-test speed 50.0 mm/min의 실험 조건으로 측정하였으며, 결과는 force-time curve로 나타내었다.

8. 크로켓의 총 환원력과 금속 소거능 측정

동결건조 시료 3 g에 70%(v/v) 메탄올 30 mL를 가하여 25 °C의 shaking water bath(BS-21, Jeio Tech)에서 150 rpm의 회전속도로 12시간 동안 추출하였다. 이후 3,061×g에서 10분간 원심분리(5810R, Eppendorf)하여 상층액을 회수한 후 여과지(Whatman qualitative filter paper No.2, Whatman, Marlborough, USA)로 여과시켰다. 여기서 얻어진 70% 메탄올 추출물을 항산화 활성 평가에 사용하였다. 총 환원력은 페놀성 및 비페놀성 환원 물질이 염기적 조건에서 Folin-Ciocalteu's reagent에 전자를 전달하여 발색물질을 형성하는 원리를 바탕으로 한 Folin-Ciocalteu's reagent 법(Singleton VL 등 1999)으로 측정하였다. 추출액 1 mL에 10% NaCO₃와 Folin-Ciocalteu's reagent를 각각 1 mL씩 가하고, vortexing한 후 실온에서 1시간 정치시켰다. 이후 3,061×g에서 10분간 원심분리(5810R, Eppendorf)하여 spectrophotometer(UV-1650, Shimadzu, Kyoto, Japan)로 700 nm에서 흡광도를 측정하였다. 시료의 총 환원력은 대표적 환원물질인 갈산(gallic acid)을 표준물질로하여 갈산 당량(gallic acid equivalents, GAE)으로 나타내었다. 한편, 금속 소거능은 Fe²⁺가 ferrozine과 complex를 형성하여 생성된 발색물질의 양을 추출물이 감소시키는 정도로 측정되었다(Chew YL 등 2009). 메탄올 추출물 100 µL에 1 mM FeCl₂ 40 µL를 넣어 5분간 반응시킨 후 1.2 mM Ferrozine 2 mL를 가하여 vortexing함으로써 반응을 개시시켰다. 실온에서 10분 동안 반응 후 562 nm에서 흡광도(UV-1650, Shimadzu)를 측정하였다(A₁). Blank로는 메탄올 추출물 대신 증류수를 사용하여 동일한 실험방법으로 흡광도를 얻었다(A₀). 금속 소거능은 blank와 비교하여 메탄올 추출물에 의해 감소된 흡광도의 비율로 계산되었다(Metal chelating activity(%)) = 100×(A₀-A₁)/A₀. 크로켓의 금속 소거능 크기를 가늠하기 위해 2.0 mM EDTA의 금속 소거능을 함께 측정하여 비교하였다.

9. 크로켓의 전자공여능

크로켓의 전자공여능은 DPPH 라디칼 소거능으로 측정되었다(Brand-Williams W 등 1995). 70% 메탄올 추출액 500 µL에 0.2 mM DPPH(in ethanol) 1 mL를 첨가하여 5초 동안 격렬하게 교반하였다. 반응액을 실온의 어두운 곳에 보관하면서 반응 개시15분 이후부터 5분 간격으로 525 nm에서 흡광도(Eon, BioTek, Vermont, USA)를 측정하였다. DPPH 라디칼 소거능은 금속 소거능과 동일한 방법으로 산출되었으며, 결과는 시간에 따른 라디칼 소거능의 변화로 나타내었다. 0.35 mM gallic acid의 DPPH 라디칼 소거능을 함께 측정하여 크로켓의 라디칼 소거능과 비교하였다.

10. 통계처리

김치 첨가 크로켓과 대조군 크로켓의 이화학적 특성 및 항산화 활성은 3회 이상 반복 측정되었으며, 결과는 평균과 표준편차로 나타내었다. 두 시료 간의 유의적 차이는 *t*-test(Microsoft Office Excel, Redmond, WA, USA)로 검증하였다.

결과 및 고찰

1. 크로켓 김치 첨가량 결정

크로켓에 첨가할 김치의 최적 함량은 크로켓 고유의 느끼한 맛과 김치 특유의 강한 향미가 관능적으로 서로 조화될 수 있는 조건을 기준으로 하고자 하였다. 따라서 숙성 정도 및 열처리 유무에 따라 맛이 달라지는 김치의 특성을 반영하여 1, 5, 10, 15, 20%로 농도를 달리하여 김치 크로켓을 제조한 후 종합적 기호도를 평가하였다. 그 결과(Fig. 1), 관능평가자들은 잘 익어 먹기 좋은 상태로 인지되었던 산도 0.52%의 김치를 열처리하여 첨가한 김치 크로켓에 상대적으로 높은 종합적 기호도를 부여해 주었다. 또한 5개의 첨가량 범위 안에서는 첨가량이 많을수록 크로켓과 김치 맛의 전반적 조화가 높은 것으로 평가되었다. 이 결과에 따라, 이후의 김치 첨가 크로켓의 이화학적 품질 특성과 항산화 활성 연구에는 산도 0.52%의 잘 익은 김치를 열처리하여 20%로 첨가한 김치 크로켓이 김치 무첨가 크로켓과 비교되어 평가되었다.

2. 김치 크로켓의 화학적 조성

김치 첨가 유무가 다른 두 크로켓의 일반성분 분석 결과(Table 1), 수분, 조회분, 조지방 함량은 유의적으로 다르지 않았으나, 단백질(*p*<0.01)과 식이섬유(*p*<0.01) 함량은 김치 첨가 크로켓이 유의적으로 높은 특성을 나타내었다. 특히 김치 크로켓의 식이섬유 함량은 대조군보다 1.6배 높았으며, 이로 인해 김치 크로켓 1개(55 g)는 성인(19~64세) 남녀 기준으로 '1일 열량 필요추정량'의 4.1~5.9%의 칼로리로 '1일 식

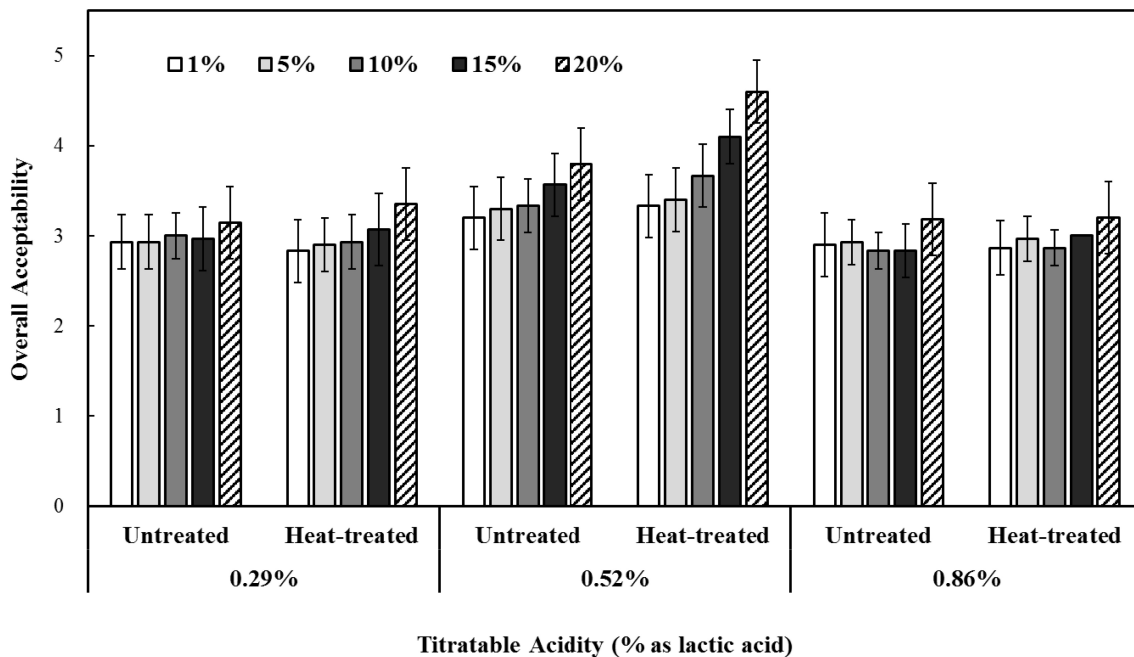


Fig. 1. Overall acceptability of kimchi-added croquette depending on the titratable acidity and heat treatment of kimchi.

Table 1. Proximate compositions of croquette added with kimchi

Composition (%)	Control	Kimchi-added	Significance ¹⁾
Moisture	60.38±1.55	59.15±0.11	NS
Protein	5.33±0.01	5.44±0.03	**
Ash	0.77±0.04	0.93±0.13	NS
Fat	6.51±0.72	6.92±0.40	NS
Carbohydrate	27.01	27.56	2)
Dietary fiber	4.09±0.04	6.35±0.08	***

¹⁾ ** and *** represent significant difference between values within a same row at $p < 0.01$ and $p < 0.001$, respectively. NS means not significant.

²⁾ Carbohydrate content was calculated by a following equation; $100 - (\text{moisture} + \text{protein} + \text{ash} + \text{fat})$, here moisture, protein, ash, and fat are the average contents of triplicate analysis. Therefore, statistical significance is not applicable.

이섬유소 충분섭취량'의 14.0~17.5%를 공급해주는 '칼로리 대비 식이섬유소의 기여도'가 높은 식품으로 평가되었다.

한편, 김치 첨가로 인한 Na와 염 함량의 변화를 확인한 결과(Table 2), 김치 크로켓의 Na 함량은 유의적이지는 않았으나, 김치 무첨가군인 대조군보다 높은 경향을 나타내었으며, 이에 따라 Mohr 법으로 측정된 염 함량 역시 대조군과 김치 첨가군 각각에서 0.67%와 0.76%로 나타나, 김치 첨가군에서 상대적으로 높았다($p < 0.01$). 또한, 대조군에서 측정된 유기산

Table 2. Taste-related chemical compositions of croquette added with kimchi

Composition	Control	Kimchi-added	Significance ¹⁾
Na (%) ²⁾	0.21±0.01	0.27±0.02	NS
Salinity (%) ³⁾	0.67±0.02	0.76±0.00	**
Titratable acidity (% as lactic acid)	1.44±0.00	4.76±0.11	***
pH	6.62±0.08	6.06±0.04	***
Soluble solid (°Brix)	0.89±0.00	0.89±0.00	NS

¹⁾ ** and *** represent significant difference between values within a same row at $p < 0.01$ and $p < 0.001$, respectively. NS means not significant.

^{2), 3)} Na and salinity were determined by ICP-MS and chloride Mohr titration, respectively.

함량은 젖산 기준으로 1.44%이었으나, 김치 첨가 후 유기산 함량이 4.76%로 대조군 대비 3.3배 증가하였다($p < 0.001$, Table 2). 이로 인해 김치 첨가군(pH 6.06)은 대조군(pH 6.62)보다 유의적으로 낮은 pH를 나타내었다($p < 0.001$, Table 2). 그러나 당, 염, 산 등 수용성 물질들이 유발하는 굴절률로 측정된 수용성 고형분 함량은 김치 첨가에 의해 유의적으로 변화하지 않았다(Table 2).

김치 크로켓은 총 질소(total nitrogen)로 측정된 조단백질 함량이 대조군에 비해 유의적으로 높았으나($p < 0.01$, Table 1), 총 아미노산 함량은 4,216.9 mg%로 대조군(4,258.5 mg%)과

유의적으로 다르지 않았으며(Table 3), 각각 조단백질 함량의 77.5%와 79.9%를 차지하였다. 이러한 차이는 김치 첨가로 크로켓에 비단백질소(non-protein nitrogen; NPN)가 증가하였음을 시사해준다. 실제로 아미노산과 동시정량된 대표적 비단백질소 화합물인 urea($p<0.01$), ethanolamine($p<0.001$), phosphoethanolamine($p<0.001$) 등은 대조군보다 김치 크로켓에서 유의적으로 더 높았다. 한편, 아미노산 조성 분석 결과(Table 3), 김치 크로켓에서 유리아미노산($p<0.01$)과 GABA(γ -amino-n-butyric acid, $p<0.001$) 함량이 대조군 대비 유의적으로 증가한 것은 주목할만한 변화였다. 특히 혈압강화 가능성이 알려진 신경전달물질인 GABA의 경우 100 g 크로켓 당 대조군 1.2 mg, 김치 첨가군 12.5 mg으로 10배의 유의적 증가를 나타내었다. 이는 김치 첨가에서 기인한 것으로, 숙성 중 미생물의 효소적 작용으로 결합형 물질이 유리형으로 전환되거나,

Table 3. Amino acids (AA) composition and non-protein nitrogen (NPN) compounds of croquette added with kimchi

Composition (mg%)	Control	Kimchi-added	Significance ²⁾	
Total AA	4,258.5±112.0 (100) ¹⁾	4,216.9±75.8 (100)	NS	
Bound AA	4,178.1±112.9 (98.1±0.1)	4,090.9±77.8 (97.0±0.1)	NS (**)	
Free AA	80.4±0.9 (1.9±0.1)	125.9±2.1 (3.0±0.1)	** (**)	
AA	Essential AA	1,152.7±24.9 (27.1±0.1)	1,159.1±41.0 (27.5±1.5)	NS (NS)
	Non-essential AA	3,105.8±87.1 (72.9±0.1)	3,057.8±116.8 (72.5±1.5)	NS (NS)
	γ -Amino-n-butyric acid (GABA)	1.2±0.0 (0.03±0.00)	12.5±0.2 (0.30±0.01)	*** (***)
NPN	Urea	19.1±0.0 (0.45±0.01)	30.5±1.3 (0.72±0.02)	** (**)
	Ammonia	157.1±3.7 (3.69±0.01)	158.3±12.2 (3.75±0.22)	NS (NS)
	Ethanolamine	1.1±0.0 (0.02±0.00)	1.6±0.0 (0.04±0.00)	*** (***)
	Phosphoethanolamine	0.0±0.0 (0.00±0.00)	5.7±0.2 (0.14±0.01)	*** (**)

¹⁾ Value in parenthesis is a relative percentage to the content of total amino acids.

²⁾ ** and *** represent significant difference between values within a same row at $p<0.01$ and $p<0.001$, respectively. NS means not significant.

저분자로 분해되는 발효식품 고유의 특성과 관련될 수 있다. 실제로 김치에서 분리된 다양한 젖산균들에서 높은 glutamic acid decarboxylase 활성과 함께 상당량의 GABA 생성이 보고되었다(Lee HH & Kim KH 2013; Park SY 등 2013).

3. 김치 크로켓의 물리적 특성

동일한 조건으로 조리한 후 외관상 관찰된 크로켓은 김치 첨가군이 대조군에 비해 다소 어둡고 상대적으로 더 짙은 갈색을 나타내었다. 그러나 기계적으로 측정된 색 특성에서 김치 첨가군은 명도(L)와 황색도(b)에서 대조군과 유의적으로 다르지 않았으며, 다만 적색도(a)에서 김치 첨가군이 유의적으로($p<0.05$) 높았다(Table 4). 이는 고춧가루에 의해 가장 크게 영향을 받는 김치 고유의 적색에서 기인한 것으로 보인다(Ku KH 등 2003; Lee MA 등 2008). 한편, TPA로 측정된 크로켓의 물성은 대조군과 김치 첨가군 사이에 유의적 차이가 없었다(Fig. 2). 즉, Fig. 2의 force-time curve로부터 산출된 경도(hardness), 탄력성(springiness), 응집성(cohesiveness) 값들과 이 값들로부터 계산된 물성지수인 점착성(hardness×cohesiveness)과 저작성(hardness×cohesiveness×springiness) 모두에서 대조군과 김치 첨가군이 유의적으로 다르지 않아, 김치 첨가로 인한 크로켓 물성의 유의적 변화가 없었음을 확인해 주었다.

4. 김치 크로켓의 항산화 활성

크로켓 매탄올 추출물의 총 환원력을 측정한 결과(Table 5), 김치 크로켓은 건조중량 기준으로 총 환원력이 139.4 GAE μ g/g으로 무첨가군(109.4 GAE μ g/g)보다 유의적으로 높았다($p<0.01$). 이는, 김치 첨가에서 기인한 것으로 김치 부재료들 고유의 페놀성 및 비페놀성 환원물질들과 발효·숙성 중 미생물의 효소작용에 의해 환원물질이 새로이 생성되었거나, 생물학적 이용도(bioavailability)가 증가한 결과로 일부 해석될 수 있다(Park JM 등 2011; Park SY 등 2013). 크로켓의 금속 소거능 역시 김치 첨가 후 41.3%에서 63.0%로 유의적으로($p<0.001$) 증가하였다. 금속 소거능 측정을 위해 첨가된

Table 4. Color properties of kimchi-added croquette after cooking

Color property	Control	Kimchi-added	Significance ¹⁾
L (lightness)	49.35±1.28	48.73±2.02	NS
a (redness)	9.62±0.43	11.11±0.46	*
b (yellowness)	35.82±0.96	36.23±1.18	NS

¹⁾ * represents significant difference between values within a same row at $p<0.05$. NS means not significant.

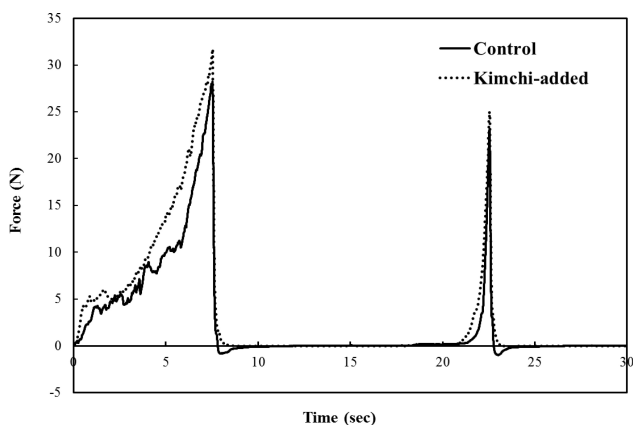


Fig. 2. Texture profile analysis of croquette added with kimchi.

Measurement by two-bite compression test was made three times, and most representative graph was taken for each sample.

Table 5. Antioxidant activities of croquette added with kimchi

Antioxidant activity	Control	Kimchi-added	Significance ¹⁾
Total reducing capacity (μg gallic acid/ g dry wt.)	109.4 \pm 2.7	139.4 \pm 7.0	**
Metal-chelating activity ²⁾	41.3 \pm 1.3	63.0 \pm 3.5	***

¹⁾ ** and *** represent significant difference between values within a same row at $p < 0.01$ and $p < 0.001$, respectively.

²⁾ Metal-chelating activity of 2.0 mM EDTA used for comparison was 98.0 \pm 1.3%.

Fe^{2+} 등 양이온의 전이금속을 소거할 수 있는 물질들은 이들과 강한 정전기적 인력으로 결합할 수 있는 음전하의 유기산들이다. 실제로 김치 첨가로 크로켓의 유기산 함량은 3.3배나 유의적으로 증가하였다(Table 2). 김치 속 *o*-coumaric acid와 ferulic acid 등 페놀산(phenolic acids) 형태의 유기산들이 (Park JM 등 2011) 금속 소거능뿐 아니라, 수소공여능 등 우수한 환원력을 지닌다는 점을 고려하면 이 결과는 김치 크로켓의 증가된 총 환원력 결과와도 연관될 수 있다. 한편, 금속 소거능을 대표적 금속 킬레이터로 알려진 EDTA와 비교한 결과, 김치 크로켓의 금속 소거능은 2.0 mM EDTA가 지닌 금속 소거능(98.0%)의 64%에 상응하는 활성으로 확인되었다.

라디칼 소거활성 측정을 위해 크로켓 메탄올 추출물과 DPPH 라디칼을 반응시켰을 때(Fig. 3), 15분 경과 후 대조군과 김치 첨가군 각각은 첨가된 라디칼의 14.1%와 27.4%를 소거함으로써 김치 첨가에 의해 크로켓의 라디칼 소거활성이 2배가량 증가하였음을 보여주었다. 특히 김치 첨가군은 모니터링 시간 전반에 걸쳐 대조군에 비해 현저하게 높은 라

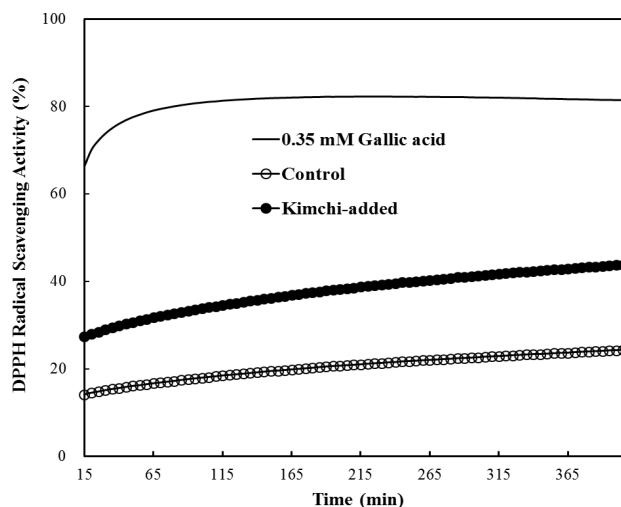


Fig. 3. Kinetics of the DPPH radical scavenging activity of Kimchi-added croquette as a function of time.

0.35 mM gallic acid and a control croquette without kimchi were used for comparison.

디칼 소거활성을 나타내었다. 이는 김치 첨가로 크로켓 내부에서 DPPH 라디칼에 수소를 공여해줄 수 있는 물질들이 증가하였음을 시사해준다. 페놀성 물질들의 공명구조 형성능력과 아스코르브산의 탁월한 수소 공여능을 고려하면, 김치 첨가로 크로켓에 부가된 이러한 환원성 물질들이(Table 5) 크로켓의 라디칼 소거활성을 증가시킨 것으로 해석된다. 한편, 김치 크로켓의 라디칼 소거활성은 동일한 조건에서 측정된 0.35 mM gallic acid 전자공여능의 54%에 상응하는 활성으로 확인되었다.

요약 및 결론

김치의 숙성 정도, 열처리 유무, 첨가량을 달리하여 제조된 크로켓들 중 관능적 기호도가 가장 높았던 김치 크로켓은 산도 0.52%의 김치를 열처리하여 20% 첨가한 크로켓이었다. 종합적 기호도가 높았던 이 김치 크로켓의 품질 특성을 김치 무첨가 크로켓을 대조군으로 하여 이화학적 특성과 항산화 활성 측면에서 평가하였다. 김치 크로켓은 대조군에 비해 당백질($p < 0.01$)과 식이섬유($p < 0.001$)가 유의적으로 높았으며, 특히 영양 평가 결과, ‘칼로리 대비 식이섬유 기여도’가 높은 식품으로 확인되었다. 김치 첨가로 크로켓의 염도는 대조군의 1.1배 수준에 불과하였으나, 유기산 함량은 대조군의 3.3배로 유의적 증가를 나타내었다($p < 0.001$). 김치 크로켓에서 관찰된 높은 유리 아미노산($p < 0.01$)과 GABA($p < 0.001$) 함량은 미생물의 효소 작용이 관여하는 발효식품 고유의 특성에서 기인한 것으로 김치 첨가가 주 요인으로 해석되었다. 크로켓 메탄올 추출물의 항산화 활성을 평가한 결과, 김치 첨가

군은 대조군에 비해 총 환원력($p<0.01$), 금속 소거능($p<0.001$), DPPH 라디칼 소거활성 모두 유의적으로 높았다. 이는 페놀산, 아스코르브산 등의 유기산들을 상당량 함유한 김치 첨가로 인하여 크로켓 내부에 페놀성 및 비페놀성 환원물질이 증가한 결과로 해석되었다. 한편, 조리 후 TPA로 측정된 크로켓의 물리적 특성에서 김치 크로켓은 경도, 탄력성, 응집성, 점착성, 저작성 모두 대조군과 유의적으로 다르지 않았다. 이에 따라 관능적 기호도가 우수했던 20% 김치 첨가 크로켓은 물리적 특성에 부정적 영향 없이 식이섬유, GABA, 항산화 활성이 강화된 식품으로 평가되었다.

REFERENCES

- AOAC (1990) Official Methods of Analysis of AOAC Intl. 15th ed. Association of Official Analytical Chemists, Washington, DC. p 788.
- Brand-Williams W, Cuvelier ME, Berset C (1995) Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. *Lebensm Wiss Technol* 28(1): 25-30.
- Brecht JK, Ritenour MA, Haard NF, Chism GW (2008) Postharvest physiology of edible plant tissues. pp 975-1049. In: Food Chemistry. Damodaran S, Parkin KL, Fennema OR (eds). CRC Press, Boca Raton, FL, USA.
- Chae YC (2005) Quality characteristics of pork cutlet by cooking method. *Korean J Food Cookery Sci* 21(4): 490-495.
- Chang YS, Yang JH (2001) Oxidative stability of tallow heated by different frying conditions. *Korean J Postharvest Sci Technol* 8(3): 331-337.
- Chew YL, Goh JK, Lim YY (2009) Assessment of *in-vitro* antioxidant capacity and polyphenolic composition of selected medicinal herbs from *Leguminosae* family in Peninsular Malaysia. *Food Chem* 116(1): 13-18.
- Choi H, Lee H, Yoon S (2013) Fermentation of rice flour with *Weissella koreensis* HO20 and *Weissella kimchii* HO22 isolated from *kimchi* and its use in the making of *jeolpyeon*. *Korean J Food Cookery Sci* 29(3): 267-274.
- Choi IS, Choi SK, Lee YS (2011) Analysis of free fatty acid formation and oxidative rancidity for deep frying oil produced by traditional and modified fryers. *Korean J Culinary Research* 17(4): 316-325.
- Han KH, Park JK, Lee CH (2006) Manufacture and product evaluation of fermented sausages inoculated with freeze-dried *kimchi* powder and starter culture. *Korean J Food Sci Ani Resour* 26(4): 486-490.
- Kim HY, Noh JS, Song YO (2008) Inhibition effect of 3-(4'-hydroxyl-3',5'-dimethoxyphenyl) propionic acid in *kimchi* with anti-atherogenic activity on the accumulation of lipids in the organs of ApoE^(-/-) mice. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 37(11): 1415-1421.
- Kim S, Kim MJ, Kim HJ, Song YO (2013) Development and evaluation of *kimchi* menus for elementary school food service. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 42(7): 1148-1156.
- Ko YT, Baik IH (2002) Changes in pH, sensory properties and volatile odor components of *kimchi* by heating. *Korean J Food Sci Technol* 34(6): 1123-1126.
- Kong YH, Cheigh HS, Song YO, Jo YO, Choi SY (2007) Anti-obesity effects of *kimchi* tablet composition in rats fed high-fat diet. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 36(12): 1529-1536.
- Ku KH, Cho MH, Park WS (2003) Characteristics analysis for the standardization of commercial *kimchi*. *Korean J Food Sci Technol* 35(2): 316-319.
- Lee HH, Kim GH (2013) Changes in the levels of γ -aminobutyric acid and free amino acids during *kimchi* fermentation. *Korean J Food Cookery Sci* 29(6): 671-677.
- Lee IH, Lee SH, Lee IS, Park YK, Chung DK, Choue R (2008) Effects of probiotic extracts of *kimchi* on immune function in NC/Nga mice. *Korean J Food Sci Technol* 40(1): 82-87.
- Lee JJ, Jung HO, Lee MY (2011) Development of *dduk-galbi* added with ripened Korean cabbage *kimchi*. *Korean J Food Sci Ani Resour* 31(2): 304-310.
- Lee MA, Han DJ, Choi JH, Choi YS, Kim HY, Jeong JY, Paik HD, Kim CJ (2008) Effect of hot air dried *kimchi* powder on the quality characteristics of low-fat sausages. *Korean J Food Sci Ani Resour* 28(2): 146-153.
- Park JM, Shin JH, Gu JG, Yoon SJ, Song JC, Jeon WM, Suh HJ, Chang UJ, Yang CY, Kim JM (2011) Effect of antioxidant activity in *kimchi* during a short-term and over-ripening fermentation period. *J Biosci Bioeng* 112(4): 356-359.
- 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 Soc Food Nutr* 25(1): 69-75.
- Park SY, Shim HY, Kim KS, Lim SD (2013) Physiological characteristics and GABA production of *Lactobacillus plantarum* K74 isolated from *kimchi*. *Korean J Dairy Sci Technol* 31(2): 143-152.
- Roh HJ, Kim GE (2009) Fermentation of *Cucurbita maxima* extracts with microorganisms from *kimchi*. *KSBB J* 24(2):

149-155.

Singleton VL, Orthofer R, Lamuela-Raventos RM (1999) Analysis of total phenols and other oxidation substrates and antioxidants by means of Folin-Ciocalteu reagent. *Method Enzymol* 299C: 152-178.

Wikipedia (2016) <https://en.wikipedia.org/wiki/Croquette>. Accessed October 5, 2016

Yu MH, Im HG, Im NK, Hwang EY, Choi JH, Lee EJ, Kim

JB, Lee IS, Seo HJ (2009) Anti-hypertensive activities of *Lactobacillus* isolated from *kimchi*. *Korean J Food Sci Technol* 41(4): 428-434.

Date Received	Oct. 10, 2016
Date Revised	Nov. 2, 2016
Date Accepted	Nov. 2, 2016