

강황을 첨가한 팬 프라이링 화전의 품질 특성과 산화방지활성

한아름 · 서정희*
강원대학교 식품영양학과

Quality characteristics and antioxidant activities of pan-fried *Hwajeon* added with curcuma as a functional ingredient

Areum Han and Jeonghee Surh*

Department of Food and Nutrition, Kangwon National University

Abstract Curcuma powder, having a significantly higher electron donating ability than glutinous rice flour ($p < 0.001$), was added into *hwajeon* at 0-5% concentrations. There was no significant difference in the moisture content of *hwajeon* depending on the curcuma content, which was attributed to a similar water-holding capacity of curcuma powder and glutinous rice flour when subjected to hot water. As the curcuma content increased, the redness of dough and *hwajeon* increased, and the lightness of *hwajeon* decreased to a higher degree than that of dough. With the addition of curcuma, hardness of *hwajeon* increased and its adhesiveness decreased, presumably due to the increased content of amylose relative to amylopectin. Sensory evaluation revealed that the strong flavor of curcuma was a negative determinant of the preference for *hwajeon*. Nevertheless, total reducing capacity and 2,2'-diphenyl-1-picrylhydrazyl radical scavenging activity increased in proportion to the curcuma content in *hwajeon* ($p < 0.001$).

Keywords: curcuma, *hwajeon*, water-holding capacity, sensory evaluation, antioxidant activity

서 론

최근 생명공학의 발달로 한국인의 평균수명이 연장됨에 따라 우리 사회는 65세 이상의 고령 인구가 10%를 넘어선 고령화 사회가 되었다(1). 고령화에 따라 고혈압, 비만, 당뇨 등의 만성질환 유병률이 증가하고 있으므로, 현대인들은 노년층 진입 이전부터 '건강수명'을 증진시킬 수 있는 신체활동이나 영양관리 등 생활 속 실천전략들에 높은 관심을 보이고 있다. 이에 따라 '건강기능성', '고령친화', '연령통합' 등은 건강한 실버세대를 위한 사전 예방적 건강증진이라는 측면에서 성장 가능성과 시장성이 담보된 식품 개발 키워드가 되고 있다(2,3). 본 연구에서는 '건강기능성'에 대한 소비자 요구를 반영한 건강한 먹거리 개발의 일환으로 강황을 기능성 식소재로, 화전을 적용대상 식품으로 선택하였다.

강황(*Curcuma longa* L.)은 생강과(Zingiberaceae)에 속하는 다년생 식물로 94% 이상이 인도에서 재배, 생산되고 있으며 한반도의 중·남부지역에서도 일부 재배되고 있다. 주로 한약재와 염료로 많이 활용되고 있으며(4) 식품에서는 노란색을 부여하는 천연 색소로 카레 등의 착색성 식품원료로 사용되고 있다. 강황의 주요 색소 성분인 쿠쿠민(curcumin)은 폐놀기와 수산기를 지니고 있어, 폐놀성 물질의 구조적 특성에서 기인한 항산화, 항암, 항균

등 다양한 생리활성들이 강황에서 확인되고 있다(5-7). 특히 쿠쿠민의 탁월한 전자공여능으로 강황이 천연 산화방지 식품소재로 인지되면서(4) 곡물과 육류 제품 등에 기능성과 저장성을 동시에 부가할 수 있는 소재로서도 탐색 되고 있다(8,9). 그 결과 강황의 항산화 기능성이 제품에 실질적으로 부가되는 현상이 확인되었다. 그러나 개별 대상 식품의 관능적 특성에 따라, 강황 고유의 쓴맛과 향미가 일정 첨가량 이상에서는 관능적 기호도에 대한 부정적 인자로 확인되었다(10-12). 따라서 강황을 첨가한 식품 개발에 있어서는 첨가량에 따른 기능성 부가뿐만 아니라 관능적 품질 특성에 대한 영향도 아울러 검토되어야 한다.

본 연구에서는 i) 식품 선택 시 연령에 관계없이 공통적으로 요구되는 영양성과, ii) '고령친화' 제품의 수요 증가에 대비하고자 고령자들의 소화와 저장능력을 고려하여, 강황의 기능성을 부가할 대상식품으로 화전을 선택하였다. 화전은 찹쌀 반죽을 빻아 식용 꽃과 함께 기름에 지진 것으로 우리나라 고유의 지지는 떡의 일종이다. 국내의 화전 관련 연구로는 화전 조리법의 표준화 연구(13,14)와 기능성 소재를 첨가한 화전 개발 연구(15,16) 등이 주로 보고되고 있다. 특히 후자의 경우 머루즙과 흑미를 화전에 첨가함으로써 안토시아닌의 기능성을 부가하고자 하였다. 화전 조리에는 떡의 조리 원리인 녹말의 호화 이외에도 기름에 지지는 공정으로 인하여 유지의 고온 가열 반응이 함께 관여하게 된다. 일반적으로, 식품에 산화방지 활성을 부가하고자 할 경우 대상 식품과 용해성이 유사한 성분을 첨가하는 것이 효과적이다. 이런 측면에서 화전에 첨가할 식품 소재로 지용성 커큐미노이드를 다량 함유한 강황은 상당량의 수용성 안토시아닌을 함유한 머루즙, 흑미와는 차별화될 수 있다.

본 연구에서는 찹쌀가루의 일부를 강황가루로 대체하여 화전을 제조한 후 품질 특성을 평가함으로써 첫째, 강황의 기능성이

*Corresponding author: Jeonghee Surh, Department of Food and Nutrition, College of Health Science, Kangwon National University, Samcheok, Gangwon 25949, Korea
Tel: +82-33-540-3314
Fax: +82-33-540-3319
E-mail: jsurh@kangwon.ac.kr
Received December 21, 2016; revised January 25, 2017;
accepted January 26, 2017

화전에 실질적으로 부가될 수 있는지를 확인하고, 둘째, 강황 첨가에 따른 화전의 관능적 기호도 변화에 관한 정보를 얻고자 하였다. 이를 통해 고령자도 함께 즐길 수 있는 건강한 먹거리 개발을 위한 기초 자료를 제공하고자 하였다.

재료 및 방법

실험재료 및 시약

본 실험에서 화전 제조에 사용된 강황가루(인도산 강황100%, Ottogi Co., Seoul, Korea)와 찹쌀가루(찹쌀100%, Sajo Haepyo Co., Seoul, Korea)는 2016년 3월 시중에서 구입하였다. 제조사에 따르면 강황가루는 인도산 강황을 직접 분쇄, 가공한 것이며 강황가루와 찹쌀가루는 각각 유리용기와 폴리에틸렌에 포장되어 시판되고 있었다. 그 외 사용된 재료는 소금(꽃소금, Sajo Haepyo Co.), 콩기름(Sajo Haepyo Co.)으로 모두 시중에서 구입하여 사용하였다.

실험에 사용된 메탄올, 황산, 수산화나트륨, 붕산은 Showa Chemical Industry Co.(Tokyo, Japan)의 특급시약을 사용하였다. 2,2'-다이페닐-1-피크릴히드라질 (2,2'-diphenyl-1-picrylhydrazyl, DPPH)과 퀘세틴(querctetin)은 Sigma-Aldrich (St. Louis, MO, USA)로 부터 구입하여 사용하였으며 시약 조제에는 탈염·탈이온수가 사용되었다.

강황가루와 찹쌀가루의 일반성분 분석

일반성분 분석은 AOAC 방법에 준하여(17) 수분은 105°C 건조기(OF-12, Jeio Tech, Kimpo, Korea)를 이용한 상압가열건조법으로, 조회분은 600°C 회화모(MF31G, Jeio Tech)에서 시료를 완전 회화시킨 직접회화법으로 분석하였다. 조단백질은 마이크로 켈달법(micro-Kjeldahl)에 따라 분해장치(Digestion unit K-424, Buchi, Flawil, Switzerland), 자동 질소증류장치(Kjelflex K-360, Buchi)와 적정장치(702 SMTitrino Metrohm, Buchi)를 연속적으로 사용하여 총 질소 함량을 산출하였다. 조지방은 에틸에테르(diethyl ether)를 용매로 하여 속삭렛장치(E-816, Buchi)로 추출하였으며 탄수화물은 100-(수분+조회분+조단백질+조지방)의 식으로 계산하여 그 값을 표시하였다.

강황가루와 찹쌀가루의 라디칼 소거활성 비교

강황가루와 찹쌀가루의 추출액은 Kim 등(18)의 연구에 기초하여 준비하였다. 가루 1.5 g에 70% 메탄올 15 mL를 첨가한 뒤 진탕수조(shaking water bath, Shacking & Heating Bath BS-21, Jeio Tech)에서 27.5°C, 150 rpm의 회전 속도로 30분간 추출하였다. 이 후, 원심분리기(5810R, Eppendorf, Hamburg, Germany)로 3,091×g에서 20분 동안 원심분리시킨 후 상층액을 분리하였다. 상층액 회수 후 동일한 추출과정을 2회 반복하여 총 45 mL의 메탄올 추출물을 얻었다. DPPH 라디칼 소거활성을 측정하기 위해 (19) 메탄올 추출액 1 mL에 0.2 mM DPPH (in ethanol) 1 mL를 첨가하여 섞은 후 200 µL씩 취하여 96-well plate에 넣었다. 이 후, 5분 간격으로 525 nm에서 300분 동안 흡광도(EON microplate spectrophotometer, Biotek Instruments, Winooski, VT, USA)를 측정하였으며(A₁), 흡광도의 유의적 변화가 관찰되지 않은 시점인 반응 후 30분의 흡광도 값을 라디칼 소거활성 계산에 사용하였다. 한편, 시료대신 증류수를 사용하여 동일하게 반응시킨 균을 Blank로 사용하였다(A₀). DPPH 라디칼 소거활성(%)은 Blank 대비 시료에 의해 감소된 흡광도의 % (DPPH 라디칼 소거능(%)=(A₀-A₁/A₀) ×100)로 나타내었다.

Table 1. Formula for hwajeon added with different levels of curcuma powder¹⁾

Ingredients (g)	Curcuma powder (%) ¹⁾					
	0	1	2	3	4	5
Rice flour	100	99	98	97	96	95
Curcuma powder	0	1	2	3	4	5
Water	80	80	80	80	80	80
Salt	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5

¹⁾Relative percentage of curcuma powder to the total amounts of rice flour and curcuma powder.

강황가루와 찹쌀가루의 물 결합력

물 결합력은 Medcalf와 Gilles 법(20)으로 측정하였다. 가루 1 g에 냉수(4.2±0.4°C)와 온수(81.8±1.0°C)를 각각 첨가하여 30분간 교반하고 원심분리기(5810R, Eppendorf)로 3,091×g에서 20분 동안 원심분리하였다. 상층액을 제거한 후 가라앉아 있는 침전물의 무게를 측정하였다. 물 결합력은 시료의 처음 무게에 대한 증가된 무게의 %로 계산하였다.

화전의 제조

강황가루가 첨가된 화전의 재료 배합비는 Table 1과 같다. 화전의 배합비는 선행 연구(13-16)에 기초하였으며 예비실험을 통하여 결정하였다. 먼저 강황가루의 최대 첨가량을 결정하기 위해 찹쌀가루의 0, 5, 10, 15, 20%를 강황가루로 대체한 화전을 제조하였다. 그 결과 강황 첨가량이 증가할수록 화전은 고유의 쫄깃한 물성이 현저하게 감소하였고 특히 10% 이상 군에서는 강황 고유의 강한 쓴맛과 짠 맛으로 매우 부정적인 기호도를 나타내었다. 따라서, 화전의 일반적 물성을 유지하면서도 강한 부정적 기호도를 주지 않았던 5%를 최대 첨가량으로 결정하였다. 실험군 간의 강황 첨가량 간격은, i) 강황의 색상이 강황의 기능성분인 커큐미노이드에 기인하는 점과, ii) 강황 첨가에 따라 반죽과 화전에 그 색상이 반영되는 특성을 고려하여, 가시적으로 뚜렷한 색 변화를 부여하는 농도를 기준으로 하여 결정하였다. 강황가루를 첨가하지 않은 군을 대조군으로 사용하였다. 본 실험에서 사용된 화전 제조법은 선행연구들과 동일하게 위에 얹는 부재료를 빼고 반죽만을 실험재료로 사용하였다. 소금과 물은 6개 군 모두 동량을 사용하였으며 기름은 가장 보편적으로 쓰이는 콩기름을 사용하였다.

배합비에 따라 혼합한 강황가루와 찹쌀가루에 소금 0.5g과 끓여서 식힌 물(48±3°C) 80 g을 넣어 10분 동안 익반죽한 후 수분이 날아가지 않도록 폴리비닐팩(고밀도 폴리에틸렌)에 넣어 실온(25°C)에서 30분 동안 숙성시켰다. 이 후, 20 g씩 반죽을 떼어내 지름 5 cm 크기의 원형으로 성형하였다. 일정한 화력(Sunburner RPR-2004, Rinnai, Seoul, Korea; 화력 중)으로 30초간 예열된 팬에 기름(8 g 기름/5개 화전)을 두른 후 성형된 화전을 넣고 앞 뒤 각각 2분씩 지켰다. 화전을 실온(25°C)에서 10분 가량 식힌 후 시료로 이용하였다.

수분, 조지방, 색도, 텍스처 및 관능검사는 화전 제조 당일 실시하였다. 한편, 조리된 화전 일부는 산화방지활성 분석을 위해 -50°C, 1.1 Pa 압력하에서 48시간 동안 냉동건조(Eyela FDU-1200, Rikakikai Co., Ltd., Tokyo, Japan)하였다.

화전의 수분과 조지방 분석

수분은 105°C 건조기(OF-12, Jeio Tech)를 이용한 상압가열건

조법으로, 조지방은 속슬렛장치(E-816, Buchi)로 추출하여 정량하였다.

반죽과 화전의 색도와 외관

색도는 색차계(CR400, Konica Minolta Sensing, Osaka, Japan)로 시료 표면의 명도(L, lightness), 적색도(a, redness), 황색도(b, yellowness)를 측정하였다. L 값은 0(검정색)에서 100(흰색)까지, a 값은 -80(녹색)에서 100(적색)까지, b 값은 -70(청색)에서 70(황색)까지의 범위에서 측정하였다. 또한, 반죽과 화전의 외관을 디지털 카메라(EOS-70D, Canon, Tokyo, Japan)로 촬영하였다.

반죽과 화전의 텍스처

반죽과 화전의 물성은 텍스처 분석기(Texture Analyzer, Instron 5542, Instron, Norwood, MA, USA)로 측정하였다. 화전을 다 덮을 수 있는 직경 50 mm의 원형 프로브(probe)를 장착하여 측정 전 속력(pre-test speed) 20.0 mm/분, 측정 속력(test speed) 3.3 mm/초, 측정 후 속력(post-test speed) 20.0 mm/분의 실험조건으로 시료를 2회 반복 압착(two-bite compression test)하였다. 시료의 측정 깊이는 반죽과 화전 각각 2 cm와 0.5 cm이었다. 각 군 당 3개의 화전에 대해 개별적으로 텍스처를 측정하였으며 결과는 3회 측정치 중 대표적인 것을 선정하여 힘-시간 커브(force-time curve)로 나타내었다.

화전의 총 환원력과 DPPH 라디칼 소거 활성

화전의 메탄올 추출물은 강황가루의 추출 방법과 동일하게 70% 메탄올로 추출하여 얻었으며 총 환원력은 폴린-시오칼토(Folin-Ciocalteu's) 시약법(21)으로 측정하였다. 메탄올 추출액 1 mL에 폴린-시오칼토 시약과 10% 탄산소듐(Na_2CO_3)를 각각 1 mL씩 넣어 섞은 후 실온(25°C)에서 1시간 동안 방치하였다. 얻어진 반응물에서 200 μL 씩 취하여 700 nm에서 흡광도(EON microplate spectrophotometer, Biotek Instruments)를 측정하였다. 시료의 총 환원력은 대표적 환원물질인 퀘세틴 당량(quercetin equivalents, QE)으로 나타내었다. 한편, DPPH 라디칼 소거활성은 강황가루와 동일한 과정으로 측정하였다.

관능검사

강황화전의 관능검사는 강원대학교 식품영양학과 재학생 중 관능검사 경험이 있는 22명을 패널로 선정하여 연구 목적, 화전의

품질 특성, 관능검사에 기재된 각 관능적 특성에 대한 용어의 정의를 포함한 사전 교육을 실시한 후 5점 평점법(5-point scaling)으로 평가하였다. 화전을 제조하고 30분이 지난 후 평가를 실시하였으며 한 사람 당 각 군 별로 한 장씩의 화전과 생수를 제공하였다. 화전의 관능적 특성을 평가하기 위한 항목들은 선행연구(13-16)를 참조하여 다음과 같이 결정하였다. 색(color; 희다-갈색이다), 고소한 향(tasty flavor; 볶은 깨, 참기름 따위에서 나는 맛이나 냄새와 같다), 강황 향(turmeric flavor), 강황 맛(turmeric taste), 쓴맛(bitterness; 혀로 느껴지는 맛이 한약이나 소테, 썸바귀 따위의 맛과 같다), 기름진 정도(oiliness; 음식물 따위에 기름기가 많다), 촉촉한 정도(moistness; 물기가 있어 조금 젖은 듯하다), 부드러운 정도(softness; 입안에 넣었을 때 느낌이 거칠거나 뻣뻣하지 않다), 쫄깃한 정도(glutinosity; 씹히는 맛이 조금 차지고 질긴 듯한 느낌이 있다), 이에 들러붙는 정도(adhesiveness; 끈기 있게 찢겨 붙다)로, '각 특성이 약한 경우'를 1점으로 하고 '그 특성이 강한 경우'를 5점으로 하여 평가하였다. 각 특성에 대한 기호도와 종합적인 기호도(overall acceptability)는 '매우 나쁘다'를 1점으로 하고 '매우 좋다'를 5점으로 하여 평가하였다. 관능검사에 기록된 용어들의 정의는 '국립국어원 표준국어대사전'에 근거하였다(22).

통계처리

화전의 이화학적·관능적 특성 결과들은 통계분석용 프로그램인 SAS (version 9.1 for windows, Cary, USA)를 이용하여 결과를 평균과 표준편차로 나타내었으며, ANOVA, 던컨의 다중검정(Duncan's multiple range test)으로 유의성을 검정하였다.

결과 및 고찰

강황가루와 찹쌀가루의 일반성분, DPPH 라디칼 소거활성 및 물 결합력

실험에 사용된 강황가루와 찹쌀가루의 일반적 특성을 분석한 결과는 Table 2와 같다. 녹말질 소재인 강황가루와 찹쌀가루는 탄수화물이 각각 73.5%와 84.0%로 구성성분의 대부분을 차지하고 있었으며, 강황가루는 찹쌀가루에 비해 탄수화물 함량은 낮았고 ($p<0.01$) 수분함량(11.7% vs. 10.0%)은 높았다($p<0.01$). 한편, 에테르에 용해·추출될 수 있는 지용성 물질들의 총량을 측정할 조지방의 경우 강황가루가 5.2%로 찹쌀가루(0.1%)보다 현저하게 높

Table 2. Proximate composition, DPPH radical scavenging activity, and water holding capacity of glutinous rice flour and curcuma powder¹⁾

Composition/Property	Curcuma powder	Glutinous rice flour	Significance ²⁾
Proximate composition (%)			
Carbohydrates	73.5±2.5	84.0±2.7	**
Moisture	11.7±0.2	10.0±0.3	**
Crude fat	5.2±0.0	0.1±0.1	***
Crude protein	5.1±2.7	5.4±3.0	NS
Crude ash	4.5±0.0	0.5±0.1	***
DPPH radical scavenging activity (% inhibition) ³⁾	76.5±0.0	4.2±0.0	***
Water holding capacity (%)			
Cold water	329±14	155±8	**
Hot water	526±20	532±10	NS

¹⁾The value was expressed as the mean±standard deviation of triplicate.

²⁾** and *** mean that the values within a same row are significantly different at $p<0.01$ and $p<0.001$, respectively. NS means 'not significant'.

³⁾DPPH radical scavenging activity of 2 mM quercetin used for comparison was 87%.

Table 3. Moisture and fat contents of hwajeon added with different levels of curcuma powder¹⁾

Curcuma powder (%)	Moisture (%)	Crude fat (%)
0	59.8±0.7	4.8±0.7
1	61.3±1.6	4.3±0.9
2	60.0±1.9	4.8±0.8
3	60.0±1.3	5.4±1.1
4	60.2±3.0	5.7±1.0
5	61.3±0.9	5.3±1.4
Significance ²⁾	NS	NS

¹⁾The value was expressed as the mean±standard deviation of triplicate.
²⁾NS means 'not significant'.

았다($p < 0.001$). 실제로, 식품성분표에 제시된 찹쌀가루의 조지방 함량은 0%이었으며(23), 라와 김(24)은 인도산 강황가루의 조지방 함량을 3.64%로 보고하였다. 강황가루의 상대적으로 높은 조지방 함량은 강황에 상당량 존재하는 커큐미노이드뿐 아니라 ar-turmerone, α -, β -turmerone 등 테페노이드(terpenoids) 계열의 정유 성분(essential oils)도 기여한 것으로 볼 수 있다(7). 무기질의 총량으로 간주되는 조회분 함량 역시 강황가루가 4.5%로 찹쌀가루(0.5%)보다 9배나 높았다($p < 0.001$).

동일한 시스템 내에서 측정된 DPPH 라디칼 소거활성은 강황가루(76.5%)가 찹쌀가루(4.2%)보다 18배 이상 유의적으로 높았으며($p < 0.001$), 이는 강황가루 속 대표적 폴리페놀 물질인 쿠쿠민의 우수한 수소라디칼 공여능에서 기인한 것으로 해석된다(24). 한편, 각각의 가루를 물로 교반하였을 때 가루 입자 표면에 흡착되거나 혹은 내부로 침투된 수분의 양으로 측정된 물 결합력은, 냉수의 경우 강황가루(329%)가 찹쌀가루(155%)보다 유의적으로 높았다($p < 0.01$). 녹말 입자 내부가 수소결합으로 치밀하게 연결된 미셀구조이며, 이로 인해 낮은 온도에서의 녹말의 수화 과정은 제한적일 수 밖에 없다는 점을 고려하면(25), 관찰된 물 결합력의 차이에는 녹말 이외에 다른 요인이 결정적으로 관여한 것으로 해석된다. 실제로 선행연구에 따르면 강황가루는 수분 보유력이 우수한 섬유질 성분이 찹쌀가루보다 8배가량 높은 것으로 보고되었다(4,23). 그러나, 이러한 물 결합력의 차이는 각각의 가루를 온수로 교반하였을 때는 관찰되지 않았다. 이는 80°C 이상의 온도에서는 미셀구조를 이루는 수소결합들의 상당부분이 끊어져 미셀구조가 붕괴될 수 있고 이로 인해 녹말입자 내부로 수분 침투가 용이해질 수 있으므로(25), 각 가루의 물 결합력에 섬유소 함량의 차이보다 녹말의 수화 및 부분 호화가 지배적으로 영향을 준 것으로 해석될 수 있다.

화전의 수분 및 조지방

강황가루의 첨가량을 달리하여 제조한 화전의 수분과 지방 함량은 5% 첨가량까지 유의적 차이가 없었다(Table 3). 온수를 첨가하여 측정된 찹쌀가루와 강황가루의 물 결합력이 냉수와는 달리 유의적으로 서로 다르지 않았던 결과를 고려하면(Table 2), 첨가량을 달리하여 제조된 강황 화전의 비교적 일정한 수분 함량은 따뜻한 물로 익반죽하는 화전의 조리 특성과 연관될 수 있다. 또한, 식품 내부의 물과 열전달 매체인 기름 사이의 교환반응이 주를 이루는 유지 가열 조리의 특성을 고려하면(26,27), 강황가루와 찹쌀가루의 유사한 물 결합력으로 인해 찹쌀가루의 일부를 강황가루로 대체한 화전 반죽은 지지는 동안 증발된 수분 함량이 서로 다르지 않았을 것으로 해석된다. 수분 증발로 생긴 화전 내부의 빈 공간을 기름으로 채우게 되므로 화전에 흡유된 기름의 양 또한 유의적 차이가 없었을 것으로 해석되었다.

반죽과 화전의 외관과 색도

강황가루의 첨가량이 증가함에 따라 외관상 반죽은 노란색이 짙어지는 경향을 보였으며, 화전은 갈색화 정도가 강해지는 양상을 나타내었다(Fig. 1). 기계적으로 측정된 색 특성 역시 동일하였다(Fig. 2). 반죽과 화전 모두에서 강황 첨가량에 비례하여 명도(L)는 유의적으로 감소하였으며($p < 0.001$), 적색도(a)는 유의적으로 증가하였다($p < 0.001$). 특히 동일한 강황 첨가량에서 화전은 반죽상태보다 상대적으로 명도는 낮고 적색도는 높은 갈변 반응의 전형적 색 특성을 나타내었다. 이는 반죽을 기름으로 지지는 동안 화전 표면에서 일어난 가속화된 비효소적 갈변 반응과 가열에 의한 유지의 갈변 반응의 결과로 해석된다(25). 반죽의 황색도(b)는 무첨가군이 9.66, 1-5% 강황 첨가군이 63.28-76.90%의 분포를 보임으로써 강황 첨가에 의해 황색도가 뚜렷이 증가하였음을 확인해주었다. 이는 강황의 대표적 황색 색소인 천연 페놀성분 쿠쿠민이 강황 첨가와 함께 반죽에 부가된 결과로 볼 수 있다(10,12). 화전의 황색도(b) 역시 무첨가군(14.89)보다 첨가군(38.95-52.34)이 유의적으로 높았으나, 강황 첨가량이 1%에서 5%로 증가함에 따라 황색도는 다소 감소하는 특성을 보였다($p < 0.001$). 이는 화전을 지지는 동안 첫째, 갈변 반응에 의해 생성된 갈색 색소가 반죽에 부가된 황색을 일부 마스킹(masking)하였거나(11), 둘째, 공액이중결합을 지닌 쿠쿠민이 열에 의해 일부 파괴되었기 때문으로 보인다(28). 또한, 쿠쿠민이 디카보닐(dicarbonyl) 구조인 점을 고려할 때 스트레커 분해반응(Strecker degradation)의 반응물로 사용되어(25) 황색 색소가 감소한 결과로도 해석될 수 있다.

반죽과 화전의 텍스처

강황 첨가에 따라 TPA로 측정된 반죽의 경도(hardness)는 유의

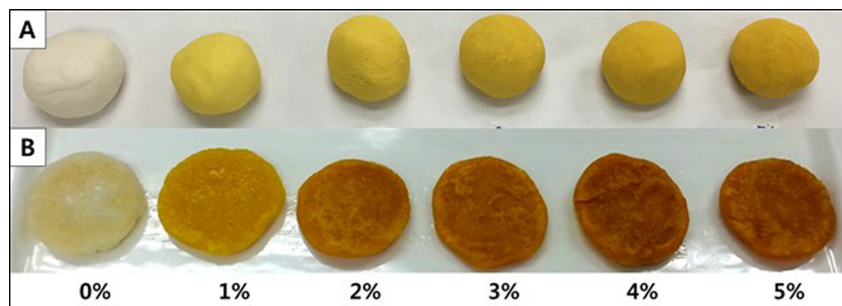


Fig. 1. Dough (A) and its resulting hwajeon (B) added with different levels of curcuma powder.

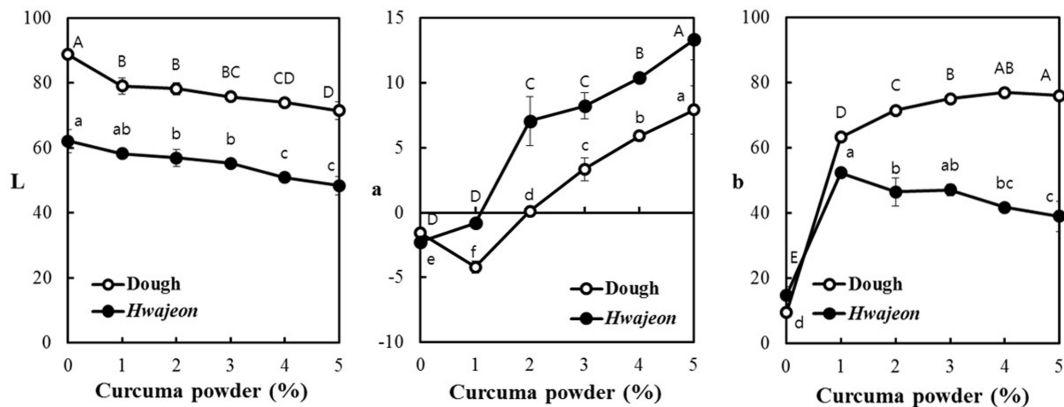


Fig. 2. Color property of *hwajeon* added with different levels of curcuma powder. L, a and b indicate lightness, redness, and yellowness, respectively. Different large letters and small letters on symbols represent significant difference at $p < 0.001$ in the color property of dough and *hwajeon*, respectively.

적으로 다르지 않았으나(Fig. 3A) 화전의 경도는 증가하는 경향을 나타내었다(Fig. 3B). 온수조건에서 찹쌀가루와 강황가루의 물결합력이 유의적으로 다르지 않았던 점(Table 2)과 화전의 수분함량이 강황 첨가에 따라 유의적 차이가 없었던 점(Table 3)을 고려하면, 화전에서 관찰된 경도 증가 현상은 수분보유력의 차이보다는 강황 증가에 따른 찹쌀가루의 상대적 감소에서 기인된 것으로 보인다. 아밀로펙틴 100%로 이루어진 찹쌀가루에 비해 강황 녹말은 대략 22%의 아밀로오스를 함유한 것으로 보고되고 있으며(29), 아밀로오스 함량은 경도 조직감과 비례하는 것으로 알려져 있다(30). 즉, 찹쌀가루를 강황가루로 대체함으로써 아밀로오스의 상대적 함량이 증가하게 되어 경도가 증가한 것으로 해석되며, 이 현상은 조리된 화전에서 더욱 뚜렷하게 관찰되었다(Fig. 3B). 반죽에 기름을 가하여 지지는 동안 (i) 화전 표면에서 일어나는 탈수와 (ii) 강황 첨가로 화전 표면에서 기름으로 용출되는 지용성 성분(예, 색소)들은 열처리 매체인 기름의 물리적 특성(예, 발연점 등)에 영향을 줌으로써 화전의 조직감을 변화시킬 수 있다. 실제로 동일한 조건의 열처리였음에도 불구하고 강황 첨가량이 높은 화전일수록 표면 높음 현상이 관찰되었고(Fig. 2), 반죽 texture profile analysis (TPA)에서 관찰된 부착성(adhesiveness, A3)이 화전에서는 전혀 관찰되지 않았다. 점성에 기여하는 아밀로펙틴 함량은 강황 첨가에 따라 감소하게 되므로 반죽의 부착성이 감소된 것으로 해석되었다(Fig. 3A). 그러나 조리된 화전에서는 이러한 부착성이 관찰되지 않음으로써(Fig. 3B), 열처리에 의한 화전 표면의 조직감 변화가 기계적 측정으로도 확인되었다.

화전의 총 환원력과 DPPH 라디칼 소거 활성

화전의 총 환원력(Table 4)은 강황 첨가량에 따라 유의적으로 증가하였다($p < 0.001$). 즉, 건조 중량 당 퀘세틴 당량으로 환산된 화전의 총 환원력은 무첨가군 187.9 $\mu\text{g/g}$ 에서 강황 첨가량이 증가할수록 비례적으로 증가하여 최대 5% 첨가군에서는 548.0 $\mu\text{g/g}$ 으로 무첨가군 보다 3배 정도 높은 활성을 나타내었다. 이는 본 실험에서 측정된 총 환원력이 강황 속 페놀 및 비페놀성 환원물질을 반영한다는 점을 고려할 때 강황 속 대표 페놀성분인 쿠쿠민이 강황 첨가량에 비례하여 화전에 부가된 결과로 사료된다. 한편, 수소 라디칼 공여능을 측정하기 위한 DPPH 라디칼 소거활성 실험(Table 4)에서도 화전은 강황의 첨가량에 비례하여 라디칼 소거활성이 증가하는 경향을 나타내었다. 이 결과는 강황가루의 DPPH 라디칼 소거 활성이 찹쌀가루에 비해 유의적으로 높았

던 결과(Table 2)와 강황 첨가량에 비례적으로 화전의 총 환원력이 증가했던 결과(Table 4)로 설명할 수 있다

화전의 관능평가

5점 척도법으로 평가한 강황 화전의 관능검사 결과는 Table 5-6과 같다. 화전의 색은 1.0-4.6의 분포로 강황 첨가량이 증가함에 따라 옅은 노란색에서 어두운 황색으로 뚜렷한($p < 0.001$) 변화를 보여주었으며, 색차계로 측정된 기계적 평가 결과(Fig. 2)와도 일치하였다. 색에 대한 기호도는 상대적으로 고농도인 5% 첨가군에 대해서는 부정적이었으나($p < 0.001$) 4% 첨가군까지는 무첨가대조군과 유의적으로 다르지 않았다. 강황 첨가량이 증가함에 따라, 평가자들은 화전에서 강황의 향미(turmeric flavor and taste)와 쓴맛(bitterness)이 유의적으로 강해지는 것으로 인지하였고($p < 0.001$) 이에 따라 상대적으로 화전 고유의 고소한 향(tasty flavor)과 기호도는 낮아지는 것으로 평가하였다($p < 0.001$). 한편, 기계적으로 측정된 화전의 수분과 지방함량이 강황 첨가량에 따라 유의적으로 다르지 않았음에도 불구하고(Table 3), 평가자들은 화전의 촉촉한 정도(moistness)와 기름진 정도(oiliness)가 강황 첨가에 의해 유의적으로 증가한 것으로 평가하였다. 또한 기계적으로 측정된 TPA 결과에서 화전의 부착성이 관찰되지 않았음에도(Fig. 3), 화전의 쫄깃한 정도(glutinosity)와 이에 들러붙는 정도(adhesiveness) 역시 강황 첨가량이 증가할수록 그 특성들이 유의적으로($p < 0.001$) 강해지는 것으로 평가하였다. 이러한 차이는 색을 띄고 있는 기능성 소재를 식품에 부가했을 때 일어날 수 있는 전형적인 논리적 오류(logical error)로 해석된다(31). 즉, 강황 첨가량에 비례하여 화전의 색은 강해지므로, 평가자들은 시료의 색을 통해 화전 속 강황 첨가량의 차이를 인지하게 되고 이에 따라 개별 관능적 특성에 대해서도 자신의 인식보다는 첨가량에 비례적인 점수를 주려는 경향을 나타낼 수 있다. 실제로 평가자들은 강황 첨가량이 높을수록 화전의 촉촉한 정도($p < 0.01$), 부드러운 정도($p < 0.001$), 쫄깃한 정도($p < 0.001$)가 강하다고 인지하였음에도, 각 관능적 특성에 대한 기호도에서는 유의적 차이가 없다고 평가하였다. 화전의 종합적인 기호도(overall acceptability)는 무첨가군이 4.1로 가장 높았으며 강황 첨가량이 증가함에 따라 1% 첨가군 3.4에서 5% 첨가군 2.1까지 유의적으로($p < 0.001$) 낮아졌다. 강황 첨가에 비례적으로 강해지는 쓴맛과 강황 고유의 향미가 강황 화전의 부정적 기호도에 영향을 준 것으로 해석된다.

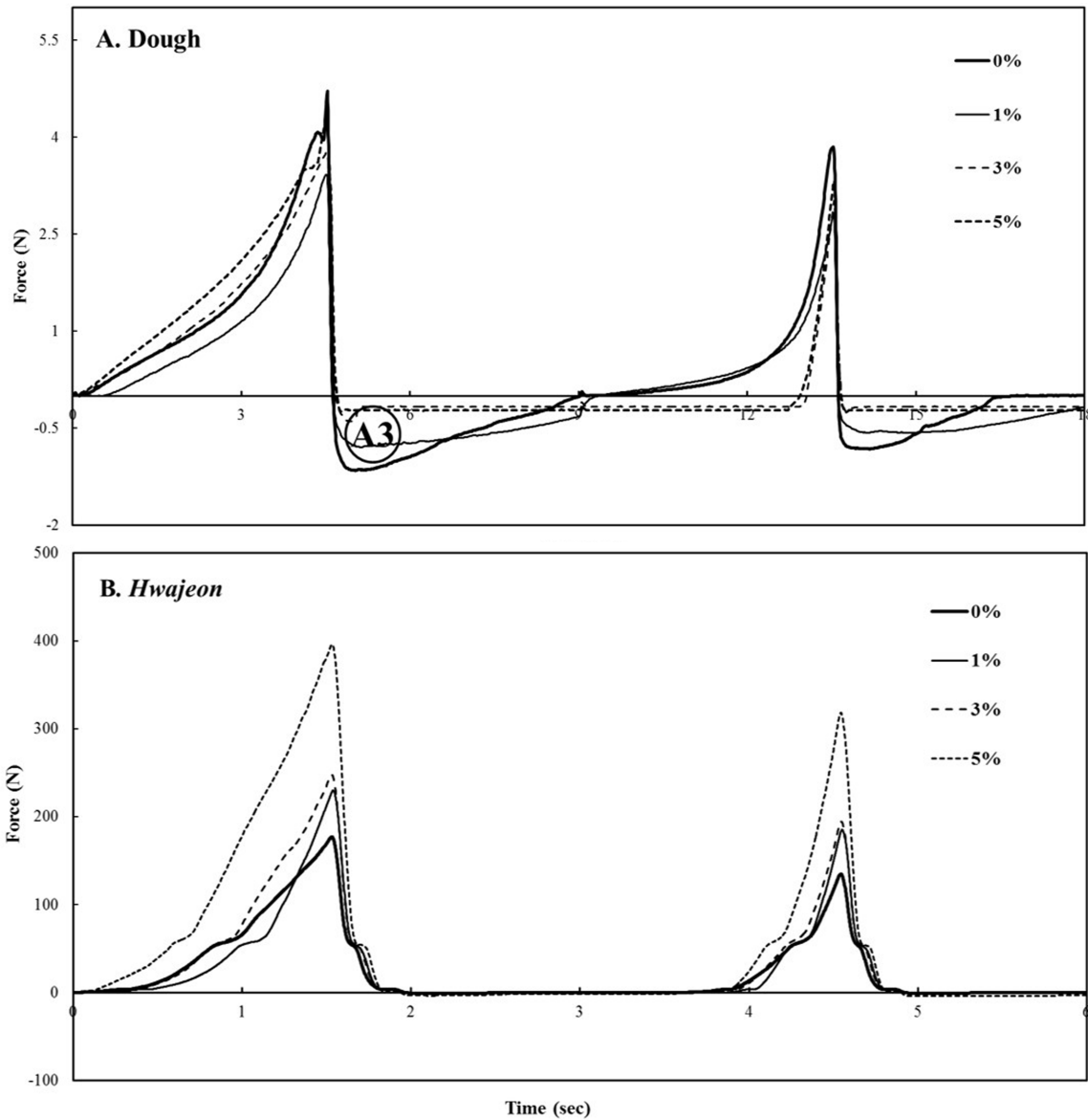


Fig. 3. Texture profile analysis (TPA) of dough (A) and hwajeon (B) added with different levels of curcuma powder. TPA was measured three times by two-bite compression test. Hardness is the maximum force of the first compression. Adhesiveness (A3) is the negative area for the first compression, representing the work required to pull a sample away from a plunger.

Table 4. Total reducing capacity and DPPH radical scavenging activity of hwajeon added with different levels of curcuma powder¹⁾

Curcuma powder (%)	Total reducing capacity (µg Quercetin/g freeze-dried hwajeon)	DPPH radical scavenging activity (%)
0	187.9±11.9 ^f	8.2±0.3 ^e
1	211.6±3.5 ^e	10.6±1.4 ^d
2	239.4±13.1 ^d	12.6±1.9 ^{cd}
3	326.0±8.0 ^c	13.8±0.1 ^{bc}
4	387.0±3.8 ^b	15.7±0.3 ^b
5	548.0±22.1 ^a	20.7±2.0 ^a
Significance ²⁾	***	***

¹⁾The value was expressed as the mean±standard deviation of triplicate.
²⁾*** means that the values with different superscripts in a same column are significantly different at $p<0.001$.

요 약

산화방지활성을 부가한 건강한 먹거리 개발을 위하여 화전의 주재료인 찹쌀가루의 일부(1-5%)를 강황가루로 대체한 강황화전을 제조하였다. 화전의 수분함량은 강황 첨가량에 따른 유의적 차이를 나타내지 않았으며, 이는 온수 조건에서 찹쌀가루와 강황가루의 물 결합력이 유의적으로 다르지 않았던 결과로 해석하였다. 한편, 강황 첨가량이 증가함에 따라 강황 고유의 색소인 쿠쿠민에 의해 반죽의 황색도가 유의적으로 증가하였다. 또한, 화전의 명도는 감소하고 적색도는 증가하는 전형적인 갈색화 현상이 관찰되었다. 이는 반죽을 지지는 동안 가속화된 비효소적 갈변 반응과 유지의 갈변 반응의 결과로 해석하였다. 강황 첨가로 화전의 경도는 증가하였고 부착성은 감소하는 경향을 나타내었다. 이 현상은 찹쌀가루를 강황가루로 대체함으로써 아밀로오스 함량은 증가하고 아밀로펙틴 함량은 상대적으로 감소한 영향으

Table 5. Sensory characteristics of hwajeon added with different levels of curcuma powder¹⁾

Curcuma powder (%)	Color	Turmeric flavor	Turmeric taste	Bitterness	Tasty flavor	Moistness	Oiliness	Softness	Glutinosity	Adhesiveness
0	1.0±0.0 ^f	1.0±0.0 ^c	1.0±0.0 ^d	1.0±0.0 ^d	3.6±1.3 ^a	3.0±1.2 ^{bc}	2.7±1.3 ^b	3.2±1.1 ^{bc}	3.0±1.0 ^{bc}	2.4±1.0 ^e
1	2.0±0.0 ^e	1.8±0.7 ^b	2.4±0.8 ^c	1.8±0.7 ^c	2.0±1.0 ^c	3.0±0.9 ^{bc}	2.9±1.1 ^b	3.2±0.9 ^{bc}	2.8±1.0 ^c	2.6±1.0 ^e
2	2.7±0.5 ^d	2.0±0.8 ^b	2.6±0.9 ^c	2.0±0.8 ^c	2.6±1.3 ^{bc}	3.4±0.8 ^{ab}	3.2±0.9 ^b	3.6±0.8 ^{ab}	3.4±0.7 ^b	3.2±0.7 ^{ab}
3	3.1±0.4 ^c	2.3±1.1 ^b	2.9±1.2 ^{bc}	2.2±1.1 ^c	3.0±1.0 ^{ab}	2.7±1.0 ^c	3.1±1.0 ^b	2.7±0.9 ^c	2.8±0.9 ^c	2.7±0.9 ^{bc}
4	3.9±0.3 ^b	3.1±1.1 ^a	3.4±1.1 ^b	2.9±1.1 ^b	2.3±1.3 ^{bc}	3.6±1.2 ^{ab}	4.1±0.9 ^a	3.5±1.1 ^{ab}	3.4±1.0 ^{ab}	3.5±1.2 ^a
5	4.6±0.5 ^a	3.6±1.4 ^a	4.0±1.2 ^a	3.4±1.2 ^a	2.3±1.2 ^{bc}	3.9±1.1 ^a	4.3±0.9 ^a	4.0±1.1 ^a	4.0±0.8 ^a	3.7±1.2 ^a
Significance ²⁾	***	***	***	***	***	**	***	***	***	***

¹⁾The value was expressed as the mean±standard deviation of triplicate.

²⁾** and *** mean that the values with different superscripts in a same column are significantly different at $p<0.01$ and $p<0.001$, respectively.

Table 6. Preference to the sensory characteristics of hwajeon added with different levels of curcuma powder¹⁾

Curcuma powder (%)	Color	Turmeric flavor	Turmeric taste	Bitterness	Tasty flavor	Moistness	Oiliness	Softness	Glutinosity	Adhesiveness	Overall acceptability
0	3.5±1.0 ^{ab}	3.7±0.9 ^a	3.7±1.0 ^a	3.7±1.0 ^a	4.4±1.0 ^f	3.4±1.0 ^e	3.6±1.0 ^a	3.4±0.9 ^{ab}	3.4±0.7 ^a	3.6±0.6 ^a	4.1±0.8 ^a
1	3.1±1.0 ^b	3.4±0.7 ^a	3.2±0.9 ^{ab}	3.2±0.8 ^{ab}	2.9±0.7 ^{bc}	3.3±0.8 ^a	3.3±0.8 ^{ab}	3.5±0.7 ^{ab}	3.3±0.8 ^a	3.5±0.6 ^{ab}	3.4±0.7 ^b
2	3.8±0.8 ^a	3.2±0.6 ^a	3.0±0.9 ^b	3.0±0.7 ^b	3.1±1.0 ^{bc}	3.4±0.7 ^a	2.9±0.8 ^b	3.7±0.9 ^a	3.7±0.6 ^a	3.4±0.8 ^{ab}	3.2±0.8 ^b
3	3.5±0.8 ^{ab}	3.2±1.1 ^a	2.8±1.0 ^{bc}	2.9±0.7 ^{bc}	3.4±1.0 ^b	3.1±1.0 ^e	2.9±0.7 ^b	3.0±1.0 ^b	3.2±0.8 ^a	3.2±0.9 ^{bc}	2.6±0.8 ^c
4	3.0±0.8 ^b	2.7±0.9 ^b	2.7±1.2 ^{bc}	2.7±1.1 ^{bc}	2.9±1.0 ^{bc}	3.4±1.0 ^e	2.3±1.1 ^c	3.5±1.0 ^{ab}	3.2±0.8 ^a	3.0±0.9 ^{bc}	2.5±1.2 ^c
5	2.2±0.8 ^c	2.4±1.0 ^b	2.2±1.1 ^c	2.4±1.2 ^c	2.7±1.0 ^c	3.4±1.0 ^e	2.0±0.9 ^c	3.5±0.9 ^{ab}	3.2±1.2 ^a	2.8±1.2 ^c	2.1±1.2 ^c
Significance ²⁾	***	***	***	***	***	NS ³⁾	***	NS	NS	**	***

¹⁾The value was expressed as the mean±standard deviation of triplicate.

²⁾** and *** mean that the values with different superscripts in a same column are significantly different at $p<0.01$ and $p<0.001$, respectively.

³⁾NS means 'not significant'.

로 보인다. 총 환원력과 DPPH 라디칼 소거활성으로 측정된 화전의 산화방지활성이 강황 첨가량에 비례하여 유의적으로 증가함으로써, 강황가루에서 관찰된 산화방지활성이 화전에 실질적으로 부가되었음을 시사해 주었다. 강황 첨가량에 비례적으로 증가한 강황 고유의 향미와 쓴맛은 기호도에 부정적 영향을 끼침으로써, 첨가량이 낮은 강황 화전일수록 상대적으로 높은 종합적 기호도를 나타내었다. 이 결과들은, 기능성 소재로 강황을 첨가한 식품을 개발할 경우 영양성과 산화방지활성 부가에도 불구하고 관능적 요인이 최종 첨가량 설정에 결정적 인자임을 시사해 주었다.

References

1. Yoo JS. A study on priority setting for promising technology in division of senior friendly product using the AHP. J. Korea Saf. Manag. Sci. 17: 207-214 (2015)
2. Lee SJ. Recent sensory and consumer studies for the development texture modified foods for elderly. Food. Sci. Ind. 48: 13-19 (2015)
3. Lee MS, Kim SE. Study on relationship between elderly group lifestyle and selection attributes in the health functional foods. Korean J. Clin. Pharm. 25: 286-295 (2015)
4. Sung KC. A study on the pharmaceutical & chemical characteristics and analysis of natural curcumin extract. J. Kor. Oil Chem. Soc. 28: 393-401 (2011)
5. Jong YS, Park SJ, Park JH, Jhee KH, Lee IS, Yang SA. Effects of ethanol extracts from *Zingiber officinale* Rosc., *Curcuma longa* L., and *Curcuma aromatica* Slib. on acetylcholinesterase and antioxidant activities as well as GABA contents. Korean J. Soc. Food Sci. Nutr. 41: 1395-1401 (2012)
6. Kim HJ, Lee JW, Kim YD. Antimicrobial activity and antioxidant effect of *Curcuma longa*, *Curcuma aromatica* and *Curcuma zedoaria*. Korean J. Food Preserv. 18: 219-225 (2011)
7. Jung TS, Choi CW. The effect of the *Curcuma longae* Rhizoma (CLR) extract on the hepatocellular carcinogenesis and acute liver damage induced by diethylnitrosamin (DNA) and CCl_4 in rats. HFS. 22: 177-192 (2014)
8. Lim YS, Park KN, Lee SH. Effects of tumeric (*Curcuma aromatica* Salab.) extract on shelf life of cooked rice. Korean J. Food Preserv. 14: 445-450 (2007)
9. Cho SH, Jung SA, Song EJ, Lee SY, Kim KBWR, Park JG, Park SM, Ahn DH. Effect of improvement of storage properties and reducing of sodium nitrate by *Glycyrrhiza uralensis* and *Curcuma longa* in pork sausage. J Korean Soc. Food Sci. Nutr. 35: 997-1004 (2006)
10. ChoY, Choi MY. Quality characteristics of jelly containing added turmeric (*Curcuma longa* L.) and beet (*Beta vulgaris* L.). Korean J. Food Cook. Sci. 26: 481-489 (2010)
11. Choi SN, Youn SB, Yoo SS. Quality characteristics and antioxidative activities of majakgwa with added turmeric powder. Korean J. Food Cook. Sci. 28: 123-130 (2012)
12. Ju SM, Hong KW. Quality characteristics and antioxidative effects of cookie prepareds with *Curcuma longa* L. powder. J East Asian Soc. Dietary Life. 21: 535-544 (2011)
13. Lee SH, Jang MS. Standardization of the preparation methods for *hwajeon* (I)-focused on the volume and temperature of water added. Korean J. Food Cook. Sci. 17: 237-245 (2001)
14. Lee SG, Park JE, Jang MS. Sensory and physical characteristics of *hwajeon* depended on the various levels of oil amounts and frying time. Korean J. Food cook. Sci. 19: 765-771 (2003)
15. Lee BY, Kim NH, Kim SI, Kim SG, Kim JS, Surh J. Preparation and characterization of physicochemical and sensory properties of *hwajeon* added with wild grape extract. Korean J. Food Sci. Technol. 43: 588-596 (2011)
16. Surh J, Koh E. Effect of pan-frying on anthocyanin content in *hwajeon* with varying proportion of glutinous black rice flour. Korean J. Food Sci. Technol. 30: 378-384 (2014)
17. AOAC. Official Methods of Analysis of the AOAC. Method 984.13. Association of Official Analytical Chemists, Arlington,

- VA, USA (1990)
18. Kim KS, Ghoung MG, Park SH. Quantitative determination and stability of curcuminoid pigments from turmeric (*Curcuma longa* L.) root. Korean J. Crop Sci. 50: 211-315 (2005)
 19. Brand-Williams W, Cuvelier ME, Berset C. Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. Lebensm. Wiss. Technol. 28: 25-30 (1995)
 20. Medcalf Df, Gilles KA. Wheat starches I. Comparison of physicochemical properties. Cereal Chem. 42: 558 (1965)
 21. Singleton VL, Orthofer R, Lamuela-Raventos RM. Analysis of total phenols and other oxidation substrates and antioxidants by means of Folin-Ciocalteu reagent. Method Enzymol. 299: 152-178 (1999)
 22. The National Institute of the Korean Language. Standard Korean language dictionary. Availabe from: <http://www.korean.go.kr>. Accessed May 14, 2016.
 23. RDA. Food Composition Table. 7th ed. Rural Resources Development Administration. Jeonju, Korea. pp. 50-51 (2007)
 24. Ra HN, Kim HY. Antioxidant and antimicrobial activities of *Curcuma aromatica* Salisb. with and without fermentation. Korean J. Food Cook. Sci. 32: 299-306 (2016)
 25. Kim GH, Kang IJ, Jung YH, Han JA, Hwang ES, Yun GS, Kim MJ. Food Chemistry. Soohaksa, Seoul, Korea. pp. 62-230 (2014)
 26. Fritsch CW. Measurements of frying fat deterioration. A brief review. J. Am. Oil Chem. Soc. 58: 272-274 (1981)
 27. Ziaifar AM, Achir N, Courtois F, Trezzani I, Trystram G. Review of mechanisms, conditions, and factors involved in the oil uptake phenomenon during the deep-fat frying process. Int. J. Food Sci. Technol. 43: 1410-1423 (2008)
 28. Hong SP, Kim MY, Hwang JK. Biological functions and production technology of carotenoids. J. Korean Soc. Food Sci. Nutr. 27: 1297-1306 (1998)
 29. Leonel M, Sarmiento SBS, Cereda MP. New starches for the food industry: *Curcuma longa* and *Curcuma zedoaria*. Carbohydr. Polym. 54: 385-388 (2003)
 30. Lee JG, Im MH. Effect of processing treatment on physicochemical characteristics of brown rice varieties with different amylose content. Korean J. Food Sci. Technol. 45: 613-618 (2013)
 31. Meilgaard MC, Civille CV, Carr BT. Sensory evaluation techniques. 5th ed, CRC Press, Inc., Boca Ranton, FL, USA. pp. 45-50 (2015)