팬 프라잉(Pan-frying)이 찰흑미 첨가 화전의 안토시아닌 함량에 미치는 영향

서정희¹ · 고은미[†]

¹강원대학교 식품영양학과, 서울여자대학교 식품영양학과

Effect of Pan-frying on Anthocyanin Content in *Hwajeon* with Varying Proportion of Glutinous Black Rice Flour

Jeonghee Surh¹ · Eunmi Koh[†]

¹Dept. of Food and Nutrition, Kangwon National University
Dept. of Food and Nutrition, Seoul Women's University

Abstract

Hwajeon, pan-fried rice cake, containing glutinous black rice flour at different proportions (0, 5, 10, 20, 30, or 50% of glutinous rice flour) was cooked to investigate the cooking effect on anthocyanins, color, and texture. Two anthocyanins, cyanidin-3-glucoside and peonidin-3-glucoside, were detected in both *hwajeon* dough and pan-fried *hwajeon*. The *hwajeon* retained up to 60% of anthocyanins in the dough after pan-frying. The lightness (L) of dough and *hwajeon* decreased with an increase in the amount of black rice flour. Interestingly, the lightness (L) of *hwajeon* was significantly lower than the counterpart dough, indicating that the color of *hwajeon* resulted not only from anthocyanins, but also from the browning reaction occurring during pan-frying. The redness (a) of *hwajeon* initially increased by adding glutinous black rice flour, and decreased at higher than 10% of black rice flour. In comparison with the control *hwajeon* (0% black rice flour), the black rice-added *hwajeon* showed lower hardness, whereas it had higher springiness and cohesiveness, resulting in no significant differences in gumminess and chewiness among the *hwajeon*. These results indicate that *hwajeon* enriched with glutinous black rice flour can be developed as a functional food containing health-promoting anthocyanins.

Key words: black rice flour, *hwajeon*, anthocyanin, color, texture

I. 서론

웰빙 식생활에 대한 소비자의 관심이 높아지면서 자연 식품 및 생리활성 기능을 지닌 기능성 식품의 생산과 소비가 점점 증가하고 있다. 이에 따라, 생리활성 성분이 함유된 여러 가지 천연식물을 떡의 재료로 이용하려는 연구가 활발히 이루어지고 있다.

안토시아닌은 베리류, 딸기, 적양배추, 흑미 등에 다량 존재하는 플라보노이드 계열의 색소로서 식품에 검은색 또는 짙은 보라색을 부여한다(Mazza G와 Minitati E 1993). 안토시아닌의 항산화(Ichikawa H 등 2001), 항염증(Hu C 등 2003), 항동맥경화(Xia X 등 2006), 항암성(Chen PN 등 2006) 등이 알려지면서, 흑미의 생산량과 섭취량이 지속적으로 증가하고 있다. 흑미에서 발견된 안토시아

닌 중에서 가장 대표적인 물질은 cyanidin-3-glucoside로서, 품종에 따라 다르지만 건조 시료 g당 최대 2,013 µg까지 고농도로 존재한다(Hiemori M 등 2009, Abdel-Aal EM 등 2006). 생리활성을 지닌 식품을 개발하기 위해 요구르트(Nontasan S 등 2012), 발효주(Kim OS 등 2012, Kim YH 등 2013), 떡(Cho JA와 Cho HJ 2000), 식빵(Lee KS 등 2005, Park YS와 Chang HG 2007), 쿠키(Park YS와 Chang HG 2008) 등에 천연 착색제로 흑미가 이용되기도 하였다.

안토시아닌은 pH, 온도, 빛, 산소, 전이금속 등의 다양한 인자에 의해 영향을 받기 쉬운 불안정한 수용성 색소이다(Mazza G와 Minitati E 1993). 따라서, 흑미에 원래 존재하는 안토시아닌이 조리가공 방법에 의해 파괴될 가능성을 배제할 수 없다. 조리 과정 중 안토시아닌 변화에 대한 연구로는, 흑미로 밥 짓는 과정 중 조리용기 및 열원을 달리하였을 때(전기밥솥, 압력밥솥, 가스레인지 조리) 안토시아닌의 함량 변화를 모니터링한 연구(Hiemori M 등 2009)와, 조리방법을 끓이기(boiling), 찌기(steaming), 기름에 볶기(stir-frying), 건열 볶기(roasting)로 다양하게

[†]Corresponding author: Eunmi Koh, Department of Food and Nutrition, College of Natural Science, Seoul Women's University, Seoul 139-774, Korea
Tel: +82-2-970-5649
Fax: +82-2-970-4049
Email: kohem7@swu.ac.kr

하여 흑미의 안토시아닌 함량 변화를 비교한 연구(Surh J 와 Koh E 2014) 등이 있다. 하지만, 흑미가 밥 이외의 식품으로 조리되는 과정에서 일어나는 안토시아닌의 변화에 대한 연구는 미비하다.

전통적인 떡의 다양한 조리법 중에서 기름에 지지는 대표적인 떡은 화전이다. 화전에 찰쌀가루를 대신하여 찰흑미 가루가 첨가된다면 안토시아닌에 의한 생리활성을 가진 기능성 음식으로 고급화 될 수 있다. 지금까지, 안토시아닌 함량이 높은 머루즙으로 조리 시 물의 일부를 대체한 화전의 이화학적·관능적 품질특성을 연구한 논문은 있지만(Lee BY 등 2011), 조리 전후 화전의 안토시아닌 함량 변화에 대한 연구는 전무하다. 우리 국민이 실제로 섭취하는 식품 및 음식에 존재하는 안토시아닌 함량에 대한 보다 정확한 데이터베이스를 구축하기 위해서는, 섭취 직전의 식품에 대한 안토시아닌 자료가 필수적이며, 이러한 자료는 안토시아닌이 함유된 음식의 섭취와 질환 예방과의 연관성을 규명하는데 크게 기여할 것이다.

따라서, 본 연구에서는 찰쌀가루에 찰흑미 가루를 여러 비율로 배합한 화전을 제조하여 조리 전후 안토시아닌 함량을 비교하고, 화전의 색과 조직감(texture)을 평가하여 찰흑미의 기능성이 화전에 부가될 수 있는지를 살펴 보았다.

II. 재료 및 방법

1. 실험재료

Kuromanin chloride (cyanidin-3-glucoside, 95%), peonidin-3-glucoside (95%), 메탄올, 1 N 염산용액, *o*-phosphoric acid, 아세트니트릴은 시그마-알드리치(St. Louis, MO, USA)에서 구입하였다. 찰흑미 시료는 흑미품종으로 등록된 신평흑찰(*Oryza sativa* cv. *Sinnongheugchal*)을 전라북도 농업기술원(Iksan, Korea)에서 제공받았다. 찰쌀은 백미 도정된 것(Hamyang Nonghyup, Hamyang, Gyeongsangnam-do, Korea)으로 마트에서 구입하였다.

2. 화전 제조

찰흑미 가루를 첨가한 화전의 재료 배합비는 Lee BY 등(2011)의 방법을 기초로 하여 Table 1과 같이 구성하였다. 찰흑미 가루를 첨가하지 않은 화전을 대조군으로 하였고, 예비 실험 결과에 따라, 화전이 지나치게 어두워져 기호도에 부정적 영향을 주지 않도록 찰흑미 가루의 최대 첨가농도를 50%로 결정하였다. 또한, 찰흑미 가루의 첨가에 따라 화전의 색도와 물성의 차이를 관찰할 수 있도록 첨가농도의 간격을 조정함으로써 찰흑미 가루의 양을 대조군의 찰쌀가루 대비 5, 10, 20, 30, 50%로 결정하였다.

Table 1. Formula for the preparation of *hwajeon* added with black rice flour

Ingredient	0%	5%	10%	20%	30%	50%
Rice flour (g)	300	285	270	240	210	150
Black rice flour (g)	0	15	30	60	90	150
Water (g)	45	45	45	45	45	45
Salt (g)	2.4	2.4	2.4	2.4	2.4	2.4

¹⁾Glutinous rice flour was replaced with glutinous black rice flour at 0, 5, 10, 20, 30, or 50%.

찰흑미에 2배의 증류수를 붓고 30분 간격으로 불린 쌀의 중량 변화를 살펴 본 결과, 물의 흡수량은 3시간까지 점차적으로 증가하였지만 그 이후에는 중량변화를 보이지 않았다. 이러한 선행 실험결과에 따라 찰흑미의 불리는 시간은 3시간으로 결정하였다. 찰흑미와 백미찰쌀에 중량기준으로 2배의 증류수를 붓고 3시간 동안 불린 후 체에 받쳐 물기를 제거하고 믹서기에 쌀가루를 곱게 뺐었다. 끓인 물에 소금을 녹인 후 일정 비율에 따라 배합된 쌀가루에 부어 10분간 반죽하고 폴리비닐백(고밀도 폴리에틸렌)에 넣어 수분의 증발을 최소로 한 상태에서 30분간 실온에서 숙성시켰다. 숙성 완료된 반죽은 15 g씩 칭량하여 직경 3.5 cm 크기의 원형으로 성형하였고, 팬을 200°C로 유지하면서 콩기름(화전 6개당 8 g 기름)을 두르고 화전을 면 당 1분간 가열하면서 각 면을 한 번씩 지켰다. 완성된 화전은 실온에서 8분간 뜨거운 열기를 식힌 후 바로 폴리비닐백(고밀도 폴리에틸렌)에 넣어 보관하였다. 화전의 색도와 물성(Texture Profile Analysis) 분석은 조리 당일에 실시하였다. 한편, 안토시아닌 분석을 위해, 화전 반죽과 조리된 화전 일부를 -75°C에서 4시간 동안 동결시킨 후, -50°C, 1.1 Pa 압력하에서 48시간 동안 동결 건조(EYELA freeze-drying apparatus model FDU-1200; Rikakikai Co., LTD., Tokyo, Japan) 시켰다. 동결건조 전후의 중량 감소율은 반죽과 화전이 각각 47.8±0.4%와 43.9±0.4%이었으며, 각 시료의 중량 감소율을 수분함량으로 사용하였다. 동결건조된 반죽과 화전을 분쇄기(Hibell Super Grinder, Hwaseong, Korea)를 이용하여 가루로 뺐은 후, 추출 전까지 -30°C에서 보관하였다.

3. 안토시아닌 분석

반죽과 화전의 안토시아닌 함량은 Hiemori M 등(2009)의 방법에 따라 분석되었다. 동결건조하여 분쇄한 시료 0.5 g을 칭량하여 메탄올과 1.0 N 염산용액 혼합액(85:15, v/v) 8 mL을 첨가하고 MS-300HS plate (Misung Scientific Co. LTD., Seoul, Korea)를 이용하여 30분 동안 추출하였다. 추출액은 4°C로 설정된 4,500×g에서 20분 동안 원심

분리하여 상층액을 농축플라스크로 옮기고, 남은 시료는 위와 동일한 방법으로 두 번 더 추출하였다. 모은 상층액을 진공농축기(EYELA, Rikakikai Co., Tokyo, Japan)를 이용하여 2-3 mL까지 농축하였다. 농축액은 메탄올과 1.0 N 염산용액 혼합액(85:15, v/v)으로 10 mL로 정용한 후 0.45 µm Millex-FH hydrophobic fluoropore (PTFE) membrane (Millipore, Milford, MA, USA)으로 여과하였다.

HPLC는 2998 photodiode array detector (Waters corporation, Milford, MA, USA)가 장착된 Waters Alliance 2690 HPLC system (Waters corporation, Milford, MA, USA)을 사용하였으며, 분석칼럼은 Zorbax ODS column (5 µm, 250×4.6 mm i.d., Agilent, Palo Alto, CA, USA)을 이용하였다. 안토시아닌 분리는 이동상 용매 A (0.2 M *o*-phosphoric acid, pH 1.5)와 용매 B (80% acetonitrile/20% 0.2 M *o*-phosphoric acid, pH 1.5)를 다음과 같은 농도 구배 조건으로 총 55분에 걸쳐 시행하였다. 이동상 용매 A와 B의 비율은, 100% 용매 A를 시작으로 하여 4분까지 92%로, 이 후 10분까지 86%, 30분까지 83.5%, 35분까지 74%, 55분까지 20%로 단계적으로 낮추면서, 용매 B의 비율을 상대적으로 증가시켰다. 이동상의 유속은 1 mL/min, ultraviolet-visible detector의 파장은 520 nm에서 시행하였다. 시료의 안토시아닌 피크는 크로마토그램에서 검출된 시간과 UV-Vis 스펙트럼을 표준물질의 피크와 비교하여 확인하였다. 안토시아닌 화합물인 cyanidin-3-glucoside와 peonidin-3-glucoside의 표준용액은 주입된 10 µL에 5-200 µg 범위에서 직선성을 나타내었다.

4. 색도 분석

화전의 색도는 색차계(CR-300, Minolta Co., Osaka, Japan)를 이용하여 명도(L, lightness), 적색도(a, redness), 황색도(b, yellowness)를 측정하였다. 표준 백색판(Standard Plate)의 값을 L=97.10, a=-0.02, b=1.82로 셋팅하고 화전의 색도를 측정하였으며, 모든 시료는 3회 반복 측정하여 평균 값±표준편차로 색도를 나타내었다.

5. 조직감(texture) 분석

화전의 물성 측정은 texture analyzer (TA-XT2, Stable Micro System Ltd., Haslemere, UK)를 사용하여 가로 1 cm, 세로 1 cm로 재단하여 화전 시료를 2회 반복 압착시험(two-bite compression test)으로 원통형 probe (25 mm diameter)를 이용하여 측정하였다. 분석조건은 pre-test speed 2.0 mm/sec, test speed 1.0 mm/sec, post-test speed 2.0 mm/sec, test distance 7.0 mm, trigger force 5 g으로 하였다. 측정 후 얻어진 force-time curve로부터 시료의 경도(hardness), 탄력성(springiness), 응집성(cohesiveness), 점착성(gumminess), 저작성(chewiness)이 산출되었으며, 각

시료는 3회 반복 실험하여 평균 값±표준편차로 나타내었다.

6. 통계분석

본 연구의 통계처리는 통계분석용 프로그램인 SAS program version 9.1 for windows (SAS 9.1, SAS Institute Inc., Cary, NC, USA)을 이용하여 평균값과 표준편차로 나타내었으며, ANOVA, Duncan's multiple range test로 유의성을 검정하였다.

III. 결과 및 고찰

1. 안토시아닌의 함량 변화

본 실험에서 찰흑미로 사용된 신농흑찰은 아밀로오스 함량이 6.1%로서(Surh J와 Koh E 2014) 찰흑미 품종으로 등록되어 있으며, 본 연구에서는 화전의 주요 재료인 백미찰쌀을 일정 비율 대체하여 첨가하였다. 신농흑찰은 cyanidin-3-glucoside (1,020.64 µg/g dry weight, 94.8%)와 peonidin-3-glucoside (56.55 µg/g dry weight, 5.2%)를 주요 안토시아닌 색소로 함유하고 있다(Surh J와 Koh E 2014). 따라서, 본 연구에서는 찰흑미 첨가 화전 제조를 통해 주요 색소인 cyanidin-3-glucoside와 peonidin-3-glucoside의 함량에 팬 프라잉 조리법이 미치는 영향을 관찰하였다.

찰흑미를 첨가한 화전 반죽과 조리된 화전에서 확인된 안토시아닌 색소는 cyanidin-3-glucoside와 상대적으로 적은 농도의 peonidin-3-glucoside이었다(Fig. 1). Cyanidin-3-glucoside와 peonidin-3-glucoside의 함량은 팬 프라잉에 의해 화전 반죽(dough)과 비교하여 40-50% 감소되었다(Fig. 2). 모든 배합비에서 유의적인 감소를 보인 cyanidin-3-glucoside와 달리 peonidin-3-glucoside는 50% 배합비를 가진 화전에서만 유의적인 감소를 나타내었다. 이것은 peonidin-3-glucoside의 함량이 미량이었기 때문인 것으로 사료된다. Hiemori M 등(2009)은 흑미로 밥을 지었을 때 안토시아닌의 손실량이 65-80%에 달했다고 보고하였다. Surh J와 Koh E(2014)는 쌀을 주재료로 하는 서양 조리법을 모방하여, 불린 흑미를 130°C로 유지된 팬에서 기름과 함께 볶은 후 물을 첨가하여 밥을 지었으며, 이 과정에서 손실된 안토시아닌 양을 86%로 보고하였다. 고온에서 진행된 팬 프라잉 조리법이 끓이기(boiling)에 비해 안토시아닌의 손실이 낮았던 이유는, 화전은 (i) 기름으로 조리하여 수용성 색소인 안토시아닌의 손실이 상대적으로 적게 일어났고, (ii) 조리가 완료될 때까지 단시간(2분) 동안 열에 노출되었기 때문으로 사료된다. 특히, 화전 제조 온도와 동일한 200°C에서 15분 동안 건열로 볶은(roasting) 흑미의 안토시아닌 손실율이 94%, 30분 동안 끓인 흑미의 안토시아닌 손실율이 77% 이었던 Surh J와

Fig. 1. HPLC chromatograms of anthocyanin standards (A) and *hwajeon* (B) prepared with glutinous black rice flour and glutinous white rice flour (50/50, w/w)

Koh E (2014)의 결과와 비교하면, 안토시아닌 함량은 100°C 이상의 일반적 조리 조건에서는 조리온도의 증가 보다는 조리시간의 증가에 의해 더 큰 영향을 받는 것으로 판단된다. 실제로, Hiemori M 등(2009)의 실험을 분석하면, 증류수에 녹인 cyanidin-3-glucoside가 100°C 가열 온도에서 초기 30분 동안 분당 2.6%의 속도로 손실되었고, 90분 경과 후에는 대부분 손실되었음을 알 수 있었다. 이러한 결과들은 조리시간의 단축이 식품 내부에 안토시아닌을 보유할 수 있는 중요한 인자임을 시사하고 있다. Markakis P 등(1957)은 가열에 의해 안토시아닌의 flavylium ring이 열리고 무색의 칼콘(chalcone)이 생성된 후 당이 떨어지면서 파괴가 일어난다고 하였다. 반면에, Adams JB(1973)는 먼저 가수분해로 인해 당이 떨어져 나가고 비당체(aglycone)가 생성된 후 안토시아닌이 파괴된다고 하였다. 한편, Hiemori M 등(2009)은 cyanidin-3-glucoside가 가열 중에 감소하는 양만큼 protocatechuic acid가 비례적으로 증가되는 현상을 실험적으로 관찰한 후, cyanidin-3-glucoside가 비당체가 된 이후에도 추가적 분해 반응으로 유기산이 생성될 수 있음을 제안하였다.

2. 화전의 색도

화전 반죽과 조리된 화전은 찰흑미 첨가량이 증가할수록 색은 어두워지고 보라색이 짙어지는 경향이 육안으로 관찰되었다. 이러한 경향은 기계적 측정에서도 동일하게 나타났다(Table 2). 즉, 반죽과 화전의 명도는 무첨가군에서 각각 87.15와 64.46으로 가장 밝았으며, 찰흑미 첨가량이 증가함에 따라 유의적으로 L값이 감소되어, 50% 첨

Fig. 2. Effect of pan-frying on the levels of cyanidin-3-glucoside (A) and peonidin-3-glucoside (B) in *hwajeon* prepared with varying proportion of black rice flour. Y axis of peonidin-3-glucoside (B) is presented as one tenth scale with Y axis of cyanidin-3-glucoside (A), in order to show that the effects of pan-frying are similar in the two anthocyanins. *and ** represent significant differences in values between *hwajeon* dough and pan-fried *hwajeon* at 0.05 and 0.01, respectively.

가군에서는 각각 33.40과 19.73을 나타내었다($p < 0.001$). 화전의 안토시아닌 함량은 조리 전 상태인 반죽에 비해 유의적으로 낮았으므로(Fig. 2), 화전의 명도는 증가할 것으로 예상되었다. 그러나, 동일 첨가량에서 화전의 명도는 반죽보다 유의적으로 낮은 현상이 일관되게 관찰되었다($p < 0.001$). 이 결과는, 화전의 색 특성에는 안토시아닌 함량뿐만 아니라, 열처리 동안 일어난 가속화된 갈변반응이 주요하게 기여하고 있음을 시사하고 있다. 적색도의 경우, 반죽에서는 20% 첨가 수준까지, 조리된 화전에서는 10% 첨가수준까지 찰흑미 첨가량에 비례하여 유의적으로 증가하였으나, 그 이상 찰흑미를 첨가하여도 그에 따른 적색도의 추가적 증가는 관찰되지 않았다. 또한, 첨가량이 상대적으로 낮은 수준(0%, 5%)에서는 반죽보다 화전의 적색도가 높았으며($p < 0.01$), 상대적으로 첨가량이 높은 수준(20~50%)에서는 반죽의 적색도가 유의적으로

Table 2. Color characteristics of *hwajeon* prepared with varying proportion of black rice flour¹⁾

Black rice flour (%)	L (lightness)		p value ²⁾	a (redness)		p value	b (yellowness)		p value
	Dough	Pan-fried		Dough	Pan-fried		Dough	Pan-fried	
0	87.15±1.82 ^a	64.46±0.46 ^a	<0.0001	-0.26±0.27 ^d	-1.37±0.26 ^c	<0.01	6.22±0.47 ^a	7.55±1.28 ^a	NS
5	63.13±1.05 ^b	35.10±0.83 ^b	<0.0001	2.57±0.24 ^c	3.54±0.23 ^b	<0.01	-0.60±0.21 ^b	1.10±0.18 ^b	<0.001
10	54.99±1.30 ^c	28.64±0.55 ^c	<0.0001	4.06±0.06 ^b	4.18±0.29 ^a	NS	-1.12±0.06 ^c	0.35±0.03 ^{bc}	<0.001
20	43.42±1.91 ^d	23.81±0.29 ^d	<0.0001	5.46±0.31 ^a	3.19±0.17 ^b	<0.001	-1.34±0.25 ^{cd}	0.67±0.15 ^{bc}	<0.001
30	41.73±0.73 ^d	20.95±0.54 ^c	<0.0001	5.51±0.09 ^a	2.32±0.34 ^c	<0.001	-1.57±0.03 ^d	-0.16±0.06 ^c	<0.001
50	33.40±0.58 ^e	19.73±0.09 ^f	<0.0001	5.57±0.07 ^a	1.53±0.10 ^d	<0.001	-1.64±0.15 ^d	-0.14±0.05 ^c	<0.001
p value	<0.001	<0.001		<0.001	<0.001		<0.001	<0.001	

¹⁾The value was expressed as the average ± standard deviation of triplicates. a-f: Values with different superscripts in the same column are significantly different. NS means not significant.

²⁾The value represents a significant difference between dough and pan-fried *hwajeon*. NS means not significant.

더 높은 현상이 관찰되었다($p<0.001$). 찰흑미 첨가 화전의 적색도에서도 조리 전후 안토시아닌의 함량뿐 아니라 열처리에 의한 갈변현상이 색 특성의 주요 기여 인자임을 시사해 주었다. 황색도는 무첨가군의 경우 반죽과 화전에서 각각 6.22와 7.55로 측정되었다. 그러나, 찰흑미를 첨가하면 그 값들은 0 근방에서 관찰됨으로써 찰흑미 첨가 화전에서 황색은 주요 색 특성 인자가 아님을 알 수 있었다. Lee BY 등(2011)의 연구를 분석하면, 머루즙 첨가 화전에서도 첨가량에 비례하여 화전의 명도는 감소하지만 일정 첨가량 이상에서는 적색도와 황색도의 추가적 증가는 일어나지 않았다. 뚜렷한 보라색을 나타내는 화전들이 흰색에 가까운 화전보다 더 높은 기호도를 보였다는 선행 연구결과(Lee BY 등 2011)와, 찰흑미 첨가 화전의 적색도가 가장 높았던 10% 첨가수준에서 반죽과 화전의 적색도가 유의적으로 다르지 않았고(Table 2), 또한 10% 첨가 시에는 조리 전후의 안토시아닌 손실에서도 유

의적 차이가 없었으므로(Fig. 2), 열처리 이후의 안토시아닌 보유율과 그에 따른 색 특성 변화를 고려하면 10% 첨가수준이 적절할 것으로 판단된다.

3. 화전의 조직감

조리된 화전의 경도는 10% 첨가수준까지는 유의적으로 변하지 않았지만, 20%부터는 경도가 낮아지는 특성을 보였다(Table 3). 흑미는 일반 백미와 달리 겉껍질만 제거되어 현미상태로 이용되기 때문에 일반 백미에 비해 과피와 종피에 주로 분포하는 식이섬유와 무기질의 함량이 높다(NAAS/RDA 2012). 식이섬유의 수분보유력과 무기 성분들의 전분호화 촉진력이(BeMiller JN과 Huber KC 2008) 20% 이상의 찰흑미 첨가군에서 경도를 낮춘 것으로 생각된다.

호화된 전분에 점성과 탄성을 부여하는 아밀로펙틴의 특성을 고려하여(BeMiller JN과 Huber KC 2008) 시료의

Table 3. Textural characteristics of *hwajeon* prepared with varying proportion of black rice flour¹⁾

Black rice flour (%)	Hardness (N)	Springiness (mm)	Cohesiveness	Gumminess (N)	Chewiness (Nmm)
0	10038.6±565.9 ^{ab}	0.57±0.05 ^b	0.36±0.03 ^c	3664.6±493.7 ^a	2116.6±428.8 ^b
5	10439.5±566.0 ^a	0.77±0.06 ^a	0.38±0.01 ^c	3923.3±350.1 ^a	3011.5±128.1 ^a
10	9000.31±236.1 ^{bc}	0.79±0.03 ^a	0.41±0.04 ^{bc}	3697.8±537.5 ^a	2903.1±347.2 ^{ab}
20	7970.3±741.2 ^c	0.79±0.03 ^a	0.44±0.02 ^b	3507.7±266.6 ^a	2771.4±89.6 ^{ab}
30	6134.8±170.2 ^d	0.78±0.16 ^a	0.54±0.06 ^a	3290.0±252.6 ^a	2603.3±696.4 ^{ab}
50	7919.6±801.0 ^c	0.76±0.08 ^a	0.41±0.01 ^{bc}	3290.1±420.4 ^a	2527.9±588.6 ^{ab}
p value	<0.001	<0.05	<0.001	NS	NS

¹⁾The value was expressed as the average±standard deviation of duplicates. a-d: Values with different superscripts in the same column are significantly different. NS means not significant.

아밀로오스 함량을 비교한 결과, 본 실험에서 사용된 찰흑미는 아밀로오스 함량이 6.1%로 국내 백미 찰쌀의 1.79-1.93% (Yoo J-S 등 2013)보다 3배 정도 높았다. 즉, 아밀로펙틴 함량은 찰흑미에 94%, 백미찰쌀에 98%로 추정하고, 찰흑미의 첨가량이 증가할수록 점탄성이 감소될 것으로 예상하였다. 그러나 화전의 탄력성은 5% 첨가군부터, 응집성은 10% 첨가군부터 유의적으로 증가하였고, 그 이상 찰흑미를 첨가하여도 추가적 증가는 관찰되지 않았다. 이 결과는 화전 제조 중 일어나는 전분의 팽윤과 호화 과정에 백미찰쌀과 찰흑미의 아밀로펙틴 함량 차이보다는 식이섬유, 무기질 등 다른 구성성분의 차이가 더 영향을 주었음을 시사한다. 찰흑미 첨가로 대조군에 비해 화전의 경도는 감소하고, 탄력성과 응집성은 증가함에 따라 화전을 삼키기 적당한 상태까지 저작하는 데 소요되는 힘과 일을 나타내는 물성 지표인 점착성과 저작성은 무첨가 화전과 유의적으로 다르지 않았다. 이런 결과들은 찰흑미 첨가로 화전이 부드러워진 반면 다른 물성에는 크게 영향을 미치지 않기 때문에, 기존의 백미찰쌀 화전이 기능성이 부여된 식품으로 발전될 수 있는 가능성을 보여준다.

IV. 요약 및 결론

백미 찰쌀가루의 0, 5, 10, 20, 30, 50%를 찰흑미 가루로 대체한 화전을 제조하여 조리 전후 안토시아닌, 색, 조직감의 변화를 관찰하였다. 찰흑미 첨가 화전 및 반죽의 주요 안토시아닌은 cyanidin-3-glucoside와 peonidin-3-glucoside이었으며, 화전 조리에서 의한 안토시아닌 손실률은 40-50%로 비교적 낮게 관찰되었다. 이것은 열에 약한 수용성 안토시아닌이 기름을 매개로 하는 화전의 팬 프라이닝 조리 중 고온에 단시간 노출되었기 때문으로 보인다. 안토시아닌을 함유한 찰흑미의 첨가로 화전 반죽의 명도는 감소되었고 적색도는 증가되었다. 팬 프라이닝에 의해 반죽의 일부 안토시아닌이 손실된 화전에서 오히려 명도의 더 큰 감소가 관찰됨으로써, 화전의 색은 안토시아닌 뿐만 아니라 열처리에 의한 갈변반응이 함께 기여한 것으로 보인다. 한편, 찰흑미 첨가로 화전의 경도는 감소되고 탄력성과 응집성은 증가되었으며, 화전을 씹어서 삼키는 데 소요되는 힘과 일은 무첨가 화전과 유의적으로 다르지 않았다. 이는 화전 조리 중 일어나는 전분의 팽윤과 호화에 아밀로펙틴뿐만 아니라 찰흑미에 풍부한 식이섬유와 무기성분들이 함께 기여한 효과로 해석된다. 찰흑미 첨가로 화전 물성에 대한 부정적 영향이 없었고, 팬 프라이닝에 의해 조리되는 화전은 조리 중 안토시아닌 보유율도 높았으므로, 찰흑미의 기능성이 화전에 효율적으로 부가될 수 있을 것으로 보인다.

감사의 글

본 논문은 2013학년도 서울여자대학교 교내학술연구비의 지원을 받았다.

References

- Abdel-Aal EM, Young C, Rabalski I. 2006. Anthocyanin composition in black, blue, pink, purple, and red cereal grains. *J Agric Food Chem* 54(13):4696-4704
- Adams JB. 1973. Thermal degradation of anthocyanin with particular reference on 3 glucosides of cyanidin. I. In acidified aqueous solution at 100°C. *J Sci Food Agric* 24(7):747-762
- BeMiller JN, Huber KC. 2008. Carbohydrates. pp 84-154. In: *Food Chemistry*. Damodaran S, Parkin KL, Fennema OR (ed). CRC Press. Boca Raton, FL. USA
- Chen PN, Kuo WH, Chiang CL, Chiou HL, Hsieh YS, Chu SC. 2006. Black rice anthocyanins inhibit cancer cells invasion via repressions of MMPs and u-PA expression. *Chem-Biol Interact* 163(3):218-229
- Cho JA, Cho HJ. 2000. Quality Properties of Injilmi made with black rice. *Korean J Soc Food Sci* 16(3):226-231
- Hiemori M, Koh E, Mitchell AE. 2009. Influence of cooking on anthocyanins in black rice (*Oryza sativa* L. japonica var. SBR). *J Agric Food Chem* 57(5):1908-1914
- Hu C, Zawistowski J, Ling W, Kitts DD. 2003. Black rice (*Oryza sativa* L. indica) pigmented fraction suppresses both reactive oxygen species and nitric oxide in chemical and biological model systems. *J Agric Food Chem* 51(18):5271-5277
- Ichikawa H, Ichihyanagi T, Xu B, Yoshii Y, Nakajima M, Konishi T. 2001. Antioxidant activity of anthocyanin extract from purple black rice. *J Med Food* 4(4):211-218
- Kim OS, Park SS, Sung JM. 2012. Antioxidant Activity and fermentation characteristics of traditional black rice wine. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 41(12):1693-1700
- Kim YH, Lee YJ, Park SO, Lee SJ, Lee OH. 2013. Antioxidant compounds and antioxidant activities of fermented black rice and its fractions. *Korean J Food Sci Technol* 45(2): 262-266
- Lee BY, Kim NH, Kim SI, Kim SG, Kim JS, Surh J. 2011. Preparation and characterization of physicochemical and sensory properties of Hwajeon added with wild grape extract. *Korean J Food Sci Technol* 43(5):588-596
- Lee KS, Yoon HH, Lee HJ, An HL. 2005. Bread making characteristics of black rice bread with different of levels of black rice wine. *Korean J Food Sci Technol* 21(6):794-799
- Markakis P, Livingstone GE, Fillers GR. 1957. Quantitative aspects of strawberry pigment degradation. *Food Res* 22(2):

117-130

- Mazza G, Minitiati E. 1993. Introduction, in anthocyanin in fruits, vegetables, and grains, ed. by Mazza G and Minitiati E. CRC Press. Boca Raton, FL. USA pp 1-28
- NAAS/RDA (National Academy of Agricultural Science/Rural Development Administration). 2012. Food Composition Table. 8th ed. Suwon, Korea
- Nontasan S, Moongngarm A, Deeseenthum S. 2012. Application of functional colorant prepared from black rice bran in yogurt. *APCBEE Procedia* 2:62-67
- Park YS, Chang HG. 2007. Quality characteristics of sponge cakes containing various levels of black rice flour. *Korean J Food Sci Technol* 39(4):406-411
- Park YS, Chang HG. 2008. Effect of black rice flour on the quality of sugar-snap cookie. *Korean J Food Sci Technol*

40(2):234-237

- Surh J, Koh E. 2014. Effects of four different cooking on anthocyanins, total phenolics, and antioxidant activity of black rice. *J Sci Food Agric*. In press
- Xia X, Ling W, Ma J, Xia M, Hou M, Wang Q, Zhu H, Tang Z. 2006. An anthocyanin-rich extract from black rice enhances atherosclerotic plaque stabilization in apolipoprotein E-deficient mice. *J Nutr* 136(8):2220-2225
- Yoo J-S, Park H-S, Cho Y-C, Kim B-K, Ha K-Y. 2013. Comparison of physicochemical and textural properties of glutinous rice cultivars. *Food Eng Prog* 17(3):212-218

Received on June13, 2014/ Revised on June19, 2014/ Accepted on June20, 2014