

열처리가 칩가루 및 이를 첨가한 백설기의 품질 특성과 산화방지활성에 미치는 영향

염주희 · 서정희*
강원대학교 식품영양학과

Effect of heating on the quality characteristics and antioxidant activities of *Baekseolgi* made with arrowroot flour

Juhee Yeom and Jeonghee Surh*

Department of Food and Nutrition, Kangwon National University

Abstract *Baekseolgi* made with arrowroot flour (AF, 0 to 15% of rice flour) was steamed to examine the effect of heating on its antioxidant activity and physicochemical properties. Despite the presence of abundant dietary fiber and superior water-holding capacity of AF, moisture in *baekseolgi* was not significantly increased. This could partly be attributed to AF having 50% less moisture content than rice flour. Hence, hardness of *baekseolgi* was also not significantly altered. Total reducing capacity and flavonoid content of *baekseolgi* increased proportionally with the increase in AF addition. However, these values were lower than the predicted values calculated from the antioxidant activities of heated AF, which was more apparent in total reducing capacity. This indicated that the stability of non-phenolic reducing compounds in AF was lower than that of the phenolic compounds. Thermally processed *baekseolgi* made with 9% AF exhibited antioxidant activity without noticeable loss in the quality of the product.

Keywords: arrowroot, heat, *baekseolgi*, antioxidant activity, flavonoid

서 론

의료 과학 기술의 발전과 식사생활 개선으로 전 세계적으로 인 간의 평균수명(life expectancy)은 증가하고 있다. 통계청에 따르면, 한국 여성의 평균수명은 1970년 65.81세에서 2015년 86.17세 로 연장되어(1) 폐경기 중년 여성들의 대부분이 과거보다 더 긴 기간 동안 폐경 상태에 노출되게 되었다. 이로 인해 한국 폐경 여성들은 건강수명(healthy life expectancy)을 연장시키기 위한 다양한 생활 속 지침들을 기꺼이 시도하고자 하며, 특히 식사생활 영역에서는 폐경과 동반된 증상을 완화시킬 수 있는 건강기능식품에 대한 명확한 니즈(articulated needs)를 드러내고 있다. 고령화 시대와 함께 증가한 갱년·폐경기 여성들의 구체적 니즈를 충족시키고자 식품공학산업에서는 이들을 타겟으로 한 관련 제품을 지속적으로 개발·출시하고 있다(2). 에스트로겐 결핍에 의한 폐경기 증상을 완화시킬 목적으로 개발된 ‘폐경기 대응 기능성 식품’은 대부분 부작용 우려가 없는 자연 식물성 식품 소재에서 유래한 ‘식물에스트로겐(phytoestrogen)’을 주요 기능성분으로 함유하고 있다(3). 에스트로겐과 구조적 유사성을 지닌 식물

에스트로겐은 에스트로겐 수용체(receptor)와 경쟁적으로 결합하여, 생애주기에 따라 폐경기 이전에는 에스트로겐 작용을 약화시키고(antiestrogenic), 폐경기 이후에는 에스트로겐 유사활성(estrogenic)을 나타냄으로써, 암, 심혈관계 질환, 골다공증, 폐경기 증상 등 호르몬 의존적 질환을 예방하는데 중요한 역할을 한다(3). 식물에스트로겐을 함유한 대표적 식품으로는 콩, 식류, 칩 등이 알려져 있으며(4,5), 이들 중 본 연구에서는 생물 중량 당 식물에스트로겐 함량이 가장 많은 칩에 초점을 두었다.

칩(*Pueraria montana*)은 한국 산야 전역에서 자생하는 덩굴성 콩과식물(6) 같은으로 불리는 뿌리 부분이 약재로 사용되어 왔으며 다이제인(daidzein), 포모노네틴(formononetin), 제니스테인(genistein), 바이오카닌 에이(biochanin A)와 이들의 글리코사이드 등 에스트로겐 유사 활성을 지닌 상당량의 아이소플라본(isoflavone)을 함유하고 있다(7). 특히 다이제인의 글리코사이드 일종으로 탁월한 항산화력을 보유한 puerarin (daidzein-8-C-glucoside)은 콩에서는 거의 발견되지 않는 칩 특이적인 아이소플라본으로 알려져 있다(8,9). 그 밖에도 칩은 카테킨(catechin)등의 폴리페놀성 플라보노이드, 사포닌(saponins), 식품섬유를 상당량 함유하고 있으며(10-12), 더덕, 도라지, 연근, 우엉을 포함한 구근류 중 산화방지 활성이 가장 높은 것으로 평가되고 있다(13). 칩의 유효성분인 플라보노이드와 산화방지 기능이 과학적으로 확인됨에 따라, 칩은 폐경기 여성을 위한 기능성 식품의 원재료로 확실히 자리매김하게 되었다.

그러나 선행연구에 따르면, 칩 속 다이진(daidzin), 제니스테인(genistin)은 80-100°C의 열처리 조건에서는 비교적 안정한 반면, 140°C 이상의 고온에서는 가열 초기 30분안에 안정성이 급격히

*Corresponding author: Jeonghee Surh, Department of Food and Nutrition, College of Health Science, Kangwon National University, Samcheok, Gangwon 25945, Korea
Tel: +82-33-540-3314
Fax: +82-33-540-3319
E-mail: jsurh@kangwon.ac.kr
Received September 9, 2017; revised October 16, 2017;
accepted October 19, 2017

하락하였다(9). 따라서 칩을 활용한 가공식품 개발에는 열처리 가공 중 칩의 기능성 변화에 대한 검토가 필요하다. 현재까지 칩을 기능성 식소재로 사용한 연구들은 그 대상 식품이 백설기(14), 라면(15), 식빵(16), 다식(17) 등 밀가루나 쌀가루를 주재료로 하는 녹말 위주의 식품들이 주를 이루고 있다. 이는 칩이 다량의 녹말을 함유하고 있고 칩가루 형태의 1차 가공품으로 칩을 구입하는 것이 용이했기 때문으로 보인다. 이 연구들은 밀가루나 쌀가루의 일부를 칩가루로 대체한 후 이화학적, 관능적 품질 특성 평가를 통해 최적 레시피를 제안함으로써 칩을 첨가한 제품의 개발 가능성을 보여주었다. 그러나 가열 조리로 제조된 이들 제품에 칩유래 플라보노이드와 산화방지 기능이 실질적으로 부가되었는지 여부를 확인하지 않은 공통적 한계점을 남겼다.

본 연구에서는 칩가루의 기능성이 열처리 가공식품에 실질적으로 부가되었는지를 확인하고자 칩가루 첨가 식품의 품질 특성과 함께 산화방지활성을 평가하였다. 이를 위해 적용 대상 식품으로 (i) 칩가루로 대체 가능한 재료를 포함하고 있고, (ii) 레시피와 재료가 간단하여 칩가루에 의한 산화방지활성 변화를 해석하기 수월한 백설기를 선정하였다. 또한 백설기와 유사한 조건에서 열처리된 칩가루의 산화방지 활성 변화를 평가하여 칩가루 첨가 백설기와 비교하였다. 이를 통해 궁극적으로, 품질 특성의 손실이 칩가루의 기능성이 실질적으로 부가된 열처리 제품의 개발 가능성을 탐색하고자 하였다.

재료 및 방법

실험재료 및 시약

실험에 사용한 칩가루(국내산 100%, 천연약초, Jecheon, Korea)는 농협 온라인 매장(www.nhmarket.kr)에서 2017년 2월에 구입하였다. 제조사에 따르면, 칩가루는 생 칩 100%를 그대로 분말한 원재료만을 500 mesh 이상의 에어제트밀(air jet mill)로 초미분 분쇄하여 제조하였으며, 보존제, 첨가물, 향신료를 추가하지 않았다. 쌀가루(국내산 100%, Daedoo Food Corp., Gunsan, Korea), 설탕(백설당, Cheiljedang Corp., Incheon, Korea), 소금(Youngjin-salt Co., Sinan, Korea)은 모두 2017년 3월 시중에서 구입하여 사용하였다.

분석에 사용한 시약 중 3-(2-pyridyl)-5,6-diphenyl-1,2,4-triazine-4',4''-disulfonic acid sodium salt (FerroZine™ iron reagent), 폴린 데니스시약(Folin-Denis' reagent), 2,2-다이페닐-1-피크릴하이드라질(2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl, DPPH), gallic acid, catechin, 염화알루미늄(aluminum chloride)은 Sigma-Aldrich Chemical Industry Co. (St. Louis, MO, USA)로 부터 구입하였고, 에틸렌디아민테트라아세트산(ethylenediaminetetraacetic acid, EDTA), 아질산나트륨(NaNO_2)은 Showa Chemical Industry Co. (Tokyo, Japan)의 특급 시약을 사용하였다. 에탄올, 에틸에테르는 Avantor Performance Materials Industry Co. (Selangor Darul Ehsan, Malaysia)의 제품을 이용하였고, 염화철(ferrous chloride, FeCl_2)은 Junsei Chemical Co. (Tokyo, Japan)의 제품을 사용하였다. 시약 조제에는 탈염탈이온수가 사용되었다.

칩가루와 쌀가루의 일반성분 및 식품섭유 분석

일반성분과 식품섭유는 AOAC 방법(18)에 따라 분석하였다. 수분은 105°C 건조기(OF-12, Jeio Tech, Gimpo, Korea)를 이용한 상압가열건조법으로, 조회분은 550°C 회화로(MF31G, Jeio Tech)에서 직접회화법으로 분석하였다. 조단백질 함량은 분해장치(Digestion unit K-424, Buchi, Flawil, Switzerland), 증류장치

(Kjelflex K-360, Buchi), 적정장치(702 SMTitrino Metrohm, Buchi)를 차례로 사용하여 마이크로 켈달법(micro-Kjeldahl)에 따라 분석하였으며 결과는 질소계수 6.25를 반영하여 산출하였다. 조지방 함량은 속슬렛(Soxhlet) 추출법에 따라 에틸에테르를 용매로 하여 속슬렛 장치(E-816, Buchi)로 추출한 후 정량하였으며, 탄수화물 함량은 차감법에 따라 100-(수분+조회분+조단백질+조지방)의 식으로 계산하였다. 식품섭유는 enzymatic-gravimetric method (985.29)에 따라 아밀레이스(amylase), 프로테이스(protease), 아밀로글루코시테이스(amyloglucosidase, Sigma-Aldrich Chemical Industry Co.)를 시료에 처리하는 분해단계, 에탄올을 가해 2시간 이상 상온에서 식품섭유를 침전시키는 단계, 여과 단계(Fibertec System E1023 Filtration Module, FOSS, Slangerupgade, Denmark)를 순차적으로 거쳤다. 얻어진 반응물에서 분해되지 않고 남아있는 회분과 단백질의 함량을 차감함으로써 시료 속 식품섭유 함량을 산출하였다.

칩가루와 쌀가루의 수용성 고형물, pH 및 산도

시료 1 g에 증류수를 가하여 20 mL로 맞추어 혼합한 후 3,091×g에서 20분 동안 원심분리(5810R, Eppendorf, Hamburg, Germany)하여 상층액을 얻었다. 수용성 고형물은 상층액의 굴절률(refractometer, PR201, Atago, Tokyo, Japan)을 측정하여 당도(Degrees Brix, °Bx)로 나타내었으며, pH는 상층액을 pH meter (725P, Istek, Seoul, Korea)로 측정하였다. 한편 산도 측정을 위해, 상층액을 1회 더 여과(Qualitative filter paper No. 2, Whatman, Maidstone, England)하였다. 0.01 N NaOH 용액으로 pH가 종말점인 8.3이 될 때까지 중화적정 하였다. 시료의 총산은 아세트산(acetic acid, 60.05 g/mol) 함량으로 산출하였다.

칩가루와 쌀가루의 색 특성

칩가루와 쌀가루의 색도는 색차계(CR400, Konica Minolta Sensing, Osaka, Japan)로 측정 부위를 달리하여 3회 반복 측정하여 명도(L, lightness), 적색도(a, redness), 황색도(b, yellowness)로 나타내었다. 표준 백색판으로 보정한 후 L 값은 0 (검정색)에서 100 (흰색), a 값은 -80 (녹색)에서 100 (적색), b 값은 -70 (청색)에서 70 (황색)의 범위에서 측정하였다.

칩가루와 쌀가루의 물 결합력

Medcalf와 Gilles(19)의 연구에 따라 물 결합력을 측정하였다. 시료 1 g에 증류수(11.6°C)로 40 mL를 맞추어 30분 동안 간헐적으로 교반한 후 원심분리기(5810R, Eppendorf)로 3,091×g에서 30분 동안 원심분리하였다. 상층액을 제거한 후 가라앉은 침전물의 무게를 측정하였다. 물 결합력(%)은 시료의 처음 무게에 대한 증가된 무게의 %로 계산하였다.

칩가루와 쌀가루의 산화방지활성

산화방지활성을 측정하기 위한 추출물의 제조 방법은 다음과 같다. 먼저 용매별 칩 추출물의 성분과 효능을 비교한 Kim 등(20)의 연구에 따라, 생리활성 성분의 용출 정도가 높았던 70% 에탄올을 추출 용매로 사용하였다. 칩가루와 쌀가루 각 1g에 70% 에탄올을 가하여 30 mL로 맞춘 후 37.5°C 진탕수조(Shaking & Heating Bath BS-21, Jeio Tech)에서 150 rpm으로 12시간 동안 추출하였다. 이후 여과(Qualitative filter paper No. 2, Whatman)하여 얻은 액체를 에탄올 추출물로 사용하였다.

추출물의 색 특성은 분광광도계(spectrophotometer, UV-1650, Shimadzu, Kyoto, Japan)로 420 nm (A_{420})와 520 nm (A_{520})에서

추출물의 흡광도를 측정하여 갈변도(browning index, A_{420})와 색도(color intensity, $A_{420}+A_{520}$)로 나타내었다.

총 환원력은 페놀성 및 비페놀성 환원 물질이 염기적 조건에서 폴린테니스시약에 전자를 전달하여 발색물질을 형성하는 원리를 바탕으로 한 폴린테니스법(21)으로 측정하였다. 5배 희석한 에탄올 추출물 1 mL에 폴린테니스시약 1 mL, 10% 탄산소듐(Na_2CO_3) 1 mL를 가하여 혼합하고 발색시킨 후 실온(25°C)에서 1시간 동안 정치시켰다. 이 후 분광광도계(UV-1650, Shimadzu)로 700 nm에서 흡광도를 측정하였다. 총 환원력은 원시료 중량 당 갈산 당량(gallic acid equivalents)으로 나타내었다.

총 플라보노이드 함량은 플라보노이드가 알칼리 환경에서 aluminum과 붉은색의 착화합물(flavonoid-aluminum complex)을 형성하는 원리를 바탕으로 측정하였다(22). 추출물 100 μL 에 10% NaNO_2 50 μL 를 넣어 실온(25°C)에서 5분 동안 방치한 다음 20% AlCl_3 100 μL 를 가해 실온(25°C)에서 5분 동안 방치하였다. 이후 1 N NaOH 400 μL , 증류수 900 μL 를 혼합한 뒤 510 nm에서 흡광도(EON microplate spectrophotometer, Biotek Instruments, Winooski, USA)를 측정하였다. 총 플라보노이드 함량은 원시료 중량 당 카테킨 당량(catechin equivalents)으로 나타내었다.

전자공여능은 DPPH 라디칼 제거활성(23)으로 측정하였다. 70% 에탄올 추출액 100 μL 에 0.2 mM DPPH (in ethanol) 1 mL를 가하여 교반한 후 300 μL 를 취하여 96-well plate에 넣었다. 5분 간격으로 525 nm에서 300분 동안 흡광도(EON microplate spectrophotometer, Biotek Instruments)를 측정하였다(A_1). 시료 대신 증류수를 사용하여 동일하게 반응시킨 균을 blank로 사용하였다(A_0). DPPH라디칼 제거활성(%)은 blank 대비 시료에 의해 감소된 흡광도의 % (DPPH 라디칼 제거능 (%)= $(A_0-A_1/A_0) \times 100$)로 산출하였다. 0.35 mM gallic acid의 DPPH 라디칼 제거능을 함께 측정하여 시료의 라디칼 제거능과 비교하였다.

열처리가 칩가루의 산화방지활성에 미치는 영향

시료의 열처리를 위해 칩가루와 쌀가루를 100°C 회화로(MF31G, Jeio Tech)에서 30분 동안 열처리 하였다. 열처리된 칩가루와 쌀가루의 수분을 정량하여 열처리로 손실된 수분을 시료에 보정해 주었다. 열처리 시료의 산화방지활성은 앞서 기술한 실험방법을 동일하게 따랐다.

칩가루를 첨가한 백설기 제조

칩가루를 첨가한 백설기의 재료 배합비는 Table 1과 같았다. Ryu 등(24)의 방법에 따라, 쌀가루 100 g, 물 50 mL, 설탕 10 g, 소금 1 g을 원료로 하여 대조군 백설기를 제조하였다. 최대 첨가량을 결정하기 위한 예비실험에서 쌀가루의 0, 5, 10, 15, 20%를 칩가루로 대체한 백설기를 제조하였다. 그 결과 15, 20% 첨가군은 칩 고유의 매우 강한 쓴맛과 떼은 맛으로 인하여 부정적 기호도를 나타내었다. 따라서 칩가루 첨가량의 상한을 15%로 결정하여, 쌀가루의 3, 6, 9, 12, 15%를 칩가루로 대체한 실험군 백설기를 제조하였다. 완성된 백설기는 실온에서 10분 동안 방냉하여 실험에 사용하였다. 수분, 색도, 텍스처 및 관능검사는 백설기 제조 당일 실시하였으며, 산화방지활성을 분석하기 위해 백설기 일부를 -50°C, 1.1 Pa 압력 하에서 48시간 동안 냉동건조(Eyela FDU-1200, Rikakikai Co., Ltd., Tokyo, Japan)하였다.

백설기의 수분, 색도 및 외관

수분은 105°C 건조기(OF-12, Jeio Tech)에서 상압가열건조법으로 측정하였다. 색도는 백설기의 표면과 단면 각각을 색차계

Table 1. Formula for *baekseolgi* added with different levels of arrowroot flour

Ingredient	Arrowroot flour(%) ¹⁾					
	0	3	6	9	12	15
Arrowroot flour (g)	0	3	6	9	12	15
Rice flour (g)	100	97	94	91	88	85
Water (mL)	50	50	50	50	50	50
Sugar (g)	10	10	10	10	10	10
Salt (g)	1	1	1	1	1	1

¹⁾Relative percentage of arrowroot flour (g) to the amount of rice flour used for a control *baekseolgi* without arrowroot flour. Total amount of arrowroot flour and rice flour was kept at 100 g.

(CR400, Konica Minolta Sensing)로 측정 부위를 달리하여 3회 반복 측정하여 명도(L), 적색도(a), 황색도(b)로 나타내었다. 또한 카메라(A1586, Apple Inc., Shanxi Sheng, China)로 백설기의 외관을 촬영하였다.

백설기의 텍스처

백설기의 텍스처는 직경 50 mm의 원형 프로브를 장착한 텍스처분석기(Texture Analyzer, Instron 5542, Instron, Norwood, MA, USA)로 백설기를 2회 반복 압착(two-bite compression test)하여 측정하였다. 측정조건은 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/분이었다. 결과는 측정 후 얻어진 힘-시간 커브(force-time curve)로부터 경도(hardness), 탄력성(springiness), 복원력(resilience), 응집성(cohesiveness), 점착성(gumminess), 씹힘성(chewiness)을 산출하여 나타내었다.

백설기의 산화방지활성

백설기의 에탄올 추출액은 칩가루와 동일한 과정으로 준비하였다. 총 환원력, 총 플라보노이드 함량, DPPH 라디칼 제거활성 역시 앞서 기술한 실험방법을 동일하게 따랐다. 다만, 백설기의 DPPH 라디칼 제거활성은 그 결과를 시간에 따른 라디칼 제거능의 변화로 나타내었다.

관능검사

관능검사는 강원대학교 식품영양학과 재학생 중 관능검사 경험이 있는 25명을 패널로 선정하여 (i)실험 목적, (ii)백설기의 품질 특성, (iii)평가항목에 대한 용어 정의 등 사전 교육을 실시한 후 5점 평점법(5-point scaling)으로 평가하였다. 대조군을 포함한 6종의 백설기를 물과 함께 제공하였으며 각 시료를 평가한 후 반드시 물로 입안을 헹군 뒤 다른 시료를 평가하도록 하였다. 평가항목은 색(color; 밝은 흰색이다-진한 갈색이다), 조직의 거친 정도(coarseness; 백설기의 표면 및 내부의 입자가 거칠고 미세한 정도, 매우 미세하다-매우 거칠다), 촉촉한 정도(moistness; 내부에 수분을 함유하고 있는 정도, 매우 마른 듯 건조하다-매우 촉촉하다), 부드러운 정도(softness; 백설기를 앞니로 씹었을 때 단단하고 부드러운 정도), 씹힘성(chewiness; 백설기 조직의 조밀한 정도, 매우 부드럽게 부서진다-매우 질겨 잘 씹히지 않는다), 부착성(adhesiveness; 백설기 시식 시 입 천장이나 혀나 이에 들러붙는 정도), 단맛(sweetness), 떼은 맛(astringent taste), 쓴맛(bitterness)으로 하였다. 각 관능적 특성, 기호도 및 전반적 기호도(overall acceptability)는 '특성이 약하거나 기호도가 낮은 경우'는 1점, '특

성이 강하거나 기호도가 높은 경우'는 5점으로 하여 평가하였다. 관능검사에 기록된 용어의 정의는 '국립국어원 표준국어대사전'에 근거하였다(25).

통계처리

결과는 3회 이상 반복 실험한 값의 평균과 표준편차로 나타내었다. 군 간의 유의성 검정을 위해 SAS (version 9.1 for windows, Cary, NC, USA)를 이용하여 $p < 0.05$ 수준에서 분산분석(ANOVA), 던컨의 다중비교(Duncan's multiple range test)를 실시하였다. 칩가루와 쌀가루의 특성 차이는 *t*-test (Microsoft Office Excel, Redmond, WA, USA)로 유의성을 검정하였다.

결과 및 고찰

칩가루와 쌀가루의 이화학적 조성

칩가루와 쌀가루의 이화학적 조성을 비교한 결과는 Table 2와 같다. 칩가루는 식품섭유, 조지방, 조회분 함량에서 쌀가루보다 유의적으로 높은 특성을 나타내었다($p < 0.001$). 특히 칩가루의 식품섭유(24.7%)는 쌀가루(1.5%)보다 16.5배 가량 높았다. 이는 생 칩 100%를 그대로 분말화한 칩가루에 비해, 쌀가루는 도정 과정을 거친 백미를 분말화하였으므로 상당량의 셀룰로오스, 헤미셀룰로오스, 리그닌 등이 도정 과정에서 이미 손실되었기 때문으로 해석된다. 조회분 역시 칩가루(6.0%)가 쌀가루(0.3%)보다 20배 가량 유의적으로 높았으며, 이는 칩 뿌리에 다량 존재하는 칼슘, 마그네슘, 칼륨, 인 등의 무기질에서 기인한 것으로 보인다(26). 한편, 칩가루의 수분 함량은 6.0%로 선행연구의 결과들(5.5-5.9%)과 유사하였으며(16,17), 쌀가루(10.9%)의 1/2 수준으로 유의적으로($p < 0.001$) 낮았다. 칩가루의 조단백질과 조지방 함량은 각각 6.5%와 0.6%로, 선행연구(조단백질 3.5-7.4%, 조지방 1.0-1.4%)와 다소 차이를 나타내었다(16,17). 이는 원재료인 칩의 산지와 채취 시기 및 분말화 하는 가공 방법 등의 차이(16,17)로 해석된다.

수용성 고형물 함량은 칩가루(2.9%Bx)가 쌀가루(0.1%Bx)보다 유의적으로($p < 0.001$) 높았으며, 이는 당, 염, 산과 그 외 수용성 저분자 물질들이 칩가루에 상대적으로 더 많이 존재하고 있음을 시사해준다. 특히 칩에 존재하는 페놀산(phenolic acids)을 비롯한 다양한 유기산들에 의해(8) 칩가루에서 측정된 총산 함량은 아세트산 기준으로 1.72%로 쌀가루(0.00%)보다 유의적으로($p < 0.001$) 높았으며, 이로 인해 칩가루(pH 5.75)는 쌀가루(pH 6.48)보다 유의적으로 낮은 pH를 나타내었다(Table 2).

색도 측정 결과(Table 2), 칩가루는 명도 L값이 70.69로 쌀가루(88.91)보다 유의적으로 낮아 상대적으로 어두운 색 특성을 나타내었다. 외관상 열은 황갈색인 칩가루는 적색도 a값과 황색도 b값 모두 쌀가루보다 유의적으로 높았다($p < 0.001$). 칩가루의 이러한 색 특성은 칩 단면에서 관찰된 전형적인 목질 색에 더하여, 칩 채취 후 분말화 공정 중 일어난 효소적 및 비효소적 갈변반응이 부가된 결과로 볼 수 있다. 한편, 칩가루의 물 결합력(314.9%)은 쌀가루(210.9%)보다 유의적으로($p < 0.01$) 높았다. 섬유소의 높은 수분 보유력을 고려하면 이 결과는 칩가루에 상당량 존재하는 식품섭유에서 기인한 것으로 해석된다(Table 2).

열처리가 칩가루의 산화방지활성에 미친 영향

칩가루에서 얻어진 70% 에탄올 추출물의 갈변도(browning index)와 색도(color intensity)는 쌀가루 추출물보다 유의적으로($p < 0.001$) 높았다(Table 3). 이는 칩가루의 적색도(a)와 황색도(b)가 쌀가루보다 유의적으로 높았던 결과와 연관될 수 있으며(Table

Table 2. Proximate composition, color property and water-holding capacity of arrowroot flour and rice flour¹⁾

Composition/Property	Arrowroot flour	Rice flour	Significance ²⁾
Proximate composition (%)			
Carbohydrates	80.9	81.3	_ ³⁾
Dietary fiber	24.7±0.0	1.5±0.0	***
Moisture	6.0±0.1	10.9±0.1	***
Crude protein	6.5±0.0	7.3±0.1	***
Crude fat	0.6±0.1	0.2±0.0	***
Crude ash	6.0±0.4	0.3±0.1	***
Chemical composition			
Soluble solids (°Bx) ⁴⁾	2.9±0.0	0.1±0.0	***
Titrateable acidity (% as acetic acid)	1.72±0.00	0.00±0.00	***
pH ⁴⁾	5.75±0.02	6.48±0.06	***
Color property			
Lightness (L)	70.69±0.06	88.91±0.38	***
Redness (a)	2.21±0.02	-0.27±0.01	***
Yellowness (b)	14.67±0.06	3.33±0.07	***
Water-holding capacity (%)			
	314.9±11.4	210.9±2.4	**

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.

³⁾Carbohydrate content was calculated by a following equation; 100-(moisture+protein+ash+fat), here moisture, protein, ash, and fat are the average contents of triplicate analysis. Therefore, statistical significance is not applicable.

⁴⁾Soluble solids and pH were measured for the supernatant centrifuged after each powder was dispersed in water.

2), 칩가루의 색 특성에 기여하는 물질들 중 상당 부분이 에탄올로 용출될 수 있는 극성 물질임을 시사해주었다. 이러한 경향은 열처리 이후에도 동일하였으며, 특히 칩가루는 쌀가루와 달리 추출물의 갈변도와 색도가 열처리 이전보다 유의적으로($p < 0.001$) 증가하였다(Table 3). 쌀가루와 칩가루 모두 Maillard 갈변반응의 반응물인 탄수화물과 단백질을 상당량 가지고 있음에도 불구하고(Table 2) 칩가루에서만 갈변도와 색도가 유의적으로 증가한 현상이 관찰되었다. 이는 열에 의한 칩가루 추출물의 색 변화가 Maillard 갈변 반응보다는 칩가루 속 색소들의 용출 증가에 의한 결과로 해석될 수 있다. 식물체 내에서 대부분 글리코사이드 형태로 존재하는 플라보노이드는 열에 의해 당이 떨어진 아글리콘(aglycone)이나 고리가 열린 칼콘(chalcone) 구조로 전환될 수 있다(27). 특히 무색의 안토잔틴(anthoxanthin) 계열의 플라보노이드로부터 형성된 아글리콘과 칼콘은 황갈색을 띠는 것으로 알려져 있으므로(27), 칩 고유의 색소들뿐 아니라 칩가루를 열처리 하는 동안 형성된 이들 물질들이 열에 의한 칩 매트릭스의 연화로 더 용이하게 용출된 것으로 해석된다.

칩가루 추출물의 산화방지활성을 측정한 결과(Table 3), 총 환원력은 갈산 당량으로 4,945 µg/g이었으며, 열처리 후에는 4,174 µg/g으로 약 15% 정도 유의적($p < 0.05$) 감소가 확인되었다. 반면 총 플라보노이드는 카테킨 당량으로 열처리 전 7,208 µg/g에서 열처리 후 8,748 µg/g으로 유의적이지는 않으나 20% 가량 증가한 현상이 관찰되었다. 총 환원력이 시료 속 페놀성 및 비페놀성 환원 물질의 총량을 반영하고(21), 칩 속 플라보노이드의 대부분이

Table 3. Browning index, color intensity and antioxidant activities of the 70% ethanol extracts of arrowroot flour and rice flour depending on heat treatment¹⁾

Composition/Property		Arrowroot flour	Rice flour	Significance ⁴⁾
Browning index (A ₄₂₀) ²⁾	Raw	0.985±0.096	0.023±0.018	***
	Heat-treated	1.514±0.039	0.009±0.009	***
	Significance ³⁾	***	NS	
Color intensity (A ₄₂₀ +A ₅₂₀) ²⁾	Raw	1.248±0.120	0.033±0.021	***
	Heat-treated	2.150±0.073	0.012±0.018	***
	Significance	***	NS	
Antioxidant activity				
Total reducing capacity (µg/g, gallic acid equivalents)	Raw	4945±309	- ⁵⁾	n.a. ⁶⁾
	Heat-treated	4174±320	-	n.a.
	Significance	*	n.a.	
Total flavonoids (µg/g, catechin equivalents)	Raw	7208±2688	-	n.a.
	Heat-treated	8748±1055	-	n.a.
	Significance	NS	n.a.	
DPPH radical scavenging activity (%) ⁷⁾	Raw	80.6±2.7	4.9±3.9	***
	Heat-treated	73.4±0.4	3.0±1.9	***
	Significance	*	NS	

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

²⁾A₄₂₀ and A₅₂₀ are the absorbance values at 420 nm and 520 nm, respectively.

³⁾* and *** mean that the values for raw and heat-treated samples are significantly different at $p<0.05$ and $p<0.001$, respectively. NS means 'not significant'.

⁴⁾*** means that the values within a same row are significantly different at $p<0.001$.

⁵⁾The value was negative due to a negligible change in the absorbance over blank.

⁶⁾Not applicable

⁷⁾DPPH radical scavenging activity was compared at a specific time of 30 min during the incubation of extracts with DPPH radicals for 300 min. Radical scavenging activity of 0.35 mM gallic acid used for comparison was 87.4±4.2%.

폐놀성 물질임을 고려하면, 이 결과는 (i)열처리로 칩가루 추출물 속 폐놀성 물질들이 증가하였고, (ii)칩가루에는 열에 불안정한 비폐놀성 환원물질들이 존재하고 있음을 시사해준다. 실제로 식물을 열처리할 때 일어나는 아글리콘 전환과 매트릭스의 연화는 폐놀성 물질의 용출을 증가시킬 수 있으며(28,29), 칩에는 열에 불안정한 대표적 비폐놀성 물질인 아스코르브산이 상당량 함유된 것으로 알려져 있다(26). 수소라디칼(H) 공여능을 측정된 DPPH 라디칼 제거활성 실험에서, 칩가루의 최대 라디칼 제거능은 열처리 전 80.6%에서 열처리 후 73.4%로 유의적으로($p<0.05$) 감소하였다. 열처리된 칩가루로부터 얻어진 추출물에서는 대표적 수소라디칼 공여체인 폐놀성 물질들이 오히려 증가하였으므로, 열처리 후 DPPH 라디칼 제거능이 감소한 현상은 아스코르브산과 같은 열에 약한 비폐놀성 수소라디칼 공여체들의 감소에서 기인한 것으로 해석된다.

백설기의 수분

칩가루 첨가량을 달리하여 제조한 백설기의 수분함량은 Table 4와 같다. 칩가루가 쌀가루보다 식품섭유 함량이 유의적으로 높고 그에 따라 물 결합력도 높았으므로(Table 2), 칩가루 함량이 높아질수록 백설기의 수분 함량이 뚜렷이 증가할 것으로 예상하였다. 그러나, 실제로 백설기의 수분함량은 칩가루 첨가량에 비례하여 증가하는 경향은 나타내었으나 유의적이지는 않았다($p=0.055$). 칩가루의 높은 식품섭유 함량에도 불구하고 백설기의 수분 함량이 뚜렷한 변화를 보이지 않은 이유는, 칩가루의 수분 함량(6%)이 쌀가루(11%)의 1/2 수준이었다는 사실과 일부 연관될 수 있다(Table 2). 즉, 백설기를 반죽하거나 찌는 동안 칩가루

Table 4. Moisture content of *baekseolgi* added with different levels of arrowroot flour¹⁾

Arrowroot flour (%)	Moisture (%)
0	62.3±0.1
3	62.6±0.6
6	63.7±0.6
9	63.2±0.6
12	63.3±0.9
15	63.8±0.3
Significance ²⁾	NS

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

²⁾NS means 'not significant'.

속 식품섭유에 의해 흡착되어 증가된 수분 함량이, 쌀가루를 대체하여 첨가된 칩가루의 낮은 수분 함량으로 인해 일부 상쇄된 것으로 해석된다.

백설기의 색도와 외관

칩가루를 0%(무첨가군)부터 15%까지 증가시켰을 때 백설기는 밝은 흰색에서 어두운 녹색으로 첨가량에 따라 진하고 어두워지는 특성을 나타내었다(Fig. 1). 색차계로 측정된 결과에서도(Table 5), 칩가루 첨가량이 증가할수록 백설기는 표면(surface)과 단면(cross-section) 모두에서 명도(L)는 유의적으로($p<0.001$) 낮아지고 적색도(a)와 황색도(b)는 유의적으로($p<0.001$) 증가하였다. 이 결과는 칩가루가 쌀가루에 비해 명도는 낮고 적색도와 황색도는 높

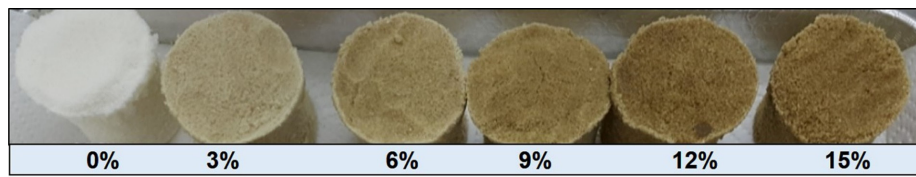


Fig. 1. Baekseolgi added with various amounts of arrowroot flour. Rice flour was replaced with arrowroot flour while the total amounts of flour remained the same.

왔던 색 특성과 일치한다(Table 2). 한편, 열처리로 찹가루의 갈변도와 색도가 증가했던 점을 고려하여(Table 3), 열 전달 정도가 다른 백설기의 표면과 단면의 색 특성을 비교하였다. 증기열과 직접 접촉하는 표면과, 표면에 비해 열 보유율이 높은 단면에서 백설기 제조 후 각각의 색 특성을 측정된 결과, 단면은 표면에 비해 상대적으로 다소 어두운 특성을 나타내긴 하였으나 일관되지는 않았다. 이는 열에 의해 증가된 찹가루의 색 강도(color intensity)가 백설기 표면과 단면 전반에 걸쳐 증자(steaming) 과정 중 비교적 안정적으로 유지되었음을 시사해준다.

백설기의 텍스처

쌀가루의 일부(0-15%)를 찹가루로 대체하여 제조한 백설기의 텍스처는 무첨가 백설기와 유의적으로 다르지 않았다(Table 6). 녹말 식품의 경우 수분 보유 정도가 높을수록 일반적으로 부드러워지는 특성을 고려하면, 이 결과는 찹가루 첨가 백설기의 수분이 뚜렷하게 증가하지 않았던 결과(Table 4)와 관련 지을 수 있다. 즉 식품섭유가 많고 물 결합력이 우수한 찹가루를(Table 2) 백설기에 첨가했음에도 불구하고 주재료인 쌀가루와 찹가루의 수분 함량

차이로 백설기의 경도(hardness)는 유의적으로 변화하지 않은 것으로 해석된다. 이에 따라 경도와 다른 물성 값의 곱으로 산출되는 점착성(gumminess=hardness×pringiness)과 씹힘성(chewiness=gumminess×cohesiveness)에서도 유의적 차이가 나타나지 않은 것으로 보인다.

열처리가 찹가루 첨가 백설기의 산화방지활성에 미친 영향

찹가루 첨가량이 증가함에 따라 백설기의 라디칼 제거활성은 증가하는 경향을 나타내었다(Fig. 2). 백설기 추출물을 DPPH 라디칼과 반응시켜 시간 경과에 따른 라디칼 제거활성을 측정하였을 때, 대조군(0%) 백설기에서는 변화가 거의 관찰되지 않았으나, 찹가루 첨가군(3-15%)은 300분의 반응시간 동안 증가하는 경향을 보여주었다. 이 현상은 첨가량이 많을수록 뚜렷하였으며, 열처리한 찹가루에서 확인된 DPPH 라디칼 제거활성이(Table 3)이 가열조리된 백설기에 실질적으로 부가되었음을 보여준다.

한편, 열처리한 찹가루에서 확인된 총 환원력(4,174 µg/g)과 총 플라보노이드 함량(8,748 µg/g)을 토대로(Table 3), 찹가루 첨가 백설기의 산화방지 활성을 산술적으로 예측하였다(Table 7). 쌀가루

Table 5. Color properties of baekseolgi added with different levels of arrowroot flour¹⁾

Arrowroot flour (%)	L (lightness)			a (redness)			b (yellowness)		
	Surface	Cross-section	Significance ²⁾	Surface	Cross-section	Significance	Surface	Cross-section	Significance
0	90.4±1.2 ^a	88.1±1.1 ^a	NS	-1.3±0.0 ^c	-1.3±0.1 ^d	NS	6.4±0.4 ^c	6.7±0.4 ^c	NS
3	77.4±1.1 ^b	83.0±3.4 ^b	NS	1.4±0.2 ^d	3.2±0.2 ^c	***	17.8±0.9 ^d	22.2±0.9 ^a	**
6	65.1±0.5 ^c	61.4±1.8 ^c	*	3.0±0.2 ^c	3.9±0.5 ^b	*	22.3±0.3 ^c	21.4±0.9 ^a	NS
9	55.9±1.2 ^d	53.8±2.7 ^d	NS	4.6±0.3 ^b	5.1±0.3 ^a	NS	23.3±0.5 ^b	22.9±1.4 ^a	NS
12	54.4±2.5 ^d	47.5±2.2 ^e	NS	5.1±0.1 ^a	5.5±0.1 ^a	*	24.5±0.4 ^a	21.3±0.2 ^a	***
15	51.9±1.2 ^e	43.4±1.4 ^f	**	5.0±0.1 ^a	5.1±0.2 ^a	NS	23.6±0.0 ^b	18.6±1.8 ^b	**
Significance ³⁾	***	***		***	***		***	***	

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

²⁾*, ** and *** means that the two color values measured for surface and cross-section of baekseolgi were significantly different at $p<0.05$, $p<0.01$ and $p<0.001$, respectively. NS means 'not significant'.

³⁾*** means that the values with different superscripts in a same column are significantly different at $p<0.001$.

Table 6. Texture profile analysis of baekseolgi added with different levels of arrowroot flour¹⁾

Arrowroot flour (%)	Hardness (N)	Springiness (mm)	Resilience	Cohesiveness	Gumminess (N)	Chewiness (N×mm)
0	15.4±2.8	24.1±0.9	0.90±0.01	0.33±0.04	5.1±1.5	152.1±45.7
3	14.4±2.7	25.8±1.0	0.95±0.01	0.38±0.06	5.0±1.9	165.3±57.0
6	17.7±4.1	27.5±2.0	0.94±0.03	0.36±0.01	6.3±1.6	189.2±46.5
9	19.5±2.0	27.1±1.2	0.95±0.04	0.40±0.06	7.7±0.9	232.2±26.8
12	19.5±1.2	25.8±1.9	0.91±0.01	0.32±0.02	6.3±0.7	188.9±22.0
15	19.1±2.3	25.1±2.6	0.91±0.01	0.31±0.02	5.9±1.0	177.4±28.8
Significance ²⁾	NS	NS	NS	NS	NS	NS

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

²⁾NS means 'not significant'.

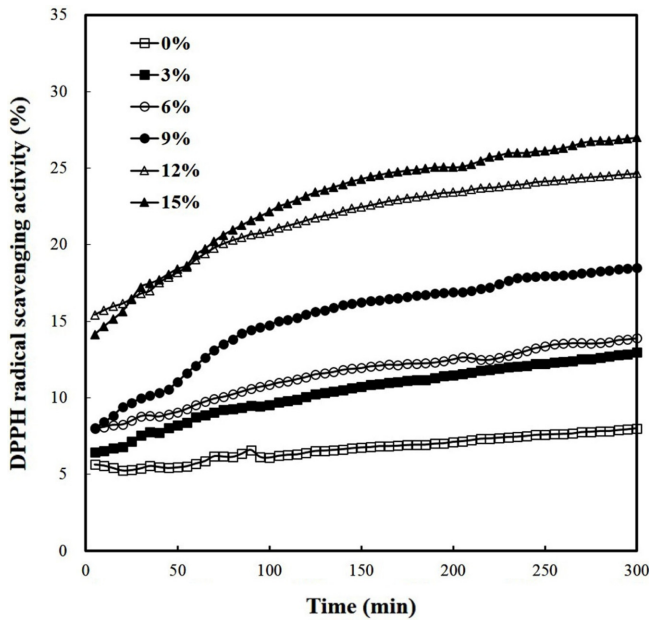


Fig. 2. Kinetics of DPPH radical scavenging activity of *baekseolgi* added with various amounts of arrowroot flour. 70% Ethanol extract of *baekseolgi* was incubated with DPPH radicals for up to 300 min while the absorbance at 700 nm was monitored. DPPH radical scavenging activity was presented % of absorbance decreased by sample when compared with a blank.

를 칩가루로 대체하는 비율이 높을수록 백설기의 총 환원력과 총 플라보노이드는 증가할 것으로 예상되었으며, 15% 칩가루 백설기의 경우 총 환원력은 388.9 µg/g, 총 플라보노이드는 815.0 µg/g으로 계산되었다. 한편 칩가루 첨가 백설기의 산화방지 활성을 직접 측정된 결과(Table 7), 총 환원력과 총 플라보노이드 모두 칩가루에 비례하여 유의적으로($p < 0.001$) 증가하였으나 전반적으로 예측치(predicted value)보다 낮았다. 이는 칩가루와 백설기의 열처리 조건 차이에서 일부 기인한 것으로 보인다. 즉, 백설기 속 칩가루는 다른 재료들과 함께 혼합되어 습열처리된 반면, 예측치의 경우는 칩가루를 단독으로 건열처리하여 산화방지활성을 측정 후 이를 백설기 레시피에 반영하여 산출하였기 때문이다. 특히 총 플라보노이드 함량은 예측치의 43-69%가 실제 백설기에서 확인된 반면, 총 환원력은 예측치의 14-34%가 확인되어 예측치와 측정치(experimental value) 사이에 상대적으로 큰 차이를 나타내었다. 이 결과는, 총 환원력이 폐놀성 및 비폐놀성 환원물질들의 총량을 반영한다는 점을 고려하면(21), 칩가루를 다량의 타재료들과 습열조리하는 동안 칩가루에 존재하는 플라보노이드 등 폐놀성 물질보다는 비폐놀성 환원물질들이 상대적으로 더 크게 손실되었음을 시사해준다.

백설기의 관능적 특성

칩가루 첨가 백설기의 관능평가 결과는 Table 8, 9와 같다. 칩가루 고유의 색과 맛의 영향으로 백설기는 칩가루 첨가량에 비례하여 색(color)은 진한 갈색으로 어두워지고 떫은 맛(astringent

Table 7. Predicted and experimental values of total reducing capacity and total flavonoids of *baekseolgi* added with different levels of arrowroot flour

Arrowroot flour (%)	Total reducing capacity (mg/g, gallic acid equivalents)		E/P (%) ³⁾	Total flavonoids (mg/g, catechin equivalents)		E/P (%)
	Predicted (P) ¹⁾	Experimental (E) ²⁾		Predicted (P)	Experimental (E)	
0	0	12.2±0.7 ^f		0	9.8±0.8 ^f	
3	77.8	26.5±0.6 ^e	34	163.0	112.5±11.8 ^e	69
6	155.6	34.2±2.2 ^d	22	326.0	141.1±11.8 ^d	43
9	233.3	40.7±2.2 ^c	17	489.0	211.3±15.5 ^c	43
12	311.1	48.2±1.6 ^b	16	652.0	288.4±13.1 ^b	44
15	388.9	55.8±3.2 ^a	14	815.0	364.7±19.8 ^a	45
Significance ⁴⁾		***			***	

¹⁾ Values were calculated using the total reducing capacity and total flavonoids content of heat-treated arrowroot flour in Table 3.

²⁾ Values were determined experimentally for *baekseolgi* prepared with different amounts of arrowroot flour.

³⁾ Percentage of experimental value to predicted one

⁴⁾ *** means that the values with different superscripts in a same column are significantly different at $p < 0.001$.

Table 8. Sensory characteristics of *baekseolgi* added with different levels of arrowroot flour¹⁾

Arrowroot flour (%)	Color	Astringent taste	Bitterness	Sweetness	Moistness	Softness	Chewiness	Adhesiveness	Coarseness
0	1.1±0.3 ^d	1.3±0.9 ^d	1.0±0.0 ^e	2.5±0.9 ^a	2.2±0.7 ^c	3.0±0.9 ^{ab}	2.8±0.6	2.3±0.8 ^b	2.7±1.1 ^b
3	2.9±0.3 ^c	2.3±1.0 ^e	2.0±1.3 ^d	2.3±0.8 ^{ab}	2.5±0.9 ^{bc}	2.9±0.8 ^b	2.8±0.6	2.8±0.9 ^{ab}	2.7±0.8 ^b
6	3.1±0.4 ^c	2.7±0.9 ^{bc}	2.5±1.1 ^d	1.9±0.7 ^{bc}	2.8±1.0 ^{ab}	2.8±0.7 ^b	3.0±0.8	2.8±1.1 ^{ab}	2.8±0.9 ^b
9	3.9±0.4 ^b	3.1±1.0 ^b	3.2±0.9 ^c	2.1±0.8 ^{abc}	3.3±0.7 ^a	3.3±0.8 ^{ab}	2.8±0.7	3.0±1.0 ^a	3.4±0.7 ^a
12	4.6±0.6 ^a	4.0±1.1 ^a	4.0±0.9 ^b	1.8±0.8 ^c	3.3±0.9 ^a	3.6±1.1 ^a	2.8±0.8	3.2±0.9 ^a	3.8±0.9 ^a
15	4.7±0.5 ^a	4.3±1.0 ^a	4.5±0.8 ^a	1.3±0.6 ^d	2.6±1.0 ^{bc}	3.1±1.0 ^{ab}	2.8±0.9	2.8±1.2 ^{ab}	4.0±1.0 ^a
Significance ²⁾	***	***	***	***	***	*	NS	*	***

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

²⁾ * and *** mean that the values with different superscripts within a same column are significantly different at $p < 0.05$ and $p < 0.001$, respectively.

³⁾ NS means 'not significant'.

Table 9. Preference to the sensory characteristics of *baekseolgi* added with different levels of arrowroot flour¹⁾

Arrowroot flour (%)	Color	Astringent taste	Bitterness	Sweetness	Moistness	Softness	Chewiness	Adhesiveness	Coarseness	Overall acceptability
0	4.3±0.6 ^a	3.5±0.9 ^a	3.9±0.8 ^a	3.3±0.6 ^a	2.7±0.9	3.1±0.7	2.9±0.6	3.0±0.6	3.4±1.0 ^a	3.7±1.0 ^a
3	3.3±0.8 ^b	3.0±0.8 ^b	3.3±1.0 ^b	3.0±0.9 ^{ab}	2.7±1.0	3.0±0.6	3.1±0.6	3.1±0.5	3.1±0.8 ^{ab}	3.2±0.9 ^b
6	2.9±0.9 ^{bc}	2.8±0.7 ^b	2.8±0.9 ^b	2.8±0.8 ^{bc}	2.8±0.9	2.9±0.8	3.0±0.8	3.2±0.6	2.8±0.7 ^{bc}	2.9±0.9 ^b
9	2.5±0.9 ^d	2.7±0.8 ^b	2.8±0.9 ^b	3.0±0.8 ^{ab}	3.0±0.8	3.0±0.7	2.8±0.7	3.2±0.7	2.5±0.7 ^{cd}	2.8±1.1 ^b
12	2.5±1.0 ^d	1.8±0.7 ^c	2.2±0.9 ^c	2.5±0.9 ^c	2.9±1.0	2.9±0.8	2.8±0.8	3.2±1.0	2.3±0.9 ^{cd}	1.9±0.7 ^c
15	2.4±0.9 ^d	1.6±0.6 ^c	1.6±0.9 ^d	1.9±0.8 ^d	2.3±1.0	2.7±0.8	2.8±0.9	2.7±1.0	2.2±0.8 ^d	1.3±0.6 ^d
Significance ²⁾	***	***	***	***	NS	NS	NS	NS	***	***

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

²⁾*** mean that the values with different superscripts within a same column are significantly different at $p<0.001$. NS means 'not significant'.

taste)과 쓴맛(bitterness)은 유의적으로($p<0.001$) 강해진 것으로 인지되었다. 이러한 관능적 특성의 변화는 기호도에 부정적 영향을 주었다($p<0.001$). 백설기 제조에 사용한 설탕 양이 동일 하였음에도 평가자들은 칩가루 첨가량이 높은 백설기가 상대적으로 단맛이 낮은 것으로 평가하였다($p<0.001$). 이는 칩가루로 강화된 백설기의 짙은 맛과 쓴맛이 단맛을 상쇄시킨 결과로 해석된다. 백설기의 부드러운 정도(softness)와 씹힘성(chewiness)은 각각 무첨가군 3.0과 2.8, 칩가루 첨가군 2.8-3.6과 2.8-3.0의 분포로 칩가루 첨가에 의한 뚜렷한 변화가 관찰되지 않았다. 이는 기계적으로 측정된 텍스처 결과와 일치하였으며(Table 6), 칩가루 첨가가 백설기의 수분 함량을 크게 변화시키지 않았던 결과와도 관련 지을 수 있다(Table 4). 시각적으로 관찰된 조직의 거친 정도(coarseness)에서는 칩가루 첨가량이 높을수록 백설기의 표면과 내부의 입자가 더 거친 것으로 평가되었다($p<0.001$). 이는 입자 특성(입자 형태, 크기 분포 등)이 다른 칩가루를 주재료인 쌀가루에 혼합함에 따라 조직의 균일성이 낮아진 결과로 해석되며, 기호도에는 부정적 영향을 주었다($p<0.001$). 전반적 기호도(overall acceptability)는 칩가루 첨가량이 높아질수록 유의적으로($p<0.001$) 낮아졌으나 9% 첨가군까지는 보통 이상의 기호도를 나타내었다. 칩가루 고유의 색, 짙은 맛과 쓴맛, 조직의 거친 정도가 전반적 기호도 결정에 주요 영향 요인인 것으로 평가되었다.

요 약

본 연구에서는 (i) 열처리에 의한 칩가루의 산화방지 활성 변화와 (ii) 칩가루 첨가 백설기의 품질 특성과 산화방지 활성을 평가함으로써, 칩가루의 기능성이 열처리 가공식품에 실질적으로 부가되는지를 확인하고자 하였다. 쌀가루의 일부(3, 6, 9, 12, 15%)를 칩가루로 대체하여 제조한 백설기는 수분 함량이 대조군(0%) 백설기와 뚜렷한 차이를 나타내지 않았다. 이는 쌀가루에 비해 칩가루의 수분 함량이 낮아 칩가루 속 식품섭유에 의한 우수한 물 결합력이 일부 상쇄된 결과로 해석하였다. 이에 따라 수분 보유 정도와 비례하는 백설기의 경도, 점착성, 씹힘성 등 기계적 물성 값들도 유의적 차이를 나타내지 않았다. 칩가루 첨가량이 증가할수록 백설기의 명도는 낮아지고 적색도와 황색도는 높아져, 칩가루의 색 특성이 백설기에 그대로 반영되었음을 확인해주었다. 또한 백설기의 총 환원력과 총 플라보노이드 함량 모두 칩가루 첨가량에 비례하여 유의적으로 증가하였다. 이는 칩가루 추출물에서 관찰된 산화방지활성이 백설기 제조를 위한 열처리 공정 후에도 백설기에 실질적으로 남아있음을 확인해주었다. 그러나 열처리 칩가루에서 측정된 산화방지 활성 값으로 백설기의 산화

방지 활성을 계산한 예측치와 비교할 때, 칩가루 첨가 백설기에서 실제로 측정된 산화방지 활성은 상대적으로 낮았다. 이러한 경향은 총 플라보노이드 함량보다는 페놀성 및 비페놀성 환원물질의 총량을 반영한 총 환원력에서 더 뚜렷하게 관찰되었다. 이는 열처리가 칩가루 속 페놀성 물질과 비페놀성 물질에 대해 서로 다른 영향을 주었던 결과로 설명되었다. 즉 칩가루를 100°C에서 30분 동안 열처리하였을 때 플라보노이드는 증가, 총 환원력은 감소한 현상이 관찰됨에 따라, 칩가루를 첨가한 식품은 열처리 공정에 의해 페놀성 물질보다는 비페놀성 환원물질들이 상대적으로 더 손실될 수 있음을 시사해주었다. 한편 칩가루 첨가 백설기는 칩가루 고유의 색, 짙은 맛과 쓴맛, 조직의 거친 정도가 칩가루 함량에 따라 증가하여 전반적 기호도가 낮아지는 경향을 보였다. 그러나 9% 첨가군까지는 기호도에 부정적 영향없이 칩가루의 산화방지 활성을 열처리 식품인 백설기에 실질적으로 부가할 수 있었다.

References

1. Statistics Korea. Life expectancy. Available from: http://www.index.go.kr/potal/stts/idxMain/selectPoSttsIdxSearch.do?idx_cd=2758. Accessed Sep. 4, 2017.
2. The Hankook-ilbo. Functional food for menopausal women. Available from: <http://www.hankookilbo.com/v/46f11bc6dec7429c8ff1709e4ae7ae7e>. Accessed Apr. 21, 2017.
3. Sunita P, Pattanayak SP. Phytoestrogens in postmenopausal indications: A theoretical perspective. *Pharmacogn. Rev.* 5: 41-47 (2011)
4. Lee SB, Park SY, Jeon GS, Hong IK. Phytoestrogen extraction for relaxation of female menopause symptoms from natural products. *Appl. Chem. Eng.* 27: 217-220 (2016)
5. Kum EJ, Kwon DH, Shin HS. Spectrometry: Analysis of estrogen in pomegranate extract by solid phase extraction and liquid chromatography tandem mass spectrometry. *J. Food Hyg. Saf.* 25: 79-82 (2010)
6. Wikipedia. *Pueraria montana*. Available from: https://en.wikipedia.org/wiki/Pueraria_montana. Accessed Apr. 22, 2017.
7. Surh J, Kim MJ, Koh E, Kim LYK, Kwon H. Estimated intakes of isoflavones and coumestrol in Korean population. *Int. J. Food Sci. Nutr.* 57: 325-344 (2006)
8. Oh MJ, Lee KS, Son HY, Kim SY. Antioxidative components of pueraria root. *Korean J. Food Sci. Technol.* 22: 793-798 (1990)
9. Kim HY, Hong JH, Kim DS, Kang KJ, Han SB, Lee EJ, Chung HW, Song KH, Sho KA, Kwack SJ, Kim SS, Park KL, Lee SK, Kim MC, Kim CM, Song IS. Effect of heat processing on thermal stability of kudzu (*Pueraria thumbergiana Benth*) root isoflavones. *J. Life Sci.* 18: 1447-1454 (2008)
10. Kim MJ, Cho JK, Lee CH. Antioxidant effects of crude catechin extracted from *Puerariae radix* roots. *Korean J. Food Sci. An.*

- 17: 1-5 (1997)
11. Suzuki A, Hizukuri S, Takeda Y. Physicochemical studies of kuzu starch. *Cereal Chem.* 58: 286-290 (1981)
 12. Kinjo JE, Takeshita T, Abe Y, Terada N, Yamashita H, Yamasaki M, Takeuchi K, Murakami K, Tomimatsu T, Nohara T. Studies on the constituents of *Pueraria lobata*. IV.: Chemical constituents in the flowers and the leaves. *Chem. Pharm. Bull.* 36: 1174-1179 (1988)
 13. Kim EJ, Kim YH, Choi YJ, Lim S, Cho OH, Kim MH. Study on the physiological activity of bulbs and tubers (*deodeok*, balloon flower root, lotus root, burdock, arrowroot) (abstract no. A-20). In: Abstracts: 47th Fall Conference of the East Asian Society of Dietary Life. November 1, Seoul National University, Seoul, Korea. The East Asian Society of Dietary Life, Seoul, Korea (2014)
 14. Gu SY, Lee HG. The sensory and textural characteristics of *chicksulgi*. *Korean J. Food Cook. Sci.* 17: 523-532 (2001)
 15. Hwang, EH, Kim KH. A study on the quality of ramyon made from Korean wheat and arrowroot (*Pueraria thumbergiana* B) starch. *Korean J. Hum. Ecol.* 17: 151-158 (2008)
 16. Han G, Hwang SY, Rho S. Quality characteristics of white bread with arrowroot powder. *J. East Asian Soc. Diet. Life* 23: 778-788 (2013)
 17. Choi BS, Kim HY. Quality characteristics of arrowroot *dasik* prepared with the arrowroot (*Puerariae Radix*) powder. *Korean J. Culinary Res.* 17: 197-207 (2011)
 18. AOAC. Official Methods of Analysis of the AOAC. Method 984.13. Association of Official Analytical Chemists, Arlington, VA, USA (1990)
 19. Medcalf DF, Gilles KA. Wheat starches I. Comparison of physicochemical properties. *Cereal Chem.* 42: 558-568 (1965)
 20. Kim YJ, Kim OS, Seo CS, Lim HS, Yoo SR, Jeon WY, Jin SE Shin IS, Kim JH, Shin NR, Kim SS, Lee MY, Jeong SJ, Ha HK, Shin HK. Study on comparison of ingredient quantities and biological activities of galgeun-tang according to extraction solvent. *Korean J. Orient. Physiol. Pathol.* 26: 908-914 (2012)
 21. Folin O, Denis W. On phosphotungstic-phosphomolybdic compounds as color reagents. *J. Biol. Chem.* 12: 239-243 (1912)
 22. Zhishen J, Mengcheng T, Jianming W. The determination of flavonoid contents in mulberry and their scavenging effects on superoxide radicals. *Food Chem.* 64: 555-559 (1999)
 23. Brand-Williams W, Cuvelier ME, Berset C. Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. *Lebensm. Wiss. Technol.* 28: 25-30 (1995)
 24. Ryu D, Kim DB, Lee KH, Son DS, Surh J. Influences of sugar substitutes on the physicochemical and sensory properties and hardness of *baksulgi* during storage. *Korean J. Food Sci. Technol.* 44: 568-576 (2012)
 25. The National Institute of the Korean Language. Standard Korean language dictionary. Available from: <http://www.korean.go.kr>. Accessed Mar. 20, 2017.
 26. RDA. Food Composition Table. 7th ed. Rural Development Administration, Jeonju, Korea. pp. 64-65 (2007)
 27. Schwartz SJ, von Elbe JH, Giusti MM. Colorants. pp. 571-638. In: *Food Chemistry*. Damodaran S, Parkin KL, Fennema OR (eds). CRC Press, Boca Raton, FL, USA (2008)
 28. Dewanto V, Wu X, Adom KK, Liu RH. Thermal processing enhances the nutritional value of tomatoes by increasing total antioxidant activity. *J. Agr. Food Chem.* 50: 3010-3014 (2002)
 29. Harakotr B, Suriharn B, Tangwongchai R, Scott MP, Lertrat K. Anthocyanin, phenolics and antioxidant activity changes in purple waxy corn as affected by traditional cooking. *Food Chem.* 164: 510-517 (2014)