

가공 및 추출 방법에 따른 일반메밀차와 쓴메밀차의 루틴 함량 및 항산화 활성 비교

김수정^{1,†} · 손황배^{1,†} · 남정환¹ · 이종남¹ · 장동철² · 김윤희^{3,*}

¹농촌진흥청 국립식량과학원 고령지농업연구소, ²농촌진흥청 국립식량과학원 바이오에너지 작물연구소,
³농촌진흥청 국립식량과학원 중부작물과

Comparison of rutin content and quality characteristics of tea products from common buckwheat (*Fagopyrum esculentum*) and tartary buckwheat (*Fagopyrum tataricum*) by different processing and brewing methods

Su Jeong Kim^{1,†}, Hwang Bae Sohn^{1,†}, Jung Hwan Nam¹, Jong Nam Lee¹,
Dong Chil Chang², and Yul Ho Kim^{3,*}

¹Highland Agriculture Research Institute, National Institute of Crop Science, Rural Development Administration

²Bioenergy Crop Research Institute, National Institute of Crop Science, Rural Development Administration

³Central Area Crop Breeding Division, National Institute of Crop Science, Rural Development Administration

Abstract To enable the widespread use of buckwheat and create novel consumer demands through improved food processing techniques, we compared the quality characteristics of roasted groats following different processing and brewing methods for common and tartary buckwheat. The various processing steps resulted in significant reductions in rutin content for both buckwheat species, while the quercetin content increased in the tartary buckwheat. The fully processed tea products showed dramatic differences in rutin content, which varied based on the buckwheat species, formulation, and brewing method. Tartary buckwheat contained an average of 61 times more rutin than common buckwheat. The tartary buckwheat variety, Hwangeum-miso, was used to determine an optimal roasting temperature of 70-80°C. Finally, we suggest that consumers who want buckwheat tea rich in rutin would prefer hand-drip-extracted tea, while those who want tea with less bitterness, sweetness, and good flavor would prefer the cold-brewed method.

Keywords: Brewing, hand drip, roasting, rutin, tea

서 론

메밀은 마디풀과(Polygonaceae) 메밀속(*Fagopyrum*)의 일년생 작물이며, 전세계적으로 널리 재배되고 있다(Kim 등, 2017a). 주요 재배종으로 일반메밀(*Fagopyrum esculentum* Moench)과 쓴메밀(*Fagopyrum tataricum* L. Gaertn.)이 있으며, 영양학적 및 약리학적 관점에서 메밀의 잠재적 가치는 매우 높다(Christa와 Soral-Smietana, 2008). 메밀에는 단백질, 식이섬유, 미네랄, 플라보노이드, 페놀화합물 및 파고피린(fagopyrin) 등 유익한 성분이 많이 함유되어 있다(Ikeda, 2002; Yang과 Ren, 2008; Zielinski 등, 2009). 특히 루틴, 퀘세틴 등의 플라보노이드 함량이 높아 항산화 및 항당뇨 작용(Jiang 등, 2007; Kim 등, 2020; Tomotake 등, 2007; Yao 등, 2008) 뿐만 아니라 혈압과 콜레스테롤 수치를 낮추는 데

도 도움이 된다(Kim 등 2009; Kreft, 2016; Zhao, 2010).

최근 메밀을 활용한 파스타, 빵, 쿠키, 음료, 와인, 맥주, 식초 등 다양한 종류의 제품이 출시되고 있으며(Ikeda, 2002), 이 중 메밀차는 한국, 중국, 일본, 유럽 국가에서 건강기능성 식품으로 인기가 높다(Bae 등, 2021; Huang 등, 2013; Kim과 Kim, 2018).

메밀차는 사용되는 원재료에 따라 일반메밀차와 쓴메밀차로 구분된다. 메밀차는 메밀 특유의 구수한 향과 맛 뿐만 아니라 루틴을 함유한 건강차라는 인식으로 곡물차로 인기가 많다(Guo 등, 2017; Noda 등, 2021). 메밀차를 제조할 때는 메밀 껍질을 제거하고 찌서 볶은 다음 볶은 알곡에 뜨거운 물을 부어 5-10분 정도 우려내는 비교적 단순한 방식이 사용되고 있다(Yoon 등, 2006; Zielinski 등, 2009). 커피의 경우 드립퍼에 뜨거운 물을 서서히 부어 중력에 의해 추출하는 핸드드립 방식, 한방울씩 떨어뜨려 장시간 동안 추출하는 슬로우 워터 드립(water drip, Dutch coffee) 방식, 찬물로 추출하는 콜드브루(cold brew) 방식 등 추출방법(Eun 등, 2014)에 따라 다양한 향과 풍미를 이끌어 낼 수 있다. 메밀에 이러한 추출방법을 적용하여 메밀차의 가치를 높히려는 시도가 현재까지 거의 없는 실정이다.

지금까지 메밀차 연구는 차 종류별 루틴 함량 비교(Peng 등, 2015), 추출 수율 평가(Kim 등, 2017b) 등 가공 후 품질에 국한되어 수행되었다. 그러나, 메밀과 그 제품의 활성 및 물리·화학적 특성은 가공방법에 따라 영향을 받는다고 하였다(Chung 등, 2006;

[†]These authors contributed equally to this work.

*Corresponding author: Yul Ho Kim, Central Area Crop Breeding Division, National Institute of Crop Science, Rural Development Administration, Suwon 16429, Korea
Tel. +82-31-695-4050
E-mail: kimyuh77@korea.kr

Received February 24, 2022; revised March 25, 2022;
accepted March 28, 2022

Lee 등, 2009a; Qin 등, 2013; Yoo 등, 2012). 특히, 메밀에 들어 있는 루틴 분해 효소(Yasuda와 Nakagawa, 1994)는 플라보노이드의 조성을 변화시켜 메밀 제품의 특성에 영향을 주는 가장 중요한 요인이라 하였다(Yoo 등, 2012). 따라서, 메밀차의 가공 및 추출 방법에 따른 루틴 함량과 항산화 활성 등 품질 변화 연구는 필요하다고 할 수 있다. 본 연구에서 도출된 결과는 메밀차의 기능성 및 이용성을 높여 메밀 가공제품 소비확대에 중요한 기초 자료로 활용될 것으로 기대된다.

재료 및 방법

실험재료

본 실험에는 일반메밀 ‘양절메밀’(*Fagopyrum esculentum* Moench cv. Yangjul-maemil)과 쓴메밀 ‘황금미소’(*Fagopyrum tataricum* L. Gaertn cv. Hwangguem-miso)를 이용하였다(Fig. 1). 강원도 평창군 대관령면(북위 37.40°, 동경 128.45°, 800 m)에 위치한 실험포장에서 7월에 파종하여 10월에 수확하고 자연건조한 가을재배 메밀을 실험재료로 이용하였다.

가공단계별 공정방법

일반메밀 품종인 ‘양절메밀’과 쓴메밀 ‘황금미소’를 대상으로 4 단계의 가공공정으로 차를 제조하였다(Fig. 2). 일반메밀은 껍질이 잘 벗겨지기 때문에 침지-탈피-증제-볶음의 공정을 거쳐 차를 제조하였으며, 쓴메밀은 종실 가운데 홈이 있고 껍질이 잘 벗겨지지 않는 특성으로 인해 침지-증제-탈피-볶음 과정으로 차를 제조하였다.

먼저, 일반메밀 가공단계는 종실 원료를 준비하는 1단계(일반메밀 원료, CB_1S), 25±2°C에서 1-2시간 건조(수분함량 13.5% 미만)하여 탈피하는 2단계(일반메밀 탈피, CB_2S), 100°C에서 30-40분간 찌는 3단계(일반메밀 찌기, CB_3S), 70-80°C에서 2-3분간 볶음하는 4단계(일반메밀 볶음, CB_4S)로 구분하였다.

쓴메밀의 가공 단계는 종실 원료를 준비하는 1단계(쓴메밀 원료, TB_1S), 3-4시간 물에 침지한 후 스팀을 이용하여 100°C에서 30-40분간 찌는 2단계(쓴메밀 찌기, TB_2S)를 먼저 거쳤다. 이후 40°C에서 3일간 건조(수분함량 13.5% 미만)한 후 탈피하는 3단계(쓴메밀 탈피, TB_3S), 70-80°C에서 2-3분간 원적외선으로 볶음을 실시하여 노릇노릇한 색이 나오도록 하는 4단계(쓴메밀 볶음, TB_4S)로 구분하였다.

일반메밀차와 쓴메밀차의 가공공정이 완료되면, 불순물을 제거하고 충실한 알곡만을 선별하기 위해 날려 고르는 풍선 과정을 거쳐 밀봉포장한 후 루틴 및 항산화 활성 분석에 이용하였다.

메밀차 추출방법

메밀차의 기능성 성분과 항산화 활성을 평가하기 위해서 6가지 추출방법을 적용하였다(Fig. 2). 일반메밀과 쓴메밀을 알곡(G, granulated type)과 분말(P, powdered type)로 구분하여 50.0 g을 칭량한 후 6가지의 추출방법을 적용하여 물 500 mL로 우려내어 메밀차를 비교하였다(Table 1). 볶음 알곡을 커피분쇄기(Beanplus electric coffee grinder BCG-200, Hured Co., Anyang, Korea)로 분쇄하여 분말로 제조하였다. 먼저 온수 침출식 우림(대조구, T1)은 일반적인 메밀차 음용방법으로서 티텀블러를 이용하여 알곡 또는 분말의 침출액을 넣고 90±2°C의 뜨거운 물로 약 5분 동안 추출하였다. 냉수 침출식 우림(T2)을 위해서 알곡 또는 알곡분말을 15°C의 찬물로 5분 동안 추출하였다. 침출식 콜드브루(T3)는 뚜껑이 있는 실리룩(Sili cook PET bottle, Duduworld Co., Seongnam, Korea) 병을 이용하여 알곡 또는 알곡분말을 15°C의 찬물로 8시간 동안 침출하는 방식으로 추출하였다. 점적식 콜드브루(T4)는 콜드브루/더치커피메이커(Beanplus Dutch cold brew maker M550, Hured Co.)를 이용하여 알곡과 분말을 물에 넣어 8시간 동안 추출하였다. 온수 여과식 핸드드립(T5)은 핸드 드립퍼에 필터(Vgud NF04, Hured Co.)를 이용하여 알곡과 분말에 핸드드립 주전자로 90°C의 온수를 부어 여과식으로 5분 동안 추출하였다. 냉수 여과식 핸드드립(T6)은 T5와 방식은 같으나 15°C의 냉수를 부어 여과식으로 5분 동안 추출하였다. 위의 방법으로 추출한 메밀차의 루틴 함량 분석, 색도 측정 및 관능평가를 수행하였다.

루틴 및 퀘세틴 분석

메밀의 주 기능성 성분인 루틴(rutin), 퀘세틴(querctin), 미리세틴(myricetin) 및 캄페롤(kaempferol) 함량은 Kim 등(2017b)의 방법에 따라 UPLC (ultra performance liquid chromatography) (Acquity UPLC I-Class, Waters Co., Milford, MA, USA)로 분석하였다. UPLC 기기에 분석 칼럼(Aquity UPLC CSH C18, 2.1 mm inner diameter, 100 mm length, 1.7 µm particle size, Waters Co.)을 장착하여 온도를 30°C로 설정하였다. 검출 파장(detection wavelength)은 259 nm로 하였으며, 시료 주입량은 1 µL로 설정하

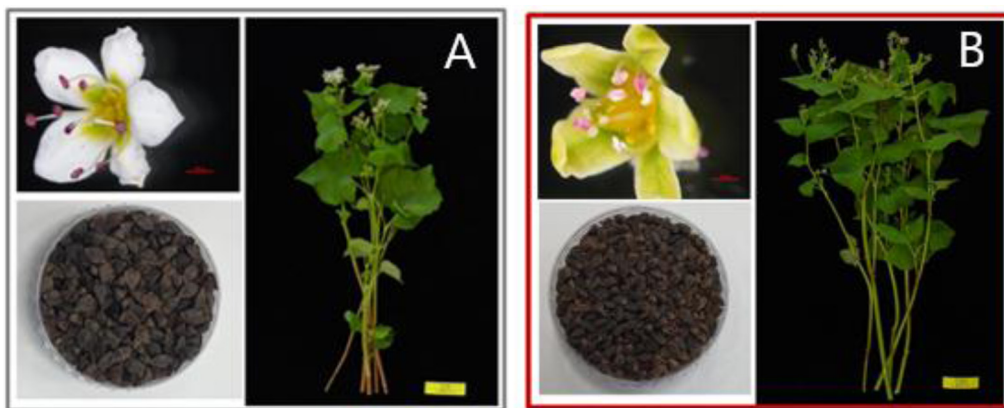


Fig. 1. Flower, seed and plant of common buckwheat (*Fagopyrum esculentum* Moench) and tartary buckwheat (*Fagopyrum tataricum* L.) Gaertn.). A, white flower, triangle seed and whole plant of common buckwheat; B, green flower, carnal seed, and plant of tartary buckwheat. Flower scale bar (red bar)=1 mm, whole plant scale bar (yellow bar)=10 cm.

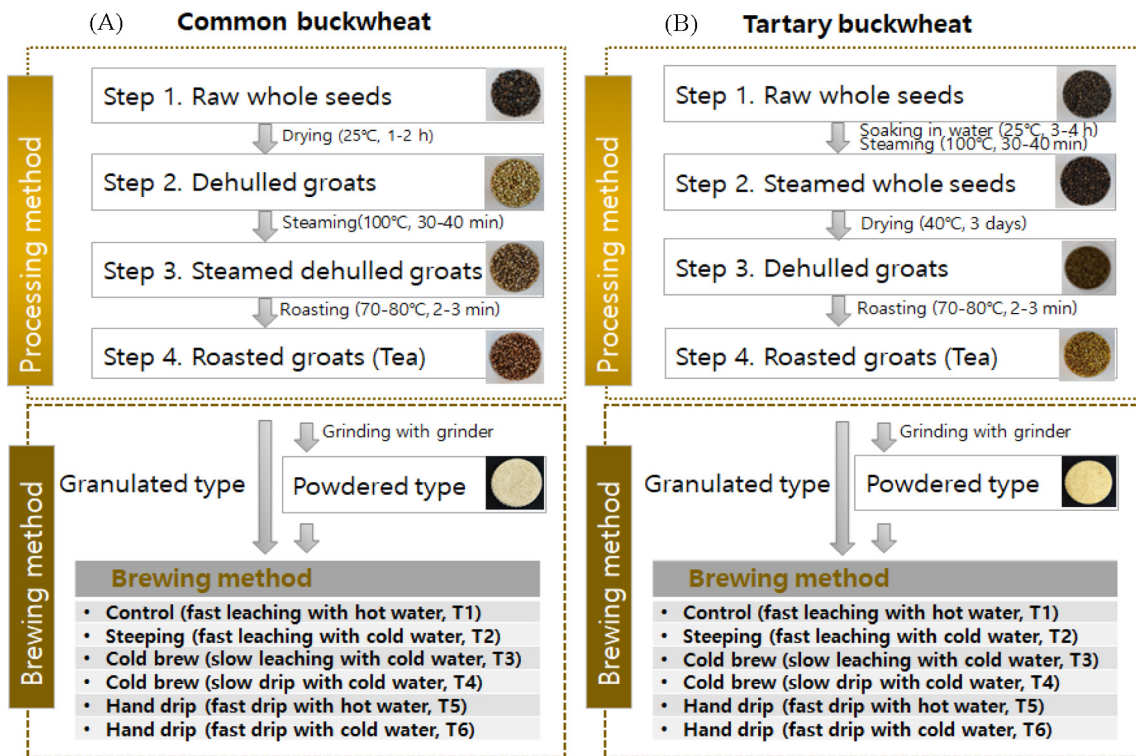


Fig. 2. A simplified flow diagram for tea preparation procedures in common buckwheat (A) and tartary buckwheat (B).

Table 1. Different brewing methods for tea production in common buckwheat and tartary buckwheat

Species	Brewing method ¹⁾	Formulation ²⁾	Brewing temperature (°C) ³⁾	Brewing time/flow rate
Common buckwheat	Control (fast leaching with hot water, T1)	G/P	90±2	5±2 min
	Steeping (fast leaching with cold water, T2)	G/P	15±2	5±2 min
	Cold brew (slow leaching with cold water, T3)	G/P	15±2	8 h
	Cold brew (slow drip with cold water, T4)	G/P	15±2	8 h (1 drop/10s)
	Hand drip (fast drip with hot water, T5)	G/P	90±2	5±2 min
	Hand drip (fast drip with cold water, T6)	G/P	15±2	5±2 min
Tartary buckwheat	Control (fast leaching with hot water, T1)	G/P	90±2	5±2 min
	Steeping (leaching with cold water, T2)	G/P	15±2	5±2 min
	Cold brew (leaching with cold water, T3)	G/P	15±2	8 h
	Cold brew (slow drip with cold water, T4)	G/P	15±2	8 h (1 drop/10s)
	Hand drip (fast drip with hot water, T5)	G/P	90±2	5±2 min
	Hand drip (fast drip with cold water, T6)	G/P	15±2	5±2 min

¹⁾Control (T1) was a conventional brewing method of buckwheat tea.

²⁾Roasted buckwheat groats used were either granulated type (G) or powdered type (P) ground with a coffee machine.

³⁾Average temperature during brewing process.

였다. 용매 이송은 구배 (gradient) 방식으로, 이동상으로 용매 A (1% formic acid in water, v/v)와 용매 B (0.1% formic acid in acetonitrile, v/v)를 사용하여 유속 0.25 mL/min로 흘려주었다. 이동상 농도 구배 방식은 용매 B를 처음 7%의 농도로 시작하여 2분에서 11분까지 17%, 11분에서 13분까지 25%로 증가시킨 후 28분까지 유지시켰다. 이 후 28분에서 30분까지 농도를 25%에서 7%로 감소시키고 32분까지 동일 농도로 안정화하였다. 표준물질과 샘플의 각 피크 (peak)는 머무름 시간 (retention time, RT)과 비교하여 크로마토그램으로 나타냈으며 (Fig. 3), 표준물질로는 루틴

(Extrasynthese, Genay, France), 퀘세틴 (Extrasynthese), 미리세틴 (Sigma Chemical Co., St. Louis, MO, USA), 캄페롤 (Sigma Chemical Co.)을 이용하였다. 시료에서 검출된 루틴과 퀘세틴 함량은 시료 100 g당 mg으로 나타내었다.

항산화 활성 측정

항산화 활성은 DPPH (1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl, Sigma-Aldrich Co.)와 ABTS (2,2'-azino-bis-3-ethylbenzo-thiazoline-6-sulfonic acid, Sigma-Aldrich Co.)를 Kim 등 (2019)의 방법을 이용

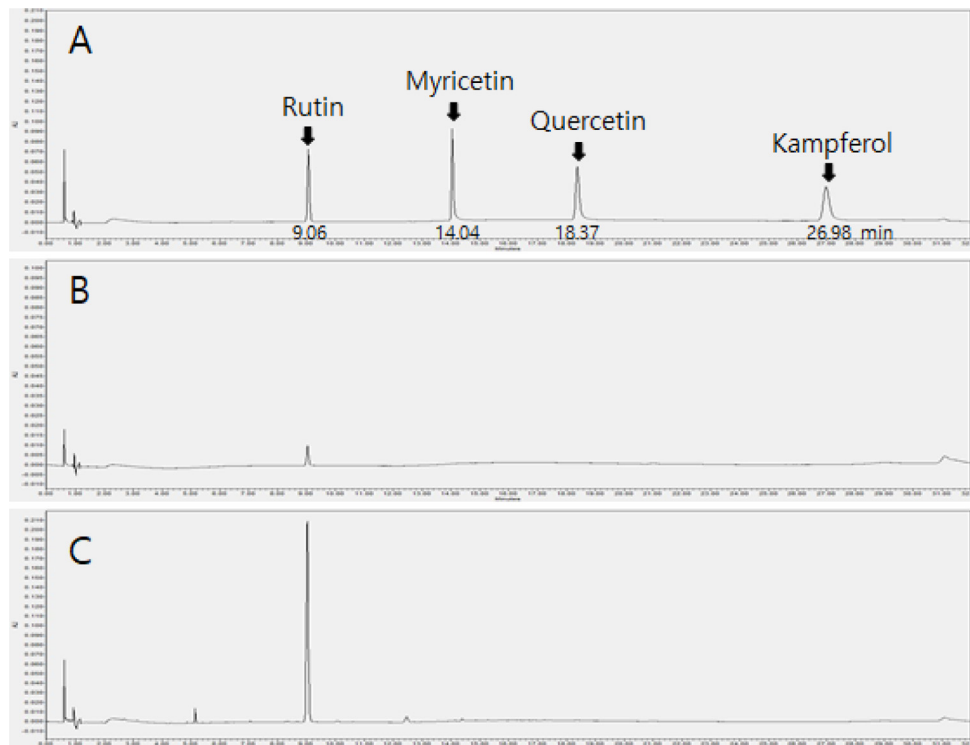


Fig. 3. UPLC profiles of rutin, myricetin, quercetin, and kampferol contents in a standard mixture solution (A) and seed extracts in common buckwheat (B) and tartary buckwheat (C) using reflux extraction. All chromatograms passed through spectrofluorometric detector at 259 nm. Retention time of all chromatograms were as follows: rutin (9.06 min), myricetin (14.04 min), quercetin (18.37 min), and kampferol (26.98 min).

하여 시료의 라디칼 소거능으로 측정하였다. DPPH radical 소거능은 표준물질과 시료 추출물 50 μL 를 분주한 후 0.2 mM DPPH 용액(99.9% ethanol에 용해) 200 μL 를 첨가하고 실온에서 30분간 반응 후 Multi-mode microplate reader (Cytation 5 cell imaging multimode reader, Biotek instruments Inc., Winooski, VT, USA) 기기를 이용하여 520 nm에서 흡광도를 측정하여 시료 100 g당 mg TE (Trolox equivalent antioxidant capacity)로 나타내었다. ABTS radical 소거 활성은 표준물질과 시료 추출물 50 μL 를 넣고, 희석된 ABTS 용액 200 μL 를 첨가한 다음 실온에서 60분간 반응 후 734 nm에서 흡광도를 측정하여 시료 100 g당 mg TE로 나타내었다.

총 플라보노이드 함량은 표준물질과 시료추출물 50 μL 를 분주한 후 증류수 100 μL 와 5% NaNO_2 15 μL 를 넣고, 5분 후 10% $\text{AlCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ 용액 30 μL 를 첨가하여 6분 동안 반응 후 1 N NaOH 100 μL 를 첨가하고, 11분 후 510 nm에서 측정하여 시료 100 g당 mg rutin equivalent (RE, dry basis)로 나타내었다. 총 폴리페놀 함량은 표준물질과 시료추출물 50 μL 와 2% Na_2CO_3 용액 200 μL 를 첨가해 실온에서 3분간 반응시킨 후 50% Folin-Ciocalteu reagent (Sigma-Aldrich) 20 μL 를 첨가하여 30분간 반응 후 750 nm에서 측정하여 시료 100 g당 mg gallic acid equivalent (GAE, dry basis)로 나타내었다.

음용색

메밀차의 색도는 색차계(CM-3500d, Minolta Co., Osaka, Japan)를 사용하여 각 추출물의 헨티값(Hunter's value)의 L (명도), a (적색도), b (황색도) 값을 측정하였으며, 이때 사용한 표준 백판의 Hunter값은 L: 97.34, a: -0.13, b: 1.74이었다. 사용된 색차계의 L

값은 0이 가장 어두운 상태를, 100이 가장 밝은 상태이다. a값은 (+) 값이 적색을, (-) 값이 녹색을 의미하며, b값은 (+) 측에서 황색을, (-) 측에서는 청색을 나타내었다.

관능검사

일반메밀차와 쓴메밀차의 관능검사는 Lee 등(2016)의 방법을 참고하여 다양한 방법으로 추출한 후 6명의 관능검사 요원에 의해 수행되었다. 관능검사에서 우림색(visual color), 풍미(wet aroma), 구수한 맛(toasty taste), 단맛(sweet taste), 쓴맛(bitter taste)을 0 (느끼지 못함), 1 (매우 약하게 느껴짐), 2 (약하게 느껴짐), 3 (상당히 느껴짐), 4 (강하게 느껴짐), 5 (매우 강하게 느껴짐)로 표시하였고, 선호도(overall acceptance)를 0점(매우 나쁨)에서 5점(매우 좋음)까지 평가하였다.

통계분석

본 실험에서 얻어진 결과는 SAS 9.4 (SAS Institute Institute Inc., Cary, NC, USA)를 이용하여 분산분석(ANOVA)을 실시하고 시료간의 유의적 차이를 검증하기 위해 Duncan's multiple range test를 수행하였다($p < 0.05$).

모든 실험은 3반복 이상으로 수행하였으며, 실험치는 평균값(mean)과 표준편차(standard deviation, SD)로 표시하였다. 조사된 수량과 분석된 PGA 함량을 평가하기 위해 'R' 분석(R studio i386 3.3.2.)을 하였으며, additive main effects and multiplicative interaction (AMMI)와 genotype main effect and genotype by environment interaction (GGE) biplot 분석을 위해 'agricolae'와 'gge' 라이브러리(library)를 호출하여 루틴 함량의 추출방법(B)×제형(F) 상호작용을 시각적으로 표현하였다(Yan과 Rajcan, 2002).

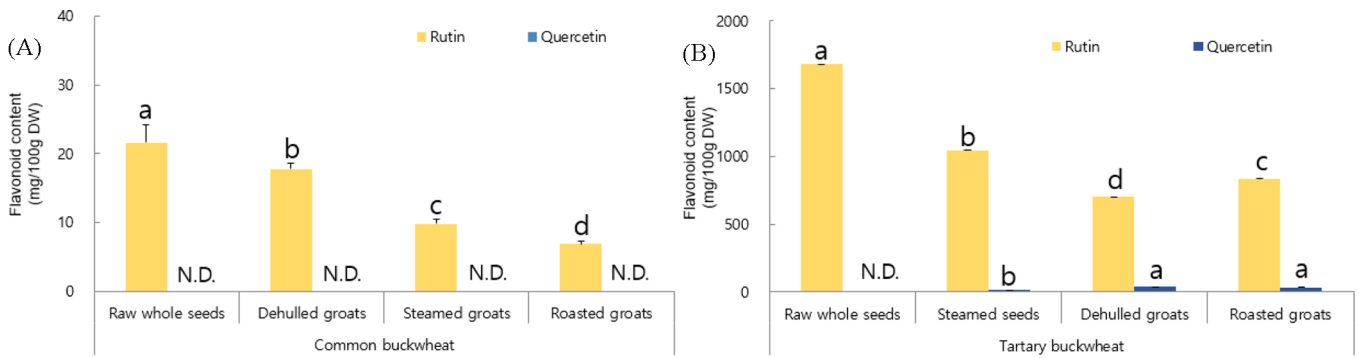


Fig. 4. Rutin and quercetin content of common buckwheat (A) and tartary buckwheat (B) in each processing steps. Mean±standard deviation (SD) expressed as mg rutin or quercetin content per 100 g of dry weight. The N.D. means not detected. Different letters (a-d) within the graph indicate significant differences at $p < 0.05$ by Duncan's multiple range test.

결과 및 고찰

가공단계별 루틴 및 퀘세틴 함량

일반메밀과 쓴메밀 2종의 메밀차 생산을 위한 원료, 탈피, 찌기, 볶음 단계에서의 루틴 및 퀘세틴 함량 변화를 구명하고, 그 결과를 Fig. 4에 나타내었다. 일반메밀의 가공단계별 루틴 함량은 원료(CB_1S) 21.6, 탈피(CB_2S) 17.8, 찌기(CB_3S) 9.8 및 볶음(CB_4S) 6.8 mg/100 g으로 가공공정이 진행됨에 따라 유의하게 감소하였으며, 퀘세틴 성분은 검출되지 않았다(Fig. 4A). 쓴메밀의 루틴 함량은 원료(TB_1S)단계에서 1,679.9, 찌기(TB_2S) 1,044.2, 탈피(TB_3S) 703.1 mg/100 g으로 감소하여 일반메밀과 같은 경향을 보였으나, 볶음(TB_4S) 단계에서는 834.5 mg/100 g으로 증가하였다. 퀘세틴 함량은 최종 볶음 과정을 거치면서 32.3 mg/100 g으로 증가하였다(Fig. 4B).

메밀차 제조를 위한 원료단계에서의 루틴 함량은 쓴메밀이 1,679.9 mg/100 g으로 일반메밀 21.6 mg/100 g보다 77배 많았다. Yoon 등(2006)은 쓴메밀의 루틴 함량은 1,712-1,783 mg/100 g으로 일반메밀의 13-15 mg/100 g보다 100배 이상 많다고 하였다. 또 다른 연구에서 쓴메밀은 일반메밀보다 루틴 함량이 30-100배 높다고 보고되고 있다(Kim 등, 2020; Morishita 등, 2007). 이러한 기존의 연구결과를 참고해 볼 때, 본 연구에서의 쓴메밀과 일반메밀의 루틴 함량 차이 77배는 적절한 것으로 판단된다.

메밀차는 가공조건에 따라 물리적, 화학적 성질에서 큰 차이를 보인다. Qin 등(2013)은 쓴메밀 종실원료를 40-60분 찌는 과정에서 루틴 함량이 변한다고 하였으며, Kwak 등(2013)은 식품 저장성을 높이고 품질 향상을 위한 열처리 공정인 볶음 과정을 통해 알곡 특유의 풍미를 가진 기호성 높은 제품을 생산할 수 있다고 하였다. 또한, 쓴메밀 빵 제조 과정에서도 분말 반죽에 물을 첨가하면 루틴 농도는 감소하고 퀘세틴 농도는 증가한다는 연구결과가 보고되었으며(Vogrincic 등, 2010), 쓴메밀 원료에 많이 함유된 루틴 성분은 물에 담갔다가 찌 경우 크게 감소한 반면 퀘세틴 함량은 크게 증가된다고 하였다(Qin 등, 2013).

이러한 이유는 열처리 공정인 볶음 과정을 통해 식품 성분들의 분해, 합성, 축합 등의 다양한 화학적 반응이 일어나며, 여러 가지 유용 성분이 생성되어 기능성이 증가되기 때문이라고 하였다(Song 등, 2010). 본 연구에서도 쓴메밀의 플라보노이드 함량은 원료, 찌기, 탈피 과정에서 1,439, 1,197, 948 mg/100 g으로 감소하다가 볶음 과정에서 974 mg/100 g으로 약간 증가하여 유사한 결과를 보였다.

또한, 성분변화는 메밀 가공공정에서 찌고, 볶음하는 열처리 과정에 의해 루틴을 분해하는 플라보놀-3-글루코시다아제 효소(flavonol-3-glucosidase, f3g)의 활성이 촉진되며, f3g 활성은 종피(testa)에서 높다고 하였다(Suzuki 등, 2002). 본 연구에서도 쓴메밀의 루틴 함량이 1단계인 원료에서 가장 높았으나 종자를 물에 담그는 과정에서 f3g에 의해 가수분해됨으로써 감소되고, 퀘세틴 함량이 증가한 것으로 생각된다. 또한, f3g의 활성은 물에 담그는 시간이나 온도에 따라 달라진다는 연구결과(Li 등, 2008)를 고려해 볼 때, 다양한 가공처리를 통해 기능성 물질의 함량을 높이는 노력이 필요할 것으로 판단된다.

가공단계별 항산화 활성

메밀에는 플라보노이드계 색소, 페놀계 및 방향족 amine 등 항산화 작용을 나타내는 물질이 다량 함유되어 있는 것으로 알려져 있다(Kim과 Kim, 2018; Krefit, 2016). 일반메밀차와 쓴메밀차의 가공단계별 총 폴리페놀 및 플라보노이드 함량은 Fig. 5와 같다. 일반메밀의 항산화 활성은 탈피(CB_2S) 후 찌기(CB_3S) 과정에서 유의하게 감소하였다. 특히, DPPH 소거능은 470에서 307 mg/100 g으로 34.7% 감소하였고(Fig. 5A), ABTS 소거능은 570에서 227 mg/100 g으로 60.2% 감소하였다(Fig. 5B). 플라보노이드 함량도 547에서 329 mg/100 g으로 30.9% 감소하였고(Fig. 5C), 폴리페놀 함량도 708에서 297 mg/100 g으로 58.1% 감소하였다(Fig. 5D).

쓴메밀의 항산화 활성은 원료(TB_1S), 찌기(TB_2S) 과정에서 DPPH 소거능은 861에서 774 mg/100 g, ABTS 소거능은 784에서 685 mg/100 g으로 통계적으로 유의한 감소를 보였다. 쓴메밀의 플라보노이드 함량은 원료, 찌기, 탈피 과정에서 1,439, 1,197, 948 mg/100 g으로 감소하다가 마지막 단계인 볶음 과정에서 974 mg/100 g으로 약간 증가하였으나 통계적으로는 유의성이 없었다. 쓴메밀의 총 폴리페놀 함량도 플라보노이드 함량과 유사한 결과를 보였다. 즉, 가공 초기인 원료, 찌기, 탈피 단계에서는 공정이 진행될수록 총 폴리페놀 함량이 감소하였으며, 볶음 과정에서는 1,340 mg/100 g으로 유의성 있게 다소 증가하였다. 결과적으로 볶음 공정은 메밀차의 총 폴리페놀 함량을 유의적으로 증가시키는 것으로 판단되었다. Bac 등(2021)과 Kwak 등(2013)은 곡물의 볶음조건에 따른 추출물을 연구하여 볶음 시간과 온도를 달리한 과정에서 생성된 갈변화합물인 멜라노이드(melanoidin)이 항산화에 영향을 미친 것으로 추측하였다. 또한, Yang 등(2006)과 Lee 등(2009b)은 인삼과 무 추출물을 열처리하면 온도가 높아짐에 따라

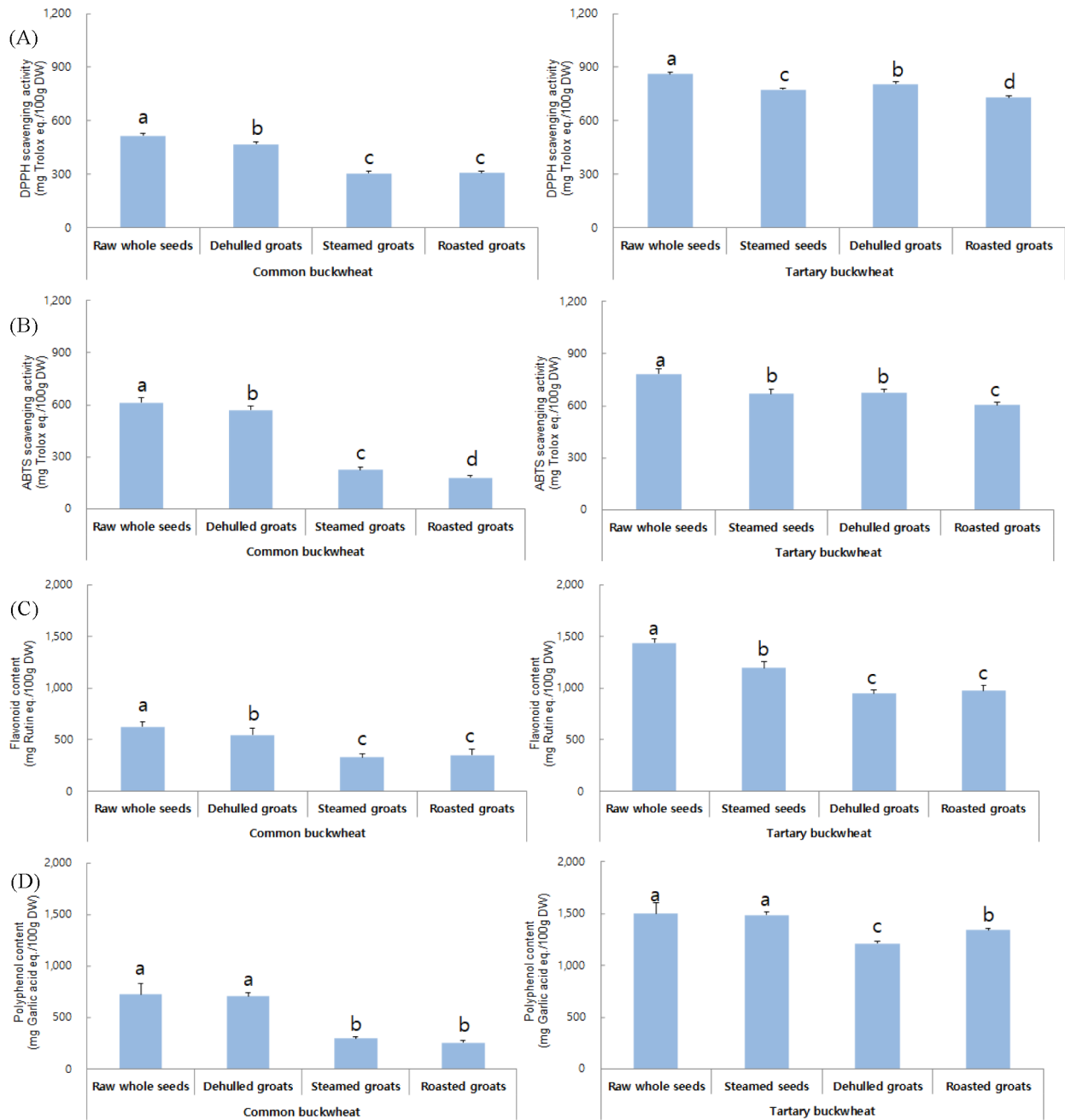


Fig. 5. Anti-oxidant activity of common buckwheat and tartary buckwheat in each processing steps. The levels of 1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl (DPPH) and ABTS radical scavenging activity (A and B), and flavonoid and polyphenol content (C and D) in the solutions were determined by multi-mode microplate reader, respectively. All microplate images passed through multi-mode reader at standard solution are as follows: (A) DPPH standard (0.00-0.083 mg/mL, yellow-purple, trolox); (B) ABTS standard (0.00-0.083 mg/mL, white-turquoise, trolox); (C) flavonoid standard (0.00-0.400 mg/mL, white-orange, rutin); and (D) polyphenol standard (0.00-0.400 mg/mL, white-molybdenum blue, gallic acid). UV/Vis absorbance detector of anti-oxidants are as follows: (A) DPPH (520 nm); (B) ABTS (734 nm); (C) flavonoid (510 nm); and (D) polyphenol (750 nm). Mean±standard deviation (SD) expressed as mg standard equivalents antioxidant capacity per 100 g of dry weight. Different letters (a-d) within the graph indicate significant differences at $p < 0.05$ by Duncan's multiple range test.

폴리페놀 함량이 증가하는데, 이는 열처리에 의해 bound형 폴리페놀이 free형으로 전환되고 고분자의 페놀성 화합물이 저분자 형태로 전환되어 폴리페놀 함량이 증가한 것으로 추측하였다. 이상의 결과를 볼 때, 메밀차의 품질을 향상시키기 위해서는 가공 과정에서 볶음 온도와 시간관리가 매우 중요하다는 것을 알 수 있다. 또한, Lee 등(2014)은 쓴메밀을 열처리했을 때 처리시간이 증가함에 따라 라디칼 소거능이 증가하는 양상을 보였지만, 200°C

를 초과한 온도에서는 항산화 소거능이 유의적으로 감소되었고 하였고, Bhinder 등(2019)도 고온으로 열처리한 쓴메밀은 온도가 증가함에 따라 총 항산화 활성이 감소하였다고 보고하였다.

이처럼 메밀차 가공 과정에서 종실 원료의 물리적 및 화학적 특성은 수분, 가열 온도 및 가열 시간을 포함한 가공 조건에 따라 달라진다(Im 등, 2003). 특히, 차를 제조하기 위한 찌기 등 열처리 과정은 항산화 활성에 가장 큰 영향을 준다(Zielinski 등,

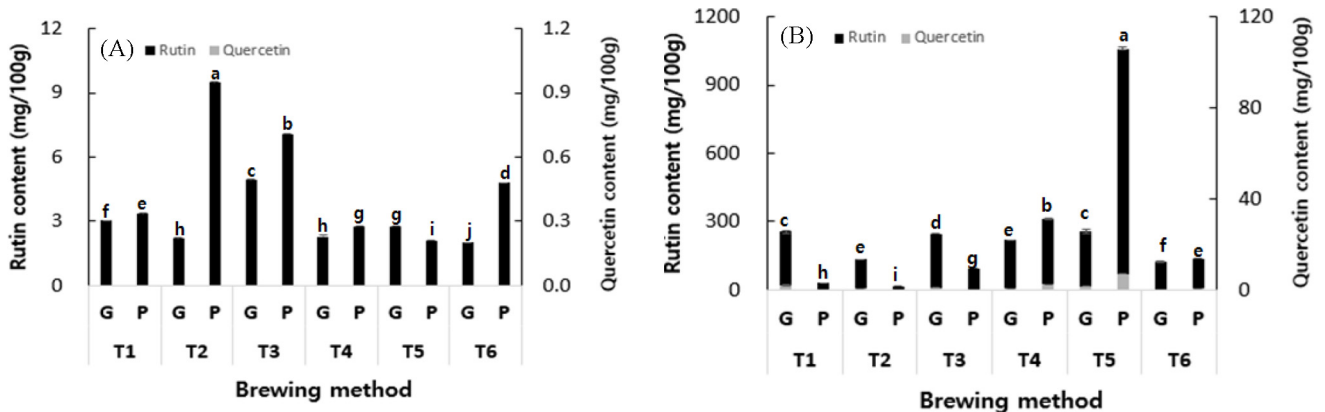


Fig. 6. Concentrations of rutin and quercetin in common buckwheat (A) and tartary buckwheat (B) by different brewing methods. T1, Control (conventional method) as fast leaching with hot water; T2, fast leaching with cold water; T3, cold brew as slow leaching with cold water; T4, cold brew as slow drip with cold water; T5, hand drip as fast drip with hot water; T6, hand drip as fast drip with cold water. G, granulated type; P, powdered type. Mean±standard deviation (SD) expressed as mg rutin or quercetin content per 100 g of dry weight sample. Different letters (a-j) within the graph indicate significant differences at $p < 0.05$ by Duncan's multiple range test.

2009). 쓴메밀의 경우에도 탈피를 위한 찌기과정에서 총 페놀 및 플라보노이드 성분이 감소된다고 하였는데(Zielinski 등, 2009), 본 연구에서도 유사한 경향을 나타내었다. 또한, 볶음 과정을 거치면서 항산화 물질이 안정화된 것은 볶음 과정에서 생성된 갈변 화합물이 항산화에 복합적인 영향을 미친 것으로 추측된다. 이러한 반응은 가열과정에서 당류 또는 당류 수용액이 가열분해물 또는 가열산화물에 의해 갈색화되어 일어나며 냄새와 맛에도 큰 영향을 미치는 것으로 판단되었다(Ko 등, 2012).

추출방법별 메밀차 루틴 및 퀘세틴 함량

일반메밀차와 쓴메밀차의 알곡 또는 분말의 6가지 추출방법에 따른 루틴과 퀘세틴 함량 분석 결과는 Fig. 6에 나타내었다. 각각의 추출방법으로 얻어진 메밀차의 루틴 함량 범위는 일반메밀이 2.0-9.5 mg/100 g, 쓴메밀이 15.7-1,060 mg/100 g인 것으로 나타났다. 특히, 쓴메밀 분말의 온수 여과식 핸드드립(T5) 처리에서 루틴 함량이 1,060 mg/100 g, 퀘세틴 함량이 7.2 mg/100 g으로 가장 높았다.

메밀차는 사용된 품종, 제형 및 추출방법에 따라 루틴 함량의 차이가 컸다. 메밀차의 루틴 함량은 쓴메밀 '황금미소'가 일반메밀 '양절메밀'보다 평균 61배 높았다. 제형의 경우, 일반메밀 분말에서는 온수 침출식 우림(T1), 냉수 침출식 우림(T2), 침출식 콜드브루(T3), 점적식 콜드브루(T4), 냉수 여과식 핸드드립(T6) 처리에서, 쓴메밀 분말에서는 점적식 콜드브루(T4), 온수 여과식 핸드드립(T5), 냉수 여과식 핸드드립(T6) 처리에서 루틴 함량이 높았다. 또한, 쓴메밀차 추출방법으로는 분말을 이용한 온수 여과식 핸드드립(T5_P)이 기존의 알곡을 이용한 온수 침출식 우림(대조구, T1_G) 보다 루틴 함량이 4배 높았다. 따라서 메밀차의 이용형태에서 기능성을 중요시하는 경우에는 쓴메밀 분말을 온수 여과식 핸드드립(T5)으로 추출하여 활용하는 것을 적극 고려해 볼 필요가 있다.

추출방법별 메밀차 음용색

일반메밀차와 쓴메밀차의 추출방법에 따른 음용색의 색도 변화는 Table 2와 같다. 일반메밀차의 6가지 추출방법에 따른 색도 L (명도), a (적색도) 및 b (황색도)는 처리간에 유의적인 차이를 보였으며, 알곡보다는 분말로 제조한 차에서 약간 더 진한 색을

나타내었다. 일반메밀차의 추출방법별 L, a 및 b값은 각각 22.6-38.2, -0.6-1.1, 0.2-8.1 범위를 보였다. 이 중 침출식 콜드브루(T3) 방법으로 일반메밀차 분말을 추출한 경우 L값이 22.6으로 가장 낮았으며, a값은 1.1로 가장 높게 측정되어 다른 추출방법에 비해 어두워지고 적색으로 나타났다. b값은 냉수를 사용하여 분말을 핸드드립 방법으로 추출한 처리(T6)가 8.9로 가장 진한 황색을 나타내었다.

쓴메밀차의 추출방법에 따른 색도 품질 특성을 살펴본 결과, Hunter L, a 및 b값은 각각 17.6-38.4, -3.0-5.5, 2.5-12.0 범위를 보였다. L값은 온수 여과식 핸드드립(T5)으로 쓴메밀 분말을 추출한 처리가 17.6으로 가장 낮았다. 이러한 원인은 쓴메밀차 분말을 온수 여과식 핸드드립(T5)으로 추출할 때 고형분이 많이 용출된 것과 분쇄하는 과정에서 복합적인 반응이 일어나 다양한 물질이 생성되기 때문으로 생각된다. a값은 쓴메밀 분말을 여과식 핸드드립의 온수(T5)와 냉수(T6)로 추출할 때 각각 4.3과 4.4로서 높은 적색도를 보였다. b값은 쓴메밀 분말을 침출식 콜드브루(T3)로 추출한 경우 12.0으로 가장 높았다. 본 연구에서는 6가지 추출방법에 따른 메밀차의 L, a 및 b 값이 모두 유의적인 차이를 보였는데, 이는 메밀차의 색도가 추출방법에 영향을 받는다는 것을 잘 뒷받침한다.

추출방법별 메밀차 관능검사

일반메밀차와 쓴메밀차의 추출방법에 따른 관능검사 결과는 Fig. 7과 같다. 우림색의 진하기는 일반메밀차보다 쓴메밀차에서, 알곡보다 분말이 높은 점수를 받았다. 특히, 쓴메밀 분말을 이용한 점적식 콜드브루(T4)와 온수 여과식 핸드드립(T5) 처리에서 우림색의 진하기가 5.0으로 가장 높았다. 풍미와 구수한 맛의 경우에도 쓴메밀차에서 높은 점수를 받았는데, 쓴메밀 분말을 이용한 점적식 콜드브루(T4) 처리에서 각각 5.0으로 가장 높았다. 단 맛은 일반메밀차와 쓴메밀차의 추출방법에서 차이를 보였으며, 침출식 콜드브루(T3)가 다른 추출방법보다 비교적 높은 점수를 받았다. 쓴맛은 일반메밀차에서는 전혀 느끼지 못하여 추출방법 및 제형과 관계없이 '0'의 값을 보였다. 그러나, 쓴메밀의 쓴맛은 제형이나 추출방법에 따라 차이를 보였다. 알곡보다 분말로 제조한 차에서 침출식 방법(T1, T2, T3)보다 여과식 방법(T4, T5, T6)에서 쓴맛을 느끼는 정도가 높았다. 선호도는 일반메밀차와 쓴메

Table 2. Hunter's value in common buckwheat and tartary buckwheat by different brewing method

Brewing method ¹⁾	Formulation type ²⁾	Hunter's value ³⁾ in common buckwheat			Hunter's value in tartary buckwheat		
		L (lightness)	a (redness)	b (yellowness)	L (lightness)	a (redness)	b (yellowness)
T1	G	31.7±0.8 ⁴⁾	0.0±0.0	5.2±0.1	25.8±0.4	0.0±0.0	9.6±0.1
	P	27.1±0.4	0.4±0.0	4.1±0.1	36.4±1.1	-3.0±0.1	6.9±0.2
T2	G	32.5±0.2	0.1±0.0	1.9±0.0	35.0±0.7	-1.8±0.1	11.7±0.1
	P	26.7±0.3	1.0±0.0	8.1±0.5	38.4±0.6	-1.4±0.1	3.6±0.0
T3	G	28.5±0.3	0.1±0.0	7.3±0.1	22.7±0.4	3.7±0.1	8.5±0.4
	P	22.6±0.5	1.1±0.0	4.6±0.1	33.0±0.4	-1.4±0.0	12.0±0.1
T4	G	38.2±0.9	-0.2±0.0	1.9±0.0	28.1±0.3	2.1±0.1	11.7±0.2
	P	35.0±0.4	0.4±0.0	7.6±0.2	18.9±0.3	5.5±0.1	4.5±0.1
T5	G	28.4±0.3	0.3±0.0	2.8±0.1	24.4±1.2	2.0±0.0	9.8±0.1
	P	35.7±0.6	0.1±0.0	0.8±0.0	17.6±0.2	4.3±0.1	2.5±0.1
T6	G	32.1±0.5	0.5±0.0	0.2±0.0	32.6±0.1	-1.7±0.0	11.2±0.1
	P	31.1±0.3	-0.6±0.0	8.9±0.1	20.0±0.4	4.4±0.1	5.8±0.1
Brewing method (B)		324*** ⁵⁾	476***	3,846***	513***	6,574***	327***
Formation (F)		177***	986***	7,258***	12**	946***	5,867***
B × F		152***	1,260***	4,987***	419***	5,434***	908***

¹⁾T1, control as fast leaching with hot water; T2, fast leaching with cold water; T3, cold brew as slow leaching with cold water; T4, cold brew as slow drip with cold water; T5, hand drip as fast drip with hot water; T6, hand drip as fast drip with cold water

²⁾G, granulated type; P, powdered type

³⁾The three-color values utilized by Hunter are the degree of lightness (L; white +100 ↔ 0 black), the degree of redness (a, red +60 ↔ -60 green), and the degree of yellowness (b, yellow +60 ↔ -60 blue)

⁴⁾Mean±standard deviation (SD)

⁵⁾***, **Significant at $p < 0.01$, or $p < 0.001$ by Duncan's multiple range test

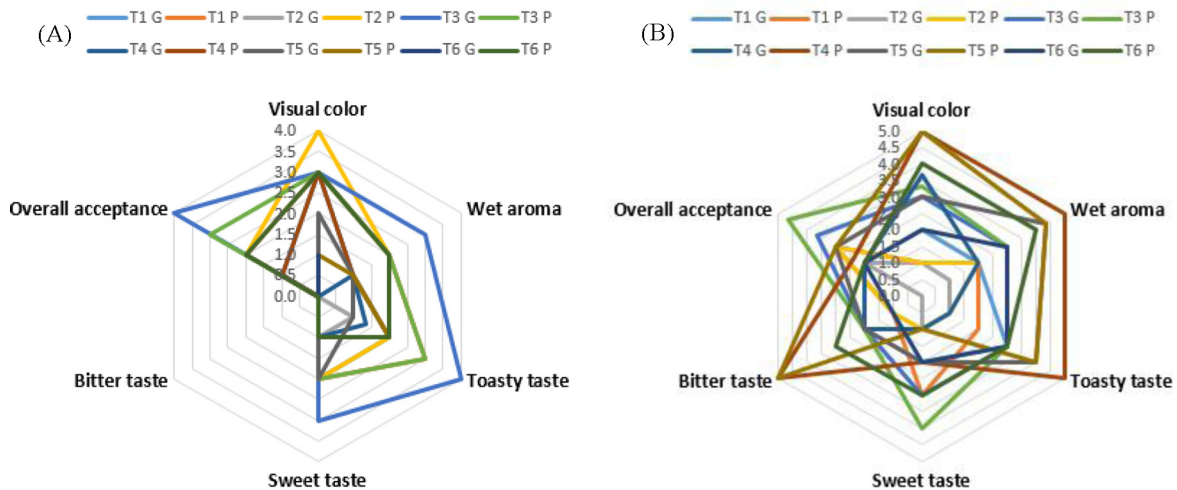


Fig. 7. Sensory evaluation profile of visual color, wet aroma, toasty taste, sweet taste, bitter taste, and overall acceptance in common buckwheat (A) and tartary buckwheat (B) by different brewing methods for tea production. T1, control as fast leaching with hot water; T2, fast leaching with cold water; T3, cold brew as slow leaching with cold water; T4, cold brew as slow drip with cold water; T5, hand drip as fast drip with hot water; T6, hand drip as fast drip with cold water. G, granulated type; P, powdered type.

밀차 모두 침출식 콜드브루(T3) 방법에서 높았으며, 특히 쓴메밀 분말을 이용한 침출식 콜드브루(T3)에서 4.7로 가장 높았다.

관능평가 결과를 종합하면, 쓴메밀차의 제형별 비교에서는 분말이 우림색, 풍미, 구수한 맛, 단맛 및 선호도에서 높은 값을 보였다. 쓴메밀 분말의 추출방법으로는 점적식 콜드브루(T4) 방법이 우림색, 풍미, 구수한 맛에서 좋은 평가를 받았으나, 쓴맛이 강해 선호도가 떨어지는 것으로 나타났으며, 침출식 콜드브루(T3)

방법은 쓴맛이 적어 선호도가 높은 것으로 나타났다. 또한, 온수 여과식 핸드드립(T5)은 루틴 함량이 높고, 우림색, 풍미가 높았으나 쓴맛이 강해 선호도가 낮은 것으로 조사되었다. 따라서 쓴메밀차의 경우 풍미와 단맛이 우수하고, 쓴맛이 적은 추출방법이 좋은 평가를 받는 것으로 나타났다. 쓴메밀차 등 가공제품 개발 시 이러한 점을 적극 고려할 필요가 있을 것으로 판단된다.

Table 3. Pearson's correlation coefficients for among the flavonoid, Hunter's value and sensory evaluation profile by brewing methods

Tea brewing	Rutin	Quercetin	Hunter's L value	Hunter's a value	Hunter's b value	Visual color	Wet aroma	Toasty taste	Sweet taste	Bitter taste	Overall acceptance
Rutin	1	0.980***	-0.608**	0.564**	0.031 ^{NS}	0.525**	0.596**	0.482*	-0.077 ^{NS}	0.810***	0.305 ^{NS}
Quercetin		1	-0.618**	0.584**	-0.082 ^{NS}	0.515*	0.567**	0.501*	-0.138 ^{NS}	0.791***	0.235 ^{NS}
Hunter's L value			1	-0.851***	-0.032 ^{NS}	-0.805***	-0.692***	-0.673***	-0.27 ^{NS}	-0.673***	-0.296 ^{NS}
Hunter's a value				1	-0.181 ^{NS}	0.712***	0.589***	0.507*	0.037 ^{NS}	0.697***	0.075 ^{NS}
Hunter's b value					1	0.261 ^{NS}	0.316 ^{NS}	0.220 ^{NS}	0.37 ^{NS}	0.105 ^{NS}	0.550**
Visual color						1	0.716***	0.673***	0.301 ^{NS}	0.633***	0.420*
Wet aroma							1	0.866***	0.461*	0.813***	0.676***
Toasty taste								1	0.493*	0.626**	0.598**
Sweet taste									1	0.207 ^{NS}	0.630**
Bitter taste										1	0.409*
Overall acceptance											1

^{NS}, *, **, ***Non significant or significant at $p < 0.05$, $p < 0.01$, or $p < 0.001$, respectively. All correlations were significant at $p < 0.05$, $p < 0.01$, or $p < 0.001$ except where indicated by NS.

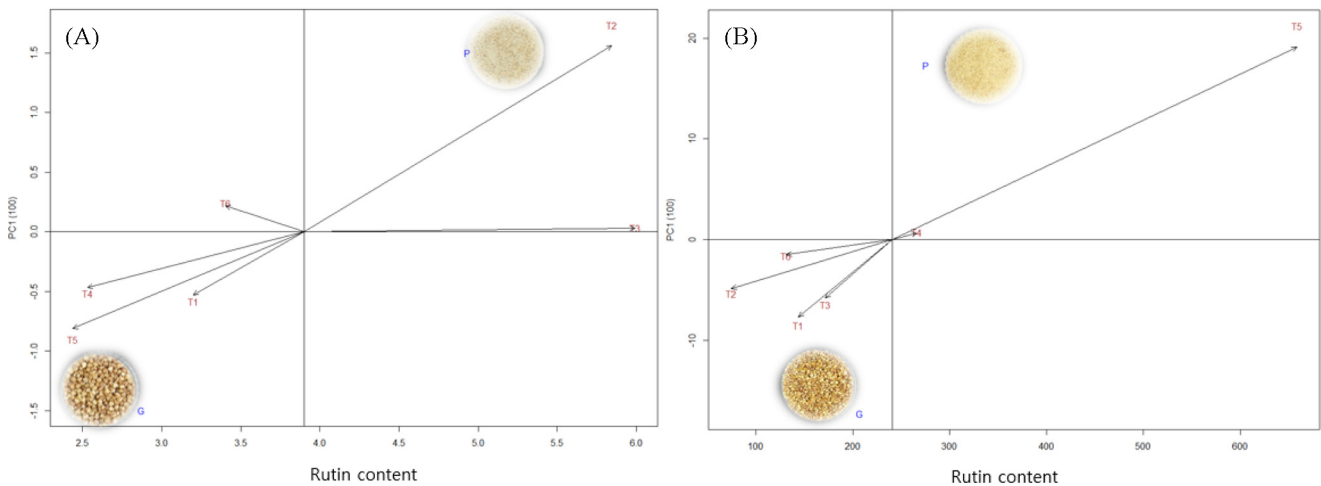


Fig. 8. Bi-plot of the principal component analysis showing rutin (PC1) view of rutin content in common buckwheat (A) and tartary buckwheat (B) by different brewing methods. T1, control as fast leaching with hot water steeping; T2, fast leaching with cold water; T3, cold brew as slow leaching with cold water; T4, cold brew as slow drip with cold water; T5, hand drip as fast drip with hot water; T6, hand drip as fast drip with cold water. G, granulated type; P, powdered type. Abbreviations of materials are as given in Table 1.

추출방법별 메밀차 유용성분 및 색도와외의 상관관계 분석

일반메밀차와 쓴메밀차의 추출방법에 따른 유용성분, 색도 및 관능평가의 상관관계 분석결과는 Table 3과 같다. 추출물의 루틴은 퀘세틴, Hunter L값, Hunter a값, 풍미, 구수한 맛, 쓴맛과 유의한 상관관계를 나타내었다. 특히, 루틴은 퀘세틴 및 쓴맛과의 피어슨 상관관계수(Pearson correlation coefficient)가 높아 강한 상관관계를 보였다. 퀘세틴은 Hunter L값과 음의 상관관계를, Hunter a값과는 양의 상관관계를 나타내었다. 상관관계 분석은 양적 특성들 간 관계의 정도를 평가하기 위한 통계적 방법으로, 두 가지 특성들 간 상관관계가 높은 것은 서로 강한 관계를, 낮은 값은 변수 간 관계가 약함을 나타낸다(Franzese와 Iuliano, 2019). 선호도에서는 풍미가 가장 중요한 요소였고, 단맛과 쓴맛도 선호도와 상관관계가 있었다.

루틴 함량을 대상으로 AMMI 모델을 적용하여 추출방법(Brewing method, B)과 제형(Formation, F) 간 상호작용(B×F)을 분석한 결과를 Fig. 8에 시각화하였다. 일반메밀차와 쓴메밀차 모두 루틴

함량에서 B×F 효과가 확인되었다. 일반메밀의 경우 루틴 함량은 냉수 침출식 우림(T2)×분말(P)에서, 쓴메밀의 경우 온수 여과식 핸드드립(T5)×분말(P)에서 상호작용 효과가 높았다.

메밀은 씨앗에 루틴이 함유된 것으로 알려진 유일한 곡물이며 (Kreft 등, 2006; Morishita 등, 2020; Suzuki 등, 2019), 특히 쓴메밀 종자는 루티노사이드아제(Rutinosidase) 활성이 높아 물을 첨가하면 몇 분 이내로 종자에 함유된 루틴이 가수분해 된다고 하였다(Suzuki 등, 2002; Yasuda와 Nakagawa, 1994). 쓴메밀 종자는 루틴을 1% 이상 함유하고 있어 가수분해 과정에서 퀘세틴 함량이 많아지고 루티노사이드아제 활성이 높아져 쓴맛이 생성된다고 하였다(Suzuki 등, 2022). 그러나 쓴메밀 종자를 볶으면 루티노사이드아제가 불활성화되어 루틴의 가수분해가 억제되어 쓴맛을 감소시킬 수 있으나, 열처리를 더 강하고 길게 하면 맛, 색, 그리고 향미 등이 생기지 않는다고 하였다. 또한 쓴메밀 가루를 내는 과정에서도 쓴맛이 생성되는데, 이러한 쓴맛은 루티노사이드아제의 활성으로 루틴이 가수분해되어 생성된 퀘세틴 성분

의해 발생하며, 생성된 강한 쓴맛은 쓴메밀을 다양한 식품으로 활용하는데 가장 큰 단점으로 인식되었다(Kawakami 등, 1995; Suzuki 등, 2002; Suzuki 등, 2014a; Suzuki 등, 2014b). 이러한 문제점을 해결하기 위한 방법으로 장시간의 강한 열처리를 하여 루티노사이드아제를 불활성화시키는 것이다. 이러한 처리는 맛, 질감, 색상, 향 등 품질의 저하와 추가적인 비용을 초래한다고 하였다(Suzuki 등, 2022). 따라서 루티노사이드아제 활성을 최소화 하면서 쓴맛이 없는 루틴이 풍부한 식품 생산을 위해서는 최적의 가공기술 개발이 필요하다. 본 연구에서는 쓴메밀 품종인 ‘황금미소’를 대상으로 쓴맛을 최대한 줄이면서 루틴 함량이 높은 메밀차 제조를 위한 볶음 과정의 열처리 조건을 70-80°C에서 2-3분으로 확립하였다.

이상의 결과를 볼 때, 루틴 함량이 많아 기능성이 우수한 메밀차를 섭취하고자 할 경우에는 온수 여과식 핸드드립(T5) 방식으로 추출한 메밀차가 적합하며, 쓴맛이 적고 달콤한 맛과 풍미가 좋은 메밀차를 원할 경우에는 쓴메밀을 침출식 콜드브루(T3) 방식으로 추출하는 것이 가장 유리할 것으로 생각된다. 따라서, 쓴메밀차를 분말로 제조할 때 쓴맛이 선호도를 결정하는데 중요한 요인이므로 기능성과 선호도 간의 차이를 최소화하는 최적 조건의 확립이 필요할 것으로 판단된다.

요 약

메밀의 식품가공기술 개발을 통해 이용성을 확대하고 새로운 소비수요를 창출하고자 일반메밀과 쓴메밀을 대상으로 가공단계 및 추출방법에 따른 메밀 볶음차의 품질 특성을 비교 분석하였다. 일반메밀의 원료, 탈피, 찌기 및 볶음 단계의 루틴 함량은 21.6, 17.8, 9.8 및 6.8 mg/100 g으로 차 가공공정이 진행됨에 따라 유의하게 감소하였다. 쓴메밀의 원료, 찌기, 탈피 및 볶음 과정의 루틴 함량은 1,679.9, 1,044.2, 703.1 및 834.5 mg/100 g으로 감소하였으나, 퀘세틴 함량은 0, 12.3, 36.0 및 32.3 mg/100 g으로 가공공정이 진행됨에 따라 증가하였다. 메밀차는 메밀의 종류, 제형 및 추출방법에 따라 루틴 함량에서 큰 차이를 보였다. 루틴 함량은 일반메밀차보다 쓴메밀차에서 평균 61배 높았다. 관능평가 결과를 종합하면, 쓴메밀차의 제형별 비교에서는 알곡보다 분말이 우림색, 풍미, 구수한 맛, 단맛 및 선호도에서 높은 값을 보였다. 특히, 루틴은 퀘세틴이나 쓴맛과 높은 상관관계를 나타냈다. 본 연구에서는 쓴메밀 품종인 ‘황금미소’를 대상으로 쓴맛을 최대한 줄이면서 루틴 함량이 높은 메밀차 제조를 위해 볶음 과정의 열처리 조건을 70-80°C에서 2-3분으로 확립하였다. 루틴 함량이 많은 메밀차를 섭취하고자 할 경우에는 핸드드립으로 추출한 방법이 적합하며, 쓴맛이 적고 달콤한 맛과 풍미가 좋은 메밀차를 원할 경우 침출식 콜드브루 방식을 선택하는 것이 가장 유리할 것으로 판단된다.

감사의 글

본 논문은 농촌진흥청 작물시험연구사업(연구과제: 고품질 다용도 메밀 품종 개발(2단계), PJ01606801) 에 의해 이루어진 것이며 이에 감사드립니다. 또한, 메밀 가공공정에 도움을 주신 봉평영농조합 장호식 대표께 감사드립니다.

References

Bae HG, Kim S, Lee JC, Kim MJ. Evaluation of antioxidant activity

- and lipid oxidative stability of roasted buckwheat according to *in vitro* digestive system. Korean J. Food Preserv. 28: 612-620 (2021)
- Bhinder S, Singh B, Kaur A, Singh N, Kaur M, Kumari S, Yadav MP. Effect of infrared roasting on antioxidant activity, phenolic composition and Maillard reaction products of tartary buckwheat varieties. Food Chem. 285: 240-251 (2019)
- Christa K, Soral-Smietana M. Buckwheat grains and buckwheat products—nutritional and prophylactic value of their components—a review. Czech J. Food Sci. 26: 153-162 (2008)
- Chung HS, Kim JK, Youn KS. Effects of roasting temperature on phytochemical properties of Job's tears (*Coix lachryma jobi* L. var. *ma-yeun*) powder and extracts. Korean J. Food Preserv. 13: 477-482 (2006)
- Eun JB, Jo MY, Im JS. Physicochemical characteristics of coffee extracts using different extraction methods. Korean J. Food Sci. Technol. 46: 723-728 (2014)
- Franzese M, Iuliano A. Hidden Markov models. pp. 753-762. In: Encyclopedia of bioinformatics and computational biology. Ranganathan S, Gribskov M, Nakai K, Schönbach C (eds). Academic Press, Oxford, England (2019)
- Guo H, Yang X, Zhou H, Luo X, Qin P, Li J, Ren G. Comparison of nutritional composition, aroma compounds, and biological activities of two kinds of tartary buckwheat tea. J. Food Sci. 82: 1735-1741 (2017)
- Huang YF, Peng LX, Liu Y, Zhang ZF, Lu LY, Zhao G. Evaluation of essential and toxic elements concentrations in different parts of buckwheat. Czech J. Food Sci. 31: 249-255 (2013)
- Ikeda K. Buckwheat composition, chemistry, and processing. Adv. Food Nutr. Res. 44: 395-434 (2002)
- Im JS, Huff HE, Hsieh FH. Effects of processing conditions on the physical and chemical properties of buckwheat grit cakes. J. Agr. Food Chem. 51: 659-666 (2003)
- Jiang P, Bureczynski F, Campbell C, Pierce G, Austria JA, Briggs CJ. Rutin and flavonoid contents in three buckwheat species *Fagopyrum esculentum*, *F. tataricum*, and *F. homotropicum* and their protective effects against lipid peroxidation. Food Res. Int. 40: 356-364 (2007)
- Kawakami A, Kayahara H, Ujihara A. Properties and elimination of bitter components derived from tartary buckwheat (*Fagopyrum tataricum*) flour. J. Jpn. Soc. Food Sci. Technol. 42: 892-898 (1995)
- Kim DW, Hwang IK, Lim SS, Yoo KY, Li H, Kim YS, Kwon DY, Moon WK, Kim DW, Won MH. Germinated buckwheat extract decreases blood pressure and nitrotyrosine immunoreactivity in aortic endothelial cells in spontaneously hypertensive rats. Phytother. Res. 23: 993-998 (2009)
- Kim SJ, Kim YH. Agricultural guide buckwheat. Rural Development Administration, Jeonju, Korea. pp. 7-90 (2018)
- Kim SJ, Sohn HB, Suh JT, Kim GH, Hong SY, Kim KD, Chang DC, Koo BJ, Kim YH. Domestic and overseas status of buckwheat production and future trends. J. Korean Soc. Int. Agr. 29: 226-233 (2017a)
- Kim SJ, Sohn HB, Kim GH, Lee YY, Hong SY, Kim KD, Nam JH, Chang DC, Suh JT, Koo BC, Kim YH. Comparison and validation of rutin and quercetin contents according to the extraction method of tartary buckwheat (*Fagopyrum tataricum* Gaertn.) Korean J. Food Sci. Technol. 49: 258-264 (2017b)
- Kim SJ, Sohn HB, Lee KT, Shin JS, Kim S, Nam JH, Hong SY, Suh JT, Chang DC, Kim YH. Anti-inflammatory effects of seed ethanolic extracts of the common buckwheat and tartary buckwheat are mediated through the suppression of inducible nitric oxide synthase and pro-inflammatory cytokines in LPS-induced RAW 264.7 macrophage cells. Korean J. Food Sci. Technol. 51: 565-575 (2019)
- Kim SJ, Sohn HB, Hong SY, Lee JN, Kim KD, Suh JT, Nam JH, Chang DC, Park MW, Kim YH. Construction of data system on seed morphological traits and functional component in tartary buckwheat germplasm. Korean J. Plant Res. 33: 446-459 (2020)
- Ko JY, Woo KS, Song SB, Seo HI, Kim HY, Kim JI, Lee JS, Jung TW, Kim KY, Kwak DY, Oh IS. Physicochemical characteristics of sorghum tea according to milling type and pan-fried time. J.

- Korean Soc. Food Sci. Nutr. 41: 1546-1553 (2012)
- Kreft M. Buckwheat phenolic metabolites in health and disease. Nutr. Res. Rev. 29: 30-39 (2016)
- Kreft I, Fabjan N, Yasumoto K. Rutin content in buckwheat (*Fagopyrum esculentum* Moench) food materials and products. Food Chem. 98: 508-512 (2006)
- Kwak J, Oh SK, Kim DJ, Lee JH, Yoon MR, Kim HW, Lee JS. Effects of heat treated brown rice on total phenolics and antioxidant activities. J. Korean Soc. Food Sci. Nutr. 42: 534-541 (2013)
- Lee MH, Cho JH, Kim JC, Kim BK. Effect of roasting conditions on the antioxidant activities of tartary buckwheat. Korean J. Food Sci. Technol. 46: 390-393 (2014)
- Lee KH, Ham H, Kim HJ, Park HY, Sim EY, Oh SK, Kim WH, Jeong HS, Woo KS. Functional components and radical scavenging activity of germinated brown rice according to variety. Korean J. Food Nutr. 29: 145-152 (2016)
- Lee SH, Lee YR, Hwang IG, Woo KS, Kim KH, Kim KJ, Jeong HS. Antioxidant activities and quality characteristics of germinated rough rice tea according to roasting temperature, time and leaching condition. Korean J. Food Sci. Technol. 41: 386-391 (2009a)
- Lee SH, Hwang IG, Lee YR, Joung EM, Jeong HS, Lee HB. Physicochemical characteristics and antioxidant activity of heated radish (*Raphanus sativus* L.) extracts. Korean Soc. Food Sci. Nutr. 38: 490-495 (2009b)
- Li D, Li X, Ding X, Park KH. A process for preventing enzymatic degradation of rutin in tartary buckwheat (*Fagopyrum tataricum* Gaertn) flour. Food Sci. Biotechnol. 17: 118-122 (2008)
- Morishita T, Yamaguchi H, Degi K. The Contribution of polyphenols to antioxidative activity in common buckwheat and tartary buckwheat grain. Plant Prod. Sci. 10: 99-104 (2007)
- Morishita T, Ishiguro K, Noda T, Suzuki T. The effect of grain moisture contents on the roll milling characteristics of tartary buckwheat cultivar 'Manten-Kirari'. Plant Prod. Sci. 23: 539-546 (2020)
- Noda T, Ishiguro K, Suzuki T, Morishita T. Roasted tartary buckwheat bran as a material for producing rutin-rich tea beverages. Plants 10: 2662 (2021)
- Peng LX, Zou L, Wang JB, Zhao JL, Xiang DB, Zhao G. Flavonoids, antioxidant activity and aroma compounds analysis from different kinds of tartary buckwheat tea. Indian J. Pharm. Sci. 77: 661-667 (2015)
- Qin P, Wu L, Yao Y, Ren G. Changes in phytochemical compositions, antioxidant and α -glucosidase inhibitory activities during the processing of tartary buckwheat tea. Food Res. Int. 50: 562-567 (2013)
- Song YB, Choi JS, Lee JE, Noh JS, Kim MJ, Cho EJ, Song YO. The antioxidant effect of hot water extract from the dried radish (*Raphanus sativus* L.) with pressurized roasting. J. Korean Soc. Food Sci. Nutr. 39: 1179-1186 (2010)
- Suzuki T, Honda Y, Funatsuki W, Nakatsuka K. Purification and characterization of flavonol 3-glucosidase, and its activity during ripening in tartary buckwheat seeds. Plant Sci. 163: 417-423 (2002)
- Suzuki T, Morishita T, Mukasa Y, Takigawa S, Yokota S, Ishiguro K, Noda T. Discovery and genetic analysis of non-bitter Tartary buckwheat (*Fagopyrum tataricum* Gaertn.) with trace-rutinosidase activity. Breed. Sci. 64: 339-343 (2014a)
- Suzuki T, Morishita T, Mukasa Y, Takigawa S, Yokota S, Ishiguro K, Noda T. Breeding of 'Manten-Kirari', a non-bitter and trace-rutinosidase variety of tartary buckwheat (*Fagopyrum tataricum* Gaertn.). Breed. Sci. 64: 344-350 (2014b)
- Suzuki T, Morishita T, Takigawa S, Noda T, Ishiguro K. Development of rutin-rich noodles using trace-rutinosidase variety of tartary buckwheat (*Fagopyrum tataricum* Gaertn.) 'Manten-Kirari'. Food Sci. Technol. Res. 25: 915-920 (2019)
- Suzuki T, Morishita T, Takigawa S, Noda T, Ishiguro K, Otsuka S. Development of novel detection method for rutinosidase in tartary buckwheat (*Fagopyrum tataricum* Gaertn.). Plants 11: 320 (2022)
- Tomotake H, Yamamoto N, Kitabayashi H, Kawakami A, Kayashita J, Ohinata H, Karasawa H, Kato N. Preparation of tartary buckwheat protein product and its improving effect on cholesterol metabolism in rats and mice fed cholesterol-enriched diet. J. Food Sci. 72: S528-S533 (2007)
- Vogrincic M, Timoracka M, Melichacova S, Vollmannova A, Kreft I. Degradation of rutin and polyphenols during the preparation of tartary buckwheat bread. J. Agr. Food Chem. 58: 4883-4887 (2010)
- Yan W, Rajcan I. Biplot analysis of test sites and trait relations of soybean in Ontario. Crop Sci. 42: 11-20 (2002)
- Yang SJ, Woo KS, Yoo JS, Kang TS, Noh YH, Lee J, Jeong HS. Change of Korean ginseng components with high temperature and pressure treatment. Korean J. Food Sci. Technol. 38(4): 521-525 (2006)
- Yang N, Ren G. Determination of D-chiro-inositol in tartary buckwheat using high-performance liquid chromatography with an evaporative light-scattering detector. J. Agr. Food Chem. 56: 757-760. (2008)
- Yao Y, Shan F, Bian J, Chen F, Wang M, Ren G. D-chiro-Inositol-enriched tartary buckwheat bran extract lowers the blood glucose level in KK-A^y mice. J. Agr. Food Chem. 56: 10027-10031 (2008)
- Yasuda T, Nakagawa H. Purification and characterization of the rutin-degrading enzymes in tartary buckwheat seeds. Phytochemistry 37: 133-136 (1994)
- Yoo J, Kim Y, Yoo SH, Inglett GE, Lee S. Reduction of rutin loss in buckwheat noodles and their physicochemical characterization. Food Chem. 132: 2107-2111 (2012)
- Yoon SJ, Cho NJ, Na SH, Kim YH, Kim YM. Development of optimum rutin extraction process from *Fagopyrum tataricum*. J. East Asian Soc. Diet. Life 16: 573-577 (2006)
- Zhao G. Buckwheat processing and new product development technology (1st ed). Beijing Science and Technology Publisher, Beijing, China (2010)
- Zielinski H, Michalska A, Amigo-Benavent M, Castillo MD, Piskula MK. Changes in protein quality and antioxidant properties of buckwheat seeds and groats induced by roasting. J. Agr. Food Chem. 57: 4771-4776 (2009)