

## 산 · 학 · 연 논문

## 루틴 강화 메밀소재의 기능성 원료 가능성

배 인 영

극동대학교 바이오식품공학과

## Potential of Rutin-Rich Tartary Buckwheat Material for Functional Food Application

In Young Bae

Department of Bio-Food Science &amp; Technology, Far East University, Eumseong, Chungbuk 27601, Korea

## 서 론

메밀은 단백질, 비타민,식이섬유, 필수 무기질 등의 영양성분과 함께 루틴(rutin), 퀘세틴(querccetin), 카테킨(catechin)과 같은 생리활성물질이 다량 함유되어 있어 콜레스테롤 저하, 혈압 강하, 혈중 포도당 농도 조절 등의 건강기능성을 보인다(1). 메밀은 단메밀(common buckwheat; *Fagopyrum esculentum*)과 쓴메밀(tartary buckwheat; *F. tataricum*)로 나누어지며 우리나라에서는 단메밀이 주로 재배되어 국수, 빵, 부침, 전병 등의 원료로 사용된다. 한편 쓴메밀은 독특한 쓴맛 때문에 단독으로 사용하기보다는 타곡류와 혼합하여 사용하는데 루틴과 같은 생리활성 성분(flavonoid 종류)이 단메밀보다 4배 정도 많이 함유(쓴메밀과 단메밀에 각각 40 mg/g과 10 mg/g 함유)되어 있어 건강기능소재로 관심을 받고 있다(2). 특히 쓴메밀에 다량 함유되어 있는 루틴과 퀘세틴이 전분소화효소(intestinal  $\alpha$ -glucosidase, pancreatic  $\alpha$ -amylase)에 대한 저해제로 작용하여 혈당 상승을 제한한다는 항당뇨 활성연구도 보고된 바 있다(3-5). 당뇨(diabetes)는 혈액 내 포도당 수치가 비정상적으로 상승하는 만성 질환으로 낮은 혈당지수(glycemic index; GI)를 갖는 탄수화물 급원을 섭취함으로써 조절이 가능하다(6). 혈당지수는 포도당 100 g 섭취 시 GI를 100으로 놓고 탄수화물 식품을 섭취한 후 혈액 중 포도당 농도 상승 정도를 수치화한 수치이다.

루틴은 곡류 중 메밀에만 함유되어 있는 성분으로 메밀가루를 제조하는 과정에서 상당량이 손실되는 문제점이 있다(7). 또한, 메밀가루에 물을 가하여 반죽을 형성하는 과정에서 루틴분해효소(rutin-degrading enzyme)가 작용하여 루틴을 퀘세틴으로 전환시켜 최종 메밀가공제품에는 루틴 함량이 현저히 감소한다(8). 퀘세틴도 루틴과 함께 메밀의 주요 생리활성 성분이지만 쓴맛을 나타내는 단점이 있어 식품산업 측면에서는 바람직하지 않다. 건강

기능식품의 소재로 메밀을 사용할 경우 기능성 강조표시(health claim)가 충족되려면 질환의 치료를 위해서는  $>0.5$  g/day 또는 예방 차원에서는  $0.04\sim0.10$  g/day의 양이 공급되어야 한다(9). 한편 메밀가루는 글루텐이 없어서 반죽형성능이 떨어져 국수나 빵과 같은 제품에 단독으로 사용할 수 없다. 따라서 루틴이 강화된 안정한 메밀 소재를 개발하여 기능성식품 제조에 사용한다면 최종 제품의 품질을 유지하면서 메밀의 건강기능성을 발휘할 수 있는 우수한 소재로의 가능성이 농후하다.

한편, 루틴과 같은 배당체(glycoside)는 음식물로 섭취되어 위장관 소화와 대장에서의 미생물 발효에 의해 당 부분이 가수분해되어 aglycone 형태로 전환되어 흡수된다(10). 이러한 aglycone은 혈액으로 방출되기 전에 주로 간에서 conjugation 과정을 통하여 구조적인 변형을 가져온다. 이에 루틴과 같은 배당체 생리활성 성분은 음식으로 섭취되어 소화와 흡수되는 과정에서의 변화까지 고려하고자 동물이나 임상실험을 통하여 기능성과 생체이용효율(bioavailability)을 조사하는 것이 일반적이다. 그러나 동물이나 임상실험은 고가의 비용과 장기간의 실험기간 및 개체 간 차이 등의 어려움이 있어 최근 *in vitro* 실험방법을 적용하는 연구가 보고되고 있다.

이와 같이 메밀과 메밀의 생리활성 성분인 루틴은 건강기능성은 우수하지만, 가공 과정 중 손실되거나 분해되는 특성을 보여 산업화에 어려움이 있다. 아울러 체내에 섭취된 후에도 소화과정과 대장에서의 미생물 발효 등에 의해 다른 화합물로 전환되어 본질적인 효능을 그대로 발휘하지 못하는 경우가 있다. 따라서 본 연구진은 루틴이 강화된 메밀 신소재의 제조, 안정성, 식품 적용가능성 및 섭취 후 체내에서의 이용효율까지 검증함으로써 향후 기능성 소재로의 개발을 위한 기초자료를 제공하고자 하였다. 본 투고를 통하여 루틴 함량이 강화된 메밀 신소재를 제조하여 가공 전후 루틴의 안정성, 루틴 강화 소재를 첨가하여 제조한 국수의 혈당저하효능(*in vitro*) 및 품질 특성, 루틴 강화 소재를 섭취한 후의 생체이용효율(dig-

estibility와 bioaccessibility)을 분석한 결과를 밝히고자 한다.

### 루틴 강화 메밀소재 제조 및 안정성

루틴 강화 메밀소재 제조는 루틴분해효소를 불활성화하기 위하여 메밀 종자를 찌기에 넣고 10분 동안 증자한 후 25°C에서 하룻밤 건조하여 분말화하였다(11). 루틴을 추출하기 위하여 16~150 mesh 사이의 분말을 취하여 70% 에탄올을 가하고(이때 분말과 에탄올의 비율은 40%, w/v) 30분 동안 균질화 후 14,000×g에서 20분간 원심분리하여 얻은 상등액을 60°C에서 건조하여 분석용 시료(rutin-enriched material; REM)로 사용하였다.

메밀 유래 분획물인 hull, bran, flour 및 REM의 루틴과 퀘르세틴은 Fig. 1(a)에서와 같이 bran 부분에 높게 분포되어 있다. 또한, REM의 루틴 함량은 29.6 g/100 g으로 bran(5.17 g/100 g)보다 5배 이상 높게 분석되었다. 이는

기존 연구(12)에서 메밀 bran에 95% 에탄올을 사용하여 55~65°C에서 추출할 때 8.38 g/100 g의 루틴 함량을 얻을 수 있었던 선행연구보다 높은 함량으로 본 연구진이 사용한 효소 불활성화 공정이 고 루틴 함유 메밀 신소재를 제조하는 데 효과적임을 확인할 수 있었다. 특히, 본 연구진은 메밀 종자를 증자하여 분말화한 다음, 식품원료를 준비하는데 사용 가능한 70% 에탄올을 추출용매로 사용함으로써 GRAS(Generally Recognized As Safe) 등급을 충족할 수 있는 식품 원료로의 가능성도 확인할 수 있었다.

REM의 가공안정성을 검토하고자 국수를 제조하여 가열공정 전후의 루틴 함량 변화를 분석하였다(Fig. 2). 밀가루 대신 REM을 2, 4, 6% 대체하여 제조한 국수의 조리 전 루틴 함량은 각각 0.48, 0.96, 1.35 g/100 g으로 분석되었다. 그러나 조리 후에는 각각 0.28, 0.58, 0.74 g/100 g으로 감소하였다. 이와 같은 함량 변화는 조리 과정 중 열에 의한 분해보다는 조리용수로의 손실이 더 큰 영향을

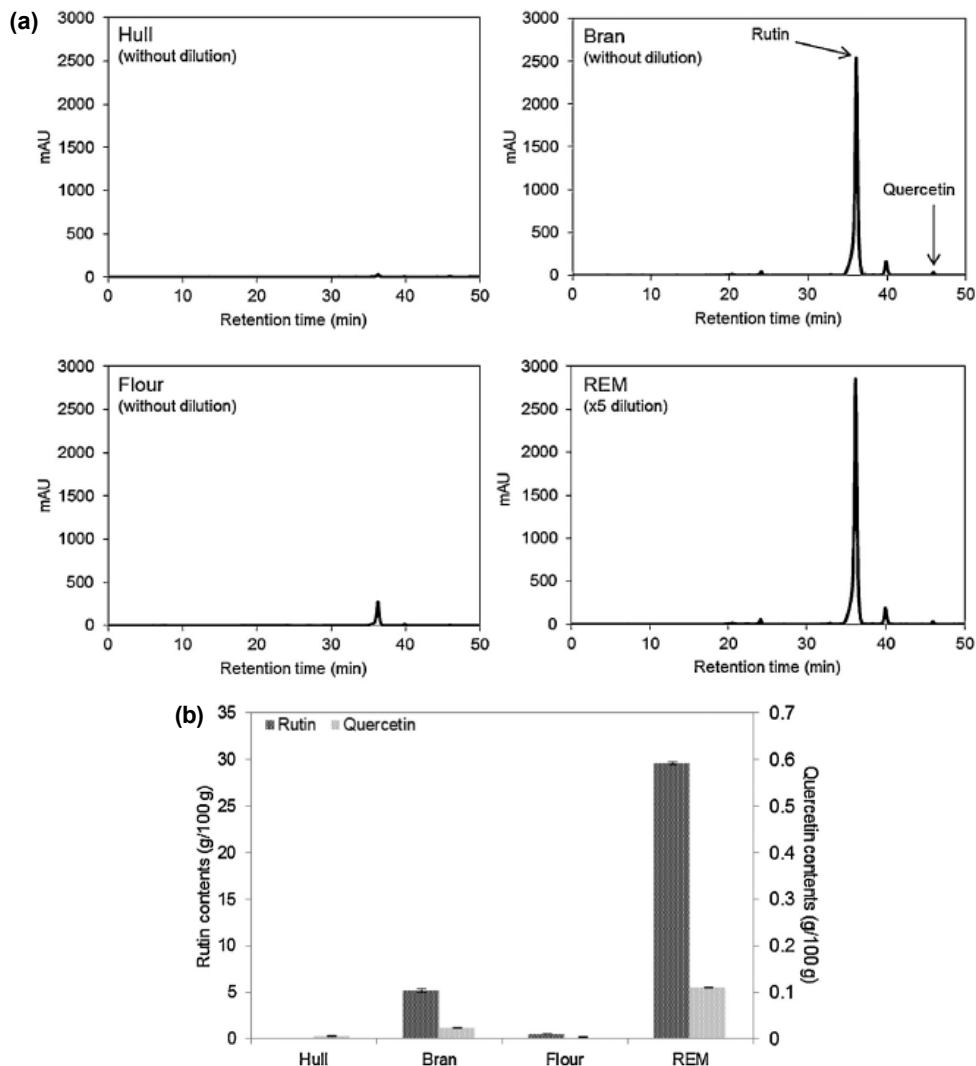


Fig. 1. HPLC chromatograms (a) and contents (b) of rutin and quercetin in buckwheat milling fractions and a rutin-enriched material (REM).

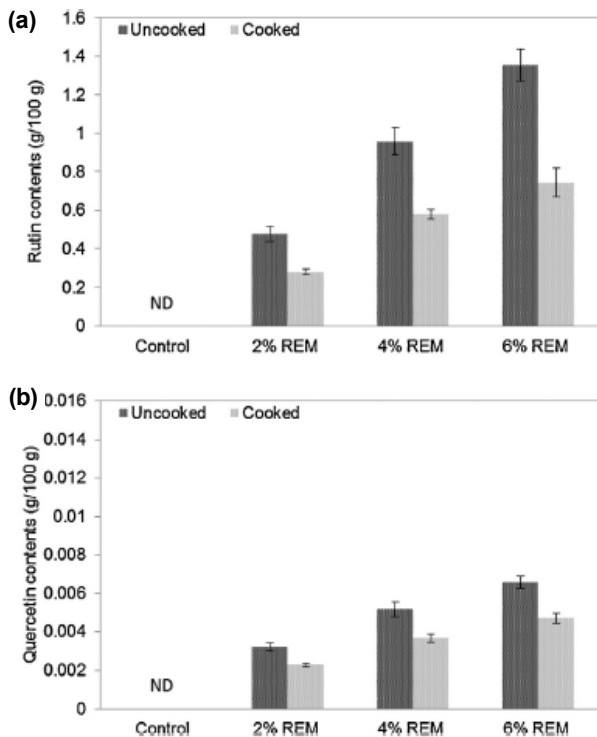


Fig. 2. Contents of (a) rutin and (b) quercetin in the uncooked and cooked wheat-based noodles prepared with a rutin-enriched material (REM).

미친 것으로 판단되어진다(13). Brunori 등(9)은 하루에 0.5 g 또는 0.04~0.10 g의 루틴을 섭취할 경우 각각 식후 혈당조절에서 치료 또는 예방 효과를 기대할 수 있다고 보고하였다. Yu 등(14)도 하루에 0.25~0.50 g의 루틴을 2회씩 섭취할 경우 건강기능성을 발휘할 수 있음을 보고하여 본 연구에서 제조한 REM을 4% 이상 대체할 경우 충분히 기능성 강조표시를 사용할 수 있음을 알 수 있었다.

### 루틴 강화 메밀소재의 혈당저하효능 평가

메밀의 건강기능성에 영향을 주는 생리활성 성분을 규명하고자 다양한 메밀 소재(메밀 분말, buckwheat flour, BF; 메밀 식이섬유 추출물, buckwheat dietary fiber extract, DE; 메밀 플라보노이드 추출물, buckwheat

flavonoid extract, FE; 루틴 강화 메밀 플라보노이드 추출물, rutin-enhanced flavonoid extract, REFE)를 제조하였다(11). 건조 종자를 분쇄하여 200-mesh 체를 통과한 분말을 BF, 70% 에탄올에 용해되는 상등액 부분을 FE, 잔사를 DE로 명명하였다. 루틴 강화 메밀소재 제조는 상기에서 언급한 것과 동일하게 루틴분해효소를 불활성화하기 위하여 메밀 종자를 찌기에 넣고 10분 동안 증자한 후 건조하였다. 건조된 종자는 분쇄하여 200-mesh 체를 통과한 분말에 대하여 70% 에탄올(40배, w/v)을 가하고 40°C에서 30분 동안 균질화한 다음, 11,400×g에서 20분간 원심분리 하여 얻은 상등액을 60°C에서 용매를 제거하고 40°C에서 24시간 건조하여 REFE로 명명하였다. 각각의 메밀 소재를 밀가루 대신 5~20%(FE, REFE) 및 10~30%(BF, DE)로 대체하여 국수를 제조하고 혈당에 영향을 주는 전분소화율을 *in vitro* starch digestion system을 사용하여 조사하였다. 전분소화율은 소화 후 생성된 포도당 함량을 분석하여  $[C=C^{\infty}(1-e^{-kt})]$ 와 predicted glycemic index(pGI)=39.71+0.549HI의 공식을 이용하여 계산하였다.

본 연구에서 사용한 4종류의 시료는 Table 1과 같이 BF와 DE는 각각 68.66%와 65.21%의 전분 및 14.45%와 23.60%의 총 식이섬유로 구성되어 있었다. 메밀로부터 플라보노이드를 추출하여 얻은 FE와 REFE는 각각 23.77%와 35.9%의 총 플라보노이드 함량을 보였고, 루틴 함량은 BF와 비교하여 각각 4배와 13배 높게 분석되었다. 한편, 루틴분해효소를 불활성화한 다음에 70% 에탄올로 추출하여 얻은 REFE는 증자공정을 거치지 않은 FE와 달리 퀘세틴이 검출되지 않았다.

국수 제조 시 밀가루 대신 메밀 소재를 최대 30%까지 대체함에 따른 전분소화지연효과를 분석한 결과(Fig. 3), 밀가루 대체 메밀 신소재 첨가량이 증가할수록 전분이 소화효소에 의해 가수분해되어 생성되는 포도당 함량이 감소하였다. 더욱이 FE와 REFE를 밀가루 대신 첨가한 국수는 첨가량이 증가함에 따라 농도의존적인 감소가 더욱 현저하게 나타나 전분소화가 강하게 지연됨을 알 수 있었다. 이는 루틴이나 퀘세틴과 같은 플라보노이드 종류가  $\alpha$ -amylase 활성을 저해하여 전분가수분해를 지연함과 동시에 동물실험에서도 혈중 포도당 농도 감소가 관찰되었던 선행 연구 결과와 유사하였다(4,15).

Table 1. Compositions of buckwheat flour (BF), dietary fiber extract (DE), flavonoids extract (FE), and rutin-enhanced flavonoids extract (REFE)

	Starch (%)	Total dietary fiber (TDF, %)	Soluble dietary fiber (SDF, %)	Insoluble dietary fiber (IDF, %)	Total flavonoids (%)	Rutin (mg/g)	Quercetin (mg/g)
BF	68.66±2.91	14.45±1.40 <sup>b</sup>	1.33±0.16 <sup>b</sup>	15.78±1.24 <sup>b</sup>	2.69±0.57 <sup>c</sup>	26.45±1.23 <sup>c</sup>	ND
DE	65.21±3.61	23.60±0.62 <sup>a</sup>	3.81±0.89 <sup>a</sup>	25.27±2.76 <sup>a</sup>	ND	BLQ	0.23±0.50 <sup>b</sup>
FE	ND	5.46±0.48 <sup>c</sup>	1.51±0.24 <sup>b</sup>	6.97±0.24 <sup>c</sup>	23.77±2.71 <sup>b</sup>	103.34±3.00 <sup>b</sup>	93.22±0.72 <sup>a</sup>
REFE	ND	3.73±0.28 <sup>d</sup>	1.09±0.03 <sup>c</sup>	4.81±0.30 <sup>d</sup>	35.90±1.64 <sup>a</sup>	343.11±13.91 <sup>a</sup>	ND

ND means not detected; BLQ means below limit of quantification.

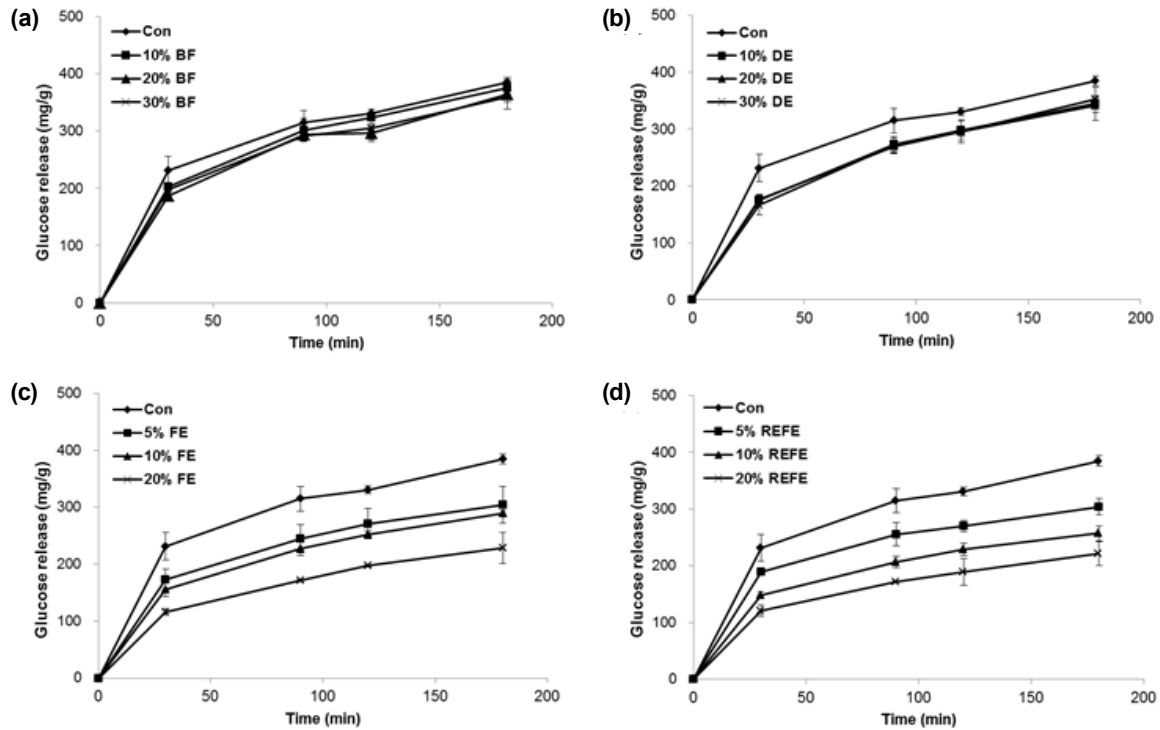


Fig. 3. Effect of various buckwheat materials on glucose release during *in vitro* starch digestion of noodles. (a) buckwheat flour (BF), (b) dietary fiber extract (DE), (c) flavonoids extract (FE), (d) rutin-enhanced flavonoids extract (REFE).

Table 2. Starch digestion fractions and predicted glycemic index (pGI) of control noodles and noodles with buckwheat flour (BF), dietary fiber extract (DE), flavonoids extract (FE), and rutin-enhanced flavonoids extract (REFE) under *in vitro* starch digestion

	Replacement (%)	Starch digestion fractions (%)			pGI
		RDS	SDS	RS	
Control		27.72±0.95	11.87±0.67	60.41±0.28	66.02±2.55 <sup>a</sup>
BF	10	25.22±0.44	14.86±0.77	59.92±1.21	65.99±1.50 <sup>a</sup>
	20	22.92±0.76	13.45±1.63	63.63±1.38	65.17±0.54 <sup>ab</sup>
	30	23.99±1.14	12.98±3.33	63.03±2.87	65.10±0.53 <sup>ab</sup>
DE	10	21.35±0.98	14.92±1.79	63.73±2.22	64.82±1.21 <sup>ab</sup>
	20	21.44±0.70	15.58±0.12	62.98±0.64	64.65±0.20 <sup>ab</sup>
	30	20.74±2.66	16.22±1.51	63.04±2.35	64.12±1.08 <sup>abc</sup>
FE	5	21.74±2.38	12.44±1.43	65.82±3.43	61.62±1.84 <sup>cd</sup>
	10	20.75±1.66	12.84±1.62	66.41±0.73	61.32±1.04 <sup>cd</sup>
	20	17.41±0.81	11.87±1.20	70.72±0.43	57.20±1.99 <sup>e</sup>
REFE	5	23.74±3.01	10.19±0.48	66.06±3.45	62.51±3.20 <sup>bc</sup>
	10	19.70±0.11	10.77±0.79	69.52±0.85	59.33±0.50 <sup>de</sup>
	20	18.06±1.07	10.28±1.97	71.66±3.04	58.16±1.79 <sup>e</sup>

Mean values marked with the different letters in the same row are significantly different at  $P < 0.05$ .

메밀 신소재를 밀가루 대신 첨가하여 제조한 국수를 *in vitro* 방법으로 소화시킨 다음 얻은 소화물 중 RDS, SDS, RS 함량과 pGI값은 Table 2와 같다. RDS는 소장에서 소화된 전분으로부터 방출된 포도당이 혈액으로 빠르게 분비되는 전분(rapidly digestible starch), SDS는 소장에서 천천히 소화되는 전분(slowly digestible starch), RS는 소장에서 소화효소에 의해 분해되지 않는 전분(resistant digestible starch)을 의미한다. 메밀 신소재를 첨가한 모든 국수에서는 밀가루만으로 제조한 국수보

다 낮은 RDS 함량을 보였고, FE와 REFE를 밀가루 대신 20% 대체한 국수에서 가장 낮게 분석되었다( $P < 0.05$ ). 한편, FE와 REFE를 첨가한 국수의 RS 함량은 다른 종류의 국수보다 높게 분석되었고, 20% FE와 10% REFE에서 유의적으로 높게 나타났다( $P < 0.05$ ). 이와 같이 메밀 신소재를 밀가루 대신 사용할 경우 RDS 함량의 감소와 SDS 및 RS 함량의 증가를 보였는데 이러한 결과는 당뇨나 고지혈증을 관리하는 데 유리한 효과를 준다고 보고되고 있다(16).

한편, 밀가루 대신 BF와 DE를 10~30%까지 대체한 국수의 pGI값은 각각 65.10~65.99와 64.12~64.82로 밀가루만으로 제조한 국수의 pGI값인 66.02와 유의적인 차이를 보이지 않았다(Table 2). 그러나 FE와 REFE를 밀가루 대신 5~20%까지 대체한 국수는 각각 57.20~61.62와 58.16~62.51로 메밀 신소재를 밀가루 대신 대체하는 양이 증가함에 따라 농도의존적인 감소를 보였다( $P<0.05$ ). 밀가루 대신 4가지 종류의 메밀 신소재를 동일하게 20% 대체한 국수의 pGI값은 밀가루 국수  $\approx$  BF  $\approx$  DE  $>$  REFE  $\approx$  FE 순으로 낮아짐을 알 수 있었다. 앞서 Table 1에서와 같이 REFE는 FE보다 높은 플라보노이드와 루틴 함량을 보였지만 *in vitro* 전분소화실험에서 얻은 pGI값은 오히려 낮게 나타났다. 이에 본 연구에서는 루틴과 퀘세틴을 밀가루 대신 5% 대체하여 제조한 국수의 *in vitro* 전분소화실험을 수행한 결과(Fig. 4), 퀘세틴이 루틴보다 전분소화 속도를 지연시키고 pGI값을 낮추는 데 더욱 효과적임을 확인할 수 있었다. 이러한 결과는 비록 루틴이나 플라보노이드 함량은 상대적으로 낮지만, 퀘세틴(93.22 mg/g)을 함유하고 있는 FE를 대체한 국수가 퀘세틴 함량이 없는 REFE 대체 국수보다 pGI값이 낮게 나타났던 결과(Table 2)를 뒷받침해주는 것이었다. 이상으로부터 메밀의 혈당 강화 효과는 식이섬유가 아닌 플라보노이드의 종류, 함량, 조성 등의 영향을 더 많이 받는 것을 확인할

수 있었다.

## 루틴 강화 메밀소재가 함유된 국수의 품질 특성

메밀로부터 얻은 4종류의 소재를 밀가루 대신 대체하여 제조한 국수의 품질은 경도, 색도, 조리특성으로 조사하였다(Fig. 5). 전반적으로 국수의 경도(Fig. 5(a))는 메밀 신소재 대체 농도가 증가함에 따라 동일 소재 내에서 증가하는 경향을 보였으나, BF 10~20%, FE 5%, REFE 5~10% 국수에서는 밀가루만으로 제조한 국수의 경도와 유의적인 차이를 보이지 않았다. 따라서 혈당 강화에 우수한 효과를 보인 메밀 신소재 FE와 REFE의 경우 최대 10%까지 밀가루 대신 첨가하여도 국수의 경도에 영향을 주지 않고 건강기능성을 나타낼 수 있을 것으로 기대할 수 있다.

밀가루 국수와 비교하여 메밀 신소재를 첨가한 국수의 명도(L값)와 황색도(b값)는 대체량이 증가함에 따라 농도의존적으로( $P<0.05$ ) 감소하였다(Fig. 5(b)). 특히, 황색도는 FE 소재가 보여주는 황색이 그대로 국수에 반영되어 높은 값을 보인 반면, DE와 REFE를 함유한 국수는 상대적으로 적색도(a값)가 높게 분석되었다(data not shown). 전반적으로 밀가루 국수와 비교하여 메밀 신소재를 밀가루 대신 첨가함으로써 색차가 발생하였으며, 그 차이는 대체량에 비례하여 유의적으로 증가하였다(Fig. 5(c)).

국수의 조리특성은 수분흡수력(water absorption), 팽윤력(swelling index) 및 조리 손실률(cooking loss)로 분석하였다(Fig. 5(d)). 모든 국수에서 수분흡수력과 팽윤력은 유의적인 차이를 보이지 않았다. 그러나 밀가루 대신 FE와 REFE를 20%씩 대체한 국수의 조리 손실률은 각각 0.25%와 0.21%로 밀가루 국수(0.13%)보다 유의적으로 증가하였다( $P<0.05$ ).

## 루틴 강화 메밀 소재의 생체이용효율

루틴 함량이 강화된 메밀 신소재의 가공 안정성과 전분소화에 대한 지연효과 및 제품 적용성을 확인하였다. 따라서 실질적으로 기능성분이 강화된 식품을 섭취하였을 때 우리 체내에서 소화와 대사과정을 거치면서 어느 정도까지 활성을 보유할 수 있는지에 대한 평가를 통하여 향후 기능성 원료로의 가능성을 평가하였다(17). 상기에서 사용한 메밀 신소재 중 BF(low rutin, 12.10 mg/g), FE(intermediate rutin, 103.34 mg/g), REFE(high-level, 253.57 mg/g) 그리고 rutin(Sigma R5143, >94% rutin)을 사용하여 가공 전후의 생체이용효율을 분석하였다. 식이로 100 g 제공 시 1 g의 루틴이 함유되도록 BF, FE, REFE, rutin을 밀가루 대신 각각 100%, 8%, 4%, 1%로 대체(결과적으로 모든 케이크에 함유된 루틴 함량은 동일)하여 케이크를 제조한 후 *in vitro* simulated diges-

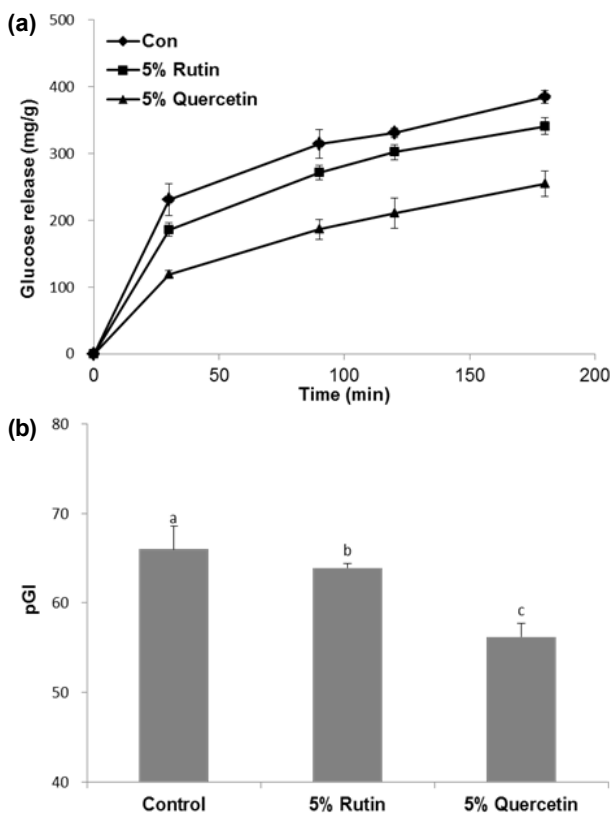


Fig. 4. Effect of rutin and quercetin of *in vitro* starch digestibility of noodles. (a) glucose release curve, (b) predicted glycemic index.

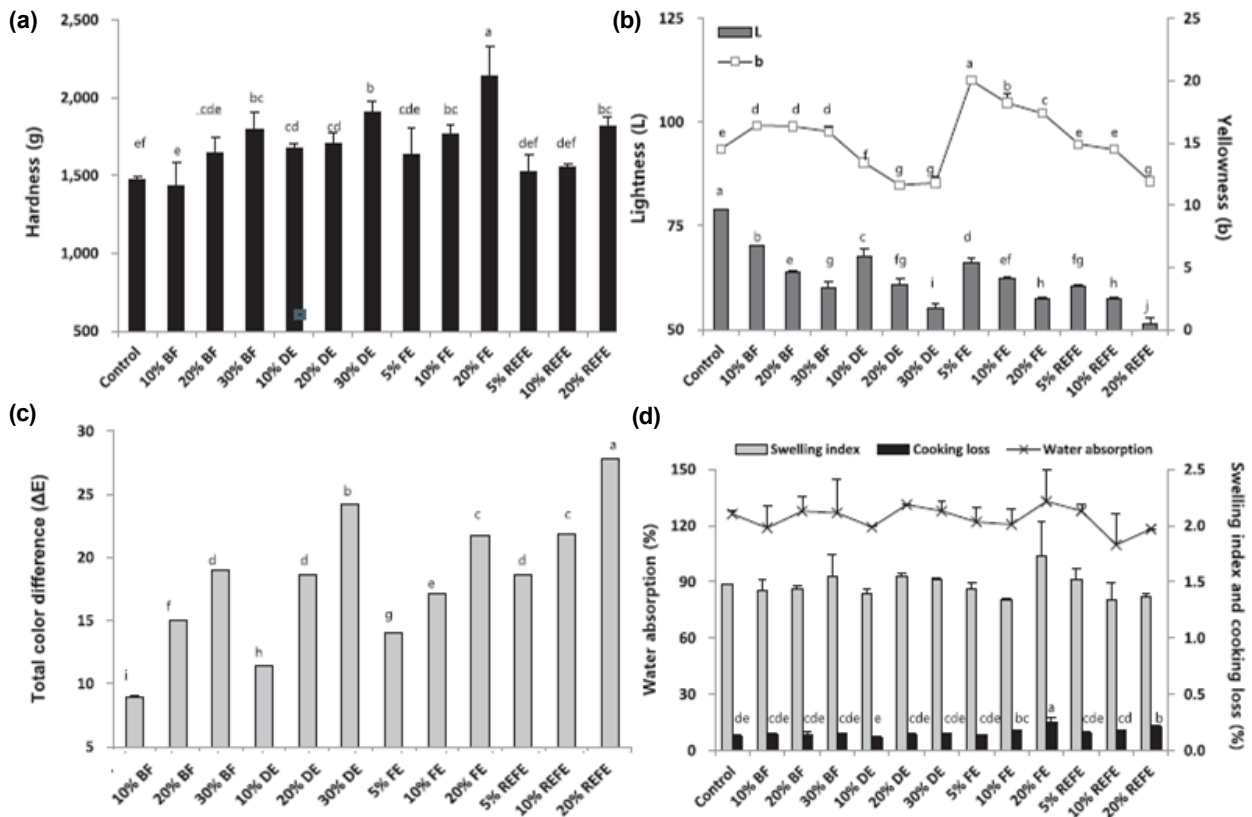


Fig. 5. Texture, color, and cooking quality of noodles prepared with various buckwheat materials (buckwheat flour, BF; dietary fiber extract, DE; flavonoids extract, FE; rutin-enhanced flavonoids extract, REFE). (a) texture, (b) lightness and yellowness, (c) total color difference, (d) cooking quality.

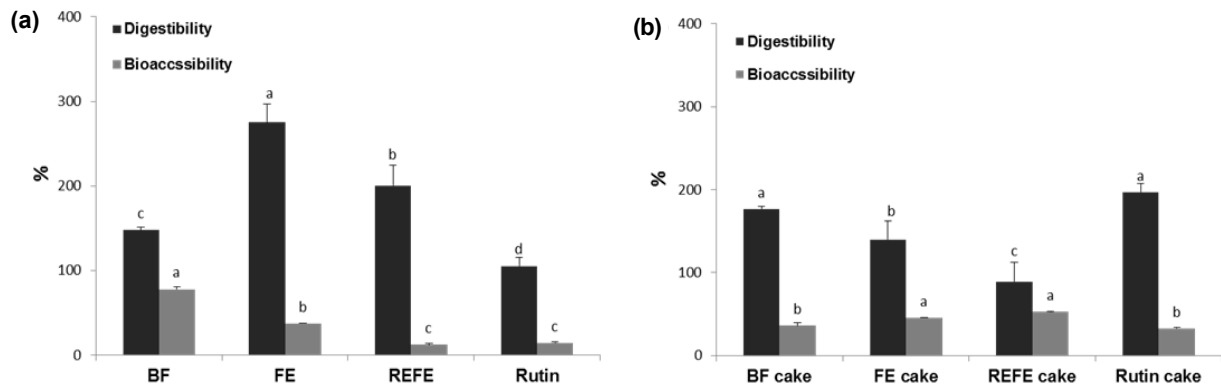


Fig. 6. Digestibility and bioaccessibility of total flavonoids in (a) unprocessed and (b) processed samples including buckwheat flour (BF), flavonoids extract (FE), rutin-enhanced flavonoids extract (REFE), and rutin.

tion을 수행하였다. 루틴의 생체이용효율은 digestibility (1 g의 케이크를 소화하여 얻은 소화물 중 수용성 분획의 비율)와 bioaccessibility(케이크 1 g에 함유된 플라보노이드 함량에 대한 1 g의 케이크를 소화하여 얻은 소화물 중 잔존하는 플라보노이드 함량의 비율)를 통하여 확인하였다(18).

Fig. 6에서와 같이 BF와 rutin이 첨가된 케이크의 digestibility는 baking 후에 증가한 반면, FE와 REFE를 첨가한 케이크는 감소하였다. 반면, bioaccessibility는

BF 첨가 케이크를 제외한 FE, REFE, rutin 케이크 모두에서 baking 공정 후에 증가하는 경향을 보였다. 선행 연구(18,19)에 따르면 지방이 함유된 식품군을 섭취하면 플라보노이드 배당체(flavone)가 지방에 의해 미셀(micellization) 구조를 형성하여 소장에서의 소화과정에서 안정성을 유지함으로써 bioaccessibility가 증가된다. 따라서 메틸과 같이 생리활성 배당체를 함유하는 식품원료는 식품군에 첨가되어 가열공정에 의해 food matrix로부터 방출되어 주변에 위치한 지방과 미셀을 형성하여 소화

안정성을 유지하고 세포 내로 흡수됨으로써 생체이용효율이 향상될 수 있음을 알 수 있었다.

## 결 론

메밀은 다양한 생리활성 성분을 함유하고 있으며, 특히 메밀에 풍부하게 분포하는 루틴은 여러 가지 가공과정에서 쉽게 파괴되거나 손실되고 섭취 후 소화와 대사과정에서 전환되어 실질적인 건강기능성을 나타내기 어려움이 있다. 이에 본 연구에서는 메밀 내 루틴 함량을 안정하게 유지하여 루틴 함량이 강화된 메밀 신소재를 제조하고 그 안정성을 확인하였다. 아울러 루틴이 강화된 메밀 신소재의 혈당 강하에 대한 효능을 평가하고 식품군에 적용하였을 때 식품학적 특성을 분석한 결과, 루틴 함량이 강화된 메밀 소재인 REFE를 밀가루 대신 최대 20%까지 대체하였을 때 전분소화를 지연하여 pGI를 낮추는 효과가 가공 후에도 안정적으로 유지되는 것을 확인하였다. 또한, REFE를 밀가루 대신 10% 대체한 국수는 밀가루만으로 제조한 국수와 유사한 정도의 텍스처 특성을 보였다. 아울러 루틴이 강화된 소재가 함유된 식품군은 섭취 후 소화과정을 거치면서 안정성이 증가되어 인체에서의 이용효율도 향상되었다. 따라서 루틴 강화 메밀 신소재는 향후 건강기능성 강조표시를 충족하는 수준까지 식품군에 첨가될 수 있어 기능성 소재로의 잠재력이 있다고 할 수 있을 것이다.

## 참고문헌

- Zhang HW, Zhang YH, Lu MJ, Tong WJ, Cao GW. 2007. Comparison of hypertension, dyslipidaemia and hyperglycaemia between buckwheat seed-consuming and non-consuming Mongolian-Chinese populations in inner Mongolia, China. *Clin Exp Pharmacol Physiol* 34: 838-844.
- Li SQ, Zhang QH. 2001. Advances in the development of functional foods from buckwheat. *Crit Rev Food Sci Nutr* 41: 451-464.
- Jadhav R, Puchchakayala G. 2012. Hypoglycemic and anti-diabetic activity of flavonoids: boswellic acid, ellagic acid, quercetin, rutin on streptozotocin-nicotinamide induced type 2 diabetic rats. *Int J Pharm Pharm Sci* 1: 251-256.
- Tadera K, Minami Y, Takamatsu K, Matsuoka T. 2006. Inhibition of  $\alpha$ -glucosidase and  $\alpha$ -amylase by flavonoids. *J Nutr Sci Vitaminol* 52: 149-153.
- Li YQ, Zhou FC, Gao F, Bian JS, Shan F. 2009. Comparative evaluation of quercetin, isoquercetin and rutin as inhibitors of  $\alpha$ -glucosidase. *J Agric Food Chem* 57: 11463-11468.
- Foster-Powell K, Holt SH, Brand-Miller JC. 2002. International table of glycemic index and glycemic load values: 2002. *Am J Clin Nutr* 76: 5-56.
- Steadman KJ, Burgoon MS, Lewis BA, Edwardson SE, Obendorf RL. 2001. Minerals, phytic acid, tannin and rutin in buckwheat seed milling fractions. *J Sci Food Agric* 81: 1094-1100.
- Suzuki T, Honda Y, Funatsuki W, Nakatsuka K. 2002. Purification and characterization of flavonol 3-glucosidase, and its activity during ripening in tartary buckwheat seeds. *Plant Sci* 163: 417-423.
- Brunori A, Sándor G, Baviello G, Zannettino C, Corsini G, Végvári G. 2009. The use of tartary buckwheat whole flour to introduce rutin in preventive amounts in bread typical of the region of Tuscany (Central Italy). Paper presented at the International Symposium Euro-Aliment. Galati, Romania. p 46-49.
- D'Archivio M, Filesi C, Vari R, Scaccocchio B, Masella R. 2010. Bioavailability of the polyphenols: Status and controversies. *Int J Mol Sci* 11: 1321-1342.
- Bae IY, Choi AS, Lee HG. 2016. Impact of buckwheat flavonoids on *in vitro* starch digestibility and noodle-making properties. *Cereal Chem* 93: 299-305.
- Wang M, Liu JR, Gao JM, Parry JW, Wei YM. 2009. Antioxidant activity of Tartary buckwheat bran extract and its effect on the lipid profile of hyperlipidemic rats. *J Agric Food Chem* 57: 5106-5112.
- Cho YJ, Bae IY, Inglett GE, Lee S. 2014. Utilization of tartary buckwheat bran as a source of rutin and its effect on the rheological and antioxidant properties of wheat-based products. *Ind Crops Prod* 61: 211-216.
- Yu CP, Wu PP, Hou YC, Lin SP, Tsai SY, Chen CT, Chao PDL. 2011. Quercetin and rutin reduced the bioavailability of cyclosporine from Neoral, an immunosuppressant, through activating P-glycoprotein and CYP 3A4. *J Agric Food Chem* 59: 4644-4648.
- Lee MH, Lee JS, Lee TH, Koo JG, Lee YC, Jeong SW, Nahmgung B, Yang HC. 2009. Effects of added buckwheat (*Fagopyrum esculentum*) extract on starch hydrolysis *in vitro* and glucose responses in healthy subjects. *Korean J Food Nutr* 22: 625-632.
- Chung HJ, Liu Q, Pauls KP, Fan MZ, Yada R. 2008. *In vitro* starch digestibility, expected glycemic index and some physicochemical properties of starch and flour from common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) varieties grown in Canada. *Food Res Int* 41: 869-875.
- Choi AS, Bae IY, Lee HG. 2017. Predicting buckwheat flavonoids bioavailability in different food matrices under *in vitro* simulated human digestion. *Cereal Chem* 94: 310-314.
- Ortega N, Reguant J, Romero MP, Macià A, Motilva MJ. 2009. Effect of fat content on the digestibility and bioaccessibility of cocoa polyphenol by an *in vitro* digestion model. *J Agric Food Chem* 57: 5743-5749.
- Sanz T, Luyten H. 2006. Release, partitioning and stability of isoflavones from enriched custards during mouth, stomach and intestine *in vitro* simulations. *Food Hydrocolloids* 20: 892-900.