



## 사과박 첨가 시리얼바의 이화학적 특성 및 항산화 효과

편지예<sup>1</sup> · 김윤정<sup>1</sup> · 장금일<sup>2</sup> · 정종연<sup>1</sup> · 김영화<sup>1,\*</sup>

<sup>1</sup>경성대학교 식품생명공학과, <sup>2</sup>충북대학교 식품생명공학과

### Physicochemical Characteristics and Antioxidant Activity of Cereal Bars Containing Apple Pomace

Jiye Pyeon<sup>1</sup>, Yoonjeong Kim<sup>1</sup>, Keum-Il Jang<sup>2</sup>, Jong Youn Jeong<sup>1</sup>, Younghwa Kim<sup>1,\*</sup>

<sup>1</sup>Department of Food Science and Biotechnology, Kyungsoong University

<sup>2</sup>Department of Food Science and Biotechnology, Chungbuk National University

#### Abstract

This study aimed to investigate the physicochemical characteristics and antioxidant activity of cereal bars containing various concentrations (0, 10, 20, or 30%) of apple pomace (AP). Highest vitamin B<sub>1</sub> and C contents were observed in 30% AP-containing bars, but vitamin B<sub>2</sub> and B<sub>3</sub> contents were highest in the control (0.347 and 3.566 mg/100 g, respectively). Cutting strength decreased significantly in an AP concentration-dependent manner. Total polyphenol and flavonoid contents in 10% AP bars were 2.949±0.157 mg of GAE/g and 1.001±0.009 mg of CE/g, respectively. Antioxidant activities were assessed by measuring free radical scavenging activities, and 10% AP bars had the highest activities, as determined by ABTS (2,2'-azino-bis-(3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid) and DPPH ( $\alpha$ - $\alpha$ -diphenyl- $\beta$ -picrylhydrazyl) assays (0.412±0.008 and 0.492±0.021 mg GAE/g, respectively). These results suggested that apple pomace should be regarded a potential nutritional and antioxidant source.

**Key Words** : Apple pomace, cereal bar, dietary fiber, antioxidant activity

### 1. 서 론

사과는 장미과(Rosaceae)의 다년생 식물로 세계적으로 재배되는 과일 중 하나이며 주스, 통조림, 유아식, 사과 버터, 젤리 및 식초 등의 가공식품에 널리 이용되고 있다(Sudha et al. 2016). 특히, 사과에는 식이섬유와 페놀류가 풍부하게 함유되어 있으며, 심혈관 질환 및 암 등 각종 질환에 대하여 예방 효과가 뛰어난 것으로 알려져 있다(Yan & Kerr 2013). 농림축산식품부의 농림축산식품 주요통계에 따르면 우리나라의 2020년 사과 생산량은 422,000톤으로 보고되어 있다(MAFRA 2021). 이 중 약 46,000톤의 사과는 가공에 사용되었으며, 주스(39,000톤), 음료(1,900톤), 술(1,690톤), 칩(1,400톤)의 순으로 활용되고 있다(MAFRA 2020). 특히, 주스가공에 쓰이는 사과는 전체 사과가공품에 사용되는 사과 양의 약 85%에 이른다(MAFRA 2020). 사과박의 수율은 약 25%로 우리나라에서는 매년 10,000톤의 사과박이 부산물로 발생하고 있는 것으로 추산된다. 이전 연구에 따르면 사과박은 페놀산과 플라보노이드를 주성분으로 하며 비타민 및 식

이섬유의 좋은 공급원이기도 하다(Sudha et al. 2007). 또한 quercetin 배당체, phloridzin 및 기타 강력한 항산화 활성을 갖는 페놀 성분과 같은 천연 항산화제를 다량 함유하고 있음이 입증되었다(Lu & Foo 2000). 그러나 현재 매년 발생하는 상당량의 사과박에 대하여 재활용 기술 개발이 미흡해 대부분 폐기되고 일부가 건조 과정을 거쳐 가축 사료로 소비되고 있는 것으로 파악되고 있다(Kammerer et al. 2014). 따라서, 사과박의 영양가 및 기능성분을 고려할 때, 사과박을 활용한 식품 소재로의 활용은 연구가 필요한 실정이다.

시리얼바(cereal bar)는 곡물과 말린 과일을 혼합하여 만들어지며, 빠른 에너지 흡수를 제공하는 바 형태의 식품으로 간단한 스낵이나 아침 식사를 제공한다(Sharma et al. 2014). 시리얼바는 탄수화물의 좋은 공급원으로 식품 보충제 또는 운동 후 에너지 회복을 촉진할 수 있다(De Brito et al. 2004). 본 연구에서 제조하여 사용한 시리얼바의 주재료인 귀리(*Avena sativa*)는 고대부터 음식과 사료로 사용하였으며, 시리얼, 죽, 쿠키, 빵과 머핀, 크래커 및 스낵 등에 광범위하게 활용되고 있다(Ajayi & Ikechukwu 2021). 특히, 귀리는 식

\*Corresponding author: Younghwa Kim, Department of Food Science and Biotechnology, Kyungsoong University, Busan, 48434, Republic of Korea  
Tel: +82-51-663-4652 Fax: +82-51-663-4709 E-mail: younghwakim@ks.ac.kr

이섬유질인 베타글루칸의 풍부한 공급원 중 하나로 알려져 있으며(Lauková et al. 2016), 필수 지방산인 리놀레산을 풍부하게 함유하고 있다(Martins et al. 2017). 뿐만 아니라, 귀리의 섭취는 혈당 수치를 낮추고 변비를 예방하며 대장 건강에 좋다고 보고되어 있다(Perussello et al. 2017). 시리얼바의 제조에 주로 활용되는 아몬드, 베조산 및 계피산 유도체(vanillic acid, caffeic acid, p-coumaric acid, 및 ferulic acid), 안토시아닌(delfinidin, cyanidin), 플라보놀(quercetin, kaempferol, 및 isorhamnetin) 등의 페놀 화합물을 함유하고 있다(Amarowicz et al. 2005). 따라서, 본 연구에서는 귀리 및 아몬드와 같은 견과류를 활용한 시리얼바에 사과박을 첨가하여 기능성분과 식이섬유의 함량이 풍부한 시리얼바를 제조하고자 하였다.

## II. 연구 내용 및 방법

### 1. 시료 및 시약

본 실험에서는 부사 품종의 사과를 경북 청도에서 2021년 생산한 것을 구매하여 사용하였다. 퀴노아는 강원도 홍천의 재배 농가에서 구입하여 사용하였고 귀리, 아몬드, 피칸, 브라질너트, 해바라기씨는 부산광역시 대형마트에서 구매하여 시료로 사용하였다. Gallic acid는 Santa Cruz사(Santa Cruz Biotechnology Inc., Dallas, TX, USA)에서 구입하였고, catechin, Folin-ciocalteu's reagents, α-α-diphenyl-β-picrylhydrazyl (DPPH), 2,2'azino-bis-(3-ethylbenzthiazoline-6-sulfonic acid) (ABTS)는 Sigma사(Sigma Chemical Co., St Louis, MO, USA)에서 구입하여 실험에 사용하였다. 수용성 비타민 표준 시약(L-ascorbic acid, thiamine hydrochloride, nicotinic acid, nicotinamide, riboflavin-5'-adenosyldiphosphate (FAD), riboflavin-5'-phosphate (FMN), riboflavin)은 Sigma-Aldrich Co. (St. Louis, MO, USA)로부터 구입하여 사용하였고, HPLC의 이동상으로 사용된 acetonitrile, methanol, 초순수 증류수는 Honeywell Burdick & Jackson (Muskegon, MI, USA)으로부터 구입하여 사용하였다.

### 2. 시리얼바 제조

사과박은 사과를 증류수로 깨끗이 수세하고 과피 및 씨앗을 제거하여 과육을 착즙기(H-AH-NBF19, Hurom, Gimhae, Korea)를 이용하여 착즙하고 나온 부산물을 건조기(LOD-S600B, Guangdong Kangye Electric Appliance Co., Ltd., Hwaseong, Korea)에서 40°C에서 5시간 동안 건조시켜 사용하였다. 각 견과류를 증류수로 수세하여 건조기로 2시간 동안 건조한 후 로스팅기(MK-300, JC Company, Seoul, Korea)를 이용하여 귀리는 240°C에서 10분, 퀴노아는 200°C에서 10분, 해바라기씨는 180°C에서 5분, 아몬드와 피칸, 브라질너트는 200°C에서 15분간 로스팅 하였다. 그 다음 프라이팬에 설탕과 물엿, 꿀을 넣고 2분 30초간 녹여준 후 로스팅한

<Table 1> Ingredients composition of cereal bar with apple pomace

Ingredients	Sample (g)			
	Control	10% AP <sup>1)</sup>	20% AP	30% AP
Apple pomace	0	38	76	114
Almond	50	42	35	27.4
Pecan	50	42	35	27.4
Sunflower seed	30	25.667	20.667	16.4
Quinoa	30	25.667	20.667	16.4
Brazil nut	30	25.667	20.667	16.4
Oat	60	51	42	32
Oligosaccharide	100	100	100	100
Sugar	20	20	20	20
Honey	10	10	10	10
Total	380	380	380	380

<sup>1)</sup>Number before percent (%) means an apple pomace (AP) ratio expressed as a fraction of total cereal bar. For example, a 10% AP represents a cereal bar added with 10% AP. Control: Cereal bar without AP.



(A) Control (B) 10% AP (C) 20% AP (D) 30% AP

<Figure 1> Picture of cereal bars.

Number before percent (%) means an apple pomace (AP) ratio expressed as a fraction of total cereal bar. For example, a 10% AP represents a cereal bar added with 10% AP. Control: Cereal bar without AP.

견과류 및 사과박을 넣어 2분간 로스팅하였다. 그 후 9.5 cm × 7 cm × 4 cm 직각 성형틀에 넣고, 윗부분을 편편하게 되도록 밀어 성형을 하고 냉동실에서 3시간 동안 균해주었다. 시리얼바의 제조 비율은 <Table 1>에 나타내었다. 시리얼바 제조 시 곡물 및 견과류의 양은 사과박 함량에 따라 일정비율로 감소하였으며, 전체 시리얼바의 양은 일정하게 유지하여 제조하였다. 제조한 시리얼바는 <Figure 1>에 나타냈으며, 실험에 사용하기 위하여 시리얼바를 분쇄기로 균질화 한 뒤 -20°C에 보관하면서 시료로 사용하였다.

### 3. 수분함량 측정

시리얼바의 수분함량은 AOAC(1990)방법에 따라 상압가열 건조법을 이용하여 분석하였다. 균질화한 시료 약 2 g을

105°C에서 항량에 달할 때까지 3회 반복 측정하여 평균값을 %로 나타내었다.

#### 4. 총 식이섬유 측정

총 식이섬유 함량은 AOAC 991.43 분석법을 활용하여 식이섬유 분석기기(TDFI, Ankom Technology, Macedon, NY, USA)로 측정하였다(AOAC 1995). 시료 0.5 g을 칭량한 후, diethyl ether 15 mL를 가하고 15분간 균질기(WUC-D22H, Daihan Scientific)로 교반하였다. 그 후 시료를 24시간 풍건시켜 diethyl ether를 완전히 제거하여 총 식이섬유 함량 분석에 사용하였다. 또한, 식이섬유 함량을 측정하기 위한 시료의 단백질 함량(Kjeldal법)과 회분 함량도 측정하였다. 총 식이섬유(TDF) 함량은 아래 식을 이용하여 계산하였다.

Total dietary fiber content (g/100 g, wet weight)

$$= \frac{(R - P - A - B)}{S} \times 100$$

R: average weight of residue after enzyme treatment

P: protein content of sample, A: ash content of sample

B: blank, S: average weight of sample

#### 5. 전단력 측정

전단력은 Texture analyzer (TA-XT2i, Stable Micro System, Surrey, UK)를 이용하여 측정하였다. 시료는 시리얼바를 2×2×2 cm의 크기로 잘라서 상온에서 시료별 3회 반복 측정하였다. 분석조건은 HDP/WBR 프로브를 사용하여 pre-test: 3 mm/s, test speed: 3 mm/s, return speed: 3 mm/s, test distance: 10 mm으로 설정하였다.

#### 6. 비타민 C, B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub> 및 B<sub>3</sub> 함량 분석

비타민 C의 함량은 Jin et al. (2022)의 방법을 사용하여 분석하였다. 시료 약 3 g에 1 mM ethylenediaminetetraacetate disodium salt 및 5 mM tris (2-carboxyethyl) phosphine이 함유된 5% 메타인산 용액 30 mL를 가하고 2-octanol을 1-2 방울 첨가한 후, 1분간 homogenizer (T18 basic Ultraturax, IKA Labortechnik Co., Staufen, Germany)로 균질화하였다. 그 후 10분간 3000 rpm으로 원심분리하여 상층액을 1차 추출액으로 얻고 pellet에 다시 추출용매 10 mL를 가하여 초음파추출기를 사용하여 5분간 교반한 것을 2차 추출액으로 얻는다. 1차 추출액과 2차 추출액을 섞은 뒤 50 mL로 정용하고 이 용액을 0.2 µm syringe filter (Whatman Inc., Maidstone, UK)로 여과하여 HPLC (Hitachi 5000 chromaster, Hitachi Ltd., Tokyo, Japan) 분석에 사용하였다. 비타민 B<sub>1</sub> 및 B<sub>3</sub>는 Kim et al. (2014)의 방법을 일부 수정하여 동시분석 하였다. 균질화된 시료 약 3 g에 5 mM sodium 1-hexanesulfonate 50 mL를 가하여 초음파추출기를 사용하여 40°C에서 30분 동안 교반하여 추출하였다. 추출용

액을 15,000 rpm으로 10분간 원심분리하고 상층액을 0.2 µm syringe filter로 여과하여 HPLC 분석에 사용하였다. 비타민 B<sub>2</sub>의 경우 Kim et al. (2014)의 방법을 이용하여 분석하였다. 균질화된 시료 약 3 g에 증류수 50 mL를 첨가하고 shaking water bath (HB-205SW, Hanbaek scientific Co., Bucheon, Korea)에서 75°C에서 30분 동안 환류 추출하였다. 추출용액을 15,000 rpm으로 10분간 원심분리 후 0.2 µm syringe filter로 여과하여 분석에 사용하였다.

#### 7. 총 폴리페놀 함량 측정

시료의 총 폴리페놀 함량은 Folin & Denis(1912) 방법을 일부 변형하여 측정하였다. 균질화된 시료 약 5 g을 취하고 70% ethanol 50 mL를 가하여 초음파추출기(SD-350H, Sungdong Ultrasonic Co., Seoul, Korea)로 30분간 추출하였다. 추출한 시료 50 µL에 2% NaHCO<sub>3</sub> 1 mL를 가하고, 1 N Folin-Ciocalteu's phenol reagent를 100 µL 가하여 5분간 암소에서 방치하였다. 96 well plate에 각 시료를 200 µL씩 옮겨 ELISA reader기(Thermo Scientific Ltd, Lafayette, CO, USA)를 이용하여 750 nm에서 흡광도를 측정하였다. 표준품으로는 Gallic acid를 사용하였으며, mg gallic acid equivalents (GAE)/g으로 나타내어 총 폴리페놀 함량을 구하였다.

#### 8. 총 플라보노이드 함량 측정

시료의 총 플라보노이드 함량은 Zhishen et al. (1999)의 방법을 사용하여 측정하였다. 시료 추출물 250 µL에 증류수 1,250 µL를 첨가하고, 5% NaNO<sub>2</sub> 75 µL와 혼합한 후 6분간 암소에서 방치한 뒤 10% AlCl<sub>3</sub>·6H<sub>2</sub>O를 150 µL 첨가하여 다시 암소에 5분간 방치하였다. 그 후 1 M NaOH 1 mL를 첨가한 다음 잘 혼합하여 각 시료를 200 µL씩 96 well plate에 옮겨 ELISA reader기로 510 nm에서 흡광도를 측정하였다. Catechin을 표준품으로 사용하여 총 플라보노이드 함량을 구하고, mg catechin equivalent (CE)/g으로 나타내었다.

#### 9. ABTS 라디칼 소거능

시료의 ABTS 라디칼 소거능은 Re et al. (1999)의 실험 방법을 변형하여 측정하였다. 균질화한 시료 약 5 g에 70% ethanol 50 mL를 가하여 초음파추출기로 상온에서 30분간 추출한 추출물을 ABTS 및 DPPH 라디칼 소거능 측정에 사용하였다. 7.4 mM ABTS 용액과 2.6 mM potassium persulfate를 혼합 후 상온의 암실에서 14시간 동안 반응시킨 후 흡광도가 735 nm 파장에서 1.000±0.1이 되도록 초순수 증류수로 희석하였다. 시료 25 µL에 희석된 ABTS 용액 0.5 mL를 가하여 암실에서 30분간 방치시킨 후 96 well plate에 200 µL씩 옮겨 735 nm 파장에서 흡광도를 측정하였다. Gallic acid를 표준품으로 사용하였으며, mg gallic acid equivalents (GAE)/g으로 ABTS 라디칼 소거능을 나타내었다.

10. DPPH 라디칼 소거능

시료의 DPPH 라디칼 소거능은 Blois(1958)의 방법을 변형하여 측정하였다. 시리얼바 추출물 25 µL에 0.2 mM DPPH 용액 500 µL를 첨가하여 암소에서 30분간 반응시킨 후 ELISA reader기로 520 nm 파장에서 흡광도를 측정하였다. Gallic acid를 표준품으로 사용하였으며, mg gallic acid equivalents (GAE)/g으로 DPPH 라디칼 소거능을 나타내었다.

11. 통계분석

모든 분석은 3회 이상 실시하고, 평균값±표준편차로 표시하였으며 SAS 9.4 (SAS Institute Inc., Cary, NC, USA)를 이용하여 통계분석을 실시하였다. 유의성은 one-way ANOVA로 분석하여 다중비교분석법인 Duncan's multiple range test를 실시하여 p<0.05 수준에서 유의성을 검정하였다.

III. 결과 및 고찰

1. 시리얼바의 수분, 식이섬유 함량 및 전단력

시리얼바의 수분함량 및 식이섬유함량을 분석한 결과는 <Table 2>에 나타내었다. 시리얼바의 수분함량은 대조군에서 10% AP, 20% AP, 30% AP 실험군으로 사과박 첨가량이 높아질수록 각각 4.783, 9.174, 11.522, 16.731%로 유의적으로 증가하는 결과를 보였다(p<0.05). 시리얼바의 식이섬유 함량은 대조군에서 5.612 g/100 g으로 가장 낮은 식이섬유 함량을 보였으며, 30% AP 실험군에서 11.082 g/100 g의 가장 높은 함량으로 사과박 첨가량이 높을수록 식이섬유 함량도 높아져 수분함량과 유사한 경향을 나타내었다. 사과는 식이섬유가 풍부한 과일로 사과박 또한 풍부한 식이섬유를 함유하는 것으로 알려져 있다(Kim et al. 2019). 식품 중의 수분은 유리수(free water) 또는 결합수(bind water)의 형태로 존재하는데 유리수는 건조나 압력에 의해 쉽게 제거되는 반면 결합수는 식품 중의 단백질 또는 탄수화물과 결합하여 쉽게 분리나 제거되지 않는다(Kim et al. 2012). Kim et al.

<Table 2> Moisture and dietary fiber contents of cereal bar with apple pomace

Samples	Moisture content (%)	Total dietary fiber (g/100 g)
Control	4.783±0.214 <sup>d</sup>	5.612±0.471 <sup>d</sup>
10% AP <sup>1)</sup>	9.174±1.397 <sup>c</sup>	7.240±0.402 <sup>c</sup>
20% AP	11.522±0.675 <sup>b</sup>	8.749±0.421 <sup>b</sup>
30% AP	16.731±1.415 <sup>a</sup>	11.082±0.453 <sup>a</sup>

<sup>1)</sup>Number before percent (%) means an apple pomace (AP) ratio expressed as a fraction of total cereal bar. For example, a 10% AP represents a cereal bar added with 10% AP. Control: Cereal bar without AP. All values are expressed as the mean±SD. <sup>a-d</sup>Means with different superscripts within a column are significantly different at p<0.05 by Duncan's multiple range test.

<Table 3> Cutting strength analyses of cereal bar with apple pomace

Samples	Cutting strength (N)
Control	193.003±13.281 <sup>a</sup>
10% AP <sup>1)</sup>	128.533±9.312 <sup>b</sup>
20% AP	68.828±5.864 <sup>c</sup>
30% AP	44.496±6.222 <sup>d</sup>

<sup>1)</sup>Number before percent (%) means an apple pomace (AP) ratio expressed as a fraction of total cereal bar. For example, a 10% AP represents a cereal bar added with 10% AP. Control: Cereal bar without AP. All values are expressed as the mean±SD. <sup>a-d</sup>Means with different superscripts within a column are significantly different at p<0.05 by Duncan's multiple range test.

(1993)의 실험에서도 수분 결합력이 큰 식이섬유소로 인해 보수성을 가지므로 증발되는 수분함량이 낮아진다고 보고되어 있다. 따라서 상압가열 건조법으로 측정된 본 실험의 수분함량은 유리수에 대한 측정값이므로 사과박에 함유된 식이섬유의 영향으로 보수성이 높아지기 때문에 사과박 첨가량이 높아질수록 수분함량 및 식이섬유의 함량이 증가하는 것으로 판단된다.

전단력을 측정된 결과는 <Table 3>에 나타내었다. 측정 결과 시리얼바의 전단력은 대조군에서 193.003 N으로 가장 높게 나타났고 30% AP 실험군에서 44.496 N의 가장 낮은 전단력으로 대조군에 비해 약 20% 이상 감소하였다. 사과박 첨가수준에 따른 전단력 변화는 첨가량이 증가함에 따라 낮아지는 추세를 보였으며, 모든 실험군에서 대조군보다 유의적으로 낮은 전단력을 나타내었다(p<0.05). Park & Chang (1989)의 연구에 따르면 보수성과 전단력, 경도, 저작성은 높은 상관관계를 나타내는 것으로 수분이 많이 첨가될수록 조직이 연해진다고 보고하였으며, Park et al. (2011)의 연구에서도 사과박 식이섬유를 첨가하였을 때 식이섬유가 설기떡 내부의 수분이동과 손실을 감소시켜 조직이 유연한 경향을 나타낸다고 보고하였다. 따라서 시리얼바의 전단력 감소는 사과박 첨가에 의한 것으로 사료되며, 이와 같은 보수성 증가에 따른 전단력의 감소는 견과류 및 곡류의 첨가로 인해 딱딱해지기 쉬운 시리얼바의 조직을 부드럽게 만들어주는 관능적 특성을 나타낼 것으로 기대된다.

2. 시리얼바의 수용성 비타민 함량 분석

사과박 첨가 시리얼바에 함유된 수용성 비타민의 함량을 분석한 결과는 <Table 4>에 나타내었다. 비타민 B<sub>1</sub>의 함량은 0.001 mg/100 g에서 0.038 mg/100 g의 값으로 사과박의 함량이 늘어날수록 비타민 B<sub>1</sub>의 함량이 유의적으로 증가한다는 것을 확인하였다. 비타민 B<sub>2</sub>의 함량은 사과박을 첨가하지 않은 대조군 시리얼바에서 0.347 mg/100 g으로 가장 높은 함량을 나타내었으며 30% AP 실험군에서 0.247 mg/100 g,



**<Table 4> Water-soluble vitamin contents of cereal bar with apple pomace**

Samples	Vitamin B <sub>1</sub> (mg/100 g)	Vitamin B <sub>2</sub> (mg/100 g)	Vitamin B <sub>3</sub> (mg/100 g)	Vitamin C (mg/100 g)
Control	0.001±0.000 <sup>d</sup>	0.347±0.014 <sup>a</sup>	3.566±0.093 <sup>a</sup>	0.001±0.000 <sup>d</sup>
10% AP <sup>1)</sup>	0.005±0.001 <sup>c</sup>	0.220±0.001 <sup>c</sup>	3.332±0.021 <sup>b</sup>	0.022±0.001 <sup>c</sup>
20% AP	0.019±0.000 <sup>b</sup>	0.219±0.003 <sup>c</sup>	3.330±0.056 <sup>b</sup>	0.112±0.001 <sup>b</sup>
30% AP	0.038±0.000 <sup>a</sup>	0.247±0.002 <sup>b</sup>	3.287±0.119 <sup>b</sup>	0.192±0.013 <sup>a</sup>

<sup>1)</sup>Number before percent (%) means an apple pomace (AP) ratio expressed as a fraction of total cereal bar. For example, a 10% AP represents a cereal bar added with 10% AP. Control: Cereal bar without AP. All values are expressed as the mean±SD. <sup>a-d</sup>Means with different superscripts within a column are significantly different at p<0.05 by Duncan's multiple range test.

10%와 20% AP 실험군에서 각각 0.220 mg/100 g과 0.219 mg/100 g으로 대조군에 비해 낮은 함량을 나타내었다. 비타민 B<sub>3</sub>의 함량은 대조군(3.566 mg/100 g), 10% AP (3.332 mg/100 g), 20% AP(3.330 mg/100 g), 30% AP (3.287 mg/100 g) 실험군의 순으로 높게 나타났으며 사과박을 첨가한 시리얼바 간의 유의한 차이는 없었다. 비타민 B<sub>3</sub>에서도 대조군이 사과박을 첨가한 시리얼바보다 비타민 B<sub>3</sub> 함량이 더 높은 것으로 나타나 비타민 B군의 함량은 비타민 B<sub>1</sub>를 제외하고 모두 대조군 시리얼바에서 높은 것을 확인할 수 있었다. 사과박을 함유한 시리얼바가 대조군에 비하여 비타민 B<sub>2</sub>와 비타민 B<sub>3</sub>의 함량이 낮은 것은 국가표준식품성분표에 나타난 붉은 아몬드, 붉은 사과박의 비타민 B<sub>2</sub>와 비타민 B<sub>3</sub>의 함량이 각각 1.364 mg/100 g, 3.075 mg/100 g으로 부사의 비타민 B<sub>2</sub> (0.019 mg/100 g)와 비타민 B<sub>3</sub> (0.388 mg/100 g) 함량보다 더 높기 때문인 것으로 사료된다(RDA 2021). 또한, 본 연구에서는 비타민 C의 함량도 알아보았다. 사과박 시리얼바의 비타민 C 함량은 대조군에서 0.001 mg/100 g으로 가장 낮은 함량을 나타내었고, 사과박의 첨가에 따라 농도 의존적인 증가를 나타내었다. 30% AP 실험군에서 비타민 C의 함량은 0.192 mg/100 g으로 대조군에 비하여 월등히 증가하는 것을 알 수 있었다. 농촌진흥청에서 발행한 국가표준식품성분표에 따르면 부사의 비타민 C 함량은 1.41 mg/100 g으로 보고되어 있고, 견과류에는 거의 없거나 그 함량이 매우 낮은 것으로 나타나 있다(RDA 2021). 비타민 C는 생합성 경로에서 핵심 효소의 손실로 인해 인간이 합성할 수 없는 필수 영양소로 면역세포 기능에 중요한 역할을 하는 것으로 알려져 있다(Nishikimi et al. 1994; Maggini et al. 2007). 비타민 C의 대표적인 결핍증은 괴혈병으로 체내 콜라겐 합성이 이루어지지 않아 결합조직에 이상이 생기며 피하 출혈을 일으키게 된다(Carpenter 1988). 비타민 C는 앞에서 언급한 것과 같이 체내 합성이 불가능하므로 식물로 섭취해야 하며 견과류와 곡류를 주원료로 하는 시리얼바로부터 충분한 비타민 C를 공급하기 위해서는 사과박과 같은 과일 성분을 함유하는 것이 바람직할 것으로 생각된다.

### 3. 시리얼바의 폴리페놀 및 플라보노이드 함량

시리얼바의 폴리페놀 및 플라보노이드 함량은 <Table 5>

**<Table 5> Total polyphenol and flavonoid contents of cereal bar with apple pomace**

Samples	Total polyphenols (mg GAE <sup>2)</sup> /g)	Total flavonoids (mg CE <sup>3)</sup> /g)
Control	1.947±0.055 <sup>c</sup>	0.803±0.017 <sup>b</sup>
10% AP <sup>1)</sup>	2.949±0.157 <sup>a</sup>	1.001±0.009 <sup>a</sup>
20% AP	2.522±0.100 <sup>b</sup>	0.836±0.035 <sup>b</sup>
30% AP	2.347±0.044 <sup>b</sup>	0.624±0.024 <sup>c</sup>

<sup>1)</sup>Number before percent (%) means an apple pomace (AP) ratio expressed as a fraction of total cereal bar. For example, a 10% AP represents a cereal bar added with 10% AP. Control: Cereal bar without AP.

<sup>2)</sup>GAE: gallic acid equivalent

<sup>3)</sup>CE: catechin equivalent

All values are expressed as the mean±SD. <sup>a-c</sup>Means with different superscripts within a column are significantly different at p<0.05 by Duncan's multiple range test.

에 나타내었다. 폴리페놀 및 플라보노이드의 함량은 사과박을 첨가한 경우 첨가하지 않은 경우보다 대부분 높은 수치를 나타내었다. 총 폴리페놀의 함량은 사과박을 첨가하지 않은 대조군에서 1.947 mg GAE/g으로 가장 낮았고, 10% AP 실험군에서 2.949 mg GAE/g으로 가장 높게 나타났었다. 그러나 20% 및 30% AP 실험군의 폴리페놀 함량은 10% AP 실험군에 비하여 감소하였다. 플라보노이드의 함량 또한 사과박을 첨가하지 않은 대조군에서의 함량이 가장 낮게 나타났으며, 10% AP 실험군에서 플라보노이드의 함량이 가장 높았다. 뿐만 아니라, 플라보노이드의 함량도 폴리페놀의 함량과 유사한 경향으로 20% AP 및 30% AP 실험군에서는 10% AP 실험군에 비하여 그 함량이 감소하였다. 기존 연구에 따르면 사과와 과육에 비해 껍질에 항산화 성분인 폴리페놀 함량이 약 2-9배 정도 많이 함유되어 있어 높은 항산화 효과를 가지고 있는 것으로 보고되어 있다(Youn et al. 2017). 본 연구에서는 과피 및 씨앗을 제거한 과육만을 사용하여 사과박을 제조하였기 때문에 사과의 폴리페놀 함량보다 다소 낮은 함량을 보인 것으로 사료된다. 시리얼바의 재료로 사용한 붉은 아몬드, 붉은 피칸, 붉은 귀리, 붉은 퀴노아 등은 폴리페놀류 화합물 및 quercetin과 같은 플라보노이

드의 함량이 높은 것으로 알려져 있다. 로스팅(roasting)은 견과류 및 곡류에 열을 가함으로써 조직감, 색도, 향미와 같은 특성을 향상시키는 것으로 알려져 있다(Jeong et al. 2016). 이전 연구에 따르면 볶은 퀴노아는 찌거나 삶은 공정에 비하여 항산화능을 갖는 물질의 함량이 높아진다고 보고하였다(Jin et al. 2021). 뿐만 아니라 사과박에도 quercetin과 cyanidin의 배당체(glycoside), epicatechin, procyanidin 등과 같은 페놀 화합물의 함량이 높은 것으로 알려져 있다(Lu & Foo 2000). 특히 사과박에 함유된 procyanidin과 quercetin 배당체는 강력한 항산화 활성을 나타내는 것으로 보고되어 있다(Lu & Foo 2000). Reis et al. (2014)의 연구에서도 사과박을 첨가한 스크운 사과박을 20% 첨가했을 때 총 폴리페놀 및 플라보노이드 함량이 대조군에 비하여 각각 3.3배 및 4배 증가하는 것으로 보고하였다. 그러나 본 연구 결과에서는 20% 이상의 사과박을 첨가한 경우 시리얼바의 항산화 성분은 감소하였다. 이는 20% AP 실험군과 30% AP 실험군에서 폴리페놀을 다량 함유하고 있는 아몬드, 피칸, 퀴노아 등의 함량이 대조군 및 10% AP 실험군에 비해 감소함에 따라 폴리페놀 및 플라보노이드의 함량이 감소된 것으로 보여진다. 따라서 사과박을 첨가한 시리얼바를 제조하는 경우 항산화 효과를 높이기 위해서는 과량의 사과박을 첨가하는 것보다 아몬드와 같은 견과류와의 비율을 고려한 첨가가 필요할 것으로 판단된다.

#### 4. 시리얼바의 항산화 효과

사과박을 첨가한 시리얼바의 항산화 활성은 ABTS 및 DPPH 라디칼을 소거하는 능력으로 평가하였다. 실험 결과는 <Table 6>에 나타내었으며, ABTS 및 DPPH 라디칼의 소거능은 사과박을 첨가한 시료가 대조군에 비하여 소거능이 높게 나타났다. ABTS 및 DPPH 라디칼 소거능이 가장 낮은 시료는 대조군 시료였으며, 두 종류의 라디칼 모두 10% AP 실험군의 라디칼 소거능이 가장 높았다. 특히 ABTS 라디칼은 대조군에 비하여 10% AP 실험군은 약 1.5 배 높은 소거 활성을 보여주었다. 그러나 사과박의 함량이 20% 또는 30%로 높아질수록 라디칼 소거능은 모두 감소하였다. 이는 총 폴리페놀 및 플라보노이드 함량 결과와 같은 경향을 나타내었다. Ferreres et al. (2009)의 연구에 따르면 폴리페놀 화합물은 뛰어난 항산화 활성을 갖는 물질로 보고하고 있다. 뿐만 아니라, 식품에 함유된 총 폴리페놀과 플라보노이드 함량과 라디칼 소거능과 같은 항산화 활성은 높은 양의 상관관계를 나타낸다고 알려져 있다(Jo et al. 2013). 시리얼바에 함유된 아몬드, 특히 아몬드의 껍질에서 플라보놀 글리코시드 및 페놀산이 풍부하기 때문에 높은 라디칼 소거능을 가지는 것으로 알려져 있다(Sang et al. 2002). 또한 Jin et al. (2021)의 연구에서 퀴노아에 함유된 총 폴리페놀 및 플라보노이드의 함량이 높을수록 ABTS 및 DPPH 라디칼 소거능이 우수한 것으로 나타나았으며, 사과박의 항산화

<Table 6> ABTS and DPPH radical scavenging capacity of cereal bar with apple pomace

Samples	ABTS radical scavenging capacity (mg GAE <sup>2</sup> /g)	DPPH radical scavenging capacity (mg GAE/g)
Control	0.327±0.002 <sup>b</sup>	0.337±0.004 <sup>c</sup>
10% AP <sup>1)</sup>	0.412±0.008 <sup>a</sup>	0.492±0.021 <sup>a</sup>
20% AP	0.330±0.000 <sup>b</sup>	0.398±0.009 <sup>b</sup>
30% AP	0.254±0.005 <sup>c</sup>	0.311±0.006 <sup>d</sup>

<sup>1)</sup>Number before percent (%) means an apple pomace (AP) ratio expressed as a fraction of total cereal bar. For example, a 10% AP represents a cereal bar added with 10% AP. Control: Cereal bar without AP.

<sup>2)</sup>GAE: gallic acid equivalent

All values are expressed as the mean±SD. <sup>a-d</sup>Means with different superscripts within a column are significantly different at p<0.05 by Duncan's multiple range test.

활성을 연구한 논문에서도 사과박에 함유된 폴리페놀 및 플라보노이드 함량에 따라 라디칼 소거능 및 환원력이 우수하게 나타났었다(Kim et al. 2021). 본 연구의 결과에서 총 폴리페놀 및 총 플라보노이드 함량이 높아질수록 라디칼 소거능이 증가하는 경향을 볼 수 있었다. 사과박이 첨가된 시리얼바의 ABTS 라디칼 소거능은 DPPH 라디칼 소거 활성보다 다소 높게 나타났다. 이는 각 라디칼이 기질과 반응하는 기작이 다르기에 소거능에서 차이가 나타난 것으로 판단된다(Lee et al. 2005). 따라서 사과박을 첨가한 시리얼바는 일반 견과류 및 곡류로만 이루어진 시리얼바보다 높은 항산화력을 갖고 있기에 항산화 활성이 뛰어난 건강식품으로 기대된다.

## IV. 요약 및 결론

본 연구에서는 사과박을 첨가하여 제조한 시리얼바의 품질특성과 항산화 활성을 평가하였다. 사과박의 함량이 증가함에 따라 식이섬유의 함량은 증가하였으며, 비타민 B<sub>1</sub> 및 비타민 C의 함량은 사과박을 30% 첨가한 시리얼바에서 가장 높게 나타났다. 그러나 비타민 B<sub>2</sub>와 비타민 B<sub>3</sub>의 함량은 대조군에서 가장 높았다. 제조한 시리얼바의 전단력은 사과박의 함량이 늘어남에 따라 감소하였다. 시리얼바의 총 폴리페놀 및 플라보노이드 함량은 사과박을 첨가하였을 경우, 사과박을 10% 첨가한 경우에서 총 폴리페놀 및 플라보노이드의 함량이 가장 높았다. 뿐만 아니라, 사과박을 10% 첨가하여 제조한 시리얼바는 가장 높은 ABTS 및 DPPH 라디칼 소거능을 보여주었다. 본 결과로부터 사과박을 첨가하여 제조한 시리얼바에 함유된 기능성 영양성분 함량과 항산화 활성을 알 수 있었고, 사과박은 다양한 식품 개발에 천연 항산화 소재로 활용될 수 있을 것으로 기대된다.

## 저자 정보

편지예(경성대학교 식품생명공학과, 석사과정 대학원생, 0000-0002-1197-3671)

김윤정(경성대학교 식품생명공학과, 석사과정 대학원생, 0000-0002-1328-5354)

장금일(충북대학교 식품생명공학과, 교수, 0000-0001-5822-0418)

정종연(경성대학교 식품생명공학과, 교수, 0000-0001-5284-4510)

김영화(경성대학교 식품생명공학과, 교수, 0000-0003-4186-887X)

## 감사의 글

이 논문은 2021년도 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 한국연구재단 기초연구사업의 지원을 받아 수행된 연구(No. 2021R1F1A1062031)이며, 부산광역시 및 (재)부산인재평생교육진흥원의 BB21 플러스 사업에 의하여 지원되었기에 감사드립니다.

## Conflict of Interest

No potential conflict of interest relevant to this article was reported.

## References

- Ajayi OA, Ikechukwu AA. 2021. Effect of substitution of glucose syrup with date syrup on the nutritional quality of Granola bar. *Am. J. Food Technol.*, 3:239-250
- Amarowicz R, TROSZYŃSKA A, Shahidi F. 2005. Antioxidant activity of almond seed extract and its fractions. *J. Food Lipids*, 12(4):344-358
- AOAC. 1990. Official Methods of Analysis 2<sup>nd</sup> ed. Association of Official Analytical Chemists, Washington DC, USA
- AOAC. 1995. Official Methods of Analysis. 16<sup>th</sup> ed. Association of Official Analysis Chemists, Washington DC, USA
- Blois MS. 1958. Antioxidant determinations by the use of a stable free radical. *Nature*, 181:1199-1200
- Carpenter KJ. 1988. The history of scurvy and vitamin C. Cambridge University Press, UK, pp 198
- De Brito IP, Campos JM, De Souza TFL, Wakiyama C, De Azeredo GA. 2004. Elaboração e avaliação global de barra de cereais caseira. *Bol. Cent. Pesqui. Process. Aliment.*, 22(1):35-50
- Ferreres F, Gomes D, Valentano P, Goncalves R, Pio R, Chagas EA, Seabra RM, Andrade PB. 2009. Improved loquat (*Eriobotrya japonica* Lindl.) cultivars: Variation of phenolics and antioxidative potential. *Food Chem.*, 114:1019-1027
- Folin O, Denis W. 1912. On phosphotungstic-phosphomolybdic compounds as color reagents. *J. Biol Chem.*, 12:239-243
- Jeong SO, Kim HY, Han JS, Kim MJ, Kang MS, Kim AJ. 2016. Manufacture and quality evaluation of beverage with prepared with roasted scoritae. *Korean J. Food Nutr.*, 29(4):557-564
- Jin MG, Jeon AY, Kwon JH, Kim NE, Kim YH. 2021. Effects of roasting temperature on quality characteristics and biological activity of quinoa. *J. Korean Soc. Food Cult.*, 36(3):308-316
- Jin MG, Kim MJ, Choi JM, Kim YH. 2022. The Changes in Content and True Retention of Bioactive Compounds in Peppers according to the Cooking Method Used. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.*, 51(4):334-343
- Jo SH, Cho CY, Ha KS, Choi EJ, Kang YR, Kwon YI. 2013. The antioxidant and antimicrobial activities of extracts of selected barley and wheat inhabited in Korean peninsula. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.*, 42(7):1003-1007
- Kammerer DR, Kammerer J, Valet R, Carle R. 2014. Recovery of polyphenols from the by-products of plant food processing and application as valuable food ingredients. *Int. Food Res. J.*, 65:2-12
- Kim EH, Maeng YS, Woo SJ. 1993. Dietary fiber contents in some cereals and pulses. *Korean J. Nutr.*, 26(1):98-106
- Kim GP, Lee JW, Ahn KG, Hwang YS, Choi YM, Chun JY, Chang WS, Choung MG. 2014. Differential responses of B vitamins in black soybean seeds. *Food Chem.*, 153:101-108
- Kim JE, Shin JY, Yang JY. 2021. Nutritional Analyses and Antioxidant Activity of Apple Pomace. *J. Life Sci.*, 31(7):617-625
- Kim SH, Lee WK, Choi CS, Cho SM. 2012. Quality characteristics of muffins with added acorn jelly powder and acorn ethanol extract powder. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.*, 41(3):369-375
- Kim YK, Jeong SL, Cha SH, Yi JY, Kim DI, Yoo DI, Hyun TK, Jang KI. 2019. Quality and antioxidant properties of muffin added with 'Fuji' apple pomace powder. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.*, 48(3):319-327
- Lauková M, Kohajdová Z, Karovičová J. 2016. Effect of hydrated apple powder on dough rheology and cookies quality. *Potr. S. J. F. Sci.*, 10:506-511
- Lee SO, Kim MJ, Kim DG, Choi HJ. 2005. Antioxidative activities of temperature-stepwise water extracts from *Inonotus obliquus*. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.*, 34:139-147
- Lu Y, Foo LY. 2000. Antioxidant and radical scavenging activities of polyphenols from apple pomace. *Food Chem.*, 68(1):81-85
- Maggini S, Wintergerst ES, Beveridge S, Hornig DH. 2007. Selected vitamins and trace elements support immune function by strengthening epithelial barriers and cellular and humoral immune responses. *Br. J. Nutr.*, 98:29-35
- Martins ZE, Pinho O, Ferreira I. 2017. Food industry by-products

- used as functional ingredients of bakery products. *Trends Food Sci. Technol.*, 67:106-128
- Nishikimi M, Fukuyama R, Minoshima S, Shimizu N, Yagi K. 1994. Cloning and chromosomal mapping of the human nonfunctional gene for L-gulonono-gamma-lactone oxidase, the enzyme for L-ascorbic acid biosynthesis missing in man. *J. Biol. Chem.*, 269:13685-13688
- Park CR, Chang JI. 1989. Studies on the factors affecting quality and textural characteristics of artificial gluten meat - part 3: effects of amount of ingredients on properties of AGM (water, interactions of walnut and oil, oil and water). *Korean J. Food Cook. Sci.*, 5(1):15-21
- Park YK, Kim HS, Park HY, Han GJ, Kim MH. 2011. Quality Characteristic of Sulgidduk with Apple Pomace Dietary Fiber. *Food Eng. Prog.*, 15(3):250-256
- Perussello CA, Zhang Z, Marzocchella A, Tiwari BK. 2017. Valorization of apple pomace by extraction of valuable compounds. *Compr. Rev. Food Sci. Food Saf.*, 16(5):776-796
- RDA. 2021. 10th Revision Korean food composition table. Rural Development Administration, Wanju, Korea, pp 107-179
- Re R, Pellegrini N, Proteggente A, Pannala A, Yang M, Rice-Evans C. 1999. Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. *Free Radic. Biol. Med.*, 26:1231-1237
- Reis SF, Rai DK, Abu-Ghannam N. 2014. Apple pomace as a potential ingredient for the development of new functional foods. *Int. J. Food Sci. Technol.*, 49(7):1743-1750
- Sang S, Lapsley K, Rosen RT, Ho CT. 2002. New prenylated benzoic acid and other constituents from almond hulls (*Prunus amygdalus* Batsch). *J. Agric. Food Chem.*, 50(3):607-609
- Sharma C, Kaur A, Aggarwal P, Singh B. 2014. Cereal bars-a healthful choice a review. *Carpathian J. Food Sci. Technol.*, 6(2):29-36
- Sudha ML, Baskaran V, Leelavathi K. 2007. Apple pomace as a source of dietary fiber and polyphenols and its effect on the rheological characteristics and cake making. *Food Chem.*, 104(2):686-692
- Sudha ML, Dharmesh SM, Pynam H, Bhimangouder SV, Eipson SW, Somasundaram R, Nanjarajurs SM. 2016. Antioxidant and cyto/DNA protective properties of apple pomace enriched bakery products. *J. Food Sci. Technol.*, 53(4):1909-1918
- Yan H, Kerr WL. 2013. Total phenolics content, anthocyanins, and dietary fiber content of apple pomace powders produced by vacuum-belt drying. *J. Sci. Food Agric.*, 93(6):1499-1504
- Youn SJ, Rhee JK, Lee HJ. 2017. Comparison of total phenolics, total flavonoids contents, and antioxidant capacities of an apple cultivar (*Malus domestica* cv. Fuji) peel powder prepared by different powdering methods. *Food Eng. Prog.*, 21(4):326-331
- Zhishen J, Mengcheng T, Jianming W. 1999. The determination of flavonoid contents in mulberry and their scavenging effects on superoxide radicals. *Food Chem.*, 64:555-559
- Ministry of Agriculture, Food and Rural Affairs. 2020. Available from: <https://www.mafra.go.kr/mafra/314/subview.do?enc=Zm5jdDF8QEB8JTJGYmJzJTJGbwFmcmElMkYxMzEIMkYzMjk0NjMIMkZhcncRjbfZpZXcuZG8IM0Y%3D>, [accessed 2022.07.25.]
- Ministry of Agriculture, Food and Rural Affairs. 2021. Available from: <https://www.mafra.go.kr/mafra/314/subview.do?enc=Zm5jdDF8QEB8JTJGYmJzJTJGbwFmcmElMkYxMzEIMkYzMzExODgIMkZhcncRjbfZpZXcuZG8IM0ZiYnNDbFNlcSUzRCUyNnJnc0VuZGRlU3RyJTNEJTI2YmJzT3BlbldyZFNlcSUzRCUyNnJnc0JnbmRlU3RyJTNEJTI2cGZzc3dvcM0QIMjZzcmNoQ29sdW1uJTNEc2oIMjZyb3cIM0QxMCUyNmlzVmld01pbmUIM0RmYWxzZSUyNnBhZ2UIM0QxJTI2c3JjaFdyZCUzRCVfQyVBMjYVCQyVFQyU5QSU5NCVFRU4NiVCNSVfQSVCMjYU4NCUyNg%3D%3D>, [accessed 2022.07.25.]

---

Received December 8, 2022; revised December 27, 2022; accepted December 28, 2022