비타민 C 첨가와 사과 껍질 함유 사과 퓨레의 품질 및 항산화 특성

박우현¹ · 박상범¹ · 차승현¹ · 한인범¹ · 박세림¹ · 현태경² · 장금일¹

¹충북대학교 식품생명공학과

²충북대학교 특용식물학과

Quality and Antioxidant Characteristics of Apple Puree Containing Peel and Added Vitamin C

Woo-Hyun Park¹, Sang-Beom Park¹, Seung-Hyeon Cha¹, In-Beom Han¹,
Se-Lim Bak¹, Tae Kyung Hyun², and Keum-Il Jang¹

¹Department of Food Science and Biotechnology,

²Department of Industrial Plant Science and Technology, Chungbuk National University

ABSTRACT This study aimed to compare and analyze changes in the quality and functional characteristics of apple puree containing peel and added vitamin C (sodium L-ascorbate). Apple puree containing peel (APP) was prepared by crushing unpeeled apples, adding vitamin C in varying concentrations of 0.04, 0.08, and 0.1% (g vitamin C/g apple), and then heating for 4 min 30 sec (about 20°Brix). The control apple puree (AP) was prepared similarly, except that the apples were peeled before crushing. The proximate compositions (including total dietary fiber content (TDF)) and quality characteristics (soluble solids, water activity, color, pH, acidity, yield, spread meter value, and texture) of AP and APP were analyzed. The functional characteristics including the total polyphenol and flavonoid content, and DPPH and ABTS radical scavenging activities were also investigated. The AP and APP were also evaluated in terms of color, flavor, taste, acidity, softness, and overall preference. Although the quality and sensory characteristics were similar among all purees, the TDF and functional characteristics of APP were higher than those of AP. The TDF and texture (hardness, chewiness, gumminess) decreased with increasing vitamin C amount, whereas browning inhibition improved. These results can be used by the food processing industry to improve the value of the apple puree as the addition of apple peel and vitamin C inhibits browning and improves its quality and functional characteristics.

Key words: apple puree, vitamin C, peel, quality, antioxidant

서 론

사과(*Malus domestica*)는 생물학적 분류로 장미목 장미과 배나무아속(*Pomoideae*)에 속하는 식물 또는 그 열매로 전 세계적으로 널리 재배되고 있다(Jeong, 1997). 사과는 탄수화물, 단백질 및 지방 이외에도 무기질,식이섬유,비타민 등이 풍부하게 함유되어 있고(Lee 등, 2000; Lee 등, 2018), 유기산 및 당류와 같은 기호성 성분과 비타민 및 폴리페놀 화합물과 같은 생리 활성 물질들을 함유하고 있으며(Hyson, 2011; Kalinowska 등, 2014; Hyun과 Jang, 2016)

국내에서 재배량이 가장 많은 ‘후지’는 당도가 14~15°Brix로 높고 총 산도가 0.4% 내외이다(Shin과 Kim, 2010). 그리고 사과 껍질은 사과 가공 중 흔히 버려지는데 사과 껍질에는 사과 과육에 비해 항산화 성분인 폴리페놀 함량이 약 2~9배정도 많아 높은 항산화 효과를 가지고 있으며(Youn 등, 2017), 심혈관 질환 및 암 등 성인병 예방에 효과가 있는 것으로 보고되고 있다(Park과 Kim, 2009). 이에 사과 껍질에 관한 연구로 분말 가공법에 따른 사과 껍질 분말의 항산화능 비교(Youn 등, 2017), 사과 껍질 폴리페놀 추출 및 항산화 활성 평가(Park과 Kim, 2009), 사과 껍질의 항산화,

Received 24 June 2021; Revised 15 August 2021; Accepted 6 September 2021

Corresponding author: Keum-Il Jang, Department of Food Science and Biotechnology, Chungbuk National University, Chungdae-ro 1, Seowon-gu, Cheongju-si, Chungbuk 28644, Korea, E-mail: jangki@chungbuk.ac.kr

Author information: Woo-Hyun Park (Graduate student), Sang-Beom Park (Graduate student), Seung-Hyeon Cha (Graduate student), In-Beom Han (Graduate student), Se-Lim Bak (Graduate student), Tae Kyung Hyun (Professor), Keum-Il Jang (Professor)

Copyright © 2021 by The Korean Society of Food Science and Nutrition. All rights Reserved.

This is Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

건강 기능성 및 미용 식품 활성(Lee 등, 2018) 등이 진행되었는데, 대부분 사과 껍질의 기능성 성분 및 활성에 관한 연구로 사과 껍질을 이용하여 사과의 부가가치를 향상시키기 위한 사과 가공품 연구는 미흡한 실정이다.

퓨레(Puree)는 과일을 삶거나 갈아서 걸쭉하게 만든 농축물을 말하며 상대적으로 보관 기간이 짧은 과일 및 채소류의 저장성 향상을 가능하게 하고, 음료, 드레싱, 빵, 디저트 등 가공 식품 제조 시 첨가물로 편리하게 사용되고 있다(Park, 2008; Ren 등, 2014; Jeong 등, 2017). 사과를 활용한 사과 퓨레는 사과를 분쇄 및 가열 시 과육 내부의 polyphenol 화합물들과 polyphenol oxidase로 인해 가공 중 갈변현상이 일어나는 단점이 있다. 사과의 갈변현상은 사과의 종류, 수확 시기, 가공 방법 등에 따라 차이가 있으며 영양적 가치를 떨어트리므로 품질을 변화시킨다(Bae 등, 2001).

사과 가공품의 주요한 갈변 원인인 polyphenol oxidase를 억제하기 위해 키토산 코팅 처리(Qi 등, 2011), 산화질소(NO)가스 노출에 의한 방법(Pristijono 등, 2006), 초음파를 이용한 방법(Cho 등, 2012), pH를 낮추어 갈변을 억제하는 방법(Janovitz-Klapp 등, 1990), 전기 투석으로 pH 변화를 조절하는 방법(Tronc 등, 1998), 비타민 C와 같은 환원제를 첨가하는 방법(Park 등, 2010; Sapers 등, 1989) 등의 다양한 연구들이 진행되었다. 사과 퓨레 제조를 위한 가열처리 공정 중 동일한 메커니즘에 의해 갈변 및 영양 손실이 발생하므로 이를 억제 및 최소화하기 위한 방법이 필요한 실정이다. 이에 비타민 C를 활용하면서 사과 껍질을 제거하지 않고 사과 퓨레를 제조한다면 갈변 억제와 영양 및 기능 특성 향상이 가능할 것으로 생각되었다.

따라서 본 연구에서는 비타민 C 첨가량에 따른 껍질 제거 사과 퓨레와 껍질 함유 사과 퓨레를 제조하고 각각의 사과 퓨레에 대한 품질 및 항산화 특성을 상호 비교 분석하여 갈변 억제와 품질 및 기능 특성 향상 가능성을 확인함으로써 과일 가공 산업에서 사과의 부가가치 향상을 위한 정보를 제공하고자 하였다.

재료 및 방법

실험 재료

사과 퓨레 제조를 위해 청주시 농수산물 도매시장에서 충주산 후지 사과를 구입하여 4°C에서 보관하면서 퓨레 제조 시 사용하였고, 사과 퓨레에 첨가하기 위한 비타민 C(Sodium L-ascorbate)는 (주)이에스식품원료(ESfood, Gunpo, Korea)에서 구입하여 사용하였다. 총 식이섬유 분석을 위한 효소로 내열성 α -amylase(EBLAAM-40ML), protease(E-BSPRT-40ML), amylo-glucosidase(E-AMGDF-40ML)는 Megazyme(Wicklow, Ireland)으로부터 구입하여 사용하였으며, 항산화 성분 및 활성 분석을 위한 시약으로 2,2'-azino-bis(3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid; ABTS), 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl(DPPH),

Folin-Ciocalteu's phenol reagent, gallic acid, potassium persulfate는 Sigma-Aldrich Chemical(St. Louis, MD, USA)에서 구입하였고, Na_2CO_3 는 Samchun Pure Chemical(Seoul, Korea)에서 구입하여 사용하였다.

사과의 품질 특성

사과의 품질 특성은 Sohn 등(2002)의 방법을 변형하여 전처리한 다음 분석하였다. 먼저 사과를 흐르는 수돗물로 세척한 다음 비가식 부위를 제거하고 껍질을 박피하였다. 박피된 사과를 8조각으로 쪼개어 제심 후 과육을 5 mm 두께로 얇게 절단한 사과 조각 100 g을 가정용 믹서기(SMX-B98J, SHINIL, Cheonan, Korea)에 넣고 1분간 파쇄하여 시료를 제조하였다. 그리고 사과 시료를 이용하여 당도, pH 및 총산을 분석하였으며, 사과의 색도는 박피된 사과를 $1 \times 1 \text{ cm}^2$ 로 절단한 다음 색차계(CR-300, Minolta Co., Tokyo, Japan)를 이용하여 분석하였다.

사과 퓨레 제조

사과 퓨레 제조는 Sohn 등(2002)의 사과 퓨레 제조 방법을 변형하여 제조하였다. 먼저 껍질을 제거시킨 사과와 껍질을 제거하지 않은 사과를 사과의 품질 분석을 위한 방법과 동일하게 사과 조각을 제조한 다음 가정용 믹서기에 넣고 비타민 C를 0, 0.04, 0.08, 0.1%(g/g)씩 각각 첨가한 후 1분간 파쇄하였다. 그리고 각각의 사과 파쇄물을 가열 냄비에 옮기고 100°C에서 4분 30초 동안 가열한 다음 실온에서 냉각시켜 사과 퓨레를 제조하였고, 각각의 사과 퓨레는 4°C에서 보관하면서 분석할 때 사용하였다. 비타민 C를 0, 0.04, 0.08, 0.1%(g/g)씩 각각 첨가한 껍질이 없는 사과 퓨레(apple puree, AP)는 AP0, AP0.04, AP0.08, AP0.1로 구분하고, 껍질이 있는 사과 퓨레(apple puree containing peel, APP)는 APP0, APP0.04, APP0.08, APP0.1로 구분하여 사용하였다.

일반성분 분석 및 총 식이섬유 함량

사과 퓨레의 일반성분 분석은 식품공전의 일반시험법(Ministry of Food and Drug Safety, 2021)과 Han 등(2020)의 방법을 활용하여 분석하였다. 먼저 사과 퓨레 시료 3 g을 준비하고 수분함량은 105°C에서 상압가열건조법으로 측정하였고, 조회분 함량은 525°C에서 직접회화법, 조단백질 함량은 Kjeldhal법에 의해 측정했으며 조지방 함량은 Soxhlet 추출법에 의해 측정하였다. 탄수화물 함량은 사과 및 사과 퓨레 시료 전체 무게를 100%로 놓고 수분, 조회분, 조단백질, 조지방 함량을 제외한 값으로 나타내었다.

사과 퓨레의 총 식이섬유 함량은 식품공전 일반시험법(Ministry of Food and Drug Safety, 2021)과 AOAC 991.43(AOAC, 1995) 분석법을 적용하여 시료를 효소 처리하여 여과시킨 후 남은 잔기량에서 단백질값, 회분값과 대조구 값을 빼고 계산하였으며, 총 식이섬유 함량은 g/100 g으

로 나타내었다.

품질 특성 분석

사과 퓨레의 당도는 시료 1 g을 취한 다음 $25 \pm 2^\circ\text{C}$ 에서 굴절당도계(PAL-1, ATAGO, Tokyo, Japan)를 이용하여 측정하고 $^\circ\text{Brix}$ 로 표시하였다. 수분 활성도는 각각의 시료를 3 g 취하여 $25 \pm 2^\circ\text{C}$ 에서 수분활성측정기(4TE, Aqualab, Pullman, WA, USA)를 이용하여 측정하였다. 색도는 시료를 Petri dish에 담은 후 표준백색판 $L=92.700$, $a=0.313$, $b=0.396$ 으로 교정한 색차계(CR-300, Minolta Co.)를 이용하여 L (brightness), a (redness), b (yellowness)의 값을 측정하였다. 그리고 총 산도와 pH는 각각의 시료 3 g에 27 mL의 증류수를 가하고 vortex mixer(JEIO TECH, Deajeon, Korea)를 이용하여 1분간 균질화한 다음 $25 \pm 2^\circ\text{C}$ 에서 2시간 침전시킨 후 상층액 10 mL를 분리한 다음 총 산도는 1% 페놀프탈레인 5 μL 를 넣고 0.1 N NaOH로 중화 적정하여 측정하였고, pH는 pH meter(Docu-pH meter, Sartorius, New York, NY, USA)를 이용하여 측정하였다.

Spreadmeter value는 Jin 등(2008)의 방법을 변형하여 측정하였는데, 유리판 중심에 놓은 직경이 5.5 cm의 상하부가 개방된 원통에 시료를 3 cm 높이로 부어놓고 위로 빼는 순간부터 2분 후에 중심으로부터 퍼진 거리(cm)를 8군데에서 측정하여 평균값으로 나타내었다. 그리고 사과 퓨레의 수율은 사과 시료의 총 무게를 측정하여 식 (1)의 방법으로 사과 시료 단위 무게 당 사과 퓨레의 총 무게 비율(%)로 계산하였다(Han 등, 2020).

$$\text{Yield of apple purees (\%)} = \frac{\text{Weight of apple purees (g)}}{\text{Weight of apple (g)}} \times 100 \quad (1)$$

조직감은 Kim 등(2010)과 Jung과 Kang(2012)의 방법을 응용하여 시료 50 g을 50 mL 비이커에 담은 다음 texture analyser(Textanalyser TA-XT2, Texture Technologies Co., Scarsdale, NY, USA)를 이용하여 경도(hardness), 씹힘성(chewiness), 겹섬성(gumminess)을 분석하였다. Texture analyser에서 probe는 지름 25.0 mm의 probe를 사용하였으며, test speed, pre-test speed, post-test speed는 모두 2.0 mm/s, trigger force는 5.0 g으로 측정하였다.

항산화 성분 및 활성

항산화 성분 및 활성 분석을 위한 시료의 전처리는 먼저 사과 퓨레를 동결건조(FD8508, IIShinBiobase Co., Daejeon, Korea)한 다음 분쇄기(80335, Elec-Tech Zhuhai Co., Xiangzhou, China)를 이용하여 분말화하였다. Conical tube에 동결건조된 분말 1 g과 증류수 20 mL를 첨가하고, 80°C 의 항온수조에서 2시간 동안 교반시켰다. 그리고 3,461 $\times$ g에서 10분간 원심분리(Union 5kr, Hanil Science In-

dustrial Co., Incheon, Korea)한 다음, 상층액을 Whatman filter paper(No. 2, Whatman International, Buckinghamshire, UK)로 3 반복 추출하여 얻은 여과액을 다시 동결건조 후 1 mg/mL로 희석하여 항산화 성분 및 활성 분석을 위한 시료로 사용하였다.

총 폴리페놀 함량은 Dewanto 등(2002)의 방법을 이용하여 시료 추출물 100 μL 에 2%(w/v) Na_2CO_3 용액 2 mL를 첨가한 후 3분간 실온에서 방치하고, 50%(v/v) Folin-Ciocalteu 시약을 100 μL 가한 다음 30분간 반응시켜 흡광도 값을 750 nm에서 측정하였다. 표준물질로는 gallic acid를 사용하였으며 사과 퓨레 시료 1 g당 μg gallic acid equivalent content(GAE)로 나타내었다. 총 플라보노이드 함량은 Han 등(2020)의 방법을 이용하여 시료 추출물 250 μL 에 증류수 1 mL와 5%(w/v) NaNO_2 75 μL 를 가한 다음 5분간 반응시키고 10%(w/v) $\text{AlCl}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ 150 μL 를 가하여 6분간 반응시켰다. 그리고 1 M NaOH 500 μL 를 가하고 11분 동안 반응시킨 후 510 nm에서 흡광도를 측정하였다. 표준물질로는 (+)-catechin hydrate를 사용하였으며 사과 퓨레 시료 1 g당 μg catechin equivalent content(CE)로 나타내었다.

DPPH 라디칼 소거능은 Blois(1958)의 방법으로 시료 추출물 200 μL 에 2×10^{-4} M의 DPPH 용액 800 μL 를 가하여 30분간 반응시킨 후 520 nm에서 흡광도를 측정하였다. 표준물질로는 L-ascorbic acid를 사용하였으며, 사과 퓨레 시료 1 g당 μg L-ascorbic acid equivalent antioxidant capacity(AE)로 나타내었다. ABTS 라디칼 소거능은 Ahn 등(2012)의 방법을 이용하여 7.4 mM의 ABTS와 2.6 mM의 potassium persulfate를 1:1로 혼합하여 암실에서 12~16 시간 교반 반응시키고, 735 nm에서 1.4~1.5의 흡광도 값이 되도록 증류수로 희석하였다. 그리고 시료 추출물에 희석한 ABTS 용액 1 mL를 첨가하고 60분간 반응시킨 다음 735 nm에서 흡광도를 측정하였다. 표준물질로는 L-ascorbic acid를 사용하였으며 시료 1 g당 μg L-ascorbic acid equivalent antioxidant capacity(AE)로 나타내었다.

관능검사

관능 평가를 위한 관능검사 요원의 선발은 Han 등(2020)과 Min과 Eun(2016)의 방법을 변형하여 수행하였다. 남녀 대학생 30명을 모집하여 관능 요원에게 실험 목적과 사과 퓨레에 대한 관능적 품질 요소를 잘 인식하도록 사전 교육을 한 다음 관능검사를 수행하였다. 관능검사용 비타민 C 첨가에 따른 겹질 제거 및 겹질 함유 사과 퓨레 시료는 동일한 양을 컵에 담아 제공하였다. 각각의 시료를 평가하고 다른 시료를 평가하기 전에 생수로 입을 행구도록 하였으며, 측정 항목은 색, 향, 맛, 신맛, 부드러움, 전체적인 선호도 등을 9점(매우 좋다)부터 1점(매우 나쁘다)까지 9점 척도법으로 평가하도록 하였다(IRB: CBNU-202106-HR-0058).

통계분석

본 연구는 독립적으로 3회 이상 반복 측정하여 실험 결과를 평균값과 표준편차로 나타내었다. 통계분석은 SAS 프로그램(Statistical Analysis System, Ver. 9.4, SAS Institute Inc., Cary, NC, USA)으로 ANOVA 검정을 시행하여 F-value 및 P-value를 분석하고 Duncan's multiple range test에 의해 유의성을 $P < 0.05$ 수준에서 검정하였다.

결과 및 고찰

사과의 품질 특성

사과 퓨레 제조에 사용한 후지 사과의 품질 특성을 분석한 결과 수분함량은 0.98을 나타내었고, 당도는 12.2°Brix, pH는 4.42, 총산은 0.66%를 나타내었으며, 색도는 L값에서 70.49, a값에서 -7.57, b값에서 21.63을 나타내었다(데이터 미제시). 후지 사과의 당도가 14~15°Brix이며 총산은 0.4% 나타내었다는 Shin과 Kim(2010)의 보고와 당도는 15.45°Brix, pH는 4.29, 총 산도는 0.35%를 나타내었다는 Cha 등(2019)의 보고를 미루어 볼 때, 본 연구에서 사용된 후지 사과는 수확 후 일정 저장 기간이 지난 사과로 저장 기간 중 당도는 낮아지고, 총 산도가 높아진 것으로 생각되며 이와 같은 사과는 사과의 품질 및 부가 가치 향상을 위한 사과 퓨레 가공 원료로 적합한 사과라고 생각된다.

껍질 제거 및 껍질 함유 사과 퓨레의 일반성분 비교

AP와 APP 간의 일반성분을 비교한 결과는 Table 1에 나타내었다. AP와 APP를 각각 비교해보면 조단백은 검출되지 않았고, 수분함량과 조지방, 탄수화물은 비타민 C(sodium L-ascorbate) 첨가량에 영향 없이 모두 유사하였다.

조회분의 경우 AP와 APP 모두 유사한 함량을 나타내었는데, 비타민 C 첨가량이 증가할수록 높아지는 경향을 나타내었다. 이는 NaCl 첨가량이 증가함에 따라 회분의 함량이 증가한다는 Kim 등(2008) 보고를 미루어 볼 때, 비타민 C의 첨가량이 증가하면서 비타민 C의 구성 물질인 나트륨의 첨가량도 증가했기 때문으로 생각된다. 총 식이섬유 함량의 경우 AP보다 APP가 높게 나타났는데, 이는 사과 껍질에는 식이섬유가 많이 함유되어 있기 때문에(Tsuji, 1992; Lee 등, 2000), 사과 껍질을 함유한 APP가 AP보다 높은 총 식이섬유 함량을 나타낸 것으로 생각된다.

껍질 제거 및 껍질 함유 사과 퓨레의 품질 특성 비교

AP와 APP 간의 품질 특성을 비교한 결과 먼저 가용성 고형분, 수분 활성도, pH, 총 산도, 수율 및 스프레드 미터 값은 모든 사과 퓨레에서 유사하게 나타났다($P > 0.05$)(Table 2). 사과 퓨레의 색도는 기존 사과의 색도에 비해 AP와 APP의 L값과 b값은 감소하고 a값은 증가하여 갈변이 발생되었음을 확인할 수 있었다. 그러나 비타민 C 첨가량 증가할수록 AP와 APP는 비타민 C를 첨가하지 않은 AP0과 APP0에 비해 L값과 b값은 증가하고 a값은 감소하는 경향을 보여 유의적으로($P < 0.05$) 갈변 반응이 억제되었음을 확인할 수 있었다(Table 2, Fig. 1). 또한, 사과 껍질을 함유한 APP가 사과 껍질을 제거한 AP에 비해 a값이 높았는데 이는 사과 껍질이 함유한 안토시아닌 색소(Whang 등, 2001)로 인해 redness 증가로 a값이 증가한 것으로 생각된다. 사과의 세포 조직이 파괴되었을 때 polyphenol oxidase에 의해 페놀 화합물이 산화되고 O-quinone과 같은 화합물이 만들어지며 이들이 중합되어 갈색 색소인 멜라닌을 생성하여 갈변된다는 보고(Jung, 2012)와 항산화제 및 킬레이트제로서 비타

Fig. 1. Images of apple puree added vitamin C (up) and apple puree containing peel and added vitamin C (down). ¹⁾AP0: Apple puree without vitamin C. ²⁾AP0.04: Apple puree added 0.04% (w/w) vitamin C. ³⁾AP0.08: Apple puree added 0.08% (w/w) vitamin C. ⁴⁾AP0.1: Apple puree added 0.1% (w/w) vitamin C. ⁵⁾APP0: Apple puree containing peel without vitamin C. ⁶⁾APP0.04: Apple puree containing peel and added 0.04% (w/w) vitamin C. ⁷⁾APP0.08: Apple puree containing peel and added 0.08% (w/w) vitamin C. ⁸⁾APP0.1: Apple puree containing peel and added 0.1% (w/w) vitamin C.

Table 1. Comparison of proximate composition and total dietary fiber content for various apple puree added vitamin C

	Apple puree			Apple puree containing peel			F-value	
	AP0 ¹⁾	AP0.04 ²⁾	AP0.08 ³⁾	AP0.1 ⁴⁾	APP0 ⁵⁾	APP0.04 ⁶⁾		APP0.08 ⁷⁾
Moisture content (%)	64.50±0.56	65.34±3.84	66.59±3.30	65.63±0.56	65.13±0.86	66.53±3.46	68.49±4.96	68.42±4.86
Crude protein content (%)	0.00±0.00	0.00±0.00	0.00±0.00	0.00±0.00	0.00±0.00	0.00±0.00	0.00±0.00	0.00±0.00
Crude fat content (%)	0.68±0.09	0.63±0.03	0.64±0.05	0.63±0.08	0.62±0.03	0.59±0.04	0.60±0.05	0.59±0.04
Mineral content (%)	0.13±0.01 ^d	0.27±0.01 ^{abc}	0.32±0.08 ^{ab}	0.34±0.04 ^a	0.14±0.06 ^d	0.22±0.04 ^c	0.25±0.03 ^{bc}	0.30±0.04 ^{ab}
Carbohydrate content (%)	34.67±0.54	33.76±3.85	32.45±3.26	33.40±0.51	34.10±0.84	32.66±3.46	30.66±4.96	30.69±4.81
Total dietary fiber content (g/100 g)	2.03±0.06 ^b	2.04±0.04 ^b	2.00±0.07 ^b	2.00±0.03 ^b	2.98±0.07 ^a	3.03±0.07 ^a	3.03±0.04 ^a	3.03±0.05 ^a

¹⁾AP0: Apple puree without vitamin C.²⁾AP0.04: Apple puree added 0.04% (w/w) vitamin C.³⁾AP0.08: Apple puree added 0.08% (w/w) vitamin C.⁴⁾AP0.1: Apple puree added 0.1% (w/w) vitamin C.⁵⁾APP0: Apple puree containing peel without vitamin C.⁶⁾APP0.04: Apple puree containing peel and added 0.04% (w/w) vitamin C.⁷⁾APP0.08: Apple puree containing peel and added 0.08% (w/w) vitamin C.⁸⁾APP0.1: Apple puree containing peel and added 0.1% (w/w) vitamin C.Means represented by different letters (a-d) in the same row are significantly different at $P<0.05$.Significant at *** $P<0.001$.**Table 2.** Comparison of quality characteristics for various apple puree added vitamin C

	Apple puree			Apple puree containing peel			F-value	
	AP0 ¹⁾	AP0.04 ²⁾	AP0.08 ³⁾	AP0.1 ⁴⁾	APP0 ⁵⁾	APP0.04 ⁶⁾		APP0.08 ⁷⁾
Soluble solids (°Brix)	20.6±1.1	20.3±1.6	20.8±0.4	20.4±1.1	20.5±1.4	20.4±1.2	20.1±1.6	20.2±0.8
Water activity (Aw)	0.99±0.00	0.99±0.01	0.98±0.02	0.99±0.01	0.99±0.00	0.99±0.01	0.99±0.01	0.99±0.00
Chromaticity L	40.56±0.77 ^c	44.66±3.06 ^b	47.71±0.04 ^a	47.54±0.75 ^a	39.17±0.73 ^c	45.16±0.30 ^b	46.80±0.06 ^{ab}	46.89±0.11 ^{ab}
a	-0.92±1.19 ^{ab}	-3.88±4.47 ^{bc}	-7.24±2.24 ^c	-7.73±1.82 ^c	2.55±0.75 ^a	-0.58±1.45 ^{ab}	-0.86±1.81 ^{ab}	-1.84±1.22 ^b
b	18.59±1.30 ^{bc}	20.36±1.20 ^{abc}	20.51±1.29 ^{ab}	21.59±1.54 ^a	18.29±0.60 ^c	20.12±0.69 ^{abc}	21.15±0.38 ^a	21.51±1.52 ^a
pH	4.3±0.0	4.3±0.0	4.3±0.0	4.3±0.0	4.3±0.0	4.3±0.0	4.3±0.0	4.3±0.0
Acidity (AAeq%)	1.24±0.04	1.24±0.03	1.23±0.03	1.24±0.03	1.25±0.04	1.25±0.05	1.26±0.05	1.26±0.05
Yield (%)	62.67±4.65	62.39±4.26	63.83±4.04	61.83±5.69	66.28±1.97	63.89±2.52	63.17±3.88	62.00±4.09
Spreadmeter value (cm)	5.7±0.0	5.7±0.0	5.7±0.0	5.7±0.0	5.7±0.0	5.7±0.0	5.7±0.0	5.7±0.0
Hardness	105.91±15.62 ^b	111.74±12.30 ^b	100.99±8.19 ^b	109.16±10.68 ^b	181.43±11.49 ^a	182.41±4.92 ^a	176.11±21.88 ^a	185.18±9.74 ^a
Chewiness	69.85±7.35 ^c	78.12±9.21 ^c	65.78±6.68 ^c	77.71±9.75 ^c	110.60±5.11 ^{ab}	114.65±7.50 ^{ab}	107.75±5.19 ^b	123.80±10.90 ^a
Gumminess	74.23±8.53 ^b	81.86±10.42 ^b	72.01±9.26 ^b	80.48±9.00 ^b	116.85±5.14 ^a	125.66±12.12 ^a	115.75±6.94 ^a	125.67±9.89 ^a

¹⁾AP0: Apple puree without vitamin C.²⁾AP0.04: Apple puree added 0.04% (w/w) vitamin C.³⁾AP0.08: Apple puree added 0.08% (w/w) vitamin C.⁴⁾AP0.1: Apple puree added 0.1% (w/w) vitamin C.⁵⁾APP0: Apple puree containing peel without vitamin C.⁶⁾APP0.04: Apple puree containing peel and added 0.04% (w/w) vitamin C.⁷⁾APP0.08: Apple puree containing peel and added 0.08% (w/w) vitamin C.⁸⁾APP0.1: Apple puree containing peel and added 0.1% (w/w) vitamin C.Means represented by different letters (a-c) in the same row are significantly different at $P<0.05$.Significant at * $P<0.05$, *** $P<0.001$, respectively.

민 C에 의해 polyphenol oxidase의 비활성화가 유도된다는 보고(Jiang, 2015)를 통해 사과 푸레 제조 시 비타민 C를 첨가함으로써 polyphenol oxidase 비활성화 유도도 폴리페놀 화합물의 산화가 억제되어 사과 푸레의 갈변이 방지된 것으로 생각된다.

조직감에서는 AP보다 APP가 경도(hardness), 씹힘성(chewiness)과 검성(gumminess)이 모두 증가하는 경향을 나타내었다(Table 2). 이는 식이섬유가 식품의 조직감 및 관능적 특성 향상, 수분 흡수력, 겔화 능력 등에 물리적 영향을 준다는(Park 등, 2011) 보고를 미루어 볼 때, 사과 껍질을 함유한 APP가 AP보다 식이섬유 함량이 높아 사과 푸레의 경도, 씹힘성 및 검성과 같은 조직 특성이 높게 분포한 것으로 생각된다.

껍질 제거 및 껍질 함유 사과 푸레의 항산화 특성 비교

AP와 APP 간의 항산화 특성을 비교한 결과 AP보다 APP의 항산화 성분 함량과 활성이 높게 나타났으며, 비타민 C의 첨가량이 증가할수록 AP와 APP의 항산화 성분 함량과 활성이 모두 증가하는 경향을 나타내었다(Table 3). 이는 사과 껍질에는 과육에 비해 2~9배 정도 폴리페놀이 많이 함유되어 있어 높은 항산화 활성을 나타낸다는 보고(Tsao 등, 2003; Lee 등, 2012)를 통해 껍질을 함유한 APP가 껍질이 제거된 AP보다 항산화 성분 함량과 활성이 높아진 것으로 보이며, 항산화 활성이 높은 비타민 C가 첨가되었기 때문에 APP와 AP 모두 항산화 성분 함량과 활성이 증가된 것으로 생각된다. 그러나 AP와 APP 간의 ABTS 라디칼 소거능 차이가 크게 나타난 반면 DPPH 라디칼 소거능은 낮은 차이를 나타내었는데, 이는 사과의 주된 폴리페놀 성분으로 oligomer 및 polymer 형태인 procyanidin이 사과의 마쇄와 압착 등에 의해 세포가 파괴되면 세포벽 성분과 소수성 결합을 하는데(Park과 Kim, 2009), DPPH 라디칼 소거능은 BHT와 같은 강한 소수성 항산화제와 낮은 반응성을 나타내어 지용성 항산화 성분의 항산화 활성 측정이 어렵다는 보고(Sharma와 Bhat, 2009)를 미루어볼 때 DPPH 라디칼 성분이 사과의 총 폴리페놀 성분인 소수성의 procyanidin과는 반응하지 못하고 낮은 함량의 플라보노이드 성분과 반응하였기 때문으로 생각된다.

껍질 제거 및 껍질 함유 사과 푸레의 관능 특성 비교

AP와 APP 간의 색, 향기, 맛, 신맛, 부드러움, 전체적인 선호도에 대한 관능 특성을 비교한 결과는 Table 4에 나타내었다. 색, 향기, 맛, 신맛, 부드러움, 전체적인 선호도 모두에서 AP가 APP보다 높은 기호도를 보였으며, 비타민 C를 첨가할수록 사과 푸레의 향, 맛, 신맛, 부드러움은 APP와 AP 모두 유의적인 차이를 나타내지 않았으나 색과 전체적인 기호도에서는 비타민 C의 첨가량이 증가할수록 APP와 AP 모두 기호도가 증가하는 경향을 나타내었다. 이는 사과 껍질을 함유한 사과박 첨가량이 증가할수록 쿠키의 기호도가 감

소하였다는 Oh와 Kang(2016)의 보고를 미루어볼 때 AP에 비하여 APP에 함유된 사과 껍질에 의해 식감이 떨어지면서 기호도가 감소한 것으로 생각되며, 사과 푸레에 비타민 C를 첨가하면서 기호도가 향상된 것은 사과 푸레의 갈변이 억제되면서 색에 대한 기호도가 향상되고 동시에 전체적인 선호도가 높아진 것으로 생각된다. 그리고 AP가 APP보다 높은 관능 특성을 나타내었는데, 그중 AP0.1과 APP0.1이 각각 가장 높은 기호도를 나타내었으며, APP0.1의 경우 AP0과 유사한 기호도를 나타내었다. 토마토 껍질을 첨가하여 제조한 파스타의 관능 평가에서 껍질의 입자를 미세하게 하여 첨가한 첨가구가 상대적으로 높은 관능 점수를 얻었다는 Padalino 등(2015)의 보고를 미루어 볼 때, 사과 껍질을 함유한 APP 제조 시 껍질을 곱게 분쇄하여 제조한다면 기호도 저하를 극복할 수 있을 것으로 생각된다. 따라서 껍질을 함유함으로써 사과 푸레의 전체적인 기호도가 낮아지는 경향을 나타내었지만 항산화 특성이 향상되었으며, 비타민 C 첨가로 전체적인 기호도 향상 및 갈변 억제 효과 확인을 통해 비타민 C 첨가 및 사과 껍질 함유를 통한 품질, 항산화 및 기호도가 향상된 사과 푸레의 제조 가능성을 제시하였다고 생각된다.

결론적으로 본 연구에서는 사과 껍질 함유 및 비타민 C를 첨가한 APP와 껍질을 제거하고 비타민 C를 첨가한 AP 간의 품질 및 항산화 특성 비교를 통해 APP와 AP 간의 품질 특성은 유사한 반면 APP의 항산화 특성이 향상되었고, 비타민 C 첨가에 의한 사과 푸레의 갈변 억제로 APP의 기호도 향상 가능성을 확인하였으며 껍질 함유 사과 푸레 제조를 통한 과일 가공 산업에서 사과의 부가가치 향상을 위한 정보를 제공하였다고 생각된다.

요 약

본 연구에서는 비타민 C를 첨가한 껍질 제거 사과 푸레(AP)와 껍질 함유 사과 푸레(APP)를 제조하고 각각의 사과 푸레에 대한 품질, 항산화 및 관능 특성을 분석하였다. 일반성분은 AP와 APP 간에 모두 유사한 함량을 나타내었으나 총 식이섬유의 경우 APP가 AP에 비해 높은 함량을 나타내었다. 가용성 고형분, 수분 활성도, 색도, pH, 총 산도, 수율, 스프레드 미터는 AP와 APP 모두 유사한 범위를 나타내었으나 조직감의 경우 APP가 AP에 비해 높게 나타났다. 항산화 특성의 경우 APP가 AP에 비해 높은 항산화 성분 함량 및 활성을 나타내었고 비타민 C 첨가량 증가에 따라 APP와 AP 모두 항산화 성분 함량과 활성이 증가하였다. 관능 특성의 경우 APP가 AP에 비해 낮은 기호도를 보였으나 비타민 C 첨가량 증가에 따라 색도와 전체적인 기호도가 향상되었고, APP0.1이 AP0과 유사한 기호도를 나타내어 APP의 기호도 향상 가능성을 확인하였다. 따라서 본 연구에서는 비타민 C를 첨가한 껍질 함유 사과 푸레 제조를 통해 사과의 부가가치 향상을 위한 정보를 제공하였다고 생각된다.

Table 3. Comparison of antioxidant contents and activities for various apple puree added vitamin C

	Apple puree			Apple puree containing peel			F-value		
	AP0 ¹⁾	AP0.04 ²⁾	AP0.08 ³⁾	AP0.1 ⁴⁾	APP0 ⁵⁾	APP0.08 ⁷⁾		APP0.1 ⁸⁾	
Total polyphenol content ($\mu\text{g GAE}/100\text{ g}$)	175.8 $\pm$ 2.9 ^e	218.0 $\pm$ 43.1 ^{de}	281.5 $\pm$ 26.5 ^c	310.3 $\pm$ 11.0 ^{bc}	226.1 $\pm$ 4.1 ^d	287.7 $\pm$ 7.0 ^c	353.9 $\pm$ 28.1 ^b	403.1 $\pm$ 41.3 ^a	25.62 ^{***}
Total flavonoid content ($\mu\text{g CE}/100\text{ g}$)	30.7 $\pm$ 5.5 ^e	39.4 $\pm$ 13.4 ^{de}	66.7 $\pm$ 5.2 ^{bc}	69.0 $\pm$ 9.0 ^{bc}	44.9 $\pm$ 5.8 ^d	65.1 $\pm$ 8.3 ^c	80.8 $\pm$ 4.5 ^{ab}	85.6 $\pm$ 7.2 ^a	19.32 ^{***}
DPPH radical scavenging activity ($\mu\text{g AE}/100\text{ g}$)	168.5 $\pm$ 34.5 ^e	204.2 $\pm$ 29.4 ^{bc}	224.2 $\pm$ 44.2 ^{abc}	255.9 $\pm$ 13.9 ^{ab}	200.5 $\pm$ 29.5 ^{bc}	230.6 $\pm$ 46.5 ^{abc}	246.5 $\pm$ 38.1 ^{ab}	273.5 $\pm$ 13.9 ^a	3.09 [*]
ABTS radical scavenging activity ($\mu\text{g AE}/100\text{ g}$)	810.4 $\pm$ 31.7 ^e	1,125.3 $\pm$ 114.0 ^d	1,530.9 $\pm$ 99.5 ^b	1,611.6 $\pm$ 26.1 ^b	1,064.5 $\pm$ 45.8 ^d	1,302.4 $\pm$ 41.9 ^c	1,635.1 $\pm$ 78.2 ^b	1,755.1 $\pm$ 52.5 ^a	70.95 ^{***}

¹⁾AP0: Apple puree without vitamin C.

²⁾AP0.04: Apple puree added 0.04% (w/w) vitamin C.

³⁾AP0.08: Apple puree added 0.08% (w/w) vitamin C.

⁴⁾AP0.1: Apple puree added 0.1% (w/w) vitamin C.

⁵⁾APP0: Apple puree containing peel without vitamin C.

⁶⁾APP0.04: Apple puree containing peel and added 0.04% (w/w) vitamin C.

⁷⁾APP0.08: Apple puree containing peel and added 0.08% (w/w) vitamin C.

⁸⁾APP0.1: Apple puree containing peel and added 0.1% (w/w) vitamin C.

Means represented by different letters (a-e) in the same row are significantly different at $P<0.05$.

Significant at $P<0.05$, *** $P<0.001$, respectively.

Table 4. Comparison of sensory test profiles for various apple purees added vitamin C

	Apple puree			Apple puree containing peel			F-value		
	AP0 ⁽¹⁾	AP0.04 ⁽²⁾	AP0.08 ⁽³⁾	AP0.1 ⁽⁴⁾	APP0 ⁽⁵⁾	APP0.08 ⁽⁷⁾		APP0.1 ⁽⁸⁾	
Color	4.47±1.31 ^{bcd}	5.13±1.53 ^{abcd}	6.93±1.44 ^{ab}	7.23±1.43 ^a	2.73±1.01 ^d	3.87±1.22 ^{cd}	5.13±1.31 ^{abcd}	5.40±1.48 ^{abc}	3.65 [*]
Flavor	5.40±1.28	5.83±1.15	6.00±1.68	6.20±1.45	4.13±1.22	4.53±1.07	4.67±1.40	5.03±1.59	0.91
Taste	5.67±1.42	6.63±1.40	6.67±1.45	6.87±1.43	3.87±1.63	4.00±1.51	4.27±1.36	4.90±1.86	2.08
Sour taste	5.50±1.43	6.00±1.46	6.23±1.41	6.37±1.54	4.53±1.48	4.67±1.56	4.93±1.48	4.77±1.55	0.75
Softness	6.07±1.31	6.47±1.36	6.53±1.50	6.93±1.48	3.83±1.09	3.93±1.57	4.33±1.58	4.93±1.48	2.34
Overall preference	5.57±1.38 ^{abc}	6.50±1.17 ^{ab}	6.87±1.28 ^a	6.93±1.36 ^a	3.83±0.83 ^c	4.00±1.23 ^c	4.20±1.37 ^{bc}	5.10±1.49 ^{abc}	3.06 [*]

¹⁾AP0: Apple puree without vitamin C.

²⁾AP0.04: Apple puree added 0.04% (w/w) vitamin C.

³⁾AP0.08: Apple puree added 0.08% (w/w) vitamin C.

⁴⁾AP0.1: Apple puree added 0.1% (w/w) vitamin C.

⁵⁾APP0: Apple puree containing peel without vitamin C.

⁶⁾APP0.04: Apple puree containing peel and added 0.04% (w/w) vitamin C.

⁷⁾APP0.08: Apple puree containing peel and added 0.08% (w/w) vitamin C.

⁸⁾APP0.1: Apple puree containing peel and added 0.1% (w/w) vitamin C.

Means represented by different letters (a-d) in the same row are significantly different at $P<0.05$.

Significant at $P<0.05$.

감사의 글

본 연구는 농촌진흥청 연구비 지원(과제번호 PJ0152850 12021)에 의해 수행되었으며 이에 감사드립니다.

REFERENCES

- Ahn JB, Park JA, Jo H, Woo I, Lee SH, Jang KI. Quality characteristics and antioxidant activity of commercial *Doenjang* and traditional *Doenjang* in Korea. *Korean J Food Nutr.* 2012. 25:142-148.
- AOAC. Official Methods of Analysis. 16th ed. Association of Official Analysis Chemists, Washington, DC, USA. 1995.
- Bae SK, Lee YC, Kim HW. The browning reaction and inhibition of apple concentrated juice. *J Korean Soc Food Sci Nutr.* 2001. 30:6-13.
- Blois MS. Antioxidant determinations by the use of a stable free radical. *Nature.* 1958. 181:1199-1200.
- Cha SH, Shin NR, An H, Yoo DI, Kim DI, Hyun TK, et al. Quality and antioxidant properties of bread added with 'Fuji' apple juice. *J Korean Soc Food Sci Nutr.* 2019. 32:98-105.
- Cho JS, Jeong MC, Moon KD. Effects of ultrasound and ascorbic acid cotreatment on browning of fresh-cut 'Tsugaru' apples. *Korean J Food Preserv.* 2012. 19:323-327.
- Dewanto V, Wu X, Liu RH. Processed sweet corn has higher antioxidant activity. *J Agric Food Chem.* 2002. 50:4959-4964.
- Han IB, Cha SH, Jung UH, Hyun TK, Kim S, Kim SH, et al. Quality and functional characteristics of Tofu prepared with dehulled soybeans (*Glycine max* L. Merrill). *J Korean Soc Food Sci Nutr.* 2020. 49:1227-1235.
- Hyson DA. A comprehensive review of apples and apple components and their relationship to human health. *Adv Nutr.* 2011. 2:408-420.
- Hyun TK, Jang KI. Apple as a source of dietary phytonutrients: An update on the potential health benefits of apple. *EXCLI J.* 2016. 15:565-569.
- Janovitz-Klapp AH, Richard FC, Goupy PM, Nicolas JJ. Inhibition studies on apple polyphenol oxidase. *J Agric Food Chem.* 1990. 38:926-931.
- Jeong DH. Study on early fruit development in the Fuji apple. Master's thesis. Pohang University of Science and Technology. Pohang, Korea. 1997.
- Jeong JS, Park SJ, Son BG. Quality characteristics of jelly using fresh puree of *Sansuyu* (Cori Fructus). *J Korean Soc Food Sci Nutr.* 2017. 46:83-91.
- Jiang GH. Physicochemical characteristics of new cultivars of Asian pears and anti-browning effect of ascorbic acid and sodium metabisulfite in pear juice. Master's thesis. Chonnam National University, Gwangju, Korea. 2015.
- Jin TY, Heo SI, Lee WG, Lee IS, Wang MH. Manufacturing characteristics and physicochemical component analysis of *bokbunja* (*Rubus coreanus* Miquel) jam. *J Korean Soc Food Sci Nutr.* 2008. 37:48-52.
- Jung MS. Development of hurdle processing for browning inhibition of fresh-cut apple products. Master's thesis. Hoseo University, Asan, Korea. 2012.
- Jung NJ, Kang YH. Comparison of the physicochemical quality characteristics of strawberry jams by processing methods. *Korean J Food Preserv.* 2012. 19:337-343.
- Kalinowska M, Bielawska A, Lewandowska-Siwkiewicz H, Pribe W, Lewandowski W. Apples: content of phenolic compounds vs. variety, part of apple and cultivation model, extraction of phenolic compounds, biological properties. *Plant Physiol Biochem.* 2014. 84:169-188.
- Kim DS, Kim JS, Choi SK. The mineral contents of chicken stock according to salt contents - Using a high-pressure extraction cooking -. *Korean J Culi Res.* 2008. 14:283-291.
- Kim MJ, Kim MH, Kim HJ, Lee JY, Kim HR, You BR, et al. Antioxidant activities and quality characteristics of black garlic jam containing maltitol substituted for sucrose. *Korean J Food Cook Sci.* 2010. 26:866-871.
- Lee JH, Kim YC, Kim MY, Chung HS, Chung SK. Antioxidative activity and related compounds of apple pomace. *Korean J Food Sci Technol.* 2000. 32:908-913.
- Lee KH, Yoon YJ, Kwon HW, Lee EH. Antioxidant component and activity of different part extracts in apple (*Malus domestica* cv. Fuji). *Korean J Food Nutr.* 2018. 31:858-864.
- Lee MY, Yoo MS, Whang YJ, Jin YJ, Hong MH, Pyo YH. Vitamin C, total polyphenol, flavonoid contents and antioxidant capacity of several fruit peels. *Korean J Food Sci Technol.* 2012. 44:540-544.
- Min JH, Eun JB. Physicochemical and sensory characteristics of persimmon jelly added with different levels of *Daebong* persimmon puree. *Korean J Food Sci Technol.* 2016. 48:54-58.
- Ministry of Food and Drug Safety. 2021 Korea food code. 2021 [cited 2021 Jun 30]. Available from: https://www.foodsafetykorea.go.kr/foodcode/01_02.jsp?idx=263
- Oh CH, Kang CS. Effects of apple pomace on cookie quality. *Culi Sci & Hos Res.* 2016. 22(8):89-98.
- Padalino L, Conte A, Lecce A, Likyova D, Sicari V, Pellicano TM, et al. Durum wheat whole-meal spaghetti with tomato peels: how by-product particles size can affect final quality of pasta. *J Food Process Technol.* 2015. 6:10. <https://doi.org/10.4172/2157-7110.1000500>
- Park ID. Effect of *Cucurbita maxima* duchesne puree on quality characteristics of pound and sponge cakes. *Korean J Food Cult.* 2008. 23:748-754.
- Park MK, Kim CH. Extraction of polyphenols from apple peel using cellulase and pectinase and estimation of antioxidant activity. *J Korean Soc Food Sci Nutr.* 2009. 38:535-540.
- Park YK, Kim HS, Park HY, Han GJ, Kim MH. Retarded retrogradation effect of *Garaetteok* with apple pomace dietary fiber powder. *J Korean Soc Food Cult.* 2011. 26:400-408.
- Park YS, Im MH, Korsak T, Lee GS, Oh DM, Jung KJ, et al. Effect of anti-browning agent application on the improvement of quality maintenance for minimally processed pear slices. *J East Asian Soc Diet Life.* 2010. 20:239-247.
- Pristijono P, Wills RBH, Golding JB. Inhibition of browning on the surface of apple slices by short term exposure to nitric oxide (NO) gas. *Postharvest Biol Technol.* 2006. 42:256-259.
- Qi H, Hu W, Jiang A, Tian M, Li Y. Extending shelf-life of fresh-cut 'Fuji' apples with chitosan-coatings. *Innov Food Sci Emerg Technol.* 2011. 12:62-66.
- Ren C, Kim JM, Shin M. Quality characteristics of white pan breads made from domestic wheat flour added with *Daebong* persimmon puree. *Korean J Food Cook Sci.* 2014. 30:695-703.
- Sapers GM, El-Atawy YS, Hicks KB, Garzarella L. Effect of emulsifying agents on inhibition of enzymatic browning in apple juice by ascorbyl palmitate, laurate and decanoate. *J Food Sci.* 1989. 54:1096-1097.
- Sharma OP, Bhat TK. DPPH antioxidant assay revisited. *Food Chem.* 2009. 113:1202-1205.
- Shin YU, Kim MJ. Varieties. In: Yim YJ, editor. *New Strategies of Apple Prestige*. Semyeong munhwasa, Suwon, Korea.

2010. p 100.
- Sohn KH, Kim M, Yim S, Park H, Park OJ. Preparation of semi-solid apple-based baby food. Korean J Food Sci Technol. 2002. 34:43-50.
- Tronc JS, Lamarche F, Makhlouf J. Effect of pH variation by electrodialysis on the inhibition of enzymatic browning in cloudy apple juice. J Agric Food Chem. 1998. 46:829-833.
- Tsao R, Yang R, Young JC, Zhu H. Polyphenolic profiles in eight apple cultivars using high-performance liquid chromatography (HPLC). J Agric Food Chem. 2003. 51:6347-6353.
- Tsuji K. Nutritional role of dietary fiber-recent knowledge on dietary fiber. Kor J Food Hygiene. 1992. 7:S73-S76.
- Whang HJ, Han WS, Yoon KR. Quantitative analysis of total phenolic content in apple. Anal Sci Technol. 2001. 14:377-383.
- Youn SJ, Rhee JK, Lee H. 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. 2017. 21:326-331.