

Quality characteristics activities of low sugar aronia syrup added with aspartame

HyunJu Lim*, Ji-Hyun Kim*

*Graduate Student, Dept. of Food & Nutrition, KwangJu Women's University, Gwangju, Korea

*Associate Professor, Dept. of Food & Nutrition, KwangJu Women's University, Gwangju, Korea

[Abstract]

This study examined physiological activity of aronia chung with or without aspartame. High sugar content of food is recognized to induce chronic disease including diabetes and obesity. Sugar was replaced with aspartame to develop low-sugar aronia chung containing 0%, 25%, 50% and 75% aspartame based on sugar content of control in the study. Sweetness was the similar in the chungs with 0%, 25% and 50% aspartame but it was lower in the chung with 75% aspartame. pH was the highest in aronia chung with 75% aspartame as 2.95. Total phenolic content was the highest in aronia chung with 50% aspartame but it was not significantly different with 75% one. Flavonoid content increased with addition of aspartame and it was the highest in the chung with 75% aspartame as 206.60 μg QEAC/mL. Reducing power also showed the same aspect with flavonoid content. However DPPH radical scavenging ability was the highest in aronia chung without aspartame and lowest in the chung with 75% aspartame. This result implies that the addition of aspartame could sustain the sweetness and improve the physiological activity of food at the same time although there is some limitation.

▶ **Key words:** Low saccharification, Sugar, Aspartame, Oligosaccharide, Sweetner, Aronia syrup

[요 약]

설탕은 비만, 당뇨병 등의 원인이 되므로 저당화 식품섭취가 필요하며, 저당화 식품에 올리고당, 대체 감미료와 같은 저열량 감미소재를 이용하는 방안이 대두되고 있다. 최근 항산화작용이 높은 베리류가 각광 받기 시작하면서 아로니아의 국내 재배면적 및 소비량이 지속적으로 증가하고 있다. 짠맛을 지닌 아로니아는 주로 생과나 동결건조시킨 가루로 이용되며, 천연색소나 주스, 잼, 와인 등과 같은 가공제품도 증가하는 추세에 있어 아로니아의 단점을 개선한 다양한 가공상품 개발이 시급하다. 이에 본 연구는 아로니아의 선명한 색을 살리면서 짠맛을 완화시킨 저당 아로니아청으로 아로니아시럽을 제조하였다. 설탕 첨가량을 줄이고 단맛을 대체할 감미료로서 아스파탐을 첨가한 아로니아청을 제조하고, 여기에 올리고당을 첨가하여 개발한 아로니아시럽의 이화학적 특성과 생리활성능을 연구하였다. 아로니아시럽은 음료 등 다양한 음식개발에 활용이 가능하며, 생리활성능을 가진 아로니아로 인하여 건강을 증진시킬 수 있을 것이다.

▶ **주제어:** 저당, 설탕, 아스파탐, 올리고당, 감미료, 아로니아시럽

-
- First Author: HyunJu Lim, Corresponding Author: Ji-Hyun Kim
 - *HyunJu Lim (limhj2378@naver.com), Dept. of Food & Nutrition, KwangJu Women's University
 - *Ji-Hyun Kim (kjh@kwu.ac.kr), Dept. of Food & Nutrition, KwangJu Women's University
 - Received: 2021. 01. 18, Revised: 2021. 01. 30, Accepted: 2021. 02. 04.

I. Introduction

우리나라에서 당질의 섭취기준은 만성질환 예방과 지질 및 단백질의 섭취량을 연계하여 적정비율을 설정한다. 한국인의 총당류 섭취량은 매년 증가 추세에 있어, 2015년도 한국인 영양소 섭취기준 개정시 당질의 적정비율을 하향 조정하여 55~65%로 권장하고 있다[1]. 설탕이나 꿀은 당질의 함량이 가장 높고, 과일에 있는 당질은 주로 포도당과 과당의 함량이 비교적 높은 편이다. 당질의 급원으로 설탕은 가능한 한 피하는 것이 좋는데, 이는 설탕에는 다른 영양소는 전혀 없이 열량만 내므로 충치 발생률이 높고 성인병을 유발시킬 수 있기 때문이다[2].

건강에 대한 관심이 고조되면서 당류 감미료의 기피현상이 일고 있고 사카린(saccharin), 아스파탐(aspartame), 스테비오사이드(stevioside) 등 각종 비당질계의 고감미도 대체감미료가 사용되고 있다[3-4]. 대체 감미료는 설탕과 유사한 단맛을 지니면서 열량을 전혀 제공하지 않거나 감소시켜 체중 감소에 도움이 되고, 충치와 당뇨병을 예방하는데 이용된다[5]. 아스파탐은 신맛을 나타내는 L-아스파르트산(L-aspartic acid)과 쓴맛을 나타내는 L-페닐알라닌(L-phenylalanine)을 결합시킨 디펩타이드(dipeptide)의 메틸에스테르(methylester)이며, 설탕의 약 200배 단맛을 내는 디펩타이드계 인공감미료이다[6]. 설탕과 가장 유사한 맛을 내고, 설탕, 과당, 포도당 등과 혼합할 경우 상승효과(synergistic effect)를 나타낸다[7]. 1974년 미국식품의약국(FDA)에서 인정한 식품첨가물로서, 저칼로리, 비충치성, 깨끗한 감미 등의 특성 때문에 식품에 광범위하게 이용되고 있다[8]. 아스파탐은 설탕 대체물로서의 가능성이 있고, 그 원료가 아미노산이므로 분말 및 건조식품에의 사용이 허가된 후 탄산음료와 유제품, 차 등의 각종 식품에 이용되고 있으며, 그 사용량이 계속 증가하고 있는 추세를 반영하는 것이다[9-11].

아로니아(*Aronia melanocarpa*, *black chokeberry*)는 장미과(*Rosacea*)에 속하는 다년생으로 성분은 anthocyanins, flavonoids, phenolic acids 등과 다양한 polyphenolic compounds, vitamin C와 E 등을 다량 함유하고 있어 기능성 원료로 각광 받고 있다[12-14]. 아로니아는 안토시아닌, 카테닌, 폴리페놀 및 플라보노이드 함량이 풍부하여 면역기능 조절작용, 동맥경화, 심혈관질환, 암예방, 항당뇨, 위장보호, 항염증, 알러지성 피부질환 등 다양한 생리적기능에 효능이 좋은 것으로 보고되고 있다[15, 16]. 성인 남녀 26명을 대상으로 하루 300 mg씩 아로니아를 투여한 임상 실험 결과에 따르면 아로니아에 함

유된 안토시아닌은 자유라디칼의 한 종류인 활성산소류(reactive oxygen species, ROS)에 의한 산화적 스트레스를 억제하는 효과를 갖는다고 보고된 바 있다[17]. 아로니아의 항암효과나 항산화능, 유기산과 당, phenolic compound의 분석과 함량에 대한 연구[18], 아로니아의 화학적 조성 및 생리활성 및 항산화 특성 연구 및 아로니아 조리연구도 활발히 진행되고 있다[19].

따라서 본 연구에서는 열량 등의 과잉섭취로 인한 비만, 당뇨병 등 각종 만성질환을 예방하고자 설탕 첨가량을 줄이고 단맛을 대체할 감미료로서 아스파탐을 사용하여 항산화기능이 뛰어난 아로니아청을 제조하였다. 여기에 올리고당을 첨가하여 아로니아의 선명한 색은 살리면서 레몬액 첨가로 짙은맛을 완화시킨 아로니아시럽을 제조하고 이화학 특성 및 생리활성능을 측정하였다. 설탕을 대체할 수 있는 저당화 과일시럽 개발의 기초자료로 제공하고자 한다.

II. Materials and Method

1. Materials

아로니아(국내산)는 정읍시 구룡동 생산농가에서 구매하였고, 설탕은 제일제당, 올리고당은 청정원(이소말토올리고당), 레몬액은 인도산을 마트에서 구매하였으며, 아스파탐은 VITASWEET CO., LTD에서 제조하고 대한제당(주)에서 수입한 중국산을 구매하였다.

2. Method of aronia syrup

2.1 Process of Aronia chung

설탕첨가량을 감소하고 일정한 단맛을 가진 아로니아시럽을 만들기 위해 아로니아청을 먼저 제조하였다. 아로니아의 첨가비율을 1:1(w/w)로 하여, 아로니아는 각각 1,000 g씩 병입하고, 설탕은 각각 1,000 g, 750 g, 500 g, 250 g으로 감소시켜 첨가하였다. 설탕의 200배 단맛을 지닌 아스파탐은 시료의 일정한 단맛을 유지하기 위하여 설탕 감소량을 200으로 나누어 0 g, 1.25 g, 2.5 g, 3.75 g으로 달리하여 첨가하였다(Table 1).

아로니아는 흐르는 물에서 씻어 건져 물기를 빼고 분량의 아로니아와 설탕, 아스파탐을 같이 버무려 유리병에 담아 실온 27~28°C에서 3일간, 냉장고에서 저온숙성으로 11일간 보관 후 사용하였다. 실온 및 냉장 보관하는 동안 설탕과 아스파탐이 잘 녹을 수 있도록 하루에 1~2번씩 저어주었다.

Table 1. Compositions of aronia chung

(unit : g)

Sample	Aronia	Sugar	Aspartame	Water
AAL0 ¹⁾	1,000	1,000	0	0
AAL25 ²⁾	1,000	750	1.25	248.75
AAL50 ³⁾	1,000	500	2.50	497.50
AAL75 ⁴⁾	1,000	250	3.75	746.25

Extractical liquid

¹⁾AAL0: aronia : sugar : aspartame=1000:1000:0, W/W/W²⁾AAL25: aronia : sugar : aspartame=1000:750:1.25, W/W/W³⁾AAL50: aronia : sugar : aspartame=1000:500:2.50, W/W/W⁴⁾AAL75: aronia : sugar : aspartame=1000:250:3.75, W/W/W

2.2 Process of Aronia syrup

아로니아시럽은 설탕첨가량을 감소하고 아스파탐을 첨가하여 제조한 아로니아청을 사용하였다. 아로니아청은 고운체로 걸러 아로니아 건더기를 제거한 다음 아로니아청 200 g에 프락토올리고당 80 g과 레몬즙 20 g을 첨가하여 60~65°C의 중탕에서 1시간 동안 저어가며 가열하여 아로니아시럽을 제조하였고 배합비는 다음과 같다(Table 2). 시료는 식힌 다음 유리병에 담아 냉동보관 하였다.

Table 2. Mix proportioning of making aronia syrup

(unit : g)

Sample	Aronia chung	Oligosaccharide	Lemon juice
AAS0	AAL0 200	80	20
AAS25	AAL25 200	80	20
AAS50	AAL50 200	80	20
AAS75	AAL75 200	80	20

Aronia chung abbreviations are same as Table 1.

3. Measurement of quality characteristics of aronia syrup

3.1 Sugar content

당도측정은 아로니아시럽 양을 동일하게 취하고 디지털 당도계(PR-301a, Atago, Japan)와 굴절당도계(Refractometer MASTER-500, Atago, Japan)를 사용하여 3회 반복 측정된 다음 평균값과 표준편차를 나타냈다.

3.2 pH

pH 측정은 아로니아시럽 5 mL, 증류수 45 mL를 섞어 잘 섞이도록 교반시켜 상온에서 30분간 방치한 다음 pH meter(pH/mv/TEMP Meter P 25 U.S.A)를 이용하여 반복 측정을 3회 실시한 다음 평균값과 표준편차를 구하였다.

4. Measurement of antioxidant activities of aronia syrup

4.1 Total phenol contents

페놀 함량은 Rhee 등[20]의 실험방법에 따라 측정하였으며, 시료 추출물의 농도는 2% Na₂CO₃와 50% Folin ciocalteu's reagent를 총 10 mg/mL로 희석하여 시료 추출물로 사용하였다. 2% Na₂CO₃ 10 mL에 시료 아로니아시럽을 100 µL를 첨가하여 잘 섞은 다음 2분 후, 50% Folin ciocalteu's reagent 100 µL을 혼합하여 30분 동안 반응시킨 다음, PG INSTRUMENTS(T60, UV-Visible Spectrophotometer)를 사용하였고, 750 nm에서 흡광도를 측정하였다. 표준물질 사용은 Quercetin(1 mg/mL)을 사용하였으며 quercetin 0, 20, 40, 60, 80, 100 µL를 시험관에 담고 80% ethanol로 총 부피가 100 µL가 되게 각각 채운 다음 흡광도를 측정하고 표준곡선을 구하여 표준물질의 표준곡선으로부터 페놀 함량(mg QEAC/g)을 계산하여 평균값을 구하였다.

4.2 Total flavonoid contents

총 플라보노이드 함량 측정은 시료 추출물의 농도를 모두 25 mg/mL로 희석하여 사용하였다. 아로니아시럽 시료 0.4 mL에 diethylene glycol 4 mL과 NaOH 0.4 mL을 첨가하여 vortex mixer로 교반한 다음 37°C water bath에서 1시간 반응시킨 다음 PG INSTRUMENTS(T60, UV-Visible Spectrophotometer)를 사용하여 420 nm에서 흡광도를 측정하였다. 표준물질은 Quercetin(1 mg/mL)을 사용하였으며 Quercetin 0, 20, 40, 60, 80, 100 µL를 시험관에 담고 80% ethanol로 총 부피가 400 µL가 되게 각각 채워준 다음 흡광도를 측정하고 표준곡선을 구하여 표준물질의 표준곡선으로부터 총 플라보노이드 함량(mg QEAC/g)을 계산하여 평균값을 구하였다[21].

4.3 DPPH radical scavenging activities

DPPH radical 소거능 활성은 Burits과 Bucar[22]에 방법을 변형하여 측정하였으며, 시료 아로니아시럽의 농도는 모두 25 mg/mL로 희석하여 사용하였다. 아로니아시럽 0.5 mL에 MetOH에 녹인 0.4 mM DPPH(2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl) 용액 5 mL을 섞어 30분 동안 반응시킨 다음 PG INSTRUMENTS(T60, UV-Visible Spectrophotometer)를 사용하여 517 nm에서 흡광도를 측정하였다. 표준물질은 trolox(1 mg/mL)를 사용하였으며 trolox 0, 20, 50, 80, 100, 200, 300, 500 µL를 시험관에 담고 80% ethanol로 총 부피가 500 µL가

되게 채운 다음 흡광도를 측정하고 표준곡선을 구해서 표준물질의 표준곡선으로부터 DPPH radical 소거능 활성 (mg TEAC/g)을 계산하였다.

4.4 Reducing power

FRAP(Ferric reducing antioxidant power) 환원력 측정은 Oyaizu[23]의 방법을 변형하여 측정하였으며, 시료 아로니아시럽의 농도는 모두 25 mg/mL로 희석한 다음 사용하였다. 아로니아시럽 100 μ L와 0.2 M sodium phosphate buffer(pH 6.5), 증류수 500 μ L와 1% potassium ferricyanide 50 μ L를 혼합하여 water bath 50°C에서 20분간 반응시켰다. 여기에 10% trichloroacetic acid(TCA) 2.5 mL을 첨가하고 650 rpm에서 10분간 원심분리하였다. 상층액 500 μ L에 증류수 500 μ L와 1% ferric chloride 100 μ L를 첨가한 후, PG INSTRUMENTS(T60, UV-Visible Spectrophotometer)를 사용하여 700 nm에서 흡광도를 측정하였다. 표준물질은 DPPH radical 소거능 활성과 같이 trolox(1 mg/mL)를 사용하였으며 trolox 0, 20, 40, 50, 60, 80, 100 μ L를 시험관에 담고 80% ethanol로 총 부피가 100 μ L가 되게 채운 다음 흡광도를 측정하고 표준곡선을 구하여 표준물질의 표준곡선으로부터 환원력(mg TEAC/g)을 계산하여 평균값을 구하였다.

4.5 α -Glucosidase inhibitory activities

α -glucosidase 저해 활성 시료 추출물의 농도는 모두 25 mg/mL로 희석하여 사용하였다[24]. Enzyme solution은 volumetric flask 25 mL에 200 unit의 α -glucosidase(from *saccharomyces cerevisiae*)와 2.5 mM NaCl, 50 mM phosphate buffer(pH 7.0) 12.5 mL를 첨가하고 나머지는 증류수로 채웠다. 각 시료 추출물 20 μ L에 enzyme solution 80 μ L를 첨가하고 37°C water bath에서 5분간 처리한 후, 50 mL phosphate buffer(pH 7.0)에 녹인 0.7 mM PNPG(p-nitrophenyl α -D-glucopyranoside)를 1.9 mL 첨가하여 다시 37°C water bath에서 15분간 반응시켰다. 이 용액을 0.5 M tris solution 2.0 mL을 넣어 UV-visible spectrophotometer를 사용하여 400 nm에서 1분간격으로 5분간 측정하였고, 대조구는 기질용액인 0.7 mM PNPG 대신 100 mM NaCl를 포함한 50 mM phosphate buffer(pH 7.0) 1.9 mL를 첨가하여 동일한 방법으로 실행하였다. α -glucosidase 저해 활성은 다음 식에 따라 계산하여 평균값을 구하였다.

$$\alpha\text{-glucosidase 저해활성}(\%) = \{1 - (A - B) / C\} \times 100$$

* A : 시료 추출물 첨가구의 흡광도

* B : 시료 추출물 무첨가구의 흡광도

5. Data analysis

모든 실험 결과는 3회 이상 반복 측정하였으며, 얻어진 결과들은 SPSS Windows 19.0(Statistical Package for Social Sciences, SPSS Inc., Chicago, IL, USA) 프로그램을 이용하여 '평균값 \pm 표준편차'를 계산하였고, 대조구와 실험군간의 유의적인 차이는 student's t-test 및 일원배치 분산분석(one way ANOVA)을 이용하였다. 수집된 자료의 통계적인 유의수준을 검정하기 위해서 Duncan's multiple range test를 하였으며, 유의수준은 $\alpha=0.05$ 로 하였다.

III. Results and Discussion

1. Quality characteristics of aronia syrup

1.1 Sugar content of aronia chung and syrup

설탕첨가량을 감소하고 일정한 단맛유지를 위해 아스파탐을 첨가하여 제조한 아로니아청의 당도는 대조군 AAL0은 65.3 \pm 0.577 °Brix로 가장 높게 나타났고, 실험군 AAL75는 49.0 \pm 1.000 °Brix로 가장 낮게 나타났다. 설탕첨가량을 감소시킨 아로니아청의 당도는 대조군이 가장 높게 나타났고, 설탕첨가량이 감소할수록 °Brix는 낮게 나타나는 것을 확인할 수 있었다.

아로니아시럽의 당도는 대조군 AAS0은 71.7 \pm 0.577 °Brix, 실험군 AAS75는 69.6 \pm 0.577 °Brix로 가장 낮게 나타났다. 아로니아시럽의 당도가 아로니아청에 비해 높게 나타난 것은 시럽 제조시 올리고당 첨가 때문으로 사료된다(Table 3).

Table 3. Sugar content of aronia chung and aronia syrup

(unit : °Brix)

Sample	Aronia chung	Sample	Aronia syrup
AAL0	65.3 \pm 0.577	AAS0	71.7 \pm 0.577
AAL25	57.3 \pm 0.577	AAS25	72.3 \pm 0.577
AAL50	57.6 \pm 0.577	AAS50	72.3 \pm 0.577
AAL75	49.0 \pm 1.000	AAS75	69.6 \pm 0.577

Aronia chung abbreviations are same as Table 1.

Aronia syrup abbreviations are same as Table 2.

Values are Mean \pm S.D (n=3), *** p <0.001

Means \pm S.D with different superscript in a column are significantly different (p <0.05) by the Duncan's multiple range test

1.2 pH of aronia syrup

아로니아시럽의 pH는 아로니아청 제조시 설탕 첨가량이 감소할 시료일수록 유의적($p < 0.001$)으로 증가하였으며, 대조군 AAS0은 5.14 ± 0.02 로 가장 낮게 나타났고, AAS75는 5.60 ± 0.05 로 가장 높게 나타났다(Table 4). 식품공전의 엽류 규격기준은 pH가 4.5~7.0의 범위내이어야 한다고 규정되어 있다[25]. pH meter를 이용하여 측정 한 시료별 pH는 5.14~5.60으로 식품공전 규격기준에 적합한 것으로 나타났다.

pH는 아스파탐의 안정성에 중요한 인자로 pH 3~5에서 비교적 안정하며[26], 다른 당류 즉, xylitol과 혼합하였을 때 안정성이 증가한다[27]고 보고되었다. 이에 본 실험결과 나타난 pH값과 60~65°C에서 중탕으로 가열하며 1시간 동안 저어 제조한 아로니아시럽의 제조방법은 매우 적합하다고 사료된다.

Table 4. pH of aronia syrup

Sample	pH	F-value
AAS0	5.14 ± 0.02^a	306.300***
AAS25	5.30 ± 0.02^b	
AAS50	5.56 ± 0.05^c	
AAS75	5.60 ± 0.05^b	

Aronia syrup abbreviations are same as Table 2.

Values are Mean±S.D (n=3), *** $p < 0.001$

Means±S.D with different superscript in a column are significantly different ($p < 0.05$) by the Duncan's multiple range test

2. Antioxidant activities of aronia syrup

2.1 Total phenol contents of aronia syrup

Polyphenol계 물질들은 천연에 광범위하게 분포되어 있는 식물의 2차 대사산물로서 flavonoid, stilbene, lignan, tannin 등이 주성분이다[28]. 페놀은 식물이 함유하고 있는 폴리페놀성 물질인 phenolic hydroxy기를 가지고 있어 단백질 및 거대분자들과 결합하는 성질을 나타내며, 항산화 기능이 있고 양에 따라 항산화력의 간접적인 지표가 될 수 있다[29].

Total phenol 함량을 측정한 결과 대조군 AAS0과 실험군 AAS25, AAS50, AAS75 모두에서 100 µg QEAC/mL 이상 높게 나타났으며, 그 중 대조군 AAS0이 120 µg QEAC/mL로 가장 낮게, 실험군 AAS75는 140 µg QEAC/mL로 가장 높은 Total phenol 함량을 나타내었다(Fig. 1).

자색고구마를 첨가한 두유식혜요구르트에서 자색고구마 첨가량이 많아질수록[30], 아로니아 분말 첨가량이 증가할수록 총 페놀함량이 높게 나타났다[31]. 이는 총 페놀 함량과 항산화 활성의 상관관계가 있는 것을 보여주며, Sa 등[24]도 총 페놀 함량이 많을수록 높은 항산화 활성이 나타

난다고 보고하여 본 실험과 유사한 결과를 나타냈다.

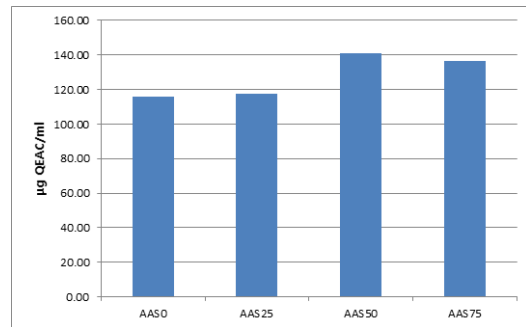


Fig 1. Total phenol content
QEAC: Quercetin equivalent antioxidant capacity
Aronia syrup abbreviations are same as Table 2.

2.2 Total flavonoid contents of aronia syrup

Total flavonoid는 flavonoid의 생리활성 중 항산화 작용에서 가장 주목받는 것 중 하나로 산화 스트레스에 의해서 과잉으로 생성된 활성산소 등의 자유라디칼의 생성을 억제시킴으로써 항산화 작용을 발휘하는 것으로 알려져 있다[32]. Flavonoid는 free radical을 소거하는 능력이 뛰어나 항산화 작용, 순환기계 질환의 예방, 항염증, 항알레르기, 항균작용, 지질저하작용, 모세혈관강화작용 등이 보고된 바 있다[33].

아로니아시럽의 total flavonoid 함량을 측정한 결과 대조군 AAS0와 실험군 AAS25, AAS50, AAS75 모두에서 total flavonoid 함량을 나타냈으며, 그 중 대조군 AAS0와 실험군 AAS25에서는 80 µg QEAC/mL 이상으로 나타났으나, 실험군 AAS50에서는 160 µg QEAC/mL 이상으로 total flavonoid 함량이 가장 높게 나타났다(Fig 5). 이는 설탕첨가량이 적은 아로니아청은 시럽제조과정에서 수분증발량이 많으므로 아로니아 농도가 높기 때문으로써 아로니아 추출액을 첨가한 식초의 아로니아 첨가량이 증가함에 따라 총 플라보노이드 함량이 증가하는 연구결과[34]와도 일치하였다.

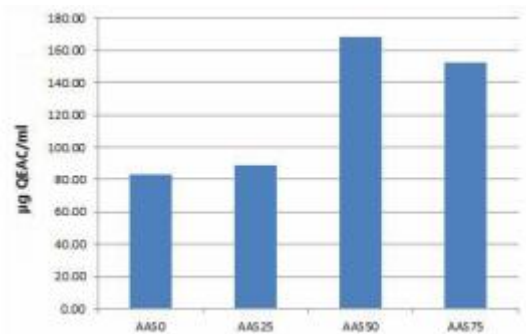


Fig. 2. Total flavonoid content
QEAC: Quercetin equivalent antioxidant capacity
Aronia syrup abbreviations are same as Table 2.

2.3 DPPH radical scavenging activities of aronia syrup

DPPH는 비교적 안정한 free radical로서 cysteine, glutathione, ascorbic acid, aromatic amine 등 항산화 활성을 갖는 물질로부터 전자나 수소를 제공받으면 환원되면서 짙은 보라색이 노란색으로 탈색되며 항산화능 측정에 많이 이용되고 있다[35].

DPPH 라디칼 소거능은 대조군 AAS0에서는 34 μg TEAC/mL로 가장 낮게 나타났고, 실험군 AAS75에서는 109 μg TEAC/mL로 라디칼 소거능이 가장 높게 나타났다(Fig 3). 이는 설탕 첨가량이 감소할수록 아로니아 농도가 높아진 원인으로 사료되며, 아로니아즙을 첨가한 요구르트의 품질특성[19]과 아로니아 분말 첨가 아로니아 양금의 항산화 활성[31] 등의 연구에서 DPPH radical 소거능이 아로니아 첨가량에 따라 증가하는 경향을 보이는 것과 유사한 결과를 보였다.

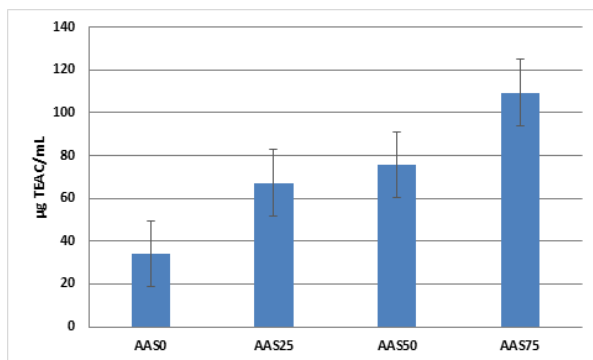


Fig. 3. DPPH radical scavenging activity
TEAC: Trolox equivalent antioxidant capacity
Aronia syrup abbreviations are same as Table 2.

2.4 Reducing power of aronia syrup

FRAP(Ferric reducing antioxidant power) 환원력 분석은 화합물의 환원력을 측정하는 방법으로 Fe^{3+} 를 Fe^{2+} 로 환원시키는 힘을 측정하는 방법이다. FRAP 환원력은 시료에 존재하는 리덕톤(reductones)이 제공하는 수소원자가 활성산소 사슬을 분해함으로써 항산화 활성을 나타내는 것으로 항산화 활성과 직접적으로 연관되어 있는 것으로 알려져 있다[24].

대조군 AAS0과 실험군 AAS25, AAS50, AAS75 모두에서 환원력을 보였으나, AAS25가 가장 낮게 나타났고, AAS75가 가장 높은 환원력을 가지는 것으로 나타났다(Fig 4). 앞서 기술한 바와 같이 설탕 첨가량이 감소하고 아로니아 농도가 높은 아로니아시럽 AAS75의 총 페놀 함량이 많음에 따라 DPPH radical 소거능과 환원력이 가장 높은 것을 확인하였다. Choi, Jeong와 Lee[36]는 DPPH

radical scavenging, Reducing power는 밀접한 관계를 가지고 있어 총 페놀의 함량이 높을수록 환원력이 높은 것을 알 수 있다.

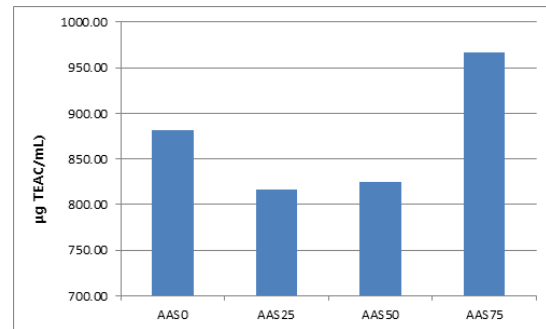


Fig. 4. Reducing power
TEAC: Trolox equivalent antioxidant capacity
Aronia syrup abbreviations are same as Table 2.

2.5 α -Glucosidase inhibitory activities of aronia syrup

당뇨병 환자의 경우 식이조절을 통한 정상 혈당의 유지가 중요하다. 당뇨병은 인슐린 기능 또는 인슐린 분비의 이상으로 발생하여 고혈당 증세를 나타내는 대사장애 증후군이다. 당뇨 환자의 경우 식후 혈당과 인슐린 농도가 비정상적으로 상승하는데, 지속적으로 일어날 경우 합병증을 초래한다[2]. 탄수화물이 체내에서 이용되기 위해서는 효소에 의해 분해되는 과정이 필요한데 탄수화물을 분해하는 대표적인 효소가 α -glucosidase이다. α -glucosidase 저해제는 이당류가 단당류로 분해되는 걸 막아 혈당조절에 도움을 주는데 acarbose, voglibose 등이 있다. 식물체에 함유되어 있는 polyphenol은 α -glucosidase, α -amylase, sucrase의 활성을 억제한다[37].

아로니아시럽의 α -glucosidase 저해 활성도는 대조군 AAS0가 20 μg QEAC/mL로 비교적 낮게 나타났고, 실험군 AAS25와 AAS50는 58 μg QEAC/mL, 47 μg QEAC/mL로 높은 점수를 나타냈다. 그러나 실험군 AAS75는 오히려 (-)값을 나타낸 것으로 보아, 아로니아에 대한 설탕의 첨가비율이 50% 이상인 것이 좋을 것으로 사료된다(Fig 5). α -Glucosidase 저해 활성 기능은 소장 근부위에서 다당류의 소화를 억제하여 저혈당을 일으키지 않고 식후 혈당을 떨어뜨려 당뇨병과 비만을 예방[38]하므로, 아스파탐 첨가 아로니아시럽은 당뇨환자나 다이어트를 위한 식품가공에 활용이 가능할 것으로 보여진다.

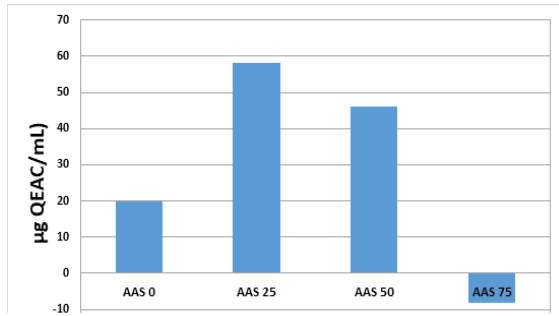


Fig. 5. Inhibitory activity of α -glucosidase QEAC: Quercetin equivalent antioxidant capacity Aronia syrup abbreviations are same as Table 2.

IV. Conclusions

시대가 급속히 변화하면서 발달한 교통수단과 편리해진 현대의 생활환경으로 인해 운동부족과 고칼로리식, 고지방식에 편중된 서구적 식생활로 당뇨, 비만, 심혈관계, 암 등의 각종 성인병이 증가하고 있다. 설탕이 많이 든 음료나, 과자류, 빵 등은 혈당 수치를 급격히 상승시키는데 특히 당뇨환자는 혈당조절이 어렵기 때문에 설탕첨가량을 감소시킨 식품을 섭취해야 한다. 아울러 과도한 단순당 가공식품은 비타민, 무기질, 수분 등의 필수영양소가 부족하기 쉽다.

본 연구에서는 가공식품 원료로서 항산화 작용이 풍부한 베리류 아로니아의 이용가능성을 높이고, 설탕첨가량을 감소시킨 아로니아청 제조의 최적 배합비와 아로니아청을 활용하여 제조한 아로니아시럽의 이화학적 특성 및 생리활성능을 측정하였다.

먼저 아로니아와 설탕 첨가비율을 1:1(W:W)로 하여 AAS0는 1,000:1,000, 설탕첨가량을 25% 감소시킨 AAS25는 1,000:750, 설탕첨가량을 50% 감소시킨 AAS50은 1,000:500, 설탕첨가량을 75% 감소시킨 AAS75는 1,000:250로 아로니아청을 제조하였다. 아로니아청의 감미도를 유지하기 위해 설탕보다 150~200배 높은 감미도를 가진 아스파탐 첨가량을 환산하여 0 g, 1.25 g, 2.5 g, 3.75 g으로 각각 첨가하였다. 시럽의 점도를 유지하기 위해 아로니아청에 올리고당을, 짙은 맛을 감소시키기 위해 레몬액을 넣어 아로니아시럽을 제조하였다.

아로니아청과 아로니아시럽의 당도는 아로니아청의 대조군 AAL0은 65.3 °Brix, 실험군 AAL75는 49.0 °Brix로 가장 낮게 나타났고, 아로니아시럽은 대조군 AAS0은 71.7 °Brix, 실험군 AAS75가 69.6 °Brix로 가장 낮게 나타났다. 설탕첨가량이 감소할수록 당도가 낮게 나타났다. 아로니아시럽의 pH는 설탕 첨가량이 감소함에 따라 유의적

으로 증가하는 것으로 나타났으며, 대조군 AAS0은 5.14 ± 0.02 로 가장 낮고, AAS75이 5.60 ± 0.05 로 가장 높게 나타났다.

총 페놀 함량은 시료 모두 100 μg QEAC/mL 이상 모두 높게 나타났으며, AAS50은 140 μg QEAC/mL로 가장 높게 나타났다. AAS75가 DPPH 라디칼 소거능 230 μg TEAC/mL, 환원력 120 μg QEAC/mL로 가장 높게 나타났다. 아로니아시럽의 α -glucosidase 저해활성도 결과는 대조군 AAS0은 20 QEAC $\mu\text{g}/\text{mL}$ 이고 시료 AAS75는 -8 QEAC $\mu\text{g}/\text{mL}$ 로 (-)값을 나타낸 반면 AAS50은 50 QEAC $\mu\text{g}/\text{mL}$ 로 나타난 것으로 보아 α -glucosidase 저해활성도 역시 총 페놀 함량과 같이 시료 AAS50이 가장 높게 나타났다. 설탕 100%만 넣는 것보다는 설탕 50%를 대체감미료로 첨가하였을 때 생리활성능이 가장 뛰어난 것을 알 수 있다.

비만, 당뇨, 암 등 설탕섭취가 제한된 비감염성질환자들에게 식이조절을 통하여 적절한 당을 섭취할 수 있도록 저당 시럽을 제조하고자, 아로니아에 설탕첨가량을 줄이고, 단맛유지를 위해 새로운 대체감미료 아스파탐을 첨가하여 저당 식품제조 가능성을 연구하였다. 그러나 설탕만을 사용한 대조군에 비해 pH가 높게 나타나 저장성 및 안정성에 대한 추가연구가 필요하다고 사료된다. 항산화 기능을 가진 아로니아의 소비촉진은 물론 음료시장이 발달되고 있는 식품산업에서 음료베이스로서 아로니아시럽의 활용도가 높을 것으로 보여진다. 또한 저장성과 기호성이 높은 저당 아로니아시럽으로 조리제품에 다양하게 이용되어 건강기능성 시럽소비에 기여할 수 있는 상품성과 시장성을 기대할 수 있다.

REFERENCES

- [1] C. O. Hur, S. H. Kwon, E. M. Kim, S. L. Won, Y. S. Park, J. H. Park, S. Y. Kim, K. A. Jeong, E. Y. Kim, and Y. S. Park, "Principles of Nutrition", Suhaksa, Korea, pp. 54-62, 2016.
- [2] K. H. Suh, J. S. Suh, S. K. Lee, H. S. Jung, Y. L. Yoon, and Y. J. Lee, "New Nutrition", Jigu culture Co. Ltd, Korea, pp. 53-56, 2018.
- [3] W. C. Miller, M. G. Niederpruem, J. P. Wallace, and A. L. Nelson, "Sweeteners Alternative", Nelson AI, ed, An Eagan Press, MN, USA, pp. 25-34, 2000.
- [4] S. D. Anton, C. K. Martin, H. Han, S. Coulon, W. T. Cefalu, P. Geiselman, and D. A. Williamson, "Effects of stevia, aspartame, and sucrose on food intake, safety, and postprandial glucose and insulin levels", *appetite*, Vol. 55, pp. 37-43, 2010.

- [5] S. Y. Kim, D. G. Oh, S. S. Kim, and C. J. Kim, "New artificial sweeteners using free sugar cookies-sugar alcohol and new saccharides", *Food Science and Industry*, Vol. 29, pp. 53-61, 1996.
- [6] R. H. Mazur, J. M. Schalatter, and A. H. Goldkamp, "Structure-taste relationships of some dipeptides", *J Am Chem Soc*, Vol. 91, pp. 2684-2691, 1969.
- [7] Y. H. Lee, and S. G. Back, "Development trends and liquor industry of artificial sweeteners", Korea Liquor Industry Association, pp. 56-69, 1994.
- [8] M. K. Choi, "A study on the artificial sweeteners, A collateral study, College of Human Ecology", Yonsei university, Vol. 28, pp. 43-46, 1995.
- [9] N. Y. Chung, and W. J. Kim, "Organoleptic Sweetness of Aspartame as Affected by Temperature, pH, Salt and Quinine", *Korean Journal food science technology*. Vol. 28, No. 1, pp. 162-168, 1996.
- [10] D. B. Ott, C. L. Edwards, and S. J. Palmer, "Perceived taste intensity and duration of nutritive and non-nutritive sweeteners in water using time intensity evaluations", *J. Food Sci.* Vol. 56, p. 535, 1991.
- [11] G. W. Stephan, and K. B. Pamela, "Sensory characteristics of sucralose and other high intensity sweeteners", *Chem. Senses*, Vol. 14, p. 621, 1992.
- [12] R. Sliemstad, K. Torskangerpoll, H. S. Nateland, T. Johannessen, N. H. Giske, "Flavonoids from black chokeberries, *Aronia melanocarpa*", *J Food Composition and Analysis* Vol. 18, pp. 61-68, 2005.
- [13] O. Rop, J. Mlcek, T. Jurikova, M. Valsikova, J. Sochor, V. Reznicek, D. Kramarova, "Phenolic content, antioxidant capacity, radical oxygen species scavenging and lipid peroxidation inhibiting activities of extracts of five black chokeberry(*Aronia melanocarpa*(Michx.)Elliot)cultivars", *J Med Plants Research*, Vol. 4 No. 22, pp. 2431-2437, 2010.
- [14] J. K. Hellstrm, A. N. Shikov, M. N. Makarova, A. M. Pihlanto, O. N. Pozharitskaya, P. Kivijarvi, V. G. Makarov, P. H. Mattila, "Blood pressure lowering properties of chokeberry(*Aronia mitchurinii*, var Viking)", *J Funct Foods* Vol. 2, No. 2, pp. 163-169, 2010.
- [15] L. Jakobek, M. Drenjancevic, V. Jukic, M. Seruga, "Phenolic acids, flavonols, anthocyanins and antiradical activity of "Nero", "Viking", "Galicianka" and wild chokeberries", *Scientia Hort*, Vol. 147, No. 12, pp. 56-63, 2012.
- [16] A. Girones-Vilaplana, P. Valentao, P. B. Andrade, F. Ferreres, D. A. Moreno, C. Garcia-Viguera, "phytochemical profile of a blend of black chokeberry and lemon juice with cholinesterase inhibitory effect and antioxidant potential", *Food chem*. Vol. 134, No. 4, pp. 2090-2096, 2012.
- [17] H. S. Cha A. R. Youn, P. J. Park, H. R. Choi, B. S. Kim, "Comparison of physiological activities of *Rubus coreanus* Miquel during maturation", *J Korean Soc Food Sci Nutr* Vol. 36, pp. 683-688, 2007.
- [18] S. J. Youn, J. K. Rhee, S. H. Yoo, M. S. Chung, and H. J. Lee, "Total Phenolics Contents, Total Flavonoids Contents and Antioxidant Capacities of Commercially Available Korean Domestic and Foreign Intermediate Food Materials", *Microbiol Biotechnol Lett*, Vol. 44, No. 3, pp. 278-284, 2016.
- [19] K. B. Park, S. Y. Kwon, and J. H. Moon, "Quality characteristics of aronia(*aronia melanocarpa*)", *The Korean Journal of Culinary Research*, Vol. 21, No. 6, pp. 206-217, 2015.
- [20] K. S. Rhee, A. Z. Yolanda, and K. C. Rhee, "Antioxidant activity of methanolic extracts of various oilseed protein ingredient". *J. F. Sci* Vol. 46, pp. 75-81, 1981.
- [21] S. J. Seo, K. B. Shim, and N. W. Kim, "antioxidative effects of solvent fractions from *Nandina domestica* fruits", *J Korean Soc Food Sci Nutr.*, Vol. 40, No. 10, pp. 1371-1377, 2011.
- [22] M. Burits, and F. Bucar, "Antioxidant activity of *Nigella sativa* essential oil. *Phytother. Res*", Vol. 14, pp. 323-328, 2000.
- [23] M. Oyaizu, "Studies on products of browning reactions. Antioxidative activities of products of browning reaction prepared from glucosamine", *Jpn. J. Nutr. Diet*. Vol. 44, pp. 307-315, 1986.
- [24] Y. J. Sa, J. S. Kim, M. O. Kim, H. J. Jeong, C. Y. Yu, D. S. Park, and M. J. Kim, "Comparative study of electron donating ability, reducing power, antimicrobial activity and inhibition of α -glucosidase by *sorghum bicolor* extracts", *Korean J. Food Sci. Technol.* Vol. 42, No. 5, pp. 598-604, 2010.
- [25] KFDA, "Food Code", Munyoung sa, Seoul, pp. 154-155, 2002.
- [26] W. J. Kim, and N. Y. Chung, "Effect of temperature and pH on thermal stability of aspartame", *KOREAN J. FOOD. TECHNOL.*, Vol. 28, No. 2, pp. 311-315, 1996.
- [27] P. A. Redlinger, "Quality of perceived sweetness of selected bulk and intense sweetness in model system as determined by physical and sensory measurements", *Dissertation Abstracts International*, Vol. 47, p. 451, 1986.
- [28] Y. J. Jeong, and Y. S. Han, "Antioxidative activities and quality characteristics of rice cookies with added *Ligularia fischeri* powder", *Korean Journal of Food and Cookery Science*, Vol. 31, No. 6, pp. 733-740, 2015.
- [29] H. J. Suh, S. H. Chung, and J. H. Whang, "Characteristics of sikhe produced with malt of naked barley, covered barley and wheat", *Korean Journal of Food Science and Technology*, Vol. 29, No. 4, pp. 716-721, 1997.
- [30] Q. Liu, "Quality characteristics and antioxidant activity of blackbean soy sikhye yogurt added with purple sweet potato powder", (Master's thesis). Chung-Ang University, 2011.
- [31] J. A. Lee, "Quality characteristics and antioxidant effects of white bean paste added aronia powder", *Culinary Science & Hospitality Research*, Vol. 23, No. 3, pp. 29-37, 2017.

- [32] J. H. Lee, and Y. K. Lee, "Anticancer effect and immunomodulatory activity of flavonoids and their mechanism", *J Korean Soc Food Sci Nutr*, Vol. 48 No. 8, pp. 783-801, 2019.
- [33] J. M. Jeong, "Antioxidative and antiallergic effects of aronia (*aronia melanocarpa*) extract", *J Korean Soc Food Sci Nutr*, Vol. 37, No. 9, pp. 1109-1113, 2008.
- [34] E. S. Hwang, and N. D. Thi, "Quality characteristics and antioxidant activity of vinegar by the addition of aronia juice (*aronia melanocarpa*)", *J Korean Soc Food Sci Nutr*, Vol. 49, No. 2, pp. 167-176, 2020.
- [35] K. B. Kim, K. H. Yoo, H. Y. Park, and J. M. Jeong, "Anti-oxidative activities of commercial edible plant extracts distributed in Korea", *Journal of the Korean Society for Applied Biological Chemistry*, Vol. 49, pp. 328-333, 2006.
- [36] S. Y. Choi, S. Y. Kim, J. M. Hur, H. G. Choi, and N. J. Sung, "Antioxidant activity of solvent extracts from *Sargassum Thunbergii*", *Journal of the Korean Society of Food Science and Nutrition*, Vol. 35, pp. 139-144, 2006.
- [37] M. H. Kim, M. H. Kim, B. Y. Kim, S. K. Kim, A. J. Kim, et al., "Diet Therapy", Kwangmoonkag.co.kr, Korea, pp. 221-231, 2011.
- [38] J. L. Chiasson, R. G. Josse, R. Gomis, M. Hanefeld, A. Karasik, and M. Laakso, "Acarbose treatment and the risk of cardiovascular disease and hypertension in patients with impaired glucose tolerance", the STOPNIDDM Trial. *JAMA* Vol. 290, pp. 486-494, 2003.

Authors



HyunJu Lim received the B.S. and M.S. degree in Department of Food & Nutrition from Kwangju Women's University, Korea, in 2011 and 2018, respectively. In 2011, she served as the head of the HACCP quality

management team at the Gwangju Gamchilbaegi Kimchi Manufacturing Company. After that, she worked with the Honam branch of Nonghyup Distribution Logistics as the director, and she received the first HACCP certification in Korea and performed the job of processing and manufacturing domestic minced garlic. Since then she was very interested in the natural healing process of our body, so she completing the course of natural healing therapist and diet therapy specialist. Currently she is studying sleeping, which is the center of natural healing, and running a sleep institute called 꿀잠331 and an experience store.



Ji-Hyun Kim received the B.S. and M.S. degree in Department of Food & Nutrition from Chonnam National University, Korea, in 1990 and 2000. She received the Ph.D. degree in Foodservice & Culinary

Management from Kyonggi University, Korea, in 2009, respectively. She joined the Department of Food & Nutrition at Kwangju Women's University, Gwangju, Korea, since 2007. She is interested in research and development of Kimchi and local food.