

설탕 대체 당류를 첨가하여 제조한 아로니아잼의 품질특성 및 항산화 활성

†황은선 · 뉴안도티
한경대학교 영양조리과학과

Quality Characteristics and Antioxidant Activities of Aronia Jam Replacing Sucrose with Different Sugar Substances

†Eun-Sun Hwang and Nhuan Do Tai

Dept. of Nutrition and Culinary Science, Hankyong National University, Anseong 456-749, Korea

Abstract

The effects of sugar substances (oligosaccharide, xylitol and erythritol) as alternative ingredients to sucrose on the quality characteristics and antioxidant activities of aronia jam were evaluated. The different types of sweeteners did not influence the pH, total acidity and sugar contents of the jam. The sucrose-containing jam showed the highest spreadness, while the oligosaccharide and erythritol-containing jams showed lower spreadness. In the chromaticity determination, the sucrose-containing jam showed the lowest L, a and b values compared with the other sweetener groups. There were no significant differences in the total polyphenols, flavonoids and anthocyanin contents in the jams. The antioxidant activity indicated by the DPPH and ABTS radical scavenging activities was over 70%. Sensory evaluation indicated the xylitol-containing jam to have the best preference in taste, flavor and overall acceptance. These results suggested that xylitol may be a good sugar substance in aronia jam.

Key words: aronia jam, sucrose, oligosaccharide, xylitol, erythritol

서론

잼은 과일을 으깨 펄프상태로 만든 과육질에 당, 유기산, 펙틴 등을 첨가하여 가열 농축하여 젤리화한 식품이다(Kim JU 1993). 대부분의 과일은 유기산과 펙틴을 함유하고 있으므로 사과, 딸기, 유자, 블루베리, 머루 등의 과육에 50% 정도의 당을 첨가하여 가열 농축하는 방법이 시판되는 잼 제조에 널리 이용되고 있다(Kim 등 2006; Kim 등 2008; Cho 등 2010; Kim 등 2010; Kim 등 2013).

잼은 설탕이 첨가되어 단맛을 높이고, 미생물의 성장 억제 및 방부 효과를 증가시켜 저장성을 높일 수 있다. 그러나 설탕의 과량 섭취는 충치, 비만, 당뇨병 등의 원인이 될 수 있어

주의가 필요하다(Na 등 2012). 최근 들어 설탕을 대체할 수 있는 올리고당, 자일리톨, 에리스리톨 등에 대한 대체 감미료에 대한 연구가 증가하고 있다(Lee & Kim 2004; Song 등 2004; Park MK 2007; Na 등 2012). 설탕 대체 감미료는 칼로리가 낮고, 소량으로도 설탕의 단맛을 대신할 수 있다는 장점이 있으나, 적용하는 식품에 따라서는 설탕에 비해 기호성이 떨어질 수 있어 다양한 식품에 활용하기 위해서는 많은 연구가 필요하다(Kim & Lee 2012).

설탕 대체 감미료로 널리 이용되고 있는 올리고당(oligosaccharide)은 체내 소화효소에 의해 분해되지 않아 칼로리가 낮으며, 체내에 유익한 비피더스균을 증가시켜 변비를 예방한다(Modler 1994). 또한 혈중 콜레스테롤 농도 및 혈압을 낮

† Corresponding author: Eun-Sun Hwang, Dept. of Nutrition and Culinary Science, Hankyong National University, Anseong 456-749, Korea. Tel: +82-31-670-5182, Fax: +82-31-670-5189, E-mail: ehwang@hknu.ac.kr

추고, 칼슘 흡수를 촉진시키는 효과가 있다(Kawaguchi 등 1993; Modler 등 1994). 최근 설탕대체 물질로 당알코올의 사용이 증가하고 있으며, 설탕과 비교하여 열량이 낮아 저열량 또는 무설탕 식품 제조에 이용되고 있다(Choi 등 2013). 자일리톨(xylitol)은 자일로스에 수소를 첨가하여 생산되는 당알코올로 충치 예방 효과, 혈당 상승 억제 등의 기능성을 갖고 있다(Gonçalves 등 2006). 에리스리톨(erythritol)은 백색의 결정성 분말로 냄새가 없고, 감미도가 설탕의 70~80% 정도이며, FDA 보고에 따르면 0.2 kcal/g으로 열량이 거의 없는 것으로 알려져 있다(Goossen & Roeper 1996). 내열성이 우수하고 결정을 쉽게 형성하므로 흡습을 피해야 하는 식품에 유용하게 이용되고, 충치균이 이용할 수 없기 때문에 충치를 일으키지 않는 장점이 있다(Byun & Lee 1998; Cock & Bechert 2002).

현재 설탕 이외의 당을 이용한 잼 제조에 관한 연구는 당알코올을 첨가한 호박잼의 제조(Lee & Kim 2004), 당알코올을 첨가한 딸기잼의 제조(Park 2007), 올리고당을 첨가한 호박잼의 제조(Song 등 2004), 프락토올리고당을 첨가한 토마토잼의 제조(Na 등 2012) 등이 보고되고 있다.

아로니아(*Aronia melanocarpa*, Black chokeberry)는 북아메리카의 추위와 강렬한 자외선 등 가혹한 환경에서도 자생하는 장미과에 속하는 베리류의 열매이다(Wu 등 2004). 아로니아 열매에는 polyphenols, flavonoids, anthocyanins 등의 생리활성 물질이 함유되어 있어 항산화 작용이 우수하며, 암 예방, 면역 증진, 시력 개선 등에 효과가 있는 것으로 보고되고 있다(Slimestad 등 2005; Kulling & Rawel 2008; Gironés-Vilaplana 등 2012). 아로니아는 건물 중량 당 평균 1% 정도 되는 다량의 안토시아닌이 함유되어 있어 짙은 자줏빛을 나타내며, 이로 인해 식품착색제나 천연염료로 활용할 수 있는 가능성이 매우 높다(Strigl 등 1995; Bridle & Timberlake 1997; Wu 등 2004). 아로니아는 특유의 신맛과 떫은맛이 있고, 생과로 저장·유통하기에는 한계가 있기 때문에 가공식품으로 개발할 필요성이 대두되고 있다. 아로니아가 우리나라에 소개되어 재배되기 시작한 역사가 길지 않기 때문에 아로니아를 활용한 가공제품 개발이 초기 단계에 있으며, 아로니아잼의 제조에 관한 연구는 국내에서 이루어지지 않고 있다.

본 연구에서는 기능성 성분을 함유하고 있는 아로니아를 이용하여 건강 지향적인 저칼로리 잼을 제조할 목적으로 설탕 및 설탕 대체 당류를 첨가하여 잼을 제조하였고, 제조된 잼의 이화학적 품질특성, 관능적 특성과 생리활성물질 함량 및 항산화 활성을 측정하여 저칼로리잼 제조를 위한 기초자료를 제공하고자 하였다.

재료 및 방법

1. 실험재료

본 연구에 사용한 아로니아는 2012년 8월 말에 경북 영천의 아로니아 농장에서 수확한 것을 직접 구입하였다. 백설탕(CJ 제일제당), 프락토올리고당(CJ 제일제당), 자일리톨(이든타운 F&B), 에리스리톨(삼양제넥스), 펙틴(남영상사), 소금(CJ 제일제당)은 시판품을 구입하여 사용하였다.

2. 아로니아의 일반성분 분석

아로니아의 일반성분은 AOAC 방법(1995)에 따라 분석하였다. 수분은 상압가열건조법에 따라 105°C에서 건조하여 수분 함량을 구하였다. 회분은 550°C에서 회화하여 회분 함량을 구하였으며, 조단백질은 semi-micro Kjeldahl법으로, 조지방은 Soxhlet법으로 측정하였다.

3. 아로니아잼 제조

잼 제조에 사용한 아로니아의 당도는 7.8, pH는 4.5로 나타났다. 아로니아 자체로도 산성조건이 형성되었으므로 구연산을 별도로 첨가하지 않고 잼을 제조하였다. 잼 제조시 첨가할 설탕 대체 물질로 설탕에 비해 칼로리가 적고 현재 식품산업에서 널리 이용되고 있는 올리고당, 자일리톨 및 에리스리톨을 선정하였다. 아로니아를 첨가한 잼은 여러 차례 예비실험과 선행연구(Kim & Lee 2012; Na 등 2012) 등을 참고하여 Table 1과 같은 배합비로 제조하였다. 깨끗이 세척한 아로니아를 food processor(Phillips Electronics, Seoul, Korea)를 이용하여 고속에서 3분간 3회에 걸쳐 곱게 마쇄한 후, 잼 제조용 시료로 사용하였다. 마쇄한 아로니아를 스테인레스 냄비에 넣고, 센불에서 10분간 가열하였다. 약 50% 정도의 수분이 증발한 후에 설탕 및 설탕 대체 당류를 3회에 나누어 넣으면서 중불에서 약 15분간 나무주걱으로 저어주었다. 소량의 아로니아 주스에 용해시킨 펙틴을 첨가하고, 약불에서 5분간 가열하였다. 잼을 제조하는데 걸린 시간은 약 30분이 소요되었다. 굴절당도계를 이용하여 65 °Brix가 되면 잼이 완성된 것으로 하였다. 제조한 잼을 식힌 후 미리 소독한 락앤락 용기에 담

Table 1. Formular for aronia jam replaced sucrose with different sugar substances

	Sucrose	Oligosaccharides	Xylitol	Erythrytol
Aronia fruit(g)	600	600	600	600
Sugar(g)	300	0	0	0
Oligosaccharide(g)	0	300	0	0
Xylitol(g)	0	0	300	0
Erythritol(g)	0	0	0	300
Pectin(g)	9	9	9	9

아 이후의 실험에 사용하였다.

4. 수분 함량 측정

아로니아잼의 수분 함량은 잼의 중심부를 취하여 AOAC (1990) 방법으로 정량하였다.

5. pH, 산도 및 당도 측정

당류의 종류를 달리하여 제조한 아로니아잼의 pH 측정은 5 g의 잼에 10배의 증류수를 넣고 Vortex mixer(Vortex Genie 2, Scientific Industries Inc., Bohemia, NY, USA)로 교반한 다음, 3,000 rpm에서 15분간 원심분리(Mega 17R, Hanil Co., Incheon, Korea)하고, 상등액을 취하여 pH meter(420 Benchtop, Orion Research, Beverly, MA, USA)로 측정하였다. 산도는 AOAC (1995) 방법에 따라 원심분리한 상등액 10 mL에 pH meter 전극을 담고, 0.1 N NaOH를 이용하여 pH 8.3까지 도달하는데 필요한 NaOH 양(mL)을 citric acid 함량으로 환산하여 나타내었다.

당도는 시료를 증류수로 5배 희석하여 균질화하고, 3,000 rpm에서 15분간 원심분리한 후 상등액을 취하여 당도계(PR-201 α , Atago Co., Tokyo, Japan)로 측정하였다.

6. 아로니아잼의 퍼짐성 측정

아로니아잼의 퍼짐성은 스프레드판(유리판) 중심부에 상하부가 개방된 직경 9.6 cm의 원통관을 장착한 뒤, 시료 300 g을 원통관에 넣어 원통관을 바로 위로 빼는 순간부터 2분 경과 후에 퍼져 있는 상태를 중심으로부터 8방향으로 동시에 측정한 평균값으로 하였다.

7. 색도 측정

아로니아잼의 색도 측정은 색차계(Chrome Meter CR-300, Minolta, Tokyo, Japan)를 사용하여 명도(L, lightness), 적색도(a, redness), 황색도(b, yellowness) 값으로 표시하였다. 각 시료 당 3회 반복 측정하여 그 평균값을 나타내었으며, 이때 표준백색판의 L, a, b 값은 각각 97.10, +0.24, +1.75이었다.

8. 항산화 물질 함량 측정

1) 총 폴리페놀 함량 분석

총 폴리페놀 함량은 페놀성 물질이 phosphomolybdic acid와 반응하여 청색으로 발색되는 원리를 이용한 Folin-Denis 방법에 따라 분석하였다(Singleton & Lamuela-Raventos 1999). 아로니아잼 3 g에 12 mL의 증류수를 가하여 40°C에서 5분간 sonication한 후, 3,000 rpm에서 10분간 원심분리하여 상등액을 얻어 아로니아잼 추출물로 하였다. 아로니아잼 추출물(1

mg/mL) 0.5 mL에 Folin 시액 0.5 mL를 혼합한 뒤 3분간 실온에서 반응시킨 후, 2% Na₂CO₃ 1.5 mL를 첨가한 뒤 2시간 동안 암소에서 반응시킨 후, 760 nm에서 microplate reader(Infinite M200 Pro, Tecan Group Ltd. San Jose, CA, USA)를 이용하여 흡광도를 측정하였다. 시료에 함유된 총 폴리페놀 함량은 gallic acid(6.25~100 μ g/mL)의 표준곡선을 통하여 시료 g당 gallic acid equivalent(GAE)로 나타내었다.

2) 총 플라보노이드 함량 분석

총 플라보노이드 함량은 Woisky & Salatino (1998)에 따라 분석하였다. 아로니아잼 추출물(1 mg/mL) 1 mL를 취하여 2% aluminium chloride methanolic solution 1 mL를 첨가하여 15분간 실온에서 반응시킨 후 430 nm에서 microplate reader(Infinite M200 Pro, Tecan Group Ltd. San Jose, CA, USA)를 이용하여 흡광도를 측정하였다. 시료에 함유된 총 플라보노이드 함량은 quercetin(6.25~100 μ g/mL)의 표준곡선을 통하여 시료 g당 quercetin equivalent(QE)로 나타내었다.

3) 총 안토시아닌 함량 분석

총 안토시아닌 함량은 Giusti와 Wrolstad(2001)의 방법에 의해 분석하였다. 아로니아잼 0.1 g에 0.1% formic acid를 함유한 methanol 5 mL를 넣어 20분간 sonication을 하여 상등액을 따로 모았다. 이 과정을 3회 더 반복하였다. 상등액을 40°C에서 rotary evaporator(EYELA N-1200A, EYELA Co., Tokyo, Japan)를 이용하여 농축한 후 추출용매를 이용하여 적절한 농도로 희석하였다. 시료 100 μ L에 pH 1 완충용액 1,900 μ L와 pH 4.5 완충용액 1,900 μ L를 각각 첨가하여 vortexing한 후, 520 nm와 700 nm에서 microplate reader(Infinite M200 Pro, Tecan Group Ltd. San Jose, CA, USA)를 이용하여 흡광도를 측정하였다. 시료에 함유된 총 안토시아닌은 시료 100 g당 cyanidin-3-glucoside 함량으로 나타내었다.

9. 항산화 활성 측정

1) DPPH 라디칼에 대한 전자공여능 측정

아로니아잼 추출물의 전자공여능을 DPPH assay로 측정하였다(Cheung 등 2003). 96-well plate에 ethanol로 40배 희석한 잼 추출물 100 μ L와 0.2 mM DPPH(Sigma Chemical, St. Louis, MO, USA) 용액 100 μ L를 첨가한 후 37°C에서 30분간 반응시켰다. Microplate reader(Infinite M200 Pro, Tecan Group Ltd. San Jose, CA, USA)를 사용하여 515 nm에서 흡광도를 측정하였다. 시료의 DPPH 라디칼에 대한 전자공여능은 다음 식에 측정된 흡광도 값을 대입하여 산출하였다.

전자공여능(%) =

$(1 - \text{시료 첨가구의 흡광도} / \text{시료 무 첨가구의 흡광도}) \times 100$

2) ABTS 라디칼에 대한 전자공여능 측정

아로니아잼 추출물의 전자공여능을 ABTS assay로 측정하였다(Re 등 1999). 증류수에 용해시킨 7 mM ABTS(Sigma Chemical, St. Louis, MO, USA) stock solution에 2.45 mM $K_2S_2O_8$ 를 혼합하여 알루미늄 호일로 표면을 싸서 약 12시간 동안 실온에서 반응시켰다. 12시간 경과 후, 732 nm에서 흡광도가 0.7 ± 0.03 이 되도록 94% 에탄올로 희석한 용액을 ABTS 라디칼 소거능 측정을 위한 시약으로 사용하였다. 96-well plate에 ethanol로 40배 희석한 잼 추출물 100 μ L와 흡광도를 0.7 ± 0.03 으로 조절된 ABTS 용액 100 μ L를 첨가한 후 실온에서 10분간 반응시켰다. Microplate reader(Infinite M200 Pro, Tecan Group Ltd. San Jose, CA, USA)를 사용하여 732 nm에서 흡광도를 측정하였다. 시료의 ABTS 라디칼에 대한 전자공여능은 다음 식에 측정된 흡광도 값을 대입하여 산출하였다.

전자공여능(%) =

$(1 - \text{시료 첨가구의 흡광도} / \text{시료 무 첨가구의 흡광도}) \times 100$

10. 관능검사

당류의 종류를 달리하여 제조한 잼의 관능검사는 영양조리과학을 전공하는 훈련된 대학생 패널 20명을 대상으로 시료의 관능적인 특성에 대하여 평가하도록 하였다. 동일한 분량의 잼을 무작위로 조합된 세 자리 난수표로 구분하여 일회용 접시에 담아서 제시하였다. 평가 시 사용한 척도는 9점 기호 척도를 이용하였으며, 특성이 좋을수록 높은 점수를 기록하는 방법으로 하였다. 검사항목은 색(color), 맛(taste), 조직감(texture), 향미(flavor), 전반적인 선호도(overall acceptance)로 하였다.

11. 통계 분석

모든 결과는 3회 반복실험에 대한 평균(mean) \pm 표준편차(standard deviation)로 나타내었다. 실험결과에 대한 통계처리는 SPSS software package(Version 17.0, SPSS Inc., Chicago, IL, USA)를 이용하여 평균과 표준편차로 나타내었고, 각 처리군 간의 유의성에 대한 검증은 ANOVA를 이용하여 유의성을 확인한 후, $p < 0.05$ 수준에서 Duncan's multiple test를 이용하여 분석하였다.

결과 및 고찰

1. 아로니아의 일반성분

Table 2. Proximate composition of aronia

Moisture (%)	Ash (%)	Crude protein (%)	Crude lipid (%)
80.39 \pm 1.07	0.45 \pm 0.28 ¹⁾	1.44 \pm 0.32	0.84 \pm 0.06

¹⁾ Data are the mean \pm S.D. from three separate experiments.

아로니아의 일반성분 분석결과는 Table 2와 같이 수분 80.39%, 회분 0.45%, 조단백질 1.44%, 조지방 0.84%로 나타났다.

2. 아로니아잼의 수분 함량

당류의 종류를 달리하여 제조한 아로니아잼의 수분 함량 측정 결과는 Table 3과 같다. 설탕을 첨가하여 제조한 잼의 수분 함량은 28.4%이었고, 올리고당과 자일리톨을 첨가한 잼의 수분 함량은 각각 31.6%와 32.3%로 설탕을 첨가하여 제조한 잼에 비해 수분 함량이 높게 나타났다. 에리스리톨을 첨가하여 제조한 잼의 수분 함량은 29.5%로 설탕을 넣어 제조한 잼과 유사하게 나타났다. Na 등(2012)은 올리고당을 첨가하여 제조한 토마토잼의 수분 함량을 분석한 결과, 올리고당의 첨가 비율이 증가할수록 잼의 수분 함량이 높아졌고, 설탕만을 첨가하여 제조한 잼의 수분 함량(32.29%)에 비해 올리고당만을 첨가하여 제조한 잼의 수분 함량(35.31%)이 증가함을 확인하였다. 설탕 대체 감미료로 제조한 양갱의 수분 함량에서도 설탕에 비해 올리고당, 자일리톨, 에리스리톨 및 스테비오시드 등과 같은 대체 감미료로 제조한 양갱의 수분 함량이 높게 나타나, 본 연구결과와 유사한 경향을 나타냈다(Kim & Lee 2012). 잼의 보습성에 영향을 미치는 것은 당류의 -OH기와 수분과의 수소결합에 의한 것으로, 당알코올의 일종인 자일리톨과 에리스리톨은 설탕에 비해 -OH기 많아서 이들을 첨가한 제품의 보수력을 높일 수 있다고 사료된다. 설탕 대체 감미료의 보수력 차이가 이들 감미료를 첨가하여 제조한 잼의 수분 함량에 영향을 미치는 것으로 사료된다.

3. pH, 산도 및 당도

잼 제조에 사용한 아로니아 자체의 pH는 4.5였고, 아로니아잼의 pH와 산도를 측정한 결과는 Table 4와 같다. 설탕을 첨가하여 제조한 아로니아잼의 pH는 4.14로 나타났으며, 설

Table 3. Moisture content of aronia jam replaced sucrose with different sugar substances

Sample	Sucrose	Oligosaccharides	Xylitol	Erythritol
Moisture(%)	28.4 \pm 0.3 ^{1) b}	31.6 \pm 0.5 ^a	32.3 \pm 0.8 ^a	29.5 \pm 0.7 ^b

¹⁾ ^{a, b} Values with the different superscript within the same row are significantly different at $p < 0.05$.

Table 4. Values of pH, acidity and sugar contents of aronia jam replaced sucrose with different sugar substances

Sample	pH	Total acidity (%)	Sugar contents (°Brix)
Sucrose	4.14±0.1 ^{1)a}	0.94±1.04 ^a	65.2±0.0 ^a
Oligosaccharides	4.13±0.1 ^a	0.97±1.12 ^a	65.3±0.0 ^a
Xylitol	4.18±0.0 ^a	0.95±1.03 ^a	65.1±0.0 ^a
Erythritol	4.12±0.0 ^a	0.92±0.95 ^a	65.3±0.0 ^a

¹⁾ ^a Values with the same superscript within the same column are not significantly different at $p < 0.05$.

탕 대신 올리고당을 첨가한 잼의 pH는 4.13이었다. 자일리톨과 에리스리톨을 첨가하여 제조한 잼의 pH는 각각 4.18과 4.12로, 당류의 종류에 따른 pH의 차이는 통계적으로 유의적인 변화를 나타내지 않았다. 선행연구에서도 올리고당을 첨가하여 제조한 흑마늘잼의 pH가 3.79~3.80으로 나타났고(Kim 등 2008), 자일리톨을 첨가하여 제조한 딸기잼의 pH는 3.96~4.01로 나타나(Park 2007), 당의 종류에 따른 pH의 변화가 거의 관찰되지 않은 본 연구의 결과와 유사한 경향을 보였다.

설탕을 첨가하여 제조한 아로니아잼의 산도는 0.94였고, 설탕대신 올리고당을 첨가한 잼의 산도는 0.97로 나타났다. 자일리톨과 에리스리톨을 첨가하여 제조한 잼의 산도는 각각 0.95와 0.92로 당류의 종류에 따른 산도는 통계적으로 유의성 있는 보이지 않았다. 잼 제조에 사용한 아로니아의 산도 5.1과 비교할 때, 각종 당류를 첨가하여 잼을 제조하면 당도가 증가하면서 산도가 감소하는 것을 알 수 있다. 선행연구에서도 당알코올을 첨가한 딸기잼의 산도는 0.55~0.57이었고(Park 2007), 설탕과 올리고당을 첨가하여 제조한 흑마늘잼의 산도는 모두 0.16으로 나타났다(Kim 등 2008). 이상의 결과에서 볼 때, 첨가하는 당의 종류에 따른 잼의 총 산도의 차이는 관찰되지 않는 것으로 사료된다.

본 실험에 사용된 아로니아 자체의 당도는 14.1 °Brix였으며, 설탕 및 설탕 대체 당류를 첨가하여 제조한 아로니아잼의 당도 측정 결과는 Table 4와 같다. 설탕을 첨가하여 제조한 아로니아잼의 당도는 65.2 °Brix를 나타냈고, 올리고당을 첨가하여 제조한 잼의 당도는 65.3 °Brix로 나타났으며, 자일리톨 및 에리스리톨을 첨가한 잼의 당도는 각각 65.1 °Brix와 65.3 °Brix를 나타냈다. 감미료의 종류에 따른 아로니아잼의 당도의 차이는 5% 수준에서 유의적인 차이를 나타내지 않았는데, 이는 최종 당도가 65 °Brix가 되면 잼이 완성된 것으로 하였기 때문에 사료된다.

4. 퍼짐성

퍼짐성은 잼의 바름성, 안정성 및 품질유치의 척도가 되며,

Table 5. Spreadness of aronia jam added different amount of aronia jam replaced sucrose with different sugar substances

Sample	Sucrose	Oligosaccharides	Xylitol	Erythritol
Spreadness	7.32±0.19 ^{1)a}	6.93±0.34 ^b	7.35±0.22 ^a	6.34±0.12 ^c

¹⁾ ^{a-c} Values with the same superscript within the same row are not significantly different at $p < 0.05$.

펙틴 함량, 당류의 종류, 수분 함량, pH, 산도 등에 따라 영향을 받는 것으로 알려져 있다(Kim 등 2006). 당류의 종류를 달리하여 제조한 아로니아잼의 퍼짐성은 Table 5와 같다. 설탕을 첨가하여 제조한 잼의 퍼짐성이 가장 높았으며, 올리고당과 에리스리톨을 첨가하여 제조한 잼의 퍼짐성이 가장 낮았다. Park(2007)의 연구에서도 자일리톨을 첨가하여 제조한 딸기잼에서 자일리톨의 첨가량이 10~30%까지 증가함에 따라 잼의 퍼짐성도 증가하였다.

올리고당은 내부의 수분함유량으로 인해 잼 제조를 위한 가열시간이 길고, 퍼짐성이 감소한다고 보고하고 있다(Na 등 2012). 에리스리톨은 수분을 흡수하고 보유하는 능력이 낮아 퍼짐성의 감소로 나타난 것으로 사료된다(Byun & Lee 1997). Chung 등(2009)의 연구에서도 설탕 대신 에리스리톨을 0~50%까지 대체하여 제조한 스펀지케익의 경도(hardness), 점착성(guminess), 부서짐성(brittleness) 등이 에리스리톨 첨가량이 증가함에 따라 유의적으로 증가함을 확인하였다.

5. 색도

설탕 및 설탕 대체 당류를 첨가하여 제조한 아로니아잼의 색도 측정 결과는 Table 6과 같다. 명도를 나타내는 L값은 설탕을 첨가하여 제조한 잼에서 20.96으로 가장 낮게 나타났으며, 올리고당, 자일리톨, 에리스리톨을 첨가하여 제조한 아로니아잼에서 21.29~24.19로 다소 증가하는 경향을 보였다. 올리고당을 첨가하여 제조한 흑마늘잼(Kim 등 2008)과 자일리톨을 첨가하여 제조한 호박잼(Lee & Kim 2004)에서도 설탕

Table 6. Hunter's color values of aronia jam added different amount of aronia jam replaced sucrose with different sugar substances

Sample	L	a	b
Sucrose	20.96±1.57 ^{1)b}	0.32±0.13 ^c	0.21±0.02 ^c
Oligosaccharides	23.82±1.44 ^a	0.60±0.20 ^b	0.32±0.10 ^b
Xylitol	24.19±0.40 ^a	0.43±0.19 ^{bc}	0.34±0.09 ^b
Erythritol	21.29±1.58 ^{ab}	2.03±0.36 ^a	0.80±0.07 ^a

¹⁾ ^{a-c} Values with the different superscript within the same column are significantly different at $p < 0.05$.

을 첨가하여 제조한 잼에 비해 명도가 높게 나타나 본 연구와 유사한 결과를 나타냈다.

적색도를 나타내는 a값은 설탕을 첨가한 아로니아잼에서는 0.32를 나타냈으나, 설탕 대신 자일리톨과 올리고당을 첨가한 잼에서는 각각 0.43과 0.60으로 높은 값을 나타냈다. 특히, 에리스리톨을 첨가한 잼에서는 2.03을 나타내, 설탕을 첨가한 잼에 비해 통계적으로 유의성 있는 가장 높은 값을 보였다($p<0.05$). 황색도를 나타내는 b값은 설탕을 첨가한 아로니아잼에서는 0.21로 가장 낮았고, 올리고당과 자일리톨을 첨가한 잼에서는 각각 0.32와 0.34로 다소 높은 수치를 나타냈다. 에리스리톨을 첨가한 잼에서는 0.80으로 다른 실험군에 비해 높은 값을 보였다. 아로니아는 짙은 붉은색의 안토시아닌 색소를 함유하고 있어 잼의 적색도에 기여하며, 당류의 종류에 따라 안토시아닌 색소의 안정성과 분해에 미치는 영향이 다른 것으로 보고되어 있다(Song 등 2004; Choi 등 2005). 비환원당인 설탕은 갈색화 반응이 더딘 반면에 설탕 대체 당류들은 환원성을 가지고 있어 설탕보다 쉽게 갈색화 반응이 일어나 적색도와 황색도가 높게 나타난 것으로 사료된다(Kim & Lee 2012).

6. 항산화 물질 함량

아로니아잼의 폴리페놀, 플라보노이드 및 안토시아닌 함량 분석결과는 Table 7과 같다. 설탕 첨가 아로니아잼의 총 폴리페놀 함량(mg gallic acid/g 기준)은 1,112.15 mg이었으며, 설탕 대신 올리고당과 자일리톨을 첨가하여 제조한 잼에서도 각각 1,187.68 mg과 1,256.15 mg으로 높게 나타났다. 그러나 에리스리톨을 첨가한 잼에서는 1,008.15 mg으로 다른 실험군에 비해 다소 낮게 나타났다. 아로니아잼의 총 플라보노이드 함량은 quercetin을 기준으로 중량 1 g당 설탕을 첨가한 잼에서 691.42 mg, 올리고당과 자일리톨을 첨가한 잼에서는 640.29~643.36 mg으로 나타났다. 에리스리톨을 첨가한 잼에서는 623.29 mg으로 나타나, 총 플라보노이드 함량은 잼에 첨가한 당류의 종류에 따라 다소 차이가 있음을 알 수 있었다. 총 안토시아닌 함량의 경우는 cyanidin-3-glucoside를 기준으

로 중량 100 g 당 설탕을 첨가하여 제조한 아로니아잼에서는 232.96 mg이었으며, 설탕 대신 올리고당과 자일리톨을 첨가하여 제조한 잼에서는 각각 228.18 mg과 223.40 mg으로 나타났다. 에리스리톨을 첨가한 잼에서도 216.76 mg으로 당류의 종류에 따른 총 안토시아닌 함량 변화는 나타나지 않았다. Choi 등(2012)은 베리류에서 총 안토시아닌 함량을 분석하여 보고하였는데, 본 실험에서 제조한 아로니아 잼의 총 안토시아닌 함량이 품종을 달리한 오디(98.31~206.60 mg) 및 블루베리(138.80 mg)에 비해 높은 것을 알 수 있다.

7. 항산화 활성 측정

에탄올로 40배 희석한 아로니아잼 추출물의 DPPH 및 ABTS 라디칼 소거능은 Table 8에 나타내었다. DPPH radical 소거 활성은 대조군과 실험군에서 73.48~74.39%로 유의성 있는 차이는 관찰되지 않았다. ABTS radical 소거 활성도 DPPH radical 소거 활성과 유사한 결과를 나타냈다. ABTS radical 소거 활성은 설탕을 첨가한 아로니아 잼에서 69.99%로 비교적 높은 ABTS radical 소거 활성을 보였고, 올리고당과 자일리톨을 첨가한 잼에서 각각 69.34와 69.38로 높은 소거 활성을 보였다. 에리스리톨을 첨가하여 제조한 잼에서는 66.62%로 다소 낮은 ABTS 소거능을 나타냈으나, 통계적으로 유의성 있는 수치는 아니었다.

이상의 결과를 통하여 당의 종류와는 관계없이 아로니아잼의 DPPH 및 ABTS radical 소거 활성은 높은 것으로 확인되

Table 8. DPPH and ABTS radical scavenging activity (%) of aronia jam replaced sucrose with different sugar substances

Sample	DPPH	ABTS
Sucrose	73.71±0.88 ^{1)a}	69.99±1.70 ^a
Oligosaccharides	74.39±0.89 ^a	69.34±1.37 ^a
Xylitol	74.31±0.47 ^a	69.38±1.57 ^a
Erythritol	73.48±0.34 ^a	66.62±1.50 ^a

¹⁾ Values with the same superscript within the same column are not significantly different at $p<0.05$.

Table 7. Total polyphenol, flavonoid and anthocyanin contents of aronia jam replaced sucrose with different sugar substances

Sample	Total polyphenol (mg GAE ¹⁾ /g)	Total flavonoid (mg QE ²⁾ /g)	Total anthocyanin (mg C3G ³⁾ /100 g)
Sucrose	1,112.15±5.32 ^{4)c}	651.42±9.37 ^a	232.96±5.20 ^a
Oligosaccharides	1,187.68±6.03 ^b	640.29±9.18 ^{ab}	228.18±3.84 ^a
Xylitol	1,256.15±5.66 ^a	643.36±11.29 ^{ab}	223.40±5.38 ^a
Erythritol	1,008.15±38.94 ^d	623.29±9.70 ^b	216.76±15.02 ^a

¹⁾ GAE=gallic acid equivalent, ²⁾ QE=quercetin equivalent, ³⁾ C3G=cyanidin-3-glucoside equivalent

⁴⁾ a-c Values with the different superscript within the same column are significantly different at $p<0.05$.

었다. Choi 등(2012)에 따르면 오디, 블루베리, 딸기 에탄올 추출물의 DPPH 라디칼 소거 활성이 54.47~56.31%로 보고하여, 다른 베리류에 비해 아로니아가 농축된 잼의 항산화 활성이 높은 것을 확인할 수 있었다. 이는 아로니아가 농축된 잼에는 폴리페놀, 플라보노이드, 안토시아닌 등과 같은 항산화 물질의 함량도 매우 높기 때문으로 사료된다. 최근에는 항산화 물질 함량이 높은 오디, 복분자 등을 이용한 잼의 제조가 활발히 이루어지고 있다(Kim 등 2008, Kim 등 2012).

8. 관능검사

아로니아에 설탕 및 설탕 대체 당류를 첨가하여 잼을 제조하고 색, 맛, 질감, 향미, 전반적인 선호도에 대한 관능검사 결과는 Table 9와 같다. 색에 대한 선호도를 측정된 결과, 설탕을 첨가한 잼에서 9점 scale을 기준으로 6.7점으로 가장 높은 값을 보였고, 에리스리톨을 첨가한 잼에서는 5.1점으로 가장 낮은 값을 나타냈다. 맛의 경우는 자일리톨을 첨가한 잼에서 6.4점으로 가장 높았고, 설탕(6.3), 올리고당(6.1) 및 에리스리톨(5.1)을 첨가한 잼의 순으로 낮게 나타났다.

질감의 경우는 설탕과 자일리톨 첨가군에서 높았고, 에리스리톨을 첨가한 잼에서 가장 낮게 나타났다. 이는 에리스리톨은 다른 당류에 비해 흡수성이 높고, 설탕처럼 끈적거리는 성질이 없어서, 시간이 지남에 따라 잼에 함유되어 있는 수분을 흡수하여 잼 특유의 끈적이는 특성이 사라지고, 서걱거리는 질감이 나타나기 때문인 것으로 사료된다. 향미는 설탕을 첨가한 잼에서 5.7점으로 나타났으며, 올리고당과 자일리톨을 첨가한 잼에서 각각 6.4점과 6.5점을 보였다. 전반적인 선호도는 자일리톨 > 설탕 > 올리고당 > 에리스리톨을 첨가한 잼의 순으로 나타났다. 이상의 결과를 종합하여 볼 때, 자일리톨을 첨가한 잼은 설탕 첨가한 잼과 함께 비교적 높은 관능적인 선호도를 갖는 것으로 나타났으며, 이는 향후 설탕을 대체하는 잼의 주요 당류로의 이용가능성을 시사하고 있다. 반면에, 에리스리톨은 색, 맛, 질감, 향미, 전반적인 만족도 측면

에서 선호도가 낮은 것으로 나타나, 설탕을 대체할 수 있는 당류로는 부적합한 것으로 사료된다.

요 약

설탕과 설탕 대체 감미료를 첨가하여 아로니아잼을 제조하였으며, 제조된 잼에 대한 이화학적 제품특성, 관능적 특성 및 항산화 활성을 분석하였다. 설탕과 에리스리톨을 첨가하여 제조한 잼의 수분 함량(28.4~29.5%)은 유사하였고, 올리고당과 자일리톨을 첨가한 잼의 수분 함량(31.6~32.3%)은 높게 나타났다. pH, 총산의 함량, 당도는 당의 종류와 차이가 없는 것으로 나타났다. 설탕을 첨가하여 제조한 잼의 퍼짐성이 가장 높았으며, 올리고당과 에리스리톨을 첨가하여 제조한 잼의 퍼짐성이 가장 낮았다. 아로니아잼의 명도, 적색도 및 황색도는 설탕을 첨가하여 제조한 잼에서 가장 낮게 나타났으며, 올리고당, 자일리톨, 에리스리톨을 첨가하여 제조한 잼에서 증가하는 경향을 보였다. 첨가한 당류의 종류와 관계없이 아로니아잼에는 폴리페놀, 플라보노이드, 안토시아닌 함량이 높게 나타났으며, DPPH 및 ABTS radical 소거 활성이 높은 것으로 확인되었다. 관능검사에서는 맛, 향미 및 전반적인 만족도 측면에서 자일리톨을 첨가한 잼이 비교적 높은 관능적인 선호도를 갖는 것으로 나타났으며, 에리스리톨은 색, 맛, 질감, 향미, 전반적인 만족도 측면에서 선호도가 낮은 것으로 나타났다. 이상의 결과를 통하여 아로니아를 함유하는 잼을 제조할 때 자일리톨이 설탕을 대체할 수 있는 주요 당류로 이용할 수 있음을 시사하고 있다.

감사의 글

본 연구는 2012년도 농림수산식품부 고부가가치식품기술 개발사업(과제번호 112078-3)에 의해 수행되었으며 이에 감사드립니다.

References

- AOAC. 1990. Official Methods of Analysis. 15th edition. pp. 1017~1018. Association of Official Analytical Chemists
- Bridle P, Timberlake CF. 1997. Anthocyanins as natural food colors-selected aspects. *Food Chem* 58:103-109
- Byun SH, Lee CH. 1997. Studies on physicochemical properties of erythritol, substitute sugar. *Korean J Food Sci Technol* 30:1089-1093
- Byun SH, Lee CH. 1998. Dental caries suppression effect and other physiological properties of erythritol. *Korean J Food*

Table 9. Sensory intensity results of aronia jam replaced sucrose with different sugar substances

	Sucrose	Oligosaccharides	Xylitol	Erythritol
Color	6.7±1.9 ^{1a}	6.6±1.6 ^a	6.5±1.7 ^a	5.1±2.3 ^b
Taste	6.3±1.1 ^a	6.1±1.5 ^a	6.4±1.6 ^a	5.1±2.1 ^b
Texture	6.4±1.3 ^a	6.0±1.6 ^a	6.3±1.9 ^a	3.5±1.4 ^b
Flavor	5.7±1.1 ^b	6.4±1.2 ^a	6.5±1.5 ^a	5.2±2.2 ^c
Overall acceptance	6.1±1.8 ^b	5.7±1.1 ^{bc}	6.4±2.1 ^a	4.7±2.0 ^c

¹⁾ a-c Values with the different superscript within the same row are significantly different at $p < 0.05$.

- Sci Technol* 30:446-449
- Cheung LM, Cheung PC, Ooi VE. 2003. Antioxidant activity and total phenolics of edible mushroom extracts. *Food Chem* 81:249-255
- Cho WJ, Song BS, Lee JY, Kim JK, Kim JH, Yoon YH, Choi JI, Kim GS, Lee JW. 2010. Composition analysis of various blueberries produced in Korea and manufacture of blueberry jam by response surface methodology. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 39:319-323
- Choi HS, Kim MK, Park HS, Shin DH. 2005. changes in physicochemical characteristics of Bokbunja (*Rubus coreanus* Miq.) wine during fermentation. *Korean J Food Sci Technol* 37:574-578
- Choi IS, Mood YS, Kwak EJ. 2012. Composition of resveratrol and other bioactive compounds, and antioxidant activities in different mulberry cultivars. *Kor J Hort Sci Technol* 30:301-307
- Choi YS, Kim HW, Hwang KE, Kim CJ, Lee HM, Kim OK, Choi KS. 2013. Effects of replacing sugar with xylitol and sorbitol on the textural properties and sensory characteristics of *injeolmi*. *Korean J Food Cookery Sci* 29:825-831
- Chung YS, Kwak YH, Lee MN, Kim DJ. 2009. Quality characteristics of sponge cake with erythritol. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 38:1606-1611
- Cock P, Bechert CL. 2002. Erythritol: Functionality in noncaloric functional beverages. *Pure Appl Chem* 74:1281-1289
- Gironés-Vilaplana A, Valentão P, Andrade PB, Ferreres F, Moreno DA, García-Viguera C. 2012. Phytochemical profile of a blend of black chokeberry and lemon juice with cholinesterase inhibitory effect and antioxidant potential. *Food Chem* 134: 2090-2096
- Giusti MM, Wrolstad RE. 2001. Handbook of Food Analytical Chemistry. pp. 19-31. New Jersey: John Wiley & Sons
- Gonçalves NC, Cury AA, Simões GS, Hara AT, Rosalen PL, Cury JA. 2006. Effect of xylitol:sorbitol on fluoride enamel demineralization reduction *in situ*. *J Dent* 34:662-667
- Goossen J, Roeper H. 1996. Erythritol: a new sweetener. *Confect Prod* 62:44-47
- Kawaguchi M, Tashiro Y, Adachi T, Tamura Z. 1993. Changes in intestinal condition, fecal microflora and composition of rectal gas after administration of fructooligosaccharides and lactulose at different doses. *Bifidobacteria Microflora* 12:57-67
- Kim H, Kim J, Seok Y, Seo S, Kim S, Sung G. 2012. The effect of citric acid and enzyme inactivation treatment on C3G stability and antioxidant capacity of mulberry fruit jam. *J Seric Entomol Sci* 50:82-86
- Kim JS, Kang EJ, Chang YE, Lee JH, Kim GC, Kim KM. 2013. Characteristics of strawberry jam containing strawberry puree. *Korean J Food Cookery Sci* 29:726-731
- Kim JU. 1993. Agricultural Food Processing (in Korean). Munundang, pp. 357-375
- Kim JW, Lee GH, Hur JW. 2006. Quality characteristics of citron jam made with frozen citron in Korea. *Korean J Food Sci Technol* 38:197-201
- Kim M, Yoon S, Jung M, Choe E. 2008. Effects of sugars and pectin on the quality characteristics of low sugar wild vine (*Vitis coignetiea*) jam. *Korean J Food Cookery Sci* 24:206-211
- Kim MH, Kim MH, Yun S, Lee BY, Lee C, Kim BA, Jang KH, Lee JC, Surh J. 2012. Preparation and quality characterization of apple jam with *Rosa rugosa* Thunb. fruit. *Korean J Food Cookery Sci* 26:367-380
- Kim MH, Son CW, Kim MY, Kim MR. 2008. Physicochemical, sensory characteristics and antioxidant activities of jam prepared with black garlic. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 37: 1632-1639
- Kulling SE, Rawel HM. 2008. Chokeberry (*Aronia melanocarpa*)-A review on the characteristic components and potential health effects. *Planta Med* 74:1625-1634
- Lee KJ, Kim MR. 2004. Quality evaluation of pumpkin jam replaced sucrose with sugar alcohols during storage. *J East Asian Soc Dietary Life* 14:123-130
- Modler HW, McKellar RC, Yaguchi M. 1990. Bifidobacteria and bifidogenic factors. *Canadian Ins Food Sci Technol J* 23: 29-41
- Modler HW. 1994. Bifidogenic factors-sources, metabolism and applications. *Int Dairy J* 4:383-407
- Na YM, Lee YJ, Chun SS. 2012. Quality characteristics of tomato jam added with fructo-oligosaccharide. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 41:227-232
- Park MK. 2007. Quality characteristics of strawberry jam containing sugar alcohol. *Korean J Food Sci Technol* 39:44-49
- 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
- Singleton VL, Lamuela-Raventos RM. 1999. Analysis of total

- phenols and other oxidation substrates and antioxidants by means of Folin-Ciocalteu reagent. *Method Enzymol* 299:152-178
- Slimestad R, Torskangerpoll K, Nateland HS, Johannessen T, Giske NH. 2005. Flavonoids from black chokeberries, *Aronia melanocarpa*. *J Food Composit Anal* 18:61-68
- Song IS, Lee KM, Kim MR. 2004. Quality characteristics of pumpkin jam when sucrose was replaced with oligosaccharides during storage. *Korean J Soc Food Cookery Sci* 20:279-286
- Strigl AW, Leitner E, Pfannhauser W. 1995. Qualitative and quantitative analysis of the anthocyanins in black chokeberries (*Aronia melanocarpa* Michx Ell.) by TLC, HPLC, and UV/VIS-spectrometry. *Zeitschrift fuer Lebensmittel-Untersuchung und-Forschung* 91:177-180
- Woisky R, Salatino A. 1998. Analysis of propolis: some parameters and procedures for chemical quality control. *J Apicul Res* 37:99-105
- Wu X, Gu L, Prior RL, McKay S. 2004. Characterization of anthocyanins and proanthocyanidins in some cultivars of rives, aronia and sambucus and their antioxidant capacity. *J Agric Food Chem* 52:7846-7856

접 수 : 2014년 8월 20일
 최종수정 : 2014년 10월 8일
 채 택 : 2014년 10월 10일