

Research Article

산수유 추출물 첨가 요구르트의 품질 특성과 항산화능

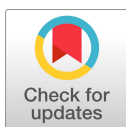
김도현 · 윤종혁 · 한종현 · 김예지 · 한성구*

건국대학교 상허생명과학대학 축산식품생명공학과

Quality Characteristics and Antioxidant Activity of Yogurt Added with Corni Fructus (*Cornus officinalis*) Extracts

Do Hyun Kim, Jong Hyeok Yune, Jong Hyeon Han, Yea Ji Kim, and Sung Gu Han*

Department of Food Science and Biotechnology of Animal Resources, Konkuk University, Seoul 05029, Republic of Korea



Received: Nov. 9, 2021
Revised: Dec. 15, 2021
Accepted: Dec. 16, 2021

*Corresponding author :

Sung Gu Han
Department of Food Science and
Biotechnology of Animal
Resources, Konkuk University,
Seoul 05029, Republic of Korea.
Tel: +82-2-450-0526
E-mail: hansg@konkuk.ac.kr

ORCID

Do Hyun Kim
<https://orcid.org/0000-0002-2500-8688>
Jong Hyeok Yune
<http://orcid.org/0000-0002-3015-7661>
Jong Hyeon Han
<https://orcid.org/0000-0002-3339-6844>
Yea Ji Kim
<https://orcid.org/0000-0003-0937-5100>
Sung Gu Han
<https://orcid.org/0000-0002-1485-861X>

Abstract

Yogurt is mostly consumed dairy food and considered as a nutritious food because of its probiotics such as lactic acid bacteria (LAB). LABs are known to possess antioxidant, anticarcinogenic and antimicrobial effects. Corni fructus has healthy and pharmacological effects such as the inhibition of apidogenesis and angiopoiesis. Thus, the purpose of this study was to evaluate quality characteristics and antioxidant activity of yogurt supplemented with water and ethanol extracts of corni fructus. Yogurt was manufactured with addition of 0.1%-0.2% (w/v) water or ethanol corni fructus extracts, respectively. For quality characteristics, pH, chromaticity, viscosity and syneresis were determined during refrigeration storage (1, 7, 14, and 21 day). For antioxidant activities, 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH) and 2,2'-azino-bis (3-ethylbenzothiazoline-6-sulphonic acid) (ABTS) radical scavenging activities were examined during storage. The pH showed no significant difference between groups but showed decreasing pattern for all groups during storage period. In chromaticity, redness increased, and lightness decreased as the amount of corni fructus extracts increases. Yogurt with corni fructus ethanol extracts showed more color changes than yogurt with corni fructus water extracts. Viscosity increased in corni fructus extract added groups, compared to control. Syneresis was approximately 2-fold higher in corni fructus extract added groups, while there were no significant changes between control and extract added groups. Both DPPH and ABTS radical scavenging activities were significantly higher than control group in corni fructus extract added groups, compared to control. In conclusion, addition of corni fructus extracts in yogurt improved quality characteristics during storage and antioxidant properties.

Keywords

yogurt, corni fructus, dairy products, antioxidant activity, lactic acid bacteria

서론

요구르트는 프로바이오틱스를 이용한 대표적인 식품이고, 주로 소비되는 발효 유제품 중에 하나이다. 요구르트는 '*Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus*와 *Streptococcus thermophilus*에 의한 우유 내 젖산의 발효로 인해 응고된 유제품'으로 정의된다(Bourlioux and Pochart, 1988). 최근에는 위 2개의 균주뿐만 아니라 여러 종류의 균주를 이용한 요구르트 제품도 많이 출시되었다. 시중에 판매중인 9개의 요구르트를 대상으로 유산균을 분리, 동정한 연구에서 *Streptococcus thermophilus*, *Lactocaseibacillus casei*, *Lactobacillus helveticus*, *Lactocaseibacillus rhamnosus*, *Lactiplantibacillus plantarum*, *Ligilactobacillus animalis*, *Lactobacillus delbrueckii*가 균주로 사용됨을 확인하였다(김동원 등, 2015). 요구르트는 이와 같은 유산균에 의해 생성된 젖산, 생리활성 펩타이드 등을 포함하고 있고, 유단백질, 탄수화물, 칼슘과 인 같은 무기질 그리고 리보플라빈(vitamin B₂), 티아민(vitamin B₁), 코발라민(vitamin B₁₂), 폴레이트(vitamin B₉), 나이아신(vitamin B₃), 비타민 A와 같은 비타민들을 풍부하게 함유하고 있다. 이 같은 생리활성 물질들을 통해 요구르트는 혈중 콜레스테롤 감소 작용, 면역 향상 작용, 항암 작용, 각종 무기질 흡수 촉진 작용 등의 기능성을 가지고 있는 것으로 알려져 있다(Hood and Zoitola, 1988; Im, 2003; Liu and Pan, 2010). 또한 유당 불내증을 겪고 있는 사람들이 보통 같은 증상 없이 유제품의 영양을 섭취할 수 있게 도와주는 역할을 한다(Weerathilake *et al.*, 2014).

산수유(*Corni fructus*, *Cornus officinalis*)는 속씨식물문(현화식물문), 쌍떡잎식물강(목련강), 산형목(층층나무목), 층층나무과, 층층나무속의 산수유 나무의 열매로서, 다 익으면 타원형과 붉은색을 띤다. 10월 이후에 수확하고, 주로 육질을 사용한다. 아시아와 유럽, 터키 등지에서 재배되고, 육질은 가공과정을 거쳐 과일 잼, 주스, 젤리, 시럽, 마말레이드, 드링크 등 다양한 기능성 식품을 제조하는데 유리한 영양 구성을 가지고 있다(Hassanpour *et al.*, 2011). 과육에는 인간에게 필요한 비타민 C, 식이섬유, tannin, 유기산 등이 함유되어 있다(Ercisli *et al.*, 2011; Šamec and Piljac-Žegarac, 2011). 산수유 열매는 건강화 완화, 이뇨작용, 혈압저하, 항균작용, 단백질 소화 보조, 항암작용, 항알러지의 기능이 있으며, 산수유 추출물은 혈관 신생과 지질세포 생성을 억제한다는 약리적 기능 연구 결과도 있다(Hwang and Kim, 2011; Seo *et al.*, 2002; 장상문 등, 1996). 또한, 산수유 열매 추출물은 염증을 막아주는 특성으로 인해 대체, 보완 치료에 이용될 수 있음을 확인한 연구결과도 있다(Akhavan *et al.*, 2015). 이러한 산수유의 건강 기능성을 이용해,

산수유 추출물을 다양한 식품에 첨가하는 연구들이 진행되었다. 산수유의 에탄올 추출물을 요구르트에 첨가한 연구에서 추출물을 첨가하지 않은 대조군에 비해 산수유 추출물 첨가 요구르트는 관능적 평가(냄새, 색, 맛, 부드러운 정도)에서 유의적으로 높은 점수를 받았다. 또한, pH는 대조군에 비하여 국내에서 시판되는 요구르트와 비슷한 수준을 나타냈다(강병선 등, 2012). 화이트 초콜렛에 산수유 분말을 첨가한 뒤 기능성을 살펴본 연구에서는 산수유 분말 첨가 화이트 초콜렛이 대조군에 비해 total phenol content(TPC)와 fluorescence recovery after photobleaching(FRAP) 값이 유의적으로 높게 나왔고, 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl(DPPH) 라디칼 소거능 역시 유의적으로 높게 나왔다(Cerit *et al.*, 2016). 이는 항산화제로서 산수유가 실제 식품에 이용될 수 있다는 가능성을 제시하였다. 또한, 산수유 약침액의 항산화 작용을 입증하기 위한 연구에서는 산화유발 물질을 첨가한 흰쥐에게 산수유 약침액의 물층과 핵세인층을 주사하여 산화물의 생성 정도를 살펴보았다. 그 결과 간 조직 내 SOD 및 카탈레이스 활성이 전 실험군에서 유의성 있게 증가하여 산수유 약침액이 항산화 약물로 사용 가능함을 보고하였다(박현선, 1998).

위와 같이 산수유를 첨가한 다양한 식품에 대한 연구가 진행되었지만, 식용 가능한 산수유 추출물 첨가 요구르트의 품질특성과 기능성에 대해서는 연구가 아직 부족하다. 따라서, 본 연구에서는 산수유를 두 가지 용매(물, 에탄올)로 추출하고, 이 추출물들을 요구르트 발효 전에 0.1%, 0.2%로 각각 첨가하였을 때의 농도별 품질 특성(점도, 색도, syneresis, pH)과 항산화능(DPPH, 2,2'-azino-bis(3-ethylbenzothiazoline-6-sulphonic acid(ABTS) 라디칼 소거능)을 저장기간(1, 7, 14, 21일)에 따라 관찰하였다. 본 연구를 통해 항산화능을 가진 산수유 추출물 첨가 기능성 요구르트 제품의 개발 가능성을 알아보았다.

재료 및 방법

재료

요구르트 제조에 사용된 탈지분유(서울우유협동조합, 서울, 한국)는 지역 시장에서 구입하였고, 산수유 분말(조은약초, 강원도, 한국)은 강원도 홍천군 남면 홍성길 67에서 수확한 100% 산수유 분말을 구입하였다. 요구르트 제조를 위해 사용된 스타터 균주 분말(삼익유가공, 서울, 한국)은 *Lactobacillus acidophilus*(35%), *Bifidobacterium longum*(30%), *Streptococcus thermophilus*(35%)의 혼합 균주가 사용되었다. DPPH와 ABTS는 Sigma-Aldrich (St. Louis, MO, USA)에서 구입하였다.

산수유 추출물 제조

산수유 물 추출물은 산수유 분말 10 g에 증류수 200 mL을 넣고 최초로 95℃에 도달하는 순간부터 30분간 95-100℃로 유지하며 교반하여 제조하였다. 60℃까지 식힌 후 여과지(Whatman filter paper No.1, No.2, England)로 흡인 여과를 각 1번씩 진행하였다. 여과액을 농축기(N-1000, Tokyo Rikakikai, Tokyo, Japan)로 농축한 후 동결건조를 하고, -80℃에서 보관하였다.

산수유 에탄올 추출물은 산수유 분말 10 g과 94% 에탄올 140 mL, 증류수 60 mL을 혼합한 후, 3시간 교반하였다. 여과지로 흡인 여과를 각 1번씩 진행한 후, 농축기로 농축한 후 동결건조를 하고, -80℃에서 보관하였다.

요구르트 제조

요구르트는 대조군(추출물 무첨가; C)와 물 추출물 0.1% 첨가(WE1), 0.2% 첨가(WE2), 에탄올 추출물 0.1% 첨가(EE1), 0.2% 첨가(EE2) 총 5개의 군으로 제조되었다(첨가량, w/v). 400 mL의 증류수를 2개 준비하고, 각각 12%의 탈지유(w/v)와 산수유 추출물을 섞고 85℃에서 30분간 살균하였다. 42℃까지 식힌 후, 요구르트 스타터를 접종하였다(2.6%, v/v). 요구르트 스타터는 100 mL의 12% 탈지유에 혼합 균주 0.05 g을 접종하고 6 h 배양하였다. 모든 접종된 요구르트들은 pH 4.5~4.6에 도달할 때까지 42℃에서 배양되었다. 대조군은 산수유 추출물을 넣지 않고 위와 같은 방식으로 제조하였다. 배양이 끝난 후, 저장기간(1, 7, 14, 21일)별로 50 mL 튜브에 분주하여 4℃에서 저장하였다.

pH

모든 요구르트의 pH 수치는 SevenEasy pH meter(Mettler-Toledo, Columbus, OH, USA)를 이용하여 측정하였다. Electrode는 사용하기 전에 Color-coded buffers(500 mL)로 pH 4.0, pH 7.0에서 표준화하였다. 요구르트의 pH는 저장기간별로 측정하였다.

색도

색도의 측정은 페트리 접시에 요구르트 15 mL을 담은 뒤 Chroma meter (CR-400 head, Konica Minolta, Japan)를 이용하여 측정하였으며 3회 측정 데이터의 평균값으로 표기하였다.

점도

점도의 측정은 viscometer(Brookfield Engineering Labs,

Middleboro, MA 02346, USA)를 이용하였다. 점도의 측정은 시료 35 g을 취하여 실온에서 viscometer의 63번 spindle를 사용하여 50 rpm에서 5분에서 7분까지 1분 간격으로 3회 측정 후 평균값으로 나타내었다.

Syneresis

Syneresis는 원심 가속방법을 약간 변형하여 사용하였다(Keogh and O'kenedy, 1998). 요구르트 10 g을 500 × g, 4℃에서 5분간 원심분리한 후, 분리된 투명한 액체의 무게를 측정하였다. Syneresis는 100 g당 유청 분리량을 백분율로 나타냈다. 모든 실험값은 3회 반복 측정 후 평균값으로 나타냈다.

요구르트 상등액

요구르트 상등액은 50 mL 튜브에 요구르트 10 g을 넣고 4,330 × g, 4℃에서 5분간 원심분리(Combi -514R, Hanil Science industrial) 하였다. 원심분리 후 상등액을 멸균된 50 mL 튜브에 옮기고, 같은 조건으로 한 번 더 진행하였다. 상등액은 저장기간별로 제조하여 사용 전까지 -80℃에 보관하였다.

DPPH, ABTS 라디칼 소거능

요구르트 상등액(20 μL)과 0.1 mM DPPH 용액(1 L 에탄올에 39.43 mg의 DPPH 분말을 혼합) 180 μL을 갈색 1.5 mL 튜브에 넣고, 암소에서 30분간 반응시켰다. 이후 15,000 rpm, 4℃에서 2분간 원심분리하고 상등액을 분리한 후, 상등액(200 μL)을 96-well plate에 넣어 517 nm에서 spectrophotometer로 측정하였다. 공시험은 에탄올(200 μL)을 사용하였고, 대조군은 에탄올(20 μL)과 DPPH 용액(180 μL)이 사용되었다. DPPH 라디칼 소거능은 다음과 같이 계산하였다.

DPPH 라디칼 소거능 (%) =

$$[1 - (\text{흡광도}_{\text{sample}} / \text{흡광도}_{\text{control}} - \text{흡광도}_{\text{blank}})] \times 100\%$$

ABTS 용액(14.8 mM)과 과산화칼륨(5 mM)을 혼합한 용액(1:1, v/v)을 제조하였고, 상온 암소에서 16 h 반응시켰다. ABTS 용액은 734 nm에서 흡광도 0.700 ± 0.05까지 증류수에 희석해서 사용하였다. 이 후 요구르트 상등액(20 μL)과 ABTS 라디칼 용액(180 μL)을 96-well plate에 넣고 암소에서 30분간 반응시켰다. 반응액의 흡광도는 723 nm에서 측정되었다. 공시험은 증류수(200 μL)를 사용하였고, 대조군은 증류수(20 μL)와 ABTS 용액(180 μL)이 사용됐다. ABTS 라디칼 소거능은 다음과 같이 계산하였다.

$$\text{ABTS 라디칼 소거능(\%)} = [1 - (\text{흡광도}_{\text{sample}} / \text{흡광도}_{\text{control}} - \text{흡광도}_{\text{blank}})] \times 100\%$$

모든 실험값은 3회 반복하고 측정된 후 평균값으로 나타냈다.

통계분석

본 실험의 결과는 평균 \pm 표준편차(SEM)로 표현되었고, SPSS-PASW 통계 프로그램(윈도우 18.0 버전, SPSS, Chicago, IL, USA)을 통하여 분석하였다. 처리군 간의 평균값 비교는 Duncan의 다중 검정을 통하여 유의성($p < 0.05$)을 검정하였다.

결과 및 고찰

pH

산수유 추출물 첨가 요거트의 pH는 저장기간 중에 측정되었다. 저장 1일차에서 C의 pH는 4.52였고, 각 실험군(WE1, WE2, EE1, EE2)의 pH는 4.44-4.48로 C보다 약간 낮은 pH를 보였다(Fig. 1). 이는 산수유에서 유래한 유기산이 산수유 추출물에 포함되어 발효 초기 pH에 영향을 미친 것으로 추정된다. 저장기간이 길어짐에 따라 모든 실험군의 pH가 낮아지는 경향을 나타냈는데, 이는

저장 도중 유산균의 후산발효에 의한 산 생성으로 때문으로 보이며 저장 21일차에는 pH 4.32-4.34로 모든 실험군이 유의적인 차이 없이 비슷하게 나타났다. 따라서 산수유 추출물의 유기산, 무기질, 당 성분은 요거트 발효에 있어서 유산균에 악영향을 끼치지 않는 것으로 확인되었다. 국내에서 시판되고 있는 요거트의 pH는 3.87-4.19라는 보고(Kim *et al.*, 1993)와 산수유 추출물 첨가 요거트의 저장 21일차 pH가 3.92-4.01이라는 연구 결과(Kang *et al.*, 2012)와 본 연구의 결과를 비교해 보았을 때 본 연구의 산수유 추출물 첨가 요거트는 비교적 높은 수준의 pH를 나타냈는데, 이는 요거트 제조과정에서 첨가된 10% 내외의 당류 첨가 유무 차이에 의한 것으로 생각된다. 요거트 발효에 영향을 미치는 유산균은 설탕 등 당류를 이용해 발효산물(산, 가스)을 만들어 내는데, 본 실험은 설탕을 첨가하지 않아 발효산물의 양이 상대적으로 적은 것으로 추정된다. 유자 추출물 첨가 요거트(Lee *et al.*, 2008)에서는 저장 15일차의 pH가 4.20-4.25로 본 실험결과와 비슷하게 나타났다. 이는 추출물의 첨가비율이 다르고, 산수유 추출물, 유자 추출물에 함유된 유기산 및 기타 성분들이 다르기 때문이라고 생각된다. Fig. 1. 저장기간(1, 7, 14, 21일) 동안 산수유 추출물(C, WE1, WE2, EE1, EE2; w/v)첨가 요거트의 pH 변화값은 평균값 \pm SEM($n=3$). 서로 다른 문자는 동일한 날짜의 실험군 간 유의적인 차이를 의미한다($p < 0.05$).

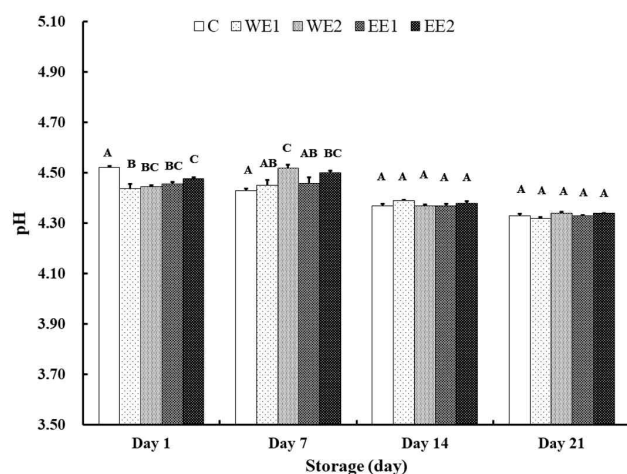


Fig. 1. pH changes in the yogurt added with corni fructus extract (C, WE1, WE2, EE1, EE2; w/v) during fermentation. Values are presented as the mean \pm SEM ($n=3$). Different letters represent statistical differences observed over the same day ($p < 0.05$). C: yogurt fermented without corni fructus extract (control); WE1: yogurt fermented with 0.1% corni fructus water extract, WE2: yogurt fermented with 0.2% corni fructus water extract, EE1: yogurt fermented with 0.1% corni fructus ethanol extract, EE2: yogurt fermented with 0.2% corni fructus ethanol extract.

색도

산수유 추출물 첨가 요거트의 색도는 요거트 제조 후 4°C에서 24 h 보관 후 측정하였다. C와 각 실험군의 색도계 측정값은 다음과 같다(Table 1). L값(밝기)은 C가 가장 높고, 각 산수유 추출물

Table 1. The color value of yogurts at day 1

Concentration	Color value		
	L*	a*	b*
C	90.98 \pm 0.04 ^a	-3.59 \pm 0.01 ^a	5.44 \pm 0.06 ^{ab}
WE1	90.54 \pm 0.01 ^b	-3.14 \pm 0.03 ^b	5.15 \pm 0.07 ^{bc}
WE2	89.56 \pm 0.07 ^c	-2.82 \pm 0.02 ^c	5.02 \pm 0.03 ^{cd}
EE1	90.08 \pm 0.06 ^d	-2.90 \pm 0.02 ^d	5.26 \pm 0.09 ^a
EE2	89.29 \pm 0.04 ^e	-2.28 \pm 0.01 ^e	4.83 \pm 0.04 ^d

^{a-e} Different letters represent statistical differences in each color measurements ($p < 0.05$).

L*, darkness-lightness (0-100); a*, greenness-redness (-60-60); b*, blueness-yellowness (-60-60).

C: yogurt fermented without corni fructus extract (control); WE1: yogurt fermented with 0.1% corni fructus water extract, WE2: yogurt fermented with 0.2% corni fructus water extract, EE1: yogurt fermented with 0.1% corni fructus ethanol extract, EE2: yogurt fermented with 0.2% corni fructus ethanol extract.

(WE, EE)의 첨가량이 높아짐에 따라 유의적으로 감소하였다. b값(황색도)에서 WE1과 C가 유의적인 차이를 보였으나, 첨가 농도에 따른 차이는 없는 것으로 나타났다. EE1은 대조군과 황색도의 차이가 없었고, EE2는 모든 실험군 중 가장 낮은 b값을 나타냈다. 5개의 모든 실험군은 a값(적색도)에서 유의적인 차이를 보였다. 아무것도 첨가하지 않은 C가 가장 낮았고, 이후 각 추출물별로 첨가량이 증가함에 따라 a값도 증가하였다. 추출물 별로는 같은 첨가 농도에서 에탄올 추출물이 물 추출물보다 색도에 주는 영향(L값, a값)이 더 큰 것으로 밝혀졌다.

색도값을 종합해 보았을 때, 산수유 추출물을 첨가한 실험군이 C보다 어둡게 나타났고, a값의 차이는 산수유 본래의 붉은색에 기인한 것으로 생각된다. 이 결과는 오미자 추출액을 첨가한 약선소스에서 첨가량이 증가할수록 붉은색의 영향을 받아 a값이 커진다는 연구(곽은정 등, 2002)와 일치하는 경향이 있다.

점도

점도는 요구르트 품질 특성 중에서 식감에 영향을 미치는 요인이다. 저장기간에 따른 산수유 추출물 첨가 요구르트의 점도는 Fig. 2와 같다. 저장 1일차에서 C의 점도는 814.44 cP이었으며, WE1, WE2, EE1, EE2 실험군은 각각 880.22, 905.89, 1,068.78, 1,155.11 cP로 추출물 첨가 농도가 증가할수록 점도도 증가함을

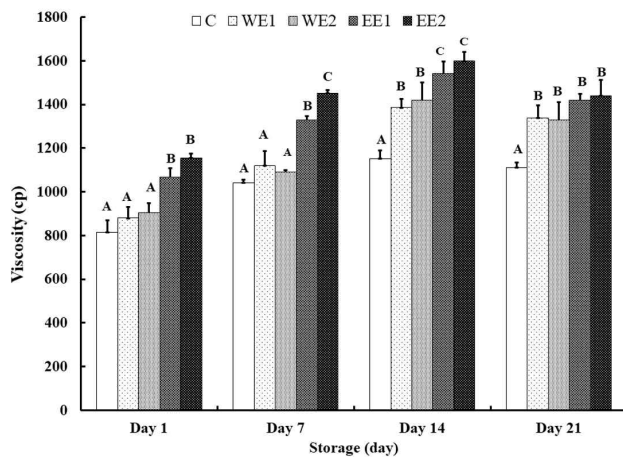


Fig. 2. Viscosity changes in the yogurt added with corni fructus extract (C, WE1, WE2, EE1, EE2; w/v) during storage. Values are presented as the mean \pm SEM (n=3). Different letters represent statistical differences observed over the same day ($p < 0.05$). C: yogurt fermented without corni fructus extract (control); WE1: yogurt fermented with 0.1% corni fructus water extract, WE2: yogurt fermented with 0.2% corni fructus water extract, EE1: yogurt fermented with 0.1% corni fructus ethanol extract, EE2: yogurt fermented with 0.2% corni fructus ethanol extract.

알 수 있었다. 또한 추출물 간의 비교에서는 물 추출물보다 에탄올 추출물을 첨가한 요구르트의 점도가 더 높은 것으로 나타났다. 이는 산수유 자체에 포함된 당 성분에 의해 끈적한 성상을 띠는 에탄올 추출물의 특성에서 기인한 것으로 생각된다. 저장 14일차까지 모든 실험군의 점도가 증가하였다(Fig. 2). 요구르트의 점도에 영향을 미치는 요인으로는 산도, 균주의 점액질 생산력, 총 고형분 함량, 산 생성력 및 단백질 분해능력 등이 있는데(Rasic and Kurmann, 1978), 산수유 추출물 첨가에 따른 산도 증가, 유산균의 후산발효로 인한 산 생성 및 총 고형분 증가로 인해 점도가 증가하는 것으로 생각된다. 이후 저장 21일차에서 점도가 약간 감소하였는데(Fig. 2) 요구르트의 점도가 균주의 산 생성력과 점액질 생산 능력에 영향을 받는다고 밝힌 연구결과(Ramaswamy and Basak, 1991)를 보아, 저장 기간이 21일차로 길어지면서 사용된 균주의 산 생성력이 감소함에 따라 점도가 감소한 것으로 보인다.

Syneresis

Syneresis는 요구르트의 겔 매트릭스에서 액체 성분이 분리되는 정도를 실험한 것으로 요구르트 품질 특성에서 중요한 지표 중 하나이다. 본 실험에서는 원심 분리기를 사용해 syneresis를 측정하였다(Fig. 3). C에 비해 산수유 추출물 첨가 요구르트의 syneresis는 낮거나 비슷한 것으로 나타났다. 산수유 추출물 첨가에 따라 높

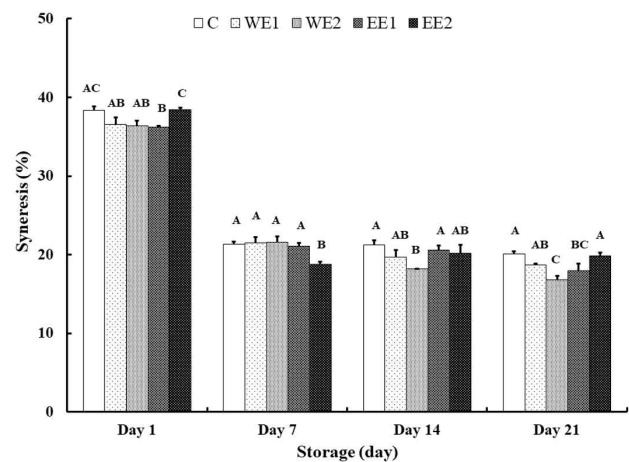


Fig. 3. Syneresis changes in the yogurt added with corni fructus extract (C, WE1, WE2, EE1, EE2; w/v) during storage. Values are presented as the mean \pm SEM (n=3). Different letters represent statistical differences observed over the same day ($p < 0.05$). C: yogurt fermented without corni fructus extract (control); WE1: yogurt fermented with 0.1% corni fructus water extract, WE2: yogurt fermented with 0.2% corni fructus water extract, EE1: yogurt fermented with 0.1% corni fructus ethanol extract, EE2: yogurt fermented with 0.2% corni fructus ethanol extract.

은 수분 흡수량을 가진 섬유질 함유량이 증가해 요구르트의 젤이 수분과 더 강하게 결합하여 syneresis가 C보다 낮게 나올 수 있지만, 첨가량이 적어 큰 차이가 없는 것으로 생각된다. 따라서 산수유 추출물의 첨가량이 증가한다면 syneresis는 더욱 감소할 것으로 생각된다. 오렌지 섬유질을 첨가한 요구르트의 색과 저장성에 관한 연구(García-Pérez *et al.*, 2005)에서는 오렌지 섬유질을 0.6%, 0.8% 첨가한 실험군은 대조군에 비해 높은 syneresis를 나타냈지만, 1% 첨가군은 오히려 syneresis가 감소한 결과와 유사하다. 저장기간 별로는 저장 1일차에서 C의 syneresis는 38.34%였으며, WE1, WE2, EE1, EE2 실험군은 각각 36.53%, 36.41%, 36.20%, 38.48%로 모두 비슷한 수준을 보여 추출물 첨가에 따른 유의적인 차이를 볼 수 없었다(Fig. 3). 저장 7일차에는 syneresis가 크게 감소하고 저장 14일, 21일차에는 7일차와 비슷한 수준을 보였다. 이는 분유를 사용한 무지방 요구르트의 유청 분리량을 조사한 연구결과(Isleten and Karagul-Yuceer, 2006)와 일치한다. 이 연구에서 저장기간(1, 6, 12일) 동안의 무지방 요구르트의 syneresis 측정에서 1일차에는 가장 높은 수준을 나타냈지만, 6일차에 감소하였고 이후 비슷한 수준의 유청 분리를 보였다. 이는 저장기간이 지남에 따라 점도가 증가하고 이로 인해 젤 매트릭스가 더 단단해져 유청과 같은 액체와 잘 결합하기 때문이라고 사료된다. 저장 7일차를 제외한 모든 실험에서는 물 추출물 첨가 요구르트의 syneresis가 에탄올 첨가 요구르트보다 낮거나 비슷한 것을 볼 수 있다(Fig. 3). 에탄올 농도에 따른 미나리 추출물의 영양성분에 관한 연구(Won *et al.*, 2015)에서 열수 추출물의 식이 섬유소 함량은 (2.06%) 95% 에탄올 추출물의 식이 섬유소 함량(0.06%)보다 약 30배 높았다. 따라서, 물 추출물이 에탄올 추출물보다 수분과 더 잘 결합할 수 있다고 생각된다. 이 결과는 산수유 추출물이 요구르트의 syneresis에 악영향을 미치지 않는 것으로 나타났다.

DPPH, ABTS 라디칼 소거능

생물체 내 산화적 스트레스는 활성산소(reactive oxygen species: ROS)가 축적되면서 세포 구성 성분의 산화적 손상을 야기하는 원인이고, 이는 노화의 주요 원인이다(Bokov *et al.*, 2004). 대사과정 중 발생하는 superoxide, hydroxyl, peroxy($\text{ROO} \cdot$), alkoxyl ($\text{RO} \cdot$), hydroperoxyl ($\text{HO}_2 \cdot$) 등의 라디칼은 체내 핵산, 지방을 손상시켜 암, 동맥 경화증, 뇌졸중, 류마티스 관절염, 신경 퇴행 및 당뇨병을 일으킬 수 있다(Fang *et al.*, 2002). 또한 자유 라디칼은 강력한 산화 물질로 작용하여 세포막 또는 DNA와 같이 세포 구조에 대해 매우 치명적으로 작용할 수 있다(김미경 등, 2010). 항산화제는 이러한 자유 라디칼의 반응을 막아주는 역할을 할 수 있다. 산수유 추출물 첨가 요구르트의 항산화능은 요구르트 상등액을 추

출한 뒤 DPPH, ABTS 라디칼 소거능 시험을 통해 확인하였다. 실험 결과는 다음과 같다. DPPH, ABTS 라디칼 소거능 시험 모두 C보다 큰 소거능을 보였다. DPPH 라디칼 소거능 실험에서 저장 1일차에 C의 라디칼 소거능은 50.33%였고, 각 실험군들은 각각 71.50%, 81.52%, 75.48%, 82.46%를 나타냈다(WE1, WE2, EE1, EE2)(Fig. 4). ABTS 라디칼 소거능 실험에서는 저장 1일차 C의 ABTS 라디칼 소거능이 40.07%였고, 각 실험군들은 76.67%, 90.93%, 85.33%, 95.04%로 C에 비해 약 2배 이상의 항산화능을

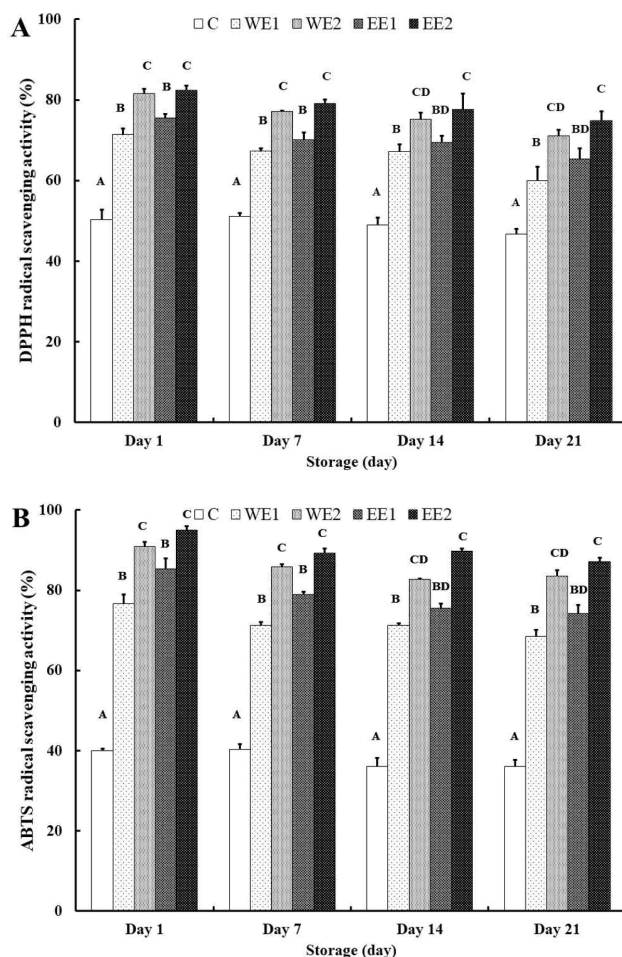


Fig. 4. Antioxidant activity of the yogurt added with corni fructus extract (C, WE1, WE2, EE1, EE2; w/v) during storage. Values are presented as the mean \pm SEM (n=3). Different letters represent statistical differences observed over the same day ($p < 0.05$). C: yogurt fermented without corni fructus extract (control); WE1: yogurt fermented with 0.1% corni fructus water extract, WE2: yogurt fermented with 0.2% corni fructus water extract, EE1: yogurt fermented with 0.1% corni fructus ethanol extract, EE2: yogurt fermented with 0.2% corni fructus ethanol extract.



보이며 DPPH 라디칼 소거능과 유사하게 나타났다(Fig. 4). 이전의 연구에서 산수유는 다른 베리류와 비교했을 때 평균 이상의 페놀성분을 가지고 있고, 산수유 추출물의 DPPH 라디칼 소거능은 동량의 비타민 E보다 더 우수하다고 밝혀졌다(Pantelidis *et al.*, 2007; 임수환, 2010). 페놀 성분의 항산화능은 페놀 성분이 가지고 있는 산화/환원력에 의해 자유 라디칼이 중화되기 때문이라는 연구결과가 있으며(Osawa, 1994), 유산균의 활동에 의해 발생하는 단백질 가수분해물은 높은 항산화능을 나타냈다는 연구결과도 보고되었다(Virtanen *et al.*, 2007). 따라서 산수유 추출물 첨가 요구르트의 항산화능은 산수유 추출물 자체에 포함된 페놀 성분의 자유 라디칼 중화력과 사용된 유산균의 대사물질에 의해 향상되는 것으로 생각된다.

결론

산수유 추출물 첨가 요구르트의 품질특성과 항산화능을 알아보기 위해 100% 산수유 분말을 물과 에탄올을 각각 사용하여 추출물을 제조하였다. 요구르트 제조 중에 각 추출물을 0.1-0.2%씩 첨가하고, 4℃에서 21일 동안 저장하면서 품질특성 및 이화학적 특성을 관찰하였다. 요구르트의 pH는 모든 실험군에서 C와 차이가 거의 없었고 저장기간이 지남에 따라 pH 값이 낮아졌다. 색도에서 산수유 추출물의 첨가 농도가 증가할수록 어두워지며 붉은색을 띠는 것을 확인하였다. 점도는 저장 14일차까지 지속적으로 증가함을 보였으며, 21일차에는 약간 감소하였다. Synerisis는 C와 실험군 간의 유의적인 차이가 없었다. 저장기간 별로는 1일차에서 약 36.2-38.47 g을 나타냈고 이후 저장 7일차부터 크게 감소하였다. DPPH, ABTS 라디칼 소거능에서는 산수유 추출물 첨가군들이 C에 비해 1.5배 이상의 라디칼 소거능을 보였다. 위의 결과에서 요구르트 제조 시 산수유 추출물을 첨가하면 품질특성 및 항산화능이 향상되는 것을 확인하였다.

References

1. Akhavan N, Feresin R, Johnson S, Pourafshar S, Elam M, Hsieh, YH, Salazar G, and Arjmandi B (2015) *Cornus officinalis* modulates the production of pro-inflammatory molecules in lipopolysaccharide-activated RAW264.7 macrophages. *The FASEB Journal*. **29**, 922-930.
2. Bokov A, Chaudhuri A, and Richardson A (2004) The role of oxidative damage and stress in aging. *Mech. Ageing Dev.* **125**(10), 811-826.
3. Bourlioux P and Pochart P (1988) Nutritional and health properties of yogurt. *Aspects of Nutritional Physiology*, Karger Publishers, Basel. **56**, 217-258.
4. Cerit İ, Şenkaya S, Tulukoğlu B, Kurtuluş M, Seçilmişoğlu ÜR, and Demirkol O (2016) Enrichment of functional properties of white chocolates with cornelian cherry, spinach and pollen powders. *GIDA/ The Journal of FOOD*. **41**(5).
5. Ercisli S, Yilmaz SO, Gadze J, Dzubur A, Hadziabulic S, and Aliman Y (2011) Some fruit characteristics of Cornelian cherries (*Cornus mas* L.). *Not. Bot. Horti. Agrobot. Cluj-Napoca*. **39**(1), 255.
6. Fang YZ, Yang S, and Wu G (2002) Free radicals, antioxidants, and nutrition. *Nutrition*. **18**(10), 872-879.
7. García-Pérez F, Lario Y, Fernández-López J, Sayas E, Pérez-Alvarez J, and Sendra E (2005) Effect of orange fiber addition on yogurt color during fermentation and cold storage. *Color Res. Appl.* **30**(6), 457-463.
8. Hassanpour H, Yousef H, Jafar H & Mohammad A (2011) Antioxidant capacity and phytochemical properties of cornelian cherry (*Cornus mas* L.) genotypes in Iran. *Sci. Hortic.* **129**(3), 459-463.
9. Hood S and Zoitola E (1988) Effect of low pH on the ability of *Lactobacillus acidophilus* to survive and adhere to human intestinal cells. *J. Food Sci.* **53**(5), 1514-1516.
10. Hwang JH and Kim JD (2011) Inhibitory effects of Corni fructus extract on angiogenesis and adipogenesis. *Korean J. Physiol. Pharmacol.* **15**(1), 43-51.
11. Im K (2003) Effect of fermented milk on human health. *Kor. J. Food Nutr.* **16**, 93-103.
12. Isleten M and Karagul-Yuceer Y (2006) Effects of dried dairy ingredients on physical and sensory properties of nonfat yogurt. *J. Dairy Sci.* **89**(8), 2865-2872.
13. Kang BS, Kim JI & Moon SW (2012) Quality characteristics of yogurt added with sansuyu (corni fructus) extracts. *Culinary Science and Hospitality Research*. **18**.
14. Keogh M and O'kenney B (1998) Rheology of stirred yogurt as affected by added milk fat, protein and

- hydrocolloids. *J. Food Sci.* **63**(1), 108-112.
15. Kim MS, Ahn ES and Shin DH (1993) Physico-chemical properties of commercial yoghurt in Korea. *Korean J. Food Sci. Technol.* **25**(25), 340-344.
16. Lee YJ, Kim SI and Han YS (2008) Antioxidant activity and quality characteristics of yogurt added yuza (*Citrus junos* Sieb ex Tanaka) extract. *Kor. J. Food Nutr.* **21**(2), 135-142.
17. Liu CF and Pan TM (2010) *In vitro* effects of lactic acid bacteria on cancer cell viability and antioxidant activity. *J. Food Drug Anal.* **18**(2).
18. Osawa T (1994) Novel natural antioxidants for utilization in food and biological systems. Postharvest Biochemistry of Plant Food-Materials in the Tropics. 241-251.
19. Pantelidis G, Vasilakakis M, Manganaris G, and Diamantidis G (2007) Antioxidant capacity, phenol, anthocyanin and ascorbic acid contents in raspberries, blackberries, red currants, gooseberries and Cornelian cherries. *Food Chem.* **102**(3), 777-783.
20. Ramaswamy H and Basak S (1991) Rheology of stirred yogurts. *J. Texture Stud.* **22**(2), 231-241.
21. Rasic JL and Kurmann J (1978) In Yogurt Technical Dairy Publishing House. Copenhagen, Denmark.
22. Šamec D and Piljac-Žegarac J (2011) Postharvest stability of antioxidant compounds in hawthorn and cornelian cherries at room and refrigerator temperatures: Comparison with blackberries, white and red grapes. *Scientia Horticulturae.* **131**, 15-21.
23. Seo YB, Kil GJ, Lee YK, and Lee YC (2002) Study on the effects of Corni fructus about the anti-allergic action. *The Korea Journal of Herbology.* **17**(1), 1-1.
24. Virtanen T, Pihlanto A, Akkanen S, and Korhonen H (2007) Development of antioxidant activity in milk whey during fermentation with lactic acid bacteria. *J. Appl. Microbiol.* **102**(1), 106-115.
25. Weerathilake W, Rasika D, Ruwanmali J, and Munasinghe M (2014) The evolution, processing, varieties and health benefits of yogurt. *International Journal of Scientific and Research Publications.* **4**(4), 1-10.
26. Won BY, Shin KY, Ha HJ, Yun YS, Kim YR & Lee HG (2015) Changes in nutritional composition of dropwort (*Oenanthe javanica*) ethanol extracts. *Journal of the Korean Society of Food Science and Nutrition.* **44**(6), 882-887.
27. 강병선, 김장익, 문성원 (2012) 산수유 추출물을 첨가한 요구르트의 품질 특성. *한국조리학회지.* **18**(3), 180-190.
28. 곽은정, 안준희, 이호근, 신민자, 이영순 (2002) 대추와 오미자 약선소스의 이화학적 및 관능적 특성에 관한 연구. *한국식품영양과학회지.* **31**(1), 7-11.
29. 김동원, 양태양, 임재원, 이강훈, 조성준, 이건형 (2015) 시중에서 판매하는 요구르트 속 유산균에 대한 연구. *과학영재교육.* **7**(1), 17-22.
30. 김미경, 왕수경, 신동순, 권오란 (2010) 생활속의 영양학. 제2판, 라이프사이언스, pp. 278-345.
31. 박현선 (1998) 산수유 약침의 항산화 작용에 관한 실험적 연구. 석사학위논문. 대전대학교 대학원, 대전, 대한민국.
32. 임수환 (2010) 산수유 추출물의 항산화작용에 대한 약리학적 연구. 박사학위논문. 경희대학교 대학원, 서울, 대한민국.
33. 장상문, 최정, 김종원, 박병윤, 박선동 (1996) 한약자원식물학. 학문출판, 서울, pp. 374-376.