

ARTICLE

뜻글을 첨가한 요거트의 이화학적 특성 및 항산화 활성

이혜윤 · 서주경 · 정시은 · 천지연*

제주대학교 식품생명공학과

Physicochemical Properties and Antioxidant Activity of Yogurt with Immature *Citrus unshiu*

Hye-Yoon Yi, Ju Gyeong Seo, Si Eun Jeong, Ji-Yeon Chun

Department of Food Bioengineering, Jeju National University, Jeju 63243, Korea

Received: September 28, 2021
 Revised: October 14, 2021
 Accepted: October 29, 2021

*Corresponding author :
 Ji-Yeon Chun
 Department of Food Bioengineering,
 Jeju National University,
 Jeju 63243, Korea
 Tel : +82-64-754-3615
 E-mail : chunjiyeon@jejunu.ac.kr

Copyright © 2021 Resources Science Research Institute, Kongju National University. This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://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.

ORCID

Hye-Yoon Yi
<https://orcid.org/0000-0002-5871-6699>
 Ju Gyeong Seo
<https://orcid.org/0000-0003-3504-8189>
 Si Eun Jeong
<https://orcid.org/0000-0001-6292-7598>
 Ji-Yeon Chun
<https://orcid.org/0000-0002-4336-3595>

Abstract

In this study, yogurt containing immature *Citrus unshiu* juice (ICJ) at 0, 1, 5, and 10% ratio was prepared to measure the antioxidant activity and physicochemical quality characteristics of the yogurt. In addition, the changes in the pH, titratable acidity and changes in sugar content of the immature *Citrus unshiu* yogurt were measured while being stored at room temperature for 3 days. Overall, the pH exhibited the tended of decreasing as time passed. As the amount of ICJ added increased, the pH of yogurt showed a tendency to decrease, and on the third day of storage, the yogurt with 10% ICJ added a significantly lower pH than the control group($p<0.05$). The titratable of immature *Citrus unshiu* yogurt showed significantly higher values on the third day of storage compared to the zero day of storage($p<0.05$). The sugar content of immature *Citrus unshiu* yogurt did not show any significant difference regardless of the amount of ICJ added and storage period($p>0.05$). In the case of viscosity, compared to the control group and yogurt added with 1% of ICJ, a significantly lower value was observed in the yogurt with 10% addition($p<0.05$). The total polyphenol contents and DPPH radical scavenging activity were increased according to the amount of ICJ added.

Keywords

Immature *Citrus unshiu*, Premature, Yogurt, Antioxidant activity, Physicochemical properties

1. 서론

요거트는 기질의 영양성분 외에 인체에 유익한 probiotics 균인 젖산균의 작용으로 유기산, 폴리페놀 성분, 올리고당 등의 다양한 생리활성 물질이 생성되어 건강증진 효과를 갖게 하는 대표적인 발효 식품 중 하나이다 (Jang, 2019). 요거트는 호상 요구르트라고도 하며, 요구르트는 원유 또는 유가공품을 유산균으로 발효시킨 것에 산미와 향미를 강화시킨 발효유 제품으로 여기에 향료, 과즙 등을 첨가하여 음용하기에 적합하게 만든 것을 의미한다 (Lee, 2008). 요거트는 우유로 만들어지기 때문에 유산균 발효에 의해 우유의 영양적인 가치가 증대되고, 요거트에 있는 유산균들은 장내에서 유용한 작용을 하여 설사와 변비 개선 등의 기능이 있다 (Sung and Choi, 2014). 콜레스테롤 저하작용과 항암효과도 있지만 무엇보다도 유당불내증 개선 기능도 있어 우유를 마시지 못하는 사람도 요거트는 섭취할 수 있다 (Min and Chung, 2016). 특히 동양인에게는 유당을 분해하는 유당분해효소가 결여되어 있거나 효소의 활력이 약한 경우가 많아서 유당불내증이 많이 나타난다. 하지만 발효유의 경우, 제조과정 중에 20~60%의 유당 (lactose)이 이미 유산균에 의해 젖산 (lactic acid)으로 분해되며, 장내에서도 유산균이 분비하는 유당분해효소에 의해 유당이 분해되므로 유당불내증 요인이 감소하기 때문에 요거트는 유당불내증이 있어도 섭취할 수 있다 (Han et al., 2012). 최근에는 국민 식생활 수준 및 건강에

대한 관심이 높아지면서 향산화·항균 기능이 강화된 기능성 요거트에 관심이 높아졌다. 이에 따라 검은 생강 (Kang, 2018), 레몬그라스 (Kim, 2017), 곰탕 (Jung, 2011), 파프리카 (Son, 2013), 오디 (Sung and Choi, 2014), 오크라 (Park, 2015) 등의 향산화 물질을 첨가한 요거트 제조 연구가 활발히 이루어지고 있다.

감귤은 운향목 운향과 감귤나무아과 중에서 감귤속, 금감속, 탕자나무속에 속하는 각종 및 이들 속으로부터 파생된 품종을 지칭하는 것이다 (Chung *et al.*, 2000). 감귤에는 비타민C, 엽산, 식이섬유, 카로티노이드 (carotenoids), 플라보노이드 (flavonoids) 등이 함유되어 있다 (Yoon, 2018). 주요 flavonoid 화합물로서 naringin, hesperidin, narin genin, hesperetin, nobiletin, tangeretin 등이 있고 (Kabe Y *et al.*, 2005; Valko M *et al.*, 2007), hesperidin, neohesperidin 및 naringin에 대한 분석과 효능에 대한 연구가 다수 진행되어 왔다 (Seo *et al.*, 2003). 감귤 가공 제품은 주로 완제품의 형태로 천연과즙, 과립과즙음료, 과즙 함유 청량음료, 혼합주스, 비타민 또는 갈슘 등을 첨가한 강화주스, 통조림 마멀레이드 등으로 제조되어 판매되고 있으며 제주의 관광 상품으로는 감귤 마멀레이드, 감귤 액상 차, 감귤 초콜릿, 한천 (agar)을 이용한 감귤 젤리 제품, 과자류 등이 시판되고 있다 (Kim, 2010). 제주지역에서 감귤의 생산량 감축과 품질의 고급화를 위해 매년 8~10월에 약 5~10만 톤 정도의 미숙 과를 나무에서 따서 폐기하는 수상 적과를 실시하고 있으나, 폐기처분되는 미숙감귤 대부분이 과수원 주변 환경을 오염시키는 원인으로 작용하고 있다 (Kang *et al.*, 2005). 최근 과잉생산체제로 인하여 소득성이 낮아지면서 부가가치를 높일 수 있는 가공식품 개발이나 기능성 식품으로서의 가치를 개발 하는데 관심이 높아지고 있다 (Chung *et al.*, 2000). 꽃굴을 이용한 가공 제품 연구로는 장아찌 (Yoon, 2018), 식초 (Yi, 2014), 감귤박을 이용한 마유 (Park and Yeo, 2016) 등으로 일반 감귤가공 제품 연구에 비해 연구가 적다.

따라서 본 연구의 주요한 목적은 꽃굴을 이용한 요거트를 제조함으로써 식품 소재의 개발과 향산화 기능을 강화한 요거트를 만들어 보고자 한다. 즉, 꽃굴 요거트를 제조한 후 이화학적 특성과 향산화 활성 등을 연구하였다.

II. 재료 및 방법

실험재료

본 실험에서는 요거트 제조를 위해 요거트 제조기 (Yogurt maker, Hurumcorp, Korea)를 사용하였으며, *Lactococcus cremoris*, *Lactococcus lactis*, *Lactococcus lactis* (LA), *Streptococcus thermophilus* (TH), *Lactobacillus acidophilus*, *Bifidobacterium lactis*, *Streptococcus thermophilus*, *Lactobacillus helveticus*로 구성된 요거트 스타터 (Caspri yogurt powder starter, Yogurberry, Korea)와 탈지 분유 (Seoul skim milk powder, Seoulmilk, Korea)를 이용하여 요거트 발효를 진행하였다. 꽃굴 착즙액은 2019년 9월에 제조된 것으로, 제주농장 영농조합법인으로부터 제공받아 -20℃ 냉동고에 보관하면서 사용하였다. 본 실험에 사용한 꽃굴 착즙액은 4,000 rpm에서 10분간 원심분리 (LaboGene 1248R, LaboGene, Korea)하여 얻어진 상등액을 실험에 사용하였다.

꽃굴 요거트 제조

꽃굴 요거트 제조 배합비는 Table 1에 나타내었다. 꽃굴 요거트 제조는 먼저 증류수에 탈지 분유를 혼합하여 90℃에서 10분간 살균한 후 약 40℃로 식히고, starter와 꽃굴 착즙액을 control (0%), 1, 5, 10%의 농도로 첨가 후 요거트 제조기를 이용하여 42℃에서 8시간 동안 발효시켰다 (Um, 2017). 요거트는 발효 후 후숙성 과정을 거치기 위해 12시간 동안 냉장 보관하였으며, 저장기간 동안에도 냉장 보관하며 본 실험에 시료로 사용하였다.

Table 1. Composition of yogurt with immature *Citrus unshiu* juice

Ingredients (g)	Immature <i>Citrus unshiu</i> juice (%)			
	0 (control)	1	5	10
Immature <i>Citrus unshiu</i> juice	0	1.28	6.4	12.8
Distilled water	128	126.72	121.6	115.2
Skim milk powder	16	16	16	16
Starter ¹⁾	0.4	0.4	0.4	0.4

¹⁾ *Lactococcus cremoris*, *Lactococcus lactis*, *Lactococcus lactis* LA, *Streptococcus thermophilus* TH, *Lactobacillus acidophilus*, *Bifidobacterium lactis*, *Streptococcus thermophilus*, *Lactobacillus helveticus*.

pH 및 적정 산도 측정

저장기간에 따른 풋귤 요거트의 pH와 적정산도는 3일간 후숙성 과정 후부터 1일 간격으로 측정하였다. 요거트의 pH는 희석하지 않은 시료를 pH meter (Testo, KgaA, Deutschland)를 이용하여 3회 반복 측정하였다. 적정 산도는 요거트를 원심 분리하여 얻어진 상등액을 4 mL 취한 후, 증류수를 이용하여 10배 희석하고 페놀프탈레인 시약을 3방울 떨어뜨린 후 0.1N NaOH로 적정하여 그 소비량 (mL)을 젯산의 양으로 환산하여 계산하였다.

$$\text{산도(젯산\%)} = \frac{a \times f \times 0.009}{10 \times \text{검사시료의 비중}} \times 100$$

a: 0.1 N NaOH의 소비량 (mL)

f: 0.1 N NaOH의 역가

가용성 고형분 및 점도 측정

저장기간에 따른 풋귤 요거트의 가용성 고형분은 3일간 냉장 보관하며 후숙성 과정 후부터 1일 간격으로 PAL-BX/ACID181 (Atago, Ltd, Minato-ku, Japan)를 이용하여 희석하지 않은 시료를 3회 반복 측정하였다. 요거트의 점도는 실온에서 Brookfield DV-1 Viscometer (Brookfield Engineering Laboratories, Inc., Middleboro, USA)를 사용하여 측정하였다. 점도 측정 시 spindle No. 93를 이용하여 50 rpm에서 1분 후의 값을 측정하였다.

총 페놀 함량 (Total polyphenol contents, TPC) 측정

풋귤 요거트의 총 페놀 함량은 Folin-Ciocalteu (Singleton and Rossi, 1965)의 방법을 일부 변형하여 사용하였다. 4,000 rpm에서 10분간 원심분리하여 얻은 각 시료의 상등액 300 μ L에 증류수 900 μ L와 2 N Folin-Ciocalteu's phenol reagent 100 μ L를 넣어 교반한 후 실온의 암소에서 5분간 반응시켰다. 그 후에 2% Na_2CO_3 300 μ L와 증류수 500 μ L를 첨가하여 교반 후 실온에서 1시간 반응시키고 microplate reader (Epoch™, BioTek Instruments, USA)를 사용하여 760 nm에서 흡광도를 측정하였다. 표준곡선은 gallic acid (Sigma-Aldrich, USA) 용액으로 작성하였으며, 시료의 총 페놀 함량은 1 mL 중의 μ g gallic acid equivalents (GAE)로 나타내었다.

DPPH radical scavenging activity 측정

요거트의 DPPH 라디칼 소거 활성은 4,000 rpm에서 10분간 원심분리시킨 각 시료의 상등액 500 μ L에 0.4 mM DPPH를 1 mL 넣어 교반하고 실온의 암소에서 30분간 반응시킨 후 microplate reader

를 사용하여 517 nm에서 흡광도를 측정하였다.

통계처리

통계 분석은 Minitab 17 (Minitab Inc., State College, USA)에 의해 수행하였으며, 각 시료의 유의성 ($p < 0.05$) 검정을 위하여 분산분석 (ANOVA)을 실시하였다. 사후 검정으로는 Tukey의 다중범위시험을 실시하였다.

III. 결과 및 고찰

외관

꽃굴 착즙액 첨가량 (control, 1, 5, 10%)을 다르게 하여 제조한 요거트를 교반한 뒤 외관을 관찰하였다 (Fig. 1). Control (A)의 경우 응고물이 존재하지 않아 매끄러웠으며, 꽃굴 착즙액 1% 첨가 요거트 (B)는 약간의 응고물이 존재하나 대체적으로 매끄러운 질감을 보였으며 대조군에 비해 약간 투명해진 것을 확인할 수 있었다. 꽃굴 착즙액 5% 첨가 요거트 (C)는 작은 응고물이 눈에 띄게 관찰되었으며 투명도도 (A)와 (B)에 비해 높아졌다. 꽃굴 착즙액 10% 첨가 요거트 (D)의 외관에서는 작은 응고물과 큰 응고물을 관찰할 수 있었으며 투명도가 높아진 것을 확인할 수 있었다. 꽃굴 착즙액의 첨가량이 증가할수록 덩어리가 크고 많으며 요거트의 투명도가 높아진 것을 육안으로 확인할 수 있었다. 이러한 외관을 나타낸 것은 꽃굴 착즙액의 첨가량이 증가함에 따라 요거트에 존재하는 유기산의

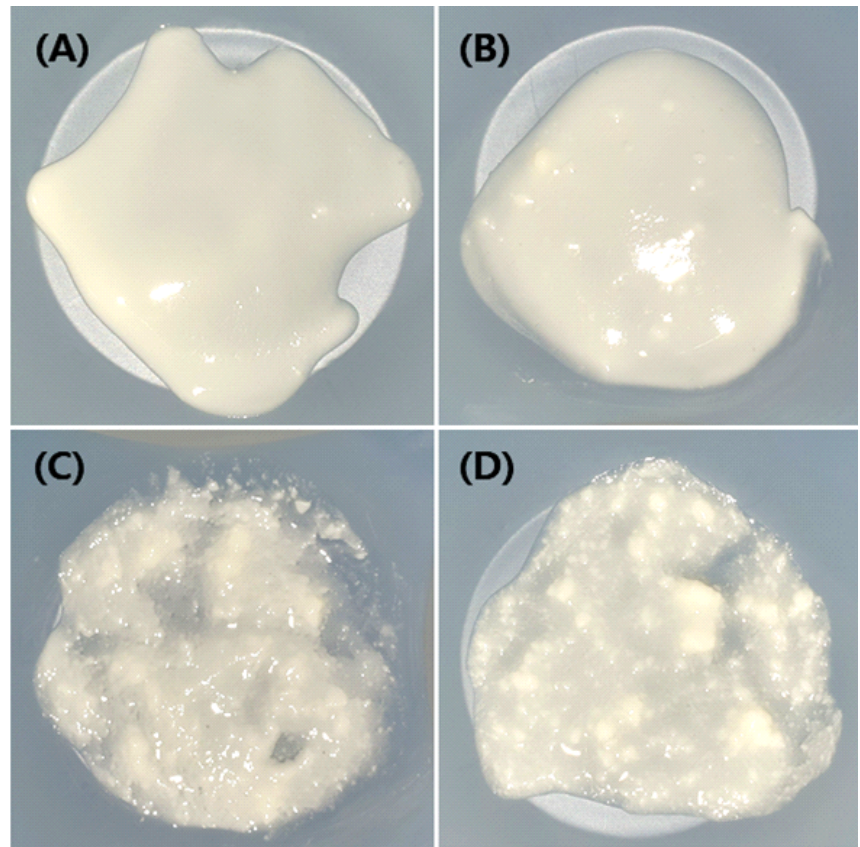


Fig. 1. Appearance of yogurt according to the amount of immature *Citrus unshiu* juice. (A) 0% (control), (B) 1%, (C) 5%, (D) 10%.

함량이 증가하게 되고 이로 인해 pH가 감소됨에 따라 유단백질이 응고된 것에 따른 결과로 보여진다 (Jung, 2004).

pH 및 적정산도

풋귤 착즙액 첨가량 (control, 1, 5, 10%)을 다르게 하여 제조한 요거트의 제조 후 저장 기간에 따른 pH의 변화를 측정된 결과는 Table 2와 같다. 일반적인 우유의 pH는 약 6.5정도로 중성에 가까운 값을 가지나, 본 풋귤 착즙액을 넣지 않은 대조구의 발효 직후 pH는 4.22이었으나, 저장 3일차에는 4.16으로 감소하였으나 유의적인 차이를 보이지는 않았으며 (p>0.05), 풋귤 착즙액을 1% 넣은 요거트는 발효 직후 pH 4.20이었으나, 3일차에는 4.12로 감소하면서 유의적으로 낮아지는 경향을 나타내었다 (p<0.05). 풋귤 착즙액을 5% 넣은 요거트는 발효 직후 pH 4.16에서 3일차에는 4.10으로 감소하였으며 풋귤 착즙액을 10% 넣은 요거트는 발효 직후 pH 4.13에서 3일차에는 4.07로 감소하였고 5%와 10%의 경우 저장기간에 따른 유의적인 차이를 보이지는 않았다 (p>0.05). 풋귤 요거트는 착즙액의 첨가량이 증가함에 따라 저장 0일차에서는 pH가 낮아지는 경향을 보였으나 유의적인 차이를 보이지는 않았으며 (p>0.05), 저장 3일차에서는 대조구에 비해 풋귤 착즙액 10% 첨가 요거트에서 유의적으로 낮은 pH를 나타내었다 (p<0.05). 또한, 저장기간에 관계없이 풋귤 착즙액의 첨가량이 증가함에 따라 요거트의 pH가 낮아지는 경향을 나타내었는데, 이는 풋귤 착즙액의 낮은 pH (3.189)가 영향을 미친 것으로 생각된다 (Yi et al., 2021). 레몬그라스 열수 추출물을 첨가한 요구르트의 경우 저장 14일차까지 모든 실험군의 pH가 감소하는 경향을 나타내어 본 연구와 유사한 경향을 확인할 수 있었다. 저장기간이 증가함에 따라 요거트의 pH가 감소하는 것은 저장기간 동안 유산균의 대사 활동이 진행되어 유기산의 양이 증가한 것에 따른 결과로 보여진다 (Kim, 2017).

풋귤 첨가량 (control, 1, 5, 10%)을 다르게 하여 제조한 요거트의 제조 후 저장 기간에 따른 적정산도의 변화를 측정된 결과는 Fig. 2와 같다. 풋귤 착즙액을 넣지 않은 대조구의 발효 직후 적정산도는 0.75이었으나, 3일차에는 0.92로 증가하였으며 풋귤 착즙액을 1% 넣은 요거트는 발효 직후 0.78이었으나, 3일차에는 0.96으로 증가하여 저장 3일차에서는 모두 유의적으로 높은 값을 나타내었다 (p<0.05). 풋귤 착즙액을 5% 넣은 요거트의 적정산도는 발효 직후 0.78이었으나, 3일차에는 0.92로 증가하였으며 풋귤 착즙액을 10% 넣은 요거트는 발효 직후 0.83이었으나, 3일차에는 0.96으로 증가하여 풋귤 착즙액의 첨가량과 관계없이 저장 3일차에서 모두 유의적으로 높은 적정산도값을 나타내었다 (p<0.05). 저장 0일차와 1일차까지는 풋귤 착즙액 10% 첨가 요거트의 적정산도가 0.83, 0.92로 다른 시료들에 비해 유의적으로 높은 값을 나타냈으나 (p<0.05), 저장 3일차에서는 대조구를 제외한 시료들과는 유의적 차이를 보이지 않았다 (p>0.05). Lee (2008)의 연구에 따르면 정상적인 요거트

Table 2. pH of yogurt with immature *Citrus unshiu* juice

Storage days	Immature <i>Citrus unshiu</i> juice (%)			
	0 (control)	1	5	10
0	4.22±0.05 ^{Aa}	4.20±0.02 ^{Aa}	4.16±0.04 ^{Aa}	4.13±0.03 ^{Aa}
1	4.20±0.04 ^{Aa}	4.17±0.03 ^{ABab}	4.14±0.02 ^{ABa}	4.09±0.05 ^{Ba}
2	4.17±0.02 ^{Aa}	4.15±0.01 ^{Aab}	4.11±0.05 ^{ABa}	4.07±0.02 ^{Ba}
3	4.16±0.04 ^{Aa}	4.12±0.02 ^{ABb}	4.10±0.01 ^{ABa}	4.07±0.05 ^{Ba}

All values are mean±standard deviation (n=3).

^{A,B} The means in each row followed by the same letter are not significantly different by Tukey’s multiple range test at p<0.05.

^{a,b} The means in each column followed by the same letter are not significantly different by Tukey’s multiple range test at p<0.05.

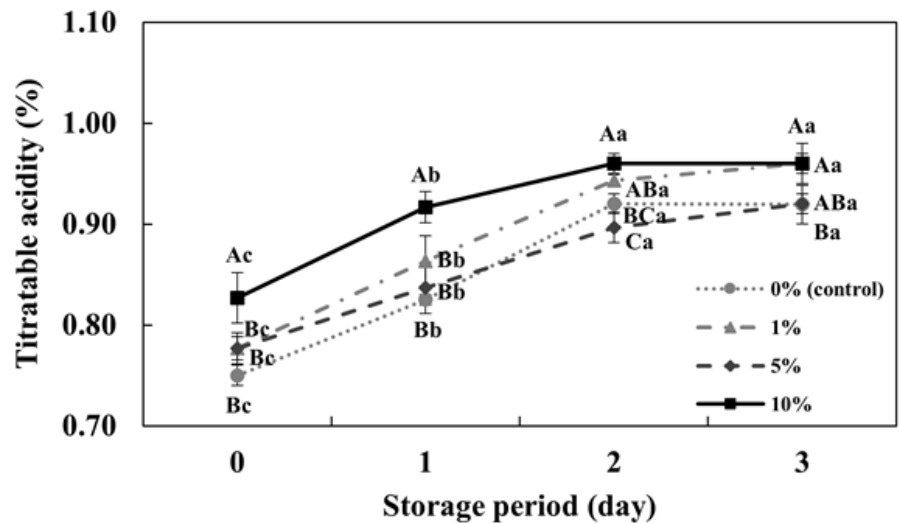


Fig. 2. Change in titratable acidity of yogurt with immature *Citrus unshiu* juice during the storage period at 20°C. All values are mean±standard deviation (n=3). ^{A-C} Different capital letters indicate significant differences according to the amount of immature *Citrus unshiu* juice. ^{a-c} Different small letters indicate significant differences according to the storage period.

제품의 적정산도는 0.7~1.2%의 범위를 가져야 하며, 본 연구에서 꽃굴 착즙액을 첨가한 요거트의 적정산도는 0.75~0.96%의 범위로 나타나 바람직한 적정산도를 가지는 것을 확인하였다. 또한, Jung (2004)의 연구에 따르면 호상 요구르트의 경우 1.0~1.1%의 적정 산도를 가질 때 가장 좋은 품질을 나타낸다고 하여 본 연구에서 꽃굴 착즙액의 첨가량을 10% 이상으로 높여 더 높은 적정 산도를 가지는 요거트를 제조하여도 제품의 품질에는 크게 무리가 없을 것으로 생각된다. 결과적으로 꽃굴 착즙액을 첨가한 요거트가 대조구에 비해 낮은 pH와 높은 산도를 가지는 것으로 나타났는데, 이는 꽃굴 자체의 성분 즉, 유기산 등에 의한 pH 감소 및 산도 증가로 보여진다 (Yi *et al.*, 2014).

가용성 고형분

꽃굴 착즙액 첨가량 (control, 1, 5, 10%)을 다르게 하여 제조한 요거트의 가용성 고형분 결과는 Table 3과 같다. 꽃굴 착즙액을 넣지 않은 control의 발효 직후 가용성 고형분은 9.19 ° Brix이었으나, 3일차에는 9.23 ° Brix로 증가하였으며, 꽃굴 착즙액 1% 첨가 요거트는 발효 직후 9.13 ° Brix이었으

Table 3. Sugar contents (°Brix) of yogurt with immature *Citrus unshiu* juice

Storage days	Immature <i>Citrus unshiu</i> juice (%)			
	0 (control)	1	5	10
0	9.19±0.23 ^{NS}	9.13±0.36 ^{NS}	9.07±0.14 ^{NS}	9.11±0.31 ^{NS}
1	9.18±0.26 ^{NS}	9.10±0.21 ^{NS}	9.09±0.17 ^{NS}	9.11±0.33 ^{NS}
2	9.22±0.37 ^{NS}	9.14±0.24 ^{NS}	9.12±0.24 ^{NS}	9.14±0.20 ^{NS}
3	9.23±0.28 ^{NS}	9.15±0.32 ^{NS}	9.11±0.19 ^{NS}	9.16±0.32 ^{NS}

All values are mean±standard deviation (n=3).

NS: not significant.

나, 3일차에는 9.15 ° Brix로 증가하였다. 또한, 풋귤 착즙액을 5% 넣은 요거트는 발효 직후 9.07 ° Brix이었으나, 3일차에는 9.11 ° Brix로 증가하였으며, 풋귤 착즙액을 10% 넣은 요거트는 발효 직후 9.11 ° Brix이었으나, 3일차에는 9.16 ° Brix로 증가하였다. 저장 기간에 관계없이 대조구의 가용성 고형분이 가장 높게 나타났으며, 풋귤 착즙액 첨가량이 증가함에 따라 요거트의 가용성 고형분이 감소하는 경향을 나타내다가 풋귤 착즙액 10% 첨가군에서는 소폭 상승하는 경향을 나타내었다. 또한, 저장기간이 증가함에 따라 모든 시료의 가용성 고형분이 증가하는 경향을 나타내었으나 유의적인 차이를 보이지는 않았다 ($p>0.05$). Kim 등 (2009)의 연구에 따르면 버찌 분말을 첨가한 요구르트의 저장 중 가용성 고형분 함량은 감소하는 경향을 나타내어 본 연구와는 다른 경향을 보이는 것으로 확인되었다. 결과적으로, 본 연구에서는 요거트의 가용성 고형분이 풋귤 착즙액의 첨가량과 저장기간에 따른 유의적인 차이를 보이지는 않았다 ($p>0.05$).

점도

점도는 유동식품의 흐름에 대한 저항성을 나타내는 것으로 점도가 높을수록 유동식품의 흐름성이 적음을 의미하며, 점도가 낮을수록 흐름성이 높음을 의미한다 (Kim, 2010). 풋귤 착즙액 첨가량 (control, 1, 5, 10%)을 다르게 하여 제조한 요거트의 점도 측정 결과는 Fig. 3과 같다. 대조구의 점도는 1,438.5 cP 로 가장 높은 점도를 보였으며 풋귤 착즙액의 첨가량이 증가할수록 감소하는 경향을 보여 10% 첨가군의 점도는 1,395.75 cP로 가장 낮은 점도를 보였다. 대조구와 풋귤 착즙액 1%, 5% 첨가 요거트의 점도는 유의적인 차이를 보이지 않았으나 ($p>0.05$), 대조구와 풋귤 착즙액 1% 첨가 요거트에 비해 10% 첨가 요거트는 유의적으로 낮은 점도를 나타내었다 ($p<0.05$). 요구르트 혼합액의 총 고형분 함량, 단백질 가수분해 정도, 사용 균주의 slime 생산 능력과 산 생성력 등이 요구르트의 점도에 영향을 주는 요인으로 보고되었다 (Ramaswamy, 1991). 본 연구에서는 풋귤 첨가량이 증가함에 따라 산 생산량은 증가하고 점도는 감소하는 결과를 보였으며, 이것은 클로렐라 (Sung, 2005), 버찌 분말 (Kim, 2009)을 첨가한 요구르트의 결과와 유사한 경향을 보였으나, 자색고구마 (Chun, 2000), 알로에 베라 (Shin, 1995), 삼백도 (Lee, 2002)를 첨가한 요구르트 연구에서는 산 생산량이 증가함에 따라 점도도 증가하는 결과를 보여 본 연구와는 다른 경향을 나타내었다.

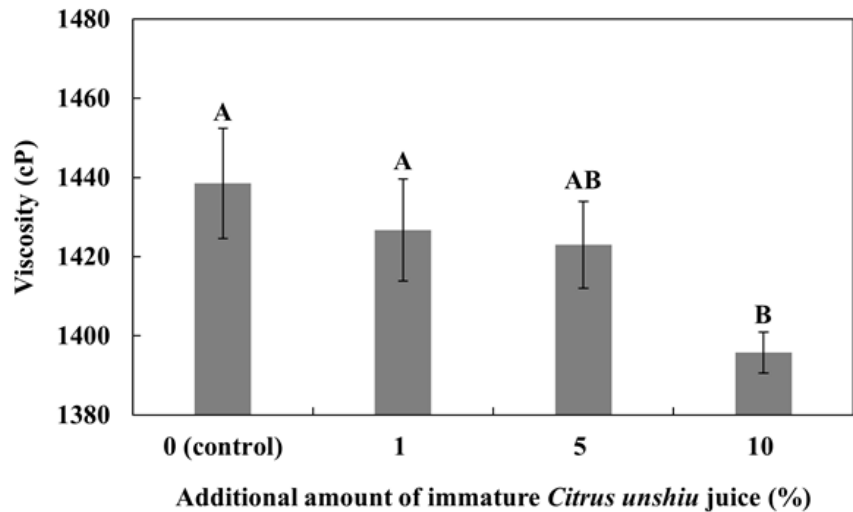


Fig. 3. Viscosity of yogurt according to the amount of immature *Citrus unshiu* juice. All values are mean±standard deviation (n=3). ^{A,B} Different capital letters indicate significant differences according to the amount of immature *Citrus unshiu* juice.

총 페놀 함량

꽃굴 착즙액의 첨가량을 달리하여 제조한 요거트의 총 페놀 함량을 측정된 결과는 Fig. 4와 같다. 꽃굴 착즙액을 넣지 않은 대조구의 총 페놀 함량은 22.12 $\mu\text{g GAE/mL}$ 이었고, 꽃굴 착즙액 1% 첨가 요거트는 28.48 $\mu\text{g GAE/mL}$, 꽃굴 착즙액 5% 첨가 요거트는 34.43 $\mu\text{g GAE/mL}$, 꽃굴 착즙액 10% 첨가 요거트는 47.9 $\mu\text{g GAE/mL}$ 로 나타났다. 대조구와 꽃굴 착즙액 1% 첨가 요거트 간에는 유의적인 총 페놀 함량 차이를 보이지 않았으나 ($p>0.05$), 대조구와 꽃굴 착즙액 5%, 10% 첨가 요거트는 유의적인 총 페놀 함량 차이를 보였으며 꽃굴 착즙액 10% 첨가 요거트에서 유의적으로 높은 총 페놀 함량을 가지는 것을 확인하였다 ($p<0.05$). Noh 등 (2020)의 연구에 따르면 최근 요구르트의 probiotics와 이들 균주의 생육 번식을 위한 prebiotics로 첨가하는 각종 과일류는 요구르트의 총 페놀 화합물의 함량을 증가시킬 수 있다고 보고되었으며, 이에 따라 본 연구에서 꽃굴 착즙액의 첨가량이 증가함에 따라 요거트의 총 페놀 함량이 증가한 것으로 보여진다. 이는 파프리카즙 (Son, 2013), 레몬그라스 (Kim, 2017) 첨가 요거트 연구와 유사한 경향을 가지는 것으로 확인되었다.

DPPH radical scavenging activity

꽃굴 착즙액을 첨가한 요거트의 DPPH 라디칼 소거 활성 결과는 Fig. 5에 나타내었다. 대조구는 42.50%로 가장 낮은 DPPH 라디칼 소거 활성을 나타내었고, 꽃굴 착즙액을 1% 첨가한 요거트는 46.42%, 5%를 첨가한 요거트는 62.28%, 10%를 첨가한 요거트의 DPPH 라디칼 소거 활성은 74.07%로 가장 높게 나타났다. 대조구와 꽃굴 착즙액 1% 첨가 요거트 간에는 유의적인 DPPH 라디칼 소거 활성 차이를 보이지 않았으나 ($p>0.05$), 처리구에서는 꽃굴 착즙액 첨가량이 증가함에 따라 유의적으로 높은 DPPH 라디칼 소거 활성을 나타내었다 ($p<0.05$). 이러한 결과는 Yoon (2018)의 연구에서 꽃굴을 사용하여 제조한 꽃굴청 장아찌 소스의 DPPH 라디칼 소거 활성이 꽃굴의 산화 방지 작용으로부터 유래되었으며, 대조구에 비해 꽃굴청을 첨가한 장아찌 소스에서 더 높은 값을 가지는 것으로 나타나 본 연구와 유사한 경향을 확인하였다. 또한, 유자 요구르트 (Lee, 2008) 연구에서도 유자추출물의 첨가량이 증가함에 따라 요구르트의 DPPH 라디칼 소거 활성이 증가하는 경향을 나타내 본 연구

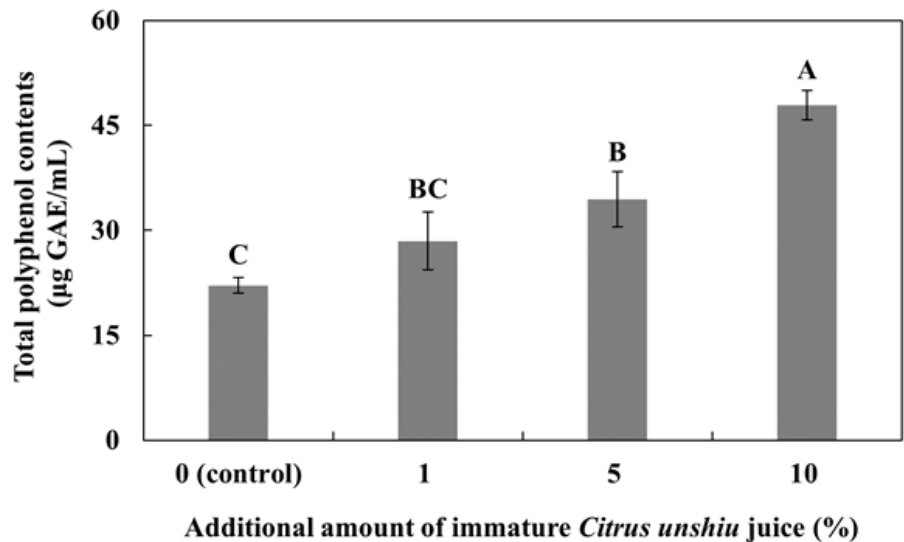


Fig. 4. Total polyphenol contents of yogurt according to the amount of immature *Citrus unshiu* juice. All values are mean \pm standard deviation ($n=3$). ^{A-C} Different capital letters indicate significant differences according to the amount of immature *Citrus unshiu* juice.

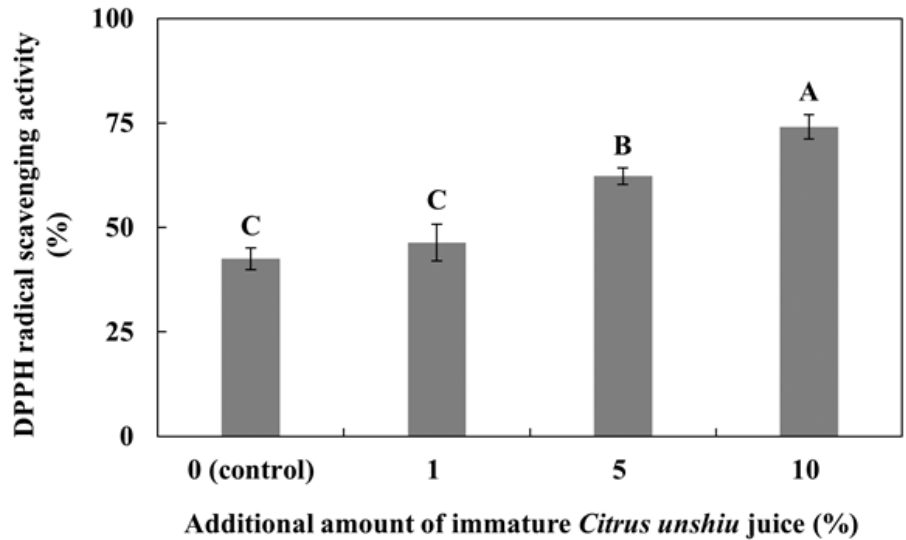


Fig. 5. DPPH radical scavenging activity of yogurt according to the amount of immature *Citrus unshiu* juice. All values are mean±standard deviation (n=3). ^{A-C} Different capital letters indicate significant differences according to the amount of immature *Citrus unshiu* juice.

와 유사한 결과를 보였다. 이러한 결과는 풋귤과 같은 과일류에 함유되어 있는 잔여 polyphenol 화합물에 의하여 항산화 활성이 높게 나타나는 것이며, 생리활성 물질의 대부분은 polyphenol 화합물에 기인하는 것에 따른 결과로 보여진다 (Ko, 2008).

IV. 요약

본 연구는 풋귤 착즙액을 0, 1, 5, 10% 비율로 첨가하여 요거트를 제조한 후 요거트의 이화학적 품질특성과 항산화 활성을 측정하고, 3일 동안 실온에서 저장하며 날짜별로 풋귤 착즙액 첨가 요거트의 pH, 적정산도, 가용성 고형분의 변화를 측정하였다. 풋귤 요거트의 pH는 풋귤 착즙액의 첨가량이 증가함에 따라 낮아지는 경향을 보였으며, 저장 3일차에서는 대조구에 비해 풋귤 착즙액 10% 첨가 요거트에서 유의적으로 낮은 pH를 나타내었다 ($p<0.05$). 풋귤 요거트의 적정산도는 풋귤 착즙액의 첨가량이 증가함에 따라 높아지는 경향을 보였으며, 저장 0일차에 비해 저장 3일차에서 모두 유의적으로 높은 값을 나타내었다 ($p<0.05$). 풋귤 요거트의 가용성 고형분은 저장기간이 증가함에 따라 높아지는 경향을 보였으나 유의적인 차이를 보이지는 않았으며 ($p>0.05$), 점도의 경우 대조구와 풋귤 착즙액 1% 첨가 요거트에 비해 10% 첨가 요거트에서 유의적으로 낮은 값을 나타내었다 ($p<0.05$). 풋귤 요거트의 총 페놀 함량과 DPPH 라디칼 소거 활성은 풋귤 착즙액 첨가량이 증가함에 따라 높아지는 경향을 보였다.

V. 사사

본 연구는 농림식품기술기획평가원 (IPET)에서 시행한 맞춤형혁신식품 및 천연안심소재기술개발 사업 (과제고유번호: 1545023819)에 의해 수행되었으며 이에 감사드립니다.

VI. 참고문헌

1. Boo HJ. 2020. Chemical composition and antioxidant activity of Jeju coast *Sargassum horneri* according to collecting time. Master thesis, Jeju Univ. Jeju, Korea.
2. Choi MH. 2018. Quality characteristics and functional component analysis of premature mandarin. Master thesis, Chungnam Univ. Daejeon, Korea.
3. Chun SH, Lee SU, Shin YS, Lee KS, Ru IH. 2000. Preparation of yogurt from milk added with purple sweet potato. Korean J Food & Nutr 13:71-77.
4. Chung SK, Kim SH, Choi YH, Song EY, Kim SH. 2000. Status of citrus fruit production and view of utilization in Cheju. Food Industry and Nutrition 5:42-52.
5. Han YS, Park IS, Bum BS, Kang MH, Yoon JA, Park H, Park HN, Kwon KH. 2012. Fermented food. Power Book, Seoul, Korea. pp 150-152.
6. Jang AS. 2019. Effect of fruit powder addition on yogurt quality characteristics: Effect of fruit powder addition on yogurt quality characteristics and antioxidant activity. Master thesis, Sungshin women's Univ. Seoul, Korea.
7. Jung HM. 2011. Quality characteristics of yogurt added with cow born broth. Master thesis, Seoul tech Univ. Seoul, Korea.
8. Jung SY. 2004. Preparation and quality characteristics of yogurt with pulp of *Citrus aurantium* var. Master thesis, Hankyong Univ. Gyeonggi, Korea.
9. Kabe Y, Ando K, Hirao S, Yoshida M, Handa H. 2005. Redox regulation of NF- κ B activation: distinct redox regulation between the cytoplasm and the nucleus. Antioxid Redox Signal 7:395-403.
10. Kang SH. 2018. A study on the manufacture of stirred yogurt with black ginger, *Kaempferia parviflora*. Master thesis, Konkuk Univ. Seoul, Korea.
11. Kang YJ, Yang MH, Ko WJ, Park SR, Lee BG. 2005. Studies on the major components and antioxidative properties of whole fruit powder and juice prepared from premature mandarin orange. Korean J. Food Sci. Technol 5:783-788.
12. Kim HJ. 2006. Quality characteristics of sea tangle yogurt and effect on the relief of constipation. Master thesis, Sookmyung women's Univ. Seoul, Korea.
13. Kim KH, Hwang HR, Jo JE, Lee SY, Kim NY, Yook HS. 2009. Quality characteristics of yogurt prepared with flowering cherry (*Prunus serrulate* L. var. *spontanea* Max. Wils.) fruit powder during storage. J Korean Soc Food Sci Nutr 38:1229-1236.
14. Kim MJ. 2017. Quality characteristics and antioxidant activity of yogurt added with lemon grass hot-water extracts. Master thesis, Seoul Tech Univ. Seoul, Korea.
15. Kim SM. 2010. Physico-chemical characteristics of citrus kochujang depend on storage conditions and its cooking aptitude evaluation. Master thesis, Cheju Univ. Jeju, Korea.
16. Kim SO. 2001. Quality characteristics of soy yogurt fermented with mixed lactic strain culture. Master thesis, Yonsei Univ. Seoul, Korea.
17. Kim YJ. 2010. Quality characteristics of salad dressing added with mulberry (*Morus alba* Linnaeus). Master thesis, Sejong Univ. Seoul, Korea.
18. Ko SH. 2008. Antioxidant activity in dried persimmon and quality characteristics of dried persimmon yogurt. Master thesis, Sookmyung women's Univ. Seoul, Korea.
19. Koo NS, Kim HS, Lee KA, Kim MJ. 2019. Food sensory test theory and experiment.

- Gyomoonso, Gyeonggi, Korea. pp 87-214.
20. Lee IS, Lee SO, Kim HS. 2002. Preparation and quality characteristics of yogurt added with *Saururus chinensis* (Lour.) Bail. J Korean Soc Food Nutr 31:411-416.
 21. Lee SY. 2014. Current status of fermented milk market and development direction of lactic acid bacteria. J East Asian Soc Dietary Life 119-120.
 22. Lee YJ. 2008. Antioxidant activity in yuza (*Citrus junos*) and quality characteristics of yuza yogurt. Master thesis, Sookmyung women's Univ. Seoul, Korea.
 23. Min KA, Chung CH. 2016. Yogurt production using exo-polysaccharide-producing *Leuconostoc* and *Weissella* isolates from Kimchi. Korean J. Food Sci. Technol 48:231-240.
 24. Noh YH, Jang AS, Pyo YH. 2020. Quality characteristics and antioxidant capacities of Korean commercial yogurt. Korean J Food Sci Technol 52:113-118.
 25. Park CM, Yeo IK. 2016. Development of citrus horse fat using on immature citrus peel and citrus peel. Bull Mar Sci Inst Jeju Nat Univ 40:37-44.
 26. Park MS. 2015. Using response surface methodology okra added of yogurt optimal production. Master thesis, Kyonggi Univ. Seoul, Korea.
 27. Ramaswany HS, Basak S. 1991. Rheology of stirred yoghurts. J Texture Studies 22:231-241.
 28. Seo SS, Youn KS, Shin SR, Kim SD. 2003. Optimal condition for manufacturing water extract from mandarin orange peel for colored rice by coating. Korean J. Food Sci. Technol 35:884-892.
 29. Shin YS, Lee KS, Lee JS, Lee CH. 1995. Preparation of yogurt added with *Aloe vera* and its quality characteristics. J Korean Soc Food Nutr 24:254-260.
 30. Singleton, V., Rossi, J. 1965. Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagents. American Journal of Enology and Viticulture 16:144-158.
 31. Son YJ. 2013. A study on the manufacture of paprika (*Capsicum annuum* L.) juice added stirred yogurt. Master thesis, Konkuk Univ. Seoul, Korea.
 32. Sung JM, Choi HY. 2014. Effect of mulberry powder on antioxidant activities and quality characteristics of yogurt. J Korean Soc Food Sci Nutr 43:690-697.
 33. Sung YM, Cho JR, Oh NS, Kim DC, In MJ. 2005. Preparation and quality characteristics of curd yogurt added with chlorella. J Korean Soc Appl. Biol. Chem 48:60-64.
 34. Um JS. 2017. *Lactobacillus* fermented brown rice *Nurungji* using goat's milk. KR patent 1020170066013.
 35. Valko M, Leibfritz D, Moncol J, Cronin MTD, Mazur M, Telser J. 2007. Free radicals and antioxidants in normal physiological functions and human disease. Int J Biochem Cell Biol 39:44-84.
 36. Yi HY, Cha ES, Chun JY. 2021. Quality characteristics of immature *Citrus unshiu* juice jelly. J Korean Soc Food Sci Nutr 50:410-419.
 37. Yi MR, Hwang JH, Oh YS, Oh HJ, Lim SB. 2014. Quality characteristics and antioxidant activity of immature *Citrus unshiu* vinegar. J Korean Soc Food Sci Nutr 43:250-257.
 38. Yoon JS. 2018. A study on the optimization of low salted pickled sauce by the content of puttkyul extract. Master thesis, Kyonggi Univ. Seoul, Korea.