

프로바이오틱스를 이용한 발효 깻잎 아이스크림의 품질특성

허상선[†]

중부대학교 바이오식품학과, 교수
(2024년 3월 25일 접수: 2024년 4월 20일 수정: 2024년 4월 23일 채택)

Quality Characteristics of Fermented Perilla Leaves Ice Cream Using Probiotics

SangSun Hur[†]

Division of Health and Welfare, Depart of BioFood Science, Joongbu University, Geumsan, Chungnam 32713, Korea

(Received March 25, 2024; Revised April 20, 2024; Accepted April 23, 2024)

요약 : 본 연구는 *Lactobacillus acidophilus* KCTC 3164 균주에 의해 발효된 깻잎 발효 추출물 (5%, 10%, 15%, 및 20% w/v)을 기능성 첨가제로 사용하여 깻잎 발효물이 첨가된 아이스크림을 제조함이 목적이다. 깻잎 발효물이 첨가된 아이스크림의 물리·화학적 특성(색상, 점도, pH, 총 산도, 녹는 속도, 오버런) 및 항산화 활성을 평가하였다. 깻잎 발효물 첨가량이 증가할수록 아이스크림의 색상에 영향을 주었으며, 아이스크림의 녹는 속도도 증가하였다. 이에 반해 점도는 점차적으로 감소하는 경향을 나타내었다. 깻잎 발효물 첨가량이 높을수록 오버런은 점진적으로 증가하였고, pH는 유의하게 감소하였으며, 총 산도는 증가하였다. 깻잎 발효물이 첨가된 아이스크림의 DPPH 라디칼 소거능과 총 폴리페놀 함량은 깻잎 발효물 첨가량이 많아질수록 유의적으로 증가하는 것으로 나타났다. 본 연구결과 10% 깻잎 발효추출물을 함유한 아이스크림 실험군이 높은 오버런, 낮은 녹는 속도, 원하는 점도, 높은 DPPH 라디칼 소거능과 총 폴리페놀 함량을 보여 기능성 아이스크림으로의 잠재력이 있는 것을 알 수 있었다.

주제어 : 깻잎 발효 아이스크림, 점도, 녹는 속도, 오버런, 기능성 아이스크림

Abstract : The purpose of this study is to manufacture ice cream with perilla leaves fermented extract(5%, 10%, 15%, and 20% w/v) fermented by *Lactobacillus acidophilus* KCTC 3164 strain as functional additives. The physical and chemical properties(color, viscosity, pH, total acidity, melting rate, overrun) and antioxidant activity of ice cream with perilla leaves fermented extract were evaluated. The addition of perilla leaves fermented extract affected the color of the ice cream, and the melting rate increased with increasing addition of perilla leaves fermented extract. In contrast, viscosity showed a gradual decrease. Overrun increased gradually with higher levels of perilla leaves fermented extract, while pH decreased significantly, and total acidity increased. The DPPH radical

[†]Corresponding author
(E-mail: sshur@joongbu.ac.kr)

scavenging activity and total polyphenol content of ice cream with perilla leaves fermented extract significantly increased with higher concentrations of fermented perilla leaves extract. The results of this study indicate that the ice cream sample with 10% fermented perilla leaves extract has a potential as a functional ice cream since it exhibited high overrun, a low melting rate, the desired viscosity, and high DPPH radical scavenging activity and total polyphenol content.

Keywords : *Perilla leaves fermented ice cream, Viscosity, Melting rate, Overrun, Functional ice cream*

1. 서론

달콤한 냉동 유제품인 아이스크림은 우유, 감미료, 안정제 및 물로 이루어진 혼합물로 일반적인 아이스크림, 저지방, 과일 및 견과류가 포함된 아이스크림, 푸딩, 무스, 냉동 요거트 등의 제품을 포함하고 있다[1]. 아이스크림은 어린이, 청소년, 성인 및 노인뿐만 아니라 남녀노소 소비자들에게 매우 인정받는 제품이다. 현재 아이스크림은 계절에 상관없이 먹을 수 있는 식품으로 국내 소비자들에게 기호식품 중 하나로 자리 잡고 있다. 국내 아이스크림 시장은 2021년 1조 8,153억 원 규모에서 프리미엄과 배달을 앞세운 외식 아이스크림의 성장과 다양한 대체 여름 디저트 제품의 등장으로 2024년에는 1조 6,608억 원으로 감소할 것으로 예상 된다[2]. 하지만 전 세계적으로 지속되는 이상기후에 따른 폭염, 기호성과 기능성을 함께 가진 기능성 신제품 출시와 제품의 개선으로 국내 아이스크림 시장 규모는 커피 다음으로 큰 시장으로 성장할 것으로 예상 된다[3].

일반적으로 유제품은 미생물의 성장을 촉진할 뿐만 아니라 생존율을 높이는 환경을 제공하기 때문에 인체의 대장까지 프로바이오틱 박테리아를 전달할 수 있는 이상적인 시스템으로 작용할 수 있다. 이로 인해 다양한 프로바이오틱 첨가제를 사용한 다수의 유제품이 산업 수준에서 생산되고 있으며 이러한 프로바이오틱 제제의 사용은 소비자 요구에 따라 식품 산업 생산 시스템에서 점점 보편화 되고 있다[4,5]. 특히, 아이스크림은 우유 단백질, 지방, 젖당뿐만 아니라 다른 화합물 등을 포함하고 있을 뿐만 아니라 냉동식품이라는 특성으로 인해 프로바이오틱 균주에게 적합한 매개체로 이용될 수 있다[6].

갯잎(*Perilla frutescens*)는 식물분류학상 꿀풀과(Lamiaceae)에 속하는 1년생 초본으로 특유의 향과

맛을 지니고 있을 뿐만 아니라[7,8], 면역 활성의 증가, 항암효과, 항염증, 항알러지 활성 및 신장 질환 감소에 대한 효과가 있는 것으로 보고되고 있다[9]. 하지만 갯잎의 경우 주로 쌈 재료로 활용되거나 단순가공에 의한 갯잎장아찌, 갯잎 김치, 갯잎 부각 등의 제품으로만 이용되고 있다.

최근 건강과 웰빙에 대한 관심이 높아지면서 소비자들이 건강기능식품과 자연식품에 대한 수요 증가로 인해 기능성 아이스크림의 경우 기존의 맛과 텍스처를 유지하면서 건강에 도움을 주는 기능성 아이스크림의 연구개발은 다양한 측면에서 진행되고 있다. 프로바이오틱스와 프리바이오틱스를 아이스크림에 첨가하여 소비자들의 장 건강에 도움을 주는 연구[10], 자연 원료를 활용하여 항산화 작용이나 비타민 함유량을 높이는 연구[11] 및 저지방이나 저당, 고단백 등의 다양한 영양 조성을 통해 건강에 더욱 유익한 제품을 개발하는 연구[12] 등이 진행되고 있다. 본 연구에서는 생리활성 물질이 풍부한 지역 특화작물인 추부갯잎에 유산균을 배양하여 생산된 갯잎 발효물을 이용하여 아이스크림을 제조하였다. 이를 통해 갯잎 발효물이 첨가된 아이스크림의 물리적·화학적 특성을 분석하여 향후 갯잎을 이용한 아이스크림 제조의 기초자료로 제시하고자 한다.

2. 실험

2.1. 공시재료

본 실험에 사용된 갯잎은 2023년 6월에 수확한 추부갯잎으로 만인산 농협으로부터 공급받아 흐르는 물에 세척한 후 줄기 부분을 제거하여 실험에 사용하였다. 세척된 갯잎은 착즙기(Model ANG-12000A, Angel Co., Korea)로 착즙한 후 4°C 온도에 저장한 후 유산균 발효에 사용하였다.

2.2. 깻잎 착즙액의 유산균 발효

실험에 사용된 유산균은 한국생명공학연구원 생물자원센터(Biological resource center)에서 분양받은 *Lactobacillus acidophilus* KCTC 3164를 사용하였으며, 유산균 배양은 MRS broth(Difco Co., Md, USA)을 사용하여 37°C에서 배양하였다. 깻잎 착즙액의 유산균 발효 실험은 Lee 등[13]이 보고한 방법과 같이 깻잎 착즙액에 MRS 배지에서 하룻밤 배양한 유산균 2%(v/w) 접종한 후 37°C에서 일정 기간 배양하여 발효하였다.

2.3. 깻잎 발효물을 첨가한 아이스크림의 제조

발효 깻잎 추출물 0%, 5%, 10%, 15%, 20% (w/v)를 첨가한 아이스크림의 기본 배합비는 Table 1에 제시한 바와 같이 제조하였다. 아이스크림의 제조는 Arslaner 등[14]의 방법을 참조하여 제조하였다. 탈지분유, 우유, 생크림을 혼합하여 65°C로 유지시킨 후 30분간 저온살균하여 아이스크림 믹스 반죽을 제조한 후 소실된 수분량의 비율을 측정하여 적합한 기준치의 100°C 이상에서 살균된 증류수를 첨가하였으며, 아이스크림 메이커(Model BCI600 BSS, Australia Breville, Australia)에 투입하여 아이스크림을 제조하였다.

2.4. 아이스크림의 품질 분석

2.4.1. 발효 깻잎 아이스크림의 이화학적 특성 분석

깻잎 발효물 첨가량에 따른 아이스크림의 pH

측정은 pH meter(DocuMeter, Sarorius, USA)를 사용하여 측정하였다. 약 20 mL의 아이스크림 시료를 50 mL의 비이커에 담아 시료를 부드럽게 교반한 후 최종 pH 값을 측정하였다. 아이스크림의 적정산도는 아이스크림 시료 1 g을 100 mL의 비이커에 담은 후 약 40 mL의 증류수를 첨가하여 70°C에 달할 때까지 가열한 후 1시간 동안 방치하였다. 이후 여과액 25 mL을 취하여 0.1N NaOH로 pH 8.3에 도달할 때까지 적정한 후 다음식을 이용하여 측정하였다. 깻잎 발효물을 첨가한 아이스크림의 당도는 휴대용 당도계(PAL-1, ATAGO, Japan)로 측정하였다. 각 아이스크림 시료는 실온에서 1시간 동안 녹여 액체 상태로 만든 후에 주걱으로 균일하게 한 후 당도를 측정하여 Brix로 나타내었다. 모든 실험은 각각 세 번의 측정을 하였다.

Titrateable acidity(% malic acid) =

$$\frac{(\text{Volume of titrant} \times 0.1N \text{ NaOH} \times 0.067)}{\text{Volume of sample}} \times 100$$

2.4.2. 깻잎 발효 아이스크림의 물리적 특성 분석
아이스크림 시료의 색도 측정은 Colori-meter (Mode; JC 801S, Color Techno System, Japan)로 측정하였으며 명도(lightness), 적색도(redness), 황색도(yellowness)를 나타내는 L값, a값, b값을 각각 3회씩 측정하였다. 이때 사용된 표준백판(standard plate)의 L*, a* 및 b* 값은 각각 93.8,

Table 1. Composition ratio for ice cream production according to the addition of fermented perilla leaves extract

Ingredients	Samples ¹⁾				
	PIC-0	PIC-5	PIC-10	PIC-15	PIC-20
Fermented perilla leaf extract	0	5	10	15	20
Milk	77.9	72.9	67.9	62.9	57.9
Skimmed milk powder	13	13	13	13	13
Sugar	8	8	8	8	8
Vanilla syrup	1	1	1	1	1
Salt	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
Yield	100	100	100	100	100

¹⁾ PIC = fermented perilla leaves ice cream; PIC-0 = 0.0% fermented perilla leaves extract; PIC-5 = 5% fermented perilla leaves extract; PIC-10 = 10% fermented perilla leaves extract; PIC-15 = 15% fermented perilla leaves extract; PIC-20 = 20% fermented perilla leaves extract.

0.313 및 31.94이었다. 아이스크림의 점도는 Brookfield 디지털 점도계 (Brookfield DV-II⁺ pro, Brookfield Engineering Laboratories, Inc., MA, USA)를 사용하였다. 용해된 아이스크림의 점도는 10° C에서 측정하였으며 점도계는 30 rpm 회전속도와 No. 64 스펀들을 선택하여 3회 반복한 평균 결과값을 산출하였다. 깻잎 발효 아이스크림의 오버런(Over-run)은 Daw 등[15]의 방법에 의하여 측정하였다. 숙성된 믹스와 아이스크림을 20 mL 스푼으로 떠서 무게를 측정하였다. Over run(%)은 아이스크림 믹스 무게에서 아이스크림 무게를 뺀 값을 아이스크림 무게로 나눠준 후에 백분율로 나타내었다. 오버런 측정은 세 번 반복되었으며, 계산은 다음 식을 사용하여 분석하였다.

$$\text{Over run (\%)} = \frac{(\text{Weight of ice cream mix} - \text{Weight of ice cream})}{\text{Weight of ice cream}} \times 100$$

깻잎 발효 아이스크림의 녹는 정도는 Pon 등 [16]의 방법을 이용하여 분석하였다. 일정한 온도 (25±1°C)에서 각 시료(80.0 g)을 취해 비이커 위에 철망(구멍크기: 5mm)을 얹은 다음 그 위에 아이스크림을 올려놓고 45분 동안 10분 간격으로 비이커 바닥에 떨어지는 양을 중량(g)으로 측정하였다.

$$\text{Melting-down(\%)} = \frac{\text{Wight of melting ice cream}}{\text{Weight of ice cream}} \times 100$$

2.5. 항산화 활성 분석

발효 깻잎 아이스크림의 항산화 활성 분석을 위해 다음과 같이 시료액을 조제 하였다. 각 아이스크림 10 g을 취해 ethanol 90 mL를 가하여 상온에서 24시간 동안 추출하고 여과지(Whatman No. 1)으로 여과한 후 시료액으로 사용하였다.

2.5.1. 총 페놀성 화합물 함량 측정

총 폴리페놀 측정은 Folin-Denis법에 의해 비색 정량하였다. 일정하게 희석한 시료 1mL에 50% phenol reagent(Folin-Ciocalteu's reagent,

Sigma-Aldrich, Co., ST. Louis, MO, U.S.A) 1 mL를 가하여 혼합하고 실온에서 3분간 방치하고 10% Na₂CO₃ 1 mL를 혼합한 다음 실온에서 1 시간 방치하였다. 그리고 분광광도계를 이용하여 700 nm에서 흡광도(Infinite M200, Tecan Austria, Grödig, Austria)를 측정하였다. 이때 표준물질로 gallic acid(Sigma-Aldrich, Co., ST. Louis, MO, U.S.A)를 사용하여 작성한 표준 곡선으로부터 산출하였다.

2.5.2. DPPH 라디칼 소거능 측정

DPPH 라디칼 소거능의 측정은 α -diphenyl-1-picrylhydrazyl(DPPH, Sigma Aldrich, Co., ST. Louis, MO. U.S.A.)를 사용하여 측정하였다. 흡광도를 약 1.0으로 조정된 DPPH 용액 5 mL를 취하여 시료 용액 0.5 mL과 혼합하여 상온에서 10분간 방치하여 UV spectrophotometer, 517nm에서 흡광도를 측정하였다. 시료 첨가군과 무첨가군의 흡광도 차이를 백분율(%)로 표시하였다.

$$\text{DPPH radical scavenging contents(\%)} = \frac{(1 - \text{Sample O.D})}{\text{Control O.D}} \times 100$$

2.6. 통계분석

모든 실험은 3회 반복으로 행하여 평균치와 표준편차로 나타내었고, 결과 통계처리는 SPSS10.0 (Evanston, IL, USA) software를 사용하여 일원 배치분산분석(one-way ANOVA)으로 실시하였다. 분석결과 검증을 위하여 Duncan's multiple range test를 이용하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1. 깻잎 착즙액의 유산균 발효특성

L. acidophilus KCTC 3164에 의해 발효된 깻잎 발효물의 배양 시간별 생균수, pH 및 산도 변화는 Table 2와 같다. Table 2에서 보는 바와 같이 종균 접종 후 생균수는 3시간 이후부터 대수증식이 시작되어 12시간 경과 후에 생균 수는 9.78±0.71 log CFU/mL이었다. 접종 후 24시간 일 때 생균수는 12.40±0.09 log CFU/mL로 최대값을 나타내었고, 그 이후부터는 생균수가 감소

Table 2. Viable cell count, pH, and total acidity of perilla leaves fermentation with *L. acidophilus* KCTC 3164

	Fermentation time(hours)				
	3	9	12	24	48
Viable cell count (log CFU/mL)	7.41±0.98 ^{1)a}	9.53±0.19 ^b	9.78±0.71 ^b	12.40±0.09 ^d	10.5±0.13 ^c
Total acidity (%)	0.13±0.02 ^a	0.14±0.03 ^{ab}	0.14±0.01 ^{ab}	0.43±0.01 ^c	0.50±0.03 ^d
pH	6.21±0.01 ^d	4.01±0.04 ^c	3.82±0.02 ^c	2.35±0.02 ^b	2.51±0.03 ^a

¹⁾ All values are Mean±S.D

²⁾ a~d Means in a row by different superscripts are significantly different at 5% significance level by Duncan's multiple range test

하여 48시간에 10.5±0.13 log CFU/mL 감소하는 경향을 나타내었다. pH 및 산도는 발효 9시간 이후 각각 pH 4.01 및 0.14%를 나타냈으며, 발효 24시간 후에는 각각 pH 2.35 및 0.43으로 감소 및 증가를 나타냈다. Yang 등[17]에 의하면 유산균 발효에 의해 생성된 다양한 유기산 등으로 인해 발효물의 pH는 감소하고 산도는 증가하고 낮은 pH 및 높은 산도가 유산균 생육에 영향을 주기 때문에 생균수가 증가 후 감소한다고 보고하였다.

3.2. 발효 깻잎 아이스크림의 화학적 특성

실험군 및 깻잎 발효물을 첨가한 아이스크림의 화학적 특성을 분석하여 그 결과를 Table 3에 나타내었다. Table 3. 에서 보는 바와 같이 아이스크림의 pH는 깻잎 발효물의 첨가량이 증가함에 따라 감소하였고, 아이스크림의 산도는 증가함을 나타내었다. 대조군, PIC-5 및 PIC-10은 PIC-15 및 PIC-20 시료보다 유의적으로(p<0.05) 높은 pH 값인 6.71 및 6.69을 각각 나타내었다. 깻잎 발효물 함량이 높은 아이스크림 시료의 pH 감소는 발효에 의해 깻잎에 함유된 유기산으로 인한 것으로 사료된다[18]. 따라서 이러한 화합물의 고농도는 아이스크림의 산도를 증가시켜 Table 3에서 보는 바와 같이 PIC-5 및 PIC-10 시료의 산도는 PIC-15 및 PIC-20 시료보다 유의적으로 낮았으며 대조군 시료와 유사함을 나타내었다. 이는 11.7%의 무지 고형분을 함유한 아이스크림 조성물의 경우 보통 0.19%에서 0.22%의 산도를 나타낸다는 Choo 등[19]의 보고와 유사함을 나타내었다. 일반적으로 아이스크림의 당도는 제조된 아이스크림의 점도와 오버런, 녹아내리는 정도

와 같은 품질특성에 큰 영향을 줄 뿐만 아니라, 아이스크림의 관능적 특성에도 중요한 영향을 미치는 지표이다[20]. 깻잎 발효물이 첨가된 아이스크림의 당도는 대조군이 33.26±0.03으로 가장 낮았으며, PIC-20이 39.24±0.58로 가장 높게 나타났다. 이처럼 당도는 깻잎 발효물의 첨가량이 증가함에 따라 유의적으로 증가하는 경향을 나타내었다(p<0.05). 이는 깻잎에 함유된 glucose, fructose 등 다양한 당이 함유되어 깻잎 발효물의 첨가량이 많아질수록 발효 깻잎에 포함된 유리당이 아이스크림의 전체적인 당 함량에 영향을 미치는 것으로 사료 된다.

3.3. 발효 깻잎 아이스크림의 물리적 특성

깻잎 발효물의 첨가량이 아이스크림의 색도에 미치는 영향은 Table 4에 나타내었다. Table 4에서 보는 바와 같이 L값(명도)은 발효 깻잎 20%를 첨가한 시료(PIC-20)가 38.07%로 가장 낮은 값을 나타내었으며, 깻잎 발효물을 첨가하지 않은 시료(PIC-0)가 79.28%로 가장 높은 값을 나타내었다. a값(적색도) 및 b값(황색도)은 깻잎 발효물의 첨가량이 증가할수록 유의적으로 낮아지는 결과를 나타내었다. 일반적으로 열처리 시 브랜칭 처리에 의해 세포가 손상되고 세포의 미세구조가 파괴되거나 변색에 관여하는 polyphenol oxidase 등의 효소와 세포내에 존재하는 공기를 제거함으로써 색상을 뚜렷하게 하기 때문에 색도의 변화가 크게 나타나지 않는다고 보고 하고 있다[21]. 하지만 본 실험의 경우 유산균 발효와 100°C 미만의 가열처리가 진행되어 깻잎 발효물을 첨가한 아이스크림의 색도에 영향을 미친 것이라 판단된다.

Table 3. Selected chemical properties of ice cream prepared with different contents of fermented perilla leaves extract

Ice cream samples ¹⁾	pH	° Brix	Titrateable acidity (% malic acid)
PIC-0	6.73±0.02 ^{2)b3)}	33.26±0.03 ^a	0.17±0.02 ^{ab}
PIC-5	6.71±0.03 ^b	35.16±0.19 ^a	0.14±0.02 ^a
PIC-10	6.69±0.02 ^b	37.86±0.36 ^b	0.15±0.08 ^a
PIC-15	6.47±0.05 ^a	38.81±0.45 ^c	0.19±0.94 ^{bc}
PIC-20	6.35±0.17 ^a	39.24±0.58 ^c	0.23±0.42 ^c

¹⁾ Refer to the legends in Table 1.

²⁾ All values are Mean±S.D

³⁾ a~c Means in a row by different superscripts are significantly different at 5% significance level by Duncan's multiple range test

Table 4. Color value of ice cream prepared with different contents of fermented perilla leaves extract

Ice cream samples ¹⁾	L	a	b
PIC-0	79.28±0.37 ^{2)c3)}	0.78±0.64 ^a	19.37±1.84 ^c
PIC-5	67.20±0.26 ^d	-9.46±0.47 ^b	10.07±1.24 ^b
PIC-10	53.80±0.46 ^c	-9.95±0.62 ^b	9.61±1.51 ^b
PIC-15	42.27±0.32 ^b	-11.59±1.18 ^c	6.37±0.29 ^a
PIC-20	38.07±0.27 ^a	-12.07±1.09 ^c	5.87±1.51 ^a

¹⁾ Refer to the legends in Table 1.

²⁾ All values are Mean±S.D

³⁾ a~e Means in a row by different superscripts are significantly different at 5% significance level by Duncan's multiple range test.

깨잎 발효물의 첨가량에 따른 아이스크림 품질의 물리적 특성인 오버런(Over-run), 녹아내리는 정도 및 점도 변화를 측정하여 그 결과를 Table 5에 나타내었다. 오버런은 아이스크림 제조 과정에서 공기의 주입으로 부피가 증가하는 정도로 공기의 양을 나타내는 측정 단위다. 일반적으로 아이스크림내의 적당한 공기의 양은 아이스크림 조직감에 부드러움 더해 주기 때문에 아이스크림의 녹는 속도, 녹는 과정에서의 형태 유지 및 용융 상태에서의 유동 특성 등에 영향을 미치는 주요 요소 중 하나이다[22,23]. 일반적으로 슈퍼 프리미엄 아이스크림의 오버런은 최대 20%까지 낮을 수 있다[24]. 따라서 본 실험에서 제조한 아이스크림은 15.2%에서 45.7% 사이의 오버런 값을

나타내고 있어 PIC-10, PIC-15 및 PIC-20 아이스크림 시료의 오버런 값은 원하는 범위 내에 있다고 할 수 있다. 아이스크림의 동결 교반 과정에서 생성되는 공기함량은 얼음결정체의 크기 및 오버런과 양의 상관관계에 있으므로 녹는 정도에 영향을 미치는 가장 큰 요인 중의 하나이다. 즉 공기함량이 많을수록 아이스크림의 얼음결정체는 커지고 이로 인해 단단한 정도가 증가하게 되어 녹아내리는 정도는 감소하게 된다. 또한, 공기함량이 증가하게 되면 오버런도 높아지고 이로 인해 아이스크림내의 열전달 속도가 떨어져 녹아내리는 정도를 늦추는 원인이 된다. Table 5에서 보는 바와 같이 5% 깨잎 발효물을 함유한 아이스크림(PIC-5)의 시작 녹는 속도는 분당 1.8 g

Table 5. Some physical properties of ice cream prepared with different contents of fermented perilla leaves extract

Ice cream samples ¹⁾	Overrun (%)	Meting rate (g/min)	Viscosity (cP)
PIC-0	15.2±1.7 ^{2)a3)}	0.8±0.2 ^a	252.6±3.8 ^c
PIC-5	16.7±0.2 ^b	1.8±0.1 ^b	246.2±2.3 ^c
PIC-10	23.1±1.4 ^c	2.0±0.1 ^b	231.5±3.1 ^b
PIC-15	38.4±1.1 ^c	2.4±0.2 ^c	229.9±1.5 ^a
PIC-20	45.7±2.2 ^d	2.7±0.3 ^d	227.3±3.5 ^a

¹⁾ Refer to the legends in Table 1.

²⁾ All values are Mean±S.D

³⁾ a~d Means in a row by different superscripts are significantly different at 5% significance level by Duncan's multiple range test

로, 이는 10% 깻잎 발효물을 함유한 아이스크림 (PIC-10)의 2.0 g/min, 15% 깻잎 발효물을 함유한 아이스크림(PIC-15)의 2.4 g/min, 그리고 20% 깻잎 발효물을 함유한 아이스크림(PIC-20)의 2.7 g/min에 비해 유의적으로 낮게 분석되었다($p<0.05$). 아이스크림의 녹는 속도는 오버런과 관련이 있다고 알려져 있다. Moeenfard 등[25]에 따르면, 오버런 값이 낮은 아이스크림은 일반적으로 더 빨리 녹는 경향이 있다고 보고 하였다. 그러나, 본 실험의 경우 가장 낮은 오버런을 가진 대조군의 경우 녹는 저항력이 가장 높았으며 가장 높은 오버런을 가진 시료는 1분에 더 많은 부분이 녹는 경향을 나타내었다. 이는 높은 오버런을 가진 아이스크림 시료의 경우 공기 셀의 불안정성, 공기 셀의 크기 분포 및 얼음 결정이 형성될 때 형성되는 지방의 형태에 기인 되는 것으로 판단 된다[26]. 아이스크림의 점도는 아이스크림의 부드러움과 녹는 정도와 관계있어 제품의 질감 형성과 유지에 필수적이며, 아이스크림 숙성과정 동안 지방이 응집되면서 점도가 증가하게 된다. 이러한 점도의 증가는 아이스크림 제조 과정에서 공기의 주입을 원활하게 하여 높은 비율의 오버런을 나타내는데 도움을 주기도 한다. 본 실험에서는 깻잎 발효물의 첨가량에 따른 아이스크림의 점도는 측정하여 그 결과를 Table 5.에 나타내었다. 깻잎 발효물이 첨가되지 않은 대조군 (PIC-0)의 점도는 유의적으로($p<0.05$) 높았으나 깻잎 발효물의 첨가량이 증가할수록 아이스크림의 점도는 감소함을 나타내었다. 깻잎 발효 아이스크림의 점도는 PIC-5 시료가 가장 높은 점도

값을 나타내었고, PIC-20이 가장 낮은 점도 값을 보였다. 깻잎 발효 아이스크림의 점도 감소는 깻잎 발효물로부터의 물에 의해 공기 셀 주변의 지방층이 불안정해지기 때문이다. 아이스크림 속의 공기는 부드러운 질감을 제공하며 녹는 속도와 점도와 같은 물리적 특성에 영향을 주기 때문에 깻잎 발효 아이스크림의 오버런이 증가함에 따라 아이스크림의 점성은 낮고 대조군과 비교하여 녹는 속도가 증가하였다[27].

3.4. 항산화 활성 측정

깻잎 발효물을 첨가하지 않은 시료 아이스크림 1종과 깻잎 발효물의 첨가량을 달리한 아이스크림 시료 4종의 총 페놀화합물 및 DPPH 라디칼 소거능 분석결과를 Fig. 1.에 나타내었다. 아이스크림의 주재료인 우유의 성분 중 glutathione peroxidase나 superoxide dismutase와 같은 효소들과 lactoferrin, ascorbic acid, tocopherol, carotenoids와 같은 비효소적인 요소들이 항산화 작용을 한다고 보고하였다[28]. 이러한 결과는 깻잎 발효물이 첨가되지 않은 대조군에도 페놀화합물이 분석된 결과와 일치하였다. 깻잎 발효물이 첨가된 아이스크림의 총 페놀화합물의 함량은 26.41~39.01 mg GAE/100 g의 범위로 깻잎 발효물의 첨가량이 많아질수록 유의적으로 증가하였다($p<0.05$). 대조군의 총 페놀화합물 함량은 23.87 ± 0.45 mg GAE/100 g이었으며, 깻잎 발효물을 5%, 10%, 15%, 20% 첨가함에 따라 대조군에 비해 각각 10.6%, 20.3%, 54.5%, 63.4% 증가하였다. Lee 등[29]은 꾸찌 뽕잎 분말을

20% 첨가한 스펀지 케이크의 총 폴리페놀 함량이 6.90 mg GAE/100 g 였던 결과와 비교할 때 깻잎 발효물을 첨가함에 따라 생리활성 기능이 강화된 아이스크림을 제조할 수 있을 것으로 기대된다. 깻잎 발효물 아이스크림의 DPPH 라디칼 소거능의 경우(Fig. 2) 깻잎 발효물 첨가량이 5%, 10%, 15%, 20%로 증가함에 따라 $17.322 \pm 4.31\%$, $19.20 \pm 3.47\%$, $25.78 \pm 5.31\%$, $36.14 \pm 2.71\%$ 로 대조군의 $9.17 \pm 4.31\%$ 에 비해 높은 라디칼 소거능을 나타냈으며, 시료의 첨가량에 비례하여 소거능이 증가하는 결과를 보였다($p < 0.05$). Izumi 등[30]은 깻잎의 폴리페놀 성분이 항산화성 및 암세포 독성을 일으키는 깻잎 함유 활성 물질로 보고하였다. 따라서 국내 깻잎 자원을 이용한 우수한 항산화 활성을 가지는 다양한 기능성 아이스크림을 개발할 수 있을 것으로 기대된다.

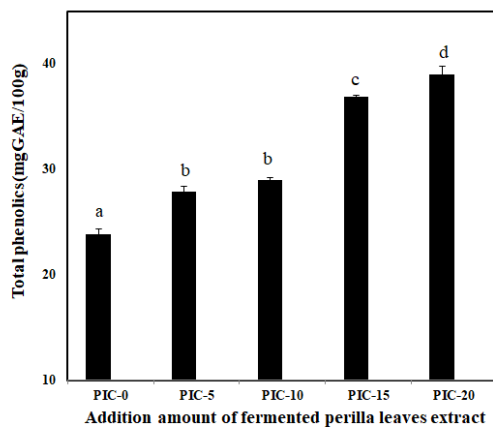


Fig. 1. Total phenolic contents of ice cream prepared with different contents of fermented perilla leaves extract. PIC = fermented perilla leaves ice cream; PIC-0 = 0.0% fermented perilla leaves extract; PIC-5 = 5% fermented perilla leaves extract; PIC-10 = 10% fermented perilla leaves extract; PIC-15 = 15% fermented perilla leaves extract; PIC-20 = 20% fermented perilla leaves extract. ^{a~d}Means different superscripts indicate significant differences at the 5% significance level by Duncan's multiple range test.

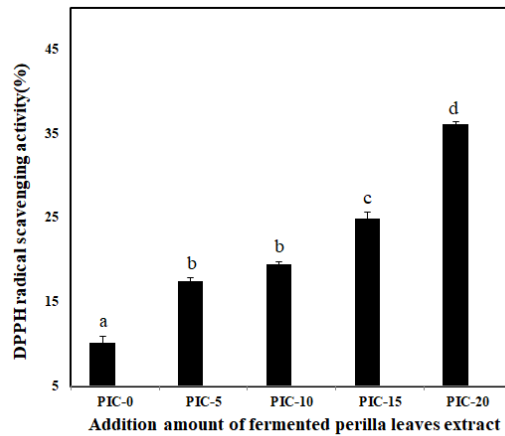


Fig. 2. DPPH radical scavenging activity of ice cream prepared with different contents of fermented perilla leaves extract. PIC = fermented perilla leaves ice cream; PIC-0 = 0.0% fermented perilla leaves extract; PIC-5 = 5% fermented perilla leaves extract; PIC-10 = 10% fermented perilla leaves extract; PIC-15 = 15% fermented perilla leaves extract; PIC-20 = 20% fermented perilla leaves extract. ^{a~d}Means different superscripts indicate significant differences at the 5% significance level by Duncan's multiple range test.

4. 결론

깻잎은 생리활성 물질이 풍부하여 아이스크림 개발에 있어 영양성과 기능성까지 갖춘 적합한 소재이나 깻잎을 이용한 제품 개발은 매우 미흡한 수준이다. 이에 본 연구에서는 *Lactobacillus acidophilus* KCTC 3164를 이용하여 깻잎을 발효한 후 5, 10, 15, 20%의 발효 깻잎 추출물을 첨가한 아이스크림을 제조한 뒤 깻잎 발효물의 첨가량에 따른 아이스크림의 식품공학학적 특성을 분석하였다.

1. *L. acidophilus* KCTC 3164의 발효특성은 종균 접종 후 3시간 이후부터 생균수가 대수증식이 시작되어 배양 후 24시간일 때 12.40 ± 0.09

log CFU/mL로 최대의 생균수가 측정되었다.

2. 깻잎 발효물의 첨가량에 따른 아이스크림의 pH는 첨가량이 증가함에 따라 감소하였으며 산도는 증가함을 나타내었다. 대조군, PIC-5 및 PIC-10은 PIC-15 및 PIC-20이 유의적으로 ($p < 0.05$) 높은 pH 값인 6.71 및 6.69를 각각 나타내었다. 깻잎 발효물이 첨가된 아이스크림의 당도는 대조군이 33.26 ± 0.03 으로 가장 낮았으며, PIC-20이 39.24 ± 0.58 로 가장 높게 나타났다. 깻잎 발효물 첨가 아이스크림의 당도는 깻잎 발효물의 첨가량이 증가함에 따라 유의적으로 증가하는 경향을 보였다($p < 0.05$).

3. 깻잎 발효물의 첨가량에 따른 아이스크림의 색도는 깻잎 발효물의 첨가량이 증가할수록 L값이 가장 낮은 값을 나타내었으며, 깻잎 발효물을 첨가하지 않은 대조군이 79.28%로 가장 높은 값을 나타내었다. 한편 깻잎 발효물의 첨가량에 따른 a값(적색도) 및 b값(황색도)은 첨가량이 증가할수록 유의적으로 낮아지는 결과를 나타내었다.

4. 아이스크림 제조시 오버런 측정 결과는 5가지 시료 모두 슈퍼 프리미엄 아이스크림의 오버런 값인 15.2%에서 45.7% 사이로 나타났으며 PIC-10, PIC-15 및 PIC-20 시료가 가장 적당한 것으로 나타났다. 아이스크림의 녹아 내리는 정도는 가장 낮은 오버런을 가진 대조군의 경우 녹는 저항력이 가장 높았으며 가장 높은 오버런을 가진 시료는 1분에 더 많은 부분이 녹는 경향을 나타내었다. 깻잎 발효물이 첨가되지 않은 대조군 (PIC-0)의 점도는 유의적으로 ($p < 0.05$) 높았으나 깻잎 발효물의 첨가량이 증가할수록 아이스크림의 점도는 감소함을 나타내었다. 깻잎 발효물 첨가 아이스크림의 점도는 PIC-5 시료가 가장 높은 값을 나타내었고, PIC-20이 가장 낮은 점도 값을 보였다.

5. 깻잎 발효물 아이스크림의 항산화적 특성은 DPPH 라디칼 소거능과 총 폴리페놀함량으로 나타났다. 깻잎 발효물 아이스크림의 DPPH 유리 라디칼 소거능은 $100 \mu\text{g/mL}$ 수준에서 9.17~36.14% 범위로 나타났다. 깻잎 발효물 5%, 10%, 15%, 20%의 첨가량에 따라 $17.322 \pm 4.31\%$, $19.20 \pm 3.47\%$, $25.78 \pm 5.31\%$, $36.14 \pm 2.71\%$ 로 발효물의 첨가량에 비례하여 소거능이

증가하는 결과를 보였다($p < 0.05$). 깻잎 발효물 아이스크림의 총 페놀화합물 함량은 26.41~39.01 mgGAE/100g의 범위로 깻잎 발효물 첨가량이 많아질수록 유의적으로 ($p < 0.05$) 증가하였다.

감사의 글

본 연구는 2023년 중부대학교 교원 연구년 지원에 의하여 수행되었습니다.

References

1. H. D. Goff, W. H. Richard, *Ice cream*, pp. 357, Springer, New York, (2013).
2. ATFIS, Food Information Statistics System, (2024).
3. S. H., Ko, Y. S. Han, H. G. Yoon, S. S. Jang, K. S. Myoung, S. A. Kim, J. H. Shim, S. Y. Park, H. J. Lee, K. Y. Lee, "Quality characteristics of ice cream using *Tarak*", *The Korean Journal of Culinary Research*, Vol.20. No.6, pp. 91-101, (2014).
4. P. Markowiak, K. Ślizewska, "Effects of probiotics, prebiotics, and synbiotics on human health", *Nutrients*, Vol. 15, No. 9, pp. 1-30, (2017).
5. M. M. E. Salem, F. A. Fathi, R. A. Awad, "Production of probiotic ice cream", *Polish Journal of Food Nutrition Science*, Vol. 55, No. 3, pp. 267-272, (2005).
6. A. G. Cruz, A. E. C. Antunes, A. L. O. P. Sousa, J. A. F. Faria, S. M. I. Saad, "Ice cream as a probiotic food carrier", *Food Research International*, Vol. 42, No. 9, pp. 1233-1239, (2009).
7. R. K. Saini, Y. S. Keum, K. R. R. Rengasamy, "Profiling of nutritionally important metabolites in green/red and green perilla (*Perilla frutescens* Britt.) cultivars: A comparative study", *Industrial Crops and Products*, Vol. 151, No. 1. pp. 112441-112447, (2020).

8. D. H. Kim, J. H. Lee, "Comparative evaluation of phenolic phytochemicals from perilla seeds of diverse species and screening for their tyrosinase inhibitory and antioxidant properties", *South African Journal of Botany*, Vol. 1213, No. 3, pp. 341-350, (2019).
9. N. V. Reddy, H. Li, T. Hou, M. S. Bethu, Z. Ren, Z. Zhang, "Phytosynthesis of silver nanoparticles using *perilla frutescens* leaf extract: characterization and evaluation of antibacterial, antioxidant, and anticancer activities", *International Journal of Nanomedicine*, Vol. 16, No. 6, pp. 15-29, (2021).
10. G. Akarca, M. Kiliç, A. J. Denizkara, "Quality specification of ice creams produced with different homofermentative lactic acid bacteria", *Food Science & Nutrition*, Vol. 12, No. 1, pp. 192-203, (2024).
11. T. Shadordizadeh, E. Mahdian, M. A. Hesarinejad, "Application of encapsulated *Indigofera tinctoria* extract as a natural antioxidant and colorant in ice cream", *Food Science & Nutrition*, Vol. 11, No. 4, pp. 1940-1951, (2023).
12. A. Q. Zhang, D. Xu, B. H. Liu, B. M. Shi, Y. H. Zhang, "Low-fat ice cream model system: impact of incorporation of alcalase hydrolyzed zein", *Food & Function*, Vol. 14, No. 9, pp. 4430-4439, (2023).
13. J. M. Lee, S. S. Hur, "Fermentation characteristic of fermented chestnut puree by lactic acid bacteria as starter", *Journal of the Korean Applied Science and Technology*, Vol. 38, No. 2, pp. 333-342, (2021).
14. A. Arslaner, M. A. Salik, "Functional ice cream technology", *Akademik Gıda*, Vol. 18, No. 2, pp. 180-189, (2020).
15. E. Daw, R. W. Hartel, "Fat destabilization and melt-down of ice creams with increased protein content", *International Dairy Journal*, Vol. 43, No. 3, pp. 33-41, (2015).
16. S. Y. Pon, W. J. Lee, G. H. Chong, "Textural and rheological properties of stevia ice cream", *International Food Research Journal*, Vol. 22, No. 4, pp. 1544-1549, (2015).
17. X. Yang, J. Hong, L. Wang, C. Cai, H. Mo, J. Wang, X. Fang, Z. Liao, "Effect of lactic acid bacteria fermentation on plant-based products", *Fermentation*, Vol. 44, No. 1, pp. 1-22, (2024).
18. N. Su, J. Li, L. Yang, G. Hou, M. Ye, "Hypoglycemic and hypolipidemic effects of fermented milks with added roselle (*Hibiscus sabdariffa* L.) extract". *Journal of Functional Foods*, Vol. 43, No. 3, pp. 234-241, (2018).
19. S. Y. Choo, S. K. Leong, L. F. S. Henna, "Physicochemical and sensory properties of ice-cream formulated with virgin coconut oil", *Food Science and Technology International*, Vol. 16, No. 6, pp. 531-54, (2010).
20. S. Y. Lee, A. Y. Kim, J. Y. Yu, C. K. Lee, H. S. Lee, "Quality characteristics of soy ice creams as affected by the different kinds of soybeans and sweeteners", *Chung-Ang Journal of Human Ecology*, Vol. 17, No. pp. 83-91, (2003).
21. M. P. Penfield, A. M. Campbell, *Experimental food science*, USA, Academic Press, (1990).
22. S. Cakmakçı, E. F. Topdas, Y. Cakır, P. Kalın, "Functionality of kumquat (*Fortunella margarita*) in the production of fruity ice cream", *Journal of the Science of Food and Agriculture*, Vol. 96, No. 5, pp. 1451-1458, (2016).
23. M. Bahramparvar, M. M. Tehrani, "Application and functions of stabilizers in ice cream", *Food Reviews International*, Vol. 27, No. 4, pp. 389-407, (2011).
24. R. T. Marshall, H. D. Goff, R. W. Hartel, *Ice Cream*, 5th ed.; Springer Science+ Business Media: New York, (2003).
25. M. Moeenfarid, T. M. Mazaheri, "Effect of some stabilizers on the physicochemical

- and sensory properties of ice cream type frozen yogurt”, *American-Eurasian Journal Agriculture. & Environ Science*, Vol. 4, No. 5, pp. 584–589, (2008).
26. M. M. Warren, R. W. Hartel, “Structural, compositional, and sensorial properties of United States commercial ice cream products”, *Journal of Food Science*, Vol. 79, No. 10, pp. 2005–2013, (2014).
27. S. H. Park, Y. J. Jo, J. Y. Chun, G. P. Hong, M. Davaasteren, M. Y. Choi, “Effect of frozen storage temperature on the quality of premium ice cream”, *Korean Journal Food Science Animal Resources*, Vol. 35, No. 6, pp. 793–799, (2015).
28. L. M. Helena, B. Akesson, “Antioxidative factors in milk”, *British Journal of Nutrition*, Vol. 84, No. 1, pp. 103–110, (2000).
29. J. H. Lee, S. M. Son, “Effect of cudrania tricuspidata leaf powder addition on the quality of sponge cakes”, *Food Engineering Progress*, Vol. 15, No. 4, pp. 376–381, (2011).
30. Y. Izumi, A. Matsumura, S. Wakita, K. I. Akagi, H. Fukuda, T. Kume, K. Irie, T. T. Yuki, H. Sugimoto, T. Hashimoto, A. Akaike, “Isolation, identification, and biological evaluation of Nrf2-ARE activator from the leaves of green perilla (*Perilla frutescens* var. *crispa* f. *viridis*)”, *Free Radical Biology and Medicine*, Vol. 53, No. 4, pp. 669–679, (2012).