pISSN 1229-1153 / eISSN 2465-9223 *J. Food Hyg. Saf.*
Vol. 40, No. 4, pp. 325~331 (2025)
https://doi.org/10.13103/JFHS.2025.40.4.325

Journal of Food Hygiene and Safety
Available online at http://www.foodhygiene.or.kr

제주에서 시판되는 쉰다리의 품질특성 및 항산화 활성

조만재[1] · 강은옥[1] · 이해원[2]*
[1]제주특별자치도 보건환경연구원 식품분석과
[2]제주대학교 식품생명공학과

Quality Characteristics and Antioxidant Activities of Commercial *Shindari* from Jeju

Man Jae Cho[1], Eunok Kang[1], Hae-Won Lee[2]*
[1]*Food Analysis division, Jeju Special Self-Governing Province Institute of Health and Environment, Jeju, Korea*
[2]*Department of Food Bioengineering, Jeju National University, Jeju, Korea*

(Received June 15, 2025/Revised July 3, 2025/Accepted July 6, 2025)

ABSTRACT - *Shindari* is a traditional low-alcohol fermented drink from Jeju Island; it is produced through a short fermentation process using either rice or barley, combined with nuruk. In this study, commercial *Shindari* from Jeju was investigated for its quality characteristics (including pH, Brix degree, total acidity, free sugars, organic acids, and total polyphenol and flavonoid contents) and antioxidant activities (determined through FRAP and DPPH free radical scavenging assays). The pH of *Shindari* samples ranged between 3.25 and 3.45, whereas the Brix degree ranged between 10.6 and 13.3 °Bx. The total acidity was higher in unpasteurized products (0.55-0.67% w/v) than in pasteurized ones (0.43-0.46% w/v). This difference was attributed to the fact that, while lactic acid shows no significant change during fermentation, acetic acid significantly increases throughout this process. The total polyphenol (332.68-371.88 mg GAE/g) and total flavonoid (154.86-261.10 mg QE/g) contents were lower in unpasteurized products than in pasteurized ones (452.26-589.69 mg GAE/g and 242.74-383.61 mg QE/g, respectively). Among the tested samples, unpasteurized *Shindari* product C exhibited the highest antioxidant activities, with a FRAP value of 163.89 μM TE/g and a DPPH radical scavenging activity of 43.45%. These findings suggest that *Shindari* has potential as a functional beverage.

Key words: Fermentation, Beverage, Quality characteristics, Antioxidant, Functional property

제주의 전통 발효음료인 '쉰다리'는 냉장 시설이 없던 시기에 보관이 어려운 찬밥에 누룩가루를 넣어 발효시킨 뒤 체에 걸러 설탕이나 꿀을 첨가하여 마시던 저알코올성 음료로 새콤달콤한 맛으로 인해 '단술'이라고도 불렸다[1]. 쉰다리는 밥, 누룩, 물을 원료로 사용한다는 점에서 막걸리와 유사하지만, 짧은 발효 기간으로 인해 알코올 함량이 약 1% 내외로 낮으며, 맛은 막걸리보다는 요구르트에 가까운 것이 특징이다[2]. 이처럼 제한된 발효 과정을 거치는 쉰다리는 다른 발효음료에 비해 기호도가 높고, 소화를 돕는 효과가 있는 것으로 알려져 있다[3].

발효음료는 발효 과정에서 알코올이 주로 생성되는 알코올형 음료와 유기산이 주로 생성되는 산형 음료로 구분된다[4]. 저알코올성 음료인 쉰다리는 산형 음료에 가까운 특성을 보이는데 이는 누룩에 포함된 곰팡이가 전분분해 효소를 생성하며, 이 효소들이 전분을 당으로 분해한 뒤 여기서 생성된 당을 유산균이 다시 분해하여 유산(lactic acid)을 생성함으로써, 수소이온농도가 pH 3.0-4.0 수준으로 낮아지기 때문이다[5-7]. 이러한 산성 환경은 대부분의 잡균 생장을 억제하여 저장성을 높이는 역할을 하며, 발효 과정에서 생성되는 다양한 부산물은 제품의 맛, 풍미, 조직감 등을 향상시키는 데 기여한다[8,9].

최근 고령화 사회로의 진입과 COVID-19 팬데믹 이후, 면역력 증진과 관련된 기능성 식품에 대한 관심이 증가하

*Correspondence to: Hae-Won Lee, Department of Food Bioengineering, Jeju National University, Jeju 63243, Korea
Tel: +82-64-754-3616; Fax: +82-64-755-3601
E-mail: lhw0875@jejunu.ac.kr

Copyright © The Korean Society of Food Hygiene and Safety. All rights reserved. The Journal of Food Hygiene and Safety is an Open-Access journal distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License(http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0) which permits unrestricted non-commercial use, distribution,and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

면서 전통 발효음료 역시 재조명을 받고 있으며, 그 중에서도 쉰다리는 품질 특성 및 항산화 활성 측면에서 기능성 음료로서의 가능성이 제기되고 있다[10,11]. 그러나 현재까지의 선행연구는 주로 제조 방법이나 발효 미생물에 초점을 맞추고 있으며, 시판 중인 쉰다리 제품을 대상으로 한 품질 특성 및 항산화 활성에 대한 종합적 분석은 부족한 실정이다[2,12].

이에 본 연구는 제주 지역에서 시판 중인 쉰다리 제품을 대상으로 주요 품질 특성 및 항산화 활성을 분석하고, 제품 간 차이를 비교하여 그 기능성을 평가하고자 하였으며, 본 연구 결과가 쉰다리의 기능성 발효음료로서의 가능성을 검토하는 데 기여하며, 향후 산업적 활용 및 표준화를 위한 기초 자료로 활용될 수 있을 것으로 기대된다.

Materials and Methods

실험재료

본 실험에 사용한 쉰다리 제품은 2025년 제주 지역의 대형마트(롯데마트, 하나로마트 등)에서 시판 중인 5종을 3회 반복 실험을 위해 4-5월 3회 걸쳐 구입하였으며, 분석 전까지 4°C 냉장 상태로 보관하였다. 사용된 시료는 비살균 제품 3종(A, B, C)과 살균 제품 2종(D, E)으로 구성되었다(Table 1). 비살균 제품은 상온에서 24시간 1차 발효 후 항아리로 옮겨 2차 발효를 진행한 제품이며, 살균 제품은 1차 발효(상온, 24시간) 후 90°C 이상에서 가열하여 살균 처리한 제품이다. 실험에 사용된 fructose, glucose, sucrose, maltose, lactose, tartaric acid, malic acid, lactic acid, acetic acid, citric acid, succinic acid, fumaric acid, 2 N Folin-Ciocalteu's reagent, gallic acid, sodium nitrite, 2,4,6-tripyridyl-s-triazine (TPTZ), sodium acetate, 1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl (DPPH), Butylated hydroxyanisole (BHA), ascorbic acid는 Sigma-Aldrich (St. Louis, MO, USA)에서 구입하였다. Phenolphthalein, sodium hydroxide, sodium carbonate, aluminum chloride, ferric chloride hexahydrate, acetic acid는 Junsei Chemical Co., Ltd. (Tokyo, Japan)에서 구입하였으며, quercetin과 trolox는 Tokyo Chemical Industry Co., Ltd. (TCI, Tokyo, Japan) 제품을 사용하였다. 이 외에 사용된 용매 및 기타 시약은 분석용 또는 HPLC 등급의 제품을 사용하였다.

쉰다리의 pH, 당도 및 총산

각각의 쉰다리의 pH는 pH meter (SevenMult, Mettler toledo, OH, USA)를 사용하여 측정하였고, 당도는 당도계 (JP/DR-A1(1310), Atago, Tokyo, Japan)를 사용하여 측정하였다. 총산 함량은 한국 식품의약품안전처 식품공전[13] 방법에 따라 실시하였다. 시료 10 g를 용량 플라스크에 취하고, 증류수를 가하여 100 mL로 정용한 뒤 그 20 mL를 1% phenolphthalein을 지시약으로 사용하여 0.1 N sodium hydroxide 용액으로 적정하였다.

유리당과 유기산 함량

유리당과 유기산 함량은 시료를 4,000×g에서 20분간 원심분리하고 상층액을 Sep-Pak C18 cartridge (Waters Associate Inc., Milford, MA, USA)를 통과시킨 후 0.45 μm membrane filter (Woongki Science Co., Ltd., Seoul, Korea)로 여과하여 HPLC (Alliance e2695, Waters, Milford, CT, USA) 분석에 사용하였다. 유리당 함량은 한국 식품의약품안전처 식품공전[13] 방법에 따라 분석하였다. 표준물질은 fructose, glucose, sucrose, maltose, lactose가 사용되었고, 이 표준물질의 표준검량곡선을 작성하여 정량하였다(Table 2). 유기산 함량은 Lee 등[14]의 방법을 수정하여 분석하였다. 표준물질 tartaric acid, malic acid, lactic acid, acetic acid,

Table 2. HPLC analysis condition for free sugars

Item	Condition
Instrument	Alliance 2695, Waters
Column	Shodex Asahipak NH2P-50 4E (4.6×250 mm, 5 μm)
Column temperature	30°C
Mobile phase	80% acetonitrile
Flow rate	1.0 mL/min
Detector	RI
Injection volume	10 μL

Table 1. Commercial *Shindari* samples in Jeju

Sample name	Pasteurization status	Flavor Type	Ingredient names
A	Non-pasteurized products	Barley	Barley, *Nuruk*, fermented green plum syrup, and purified water
B	Non-pasteurized products	Mandarin orange	Barley, *Nuruk*, mandarin orange, fermented yuja syrup, and purified water
C	Non-pasteurized products	Blueberry	Barley, *Nuruk*, Korean raspberry, myoga, fermented blueberry syrup, and purified water
D	Pasteurized products	Barley	Barley, *Nuruk*, fermented green plum syrup, and purified water
E	Pasteurized products	Mandarin orange	Barley, *Nuruk*, mandarin orange, fermented yuja syrup, and purified water

Table 3. HPLC analysis condition for organic acids

Item	Condition
Instrument	Alliance 2695, Waters
Column	Prevail^{TM} organic acid (4.6×150 mm, 3 μm)
Column temperature	25°C
Mobile phase	25 mM KH_2PO_4, pH 2.5 with phosphoric acid
Flow rate	0.8 mL/min
Detector	PDA at 210 nm
Injection volume	10 μL

citric acid, succinic acid, fumaric acid의 표준검량곡선으로부터 정량하였다(Table 3).

총 폴리페놀 함량

총 폴리페놀 함량은 Lee 등[15]이 제시한 방법을 수정하여 측정하였다. 시료 0.2 mL에 2% sodium carbonate 용액 2 mL을 가하고 3분간 방치하였다. 증류수 2 mL과 2 N Folin-Ciocalteu's 시약(Sigma-Aldrich)을 0.1 mL 첨가하고 암소에서 30분간 방치한 후 분광광도계(Cary UV-Vis Compact, Agilent Technologies, Santa Clara, CA, USA)를 이용하여 750 nm에서 흡광도를 측정하였다. 표준검량곡선(y=2.6792x-0.1569, R^2=9939) 작성에 이용한 gallic acid를 0.025, 0.050, 0.100, 0.200, 0.500, 1.000 mg/mL의 농도로 하고 총 폴리페놀 함량은 mg gallic acid equivalents (GAE)/g으로 산출하였다.

총 플라보노이드 함량

총 플라보노이드 함량은 Shen 등[16]의 방법을 수정하여 측정하였다. 시료 0.5 mL에 증류수 3.2 mL, 5% sodium nitrite 0.15 mL를 첨가하고 5분 동안 반응시키고, 10% aluminium chloride 0.15 mL를 가하고 5분간 반응시켰다. 그 후 1 M sodium hydroxide 1 mL를 가한 후 분광광도계를 이용하여 415 nm에서 흡광도를 측정하였다. 표준검량곡선(y=1.0232x-0.0087, R^2=0.9986) 작성에 이용한 quercetin을 0.025, 0.050, 0.100, 0.200, 0.500, 1.000 mg/mL의 농도로 하고, 총 플라보노이드 함량은 mg quercetin equivalents (QE)/g으로 산출하였다.

FRAP 활성

Ferric ion reducing antioxidant power (FRAP) 활성은 Jang 등[17]의 방법을 수정하여 측정하였다. 300 mM sodium acetate와 300 mM acetic acid를 혼합하여 sodium acetate buffer (pH 3.6)를 만들었다. 40 mM HCl 용액에 TPTZ 넣고 혼합하여 10 mM TPTZ 용액을 만들었다. FRAP 반응용액은 sodium acetate buffer (pH 3.6), 10 mM TPTZ 용액, 20 mM ferric chloride hexahydrate 용액을 10:1:1 비율로 혼합하여 갈색병에 보관하고, 사용 전에 항온수조(C-WBD2, Changshin Science, Seoul, Korea)에 넣고 37°C에서 10분 이상 예열 뒤 사용하였다. 갈색튜브에 시료 0.12 mL와 FRAP 반응용액 3.6 mL, 증류수 0.36 mL를 가하고 혼합한 뒤 항온수조에 넣고 37°C에서 10분간 반응시킨 후 분광광도계를 이용하여 593 nm에서 흡광도를 측정하였다. 시료의 환원력은 trolox를 표준물질로 이용하여 만든 표준검량곡선(y=3.1148x+0.3164, R^2=9943)에 대입하여 μM trolox equivalents (TE)/g으로 산출하였다.

DPPH 자유 라디칼 소거능

DPPH 자유 라디칼 소거능(free radical scavenging capacity)은 Blois[18]가 제시한 방법에 따라 측정하였다. 시료 1 mL, 증류수 3 mL 및 0.2 mM DPPH 용액 4 mL를 혼합한 후, 암소에서 30분간 반응시켰다. 혼합액의 흡광도는 분광광도계를 이용하여 517 nm에서 측정하였다. 비교 대상으로는 BHA (10mg/mL)와 ascorbic acid (10mg/mL)를 사용하였으며, DPPH 자유 라디칼 소거능은 다음 식에 따라 백분율(%)로 계산하였다.

DPPH free radical scavenging capacity (RSC, %)
=[(A−B)/A]×100

A: Absorbance of the control
B: Absorbance of the sample

통계분석

모든 실험결과의 통계처리는 SPSS 24.0 (SPSS Inc., Chicago, IL, USA)로 ANOVA 분석 후 Duncan's multiple range test를 이용하여 유의적인 차이를 P<0.05 수준에서 검증하였다. 항산화 성분 및 활성 간의 상관관계는 Pearson 상관계수(Pearson's correlation coefficient)를 이용하여 유의성을 표시하였다.

Results and Discussion

시판 쉰다리의 품질특성

제주 지역에서 시판 중인 쉰다리 제품 5종의 품질 특성을 분석하여 비교하였다. 먼저 pH는 pH 3.25-3.45의 범위를 나타냈으며(Table 4), 이는 Ryu[19]가 보고한 pH 3.45-3.58 및 Ryu 등[12]이 언급한 pH 3.00-4.00 범위와 유사한 결과이다. 한편, 당도는 10.6-13.3 °Brix의 범위를 보였으며(Table 4), 이는 누룩에 존재하는 곰팡이의 amylase 작용이 당도를 증가시켜 11.0-14.0 °Brix에 도달했다고 보고한 Kim[20]의 결과와 유사하다. 그리고 살균 제품의 쉰다리가 발효가 더 진행되었을 것으로 예상되는 비살균 제품보다 유의하게 높은 당도를 나타냈는데, 이는 당화 과정에

서 당도가 증가한 이후, 발효가 진행됨에 따라 일부 당이 유기산으로 전환되었기 때문으로 판단된다. 총산 함량은 0.43-0.67 w/v%의 범위를 나타냈으며(Table 4), 비살균 제품 중에서 B제품이 0.67 w/v%로 가장 높았고, 살균 제품 중에서 E제품이 0.46 w/v%로 비교적 높은 총산 함량을 보였다. 이는 감귤에 함유된 유기산의 영향으로 판단된다. 전반적으로 비살균 제품이 살균 제품보다 유의하게 높은 총산 함량을 나타냈는데, 이는 발효 과정에서 acetic acid 등 유기산이 생성되었기 때문으로 해석된다. 한편, 총산 함량이 증가했음에도 불구하고 pH가 뚜렷하게 낮아지지 않는 경향이 나타났는데, 이는 Jeong 등[21]이 보고한 바와 같이 발효 중 단백질이 분해되어 생성된 아미노산이 완충 작용을 하여 pH 변화 폭을 줄인 결과로 보인다.

유리당과 유기산

시료의 유리당 함량을 분석한 결과 lactose를 제외한 fructose, glucose, sucrose, maltose가 확인되었다(Table 5). 살균 제품 쉰다리인 D와 E에서는 glucose 함량이 3.53-5.46 g/100 g으로 가장 높게 나타났고, 비살균 제품 쉰다리인 A와 B에서는 sucrose 함량이 2.74-3.48 g/100 g으로 가장 높게 나타났다. 이는 쉰다리의 1차 발효 동안 당화 과정에 의해 glucose가 증가하고, 2차 발효 과정에서 sucrose가 새롭게 생성된 결과로 사료된다. 또한, 살균 제품(D, E)과 비살균 제품(A, B, C)을 비교한 결과, 발효가 더 많이 진행된 것으로 생각되는 비살균 제품에서는 fructose와 glucose 함량이 감소하고, 반대로 sucrose와 maltose 함량이 증가하는 경향이 나타났다. 이는 단당류인 fructose와 glucose가 발효 과정 중 유기산으로 전환되고, 동시에 당화 작용에 의해 전분으로부터 sucrose 및 maltose가 생성된 것으로 사료된다. 한편, C제품은 maltose 함량이 2.63 g/100 g으로 가장 높게 나타났다. 이는 다른 제품과 비교해 볼 때, 2차 발효과정에서 당화 작용에 의해 전분으로부터 maltose가 생성된 결과로 사료된다.

시료의 유기산 함량을 분석한 결과 tartaric acid, malic acid, citric acid, succinic acid, fumaric acid은 검출되지 않았고, lactic acid와 acetic acid만이 확인되었다(Table 5).

Table 4. The pH, brix degree, and total acid contents of commercial *Shindari* in Jeju

Sample name	pH	Brix degree (°Brix)	Total acid (w/v%)
A	3.40±0.01$^{b1,2)}$	10.6±0.1^{e}	0.55±0.01^{c}
B	3.33±0.01^{c}	11.4±0.1^{c}	0.67±0.01^{a}
C	3.25±0.01^{d}	10.9±0.1^{d}	0.62±0.01^{b}
D	3.37±0.01^{b}	12.7±0.1^{b}	0.43±0.01^{e}
E	3.45±0.01^{a}	13.3±0.1^{a}	0.46±0.01^{d}

[1)]Each value is expressed as mean±standard deviation.
[2)]Means with different letters (a-e) in the same column are significantly different at $P<0.05$.

Table 5. Free sugar contents and organic acid contents of commercial *Shindari* in Jeju

Type of Analysis		A	B	C	D	E
Free sugar contents (g/100 g)	Fructose	1.79±0.02$^{c1,3)}$	1.31±0.03^{d}	1.79±0.03^{c}	2.25±0.02^{b}	2.44±0.06^{a}
	Glucose	1.90±0.03^{d}	1.35±0.05^{e}	2.53±0.02^{c}	5.46±0.03^{a}	3.53±0.06^{b}
	Sucrose	2.74±0.01^{b}	3.48±0.09^{a}	1.25±0.02^{e}	2.29±0.04^{d}	2.57±0.05^{c}
	Maltose	1.80±0.01^{c}	1.99±0.09^{b}	2.63±0.03^{a}	0.99±0.03^{e}	1.34±0.02^{d}
	Lactose	-$^{2)}$	-	-	-	-
Organic acid contents (μg/mL)	Tartaric acid	-	-	-	-	-
	Malic acid	-	-	-	-	-
	Lactic acid	74.98±6.96^{b}	82.96±3.47^{a}	60.68±1.10^{c}	78.54±3.62^{b}	83.61±1.59^{a}
	Acetic acid	6.06±0.90^{b}	17.44±0.51^{a}	6.37±0.63^{b}	2.57±0.64^{c}	2.71±0.59^{c}
	Citric acid	-	-	-	-	-
	Succinic acid	-	-	-	-	-
	Fumaric acid	-	-	-	-	-

[1)]Each value is expressed as mean±standard deviation.
[2)]-: Not detected.
[3)]Means with different letters (a-e) in the same row significantly different at $P<0.05$.

분석 대상인 5종의 시료에서 lactic acid 함량은 60.68-83.61 g /100 g의 범위를 나타냈고, 살균 여부와 관계없이 감귤맛 쉰다리인 B와 E 제품에서 다른 쉰다리 제품에 비해 유의하게 높은 lactic acid 함량을 나타났다. 이는 1차 발효 이후 2차 발효가 진행되더라도 lactic acid 함량이 크게 변하지 않음을 시사한다. 한편, acetic acid 함량은 살균 쉰다리 제품들(2.57-2.71 μg/mL)에 비해 비살균 쉰다리 제품들(6.06-17.44 μg/mL)에서 유의하게 높았으며, 특히 비살균 쉰다리 중 B 제품에서 17.44 μg/mL으로 가장 높은 acetic acid 함량을 나타냈다. Park 등[22]은 유기산이 발효음료에서 신맛을 유발하는 주요 성분이며, 소량 존재할 경우 맛과 향을 향상시키지만 acetic acid가 다량 존재하면 발효 과정 중 초산 발효가 진행되어 신맛이 강해지고 이로 인해 기호도가 저하될 수 있다고 보고하였다. 한편, Oh[1]는 제주 지역에서 쉰다리를 장기간 보관한 후 식초로 활용하였다고 보고하였는데, 이는 초산발효에 따라 쉰다리 내 acetic acid 함량이 점차 증가하였기 때문으로 사료된다.

총 폴리페놀 및 총 플라보노이드 함량

페놀 화합물은 hydroxyl기(-OH)를 포함하고 있어 다양한 화합물과 결합하는 특성을 가지며, 항암, 항염증, 항산화 등의 효과를 나타내는 식품 유래 천연물질로, 기능성 식품 소재로서의 활용 가능성이 높아 사람들의 관심이 높다[23,24]. 시료의 총 폴리페놀 함량을 분석한 결과 살균제품(452.26-589.69 mg GAE/g)이 비살균제품(332.68-371.88 mg GAE/g)보다 유의적으로 높게 나타났으며, 살균 쉰다리 중 E 제품이 589.69 mg GAE/g으로 가장 높았고, 비살균 쉰다리에서는 B 제품이 371.88 mg GAE/g로 가장 높게 나타났다(Table 6). 또한, 총 폴라보노이드 함량도 살균제품(242.74-383.61 mg QE/g)이 비살균제품(154.86-261.10 mg QE/g)보다 유의적으로 높게 나타났으며, 살균 쉰다리 중에서 B 제품이 383.61 mg QE/g으로 가장 높았고, 비살균 쉰다리 중에서도 E 제품이 261.10 mg QE/g로 가장 높게 나타났다(Table 6). B와 E 제품은 감귤 맛을 내기 위해 감귤 성분이 첨가된 제품으로(Table 1), 총 폴리페놀 함량과 총 플라보노이드 함량이 높게 나타난 것은 첨가된 감귤이 해당 성분들에 영향을 미친 것으로 사료된다. 한편, 2차 발효 후 총 폴리페놀 및 총 플라보노이드 함량이 감소하였는데, Kim 등[25]은 발효 기간이 길어질수록 페놀 화합물의 함량이 감소하는 원인으로 발효 중에 불안정한 페놀 화합물이 단백질, 알칼로이드, 철분 등과 결합하여 침전되기 때문이라고 보고하였다.

FRAP 활성 및 DPPH 자유 라디칼 소거능

FRAP 활성은 Fe^{3+}를 Fe^{2+}로 환원시키는 원리를 기반으로 하며, 측정된 흡광도는 시료의 환원력을 나타내는데, 일반적으로 항산화 활성이 높을수록 흡광도 값도 높게 나타난다[17]. 시료의 철 이온 환원 항산화력은 비살균 쉰다리인 C 제품이 163.89 μM TE/g으로 가장 높게 나타났고, 살균 쉰다리 제품들(D, E)은 각각 99.51 μM TE/g, 118.63 μM TE/g이었으며, 비살균 쉰다리인 A 제품과 B 제품은 각각 60.72 μM TE/g, 80.99 μM TE/g으로 나타났다(Table 7).

Table 6. Total phenolic content and total flavonoid content of commercial *Shindari* in Jeju

Sample name	Total phenolic content (mg GAE/g)	Total flavonoid content (mg QE/g)
A	332.68±8.19^{e}[1,2)]	154.86±6.76^{e}
B	371.88±6.79^{c}	261.10±7.68^{b}
C	350.38±4.32^{d}	189.13±7.20^{d}
D	452.26±8.76^{b}	242.74±8.98^{c}
E	589.69±7.49^{a}	383.61±9.92^{a}

[1)]Each value is expressed as mean±standard deviation.
[2)]Means with different letters (a-e) in the same column significantly different at $P<0.05$.

Table 7. FRAP activity and DPPH free radical scavenging activity of commercial *Shindari* in Jeju

Sample name	FRAP activity (μM TE/g)	DPPH free radical scavenging activity (%)
A	60.72±3.08^{e}	23.15±0.84^{d}
B	80.99±2.37^{d}	30.17±1.50^{c}
C	163.89±5.46^{a}	43.45±1.37^{a}
D	99.51±4.83^{c}	47.31±1.69^{a}
E	118.63±2.72^{b}	33.71±1.17^{b}

[1)]Each value is expressed as mean±standard deviation.
[2)]Means with different letters (a-e) in the same column significantly different at $P<0.05$.

Table 8. Pearson correlation coefficient (r) between tota flavonoid content, total polyphenol content and antioxidant activities of commercial *Shindari* in Jeju

Factor	TPC[1)]	TFC[2)]	FRAP	DPPH
TPC	1			
TFC	0.920**	1		
FRAP	0.189	0.164	1	
DPPH	0.214	0.088	0.669**	1

[1)]TPC: total polyphenol content.
[2)]TFC: total flavonoid content.
[3)] Significance was determined by Pearson's correlation coefficient and ** indicated the significance at $P<0.01$.

DPPH 라디칼은 자색을 띠는 화학적으로 안정된 자유라디칼로, 항산화 물질로부터 전자 또는 수소를 받아 환원되면 노란색으로 탈색이 되는데[26], 이러한 색 변화 원리를 이용하여 시료의 전자공여능, 즉 항산화 활성을 측정할 수 있다. 시료의 DPPH 자유 라디칼 소거능은 23.15-47.31%로 나타났는데, 이는 항산화 활성 비교 대상으로 사용된 BHA (86.14±0.23%)와 ascorbic acid (88.54±0.66%)보다는 유의적으로 낮게 나타났다(Table 7). C 제품과 E 제품의 DPPH 자유 라디칼 소거능은 각각 43.45%와 47.31%로 유의적인 차이가 없이 가장 높은 항산화 활성을 나타났고, A 제품이 23.15%으로 가장 낮게 나타났다. Kim 등[26]은 열에 민감한 안토시아닌과 같은 성분이 잘 유지될 경우 항산화 활성이 높게 나타난다고 보고하였다. 본 연구의 비살균 블루베리맛 쉰다리 제품(C) 역시 열 처리를 하지 않아 안토시아닌과 같은 항산화 성분이 잘 보존되었고, 이에 따라 철 이온 환원 항산화력과 DPPH 자유라디칼 소거능이 유의하게 높게 나타난 것으로 사료된다.

항산화 물질과 항산화 활성의 상관관계분석

시료의 항산화 물질과 항산화 활성 간의 상관관계를 분석한 결과 총 폴리페놀 함량과 총 플라보노이드 함량은 모든 항산화 활성과의 상관관계에서 모두 양(+)의 상관관계가 나타났다(Table 8). 총 폴리페놀 함량과 총 플라보노이드 함량 간에 상관계수(r)는 0.920으로 양(+)의 상관관계를 나타내었고($P<0.01$), 그 외 FRAP 활성, DPPH 자유라디칼 소거능 간의 상관계수(r)는 각각 0.189, 0.214로 나타났다. 총 플라보노이드 함량과 FRAP 활성, DPPH 자유라디칼 소거능 간의 상관계수(r)는 각각 0.164, 0.088이고, FRAP 활성과 DPPH 자유 라디칼 소거능 간의 상관계수(r)는 0.669로 나타났다($P<0.01$). 이 결과는 시료의 항산화 물질과 항산화 활성 간에 양(+)의 상관관계에 있으나, 유의적인 상관관계를 나타내지 못하였다. 항산화 활성에 영향을 주는 항산화 성분으로 총 폴리페놀 함량과 총 플라보노이드 함량 말고 C제품에 들어있는 안토시아닌과 같은 항산화 물질이 항산화 활성에 영향을 주는 것으로 사료된다.

Acknowledgement

본 연구는 2025년도 중소벤처기업부의 기술개발사업 지원과제(S3452772)에 의해 수행되었으며, 이에 감사드립니다.

국문요약

쉰다리는 제주도에서 쌀 또는 보리와 누룩을 이용해 짧은 발효 과정을 거쳐 생산되는 전통적인 저알코올 발효 음료이다. 본 연구에서는 제주에서 시판되는 쉰다리의 품질 특성 및 항산화 활성을 조사하였다. 조사 항목에는 pH, 당도(°Brix), 총산도, 유리당, 유기산, 총 폴리페놀 함량, 총 플라보노이드 함량, FRAP 활성, DPPH 자유 라디칼 소거능이다. 쉰다리의 pH는 pH 3.25-3.45 범위였고, 당도는 10.6-13.3 °Brix 범위로 나타났다. 총산 함량은 비살균 제품(0.55-0.67% w/v)이 살균 제품(0.43-0.46% w/v)보다 더 높게 측정되었다. 이러한 차이는 발효 과정 중 젖산은 유의한 변화가 없었으나 초산이 유의하게 증가한 데 기인한다. 비살균 제품들의 총 폴리페놀 함량(332.68-371.88 mg GAE/g)과 총 플라보노이드 함량(154.86-261.10 mg QE/g)은 살균 제품들(각각 452.26-589.69 mg GAE/g, 242.74-383.61 mg QE/g)보다 낮게 나타났다. 비살균 쉰다리인 C 제품은 FRAP 활성(163.89 μM TE/g)과 DPPH 자유 라디칼 소거능(43.45%)에서 가장 높은 항산화 활성을 보였다. 본 연구의 결과는 쉰다리가 기능성 음료로서의 가능성을 가지고 있음을 시사한다.

Conflict of interests

The authors declare no potential conflict of interest.

ORCID

Man Jae Cho https://orcid.org/0000-0002-0166-4111
Eunok Kang https://orcid.org/0000-0003-3897-265X
Hae-Won Lee https://orcid.org/0000-0002-9420-6354

References

1. Oh, Y.J., Jeju traditional food fermentation culture in environment of east asia. *J. Cheju Studies*, **32**, 157-203 (2009).
2. Kim, S.Y., Park, E.J., Fermentation characteristics of Shindari added with carrot. *Korean J. Food Cook. Sci*., **31**, 9-17 (2015).
3. Kim, S.C., Kim, H.S., Kang, Y.J., Changes of components in the rice - porridge fermented by *Nuruk*. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.*, **28**, 1017-1021 (1999).
4. Oh, S.W., Hong, J.H., Development of fermented beverage using corn silk and mulberry leaf extracts. *Food Sci. Preserv.*, **28**, 199-208 (2021).
5. Kim, M.K., Park, S.S., Research trends on quality characteristics and physiological functions of Korean traditional *Makgeolli* (Korean rice wine) : a literature review. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.*, **48**, 149-160 (2019).
6. Huh, C.K., Lee, J.W., Kim, Y.D., Quality characteristics of rice wine according to the rice wine seed mash with lactic acid concentration. *Food Sci. Preserv.*, **19**, 933-938 (2012).
7. Yang, E.Y., Kim, M.H., Han, Y.S., Quality characteristics and biological activities of Rosa multiflora Thunberg fruit through lactic acid bacteria fermentation. *J. Appl. Biol. Chem.*, **65**, 375-381 (2022).
8. Choi, M.A., Choi. K.H., Kim, J.O., Microflora occurring in the fermentation by tea fungus. *Korean J. Life Sci*., **6**, 56-65 (1996).
9. Lee, H.S., Kwon, S.Y., Lee, S.O., Lee, S.P., Production of fermented Omija (*Schizandra chinensis*) beverage fortified with high content of gamma-amino butyric acid using Lactobacillus plantarum. *Food Sci. Preserv*., **23**, 326-334 (2016).
10. Jung, H.J., Oh, I.K., Improvement of antioxidant activity and change in functional ingredients upon lactic acid fermentation in domestic pineapple. *Korean J. Food Sci. Technol.*, **54**, 531-538 (2022).
11. Song, B.N., Park, S.K., Lee, S.H., Park, B.R., Park, C.S., Park, S.Y., Quality characteristics and antioxidant activity of germinated black rice porridge based on the amount of *Astragalus membranaceus* (fisch.) bunge and fermented *A. membranaceus* (fisch.) bunge added. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.*, **52**, 1274-1281 (2023).
12. Ryu, Y.S., Heo, M.S., Phylogenetic diversity and antibacterial activity of bacteria from Shindari of Jeju traditional fermented food. *Korean J. Life Sci.*, **31**, 72-82 (2021).
13. Ministry of Food and Drug Safety (MFDS), (2025, June 9). Food code. Retrieved from https://various.foodsafetykorea.go.kr/fsd/#/ext/Document/FC
14. Lee, M.R., Hwang, J.H., Oh, Y.S., Oh, H.J., Lim, S.B., Quality characteristics and antioxidant activity of immature citrus unshiu vinegar. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.*, **43**, 250-257 (2014).
15. Lee, J.E., Kim, G.W., Kang K.O., Shin, J.Y., Son, J.Y., A study on the brewing characteristics and functionality of *Makgeolli* using germinated rice. *FoodServ. Ind. J.*, **17**, 39-54 (2021).
16. Shen, Y., Jin, L., Xiao, P., Lu, Y., Bao, J., Total phenolics, flavonoids, antioxidant capacity in rice grain and their relations to grain color, size and weight. *J. Cereal Sci.*, **49**, 106-111 (2009).
17. Jang, G.W., Choi, S.I., Han, X., Men, X., Kwon, H.Y., Choi, Y.E., Park, B.W., Kim, J.J., Lee, O.H., Development and validation of analytical method and antioxidant effect for berberine and palmatine in *P. amurense*. *J. Food Hyg. Saf.*, **35**, 544-551 (2020).
18. Blois, M.S., Antioxidant determination by the use of a stable free radical. *Nature*, **181**, 1199-1200 (1958).
19. Ryu, H.Y., The quality characteristics of Jeju Island's traditional cereal beverage, Shindari, with different content of oat and *Peucedanum japonicum* thunb. MS thesis, Kyung Hee University, Seoul, Korea (2022).
20. Kim, S.C., Changes in components of the porridge with rice flour, Shuindari, during fermentation. MS thesis, Jeju National University, Jeju, Korea (1997).
21. Jeong, S.T., Kwak, H.J., Kim, S.M., Quality characteristics and biogenic amine production of *Makgeolli* brewed with commercial Nuruks. *Korean J. Food Sci. Technol.*, **45**, 727-734 (2013).
22. Park, C.W., Jang, S.Y., Park, E.J., Yeo, S.H., Kim, O.M., Jeong, Y.J., Comparison of the quality characteristics of commercial *Makgeolli* type in South Korea. *Food Sci. Preserv.*, **18**, 884-890 (2011).
23. Lee, H.Y., Lee, H.S., The roles of dietary polyphenols in brain neuromodulation. *Korean J. Life Sci.*, **28**, 1386-1395 (2018).
24. Jung, H.J., Kim, D.Y., Oh, I.K., The development of fermented beverages through lactic acid fermentation of domestic banana corresponding to climate change. *Korean J. Food Sci. Technol.*, **55**, 165-172 (2023).
25. Kim, M.J., Yang, S.A., Park, J.H., Kim, H.I., Lee, S.B., Quality characteristics and anti-proliferative effects of dropwort extracts fermented with fructooligosaccarides on HepG2 cells. *Korean J. Food Sci. Technol.*, **43**, 432-437 (2011).
26. Kim, O.S., Park, S.S., Sung, J.M., Antioxidant activity and fermentation characteristics of traditional black rice wine. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.*, **41**, 1693-1700 (2012).