

유산균에 의한 양파 착즙액의 발효효과와 이화학적 특성

김수환^{1,†} · 이채미^{2,†} · 정재희² · 최유리² · 이동훈² · 이채윤² · 허창기^{1,2,*}

¹순천대학교 식품산업연구소, ²순천대학교 식품공학과

Fermentation of onion extract by lactic acid bacteria enhances its physicochemical properties

Su-hwan Kim^{1,†}, Chae-Mi Lee^{2,†}, Jae-Hee Jeong², Yu-Ri Choi², Dong-hun Lee²,
Chae-yun Lee², and Chang-Ki Huh^{1,2,*}

¹Research Institute of Food Industry, Suncheon National University

²Department of Food Science and Technology, Suncheon National University

Abstract This study aimed to improve the physiological activity of onion juice via lactic acid bacterial fermentation. Seven types of lactic acid bacteria were used for the fermentation of onion juice. The pH and sugar content of the onion juice decreased, while its titratable acidity increased after lactic acid bacteria fermentation, and the cell count of lactic acid bacteria was 7.31-10.40 log CFU/mL. The total free sugar content decreased, while the total organic acid content increased in the fermented onion juice. Quercetin content of the fermented juice was 0.13-0.53 mg/kg. The total polyphenol and flavonoid contents increased after fermentation. Additionally, the 2,2-diphenyl-1-picryl-hydrazyl-hydrate free radical and 2,2'-azinobis-(3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonate) radical cation scavenging activities were increased by fermentation. Overall, lactic acid bacteria fermentation of onion juice enhanced its physiological activity. Based on these findings, *Bifidobacterium breve* KCTC 3441 was selected as the onion juice fermentation strain.

Keywords: onion, onion extract, probiotics, lactic acid, quality characteristics

서 론

양파(*Allium cepa* L.)는 부추과(Alliaceae)에 속하는 다년생 식물로 전 세계 연간 약 6,600만톤이 생산되며, 국내 생산량은 2021년 1,576천톤이다(Campone 등, 2018; Ren 등, 2020; Statistics Korea, 2021). 양파는 phenolic acids, thiosulfonates, flavonoids 및 allyl sulfide 계통의 기타 황화합물을 함유하고 있으며, 플라보노이드 중 특히 quercetin과 그 유도체와 같은 flavonols이 풍부한 것으로 알려져 있다(Fossen과 Andersen, 2003; Pinho 등, 2015; Slimstad 등, 2007). 항산화(Amorati 등, 2017; Houngue 등, 2017), 항암(Biswas 등, 2018), 항균(Wang 등, 2018), 항염(Kooshyar 등, 2017) 등의 효과가 있는 것으로 알려져 있는 quercetin은 양파 과육보다 껍질에 19배 높은 함량으로 함유되어 있다 (Kim과 Lim, 2018). 그러나 양파 껍질은 생리활성이 우수함에도 비가식부위로 대부분 퇴비나 사료로 이용되거나 폐기되고 있다(Jeon 등, 2012). 양파 껍질의 활용도를 높이기 위한 연구는 대부분 생

리활성연구가 주를 이루고 있으며(Kumar 등, 2022), 식품으로의 이용을 위한 연구는 껍질 첨가에 따른 품질특성 연구(Otieno 등, 2020; Yeom과 Hwang, 2020)가 보고되었으나 생리활성 연구에 비해 미비한 실정이다.

유산균을 활용한 발효는 식품의 전반적인 품질 증진 및 안전성 증대(Capozzi 등, 2017)할 뿐만 아니라 항산화, 항암, 항종양, 불면증 증상 감소, 혈행개선 및 치주조직 재생 등 다양한 기능성을 부여한다고 알려져 있다(Abdhal 등, 2014; Ayyash 등, 2020; Dilna 등, 2015; Kibar 등, 2020; Li 등, 2014; Surachat 등, 2021; Wu 등, 2021). 이와 같은 품질 증진과 기능성을 부여하는 유산균 발효는 양파의 경우 quercetin 복합체의 생물학적 이용성 향상연구(Yun 등, 2018b), 팽화 홍삼 추출액을 첨가한 양파 착즙액의 유산 발효연구(Park 등, 2009a) 등 식품으로의 연구보다 대부분 과육 부분을 대상으로 연구가 이루어져 있다.

따라서 본 연구에서는 우수한 생리활성을 나타내는 것으로 알려진 껍질을 식품으로 활용하고 유산균 발효를 통해 기능성 증진을 도모하고자 하였다. 이를 위해 양파 과육과 껍질을 통째로 분쇄, 원심분리 착즙하고, 품질과 기능성 향상을 위한 착즙액 발효에 적합한 유산균을 선정하고자 균주별 발효에 따른 품질특성 및 항산화 활성을 검토하였다.

재료 및 방법

실험 재료 및 사용균주

본 실험에 사용된 양파는 전라남도 무안군에서 구매하였으며, 유산균 발효에 사용된 균주는 *Bifidobacterium breve* KCTC 3441

[†]These authors contributed equally to this work

*Corresponding author: Chang-Ki Huh, Department of Food Science and Technology, Suncheon National University, Suncheon, Jeonnam 57922, Korea

Tel: +82-61-750-3251

Fax: +82-61-750-3208

E-mail: hck1008@suncheon.ac.kr

Received June 2, 2022; revised July 3, 2022;

accepted July 3, 2022

(Bb), *Lactococcus lactis* KCTC 2013 (Li), *Enterococcus faecalis* KCTC 3206 (Ef), *Lactobacillus bulgaricus* KCTC 3635 (Lb), *Streptococcus thermophilus* KCTC 3782 (St), *Latilactobacillus sakei* KCTC 3598 (Ls) 및 *Pediococcus pentosaceus* KCTC 3116 (Pp) 7종을 한국생명공학연구원 생물자원센터(KCTC, Jeongeup, Korea)에서 분양받아 사용하였다.

양파 발효물 제조

양파 발효물 제조를 위하여 양파를 세척 한 후 껍질과 과육을 착즙기(Hurom alpha, Hurom Co., Seoul, Korea)를 이용하여 착즙한 후 고압멸균기(ST-105G, Jeio tech, Daejeon, Korea)를 이용하여 121°C에서 15분간 고압 멸균하였다. 유산균 7종은 Difco™ Lactobacilli MRS Broth (BD Co., Franklin Lakes, NJ, USA)에 접종하여 37°C에서 72시간 배양한 후 양파착즙액의 중량 대비 10% (v/v)를 각각 접종하여 37°C에서 72시간까지 발효하여 제조하였다.

pH, 적정 산도 및 당도 측정

pH는 시료 10 mL을 취하여 pH meter (TOADKK.HM-40X, Shinjuku-ku, Tokyo, Japan)를 사용하여 측정하였고, 적정 산도는 시료를 1 mL를 취한 후 1% phenolphthalein 지시약을 첨가하고 0.1 N NaOH 용액으로 적정한 후 0.009를 곱하여 환산하였다. 당도 측정은 굴절당도계로 측정하여 °Brix로 나타내었다.

유산균수 측정

유산균수 측정은 MRS Broth와 Agar powder (Daejung, Siheung-si, Korea)를 사용하였으며, 37°C에서 24시간 배양 후 형성된 colony 수를 반복 계수하여 평균값을 구해 log CFUs (colony forming units)/mL로 표시하였다.

유리당 분석

유리당은 Wilson 등(1981)의 방법에 따라 분석하였다. 즉, 시료 1 mL를 취하여 0.45 µm membrane filter로 여과한 여액을 HPLC (Waters 1525 and 717, Waters Co., Milford, MA, USA)를 이용하여 분석하였으며, Column은 carbohydrate column (ID 4.6×250 mm, Alltech Co., MA, USA)을 사용하였다. column oven 온도는 30°C, mobile phase는 acetonitrile:water (75:25, v/v), flow rate는 1.0 mL/min, detector는 ELSD 2000ES detector (Alltech Co., MA, USA)를 사용하였고, 함량은 외부표준법으로 나타내었다.

유기산 분석

유기산은 Gancedo 등(1986)의 방법에 따라 시료 1 mL를 취하여 0.45 µm membrane filter로 여과한 여액을 HPLC (Waters 1525 and 717, Waters Co., Milford, MA, USA)를 이용하여 분석하였으며, column은 organic acid column (ID 4.6×250 mm, Grace Co., Deerfield, IL, USA)를 사용하였으며, mobile phase는 0.2 mM KH₂PO₄, flow rate는 1.0 mL/min, detector는 waters 996 (Waters Co., Milford, MA, USA)를 사용하여 UV 210 nm에서 측정하였고, 함량은 외부표준법으로 나타내었다.

Quercetin 분석

Quercetin은 Jang 등(2018)과 Kwak 등(2017)의 방법에 따라 분석하였다. 시료 1 mL를 취하여 0.45 µm membrane filter로 여과한 여액을 HPLC (Waters 1525 and 717, Waters Co., Milford, MA, USA)를 이용하여 분석하였으며, column은 RP18 column (ID

4.6×250 mm, Waters Co., Milford, MA, USA)를 사용하였다. Mobile phase는 solvent A는 acetonitrile, solvent B는 0.1% phosphoric acid을 사용하였다. 용매조건은 solvent B를 0 min-95%, 5 min-75%, 15 min-75%, 25 min-50%, 28 min-40%, 33 min-30%, 40 min-95%의 기울기 용리조건(gradient system)하에서 flow rate는 1 mL/min, detector는 waters 996 (Waters Co., Milford, MA, USA)를 사용하여 UV 370 nm에서 측정하였고, 함량은 외부표준법으로 나타내었다.

총 폴리페놀 분석

총 폴리페놀 함량은 Folin-Denis법(Folin 과 Denis, 1992)에 따라 시료 2 mL에 folin-denis reagent 2 mL를 가하고 3분 후 5% NaCO₃ 5 mL를 혼합하여 발색시킨 다음 1시간 방치한 후 분광광도계(HP 8453, Hewlett Packard, CA, USA)를 이용하여 660 nm에서 흡광도를 측정하였으며, 표준물질은 tannic acid (Sigma-Aldrich Co. St. Louis, MO, USA)를 사용하였다.

총 플라보노이드 분석

총 플라보노이드 함량은 Park 등(2019a)의 방법에 따라 측정하였다. 즉, 시료 0.5 mL에 에탄올 1.5 mL, 10% 질산알루미늄 0.1 mL, 1 M 초산칼륨용액 0.1 mL 그리고 증류수 2.8 mL를 혼합한 다음 415 nm에서 흡광도를 측정하였고, 표준물질은 quercetin (Sigma-Aldrich Co., MO, USA)을 사용하였다.

DPPH 및 ABTS 라디칼 소거 활성 측정

2,2-Diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH, Alfa Aesar, MA, USA) 라디칼 소거활성은 Blois법(Blois, 1958)에 따라 측정하였다. 즉, 시료 2 mL에 2×10⁻⁴ M DPPH용액(dissolved in 99% methanol)을 1 mL 첨가하고, vortex mixing하여 37°C에서 30분간 반응시켰다. 이 반응액을 분광광도계(HP 8453, Hewlett Packard, CA, USA)를 사용하여 517 nm에서 흡광도를 측정하였고, A control-A sample/A control×100으로 계산하여 전자공여능(electron donating ability, EDA (%))으로 표시하였다.

2,2'-Azinobis(3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid) diammonium salt (ABTS) 라디칼 소거 활성 측정은 Re 등(1999)의 방법에 따라 측정하였다. 즉, 2.4 mM potassium persulfate 용액을 가하여 7 mM ABTS가 되도록 용해시킨 다음 암소에서 24시간 동안 반응시킨 후 이 용액과 각 추출물을 1:1로 혼합하여 분광광도계(HP 8453, Hewlett Packard, CA, USA)를 사용하여 732 nm에서 흡광도를 측정하였으며, A control-A sample/A control×100으로 계산하여 ABTS scavenging ability (%)를 나타내었다.

통계처리

통계처리는 실험결과를 3회 이상 반복 실시하여 SPSS 통계분석 프로그램(26, IBM Co., NY, USA)을 이용하였고, Duncan's multiple range test ($p < 0.05$)와 Leven's t-test ($*p < 0.05$, $**p < 0.01$ and $***p < 0.001$)에 의해 평균치 간의 유의성을 검정하였다.

결과 및 고찰

유산균 발효에 따른 pH, 적정 산도 및 당도의 변화

양파 착즙액의 7종의 유산균 발효에 따른 pH 측정 결과 대조구인 양파 착즙액의 변화는 나타나지 않았으나, Bb와 Li를 각각 접종한 양파 착즙액 발효물은 24시간 이후 감소하는 경향을 나타내었다. 그리고 Lb, St 및 Ls를 각각 접종한 양파 착즙액 발효

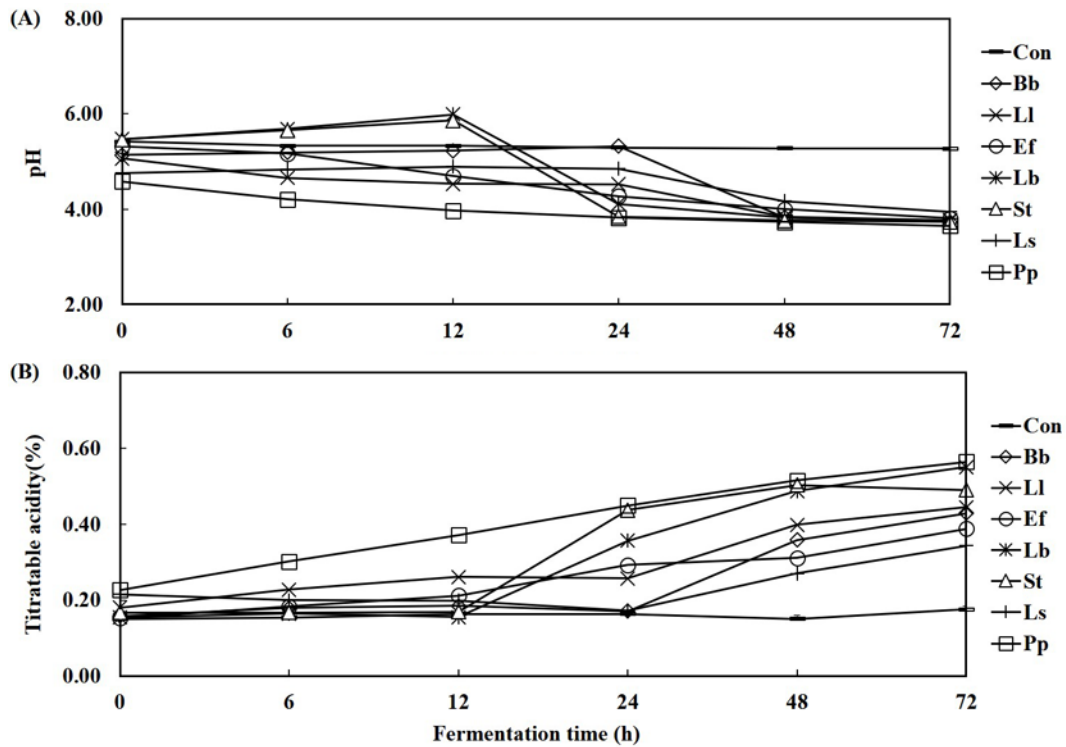


Fig. 1. Changes in pH (A) and titratable acidity (B) of fermented onion extracts by lactic acid bacteria. Con, Onion extract; Bb, Fermented onion extract by *B. breve* KCTC 3441; Ll, Fermented onion extract by *L. lactis* KCTC 2013; Ef, Fermented onion extract by *E. faecalis* KCTC 3206; Lb, Fermented onion extract by *L. bulgaricus* KCTC 3635; St, Fermented onion extract by *S. thermophilus* KCTC 3782; Ls, Fermented onion extract by *L. sakei* KCTC 3598; Pp, Fermented onion extract by *P. pentosaceus* KCTC 3116.

물은 12시간 이후 감소하는 경향을 나타내었으며, Ef와 Pp를 각각 접종한 양파 착즙액 발효물은 6시간 이후 완만하게 감소하는 경향을 나타내었다. 72시간째 유산균을 접종한 시료구의 pH는 3.73-3.95로 나타났으며, Bb와 St를 각각 접종한 양파 착즙액 발효물이 3.73으로 가장 낮은 pH를 나타내었다(Fig. 1(A)). Tinello 등(2017)은 양파주스에 유산균을 접종하여 96시간을 발효시킨 결과 pH가 3.41-3.91로 본 연구 결과와 유사한 결과를 보고하였다.

양파 착즙액의 유산균 발효에 따른 적정 산도 측정 결과 대조구인 양파 착즙액은 pH와 같이 변화를 보이지 않았다. Bb, Ll, Ef 및 Ls를 각각 접종한 양파 착즙액 발효물은 24시간 이후 증가하는 경향을 나타내었으며, Lb와 St 그리고 Pp를 각각 접종한 양파 착즙액 발효물은 12시간 이후 증가하는 경향을 나타내었다. 72시간째 유산균을 접종한 시료구의 적정 산도는 0.34-0.56%로 나타났으며, Pp를 접종한 양파 착즙액 발효물이 0.56%로 가장 높은 적정 산도를 나타내었다(Fig. 1(B)).

양파 착즙액 유산균 발효물의 당도 측정 결과 72시간째 대조구인 양파 착즙액의 당도는 8.2°Brix를 나타냈으며, 유산균이 접종된 양파 착즙액 발효물은 8.0°Brix로 나타났다(data not shown).

유산균은 대사산물로서 다양한 유기산과 아미노산을 생성하고 해당 대사산물은 장 내에서 산도를 증가시키고 pH를 감소시켜 유해균 증식을 억제하는 것으로 보고되어 있으며 최종 발효물질의 향기, 맛, 영양적 측면 그리고 생육지표로 이용할 수 있는 중요한 요인으로 알려져 있다(Ha 등, 2019; Park 등, 2006).

유산균 발효에 따른 유산균 수

양파 착즙액의 유산균 발효에 따른 유산균 수의 변화는 Table 1과 같다. Lb와 St를 접종한 양파 착즙액 발효물은 12시간째 그

리고 이외 균주를 접종한 양파 착즙액 발효물은 48시간째 가장 많은 유산균 수를 나타내었다. 이후 모든 시료구는 72시간까지 감소하는 경향을 보였다. 72시간째 유산균을 접종한 양파 착즙액 발효물의 유산균 수는 8.45-9.41 log CFU/mL로 Ef 접종 양파 착즙액 발효물이 9.41 log CFU/mL로 가장 높은 유산균 수를 나타내었으며, St 접종 양파 착즙액 발효물이 8.45 log CFU/mL로 가장 낮은 유산균 수를 나타내었다. Gardner 등(2001)은 양파를 포함한 야채음료에 유산균을 접종하여 발효시킨 결과 유산균 수가 48시간 이후 감소하여 본 연구 결과와 유사한 경향을 보고하였다. 이러한 유산균 수의 감소는 pH 저하에 따른 유산균의 내산성에 의한 영향(McDonald 등, 1990)으로 사료된다. 본 연구 결과 대조구인 양파 착즙액 대비 모든 발효물에서 pH 감소와 적정 산도 증가 그리고 유산균 수의 변화가 확인되었으며, 이러한 생육 지표에 의해 정상발효가 진행되었다고 판단된다.

유산균 발효에 따른 유리당 함량

양파 착즙액의 유산균 발효에 따른 유리당 함량을 분석한 결과 모든 시료구에서 fructose, glucose, sucrose 및 maltose가 검출되었으며(Table 2), 대조구인 양파 착즙액의 주요 유리당은 fructose, glucose 및 sucrose로 각각 1,119.52, 1,381.42 및 608.86 mg/100 mL로 나타났다. Suh 등(1996)은 국내 산지별 양파의 유리당 함량을 fructose 1.83-2.26%, glucose 1.87-2.53% 그리고 sucrose 0.54-1.26%로 보고하여 본 연구결과와 조성은 비슷한 경향을 나타내었으나 함량 차이를 나타내었다. 이러한 함량의 차이는 재배 지역과 품종(Jeon 등, 2014a; Kim 등, 2012) 그리고 저장(Jang 등, 2014)에 따른 영향으로 인한 차이로 판단된다. 0시간 대비 72시간째 대조구인 양파 착즙액의 총 유리당 함량 변화는 나타나지

Table 1. The cell counts of lactic acid bacteria in fermented onion extracts by lactic acid bacteria (log CFU/mL)

Samples	Fermentation Time (h)				
	0	12	24	48	72
Con ¹⁾	- ²⁾	-	-	-	-
Bb	8.88±0.12 ^{3) b4)}	8.55±0.13 ^d	8.28±0.19 ^c	9.88±0.12 ^b	9.22±0.17 ^a
Ll	7.76±0.19 ^c	8.72±0.23 ^d	9.27±0.17 ^b	9.87±0.14 ^b	9.36±0.14 ^a
Ef	9.40±0.27 ^a	9.49±0.12 ^c	9.49±0.21 ^b	9.55±0.17 ^b	9.41±0.28 ^a
Lb	9.87±0.31 ^a	10.40±0.11 ^a	9.89±0.11 ^a	9.65±0.26 ^b	8.50±0.21 ^b
St	7.31±0.11 ^c	9.80±0.08 ^b	8.12±0.39 ^c	7.95±0.20 ^c	8.45±0.20 ^b
Ls	7.53±0.31 ^c	9.19±0.15 ^c	8.48±0.15 ^c	10.40±0.08 ^a	9.05±0.13 ^a
Pp	9.39±0.41 ^a	9.47±0.26 ^c	9.63±0.11 ^{ab}	9.80±0.45 ^b	9.28±0.19 ^a

¹⁾Con, Onion extract; Bb, Fermented onion extract by *Bb*; Ll, Fermented onion extract by *Ll*; Ef, Fermented onion extract by *Ef*; Lb, Fermented onion extract by *Lb*; St, Fermented onion extract by *St*; Ls, Fermented onion extract by *Ls*; Pp, Fermented onion extract by *Pp*

²⁾Not detected

³⁾All values are mean±SD (n=3).

⁴⁾Means with different superscript letters in the same column are significantly different at $p<0.05$ by Duncan's multiple range test. a>b>c.

Table 2. The contents of free sugar in fermented onion extracts by lactic acid bacteria (mg/100 mL)

Samples	Fermentation time (0 h)			
	Fructose	Glucose	Sucrose	Maltose
Con ¹⁾	1,119.52±21.62 ^{2) a3)}	1,381.42±49.12 ^b	608.86±42.38 ^{bc}	34.58±6.97 ^d
Bb	1,062.08±49.13 ^{ab}	1,283.59±6.36 ^{cd}	672.04±12.16 ^a	71.57±4.59 ^b
Ll	1,022.15±73.66 ^{bc}	1,250.92±40.22 ^d	647.70±37.64 ^{ab}	67.34±6.61 ^b
Ef	1,073.73±30.51 ^{ab}	1,300.53±11.49 ^c	691.62±5.97 ^a	84.45±2.87 ^a
Lb	1,068.34±11.83 ^{ab}	1,473.36±16.37 ^a	685.94±70.61 ^a	72.04±4.02 ^b
St	1,055.05±9.65 ^b	1,285.46±8.66 ^{cd}	667.61±8.46 ^{ab}	85.87±1.32 ^a
Ls	973.01±29.77 ^c	1,172.23±28.54 ^c	564.88±24.29 ^c	46.57±5.87 ^c
Pp	1,057.03±10.40 ^{ab}	1,315.82±6.66 ^c	676.83±6.36 ^a	83.65±12.34 ^a
Samples	Fermentation time (72 h)			
	Fructose	Glucose	Sucrose	Maltose
Con	1,160.19±84.33 ^a	1,449.43±41.98 ^a	556.69±31.06 ^a	19.91±1.20 ^e
Bb	957.97±5.24 ^b	1,118.96±9.52 ^c	489.65±32.05 ^{bc}	38.41±2.86 ^a
Ll	867.42±6.08 ^c	1,386.75±16.93 ^b	488.10±6.52 ^{bcd}	34.01±1.23 ^{ab}
Ef	855.55±13.74 ^c	1,399.52±10.75 ^b	466.01±28.87 ^{bc}	26.93±8.52 ^{cd}
Lb	910.35±21.64 ^{bc}	1,169.00±8.05 ^d	499.51±4.52 ^b	21.16±0.67 ^{de}
St	901.73±8.55 ^{bc}	1,333.68±9.02 ^c	438.14±5.35 ^{de}	20.17±1.52 ^e
Ls	657.33±13.76 ^c	1,299.90±55.25 ^c	421.77±9.50 ^e	21.26±0.10 ^{de}
Pp	716.66±8.69 ^d	1,475.57±8.35 ^a	460.69±4.77 ^{cd}	30.76±0.90 ^{bc}

¹⁾Con, Onion extract; Bb, Fermented onion extract by *Bb*; Ll, Fermented onion extract by *Ll*; Ef, Fermented onion extract by *Ef*; Lb, Fermented onion extract by *Lb*; St, Fermented onion extract by *St*; Ls, Fermented onion extract by *Ls*; Pp, Fermented onion extract by *Pp*

²⁾All values are mean±SD (n=3).

³⁾Means with different superscript letters in the same column are significantly different at $p<0.05$ by Duncan's multiple range test. a>b>c>d>e.

않았으나 보관조건에 따른 수삼의 유리당 조성변화 연구(Chang 등, 2005), 저장온도에 따른 바나나의 유리당 조성변화 연구(Lee 등, 1995) 그리고 후숙 온도에 따른 오미자의 유리당 변화 연구(Jeong 등, 2006)와 유사하게 fructose와 glucose는 증가하였으며, sucrose와 maltose는 감소하는 것으로 나타났다.

유산균 접종 시료구의 경우 모든 양과 착즙액 발효물에서 총 유리당 함량이 감소하였으며, 0시간 대비 72시간째 Bb와 Lb를 접종한 양과 착즙액 발효물의 총 유리당 함량의 감소가 가장 큰

것으로 나타났다.

유리당 조성의 경우 대조구인 양과 착즙액과 같이 maltose의 함량 감소가 큰 것으로 나타났다. Maltose를 제외한 각 균주별 유리당 조성의 변화는 Bb와 Lb를 접종한 양과 착즙액 발효물은 fructose, glucose 및 sucrose가 감소하였으며, 이외 균주를 접종한 양과 착즙액 발효물은 fructose와 sucrose는 감소한 반면, glucose는 증가하는 경향을 나타내었다. Jeon 등(2020)은 율나무 추출물에 유산균을 접종하여 발효한 결과 총 유리당 함량과

Table 3. The contents of organic acid in fermented onion extracts by lactic acid bacteria

(mg/mL)

Samples	Fermentation time (0 h)							Total
	Oxalic acid	Tartaric acid	Malic acid	Lactic acid	Acetic acid	Citric acid	Succinic acid	
Con ¹⁾	0.07±0.00 ^{2)(e3)}	0.15±0.01 ^c	0.59±0.01 ^d	0.02±0.00 ^g	- ⁴⁾	0.33±0.00 ^f	-	1.16
Bb	0.25±0.00 ^a	0.57±0.01 ^b	1.71±0.05 ^{abc}	1.56±0.17 ^c	0.39±0.10 ^c	1.26±0.11 ^d	-	5.73
Ll	0.22±0.01 ^{bc}	0.59±0.00 ^b	1.85±0.03 ^a	0.42±0.02 ^f	0.48±0.03 ^b	1.50±0.05 ^a	-	5.05
Ef	0.24±0.00 ^{ab}	0.52±0.02 ^b	1.82±0.01 ^a	0.75±0.02 ^d	0.24±0.02 ^d	1.27±0.03 ^{cd}	-	4.85
Lb	0.21±0.00 ^d	0.47±0.02 ^b	1.59±0.25 ^c	2.33±0.04 ^b	0.44±0.04 ^{bc}	1.29±0.08 ^{cd}	-	6.33
St	0.21±0.00 ^{cd}	0.50±0.03 ^b	1.81±0.04 ^{ab}	0.72±0.03 ^d	0.58±0.04 ^a	0.60±0.01 ^e	-	4.42
Ls	0.22±0.01 ^{cd}	0.52±0.01 ^b	1.64±0.11 ^{bc}	0.58±0.12 ^e	0.51±0.06 ^{ab}	1.38±0.06 ^{bc}	-	4.84
Pp	0.24±0.01 ^a	0.85±0.22 ^a	1.86±0.03 ^a	2.82±0.07 ^a	0.59±0.00 ^a	1.43±0.05 ^{ab}	-	7.78

Samples	Fermentation time (72 h)							Total
	Oxalic acid	Tartaric acid	Malic acid	Lactic acid	Acetic acid	Citric acid	Succinic acid	
Con	0.08±0.01 ^f	0.17±0.01 ^c	0.62±0.03 ^d	0.03±0.00 ^d	-	0.29±0.02 ^f	-	1.19
Bb	0.25±0.08 ^d	0.77±0.05 ^b	1.23±0.21 ^b	10.20±0.03 ^e	0.36±0.03 ^e	1.02±0.07 ^d	-	13.83
Ll	0.50±0.01 ^{ab}	0.64±0.01 ^b	0.87±0.10 ^e	13.91±0.18 ^a	1.58±0.26 ^a	1.57±0.25 ^a	-	19.08
Ef	0.36±0.02 ^e	0.78±0.05 ^b	1.62±0.13 ^a	13.27±0.21 ^b	0.77±0.07 ^d	1.09±0.08 ^{cd}	-	17.89
Lb	0.55±0.02 ^a	1.17±0.33 ^a	0.89±0.18 ^e	13.10±0.10 ^b	1.11±0.14 ^{bc}	0.73±0.05 ^e	-	17.55
St	0.52±0.02 ^a	0.83±0.05 ^b	0.86±0.10 ^e	14.12±0.50 ^a	0.82±0.11 ^{cd}	1.27±0.03 ^{bc}	-	18.42
Ls	0.45±0.01 ^b	1.15±0.17 ^a	0.85±0.04 ^e	13.83±0.04 ^a	0.99±0.36 ^{bcd}	1.37±0.07 ^b	-	18.65
Pp	0.16±0.01 ^e	0.69±0.02 ^b	1.16±0.02 ^b	13.81±0.32 ^a	1.16±0.10 ^b	0.94±0.06 ^d	-	17.92

¹⁾Con, Onion extract; Bb, Fermented onion extract by *Bb*; Ll, Fermented onion extract by *Ll*; Ef, Fermented onion extract by *Ef*; Lb, Fermented onion extract by *Lb*; St, Fermented onion extract by *St*; Ls, Fermented onion extract by *Ls*; Pp, Fermented onion extract by *Pp*
²⁾All values are mean±SD (n=3).
³⁾Means with different superscript letters in the same column are significantly different at $p<0.05$ by Duncan's multiple range test. a>b>c>d>e>f.
⁴⁾Not Detected

sucrose 함량은 지속적으로 감소하였으며, sucrose가 fructose와 glucose로 분해되어 조성변화가 발생하였음을 시사하여 본 연구 결과와 유사한 경향을 나타내었다. 균주에 따른 유리당 조성 변화의 차이는 대사과정에서 탄수화물의 이용이 종과 균주 특이성에 의한 것으로 보고(Kawai 등, 2020)되어 있어 이에 따른 영향으로 사료된다.

유산균 발효에 따른 유기산 함량

양파 착즙액의 유산균 발효에 따른 유기산 함량 측정 결과는 Table 3과 같으며 모든 시료구에서 succinic acid는 검출되지 않았다. 대조구인 양파 착즙액의 0시간과 72시간의 유기산 함량 변화는 나타나지 않았으며, 주요 유기산은 malic acid와 citric acid로 각각 0.59와 0.33 mg/mL, 다음으로 tartaric acid (0.59 mg/mL)순으로 나타났다. Galdon 등(2008)은 양파 9개 품종, 90개 시료의 주요 유기산을 malic acid (19.5-72.5 mg/100 g)와 citric acid (13.2-145.7 mg/100 g) 다음으로 tartaric acid (6.3-44.6 mg/100 g)으로 보고하여 본 연구 결과와 유사하였다. 유산균 접종 양파 착즙액 발효물의 경우 0시간 대비 72시간째 모든 시료구의 총 유기산 함량이 증가하였으며, 유기산 중 lactic acid가 가장 많이 증가하는 것으로 나타났다. Lactic acid 보다 acetic acid의 증가 수준은 낮으나 모든 시료구에서 증가하는 것으로 나타났으며, 그 외 유기산 함량의 증감변화는 적은 것으로 나타났다. Kim 등(2016)은 복분자와 클로렐라 혼합물의 젖산발효를 통해 lactic acid와 acetic acid의 함량이 증가하였으며, 다른 유기산의 변화는 미미하거나 감소함을 보고하여 본 연구 결과와 유사하였다.

유산균 발효에 따른 quercetin 함량

양파 착즙액의 유산균 발효에 따른 quercetin 함량을 분석한 결과는 Table 4와 같다. 발효 초기 0시간째 대조구인 양파착즙액과

Table 4. The contents of quercetin in fermented onion extracts by lactic acid bacteria

Samples	Quercetin content (mg/100 g)	
	Fermentation time (0 h)	Fermentation time (72 h)
Con ¹⁾	1.76±0.30 ^{2)(a3)}	- ⁴⁾
Bb	1.53±0.31 ^{ab}	2.29±0.60 ^{a*.5)}
Ll	1.70±0.10 ^a	0.33±0.14 ^{b**.5)}
Ef	1.53±0.38 ^{ab}	1.74±0.35 ^a
Lb	1.62±0.06 ^a	1.87±0.62 ^a
St	1.48±0.13 ^{ab}	1.91±0.54 ^a
Ls	1.12±0.25 ^b	0.29±0.09 ^{b*.5)}
Pp	1.50±0.09 ^{ab}	0.41±0.18 ^{b**.5)}

¹⁾Con, Onion extract; Bb, Fermented onion extract by *Bb*; Ll, Fermented onion extract by *Ll*; Ef, Fermented onion extract by *Ef*; Lb, Fermented onion extract by *Lb*; St, Fermented onion extract by *St*; Ls, Fermented onion extract by *Ls*; Pp, Fermented onion extract by *Pp*
²⁾All values are mean±SD (n=3).
³⁾Means with different superscript letters in the same column are significantly different at $p<0.05$ by Duncan's multiple range test. a>b.
⁴⁾Not Detected
⁵⁾Significant difference before and after fermentation of same lactic acid bacteria by t-test. * $p<0.05$, ** $p<0.01$.

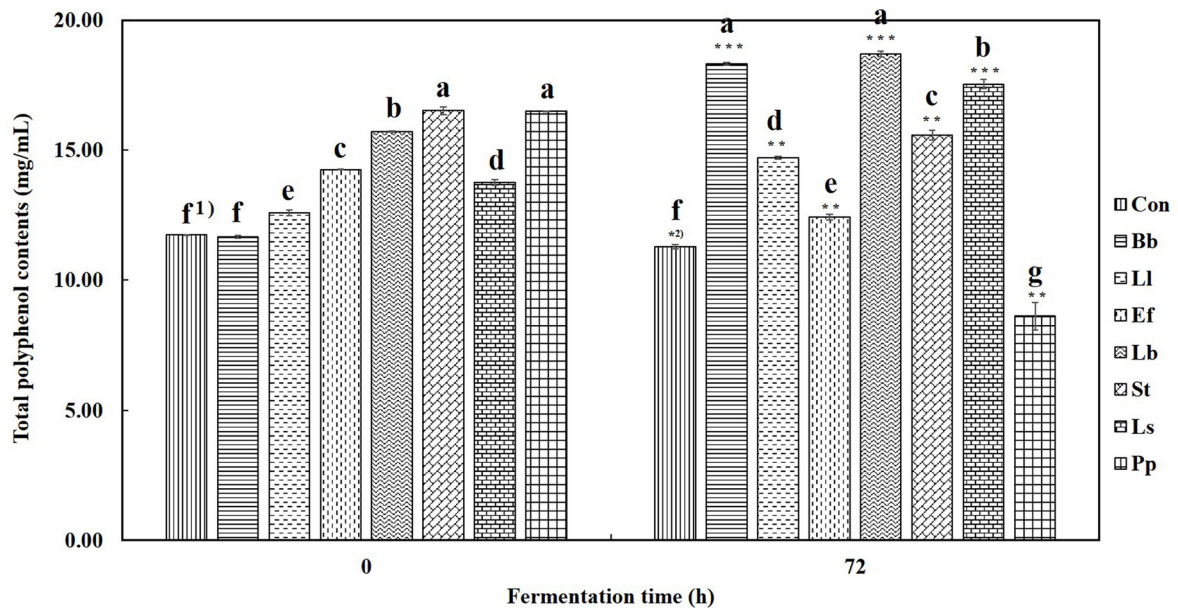


Fig. 2. Total polyphenol content of fermented onion extracts by lactic acid bacteria. Con, Onion extract; Bb, Fermented onion extract by *B. breve* KCTC 3441; Ll, Fermented onion extract by *L. lactis* KCTC 2013; Ef, Fermented onion extract by *E. faecalis* KCTC 3206; Lb, Fermented onion extract by *L. bulgaricus* KCTC 3635; St, Fermented onion extract by *S. thermophilus* KCTC 3782; Ls, Fermented onion extract by *L. sakei* KCTC 3598; Pp, Fermented onion extract by *P. pentosaceus* KCTC 3116. ¹Means with different superscript letters in the same bars are significantly different at $p < 0.05$ by Duncan's multiple range test. a>b>c>d>e>f>g. ²Significant difference before and after fermentation of same lactic acid bacteria by t-test. * $p < 0.05$, ** $p < 0.01$, *** $p < 0.001$.

유산균 접종 양과 착즙액 발효물의 quercetin 함량은 1.12-1.76 mg/100 g으로 나타났다. Jeon 등(2014b)은 재배지역과 품종에 따른 quercetin 함량을 1.03-3.26 mg/100 g으로 보고하였으며, Kang 등(1998)은 양파 착즙액의 quercetin을 분석한 결과 1.63 mg%로 보고하여 본 연구 결과와 유사하였다. 발효 72시간째 대조구인 양파 착즙액은 quercetin이 검출되지 않았고 Ll (0.33 mg/100 g), Ls (0.29 mg/100 g) 및 Pp (0.41 mg/100 g) 접종 양파 착즙액 발효물의 경우 유의적으로 증가하였으나, 그 외 Ef (1.74 mg/100 g), Lb (1.87 mg/100 g) 및 St (1.91 mg/100 g) 접종 양파 착즙액 발효물은 유의적인 차이는 나타나지 않았다. Bermo 등(2014)은 생 양파의 절단 모양에 따른 저장 온도별(0-15°C) quercetin 함량을 분석한 결과 저장기간 및 온도에 따라 지속적으로 감소하였으며, 이는 물리적 스트레스에 대한 식물 조직의 항산화 기능에 따른 영향으로 보고하여 본 연구 결과의 대조구인 양파 착즙액의 경향과 유사하였다. 유산균을 접종한 시료의 경우 Qi 등(2021)은 구기자에 6종의 유산균을 각각 접종하여 발효시킨 결과 모든 시료구에서 quercetin 함량이 감소하였음을 보고하였으나, Zhao와 Shah(2016)은 녹차와 홍차에 2종의 유산균을 각각 접종하여 발효한 결과 모든 시료구에서 quercetin 함량이 증가하였음을 보고하였다. 또한 Song 등(2022)은 천년초에 4종의 유산균을 각각 접종하여 발효한 결과 모든 시료구의 quercetin 함량이 증가하였으며, 발효에 따른 함량 증가는 glycoside 형태를 aglycone 형태로 전환시키는 균주의 β -glucosidase 활성에 따른 것으로 보고하였다. 따라서 본 연구 결과의 균주에 따른 quercetin 증감은 효소활성(Yu 등, 2021)과 전환율 및 전환 속도(Jia-Qi 등, 2017)에 따른 영향으로 사료된다.

유산균 발효에 따른 총 폴리페놀 함량

양파 착즙액의 유산균 발효에 따른 총 폴리페놀 함량은 Fig. 2와 같다. 대조구인 양파 착즙액의 총 폴리페놀 함량은 0시간과 72시간째 각각 11.75와 11.28 mg/mL로 큰 변화를 나타내지 않았다. Kim 등(2012)은 양파에 80% ethanol을 가하여 추출 및 동결 건조한 시료의 총 폴리페놀 함량을 69.07 mg/mL로 보고하여 본 연구 결과보다 높은 함량을 보고하였으며, Jung과 Park(2013)은 양파 가식부위를 착즙한 시료의 총 폴리페놀 함량을 412.52 mg/100 g으로 보고하여 본 연구 결과보다 낮은 함량을 보고하였다. 이러한 함량의 차이는 시료 전처리에 따른 영향과 양파 가식부위보다 껍질에 총 폴리페놀 함량이 약 20배 이상 높다고 보고(Park 등, 2009a)되어 있어 껍질을 포함하여 착즙한 영향으로 나타난 차이로 사료된다. 양파 착즙액에 7종의 유산균을 접종한 시료구의 경우 Bb, Ll, Lb 및 Ls 접종 양파 착즙액 발효물은 0시간 대비 72시간째 총 폴리페놀이 증가하였으나, Ef, St 및 Pp 접종 양파 착즙액 발효물은 감소하였다. 총 폴리페놀이 증가한 시료구 중 Bb 접종 양파 착즙액 발효물이 0시간 11.66 mg/mL에서 72시간 18.32 mg/mL로 다른 시료구에 비해 높은 함량 변화를 나타내었다. Ahn 등(2021)은 유산균 발효에 의해 총 폴리페놀 함량이 대부분 증가하였으나 발효기질에 따라 일부 시료구에서 총 폴리페놀 함량이 감소한 시료구가 있음을 보고하여 본 연구 결과와 유사 경향을 나타내었다.

유산균 발효에 따른 총 플라보노이드 함량

양파 착즙액의 유산균 발효에 따른 총 플라보노이드 함량은 Fig. 3과 같다. 대조구인 양파 착즙액의 총 플라보노이드 함량은 0시간과 72시간째 각각 0.20와 0.34 mg/mL를 나타내어 59.98%가

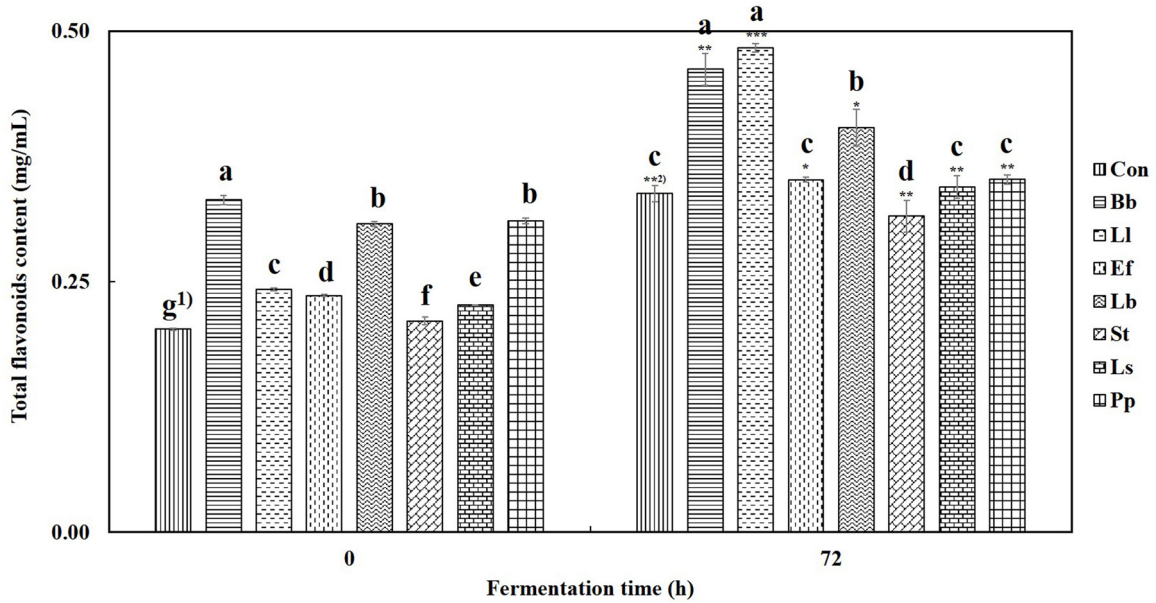


Fig. 3. Total flavonoid content of fermented onion extracts by lactic acid bacteria. Con, Onion extract; Bb, Fermented onion extract by *B. breve* KCTC 3441; Ll, Fermented onion extract by *L. lactis* KCTC 2013; Ef, Fermented onion extract by *E. faecalis* KCTC 3206; Lb, Fermented onion extract by *L. bulgaricus* KCTC 3635; St, Fermented onion extract by *S. thermophilus* KCTC 3782; Ls, Fermented onion extract by *L. sakei* KCTC 3598; Pp, Fermented onion extract by *P. pentosaceus* KCTC 3116. ¹Means with different superscript letters in the same bars are significantly different at $p < 0.05$ by Duncan's multiple range test. $a > b > c > d > e > f > g$. ²Significant difference before and after fermentation of same lactic acid bacteria by t-test. * $p < 0.05$, ** $p < 0.01$, *** $p < 0.001$.

증가하는 것으로 나타났으며, Rodrigues 등(2010)은 양파 수확 후 저장을 통해 총 플라보노이드 함량이 10-64%가 증가함을 보고하여 본 연구 결과와 일치하였다. 양파 착즙액에 7종의 유산균을 접종한 시료구의 경우 72시간째 대조구인 양파 착즙액 대비 St 접종 양파 착즙액 발효물을 제외한 모든 시료구에서 총 플라보노이드 함량이 증가하는 경향을 나타내었으며, Ll과 Bb 접종 양파 착즙액 발효물이 각각 0.48와 0.46 mg/mL로 가장 높은 총 플라보노이드 함량을 나타내었다. 발효에 의한 총 플라보노이드 함량의 증가는 세포에 결합되어 있던 배당체가 비배당체로의 전환에 의한 것으로 보고되어 있다(Park 등, 2019b). 이러한 비배당체 전환율은 발효균주의 glycosyl hydrolase 등의 작용에 의한 것으로 보고(Yun 등, 2018b)되어 있어 본 연구 결과의 총 플라보노이드 함량의 증가 차이는 균주의 대사과정 중 분비 효소 생성능 차이에 의한 영향으로 사료된다.

유산균 발효에 따른 DPPH 및 ABTS 라디칼 소거능

양파 착즙액의 유산균 발효에 따른 DPPH 라디칼 소거능 측정 결과 0시간 대비 72시간째 대조구인 양파 착즙액은 15.09 EDA%에서 10.68 EDA%로 감소하였으나, 유산균 접종 시료구의 항산화 활성은 37.46-43.28 EDA%로 증가하는 경향을 나타내었다(Fig. 4(A)). ABTS 라디칼 소거 활성은 0시간 대비 72시간째 대조구인 양파 착즙액과 Ll 및 Ls 접종 시료구는 항산화 활성이 감소하였으나, Bb, Ef, Lb 및 Pp 접종 양파 착즙액 발효물은 항산화 활성이 증가하였다(Fig. 4(B)). 유산균 접종 시료구 중 Bb 접종 양파 착즙액 발효물의 경우 DPPH와 ABTS 라디칼 소거능이 각각 43.28와 69.09EDA%로 가장 높은 항산화 활성을 나타내었다. Park 등(2009b)은 양파추출물에 유산균을 접종하여 발효시킨 결과 항산화 활성이 증가하였음을 보고하였으며, 마늘(Jung 등, 2013)과 부추(Yang 등, 2014)에 유산균을 접종하여 발효시킨 결과 항산화

활성이 증가하였음을 보고하여 본 연구 결과와 일치하였다. 유산균의 발효과정 중 효소작용에 의해 폴리페놀 구조가 변화하며(Gao 등, 2022), 폴리페놀의 조성과 구조는 항산화 활성에 영향을 주는 것으로 알려져 있어(Lu와 Foo, 2000) 유산균을 접종한 양파 착즙액 발효물의 항산화 활성 증가는 각 균주의 효소작용에 의한 영향으로 사료된다.

따라서 양파 착즙액의 유산균 발효는 식품학적으로 품질 특성과 기능성 증진에 도움이 될 것으로 판단되며, 7종의 유산균 중 양파 착즙액 발효 균주로 *Bifidobacterium breve* KCTC 3441가 적합한 것으로 판단된다.

요 약

본 연구는 우수한 생리활성을 나타내는 것으로 알려진 양파 껍질을 식품으로 활용하고 유산균 발효를 통해 기능성 증진을 도모하고자 과육과 함께 양파 껍질을 착즙하고, 착즙액 발효에 적합한 유산균을 선정하고자 발효에 따른 품질특성 및 항산화 활성을 검토하였다. 양파 착즙액의 유산균 발효에 따라 pH와 당도는 감소하였으며, 적정 산도는 증가하였고 유산균 수는 발효 48 시간까지 증가한 후 감소하였다. 총 유리당 함량은 모든 발효물에서 감소하였으며, 유리당 조성 변화의 경우 Bb와 Lb 접종 양파 착즙액 발효물에서는 fructose, glucose 및 sucrose가 감소하였으며, 이외의 균주 접종 양파 착즙액 발효물에서는 fructose와 sucrose는 감소한 반면, glucose는 증가하였다. 총 유기산 함량은 발효에 의해 증가하였으며, 유기산 중 lactic acid가 가장 많이 증가하였다. 발효에 따른 quercetin 함량은 Ll, Ls 및 Pp 접종 양파 착즙액 발효물은 감소한 반면, Bb, Ef, Lb 및 St 접종 양파 착즙액 발효물은 증가하였다. 총 폴리페놀 함량은 Bb, Ll, Lb 및 Ls 접종 양파 착즙액 발효물은 증가하였으나, Ef, St 및 Pp 접종 양

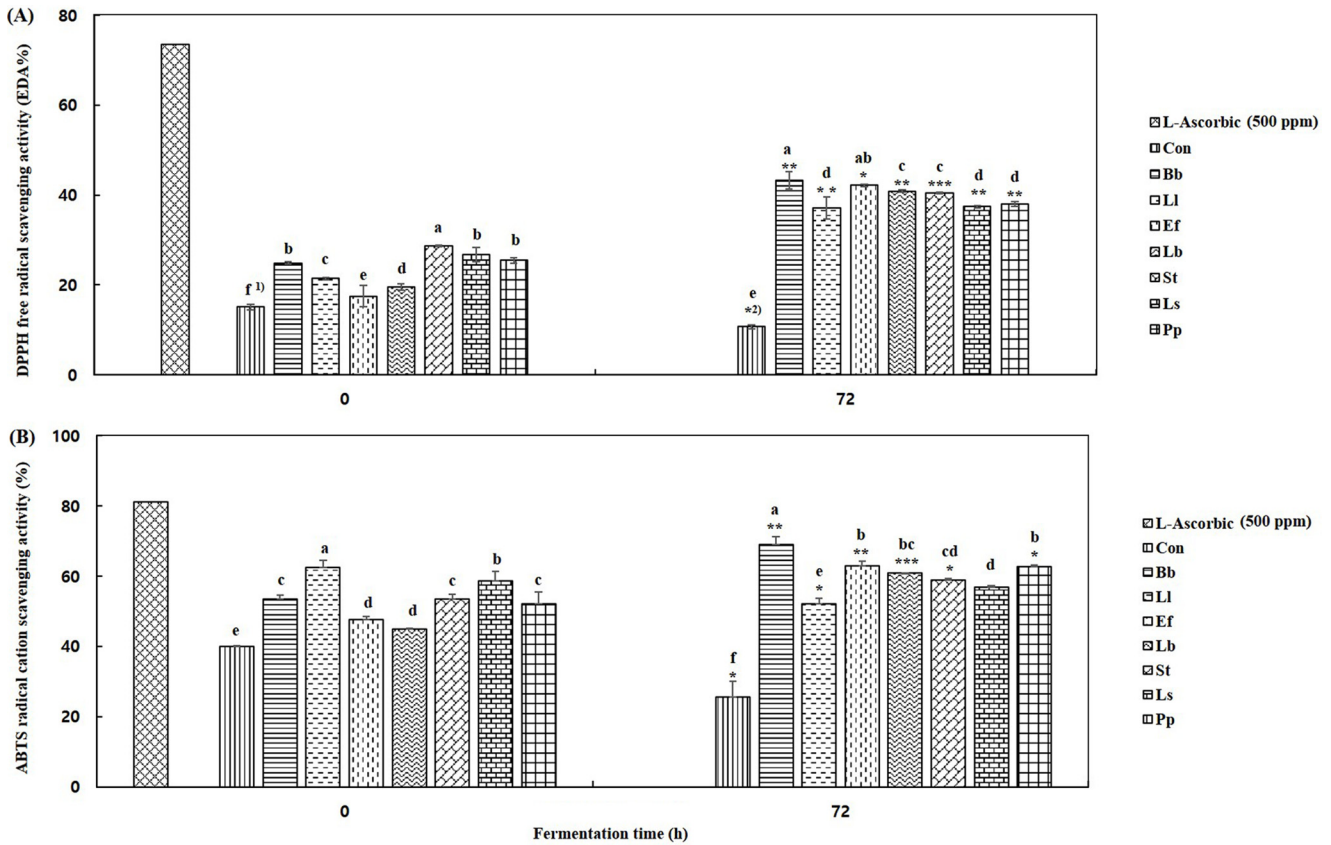


Fig. 4. DPPH free radical scavenging activity (A) and ABTS radical cation scavenging activity (B) of fermented onion extracts by lactic acid bacteria. Con, Onion extract; Bb, Fermented onion extract by *B. breve* KCTC 3441; Ll, Fermented onion extract by *L. lactis* KCTC 2013; Ef, Fermented onion extract by *E. faecalis* KCTC 3206; Lb, Fermented onion extract by *L. bulgaricus* KCTC 3635; St, Fermented onion extract by *S. thermophilus* KCTC 3782; Ls, Fermented onion extract by *L. sakei* KCTC 3598; Pp, Fermented onion extract by *P. pentosaceus* KCTC 3116. ¹⁾Means with different superscript letters in the same bars are significantly different at $p < 0.05$ by Duncan's multiple range test. $a > b > c > d > e > f$. ²⁾Significant difference before and after fermentation of same lactic acid bacteria by t-test. * $p < 0.05$, ** $p < 0.01$, *** $p < 0.001$.

과 착즙액 발효물은 감소하였고, 총 플라보노이드 함량은 St 접 종 양과 착즙액 발효물을 제외한 모든 발효물에서 증가하였다. DPPH 및 ABTS 라디칼 소거능은 유산균 발효에 의해 증가하였다. 본 연구 결과 양과 착즙액의 유산균 발효는 생리활성과 기능성을 증진 시키는 것으로 나타났으며, 특히 *B. breve* KCTC 3441 균주 발효를 통해 quercetin, polyphenol, flavonoids 함량이 각각 50%, 57%, 39% 그리고 DPPH와 ABTS 라디칼 소거능은 74%와 29% 증가되었다. 따라서 양과착즙액의 발효 균주는 *B. breve* KCTC 3441이 적합한 것으로 판단된다.

감사의 글

본 연구는 농촌진흥청 연구사업(과제번호:PJ10160202021)의 지원을 받아 수행된 연구 결과의 일부로 이에 감사드립니다.

References

Abdul K, Ganesh M, Shanmughapriya S, Kanagavel M, Anbarasu K, Natarajaseenivasan K. Antioxidant activity of exopolysaccharide from probiotic strain *Enterococcus faecium* (BDU7) from Ngari. *Int. J. Biol. Macromol.* 70: 450-454 (2014)
 Ahn YH, Oh G, Lee HJ, Kim HJ, Gwon MJ, Woo EJ, Kwon SC. A study on the antioxidant activity before and after fermentation of

artichoke lactic acid bacteria fermentation. *JKAIS.* 22: 407-414 (2021)
 Amorati JR, Baschieri A, Cowden A, Valgimigli L. The antioxidant activity of quercetin in water solution. *Biomimetics* 2: 9 (2017)
 AOAC. Official methods of analysis of AOAC Intl. 15th ed. Association of Official Analytical Chemists. Washington DC, USA (1990)
 Ayyash M, Abu-jdayil B, Itsaranuwat P, Almazrouei N. Exopolysaccharide produced by the potential probiotic *Lactococcus garvieae* c47: structural characteristics, rheological properties, bioactivities and impact on fermented camel milk. *Food Chem.* 333: 127418 (2020)
 Berno ND, Tezotto-uliana JV, Dias CTDS, Kluge RA. Storage temperature and type of cut affect the biochemical and physiological characteristics of fresh-cut purple onions. *Postharvest Biol. Technol.* 93: 91-96 (2014)
 Biswas S, Reddy ND, Jayashree BS, Rao CM. Evaluation of novel 3-hydroxyflavone analogues as HDAC inhibitors against colorectal cancer. *Adv. Pharmacol. Sci.* 2018: 4751806 (2018)
 Blois MS. Antioxidant determination by the use of a stable free radical. *Nature* 181: 1199-1200 (1958)
 Campone L, Celano R, Piccinelli AL, Pagano I, Carabetta S, Canzo RD, Russo M, Ibañez E, Cifuentes A, Rastrelli. Response surface methodology to optimize supercritical carbon dioxide/co-solvent extraction of brown onion skin by-product as source of nutraceutical compounds. *Food Chem.* 269: 495-502 (2018)
 Capozzi V, Fragasso M, Romaniello R, Berbegal C, Russo P, Spano G. Spontaneous food fermentations and potential risks for human health. *Fermentation* 3: 49 (2017)

- Chang JK, Kim CS, Nho KB, Cho BG. Effects of storage conditions on weight loss and free sugar composition of fresh ginseng. *J. Ginseng Res.* 29: 113-118 (2005)
- Dilna SV, Surya H, Aswathy RG, Varsha KK, Sakthikumar DN, Pandey A, Nampoothiri KM. Characterization of an exopolysaccharide with potential health-benefit properties from a probiotic *Lactobacillus plantarum* RJF4. *LWT-Food Sci Technol.* 64: 1179-1186 (2015)
- Folin O, Denis W. On phosphotungstic-phosphomolybdic compounds as color reagents. *J. Biol. Chem.* 12: 239-243 (1912)
- Fossen T, Andersen ØM. Anthocyanins from red onion, *Allium cepa*, with novel aglycone. *Phytochemistry* 62: 1217-1220 (2003)
- Galdon BR, Rodriguez CT, Rodriguez ER, Romero CD. Organic acid contents in onion cultivars (*Allium cepa* L.). *J. Agric. Food Chem.* 56: 6512-6519 (2008)
- Gancedo MC, Luh BS. HPLC analysis of organic acids and sugar in tomato juice. *J. Food Sci.* 51: 571-580 (1986)
- Gao B, Wang J, Wang Y, Xu Z, Li B, Meng X, Sun X, Zhu J. Influence of fermentation by lactic acid bacteria and *in vitro* digestion on the biotransformations of blueberry juice phenolics. *Food Control* 133: 108603 (2022)
- Gardner NJ, Savard T, Obermeier P, Caldwell G, Champagne CP. Selection and characterization of mixed starter cultures for lactic acid fermentation of carrot, cabbage, beet and onion vegetable mixtures. *Int. J. Food Microbiol.* 64: 261-275 (2001)
- Ha GJ, Kim HY, Ha IJ, Cho SR, Moon JY, Seo GI. Quality and antioxidant properties of fermented sweet potato using lactic acid bacteria. *Korean J. Food & Nutr.* 32: 494-503 (2019)
- Houngue M, Doco RC, Kpotin GA, Kuevi UA, Simplicie K, Wilfried K, Atohoun Y, Mensah JB. DFT study of chemical reactivity of free radicals abts and dpph by myricetin, quercetin, and kaempferol. *World Sci. News* 90: 177-188 (2017)
- Jang GW, Park EY, Choi SH, Choi SI, Cho BY, Sim WS, Han OH, Cho HD, Lee OH. Development and validation of analytical method for wogonin, quercetin and quercetin-3-O-glucuronide in extracts of *Nelumbo nucifera*, *Morus alba* L., and *Raphanus sativus* mixture. *J. Food Hyg Saf.* 33: 289-295 (2018)
- Jang MY, Jo YJ, Hwang IG, Yoo SM, Choi M.J, Min S.G. Physicochemical characterization and changes in nutritional composition of onions depending on type of freezing process. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 43: 1055-1061 (2014)
- Jeon SY, Baek JH, Jeong EJ, Cha YJ. Potential of onion peel extract as a functional ingredient for functional foods. *Kor. J. Life Sci.* 22: 1207-1213 (2012)
- Jeon YJ, Gwak YGS, Lee SP. Higher production of γ -aminobutyric acid (GABA) by co-fermentation lactic acid bacteria with *Rhus verniciflura* extract. *Korean J. Food Preserv.* 27: 925-935 (2020)
- Jeon HJ, Kim BS, Lee SH, Kim YS. Quality factors of freshness and palatability of onion by cultivation region and variety. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 43: 859-867 (2014)
- Jeong PH, Kim YS, Shin DH. Changes of physicochemical characteristics of *Schizandra chinensis* during postharvest ripening at various temperatures. *Korean J. Food Sci. Technol.* 38: 469-474 (2006)
- Jia-Qi X, Ni F, Bo-Yang Y, Qian-Qian W, Jian Z. Biotransformation of quercetin by *Gliocladium deliquescens* NRRL 1086. *Chin. J. Nat. Med.* 15: 0615-0624 (2017)
- Jung EB, Choi JH, Yu HJ, Kim KH, Lee SK, Hwang YI, Lee SH. Organosulfur compounds in fermented garlic extracts and the effects on alcohol induced cytotoxicity in CYP2E1-transfected HepG2 cells. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 42: 342-347 (2013)
- Jung KA, Park CS. Antioxidative and antimicrobial activities of juice from garlic, ginger, and onion. *Korean J. Food Preserv.* 20: 134-139 (2013)
- Kang SK, Kim YD, Hyun KH, Kim YW, Song BH, Shin SC, Park YK. Development of separating techniques on quercetin - related substances in onion (*Allium cepa* L.) - 1. contents and stability of quercetin - related substances in onion. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 27: 682-686 (1998)
- Kawai M, Tsuchiya A, Ishida J, Yoda N, Yashiki-Yamasaki S, Katakura Y. Suppression of lactate production in fed-batch culture of some lactic acid bacteria with sucrose as the carbon source. *J. Biosci. Bioeng.* 129: 535-540 (2020)
- Kibar H, Emre Y, Ceylan A, Haliscelik O, Kiran F. *Weissella cibaria* eir/P2-derived exopolysaccharide: a novel alternative to conventional biomaterials targeting periodontal regeneration. *Int. J. Biol. Macromol.* 165: 2900-2908 (2020)
- Kim CW, Lee ET, Cha YL, Choi IH, Hwang EJ, Park KG. Evaluation of yellowish skin color ('chartreus') onion lines for soluble solid content and sugars characteristics. *Korean J. Breed Sci.* 44: 510-515 (2012)
- Kim JY, Lee SU, Kim NH, Moon KH, Baek SH. Optimal lactic acid fermentation conditions and quality Properties for *Rubus coreanus* miquel (*Bokbunja*) and chlorella mixtures. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 45: 386-395 (2016)
- Kim DS, Lim SB. Quality properties of subcritical water extracts of onion and onion juice product. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 47: 750-758 (2018)
- Kim KH, Kim HJ, Byun MW, Yook HS. Antioxidant and antimicrobial activities of ethanol extract from six vegetables containing different sulfur compounds. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 41: 577-583 (2012)
- Kooshyar MM, Mozafari PM, Amirchaghmaghi M, Pakfetrat A, Karoos P, Mohasel MR, Orafi H, Azarian AA. A randomized placebo-controlled double blind clinical trial of quercetin in the prevention and treatment of chemotherapy-induced oral mucositis. *J. Clin. Diagn Res.* 11: 46-50 (2017)
- Kumar M, Barbhai M.D, Hasan M, Punia S, Dhupal, Radha, Rais N, Chandran D, Pandiselvam R, Kothakota A, Tomar M, Satankar V, Senapathy M, Anitha T, Dey A, Sayed AAS, Gadallah FM, Amarowicz R, Mekhemar M. Onion (*Allium cepa* L.) peels: a review on bioactive compounds and biomedical activities. *Biomed. Pharmacother.* 146: 112498 (2022)
- Kwak JH, Seo JM, Kim NH, Arasu MV, Kim S, Yoon MK, Kim SJ. Variation of quercetin glycoside derivatives in three onion (*Allium cepa* L.) varieties. *Saudi J. Biol. Sci.* 24: 1387-1391 (2017)
- Lee KO, Choi JY, Park SO, Lee TS. Changes in free sugars and organic acids of banana fruit at various storage temperatures. *Appl. Biol. Chem.* 38: 340-344 (1995)
- Li W, Ji J, Rui X, Yu J, Tang W, Chen X, Jiang M. Production of exopolysaccharides by *Lactobacillus helveticus* MB2-1 and its functional characteristics *in vitro*. *LWT-Food Sci. Technol.* 59: 732-739 (2014)
- Lu Y, Foo LY. Antioxidant and radical scavenging activities of polyphenols from apple pomace. *Food Chem.* 68: 81-85 (2000)
- McDonald LC, Fleming HP, Hassan HM. Acid tolerance of *Leuconostoc mesenteroides* and *Lactobacillus plantarum*. *Appl. Environ. Microbiol.* 56: 2120-2124 (1990)
- Otieno D, Lee EJ, Lee SG, Richard C, Kang HW. Optimizing process of brewing onion peel tea using a response surface methodology. *NFS J.* 20: 22-27 (2020)
- Park GH, Park JY, Chang YH. Changes in flavonoid aglycone contents and antioxidant activities of citrus peel depending on enzyme treatment times. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 48: 542-550 (2019)
- Park H, Ganbud O, Suh SW, Park YS, Jang JK, Chung MS, Choi YJ, Shim KS. Investigation of functional ingredients from onion according to the extraction methods, Heat Treatment, and Storage Period. *Food Eng. Prog.* 13: 92-98 (2009)
- Park YS, Jang JK, Choi YJ, Chung MS, Paek H, Shim KS. Lactic acid fermentation of onion juice supplemented with puffed red ginseng extract. *Food Eng. Prog.* 13: 16-23 (2009)
- Park SJ, Kim DH, Paek NS, Kim SS. Preparation and quality characteristics of the fermentation product of ginseng by lactic acid bacteria (FGL). *J. Ginseng Res.* 30: 88-94 (2006)
- Park SJ, Na JH, Lee CG, Jeong JH, Kim CM, Han HB, Kim BS, Park CH, Huh CK. Quality characteristics of *Tenebrio molitor* L. ingested *yuzu* supplemented feed. *Korean J. Food Preserv.* 26: 777-784 (2019)
- Pinho C, Soares MT, Almeida IF, Aguiar AARM, Mansilha C, Ferreira IMPLVO. Impact of freezing on flavonoids/radical-scavenging activity of two onion varieties. *Czech J. Food Sci.* 33: 340-345. (2015)
- Qi J, Huang H, Wang J, Liu N, Chen X, Jiang T, Xu H, Lei H.

- Insights into the improvement of bioactive phytochemicals, antioxidant activities and flavor profiles in Chinese wolfberry juice by select lactic acid bacteria. *Food Biosci.* 43: 101264 (2021)
- Re R, Pellegrini N, Proteggente A, Pannala A, Yang M, Rice-Evans C. Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. *Free Radical. Biol. Med.* 26: 1231-1237 (1999)
- Ren F, Nian Y, Perussello CA. Effect of storage, food processing and novel extraction technologies on onions flavonoid content: a review. *Food Res. Int.* 132: 108953 (2020)
- Rodrigues AS, Pérez-Gregorio MR, García-Falcón MS, Simal-Gándara J, Almeida DPF. Effect of post-harvest practices on flavonoid content of red and white onion cultivars. *Food Control* 21: 878-884 (2010)
- Slimestad R, Fossen T, Vågen IM. Onions: a source of unique dietary flavonoids. *J. Agric. Food Chem.* 55: 10067-10080 (2007)
- Statistics Korea. Crop production (production of barley, garlic and onions in 2021). Available from : https://www.kostat.go.kr/portal/korea/kor_nw/1/8/8/index.board. Accessed Mar 31, 2022.
- Song WJ, Venus Lagmay V, Jeong BG, Jung JY, Chun JY. Changes in physicochemical and functional properties of *Opuntia humifusa* during fermentation with cellulolytic enzyme and lactic acid bacteria. *LWT - Food Sci. Technol.* 159: 113192 (2022)
- Surachat K, Deachamag P, Kantachote D. *In silico* comparative genomics analysis of *Lactiplantibacillus plantarum* DW12, a potential gamma-aminobutyric acid (GABA)-producing strain. *Microbiol. Res.* 251: 126833 (2021)
- Suh HJ, Chung SH, Son JY, Son HS, Cho WD, Ma SJ. Preparation of onion hydrolysates with enzyme. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 25: 786-790 (1996)
- Tinello F, Vendramin V, Divino VB, Treu L, Corich V, Lante A, Giacomini A. Co-fermentation of onion and whey: a promising synbiotic combination. *J. Funct. Foods.* 39: 233-237 (2017)
- Wang S, Yao J, Zhou B, Yang J, Chaudry MT, Wang M, Xiao F, Li Y, Yin W. Bacteriostatic effect of quercetin as an antibiotic alternative *in vivo* and its antibacterial mechanism *in vitro*. *J. Food Prot.* 81: 68-78 (2018)
- Wilson AM, Work TM, Bushway AA, Bushway RJ. HPLC determination of fructose, glucose, and sucrose in potatoes. *J. Food Sci.* 46: 300-301 (1981)
- Wu J, Yan D, Liu Y, Luo X, Li Y, Cao C, Li M. Purification, structural characteristics, and biological activities of exopolysaccharide isolated from *Leuconostoc mesenteroides* SN-8. *Front. Microbiol.* 12: 644226 (2021)
- Yang JS, Ji YS, Park HJ, Lee JE, Park SY, Yeo SY, Shin HK, Holzappel WH. Selection of functional lactic acid bacteria as starter cultures for the fermentation of Korean leek (*Allium tuberosum* Rottler ex Sprengel.). *Int. J. Food Microbiol.* 191: 164-171 (2014)
- Yeom MS, Hwang ES. Quality characteristics, antioxidant activities and acrylamide formation in cookies added with onion peel powder. *Korean J. Food Preserv.* 27: 299-310 (2020)
- Yu Y, Ding X, Ding Z, Wang Y, Song Y. Fluorescence spectroscopy and molecular docking analysis of the binding of *Lactobacillus acidophilus* GIM1.208 β -glucosidase with quercetin glycosides. *Enzyme Microb. Technol.* 146: 109761 (2021)
- Yun YJ, Lee AH, Nguyen TMT, Park JT, Yun SM, Kim JH. Bioconversion of onion extract to improve the bioavailability of quercetin glycoconjugate. *Korea J. Food Sci. Technol.* 50: 391-399 (2018)
- Zhao D, Shah NP. Lactic acid bacterial fermentation modified phenolic composition in tea extracts and enhanced their antioxidant activity and cellular uptake of phenolic compounds following *in vitro* digestio. *J. Funct. Foods.* 20: 182-194. (2016)