

발효조건을 달리한 달맞이꽃 발효액의 품질 특성

안유복 · 강경명 · 김진학 · 박나영 · 이신호

대구가톨릭대학교 식품공학과

Quality Characteristics of *Oenothera biennis* Juice Fermented at Different Temperatures and Sugar Concentrations

Yoo-Bok Ahn, Kyoung-Myoung Kang, Jin-Hak Kim, La-Young Park, and Shin-Ho Lee

Department of Food Science & Technology, Catholic University of Daegu

ABSTRACT The quality characteristics of *Oenothera biennis* juice (OJ) fermented with various concentrations of sugar solutions (50, 60, and 70°Brix) and at different temperatures (20 and 30°C) were investigated. The sugar concentration and pH of fermented OJ decreased during fermentation and more rapidly decreased at 30°C rather than at 20°C. The number of total bacteria increased during 6 days of fermentation and decreased gradually thereafter, and coliform bacteria were not detected after 8 to 10 days of fermentation at 20 and 30°C. Enzyme activities (invertase, amylase, and cellulase) of fermented OJ with 50°Brix sugar solution were the highest among the different treatments after fermentation for 4 days at 30°C. Total polyphenol content and DPPH radical scavenging ability increased during fermentation. The highest total polyphenol contents and DPPH radical scavenging ability were 7.1 mg TAE/mL and 58.6%, respectively, when fermented at 30°C with 50°Brix sugar solution.

Key words: *Oenothera biennis*, quality characteristics, fermentation, phenolic compounds, antioxidant activity

서 론

최근 식생활의 변화 등으로 성인병이라 불리는 뇌졸중, 동맥경화증, 고혈압, 암, 당뇨병, 만성간질환, 만성위장병 등 만성퇴행성 질환의 발병률이 높아지고 있는 추세이다(1). 이러한 현상으로 최근 식물성 식품, 발효식품, 자연식품을 선호하는 경향이 높아지고 있으며, 식물성 소재에서부터 여러 가지 생리 기능성 성분을 찾아내는 연구가 활발히 진행되고 있다(2). 식물체는 발효과정을 통하여 함유된 영양성분이 소화, 흡수되기 쉬운 형태로 변화되고, 각종 효소작용으로 생성된 성분들에 의해 새로운 생리조절 기능을 발현할 수 있다. 산야초는 산이나 들에 자생하는 풀로 풍부한 비타민과 무기질, 생리활성 물질들로 인한 효능을 인정받아, 예로부터 한의학 및 민간요법에서 식품, 기호음료, 한방, 의학에서 널리 통용되어 왔다(3). 최근 식품의 열매, 잎 등 다양한 소재와 설탕을 이용하여 '효소'라는 이름으로 통용되어 일반화되어 있고 그 명명에 관한 개선도 점차 이루어지고 있으나, 이들에 대한 정확한 제조법과 식품학적 특성 구명이 시급히 요구되고 있는 실정이다.

달맞이꽃은 불포화 오메가지방산인 감마리놀렌산(γ -linolenic acid)을 비롯하여 리놀산(linoleic acid) 및 올레익산(oleic acid)과 같은 성분들이 다량 포함되어 있어 항염작용을 비롯한 고혈압, 항균, 항암과 같은 여러 활성을 나타낸다고 알려져 있다(4). 전보(5)에서 각종 산야초의 생리활성을 증가시키기 위해서는 현재 관행적으로 널리 통용되고 있는 설탕과 각종 산야초 배합비율을 1:1(w/w)로 제조하는 방법을 개선할 필요성을 도출한 바 있다. 본 연구에서는 생리활성이 우수하고 비교적 손쉽게 구할 수 있는 달맞이꽃을 이용한 적정 제조법을 구명하기 위하여 설탕과 직접 혼합하는 관행적인 방법을 탈피하고 설탕의 농도를 달리한 당용액을 사용하여 달맞이꽃 발효액의 제조 및 품질 특성을 비교 검토하였다.

재료 및 방법

재료

달맞이꽃(*Oenothera biennis*)은 7월~8월 대구근교의 산과 들에서 채취하여 시료로 사용하였고, 설탕은 시판되고 있는 백설탕(CJ Co., Seoul, Korea)을 사용하였다.

달맞이꽃 발효액의 제조

Kim 등(6)의 방법을 변형하여 채취한 달맞이꽃을 세척하고 물기를 제거한 후 달맞이꽃 1 kg에 50, 60, 70°Brix 설탕

용액 2 L를 각각 혼합하여 용기에 넣은 후 20, 30°C로 유지된 항온실에서 1일 간격으로 뒤적여 호기적 상태를 유지하면서 10일 동안 발효시켰다.

당도, pH 측정

발효액을 cheese cloth를 이용하여 여과한 후 원심분리기(Centrifuge 5810R, Eppendorf, Hamburg, Germany)를 이용하여 3,000×g, 10분간 원심분리 한 상등액을 시료로 하여 당도는 Master Refractometer(N-1E, ATAGO, Tokyo, Japan)를 이용하였고, pH는 pH meter(Orion 410A, Orion Research Inc., Boston, MA, USA)를 사용하여 측정하였다.

미생물수 측정

미생물수는 일정기간별로 시료를 채취하여 0.1% 펩톤수로 적정 희석한 후 총 균수는 plate count agar(PCA, Difco, Detroit, MI, USA), 효모와 곰팡이 수는 potato dextrose agar(PDA, Difco), 대장균균수는 violet red bile agar (VRBA, Difco)에 접종하여 37°C에서 24시간 배양한 후 나타난 colony를 계수하여 CFU(colony forming unit)/mL로 나타내었다.

효소 활성 측정

발효액을 원심분리(3,000×g, 10 min) 하여 상등액 2 mL에 메탄올을 가하여 10 mL로 정용하고 균질화한 후 이를 다시 원심분리 하여 침전물에 정제수를 가하여 용해시킨 다음 원심분리 한 상등액을 효소 활성 측정용 시료로 사용하였다(2). Amylase는 1% soluble starch(in 50 mM phosphate buffer, pH 6.9)를 기질로 사용하여 40°C에서 30분간 사용하였고, invertase와 cellulase는 1% sucrose(in 50 mM sodium acetate buffer, pH 4.6)와 0.5% carboxymethyl cellulose(CMC, in 50 mM sodium acetate buffer, pH 5.0)를 각각 기질로 사용하여 40°C에서 30분간 반응시켰다. 이때 반응액의 효소 활성은 glucose(Sigma-Aldrich Co., St. Louis, MO, USA)를 표준품으로 하여 환원당 함량을 측정 후 활성을 산출하였으며, 효소 단위는 1분간 1 µg의 glucose를 생성하는 효소의 양을 1 unit으로 하였다(7).

폴리페놀 함량 측정

95% 에탄올(Duksan Pure Chemical Co., Ansan, Korea)로 100배 희석한 후 원심분리(3,000×g, 10 min) 및 여과(No. 2, Whatman International Ltd., Leicestershire, UK)하여 시료로 사용하였다. 총 폴리페놀 함량 측정은 Folin-Denis법(8)에 따라 시료 1 mL에 0.2 N Folin-Ciocalteu's phenol reagent(Sigma-Aldrich Co.) 1 mL를 가하여 실온에서 3분간 반응시킨 후, 7.5% Na₂CO₃ 1 mL를 가한 뒤 암소에서 1시간 동안 방치한 다음 spectrophotometer(Ultraspec 1000, Pharmacia Biotech, Cam-

bridge, UK)를 이용하여 765 nm에서 흡광도를 측정하였다. 총 폴리페놀 함량은 tannic acid(Sigma-Aldrich Co.)를 표준물질로 하여 검량선을 작성한 다음 정량하여 TAE(tannic acid equivalents)로 나타내었다.

DPPH radical 소거능 측정

1,1-Diphenyl-β-picrylhydrazyl(DPPH) radical 소거능은 폴리페놀 함량 측정에 사용한 시료를 동일하게 사용하였으며, Blois의 방법(9)을 변형하여 측정하였다. 즉 시료 0.4 mL에 0.4 mM DPPH(Sigma-Aldrich Co.) 에탄올 용액 0.8 mL를 진탕 혼합하고, 10분간 방치 후 spectrophotometer를 사용하여 525 nm에서 흡광도를 측정하고 아래 계산식에 준하여 계산하였다.

$$\text{DPPH radical scavenging ability (\%)} = \left(1 - \frac{\text{시료첨가구의 흡광도}}{\text{무첨가구의 흡광도}}\right) \times 100$$

통계분석

모든 실험은 3회 반복으로 수행하였으며, 얻어진 결과는 SPSS(Statistical Package for Social Sciences, SPSS Inc., Chicago, IL, USA) software package(version 12.0)를 이용하여 분석하였다. 모든 측정 항목의 결과는 평균(mean)±표준편차(standard deviation, SD)로 표시하였다. 실험구 간 평균 차이를 one-way ANOVA로 확인한 후 그룹 간의 통계적 유의성을 Duncan's multiple range test를 이용하여 검증하였으며 5% 이내에서 통계적 유의성을 부여하였다($P < 0.05$).

결과 및 고찰

당도 및 pH의 변화

일반적으로 통용되고 있는 설탕과 산야초를 일정비율로 직접 혼합하는 발효액 제조방법을 개선하고자 설탕용액을 이용하여 발효 온도와 당도를 달리하여 20, 30°C에서 10일간 발효한 달맞이꽃 발효액의 발효과정 중 당도의 변화를 Table 1에 나타내었다. 당도는 발효기간이 경과함에 따라 모든 실험구에서 발효 2일까지 급격히 감소하였으나, 이후 완만하게 감소하거나 일정 범위를 유지하는 경향을 나타내었다. 20°C·50°Brix구는 발효 2일째까지 발효액의 당도는 37.0°Brix로 급격히 감소하였으며, 발효 10일째 28.2°Brix를 나타내었다. 20°C·70°Brix구는 발효 2일까지는 유사한 경향을 나타내었으나 이후 뚜렷한 변화를 관찰할 수 없었다. 온도에 따른 당도의 변화는 30°C군에서 20°C군보다 발효 중 당도가 유의적으로 감소하였다($P < 0.05$). 이는 Magee 등(10)의 연구 결과와 같이 온도의 증가에 따라 수분과 설탕의 확산속도가 증가하여 달맞이꽃 내부의 수분이 더욱 빨리 발효액으로 용출되기 때문인 것으로 판단된다.

pH의 변화는 초기 5.8~6.0에서 발효 10일째 2.6~3.4의 범위로 발효가 진행되는 동안 감소하였다(Table 1). Ahn

Table 1. Changes in sugar content and pH of *Oenothera biennis* juice fermented with various concentrations of sugar at 20°C and 30°C

Item	Temp. (°C)	Sugar conc. (Brix)	Fermentation period (days)					
			0	2	4	6	8	10
°Brix	20	50°	50.0±0.1 ^{fA1)}	37.0±0.1 ^{eB}	35.5±0.1 ^{dB}	32.1±0.1 ^{cB}	30.1±0.2 ^{bB}	28.2±0.1 ^{aB}
		60°	60.0±0.0 ^{eB}	44.7±0.2 ^{dD}	44.6±0.1 ^{cD}	42.7±0.2 ^{bD}	41.1±0.1 ^{bD}	39.9±0.2 ^{aD}
		70°	70.0±0.1 ^{dC}	54.1±0.1 ^{cF}	53.9±0.1 ^{bF}	53.5±0.1 ^{aF}	53.5±0.2 ^{aF}	53.4±0.2 ^{aF}
	30	50°	50.0±0.1 ^{fA}	36.4±0.2 ^{eA}	32.1±0.1 ^{dA}	29.9±0.2 ^{cA}	27.8±0.1 ^{bA}	27.2±0.2 ^{aA}
		60°	60.0±0.0 ^{fB}	44.1±0.2 ^{eC}	40.7±0.1 ^{dC}	38.3±0.1 ^{cC}	37.4±0.2 ^{bC}	36.8±0.1 ^{aC}
		70°	70.0±0.1 ^{eC}	52.4±0.1 ^{dE}	52.4±0.1 ^{dE}	51.7±0.1 ^{cE}	51.2±0.1 ^{bE}	51.0±0.2 ^{aE}
pH	20	50°	5.8±0.0 ^{fA}	4.6±0.1 ^{eB}	4.0±0.0 ^{dB}	3.8±0.0 ^{cC}	3.1±0.1 ^{bB}	2.9±0.1 ^{aB}
		60°	5.9±0.0 ^{fB}	4.9±0.0 ^{eC}	4.4±0.1 ^{dC}	3.7±0.1 ^{cC}	3.0±0.0 ^{bAB}	2.8±0.0 ^{aB}
		70°	6.0±0.0 ^{fC}	4.9±0.1 ^{eC}	4.8±0.0 ^{dD}	4.3±0.0 ^{cD}	3.7±0.1 ^{bC}	3.4±0.1 ^{aC}
	30	50°	5.8±0.0 ^{fA}	4.2±0.1 ^{eA}	3.8±0.0 ^{dA}	3.4±0.1 ^{cA}	2.9±0.0 ^{bA}	2.6±0.0 ^{aA}
		60°	5.9±0.0 ^{fB}	4.7±0.0 ^{eB}	3.8±0.0 ^{dA}	3.6±0.0 ^{cB}	2.9±0.1 ^{bAB}	2.6±0.0 ^{aA}
		70°	6.0±0.0 ^{fC}	4.8±0.0 ^{eC}	4.0±0.1 ^{dB}	3.8±0.0 ^{cC}	3.0±0.1 ^{bAB}	2.6±0.0 ^{aA}

¹⁾Values are means±standard deviation of triplicate determinations.

Values with different letters within a row (a-f) and same item (A-F) differ significantly ($P<0.05$).

등(5)의 산야초와 설탕을 1:1의 비율로 혼합하는 전통적인 방법으로 제조한 경우 3개월째 pH는 4.14의 결과에 비해 본 실험의 pH가 더 낮아 설탕용액으로 담그는 경우 더 많은 유기산이 생성되었기 때문인 것으로 판단된다(11).

미생물수의 변화

온도와 당도를 달리하여 제조한 달맞이꽃 발효액의 미생물 변화는 Table 2와 같다. 총 균수는 모든 실험구에서 초기 3.2 log CFU/mL에서 6일까지 증가하는 경향을 나타내었

고, 이후 점차 감소하는 경향을 나타내었다. 발효 6일째에 30°C·50°Brix구가 7.3 log CFU/mL로 가장 높았고, 20°C보다 30°C에서 생균수는 증가하였으며, 당의 농도가 증가할수록 감소하였다. 효모 및 곰팡이 수는 발효 전 2.9 log CFU/mL였으며, 20°C에서 발효 8일까지 5.2~6.0 log CFU/mL로 증가한 후 발효기간 동안 5 log CFU/mL 수준으로 일정하게 유지되었고, 30°C에서는 발효 2일에 5.7~6.9 log CFU/mL로 급격히 증가한 후 4 log CFU/mL 범위로 감소하는 경향을 나타내었다. 대장균균수는 발효 전 2.8 log CFU/

Table 2. Changes in viable cell counts of *Oenothera biennis* juice fermented with various concentrations of sugar at 20°C and 30°C (unit: log CFU/mL)

Item	Temp. (°C)	Sugar conc. (Brix)	Fermentation period (days)					
			0	2	4	6	8	10
Total bacteria	20	50°	3.2±0.1 ^{aA1)}	5.9±0.0 ^{cC}	6.3±0.0 ^{dD}	6.3±0.0 ^{dC}	6.1±0.1 ^{dC}	5.6±0.2 ^{bD}
		60°	3.2±0.1 ^{aA}	5.5±0.1 ^{cB}	5.9±0.0 ^{eB}	5.9±0.1 ^{eB}	5.7±0.0 ^{dB}	5.3±0.0 ^{bC}
		70°	3.2±0.1 ^{aA}	4.9±0.0 ^{bA}	5.1±0.1 ^{cA}	5.4±0.0 ^{dA}	5.3±0.2 ^{cdA}	4.8±0.1 ^{bA}
	30	50°	3.2±0.1 ^{aA}	6.4±0.1 ^{dE}	7.0±0.0 ^{eF}	7.3±0.0 ^{fE}	6.0±0.0 ^{cC}	5.5±0.1 ^{bCD}
		60°	3.2±0.1 ^{aA}	6.2±0.0 ^{dD}	6.5±0.0 ^{eE}	6.7±0.0 ^{fD}	5.6±0.0 ^{cB}	5.1±0.1 ^{bB}
		70°	3.2±0.1 ^{aA}	5.5±0.1 ^{cB}	6.2±0.0 ^{dC}	6.5±0.1 ^{eC}	5.6±0.0 ^{cB}	4.9±0.0 ^{bAB}
Yeast & Mold	20	50°	2.9±0.0 ^{aA}	5.4±0.0 ^{bC}	5.8±0.0 ^{cD}	5.9±0.0 ^{cD}	6.0±0.0 ^{dF}	5.8±0.0 ^{cD}
		60°	2.9±0.0 ^{aA}	4.8±0.0 ^{bB}	5.7±0.0 ^{cC}	5.8±0.0 ^{deD}	5.9±0.0 ^{eE}	5.8±0.1 ^{cdD}
		70°	2.9±0.0 ^{aA}	4.1±0.1 ^{bA}	5.4±0.0 ^{dB}	5.3±0.0 ^{cdB}	5.2±0.0 ^{cD}	5.3±0.2 ^{cC}
	30	50°	2.9±0.0 ^{aA}	6.9±0.0 ^{eE}	6.8±0.0 ^{eE}	6.2±0.0 ^{dE}	4.8±0.0 ^{cC}	4.6±0.1 ^{bB}
		60°	2.9±0.0 ^{aA}	5.8±0.1 ^{fD}	5.7±0.0 ^{eC}	5.6±0.0 ^{dC}	4.6±0.0 ^{cA}	4.2±0.1 ^{bA}
		70°	2.9±0.0 ^{aA}	5.7±0.1 ^{eD}	5.0±0.1 ^{dA}	5.0±0.0 ^{dA}	4.7±0.1 ^{cB}	4.1±0.2 ^{bA}
Coliform bacteria	20	50°	2.8±0.1 ^{bA}	3.2±0.0 ^{cC}	3.1±0.0 ^{dE}	2.9±0.0 ^{cD}	1.6±0.0 ^{aB}	ND
		60°	2.8±0.1 ^{cA}	3.0±0.0 ^{dB}	2.8±0.0 ^{cC}	2.0±0.0 ^{bC}	1.5±0.1 ^{aB}	ND
		70°	2.8±0.1 ^{bA}	2.9±0.0 ^{cA}	2.7±0.0 ^{bB}	1.3±0.1 ^{aA}	ND ²⁾	ND
	30	50°	2.8±0.1 ^{cA}	3.9±0.0 ^{eE}	3.1±0.0 ^{dE}	2.0±0.0 ^{bC}	1.4±0.2 ^{aB}	ND
		60°	2.8±0.1 ^{cA}	3.7±0.0 ^{eD}	2.9±0.0 ^{dD}	1.6±0.1 ^{bB}	0.9±0.2 ^{aA}	ND
		70°	2.8±0.1 ^{cA}	3.2±0.0 ^{dC}	2.6±0.0 ^{bA}	1.3±0.1 ^{aA}	ND	ND

¹⁾Values are means±standard deviation of triplicate determinations.

²⁾Not detected.

Values with different letters within a row (a-f) and same item (A-F) differ significantly ($P<0.05$).

mL를 나타내었고, 이후 발효 4일까지 증가한 후 감소하여 발효가 진행됨에 따라 모든 실험구에서 검출되지 않았다. 온도에 따른 미생물수의 변화는 30°C가 20°C보다 비교적 많은 미생물수를 나타내었으며, 설탕 농도에 따른 변화는 70°Brix 처리구가 다른 처리구보다 가장 낮은 미생물수를 나타내었다. 이는 일반적으로 미생물의 생육이 20°C보다는 30°C의 조건에서 활발히 이루어지며, Kim 등(12)의 연구 결과에서와 같이 설탕용액의 당도가 높아질수록 발효액 내부의 높은 삼투압에 의해 미생물의 생육이 억제되기 때문인 것으로 판단된다.

효소 활성의 변화

50°Brix 이상의 설탕용액을 이용하여 제조한 달맞이꽃 발효액의 효소 활성 변화는 Table 3과 같다. Invertase 활성은 발효 6일 이후에 최대 활성을 나타내었으며, 30°C·50°Brix 구가 가장 높은 활성(53.3 unit)을 나타내었다. Amylase 활성은 30°C·50°Brix구가 발효 6일에 12.0 unit으로 가장 높았으며, 모든 실험구에서 invertase보다 낮은 활성도를 나타내었다. Cellulase 활성은 30°C·50°Brix 처리구가 발효 4일째 18.5 unit으로 가장 높았고, 이후 발효기간이 경과함에 따라 전 처리구의 cellulase 활성은 감소하였다. 숙성온도에 따른 숙성액의 효소 활성은 20°C보다 30°C에서 높은 활성도를 나타내었다. 설탕용액의 농도에 따라서는 50°Brix구가 효소의 활성이 가장 우수하였다. 이는 20°C보다 30°C의 비교적 높은 온도에서 미생물의 생육이 양호하여 효소 활성이 증가한 것으로 판단되었다. 설탕용액을 사용하여 달

맞이꽃 숙성액의 효소 활성은 산야초와 설탕을 1:1의 비율로 혼합하여 3개월 동안 제조한 보고(5)의 효소 활성(1 unit 미만)에 비해 높았다.

폴리페놀 함량과 DPPH radical 소거능의 변화

대부분의 천연 식물에는 특수한 색깔과 고유한 맛을 주는 페놀성 화합물이 존재하며(13), 천연식물의 페놀성 화합물들은 단순한 phenol류, phenolic acid, phenylpropanoid류 및 flavonoid류 등이 대부분으로 항균, 항알레르기, 항바이러스성, 항염성, 항암, 항산화, 충치 예방, 심장 질환 및 당뇨병 예방 등 다양한 생리활성을 갖고 있는 것으로 알려져 있다(14). 온도별 발효과정 중 폴리페놀 함량의 변화는 Table 4와 같다. 폴리페놀 함량은 발효 6일까지 모든 처리구에서 뚜렷이 증가하였으며, 이후 서서히 증가하는 경향을 나타내었다. 폴리페놀 함량은 발효 10일째 30°C·50°Brix구(7.1 mg TAE/mL)가 가장 높았으며, 20°C·70°Brix구(4.0 mg TAE/mL)가 가장 낮았다.

발효과정 중 DPPH radical 소거능을 100배 희석하여 측정한 결과 발효기간이 경과함에 따라 모든 실험구에서 DPPH radical 소거능이 증가하였으며, 발효 10일째 30°C·50°Brix구(58.6%)에서 가장 높은 활성을 나타내었고 20°C·70°Brix구(25.1%)에서 가장 낮은 활성을 나타내었다(Table 4). DPPH radical 소거능 역시 발효기간이 경과함에 따라 발효 온도와 당도에 관계없이 증가하는 경향을 보였으며, 당도가 증가할수록 감소하였다. 또한 20°C에서보다 30°C에서 발효한 발효액의 DPPH radical 소거능이 뚜렷하게 증

Table 3. Changes in enzyme activity of *Oenothera biennis* juice fermented with various concentrations of sugar at 20°C and 30°C (unit: 1 µg glucose/min/mL)

Item	Temp. (°C)	Sugar conc. (Brix)	Fermentation period (days)					
			0	2	4	6	8	10
Invertase	20	50°	ND ¹⁾	3.5±0.8 ^{aC2)}	8.2±0.6 ^{bC}	29.5±0.5 ^{cD}	33.2±0.6 ^{eD}	31.3±0.7 ^{dE}
		60°	ND	2.1±0.6 ^{aAB}	4.6±0.6 ^{bB}	12.3±0.5 ^{cA}	13.6±0.3 ^{dB}	12.9±0.5 ^{cdC}
		70°	ND	1.1±0.1 ^{aA}	4.0±0.5 ^{bAB}	12.2±0.3 ^{eA}	9.6±0.5 ^{dA}	7.0±0.6 ^{cA}
	30	50°	ND	13.5±0.7 ^{aD}	18.8±0.6 ^{bD}	53.3±0.4 ^{eE}	47.0±0.4 ^{dE}	39.7±0.7 ^{cF}
		60°	ND	2.2±0.1 ^{aB}	4.3±1.0 ^{bAB}	26.4±0.3 ^{cC}	23.6±0.7 ^{dC}	17.9±1.2 ^{cD}
		70°	ND	2.7±0.6 ^{aBC}	3.3±0.7 ^{aA}	17.2±0.8 ^{dB}	14.2±0.6 ^{CB}	9.4±0.4 ^{bB}
Amylase	20	50°	ND	5.1±0.7 ^{aC}	6.6±0.6 ^{bcC}	8.2±0.4 ^{dD}	7.1±0.1 ^{cE}	5.8±0.1 ^{abC}
		60°	ND	1.7±0.4 ^{bB}	4.0±0.3 ^{dB}	4.6±0.2 ^{dB}	2.8±0.5 ^{cC}	0.9±0.3 ^{aA}
		70°	ND	1.3±0.4 ^{aAB}	1.9±0.3 ^{bA}	2.7±0.4 ^{cA}	1.9±0.4 ^{bB}	0.8±0.2 ^{aA}
	30	50°	ND	8.9±0.7 ^{aD}	9.8±0.7 ^{aD}	12.0±0.9 ^{bE}	10.0±0.5 ^{aF}	8.9±0.6 ^{aD}
		60°	ND	2.1±0.7 ^{aB}	4.0±0.1 ^{bB}	6.9±0.3 ^{cC}	5.7±0.2 ^{dD}	4.9±0.8 ^{cB}
		70°	ND	0.5±0.1 ^{abA}	1.9±0.5 ^{cA}	2.0±0.4 ^{cA}	1.0±0.3 ^{bA}	1.0±0.3 ^{bA}
Cellulase	20	50°	ND	3.0±0.3 ^{aC}	10.6±0.3 ^{eE}	9.1±0.4 ^{dC}	7.9±0.5 ^{cD}	6.6±0.3 ^{bB}
		60°	ND	2.8±1.1 ^{bBC}	6.7±0.3 ^{cD}	3.2±0.3 ^{bB}	2.7±0.3 ^{bC}	1.3±0.3 ^{aA}
		70°	ND	2.2±0.5 ^{bABC}	2.5±0.3 ^{bA}	3.1±0.2 ^{cB}	2.0±0.3 ^{bBC}	1.1±0.2 ^{aA}
	30	50°	ND	4.7±0.5 ^{aD}	18.5±0.3 ^{eF}	12.5±0.5 ^{dD}	9.6±0.4 ^{cE}	7.5±0.4 ^{bC}
		60°	ND	1.9±0.2 ^{bAB}	5.9±0.3 ^{dC}	2.4±0.3 ^{cA}	1.9±0.3 ^{bB}	1.1±0.3 ^{aA}
		70°	ND	1.5±0.1 ^{aA}	4.0±0.5 ^{cB}	2.2±0.3 ^{bA}	1.1±0.3 ^{aA}	1.0±0.2 ^{aA}

¹⁾Not detected.

²⁾Values are means±standard deviation of triplicate determinations.

Values with different letters within a row (a-e) and same item (A-F) differ significantly ($P<0.05$).

Table 4. Changes in total polyphenol contents and DPPH radical scavenging activity of *Oenothera biennis* juice fermented with various concentrations of sugar at 20°C and 30°C

Item	Temp. (°C)	Sugar conc. (Brix)	Fermentation period (days)					
			0	2	4	6	8	10
TPC ¹⁾ (mg TAE/mL)	20	50°	0.4±0.0 ^{aC3)}	2.5±0.1 ^{bC}	3.9±0.1 ^{cC}	5.2±0.1 ^{dC}	5.7±0.1 ^{eC}	5.9±0.2 ^{fB}
		60°	0.2±0.0 ^{aB}	2.1±0.1 ^{bB}	3.7±0.2 ^{cB}	4.5±0.1 ^{dB}	5.3±0.1 ^{eB}	5.9±0.1 ^{fB}
		70°	0.1±0.0 ^{aA}	1.5±0.1 ^{bA}	2.5±0.0 ^{cA}	2.5±0.1 ^{cA}	3.3±0.2 ^{dA}	4.0±0.1 ^{eA}
	30	50°	0.4±0.0 ^{aC}	5.0±0.1 ^{bE}	5.8±0.1 ^{cF}	6.9±0.1 ^{dE}	7.0±0.1 ^{dD}	7.1±0.1 ^{dC}
		60°	0.2±0.0 ^{aB}	4.4±0.1 ^{bD}	5.5±0.1 ^{cE}	6.7±0.1 ^{dD}	6.8±0.1 ^{deD}	6.9±0.1 ^{eC}
		70°	0.1±0.0 ^{aA}	2.7±0.1 ^{bC}	4.2±0.0 ^{cD}	5.1±0.1 ^{dC}	5.6±0.2 ^{eC}	6.1±0.2 ^{fB}
RSA ²⁾ (%)	20	50°	1.9±0.7 ^{aA}	13.5±1.0 ^{bC}	21.6±0.9 ^{cC}	43.9±0.7 ^{dD}	45.9±1.9 ^{eC}	47.7±0.8 ^{eC}
		60°	1.5±0.3 ^{aA}	10.5±1.9 ^{bB}	17.8±2.4 ^{cB}	36.7±0.6 ^{dC}	44.5±0.9 ^{eC}	47.6±0.7 ^{fC}
		70°	1.1±0.6 ^{aA}	5.3±0.8 ^{bA}	14.8±0.9 ^{cA}	15.3±1.0 ^{cA}	22.5±0.9 ^{dA}	25.1±0.9 ^{eA}
	30	50°	1.9±0.7 ^{aA}	29.8±0.6 ^{bE}	35.1±1.3 ^{cE}	52.0±0.5 ^{dF}	54.1±0.9 ^{eE}	58.6±0.3 ^{fD}
		60°	1.5±0.3 ^{aA}	23.3±2.1 ^{bD}	30.9±1.5 ^{cD}	47.1±1.1 ^{dE}	49.7±0.7 ^{deD}	48.4±0.7 ^{eC}
		70°	1.1±0.6 ^{aA}	12.4±0.5 ^{bBC}	22.7±1.2 ^{cC}	30.8±0.7 ^{dB}	38.9±0.2 ^{eB}	42.4±1.4 ^{fB}

¹⁾TPC: total polyphenol contents, TAE: tannic acid equivalents.

²⁾RSA: DPPH radical scavenging activity.

³⁾Values are means±standard deviation of triplicate determinations.

Values with different letters within a row (a-f) and same item (A-F) differ significantly ($P<0.05$).

가하였으며, 발효 중 폴리페놀 함량의 변화와 동일한 경향을 나타내었다. Kim 등(15)이 보고한 다양한 산야초를 혼합한 후 설탕용액을 50~60°Brix가 되도록 제조한 발효액을 2.5 배 희석하여 측정된 DPPH radical 소거능보다 본 연구의 100배 희석한 달맞이꽃 발효액의 DPPH radical 소거능이 훨씬 높은 것으로 나타나, 설탕용액으로 제조한 달맞이꽃 발효액은 식품소재로서의 활용 가치가 매우 높을 것으로 판단된다.

위의 결과로 미루어 보아 달맞이꽃 발효액의 제조 시 설탕용액을 이용하여 30°C·50°Brix에서 10일간 발효하는 방법이 설탕과 직접 1:1로 혼합하는 전통적인 방법으로 3개월 동안 발효하는 것보다 효소 활성과 폴리페놀 함량, DPPH radical 소거능 등이 증가하여 제품의 제조기간 단축 및 유용성분의 극대화 측면에서 우수한 제조방법일 것으로 판단된다. 또한 향후 항산화 활성이 높은 달맞이꽃 발효액은 기능성 증진을 위한 다양한 식품 소재로의 활용 가능성이 있을 것으로 사료되며, 실용화에 앞서 이를 이용한 제품의 제조와 특성에 관한 보다 광범위한 연구가 필요할 것으로 판단된다.

요 약

달맞이꽃과 당도(50, 60, 70°Brix)를 달리한 설탕용액과 혼합물의 발효 중 품질 변화 및 항산화 활성을 검토하였다. 발효과정 중 당도와 pH의 변화는 발효기간 동안 모든 실험구에서 감소하는 경향을 나타내었으며, 20°C군보다 30°C군에서 더욱 감소하였다. 미생물의 변화는 총 균수와 효모 및 곰팡이의 경우 처리구에 관계없이 발효 4일까지 증가하였고 이후 서서히 감소하는 경향을 나타내었으며, 대장균군의 경우 발효 2일까지 증가하다가 감소하여 발효 10일 이후 검출되지 않았다. 발효액의 효소 활성은 발효 6일까지 증가 후

감소하는 경향을 나타내었으며, 30°C·50°Brix구가 발효 6일째 가장 높은 효소 활성(invertase 53.3 unit, amylase 12 unit, cellulase 12.5 unit)을 나타내었다. 총 폴리페놀 함량과 DPPH radical 소거능은 발효기간이 경과함에 따라 증가하는 경향을 나타내었으며, 발효 10일째 30°C·50°Brix구가 가장 높은 총 폴리페놀 함량(7.1 mg TAE/mL)과 DPPH radical 소거능(58.6%)을 나타내었다.

REFERENCES

- Ding JL, Lim IJ, Lee HD, Cha WS. 2006. Analysis of minerals, amino acids and vitamin of *Lespedeza cuneata*. *Korean J Biotechnol Bioeng* 21: 414-417.
- Kim NM, Lee JW, Do JH, Yang JW. 2003. Effects of the fermentation periods on the qualities and functionalities of the fermentation broth of wild vegetables. *Korean J Food Sci Technol* 35: 272-279.
- Lee MK, Choi GP, Ryu LH, Lee GY, Yu CY, Lee HY. 2004. Enhanced immune activity and cytotoxicity of *Artemisia capillaris* Thunb. extracts against human cell lines. *Korean J Medicinal Crop Sci* 12: 36-42.
- Taniguchi S, Imayoshi Y, Yabuuchi R, Ito H, Hatano T, Yoshida T. 2002. A macrocyclic ellagitannin trimer, oenotherin T₁, from *Oenothera* species. *Phytochemistry* 59: 191-195.
- Ahn YB, Kang KM, Kim JH, Park LY, Lee SH. 2014. Quality characteristics of fermented wild grass juice. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 43: 1731-1736.
- Kim MJ, Yang SA, Park JH, Kim HI, Lee SP. 2001. Quality characteristics and anti-proliferative effects of dropwort extracts fermented with fructooligosaccharides on HepG2 cells. *Korean J Food Sci Technol* 43: 432-437.
- Bernfeld P. 1955. Amylase α and β . In *Methods in Enzymology*. Colowick SP, Kaplan NO, eds. Academic Press Inc., New York, NY, USA. Vol 1, p 149-158.
- Folin O, Denis W. 1912. On phosphotungstic-phosphomolybdic compounds as color reagents. *J Biol Chem* 12: 239-

- 243.
9. Blois MS. 1958. Antioxidant determinations by the use of a stable free radical. *Nature* 181: 1199-1200.
 10. Magee TRA, Hassaballah AA, Murphy WR. 1983. Internal mass transfer during osmotic dehydration of apple slices in sugar solutions. *Ir J Fd Sci Technol* 7: 147-155.
 11. Son MJ, Cha DG, Park JH, Kim CS, Lee SP. 2005. Manufacture of dropwort extract using brown sugar, fructose syrup and oligosaccharides. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 34: 1486-1490.
 12. Kim KM, Kim YN, Choi BK, Oh DH. 2012. Phytochemical and microbiological changes of the fermented dandelion (*Taraxacum officinale*) extracts with raw sugar. *Korean J Food Preserv* 19: 131-137.
 13. Kim IW, Shin DH, Choi U. 1999. Isolation of antioxidative components from the bark of *Rhus verniciflua* STOKES screened from some Chinese medical plants. *Korean J Food Sci Technol* 31: 855-863.
 14. Azuma K, Nakayama M, Koshioka M, Ippoushi K, Yamaguchi Y, Kohata K, Yamaguchi Y, Ito H, Higashio H. 1999. Phenolic antioxidants from the leaves of *Corchorus olitorius* L. *J Agric Food Chem* 47: 3963-3966.
 15. Cho EK, Song HJ, Cho HE, Choi IS, Choi YJ. 2010. Development of functional beverage (SanYa) from fermented medical plants and evaluation of its physiological activities. *J Life Sci* 20: 82-89.