

오디(*Morus alba*) 와인의 최적 발효조건 및 발효 특성

김용석 · 정도영¹ · 신동화^{2,*}

전북대학교 바이오식품소재개발 및 산업화연구센터, ¹대상(주) 순창공장,
²전북대학교 응용생물공학부(식품공학전공)

Optimum Fermentation Conditions and Fermentation Characteristics of Mulberry (*Morus alba*) Wine

Yong-Suk Kim, Do-Yeong Jeong¹, and Dong-Hwa Shin^{2,*}

Research Center for Industrial Development of BioFood Materials, Chonbuk National University

¹Daesang Co. Ltd., Sunchang Factory

²Faculty of Biotechnology (Food Science & Technology Major), Chonbuk National University

Abstract For the development of mulberry wine, we investigated its optimum fermentation conditions as well as quality changes during fermentation. The physicochemical characteristics of the mulberry fruit used in the study were pH 4.56, 0.50% titratable acidity, and 13.0 °Brix soluble solids. The mulberry wine fermented with *Saccharomyces cerevisiae* KCCM 12224 (Sc-24) at 24 °Brix soluble solids and 26°C showed excellent characteristics in terms of ethanol production, titratable acidity, and redness. The sucrose, fructose, and glucose contents of the mulberry wine drastically decreased with fermentation time. The citric acid content was maintained during the fermentation period, and malic acid decreased, but lactic and succinic acids increased. The cyanidin-3-glucoside content, a major anthocyanin pigment, of the mulberry wine drastically decreased from 195.5 mg% at the initial stage of fermentation to 15.37 mg% at 2 days of fermentation. However, cyanidin-3-rutinoside decreased gradually. In summary, a mulberry wine of high quality was made by fermentation for 8 days at 26°C using mashed mulberry fruit containing 24° Brix soluble solids, after adding 200 ppm K₂S₂O₅ and inoculating with 3%(v/v) Sc-24.

Key words: mulberry, mulberry wine, optimum fermentation condition, anthocyanin, fermentation

서 론

오디는 뽕나무속(*Morus*)의 열매로서 한방에서 상심, 상실, 흑심 등으로 지칭된다. 완숙오디의 당도는 10.4-15.8 °Brix, 산도는 0.29-0.83%로서 좋은 식미감을 가지고 있으며, 다량의 fructose와 glucose를 함유하고 있고, 구연산, 사과산, 주석산 및 초산을 지니고 있다(1,2). 색소인 anthocyanin 함량은 170.47 mg%로 포도 48.57 mg%, 사과 7.07 mg%에 비해 현저히 많다(3,4). 오디의 영양성분은 일반 과실과 비교하였을 때 전반적으로 높은 편이며, 특히 칼슘과 칼륨, 비타민 C의 함량이 높고, 부사 사과에 비하여 칼슘이 14배, 칼륨 2배, 비타민 C는 18배 높고, 감귤보다 비타민 C의 함량이 1.5배 높다(5,6).

동의보감 탕액편에 ‘오디는 성질은 차고 맛은 달며 독이 없다. 소갈증을 낮게 하고 오장을 편안하게 한다. 오래먹으면 배가 고프지 않게 된다’고 하고, ‘오디를 오래 먹으면 백발이 검게 변하고 노화를 방지한다’고 기록되어 있다(7). 또한 본초식감에 ‘검게 익은 오디 한 되에 좋은 술 3되를 넣고 설탕을 2-3근 넣어 저은

후 35일 지나면 마신다’라고 되어 있다(8). 근래 오디에 함유된 anthocyanin 색소는 노화억제, 망막장애의 치료 및 시력개선 효과, 항산화작용을 나타내는 것으로 보고되었다(9).

뽕나무는 뽕잎을 따면 오디의 생산이 낮아지고 뽕잎을 따지 않고 가지를 묵히면 오디가 많이 착생되기 때문에 양잠 농가에서는 오디가 과실로 생산되지 못하였다. 그러나 최근에는 뽕잎을 생산하지 않고 방치하여 오디의 생산이 10 a당 1,000 kg 이상 수확할 수 있는 과실로서 생산이 가능해 졌다. 그 동안 오디는 생식, 잼, 술, 시럽 등으로 일부 이용되어 왔을 뿐이다. 또한 과실의 크기가 작고, 수분함량이 높아 수확 작업이 어렵고, 부패하기 쉬워 저장에 어려운 점도 오디의 이용률이 현저히 낮은 원인 중의 하나이다(10,11).

오디의 당도는 발효주 생산을 위해서는 부족하지만 오디가 갖고 있는 고유의 강한 색상과 향은 당의 첨가에 의해 희석되지 않기 때문에 발효주 생산을 위한 과실로서 적당하며 특정 있는 술로써 개발이 가능하다(12). 현재 오디에 대한 연구로는 오디의 유리당 조성 및 함량(13), 뽕나무 품종별 오디의 이화학적 특성(14,15), 뽕의 임성(稔性) 및 오디의 과실적 특성(16) 등에 대하여 이루어져 있고, 오디 과실 가공에 관한 연구는 가공 식품 개발(2), 오디 가공품의 관능적 특성(17) 등이 보고되어 있으나 오디 과실주의 특성에 대한 연구는 오디발효주의 특성(1,18)에 한정되어 있다.

따라서 본 연구에서는 100% 오디 와인의 제조를 위한 효모 선택, 보당 함량 등 최적 발효 조건을 선정하였으며, 발효 중 이화학적 특성 및 anthocyanin 함량의 변화를 조사하였다.

*Corresponding author: Dong-Hwa Shin, Faculty of Biotechnology (Food Science & Technology Major), Chonbuk National University, Dukjin-dong, Jeonju, Jeonbuk 561-756, Korea
Tel: 82-63-270-2570,
Fax: 82-63-270-2572
E-mail: dhshin@chonbuk.ac.kr
Received August 15, 2007; accepted December 10, 2007

재료 및 방법

재료

전북 진안군에서 2005년에 생산된 청일 품종의 오디(*Mulberry, Morus alba*)를 -20°C 냉동고에 저장하면서, 동결된 오디를 실온에서 자연 해동시키고 blender(Waring, Torrington, CT, USA)를 이용하여 마쇄한 후 오디 발효주 제조 시험에 사용 하였다.

일반성분 분석

오디와 오디 와인의 일반성분은 AOAC 방법(19)에 준하여 분석하였다. 즉 수분은 105°C 상압가열건조법, 조회분은 550°C 직접회화법, 조단백질은 kjeldahl 법, 조지방은 soxhlet 추출법으로 분석하였고, 탄수화물은 100에서 수분, 조회분, 조단백질, 조지방 함량을 뺀 값으로 정하였다. 가용성 고형분 함량(%)은 오디를 착즙하여 얻은 착즙액을 굴절당도계(Atago, Tokyo, Japan)를 이용하여 측정하였다(20). pH는 pH meter(model 520A, Orion, Waltham, MA USA)를 이용하여 측정하고, 적정산도는 0.1 N-NaOH로 pH 8.3으로 적정한 후, 적정에 소비되는 0.1 N-NaOH 용액의 소비량을 구연산 함량으로 환산하여 총산 함량(% , v/v)으로 표시하였다(21). 색도는 색차계(Color and color difference, Model TC-360, Tokyo Denshoku Co., Japan)로 Hunter scale에 따라 L(명도), a(적색도), b(황색도) 값으로 표시하였다.

유리당 및 유기산

유리당은 Jeong 등의 방법(20)에 따라 분석하였다. 즉 마쇄한 오디와 오디 와인 10 g에 75% 에탄올 150 mL를 넣고 1시간 동안 환류냉각 추출(85°C)한 후 여과, 감압농축하였다. 농축물에 증류수를 가해 전량을 100 mL로 보정하고, $0.45\ \mu\text{m}$ membrane filter(Millipore Co., Bedford, MA, USA)로 여과시킨 다음 Sep-pak C18 cartridge (Waters Oasis, Milfort, MA, USA)로 색소를 제거하고 high performance liquid chromatography(HPLC)로 분석하였다(Table 1).

유기산은 유리당과 같이 처리하여 Jeong 등의 방법(20)과 같은 조건으로 분석하였다(Table 2).

Table 1. The condition of HPLC for analysis of free sugars in mulberry wine

| | |
|----------------|---|
| Model | Prep HPLC system |
| Column | High-performance carbohydrate column (4.6 mm \times 250 mm) |
| Solvent system | Acetonitrile/ H_2O (80/20) |
| Flow rate | 1.4 mL/min |
| Run time | 15 min |
| Detector | RI (Futecs Co., Ltd., Seou, Korea) |

Table 2. The condition of HPLC for analysis of organic acids in mulberry wine

| | |
|----------------|--|
| Model | Prep HPLC system |
| Column | Bio-Rad Organic Acid Standard, Aminex HPX-87H (300 mm \times 7.8 mm) |
| Solvent system | 0.004 M Sulfuric acid |
| Flow rate | 0.60 mL/min |
| Run time | 15 min |
| Detector | UV@210 nm (NS-2100D, Futecs) |

에탄올 및 메탄올

오디 와인의 에탄올 및 메탄올 함량은 증류법으로 시료를 전처리(22)한 후 분석하였다. 즉 발효주 100 mL에 증류수 30 mL를 넣고 heating mantle에서 가열하여 메스실린더에 증류액 80 mL를 취하고, 증류수를 넣어 전량을 100 mL로 정용한 후 가스크로마토 그래피를 이용하여 분석하였으며, 그 분석 조건은 Table 3과 같다.

Anthocyanin 함량

오디 와인의 anthocyanin 색소 성분은 Kim 등(3)의 방법에 따라 분석하였다. 즉 시료 10 g을 1% HCl을 함유한 메탄올에 넣고 4°C 에서 24시간 동안 추출한 후, Büchner funnel로 흡인여과 하였다. 여과액은 35°C 에서 감압농축한 후 ethylether : hexane(1 : 6, v/v)용액으로 지질성분을 2회 제거하였다. 지질이 제거된 추출물의 색소 함량은 HPLC로 분석하였으며, 표준물질로는 cyanidin-3-glucoside와 cyanidin-3-rutinoside(Genay France Co., France)를 사용하였다. Anthocyanin 색소의 함량을 측정하기 위한 HPLC 분석 조건은 Table 4와 같다.

우수 발효 균주 선발

오디 마쇄액에 $\text{K}_2\text{S}_2\text{O}_8$ 200 ppm을 처리하고, 설탕을 사용하여 24 °Brix로 보당하였다. 전라북도 생물산업진흥원(전주, 전북)에서 분양 받은 *Saccharomyces cerevisiae* KCCM 12224(Sc-24), Whisky yeast(Wy), Biocon(Bc) 효모와 Wg-15 효모(가정에서 만든 머루주에서 분리한 효모)를 nutrient broth(Oxoid, Hampshire England)에 접종하여 26°C 에서 24시간 동안 증식시킨 효모 배양액을 3%(v/v)씩 접종하여 26°C 에서 8일간 배양하면서 발효특성을 조사하였다.

적정 보당량 시험

오디 마쇄액에 $\text{K}_2\text{S}_2\text{O}_8$ 200 ppm을 처리하고, 설탕을 첨가하여 각각 24, 26, 28, 30 °Brix가 되도록 보당하였다. 보당 후 500 mL 삼각 플라스크에 200 mL씩 나누어 담고, Sc-24 효모 배양액을 3%(v/v)씩 접종하여, 26°C 에서 8일간 발효하면서 발효특성을 조사하였다.

Table 3. GC condition for ethanol and methanol analysis

| | |
|----------------|--|
| Instrument | Agilent 6890 |
| Column | HP-INNOWAX (30 m \times 0.32 mm \times 0.25 μm capillary column) |
| Oven temp. | 40°C (hold 2 min) - $2^{\circ}\text{C}/\text{min}$ - 80°C (hold 1 min) |
| Carrier gas | N_2 (30 mL/min) |
| Injection | 1 μL |
| Detector | FID |
| Injector temp. | 250°C |
| Detector temp. | 260°C |
| Split ratio | 30 : 1 |

Table 4. HPLC condition for anthocyanin analysis

| | |
|----------------|---|
| Instruments | HPLC (Futecs NS-2001P) |
| Column | GROM-SIL 120 ODS-5 ST (250 mm \times 4.6 mm ID) |
| Column Temp. | 35°C |
| Solvent system | Water : CH_3CN : HOAC : H_2PO_4 (81.7 : 8.4 : 8.4 : 1.5, v/v) |
| Wave length | 530 nm |
| Flow rate | 1.0 mL/min |

최적 발효 온도의 선정

오디 마쇄액에 K₂S₂O₅ 200 ppm을 처리하고, 설탕으로 24 °Brix로 보당하였다. 보당 처리 후 500 mL 삼각 플라스크에 200 mL씩 나누어 담고, Sc-24 효모 배양액을 3%(v/v)씩 접종하고 15, 20 및 26°C의 항온기에서 10일간 발효하였다.

통계처리

실험 데이터는 SAS(statistical analysis system) 통계 package (23)를 이용하여 평균 및 표준편차를 구하였으며, ANOVA 분석 Duncan's multiple range test로 유의성을 검증하였다. 모든 분석 항목은 3회 반복 시험하여 평균과 표준편차로 나타내었다.

결과 및 고찰

일반 성분

오디의 일반성분 분석 결과 수분 83.75%, 조단백 1.95%, 조지방 0.22%, 회분 0.97%, 탄수화물 13.11%로 나타났다(Table 5). 대륙빵과 국상 20호 품종(15)은 각각 수분 83.13과 83.44%, 조단백 1.99와 1.98% 이었으며, 청일빵의 성분(18)은 수분 85.7%, 단백질 2.1%, 지방 0.2%, 탄수화물 11.2%, 회분 0.8%로 조사되어 본 실험과 비슷한 값을 보였다. 또한 재래종과 개량종 오디(24)는 각각 수분 84.2와 87.2%, 단백질 2.6과 1.6%, 지질 0.3과 0.2%, 회분 0.9와 0.7%를 나타내어 본 실험 결과와 비슷하였으며, 일부 함량의 차이는 오디의 재배 조건, 채취 시기, 채취 부위 및 기상 환경 등에 의한 영향으로 성분 함량에 차이가 있는 것으로 판단된다.

이화학적 특성

청일 품종 오디의 이화학적 특성은 Table 6과 같다. 오디의 pH는 4.56, 적정산도 0.50%, 가용성 고형분 13.0 °Brix, 색도는 명도(L) 8.96, 적색도(a) 6.55, 황색도(b) 4.96을 나타냈다. Lee 등(15)은 대륙빵과 국상 20호의 이화학 성분이 pH 5.45와 5.36, 당도 20.0과 18.0 °Brix, 적정산도(0.1 N NaOH mL/주스 10 mL) 4.05와 3.90 mL라고 보고하여 본 실험과 약간의 차이를 보였다. Jung 등(18)은 청일빵의 pH가 4.43, 당도 13.3 °Brix라고 보고하여 본 실험결과와 비슷하였으나 산도는 0.08%라고 보고하여 본 실험결과보다 매우 낮았다. 이는 오디의 재배 조건, 채취 시기, 채취 부위 및 기상 환경 등에 의한 영향으로 성분 함량에 차이가 있는 것으로 판단된다.

오디의 유리당 함량은 10.19%이었으며, glucose(5.78%)와 fructose(4.41%)가 주성분이었고, sucrose는 검출되지 않았다. Koh(2)는 오디의 주요 당 성분은 fructose 2.75%, glucose 2.89%였으며, sucrose, maltose 및 lactose가 극소량 검출되었다고 보고하였다. 그러나 Lee 등(15)은 glucose 7.4%, fructose 7.0%로 glucose와 fructose의 함량이 비슷한 수준이라고 보고하였고, Kim 등(13)은 뽕나무 품종별 오디의 유리당 함량은 실험에 사용된 49개 품종 모두 fructose와 glucose만이 검출되었으며 sucrose와 maltose는 검

Table 5. Proximate composition of mulberry fruit

| Proximate composition | Contents (%) |
|-----------------------|--------------|
| Moisture | 83.75 ± 0.54 |
| Crude protein | 1.95 ± 0.05 |
| Crude fat | 0.22 ± 0.02 |
| Ash | 0.97 ± 0.02 |
| Carbohydrate | 13.11 |

출되지 않았다고 보고하여, 본 실험과 비슷한 결과를 나타내었다.

유기산 함량은 0.55%이었으며, citric acid(0.32%), malic acid (0.13%), succinic acid(0.09%)가 주요 산으로 검출되었다. Lee 등 (15)은 품종에 따라 citric acid 0.08-0.14%, malic acid 0.02-0.03%와 succinic acid 0.01%로 보고하였으며, Koh(2)는 citric acid 0.43%, malic acid 0.04%, oxalic acid 0.10%라고 보고하여 본 실험 결과와 약간 차이가 있었다. 그러나 Kim 등(1)은 오디 발효주 제조 시 모든 품종에서 citric acid가 7.27-13.30 mg/mL로 월등히 높은 함량을 나타냈고 품종별 차이는 있으나 malic acid의 2배 정도를 보였으며, succinic acid는 미량 검출되었다고 보고하여 본 실험 결과와 비슷한 경향을 나타냈다. 이러한 결과는 오디의 품종과 채취 시기, 분석 방법에 따라 다소 차이가 있기 때문으로 생각 된다.

우수 발효 효모의 선발

오디 발효주를 제조하기 위한 알코올 생성력과 색상이 우수한 효모를 선발하기 위해 24 °Brix로 보당한 오디 마쇄액에 4종의 효모를 접종하여 26°C에서 8일간 배양하면서 발효 특성을 조사하였다(Table 7).

pH의 경우 Bc가 3.97로 가장 낮았고, 다음으로 Wg-15 4.07, Wy 4.29, Sc-24 4.33 순이었다. 적정산도의 함량은 Bc가 1.09%로 가장 높았고, 다음으로 Wg-15 0.83%, Wy 0.64%, Sc-24 0.64 순이었다. 에탄올 생성량은 Sc-24가 11.0%로 가장 높았으며, Wg-15 10.6%, Bc 10.4%, Wy 10.1%를 나타냈다. 색도는 명도(L)의 경우 모두 1.00으로 동일하게 나타났고, 황색도(b) 역시 0.69-0.70으로 비슷한 수준을 나타냈다. 그러나 오디 발효주에 있어 중요한 색소 인자인 적색도(a)는 Sc-24가 3.60으로서 다른 균주보다 높은 값을 나타내어 더 붉은 색을 나타내었다. 실험 결과 4균주 모두 정상적인 발효에는 아무런 문제가 없는 것으로 판단되었으나, 본 실험에서는 에탄올 생성량이 가장 높고 적색도가 우수한 Sc-24 균주를 선발하여 오디 발효주 제조 시험에 사용하였다.

Kim(27)은 *Saccharomyces*는 포도주 생산에서 가장 중요한 효모로써 포도즙을 자연 발효 시킬 때 가장 많은 알코올을 생산한다고 하였으며, Choi 등(28)은 복분자 효모, *S. cerevisiae*, 약주 효모를 대상으로 복분자 발효주를 제조하였을 때 *S. cerevisiae*가 가장 높은 알코올을 생산한다고 보고하였다.

Table 6. Physicochemical characteristics of mulberry fruit

| Physicochemical characteristics | Contents | |
|-------------------------------------|--------------|-------------|
| Soluble solid contents (°brix) | 13.0 ± 0.1 | |
| pH | 4.56 ± 0.01 | |
| Titrateable acidity (as citrate, %) | 0.50 ± 0.01 | |
| Free sugar (%) | 10.19 ± 0.03 | |
| Fructose | 4.41 ± 0.02 | |
| Glucose | 5.78 ± 0.01 | |
| Sucrose | Not detected | |
| Organic acid | 0.55 ± 0.02 | |
| Citric acid | 0.32 ± 0.01 | |
| Malic acid | 0.13 ± 0.02 | |
| Succinic acid | 0.09 ± 0.01 | |
| Oxalic acid | Not detected | |
| Color | L | 8.96 ± 0.02 |
| | a | 6.55 ± 0.01 |
| | b | 4.96 ± 0.01 |

Means ± standard deviation (n = 3).

Table 7. Physicochemical characteristics of mulberry wine fermented with different yeasts for 8 days at 26°C

| Yeasts ¹⁾ | pH | Titratable acidity (%) | Ethanol content (%) | Color | | |
|----------------------|-------------|------------------------|---------------------|-------------|-------------|-------------|
| | | | | L | a | b |
| Wg-15 | 4.07 ± 0.01 | 0.83 ± 0.02 | 10.6 ± 0.01 | 1.00 ± 0.03 | 2.71 ± 0.03 | 0.69 ± 0.02 |
| Sc-24 | 4.33 ± 0.01 | 0.64 ± 0.01 | 11.0 ± 0.01 | 1.00 ± 0.01 | 3.60 ± 0.02 | 0.70 ± 0.02 |
| Bc | 3.97 ± 0.01 | 1.09 ± 0.02 | 10.4 ± 0.01 | 1.00 ± 0.03 | 1.81 ± 0.02 | 0.69 ± 0.02 |
| Wy | 4.29 ± 0.02 | 0.64 ± 0.02 | 10.1 ± 0.01 | 1.00 ± 0.02 | 1.81 ± 0.02 | 0.70 ± 0.02 |

¹⁾Wg-15: strain isolated from wild-grape wine, Sc-24: *S. cerevisiae* KCCM 12224, Bc: Biocon yeast, Wy: whisky yeast.

Table 8. Physicochemical and fermentation characteristics of mulberry wine fermented with *S. cerevisiae* KCCM 12224 at different sugar contents for 8 days at 26°C

| Soluble solid contents (°brix) | pH | Titratable acidity (%) | Ethanol contents (%) | Color | | |
|--------------------------------|-------------|------------------------|----------------------|-------------|-------------|-------------|
| | | | | L | a | b |
| 24 | 4.35 ± 0.01 | 0.64 ± 0.01 | 11.7 ± 0.02 | 1.00 ± 0.12 | 2.71 ± 0.10 | 0.69 ± 0.12 |
| 26 | 4.36 ± 0.01 | 0.71 ± 0.02 | 12.8 ± 0.02 | 1.22 ± 0.10 | 2.95 ± 0.11 | 0.85 ± 0.10 |
| 28 | 4.39 ± 0.01 | 0.69 ± 0.01 | 13.7 ± 0.01 | 1.41 ± 0.08 | 1.94 ± 0.08 | 0.99 ± 0.08 |
| 30 | 4.40 ± 0.01 | 0.72 ± 0.01 | 14.4 ± 0.02 | 1.22 ± 0.12 | 2.22 ± 0.09 | 0.85 ± 0.09 |

적정 보당량 시험

포도주는 초기 당도가 20 °Brix 이상이 되어야 알코올 농도 11% 이상의 포도주를 제조할 수 있다(25). 그러나 오디 발효주는 오디 자체의 당도만으로는 10% 이상의 발효주를 제조하기 어려워 당의 보충이 필요하다. 오디 와인(18)과 수박 발효주(26) 제조시 여러 종류의 당원 중 설탕이 맛과 향이 우수하고 알코올 생성에도 문제가 없다고 보고하여 본 실험에서도 설탕으로 보당하여 실험하였다.

설탕을 첨가하여 발효한 오디주의 이화학적 및 발효 특성 결과는 Table 8과 같다.

당 농도에 따른 오디 발효주의 pH는 4.35-4.40 범위로서 당의 농도에 관계없이 별다른 차이가 없었다. 적정산도는 24, 26, 28, 30 °Brix에서 각각 0.64, 0.71, 0.69, 0.72%를 나타내어 pH 결과와 비슷한 경향을 보였다. 에탄올 생성량은 24, 26, 28, 30 °Brix로 설탕 첨가 농도가 증가할수록 각각 11.7, 12.8, 13.7, 14.4%로 증가하였다. 발효성 당의 에탄올로 전환율은 48.0-49.2%로서 가용성 고형분의 농도에 따라 큰 차이를 보이지 않았다. 오디발효주의 명도(L)는 24 °Brix 1.00, 26 °Brix 1.22, 28 °Brix 1.41, 30 °Brix 1.22로 28 °Brix까지는 설탕 첨가량이 증가할수록 점차 명도가 증가하는 경향을 나타내었으나 30 °Brix에서는 다소 감소하였다. 황색도(b)는 명도와 같은 경향을 나타내었으나, 적색도(a)는 24 °Brix 2.71, 26 °Brix 2.95로 높게 나타났고, 28 °Brix 1.94, 30 °Brix 2.22로 다소 낮게 나타났다. 에탄올 생성량, 적정산도 및 적색도 등을 고려하여 향후 시험은 24 °Brix에서 실시하였다.

Hwang 등(26)은 수박을 이용한 발효주에서 당 농도가 24 °Brix를 초과했을 때 생성된 알코올 함량이 24 °Brix때 보다 적어진다고 하였으며, 이렇게 발효력이 떨어지는 것은 당의 삼투압 작용에 의해 효모의 활성이 떨어지기 때문이라고 보고하였다. 그러나 Choi 등(28)은 복분자 발효주 제조시 당 함량이 증가할수록 알코올의 생성량도 비례적으로 증가하는 경향을 나타냈으며, 관능검사를 통한 알코올의 적정량은 11-13%라고 하였다. 이는 사용된 Sc-24 효모가 상기 보고된 효모보다 내당성이 비교적 높기 때문이라고 보고하여 본 실험 결과와 비슷한 경향을 나타내었다.

최적 발효 온도의 선정

발효 온도를 달리하여 제조한 오디 와인의 발효 중 이화학적

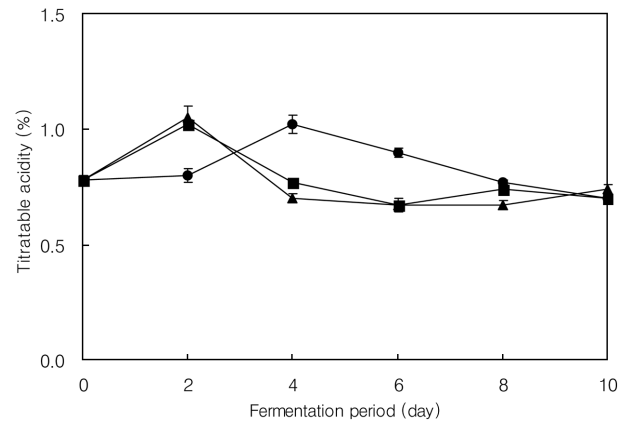


Fig. 1. Change in titratable acidity of mulberry wine fermented with *S. cerevisiae* KCCM 12224 at different temperatures. -●-: 15°C, -▲-: 20°C, -■-: 26°C. Vertical bars represents mean ± S.D. (n = 3).

특성의 변화는 Fig. 1-3 및 Table 9와 같다.

pH는 발효 중 전체적으로 약간 증가하는 경향을 나타냈으나 그 변화 정도는 크지 않았다. 15°C와 20°C의 경우 발효 기간 중 pH 4.22-4.26으로서 26°C의 경우(pH 4.22-4.35)보다 약간 낮았다 (data not shown).

적정산도(Fig. 1)는 15°C 발효의 경우 발효 초기 0.78%에서 발효 4일째 1.02%로 증가하였으나 그 이후 점차 감소하여 발효 10일째 0.70%를 나타냈다. 20°C와 26°C의 경우, 발효 기간 동안 비슷한 경향을 보였는데, 발효 초기 0.78%에서 발효 2일째 1.02-1.05%로 증가하였으며 이후 점차 감소하여 발효 10일째 15°C의 경우와 비슷한 0.70-0.74%를 나타냈다.

잔류당의 경우(Fig. 2), 15°C 발효에서 발효 초기 24.0 °Brix에서 발효 4일째까지 10.0 °Brix로 급격히 감소하였으며 이후 8.5-8.7 °Brix를 유지하였다. 20°C와 26°C 발효에서는 발효 초기 24.0 °Brix에서 발효 2일째까지 각각 9.0 °Brix와 10.0 °Brix로 급격히 감소하였으며 그 이후 각각 8.2-8.7 °Brix와 8.3-9.0 °Brix로 서서히 감소하였다.

에탄올 생성량(Fig. 3)의 경우, 15°C 발효에서 발효 6일째까지

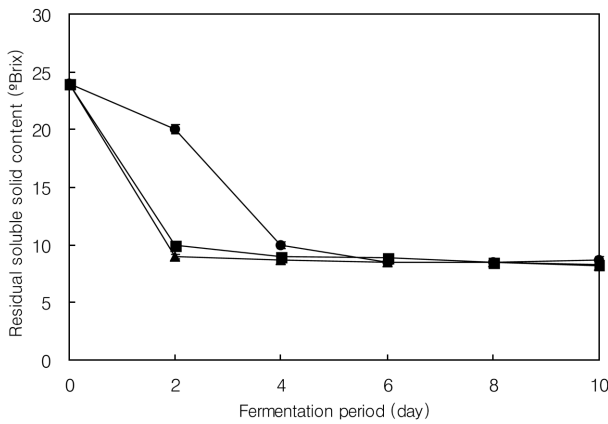


Fig. 2. Change in residual soluble solid contents of mulberry wine fermented with *S. cerevisiae* KCCM 12224 at different temperatures. -●-: 15°C, -▲-: 20°C, -■-: 26°C. Vertical bars represents mean ± S.D. (n = 3).

10.5%로 급격히 증가하였으며 발효 8일 이후 11.0%를 유지하였다. 20°C와 26°C 발효에서는 발효 4일째까지 각각 11.3%와 11.1%로 급격한 증가를 보이다가 이후 각각 10.8-11.3%와 11.0-11.2%를 유지하였으며, 발효 8일째 이후에는 15°C 발효의 경우와 차이가 없었다.

색도(Table 9)의 경우, 15°C 발효에서 명도(L)는 발효 4일 이후 변화가 없었으며, 적색도(a)와 황색도(b)는 발효 기간에 따라 점차 감소하여 발효 10일째 각각 0.68과 0.69를 나타냈다. 20°C 발효에서도 15°C 발효에서와 비슷한 경향을 나타냈으며, 발효 10일째 명도, 적색도 및 황색도가 15°C 발효와 비슷하였다. 그러나 26°C 발효에서는 명도의 경우 발효 초기 1.73에서 발효 4일째 1.22로 감소하였으나 발효 6일 이후 다시 증가하여 15°C 및 20°C 발효와 비슷하였다. 적색도와 황색도는 모두 발효기간에 따라 감소하였으나 15°C와 20°C의 경우 보다 감소율이 적게 나타났다. 이상의 결과를 통해, 15°C 발효의 경우 발효 초기에 효모의 생육이 저해를 받아 에탄올이 느리게 생성되었으며, 20°C와 26°C의 경우 에탄올 생성이 급격하게 이루어져 발효 4일에 거의 종료된 것으로 판단되었다. 따라서 에탄올 생성량과 적색도가 우수한 26°C가 오디 와인을 발효하기에 적합한 온도로 판단되었으며, 에탄올 생성량과 잔류당 함량이 거의 변하지 않는 8일 동안 발효하는 것이 적합한 것으로 판단되었다.

일반적으로 발효 온도가 높으면 무산균 처리한 오디즙 중의 유산균 등이 생육이 촉진되어 이상 발효가 일어나고 지나치게 발

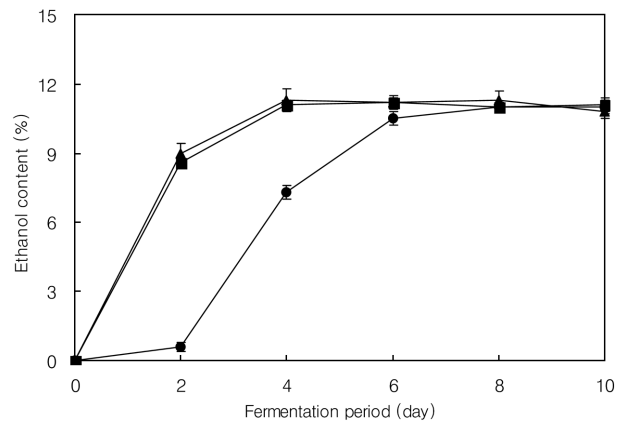


Fig. 3. Change in ethanol contents of mulberry wine fermented with *S. cerevisiae* KCCM 12224 at different temperatures. -●-: 15°C, -▲-: 20°C, -■-: 26°C. Vertical bars represents mean ± S.D. (n=3).

효 온도가 낮으면 효모의 생육이 저해를 받아 에탄올 생성 수율이 낮아진다(29). 본 실험결과는 분리한 *S. cerevisiae* 9균주를 이용하여 24 °Brix, 25°C에서 10일간 발효한 오디 와인의 알코올 함량이 8.0-11.0%라고 보고한 결과(18)와 비슷하거나 약간 높았다.

오디 와인의 유리당 함량 변화

S. cerevisiae KCCM 12224 효모를 이용하여 24 °Brix, 26°C에서 10일간 발효한 오디 와인의 발효 기간 중 유리당의 함량 변화는 Table 10과 같다.

주요 유리당으로 fructose, glucose, sucrose가 검출되었으며, 발효 초기에는 sucrose의 함량이 9.44%로 가장 높게 나타났다. 이는 오디 와인 제조시 설탕 첨가에 기인 한 것이며, 발효 기간 동안 산에 의한 가수분해로 fructose와 glucose로 전환되어 발효 2일째 0.78%로 급격히 감소하였으며 발효 6일 이후에는 검출되지 않았다. Fructose 함량은 발효 초기 7.42%에서 발효 2일에 8.59%로 약간 증가하였는데 이는 sucrose의 가수분해에 의해 전환된 것으로 판단되며, 발효 4일 이후 급격히 감소하였다. Glucose 함량은 발효 초기 6.53%에서 발효 4일째 0.22%로 급격한 감소를 나타냈으며, 발효 8일부터는 검출되지 않았다. 이상의 실험 결과를 통해, 오디 와인 발효에 있어 효모의 발효에 glucose가 fructose보다 먼저 이용된 것으로 판단된다. 이러한 결과는 곱감주(30)와 복분자주(31) 발효 과정 중 이화학적 특성 변화에 관한 연구에서 효모의 당 이용성이 sucrose, glucose, fructose 순인 것으로 보고한 것과 비슷한 결과를 나타내었다.

Table 9. Changes in color of mulberry wine fermented with *S. cerevisiae* KCCM 12224 at different temperatures

| Fermentation temperature | | Fermentation period (day) | | | | | |
|--------------------------|---|---------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| | | 0 | 2 | 4 | 6 | 8 | 10 |
| 15°C | L | 1.73 ± 0.10 | 1.73 ± 0.12 | 1.41 ± 0.10 | 1.41 ± 0.12 | 1.40 ± 0.08 | 1.41 ± 0.10 |
| | a | 2.68 ± 0.11 | 2.63 ± 0.11 | 2.71 ± 0.11 | 1.31 ± 0.10 | 1.31 ± 0.08 | 0.68 ± 0.11 |
| | b | 1.21 ± 0.10 | 1.21 ± 0.12 | 0.99 ± 0.10 | 0.98 ± 0.11 | 0.98 ± 0.08 | 0.69 ± 0.10 |
| 20°C | L | 1.73 ± 0.10 | 1.58 ± 0.08 | 1.41 ± 0.11 | 1.41 ± 0.12 | 1.41 ± 0.11 | 1.40 ± 0.10 |
| | a | 2.68 ± 0.11 | 2.22 ± 0.09 | 1.94 ± 0.12 | 1.31 ± 0.09 | 0.68 ± 0.10 | 0.68 ± 0.11 |
| | b | 1.21 ± 0.10 | 1.10 ± 0.08 | 0.98 ± 0.11 | 0.98 ± 0.10 | 0.98 ± 0.11 | 0.69 ± 0.10 |
| 26°C | L | 1.73 ± 0.10 | 1.22 ± 0.10 | 1.22 ± 0.10 | 1.41 ± 0.10 | 1.41 ± 0.09 | 1.41 ± 0.11 |
| | a | 2.68 ± 0.11 | 2.22 ± 0.11 | 1.81 ± 0.10 | 1.31 ± 0.11 | 1.18 ± 0.09 | 1.31 ± 0.11 |
| | b | 1.21 ± 0.10 | 0.99 ± 0.11 | 0.99 ± 0.11 | 0.98 ± 0.10 | 0.85 ± 0.09 | 0.85 ± 0.11 |

Table 10. Changes in free sugar content of mulberry wine fermented with *S. cerevisiae* KCCM 12224 at 26°C

| Fermentation period (day) | Free sugar (%) | | | |
|---------------------------|----------------|-------------|-------------|--------------|
| | Fructose | Glucose | Sucrose | Total |
| 0 | 7.42 ± 0.02 | 6.53 ± 0.05 | 9.44 ± 0.03 | 23.39 ± 0.02 |
| 2 | 8.59 ± 0.05 | 3.19 ± 0.02 | 0.78 ± 0.01 | 12.56 ± 0.02 |
| 4 | 1.35 ± 0.05 | 0.22 ± 0.01 | 0.17 ± 0.02 | 1.74 ± 0.13 |
| 6 | 0.67 ± 0.04 | 0.03 ± 0.00 | 0.00 ± 0.00 | 0.70 ± 0.04 |
| 8 | 0.64 ± 0.02 | 0.00 ± 0.00 | 0.00 ± 0.00 | 0.64 ± 0.02 |
| 10 | 0.52 ± 0.01 | 0.00 ± 0.00 | 0.00 ± 0.00 | 0.52 ± 0.01 |

오디 와인의 유기산 함량 변화

S. cerevisiae KCCM 12224 효모를 이용하여 24 °Brix, 26°C에서 10일간 발효한 오디 와인의 발효 기간 중 유기산의 함량 변화는 Table 11과 같다.

오디 와인의 유기산 성분은 citric acid와 malic acid의 함량이 각각 0.31-0.41%와 0.21-0.41%로 가장 높아 이들이 오디 와인의 주요 유기산으로 나타났으며, 이외에도 tartaric, succinic, lactic, acetic acid가 검출되었다.

Citric acid 함량은 발효 초기 0.31%에서 발효 2일째 0.37%로 증가하였으며 이후 0.40-0.41%를 유지하였다. Malic acid는 발효 초기 0.34%에서 발효 2일째 0.41%로 증가하였으며, 이후 감소하는 경향을 나타내었다. 발효 기간 중 malic acid가 감소하는 경향은 와인 제조 시 일반적인 현상이며, malolactic fermentation 과정을 거치면서 감소된 것으로 판단된다(31). 발효 기간 중 malic acid의 함량 감소는 적정산도의 감소(Fig. 1)에 중요한 영향을 미치는 것으로 나타났다. Lactic acid는 발효 초기 0.08%에서 발효 기간에 따라 증가하여 발효 10일째 0.26%를 나타냈다. Succinic acid와 acetic acid는 발효 기간 동안 점차 증가하는 경향을 나타냈는데, 이는 발효 과정 중 malic acid의 분해에 의해 함량이 증가한 것으로 판단된다. 본 실험 결과는 품종에 따라 발효한 오디 와인의 citric acid 함량이 7.27-13.30 mg/mL로서 가장 높았고, 품종에 따라 차이는 있었으나 malic acid의 2배 정도를 나타냈다고 보고한 Kim 등(1)의 결과와 비슷하였다.

와인 제조시 citric acid와 malic acid는 맛에 중요한 성분으로 citric acid는 와인의 향에 신선함을 증가시키고, malic acid는 와인의 신맛을 부드럽게 해 주지만 많은 양이 존재 할 경우 풋내를 증가시키기도 한다(32). 그러나 본 실험 결과, 발효 종료 후 citric acid와 malic acid가 각각 0.41%와 0.21%로 와인의 향과 맛에 있어 신선하고 부드러운 풍미를 나타내었다.

오디 와인의 anthocyanin 함량 변화

Anthocyanin 색소는 근래 노화억제, 망막장애의 치료 및 시력

Table 12. Changes in anthocyanin content of mulberry wine fermented with *S. cerevisiae* KCCM 12224 at 26°C

| Fermentation period (day) | Anthocyanin (Unit: mg%) | | |
|---------------------------|----------------------------|---------------------------|----------------------------|
| | Cyanidin-3-glucoside | Cyanidin-3-rutinoside | Total anthocyanin |
| 0 | 195.95 ± 3.38 ^a | 75.97 ± 1.91 ^a | 271.91 ± 1.48 ^a |
| 2 | 15.37 ± 2.25 ^b | 73.20 ± 2.12 ^b | 88.57 ± 4.37 ^b |
| 4 | 8.13 ± 1.12 ^{cd} | 66.11 ± 1.03 ^c | 74.24 ± 2.15 ^c |
| 6 | 7.83 ± 0.94 ^{cd} | 61.97 ± 1.05 ^d | 69.80 ± 1.99 ^c |
| 8 | 6.34 ± 1.15 ^d | 52.17 ± 1.11 ^e | 58.51 ± 2.26 ^d |
| 10 | 10.81 ± 1.13 ^c | 45.53 ± 1.32 ^f | 56.34 ± 2.45 ^d |

^{a-d)} Mean values with different superscripts in the same column are significantly different ($p < 0.05$).

개선 효과, 항산화 작용 등 다양한 생리 활성을 갖는 것으로 보고됨에 따라 인체에 무해한 천연 색소 및 기능성 소재로써 각광 받고 있다(4,10,12).

오디 와인의 발효 중 anthocyanin 색소의 함량 변화는 Table 12와 같다.

오디 와인의 주요 anthocyanin 색소 성분은 cyanidin-3-glucoside(C-3-G)와 cyanidin-3-rutinoside(C-3-R)로 나타났으며, 발효 초기 C-3-G와 C-3-R의 함량비는 약 7:3으로 검출되어 Kim(33)의 결과와 비슷하였으나 C-3-G만 검출되었다고 보고한 Kim 등(4)의 결과와는 차이가 있었다. C-3-G의 함량은 발효 초기 195.95 mg%에서 발효 2일째 15.37 mg%로 급격한 감소를 보였으며, 이후 점차 감소하여 발효 4일째 10.81 mg%를 나타내 오디 와인의 발효 초기에 C-3-G의 함량이 급격히 감소하였다. C-3-R의 함량은 발효 초기 75.97 mg%에서 발효 기간 동안 점차 감소하여 발효 10일째 45.53 mg%를 나타냈다. 발효 기간 중 C-3-R은 C-3-G보다 적게 감소하였으며, C-3-G의 발효 안정성이 C-3-R보다 떨어지는 것으로 판단되었다. 발효 기간 동안 총 anthocyanin 함량은 발효 2일째 급격한 감소를 보였으며 이후 점차 감소하는 경향을 나타냈으며, 이는 주로 C-3-G의 감소에 의한 영향인 것으로 판단된다. 총 anthocyanin 색소의 함량이 감소한 결과는 26°C에서 발효 시 발효 기간 중 적색도가 크게 감소한 것으로 나타난 결과(Table 9)와 일관된 경향을 나타냈다.

Anthocyanin 색소는 보통 자연계에 배당체 형태로 존재하며, 오디의 품종에 따라 함량이 18.84-328.70 mg%로서 차이가 크며(34), 오디에 다량 함유된 C-3-G는 항산화력이 우수한 것으로 알려져 있다(9,35). 그러나 오디 와인의 발효 중 anthocyanin 색소가 크게 감소하였으며, 이에 따라 이 색소를 안정화 시킬 수 있는 방법과 anthocyanin 색소가 함유된 오디 와인의 생리적 기능성에 대한 연구의 필요성이 제기되었다.

Table 11. Changes in organic acid content of mulberry wine fermented with *S. cerevisiae* KCCM 12224 at 26°C

| Fermentation period (day) | Organic acids (%) | | | | | | |
|---------------------------|-------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| | Citric | Tartaric | Malic | Succinic | Lactic | Acetic | Total |
| 0 | 0.31 ± 0.02 | 0.04 ± 0.01 | 0.34 ± 0.01 | 0.04 ± 0.02 | 0.08 ± 0.01 | 0.03 ± 0.02 | 0.84 ± 0.02 |
| 2 | 0.37 ± 0.02 | 0.02 ± 0.01 | 0.41 ± 0.02 | 0.06 ± 0.01 | 0.23 ± 0.02 | 0.02 ± 0.01 | 1.11 ± 0.02 |
| 4 | 0.40 ± 0.01 | 0.02 ± 0.01 | 0.29 ± 0.01 | 0.07 ± 0.01 | 0.25 ± 0.01 | 0.04 ± 0.01 | 1.07 ± 0.02 |
| 6 | 0.40 ± 0.02 | 0.02 ± 0.01 | 0.25 ± 0.01 | 0.08 ± 0.02 | 0.25 ± 0.01 | 0.04 ± 0.02 | 1.04 ± 0.01 |
| 8 | 0.41 ± 0.01 | 0.02 ± 0.01 | 0.23 ± 0.01 | 0.10 ± 0.02 | 0.29 ± 0.02 | 0.05 ± 0.01 | 1.10 ± 0.01 |
| 10 | 0.41 ± 0.02 | 0.02 ± 0.01 | 0.21 ± 0.01 | 0.11 ± 0.02 | 0.26 ± 0.02 | 0.05 ± 0.01 | 1.06 ± 0.02 |

요 약

오디 와인의 제조를 위한 최적 발효 조건을 선정하였으며, 발효 중 이화학적 특성 및 anthocyanin 색소의 함량 변화를 조사하였다. 오디 원료의 일반 성분은 수분 83.75%, 조단백질 1.95%, 조지방 0.22%, 회분 0.97%이었으며, pH 4.56, 적정산도 0.50%, 가용성 고형분 13.0 °Brix, 색도는 명도(L) 8.96, 적색도(a) 6.55, 황색도(b) 4.96으로 나타났다. 주요 유리당으로 fructose와 glucose가 검출되었으며, 주요 유기산으로 citric, malic, succinic acid가 검출되었다. 시험에 사용한 4종 효모 모두 오디 과즙에서 정상적인 알코올 발효를 하였으며, *Saccharomyces cerevisiae* KCCM 12224로 발효한 오디 와인의 에탄올 생성량과 적색도가 각각 11.0%와 3.60로서 가장 높았다. 가용성 고형분 24 °Brix와 26°C에서 발효시 에탄올 생성량, 적정산도 및 적색도 등에서 우수한 특성을 나타냈다. 오디 와인의 발효 초기 주요 유리당은 sucrose, fructose 및 glucose 이었으며, 발효기간에 따라 현저히 감소하였다. 유기산 중 citric acid의 함량은 발효 기간 중 비슷하게 유지되었고, malic acid는 감소하였으며, lactic acid와 succinic acid는 증가하였다. 오디 와인의 주요 anthocyanin 색소는 cyanidin-3-glucoside(C-3-G)와 cyanidin-3-rutinoside(C-3-R)가 검출되었으며, C-3-G의 함량은 발효 초기 195.95 mg%에서 발효 2일째 15.37 mg%로 급격한 감소를 보였으며, C-3-R은 발효 기간중 점차 감소하여 발효 10일째 45.53 mg%를 나타냈다. 이상의 결과로부터, 오디 와인 제조를 위하여 오디 마쇄액에 K₂S₂O₈ 200 ppm을 처리하고, 설탕으로 24 °brix로 보당한 후 *S. cerevisiae* KCCM 12224 배양액 3%(v/v)를 접종하여 26°C에서 8일 동안 발효하는 것이 최적 조건인 것으로 나타났다.

감사의 글

이 논문은 산업자원부 지정, 전라북도 지원 지역협력연구센터인 전북대학교 바이오식품소재개발 및 산업화연구센터의 연구비 지원에 의해 연구되었음.

문 헌

- Kim HR, Kwon YH, Kim HB, Ahn BH. Characteristics of mulberry fruit and wine with varieties. J. Korean Soc. Appl. Biol. Chem. 49: 209-214 (2006)
- Koh GC. Production and utilization technology of mulberry fruits (II). GOVP1199511593. Rural Development Administration, Korea (1995)
- Kim HB, Kim SL, Moon JY. Quantification and varietal variation of anthocyanin pigment in mulberry fruits. Korean J. Breed. 34: 207-211 (2002)
- Kim HB, Kim AJ, Kim SY. The analysis of functional materials in mulberry fruit and food product development trends. Food Sci. Ind. 36: 49-60 (2003)
- Hong JH, An SH, Kim MJ, Park GS, Choi SW, Rhee SJ. Quality characteristics of mulberry fruit *seolgitteok* added with citric acid. Korean J. Soc. Food Cook. Sci. 19: 777-782 (2003)
- Kim AJ, Kim MW, Woo NRY, Kim MH, Lim YH. Quality characteristics of *Oddi-Pyun* prepared with various levels of mulberry fruit extract. Korean J. Soc. Food Cook. Sci. 19: 708-714 (2003)
- Dongueuhak Institute, *Donguebogam* (Oriental Medicine, original author; Hur, J.), p. 2803. Ryo-gang Pub. Co., Seoul, Korea (1994)
- Kim HB, Lee YW, Lee WC, Moon JY. Physiological effects and sensory characteristics of mulberry fruit wine with *Chongilppong*. Korean J. Seric. Sci. 43: 16-20 (2001)
- Wang H, Cao G, Prior R.L. Oxygen radical absorbing capacity of anthocyanins. J. Agr. Food. Chem. 45: 304-309 (1997)
- Kang CS, Ma SJ, Cho WD, Kim JM. Stability of anthocyanin pigment extracted from mulberry fruit. J. Korean Soc. Food Sci. Nutr. 32: 960-964 (2003)
- Kim HB. Quantification of cyanidin-3-glucoside (C3G) in mulberry fruits and grapes. Korean J. Seric. Sci. 45: 1-5 (2003)
- Park SW, Jung YS, Ko KC. Quantitative analysis of anthocyanins among mulberry cultivars and their pharmacological screening. Korean Soc. Hort. Sci. 38: 722-724 (1997)
- Kim HB, Kim SL, Moon JY, Chang SJ. Quantification and varietal variation of free sugars in mulberry fruits. Korean J. Seric. Sci. 45: 80-84 (2003)
- Kim HB, Bang HS, Lee HW, Seuk YS, Sung GB. Chemical characteristics of mulberry syncarp. Korean J. Seric. Sci. 41: 123-128 (1999)
- Lee HW, Shin DH, Lee WC. Morphological and chemical characteristics of mulberry (*Morus*) fruit with varieties. Korean J. Seric. Sci. 40: 1-7 (1998)
- Park KJ, Sung GB, Lee YK. The fertility and the characteristics of mulberry fruit on the *Suwonppong* for silkworm rearing (*Morus* spp.). Korean J. Seric. Sci. 44: 19-21 (2002)
- Kim HB, Ryu KS. Sensory characteristics of mulberry fruit jam and wine. Korean J. Seric. Sci. 42: 73-77 (2000)
- Jung GT, Ju IO, Choi DG. Quality characteristics and manufacture of mulberry wine. Korean J. Food Preserv. 12: 90-94 (2005)
- AOAC. Official Method of Analysis. 16th ed. Methods 3.1.03, 37.1.18, 37.1.35, 31.4.02. The Association of Official Analytical Chemists, Washington DC, USA (1995)
- Jeong PH, Kim YS, Shin DH. Changes of physicochemical characteristics of *Schizandra chinensis* during postharvest ripening at various temperature. Korean J. Food Sci. Technol. 38: 469-474 (2006)
- Sadler GO. Titratable acidity. pp. 83-94. In: Introduction to the Chemical Analysis of Foods. Nielson SS (ed). James and Bartlett Publisher, London, UK (1994)
- Jeong EJ, Kim YS, Jeong DY, Shin DH. Yeast selection and comparison of sterilization method for making strawberry wine and changes of physicochemical characteristics during its fermentation. Korean J. Food Sci. Technol. 38: 642-647 (2006)
- SAS Institute, Inc. SAS User's Guide. Statistical Analysis Systems Institute, Cary, NC, USA (1990)
- Rural Resources Development Institute. Food Composition Table. 7th ed. Sammi Planning, Seoul, Korea. pp. 190-191 (2006)
- Bruce WZ, Kenneth CF, Barry HG, Fred SN. Wine Analysis and Production. Chapman & Hall, New York, NY, USA. pp. 447-449 (1995)
- Hwang Y, Lee KK, Jung GT, Ko BR, Choi DC, Choi YG, Eun JB. Manufacturing of wine with watermelon. Korean J. Food Sci. Technol. 36: 50-57 (2004)
- Kim DS. Food Fermentation Microbiology. Yu Han Pub. Co., Seoul, Korea. p. 250 (1998)
- Choi HS, Kim MK, Park HS, Kim YS, Shin DH. Alcoholic fermentation of *bokbunja* (*Rubus coreanus* Miq.) wine. Korean J. Food Sci. Technol. 38: 543-547 (2006)
- Jones RP, Pamment N, Greenfield DF. Alcohol fermentation by yeasts the effect of environmental and others variables. Process Biochem. 16: 42-49 (1981)
- Woo KL, Lee SH. A Study on wine-making with dried persimmon produced in Korea. Korean J. Food Sci. Technol. 26: 204-212 (1994)
- Choi HS, Kim MK, Park HS, Shin DH. Changes in physicochemical characteristics of *bokbunja* (*Rubus coreanus* Miq.) wine during fermentation. Korean J. Food Sci. Technol. 37: 574-578 (2005)
- Park WM, Park HG, Rhee SJ, Kang KI, Lee CH, Yoon KE. Properties of wine from domestic grape, *Vitis labrusca* cultivar. 'Campbell's Early', fermented by carbonic maceration vinification process. Korean J. Food Sci. Technol. 36: 773-778 (2004)
- Kim HS. Quantitative analysis of anthocyanins in mulberry. Korean Home Econ. Res. J. 22: 27-31 (1984)
- Park Sw, Jung YS, Ko KC. Quantitative analysis of anthocyanins among mulberry cultivars and their pharmacological screening. J. Korean Soc. Hort. Sci. 38: 722-724 (1997)
- Park SZ, Lee JH, Han SJ, Kim HY, Ryu SN. Quantitative analysis and varietal difference of cyanidin 3-glucoside in pigmented rice. Korean J. Crop Sci. 43: 179-183 (1998)