

Fermentation characteristics of Campbell Early wine by indigenous *Saccharomyces cerevisiae* yeasts with resistance to potassium metabisulfite and a high sugar concentration

Mi-Sun Kim¹, Soo-Hwan Yeo², Heui-Dong Park^{1,3*}

¹Department of Food Science and Technology, Kyungpook National University, Daegu 702-701, Korea

²Department of Agro-food Resource, National Academy of Agricultural Science, RDA, Suwon 441-853, Korea

³Institute of Fermentation Biotechnology, Kyungpook National University, Daegu 702-701, Korea

아황산 및 당 내성을 가진 토착형 *Saccharomyces cerevisiae* 효모에 의한 캠프벨얼리 포도주의 발효 특성

김미선¹ · 여수환² · 박희동^{1,3*}

¹경북대학교 식품공학부, ²농촌진흥청 국립농업과학원 농식품자원부, ³경북대학교 발효생물공학연구소

Abstract

The indigenous *Saccharomyces cerevisiae* strains S13 and D8 were isolated at the microbial succession stage during spontaneous fermentation of Campbell Early wine as a resistant to potassium metabisulfite and a high sugar concentration. In this study, the fermentation characteristics of Campbell Early wine were investigated and compared with those of *S. cerevisiae* W-3, an industrial wine yeast. Alcohol production by the two strains was delayed at the initial fermentation stage, but increased fast when the fermentation continued. After the fermentation, the S13 and D8 wines contained 12.6% and 13.2% (v/v) alcohol, respectively, which were significantly higher than the alcohol content of the W-3 wine (12%, v/v). No marked differences were observed in the residual soluble solid content and the pH. However, the S13 and D8 wines showed high levels of total acid content, including malic and lactic acids. Especially, the lactic acid content was 8.9-fold in the S13 wine and six-fold in the D8 wine, compared with that of the W-3 wine. The two strains produced a higher level of acetaldehyde and a lower amount of methanol in the wine than the W-3 strain. The *iso*-Butanol content was lower in the two indigenous yeast wines with similar levels of *n*-propanol and *iso*-amyl alcohol contents than that in the W-3 wine. In the sensory evaluation, the S13 and D8 wines had higher scores for their color, flavor, taste and overall preferences than the W-3 wine. Especially, the S13 and D8 wines had much higher scores than the W-3 wine for flavor and color, respectively.

Key words : indigenous yeast, *Saccharomyces cerevisiae*, Campbell Early, grape, wine

서 론

포도주는 포도를 발효 가공하여 제조하는 고부가 제품으로서 세계 포도 생산량의 약 66.0%가 포도주로 가공되고 있다. 생과로 소비되는 포도의 비율은 약 18.7% 정도이며 약 7.7%는 건포도의 제조에 이용되고 있고 나머지 7.6%가 주스 등의 기타 가공품의 제조에 이용된다(1,2). 2011년 현

재 79개국에서 연간 약 2,600만톤이 생산되어 산업적으로 약 1,900억 달러의 시장을 형성하고 있다(2). IWSR 2010의 보고에 따르면 2008년 310억명의 포도주가 소비되었으며 향후 소비량은 더욱 증가할 뿐 아니라 고급 포도주의 소비 증가로 인하여 판매액은 더욱 크게 증가할 것으로 예상하고 있다(3). 일반적으로 포도주의 품질은 원료 포도의 품질, 포도주 효모 및 양조기술에 의해 크게 영향을 받는다(1).

특히 포도주의 발효에 관여하는 효모 *Saccharomyces cerevisiae*는 당을 분해하여 알코올을 생산할 뿐 아니라 다양한 향미물질을 만들어냄으로써 포도주의 품질에 결정적

*Corresponding author. E-mail : hpark@knu.ac.kr
Phone : 82-53-950-5774, Fax : 82-53-950-6772

인 영향을 미치게 된다(4-6). 고대의 포도주와 *S. cerevisiae*의 관계에 관하여는 BC 3150년의 고대 압포라 항아리에서 추출된 DNA의 염기서열이 현존하는 *S. cerevisiae*의 것과 가장 유사하다는 것이 확인된 바 있다(7). 그러나 포도주의 발효에 주로 관여하는 *S. cerevisiae*는 원료 포도 미생물군의 우점적인 미생물은 아니며 발효 중에 새로이 나타나 발효 후기까지 우점균으로서 발효를 주도하는 것으로 알려져 있다(1,8,9). 포도는 발효성 당의 함량이 풍부하여 토착형 효모에 의한 자연발효로 쉽게 포도주로 발효되기도 하지만 배양효모를 접종하여 발효를 유도하는 것이 포도주의 품질에 좋은 영향을 미치게 된다(1). 포도주 효모에 관하여는 유럽을 중심으로 제조하고자 하는 포도주의 타 입에 따라 또는 원료 포도의 품종에 따라 포도주의 향과 맛에 적합한 효모들이 개발되어 왔으며 현재 *S. cerevisiae* Fermivin, EC-1118, OC₂, W-3 등 약 150주 이상의 포도주 효모 균주가 산업화되어 시판되고 있다(10,11). 이러한 효모들은 유럽 특히 프랑스와 스페인을 중심으로 발달한 유럽종 포도인 *Vitis vinifera*에 속하는 적포도주용의 까베르네소비뇽, 메를로, 피노누아 등과 백포도주용의 샤도네이 등의 발효에 적합한 것으로 개발되어 왔다(1).

우리나라의 경우 포도주 산업은 아직까지 초기단계에 있으며 포도주 시장의 규모는 출고가 기준으로 연간 약 870억원, 소매가 기준으로 약 4,000억원을 형성하고 있으며 국내 포도주 시장의 규모는 향후 계속 증가할 것으로 전망되고 있다(3,12). 우리나라의 포도주는 대부분이 주 품종인 *Vitis labruscana*에 속하는 캠벨얼리 포도를 사용하여 제조된다. 캠벨얼리 포도는 우리나라 전체포도 재배면적의 69.9%인 7,902.5 ha에서 재배되고 있는 가장 중요한 품종이다(13,14). 캠벨얼리 포도주의 품질을 개선하기 위하여 그 품종에 알맞은 포도주 효모의 개발이 시급한 실정이나 현재까지 체계적인 연구가 진행되지 못하였다. 본 연구진은 캠벨얼리 자연발효 중 효모의 변화 등을 조사하여 보고한 바 있으며 캠벨얼리 포도주 효모를 개발하기 위한 일환으로 미생물의 천이현상이 일어나는 단계의 발효액으로부터 아황산 및 고농도의 당에 대해 저항성을 가진 토착형 *S. cerevisiae* 효모를 분리하여 그 특성을 조사한 바 있다(9,15). 본 연구에서는 이들 토착형 효모를 스타터로 이용하여 캠벨얼리 포도주를 발효하면서 발효 특성을 조사하는 한편 포도주의 주질 특성을 조사하였다.

재료 및 방법

실험재료 및 균주

포도주 발효에 사용한 원료 포도는 2012년 8월에 경북 상주에서 수확한 캠벨얼리 포도 상품을 구입하여 -20℃에서 냉동 보관하면서 사용하였다. 본 실험에 사용한 균주로는

경북대학교 식품공학부 미생물공학실에 보관중인 *S. cerevisiae* S13과 D8을 사용하였다. 대조균으로서 시판 산업용 포도주 효모 중 무가당 농축 캠벨얼리 포도주의 제조에 가장 적합한 것으로 알려져 있는 포도주 효모 *S. cerevisiae* W-3을 사용하였다(11,15-17). 효모의 배양을 위하여 YPD 배지(2.0% glucose, 1.0% yeast extract, 2.0% bactopectone)(Difco, Detroit, MI, USA)를 사용하여 30℃에서 정지기까지 진탕배양 하였다. 효모 균주는 YPD 배지에서 48시간 배양하여 얻은 배양액과 30%(w/v) 글리세롤 용액을 1:1로 혼합하여 -70℃에 보관하면서 사용하였다.

포도주의 제조

제정 및 과쇄한 캠벨얼리 포도 5 kg을 10 L 발효 용기에 첨가한 다음 설탕을 가하여 당도를 24 °Brix로 조정하였다. 여기에 포도주 발효에 유해한 미생물의 오염과 생육을 방지하기 위하여 potassium metabisulfite의 최종농도가 200 mg/L이 되도록 첨가한 후 5%(v/v) 용량의 YPD 배지에서 배양한 분리균주를 각각 접종하여 알코올 발효를 수행하였다. 발효실의 온도를 20℃로 유지하여 발효를 진행시키면서 이산화탄소의 발생이 현저히 줄고 알코올 농도가 최대치에 도달하여 더 이상 알코올 농도가 증가하지 않을 때 발효를 종료하고 발효액을 10,000g로 원심분리하여 포도주를 제조하였다.

발효 특성 분석

포도주의 가용성 고형분의 농도는 포도주 발효액을 원심분리(10,000g, 10 min)하여 얻은 상정액을 당도계(RA250, ATAGO, Tokyo, Japan)를 사용하여 측정하였다. 알코올의 종류는 상정액 100 mL와 증류수 20 mL로 용기를 세척하여 첨가한 것을 증류하여 80 mL의 증류액을 얻었다. 여기에 증류수를 첨가하여 100 mL로 정용한 액의 알코올 농도를 주정계로 측정한 후 Gay Lussac 표를 이용해 15℃로 온도 보정하여 환산하였다(18,19). 환원당 함량의 측정은 DNS(Dinitrosalicylic acid) 법(20)에 따라 측정하였다. 즉 시료 1.0 mL에 DNS 시약 3.0 mL를 첨가하여 95℃에서 5분간 반응시킨 다음 증류수를 21 mL를 첨가한 후 분광광도계(UV-1601, Shimadzu Co., Kyoto, Japan)를 사용하여 550 nm에서 흡광도를 측정하고 포도당 표준곡선으로부터 환원당 함량을 환산하였다. 총산은 AOAC 방법(18,19)에 따라 포도주의 술덧을 여과하여 얻은 여액을 0.1 N NaOH로 적정하여 주석산으로 환산하였으며 pH는 pH 미터(340, Mettler Toledo Co., Schwerzenbach, Germany)를 이용하여 측정하였다.

유기산 함량 분석

포도주의 유기산 함량을 분석하기 위하여 발효액을 메탄올과 증류수로 활성화 시킨 Sep-pack C₁₈ cartridge와 0.45

μm membrane을 통과시킨 후 HPLC(600E, Waters, Milford, MA, USA)와 RI detector(410, Waters, Milford, MA, USA)를 사용하여 분석하였다. 유기산 column은 Shodex RSpak KC-811(ϕ 8.0 \times 300 mm)(Showa Denko America Inc., New York, NY, USA)을 사용하였고 column 온도는 40 $^{\circ}\text{C}$ 로 설정하였으며 mobile phase로는 0.1 N phosphoric acid를 사용하여 1.0 mL/min의 flow rate로 분석하였다(20,21). 각 피크의 동정은 표준품의 retention time과 비교하였고 함량은 피크의 면적으로 계산하였다.

아세트알데히드 및 미량 알코올의 정량

아세트알데히드, 메탄올 및 고급 알코올의 정량은 GC(6890N, Agilent Technologies Inc., Santa Clara, CA, USA)와 FID 검출기(Agilent Technologies Inc., Santa Clara, CA, USA)를 사용하여 분석하였다(21). Column으로는 HP-FFAP(ϕ 0.25 \times 300 mm)(Agilent Technologies Inc.)를 사용하였고 column 온도는 60 $^{\circ}\text{C}$ (4 min), 210 $^{\circ}\text{C}$ (6 $^{\circ}\text{C}/\text{min}$), 210 $^{\circ}\text{C}$ (2 min)으로 설정하였다. Injector 온도는 190 $^{\circ}\text{C}$, carrier gas는 H_2 를 사용하였으며 split ratio는 100 : 1, flow rate는 30 mL/min이었으며 detector 온도는 200 $^{\circ}\text{C}$ 이었다. 각 피크의 동정은 표준품의 retention time과 비교하였고 함량은 피크의 면적으로 계산하였다.

색도 측정

색도는 Colorimeter(CM-3600d, Konica Minolta, Osaka, Japan)를 이용하여 측정하고 L(명도), a(적색도), b(황색도) 값으로 나타내었다.

관능검사

포도주의 관능검사는 색, 맛, 향 및 전반적인 기호에 대하여 경북대학교 식품공학과 학생 중 본 실험에 관심 있는 관능요원 20명을 선정하였다. 최고 5점, 최저 1점으로 5단계 기호도 척도법으로 실시하였다(22). 이때 관능평점은 5, 대단히 좋다(very good); 4, 약간 좋다(good); 3, 보통이다(fair); 2, 약간 나쁘다(poor); 1, 아주 나쁘다(very poor)로 하였다.

통계처리

모든 데이터는 SAS 통계처리를 이용한 분산분석(ANOVA)과 Duncan의 다중 비교 분석법으로 유의성을 검증하였다(23).

결과 및 고찰

발효 중 알코올 및 가용성 고형분 함량의 변화

토착형 효모 *S. cerevisiae* S13과 D8에 의한 포도주 발효

과정 중의 알코올 함량과 가용성 고형분의 변화를 조사한 결과는 Fig. 1과 같다. 대조군주로 사용한 W-3 균주를 포함하여 세 균주 모두 알코올을 잘 생산하였으며 발효 5일 후에 거의 최대값에 도달하였다. 균주 S13과 D8의 경우 대조군주 W-3보다 초기발효에 있어서 알코올 생성이 다소 지연되는 현상을 나타내었으나 발효 4~5일후부터 알코올 생성량이 대조군주 W-3보다 높았다. 발효 종료시점인 8일 후의 알코올 함량은 S13 포도주가 12.6%, D8 포도주가 13.2%로서 대조군주 W-3 포도주의 12.0%보다 높게 나타났다.

이러한 현상은 본 연구에서 사용한 토착형 효모 균주 S13과 D8은 우리나라에서 주로 재배하고 있는 캠벨얼리에서 분리된 것으로서 캠벨얼리 포도주의 제조에 잘 적응하여 대조군주 W-3보다 다소 높은 알코올을 생산한 것으로 추정된다. 가용성 고형분에 대한 알코올 생성비는 알코올 부피를 기준으로 S13 포도주가 52.5%, D8 포도주가 55.0%로서 이론적 최대 수치인 59.0%에 근접한 양의 알코올을 생산하여 정상적인 알코올 발효가 이루어졌음을 알 수 있었다(24). 가용성 고형분의 변화는 초기 24 $^{\circ}\text{Brix}$ 에서 급격히 감소하는 현상을 나타내었으며 특히 대조군주 W-3에 의해 가용성 고형분의 함량이 가장 빠르게 감소하였고 균주 S13과 D8의 경우 가용성 고형분 함량이 발효 1일 동안 감소폭이 낮았으나 그 후부터 대조군주 W-3과 거의 유사한 속도로 감소하는 현상을 나타내었다. 알코올의 농도가 거의 최고점에 도달한 발효 5일 후에는 세 균주 모두 가용성 고형분의 농도가 최저값인 약 7.0 $^{\circ}\text{Brix}$ 를 나타내었고 그 이후에는 거의 유사하였다.

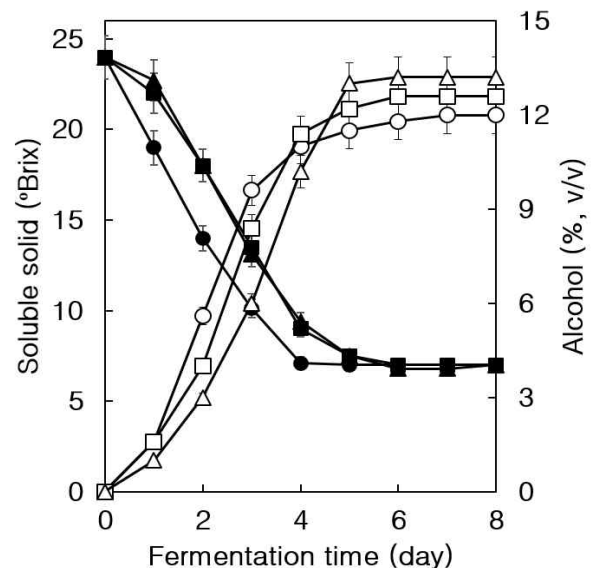


Fig. 1. Changes in the alcohol and soluble solid contents during fermentation of Campbell Early wine by Korean indigenous *S. cerevisiae*.

During the fermentation by *S. cerevisiae* W-3 (○, ●), S13 (□, ■) and D8 (△, ▲), contents of alcohol (open symbols) and soluble solid (closed symbols) were determined. An industrial wine yeast W-3 was used as a control. All the data were expressed as mean \pm SD (n=3).

발효 중 pH 및 총산 함량의 변화

발효 중 pH와 총산 함량의 변화를 조사한 결과는 Fig. 2와 같다. 발효 전 머스트의 pH는 약 3.4이었으며 초기발효 중 다소 감소하였으나 발효가 진행되면서 다시 pH가 증가하였다. 발효기간 중 균주 S13, D8, W-3의 순으로 pH가 다소 낮게 유지되었으나 발효 종료시점인 8일 후에는 W-3 포도주가 3.42, S13 포도주가 3.35, D8 포도주는 3.45를 나타내었다. 발효 전 모든 시험구에서 머스트의 총산 함량은 0.45%로서 일반적인 캠벨얼리 포도의 총산 함량보다 낮게 나타났(25). 발효 중 총산의 함량은 대조균주 W-3의 경우 발효 2일까지 다른 균주들에 비하여 다소 빠르게 증가하였으나 그 이후에는 거의 유사한 수준을 나타내었다. 균주 S13과 D8은 발효 4일까지 다소 느리게 증가하는 현상을 나타내었으나 4일 후 최고점인 0.73~0.75%의 수준을 나타내었으며 이후부터 발효가 종료될 때까지 대조균주 W-3의 0.70%보다 산도가 다소 높게 일정하게 유지되었다. 일반적으로 포도주의 총산 함량은 0.55~0.85%이나 적포도주는 다소 낮은 범위의 총산을 유지하고 pH는 3.3~3.6 정도가 바람직한 것으로 알려져 있으며(1) 본 연구에서 제조한 포도주의 경우 3.35~3.45로서 이와 유사하였다.

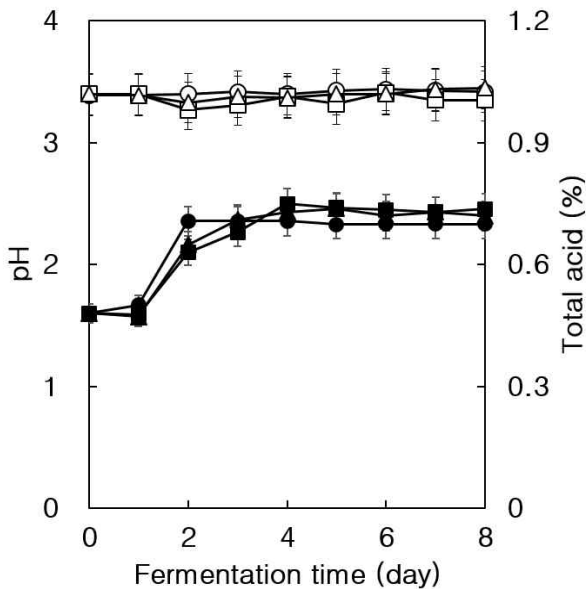


Fig. 2. Changes in the pH and total acid content during fermentation of Campbell Early wine by Korean indigenous *S. cerevisiae*.

During the fermentation by *S. cerevisiae* W-3 (○, ●), S13 (□, ■) and D8 (△, ▲), pH (open symbols) and total acid content (closed symbols) were determined. An industrial wine yeast W-3 was used as a control. All the data were expressed as mean±SD (n=3).

유기산 조성

실험에 사용한 포도의 유기산 함량과 발효가 끝난 후 포도주에서 나타난 유기산의 조성 및 각 유기산의 함량은 Table 1과 같다. Malic acid의 함량은 S13 포도주가 170.4

mg/L로서 가장 높았으며 D8 포도주는 145.3 mg/L이었으며 W-3 포도주가 106.9 mg/L로서 가장 낮게 나타났다. Tartaric acid의 함량은 D8, S13, W-3 포도주의 순으로, citric acid의 함량은 S13, D8, W-3 포도주의 순으로 높게 나타났다. 특히 S13 포도주의 경우 citric acid 함량이 127.6 mg/L로서 W-3 포도주의 1.8배, D8 포도주의 1.6배로 높게 나타났다. Citric acid는 식품에서 산미료로 주로 사용되는 유기산으로서 포도주의 산미를 높이기 위해 포도주에 일부 첨가되기도 하나 유럽연합의 경우에는 포도주에 있어서 citric acid의 첨가가 금지되어 있다. 본 연구의 결과 S13과 D8 포도주의 경우 W-3 포도주보다 citric acid의 함량이 높은 것은 흥미로운 일이라 하겠다.

Lactic acid의 함량은 S13 포도주가 1,825 mg/L, D8 포도주가 1,228 mg/L로서 W-3 포도주의 205 mg/L에 비하여 각각 8.9배, 6.0배의 높은 수준을 나타내었다. 포도주에 검출되는 유기산으로는 tartaric acid, malic acid 및 citric acid가 있으며 포도주의 신맛은 주로 tartaric acid와 malic acid에 의해 결정되며 신맛의 정도는 malic acid > tartaric acid > citric acid > lactic acid의 순으로 강하다고 알려져 있다(26). 일반적으로 캠벨얼리 포도주에는 약 2,400 mg/L의 malic acid와 약 3,000 mg/L의 tartaric acid와 약 500 mg/L의 lactic acid가 함유되어 있는 것으로 알려져 있다(27). 본 연구의 결과 토착형 효모 S13 포도주와 D8 포도주의 malic acid와 tartaric acid의 함량이 일반적인 캠벨얼리 포도주에 비하여 매우 낮게 나타났으며 lactic acid의 함량은 높게 나타났이에 관하여는 좀 더 연구해야 할 과제이다.

아세트알데히드 및 미량 알코올 함량

토착형 효모 균주 S13과 D8로 발효하여 제조한 포도주의 알데히드, 메탄올 및 고급알코올의 함량을 조사한 결과는 Table 2와 같다. 아세트알데히드 함량은 S13 포도주에서 30.0 mg/L로서 가장 높게 W-3 포도주가 23.7 mg/L로서 가장 낮게 나타났으며 D8 포도주는 W-3 포도주와 유사한 수준을 나타내었다. 메탄올의 함량은 S13 포도주가 111.3 mg/L, D8 포도주가 108.3 mg/L로서 W-3 포도주의 155.3 mg/L보다 낮게 나타났다. iso-Butanol의 함량은 S13 포도주가 93.1 mg/L, D8 포도주가 105.1 mg/L로서 모두 W-3 포도주의 123.8 mg/L에 비하여 낮게 나타났으며 n-propanol과 iso-amyl alcohol의 함량은 세 균주로 발효하여 제조한 포도주에서 서로 큰 차이가 없었다. 간 독성, 발암성 등 사람의 건강에 나쁜 영향을 미치는 아세트알데히드의 함량이 토착형 효모로 제조한 포도주에서 다소 높게 나타났으나 식품공전상의 기준치인 700 mg/L의 3.6~4.3% 수준이었다. 과량을 섭취할 경우 시신경을 마비시키거나 심하면 생명에 치명적으로 작용할 수 있는 메탄올의 함량은 토착형 효모 포도주에서 매우 낮게 나타나 W-3 포도주의 약 72%로서 식품공전상의 기준치인 1,000 mg/L의 약 11% 수준을 나타

Table 1. Contents of organic acids in the Campbell Early grape juice and wine fermented by *S. cerevisiae* S13 and D8

Organic acid (mg/L)	Juice	Strain		
		<i>S. cerevisiae</i> W-3 (Control)	<i>S. cerevisiae</i> S13	<i>S. cerevisiae</i> D8
Malic acid	3,874±81	106.9±3.1	170.4±4.8	145.3±2.3
Tartaric acid	2,560±56	44.9±2.7	48.7±2.3	50.3±2.8
Citric acid	323.9±11.2	70.4±3.3	127.6±5.7	78.4±3.4
Lactic acid	ND	205±12	1,825±23	1,228±26

All the data were expressed as mean±SD (n=3). ND, not detected.

Table 2. Contents of aldehyde and minor alcohols in the Campbell Early wine fermented by *S. cerevisiae* S13 and D8

Strain	Aldehyde and minor alcohols (mg/L)				
	Acetaldehyde	Methanol	<i>n</i> -Propanol	<i>iso</i> -Butanol	<i>iso</i> -Amyl alcohol
<i>S. cerevisiae</i> W-3 (Control)	23.7±1.2	155.3±4.5	53.0±2.3	123.8±3.9	585.8±19.7
<i>S. cerevisiae</i> S13	30.0±1.7	111.3±4.7	49.9±1.8	93.1±2.4	580.2±18.3
<i>S. cerevisiae</i> D8	25.5±1.1	108.3±4.0	58.7±2.1	105.1±2.9	623.0±19.1

All the data were expressed as mean±SD (n=3).

내었다(28). 국제적으로 소비자 건강에 문제가 없다고 생각되는 포도주의 메탄올 허용치는 백포도주의 경우 150 mg/L, 적포도주의 경우 300 mg/mL 이하로 보고된 바 있다(29). 일반적으로 포도주의 메탄올 함량은 이보다 낮게 나타나지만 특정 경우에는 이보다 높은 농도를 가진 포도주가 보고되기도 한다(30,31).

포도주 제조 중 생성되는 고급 알코올의 양에 따라 포도주 품질에 큰 영향을 미친다(32). 주요 고급 알코올로는 *iso*-amyl alcohol, *iso*-butanol 및 *n*-propanol 등으로 이들 각각의 성분은 매우 독특한 냄새와 휘발성으로 인하여 포도주와 같이 알코올 농도가 낮은 알코올성 음료에는 flavor나 body에 결정적인 영향을 미치는 중요한 구성성분이다(1). 토착형 효모로 제조한 포도주의 경우 *n*-propanol과 *iso*-amyl alcohol의 함량에는 W-3 포도주와 큰 차이가 없었으나 *iso*-butanol의 함량이 W-3 포도주보다 다소 낮게 나타났다. Romano 등(33)에 의하면 포도주의 고급 알코올 함량은 원료 포도의 품종 및 재배 지역뿐만 아니라 포도주 발효에 관여하는 효모의 종류에 따라서도 크게 달라진다. 또한 *S. cerevisiae* 균주 30종을 사용하여 실험적으로 포도주를 제조하여 조사한 결과 아세트알데히드, 에틸아세테이트, *n*-propanol 등의 함량은 거의 유사하였으나 *iso*-amylalcohol의 함량은 다소 차이가 있었으며 *iso*-butanol 및 acetic acid의 함량에 매우 큰 차이가 있는 것으로 보고한 바 있다. 이러한 결과는 원료 포도의 품종, 재배지역, 야생효모의 종류 및 스타터로 사용하는 와인효모의 균주 차이에 따라서 매우 다양한 포도주가 제조될 수 있음을 뒷받침하고 있다(33).

색 도

유럽계 포도로 제조한 시판 적포도주 색도에 관한 연구

에 의하면 L 값은 55~75, a 값은 20~40, b 값은 10~28의 범위를 나타낸다고 보고된 바 있다(34). 토착형 효모로 발효한 포도주의 L 값은 S13 포도주가 25.85, D8 포도주가 28.4로서 W-3 포도주보다 다소 낮게 나타났으며 유럽계 포도로 제조한 적포도주의 L 값에 비하여 매우 낮은 수치를 나타내었다. Lee 등(35)에 의해 발효 후 우리나라 캠벨얼리 포도주의 경우에는 L 값이 약 29.1로 보고한 바 있어 본 연구의 결과와 유사하였다. 캠벨얼리 적포도주는 발효 직후에는 그 값이 외국의 포도주에 비하여 낮지만 오크통 숙성 중에 L 값이 48.1로 증가하였다고 보고된 바 있다(35). 적색도를 나타내는 a 값은 S13 포도주가 47.18로서 가장 낮았으며 D8 포도주는 W-3 포도주와 유사한 수준으로 나타났다. 황색도를 나타내는 b 값은 S13 포도주가 14.35, D8 포도주가 15.63으로서 W-3 포도주의 16.74에 비하여 낮게 나타났다(Table 3). 포도주를 평가할 때 중요한 항목 중의 하나인 색도는 품질을 평가해 주는 요소이기도 하지만 양조과정 중 색도의 변화는 발효과정, 혹은 숙성정도를 예측할 수 있는 지표가 되기도 한다(36). 포도주의 색은 적색 색소인 anthocyanin계 색소와 황색, 녹색계 색소인 chlorophyll, carotene, xanthophyll, flavone 등으로 대별된다. 적포도주에

Table 3. Hunter's color values of the Campbell Early wine fermented by *S. cerevisiae* S13 and D8

Strain	Hunter's color value		
	L	a	b
<i>S. cerevisiae</i> W-3(Control)	29.83±1.62	53.37±2.98	16.74±1.03
<i>S. cerevisiae</i> S13	25.85±1.33	47.18±2.13	14.35±0.98
<i>S. cerevisiae</i> D8	28.04±1.26	53.03±1.79	15.63±1.38

All the data were expressed as mean±SD (n=3).

서는 적색색소가 침강, 퇴색, 갈변이 되며 갈변은 주로 polyphenol성 물질의 산화로 일어난다(36). 이러한 결과로서 다양한 형태의 적포도주들이 발전되어 왔으며 본 연구에서 얻은 적포도주의 색도는 기존 외국의 적포도주와는 상이한 독특한 적포도주의 개발 가능성을 시사하고 있다.

관능 검사

토착형 효모로 제조한 캠벨얼리 포도주 시료의 색, 향, 맛, 전반적인 기호도에 대한 관능검사 결과는 Table 4와 같다. 토착형 효모 균주 S13과 D8 포도주의 경우 모든 항목에서 W-3 포도주보다 높은 점수를 얻었다. 특히 색의 경우에는 D8 포도주가 3.66으로서 W-3 포도주의 3.08보다 매우 높았으며 S13 포도주는 3.25로서 다소 높은 점수를 얻었다. 향의 경우에는 S13 포도주가 3.42로서 최고 높았으며 S13 포도주와 W-3 포도주의 2.92보다 높은 점수를 얻었다. 맛의 경우에는 S13 포도주가 2.83, D8 포도주가 2.92로서 W-3 포도주의 2.67보다 다소 높았으며 전반적 기호도에서는 S13, D8 포도주 모두 3.25로서 W-3 포도주의 3.00보다 다소 높게 나타났다. Park 등(37)의 국산 포도주 소비자 선호분석 결과에 따르면 응답자의 44.4%가 수입산, 21.7%가 국산 포도주를 선호한다고 대답하여 국산 포도주가 소비자의 욕구를 만족시키지 못하고 있으며 국산 포도주의 보완점으로서 응답자의 43.0%가 맛, 그 다음으로 20.4%가 향을 중요한 요인으로 지적한 바 있다. 본 연구의 결과 토착형 효모로 제조한 포도주가 모든 항목에서 W-3 포도주보다 높은 점수를 얻었으며 특히 균주 S13으로 발효한 포도주가 향에서 매우 높은 점수를 얻었기에 이 균주에 대하여는 좀 더 연구해야 할 과제이다.

그 특성을 산업용 포도주 효모 W-3 균주와 비교하였다. 토착형 효모 두 균주는 초기 발효 중 알코올 생성이 다소 지연되었으나 발효 4~5일 후부터 알코올의 생성량이 대조균주의 경우보다 높아졌다. 발효 종료 후 S13 포도주는 12.6%, D8 포도주는 13.2%로서 대조균주 W-3 포도주의 12.0%보다 높은 알코올 함량을 나타내었다. 발효 후 제성한 적포도주의 잔존 가용성 고형분의 함량, pH 등에는 큰 차이가 없었지만 S13 포도주와 D8 포도주는 총산 및 malic acid, lactic acid 함량이 높게 나타났다. 특히 lactic acid 함량에 있어서 W-3 포도주에 비하여 S13 포도주는 8.9배, D8 포도주는 약 6.0배의 높은 수준을 나타내었다. 토착형 효모 포도주는 W-3 포도주보다 아세트알데히드 함량이 다소 높았으나 매우 낮은 메탄올 함량을 나타내어 W-3 포도주의 72%, 식품공전상 기준치의 약 11% 수준을 나타내었다. *n*-Propanol과 *iso*-amyl alcohol의 함량에는 W-3 포도주와 큰 차이가 없었으나 *iso*-butanol의 함량이 W-3 포도주보다 다소 낮게 나타났다. 관능검사 결과 토착형 효모 포도주는 색, 향, 맛, 전반적 기호도에서 모두 W-3 포도주에 비하여 높은 점수를 얻었으며 특히 색에 있어서는 D8 포도주가 3.66점, 향에 있어서는 S13 포도주가 3.42점으로서 W-3 포도주의 색 3.08, 향 2.92보다 매우 높은 점수를 얻었다.

감사의 글

본 연구는 2013년 농촌진흥청 어젠다 과제(PJ00943902)의 연구비 지원에 의해 수행되었으며 이에 감사드립니다.

References

1. Jackson R (2008) Wine science: principles and applications. Academic Press, New York, NY, USA, p 1-14
2. FAO (2012) FAOSTAT. <http://faostat3.fao.org/home/index.html#Download>. Retrieved 2013-07-22
3. IWSR (2010) IWSR report. <http://www.iwsr.co.uk/>. Retrieved 2013-07-30
4. Fleet GH (2003) Yeast interaction and wine flavor. Int J Food Microbiol, 86, 11-22
5. Lambrechts M, Pretorius I (2000) Yeasts and its importance to wine aroma. S Afr J Enol Vitic, 21, 97-129
6. Romano P, Fiore C, Paraggio M, Caruso M, Capece A (2003) Function of yeast species and strains in wine flavor. Int J Food Microbiol, 86, 169-180
7. Cavalieri D, McGovern P, Hartl D, Mortimer R, Polsinelli M (2003) Evidence for *S. cerevisiae* fermentation in

Table 4. Sensory scores of the Campbell Early wine fermented by *S. cerevisiae* S13 and D8

Strain	Sensory score			
	Color	Flavor	Taste	Overall preference
<i>S. cerevisiae</i> W-3(Control)	3.08 ^{bc} ±0.65	2.92 ^{bc} ±0.54	2.67 ^{ab} ±0.62	3.00 ^{ab} ±0.34
<i>S. cerevisiae</i> S13	3.25 ^{bc} ±0.67	3.42 ^{ab} ±0.49	2.83 ^{ab} ±0.57	3.25 ^{ab} ±0.51
<i>S. cerevisiae</i> D8	3.66 ^{ab} ±0.65	2.92 ^{bc} ±0.51	2.92 ^{ab} ±0.59	3.25 ^{ab} ±0.44

Sensory evaluation was conducted by ten members of panel using scoring difference test and sensory scores were 5, excellent ; 3, fair ; 1, very poor.

^{abc}Means scores within a row followed by the same superscript are not significantly different at 5% level using Duncan's multiple range test.

요 약

우리나라 캠벨얼리 포도주의 발효 중 효모 천이단계에서 분리된 아황산 및 당 내성 토착형 효모 균주 *S. cerevisiae* S13과 D8 균주를 이용하여 캠벨얼리 포도주를 발효하여

- ancient wine. *J Mol Evol*, 57, S226-S232
8. Fleet G (1990) Growth of yeasts during wine fermentation. *J Wine Res*, 1, 211-223
 9. Hong YA, Park HD (2013) Role of non-*Saccharomyces* yeasts in Korean wines produced from Campbell Early grapes: potential use of *Hanseniaspora uvarum* as starter culture. *Food Microbiol*, 34, 207-214
 10. Henschke P (2004) Yeast strains available for winemaking 2004/2005. *Aust Wine Res Inst Tech Rev*, 153, 8-24
 11. Hwang S, Park H (2009) Characteristics of red wine fermentation of freeze-concentrated Campbell Early grape juice using various wine yeasts. *Korean J Food Preserv*, 16, 977-984
 12. Cho Y (2013) A market trend of Korean alcoholic beverages in 2012. *Alcohol Liquor Ind*, 115, 72-81
 13. The Annual Report of Food Industry (2002) The AF News Press, Seoul, Korea, p 200-205
 14. Kim S (2005) The present state of grape cultivation in Korea. In: Symposium on development of Yeongdong grape cluster regional innovation. Yeongdong Grape Cluster Organization, Yeongdong, Korea, p 4-10
 15. Kim M (2006) Fermentation characteristics of osmotolerant yeasts isolated from Korean grapes. MS Thesis, Kyungpook National University, Korea
 16. Kishimoto M, Soma E, Goto S (1994) Classification of cryophilic wine yeasts based on electrophoretic karyotype, G+C content and DNA similarity. *J Gen Appl Microbiol*, 40, 83-93
 17. Toshiro O, Kiyoshi O, Yasufumi U, Kenji Y, Yasuhiro K, Masahiko S, Hisatsugu W (1996) Enhancement of glycerol production by brewing yeast (*Saccharomyces cerevisiae*) with heat shock treatment. *J Ferment Bioeng*, 82, 187-190
 18. AOAC (2000) Official method of analysis 17th Ed. Association of official analytical chemists, Washington D.C., USA
 19. Amerine M, Ough C (1980) Methods for analysis of musts and wine. Wiley & Sons, New York, USA, p 176-180
 20. Ahmed H (2004) Principles and reactions of protein extraction, purification and characterization. CRC Press, London, UK, p 350-352
 21. Kim D, Hong Y, Park H (2008) Co-fermentation of grape must by *Issatchenkia orientalis* and *Saccharomyces cerevisiae* reduces the malic acid content in wine. *Biotechnol Lett*, 30, 1633-1638
 22. Lawless H, Heymann H (1988) Sensory evaluation of food: principles and practices. Chapman and Hall, San Francisco, CA, USA, p 149-174
 23. SAS (2004) SAS/STAT 9.3 user's guide. SAS Institute Inc., Cary, NC, USA, p 313-383
 24. Jackisch P (1985) Modern winemaking. Cornell University Press, Ithaca, New York, USA, p 164-165
 25. American Wine Society (1994) The complete handbook of winemaking. Kent Inc., Ypsilanti, MI, USA, p 87-93
 26. Amerine M, Roessler E, Ough C (1965) Acid and the acid taste: I. The effect of pH and titrable acidity. *Am J Enol Vitic*, 16, 29-37
 27. Lee J, Kim J (2006) Study on the deacidification of wine made from Campbell Early. *Korean J Food Sci Technol*, 38, 408-413
 28. Korea Food & Drug Administration (2010) Food code. KFDA, Seoul Korea, p 10-3-25
 29. Cabaroglu T (2005) Methanol contents of Turkish varietal wines and effect of processing. *Food Control*, 16, 177 - 81
 30. Wu J, Wu M, Jiang C, Hwang Y, Shen S, Chang H (2005) Pectinesterase inhibitor from jelly-fig (*Ficus awkeotsang* Makino) achenes reduces methanol content in carambola wine. *J Agric Food Chem*, 53, 9506 - 11
 31. Wu M, Jiang C, Huang P, Wu M, Wang Y (2007) Separation and utilization of pectin lyase from commercial pectic enzyme via highly methoxylated cross-linked alcohol-insoluble solid chromatography for wine methanol reduction. *J Agric Food Chem*, 55, 1557-62
 32. Rankine B (1967) Formation of higher alcohols by wine yeasts and relationship to taste thresholds. *J Sci Food Agric*, 18, 583-589
 33. Romano P, Fiore C, Paraggio M, Caruso M, Capece A (2003) Function of yeast species and strains in wine flavour. *Inter J Food Microbiol*, 86, 169-180
 34. Gordon B (2009) Wine color analysis using the evolution array UV-Visible spectrophotometer. Thermo Scientific Application Note 51852
 35. Lee J, Shin Y, Sim J, Kim S, Koh K (2002) Study on the color characteristics of Korean red wine. *Korean J Food Sci Technol*, 34, 164-169
 36. Zoecklein B, Fugelsang K, Gump B, Nury F (1995) Wine analysis and production. Chapman and Hall, New York, USA, p 129-168
 37. Park E, Ryu J, Kim T (2010) Analysis of consumer preferences for wine. *Korean J Food Preserv*, 17, 418-424