

Seibel 백포도즙 발효중 화학성분의 변화

고경희* · 장우영

*가톨릭 대학교 식품영양학과, 남양유업(주) 중앙연구소

Changes of Chemical Components during *Seibel* White Grape Must Fermentation by Different Yeast Strains

Kyung Hee Koh* and Woo Young Chang

*Department of Food & Nutrition, The Catholic University of Korea
R & D center, Namyang Dairy products Co., Ltd.

Abstract

This study was attempted to investigate the changes of chemical components by different yeast strains during alcohol fermentation at 12°C. *Saccharomyces cerevisiae*, *Saccharomyces cerevisiae*+*Schizosaccharomyces pombe*, and *Schizosaccharomyces pombe* were inoculated in the *Seibel* grape must, respectively. *Sch. pombe* began to metabolize malic acid after 4 days fermentation actively and utilized approximately 54% of initial malic acid. Ethanol contents of *S. cerevisiae*, *S. cerevisiae*+*Sch. pombe* and *Sch. pombe* were 11.5%, 11.2%, and 10.0%, respectively. The fermentability of *Sch. pombe* was slower than that of *S. cerevisiae*. The production of sulfite showed a positive linear relationship with the yeast growth ($p<0.01$). Sensory scores indicated that the wine samples fermented by *S. cerevisiae* and *Sch. pombe* were not significantly different in color, odor, after taste and overall acceptability. Especially, the taste of *Sch. pombe* was significantly better than that of *S. cerevisiae* ($p<0.05$).

Key words: *Seibel* grape, *Saccharomyces cerevisiae*, deacidification, *Schizosaccharomyces pombe*

서 론

우리나라의 주류생산통계⁽¹⁾를 보면 1994년 기준으로 약주 및 탁주, 청주, 소주가 302,880 kL, 50,095 kL, 765,280 kL인데 비해 과실주는 8,949 kL에 불과해 그 소비량은 전체주류 소비량에서 볼 때 극히 미미한 실정이다. 한국 국민 1인당 포도주의 소비량은 0.2 L정도이며, 일본 1.2 L, 미국 10 L, 프랑스는 80 L에 달한다고 한다. 기후면에 있어서도 우리나라의 연강우량은 900~1300 mm로서 유럽계 포도(*Vitis vinifera*) 재배의 연강우량 한계선인 800 mm를 넘고 특히 강우의 대부분이 포도 생육기인 6~8월에 내리기 때문에 생산되는 포도는 산미가 강한 것이 특징이다. 포도주의 주질을 개선시키기 위하여 포도주의 감산(deacidification) 방법은 크게 화학적인 방법과 미생물학적인 방법으로 요약할 수 있다. 화학적인 방법으로 포도주의 산도를

회석하기 위해 물을 첨가하는 방법과 당도가 높은 포도주와 혼합하는 방법, 또는 당을 첨가하여 산미를 감추는 방법, 탄산칼슘⁽²⁾, 복염(double-salt)^(3,4), 이온교환수지⁽⁵⁾, 등을 이용하여 과실주 중의 유기산을 중화 제거하는 방법 등이 있다. 미생물학적인 방법은 포도주의 유기산 중 산미가 강한 사과산(L-malic acid)을 산미가 약한 젖산(lactic acid) 또는 알코올(ethanol)로 분해하는 것으로서, 이용하는 미생물의 종류에 따라 다시 구분한다. 젖산균을 이용하여 사과산을 젖산으로 분해하는 malo-lactic fermentation (MLF)과 효모를 이용해 사과산을 알코올로 분해하는 malo-alcoholic fermentation (MAF)으로 나뉜다. 화학적인 방법은 과실주 중의 유기산을 구별하지 않고 중화하므로 맛에 영향을 줄 뿐만 아니라 주질을 악화시킬 우려가 있다. 그러나 미생물학적 방법은 주로 산미가 강한 사과산을 분해하므로 바람직한 방법이나 아직까지 국내에서는 실용화 단계에 이르지 못하고 있는 실정이다. MLF는 Kunkee⁽⁶⁾가 포도발효 과정 중에서 발효액의 총산이 감소하는 것을 처음 관찰하였으며, 포도 발효액으로부

Corresponding author: Kyung Hee Koh, Department of Food and Nutrition, The Catholic University of Korea, Puchon 422-743, Korea

터 분리한 미생물의 재접종에 의해서 MLF가 이루어지는 것을 알게되었다. MLF에 관여하는 젖산균은 *Pseudococcus*, *Leuconostoc*, *Lactobacillus*, *Streptobacterium*, *Lactobacterium* 속으로 밝혀졌다⁷⁾. MLF에 관한 연구로는 MLF가 포도주의 pH에 미치는 영향을 조사한 연구와⁽⁸⁻¹¹⁾ 온도가 미치는 영향에 관한 연구^(12,13)가 있다. 또한 malo-lactic bacteria의 대사에 관한 연구로는 Guerzoni 등⁽¹⁴⁾과 Velazquez 등⁽¹⁵⁾의 연구들이 있으며 국내 연구로는 이와 백 등⁽¹⁶⁾과 이⁽¹⁷⁾의 연구가 있다.

Malo-alcohol fermentation (MAF)에 관해서는 *Schizosaccharomyces pombe*가 사과산을 알코올과 CO₂로 분해한다는 사실은 1914년 Kluyver⁽¹⁸⁾에 의하여 보고된 바 있다. 포도주의 MAF에 관해서는 야생 효모나 포도주 효모를 이용한 연구가 있으나^(19,20) 대부분이 분열 효모인 *Schizosaccharomyces* 속을 대상으로 하고 있다^(21,22). 감산방법 중 MLF와 MAF를 비교할 때 MAF는 MLF에 비해 균의 배양, 보존 등이 용이하며, 비교적 저온에서도 효소 작용이 가능하여 사과산 분해가 용이함을 물론 세균취 등 MLF의 단점을 보완할 수 있는 이점을 가지고 있다⁽²³⁾ 국내 연구로는 유⁽²³⁾가 딸기 과피로부터 사과산 분해효모 *Sch. japonicus* var. *japonicus* St-3를 분리하고, 이 균을 이용하여 천연 배지인 사과즙으로 양조한 사과주의 감산에 미치는 제 인자의 영향을 조사하여 이를 *Sch. pombe* O-77^(24,25)과 비교 검사한 연구만이 있을 뿐 포도주의 감산에 관한 국내 연구는 거의 없는 실정이다.

본 연구에서는 국내에서 수확한 양조용 Seibel 백포도 품종을 이용하여 *S. cerevisiae*, *S. cerevisiae* 와 *Sch. pombe*의 혼합 균주, *Sch. pombe*로 12°C에서 발효하여 화학성분 변화, 효모의 생육과 관능검사를 실시하여 포도주의 감산 효과에 대한 연구를 하였다.

재료 및 방법

재료

*Saccharomyces cerevisiae*는 건조효모(Gist-brocades, France)를 사용하였으며, *Schizosaccharomyces pombe* (KCCM 32588, ATCC 16979, IFO 0358)는 한국미생물보존센터(KCCM)에서 분양받아 YM 액체배지(Difco, U.S.A)에 접종하여 25°C에서 72시간 배양한 후 사용하였다.

Seibel 포도즙의 발효

1996년도 여름에 수확한 Seibel 포도는 제경(deste-

mming)과 과쇄(crushing)를 한 후 SO₂를 아황산(H₂SO₃, sulfurous acid 6%)의 형태로 50 ppm 첨가하였다. 착즙한 과즙에서 고형분(pomace, 粕)을 제거하기 위하여 원심분리하여 청정시킨 후 11%의 알코올을 얻기위해 당도가 20.0 °brix가 되도록 saccharose (Junsei chemical Co, Japan)로 보당(sugar addition)하였다. 준비된 포도즙을 각각 멸균한 750 mL, 350 mL 발효병에 나누어 담고 2.0×10⁶ CFU/mL의 효모들을 접종하여 12°C의 통성 혐기성 조건하에서 발효를 실시하였다.

총산

총산(total acidity)은 AOAC법에 준하여 실시하였다. 탈가스시킨 포도즙을 0.1N NaOH로 적정하여 총산을 구하였다. pH는 25°C에서 pH meter (pH/Ion meter 150, Corning, U.S.A.)를 이용하여 측정하였다.

$$\begin{aligned} \text{Total acidity (g tartaric acid/L)} \\ = \frac{(\text{ml base})(\text{N base})(0.075)(1000)}{\text{mL sample}} \end{aligned}$$

당도와 알코올

당도는 상온에서 hand refractometer (model N-1e, A-TAGO, Japan)를 이용하여 측정하였으며, 알코올 함량은 Boehringer Mannheim GmbH (Mannheim, W-Germany)을 사용하여 효소학적 방법으로 측정하였다⁽²⁶⁾.

L-사과산 · 젖산 · Sulfite

Boehringer Mannheim GmbH (Mannheim, W-Germany)를 사용하여 효소학적 방법으로 측정하였다⁽²⁶⁾.

생균수

효모의 생균수는 pour plate counting method로 발효 중인 포도즙을 채취하여 생균수를 측정하였다. YM 고체배지(Difco, U.S.A)를 이용하여 25°C에서 48시간 배양하여 효모의 생균수를 계수하였다.

관능검사 및 통계처리

훈련된 관능검사원 32명을 대상으로 백포도주의 기호도를 조사 하였다. 관능검사 요원으로 하여금 색, 향, 맛, 뒷맛, 전반적인 기호도를 9단계 기호척도법으로 평가하게 하였다. 평가시에 「대단히 나쁘다」는 1점, 「대단히 좋다」는 9점으로 하였다. 통계처리는 SAS (Statistical Analysis System)를 이용하였으며 균주간의 유의적인 차이는 p<0.05에서 Duncan의 다중비교법에 의해 각 항목의 유의성을 검정하였다.

결과 및 고찰

총산 및 pH의 측정

1996년 8월 23일에 경북 경산에서 수확된 포도즙의 화학성분을 측정하였다. 당도는 $13.0^{\circ} \pm 0.0$ brix, pH는 3.2 ± 0.0 , 총산도는 8.7 ± 0.13 g/L, sulfite의 함량은 0.0682 ± 0.010 g/L이었다. Fig. 1에서 pH는 *Sch. pombe*가 발효 말기에 3.44, *S. cerevisiae*+*Sch. pombe*가 3.40, *S. cerevisiae*는 3.30으로 *Sch. pombe*가 가장 높은 pH 수치를 나타내었다. 또한 총산의 함량이 8.7 g/L인 포도즙은 발효 말기에 *Sch. pombe*의 경우 7.8 g/L, *S. cerevisiae*+*Sch. pombe*는 8.1 g/L, *S. cerevisiae*는 8.3 g/L로 감소하였다.

Seibel 포도즙의 발효중 효모의 생균수

Fig. 2는 포도즙에 *S. cerevisiae*, *S. cerevisiae*+*Sch. pombe*와 *Sch. pombe*를 접종하여 24일간 발효시킨 결

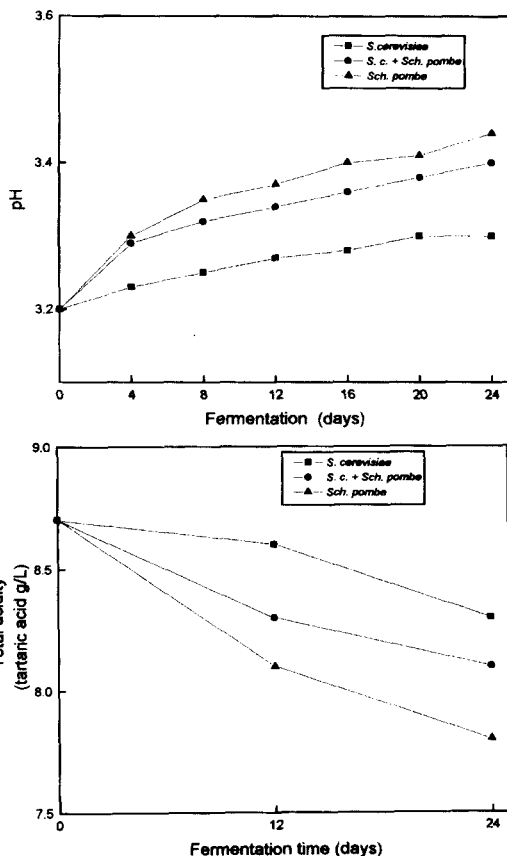


Fig. 1. Changes of pH and total acidity in Seibel grape musts during fermentation at 12°C by different yeast strains.

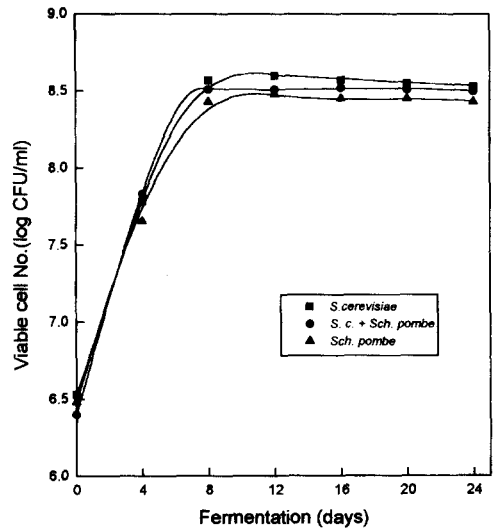


Fig. 2. Growth of yeast strains in Seibel grape musts during fermentation at 12°C.

과이다. *S. cerevisiae*의 경우 접종시 2.0×10^6 CFU/mL이었던 것이 발효 8일경까지 4.7×10^8 CFU/mL으로 급격히 증가하다가 발효 12일 경에 5.6×10^8 CFU/mL까지 증가하였으며 그 이후에는 서서히 감소하여 발효 24일 경에는 4.5×10^8 CFU/mL였다. *Sch. pombe*가 *S. cerevisiae*나 *S. cerevisiae*+*Sch. pombe*보다 생육이 약간 느린 것으로 나타났다

당도와 알코올의 함량변화

Seibel 포도즙 발효중 당도의 변화는 Fig. 3과 같다. 포도즙의 당도 감소를 비교해 보면 *S. cerevisiae*, *S. cerevisiae*+*Sch. pombe*는 포도즙에서 당도 감소 속도가 비슷하였으나 *Sch. pombe*의 경우 당도의 감소 속도가 훨씬 느린 것을 알 수 있었다. 한편 포도 원액의 당도는 13.0° brix로써 유럽지역에서 생산된 품종의 20~25° brix (18~22 g sucrose / 100 mL)에 비하여 매우 낮은 함량을 보였다. 포도즙 발효과정 중 생성되는 에탄올의 함량은 Fig. 3에 나타난 바와 같이 *Sch. pombe*는 10%의 에탄올을 생산하였고, *S. cerevisiae*는 11.5%, *S. cerevisiae*+*Sch. pombe*는 11.2%의 에탄올을 생산하였다. 이러한 결과는 *Sch. pombe*에 의한 포도주에서의 에탄올 생성량이 11.5%였다는 Benda와 Schmitt 등의 보고⁽²⁷⁾ 및 14%의 에탄올을 생산한다는 Nonomura 등⁽²⁸⁾과 비교할 때 다소 낮은 함량이었다. *Sch. japonicus* var. *japonicus*를 이용한 유⁽²³⁾의 결과와 *Sch. pombe*가 7.5%의 에탄올을 생산했다는 정등^(24,25)의 결과 보다는 약간 높은 수치였다. Anthony⁽²⁹⁾에 의하면 *Sch. versatilis*

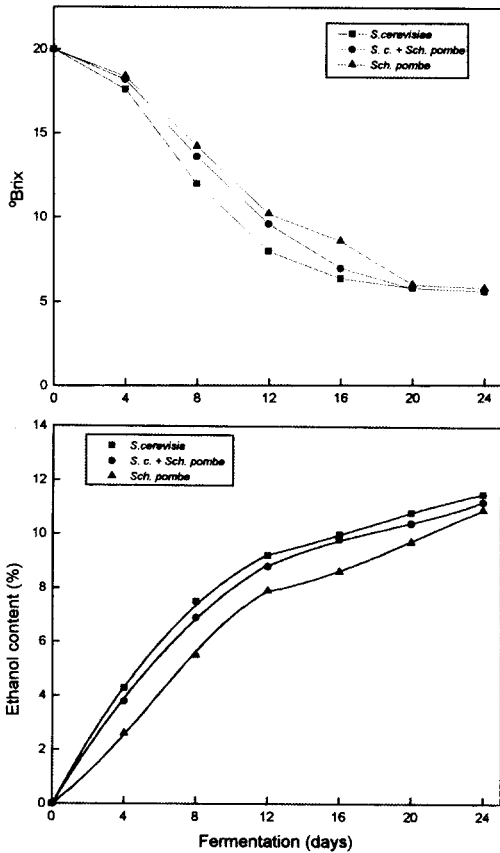


Fig. 3. Changes of pH and total acidity in Seibel grape musts during by different yeast strains during fermentation at 12°C.

는 에탄올 생성력이 약하여 약 10%를 생성하지만 *Sch. pombe* O-77은 14%이상의 에탄올을 생성하였다고 한다. 한편, *Schizosaccharomyces*속에 의한 알코올 발효는 *Saccharomyces* 속 효모의 경우보다 발효 속도가 50%정도 지연되었다는 연구 결과⁽²⁷⁾가 있는데 본 실험에서도 *Sch. pombe*가 *S. cerevisiae* 보다 발효 속도가 느린 것으로 나타났다.

L-사과산과 젖산의 변화

포도즙에 *S. cerevisiae*, *S. cerevisiae*+*Sch. pombe*, *Sch. pombe*를 접종하여 사과산의 변화를 측정 한 결과는 Fig. 4에서와 같이 균의 접종 후 *S. cerevisiae*와 *S. cerevisiae*+*Sch. pombe*의 경우 4일까지는 아무런 변화가 없었으나 *Sch. pombe*만이 감소하는 경향을 보였다. 발효 4일부터 사과산의 감소가 시작되어 발효 말기에는 *Sch. pombe*가 발효 초기 농도의 56%, *S. cerevisiae*+*Sch. pombe*는 40%, *S. cerevisiae*는 33%의 감소율

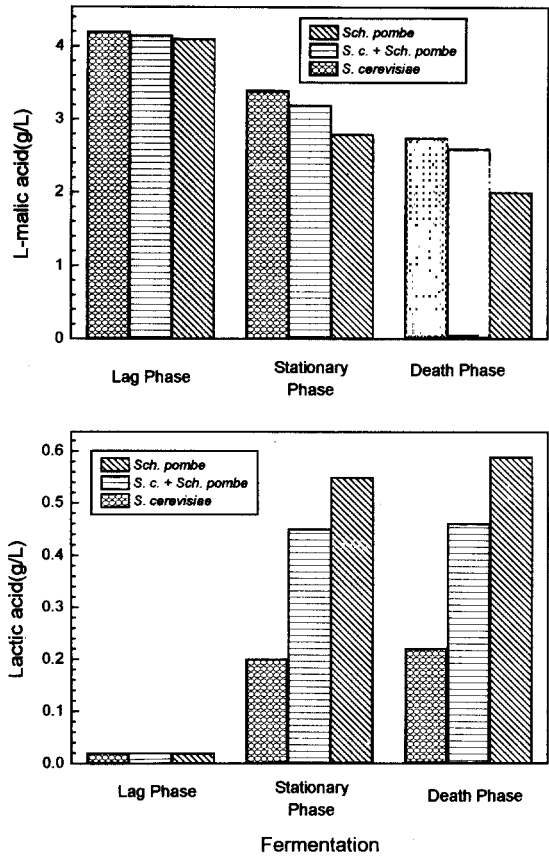


Fig. 4. Changes of L-malic acid and lactic acid in Seibel grape musts during fermentation at 12°C by different yeast strains.

을 보였다. 이러한 결과는 *Sch. pombe*를 이용한 포도즙의 발효에서 10~34%의 사과산이 감소하였다는 Yang⁽³⁰⁾의 결과보다는 높은 수치이지만 발효 13일 만에 약 80%의 사과산이 감소되었다는 정과 김⁽²⁵⁾의 보고와, Kusewicz⁽³¹⁾의 사과즙을 이용한 *Sch. pombe* 및 *Sch. acidodevoratus*의 배양에서 발효 개시 24일 후에 감산이 시작되어 7일간 지속되어 사과산의 82~86%가 분해되었다는 결과와 Castelli와 Haznedari⁽³²⁾ 및 Balloni 등⁽³³⁾의 75 80% 및 75%의 사과산이 분해되었다는 보고와 비교할 때 다소 낮은 수치라고 생각된다.

*Sch. pombe*에 관한 사과산 분해 기작에 관한 연구를 살펴보면 1963년 Mayer와 Temperli⁽²²⁾는 사과산이 혐기적 조건하에서 직접 탈산화되어 알코올과 CO₂로 분해된다고 하였다. 사과산이 알코올과 CO₂로 분해되는 이론적 대사경로는 사과산이 효모중의 NAD-dependent L-malate dehydrogenase의 작용으로 oxaloacetate로 산화되어 phosphoenolpyruvate로 탈탄산되고 다

Table 1. Mean scores of sensory evaluation data for Seibel grape musts fermentation by different yeast strains

Samples	Characteristics ¹⁾				
	Color	Aroma	Taste	After taste	Overall acceptability
<i>S. cerevisiae</i>	7.5±1.0 ^a	7.3±1.4 ^a	5.3±1.7 ^{aa}	5.2±1.7 ^a	6.4±1.3 ^a
<i>S.c.+Sch. pombe</i>	7.7±1.0 ^a	7.0±1.3 ^a	5.5±1.7 ^{ab}	5.6±1.7 ^a	6.8±1.5 ^a
<i>Sch. pombe</i>	7.3±1.4 ^a	6.9±0.0 ^a	6.4±2.1 ^a	5.4±2.2 ^a	6.4±1.6 ^a

¹⁾Sensory characteristics were rated on 9-point scale: like extremely (9), dislike extremely (1).

²⁾Mean score of 32 assessors. Mean±scores standard deviation within columns followed by same superscripts are not significantly different at 5% level by Duncan's multiple range test.

시 pyruvate kinase에 의해 pyruvate를 경유하여 알코올로 분해되는 경로, 사과산이 oxaloacetate, pyruvate를 거쳐 알코올로 분해되는 경로, 사과산이 malic enzyme의 작용으로 직접 pyruvate가 된 후 대사되는 경로 및 사과산이 탈탄산되어 직접 알코올로 분해되는 4가지 경로가 보고되었다³⁴⁾. Fig. 4에서 포도즙의 젖산 함량 변화를 살펴보면 발효 초기에 젖산의 함량은 0.015 g/L였으나 발효 말기에는 *Sch. pombe*가 0.5 g/L, *S. cerevisiae*+*Sch. pombe*가 0.45 g/L, *S. cerevisiae*가 0.20 g/L로 증가하였다. *Sch. pombe*로 발효시킨 포도즙의 젖산의 함량이 가장 많음을 알 수 있었다.

Sulfite 함량 변화

발효과정 중 *S. cerevisiae*, *S. cerevisiae*+*Sch. pombe*, *Sch. pombe*에 의한 포도즙의 sulfite 변화는 Fig. 5와 같다. 발효 초기 0.068 g/L였던 Seibel 포도즙이 발효가 완료된 후 *S. cerevisiae*, *S. cerevisiae*+*Sch. pombe*, *Sch. pombe*가 각각 0.074, 0.071, 0.070 g/L으로 *Sch. pombe*

가 가장 낮은 수치를 보였다. 포도즙의 sulfate는 sulfite로 환원되고 다시 sulfide를 거쳐 H₂S와 mercaptane과 같은 물질을 생성하게 되는데 이 같은 물질들은 효모의 발효대사에서 정상적으로 생성되는 물질이지만 포도주의 향기에 바람직하지 못한 영향을 준다고 한다³⁵⁾. 포도즙에 함유되어 있는 sulfate의 농도는 포도품종, 토양의 조건, 수확연도에 따라 다르지만 보통 100~700 mg/L정도³⁶⁾라고 하며, 포도주에 함유되어 있는 H₂S의 양은 포도에 존재하는 elemental sulfide의 종류와 양, 포도즙과 포도의 산화-환원상태, 에탄올의 농도, 알코올 발효기간동안 효모의 생리적인 상태에 따라 달라진다고 보고하였다.

관능검사

3가지 균주로 발효시켜 제조된 포도주를 관능검사로 실시하여 색, 향, 맛, 뒷맛, 전체적인 선호도를 검사한 결과는 Table 1에 나타난 바와 같다. 색, 뒷맛과 전체적인 기호도는 *S. cerevisiae*+*Sch. pombe*로 발효시킨 군이 각각 7.7, 5.6, 6.8로 다른 두 군보다 좋게 평가되었으나 통계적인 유의성은 인정되지 않았다. 맛의 경우 *S. cerevisiae*, *S. cerevisiae*+*Sch. pombe*, *Sch. pombe*에서 각각 5.3, 5.5, 6.4으로서 *Sch. pombe*로 발효시킨 포도주의 산미가 적어 *S. cerevisiae*로 발효시킨 군보다 맛의 기호성이 유의적으로 높은 것으로 나타났다 ($p<0.05$).

요 약

본 연구는 국내에서 수확한 양조용 Seibel 백포도품종을 이용, *S. cerevisiae*, *S. cerevisiae*+*Schizosaccharomyces pombe*의 혼합 균주, *Sch. pombe*를 포도즙에 접종하여 12°C에서 발효시켰을 때 화학성분 변화와 효모의 생균수를 측정하였다. *S. cerevisiae*, *S. cerevisiae*+*Sch. pombe*, *Sch. pombe*를 포도즙에 접종하여 사과산의 변화를 측정한 결과 사과산의 감소는 발효 4일부터 시작되어, 발효 말기에는 *Sch. pombe*가 56%이상의 사과

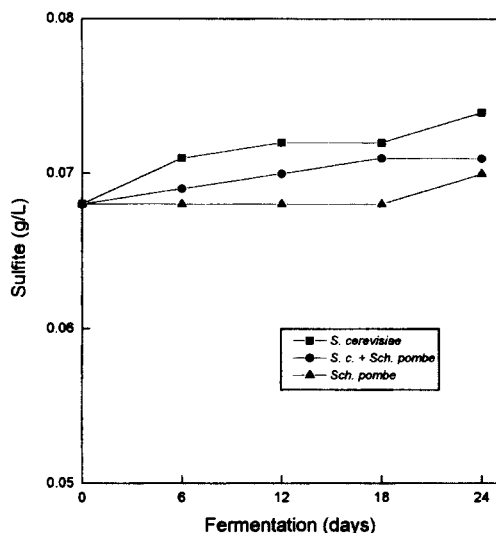


Fig. 5. Changes of sulfite in Seibel grape musts during fermentation at 12°C by different yeast strains.

산을 감소시켰다. 젖산의 함량은 발효가 진행됨에 따라 증가하는 경향을 나타내었다. *S. cerevisiae*, *S. cerevisiae*+*Sch. pombe*, *Sch. pombe*의 알코올의 생성량은 각각 11.5%, 11.2%, 10.0%로서 *Sch. pombe*가 *S. cerevisiae*보다 발효 속도가 약간 느린 것으로 나타났다. 관능검사 결과 색, 뒷맛, 향, 전체적인 기호도에서 각 구간에 유의적인 차이가 없었으나, 맛에 있어서 *Sch. pombe*가 *S. cerevisiae*보다 높은 점수를 나타내었다($p < 0.05$).

문 헌

- National tax administration: Statistical year book of national tax (in Korean). Republic of Korea, Seoul, p.267 (1995)
- Mattic, L.R., Plane, R.A. and Weir, L.D.: Lowering wine acidity with carbonates. *Am. J. Enol. Vitic.*, **31**, 350-357 (1980)
- Munyon, J.R. and Nagel, W.: Comparison of methods of deacidification of musts and wines. *Am. J. Enol. Vitic.*, **28**, 79-87 (1979)
- Steele, J.T. and Kunkee, R.E.: Deacidification of musts from the Western United States by the calcium double salt precipitation process. *Am. J. Enol. Vitic.* **29**, 153-160 (1978)
- Castino, M.: Deacidification of wine with strong anion exchange resins in carbonate form. *Vini Ital.*, **16**, 305-401 (1974)
- Kunkee, R.E.: Simplified chromatographic procedure for detection of malo-lactic fermentation. *Wine and Vines* **49**, 23-24 (1968)
- Goto, S., Yamazaki, M., Yamakawa, Y. and Yokosuka, I.: Decomposition of malic acid in grape must and wine by wild yeasts. *J. Ferment. Tech.*, **56**, 133-137 (1978)
- Kluba, R.M. and Beelman, R.B.: Influence of amelioration on the major acid components of must and wines from four French-hybride grape cultivars. *Am. J. Enol. Vitic.*, **26**, 18-24 (1975)
- OHIO Agricultural R & D center: Grape-Wine short course. H.D.S., 532, p.29-33 (1983)
- Graumlich T.R. and Gallander, J.F.: Influence of MLF in Ohio table wines. Proc. Ohio grape-wine short course, H.D.S., p.9-20 (1973)
- Beelman, R.B.: Wine deacidification by MLF. Proc. Ohio grape-wine short course, H. D. S., 438 p.5-10 (1976)
- Zoecklein B.: Controlling microbial growth in wine. Proc. Ohio grape-wine short course, H.D.S., 332, p.81-87 (1983)
- Amerine, M.A. and Joslyn, M.A.: Table wines the technology of their production. 2nd ed. Berkely, CA. University of California Press, p.501-503 (1967)
- Guerzoni, M.E., Sinigaglia, M., Gardini, F., Ferruzzi, M. and Torriani, S.: Effects of pH, temperature, ethanol, and malate concentration on *Lactobacillus plantarum* and *Leuconostoc oenos*; Modelling of the malolactic activity. *Am. J. Enol. Vitic.*, **46**, 368-374 (1995)
- Velazquez, J.B., Calo, P. and Longo, E.: Effect of L-malate, D-glucose and L-lactate on malolactic fermentation and growth of *Lactobacillus plantarum* and *Lactobacillus curvatus* wild strains isolated from wine. *J. Ferment. Bioeng.*, **71**, 363-369 (1991)
- Lee, S.O. and Pack, M.Y.: Immobilization of *Leuconostoc oenos* cells for wine deacidification (in Korean). *Korean J. Food Sci. Technol.*, **12**, 299-304 (1980)
- Lee, M.H.: Studies on malo-lactic fermentation in brewing of grape wine. M.S. Thesis, Yonsei Univ., Seoul, Korea (1991)
- Kluyver, A.J.: Biochemische Suikerbepalinger, Delft (1914), Ref. E. Peynaud, *Weinberg Keller*, **12**, 229 (1965)
- Rankine, B.C.: Decomposition of L-malic acid by wine yeasts. *J. Sci. Food Agr.*, **17**, 312-401 (1966)
- Yang, H.Y.: Effect of pH on the activity of *Schizosaccharomyces pombe*. *J. Food Sci.*, **38**, 1156-1157 (1973)
- Hariantono, J., Yokota, A., Takao, S. and Tomita, F.: Ethanol production from raw starch by simultaneous fermentation using *Schizosaccharomyces pombe* and a raw starch saccharifying enzyme from corticium rolfsii. *J. Ferment. Bioeng.*, **71**, 367-371 (1991)
- Mayer, K. and Temperli, A.: The metabolism of L-malate and other compounds by *Schizosaccharomyces pombe*. *Arch. Mikrobiol.*, **46**, 321-325 (1963)
- Yu, T.S.: Studies on the malic acid degradation in wine by yeast, I. Isolation and identification of yeast strain (in Korean). *Korean J. Appl. Microbiol. Bioeng.*, **6**, 23-26 (1978)
- Chung, K.T., Yu, T.S., Kim, J.K. and Kim, C.S.: Studies on malo-alcoholic fermentation in brewing of apple wine, I. zymological properties of the malo-alcoholic yeast (in Korean). *Korean J. Food Sci Technol*, **14**, 236-243 (1982)
- Chung, K.T. and Kim, C.J.: Studies on malo-alcoholic fermentation in brewing of apple wine, II. application of the malo-alcoholic fermentation to brewing of the low-alcohol content apple wine using the fallen apples (in Korean). *Korean J. Food Sci Technol*, **14**, 244-249 (1982)
- Boehringer Mannheim GmbH: Methods of biochemical analysis and food analysis, Boehringer Mannheim GmbH (1985)
- Benda, I. and Schmitt, A.: Enological studies on biological acid decomposition in musts by *schizosaccharomyces pombe*. *Weinberg keller*, **13**, 239-254 (1966)
- Nonomura, H., Shida, T., Ohara, Y., Kagame, H., Watanaabe, M. and Kazama, K.: Decomposition of L-malic acid in musts with *Schizosaccharomyces pombe* (in Japanese). *Nippon Jozo Kyokai Zasshi*, **63**, 765-768 (1968)
- Anthony, W.B.: Proceedings national symposium on animal waste arrangement, May 5-7, p.1-11, published by American Society of Agricultural Engineers, St. Joseph, Michigan (1960)
- Yang, H.Y.: Deacidification of grape musts with *Schizosaccharomyces pombe*. *Am. J. Enol. Vitic.*, **24**, 1-4 (1978)
- Kusewicz, D.: Characteristics of *Schizosaccharomyces*. *Zeszyty Nauk. Politech. Lodz., Chem. spozywoza*, **8**, 85 (1963)
- Castelli, T. and Haznedari, S.: Degradation of L-malic

- acid by *Schizosaccharomyces pombe*. *Vini Ital.*, **10**, 265 (1968)
33. Balloni, W., Blorenzano, G. and Materassi, R.: Alcoholic fermentation of malic acid in musts and wines. *Atti, Accad. Ital. Vite Vino, Siena*, **22**, 419 (1970)
34. Amerine, M.A., Kunkee, R.E., Ough, C.S., Singleton, V. L. and Webb, A.D.: The technology of wine making, AVI publishing, Westport, Connecticut p.565 (1980)
35. Zoecklein, B.W., Fugelsang, K.C., Gump, B.H. and Nury, F.S.: Production wine analysis, AVI publishing, New York, p.208 (1990)
36. Eschenbruch, R.: H₂S formation, The continuing problem during wine making fermentation technology. Proc. Australian Society of Viticulture and Oenology Preceding, p.79 (1983)
37. Schutz, M. and Kunkee, R.E.: Formation of hydrogen sulfide during fermentation by wine yeasts. *Am. J. Enol. and Vitic.*, **28**, 137-140 (1977)

(1997년 12월 8일 접수)