

# 국내 소비자 포도주 선호도 조사 결과 및 고품질 발효를 위한 미생물 제어 기술 개발 사례

Sensory Test Results of Commercial Wines and Fermentation Technologies  
for High Quality Wine-making

유기선, 신소연<sup>1</sup>, 서진호<sup>1</sup>, 김명동<sup>2</sup>, 한남수\*

Ki-Seon Yoo, So-Yeon Shin<sup>1</sup>, Jin-Ho Seo<sup>1</sup>, Myoung-Dong Kim<sup>2</sup>, Nam Soo Han\*

충북대학교 식품공학과, <sup>1</sup>서울대학교 식품공학과, <sup>2</sup>강원대학교 식품생명공학과  
Department of Food Science and Technology, Chungbuk National University

<sup>1</sup>Department of Agricultural Biotechnology, Seoul National University

<sup>2</sup>School of Biotechnology and Bioengineering, Kangwon National University

## I. 서론

한국의 포도주시장은 2001년 2310만 달러에서 2002년 2939만 달러, 2004년에는 4578만 달러로 수입량이 크게 늘어났으며 소비량 또한 매년 20% 이상 꾸준히 증가하는 추세를 보이고 있다. 지난 2006년 한국인 한명당 포도주 소비량은 0.86 L였으며 2007년에는 1.04 L까지 증가하였다(1). 이는 건강에 대한 관심이 높아지면서 포도주를 찾는 소비자가 늘고, 포도주 생산국과의 교역이 증가하면서 저렴한 수입 포도주가 시중에 대량 유통되고 있기 때문이다. 이와 함께 국내 포도주 가공율도 지속적으로 증가하고 있으나 전체 소비량에서 차지하는 비중은 아직 낮은 수준이다. 따라서 현재 국내 소비되는 포도주는 상당

부분 수입에 의존하고 있으며, 최근 칠레 및 유럽연합 등과의 국제자유무역협정 체결에 따라 그 의존도는 더욱 심각해 질 것으로 예상된다.

날로 증가하는 포도 및 포도주 수입에 대응하여 국내산 포도주의 소비량을 늘리고 국내 포도 재배농가의 소득을 보존하기 위해서는 국내 소비자의 취향에 대한 선호도 조사가 필수적이고 이를 기반으로 하여 소비자 맞춤형 포도주 상품을 제조하는 길이 국내 포도주 제조업체의 급선무라고 판단된다. 또한 국내에서 포도주 제조에 이용되는 포도 품종의 특징을 고려한 개선된 발효기술의 개발이 필요하다. 더 나아가 소비자들의 요구가 안전성과 건강 기능성 측면에서 점차 증가함에 따라 발효기술에 있어 소비자의 수요에 부합하는 다양한 기초 및 응용기술 개발 연구

\*Corresponding author: Nam Soo Han

Department of Food Science and Technology, Research Center for Bioresource and Health, Chungbuk National University

Cheongju 361-763, Republic of Korea

Tel: +82-43-261-2567

Fax: +82-43-271-4412

e-mail: namsoo@cbnu.ac.kr

표 1. 국내 유통 적포도주 일반성분 분석 결과 (5)

|          | 시음에 사용한 포도주 상품            |                                    |            |                   |            |                     |
|----------|---------------------------|------------------------------------|------------|-------------------|------------|---------------------|
|          | A                         | B                                  | C          | D                 | E          | F                   |
| 포도 품종    | Dornfelder,<br>Pinot Noir | Cabernet<br>Sauvignon,<br>Meritage | 미기재        | Campbell<br>Early | 미기재        | Monstrell,<br>Bobal |
| 생산 연도    | 2005                      | 2004                               | 미기재        | 2007              | 미기재        | 2006                |
| 특징       | 달지 않음                     | 달콤함                                | 약간 달콤함     | 달콤함               | 달지 않음      | 달지 않음               |
| pH       | 3.40±0.06                 | 3.50±0.10                          | 3.40±0.03  | 3.30±0.10         | 3.40±0.03  | 3.10±0.10           |
| 총산 (g/L) | 7.80±0.03                 | 5.74±0.02                          | 11.19±0.03 | 13.28±0.02        | 6.53±0.02  | 5.89±0.04           |
| 에탄올 (%)  | 11.50±0.20                | 10.00±0.10                         | 11.00±0.20 | 11.00±0.15        | 10.00±0.10 | 11.50±0.10          |
| 당도 (%)   | 0.88±0.01                 | 3.72±0.02                          | 1.85±0.01  | 3.92±0.01         | 0.88±0.02  | 0.15±0.01           |
| 타닌 (%)   | 0.11±0.01                 | 0.14±0.01                          | 0.18±0.02  | 0.13±0.01         | 0.16±0.02  | 0.17±0.01           |

가 필요하다.

따라서, 본 고찰에서는 농림수산식품부 지원으로 포도 연구사업단에서 수행한 지난 5년간의 연구 결과 중에서 국내 포도주 생산을 위해 선행되어야 할 소비자 선호도 조사 결과와 몇가지 중요한 발효기술 개발 사례 및 미래 발효산업 발전의 원천기술이 될 효모 대사공학기술 개발 사례를 발췌하여 소개하고자 한다.

## II. 국내유통 적포도주 일반분석 및 소비자 기호도 조사

### 1. 기호도 조사 연구의 필요성

국내 포도주 시장이 급속도로 증가하는 것과는 달리 국내 포도주에 관한 연구는 생과용인 국산 포도를 이용하여 가당(3), 미생물 처리(4) 등을 통한 포도주의 품질향상을 위한 연구들이 대부분이었으며 국내 포도주 소비자를 대상으로 한 전반적인 기호도 조사 연구는 미흡한 상태이다. 국내 포도주 제조업이 성장, 발전하기 위해서는 포도주의 향미에 대한 국내 소비자들의 기호성 특징을 정확히 파악하고 본 기호도 조사 결과를 바탕으로 포도주를 생산하는 것이 무엇보다 시급하다.

### 2. 포도주 선호도 조사

국내에서 시판되고 있는 대표적인 국내외 포도주 상품

을 선발하여 그 일반 성분을 조사하고 소비자들을 연령 및 포도주 소비량 별로 분류하여 포도주에 대한 다양한 기호도를 조사하였고 그 특성을 고찰하였다(5). 소비자 기호 조사에 앞서 시중에 유통 중인 25종의 포도주에 대해 예비 평가를 실시, 본 실험에 이용할 다양한 맛과 향을 가진 6종의 제품을 선정 하였으며 자세한 제품 정보는 표 1에 제시하였다. 소비자 기호도 조사는 남녀 250명을 대상으로 실시하였고 조사 대상의 연령 분포는 20대(40%), 30대(24%), 40대(28%), 50대(8%)로 나타났고 남녀 성비는 균등하게 하였다. 조사 결과 전체 참여자 중 48%가 한해 한 병의 포도주를 마시는 것으로 나타났으며 22%가 5병 이상을 소비하는 것으로 나타났다.

표 1에 제시된 6가지 포도주에 대해 어떤 제품을 가장 선호하는지 조사한 결과, 전체 참여자 및 한해 포도주를 5병 이상 소비하는 참여자 모두 B 포도주와 D 포도주 순서로 높은 선호도를 나타냈다. B와 D 포도주는 다른 포도주와 비교할 때 유사한 에탄올 농도를 보이는 반면, 당도가 각각 3.7, 3.9%로 상당히 높았고, 타닌 함량은 각각 0.14, 0.13%로 비교적 낮게 나타났다. 따라서 본 결과를 통해 볼 때 전반적인 우리나라의 소비자들은 달고 짭지 않은 포도주를 선호하는 것으로 판단된다. 하지만 연 5병 이상의 포도주를 소비한다고 응답한 참여자들의 선호도를 별도로 보면 B와 D에 대한 선호도가 줄면서 덜 달고 짭은맛이 강한 C와 E에 대한 선호도가 함께 증가함을 보여 주어, 포도주의 소비량에 따른 기호도의 변화 가능성을 보

표 2. 적포도주 기호도 조사 (5)

| 포도주 | 향기                     | 색깔                     | 단맛                     | 신맛                     | 떫은맛                    | 종합적 기호도                |
|-----|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|
| A   | 2.96±0.92 <sup>a</sup> | 3.66±0.78 <sup>a</sup> | 2.75±1.05 <sup>a</sup> | 2.78±1.02 <sup>a</sup> | 2.73±1.04 <sup>a</sup> | 2.96±1.03 <sup>a</sup> |
| B   | 3.95±1.07 <sup>a</sup> | 3.95±1.07 <sup>a</sup> | 3.72±1.12 <sup>b</sup> | 3.45±1.00 <sup>b</sup> | 3.29±1.03 <sup>b</sup> | 3.67±1.08 <sup>b</sup> |
| C   | 3.00±0.92 <sup>a</sup> | 3.00±0.92 <sup>b</sup> | 2.99±0.88 <sup>c</sup> | 3.02±0.94 <sup>b</sup> | 2.90±1.03 <sup>b</sup> | 2.98±0.94 <sup>b</sup> |
| D   | 3.29±1.10 <sup>b</sup> | 3.29±1.10 <sup>b</sup> | 3.79±0.92 <sup>c</sup> | 3.56±1.01 <sup>c</sup> | 3.34±0.98 <sup>b</sup> | 3.45±1.04 <sup>b</sup> |
| E   | 3.20±0.96 <sup>b</sup> | 3.20±0.96 <sup>c</sup> | 2.96±1.01 <sup>d</sup> | 2.90±1.04 <sup>d</sup> | 2.85±1.13 <sup>c</sup> | 3.02±1.04 <sup>c</sup> |
| F   | 2.93±1.00 <sup>c</sup> | 2.93±1.01 <sup>d</sup> | 2.41±0.95 <sup>d</sup> | 2.43±1.05 <sup>d</sup> | 2.42±1.10 <sup>c</sup> | 2.63±1.05 <sup>d</sup> |

여 주었다.

위에서 나타난 참여자들의 선호도와 다양한 포도주 품질의 상관관계를 조사하고자 다양한 항목에 대해 상품별로 기호도 조사를 실시하여 표 2에 제시하였다. 향기의 경우 6종 포도주가 선호도에 있어 유의적인 차이를 보였으며( $p<0.05$ ) B포도주가 가장 높은 점수를 나타냈으나 A, C 포도주와는 유의적 차이는 없었다. 단맛의 경우 서로 간에 유의적인 차이를 보였으며( $p<0.05$ ) D 포도주가 가장 높은 점수를 나타냈으나 C 포도주와는 유의적 차이는 없었다. 신맛의 경우 6종 포도주가 신맛 선호도에 있어 서로 간에 유의적인 차이를 보였으며( $p<0.05$ ) D포도주가 가장 높은 점수를 나타냈으나 C 포도주와는 유의적 차이는 없었다. 떫은맛의 경우도 서로 간에 유의적인 차이를 보였으며 D 포도주가 가장 높은 점수를 나타냈으나 B와 C 포도주와는 유의적 차이는 없었다. 마지막으로 종합적 기호도는 서로 간에 유의적인 차이를 보였으며( $p<0.05$ ) B 포도주가 가장 높은 점수를 나타냈다.

### 3. 포도주의 휘발성 향기 조성

일부 포도주의 향기는 원료인 포도로부터 유래하지만 대부분의 포도주 향기는 효모나 유산균 등에 의한 발효 과정에서 생성된다. 발효 과정을 통해 생성되는 향기 성분들에는 에스터류와 고급알코올류 그리고 일부 산이 대표적이다. 그중 휘발성 화합물들은 포도주에 가장 기본적인 향기 성분이 된다.

표 3은 GC-MS를 이용하여 6가지 포도주 중의 휘발성 향기성분을 분석한 것으로 검출된 21가지 휘발성 향기 성분 중 에스터류가 13가지 그리고 알코올류가 8가지로 나

타났다. 주목 해야 할 점은 기호도 조사 결과 가장 선호도가 높게 나타난 B 포도주의 경우 과일 향을 띠는 에스터류가 다양하게 검출된 것이며 풀잎 향을 띠는 isoamyl alcohol는 상대적으로 적게 나타난 것이다. 이는 포도주의 향기 조성이 기호도에 큰 영향을 끼치는 것을 증명해주는 중요한 결과라 생각 된다(6).

과일 향을 띠는 ethyl acetate는 숙성되지 않은 포도주에서 주로 검출되며 효모나 유산균의 발효 과정에서 생산되는 대사산물이다(7,8). 기호도 조사나 다양한 성분 분석 결과를 종합해 볼 때 선호도가 가장 높은 B포도주는 다른 포도주들과 비교했을 때 상대적으로 높은 당도와 낮은 탄닌함량 그리고 다양한 과일 향을 띠고 있다는 것이다. 물론 국내 소비자들의 포도주 소비량이 증가하면서 본 선호도는 변화할 수 있을 것으로 예상되나, 본 결과는 당분간 국내산 포도주를 개발하는데 있어 반드시 고려해야 할 중요한 품질지표로 판단된다.

## III. 효모-유산균 이중 스타터 첨가를 통한 포도주의 품질 개선

### 1. 스타터 사용의 필요성

국내에서 포도주 제조에 사용하는 캠벨 얼리 포도는 높은 산도와 낮은 당도로 포도주 양조에 적합하지 않은 것으로 판단되고 있다. 물론 본격적인 포도주 생산을 위해서는 포도주용 품종으로 재배 종자를 교체하는 것이 바람직하나 국내 농가의 사정과 생식용 포도와의 경제성을 고려할 때 단시일에 가능할 것으로 판단되지 않는다. 또한 국내산 포도주를 생산하는 데 있어 시급하게 요구되는 향

표 3. GC-MS를 이용한 포도주 향기 분석 (6)

| 휘발 성분<br>(mg/L)    | 포도주                          |        |        |        |        |        | 향기     |         |
|--------------------|------------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|
|                    | A                            | B      | C      | D      | E      | F      |        |         |
| 에스터 화합물            | Ethyl acetate                | 133.97 | 120.99 | 193.26 | 538.78 | 207.75 | 243.73 | 과일, 초산  |
|                    | Hexyl acetate                |        | 7.40   |        |        |        |        | 과일      |
|                    | Ethyl propanoate             |        | 14.33  | 4.46   | 1.51   | 2.94   | 4.46   | 바나나, 사과 |
|                    | Ethyl butanoate              |        | 120.17 |        |        |        |        | 과일      |
|                    | 2-Methyl-ethyl-propanoate    | 1.91   | 10.10  | 2.31   | 4.38   | 1.51   | 3.34   | 바나나, 사과 |
|                    | 2-Methyl-ethyl-butanoate     |        | 119.55 |        |        |        |        | 바나나, 사과 |
|                    | 3-Methyl-ethyl-butanoate     |        | 32.63  |        |        |        |        | 파인애플    |
|                    | Diethyl butanediate          |        |        | 6.29   |        | 6.29   | 5.25   | 치즈      |
|                    | Ethyl hexanoate              | 13.37  | 35.90  | 10.59  | 3.82   | 8.12   | 7.08   | 과일      |
|                    | Ethyl octanoate              | 8.68   |        | 11.70  |        | 9.31   | 8.44   | 비누      |
|                    | Isopentyl-2-methyl-butanoate |        | 15.84  |        |        |        |        | 치즈      |
|                    | n-Amylisovalerate            |        | 10.59  |        |        |        |        | 치즈      |
| 4-Hexyl propanoate |                              | 12.42  |        |        |        |        | 풀잎     |         |
| 알코올 화합물            | 1-Propanol                   |        | 125.29 |        |        |        | 10.35  | 상쾌함     |
|                    | Isobutyl alcohol             | 38.04  | 8.33   | 17.59  | 10.02  | 20.61  | 14.56  | 에테르     |
|                    | Isoamyl alcohol              | 565.01 | 231.47 | 518.91 | 179.18 | 528.78 | 402.13 | 풀잎      |
|                    | 1-Hexanol                    |        |        |        |        |        | 5.01   | 풀잎, 지방  |
|                    | 3-Hexen-1-ol                 |        | 5.97   |        |        |        |        | 풀잎      |
|                    | 2-Phenyl ethanol             | 7.08   | 3.42   | 9.95   | 92.15  | 8.28   | 6.69   | 장미, 달콤함 |
| 기타 화합물             | 1-Isothiocynto-propane       |        |        |        | 2.47   |        | 2.63   | 치즈      |
|                    | 2,4-Bis phenol               | 5.81   |        |        |        |        | 15.92  | 연기      |

목은 체계적인 품질관리 기술을 확보하는 것이고 이를 위해 가장 먼저 고려할 수 있는 발효기술로는 종균사용을 들 수 있다. 물론 종균 사용이 포도주의 품질에 미치는 영향에 대한 전문가들의 주장은 다양하나 확실한 점은 일정한 품질관리를 가능케 하는 것이고 이는 포도주 생산 경험과 역사가 짧은 우리나라의 경우 더욱 필요한 기술로 판단된다. 더욱이 높은 산도를 낮춰 부드러운 향미의 포도주를 만들 수 있는 종균을 사용한다면 그 기대효과는 클 수 있다고 본다.

## 2. 발효 과정 중 미생물과 산도 변화

효모인 *Saccharomyces cerevisiae*와 유산균인 *Oenococcus oeni*는 포도주의 알코올 발효와 말로락틱 발효에

이용되는 대표적인 미생물이다. 효모는 포도당을 에탄올로 전환하고 젖산균은 신맛이 강한 사과산(malic acid)을 부드러운 젖산(lactic acid)으로 전환하는 기능을 갖는다. 따라서, 본 실험에서는 두 미생물을 포도주 발효 중에 병행 사용함으로써 캠벨 얼리 포도주의 품질을 향상 시키고자 하였다. 실험은 크게 세가지 다른 포도주를 제조(control, 스타터를 첨가하지 않은 것; Y-포도주, 효모 첨가; YL-포도주, 효모/유산균 첨가)하였으며 발효 기간 중 미생물의 변화를 관찰하였다. 그림 1에서는 200일간의 포도주 발효기간 동안 미생물 균체의 다양한 변화가 관찰되었는데 첫째, 알코올 발효기간(초기 7일) 동안 효모가 성장하였으며 압착여과 후 큰 폭의 감소를 보였으며 200일 이후 Y-포도주를 제외한 두 포도주에서 더 이상 검출되지 않았다. 유산균의 경우 효모의 생육이 왕성한 초기 일주

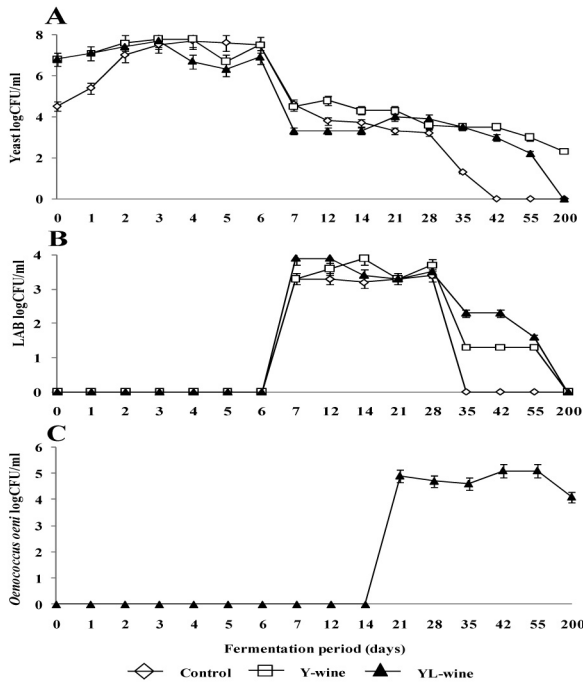


그림 1. 포도주 발효 기간 중 미생물 변화 (11)  
LAB (유산균, lactic acid bacteria)

일간은 관찰되지 않았지만 7일 이후 큰 폭으로 증가 하였으며 젖산 발효 기간인 7-35일 사이 꾸준한 생육을 보이다 점차 감소하여 control(35일 이후 사멸), Y-포도주(55일 이후 사멸), YL-포도주(55일 이후 사멸) 순서로 사멸되었다. 마지막으로 후 발효 기간 중 *O. oeni* 유산균 스타터를 접종한 YL-포도주의 경우 발효 21일 이후 큰 폭의 증가를 보였으며 발효 200일까지 성장을 지속 하였다.

### 3. 발효 기간 중 유기산 변화 및 기호도 조사 결과

그림 2는 발효기간 중 세가지 포도주의 사과산 변화를 관찰한 것으로 *O. oeni* 스타터를 첨가한 발효 7일 이후 YL-포도주에서 사과산 함량이 크게 감소하였으며 이러한 결과는 *O. oeni*가 젖산 발효를 통하여 사과산을 젖산으로 전환 시켰기 때문이며 이결과 포도주의 산도가 감소된 것으로 판단된다.

표 4는 패널들을 대상으로 실험에 이용된 세가지 포도주에 대한 기호 조사를 실시한 것이다. 조사결과 효모, 유

산균 병행처리 포도주는 효모 처리구와 비교 했을 때 색깔, 단맛, 신맛, 짝은맛, 종합적인 기호도 등 대부분의 조사 항목에서 유의적으로 높게 나타났으며 이는 병행 스타터 처리가 캠벨 얼리 포도주의 관능적인 부분을 향상 시켰다고 볼 수 있다.

### 4. GC-MS를 이용한 향기 분석

포도주의 향기 성분은 품질에 상당한 영향을 끼치며 포도의 품종, 숙성된 정도, 효모의 활성, 환경, 기후, 발효조건, 양조공정 그리고 병입 후 숙성정도에 따라 다르다. 세가지 포도주의 향기성분을 GC-MS를 이용하여 분석한 결과 총 12가지 휘발성 향기 화합물을 확인할 수 있었으며, YL-포도주에서 Y-포도주보다 에스터나 고급 알코올의 조성이 다양하고 함량이 높은 것으로 나타났다. 이 결과가 강하게 시사하는 바는 *S. cerevisiae*와 *O. oeni* 복합 스타터 사용으로 포도주 발효과정에서 에탄올과 함께 휘발성 방향성분을 활발히 생성하였다는 것이다.

이는 포도주 발효에 있어 효모와 유산균 이중 스타터를 사용할 때 캠벨 얼리 포도의 단점인 높은 산도를 개선하여 산미가 좋아지고 동시에 휘발성 향기성분의 생성도 증가하여 향기도 개선됨을 보여주는 결과이다.

## IV. 아황산 대체 포도주 제조

### 1. 아황산 대체 연구의 필요성

아황산은 오래전부터 항산화 및 향미생물 효과를 위해

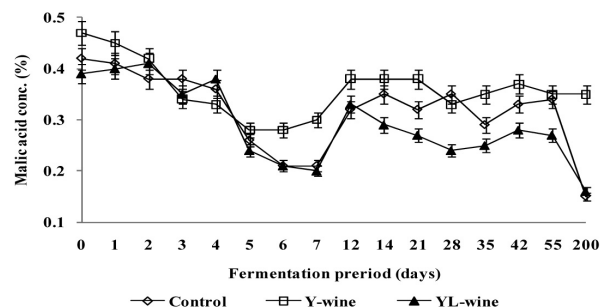


그림 2. 발효 기간 중 유기산 변화 (11)

표 4. 세가지 포도주를 이용한 기호 조사 (11)

| 조사 항목   | 포도주                |                   |                   |
|---------|--------------------|-------------------|-------------------|
|         | Control            | Y-포도주             | YL-포도주            |
| 향기      | 4.43 <sup>b</sup>  | 5.39 <sup>a</sup> | 5.78 <sup>a</sup> |
| 색깔      | 6.35 <sup>a</sup>  | 6.17 <sup>b</sup> | 6.60 <sup>a</sup> |
| 단맛      | 3.91 <sup>b</sup>  | 3.87 <sup>b</sup> | 4.35 <sup>a</sup> |
| 신맛      | 4.26 <sup>bc</sup> | 4.00 <sup>c</sup> | 5.00 <sup>a</sup> |
| 떫은맛     | 4.61 <sup>b</sup>  | 4.61 <sup>b</sup> | 5.43 <sup>a</sup> |
| 종합적 기호도 | 4.65 <sup>bc</sup> | 4.26 <sup>c</sup> | 5.26 <sup>a</sup> |

포도주에 첨가되어 왔다(12). 하지만 최근 아황산이 인체에 미치는 유해 가능성이 보고되면서 전 세계적으로 그 사용량을 줄이기 위한 많은 연구들이 수행 중에 있다(13-15). 반면 식품 산업에서는 차아염소산이 살균 등의 목적으로 많이 이용되어 왔다(16). 따라서 포도 표면에 존재하는 다양한 잡균을 염소살균으로 전처리하고 효모 스타터를 접종하여 발효를 진행하는 것은 일정한 품질관리에 유익할 것으로 기대된다.

## 2. 차아염소산의 향미생물 효과 및 포도주에 미치는 영향

예비실험으로 100 mg/L 아황산 첨가와 동일한 향미생물 효과를 보이는 조건을 찾고자 포도에 차아염소산 용액을 처리한 결과 200 mg/L 농도에서 30분간 침지한 포도에서 총균수가 동일하게 감소하는 향미생물 효과를 관찰하였다. 따라서, 무처리, 아황산첨가, 그리고 차아염소산처리로 제조한 세가지 포도주에 대한 발효 중 미생물 변화를 비교한 결과, 차아염소산 처리 포도주는 초기 잡균의 번식을 억제하여 효모와 유산균의 왕성한 생육을 돕는 것으로 나타났다. 또한 표 5에서와 같이 휘발성향기성분 분석결과 차아염소산 처리구는 무처리구나 아황산 첨가구보

다 포도주에서 과일향을 내는 에스터 화합물과 고급알코올 함량이 상대적으로 높게 나타났다. 이 결과는 염소살균에 의해 감소한 잡균 농도는 효모와 유산균의 활발한 생육을 가능케 하고 포도주 발효를 정상적으로 유지시켜 휘발성 향기성분의 생성을 촉진한 것을 보여준다. 기호도 조사 결과 차아염소산 처리구는 아황산첨가구보다도 단맛, 신맛, 종합적인 선호도에서 높은 값을 보여주었다. 또한 국내 소비자들에게 선호도가 높은 시제품과 비교하였을 때 유사한 결과를 나타내 차아염소산 처리가 향 미생물 효과 이외에 향산화나 기호도 등 다양한 효과를 나타내는 것으로 판단된다. 이는 차아염소산 처리가 초기 포도 표면의 미생물 살균에 이용가능하며 처리 후 잔존 염소가 없도록 충분한 세척을 한다면 아황산을 첨가하는 전통적 포도주 제조공정을 대신할 수 있는 공정임을 보여준다.

## V. 항산화활성 강화 포도주 제조

앞에서 소개한 아황산이 포도주발효에 미치는 영향 중 또 다른 중요한 기능인 항산화효과를 강화하기 위해 천연 항산화 성분인 caffeic acid와 gallic acid를 첨가하고 포도주 발효 기간 중에 다양한 변화를 조사하였다. 이 중 gallic acid 첨가구에서 발효 및 저장기간 동안 아황산 보다도 높은 DPPH값을 유지한 반면 포도주의 조성에는 큰 차이를 보이지 않았고 기호도 분석에서도 유의성 있는 차이가 나타나지 않았다. 천연 항산화물질을 포도주에 첨가했을 때 포도주의 붉은색을 장기간 안정하게 유지할 수 있었으며 이는 천연 항산화 첨가물로 아황산의 항산화기능을 대체하여 사용이 가능함을 보여주는 결과이다.

## VI. 효모를 이용한 레스베라트롤 생산

### 1. 포도의 레스베라트롤

레스베라트롤은 포도를 포함한 다양한 식물에 함유된

표 5. GC-MS를 이용한 포도주 향기 분석

| 향기 성분 함량 (mg/L) | 무첨가구   | 아황산첨가구 | 차아염소산처리구 |
|-----------------|--------|--------|----------|
| 총 에스터 화합물 함량    | 86.27  | 145.89 | 174.30   |
| 총 고급알코올 함량      | 162.62 | 183.45 | 194.65   |

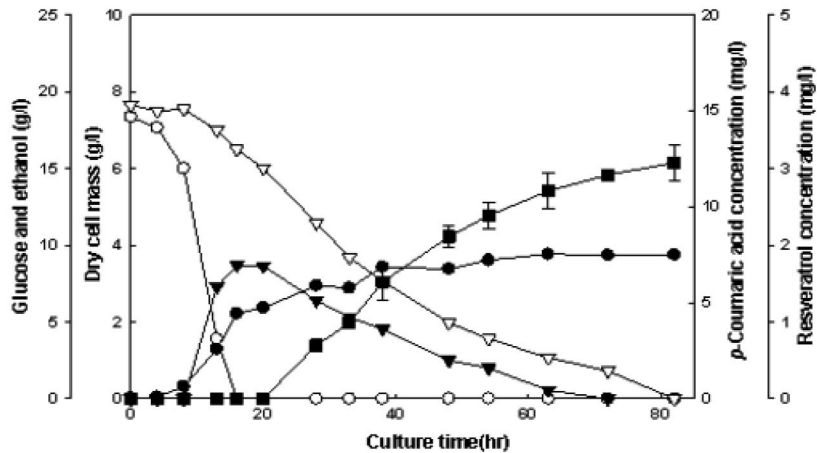


그림 3. 재조합 효모에서 p-coumaric acid로부터 레스베라트롤 생산(17)

Symbols denote as follows; ●, dry cell mass; ○, glucose; ▼, ethanol; △, p-coumaric acid; ■, resveratrol

물질로 French paratox로 표현되는 포도주의 심혈관 질환 예방효과를 제공하는 대표적 항산화물질이다. 효모는 유전학적, 생리학적 정보가 잘 밝혀져 있으며 GRAS (Generally Recognized As Safe) 미생물로서 고등생물 유래의 유전자와 전사 및 번역시스템이 매우 유사하며 번역 후 수식과정을 통해 활성형의 단백질을 생산, 분비할 수 있다는 장점을 가지고 있다. 따라서, 미생물 대사공학 기술을 포도주 생산에 사용되는 효모에 적용하여 레스베라트롤을 생산하는 효모를 개발 하였다(17). 본 연구 결과는 포도주 상품에 적용하기에는 안전성 시험을 필요로 하나 포도주 효모를 이용한 대사공학 원천기술의 확보를 가능하게 하는 중요한 기초연구 성과이다.

## 2. 포도효모 대사공학

포도효모의 대사경로를 분석한 결과, 식물의 레스베라트롤 생합성 경로에 비해 두가지 유전자(4CL1, STS)가 결여되었음을 알게 되었다. 따라서, 4CL1 유전자는 애기장대에서, STS 유전자는 땅콩에서 각각 클로닝하여 염색체 삽입용 벡터(pMK219STS4CL1)를 이용하여 포도주 효모에 형질전환하였다. 형질전환 결과, 두가지 효소가 효모에서 성공적으로 발현되었고 p-coumaric acid가 p-coumaroyl-CoA를 경유하여 레스베라트롤로 전환됨을 확인하였다.

## 3. 재조합 효모에서 p-coumaric acid로부터 레스베라트롤 생산

두 유전자 4CL1과 STS가 함께 발현된 재조합 *Saccharomyces cerevisiae* 배양액에 p-coumaric acid를 첨가하였을 때, constitutive 발현 시스템의 경우 최대 3.2 mg/L의 레스베라트롤이 생산된데 비해 inducible 발현 시스템의 경우 같은 농도의 p-coumaric acid를 첨가하였을 경우 약 3.7 mg/L의 레스베라트롤이 생산되었고 기질의 농도를 0.2mM로 증가하였을 경우 최대 7.2 mg/L의 레스베라트롤이 생산되었다(그림 3).

## VII. 히스타민 생성 저감화 *Oenococcus oeni* 개발

### 1. 포도주와 히스타민

히스타민은 다양한 발효식품에서 검출되는 biogenic amine의 일종으로 다량 섭취시 구토, 저혈압, 부종 등을 일으키는 것으로 알려져 식품에서의 함량을 유럽 각국에서는 제한하고 있다. 특히 포도주에서 검출되는 함량을 엄격히 규제하여 유럽 각국들은 2-10 mg/L의 상한치를 두고 있다. 포도주의 히스타민은 히스티딘에 탈탄산효소(decarboxylase)가 작용하여 생성되며 포도주의 *O. oeni*가 주로 본 효소반응으로 생성하는 것으로 알려져 있다.

## 2. 돌연변이에 의한 히스타민 저생산 *O. oeni* 균주 개발

시중에 종균으로 사용하는 *O. oeni*를 대상으로 전통적인 화학적 돌연변이를 유도한 후 히스타민 저생산 돌연변이주를 선발하는 연구를 수행하였다. 선발된 돌연변이주 중에서 가장 낮은 생성능을 보인 균주는 야생균주에 비해 약 50% 감소한 히스타민 생성능을 보였고 histidine decarboxylase 유전자 서열을 분석한 결과 70번 alanine 잔기가 valine으로, 84번 asparagine 잔기가 threonine으로 각각 교체된 것을 알 수 있었다. Histidine decarboxylase 입체구조에서 변이가 일어난 잔기의 위치를 확인한 결과 효소의 활성부위에 인접한 잔기들임을 알게 되었으며 이는 돌연변이가 효소의 촉매반응 속도를 늦춘 결과로 히스타민 생성량이 감소한 것으로 판단되었다.

본 연구에서 얻어진 돌연변이 균주는 포도주 생산에서 중요한 말로락틱발효를 위한 개량 스타터로 사용될 수 있을 것으로 사료된다.

## VIII. 맺음말

국내 포도 및 포도주 산업을 보호하기 위해서는 포도주 가공기술의 애로 사항을 발굴하여 기술적인 문제들을 먼저 해결하고 스타터 개량과 같은 미생물공학 기초기술을 이용하여 국내 포도주 발효기술을 전반적으로 향상시키는 것이 필요하였다. 이를 위해서는 먼저 국내 소비자들의 성향을 파악 하는 것이 무엇보다 중요하나 국내 소비자들의 포도주 선호 패턴에 대한 연구결과를 구체적으로 수행된 적이 없었다. 이로 인해 ‘포도주의 맛은 쓰고 짝은맛이 강해야 한다’는 주장과 ‘한국인의 식습관은 외국인의 그것과 달라 대체로 단맛을 좋아한다’는 주장이 서로 논쟁거리가 되어 왔다. 따라서 본 연구에서는 국내 소비자들의 포도주 선호도를 조사하고 국산 포도주의 품질 향상 방향을 제시하고자 하였다.

고품질 포도주를 제조하는 방법은 상당부분 미생물을 관리하는 제어기술에 의존한다. 본 고찰에서는 말로락틱 유산균인 *O. oeni*를 이용하여 원재료의 단점을 극복함과 동시에 포도주 품질을 표준화할 수 있는 방법을 제안하였다. 또한 최근 안전성 측면에서 관심이 집중되는 아황산과 히스타민을 대체하거나 저감화할 수 있는 방법으로 차

아염소산을 이용한 포도의 항미생물효과와 천연항산화제 첨가에 의한 항산화효과 강화, 그리고 돌연변이를 이용한 히스타민 저생산 유산균 개발을 소개하였다. 이는 짧은 포도주 양조 역사에도 불구하고 다양한 발효식품을 보유하고 장기간 미생물 개량 기술을 확보한 우리나라에서 포도주 발효기술과 품질을 개선할 수 있는 방법을 계속적으로 개발할 수 있다는 가능성을 보여주는 사례이다. 또한, 포도주 효모를 이용하여 산업적으로 중요한 레스베라트롤을 생산할 수 있다는 사실은 발효공학기술이 대사공학기술과 접목되면 다양한 고부가가치 식품신소재를 대량생산하는 것이 가능함을 보여준다. 대사공학기술은 식품을 포함한 산업용 소재까지 대량생산이 가능케 할 것으로 예상되며 식품 및 생물산업에 미치는 파급효과가 커 발효 미생물 기초연구가 더욱 필요할 것으로 판단된다.

## 감사의 글

이 연구는 농림수산식품부 농림수산식품기술기획평가원지정 포도연구사업단에서 수행한 연구결과를 발췌한 것으로, 포도연구사업단을 처음 출범시킨 충북대학교 원예학과 고 김선규 교수님께 감사드립니다.

## 참고문헌

1. Korea Alcohol and Liquor Industry Association. Alcoholic beverage news. New year pp. 45-46 (2008)
2. Yook C, Seo MH, Lee JW, Kim YH, Lee KY. Quality properties of wines fermented with domestic new different grapes. Korean J. Food Sci. Technol. 40: 633-642 (2008)
3. Kim JS, Kim SH, Han JS, Yoon BT, Yook C. Effects of sugar and yeast addition on red wine fermentation using Campbell Early. Korean J. Food Sci. Technol. 31: 516-521 (1999)
4. Koh KH, Chang WY. Changes of chemical compounds during Seibel white grape must fermentation by different yeast strains. Korean J. Food Sci. Technol. 30: 487-493 (1998)
5. Yoo KS, Kim JS, Jin Q, Moon JS, Kim MD, Han NS. Chemical analysis and sensory evaluation of commercial red wines in Korea. Korean J. Food Sci. Technol. 40: 430-435 (2008)
6. Yoo KS, Kim JE, Moon JS, Jung JY, Kim JS, Yoon HS, Choi HS, Kim MD, Shin CS, Han NS. Evaluation of a volatile aroma preference of commercial red wines in Korea: sensory and gas chromatography characterization. Food Sci. Biotechnol. 19: 749-755 (2010)
7. Matthews A, Grimaldi A, Walker M, Bartowsky B, Grbin P, Jiranek V. Lactic acid bacteria as a potential source of enzymes



- for use in vinification. *Appl. Environ. Microb.* 70: 5715-5731 (2004)
8. Garde-Cerdan T, Ancin-Azpilicueta C. Review of quality factors on wine aging in oak barrels. *J. Food Sci. Technol.* 17: 438-477 (2007)
  9. Mamede MEO, Cardello HMAB, Pastore GM. Evaluation of an aroma similar to that of sparkling wine: Sensory and gas chromatography analyses of fermented grape musts. *Food Chem.* 89: 63-68 (2005)
  10. Park WM, Park HG, Rhee SJ, Lee CH, Yoon KE. Suitability of domestic grape, cultivar Campbell's early, for production of red wine. *Korean J. Food Sci. Technol.* 34: 590-596 (2002)
  11. Yoo KS, Kim JE, Seo EY, Kim YJ, Choi CY, Yoon HS, Kim MD, Han NS. Improvement in sensory characteristics of Campbell Early wine by adding dual starters of *Saccharomyces cerevisiae* and *Oenococcus oeni*. *J. Microbiol. Biotechnol.* 20: 1121-1127 (2010)
  12. Margalit Y. Pre-harvest. In: Brown, J., Imelli, B., & Shaw, A. (Eds.), *Conception in wine technology*. pp.3-20. The Wine Appreciation Guild Ltd. San Francisco, USA (2004)
  13. Campos F., Figueiredo AR, Hogg TA, Couto, JA. Effect of phenolic acids on glucose and organic acid metabolism by lactic acid bacteria from wine. *Food Microbiol.* 26: 409-414 (2009)
  14. Gañan M, Martínez-Rodríguez AJ, Carrascosa AV. Antimicrobial activity of phenolic compounds of wine against *Campylobacter jejuni*. *Food Control*, 20: 739-742 (2009)
  15. Lasanta C, Roldán A, Caro I, Pérez L, Palacios V. Use of lysozyme for the prevention and treatment of heterolactic fermentation in the biological aging of sherry wines. *Food Control*, 21: 1442-1447 (2010)
  16. Allende A, McEvoy J, Tao Y, Luo Y. Antimicrobial effect of acidified sodium chlorite, sodium chlorite, sodium hypochlorite, and citric acid on *Escherichia coli* O157:H7 and natural microflora of fresh-cut cilantro. *Food Control*, 20: 230-234 (2009)
  17. Shin SY, Han NS, Park YC, Kim MD, Seo JH. Production of resveratrol from p-coumaric acid in recombinant *Saccharomyces cerevisiae* expressing 4-coumarate: coenzyme A ligase and stilbene synthase genes. *Enzyme Microb. Tech.* 48: 48-53 (2011)