

## 한외여과공정을 이용한 포도주의 품질개선

정재호 · 목철균 · 임상빈<sup>1</sup> · 박영서\*  
경원대학교 생명공학부, <sup>1</sup>제주대학교 식품공학과

### Ultrafiltration for Quality Improvement of Wine

Jae-Ho Chung, Chulkyoon Mok, Sangbin Lim<sup>1</sup> and Young Seo Park\*

Division of Biotechnology, Kyungwon University

<sup>1</sup>Department of Food Science and Engineering, Cheju National University

Physicochemical and microbiological changes of grape wine fermented and aged at 25 and 15°C for 2 and 14 weeks, respectively, were investigated. Viable bacterial cell number,  $3.3 \times 10^2$  CFU/mL at the beginning of fermentation, increased to  $2.3 \times 10^6$  CFU/mL after 2 weeks, then decreased to  $1.9 \times 10^3$  CFU/mL after 14 weeks. Viable yeast cell number increased from  $2.8 \times 10^2$  to  $2.2 \times 10^7$  CFU/mL during fermentation, then decreased to  $1.6 \times 10^4$  CFU/mL after aging. Turbidity, pH, total sugar content, reducing sugar content, and solid content of grape wine decreased during fermentation, whereas acidity and alcohol content increased to 0.64 and 8.4%, respectively. Most physicochemical properties did not change significantly during aging. When grape wine was filtered through 0.45- $\mu$ m nitrocellulose membrane, followed by various ultrafiltration membranes with different molecular weight cut-off values, Biomax 100K membrane with 100 L/m<sup>2</sup>/hr (LMH) of initial flux was chosen for ultrafiltration process. These membrane filtration treatments resulted in complete removal of microorganisms and decreases in turbidity, reducing sugar, and solid content. Physicochemical properties of wine did not change, and no microorganisms were found during storage at 30°C for 12 weeks.

**Key words:** grape wine, ultrafiltration, flux, fermentation

## 서 론

우리나라의 포도 재배 면적은 전체 과수 재배 면적의 12%를 차지하고 있다. 1994년 이후 UR에 의해 농업 구조 재편성이 불가피한 상황에서 일반 작물을 재배하던 많은 농가가 소득이 높은 포도로 작목 전환을 시도하고 있으며 그 결과 포도 재배 면적이 1985년 이후 70% 이상 증가하였다. 재배되고 있는 포도의 품종을 보면 캠벨(Campbell Early)이 1987년 전체 재배 면적의 78%에서 1992년에는 69%로 감소 추세를 보이고 있으나 아직도 주 품종의 위치를 지키고 있으며, 그 다음으로 거봉, 샤이벨(Siebell 9110), 다노레드(Danored) 등의 순서를 보이고 있다<sup>(1)</sup>.

포도주는 대표적인 과실주로서 이에 대한 연구는 프랑스를 위시하여 외국에서 일찍부터 많은 연구가 되어 있다<sup>(2)</sup>. 그러나 국내에서는 이에 대한 연구가 비교적 적으며 1960년대 들어서 Park 등<sup>(3)</sup>이 캠벨 종을 원료로 포도주 제조 시험을 한 이외에 품종 선택을 목적으로 품종별 포도주 가공 적성

에 관한 연구<sup>(4)</sup>가 있었으며, 국내에서 재배되는 각종 포도의 성분을 분석하여 포도주 제조에 적합한 품종을 선택하였고, 최적 효모 균주의 선발도 시도하였다<sup>(5)</sup>. 또한 포도주 발효를 위해 우량 효모 균주 배양액을 첨가하여 포도주 발효를 시도한 보고도 있었는데, Byun<sup>(6)</sup>은 우량 균주 효모를 사용하여 포도주를 발효하여 세척한 포도로 담근 포도주와 비교하였으며, Yoo 등<sup>(7)</sup>은 한국산 포도를 우량 효모 균주 배양액을 사용하여 포도주로 발효시키고 품질을 평가한 바 있다.

국산 포도주는 수입 포도주의 개방으로 그 생산이 점차 줄고 있는 실정이며 해를 거듭할수록 감소 폭도 커지고 있는데, 96년도 국산 포도주의 출고는 1,970 kL를 기록하여 95년 대비 26.0%의 감소를 보인 반면 수입 포도주는 4,460 kL로 전년 대비 21.2%의 증가를 보여주고 있다. 이런 결과로 국내 포도 재배 농가에서는 수익성의 저하로 포도 재배를 포기하는 현상이 나타나며, 국산 포도주 제조 산업도 설비 가동률 저하 등의 어려움에 직면해 있다<sup>(1)</sup>.

이러한 시점에서 기존의 포도주로서 외국 유명 브랜드와 경쟁한다는 것은 품질 및 가격 등을 고려할 때 거의 불가능한 상태라고 할 수 있다. 품질저하의 원인으로는 여러 가지가 있지만 무엇보다도 포도주 내에 함유된 각종 변태 미생물에 의한 변질과 이를 방지하기 위하여 처리하는 가열살균에 따른 품질변화가 원인이 되고 있다.

\*Corresponding author : Young Seo Park, Division of Biotechnology, Kyungwon University, Seongnam 461-701, Korea  
Tel: 82-31-750-5378  
Fax: 82-31-750-5273  
E-mail: ypark@kyungwon.ac.kr

포도주의 부패와 산패의 원인은 함유된 잡균이나 젖산균, 초산균의 번식에 의한 것임이 밝혀졌고, 이들을 저온살균 처리에 의하여 사멸시킴으로써 저장기간을 연장하려는 시도가 있었다. 아울러 난백 lysozyme을 보존제로 첨가하여 잡균번식을 방지하고 산 생성 세균의 생육을 억제시키는 방안이 시도되었고,  $\gamma$ -ray와 가열처리의 병행 및 가열살균 후 무균 포장에 의한 저장성 연장에 관한 연구가 있었다. 그러나 위와 같은 연구 결과 포도주의 저장성을 어느 정도 향상시킬 수는 있었으나 처리에 따른 변색, 이취 생성과 저장 중 백탁 등의 품질저하를 수반하여 이러한 기술의 산업화에 문제점으로 대두되고 있다. 따라서 관능적 품질이 양호하고 저장성 있는 포도주를 생산하기 위해서는 기존의 가열살균공정을 대체할 비열살균기술의 개발이 시급하다.

본 연구는 포도주의 발효율과 품질을 향상시키기 위하여 막분리기술을 이용하여 포도주의 제균공정 기술을 개발하고, 저장기간에 따른 미생물 및 품질변화를 측정하여 품질 및 저장성 향상 효과를 검증하고자 한다.

## 재료 및 방법

### 포도의 품종

본 실험에 사용한 포도는 충북 영동 지방에서 2000년 7, 8월경 수확된 Campbell Early(*Vitis labruscana* B.) 품종을 시중에서 구입하여 사용하였다.

### 포도주의 제조

깨끗이 수세한 포도를 파쇄한 후 갈변을 방지하기 위하여  $K_2S_2O_8$ 를 아황산 농도가 200 ppm이 되도록 첨가하여 3시간 동안 실온에서 방치한 후 여과포를 이용하여 여과하여 과즙을 회수하였다. 추출한 과즙에 설탕을 첨가하여 24°Brix로 보당하고, 스타터 효모를 과즙의 0.5%(v/v) 수준으로 접종하여 25°C에서 2주간 발효하고 15°C에서 14주간 숙성시켰다<sup>(8)</sup>. 발효에 사용된 스타터 효모는 *Saccharomyces cerevisiae* KCCM 12224를 한국종균협회 부설 한국미생물보존센터에서 분양 받아 YM 액체배지(Difco, USA)에 접종하여 30°C에서 12시간 배양한 후 사용하였다.

### 한외여과 공정

숙성이 완료된 포도주를 10,000×g에서 10분간 원심분리하여 상등액을 취하고 부유물을 제거하기 위해 membrane filtration apparatus(Sigma, USA)를 이용하여 74 mmHg의 진공 하에서 pore size 0.45  $\mu$ m, 막 직경 47 mm, 막표면적 17.3 cm<sup>2</sup>의 nitrocellulose membrane filter를 장착하여 1차 여과하였다. 이후 한외여과장치(Labscale TFF System, Millipore Co.)를 이용하여 polyethersulfone 재질의 Biomax 100K, 30K, 5K의 여과막과 regenerated cellulose 재질의 PLCTK 30K와 PLCCC 5K의 총 5가지 여과막을 이용하여 40 psi의 압력을 가하여 여과하였다. 사용된 모든 한외여과막은 Millipore 사 제품으로 길이 18.8 cm, 폭 3.0 cm, 막 표면적이 50 cm<sup>2</sup>이고, 잔류부피가 3.2 mL, 최대구동압력이 80 psi이다. 여과 flux(LMH)는 막표면적 m<sup>2</sup>당 1시간에 통과하는 시료의 용량(L)을 실측하여 계산하였으며 1회 공정에 사용되는 시료의 부

피는 500 mL로 일정하게 하였다.

### 미생물균수 측정

포도주에 존재하는 미생물균수를 측정하기 위하여 총균수는 PCA 배지, 효모는 YM agar 배지, 곰팡이는 PDA 배지를 사용하였으며 10<sup>0</sup>~10<sup>9</sup>까지 희석한 포도주 시료를 PCA 배지와 YM agar 배지에는 1 mL을 분주하여 표준한천배양법으로 실시하였고, PDA 배지에는 0.1 mL씩 분주한 후 평판 도말하였다<sup>(9)</sup>. PCA 배지는 37°C에서 하룻밤, YM agar 배지는 25°C에서 1~2일, PDA 배지는 25°C에서 3~4일 배양한 후 계수하였다.

### 일반성분분석

포도주의 탁도 측정은 시료를 증류수로 정량적으로 희석시킨 후 spectrophotometer UV-1201(Shimatsu, Japan)을 사용하여 525 nm의 파장에서 흡광도를 측정하고 희석배수를 곱하여 산출하였다<sup>(10)</sup>.

pH는 pH meter(740p, Istek Inc.)를 사용하여 포도주 원액의 pH를 측정하였으며<sup>(11)</sup>. 색도는 희석하지 않은 포도주 시료 10 mL를 취하여 색차계(Color difference meter CR-300, Minolta, Japan)를 사용하여 명도(L값), 적색도(a값), 황색도(b값)를 측정하였다.

환원당은 dinitrosalicylic acid(DNS)법에 의해 측정하였다. 즉, 시험관에 DNS 시약 0.3 mL와 시료용액 0.1 mL를 혼합한 후 boiling water bath에서 정확히 3분간 방치하고 즉시 얼음 수조에서 냉각시킨 다음 1.6 mL의 증류수를 섞어 혼합한 후 550 nm에서 흡광도를 측정하고 표준곡선으로부터 환원당 함량을 산출하였다<sup>(12)</sup>.

산도는 포도주 10 mL에 증류수 20 mL를 가하여 0.1 N NaOH로 pH 8.3이 될 때까지 적정하고 소비된 0.1 N NaOH의 양으로부터 % tartaric acid로 나타내었으며<sup>(13)</sup>, 당도는 포도주를 10,000×g에서 10 분간 원심분리한 상등액을 취하여 굴절 당도계(Atago, N-2E, Japan)를 사용하여 측정하였다.

알코올 함량은 비중법을 이용하여 측정하였다. 즉 포도주 시료 100 mL을 증류하여 70%의 여액을 100 mL 메스실린더에 회수하여 증류수를 사용해 다시 100 mL로 정용한 뒤 여기에 주정계를 띄워 수면의 눈금을 읽는 방법으로 측정하였다<sup>(14)</sup>.

고형물 함량은 직접회화법을 이용하여 일정량의 시료를 120°C에서 3시간 회화한 후 회화 전 후의 중량을 비교하여 산출하였다.

## 결과 및 고찰

### 발효 및 숙성 전후 포도주의 미생물학적 변화

포도착즙액을 2주간 발효시킨 다음 14주간의 숙성기간을 거친 후 포도주 내에 존재하는 미생물의 변화를 살펴 본 결과 Table 1에 나타난 바와 같이 총세균수는 발효 초기 3.3×10<sup>2</sup> CFU/mL 수준으로 존재하다가 2주간의 발효 후에는 2.3×10<sup>6</sup> CFU/mL 수준으로 증가하였다. 14주간의 숙성과정을 거친 후에는 1.9×10<sup>3</sup> CFU/mL 수준으로 다시 감소하였다. 효모의 경우에는 발효 초기 2.8×10<sup>2</sup> CFU/mL 수준으로 존

**Table 1. Changes in viable cell numbers during the fermentation and aging of grape wine**

Microorganisms	Viable cell numbers (CFU/mL)		
	Before fermentation	After fermentation	After aging
Bacteria	$3.27 \times 10^2$	$2.27 \times 10^7$	$1.90 \times 10^3$
Yeasts	$2.81 \times 10^2$	$2.81 \times 10^7$	$1.62 \times 10^4$

재하다가 발효 후에는  $2.2 \times 10^7$  CFU/mL 수준으로 증가하였고, 숙성과정을 거친 후에는  $1.6 \times 10^4$  CFU/mL 수준으로 역시 감소하는 경향을 보였다. 곰팡이는 포도착즙액 중에 존재하지 않았고 발효와 숙성기간 중에도 관찰되지 않았다. Kim<sup>(14)</sup> 등은 8월 1일부터 9월 30일 까지 충북 영동지역 캠벨의 야생효모수가 평균  $4 \times 10^5$  CFU/mL 수준이라고 보고하였고, Yoo 등<sup>(15)</sup>은 포도주 발효시 주모의 첨가를 5%로 권장한 바 있다. 본 연구에서는 포도에 존재하는 미생물에 의한 발효의 영향을 최소화하기 위하여 포도를 깨끗이 세척한 후 스타터를 첨가하여 발효시켰기 때문에 기존의 보고와는 다른 미생물 수를 보였다고 판단된다. 본 연구 결과로부터 포도주에 존재하는 미생물은 그 종류에 관계없이 발효과정 중에는 증가하고, 숙성과정 중에는 감소하는 생육패턴을 나타냄을 알 수 있었다. 발효기간 중 세균은 당을 분해하고 효모는 이를 이용하여 생육이 증가됨과 동시에 알코올 생산이 지속적으로 이루어지게 된다. 숙성기간 중 미생물수의 감소는 알코올 발효에 이용할 당과 과즙에 있던 미량의 영양성분들이 모두 사용되었기 때문으로 사료된다. 이는 Kim 등<sup>(16)</sup>의 벌꿀 발효주의 청정과 숙성에 관한 연구에서 미생물이 당을 이용하여 알코올을 생산하고 이에 따른 미생물과 당과 알코올의 관계를 설명한 것과 동일한 결과였다.

#### 발효 및 숙성 전후 포도주의 이화학적 성분 변화

포도 착즙액의 당도를 24°Brix로 조절한 후 25°C에서 발효한 다음 15°C에서 숙성하면서 포도주의 탁도, pH, 산도, 당도, 알코올 함량, 고형분 함량, 환원당량, 색도를 측정하였다 (Table 2). 탁도는 525 nm에서의 흡광도로 측정하였는데 발효가 진행됨에 따라 2.04에서 1.53으로 감소하였고, 숙성과정 중에는 일정 수준을 유지하였다. 이는 초기 과즙에 존재하는 펙틴질이나 그 밖에 고형물질들이 발효가 진행됨에 따라 증

가하는 미생물에 의해 영양물질로써 이용되어 분해되기 때문인 것으로 생각되며 일종의 자연적인 청정 효과로 사료된다.

pH는 초기 3.24에서 발효 2주 때에는 3.23으로, 14주 동안의 숙성과정 후에는 3.26으로 큰 변화를 보이지 않았다. 산도는 발효과정 중에는 0.50%에서 0.64%로 서서히 증가하다가 숙성과정에서는 일정 수준을 유지하였다. Byun<sup>(6)</sup>은 8월말 수확한 캠벨의 pH가 3.85였으며, 발효를 시작하면서 점차 감소하여 발효 후에는 3.28로 되었다고 보고하였으며, Kim 등<sup>(14)</sup>은 영동지방의 캠벨이 산미가 강하여, 포도 성숙말기에는 총 산도가 0.7% 이하였다고 보고하여 본 연구결과와 유사하였다.

당 함량은 발효전 24°Brix가 되도록 조절하였는데 발효과정 동안에 7°Brix로 급격히 감소하였다. 그러나 숙성과정 동안은 6.7°Brix로 일정한 수준을 유지하였다. 발효과정에서 당 함량이 감소하는 이유는 효모가 혐기적 조건에서 당을 분해해 일정 수준의 알코올을 생산하기 때문이며 숙성기간 중 당 함량이 일정 수준을 유지하는 이유는 효모생육의 적정온도에서 2주간 완전한 발효가 이루어졌기 때문으로 생각된다.

알코올 함량은 발효 기간동안은 8.4%까지 지속적으로 증가하였으며, 숙성과정에 이르러서는 숙성초기 9.0%까지 증가하다가 숙성중반에 접어들면서 일정한 수준을 유지하였다. Kim 등<sup>(10)</sup>은 가당 및 효모첨가가 포도주 발효에 미치는 영향에서 효모첨가 여부에 관계없이 24°Brix로 가당한 경우에는 알코올 함량이 14.5% 이상 도달하였으며 효모를 별도로 첨가한 경우는 발효 9일 만에, 첨가하지 않은 경우는 발효 16일 만에 거의 최대 알코올 함량에 도달하여 전 발효가 끝났다고 보고하였다. 또한 Jung 등<sup>(13)</sup>의 연구에서는 알코올 함량은 초기 당도가 높아질수록 증가하나 30°Brix 이상이 되면 알코올 생성능이 오히려 감소한다고 보고한 바 있다. 또한 Pickering 등<sup>(17)</sup>은 18.1°Brix를 갖는 Riesling 포도즙을 가당 처리하지 않고 발효시켰을 경우 최종 알코올 농도가 10.45%라고 보고한 바 있다.

발효 과정 중 고형물 함량은 0.21 g/mL에서 0.02 g/mL로 감소하였고, 숙성 중에는 0.03 g/mL으로 일정한 수준을 유지하였다. 환원당의 경우는 발효가 진행됨에 따라 45.33%에서 1.89%로 감소하였고, 숙성 중에도 0.59%로 감소하였지만, 이는 숙성 초기 3~4주 이내의 현상으로써 발효 후 잔존하는 당에 의한 마지막 알코올 발효의 영향으로 생각되며 일정한 숙성 수준에 이르면 더 이상의 알코올 발효가 진행되지 않

**Table 2. Changes in physicochemical properties during the fermentation and aging of grape wine**

	Before fermentation	After fermentation	After aging
Turbidity (OD <sub>525nm</sub> )	2.04	1.53	1.53
pH	3.24	3.23	3.26
Acidity (% tartaric acid)	0.50	0.64	0.64
Sugar (°Brix)	24.00	7.00	6.70
Alcohol (%)	0.00	8.40	9.00
Solid content (g/mL)	0.21	0.02	0.03
Reducing sugar (% glucose)	45.33	1.89	0.59
L value	39.54	44.94	48.50
a value	37.20	32.69	24.71
b value	3.17	3.57	5.03

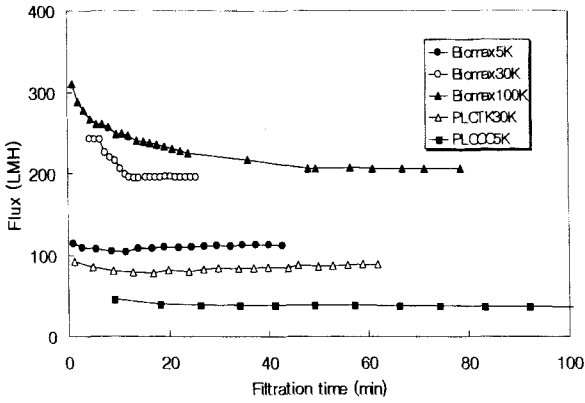


Fig. 1. Comparison of flux of distilled water when filtered through various membranes.

으므로 환원당의 수치에도 큰 변화가 없는 것으로 생각되어진다.

발효과정에서의 색도를 관찰한 결과 초기 L값(명도)은 39.54에서 44.94로 증가하였고, a값(적색도)의 경우 37.20에서 32.69로 감소한 반면 b값(황색도)은 3.17에서 3.57로 증가하여 발효과정에서는 전체적인 밝기와 색깔에 변화가 있음을 알 수 있었다. 숙성과정 중 L값은 48.50으로 a값은 24.71로 b값은 5.03로 변화였다.

**한외여과막의 종류에 따른 여과 flux의 변화**

포도주를 한외여과하기 전에 고속원심분리기로 4°C에서 10,000×g로 10분 동안 원심분리하여 상층액만 회수하여 포도주 내에 존재하는 혼탁물질이나 불용성 부유물질들을 1차 제거하였다. 불용성 부유물질들이 제거된 포도주를 0.45 μm의 pore size를 지닌 nitrocellulose 재질의 여과막에 여과시켜 잔존하는 부유물들을 2차 제거하였다. 한외여과막의 종류는 Biomax 5K, Biomax 30K, Biomax 100K, PLCCC 5K, PLCTK 30K의 5가지를 사용하였는데, 증류수를 사용하여 여과막의 종류에 따른 여과 flux를 비교하면 Fig. 1과 같이 40 psi의 압력으로 한외여과하였을 경우 molecular weight cutoff value가 100,000인 Biomax 100K 막의 초기 flux가 310 liter/m<sup>2</sup>/h(LMH)로 가장 높았으며 Biomax 5K, Biomax 30K 막의 경우 각각 초기 flux가 114 LMH, 242 LMH로 Biomax 100K 막의 약 30~80%정도의 flux를 나타내었다. PLCCC 5K와 PLCTK 30K 막은 초기 flux가 각각 46 LMH, 92 LMH로 사용된 한외여과막 중에서 PLCCC 5K의 초기여과 flux의 값이 가장 낮았다.

5가지 종류의 한외여과막을 사용하여 40 psi의 압력으로 포도주를 여과한 결과 Fig. 2에 나타낸 바와 같이 Biomax 100K 막의 초기 flux가 100 LMH로 가장 높았으며 Biomax 30K, Biomax 5K의 경우에는 각각 24.1 LMH, 9.3 LMH의 초기 여과 flux를 나타내 molecular weight cutoff value가 낮아질수록 초기 여과 flux 역시 감소함을 알 수 있었다. Biomax 100K 막은 여과 시간이 지남에 따라서도 다른 종류의 여과막에 비해 flux가 월등히 뛰어난 것을 보여주었다. 그러나 전반적으로 여과시간이 지남에 따라 여과 flux가 급격하게 저하되었는데 이는 막분리공정의 가장 큰 문제점 중의 하

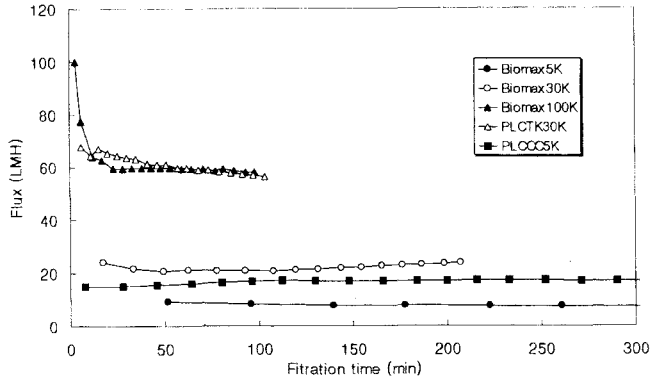


Fig. 2. Comparison of flux of grape wine when filtered through various membranes.

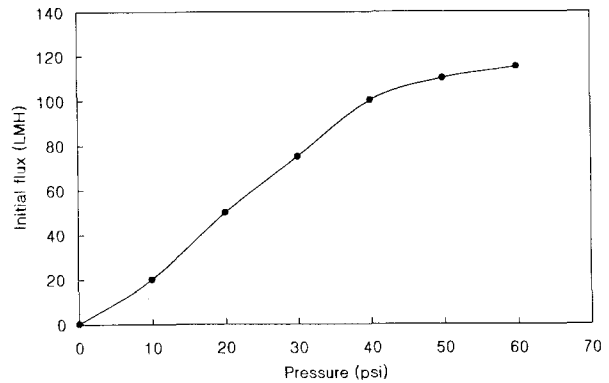


Fig. 3. Effect of transmembrane pressure on initial flux using Biomax 100K membrane.

나인 fouling과 농도분극에 기인한 것으로 판단된다. 이러한 결과로부터 Biomax 100K 막의 flux가 가장 높아 최적막으로 선정하였다. Amar 등<sup>(18)</sup>은 한외여과를 이용하여 사과주스를 청정화할 때 여과 flux가 초기 30분 동안 빠르게 저하되어 정체되었으며 초기에 높은 압력에서 시작하는 것보다 서서히 압력을 증가시켰을 때 투과 flux가 더 낮았다고 보고한 바 있다.

최적막으로 선정한 Biomax 100K 막을 이용하여 포도주를 한외여과하였을 때 막 횡단압력에 따른 초기 여과 flux의 변화를 Fig. 3에 나타내었다. 막 횡단압력이 40 psi까지 증가함에 따라 초기 여과 flux가 비례적으로 증가하였으나 그 이후부터는 증가율이 급격히 감소하여 60 psi에서는 116 LMH를 나타내었다. 따라서 포도주의 한외여과에는 40 psi 이상의 압력증가는 바람직하지 않은 것으로 판단되었다.

**여과 전 후 미생물의 변화**

5종류의 한외여과막을 이용하여 포도주를 여과한 다음 여액 중에 존재하는 미생물의 수를 측정된 결과 Table 3에서와 같이 여과 전 1.90×10<sup>3</sup> CFU/mL로 존재하는 총균과 1.62×10<sup>4</sup> CFU/mL로 존재하는 효모가 5 종류의 한외여과막을 통과한 후 모든 막에서 어떠한 미생물도 검출되지 않았다. 따라서 본 연구에 사용된 여과방법은 미생물을 완벽하게 제거할 수 있는 효과적인 방법으로 확인되었다.

**Table 3. Comparison of viable cell numbers in grape wine when filtered through various membranes**

Membrane	Viable cell numbers (CFU/mL)	
	Bacteria	Yeasts
Non-filtered	$1.90 \times 10^3$	$1.62 \times 10^4$
Biomax 5K	ND <sup>1)</sup>	ND
Biomax 30K	ND	ND
Biomax 100K	ND	ND
PLCCC 5K	ND	ND
PLCTK 30K	ND	ND

<sup>1)</sup>ND: Not detected.**한외여과에 따른 이화학적 특성의 변화**

포도주를 nitrocellulose 막과 5종류의 한외여과막을 이용하여 여과한 후 여과 전후 이화학적 특성의 변화를 Table 4에 나타내었다. pH의 변화량은 여과 전 pH 3.26에서 여과 후 5종류의 여과막 모두 3.44~3.47로 약간 증가하였다. 산도는 여과 전 0.63에서 여과 후 5종류의 여과막별로 0.61~0.63으로 큰 차이를 나타내지 않아 미세여과와 한외여과공정은 포도주의 pH와 산도에는 큰 영향을 미치지 않음을 확인하였다. Kang 등<sup>(9)</sup>의 미세여과에 의한 약주의 저장성 증진에 관한 연구에 의하면 막여과 약주는 저장 중에도 별다른 산도의 변화를 나타내지 않아 높은 저장성을 보임을 보고한 바 있으며 여과되지 않은 약주의 경우에는 25°C에서 50여일 간 산도의 변화를 측정할 결과 초기 0.41%에서 조금씩 증가하는 경향을 보이다가 28일 이후에는 급속히 증가하여 50일째에는 0.60%까지 증가하였는데 이는 약주 내에 존재하는 미생물에 의해서 저장기간 중 산이 생성되었기 때문이라고 보고한 바 있다.

알코올 함량의 변화는 여과 전 9.0%에서 nitrocellulose 여과 후 8.4%로 감소하였고, Biomax 5K, 30K, 100K는 각각 8.2, 8.1, 8.1%로 감소하였으며, PLCCC 5K는 8.0%로, PLCTK 30K는 8.2%로 감소하여 여과막의 종류에 관계없이 큰 차이를 보이지 않았다. 그러나 전체적으로는 여과 후 알코올 함량이 약간 감소하였는데 이는 장시간의 여과공정에 의한 일부 알코올 성분이 휘발되었기 때문인 것으로 사료된다.

당도는 여과 전 6.7°Brix에서 nitrocellulose 막을 이용한 미세여과 후에는 7.0°Brix%로, 5종류의 한외여과막으로 여과한 경우에는 6.8~7.0°Brix로 약간 증가함이 관찰되었는데 이

는 여과공정에 의해 포도주가 소량이나마 농축이 되기 때문에 단위 용적당 존재하는 당의 함량이 증가된 것으로 생각된다. 하지만 여과 후 알코올과 당 함량의 변화는 매우 미비한 수준으로 포도주 자체의 성분을 변화시키지는 않을 것으로 사료된다.

여과 전 0.028 g/mL이었던 고형분 함량은 nitrocellulose 막을 이용한 미세여과 후 0.022 g/mL로 약간의 감소를 보였으며 Biomax 5K, 30K, 100K 막으로 여과했을 경우에는 각각 0.018 g/mL, 0.021 g/mL, 0.020 g/mL로 감소하였으며, PLCCC 5K와 PLCTK 30K는 각각 0.019, 0.020 g/mL로 감소하여 막의 종류에 관계없이 동일한 수준의 감소량을 나타내었다. 이로부터 한외여과 공정에 의해 보다 더 청정화된 포도주를 제조할 수 있음을 확인하였다.

여과 전후 탁도의 변화량은 여과 후의 탁도가 여과 전 탁도인 1.58과 큰 차이를 나타내지 않았는데 이는 포도주 자체가 지니는 anthocyanin 계통의 색소가 한외여과막을 통과하기 때문인 것으로 사료된다.

색도 변화는 여과전 47.94의 L값이 여과 후 유의적으로 감소하여 색깔이 짙어졌는데 nitrocellulose, Biomax 30K, Biomax 100K, PLCTK 30K 막은 포도주의 L값을 크게 낮추어 색깔을 어두워지게 하였다. 그러나 Biomax 5K와 PLCCC 5K는 감소폭이 덜하여 molecular weight cut-off value가 큰 막일수록 색상이 더 어두워짐을 알 수 있었다. a값은 막여과에 의해 유의적으로 증가하는 경향을 나타내었으며, b값은 Biomax 5K와 PLCCC 5K 막의 경우에는 감소하였고 나머지 막은 증가하여 molecular weight cut-off value가 작은 막의 경우 황색이 얼어짐을 알 수 있었다.

여과 전 0.47%의 수치를 나타냈던 환원당 함량은 미세여과와 5가지의 한외여과 공정 후 전체적으로 대략 40~50% 정도의 감소율을 보여 0.20~0.26%의 수치를 나타내었는데 그 중 molecular weight cut-off value가 가장 작은 Biomax 5K의 경우가 0.20%로 가장 큰 감소율을 보였고, 같은 재질의 경우에는 molecular weight cut-off가 커질수록 환원당 함량의 감소율은 작아지는 것으로 나타났다. Molecular weight cut-off가 동일한 Biomax 5K, PLCCC 5K의 경우와 Biomax 30K, PLCTK 30K의 경우에는 두 경우 모두 Biomax 재질이 환원당 함량을 보다 많이 감소시킴을 확인 할 수 있었다. 여과 후 환원당의 수치가 감소하는 이유는 막의 재질과 molecular weight cut-off value에 따라 약간의 차이는 있었지만 공

**Table 4. Changes in physicochemical properties of grape wine filtered through various membranes**

	Non filtered	Nitrocellulose	Biomax 5K	Biomax 30K	Biomax 100K	PLCCC 5K	PLCTK 30K
pH	3.26	3.44	3.45	3.46	3.46	3.47	3.47
Acidity (% tartaric acid)	0.63	0.63	0.62	0.62	0.63	0.61	0.62
Alcohol (%)	9.00	8.40	8.20	8.10	8.10	8.00	8.20
Sugar (°Brix)	6.70	7.00	6.80	6.90	7.00	6.90	7.00
Reducing sugar (% glucose)	0.47	0.26	0.20	0.23	0.24	0.24	0.23
Solid content (g/mL)	0.028	0.022	0.018	0.021	0.020	0.019	0.020
Turbidity (OD <sub>525</sub> )	1.53	1.75	1.56	1.57	1.57	1.52	1.58
L value	47.94	42.15	46.68	43.03	42.57	46.13	42.38
a value	24.34	31.02	26.34	31.03	31.57	28.81	31.81
b value	5.48	6.80	4.86	6.04	6.57	4.59	6.29

**Table 5. Changes in physicochemical properties of grape wine during the storage at 30°C**

Storage time (week)	0	2	4	6	8	10	12
Viable cell numbers (CFU/mL)							
Bacteria	ND <sup>1)</sup>	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Yeasts	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Turbidity	1.57	1.52	1.51	1.52	1.50	1.51	1.53
pH	3.46	3.45	3.48	3.44	3.46	3.42	3.47
Acidity	0.63	0.61	0.64	0.62	0.61	0.62	0.63
L value	42.10	42.14	42.19	42.32	42.72	42.33	42.12
a value	31.66	31.68	31.72	31.69	31.14	31.14	31.14
b value	6.56	6.61	6.60	6.59	6.62	6.52	6.62

<sup>1)</sup>ND: Not detected.

정 중 여과막에 의해 일부 환원당 성분이 흡착되어지는 것으로 생각된다.

**저장 중 포도주의 이화학적 특성의 변화**

한외여과한 포도주를 30°C에서 12주간 저장하면서 저장기간에 따른 미생물학적, 이화학적 특성의 변화를 측정 한 결과 Table 5에 나타낸 바와 같이 미생물이 전혀 검출되지 않았고 탁도, pH, 산도, 색도 등 조사한 모든 이화학적 특성이 거의 변화하지 않아 저장 중 품질의 변화가 없는 것으로 확인되었다. 이 결과로부터 한외여과는 포도주를 완전 살균함과 동시에 품질의 저하현상이 없이 장기 저장이 가능한 효과적인 공정인 것으로 판단되었다.

**요 약**

포도 착즙액의 당도를 24°Brix로 조절하여 25°C에서 2주간 발효하여 제조한 후 15°C에서 14주간 숙성과정을 거친 포도주의 이화학적 성분 및 미생물의 변화를 살펴보았으며 한외여과 후의 포도주의 이화학적 특성의 변화를 관찰하였다. 총 세균수는 발효 초기 3.3×10<sup>2</sup> CFU/mL에서 2주간의 발효 후에는 2.3×10<sup>6</sup> CFU/mL로 증가한 후 숙성과정을 거친 후에는 1.9×10<sup>3</sup> CFU/mL로 다시 감소하였다. 효모의 경우에는 발효 초기 2.8×10<sup>2</sup> CFU/mL에서 발효 후에는 2.2×10<sup>7</sup> CFU/mL로 증가한 후, 숙성과정을 거친 후에는 1.6×10<sup>4</sup> CFU/mL로 역시 감소하는 경향을 보였다. 탁도, pH, 총당, 환원당, 고형물 함량은 발효가 진행됨에 따라 감소하였고, 산도, 알코올 함량은 증가하는 경향을 나타내어 발효가 완료된 후의 산도는 0.64%, 알코올 함량은 8.4%의 값을 보였다. 숙성과정 중에는 대부분의 이화학적 성질은 크게 변화하지 않았다. 포도주를 0.45 μm nitrocellulose 미세여과막을 이용하여 여과한 후 재질과 공경이 서로 다른 한외여과막을 사용하여 한외여과한 결과 Biomax 100 K 막이 초기 flux가 100 liter/m<sup>2</sup>/h (LMH)로 가장 높아 한외여과공정의 최적 한외여과막으로 선정하였다. 한외여과에 의해 포도주 내에 존재하는 미생물은 완벽하게 제거되었으며 환원당 함량과 고형물 함량은 약간 감소하였으나 그 이외의 이화학적 특성은 크게 변화하지 않았다. 포도주를 30°C에서 12주간 저장하였을 경우 저장기간동안 미생물이 전혀 검출되지 않았으며 이화학적 특성도 변화하지 않았다.

**감사의 글**

본 연구는 한국과학재단의 특정기초연구사업 (98-0402-01-01-3)의 지원으로 수행되었으며, 이에 감사드립니다.

**문 헌**

1. Anonymous. The trend of production and sales in alcoholic beverage industries, pp. 468-484. In: Korean Annual Report of Food Industries. The agriculture, fisheries and livestock news, Seoul, Korea (1997)
2. Amerine, M.A. and Cruess, W.V. Red table wine production, pp. 303-329. In: The Technology of Wine Making. AVI Publishing, Connecticut, USA (1960)
3. Park, K.I., Nah, S.S., Yoo, Y.J. and Hong, S.C. Studies on the red wine production. Tech. Bull. Natl. Ins. Technol. 19: 107-112 (1969)
4. Gong, S.J., Hong, S.B. and Lee, D.K. Investigations on grape varieties for winery. Tech. Bull. of Natl. Hort. Res. Ins. 15: 19-23 (1973)
5. Park, Y.H. Studies on the grape variety and the selection of yeast strain for wine-making in Korea. Korean J. Agric. Chem. Soc. 18: 219-227 (1975)
6. Byun, S.S. A comparative study on the manufacturing processes of red wine. Korean J. Nutr. 13: 139-144 (1980)
7. Yoo, J.Y., Seog, H.M., Shin, D.H. and Min, B.Y. Enological characteristics of Korean grape and quality evolution of their wine. Korean J. Appl. Microbiol. Bioeng. 12: 185-190 (1984)
8. Yi, S.H., Ann, Y.G., Choi, J.S. and Lee, J.S. Development of peach fermented wine. Korean J. Food and Nutr. 9: 409-412 (1996)
9. MHW. Official Book of Foods, Experimental Methods. Ministry of Health and Welfare, Seoul, Korea (1997)
10. Chen, C.S., Carter, R.D., Barros, S.M., Nagy, S., Hernandez, B. Evaluation of citrus processing system for passion fruit juice concentration. Proc. Fla. State Hort. Soc. 104: 51-54 (1991)
11. Yonsei University. Experiments in Food Science and Engineering. Tamgudang Publishing, Seoul, Korea (1975)
12. Miller, G.L. Use of dinitrosalicylic acid reagent for determination of reducing sugar. Anal. Chem. 31: 426-428 (1959)
13. Lim, S.B., Jwa, M.K. Mok, C.K. and Park, Y.S. Quality change in Kochujang treated with high hydrostatic pressure. Korean J. Food Sci. Technol. 33: 444-450 (2001)
14. Kim, J.S., Kim, S.H. and Han, J.S. Effect of sugar and yeast addition on red wine fermentation using Campbell Early. Korean J. Food Sci. Technol. 31: 516-521 (1999)
15. Yoo, J.Y., Seog, H.M., Shin, D.H. and Min, B.Y. Ecological characteristics of Korean grape and quality evaluation of their wine. Korean J. Appl. Microbiol. Bioeng. 12: 185-190 (1984)

16. Kim, D.H., Rhim, J.W. and Jung, S.T. Clarification and aging of fermented honey. Korean J. Food Sci. Technol. 31: 1330-1336 (1999)
17. Pickering, G.J., Heatherbell, D.A. and Barnes, M.F. The production of reduced-alcohol wine using glucose oxidase treated juice. Part I. Composition. Am. J. Enol. Vitic. 50: 291-298 (1999)
18. Amar, B.R., Gupta, B.B. and Jaffrin, M.Y. Apple juice clarification using mineral membranes: Fouling control by backwashing and pulsating flow. J. Food Sci. 55: 1620-1625 (1990)
19. Kang, M.Y., Park, Y.S., Mok, C.K. and Chang, H.G. Improvement of shelf-life of Yakju by membrane filtration. Korean J. Food Sci. Technol. 30: 1134-1139 (1998)

---

(2003년 2월 12일 접수; 2003년 4월 16일 채택)