

## 최소가공기술을 이용한 오디 과실주스의 제조

김인숙 · 이준영 · 이순재 · 윤광섭<sup>1</sup> · 최상원\*

대구가톨릭대학교 식품영양학과, <sup>1</sup>대구가톨릭대학교 식품산업학부

### Preparation of Minimally Processed Mulberry (*Morus spp.*) Juices

In-Sook Kim, Jun-Young Lee, Soon-Jae Rhee, Kwang-Sup Youn<sup>1</sup>, and Sang-Won Choi\*

Department of Food Science and Nutrition, Catholic University of Daegu

<sup>1</sup>Faculty of Food Science and Industrial, Catholic University of Daegu

Raw mulberry (*Morus spp.*) juice was prepared by minimal processing using several filter aids, fining agents, and clarifying enzymes, followed by filtration, centrifugation, and membrane filtration. Control of browning in minimally processed mulberry juices by anti-browning agents, sodium hydrosulfite, L-ascorbic acid, citric acid, and NaCl, was investigated using quantitative measurements of color changes during storage. Clarification of mulberry juice was improved by adding several filter aids, fining agents, and enzymes, followed by filtration and centrifugation. Several fining agents, including chitosan, chitin, PVPP, gelatin, and casein at a concentration of 1%, and combination of ultrafiltration and centrifugation at 8,000 rpm were not suitable for clarification of juice owing to strong adsorption of anthocyanin pigment. Combination of 0.01 μm membrane filtration and centrifugation at 8,000 rpm was effective for clarification of mulberry juice. Browning of minimally processed mulberry juice was inhibited significantly by adding 200 ppm sodium hydrosulfite, and 0.1% L-ascorbic acid (L-AsA) and 0.1% citric acid (CA) also showed considerable browning inhibition. Combination of L-AsA and CA, which was moderately effective for browning inhibition of juice, may be useful as a sulfite alternative for mulberry juice. Optimum sugar (°Brix)/acid ratio and commercial sterilization of minimally processed mulberry juice were approximately 40 and 10 min at 85-90°C, respectively.

**Key words:** mulberry (*Morus spp.*) fruit juice, minimal processing technology

## 서 론

오디(Mulberry)는 뽕나무과(Moraceae)에 속하는 낙엽교목인 뽕나무(*Morus alba* L.)의 열매로서 5월부터 6월에 걸쳐 과실의 색이 검은색 또는 자홍색을 나타낼 때 채취하여 식용하거나 건조한 후 한약재로 사용하고 있다(1). 한방에서는 오디를 ‘상심자’로 불리며 백발을 검게하며 소갈(당뇨)을 덜어주고 오장을 이롭게하는 자양·강장제로써 뿐만 아니라 빈혈, 고혈압, 관절통 및 대머리 치료에 효능이 있는 것으로 알려져 있다(1,2).

오디는 당, 유기산 뿐만 아니라 다량의 안토시아닌 색소를 함유하고 있어(3-5) 생과로서 뿐만 아니라 마말레이드, 잼, 주스 및 술 등의 가공식품과 더불어 천연료제로서 의류 및 화장품 산업에서 이용되고 있다(6,7). 또한, 오디추출물은 항당뇨(8), 항산화(9-12), 항염증(9) 및 항고지혈증(13) 등의 여러 생리학적 작용을 지니고 있을 뿐만 아니라 flavonoids, stilbenes, pre-

nylflavonoids, coumarin 및 deoxynojirimycin 등의 항산화, 항간독성 및 항당뇨성 생리활성물질(14,15)을 함유하고 있어 기능성식품의 소재로써 크게 각광을 받고 있다.

한편, 오디 과실은 무르고 다량의 수분을 함유하고 있어 수확 후 품질 저하가 쉽게 초래되어 생과로서의 이용이 어려울 뿐만 아니라 그들이 지니고 있는 안토시아닌 색소는 여러 물리·화학적인 요인에 대해 매우 불안정하기 때문에 오디를 이용한 가공식품의 개발이 크게 제한을 받고 있다(4,16). 따라서 오디 과실의 영양성 및 기능성을 유지하면서 안토시아닌 색소의 변화를 최소화할 수 있는 새로운 가공기술 개발이 필요하다.

최근 급속한 산업사회의 발전과 더불어 생활수준의 향상에 따라 소비자들은 열처리 식품 보다는 자연식품, 건강지향의 식품을 점차 선호하고 있으며, 이러한 소비자의 욕구변화에 부응하기 위한 새로운 식품가공기술의 개발이 활발히 이루어지고 있다. 특히 식품가공에 있어 식품의 부피를 줄이고 유해균의 생육을 억제시킬 뿐만 아니라 식품의 품질에 악영향을 미치는 여러 산화효소를 불활성화시키는 수단으로 널리 사용되고 있는 열처리 공정은 식품이 지니고 있는 고유한 색, 맛과 향기를 소실시킬 뿐만 아니라 여러 가지 영양성분 및 기능성성분의 손실, 이취의 발생 및 이상물질의 생성을 초래할 수 있으며, 특

\*Corresponding author : Sang-Won Choi, Department of Food Science and Nutrition, Catholic University of Daegu, Hayang, Gyeongbuk 712-702, Korea  
Tel: 82-53-850-3525  
Fax: 82-53-850-3504  
E-mail: swchoi@cu.ac.kr

히 에너지의 대량소비를 유발시키는 단점을 지니고 있다. 따라서 현재 이러한 열처리 가공공정을 극복할 수 있는 최소한의 가열 또는 비(가)열 가공법인 최소가공기술 (minimal processing technology)이 식품가공산업에서 각광을 받고 있다(17-19).

최근 식품가공산업에서 주목을 받고 있는 최소가공기술에는 막여과, 전자파 처리, 초고압 및 고전압펄스 자기장 등의 물리적인 처리방법과 오존, NaOCl, 유기산 및 방부제 등의 여러 화학적인 처리방법이 사용되고 있다(20). 이 중 막여과 기술은 (membrane filtration, ultrafiltration 및 nanofiltration)은 과실주스의 청징화(21), 효소적갈변현상 억제(22) 수단으로서 뿐만 아니라 열처리에 매우 민감한 액상식품의 제균, 고분자물질의 분획 및 분리, 저온·저에너지 농축 등에 이용되고 있는 최소가공기술로서 식품가공산업에서 그 응용이 크게 확대되고 있다(23).

한편, 식품의 효소적갈변 현상은 외관의 변색에 따른 소비자의 기호성 및 상품성을 저하시킬 뿐만 아니라 영양가의 손실 및 독성물질의 생성 등을 초래하기에 현재 식품가공산업에서 다루기 힘든 문제 중의 하나이다. 현재 이러한 식품의 효소적갈변 현상을 억제하기 위한 수단으로 가장 널리 사용되고 있는 방법이 바로 sulfite류의 첨가이다(24). 그러나 sulfite류는 인체의 독성을 유발시키는 안전성이 문제시되고 있어 현재 이를 대체할 수 있는 여러 갈변저해제 즉, 환원제, 유기산류, 착염제, polyphenol oxidase(PPO) 저해제, 무기염 및 효소 등이 개발되어 사용되고 있다(25). 그런데 이러한 sulfite류 대체제의 처리에 따른 식품의 효소적갈변 억제 효과는 사용하는 식품의 종류, 품종 및 PPO의 특성에 따라 상당히 다르다(25,26). 따라서 최소가공기술과 갈변저해제를 이용한 오디 과실 주스의 개발이 필요한 실정이다.

본 연구는 뽕나무 열매인 오디를 이용한 고부가가치의 가공식품 개발에 관한 연구의 일환으로 먼저 최소가공기술을 이용한 오디 과실 주스의 제조 방법에 관해 조사하였다.

## 재료 및 방법

### 실험재료

본 실험에 사용한 뽕나무 열매 오디는 2003년 6월 초순경에 경북 농촌진흥원 상주 잠사군충연연구소 시험포장에서 재배하고 있는 국상 20호 뽕나무에서 완숙된 것을 직접 채취한 후 4°C 냉장고에서 보관하면서 사용하였다.

다음, 본 실험에 사용한 여과보조제(celite 545, silicagel, active carbon, talc 및 bentonite)는 화성산업(Seoul, Korea) 제품을, 청징제[agar, arabic gum, casein, gelatin, chitosan, chitin, carboxymethylcellulose(CMC), starch,  $\beta$ -cyclodextrin 및 polyvinylpyrrolidone(PVPP)]는 Wako Pure Chem(Osaka, Japan) 및 Sigma(St. Louis, USA) 제품을, 그리고 4가지 효소 [ $\alpha$ -amylase(최적온도 70-80°C, 역가 4,500 unit), glucoamylase(최적온도 55-65°C, 역가 3,000 unit), cellulase(최적온도 45-55°C, 역가 700 unit) 및 pectinase(최적온도 45-55°C, 역가 5,000 unit)]는 Genencor International, Inc(USA) 및 Novozyme(Denmark) 제품을 각각 사용하였다. 그리고 L-ascorbic acid, NaCl, citric acid, sodium citrate 및 sodium hydrosulfite( $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_4$ )는 Wako Pure Chem(Osaka, Japan) 제품을, 고과당은 삼양제넥스(주)(Korea) 제품을, 그리고 기타 제품은 시중에서 판매되고 있는 것을 사용하였다.

### 오디 과실 주스의 제조 및 안토시아닌 색소의 추출 수율

생체 오디 과실(5 g)에 증류수(10-60 mL)를 각각 가하여

homogenizer(Iuchi CM-100, Japan)로 2분간 마쇄한 후 8,000 rpm에서 10분간 원심분리하여 얻은 상등액을 오디 주스로 사용하였다. 다음, 오디 주스 중 안토시아닌 색소의 추출 수율을 알아보기 위해 이 주스액을 0.1% HCl 용액으로 5배 희석한 다음 UV-vis spectrophotometer(V-130, JASCO, Japan)를 사용하여 파장 300-800 nm 범위에서 scanning하여 오디 anthocyanin 색소의 최대 흡수파장인 510 nm에서 흡광도(O.D.)를 측정하였다.

### 여과 방법에 따른 오디 주스의 제조

생체 오디(5 g)에 증류수(50 mL)를 가하여 homogenizer로 2분간 마쇄한 후 증류수를 가하여 100 mL로 정용하였다. 이액을 면포착즙, 감압여과(Whatman No. 4 filter paper를 이용하여), 원심분리(8,000 rpm, 10분간) 및 원심분리 후 한의여과 장치(Sunk-yung, Korea)를 이용하여 막여과(0.01  $\mu\text{m}$  membrane filtration, 10 K 및 30 K Daltons cut-off fiber polysulfone membrane ultrafiltration)를 각각 실시한 후 얻어진 오디 과실주스의 색도 (Hunter scale에 의한 L, a, b 값, 이때 기준이 되는 표준판의 색도는 L=98.47, a=0.57, b=-0.63이다)는 색차계(Color JC 801, Color Techno System Co. Ltd., Japan)로 그리고 흡광도는 위와 동일하게 측정하였다.

### 여과보조제, 청징제 및 효소 처리에 따른 오디 주스의 제조

생체 오디(5 g)에 증류수(50 mL)를 가하여 homogenizer로 2분간 마쇄한 후 100 mL로 정용한 액에 여러 여과보조제 및 청징제 각각 1.0 g을 가하여 magnetic stirrer로 상온에서 1시간 동안 교반한 후 8,000 rpm에서 10분간 원심분리하여 얻은 상등액을 10배 희석한 다음 색차계 및 UV-vis spectrophotometer를 사용하여 색도 및 흡광도를 각각 측정하였다. 그리고 homogenizer로 파쇄한 오디추출액을 면포로 착즙한 후 여기에 4가지 효소 ( $\alpha$ -amylase, glucoamylase, cellulase 및 pectinase) 0.1 mL를 가한 후 shaking water bath(100 rpm, 50°C)에서 2시간 동안 교반한 후 다시 8,000 rpm에서 10 분간 원심분리하여 얻은 상등액을 10배 희석하여 위와 동일하게 색도 및 흡광도를 측정하여 오디 과즙의 청징효과를 조사하였다.

### 갈변저해제 첨가에 따른 오디 과즙의 갈변 억제효과 측정

갈변저해제 처리에 따른 최소 가공한 오디 과즙의 효소적 갈변 억제 효과를 측정하기 위해 위의 오디 과실주스 제조시 증류수(control구) 대신에 여러 갈변저해제(sodium hydrosulfite, L-ascorbic acid, citric acid 및 NaCl)를 0.1% 농도(단 0.02% sodium hydrosulfite 제외)로 사용하여 오디 주스를 만든 후 상온에서 1일 보관한 후 오디 주스의 색도 변화를 위와 동일하게 측정하였다.

### 당/산 첨가 및 살균 조건에 따른 오디 과실 주스의 관능검사

당/산비(30-60)와 상업적살균 조건(85-90°C, 5-30분)을 달리하여 제조된 오디 과실주스의 맛, 향 및 색깔에 대한 관능 검사는 훈련받은 관능요원 10명을 대상으로 3회 반복 실시하였다. 즉, 제조된 오디 과실 주스를 유리잔에 넣어 형광조명이 있고 개인 검사대가 설치된 관능검사실에서 각 오디주스의 맛, 향 및 색깔에 대하여 아주 좋음(5), 좋음(4), 보통(3), 나쁨(2), 아주 나쁨(1)의 5점 시험법으로 평가를 실시하여 그 값에 대한 평균치 결과를 나타내었다. 한 개의 시료를 평가한 후 반드시 물로 입안을 헹구어낸 후에 다음 시료를 평가하도록 하였다.

**Table 1. Extracting efficiency of anthocyanin pigments from mulberry fruits in relation to addition of distilled water prior to manufacturing of mulberry juice**

Mulberry (g)	Distilled water addition (mL)	Absorbance (at 510 nm) <sup>1)</sup>
5	10	0.78 <sup>c</sup>
	20	0.80 <sup>c</sup>
	30	0.89 <sup>bc</sup>
	40	1.14 <sup>a</sup>
	50	1.06 <sup>ab</sup>
	60	0.95 <sup>b</sup>

<sup>1)</sup>Absorbance of mulberry juice was determined as described in Materials and Methods. The data was average of triplicate experiments. Standard deviations were omitted for simplicity. Values in each column with similar superscript letter are not significantly different at P < 0.05.

**통계처리**

모든 시험군은 3번 반복하여 측정된 후 평균값으로 나타내었으며, 이때 표준편차는 생략하였다. 그리고 각 시험구간의 유의성은 Duncan multiple range test를 이용하여 p < 0.05 범위에서 측정하였다.

**결과 및 고찰**

**오디 과즙의 수율**

오디 과실로부터 주스를 제조하기에 앞서 먼저 오디 과즙의 최적 수율 조건을 알아보기 위해 앞서 실험방법에 따라 얻어진 오디 과즙에 함유된 안토시아닌 색소의 최대 흡수파장인 510 nm에서 흡광도를 측정된 결과는 Table 1과 같다. 오디 과실(5g)에 증류수를 10 mL를 가하여 추출할 경우 흡광도 값이 0.78이었으나 증류수를 증가함에 따라 흡광도가 증가하여 증류수를 40 mL를 가하여 추출했을 때 흡광도 값이 1.14로 최대에 도달한 후 그 이상의 증류수를 가하여 추출하여도 흡광도는 증가하지 않고 오히려 약간 감소함을 알 수 있었다. 따라서 생체 오디에 대해 8배 물을 가하여 추출할 경우 오디 과즙 수율이 가장 높게 나타남을 알 수 있었다. 이러한 실험결과를 바탕으로 이 후 모든 실험에서는 오디 과실(5g)에 증류수(50 mL)를 가하여 마쇄한 후 100 mL로 정용한 오디 추출액을 사용하였다.

**여과방법에 따른 오디 과즙의 청징 효과**

여러 가지 여과 방법에 따른 오디 과즙의 청징효과를 측정 한 결과는 Table 2와 같다. 앞서 방법으로 제조된 오디 물추출액을 면포여과, 감압여과(Whatman No. 4 여과지에서) 및 원심분리(8,000 rpm에서 10 분간)를 각각 실시한 결과 3가지 방법 중 원심분리가 가장 높은 'L'값(80.23)과 낮은 'a'값(15.04)를 나타내어 가장 높은 청징효과를 나타내었으며, 그 다음으로 감압여과 및 면포여과 순으로 나타났다.

다음, 원심분리 속도(2,000-10,000 rpm, 10분간)에 따른 청징효과를 조사한 결과 Table 3에서 보는 바와같이 2,000 rpm에서의 'L'값은 72.42인 것이 원심분리 속도를 증가함에 따라 'L'값이 증가하여 8,000 rpm에서는 'L'치 80.48로 거의 최대에 도달한 후 그 보다 높은 10,000 rpm에서는 'L'치가 약간 감소하는 경향을 나타내었다. 따라서 오디 과즙은 8,000 rpm에서 10분간 원심분리할 때 거의 청징 효과가 최고로 도달함을 알 수 있었다.

한편, 원심분리한 오디 주스를 다시 한외여과장치를 이용한 막여과(0.01 μm)를 실시한 결과(Table 2) 'L'값은 92.40, 'a'값 5.67, 및 'b'값 4.20로서 원심분리때 보다 'L'값이 증가한 반면, 'a'값 및 'b'값은 감소하여 청징 효과가 크게 증가하였으며, 아울러 오디 주스가 지니고 있는 본래의 폴립체가 상당히 제거되는 효과를 가져왔다(data 생략). 그러나 원심분리한 오디 과즙을 한외여과(10 K 및 30 K Daltons cut-off)를 각각 실시한 결과 'L'값이 크게 증가한 반면, 'a'값 및 'b'값은 크게 감소하여 청징효과가 크게 나타났으나 흡광도의 큰 감소로 오디 과실 주스의 주된 색소인 안토시아닌 색소가 상당히 제거되는 문제가 야기되었다. 따라서 여러 과실주스의 제조시 비열처리에 의한 미생물 제거, 쓴맛 및 떼은맛의 제거에 의한 맛의 향상 기술로 잘 알려진 막여과 방법은 고품질의 오디 주스의 제조 방안의 하나로 이용할 수 있으나 한외여과 방법은 오디주스의 안토시아닌 색소 흡착 때문에 바람직하지 않았다.

**여과보조제, 청징제 및 효소처리에 따른 오디 과즙의 청징 효과**

여러 여과보조제(filter aids), 청징제(finishing agents) 및 효소 처리에 따른 오디 과즙의 청징효과를 조사한 결과는 Table 4와 같다. 여러 여과보조제를 1.0 g을 처리한 결과 모두 'L'값과 'b'값은 거의 변함이 없는데 반해 'a'값이 약간 감소하여 오디의 안토시아닌 색소가 일부 흡착됨을 알 수 있었다. 그러나 2.0 g을 처리한 결과 'L'값의 증가에 비해 'a'값 및 'b'값은 감소하여 청징효과가 나타났으나 이 역시 색소 흡착에 따른 결과임

**Table 2. Effect of filtration and centrifugation on browning in mulberry juice**

Treatment	Absorbance (510 nm) <sup>1)</sup>	Colorimetry value		
		L	a	b
Filtered through cheeze cloth	0.62 <sup>a</sup>	45.71	17.97	13.97
Filtered through Whatman No. 4 paper <sup>2)</sup>	0.48 <sup>b</sup>	70.12	16.26	14.39
Centrifuged at 8,000 rpm for 10 min	0.45 <sup>b</sup>	80.23	15.04	11.01
Filtered through 0.01μm membrane <sup>3)</sup>	0.33 <sup>c</sup>	92.40	5.67	4.20
Filtered through 30 K Dalton cut off membrane <sup>3)</sup>	0.25 <sup>d</sup>	94.45	3.71	2.64
Filtered through 10 K Dalton cut off membrane <sup>3)</sup>	0.04 <sup>e</sup>	98.88	0.18	-0.58

<sup>1)</sup>Absorbance at 510 nm was determined by five time dilution with 0.1% HCl.  
<sup>2)</sup>Filtered through Whatman No. 4 paper with suction.  
<sup>3)</sup>Precentrifuged at 8,000 rpm for 10 min before membrane filtration.  
 L: lightness, a: (+) redness/(-) greenness, b: (+) yellow/(-) blueness.  
 The data was average of triplicate experiments. Standard deviations were omitted for simplicity. Values in each column with similar superscript letter are not significantly different at P < 0.05.

**Table 3. Effect of centrifugation speed on browning in mulberry juice**

Speed (rpm) <sup>1)</sup>	RCF <sup>2)</sup> (×g)	Absorbance (510 nm) <sup>3)</sup>	Colorimetry value		
			L	a	b
2,000	762	0.54 <sup>a</sup>	72.42 <sup>c</sup>	14.72	15.44
4,000	3,046	0.52 <sup>a</sup>	76.28 <sup>b</sup>	14.16	15.24
6,000	6,854	0.49 <sup>ab</sup>	79.51 <sup>a</sup>	15.04	13.32
8,000	12,186	0.45 <sup>b</sup>	80.48 <sup>a</sup>	13.56	11.79
10,000	19,040	0.44 <sup>b</sup>	80.16 <sup>a</sup>	13.95	11.05

<sup>1)</sup>Juices centrifuged for 10 min at room temperature.

<sup>2)</sup>Relative centrifugal force.

<sup>3)</sup>Absorbance at 510 nm was determined by five time dilution with 0.1% HCl.

L: lightness, a: (+) redness/(-) greenness, b: (+) yellow/(-) blueness.

The data was average of triplicate experiments. Standard deviations were omitted for simplicity.

Values in each column with similar superscript letter are not significantly different at P<0.05.

**Table 4. Control of browning in mulberry juice by filter aids addition and centrifugation**

Filter aid <sup>1)</sup>	Colorimetry value		
	L	a	b
Control (centrifuged at 8,000 rpm) <sup>2)</sup>	79.66 <sup>a</sup>	15.02	11.76
Celite 545	78.82 <sup>a</sup> (82.23)	13.46 (12.24)	10.99 (8.85)
Talc	79.33 <sup>a</sup> (83.64)	12.94 (11.08)	11.03 (10.72)
Silica gel (TLC)	79.90 <sup>a</sup> (84.33)	13.98 (10.94)	11.92 (8.31)
Bentonite	79.58 <sup>a</sup> (82.88)	6.80 (5.17)	11.63 (10.58)

<sup>1)</sup>Concentration of filter aids used was 1%.

<sup>2)</sup>Juices centrifuged at 8,000 rpm for 10 min at room temperature after filter aids addition.

Values in parenthesis represent when concentration of filter aids used was 2%.

L: lightness, a: (+) redness/(-) greenness, b: (+) yellow/(-) blueness.

The data was average of triplicate experiments. Standard deviations were omitted for simplicity.

Values in each column with similar superscript letter are not significantly different at P<0.05.

**Table 5. Control of browning in mulberry juice by fining agents addition and centrifugation**

Fining agent <sup>1)</sup>	Colorimetry value		
	L	a	b
Control (centrifuged at 8,000 rpm) <sup>2)</sup>	80.98 <sup>d</sup>	13.95	11.45
Starch	80.67 <sup>d</sup> (81.15)	13.82 (11.79)	12.12 (10.26)
CMC <sup>3)</sup>	78.39 <sup>d</sup> (80.65)	12.97 (13.57)	12.34 (11.41)
β-Cyclodextrin	81.75 <sup>d</sup> (69.44)	13.20 (13.84)	11.62 (11.27)
Agar	78.91 <sup>d</sup> (82.72)	14.31 (10.50)	12.67 (10.50)
Arabic gum	80.48 <sup>d</sup> (80.52)	14.03 (13.56)	11.02 (11.43)
Casein	89.14 <sup>c</sup> (92.46)	7.36 (9.69)	6.34 (7.55)
Gelatin	87.13 <sup>c</sup> (90.12)	8.04 (10.19)	8.16 (9.92)
Chitin	88.54 <sup>c</sup> (93.31)	5.84 (6.20)	6.31 (4.88)
Chitosan	92.41 <sup>b</sup> (95.73)	3.23 (1.94)	4.76 (2.12)
PVPP <sup>4)</sup>	93.95 <sup>a</sup> (99.34)	2.70 (0.2)	4.92 (1.32)

<sup>1)</sup>Concentration of fining agents used was 1%.

<sup>2)</sup>Juices centrifuged at 8,000 rpm for 10 min at room temperature after fining agents addition.

<sup>3)</sup>Carboxymethylcellulose.

<sup>4)</sup>Polyvinylpolypyrrolidone.

Values in parenthesis represent when concentration of filter aids used was 2%.

L: lightness, a: (+) redness/(-) greenness, b: (+) yellow/(-) blueness.

The data was average of triplicate experiments. Standard deviations were omitted for simplicity.

Values in each column with similar superscript letter are not significantly different at P<0.05.

을 알 수 있었다. 따라서 여과보조제에 의한 오디과실 주스의 청징효과는 기대할 수 없었다.

다음, 여러 청징제 처리에 따른 오디과실주스의 청징효과를

측정한 결과 Table 5에서 보는 바와같이 starch, CMC, β-cyclodextrin, agar 및 arabic gum 처리구의 'L', 'a' 및 'b'값 모두 대조구와 거의 유사한 색도를 나타내어 청징효과가 거의 나타나

**Table 6. Clarification of mulberry juice by enzyme addition and centrifugation**

Enzyme	Colorimetry value		
	L	a	b
Control (centrifuged at 8,000 rpm) <sup>1)</sup>	81.22 <sup>a</sup>	12.52	15.10
$\alpha$ -Amylase	80.60 <sup>a</sup> (84.40)	12.40 (10.56)	15.13 (12.12)
Glucosylase	79.81 <sup>a</sup> (81.19)	13.40 (11.91)	15.20 (14.64)
Cellulase	78.98 <sup>a</sup> (80.16)	13.51 (10.26)	16.78 (15.12)
Pectinase	80.61 <sup>a</sup> (83.74)	11.80 (5.48)	18.28 (34.92)

<sup>1)</sup>Juices centrifuged at 8,000 rpm for 10 min at room temperature after enzymes (0.1 mL) addition.

Values in parenthesis represent when concentration of enzymes used was 1.0 mL.

L: lightness, a: (+) redness/(-) greenness, b: (+) yellow/(-) blueness.

The data was average of triplicate experiments. Standard deviations were omitted for simplicity.

Values in each column with similar superscript letter are not significantly different at  $P < 0.05$ .

**Table 7. Effect of anti-browning agents on browning in minimally processed mulberry juice**

Anti-browning agent <sup>1)</sup>	Colorimetry value		
	L	a	b
Control	80.84 <sup>c</sup> (68.92)	13.74 (21.02)	10.83 (25.99)
L-Ascorbic acid (L-AsA)	83.74 <sup>b</sup> (73.15)	17.16 (26.35)	5.76 (12.94)
Citric acid (CA)	82.45 <sup>b</sup> (77.85)	22.45 (28.64)	6.64 (10.15)
NaCl	80.99 <sup>c</sup> (65.83)	13.93 (30.67)	10.57 (23.62)
$\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_4$	86.65 <sup>a</sup> (81.63)	12.73 (13.21)	6.75 (9.23)

<sup>1)</sup>Concentration of anti-browning agents used was 0.1% with exception of 200 ppm  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_4$ .

Values in parenthesis represent when colorimetry values of mulberry juice were determined after one day stand at room temperature.

L: lightness, a: (+) redness/(-) greenness, b: (+) yellow/(-) blueness.

The data was average of triplicate experiments. Standard deviations were omitted for simplicity.

Values in each column with similar superscript letter are not significantly different at  $P < 0.05$ .

지 않았으나 casein, gelatin, chitin, chitosan 및 PVPP 처리구는 'L'값이 크게 증가한 반면, 'a'값 및 'b'값은 크게 감소하여 청징효과가 크게 나타났으나 이 또한 오디 안토시아닌 색소의 흡착에 기인된 것이었다. 따라서 청징제에 의한 오디 과실주스의 청징효과는 위의 여과보조제 경우와 유사하게 기대할 수 없었으며, 오히려 이들 청징제에 의한 안토시아닌 색소의 흡착을 이용하여 색소의 안정성을 향상시키고 아울러 흡착된 색소에 의해 청징제 자체의 기능성을 향상시킴으로서 그를 이용한 여러 가지 기능성 가공식품의 개발이 전망된다(27).

한편, 효소 처리에 따른 오디 과즙의 청징효과를 알아보기 위해 4가지 효소( $\alpha$ -amylase, glucoamylase, cellulase 및 pectinase)를 면포여과한 오디 과즙 100 mL에 0.1 mL를 가하여 50°C에서 2시간 동안 처리한 결과 Table 6에서 보는 바와 같이 4가지 효소 처리구 모두 'L'값이 control 구와 비슷하여 청징효과가 거의 나타나지 않았다. 그러나 효소를 1.0 mL를 처리한 결과 위와 달리 모든 처리구에서 청징효과가 나타났으며, 특히  $\alpha$ -amylase 및 pectinase 처리구에서 'L'값이 증가한 반면, 'a'값이 감소하여 청징효과가 뚜렷히 나타났다. 그러나 과실의 청징처리제로 가장 널리 사용되고 있는 pectinase 처리시 오디 과즙의 갈변현상의 초래로 'b'값이 control 구 보다 크게 증가함을 알 수 있었다. 따라서 현재 과실주스의 청징처리시 pectinase의 적정 농도로 권장하고 있는 0.1-2.5 mL/100 L 농도 범위에서(28) 오디 과실주스의 청징효과는 거의 기대하기 어려웠다.

#### 갈변저해제 처리에 따른 오디 과즙의 색도 변화

여러 갈변저해제 처리에 따른 오디 과즙의 색도 변화를 측정하기 위해 앞서 먼저 여러 갈변저해제 중 안토시아닌 색소를 함

유하고 있는 과실주스의 갈변저해제로 현재 널리 사용되고 있는 sodium hydrosulfite( $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_4$ , SHS)를 농도별(50-300 ppm)로 처리한 결과 50 ppm 처리구에서의 'L'값(80.95)은 control구의 'L'값(80.84)과 유사하였으나 처리농도를 증가함에 따라 'L'값이 증가하여 200 ppm 처리시 'L'값이 85.12로 최고에 도달하였고, 그 보다 높은 농도에서는 'L'값은 거의 변함이 없는 반면, 'a'값은 오히려 크게 감소하여 색소의 탈색효과가 나타남을 알 수 있었다. 다음, SHS 처리 1일 후 오디 과즙의 'L'값을 측정할 결과 50 ppm 농도 처리시 72.83으로 크게 감소한 반면 100 ppm 이상 처리한 경우 'L'값이 제조 당일과 거의 변함이 없는 것을 알 수 있었다(data 생략). 따라서 오디 과실주스의 제조시 갈변저해제로서 SHS의 처리 농도는 100-200 ppm 사이가 적당함을 알 수 있었으며, 이 농도는 현재 식품첨가물 공전에서 sodium hydrosulfite의 과실주스 허용치 150 ppm( $\text{SO}_2$  농도로서)(29)에 적합하나 자체가 지니고 있는 불쾌한 맛과 독성 때문에 현재 식품가공산업에서 그 사용이 크게 제한을 받고 있다(24). 따라서 오디 과실주스 제조시 sulfite 사용을 대체할 수 있는 갈변저해제의 개발이 필요하다.

한편, sulfite 대체제로서 현재 식품가공산업에서 널리 사용되고 있는 3가지 갈변저해제 [L-ascorbic acid(L-AsA), citric acid(CA) 및 NaCl]를 이용하여 오디 과실주스의 갈변억제 효과를 측정할 결과는 Table 7과 같다. 먼저 3가지 갈변저해제를 0.1%로 단일 처리했을 경우 L-AsA 및 CA 처리구의 'L'값이 각각 83.74 및 82.45로서 control구의 'L'값(80.84) 보다 다소 높아 갈변억제 효과가 있었으나, NaCl 처리구의 'L'값은 control 구와 유사하여 갈변억제 효과가 거의 없었다. 또한, 3가지 갈변저해제를 처리한 주스를 1일 동안 상온에서 교반하면서 방

**Table 8. Effect of combination of anti-browning agents on browning in minimally processed mulberry juice**

Anti-browning agent <sup>1)</sup>	Colorimetry value		
	L	a	b
Control	80.84 <sup>b</sup> (68.92)	13.74 (21.02)	10.83 (25.99)
L-AsA+CA	81.88 <sup>a</sup> (75.97)	25.62 (33.21)	6.46 (9.59)
CA+NaCl	81.33 <sup>b</sup> (74.41)	24.74 (30.70)	6.55 (12.11)
NaCl+L-AsA	73.79 <sup>c</sup> (63.56)	22.30 (24.86)	11.98 (14.83)

<sup>1)</sup>Concentration of each anti-browning agent used was 0.1%.

Values in parenthesis represent when colorimetry values of mulberry juice were determined after one day stand at room temperature.

L: lightness, a: (+) redness/(-) greenness, b: (+) yellow/(-) blueness.

The data was average of triplicate experiments. Standard deviations were omitted for simplicity.

Values in each column with similar superscript letter are not significantly different at P<0.05.

**Table 9. Sensory evaluation of minimally processed mulberry juice**

Sugar (°Brix)/ acid ratio	Sensory test		
	Flavor	Taste	Color
20	3.5 <sup>b</sup>	3.1 <sup>c</sup>	4.5 <sup>a</sup>
30	3.6 <sup>b</sup>	3.5 <sup>c</sup>	4.3 <sup>b</sup>
40	4.0 <sup>a</sup>	4.7 <sup>a</sup>	4.0 <sup>b</sup>
50	4.0 <sup>a</sup>	4.5 <sup>a</sup>	4.0 <sup>b</sup>
60	4.0 <sup>a</sup>	4.1 <sup>b</sup>	4.0 <sup>b</sup>

The data was average of triplicate experiments. Standard deviations were omitted for simplicity.

Values in each column with similar superscript letter are not significantly different at P<0.05.

5: very good, 4: good, 3: moderate, 2: bad, 1: very unpleasant.

치한 후 'L'값을 측정한 결과 control구(80.84 → 68.92)와 NaCl (80.99 → 65.83)처리구는 각각 크게 낮아졌으나 CA(82.45 → 77.85) 및 L-AsA(83.74 → 73.15) 처리구는 각각 다소 적게 낮아졌다. 특히 3가지 처리구 중 NaCl 처리구는 'L'값이 크게 감소하는 동시에 'a'값과 'b'값은 크게 증가하여 갈변이 크게 진전되었음을 알 수 있었다. (여기서 L-AsA 및 CA 처리구의 'a'값이 control구 보다 큰 것은 산에 의한 안토시아닌 색소의 흡광 증가에 기인된 것임). 그리고 L-AsA 처리구에서 색도의 변화가 시간이 경과함에 따라 약간 뚜렷하게 나타났으며, 이는 L-AsA의 자동산화에 의해 생성되는 ketone 화합물이 안토시아닌 색소의 갈변을 오히려 촉진할 수 있다는 보고(30)와 유사하였다.

다음, 3가지 갈변억제제 중 두 가지를 혼합병행 처리하여 오디주스의 갈변억제 효과를 측정한 결과 Table 8과 같다. 3가지 처리구(L-AsA + CA, CA + NaCl 및 NaCl + L-AsA) 중 L-AsA + CA 및 CA + NaCl 처리구의 'L'값이 각각 81.88 및 81.33으로서 control구(80.84)와 유사하였으나 NaCl + L-AsA 처리구의 'L'값은 73.79로서 다소 낮았다. 그리고 혼합 병행 처리한 오디주스를 1일 동안 상온에서 방치한 후 'L'값을 측정한 결과 control구(80.84 → 68.92)와 NaCl + L-AsA(73.79 → 63.56) 처리구는 각각 크게 낮아진 반면, L-AsA + CA(81.88 → 75.97) 및 CA + NaCl(81.33 → 74.41) 처리구는 각각 다소 적게 낮아졌으며, 아울러 'b'값 또한 다소 적게 낮아졌어 갈변억제 효과가 있음을 알 수 있었다. 이러한 결과로부터 L-AsA + CA 복합 병행 처리는 오디 과실주스의 갈변억제 효과 뿐만 아니라 색소 안정 효능을 지니고 있어 sulfite 대체제로써 이용할 수 있음을 시사한다.

**Table 10. Changes of colorimetry and absorbance of mulberry juice in relation to different heating time**

Heating time (min)	Colorimetry value			Absorbance (at 510 nm)
	L	a	b	
Control	80.71 <sup>a</sup>	14.28	11.20	0.77 <sup>c</sup>
5	78.94 <sup>b</sup>	14.91	11.37	1.15 <sup>b</sup>
10	77.55 <sup>b</sup>	15.03	12.20	1.29 <sup>a</sup>
15	73.38 <sup>c</sup>	18.08	18.32	1.23 <sup>a</sup>
20	69.75 <sup>d</sup>	19.87	21.25	1.26 <sup>a</sup>
30	58.91 <sup>e</sup>	28.39	29.85	1.13 <sup>b</sup>

The data was average of triplicate experiments. Standard deviations were omitted for simplicity.

Values in each column with similar superscript letter are not significantly different at P<0.05.

Mulberry juice was prepared by centrifugation at 8,000 rpm for 10 min after heating treatment.

L: lightness, a: (+) redness/(-) greenness, b: (+) yellow/(-) blueness.

#### 당/산 첨가에 따른 오디주스의 관능검사

오디주스의 맛과 기호성을 증가시키기위해 당(고과당)과 산(citric acid 및 sodium citrate)을 적절히 가하여 당/산비를 20-60으로 조절한 후 맛, 향 및 색깔에 대해 관능검사를 실시한 결과 Table 9와 같다. 오디과실의 색깔은 당/산비가 20일 경우 가장 좋은 평가를 받았으며 맛은 당/산비가 40-50 일때 그리고 향은 당/산비가 40-60일 때 가장 양호한 평가를 받아서 전체적으로 당/산비가 40 및 50 일때 관능평가 점수가 각각 12.7 및 12.5로서 맛, 향 및 색깔이 우수한 오디 과실주스를 얻을 수 있었다.

현재 시중에서 나오는 여러 과실주스의 당/산비를 조사한 결과 오렌지 주스는 20, 포도 및 사과 주스는 30, 매실 주스는 35 및 망고 주스 50 부근을 각각 나타내었다. 이와같이 과실의 숙도와 기호성의 척도가 될 뿐 아니라 과실주스의 맛을 좌우하는 당/산비는(31,32) 과실의 종류 및 과실주스 제조시 첨가하는 당과 산의 조성에 따라 차이가 있음을 알 수 있었다.

#### 가열처리에 따른 오디 과즙의 색도 및 흡광도 변화

앞서 방법에 따라 제조한 오디 과실주스를 살균하기위해서 상업적살균 온도인 85-90°C로 조절된 shaking water bath에서 5-30분간 처리하면서 경시적으로 시료를 꺼내어 색도 및 흡광도를 측정된 결과는 Table 10과 같다. 오디주스의 색도는 열처리

시간이 증가하면서 'L'값은 감소한 반면, 'a'값과 'b'값은 증가하여 열처리에 따른 오디 과실주스의 갈변현상이 초래됨을 알 수 있었다. 반면, 흡광도는 열처리 시간에 따라 증가하는 경향을 나타내었으며, 특히 10분까지 0.77에서 1.29로 크게 증가한 후 거의 일정하거나 약간 감소하는 경향을 나타내었다. 따라서 10분 이내의 열처리는 오디 주스의 색도에 큰 영향을 주지 않으면서, 오히려 흡광도의 증가현상을 초래하였기에 열처리 과실 주스의 산화효소(ppo) 불활성화 및 색소 고정 효과에 유효함을 알 수 있었다. 또한, 10-20분 이내의 열처리는 오디 자체가 지니고 있는 풀냄새와 같은 off-flavor를 제거하는 데 도움을 줄 수 있음을 관능검사로 알 수 있었다(data 생략).

이상의 결과로부터 얻어진 오디의 최소가공기술 조건을 토대로하여 다음과 같이 오디 과실주스 제조공정을 도출할 수 있었다. 즉, 생체 오디과실을 수세하여 파쇄(오디: 0.1% CA 및 0.01% L-AsA 함유 증류수 = 1 : 10, w/w)한 후 원심분리(8,000 rpm, 10분)하여 얻어진 상등액에 당(고과당)과 산(citric acid 및 sodium citrate)를 가하여 당/산비를 40-50으로 조절한 후 상업적 살균 (85-90°C, 10분)하여 오디주스 (수율 약 90%)를 제조하는 과정이다. 향후 막여과 방법을 이용한 고품질의 오디과실주스 제조방법에 관한 보다 상세한 연구가 필요하다.

## 요 약

오디 과실을 이용한 고부가가치의 가공식품의 개발에 관한 연구 일환으로 먼저 최소가공기술을 이용한 오디 과실주스 제조 방법을 조사하였다. 오디 과실의 물추출액을 면포여과, 감압여과(Whatman No. 4 filter paper를 이용한) 및 원심분리를 각각 실시한 결과 원심분리가 가장 좋은 청징효과를 나타내었다. 그리고 여러 여과보조제 및 청징제를 첨가한 후 원심분리하여 얻은 오디 과실즙의 색의 변화는 처리한 여과보조제, 청징제 및 청징 효소의 종류에 따라 차이가 있었으며, 특히 casein, gelatin, chitin, chitosan 및 PVPP는 오디 색소를 강하게 흡착하였으며, 그리고 청징효소 중 α-amylase 처리구가 가장 좋은 청징효과를 나타내었다. 다음, 오디 과즙을 원심분리한 후 0.01 μm 막여과를 실시한 결과 오디주스의 청징효과가 매우 우수하였으나 한외여과방법은 오디 색소의 강한 흡착으로 적절하지 않았다. 한편, 4가지 갈변저해제 처리에 따른 오디 과실주스의 갈변억제 효과를 측정된 결과 200 ppm sodium hydrosulfite 처리구가 가장 갈변억제 효과가 우수하였으며, 아울러 0.1% L-ascorbic acid(L-AsA) 및 citric acid(CA)도 갈변억제 효과가 있었다. 그리고 위의 3가지 갈변저해제를 2중 복합병행 처리한 결과 0.1% L-AsA + 0.1% CA 처리구가 가장 좋은 갈변억제 효과를 나타내었다. 마지막으로 관능검사를 실시한 결과 오디주스의 최적 당/산비는 40-50이었으며, 또한 상업적 살균 온도(85-90°C)에서 처리시간은 10분이 가장 적합함을 알 수 있었다.

## 감사의 글

본 연구는 농림부의 현장애로 기술개발사업 (No. 102004-3)의 연구비 지원에 의하여 수행된 결과의 일부이며, 이에 감사하는 바입니다.

## 문 헌

1. Kim SK. Bonchohak. Chapter 17, p. 598. In: Beneficial Medi-

cine, Mulberry Fruit, Younglimsa, Seoul, Korea (1991)

2. Kangjoshineuihakwon. Jungyakdaesajon. Sohakkwyan, Sanghai, China. p. 3717 (1985)

3. 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)

4. Lee HW, Shin DH, Lee WC. Morphological and chemical characteristics of mulberry (*Morus*) fruit with varieties. Korean J. Seri. Sci. 40: 1-7 (1998)

5. Kim HB, Bang HS, Lee HW, Seuk YS, Sung GB. Chemical characteristics of mulberry syncarp. Korean J. Seri. Sci. 41: 123-128 (1999)

6. Kim HB. Sensory characteristics of mulberry fruit jam and wine. Korean J. Seri. Sci. 42: 73-77 (2000)

7. Kim HB, Lee YW, Lee YJ, Moon JY. Physiological effects and sensory characteristics of mulberry fruit wine with Chongilpong. Korean J. Seri. Sci. 43: 16-20 (2001)

8. Kim TY, Kwon YB. A study on the antidiabetic effect of mulberry fruits. Korean J. Seri. Sci. 38: 100-107 (1996)

9. Kim SY, Park KJ, Lee WC. Antiinflammatory and antioxidative effects of *Morus* spp. fruit extract. Korean J. Med. Crop Sci. 6: 204-209 (1998)

10. Park JC, Choi JS, Choi JW. Effects of the fractions from the leaves, fruits, stems and roots of *Cudrania tricuspidata* and flavonoids on lipid peroxidation. Korean J. Pharmacogn. 26: 377-384 (1995)

11. Cha JY, Kim HJ, Chung CH, Cho YS. Antioxidative activities and contents of polyphenolic compound of *Cudrania tricuspidata*. J. Korean Soc. Food Sci. Nutr. 28: 1310-1315 (1999)

12. Kim HJ, Cha JY, Choi ML, Cho YS. Antioxidative activities by water-soluble extracts of *Morus alba* and *Cudrania tricuspidata*. J. Korean Soc. Agric. Chem. Biotechnol. 43: 148-152 (2000)

13. Kim HB, Kim SY, Ryu KS, Lee WC, Moon JY. Effect of methanol extract from mulberry fruit on the lipid metabolism and liver function in cholesterol-induced hyperlipidemia rats. Korean J. Seri. Sci. 43: 104-108 (2001)

14. Oh H, Ko EK, Jun JY, Oh MH, Park SU, Kang KH, Lee HS, Kim YC. Hepatoprotective and free radical scavenging activities of prenylflavonoids, coumarin, and stilbene from *Morus alba*. Planta Med. 68: 932-934 (2002)

15. Asano N, Yamashita T, Yasuda K, Ikeda K, Kizu H, Kameda Y, Kato A, Nash RJ, Lee HS, Ryu KS. Polyhydroxylated alkaloids isolated from mulberry trees (*Morus alba* L.) and silkworms (*Bombyx mori* L.). J. Agric. Food Chem. 49: 4208-4213 (2001)

16. Markakis P. Anthocyanins as Food Color. Academic Press, New York, NY, USA (1982)

17. Shewfelt RL. Quality of minimally processed fruits and vegetables. J. Food Qual. 10: 143-148 (1987)

18. Mertens B, Knorr D. Developments of nonthermal processes for food preservation. Food Technol. 46: 124-133 (1992)

19. Manvell C. Minimal processing of food. Food Sci. Technol. Today 11: 107-111 (1997)

20. Dock LL, Floros JD. Essentials of functional foods. pp. 345-355. In: Thermal and Nonthermal Preservation Methods. Schmidl MK, Labuza TP (eds). An Aspen Publication, Maryland, USA (2000)

21. Koseoglu SS, Lawhon JT, Lusas EW. Vegetables juices produced with membrane technology. Food Technol. 45: 124-129 (1991)

22. Sapers GM. Control of enzymatic browning in raw fruit juice by filtration and centrifugation. J. Food Proc. Preser. 15: 443-456 (1991)

23. Shon TW. Food processing. Chapter 4. pp. 34-45. In: Recent Food Processing Technology. Hyungseol Press, Daegu, Korea (2001)

24. Taylor SL, Higley NA, Bush RK. Sulfites in foods: uses, analytical methods, residues, fate, exposure assessment, metabolism, toxicity and hypersensitivity. Adv. Food Res. 30: 1-10 (1986)

25. Sapers GM, Hicks KB, Philips JG, Garzarella L, Pondish DL, Matulaitis RM, McCormack TJ, Sondey SM, Seib PA, Ei-Atawy YS. Control of enzymatic browning in apples with ascorbic acid derivatives, polyphenol oxidase inhibitors, and complexing agents. J. Food Sci. 54: 997-1012 (1989)

26. Sapers GM, Miller RL, Miller FC, Cooke PH, Choi SW Enzy-

- matic browning control in minimally processed mushrooms. *J. Food Sci.* 59: 1042-1047 (1994)
27. Chang EJ, Choi SW, No HG. Binding capacity of chitin and chitosan to anthocyanin pigment isolated from purple perilla leaves. *J. Food Sci. Nutr.* 5: 1-6 (2000)
28. NVZ. Data Base of Product Sheet. Novozyme, Denmark (2002)
29. Korea Food Industry Committee. Food Additives Code. Moonyoungsa, Seoul, Korea (2002)
30. Zind T. The functional foods frontier. *Food Proc.* 4: 45-50 (1994)
31. Fellars PJ. The relationship between the ratio of degrees brix to percent acid and sensory flavor in grapefruit juice. *Food Technol.* 4: 68-75 (1991)
32. Jordan RB, Seelye RJ, McGlone VA. A sensory-based alternative to brix/acid ratio. *Food Technol.* 55: 36-44 (2001)
- 
- (2003년 12월 12일 접수; 2004년 4월 17일 채택)