

## 청징 사과주스의 제조 및 품질특성 비교

손경석 · 석은주<sup>1</sup> · 이준호<sup>1\*</sup>  
일동후디스 식품연구소, <sup>1</sup>대구대학교 식품공학과

### Quality Characteristics of Clarified Apple Juices Produced by Various Methods

Kyoung-Suck Sohn, Eun-Ju Seog<sup>1</sup> and Jun-Ho Lee<sup>1\*</sup>

*Ildongfoodis Food Research Lab., Yongin, Gyeonggi 449-915, Korea*

*<sup>1</sup>Department of Food Science and Engineering, Daegu University, Gyeongsan, Gyeongbuk 712-714, Korea*

#### Abstract

Clarified apple juice was prepared using different clarification methods including centrifugation, ultrafiltration (UF), and combined treatment (CT). Effects of clarification methods as well as other quality parameters were investigated. Clarification was clearly improved with an increase in centrifugation speed and lowering temperature. Especially, lowering the temperature led to a decrease in turbidity values at 5,000 rpm. The optimum condition for centrifugation process was 5°C and 10,000 rpm, respectively. UF and CT were very effective to produce clarified apple juice. The optimum condition of UF process was 45°C and 150 kPa considering flux and turbidity. L\*-values were increased while a\*-values were decreased significantly after clarification regardless of methods (P<0.05). Vitamin C was most retained in the clarified samples using CT.

**Key words** : clarification, apple, juice, turbidity, color, RSM

#### 서 론

과실과 채소는 비타민, 미네랄, 섬유소, 효소, 그 밖의 약리성분들을 다량으로 함유하고 있어 건강식품으로 매우 중요하며 이들의 즙액은 장에 부담을 적게 주며 다량의 유효성분을 쉽게 섭취할 수 있는 이점을 가지고 있다(1). 그러나 사과주스와 같은 대부분의 가공식품은 생산, 저장, 유통과정에서 제품의 종류에 따라 차이는 있으나 광선이나 공기 중의 노출 또는 열처리로 인한 산화로 인해 지속적인 품질 저하가 일어나 신선한 주스의 여러 특성 즉, 영양 및 약리 성분뿐만 아니라, 색, 향미 등과 같은 관능적인 품질도 크게 떨어지게 되며 경우에 따라서는 인체에 해로운 물질을 생성하기도 한다(2).

현재 시판되는 과일 주스는 크게 두 종류로 나뉘며 그 첫 번째는 단순 착즙 후 저온살균을 거치는 신선 주스이고

나머지 하나는 농축 희석 주스이다. Pasteurization이나 가열 농축 과정 중의 가열 처리로 인해 주스 중의 성분 변화가 일어나고 그 결과 맛이나 화학적 특성이 변하는 문제점이 있다. 따라서 주스의 영양학적 및 관능적 품질 특성을 유지 하기 위해 가열 처리 단계가 없는 공정이 필요하며 또한 실온에서, 과도한 에너지 소비 없이 실행가능한 공정이 요구된다. 여러 공정 중 특히 UF와 microfiltration법(MF)이 과일주스의 청징법으로 유효한데 한외여과막을 이용하면 비타민, 염, 당 등은 물과 함께 통과시키지만 미생물이나 지질, 단백질, 교질 등은 걸러내므로 가열 공정 없이, 미생물 오염의 염려 없이 고유의 향기 성분을 함유한 고품질 주스의 제조가 가능하다(3).

따라서 국내산 과실로 제조되고 있는 대표적인 과실음료 중의 하나인 사과주스의 가공방법에 따른 품질변화를 규명 하기 위해 다양한 청징기법을 이용한 주스 제조의 가공 공정 연구가 요구되는 단계이며, 더욱이 소비자들의 기호가 갈수록 고급화 다양화되는 것에 발맞추어 고품질의 사과 가공식품의 제조 및 최적가공 공정조건을 수립하고 여러

\*Corresponding author. E-mail : leejun@daegu.ac.kr,  
Phone : 82-53-850-6535, Fax : 82-53-850-6539

가공기법을 비교·분석할 필요성이 있다. 본 연구에서는 원심분리, 한외여과(UF) 및 혼합처리(원심분리, 효소처리 후 한외여과; combined treatment, CT)를 도입해 청징 주스를 제조한 후 이화학적 특성을 분석하였다. 또한 반응표면 분석법(response surface methodology, RSM)을 이용하여 청징조건에 따른 탁도·색도 및 일반성분을 분석하여 고품질 사과주스 제조를 위한 실험적 기초자료로 제시하고자 한다.

## 재료 및 방법

### 재료 및 주스 제조

본 실험에 사용된 사과는 경북 군위지역에서 생산된 부사품종을 사용하였으며, 수세 정선과정을 거친 후 녹즙기(Model DO-9001, Donga osca, Co., Korea)로 마쇄·착즙하였으며, 200 mesh 나일론 포로 여과과정을 거친 시료에 항산화제(L(+)-ascorbic acid)를 1 L당 2 g씩 가하여 변색을 방지하였다.

### 주스의 청징

수세·착즙과정을 마친 사과주스를 청징하기 위하여 원심분리, 한외여과, 혼합처리를 실시하였다. 원심분리시 저온(5℃)과 상온(25℃)에서 원심분리기(Model VS-21SMT, Vision Co., Korea)의 회전속도 5,000 rpm 및 10,000 rpm 조건에서 청징주스를 제조하였다. 한외여과에 의한 청징의 경우 유효 막면적 2.4 m<sup>2</sup>, 분획분자량(molecular weight cut-off, MWCO) 50 K Dalton인 polysulfone 재질의 막(High flux biomax polysulfone membrane, Millipore, U.S.A.)을 막분리장치(Model 7523-20, Barnut Co., U.S.A.)에 이용하여 투과플럭스를 측정하였으며, ATP(average transmembrane pressure)가 50 kPa, 100 kPa, 150 kPa, 온도가 5℃, 25℃, 45℃ 조건에서 각 공정의 청징효과를 살펴보았다(Table 1). 혼합처리시의 한 단계인 효소처리(0.03% pectinase, 40℃, 60 min)는 Sohn 등(4)의 연구와 동일한 방법으로 실행하였다. 각 공정이 끝난 뒤 0.1% NaOH 용액으로 시스템 전체를 세척한 후 약 30분 동안 증류수로 다시 세척한 후 초기 증류수의 투과 유속과 비교하였다.

### 실험설계 및 반응표면분석

사과주스의 청징 공정을 분석하기 위해서 반응표면분석법을 이용하였다. 중심합성계획법(central composite design)에 따라 실험을 설계한 후 실험오차를 최소화하기 위하여 실험은 무작위 순서로 실시되었다. 실험결과는 2차 반응모형식에 SAS(statistical analysis system)의 반응표면 회귀분석(RSREG procedure)을 이용하여 회귀계수들(regression coefficients)을 구하였다. 반응표면분석을 위해 적용된 일반적인 2차 반응모형식은 다음과 같다(5).

$$Y = \beta_0 + \sum_{i=1}^3 \beta_i x_i + \sum_{i=1}^3 \beta_{ii} x_i^2 + \sum_{i=1}^2 \sum_{j=i+1}^3 \beta_{ij} x_i x_j$$

여기서, Y는 response이고,  $x_i, x_j$ 는 coded 독립변수들이며  $\beta_0, \beta_i, \beta_{ii}$  및  $\beta_{ij}$ 는 회귀계수들이다.

### 탁도 및 색도 측정

탁도는 일정량의 시료 3 mL를 취하여 분광광도계(Model UV-1201 PC, Shimadzu Co., Japan)를 이용하여 660 nm에서 3회 반복하여 흡광도를 측정하였다. 색도는 색차계(Model CR-200, Minolta Co., Japan)를 이용하여 L\*(lightness, 명도), a\*(redness, 적색도), b\*(yellowness, 황색도) 값을 각각 3회 반복 측정하고 아래 식을 이용하여 초기 시료와의 색도차( $\Delta E$ )를 나타내었다(6).

$$\Delta E = \sqrt{\Delta a^{*2} + \Delta b^{*2} + \Delta L^{*2}}$$

### 가용성 고형분 및 비타민 C 측정

일정량의 시료를 취하여 굴절당도계(Model Type 1, Atago Co., Japan)로 3회 반복 후 가용성 고형분의 함량을 측정하고 °Brix로 표시하였고(6), 비타민 C는 2, 4-dinitrophenyl hydrazine 비색법을 통해 분광광도계(Model UV-1201 PC, Shimadzu Co., Japan)를 이용하여 540 nm에서 3회 반복하여 흡광도를 측정하였다(6).

### 수소이온농도 및 비중측정

시료 10 mL를 pH meter(Model 340, Mettler Delta Co., U.K.)로 수소이온농도를 측정하였으며 비중병을 이용하여 부피에 대한 질량의 비로 비중을 측정 하여 3회 반복 후 평균값을 사용하였다(6).

### 통계처리

이화학적 성분분석 결과는 Duncan's multiple range test를 이용하여 시료간의 유의적인 차이를 검증하였다( $\alpha = 0.05$ ).

## 결과 및 고찰

### 청징방법에 따른 탁도 변화

#### 원심분리효과

청징 전 사과주스의 초기 탁도는 5.017이었으며, 원심분리시 회전속도와 온도에 따른 청징도(turbidity)의 변화를 Fig. 1에 나타내었다. 원심분리시 회전속도가 5,000 rpm에서 10,000 rpm으로 증가함에 따라, 저온의 경우 초기 10분까지는 회전속도 증가에 따른 청징효과가 약 30%정도 증가하지만 그 이후에는 약 80% 증가된 상태로 유지되었으며,

고온의 경우에는 초기에는 약 60%의 개선효과를 보이나 시간이 경과함에 따라 그 차이는 줄어들었다. 이는 Kim 등(7)의 연구결과와 일치하는 경향을 보였고, 온도에 따른 영향을 살펴볼 때 5,000 rpm에서는 저온에서 원심분리과정이

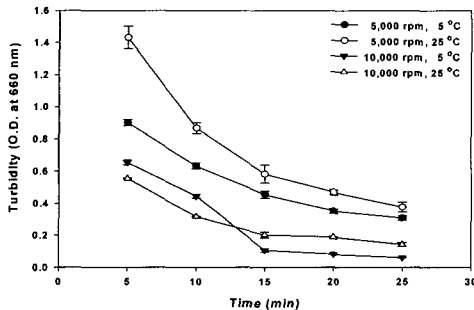


Fig. 1. Turbidity of clarified apple juices depending on centrifugation conditions.

이루어질 경우 청징 효과가 우수한 것으로 나타나 온도에 따른 청징 효과의 변화를 확인할 수 있었으나 10,000 rpm에서는 온도에 따른 청징효과 차이가 미미했다. 이는 이미 보고된바 있는 회전속도 증가에 따른 청징효과 증가만을 보여준 당근주스(8)의 청징과는 양상이 다른, 온도에 따른 청징률의 변화를 보여준다.

원심분리에 의한 청징의 경우 초기 15분까지의 청징율이 높고, 그 이후의 시간영역에서의 청징율은 현저하게 저하되어 공정비용에 비해 청징 개선율이 둔화되므로 시간의 연장을 통한 청징 효과를 얻기는 어려운 것으로 나타났다. 또한 원심분리 최적조건인 5°C, 10,000 rpm에서 10분간 원심분리 한 경우 대조구와 비교해 약 90% 정도의 청징효과를 나타내어 원심분리 만으로는 충분한 청징효과를 얻기 어려웠다.

한외여과효과

반응표면분석을 통한 최적 청징 효과를 살펴보기 위하여 Table 1의 독립변수, 온도(5, 25, 45°C) 및 압력(50, 100, 150 kPa)을 각각 3가지 수준으로 설정하고 종속변수 즉 탁도의 변화를 살펴보았다. 그 결과 모든 조건에서 공정변수와 상관없이 탁도 값이 0.001~0.003으로 매우 우수한 청징효과를 나타내었는데 이는 본 실험에서 사용된 단일막

Table 1. Clarification methods used in this study

Methods	Variables	Conditions
Centrifugation	Speed (rpm)	5,000, 10,000
	Temperature (°C)	5, 25
UF	ATP (kPa)	50, 100, 150
	Temperature (°C)	5, 25, 45

$ATP = (P_{in} + P_{out}) \times 1/2$

Where,

- ATP : average transmembrane pressure (kPa).
- $P_{in}$  : inlet pressure of membrane module (kPa).
- $P_{out}$  : outlet pressure of membrane module (kPa).

의 분획분자량의 크기(50 K dalton)에 영향을 받은 것으로 사료된다.

막 횡단 압력과 온도를 달리하여 예비 여과된 사과주스의 flux를 측정된 결과(Fig. 2), 압력의 증가에 비례하여 투과 플럭스가 다소 증가하였는데, 이는 일반적으로 공정압력을 증가시키면 투과플럭스의 증가를 가져오게 되고 압력의 증가에 대한 플럭스의 증가폭은 직선적인 증가 경향을 나타낸다는 Lee 등(9)과 Zarate-Rodriguez 등(10)의 연구결과와 일치한다. 그러나 압력은 초기 투과플럭스에 영향을 미치고 시간의 경과에 따라 막표면에서 용질의 가역적 및 비가역적 침지에 기인하여 플럭스가 감소하였다.

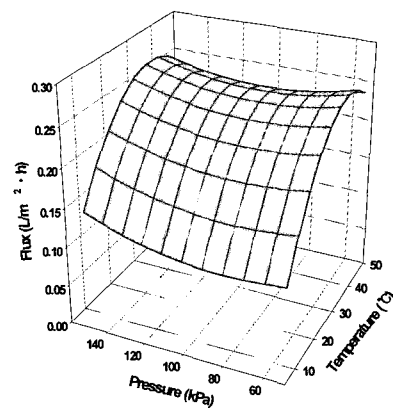


Fig. 2. Changes in flux during clarification of apple juice using UF.

공정온도 역시 공정압력과 마찬가지로 온도의 증가에 비례하여 투과플럭스의 증가를 가져왔는데 이는 온도가 높을수록 유체의 점성이 낮아져 투과플럭스가 증가한 것으로 사료된다(11-13). 또한 시간에 따른 투과플럭스의 경우는 모든 공정조건에서 투과플럭스의 급속한 감소를 관찰할 수 있었으며, 시간이 경과함에 따라 점차적으로 감소폭이 둔화되었는데 이는 Padilla-zakour와 Mclellan(13)의 연구와 일치하였다. 한외여과 최적 공정조건은 한외여과 공정변수 중 중요한 요소인 투과플럭스와 청징효과를 고려해 볼 때 온도 및 압력이 각각 45°C, 150 kPa으로 나타났다.

혼합처리효과

원심분리, 효소처리(4), 한외여과 각각의 최적 청징 조건 하에서 혼합처리(combined treatment)를 한 경우 Fig. 3에서 보는 것과 같이 대조구에 비해 청징 개선 효과는 원심분리, 혼합처리, 한외여과법의 순서로 탁도가 개선되는 것을 알 수 있었으며, 원심분리 단독으로는 충분한 청징효과를 얻기는 어려웠으나 한외여과와 혼합처리의 경우에는 초기

탁도와 비교해 99% 이상의 청징 개선 효과를 볼 수 있었다.

**청징 방법에 따른 색도 변화**

청징 방법에 따른 색의 변화(Fig. 4)중 밝기 정도를 나타내는 L\*(lightness) 값을 살펴보면(Fig. 4[A]) 한외여과, 혼합처리의 경우 이미 보고된바 있는 효소처리방법보다 높은 값을 보였으며(4), 원심분리의 경우가 가장 낮았으나 80이상으로 모든 시료에서 청징 방법에 관계없이 대조구와 비교하여 10배 이상의 증가를 보였는데 이는 탁도의 관점에서 보았던 청징 개선 효과와 일치한다. 한외여과 및 혼합처리 시료의 L\* 값은 매우 높은 값을 보였는데 이는 여과공정을 통해 시료에 있는 부유물질들이 대부분 효과적으로 제거되었기 때문인 것으로 사료된다(14).

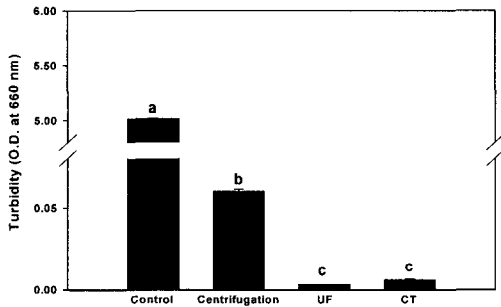


Fig. 3. Clarification efficacy with respect to turbidity depending on clarification methods.

청징 방법에 따른 적색도의 변화는 Fig. 4[B]에 비교된 바와 같이 모든 청징 공정을 거치면서 a\*값이 감소하여 색이 옅어졌음을 알 수 있다(P<0.05). 황색도(Fig. 4[C])는 청징 공정 후 원심분리 시료에서 가장 높은 값을 나타내었으며 혼합처리구에서는 오히려 감소하였다(P<0.05). 이는 원심분리, 효소처리(4), 한외여과 등의 단독 처리보다는 혼합처리시 상승효과가 있음을 나타낸다. 색도차인 ΔE의 변화를 비교하여 보면(Fig. 4[D]), 한외여과된 시료의 색차 변화가 가장 큰 것으로 나타났다. 이 색도 변화 결과는 다른 청징방식과 비교하였을 때 한외여과의 청징효과가 우수하기 때문인 것으로 보이며, 비교적 낮은 공정온도에서 청징이 이루어져 가열에 의한 갈변현상이 적어 전체적으로 색도차가 크게 나타났고(12), ΔE에 가장 큰 영향을 미치는 L\*값의 변화에 영향을 받은 것으로 사료되며, 또한 색도변화와 탁도 변화가 유사한 관계가 있음을 알 수 있다.

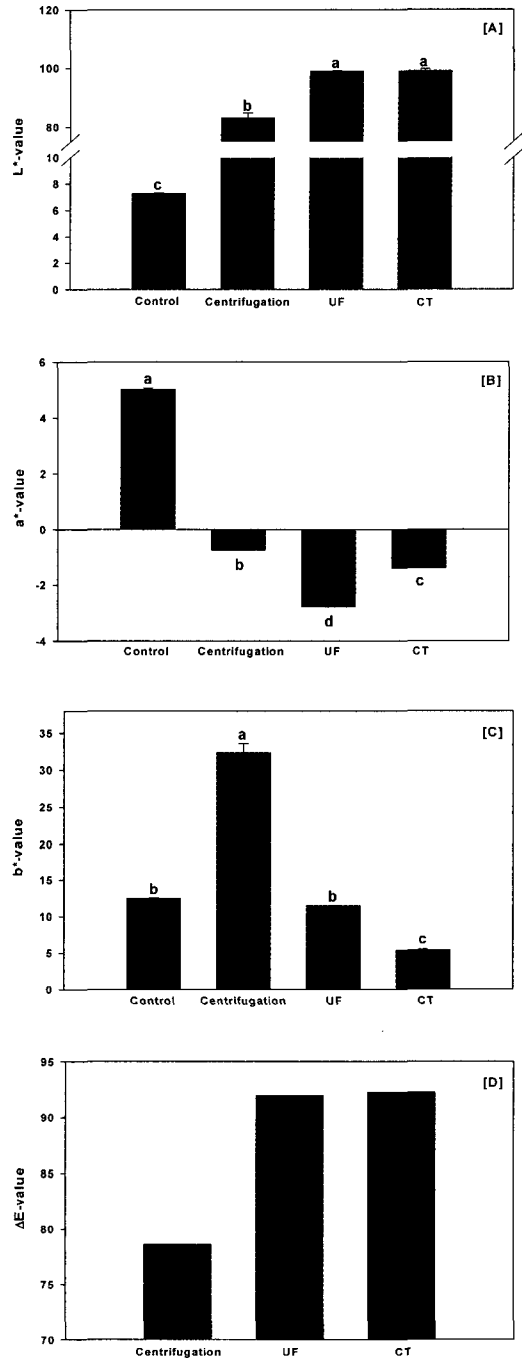


Fig. 4. Color characteristics of clarified apple juices depending on clarification methods.

**청징 방법에 따른 성분 변화**

청징 방법에 따른 성분변화를 Table 2에 나타내었다. Vitamin C의 함량은 효소처리구 공정이 포함된 혼합처리구에서 가장 많이 보존되었으나, 이미 보고된 효소처리 단독의 경우(4)보다는 낮았다. 모든 시료에서 pH의 범위는 5.33~5.82으로 나타나 대조구의 5.11과 비교해 청징 공정

에 따른 변화는 거의 없었다. 식품 중에 존재하는 가용성 고형분은 관능적 특성에 중요한 영향을 미치는데 Ko 등(12)의 연구에서와 같이 당 성분이 한외여과막을 통과하면서 증류수에 의한 희석으로 청징 공정 후 감소하였으며 특히 공정이 많은 혼합공정 후 현저히 낮은 값을 나타내었다 ( $P<0.05$ ). 그러나 한외여과공정에서는 열적변성과정이 없기 때문에 전체적으로 일반성분들의 변화가 적게 나타나는 경향을 나타내었다(14).

**Table 2. Physicochemical properties of clarified apple juice as influenced by clarification methods**

Property	Clarification method			
	Control	Centrifugation	UF	CT
Vitamin C (mg%)	53.83	14.34	11.16	18.55
pH	5.11	5.45	5.33	5.82
Soluble solids ( $^{\circ}$ Brix)	14.70	14.80	11.20	8.80

## 요 약

청징 사과주스 제조시 원심분리를 이용한 청징보다는 한외여과 또는 혼합처리에 의하여 효율적인 청징 사과주스를 제조할 수 있는 것으로 나타났다. 원심분리시 회전속도가 높고 저온에서 공정을 행할수록 청징효과가 개선되어 회전속도 증가뿐만 아니라 저온의 효과가 매우 뚜렷했다. 원심분리시 최적조건은 5 $^{\circ}$ C, 10,000 rpm에서 10분이었다. 한외여과시 공정조건에 관계없이 청징효과가 매우 우수한 것으로 나타났는데, 한외여과 최적 공정조건은 투과플럭스와 청징효과를 고려해 볼 때 온도 및 압력이 각각 45 $^{\circ}$ C, 150 kPa이었다. 혼합공정 후에 청징효과가 뚜렷하게 개선되지 않았는데 이는 한외여과 공정을 거치면서 이미 일정 수준의 청징이 이루어 졌음을 의미한다. 한외여과 공정의 효율성은 색도의 변화에서도 간접적으로 측정할 수 있었는데 한외여과 처리된 시료의 L\*값과  $\Delta E$ 는 가장 높고 반면 a\*값은 가장 낮은 것으로 나타났다. 전반적으로 비교하여 볼 때 한외여과 방법이 고품질의 청징 사과주스를 제조하는데 우수한 것으로 판단되며 또한 배제액 중의 고형성분은 식이섬유 강화 주스 제조 시에 첨가될 수 있는 이점이 있다.

## 감사의 글

본 연구는 산업자원부가 지정한 지역혁신센터(RIC)인 대구대학교 농산물 저장·가공 및 산업화 연구센터의 지원에 의한 것입니다.

## 참고문헌

- Kim, S.Y., Yoon, Y.B. and Chio, E.H. (2000) Change in quality of mixed juice of fruits and vegetables by aseptic treatment and packing with nitrogen gas during storage. *Korean J. Food Sci. Technol.*, 32, 1271-1277
- Hong, H.D., Kim, S.S., Kim, K.T. and Choi H.D. (1999) Changes in quality of domestic apple juice concentrates during long-term storage. *J. Korean Soc. Agric. Chem. Biotechnol.*, 42, 235-239
- Cassano, A., Drioli, E., Galaverna, G., Marchelli, R., Di Silvestro, G. and Cagnasso, P. (2003) Clarification and concentration of citrus and carrot juices by integrated membrane processes. *J. Food Eng.*, 57, 153-163
- Sohn, K.S., Lee, J.H. and Ha, Y.S. (2002) Clarification of mixed fruit and vegetable juices using enzyme treatment. *Food Eng. Prog.*, 6, 241-247
- SAS (2000) SAS User's Guide. Statistical Analysis Systems Institute, Version 6.12, Cary, NC, USA
- AOAC (1990) Official Methods of Analysis. 15th ed. Association of Official Analytical Chemists, Washington, DC, USA. p.40-84
- Kim, H.S., Yang, Y.T., Jung, Y.H., Koh, J.S. and Kang, Y.S. (1992) Clarification of foxtail millet wine. *Korean J. Food Sci. Technol.* 24, 101-106
- Sohn, K.S., Seog, E.J. and Lee, J.H. (2006) Quality changes of carrot juice as influenced by clarification methods. *Food Eng. Prog.* Accepted for publication
- Lee, E.M., Kang, H.A., Chang, K.S. and Choi, Y.H. (1998) Clarification of sandlance Joetkal using ultrafiltration. *Food Eng. Prog.* 2, 96-101
- Zarate-Rodriguez, E., Ortega-Rivas, E. and Barbosa-Canovas, G.V. (2001) Effect of membrane pore size on quality of ultrafiltered apple juice. *Int. J. Food Sci. Technol.*, 36, 663-667
- Lee, E.Y. and Woo, G.J. (1998) Optimization of separation process of bioflavonoids and dietary fibers from tangerine peels using hollow fiber membrane. *Korean J. Food Sci. Technol.*, 30, 151-160
- Ko, E.J., Lee, J.B., Lee, J.H. and Choi, Y.H. (1999) The effect of gel layer formation on fouling characteristics in ultrafiltration of peach juice. *Korean J. Postharv. Sci. Technol.*, 6, 424-428
- Padilla-zakour, O. and Mclellan, M.R. (1993) Optimization and modeling of apple juice cross-flow microfiltration

with a ceramic membrane. J. Food Sci. 58, 369-388  
14. Youn, K.S., Kim, S.D., Chung, H.D. and Choi, Y.H.  
(2000) Clarification of apple vinegar by ultrafiltration and

flux characteristics. J. Korean Soc. Agric. Chem.  
Biotechnol., 43, 24-28

---

(접수 2005년 11월 20일, 채택 2006년 2월 27일 )