

청징방법에 따른 오렌지주스의 품질특성

손경석¹ · 석은주² · 이준호^{2*}

¹일동후디스 식품연구소

²대구대학교 식품공학과

Quality Changes of Orange Juice as Influenced by Clarification Methods

Kyoung Suck Sohn¹, Eun Ju Seog² and Jun Ho Lee^{2*}

¹Ildongfoodis Food Research Lab., Gyeonggi 449-915, Korea

²Dept. of Food Science and Engineering, Daegu University, Gyeongbuk 712-714, Korea

Abstract

Clarified orange juice was prepared using different clarification methods including centrifugation, enzyme treatment, ultrafiltration (UF), and combined treatment (CT). Effect of clarification methods as well as other quality parameters were investigated. Clarification was improved with increase in centrifugation speed and by lowering operating temperature. The optimum condition for centrifugation process was 5°C and 10,000 rpm. UF and CT processes were very effective to produce clarified orange juice. The optimum condition of UF process was 45°C and 150 kPa considering flux and turbidity. CT did not significantly improve the clarification efficiency since most of the clarification was already achieved during UF process. L* -values increased while a* -values decreased significantly after clarification regardless of methods (p<0.05). Considering color, and recovering rate of vitamin C and soluble solids, UF process was superior than the other methods in producing clarified orange juice.

Key words: clarification, orange, juice, turbidity, color, RSM

서론

세계적으로 선호도가 높은 음료 중 하나인 오렌지주스는 당도(12°Brix) 뿐만 아니라 유기산의 함량이 높고 단맛과 신맛이 조화를 이루는 천연과즙음료로 탄산음료와 대별된다. 최근 몇 년간 100% 천연과즙음료 시장 확대와 더불어 오렌지주스의 소비량이 급격히 증가하고 있고, 천연식품을 선호하는 트렌드로 시장규모는 꾸준히 성장할 것으로 예측되고 있다(1). 또한 오렌지는 베타카로틴과 비타민 C의 함량이 높으며 감귤 과피에 존재하는 flavonoids의 항알러지성, 항암성, 항바이러스성, 항염성의 생리적 기능뿐 아니라, 감귤류에서 얻을 수 있는 식이섬유는 혈중콜레스테롤 함량의 저하와 대장암과 비만 예방에 효과적이라고 알려져 있다.

그러나 과일주스는 가공 및 저장 중 광선이나 공기 중의 노출 또는 열처리로 인한 산화로 인해 신선한 주스의 여러 특성 즉, 영양 및 약리성분 뿐만 아니라 색, 향기 등의 기호성분이 변화되는 문제점이 있다. 그러므로 주스의 영양학적 및 관능적 품질특성을 유지하기 위해 실온에서 과도한 에너지 소비 없이 실행가능한 공정이 필요하며, 여러 공정 중 특히 UF와 microfiltration법(MF)이 과일주스의 청징법으

로 유효하다. 한외여과막을 이용하면 비타민, 염, 당 등은 물과 함께 통과시키지만 미생물이나 지질, 단백질, 교질 등은 걸러내므로 가열공정 없이, 미생물오염의 염려 없이 고유의 향기성분을 함유한 고품질 주스의 제조가 가능하다(2).

오렌지주스의 품질을 결정하는 또 다른 주요인자 중의 하나는 현탁도인데 오렌지를 착즙하는 과정에서 혼입되는 다량의 pectinesterase(PE)가 침전 형성의 주요인자로 작용한다. 또한 현탁입자와 함께 향기성분이 소실될 가능성도 있다. 이러한 현상을 줄이기 위한 연구로 PE 불활성화에 관련한 열처리, pectic acid hydrolysate 첨가, pectolytic enzyme 첨가, clouding agent 첨가, pH를 낮추는 방법 등이 연구되고 있으나, 이러한 방법들의 단독 처리는 한계점들을 가지고 있다(3).

따라서 다양한 청징기법을 이용하여 주스를 제조하는 가공공정을 비교 연구하는 것이 필요하며, 더욱이 갈수록 고급화되는 소비자들의 기호에 발맞추어 고품질 오렌지주스 제조 및 최적가공 공정조건을 수립하고 다양한 가공기법을 비교·분석할 필요성이 있다. 본 연구에서는 원심분리, 한외여과(ultrafiltration, UF) 및 혼합처리(combined treatment, CT)를 도입해 청징주스를 제조한 후 이화학적 특성을 분석

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

하였다. 또한 반응표면분석법(response surface methodology, RSM)을 이용하여 청징조건에 따른 탁도·색도 및 일반성분을 분석하여 고품질 오렌지주스 제조를 위한 실험적 기초자료로 제시하고자 한다.

재료 및 방법

재료 및 주스 제조

본 실험에 사용된 오렌지는 미국 캘리포니아에서 생산된 오렌지를 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 g을 가하여 변색을 방지하였다.

주스의 청징

수세·착즙과정을 마친 오렌지주스를 청징하기 위하여 원심분리, 한외여과, 혼합처리를 실시하였다. 원심분리기(model VS-21SMT, Vision Co., Korea)의 회전속도 5,000과 10,000 rpm 및 저온(5°C)과 상온(25°C) 조건에서 청징주스를 제조하였다. 한외여과에 의한 청징의 경우 50 K dalton의 분획분자량(molecular weight cut-off, MWCO)과 유효막면적이 2.4 m²인 polysulfone 재질의 막(High flux biomax polysulfone membrane, Millipore, USA)을 막분리장치(model 7523-20, Barnut Co., USA)에 이용하여 투과플럭스 [Flux=L/m²·h (L: 투과유량, m²: 유효막면적, h: 공정시간)]를 측정하였으며, 이 때 각각의 공정조건은 ATP(average transmembrane pressure)가 50 kPa, 100 kPa, 150 kPa, 온도가 5°C, 25°C, 45°C이었다(Table 1). 혼합처리시의 한 단계인 효소처리(0.03% pectinase, 40°C, 40 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 투과유속과 비교하였다.

실험설계 및 반응표면분석

오렌지주스의 청징공정을 분석하기 위해서 반응표면분석법을 이용하였다. 중심합성계획법(central composite design)

에 따라 실험을 설계한 후 실험오차를 최소화하기 위하여 실험은 무작위 순서로 실시되었다. 실험결과(experimental data)는 2차식 형태의 반응모형식에 SAS(statistical analysis system)의 반응표면회귀분석(RSREG procedure)을 이용하여 회귀계수들(regression coefficients)을 구하였다. 반응표면분석을 위해 적용된 일반적인 2차 반응모형식은 다음과 같다(5).

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

여기서, Y는 response이고, x_i, x_j는 coded 독립변수들이며 β₀, β_i, β_{ii} 및 β_{ij}는 회귀계수들이다.

이화학적 성분분석

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(ΔE)를 나타내었다.

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

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, 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 취하여 pH meter(model 340, Mettler Delta Co., U.K.)로 수소이온농도를 측정하였으며, 비중병을 이용하여 부피에 대한 질량의 비로 비중을 3회 반복 측정 후 평균값을 사용하였다.

통계처리 : 이화학적 성분분석 결과는 Duncan's multiple range test를 이용하여 시료간의 유의적인 차이를 검증하였다(α=0.05).

결과 및 고찰

청징방법에 따른 탁도변화

원심분리효과 : 청징 전 오렌지주스의 초기 탁도는 7.130이었으며, 원심분리 시 회전속도와 온도에 따른 청징도의 변화는 Fig. 1에 나타나있다. 원심분리기의 회전속도가 5,000 rpm에서 10,000 rpm으로 증가함에 따라 청징효과가 약 50% 이상 개선되는 것을 알 수 있었으며 청징 개선효과는 25°C에서 더욱 뚜렷하였으나 시간경과에 따라 청징율은 감소하였다. 원심분리 최적조건은 10,000 rpm, 5°C이었다. 이는 Kim 등(7)의 연구결과와 일치하는 경향을 보였고, 온도에 따른

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})×1/2

Where,

ATP: average transmembrane pressure (kPa).

P_{in}: inlet pressure of membrane module (kPa).

P_{out}: outlet pressure of membrane module (kPa).

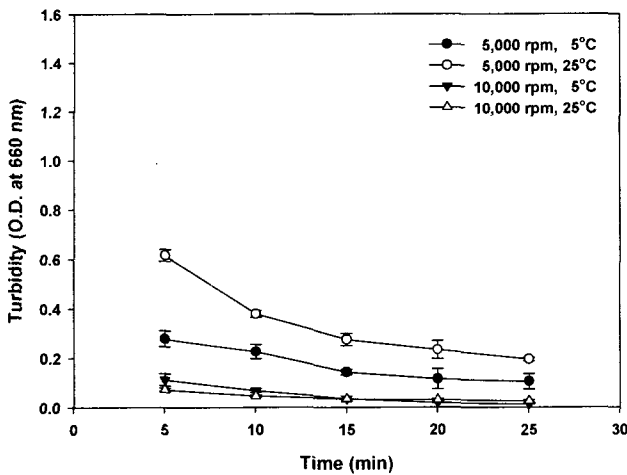


Fig. 1. Turbidity of clarified orange juices depending on centrifugation conditions.

영향을 살펴볼 때 5,000 rpm의 경우 저온에서 원심분리과정 이 이루어질 경우 청징효과가 우수한 것으로 나타나 온도에 따른 청징효과의 변화를 확인할 수 있었으나 10,000 rpm에서는 온도에 따른 청징효과의 차이는 미미했다. 이는 이미 보고된바 있는 회전속도 증가에 따른 청징효과의 증가만을 보여준 당근주스(8)의 청징과는 양상이 다른 온도에 따른 청징률의 변화를 보여준다. 또한 이러한 저온에서의 회전속도 증가에 따른 뚜렷한 청징효과의 증가는 사과주스(9)에서도 관찰할 수 있었다. 원심분리에 의한 청징의 경우 초기 10분까지의 청징율이 높고, 그 이후의 시간영역에서의 청징율은 현저하게 저하되므로 공정비용에 비해 청징 개선율이 둔화되어 시간의 연장을 통한 청징효과를 얻기는 어려운 것으로 나타났다.

한외여과효과 : 반응표면분석을 통한 최적 청징효과를 살펴보기 위하여 Table 1에 나타낸 것과 같이 온도(5, 25, 45°C) 및 압력(50, 100, 150 kPa)을 각각 3가지 수준으로 설정하고 종속변수 즉 탁도값의 변화를 살펴보았다. 그 결과 모든 조건에서 탁도값이 0.001~0.003으로 매우 우수한 청징효과를 나타내었다. 한외여과의 최적조건은 150 kPa, 45°C이었다. 이는 본 실험에서 사용한 막의 분획분자량의 크기(50 K dalton)에 기인한 것이며, 온도와 막횡단 압력을 달리하여 예비 여과된 오렌지주스를 막분리하였을 때(Fig. 2) 압력의 증가에 비례하여 투과플럭스가 다소 증가하였는데, 이는 일반적으로 공정압력을 증가시키면 투과플럭스의 증가를 가져오게 되고 압력의 증가에 대한 플럭스의 증가폭은 직선적인 증가 경향을 나타낸다는 Lee 등(10)과 Zarate-Rodriguez 등(11)의 연구결과와 유사하였다. 공정온도 역시 공정압력과 마찬가지로 온도의 증가에 비례하여 투과플럭스의 급격한 증가를 가져왔는데 이는 온도가 높을수록 유체의 점성이 낮아져 투과플럭스가 증가한 것으로 생각된다(12-14).

청징 오렌지주스의 온도 및 막횡단 압력변화에 따른 반응 표면회귀식은 다음과 같다.

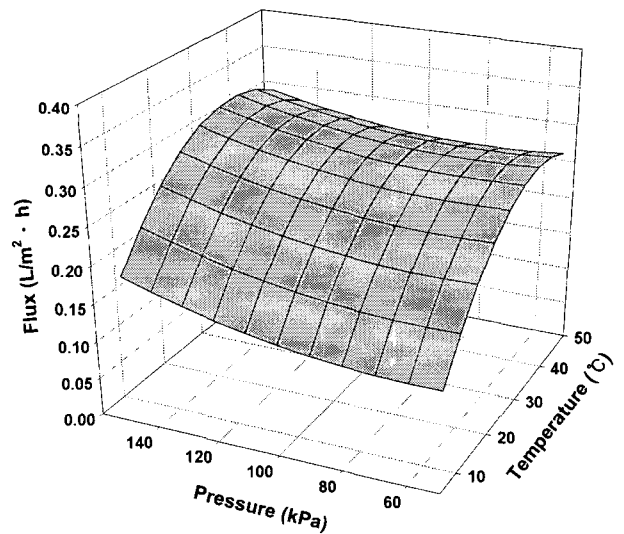


Fig. 2. Changes in flux during clarification of orange juice using UF.

$$\text{Flux} = 0.098488 + 0.011635X_1 - 0.001298X_2 + 0.004035X_3 - 0.000170X_1^2 - 0.000007975X_2X_1 + 0.000006691X_2^2 + 0.000445X_3X_1 + 0.000303X_3X_2 - 0.0003022X_3^2$$

위 식의 r^2 값은 0.9676으로 온도에 대한 영향은 1%이내 그리고 압력에 대한 영향은 5%이내의 수준에서 각각의 유의성이 검증되었다.

압력은 초기 투과플럭스에 영향을 미치고 시간의 경과에 따라 막 표면에서 용질의 가역적 및 비가역적 침지에 기인하여 압력에 관계없이 모든 공정조건에서 투과플럭스의 급속한 감소를 관찰할 수 있었으며, 시간이 경과함에 따라 점차적으로 감소폭은 둔화되었는데 이는 ceramic막을 이용하여 펙틴을 함유한 사과주스(raw apple juice)와 펙틴을 제거한 사과주스(depectinized apple juice)의 플럭스를 측정 한 Padilla-zakour와 Mclellan(14)의 연구와 일치하였다. 이는 막횡단 압력이 증가함에 따라 막표면에 거대분자들이 층을 형성하는 농도분극(concentration polarization) 현상과 누적된 거대분자가 막과의 상호작용에 의하여 막표면 또는 막세공내에 비가역적으로 침착되는 막오염(fouling)에 기인한다.

혼합처리효과 : 원심분리, 효소처리(4), 한외여과 각각의 최적 청징 조건하에서 혼합처리를 한 경우 Fig. 3에서 보는 것과 같이 대조구에 비해 청징개선효과는 혼합처리와 한외여과 공정에서 매우 우수한 청징효과를 확인할 수 있었다. 또한 원심분리법을 포함한 모든 청징방법에서 초기 탁도와 비교해 99% 이상의 청징개선효과를 가져왔다.

청징방법에 따른 색도변화

청징방법에 따른 색도변화는 Fig. 4에 나타나 있다. 밝기 정도를 나타내는 L*(lightness)값의 경우(Fig. 4[A]), 한외여과, 혼합처리 모두의 경우 90 이상으로 이미 보고된바 있는 효소처리방법(4)보다 높았으며 원심분리의 경우가 가장 낮

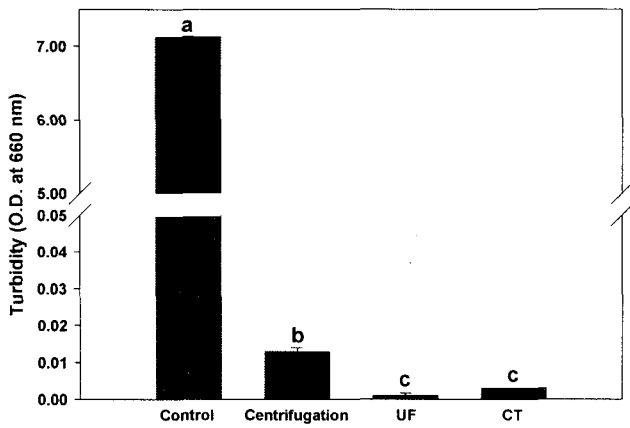


Fig. 3. Clarification efficacy with respect to turbidity depending on clarification methods. Means with same letter are not significantly different ($p > 0.05$).

았다($p < 0.05$). 한편 처리된 모든 시료는 청징방법에 관계없이 대조구와 비교하여 상당한 증가를 보였는데 이는 탁도의 관점에서 보았던 청징개선효과와 일치하는 경향을 나타내었다. 한외여과 처리된 시료의 L^* 값은 본 실험에서 사용한 청징방법 중 가장 우수한 값을 나타내었는데 이는 여과공정을 통해 시료에 있는 부유물질들이 대부분 효과적으로 제거되었기 때문인 것으로 사료된다(15).

청징방법에 따른 적색도의 변화는 Fig. 4[B]에 비교된 바

와 같이 모든 청징공정을 거치면서 a^* 값이 감소하였으나 그다지 큰 차이는 나타나지 않았다($p < 0.05$). 황색도는 청징공정 후 한외여과와 혼합처리구에서는 낮아졌으며 원심분리공정이 이루어진 시료에서 가장 높은 값을 나타내었다($p < 0.05$). 한외여과와 혼합처리구에서는 오히려 대조구보다도 감소하여 색이 더 옅어졌음을 알 수 있었다(15). 색차인 ΔE 의 변화를 비교하여 보면(Fig. 4[D]) 한외여과된 시료의 색차변화가 가장 큰 것으로 나타났다. 이 결과는 다른 청징방식과 비교하였을 때 청징효과가 우수하기 때문인 것으로 보이며, 비교적 낮은 공정온도에서 청징이 이루어져 전체적으로 색도차가 크게 나타난 것 같다(13,16). 또한 ΔE 에 가장 큰 영향을 미치는 L^* 값의 변화에 영향을 받은 것으로 사료되며, 또한 색도변화와 탁도변화가 유사한 관계가 있음을 알 수 있다.

청징방법에 따른 성분변화

청징방법에 따른 성분변화를 살펴보면(Table 2), vitamin C의 함량은 혼합처리구에서 가장 많이 보존되었고 모든 시료에서 pH의 범위는 4.80~5.26으로 대조구 4.91과 비교해 청징공정에 따른 변화는 거의 없었다. 식품 중에 존재하는 가용성 고형분은 관능적 특성에 중요한 영향을 미치는데 예측한 바와 같이 청징공정 후 감소하였으며 특히 공정이 많은 혼합공정 후 현저히($p < 0.05$) 낮은 값을 나타내었다(17). 그러나 한외여과공정에서는 열적변성과정 없이 때문에 전

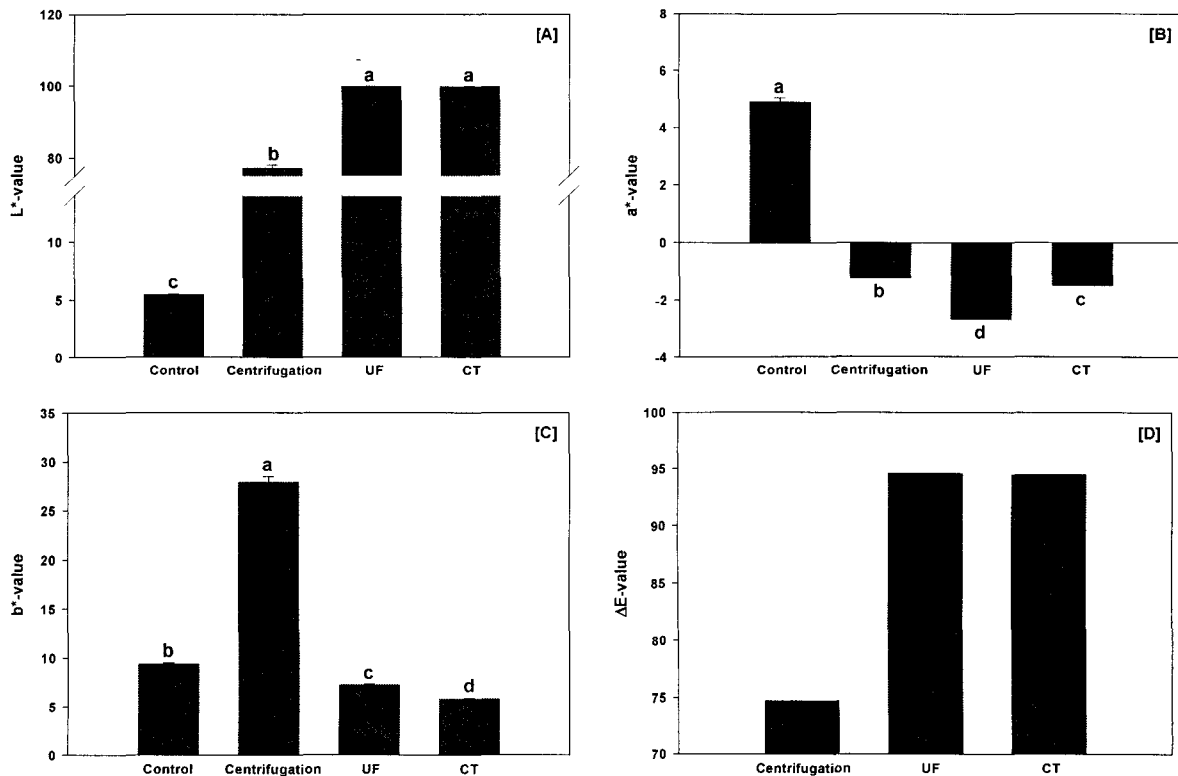


Fig. 4. Color characteristics of clarified orange juices depending on clarification methods. Means with same letter are not significantly different ($p > 0.05$).

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

Property	Clarification method			
	Control	Centrifugation	UF	CT
Vitamin C (mg%)	36.72	13.60	15.03	16.76
pH	4.91	5.26	4.80	4.92
Soluble solids (^o Brix)	12.80	14.00	9.60	7.80

체적으로 일반성분들의 변화가 적게 나타나는 경향을 나타내었다(15). 이는 미세여과와 한외여과 공정을 이용하여 대추술을 막분리하였을 때 80% 이상의 유리당 회수율을 보여준 Kang 등(18)의 보고와 유사한 결과를 나타내었다.

요 약

원심분리, 한외여과 및 혼합처리를 이용하여 청징 오렌지 주스를 제조한 후 반응표면분석법(response surface methodology, RSM)으로 청징조건에 따른 탁도, 색도 및 일반성분을 비교하였다. 원심분리시 회전속도가 높고 온도가 낮을수록 청징효과가 개선되어 회전속도의 증가뿐만 아니라 저온의 효과가 뚜렷했다. 원심분리 최적조건은 10,000 rpm, 5°C이었다. 특히 한외여과 및 혼합처리 공정이 공정조건에 관계없이 청징효과가 매우 우수한 것으로 나타났다. 한외여과의 최적조건은 150 kPa, 45°C이었다. 혼합처리의 경우 청징효과가 뚜렷하게 개선되지는 않았는데 이는 한외여과 공정을 거치면서 이미 일정 수준의 청징이 이루어졌음을 의미한다. 한외여과 공정의 효율성은 색도의 변화에서도 간접적으로 측정할 수 있었는데 한외여과 처리된 시료의 L*값과 ΔE 값이 가장 높았으며, 또한 비타민 C와 가용성 고형분의 회수율을 비교하여 볼 때 한외여과방법이 고품질의 청징 오렌지주스를 제조하는데 가장 우수한 것으로 판단된다. 더불어 한외여과의 경우 배제액 중의 고형성분은 식이섬유강화 주스제조 시에 첨가될 수 있다.

감사의 글

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

문 헌

1. Jang KW, Hur JK, Kim SK, Baek YJ. 1996. Effects of

- pasteurization and storage temperatures on the quality of orange juice. *Korean J Food Sci Technol* 28: 8-14.
2. Cassano A, Drioli E, Galaverna G, Marchelli R, Di Silvestro G, Cagnasso P. 2003. Clarification and concentration of citrus and carrot juices by integrated membrane processes. *J Food Eng* 57: 153-163.
3. Yun HS, Park SJ, Park JY. 1997. Effect of a combined treatment of high hydrostatic pressure and carbonation on the quality characteristics of valencia orange juice. *Korean J Food Sci Technol* 29: 974-981.
4. Sohn KS, Lee JH, Ha YS. 2002. Clarification of mixed fruit and vegetable juices using enzyme treatment. *Food Eng Prog* 6: 241-247.
5. SAS. 2000. Statistical Analysis System. SAS User's Guide, version 6.12. SAS Institute Inc., Cary, NC, USA.
6. AOAC. 1995. *Official Methods of Analysis*. 15th ed. Association of official analytical chemists, Washington, DC, USA.
7. Kim HS, Yang YT, Jung YH, Koh JS, Kang YS. 1992. Clarification of foxtail millet wine. *Korean J Food Sci Technol* 24: 101-106.
8. Sohn KS, Seog EJ, Lee JH. 2006. Quality changes of carrot juice as influenced by clarification methods. *Food Eng Prog* Accepted for publication.
9. Sohn KS, Seog EJ, Lee JH. 2006. Quality characteristics of clarified apple juices produced by various methods. *Korean J Food Preser* Accepted for publication.
10. Lee EM, Kang HA, Chang KS, Choi YH. 1998. Clarification of sandlance Joetkal using ultrafiltration. *Food Eng Prog* 2: 96-101.
11. Zarate-Rodriguez E, Ortega-Rivas E, Barbosa-Canovas GV. 2001. Effect of membrane pore size on quality of ultrafiltered apple juice. *Int J Food Sci Technol* 36: 663-667.
12. Lee EY, Woo GJ. 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.
13. Ko EJ, Lee JB, Lee JH, Choi YH. 1999. The effect of gel layer formation on fouling characteristics in ultrafiltration of peach juice. *Korean J Postharv Sci Technol* 6: 424-428.
14. Padilla-zakour O, Mclellan MR. 1993. Optimization and modeling of apple juice cross-flow microfiltration with a ceramic membrane. *J Food Sci* 58: 369-388.
15. Youn KS, Kim SD, Chung HD, Choi YH. 2000. Clarification of apple vinegar by ultrafiltration and flux characteristics. *J Korean Soc Agric Chem Biotechnol* 43: 24-28.
16. Song JC, Cho EK, Park HJ. 2002. Studies on manufacture of mixed beverage drinks using chinese quince and apple. *Food Eng Prog* 6: 38-45.
17. Kim SY, Yoon YB, Choi EH. 2000. Change in quality of mixed juice of fruits and vegetables by aseptic treatment and packing with nitrogen gas. *Korean J Food Sci Technol* 32: 1271-1277.
18. Kang HA, Chang KS, Min YK, Choi YH. 1998. Value addition of jujube wine using microfiltration and ultrafiltration. *Korean J Food Sci Technol* 30: 1146-1151.

(2006년 1월 6일 접수; 2006년 3월 3일 채택)