

감귤 과피 유래 식이섬유 생산을 위한 막분리 공정 최적화

우건조 · 남 진 · 은종방*

이화여자대학교 식품영양학과, *전남대학교 식품공학과

Optimization of Membrane Separation Process for the Production of Dietary Fibers from Tangerine Peels

Gun-Jo Woo, Jin Nam and Jong-Bang Eun*

Department of Foods and Nutrition, Ewha Woman's University

*Department of Food Science and Technology, Chonnam National University

Abstract

Dietary fibers (DF) have been used as functional food components due to the various health promoting activities. Dietary fibers have been separated from the peels of Korean tangerine by employing ultrafiltration (UF) membranes. Optimum conditions in a batch type ultrafiltration unit using YM100 (molecular weight cut-off, MWCO=100,000), YM10 (MWCO=10,000) and YM1 (MWCO=1,000) membranes were : transmembrane pressure 7.5 psi, temperature of the peel extracts 35°C, and pH of the peel extracts 3.0, respectively. The flux in YM 10 membrane unit was higher than that in YM 100 or YM 1 membrane unit. However, YM 100 membrane was superior to YM 10 or YM 1 membrane with respect to the recovery of the retentate and the contents of DF. The contents of DF in the tangerine peel extracts, in the 170 mesh retentate, and in the YM100 retentate were shown to be 33.4%, 18.5% and 8.4% based on dry matter, respectively. Most dietary fibers were recovered at the separation stages of 170 mesh and YM 100.

Key words: dietary fibers, Korean tangerine peel, ultrafiltration

서 론

식이섬유(dietary fibers, DF)는 다양한 구조의 난소화성 다당류로서 장내에서 이온교환 기작을 통하여 불필요한 물질들을 매트릭스(matrix) 구조내로 흡착하여 제거하는 효과가 있고, 대장운동을 활발하게 하여 변비 개선 및 과민성 대장 증세를 개선해 주는 생리활성기능이 있는 것으로 알려져 있다. 식이섬유 함량이 많은 음식을 섭취하면 섬유질의 장내 통과속도가 빨라져서 담도를 통하여 장에 도달한 담즙산이 장관내에서 흡수되지 못하고 배설된다. 이때 간에서는 부족된 담즙산을 담즙산의 전구체인 콜레스테롤을 이용하여 재생산하여 결국 혈중 콜레스테롤 함량을 낮추어 심장혈관계 질환을 예방해 주는 효과가 있다. 이외에도 장계실증(diverticulitis), 대장암, 비만증 예방의 생리활성기능이 있는 것으로 알려져 있다^(1,2). 이러한 중요 생리조절기

능을 갖는 식이섬유는 균형있는 식사에 의하여 공급되어야 하나 최근 우리나라의 경우 식생활의 서구화, 외식산업의 성장에 따른 외식횟수의 증가, 가공식품의 과다 소비 등의 이유로 식이섬유의 섭취량이 줄어 들고 있는 추세에 있다. 건강한 성인의 1일 평균 섭취권장량이 20~35 g인데 반하여 우리나라 성인의 경우는 이에 미치지 못하는 것으로 보고된 바 있다⁽³⁾. 이러한 식이섬유의 기능적 특성과 섭취부족 현상때문에 식이섬유는 음료를 포함한 각종 식품의 소재로 그 수요가 날로 증가하고 있다. 식이섬유의 급원으로는 과일, 채소, 곡류, 견과류 등을 들 수 있다. 식이섬유의 소재에 대해서는 외국에서는 117종에 이르는 각종 식품의 식이섬유 함량에 대해서 연구된 바 있으며⁽⁴⁾, 국내에서는 식물성 식품 54종의 식이섬유 함량이 분석되어 보고된 바 있다⁽⁵⁾. 선진국에서는 다양한 과실류를 식이섬유의 소재로 하여 이의 대량생산 및 제품화를 위한 제반 관련 기술을 확보해 오고 있으며, 특히 비열처리 공정으로서 환외여과와 역삼투압 등의 막분리 기술은 다양한 종류의 과일 가공공정에 이용되어 오고 있다⁽⁶⁻¹⁵⁾.

Corresponding author: Gun-Jo Woo, Department of Foods and Nutrition, Ewha Woman's University, 11-1 Daehyondong, Sodaemun-ku, Seoul 120-750, Korea

1994년도 국내 감귤의 연간 생산량은 약 550,000톤으로 사과(620,000톤) 다음으로 국내에서는 생산량이 많은 과실이며, 전남과 경남 지방에서 생산되는 극히 일부를 제외하면 거의 대부분(99.9%)이 제주도에서 생산되고 있다⁽¹⁾. 감귤가공시 부산물로 생성되는 과피는 일부만 한약재로 사용되어 왔고 최근 기능성 음료 등에 사용하고자 하는 시도가 있지만 대부분의 과피는 과실 가공시 폐기물로 처리되고 있는 실정이다. 제주산 감귤의 과피성분에 대해서는 펙틴 함량 분석 등에 관한 연구 결과가 있었지만^(2,3), 막분리 기술을 이용하여 감귤 가공시에 폐기물로 처리되는 감귤의 과피를 실험대상으로한 식품용(food grade) 기능성 소재로의 이용 가능성에 대한 연구결과는 미비한 실정이다. 앞으로 연속공정에 의해 얻어지는 각종 식이섬유는 잼, 젤리, 마아말레이드, 과자류, 케익류, 식이섬유 강화 음료 등 다양한 범주의 식품산업에 이용이 가능하다. 또한 감귤류의 과피에는 당도, 고혈압 등에 관계되는 여러가지 생리적 기능을 갖는 식이섬유 성분이 다량 함유되어 있어 기능성 식품의 새로운 급원으로서의 역할이 기대되고 있다⁽⁴⁾.

따라서 감귤 폐과피를 효율적으로 이용할 수 있는 방법을 모색하고 분자량에 따른 식이섬유를 획득함으로써 식이섬유의 생리적 연구에 기초 자료를 제공하고자 다음 목적을 가지고 연구하였다. 본 연구에서는 회분식 다단계 막분리 공정(multistage membrane separation process)을 이용하여 감귤류 과피로부터 식이섬유를 분자량별로 단계적으로 회수 생산할 수 있는 분리공정을 막분리 온도, 과피추출즙의 pH, 막횡단압력에 대하여 최적화하고, 각 단계에서 회수되는 총 식이섬유 함량을 결정하였다.

재료 및 방법

시료

본 실험에서는 1995년 8월~11월에 생산된 동일한 품종의 제주산 감귤을 시료로 하였다. 감귤을 흐르는 물에 3분 동안 담궈서 수세과정을 거친 후 꼭지 부분은 제거하고 과피만을 회수하여 과피 무게의 3배 부피에 해당하는 양의 증류수를 첨가하고 [weight(g)/volume(ml)=1/3] 믹서(M1209, LG)로 4분 동안 갈아 과피즙으로 하였다.

회분식 막분리 공정의 최적조건 확립

예비여과단계: 위 시료를 다양한 mesh size의 분

석용 표준망체(25, 35, 45, 80, 170 mesh)를 사용하여 감귤 과피 추출즙을 permeate와 retentate로 분리하였다. 예비여과단계를 거친 시료는 4°C에 저장하였다.

한외여과 공정: 표준망체(170 mesh)를 통과한 permeate를 feed로 하여 회분식 막분리 장치(Amicon stirred cell 8200)에서 온도, 압력, pH를 변화시켜 주면서 flux를 측정하여(3반복) 최적 조건을 결정하였다. 먼저 YM100 (MWCO=100,000)을 이용하여 막횡단압력(transmembrane pressure) 5.0 psi와 7.5 psi에서 flux를 비교하였고, 6°C, 25°C, 35°C, 45°C로 막분리 온도를 변화시키면서 flux를 측정하였다. 또한 최적 압력과 최적 온도 조건에서 과피추출즙의 pH 변화에 따른 flux를 측정하였다.

Molecular Weight Cut-Off (MWCO)에 따른 flux 측정: 이상에서 얻은 최적 조건하에서 한외여과(ultrafiltration, UF) 막의 MWCO를 달리하여 YM10 (MWCO=10,000), YM1 (MWCO=1,000)의 flux를 측정하였다. YM100, YM10, YM1 단계별로 flux를 측정하였으며 각 단계의 feed는 전단계의 permeate로 하였다. 각 단계의 retentate를 회수하여 각 분리 단계별 총 식이섬유(total dietary fiber, TDF) 함량을 결정하였다.

단계별 retentate의 총 식이섬유 정량

예비여과단계 및 각 UF공정 단계로부터 회수된 retentate를 48시간동안 냉동건조시켰다. 건조된 시료는 분말화하고 수분함량을 측정하여 desiccator에 보관하였다. 총 식이섬유 함량은 AOAC 방법(985.29, 960.52)을⁽²⁰⁾ 참조하여 아래의 방법으로 결정하였다. 한 시료당 2개씩 준비하고 시료를 넣지 않은 blank 2개를 준비하여 전과정을 반복하였다. 건조된 시료 1.0 g을 500 ml 비이커에 넣은 후 0.08 M phosphate buffer(pH 6.0) 50 ml를 넣어 pH를 6.0±0.2로 조정하였다. 여기에 Termamyl solution 0.1 ml를 넣고 알루미늄호일로 비이커를 덮어 물중탕에서 약 95°C로 유지시키면서 5분 간격으로 흔들어서 주었다. 15분후 다시 온도를 높여 100°C에서 15분간 두어 총 30분간 반응시켰다. 실온에서 30분간 방냉시킨 후 0.275 N NaOH 10 ml를 첨가하여 pH를 7.5±0.2로 조정하였다. Protease (5.0 mg)를 첨가한 후 알루미늄호일로 덮어 60°C에서 계속 흔들어서 주며 30분간 반응시켰다. 이 용액을 실온으로 냉각시킨후 0.325 M HCl 10 ml를 더하여 pH 4.0~4.6이 되게 조절하고 amyloglucosidase 0.3 ml를 넣어 알루미늄호일로 덮고 60°C에서 계속 흔들어서 주며 30분간 반응시켰다. 그 후 60°C 95% ethyl alcohol 280 ml를 더한 다음 실온에서 1시간 동안 방치하였다. 0.5 g의 celite를

함유한 1G3 여과용 유리도가니의 무게를 측정하고 78%의 ethyl alcohol을 흘려 보내 도가니 안의 celite를 적서 가라앉게 하였다. 여기에 효소에 의해 분해시킨 후 남은 침전물을 옮겨 흡인, 여과하고 78% ethyl alcohol 20 ml로 3번, 95% ethyl alcohol 10 ml로 2번, acetone 10 ml로 2번 씻어내렸다. 침전물이 들어있는 도가니를 105°C 전기오븐에서 하룻밤 건조시키고

desiccator에 방냉시킨 후 무게를 측정한 다음 도가니와 celite의 무게를 빼서 침전물의 무게를 계산하였다. 2개의 시료중 하나는 micro-Kjeldahl 법에 따라 단백질 함량을 측정하였고 다른 하나는 525°C에서 5시간 회화시킨 후 desiccator에서 방냉시키고 무게를 측정하였다. 회분 함량은 도가니와 celite의 무게를 빼서 결정하였으며, blank와 TDF는 다음 식을 이용하여 계산하였다.

Blank (mg) = weight of residue - weight of protein - weight of ash

$$TDF\% = \frac{\text{weight of residue} - \text{weight of protein and ash in residue} - \text{blank}}{\text{weight of sample}} \times 100$$

결과 및 고찰

예비여과단계 결정

다양한 mesh size의 분석용 표준망체(25, 35, 45, 80, 170 mesh)를 사용하여 여과효율과 flux를 비교한 결과 예비여과단계에서 35 mesh체와 170 mesh체를 사용하는 것이 막분리단계에서 막에 concentration polarization을 줄이고 retentate를 회수하는데 가장 적절한 것으로 나타났다. 이 mesh size의 선택은 한외여과 공정을 이용하여 오렌지 주스를 청징하는 가공에 있어서 전처리로 165 mesh screen을 선택한 Köseoğlu 등⁽⁷⁾의 실험과 일치한다. 그러나 과피추출즙을 바로 170 mesh에 적용하면 분리에 상당한 시간이 소요되므로 분리 시간을 단축시키기 위해 먼저 35 mesh 체로 과피 추출즙을 일차 분리한 후 170 mesh를 이차 예비여과단계에 사용하였다. 두 예비여과단계의 retentate를 합쳐서 TDF를 정량하였다.

회분식 막분리 공정의 최적화

막횡단 압력, 막분리 온도 및 과피 추출즙의 pH를 독립 변수로 하여 최적 분리 조건을 결정하였다. 최적 조건은 가장 높은 flux (ml/cm²/min) 값을 나타내며 retentate 회수가 용이한 조건으로 하였다.

막횡단압력

막분리시 운용압력이 낮고, feed의 농도가 낮으며, 유속이 빠른 상태에서는 concentration polarization의 영향이 적으므로 flux가 막횡단압력의 영향을 받지만 (pressure controlled state) 이 조건들에서 벗어나면 flux는 압력과 무관(mass transfer controlled state)하게 된다.⁽¹¹⁾ Kirk 등⁽¹⁰⁾이 UF 공정을 이용하여 복숭아 주스를 청정한 실험에서도 막횡단압력을 200 kPa까지 올려주었을 때 초기에는 막횡단압력이 증가함에 따라

permeate flux가 증가하지만 어떤 압력에서 최대 flux에 이른 후 막횡단압력의 지속적인 증가에도 불구하고 flux가 증가하지 않는 것을 보여 주었다. 이는 겔을 형성하고 있는 펙틴질이 수소결합에 의해 갈락투론산과 사슬구조로 결합되어 있으며, 이 겔층이 압착되면 이들 결합이 깨어지고 사슬의 망상구조가 막을 뚫기 때문이다. 즉, 최대 flux에서의 압력이 최적 막횡단압력임을 의미한다. 따라서 본 실험에서는 YM100 사용시 최대허용 압력이 10.0 psi 이하임을 고려하여 5.0 psi와 7.5 psi를 비교하였고 높은 flux 값을 나타내는 7.5 psi를 최적 막횡단압력으로 결정하였다.

막분리 온도

6°C, 25°C, 35°C, 45°C로 온도를 변화시켜 주면서 flux를 측정된 결과는 Fig. 1과 같다. 5시간 경과후 각각의 flux를 측정된 결과 25°C에서 5.69×10³ ml/cm²/min, 35°C에서 8.96×10³ ml/cm²/min, 45°C에서 7.4×10³ ml/cm²/min이었고 6°C에서는 4.68×10³ ml/cm²/min로 현저하게 감소하였다. 35°C에서 가장 높은 flux (25°C에서의 flux 보다 57% 증가)를 얻었는데 이 온도에서는 휘발성 향미성분의 손실이 적어 안정한 막분리 온도로 판단된다⁽⁷⁾. 한편, 45°C에서는 오히려 flux의 감소현상이 나타났는데 이는 상승된 온도 조건 하에서 과피즙 추출물의 성분에 부분적으로 변성이 일어나 물성 변화를 가져온 것으로 여겨진다. 따라서 35°C를 최적 막분리온도로 결정하였다.

같은 온도(35°C)에서 과육과 과피의 flux를 비교해 본 결과는 Fig. 2에 나타나 있다. 증류수를 첨가하지 않고 과육 그대로를 같은 과육즙과 본 실험에 사용한 과피즙을 시료로 하였다. 시료 준비의 차이점은 과피는 즙액이 적어 믹서에 그대로 갈리지 않기 때문에 과피가 갈릴 수 있는 최소한의 증류수(과피무게의 3배 부피)를 첨가하여 제조하였으며, 반면에 과육은 많은

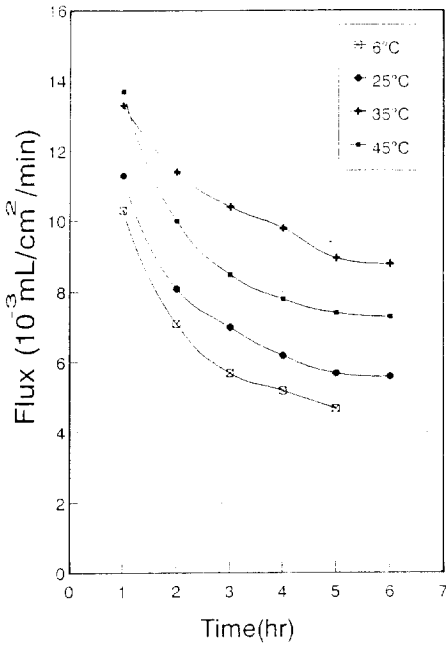


Fig. 1. Effect of temperature on ultrafiltration (UF) flux of tangerine peel extracts transmembrane pressure=7.5 psi, pH=4.5

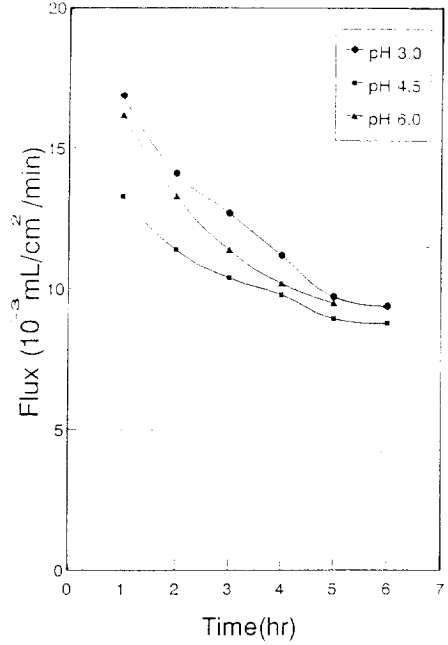


Fig. 3. Effect of pH on UF flux of tangerine peel extracts transmembrane pressure=7.5 psi, temperature=35°C

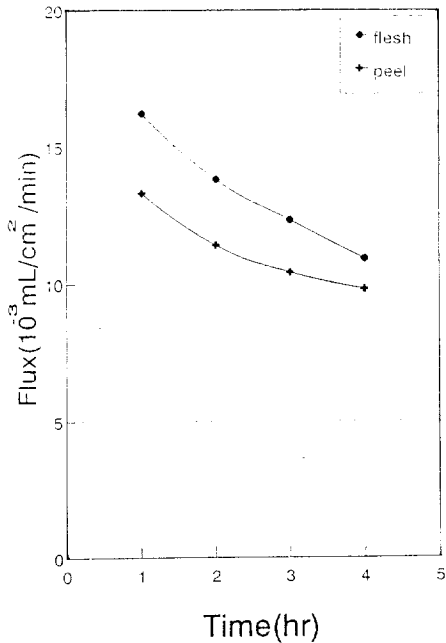


Fig. 2. Comparison of UF flux of tangerine flesh and peel extracts transmembrane pressure=7.5 psi, temperature=35°C, pH=4.5

즙액을 함유하므로 그대로 사용하였다. 한외여과 결과 Fig. 2에서와 같이 과육이 11% 정도 더 높은 flux를

갖는 것으로 나타났다.

과피 추출즙의 pH

Fig. 3은 앞의 실험에서 최적 막횡단 압력과 막분리 온도로 결정된 7.5 psi, 35°C 조건에서 과피 추출즙의 pH를 변화시키면서 flux를 측정한 결과를 보여주고 있다. 5시간 경과후 pH 3.0에서의 flux는 10.41×10^3 ml/cm²/min, pH 4.5에서 8.96×10^3 ml/cm²/min, pH 6.0에서 9.51×10^3 ml/cm²/min로 측정되었다. pH 3.0에서의 flux가 가장 높았고, 막으로부터 retentate를 회수하는데 있어서도 pH 3.0이 훨씬 용이하였으므로 pH 3.0을 과피 추출즙의 최적 pH로 결정하였다.

결과적으로 회분식 막분리 장치에서 최적 한외여과 분리 조건은 막횡단 압력 7.5 psi, 막분리온도 35°C, 과피 추출즙 pH 3.0인 것으로 나타났다.

MWCO에 따른 flux 측정

이상에서 얻은 최적 조건하에서 YM100, YM10, YM1을 이용하여 MWCO 별로 flux를 측정한 결과 막분리 1시간 경과 후 YM10에서의 flux는 47.87×10^3 ml/cm²/min로 가장 빨라 90 ml의 permeate를 얻는데 1시간 가량 소요되었다. 반면에 YM100, YM1 단계에서는 같은 양(90 ml)의 permeate를 회수하는데 5시간 이상이

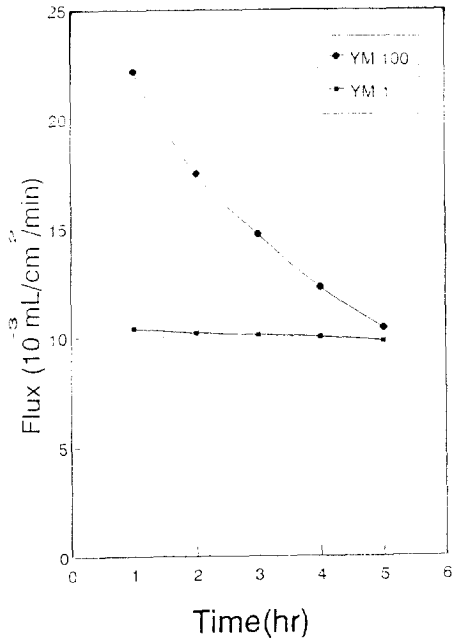


Fig. 4. Effect of membrane molecular weight cut-off on UF flux of tangerine peel extracts transmembrane pressure=7.5 psi, temperature=35°C, pH=3.0

Table 1. Contents of total dietary fiber in the tangerine peel retentates (%: w/w, dry matter)

Sample	Original peel	170 Mesh retentate	YM100 retentate
Total dietary fiber	33.4%	18.5%	8.4%

소요되었으며 1시간 경과 후의 flux를 비교해보면 YM100은 $22.17 \times 10^3 \text{ ml/cm}^2/\text{min}$, YM1이 $10.40 \times 10^3 \text{ ml/cm}^2/\text{min}$ 의 순으로 나타났다(Fig. 4, XY축 scale의 차로 YM10의 운용결과는 Fig. 4에 표시하지 않았음). 그러나, retentate 회수율 측면에서는 YM100 단계에서 가장 많은 DF를 분리, 회수할 수 있었다. YM100에서의 retentate는 겔 상태로 막으로부터 쉽게 회수할 수 있었고 DF정량을 위해 냉동건조시키는데 있어 용이 하였으나 YM10, YM1 단계에서의 retentate는 극히 적은 양이 완전한 액체상태로 존재하여 냉동건조에 부적합하였다. 즉, 비연속 공정으로는 YM10, YM1 단계의 retentate 회수가 부적합하므로 중공사막 등을 이용한 연속공정으로의 scale-up이 필요하다⁽²²⁾. 또한 최종적으로 얻어진 YM1의 permeate에는 항암, 항알러지 등의 효과들을 갖는 다양한 bioflavonoids가 존재할 것으로 예측되어 HPLC를 이용한 정량, 정성분석의 필요성이 제고된다⁽²³⁾.

Dietary fiber 정량

분리단계 전 과피와 각 분리단계별 retentate를 냉동 건조시키고 각각의 총식이섬유 함량을 결정하였다. YM10과 YM1의 retentate는 회수율이 낮아 DF 정량이 불가능하였으므로 본래 감귤과피의 TDF, 170 mesh retentate의 TDF, YM100 retentate의 TDF를 정량하였고 그 결과는 Table 1과 같다. 본래 과피의 TDF 함량은 33.4%(건물 중량)로 측정되었는데 감귤류의 건조 과피 중량의 30~40%가 펙틴으로 이루어져 있으며 감귤류 섬유질의 주된 성분임을 감안할 때 장 등⁽¹⁷⁾의 보고와 거의 비슷한 결과를 얻었다. 섬유질의 분자량을 살펴보면 펙틴이 200,000~400,000, 셀룰로오스가 460,000~1,700,000, 헤미셀룰로오스가 10,000~40,000인 것으로 알려져 있다. 즉, 감귤과피에 있는 섬유질 성분의 대부분은 YM100 단계까지 거치면 거의 대부분이 회수되리라 예측되었으며, 본 실험 결과에서도 본래 과피의 33.4% TDF 중 56.2%가 170 mesh retentate에서 회수되었고 25.1%가 YM100 retentate에서 회수되어 거의 대부분의 DF가 YM 100 단계와 그 이전 예비 분리 단계에서 회수되는 것으로 나타났다.

요 약

감귤과피로부터 다양한 생리활성 효과와 기능적 특성을 갖는 식이섬유(dietary fibers, DF)를 생산하기 위한 회분식 다단계 환의여과 공정에서 최적 분리 조건은 막횡단압력 7.5 psi, 막분리 온도 35°C, 과피추출액 pH 3.0으로 결정하였으며, MWCO 단계별 flux 측정에서는 YM10이 가장 높은 값을 나타내었으나 retentate 회수율과 DF 함량면에 있어서는 YM100 단계가 더 효율적인 것으로 나타났다. 각 단계별 총식이섬유(total dietary fiber, TDF) 함량 비교 결과 본래 과피의 TDF 함량은 33.4%, 170 mesh retentate의 TDF 함량은 18.5%, YM100 retentate에서의 TDF 함량은 8.4%로 나타나 거의 대부분의 DF가 예비여과와 YM100 단계에서 회수됨을 알 수 있었다.

감사의 말씀

본 연구는 1995년도 보건복지부에서 시행한 보건의료기술개발사업비의 지원으로 수행된 연구결과의 일부로서, 이에 감사드립니다.

문 헌

1. Gordon, D.T.: Functional properties vs physiological ac-

- tion of total dietary fiber. *Cereal Foods World*, **34**, 517 (1989)
2. Schneeman, B.O.: Physical and chemical properties, methods of analysis, and physiological effects. *Food Technol.*, **40**, 104 (1986)
 3. 황선희: 한국인 상용식품의 식이섬유 함량분석과 한국 남자대학생의 식이섬유 섭취현황 평가. 숙명여자대학교 박사학위논문 (1994)
 4. Marlett, J.A.: Content and composition of dietary fiber in 117 frequently consumed foods. *J. Am. Diet Assoc.*, **92**, 175 (1992)
 5. 이경숙, 이서래 : 국내산 식물성 식품중 식이섬유 함량의 분석. *한국식품과학회지*, **25**, 225 (1993)
 6. Sheu, M.J. and Wiley, R.C.: Preconcentration of apple juice by reverse osmosis. *J. Food Sci.*, **48**, 422 (1983)
 7. Köseoglu, S.S., Lawhon, J.T. and Lusas, E.W.: Use of membranes in citrus juice processing. *Food Technol.*, **44**, 91 (1990)
 8. Matsuura, T., Baxter, A.G. and Sourirajan, S.: Studies on reverse osmosis for concentration of fruit juices. *J. Food Sci.*, **39**, 704 (1974)
 9. Watanabe, A., Ohta, Y., Kimura, S., Umeda, K. and Kimura, S.: Fouling materials on the reverse osmosis membranes during concentration of mandarin orange juice. *Nippon Shokuhin Kogyo Gakkaishi.*, **266**, 260 (1979)
 10. Kirk, D.E., Montgomery, M.W. and Kortekaas, M.G.: Clarification of pear juice by hollow fiber ultrafiltration. *J. Food Sci.*, **48**, 1663 (1983)
 11. Wilson, E.L. and Burns, D.J.W.: Kiwifruit juice processing using heat treatment techniques and ultrafiltration. *J. Food Sci.*, **48**, 1101 (1983)
 12. Chiang, B.H. and Yu, Z.R.: Fouling and flux restoration of ultrafiltration of passion fruit juice. *J. Food Sci.*, **52**, 369 (1987)
 13. Thomas, R.L., Gaddis, J.L., Westfall, P.H., Titus, T.C. and Ellis, N.D.: Optimization of apple juice production by single pass metallic membrane ultrafiltration. *J. Food Sci.*, **52**, 1263 (1987)
 14. Thomas, R.L., Westfall, P.H., Louvieri, Z.A. and Ellis, N.D.: Production of apple juice by single pass metallic membrane ultrafiltration. *J. Food Sci.*, **51**, 559 (1986)
 15. Padilla-Zakour, O. and McLellan M.R.: Optimization and modeling of apple juice cross-flow microfiltration with a ceramic membrane. *J. Food Sci.*, **58**, 369 (1993)
 16. 농림수산부 : 농림수산물통계연보, p.116 (1995)
 17. 장호남, 남경은, 허종화 : 한국산 감귤과피의 효율적 이용에 관한 연구. II. 펙틴, 헤스케리딘, 나린진의 함량에 관하여. *한국식품과학회지* **4**, 251 (1977)
 18. 문수재, 손경희, 윤선, 이명해, 이명희 : 한국산 감귤류 폐과피 내의 펙틴함량과 펙틴의 특성에 관한 연구. *한국식품과학회지* **14**, 63 (1982)
 19. 윤경희, 윤선, 이명희 : 감귤과피내의 pectinesterase 작용에 의한 low methoxyl pectin 조제 및 특성에 관한 연구. *한국영양과학회지* **12**, 7 (1983)
 20. A.O.A.C.: *Official Methods of Analysis*. 16th ed., Association of Official Analytical Chemists, Washington, D.C., ch.12 p.7, ch.14 p.70 (1995)
 21. Cheryan, M.: *Ultrafiltration Handbook*. Technomic Publishing Co., Lancaster, PA (1986)
 22. Woo, G.J. and McCord, J.D.: Maltotetraose production using *Pseudomonas stutzeri* exo- α -amylase in a membrane recycle bioreactor. *J. Food Sci.*, **56**, 1019 (1991)
 23. Hertog, M.G.L., Hollman, P.C.H. and Venema, D.P.: Optimization of a quantitative HPLC determination of potentially anticarcinogenic flavonoids in vegetables and fruits. *J. Agric. Food Chem.*, **40**, 1591 (1992)

(1996년 2월 21일 접수)