

산·학·연 논문

주스제조의 고차가공기술 응용

손경석 · 이준호*

대구대학교 식품공학과, *대구대학교 식품생명화학공학부

Application of Advanced Processing Technology in the Production of Juices

Kyoung Suck Sohn and Jun Ho Lee*

Department of Food Science & Engineering,

*Division of Food, Biological & Chemical Engineering,
Daegu University, Gyeongbuk 712-714, Korea

서 론

선진화 사회로 다가갈수록 과일 소비량의 증가는 필연적인 관계로 이루어진다. 우리나라 과실음료 소비량은 1987년 청량음료 생산량을 기준으로 보면 과채류 음료가 13.1%를 차지하였는데 1991년에는 23.7%로 성장하였으며 청량음료 생산액 1조 5천억 원 중 1/3에 해당하는 5천억 원을 차지하였다. 이러한 추세는 천연과즙에 대한 소비자들의 선호도가 증대됨에 따라 더욱 높아질 것이며, 실제로 천연과즙의 시장 점유율은 1995년 629억 원에 불과하던 시장이 1996년도에는 2천억 원 규모의 시장으로 급성장했다. 이렇게 천연 과즙음료의 거래가 왕성해짐에 따라 각종 과일의 품질지표 선정에서부터 맛과 향을 보존할 수 있는 새로운 생산공법의 개발까지 다양한 연구들이 활성화되고 있는 실정이다(1).

특히 식품산업에서는 커피·주스농축, 저알콜음료제조, 포도주제조, 치즈웨이로부터 단백질 및 유당의 분리, 효소고정화, 제균처리 등 가공식품의 고품질화에 많은 연구가 진행되고 있으나 국내에서는 그 이용 방법 등에 대한 연구 및 실용화가 이제 상용화되고 있다(2). 따라서 국내의 물량이 많은 과일 및 채소를 이용하여 고품질의 주스 제조를 위한 가공 공정의 최적화 및 확립은 시급한 연구 과제라 사료되며, 더욱이 소비자들의 기호가 갈수록 고급화 다양화가 이루어지는 것에 발맞추어 고차 가공된 우수한 품질의 주스를 제조할 필요성이 있다.

현재 식품산업에서 비열처리 방법의 하나로 관심을 모으고 있는 기술인 막분리기술 중 한외여과법은 청징화, 배제용질의 농축, 용질의 분획화를 주목적으로 과일주스, 와인 등의 청징, 폐수 중 유효성분의 회수, 효소의 정제 등 여러 분야에 응용되고 있다(3). 한편, 식품의 경우 그

구성성분이 매우 다양하며, 또 서로 다른 성질을 갖고 있어 고차 가공된 주스제조에 있어서 앞으로 많은 연구가 이루어져야 할 것으로 예상된다. 본 논문에서는 주스제조의 고차가공기술인 청징 및 농축방법에 대해 대략적으로 고찰하고자 한다.

청징가공기술

한외여과

막(membrane): 막은 두 개의 삼차원 균일상을 분리시키고 있는 상(phase)으로 물리화학적 성질에 의해 물질 및 에너지의 교환속도가 좌우되는 제3의 상이며, 물질에 따라 막을 통한 이동속도가 다르고 이로 인해 물질의 분리 현상이 일어나게 된다(4).

기본개념: 한외여과에서의 기본적인 분리기작은 사별공정(sieving process)으로 처리액에 함유되어 있는 물질들을 분자량의 크기에 따라 분획할 수 있는데, 막막 구조 내에 있는 미세공극을 통해 여과를 시킬 때 용액중의 비교적 큰 용질 분자가 통과하지 못하게 하는 능력을 가진 분리막을 한외여과막(ultrafiltration membrane)이라 한다.

한외여과(ultrafiltration)는 Table 1에서 나타나듯이 정밀여과막과 역삼투의 사이에 위치하면서 확산투석막과 비슷한 형태를 보인다. 압력 차를 추진력으로 하는 막분리법으로서 원리상 막세공과 용질간의 크기 차에 의해 특정 물질을 분리하는 조작으로서 분자 크기가 0.005~0.5 μm 정도의 범위를 처리할 수 있다 (Fig. 1). 한외여과의 기본 원리는 1936년 Ferry에 의해 정립되었으나, 이 기법이 실제 분리공정에 사용되기 시작한 것은 1970년대 중반 이후 우수한 막재료 및 막모듈이 개발된 후의 일로서 현재 그 응용분야가 급속히 확대되어 가고 있다(4).

*Corresponding author. E-mail: leejun@daegu.ac.kr
Phone: 053-850-6535. Fax: 053-850-6539

Table 1. Comparisons among various pressure-driven membrane processes (from ref. 4)

Process	Separation molecules	Membrane	Mechanism	Governing equation
Microfiltration	Collides, Yeasts, Molds, Bacteria ($M_w=500,000$ & up)	Porous membrane	Sieve effect	Hagen-Poiseuille Eq. (Darcy's law)
Ultrafiltration	Protein ($M_w=300\sim300,000$)	Finely-porous membrane	Interaction between membrane and solute and solution	Irreversible thermodynamic model
Reverse Osmosis	Inorganic ions			
Dialysis	-	Solution-diffusion membrane	Solution-diffusion effect	Diffusion Eq. (Fick's law)

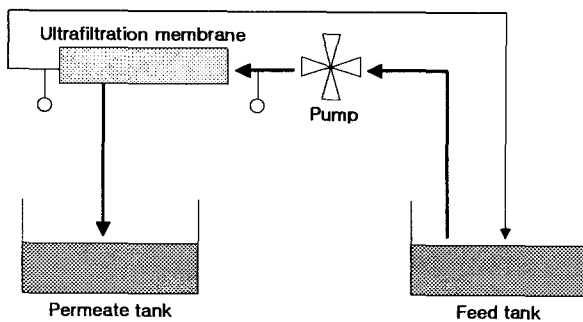


Fig. 1. Typical ultrafiltration system.

식품산업에서의 한외여과 기술 이용: 식품산업에 적용된 초기 막분리 사례는 미국 캘리포니아 USDA 산하 Western Regional Research Lab.에 있는 Morgan 연구팀에 의한 사과, 오렌지, 사탕무 그리고 당밀주스의 농축을 시도한 것이 그 시발점이라 하겠다(5). 그 후 식품산업에 있어서의 막분리기술은 급속도로 발전하였고 또한 다양한 분야에서 응용되고 있다.

한외여과의 경우에는, 맥주에 함유된 단백질 등 분자량이 비교적 큰 단백질 등의 제거, 단백질농축, 생균제조, 전란의 단백질 농축, 분획우유를 이용한 각종 치즈 제조, 동물혈액으로부터 유용성분 분리, 효소의 고정화 및 bio-reactor, 주스의 청징 등에 사용되고 있다(6).

한외여과공정에 영향을 주는 인자: 시간이 경과함에 따라 투과 flux의 감소는 막분리 공정 시 필수적으로 나타나게 되는데, 이런 flux의 감소에 영향을 주는 요인으로는 온도, 압력, 공정시간 등이 있을 수 있다.

1) 온도: 일반적으로 온도가 높을수록 투과 flux가 높게 나타나는데 이는 온도가 높을수록 유체의 점성이 낮아지고(7), 확산 계수의 증가와 유입액 중에 존재하는 확산물질의 용해도 증가로 인하여 투과 flux가 증가하기 때문이다. 유입액은 온도 상승에 의한 막의 열적 팽창에 의해 막의 세공크기가 변화됨으로서 또한 투과 flux를 증가시키며 이러한 실험적 data를 Fig. 2에 잘 나타나 있다.

2) 압력: 공정압력을 증가시키면 투과 flux의 증가를 가져오게 되는데, 압력의 증가에 대한 flux의 증가폭은 직선적인 증가 경향(8,9)을 나타내며 또한 Fig. 3과 Fig. 4에

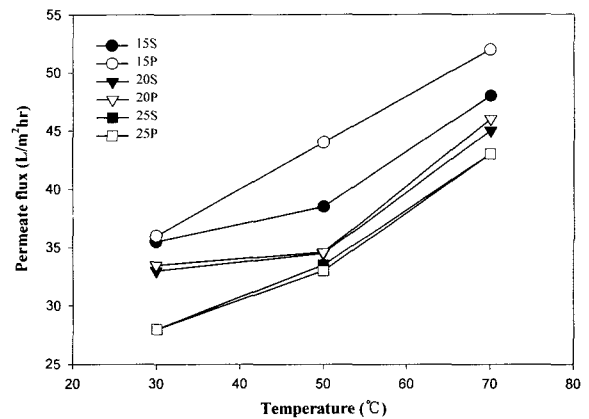


Fig. 2. Effect of temperature on permeate flux of hollow-fiber module at 2 kg/cm^2 (from ref. 8).

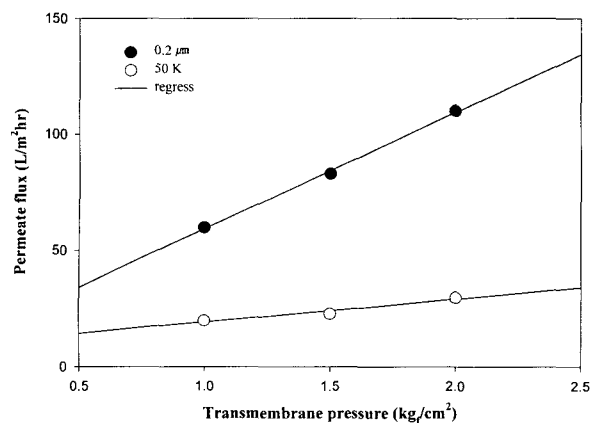


Fig. 3. Effect of transmembrane pressure on the permeate flux of jujube wine using hollow-fiber MF and UF system (●: $0.2 \mu\text{m}$, ○: 50 K, from ref. 10).

잘 나타나며, Fig. 3에서 보는 것과 같이 막의 pore size가 클수록 그 경향은 더 두드러지게 된다(10). 그러나 압력의 영향은 어디까지나 초기 투과flux에 영향을 미치고 시간의 경과에 따라 막표면에서의 용질의 가역적 침착과 비가역적 침착으로 인하여 압력에 관계없이 flux는 감소하게 된다.

3) 공정시간: 시간의 따른 투과 flux의 경우 초기 급격한 감소 폭을 나타내게 되는데 이는 막표면에서 분리된

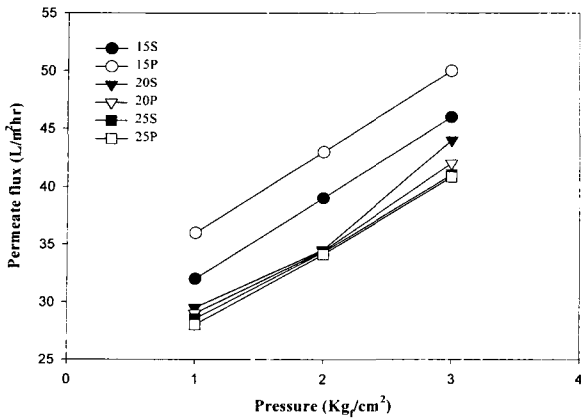


Fig. 4. Effect of pressure on permeate flux of hollow-fiber module at 50°C (from ref. 8).

거대분자들에 의한 누적으로 인한 것이다. 그러나 이는 가역적이며 시간에 비의존적인 특성을 지니고 있다. 그러나 공정시간의 경과를 통해 용액 속의 용질의 막표면 흡착과 막세공의 막힘으로 인한 비가역적이며 시간 의존적인 막오염이 일어나게 된다. 이러한 현상은 Fig. 5에 잘 나타나 있으며, pectin과 cellulose에 의한 것으로 이들은 주로 청징화 주스 제조 시 농도분극과 막오염의 주 물질들로 알려져 있다. 투과 flux는 초기 운전시간에 급속히 감소하며 일정 시간 경과후 부터 그 감소 폭이 둔화되어 flux의 변화가 거의 일어나지 않게 되는데, 이는 막오염 현상이 공정 초기에 일어나기 때문이다(11).

농도분극(polarization effects): 한외여과 과정에서 특정 분자량 이상의 용질이 배제되면 필연적으로 배제된 용질이 막표면을 막게되는 농도분극(polarization) 현상이 생기게 되는데 이는 압력 차를 이용하는 막분리법에 있어서 농도분극 현상으로 인해 막투과량이 감소하게 되며, 막의 분리성능을 변화시키게 된다. 이는 압력이 증가할수록 전반적으로 막의 저항 값들이 증가하게 되어 고분자

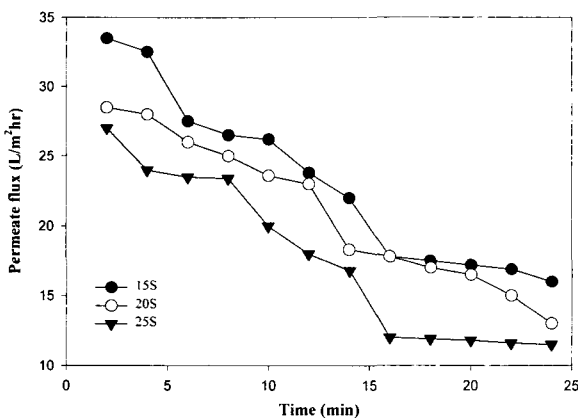


Fig. 5. Effect of pressure on permeate flux of hollow-fiber module at 2 kg/cm² and 50°C (from ref. 8).

물질들의 농도가 높아지면서 겔상태가 되어 막표면에 침착하게 되는 것으로 이러한 현상은 투과 flux를 감소시키고 원래 막의 고유특성인 분획분자량의 변화를 야기해 막 효율을 저하시키게 된다(3).

특히 물리화학적으로 막과의 강한 결합력을 가진 단백질 용액은 조작압력에 비례하여 한외여과 시 농도분극을 더욱 심화시키고 막투과량의 감소를 일으켜 막표면의 용질 침지나 고형화(gelation)에 의한 막오염(membrane fouling)을 발생시켜 공정압력의 조작에도 불구하고 한계 투과량(limiting permeate flux) 상태로 전환되게 한다. 따라서 이러한 농도분극과 막오염을 줄여주는 운전조건의 확립이 필수적이다.

실험을 통해 얻어지는 용질의 저지율(R_{obs})은 원액(C_b)에 대한 막투과용액의 농도(C_p)이므로 다음과 같은 식으로 나타내며,

$$R_{obs} = 1 - C_p/C_b \tag{1}$$

막투과유속에 의해 막의 면적에 이동되는 용질은 막에서 저지되기 때문에 용질농도(C_m)는 원액(C_b)보다 높아지게 되며, 이것은 농도분극 현상으로서 (1)식에서 표시된 저지율(R_{obs})은 이론상의 저지율로서 막의 실제 용질저지 성능이 아니며 따라서 순 용질성능(R_t)은 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$R_t = 1 - C_p/C_m \tag{2}$$

또한 용질농도(C_m)는 실험적으로 구할 수 있는 값이 아니기 때문에 농도분극식으로 산출한다.

$$(C_m - C_p)/(C_b - C_p) = \exp(J_w/k) \tag{3}$$

식(3)에서 용질농도(C_m)를 계산하기 위해서는 물질이동계수 k 값이 필요한데 이는 유속변화법이나 물질이동의 상관 식으로부터 계산할 수 있다(4).

막오염(fouling): 한외여과장치에서 생산성을 떨어뜨리고 막 수명을 단축시키는 현상은 막의 미세공을 막는 오염물질 때문인데 이는 UF에 있어 가장 심각한 문제점이다. 막표면 또는 막세공 내에 콜로이드, 입자상 용질, 거대분자 등의 유·무기물들이 비가역적으로 침지되는 현상을 나타내는 것을 일반적으로 막오염이라고 한다.

앞에서 설명한 농도분극의 경우는 막표면에서 용질의 가역적 침지 현상이기 때문에 유속을 증가시키는 조작조건의 변화를 통해 어느 정도 제어가 가능하나, 막오염의 경우는 용질의 비가역적 침지현상으로 단순한 조작조건의 변화로는 제어가 거의 불가능하다. 현재 이러한 문제점을 해결하기 위해 방법들이 Table 2에서 나타난 것과 같이 제안되고 있으나 에너지 효율 및 품질 면에서 충분한 해결을 하지 못하고 있다. 따라서 향후 계속적으로 막기능을

Table 2. Membrane cleaning and washing methods (from ref. 6)

Category	Examples
Physical	
Mechanical	Foam ball swabs
Backflushing	Depressurizing and development of osmotic flow
Air/water flushing	High-velocity scouring of system often with countercurrent flow
Chemical	
Feed additives	Soil dispersants, coagulants, etc.
Flushing	Detergent solutions and oxidizing agents
Coagulation	Acids or alkali treatment of fouling layer to neutralize its zeta potential

유지할 수 있는 방법들의 개발이 요구되어진다(5).

한외여과를 이용한 주스제조: 과일주스의 제조공정 중 가장 중요한 것이 착즙된 주스의 풍미유지와 미생물의 활성을 억제하는 방법인데, 종래의 과즙제조는 가열법(thermal processing, 65~98°C에서 처리)에 의해 부패미생물과 내열성균을 사멸시키고 pectinesterase를 불활성시켜 혼탁 과즙의 안정성을 향상시킬 수 있었으나 휘발성 alcohol, ester, aldehyde류 등의 대부분 향기성분이 불과 함께 손실되어 제품의 풍미를 악화시킨다. 또한 증발과정에서 나타나는 지질의 산화, Maillard 반응에 의한 갈색화, 변성물질에 의한 이취(off-flavor) 등 다양한 문제를 가진다.

그러나 한외여과공정은 원액의 회수율이 96%이상이고 기타의 방식들과 달리 공정단축으로 인한 인건비와 운전비용(약 74%)이 절감되는 효과가 있으며 유통저장 과정에서 과즙의 침전을 일으키는 현탁물질을 100% 분리 제거하였기 때문에 규조토 및 응집제 등의 폐기물 발생이 없는 장점이 있다.

청정주스는 일반적으로 포장 전 단계에서 주스에 함유되어 있는 고형물을 제거하여야 하는 것으로 과일주스의 경우는 여과보조제의 처리 없이 청정이 가능하며 효소처리 없이 주스내의 펙틴, 전분 기타 불순물을 한외여과막을 통과하지 못하므로 맑은 주스를 제조할 수 있다. 또한 미생물도 막을 통과하지 못하므로 한외여과 과정을 거친 주스는 미생물이 존재하지 않는 이상적인 상태이고 원액과즙에 들어있는 향미성분의 손실이 적어 다른 처리에 의해 제조된 주스의 경우보다 우수한 특징을 가지고 있다. 따라서 한외여과 방식을 이용한 주스 제조는 꾸준히 증가할 것이며 관련연구 또한 활발히 이루어지고 있다(6).

Enzyme 처리

Enzyme의 이용 및 현황: Enzyme의 이용은 산업, 분석용, 의학용, 환경정화 등 그 이용범위가 매우 광범위하다. 특히 enzyme의 산업적 이용 및 응용의 경우 생체고분자화합물의 저분자화 및 구성단위화합물의 분해, 화학기의 도입 또는 제거, 이성화, 광학분할, 합성 등의 제반응에 이용된다.

국내에서는 1960년대 초부터 amylase를 비롯하여 protease, pectinase, lysozyme 등을 개발하여 생산을 본격적으로 하고 있으며, 1978년에는 연간 생산량이 약 580M/T이었다. 그러나 연구단체와 기업체의 효소 개발이 진행되고 있음에도 불구하고 국내의 효소산업은 국외의 생산규모와 비교하여 볼 때, 아직까지 미약하다고 할 수 있다(12).

Enzyme에 영향을 주는 인자: Enzyme 처리에 영향을 주는 요소로는 온도, 수소이온 농도, 반응시간 등이 있으며 청징화 과정에 중요 변수로 작용한다. 온도의 경우, 일반적으로 온도의 상승은 효소의 불안정을 가져오므로 일반적으로 저온에서 행하며 단백질해효소작용과 미생물의 번식을 방지하기 위한 목적에서도 저온에서의 처리가 필요하다. 그러나 효소에 따라 저온이 불안정성을 지니거나 동결에 의하여 활성의 상실을 가져올 수 있으므로 효소조작 시의 적온을 찾는 것이 중요하다(13).

Enzyme의 정제 시에는 특히 안정한 pH조건을 요구하게 되며 따라서 여러 pH조건에서 장시간 방치하여 활성의 상실속도구간을 파악하여 한다. 또한 적절한 enzyme의 활성시간을 통해 안정적으로 enzyme을 이용할 수 있다.

Pectin: 고등식물 중 특히 과실, 야채 등에 pectin이 많이 분포하고, 냉수에 불용성이며 온수에 가용성인 점질물 protopectin으로 식물조직 내에도 존재한다. 묽은 산이나 더운물로 protopectin을 추출하면 pectin이 얻어지고 이 pectin은 galacturonic acid가 α-1,4 glucoside결합으로 직쇄상을 이룬 polygalacturonic acid이고, 그 carboxyl의 약 7.5%가 methyl ester로 기록되어 있다. Pectinic acid는 methylester의 함량이 낮은 것이고, 천연의 pectin을 추출하면 galacturonic acid 이외에 반드시 arabinose, rhamnose나 galactose를 함유한 다당류를 수반한다(12).

Pectinase에 의한 청정주스 제조: 과일에서 천연주스나 과일주스를 제조하는 공정에서 과일중의 pectin에 의하여 과즙의 압착이 곤란하고 주스의 수량이 낮아지며 더욱이 제품이 혼탁 되는 어려운 문제들이 있다. 따라서 이러한 문제들을 해결하기 위한 연구들이 다각도로 진행되

어 왔으며, 국외에서는 이미 1930년대부터 과일주스의 제조 시에 청징제 또는 여과촉진제로서 효소를 공업적으로 사용하여 왔다(14).

청징주스 및 음료는 포장 전 단계에서 주스에 함유된 부유 고형물인 pectin, carbohydrate 등을 제거하여야 하는데 이를 위하여 사용할 수 있는 방법이 효소에 의한 청징이다. 일반적으로 과일 주스의 청징의 경우 가열로부터 착즙한 주스에 효소인 pectinase를 처리하여 주스에 함유된 pectin을 당으로 가수분해시킨 후 응집제를 가하여 원심분리와 규조토 여과공정을 거쳐 주스를 맑게 만든다. 청징작용은 PE-endo PG계에 의한 불용성 pectin의 용출분해와 PE-endo PG계에 의한 가용성의 pectin의 점도감하 그리고 비효소적인 혼탁입자의 응집침전등 3단계로 생각하고 있다. 사과와 경우 과즙 중의 pectin은 분리 정제된 pectin에 비하여 ester화가 아주 좋고 PG의 반응에 앞서 PE에 의한 demethylation을 먼저 할 것이 필요하다. PE와 PG의 두 효소의 작용으로 청징화가 이루어지는 것이다.

또한 껍과즙의 청징화에는 어떤 종류의 hemicellulase가 촉진적으로 작용하는 것이 판명되어 단지 함유 pectin의 ester화도 다를 뿐만 아니라 혼탁물질의 조성도 청징화에 깊은 관계가 있다. Pectin질 이외에 녹말을 함유한 사과과즙에서는 amylase를 병용하면 효과가 크며 청징과즙은 cider juice 등의 원료로서 그 용도 또한 높다고 할 수 있다(13).

기타 청징관련 기술

앞에서 언급한 한외여과 방식과 enzyme 방식 이외에 원심분리에 의한 방식, pH 조절에 의한 청징 방법 등이 있다. 원심분리의 경우, 높은 rpm과 낮은 처리온도에서 청징효과가 우수하며, 적절한 공정 조건 하에서 처리시 약 80%이상의 청징효과를 가져온다(15). 그러나 일반적으로 원심분리 자체만의 청징효과는 크게 기대하기 어렵기 때문에 효소에 의한 응집침전작용에 원심분리가 병행되어지면 청징화에 더 큰 효과를 가져오게 되며 또한 한외여과의 prefilter 전 과정에 이용되기도 한다.

주스의 pH를 착즙 직후의 값보다 낮게 조절할 경우 주스의 청징도가 향상되게 되는데 그 원인은 펙틴을 비롯한 음전하를 띠는 콜로이드 물질의 중성화도가 pH를 저하시킴에 따라 증가되고 이로 인하여 이 물질들이 제거가 용이하도록 상호간에 응집이 이루어져 pectin 물질이 많이 함유된 주스의 경우 pH 조절에 의해 청징화가 가능하다고 보고되고 있다(16).

그 외에도 chitosan처리(17,18), 활성탄 및 규조토에 의한 청징기법들이 있으나 이들은 대부분 단일한 청징기법으로 이용되기 보다 일반적인 청징기술들에 복합적으로 병행되어져 청징을 더욱 개선시키는 역할을 한다.

농축가공기술

동결농축

개요: 동결농축은 농축대상물을 동결시키고 진공장치를 이용해 액상을 거치지 않고 기체로 승화시켜 농축하는 방법으로, 일반 농축법에 비해 우수한 품질의 농축물을 얻어낼 수 있다. 다시 말해 동결된 농축대상물이 승화에 의해 탈수분 현상이 일어나고 경량의 다공성 구조를 형성, 가수에 의한 복원이 원활하며 일반적인 농축방법에 비해 비교적 낮은 온도에서 농축과정이 일어나 열적 변성이 적고, 향기 성분의 손실이 적다는 장점을 가진다(19).

동결농축시스템: 동결농축은 예비동결(pre-freezing)과 승화농축(sublimation concentration) 그리고 탈습농축(desorption concentration)의 3단계로 구분 지을 수 있다. Fig. 6은 동결농축시스템의 구성 요소를 도식화한 것이며, 동결된 재료를 용기에 담아 농축실(vacuum chamber)의 plate에 놓고 농축실의 공기를 진공펌프에 의해 외부로 배기시킨다. 농축실의 압력이 낮아지면 재료의 증발온도는 급격히 낮아지고 승화의 과정을 거치면서 증발된 수증기는 체적팽창이 일어나고 이는 다시 응축기(condenser)를 통해 응축된다. 이러한 일련의 과정을 통해 농축과정이 일어나게 된다.

역삼투농축

개요: 현재 막분리기술은 1950년대 이온교환 막의 개발과 1960년의 역삼투(reverse osmosis)막의 출현을 계기로 그 발전이 시작되었으며, 이후 30년간 수처리 기술 및 식품분야에 많은 적용사례를 가지고 있다.

역삼투법: 역삼투법은 증류법을 대신하는 새로운 해수의 담수화법으로 미국에서 처음 개발되었다. 역삼투는 미립자의 크기가 $10^{-2} \sim 10^{-4}$ m 범위의 현탁물질, 콜로이드, 용해물질 등을 분리하기 위해 구동력으로 $10 \sim 70$ kg/cm²

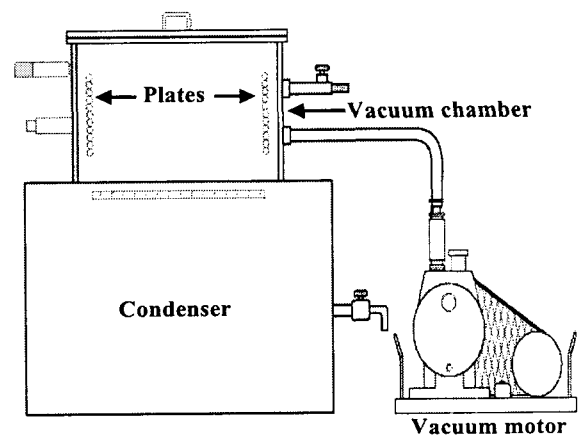


Fig. 6. Typical freeze-concentration system.

의 압력을 사용하여, 고농도 쪽의 삼투압 이상의 압력을 가하게 되어 고농도 용액의 용매가 저농도로의 역류를 이끌어 내는 방식이다. 이 같은 역삼투는 해수의 담수화를 이끌어내어 공업용수, 생활용수, 음료수 등을 제조하며 소규모의 설비로 대량의 공정 효과를 얻을 수 있다.

역삼투 모듈의 장·단점: 지금까지 역삼투 관련 개발 모듈을 기하학적 구조로 분류하면, 판틀형(plate and frame type), 관형(tubular type), 나선형(spiral-wound type), 중공사형(hollow fiber type) 등이 있다. 판틀형 모듈의 경우 고점도 물질에 적용하기 쉽고 발효 broth처리에 좋으며, 막의 교체 및 배열이 용이해서 막교체비용이 저렴하다는 장점을 가지고 있다. 그러나 이중 나선형은 막의 선택이 넓지 못하여 고농도의 용액 분리에 약하고, 중공사형의 경우는 고압에 견디지 못하고 유체 흐름량을 조절할 수 없다. 관형의 경우는 설비 자체가 크며 에너지가 많이 소모되는 단점을 가진다.

역삼투의 활용: 식품에서 주로 활용되는 분야는 사과, 배, 토마토, 오렌지 등 과실 및 채소주스의 농축에 역삼투 처리기술이 활용되고 있으며 막분리 기술의 최대 장점인 가열을 하지 않기 때문에 열에 의한 일반성분의 변화 및 휘발성 향기 성분의 손실을 막는데 큰 역할을 한다. 그러나 역삼투 기술의 최대 단점인 농도분극현상과 막의 구멍을 막아 투과 flux를 떨어뜨리는 fouling현상 등으로 인해 일반적인 최종 농축도(60°Brix이상)에 도달시키기에는 부족한 점이 있다. 결국 역삼투를 이용한 농축은 증발농축 및 동결농축의 예비농축 방법인 hybrid공정으로 사용할 수 있으며, 주스 성분의 투과도가 높은 막과 투과도가 낮은 막을 병용하여 막처리 기술 자체만으로 농축도를 높이는 방식의 제시도 이루어지고 있다(5).

기타 농축관련기술

한외여과 배제액(retentate)의 회수에 의한 농축방법이 있는데 이는 액상성분의 분리, 농축, 정제공정에 주로 이용되고 있으며(20), 또한 가장 일반적인 농축법으로 가열 농축방법이 있다. 가열농축법은 농축 공정이 비교적 간단하지만 가열로 인한 영양성분의 파괴 및 변성을 가져오고 향기성분의 소실이란 단점이 있지만 일반적으로 가장 많이 쓰이는 방법이다.

청징 및 농축시 고려할 사항

위에서 언급한 모든 청징 및 농축방법은 많은 장점에도 불구하고 최적공정을 위해 각 공정에 따라 고려해야할 사항들이 있다. 한외여과를 이용한 청징의 경우 특정 분자량 이상의 용질이 배제되면 필연적으로 배제된 용질이 막표

면을 막게 되는 농도분극(concentration polarization)현상이 수반되는데 이는 압력 차를 이용하는 막분리법에 있어서 막투과량을 감소시키고 막의 분리성능을 변화시키게 된다. 이는 압력이 증가할수록 전반적으로 막의 저항 값들이 증가하게 되어 고분자 물질들의 농도가 높아지면서 겔상태가 되어 막표면에 침착하게 되는 것으로 이러한 현상은 투과 flux를 감소시키고 원래 막의 고유특성인 분획분자량의 변화를 야기시켜 막효율을 저하시키게 된다. 특히 물리화학적으로 막과의 강한 결합력을 가진 단백질 용액은 조작압력에 비례하여 한외여과 시 농도분극을 심화시키고 막투과량의 감소를 일으켜 막표면의 용질침지나 고형화에 의한 막오염을 발생시켜 공정압력의 조작에도 불구하고 한계투과량 상태로 전환되게 한다. 따라서 이러한 농도분극과 막오염을 줄여주는 운전조건의 확립이 필수적인 것으로 사료된다.

한편 이렇게 막오염이 심화되면 0.1 N NaOH 용액으로 시스템 전체를 세척하고, 20~30분 정도 증류수를 이용하여 공정을 반복하여 초기투과유속과 비교하여 순수 투과량을 95%이상 회복시키는 막세척(membrane cleaning and washing) 과정을 필수적으로 동반시켜야 한다. 그러나, 이러한 과정동안 제조공정 자체가 지연이 일어나고 막세척 과정에 많은 시간이 소요된다는 단점이 있다. 또한 막차체의 단가가 높기 때문에 제조원가를 상승시키는 역할을 함으로 국내 주스산업에 한외여과 시스템의 적용 및 도입 자체에 지장을 초래하고 있다.

효소처리에 의한 청징의 경우는 우수한 청징효과를 가져오지만 청징조건이 까다로운 단점을 지니고 있다. 그 외 원심분리에 의한 청징은 초기 운전시간에 의한 청징율이 시간이 경과함에 따라 급속히 낮아져 우수한 청징효과를 기대하기 어려우며, 그 외 활성탄, 키토산에 의한 청징은 단일하게 사용하는 것보다 주요 청징방법의 첨가제로 사용하였을 경우 더 큰 청징효과를 기대할 수 있다.

동결농축방법의 단점은 농축속도가 일반 농축방법보다 매우 느리고, 저온과 진공의 사용으로 인한 고가의 농축방법이므로 고품질을 요구하는 식품과 제약 그리고 미생물 등의 농축에 극히 제한적으로 이용할 수 있다는 것이며, 역삼투농축의 경우 막분리공정에서 발생하는 막오염과 세척에 상당한 어려움을 가진다. 그 외 증발농축은 가열로 인한 에너지비용의 증대와 가열취, 색소의 분해, 갈변, 영양성분의 파괴, 휘발성 성분의 소실 등의 열변성의 문제점들을 가지고 있다. 따라서 이러한 단점들을 개선·보완하기 위한 보다 많은 실험적 자료 및 연구성과가 필요하며, 현재 일본을 포함한 선진국에서 시도하고 있는 한외여과 및 역삼투방식의 주스제조를 국내 음료산업에 적극 도입해 고품질화를 이루는데 역점을 뒤야 할 것이다.

감사의 글

본 연구는 과학기술부 · 한국과학재단 지정 대구대학교 농산물 저장 · 가공 및 산업화 연구센터의 지원에 의한 것입니다.

문헌

- Kim TR, Whang HJ, Yoon KR. 1996. Mineral contents of Korean apples and apple juices. *Korean J Food Sci Technol* 28: 90-98.
- Ko EJ, Choi YH. 1999. Clarification of grape juice by ultrafiltration and membrane fouling characteristics. *Food Eng Prog* 3: 57-63.
- 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.
- 한국막학회. 1996. 막분리기초. 자유아카데미.
- 허상선, 최용희. 1999. 과일주스 가공산업에서의 막분리 기술. *식품과학과 산업*, 32: 14-21.
- 한국막학회. 1996. 막분리응용. 자유아카데미.
- 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.
- Lee EM, Kang HA, Chang KS, Choi YH. 1998. Clarification of sandlance *Joetkal* using ultrafiltration. *Food Eng Prog* 2: 96-101.
- 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.
- 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.
- 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 Postharvest Sci Technol* 6: 424-428.
- 이갑상, 신용서. 1996. 응용효소학. 원광대학교출판국.
- 정동효. 1986. 효소학개론. 대광서림.
- Lee SR, Chang KJ. 1971. A study on the development of a juice-clarifying enzyme preparation. *J Korean Agri Chem Soc* 14: 1-7.
- Kim HS, Yang YT, Jung YH, Koh JS, Kang YS. 1992. Clarification of foxtail millet wine. *Korean J Food Sci Technol* 24: 101-106.
- Kim DM, Lee SE, Kim KH. 1989. Clarification of the juice extracted from stored apples by pH adjustment. *Korean J Food Sci Technol* 21: 180-184.
- Lee MH, No HK. 2001. Clarification of persimmon vinegar using chitosan. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 30: 277-282.
- Lee MH, No HK. 2001. Quality changes during storage of persimmon vinegar clarified by chitosan treatment. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 30: 283-287.
- Park NH. 1995. General outline and status of application for freeze-drying. *Air-Conditioning Refrigeration Eng* 24: 338-345.
- Kim SJ, Rhim JW. 1997. Concentration of pigment extracted from purple sweet potato by nanofiltration. *Korean J Food Sci Technol* 29: 492-496.