

전기투석을 이용한 초산화수에 관한 연구

최 동민, 구 윤모
인하대학교 생물공학과

Studies on the Recovery of Acetic Acid by Electrodialysis

Dong-Min Choi, Yoon-Mo Koo
Department of Biological Engineering, Inha University

서론

분리기술은 폐기물의 최소화, 에너지 보존의 중요한 역할을 수행한다. 분리공정은 한 예로 미국산업의 전체 연간 에너지예산의 6%에 달하며, 특히 산업공정들(증류, 증발, 건조공정등)은 공정산업의 전체 에너지소비의 15.5%에 이르고 있다[1]. 분리기술의 하나로 직류 전기장을 응용한 전기투석은 분리물질의 불활성화, mild condition하에서의 분리, 계속적인 분리, 적은 에너지비용등으로 인해 공정효율개선을 위한 한 방법으로 많은 연구가 진행되고 있다. 유기산들은 수용액 상태에서 각각 전하를 띠게 되므로 적절한 전기장의 형성을 이용하여 이들 유기산의 이동속도를 증대시킬 수 있다. 본 연구의 목적은 전기장의 존재하에서 한 외여과막을 이용하여 전하를 띤 초산이온의 이동속도 및 회수에의 적용가능성 연구에 있다. 실험에 사용된 막의 pore size가 충분히 크므로 일반적인 막분리에서와 같은 sieving 효과는 무시할 수 있을 것으로 기대되며, 이러한 경우 전기적 이동속도(electro-migration velocity)는 막사이의 전기장의 세기와 전기적 이동도(electromobility)에 의해 결정된다.

실험

실험에 사용된 전기투석장치는 Fig. 2에 나타내었다. 전극의 양쪽극은 모두 백금선을 사용하였으며, 전극간 거리는 2 cm로 고정하였다. 각 전극 chamber의 용액은 peristaltic pump를 사용하여 순환시켰으며, 유입, 유출관들은 각기 chamber의 밑바닥과 상층부에 설치하여 chamber내에서 발생하는 가스의 효율적인 제거와 교반이 이루어지도록 하였다. 초산을 함유한 모액의 부피는 250mL, product용액은 1000mL로 하였다. 각 용액은 2M NaOH 용액을 이용하여 0.03mole/L의 이온세기로 고정하였다. 초기 실험온도는 20°C로 하였으며 온도의 변화를 최소화하기 위하여 항온수조를 이용하였다. 이동된 초산의 양은 product reservoir의 용액농도를 측정함으로써 알 수 있었다. 초산의 농도는 WCOT Fused Silica type의 CP-Sil-5 CB capillary column을 이용하여 Detector, Injector 온도 300°C, 250°C, oven 초기온도 70°C, 말기온도 140°C, 온도상승속도 2°C/min 으로하여 기체 크로마토그래피(FID, CP9001, Chrompack)를 사용하여 분석하였으며, internal standard 용액으로는 isopropylalcohol을 이용하였다. 실험에 사용한 막은 한외 여과막(Amicon, YC05, YM1, YM10, YM30, PM10, PM30, XM300)을 사용하였다. 각각의 막에 대한 기본적인 특성은 Table 1에 나타내었다.

결과 및 토론

비이온성 막을 포함한 대부분의 물질들은 전해액과 접촉시, 이온의 선택적 흡착, 표면 작용기들의 해리, 혹은 이온들의 동형치환(isomorphic substitution)등에 의해 표면전하를 얻을 수 있다. 만약 막표면이 음전하를 획득한다면 용액은 자체의 전기적 중성을 잃고, 국부적으로 양전하를 띠게 되어 coulombic attraction[2]이 나타나게 된다. 이때 형성된 한 쌍의 전하층을 “전기적 이중층”라 하며, 동시에 전기적이중층의 edge 부근에 전기적 포텐셜(zeta potential)이 형성된다. 이때 형성된 전기적 포텐셜은 electrokinetic 현상, 특히 막의 경우 막내부의 pore wall의 획득전하의 균일한 특성치를 부여하게 된다[2]. 막을 통한 용매 flux는 가한 압력에서 삼투압에 의한 반대방향으로 흐름을 제한 것으로 유도된다. 일반적으로 농도차를 갖는 두 용액사이에서는 단순확산에 의해 높은 농도의 용액에서 낮은 농도의 용액으로 물질이동이 나타난다. 그러나 이러한 두 용액 특히 전해질 용액사이에 전기장을 형성시켰을 경우 자기 고유의 전하특성에 의해 전극사이에서의 물질이동현상이 나타나며, 이는 단순확산에 의한 물질이동속도에 전기장에 의한 물질이동속도를 더한 값으로 표시된다. Fig. 2에서 전류를 가해주지 않았을 경우와 가해주었을 때의 초산의 이동이 용액의 농도차이에 의한 초산의 이동과 전기장에 의한 전기적 이동에 의해, 보다 많은 초산의 이동을 나타내고 있음을 알 수 있다. 막의 pore 크기가 충분히 클 경우 여타 막분리에서와 같은 sieving 효과를 무시할 수 있지만, 반면 공극률(void fraction)의 차이에 따라 물질이동에 따른 저항의 감소로 인해 보다 많은 물질이동이 이루어지게 된다. Fig. 3에서는 전극사이의 전기장을 일정하게 가해주었을 경우 막의 pore 크기가 가장 큰 YM100(molecular cut-off : 100000)에서 초산의 이동속도가 가장 크게 나타남을 알 수 있었다(대략 55%). 일정한 전기장의 세기와 온도, pH, 이온세기가 유지되는 조건에서 이온의 이동속도는 전극간 거리에 반비례한다. Fig. 4에서와 같이 전극간 거리를 변화시켰을 경우 전극간 거리가 가까울 수록 단위부피당 초산의 이동속도가 증가됨을 알 수 있었다. 실험결과에 따르면 모액에서 잃어버린 초산에 비해 투과조에서 얻어진 이온의 양사이에는 농도균형이 이루어지지 않았다. 이러한 불일치는 불안정한 교반에 따른 전극과 막사이의 농도구배의 형성[3]때문으로 여겨진다. 한편 용액내에서 막이 얻게되는 표면전하특성은 전기삼투흐름의 방향을 결정[4]하는 주요 요인이 되며, 막에서의 전기적포텐셜값의 성질(“+”혹은 “-”)을 결정하는 요인이 될수 있다. 또한 Fig. 5 실험에서 전기장 형성으로 인한 전기적삼투흐름의 형성은 초산의 이동에 중요한 영향을 미친 것으로 사료된다.

참고문헌

1. Muralidhara, H. S.: *CHEMTECH*, May, 36(1994).
2. Lee, K. and Hong, J.: *AIChE Symposium Series*, **88**, 290.
3. Lee, C. K. and Hong, J.: *J. Separation Science and Technology*, **28**, 1211(1993).
4. Howell, J. A., Sanchez, V. and Field, R.W.: "Membranes in Bioprocessing: Theory and Applications", Blackie Academic & Professional.

Table 1. Characteristics of several commercially available ultrafiltration membranes.

Membrane	Property	Composition
YC	hydrophilic	Cellulose acetate
YM	hydrophilic	Regenerated cellulose
PM	non-ionic	Polysulfone
XM	non-ionic	Acrylic

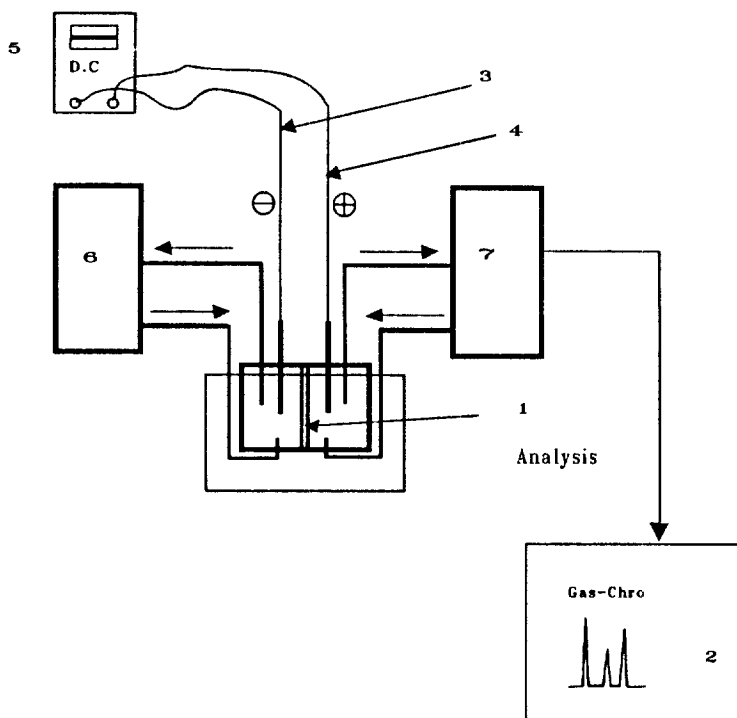


Fig.1. Schematic diagram of experimental system for electrodiagnosis of acetic acid. (1) Membrane, (2) Gas chromatography, (3) Cathode, (4) Anode, (5) D.C. power supply, (6) Feed reservoir, (7) Product reservoir.

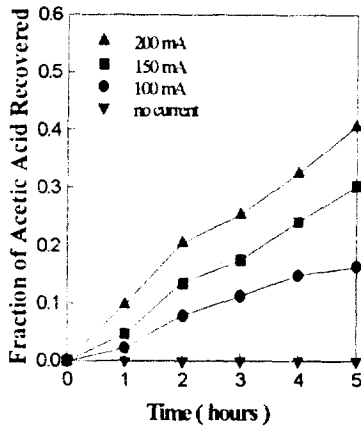


Fig. 2. Acetic acid recovery through ultrafiltration membrane (YMI) at 20°C. Feed solution : 250ml, 0.03 mole/L, ionic strength, pH 5.0. Initial product solution 1000ml, 0.03 mole/L ionic strength.

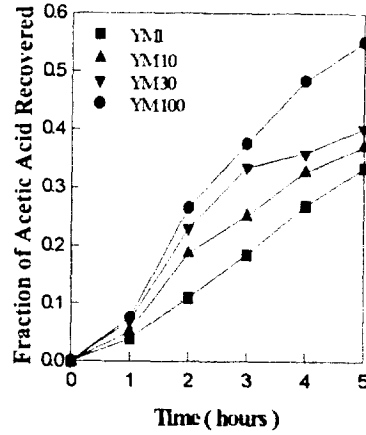


Fig. 3. Acetic acid recovery as a function of time through membranes (YMI, 10, 30, 100) at 20°C, ionic strength of 0.03 mole/L, pH 5.0, 150 mA.

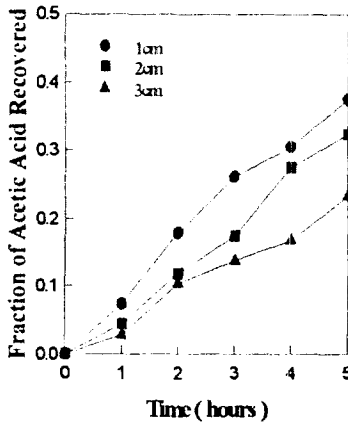


Fig. 4. Acetic acid recovery through YMI at various electrode distances. Feed solution and product solution: same as Fig. 3.

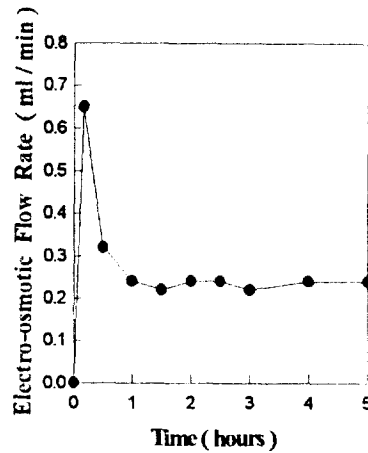


Fig. 5. Electro-osmotic flow rate as a function of time through YMI00 at 20°C, ionic strength of 0.03 mole/L, pH 5.0, 150 mA.