

전기투석에 의한 발효아미노산의 분리

오석중, 문승현

광주과학기술원 환경공학과

요약문

발효 아미노산을 분리하는 기존의 공정인 이온교환법에서 폐액 및 폐수처리에 따른 문제점을 해결하기 위한 새로운 분리공정으로 탈염 전기투석과 Water-splitting Electrodiaysis를 이용한 발효 아미노산의 분리 가능성 및 다양한 cell configuration과 막에 대한 성능 실험을 실시하였다. 실험결과 전기투석에 의해 경도물질을 제거한 후 양이온교환막과 bipolar 막으로 구성된 2-compartment WSED로 효과적으로 발효액에서 아미노산을 분리 할 수 있었으나 1가 양이온에 선택성을 지닌 양이온교환막으로 는 아미노산의 분리가 어려움을 알 수 있었다.

서론

발효에 의해 생산되는 아미노산은 식품 및 사료 첨가제등으로 쓰이며 우리 나라는 일본, 미국과 함께 3대 아미노산 생산국의 하나이다. 아미노산의 분리에서 이용되는 이온교환법은 비교적 낮은 시설비와 운전 비용을 장점으로 현재 많은 상용공정에 사용되고 있지만, 이온교환수지의 재생에 대량의 산 알칼리 용액이 필요하고 아미노산 회수과정에서 고농도의 염을 함유한 발효폐액이 발생한다. 또한 이온교환수지 수세과정에서는 BOD가 높은 폐수가 발생된다. 고농도의 염을 함유한 발효폐액은 주로 해양투기에 의해 처리되고 일반폐수는 생물학적처리에 의해 처리되기에 폐수처리의 부담이 가중되고 있다. 더욱이 최근 강화되는 환경규제와 폐수처리비용의 증가는 기존 및 신설공장의 경쟁력을 위협하고 있다. 이에 화학물질의 사용량과 폐수 발생량을 줄일 수 있는 대체기술의 개발이 재기되었고 따라서 본 연구에서는 청정 기술인 전기투석을 이용하여 기존의 이온교환수지 분리공정을 대체함으로써 아미노산 생산공정을 단순화하고, 폐액중 염의 발생을 방지하여 폐수처리 비용을 최소화하는 한편 발효폐액을 재활용함으로써 무방류시스템을 가능케 하였다.

Water-splitting Electrodiaysis의 원리

전기투석은 운전목적에 따라 desalting electrodiaysis와 water-splitting electrodiaysis (WSED)로 구분할 수 있다. Desalting electrodiaysis는 고전적 의미의 전기투석이며 간단히 전기투석(Electrodiaysis)으로 불리기도 한다. 전기투석(Electrodiaysis)은 이온에 대한 선택성을 갖는 막과 직류전원의 전위차를 이용한 전기화학적 분리공정으로 수용액 상태의 이온 물질을 분리한다. 전기투석에 사용되는 이온교환막은 전기장하에 양이온 또는 음이온을 선택적으로 투과시키는 막으로서 수용액중 이온의 분리기능을 수행한다. 그림 1은 3개의 투석조로 구성된 전기투석기를 보여주고 있다. 양이온 교환막과 음이온 교환막이 교대로 나열되어 있으며, 음이온 교환막과 양이온 교환막이 하나의 cell을 형성한다. 전극에 직류전원을 공급하면 양으로 대전된 모든 이온은 음극 쪽으로 이동하며, 음으로 대전된 이온들은 양극으로 이동한다. 양이온들은 양이온 투과막을 선택적으로 통과하고 음이온은 음이온 투과막을 통과하여 농축부분(C-compartment)에서 농축이 일어나고 탈염부분(D-compartment)에서 희석이 된다.

WSED는 전기적으로 물을 분해한다는 의미로서 Electrohydrolysis로 불리기도 한다. 앞에서 설명한 전기투석과 비슷한 원리이지만 bipolar membrane을 이용하여 염을 산과 염기로 분해시키는 기능을 가진다. 그림 2에서와 같이 WSED의 기본적 원리는 bipolar membrane의 양쪽 면에서 수소이온과 수산이온을 받

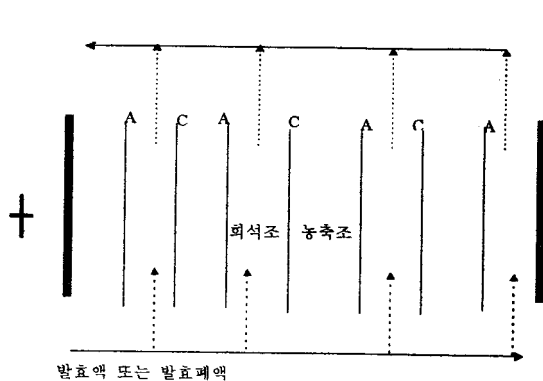


그림 1. 탈염 전기투석(Electrodialysis)의 원리

생시켜 산 또는 염기 용액으로 전달하고 bipolar membrane에 접하고 있는 양이온 또는 음이온 투과성 막에서는 각 용액의 전기적 중성을 유지하기 위해 대응하는 이온을 투과시키는 것이다. WSED는 염으로부터 산 염기제조뿐 아니라 염의 형태로 생성되는 젖산, 숙신산 등 발효유기산의 acidification에 이용되고 있다.

실험방법

이 실험에서는 상업적으로 생산하고 있는 양이온교환막, 음이온 교환막, 그리고, bipolar membrane을 구입하여 이용하였다. Bipolar membrane은 cation 그리고 anion exchange layer가 접합되어 있어서 물이 막의 표면에서 H⁺와 OH⁻이온으로 전리가 된다. Bipolar membrane주위의 이론적인 전위차는 0.83 V이다.

전기투석기(Electrodialyzer)를 이용하여 아미노산 발효액에서 아미노산을 분리하기 위한 실험을 수행하였다. 그러나 이 공정은 지속적인 아미노산 발효액의 pH조절과 운전 중 막의 오염과 아미노산 투과속도를 저해하는 경도물질등에 의해 공정의 효율이 영향을 받게된다. 본 연구에서는 경도물질이 제거된 발효액을 WSED을 사용하여 아미노산을 분리하였다.

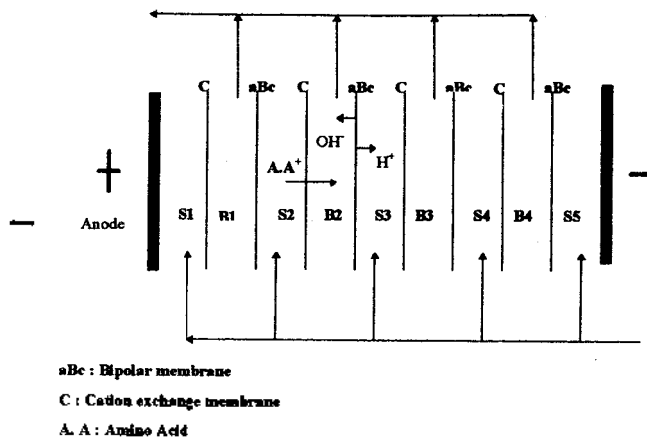


그림 2. Water-splitting Electrodesialysis(WSED)의 원리

WSED에서는 양전하를 띠는 아미노산이 양이온 교환막을 통과하여 농축되고, bipolar 막에 의해 전기 분해된 물분자가 H⁺ 이온과 OH⁻ 이온을 생성하며, 생성된 H⁺은 발효액의 pH조절에 사용되어 발효액 속의 아미노산이 항상 양이온을 띠게 한다.

아미노산 분리를 위한 WSED는 2-Room compartment operation으로 실행하였으며 각 실험에서 양이온교환막과 음이온 교환막을 교환하면서 각각의 cell configuration과 막의 성능에 대하여 비교하였다. 그림 2는 2-Room compartment의 셀의 배치에 대하여 보여주고 있다. 운전조건은 유효막 면적은 200 cm², 전류 밀도는 50 mA/cm², cell pairs는 5, 온도는 40 ℃로 유지하였고, 유량은 1.8 - 1.9 L/min 으로 하였다. 전극액은 1 N NaOH를 사용했으며 base compartment에는 최소한의 전도도를 유지하기 위해 0.1 N HCl를 사용하였다. 이 실험에서 생성된 아미노산은 ninhydrin을 이용한 UV/VIS spectrometer로 측정하였고 이온 분석은 Ion chromatography(Dionex-500)로 수행하였다.

실험결과

그림 3은 양이온교환막과 bipolar막을 사용한 2-compartment WSED에 의한 아미노산의 시간에 따

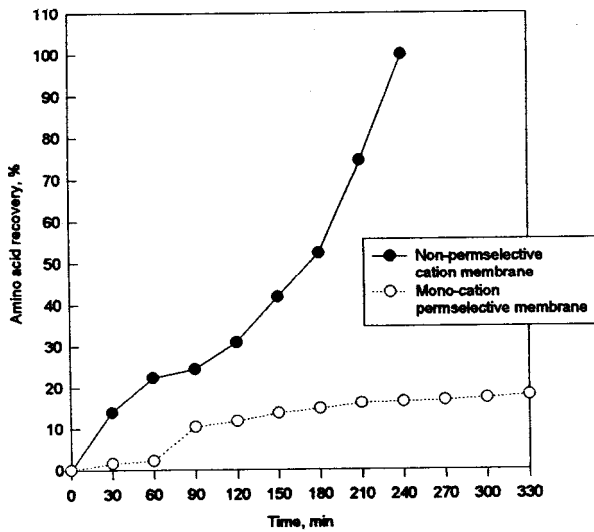


그림 3. 시간에 따른 아미노산의 회수율

른 회수율이며 아미노산의 pH가 5 이하(양전하 아미노산)로 유지되면 양이온교환막을 통해 아미노산이 95% 이상 효과적으로 분리됨을 볼 수 있었다. 경도물질의 제거는 이온교환법, 전기투석, Nanofiltration 등이 이용될 수 있으며 경도물질제거 없이 WSED에 의해서만 발효액에서 아미노산을 분리하기 위한 방법으로 발효액의 pH를 11 이상 유지시켜 아미노산이 음전하를 띄어 음이온 교환막을 투과할 수 있게 한 음이온 교환막과 bipolar 막을 사용하는 공정도 적용될 수 있다. 또 다른 방법으로 아미노산을 pH 조절로 1가 양이온으로 유지하여 1가 양이온에 대해서만 선택성을 지닌 양이온교환막을 사용한 경우 1가 선택성 양이온교환막의 pore diameter가 일반 양이온 막보다 작아 회수율이 비교적 낮았다.

결론

위의 실험 결과를 통해 아미노산은 발효액의 경도 물질만 제거한다면 양이온교환막과 bipolar막을 사용한 2-compartment WSED에 의해 효과적으로 분리할 수 있음을 알 수 있었다. 1가 양이온에 대해 선택성을 갖는 양이온교환막은 이온전달의 불균형으로 아미노산을 효과적으로 회수 할 수 없음이 밝혀졌다. 발효액을 pH 11 이상 조절하여 음전하 아미노산을

만든 후 음이온 교환막과 bipolar막을 사용한 2-compartment로 분리하는 것은 유기오염 물질을 포함한 시료의 특성상 어려웠다. 이상의 실험을 통해 발효액에서 아미노산을 전기투석으로 분리 가능성이 밝혀져 기존의 이온교환수지탑의 단점을 극복하므로서 발효를 통한 식품 및 의학 산업이 환경친화적 산업으로 전환될 수 있는 가능성을 보였다.

감사

본 연구는 선도가술개발사업의 지원에 의해 수행되었으며 이에 감사드립니다.

References

1. W. S. Winston Ho, Kamalesh K. Sirkar. Membrane Handbook, 1992, Van Nostrand Reinhold, 255-262
2. K. N. Mani, F. P. Chlanda, C. H. Byszewski, Aquatech membrane technology for recovery of acid/base values from salt streams, Desalination, 68 (1988) 149-166
3. Tokuyama Corp., Bulletin-NEOSEPTA ion-exchange membrane, 1993