

〈研究論文(學術)〉

전해수를 이용한 견섬유 정련 및 세리신 회수(Ⅱ)

—분리막에 의한 세리신 농축을 중심으로—

¹배기서·이태상·노덕길*·홍영기**

충남대학교 섬유공학과

*청운대학교 섬유패션학과

** (주) 선진 인더스트리

(2004. 6. 29. 접수/2004. 8. 16. 채택)

The Degumming and Sericin Recovery of the Silk fabric Using the Electrolytic Water(Ⅱ)

¹Kie-Seo Bae, Tae-Sang Lee, Duck-Kil Ro*, and Young-Gi Hong**

Department of Textile Engineering, Chungnam National University, Daejeon 305-764, Korea

*Department of Fashion and Textile Engineering, Chung Woon University

**Seon Jin Industry Co. Ltd.

(Received June 29, 2004/Accepted August 16, 2004)

Abstract—In this work, Aqueous sericin solution was prepared by degumming process with electrolytic reduction water.

Then, the microfiltration and ultrafiltration systems were applied to the concentration of aqueous sericin solution. The objective of this study was to select the optimum operating condition among the different pressure. The permeate flux and rejection ratio were observed with time, pressure, flow rate and concentration. and, the wastewater and permeated water quality values such as pH, BOD, COD, and NH levels were measured.

In order to see the influence of electrolytic reduction water, the flux of pure water and electrolytic reduction water by PVDF22(MF) and PS100(UF) membrane was measured. In microfiltration system, the relative flux reduction decreased rapidly to 0.02 in the 30min, as the concentration polarization and gel layer formation were increased. and then the sericin concentration rejection ratio was 40%.

In ultrafiltration system, the permeate flux decreased with time and concentration, and increased with the operating pressure and flow rate. Optimal condition in PS100 membrane system for sericin concentration was operating pressure 1.464kgf/cm², operating flow rate 7 l/min at 40 °C. At that time, sericin concentration rejection ratio was 83% respectively. The sericin solution was concentrated from 0.1wt% solution to 0.2 wt% solution during about 2 hrs by the UF filtration membrane system.

Keywords : Sericin concentration, Ultrafiltration membrane, Microfiltration membrane, Electrolytic reduction water

1. 서 론

섬유 산업 등에서의 물의 사용은 그 산업 규모

¹Corresponding author. Tel. : +82-42-821-6617; Fax.: +82-42-823-3736 ; e-mail : pfbks@cnu.ac.kr

의 발달에 따라 더욱더 증가되어, 발생하는 폐수 양은 물론 질적인 면에서도 여러 복합적인 성분들 즉, 염료, 가공제, 염, 비누, 지방, 기름, 단백질 등으로 이루어진다. 실크의 정련 공정에서 발생하는 정련 폐액은 가장 오염도가 심한데, 그 이유는 정

런 폐액중에 포함되어 있는 세리신 단백질에서 분해된 각종 아미노산과 비누 및 강알칼리 약제 때문인 것으로 알려져 있다.

세리신 단백질은 산화반응에 의한 항균성 및 티로시나제 활성화의 억제 작용이 뛰어나고¹⁾ 자외선 차단, 주름살 방지,²⁾ 흡습성이 좋고 일정한 습도를 유지하는 특성³⁾이 있다. 이러한 세리신 단백질은 가교결합, 공중합 등 다른 거대분자 물질과 혼합이 가능하므로 의료용 고분자와 혼합하여 인체 적합성과 생분해성을 향상시킬 수 있어 이용이 확대되고 있다. 또한 기능이 향상된 특성을 갖는 물질을 생산하기 위하여 반응성을 증가시키거나 천연의 코팅재료로 사용되어, 의료용 섬유, 직물 등에의 이용도 가능하다.

견 섬유에서 세리신과 피브로인을 분리하는 방법은 주로 사용되는 약제에 따라 분류가 되는데, 비누법, 소다법, 비누/소다법, 효소법, 산 정련법으로 나눌 수 있고, 제품에 따라 적당한 방법을 채택하지만 비누/소다법이 일반적이다. 그러나 비누/소다를 이용하는 정련은 탈락하는 세리신이 알칼리에 의해 저분자량의 세리신으로 분해되는 한편 비누와 결합하여 겔상의 케이크가 형성되기 쉬우므로 세리신을 회수하여 재이용하는 것은 불가능한 것으로 알려져 있다. 그래서 이를 극복하기 위하여 개발된 정련법이 약제를 사용하지 않는 고온고압법과 효소정련법인데 이중 고온고압법은 정련액 중에서 세리신의 회수가 용이하고 효율도 높아 세리신을 회수할 수는 있으나 고온고압에 의해 피브로인의 손상과 불균일 정련, 고가의 시설비 등으로 널리 이용되지 못하고 있다.

한편 세리신의 회수에 관한 연구는 고온고압에 의한 정련 폐수로부터 한외 여과막을 이용하여 세리신을 회수하고자 하는 연구가 최근 이루어지고 있으나⁴⁾ 앞서서도 언급한 바와 같이 고온고압에 의한 피브로인의 손상 때문에 실용에는 문제가 있다. 그러므로 현재 많이 채택하고 있는 비누/알칼리 정련법에 의해 발생하는 정련 폐액으로부터 세리신을 회수하기 위하여 알루미늄계 금속염화합물을 첨가하여 세리신 응집 회수를 시도한 연구도 보고 되고 있으나⁵⁾ 이 방법 또한 만족하지 못하다.

그러나 최근 전기분해에 관한 연구가 많이 진행되고⁶⁻⁹⁾, 섬유공업에 이용 가능한 전해 산화수와 전해 환원수의 생산이 용이해짐으로서 이의 이용에 관한 연구가 활발히 진행되어 실크의 정련 공정에 적용한 결과, 약제를 사용하지 않고도 비

누/알칼리법과 유사한 품질의 제품과 정련율을 얻을 수 있음이 확인되었다¹⁰⁾.

따라서 본 논문에서는 전해수를 이용하여 견섬유의 정련 및 수세를 수행하여 발생하는 정련 폐액으로부터 세리신을 분리 회수하는 과정 중 능력과 수율을 향상시키기 위하여 정련 폐액을 농축하는데 있어서 정밀 여과 막과 한외 여과 막 공정을 이용하여 각 공정별 분리 조건 즉, 공급 액의 농도, 공급압력, 공급 속도 등에 따른 세리신의 농축 회수의 특성을 검토하였고, 또한 세리신 회수에 따른 폐수의 정화도를 분석하기 위하여 생화학적 산소요구량(BOD), 화학적 산소요구량(COD) 및 질소이온 농도 등을 측정하여 전해수 이용의 유용성을 검토하였다.

2. 실험

2.1 정련폐액의 제조

국내 S사의 전해수 제조장치에서 제조된 전해 환원수(ERW : Electrolytic reduction water; pH 11.7)를 이용하여 생견사를 욕비 1:200에서 1:20까지로 하여 98°C에서 2시간 처리하여 정련 폐액을 제조하였다. 제조된 폐액은 분리막 실험에 사용하기 위해 6~11 μ m의 세공 크기를 갖는 필터로 예비 필터링을 하였다.

2.2 여과막 재료

역 삼투막에 비해 경제적이면서 세균, 미립자, 고분자 단백질의 제거가 가능한 정밀 여과막과 한외 여과막을 선택하였으며 막의 재질로는 기계적 강도, 내열성, 가공성, 내약품성 등을 고려하여 poly-vinylidene fluoride(PVDF)와 polysulfone(PS) 막을 선정하였고, 정밀여과막은 시판중인 친수화된 PVDF 재질이며 세공 크기는 0.22 μ m의 원판형 여과막(이하 PVDF22)을, 한외여과막은 분획분자량이 100 KDa인 polysulfone 평판형 여과막(이하 PS100)을 사용하였다.

2.3 분리막 시스템

실험에 사용된 정밀여과막과 한외여과막 분리 시스템 모식도를 Fig. 1에 나타내었다. 실험 시에 투과 액을 다시 공급탱크로 되돌리는 순환방식으로 공급되는 정련 폐액의 농도가 높아지는 것을 방지하였다. 공급탱크는 스테인레스로 만들어진 15 l 용량의 보온탱크이며 온도조절장치를 통해

공급 액의 온도를 일정하게 유지하도록 하였다. 공급 액은 고압펌프(CRN4-30, Grundfos, German)에 의해 공급탱크로부터 압력탱크로 이송되어 일정하게 유지된 압력으로 막 모듈에 공급되었고 우회관을 설치하여 막에서의 압력과 유량을 조절할 수 있도록 하였다. 분리막 모듈은 실험실적 규모의 분리 셀(cell)이면서 유효 막 면적을 필요만큼 향상시킬 수 있는 판틀형 모듈¹¹⁾을 사용하였다.

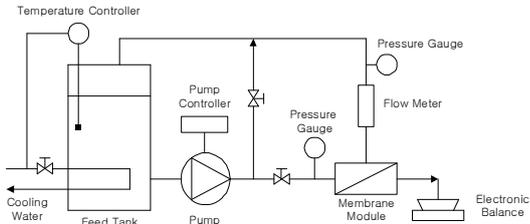


Fig. 1. MF/UF membrane process unit of the plate type module.

2.4 세리신 농도 측정

세리신 농도 측정은 증류수에 의해 고온 고압법으로 정련된 실크 정련액을 6~11 μ m의 세공 크기를 갖는 필터로 여과, 동결 건조하여 얻어진 세리신 분말을 일정 농도로 증류수에 녹인 뒤 UV/VIS Spectrophotometer(Hewlett packard 8452A)로 275nm에서의 흡광도를 측정하여 검량선을 만들어 세리신을 정량하였다.

2.5 투과특성

2.5.1 순수(Pure Water)의 투과 특성

실험에 사용된 정밀 여과막과 한외 여과막의 투과량을 구하기 위하여 온도와 압력을 변화시켜 순수와 전해수에 대한 투과 실험을 하였다. 여기서 투과량은 식 (1)로 계산하였다.

$$J_0 (l/m^2 hr) = Q/(A \times \Delta t) \quad (1)$$

여기서, J_0 : Flux

Q : permeate volume of pure water(ℓ)

A : effective membrane area(m^2)

Δt : time difference(hr)

2.5.2 세리신 용액의 여과 특성

세리신 용액의 투과 특성을 알아보기 위해 여러 농도의 세리신 용액을 준비하였다.

측정 조건은 1.098kgf/cm²의 공급압력과 40℃의 공급용액 온도 그리고 7 ℓ /min의 유속으로 하였다.

투과율(J_t)과 배제율(R)은 다음의 식 (2)와 식 (3)으로 각각 계산하였다.

$$J_t (l/m^2 hr) = Q_t/(A \times \Delta t) \quad (2)$$

여기서, Q_t : total permeated volume(ℓ)

A : effective membrane area(m^2)

Δt : time difference(hr)

$$R (\%) = \left(1 - \frac{C_p}{C_0}\right) \times 100 \quad (3)$$

여기서, C_0 : sericin concentration in feed(g/ℓ)

C_p : sericin concentration in permeate(g/ℓ)

또한, 파울링 정도를 비교하기 위하여 상대 플럭스 감소율(RFR ; Relative Flux Reduction)을 식 (4)를 이용하여 계산하였다

$$RFR = J_t/J_0 \quad (4)$$

여기서, J_t : flux at time t

J_0 : pure water flux

2.5.3 환경 지수 측정

정련 폐액과 분리막 투과액의 환경지수는 BOD (Biochemical Oxygen Demand)와 COD(Chemical Oxygen Demand; 과망간산칼륨법), 질소이온 농도를 colorimeter(LaMotte 1200)로 측정하여 종래의 공장 정련 폐액과 전해수 정련 폐액을 비교해 보았고, 또한 각각의 분리막에 의해 투과된 투과액의 환경지수를 측정하여 분석 평가하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1 정밀여과막과 한외여과막의 특성

여과 시스템에 사용된 정밀여과막인 PVDF22 막의 세공의 크기를 측정된 결과 Fig. 2와 같이 0.22~0.23 μ m 사이에 높은 기공 분포를 갖는 것으로 나타났다.

한편 한외여과막은 세공의 크기를 분획분자량으로서 나타내는 것이 일반적이므로 PS100의 분획분자량을 알아보기 위해 수용성의 표준 단백질을 이용하여 그 배제율을 측정하였다. Fig. 3은 실험에 사용된 단백질들과 이들의 배제율을 나타낸 그래프이다. 분자량 97.4kDa의 크기를 갖는 포스포릴라제와 116kDa의 갈락토시다제의 사이에서 90% 정도의 배제율을 보여 본 실험에 사용된 한외 여과막의 분획분자량이 약 100kDa의 특성을 갖는 여과막임을 확인할 수 있었다.

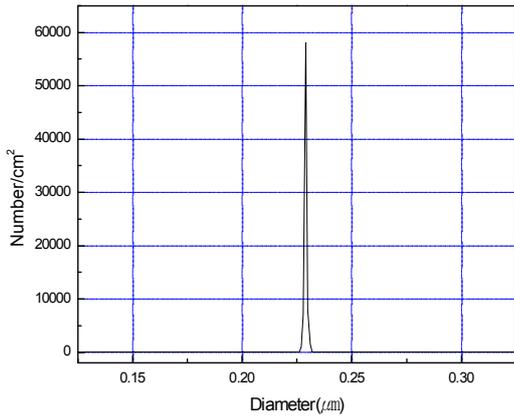


Fig. 2. Pore size distribution of PVDF 22 membrane.

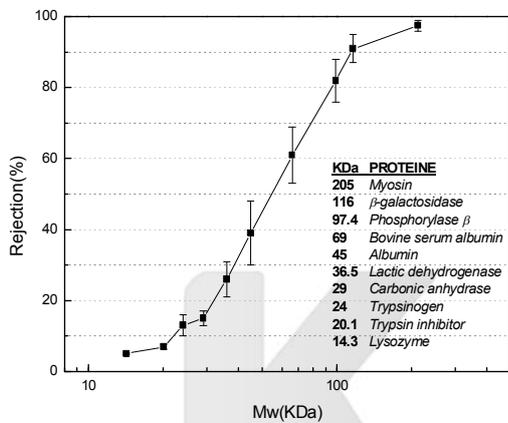


Fig. 3. Molecular weight cut-off profile of PS100 membrane.

3.2 분리막의 투과 특성

3.2.1 투과계수

식 (5)의 용해/확산식을 이용하여 본 시스템에 사용한 막의 투과계수를 구하였다. 즉, 탈 이온수의 경우 $\Delta\Pi = 0$ 이므로 압력 변화에 따른 부피 투과 플럭스를 구하여 농축 공정에 사용한 PVDF22 및 PS100 분리막의 투과계수를 구하였다

$$J_V = L_p(\Delta P - \Delta\Pi) \quad (5)$$

여기서, J_V 는 투과 플럭스(ℓ/m^2hr)이며, L_p 는 물의 투과 계수($\ell/sec\ kgf$), P 는 압력(kgf/cm^2), Π 는 삼투압(kgf/cm^2)이다

전해수는 물분자가 회합되어 있는 클러스터의 크기가 원래의 물 분자에 비해 약 1/3 이고 자유수(free water)도 많은 것으로 알려져 있으므로¹²⁻¹⁵⁾

이러한 차이가 분리 성능에 미치는 영향을 검토하기 위하여 분리온도 40°C와 투과 압력 2kgf/cm²으로 약 60분 동안 투과 안정화를 시켜 초기 투과 플럭스에 대해 약 3% 이내의 플럭스 감소를 확인한 후 PVDF 22와 PS100 분리 막의 압력 변화에 따른 탈 이온수와 전해 환원수의 투과 플럭스를 측정하여 Fig. 4에 나타내었다

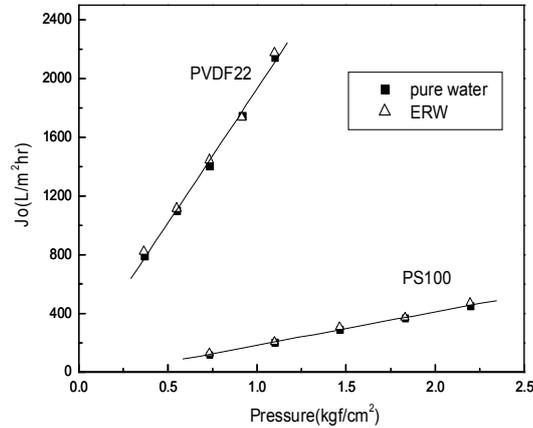


Fig. 4. The flux of pure water and electrolytic reduction water from various transmembrane pressure in PVDF22 and PS100 membrane.

압력차에 따라 탈 이온수와 전해 환원수의 투과 플럭스는 거의 직선적으로 증가하였으며, 직선의 절편은 원점에 접근하였고 전해수와 탈 이온수의 투과 특성에 차이는 찾아보기 어려웠으며 정밀 여과막인 PVDF22 분리 막의 투과계수는 19.8 $\ell/sec\ kgf$, 한외 여과막인 PS100 분리 막은 1.913 $\ell/sec\ kgf$ 임을 확인할 수 있었다

3.2.2 처리온도에 따른 투과율 변화

Fig. 5는 공급용액의 온도와 분리 압력차에 따른 투과율의 변화를 측정하였다. 95°C의 온도에서 정련 처리된 후의 세리신 용액은 상당한 시간 동안 높은 온도를 유지한다. 세리신 용액은 고온에서 오랜 시간 보관할 경우 변형이 일어나기 쉽기 때문에 농축 공정에 앞서 냉각 공정이 반드시 필요하다. 따라서 현장의 실정을 고려하여 40, 50, 60°C에서의 투과 플럭스를 비교해 보았다. 일반적으로 공급 액의 온도 증가는 투과 량의 증가를 가져오지만 배제 율은 감소하게 된다.

PS100 분리 막의 경우 일정한 온도 하에서 투과 압력을 증가시키면 압력과 투과율 간에 일정한 증가를 나타내고, 또한 온도가 10°C증가함에 따라

투과율이 약 15% 정도 증가함을 알 수 있었다. 이러한 현상은 거의 같은 크기의 기공이 막 내부에 균등하게 분포되어 있고 파울링이나 농도분극이 일어나지 않으므로 온도 상승에 따라 용액의 점성도 감소에 기인한 것으로 생각된다.

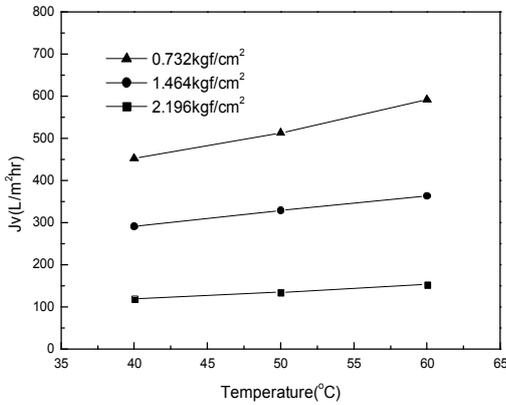


Fig. 5. The effect of transmembrane pressure and temperature on the pure water flux in PS100 membrane.

3.3 세리신 용액의 분리 특성

3.3.1 정밀여과막의 투과 특성과 배제율

약 0.1%의 세리신 용액을 정밀여과 시 시간의 경과에 따른 투과 플럭스의 변화를 검토하기 위하여 공급압력은 1.098kgf/cm²로 하고 세리신 용액의 온도를 40°C로 하여 Fig. 1의 정밀여과 시스템으로 여과 시에 투과 플럭스의 변화를 상대 플럭스 감소율(RFR)로 나타낸 것이 Fig. 6이다. 여과 초기에는 0.9의 상대 플럭스 감소율을 보이지만 10분경과 후부터 급격히 저하되어 30분경과 후에는 0.2의 상대 플럭스 감소율을 나타내며 회복되지 않았다. 이러한 상대 플럭스 감소율은 막 여과 공정시의 분체점 중의 하나인 파울링과 농도분극 현상에 기인한 것으로 생각되며, 이는 정련 처리된 세리신 용액을 불투명한 콜로이드성 용액으로 보이게 하는 난용성 세리신에 의해 막의 표면에 농도분극 현상을 급격히 가속화 시키기 때문인 것으로 생각된다.

Fig. 7은 공급압력 1.098kgf/cm², 공급온도 40°C에서 세리신 용액의 농도에 따른 투과율의 변화를 살펴본 것이다. 세리신 용액의 농도가 증감함에 따라 투과율의 감소가 크게 나타났으며, 투과율의 감소가 급격히 일어나는 한계 농도는 이보다 더

높은 농도에서 나타날 것으로 예상된다.

결과적으로 정밀 여과막을 이용한 건 섬유 정련 폐액의 농축은 거의 불가능함으로 비교적 입경이 큰 일반 불순물의 제거에 유용함을 확인하였다.

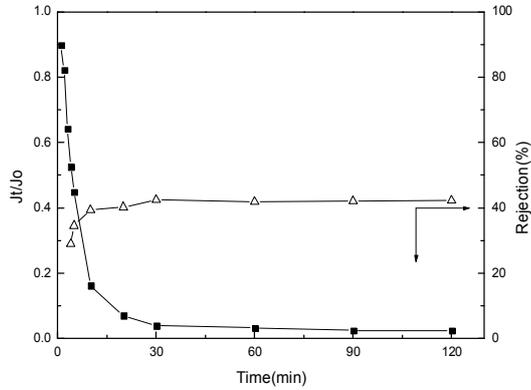


Fig. 6. Influence of time on RFR and rejection ratio of PVDF22 membrane.

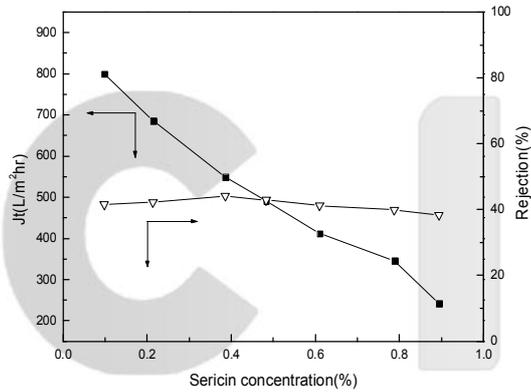


Fig. 7. Total flux and rejection ratio for the PVDF22 membrane in various sericin concentrations.

3.3.2 한외여과막의 투과 특성과 배제율

3.3.2.1 공급 압력에 따른 영향

Fig. 8은 한외여과 시스템에서 0.1wt% 세리신 용액의 농축 분리를 공급 압력의 변화를 주어 처리할 때 처리시간에 따른 투과 플럭스의 변화를 나타낸 것이다.

여과 초기에는 큰 투과량을 나타내지만 시간이 경과됨에 따라 급격히 감소하다가 약 20분 후부터 서서히 감소하는 경향으로 나타낸다. 또한 분리압력이 높을수록 초기 감소율이 크게 나

타는데 이는 높은 압력에 의해 농도 분극이 파괴되기 때문인 것으로 생각된다. 또한 Fig. 9는 Fig. 8의 실험에서 세리신의 배제율을 보인 것으로, 공급압이 높아짐에 따라 배제율이 급격히 증가하고 있는데 이는 세리신 겔 층의 형성에 의한 세공 막힘 때문인 것으로 생각되며, 앞에서의 투과량 감소도 이에 기인하는 것으로 생각된다. 그러나 시간이 지남에 따라 압력차에 의한 배제율의 차이는 약 85%의 배제율을 나타내고 있으나 세리신 자체의 회합에 의한 엉김과 투과량을 고려할 때 만족하지는 않지만 세리신 농축을 위한 한외 여과막의 유용성을 확인할 수 있었다.

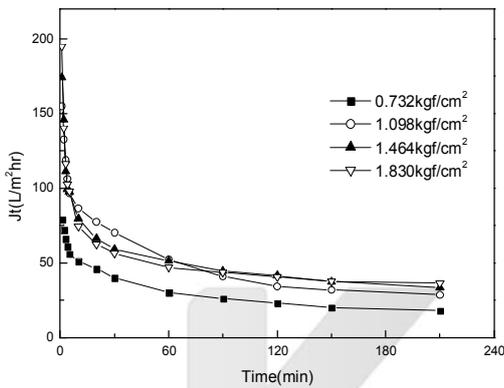


Fig. 8. Influence of time on permeate flux from various pressure of PS100 membrane.

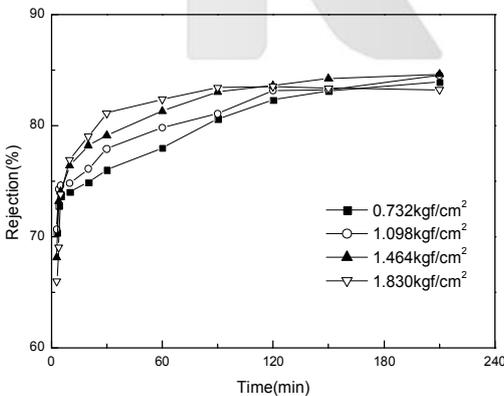


Fig. 9. Influence of time on rejection ratio from various pressure of PS100 membrane.

3.3.2.2 공급유속에 따른 영향

Fig. 10은 0.1wt%의 세리신 용액을 일정한 공급

압력 1.098kgf/cm², 공급온도 40°C에서 분리 농축 시험을 하였을 경우 공급유속의 변화에 따른 상대 플럭스 감소율의 변화를 나타낸 것이다. 공급유속이 증가함에 따라 겔 층의 형성이 감소하게 되어 투과율은 증가하는 것으로 나타났으며, 6 l/min 이상에서는 공급유속이 증가하여도 투과율의 증가는 큰 변화가 없었다. 이는 본 실험에 사용된 분리 셀이 원형으로서 분리 셀 내부에서의 흐름이 늦어지고 압력은 일정하기 때문에 겔층 형성을 억제할 수 있는 한계를 벗어나기 때문인 것으로 생각되며 이에 관하여는 좀더 깊은 연구를 요한다.

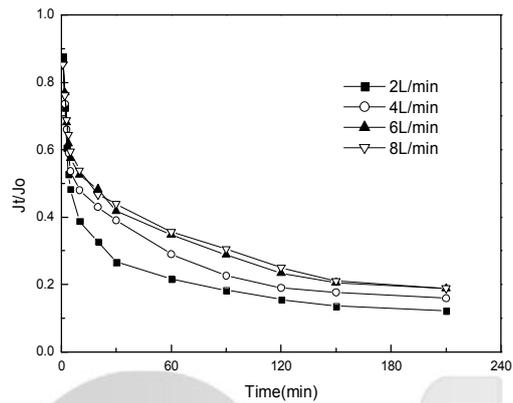


Fig. 10. Influence of time on RFR from various flow rate of PS100 membrane.

3.3.2.3 세리신 농도에 따른 영향

여과막 시스템을 이용하여 세리신 용액의 농축 시 공급액의 농도 증가에 따라 세리신 용액의 투과율 변화를 알아보기 위해 공급온도 40°C, 공급압력 1.098kgf/cm²에서 7 l/min의 공급 유속으로 농도별로 일정시간 동안 분리 농축 시험을 하였을 경우의 투과율과 배제율을 측정하여 Fig. 11에 나타내었다. 세리신의 농도가 증가함에 따라 겔 층 형성이 용이해지므로 세리신 용액의 막 투과 플럭스가 저하됨을 알 수 있으며 세리신 용액의 농도가 0.6% 이상으로 증가됨에 따라 투과율은 급격히 감소하고 있다. 이는 공급압력 1.098kgf/cm²에서 PS100분리 막의 분리 한계농도가 0.6% 정도이며 그 이상의 농도에서는 비효율적임을 암시해준다.

한편 배제율 면에서는 세리신의 농도에 따라 큰 차이가 없는데 이는 겔 층이 형성되어 세리신의 투과를 억제하기 때문인 것으로 판단된다.

3.3.3 공급액과 투과액의 환경지수

섬유 공정에서 발생하는 폐수는 환경지수에 따

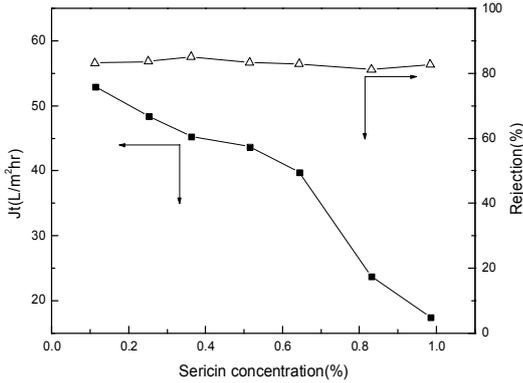


Fig. 11. Total flux and rejection ratio for the PS100 membrane in various sericin concentration.

라 그 처리 비용 부담이 크게 증가한다. 전해환원수 정련법에 의한 정련 폐액과 비누/소다 정련법에 의한 정련 폐액의 비교를 위해 같은 용비(1:200)로 정련한 뒤 환경지수를 측정하여 Table 1에 나타내었다. 정련 전 전해환원수의 pH는 11.7이었으나 정련 후 pH는 9.5로 급격한 감소를 보였다. 반면에 비누/소다 정련법의 경우에는 pH 10.5에서 0.5정도 감소하는 것으로 나타났다. 이는 비누/소다 정련법의 경우 사용되는 마르셀 비누와 알칼리 약제의 잔존과 세리신이 가수 분해 되어 저 분자화된 세리신 때문인 것으로 생각되어 진다.

또한 이들의 BOD, COD, NH가 전해환원수는 각각 180, 1050, 21ppm으로 나타나 비누/소다 정련법의 지수에 비해 78, 82, 45%의 환경지수 감소로 오염을 저감시킬 수 있음을 알 수 있다.

Table 1. The waste water quality of silk degumming solution.

	ERW* method	Alkaly/soap method
Sericin concentration(%)	about 0.1%	about 0.1%
pH	9.5 ± 0.5	10 ± 0.5
BOD (ppm)	180 ± 30	800 ± 50
COD (ppm)	1,050 ± 100	about 6,000
NH (ppm)	21	38

* ERW: electrolytic reduction water

한편, 본 실험에서는 Table 2에 전해환원수에 의해 정련된 폐액을 PVDF22와 PS100막으로 농축한 후 투과한 투과액의 환경지수와 세리신 배제율을 나타내었다.

Table 2. Permeated water quality and rejection ratio of silk degumming solution by PVDF22 and PS100.

	PVDF22	PS100
Sericin rejection (%)	42	84
BOD (rejection)	105 ppm (41%)	25 ppm (84%)
COD (rejection)	603 ppm (40%)	105 ppm (90%)
NH (rejection)	12 ppm (43%)	7 ppm (66%)

정밀 여과 막은 세리신의 농축 효과보다 불순물의 제거에 의미를 갖는다고 생각되는 한편 한외여과막은 배제율이 비교적 높은 편으로 세리신 농축 분리로 인한 투과 액의 환경 지수가 낮아져 환경오염 저감효과를 가져왔으며 이는 공업용 재활용수에 근접한 환경 지수로서 그 활용 가능성이 상당히 높다는 것을 확인할 수 있었다.

3.3.4 세리신 용액의 농축

세리신 용액의 농축 공정의 파일럿 실험은 전해환원수 정련 공정에서 발생하는 약 0.1wt%의 세리신 용액을 예비 필터링한 후 15ℓ를 공급액의 총량으로 하교 분리막과 구성된 모듈의 총 유효막 면적은 0.25m²로 scale-up하여 공급액의 재순환 방식으로 PS100 한외여과막에 의한 농축을 실시하였다.

시스템의 전반적인 운전 조건은 Table 3에 각각 나타내었다. 또한 Fig. 12는 운전 시간에 따라 농축되는 세리신의 농도를 보인 것으로, 여과 초기의 높은 투과 플럭스에 의해 빠른 농축이 일어나고 일정시간이 경과한 후에는 투과 플럭스의 감소가 서서히 일어나면서 일정한 비율로 농축되는 것을 알 수 있다. 즉 본 실험에 사용된 시스템으로 농축할 경우 약 2시간동안 농축하면 2배로 농축할 수 있으며, 막의 면적을 확대하면 처리시간을 줄여 필요로 하는 농도로 농축할 수 있음을 확인하였다.

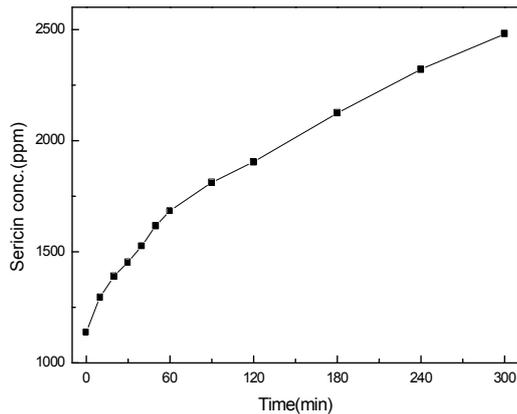


Fig. 12. The concentration of retentated sericin solution by PS100 for operating time.

Table 3. Operating condition and specification of membrane module unit for sericin concentration.

Operating condition

Feed circulation rate at module
Feed temperature at module inlet
Permeate pressure

Specification

Module type : Plate & Frame type
Effective membrane area : 0.25m²
Feed solution : aqueous sericin solution
Feed concentration : 1,137ppm
Product concentration : 2,481ppm

4. 결 론

견 섬유유의 전해수 정련 공정에서 발생하는 세리신 함유 폐수의 재활용과 세리신 회수를 위하여 설계 제작한 파일럿 규모의 MF/UF 분리막 시스템으로 농축 및 분리 특성을 연구 검토한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 실험에 사용된 정밀여과 막과 한외여과 막의 투과 계수는 각각 19.8, 1.913 l/sec kgf 였으며, 정밀여과 막의 평균 배제율은 40%, 한외여과 막의 평균 배제율은 83% 로서 한계 농도는 0.6% 이었다.
2. 공급압력이 1.464kgf/cm² 이상에서는 압력에 의한 농도 분극이 점차 증가하며, 공급유속에 의한 투과율은 유속 6 l/min 이상에서는 그 증가율이 감소하였다.

3. 한외 여과 막의 유효 막 면적 0.25m²를 갖는 모듈에서 공급 액의 농도 0.1wt %의 세리신 용액을 공급압력 1.464kgf/cm²와 공급유속 7 l/min으로 분리 농축한 결과 2 시간 농축 후 약 0.2wt%로 농축시킬 수 있었다.
4. 전해수 정련법이 종래의 비누/알칼리 정련법에 의한 폐수보다 BOD, COD는 약 70~80%, NH는 45% 저감시킬 수 있었으며 분리 농축 공정을 거친 폐수는 공업용 재활용수에 근접함을 확인하였다.

감사의 글

이 연구는 2002년도 충남대학교 학술진흥재단의 연구비 지원으로 연구되었음.

참고문헌

1. Kato, K., S. Sato, A. Yamanaka, H. Yamada, N. Fuwa, and M. Nomura, Silk protein, sericin, inhibits lipid peroxidation and tyrosinase activity. *Biosci. Biotechnol. Biochem.* **62**, 145~147(1998).
2. Engel, W., Eigenschaften eines sericin haltigen puffernden shampoos. *Arztl Kosmetol.*, **17**(2), 91~110(1987).
3. Voigeli, R., Meier, J., Blust, R., and Hofsteter, R., Sericin silk protein: Unique structure and properties, *Cosmetics & Toiletries.* **108**, 101(1993).
4. Fabiani C., M. Pizzichini, M. Spadoni, and G. Zeddit, Treatment of waste water from silk degumming processes for protein recovery and water reuse, *Desalination.*, **105**, 1~9(1996).
5. Kim Y. D., H. Y. Kweon, and S. O. Woo, collecting method of silk sericin from degumming solution and characteristics of recovered sericin, *Korea J. Seric. Sci.*, **43**(1), 37~40(2001).
6. K. Fujiwara, R. Doi, M. Imoto, and T. Fujii, Fundamental studies on crop disease control by spraying electrolyzed anode-side water, *Enviren. Control in Biol.* **38**, 4, 263~271(2000).
7. M. Hatto, Y. Sakai, and H. Ohtsuku, The Physiological property and function of the electrolyzed - ionized calcium aquamax on water molecular clusters fractionization, *International Society for Artificial. Organs.*, **21**, 1, 43~49

- (1997).
8. T. Oomori, T. Oka, Y. Inuta, and Y. Arata, The efficiency of disinfection of acidic electrolyzed water in the presence of organic materials, *Analytical Science April.*, **16**, 365~369(2000).
 9. H. Park, Y. C. Hung, and C. Kim, Effectiveness of electrolyzed water as a sanitizer for treating different surfaces, *J. of Food Protection*, **65**, 8, 1276~1280(2002).
 10. K. S. Bae, H.J.Ha, and K.S.Park, The degumming and sericin recovery of the silk fabric using the electrolytic water, *J. korean Soc. Dyers & Finishers*, **14**, 4, 53~62(2002).
 11. J. M. Lee, K. S. Bae, Y. K. Hong and J. D. Lee, A study on the dehydration separation and condensation of iso-propan/water mixtures by pervaporation membrane modules, *J.Korean Fiber Society*, **34**, 1, 61~68(1997).
 12. S. Meiboom, Nuclear magnetic resonance study of the proton transfer in water, *J. of Chemical Physics*, **34**, 2, 375~389(1961).
 13. S. W. Rabideau, and H.G. Hechr, Oxygen-17 NMR linewidths as influenced by proton exchange in water, *J. of Chemical Physics*, **47**, 2, 544~546(1967).
 14. R. E. Glick, and K. C. Tewari, Proton nuclear magnetic relaxation studies on water, *J. of Chemical Physics*, **44**, 2, 546~547(1966).
 15. S. I. Okouchi, Y. m. Ishihara, H. S. Uedaira. O17- NMR of electrolyte aqueous solution and tap water processed by commercial purifiers and reformers, *水環境學會誌(日本)*, **17**, 8, 517~526 (1994).

K C I