

실크 정련 세리신 단백질의 분리특성과 응용(2)

차진우¹ · 박인우² · 배기서² · 홍영기 · 이서희 · 김용덕[†]

¹FITI시험연구원

²충남대학교 바이오응용화학부 유기소재섬유시스템전공
건양대학교 공연의상학과

Separation Performance and Application of Sericin Protein in Silk Degumming Solution(2)

Chin-U Cha¹, In-Woo Park², Kie-Seo Bae², Young-Ki Hong,
Seo-Hee Lee and Yong-Duck Kim[†]

¹FITI Testing & Research Institute, Seoul 130-864, Korea

²Dept. of Textile Engineering, Chungnam National University, Daejeon 305-764, Korea
Dept. of Costume Design, Konyang University, Nonsan, ChungNam 320-711, Korea

(Received: March 19, 2010/Revised: April 15, 2010/Accepted: May 12, 2010)

Abstract— Sericin pulverization process was applied by freezing-thawing of sericin protein concentration solution and physicochemical properties of sericin/chitosan blended films were investigated. In sericin pulverization process by freezing-thawing method, the refrigeration storage at 4°C maximized gelling between sericin molecules, which increased 10% of recovery ratio from sericin concentration solution that using ultrafiltration procedure. In physicochemical properties of sericin/chitosan blended films, the maximum load of chitosan (6.7kgf) had higher than that of sericin (1.2kgf), and the elongation of sericin and chitosan had 96% and 34%, respectively. Also FT-IR analysis of sericin/chitosan blended films showed that both sericin and chitosan films had amide I peak (N-H bond) in 1,521cm⁻¹ and amide II peak (C=O bond) in 1,630cm⁻¹. In addition, it could confirm compatibility between both materials as indicated by the decrease in the amide I peak's absorption value as chitosan content increases.

Keywords: sericin protein, sericin pulverization, ultrafiltration, freezing-thawing method, sericin/chitosan blended film

1. 서 론

최근 환경과 바이오 산업이 발전하면서 천연단백질에 대한 중요성이 크게 대두되고 있으며 그 대표적인 예로 누에에서 추출된 피브로인과 세리신 그리고, 게 등의 갑각류에서 추출한 키틴, 키토산 등의 천연 고분자 단백질을 들 수가 있다.

키토산은 무척추동물인 게, 새우, 가재 등의 갑각류의 껍질에 함유되어 있는 다량의 키틴을 고온, 강알칼리의 조건하에서 키틴의 -NHCOCH₃기를 -NH₂로 탈아세탈화반응을 함으로써 얻어지는 다수의 아미노산기를 가지는 다당계열의 천연고분자이다^{1,2)}.

제조과정으로부터 얻어지는 이와 같은 화학구조적 특성을 갖고 있는 키토산 고분자의 성질은

[β-(1→4)-2-amino-2-deoxy-D-glucopyranose]를 주성분으로 조성된 천연고분자로 분자구조 중에 아민기를 다량 포함하기 때문에 쉽게 양이온화하며 특히, 미생물의 세포벽을 구성하는 시알산, 인지질 등의 음이온을 끌어당겨 미생물의 자유도를 구속함으로써 증식을 억제시키기 때문에 항균특성을 나타낸다³⁾.

그리고 분자구조에서 화학전기 단위당 전하, 극성기 밀도가 비교적 크기 때문에 높은 수분율과 흡수율을 가지고 또한, 분자구조 내에 수소결합을 일으킬 수 있는 다량의 수산기와 아민기를 동시에 가지고 있어 다른 고분자물질과의 친화력에 의한 상용성도 큰 것으로 알려져 있다^{4,5)}.

한편 키토산은 생체적합성과 생분해성이 우수하며, 무독성, 지혈작용 등의 생체학적 특징이

[†]Corresponding author. Tel.: +82-41-730-5434; Fax.: +82-41-730-5787; e-mail: ydkim@konyang.ac.kr

있는 것으로 알려져 있고,⁶⁾ 상처치료용 붕대, 수술용 봉합사, 마이크로 캡슐, 지혈제, 인공피부, 인공혈관, 콘택트 렌즈 등의 의료용 및 섬유와 제지산업, 생명공학, 농업, 식품, 화장품, 폐수처리제, 복합재료 등의 산업용으로도 널리 사용되는 기능성 천연고분자 물질로서 활용가치가 매우 크다⁷⁻¹⁰⁾. 그러므로 이러한 천연고분자 물질의 응용은 장차 미래산업에 미칠 영향으로 보아 선행연구로 전해환원수를 이용하여 실크 생사를 정련하였다¹¹⁾. 이는 최소 에너지 비용과 적은 시간으로 완벽한 세리신의 제거가 가능하면서, 실크 피브로인에 대한 손상이 적은 전해수 정련법을 응용한 것이고, 그리고 이로부터 추출한 실크 정련 폐액을 활용하기 위해 관형 한외여과막을 이용하여 세리신 단백질의 분리특성 및 농축에 관하여 검토 하였다.

따라서 본 연구에서는 이러한 결과로 얻어진 세리신 단백질의 농축 용액으로부터 동결해동법에 의한 세리신 분말화 공정과 세리신/키토산 블렌드 필름을 제조하여 물리·화학적 특성에 대하여 평가하고, 이를 바탕으로 의료용 재료로써 활용 가능성을 검토하는데 기초적인 연구를 수행하였다.

2. 실험 및 방법

2.1 세리신 단백질의 회수

세리신 용액에 대해서 분말화 하는 방법 중에 대표적인 것이 동결건조법, 분무건조법 및 동결해동법이 있다. 동결건조는 -40℃에서 장시간동안 냉동시킨 후에 진공하에서 건조시키는 방법으로서 회수율이 매우 높은 장점을 갖고 있으나, 시간과 에너지 소비가 크다는 단점을 가지고 있다. 또한 분무건조법은 세리신 용액을 200℃의 고온의 챔버에 뿌려지게 되어 수분을 증발시키면서 분말을 회수하는 방법으로서 단시간에 많은 양을 회수할 수 있는 장점이 있으나, 고에너지와 낮은 회수율 때문에 세리신의 분말화에는 적합한 방법이 아니다.

한편 동결해동법은 -4℃의 냉동실에서 일정시간 냉동과정을 거친 후에 해동시키는 방법으로서 세리신 단백질들이 동결해동의 과정에서 큰 회합 거동을 유도하여 침전된 세리신을 쉽게 분말화하는 방법이다.

본 연구에서는 전해환원수 정련법과 고온고압

정련법에 의해 정련한 세리신 정련액에 대해서 Fig. 1의 흐름도와 같은 실험 순서에 의해서 동결해동법에 대한 세리신 회수율 실험을 하였다. 전해환원수 정련은 pH 11이상의 전해환원수를 이용하여 용비 1:40으로 95℃에서 2시간동안 정련하였고, 고온고압 정련은 증류수를 이용하여 용비 1:40으로 120℃에서 2시간동안 정련하였다. 두 종류의 세리신 정련액에 대해서 분획분자량 4,000을 갖는 관형 한외여과막을 이용하여 4시간동안 농축하였다. 농축된 각각의 세리신 정련 용액에 대해서 냉장, 냉동 및 해동에 대한 각각의 과정을 거치고 원심분리하여 상등액은 버리고 세리신 침전물을 취하여 오븐에서 건조한 후 칭량하여 세리신 회수율을 계산하였다.

또한, 전해환원수 정련 용액에 대해서 급속냉동, 일반냉동, 완속냉동 및 겔화후 완속 냉동등의 각각의 냉동방법에 따른 회수율을 검토하였으며, 전해환원수를 이용하여 고온고압정련법으로 정련했을 경우의 세리신 회수율도 검토하였다.

2.2 세리신 블렌드 필름의 제조

전해환원수를 이용하여 용비 1:40으로 2시간 동안 정련한 세리신 용액을 관형 한외여과막을 통한 분리 공정을 거쳐서 물을 제거한 후에 3%의 세리신 용액을 제조하였다.

키토산은 점도평균분자량이 약 76,000 (30cP, 1% in 1% acetic acid, 85% deacetylated, Aldrich Chemical Co.)을 구입하여 사용하였고, 블렌드 필름을 제조하기 위해 키토산 용액은 2wt% 아세트산 수용액에 3wt%의 키토산 용액이 되도록 넣은 후 24시간 교반과 필터링하여 사용하였다.

각각 제조한 용액에 대해서 세리신과 키토산 비율을 각각 1:0, 1:0.5, 1:1, 1:2, 0:1의 혼합비(v/v)로 혼합하여 일정시간 교반하고 유리판에 캐스팅한 후에 35℃에서 일정시간 건조하여 균질한 필름을 제조하였다. Fig. 2는 세리신과 키토산 블렌드 필름의 제조 과정 모식도를 나타낸 것이다.

2.3 블렌드 필름의 평가 방법

키토산 함량 변화에 따른 블렌드 필름의 역학적 특성 평가는 표준상태 (20±1℃, 65±2% RH)에서 24시간 동안 컨디셔닝시킨 다음 5kN의 로드 셀이 장착된 인장시험기 (Model 4467, Instron Co., USA)를 사용하여 시료길이가 70mm이고, 폭이 20mm이며 두께가 0.11mm인 시료를 20mm/min

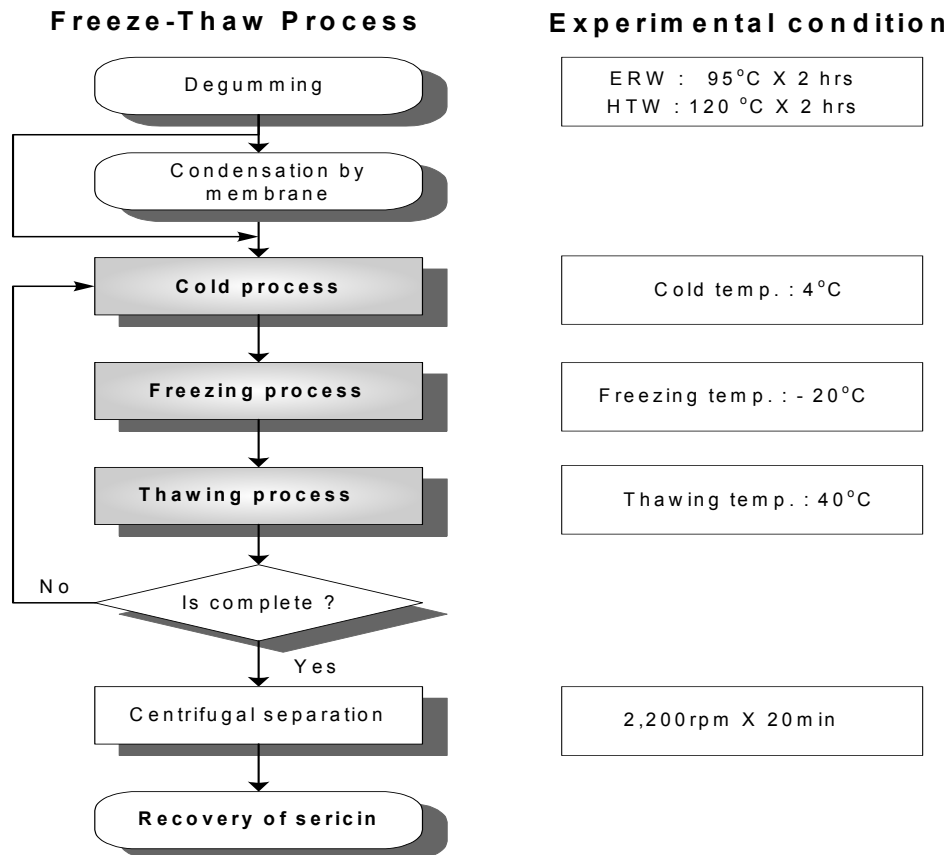


Fig. 1. Flow chart of the freeze-thawing method for sericin recovery.

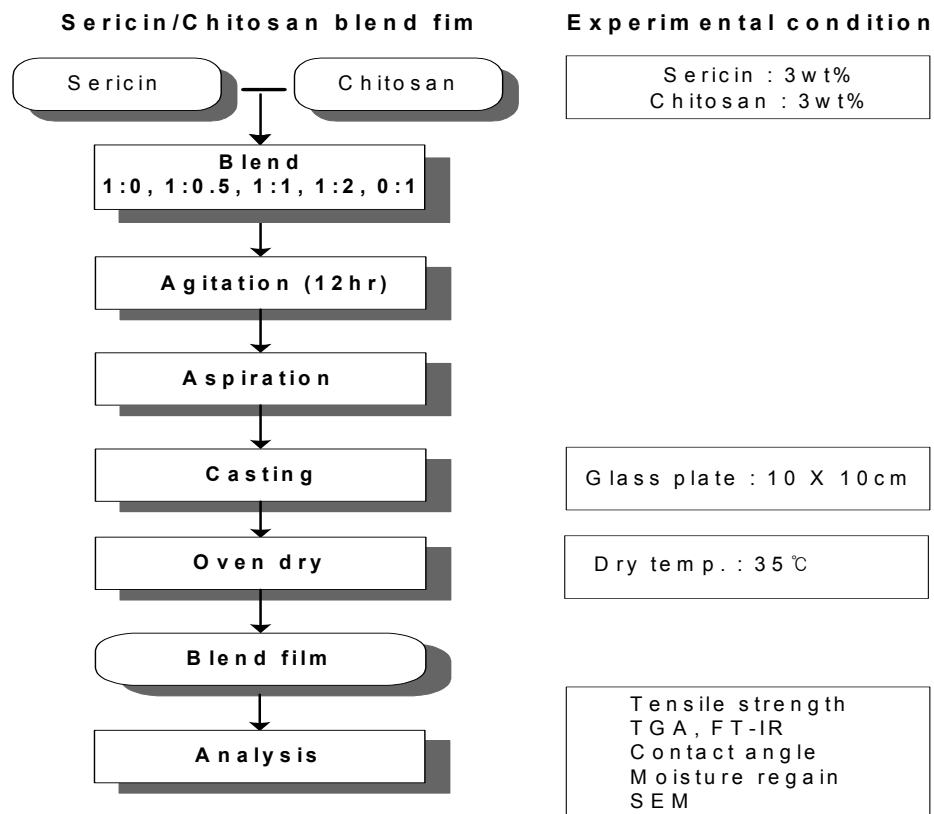


Fig. 2. Flow chart of the sericin/chitosan blend film preparation.

의 인장속도로 5회 측정하였다.

블렌드 필름의 수분을 측정은 표준상태 (20±1°C, 65±2% RH)로 조절된 항온항습 장치에 넣고, 48시간 동안 충분히 컨디셔닝 시킨 후의 중량과 온도 105±2°C에서 충분히 건조시키고 항량이 된 후에 측정된 건조중량을 이용하여 수분율을 다음의 식에 의해 계산하였으며, 각각의 시료에 대하여 5회 측정된 평균값으로 나타내었다.

$$\text{Moisture regain (\%)} = \frac{W_C - W_D}{W_D} \times 100 \quad (1)$$

W_C : 컨디셔닝후 중량, W_D : 건조 중량

세리신과 키토산의 화학구조 분석은 적외선 분광분석기(Infrared spectrometer 175C, Bio-Rad Laboratories, Inc., U.S.A)를 사용하였으며, 사용된 시료의 두께는 0.11mm이고, 그 파장 범위는 400~500cm⁻¹이며 투과법에 의해 측정하였다.

또한 블렌드 필름의 표면과 단면 관찰은 주사형 전자현미경 (SEM X-650, Hitachi. co., Japan)을 이용하여 분석하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1 전해수 정련 세리신의 회수

정련 폐액에 용해되어 있는 세리신 단백질을 회수하기 위하여 동결해동 조건에 미치는 영향을 Fig. 1에 의한 절차에 의해서 검토하였다. 실험은 동결해동법에 필요한 최적조건을 설정하기 위하여 동결처리전의 냉장조건과 동결처리조건, 동결해동의 반복횟수, 해동처리조건에 따른 회수율을 비교 하였으며, 세리신 회수를 목적으로 기존에 사용되는 정련방법인 고온고압법(HTW)과 전해환원수법(ERW)을 비교 실험하였다.

Fig. 3은 정련폐액을 동결처리 하기 전에 냉장보관을 실시하였을 때의 회수율 증가를 나타낸 것으로서, 4~5°C 온도의 냉장보관에 의해 약 10%의 회수율이 증가함을 알 수 있다. 이는 6시간 이상의 냉장보관에 의해 정련 폐액의 주성분인 물 분자의 활동을 감소시키며, 특히 물 분자간의 수소결합력 증가로 분자간 거리가 감소하여 단백질 분자들간의 반데르 발스 결합과 수소결합이 증가되기 때문으로 생각된다. 이러한 단백질 분자의 회합(會合)은 전해환원수로 처리한 정련 폐액에서 빠르게 진행되어 6시간 미만에서 안정상태를 갖지만, 고온고압법으로 처리된 폐

액에서는 12시간이 소요됨을 알 수 있었다.

Fig. 4는 정련 폐액을 -20°C 온도 분위기에서 동결시키는 과정에서 동결시간에 따른 회수율의 변화를 나타낸 것이다. 실험상의 제약으로 정련 폐액 자체의 온도변화를 측정하지 못하여 부득이 동결시간으로 설정하여 실험하였으며, 산업적으로도 의미가 있는 실험방법일 것으로 판단된다. 두 가지 정련조건 모두에서 동결에 요구되는 시간은 약 12시간 정도로 나타났으며, 전해환원수에 의한 처리결과가 고온고압에 비해 회수율이 높고, 12시간 후 안정된 상태를 유지함을 확인할 수 있었다. 따라서 동결시간의 조건으로 12시간을 설정하여 실험을 수행하였다.

Fig. 5는 회수율을 높이기 위하여 동결과정을 12시간으로 설정하고 해동과정을 완전한 액체상태가 될 때까지의 시간(즉, 40°C 오븐에서 30분)의 과정을 반복적으로 행했을 때의 회수율 변화를 나타낸 것으로, 회수율은 이러한 동결-해동공정의 반복횟수에 크게 영향을 받지 않음을 알 수 있었다.

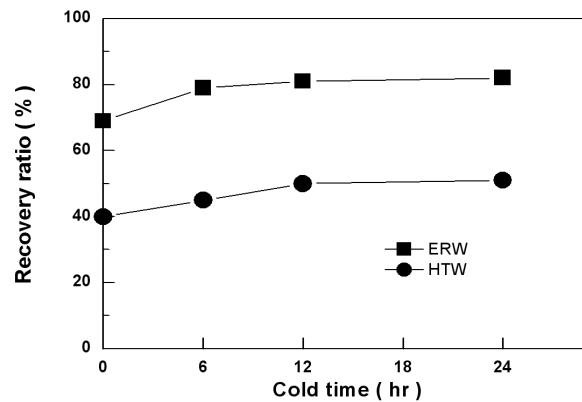


Fig. 3. Recovery ratio of sericin protein according to the cold time.

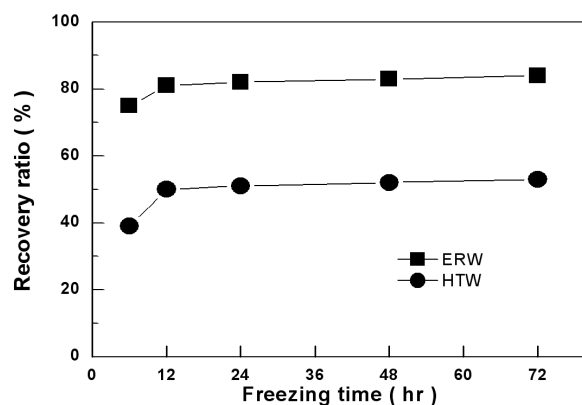


Fig. 4. Recovery ratio of sericin protein according to the freezing time.

Fig. 6은 냉동된 정련 폐액을 해동 시 사용 온도의 온도에 따른 회수율 변화를 나타낸 것으로 해동온도가 높을수록, 즉 해동속도가 빠를수록 회합된 세리신 단백질 분자가 용매인 물 분자에 의해서 일부 용해가 이루어짐을 알 수 있다. 전체적으로 전해환원수 정련에 의한 세리신 단백질의 회수율이 고온고압 정련에 의한 것 보다 약 30~40% 높게 나타났다. 이러한 결과는 2가지 요인에 기인한다고 가정할 수 있으며, 그 중 하나는 전해환원수로 정련 처리된 세리신 단백질

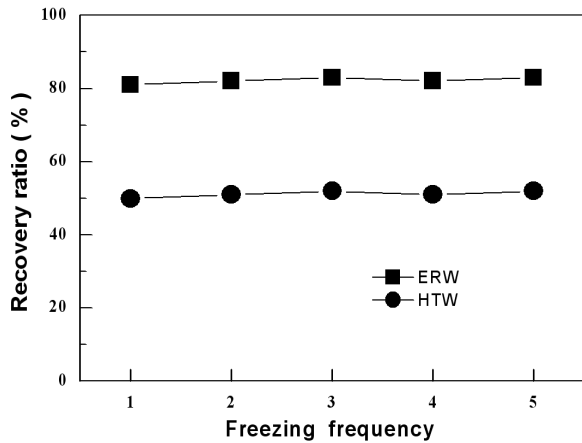


Fig. 5. Recovery ratio of sericin protein according to the freezing frequency.

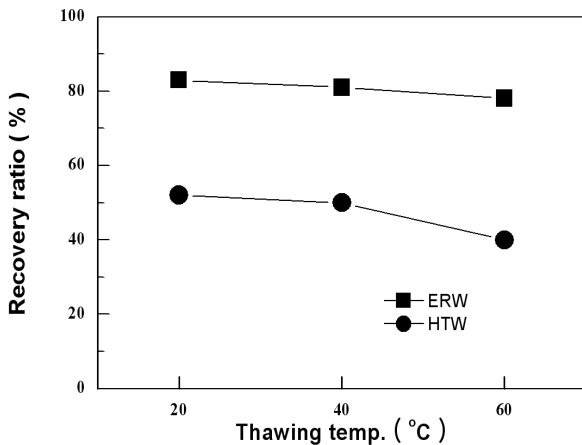


Fig. 6. Recovery ratio of sericin according to the thawing temperature.

것이라는 것과, 둘째는 용매인 전해환원수의 염기성 성질이 단백질의 회합을 촉진할 것이라는 가정이다. 따라서 기존의 고온고압법에 의한 세리신회수에 비해 새로운 방안으로 전해환원수를 이용한 기술을 활용한다면 세리신 응용에 매우 효과적이라 생각된다.

3.2 동결조건에 따른 세리신 회수율

앞에서 정련 폐액에 용해되어 있는 세리신 단백질은 온도의 하강에 의해서 용매와 단백질의 상이 분리된다는 사실을 알 수 있었으며, 또한 냉장조건과 동결과 해동시간 등에 의해서 회수율이 변함을 알 수 있었다. 세리신의 회수율을 높이는 것은 저분자량의 단백질과 각종 아미노산도 회수할 수 있음을 의미하기 때문에 산업적으로 매우 중요하다.

동결시간에 따른 회수율 변화를 좀 더 구체적으로 확인하기 위하여, 동결시간을 급속동결, 보통동결, 완속동결, 겔화 후 완속동결의 4단계로 구분하여 시험한 결과를 Table 1과 같이 나타내었다. 동결시간은 동결 분위기의 온도가 -20°C에 도달하기까지의 온도를 기준으로 하였으며, 겔화 후 완속동결은 분리막에 의해서 농축된 겔을 사용하여 시험하였다. 또한 여과시간은 세리신을 회수하기 위해 시험된 분리막 장치에서 필터링 과정에 소요된 시간을 의미하며, 급냉동결 조건에서는 20초로 다른 동결방법의 15초 보다 높게 나타났다. 이는 분리과정 중 파울링 현상의 증가로 분리시간이 증가하였음을 의미한다.

한편, 동결속도가 느릴수록 세리신의 회수율이 증가함을 알 수 있고, 농축된 폐액을 사용한 세리신의 회수는 농축과정에서 손실되었을 것으로 예상되는 약 5~10%의 저분자량 세리신 단백질을 제외하면 거의 모든 세리신 단백질이 회수될 수 있음을 알 수 있었다.

Table 1. Recovery ratio of sericin according to the freezing methods with ERW degumming solution

Freezing Method	Freezing Time (Hr)	Filtering Time (sec)	Yield (%)
Quenching	1	20	78.77
Normal freezing	6	15	82.87
Slow freezing	24	15	88.61
Slow freezing with Gelation	24	15	91.54

Table 2. Effect of recovery ratio of sericin by water and ERW on the high temperatures and pressures

Degumming Methods	Degumming ratio (%)	Yield (%)		
		Freezing-Dry	Freezing-Thawing	
Water	120°C×60min	22.50	99	52.88
	130°C×60min	22.90	98	50.35
ERW	120°C×60min	22.04	99	36.86
	130°C×60min	22.14	99	14.90

또한 Table 2는 고온고압법을 이용한 실크 정련에 있어서 증류수와 전해환원수 조건에서 각각 얻은 세리신 정련 용액에 대해서 동결해동방법으로 그 회수율을 검토한 것이다. 일반적인 증류수를 이용한 고온고압법의 경우는 동결해동법에서 50~52%의 범위의 세리신 회수율을 보이고 있다. 하지만 앞에서의 일반적인 전해환원수 실크 정련의 세리신 회수율과는 달리 전해환원수와 고온고압법에 의한 세리신 회수율은 매우 낮게 나타남을 알 수 있었다. 이것은 전해환원수의 가수분해 능력과 고온고압이라는 조건이 가세하여 세리신의 가수분해가 기존보다 더 증가한 것으로 보인다. 그로 인해 세리신 분자간의 회합할 수 있는 기지체의 감소로 이와 같은 방법에 동결해동방법은 세리신 회수율에는 큰 의미가 없다는 것을 확인할 수 있었다.

3.3 세리신/키토산 블렌드 필름의 특성

본 연구는 사람피부의 자연보습인자와 유사한 조성을 가지고 있어 높은 보습능력과 피부의 각질 케어에 우수한 특성을 가진 천연단백질 세리신을 의료용 소재로 활용하기 위해 생체적합성과 생분해성이 우수하고 무독성 지혈작용 및 항균작용이 뛰어나 생체학적 특징이 있는 것으로 잘 알려진 키토산 고분자와 블렌드하여 각각의 특성을 최대한 발현할 수 있는 새로운 필름을 제조하고, 이에 대한 물성을 평가하였다.

Fig. 7은 세리신/키토산 블렌드 필름에 대한 하중-신장 곡선을 나타낸 그래프이다. 세리신은 단백질 고분자로서 분자 간 강한 수소결합을 하고 있지만, 미연신된 비결정성 세리신이므로 다소 낮은 강도를 나타내게 된다. 한편, 키토산은 셀룰로오스계 고분자로서 결정성 고분자이며, 분자 내 많은 수소와 수산기를 함유하고 있어 분자 간 강한 수소결합을 가지고 있는 특징이 있다.

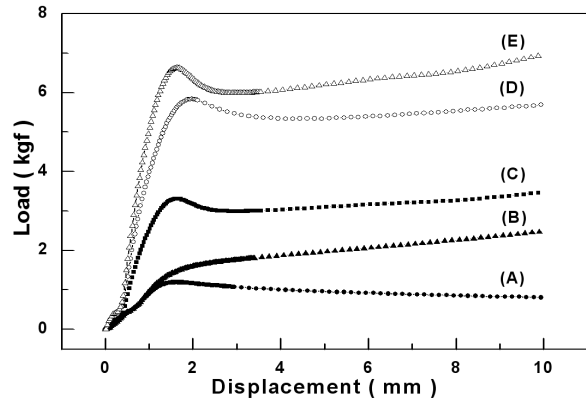


Fig. 7. Load-displacement curve of sericin/chitosan blend films with various blend ratio ; (A) sericin, (B) 1:0.5, (C) 1:1, (D) 1:2, (E) chitosan.

순수 세리신 필름의 경우는 1.25kgf의 최대 하중을 보인 반면에 순수 키토산 필름의 경우는 6.7kgf의 최대하중을 보이고 있다. 또한 순수 세리신에 각각의 혼합 비율로 키토산을 첨가했을 경우 키토산의 첨가량이 증가할수록 세리신/키토산 블렌드 필름의 최대 하중 값이 증가함을 알 수 있다. 이것은 세리신과 키토산이 서로 분리되어 있는 것이 아니라 서로 결합하여 블렌드된 상태를 의미하며 그 상호간의 친화성이 우수하다고 판단된다.

한편 순수 세리신 필름의 경우 신장율이 매우 높게 나타났는데, 이것은 세리신이 미결정상태로 존재함을 알 수 있으며, 최대 50mm까지 신장이 되었다. 그러나 순수 키토산 필름의 경우는 최대 15~20mm 사이에서 절단되었으며, 키토산의 함량이 증가할수록 신장률 또한 저하함을 알 수가 있었다. 이것으로 세리신에서의 강도향상에 키토산이 기여하여 1:1의 블렌드 비율의 경우는 두 배의 강도 향상을 나타냈으며, 키토산 측면에서는 딱딱한 성질을 다소 감소시켜서 신장성이 좋은 필름의 제조 가능성을 볼 수가 있었다. 이는 세리신이 건조시간과 조건에

따라서 다양한 구조와 물성을 가지는 필름을 제조할 수 있기 때문에 높은 온도의 오븐에서 건조시켰을 경우는 딱딱한 필름이 제조되는 한편 진공건조 및 35°C 내외에서의 건조 조건으로 유연하고 신장률이 좋은 필름을 제조할 수가 있으므로 상용성 물질과의 블렌드 필름 제조와 응용에 매우 효과적이라는 것을 알 수가 있었다.

Fig. 8은 세리신/키토산 블렌드 필름의 수분율을 나타낸 그래프로서, 표준상태 (20±1°C, RH 65±2%)에서 48시간 방치한 상태에서의 무게와 105°C 이상에서의 건조무게를 칭량하여 계산한 결과이다. 순수 세리신의 경우는 약 15%의 수분율을 값을 나타내었고, 순수 키토산 필름의 경우는 약 18%의 수분율을 값을 나타내었다. 수분율 데이터의 경우 그 오차의 범위 내에 있다고 판단되며, 두 종류 모두가 비슷한 아미노기를 가지고 있으면서 친수성이 매우 높은 천연 고분자 물질임을 확인하게 되었으며, 이는 의료용 소재로의 응용에 매우 중요한 인자가 될 수 있다고 판단된다. 세리신/키토산 블렌드 필름의 FT-IR 분석결과를 Fig. 9에 나타내었다. 1,630cm⁻¹ 부근에서의 분자 간 강한 수소결합에 의한 C=O 결합의 신축진동에 귀속하는 amide I peak의 흡수 밴드가 나타났으며, 이것은 단백질의 β-sheet를 형성하는 경우에 나타나는 것으로 세리신이 β-sheet를 형성하고 있음을 보여주고 있는 것이다. 또한 1,521cm⁻¹에서는 N-H 결합의 굽힘 진동에 귀속하는 amide II peak의 흡수 밴드를 나타냈다. 키토산의 경우 1,630cm⁻¹에서 낮은 흡수 피크를 나타낸 반면, 세리신 필름의 경우는 매우 큰 흡수 피크를 나타내었다. 이것은 세리신 분자 내의 amide 결합의 C=O 가 다량 존재함을 알 수

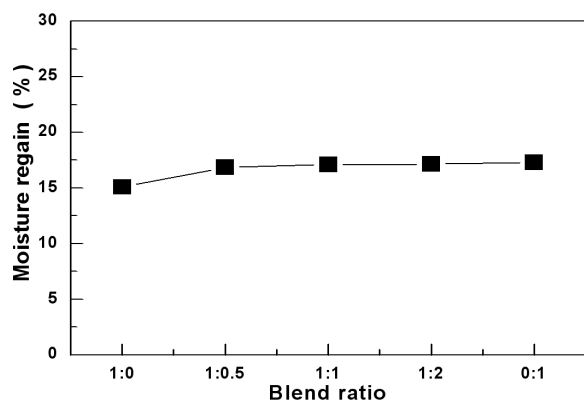


Fig. 8. Moisture regain of sericin blend film according to the blend ratio with chitosan.

있었고, 키토산은 C=O의 결합이 없음을 확인할 수 있었다. 한편 1,521cm⁻¹에서의 N-H 흡수 피크는 세리신과 키토산에 각각 존재하는 관능기로 세리신이 보다 높은 흡수 피크를 보였고, 또한 3,276cm⁻¹에서의 O-H 기의 피크도 키토산보다 세리신에서 더 높은 흡수 피크를 확인할 수 있었다.

한편 Fig. 10는 순수 세리신과 순수 키토산을 각각 블렌드한 필름의 표면과 단면의 구조 사진을 보이고 있다.

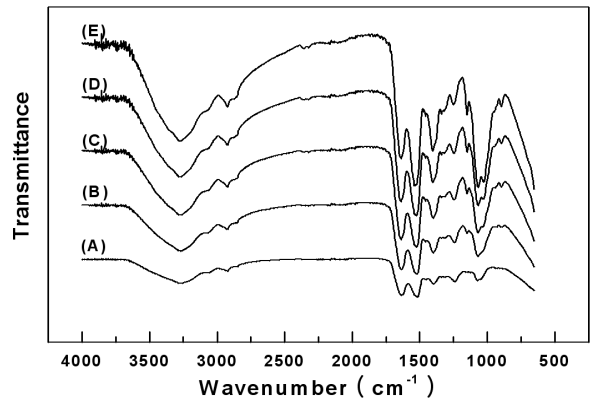


Fig. 9. Infrared spectra of sericin/chitosan blend films with various blend ratio ; (A) sericin, (B) 1:0.5, (C) 1:1, (D) 1:2, (E) chitosan.

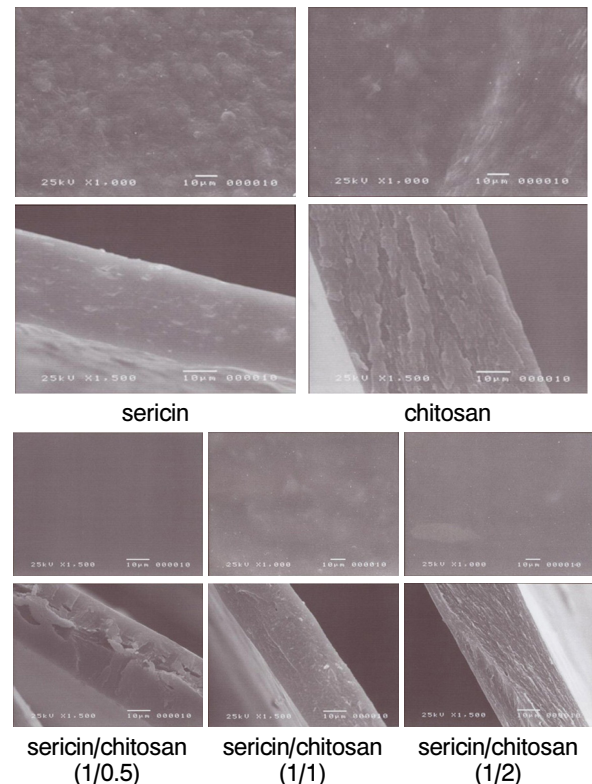


Fig. 10. SEM photograph of surface and cross section for various sericin/chitosan blend films.

사진에서 알 수 있는바와 같이 서로 상용성 물질로써 구조화 되어 각각의 특성을 갖는 블렌드 필름을 확인할 수 있었다. 이는 천연고분자 물질로써 피부 친화적이고 항균성을 갖는 의료용 창상피복재와 같은 소재로서의 활용가능성을 검토하는데 주요한 자료를 제공할 수 있다.

4. 결 론

본 연구는 전해환원수로 추출한 실크 정련 폐액에 대하여 선행연구에서 관형 한외여과막을 이용한 세리신 단백질의 분리특성 및 농축에 관하여 평가하였고, 이러한 결과로 얻어진 세리신 단백질의 농축 용액으로부터 동결해동법에 의한 세리신 분말화 공정 및 세리신/키토산 블렌드 필름에 관한 물리·화학적 특성에 대하여 검토한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 관형 한외여과막을 이용한 세리신 농축 용액으로부터 동결해동법에 의한 세리신 분말화 공정특성은 4°C의 냉장 보관에 의한 세리신 분자간 회합조건의 극대화로 회수율이 10% 증가하였으며, 냉동시간은 고온고압법의 경우 12시간에 비해 6시간의 시간 단축을 가능하게 할 수 있었다.
2. 세리신/키토산 블렌드 필름에 대한 물성은 세리신의 최대하중 (1.2kgf)보다 키토산의 최대하중(6.7kgf)이 높았으며, 신장율은 세리신과 키토산이 각각 96%와 34%의 값을 나타냈다.
3. 세리신/키토산 블렌드 필름에 대한 FT-IR 분석에서 세리신과 키토산 필름은 각각 $1,630\text{cm}^{-1}$ 에서의 C=O 흡수를 나타내는 amide I peak 와 $1,521\text{cm}^{-1}$ 에서의 N-H 흡수를 보이는 amide II peak를 확인할 수 있었다. 또한, 키토산의 함량이 증가할수록 amide I의 흡수값의 감소로써 양 물질간의 친화성을 확인할 수 있었다.

참고문헌

1. S. Salmon and S. M. Hudson, Crystal Morphology, Biosynthesis, and Physical Assembly of Cellulose, Chitin, and Chitosan, *Journal of Macromolecular Science, Part C : Reviews in Macromolecular Chemistry and Physics*, **37**(2), 199-276(1997).
2. J. F. Kennedy, Chitin, *Enzyme and Microbial Technology*, **3**(1), 85-86(1977).
3. J. Rhoades, and S. Roller, Antimicrobial Actions of Degraded and Native Chitosan against Spoilage Organisms in Laboratory Media and Foods, *Applied and Environmental Microbiology*, **66**(1), 80-86(2000).
4. S. Salmon and S. M. Hudson, Crystal Morphology, Biosynthesis, and Physical Assembly of Cellulose, Chitin, and Chitosan, *Journal of Macromolecular Science*, **37**(2), 199-276(1997).
5. Jeong M. G., Kim D. S., Choi Y. H., Son T. W., Kwon O. K., and Lim H. S., Preparation and Properties of Poly(vinyl alcohol)/ Chitosan Blend Films, *Polymer(Korea)*, **28**(3), 253-262 (2004).
6. R. A. A. Muzzarelli, C. Jeuniaux, and G. W. Gooday, "Chitin in Nature and Technology" , Plenum Press, New York, pp.102-104, 1986.
7. C. Peniche, C. Elvira, and J. S. Roman, Interpolymer Complexes of Chitosan and Polymethacrylic Derivatives of Salicylic Acid: Preparation, Characterization and Modification by Thermal Treatment, *Polymer*, **39**(25), 6549-6554(1998).
8. J. Xu, S. P. McCarthy, and R. A. Gross, Chitosan Film Acylation and Effects on Biodegradability, *Macromolecules*, **29**(10), 3436-3440(1996).
9. K. S. Dinesh and R. R. Alok, Biomedical Applications of Chitin, Chitosan, and Their Derivatives, *Journal of Macromolecular Science, Part C: Polymer Reviews*, **40**(1), 69-83(2000).
10. Y. W. Cho, Y. N. Cho, S. H. Chung, G. Yoo, and S. W. Ko, Water-soluble Chitin as a Wound Healing Accelerator, *Biomaterials*, **20** (22), 2139(1999).
11. C. U. Cha, K. S. Bae, I. W. Park, Y. D. Kim, and Y. K. Hong, Separation Performance and Application of Sericin Protein in Silk Degumming Solution(1), *Textile Coloration and Finishing(J. Korean Soc. Dyers & Finishers)*, **21**(6), 56-63(2009).