| 실험 제목 | 실험교사 서명 |
|---|---|
| 옷의 소재중 하나인 '레이온섬유' 만들기 | |

| 고등학교 | 학년 | 반 | 이름 |
|---|---|---|---|
| | | | |

## 1. 실험목표

실험을 통해 고분자의 종류와 고분자의 생성, 고분자의 결합종류 등 전반적인 고분자에 대한 이해를 할 수 있다. 또한 이를 통해 실생활에 사용되는 고분자를 직접 제작 해보는 기회가 될 수 있다.

## 2. 배경이론

### 가. 고분자란?

고분자는 **'플라스틱'**이라는 용어로 주로 혼용되기도 하는데 과학적 의미로는 분자량이 큰 물질을 말한다. 하지만 고분자를 분류하는 분자량의 명확한 범위가 없기 때문에 **일반적으로 고분자는 최소 10000 이상의 분자량**을 가진 물질을 의미한다.

고분자는 크게 단백질, 천연고무, 셀룰로오즈와 같은 천연 고분자와 합성 섬유, 합성 수지와 같은 합성 고분자로 나뉘게 된다. 불과 몇 년 전까지만 해도 많은 사람들에게 생소하게 들리던 고분자라는 용어가 이제는 각종 플라스틱의 주원료를 뜻하는 말로 부담 없이 사용되고 있다. 공기와 물은 인류가 살아가는 데 꼭 필요하지만 우리가 그 고마움을 항상 느끼지는 못하듯이 플라스틱 또는 고분자 역시 인류 생활을 편리하고 윤택하게 하지만 플라스틱이 소중한 재료라고 여기는 사람은 많지 않다.

그러나 인류의 의식주 생활을 자세히 살펴보면 고분자는 너무도 다양한 용도에서 사용되고 있음을 알 수 있다. 장난감, 각종 용기, 포장재 등 값싸고 흔한 일상 용품으로부터 휴대폰, 컴퓨터를 비롯한 최신식 장비, 그리고 인류의 복지 향상에 기여할 의료용품 등에 이르기까지 실로 다양하게 응용되고 있다. 심지어 인간도 단백질, 지방 등 고분자로 만들어 졌다고 말할 수 있으며 현대문명은 플라스틱 문명이라고 불리기도 한다.

## 나. 고분자의 역사

역사적으로 고분자는 아주 오래전부터 인류 생활에서 사용되어 왔다. 천연고분자인 삼베는 신석기 시대에도 사용되었다고 하며 비단은 1~2만 년 전에 이미 중국에서 사용되었다는 기록이 있다. 과학이 발전하면서 고분자의 존재 가능성이 A. Kekule (케큘레)에 의하여 처음 제안 되었다. 케큘레는 자연에서 얻을 수 있는 천연유기 물질들이 특이한 성질을 나타내는 것은 그 물질들의 화학적인 구조가 매우 긴 사슬 형태에 기인할 것 이라고 추정하였다. 또한 그 후 1992년, 독일의 H. Staudinger (스타우딩거)에 의하여 고분자의 개념이 처음 제시 되었으나 스타우딩거의 연구 결과가 발표될 당시에는 고분자라는 개념이 없었으므로, 대부분의 학자들이 쉽게 받아들이지 못하였다. 하지만 스타우딩거는 천연고무가 거대분자 (고분자)의 구조를 가지고 있을 것이라는 상상을 하였고 여러 실험적 사실들을 통해 입증함으로써 고분자를 연구한 학자로서는 처음으로 노벨 화학상을 수상 하였다.

이 후 초기에 나일론을 합성한 캐러더스 (Carothers), 폴리프로필렌, 폴리에틸렌을 합성한 지글러 (Ziegler)와 나타 (Natta)및 플로리 (Flory)등부터 최근엔 전기전도성을 부여한 고분자에 대한 연구에까지 여러 과학자들이 활발히 연구에 매진하고 있다.

## 다. 용어 정리

고분자화학에서 사용된 많은 용어들과 정의들을 전통적인 화학교과서들에서는 볼 수 없으며, 따라서 요약된 용어들을 다음에 간략히 설명하겠다. 다음 중 몇 가지 정의들은 꽤 쉽게 알 수 있지만 또 다른 것들은 설명이 필요하다.

### ▶ 단일체

우선 고분자는 **monomer (단일체)**라는 원료가 중합 (polymerization)됨으로써 생성된다. 즉, 같은 모양의 단일체가 반복적으로 연결되어 사슬형태를 띈 물질을 복합체 또는 고분자라고 하며 사슬형태로 연결되는 과정을 “중합“ 이라고 한다. 이 단일체의 중합은 사슬이 연결되는 방식에 따라 연쇄중합 (chain polymerization)과 단계중합 (step polymerization)으로 구별 할 수 있다.

▶ 열가소성 수지와 열경화성 수지

고분자는 앞서 말한 바와 같이 긴 사슬의 구조인데 이 사슬이 어떻게 결합되어 있는지에 따라 열가소성과 열경화성 고분자로 나뉠 수 있다. 간략하게 설명하자면 열가소성과 열경화성의 차이는 문자의미 그대로 “열에 의해 고분자의 구조가 바뀌는” 물질을 열가소성 고분자, 그리고 “열에 의해 구조가 바뀌지 않는” 물질을 열경화성 고분자라고 말할 수 있다.

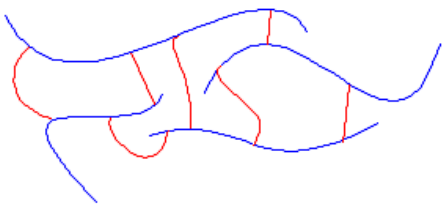
조금 더 구조에 기인한 설명을 추가 하자면, 온도가 상승하면 고분자 사슬의 운동이 활발해져 사슬간의 인력 (2차 결합)이 덜 중요해진다. 따라서 고분자가 자유스럽게 움직일 수 있어 고분자가 액체처럼 흐를 수 있게 된다. 이와 같이 열을 가했을 때 고분자가 흐를 수 있는 성질을 가질 때 이 고분자를 열가소성 고분자로 분류한다.

또한 열경화성 고분자는 고분자가 “가교”되었다 라고도 표현 할 수 있는데, 이때 고분자 사슬간의 결합이 그물망과 같이 1차 결합을 이루고 있기 때문에 온도를 어느 정도 올려도 고분자 사슬들이 서로 붙들려 있고 따라서 분자의 운동이 자유스럽지 못하므로 용융되어 흐를 수 없다. 만약 온도를 더욱 올리면 고분자 사슬과 사슬 사이를 연결하는 결합뿐만 아니라 고분자 사슬 자체가 끊어지기 때문에 고분자가 용융되는 것이 아니라 분해된다.

1차 결합으로 가교된 화학가교 이외에도 수소결합이나, 쌍극자-쌍극자 인력으로 존재하는 가교를 물리가교라고 한다. 비록 수소결합이나, 쌍극자-쌍극자 인력의 결합 에너지는 1차 결합의 결합 에너지보다 작지만 분자 내에 수소결합 또는 쌍극자-쌍극자 결합을 이루는 부분이 매우 많기 때문에 화학가교와 비슷한 특성을 보인다. 이러한 특성을 가진 고분자들을 열경화성 고분자로 한다.



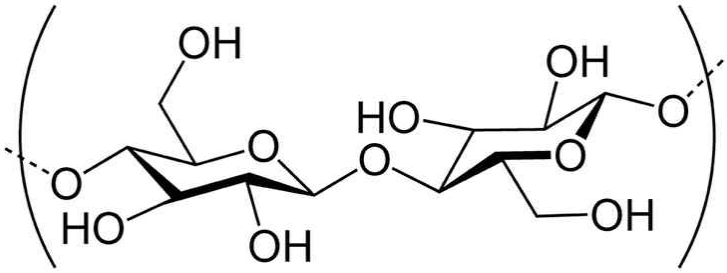
열가소성 고분자의 구조



열경화성 고분자의 구조

라. 셀룰로오즈

셀룰로오즈 (cellulose)는 자연에서 파생된 천연고분자이다. 아래 그림에서 볼 수 있듯이 셀룰로오즈 역시 가교되어 있지 않은 고분자이다. 하지만 구조를 살펴보게 되면 수산화기 (-OH) 그룹이 6탄소 고리마다 3개씩 있고 각 수산화기는 수소 결합을 할 수 있기 때문에 수소결합이 많아질수록 결합의 세기가 세져 열가소성 고분자임에도 불구하고 가교된 고분자처럼 열을 올려주었을 때 용융되기보다는 분해가 일어난다. 따라서 셀룰로오즈의 수산화기를 에스터화반응을 시켜 없애 주거나 수산화기를 없애지 않고 용액에 녹여서 사용을 할 수 있는 방법들이 있다.




셀룰로오즈의 구조

마. 레이온

이번 실험을 통해 제작 할 레이온이라는 섬유는 앞서 설명한 식물성 셀룰로오스를 이용하여 생산하는 인조섬유이다. 화학적 방법으로 견을 생산하려는 시도를 통해 개발되었으며, 1924년에 레이온이라는 이름이 되었다. **레이온은 셀룰로오스가 용액으로 전환되었다가 다시 섬유 형태로 환원될 수 있기 때문에 재생섬유라고 한다.** 부드러운 목재나 면(면화씨에 붙어 있는 솜털)에서 얻은 셀룰로오스는 화학적으로 처리하여 용액 형태로 만들고 이를 방사(spinning)하여 천연 혹은 인조 섬유를 함께 꼬아서 실을 생산하게 된다. 레이온은 길이가 긴 필라멘트 형태로 압출된 뒤 공기 중 노출이나 화학적인 처리를 통해 응고된다. 이 섬유의 정상적인 고광택을 줄이기 위하여 용액에 다른 물질을 첨가하기도 한다. 대부분의 비스코스 레이온은 보통 나일론과 맞먹는 강도와 신도(伸度)가 있으나 습윤시를 제외하고는 탄성이 낮다. 수분의 침투가 쉬워서 자체 무게의 13%까지 수분을 흡수하며 습윤시에는 팽창하여 강도가 떨어진다. 185~205℃ 정도에서 분해되고 불이 쉽게 붙는다. 햇빛에 노출되면 강도가 점차 떨어지지만 변색되지는 않는다.

바. 실 험 과 정 보충설명

첫 번째 스텝: 농축된 황산구리 용액이 암모니아수와 화학적 반응을 통해 수산화 구리가 되고 이것이 파란물질로 석출이 되고 반응식은 다음과 같다.

$$Cu^{2+}(aq) + 2OH^{-} \rightarrow Cu(OH)_2(s)$$

두 번째 스텝: 수산화구리가  암모니아수와 반응을 하여 수산화사아민화구리 (tetraaminecopper (II) hydroxide) 용액이 되며 이는 셀룰로오즈를 용해시킬 수 있는 용액이 된다. 이 용액을 슈바이쳐 용액이라고도 한다.

$$Cu(NH_3)_4(OH)_2$$

세 번째 스텝: 셀룰로오즈가 위에 제조된 수산화사아민화구리 용액에 녹게 되고 반응식은 다음과 같다.

$$nCU^{2+} + (C_6H_{10}O_5)n + 2nOH^{-} \rightleftarrows [CuC_6H_8O_5]_n + 2nH_2O$$

3. 실험재료 셀룰로오즈 (탈지면), 황산구리, 증류수, 0.5 M $H_2SO_4$ (황산), 진한 암모니아수 (약28%)

4. 실험기구 비커, 유리막대, 피펫, 깔때기, 스포이드, **주사기,** 필터용 거름종이, 장갑, 마스크

5. 시간구성

| 단계 | 실습 내용 | 시간 |
|---|---|---|
| 1 | 인사 및 출석체크와 조편성 | 5분 |
| 2 | 실험실습 제목 및 목표 소개 | 5분 |
| 3 | 배경 이론 및 실험 방법 설명 | 30분 |
| 4 | 실험 실습 | 90분 |
| 5 | 결과 정리 및 고찰 | 5분 |
| 6 | 토론 및 보고서 작성 | 40분 |
| 7 | 총평 및 정리 | 5분 |

## 6. 실험방법

1. 수산화구리(Ⅱ) 용액 만들기

a. 비커에 50 mL의 물을 붓는다.

b. 포화상태에 이를 때까지 황산구리를 넣어 준다(약 2 g).

c. 일정하게 저어 주면서 푸른색 (또는 푸른 녹색)을 띤 침전물이 생길 때까지 진한 암모니아수 수용액을 한 방울씩 계속 떨어뜨린다. 한꺼번에 너무 많이 암모니아 수용액을 넣지 말아야한다. 만약 용액이 어두운 푸른색으로 되면 다시 시작해야한다.

2. 침전된 수산화구리(Ⅱ) 용액을 여과지로 여과한다. 이것을 한 번 씻은 다음 여과액을 버린다.

3. 여과지와 침전물을 새로운 500 mL 비커에 넣고 준비된 셀룰로오즈(탈지면, 종이 여과지 등)를 넣고 비커에 다음 40 mL의 진한 암모니아 수용액을 첨가한다. 종이가 모두 녹아 잘 부을 수 있게 묽게 될 때까지 충분히 저어준다.

4. 80 mL의 0.5 M 황산 용액을 넓은 접시에 준비한다.

5. 주사기로 3번에서 만든 푸른 용액을 채운다. 주사기 끝을 황산 표면 안쪽에 집어넣은 뒤 가볍게 푸른 용액을 분출시킨다. 일정한 압력으로 분출하면 일정한 두께의 레이온 실을 얻어낼 수 있을 것이다.

6. 몇 분 동안 레이온의 실을 관찰하고 흰색으로 변했을 때 실을 꺼내 몇 차례 씻은 다음 말린다.

## 7. 실험결과

(가) 결과물의 색깔, 촉감, 두께, 형태에 대해서 기술해보자.

(나) 섬유형태가 잘 만들어 졌다면 다른 조의 결과물과 비교해보고 차이가 있다면 어떻게 다른지 확인해보자.

(다) 수산화구리의 반응식을 알아보고 수산화사아민구리의 형성 과정식을 알아보자.

(라) 레이온섬유는 열가소성 소재인지 열경화성 소재인지 알아보고 그 이유에 대해서 설명해보자.

## 8. 고찰

**고찰이란?**

실험을 통하여 결과를 얻었을 때, 실험 과정과 결과에 대해 생각하고 연구하는 것을 의미한다. 실험 결과가 좋던 나쁘던 관계없이 실험 과정에서 발생할 수 있는 오류에 대해 생각하여 기재하고, 실험 결과에 대해 전체적인 정리를 하고, 더 나아가 실험과정과 결과를 이용하여 더 깊이 연구할 수 있는 실험에 대해 생각하고, 어떤 분야에 응용할 수 있는지에 대해 생각해보도록 하자.

9. 토론

레이온섬유의 원료는 무엇이며 그 구조에 기인하여 레이온소재는 수분 흡수를 잘할 수 있을지에 대해 생각해보자.

10. 느낀 점 **실험을 배우고 진행하며 느낀 점과 배운 점에 대해 글을 작성해 보자.**