

# Methylene blue-PVA 線量計

釜山大學校 物理學科

鄭雲赫 · 金鶴守 · 金賢姉 · 鄭喜太

## 요 약

Methylene blue-PVA 필름을 만들어 krad 영역의 線量計로서 사용할 수 있는지를 조사하였다. 線源으로서 X-선을 사용하였고, 일정량의 X-선을 照射한 후 methylene blue의 吸收波長 670 nm에서 分光分析計로써 optical density를 측정하여 照射線量에 대한 optical density 곡선을 얻었다. dose-optical density 곡선은 비교적 좋은 比例性和 합리적인 再現性を 보였다. 따라서 본 methylene blue-PVA系는 이 線量영역의 線量計로서 적합함을 시사해준다.

## 서 론

염료용액의 X선照射에 의한 탈색현상은 많이 연구되었다<sup>1)</sup>. Stenstrom과 Lohmann<sup>2)</sup>은 methylene blue 염료를 정량적인 線量計로서 발전시키려고 시도하였으나, 상이한 시료로써 동일한 결과를 재현하는데 문제점이 있음을 발견하였다. Methylene blue(Mb)는 방사선화학에 관한 가장 완전히 연구된 염료중의 하나이다. 이것은 화학적 환원을 통해서 쉽게 무색의 leuco형으로 되는데, 이 leuco형은 blue형보다 두개 더 많은 수소원자를 포함하고 있다<sup>3)</sup>. 산소가 있을 때는, 이 leuco형은 자발적으로 산화해서 blue형으로 되돌아간다. 이 염료의 붉은 용액에 방사선을 쬐이면 이것은 무색으로 변하나, 이어서 산소를 넣으면 색은 일부분만이 재생된다. 따라서 염료의 일부는 leuco형으로 전환되나 다른 일부는 비가역적으로 파괴된다고 할 수 있다. 최근 Day와 Stein<sup>4)</sup>, 및 Hayon<sup>5)</sup>등은 ethanol 혹은 lactic과 같은 유기용질을 추가하면 가역적 탈색률을 높이는 반면, 염료의 비가역적 파괴는 거의 전적으로 금지된다는 사실을 발견하였다. Leuco형으로의 환원은 H원자에 의해서 이루어지고, Mb의 비가역적 파괴는 OH radical에 기인한다. 이 추가적인 유기용질은 OH와 반응해서 OH가 염료자체와 직접 작용하는 것을 막아주는 역할을 한다. 한편 이렇게 해서 이

루어진 유기 radical들은 leuco형으로의 환원을 추가해준다.

본 연구에서는 照射試料로서 methylene blue의 수용액을 쓰는 대신에 methylene blue-PVA를 필름형태로 만들어 X-선을 照射하였다. 이렇게 했더니 시료를 공기중에 놓아두어도 한번 방사선조사에 의해 이루어진 탈색은 그대로 오랫동안 유지되었으며, 分光分析에 의하면 만족할만큼 직선적인 선량과 흡광도의 상관곡선을 얻었고, 또 재현성을 나타냄으로써 본 Mb-PVA系가 방사선 선량계로서 적용가능하다는 것을 새로이 발견하였다.

## 실험 및 결과

Methylene blue의 수용액이나 혹은 cellophane에 흡착된 필름형태의 시료를 X선에 쬐이면 특히 공기중에서 탈색이 회복되어 색깔을 도로 찾게 된다. 따라서 탈색의 정도로서 X선의 照射線량을 가늠하기에는 어려운 점이 많다. 따라서 본 연구에서는 우선 PVA분말을 가열해 주면서 물에 녹인다음 미량의(약  $10^{-3}M$ ) methylene blue를 섞어 충분히 오랫동안 적당히 가열해 주면서 저어서 균질의 Mb-PVA 용액을 만 들었다. 이 용액을 유리판에 균일하게 펼친다음 며칠동안 굳혀서 필름형태의 시료를 얻었다. 이 필름을 적당한 크기로 잘라서 X선에 照射시켰다. X선원의 선량률은 정

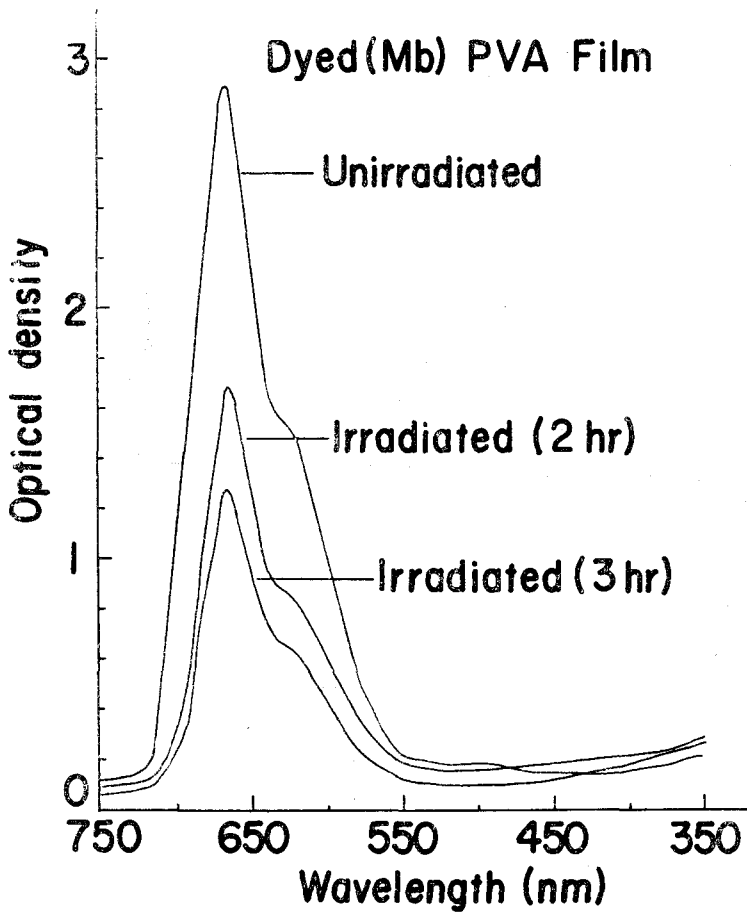


Fig. 1. Spectra of the decolorisation in Methylene blue-PVA.

확히 교정하지는 않았으나 본 실험에서 사용된 線量은 krad 영역에 해당되리라고 추정된다. 시료마다 X선照射 시간을 달리하여 그에 대응하는 흡수파장 670 nm 에서 optical density의 변화를 측정하였다.

Fig. 1은 흡수파장 670 nm에서 照射시간에 따르는 optical density의 변화를 보여준다. 흡수파장 670 nm에서 optical density대 照射시간의 관계를 그래프 나타내면 그림 Fig. 2와 같다. 여기서 보면, 조사시간 0~5시간 사이에서 (대략 krad 범위로 추정) optical density는 직선적으로 변화함을 알 수 있다. 또 다른 시료로써 실험을 반복해도 같은 결과를 얻었다. 이 線量 optical density의 직선성과 결과의 재현성은 krad의 선량범위에서 methylene blue-PVA를 線量計로서 적절히 사용할 수 있음을 시사해 준다.

는 의

중건의 Mb 수용액 혹은 cellophane 등의 침착필름을 이용한 선량계에 있어서는 공기를 넣으면 탈색이 회복되기 때문에 시료를 진공중에 유지해야 되는 불편이 있었으나, 본 연구에서 시도한 Mb-PVA系에서는 거의 영구적으로 시료를 공기중에서 다루어도 무방하다는 것을 발견하였다. 그렇게 되면 선량계로 이용하는데 훨씬 더 간편하게 된다. 670 nm에서 측정된 optical density의 선량에 대한 변화도 아주 좋은 직선성을 보였고, 또 재현성도 좋았다. 이와같이 공기중에서도 탈색이 회복되지 않고 그대로 유지될 수 있다는 것은 Mb 염료가 PVA 속으로 스며들어가 박혀짐으로써 PVA 자체가 Mb에로의 공기유통을 막아주는데 원인이 있지

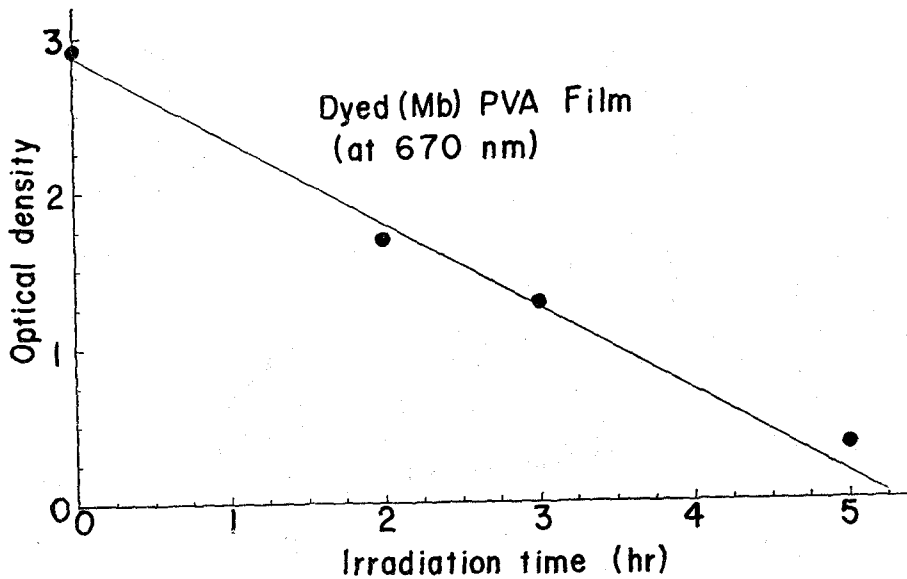


Fig. 2. Typical optical density-dose plot of the extent of total decolorisation of methylene blue-PVA films.

않나 생각된다. 그러나 확실한 근거는 방사선 화학적으로 더 연구되어야 하리라 믿는다. 그 밖에 또 본 연구에서 미처 확인하지 못한 점은 X-선원의 선량률을 측정하지 못했던 것과 Mb의 농도에 대한 변화를 조사해 보지 못한 것이다. 앞으로 이 점을 보완하고, 또 선량범위를 연장해서 시도해 볼 계획이다.

본 연구에 시설을 허용해 주고 여러모로 도움을 준 부산대학교 무기재료공학과와 화학과의 교수님들 및 대학원생들에게 깊은 감사를 표하는 바이다.

### 참 고 문 헌

1) G. L. Clark and K.R. Fitch, Radiology 17, 285

(1931).

2) W. Stenstrom and A. Lohmann, Radiology 21, 29(1933); 22, 304(1934); Proc. Soc. Exp. Biol. Med. 32, 1498(1935).

3) A. O. Allen, "The Radiation Chemistry of Water and Aqueous Solutions," D. Van Nostrand, Princeton, 1961.

4) M. J. Day and G. Stein, Rad. Res. 6, 666(1957).

5) E. Hayon, G. Scholes, and J. Weiss, J. Chem. Soc. 1957, 301.

### Methylene blue-PVA Dosimeter

W. H. Chung, H. S. Kim, H. J. Kim, and H. T. Jung

Department of Physics, Pusan National University

=Abstract=

A methylene blue-PVA system has been tested as a krad range dosimeter. Mb dye films were fabricated by casting PVA in solution with the methylene blue. In the air the system was irradiated by X-ray and the decolorisation of the dye film was found to remain unchanged for sufficiently long time. The radiation response on optical density at 670 nm in the Mb-PVA system shows a quite good linearity and reproducibility in the krad range.