

Ferrocene을 전자전달 매개체로 하는 글루코오스 센서의 특성 연구

박종호, 강 문식, 전 경용, 조 영일
연세대학교 화학공학과

A study on characteristics of glucose sensor using ferrocene as electron transfer mediator

Jong-Ho Park, Mun-Sik Kang, Kyoung-Yong Chun, Yung-Il Joe
Dept. of Chemical Engineering, Yonsei University

서 론

계면활성제의 균일한 양호성 구조와 수용액에서 회합 성질은 수용성 용해 용질분자나 비용해성 용질의 분리와 가용성을 주는등 다양한 기능을 제공한다. 이러한 기능으로부터 미셀용액은 분석화학, 재활성 조절, 생체막이나 생물공정 시스템의 모델링등 많은 영역에 이용되고 있다. 또한 계면 활성제 용액의 사용은 전기분석 측정을 용이하게 하며 무기 복합체의 양적인 분석에 선택도와 감도를 향상 시킬 목적으로 사용될 수도 있다.

본 연구에서는 글루코스 효소를 전도성 고분자 필름에 전해중합법으로 고정화 하여 글루코스에 선택적 특성을 갖는 효소전극을 제조할 목적으로, 전자 전달 매개체인 ferrocene의 불용성인 성질을 가용화 하기 위하여 음이온 계면활성제 sodium dodecyl sulfate(SDS)를 이용한 전해중합을 통해 polypyrrole 필름에 글루코스 효소와 동시에 고정화하여 효소전극 제조에 이용할 수 있는 성분의 수를 늘이는 효과를 얻고자 하였다.

이 론

전통적으로 전기분석 화학의 중요한 두가지 문제점은 상대적으로 불용적이고 전기적 불활성 물질의 분석에 관한 것이다. Mineral 같은 물질은 수용성 혹은 비수용성 매질에 불용이기 때문에 전기화학 분석방법으로 분석하기 어렵다. 대부분 유기물질은 물에 불용성이거나 약간 녹기 때문에 유기성분의 전기화학방법은 비수용성 용매계에 제한되었다. 이러한 용매계에서는 산화환원에 이용할 수 있는 전위차는 유한하며, 또한 많은 화학물질은 수용성 전해질 이용할 수 있는 전위차에서 전기적으로 불활성이다. 이 전위차 밖에서는 용매나 지지전해질이 파괴된다. 이러한 전위차는 수용성계에서 전기화학적으로 분석할 수 있는 성분의 수를 제한한다.

그러나 대부분의 경우 계면활성제를 이용하면 이런 두가지 문제점을 극복할 수 있다. 계면활성제는 소수성기와 친수성기를 갖고 있으며 미셀과 에멀전 형성으로 불용성 물질의 분산을 돕는다. 더구나 소수성 염으로 작용하면서 분석 뿐만 아니라 합성반응에 대한 유기성분의 용해도를 증가시킨다. 본질적으로 소수성막으로 덮인 전극은 수용액에서 비수용 전해를 할수 있다. 그래서 전위차를 증가시킬수 있고 이러한 수용성계에서 효과적으로 산화될 수 있는 성분의 수를 증가시킬수 있다.

실 험

본 실험의 글루코스 산화전류 측정, pyrrole의 전해중합과 cyclic voltammetry 은 백금 작용전극, 백금 코일 counter전극, 기준전극으로 saturated calomel 전극(SCE)로 구성된 3전극 셀에서 수행하였다. 백금 면적은 0.1 cm^2 이었다.

모든 실험은 실온에서 potentio-Galvano scan(Wenking PGS 81)을 사용하였고 기록은 X-Y recorder(YOKOGAWA 3025) 상에 기록하였다.

전해중합의 전기화학적 특성을 고려하기 위해 cyclic voltammetry법을 이용하여 anode측에서의 전위를 변화시키고 산화환원 전류변화를 관찰하였다. 전해중합은 초기전류를 조정하였고, 전해중합시 anode에 polypyrrole이 합성되는데 이때의 전극을 GOD/FC/PPy 전극이라 명칭 하였다.

Polypyrrole 필름에 ferrocene과 GOD의 고정화를 ferrocene과 GOD의 농도를 변화시키면서 전해중합을 행하였다. 위와 같이 중합된 GOD/FC/PPy 전극의 특성을 알아보기 위해 기지의 글루코스 농도에 따른 전류응답 변화와 pH에 따른 전류응답을 X-t 레코드 상에 기록하였다.

결과 및 토론

계면활성제를 이용한 전해중합 결과 전해지지질 없이 polypyrrole이 합성 되었고, 기존에는 pyrrole의 합성이 0.6 V/SCE 이상에서 합성되었는데 계면활성제를 사용한 전해중합은 중합 개시 전위창을 negative하게 확대시켜 산화 될수 있는 성분 수를 증가시킬 수 있었다(Fig.1, Fig.2)

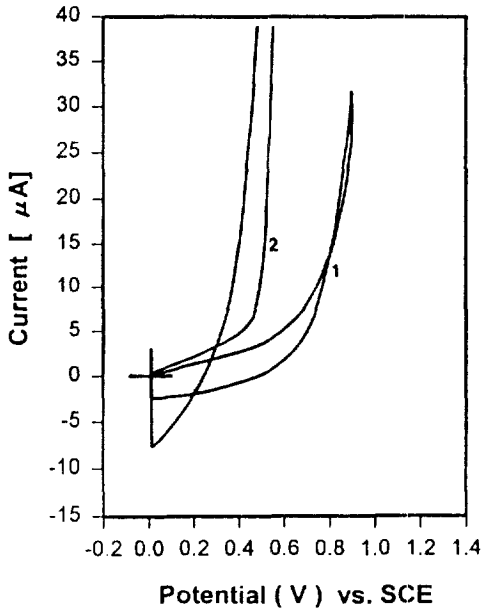


Fig.1. Cyclic voltammogram of electropolymerization of pyrrole using SDS: (1) with no addition, (2) with 8mM SDS Scan rate : 50mV/s

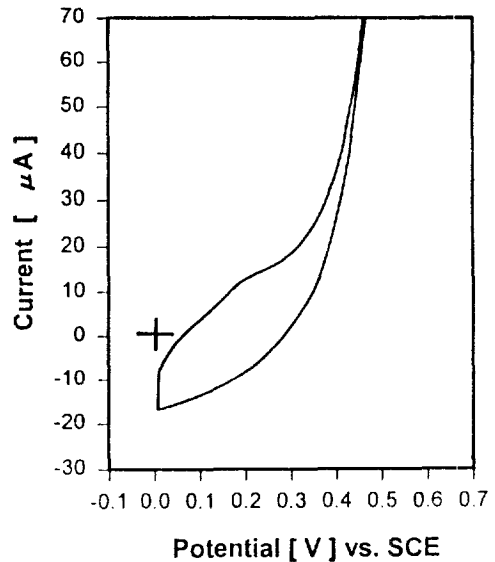


Fig.2. Cyclic voltammogram of electropolymerization of pyrrole using SDS with ferrocene. Scan rate : 50mV/s.

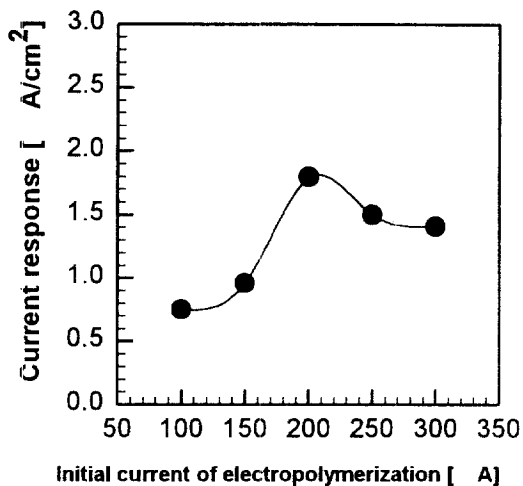


Fig.3. Current response of GOD/FC/PPy electrode prepared under different initial current. (10 mM glucose)

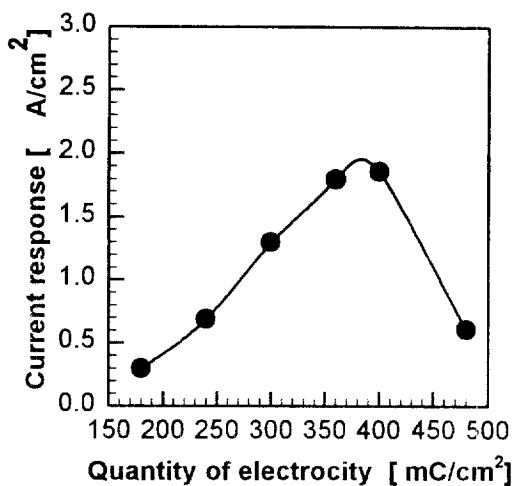


Fig.4. Current response of GOD/FC/PPy electrode to glucose as a function of quantity of electrocivity.

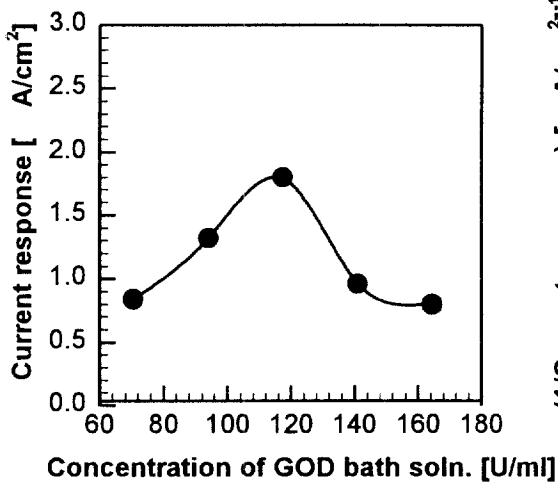


Fig.5. Current response of GOD/FC/PPy electrode to glucose as a function of GOD bath solution concentration. (10 mM glucose)

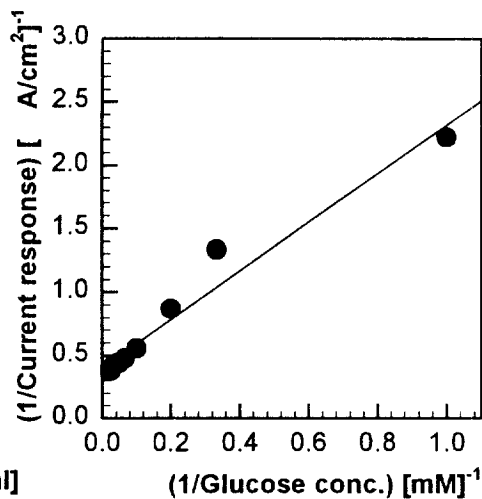


Fig.6. Lineweaver-Burk type plot for the GOD/FC/PPy electrode.

또한 초기 설정 전류 $200 \mu\text{A}$, polypyrrole의 침적 전기량 360 mC/cm^2 , GOD 농도 117.5 U/ml 에서 GOD/FC/PPy 전극의 최적조건을 알 수 있었다 (Fig.3, Fig.4, Fig.5).

최적 조건으로 제작된 GOD/FC/PPy 전극의 글루코오스 전류응답은 15 mM glucose 농도까지 선형적인 관계를 얻었으며, pH 5.3 ~ 8.0 사이에서 안정적인 전류응답을 보였다. 또한 겉보기 Michaelis-Menten 상수 $Km' = 4.76 \text{ mM}$, 최대 전류 밀도 $i_{\text{max}} = 2.48 \mu\text{A/cm}^2$ 를 얻었다(Fig.6).

참 고 문 헌

1. Anthony E. G. Cass and H. Allen O. Hill.: *J. Anal. Chem.*, 56, 667 (1984).
2. Mark A. L. and James Q. C.: *Analytica Chimica Acta*, 175, 89 (1985).
3. Raymond A. M. and John texter.: "Electrochemistry in Colloids and dispersions", VCH, New York, 1992.
4. Yeh, P. and Kuwana, T.: *J. Electrochem. Soc.*, 123, 1334, (1976).
5. Franklin, T. C. and Nnodimele, R.: *J. Electrochem. Soc.*, 135, 1944 (1988).