

이송완충용액 유속 변화에 따른 흐름주입식 바이오 센서의 전류값 특성

Current Characteristics of Flow Injection Type Biosensor as the Velocity of Carrier Buffer Solution

송 대 빈* 정 호 석*
정희원
D. B. Song H. S. Jung

1. 서론

흐름주입식 바이오센서는 연속적인 흐름을 유지하는 완충용액 중에 효소와 반응대상물(기질)을 투입하여 반응 결과 발생하는 과산화수소의 농도를 전위차나 전류값으로 측정하여 반응대상물의 농도를 측정하는 방법이다. 일정한 전위차를 갖는 양극과 음극 전극봉 사이를 흐르면서 과산화수소수는 산화되어 전자를 방출하게 되고, 방출된 전자는 양극 전극봉으로 이동하여 과산화수소수의 농도에 해당하는 전류값으로 검출된다. 이러한 전류값 검출의 구조적으로 특성상 흐름주입식 센서는 전극봉 사이를 흐르는 완충용액의 유속에 민감한 영향을 받게 되며, 이는 센서 구성의 기본이 되는 이송완충용액 공급펌프의 용량과 형식 선정, 이송관로의 규격 결정, 작동 시간 결정 등 센서 장치를 개발하는 결정적인 요인이 된다.

따라서 이 연구에서는 흐름주입식 바이오센서의 중요한 부분인 전류측정 장치 개발을 위해 전극봉의 기하학적 형태와 이송완충용액의 유속에 따른 전류값 특성을 파악하고자 하였다.

2. 재료 및 방법

가. 실험 재료

1) 실험 장치

실험에 사용된 흐름주입식 바이오센서는 그림 1과 같이 구성되었다. 2번 펌프에 의해 토출된 이송완충용액은 4번 인젝션 밸브와 5번 전류측정 장치를 순차적으로 통과한다. 인젝션 밸브는 유로 선택에 따라 3번 펌프에 의해 기질과 1번 펌프에 의해 효소가 차례로 투입된다. 인젝션 밸브를 통과한 기질과 효소는 인젝션 밸브와 전류측정 장치 사이의 흐름 관로 내에서 혼합과 반응이 이루어지며 전류측정 장치의 전극봉 사이를 통과하여 배출된다. 전류측정 장치는 은과 백금으로 제작된 원형 전극봉과 전류계로 구성되었으며 측정된 전류값은 자료수집 장치(Lab VIEW)를 이용하여 컴퓨터에 저장되게 하였다.

* 경상대학교 농업생명과학대학 농업시스템공학부 생물산업기계공학전공

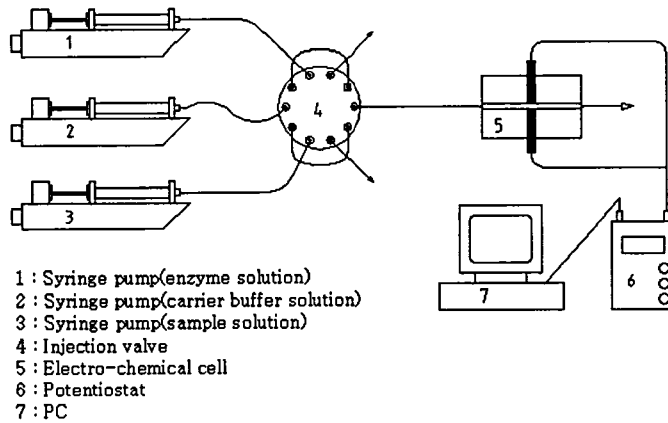


Fig. 1. Schematic diagram of sensor.

2) 실험 재료

실험에 사용된 재료의 종류 및 상세한 규격은 표 1과 같다. 모든 용액은 증류수를 사용하여 제조하였다. Sodium phosphate(mono/dibasic), sodium chloride, 증류수를 사용하여 0.5M의 Sodium phosphate 완충용액(pH6.86, 10mM NaCl)을 제조하였다.

Table 1 Specification of the experimental materials

| Descriptions | Specifications | Remarks |
|-------------------|----------------------------|--------------------|
| Glucose oxidase | EC 1.1.3.4, X-S, 245.9U/mg | Sigma Chemical Co. |
| D-glucose | | Sigma Chemical Co. |
| Hydrogen peroxide | | Sigma Chemical Co. |
| Sodium Phosphate | Monobasic | Sigma Chemical Co. |
| Sodium Phosphate | Dibasic | Sigma Chemical Co. |
| Sodium Chloride | | Sigma Chemical Co. |

나. 실험 방법

1) 과산화수소수를 사용한 유속과 전류값 특성

과산화수소수를 사용하여 전극봉 직경(4 수준)과 유속(4 수준)에 따른 전류값 특성을 측정하였다. 각 수준에서 5회 반복하여 평균값을 사용하였다.

2) 기질과 효소를 사용한 유속과 전류값 특성

기질(glucose)과 효소(glucose oxidase)를 사용하여 전극봉 직경(4 수준)과 유속(4 수준)에 따른 전류값 특성을 측정하였다. 각 수준에서 5회 반복하여 평균값을 사용하였다.

3. 결과 및 고찰

가. 과산화수소수를 사용한 유속과 전류값 특성

전극봉 크기와 유속에 따른 전류값의 특성은 그림 2와 같다. 과산화수소수를 사용한 경우, 전류값은 전극봉의 크기보다는 유속에 따라 변하는 것을 알 수 있다. 특히 유속 0.16 cm/s에서 최대값이 나타나고 그 이하나 이상의 유속에서는 작아지는 것을 알 수 있다.

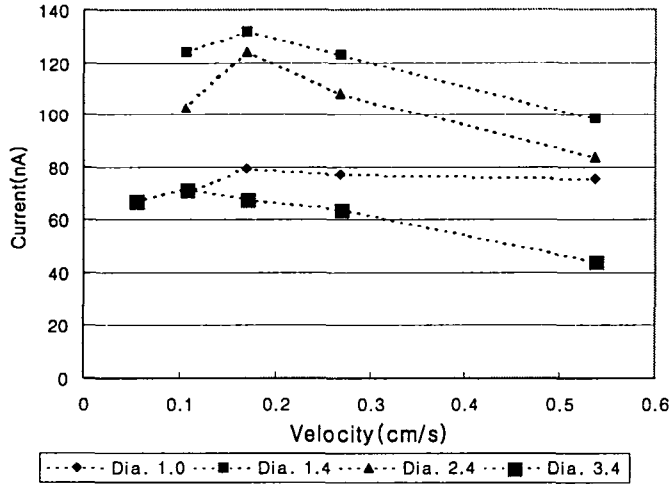


Fig. 2. Currents of a sensor as the velocity and electrode size.

나. 기질과 효소를 사용한 유속과 전류값 특성

그림 3, 4, 5, 6은 전극봉 직경과 간격이 각각 1.0, 1.4, 2.4, 3.4 mm에서 기질(glucose)과 효소(glucose oxidase)를 사용한 전류값, 기울기, 작동시간을 각각 나타낸 것이다. 여기서 기울기는 최대전류값까지 상승하는 정도를 나타내는 것이다. 그림에서 전극봉 직경 1.4 mm를 제외하고 유속이 느릴수록 전류값이 상승하는 것을 알 수 있다. 이는 과산화수소수를 사용한 경우와 달리 효소와 기질의 반응시간이 길어지면서 과산화수소수가 많이 생성된 결과이다. 따라서 전류값과 기울기가 급격하게 변화되는 지점과 작동시간이 10분을 초과하지 않는 지점을 고려하여 적정유속을 결정하는 것이 가장 적절할 것으로 생각된다. 이를 기준으로 전극봉 직경에 따른 적정 유속은 직경 1.0과 1.4 mm의 경우 0.10~0.15 cm/s, 2.4와 3.4 mm의 경우 0.05 cm/s로 판단된다. 그림 7과 8은 전극봉 직경 2.4와 3.4 mm의 경우 전극봉 간격을 1.5 mm로 한 실험결과로 그림 4, 5와 유사한 경향을 나타냈다. 따라서 전류값 특성이 전극간 거리보다는 전극봉 단면적에 따라 달라진다는 것을 알 수 있다.

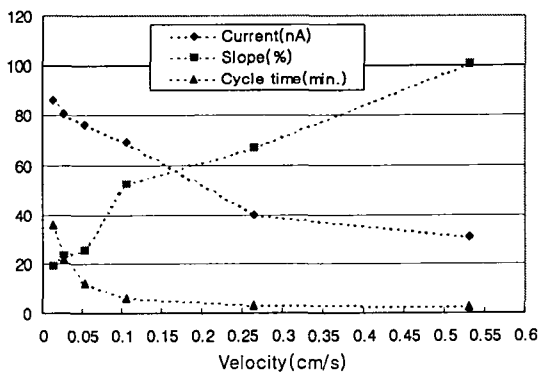


Fig. 3. Characteristics of a sensor as the velocity (dia. 1.0 mm, dis. 1.0 mm).

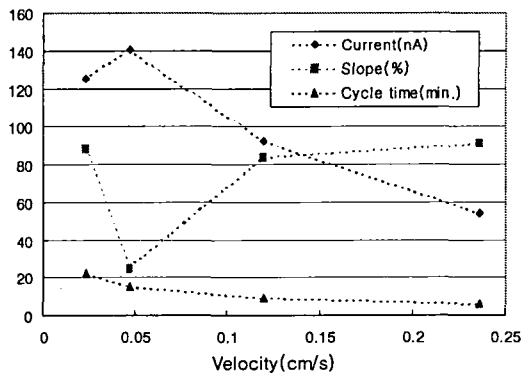


Fig. 4. Characteristics of a sensor as the velocity (dia. 1.4 mm, dis. 1.5 mm).

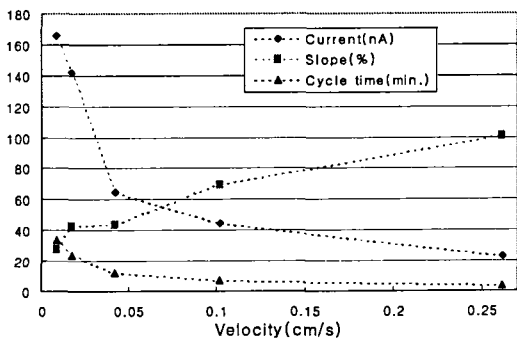


Fig. 5. Characteristics of a sensor as the velocity (dia. 2.4 mm, dis. 2.5 mm).

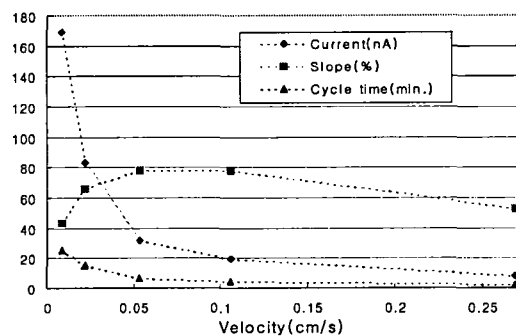


Fig. 6. Characteristics of a sensor as the velocity (dia. 3.4 mm, dis. 3.5 mm).

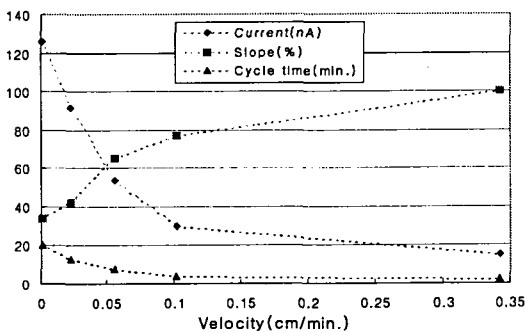


Fig. 7. Characteristics of a sensor as the velocity (dia. 2.4 mm, dis. 1.5 mm).

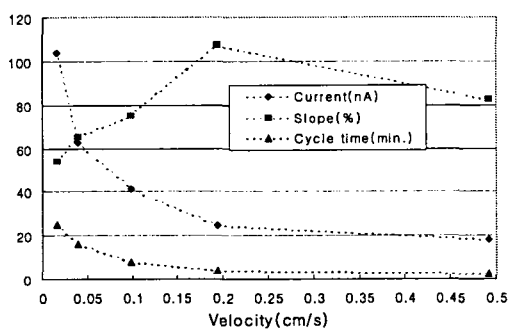


Fig. 8. Characteristics of a sensor as the velocity (dia. 3.4 mm, dis. 1.5 mm).

4. 요약 및 결론

흐름주입식 바이오센서의 전류측정 장치 개발을 위해 전극봉의 크기와 유속에 따른 전류값을 측정하였다. 과산화수소수를 사용한 실험 결과 전류값은 전극봉 크기와 관계없이 유속 0.16 cm/s에서 최대 전류값을 나타냈다. 기질(glucose)와 효소(glucose oxidase)를 사용한 실험 결과 전류값은 과산화수소수와는 달리 유속이 느릴수록 효소와 기질의 반응시간이 길어져서 높게 나타났다. 따라서 전류값, 전류값 상승 기울기, 작동시간을 고려하여 적절한 유속을 결정하는 것이 가능할 것으로 판단되었으며, 따라서 전극봉 직경에 따른 적정 유속은 직경 1.0과 1.4 mm의 경우 0.10~0.15 cm/s, 2.4와 3.4 mm의 경우 0.05 cm/s 로 예상되었다.

5. 참고문헌

Song, D. B. and J. Irudayaraj. 2003. Measurement of glucose concentration using μ FIA biosensor. J. of KSAM. Vol. 28(5):465-468