

# 비침투식 글루코스 농도 측정의 정확성 향상 방안

## Enhancing of Accuracy for Non-invasive Measurement of Glucose Level

임성수, 김기도, 손근식, 이상신

광운대학교 전자공학과

[slee@kw.ac.kr](mailto:slee@kw.ac.kr)

당뇨병 환자의 발병률이 전 세계적으로 빠르게 증가하고 있어, 혈당을 측정하는 것이 세계적 이슈가 되고 있다. 주기적인 혈당 측정은 당뇨병에 의해 유발되는 심각한 합병증의 위험을 줄이고, 효과적인 치료를 하는 데에 매우 중요하다. 자가 혈당 측정 기술은 최근 몇 년 사이에 많은 기술적 발전을 이루었다. 예를 들어, MiniMed사에서 개발한 CGMS (continuous glucose monitoring system)은 수 일 동안 일정 시간 간격을 두고 연속적인 혈당 수치를 체크할 수 있게 해준다. 또한, Cygnus사에서 개발한 글루코와치 바이오그래퍼 (GlucoWatch biographer)는 한번에 12시간까지 20분 단위로 글루코스 농도를 자동으로 측정할 수 있게 해준다. 무채혈 혈당 측정은 채혈방식에서 수시로 손가락에서 채혈하는 불편함과 고통을 감소시켜 줄 수 있는 장점을 지니고 있다. 하지만 채혈방식에 비해 정확성이 떨어지는 단점을 가지고 있어, 정확성을 향상 시키기 위한 연구가 많이 진행되고 있다.<sup>(1)</sup>

본 논문에서는 광학 방식의 투과 방법을 이용한 비침투식 글루코스 농도 측정의 정확성 향상을 목표로 하여, 투과되는 광경로의 영향과 기준광을 사용한 보정 방법들을 확인해 보았다. 두 실험은 공통적으로 물에 대한 흡광도가 적고, 글루코스 농도에 의한 변화가 비교적 큰 980 nm의 단일파장을 갖는 광원을 사용했고, 실리콘(Si) 광검출기를 이용하여 투과된 광파워를 측정하였다. 사용된 글루코스 용액 샘플은 0~5 g/dL 범위로 증가시켰다.

우선, 광이 투과하는 경로에 의한 영향을 알아보았다. 글루코스 용액을 각각 1, 2, 5 cm의 길이를 갖는 용기에 담아 실험을 진행하였고 그 결과는 그림 1에 나타나있다. 광경로가 1 cm일 때,  $-4.01 \times 10^{-4}$  AU/(mg/dL), 2 cm에서  $-1.72 \times 10^{-3}$  AU/(mg/dL), 5 cm에서는  $-4.32 \times 10^{-3}$  AU/(mg/dL)의 흡광도가 측정되었다. 980 nm의 특성에 따라서 글루코스 농도가 증가함에 따라서 흡수량이 감소하는 경향을 보였고, 광경로가 1 cm에서 2 cm, 5 cm로 증가할 때, 광 흡광도가 각각 약 4.3배와 10.8배 정도의 차이를 보이며 증가하는 것을 확인하였다. 다음으로 각각의 광경로에서의 측정된 흡수량을 이용하여 표준예측의 오차값을 구해보았다. 1, 2, 5 cm에서 각각 345, 99, 37 mg/dL의 결과를 얻었다. 따라서 광경로가 증가할수록 흡광도가 증가하고, 표준예측의 오차도 감소하여 글루코스 농도 측정의 정확성이 향상됨을 알 수 있었다.

위의 결과에 따라서 5 cm의 광경로에서 980 nm의 단일 파장 광원의 변화를 보정하여 정확성을 더욱 향상시키기 위한 실험을 진행했다. 반사경을 이용하여 광을 두 개로 나누고, 나뉜 광을 각각 두 개의 동일한 모델의 실리콘 광검출기로 입사시켰다. 이때, 하나의 광은 5 cm의 광경로를 갖는 글루코스 용액에 투과시켜 측정광으로 이용하고, 다른 광은 바로 광검출기에 입사시켜 기준광으로 이용하였다. 그림 3은 글루코스 농도가 2.857 g/dL인 수용액에서의 광원변화에 의한 측정 결과와 기준광에 의해 보정된 결

과를 나타낸다. 보정되지 않은 원래의 투과광은 23 mV의 변화를 보이지만, 기준광을 통한 보정을 이용해 10 mV까지 변화를 감소시킬 수 있었다. 각 단계의 샘플 농도에서 투과광의 평균값을 취해, 농도별로 보정을 안했을 때의 흡수량과 기준광을 이용해 보정을 했을 때의 흡수량을 비교한 결과가 그림 4에 나타나있다. 기준광에 의한 보정을 하지 않을 경우의 표준예측의 오차값은 442 mg/dL였고, 보정을 했을 때의 표준예측 오차값은 272 mg/dL로 약 0.62배로 오차값을 줄일 수 있었다. 더욱 향상된 정확성을 얻기 위해서 증폭기를 이용해서 출력되는 광신호를 증폭시는 추가 실험이 필요하다. 이러한 방법들을 혈당계나 과일이나 음료 등의 당도를 측정하는 당도계에 적용한다면 제품의 상품성을 더욱 크게 증가시킬 수 있을 것이다.

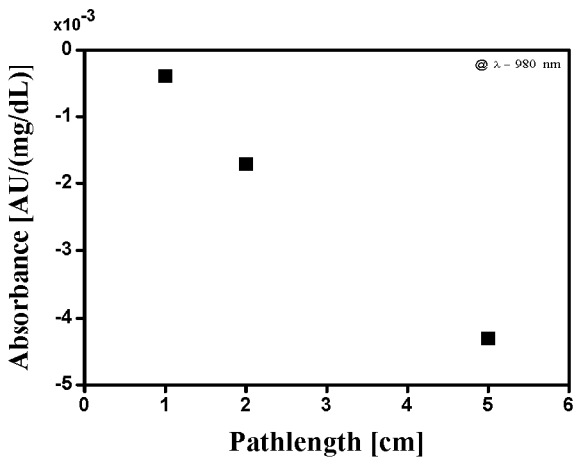


그림 1. 광경로에 따른 흡광도 변화

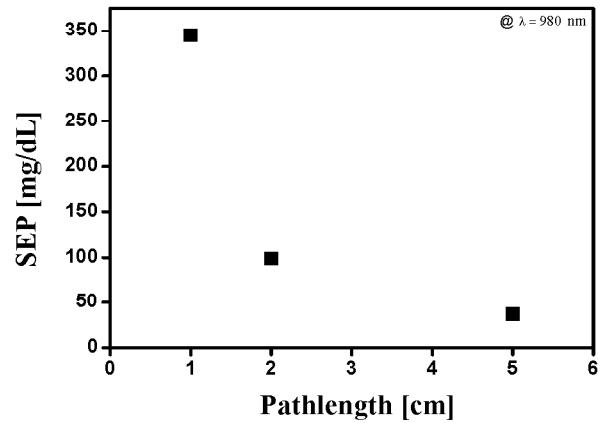


그림 2. 광경로에 따른 표준예측 오차

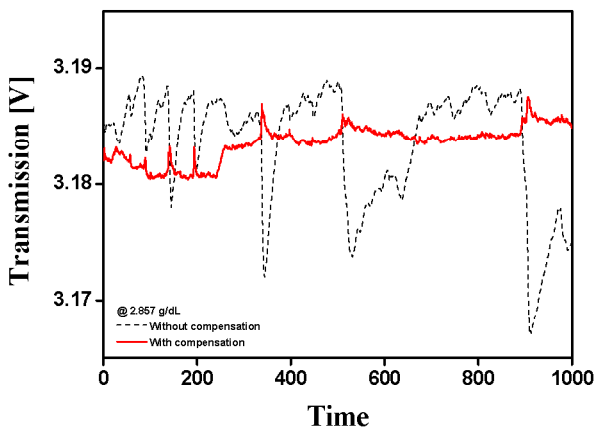


그림 3. 기준광 사용유무 시, 투과광의 차이

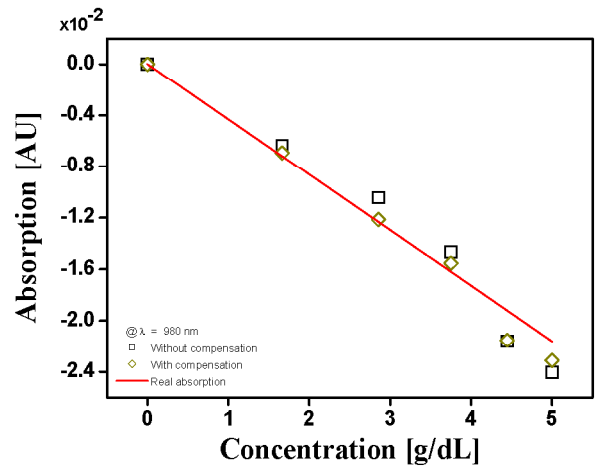


그림 4. 광원의 변화 보정을 통한 흡수량

### 감사의 글

본 연구는 「서울시 산학연 협력사업」의 신기술 지원사업의 지원으로 이루어졌습니다.

### 참고문헌

1. R. Liu, W. Chen, X. Gu, R. K. Wang, and K. Xu, "Chance correlation in non-invasive glucose measurement using near-infrared spectroscopy," J. Phys. D, Appl. Phys., no. 38, pp. 2675 - 2681, 2005.