

광섬유를 이용한 Cell Mass On-line 측정용 센서 개발에 관한 연구(II)

박준상, 김윤섭, 김종철¹, 윤종걸², 류수현³, 장일선¹, 김태진

수원대학교 화학공학과, (주)바이오텔¹, 수원대학교 물리학과², 광운대학교 화학공학과³, 노바바이오 그린텍¹

전화 (031) 222-6166 Fax (031) 220-2601

서론

Cell Mass 증식계측은 발효액의 시료를 채취하여, 고농도일 경우에는 희석하여, 실험실의 분광계로서 간헐적으로 측정하였다. 이러한 재래식 측정법은 주기적인 시료채취를 위한 노동력과 시간이 필요하고, 발효액의 손실을 유발하며, 연속적으로 측정이 불가능하며, 시료채취시 세균 오염의 위험등과 같은 단점이 있다. 용액 내의 균체는 용액 속의 작은 부유 입자로 간주되고 균체량은 이들의 수에 의해 결정된다. 이러한 부유 입자들은 용액의 광학적 특성을 변화시키는데, 균체량 센서는 바로 이러한 특성을 이용하여 입자들의 양을 결정하게 된다. Cell Mass 변화를 연속측정 하는데 있어서, steam autoclavable 센서의 기술과 계측 시스템의 package 형태로의 제작 필요성이 있다.

재료 및 방법

실험실형 센서모델은 무작위 혼합형과 집중형 두 개의 모델로서 성능평가를 거친 결과 무작위 혼합형이 감도 측면에서 우수하였다. 무작위 혼합형은 특히 양산과정에서는 광섬유를 이용한 다른 형태의 센서에 비해 월등히 유리한 점이 있다. 반면에 센서 끝단이 quartz window와 접촉하고 있는 상태에서 접촉 경계면에서의 반사가 균체에 의해 산란되어 들어오는 신호에 대해 배경 noise를 발생시킬 우려가 있으나 이는 일정한 세기로 들어오게 되므로 시스템 부분에서 신호 offset 회로를 넣음으로써 해결할 수 있다. 실험실형 모델의 집중형 센서는 양산에는 다소 어려움이 있는 광로 형태이나 quartz window의 영향을 상대적으로 작게 받는 광로 형태이므로 좀 더 개발연구를 진행할 예정이다. Quartz window의 영향을 줄이기 위해서는 집중형의 경우 광 송신부 섬유 bundle과 수신부 bundle을 분리하여 합입시키는 것이 바람직하며, 이 경우 후방산란을 효과적으로 감지하기 위해서 적어도 window 표면 1 내지 2 mm 거리에서 45도 정도의 광각을 유지하도록 광로를 설계하여야 한다.

결과 및 토의

개발된 센서의 성능 평가를 위하여 증류수 용액에 우유, 요구르트의 농도를 달리하면서 출력전압의 변화를 실험실형의 무작위 혼합형 센서의 결과와 비교 분석한 결과를 그림 1~3에 나타내었다. 실험실형으로 개발된 무작위 혼합형 센서에 비교하여 현장형으로 개발된 센서의 출력전압은 큰 폭으로 상승하였다. 이는 센서의 직경의 증가로 사용된 광섬유의 bundle이 상대적으로 증가되었기 때문이다. 출력전압의 우유 농도변화에 따른 변화의 형태는 실험실형과 같이 약 0.5% 이하인 구간에서는 출력전압이 불안정하여 다소 상승하는 경향을 보이지만 0.5% 이상에서는 농도가 증가할수록 일정하게 출력전압이 감소하여 높은 선형성($R = -0.8944\%$)을 보였다. 요구르트는 선형성이 $R = -0.8088\%$ 로 우유의 경우보다 다소 낮은 선형성을 나타내었으며, 탁주의 출력전압 변화는 1% 이하의 농도에서는 출력전압의 값이 불안정하였으며 1% 이상인 구간에는 출력 전압이 농도에 따라 감소하였지만 선형성이 $R = -0.8260\%$ 로 나타났다. 표 1은 실험실형과 현장형으로 개발된 센서의 우유, 요구르트의 농도 변화에 따른 출력전압값의 기울기와 선형성을 나타낸 것이다.

표 1. 실험실형과 현장형으로 개발된 센서의 개별 용액에 출력전압값의 상관계수

Solution	실험실형 센서			현장형 센서		
	$V(\text{mV})=a+b \times C(\text{v/v}\%)$			$V(\text{mV})=a+b \times C(\text{v/v}\%)$		
	a	b	R	a	b	R
우유	216.367	-80.293	0.9899	1874.880	-132.337	0.8949
요구르트	209.020	-23.155	0.8642	3152.464	-56.880	0.8088
탁주	175.562	-7.894	0.8011	1966.982	-34.828	0.8260

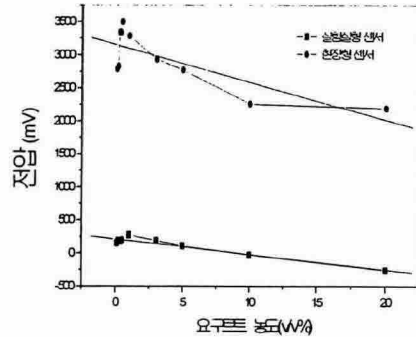
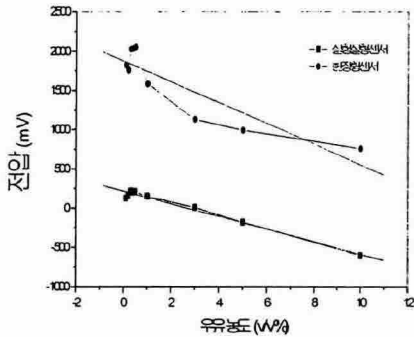


그림 1. 실험실형과 현장형 센서의 우유 농도에 따른 출력전압의 변화 그림 2. 실험실형과 현장형 센서의 요구르트 농도에 따른 출력전압의 변화

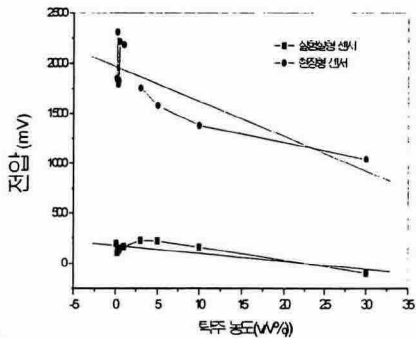


그림 3. 실험실형과 현장형 센서의 탁주 농도에 따른 출력전압의 변화

감사의 글

본 과제는 산업기반기술개발사업(A00-981-5411-18-2-3)의 일환으로 지원되었으며 이의 재정적 지원에 감사드립니다.

참고문헌

1. Kim, T. J. and Ultiman, J. S. (1992). Optical Conditions for Fabricating Silver/Silver Chloride Electrode. 4th International Meeting on Chemical Sensors. 13-17. Tokyo, Japan
2. 생물공정용 복합바이오센서 및 계측기기 제작기술 개발에 관한 연구. 산업자원부
3. 강문호외. (1981). 광섬유통신개론. 2nd Edition. OHM사