

표면 장력에 따른 공압 디스펜싱 시스템의 분주 특성 연구 Characterization of liquid surface tension for pneumatic dispensing system

*최인호¹, #김준원¹, 이상민¹

*I. H. Choi¹, #J. Kim(joonwon@postech.ac.kr)¹, S. Lee¹

¹포항공과대학교 기계공학과

Key words : Dispensing, Reagent, Surfactant, Surface tension

1. 서론

미세 액적을 원하는 위치에 정밀하게 전달하는 디스펜싱 기술은 다양한 바이오 분야에서 응용되고 있다[1]. 특히, 의료 분야의 질병 진단 검사에서는 환자의 샘플 및 시약을 정량으로 분주 혼합하는 기술이 필수적이다. 이에 사용되는 시약(reagent)에는 그 목적에 따라 계면활성제(surfactant)가 첨가되어 있으며, 이에 따라 분주하려는 용액의 표면장력(surface tension)이 변하게 된다[2].

본 연구에서는 이러한 용액의 표면 장력의 변화가 디스펜싱 시스템에 미치는 영향에 대해서 실험하였다.

2. 공압 방식 디스펜싱 시스템

본 연구에서 사용된 공압 방식 디스펜싱 시스템은 카트리지 형태의 용액을 보관하는 저장소와 설정된 시간동안 양압(positive pressure)과 음압(negative pressure)을 전달하는 구동부분, 그리고 디스펜싱 헤드로 구성 된다. 헤드(Fig. 1, a)는 입구(inlet), 용액 챔버, 내부 유로, 노즐을 가지는 실리콘 파트, 유연 박막(flexible membrane) 층, 유연 박막에 공압 전달을 위한 구멍을 가지는 유리 파트로 구성, 제작 되었다[3]. 본 시스템에서 노즐은 일정한 입구 압력(inlet pressure)을 받으며 공급 되는 용액이 노즐 외부로 흘러 뱉히지 않도록 하는 Capillary valve 역할을 한다. 여기에 작용되는 Capillary force는 용액의 표면 장력과 접촉면에서의 접촉각에 따라 달라지게 된다(Fig. 1b).

3. 실험 방법

표면 장력에 따른 분주 특성 연구를 위해, 각기 다른 표면 장력을 가지는 용액들은 탈이온수

(deionized water)에 계면활성제인 Triton X-100(TX-100)을 첨가하여 준비하였다(표 1).

Table 1 Surface tension and maximum inlet pressure of the different TX-100 concentrations

Concentration of TX-100	Surface Tension (mN/m)	Max. Inlet Pressure (kPa)
0 mM	71.11	1.7
0.04 mM	44.64	1.4
0.06 mM	41.53	1.1
0.1 mM	37.64	0.65
0.2 mM	31.79	0.4

적용된 용액에 가해 줄 수 있는(노즐에서 모세관력에 의해 평형을 이루는) 최대 입구 압력을 각 용액에 대해 측정하였으며(표 1), 가해주는 입구 압력은 용액의 수두압(head pressure)으로 조절하였다. 먼저 각 용액별 최대 입구 압력 조건에서 분주량의 크기를 비교하였다. 유연 박막에 가해주는 양압(100 kPa) 및 음압(-5 kPa), 그리고 분주 주기는 33 Hz로 고정하였다.

분주 주기 중에서 액적들 사이 시간 간격인 지연 시간(delay time) 동안 용액은 헤드의 챔버를 채우게 된다. 이에 용액의 표면 장력과 용액의 챔버 내부 채워지는 속도에 대한 영향을 확인하기 위하여, 각 용액 별 분주 주기(지연 시간)에 따른 분주량의 변화를 측정하였다. 실험 조건은 이전 실험과 동일하며, 모든 용액에 대해서 입구 압력은 0.4 kPa으로 고정하였다.

4. 실험 결과 및 고찰

각 용액에 가해 줄 수 있는 최대 입구 압력에서 각 용액별 분주량을 측정된 결과(Fig. 2), 계면활성제를 포함하는 용액들(0.04, 0.06, 0.1, 0.2 mM)의 경우, 각 용액의 최대 입구 압력에서의 분주량의 평균값의 차이는 ~ 42 nL 이내로 비슷한 변화가 크지 않은 것을 확인하였다. 반면, 계면활성제가 포함되지 않은 탈이온수의 경우 입구 압력에 따라 ~256 nL 정도의 분주량의 변화가 확인되었다.

각 용액별 분주 주기(지연시간)에 따른 분주량의 변화를 측정된 결과(Fig 3), 일정 시간(100 ~ 150 ms) 이상에서 분주량은 일정하게 유지되는 것을 확인하였다. 또한 용액에 포함된 계면활성제의 농도가 높을수록, 동일한 입구압력 조건에서 분주량이 증가하는 것을 확인하였다.

5. 결론

각 용액의 표면 장력에 따른 용액을 공압 방식 디스펜싱 시스템에 적용하여 분주함으로써 그 특성을 연구 하였고, 그 결과 용액의 표면 장력과 입구 압력의 조절을 통하여 각 용액 별 분주량의 차이를 줄일 수 있는 것을 확인 하였다. 이는 계면 활성제를 포함하는 다양한 시약의 분주 시 생길 수 있는 분주량 차이를 시약의 표면 장력을 측정하여 예측 가능하며 그 차이를 보완해 나갈 수 있을 것이라 기대 한다.

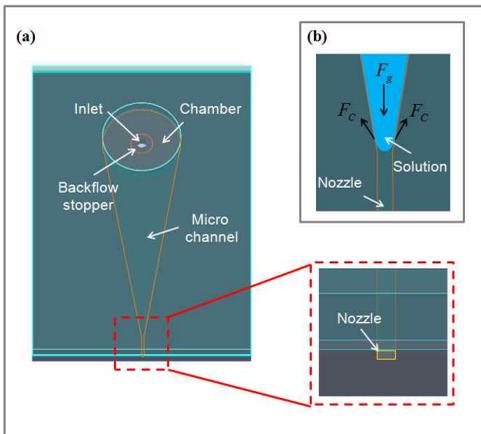


Fig. 1 Schematic view of dispensing head : (a) nozzle shape(square), (b) nozzle as a capillary valve

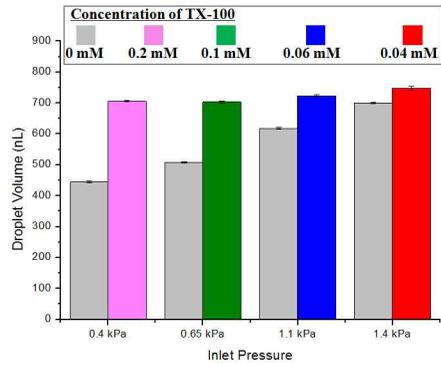


Fig. 2 Plot of the droplet volume versus maximum inlet pressures with the different TX-100 concentrations

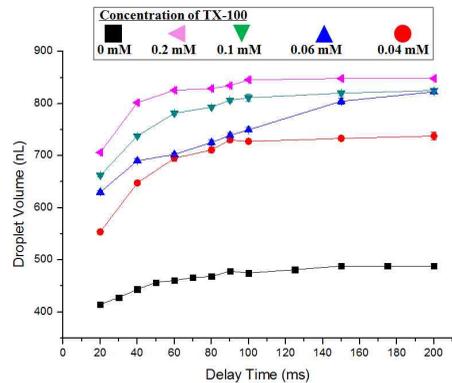


Fig. 3 Plot of the droplet volume versus delay times with the different TX-100 concentrations

후기

이 연구는 지식경제부 ‘산업원천기술개발사업’의 일환인 “진단 검사용 바이오 로봇 기술” 과제 (10024733)의 지원으로 수행되었습니다.

참고문헌

1. D. Rose, "Microdispensing technologies in drug discovery", DDT, 4, 411-419, 1999
2. P. Koltay, R. Zengerle, "Non-contact nanoliter & picoliter liquid dispensing", Transducer & Eurosensors '07 conference, Lyon, France, 2007
3. S. Lee, J. Kim, "Development and characterization of a cartridge-type pneumatic dispenser with an Integrated backflow stopper", J. Micromech. Microeng., 20, 015011, 2010