

VW-P009

분무진공동결건조기 개발

류경하, 반병민, 김재형, 손상호

한국기계연구원

최근 건조 제품의 양질화, 고급화 및 편의화가 요구되어 이를 충족시키기 위한 새로운 건조 방법이 계속 개발 되어 왔다. 이러한 방법들 중에서 저온과 진공하에서 건조가 이루어지는 진공 동결 건조는 가장 완벽한 건조 방법으로 최근 실용화 되고 있다. 진공동결건조란 건조의 한 종류로 수분을 함유한 시료를 동결시킨 후 진공펌프를 이용하여 수증기압을 3중점 이하로 낮추어 얼음을 직접 증기로 만드는 승화의 원리에 의해서 얻어진다. 분무진공동결건조의 특징은 (1) 물리적구조의 보존성, (2) 화학적인 안정성, (3) 생물학적인 활동의 보존성, (4) 제품의 높은 복원성 및 재생성이다. 따라서 분무진공동결건조 기술은 크게 진공, 분무, 동결, 건조, 멸균 등과 같은 요소기술의 복합기술이라 할 수 있다. 분말을 제조하기 위해서 진공동결건조 후 분쇄하는 방법을 사용하나 본 방법에서는 정밀화학품 제조를 위해서 분무진공동결건조 방식을 사용한다. 이를 통하여 적당한 크기인 5~10 μm 의 입경 제조가 가능하고, 공기동력학적인 입경이 기존 방식에 비해 작아서 허파까지의 운반효율이 1.5~2배 우수하다. 화학, 의학 분야에서의 분무동결 건조는 주로 민감한 제품, 즉 생물학적 고유성의 손상 없이 물을 제거하는데 사용되어 영구적으로 저장 가능한 상태로 보관할 수 있으며 물의 첨가로 원상태로 복구할 수 있어서 매우 각광을 받고 있다. 의약품 냉동건조 제품은 항생물질, 박테리아, 혈청, 백신, 검사 약물, 단백질을 포함하는 생물공학 제품들, 세포, 섬유, 화학제품 등이 있으며 주로 vial 또는 ampule 상태로 건조가 이루어진다. 본 연구에서는 원료를 -194°C 의 액체질소에 분무시켜 동결된 미립자를 형성한 후 진공 및 저온상태에서 얼음의 승화(sublimation)에 기반한 1차 건조와 수증기 탈착(desorption)에 기초한 2차 건조 과정으로 구성된 분무진공동결건조기를 개발하였다. 분무동결 과정의 해석을 통해 2유체식 노즐을 통해 분무된 미세 입경의 액적이 액체 질소 표면까지 도달하는 회수율, 분무 노즐의 위치, 운전 조건 및 용기의 설계의 최적화를 수행하였다. 초기 액적속도, 분무 노즐의 높이, 흡입구 추가에 따른 액적 유동 및 회수의 특성을 제시하였으며 이를 통한 분사 시스템 고도화 가능성을 제시하였다. 구형의 미세 입자가 적층된 제품의 동결건조 공정의 해석은 흡착승화 모델(sorption sublimation model)을 기반으로 다음과 같은 열전달, 물질전달, 상변화 모델을 고려하여 유도되었다. 분무노즐 및 냉동/진공 배기계 시작품을 개발하여, 표면의 고다공도를 갖춘 입경 3~20 μm 정도의 시료를 얻을 수 있으며, 동역학적 입경 5 μm 충족함을 확인하였다.

Keywords: 분무진공동결건조, 승화건조, 분무