

# 동결 건조

민감한 제품에 사용되는  
동결 건조





사진 1: 약과 백신은 동결 건조로 보존됩니다

허브, 과일 및 약에는 공통점이 있습니다. 즉 이들은 모두 동결 건조를 통해 보존할 수 있습니다. 동결 건조는 특히 민감한 제품을 보존하기 위해 많은 분야에서 확립된 공정으로서 다른 건조 공정에 비해 여러 가지 커다란 장점을 제공할 때가 많습니다. 오늘날 갓 채취한 허브나 버섯과 같은 많은 식자재의 경우 동결 건조가 표준 보존 방법으로 자리잡았습니다. 그러나 동결 건조는 약 및 백신과 같은 의약품도 보존하는 데도 사용됩니다. 이 공정에서는 특히 강한 진공이 필요합니다. 종전의 진공 건조와 달리 냉동 건조된 제품은 승화에 의해 생산되는데, 승화의 경우 얼음이 바로 기체 상으로 변화합니다. 이는 제품이 매우 완만하게 건조됨을 의미합니다.

따라서 냉동 건조는 식품 및 의약품 성분의 생산에 광범위하게 사용됩니다. 당연한 일이지만 이러한 제품은 온도나 습도에 민감한 경향이 있습니다. 가장 잘 알려진 예로서 '인스턴트 커피'라고 부르는 수용성 커피를 들 수 있습니다. 이 커피의 경우, 소비자가 동결 건조된 분말을 온수에 녹이기만 하면 마실 수 있도록 커피 추출물을 동결 건조에 의해 가공합니다. 이 커피 분말은 냉장 보관하지 않고도 수년간 포장 상태로 보존할 수 있습니다.

### 동결 건조 공정에는 특히 깊은 진공이 필요합니다.

#### 동결 건조를 사용하는 전형적인 응용 분야

냉동 건조 시 과일의 향기 및 색상이 유지됩니다. 생야채보다 신선도가 떨어지지 않으면서 보존 수명이 긴 버섯 슬라이스를 피자 토핑으로 사용할 수 있습니다. 허브 및 향신료를 오랫동안 저장할 수 있는 것도 커다란 보너스입니다. 허브에 함유된 에센셜 오일도 풍미재로 보존할 수 있습니다.

동결 건조는 온도에 민감한 백신, 항생제 및 박테리아와 관련된 의약품 생산 및 생명 공학에 여러 가지 장점을 제공합니다. 바이알 또는 주사기에서 조제약을 직접 처리한 후 필요한 경우 이를 몇 초 내에 용해시킬 수 있습니다.

#### 이 공정에서 진공 펌프의 중요성

그런데 왜 동결 건조는 진공 상태에서 이루어져야 합니까? 동결 건조 공정의 경우, 사용된 용제(예: 물)의 삼중점 미만의 압력을 얻는 것이 반드시 필요합니다. 배기하는 동안 산소와 같은 중요한

공기 성분도 건조실에서 제거됩니다. 주요한 건조 공정 동안 작동 압력은 일반적으로 0.5 hPa ~ 1·10<sup>-2</sup> hPa이지만, 이 압력은 후속 건조 공정 동안 또는 챔버의 공조를 위해 최대 1·10<sup>-3</sup> hPa까지 높아질 수 있습니다.

이러한 진공의 경우, 원하는 최종 압력을 안전하고 안정적으로 생성할 수 있는 강력한 진공 펌프가 필요합니다. 적합한 진공 펌프를 선택하는 기준에는 충분히 낮은 최종 압력 외에 원하는 펌프 다운 시간을 달성하는 데 필요한 높은 펌프 속도가 포함됩니다. 특히 생산 공장에서 사용하는 경우 펌프의 작동 시간이 길고 유지보수가 적어야 하는 것도 중요합니다.

동결 건조기를 지정할 때, 일반적으로 정의된 압력(보통 0.1 hPa)에 도달하는 펌핑 시간이 결정적인 역할을 합니다. 궁극적으로 모든 사용자는 공정에 소요되는 시간을 예상하고자 합니다. 진공 펌프의 공칭 펌프 속도는 단 한 개의 압력 포인트에서의 최대 펌프 속도를 나타내기 때문에 그저 표시에 불과합니다.

강력한 진공 시스템의 공급업체인 파이퍼 베콤은 진공 시스템의 설계 및 치수 결정 시 사용자를 지원합니다. 올바른 펌프 선택을 통해 완벽하게 적합한 시스템을 제공하기 위해, 진공 펌프의 전체 특성 곡선과 파이프 및 리크로 인한 손실을 고려합니다. 파이퍼 베콤은 이를 위해 특별히 개발된 최신 계산 프로그램을 사용합니다. 파이퍼 베콤의 광범위한 포트폴리오에는 배기를 위한 진공 펌프, 압력 측정기 및 보정 펌핑 스테이션, 공정 모니터링을 위한 기체 분석용 질량 분석기, 리크 위치를 찾아내는 리크 감지기가 포함됩니다.

#### 생산에 사용되는 시스템

루츠 펌프와 결합된 나사 펌프를 갖춘 생산 시스템은 주로 제약 분야와 식품 생산(예: 커피 건조)에 모두 사용됩니다. 건식 실링 펌프는 우수한 세척 기능으로 인해 사용자에게 인기가 매우 높습니다. 파이퍼 베콤은 HeptaDry 나사 진공 펌프와 OktaLine 루츠 펌프 모두의 로터에서 공정 중 발생한 침전물을 청소하는 데 적합한 액세서리를 제공합니다.

과일을 건조시킬 때와 같이 낮은 투자 비용이 요구되는 경우 로터리 베인 펌프를 사용할 수 있습니다. 챔버 크기에 따라 루츠 펌프와 결합하는 것이 좋을 수도 있습니다. 파이퍼 베콤은 이러한 응용 분야에 HenaLine 싱글 로터리 베인 펌프를 권장합니다. 이 펌프는 디자인이 견고하고 강력한 오일 분무 분리기를 갖추고 있기 때문입니다. 파이퍼 베콤에서 제공하는 다양한 펌프 기술과 제품 사이즈 덕분에 모든 동결 건조기에 적합한 솔루션을 선택할 수 있습니다.

#### 정확한 공정을 가능케 하는 측정 기술

동결 건조 공정이 재현 가능한 방식에 의해 안정적으로 작동하기 위해서는 건조실에서 압력을 정확하고 반복적으로 측정할 수 있어야 합니다. 동결 건조의 경우 널리 사용되는 압력 범위에서 다음과 같은 두 가지 기술이 사용됩니다. 피라니 측정기 및 정전용량식 진공 측정기.

피라니 진공 측정기는 기체의 압력별 열 전도성을 통해 간접적으로 압력을 측정합니다. 한 가지 일반적인 작동 모드에서는 필라멘트를 일정한 온도로 유지합니다. 필요한 열량이 주변 압력의 지표가 됩니다. 이러한 진공 측정기는 대기압부터 약 1·10<sup>-4</sup> hPa까지의 압력을 측정할 수 있습니다. 그러나 실질적인 정확도는 약 10 ~ 1·10<sup>-3</sup> hPa의 훨씬 좁은 범위에서만 달성할 수 있습니다. 사용 시 장점: 피라니 진공 측정기는 전기 출력 신호를 발생하는 가장 비용 효과적인 진공 측정기 중 하나입니다. 그러나 이 측정기는 기체 종류에 따라 영향을 받습니다.

동결 건조의 경우, 기체 종류에 따른 의존성은 다음과 같습니다. 예를 들면, 질소나 공기용으로 보정된 피라니 진공 측정기는 수증기에 대해 상당히 높은 압력을 나타냅니다. 기체 종류에 따른

영향을 받지 않는 진공 측정기(일반적으로 정전용량식)의 압력 신호를 동시에 측정할 경우, 건조실 내의 수증기 함량은 측정값들을 서로 비교함으로써 추론할 수 있습니다. 피라니, 즉 정전용량식 진공 측정기의 압력 신호를 조정하는 게 1차 건조의 종료를 결정하는 데 유용한 지표가 됩니다. 이 방법은 비교에 의한 압력 측정이라고도 부릅니다.

펄스 기술 덕분에 파이퍼 베콤의 TPR 270 및 TPR 271 진공 측정기가 종전의 피라니 진공 측정기에 비해 정확도가 높습니다. TPR 270이 모든 표준 동결 건조 응용 분야에 적합한 반면, 백금-로듐과 스테인리스강 오리피스와 강력한 나선 필라멘트가 있는 TPR 271은 다양한 용제 및 부식성 매질에 대한 내성이 뛰어납니다.

**파이퍼 베콤은 광범위한 펌프 기술을 갖추고으로써 모든 동결 건조기에 적합한 솔루션을 보장합니다.**

#### 증기 멸균이 가능한 동결 건조기 솔루션

정전용량식 진공 측정기는 피라니 진공 측정기보다 정확도가 높습니다. 절대 압력은 콘덴서의 일부인 다이어프램의 편향을 통해 결정됩니다. 측정된 커패시턴스 변화가 절대 압력의 척도가 됩니다. 동결 건조의 경우 최대 측정 범위가 1 hPa 또는 10 hPa 정전용량식 진공 측정기의 정확도가 가장 높습니다. 파이퍼 베콤은 특별히 증기 멸균이 가능한 동결 건조기용으로 CLR 정전용량식 측정기 시리즈를 개발했습니다. 이 시리즈에는 세 가지 다른 모델이 있습니다. 이 진공 측정기들은 160°C까지 활발히 가열됩니다. 이로써 측정기 내부의 결로 위험이 줄어듭니다. 또한 전자 장치들이 다이어프램 및 측정실과 아주 가까운 곳에 위치하지 않습니다. 이로써 뜨거운 증기에 의해 손상될 염려가 없습니다.

#### 보정을 통해 제품 품질을 보장합니다

압력 측정의 정확성과 재현성을 보장하고 장기적으로 공정 안정성을 확보하려면 진공 측정기를 정기적으로 보정해야 합니다. 센서가 오염되면 측정 신호가 달라질 수 있습니다. 파이퍼 베콤은 진공 측정기에 대한 공장 보정과 DAkkS 보정 둘 다를 제공하고 있습니다. 보정은 고품질 표준 및 관련 ISO 3567에 따라 실시합니다. 테스트 조건 및 기록된 불일치는 발행된 보정 인증서에 문서화됩니다.

고객이 여러 개의 진공 측정기를 사용하는 경우 현장 보정이 더 비용 효과적이고 편리할 수 있습니다. 파이퍼 베콤은 이러한



사진 2: 리크 감지기 ASM 340

목적에 적합한 솔루션으로 특별히 개발된 Basic 및 Pro 보정 펌핑 스테이션도 제공합니다. 이 시스템에는 통합형 터보 펌핑 스테이션이 통합되어 있어 정확한 영점 조절에 필요한 압력을 제공합니다. ISO 3567을 준수한 진공실은 동일한 높이에서 균일한 압력 분포와 진공 게이지의 대칭 배열을 보장합니다. 기체 유입구와 펌프 입구도 대칭 축에 배치되어 있습니다. 이러한 보정 시스템과 해당하는 기존 진공 측정기를 사용하면 쉽게 보정을 실시할 수 있습니다.

#### 품질 보장 및 공정 최적화

질량 분석기는 PAT(Process Analytical Technology)를 통한 품질 보장 및 공정 최적화를 위해 동결 건조에 사용됩니다. 질량 분석기의 경우 생산 전반에 걸친 과정을 문서화할 수 있습니다. 입증된 질량 분석기 기술을 채택한 파이퍼 베콤의 PrismaPro는 실리콘 오일이 누출되면 이를 감지하여 소중한 배치 전체가 오염되지 않도록 보호하는 기능이 탁월한 대표적인 솔루션입니다. 높은 유연성 덕분에 이 질량 분석기는 수증기 농도와 질소 및 산소와 같은 기타 기존의 기체를 모니터링하는 데도 사용할 수 있습니다. 또한 수증기 함량을 모니터링함으로써 주요 건조 공정 및 후속 건조 공정의 종료 시점을 훨씬 더 정확하게 결정할 수 있습니다.

#### 리크 지점을 확실하게 찾아냅니다

모든 동결 건조 공정에 필요한 압력을 얻으려면 건조 시스템과 연결된 부품의 우수한 견고함이 필수적입니다. 특히 제약 분야의 경우 무균 동결 건조를 하는 동안에는 어떠한 미생물도 시스템에 유입될 수 없습니다. 파이퍼 베콤은 ASM 340 리크 감지기를



사진 3: 많은 식품에서 냉동 건조는 일반적인 보존 방법입니다

가지고 이러한 품질 보증 영역에서 강력하고 보편적으로 적용 가능한 솔루션을 제공합니다. 컴팩트한 휴대용 ASM 310은 예를 들어 이동하면서 사용해야 하는 서비스 기사들이 가장 우선적으로 선택하는 제품으로 손꼽힙니다.

모든 응용 분야에서의 맞춤형 솔루션 컨셉트 작성에서 구현에 이르기까지 파이퍼 베콤의 전문가들이 제약 생산과 식품 생산 등 다양한 분야의 고객과 긴밀히 협력하면서 각 응용 분야의 요구 사항에 정확하게 맞는 맞춤형 솔루션을 개발합니다. 파이퍼 베콤은 수십 년간의 냉동 건조 경험과 업계에 대한 심층적인 지식을 바탕으로 최상의 솔루션 제공을 보장합니다.



사진 4: CLR 측정기