

지식 블로그

---

# 기화(농축)는



# 무엇입니까?

# 콘텐츠

1. 회전 농축기가 무엇입니까?
2. 기화(evaporation)는 무엇입니까?
  - 2.1 핫플레이트에 물이 담긴 용기를 올리고 가열할 경우 어떻게 되나요?
  - 2.2 압력의 영향은 어떤가요?
3. 농축(condensation)은 무엇입니까?
4. 증류는 무엇입니까?
5. 고정 증류기 및 회전 증발 농축기의 차이는 무엇입니까?



## 1. 회전 농축기가 무엇입니까?

회전 농축기란 두 개 이상의 물질을 분리시켜주는 실험실 장비입니다. 이 공정을 증류라고 부릅니다. 회전 농축기가 무엇이고 어떻게 작동하는지 더 자세히 이해하기 위해서는 일단 기화 현상을 이해해야 합니다. 여기에는 관련 물리 원칙을 이해하셔야 합니다.

## 2. 기화(evaporation)는 무엇입니까?

기화란 우리가 의식하지 못한 채 일상 생활에서 항상 일어나는 공정입니다.

- 빨랫줄에서 빨래가 마르는 것은 천에 남아있는 물이 기화하는 것입니다.
- 가스레인지에서 물이 끓을 때, 증기가 냄비에서 올라갑니다.

기화란 곧 물 등의 액체가 기체가 되는 현상을 의미합니다. 이는 물질의 물리적 상태(집합적 상태)를 액체에서 기체로 바꿉니다. 또한 다음과 같이 말할 수 있습니다. 물질이 액상에서 기체상으로 바뀝니다.

다시 물 냄비로 돌아옵니다. 식탁 위에 냄비를 올려놓으면, 오랜 시간 후에 물은 외견상으로 사라질 것입니다. 그러나 단순히 없어진 것이 아니라 기화한 것입니다. 따라서, 우리가 아무런 기여를 하지 않아도 조금씩 이 물이 액상에서 기체상으로 바뀝니다. 이 현상의 원인을 이해하기 위해서는 사람의 눈으로 해결할 수 없는 단계로 가야합니다. 그럼 Hei 교수님의 분자 확대경의 도움을 받아 냄비 속 물을 좀 더 자세히 살펴봅시다.

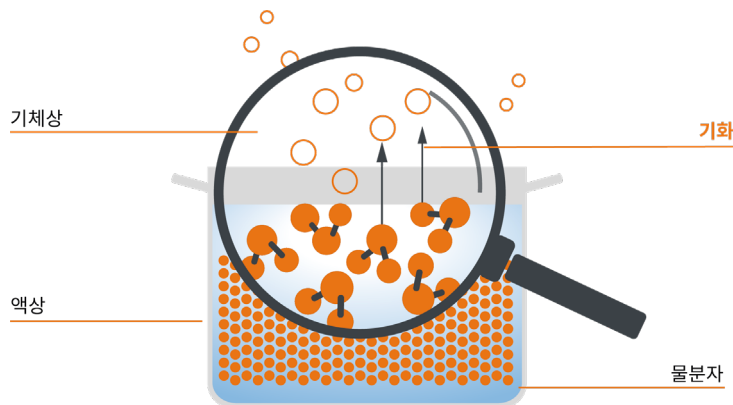


그림1: 물이 담긴 열린 냄비

액상의 물에서 물분자가 굉장히 인접하게 붙어있습니다. 이른바 분자 간 결합, 즉 개별 분자 간 결합력으로 서로를 붙잡고 있는 것입니다.



그림2: 분자 간 결합 상의 물분자

그러나, 이들은 단순히 냄비 속의 대리석처럼 정지 상태로 놓여져 있는 것이 아니라 끊임없이 움직입니다. 이러한 운동이 분자로 하여금 반복적으로 상호 충돌하도록 만들고 운동 에너지가 분자 간에 상호 전달됩니다. 단일 분자가 특히 다수의 충돌을 받을 경우, 자신의 파트너 분자와의 결합을 끊는 데 필요한 에너지를 얻게 됩니다. 즉, 액체의 한계에서 벗어나 상승하는 것입니다. 이러한 현상은 분자에게 있어 바람직한 것입니다. 충분히 이해할 수 있는 현상입니다. 누가 속박을 좋아하겠습니까? 이에 따라 분자는 언제나 가능한 한 최대의 자유를 얻으려고 합니다. 그래서 필요한 에너지를 얻자마자 액상에서 기체상으로 바뀌는 것입니다.

해당 분자를 기체상으로 바꾸기 위해 필요한 에너지는 무게(물중량)와 분자간 결합력에 따라 달라집니다. 이는 곧 각 물질에 따라 다른 다음 두 가지 물리량으로 이어집니다. 바로 물질이 끓기 시작하는 온도(물의 경우, 100°C)인 끓는점과 증발 엔탈피입니다. 증발 엔탈피는 얼마만큼의 에너지가 물질 1kg을 기화하기 위해 소비되어야 하는지를 보여줍니다. 물의 경우, 이 값이 2261kJ/kg이며 다른 물질을 표1에서 확인할 수 있습니다.

분자를 기체상으로 바꾸기 위해 필요한 에너지의 양은 물중량과 분자간 결합력에 따라 달라집니다. 물질의 끓는점 및 증발 엔탈피도 여기에서 파생됩니다.

표1: 분자량, 끓는점 및 일부 용매의 증발 엔탈피

물질	분자량 [g/mol]	끓는점 [°C]	증기 에너지 [kJ/kg]
톨루엔	92.14	110	413
물	18.02	100	2.261
에탄올	46.07	78	837
아세톤	58.08	56	546
디에틸에테르	74.12	35	392

## 2.1 핫플레이트에 물이 담긴 용기를 올리고 가열할 경우 어떻게 되나요?

열은 에너지의 한 형태입니다. 열은 분자가 에너지를 흡수하게 만들고 이로 인해 더욱 활발히 움직이게 됩니다. 또한 분자 간 충돌이 증가합니다. 결국 이 모든 것으로 인해 더해진 열이 더 많은 분자에 액상에서 기체상으로 바뀌는데 필요한 에너지를 전달하게 됩니다. 따라서 더 많은 물이 이러한 열 공급으로 기화됩니다. 끓는 온도에 도달하면(즉, 물의 경우 100°C) 최대 증기량이 발생합니다.

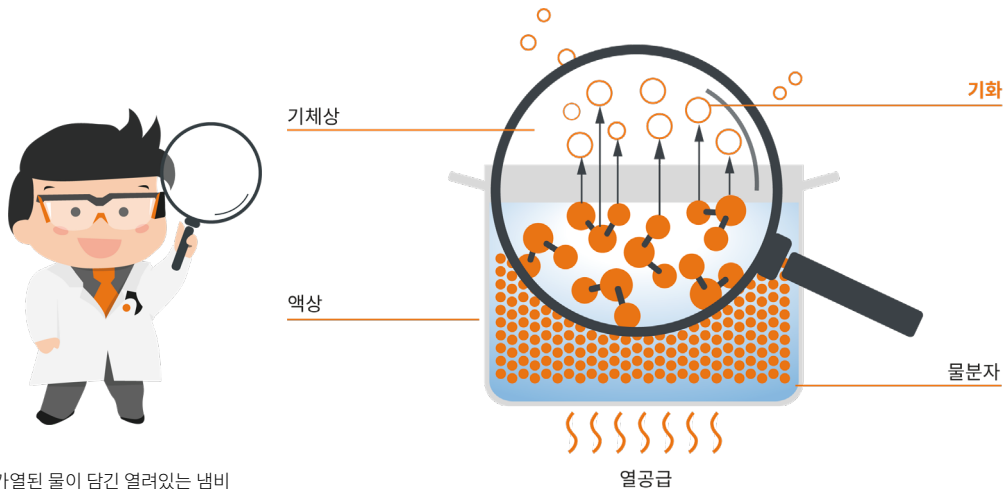


그림3: 가열된 물이 담긴 열려있는 냄비

## 2.2 압력의 영향은 어떤가요?

아직 살펴보지 않은 또 다른 변수는 바로 대기압입니다. 다른 모든 것들과 마찬가지로 냄비 속의 물도 대기압에 영향을 받습니다. 이는 지리적 고도에 따라 달라지긴 하지만 대략 1,000mbar가 주어집니다. 이러한 압력은 물분자가 액상에서 기체상으로 전환하는 것을 방해합니다. 이제 대기압을 1,000mbar에서 50mbar로 낮춘다고 상상해 봅시다. 공급된 에너지의 양은 동일하더라도 이제 훨씬 많은 분자가 액상에서 기체상으로 바뀔 수 있습니다.

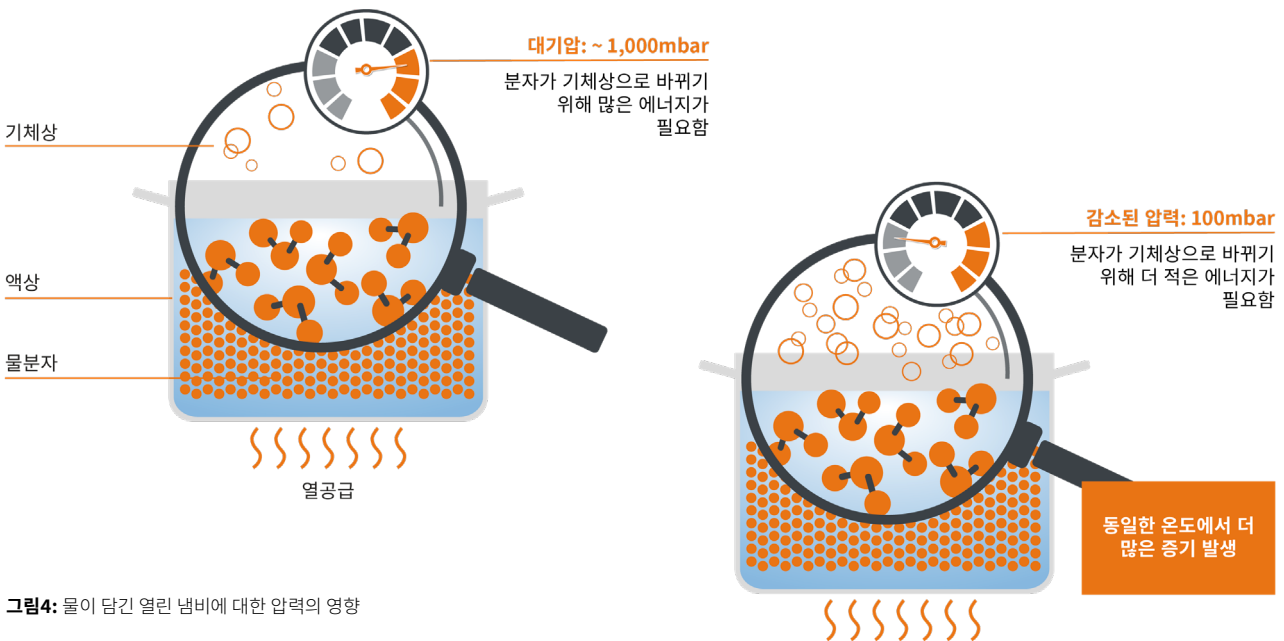


그림4: 물이 담긴 열린 냄비에 대한 압력의 영향

간단한 원칙이 다음으로부터 도출될 수 있습니다. 압력이 낮을수록, 물질이 더 쉽게 기화하고 기화에 필요한 열이 더 적어집니다. 따라서 최대 증기량이 더 낮은 온도에서 이미 발생할 수 있습니다(예: 물의 경우 100mbar에서 50°C의 온도).

압력이 낮을 수록 물질이 더 쉽게 기화합니다.

압력이 낮을 수록 기화에 필요한 열이 더 적어집니다.

### 3. 농축(condensation)은 무엇입니까?

농축은 말하자면 기화에 반대되는 공정이라 할 수 있습니다. 물질이 기체상에서 액상으로 바뀌는 것입니다. 이는 우리가 해방된 물분자에 공급한 에너지를 다시 뺏어오는 것입니다. 가장 쉬운 방법은 바로 냉각을 이용하는 것입니다.

농축 현상에 접근하기 위해서 우리는 다시 물이 담긴 냄비 예시로 돌아오겠습니다. 이제 냄비 뚜껑을 닫으면, 증기는 더 이상 빠져나갈 수 없고, 냄비 내부의 밀폐 시스템에 남아있게 됩니다. 동시에, 냄비의 뚜껑은 나머지 부분보다 차가워서 해방된 물분자가 이렇듯 차가운

장애물에 충돌하고 자신의 에너지 일부를 이 더 차가운 뚜껑에 전달하게 됩니다. 온도 평준화가 발생하는 것입니다. 이 분자는 차가운 표면에 모여 물방울을 형성합니다. 이들은 농축되고, 이렇게 농축된 물이 '농축물(condensate)'로 불립니다. 어느 시점에 이 물방울은 충분히 무거워져 다시 액체로 떨어지게 되고 그곳에서 분자가 재활성화되어 다시 상승할 수 있습니다.

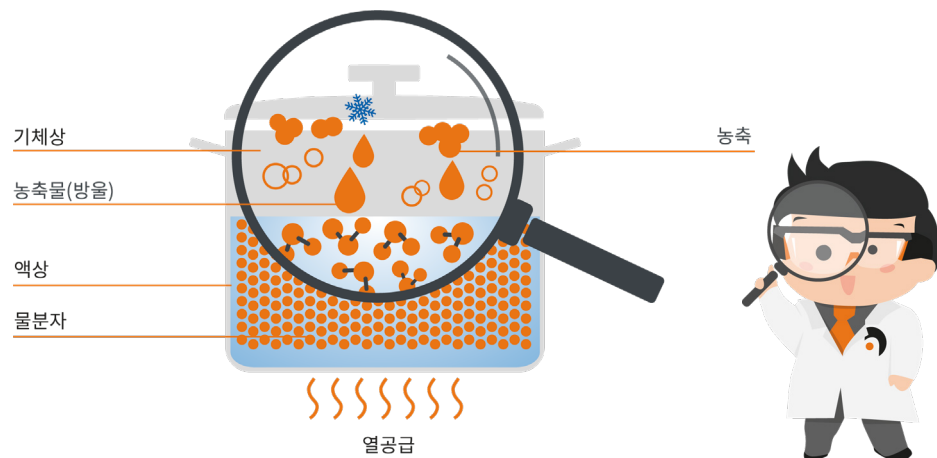


그림5: 닫힌 냄비 내부에서의 농축

기화와 농축 순환 주기가 형성되면 이것이 평형 상태가 됩니다.

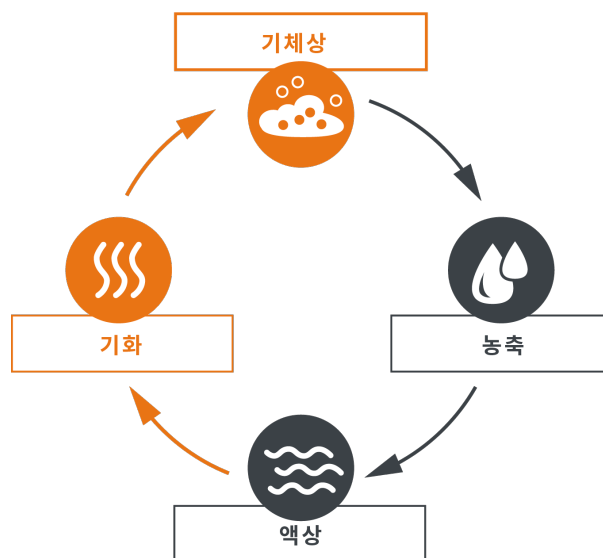


그림6: 기화 및 농축 간 평형 상태

## 4. 증류는 무엇입니까?

증류란 다양한 끓는점의 물질을 분리하는 것입니다. 여기서 우선 가장 낮은 끓는점의 물질이 특정 끓는점에서 기화 및 농축되고 온도를 조금 높이면 다른 물질이 그러한 과정을 거치게 됩니다. 실험실에서 증류는 물질 분리 및 정제에 중요한 방식이라 할 수 있습니다.

해당 공정의 일반 장치는 다음의 고정 증류기입니다.

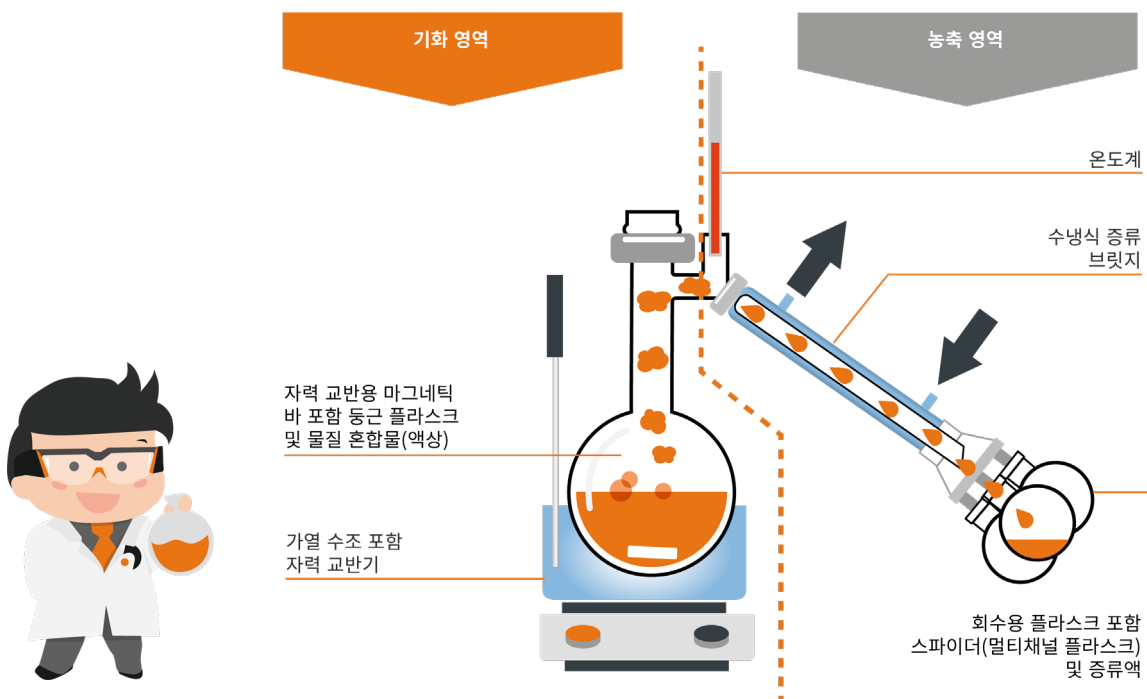
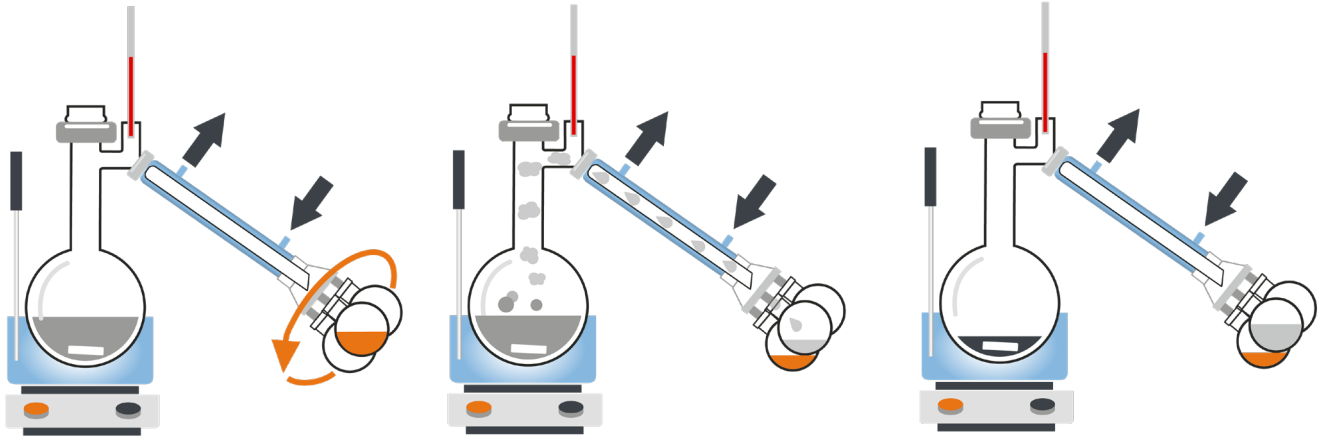


그림7: 고정 증류기의 설치

해당 장치는 대개 두 가지 부문으로 나눌 수 있습니다. 기화 영역과 농축 영역입니다. 기화 영역에서, 물질 혼합물이 가열 수조 내 플라스크에서 가열됩니다. 가장 낮은 끓는점의 물질 증기가 상단부로 상승하고 이른바 증류 브릿지라고 불리는 농축 영역을 지납니다. 이는 물로 냉각되고, 이것이 증기 농축으로 이어집니다. 브릿지의 경사각으로 인해 물방울이 아래로 흘러 회수용 플라스크로 떨어집니다. 첫 요소(프랙션)가 완전히 분리되고 나면 이른바 스파이더가 회전될 수 있고, 다음 회수용 플라스크가 아래로 향해 증류액을 회수합니다. 가열 수조의 온도는 다음 요소의 끓는점에 도달할 때까지 상승합니다. 공정 마무리 단계에 분리된 물질은 개별적인 회수용 플라스크에 깔끔하게 담깁니다.



증류는 증류기를 진공 펌프에 연결해 감소된 압력으로도 진행할 수 있습니다. 이를 통해 더 낮은 온도에서 작업을 수행할 수 있고 이는 특히 열민감성 물질에 유리합니다.

그림8: 고정 증류기의 증류 공정

## 5. 고정 증류기 및 회전 농축기의 차이는 무엇입니까?

회전 농축기 또한 물질의 증류액 분리를 위해 사용되는 실험실 장치입니다. 따라서, 회전 농축기 설계 역시 농축 및 기화 두 영역으로 나눌 수 있습니다.

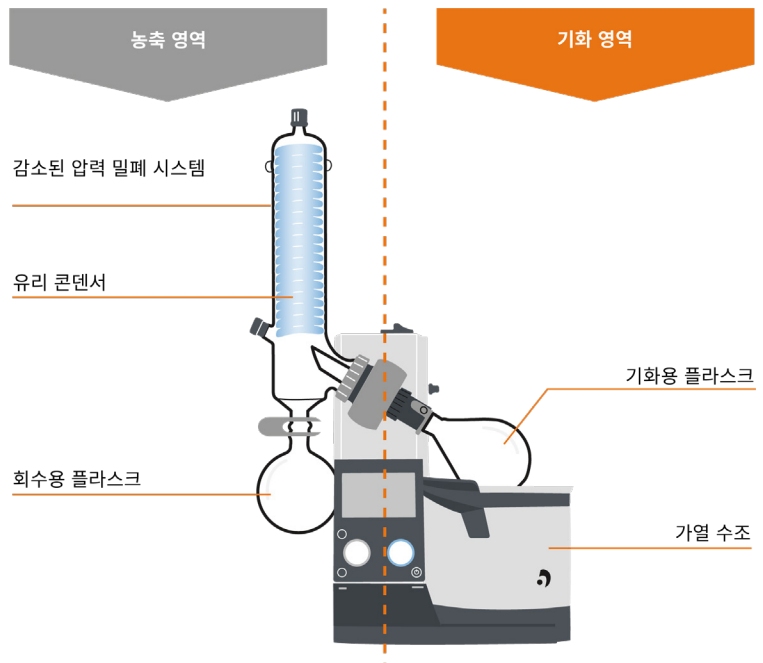


그림9: 회전 농축기의 설치



첫째, 기화 영역을 자세히 살펴봅시다. 이 영역은 액체 샘플을 가지고 있는 기화용 플라스크를 포함하고 있습니다. 이 플라스크는 가열 수조에 담기고 이를 통해 기화에 필요한 에너지를 공급합니다. 고정 증류기와 달리 이 플라스크는 모터로 회전 설정이 됩니다. 이는 다음의 여러 효과가 있습니다. 첫째, 가열 수조 및 플라스크 내 온도 배분이 더 균일하게 발생합니다. 둘째, 회전이 기화에 사용되는 표면적을 상당한 수준으로 증가해 줍니다.

발생된 증기가 증기 튜브를 통해 상승해 농축 영역으로 진입합니다. 여기서 드라이아이스 냉각 혼합물, 물 또는 냉각수로 유리 냉각기를 냉각하고 이 냉각기 상에서 증기가 농축되어 회수용 플라스크로 떨어집니다.

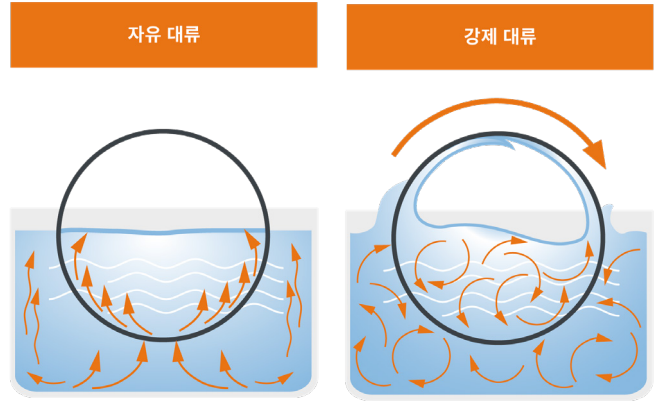


그림10: 회전 시스템 대비 고정 시스템

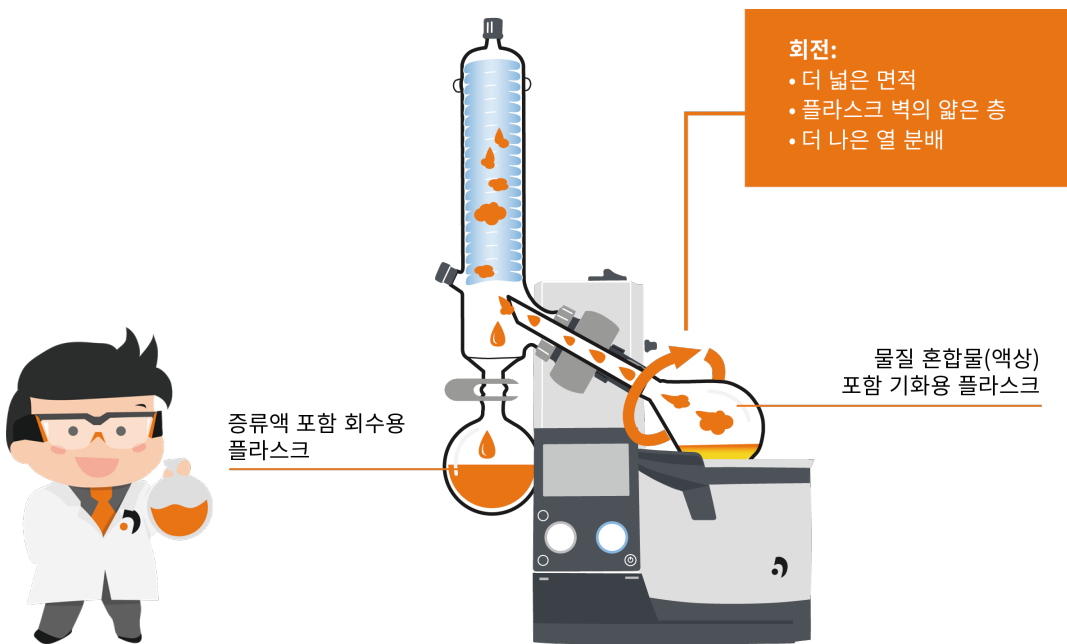


그림11: 회전 농축기 상의 기화 공정

전체 공정은 주로 진공 펌프로 감소된 압력 하에서 이루어지며, 이는 이미 상기 언급된 장점을 이용하기 위함입니다. 기화를 촉진하기 위해 필요한 에너지가 더 적고 이에 따라 물질을 더 정교하게 공정할 수 있습니다. 이에 더해, 진공 펌프로 작업하는 것은 굉장히 빨리 조정가능한 설정조건에 대한 접근을 제공해 공정 속도에 영향을 미칠 수 있습니다. 가열 수조의 관성으로 초래되는 요인 등 유지 보수 시간이 거의 필요하지 않기 때문입니다.

회전 농축기의 분리 성능은 증기가 이동하는 거리가 짧아 비교적 낮은 편입니다. 물질의 깔끔한 분리를 달성하기 위해서는 분리하고자 하는 물질의 끓는점이 적어도 80°C 이하로 떨어져 있어야 합니다.

# 문의 사항

## 문의하기:

**Heidolph Korea**

+82 10-9174-8838  
sales@heidolph.kr  
www.heidolph.com