



2020 학년도 2 학기

화학공업과

**화공양론**

담당교수 : 김경호

제 5 주차 2차시



**DIT** 동의과학대학교  
DONG-EUI INSTITUTE OF TECHNOLOGY

# [수업 목표]

1. 물질수지에 대해 학습해 봅시다.

## 예제 3.3

## DNA 발견의 효과

세포와 조직에서 DNA를 찾는 과정 중  $500\ \mu\text{g}$ 의 물에서  $20\ \mu\text{g}$ 의 순수한 DNA 염기순서는  $500\ \text{bp}$ 의 작은 크기로 조각났다 [ $1\ \text{bp} = 0.34\ \text{nm}$ (나선축을 따라),  $10.4\ \text{bp}$ 는 DNA 분자가 나선축을 한 바퀴 도는 것과 같다]. 그림 E3.3a와 E3.3b를 보라. DNA의 가교결합된 단백질은 몇 개의 추가적인 과정과 분리단계가 따라온다. 남아 있는 DNA는 용액으로 침전시키고 세척, 건조하여  $12\ \mu\text{g}$ 의 DNA를 얻었다. 이 과정단계에서 손실된 DNA의 비율은 얼마인가?

거의 모든 살아 있는 유기체에 있는 데옥시리보핵산을 의미하는 DNA는 유전정보를 분자 안에 저장한다. 그림 E3.3a에서 보듯이 이중나선이라고 불리는 2개의 엮여 있는 사슬의 긴 선형분자를 형성한다.

### > 풀이

이것은 쉬운 문제이지만 물질수지 문제를 푸는 데 필요한 분석을 설명한다. 문제를 다시 보면 DNA 수지를 만들 수 있도록 나타냈다. 물에 대해 걱정해야 하는가? 아니다. 공정은 물을 포함하지만 물에 대해 주어진 것이 없기 때문이다. 그림 E3.3b에 정보가 주어져 있다.

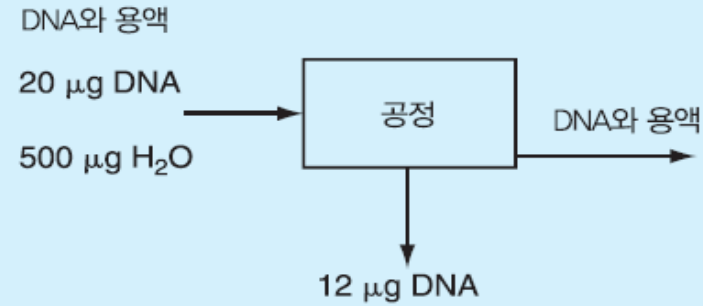


그림 E3.3b

우선 식 (3.2)를 기억하고 계를 선택한다. 그림 E3.3b에 상자로 나타낸 공정을 계라고 한다. 개방 계인가? 그렇다. 정상상태인가? 초기상태에 DNA는 없다고 하고 최종상태에는 아무것도 남아 있지 않았다고 할 때 그 공정은 정상상태이다. ‘들어간 것은 나와야 한다’가 적용되는가? 그렇다. DNA의 공정에서 손실되는 양을  $x$ 로 놓는다. DNA 수지는 DNA 20  $\mu\text{g}$ 을 기준으로 한다.

$$\begin{array}{ccc} \text{유입} & & \text{유출} \\ 20 \mu\text{g DNA} & = & 12 \mu\text{g DNA} + x \mu\text{g DNA} \end{array}$$

질량수지의 결과는  $x = 8 \mu\text{g DNA}$ 이므로 공정에서 손실된 비율은  $8/20$ , 0.4이다.

처음 계산에서는 DNA 비율이  $12/20$ , 0.6일 것이다. 물질수지의 해결을 어떻게 시작해야 하는가? 1  $\mu\text{g}$ 이 기준이면  $x$ 는 원하는 비율이 된다. 물질수지는  $1 = 0.6 + x$ 이므로  $x$ 는 0.4이다. 12  $\mu\text{g}$ 을 기준으로 선택해도 되는가? 그렇다.

### 예제 3.4

### 원심분리기를 사용한 세포의 농축

원심분리기는 원심력을 이용하여 액체 중에 있는 질량이  $0.1 \sim 100 \mu\text{m}$ 인 입자를 분리한다. 관형 원심 분리기(원통의 중심축에서 회전하는 원통형 장치)를 사용하면 배양액(세포가 들어 있는 액)으로부터 효모 세포를 분리할 수 있다. 세포 농도가  $500 \text{ mg/L}$ 인 배양액을  $1000 \text{ L/hr}$ 로 원심분리기에 도입하면 세포 농도가  $50 \text{ wt\%}$ 인 생성물과 세포가 없는 맑은 흐름이 배출된다. 이 맑은 유체의 유량을 구하라. 도입 배양액의 밀도는  $1 \text{ g/cm}^3$ 이라 가정하고 원심분리기로부터 흐르는 배양액의 세포는 없다.

#### > 풀이

몇 개의 다른 원심분리기가 있다. 그림 E3.4는 연속적인 유입과 유출을 포함하므로 반응이 없는 개방 계인 정상상태 공정이라고 결론내릴 수 있다. 세포와 배양액, 이 2개의 요소를 포함한다. 무엇을 기준으로 잡아야 할까? 1시간을 기준으로 잡는다.  $P$ 를 원하는 생성물,  $D$ 를 나가는 것으로 놓고 단위는  $\text{g}$ 이다.

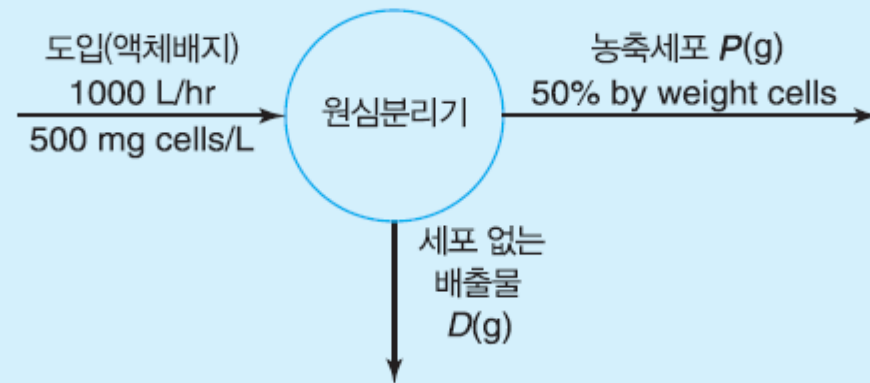


그림 E3.4

축적량이 0이므로 물질수지(총수지와 2개의 요소)는 ‘들어가는 것은 나온다.’ 유체수지 다음으로 세포 수지를 세운다.

세포수지:

$$\frac{1000 \text{ L feed}}{1 \text{ L feed}} \left| \frac{500 \text{ mg cells}}{1000 \text{ mg}} \right| \frac{1 \text{ g}}{1 \text{ g } P} = \frac{0.50 \text{ g cells}}{1 \text{ g } P} \left| \frac{P \text{ g}}{P \text{ g}} \right| \quad P = 1000 \text{ g}$$

유체수지:

유체수지 산출량에서 계산한  $P$ 의 값을 이용한다.

$$\frac{1000 \text{ L}}{1 \text{ L}} \left| \frac{1000 \text{ cm}^3}{1 \text{ cm}^3} \right| \frac{1 \text{ g fluid}}{1 \text{ g } P} = \frac{1000 \text{ g } P}{1 \text{ g } P} \left| \frac{0.50 \text{ g fluid}}{1 \text{ g } P} \right| + D \text{ g fluid}$$

$$D = (10^6 - 500) \text{ g fluid}$$

# 문제풀이

**예제 3.5****휘발유 배합의 물질수지**

\$2.987/gal인 옥탄가 89의 고급 휘발유를 사는 대신에 \$3.137/gal인 옥탄가 93의 특급 휘발유와 \$2.837/gal인 옥탄가 87의 보통 휘발유를 구입하여 섞어 쓰면 경제적인가?

**> 풀이**

이 예제는 식 (3.2)를 휘발유의 구성요소인 옥탄가에 적용한 것이다. 여기서 구성요소는 보존된다고 가정한다. 휘발유는 옥탄이나 어떤 다른 것을 구성한다고 생각할 수 있지만, 옥탄가는 휘발유의 엔진



테스트로부터 실제로 측정된 값이다. 휘발유의 구성은 철마다 장소마다 적용될 수 있고, 가격과 구성 요소의 유용성에 의존한다. 각 요소의 질량수지를 세우는 것은 꽤 많은 계산을 포함한다. 옥탄가를 구하기 위해서는 단위부피당 옥탄가의 수와 휘발유의 부피를 곱하고, 평균 옥탄가를 얻기 위해 총부피로 나눈다.

기준으로 무엇을 선택해야 하는가? 탱크로 들어가는 옥탄가 89 1 gal을 기준으로 선택하는 것은 예시에 불과하다. 그림 E3.5를 보라. 다른 것을 기준으로 선택할 수 있는가? 당연하다.

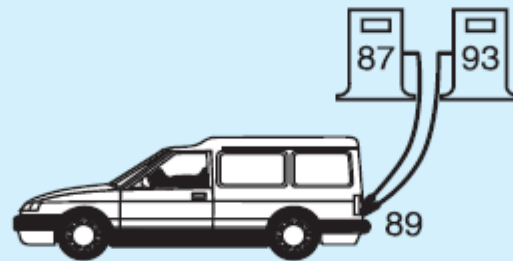


그림 E3.5

우선 개방계인지 폐쇄계인지, 정상상태인지 비정상상태인지 결정해야 한다. 일반적으로 섞기 시작할 때 탱크 안에 휘발유가 있다고 할지라도 여기서는 휘발유의 유입에만 관심이 있다. 기준은 1 gal으로 놓는다. 확실히 개방계이고 비정상상태이다. 계로 들어가는 흐름은 그림 E3.5에서 보듯이 각각 두 가지 휘발유의 부피와 옥탄가의 흐름으로 이루어졌다. 따라서 탱크에 있는 초기 옥탄이 0이고 최종적으로 89이다. 탱크 휘발유의 초기 부피는 0이고 최종은 1 gal이다.

들어가는 옥탄가 87의 부피 분율은  $x$ , 섞이는 옥탄가 93의 부피 분율은  $y$ 라고 가정한다.

옥탄 수치:

$$\begin{array}{ccc} \text{축적} & & \text{유입} \\ \left| \frac{89 \text{ octane}}{1 \text{ gal}} \right| \frac{1 \text{ gal}}{1} - 0 = \left| \frac{87 \text{ octane}}{1 \text{ gal}} \right| \frac{x \text{ gal}}{1} + \left| \frac{93 \text{ octane}}{1 \text{ gal}} \right| \frac{y \text{ gal}}{1} \end{array}$$

휘발유 수치:

휘발유 수치를 만들 수 있는가? 휘발유의 질량이 아닌 부피만 알고 있고 각각은 약간 다른 요소를 가진다. 질량은 부피에 밀도를 곱한 값으로, 유입 흐름의 밀도와 섞인 후의 밀도가 같은가? 모든 경우에 대해 같다. 물질수지에서 밀도 항을 없애고 부피수치를 만들 수 있다.

$$x + y = 1$$

두 수치를 동시에 풀면  $x = 2/3 \text{ gal}$ ,  $y = 1/3 \text{ gal}$ 이고 섞인 휘발유의 가격은 다음과 같다.

$$2/3(\$2.837) + 1/3(\$3.137) = \$2.936$$

옥탄가 89의 가격(2.987달러)보다 약간 낮다. 일반적으로 정제공장은 다른 옥탄가를 가진 휘발유의 비선형혼합을 계산에 포함한다. 옥탄가의 1/10이나 2/10는 상당한 액수이기 때문에 판매하는 휘발유의 부피를 고려해야 한다.

이번 주 수업은  
여기서 마치도록 하겠습니다...  
수고 많으셨습니다...^^

# 감사합니다

---

