단위 조작
Unit operation

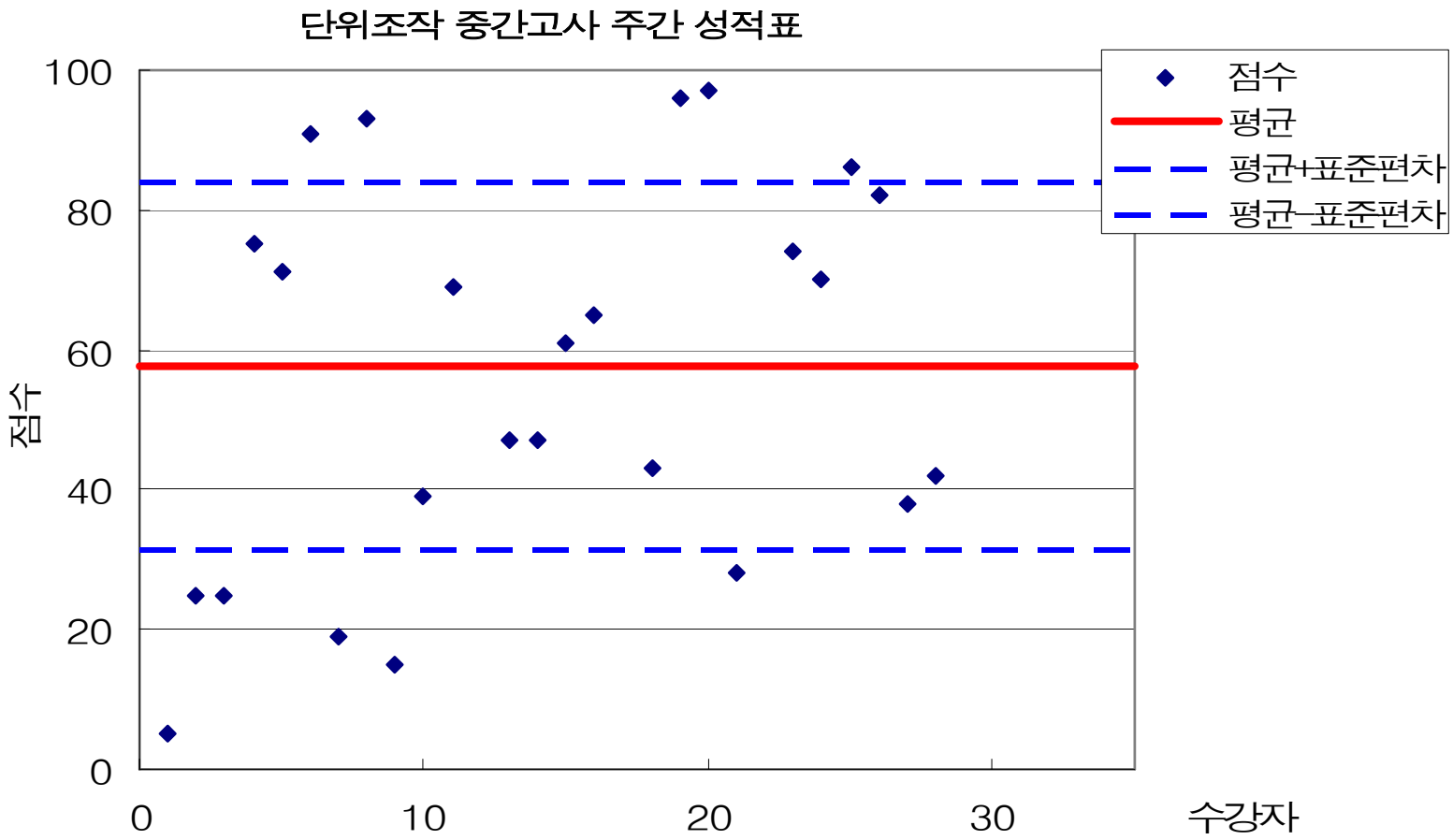
제 12 장. 흡착, 추출 & 결정화 공정

12.1-3 흡착공정, 흡착평형식, 크로마토그래피
12.4 이온교환 흡착공정 (IEC)

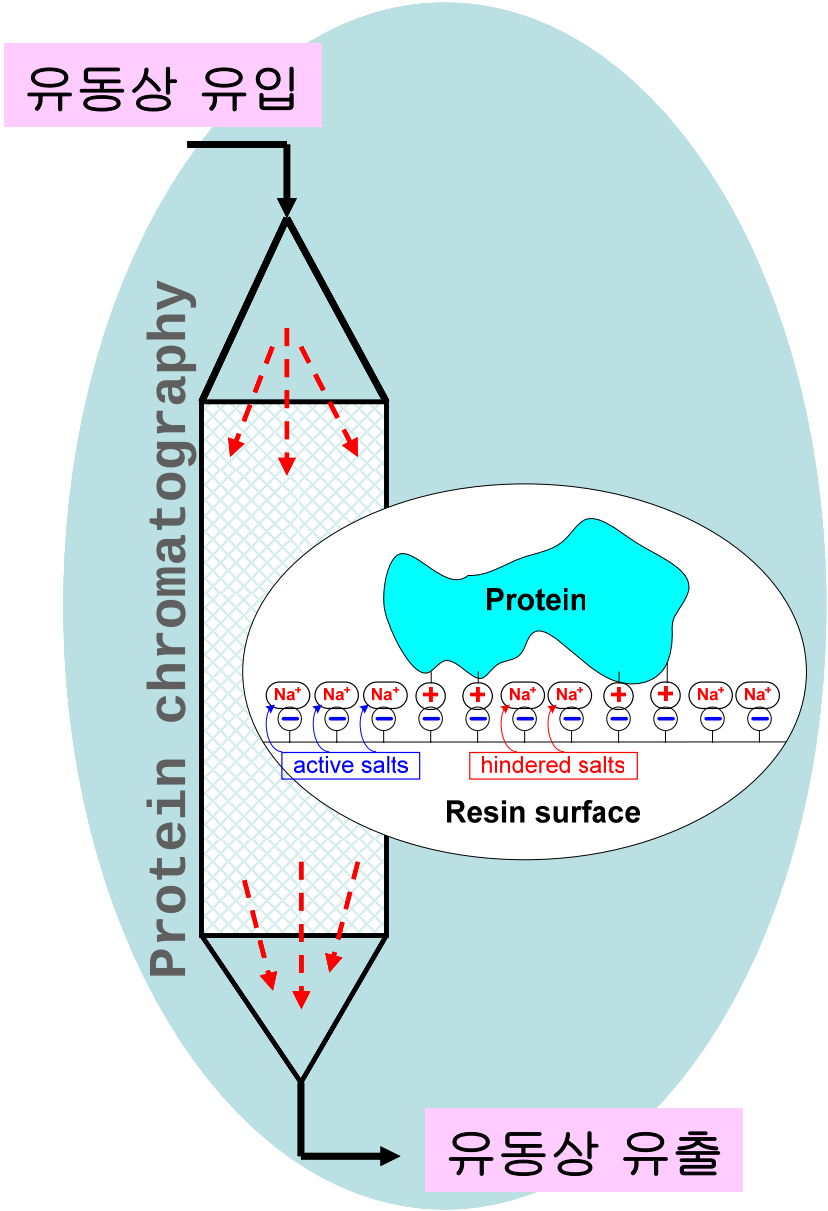
12.5-6 액액 추출공정
12.7 연속식 다단 추출공정

12.11 결정화 공정
12.12 결정화 이론

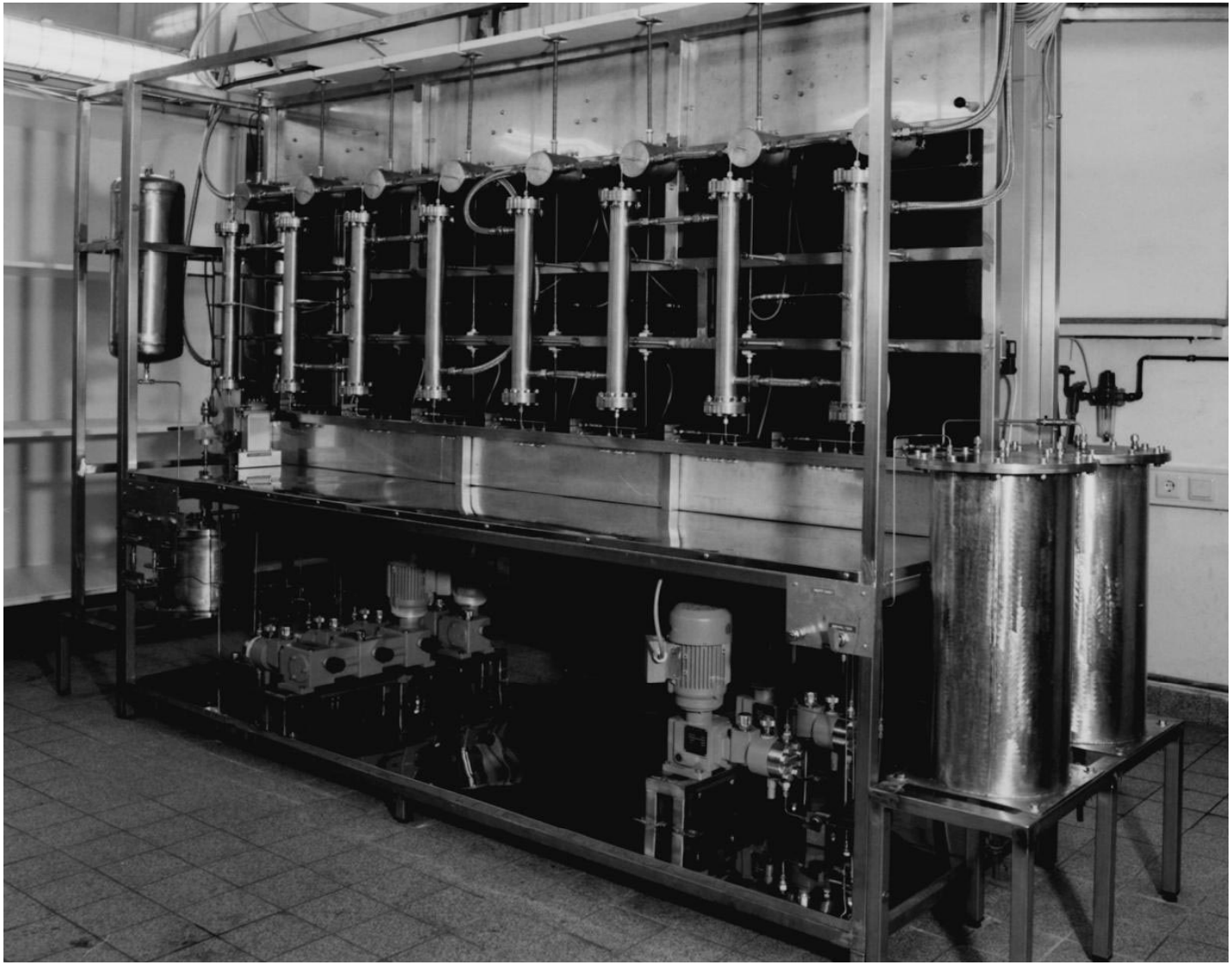
중간고사 결과 주간


단위조작 중간고사 주간 성적표
100
80
60
40
20
0
점수
0
10
20
30
수강자
점수
평균
평균+표준편차
평균-표준편차

Chromatographic process (batch)



Chromatographic process (SMB)



참고자료: **Beste et al. (2000), Optimization of SMB process, J. Chromatogr. A, 868, p169-188**

Chromatographic process (SMB design)

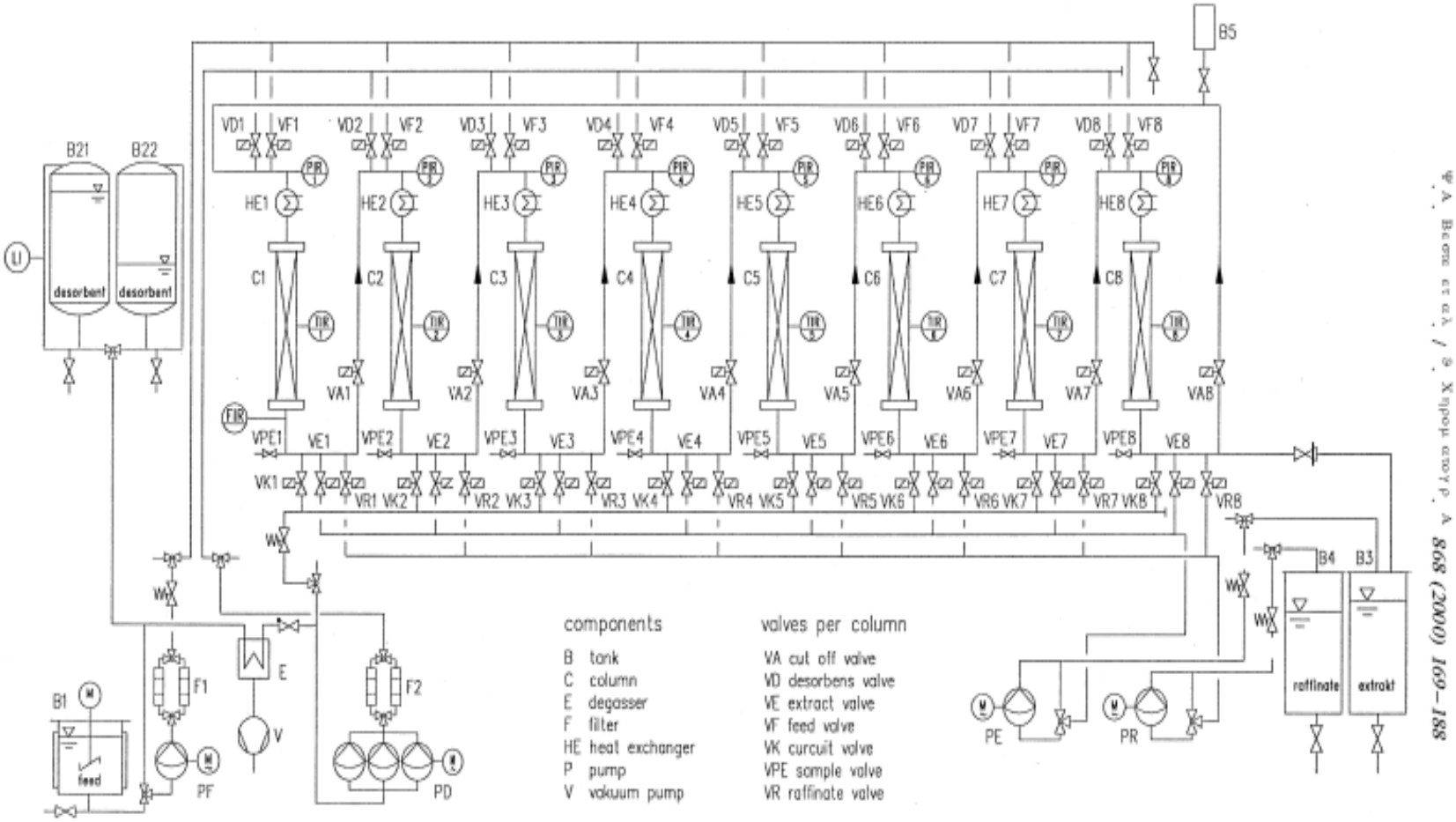
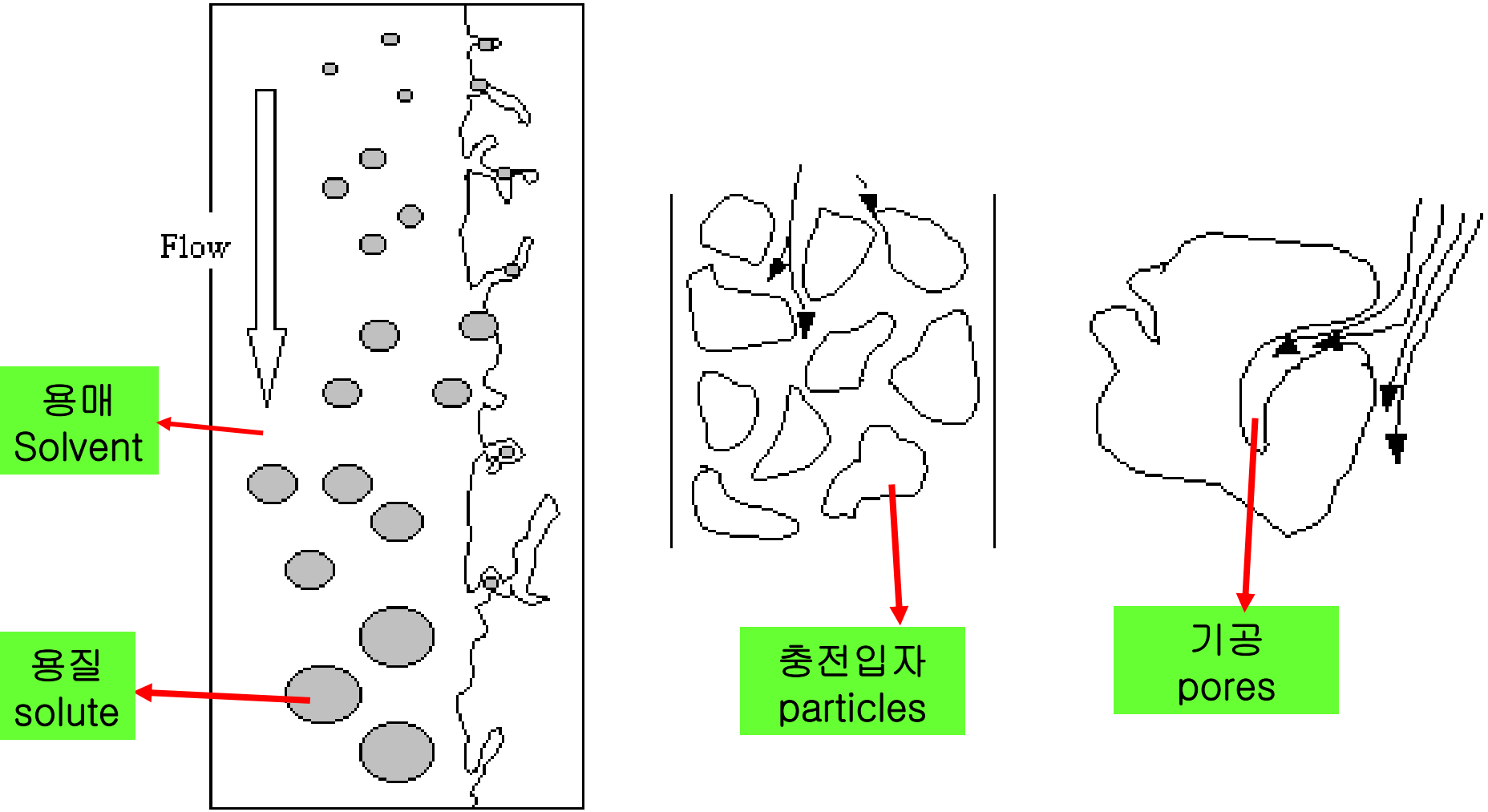


Fig. 1. Circuit diagram of the simulated moving bed plant.

J. Chromatogr. A 868 (2000) 169–188

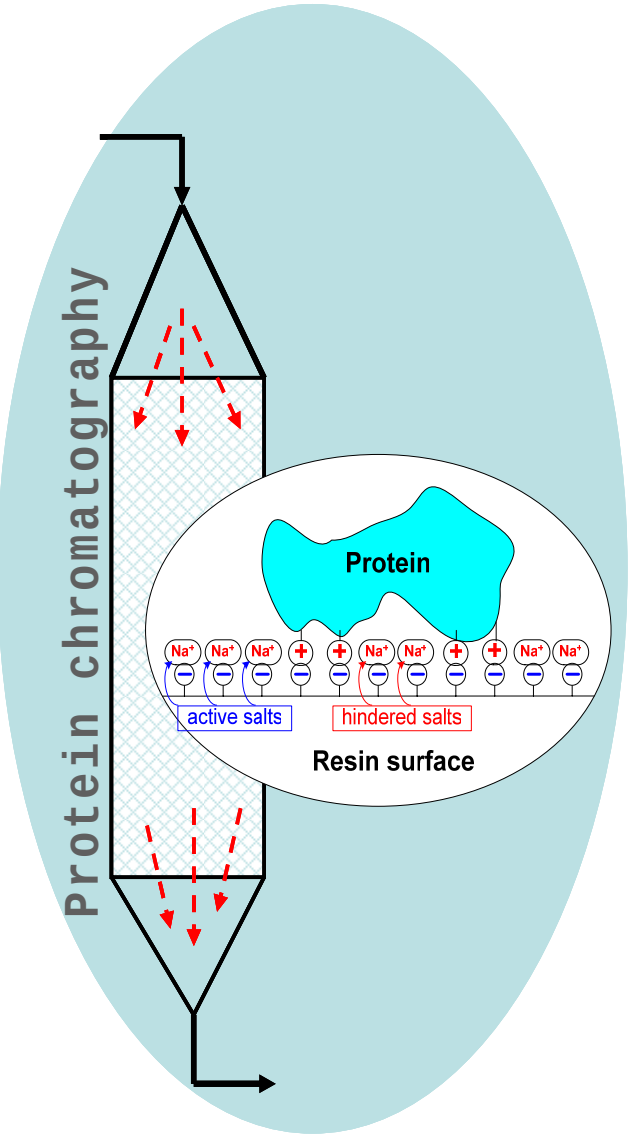
참고자료: **Beste et al. (2000), Optimization of SMB process, J. Chromatogr. A, 868, p169-188**

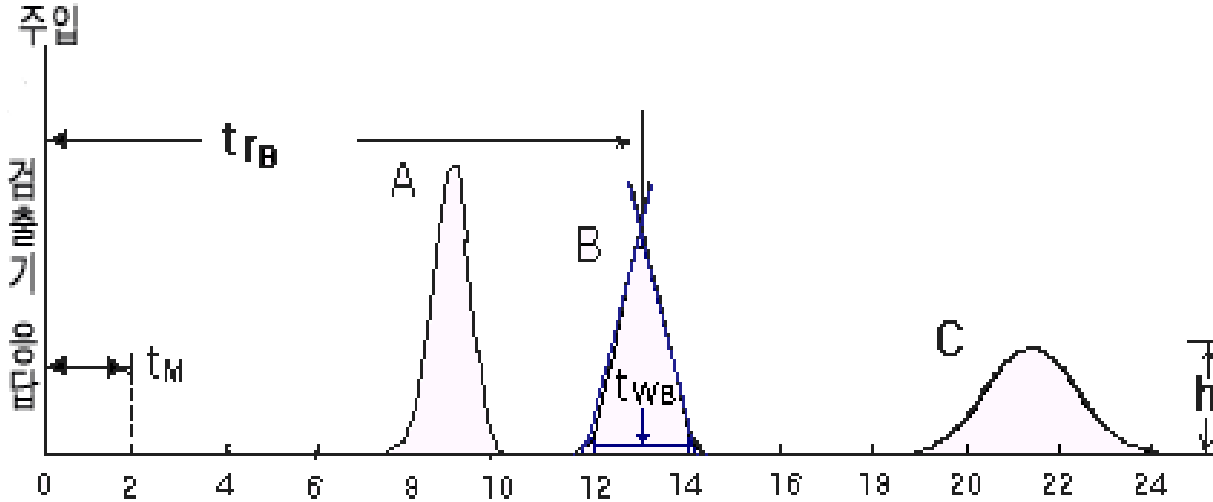
Packing materials: resin particles



참고자료: **http://user.chollian.net/~hl5nol/**

크로마토그램



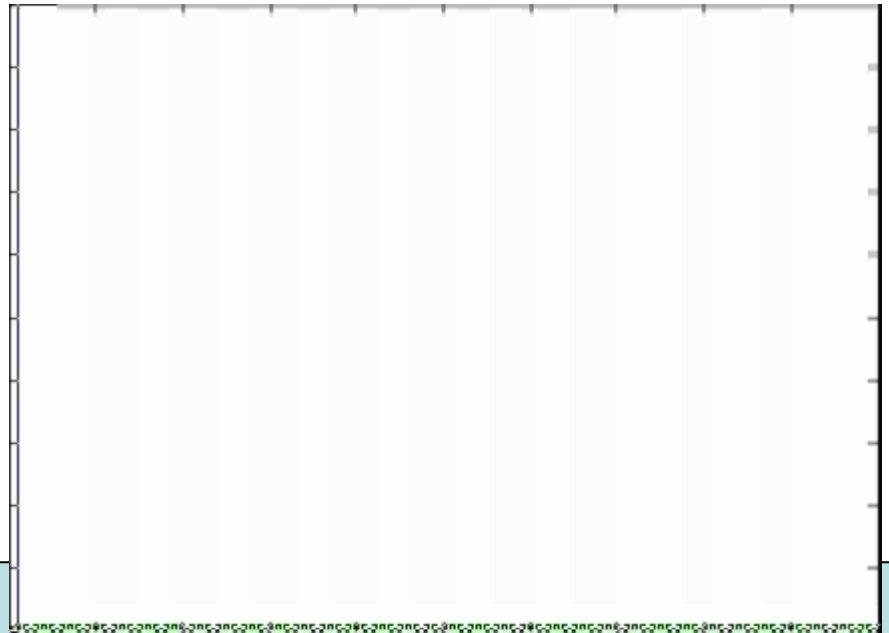


세가지 물질의 혼합물의 크로마토그램

t_M : 이동상이 컬럼을 빠져 나오는데 걸리는시간.

t_{rB} : 용질 B가 컬럼을 빠져 나오는데 걸리는 시간

t_{WB} : 용질 B 피크의 폭, h : 피크 높이



참고자료: http://user.chollian.net/~hl5nol/

12.1 흡착공정: adsorption process

1. 정의: 액체 혹은 기체의 흐름 속에 존재하는 여러 성분들을 고상의 흡착물질 (작은 원형 입자들) 의 표면에 흡착시켜 분리하는 공정.

2. 대표적인 공정: 크로마토그래피 공정

3. 응용: i) 발효액으로 부터 생물분자 (발효산물) 회수공정

ii) 방향성물질 (aromatics) 로부터 파라핀 분리

iii) 설탕분자들인 glucose/fructose 분리

iv) 탄화수소 기체로부터 물의 제거

v) 공기로부터 이산화황 제거

vi) 정수기: 물로부터 불순물 제거

4. 흡착제 (adsorbent) : 활성탄, 실리카겔, 활성 알루미나, 지올라이트, 합성고분자 (resin)

12.1C 흡착평형선: adsorption isotherms

물리적 의미: 유체상의 어떤 용질의 농도 (c_i) 에서 일정 온도와 압력하에 흡착제 (resin particles) 에 흡착되는 용질의 농도 (q_i) 곡선

수학적 정의: $q_i=f(c_i)$

예로서,

$q_i=K_i \cdot c_i$, 여기에서, K_i 는 흡착평형상수

$$q_i = \frac{q_0 \cdot c_i}{K + c_i}$$, Langmuir 등온흡착식

등온흡착선=흡착평형선

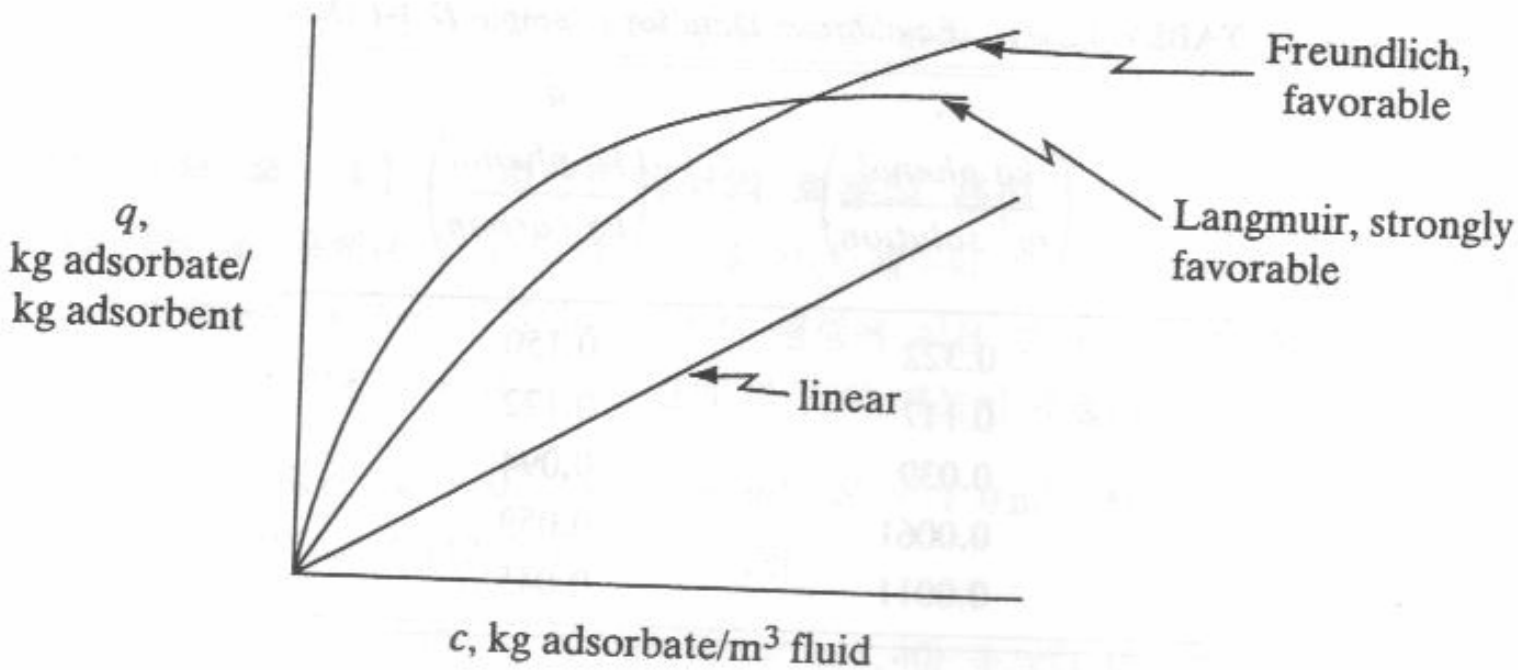


FIGURE 12.1-1. *Some common types of adsorption isotherms.*

흡착컬럼의 비정상상태 물질수지

$$\varepsilon \frac{\partial c}{\partial t} + (1-\varepsilon)\frac{\partial q}{\partial t} = -\varepsilon v \frac{\partial c}{\partial z} + \varepsilon D_{ax} \frac{\partial^2 c}{\partial z^2}$$

Bed voidage
컬럼 공극률

공정내 액상농도 변화량
Accumulation term

공정내 고상농도 변화량
Accumulation term

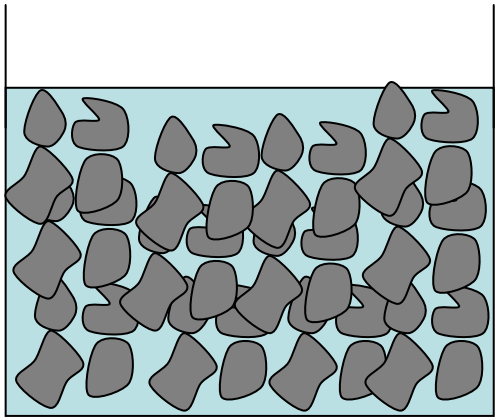
액상 실질속도
Interstitial velocity

액상의 대류항
Convection term

액상의 확산항
Diffusion term

$$q = K \cdot c \;\Rightarrow\; \frac{\partial q}{\partial t} = K\frac{\partial c}{\partial t} \qquad \frac{\partial c}{\partial t}(1+\phi K) = -v\frac{\partial c}{\partial z} + D_{ax}\frac{\partial^2 c}{\partial z^2}$$

예제 12.2-1 활성탄에서 회분식 흡착



c_F=0.21kg/m^3, V_L =1m^3, m_S=1.4kg

$$q_A = 0.2c_A^{0.23} \;\; where\ c = [kg/m^3],\ q = [kg/kg]$$

최종평형값과 흡착된 페놀의 양은 몇% 인가?

페놀에 대한 질량보존식

(초기 액/고상 페놀양)=(나중 액고상 페놀양)

$$q_F m_S + c_F V_L = q_A m_S + c_A V_L$$

$$0 \times 1.4 + 0.21 \times 1 = q_A \times 1.4 + c_A \times 1$$

$$q_A = -\frac{1}{1.4} c_A + \frac{0.21}{1.4}$$

과제 6

1. 다음과 같은 등온흡착식과 물질수지식을 MS Exel 그림으로 그리고, 그 교점을 그래프상에서 찾으시오.

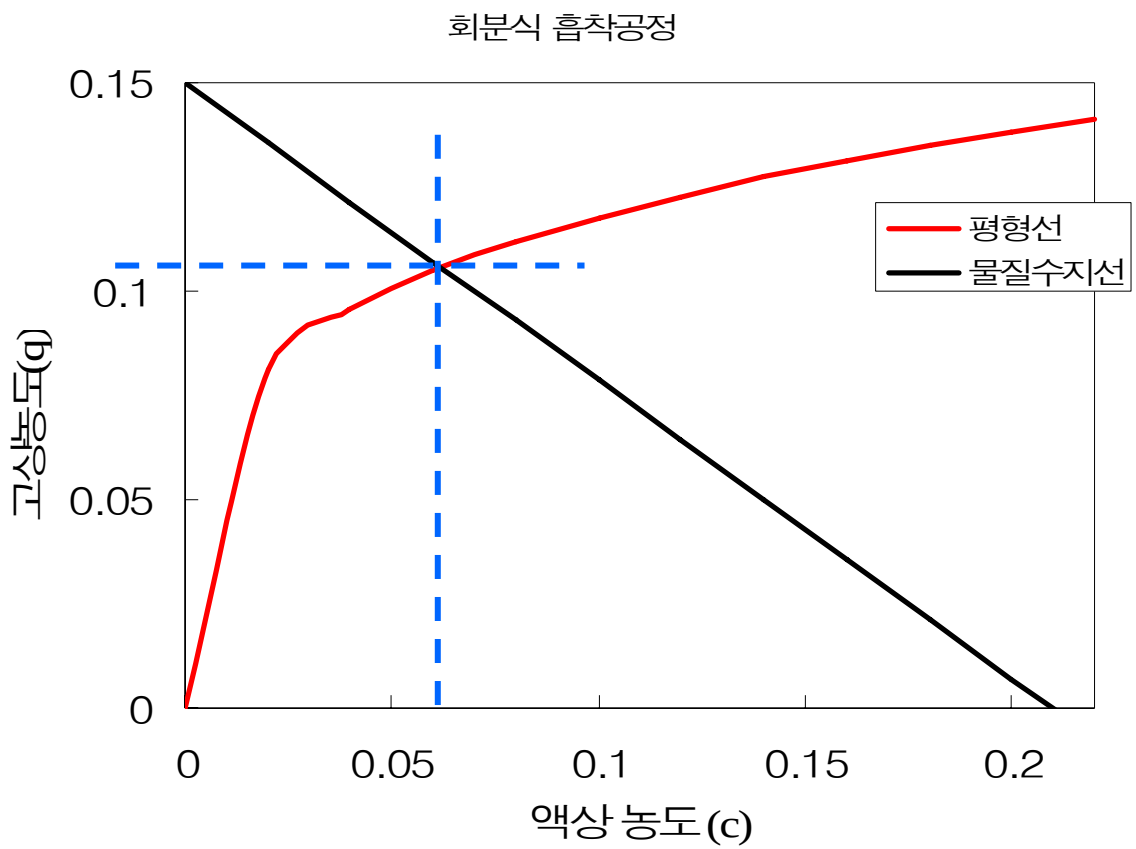
$$q_A = 0.2c_A^{0.23} \;\; where\ c = [kg/m^3],\ q = [kg/kg]$$

$$q_A = -\frac{1}{1.4}c_A + \frac{0.21}{1.4}$$

2. 위의 곡선과 직선이 만나는 교점을 MS Exel 의 도구>해찾기> 기능을 이용하여 구하시오. 평형상태에서의 액상의 농도 (c_A*), 고상의 농도 (q_A*) 는 얼마인가?

3. 고상으로 흡착된 페놀의 양을 계산하고, 초기 액상의 페놀중에 몇 % 가 고상으로 제거되었는가?

과제 6



$$0.2c_A^{0.23} = -\frac{1}{1.4}c_A + \frac{0.21}{1.4}$$

$$f(c_A) = -\frac{1}{1.4}c_A + \frac{0.21}{1.4} - 0.2c_A^{0.23}$$