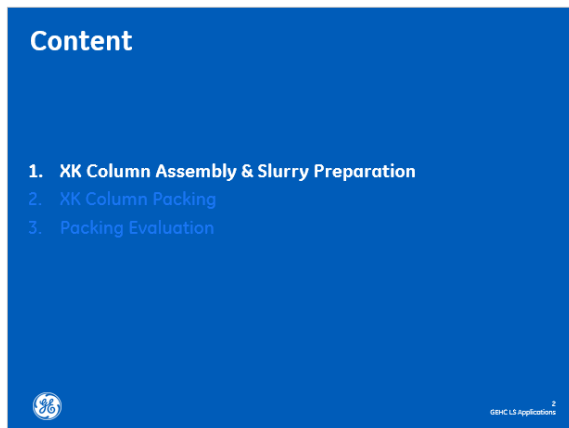
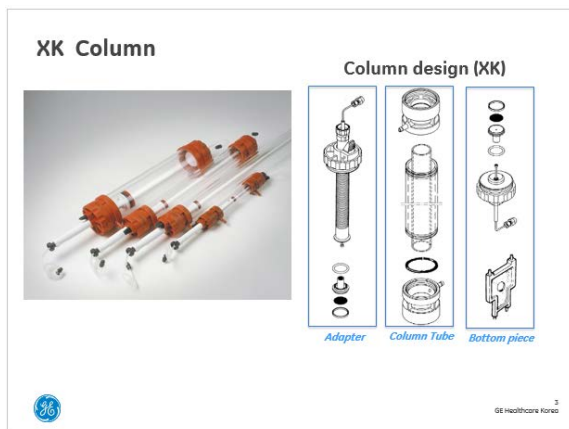




안녕하세요?
 Column Packing 이터닝에 오신 여러분을 환영합니다.



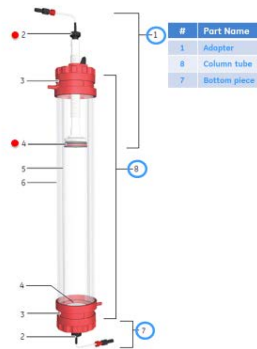
가장 많이 사용하는 XK column을 이용해서 column assembly, packing 방법, packing test 방법을 강의와 동영상을 사용해서 설명 드리겠습니다.
 “GE와 함께하는 실험길라잡이”에 공지하는 column packing 워크샵에 등록하시면 실습에 참석하실 수 있습니다.
 XK column을 조립하고 resin을 준비하는 것으로 시작합니다.



XK column은 왼쪽의 실물 사진처럼 아래쪽의 하얀 기둥모양의 adapter, main body 인 column tube, 그리고 bottom piece로 구성되어있습니다.
 오른쪽에서 2차원적인 단면을 차례대로 보시면, adapter안에는 inner shaft 라고 하는 기둥이 달려있고, 그 밑으로 o-ring과 plunger가 있습니다.
 가운데 그림은 packing connector, main body인 glass tube, 그리고 glass 부분을 감싸고 있는 thermostatic jacket 입니다.
 이 Jacket은 두 가지 기능이 있는데, packing connector 와 연결되어 있는 부분을 통해서 온도 조절을 할 수 있고, 압력이 커지면서 glass가 깨질 위험에서 안구를 보호하는 역할을 합니다.
 마지막 그림은 bottom piece로, 위에서부터 net ring, support screen, plunger, o-ring, ferrule, bottom end cap으로 구성됩니다.
 Column을 두 개 이상 혹은 시리즈로 연결해서 사용하는 경우에는 connector로 연결할 수 있습니다.

Parts of XK Column (1)

#	Part Name
1	Adapter
2	Adjusting knob
3	Column end pieces
4	Plunger
5	Glass tube
6	Thermostatic jacket
7	Bottom pieces
8	Column tube



#	Part Name
1	Adapter
8	Column tube
7	Bottom piece

GE Healthcare Korea

조립을 완성한 XK column입니다.

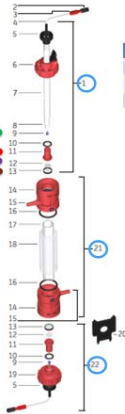
XK column은 크게 세 부분으로 되어있는데, 1번의 adapter, 8번의 column tube, 7번의 bottom piece입니다.

이들을 구성하는 주요 part들을 표시하였습니다.

2번 adjusting knob으로 adapter를 column tube안에 장착합니다.

Parts of XK Column (2)

#	Part Name
2	Stop plug
3	Tubing connector
4	Capillary tubing
5	Adjusting knob
6	Top end cap
7	Adapter shaft
8	Inner shaft
9	Ferrule
10	O-ring
11	Plunger
12	Support screen
13	Net ring
14	Column end piece
15	Fluid connector from/to the thermostatic jacket
16	O-ring
17	Glass tube
18	Thermostatic jacket
19	Bottom end cap
20	Disassembling tool



#	Part Name
1	Adapter
21	Column tube
22	Bottom piece

GE Healthcare Korea

가운데 4번 plunger는 조립된 상태의 그림이어서 일부만 보이는데, 다음 장에서 원래 모습을 보시겠습니다.

각 part의 모양, 위치, 그리고 이름을 확인하기 위해서 XK column을 해체한 그림을 넣었습니다.

XK column instruction (28-9920-23AF)을 web에서 down받아서 참고하시기 바랍니다.

색으로 표시한 9번 ferrule, 11번 plunger, 12번 support screen, 13번 net ring의 모양과 위치를 확인하시기 바랍니다.

Video 1 : XK Column & Assembly



GE Healthcare Korea

XK column의 Adaptor는 stop plug, ferrule, adjusting knob을 지나서 column안쪽의 inner shaft를 지나 tubing 그리고 ferrule로 구성됩니다. 또한 o-ring, plunger, support screen 그리고 net ring도 adaptor part에 포함됩니다. Main body는 column end piece와 fluid connector를 지나서 o-ring, glass tube, thermostatic jacket, 다시 fluid connector와 end piece로 구성되어 있습니다. Bottom piece는 net ring, support screen, plunger, o-ring을 지나서 ferrule, inner shaft, bottom end cap, adjusting knob으로 구성이 됩니다. XK column을 조립하려면 먼저 adapter, column tube, bottom piece를 각각 조립합니다. 이제 bottom piece와 adapter의 adjusting knob을 풀어서 column tube의 위, 아래로 넣고 end cap을 돌려서 잠그면 조립이 완료됩니다. Bottom piece를 어떻게 조립하는지를 보여드리겠습니다. Plunger에 o-ring을 끼우고 나서 inner shaft에 돌려서 넣어주는데, 이때 너무 꼭 조이면 plunger가 깨져서 column packing 후에 buffer가 새는 원인이 됩니다. Plunger위에 support screen를 얹고 net ring으로 조입니다. 조립한 Inner shaft를 Bottom end cap으로 밀어 넣고 나서 adjusting knob을 조입니다. Tubing connector에 end cap을 끼우면 bottom piece의 조립은 완성입니다. Adapter라고 부르는 upper piece의 조립 과정도 bottom piece 조립과 동일합니다. O-ring을 끼운 plunger를 inner shaft에 끼우는데, 이때도 plunger가 깨지지 않도록 자연스럽게 조이는 정도면 좋습니다. Plunger에 support screen과 net ring을 끼우고 나서 adjusting knob을 조이고 tubing connector에 end cap을 끼워서 완성합니다.

Materials of this Packing Exp.

- Column : XK 16/20
- Packing Length : 9 cm
- Resin : Q Sepharose FF
- Max. Pressure Limit : 0.3 MPa

동영상의 Column packing에 사용한 제품들입니다.

XK 16/20 column을 사용했는데, 첫 숫자 16은 column 의 직경이 16 mm라는 의미이고, 뒤의 숫자는 column 의 길이가 20 cm임을 의미합니다.

Packing 길이는 9 cm를 목표로 하였습니다.

사용한 resin은 ion exchange chromatography에서 가장 많이 사용되는 Q Sepharose FF 이고, 최대 압력 한계는 0.3 MPa 입니다.

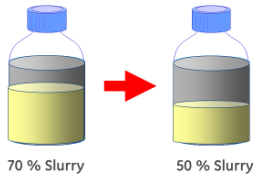
Packing을 시작하기 전에 최대 압력과 최대 flow rate 을 확인해야 합니다.



GE Healthcare Korea

Prepare gel

- Resin delivered with 20 % EtOH, it is usually 70 % of slurry percent
- Make less dense slurry with adding solvent around 50 %



Slurry를 준비하는 과정입니다.

GE에서 제공하는 resin은 두 가지 format으로 20 % 에탄올에 담긴 액체 상태와 powder 상태로 동결 건조 상태입니다.

액체 상태의 resin을 더 많이 사용하고 약 70 %의 slurry 농도로 배송합니다.

슬라이드 왼쪽 그림처럼 에탄올에 담긴 resin을 가라앉히면 밑 부분에 resin이 모이는 것을 확인하실 수 있습니다.

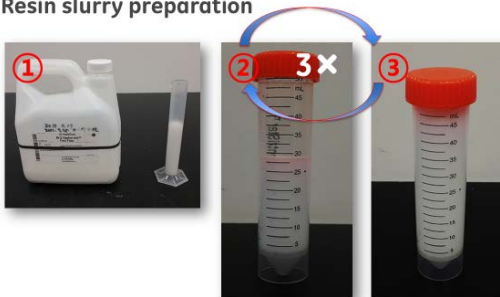
Resin의 윗 부분은 에탄올과 보존제들입니다.

Packing할 resin의 부피를 계산한 후에 사용할 slurry의 농도를 50~60 %로 조절해서 준비합니다.



GE Healthcare Korea

Resin slurry preparation



Resin의 20% 에탄올을 제거하고 packing에 사용할 용액으로 교환하는 과정입니다.

물이나 Packing에 사용할 buffer로 Washing을 합니다.

Resin을 가라앉힌 후에 상층액을 버리고 다시 물을 붓고, 다시 가라앉히고 버리는 과정을 3 회 반복합니다.



GE Healthcare Korea

Calculate the resin volume

Resin is "compressed" during packing procedure

- > Packed column volume × compression factor = Sedimented resin volume
- > Sedimented resin volume ÷ slurry concentration = Total slurry volume

*Needs 1 or 2 day for Sediment
(24 um for 2 days & 90 um for 1 day)

Sedimented volume



[Case study] Calculate total slurry volume:

- Packed column volume: 24 ml
- Compression factor: 1.15
- Slurry concentration: 50 %

Sedimented resin volume? → $24 \times 1.15 = 27.6 \text{ ml}$
Total slurry volume? → $27.6 \div 0.5 = 55.2 \text{ ml}$



11
GE Healthcare Korea

Content

1. XK Column Assembly & Slurry Preparation
2. XK Column Packing
3. Packing Evaluation

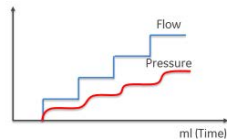


12
GEHC LS Applications

Pressure/Flow packing

압력/유속 패킹:

- Resin 이 견딜 수 있는 압력에서 70% 정도 까지 도달 하도록 유속을 상승
- 특정 유속에서 목표 압력을 지속적으로 유지 하는 시점에서 패킹을 완료
- Packing 완료 후, 추천하는 사용 유속은 패킹할 때 사용한 최대 유속의 70%



13
GE Healthcare Korea

Resin의 부피를 제대로 계산하는 것이 중요합니다.

Column 크기와 packing height에 따라서 resin의 부피를 계산할 수 있는데, Packed column volume은 단면적과 길이의 곱입니다. 슬라이드의 예에서는 column의 반지름인 8 mm와 packed height인 12 cm를 대입해서 24 ml의 packed column volume을 얻었습니다. Packing에 사용하는 압력에 의한 길이 변화를 고려해서 compression factor를 곱해주면 실제로 필요한 resin의 부피인 27.6 ml를 얻을 수 있습니다. Compression factor 정보는 제품 instruction에 명시되어 있습니다.

두 번째로 계산 할 것은 slurry 농도인데,

배송 받은 resin slurry 농도를 조정하여 사용하기 때문에 slurry 부피를 계산해야 합니다.

위에서 계산한 resin 부피를 사용할 slurry 농도로 나누면 준비할 resin의 총 부피를 얻을 수 있습니다.

예에서는 50 % slurry를 만들기 때문에 총 55.2 ml을 준비하면 됩니다.

Column과 resin을 준비하였으니, resin을 XK column안에 붓고 AKTA를 사용해서 packing을 시작 하겠습니다.

실험에서 사용할 압력/유속 packing을 먼저 설명 드리겠습니다.

Packing한 column의 maximum pressure는 column packing 압력의 70% 입니다.

유속 대신 압력으로 packing을 진행하면 슬라이드의 그래프처럼 유속을 올릴 때, 압력이 평형이 된 후에 다음 유속으로 옮기게 됩니다.

이런 식으로 점진적으로 pressure를 올려서 max.pressure가 되는데, 이 max.pressure의 70%가 실제로 column을 running 할 때 쓰는 실제적인 flow rate 입니다.

Check the Packing Flow Rate

- The optimal packing flow rate/pressure is **70~100%** of the maximum flow rate/pressure.

- XK column

XK 16, XK 26	± 5 bar (72 psi, 0.5 MPa)
--------------	---------------------------

- Resin

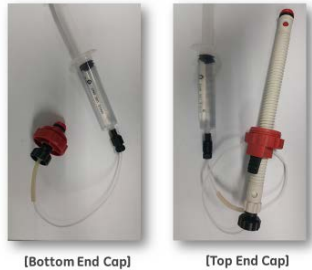
Max back pressure	3 bar (43 psi, 0.3 MPa)
Storage	20% ethanol (Q, DEAE, ANX, CM), 0.2 M sodium acetate in 20% ethanol (SP)



14
GE Healthcare Korea

Column packing (1~2/8) End piece 장착 → Resin 붓고 가라앉히기

- 1 End piece 장착
- 2 Resin 붓고 가라앉히기
- 3 Adapter 장착
- 4 Slurry 안정화
- 5 Adapter 내리기
- 6 압력 packing
- 7 Packing 완료
- 8 Packing Test



15
GE Healthcare Korea

Video 2 : XK Column Packing



16
GE Healthcare Korea

Column의 operation flow rate은 packing flow rate의 70% 입니다.

예를 들어서 XK 16/26 column의 경우, column hardware가 견딜 수 있는 압력은 0.5 MPa이고, packing한 resin의 최대 back pressure는 0.3 Mpa여서 resin을 packing 할 때는 절대 0.3 Mpa 의 압력을 넘으면 안됩니다.

Packing 과정을 8 단계로 나누었습니다.

양쪽 end piece를 20% 에탄올을 채운 syringe에 연결했습니다.

Syringe안의 에탄올을 밀어내서 tubing, bottom end cap, top end cap에 차 있는 공기를 밀어냅니다.

이제 XK column 조립해서 AKTA장비에 연결하면 준비한 resin을 부을 준비가 된 것입니다.

14번 슬라이드에서 설명 드린 bottom end piece의 준비를 동영상으로 보시겠습니다.

End piece에 support screen과 net ring을 얹고 에탄올로 씻어내면서 bubble을 완벽하게 제거합니다.

이제 Bottom cap의 end piece를 Column tube에 연결합니다. 이때 주의해야 할 점은 bottom end cap만 돌려서 조이는 것이 아니고, 반드시 adjusting knob을 조여서 bottom end cap안에 있는 검은색 o-ring이 팽창해서 glass tube를 밀봉 해야 한다는 것입니다. Column의 glass tube에서 buffer가 새는 원인 중에서 가장 흔한 것이 바로 o-ring을 조이지 않았거나 헐겁게 조이는 것입니다. Column안으로 resin을 넣기 전에 column valve를 bypass로 돌리거나, bottom end piece에 연결된 syringe로 아래 부분을 막아서 buffer가 새지 않도록 합니다. Slurry를 Column안 으로 붓기 직전에 resin을 다시 한번 잘 섞어서 균일한 농도로 만듭니다. Slurry를 부을 때는 spatula나 pasteur pipette을 이용해서 일정한 속도로 부어야 resin과 공기와의 접촉면이 작아서 공기가 trap 되는 것을 막을 수 있습니다. Column의 위쪽을 호일로 막아서 먼지나 오염물질의 접촉을 방지하고, 30 분 정도 가라앉기를 기다립니다.

Column packing (3~4/8) *Adapter 장착 → Slurry 안정화*

- ① End piece 장착
- ② Resin 붓고 가라앉히기
- ③ **Adapter 장착**
- ④ **Slurry 안정화**
- ⑤ Adapter 내리기
- ⑥ 압력 packing
- ⑦ Packing 완료
- ⑧ Packing Test



17
GE Healthcare Korea

Video 2 : XK Column Packing



18
GE Healthcare Korea

이번 과정은 adapter를 column안으로 장착한 후에 적절한 속도로 buffer를 흘려서 가라앉은 resin을 안정화시키는 것입니다.

Syringe안의 에탄올로 adapter안의 공기를 제거하는 방법 외에, AKTA장비에 연결해서도 비디오에서 보시듯이 buffer를 흘려 주면서 진행할 수 있습니다.

Adapter를 glass tube안으로 밀어 넣을 때는 45도 각도로 넣어서 공기가 trap되지 않도록 합니다.

이때 adjusting knob을 풀어서 검정색 o-ring이 glass tube안으로 잘 들어갈 수 있도록 해줍니다.

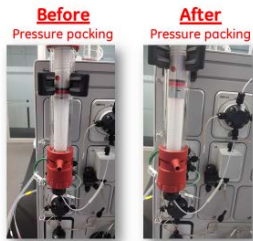
Top end cap을 돌려서 잠근 후에 다시 adjust knob을 조여서 o-ring이 glass tube에 밀착되어서 buffer가 새지 않도록 합니다.

Adapter 장착을 완료하면, AKTA의 Unicorn으로 resin에 합당한 pressure 알람을 설정합니다.

30 cm/hr의 낮고 일정한 유속을 사용해서 column안의 resin을 안정화 시킵니다.

Column packing (5~7/8) *Adapter 내리기 → 압력 packing → Packing 완료*

- ① End piece 장착
- ② Resin 붓고 가라앉히기
- ③ Adapter 장착
- ④ Slurry 안정화
- ⑤ **Adapter 내리기**
- ⑥ **압력 packing**
- ⑦ **Packing 완료**
- ⑧ Packing Test



19
GE Healthcare Korea

Resin이 안정화되면, adapter를 bed 가까이로 내린 후에 압력 packing을 진행합니다.

슬라이드에서 보시듯이 압력packing을 진행한 후에는 adapter와 bed사이에 gap이 생긴 것을 보실 수 있습니다.

Adapter를 다시 내려서 bed에 밀착시키면 packing이 완료됩니다.

Video 3 : XK Column Packing

Adaptor 장착



17
GE Healthcare Korea

Content

1. XK Column Assembly & Slurry Preparation
2. XK Column Packing
3. Packing Evaluation



21
GE Healthcare Korea

Test samples

For Checking Column Efficiency!

Solute	Solvent	Detection
1 % Acetone	Water	UV
1 % Acetone	Ethanol	UV
1 % Acetone	Methanol	UV
0.4 M NaCl	Water	Conductivity
0.8 M NaCl	0.4 M NaCl	Conductivity



22
GE Healthcare Korea

낮은 유속에서 resin이 안정적으로 쌓인 것을 육안으로 확인하면, 유속을 멈추고 bottom end piece의 tubing에서 buffer가 흘러나오지 않도록 end cap으로 막거나 column valve를 이용해서 buffer가 bypass되도록 합니다.

Adapter의 adjusting knob을 풀어서 느슨하게 한 후에, 안정화 되어 있는 resin의 1~2 cm 위까지 adapter를 내린 후에 adjusting knob을 다시 조입니다. 압력을 서서히 올려가면서 resin이 견딜 수 있는 최대 압력의 70%까지 도달하도록 압력 packing을 진행하면 resin이 더 압착되어서 adapter에서 조금 멀어집니다. Resin 높이에 더 이상의 변화가 없으면 column 외 벽에 resin의 최종 높이를 표시 합니다. End cap으로 bottom end piece tubing를 막아서 buffer가 흘러나오지 않게 하고, AKTA system에서 adapter tubing를 분리합니다. 표시한 resin 높이 보다 2 mm 아래까지 adapter를 밀어 넣습니다.

이때 adapter의 adjusting knob을 풀지 않은 상태로 힘을 주어서 adapter를 내리는 것인데, column 아래가 막혀있으므로 adapter쪽 tubing으로 buffer가 뿜어 나오는 것을 보실 수 있습니다. 이렇게 packing을 완료하면 column 내부에 공기가 들어 가지 않도록 AKTA에 재 장착 합니다.

이제 완성한 packing을 평가해서 사용할 수 있는지를 확인하는 마지막 과정입니다.

Column packing test는 완료한 packing이 합격인지를 결정하기 위해서 수치를 측정하기 위한 test 입니다.

Test solvents를 테이블의 가운데 칸에서 확인하실 수 있는데, 물, 에탄올, 메탄올, NaCl용액 등이 있습니다. 물을 가장 많이 사용하고 다음으로 0.4 M NaCl 을 선호합니다.

그리고 test solute로는 1 % acetone 을 가장 선호하고, 0.8 M NaCl도 많이 사용합니다.

Solvent로 물을 사용할 경우에는 1 % acetone 또는 0.4 M NaCl 을 solute으로 사용하고, 0.4 M NaCl 을 solvent 로 사용할 경우에는 0.8 M NaCl 을 solute로 사용해서 결과를 확인할 수 있습니다.

1 % acetone 의 경우에는 UV 흡광도로 측정하고, NaCl은 conductivity로 detection 합니다.

CoA of Pre-packed column

HiLoad 16/600 Superdex 200 pg

Includes	Disassembling tool, support screen, net ring (10 µm), O-ring, stop plugs, and instructions
Bed Dimensions	16 x 600 mm
Bed Volume	120
Complete Packsize	1 x 120 mL
Sample Volume	< 5 mL
Flow Rate	1.6 mL/min
Flow Velocity	10 cm/h - 50 cm/h
Storage Conditions	4 to 30°C, 20% Ethanol
Pressure Max. (Over the Pressure Limit During Operation)	3 bar (0.3 MPa) (42 psig)
Order Information	148 used columns are prepacked XK columns
Theoretical Plates	> 13000 m ²



CoA (Certificate of Analysis) of HiLoad 16/600 Superdex 200

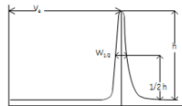
Test/Characteristic	Limits	Result
1. Efficiency : number of plates/m	min. 13,000	passed test



23
GE Healthcare Korea

HETP testing

* HETP : Height equivalent theoretical plate



HETP = L/N
 $N = 5.54 (V_R / W_{10})^2$
 L = bed height (cm)
 N = number of theoretical plates

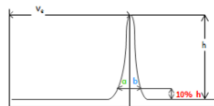
① *HETP/d (d = the diameter of the bead)

- Ideally 1-2 dp
- Good 2-4 dp
- High efficiency applications 3-5 dp
- Low efficiency applications 5-10 dp



24
GE Healthcare Korea

Peak symmetry testing



$A_s = b/a$
 $a = 1^{\text{st}}$ half peak width at 10% of peak height
 $b = 2^{\text{nd}}$ half peak width at 10% of peak height

② * A_s

- Ideally 1.0
- Gel filtration columns 0.8 - 1.2
- Long beds (> 30cm) 0.8 - 1.5
- Short beds (≤ 30cm) 0.8 - 1.8



25
GE Healthcare Korea

공장에서 packing해서 상품으로 판매하는 pre-packed column은 QC test의 하나로 HETP값을 측정해서 그 값을 CoA로 제공합니다. 따라서 실험실에서 packing을 하는 경우에도 반드시 HETP를 측정해서 column이 합격인지를 확인하고 나서 정제과정에 사용해야 합니다.

슬라이드는 HETP testing을 설명하는 그래프입니다. HETP는 height equivalent theoretical plate로 “이론적인 한 단의 높이”로 번역할 수 있습니다. 여기서 한 단이란 한 층을 말합니다. HETP를 계산하는 방법을 말씀 드리겠습니다. N은 이론적인 층의 개수이고 L은 packing을 완료 하였을 때 얻는 높이입니다. 먼저 이론적인 층의 개수를 공식을 통하여 얻은 후에 L로 나누면 한 층의 높이를 구할 수 있습니다. HETPtesting을 통해서 한 층에 몇 개의 resin이 들어가는 지를 HETP/d로 계산할 수 있습니다. 예를 들어서 Sepharose Q FF는 평균 90 µm 지름을 가지는데, HETP 값이 180 µm이라면 한 층에 두 개의 resin이 쌓여 있다는 의미이고 HETP/d는 2 dp가 됩니다. 이렇게 HETP값과 resin의 평균지름으로 한 층에 몇 개의 resin 이 들어가는지를 계산할 수 있습니다. Column Packing이 제대로 되었는지는 크게 두 가지를 측정해서 확인합니다.

첫 번째가 바로 HETP/d 값입니다. HETP/d 값이 1~2 dp이면 이상적으로 packing이 되었다고 봅니다. 일반적으로 Capture단계에서 사용하는 resin의 경우에는 Low efficiency application 값인 5~10 dp를, Intermediated 단계와 Polishing 단계의 경우에는 High efficiency application에 해당되기 때문에 3~5 dp를 추천합니다.

하지만, 실제 공정에서 사용하는 column의 HETP/d 값은 정제하고자 하는 타겟단백질의 정제에 합당한 값을 정하고 사용하면 됩니다.

Symmetry testing을 설명 드리겠습니다.

AKTA 에서는 asymmetry (A_s) 값을 사용하는데 최대 peak에서 baseline의 10% 높이에 있는 a 와 b 의 면적 비율을 계산한 값입니다. 가장 좋은 Asymmetry 값은 a 와 b 가 같아서 1이 되는 것입니다.

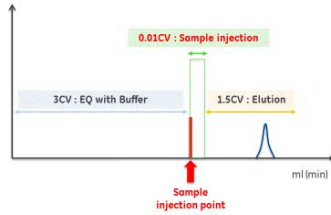
Test결과로 얻은 Asymmetry 값은 이상적인 값, 허용되는 값, 비정상 값 등이 있고 이에 따라서 packing의 합격 여부를 결정합니다. Column Packing이 제대로 되었는지를 확인하는 두 번째 값이 Asymmetry 값입니다.

가장 이상적인 asymmetry 값은 1이지만, 30 cm 이상의 bed height에서는 0.8~1.5, 30 cm 미만에서 0.8~1.8의 asymmetry 값을 얻으면 packing이 잘 된 것으로 봅니다.

단 Gel filtration column의 경우에는 0.8~1.2 값을 얻어야 정제에 사용할 수 있습니다.

Column packing (8/8) Packing Test

- ① End piece 장착
- ② Resin 붓고 가리얌히기
- ③ Adapter 장착
- ④ Slurry 안정화
- ⑤ Adaptor 내리기
- ⑥ 압력 packing
- ⑦ Packing 완료
- ⑧ Packing Test



GE Healthcare Korea

Video 5 : Evaluation of Packed Column



GE Healthcare Korea

Summary

- 1) Consider proper packing methods and limit (ex> flow, pressure)
- 2) Check column efficiency
- 3) Join GE column packing Hands-on workshop



GE Healthcare Korea

Sepharose resin의 경우에는 30 cm/hr의 속도와 3 CV buffer로 column을 평형 시킵니다.

0.01 CV의 test sampl을 injectio하고 나서 다시 1.5 CV를 elution해서 총 4.5 CV를 흘리면 peak를 얻어서 분석합니다.

1 % acetone 용액을 test 샘플로 사용 하였으며, 용매는 삼차 증류수를 사용 하였습니다.

추천하는 column 평가 방법은 resin에 따라 차이가 있을 수 있으니, 매뉴얼을 참조 해 주시기 바랍니다.

요약 하도록 하겠습니다.

사용할 packing method 뿐 아니라 resin과 column의 사양을 파악한 후에 packing을 시작하시길 바랍니다.

Column packing을 완료한 후에는 test를 통해서 packing의 합격을 평가한 후에 정제나 분석에 사용하는 것을 추천합니다.

1년에 2회 column packing workshop을 진행하고 있습니다.

[GE실험길라잡이]의 [워크샵] site에서 일정을 확인하시고, 참석하시면 도움이 되실 것입니다.

감사합니다.