



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2012-0011603
(43) 공개일자 2012년02월08일

(51) Int. Cl.

B01D 15/08 (2006.01) *G01N 30/46* (2006.01)

(21) 출원번호 10-2010-0073539

(22) 출원일자 2010년07월29일

심사청구일자 2010년07월29일

(71) 출원인

인하대학교 산학협력단

인천 남구 용현동 253 인하대학교

(72) 발명자

구윤모

인천광역시 남구 소성로 71, 2남 117호 (용현동, 인하대학교)

김진일

인천광역시 남구 인화로 100, 인하대학교 3호관 218호 (용현동)

박혁민

인천광역시 남구 인화로 100, 인하대학교 3호관 218호 (용현동)

(74) 대리인

이원희

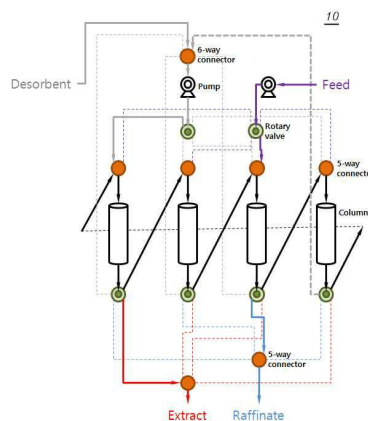
전체 청구항 수 : 총 7 항

(54) 2개의 펌프를 이용한 SMB 공정 방법 및 이를 이용한 시스템

(57) 요약

2개의 펌프를 이용한 SMB 공정 방법 및 이를 이용한 시스템을 제시한다. 상기 2개의 펌프를 이용한 SMB 공정 공정방법은 한 교환시간 이내에 제1구역 펌프가 만든 유량이 추출물 유출구 라인과 연결된 제1구역을 지나 초기에 해당 시간동안 상기 추출물 유출구(Extract port)로만 배출되어 제2구역에는 유량이 없고, 동시에 원료펌프가 만드는 유량이 제3구역을 지나 추출잔류물 유출구(Raffinate port)로 배출되어 제4구역과 재순환의 흐름이 없는 제1단계, 상기 추출물 유출구 라인이 밸브에 의해 닫히고, 상기 제1구역 펌프의 유량이 제2구역을 지나 상기 원료 펌프로부터 생성된 유량과 합쳐져 상기 추출잔류물 유출구(Raffinate port)로만 배출되는 제2단계 및 상기 추출물 유출구(Extract port)와 상기 추출잔류물 유출구(Raffinate port) 각각이 밸브에 의해 닫히고 상기 제1구역 펌프의 유량이 상기 원료펌프 유량과 합쳐져 제4구역을 거쳐 재순환하는 제3단계를 포함한다.

대표도 - 도1



이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 40562

부처명 한국에너지기술평가원

연구관리전문기관 한국에너지기술평가원

연구사업명 산업에너지 기술개발 사업

연구과제명 SMB 공정을 이용한 의약품료로서의 고순도 L-ribose 생산

기여율 1/1

주관기관 지식경제부

연구기간 2009.09.01 ~ 2011.08.31

특허청구의 범위

청구항 1

2개의 유입구와 2개의 유출구를 구비한 4구역 SMB 크로마토그래피를 이용한 물질의 분리 방법에 있어서,

한 교환시간 이내에 제1구역 펌프가 만든 유량이 추출물 유출구 라인과 연결된 제1구역을 지나 초기에 해당 시간동안 상기 추출물 유출구(Extract port)로만 배출되고, 동시에 원료펌프가 만드는 유량이 공급 원료 유입구 라인과 연결된 제3구역을 지나 추출잔류물 유출구(Raffinate port)로 배출되는 제1단계;

상기 추출물 유출구 라인이 밸브에 의해 닫히고, 상기 제1구역 펌프의 유량이 제2컬럼을 지나 상기 원료 펌프로부터 생성된 유량과 합쳐져 상기 추출잔류물 유출구(Raffinate port)로만 배출되는 제2단계; 및

상기 추출물 유출구(Extract port)와 상기 추출잔류물 유출구(Raffinate port) 각각이 밸브에 의해 닫히고 상기 제1구역 펌프의 유량이 상기 원료펌프 유량과 합쳐져 제4구역을 거쳐 재순환하는 제3단계를 포함하는 2개의 펌프를 이용한 SMB 공정방법.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 밸브는 추출물 유출구(Extract port)가 먼저 열리고 일정시간 뒤 추출잔류물 유출구(Raffinate port)가 열리도록 조절하는 것을 특징으로 하는 2개의 펌프를 이용한 SMB 공정방법.

청구항 3

제1항에 있어서,

상기 밸브는 추출물 유출구(Extract port)와 추출잔류물 유출구(Raffinate port) 모두 동시에 열린 뒤 일정 시간 이후에 동시에 닫히도록 조절되는 것을 특징으로 하는 2개의 펌프를 이용한 SMB 공정방법.

청구항 4

제1항에 있어서,

상기 밸브는 상기 추출잔류물 유출구(Raffinate port)가 먼저 열리고 일정시간 뒤 추출물 유출구(Extract port)가 열리도록 조절하는 것을 특징으로 하는 2개의 펌프를 이용한 SMB 공정방법.

청구항 5

제1항에 있어서,

상기 밸브는 상기 추출물 유출구(Extract port)와 상기 추출잔류물 유출구(Raffinate port)가 동시에 닫혔다가 일정시간 뒤 동시에 열리도록 조절하는 것을 특징으로 하는 2개의 펌프를 이용한 SMB 공정방법.

청구항 6

제1항에 있어서,

상기 공정 방법은 당, 아미노산, 단백질, 지방산, 석유화학물질, 키랄물질, 정밀화학물질, 제약재제 등과 같은 물질들의 분리를 위해 이용되는 것을 특징으로 하는 2개의 펌프를 이용한 SMB 공정 방법.

청구항 7

이동상의 유입구와 연결된 제1구역 펌프와 공급재료 유입구와 연결된 원료펌프;

상기 제1구역 펌프 및 상기 원료펌프 각각과 연결되며, 상기 제1구역 펌프 및 상기 원료펌프로부터 유출되는 유량들의 흐름을 선택적으로 조절하기 위한 유체흐름 조절 밸브; 및

상기 유량 조절 밸브에 따라 조절된 유량을 공급받으며, 2개의 유입구와 2개의 유출구와 각각 연결된 컬럼을 포함하는 2개의 펌프를 이용한 SMB 공정 시스템.

명세서

기술분야

- [0001] 본 발명은 SMB 크로마토그래피에 관한 것으로, 보다 상세하게는 기존 SMB에서 4~5개의 펌프가 이용되는 것에 반해, 조업을 위한 펌프를 2개로 줄여, 목적 물질이 충분히 분리가능한 2개의 펌프를 이용한 SMB 공정 방법 및 이를 이용한 시스템에 관한 것이다.

배경기술

- [0002] 크로마토그래피를 사용한 혼합물의 분리는 다른 분리 방법에 비해 낮은 에너지를 사용하는 장점이 있으며, 특히 상온에서 분리가 주로 이루어져 열에 민감한 물질인 의약품 및 생약제제 등의 분리에 특히 적합하다.
- [0003] 하지만 크로마토그래피의 여러 가지 이점에도 불구하고 산업체에서의 활용을 위해서는 다음과 같은 문제점들을 해결해야 한다. 배치 크로마토그래피는 컬럼 내의 액상의 조성이 시간에 따라 주기적으로 변하게 되므로 컬럼 내에서 고정상의 비효율적인 이용과 많은 양의 용매가 분리를 수행하기 위해 사용된다. 이로 인해 분리 대상 물질들의 회수와 고정상에 대한 친화력이 거의 비슷한 경우에는 고순도의 분리가 불가능하며, 연속 운전이 불가능한 단점을 가지고 있다.
- [0004] 따라서, 위와 같은 배치 타입의 단점들을 극복하여 상업적으로 중요한 분리공정의 응용을 위해 연속식 크로마토그래피의 개발이 필요하게 되었다.
- [0005] 연속식 크로마토그래피 개념은 1950년 대용량 역방향 흡착 시스템을 이용하여 천연가스로부터 프로판올을 분리해 내기 위해 UOP(Universal Oil Products) 사에 의해 개발된 하이퍼섭션(hypersorption) 공정이 개발되어 UOP사의 Sorvex, aromatics에서 p-xylene을 분리하는 Parax, branched cyclic hydrocarbon에서 n-paraffins을 분리하는 Molex, high-fructose corn syrup에서 fructose를 분리하는 Sarex process에 적용되어 왔다.
- [0006] 최근에는 chiral 화합물의 연속분리를 위해 SMB(Simulated Moving Bed) chromatography 연구가 많이 수행되고 있으며 Simulated Moving Bed system에 대한 관심이 또한 급증하고 있다.
- [0007] SMB 기술은 1960년 초기 UOP에 의해 특허를 받았고, 그 응용범위는 P-xylene에서 제약분야의 이성질체 분리와 정밀 화학 산업, 아미노산과 단백질, 단백질 염투석 등 다양한 분야의 분리까지 확대되었다. 연속식 크로마토그래피공정으로 주목받고 있는 Simulated Moving Bed(SMB) 크로마토그래피의 원리는 고체상인 흡착제를 컬럼에 충전해 고정시키고 컬럼 사이의 포트(Port)를 일정시간마다 이동시켜 고체상과 이동상이 서로 방향으로 이동하는 효과를 가지게 한다.
- [0008] 통상적 SMB는 고체상이 들어있는 컬럼을 직렬로 여러 개 연결시킨 형태로 되어 있으며 4부분으로 구성되어 있다. 공급 원료(Feed)와 이동상(desorbent)이 주입되는 유입구(inlet port) 2개와 친화력이 강한 물질이 생산물로 나오는 추출물 유출구(Extract port), 상대적으로 친화력이 낮은 물질이 생산물인 추출잔류물 유출구(Raffinate port)의 2개 유출구로 구성된다.
- [0009] SMB 크로마토그래피는 흡착제가 실제로 이동하지 않는다. 흡착제의 이동은 쉽지도 않고 실제도 거의 불가능하다. 그래서 다른 방법을 사용하는데 컬럼에 연결된 밸브의 흐름을 이동상의 흐름 방향과 같이 주기적으로 바꾸어 이동층 크로마토그래피와 같은 효과를 나타낼 수 있다. 일반적으로 SMB 크로마토그래피에 사용되는 컬럼의 수는 4개에서 24개까지 사용되며, 펌프는 4~5개가 필요하고, 각 컬럼의 연결부에 이동상의 흐름을 연속

적으로 바꾸어 줄 수 있는 밸브가 장착된다.

- [0010] 또한, 펌프와 밸브는 매우 정밀한 제어를 요구하므로 컴퓨터를 이용한 자동제어가 필요하며, 분리되는 시료는 각기 해당되는 컬럼의 연결부위에 장착된 밸브를 통해서 회수된다. SMB 크로마토그래피를 조작하는데 요구되는 모든 매개변수들은 회분식(batch) 크로마토그래피를 통해서 측정되며, 이와 같은 방법으로 얻어진 값들을 이용하여 SMB 크로마토그래피가 정상상태 조작되도록 최적의 조건을 맞추는 것이 중요하다.
- [0011] 기존의 SMB를 보다 효율적으로 이용하고자 많은 연구들이 진행되었다. 그 결과로 Partial Discard, Mordicon, Partial Feed, VariCol 같은 새로운 전략의 SMB 기술이 등장했다. 이 같은 전략들은 SMB의 응용을 통해 순도(purity)를 증가시키는 방법이다.
- [0012] 그러나 본 발명은 SMB의 응용을 통해 에너지 소비에 중점을 둔 것으로, 본 발명과 관련된 SMB에 대한 연구는 아직 미비하다.
- [0013] 일반적으로 SMB에서 사용되는 밸브는 로터리 밸브와 온-오프 밸브가 있으며, 로터리 밸브는 밸브의 유입 부분과 유출 부분이 분리되어, 유입 또는 유출 부분의 회전을 통해 액체 또는 기체의 흐름을 조절하는 타입이다.
- [0014] 온 오프 밸브는 각 흐름을 열거나 닫아서 흐름을 조절하는 밸브이다. 본 발명에서는 로터리 밸브나 온 오프 밸브가 모두 사용가능하다. 또한, 유체의 흐름을 제어할 수 있는 모든 종류의 밸브 역시 적용이 가능하다.

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0015] 상기 본 발명이 해결하고자 하는 과제는 SMB의 에너지 소비 측면에서 접근하여, SMB 가동 시 기존의 방법보다 에너지 소비를 더 줄일 수 있는 예컨대, 연속공정에서 흐름을 발생시키는 장치로서의 펌프의 숫자를 줄여, 초기 장치 비용을 절감할 수 있는 2개의 펌프를 이용한 SMB 공정 방법 및 이를 이용한 시스템을 제공하고자 한다.
- [0016] 또한 기존 SMB의 성능과 유사한 성능을 낼 수 있도록 밸브를 이용한 유량 조절을 통하여 가동되는 2개의 펌프를 이용한 SMB 공정 방법 및 이를 이용한 시스템을 제공하고자 한다.

과제의 해결 수단

- [0017] 상기 과제를 해결하기 위한 본 발명의 2개의 펌프를 이용한 SMB 공정방법은 2개의 유입구와 2개의 유출구를 구비한 4구역 SMB 크로마토그래피를 이용한 물질의 분리 방법에 있어서, 한 교환시간 이내에 제1구역 펌프가 만든 유량이 추출물 유출구 라인과 연결된 제1구역을 지나 초기에 해당 시간동안 상기 추출물 유출구(Extract port)로만 배출되고, 동시에 원료펌프가 만드는 유량이 공급 원료 유입구 라인과 연결된 제3구역을 지나 추출잔류물 유출구(Raffinate port)로 배출되는 제1단계, 상기 추출물 유출구 라인이 밸브에 의해 닫히고, 상기 제1구역 펌프의 유량이 제2구역을 지나 상기 원료 펌프로부터 생성된 유량과 합쳐져 상기 추출잔류물 유출구(Raffinate port)로만 배출되는 제2단계 및 상기 추출물 유출구(Extract port)와 상기 추출잔류물 유출구(Raffinate port) 각각이 밸브에 의해 닫히고 상기 제1구역 펌프의 유량이 상기 원료펌프 유량과 합쳐져 제4구역을 거쳐 재순환하는 제3단계를 포함한다.
- [0018] 상기 밸브는 추출물 유출구(Extract port)가 먼저 열리고 일정시간 뒤 추출잔류물 유출구(Raffinate port)가 열리도록 조절하는 것을 특징으로 한다.
- [0019] 상기 밸브는 추출물 유출구(Extract port)와 추출잔류물 유출구(Raffinate port) 모두 동시에 열린 뒤 일정 시간 이후에 동시에 닫히도록 조절되는 것을 특징으로 한다.
- [0020] 상기 밸브는 상기 추출잔류물 유출구(Raffinate port)가 먼저 열리고 일정시간 뒤 추출물 유출구(Extract por

t)가 열리도록 조절하는 것을 특징으로 한다.

[0021]

[0022] 상기 밸브는 상기 추출물 유출구(Extract port)와 상기 추출잔류물 유출구(Raffinate port)가 동시에 닫혔다가 일정시간 뒤 동시에 열리도록 조절하는 것을 특징으로 한다.

[0023] 상기 공정 방법은 당, 아미노산, 단백질, 지방산, 석유화학물질, 키랄물질, 정밀화학물질, 제약재제 등과 같은 물질들의 분리를 위해 이용되는 것을 특징으로 한다.

[0024] 상기 과제를 해결하기 위한 본 발명의 2개의 펌프를 이용한 SMB 공정 시스템은 이동상의 유입구와 연결된 제1구역 펌프와 공급원료 유입구와 연결된 원료펌프, 상기 제1구역 펌프 및 상기 원료펌프 각각과 연결되며, 상기 제1구역 펌프 및 상기 원료펌프로부터 유출되는 유량들의 흐름을 선택적으로 조절하기 위한 유체흐름 조절 밸브 및 상기 유량 조절 밸브에 따라 조절된 유량을 공급받으며, 2개의 유입구와 2개의 유출구와 각각 연결된 컬럼을 포함한다.

발명의 효과

[0025] 본 발명의 따르면, 펌프의 개수가 줄어들었음에도 기존의 SMB와 목적 산물의 순도 및 수율, 농축도 비교에서도 유사한 결과를 얻을 수 있으며, 연속공정에서 흐름을 발생하며, SMB 소모에너지의 대부분을 차지하는 펌프의 숫자를 줄여, 초기 장치 비용을 절감할 수 있다.

[0026] 또한, 에너지 소비 측면에서도 높은 효율을 기대할 수 있다.

[0027] 또한, 본 발명은 SMB의 가동 시에 에너지를 가장 많이 소비하는 펌프의 숫자를 줄여, 낮은 조업(operation) 비용을 기대할 수 있고, 에너지 소비 측면에서도 높은 효율을 기대 할 수 있다. 기존의 SMB가 4~5개의 펌프가 필요한 반면, 본 발명은 2개의 펌프만으로도 기존의 SMB의 성능을 유지하며 목적 물질의 분리가 가능하다.

[0028] 또한, SMB를 주로 하여 일반 화학공정에 유용하게 사용됨으로써 당, 아미노산, 단백질, 지방산, 석유화학물질, 키랄물질, 정밀화학물질, 제약재제 등과 같은 물질들의 분리를 위해 이용될 수 있는 효과가 있다.

도면의 간단한 설명

[0029] 도 1은 본 발명의 실시 예에 따른 SMB 공정 시스템을 나타낸 블록도이다.

도 2은 본 발명의 실시 예에 따른 SMB 공정의 유체흐름 방향을 나타낸 블록도이다.

도 3은 본 발명의 SMB 공정방법의 설계를 위해 기존의 SMB 공정의 유체의 비율을 나타낸 예시도이다.

도 4는 도 3에 도시된 각 유체흐름에 따라 본 발명의 SMB 공정 단계를 설계한 예시도이다.

도 5은 본 발명의 실시 예에 따른 펌프에 의해 만들어지는 유량을 밸브를 통해 각 구역과 유입구, 유출구의 비율을 한 교환시간에 적용하여 흐름을 나타낸 예시도이다.

도 6은 본 발명의 실시 예에 따른 SMB 공정 내부 농도 분포도를 나타낸 그래프이다.

도 7은 기존의 SMB의 공정도를 나타낸 예시도이다.

도 8은 비교 예에 따른 기존 SMB의 공정 내부 농도 분포도를 나타낸 그래프이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0030] 이하, 첨부한 도면을 참조하여 본 발명의 바람직한 실시 예를 설명함으로써, 본 발명을 더욱 상세히 설명한다. 본 발명에 첨부된 도면은 설명의 편의를 위한 것이며, 그 형상과 상대적인 척도는 과장되거나 생략될 수도 있다.

- [0031] 이하 첨부 도면들 및 첨부 도면들에 기재된 내용들을 참조하여 본 발명의 바람직한 실시 예를 상세하게 설명하지만, 본 발명이 실시 예들에 의해 제한되거나 한정되는 것은 아니다. 각 도면에 제시된 동일한 참조부호는 동일한 부재를 나타낸다.
- [0032] 도 1은 본 발명의 실시 예에 따른 SMB 공정 시스템을 나타낸 블록도이다.
- [0033] 도 1에 도시된 바와같이, 본 발명의 SMB 공정 시스템(10)은 제1구역(Zone1) 내지 제4구역(Zone4)을 포함하며, 상기 각 구역 사이에 존재하는 적어도 한 개 이상의 조절 밸브들, 상기 각 구역 내에 존재하는 컬럼들 및 2개의 유입구(이동상 유입구(Desorbent port), 공급원료 유입구(Feed port))와 2개의 유출구(추출물 유출구(Extract port), 잔류물 유출구(Raffinate port))로 구성될 수 있다.
- [0034] 도 2은 본 발명의 실시 예에 따른 SMB 공정의 유체흐름 방향을 나타낸 블록도이다.
- [0035] 도 2에 도시된 바와같이, 우선, 본 발명의 SMB 공정 방법은 제1구역 내지 제4구역을 포함하며, 상기 각 구역 사이에 존재하는 적어도 한 개 이상의 조절 밸브, 상기 각 구역 내에 존재하는 컬럼들(Coulmn1 부터 Coulmn4) 및 2개의 유입구와 2개의 유출구를 이용한다.
- [0036] 먼저, 상기 제1구역(Zone1) 앞에 연결되어 있는 제1구역 펌프(P1)에서 생성된 유량이 제1구역(Zone1)을 통과하고, 통과한 유량의 일부분 예컨대, 흡착력이 강한 물질은 추출물 유출구(Extract port)로 유출된다. 유량이 추출물 유출구(Extract port)로 유출될 때의 제2구역(Zone2)의 유량은 없고, 추출물 유출구(Extract port)가 밸브에 의해 닫혔을 때 제1구역 펌프에서 생성된 유량은 제2구역(Zone2)을 통과한다.
- [0037] 외부에서 유입되는 공급원료(Feed)를 이용하여 원료펌프(P2)는 목적물 유량을 생성하며, 추출물 유출구(Extract port)가 밸브에 의해 닫혔을 때 상기 제2구역(Zone2)을 통과한 유량은 원료펌프가 만든 유량과 합쳐진다. 그 합쳐진 유량은 제3구역(Zone3)을 통과하고, 상기 제3구역(Zone3)을 통과한 유량의 일부분 예컨대, 흡착력이 약한 물질은 추출잔류물 유출구(Raffinate port)로 유출되고 추출잔류물 유출구(Raffinate port)로 물질이 유출되는 동안 제4구역(Zone4)의 유량은 없다.
- [0038] 그 나머지 유량은 추출잔류물 유출구(Raffinate port)가 밸브에 의해 닫혔을 때, 제4구역(Zone4)을 통과한다. 그 후, 제4구역(Zone4)을 통과한 유량은 재순환 과정을 거치게 된다.
- [0039] 여기서, 제1구역(Zone1) 내지 제4구역(Zone4)의 각 구역과 생산물 포트(Port) 사이에는 조절 밸브가 적어도 1개 이상 존재하고 상기 적어도 1개 이상의 조절 밸브는 다음 구역 방향 또는 생산물 유출구(Port) 방향으로 유량을 조절하여 보낼 수 있다.
- [0040] 유량을 보낼 때는 단일 방향으로만 유량이 공급되며, 유량이 전달되지 않은 방향의 유량은 없도록 설정한다.
- [0041] 상기 제1구역 펌프 및 원료펌프(P1,P2)가 만들어 낸 유량에 생산물 유출구 (Port)로 가는 비율과 다음 구역으로 가는 비율을 교환시간에 곱하면, 볼륨에 대한 비율을 시간 단위로 나타낼 수 있다.
- [0042] 각 비율을 시간단위로 전환한 후, 본 발명에 적용하면 한 교환시간 안에 펌프가 만들어 낸 유량은 각 라인에 대해 해당시간 동안 공급되는 유량을 파악할 수있다.
- [0043] 도 3은 본 발명에 따른 SMB 공정방법의 설계를 위해 기존의 SMB 공정의 유체흐름의 비율을 나타낸 예시도이며, 도 4는 도3에 도시된 각 유체흐름에 따라 본 발명의 SMB 공정 단계를 설계한 예시도이다.
- [0044] 도 3 및 도 4에 도시된 바와같이, 한 교환(제1구역(Zone1) 내지 제4구역(Zone4)을 통과하는 과정) 시간 동안에 3가지 단계(Step1, Step2, Step3)를 포함할 수 있다.

- [0045] 제1단계(Step1)는 이동상(Desorbent)을 통해 제1구역 펌프(P1)가 만든 유량이 제1구역(Zone1)을 지나 초기에 해당 시간동안 추출물 유출구(Extract port)로만 배출되고, 이와 동시에 공급 원료(Feed)를 이용하여 원료 펌프(P2)가 만드는 유량이 제3 구역(Zone3)을 지나 추출잔류물 유출구(Raffinate port)로만 배출되는 단계이다.
- [0046] 상기 제2단계(Step2)는 추출물 유출구(Extract port)와 연결된 라인이 밸브에 의해 닫히고, 제1구역 펌프(P1)의 유량이 제2 구역(Zone2)을 지나 원료펌프(P2)가 만드는 유량과 합쳐져 추출잔류물 유출구(Raffinate port)로만 배출되는 단계이다.
- [0047] 상기 제3단계(Step3)는 상기 추출물 유출구(Extract port)와 추출잔류물 유출구(Raffinate port)가 모두 밸브에 의해 닫히고 제1구역 펌프(P1)의 유량이 원료펌프(P2) 유량과 합쳐져 제4 구역(Zone4)을 거쳐 재순환하는 단계이다.
- [0048] 상기 SMB 크로마토그래피에 있는 추출물 유출구(Extract port)와 추출잔류물 유출구(Raffinate port)는 하나의 교환시간(switching time)내에 각각 또는 동시에 개방될 수 있다.
- [0049] 이때, 상기 밸브는 추출물 유출구(Extract port)가 먼저 열리고 일정시간 뒤 추출잔류물 유출구(Raffinate port)가 열리도록 조절할 수 있으며, 추출물 유출구(Extract port)와 추출잔류물 유출구(Raffinate port) 모두 동시에 열린 뒤 일정 시간 이후에 동시에 닫히도록 조절할 수 있으며, 상기 추출잔류물 유출구(Raffinate port)가 먼저 열리고 일정시간 뒤 추출물 유출구(Extract port)가 열리도록 조절할 수 있다.
- [0050] 또한, 상기 추출물 유출구(Extract port)와 상기 추출잔류물 유출구(Raffinate port)가 동시에 닫혔다가 일정시간 뒤 동시에 열리도록 조절할 수도 있다.
- [0051] 참고로, 본 발명에 따른 상기 제1단계(Step1)는 한 교환시간 이내에 추출물 유출구(Extract port)를 닫고 제1구역(Zone1)으로부터 분리된 물질을 다음 구역으로 운송하되, 추출잔류물 유출구(Raffinate port)의 율속을 초기 설정된 각 율속값을 더한 값으로 조절하는 단계를 포함할 수 도 있다.
- [0052] 상기 제1단계(Step1)는 추출물 유출구(Extract port)를 닫음으로써 종래에는 유출시켰던 제1구역(Zone1)으로부터 분리된 추출잔류물(Raffinate)이 일부 혼합되어 있는 추출물(Extract)을 배출시키지 않고 다음 구역으로 보내어 추출물에 추출잔류물(Raffinate)이 섞이는 것을 방지하여 추출물의 순도를 높일 수 있다.
- [0053] 또한, 상기와 같이 추출물 유출구(Extract port)를 닫으면 제2구역(Zone2)에서 제3구역(Zone3) 사이에 공급 원료가 유입되어 제3구역(Zone3) 율속이 증가되는 단계일 수도 있다.
- [0054] 상기 증가된 율속을 유지시키면서 SMB 크로마토그래피의 물질 수지를 맞추기 위해 제1단계(Step1)의 추출잔류물 유출구(Raffinate port)를 각 유출구의 초기 율속을 더한 율속으로 설정시킨 후 추출잔류물(Raffinate)을 배출시킨다.
- [0055] 이때, 추출잔류물 유출구(Raffinate port)를 통해 유출되는 유체에는 추출물(Extract)이 포함되어 있지 않아 고순도의 추출잔류물(Raffinate)을 분리해낼 수도 있다.
- [0056] 상기 제2단계(Step2)는 상기 제1단계(Step1)에서 제2구역(Zone2)으로 추출잔류물(Raffinate)이 운송된 후 추출물 유출구(Extract port)를 열되, 추출물 유출구(Extract port) 율속을 상기 제1단계(Step1)와 제3단계(Step3)에 의해 계산된 율속으로 고순도의 추출물을 얻기 시작하는 단계일 수 있다.
- [0057] 상기 제3단계(Step3)는 상기 제2단계(Step2)의 추출물 유출구(Extract port)를 열어 배출시키기 전, 상기 각 유출구의 율속을 초기 4구역 SMB 크로마토그래피에 설정된 율속으로 변경하여 불순물인 추출잔류물(Raffinate)이 제2구역(Zone2)으로 운송된 후 추출물 유출구(Extract port)를 열어 고순도의 추출물(Extract)을 얻을 수도 있다.
- [0058] 또한, 상기 제3단계(Step3)는 상기 제1단계(Step1) 및 상기 제2단계(Step2)를 수행한 후, 한 교환시간 이내에 추출잔류물 유출구(Raffinate port)를 닫고 제3구역으로부터 분리된 물질을 제4구역(Zone4)으로 운송하되 추출물 유출구(Extract port)의 율속을 초기 설정된 각 율속값을 더한 값으로 조절하여 고순도의 추출물을 얻는 단계일 수 있다.

[0059] 상기 제3단계(Step3)는 상기 제1단계(Step1) 내지 제2단계(Step2)를 통하여 고순도의 추출물을 배출시킨 후, 추출잔류물 유출구(Raffinate port)를 닫아 제3구역으로부터 분리된 물질을 제4구역으로 운송시킨다.

[0060] 여기서, 상기 제1단계(Step1)는 재순환 유속을 초기 재순환 유속에서 초기 추출물 유출구(Extract port)의 유속을 뺀 값으로 조절함과 동시에, 한 교환시간 이내에 추출물 유출구(Extract port)를 닫고 상기 제1구역(Zone1)으로부터 분리된 물질을 다음 구역으로 운송하되, 추출잔류물 유출구(Raffinate port)의 유속을 초기 설정된 각 유속값을 더한 값으로 조절하여 고순도의 추출잔류물(Raffinate) 물질을 얻는 단계일 수 있다.

[0061] 상기 제2단계(Step2)는 상기 제1단계(Step1)에서, 제2구역(Zone2)으로 추출잔류물이 운송된 후 추출물 유출구(Extract port)를 열되, 추출물 유출구(Extract port) 유속을 상기 제1단계(Step1)와 제3단계(Step3)에 의해 계산된 유속으로 고순도의 추출물을 얻기 시작하는 단계일 수 있다.

[0062] 상기 제3단계(Step3)는 상기 제1단계(Step1) 및 상기 제2단계(Step2)를 수행한 후, 재순환 유속을 초기 재순환 유속에서 초기 추출물 유출구(Extract port)의 유속을 더한 값으로 조절함과 동시에, 한 교환시간 이내에 추출잔류물 유출구(Raffinate port)를 닫고 제3구역(Zone3)으로부터 분리된 물질을 제4구역(Zone4)으로 운송하되 추출물 유출구(Extract port)의 유속을 초기 설정된 각 유속값을 더한 값으로 조절하여 고순도의 추출물(Extract)을 얻는 단계일 수도 있다.

[0063] 도 5은 본 발명의 실시 예에 따른 펌프에 의해 만들어지는 유량을 밸브를 통해 각 구역과 유입구, 유출구의 비율을 한 교환시간에 적용하여 흐름을 나타낸 예시도이다.

표 1

원료물질의 농도(g/L)	L-Arabinose	100
	L-Ribose	100
유량 (ml/min)	Feed	1
	Desorbent	2.048
	Extract	1.902
	Raffinate	1.146
교환시간(min)		30

[0065] 도 1 내지 도 5 및 표 1을 참조하면, 본 발명의 2개의 펌프를 이용한 SMB의 공정 시스템(10)은 이동상(Desorbent)이 들어 있는 컬럼들(Column1 부터 Column4)을 직렬로 연결시킨 형태로 되어 있으며, 일반적인 SMB와 마찬가지로 4구역으로 되어있다.

[0066] 각 구역은 하나의 컬럼으로 구성되며, 2개의 유입구와 2개의 유출구를 가지며, 유입되는 공급 원료(Feed)의 유량은 일정하며, 이동상(Desorbent)과 추출잔류물(Raffinate)의 유량은 시간에 따라 변한다. 또한 각 구역과 구역 사이에는 적어도 하나 이상의 조절 밸브를 포함한다.

[0067] 상기 SMB 공정 공정단계(Step1 부터 Step3)을 이용하여 L-Arabinose와 L-Ribose를 분리하는 과정을 수행한다.

[0068] 상기 L-Arabinose와 L-Ribose를 분리하는 과정을 수행하기 위한 공정조건은 하기 위에서 기재한 표 1과 같다.

[0069] 상기 각 공정단계(Step1 내지 Step3)는 제1구역 펌프(P1) 및 원료펌프(P2)에 의해 만들어지는 유량을 밸브를 통

해 다음 구역과 각 유입 또는 유출구로 가는 유량의 흐름을 조절하여, 그것을 비율로 나타내었다.

[0070] 상기 공정은 한 교환시간 안에 3개의 단계에 따른 유량 변화 및 유량의 흐름의 변화를 가지고, 그 결과는 아래에 기재된 표2와 같다.

[0071] 제1단계(Step1)에서는 제1구역 펌프(P1)가 이동상(desorbent)을 흡입하여 만드는 유량 4.3ml/min과 원료펌프(P2)에서 공급원료(Feed)를 흡입하여 만드는 유량 1ml/min을 각각 추출물 유출구(Extract port)와 추출잔류물 유출구(Raffinate port)로만 흐르고, 각 밸브에 의해 다음 컬럼으로 가는 흐름은 단혀있다.

[0072] 제1단계(Step1)는 교환시간의 시작부터 796초까지 진행된다. 제2 단계(Step2)는 제1구역 펌프(P1)가 이동상(desorbent)을 흡입하여 만드는 유량 예컨대, 4.3ml/min은 밸브에 의해 단혀있는 추출물 유출구(Extract port)로 가지 못하고 다음 컬럼으로 흘러가고, 그 유량은 원료펌프(P2)가 공급원료를 흡입하여 만드는 유량 예컨대, 1ml/min와 합쳐져 5.3ml/min의 유량이 되어, 아직 열려있는 잔류물 유출구(Raffinate port)로 239초간 흘러간다.

[0073] 제3 단계(Step3)는 각 펌프(P1,P2)가 만드는 유량이 밸브에 의해 단혀있는 추출물 유출구(Extract port), 추출잔류물 유출구(Raffinate port)로 가지 못해 마지막 컬럼으로 흐르고 이 유량은 SMB의 재순환 흐름이 된다.

[0074] 제3단계(Step3)는 2단계(Step2)가 끝난 후, 765초 동안 진행된다. 위의 모든 단계가 진행되면 다음 교환시간이 다시 시작되는 반복 과정을 수행한다.

표 2

단계	Time(sec)	Extract	Raffinate	SMB recycle	Desorbent
1	0-796	Open 4.3 ml/min	Open 1 ml/min	0 ml/min	4.3 ml/min
2	797-1035	Close 0 ml/min	Open 5.3 ml/min	0 ml/min	4.3 ml/min
3	1036-1800	Close 0 ml/min	Close 0 ml/min	5.3 ml/min	0 ml/min

[0076] 도 6은 본 발명의 실시 예에 따른 SMB 공정의 내부 농도 분포도를 나타낸 그래프이다.

[0077] 컬럼 길이 20cm에서의 점선이 추출물 유출구(Extract port)에서 검출되는 농도를, 60cm에서의 점선이 추출잔류물 유출구(Raffinate port)에서 검출되는 농도를, 컬럼 길이가 0cm인 부분이 이동상(desorbent)을 주입하는 구간의 농도를, 40cm 부분이 공급원료(Feed)를 주입하는 구간의 농도를 나타낸다.

[0078] 라인 A는 추출물(Extract)인 L-Ribose의 농도 그래프를 나타내며, 라인 B는 추출잔류물(Raffinate)인 L-Arabinose를 나타내는 농도 그래프이다.

[0079] 도 7은 기존의 SMB의 공정도를 나타낸 예시도이며, 도 8은 비교 예에 따른 기존 SMB의 공정 내부 농도 분포도를 나타낸 그래프이다.

[0080] [비교 예]

[0081] 비교 예에서는 기존의 SMB 공정에 의해 L-Arabinose와 L-Ribose의 혼합물을 분리하였다. 공정조건은 상기 표 1과 동일하게 구성한다.

[0082] 도 7를 참조하면, 기존의 SMB의 장치(10')는 이동상이 들어 있는 컬럼(Column)들을 직렬로 연결시킨 형태로 되어 있고, 4개의 구역(Zone1 부터 Zone4)으로 되어있다.

[0083] 각 구역은 하나의 컬럼으로 구성되며, 2개의 유입구(Feed 및 Desorbent 유입포트)와 2개의 유출구(Extract 및 Raffinate)를 가지며, 공급원료 유입구의 유량은 일정하며, 이동상(Desorbent)과 추출물(Extract), 추출잔류물

(Raffinate)의 유량은 시간에 따라 일정하다. 또한, 각 유출구 및 유입구 앞에 펌프가 1개씩 존재하고 재순환 흐름을 만드는 4구역(Zone4) 이후에도 펌프 1개가 존재한다. 각 펌프는 분리에 필요한 유량을 각각 만들어 낸다.

도 8을 참조하면, 20cm의 점선이 추출물 유출구에서 검출되는 농도를, 60cm의 점선이 추출잔류물 유출구(Raffinate port), 컬럼 길이가 0cm인 부분이 이동상(desorbent)을 주입하는 유입구, 40cm 부분이 공급원료를 주입하는 유입구에서 검출되는 농도분포를 나타낸다. 이때, 라인 A(A')는 추출물(Extract)인 L-Ribose의 농도 그래프를, 라인 B(B')는 추출잔류물(Raffinate)인 L-Arabionose를 나타내는 농도 그래프를 나타낸다.

상기 본 발명의 실시 예와 비교 예에 의해 본 발명의 2개의 펌프를 이용한 SMB 공정 공정방법과 기존의 SMB 공정 방법을 비교하여 L-Arabionose와 L-Ribose의 혼합물을 분리한 결과를 표 3을 통해 도시한다.

표 3

공정	결 과					
	Purity		Yield수율(%)		Enrichmet(-)	
	Extract	Raffinate	Extract	Raffinate	Extract	Raffinate
실시예1	96.42	98.14	99.51	93.63	0.552	0.760
비교예1	99.21	99.54	99.75	98.60	0.550	0.750

그 결과를 아래에 기재된 표 3에 나타내었다. 표 3을 참고하면, 2 펌프를 이용한 SMB의 성능은 기존의 SMB와 동일한 성능을 보였다. 가장 에너지 소비가 많은 펌프의 개수를 줄인 만큼 에너지 절약 측면에서도 기존의 SMB 공정보다 높은 효율을 보였다.

[수학식1]

$$Purity = \frac{\text{한교환시간동안해당포트에서유출되는해당물질의평균농도}}{\text{한교환시간동안해당포트에서유출되는물질의평균농도의총합}} \times 100$$

[수학식2]

$$Yield = \frac{\text{한교환시간동안해당포트에서나오는해당물질질량의합}}{\text{한교환시간동안피드에서들여간해당물질질량의합}} \times 100$$

[수학식3]

$$Enrichment = \frac{\text{한교환시간동안해당포트에서나오는물질의평균농도}}{\text{한교환시간동안들여간해당물질의평균농도}} \times 100$$

상기 수학식 1 내지 수학식 3은 상기 표 3에 기재된 순도(Purity), 수율(Yield), 농축도(Enrichment)의 값을 도출하기 위한 식이다.

[0095] 따라서, 본 발명에 따르면, 펌프의 개수가 줄어들었음에도 기존의 SMB 공정에서 공정된 결과 예컨대, 목적산물의 순도, 수율, 농축도 비교에서도 동일한 결과를 얻을 수 있었다. 이는 연속 공정에서 흐름을 발생하는 장치로서 펌프는 SMB 공정 상에서 소모에너지의 대부분을 차지함으로 이에 대응방안으로 유체 흐름 조절 밸브를 통해 펌프의 숫자를 대체함으로써, 초기 장치 비용을 절약하고 에너지 소비 측면에서 높은 기대 효율을 창출할 수 있다.

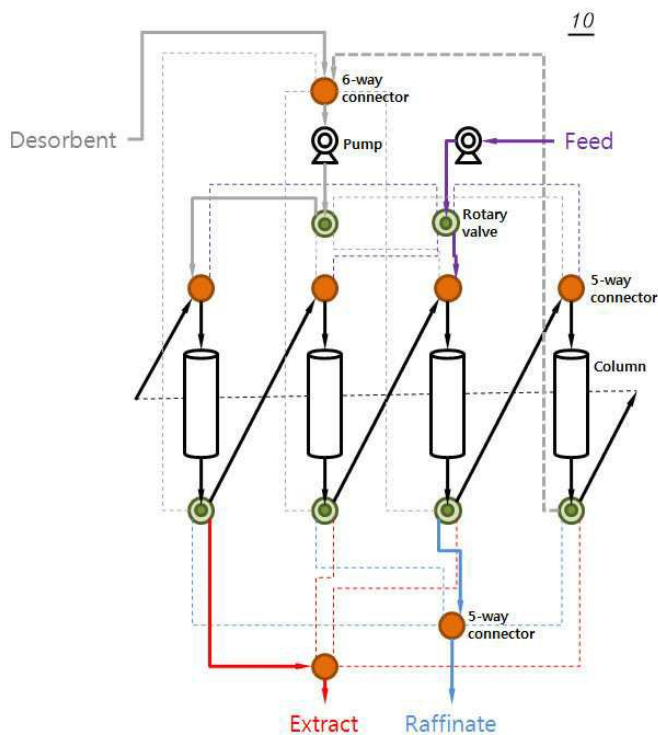
[0096] 본 발명은 상술한 특성의 바람직한 실시예에 한정되지 아니하며, 청구범위에서 청구하는 본 발명의 요지를 벗어남이 없이 당해 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자라면 누구든지 다양한 변형의 실시가 가능한 것은 물론이고, 그와 같은 변경은 청구범위 기재의 범위 내에 있게 된다.

부호의 설명

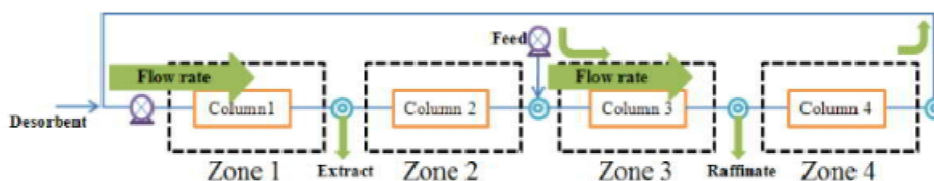
[0097] 10: 본 발명의 SMB 공정 시스템 10': 기존 SMB 공정 시스템

도면

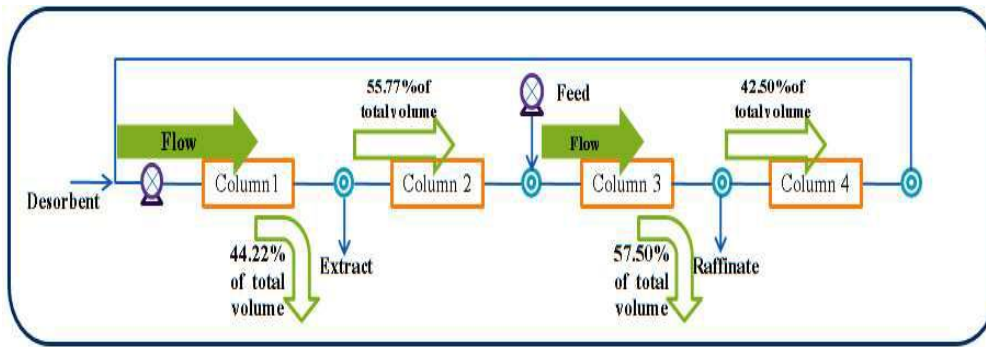
도면1



도면2

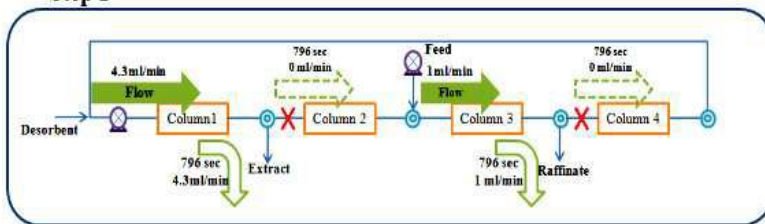


도면3

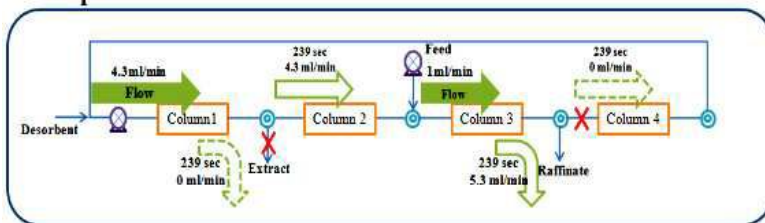


도면4

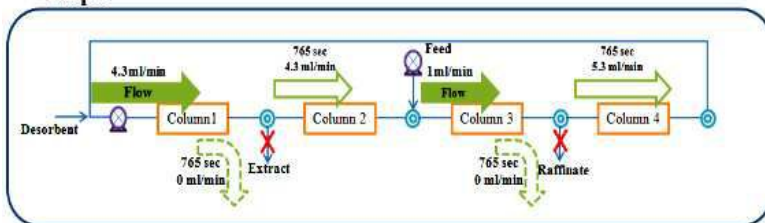
- Step 1



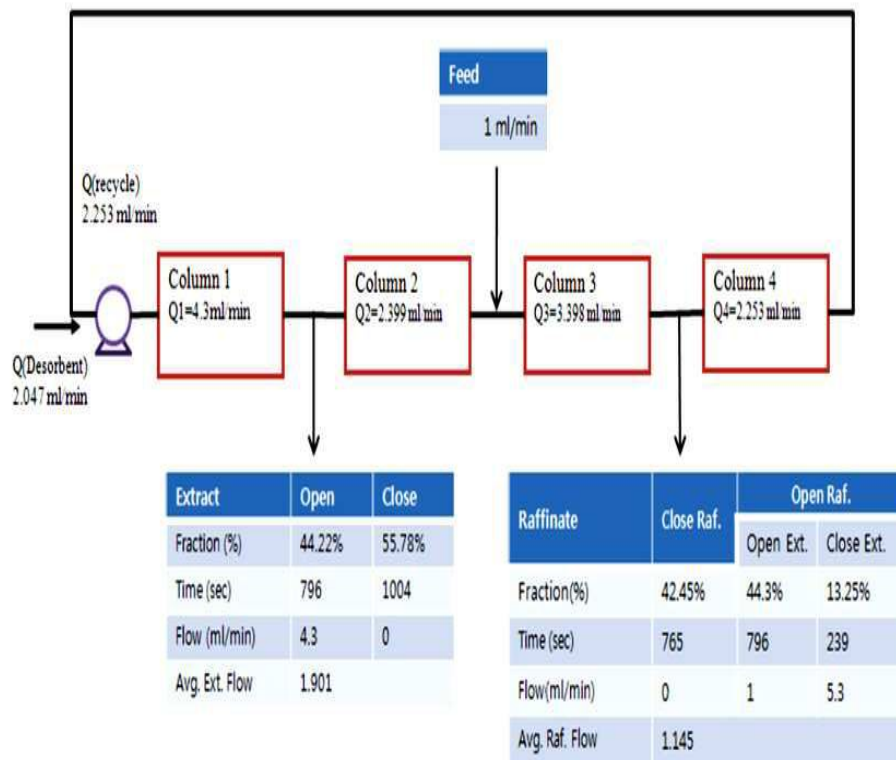
- Step 2



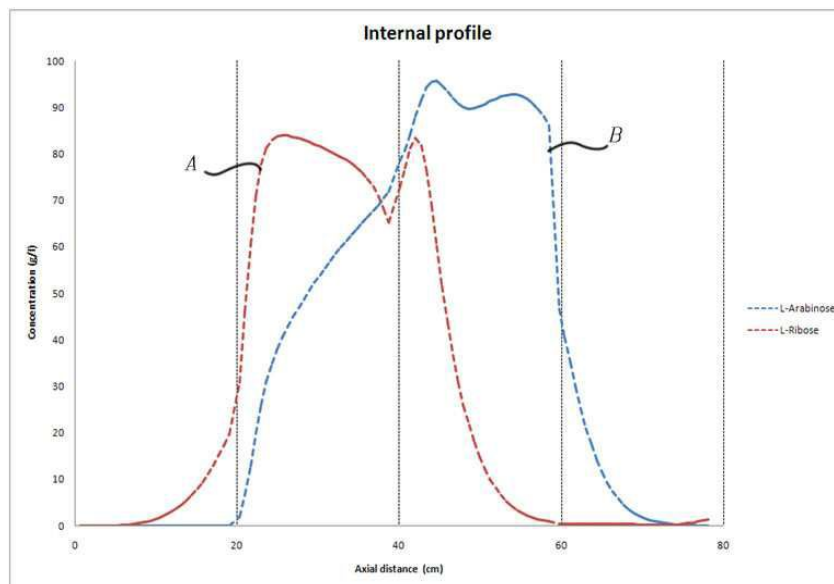
- Step 3



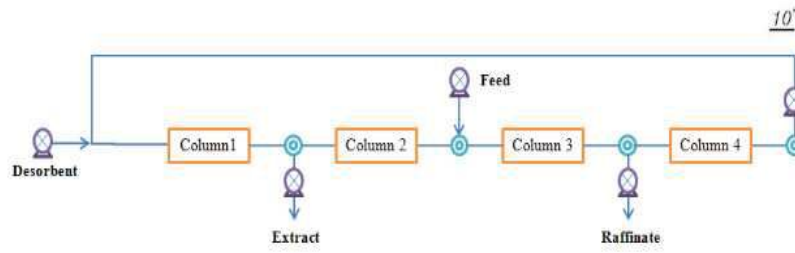
도면5



도면6



도면7



도면8

