



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2012-0051695
(43) 공개일자 2012년05월22일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
C12P 7/16 (2006.01) C07C 31/12 (2006.01)
C07C 29/80 (2006.01) C07C 29/94 (2006.01)
(21) 출원번호 10-2012-7003849
(22) 출원일자(국제) 2010년07월15일
심사청구일자 없음
(85) 번역문제출일자 2012년02월14일
(86) 국제출원번호 PCT/US2010/042092
(87) 국제공개번호 WO 2011/008924
국제공개일자 2011년01월20일
(30) 우선권주장
61/225,659 2009년07월15일 미국(US)

(71) 출원인
부타맥스 어드밴스드 바이오퓨얼스 엘엘씨
미국 19880 델라웨어주 윌밍톤 파우더 밀 로드
200 익스페리멘탈 스테이션 비268/알226
(72) 발명자
추, 이후이, 탐
미국 19711 델라웨어주 네워크 셀레스셜 웨이 38
파르텐, 윌리엄, 디.
미국 19803 델라웨어주 윌밍톤 란디스 웨이 노스
145
(74) 대리인
김영, 양영준, 양영환

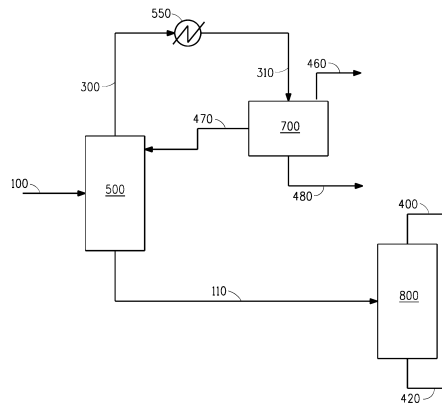
전체 청구항 수 : 총 15 항

(54) 발명의 명칭 부탄올, 물 및 유기 추출제의 혼합물로부터의 부탄올의 회수

(57) 요약

수-비혼화성 유기 추출제, 물, 부탄올, 및 선택적으로 비응축성 기체를 포함하는 혼합물로부터 부탄올을 회수하는 방법이 제공된다. 부탄올은 1-부탄올, 아이소부탄올, 및 그 혼합물로부터 선택된다. 제1 증류 컬럼으로부터의 오버헤드 스트림은 두 액체 상으로 경사분리된다. 습식 부탄올 상은 환류로서 제1 증류 컬럼으로 귀환된다. 제1 증류 컬럼으로부터의 하부 스트림을 제2 증류 컬럼에서 정련하여 부탄올을 포함하는 제2 오버헤드 스트림, 및 추출제를 포함하는 제2 하부 스트림을 얻는다. 추출제는 C₇ 내지 C₂₂ 지방 알코올, C₇ 내지 C₂₂ 지방산, C₇ 내지 C₂₂ 지방산의 에스테르, C₇ 내지 C₂₂ 지방 알데히드, 및 그 혼합물로 이루어진 군으로부터 선택되는 적어도 하나의 용매를 포함한다.

대표도 - 도1



특허청구의 범위

청구항 1

a)

(i) 수-비혼화성 유기 추출제,

(ii) 물,

(iii) 부탄올의 적어도 하나의 이성체, 및

(iv) 선택적으로 비응축성 기체를 포함하는 공급물을,

스트리핑 섹션 및 선택적으로 정류 섹션을 포함하는 제1 증류 컬럼 내로, 스트리핑 섹션 위의 도입 지점에서, 도입하는 단계 - 여기서, 제1 증류 컬럼은 스트리핑 섹션 내의 미리 결정된 지점에서 작동 온도, T_1 및 작동 압력, P_1 을 갖고, T_1 및 P_1 은 제1 하부 스트림 및 제1 증기 오버헤드 스트림을 생성하도록 선택되고, 제1 하부 스트림은 수-비혼화성 유기 추출제 및 물을 포함하며 부탄올이 사실상 없고, 제1 증기 오버헤드 스트림은 물, 부탄올, 및 선택적인 비응축성 기체를 포함함 - ;

b) 제1 증기 오버헤드 스트림을 응축시켜 기체 상을 생성하고 제1 혼합 응축물을 회수하는 단계 - 여기서, 제1 혼합 응축물은

(i) 부탄올과 약 30 중량% 미만의 물을 포함하는 부탄올 상; 및

(ii) 물과 약 10 중량% 미만의 부탄올을 포함하는 수성 상을 포함함 - ;

c) 수성 상의 적어도 일부분을 제1 증류 컬럼에 도입하는 단계;

d) 부탄올 상의 제1 부분을 적어도 스트리핑 섹션을 갖는 제2 증류 컬럼 내로 도입하는 단계; 및

e) 제1 하부 스트림의 제1 부분을 적어도 스트리핑 섹션 및 선택적으로 정류 섹션을 갖는 제2 증류 컬럼 내로 도입하고, 제2 증류 컬럼을 작동시켜 추출제를 포함하며 부탄올이 사실상 없는 제2 하부 스트림, 및 부탄올을 포함하는 제2 증기 오버헤드 스트림을 생성하는 단계를 포함하며;

추출제는 물보다 부탄올을 우선적으로 용해시키고 증류에 의해 부탄올로부터 분리가능한 방법.

청구항 2

제1항에 있어서, 수성 상의 적어도 일부분을 발효 용기로 도입하는 단계를 추가로 포함하는 방법.

청구항 3

제1항에 있어서, 제2 증류 컬럼으로부터 하부 스트림을 거둬들이고, 거둬들인 하부 스트림의 적어도 일부분을 발효 용기 내로 도입하는 단계를 추가로 포함하는 방법.

청구항 4

제3항에 있어서, 수성 상의 적어도 일부분을 발효 용기로 도입하는 단계를 추가로 포함하는 방법.

청구항 5

제4항에 있어서, 발효 용기로 도입하기 전에, 거둬들인 하부 스트림의 적어도 일부분과 수성 상의 적어도 일부분을 조합하는 방법.

청구항 6

제1항에 있어서, 비응축성 기체가 공급물에 존재하며, 비응축성 기체를 포함하는 기체 상의 적어도 일부분을 공정으로부터 퍼징하는 단계를 추가로 포함하는 방법.

청구항 7

제1항에 있어서, 비응축성 기체는 이산화탄소를 포함하는 방법.

청구항 8

제1항에 있어서, 공급물은 추출 발효로부터 얻어지는 유기 상을 포함하는 방법.

청구항 9

제1항에 있어서, 공급물 중 부탄올의 농도는 공급물의 중량을 기준으로 약 0.1 중량% 내지 약 40 중량%인 방법.

청구항 10

제1항에 있어서, 부탄올은 1-부탄올을 포함하는 방법.

청구항 11

제1항에 있어서, 부탄올은 아이소부탄올을 포함하는 방법.

청구항 12

제1항에 있어서, 추출제는 C_7 내지 C_{22} 지방 알코올, C_7 내지 C_{22} 지방산, C_7 내지 C_{22} 지방산의 에스테르, C_7 내지 C_{22} 지방 알데히드, 및 그 혼합물로 이루어진 군으로부터 선택되는 적어도 하나의 용매를 포함하는 방법.

청구항 13

제12항에 있어서, 추출제는 올레일 알코올을 포함하는 방법.

청구항 14

제13항에 있어서, 부탄올은 1-부탄올로 본질적으로 이루어지는 방법.

청구항 15

제13항에 있어서, 부탄올은 아이소부탄올로 본질적으로 이루어지는 방법.

명세서

기술 분야

[0001] 관련 출원과의 상호 참조

[0002] 본 출원은 본 명세서에 전체적으로 참고로 포함된, 2009년 7월 15일자로 출원된 미국 가특허 출원 제 61/225,659호에 대한 우선권의 이득을 주장한다.

[0003] 추출 발효로부터 얻어지는 부탄올-함유 유기 상으로부터 부탄올을 회수하는 방법이 제공된다. 구체적으로, 부탄올, 물, 수-비혼화성 유기 추출제(water-immiscible organic extractant), 및 선택적으로 비응축성 기체(non-condensable gas)를 포함하는 혼합물로부터 부탄올을 분리하는 방법이 제공된다.

배경 기술

[0004] 부탄올은 연료 첨가제로서, 디젤 연료에 대한 블렌드 성분으로서, 플라스틱 산업에서 공급 원료 화학물질로서, 그리고 식품 및 향미료(flavor) 산업에서 식품등급 추출제로서의 이용과 같은 다양한 응용을 가지는 중요한 산업용 화학물질이다. 매년 45억 4천만 내지 54억 4천만 킬로그램(100 내지 120억 파운드)의 부탄올이 석유화학적 수단에 의해 생산된다. 부탄올에 대한 예상되는 요구가 증가함에 따라, 옥수수, 사탕수수, 또는 셀룰로오스성 공급물과 같은 재생가능 자원으로부터 발효에 의해 부탄올을 생성하는 데 대한 관심이 증대하고 있다.

[0005] 부탄올을 생성하는 발효 공정에 있어서, 현장(in situ) 생성물 제거는 유리하게는 발효 브로스(broth) 중 부탄올 농도를 제어함으로써 미생물의 부탄올 억제를 감소시키고 발효 속도를 개선한다. 현장 생성물 제거를 위한 기술에는 스트리핑(stripping), 흡착, 투과증발, 막 용매 추출, 및 액체-액체 추출이 포함된다. 액체-

액체 추출에서는, 추출제가 발효 브로스와 접촉하여 부탄올이 발효 브로스와 추출제 상 사이에 분배된다. 부탄올 및 추출제는 분리 공정에 의해, 예를 들어, 증류에 의해 회수된다. 회수 공정에서는, 추출제의 사용을 통해 발효 브로스로부터 제거되었을 수 있는 임의의 물, 비응축성 기체 및/또는 발효 부산물로부터 부탄올이 또한 분리될 수 있다.

[0006] 현장 생성물 제거에 의해 발효 브로스로부터 얻어진 부탄올-함유 추출제 상으로부터 부탄올을 회수하는 방법이 모색된다. 물 및 추출제가 사실상 없이 부탄올을 회수하는 경제적인 방법이 요구된다. 에너지 효율적이며, 색상을 거의 갖지 않는 고순도 부탄올 생성물을 제공하는 분리 방법이 또한 요구된다. 장비의 파울링(fouling) 또는 반복되는 쉼다운 없이 장기간 동안 실시될 수 있는 부탄올 회수 방법이 또한 추구된다.

발명의 내용

[0007] 본 발명은 1-부탄올, 아이소부탄올, 및 그 혼합물로 이루어진 군으로부터 선택되는 부탄올을, 수-비혼화성 유기 추출제, 물, 부탄올, 및 선택적으로 비응축성 기체를 포함하는 공급물로부터 분리하는 방법을 제공한다.

[0008] 일 태양에서, 본 발명은

[0009] a)

[0010] (i) 수-비혼화성 유기 추출제,

[0011] (ii) 물,

[0012] (iii) 부탄올의 적어도 하나의 이성체, 및

[0013] (iv) 선택적으로 비응축성 기체를 포함하는 공급물을,

[0014] 스트리핑 섹션 및 선택적으로 정류 섹션을 포함하는 제1 증류 컬럼 내로, 스트리핑 섹션 위의 도입 지점에서, 도입하는 단계

[0015] - 여기서, 제1 증류 컬럼은

[0016] 스트리핑 섹션 내의 미리 결정된 지점에서 작동 온도, T_1 및 작동

[0017] 압력, P_1 을 갖고,

[0018] T_1 및 P_1 은 제1 하부 스트림 및

[0019] 제1 증기 오버헤드 스트림을 생성하도록 선택되고, 제1 하부 스트림은

[0020] 수-비혼화성 유기 추출제 및 부탄올을 포함하며

[0021] 물이 사실상 없고, 제1 증기 오버헤드 스트림은

[0022] 물, 부탄올, 및 선택적인 비응축성 기체를 포함함 - ;

[0023] b) 제1 증기 오버헤드 스트림을 응축시켜 기체 상을 생성하고 제1 혼합 응축물을 회수하는 단계 - 여기서, 제1 혼합 응축물은

[0024] (i) 부탄올과 약 30 중량% 미만의 물을 포함하는 부탄올 상; 및

[0025] (ii) 물과 약 10 중량% 미만의 부탄올을 포함하는 수성 상을 포함함 - ;

[0026] c) 수성 상의 적어도 일부분을 제1 증류 컬럼에 도입하는 단계;

[0027] d) 부탄올 상의 제1 부분을 적어도 스트리핑 섹션을 갖는 제2 증류 컬럼 내로 도입하는 단계; 및

[0028] e) 제1 하부 스트림의 제1 부분을 적어도 스트리핑 섹션 및 선택적으로 정류 섹션을 갖는 제2 증류 컬럼 내로 도입하고, 제2 증류 컬럼을 작동시켜 추출제를 포함하며 부탄올이 사실상 없는 제2 하부 스트림, 및 부탄올을 포함하는 제2 증기 오버헤드 스트림을 생성하는 단계를 포함하며;

[0029] 추출제는 물보다 부탄올을 우선적으로 용해시키고 증류에 의해 부탄올로부터 분리가 가능한 방법이다.

도면의 간단한 설명

[0030] <도 1>

도 1은 본 발명의 방법을 실시하는 데 유용한 시스템의 일 실시 형태를 예시하는 도면.

<도 2>

도 2는 본 발명의 방법을 모델링하는 데 사용되는 공정 개략도.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0031] 본 출원인인 모든 언급된 참고문헌의 전체 내용을 본 발명에서 구체적으로 포함한다. 또한, 양, 농도 또는 다른 값 또는 파라미터가 범위, 바람직한 범위 또는 바람직한 상한값 및 바람직한 하한값의 목록으로 주어질 때, 이는 범위가 별도로 개시되는지와는 상관없이 임의의 상한 범위 한계치 또는 바람직한 값 및 임의의 하한 범위 한계치 또는 바람직한 값의 임의의 쌍으로 형성된 모든 범위를 구체적으로 개시하는 것으로 이해되어야 한다. 명세서에서 수치 범위를 인용하는 경우, 달리 언급되지 않는다면, 그 범위는 그 종점, 및 상기 범위 내의 모든 정수 및 분수를 포함하고자 하는 것이다. 본 발명의 범주는 범위를 정의할 때 언급되는 특정 값으로 한정되지 않는 것으로 의도된다.

[0032] 정의

[0033] 하기 정의가 본 명세서에 사용된다:

[0034] 본 명세서에 사용되는 바와 같이 "부탄올"은 구체적으로 부탄올 이성체인, 1-부탄올(1-BuOH) 및/또는 아이소부탄올(iBuOH 또는 I-BUOH)을 개별적으로 또는 그 혼합물로 지칭한다. 2-부탄올 및 tert-부탄올(1,1-다이메틸 에탄올)은 특별히 용어의 본 사용에서 배제된다.

[0035] 본 명세서에 사용되는 바와 같이 "현장 생성물 제거"는 발효와 같은 생물학적 공정으로부터 특정 발효 생성물을 선택적으로 제거하여 생물학적 공정에서의 생성물 농도를 제어하는 것을 의미한다.

[0036] 본 명세서에 사용되는 바와 같이 "발효 브로스"는 물, 당류, 용해된 고형물, 현탁된 고형물, 부탄올을 생성하는 미생물, 생성물 부탄올, 및 발효 용기에 담긴 물질의 모든 다른 구성성분의 혼합물을 의미하며, 여기서, 생성물 부탄올은 존재하는 미생물에 의한 부탄올, 물 및 이산화탄소(CO₂)로의 당의 반응에 의해 제조된다. 2상 발효 추출에서 발효 브로스는 수성 상이다. 때때로, 본 명세서에 사용되는 바와 같이 용어 "발효 배지"가 "발효 브로스"와 동의어로 사용될 수 있다.

[0037] 본 명세서에 사용되는 바와 같이 "발효 용기"는 당류로부터 생성물 부탄올이 제조되는 발효 반응이 수행되는 용기를 의미한다. 용어 "발효기"가 "발효 용기"와 동의어로 사용될 수 있다.

[0038] 본 명세서에 사용되는 바와 같이 용어 "유효 역가"는 발효 배지 1 리터당 발효에 의해 생성되는 부탄올의 총량을 지칭한다. 부탄올의 총량은 (i) 발효 배지 중 부탄올의 양; (ii) 유기 추출제로부터 회수된 부탄올의 양; 및 (iii) 기체 스트리핑이 사용되는 경우, 기체 상으로부터 회수된 부탄올의 양을 포함한다.

[0039] 본 명세서에 사용되는 바와 같이 용어 "수성 상 역가"는 발효 브로스 중 부탄올의 농도를 지칭한다.

[0040] 본 명세서에 사용되는 바와 같이 "스트리핑"은 휘발성 성분의 전부 또는 일부를 액체 스트림으로부터 기체 스트림 내로 이동시키는 작용을 의미한다.

[0041] 본 명세서에 사용되는 바와 같이 "스트리핑 섹션"은 스트리핑 작용이 일어나는 접촉 장치의 부분을 의미한다.

[0042] 본 명세서에 사용되는 바와 같이 "정류"는 더 낮은 비등점의 성분을 더 높은 비등점의 성분으로부터 분리하고 정제하기 위하여, 응축가능한 성분의 전부 또는 일부를 기체 스트림으로부터 액체 스트림 내로 이동시키는 작용을 의미한다.

[0043] 본 명세서에 사용되는 바와 같이 "정류 섹션"은 정류 작용이 일어나는, 공급 지점 위의 증류 컬럼의 섹션, 즉 공급 스트림이 들어가는 컬럼의 지점 위에 위치하는 트레이 또는 패키징 물질을 의미한다.

[0044] 본 명세서에 사용되는 바와 같이 용어 "분리"는 "회수"와 동의어이며, 초기 혼합물 중 화학적 화합물의 순도 또는 농도보다 더 큰 순도 또는 더 높은 농도로 상기 화합물을 얻도록 초기 혼합물로부터 상기 화합물을 제거하는 것을 지칭한다.

[0045] 용어 "수-비혼화성"은 추출제 또는 용매와 같은 화학적 성분이, 하나의 액체 상을 형성하는 것과 같은 방식의

로, 발효 브로스와 같은 수용액과 혼합될 수 없음을 지칭한다.

[0046] 본 명세서에 사용되는 바와 같이 용어 "추출제"는 부탄올을 발효 브로스로부터 추출하는 데 사용되는 하나 이상의 유기 용매를 지칭한다.

[0047] 본 명세서에 사용되는 바와 같이 용어 "유기 상"은 발효 브로스와 수-비혼화성 유기 추출제를 접촉시켜 얻어지는 2상 혼합물의 비수성 상을 지칭한다.

[0048] 본 명세서에 사용되는 바와 같이 용어 "지방산"은 포화되거나 불포화된, C_7 내지 C_{22} 탄소 원자의 긴 지방족 사슬을 갖는 카르복실산을 지칭한다.

[0049] 본 명세서에 사용되는 바와 같이 용어 "지방 알코올"은 포화되거나 불포화된, C_7 내지 C_{22} 탄소 원자의 긴 지방족 사슬을 갖는 알코올을 지칭한다.

[0050] 본 명세서에 사용되는 바와 같이 용어 "지방 알데히드"는 포화되거나 불포화된, C_7 내지 C_{22} 탄소 원자의 긴 지방족 사슬을 갖는 알데히드를 지칭한다.

[0051] 비응축성 기체는 본 명세서에 기재된 방법의 작동 온도에서 응축되지 않는 기체를 의미한다.

[0052] 본 발명의 방법에서 공급물로서 유용한 부탄올-함유 추출제 스트림은, 발효 생성물로서 부탄올이 생성되는 추출 발효로부터 얻어지는 임의의 유기 상을 포함한다. 전형적인 부탄올-함유 추출제 스트림에는, 유기 추출제에 의한 발효 브로스의 액체-액체 추출을 사용하여 현장 생성물 제거가 수행되는 "건식 분쇄"(dry grind) 또는 "습식 밀"(wet mill) 발효 공정에서 생성되는 것들이 포함된다. 추출 후에, 추출제 스트림은 전형적으로 부탄올, 물, 및 추출제를 포함한다. 추출제 스트림은 비응축성 기체를 선택적으로 포함할 수 있으며, 이는 불활성이거나 또는 그렇지 않다면 본 발명의 작동 조건 하에서 다른 공급물 성분과 비반응성인 기체일 수 있다. 그러한 기체는 예를 들어, 이산화탄소, 질소, 수소, 비활성 기체, 예컨대, 아르곤, 또는 이들의 임의의 혼합물로 이루어진 군의 기체로부터 선택될 수 있다. 추출제 스트림은 추출제 상 내로 분배되기에 충분한 용해도를 갖는 발효 부산물을 선택적으로 추가로 포함할 수 있다. 본 발명의 방법에서 공급물로서 유용한 부탄올-함유 추출제 스트림은, 공급물 중 부탄올 농도가 공급물의 중량을 기준으로, 약 0.1 중량% 내지 약 40 중량%, 예를 들어 약 2 중량% 내지 약 40 중량%, 예를 들어 약 5 중량% 내지 약 35 중량%인 것을 특징으로 하는 스트림을 포함한다. 추출의 효율에 따라, 발효 브로스 중 부탄올의 수성 상 역가는, 예를 들어, 약 5 g/L 내지 약 85 g/L, 또는 약 10 g/L 내지 약 40 g/L일 수 있다.

[0053] 추출제는 이를 발효 브로스로부터의 부탄올 추출에 유용하게 만드는 특징을 갖는 수-비혼화성 유기 용매 또는 용매 혼합물이다. 추출제는, 부탄올 수용액의 실온 추출에서 평가될 때, 예를 들어, 추출제 상에서의 부탄올의 농도가 수성 상에서의 농도의 적어도 1.1배가 되도록, 적어도 1.1:1의 농도 비로, 수성 상으로부터 부탄올을 우선적으로 분배시킨다. 바람직하게는, 추출제는, 부탄올 수용액의 실온 추출에서 평가될 때, 추출제 상에서의 부탄올의 농도가 수성 상에서의 농도의 적어도 2배가 되도록, 적어도 2:1의 농도 비로, 수성 상으로부터 부탄올을 우선적으로 분배시킨다. 부탄올 회수 공정에서의 실제적인 사용을 위해서, 추출제는 증류에 의해 부탄올로부터 분리가 가능하며, 대기압에서의 비등점이 회수할 부탄올의 비등점보다 적어도 약 30°C 더 크거나, 또는 예를 들어, 적어도 약 40°C 더 크거나, 또는 예를 들어 적어도 약 50°C 더 크다.

[0054] 추출제는 C_7 내지 C_{22} 지방 알코올, C_7 내지 C_{22} 지방산, C_7 내지 C_{22} 지방산의 에스테르, C_7 내지 C_{22} 지방 알데히드, C_7 내지 C_{22} 지방 아미드 및 그 혼합물로 이루어진 군으로부터 선택되는 적어도 하나의 용매를 포함한다. 적합한 유기 추출제는 또한 올레일 알코올(CAS No. 143-28-2), 베헤닐 알코올(CAS No. 661-19-8), 세틸 알코올(CAS No. 36653-82-4), 1-도데카놀로도 언급되는 라우릴 알코올(CAS No. 112-53-8), 미리스틸 알코올(112-72-1), 스테아릴 알코올(CAS No. 112-92-5), 1-운데카놀(CAS No. 112-42-5), 올레산(CAS No. 112-80-1), 라우르산(CAS No. 143-07-7), 미리스트산(CAS No. 544-63-8), 스테아르산(CAS No. 57-11-4), 메틸 미리스테이트(CAS No. 124-10-7), 메틸 올레레이트(CAS No. 112-62-9), 운데카날(CAS No. 112-44-7), 라우릭 알데히드(CAS No. 112-54-9), 2-메틸운데카날(CAS No. 110-41-8), 올레아미드(CAS No. 301-02-0), 리놀레아미드(CAS No. 3999-01-7), 팔미트아미드(CAS No. 629-54-9) 및 스테아릴아미드(CAS No. 124-26-5) 및 그 혼합물로 이루어진 군으로부터 선택된다. 일부 태양에서, 추출제는 올레일 알코올을 포함한다. 적합한 용매가 미국 특허 출원 공개 제2009030537호 및 또한 미국 특허 출원 제12/759,283호 및 제12/758,870호(둘 모두 2010년 4월 13일자 출원됨)에 기재되어 있으며, 이들 모두는 본 명세서에 참고로 포함된다.

[0055] 이들 유기 추출제는 다양한 판매처, 이를 테면 시그마-알드리치(Sigma-Aldrich)(St. Louis, MO)로부터 다양한

등급으로 입수할 수 있으며, 이중 다수는 부탄올을 생산하거나 회수하기 위하여 추출 발효에 이용하기에 적합할 수 있다. 공업용 등급은 원하는 성분과, 고급 및 저급 지방 성분을 포함하는 화합물의 혼합물을 포함한다. 예를 들어, 하나의 상업적으로 입수할 수 있는 공업용 등급 올레일 알코올은 약 65% 올레일 알코올과 고급 및 저급 지방 알코올의 혼합물을 포함한다.

[0056] 본 발명은 수-비혼화성 유기 추출제, 물, 부탄올, 및 선택적으로 비응축성 기체를 포함하는 공급물로부터 부탄올을 분리 또는 회수하는 방법을 제공한다. 공급물로부터 부탄올의 분리는 증류와 경사분리(decantation)의 조합을 통해 달성된다. 증류는 적어도 2개의 증류 컬럼의 사용을 수반한다. 제1 컬럼은, 경사분리와 조합하여, 부탄올 및 추출제로부터 물의 분리를 야기한다. 제1 컬럼으로부터의 냉각된 오버헤드 스트림을 두 액체 상으로 경사분리한다. 유기 상은 제1 컬럼으로 귀환된다. 제2 컬럼은 진공 조건 하에 추출제로부터 부탄올의 분리를 야기하며 추출제가 사실상 없는 부탄올 스트림을 제공한다. 제2 컬럼은 또한, 물이 사실상 없으며 감소된 부탄올 함량을 갖는 추출제 스트림을 제공한다.

[0057] 본 발명의 방법은 본 발명의 방법을 실시하는 데 유용한 시스템의 일 실시 형태를 예시하는 도 1을 참고하여 이해될 수 있다. 발효 추출을 위한 공정에서 발효 용기(도시하지 않음) 또는 추출기(도시하지 않음)로부터 얻어진 공급물 스트림(100)을 스트리핑 섹션 및 선택적으로 정류 섹션을 갖는 제1 증류 컬럼(500) 내로, 스트리핑 섹션 위의 공급 지점에서 도입한다. 공급물 스트림(100)은 증류되어 제1 하부 스트림(110)과, 물, 부탄올, 및 공급물에 존재하는 임의의 비응축성 기체를 포함하는 제1 증기 오버헤드 스트림(300)을 제공한다. 컬럼(500)의 스트리핑 섹션 내의 미리 결정된 지점에서의 작동 온도, T_1 및 작동 압력, P_1 은, 추출제 및 부탄올을 포함하며 물이 사실상 없는 제1 하부 스트림(110)을 제공하도록 선택된다. 증류 컬럼(500)은 적어도 공급 입구, 오버헤드 증기 출구, 하부 스트림 출구, 가열 수단, 추출제로부터 물의 분리를 야기하기에 충분한 개수의 스테이지(stage)를 갖는 임의의 통상적인 컬럼일 수 있다. 추출제가 올레일 알코올을 포함하는 경우에, 증류 컬럼(500)은 재비기(re-boiler)를 포함하는 5개 이상의 스테이지를 가져야만 한다.

[0058] 제1 하부 스트림(110)은 약 0.1 내지 약 40 중량%의 부탄올을 포함할 수 있으며, 물이 사실상 없을 수 있다. "사실상 없는"은 하부 스트림이 약 0.1 중량% 미만의 물을 포함할 수 있음을 의미한다. 예를 들어, 하부 스트림(110)은 약 0.01 중량% 미만의 물을 포함할 수 있다. 하부 스트림(110)에 사실상 물이 없도록 보장하기 위하여, 유기 상 환류의 양 및 재비기 보일-업(boil-up) 속도를 변경할 수 있다.

[0059] 스트림(300)은 응축기(550)에서 응축되어, 액체를 포함하는 제1 혼합 응축물 스트림(310)을 생성한다. 공급물에 비응축성 기체가 존재하는 경우 혼합 스트림(310)은 비응축성 기체 성분을 추가로 포함할 수 있다. 응축기(550)는 임의의 통상적인 디자인일 수 있다.

[0060] 혼합 응축물 스트림(310)은 경사분리기(700) 내로 도입되어 비응축성 기체를 선택적으로 포함하는 기체 상, 액체 부탄올 상, 및 액체 수성 상으로 분리된다. 비응축성 기체에 의해서 스트리핑되는 부탄올 및 물의 양을 감소시키도록 경사분리기의 온도는 바람직하게는 약 40°C 이하에서 유지된다. 액체 부탄올 상인, 더 가벼운 액체 상(상부 액체 상)은 약 16 내지 약 30 중량%의 물을 포함할 수 있으며 컬럼(500)에서 오버헤드로 오는 임의의 추출제를 추가로 포함할 수 있다. 부탄올 상 중 추출제의 분율은 컬럼(500)에서 선택적인 정류 섹션을 사용함으로써 최소화시킬 수 있다. 액체 수성 상은 약 3 내지 약 10 중량%의 부탄올을 포함한다. 경사분리기는 임의의 통상적인 디자인일 수 있다.

[0061] 이산화탄소와 같은 비응축성 기체가 공급물에 존재하는 경우, 스트림(300) 및 스트림(310)에 비응축성 기체가 존재한다. 비응축성 기체를 포함하는 퍼지 스트림(460)이 경사분리기(700)를 나오는 것이 도시되어 있는 도 1에 나타난 바와 같이, 비응축성 기체를 포함하는 기체 상의 적어도 일부가 공정으로부터 퍼징될 수 있다.

[0062] 수성 상(480)을 포함하는 퍼지 스트림이 경사분리기(700)를 나오는 것이 도시되어 있는 도 1에 나타난 바와 같이, 경사분리기(700)로부터, 수성 상(480)이 공정으로부터 퍼징될 수 있다. 대안적으로, 수성 상의 적어도 일부분이 발효 용기(도시하지 않음)로 도입될 수 있다. 이는 물의 일부를 부탄올 회수 공정으로부터 다시 추출 발효 공정으로 재순환시키는 수단을 제공한다. 일 실시 형태에서, 경사분리기(70)로부터의 수성 상(48)이 제2 증류 컬럼으로부터의 하부 스트림(44)과 혼합기(75)에서 조합되어 조합 스트림(45)을 제공하는 도 2에 나타난 바와 같이, 수성 상의 적어도 일부가 제2 증류 컬럼으로부터의 하부 스트림의 적어도 일부와 조합된 다음, 발효 용기로 도입될 수 있다.

[0063] 경사분리기로부터의 부탄올 상(470)은 제1 증류 컬럼(500)으로 귀환된다. 스트림(470)은 컬럼에 환류로서 보통 도입된다. 스트림(470)을 액체 환류로서 도입하는 것은 컬럼(500)의 증기 스트림(300)에서 추출제 손실을 억제할 것이다. 부탄올 상(470)은 아세트알데히드와 같은 휘발성 발효 부산물을 추가로 포함할 수 있다. 선

택적으로, 스트림(470)의 적어도 일부분을 공정으로부터 퍼징하여(도시하지 않음) 휘발성 발효 부산물을 부탄올 회수 공정으로부터 제거할 수 있다.

[0064] 제1 하부 스트림(110)은 컬럼(500)으로부터 거둬들여서, 스트리핑 섹션 및 선택적으로 정류 섹션을 갖는 제2 증류 컬럼(800) 내로, 스트리핑 섹션 위의 공급 지점에서 도입된다. 스트림(110)은 증류되어 추출제를 포함하는 제2 하부 스트림(420)과 부탄올을 포함하는 제2 증기 오버헤드 스트림(400)을 제공한다. 제2 증류 컬럼은 부탄올이 사실상 없는 하부 스트림(420)을 제공하도록 작동된다. "부탄올이 사실상 없는"은 하부 스트림(420)이 약 1 중량% 미만의 부탄올을 포함함을 의미한다. 제2 증기 오버헤드 스트림(400)은 추출제가 사실상 없다. "추출제가 사실상 없는"은 오버헤드 스트림(400)이 약 0.01 중량% 미만의 추출제를 포함함을 의미한다. 증류 컬럼(800)은 적어도 공급 입구, 오버헤드 증기 출구, 하부 스트림 출구, 가열 수단, 스트리핑 섹션, 및 원하는 분리를 야기하기에 충분한 개수의 스테이지를 갖는 임의의 통상적인 컬럼일 수 있다. 컬럼(800)은 재비기를 포함하는 6개 이상의 스테이지를 가져야만 한다. 바람직하게는, 컬럼(800)은 대기압 미만의 압력에서 작동되어 컬럼의 기부에서의 추출제의 온도를 최소화시키면서 부탄올 오버헤드의 경제적이고 편리한 응축을 가능하게 한다.

[0065] 본 방법은 제2 증류 컬럼으로부터의 하부 스트림(420)을 발효 용기(도시하지 않음) 내로 도입하는 단계를 추가로 포함할 수 있다. 일 실시 형태에서, 유사한 스트림들(44, 48)이 혼합기(75)에서 조합되어 조합 스트림(45)을 제공하는 도 2에 나타난 바와 같이, 발효 용기 내로 도입되기 전에 하부 스트림(420)이 경사분리기로부터의 수성 상(480)의 적어도 일부분과 조합될 수 있다.

[0066] 더 높은 비등점의 추출제들의 혼합물은, 혼합물의 비등점 또는 혼합물의 최저 비등점 용매의 비등점이 물 및 부탄올의 비등점보다 상당히 더 높다면, 예를 들어, 약 30도 이상 더 높다면, 단일 추출제와 기본적으로 유사한 방식으로 거동하는 것으로 예상된다.

[0067] 부탄올을 분리하거나 회수하기 위한 본 발명의 방법은

[0068] 가솔린과 유사한 에너지 함량을 갖는 것으로 알려져 있으며 임의의 화석 연료와 블렌딩될 수 있는 부탄올을 제공한다. 부탄올은 이것이 표준 내부 연소 엔진에서 연소시킬 때 오직 CO₂ 만을 생산하고, SO_x 또는 NO_x를 거의 생산하지 않거나 생산하지 않기 때문에, 연료 또는 연료 첨가제로서 선호된다. 또한, 부탄올은 에탄올보다 부식성이 덜하며, 현재까지 가장 바람직한 연료 첨가제이다.

[0069] 바이오연료 또는 연료 첨가제로서의 이의 유용성 외에, 본 발명의 방법에 따라 회수된 부탄올은 신형 연료 전지 산업에서 수소 공급 문제에 영향을 줄 가능성을 갖는다. 연료 전지는 오늘날 수소 수송 및 공급과 관련된 안전성에 관한 우려가 제기되었다. 부탄올은 이의 수소 함량이 쉽게 재형성될 수 있으며, 연료 전지 또는 차량 중 어느 하나에 요구되는 순도로 기존의 주유소를 통해 공급될 수 있다. 더욱이, 본 발명의 방법은 부탄올 생산을 위한 표준 석유화학 공정과 관련된 부정적 환경 영향을 피하면서, 식물 유래의 탄소원으로부터 얻어진 부탄올을 회수한다.

[0070] 부탄올의 분리 및 회수를 위한 본 방법의 한 가지 이점은 에너지 효율성을 제공하는 증류 컬럼의 에너지 통합성(energy integration)이다. 부탄올과 추출제의 분리가 부탄올과 물의 최종 분리 이전에 이루어지는 증류 설계와 비교하여, 본 발명의 방법은 얻어지는 부탄올의 단위 중량당 더 적은 에너지를 필요로 한다.

[0071] 다른 이점은 본 발명의 방법이 색상을 거의 또는 전혀 갖지 않는 고순도 부탄올을 제공한다는 점이다.

[0072] 추가의 이점은 추출제를 포함하는 제2 하부 스트림에 부탄올 생성물이 사실상 없다는 점으로, 이는 회수 공정의 고수율에 기여한다. 부탄올이 사실상 없다는 것은 또한 추출제를 포함하는 제2 하부 스트림의 발효 공정으로의 선택적인 재순환을 가능하게 한다. 재순환되지 않는다면, 부탄올이 사실상 없는 것은 또한 스트림의 배치를 단순화시킨다.

[0073] 또 다른 이점은 본 발명의 방법이 장비의 파울링 또는 반복되는 세척 없이 장기간 작동을 가능하게 한다는 점이다.

[0074] 본 발명의 특정 실시 형태를 상기 설명에 기재하였지만, 당업자에게는 본 발명이 본 발명의 본질적인 속성의 사상을 벗어남이 없이 수많은 변형, 치환, 및 재배열이 가능한 것으로 이해될 것이다. 본 발명의 범주를 나타내는 것으로는, 상기 상세한 설명보다는 오히려 첨부된 특허청구범위를 참조하여야 한다.

[0075] 본 발명의 공정은 공정의 컴퓨터 모델을 사용하여 입증될 수 있다. 공정 모델링은 엔지니어에 의해 복잡한 화학 공정을 시뮬레이팅하는 데 사용되는 확립된 방법론이다. 공정 모델링 소프트웨어는 다수의 기본적인 공

학 계산, 예를 들어, 질량 및 에너지 균형, 증기/액체 평형 및 반응 속도 계산을 수행한다. 증류 컬럼의 모델링이 특히 잘 확립된다. 실험적으로 결정된 2성분 증기/액체 평형 및 액체/액체 평형 데이터에 기초한 계산으로 다성분 혼합물의 거동을 쉽게 예측할 수 있다. 이러한 능력은 미국 매사추세츠주 버링턴 소재의 조셉 보스턴 오브 아스펜테크, 인크.(Joseph Boston of Aspentech, Inc.)에 의해 개발된 "인사이드-아웃(inside-out)" 알고리즘과 같은 정밀한 알고리즘을 사용하여 복잡한 다중 스테이지, 다성분 증류 컬럼의 모델링이 가능하도록 확장되어 왔다. 시판 모델링 소프트웨어, 예를 들어, 아스펜테크로부터의 아스펜 플러스(Aspen Plus)(등록상표)를 물리적 특성 데이터, 예를 들어, 미국 뉴욕주 뉴욕 소재의 더 아메리칸 인스티튜트 오브 케미칼 엔지니어스, 인크.(the American Institute of Chemical Engineers, Inc.)로부터 입수가능한 DIPPR와 함께 사용하여 공정의 정확한 모델 및 평가를 개발할 수 있다.

[0076] 실시예

실시예들은 부탄올 이성체로서 아이소부탄올을 사용하고 추출제로서 올레일 알코올을 사용하는 공정 모델링을 통해 얻었다. 1-부탄올 또는 1-부탄올과 아이소부탄올의 혼합물이 부탄올 이성체로서 선택되는 유사한 경우에 대해서, 물과 이러한 부탄올 이성체들 사이의 공비혼합물의 이질적 성질 및 아이소부탄올과 1-부탄올의 물리적 특성 데이터의 유사성으로 인해 유사한 결과가 예상되었다.

표 1은 추출 발효로부터 얻어지며, 아이소부탄올 생성물 회수 영역으로 들어가는 리치 솔벤트(rich solvent) 스트림의 전형적인 공급 조성을 열거한다. 이러한 조성을 본 발명의 공정을 모델링하는 데 사용하였다. 실시예에서, 용어 "리치 솔벤트 스트림"은 상기에 사용된 용어 "공급물 스트림"과 동의어이다.

[표 1]

추출기로부터의 리치 솔벤트 스트림의 공급 조성(중량%)		
공급 조성	실시예 1	실시예 2
아이소부탄올	11.44%	25.10%
물	6.47%	8.23%
이산화탄소	0.88%	0.94%
올레일 알코올	81.21%	65.73%

리치 솔벤트 스트림에 대한 이러한 조성 값은 연간 50 MM 갤런의 아이소부탄올을 생산하는 추출적인 현장 생성물 제거 기술, 및 각각 20 및 40 g/L의 발효 브로스 수성 상 역가를 사용하는 건식 분쇄 설비의 시뮬레이션에 의해 확립하였다. 리치 솔벤트 스트림이 발효 브로스와 평형을 이루며, 솔벤트 유속이 명시된 연간 생산능력을 충족시키기에 충분한 것으로 가정하였다.

본 발명의 공정의 실시 형태의 시뮬레이션을 위해 입력하는 파라미터가 표 2에 열거되어 있으며 도 2에 나타낸 바와 같은 공정 개략도를 따른다. 도 2에서, "QED06"은 열교환기(65, 85)를 통한 공정간 열교환(process to process heat exchange)을 나타내는 열 스트림을 지칭한다. 블록(60)은 선택적인 혼합기를 나타낸다. 블록(75)은 스트림(48)과 스트림(44)을 조합하여 스트림(45)을 제공하는 혼합기를 나타낸다. 공정 모델로부터 계산된 소정 치수 및 듀티(duty) 결과가 표 2에 또한 열거되어 있다. 이러한 파라미터는 물리적 특성 파라미터, 및 컨버전스(convergence) 및 기타 컴퓨터의 선택사항 또는 진단(diagnostics)과 관련된 것을 포함하지 않는다.

[0083] [표 2]

본 발명의 공정을 모델링하기 위해 사용된 조건

장비 블록	입력	실시예 1	실시예 2	단위
솔벤트 컬럼 (50)	재비기를 포함하는 이론적 스테이지의 개수	15	15	스테이지
	컬럼 상부 압력	1	1	bar
	컬럼 하부 압력	1.1	1.1	bar
	컬럼 내경	3.71	2.91	m
	컬럼 재비기 듀티	59612	38116	MJ/hr
	예열된 리치 솔벤트 공급물 (10)의 위치	1	1	스테이지
	경사분리기로부터의 유기 환류 (47)의 위치	1	1	스테이지
	하부 스트림 (11) 중 물의 질량 분율	1	1	ppm
	환류 스트림 온도	40	40	℃
	예열된 리치 솔벤트 스트림 (10)의 유량	177671	75171	kg/hr
BUOHCOL 컬럼 (80)	예열된 리치 솔벤트 스트림 (10)의 온도	91.7	84.9	℃
	응축기 듀티	-48810	-33831	MJ/hr
	재비기를 포함하는 이론적 스테이지의 개수	15	15	스테이지
	컬럼 상부 압력	0.1	0.1	bar
	컬럼 하부 압력	0.105	0.105	bar
	컬럼 내경	2.58	2.46	m
	컬럼 재비기 듀티	9045	10951	MJ/hr
	솔벤트 컬럼으로부터의 유기 공급물 (11)의 위치	7	7	스테이지
	솔벤트 컬럼으로부터의 유기 공급물 (11)의 온도	145.6	125.1	℃
	컬럼 하부 온도	147	147	℃
경사분리기 (70)	상부 생성물 (40) 중 올레일 알코올의 질량 분율	100	100	ppm
	하부 리치 솔벤트 (lean solvent) (42) 중 아이소부탄올의 질량 분율	9000	9000	ppm
	응축기 듀티	-13844	-12278	MJ/hr
	경사분리기 압력	1	1	atm
	경사분리기 온도	40	40	℃

[0084]

[0085]

2가지 경우를 실행하여 본 발명의 공정의 작동 요건을 입증하였다. 각각의 경우에, 2가지 상이한 수성 상 역가를 유지하는 추출 발효 공정으로부터의 리치 솔벤트 공급물 유동 및 조성에 대해 특정 변형을 행하였다. 독립된 시뮬레이션 각각에서, 공급물 조성 변화로 인해 컬럼 트래픽(column traffic) 및 열 교환기 듀티가 변할 것이다. 그로 인한 자본 투자 및 작동 비용을 상이한 경우들 사이에서 비교하여, 생성물 회수 영역 성능에 대한 리치 솔벤트 공급물 유동 및 조성의 영향을 정량화하였다. 그러나, 이러한 두 실시예는 본 발명의 공정 작동 한계로서 간주되어서는 안된다.

[0086]

표에서, 용어 "솔벤트 컬럼"은 상기에 사용된 용어 "제1 증류 컬럼"과 동의어이다. 용어 "BUOHCOL"은 상기에 사용된 "제2 증류 컬럼"과 동의어이다. 약어 "OLEYLOH"는 올레일 알코올을 지칭한다.

[0087]

실시예 1에 대한 스트림 결과가 표 3에 열거되어 있다. BUOHCOL 컬럼 트래픽 및 액체 질량 조성 프로파일이 표 4에 열거되어 있다. 솔벤트 컬럼 트래픽 및 액체 질량 조성 프로파일이 표 5에 열거되어 있다.

[0088]

실시예 2에 대한 스트림 결과가 표 6에 열거되어 있다. BUOHCOL 컬럼 트래픽 및 액체 질량 조성 프로파일이 표 7에 열거되어 있다. 솔벤트 컬럼 트래픽 및 액체 질량 조성 프로파일이 표 8에 열거되어 있다.

[0089]

기타 중요한 공정 파라미터는 다음을 포함한다: 1) 솔벤트 컬럼 내 이론적 스테이지의 총 개수 및 하부 스트림 물 함량; 2) BUOHCOL 컬럼 하부 온도; 및 3) 솔벤트 컬럼에 공급하기 전 리치 솔벤트 스트림의 예열 정도. 이들 파라미터를 조정하여 최적의 분리 성능을 달성할 수 있다.

[0090]

실시예 1

[0091]

본 실시예에서는, 11.44 중량%의 아이소부탄올을 함유하는 177,671 kg/hr 리치 솔벤트 공급물(9)을 공정간 열 교환기에 의해 32.2℃로부터 91.7℃로 가열하고 얻어진 스트림(10)을 스테이지 1에서 솔벤트 컬럼(50)에 공급한다. 이러한 리치 솔벤트 공급 조건은 추출 발효 공정 동안 유지되는 발효기에서의 20 g/L 수성 상 역가에

상응한다. 더 큰 직경의 솔벤트 컬럼, 더 높은 솔벤트 컬럼 하부 온도, 더 높은 솔벤트 컬럼 재비기, 및 응축기 듀티에 의해서 분리가 실현된다. 스트림(40)은 본질적으로 100 중량% 아이소부탄올이다. 스트림(42)은 0.9 중량%의 아이소부탄올과 99.1 중량%의 올레일 알코올을 함유한다.

[0092] 실시예 2

본 실시예에서는, 75,171 kg/hr 리치 솔벤트 공급물(9)을 공정간 열교환기에 의해 32.2℃로부터 84.9℃로 가열하고 얻어진 스트림(10)을 스테이지 1에서 솔벤트 컬럼(50)에 공급한다. 이러한 리치 솔벤트 공급 조건은 추출 발효 공정 동안 유지되는 발효기에서의 40 g/L 수성 상 역가에 상응한다. 더 작은 직경의 솔벤트 컬럼, 더 낮은 솔벤트 컬럼 하부 온도, 더 낮은 솔벤트 컬럼 재비기, 및 응축기 듀티에 의해서 분리가 실현된다. 스트림(40)은 본질적으로 100 중량% 아이소부탄올이다. 스트림(42)은 0.9 중량%의 아이소부탄올과 99.1 중량%의 올레일 알코올을 함유한다.

[표 3]

실시예 1에 대해 시뮬레이팅된 스트림 출력

	9	10	11	30	31	40	42	44	45	46	47	48	49
온도(℃)	32.2	91.7	145.6	92.6	92.6	56.5	147	45	44.3	40	40	40	40
압력(atm)	1.09	1.04	1.09	0.99	0.99	0.1	0.11	1.26	1	1	1	1	0.1
증기 분율	0	0.157	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
물 유량(kmol/hr)	1485.305	1485.305	798.584	1075.55	1075.55	243.483	555.101	555.101	1203.014	38.774	388.883	647.913	243.483
지방산 유량(kg/hr)	212216.149	6.88E+06	219236	3.23E+07	23409.954	193029.09	175750.7	1.88E+05	9.91E+05	2.25E+04	12691.227	22984.34	
엔탈피(MJ/hr)	-546.773	-515.113	-315.653	-256.916	-256.916	-75.628	-244.574	-451.502	-13.946	-113.965	-175.268	-76.401	
질량 유량(kg/hr)													
I-BUOH	20332.4088	20332.41	19356.11	15863.657	15863.657	18045.795	1310.3189	1310.319	2222.04846	64.7054968	14887.2216	911.729612	18045.79
물	11496.2639	11496.25	3.163639	14842.689	14842.689	0.1636388	2.67E-10	2.67E-10	11444.7055	50.7448995	3347.23881	11444.7055	0.163639
CO2	1559.63142	1559.631	3.19E-23	1656.2054	1656.2054	0	0	0	15.9524187	1544.09067	96.2933369	15.824187	0
OLEYLOH	144282.47	144282.5	144282.5	7.8319222	7.8319222	1.8047763	144280.67	144280.7	144280.665	1.02E-06	7.83188542	3.58E-05	1.804776
증기 분율													
I-BUOH	0.11443849	0.114438	0.118286	0.490067	0.490067	0.9989809	0.009	0.009	0.01406686	0.03899069	0.8117977	0.07369127	0.998981
물	0.084770526	0.084705	1.00E-06	0.4585268	0.4585268	9.07E-06	1.83E-15	1.83E-15	0.07245168	0.03057622	0.18252437	0.52502744	9.07E-06
CO2	0.00877986	0.00878	1.94E-26	0.0511643	0.0511643	0	0	0	0.00010035	0.53043108	0.00525085	0.00128128	0
OLEYLOH	0.81207635	0.812076	0.881713	0.0002419	0.0002419	0.0001	0.991	0.991	0.91338109	6.15E-10	0.00042707	2.89E-09	0.0001

[0095]

[표 4]

실시예 1에 대해 시뮬레이팅된 BUOHICOL 컬럼 트레이 및 액체 침탈 조상 프로파일 출력

스테이지 온도(℃)	압력(atm)	리치 유량 (kg/hr)	액체 유량 (kg/hr)	증기 유량 (kg/hr)	액체 공급물 (kg/hr)	증기 공급물 (kg/hr)	조상 공급물 (kg/hr)	액체 생성물 (kg/hr)	증기 생성물 (kg/hr)	스테이지 I-BUOH	물	OLEYLOH
1	56.5011602	0.1	-13844.4	2793.2042	0	0	0	0	18047.7632	0	0	0
2	56.1270066	0.100367	0	267.02946	20840.967	0	0	0	0	1	0.998891	9.07E-06
3	120.88619	0.100714	0	229.71305	18314.793	0	0	0	0	2	0.245012	1.93E-07
4	122.750144	0.101071	0	229.1764	18277.476	0	0	0	0	3	0.01676	1.37E-08
5	122.786979	0.101429	0	228.44906	18276.94	0	0	0	0	4	0.016748	1.32E-08
6	122.784813	0.101786	0	227.72417	18276.212	0	17089.858	0	0	5	0.01679	1.32E-08
7	122.802293	0.102143	0	146778.65	1185.6295	146548.89	0	0	0	6	0.016848	1.33E-08
8	122.815489	0.1025	0	146784.87	1185.6706	0	0	0	0	7	0.016906	2.58E-09
9	122.826661	0.102857	0	146793.08	1183.8891	0	0	0	0	8	0.016961	4.80E-10
10	122.841823	0.103214	0	146801.28	1202.0929	0	0	0	0	9	0.017015	8.85E-11
11	122.854877	0.103571	0	146809.47	1210.2909	0	0	0	0	10	0.01707	1.63E-11
12	122.868132	0.103929	0	146817.66	1218.485	0	0	0	0	11	0.017124	2.98E-12
13	122.88251	0.104286	0	146825.93	1226.6759	0	0	0	0	12	0.017178	5.43E-13
14	123.082079	0.104643	0	146866.29	1234.9444	0	0	0	0	13	0.017232	9.85E-14
15	147.019984	0.105	9045.051	145590.98	1275.3011	0	0	0	0	14	0.017188	1.75E-14
										15	0.009	1.83E-15

[0097]

[표 5]

실시예 1에 대해 시뮬레이팅된 솔벤트 컬럼 트레이 및 액체 침탈 조상 프로파일 출력

스테이지 온도(℃)	압력(atm)	리치 유량 (kg/hr)	액체 유량 (kg/hr)	증기 유량 (kg/hr)	액체 공급물 (kg/hr)	증기 공급물 (kg/hr)	조상 공급물 (kg/hr)	액체 생성물 (kg/hr)	증기 생성물 (kg/hr)	스테이지 I-BUOH	물	CO2	OLEYLOH
1	52.5578171	0.986923	0	150930.5	32370.903	189058.21	6951.4374	0	0	32369.8779	167271.886	3656.6179	1
2	93.6721095	0.983673	0	191294.94	27291.751	0	0	0	0	0	167484.04	3810.90155	2
3	93.875775	1.001022	0	191366.91	27656.195	0	0	0	0	0	187538.31	3828.59527	3
4	94.0607027	1.008072	0	191435.46	27728.158	0	0	0	0	0	187593.472	3841.98237	4
5	94.2425765	1.015121	0	191518.88	27796.707	0	0	0	0	0	187673.645	3845.23649	5
6	94.4133652	1.022171	0	191695.12	27860.134	0	0	0	0	0	187907.581	3787.53341	6
7	94.5220752	1.02622	0	192452.05	28056.375	0	0	0	0	0	189102.216	3349.83052	7
8	94.5567509	1.036269	0	197295.41	28813.3	0	0	0	0	0	197295.407	0	8
9	97.1873422	1.043319	0	211171.51	33056.06	0	0	0	0	0	211171.509	0	9
10	106.360313	1.050368	0	230801.1	47478.762	0	0	0	0	0	230900.088	0	10
11	114.300372	1.057418	0	244353.88	67261.351	0	0	0	0	0	244353.875	0	11
12	117.024529	1.064467	0	248884.39	80715.128	0	0	0	0	0	248884.391	0	12
13	117.793033	1.071517	0	249626.35	85245.644	0	0	0	0	0	249626.346	0	13
14	118.811601	1.078566	0	24744.67	86387.599	0	0	0	0	0	24744.673	0	14
15	145.617646	1.085616	59612.44	163638.75	80105.926	0	0	0	0	0	163638.747	0	15

[0099]

[0100]

[표 6]

실시예 2에 대해 시뮬레이팅된 스트림 출력

	9	10	11	30	31	40	42	44	45	46	47	48	49
온도(℃)	32.2	84.9	125.2	90.6	90.6	56.5	147	45	44	40	40	40	40
압력(atm)	1.09	1.04	1.09	0.99	0.99	0.1	0.11	1.26	1	1	1	1	0.1
증기 분율	0	0.063	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
물 유량(kmol/hr)	797.981	797.981	431.612	727.821	727.821	241.521	190.091	190.091	538.959	17.528	361.426	348.867	241.521
지방산 유량(kg/hr)	75171.2	75171.2	67759.48	24453.15	24453.15	17902.59	49856.89	49856.89	56518.78	750.182	17041.08	6661.889	17902.59
엔탈피(MJ/hr)	90271.19	1.50E+06	90110.59	2.17E+07	2.17E+07	23221.75	86101.83	80184.94	66985.58	447766.1	20937.83	6833.643	22799.48
질량 유량(kg/hr)	273.068	262.246	157.514	174.532	174.532	75.019	83.753	94.595	189.968	6.304	105.521	94.373	75.785
I-BUOH	18869.86	18869.86	18349.44	14357.87	14357.87	17900.73	448.712	448.712	939.7063	29.25773	13837.62	490.9942	17900.73
물	61.94.3856	61.94.4.856	0.0677759	9296.486	9296.486	0.0677759	4.32E-14	4.32E-14	6162.359	22.93916	3111.1.188	6162.359	0.067759
CO2	706.512	706.512	0	795.989	795.989	0	0	0	8.536	697.95	89.463	8.536	0
OLEYLOH	49409.97	49409.97	49409.97	2.811	2.811	1.79	49408.18	49408.18	49408.18	0	2.811	0	1.79
증기 분율													
I-BUOH	0.251025	0.251025	0.270803	0.587158	0.587158	0.999896	0.009	0.009	0.016626	0.038994	0.812015	0.073702	0.999896
물	0.082277	0.082277	1.00E-06	0.380175	0.380175	3.78E-06	8.67E-19	8.67E-19	0.109032	0.030578	0.18257	0.925017	3.78E-06
CO2	0.009399	0.009399	1.49E-28	0.032552	0.032552	0	0	0	0.000151	0.930428	0.00525	0.001281	0
OLEYLOH	0.657299	0.657299	0.729196	0.000115	0.000115	0.0001	0.991	0.991	0.87419	2.38E-10	0.000165	1.12E-09	0.0001

[0101]

[0102] [표 7]

실시예 2에 대해 시뮬레이팅된 BUHCOL 원위 보래의 및 액체 질량 조성 프로파일 출력

스테이지	온도(°C)	압력(atm)	리프팅속도 (l/min duty) (m/hr)	액체 유출 (kg/hr)	증기 유출 (kg/hr)	액체 방출물 (kg/hr)	증기 방출물 (kg/hr)	순환 방출물 (kg/hr)	액체 생성물 (kg/hr)	증기 생성물 (kg/hr)	스테이지	I-BUOH	물	OLEYLOH
1	56.50411	0.1	-12277.7	580.4229	0	0	0	0	17902.59	0	2	0.999896	3.78E-06	0.0001
2	66.12733	0.100357	0	8.058413	18483.01	0	0	0	0	0	3	0.245	8.07E-08	0.755
3	78.95627	0.100714	0	6.737	17910.65	0	0	0	0	0	4	0.098561	2.81E-08	0.901439
4	78.99224	0.101071	0	6.69776	17909.32	0	0	0	0	0	5	0.098908	2.82E-08	0.901192
5	78.9936	0.101429	0	6.660182	17909.29	0	0	0	0	0	6	0.09925	2.83E-08	0.900749
6	78.99491	0.101786	0	6.622855	17909.25	0	12857.16	0	0	0	7	0.099694	2.85E-08	0.900306
7	78.99731	0.102143	0	54908.56	5052.046	54902.32	0	0	0	0	8	0.100134	3.18E-09	0.899866
8	79.04864	0.1025	0	54918.21	5051.663	0	0	0	0	0	9	0.100292	2.63E-10	0.899708
9	79.09993	0.102857	0	54927.84	5061.317	0	0	0	0	0	10	0.100449	2.17E-11	0.899551
10	79.15088	0.103214	0	54937.45	5070.946	0	0	0	0	0	11	0.100607	1.79E-12	0.899394
11	79.20184	0.103571	0	54947.02	5080.554	0	0	0	0	0	12	0.100763	1.48E-13	0.899237
12	79.25394	0.103929	0	54956.15	5090.13	0	0	0	0	0	13	0.100912	1.23E-14	0.899088
13	79.3555	0.104286	0	54965.15	5099.253	0	0	0	0	0	14	0.100775	1.01E-15	0.899225
14	81.40961	0.104643	0	54948.29	5099.253	0	0	0	0	0	15	0.090278	0	0.909722
15	147.02	0.105	10950.61	49856.89	4702.649	0	0	0	49856.89	0	15	0.009	0	0.991

[0103]

[0104] [표 8]

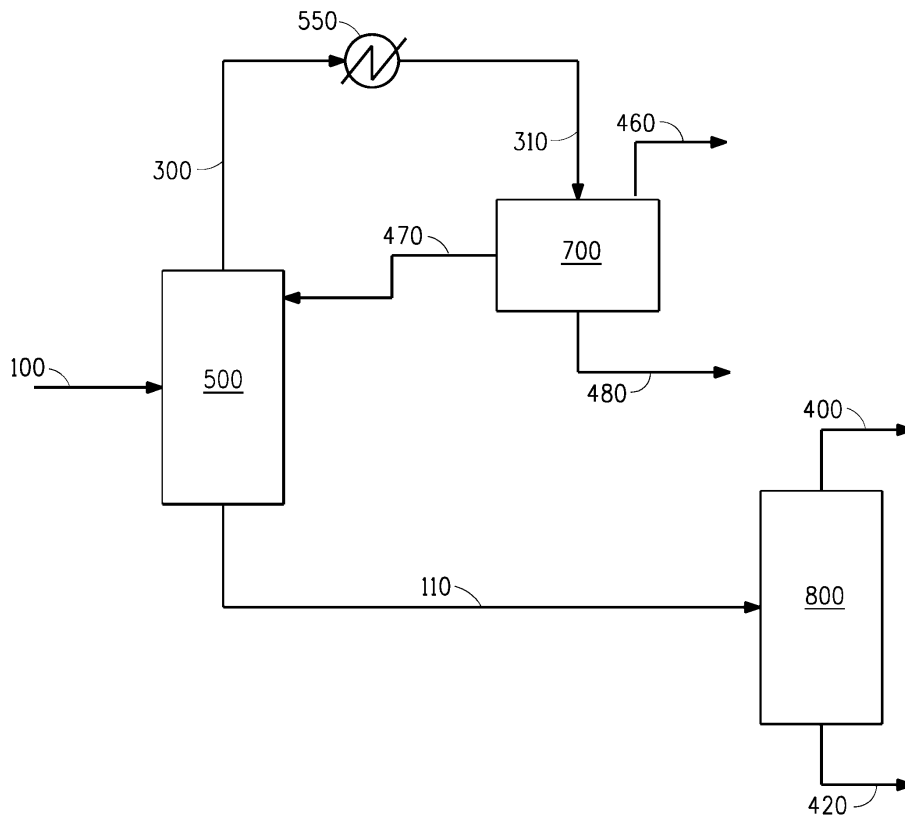
실시예 2에 대해 시뮬레이팅된 숏배트 원위 보래의 및 액체 질량 조성 프로파일 출력

(스테이지)	온도(°C)	압력(atm)	리프팅속도 (l/min duty) (m³/hr)	액체 유출 (kg/hr)	증기 유출 (kg/hr)	액체 방출물 (kg/hr)	증기 방출물 (kg/hr)	순환 방출물 (kg/hr)	액체 생성물 (kg/hr)	증기 생성물 (kg/hr)	스테이지	I-BUOH	물	CO2	OLEYLOH		
1	90.62398	0.986923	0	93278.67	24452.8	90384.63	1827.857	0	0	24453.68	90909.07	2369.606	1	0.362857	0.107294	0.000112	0.529736
2	91.46275	0.993973	0	93442.51	25519.19	0	0	0	0	0	91034.75	2407.763	2	0.363393	0.107798	1.41E-06	0.528808
3	91.65498	1.001022	0	93481.11	25683.03	0	0	0	0	0	91070.53	2410.574	3	0.363534	0.107877	1.77E-08	0.528859
4	91.83796	1.008072	0	93520.73	25721.63	0	0	0	0	0	91109.71	2411.021	4	0.363698	0.107936	2.22E-10	0.528966
5	92.0175	1.015121	0	93598.2	25761.25	0	0	0	0	0	91213.06	2385.141	5	0.36426	0.107812	2.81E-12	0.527929
6	92.16465	1.022171	0	94198.65	25638.72	0	0	0	0	0	92221.08	1977.569	6	0.370412	0.105027	3.59E-14	0.524561
7	92.40016	1.02922	0	98158.28	26439.17	0	0	0	0	0	98158.28	0	7	0.410794	0.085803	0	0.503402
8	95.35407	1.036269	0	107889.8	30398.8	0	0	0	0	0	107889.8	0	8	0.494394	0.047597	0	0.458009
9	102.9854	1.043319	0	119982.9	40130.34	0	0	0	0	0	119982.9	0	9	0.571843	0.016292	0	0.411865
10	109.7331	1.050368	0	127742.4	52223.47	0	0	0	0	0	127742.4	0	10	0.608865	0.004277	0	0.386858
11	112.4066	1.057418	0	130587.3	59982.94	0	0	0	0	0	130587.3	0	11	0.620548	0.001017	0	0.378435
12	113.2472	1.064467	0	131403	62827.79	0	0	0	0	0	131403	0	12	0.623678	0.000235	0	0.376087
13	113.5887	1.071517	0	131646.5	63643.56	0	0	0	0	0	131646.5	0	13	0.624558	5.40E-05	0	0.375388
14	113.9111	1.078566	0	129620	63889.04	0	0	0	0	0	129620	0	14	0.619452	1.21E-05	0	0.381536
15	125.1555	1.085616	38116.05	67759.48	61860.52	0	0	0	67759.48	0	67759.48	0	15	0.270803	1.00E-06	0	0.729196

[0105]

도면

도면1



도면2

