



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2017년11월15일
(11) 등록번호 10-1798254
(24) 등록일자 2017년11월09일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
C12M 1/02 (2006.01) C12M 1/00 (2006.01)
C12M 1/34 (2006.01) C12P 7/10 (2006.01)
C12P 7/14 (2017.01)
(21) 출원번호 10-2012-7018466
(22) 출원일자(국제) 2010년11월18일
심사청구일자 2015년09월09일
(85) 번역문제출일자 2012년07월13일
(65) 공개번호 10-2012-0120231
(43) 공개일자 2012년11월01일
(86) 국제출원번호 PCT/US2010/057272
(87) 국제공개번호 WO 2011/090544
국제공개일자 2011년07월28일
(30) 우선권주장
61/296,673 2010년01월20일 미국(US)
(56) 선행기술조사문헌
JP2009183264 A*
W02008047679 A1*
*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자
질레코 인코포레이티드
미국 매사추세츠주 01880 웨이크필드 오듀본 로드 360
(72) 발명자
메도프, 마샬
미국 매사추세츠 01801 워번 유닛 엘 살렘 스트리트 271
마스터맨, 토마스
미국 매사추세츠 01801 워번 유닛 엘 살렘 스트리트 271
(74) 대리인
특허법인아주

전체 청구항 수 : 총 16 항

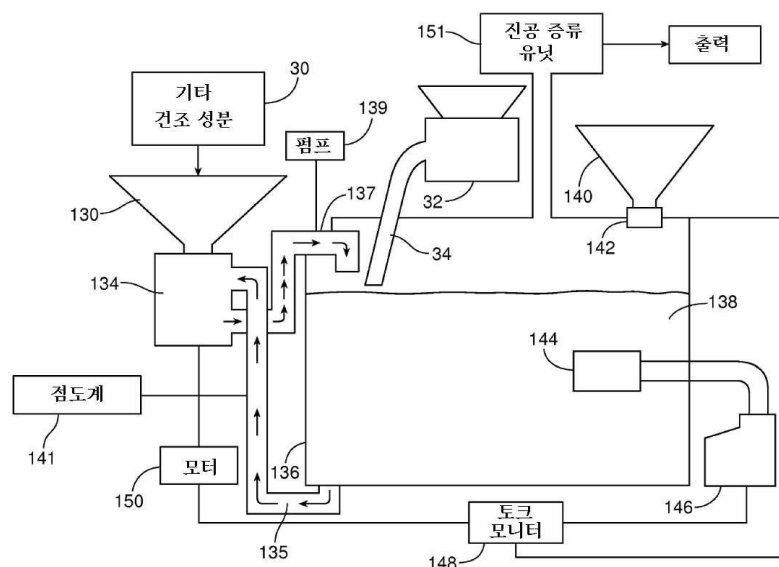
심사관 : 조상진

(54) 발명의 명칭 바이오매스 공급원료의 당화 및 발효 방법 및 시스템

(57) 요약

바이오매스 공급원료(예컨대, 식물 바이오매스, 동물 바이오매스 및 도시 폐 바이오매스)가 가공처리되어 연료 등과 같은 유용한 생성물을 생성한다. 예를 들어, 공급원료 재료를 당 용액으로 전환시키고 나서, 발효시켜 에탄올을 생산할 수 있는 시스템이 기재되어 있다. 바이오매스 공급원료는 체트 믹서의 조작에 의해 용기 내에서 당화되며, 해당 용기는 또한 액체 매체와 당화제를 수용하고 있다.

대표도 - 도3



명세서

청구범위

청구항 1

물을 포함하는 액체 매체 및 당화되지 않고 전자빔 조사된 리그노셀룰로스 공급원료 고체 적어도 10중량%를 용기 내에 유입하는 단계;

상기 전자빔 조사된 리그노셀룰로스 공급원료를 상기 용기 내에서 당화시켜 당 용액을 형성하는 단계; 및

효소 및 미생물 중 하나 이상을 이용하여 상기 당 용액을 상기 용기 내에서 생성물로 전환하는 단계를 포함하고,

당화 동안 제트 믹서로 혼합하는 단계를 더 포함하고, 및

상기 전자빔 조사된 리그노셀룰로스 공급원료는 적어도 10 Mrad의 선량으로 조사된 것인, 방법.

청구항 2

제1항에 있어서, 상기 전환은 발효를 포함하는 것인, 방법.

청구항 3

제1항 또는 제2항에 있어서, 상기 전환은 증류를 더 포함하는 것인 방법.

청구항 4

제3항에 있어서, 상기 증류는 진공 증류를 포함하는 것인 방법.

청구항 5

제3항에 있어서, 상기 증류는 70 Torr 이하의 진공에서 수행되는 것인 방법.

청구항 6

제3항에 있어서, 상기 증류는 주위 온도(ambient temperature)에서 수행되는 것인 방법.

청구항 7

제1항 또는 제2항에 있어서, 상기 생성물은 알코올을 포함하는 것인 방법.

청구항 8

제1항 또는 제2항에 있어서, 상기 공급원료는 $0.5\text{g}/\text{cm}^3$ 미만의 벌크 밀도(bulk density)를 갖는 것인 방법.

청구항 9

제1항 또는 제2항에 있어서, 당화제는 효소를 포함하는 것인 방법.

청구항 10

제1항 또는 제2항에 있어서, 상기 당화 동안에 상기 공급원료, 상기 액체 매체 및 당화제의 혼합물 중 글루코스 수준을 모니터링하는 단계를 더 포함하는 것인 방법.

청구항 11

제1항 또는 제2항에 있어서, 상기 당화 동안 추가의 공급원료 및 당화제를 상기 용기에 첨가하는 단계 및 상기 공급원료를 분산 시스템을 이용해서 상기 액체 매체 중에 분산시키는 단계를 더 포함하는 것인 방법.

청구항 12

제1항 또는 제2항에 있어서, 상기 용기는 탱크를 포함하는 것인 방법.

청구항 13

제1항 또는 제2항에 있어서, 상기 리그노셀룰로스 공급원료는 종이를 포함하는 것인 방법.

청구항 14

제1항 또는 제2항에 있어서, 상기 용기 내의 혼합물에 유화제 혹은 계면활성제를 첨가하는 단계를 더 포함하는 것인 방법.

청구항 15

제3항에 있어서, 증류 동안 혼합하는 단계를 더 포함하는 것인 방법.

청구항 16

제15항에 있어서, 증류 동안 혼합하는 단계는 제트 믹서를 이용해서 수행되는 것인 방법.

청구항 17

삭제

청구항 18

삭제

청구항 19

삭제

청구항 20

삭제

청구항 21

삭제

청구항 22

삭제

청구항 23

삭제

청구항 24

삭제

발명의 설명

기술 분야

[0001] 셀룰로스 재료 및 리그노셀룰로스 재료가 생산되고, 가공처리되어, 많은 용도에 대량으로 이용되고 있다. 이러한 재료는 종종 일단 사용되고 나면 쓰레기로서 폐기되거나, 또는 단순히 폐기물 재료, 예컨대, 오수(sewage), 버개스(bagasse), 톱밥 및 여물로 되는 것으로 여겨진다.

[0002] 각종 셀룰로스 재료와 리그노셀룰로스 재료, 그들의 용도 및 응용예가 예를 들어 미국 특허 제7,307,108호, 제7,074,918호, 제6,448,307호, 제6,258,876호, 제6,207,729호, 제5,973,035호 및 제5,952,105호 공보; 그리고 PCT/US2006/010648(출원일: 2006년 3월 23일; 발명의 명칭: "FIBROUS MATERIALS AND COMPOSITES") 및 미국 특허 출원 공보 제2007/0045456호(발명의 명칭: "FIBROUS MATERIALS AND COMPOSITES")를 비롯한 각종 특허 출원에 기재되어 있다.

발명의 내용

[0003] 본 명세서에는 단일 탱크 내에서 모두 수행되는 다수의 바이오처리에 의해 생성물을 생성하는 방법이 개시되어 있다.

[0004] 몇몇 방법은, 예컨대, 효소를 이용해서, 재료, 예를 들어, 셀룰로스 혹은 리그노셀룰로스 공급원료(feedstock)의 셀룰로스 부분을 저분자량 당으로 전환하고 나서 얻어진 당을 예를 들어 발효 및 증류에 의해 생성물로 전환함으로써, 상기 재료를 당화 혹은 액화시키는 단계를 포함한다. 몇몇 구현예에서, 방법은 섬유질 및/또는 입상체 공급원료를 액체 매체에 분산시키는 분산 시스템, 및 재료를 탱크 내에서 혼합하는 혼합 시스템, 예를 들어, 제트 혼합 시스템 등과 같은 저전단 시스템을 포함한다. 몇몇 구현예에서, 분산 시스템은 챔버, 및 해당 챔버 내에서, 공급 원료 및 액체 매체를 상기 챔버 내로 축방향으로 유입시키고 상기 매체 내의 공급원료의 분산액을 상기 챔버로부터 방사상으로 추출하는 회전 부재를 포함한다.

[0005] 본 명세서에 개시된 방법은 낮은 벌크 밀도 재료, 예를 들어, 약 0.75 g/cm³ 이하, 예컨대, 약 0.7, 0.65, 0.60, 0.50, 0.35, 0.25, 0.20, 0.15, 0.10, 0.05 g/cm³ 이하, 예컨대, 0.025 g/cm³ 이하의 벌크 밀도(bulk density)를 지니도록 물리적으로 전처리된 셀룰로스 혹은 리그노셀룰로스 공급원료를 이용할 수 있다. 이러한 재료는 당화, 발효 혹은 기타 가공처리를 위하여 액체 내에, 예컨대, 물 혹은 용매계에 의해 분산되기 특히 어려울 수 있다. 그들의 낮은 벌크 밀도로 인해, 상기 재료는 액체로 젖어 해당 액체 내에 분산되기보다는 오히려 액체의 표면에 떠 있는 경향이 있다. 몇몇 경우에, 해당 재료는 친수성이거나, 고도로 결정성이거나 혹은 다르게는 젖기 어려울 수 있다. 동시에, 당화된 재료 내에 최종 고농도의 당, 혹은 가공처리 후 고농도의 소량의 생성물(예컨대, 발효 후 에탄올 혹은 기타 알코올(들))을 얻기 위하여, 비교적 높은 고체 수준의 분산액 중에서 공급원료를 처리하는 것이 바람직하다. 몇몇 경우에, 본 명세서에 기재된 방법을 이용해서, 가공처리 동안 분산액의 고체 수준은 예를 들어 적어도 10, 15, 20, 22.5, 25, 27.5, 30, 35, 40, 45 혹은 심지어 적어도 50중량% 용해된 고체일 수 있다. 예를 들어, 고체 수준은 약 10 내지 50%, 예컨대, 약 10 내지 40%, 10 내지 30% 또는 10 내지 20%일 수 있다.

[0006] 본 명세서에서의 방법은 또한, 몇몇 경우에, 상기 방법에서 이용되는 효소 및/또는 미생물을 회분식 공정(batch process)에서 재사용하거나 연속식 공정에서 장기간에 걸쳐서 이용하는 것을 허용한다.

[0007] 일 양상에 있어서, 본 발명은 용기, 예컨대, 탱크 내의 액체 매체 중의 바이오매스 공급원료를 당화시켜 당 용

액을 형성하는 단계 및 동일 용기 중에서, 효소 및/또는 미생물을 이용해서, 해당 당 용액을 생성물, 예컨대, 알코올로 전환시키는 단계를 포함하는 방법을 특징으로 한다.

- [0008] 이러한 구현에는 이하의 특징들 중 하나 이상을 포함한다. 전환은 발효를 포함할 수 있다. 상기 방법은 증류, 예컨대, 진공 증류를 더 포함할 수 있다. 증류는 70 Torr 이하의 진공에서 수행될 수 있다. 증류는 주위 온도 (ambient temperature)에서 수행될 수 있다.
- [0009] 몇몇 경우에, 공급원료는 낮은 벌크 밀도, 예컨대, 약 0.5 g/cm^3 이하의 벌크 밀도를 지닌다. 액체 매체는 물을 포함할 수 있고, 당화제는 효소를 포함할 수 있다. 공급원료는 셀룰로스 혹은 리그노셀룰로스 재료를 포함할 수 있다.
- [0010] 상기 방법은 추가의 단계를 포함할 수 있다. 예를 들어, 상기 방법은 당화 동안 제트 믹서로 혼합하는 단계를 추가로 포함할 수 있다. 제트 믹서 혹은 다른 믹서에 의한 혼합은, 또한 증류 동안 수행될 수도 있다. 상기 방법은 또한 당화 동안 공급원료, 액체 매체 및 당화제의 혼합물의 글루코스 수준을 모니터링하는 단계를 더 포함할 수 있다. 몇몇 경우에, 상기 방법은 당화 동안 용기에 추가의 공급원료 및 당화제를 첨가하는 단계 및 분산 시스템을 이용해서 상기 매체 중에 상기 공급원료를 분산시키는 단계를 더 포함한다. 상기 방법은 상기 용기 내의 상기 혼합물에 유화제 혹은 계면활성제를 첨가하는 단계를 더 포함할 수 있다.
- [0011] 다른 양상에서, 본 발명은 탱크; 상기 탱크에 바이오매스 공급원료, 당화제, 및 액체 매체를 전달하도록 구성된 전달 시스템; 전달된 상기 바이오매스 공급원료 및 당화제를 혼합하도록 구성된 믹서; 및 상기 탱크와 연통하여, 상기 탱크의 내용물로부터 생성물을 증류시키도록 구성된 진공 증류 시스템을 포함하는 시스템을 특징으로 한다.
- [0012] 몇몇 구현에는 이하의 특징들 중 하나 이상을 포함할 수 있다. 상기 시스템은 상기 탱크의 내용물에 미생물을 접종하도록 구성된 전달장치를 더 포함할 수 있다. 상기 시스템은 상기 탱크의 내용물의 산소 수준을 모니터링하도록 구성된 산소 모니터를 더 포함할 수 있다. 상기 믹서는 제트 믹서일 수 있거나 제트 믹서를 포함할 수 있다. 상기 전달 시스템은 상기 탱크에 상기 바이오매스 공급원료 및 액체 매체를 분산액의 형태로 전달하도록 구성될 수 있다.
- [0013] 다수의 처리 단계, 예컨대, 당화, 발효 및 증류를 단일 탱크 내에서 수행함으로써, 처리 시간 및 비용을 저감시키고, 상기 방법이 간단해진다. 또한, 자본비가 일반적으로 다수-탱크 처리 설비에 비해서 낮다.
- [0014] 몇몇 경우에, 본 명세서에 기재된 시스템 혹은 그의 구성요소들은 휴대용일 수 있으므로, 해당 시스템은 하나의 장소에서 다른 곳으로 (예컨대, 철도, 트럭 혹은 선박에 의해) 수송될 수 있다. 이러한 이동식 처리는 미국 특허 출원 제12/374,549호 및 국제 특허 출원 공개 제WO 2008/011598호 공보에 기재되어 있고, 이들의 전체 개시 내용은 참조로 본 명세서에 포함된다.
- [0015] 본 명세서에 기재된 방법을 이용해서 생산될 수 있는 예시적인 생성물로는, 탄화수소, 단백질, 예컨대, 에탄올, n-프로판올 혹은 n-뷰탄올 등의 알코올(예컨대, 1가 알코올 혹은 2가 알코올), 아세트산 혹은 뷰티르산 등의 카복실산, 카복실산의 염, 카복실산과 카복실산의 염과 카복실산의 에스터(예컨대, 메틸, 에틸 및 n-프로필 에스터)의 혼합물, 케톤, 알데하이드, 아크릴산 등의 알파, 베타 불포화산, 에틸렌 등의 올레핀, 및 이들의 혼합물을 들 수 있다. 구체적인 예로는 에탄올, 프로판올, 프로필렌 글라이콜, 뷰탄올, 1,4-뷰탄다이올, 1,3-프로판다이올, 이들 알코올 중의 어느 하나의 메틸 혹은 에틸 에스터, 메틸아크릴레이트, 메틸메타크릴레이트, 락트산, 프로피온산, 뷰티르산, 숙신산, 3-하이드록시프로피온산, 상기 산의 어느 하나의 염 및 상기 어느 하나의 산과 각각의 염과의 혼합물을 들 수 있다. 이들 및 기타 생성물은 미국 출원 제12/417,900호에 기재되어 있고, 이 문헌의 개시 내용은 참조로 본 명세서에 포함된다.
- [0016] 벌크 밀도는 ASTM D1895B를 이용해서 결정된다. 요약하면, 이 방법은 기지의(known) 체적의 계량 실린더를 샘플로 채우는 단계 및 해당 샘플의 중량을 구하는 단계를 포함한다. 벌크 밀도는 샘플의 중량(g)을 실린더의 기지의 체적(cm^3)으로 나눔으로써 산출된다.
- [0017] 본 명세서에 언급되거나 첨부된 모든 간행물, 특허 출원, 특허 공보 및 기타 문헌은 그들이 내포하고 있는 모든 전문이 본 명세서에 참조로 포함된다.

도면의 간단한 설명

- [0018] 도 1은 셀룰로스의 글루코스로의 효소 가수분해를 예시한 다이어그램;

도 2는 글루코스 용액의 생산 및 발효를 통해 공급원료의 에탄올로의 전환을 예시한 순서도;

도 3은 본 발명에 따른 생성물, 예컨대, 에탄올의 생산 시스템의 개략적 예시도;

도 3a는 도 3의 시스템에서 이용하기에 적합한 탱크 및 증류 유닛의 개략적 측면도;

도 4는 일 실시형태에 따른 분산 시스템의 개략적 사시도;

도 5 및 도 5a는 각각 도 4에 도시된 분산 시스템에서 이용될 수 있는 분산 장치의 개략적 단면도 및 사시도;

도 6은 다른 실시형태에 따른 분산 시스템의 개략적 사시도;

도 7 및 도 7a는 도 6에 도시된 분산 시스템용의 대안적인 동작 모드를 예시한 도면;

도 8은 도 6에 도시된 분산 시스템에서 이용될 수 있는 분산 요소의 개략적 사시도;

도 9 및 도 9a는 노즐을 빠져나가는 제트류를 예시한 다이어그램;

도 10은 일 실시형태에 따른 제트류 교반기의 개략적 사시도이고, 도 10a는 도 10의 제트류 교반기의 제트 튜브와 임펠러의 확대 사시도이고, 도 10b는 대안적인 임펠러의 확대 사시도;

도 11 및 도 11a는 각각 위에서부터 탱크 내로 연장되는 두 제트 믹서를 구비한 탱크의 측면도 및 단면도;

도 12는 바이오매스 공급원료를 전달하는 블로워(blower)의 개략도.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0019] 글루칸- 및/또는 자일란-함유 재료, 예를 들어, 셀룰로스 및 리그노셀룰로스 재료, 예컨대, 본 명세서에 기재된 방법을 이용해서, 바이오매스(예컨대, 식물 바이오매스, 동물 바이오매스, 종이 및 도시 폐 바이오매스)가 가공 처리 전환되어 본 명세서에 기재된 것들과 같은 유용한 중간생성물 및 생성물, 예컨대, 유기산, 유기산의 염, 무수물, 유기산의 에스터 및 연료, 예를 들어, 내연기관의 연료 혹은 연료 전지의 공급원료를 생산할 수 있다. 본 명세서에는 용이하게 풍부하게 이용가능한 셀룰로스 및/또는 리그노셀룰로스 재료를 공급원료 재료로서 이용할 수 있는 시스템 및 방법이 기재되어 있지만, 이는 종종 셀룰로스 혹은 리그노셀룰로스 재료, 예컨대, 도시 폐 스트림 및 폐지 스트림, 예를 들어, 신문지, 크래프트지, 골판지 혹은 이들의 혼합물을 처리하는 것이 곤란할 수도 있다. 일반적으로, 필요한 경우, 재료는 종종 크기 감소에 의해 처리를 위해 및/또는 처리 후에 물리적으로 처리될 수 있다. 재료의 난분해성(recalcitrance)을 저감시킬 필요가 있다면, 물리적 처리는 발효 등으로 처리된다. 본 명세서에 기재된 방법의 다수는, 공급원료의 난분해성 수준을 효율적으로 낮추어, 바이오처리(예컨대, 본 명세서에 기재된 임의의 미생물, 예를 들어, 호모아세트젠(homoacetogen) 혹은 헤테로아세트젠(heteroacetogen) 및/또는 본 명세서에 기재된 효소를 이용해서), 열처리(예컨대, 가스화 혹은 열분해) 또는 화학적 방법(예컨대, 산 가수분해 혹은 산화)에 의해 처리되기 쉽게 할 수 있다. 바이오매스 공급원료는 본 명세서에 기재된 방법들, 예컨대, 기계적 처리, 화학적 처리, 방사선 처리, 초음파 분해(sonication), 산화, 열분해 혹은 증기 폭발(steam explosion) 중 임의의 하나 이상을 이용해서 처리되거나 가공처리될 수 있다. 각종 처리 시스템 및 방법은 이들 수법 혹은 본 명세서 및 그 밖의 다른 곳에 기재된 수법 등의 두 가지, 세 가지 혹은 네 가지 또는 그 이상의 조합으로 이용될 수 있다.
- [0020] 기존의 제조공장, 예를 들어, 단세포 단백질 공장, 효소 제조 공장 혹은 연료 공장, 예컨대, 에탄올 제조설비에서 공급원료를 용이하게 가공처리될 수 있는 형태로 전환하기 위하여, 본 명세서에 개시된 방법은 낮은 벌크 밀도 재료, 예를 들어, 약 0.75 g/cm³ 이하, 예컨대, 약 0.7, 0.65, 0.60, 0.50, 0.35, 0.25, 0.20, 0.15, 0.10, 0.05 g/cm³ 이하, 예컨대, 0.025 g/cm³ 이하의 벌크 밀도를 지니도록 물리적으로 처리된 셀룰로스 혹은 리그노셀룰로스 공급원료를 이용할 수 있다. 벌크 밀도는 ASTM D1895B를 이용해서 결정된다. 요약하면, 이 방법은 기지의 체적의 계량 실린더를 샘플로 채우는 단계 및 해당 샘플의 중량을 구하는 단계를 포함한다. 벌크 밀도는 샘플의 중량(g)을 실린더의 기지의 체적(cm³)으로 나눔으로써 산출된다.
- [0021] 공급원료를 용이하게 가공처리될 수 있는 형태로 전환하기 위하여, 공급원료 내의 글루칸- 혹은 자일란-함유 셀룰로스가 당화제, 예컨대, 효소나 산, 당화라 불리는 처리에 의해 저분자량 탄수화물, 예컨대, 당으로 가수분해된다. 이 저분자량 탄수화물은 예를 들어 기존의 제조 공장, 예컨대, 단세포 단백질 공장, 효소 제조 공장 혹은 연료 공장, 예컨대, 에탄올 제조설비에 이용될 수 있다.
- [0022] 셀룰로스를 포함하는 재료는 해당 재료와 당화제를 액체 매체, 예컨대, 수용액 등의 용매 내에서 조합함으로써 당화제로 처리될 수 있다. 액체 매체 내에서 재료를 신속하고 효율적으로 분산시키는 방법은 이하에 상세히 논

의되어 있다. 재료가 일단 매체에 분산되면, 당화제, 재료 및 액체 매체는 몇몇 경우에는 당화를 통해서 완전히 혼합된다. 몇몇 구현예에서, 재료 및/또는 당화제는 한번에 모두라기보다는 점증적으로 첨가된다. 예를 들어, 재료의 일부는 액체 매체에 첨가되어, 해당 재료가 적어도 부분적으로 당화될 때까지 당화제와 혼합될 수 있으며, 이 시점에서 상기 재료의 제2부분이 상기 매체에 분산되어 상기 혼합물에 첨가된다. 이 방법은 소망의 당 농도가 얻어질 때까지 계속될 수 있다.

[0023] 효소, 및 바이오매스, 예컨대, 바이오매스의 셀룰로스 및/또는 리그닌 부분 등을 파괴하는 바이오매스-파괴 유기체는 각종 셀룰로스 분해효소(셀룰라제), 리그닌분해효소 혹은 각종 소분자 바이오매스-파괴 대사산물을 포함하거나 만든다. 이들 효소는 바이오매스의 결정성 셀룰로스 혹은 리그닌 부분을 분해시키는데 상승적으로 작용하는 효소의 복합체일 수 있다. 셀룰로스 분해 효소의 예로는 엔도글루카나제류, 셀로바이오하이드롤라제류 및 셀로비아제류(β -글루코시다제류)를 들 수 있다. 도 1을 참조하면, 셀룰로스 기질은 초기에 랜덤 개소에서 엔도글루카나제에 의해 가수분해되어 올리고머 중간생성물을 생성한다. 이들 중간생성물은 이어서 셀룰로스 폴리머의 말단으로부터 셀로비오스를 생산하기 위한 셀로비오하이드롤라제 등과 같은 엑소-스플리팅(exo-splitting) 글루카나제용의 기질이다. 셀로비오스는 글루코스의 수용성 1,4-결합된 이량체이다. 최종적으로 셀로비아제는 셀로비오스를 쪼개어 글루코스를 수득한다. 적절한 셀룰라제는 본 명세서에서 나중의 부분에 설명될 것이다.

[0024] 완전한 당화를 위해 필요한 시간은 이용된 공급원료와 효소 그리고 처리 조건에 좌우될 것이다. 당화가 제어된 조건 하에 제조 공장에서 수행된다면, 셀룰로스는 약 12 내지 96시간에 글루코스로 실질적으로 완전히 전환될 수 있다. 당화가 수송 중에 부분적으로 혹은 완전히 수행된다면, 당화는 더 오랜 시간이 걸릴 수도 있다.

[0025] 몇몇 경우에, 당화는 약 4 내지 7, 예컨대, 약 4.5 내지 6, 또는 약 5 내지 6의 pH에서 수행된다.

[0026] 일반적으로 당 용액 중의 글루코스의 최종 농도는 비교적 높은 것, 예컨대, 10중량% 이상, 혹은 15, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90중량% 이상 혹은 심지어 95중량% 이상인 것이 바람직하다. 이것은 출하될 체적을 감소시키며, 또한 용액 중의 미생물 증식을 억제한다. 당화 후, 물의 체적은 예컨대 증발 혹은 증류에 의해 감소될 수 있다.

[0027] 비교적 고농도 용액이 효소를 지닌 공급원료에 첨가되는 매체, 예컨대, 물의 양을 제한함으로써 얻어진다. 이 농도는 또한 얼마나 많이 당화가 일어나는지를 제어함으로써 제어될 수 있다. 예를 들어, 농도는 더 많은 공급원료를 용액에 첨가함으로써 증가될 수 있다. 매체 중의 공급원료의 용해도는 예를 들어 용액의 온도를 증가시킴으로써 및/또는 이하에 설명하는 바와 같은 계면활성제를 첨가함으로써 증가될 수 있다. 예를 들어, 상기 용액은 40 내지 50℃, 50 내지 60℃, 60 내지 80℃ 혹은 그 이상의 온도에서 유지될 수 있다.

[0028] 도 2를 참조하면, 알코올, 예컨대, 에탄올의 제조방법은, 예를 들어, 공급원료를 임의선택적으로 물리적으로 전처리하여, 예컨대, 그의 크기를 감소시키는 단계(스텝 110), 이 처리 전 및/또는 후에, 공급원료를 임의선택적으로 처리하여 난분해성을 감소시키는 단계(스텝 112) 및 공급원료를 당화시켜 당 용액을 형성하는 단계(스텝 114)를 포함할 수 있다. 당화는 후술하는 바와 같이, 액체 배지, 예컨대, 물속의 공급원료의 분산액을 효소와 혼합함으로써 수행될 수 있다(스텝 111). 당화가 이루어진 탱크로부터 이를 제거하는 일없이, 용액은 다음에 바이오 처리되어 소망의 생성물, 예컨대, 에탄올을 생산할 수 있고(스텝 118), 이어서 예컨대 증류에 의해 더욱 처리된다(스텝 120). 바람직하게는, 증류는, 예컨대, 진공 증류를 이용해서, 당화 및 발효와 동일한 탱크에서 수행된다. 이 방법의 개별적인 단계(즉, 스텝)들은 이하에 더욱 상세히 설명될 것이다. 필요한 경우, 리그닌 함량을 측정하는 단계(스텝 122) 및 공정 파라미터를 설정 혹은 조정하는 단계(스텝 124)가, 예를 들어, 도시된 바와 같이 공급원료의 구조를 변경시키는 데 이용되는 처리 단계(들) 직전에, 처리의 각종 단계에서 수행될 수 있다. 이들 단계가 포함된다면, 상기 공정 파라미터는, 미국 특허 가출원 제61/151,724호(출원일: 2009년 2월 11일)에 기재된 바와 같이, 공급원료의 리그닌 함량의 가변성을 보상하도록 조정되며, 이 문헌의 전체 개시 내용은 참조로 본 명세서에 포함된다.

[0029] 혼합 단계(스텝 111) 및 당화 단계(스텝 114)는 예를 들어 도 3에 도시된 시스템을 이용해서 수행될 수 있다. 이 시스템은 탱크(136)를 포함하되, 해당 탱크는 초기에는 액체 매체를 수용하고 나중에는 액체 매체, 공급원료 및 당화제의 혼합물(138)을 수용한다. 액체 매체는 밸브부착 배관 시스템(도시 생략)을 통해서 상기 탱크로 전달된다. 상기 시스템은 또한 분산 유닛(134)과 연통하는 호퍼(130)를 포함한다. 호퍼는, 예컨대, 공급부(30)로부터 효모 및 영양분 등과 같은 건조 성분들을 입수한다. 임의선택적으로, 진동 장치(36)는, 호퍼로부터의 재료의 전달을 용이하게 하기 위하여, 호퍼와 연결되어 있을 수 있다. 상기 시스템은 또한 분산 유닛(134)을 포함한다. 액체 매체는 탱크로부터 분산 유닛(134) 내로 유입되고, 또한, 해당 분산 유닛에 의해 출구 파이프(137)를 통해 탱크로 되돌아간다. 출구 파이프(137)의 개구는 도시된 바와 같이 액체 수준보다 높을 수

있거나, 또는 어떤 경우에는 탱크 내의 액체 속에 잠겨 있을 수도 있다. 몇몇 경우에, 이용된 분산 유닛의 유형(후술함)에 따라서, 상기 시스템은 액체 매체를 분산 시스템을 통해 순환시키도록 구성된 펌프(139), 예컨대, 용적식 펌프(positive displacement pump), 및/또는 분산액의 점도를 모니터링하여, 측정된 점도가 미리 결정된 값에 도달할 경우 펌프를 활성화시키는 점도계(141)를 포함할 수 있다.

[0030] 도 3에 도시된 실시형태에 있어서, 공급원료는, 예컨대, 전달 도관(34)(예컨대, 호스 혹은 파이프)을 구비한 전달 장치(32)를 통해서, 탱크 내의 액체 매체의 표면에 전달된다. 해당 전달 장치(32)는 또한 재료의 흐름을 상기 장치 내로 용이하게 되도록, 진동 장치(36)와 연결되어 있을 수도 있다. 전달 장치(32)는, 예를 들어, 호스를 통해 공급원료로부터의 섬유질 및/또는 입상체 재료를 공급원료로부터 먼 장소로 날려보내도록 구성된 블로워, 예를 들어, 인텍(Intec)(콜로라도주의 프레드릭시에 소재)으로부터 입수가능한 포스 3 블로워(FORCE 3 blower) 등과 같은 절연 블로워일 수 있다. 블로워(500)의 일례가 도 12에 개략적으로 도시되어 있다. 블로워(500)의 호퍼(502)는, 예컨대, 재료를 입구를 통해서 진공을 개재해서 흡인함으로써, 입구(505)를 통해서 재료를 입수한다. 일단 호퍼에서는, 가요성 패들(512)에서 종결되는 회전 암(510)을 포함하는 회전 장치(508)를 이용해서 재료를 파쇄한다. 상기 회전 장치(508)는 또한 개구부(514)를 통해서 아래쪽으로 에어로크(airlock)(516)로 재료를 끌어버린다. 에어로크로의 재료의 전달은 플레이트 혹은 밸브(518)에 의해 계량된다. 에어로크(516)는 챔버(522)를 규정하는 복수개의 회전 날개(520)를 포함한다. 에어로크(516)의 하부 부분은 통로(524)를 포함하되, 이 통로를 통해서 공기가 압축된 공기 공급부(도시 생략)로부터 출구 관(예컨대, 도 3의 전달 도관(34)) 내로 유입된다. 상기 날개들은 재료를 각각의 부분들로 상기 통로로 끌어버리고, 이들 각각의 부분은 해당 통로에 인접하여 적소에 도달하게 되자마자 출구 관 내로 유입된다. 회전 날개(520)는 충분히 서서히 회전되며, 각 챔버는, 상기 재료의 부분 및 소정량의 공기의 양쪽 모두가 출구 관 내로 전달되기에 충분한 긴 상기 통로에 인접한 적절한 위치에 놓이게 된다. 이와 같이 해서, 공기와 재료의 부분이 번갈아가며 출구 관에 전달된다. 재료가 상당히 길 수 있는 출구 관 아래쪽으로 통과함에 따라, 재료와 공기가 혼합되어, 해당 재료가 통기되어 상기 출구 관을 통해 탱크로 원활하게 그의 이동을 계속하게 된다. 에어로크 및 교반기 내의 회전 부재들의 회전 속도는 함께 조절되어, 공급원료, 출구 관의 길이 및 기타 변수에 의거해서 사용자에게 의해 변화될 수 있다.

[0031] 대안적으로, 재료는 중력이용 공급장치 혹은 나사 컨베이어 등과 같은 기타 기술을 이용해서 액체의 표면에 전달될 수 있다.

[0032] 몇몇 구현예에서, 탱크에는 공급원료의 전달 동안 탱크로부터 공기의 환기를 허용하도록 구성된 가요성의 공기 투과성 커버 혹은 기타 장치가 부착되어서, 공급원료가 탱크로부터 뿜어나가고/나가거나 오염물이 탱크에 유입되는 것을 방지한다.

[0033] 공급원료 재료가 탱크 내의 액체의 표면 상에 전달 도관(34)을 통해 전달됨에 따라서, 액체가 분산 유닛(134)의 출구 관(137)을 통해 재료 상에 배출된다. 배출된 액체는 공급원료 재료를 적서, 해당 공급원료를 액체 속에 잠기게 하며, 여기서, 분산 유닛(134)에 의해, 바람직하게는 후술하는 제트 믹서(144)의 혼합 동작과 협동하여 분산될 수 있다.

[0034] 분산 유닛(134)과 제트 믹서(144)는 공급원료가 전달 도관을 통해 전달될 때 작동하는 것이 일반적으로 바람직하다.

[0035] 대안적인 실시형태에 있어서, 호퍼(130)는 공급원료 전처리 모듈(132)에 의해 그의 크기를 저감시키고 또한 임의선택적으로 그의 난분해성을 저감시키도록 처리된(상기 스텝 110 및 112) 공급원료를 입수하고, 해당 공급원료를 호퍼(130)를 통해서 탱크에 전달한다. 공급원료와 액체 매체는 탱크로부터 분산 유닛(134)으로 유입되고, 해당 공급원료는 액체 매체, 예컨대, 물 속에 분산 유닛의 작용에 의해 분산된다.

[0036] 두 실시형태에 있어서, 당화제는 계량 장치(142)를 포함하는 호퍼(140)로부터 탱크에 전달된다. 탱크의 내용물은 예컨대 하나 이상의 제트 믹서에 의해 혼합된다. 제트 믹서(144)는 도 3에 개략적으로 도시되어 있으며; 적절한 제트 믹서의 예가 이하에 상세히 설명될 것이고 또한 이는 미국 특허 가출원 제61/218,832호(출원일: 2009년 6월 19일)에 기재되어 있으며, 해당 가출원의 전체 개시 내용은 참조로 본 명세서에 포함된다. 제트 믹서는 펌프 및/또는 회전자(도시 생략)를 구동하는 모터(136)를 이용해서 제트를 발생시킨다. 모터(146)에 의해 가해지는 토크는 탱크 내의 혼합물의 고형물 수준과 상관 관계가 있으며, 이는 이어서 혼합물이 당화되는 정도를 반영한다. 상기 토크는 토크 모터(148)에 의해 측정되어, 컨베이어(130)를 구동하는 모터(150)에 또한 호퍼(140)의 계량 장치(142)에 신호를 전송한다. 이와 같이 해서, 처리된 공급원료 및 효소의 공급부가 차단될 수 있고, 탱크의 내용물의 당화의 기능으로서 재개될 수 있다. 토크 모터에 의해 측정된 데이터는 또한 제트

믹서를 예컨대, 회전자를 이용하는 믹서용의 낮은 RPM으로, 또는 펌프-구동 믹서용의 낮은 믹서 속도로 조정하는데 이용될 수 있다. 토크 모터 대신에 혹은 해당 토크 모터에 부가해서, 상기 시스템은 모터의 전체 부하 압페어를 측정하는 Amp 모니터(도시 생략)를 포함할 수 있다. 몇몇 경우에, 제트 믹서는 모터의 속도를 조정할 수 있는 가변 주파수 구동부(variable frequency drive: VFD)를 포함할 수 있다.

[0037] 시스템은 또한 액체 매체의 온도를 모니터링하고 온도의 증가에 응답하여 혼합 조건 및/또는 공급원료의 공급 속도를 조정하는 가열 모니터(도시 생략)를 포함할 수 있다. 이러한 온도 피드백 루프는 액체 매체가 효소를 변성시킬 온도에 도달하는 것을 방지하는데 이용될 수 있다.

[0038] 본 명세서에 기재된 시스템에서 하나 이상의 펌프가 이용될 경우, 일반적으로 용적식(PD) 펌프, 예컨대, 추진 공동형 펌프(progressive cavity pump) 혹은 나사형 PD 펌프를 이용하는 것이 바람직하다.

[0039] 당 용액은 당화에 이용되는 동일 탱크에서 접종되고 발효된다. 일반적으로, 발효 동안 산소 수준은, 예컨대, 산소 수준을 모니터링하고 필요한 경우 탱크를 환기시키고 혼합물을 통기시킴으로써 제어되어야 한다. 또, 용기 내의 에탄올의 수준을 모니터링하는 것이 바람직하며, 따라서, 에탄올 수준이 떨어지기 시작할 때 발효 공정은, 예컨대, 아황산수소나트륨의 첨가 혹은 가열에 의해 정지될 수 있다. 일반적으로, 제트 혼합은 전술한 동일 장비를 이용해서 발효 동안 계속된다.

[0040] 발효가 완료되면 혹은 목적으로 하는 정도까지 완료되면, 발효 생성물, 예컨대, 에탄올과 같은 알코올이 증류에 의해 수집된다. 바람직하게는, 증류는 도 3에 개략적으로 도시된 진공 증류 유닛(151)을 이용해서 수행된다. 진공 증류가 바람직한데, 그 이유는, 실질적으로 주위 온도에서 수행될 수 있기 때문이며, 따라서, 탱크 내에 존재하는 영양분, 효소 및/또는 미생물이 증류에 의해 손상되지 않아 재이용될 수 있다. 바람직하게는, 진공 증류는 150 Torr 이하, 예컨대, 125, 100, 80, 70, 60, 50, 40 혹은 30 Torr 이하, 또는 심지어 25 Torr 이하의 압력에서 수행된다. 일반적으로, 압력은 물과 알코올의 공비혼합물의 형성을 방지하도록 충분히 낮아야만 하며, 따라서, 예컨대, 3A 분자체(molecular sieve)를 이용해서, 나중에 알코올로부터 물을 제거할 필요성을 없앨 수 있다.

[0041] 적절한 탱크(160) 및 증류 유닛(162)이 도 3a에 도시되어 있다. 탱크(160)는 용기 내의 목적으로 하는 온도를 유지하도록 예컨대 물로 냉각된 유체일 수 있는 재킷 부착 용기(164), 및 재료가 전달될 수 있는 진공 포트(168) 및 기타 포트들을 포함하는 커버(166)를 포함한다. 커버(166)는 또한 증류 유닛(162)의 도관(172)과 유체 연통하는 출구 포트(170)를 포함한다. 발효 생성물, 예컨대, 에탄올은 도관(172)을 통해서 응축기(174)로 진공에 의해 유입되어, 커버부착된 입수 용기(176)에 수집된다. 상기 시스템은 55, 50, 45°F 이하 혹은 심지어 40°F 이하(13, 10, 7 혹은 4.5°C 이하)에서 용기 내의 온도를 유지하도록 구성될 수 있다.

[0042] **분산 및 혼합**

[0043] **분산**

[0044] 분산 유닛(134)은 공급원료를 액체 매체로 적시는 어떠한 유형의 분산 장치라도 포함할 수 있다. 많은 분산 유닛은 챔버 및 해당 챔버 내의 회전자를 포함하되, 상기 회전자는, 공급원료와 액체 매체가 회전자를 축방향으로 향하여 유인되어, 원심 펌프 방식으로 회전자의 주변부로, 따라서 해당 유닛의 출구를 통해서 방사상으로 바깥 쪽으로 향하도록 위치결정되어 있다. 분산 유닛의 구조에 따라서, 백업 펌프(전술한 펌프(139))가 고속으로 분산 유닛을 통해 유체를 유인하는데 필요할 수도 있다. 몇몇 분산 유닛은 해당 유닛 내에 매우 높은 정적 유체 압을 발생하도록 구성되며; 이러한 유닛이 이용될 경우, 백업 펌프는 일반적으로 필요하지 않다.

[0045] 적절한 분산 시스템(300)의 일례가 도 4 내지 도 5a에 도시되어 있다. 이 시스템은 비교적 낮은 흡인력을 발생하고, 따라서 백업 펌프가 전형적으로 이용된다. 분산 시스템(300)은 대형 호퍼 혹은 백(도시 생략) 또는 기타 공급원으로부터 공급원료를 입수하여 분산 유닛(301)으로 전달할 수 있는 입수통(302)을 포함한다. 분산 유닛(301)은 분산 챔버(306)(도 5a)를 규정하는 하우징(304), 액체 입구(308), 통(302)과 연통하는 고�형물 입구(310)(도 5a), 및 출구(312)를 포함한다. 분산 시스템(300)은 또한 분산 유닛(301)을 구동하는 모터(314), 사용자 제어 인터페이스(316), 및 분산 유닛(301) 내에 밀봉부의 무결성을 유지하는 것을 돕는 가압 유닛(318)을 포함한다. 밸브(도시 생략)는 입수 통(302)과 고�형물 입구(310) 사이에 배치되어 고�형물의 분산 유닛(301)으로의 전달량을 계량한다.

[0046] 분산 유닛(401)의 내부 구조가 도 5 내지 도 5a에 도시되어 있다. 고�형물은, 고�형물 입구(310)를 통과한 후, 액체 입구(308)를 통해 유입되는 액체에 의해 접촉함에 따라 오거(auger)(320)에 의해 하향 이동한다. 액체 및 고�형물은, 이어서 일련의 혼합 패들(322)에 의해, 최종적으로는 챔버(306)의 측벽에 대해서 회전자/고정자 배열

로 배치된 회전자(324)(도 5a에 상세히 도시됨)에 의해서 혼합된다. 이 일련의 혼합 요소들은 증가된 수준의 전단에서 고형물을 액체로 적셔, 출구(312)를 통해서 나오는 실질적으로 균일한 분산액이 얻어진다. 벤트리 원리에 의하면, 임펠러는 챔버(306)와 통(302) 사이의 커다란 압력차를 발생하여, 진공을 유인하여, 통으로부터 챔버 내로 재료의 유인을 돕는다.

[0047] 다른 적절한 분산 시스템(400)이 도 6 내지 도 8에 도시되어 있다. 이 시스템은 상표명 CMS 2000 하에 노스캐롤라이나주의 윌링턴시에 소재한 이카(IKA)(등록상표) 제작소로부터 상업적으로 입수가 가능하다. 공급되는 바와 같은 분산 시스템(400)은 액체 탱크(402)를 포함한다. 그러나, 필요한 경우, 비교적 작은 탱크(402)는 생략될 수 있고, 시스템의 나머지는 보다 큰 탱크, 예컨대, 산업용 용적 탱크(도시 생략) 내에 배관될 수 있다. 시스템(400)은 또한 고형물 입수 깔때기(403), 전술한 바와 같은 하우징(304)의 것과 유사한 구조를 지니는 하우징(404)을 포함하는 분산 유닛(401), 모터(414), 사용자 제어 인터페이스(416), 및 가압 유닛(418)을 포함한다.

[0048] 분산 시스템(400)과 분산 시스템(300) 간의 주된 차이는, 분산 유닛(401), (301)의 내부 구조에 있다. 도 8에 상세히 도시된 분산 유닛(401)은 임펠러로서 기능하여 해당 유닛 내에 매우 높은 정적 유체압을 발생하는 회전자(420)를 포함한다. 그 결과, 분산 유닛은 원심 펌프 방식으로 기능하고, 백업 펌프는 비교적 높은 속도에서, 일반적으로 필요하지 않다.

[0049] 회전자(420)는 높은 흡입력에서 액체를 탱크로부터 입구(408)를 통해 챔버(406) 내로 유인한다. 액체 및 고형물(입구(410)를 통해 도입됨)은 고압에서 회전자(420) 내로 축방향으로 유인되고, 공급원료를 액체 내에 분산시키는 고속 난류에 의해 방사상으로 회전자를 빠져나간다. 실질적으로 균질한 분산액은 출구(412)를 통해 챔버를 빠져나가 당화를 위해 탱크로 전달된다.

[0050] 분산 시스템(400)은 각종 모드에서 도 7 및 도 7a에 도시된 예와 같이 각종 모드에서 작동될 수 있다. 도 7에 있어서, 분산 유닛(401)은 공급원료를, 하우징(404)의 고형물 입구 상에 장착된 호퍼(422) 내로 반입시킴으로써 공급된다. 밸브(424)는 분산 유닛(401)에의 공급원료의 전달을 제어한다. 공급원료는, 임의의 소량의 전달 기술을 이용해서, 예컨대, 수동으로 컨베이어, 공압식 로더(pneumatic loader) 등에 의해 반입될 수 있다. 도 7a에 있어서, 공급원료는 흡입 봉(suction wand)(426)을 이용해서 백 혹은 통(424)으로부터 흡입된다. 이 경우, 공급원료의 전달은 흡입 속도를 제어함으로써 제어될 수 있다. 기타 배열도 이용될 수 있다.

[0051] 공급원료는 분산 유닛에 연속적으로 혹은 간헐적으로 전달될 수 있고, 분산 시스템은 재순환 혹은 "1회 통과" 모드로 구동될 수 있다. 필요한 경우, 분산 유닛은, 초기 분산이 완료된 후에, 당화 동안 혼합하기 위하여 이용될 수 있다.

[0052] 제트 혼합

[0053] 공급원료가 일단 액체 중에 실질적으로 분산되면, 분산 시스템을 오프 상태로 전환시키고, 추가의 혼합을 위해 적은 에너지를 필요로 하는 믹서를 이용하는 것이 바람직할 수 있다. 특히 이 목적을 위해 유리한 믹서는 "제트 믹서"로서 공지되어 있다. 일반적으로, 적절한 믹서는 고속 순환 흐름, 예를 들어, 도넛형 혹은 타원형 패턴의 흐름을 발생시키는 것이 통상적이다. 일반적으로, 바람직한 믹서는 높은 벌크 유량을 나타낸다. 바람직한 믹서는 비교적 낮은 에너지 소비를 지니는 이 혼합작용을 제공한다. 또, 믹서는 비교적 낮은 전단을 발생하고 액체 매체의 가열을 피하는 것이 바람직한데, 그 이유는 전단 및/또는 가열은 당화제(혹은 예컨대, 발효의 경우, 미생물)에 유해하게 작용할 수 있기 때문이다. 이하에 상세히 설명되는 바와 같이, 몇몇 바람직한 믹서는, 혼합물을 입구를 통해서 혼합 요소(mixing element) 내로 유인하고 나서, 해당 혼합 요소로부터의 혼합물을 출구 노즐을 통해서 방출하며, 이때 혼합 요소는 회전자 혹은 임펠러를 포함할 수 있다. 이 순환 작용, 및 노즐을 빠져나가는 제트의 높은 속도는, 혼합 요소의 배향에 따라서, 탱크의 바닥에 침강된 재료 혹은 액체의 표면 상에 부유하고 있는 재료를 분산시키는 것을 돕는다. 혼합 요소는 부유 재료와 침강 재료의 양쪽 모두를 분산시키기 위하여 상이한 배향에서 위치되어 있을 수 있고, 혼합 요소의 배향은 몇몇 경우에 조절가능할 수 있다.

[0054] 예를 들어, 몇몇 바람직한 혼합 시스템에서, 주위 유체가 만나는 바와 같은 제트의 속도(v_0)는 약 2 내지 300 m/s, 예컨대, 약 5 내지 150 m/s 또는 약 10 내지 100 m/s이다. 혼합 시스템의 전력 소비는 100,000 l 탱크에 대해서 약 20 내지 1000 KW, 예컨대, 30 내지 570 KW 혹은 50 내지 500 KW, 또는 150 내지 250KW이다.

[0055] 제트 혼합은, 바이오매스 공급원료와 액체 매체와 당화제의 혼합물의 경우에, 유체 매체 내로의 고속 액체의, 침수된 제트의 배출량, 또는 침수된 제트의 수와 연류된다. 액체의 제트는 유체 매체를 침투하고, 그의 에너지는 교란 및 몇몇 초기 열에 의해 소산된다. 이 교란은 속도 구배(유체 전단)와 연관된다. 둘러싸고 있는 유체

는 가속되고 제트류 내로 유입(혹은 동반)(entrained)되며, 이 2차 유입된 흐름은 제트 노즐로부터의 거리가 증가함에 따라 증가한다. 2차 흐름의 모멘텀은 그 흐름이 벽, 바닥 혹은 기타 장애물과 부딪치지 않는 한 제트가 뻗으므로 대체로 일정하게 유지된다. 흐름이 임의의 장애물과 부딪치기 전에 그 흐름이 길게 계속되는 한, 2차 흐름으로 유입되는 액체가 많아져, 탱크 혹은 용기의 벌크 흐름을 증가시킨다. 2차 흐름이 장애물과 조우하게 되면, 해당 2차 흐름은 탱크의 기하학적 형태, 예컨대, 장애물에 흐름이 충돌하는 각도에 다소 좌우되어 모멘텀을 소실할 것이다. 일반적으로 탱크 벽에 대한 유압 손실이 최소화되도록 제트 및/또는 디자인을 배향시키는 것이 바람직하다. 예를 들어, 도 11a에 도시된 바와 같이, 탱크에 대해서는 아치형 바닥부(예컨대, 돔형 헤드 플레이트(domed headplate))를 지니는 것이 바람직할 수 있고, 또 제트 믹서에 대해서는 측벽에 비교적 가깝게 배향되는 것이 바람직할 수 있다. 탱크 바닥부(하부 헤드 플레이트)는 임의의 소망의 돔형 형태를 지닐 수 있거나, 혹은 타원형 혹은 원주형 기하 형태를 지닐 수 있다.

[0056] 제트 혼합은 구동력이 기계식보다는 유압식이라는 점에서 액체/액체 및 액체/고체 혼합의 대부분의 유형과는 다르다. 유체를 전단하여 혼합 용기 둘레에 추진시키는 대신에, 기계식 교반기와 마찬가지로, 제트 믹서는 탱크 내에 하나 이상의 노즐을 통해서 유체를 가압하여, 다른 유체를 유입시키는 고속 제트를 생성한다. 그 결과는 전단(유체 대 유체) 및 순환이며, 이는 탱크 내용물을 효율적으로 혼합한다.

[0057] 도 9를 참조하면, 둘레에 있는 유체와 침수된 제트로부터의 코어 흐름 간의 고속 구배는 소용돌이(즉, 와류)를 일으킨다. 도 9a는 침수된 제트의 일반적인 특성을 예시하고 있다. 침수된 제트가 둘러싸고 있는 주변 환경 내로 확장됨에 따라 속도 프로파일은 노즐로부터의 거리(x)가 증가함에 따라 평탄해진다. 또한, 속도 구배(dv/dr)는 주어진 거리(x)에서 r (제트의 중심선으로부터의 거리)에 따라 변화하므로, 와류가 형성되어 혼합 영역(노즐로부터의 원주형 확산)을 규정한다.

[0058] 공기 중의 침수된 제트의 실험 연구(물을 비롯한 임의의 유체에 적용가능한 결과)에 있어서, Albertson et al.("Diffusion of Submerged Jets," Paper 2409, Amer. Soc. of Civil Engineers Transactions, Vol. 115:639-697, 1950, at p. 657)은 $v(x)_{r=0}/v_0$ (중심선 속도), $v(r)_x/v(x)_{r=0}$ (주어진 x 에서의 속도 프로파일), Q_x/Q_0 (흐름 유입) 및 E_x/E_0 (x 에 따른 에너지 변화)에 대한 무차수 관계(dimensionless relationship)를 전개시켰다:

[0059] (1) 중심선 속도, $v(x)_{r=0}/v_0$:

$$\frac{v(r=0)}{v_o} \frac{x}{D_o} = 6.2$$

[0060]

[0061] (2) 임의의 x 에서의 속도 프로파일, $v(r)_x/v(x)_{r=0}$:

$$\log \left[\frac{v(r)_x}{v_o} \frac{x}{D} \right] = 0.79 - 33 \frac{r^2}{x^2}$$

[0062]

[0063] (3) 임의의 x 에서의 흐름 및 에너지:

$$\frac{Q_x}{Q_o} = 0.32 \frac{x^{15}}{D_o} \quad (10.21)$$

$$\frac{E_x}{E_o} = 4.1 \frac{D_o}{x} \quad (10.22)$$

[0064]

[0065] 식 중,

[0066] $v(r=0)$ = 침수된 제트의 중심선 속도(m/s),

[0067] v_0 = 노즐로부터 나오는 제트의 속도(m/s),

[0068] x = 노즐로부터의 거리(m),

- [0069] r = 제트의 중심선으로부터의 거리(m),
- [0070] D_0 = 노즐의 직경(m),
- [0071] Q_x = 노즐로부터 거리 x 에서의 임의의 주어진 평면을 가로지르는 유체의 흐름(m^3/s),
- [0072] Q_0 = 노즐로부터 나오는 유체의 흐름(m^3/s),
- [0073] E = 노즐로부터 거리 x 에서의 임의의 주어진 평면을 가로지르는 유체의 에너지 흐름(m^3/s),
- [0074] E_0 = 노즐로부터 나오는 유체의 에너지 플럭스(m^3/s).
- [0075] ("Water Treatment Unit Processes: Physical and Chemical," David W. Hendricks, CRC Press 2006, p. 411.)
- [0076] 제트 혼합은 커다란 체적(1,000 gal 이상) 및 저속(1,000 cPs 하) 적용에서 특히 비용 효율적이다. 또, 일반적으로 대부분의 경우에 제트 믹서의 펌프 혹은 모터는 침수되어 있지 않은 것이 유리하며, 예컨대, 펌프가 사용될 경우 용기 외부에 일반적으로 위치된다.
- [0077] 제트 혼합의 하나의 이점은, 주위 유체(노즐의 출구 바로 근방 이외, 여기에 몇몇 국소화된 가열이 있을 수 있음)의 온도가, 만약 있다면, 단지 다소 증가된다는 점이다. 예를 들어, 그 온도는 5°C 이하, 1°C 이하만큼, 혹은 그렇지 않으면 임의의 측정가능한 정도까지 증가될 수 있다.
- [0078] **제트류 교반기**
- [0079] 제트류 교반기의 하나의 유형이 도 10 및 도 10a에 도시되어 있다. 이러한 유형의 믹서는 상표명 ROTOTRON(상표명) 하에 IKA로부터 시판되고 있다. 도 10을 참조하면, 믹서(200)는 구동 샤프트(204)를 회전시키는 모터(202)를 포함한다. 혼합 요소(206)는 구동 샤프트(204)의 단부에 장착된다. 도 10a에 도시된 바와 같이, 혼합 요소(206)는 슈라우드(shroud)(208), 그리고 해당 슈라우드 내에 임펠러(210)를 포함한다. 화살표로 나타낸 바와 같이, 임펠러가 그의 "순방향" 방향에서 회전하면, 해당 임펠러(210)는 슈라우드의 개방 상단부(212)를 통해 액체를 유인하고, 개방 하단부(214)를 통해 액체를 강제로 내보낸다. 액체 출구 단부(214)는 고속 스트림 혹은 제트의 형태이다. 임펠러(210)의 회전 방향이 역전되면, 액체는 상기 하단부(214)를 통해 유인되어 상기 상단부(212)를 통해 배출될 수 있다. 이것은, 예를 들어, 탱크 혹은 용기 내의 액체의 표면 근방 혹은 표면 상에 떠있는 고체에 흡인하는데 이용될 수 있다. (단, "상부" 및 "하부"란 도 10의 믹서의 배향을 지칭하는 것이며; 해당 믹서는 상단부가 하단부 아래쪽에 있도록 탱크 내에 배향될 수도 있다.)
- [0080] 슈라우드(208)는 그의 단부 부근의 나팔처럼 퍼진 영역(216), (218)을 포함한다. 이들 나팔처럼 퍼진 영역은 이런 유형의 믹서에서 관찰되는 대체로 토로이달 흐름에 기여하는 것으로 여겨진다. 슈라우드와 임펠러의 기하학적 형태는 또한 비교적 낮은 전력 소비를 이용하는 고속 스트림 내로 흐름을 집중시킨다.
- [0081] 바람직하게는, 슈라우드(208)와 임펠러(210) 간의 간극은 재료의 과도한 밀링을 피하도록 충분하면 되고, 따라서, 슈라우드를 통과할 수 있게 된다. 예를 들어, 상기 간극은 혼합물 내의 고체의 평균 입자 크기의 적어도 10배, 바람직하게는 적어도 100배일 수 있다.
- [0082] 몇몇 구현예에서, 샤프트(204)는 해당 샤프트를 통한 기체 전달을 가능하도록 구성되어 있다. 예를 들어, 샤프트(204)는 기체가 이를 통하여 전달되는 구멍(bore)(도시 생략)과, 기체가 이를 통하여 혼합물 내로 빠져나가는 하나 이상의 오리피스(orifice)를 포함할 수 있다. 오리피스는 혼합을 향상시키기 위하여 슈라우드(208) 내에 및/또는 샤프트(204)의 길이를 따른 다른 장소에 있을 수 있다.
- [0083] 임펠러(210)는 고속에서 슈라우드를 통해 액체를 유인하게 될 임의의 소망의 기하학적 형태를 지닐 수 있다. 임펠러는 바람직하게는 도 10a에 도시된 바와 같은 마린 임펠러(marine impeller)가 바람직하지만, 다른 디자인, 예를 들어, 도 10b에 도시된 바와 같은 러쉬톤 임펠러(Rushton impeller) 혹은 예컨대 몇몇 축방향 흐름을 제공하도록 경사진 변형된 러쉬톤 임펠러를 지닐 수도 있다.
- [0084] 슈라우드를 통해 고속 흐름을 발생시키기 위하여, 모터(202)는, 예컨대, 500 내지 20,000 RPM, 예컨대, 3,000 내지 10,000 RPM에서 작동하는 것이 가능한 고속의 하이 토크 모터가 바람직하다. 그러나, 믹서가 클수록(예컨대, 슈라우드가 클수록 및/또는 모터가 클수록), 회전 속도가 낮을 수 있다. 따라서, 5 hp, 10 hp, 20 hp 혹은 30 hp 이상의 대형 믹서가 사용된다면, 모터는 예컨대 2000 RPM 이하, 1500 RPM 이하 혹은 심지어 500 RPM 이하의 보다 낮은 회전 속도에서 작동하도록 설계되어 있을 수 있다. 예를 들어, 10,000 내지 20,000 ℓ 탱크를 혼

합하는 크기로 된 믹서는 900 내지 1,200 RPM의 속도로 작동할 수 있다. 모터의 토크는, 혼합 조건이 시간 경과에 따라, 예컨대, 고체의 당화로 인해 변화하므로 비교적 일정한 임펠러 속도를 유지하도록 자체 조정되는 것이 바람직하다.

[0085] 유리하게는, 믹서는 소망의 방향으로 제트 흐름을 향하게 하도록 탱크 내의 임의의 소정의 각도 혹은 위치에서 배향될 수 있다. 도 11 및 도 11a는 두 제트 믹서가 포트(254)를 통해서 탱크(252) 내로 하향 연장되어 있는 일 실시형태를 예시하고 있다.

[0086] 게다가, 위에서 설명된 바와 같이, 임펠러의 회전 방향에 따라서, 믹서는 슈라우드의 한쪽 단부로부터 유체를 유인하는데 이용될 수 있다.

[0087] 몇몇 구현예에서, 2개 이상의 제트 믹서는 용기 내에 위치결정되어 있는데, 그중 하나 이상이 유체를 상향으로("업 펌핑") 제트시키도록 구성되고, 또 하나 이상이 유체를 하향으로("다운 펌프") 제트시키도록 구성되어 있다. 몇몇 경우에, 업 펌핑 믹서는 다운 펌핑 믹서에 인접하게 배치하여, 이들 믹서에 의해 형성되는 난류(turbulent flow)를 증대시킬 것이다. 필요한 경우, 하나 이상의 믹서를 처리 동안 상향 흐름과 하향 흐름 간에 전환시킬 수도 있다. 특히 공급원료가 액체의 표면 상에 전가되거나 내뿜어지면, 액체 매체 내의 공급원료의 초기 분산 동안 믹서의 모두 혹은 대부분을 업 펌핑 모드로 전환시키는 것이 유리한데, 그 이유는 업 펌핑은 그 표면 상에 상당한 난류를 형성하기 때문이다. 업 펌핑은 또한 통기될 수 있는 표면에 기체에 의해 기포를 형성시킴으로써 액체로부터 CO₂를 제거하는 것을 돕기 위하여 발효 동안 이용될 수도 있다.

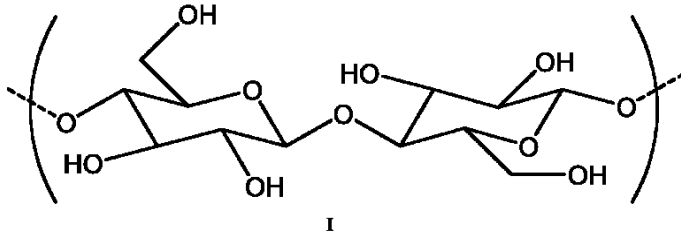
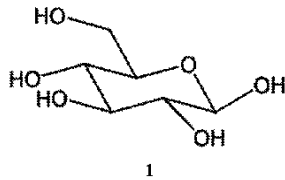
[0088] 기타 적절한 제트 믹서는 미국 특허 가출원 제61/218,832호(출원일: 2009년 6월 19일) 및 미국 특허 출원 제 12/782,694호(출원일: 2010년 5월 24일)에 기재되어 있으며, 이들 출원의 전체 개시 내용은 참조로 본 명세서에 포함된다.

[0089] **재료**

[0090] **바이오매스 재료**

[0091] 바이오매스는, 예컨대, 셀룰로스 혹은 리그노셀룰로스 재료일 수 있다. 이러한 재료로는 종이 및 종이제품(예컨대, 폴리카보네이트 및 크래프트지), 목재, 및 목재-관련 재료, 예컨대, 파티클 보드, 목초, 왕겨, 버가스, 황마, 대마, 아마, 대나무, 사이잘마, 마닐라삼, 짚, 지팡이풀(switchgrass), 자주개자리(alfalfa), 건초, 옥수수 속(cob corn), 옥수수 대(corn stover), 코코넛 헤어; 및 α-셀룰로스 함량이 높은 재료, 예컨대, 면을 들 수 있다. 공급원료는 미가공 조각 식물 재료, 예컨대, 자투리, 또는 소비자 사용 후의 폐기물, 예컨대, 자투리 천조각들(rags)로부터 얻어질 수 있다. 종이제품이 이용될 경우, 이들은 미가공 재료, 예컨대, 미가공 조각 재료일 수 있거나, 또는 이들은 소비자 사용후의 폐기물일 수 있다. 미가공 원재료 외에, 소비자 사용후 폐기물, 공업적 폐기물(예컨대, 폐물), 및 가공처리 폐기물(예컨대, 종이 처리로부터의 유출물)은 섬유 공급원으로서 이용될 수도 있다. 또, 바이오매스 공급원료는 인간의 폐기물(예컨대, 오수), 동물 폐기물 혹은 식물 폐기물로부터 얻어지거나 유래될 수 있다. 추가의 셀룰로스 혹은 리그노셀룰로스 재료는 미국 특허 제6,448,307호, 제 6,258,876호, 제6,207,729호, 제5,973,035호 및 제5,952,105호에 기재되어 있다.

[0092] 몇몇 실시형태에서, 바이오매스 재료는 하나 이상의 β-1,4-결합을 지닌 동시에 약 3,000 내지 50,000의 수평균 분자량을 지닌 재료이거나 해당 재료를 포함하는 탄수화물을 포함한다. 이러한 탄수화물은 β(1,4)-글루코사이드 결합의 축합을 통하여 (β-글루코스 1)로부터 유래되는 셀룰로스(I)이거나 해당 셀룰로스로서를 포함한다. 이 결합은 그 자체가 전분 및 다른 탄수화물에 존재하는 α(1,4)-글루코사이드 결합에 대한 것과 대조를 이룬다.



[0093]

[0094]

전분 재료는 전분 자체, 예컨대, 옥수수 전분, 밀 전분, 감자 전분 혹은 쌀 전분, 전분의 유도체, 혹은 식용 음식 산물 혹은 작물 등과 같은 전분을 포함하는 재료를 들 수 있다. 예를 들어, 전분 재료는 아라카차(arracacha), 메밀, 바나나, 보리, 카사바, 칩, 안데스팽이밥(oca), 사고(sago), 수수, 보통 가정의 감자, 고구마, 타로, 양(yam), 또는 1종 이상의 콩, 예컨대, 잠두, 렌즈콩 혹은 완두 등일 수 있다. 임의의 2종 이상의 전분 재료의 배합물도 전분 재료이다.

[0095]

몇몇 경우에, 바이오매스는 미생물 재료이다. 미생물 공급원은, 이하에 열거하는 것들로 제한되지는 않지만, 탄수화물의 공급원(예컨대, 셀룰로스), 예를 들어, 원생생물, 예컨대, 동물 원생생물(예컨대, 편모충류, 아메바류, 섬모류 및 포자충류 등의 원생동물) 및 식물 원생생물(예컨대, 알베오레이트(alveolate), 클로라라크니오피트(chlorarachniophyte), 크립토모나드(cryptomonad), 유글레나류(euglenid), 회조류(glaucophyte), 착편모조(haptophyte), 홍조류(red algae), 부등편모조류(stramenopiles) 및 녹색식물(viridaplantae) 등의 조류)을 제공하는 것이 가능하거나 이들을 함유하는 천연 유래 혹은 유전자 변형된 미생물 혹은 유기체의 어느 것이라도 들 수 있다. 다른 예로는 해조, 플랑크톤(예컨대, 매크로플랑크톤, 메조플랑크톤, 마이크로플랑크톤, 나노플랑크톤, 피코플랑크톤 및 펙토플랑크톤), 식물플랑크톤, 박테리아(예컨대, 그람 양성균, 그람 음성균 및 극한성 생물), 효모 및/또는 이들의 혼합물을 들 수 있다. 몇몇 경우에, 미생물 바이오매스는 천연 공급원, 예컨대, 해양, 호수, 수역, 예컨대, 염수 혹은 담수로부터, 혹은 육지 상에서 얻어질 수 있다. 대안적으로 혹은 부가적으로, 미생물 바이오매스는 배양 시스템, 예컨대, 대규모 건식 및 습식 배양 시스템으로부터 얻어질 수 있다.

[0096]

당화제

[0097]

적절한 효소는 바이오매스를 분해시킬 수 있는 능력을 지닌 셀로비아제 및 셀룰라제를 포함한다.

[0098]

적절한 셀로비아제는 상표명 NOVOZYME 188(상표명)하에 판매되고 있는 아스페질러스 나이거(*Aspergillus niger*)로부터의 셀로비아제를 포함한다.

[0099]

셀룰라제는 바이오매스를 분해시키는 능력을 지니며, 진균 혹은 박테리아로부터 유래될 수 있다. 적절한 효소로는 바실러스(*Bacillus*), 슈도모나스(*Pseudomonas*), 후미콜라(*Humicola*), 푸사륨(*Fusarium*), 티엘라비아(*Thielavia*), 아크레모늄(*Acremonium*), 크리소스포름(*Chrysosporium*) 및 트리코더마(*Trichoderma*) 속으로부터의 셀룰라제를 들 수 있고, 또한 후미콜라, 코프리누스(*Coprinus*), 티엘라비아(*Thielavia*), 푸사륨, 마이셀리오프토라(*Myceliophthora*), 아크레모늄(*Acremonium*), 세팔로스포름(*Cephalosporium*), 스키타리둠(*Scytalidium*), 페니실룸(*Penicillium*) 혹은 아스페르길루스(*Aspergillus*) 속(예를 들어, EP 458162 참조), 특히 후미콜라 인솔렌스(*Humicola insolens*)(스키타리둠 써모필룸(*Scytalidium thermophilum*))으로서 재분류됨, 예를 들어, 미국 특허 제4,435,307호 참조), 코프리누스 시네레우스(*Coprinus cinereus*), 푸사륨 옥시스포름(*Fusarium oxysporum*), 마이셀리오프토라 써모필라(*Myceliophthora thermophila*), 메리필루스 기간테우스(*Meripilus giganteus*), 티엘라비아 테레스트리스(*Thielavia terrestris*), 아크레모늄 중(*Acremonium sp.*), 아크레모늄 페르시시눔(*Acremonium persicinum*), 아크레모늄 아크레모늄(*Acremonium acremonium*), 아크레모늄 브라키페눔(*Acremonium brachypenium*), 아크레모늄 디크로모스포름(*Acremonium dichromosporum*), 아크레모늄 오브클라바툼(*Acremonium obclavatum*), 아크레모늄 핑커토니아(*Acremonium pinkertoniae*), 아크레모늄 로세오그리세움(*Acremonium roseogriseum*), 아크레모늄 인콜로라툼(*Acremonium incoloratum*) 및 아크레모늄 푸라툼(*Acremonium furatum*)종으로부터; 바람직하게는, 후미콜라 인솔렌스 DSM 1800, 후미콜라 옥시스포름(*Fusarium oxysporum*) DSM 2672, 마이셀리오프토라 써모필라 CBS 117.65, 세팔로스포름 중(*Cephalosporium sp.*) RYM-202,

아크레모늄 중 CBS 478.94, 아크레모늄 중 CBS 265.95, 아크레모늄 페르시시넴 CBS 169.65, 아크레모늄 아크레모늄 AHU 9519, 세팔로스포륨 중 CBS 535.71, 아크레모늄 브라키페늄 CBS 866.73, 아크레모늄 디크로모스포륨 CBS 683.73, 아크레모늄 오브클라바툼 CBS 311.74, 아크레모늄 핀커토니아 CBS 157.70, 아크레모늄 로세오그리세움 CBS 134.56, 아크레모늄 인콜로라툼 CBS 146.62 및 아크레모늄 푸라툼 CBS 299.70H 중으로부터 선택된 균주에 의해 생산된 것들을 들 수 있다. 셀룰로스 분해 효소는 또한 크리소스포륨, 바람직하게는 크리소스포륨 루크노웬스(*Chrysosporium lucknowense*)의 균주로부터 얻어질 수도 있다. 또한, 트리코더마(특히 트리코더마 비리데(*Trichoderma viride*), 트리코더마 레에세이(*Trichoderma reesei*) 및 트리코더마 코닝기이(*Trichoderma koningii*)), 호알칼리성 바실러스(alkalophilic *Bacillus*)(예를 들어, 미국 특허 제3,844,890호 및 EP 458162 참조) 및 스트렙토마이세스(*Streptomyces*)(예를 들어, EP 458162 참조)가 이용될 수 있다.

[0100] 상표명 ACCELLERASE(등록상표), 예를 들어, Accellerase(등록상표) 1500 효소 복합체 하에 시판되고 있는 것들과 같은 효소 복합체가 이용될 수 있다. Accellerase(등록상표) 1500 효소 복합체는 다수의 효소 활성, 주로 엑소글루카나제, 엔도글루카나제(2200-2800 CMC U/g), 헤미-셀룰라제 및 베타-글루코시다제(525-775 pNPG U/g)를 함유하며, 그의 pH는 4.6 내지 5.0이다. 상기 효소 복합체의 엔도글루카나제 활성은 카복시메틸셀룰로스 활성 유닛(carboxymethylcellulose activity unit: CMC U)으로 표현되는 한편, 베타-글루코시다제 활성은 pNP-글루코사이드 활성 단위(pNP-glucoside activity unit: pNPG U)로 기재되어 있다. 일 실시형태에서, Accellerase(등록상표) 1500 효소 복합체와 NOVOZYME(상표명) 188 셀로비아제의 배합물이 이용된다.

[0101] 몇몇 구현예에서, 당화제는 산, 예컨대, 무기산을 포함한다. 산이 이용될 경우, 미생물에 대해서 독성이 있는 부산물이 생성될 수 있어, 이 경우, 해당 방법은 이러한 부산물을 제거하는 단계를 추가로 포함할 수 있다. 제거는 예컨대, 활성탄과 같은 활성 탄소, 또는 기타 적절한 수법을 이용해서 수행될 수 있다.

[0102] 발효제

[0103] 발효에 이용되는 미생물(들)은 천연 미생물 및/또는 공학적으로 조작된 미생물일 수 있다. 예를 들어, 미생물은 박테리아, 예컨대, 셀룰로스 분해 박테리아, 균류, 예컨대, 효모, 식물 또는 원생생물, 예컨대, 조류, 원충 또는 균류-유사 원생생물, 예컨대, 점균류일 수 있다. 유기체가 거부반응을 일으키지 않을 경우, 유기체의 혼합물이 이용될 수 있다.

[0104] 적절한 발효 미생물은 예컨대 글루코스, 자일로스, 아라비노스, 만노스, 갈락토스, 올리고당 혹은 다당류 등의 탄수화물을 발효 생성물로 전환시키는 능력을 지닌다. 발효 미생물로는 사카로마이세스종(*Saccharomyces spp*)의 속(genus)의 균류, 예컨대, 사카로마이세스 세레비시아(빵 효모), 사카로마이세스 디스타티쿠스(*Saccharomyces distaticus*), 사카로마이세스 우바룸(*Saccharomyces uvarum*); 클루이베로마이세스(*Kluyveromyces*)속, 예컨대, 클루이베로마이세스 마르시아누스(*Kluyveromyces marxianus*)종, 클루이베로마이세스 프라길리스(*Kluyveromyces fragilis*)종; 칸디다(*Candida*)속, 예컨대, 칸디다 슈도트로피칼리스(*Candida pseudotropicalis*) 및 칸디다 브라시카에(*Candida brassicae*), 피키아 스티피티스(칸디다 셰하타에(*Candida shehatae*)와 관련됨); 클라비스포라(*Clavispora*)속, 예컨대, 클라비스포라 루시타니아(*Clavispora lusitaniae*)종 및 클라비스포라 오펜티에(*Clavispora opuntiae*)종; 파키솔렌(*Pachysolen*)속, 예컨대, 파키솔렌 탄노필루스(*Pachysolen tannophilus*)종; 브레탄노마이세스(*Bretannomyces*)속, 예컨대, 브레탄노마이세스 클라우세니이(*Bretannomyces clausenii*)종(Philippidis, G. P., 1996, Cellulose bioconversion technology, in Handbook on Bioethanol: Production and Utilization, Wyman, C.E., ed., Taylor & Francis, Washington, DC, 179-212)을 들 수 있다.

[0105] 시판의 효모로는, 예를 들어, Red Star(등록상표)/Lesaffre Ethanol Red(미국 Red Star/Lesaffre사로부터 입수가능), FALI(등록상표)(미국 Burns Philip Food Inc.의 분사인 Fleischmann's Yeast사로부터 입수가능), SUPERSTART(등록상표)(Alltech사, 이제는 레일맨드(Lalemand)사로부터 입수가능), GERT STRAND(등록상표)(스웨덴의 Gert Strand AB사로부터 입수가능) 및 FERMOL(등록상표)(DSM Specialties사로부터 입수가능)을 들 수 있다.

[0106] 예컨대, 지모모나스 모빌리스(*Zymomonas mobilis*) 및 클로스트리듐 썬모셀럼(*Clostridium thermocellum*)(Philippidis, 1996, 전술함) 등의 박테리아가 또한 발효에 이용될 수 있다.

[0107] 첨가제

[0108] 항생제

[0109] 일반적으로 당화된 용액 중에 높은 당 농도를 지니는 것이 바람직하지만, 보다 낮은 농도도 이용될 수 있고, 이

경우에는 항균성 첨가제, 예컨대, 광범위 항생제를 저농도, 예컨대, 50 내지 150ppm으로 첨가하는 것이 바람직할 수 있다. 기타 적절한 항생제로는 암포테리신 B, 암피실린, 클로람페니콜, 시프로플록사신, 겐타마이신, 하이그로마이신 B, 카나마이신, 네오마이신, 페니실린, 푸로마이신, 스트렙토마이신 등을 들 수 있다. 항생제는 수송 및 보관 동안 미생물의 증식을 억제할 것이고 적절한 농도, 예컨대, 15 내지 1000중량ppm, 예컨대, 25 내지 500중량ppm 혹은 50 내지 150중량ppm에서 사용될 수 있다. 필요한 경우, 항생제는 당 농도가 비교적 높더라도 포함될 수 있다.

[0110] **계면활성제**

[0111] 계면활성제의 첨가는 당화 속도를 증대시킬 수 있다. 계면활성제의 예로는 비이온성 계면활성제, 예컨대, Tween(등록상표) 20 혹은 Tween(등록상표) 80, 폴리에틸렌 글라이콜 계면활성제, 이온성 계면활성제, 또는 양성 계면활성제를 들 수 있다. 기타 적절한 계면활성제로는 다우케미컬사(Dow Chemical)로부터 시판 중인 TRITON(상표명) X계 비이온성 계면활성제 등과 같은 옥틸페놀 에톡실레이트를 들 수 있다. 계면활성제는 또한 생산되고 있는 당을 용액 중에 특히 고농도 용액 중에 유지하기 위하여 첨가될 수 있다.

[0112] **당화 매체**

[0113] 일 실시형태에서, 상기 매체는 이하의 농도의 성분들을 지닌다:

효모 질소 염기	1.7 g/L
요소	2.27 g/L
렘톤	6.56 g/L
Tween (등록상표) 80 계면활성제	10 g/L

[0114]

[0115] **공급원료의 물리적 처리**

[0116] **물리적 준비**

[0117] 몇몇 경우에 있어서, 방법은 물리적 준비, 예컨대, 절단, 분쇄, 전단, 분말화 또는 저미기 등에 의한 재료의 크기 저감을 포함할 수 있다. 예를 들어, 몇몇 경우에 있어서, 느슨한 공급재료(예컨대, 재생지, 전분 재료, 석탄 혹은 지팽이풀)는 전단 혹은 세단(shredding)에 의해 준비된다. 예를 들어, 다른 경우에, 재료는, 우선 방사선 조사, 초음파 분해, 산화, 열분해 혹은 증기 폭발 등과 같은 본 명세서에 기재된 방법의 임의의 하나 이상을 이용해서 전처리되거나 가공처리되고 나서, 크기 저감되거나 더욱 크기 저감될 수 있다. 전처리에 이은 크기 저감은, 처리된 재료가 더욱 부서지기 쉬운 경향이 있으므로 크기 저감하기 더욱 용이하므로 유리할 수 있다. 스크린(screen, 즉, 체) 및/또는 자석을 이용해서, 예를 들어, 공급재료 스트림으로부터 돌이나 못 등의 너무 크거나 바람직하지 않은 대상물을 제거할 수 있다.

[0118] 공급재료 준비 시스템은, 예를 들어, 특정 최대 크기, 특정 길이-대-폭 또는 특정 표면적비 등과 같은 특정 특성을 지닌 스트림을 생산하도록 구성될 수 있다. 물리적 준비는 재료를 개방(opening up)시켜 이들을 더욱 처리 및/또는 용액 중의 시약 등과 같은 시약에 접근하기 쉽게 만들어서 요구되는 처리 시간을 저감시키거나 반응 속도를 증가시킬 수 있다. 공급재료의 벌크 밀도는 제어(예컨대, 증가)될 수 있다. 몇몇 상황에서, 낮은 벌크 밀도 재료를 제조하여 해당 재료를 치밀화하고(예컨대, 다른 부위로 수송하기 더욱 용이하고 더욱 저렴하게 할 수 있고), 이어서 해당 재료를 보다 낮은 벌크 밀도 상태로 복귀시키는 것이 바람직할 수 있다.

[0119] **크기 저감**

[0120] 몇몇 실시형태에 있어서, 가공처리 대상 재료는 섬유 공급원을 전단함으로써 제공된 섬유를 포함하는 섬유 재료의 형태이다. 예를 들어, 전단은 회전식 나이프 커터에 의해 수행될 수 있다.

[0121] 예를 들어, 난분해성이거나 또는 그의 저감된 난분해성 수준을 지니는 섬유 공급원은, 예컨대, 회전식 나이프 커터에서 전단되어 제1섬유 재료를 제공할 수 있다. 이 제1섬유 재료는 예컨대 평균 개구 크기가 1.59mm(1/16 인치, 0.0625 인치) 이하인 제1스크린을 통과하여, 제2섬유 재료를 제공한다. 필요한 경우, 섬유 공급원은 전단 전에, 예컨대, 세단기에 의해 절단될 수 있다. 예를 들어, 종이가 섬유 공급원으로서 이용될 경우, 종이는 세단기, 예컨대, 문손사(Munson)(뉴욕 우티카시에 소재)에서 제조된 것과 같은 대향 회전 스크루 세단기를 이용해서, 예컨대, 1/4- 내지 1/2-인치 폭인 스트립으로 절단될 수 있다. 세단에 대한 대안으로서, 종이는 길로틴 커터(guillotine cutter)를 이용해서 소정의 크기로 절단함으로써 크기를 저감시킬 수 있다. 예를 들어, 길로

틴 커터는 종이를, 예컨대, 폭 10 인치 × 길이 12 인치인 시트로 절단하는데 이용될 수 있다.

[0122] 몇몇 실시형태에 있어서, 섬유 공급원의 전단 및 얻어진 제1섬유 재료의 제1스크리닝을 통한 통과는 동시에 수행된다. 상기 전단 및 통과는 회분식 프로세스로 수행될 수도 있다.

[0123] 예를 들어, 회전식 나이프 커터는 섬유 공급원을 동시에 전단하고 제1섬유 재료를 스크리닝하는데 이용될 수 있다. 회전식 나이프 커터는 세단 섬유 공급원에 의해 준비된 전단된 섬유 공급원이 장전될 수 있는 호퍼를 포함한다. 전단된 섬유 공급원, 몇몇 구현예에서는, 공급원료는 당화 및/또는 발효 전에 물리적으로 처리된다. 물리적 처리 방법은 본 명세서에 기재된 것들, 예컨대, 기계적 처리, 화학적 처리, 조사, 초음파 분해, 산화, 열분해 혹은 증기 폭발 중 임의의 것의 하나 이상을 포함할 수 있다. 처리 방법은 이들 기술의 두 가지, 세 가지, 네 가지 혹은 심지어 모두의 (임의의 수순으로) 조합으로 이용될 수 있다. 하나 이상의 처리 방법이 이용될 경우, 이들 방법은 동시에 혹은 상이한 시기에 적용될 수 있다. 바이오매스 공급원료의 분자 구조를 변화시키는 기타 방법도 단독으로 혹은 본 명세서에 기재된 방법들과 조합하여 이용될 수 있다.

[0124] 기계적 처리

[0125] 몇몇 경우에, 상기 방법은 바이오매스 공급원료를 기계적으로 처리하는 단계를 포함할 수 있다. 기계적 처리는, 예를 들어, 절단, 밀링, 프레스, 분쇄, 전단 혹은 저미기 등을 포함한다. 밀링은 예를 들어 볼 밀링, 해머 밀링, 회전자/고정자 건식 혹은 습식 밀링, 또는 기타 유형의 밀링을 포함할 수 있다. 기타 기계적 처리는, 예컨대, 스톤 그라인딩(stone grinding), 크래킹(cracking), 기계적 찢기(mechanical ripping) 혹은 찢기(tearing), 핀 그라인딩(pin grinding) 혹은 공기 마찰 밀링(air attrition milling)을 포함한다.

[0126] 기계적 처리는, 셀룰로스 혹은 리그노셀룰로스 재료를 "개방", "응력 부여"(stressing), 파괴 및 파쇄하여, 사슬 절단되고/되거나 결정화도 저감되기 더욱 쉬운 재료의 셀룰로스로 만드는 데 유리할 수 있다. 개방된 재료는 또한 조사될 경우 산화되기 더욱 쉬울 수 있다.

[0127] 몇몇 경우에, 기계적 처리는, 입수된 바와 같은 공급원료의 초기 준비, 예를 들어, 절단, 분쇄, 전단, 분말화 또는 저미기 등에 의한 재료의 크기 저감을 포함할 수 있다. 예를 들어, 몇몇 경우에, 느슨한 공급원료(예컨대, 재생지, 전분 재료 혹은 지팽이풀)는 전단 혹은 세단에 의해 준비된다.

[0128] 대안적으로 혹은 부가적으로, 공급원료 재료는 기타 물리적 처리방법들, 예컨대, 화학적 처리, 방사선 조사, 초음파 분해, 산화, 열분해 혹은 증기 폭발 중 한가지 이상에 의해 물리적으로 처리되고 나서, 기계적으로 처리될 수 있다. 이 수순은 상기 기타 처리의 하나 이상, 예컨대, 조사 혹은 열분해에 의해 처리된 재료가 더욱 부서지기 쉬운 경향이 있기 때문에 기계적 처리에 의해 재료의 분자 구조를 더욱 변화시키기는 것이 더욱 용이할 수 있으므로 유리할 수 있다.

[0129] 몇몇 실시형태에서, 상기 공급원료 재료는 섬유 재료의 형태이고, 기계적 처리는 섬유 재료 중의 섬유를 노출시키기 위한 전단을 포함한다. 전단은, 예를 들어, 회전식 나이프 커터에 의해 수행될 수 있다. 공급원료를 기계적으로 처리하는 다른 방법으로는 예를 들어 밀링 혹은 분쇄를 포함한다. 밀링은, 예를 들어, 해머 밀, 볼 밀, 콜로이드 밀, 코니컬 혹은 콘 밀, 디스크 밀, 에지 밀(edge mill), 윌리 밀(Wiley mill) 혹은 그리스트 밀(grist mill)을 이용해서 수행될 수 있다. 분쇄는, 예를 들어, 스톤 그라인더, 핀 그라인더, 커피 그라인더 혹은 버 그라인더(burr grinder)를 이용해서 수행될 수 있다. 분쇄는, 핀 밀의 경우에서처럼, 예를 들어, 핀 혹은 기타 요소를 왕복이동시킴으로써 제공될 수 있다. 기타 기계적 처리 방법은 기계적 찢기 혹은 찢기, 섬유에 압력을 가하는 다른 방법 및 공기 마찰 밀링을 포함한다. 적절한 기계적 처리는 공급원료의 분자 구조를 변화시키는 임의의 기타 수법을 추가로 포함한다.

[0130] 필요한 경우, 기계적으로 처리된 재료는 예컨대 평균 개구 크기가 1.59mm(1/16 인치, 0.0625 인치) 이하인 스크리닝을 통과할 수 있다. 몇몇 실시형태에서, 전단, 혹은 기타 기계적 처리 및 체거름(스크리닝)은 동시에 수행된다. 예를 들어, 회전식 나이프 커터는, 공급원료를 동시에 전단하고 체거름하는데 이용될 수 있다. 공급원료는 정지 블레이드와 회전 블레이드 사이에서 전단되어 전단된 재료를 제공하고, 이는 체를 통과하고 나서, 이어서 통 속으로 포획된다.

[0131] 셀룰로스 혹은 리그노셀룰로스 재료는 건조 상태(예컨대, 그 표면에 물이 거의 없거나 전혀 없는 것), 수화 상태(예컨대, 물을 10중량%까지 흡수함) 또는 젖은 상태, 예컨대, 물을 약 10중량% 내지 약 75중량% 지닌 상태에서 기계적으로 처리될 수 있다. 섬유 공급원은 액체, 예컨대, 물, 에탄올 혹은 아이소프로판올 하에 부분적으로 혹은 충분히 침지된 상태에서 기계적으로 처리될 수도 있다.

- [0132] 섬유 공급원인 셀룰로스 혹은 리그노셀룰로스 재료는 또한 가스(공기 이외의 가스의 스트림 혹은 분위기 등), 예컨대, 산소 혹은 질소, 또는 증기 하에 기계적으로 처리될 수도 있다.
- [0133] 필요한 경우, 리그닌은 리그닌을 포함하는 섬유 재료의 어느 것으로부터도 제거될 수 있다. 또한, 셀룰로스를 포함하는 재료의 파괴를 돕기 위하여, 해당 재료는 기계적 처리 혹은 조사 전 혹은 동안에 열, 화학약품(예컨대, 무기산, 염기 혹은 강산화제, 예컨대, 아염화나트륨) 및/또는 효소로 처리될 수 있다. 예를 들어, 분쇄는 산의 존재 하에 수행될 수 있다.
- [0134] 기계적 처리 시스템은, 예를 들어, 표면적, 다공도, 벌크 밀도 등과 같은 특정 형태 특성, 그리고 섬유 공급원료의 경우에 길이-대-폭 비 등과 같은 섬유 특성을 지니는 스트림을 생산하도록 구성될 수 있다.
- [0135] 몇몇 실시형태에서, 기계적으로 처리된 재료의 BET 표면적은 0.1 m²/g 이상, 예컨대, 0.25 m²/g 이상, 0.5 m²/g 이상, 1.0 m²/g 이상, 1.5 m²/g 이상, 1.75 m²/g 이상, 5.0 m²/g 이상, 10 m²/g 이상, 25 m²/g 이상, 35 m²/g 이상, 50 m²/g 이상, 60 m²/g 이상, 75 m²/g 이상, 100 m²/g 이상, 150 m²/g 이상, 200 m²/g 이상 또는 심지어 250 m²/g 이상이다.
- [0136] 기계적으로 처리된 재료의 다공도는, 예컨대, 20% 이상, 25% 이상, 35% 이상, 50% 이상, 60% 이상, 70% 이상, 80% 이상, 85% 이상, 90% 이상, 92% 이상, 94% 이상, 95% 이상, 97.5% 이상, 99% 이상 또는 심지어 99.5% 이상일 수 있다.
- [0137] 몇몇 실시형태에서, 기계적 처리 후, 상기 재료는 0.25 g/cm³ 이하, 예컨대, 0.20 g/cm³, 0.15 g/cm³, 0.10 g/cm³, 0.05 g/cm³ 이하, 또는, 예컨대, 0.025 g/cm³ 이하의 벌크 밀도를 지닌다. 벌크 밀도는 ASTM D1895B를 이용해서 결정된다. 요약하면, 이 방법은 기지의 체적의 계량 실린더를 샘플로 채우는 단계 및 해당 샘플의 중량을 구하는 단계를 포함한다. 벌크 밀도는 샘플의 중량(g)을 실린더의 기지의 체적(cm³)으로 나눔으로써 산출된다.
- [0138] 상기 공급원료가 섬유 재료이면, 기계적으로 처리된 재료인 섬유 재료 중의 섬유는, 1회 이상 전단되더라도, 비교적 큰(예컨대, 20-대-1보다 큰) 평균 길이-대-직경비를 지닐 수 있다. 또, 본 명세서에 기재된 섬유 재료 중의 섬유는 비교적 좁은 길이 및/또는 길이-대-직경비 분포를 지닐 수도 있다.
- [0139] 본 명세서에서 이용되는 바와 같이, 평균 섬유 폭(즉, 직경)은 대략 5,000개의 섬유를 랜덤하게 선택함으로써 광학적으로 결정된 것이다. 평균 섬유 길이는 보정된 길이-가중치 부여된 길이이다. BET(Brunauer, Emmet and Teller) 표면적은 다점 표면적이고, 다공도는 수은 다공도측정법에 의해 결정된 것이다.
- [0140] 상기 공급원료가 섬유 재료이면, 기계적으로 처리된 재료 중의 섬유의 평균 길이-대-직경비는, 예컨대, 8/1 이상, 예컨대, 10/1 이상, 15/1 이상, 20/1 이상, 25/1 이상 또는 50/1 이상일 수 있다. 기계적으로 처리된 재료의 평균 섬유 길이는, 예를 들어, 약 0.5mm 내지 2.5mm, 예컨대, 약 0.75mm 내지 1.0mm일 수 있고, 제2섬유 재료의 평균 폭(예를 들어, 직경)은 예컨대 약 5μm 내지 50μm, 예컨대, 약 10μm 내지 30μm일 수 있다.
- [0141] 몇몇 실시형태에서, 상기 공급원료가 섬유 재료이면, 기계적으로 처리된 재료의 섬유 길이의 표준 편차는 기계적으로 처리된 재료의 평균 섬유 길이의 60% 이하, 예컨대, 해당 평균 길이의 50% 이하, 평균 길이의 40% 이하, 평균 길이의 25% 이하, 평균 길이의 10% 이하, 평균 길이의 5% 이하, 또는 심지어 평균 길이의 1% 이하이다.
- [0142] 몇몇 상황에서, 낮은 벌크 밀도 재료를 준비하고, 해당 재료를 치밀화한 후(예컨대, 다른 부위로 더욱 쉽고 더욱 저렴하게 수송하게 하기 위하여), 해당 재료를 보다 낮은 벌크 밀도 상태로 역전시키는 것이 바람직할 수 있다. 치밀화된 재료는 본 명세서에 기재된 방법들의 어느 하나에 의해 가공처리될 수 있거나, 또는 본 명세서에 기재된 방법의 어느 하나에 의해 가공처리된 임의의 재료는 이어서, 예컨대, 미국 특허 출원 제12/429,045호 및 국제 출원 공개 제WO 2008/073186호에 개시된 바와 같이, 치밀화될 수 있고, 이들 문헌의 전체 개시 내용은 참조로 본 명세서에 포함된다.
- [0143] **가용화, 난분해성 저감 혹은 작용화시키는 처리**
- [0144] 물리적으로 준비된 혹은 준비되지 않은 재료는 본 명세서에 기재된 임의의 제조 방법에서 이용하기 위하여 처리될 수 있다. 이하에 기재된 제조방법의 하나 이상은 전술한 난분해성 저감 작업 유닛에 포함될 수 있다. 대안적으로, 혹은 부가적으로, 난분해성을 저감시키는 기타 처리가 포함될 수도 있다.
- [0145] 난분해성 저감 작업 유닛에 의해 이용되는 처리 방법은 방사선 조사, 초음파 분해, 산화, 열분해 혹은 증기 폭발의 하나 이상을 포함할 수 있다. 처리 방법은 이들 기술의 두 가지, 세 가지, 네 가지 혹은 심지어 모두가(임의의 수순으로) 병용될 수 있다.

[0146] 방사선 처리

[0147] 하나 이상의 방사선 처리 수순은 공급원료로부터의 재료를 가공처리하고, 광범위한 각종 상이한 공급원을 제공하여 해당 공급원료로부터 유용한 물질을 추출하며, 또한 추가의 가공처리단계 및/또는 수순으로의 입력으로서 기능하는 구조적으로 개질된 재료인 부분적으로 분해된 유기물을 제공하기 위하여 이용될 수 있다. 조사는 예를 들어 공급원료의 분자량 및/또는 결정화도를 감소시킬 수 있다. 방사선은 또한 상기 재료 또는 해당 재료를 바이오처리하는데 필요한 임의의 매체(혹은 배지)를 멸균시킬 수 있다.

[0148] 몇몇 실시형태에서, 전자를 그의 원자 궤도로부터 방출시키는 재료 내에 축적된 에너지는 상기 재료를 조사하는데 이용된다. 방사선은 (1) 무거운 하전된 입자, 예컨대, 알파 입자 혹은 양자, (2) 예를 들어, 베타 붕괴 또는 전자빔 가속기에서 생성된 전자 또는 (3) 전자기 방사선, 예를 들어, 감마선, x선, 또는 자외선에 의해 제공될 수 있다. 하나의 접근법에 있어서, 방사성 물질에 의해 생성된 방사선은 공급원료를 조사하는데 이용될 수 있다. 몇몇 실시형태에서, 상기 (1) 내지 (3)의 임의의 조합이 임의의 순서로 혹은 동시에 이용될 수 있다. 다른 접근법에서, 전자기 방사선(예컨대, 전자빔 이미터를 이용해서 생산됨)은 공급원료를 조사하는데 이용될 수 있다. 적용되는 선량은 소망의 효과 및 특정 공급원료에 의존한다.

[0149] 몇몇 경우에, 사슬 절단이 요망되고/되거나 폴리머 사슬 작용화(functionalized)가 요망될 때, 양자, 헬륨핵, 아르곤 이온, 규소 이온, 네온 이온, 탄소 이온, 인 이온, 산소 이온 혹은 질소 이온 등과 같은 전자보다 무거운 입자가 이용될 수 있다. 개환 사슬 절단이 요망될 경우, 양으로 하전된 입자가 증가된 개환 사슬 절단을 위해 그들의 루이스산 특성을 위해 이용될 수 있다. 예를 들어, 최대 산화가 요망될 경우, 산소 이온이 이용될 수 있고, 최대 질화가 요망될 경우, 질소 이온이 이용될 수 있다. 무거운 입자 및 양으로 하전된 입자의 사용은 미국 출원 제12/417,699호에 기재되어 있고, 이 문헌의 전체 개시 내용은 참조로 본 명세서에 포함된다.

[0150] 하나의 방법에서, 제1수평균 분자량(M_{n1})을 지니는 셀룰로스이거나 해당 셀룰로스를 포함하는 제1재료는 조사되어, 예컨대, 이온화 방사선(예컨대, 감마 방사선, X-선 방사선, 100 nm 내지 280nm 자외(UV)광, 전자 빔 또는 기타 하전 입자의 형태)에 의한 처리에 의해, 제1수평균 분자량보다 낮은 제2수평균 분자량(M_{n2})을 지닌 셀룰로스를 포함하는 제2재료를 제공한다. 제2재료(또는 제1 및 제2재료)는 제2 및/또는 제1재료 또는 그의 구성요소인 당 혹은 리그닌을 이용할 수 있는 미생물(효소 처리되거나 되지 않은 것)과 배합되어, 본 명세서에 기재된 것들과 같은 중간생성물 혹은 생성물을 생성할 수 있다.

[0151] 제2재료는 제1재료에 비해서 감소된 분자량 및 몇몇 경우에 있어서, 감소된 결정화도를 또한 지니는 셀룰로스를 지니므로, 상기 제2재료는 일반적으로 미생물 및/또는 효소를 함유하는 용액 중에서 더욱 분산가능하고/하거나 팽윤가능하고/하거나 가용성이다. 이들 특성은 제2재료를 제1재료에 비해서 화학적, 효소적 및/또는 생물학적 공격에 더욱 민감하게 만들고, 따라서, 원하는 생성물, 예컨대, 에탄올의 생산 속도 및/또는 생산 수준을 크게 향상시킬 수 있다. 방사선은 재료를 바이오처리하는데 필요한 재료 혹은 임의의 매체를 멸균시킬 수도 있다.

[0152] 몇몇 실시형태에서, 제2재료는 제1재료의 산화 수준(O_1)보다 높은 산화 수준(O_2)을 지닐 수 있다. 상기 재료의 보다 높은 산화 수준은 그의 분산성, 팽윤성 및/또는 용해도에 도움을 줄 수 있고, 더욱, 화학적, 효소적 혹은 생물학적 공격에 대한 재료 감도를 증강시킬 수 있다. 몇몇 실시형태에 있어서, 제1재료에 비해서 제2재료의 산화 수준을 증가시키기 위하여, 조사는 산화 환경 하, 예컨대, 공기 혹은 산소의 블랭킷 하에 수행하여, 제1재료보다 더욱 산화된 제2재료를 생성한다. 예를 들어, 제2재료는 더 많은 하이드록실기, 알데하이드기, 케톤기, 에스터기 또는 카복실산기를 지닐 수 있고, 이것은 그의 친수성을 증가시킬 수 있다.

[0153] 이온화 방사선

[0154] 방사선의 각 형태는, 방사선의 에너지에 의해 결정된 바와 같이, 특정 상호작용을 통해 탄소-함유 재료를 이온화시킨다. 무거운 하전된 입자는 주로 쿨롱 산란을 통해 물질을 이온화시키고; 또한, 이들 상호작용은 더욱 물질을 이온화시킬 수 있는 에너지 전자를 생산한다. 알파 입자는 헬륨 원자의 핵과 동일하며, 이것은 각종 방사성 핵, 예컨대, 비스무트, 폴로늄, 아스타틴, 라돈, 프란슘, 라듐, 수개의 악티늄족 원소, 예컨대, 악티늄, 토륨, 우라늄, 넵투늄, 퀴륨, 칼리포르늄, 아메리슘 및 플루토늄 등의 동위 원소의 알파 붕괴에 의해 생산된다.

[0155] 입자들이 이용될 경우, 이들은 중성(미하전), 양하전 혹은 음하전되어 있을 수 있다. 하전된 경우, 하전된 입자는 단일의 양하전 혹은 음하전 또는 다수의 전하, 예컨대, 2, 3 혹은 심지어 4개 이상의 전하를 지닐 수 있다. 사슬 절단이 요망될 경우에, 양하전 입자가 그들의 산성 특성으로 인해 부분적으로 바람직할 수 있다. 입자들이 이용될 경우, 해당 입자들은 정지 전자(resting electron)의 질량 혹은 그 이상, 예컨대, 정지 전자의

500, 1000, 1500, 2000, 10,000 혹은 100,000배 이상의 질량을 지닐 수 있다. 예를 들어, 입자들은 약 1원자 단위(amu) 내지 약 150원자 단위, 예컨대, 약 1원자 단위 내지 약 50원자 단위 또는 약 1 내지 약 25 amu, 예컨대, 1, 2, 3, 4, 5, 10, 12 혹은 15 amu의 질량을 지닐 수 있다. 입자를 가속시키는데 이용되는 가속기는 정전 DC, 전기역학적 DC, RF 선형, 자기 유도 선형 혹은 연속 파일 수 있다. 예를 들어, 사이클로트론식 가속기로는 벨기에의 IBA로부터 로다트론(Rhodatron)(등록상표) 시스템 등이 입수가 가능한 한편, DC 방식 가속기로는 RDI(이제는 IBA 인터스트리얼사임)로부터 다이내미트론(Dynamitron)(등록상표) 등이 입수가 가능하다. 이온들 및 이온 가속기는 문헌들[Introductory Nuclear Physics, Kenneth S. Krane, John Wiley & Sons, Inc. (1988), Krsto Prelec, FIZIKA B 6 (1997) 4, 177-206, Chu, William T., "Overview of Light-Ion Beam Therapy" Columbus-Ohio, ICRU-IAEA Meeting, 18-20 March 2006, Iwata, Y. et al, "Alternating-Phase-Focused IH-DTL for Heavy-Ion Medical Accelerators" Proceedings of EPAC 2006, Edinburgh, Scotland 및 Leaner, C.M. et al., "Status of the Superconducting ECR Ion Source Venus" Proceedings of EPAC 2000, Vienna, Austria]에 기재되어 있다.

[0156] 몇몇 실시형태에서, 전자빔은 방사선 공급원으로서 이용된다. 전자빔은 높은 선량(예컨대, 1, 5 혹은 10Mrad/sec), 높은 처리량, 낮은 오염 및 낮은 제한 장비의 이점을 들 수 있다. 전자는 더욱 효율적으로 사슬 절단을 일으킬 수 있다. 또한, 4 내지 10MeV의 에너지를 지닌 전자는 5 내지 30mm 이상, 예컨대 40mm의 침투 깊이를 지닐 수 있다. 몇몇 경우에, 다수의 전자빔장치(예컨대, 종종 "혼들"(horns)이라 지칭되는 다수 헤드)가 재료에 전자빔 방사선의 다중 선량을 전달하는데 이용된다. 이 높은 총 빔 파워는 통상 다수 가속 헤드를 이용함으로써 달성된다. 예를 들어, 전자빔 장치는 2개, 4개 혹은 그 이상의 가속 헤드를 포함할 수 있다. 일례로서, 전자빔 장치는 4개의 가속 헤드를 포함할 수 있는데, 이들 가속 헤드의 각각은 1200 kW의 총 빔 파워에 대해서 300 kW의 빔 파워를 지닌다. 각각 비교적 낮은 빔 파워를 지니는 다수 헤드의 이용은, 재료의 과도한 온도 상승을 방지함으로써, 재료의 연소를 방지하고, 또한, 재료의 층의 두께를 통한 선량의 균일성을 증가시킨다. 다수의 헤드를 이용한 조사는 미국 특허 가출원 제61/394,851호(출원일: 2010년 10월 20일)에 개시되어 있고, 이 출원의 전체 개시 내용은 참조로 본 명세서에 포함된다.

[0157] 전자빔은, 예컨대, 정전기 발생기, 캐스캐이드 발생기, 트랜스포머 발생기, 주사 시스템을 구비한 저 에너지 가속기, 선형 캐소드를 구비한 저 에너지 가속기, 선형 가속기 및 펄스 가속기에 의해 발생될 수 있다. 이온화 방사선 공급원으로서의 전자는, 예컨대, 비교적 얇은 파일의 재료, 예컨대, 0.5 인치 이하, 예컨대, 0.4 인치, 0.3 인치, 0.2 인치 이하, 또는 0.1 인치 이하의 재료에 대해서 유용할 수 있다. 몇몇 실시형태에서, 전자빔의 각 전자의 에너지는 약 0.3MeV(million electron volts) 내지 약 2.0MeV, 예컨대, 약 0.5MeV 내지 약 1.5MeV 또는 약 0.7MeV 내지 약 1.25MeV이다.

[0158] 전자빔 조사장치는 벨기에의 루바인-라-누브에 소재한 이온빔 애플리케이션즈(Ion Beam Applications) 또는 캘리포니아주의 샌디에이고시에 소재한 더 티탄 코퍼레이션(the Titan Corporation)으로부터 상업적으로 구입할 수 있다. 전형적인 전자 에너지는 1MeV, 2MeV, 4.5MeV, 7.5MeV 혹은 10MeV일 수 있다. 전형적인 전자빔 조사장치 전력은 1kW, 5kW, 10kW, 20kW, 50kW, 100kW, 250kW 혹은 500kW일 수 있다. 공급재료의 탈중합 수준은 인가된 선량과 이용된 전자 에너지에 의존하는 한편, 노광 시간은 전력과 선량에 의존한다. 전형적인 선량은 1kGy, 5kGy, 10kGy, 20kGy, 50kGy, 100kGy 혹은 200kGy의 값을 취할 수 있다.

[0159] 전자기 방사선

[0160] 전자기 방사선으로 조사가 수행되는 실시형태에 있어서, 해당 전자기 방사선은, 예를 들어, 10^2 eV 이상, 예컨대, 10^3 , 10^4 , 10^5 , 10^6 이상 또는 심지어 10^7 eV 이상의 에너지/광자(전자 볼트: eV)를 지닐 수 있다. 몇몇 실시형태에 있어서, 전자기 방사선은 10^4 내지 10^7 , 예컨대, 10^5 내지 10^6 eV의 에너지/광자를 지닌다. 전자기 방사선은, 예컨대, 10^{16} Hz 이상, 10^{17} Hz 이상, 10^{18} , 10^{19} , 10^{20} Hz 이상 또는 심지어 10^{21} Hz 이상의 주파수를 지닐 수 있다. 몇몇 실시형태에서, 전자기 방사선은 10^{18} 내지 10^{22} Hz, 예컨대, 10^{19} 내지 10^{21} Hz의 주파수를 지닌다.

[0161] 선량

[0162] 몇몇 실시형태에서, (소정의 방사선 공급원 또는 공급원들의 조합에 의한) 조사는, 재료가 적어도 0.25 Mrad, 예컨대, 적어도 1.0, 2.5, 5.0, 8.0, 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40, 50 또는 심지어 적어도 100 Mrad의 선량을 받을 때까지 수행된다. 몇몇 실시형태에서, 조사는 재료가 1.0 Mrad 내지 6.0 Mrad, 예컨대, 1.5 Mrad 내지 4.0 Mrad, 2 Mrad 내지 10 Mrad, 5 Mrad 내지 20 Mrad, 10 Mrad 내지 30 Mrad, 10 Mrad 내지 40 Mrad, 혹은 20 Mrad 내지 50

Mrad의 선량을 받을 때까지 수행된다.

- [0163] 몇몇 실시형태에서, 조사는 5.0 내지 1500.0 키로래드(krad)/시간(hour), 예컨대, 10.0 내지 750.0 krad/시간 또는 50.0 내지 350.0 krad/시간의 선량률에서 수행된다.
- [0164] 몇몇 실시형태에서, 예컨대, 두 가지 이상의 이온화 방사선 등과 같은 두 가지 이상의 방사선 공급원이 이용된다. 예를 들어, 샘플은 임의의 순서로 전자 빔에 의해 처리되고 나서, 감마 방사선 조사와 파장 약 100 nm 내지 약 280 nm의 UV광에 의해 처리될 수 있다. 몇몇 실시형태에 있어서, 샘플은, 예컨대, 전자 빔, 감마 방사선 및 에너지 UV광 등의 3종의 이온화 방사선 공급원으로 처리된다.
- [0165] **초음파 분해, 열분해 및 산화**
- [0166] 방사선 처리에 부가해서, 공급원료는 초음파 분해, 열분해 및 산화 중 임의의 하나 이상으로 처리될 수 있다. 이들 처리 방법은 미국 특허 출원 제12/417,840호에 기재되어 있으며, 해당 문헌의 개시 내용은 참조로 본 명세서에 포함된다.
- [0167] **가용화, 난분해성 저감 혹은 작용화시키는 다른 방법**
- [0168] 이 단락의 방법의 어느 것이라도 본 명세서에 기재된 방법들의 어느 것 없이 단독으로 혹은 본 명세서에 기재된 방법들, 즉, 증기 폭발, 화학적 처리(예컨대, 산처리(황산, 염화수소산 등의 무기산, 트라이플루오로아세트산 등의 유기산에 의한 농축 및 희석 산처리를 포함함) 및/또는 염기 처리(예컨대, 석회 혹은 수산화나트륨에 의한 처리)), UV 처리, 나사 압출 처리(예컨대, 미국 특허 출원 제61/115,398호(출원일: 2008년 11월 17일) 참조), 용매 처리(예컨대, 이온성 액체에 의한 처리) 및 동결 분쇄(예컨대, 미국 특허 출원 제61/081,709호)의 조합으로 (임의의 수순으로) 이용될 수 있다.
- [0169] **원료, 산, 에스터 및/또는 기타 생성물의 생산**
- [0170] 전술한 가공처리 단계들 중 하나 이상이 바이오매스에 대해 수행된 후에, 셀룰로스 및 헤미셀룰로스 분획에 포함된 복합 탄수화물은, 전술한 바와 같이, 당화 과정을 이용해서 발효가능한 당으로 가공처리될 수 있다.
- [0171] 얻어진 당 용액은 제조 설비로 수송된 후, 해당 당은 각종 생성물, 예컨대 에탄올 등의 알코올 또는 유기산으로 전환될 수 있다. 얻어진 생성물은 바이오처리가 일어나는 조건과 이용된 미생물에 좌우된다. 이들 단계는 예를 들어 옥수수-기반 에탄올 제조설비의 기존의 장비를 이용해서 수행될 수 있다.
- [0172] 본 명세서에 기재된 혼합 과정 및 장비는 또한 필요한 경우 바이오처리 동안에 이용될 수 있다. 유리하게는, 본 명세서에 기재된 혼합 시스템은 액체에 대해서 높은 전단을 부여하지 않고, 액체의 전체적인 온도를 상당히 높이지는 않는다. 그 결과, 바이오처리에 이용되는 미생물은 해당 과정 전체를 통해서 살아 있는 상태에서 유지된다. 혼합은 반응 속도를 증대시킬 수 있고 해당 과정의 효율을 향상시킬 수 있다.
- [0173] 일반적으로, 발효는 각종 미생물을 이용한다. 리그노셀룰로스 재료의 당화에 의해 생성된 당 용액은 일반적으로 글루코스뿐만 아니라 자일로스를 포함할 것이다. 몇몇 통상적으로 이용되는 미생물(예컨대, 효모)이 자일로스와 작용하지 않으므로 자일로스를 예컨대, 크로마토그래피에 의해 제거하는 것이 바람직할 수도 있다. 자일로스는 수집되어, 다른 생성물, 예컨대, 동물 사료 및 감미제인 자일리톨의 제조에 이용될 수 있다. 자일로스는 발효가 수행될 제조 설비에 당 용액의 전달 전에 혹은 전달 후에 제거될 수 있다.
- [0174] 미생물은 천연 미생물 혹은 공학적으로 조작된 미생물, 예컨대, 본 명세서의 "재료" 부분에 기재된 미생물의 어느 것일 수 있다.
- [0175] 효모의 최적 pH는 약 pH 4 내지 5인 반면, 지모모나스에 대한 최적 pH는 약 pH 5 내지 6이다. 전형적인 발효 시간은 26℃ 내지 40℃의 범위 내의 온도에서 약 24 내지 96시간이지만, 호열성 미생물은 보다 고온인 것이 바람직하다.
- [0176] 카복실산기는 일반적으로 발효 용액의 pH를 낮추어, 몇몇 미생물, 예컨대, 피키아 스티피티스에 의한 발효를 저해하는 경향이 있다. 따라서, 몇몇 경우에, 발효 전 혹은 발효 동안 염기 및/또는 완충액을 첨가하여 용액의 pH를 올린다. 예를 들어, 수산화나트륨 혹은 석회를 발효 배지에 첨가하여 해당 배지의 pH를 이용된 미생물에 최적인 범위로 상승시킬 수 있다.
- [0177] 발효는 일반적으로 질소 공급원 혹은 기타 영양 공급원, 예컨대, 요소를 비타민 및 미량 미네랄 및 금속과 함께 함유할 수 있는 수성 성장 배지에서 수행된다. 일반적으로, 성장 배지는 무균 상태이거나 혹은 적어도 낮은 미

생물 오염도(microbial load), 예컨대, 박테리아 수를 지니는 것이 바람직하다. 성장 배지의 멸균은 임의의 바람직한 방식으로 달성될 수 있다. 그러나, 바람직한 구현예에서, 멸균은 혼합 전에 성장 배지 혹은 성장 배지의 개별적인 성분에 예컨대 방사 등을 조사함으로써 달성된다. 방사선의 선량은 에너지 소비 및 결과적인 비용을 최소화하기 위하여 일반적으로 적절한 결과를 얻으면서도 가능한 한 낮은 것이 바람직하다. 예를 들어, 많은 경우에, 성장 배지 자체 혹은 성장 배지의 성분들은 5 Mrad 이하, 예컨대, 4, 3, 2 혹은 1 Mrad 이하의 방사선 선량으로 처리될 수 있다. 구체적인 경우에, 성장 배지는 약 1 내지 3 Mrad 이하의 선량으로 처리된다.

[0178] 몇몇 실시형태에서, 발효 과정의 전부 혹은 일부는 저분자량 당이 에탄올로 완전히 전환되기 전에 중단될 수 있다. 중간생성물인 발효 생성물은 높은 농도의 당과 탄수화물을 포함한다. 이들 중간생성물인 발효 생성물은 인간 혹은 동물 소비를 위해 식품의 제조에 이용될 수 있다. 부가적으로 혹은 대안적으로, 중간생성물인 발효 생성물은 스테인레스강제 실험실 밀에서 미립자 크기로 분쇄되어 밀가루 형태 물질을 생성할 수 있다.

[0179] 몇몇 경우에, 탱크는 미국 특허 가출원 제60/832,735호(이제는 국제특허출원 공개 제WO 2008/011598호로 공개됨)에 기재된 바와 같이 이동식일 수 있고, 이 출원의 전체 내용은 참조로 본 명세서에 포함된다.

[0180] 후가공처리

[0181] 발효 후, 얻어진 유체는, 예를 들어, "비어탑"(beer column)을 이용해서 증류되어 대부분의 물과 잔류 고체로부터 에탄올과 기타 알코올을 분리할 수 있다. 비어탑을 나온 증기는 예컨대 35중량% 에탄올일 수 있고 정류탑으로 공급될 수 있다. 정류탑으로부터 거의 공비(azeotropic)(92.5%) 에탄올과 물의 혼합물은 기상 분자체를 이용해서 순수한(99.5%) 에탄올로 정제될 수 있다. 비어탑 바닥부분은 3-작용 증발기의 제1작용부에 보내질 수 있다. 정류탑 환류 응축기는 이 제1작용부를 위해 열을 제공할 수 있다. 제1작용 후, 고체는 원심기를 이용해서 분리되고 회전 건조기에서 건조될 수 있다. 원심기 유출물의 부분(25%)은 발효로 재순환될 수 있고, 나머지는 제2 및 제3증발기 작용부로 보낼 수 있다. 대부분의 증발기 응축물은 작은 부분이 폐수 처리로 분리되어 낮은 비등 화합물의 구축을 방지하면서 상당히 깨끗한 응축물로서 상기 처리로 되돌아갈 수 있다.

[0182] 중간생성물 및 생성물

[0183] 본 명세서에 기재된 방법을 이용해서, 상기 처리된 바이오매스는 에너지, 연료, 식품 및 재료 등과 같은 하나 이상의 생성물로 전환될 수 있다. 생성물의 구체적인 예로는, 수소, 알코올(예컨대, 1가 알코올 혹은 2가 알코올, 예를 들어, 에탄올, n-프로판올 혹은 n-뷰탄올), 예컨대, 10%, 20%, 30% 이상 혹은 심지어 40% 이상의 물을 함유하는, 수화된 혹은 함수 알코올, 자일리톨, 당, 바이오디젤, 유기산(예컨대, 아세트산 및/또는 락트산), 탄화수소, 부산물(예컨대, 셀룰로스 분해 단백질(효소) 혹은 단세포 단백질 등과 같은 단백질) 및 임의의 조합 혹은 상대적인 농도에서의 이들의 임의의 혼합물, 그리고 임의선택적으로 임의의 첨가제, 예컨대, 연료 첨가제를 들 수 있지만, 이들로 제한되지는 않는다. 기타 예로는 아세트산 혹은 뷰티르산 등의 카복실산, 카복실산의 염, 카복실산과 카복실산의 염과 카복실산의 에스터(예컨대, 메틸, 에틸 및 n-프로필 에스터)의 혼합물, 케톤류(예컨대, 아세톤), 알데하이드류(예컨대, 아세트알데하이드), 알파, 베타 불포화 산, 예컨대, 아크릴산 및 올레핀, 예컨대, 에틸렌 등을 들 수 있다. 기타 알코올 및 알코올 유도체로는 프로판올, 프로필렌 글라이콜, 1,4-뷰탄다이올, 1,3-프로판다이올, 이들 알코올의 임의의 메틸 혹은 에틸 에스터를 들 수 있다. 기타 생성물로는 메틸아크릴레이트, 메틸메타크릴레이트, 락트산, 프로피온산, 뷰티르산, 숙신산, 3-하이드록시프로피온산, 이들 산의 임의의 염 및 이들 산의 임의의 것과 각각의 염과의 혼합물을 들 수 있다.

[0184] 식품 및 약제학적 생성물을 비롯한 기타 중간생성물 및 생성물은 미국 특허 출원 제12/417,900호에 기재되어 있으며, 해당 문헌의 전체 개시 내용은 참조로 본 명세서에 포함된다.

[0185] 기타 실시형태

[0186] 많은 실시형태가 기술되어 있지만, 본 발명의 정신과 범위로부터 벗어나는 일없이 각종 변경이 행해질 수 있다는 것을 이해할 수 있을 것이다.

[0187] 몇몇 구현예에서, 본 명세서에 기재된 시스템, 혹은 이들 시스템의 구성요소들은, 예컨대, 미국 특허 출원 제12/374,549호 및 국제 특허 출원 공개 제WO 2008/011598호 공보에 기재된 이동식 처리장비의 방식으로 휴대용일 수 있으며, 이들 문헌의 전체 개시 내용은 참조로 본 명세서에 포함된다.

[0188] 본 명세서에 기재된 분산 시스템의 어느 것에 있어서도, 해당 분산 시스템을 통한 유체(액체 및/또는 기체)의 흐름은 연속적이거나 맥동식이거나 혹은 맥동식 흐름의 주기와 연속적 흐름의 주기의 조합일 수 있다. 흐름이 맥동식일 경우, 맥동은 규칙적이거나 불규칙적일 수 있다.

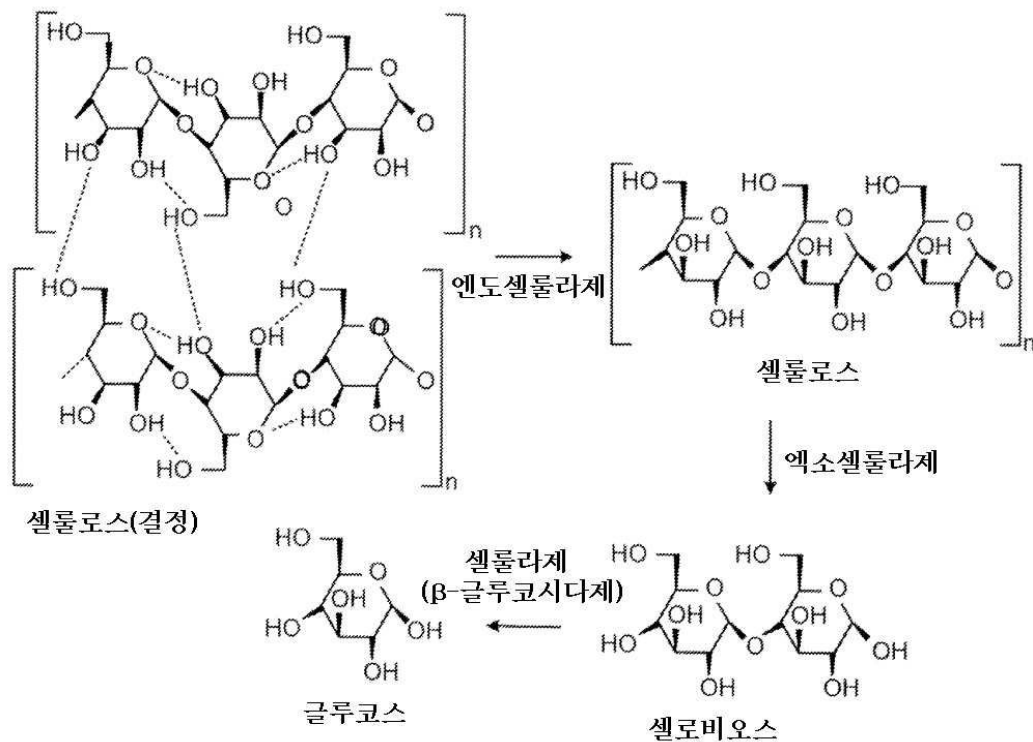
[0189] 본 명세서에서는 탱크가 언급되어 있지만, 상기 방법은 저수지, 풀(pool), 연못 등을 비롯한 임의의 형태의 용기 혹은 컨테이너에서 이용될 수 있다. 혼합이 일어나는 컨테이너가 저수지와 같은 땅속에 있는 구조이면, 라이닝되어 있을 수 있다. 해당 컨테이너는 예컨대 옥외에 있다면 덮여 있거나, 또는 덮여 있지 않을 수도 있다.

[0190] 바이오매스 공급원료가 본 명세서에서 설명되어 있지만, 다른 공급원료 및 다른 공급원료와 바이오매스 공급원료와의 혼합물이 이용될 수 있다. 예를 들어, 몇몇 구현에는 미국 특허 가출원 제61/226,877호(출원일: 2009년 7월 20)에 개시된 것들과 같은 탄화수소-함유 공급원료를 지니는 바이오매스 공급원료들의 혼합물을 이용할 수 있으며, 이 문헌의 전체 개시 내용은 참조로 본 명세서에 포함된다.

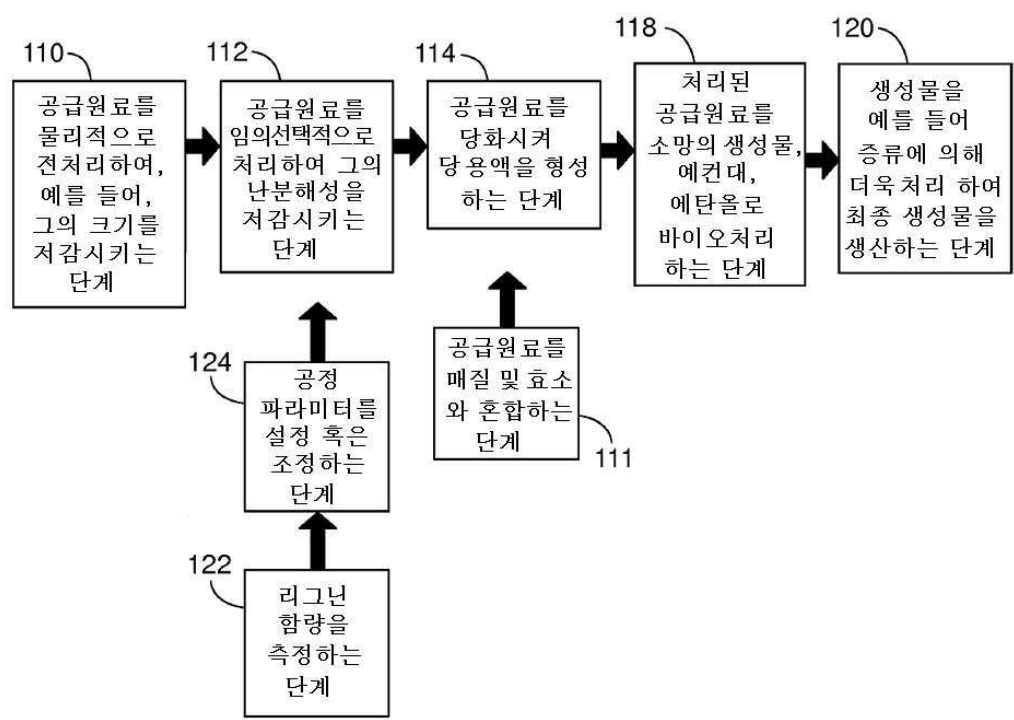
[0191] 따라서, 기타 실시형태는 이하의 특허청구범위의 범주 내이다.

도면

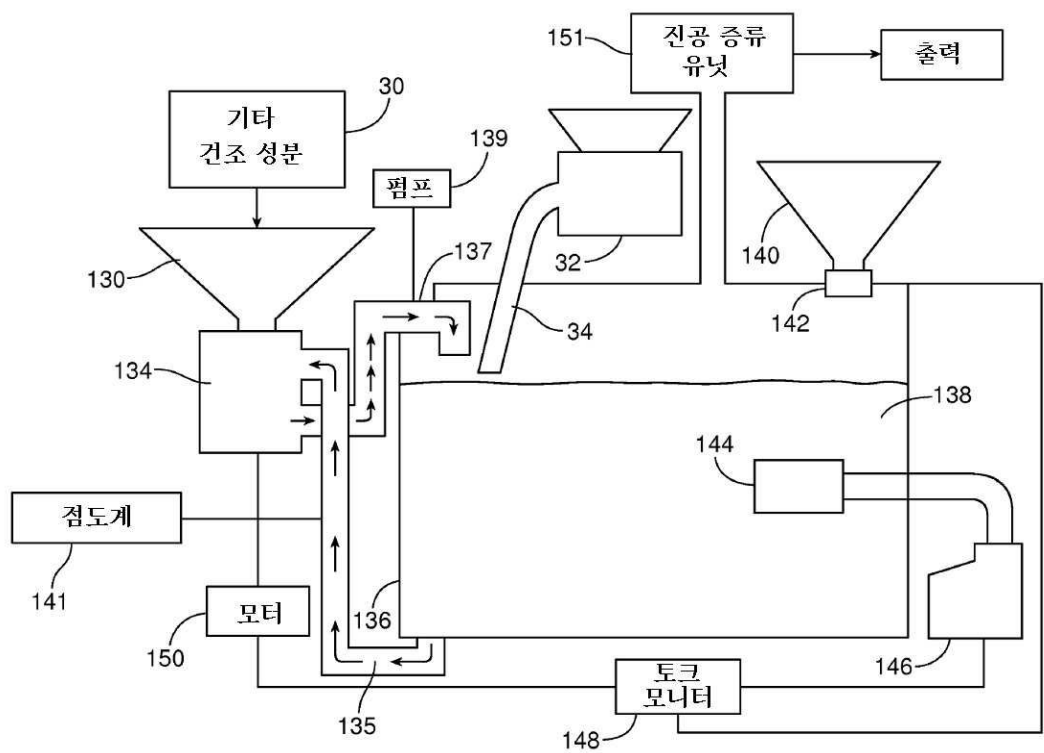
도면1



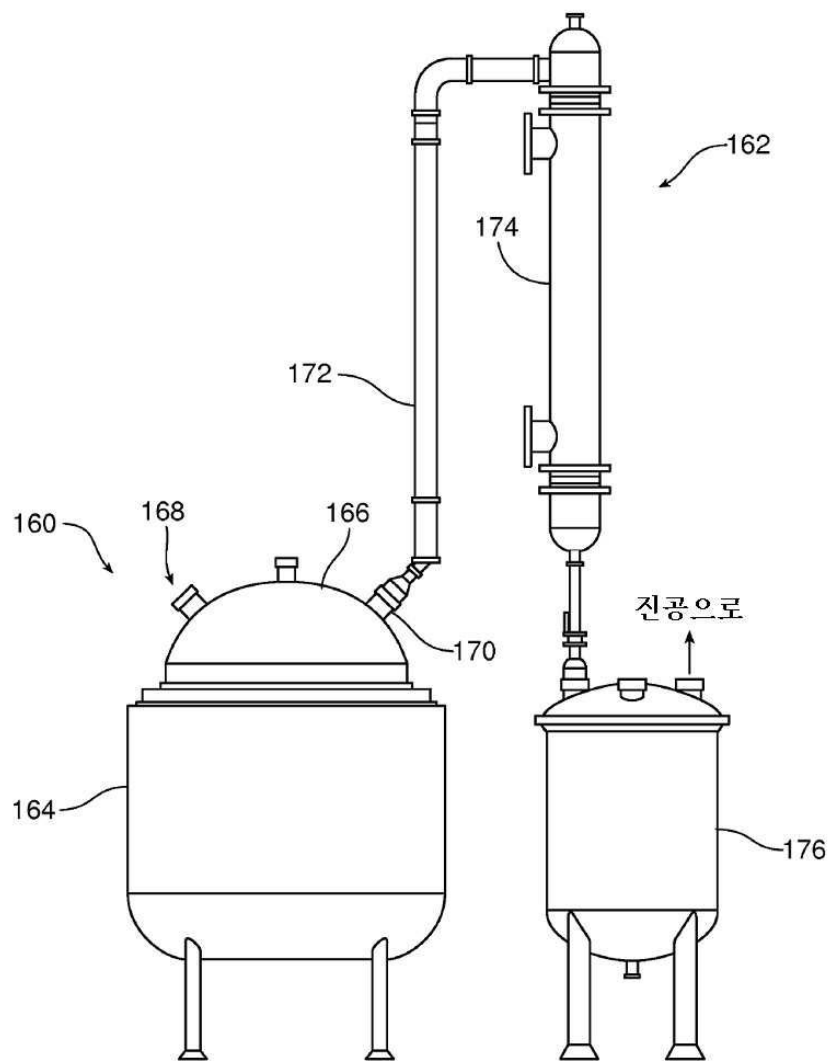
도면2



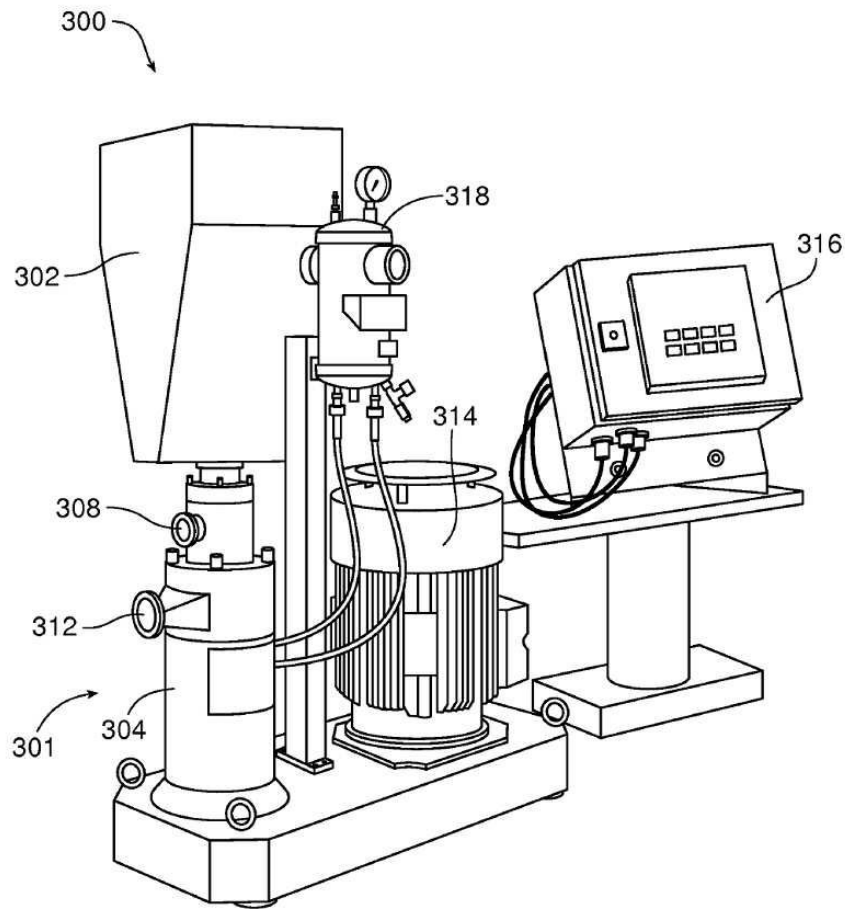
도면3



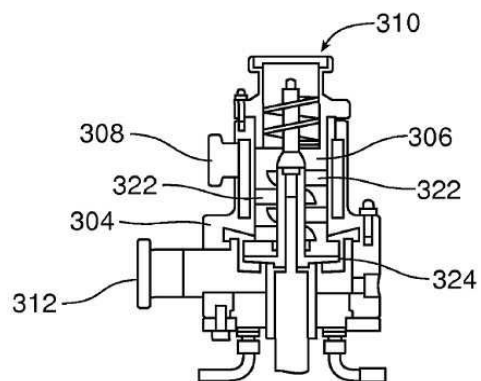
도면3a



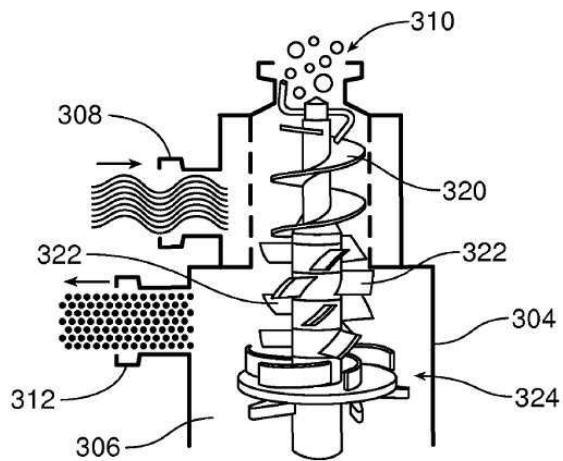
도면4



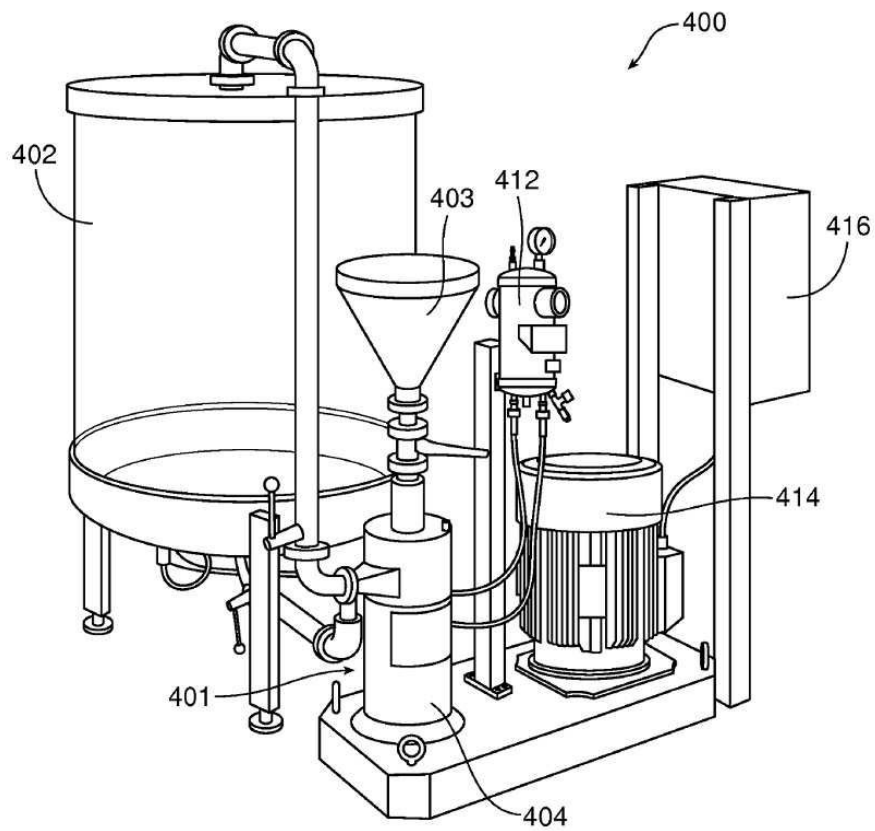
도면5



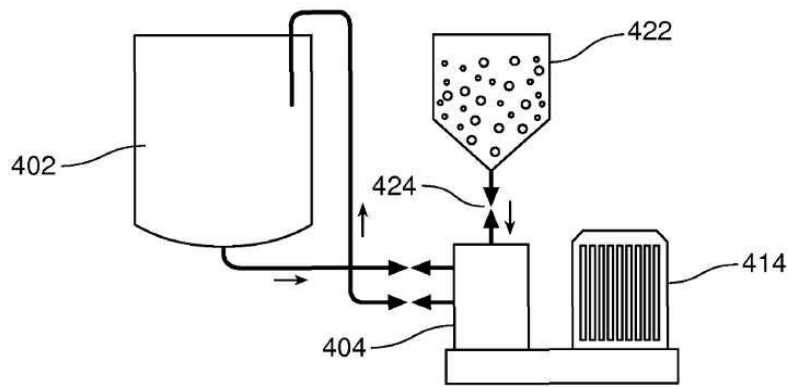
도면5a



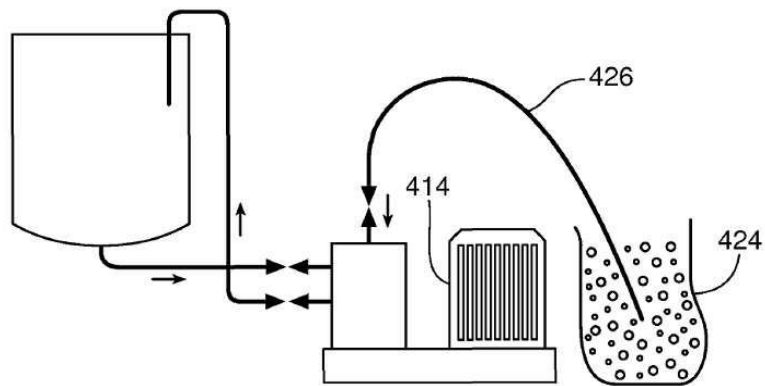
도면6



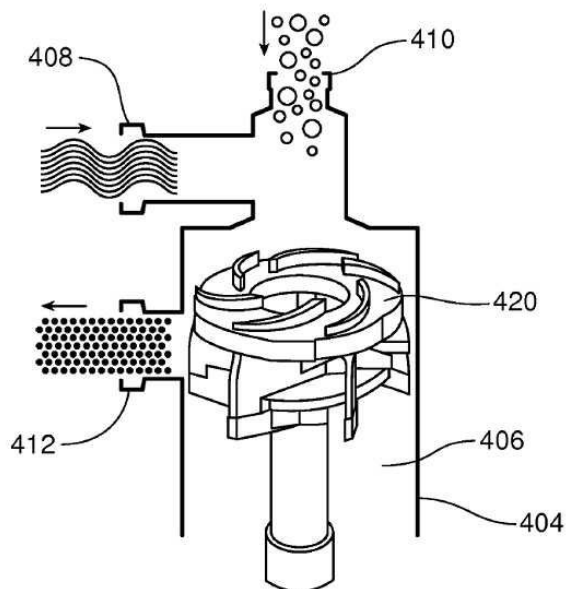
도면7



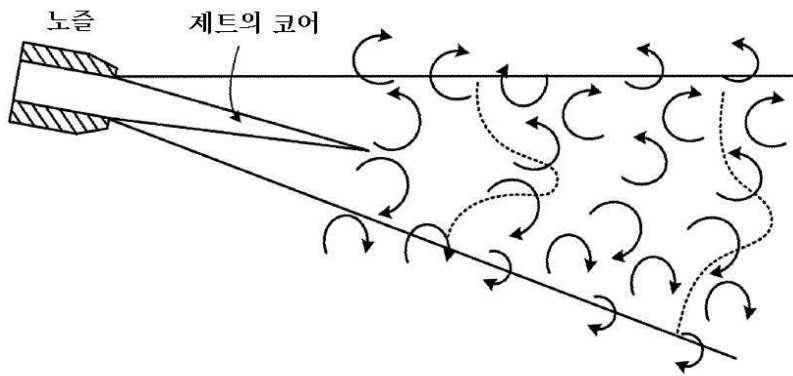
도면7a



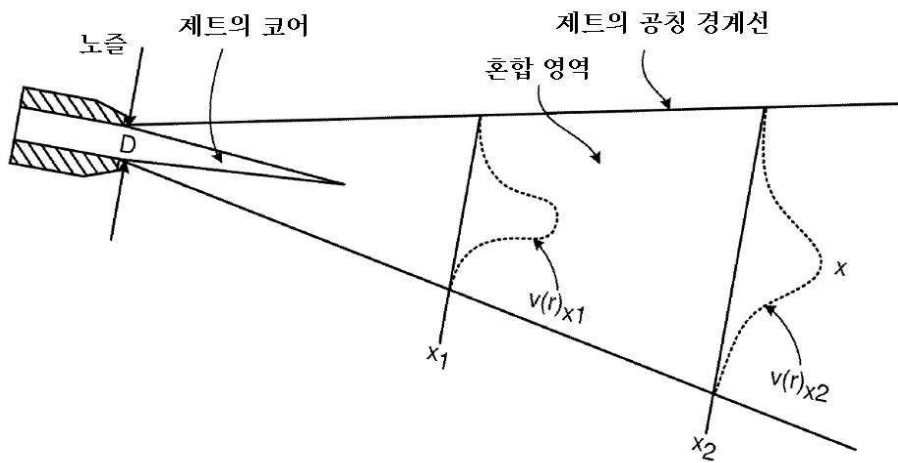
도면8



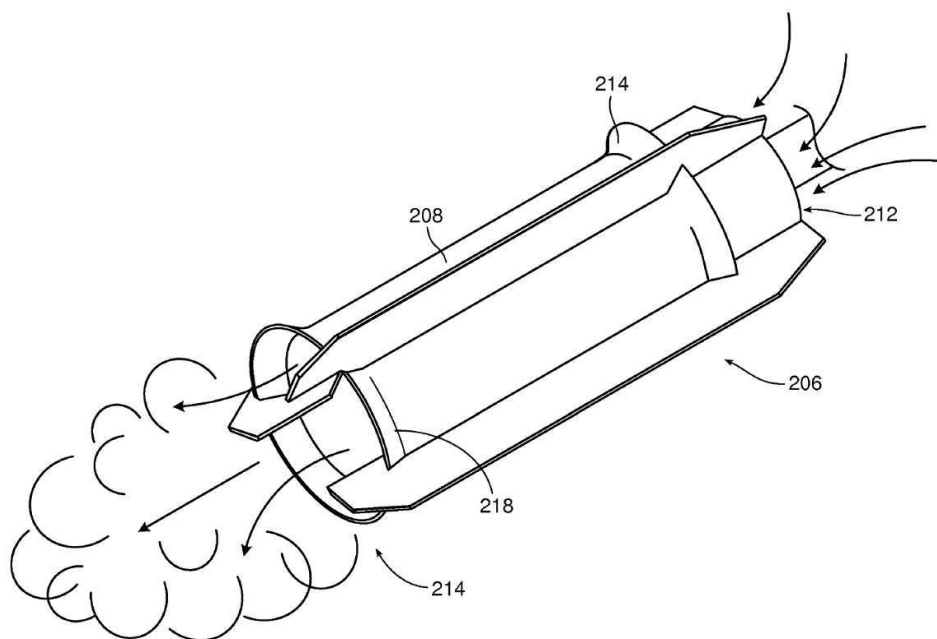
도면9



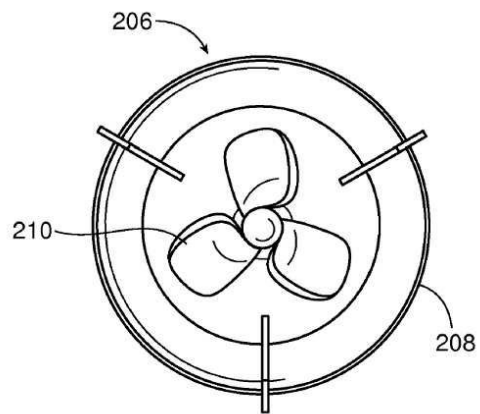
도면9a



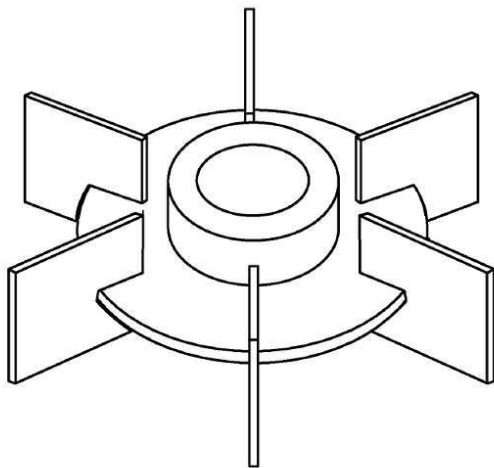
도면10



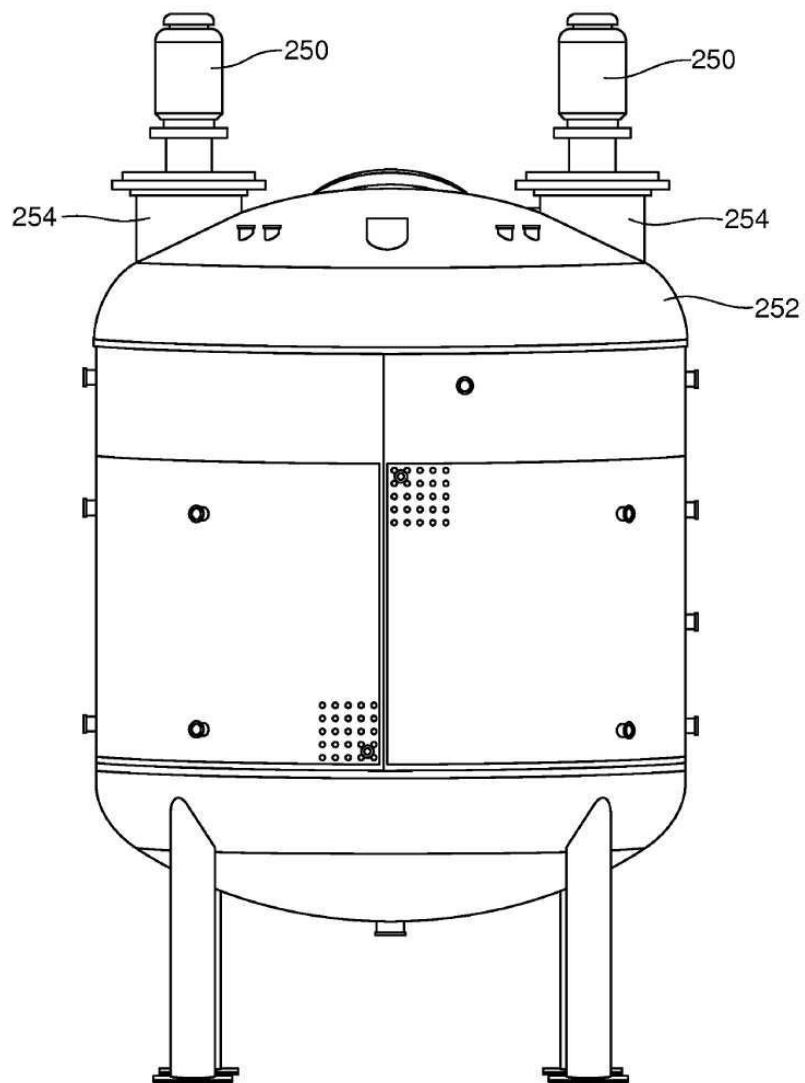
도면10a



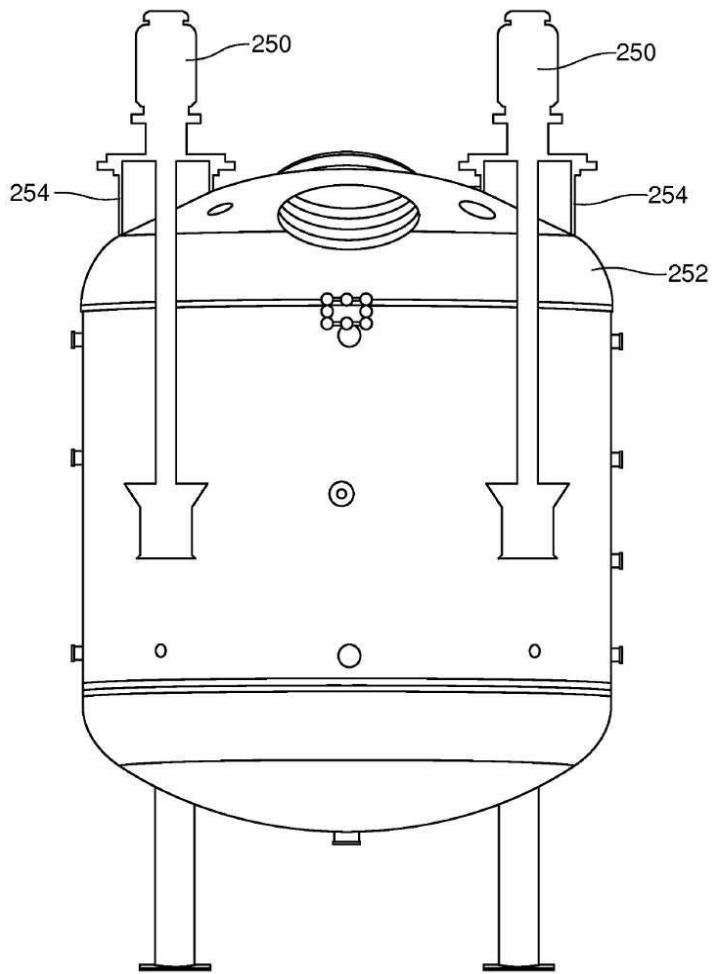
도면10b



도면11



도면11a



도면12

