(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2015-0127050
(43) 공개일자 2015년11월16일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
B01D 61/44 (2006.01) *B01J 19/08* (2015.01)
C12P 19/02 (2006.01) *C12P 19/14* (2006.01)
C12P 7/06 (2006.01) *C13K 1/02* (2006.01)
C13K 13/00 (2006.01) *E04B 1/92* (2006.01)
G21F 7/00 (2006.01) *H01J 37/317* (2006.01)
(52) CPC특허분류
B01D 61/44 (2013.01)
B01J 19/085 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2015-7022633
(22) 출원일자(국제) 2014년03월07일
심사청구일자 없음
(85) 번역문제출일자 2015년08월20일
(86) 국제출원번호 PCT/US2014/021815
(87) 국제공개번호 WO 2014/138600
국제공개일자 2014년09월12일
(30) 우선권주장
61/774,684 2013년03월08일 미국(US)
(뒷면에 계속)

(71) 출원인
질레코 인코포레이티드
미국 매사추세츠주 01801 워번 유닛 엘 살렘 스트리트 271
(72) 발명자
메도프, 마샬
미국 매사추세츠주 02445 브룩클린 애딩턴 로드 90
마스터맨, 토마스 크레이그
미국 매사추세츠주 02445 브룩클린 린덴 스트리트 26
(뒷면에 계속)
(74) 대리인
특허법인아주양헌

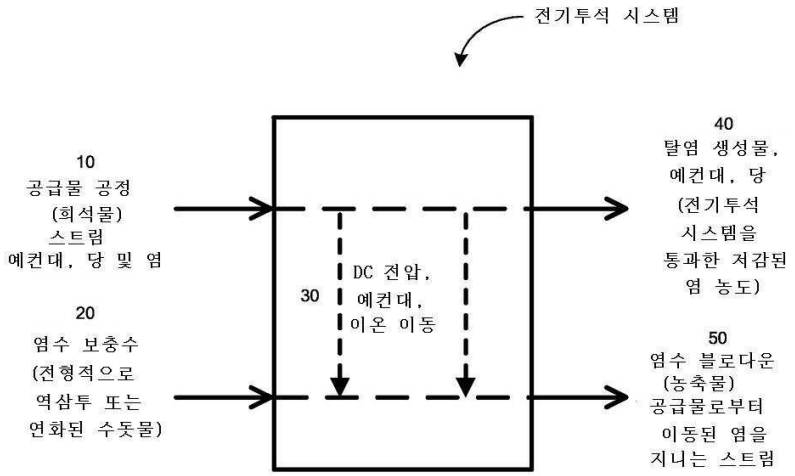
전체 청구항 수 : 총 28 항

(54) 발명의 명칭 **공정 스트림의 업그레이드**

(57) 요 약

바이오매스(예컨대, 식물 바이오매스, 동물 바이오매스 및 도시 폐기물 바이오매스)를 가공처리하여 유용한 중간 생성물 및 생성물, 예컨대, 에너지, 연료, 식품 또는 재료를 생산한다. 전기투석 또는 역극 전기투석을 이용해서 공정을 업그레이드하기 위한 시스템들, 방법들 및 장비가 기재되어 있다. 두서너 가지 예를 들면, 농산물 잔류물, 목재 바이오매스, 도시 폐기물, 오일시드/케이크 및 해초류를 비롯하여 많은 잠재적인 리그노셀룰로스 공급원료가 오늘날 입수 가능하다.

대 표 도 - 도1a



(52) CPC특허분류
C12P 19/02 (2013.01)
C12P 19/14 (2013.01)
C12P 7/06 (2013.01)
C13K 1/02 (2013.01)
C13K 13/002 (2013.01)
E04B 1/92 (2013.01)
G21F 7/00 (2013.01)
H01J 37/317 (2013.01)
C12P 2201/00 (2013.01)
(72) 발명자
무커르지, 마이아 스테이플턴
미국 매사추세츠주 02474 알링턴 리지스 로드 3
쿠퍼, 크리스토퍼
미국 매사추세츠주 02769 레호보스 뉴 스트리트 96

(30) 우선권주장
61/774,773 2013년03월08일 미국(US)
61/774,731 2013년03월08일 미국(US)
61/774,735 2013년03월08일 미국(US)
61/774,740 2013년03월08일 미국(US)
61/774,744 2013년03월08일 미국(US)
61/774,746 2013년03월08일 미국(US)
61/774,750 2013년03월08일 미국(US)
61/774,752 2013년03월08일 미국(US)
61/774,754 2013년03월08일 미국(US)
61/774,775 2013년03월08일 미국(US)
61/774,780 2013년03월08일 미국(US)
61/774,761 2013년03월08일 미국(US)
61/774,723 2013년03월08일 미국(US)
61/793,336 2013년03월15일 미국(US)

명 세 서

청구범위

청구항 1

방법으로서,

전기투석 시스템을 이용해서 당화된 바이오매스 액체로부터 염, 부분 이온화된 산 또는 완전 이온화된 산을 제거하는 단계를 포함하는 방법.

청구항 2

제1항에 있어서, 상기 전기투석 시스템은 전기투석 또는 역극 전기투석(electrodialysis reversal)을 이용하는 것인 방법.

청구항 3

제1항 또는 제2항에 있어서, 상기 당화된 바이오매스 액체는 당화된 난분해성 저감된 셀룰로스 또는 리그노셀룰로스 물질을 포함하는 것인 방법.

청구항 4

제3항에 있어서, 상기 셀룰로스 또는 리그노셀룰로스 물질은 이온화 방사선에 의한 처리에 의해 저감된 난분해성을 지니고 있는 것인 방법.

청구항 5

제4항에 있어서, 상기 이온화 방사선은 가속된 전자의 형태인 것인 방법.

청구항 6

제3항 내지 제5항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 셀룰로스 또는 리그노셀룰로스 바이오매스는 1종 이상의 효소를 이용해서 당화되어 있는 것인 방법.

청구항 7

제3항 내지 제6항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 셀룰로스 또는 리그노셀룰로스 바이오매스는 1종 이상의 산을 이용해서 당화되어 있는 것인 방법.

청구항 8

제7항에 있어서, 상기 산은 황산인 것인 방법.

청구항 9

제1항 내지 제8항 중 어느 한 항에 있어서, 전기투석 전의 상기 당화된 바이오매스 액체의 이온 강도는 약 500 내지 약 50,000 μS/cm이고, 전기투석 후의 상기 당화된 바이오매스 액체의 이온 강도는 1 내지 100 μS/cm인 것인 방법.

청구항 10

제1항 내지 제9항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 전기투석 시스템을 이용해서 제거된 상기 염, 부분 이온화된 산 또는 완전 이온화된 산은 P, K, Mg, Na, Ca, S, O, Mn, Al, Zn, Si, Cl 및 Fe로 이루어진 군으로부터 선택된 적어도 1종의 원소를 포함하는 것인 방법.

청구항 11

제1항 내지 제10항 중 어느 한 항에 있어서, 크로마토그래피, 여과, 원심분리, 석출, 증류, 복합체화 및 이들의

조합으로 이루어진 군으로부터 선택된 방법에 의해 상기 당화된 바이오매스 액체를 정제시키는 단계를 더 포함하는 방법.

청구항 12

제11항에 있어서, 석출은 1종 이상의 원치 않는 성분을 석출시키기 위하여 1종 이상의 용매 또는 비용매(non-solvent)의 첨가를 포함하는 것인 방법.

청구항 13

제12항에 있어서, 상기 용매는 메탄올, 에탄올, 아이소프로판올, 아세톤, 에틸 에터 및 테트라하이드로퓨란으로 이루어진 군으로부터 선택된 것인 방법.

청구항 14

제12항에 있어서, 상기 용매는 메탄올인 것인 방법.

청구항 15

제1항 내지 제14항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 당화된 바이오매스 액체는 1종 이상의 발효 생성물을 포함하는 것인 방법.

청구항 16

제1항 내지 제15항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 당화된 바이오매스 액체는 해당 당화된 바이오매스 액체로부터 증류된 발효 생성물을 지니고 있던 액체를 포함하는 것인 방법.

청구항 17

제16항에 있어서, 상기 발효 생성물은 알코올인 것인 방법.

청구항 18

제17항에 있어서, 상기 알코올은 에탄올인 것인 방법.

청구항 19

제1항 내지 제18항 중 어느 한 항에 있어서, 탈색제를 이용해서 상기 당화된 바이오매스 액체를 탈색시키는 단계를 더 포함하는 방법.

청구항 20

제19항에 있어서, 상기 탈색제는 분말 탄소, 입상 탄소, 압출 탄소, 본 차 탄소(bone char carbon), 비드 활성탄, 스타이렌 수지, 아크릴 수지, 자성 수지, 탈색 점토, 벤토나이트, 아타풀자이트(attapulgite), 몬모릴로나이트, 호마이트 및 이들의 조합물로 이루어진 군으로부터 선택된 것인 방법.

청구항 21

제19항 또는 제20항에 있어서, 탈색 후, 상기 용액의 색은 약 100 색 단위(color unit) 미만인 것인 방법.

청구항 22

제19항 또는 제20항에 있어서, 탈색 후, 상기 용액의 색은 약 10 색 단위 미만인 것인 방법.

청구항 23

제19항 또는 제20항에 있어서, 탈색 후, 상기 용액의 색은 약 5 색 단위 미만인 것인 방법.

청구항 24

제1항 내지 제23항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 전기투석 시스템을 이용하는 것은, 상기 당화된 바이오매스 액체를 이온 선택막을 통해 흐르게 하면서 상기 막을 가로질러 약 10 내지 150V의 전압을 인가하는 것을 포함하

는 것인 방법.

청구항 25

제1항 내지 제24항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 당화된 바이오매스 액체는 1종 이상의 당류를 포함하는 것인 방법.

청구항 26

제1항 내지 제25항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 당화된 바이오매스 액체는 자일로스, 글루코스, 아라비노스, 프럭토스 및 이들의 혼합물로 이루어진 군으로부터 선택된 당을 포함하는 것인 방법.

청구항 27

제26항에 있어서, 상기 당은 자일로스를 포함하고, 상기 전기투석 시스템을 이용한 후의 상기 자일로스의 순도가 적어도 약 80 중량%인 것인 방법.

청구항 28

제27항에 있어서, 상기 당은 아라비노스를 포함하고, 상기 전기투석 시스템을 이용한 후의 상기 아라비노스의 순도가 적어도 약 0 내지 1 중량%인 것인 방법.

발명의 설명

기 술 분 야

[0001] **관련출원에 대한 상호 참조**

[0002] 본 출원은 이하의 가출원들: 미국 특허 출원 제61/774,684호(출원일: 2013년 3월 8일); 미국 특허 출원 제61/774,773호(출원일: 2013년 3월 8일); 미국 특허 출원 제61/774,731호(출원일: 2013년 3월 8일); 미국 특허 출원 제61/774,735호(출원일: 2013년 3월 8일); 미국 특허 출원 제61/774,740호(출원일: 2013년 3월 8일); 미국 특허 출원 제61/774,744호(출원일: 2013년 3월 8일); 미국 특허 출원 제61/774,746호(출원일: 2013년 3월 8일); 미국 특허 출원 제61/774,750호(출원일: 2013년 3월 8일); 미국 특허 출원 제61/774,752호(출원일: 2013년 3월 8일); 미국 특허 출원 제61/774,754호(출원일: 2013년 3월 8일); 미국 특허 출원 제61/774,775호(출원일: 2013년 3월 8일); 미국 특허 출원 제61/774,780호(출원일: 2013년 3월 8일); 미국 특허 출원 제61/774,761호(출원일: 2013년 3월 8일); 미국 특허 출원 제61/774,723호(출원일: 2013년 3월 8일); 및 미국 특허 출원 제61/793,336호(출원일: 2013년 3월 15일)로부터의 우선권을 주장한다. 이들 가출원의 각각의 전체 개시 내용은 본 명세서에 참고로 편입된다.

배 경 기 술

[0003] 두서너 가지 예를 들면, 농산물 잔류물, 목재 바이오매스, 도시 폐기물, 오일시드/케이크 및 해초류를 비롯하여 많은 잠재적인 리그노셀룰로스 공급원료가 오늘날 입수 가능하다. 현재, 이들 물질은, 흔히 충분히 활용되고 있지 않고, 예를 들어, 동물 사료, 바이오퇴비 물질로서 이용되거나, 열병합 발전 설비에서 연소되거나 또는 심지어 매립된다.

[0004] 리그노셀룰로스 바이오매스는 리그닌으로 둘러싸인 헤미셀룰로스 매트릭스에 매립된 결정질 셀룰로스 원섬유(fibril)를 포함한다. 이것은 효소 및 기타 화학적, 생화학적 및/또는 생물학적 공정에 의해 접근하기 어려운 컴팩트한 매트릭스를 생성한다. 셀룰로스 바이오매스 물질(예컨대, 리그닌이 제거된 바이오매스 물질)은 효소 및 기타 전환 공정에 더욱 접근 가능하지만, 그렇긴 해도, 천연-유래 셀룰로스 물질은 흔히 가수분해 효소와 접촉할 경우 (이론적 수율에 비해서) 낮은 수율을 가진다. 리그노셀룰로스 바이오매스는 효소 공격에 훨씬 더 난분해성이다. 또한, 각 유형의 리그노셀룰로스 바이오매스는 셀룰로스, 헤미셀룰로스 및 리그닌의 그 자체의 특정 조성을 지닌다.

발명의 내용

[0005] 일반적으로, 바이오매스 물질로부터 유용한 생성물을 생성하는데 이용되는 방법들 및 장비가 본 명세서에 기재되어 있다. 일반적으로, 많은 방법은 난분해성 바이오매스를 처리하는 단계, 예컨대, 전자빔으로 처리하고

나서, 난분해성(recalcitrance) 저감된 물질을 당의 혼합물, 예를 들어, 글루코스, 자일로스, 아라비노스, 프럭토스, 당 알코올, 예컨대, 자일리톨 및 기타 생성물로 생화학적으로 및/또는 화학적으로 가공처리하는 단계를 포함한다. 공급원료의 가공처리 동안 생성된 염(예컨대, 이온)은 전기투석, 예컨대, 통상 또는 표준 전기투석(electrodialysis: ED), 역극 전기투석(electrodialysis reversal: EDR) 및/또는 2극성 막(bipolar membrane electrodialysis: EDBM)의 공정을 통해서 제거될 수 있다. 전기투석 방법은 당 용액으로부터 벌크 염을 제거하는데 도움을 줄 수 있거나, 또는 전기투석은 혼합물 중 다른 화합물로부터 유기 산을 분리하는데 이용될 수 있다. 전기투석 전 및/또는 후에, 바이오매스 액체는 또한 다른 불순물 및 색을 제거하기 위하여 처리될 수 있다.

[0006] 일 양상에 있어서, 본 발명은, 예컨대, 당을 포함하는 당화된 바이오매스 액체 및/또는 발효된 액체로부터 전기투석 시스템을 이용해서 염, 부분 이온화된 산 또는 완전 이온화된 산을 제거 및/또는 분리하는 방법들을 특징으로 한다. 따라서, 상기 방법들은 가공처리된 용액(예컨대, 정제된 용액, 업그레이드된 공정 스팀, 정제된 공정 스트림)을 제공할 수 있다. 선택적으로, 전기투석 시스템은 표준 전기투석 또는 역극 전기투석을 이용한다. 또한 선택적으로, 당화된 바이오매스 액체는 당화된 난분해성 저감된 셀룰로스 또는 리그노셀룰로스 물질을 포함한다. 예를 들어, 당화는 1종 이상의 효소 및/또는 1종 이상의 산, 예컨대, 황산을 이용함으로써 수행될 수 있다. 예를 들어, 당화는, 효소를 이용해서, 산을 이용해서, 산을 이용하고 이어서 효소를 이용해서, 효소를 이용하고 이어서 산을 이용해서, 또는 효소와 산을 동시에 이용해서 수행될 수 있다. 선택적으로, 셀룰로스 또는 리그노셀룰로스 물질은 이온화 방사선에 의한(예컨대, 약 10 내지 약 50 Mrad의 방사선에 의한) 처리에 의해 저감된 난분해성을 지녔다. 예를 들어, 이온화 방사선은 가속된 전자의 형태일 수 있다.

[0007] 다른 실시형태에 있어서, 당화된 생성물은 발효되고 나서, 정제와 함께 혹은 정제 없이 전기투석이 적용된다. 이 실시형태에 있어서, 발효 배양액은 흔히 당들 중 하나가 특정 생성물로 전환된 생성물, 및 발효 동안 전환되지 않고 남은 다른 당을 포함한다. 발효 배양액에는 형성된 염을 제거하기 위하여 전기투석이 실시될 수 있다. 이어서, 생성물은 2극성 전기투석 작업을 이용해서 단리될 수 있다.

[0008] 몇몇 구현예에 있어서, 전기투석 시스템을 이용하는 동안, 당화된 바이오매스 액체 및/또는 발효 생성물 액체가 이온 선택막을 통해 흐르는 동안 해당 이온 선택막을 가로질러 약 10 내지 600V의 전압이 인가될 수 있다. 선택적으로, 전압은 25 내지 500V일 수 있다. 부가적으로, 전압은 40 내지 450V일 수 있다. 이들 전압은 다수의 막을 가로지를 수 있다.

[0009] 몇몇 구현예에 있어서, 당화된 바이오매스 액체는 발효 단계에 의해 더욱 가공처리되어 발효 생성물, 예컨대, 알코올, 유기 산을 생성할 수 있다. 선택적으로, 당화된 바이오매스 액체는 액체이되, 여기서 발효 생성물(예컨대, 알코올, 예컨대, 에탄올, 프로판올 혹은 부탄올 또는 유기 산, 예컨대, 아세트산, 프로피온산, 숙신산, 타르타르산, 뷰티르산 및 락트산)이 이들로부터 전기투석 또는 기타 단리 수단에 의해(예컨대, 증류에 의해) 제거되었다.

[0010] 몇몇 구현예에 있어서, 전기투석 전의 당화된 액체의 이온 강도는 약 500 내지 약 50,000 μS/cm(마이크로시멘스/cm)이고, 전기투석 시스템을 이용한 후의 당화된 바이오매스 액체(예컨대, 가공처리된 용액, 정제된 용액, 업그레이드된 공정 스팀 또는 정제된 공정 스트림)의 이온 강도는 1 내지 100 μS/cm이다. 선택적으로, 전기투석 동안 제거된 염, 부분 이온화된 산 또는 완전 이온화된 산은 P, K, Mg, Na, Ca, S, Mn, Al, Zn, Si, Cl 및 Fe로부터 선택된 적어도 1종의 원소를 포함한다. 예를 들어, 이온은 포스페이트, 설페이트, 클로라이드, 실리케이트, 알루미네이트, K^{+}, Na^{+}, Mg^{2+}, Al^{3+}, Zn^{2+}, Mn^{2+}, Fe^{3+}, Fe^{2+} 및 이들 이온의 혼합물일 수 있다.

[0011] 대안적으로 또는 부가적으로, 당화된 바이오매스 액체는 당화 잔류물(예컨대, 세포, 단백질, 리그닌 유래 물질 및/또는 착색체)을 포함한다. 유사한 방식에서, 당화된 바이오매스는 발효 잔류물(예컨대, 세포, 단백질, 리그닌 유래 물질 및/또는 착색체(colored bodies))을 지닌 발효 생성물 스트림을 얻도록 발효된다. 몇몇 구현예에 있어서, 상기 방법은 전기투석 시스템을 이용하기 전에, 동안 및/또는 후에 당화된 바이오매스 액체 또는 발효 생성물 스트림을 정제시키는 단계, 예를 들어, 이하의 방법들: 크로마토그래피, 여과, 원심분리, 석출, 증류, 복합체화(complexation) 및 이들의 조합 중 어느 하나로부터 선택된 방법에 의해 정제시키는 단계 포함할 수 있다. 정제시키는데 석출이 이용될 경우, 1종 이상의 용매 또는 비용매(non-solvent)(예컨대, 메탄올, 에탄올, 아이소프로판올, 아세톤, 에틸 에터 및 테트라하이드로퓨란, 및 이들의 혼합물)가 1종 이상의 원치 않는 성분, 예컨대, 불순물을 석출시키기 위하여 이용될 수 있다. 몇몇 구현예는 전기투석 시스템을 이용하기 전에, 동안 및/또는 후에 당화된 바이오매스 액체 또는 발효 생성물 스트림을 탈색제로 탈색시키는 단계, 예를 들어, 분말 탄소, 입상 탄소, 압출 탄소, 본 차 탄소(bone char carbon), 비드 활성탄, 스타이렌 수지, 아크릴 수지, 자성 수지, 탈색 점토, 벤토나이트, 아타풀자이트(attapulgite), 몬모릴로나이트, 호마이트 및 이들의 조합 중 어느 하

나를 이용해서 탈색시키는 단계를 포함한다. 예를 들어, 당화된 바이오매스 액체 또는 발효 생성물 스트림을 혼합하고, 고형물을 여과시키거나, 또는 이들 고형물로부터 당화된 바이오매스 액체를 흐르게 한다(예컨대, 여과시킨다). 탈색 후의 용액은 약 100 미만(예컨대, 50 미만, 약 40 미만, 약 30 미만, 약 20 미만, 약 10 미만, 약 5 미만 및 심지어 약 1 미만)의 색 단위(color unit)일 수 있다.

[0012] 몇몇 구현예에 있어서, 당화된 바이오매스 액체는 1종 이상의 당류, 예컨대, 단당류, 올리고당 및/또는 다당류를 포함한다. 선택적으로, 당화된 바이오매스 액체는 자일로스, 글루코스, 아라비노스, 프럭토스 및 이들의 혼합물로부터 선택된 당을 포함한다. 선택적으로, 당은 자일로스를 포함하고, 전기투석 시스템을 이용한 후의 가공처리된 용액(예컨대, 정제된 용액, 업그레이드된 공정 스팀, 정제된 공정 스트림)의 순도는 적어도 약 80 중량%의 자일로스이다(예컨대, HPLC에 의해 분석적으로 결정된 바와 같이 용액 중 총 고형분/용존 고형분에 대한 자일로스의 중량%). 예를 들어, 전기투석 후 자일로스 순도는 적어도 85 중량%, 적어도 90 중량%, 적어도 95 중량%, 적어도 96 중량%, 적어도 97 중량% 또는 심지어 적어도 98 중량%이다. 선택적으로, 당은 아라비노스를 포함하고, 전기투석 시스템을 이용한 후의 용액의 순도는 약 0.5 중량%(예컨대, 약 1 내지 0 중량%, 약 1 내지 0.1 중량%, 약 0.8 내지 0.1 중량%, 약 0.8 내지 0.2 중량%, 약 0.5 내지 1.0 중량%, 약 0.1 내지 0.5 중량%)의 아라비노스이다.

[0013] 당이 존재하는 상태의 이들 당화된 바이오매스 액체는 발효되어 추가의 바이오매스 액체를 생성할 수 있다. 발효의 예는 미생물을 첨가하여, 선택적으로 1종의 당을 다른 당보다 우선하여 변환시키는 것을 포함한다. 예를 들어, 글루코스와 자일로스가 존재하는 상태의 당화된 바이오매스 액체에서, 자일로스를 기본적으로 미반응 상태로 남기면서 글루코스를 에탄올로 선택적으로 전환시킬 수 있는 미생물이 채택될 수 있다. 마찬가지 방식에서, 글루코스는 선택적으로 D- 또는 L-락트산으로 선택적으로 전환될 수 있다.

[0014] 셀룰로스 및 리그노셀룰로스 바이오매스 액체로부터 유래된 당 용액으로부터 이온(예컨대, 염, 완전 혹은 부분적으로 해리된 산)을 제거하는 것이 유리한데, 그 이유는 가공처리된 용액(예컨대, 정제된 용액, 업그레이드된 공정 스팀, 정제된 공정 스트림)의 순도를 증가시키고 당 등과 같은 각종 생성물 스팀의 후속의 분리를 돕기 때문이다. 이것은 궁극적으로 이들 공정 스트림의 당, 당 알코올(예컨대, 자일로스, 아라비노스, 자일리톨 및 솔비톨) 등과 같은 고가치 생성물로의 추가의 전환을 도울 수 있다. 예를 들어, 염이 존재하는 일 없이 당 및 기타 생성물을 결정화시키는 것이 더욱 용이할 수 있다. 본 발명의 다른 특징 및 이점들은 이하의 상세한 설명으로부터 그리고 특허청구범위로부터 명백해질 것이다.

[0015] 본 실시형태들의 구현예는 선택적으로 이하에 요약된 특징들 중 하나 이상을 포함할 수 있다. 몇몇 구현예에서, 선택된 특징들은 임의의 순서로 적용 또는 이용될 수 있지만, 다른 구현예에서는 특정 선택된 수순이 적용되거나 이용된다. 개별적인 특징은 임의의 순서로 1회보다 많이 또는 심지어 연속적으로 적용 또는 이용될 수 있다. 또한, 적용되거나 이용되는 특징들의 전체 수순, 또는 수순의 일부는, 1회, 임의의 수순으로 반복해서 혹은 연속적으로 적용 또는 이용될 수 있다. 몇몇 선택적 구현예에서, 특징들은, 상이한, 또는 적용가능한 경우에는, 동일한, 당업자에 의해 결정된 바와 같은 설정된 또는 변화된 정성적 혹은 정량적 파라미터들과 함께 적용 또는 이용될 수 있다. 예를 들어, 크기, 개별적 치수(예컨대, 길이, 폭, 높이), 위치, 정도(예컨대, 어느 정도까지의 난분해성의 정도 등), 지속 기간, 이용 빈도, 밀도, 농도, 강도 및 속도 등과 같은 특징들의 파라미터들은, 당업자에 의해 결정된 바와 같이, 적용가능한 경우, 변화되거나 설정될 수 있다.

[0016] 특징들은, 예를 들어, 당화된 바이오매스 액체로부터, 전기투석 시스템을 이용해서, 염, 부분 이온화된 산 또는 완전 이온화된 산을 제거하는 방법; 전기투석; 역극 전기투석을 이용하는 방법; 2극성 막 전기투석을 이용해서 액체를 처리하는 방법, 여기서 액체는 당화된 난분해성 저감된, 셀룰로스 또는 리그노셀룰로스 물질을 포함함; 액체를 처리하는 단계, 여기서 액체는 이온화 방사선에 의한 처리에 의해 난분해성이 저감된 셀룰로스 또는 리그노셀룰로스 물질을 포함함; 액체를 처리하는 단계, 여기서 액체는 가속된 전자에 의한 처리에 의해 난분해성이 저감된 셀룰로스 또는 리그노셀룰로스 물질을 포함함; 액체를 처리하는 단계, 여기서 액체는 1종 이상의 효소를 이용해서 당화된 셀룰로스 또는 리그노셀룰로스 물질을 포함함; 액체를 처리하는 단계, 여기서 액체는 1종 이상의 산을 이용해서 당화된 셀룰로스 또는 리그노셀룰로스 물질을 포함함; 액체를 처리하는 단계, 여기서 액체는 황산을 이용해서 당화된 셀룰로스 또는 리그노셀룰로스 물질을 포함함; 전기투석 전의 당화된 바이오매스 액체의 이온 강도가 약 500 내지 약 50,000 μS/㎝이고, 전기투석 후의 당화된 바이오매스 액체의 이온 강도는 1 내지 100 μS/㎝임; 인 원소를 포함하는, 염, 부분 이온화된 산 또는 완전 이온화된 산이 전기투석 시스템을 이용해서 제거됨; 칼륨 원소를 포함하는, 염, 부분 이온화된 산 또는 완전 이온화된 산이 전기투석 시스템을 이용해서 제거됨; 마그네슘 원소를 포함하는, 염, 부분 이온화된 산 또는 완전 이온화된 산이 전기투석 시스템을 이용해서 제거됨; 나트륨 원소를 포함하는, 염, 부분 이온화된 산 또는 완전 이온화된 산이 전기투석 시스템을

이용해서 제거됨; 칼슘 원소를 포함하는, 염, 부분 이온화된 산 또는 완전 이온화된 산이 전기투석 시스템을 이용해서 제거됨; S 원소를 포함하는, 염, 부분 이온화된 산 또는 완전 이온화된 산이 전기투석 시스템을 이용해서 제거됨; 산소 원소를 포함하는, 염, 부분 이온화된 산 또는 완전 이온화된 산이 전기투석 시스템을 이용해서 제거됨; 망간 원소를 포함하는, 염, 부분 이온화된 산 또는 완전 이온화된 산이 전기투석 시스템을 이용해서 제거됨; 알루미늄 원소를 포함하는, 염, 부분 이온화된 산 또는 완전 이온화된 산이 전기투석 시스템을 이용해서 제거됨; 아연 원소를 포함하는, 염, 부분 이온화된 산 또는 완전 이온화된 산이 전기투석 시스템을 이용해서 제거됨; 규소 원소를 포함하는, 염, 부분 이온화된 산 또는 완전 이온화된 산이 전기투석 시스템을 이용해서 제거됨; 클로라이드 원소를 포함하는, 염, 부분 이온화된 산 또는 완전 이온화된 산이 전기투석 시스템을 이용해서 제거됨; Fe 원소를 포함하는, 염, 부분 이온화된 산 또는 완전 이온화된 산이 전기투석 시스템을 이용해서 제거됨; 크로마토그래피를 이용해서 당화된 바이오매스 액체를 정제시키는 단계; 여과를 이용해서 당화된 바이오매스 액체를 정제시키는 단계; 원심분리를 이용해서 당화된 바이오매스 액체를 정제시키는 단계; 석출을 이용해서 당화된 바이오매스 액체를 정제시키는 단계; 증류를 이용해서 당화된 바이오매스 액체를 정제시키는 단계; 복합체화를 이용해서 당화된 바이오매스 액체를 정제시키는 단계; 1종 이상의 원치 않는 성분을 석출시키기 위하여 1종 이상의 용매 또는 비용매의 첨가에 의해 당화된 바이오매스 액체를 정제시키는 단계; 1종 이상의 원치 않는 성분을 석출시키기 위하여 메탄올의 첨가에 의해 당화된 바이오매스 액체를 정제시키는 단계; 1종 이상의 원치 않는 성분을 석출시키기 위하여 에탄올의 첨가에 의해 당화된 바이오매스 액체를 정제시키는 단계; 1종 이상의 원치 않는 성분을 석출시키기 위하여 아이소프로판올의 첨가에 의해 당화된 바이오매스 액체를 정제시키는 단계; 1종 이상의 원치 않는 성분을 석출시키기 위하여 아세톤의 첨가에 의해 당화된 바이오매스 액체를 정제시키는 단계; 1종 이상의 원치 않는 성분을 석출시키기 위하여 에틸 에터의 첨가에 의해 당화된 바이오매스 액체를 정제시키는 단계; 1종 이상의 원치 않는 성분을 석출시키기 위하여 테트라하이드로퓨란의 첨가에 의해 당화된 바이오매스 액체를 정제시키는 단계; 1종 이상의 발효 생성물을 포함하는 당화된 바이오매스 액체를 처리하는 단계; 발효 생성물을 지녔던 액체를 포함하는 당화된 바이오매스 액체를 처리하는 단계, 그리고 이 발효 생성물은 이로부터 증류되었음; 알코올 발효 생성물을 지녔던 액체를 포함하는 당화된 바이오매스 액체를 처리하는 단계, 그리고 이 알코올은 이로부터 증류되었음; 에탄올 발효 생성물을 지녔던 액체를 포함하는 당화된 바이오매스 액체를 처리하는 단계, 그리고 이 에탄올은 이로부터 증류되었음; 탈색제를 이용해서 당화된 바이오매스 액체를 탈색시키는 단계; 분말 탄소를 포함하는 탈색제를 이용해서 당화된 바이오매스 액체를 탈색시키는 단계; 입상 탄소를 포함하는 탈색제를 이용해서 당화된 바이오매스 액체를 탈색시키는 단계; 압출 탄소를 포함하는 탈색제를 이용해서 당화된 바이오매스 액체를 탈색시키는 단계; 본 차 탄소를 포함하는 탈색제를 이용해서 당화된 바이오매스 액체를 탈색시키는 단계; 비드 활성탄을 포함하는 탈색제를 이용해서 당화된 바이오매스 액체를 탈색시키는 단계; 스타이렌 수지를 포함하는 탈색제를 이용해서 당화된 바이오매스 액체를 탈색시키는 단계; 아크릴 수지를 포함하는 탈색제를 이용해서 당화된 바이오매스 액체를 탈색시키는 단계; 자성 수지를 포함하는 탈색제를 이용해서 당화된 바이오매스 액체를 탈색시키는 단계; 탈색 점토를 포함하는 탈색제를 이용해서 당화된 바이오매스 액체를 탈색시키는 단계; 벤토나이트를 포함하는 탈색제를 이용해서 당화된 바이오매스 액체를 탈색시키는 단계를 포함하는 방법; 아타풀자이트를 포함하는 탈색제를 이용해서 당화된 바이오매스 액체를 탈색시키는 단계를 포함하는 방법; 몬모릴로나이트를 포함하는 탈색제를 이용해서 당화된 바이오매스 액체를 탈색시키는 단계; 호마이트를 포함하는 탈색제를 이용해서 당화된 바이오매스 액체를 탈색시키는 단계; 탈색제를 이용해서 당화된 바이오매스 액체를 탈색시키는 단계 그리고 탈색 후, 용액의 색은 약 100 색 단위 미만임; 탈색제를 이용해서 당화된 바이오매스 액체를 탈색시키는 단계 그리고 탈색 후, 용액의 색은 약 10 색 단위 미만임; 탈색제를 이용해서 당화된 바이오매스 액체를 탈색시키는 단계 그리고 탈색 후, 용액의 색은 약 5 색 단위 미만임; 전기투석 시스템을 이용해서 당화된 바이오매스 액체를 처리하는 단계 및 당화된 바이오매스 액체를 이온 선택막을 통해 흐르게 하면서 상기 막을 가로질러 약 10 내지 600V의 전압을 인가하는 단계; 1종 이상의 당류를 포함하는 당화된 바이오매스 액체를 처리하는 단계; 자일로스를 포함하는 당화된 바이오매스 액체를 처리하는 단계; 글루코스를 포함하는 당화된 바이오매스 액체를 처리하는 단계; 아라비노스를 포함하는 당화된 바이오매스 액체를 처리하는 단계; 프럭토스를 포함하는 당화된 바이오매스 액체를 처리하는 단계; 전기투석 시스템을 이용해서 당화된 액체를 정제시키는 단계, 여기서 액체는 자일로스를 포함하고, 전기투석 시스템을 이용한 후의 자일로스의 순도가 적어도 약 80 중량%임; 전기투석 시스템을 이용해서 당화된 액체를 정제시키는 단계, 여기서 액체는 아라비노스를 포함하고, 전기투석 시스템을 이용한 후의 아라비노스의 순도가 적어도 적어도 약 0 내지 1 중량%인 것을 포함한다.

[0017] 대안적으로, 당화된 바이오매스는 발효되고 나서 전기투석 단계가 적용될 수 있다. 초기 전기투석 단계는 염, 특히 무기 염을 제거하고 나서, 2극성 전기투석 단계를 이용한 제2 전기투석 단계에 의해 발효 시스템으로부터

귀중한 이온화 가능한 유기 생성물을 단리해낼 수 있다. 위에 기재된 바와 같은 후속의 정제 단계는 이온화 가능한 유기 생성물을 더욱 정제시키기 위하여 이용될 수 있다.

[0018] 본 발명의 기타 특징 및 이점들은 이하의 상세한 설명으로부터 그리고 특허청구범위로부터 명백해질 것이다.

도면의 간단한 설명

[0019] 도 1a는 전기투석 공정을 도시한 도면;

도 1b는 예시적인 전기투석 시스템의 개략도;

도 2는 전기투석을 실시하기 전에 바이오매스를 정제(처리)하는 단계들을 도시한 순서도;

도 3은 전기투석 공정 동안 전도도 대 시간을 도시한 그래프;

도 4는 발효 단계 후에 이온화 가능한 유기 생성물; 특히 D- 또는 L-락트산을 정제하는 단계를 도시한 순서도;

도 5는 유기 산을 단리시키기 위하여 2개의 전기투석 단계를 이용하는 단계를 도시한 순서도.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0020] 본 명세서에 기재된 방법들 및 시스템들을 이용해서, 예를 들어, 바이오매스(예컨대, 식물 바이오매스, 동물 바이오매스 및 도시 폐기물 바이오매스)로부터 기원될 수 있고 흔히 용이하게 입수가능하지만 가공처리하기 어려운 셀룰로스 및/또는 리그노셀룰로스 공급원료 물질이 당, 예컨대, 자일로스 및 글루코스를 함유하는 용액으로 전환될 수 있고, 또한 이는 몇몇 경우에 기타 유용한 생성물(예컨대, 에탄올 및 부탄올 등과 같은 알코올, 및 아세트산, 프로피온산, 숙신산, 타르타르산, 뷰티르산 및 락트산 등과 같은 유기 산)로 더욱 가공처리될 수 있다. 통상의 전기투석, 역극 전기투석 및/또는 2극성 막 전기투석에 의해 이들 바이오매스 액체로부터 원치 않는 성분들, 예컨대, 염(예컨대, 이온), 및 산(예컨대, 유기 산)을 제거하기 위한 방법들 및 시스템들이 본 명세서에서 논의되어 있다.

[0021] 당 용액 및 이로부터 유래된 생성물을 제조하는 공정들이 본 명세서에 기재되어 있다. 이들 공정은, 예를 들어, 셀룰로스 및/또는 리그노셀룰로스 공급원료를 선택적으로 기계적으로 처리하는 단계를 포함할 수 있다. 이 처리 전 및/또는 후에, 공급원료는 다른 처리, 예를 들어, 조사(irradiation), 증기 폭발(steam explosion), 열분해, 초음파처리, 화학적 처리(예컨대, 산 또는 염기를 이용) 및/또는 산화로 처리되어, 그의 난연성을 저감 또는 더욱 저감시킬 수 있다.

[0022] 당 풍부 용액은 1종 이상의 효소의 첨가에 의해 처리된 및 조사된 공급원료를 당화시킴으로써 생성될 수 있다. 많은 기타 생성물 또는 바이오매스 액체가, 예를 들어, 에탄올 등과 같은 알코올, 락트산 등과 같은 유기 산으로의 발효에 의해 또는 자일리톨, 솔비톨 등과 같은 당 알코올로의 환원에 의해, 당 용액으로부터 유래될 수 있다. 이 용액은 또한 수 종의 원치 않는 이온을 포함하며, 그의 벌크는 전기투석에 의해 제거될 수 있다. 전기투석 전 혹은 후에, 당화 또는 발효 생성물이 더욱 정제될 수 있다.

[0023] 전기투석은 막 분리 공정이며, 이때 막은 작은 종(예컨대, 이온)을 투과시키지만, 보다 큰 종(예컨대, 당 등과 같은 분자)은 투과시키지 못한다. 전기투석은, 하전된 입자, 예를 들어, 이온에 대해서 유용하게 하는 물질 분리에서 주된 구동력으로서 전위를 이용함으로써 압력 구동 막 공정과는 다르다. 하전된 입자는 이동가능하므로, 분리 매체는 비교적 낮은 저항으로 전류를 이동시키고, 전기투석은 일반적으로 수용액 중에서 수행된다. 전기투석 공정에서, 액체는 양이온 및 음이온 선택막에 의해 둘러싸인 분리 셀(예컨대, 영역, 관 혹은 챔버)을 통해 흐르게 된다. 또한, 분리 셀을 통해 공정 액체를 흐르게 하는 동안, 공정 액체는 양 하전 전극과 음 하전 전극을 이용해서 전위가 적용된다. 분리 셀은 일반적으로, 양이온이 음극화된 전극을 향해서 양이온 선택막을 통해 이동할 수 있고, 음이온이 양하전 전극을 향해서 음이온 선택막을 통해서 이동하도록 구성된다. 이러한 셀의 배열은, 이온이 해당 셀의 외부에서 농축되어, 멀리 유동될 수 있는 한편, 이온 결핍된 유체가 수집될 수 있는 것을 확실하게 한다. 공정 유체는, 예를 들어, 목적으로 하는 농도의 이온을 지니는 용액이 얻어질 때까지 반복해서 공정 셀을 통해 순환될 수 있다. 다수의 분리 세포가 최적의 공정 결과를 달성하기 위하여 직렬로 혹은 병렬로 이용될 수 있다.

[0024] 전기 투석의 서브세트는 물질을 분리하기 위하여 2극성 막을 이용한다. 2극성 막은 음이온-투과성 막과 양이온 투과성 막을 함께 적층시켜 구성되어 있다. 이 복합 구성이 양이온 교환층이 애노드와 대면하도록 배향되면, 막을 가로질러 퍼텐셜 장(potential field)을 부여함으로써 물을 프로톤 및 하이드록실 이온과 분리시키는 것이

가능해진다. 이것은 2극성 막의 표면들에서 산성 용액과 염기성 용액의 생성을 초래한다. 다른 이온 투과성 막과 함께 다수의 2극성 막이 중성 염으로부터 산 및 염기의 생성을 위하여 전기투석 적층부 내 단일 쌍의 전극 사이에 배치될 수 있다. 예를 들어, 이 전략 - - 2극성 막 전기투석은 발효 생성물 혼합물로부터 락트산 혹은 다른 유기 산을 단리시키는데 이용될 수 있다. 락트산 또는 기타 유기 산은, 통상의 전기 투석을 통해 가공처리된 염 형태로 전환시키고 나서, 2극성 막 전기투석으로 처리함으로써 산 형태의 정제된 락트산(및/또는 유기산)을 생성할 수 있다.

[0025] 도 1a는 전기투석이 공급물 스트림(예컨대, 당 및 염을 함유함) 상에서 어떻게 작동하는 지를 도시한 도면이다. 공급물 스트림(10) 및 보충수(20)(염수 보충)가 시스템으로 유입된다. 전위(30)(DC 전압)가 공급물 및 보충수에 인가되고, 이들은 이온 선택막에 의해 분리된다. 전위는 보충수 내로 우선적으로 이온을 구동시킨다. 탈염 생성물(40)이 시스템을 빠져나가며, 이 시스템에서 이온은 공급물 공정 스트림에 비해서 저감되어 있다. 공급물로부터 제거된 이온은 염수 블로다운(brine blowdown)(50)으로서 시스템으로부터 나간다. 이 공정은 반복될 수 있으며, 예컨대, 탈염 생성물을 전기투석 시스템으로 도로 공급하여 이온을 더욱 제거할 수 있다(예컨대, 이들을 염수 블로다운으로 이동시킬 수 있다). 이 공정은, 이하에 더욱 설명되는 바와 같이, 이온의 목적으로 하는 감소가 달성될 때까지 반복될 수 있다.

[0026] 당화된 리그노셀룰로스 물질을 정제시키기 위하여 이용될 수 있는 전기투석 시스템 내의 막 구성의 하나의 가능한 배열이 도 1b에 도시되어 있다. 이 시스템은 교대로 양이온 선택막(2101)과 음이온 선택막(2102)을 이용한다. 스페이서(도시 생략)는 공정 액체를 흐르게 하기 위하여 막 사이에 공간이 있는 것을 확실하게 하기 위하여 모든 막 사이에 배치된다. 전극(2103 및 2104)은, 공정 유체와 물리적 접촉하지 않고 오히려 특별한 전도성 용액(전해질)과 물리적 접촉한다. 전도성 용액은, 원치 않는 반응이 전극에서 일어나는 것을 방지할 목적으로 제공된다. 예를 들어, 황산 용액은 물을 캐소드에서 수소 가스로 그리고 애노드에서 산소 가스로 분리하고, 이들 둘 다는 전극 혹은 기타 성분을 손상시키는 일 없이 제거될 수 있다. 전극은 따라서 전해질을 통해 공정 유체와 전기 접촉한다.

[0027] 따라서, 위에서 기재된 바와 같은 이 배열은 일련의 유동 채널(2105 및 2106)을 작성하며, 이를 통해 공정 유체(예컨대, 당화된 리그노셀룰로스 물질로부터 생성된 당 용액)가 (예컨대, 펌프의 작용에 의해) 흐르게 되는 한편, 전위가 유동 중인 용액으로 인가된다. 작동 하에, 예를 들어, 매 두번째 유동 채널(2105) 내의 양이온은, 캐소드(2103)를 향해 유동하고, 양이온 선택막(2101)을 통해서 그 다음 유동 채널(2106)로 이동할 수 있게 된다. 양이온은 이어서 유동 채널(2105) 내에서 포획되어, 음이온 선택막(2102)을 통해 이동할 수 없게 된다. 역으로, 유동 채널(2105) 내의 음이온은 음이온 선택막(2102)을 통해서 애노드(2104)를 향하여 그리고 교번 유동 채널(2106)로 이동할 수 있으며, 여기서 이들이 포획되어, 양이온 선택막(2101)과 조우하게 되므루 더욱 이동할 수 없게 된다. 이 배열에 있어서, 양이온 및 음이온은 매 두번째 유동 채널(2105) 밖으로 이동되므로, 유동 채널(2105) 내의 공정 유체가 결국 실질적으로 이온이 없는 상태로 되는 한편, 나머지 채널(2106) 내의 공정 유체가 양이온과 음이온 양쪽 모두의 높은 농도를 함유하게 된다. 그 결과, 유동 채널(2105 및 2106)의 출구를 개별적으로 수집함으로써, 결핍된-이온 당 용액(유동 채널(2105)로부터) 및 별도의 이온 풍부 당 용액(유동 채널(2106)로부터)이 얻어진다. 이온 교환막 및 유동 채널의 수를 증가시키는 것은 시스템의 효율을 크게 향상시킨다. 예를 들어, 10, 20, 50, 100개 또는 심지어 그 이상의 개수의 막이 이용될 수 있다.

[0028] 당 및 생성물, 예컨대, 알코올에 부가해서, (본 명세서에 기재된) 당화 및 발효 등과 같은 공정에 의해 바이오매스로부터 유래된 용액은, 각종 물질, 예를 들어, 현탁된 또는 용해된 화합물 및/또는 물질을 포함할 수 있다. 예를 들어, 용액은 효소(예컨대, 효소의 일부, 활성 효소, 변성 효소), 아미노산, 영양분, 생세포, 죽은 세포, 세포 잔해(예컨대, 용해된 세포, 효모 추출물), 산, 염기, 염(예컨대, 할라이드, 황산염 및 인산염, 알칼리염, 알칼리토류염, 전이금속염), 부분 가수분해 생성물(예컨대, 셀룰로스 및 헤미셀룰로스 단편), 리그닌, 리그닌 잔사, 무기 고형물(예컨대, 규산질 물질, 점토, 카본 블랙, 금속), 당화된 및/또는 발효된 바이오매스의 잔존물 및 이들의 조합물을 포함할 수 있다. 당 용액에는 전기투석이 실시되기 전에 모사 상 크로마토그래피(simulated bed chromatography), 회전 드럼 여과, 여과 및/또는 탈색화를 포함할 수 있는 정제 공정이 시행될 수 있다. 선택적으로, 이들 불순물은 바이오매스 용액에 전기투석을 실시하기 전에 제거 또는 저감(예컨대, 농도 감소)될 수 있다. 특히, 피복하거나, 막거나, 채우거나 또는 다르게는 전기투석 막의 기능을 가릴 수 있는 불순물(예컨대, 중합체, 단백질, 석출물)을 제거하는 것이 유리할 수 있다. 일반적으로, 전기투석은 입자들 및 유기 물질, 예를 들어, 앞서 논의된 바와 같은 착색을 일으킬 수 있는 유기 불순물로부터 막 오손(fouling)되기 쉽다. 따라서, 전기투석은 바람직하게는 이들 물질을 제거한 후에 행한다. 오손이 일어나면, 막은 분리를 촉진시키는 일정한 전류의 방향을 역전시켜 희석 챔버와 농축 챔버를 전환시킴으로써 공정을 역으로 가동시켜 재생될 수 있다.

[0029] 이 오손을 회피하기 위하여, 전기투석을 도입하기 전에 당화된 공급원료 또는 발효 액체로부터 바이오매스 액체, 예컨대 생성물 액체를 정제시키는 가능한 공정이 도 2에 도시되어 있다. 당화된 공급원료는 용매를 제거하기 위하여 진공 하에 농축된다(210). 발효 후 공급원료의 경우에, 에탄올을 비롯한 용매가 진공 하에 제거될 수 있거나, 용액의 벌크로부터 증발되어 회수됨으로써, 당을 포함하는 용액(예컨대, 증류액 찌꺼기)을 남길 수 있었으며, 이때의 용액 중에는 적어도 약 80 중량%(예컨대, 적어도 85 중량%, 적어도 90 중량%, 적어도 95 중량%, 적어도 96 중량%, 적어도 97 중량% 또는 심지어 적어도 98 중량%)의 당이 자일로스이고, 약 0.5 중량%(예컨대, 약 1 내지 0 중량%, 약 1 내지 0.1 중량%, 약 0.8 내지 0.1 중량%, 약 0.8 내지 0.2 중량%, 약 0.5 내지 1.0 중량%, 약 0.1 내지 0.5 중량%)의 당이 아라비노스이다.

[0030] 일부 불순물(예컨대, 부생성물)은 이어서 용액으로부터 석출된다(215). 이것은, 일부 불순물의 석출을 유도하는 메탄올에 의한 희석에 의해 수행될 수 있다. 석출물은, 예를 들어, 원심분리 및/또는 여과의 이용에 의해 제거될 수 있다(220). 이어서 여과된 용액은 활성탄으로 탈색될 수 있다(225). 탈색제는 여과에 의해 제거된다(230). 농축 단계(235)는 진공 하에 용액을 배치하여 메탄올을 제거하는 단계를 포함한다. 얻어진 용액은 이어서 탈이온수로 희석되고, 염을 제거하기 위하여 전기투석이 실시될 수 있다(240).

[0031] 이온화 가능한 유기 생성물(예컨대, D- 또는 L-락트산, 숙신산, 타르타르산)을 정제시키는 가능한 공정은, 도 4에 도시된 바와 같이, 발효 전에 바이오매스를 당화시킴으로써 개시되고, 이어서 2단계의 전기투석에 도입된다. 당화된 공급원료는 용매를 제거하기 위하여 진공 하에 농축된다(410). 당화 후에, 바이오매스는 발효되고(415), 이때 미생물은 당을 목적으로 하는 생성물로 전환시키는 한편, 다른 당은 미전환 상태로 남긴다. 전기투석 단계 전에, 고형물은 발효 생성물로부터 제거된다(420). 제1 전기투석은 염, 특히 무기 염을 제거하기 위하여 수행된다(425). 이어서, 2극성 막 전기투석(430)은 자일로스 등과 같은 미반응 당으로부터 이온화 가능한 유기 생성물(이 경우에, D- 또는 L-락트산)을 단리시키기 위하여 수행된다. 이온화 가능한 유기 생성물의 모사 이동상 크로마토그래피(simulated moving bed chromatography) 또는 유사한 단리 공정에 의한 후속의 정제(435)는 의도된 용도를 위하여 충분한 순도의 단리된 생성물을 초래할 수 있다.

[0032] 도 6과 관련하여, 2개의 전기투석 단계가 정제 전략으로서 도시되어 있다. 발효 생성물 액체 혼합물(이로부터 고형물은 제거되어 있음)(510)에, 필요한 경우, 염기를 첨가하여 유기 산을 그의 염 형태로 전환시키고(520), 전기투석 처리는 비이온성 당을 염(유기 산 염을 포함함)으로부터 분리하기 위하여 수행된다. 이어서 염이 2극성 막 전기투석 장치(530)에서 처리되며, 이때 유기 산 염이 그의 중성 형태로 전환되어 염으로부터 단리된다.

[0033] 또한, 당 용액에는, 예를 들어, 전기투석 및/또는 본 명세서에 기재된 바와 같은 몇몇 다른 정제 방법이 적용되기 전에, 이 가공처리에 이용되는 온전한 혹은 변성된 효소 또는 이들 효소로부터 유래된 화합물(예컨대, 단백질 및 아미노산 등과 같은 단백질 물질)이 존재할 수 있다. 이들은 용해된 및/또는 침전된 그리고 현탁된 고형물일 수 있고, 이어서 여과 혹은 원심분리에 의해 제거될 수 있다. 몇몇 경우에, 효소는 기능화 상태에서 존재할 수 있고, 예컨대, 산, 염기의 첨가, 가열, 변성제의 첨가에 의해 변성된다. 효소의 변성은, 예컨대, 본 명세서에 기재된 방법들에 의해 그의 제거를 용이하게 할 수 있다. 당 용액은, 예를 들어, 약 10 중량%까지(예컨대, 9 중량%까지, 8 중량%까지, 5 중량%까지, 2 중량%까지, 1 중량%까지, 약 0.1 내지 5 중량%, 약 1 중량% 내지 5 중량%, 약 2 중량% 내지 5 중량%, 약 0.1 중량% 내지 1 중량%, 약 0.01 중량% 내지 1 중량%, 약 0.001 중량% 내지 0.1 중량%)의 효소를 지닐 수 있다. 여기서 효소의 중량%는 수용액 중 단백질 물질의 중량%로서 이해된다.

[0034] 바이오매스의 당화에 이용되는 몇몇 셀룰로스분해 효소는 산성 영역, 예컨대, pH 약 2 내지 6(예컨대, 약 3 내지 6, 약 4 내지 6, 약 4 내지 5)에서 가장 잘 작용한다. 당 용액은 이들 산성 pH에서 전기투석이 실시될 수 있거나, 또는 선택적으로 pH는 당화 후 증감시키도록 조정될 수 있고/있거나 당화는 더 높은 혹은 더 낮은 pH에서 행해질 수 있다. pH의 조절은 용액 중 이온의 농도에 부가된다. 그러나, 전기투석은 넓은 범위로부터 선택된 pH 값에서 잘 작용한다.

[0035] 고형 불순물은 여과 또는 원심분리를 통해서 용이하게 제거될 수 있다. 용해된 불순물의 일부는 메탄올, 에탄올, 아이소프로판올, 아세톤, 에틸 에터 및 테트라하이드로퓨란 등과 같은 용매로 용액을 처리하고 나서 석출물을 여과 혹은 원심분리를 통해서 제거함으로써 석출 제거될 수 있다.

[0036] 본 명세서에 기재되고 전기투석 시스템에서 이용되는 공정으로부터 유래된 당 용액은 약 50 중량%까지, 예를 들어, 약 1 내지 50 중량%, 2 내지 40 중량%, 3 내지 25 중량%, 5 내지 25 중량%, 40 내지 50 중량%, 30 내지 40 중량%, 10 내지 20 중량%, 1 내지 5 중량%, 10 내지 40 중량% 미만, 약 50 중량% 미만, 약 40 중량% 미만, 약 30 중량%미만, 약 20 중량% 미만, 약 10 중량% 미만, 약 5 중량% 미만, 약 1 중량% 미만, 약 0.5 중량% 미만, 약 0.01 중량% 미만의 농도에서 존재하는 비-당 현탁 혹은 용존 고형물을 포함할 수 있다. 이들 용액은 높은 탁

도, 예를 들어, 적어도 약 5 NTU(nephelometric turbidity unit)(예컨대, 적어도 약 10 NTU, 적어도 약 50 NTU, 적어도 약 100 NTU, 적어도 약 100 NTU, 적어도 약 200 NTU, 적어도 약 300 NTU, 적어도 약 400 NTU 및 심지어 약 500 NTU 초과)를 지닐 수 있다. 몇몇 경우에, 고형물은 용액에 전기투석이 실시되기 전에 완전히 혹은 부분적으로 제거된다. 예를 들어, 고형물은 여과, 원심분리, 침강, 부유 및 이들의 조합에 의해 제거될 수 있다. 몇몇 경우에, 고형물은 석출된 미리 가용성인 물질, 예를 들어, 변성된 효소로부터 유래된다. 고형물의 제거 하, 용액의 탁도는 약 500 NTU까지 저감(예컨대, 약 100 NTU까지 저감, 약 50 NTU까지 저감, 약 5 NTU까지 저감)될 수 있다.

[0037] 탁도에 부가해서, 본 명세서에 기재된 공정들로부터 생성된 당 용액은 착색된 불순물(예컨대, 착색체), 예컨대, 방향족 발색단으로 인해 착색될 수 있다. 예를 들어, 리그노셀룰로스 바이오매스의 가공처리 동안 생성 혹은 방출된 몇몇 금속 이온 및 폴리페놀 및 리그닌-유래 생성물은 고도로 착색되어 있을 수 있다. 이 용액은 본 명세서에 기재된 전기투석 시스템에 직접 이용될 수 있거나, 또는 이용되기 전에 부분적으로 혹은 완전히 탈색될 수 있다. 예를 들어, 착색된 불순물은 용액으로부터 여과, 용액으로부터 파괴(예컨대, 화학적 분해에 의해) 및/또는 석출될 수 있다. 이용될 수 있는 몇몇 가능한 색 제거제는 분말화, 과립, 압출, 본 차 또는 비드 활성탄 또는 카본 블랙; 스타이렌, 아크릴 혹은 자성 수지; 탈색 점토, 예컨대, 벤토나이트, 아타풀자이트, 몬모릴로나이트, 호마이트 및 이들의 조합물이다. 이들 색 제거제로 용액을 처리한 후, 용액의 색은 백금-코발트 방법(ASTM 테스트 방법 D1209)에 의해 측정해서 약 200 미만(예컨대, 100 미만, 50 미만, 약 40 미만, 약 30 미만, 약 20 미만, 약 10, 약 5 미만 및 심지어 약 1 미만)이다.

[0038] 바이오매스 유도 당 용액의 이온 강도는 바이오매스의 공급원뿐만 아니라 본 명세서에 기재된 바이오매스의 가공처리에 고도로 좌우될 수 있다. 용액은 본 명세서에 기재된 전기투석 시스템에서 이용되기 전에 직접 사용될 수 있거나, 또는 선택적으로 또는 부분적으로 탈이온화될 수 있다.

[0039] 본 명세서에 기재된 공정들에서 이온을 제거하기 위하여, 예를 들어, 이온 교환 크로마토그래피에 비해서 전기투석의 이점은 처리 용량이다. 이온 교환 칼럼은 신속하게 포화될 수 있어, 시간 소비 및 값비싼 재생 사이클을 필요로 하는 한편, 전기투석은, 높은 전도도 공정 액체에서도 재생을 필요로 하는 일 없이 연속적으로 실행할 수 있다. 예를 들어, 본 명세서에 기재된 증류 단계들 후에 가공처리될 용액들은 약 500 μS/cm 초과(예컨대, 약 1000 μS/cm 초과, 약 2000 μS/cm 초과, 약 3000 μS/cm 초과, 약 4000 μS/cm 초과, 약 5000 μS/cm, 약 6000 μS/cm 초과, 약 7000 μS/cm 초과, 약 8000 μS/cm 초과, 약 9000 μS/cm 초과, 약 10,000 μS/cm 초과)의 전도도를 지닐 수 있거나, 또는 예를 들어, 이들은 약 500 내지 100,000 μS/cm(예컨대, 약 500 내지 50,000 μS/cm, 약 1000 내지 20,000 μS/cm, 약 1000 내지 20,000 μS/cm, 약 1000 내지 15,000 μS/cm, 약 5000 내지 20,000 μS/cm, 약 5000 내지 10,000 μS/cm)의 전도도를 지닐 수 있고 또한 전기투석에 의해 효과적으로 처리될 수 있다. 예를 들어, 가공처리 후의 전도도는 적어도 10배(예컨대, 적어도 20배, 적어도 30배, 적어도 50배, 적어도 100배, 적어도 500배, 적어도 1000배)만큼 저감될 수 있다. 전기투석 후, 전도도는 약 1 내지 100 μS/cm(예컨대, 약 1 내지 90 μS/cm, 약 1 내지 80 μS/cm, 약 1 내지 50 μS/cm, 약 1 내지 30 μS/cm, 약 1 내지 20 μS/cm, 약 2 내지 60 μS/cm, 약 2 내지 40 μS/cm, 약 2 내지 20 μS/cm, 약 5 내지 100 μS/cm, 약 5 내지 50 μS/cm, 약 5 내지 25 μS/cm, 약 9 내지 90 μS/cm, 약 9 내지 50 μS/cm, 약 9 내지 25 μS/cm, 약 9 내지 12 μS/cm, 약 15 내지 60 μS/cm, 약 15 내지 40 μS/cm, 약 15 내지 30 μS/cm, 약 15 내지 20 μS/cm, 약 27 내지 100 μS/cm, 약 27 내지 50 μS/cm, 약 27 내지 30 μS/cm)일 수 있다. 일단 이온의 벌크가 전기 투석에 의해 제거되면, 양이온 교환 칼럼이 이용될 수 있다. 이 최종 칼럼은 흔히 "마무리" 칼럼("finishing" column)이라 지칭된다.

[0040] 전기투석 및/또는 양이온 교환은, 예를 들어, 당화된 바이오매스, 발효 액체 등과 같은 바이오매스 액체로부터 각종 이온을 제거하는데 효과적일 수 있다. 특히, 양이온은 알칼리 금속, 알칼리 토류, 전이금속, 란탄족 원소 및 악티늄족 원소, 예를 들어, 리튬, 나트륨, 칼륨, 마그네슘, 칼슘, 스트론튬, 바륨, 스칸듐, 티타늄, 크롬, 망간, 철, 니켈, 구리, 아연, 알루미늄, 란탄, 세륨, 우라늄을 포함한다. 양이온성 및 음이온성 설파이드 및 산화물이 또한 존재할 수 있고, 기재된 방법들에 의해 제거될 수 있다. 음이온은 플루오라이드, 클로라이드, 브로마이드, 아이오다이드, 설페이트, 설파이드, 포스페이트, 나이트레이트, 카보네이트, 보레이트(예컨대, BO_3^{3-}), 클로레이트, 아르시네이트 및 알루미네이트를 포함할 수 있다. 특히, Na^+ 및 Cl^-는 고농도 및 높은 양으로 존재하며, 예를 들어, 이들 이온의 약 적어도 50%(예컨대, 약 적어도 80%, 약 적어도 85%, 약 적어도 90%, 약 적어도 95%, 약 적어도 98%, 약 적어도 99%)가 제거되어야 한다. 예를 들어, 염소는 존재하는 모든 이온의 약 1/3을 포함할 수 있고, 자일로스 분해 촉매로서 작용할 수 있다. 기타 이온은 수소화(hydrogenation) 등과 같은 후속

의 공정에 대한 오손일 수 있다.

[0041] 전기투석 및 역극 전기투석은 또한 산을 제거하는데 유용할 수 있다. 예를 들어, 무기 산, 예컨대, HCL, H_2SO_4, H_3PO_4, HNO_3가 처리될 수 있다. 유기 산, 예를 들어, 아세트산, 폼산, 프로피온산, 뷰티르산, 락트산 등이 또한 처리될 수 있다. 이들 산은 부분적으로 혹은 전체적으로 탈이온화될 수 있다. 2극성 막 전기투석은 이들 유기 산의 단리를 위하여 이용될 수 있다.

[0042] 본 명세서에 기재된 방법들에, 장비들과 함께 그리고 시스템들과 함께 이용될 수 있는 전기투석 장치는 문헌["Electrodialysis Cell Unit PCCell ED 64 0 02", PCCell(독일) 버전, 2006년 1월, 1 내지 12 페이지]에 기재되어 있으며; 이는 전문이 참고로 편입되고 부록에 첨부되어 있다. 예를 들어, 그 문헌의 10페이지에 기재된 PCCell DE 64는 본 명세서에 기재된 탈이온화된 당화된 물질에 이용될 수 있다.

[0043] 본 명세서에 기재된 방법들에, 장비들과 함께 그리고 시스템들과 함께 이용될 수 있는 역극 전기투석의 일부 설명은 문헌["High Water Recovery with Electrodialysis Reversal", GE Power and Water, Technical paper 1071EN.doc, 2010년 3월, 1 내지 5페이지]에 기재되어 있으며; 이는, 전문이 참고로 편입되고 부록에 첨부되어 있다. 예를 들어, 이 문헌의 1페이지 상의 도면에 기재된 바와 같은 역극 전기투석(도 1: EDR 순서도)은 당화된 물질 및 본 명세서에 기재된 당화된 물질로부터 유래된 폐 스트림을 가공처리하는데 이용될 수 있는 시스템을 기술하고 있다.

[0044] 전기투석 및 역극 전기투석은 문헌[Electrodiolysis (ED) and Electrodialysis Reversal (EDR)", U.S Department of the Interior, Bureau of Reclamation, 1 내지 4 페이지]에 기재되어 있으며; 이는 그의 전문이 참고로 편입되고 부록에 첨부되어 있다. 예를 들어, 이 문헌의 3페이지에 기재된 바와 같은 이 시스템(예컨대, 원수 펌프, 지스러기 스크린, 신속 혼합, 저속 혼합 응집기, 오목한 용기 혹은 정화용, 중력 여과기 및 EDR막을 포함함)의 전부 혹은 일부를 이용하는 처리 트레인은 당화된 바이오매스 및/또는 당화된 바이오매스 폐 스트림을 처리하는데 이용될 수 있다.

[0045] 2극성 막 전기투석 장비는 미국 뉴저지주의 아메리디아 서머셋사(Ameridia Somerset)로부터 입수가능하다. 이 공정은, 전문이 참고로 편입되고 부록에 첨부된 "Ameridia in Membrane and Separation Technology News March 2006"에 기재되어 있었다.

[0046] 예를 들어, 위에서 이미 논의된 실시형태 또는 기타 실시형태에서 이용될 수 있는 공급원료를 처리하기 위한 공정의 몇몇 더욱 상세 및 반복은, 이하의 개시내용에 기재된다.

[0047] **공급원료를 처리하기 위한 시스템들**

[0048] 정제 시스템들, 방법들 및 장비(예컨대, 전기투석)가 위에서 기재된 바와 같이 그리고 또한 본 명세서의 어딘가에서 기재된 바와 같이 가공처리된 물질에 적용될 수 있다.

[0049] 예를 들어, 당 및 기타 생성물로의 공급원료의 전환을 위한 공정들은, 예를 들어, 선택적으로 공급원료를 물리적으로 전처리하여 예컨대 그의 크기를 저감시키는 단계, 이 처리 전 및/또는 후에 선택적으로 공급원료를 처리하여 그의 난분해성을 (예컨대, 조사에 의해) 저감시키는 단계, 및 공급원료를 (예컨대, 이미 기재되고 그리고 본 명세서에서 되풀이되고 더 상세히 설명된 바와 같이) 당화시켜 당 용액을 형성하는 단계를 포함할 수 있다. 당화는, 액체 매체, 예컨대, 이하에 상세하게 논의되는, 효소를 지니는 물 속에서 공급원료의 분산액을 혼합함으로써 수행될 수 있다. 당화 동안 혹은 후에, 이 혼합물(예컨대, 당화가 도중에 부분적으로 혹은 완전히 수행되는 경우) 혹은 용액은, 예컨대, 파이프라인, 레일카, 트럭 또는 바지선에 의해 제조공장으로 수송될 수 있다. 이 공장에서, 용액은, 가공처리, 예컨대, 발효되어, 목적으로 하는 생성물 또는 중간생성물을 생성할 수 있고, 이것은 이어서 예컨대 증류 및 전기투석에 의해 더욱 가공처리될 수 있다. 개별적인 가공처리 단계, 이용되는 물질 및 형성될 수 있는 생성물 및 중간생성물의 예는 이하에 상세히 설명될 것이다. 따라서, 이들 방법에 부가해서, 예를 들어, 부가적인 가공처리 단계로서, 정제 시스템들, 방법들 및 장비(예컨대, 모사 이동상 크로마토그래피)가 적용될 수 있다.

[0050] **방사선 처리**

[0051] 공급원료는 방사선으로 처리되어 그의 구조를 변경하여 그의 난분해성을 저감시킬 수 있다. 이러한 처리는, 예를 들어, 공급원료의 평균 분자량을 감소시키고/시키거나, 공급원료의 결정성 구조를 변화시키고/시키거나, 공급원료의 표면적 및/또는 다공률(porosity)을 증가시킬 수 있다. 방사선은, 예를 들어, 전자 빔, 이온 빔, 100 nm 내지 280nm 자외(UV) 광, 감마 혹은 X-선 방사선에 의한 것일 수 있다. 방사선 처리 및 처리용 시스템은 미

국 특허 제8,142,620호 및 미국 특허 출원 제12/417,731호(이들의 전체 개시 내용은 참고로 본 명세서에 편입됨)에서 논의되어 있다.

[0052] 방사선의 각 형태는, 방사선의 에너지에 의해 결정되는 바와 같이, 특정 상호작용을 통해서 바이오매스를 이온화시킨다. 무거운 하전된 입자는 주로 쿨롱 산란을 통해서 물질을 이온화시키고; 또한 이들 상호작용은 더욱 물질을 이온화시킬 수 있는 에너지성 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 플루토늄의 동위 원소의 알파 붕괴에 의해 생산된다. 전자는 전자의 속도의 변화에 의해 생산된 제동복사 방사선 및 쿨롱 산란을 통해서 상호작용한다.

[0053] 입자들이 이용될 경우, 이들은 중성(미하전), 양하전 혹은 음하전되어 있을 수 있다. 하전된 경우, 하전된 입자는 단일의 양하전 혹은 음하전 또는 다수의 전하, 예컨대, 1, 2, 3 혹은 심지어 4개 이상의 전하를 지닐 수 있다. 탄수화물 함유 물질의 분자 구조를 변화시키기 위하여 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 또는 2000배 이상의 질량을 지닐 수 있다. 예를 들어, 입자들은 약 1 원자 단위 내지 약 150 원자 단위, 예컨대, 약 1 원자 단위 내지 약 50 원자 단위 또는 약 1 내지 약 25, 예컨대, 1, 2, 3, 4, 5, 10, 12 혹은 15 원자 단위의 질량을 지닐 수 있다.

[0054] 감마 방사선은 샘플 내 각종 물질 속으로의 상당한 침투 깊이의 이점을 지닌다.

[0055] 조사가 전자기 방사선으로 수행되는 실시형태에 있어서, 전자기 방사선은, 예컨대, 10^2 eV 이상, 예컨대, 10^3, 10^4, 10^5, 10^6 이상 또는 심지어 10^7 eV 이상의 에너지/광자(전자 볼트(electron volt))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 실시형태에 있어서, 전자기 방사선은 10^{18} 내지 10^{22}Hz, 예컨대, 10^{19} 내지 10^{21}Hz의 주파수를 지닌다.

[0056] 전자 충격(electron bombardment)은 10 MeV 미만, 예컨대, 7 MeV 미만, 5 MeV 미만, 또는 2 MeV 미만, 예컨대, 약 0.5 내지 1.5 MeV, 약 0.8 내지 1.8 MeV 또는 약 0.7 내지 1 MeV의 공칭 에너지를 지니는 전자 빔 장치를 이용해서 수행될 수 있다. 몇몇 구현예에 있어서, 공칭 에너지는 약 500 내지 800 keV이다.

[0057] 전자 빔은 비교적 높은 총 빔 파워(모든 가속 헤드의 합해진 빔 파워, 또는 다수의 가속기가 사용될 경우, 모든 가속기 및 모든 헤드의 합해진 빔 파워), 예컨대, 적어도 25kW, 예컨대, 적어도 30, 40, 50, 60, 65, 70, 80, 100, 125 또는 150kW를 지닐 수 있다. 몇몇 경우에, 이 파워는 심지어 500kW, 750kW, 또는 더욱 1000kW 이상으로 높다. 몇몇 경우에, 전자 빔은 1200kW 이상, 예컨대, 1400, 1600, 1800 또는 심지어 3000kW의 빔 파워를 지닌다.

[0058] 이 높은 총 빔 파워는 통상 다수의 가속 헤드를 이용해서 달성된다. 예를 들어, 전자 빔 장치는 2개, 4개 또는 그 이상의 가속 헤드를 포함할 수 있다. 다수의 헤드(각 헤드는 비교적 낮은 빔 파워를 지님)의 이용은 물질 내 과도한 온도 상승을 방지함으로써, 물질이 타버리는 것을 방지하고 또한 물질의 층의 두께를 통한 선량의 균일성을 증가시킨다.

[0059] 일반적으로 바이오매스 물질의 베드는 비교적 균일한 두께를 지니는 것이 바람직하다. 몇몇 실시형태에 있어서, 두께는 약 1 인치 미만(예컨대, 약 0.75 인치 미만, 약 0.5 인치 미만, 약 0.25 인치 미만, 약 0.1 인치 미만, 약 0.1 내지 1 인치, 약 0.2 내지 0.3 인치)이다.

[0060] 물질은 가능한 한 신속하게 처리하는 것이 바람직하다. 일반적으로, 처리는 약 0.25 Mrad/초 이상, 예컨대, 약 0.5, 0.75, 1, 1.5, 2, 5, 7, 10, 12, 15 이상, 또는 심지어 약 20 Mrad/초 이상, 예컨대, 약 0.25 내지 2 Mrad/초의 선량률에서 수행되는 것이 바람직하다. 보다 높은 선량률은 표적 (예컨대 목적으로 하는) 선량을 위하여 보다 높은 처리량을 허용한다. 보다 높은 선량률은 일반적으로, 물질의 열분해를 피하기 위하여, 보다 높은 선속도를 필요로 한다. 하나의 구현예에서, 가속기는 3 MeV, 50mA 빔 전류에 대해서 설정되고, 선 속도는, 약 20 mm의 샘플 두께(예컨대, 0.5 g/㎤의 벌크 밀도(bulk density)를 지니는 분쇄된 옥수수 속대 물질)에 대해서, 24 피트/분이다.

[0061] 몇몇 실시형태에 있어서, 전자 충격은, 물질이 적어도 0.1 Mrad, 0.25 Mrad, 1 Mrad, 5 Mrad, 예컨대, 적어도 10,

20, 30 또는 적어도 40 Mrad의 총 선량을 입수할 때까지 수행된다. 몇몇 실시형태에 있어서, 이 처리는 물질이 약 10 Mrad 내지 약 50 Mrad, 예컨대, 약 20 Mrad 내지 약 40 Mrad 또는 약 25 Mrad 내지 약 30 Mrad의 선량을 입수할 때까지 수행된다. 몇몇 구현예에 있어서, 이상적으로는, 각 통과가 약 1초 동안 적용되는 상태에서, 두 번 패스에 걸쳐서, 예컨대, 5 Mrad/통과에서 인가되는, 25 내지 35 Mrad의 총 선량이 바람직하다. 냉각 방법, 시스템 및 장비는, 예를 들어, 냉각 스크류 컨베이어 및/또는 냉각된 진동 컨베이어를 사용해서, 조사 전, 동안, 후 및 조사들 사이에서 이용될 수 있다.

[0062] 위에서 논의된 바와 같이 다수의 헤드를 이용해서, 물질이, 다수 회 통과, 예컨대, 수초의 냉각을 개재해서, 10 내지 20 Mrad/통과, 예컨대, 12 내지 18 Mrad/통과에서 2회 통과, 또는 7 내지 12 Mrad/통과, 예컨대, 5 내지 20 Mrad/통과, 10 내지 40 Mrad/통과, 9 내지 11 Mrad/통과의 3회 통과로 처리될 수 있다. 본 명세서에서 논의된 바와 같이, 1회의 높은 선량보다 오히려 수회의 비교적 낮은 선량으로 물질을 처리하는 것은 물질의 과열을 방지하고 또한 물질의 두께를 통한 선량 균일성을 증가시키는 경향이 있다. 몇몇 구현예에 있어서, 물질은 각 통과 동안 혹은 후에 교반되거나 그렇지 않으면 혼합되고, 이어서 다음 통과 전에 재차 균일한 층으로 평활화되어, 처리 균일성을 더욱 증대시킨다.

[0063] 몇몇 실시형태에 있어서, 전자는, 예를 들어, 광 속도의 75 퍼센트 이상, 예컨대, 광 속도의 85, 90, 95 또는 99 퍼센트 이상의 속도로 가속된다.

[0064] 몇몇 실시형태에 있어서, 본 명세서에 기재된 임의의 가공처리는 획득한 그대로의 건조 상태이거나 또는 예컨대, 열 및/또는 감압을 이용해서 건조된 리그노셀룰로스 물질에 대해서 행해진다. 예를 들어, 몇몇 실시형태에 있어서, 셀룰로스 및/또는 리그노셀룰로스 물질은 25℃ 및 50% 상대 습도에서 측정된, 약 25중량% 미만(예컨대, 약 20중량% 미만, 약 15중량% 미만, 약 14중량% 미만, 약 13중량% 미만, 약 12중량% 미만, 약 10중량%, 약 9중량% 미만, 약 8중량% 미만, 약 7중량% 미만, 약 6중량% 미만, 약 5중량% 미만, 약 4중량% 미만, 약 3중량% 미만, 약 2중량% 미만, 약 1중량% 미만 또는 약 0.5중량% 미만)의 수분 보유량을 지닌다.

[0065] 몇몇 실시형태에 있어서, 2개 이상의 이온화 공급원, 예컨대, 2개 이상의 전자 공급원이 이용될 수 있다. 예를 들어, 샘플은, 전자 빔에 의해, 이어서 감마 방사선 및 약 100nm 내지 약 280nm의 파장을 지니는 UV 광에 의해, 임의의 순서로 처리될 수 있다. 몇몇 실시형태에 있어서, 샘플은, 전자 빔, 감마 방사선, 및 에너지성 UV 광 등과 같은 3개의 이온화 방사선 공급원으로 처리될 수 있다. 바이오매스는, 전자로 충격이 가해질 수 있는 처리 구역을 통해 반송된다.

[0066] 바이오매스의 난분해성을 더욱 철저히 저감시키고/시키거나 바이오매스를 더욱 개질시키기 위하여 처리를 반복하는 것이 유리할 수 있다. 특히 공정 파라미터는 물질의 난분해성에 따라서 제1(예컨대, 제2, 제3, 제4회 이상) 통과 후에 조정될 수 있다. 몇몇 실시형태에 있어서, 순환 시스템을 포함하는 컨베이어가 이용될 수 있으며, 여기서 바이오매스는 위에서 기술된 각종 공정을 통해서 다수회 반송된다. 몇몇 다른 실시형태에 있어서, 다수의 처리 장치(예컨대, 전자 빔 발생기)를 이용해서, 바이오매스를 다수 회(예컨대, 2, 3, 4회 이상) 처리한다. 또 다른 실시형태에 있어서, 단일의 전자 빔 발생기는, 바이오매스의 처리에 이용될 수 있는 다수의 빔(예컨대, 2, 3, 4개 이상의 빔)의 공급원일 수 있다.

[0067] 탄수화물-함유 바이오매스의 분자/초분자 구조의 변화 및/또는 난분해성의 저감 효율은 이용된 전자 에너지 및 인가된 선량에 좌우되는 한편, 노출 시간은 전력과 선량에 좌우된다. 몇몇 실시형태에 있어서, 선량률 및 총 선량은 바이오매스 물질을 파괴하지(예컨대, 숯이 되거나 혹은 타버리지) 않도록 조절된다. 예를 들어, 탄수화물은, 바이오매스로부터 그대로, 예컨대 단량체성 당으로서 방출될 수 있도록 가공처리에서 손상되지 않아야 한다.

[0068] 몇몇 실시형태에 있어서, 상기 처리(임의의 전자 공급원 또는 공급원들의 조합을 이용)는, 물질이 적어도 약 0.05 Mrad, 예컨대, 적어도 약 0.1, 0.25, 0.5, 0.75, 1.0, 2.5, 5.0, 7.5, 10.0, 15, 20, 25, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90, 100, 125, 150, 175 또는 200 Mrad의 선량을 입수할 때까지 수행된다. 몇몇 실시형태에 있어서, 상기 처리는, 물질이 0.1 내지 100 Mrad, 1 내지 200, 5 내지 200, 10 내지 200, 5 내지 150, 50 내지 150 Mrad, 5 내지 100, 5 내지 50, 5 내지 40, 10 내지 50, 10 내지 75, 15 내지 50, 20 내지 35 Mrad의 선량을 입수할 때까지 수행된다.

[0069] 몇몇 실시형태에 있어서, 예컨대, 셀룰로스 또는 리그노셀룰로스 물질의 분자량을 증가시키기 위하여, (임의의 방사선 공급원 또는 본 명세서에 기재된 공급원들의 조합에 의해) 비교적 낮은 선량의 방사선이 이용된다. 그 예로는, 적어도 약 0.05 Mrad, 예컨대, 적어도 약 0.1 Mrad 또는 적어도 약 0.25, 0.5, 0.75. 1.0, 1.5, 2.0,

2.5, 3.0, 3.5, 4.0 또는 적어도 약 5.0 Mrad의 선량이다. 몇몇 실시형태에 있어서, 조사는, 물질이 0.1 Mrad 내지 2.0 Mrad, 예컨대, 0.5 Mrad 내지 4.0 Mrad, 및 1.0 Mrad 내지 3.0 Mrad의 선량을 입수할 때까지 수행된다.

[0070] 또한, 방사선의 물질 속으로의 목적으로 하는 침투도를 달성하기 위하여, 다수의 방향으로부터 동시에 혹은 순차로 조사하는 것이 바람직할 수 있다. 예를 들어, 물질, 예컨대, 목재의 밀도와 수분 함량, 그리고 이용된 방사선 공급원의 유형(예컨대, 감마 또는 전자 빔)에 따라서, 물질 속으로의 방사선의 최대 침투는 단지 약 0.75 인치일 수 있다. 이러한 경우에, 더 두꺼운 선택(1.5 인치까지)은 먼저 한쪽으로부터 물질을 조사하고 나서, 물질을 뒤집어서 다른 쪽으로부터 조사함으로써 조사될 수 있다. 다수의 방향으로부터의 조사는, 감마 방사선보다 빠르게 조사하지만 전형적으로 그다지 큰 침투 깊이는 얻어지지 않는 전자 빔 방사선에 특히 유용할 수 있다.

[0071] **방사선 불투과성 물질(radiation opaque material)**

[0072] 이 방사선 단계는 방사선 불투과성 물질을 이용해서 구축되는 돔형 저장소 및/또는 벙커 내에서 물질을 가공처리하는 것을 포함할 수 있다. 몇몇 구현예에 있어서, 방사선 불투과성 물질은 많은 물질을 침투할 수 있는 높은 에너지(단파장)를 지니는 X-선으로부터 구성부품들을 차단할 수 있도록 선택된다. 방사선 차단 인클로저(radiation shielding enclosure)를 설계함에 있어서의 하나의 중요한 인자는 이용된 물질의 감쇠 길이이며, 이는 특정 물질에 대한 요구되는 두께, 물질들의 배합물 또는 층상 구조를 결정할 것이다. 감쇠 길이는 방사선이 입사 방사선의 것보다 대략 1/e(e = 오일러 계수(Euler's number))배로 감소되는 침투 거리이다. 사실상 모든 물질은 충분히 두껍다면 방사선 불투과성이지만, 높은 Z값(원자 번호)를 지니는 원소의 높은 조성 비율(예컨대, 밀도)을 함유하는 물질은 보다 짧은 방사선 감쇠 길이를 지니므로, 이러한 물질이 보다 얇게 사용된다면, 보다 가벼운 차단이 제공될 수 있다. 방사선 차단에 이용되는 높은 Z값 물질의 예는, 탄탈룸 및 납이다. 방사선 차단에서의 다른 중요한 파라미터는, 감마선 강도를 50%만큼 저감시키는 특정 물질의 두께인 반감 거리(halving distance)이다. 0.1 MeV의 에너지를 지니는 X-선 방사선의 일례로서, 그 반감 두께는 콘크리트에 대해서 약 15.1㎜이고, 납에 대해서 약 2.7㎜인 반면, 1 MeV의 X-선 에너지를 이용할 경우, 콘크리트에 대한 반감 두께는 약 44.45㎜이고, 납에 대해서는 약 7.9㎜이다. 방사선 불투과성 물질은 다른 쪽을 통과하는 방사선을 감소시킬 수 있는 한 두껍거나 얇은 물질일 수 있다. 따라서, 특정 인클로저가, 예컨대, 가벼운 중량을 위하여 혹은 크기 규제로 인해, 낮은 벽 두께를 지니는 것이 요망된다면, 선택된 물질은 그의 반감 길이가 인클로저의 목적으로 하는 벽 두께와 동일하거나 그 미만이 되도록 충분한 Z값 및/또는 감쇠 길이를 지녀야 한다.

[0073] 몇몇 경우에, 방사선 불투과성 물질은, 예를 들어, 양호한 차폐를 제공하기 위하여 보다 높은 Z값 물질의 층을 지니는 층상 물질, 및 다른 특성(예컨대, 구조 무결성, 충격 저항 등)을 제공하기 위하여 보다 낮은 Z값 물질의 층일 수 있다. 몇몇 경우에, 층상 물질은, 예컨대, 층들이 높은-Z에서부터 연속적으로 보다 낮은 Z-요소까지의 구배를 제공하는 라미네이트를 비롯하여, "등급화(graded)-Z" 라미네이트일 수 있다. 본 명세서에서 앞서 기재된 바와 같이, 본 명세서에서 앞서 기재된 바와 같이, 몇몇 경우에, 방사선 불투과성 물질은 인터로킹 블록(interlocking block)일 수 있고, 예를 들어, 납 및/또는 콘크리트 블록은 넬코 월드와이드사(NELCO Worldwide)(매사추세츠주의 버링턴시에 소재)에 의해 공급될 수 있으며, 재구성가능한 돔형 저장소가 이용될 수 있다.

[0074] 방사선 불투과성 물질은 해당 물질로 형성된 구조(예컨대, 벽, 문, 천장, 인클로저, 이들의 시리즈 혹은 이들의 조합)를 통과하는 방사선을 입사 방사선에 비해서 대략 적어도 약 10%(예컨대, 적어도 약 20%, 적어도 약 30%, 적어도 약 40%, 적어도 약 50%, 적어도 약 60%, 적어도 약 70%, 적어도 약 80%, 적어도 약 90%, 적어도 약 95%, 적어도 약 96%, 적어도 약 97%, 적어도 약 98%, 적어도 약 99%, 적어도 약 99.9%, 적어도 약 99.99%, 적어도 약 99.999%)만큼 저감시킬 수 있다. 따라서, 방사선 불투과성 물질로 이루어진 인클로저는 장비/시스템/구성부품의 노출을 동일량만큼 저감시킬 수 있다. 방사선 불투과성 물질은 스테인리스 강, 25 이상의 Z값을 지니는 금속(예컨대, 납, 철), 콘크리트, 분진, 모래 및 이들의 조합을 포함할 수 있다. 방사선 불투과성 물질은 적어도 약 1㎜(예컨대, 5㎜, 10㎜, 5㎝, 10㎝, 100㎝, 1m, 10m)의 입사 방사선의 방향에 장벽을 포함할 수 있다.

[0075] **방사선 공급원**

[0076] 방사선의 유형은 이용된 방사선 공급원의 종류뿐만 아니라 방사선 장치 및 관련된 장비를 결정한다. 예를 들어 물질을 방사선으로 처리하기 위한 본 명세서에 기재된 방법, 시스템 및 장비는, 본 명세서에 기재된 바와 같은 공급원뿐만 아니라 기타 임의의 유용한 공급원을 이용할 수 있다.

[0077] 감마선의 공급원은 코발트, 칼슘, 테크네튬, 크롬, 갈륨, 인듐, 요오드, 철, 크립톤, 사마륨, 셀렌, 나트륨, 탈륨 및 제논의 동위원소 등과 같은 방사성 핵을 포함한다.

[0078] X-선 공급원으로는 금속 표적, 예컨대, 텅스텐 혹은 몰리브덴 또는 합금과의 전자빔 충돌, 또는 소형 광원, 예컨대, 린시안사(Lyncean)에 의해 상업적으로 제조된 것들을 포함한다.

[0079] 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 플루토늄의 동위 원소의 알파 붕괴에 의해 생산된다.

[0080] 자외선 방사선용의 공급원으로는 중수소 혹은 카드뮴 램프를 포함한다.

[0081] 적외 방사선용의 공급원으로는 사파이어, 아연 또는 셀렌 창 세라믹 램프(window ceramic lamp)를 포함한다.

[0082] 마이크로파용의 공급원으로는 클라이스트론, 슬레빈(Slevin)형 RF 공급원, 또는 수소, 산소 혹은 질소 기체를 이용하는 원자빔 공급원을 들 수 있다.

[0083] 입자(예컨대, 전자 또는 이온)를 가속시키는데 이용되는 가속기는 DC(예컨대, 정전 DC 또는 전기역학적 DC), RF 선형, 자기 유도 선형 혹은 연속 파일 수 있다. 예를 들어, 장 이온화 공급원, 정전 이온 분리기, 장 이온화 발생기, 열전자 방출 공급원, 마이크로파 방전 이온 공급원, 재순환 또는 정적 가속기, 동적 선형 가속기, 반데 그라프 가속기(van de Graaff accelerator), 콕크로프트 월톤 가속기(Cockroft Walton accelerator)(예컨대, 펠레트론(PELLETRON)(등록상표) 가속기), 리낙스(LINACS), 다이나미트론(Dynamitron)(예컨대, 다이나미트론(DYNAMITRON)(등록상표) 가속기), 사이클로트론(cyclotron), 싱크로트론(synchrotron), 배타트론(betatron), 변압기식 가속기(transformer-type accelerator), 마이크로트론(microtron), 플라즈마 발생기, 캐스케이드 가속기, 및 폴디드 탄뎀 가속기(folded tandem accelerator)를 비롯하여 각종 조사 장치가 본 명세서에 개시된 방법에서 이용될 수 있다. 예를 들어, 사이클로트론식 가속기는 로도트론(RHODOTRON)(상표명) 시스템 등과 같이 벨기에의 IBA사로부터 입수가능한 반면, DC식 가속기는 다이나트론(DYNAMITRON)(등록상표) 등과 같이 RDI사, 이제는 IBA 인더스트리얼사로부터 입수가능하다. 기타 적절한 가속기 시스템으로는, 예를 들어, 일본국의 닛신 고전압사(Nissin High Voltage)로부터 입수 가능한 DC 절연 코어 변압기(DC insulated core transformer: ICT)식 시스템; L3-PSD(미국), 리낙 시스템즈사(Linac Systems)(프랑스), 메벡스사(Mevex)(캐나다) 및 미츠비시 중공업사(Mitsubishi Heavy Industries)(일본국)로부터 입수 가능한 S-밴드 리낙(S-band LINAC); 이오트론 인더스트리즈사(Iotron Industries)(캐나다)로부터 입수가능한 L-밴드 리낙(L-band LINAC); 및 부드커 라보라토리즈사(Budker Laboratories)(러시아)로부터 입수가능한 ILU-기반 가속기를 포함한다. 이온 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 Leitner, C.M. et al., "Status of the Superconducting ECR Ion Source Venus", Proceedings of EPAC 2000, Vienna, Austria]에 논의되어 있다. 몇몇 입자 가속기 및 그들의 용도는 미국 특허 제7,931,784호(Medoff)에 개시되어 있으며, 이 문헌의 전체 개시 내용은 참고로 본 명세서에 편입된다.

[0084] 전자는 요오드, 세슘, 테크네튬 및 이리듐의 동위 원소 등의 베타 붕괴를 겪는 방사성 핵에 의해 생성될 수 있다. 대안적으로는, 전자총은 열이온 방사를 통해 전자 공급원으로서 이용되고, 가속 전위를 통해 가속될 수 있다. 전자총은 전자를 발생하고, 이것은 이어서 커다란 전위(예컨대, 약 50만 이상, 약 1백만 이상, 약 2백만 이상, 약 5백만 이상, 약 6백만 이상, 약 7백만 이상, 약 8백만 이상, 약 9백만 이상 또는 심지어 1천만 이상의 돔형 저장소)를 통해 가속되고 나서, 전자가 초기에 가속기 관 아래의 z 방향으로 가속되고 호일 창(foil window)을 통해 추출되는 경우, x-y 평면에서 자기 주사된다. 전자 빔을 주사하는 것은, 주사된 빔을 통해서 반송되는, 물질, 예컨대, 바이오매스를 조사할 때 조사면을 증가시키는데 유용하다. 전자 빔을 주사하는 것은 또한 상기 창에 균일하게 열 부하를 분배시키고, 전자 빔에 의한 국지적인 가열로 인한 호일 창 파괴를 저감시키는데 도움을 준다. 창 호일 파괴는, 후속의 필요한 수선 및 전자총의 재개시로 인한 상당한 정지 시간의 원인이다.

[0085] 장 이온화 공급원, 정전 이온 분리기, 장 이온화 발생기, 열이온 발생 공급원, 마이크로파 방전 이온 공급원, 재순환 또는 정적 가속기, 동적 선형 가속기, 반데 그라프 가속기(van de Graaff accelerator) 및 폴디드 탄뎀 가속기(folded tandem accelerator)를 비롯하여 각종 기타 조사 장치가 본 명세서에 개시된 방법에서 이용될 수 있다. 이러한 장치는, 예를 들어, 미국 특허 제7,931,784호(Medoff)에 개시되어 있으며, 이 문헌의 전체 개시 내용은 참고로 본 명세서에 편입된다.

[0086] 전자 빔은 방사선 공급원으로서 이용될 수 있다. 전자 빔은 높은 선량률(예컨대, 1, 5 또는 심지어 10 Mrad/초), 높은 처리량, 적은 오염 및 적은 구속 장비라고 하는 이점을 지닌다. 전자 빔은 또한 높은 전기 효율(예컨대, 80%)을 지닐 수 있어, 다른 방사선 방법에 비해서 더 낮은 에너지 이용을 허용하고, 이는 보다 낮은 운용 비용 및 보다 적은 양의 이용된 에너지에 대응하는 보다 낮은 온실 가스 방출로 해석될 수 있다. 전자빔은, 예컨대, 정전 발전기, 캐스케이드 발전기, 변압기 발전기, 주사 시스템을 구비한 낮은 에너지 가속기, 선형 캐소드를 구비한 낮은 에너지 가속기, 선형 가속기, 및 펄스 가속기에 의해 발생될 수 있다.

[0087] 전자는 또한, 예를 들어, 사슬 절단 기전에 의한, 탄수화물-함유 물질의 분자 구조의 변화 초래 시 더욱 효율적일 수 있다. 또한, 0.5 내지 10 MeV의 에너지를 가진 전자는 저밀도 물질, 예컨대, 본 명세서에 기재된 바이오매스 물질, 예컨대, 0.5 g/㎤ 미만의 벌크 밀도와 0.3 내지 10㎝의 깊이를 지니는 물질을 침투할 수 있다. 이온화 방사선 공급원으로서의 전자는, 예컨대, 약 0.5 인치 미만, 예컨대, 약 0.4 인치, 0.3 인치, 0.25 인치 미만, 또는 약 0.1 인치 미만의 비교적 얇은 더미, 물질의 층들 혹은 베드들에 대해서 유용할 수 있다. 몇몇 실시형태에 있어서, 전자 빔의 각 전자의 에너지는 약 0.3 MeV 내지 약 2.0 MeV(백만 전자 볼트(million electron volt)), 예컨대, 약 0.5 MeV 내지 약 1.5 MeV 또는 약 0.7 MeV 내지 약 1.25 MeV이다. 물질을 조사하는 방법은 미국 특허 출원 공개 제2012/0100577 A1호(출원일: 2011년 10월 18일)에 논의되어 있으며, 이 문헌의 전체 개시내용은 참고로 본 명세서에 편입된다.

[0088] 전자 빔 조사 장치는 상업적으로 구매하거나 구축될 수 있다. 예를 들어, 인덕터, 커패시터, 케이싱, 전원, 케이블, 배선, 전압 제어 시스템, 전류 제어 소자, 절연 물질, 미세제어기 및 냉각 장비 등과 같은 구성요소 혹은 부품을 구입하여 장치 속에 조립할 수 있다. 선택적으로, 상업적 장치는 변경되고/되거나 개조될 수 있다. 예를 들어, 장치 및 부품들은 이온빔 애플리케이션즈사(Ion Beam Applications)(벨기에의 루바인-라-누브에 소재), 바식 어소시에이츠사(Wasik Associates Inc.)(매사추세츠주의 드라컷시에 소재), NHV사(일본국), 티탄 코포레이션(Titan Corporation)(캘리포니아주의 샌디에이고시에 소재), 비비라드 하이 볼테이지사(Vivirad High Voltage Corp)(매사추세츠주의 빌레리카시에 소재) 및/또는 부드커 라보라토리즈사(Budker Laboratories)(러시아)를 포함하는 본 명세서에 기재된 상업적 공급원들 중 어느 하나로부터 구입할 수 있다. 전형적인 전자 에너지는 0.5 MeV, 1 MeV, 2 MeV, 4.5 MeV, 7.5 MeV 또는 10 MeV이다. 전형적인 전자 빔 조사 장치 전력은 1kW, 5 kW, 10kW, 20kW, 50kW, 60kW, 70kW, 80kW, 90kW, 100kW, 125kW, 150kW, 175kW, 200kW, 250kW, 300kW, 350kW, 400kW, 450kW, 500kW, 600kW, 700kW, 800kW, 900kW 또는 심지어 1000kW일 수 있다. 사용될 수 있는 가속기로는 NHV 조사기 미디움 에너지 시리즈 EPS-500(예컨대, 500kV 가속기 전압 및 65, 100 또는 150mA 빔 전류), EPS-800(예컨대, 800kV 가속기 전압 및 65 또는 100mA 빔 전류) 또는 EPS-1000(예컨대, 1000kV 가속기 전압 및 65 또는 100mA 빔 전류)을 포함한다. 또한, EPS-1500(예컨대, 1500kV 가속기 전압 및 65mA 빔 전류), EPS-2000(예컨대, 2000kV 가속기 전압 및 50mA 빔 전류), EPS-3000(예컨대, 3000kV 가속기 전압 및 50mA 빔 전류) 및 EPS-5000(예컨대, 5000 및 30mA 빔 전류) 등과 같은 NHV의 하이 에너지 시리즈로부터의 가속기가 이용될 수 있다.

[0089] 전자빔 조사 장치 전력 사양을 고려할 때의 트레이드오프(tradeoff)는 운용 비용, 자본금, 감가상각 및 장치가 차지하는 공간을 포함한다. 전자빔 조사의 노출 선량 수준을 고려할 때의 트레이드오프는 에너지 비용과, 환경, 안전성 및 건강(ESH: environment, safety, and health) 관련사항일 것이다. 전형적으로, 발생기는, 특별히 이 공정에서 발생되는 X-선으로부터의 생산을 위하여, 예컨대, 납 혹은 콘크리트의 돔형 저장소에 수용된다. 전자 에너지를 고려할 때의 트레이드오프는 에너지 비용을 포함한다.

[0090] 전자빔 조사 장치는 고정 빔 혹은 주사 빔을 생산할 수 있다. 주사 빔은, 이것이 보다 커다란 고정 빔 폭으로 효과적으로 대체됨에 따라, 커다란 주사 스위프 길이(scan sweep length) 및 높은 주사 속도를 지니므로 유리할 수 있다. 또한, 0.5m, 1m, 2m 또는 그 이상의 유용한 스위프 폭이 이용가능하다. 주사 빔은 보다 큰 주사 폭, 국지적 가열의 가능성 감소 및 창의 고장 때문에 본 명세서에 기재된 대부분의 실시형태에서 바람직하다.

[0091] **전자총-창**

[0092] 전자 가속기용의 추출 시스템은 2개의 창 호일을 포함할 수 있다. 이 2 창 호일 추출 시스템 내의 냉각 기체는 퍼지 기체(purge gas) 또는 혼합물, 예를 들어, 공기 혹은 순수한 기체일 수 있다. 일 실시형태에 있어서, 기체는 불활성 기체, 예컨대, 질소, 아르곤, 헬륨 및/또는 이산화탄소이다. 전자 빔에 대한 에너지 손실이 최소화되므로 액체보다 오히려 기체를 이용하는 것이 바람직하다. 순수한 기체의 혼합물은, 또한 창에 충돌하기 전에 라인 내에서 혹은 창들 사이의 공간에서 미리 혼합되거나 혼합된 상태로 이용될 수 있다. 냉각 기체는 예를 들어 열 교환 시스템(예컨대, 냉각장치)을 이용함으로써, 및/또는 응축 기체(예컨대, 액체 질소, 액체 헬륨)로부터의 증발을 이용함으로써 냉각될 수 있다. 창 호일은 PCT/US2013/64332(출원일: 2013년 10월 10일, 그 전체 개시내

용이 참고로 본 명세서에 편입됨)에 기재되어 있다.

[0093] **방사선 처리 동안 가열 및 처리량**

[0094] 수개의 프로세스가 전자 빔으로부터의 전자가 비탄력적인 충돌에서 물질과 상호작용할 경우 바이오매스에서 일어날 수 있다. 그 프로세스의 예는, 물질의 이온화, 물질 내 중합체의 사슬 절단, 물질 내 중합체의 가교결합, 물질의 산화, X-선의 발생("제동복사"(Bremsstrahlung)) 및 분자의 진동 여기(예컨대, 포논 발생)이다. 특정 기전에 구속되는 일 없이, 난분해성의 저감은 이들 비탄성 충돌 효과, 예를 들어, 이온화, 중합체의 사슬 절단, 산화 및 포논 발생의 여러 가지로 인한 것일 수 있다. 그 효과의 몇몇(예컨대, 특히 X-선 발생)은, 차단 및 공학적 장벽, 예를 들어, 콘크리트(또는 기타 방사선 불투과성 물질) 돔형 저장소 내에서의 조사 공정의 에워싸기를 필요로 한다. 조사의 다른 효과인 진동 여기는, 샘플을 가열하는 것에 상당한다. 조사에 의한 샘플의 가열은 난분해성을 저감시키는 것을 도울 수 있지만, 과도한 가열은 이하에 설명되는 바와 같이 물질을 파괴시킬 수 있다.

[0095] 이온화 방사선의 흡착으로부터의 단열적 온도 상승(ΔT)은 방정식: ΔT = D/Cp에 의해 부여되며: 식 중, D는 평균 선량(kGy)이고, Cp는 열 용량(J/g ℃)이며, ΔT는 온도 변화(℃)이다. 전형적인 건조 바이오매스 물질은 2에 근접한 열 용량을 지닐 것이다. 젖은 바이오매스는 물의 열 용량이 매우 높으므로(4.19 J/g ℃) 물의 양에 따라서 더 높은 열 용량을 지닐 것이다. 금속은 훨씬 낮은 열 용량을 지니며, 예를 들어, 304 스테인리스 강은 0.5 J/g ℃의 열 용량을 지닌다. 방사선의 각종 선량에 대해서 바이오매스 및 스테인리스 강에서의 방사선의 즉각적인 흡착으로 인한 온도 변화가 이하에 표시되어 있다.

바이오매스 및 스테인리스 강에 대한 계산된 온도 증가

선량 (Mrad)	추정된 바이오매스 ΔT (°C)	강 ΔT (°C)
10	50	200
50	250, 분해	1000
100	500, 분해	2000
150	750, 분해	3000
200	1000, 분해	4000

[0096]

[0097] 고온은 바이오매스 내의 바이오중합체를 파괴시키고/시키거나 개질시킬 수 있으므로, 중합체(예컨대, 셀룰로스)가 추가의 가공처리에 적합하지 않게 된다. 고온에 노출된 바이오매스는 검고 점착성으로 될 수 있고 분해를 나타내는 악취를 방출할 수 있다. 점착성은 또한 물질을 반송하기 어렵게 만들 수 있다. 악취는 불쾌할 수 있고, 또한 안전성 쟁점이 될 수 있다. 사실상, 바이오매스를 약 200℃ 이하(예컨대, 약 190℃ 이하, 약 180℃ 이하, 약 170℃ 이하, 약 160℃ 이하, 약 150℃ 이하, 약 140℃ 이하, 약 130℃ 이하, 약 120℃ 이하, 약 110℃ 이하, 약 60℃ 내지 180℃, 약 60℃ 내지 160℃, 약 60℃ 내지 150℃, 약 60℃ 내지 140℃, 약 60℃ 내지 130℃, 약 60℃ 내지 120℃, 약 80℃ 내지 180℃, 약 100℃ 내지 180℃, 약 120℃ 내지 180℃, 약 140℃ 내지 180℃, 약 160℃ 내지 180℃, 약 100℃ 내지 140℃, 약 80℃ 내지 120℃)로 유지하는 것은 본 명세서에 기재된 공정(혹은 방법)들에서 유익한 것으로 판명되었다.

[0098] 약 10 Mrad 이상의 조사는 본 명세서에 기재된 공정들에서 바람직한 것으로(예컨대, 난분해성의 저감) 판명되었다. 높은 처리량은 또한 조사 선량이 바이오매스를 가공처리함에 있어서 병목으로 되지 않으므로 바람직하다. 처리는 선량률 방정식: M = FP/D · 시간에 의해 지배되며, 식 중, M은 조사된 물질의 질량(kg)이고, F는 흡착된 전력 분율(단위 없음)이며, P는 방사된 전력(kW = 전압(MeV) x 전류(mA))이고, 시간은 처리 시간(초)이며, D는 흡착된 선량(kGy)이다. 흡착된 전력의 일부가 고착되고, 방출된 전력은 일정하며, 설정된 선량이 바람직한 예시적인 공정에서, 처리량(예컨대, M, 처리된 바이오매스)은 조사 시간을 증가시킴으로써 증가될 수 있다. 그러나, 물질을 냉각시키는 일 없이 조사를 증가시키는 것은, 위에서 나타낸 계산에 의해 예시된 바와 같이 물질을 과도하게 가열할 수 있다. 바이오매스는 낮은 열전도율(약 0.1 $Wm^{-1}K^{-1}$ 미만)을 지니므로, 예를 들어, 에너지를 전달하는 히트 싱크가 있는 한 신속하게 에너지를 방산시킬 수 있는 금속(약 10 $Wm^{-1}K^{-1}$ 이상)과 달리, 열 방산이 느리다.

[0099] **전자총-빔 스탑(beam stop)**

[0100] 몇몇 실시형태에 있어서, 시스템 및 방법은 빔 스탑(예컨대, 셔터)을 포함한다. 예를 들어, 빔 스탑은 전자 빔 장치를 파워 다운시키는 일 없이 물질의 조사를 신속하게 정지 혹은 저감시키는데 이용될 수 있다. 대안적으로 빔 스탑은 전자 빔을 파워 업시키는 동안 이용될 수 있고, 예컨대, 빔 스탑은 목적으로 하는 수준의 빔 전류가 달성될 때까지 전자 빔을 정지시킬 수 있다. 빔 스탑은 1차 호일 창과 2차 호일 창 사이에 배치될 수 있다. 예를 들어, 빔 스탑은 이동가능하도록, 즉, 빔 경로 내로 그리고 빔 경로 밖으로 이동될 수 있도록 장착될 수 있다. 예를 들어, 조사 선량을 제어하기 위하여, 빔의 더욱 부분적인 커버리지가 이용될 수 있다. 빔 스탑은, 바닥에, 바이오매스용의 컨베이어에, 벽에, 방사선 장치에(예컨대, 주사 혼에서), 또는 임의의 구조적 지지부에 장착될 수 있다. 바람직하게는, 빔 스탑은, 빔이 빔 스탑에 의해 효과적으로 제어될 수 있도록, 주사 혼에 관하여 고정된다. 빔 스탑은, 빔 내로 그리고 빔으로부터 이동하는 그의 동작을 허용하는 힌지, 레일, 휠, 슬롯 또는 기타 수단을 편입할 수 있다. 빔 스탑은 전자의 적어도 5%, 예컨대, 전자의 적어도 10%, 20%, 30%, 40%, 50%, 60%, 70%, 적어도 80%, 85%, 90%, 91%, 92%, 93%, 94%, 95%, 96%, 97%, 98%, 99% 또는 심지어 약 100%를 정지시킬 물질이면 어떠한 것으로도 제조될 수 있다.

[0101] 빔 스탑은, 스테인리스 강, 납, 철, 몰리브덴, 은, 금, 티타늄, 알루미늄, 주석을 포함하지만 이들로 제한되는 것은 아닌 금속, 또는 이들의 합금, 또는 이러한 금속으로 만들어진 적층체(층상 물질)(예컨대, 금속-코팅된 세라믹, 금속-코팅된 중합체, 금속-코팅된 복합재, 다층 금속 물질)로 만들어질 수 있다.

[0102] 빔 스탑은, 예를 들어, 수용액 혹은 기체 등과 같은 냉각 유체로 냉각될 수 있다. 빔 스탑은 부분적으로 혹은 완전히 중공일 수 있고, 예를 들어, 공동(cavity)을 지닐 수 있다. 빔 스탑의 내부 공간은, 냉각 유체 및 기체를 위하여 이용될 수 있다. 빔 스탑은 평판, 만곡, 원형, 타원형, 정사각형, 직사각형, 베벨형 및 쐐기 형상을 포함하는 임의의 형상일 수 있다.

[0103] 빔 스탑은 일부 전자의 통과를 허용하여, 창의 전체 영역에 걸쳐서 또는 창의 특정 구역에 방사선의 수준을 제어(예컨대, 저감)시키도록 천공을 지닐 수 있다. 빔 스탑은, 예를 들어, 섬유 또는 와이어로 형성된 메쉬일 수 있다. 다수의 빔 스탑이, 조사를 제어하기 위하여 함께 혹은 독립적으로 이용될 수 있다. 빔 스탑은, 예컨대, 빔을 위치 내로 혹은 해당 위치 밖으로 이동시키기 위하여 무선 신호에 의해 원격 제어될 수 있거나, 또는 모터에 고정 배선되어 있을 수 있다.

[0104] **빔 덤프(beam dump)**

[0105] 본 명세서에 개시된 실시형태는 또한 방사선 처리를 이용할 때 빔 덤프를 포함할 수 있다. 빔 덤프의 목적은 하전된 입자의 빔을 안전하게 흡수하기 위한 것이다. 빔 스탑와 마찬가지로, 빔 덤프는 하전된 입자의 빔을 차단하는데 이용될 수 있다. 그러나, 빔 덤프는 빔 스탑보다 훨씬 더 강건하고, 연장된 시간 기간 동안 전자 빔의 전체 전력을 차단하도록 의도된다. 이들은 흔히 가속기가 파워 업됨에 따라서 빔을 차단하는데 이용된다.

[0106] 빔 덤프는 또한 이러한 빔에 의해 발생된 열을 수용하도록 설계되고, 통상 구리, 알루미늄, 탄소, 베릴륨, 텅스텐 또는 수은 등과 같은 물질로 만들어진다. 빔 덤프는 예를 들어 해당 빔 덤프와 열 접촉될 수 있는 냉각 유체를 이용해서 냉각될 수 있다.

[0107] **바이오매스 물질**

[0108] 리그노셀룰로스 물질은, 목재, 파티클 보드, 산림 폐기물(예컨대, 톱밥, 포플러 나무, 목재 칩), 목초(예컨대, 지팽이풀, 억새, 코드 그래스, 흰줄갈풀), 농산물 잔류물(예컨대, 왕겨, 귀리 껍질, 밀겨, 보리 겨), 농산물 폐기물(예컨대, 사일리지, 카놀라짚, 밀짚, 보리짚, 귀리짚, 볏짚, 황마, 대마, 아마, 대나무, 사이잘마, 마닐라삼, 옥수수 속대, 옥수수 겉대, 대두 여물, 옥수수 섬유, 알팔파, 건초, 코코넛 헤어), 당 가공처리 잔류물(예컨대, 버개스(bagasse), 사탕무우박, 용설란 버개스), 조류(algae), 해초, 거름, 오수, 및 이들의 임의의 혼합물을 포함하지만 이들로 제한되는 것은 아니다.

[0109] 몇몇 경우에, 리그노셀룰로스 물질은 옥수수 속대를 포함한다. 분쇄 혹은 해머밀링된 옥수수 속대는 조사를 위하여 비교적 균일한 두께의 층으로 확산될 수 있고, 조사 후에는 추가의 가공처리를 위하여 매체에 분산되기 용이하다. 수확 및 수집을 용이하게 하기 위하여, 몇몇 경우에는, 옥수숫대(corn stalk), 옥수수 알, 또한 몇몇 경우에는 심지어 식물의 뿌리계를 포함하여 옥수수의 전체 식물이 이용된다.

[0110] 유리하게는, (질소 공급원, 예컨대, 요소 또는 암모니아 이외의) 추가적인 영양분도 충분한 양의 옥수수 속대를 함유하는 옥수수 속대 또는 셀룰로스 혹은 리그노셀룰로스 물질의 발효 동안 요구되지 않는다.

[0111] 옥수수 속대는, 분쇄 전후에, 또한 반송되고 분산되기 더욱 용이하며, 건초 및 목초 등과 같은 기타 셀룰로스 또는 리그노셀룰로스 물질보다 공기 중에서 폭발성 혼합물을 형성하는 경향이 더 적어진다.

[0112] 셀룰로스 물질은, 예를 들어, 종이, 종이제품, 폐지, 제지용 펄프, 색소지, 적재지, 코팅지, 충전 종이, 잡지, 인쇄물(예컨대, 서적, 카탈로그, 매뉴얼, 라벨, 캘린더, 그리팅 카드, 브로셔, 안내서, 신문 인쇄용지), 프린터 용지, 다중코팅지, 명함 용지, 카드보드, 보드지, 목면과 같은 높은 α-셀룰로스 함량을 지니는 물질, 및 이들의 임의의 혼합물을 포함한다. 예를 들어, 종이 제품은 미국 특허 출원 제13/396,365호("Magazine Feedstocks", Medoff 등, 출원일: 2012년 2월 14일)에 기재된 바와 같으며, 이 문헌의 전체 개시내용은 참고로 본 명세서에 편입된다.

[0113] 셀룰로스 물질은 또한 부분적으로 혹은 완전히 탈-리그닌화된 리그노셀룰로스 물질을 포함할 수 있다.

[0114] 몇몇 경우에, 다른 바이오매스 물질, 예컨대, 전분 물질이 이용될 수 있다. 전분 물질은, 전분 자체, 예컨대, 옥수수 전분, 밀 전분, 감자 전분 또는 쌀 전분, 전분의 유도체, 또는 전분, 예컨대, 식용 식품 제품 혹은 작물 등을 포함하는 물질을 포함한다. 예를 들어, 전분 물질은 아라카차, 메밀, 바나나, 보리, 카사바, 칡, 안데스괭이밥, 사고, 수수, 보통 가정용 감자, 고구마, 타로, 얌, 또는 1종 이상의 콩, 예컨대, 잠두, 렌즈콩 혹은 완두일 수 있다. 2종 이상의 전분 물질의 배합물도 또한 전분 물질이다. 전분, 셀룰로스 및 또는 리그노셀룰로스 물질의 혼합물도 이용될 수 있다. 예를 들어, 바이오매스는 식물 전체, 식물의 일부 혹은 식물의 상이한 부분들, 예컨대, 밀 식물, 목면 식물, 벼 식물 혹은 나무일 수 있다. 전분 물질은 본 명세서에 기재된 방법들의 어느 것에 의해서도 처리될 수 있다.

[0115] 공급원료로서 이용될 수 있는 미생물 물질은, 탄수화물의 공급원(예컨대, 셀룰로스), 예를 들어, 원생생물, 예컨대, 동물 원생생물(예컨대, 편모충류, 아메바류, 섬모류 및 포자충류 등의 원생동물) 및 식물 원생생물(예컨대, 알베오레이트(alveolate), 클로라라크니오식물(chlorarachniophyte), 크립토모나드(cryptomonad), 유글레나류(euglenid), 회조류(glaucophyte), 착편모조(haptophyte), 홍조류(red algae), 부등편모조류(stramenopiles) 및 녹색식물(viridaeplantae) 등의 조류)을 제공하는 것이 가능하거나 이들을 함유하는 천연 유래 혹은 유전자 변형된 미생물 혹은 유기체의 어느 것이라도 포함하지만, 이들로 제한되는 것은 아니다. 다른 예로는 해초, 플랑크톤(예컨대, 매크로플랑크톤, 메조플랑크톤, 마이크로플랑크톤, 나노플랑크톤, 피코플랑크톤 및 펨토플랑크톤), 식물플랑크톤, 박테리아, 즉, 세균(예컨대, 그람 양성균, 그람 음성균 및 극한성 생물), 효모 및/또는 이들의 혼합물을 포함한다. 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 및 발효 시스템으로부터 얻어질 수 있다.

[0116] 다른 실시형태에 있어서, 셀룰로스, 전분 및 리그노셀룰로스 공급원료 재료 등과 같은 바이오매스 물질은, 야생형 변종에 관하여 변형된 형질전환 미생물 및 식물로부터 얻어질 수 있다. 이러한 변형은, 예를 들어, 식물에서 목적으로 하는 특질을 얻기 위하여 선택 및 번식의 반복 단계를 통해서 이루어질 수 있다. 또한, 식물은 야생형 변종에 관하여 제거, 변형, 침묵 및/또는 부가된 유전자 재료를 지닐 수 있다. 예를 들어, 유전자 변형된 식물은 재조합 DNA 방법에 의해 생산될 수 있되, 여기서, 유전자 변형은 부모 변종으로부터의 특정 유전자를 도입하거나 변형시키는 것 또는 예를 들어 상이한 종의 식물 및/또는 박테리아로부터 식물에 특정 유전자 혹은 유전자들이 도입되는 형질전환 번식을 이용하는 것을 포함한다. 유전자 변종을 작성하는 다른 방법은 새로운 대립유전자가 내생 유전자로부터 인공적으로 작성되는 돌연변이 번식을 통하는 것이다. 인공 유전자는, 예를 들어, 화학적 돌연변이 유발원(예컨대, 알킬화제, 에폭사이드, 알칼로이드, 퍼옥사이드, 폼알데하이드를 이용해서), 조사(예컨대, X-선, 감마선, 중성자, 베타 입자, 알파 입자, 양자, 중양자, UV 방사선) 및 온도 충격 혹은 기타 외부 응력 및 후속의 선택 수법으로 식물 혹은 종자를 처리하는 것을 포함하는 각종 방법에 의해서 작성될 수 있다. 변형된 유전자를 제공하는 기타 방법은, 오류가 발생하기 쉬운 PCR 및 DNA 셔블링에 이어서, 목적으로 하는 변형된 DNA를 목적으로 하는 식물 혹은 종자에 삽입에 의하는 것이다. 종자 혹은 식물에서의 바람직한 유전자 변이를 도입하는 방법으로는, 예를 들어, 보균동물(bacterial carrier), 바이오리스틱스(biolistics), 인산칼슘 침강, 전기 영동, 유전자 스플라이싱, 유전자 침묵, 리포펙틴, 마이크로주입 및 바이러스 전달체의 이용을 포함한다. 부가적인 유전자 변형 물질은, 미국 특허 출원 제13/396,369호(출원일: 2012년 2월 14일)에 기재되어 있으며, 이 문헌의 전체 개시내용은 참고로 본 명세서에 편입된다. 본 명세서에 기재된 방법들 중 어느 것이라도 본 명세서에 기재된 임의의 바이오매스 물질들의 혼합물로 실시될 수 있다.

[0117] **바이오매스 물질 준비 - 기계적 처리**

[0118] 바이오매스는, 예를 들어, 수분 함량이 약 35% 이하(예컨대, 약 20% 이하, 약 15% 이하, 약 10% 이하, 약 5% 이

하, 약 4% 이하, 약 3% 이하, 약 2% 이하 혹은 심지어 약 1% 이하)인 건조 형태일 수 있다. 바이오매스는, 또한 습윤 상태로, 예를 들어, 적어도 약 10 중량%(예컨대, 적어도 약 20 중량%, 적어도 약 30 중량%, 적어도 약 40 중량%, 적어도 약 50 중량%, 적어도 약 60 중량%, 적어도 약 70 중량%)의 고형물을 지니는, 습윤 고형물, 슬러리 혹은 현탁액으로서 전달될 수 있다.

[0119] 본 명세서에 개시된 공정은 낮은 벌크 밀도 물질, 예를 들어, 약 0.75 g/㎤ 미만, 예컨대, 약 0.7, 0.65, 0.60, 0.50, 0.35, 0.25, 0.20, 0.15, 0.10, 0.05 혹은 그 이하, 예컨대, 0.025 g/㎤ 미만의 벌크 밀도를 지니도록 물리적으로 전처리된 셀룰로스 혹은 리그노셀룰로스 공급원료를 이용할 수 있다. 벌크 밀도는 ASTM D1895B를 이용해서 결정된다. 간단히, 이 방법은 기지의 부피의 계량 실린더에 샘플을 채우는 단계 및 해당 샘플의 중량을 얻는 단계를 포함한다. 벌크 밀도는 샘플의 중량(g)을 실린더의 기지의 부피(㎤)로 나눔으로써 산출된다. 필요한 경우, 낮은 벌크 밀도 물질은, 예를 들어, 미국 특허 제7,971,809호(Medoff)에 기재된 방법에 의해 치밀화될 수 있고, 이 문헌의 전체 개시내용은 참고로 본 명세서에 편입된다.

[0120] 몇몇 경우에, 전처리 가공처리로는 바이오매스 물질의 스크리닝(screening)(즉, 체거름)을 포함한다. 스크리닝은 목적으로 하는 개구 크기, 예를 들어, 약 6.35㎜(1/4 인치, 0.25 인치) 이하(예컨대, 약 3.18㎜(1/8 인치, 0.125 인치) 이하, 약 1.59㎜(1/16 인치, 0.0625 인치) 이하, 약 0.79㎜(1/32 인치, 0.03125 인치) 이하, 예컨대, 약 0.51㎜(1/50 인치, 0.02000 인치) 이하, 약 0.40㎜(1/64 인치, 0.015625 인치) 이하, 약 0.23㎜(0.009 인치) 이하, 약 0.20㎜(1/128 인치, 0.0078125 인치) 이하, 약 0.18㎜(0.007 인치) 이하, 약 0.13㎜(0.005 인치) 이하, 또는 심지어 약 0.10㎜(1/256 인치, 0.00390625 인치) 이하)를 지니는 메쉬 혹은 천공판을 통할 수 있다. 일 구성에 있어서, 목적으로 하는 바이오매스는 천공 혹은 스크린을 통과하므로, 천공 혹은 스크린보다 큰 바이오매스는 조사되지 못한다. 이들 보다 큰 물질은, 예를 들어, 분쇄에 의해 재가공처리될 수 있거나, 또는 이들은 간단히 가공처리로부터 제외될 수 있다. 다른 구성에 있어서, 천공보다 큰 물질은 조사되고, 보다 작은 물질은 스크리닝 과정에 의해 제거되거나 재활용된다. 이 종류의 구성에 있어서, 컨베이어 자체(예를 들어 컨베이어의 일부)는 천공되어 있을 수 있거나 또는 메시로 이루어질 수 있다. 예를 들어, 하나의 특정 실시형태에 있어서, 바이오매스 물질은 습식일 수 있고, 천공 혹은 메쉬는 조사 전에 바이오매스로부터 물의 배출을 가능하게 할 수 있다.

[0121] 물질의 스크리닝은 또한 수동 방법에 의해, 예를 들어, 원치 않는 물질을 제거하는 조작자 혹은 메카노이드(예컨대, 색, 반사율 혹은 기타 센서가 장착된 로봇)에 의해 행해질 수 있다. 스크리닝은 또한 자석이 반송된 물질 부근에 배치되어 자성 물질이 자기적으로 제거되는 자석 스크리닝에 의하는 것도 가능하다.

[0122] 선택적 전처리 가공처리는 물질을 가열하는 것을 포함할 수 있다. 예를 들어, 상기 물질 혹은 기타 물질을 반송하고 있는 컨베이어의 일부가 가열된 구역을 통해 보내질 수 있다. 가열된 구역은, 예를 들어, IR 방사선, 마이크로파, 연소(예컨대, 기체, 석탄, 오일, 바이오매스), 저항성 가열 및/또는 유도 코일에 의해 작성될 수 있다. 열은 적어도 하나의 측면 혹은 하나보다 많은 측면으로부터 적용될 수 있고, 연속적이거나 주기적일 수 있으며, 단지 물질의 일부 혹은 물질 전부에 대해서일 수 있다. 예를 들어, 반송 트로프(conveying trough)의 일부분은 가열 재킷의 사용에 의해 가열될 수 있다. 가열은, 예를 들어, 물질을 건조시키는 목적을 위한 것일 수 있다. 물질을 건조시킬 경우에, 이것은 또한 가열에 의해 혹은 가열 없이, 반송 중인 바이오매스 위로 및/또는 해당 바이오매스를 통해서 기체(예컨대, 공기, 산소, 질소, He, CO_2, 아르곤)의 이동에 의해 실시될 수도 있다.

[0123] 선택적으로, 전처리 가공처리는 물질을 냉각시키는 것을 포함할 수 있다. 물질의 냉각은 미국 특허 제7,900,857호(Medoff)에 기재되어 있으며, 이 문헌의 전체 개시내용은 참고로 본 명세서에 편입된다. 예를 들어, 냉각은 반송 트로프의 하부로 냉각용 유체, 예를 들어 물(예컨대, 글라이세롤과 함께), 또는 질소(예컨대, 액체 질소)를 공급함으로써 행해질 수 있다. 대안적으로, 냉각용 기체, 예를 들어, 냉각된 질소는 바이오매스 물질 위로 혹은 반송 시스템 아래로 취입될 수 있다.

[0124] 다른 선택적인 전처리 가공처리 방법은 물질을 바이오매스 또는 다른 공급원료에 첨가하는 것을 포함할 수 있다. 추가의 물질은, 예를 들어, 반송되는 바이오매스 상에 물질을 샤워, 뿌리기 및 또는 주입함으로써 첨가될 수 있다. 첨가될 수 있는 물질로는, 예를 들어, 미국 특허 출원 공개 제2010/0105119 A1호(출원일: 2009년 10월 26일) 및 미국 특허 출원 공개 제2010/0159569 A1호(출원일: 2009년 12월 16일)에 기재된 바와 같은 금속, 세라믹 및/또는 이온을 포함하며, 이들 문헌의 전체 개시내용은 참고로 본 명세서에 편입된다. 첨가될 수 있는 선택적 물질은 산 및 염기를 포함한다. 첨가될 수 있는 기타 물질은 산화제(예컨대, 과산화물, 염소산염), 중합체, 중합성 단량체(예컨대, 불포화 결합을 함유함), 물, 촉매 효소 및/또는 유기체이다. 물질은, 예를 들어, 순수한 형태로, 용매(예컨대, 물 혹은 유기 용매) 중 용액으로서 및/또는 용액으로서 첨가될 수 있다. 몇몇 경우에, 용

매는 휘발성이고, 예를 들어, 앞서 기재된 바와 같은 가열 및/또는 기체 송풍에 의해, 증발될 수 있다. 첨가된 물질은 바이오매스 상에 균일한 코팅을 형성할 수 있거나 또는 상이한 성분들(예컨대, 바이오매스 및 추가 물질)의 균질 혼합물일 수 있다. 첨가된 물질은 조사 효율을 증가시키거나, 조사를 댐핑시키거나 또는 조사 효과를 변화시킴으로써(예컨대, 전자빔으로부터 X-선으로 혹은 열) 후속의 조사 단계를 변경시킬 수 있다. 이 방법은 조사에 대해 영향을 미치지 않을 수 있지만 추가의 하류 가공처리에 대해서 유용할 수 있다. 첨가된 물질은 예를 들어 분진 수준을 낮춤으로써 물질을 반송하는 것을 도울 수 있다.

[0125] 바이오매스는 벨트 컨베이어, 공압 컨베이어, 스크류 컨베이어, 호퍼, 파이프에 의해, 수동으로 혹은 이들의 조합에 의해 컨베이어(예컨대, 본 명세서에 기재된 돔형 저장소에서 사용되는 진동 컨베이어)로 전달될 수 있다. 바이오매스는, 예를 들어, 이들 방법 중 어느 하나에 의해 컨베이어 상에 낙하, 주입 및/또는 배치될 수 있다. 몇몇 실시형태에 있어서, 물질은, 낮은 산소 분위기를 유지하고/하거나 분진 및 미립자를 제어하기 위하여 폐쇄된 물질 분포 시스템을 이용해서 컨베이어에 전달된다. 현가되거나 공기 현탁된 바이오매스 미립자 및 분진은, 이들이 폭발 위험을 형성하거나 전자총의 창 호일을 손상시키기 때문에(만약 이러한 장치가 물질을 처리하는데 이용된다면) 바람직하지 않다.

[0126] 물질은 약 0.0312 내지 5 인치(예컨대, 약 0.0625 내지 2.000 인치, 약 0.125 내지 1 인치, 약 0.125 내지 0.5 인치, 약 0.3 내지 0.9 인치, 약 0.2 내지 0.5 인치, 약 0.25 내지 1.0 인치, 약 0.25 내지 0.5 인치, 0.100 +/- 0.025 인치, 0.150 +/- 0.025 인치, 0.200 +/- 0.025 인치, 0.250 +/- 0.025 인치, 0.300 +/- 0.025 인치, 0.350 +/- 0.025 인치, 0.400 +/- 0.025 인치, 0.450 +/- 0.025 인치, 0.500 +/- 0.025 인치, 0.550 +/- 0.025 인치, 0.600 +/- 0.025 인치, 0.700 +/- 0.025 인치, 0.750 +/- 0.025 인치, 0.800 +/- 0.025 인치, 0.850 +/- 0.025 인치, 0.900 +/- 0.025 인치, 0.900 +/- 0.025 인치)의 균일한 두께를 형성하도록 평탄하게 되어 있을 수 있다.

[0127] 일반적으로, 전자 빔을 통해 가능한 한 빨리 물질을 반송하여 처리량을 최대화하는 것이 바람직하다. 예를 들어 물질은 적어도 1 ft/분, 예컨대, 적어도 2 ft/분, 적어도 3 ft/분, 적어도 4 ft/분, 적어도 5 ft/분, 적어도 10 ft/분, 적어도 15 ft/분, 20, 25, 30, 35, 40, 45, 50 ft/분의 속도로 반송될 수 있다. 반송 속도는 빔 전류에 관련되되, 예를 들어, ¼ 인치 두께의 바이오매스 및 100㎃에 대해서, 컨베이어는 유용한 조사 선량을 제공하기 위하여 약 20 ft/분으로 이동할 수 있고, 50㎃에서 컨베이어는 대략 동일한 조사 선량을 제공하기 위하여 약 10 ft/분에서 이동할 수 있다.

[0128] 바이오매스 물질이 방사선 구역을 통해 반송된 후에, 선택적 후처리 과정이 행해질 수 있다. 이 선택적 후처리 과정은, 예를 들어, 예비 조사 처리에 관하여 기재된 과정일 수 있다. 예를 들어, 바이오매스는 스크리닝, 가열, 냉각, 및/또는 첨가제와의 조합이 행해질 수 있다. 조사 후에 독특하게, 라디칼의 퀀칭이 일어날 수 있으며, 예를 들어, 압력, 열 및/또는 라디칼 포촉제의 첨가를 이용해서 유체 혹은 기체(예컨대, 산소, 아산화질소, 암모니아, 액체)의 첨가에 의해 라디칼의 퀀칭이 일어날 수 있다. 예를 들어, 바이오매스는 봉입된 컨베이어로부터 반송되고, 기체(예컨대, 산소)에 노출되어 퀀칭이 일어나, 카복실산기를 형성할 수 있다. 일 실시형태에 있어서, 바이오매스는 반응성 기체 혹은 유체에 대해서 조사 동안 노출된다. 조사된 바이오매스를 퀀칭하는 것은 미국 특허 제8,083,906호(Medoff)에 기재되어 있으며, 이 문헌의 전체 개시내용은 참고로 본 명세서에 편입된다.

[0129] 필요한 경우, 탄수화물-함유 물질의 난분해성을 더욱 저감시키기 위하여 조사에 부가해서 하나 이상의 기계적 처리가 이용될 수 있다. 이들 과정은 조사 전, 동안 혹은 후에 적용될 수 있다.

[0130] 몇몇 경우에, 기계적 처리는 입수된 대로의 공급원료의 초기 준비, 예컨대, 분쇄, 예컨대, 절삭, 연마, 전단, 분체화 혹은 저미기 등에 의한 물질의 크기 감소를 포함할 수 있다. 예를 들어, 몇몇 경우에, 느슨한 공급원료(예컨대, 재생지, 전분 물질 혹은 지팽이풀)는 전단 혹은 세단(shredding)에 의해 준비된다. 기계적 처리는 탄수화물-함유 물질의 벌크 밀도를 감소, 탄수화물-함유 물질의 표면적을 증가 및/또는 탄수화물-함유 물질의 하나 이상의 치수를 감소시킬 수 있다.

[0131] 대안적으로, 또는 부가적으로, 공급원료 물질은 다른 처리, 예컨대, 산(HCl, H_2SO_4, H_3PO_4), 염기(예컨대, KOH 및 NaOH), 화학적 산화제(예컨대, 과산화물, 염소산염, 오존) 중 하나와 같은 화학적 처리, 조사, 증기 폭발, 열분해, 초음파처리, 산화, 화학적 처리로 처리될 수 있다. 이들 처리는 임의의 순서 그리고 임의의 수순 및 조합으로 행해질 수 있다. 예를 들어, 공급원료 물질은 우선 하나 이상의 처리 방법, 예컨대, 산 가수분해(예컨대, HCl, H_2SO_4, H_3PO_4를 이용)를 포함하고 이와 조합한 화학적 처리, 방사선, 초음파처리, 산화,

열분해 혹은 증기 폭발에 의해 물리적으로 처리되고 나서, 기계적으로 처리될 수 있다. 이 수순은 다른 처리들, 예컨대, 조사 혹은 열분해 중 하나 이상에 의해 처리된 물질이 더 취성으로 되는 경향이 있으므로 기계적 처리에 의해 물질의 구조를 더욱 변화시키기 용이해질 수 있기 때문에 유리할 수 있다. 다른 예로서, 공급원료 물질은 본 명세서에 기재된 바와 같은 컨베이어를 이용해서 이온화 방사선을 통해 반송되고 나서 기계적으로 처리될 수 있다. 화학적 처리는 리그닌의 일부 혹은 전부를 제거(예를 들어 화학적 펄핑(chemical pulping))할 수 있고, 또한 물질을 부분적으로 혹은 완전히 가수분해시킬 수 있다. 이 방법은 또한 사전 가수분해된 물질과 함께 이용될 수도 있다. 이 방법은 또한 사전 가수분해되지 않은 물질과 함께 이용될 수도 있다. 이 방법은 가수분해된 물질과 가수분해되지 않은 물질의 혼합물과 함께, 예를 들어, 약 50% 이상의 가수분해되지 않은 물질, 약 60% 이상의 가수분해되지 않은 물질, 약 70% 이상의 가수분해되지 않은 물질, 약 80% 이상의 가수분해되지 않은 물질 또는 심지어 90% 이상의 가수분해되지 않은 물질과 함께 이용될 수 있다.

[0132] 가공처리 시 초기에 및/또는 나중에 수행될 수 있는 크기 저감에 부가해서, 기계적 처리는 또한 물리적 처리 동안 탄수화물-함유 물질을 "개방"(opening up), "응력 부여"(stressing), 파괴 또는 파쇄하여, 사슬 절단되고/되거나 결정 구조가 파괴되기 더욱 쉬운 물질의 셀룰로스를 만드는 데 유리할 수 있다.

[0133] 탄수화물-함유 물질을 기계적으로 처리하는 방법으로는, 예를 들어, 밀링 혹은 분쇄를 포함한다. 밀링은, 예를 들어, 해머 밀, 볼 밀, 콜로이드 밀, 코니컬 혹은 콘 밀, 디스크 밀, 에지 밀, 윌리 밀(Wiley mill), 제분용 밀 혹은 기타 밀을 이용해서 수행될 수 있다. 분쇄는, 예를 들어, 커팅/충격식 그라인더를 이용해서 수행될 수 있다. 몇몇 예시적인 그라인더로는 스톤 그라인더, 핀 그라인더, 커피 그라인더 혹은 버 그라인더(burr grinder)를 포함한다. 분쇄 혹은 밀링은, 예를 들어, 핀 밀의 경우에서처럼, 예를 들어, 핀 혹은 기타 요소를 왕복이동시킴으로써 제공될 수 있다. 기타 기계적 처리 방법은 기계적 째기(mechanical ripping) 혹은 찢기(tearing), 섬유에 압력을 가하는 다른 방법, 그리고 공기 마찰 밀링을 포함한다. 적절한 기계적 처리는 이전의 가공처리 단계들에 의해 초기화된 물질의 내부 구조의 파괴를 계속하는 임의의 기타 수법을 더 포함한다.

[0134] 기계적 공급물 준비 시스템은, 예를 들어, 특정 최대 크기, 특정 길이-대-폭 또는 특정 표면적비 등과 같은 특정 특징을 지니는 스트림을 생산하도록 구성될 수 있다. 물리적 준비는, 반응 속도의 증가, 컨베이어 상에서의 물질의 이동 개선, 물질의 조사 프로파일의 개선, 물질의 방사선 균일성 증가, 또는 물질들을 개방시켜 이들을 용액 중 시약 등과 같은 시약 및/또는 처리에 더욱 접근하기 쉽게 만듦으로써 요구되는 가공처리 시간의 감소를 가능하게 한다.

[0135] 공급원료의 벌크 밀도는 제어(예컨대, 증가)될 수 있다. 몇몇 상황에서, 예컨대, 물질을 치밀화하고(예컨대, 치밀화는 이것을 더욱 용이하게 만들고 다른 장소로 수송하는데 비용이 덜 들 수 있음) 나서 물질을 보다 낮은 벌크 밀도 상태로 역전시킴으로써(예컨대 수송 후), 낮은 벌크 밀도 물질을 준비하는 것이 바람직할 수 있다. 물질은, 예를 들어, 약 0.2 g/cc 미만 내지 약 0.9 g/cc 초과(예컨대, 약 0.3 미만 내지 약 0.5 g/cc 초과, 약 0.3 미만 내지 약 0.9 g/cc 초과, 약 0.5 이하 내지 약 0.9 g/cc 초과, 약 0.3 미만 내지 약 0.8 g/cc 초과, 약 0.2 미만 내지 약 0.5 g/cc 초과)로 치밀화될 수 있다. 예를 들어, 물질은 미국 특허 제7,932,065호(Medoff) 및 국제 특허 공개 제WO2008/073186호(출원일: 2007년 10월 26일, 영어로 공개되었고, 미국을 지정함)에 개시된 방법 및 장비에 의해 치밀화될 수 있으며, 이들 문헌의 전체 개시내용은 참고로 본 명세서에 편입된다. 치밀화된 물질은 본 명세서에 기재된 방법들 중 어느 하나에 의해 가공처리될 수 있거나, 또는 본 명세서에 기재된 방법들 중 어느 하나에 의해 가공처리된 임의의 물질은 이어서 치밀화될 수 있다.

[0136] 몇몇 실시형태에 있어서, 가공처리 대상 물질은 섬유 공급원을 전단함으로써 제공된 섬유를 포함하는 섬유 물질의 형태이다. 예를 들어, 전단은 회전식 나이프 커터에 의해 수행될 수 있다.

[0137] 예를 들어, 난분해성이거나 또는 그의 저감된 난분해성 수준을 지니는 섬유 공급원은, 예컨대, 회전식 나이프 커터에서 전단되어 제1섬유 물질을 제공할 수 있다. 이 제1섬유 물질은 예컨대 평균 개구 크기가 1.59㎜(1/16 인치, 0.0625 인치) 이하인 제1스크린을 통과하여, 제2섬유 물질을 제공한다. 필요한 경우, 섬유 공급원은 전단 전에, 예컨대, 세단기에 의해 절단될 수 있다. 예를 들어, 종이가 섬유 공급원으로서 이용될 경우, 종이는 우선 세단기, 예컨대, 문손사(Munson)(뉴욕 우티카시에 소재)에서 제조된 것과 같은 대향 회전 스크류 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, 길로틴 커터는 종이를, 예컨대, 폭 10 인치 × 길이 12 인치인 시트로 절단하는 데 이용될 수 있다.

[0138] 몇몇 실시형태에 있어서, 섬유 공급원의 전단 및 얻어진 제1섬유 물질의 제1스크린을 통한 통과는 동시에 수행된다. 상기 전단 및 통과는 또한 회분식(batch-type) 프로세스로 수행될 수 있다.

[0139] 예를 들어, 회전식 나이프 커터는 섬유 공급원을 동시에 전단하고 제1섬유 물질을 스크리닝하는 데 이용될 수 있다. 회전식 나이프 커터는 세단 섬유 공급원에 의해 준비된 세단된 섬유 공급원이 장전될 수 있는 호퍼를 포함한다.

[0140] 몇몇 구현예에 있어서, 공급원료는 당화 및/또는 발효 전에 물리적으로 처리된다. 물리적 처리 공정은, 예컨대, 기계적 처리, 화학적 처리, 조사, 초음파 처리, 산화, 열분해 혹은 증기 폭발 등과 같은 본 명세서에 기재된 것들 중 한 가지 이상을 포함한다. 처리 방법은 이들 수법 중 둘, 셋, 넷 혹은 심지어 모두의 조합으로 (임의의 수순으로) 이용될 수 있다. 하나보다 많은 처리 방법이 이용될 경우, 그들 방법은 동시에 혹은 상이한 시기에 적용될 수 있다. 바이오매스 공급원료의 분자 구조를 변화시키는 기타 처리가 또한 단독으로, 또는 본 명세서에 개시된 공정들과 조합하여 이용될 수 있다.

[0141] 이용될 수 있는 기계적 처리, 그리고 기계적으로 처리된 탄수화물-함유 물질의 특징은, 미국 특허 출원 공개 제2012/0100577 A1호(출원일: 2011년 10월 18일)에 더욱 상세히 기재되어 있으며, 이 문헌의 전체 개시내용은 참고로 본 명세서에 편입된다.

[0142] **초음파처리, 열분해, 산화, 증기 폭발**

[0143] 필요한 경우, 하나 이상의 초음파처리, 열분해, 산화 또는 증기 폭발 공정이 탄수화물-함유 물질의 난분해성을 더욱 저감시키기 위하여 조사에 대신에 또는 이에 부가해서 이용될 수 있다. 예를 들어, 이들 공정은 조사 전, 동안 혹은 후에 적용될 수 있다. 이들 공정은 미국 특허 제7,932,065호(Medoff)에 상세히 기재되어 있으며, 이 문헌의 전체 개시내용은 참고로 본 명세서에 편입된다.

[0144] **중간생성물 및 생성물**

[0145] 본 명세서에 기재된 공정들을 이용해서, 바이오매스 물질을, 1종 이상의 생성물, 예컨대, 에너지, 연료, 식품 및 재료로 전환시킬 수 있다. 예를 들어, 중간생성물 및 생성물, 예컨대, 유기산, 유기산의 염, 무수물, 유기산의 에스터 및 연료, 예컨대, 내연기관용의 연료 또는 연료 전지용의 공급원료가 제조될 수 있다. 용이하게 입수 가능지만 흔히 가공처리하기 어려울 수 있는 셀룰로스 및/또는 리그노셀룰로스 물질, 예컨대, 도시 폐기물 스트림 및 폐지 스트림, 예컨대, 신문지, 크라프트지, 골판지 또는 이들의 혼합물을 공급원료로서 이용할 수 있는 시스템들 및 공정들이 본 명세서에 기재되어 있다.

[0146] 생성물의 구체적인 예로는, 수소, 당(예컨대, 글루코스, 자일로스, 아라비노스, 만노스, 갈락토스, 프럭토스, 이당류, 올리고당 및 다당류), 알코올(예컨대, 1가 알코올 혹은 2가 알코올, 예컨대, 에탄올, n-프로판올, 아이소뷰탄올, *sec*-뷰탄올, tert-뷰탄올 또는 n-뷰탄올), 수화된 혹은 함수 알코올(예컨대, 10%, 20%, 30% 이상 혹은 심지어 40% 이상의 물을 함유함), 바이오디젤, 유기산, 탄화수소(예컨대, 메탄, 에탄, 프로판, 아이소뷰텐, 펜탄, n-헥산, 바이오디젤, 바이오-가솔린 및 이들의 혼합물), 공동-생성물(예컨대, 단백질, 예를 들어, 셀룰로스 분해 단백질(효소) 또는 단세포 단백질), 및 임의의 조합 혹은 상대적인 농도에서, 그리고 선택적으로 임의의 첨가제(예컨대, 연료 첨가제)와의 조합에서의 이들의 임의의 혼합물을 포함하지만, 이들로 제한되는 것은 아니다. 기타 예로는, 카복실산, 카복실산의 염, 카복실산과 카복실산의 염과 카복실산의 에스터(예컨대, 메틸, 에틸 및 n-프로필 에스터)의 혼합물, 케톤(예컨대, 아세톤), 알데하이드(예컨대, 아세트알데하이드), 알파 및 베타 불포화 산(예컨대, 아크릴산) 및 올레핀(예컨대, 에틸렌)을 포함한다. 기타 알코올 및 알코올 유도체로는 프로판올, 프로필렌 글라이콜, 1,4-뷰탄다이올, 1,3-프로판다이올, 당 알코올(예컨대, 에리트리톨, 글라이콜, 글라이세롤, 솔비톨, 트레이톨, 아라비톨, 리비톨, 만니톨, 둘시톨, 푸시톨, 이디톨, 아이소말트, 말티톨, 락티톨, 자일리톨 및 기타 폴리올), 그리고 이들 알코올 중의 어느 1종의 메틸 혹은 에틸 에스터를 포함한다. 기타 생성물로는, 메틸 아크릴레이트, 메틸 메타크릴레이트, D-락트산, L-락트산, 피루브산, 폴리락트산, 시트르산, 폼산, 아세트산, 프로피온산, 락트산, 타르타르산, 뷰티르산, 숙신산, 발레르산, 카프로산, 3-하이드록시프로피온산, 팔미트산, 스테아르산, 옥살산, 말론산, 글루타르산, 올레산, 리놀레산, 글라이콜산, 감마-하이드록시뷰티르산 및 이들의 혼합물, 이들 산의 어느 1종의 염, 이들 산의 어느 1종과 그들의 각각의 염의 혼합물을 포함한다.

[0147] 상기 생성물들의 서로 간의 및/또는 상기 생성물의 다른 생성물과의 임의의 조합(여기서 다른 생성물은 본 명세서 혹은 다른 곳에 기재된 방법에 의해 제조될 수 있음)은, 함께 포장되어 생성물로서 판매될 수 있다. 이 생성물은 조합, 예컨대, 혼합, 배합 또는 공용해될 수 있거나, 또는 단순히 포장되어 함께 판매될 수 있다.

[0148] 본 명세서에 기재된 생성물들 중 어느 하나 혹은 생성물들의 조합은 이들 생성물을 판매하기 전에, 예컨대, 정제 혹은 단리 혹은 심지어 포장 후에, 위생처리 혹은 멸균화하여, 생성물(들)에 존재할 수 있었던 하나 이상의

잠재적으로 바람직하지 않은 오염물을 중화시킬 수 있다. 이러한 위생처리는 전자 충격에 의해, 예를 들어, 약 20 Mrad 이하, 예컨대, 약 0.1 내지 15 Mrad, 약 0.5 내지 7 Mrad, 또는 약 1 내지 3 Mrad의 선량에서 행해질 수 있다.

[0149] 본 명세서에 기재된 공정은 공장(열병합 발전)의 다른 부분에서 이용되거나 오픈 마켓에서 판매되도록 증기 및 전기를 발생하는데 유용한 각종 부산물 스트림을 생산할 수 있다. 예를 들어, 부산물 스트림의 연소로부터 발생된 증기는 증류 과정에서 이용될 수 있다. 다른 예로서, 부산물 스트림의 연소로부터 발생된 전기는 전처리에서 이용되는 전자빔 발전기를 통전시키는데 이용될 수 있다.

[0150] 증기 및 전기를 발생시키는데 이용되는 부산물은 이 공정 전체를 통해서 다수의 공급원으로부터 유래될 수 있다. 예를 들어, 폐수의 혐기성 소화는 매탄 중 높은 바이오가스 및 소량의 폐 바이오매스(슬러지)를 생산할 수 있다. 다른 예로서, 당화후 및/또는 증류후 고형물(예컨대, 전처리 및 1차 공정들로부터 남아 있는 비전환된 리그닌, 셀룰로스 및 헤미셀룰로스)이 사용, 예컨대 연료로서 연소될 수 있다.

[0151] 식품 및 약제학적 생성물을 포함하는 기타 중간생성물 및 생성물은 미국 특허 출원 공개 제2010/0124583 A1호(공개일: 2010년 5월 20일, Medoff)에 기재되어 있으며, 이 문헌의 전체 개시내용은 참고로 본 명세서에 편입된다.

[0152] **리그닌 유래 생성물**

[0153] 기재된 방법에 의한 리그노셀룰로스 가공처리로부터의 소비된 바이오매스(예컨대, 소비된 리그노셀룰로스 물질)는 높은 리그닌 함량을 지닐 것으로 예상되고, 또한 열병합 발전소에서의 연소를 통해 에너지를 생산하는데 유용한데 부가해서, 기타 가치 있는 생성물로서의 용도를 지닐 수 있다. 예를 들어, 리그닌은 플라스틱으로서 획득하여 이용될 수 있거나, 또는 기타 플라스틱으로 합성적으로 업그레이드될 수 있다. 몇몇 경우에, 리그닌은 또한 리그노설포네이트로 전환되어, 결착제, 분산제, 유화제로서 또는 격리제(sequestrant)로서 활용될 수 있다.

[0154] 결착제로서 이용될 경우, 리그닌 또는 리그노설포네이트는, 예컨대, 연탄재에서, 세라믹에서, 카본 블랙 결착을 위하여, 비료 및 제초제 결착을 위하여, 분진 억제제로서, 합판 및 파티클 보드의 제조에서, 동물 사료 결착을 위하여, 유리섬유용의 결착제로서, 리놀륨 페이스트에서의 결착제로서 그리고 토양 안정제로서 활용될 수 있다.

[0155] 분산제로서 이용될 경우, 리그닌 또는 리그노설포네이트는, 예를 들어, 콘크리트 믹스, 점토 및 세라믹, 염료 및 안료, 가죽 태닝 및 석고보드에서 이용될 수 있다.

[0156] 유화제로서 이용될 경우, 리그닌 또는 리그노설포네이트는, 예컨대, 아스팔트, 안료 및 염료, 살충제 및 왁스 에멀전에서 이용될 수 있다.

[0157] 격리제로서, 리그닌 또는 리그노설포네이트는, 예컨대, 미량영양분 시스템, 세정 화합물 및 수처리 시스템, 예컨대, 보일러 및 냉각 냉각시스템용으로 이용될 수 있다.

[0158] 에너지 생산을 위하여, 리그닌은, 일반적으로 호모셀룰로스보다 많은 탄소를 함유하므로 홀로셀룰로스(셀룰로스 및 헤미셀룰로스)보다 높은 에너지 함량을 지닌다. 예를 들어, 건조 리그닌은, 홀로셀룰로스의 7,000 내지 8,000 BTU/파운드와 비교해서, 약 11,000 내지 12,500 BTU/파운드의 에너지 함량을 지닐 수 있다. 그와 같이, 리그닌은 치밀화되어 연소용의 연탄 및 펠릿으로 전환될 수 있다. 예를 들어, 리그닌은, 본 명세서에 기재된 임의의 방법에 의해 펠릿으로 전환될 수 있다. 보다 느린 연소 펠릿 혹은 연탄을 위하여, 리그닌은 약 0.5 Mrad 내지 5 Mrad의 방사선을 인가하는 등에 의해 가교될 수 있다. 가교는 보다 느린 연소 형태 인자(burning form factor)를 형성할 수 있다. 펠릿 또는 연탄 등과 같은 이 형성 인자는, 예컨대, 400 내지 950℃에서 공기의 부재 하에 열분해에 의해 "합성 석탄" 혹은 차콜로 전환될 수 있다. 열분해 전에, 구조 무결성을 유지하기 위하여 리그닌을 가교시키는 것이 바람직할 수 있다.

[0159] **당화**

[0160] 공급원료를 용이하게 가공처리될 수 있는 형태로 전환시키기 위하여, 공급원료 내 글루칸- 또는 자일란-함유 셀룰로스는, 당화제, 예컨대, 효소 혹은 산에 의해 저분자량 탄수화물, 예컨대, 당으로 가수분해될 수 있으며, 이 과정은 당화라 지칭된다. 저분자량 탄수화물은 이어서 예를 들어 기존의 제조 공장, 예컨대, 단세포 단백질 공장, 효소 제조 공장, 혹은 연료 공장, 예컨대, 에탄올 제조 설비에서 이용될 수 있다.

[0161] 공급원료는, 효소를 이용해서, 예컨대, 용매 중, 예컨대, 수성 용액 중에서 효소와 물질을 조합함으로써 가수

분해될 수 있다.

[0162] 대안적으로, 효소는 바이오매스, 예컨대, 바이오매스의 셀룰로스 및/또는 리그닌 부분을 파괴시키거나, 각종 셀룰로스 분해 효소(셀룰라제), 리그닌분해효소 혹은 각종 소분자 바이오매스-분해 대사산물을 함유하거나 제조하는, 유기체에 의해 공급될 수 있다. 이들 효소는 바이오매스의 결정성 셀룰로스 또는 리그닌 부분을 분해시키기 위하여 상승작용적으로 작용하는 효소의 복합체일 수 있다. 셀룰로스 분해 효소의 예로는 엔도글루카나제, 셀로바이오하이드롤라제 및 셀로비아제(베타-글루코시다제)를 포함한다.

[0163] 당화 동안, 셀룰로스 기질은 올리고머성 중간생성물을 생성하는 랜덤한 개소에서 엔도글루카나제에 의해 초기에 가수분해될 수 있다. 따라서, 이들 중간생성물은 셀룰로스 중합체의 말단으로부터 셀로바이오스를 생산하기 위하여 셀로바이오하이드롤라제 등과 같은 글루카나제를 외부-분열시키기 위한 기질이다. 셀로바이오스는 글루코스의 수용성 1,4-결합 이량체이다. 최종적으로, 셀로비아제는 셀로바이오스를 절단하여 글루코스를 수득한다. 이 과정의 효율(예컨대, 가수분해 시간 및 가수분해 완성도)은 셀룰로스 물질의 난분해성에 좌우된다.

[0164] 따라서, 처리된 바이오매스 물질은 일반적으로 유체 매질, 예컨대, 수용액 중에서 물질과 셀룰라제 효소를 배합함으로써 당화될 수 있다. 몇몇 경우에, 물질은 미국 특허 출원 공개 제2012/0100577 A1호(Medoff 및 Masterman, 공개일; 2012년 4월 26일)에 기재된 바와 같이 당화 전에 온수에서 비등되거나, 적셔지거나 혹은 조리(cook)되며, 이 문헌의 전체 내용은 본 명세서에 편입된다.

[0165] 당화 공정은 제조 공장 내의 탱크(예컨대, 적어도 4000, 40,000 혹은 500,000 ℓ의 체적을 지니는 탱크)에서 부분적으로 혹은 완전히 수행될 수 있고/있거나, 수송 중에, 예컨대, 레일 카 내, 탱커 트럭 내, 또는 초대형 유조선이나 선박의 선창 내에서 부분적으로 혹은 완전히 수행될 수 있다. 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 당, 예컨대, 글루코스로 실질적으로 완전히 전환될 수 있다. 당화가 수송 중에 부분적으로 혹은 완전히 수행된다면, 당화는 더 오랜 시간이 걸릴 수 있다.

[0166] 일반적으로, 탱크 내용물은 당화 동안, 예를 들어, 국제 출원 제PCT/US2010/035331호(출원일: 2010년 5월 18일, 제WO 2010/135380호로 영어로 공개되고 미국을 지정함)에 기재된 바와 같은 제트 혼합을 이용해서 혼합되는 것이 바람직하며, 이 문헌의 전체 개시내용은 본 명세서에 참고로 편입된다.

[0167] 계면활성제의 첨가는 당화 속도를 증대시킬 수 있다. 계면활성제의 예로는, 비이온성 계면활성제, 예컨대, 트윈(Tween)(등록상표) 20 혹은 트윈(Tween)(등록상표) 80, 폴리에틸렌 글라이콜 계면활성제, 이온성 계면활성제 또는 양성 계면활성제를 포함한다.

[0168] 일반적으로, 당화로부터 얻어지는 당 용액의 농도는 비교적 높은 것, 예컨대, 40중량% 이상, 또는 50, 60, 70, 80, 90중량% 이상 혹은 심지어 95중량% 이상인 것이 바람직하다. 물은, 당 용액의 농도를 증가시키기 위하여, 예컨대, 증발에 의해 제거될 수 있다. 이것은 출하될 부피를 감소시키며, 또한 용액 중의 미생물 증식을 저해한다.

[0169] 대안적으로, 보다 저농도의 당 용액이 이용될 수 있으며, 이 경우에, 항미생물 첨가제, 예컨대, 광범위 항생제를 저농도에서, 예컨대, 50 내지 150 ppm에서 첨가하는 것이 바람직할 수 있다. 기타 적절한 항생제로는, 암포테리신 B, 암피실린, 클로람페니콜, 시프로플록사신, 젠타마이신, 하이그로마이신 B, 카나마이신, 네오마이신, 페니실린, 푸로마이신, 스트렙토마이신을 포함한다. 항생제는 수송 및 보존 동안 미생물의 성장을 저해할 것이고, 적절한 농도, 예컨대, 중량 기준으로 15 내지 1000 ppm, 예컨대, 25 내지 500 ppm, 또는 50 내지 150 ppm에서 이용될 수 있다. 필요한 경우, 항생제는 당 농도가 비교적 높은 경우에도 포함될 수 있다. 대안적으로, 방부 특성의 항미생물을 지닌 기타 첨가제가 이용될 수도 있다. 바람직하게는 항미생물 첨가제(들)는 식품-등급이다.

[0170] 비교적 고농도 용액이 효소와 함께 탄수화물-함유 물질에 첨가되는 물의 양을 제한함으로써 얻어질 수 있다. 이 농도는 예컨대 얼마나 많은 당화가 일어나는지를 조절함으로써 제어될 수 있다. 예를 들어, 농도는 용액에 더 많은 탄수화물-함유 물질을 첨가함으로써 증가될 수 있다. 용액 중에서 생산되고 있는 당을 유지하기 위하여, 예컨대, 상기 논의된 것들 중 하나인 계면활성제가 첨가될 수 있다. 용해도는 또한 용액의 온도를 증가시킴으로써 증가될 수 있다. 예를 들어, 용액은 40 내지 50℃, 60 내지 80℃, 또는 그 이상의 온도에서 유지될 수 있다.

[0171] **당화제**

[0172] 적절한 셀룰로스 분해 효소는 바실루스(*Bacillus*), 코프리누스(*Coprinus*), 마이셀리오프토라(*Myceliophthora*),

세팔로스포륨(*Cephalosporium*), 사이탈리듐(*Scytalidium*), 페니실륨(*Penicillium*), 아스페르길루스(*Aspergillus*), 슈도모나스(*Pseudomonas*), 후미콜라(*Humicola*), 푸사륨(*Fusarium*), 티엘라비아(*Thielavia*), 아크레모늄(*Acremonium*), 크리소스포륨(*Chrysosporium*) 및 트리코더마(*Trichoderma*) 속으로부터의 셀룰라제를 포함하며, 특히 아스페르길루스(*Aspergillus*)(예컨대, EP 공개 제0 458 162호), 후미콜라 인솔렌스(*Humicola insolens*)(사이탈리듐 써모필룸(*Scytalidium thermophilum*)으로서 재분류됨, 예컨대, 미국 특허 제4,435,307호 참조), 코프리너스 시네레우스(*Coprinus cinereus*), 푸사륨 옥시스포룸(*Fusarium oxysporum*), 마이셀리오프토라 써모필라(*Myceliophthora thermophila*), 메리필루스 기간테우스(*Meripilus giganteus*), 티엘라비아 테레스트리스(*Thielavia terrestris*), 아크레모늄 종(*Acremonium sp.*)(아크레모늄 페르시시넘(*A. persicinum*), 아크레모늄 아크레모늄(*A. acremonium*), 아크레모늄 브라키페늄(*A. brachypenium*), 아크레모늄 디클로모스포룸(*A. dichromosporum*), 아크레모늄 오브클라바툼(*A. obclavatum*), 아크레모늄 핀커토니애(*A. pinkertoniae*), 아크레모늄 로세오그리세움(*A. roseogriseum*), 아크레모늄 인콜로라툼(*A. incoloratum*) 및 아크레모늄 푸라툼(*Acremonium furatum*)을 포함하지만, 이들로 제한되는 것은 아님) 종으로부터 선택된 균주에 의해 생산된 것들을 포함한다. 바람직한 균주로는, 후미콜라 인솔렌스(*Humicola insolens*) DSM 1800, 푸사륨 옥시스포룸(*Fusarium oxysporum*) DSM 2672, 마이셀리오프토라 써모필라(*Myceliophthora thermophila*) CBS 117.65, 세팔로스포륨종(*Cephalosporium sp.*) RYM-202, 아크레모늄종(*Acremonium sp.*) CBS 478.94, 아크레모늄종(*Acremonium sp.*) CBS 265.95, 아크레모늄 페르시시넘(*Acremonium persicinum*) CBS 169.65, 아크레모늄 아크레모늄(*Acremonium acremonium*) AHU 9519, 세팔로스포륨종(*Cephalosporium sp.*) CBS 535.71, 아크레모늄 브라키페늄(*Acremonium brachypenium*) CBS 866.73, 아크레모늄 디클로모스포룸(*Acremonium dichromosporum*) CBS 683.73, 아크레모늄 오브클라바툼(*Acremonium obclavatum*) CBS 311.74, 아크레모늄 핀커토니애(*Acremonium pinkertoniae*) CBS 157.70, 아크레모늄 로세오그리세움(*Acremonium roseogriseum*) CBS 134.56, 아크레모늄 인콜로라툼(*Acremonium incoloratum*) CBS 146.62, 및 아크레모늄 푸라툼(*Acremonium furatum*) CBS 299.70H를 포함한다. 셀룰로스 분해 효소는 또한 크리소스포륨(*Chrysosporium*), 바람직하게는, 크리소스포륨 룩노웬스(*Chrysosporium lucknowense*)로부터 얻어질 수 있다. 이용될 수 있는 부가적인 균주로는 트리코더마(*Trichoderma*)(특히 트리코더마 비리데(*T. viride*), 트리코더마 리제이(*T. reesei*) 및 트리코더마 코닌기(*T. koningii*)), 호알칼리성 바실러스(alkalophilic *Bacillus*))(예를 들어, 미국 특허 제3,844,890호 및 EP 공보 제0 458 162호 참조) 및 스트렙토마이세스(*Streptomyces*)(예컨대, EP 공보 제0 458 162호 참조)를 포함하지만, 이들로 제한되는 것은 아니다.

[0173] 효소에 부가해서 혹은 효소와 조합하여, 산, 염기 및 기타 화학물질(예컨대, 산화제)이 리그노셀룰로스 및 셀룰로스 물질을 당화시키는데 이용될 수 있다. 이들은 임의의 조합 혹은 수순(예컨대, 효소의 첨가 전, 후 및/또는 동안)으로 이용될 수 있다. 예를 들어, 강한 무기산(예컨대 HCl, H_2SO_4, H_3PO_4) 및 강염기(예컨대, NaOH, KOH)가 이용될 수 있다.

[0174] **당**

[0175] 본 명세서에 기재된 공정들에 있어서, 예를 들어, 당화 후에, 당(예컨대, 글루코스 및 자일로스)이 단리될 수 있다. 예를 들어 당은 석출, 결정화, 크로마토그래피(예컨대, 본 명세서에 기재된 바와 같은 모사 이동상 크로마토그래피, 고압 크로마토그래피), 원심분리, 추출, 당업계에 공지된 기타 임의의 단리 방법, 그리고 이들의 조합에 의해 단리될 수 있다.

[0176] **수소화 및 기타 화학적 변형**

[0177] 본 명세서에 기재된 공정들은 수소화를 포함할 수 있다. 예를 들어 글루코스 및 자일로스는 각각 솔비톨 및 자일리톨로 수소화될 수 있다. 수소화는 고압(예컨대, 10 내지 12000 psi) 하에서 H_2와 조합하여 촉매(예컨대, Pt/감마-Al_2O_3, Ru/C, 라니 니켈(Raney Nickel), 또는 당업계에 공지된 기타 촉매)의 사용에 의해 달성될 수 있다. 본 명세서에 기재된 방법으로부터 생성물의 화학적 변형의 기타 유형, 예를 들어, 유기 당 유래 생성물(예컨대, 푸르푸랄 및 푸르푸랄-유래 생성물)이 이용될 수 있다. 당 유래 생성물의 화학적 변형은 미국 특허 출원 제13/934,704호(출원일: 2013년 7월 3일)에 기재되어 있으며, 이 문헌의 전체 개시내용은 참고로 본 명세서에 편입된다.

[0178] **발효**

[0179] 예를 들어, 효모 및 지모모나스(*Zymomonas*) 박테리아는, 발효 또는 당(들)의 알코올(들)로의 전환을 위하여 이용될 수 있다. 다른 미생물이 이하에 논의되어 있다. 발효를 위한 최적 pH는 약 pH 4 내지 7이다. 예를 들어,

효모를 위한 최적 pH는 약 pH 4 내지 5인 반면, 지모모나스를 위한 최적 pH는 약 pH 5 내지 6이다. 전형적인 발효 시간은 약 24 내지 168시간(예컨대, 24 내지 96시간)이고 이때의 온도 범위는 20℃ 내지 40℃(예컨대, 26℃ 내지 40℃)이지만, 호열성 미생물은 보다 높은 온도를 선호한다.

[0180] 몇몇 실시형태에 있어서, 예컨대, 혐기성 유기체가 사용될 경우, 발효의 적어도 일부는 산소의 부재, 예컨대, N_2, Ar, He, CO_2 또는 이들의 혼합물 등과 같은 불활성 기체의 블랭킷 하에 수행된다. 부가적으로, 상기 혼합물은 발효의 일부 혹은 전부 동안 탱크를 통해 흐르는 불활성 기체의 일정한 퍼지(purge)를 지닐 수 있다. 몇몇 경우에, 혐기성 조건은 발효 동안 이산화탄소 생산에 의해 달성되거나 유지될 수 있고, 부가적인 불활성 기체는 필요로 되지 않는다.

[0181] 몇몇 실시형태에 있어서, 발효공정의 전부 혹은 일부는 저분자량 당이 생성물(예컨대, 에탄올)로 완전히 전환되기 전에 중단될 수 있다. 중간생성물인 발효 산물은 고농도의 당과 탄수화물을 포함한다. 당과 탄수화물은 당업계에 공지된 임의의 수단을 통해서 단리될 수 있다. 이들 중간생성물인 발효 산물은 인간 혹은 동물 소비를 위한 식품의 제조에 이용될 수 있다. 부가적으로 혹은 대안적으로, 중간생성물인 발효 산물은 밀가루-유사 물질을 생산하기 위하여 스테인레스강제 실험실 밀로 미립자 크기로 분쇄될 수 있다. 제트 혼합은 발효 동안 이용될 수 있고, 몇몇 경우에 당화와 발효는 동일 탱크에서 수행된다.

[0182] 미생물에 대한 영양분, 예를 들어, 미국 특허 출원 공개 제2012/0052536호(출원일: 2011년 7월 15일)에 기재된 식품-기반 영양분 패키지가 당화 및/또는 발효 동안 첨가될 수 있으며, 이 문헌의 전체 개시내용은 참고로 본 명세서에 편입된다.

[0183] "발효"는 국제 출원 제PCT/US2012/71093호(공개일: 2013년 6월 27일), 제PCT/US2012/71907호(공개일: 2012년 6월 27일) 및 제PCT/US2012/71083호(공개일: 2012년 6월 27일)에 개시된 방법 및 생성물을 포함하며, 이들 문헌의 내용은 참고로 그들의 전문이 본 명세서에 포함된다.

[0184] 국제 특허 출원 제PCT/US2007/074028호(출원일: 2007년 7월 20일, WO 2008/011598로서 공개되었고, 미국을 지정함) 및 미국 등록 특허 제8,318,453호에 기재된 바와 같은 이동식 발효기가 이용될 수 있고, 이들 문헌의 내용은 그들의 전문이 본 명세서에 포함된다. 마찬가지로, 당화 장비는 이동식일 수 있다. 또, 당화 및/또는 발효는 수송 동안 부분적으로 전체적으로 수행될 수 있다.

[0185] **발효제**

[0186] 발효에 이용되는 미생물(들)은 천연-유래 미생물 및/또는 공학적으로 조작된 미생물일 수 있다. 예를 들어, 미생물은 박테리아(예컨대, 셀룰로스 분해 박테리아를 포함하지만, 이로써 제한되는 것은 아님), 균류(예컨대, 효모를 포함하지만, 이로써 제한되는 것은 아님), 식물, 원생생물, 예컨대, 원생동물문 혹은 균류-유사 원생생물(예컨대, 점균류를 포함하지만, 이로써 제한되는 것은 아님), 또는 조류일 수 있다. 유기체가 거부반응을 일으키지 않을 경우, 유기체의 혼합물이 이용될 수 있다.

[0187] 적절한 발효 미생물은, 예컨대, 글루코스, 프럭토스, 자일로스, 아라비노스, 만노스, 갈락토스, 올리고당 혹은 다당류 등의 탄수화물을 발효 생성물로 전환시키는 능력을 지닌다. 발효 미생물로는, 사카로마이세스종(*Saccharomyces spp.*)의 속(genus)(사카로마이세스 세레비시아(*S. cerevisiae*)(빵 효모), 사카로마이세스 디스타티쿠스(*S. distaticus*), 사카로마이세스 우바룸(*S. uvarum*)을 포함하지만 이들로 제한되는 것은 아님), 클루이베로마이세스(*Kluyveromyces*)속(클루이베로마이세스 마르시아누스(*K. marxianus*), 클루이베로마이세스 프라길리스(*K. fragilis*) 을 포함하지만 이들로 제한되는 것은 아님), 칸디다(*Candida*)속(칸디다 슈도트로피칼리스(*C. pseudotropicalis*) 및 칸디다 브라시카에(*C. brassicae*)를 포함하지만 이들로 제한되는 것은 아님), 피키아 스티피티스(*Pichia stipitis*)(칸디다 쉐하타에(*Candida shehatae*)와 관련됨), 클라비스포라(*Clavispora*)속(클라비스포라 루시타니에(*C. lusitaniae*) 및 클라비스포라 오푼티애(*C. opuntiae*)를 포함하지만 이들로 제한되는 것은 아님), 파키솔렌(*Pachysolen*)속(파키솔렌 탄노필루스(*P. tannophilus*)을 포함하지만, 이로써 제한되는 것은 아님), 브레탄노마이세스(*Bretannomyces*)속(브레탄노마이세스 클라우세니이(*B. clausenii*)(Philippidis, G. P., 1996, Celluose bioconversion technology, Handbook on Bioethanol: Production and Utilization, Wyman, C.E., ed., Taylor & Francis, Washington, DC, 179-212)를 포함하지만, 이로써 제한되는 것은 아님)의 균주들을 포함한다. 기타 적절한 미생물로는, 예를 들어, 지모모나스 모빌리스(*Zymomonas mobilis*), 클로스트리듐 종(클로스트리듐 써모셀륨(*C. thermocellum*)(Philippidis, 1996, 전술함), 클로스트리듐 사카로뷰틸아세토니쿰(*C. saccharobutylacetonicum*), 클로스트리듐 티로뷰티리쿰(*C. tyrobutyricum*), 클로스트리듐 사카로뷰틸리쿰(*C. saccharobutylicum*), 클로스트리듐 푸니세움(*C. Puniceum*), 클로스트리듐 베이전키이(*C. beijernckii*),

클로스트리듐 아세토뷰틸리쿰(*C. acetobutylicum*)을 포함하지만, 이들로 제한되는 것은 아님), 모닐리엘라종(*Moniliella spp.*)(모닐리엘라 폴리니스(*M. pollinis*), 모닐리엘라 토멘토사(*M. tomentosa*), 모닐리엘라 마디다(*M. madida*), 모닐리엘라 니그레센스(*M. nigrescens*), 모닐리엘라 오에도세팔리(*M. oedocephali*), 모닐리엘라 메가실리엔시스(*M. megachiliensis*)), 야로위아 리포리타카(*Yarrowia lipolytica*), 유레오바시디움 종(*Aureobasidium* sp.), 트리코스포로노이데스 종(*Trichosporonoides* sp.), 트리고놉시스 바리아빌리스(*Trigonopsis variabilis*), 트리코스포론 종(*Trichosporon* sp.), 모닐리엘라아세토아부탄스 종(*Moniliellaacetoabutans sp.*), 티풀라 바리아빌리스(*Typhula variabilis*), 칸디다 마그놀리애(*Candida magnoliae*), 우스틸라기노마이세테스 종(*Ustilaginomycetes sp.*), 슈도지마 츠쿠바엔시스(*Pseudozyma tsukubaensis*)의 균주, 지고사카로마이세스(*Zygosaccharomyces*), 데바리오마이세스(*Debaryomyces*), 한세눌라(*Hansenula*) 및 피키아(*Pichia*) 속의 효모 종, 및 데마티이드속 토룰라(*Torula*)의 진균(토룰라 코랄리나(*T. corallina*))을 포함한다.

[0188] 추가적인 미생물은 락토바실러스군을 포함한다. 그 예로는, 락토바실러스 카제이(*Lactobacillus casei*), 락토바실러스 람노서스(*Lactobacillus rhamnosus*), 락토바실러스 델브루키이(*Lactobacillus delbrueckii*), 락토바실러스 플란타룸(*Lactobacillus plantarum*), 락토바실러스 코리니포미스(*Lactobacillus coryniformis*), 예컨대, 락토바실러스 코리니포미스 아종 토퀜스(*Lactobacillus coryniformis subspecies torquens*), 락토바실러스 펜토수스(*Lactobacillus pentosus*), 락토바실러스 브레비스(*Lactobacillus brevis*)를 포함한다. 기타 미생물은 페디오코커스 페노사세우스(*Pediococus penosaceus*), 리조퍼스 오리재(*Rhizopus oryzae*)를 포함한다.

[0189] 이러한 많은 미생물 균주는, 두서너 가지 예를 들면, ATCC(American Type Culture Collection, 미국 버지니아주의 머내서스시에 소재), NRRL(Agricultural Research Service Culture Collection, 미국 일리노이주의 피오리아시에 소재) 또는 DSMZ(Deutsche Sammlung von Mikroorganismen und Zellkulturen GmbH, 독일의 브라운슈바이크에 소재) 등과 같은 기탁소를 통해서 혹은 상업적으로 공개적으로 입수가능하다.

[0190] 시판의 효모로는, 예를 들어, 레드 스타(RED STAR)(등록상표)/라사프레 에탄올 레드(Lesaffre Ethanol Red)(미국 레드 스타/레사프레사(Red Star/Lesaffre)로부터 입수가능), 팔리(FALI)(등록상표)(미국 번즈 필립스 푸드사(Burns Philip Food Inc.)의 분사인 플레이쉬만즈 이스트사(Fleischmann's Yeast)로부터 입수가능), 수퍼스타트(SUPERSTART)(등록상표)(알테크(Alltech), 지금은 레일만드(Lalemand)로부터 입수가능), 거트 스트란드(GERT STRAND)(등록상표)(스웨덴의 거트 스트란트 아베(Gert Strand AB)로부터 입수가능) 및 페르몰(FERMOL)(등록상표)(DSM 스페셜티즈사(DSM Specialties)로부터 입수가능)을 포함한다.

[0191] **증류**

[0192] 발효 후, 얻어지는 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 분자체(vapor-phase molecular sieve)를 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 원심분리기를 이용해서 분리되고 회전 건조기에서 건조될 수 있다. 원심분리기 유출물의 일부(25%)는 발효로 재순환될 수 있고, 나머지는 제2 및 제3증발기 작용부로 보내질 수 있다. 대부분의 증발기 응축물은 적은 부분이 폐수 처리로 분리되어 낮은 비등 화합물의 구축을 방지하면서 상당히 깨끗한 응축물로서 상기 처리로 되돌아갈 수 있다.

[0193] **탄화수소-함유 물질**

[0194] 본 명세서에 기재된 방법들 및 시스템들을 이용하는 다른 실시형태에 있어서, 예를 들어, 바이오매스와 혼합된 탄화수소-함유 물질이 가공처리될 수 있다. 본 명세서에 기재된 임의의 공정은 본 명세서에 기재된 임의의 탄화수소-함유 물질을 처리하는데 이용될 수 있다. 본 명세서에서 이용되는 바와 같은 "탄화수소-함유 물질"은, 탄화수소 성분과 고형물을 둘 모두 포함하는 오일 샌드, 오일 셰일, 타르 샌드, 탄진(coal dust), 석탄 슬러리, 역청, 각종 유형의 석탄 및 기타 천연-유래 및 합성 물질을 포함하는 것을 의미한다. 고형물은 목재, 암석, 모래, 점토, 돌맹이, 토사(silt), 드릴링 슬러리(drilling slurry) 또는 기타 고형 유기물 및/또는 무기물을 포함할 수 있다. 이 용어는 또한 드릴링 폐기물 및 부산물, 정유 폐기물 및 부산물, 또는 기타 탄화수소성분을 함유하는 폐기 생성물, 예컨대, 아스팔트 싱글링(asphalt shingling) 및 커버링, 아스팔트 포장 등과 같은 폐기물을 포함할 수 있다.

[0195] **반송 시스템들**

[0196] 각종 반송 시스템은, 예를 들어, 앞서 논의된 바와 같은 바이오매스 물질을, 돔형 저장소에 그리고 돔형 저장소 내의 전자 빔 하에 반송하는데 이용될 수 있다. 예시적인 컨베이어는 벨트 컨베이어, 공압 컨베이어, 스크류 컨베이어, 카트, 트레인 혹은 레일 상의 카트, 엘리베이터, 프론트 로더(front loader), 백호(backhoe), 크레인, 각종 스크레이퍼 및 셔블(shovel), 트럭 및 스로잉 장치(throwing device)가 이용될 수 있다. 예를 들어, 진동 컨베이어가 본 명세서에 기재된 각종 공정에서 이용될 수 수 있다. 진동 컨베이어는 제PCT/US2013/64289호(출원일: 2013년 10월 10일, 그 전체 개시내용이 참조로 본 명세서에 편입됨)에 기재되어 있다.

[0197] 진동 컨베이어는, 물질을 확산시키고 컨베이어 트로프 표면 상에 균일한 층을 생성하는데 특히 유용하다. 예를 들어 초기 공급원료는, 적어도 4피트 높이(예컨대, 적어도 약 3 피트, 적어도 약 2 피트, 적어도 약 1 피트, 적어도 약 6 인치, 적어도 약 5 인치, 적어도 약 4 인치, 적어도 약 3 인치, 적어도 약 2 인치, 적어도 약 1 인치, 적어도 약 ½ 인치)일 수 있고 컨베이어의 폭 미만(예컨대, 약 10% 미만, 약 20% 미만, 약 30% 미만, 약 40% 미만, 약 50% 미만, 약 60% 미만, 약 70% 미만, 약 80% 미만, 약 90% 미만, 약 95% 미만, 약 99% 미만)에 걸쳐 있는 물질의 더미를 형성할 수 있다. 진동 컨베이어는 바람직하게는 위에서 논의된 바와 같이 균일한 두께를 지니고 컨베이어 트로프의 전체 폭에 걸치도록 물질을 확산시킬 수 있다. 몇몇 경우에, 추가적인 확산 방법이 유용할 수 있다. 예를 들어, 확산기, 예컨대, 브로드캐스트 확산기, 낙하 확산기(예컨대, 크리스티 스프레더(CHRISTY SPREADER)(상표명)) 또는 이들의 조합은 공급원료를 넓은 영역에 걸쳐서 낙하(예컨대, 배치, 주입, 쏟기 및/또는 뿌리기)하는데 이용될 수 있다. 선택적으로, 확산기는 바이오매스를 광폭 샤워 혹은 커튼으로서 진동 컨베이어 상에 전달할 수 있다. 부가적으로, 제1 컨베이어(예컨대, 제1 컨베이어는 공급원료의 조사에 이용됨)로부터의 상류에 있는 제2 컨베이어는, 바이오매스를 제1 컨베이어 상에 낙하시킬 수 있으며, 여기서 제2 컨베이어는 제1 컨베이어보다 작은 반송 방향에 대한 횡방향의 폭을 지닐 수 있다. 특히, 제2 컨베이어가 진동 컨베이어인 경우, 공급원료는 제2 및 제1 컨베이어의 작용에 의해 확산된다. 몇몇 선택적 실시형태에 있어서, 제2 컨베이어는 바이어스 크로스 컷 배출부(예컨대, 4:1의 비를 지니는 바이어스 컷)에서 종결되므로, 물질은 제1 컨베이어 상에 광폭 커튼(예컨대, 제2 컨베이어의 폭보다 넓음)으로서 낙하될 수 있다. 확산기(예컨대, 브로드캐스트 확산기, 낙하 확산기, 컨베이어, 또는 크로스 컷 진동 컨베이어)에 의한 바이오매스의 초기 낙하 영역은 제1 진동 컨베이어의 전체 폭에 걸쳐 있을 수 있거나, 또는 이 폭의 일부에 걸쳐 있을 수 있다. 일단 컨베이어 상에 낙하되면, 물질은 컨베이어의 진동에 의해 훨씬 더 균일하게 확산되므로, 바람직하게는 컨베이어의 전체 폭이 바이오매스의 균일한 층으로 덮인다. 몇몇 실시형태에 있어서, 확산기들의 조합이 이용될 수 있다. 공급원료를 확산시키는 몇몇 방법은 미국 특허 제7,153,533호(출원일: 2002년 7월 23일, 공고일: 2006년 12월 26일, 이 문헌의 전체 개시 내용은 참고로 본 명세서에 편입됨)에 개시되어 있다.

[0198] 일반적으로, 처리량을 최대화하기 위하여 전자 빔을 통해 가능한 빨리 물질을 반송시키는 것이 바람직하다. 예를 들어, 물질은, 적어도 1 ft/분, 예컨대, 적어도 2 ft/분, 적어도 3 ft/분, 적어도 4 ft/분, 적어도 5 ft/분, 적어도 10 ft/분, 적어도 15 ft/분, 적어도 20 ft/분, 적어도 25 ft/분, 적어도 30 ft/분, 적어도 40 ft/분, 적어도 50 ft/분, 적어도 60 ft/분, 적어도 70 ft/분, 적어도 80 ft/분, 적어도 90 ft/분의 속도에서 반송될 수 있다. 이 반송 속도는, 빔 전류 및 표적화된 조사 선량에 관련되며, 예를 들어, 5.5 피트 폭 컨베이어 및 100mA에 걸쳐서 확산되는 ¼ 인치 두께의 바이오매스에 대해서, 컨베이어는 유용한 조사 선량(예컨대, 1회 통과에 대해서 약 10 Mrad)을 제공하기 위하여 약 20 ft/분에서 이동할 수 있으며, 50mA에서 컨베이어는 대략 동일한 조사 선량을 제공하기 위하여 약 10 ft/분에서 이동할 수 있다.

[0199] 물질이 반송될 수 있는 비율(혹은 속도)은 반송 중인 물질의 형상과 질량 그리고 목적으로 하는 처리에 좌우된다. 유동 물질, 예컨대, 입상 물질은, 특히 진동 컨베이어를 이용해서 반송하는데 적합하다. 반송 속도(conveying speed)는, 예를 들어, 적어도 100 lb/hr(예컨대, 적어도 500 lb/hr, 적어도 1000 lb/hr, 적어도 2000 lb/hr, 적어도 3000 lb/hr, 적어도 4000 lb/hr, 적어도 5000 lb/hr, 적어도 10,000 lb/hr, 적어도 15,000 lb/hr, 또는 심지어 적어도 25,000 lb/hr)일 수 있다. 몇몇 전형적인 반송 속도는 약 1000 내지 10,000 lb/hr(예컨대, 약 1000 lb/hr 내지 8000 lb/hr, 약 2000 내지 7000 lb/hr, 약 2000 내지 6000 lb/hr, 약 2000 내지 5000lb/hr, 약 2000 내지 4500 lb/hr, 약 1500 내지 5000 lb/hr, 약 3000 내지 7000 lb/hr, 약 3000 내지 6000 lb/hr, 약 4000 내지 6000 lb/hr 및 약 4000 내지 5000 lb/hr)일 수 있다. 전형적인 반송 속도는 물질의 밀도에 좌우된다. 예를 들어, 약 35 lb/ft3의 밀도와 약 5000 lb/hr의 반송 속도를 지니는 바이오매스에 대해서, 물질은 약 143 ft3/hr의 비율로 반송되며, 해당 물질이 약 ¼"의 두께이고 트로프 폭 5.5 ft 내에 있으면, 상기 물질은 약 1250 ft/hr(약 21 ft/분)의 비율로 반송된다. 물질을 반송하는 속도는 따라서 크게 다를 수 있다. 바람직하게는, 예를 들어, 약 ¼" 두께의 층의 바이오매스는, 약 5 내지 100 ft/분(예컨대 약 5 내지 100 ft/분,

약 6 내지 100 ft/분, 약 7 내지 100 ft/분, 약 8 내지 100 ft/분, 약 9 내지 100 ft/분, 약 10 내지 100 ft/분, 약 11 내지 100 ft/분, 약 12 내지 100 ft/분, 약 13 내지 100 ft/분, 약 14 내지 100 ft/분, 약 15 내지 100 ft/분, 약 20 내지 100 ft/분, 약 30 내지 100 ft/분, 약 40 내지 100 ft/분, 약 2 내지 60 ft/분, 약 3 내지 60 ft/분, 약 5 내지 60 ft/분, 약 6 내지 60 ft/분, 약 7 내지 60 ft/분, 약 8 내지 60 ft/분, 약 9 내지 60 ft/분, 약 10 내지 60 ft/분, 약 15 내지 60 ft/분, 약 20 내지 60 ft/분, 약 30 내지 60 ft/분, 약 40 내지 60 ft/분, 약 2 내지 50 ft/분, 약 3 내지 50 ft/분, 약 5 내지 50 ft/분, 약 6 내지 50 ft/분, 약 7 내지 50 ft/분, 약 8 내지 50 ft/분, 약 9 내지 50 ft/분, 약 10 내지 50 ft/분, 약 15 내지 50 ft/분, 약 20 내지 50 ft/분, 약 30 내지 50 ft/분, 약 40 내지 50 ft/분)의 속도에서 반송된다. 물질은, 예를 들어, 전자 빔(예컨대, 샤워, 장(field)) 하에 통과함에 따라서 해당 물질의 일정한 조사를 유지하는 것을 돕기 위하여, 일정한 속도에서 반송되는 것이 바람직하다.

[0200] 기술된 진동 컨베이어는 물질을 체거름하여 선별하는데 이용되는 스크린(screen), 즉, 체를 포함할 수 있다. 트로프의 측면 혹은 바닥부 상의 포트 개구는, 예를 들어, 크기 혹은 형상에 의해 특정 물질을 선별하거나 선택하거나 제거하기 위하여 이용될 수 있다. 몇몇 컨베이어는 지지 구조부에 대한 동적 힘을 저감시키기 위하여 평형력(counterbalance)을 지닌다. 몇몇 진동 컨베이어는 나선형 엘리베이터로서 구성되고/되거나, 표면 둘레를 만곡시키도록 설계되고/되거나, 하나의 컨베이어로부터 다른 컨베이어로 물질을 낙하시키도록 (예컨대, 단차, 캐스케이드로 혹은 일련의 단차 혹은 계단으로서) 설계된다. 물질의 반송과 함께, 컨베이어는, 스크리닝, 분리, 선별(sorting), 분급, 분배, 크기조절, 검사, 채집(picking), 금속 제거, 동결, 배합, 혼합, 배향, 가열, 조리, 건조, 탈수, 세정, 세척, 표백, 퀀칭(quenching), 코팅, 분진제거 및/또는 공급을 위하여, 자체로, 혹은 다른 장비 혹은 시스템과 접속되어 이용될 수 있다. 컨베이어는 또한 커버(예컨대, 분진-기밀 커버), 측면 방출 게이트, 바닥 방출 게이트, 특정 라이너(예컨대, 점착방지, 스테인리스 강, 고무, 맞춤 스틸(custom steal), 및/또는 홈 형성), 분할된 트로프, 퀀치 풀(quench pool), 스크린, 천공판, 검출기(예컨대, 금속 검출기), 고온 설계, 식품 등급 설계, 히터, 건조기 및/또는 냉각기를 포함할 수 있다. 또한, 트로프는 각종 형상, 예를 들어, 평탄한 바닥, V자형 바닥, 상부에 플랜지 부착, 곡면 바닥, 임의의 방향에 리지(ridge)를 구비한 평탄부, 관형상, 하프 파이프(half pipe), 커버 부착 또는 이들의 임의의 조합으로 이루어질 수 있다. 특히, 컨베이어는 조사 시스템 및/또는 장비와 연결될 수 있다.

[0201] 컨베이어(예컨대, 진동 컨베이어)는 내부식성 물질로 제조될 수 있다. 컨베이어는 스테인리스 강(예컨대, 304, 316 스테인리스 강, 하스텔로이(HASTELLOY)(등록상표) 합금 및 인코넬(INCONEL)(등록상표) 합금)을 포함하는 구조재를 이용할 수 있다. 그 예로는, 하인스주(Hynes)(미국 인디아나주의 코코모시에 소재)로부터의 하스텔로이(HASTELLOY)(등록상표) 내부식성 합금, 예컨대, 하스텔로이(HASTELLOY)(등록상표) B-3(등록상표) 합금, 하스텔로이(HASTELLOY)(등록상표) 하이브리드-BC1(HYBRID-BC1)(등록상표) 합금, 하스텔로이(HASTELLOY)(등록상표) C-4 합금, 하스텔로이(HASTELLOY)(등록상표) C-22(등록상표) 합금, 하스텔로이(HASTELLOY)(등록상표) C-22HS(등록상표) 합금, 하스텔로이(HASTELLOY)(등록상표) C-276 합금, 하스텔로이(HASTELLOY)(등록상표) C-2000(등록상표) 합금, 하스텔로이(HASTELLOY)(등록상표) G-30(등록상표) 합금, 하스텔로이(HASTELLOY)(등록상표) G-35(등록상표) 합금, 하스텔로이(HASTELLOY)(등록상표) N 합금 및 하스텔로이(HASTELLOY)(등록상표) 얼티멧(ULTIMET)(등록상표) 합금을 들 수 있다.

[0202] 진동 컨베이어는 비점착성 이형 코팅, 예를 들어, 투플론(TUFFLON)(상표명)(미국 델라웨어주에 소재한 듀퐁사(Dupont))을 포함할 수 있다. 진동 컨베이어는 또한 내부식성 코팅을 포함할 수 있다. 그 예로는, 메탈 코팅즈사(Metal Coatings Corp)(미국 텍사스주의 휴스턴시에 소재)로부터 공급될 수 있는 코팅, 및 그외 플루오로폴리머(Fluoropolymer), 자일란(XYLAN)(등록상표), 몰리브덴 다이설파이드, 에폭시 페놀계, 포스페이트-철 금속 코팅, 에폭시용 폴리우레탄-고광택 탑코트, 무기 아연, 폴리테트라플루오로에틸렌, PPS/RYTON(등록상표), 플루오르화 에틸렌 프로필렌, PVDF/DYKOR(등록상표), ECTFE/HALAR(등록상표) 및 세라믹 에폭시 코팅 등을 들 수 있다. 코팅은 공정 기체(예컨대, 오존), 화학적 부식, 피팅 부식(pitting corrosion), 찰과 부식(galling corrosion) 및 산화에 대한 내성을 개선시킬 수 있다.

[0203] 선택적으로, 본 명세서에 기재된 반송 시스템에 부가해서, 하나 이상의 다른 반송 시스템이 봉입될 수 있다. 인클로저를 이용할 경우, 봉입된 컨베이어는 또한 대기를 감소된 산소 수준에서 유지하기 위하여 불활성 기체로 퍼지될 수 있다. 산소 수준을 낮게 유지함으로써, 몇몇 경우에 그의 반응성 및 독성 속성으로 인해 바람직하지 않은 오존의 형성을 회피하게 된다. 예를 들어, 산소는 약 20% 미만(예컨대, 약 10% 미만, 약 1% 미만, 약 0.1% 미만, 약 0.01% 미만 또는 약 0.001% 미만의 산소)일 수 있다. 퍼지는 질소, 아르곤, 헬륨 또는 이산화탄소를 포함하지만 이들로 제한되는 것은 아닌 불활성 기체를 이용해서 수행될 수 있다. 이것은, 예를 들어, 액체 공급

원(예컨대, 액체 질소 또는 헬륨)의 증발물(boil off)로부터 공급되거나, 공기로부터 인시츄로 생성 또는 분리되거나, 또는 탱크로부터 공급될 수 있다. 불활성 기체는 재순환될 수 있고, 어떠한 잔류 산소라도 구리 촉매 베드 등과 같은 촉매를 이용해서 제거될 수 있다. 대안적으로, 퍼지, 재순환 및 산소 제거의 조합이 산소 수준을 낮게 유지하기 위하여 수행될 수 있다.

[0204] 봉입된 컨베이어는 바이오매스와 반응할 수 있는 반응성 기체로 퍼지될 수 있다. 이것은 조사 공정 전에, 동안 또는 후에 수행될 수 있다. 반응성 기체는, 아산화질소, 암모니아, 산소, 오존, 탄화수소, 방향족 화합물, 아마이드, 과산화물, 아자이드, 할라이드, 옥시할라이드, 포스파이드, 포스핀, 아르신, 설파이드, 티올, 보레인 및/또는 수소화물일 수 있지만, 이들로 제한되는 것은 아니다. 반응성 기체는, 예컨대, 조사(예컨대, 전자 빔, UV 조사, 마이크로파 조사, 가열, IR 방사선)에 의해 컨베이어 인클로저 내에서 활성화될 수 있으므로, 바이오매스와 반응한다. 바이오매스 자체는, 예를 들어, 조사에 의해 활성화될 수 있다. 바람직하게는, 바이오매스는 전자 빔에 의해 활성화되어, 라디칼을 생성하고, 이 라디칼은 이어서, 예컨대, 라디칼 커플링 혹은 퀀칭에 의해 활성화된 혹은 비활성화 반응성 기체와 반응한다.

[0205] 봉입된 컨베이어에 공급된 퍼지 기체는 또한 예를 들어 약 25℃ 이하, 약 0℃, 약 -40℃ 이하, 약 -80℃ 이하, 약 -120℃ 이하로 냉각될 수 있다. 예를 들어, 이 가스는 액체 질소 등과 같은 압축 기체로부터 증발될 수 있거나, 고체 이산화탄소로부터 승화될 수 있다. 대안적인 예로서, 상기 기체는 냉각 장치 또는 그 일부에 의해 냉각될 수 있거나, 또는 전체 컨베이어가 냉각될 수 있다.

[0206] **기타 실시형태**

[0207] 본 명세서에서 논의된 임의의 물질, 가공처리 또는 가공처리된 물질은 복합재, 충전제, 결착제, 플라스틱 첨가제, 흡착제 및 제어된 방출제 등과 같은 생성물 및/또는 중간생성물을 제조하는데 이용될 수 있다. 이 방법은, 예를 들어, 압력 및 열을 물질에 가함으로써 치밀화를 포함할 수 있다. 예를 들어, 복합재는 섬유 물질을 수지 혹은 중합체와 배합함으로써 제조될 수 있다. 예를 들어, 방사선 가교형 수지, 예컨대, 열가소성 수지는 섬유 물질과 배합되어 섬유질 물질/가교형 수지 조합물을 제공할 수 있다. 이러한 물질은, 예를 들어, 건축 물질, 보호 시트, 컨테이너 및 기타 구조재(예컨대, 성형 및/또는 압출 제품)로서 유용할 수 있다. 흡착제는, 예를 들어, 펠릿, 칩, 섬유 및/또는 시트의 형태일 수 있다. 흡착제는, 예를 들어, 애완동물용 침구, 패킹 물질로서, 또는 오염 제어 시스템에서 이용될 수 있다. 제어된 방출 매트릭스는 또한 예를 들어 펠릿, 칩, 섬유 및/또는 시트의 형태일 수 있다. 제어된 방출 매트릭스는, 예를 들어, 약물, 살생물제, 방향제(fragrance)를 방출하는데 이용될 수 있다. 예를 들어, 복합재, 흡수제 및 제어된 방출제, 그리고 그들의 용도는 국제 특허 출원 제 PCT/US2006/010648호(출원일: 2006년 3월 23일) 및 미국 특허 제8,074,910호(출원일: 2011년 11월 22일)에 기재되어 있으며, 이들의 전체 개시 내용은 참고로 본 명세서에 편입된다.

[0208] 몇몇 경우에, 바이오매스 물질은, 1종 이상의 당(예컨대, 자일로스)을 선택적으로 방출하기 위하여, 예컨대, 가속된 전자를 이용해서 난분해성을 저감시키기 위하여 제1 수준에서 처리된다. 바이오매스는 이어서 1종 이상의 다른 당(예컨대, 글루코스)을 방출하기 위하여 제2 수준에서 처리될 수 있다. 선택적으로 바이오매스는 처리들 사이에서 건조될 수 있다. 처리는 당을 방출하기 위하여 화학적 및 생화학적 처리를 적용하는 단계를 포함할 수 있다. 예를 들어, 바이오매스 물질은 약 20 Mrad 미만(예컨대, 약 15 Mrad 미만, 약 10 Mrad 미만, 약 5 Mrad 미만, 약 2 Mrad 미만)의 수준에서 처리되고 나서, 10% 미만(예컨대, 약 9%, 약 8% 미만, 약 7% 미만, 약 6% 미만, 약 5% 미만, 약 4% 미만, 약 3%, 약 2% 미만, 약 1% 미만, 약 0.75% 미만, 약 0.50% 미만, 약 0.25% 미만)의 황산을 함유하는 황산 용액으로 처리되어, 자일로스를 방출할 수 있다. 예를 들어 용액으로 방출되는 자일로스는, 고형물로부터 분리되고, 선택적으로 이 고형물은 용매/용액으로(예컨대, 물 및/또는 산성수로) 세척된다. 선택적으로, 이 고형물은 예를 들어, 공기 중 및/또는 진공 하에 선택적으로 (예컨대, 약 150℃ 이하, 약 120℃ 이하로) 가열하여 수분 함량을 약 25 중량% 이하(약 20 중량% 이하, 약 15 중량% 이하, 약 10 중량% 이하, 약 5 중량% 이하)로 건조시킬 수 있다. 이어서 이 고형물은 약 30 Mrad 미만(예컨대, 약 25 Mrad 미만, 약 20 Mrad 미만, 약 15 Mrad 미만, 약 10 Mrad 미만, 약 5 Mrad 미만, 약 1 Mrad 미만 또는 전혀 없이)의 수준으로 처리되고 나서, 효소(예컨대, 셀룰라제)로 처리되어 글루코스를 방출할 수 있다. 글루코스(예컨대, 용액 중 글루코스)는 나머지 고형물로부터 분리될 수 있다. 이 고형물은 이어서, 더욱 가공처리되어, 예를 들면, 에너지 또는 다른 생성물(예컨대, 리그닌 유래 생성물)을 제조하는데 이용될 수 있다.

[0209] **착향료(flavor), 방향제 및 색제**

[0210] 본 명세서에 기재된 생성물 및/또는 중간생성물, 예컨대, 본 명세서에 기재된 공정, 시스템 및/또는 장비에 의해 생산된 것들 중 어느 것이라도, 착향료, 방향제, 착색제 및/또는 이들의 혼합물과 조합될 수 있다. 예를 들

어, (선택적으로 착향료, 방향제 및/또는 착색제와 함께) 당, 유기 산, 연료, 폴리올, 예컨대, 당 알코올, 바이오매스, 섬유 및 복합체의 임의의 1종 이상이 다른 생성물을 제조하기 위하여 배합(예컨대, 조제, 혼합 또는 반응)되거나 이용될 수 있다. 예를 들어, 1종 이상의 이러한 생성물은 비누, 세제, 캔디, 드링크(예컨대, 콜라, 와인, 맥주, 술, 예컨대, 진 혹은 보드카, 스포츠 음료, 커피, 차), 시럽, 약제, 접착제, 시트(예컨대, 직포, 부직포, 필터, 조직) 및/또는 복합재(예컨대, 보드)를 제조하는데 이용될 수 있다. 예를 들어, 1종 이상의 이러한 생성물은 허브, 꽃, 꽃잎, 향신료, 비타민, 포푸리 또는 초와 조합될 수 있다. 예를 들어, 조제된, 혼합된 또는 반응된 배합물은 그레이프프루트, 오렌지, 사과, 라즈베리, 바나나, 상추, 셀러리, 신나몬, 초콜릿, 바닐라, 페퍼민트, 민트, 양파, 마늘, 후추, 샤프란(saffron), 생강, 우유, 와인, 맥주, 차, 살코기, 어류, 조개, 올리브유, 코코넛 지방, 돼지고기 지방, 버터 지방, 비프 비욘(beef bouillon), 레귬(legume), 감자, 마말레이드, 햄, 커피 및 치즈의 착향료/방향제를 지닐 수 있다.

[0211] 착향료, 방향제 및 착색제는 임의의 양, 예를 들어, 약 0.001중량% 내지 약 30중량%, 예컨대, 약 0.01중량% 내지 약 20중량%, 약 0.05중량% 내지 약 10중량% 또는 약 0.1중량% 내지 약 5중량%로 첨가될 수 있다. 이들은, 임의의 수단에 의해 그리고 임의의 순서 혹은 수순으로 (예컨대, 본 명세서에 기재된 많은 생성물 또는 중간 생성물 중 임의의 1종과) 조제, 혼합 및/또는 반응(예컨대, 교반, 혼합, 유화, 겔화, 주입, 가열, 초음파 처리 및/또는 현탁)될 수 있다. 충전제, 결착제, 유화제, 산화방지제, 예를 들어, 단백질 겔, 전분 및 실리카가 또한 이용될 수 있다.

[0212] 일 실시형태에 있어서, 착향료, 방향제 및 착색제는, 조사에 의해 형성된 반응성 부위가 착향료, 방향제 및 착색제의 반응성 적합 부위와 반응할 수 있도록 바이오매스가 조사된 직후에 바이오매스에 첨가될 수 있다.

[0213] 착향료, 방향제 및 착색제는 천연 및/또는 합성 물질일 수 있다. 이들 물질은 화합물, 이들의 조성물 혹은 혼합물(예컨대, 수 종의 화합물의 배합된 혹은 천연 조성물) 중 하나 이상일 수 있다. 선택적으로 착향료, 방향제, 산화방지제 및 착색제는, 예를 들어, 발효 공정(예컨대, 본 명세서에 기재된 바와 같은 당화된 물질의 발효)으로부터 생물학적으로 유도될 수 있다. 대안적으로 또는 부가적으로 이들 착향료, 방향제 및 착색제는 전체 유기체(예컨대, 식물, 진균, 동물, 박테리아 혹은 효모) 또는 유기체의 일부로부터 수확될 수 있다. 유기체는 출발 물질을 파괴하기 위하여 본 명세서에 기재된 방법, 시스템 및 장비, 온수 추출, 초임계 유체 추출, 화학적 추출(예컨대, 용매 또는 산 및 염기를 포함하는 반응성 추출), 기계적 추출(예컨대, 프레싱, 분쇄, 여과)을 이용하는 수법, 효소를 이용하는 수법, 박테리아를 이용하는 수법, 이들 수법의 조합을 비롯한 임의의 수법에 의해 색, 착향료, 방향제 및/또는 산화방지제를 제공하기 위하여 수집 및/또는 추출될 수 있다. 화합물은 화학 반응, 예를 들어, 당(예컨대, 본 명세서에 기재된 바와 같이 제조됨)과 아미노 산의 조합(마이야르(Maillard) 반응)에 의해 유도될 수 있다. 착향료, 방향제, 산화방지제 및/또는 착색제는 본 명세서에 기재된 방법, 장비 또는 시스템에 의해 생성된 중간생성물 및/또는 생성물, 예를 들어, 에스터 및 리그닌 유래 생성물일 수 있다.

[0214] 착향료, 방향제 또는 착색제의 몇몇 예는 폴리페놀이다. 폴리페놀은 많은 과일, 채소, 곡물 및 꽃의 적색, 자색 및 청색 착색제를 담당하는 안료이다. 폴리페놀은 또한 산화방지 특성을 지닐 수 있고, 흔히 쓴 맛을 지닌다. 산화방지제 특성은 이들을 중요한 방부제로 만든다. 폴리페놀의 하나의 부류는 플라보노이드, 예컨대, 안토사이아니딘, 플라바논올, 플라반-3-올, 플라바논 및 플라바논올이다. 이용될 수 있는 기타 페놀성 화합물은 페놀산 및 그들의 에스터, 예컨대, 클로로겐산 및 중합체성 탄닌을 포함한다.

[0215] 착색제 중에서, 무기 화합물, 미네랄 또는 유기 화합물, 예를 들어, 이산화티타늄, 산화아연, 산화알루미늄, 카드뮴 옐로(예컨대, CdS), 카드뮴 오렌지(예컨대, 일부 Se를 구비한 CdS), 알리자린 크림슨(예컨대, 합성 또는 비합성 로즈 매더(rose madder)), 군청색(예컨대, 합성 군청색, 천연 군청색, 합성 군청 자색), 코발트 블루, 코발트 옐로, 코발트 그린, 비리디언(viridian)(예컨대, 수화된 산화크롬(III)), 칼코파일라이트(chalcophylite), 코니칼사이트(conichalcite), 코누바이트(cornubite), 콘월라이트(cornwallite) 및 리로코나이트(liroconite)가 이용될 수 있다. 카본 블랙 및 자체-분산형 블랙 등과 같은 흑색 안료가 이용될 수도 있다.

[0216] 이용될 수 있는 몇몇 착향료 및 방향제로는 ACALEA TBHQ, ACET C-6, 알릴 아밀 글라이콜레이트, 알파 터피네올, 암브레톨라이드(AMBRETTOLIDE), 암브리놀(AMBRINOL) 95, 안드레인(ANDRANE), 아퍼메이트(APHERMATE), 애플라이드(APPLELIDE), 박다놀(BACDANOL)(등록상표), 버가말(BERGAMAL), 베타 아이오논 에폭사이드, 베타 나프틸 아이소-뷰틸 에터, 바이사이클로노나락톤, 보나픽스(BORNAFIX)(등록상표), 칸톡살(CANTHOXAL), 카쉬메란(CASHMERAN)(등록상표), 카쉬메란(CASHMERAN)(등록상표) 바이올렛, 카시픽스(CASSIFFIX)(등록상표), 세드라픽스(CEDRAFIX), 세드람버(CEDRAMBER)(등록상표), 세드릴 아세테이트, 셀레스톨라이드(CELESTOLIDE), 신나말바(CINNAMALVA), 시트랄 다이메틸 아세테이트, 시트롤레이트(CITROLATE)(상표명), 시트로넬롤(CITRONELLOL) 700,

시트로넬롤(CITRONELLOL) 950, 시트로넬롤 쿠루(CITRONELLOL COEUR), 시트로넬릴 아세테이트, 시트로넬릴 아세테이트 퓨어, 시트로넬릴 폼에이트, 클라리세트(CLARYCET), 클로날(CLONAL), 코니페란(CONIFERAN), 코니페란 퓨어(CONIFERAN PURE), 코텍스 알데하이드 50% 페오모사(CORTEX ALDEHYDE 50% PEOMOSA), 시클라뷰트(CYCLABUTE), 시클라세트(CYCLACET)(등록상표), 시클라프로프(CYCLAPROP)(등록상표), 사이클맥스(CYCLEMAX)(상표명), 사이클로헥실 에틸 아세테이트, 다마스콜(DAMASCOL), 델타 다마스콘(DELTA DAMASCONE), 다이하이드로 시클라세트(DIHYDRO CYCLACET), 다이하이드로 마이어세놀(DIHYDRO MYRCENOL), 다이하이드로 터피네올, 다이하이드로 터피네올 아세테이트, 다이메틸 사이클로르몰(DIMETHYL CYCLORMOL), 다이메틸 옥탄올 PQ, 다이메이어세톨(DIMYRCETOL), 디올라(DIOLA), 디펜텐(DIPENTENE), 둘시닐(DULCINYL)(등록상표) 리크리스탈라이즈드(RECRYSTALLIZED), 에틸-3-페닐 글라이시데이트, 플루라몬(FLEURAMONE), 플루라닐(FLEURANIL), 플로랄 수퍼(FLORAL SUPER), 플로랄오존(FLORALOZONE), 플로리프폴(FLORIFFOL), 프라이스톤(FRAISTONE), 프럭톤(FRUCTONE), 갈락솔라이드(GALAXOLIDE)(등록상표) 50, 갈락솔라이드(GALAXOLIDE)(등록상표) 50 BB, 갈락솔라이드(GALAXOLIDE)(등록상표) 50 IPM, 갈락솔라이드(GALAXOLIDE)(등록상표) 언다일루티드(UNDILUTED), 갈바스콘(GALBASCONE), 제랄드하이드(GERALDEHYDE), 제라니올(GERANIOL) 5020, 제라니올(GERANIOL) 600 타입, 제라니올(GERANIOL) 950, 제라니올(GERANIOL) 980 (퓨어), 제라니올 CFT 쿠루 (GERANIOL CFT COEUR), 제라니올 쿠루(GERANIOL COEUR), 제라닐 아세테이트 쿠루(GERANYL ACETATE COEUR), 제라닐 아세테이트, 퓨어(GERANYL ACETATE, PURE), 제라닐 폼에이트(GERANYL FORMATE), 그리살바(GRISALVA), 구아이일 아세테이트(GUAIYL ACETATE), 헬리오날(HELIONAL)(상표명), 허박(HERBAC), 허발라임(HERBALIME)(상표명), 헥사데칸올라이드(HEXADECANOLIDE), 헥살론(HEXALON), 헥세닐 살리실레이트(HEXENYL SALICYLATE) 시스 3-, 히아신스 바디(HYACINTH BODY), 히야신스 바디 제3호(HYACINTH BODY NO. 3), 하이드라트로픽 알데하이드(HYDRATROPIC ALDEHYDE).DMA, 하이드록시올, 인돌아롬(INDOLAROME), 인트레레빈 알데하이드(INTRELEVEN ALDEHYDE), 인트레레빈 알데하이드 스페셜(INTRELEVEN ALDEHYDE SPECIAL), 아이오논 알파(IONONE ALPHA), 아이오논 베타(IONONE BETA), 아이소 사이클로 사이트랄(ISO CYCLO CITRAL), 아이소 사이클로 제라니올(ISO CYCLO GERANIOL), 아이소 E 수퍼(ISO E SUPER)(등록상표), 아이소부틸 퀴놀린, 자스말(JASMAL), 제세말(JESSEMAL)(등록상표), 카리스말(KHARISMAL)(등록상표), 카리스말(KHARISMAL)(등록상표) 수퍼(SUPER), 쿠시닐(KHUSINIL), 코아본(KOAVONE)(등록상표), 코히눌(KOHINOOL)(등록상표), 라이프아롬(LIFFAROME)(상표명), 리목살(LIMOXAL), 린데놀(LINDENOL)(상표명), 리랄(LYRAL)(등록상표), 리라임 수퍼(LYRAME SUPER), 만다린(MANDARIN) ALD 10% TRI ETH, CITR, 마리티마(MARITIMA), MCK 치즈(MCK CHINESE), 메이지프(MEIJIFF)(상표명), 멜라플뢰르(MELAFLEUR), 멜로존(MELOZONE), 메틸 안트라닐레이트, 메틸 아이오논 알파 엑스트라(METHYL IONONE ALPHA EXTRA), 메틸 아이오논 감마 A(METHYL IONONE GAMMA A), 메틸 아이오논 감마 쿠루(METHYL IONONE GAMMA COEUR), 메틸 아이오논 감마 퓨어(METHYL IONONE GAMMA PURE), 메틸 라벤더 케톤, 몬타버디(MONTAVERDI)(등록상표), 무게시아(MUGUESIA), 무겟 알데하이드 50(MUGUET ALDEHYDE 50), 무스크 Z4(MUSK Z4), 마이락 알데하이드(MYRAC ALDEHYDE), 마이세닐 아세테이트(MYRCENYL ACETATE), 넥타레이트(NECTARATE)(상표명), 네롤 900(NEROL 900), 네릴 아세테이트(NERYL ACETATE), 오시멘(OCIMENE), 옥타세탈(OCTACETAL), 오렌지 플라워 에터(ORANGE FLOWER ETHER), 오리본(ORIVONE), 오리니프 25%(ORRINIFF 25%), 옥사스피란(OXASPIRANE), 오조플뢰르(OZOFLEUR), 팜플리플뢰르(PAMPLEFLEUR)(등록상표), 페오모사(PEOMOSA), 페녹산올(PHENOXANOL)(등록상표), 피코니아(PICONIA), 프레사이클몬 B(PRECYCLEMONE B), 프레닐 아세테이트(PRENYL ACETATE), 프리스만톨(PRISMANTOL), 레세다 바디(RESEDA BODY), 로살바(ROSALVA), 로사무스크(ROSAMUSK), 산지놀(SANJINOL), 산타리프(SANTALIFF)(상표명), 시버탈(SYVERTAL), 터피네올(TERPINEOL), 터핀올렌 20(TERPINOLENE 20), 터핀올렌 90 PQ(TERPINOLENE 90 PQ), 터핀올렌 렉트.(TERPINOLENE RECT.), 터핀일 아세테이트(TERPINYL ACETATE), 터핀일 아세테이트 잭스(TERPINYL ACETATE JAX), 테트라하이드로(TETRAHYDRO), 무구올(MUGUOL)(등록상표), 테트라하이드로 마이센올(TETRAHYDRO MYRCENOL), 테트라메란(TETRAMERAN), 팀버실크(TIMBERSILK)(상표명), 토바카롤(TOBACAROL), 트리모픽스(TRIMOFIX)(등록상표) O TT, 트리프랄(TRIPLAL)(등록상표), 트리삼버(TRISAMBER)(등록상표), 바노리스(VANORIS), 버독스(VERDOX)(상표명), 버독스스(VERDOX)(상표명) HC, 버테넥스(VERTENEX)(등록상표), 버테넥스(VERTENEX)(등록상표) HC, 버토픽스(VERTOFIX)(등록상표) 쿠루(COEUR), 버톨리프(VERTOLIFF), 버톨리프 아이소(VERTOLIFF ISO), 비올리프(VIOLIFF), 비발디(VIVALDIE), 제놀리드(ZENOLIDE), 앱솔루트 인디아 75 PCT 미글리올(ABS INDIA 75 PCT MIGLYOL), 앱솔루트 모로코 50 PCT DPG(ABS MOROCCO 50 PCT TEC), 앱솔루트 프렌치(ABSOLUTE FRENCH), 앱솔루트 인디아(ABSOLUTE INDIA), 앱솔루트 MD 50 PCT BB(ABSOLUTE MD 50 PCT BB), 앱솔루트 모로코(ABSOLUTE MOROCCO), 콘센트레이트 PG(CONCENTRATE PG), 팅크처 20 PCT(TINCTURE 20 PCT), 암버그리스(AMBERGRIS), 암브레트 앱솔루트(AMBRETTE ABSOLUTE), 암브레트 시드 오일(AMBRETTE SEED OIL), 아모이스 오일 70 PCT 투욘(ARMOISE OIL 70 PCT THUYONE), 바질 앱솔루트 그란드 버트(BASIL ABSOLUTE GRAND VERT), 바질 그란드 버트 앱솔루트 MD(BASIL GRAND VERT ABS MD), 바질 오일 그란드 버트(BASIL OIL GRAND VERT), 바질

오일 버베이나(BASIL OIL VERVEINA), 바질 오일 베트남(BASIL OIL VIETNAM), 베이 오일 터펜리스(BAY OIL TERPENELESS), 밀랍 앱솔루트 N G(BEESWAX ABS N G), 밀랍 앱솔루트(BEESWAX ABSOLUTE), 벤조인 레지노이드 시암(BENZOIN RESINOID SIAM), 벤조인 레지노이드 시암 50 PCT DPG(BENZOIN RESINOID SIAM 50 PCT DPG), 벤조인 레지노이드 시암 50 PCT PG(BENZOIN RESINOID SIAM 50 PCT PG), 벤조인 레지노이드 시암 70.5 PCT TEC(BENZOIN RESINOID SIAM 70.5 PCT TEC), 블랙커런트 버드 앱솔루트 65 PCT PG(BLACKCURRANTT BUD ABS 65 PCT PG), 블랙커런트 버드 앱솔루트 MD 37 PCT TEC(BLACKCURRANT BUD ABS MD 37 PCT TEC), 블랙커런트 버드 앱솔루트 미글리올(BLACKCURRANT BUD ABS MIGLYOL), 블랙커런트 버드 앱솔루트 버건디(BLACKCURRANT BUD ABSOLUTE BURGUNDY), 보이스 데 로즈 오일(BOIS DE ROSE OIL), 브란 앱솔루트(BRAN ABSOLUTE), 브란 레지노이드(BRAN RESINOID), 브룸 앱솔루트 이탤리(BROOM ABSOLUTE ITALY), 카다몬 과테말라 CO2 익스트랙트(CARDAMOM GUATEMALA CO2 EXTRACT), 카다몬 오일 과테말라(CARDAMOM OIL GUATEMALA), 카다몬 오일 인디아(CARDAMOM OIL INDIA), 캐롯 하트(CARROT HEART), 카시 앱솔루트 이집트(CASSIE ABSOLUTE EGYPT), 카시 앱솔루트 MD 50 PCT IPM(CASSIE ABSOLUTE MD 50 PCT IPM), 카스토레움 앱솔루트 90 PCT TEC(CASTOREUM ABS 90 PCT TEC), 카스토레움 앱솔루트 C 50 PCT 미글리올(CASTOREUM ABS C 50 PCT MIGLYOL), 카스토레움 앱솔루트(CASTOREUM ABSOLUTE), 카스토레움 레지노이드(CASTOREUM RESINOID), 카스토레움 레지노이드 50 PCT DPG(CASTOREUM RESINOID 50 PCT DPG), 세트롤 세드렌(CEDROL CEDRENE), 세드루스 아틀란티카 오일 레디스트(CEDRUS ATLANTICA OIL REDIST), 캐모마일 오일 로만(CHAMOMILE OIL ROMAN), 캐모마일 오일 와일드(CHAMOMILE OIL WILD), 캐모마일 오일 와일드 로우 리모넨(CHAMOMILE OIL WILD LOW LIMONENE), 시나몬 바크 오일 세일란(CINNAMON BARK OIL CEYLAN), 시스테 앱솔루트(CISTE ABSOLUTE), 시스테 앱솔루트 컬러리스(CISTE ABSOLUTE COLORLESS), 시트로넬라 오일 아시아 아이언 프리(CITRONELLA OIL ASIA IRON FREE), 시벳 앱솔루트 75 PCT PG(CIVET ABS 75 PCT PG), 시벳 앱솔루트(CIVET ABSOLUTE), 시벳 팅크처 10 PCT(CIVET TINCTURE 10 PCT), 클라리 세이지 앱솔루트 프렌치 데콜(CLARY SAGE ABS FRENCH DECOL), 클라리 사지 앱솔루트 프렌치(CLARY SAGE ABSOLUTE FRENCH), 클라리 세이지 시'레스 50 PCT PG(CLARY SAGE C'LESS 50 PCT PG), 클라리 세이지 오일 프렌치(CLARY SAGE OIL FRENCH), 코파이바 발삼(COPAIBA BALSAM), 코파이바 발삼 오일(COPAIBA BALSAM OIL), 코리안더 시드 오일(CORIANDER SEED OIL), 사이프레스 오일(CYPRESS OIL), 사이프레스 오일 오가닉(CYPRESS OIL ORGANIC), 다바나 오일(DAVANA OIL), 갈바놀(GALBANOL), 갈바넘 앱솔루트 컬러리스(GALBANUM ABSOLUTE COLORLESS), 갈바넘 오일(GALBANUM OIL), 갈바넘 레지노이드(GALBANUM RESINOID), 갈바넘 레지노이드 50 PCT DPG(GALBANUM RESINOID 50 PCT DPG), 갈바넘 레지노이드 허콜린 BHT(GALBANUM RESINOID HERCOLYN BHT), 갈바넘 레지노이드 TEC BHT(GALBANUM RESINOID TEC BHT), 젠티안 앱솔루트 MD 20 PCT BB(GENTIANE ABSOLUTE MD 20 PCT BB), 젠티안 콘크리트(GENTIANE CONCRETE), 제라늄 엡솔루트 이집트 MD(GERANIUM ABS EGYPT MD), 제라늄 엡솔루트 이집트(GERANIUM ABSOLUTE EGYPT), 제라늄 오일 차이나(GERANIUM OIL CHINA), 제라늄 오일 이집트(GERANIUM OIL EGYPT), 징거 오일 624(GINGER OIL 624), 징거 오일 렉티파이드 솔루블(GINGER OIL RECTIFIED SOLUBLE), 과이액목 하트(GUAIACWOOD HEART), 헤이 엡솔루트 MD 50 PCT BB(HAY ABS MD 50 PCT BB), 헤이 앱솔루트(HAY ABSOLUTE), 헤이 앱솔루트 MD 50 PCT TEC(HAY ABSOLUTE MD 50 PCT TEC), 힐링우드(HEALINGWOOD), 히솝 오일 오가닉(HYSSOP OIL ORGANIC), 이모르텔 앱솔루트 유고 MD 50 PCT TEC(IMMORTELLE ABS YUGO MD 50 PCT TEC), 임모텔레 앱솔루트 스페인(IMMORTELLE ABSOLUTE SPAIN), 임모텔레 앱솔루트 요고(IMMORTELLE ABSOLUTE YUGO), 자스민 앱솔루트 인디아 MD(JASMIN ABS INDIA MD), 자스민 앱솔루트 이집트(JASMIN ABSOLUTE EGYPT), 자스민 앱솔루트 인디아(JASMIN ABSOLUTE INDIA), 자스민 앱솔루트 모로코(JASMIN ABSOLUTE MOROCCO), 자스민 앱솔루트 삼박(JASMIN ABSOLUTE SAMBAC), 존퀼레 앱솔루트 MD 20 PCT BB(JONQUILLE ABS MD 20 PCT BB), 존퀼레 앱솔루트 프랑스(JONQUILLE ABSOLUTE France), 주니퍼 베리 오일 FLG(JUNIPER BERRY OIL FLG), 주니퍼 베리 오일 렉티파이드 솔루블(JUNIPER BERRY OIL RECTIFIED SOLUBLE), 라브다눔 레지노이드 50 PCT TEC(LABDANUM RESINOID 50 PCT TEC), 라브다눔 레지노이드 BB(LABDANUM RESINOID BB), 라브다눔 레지노이드 MD(LABDANUM RESINOID MD), 라브다눔 레지노이드 MD 50 PCT BB(LABDANUM RESINOID MD 50 PCT BB), 라반딘 앱솔루트 H(LAVANDIN ABSOLUTE H), 라반딘 앱솔루트 MD(LAVANDIN ABSOLUTE MD), 라반딘 오일 아브리알 오가닉(LAVANDIN OIL ABRIAL ORGANIC), 라반딘 오일 그로소 오가닉(LAVANDIN OIL GROSSO ORGANIC), 라반딘 오일 수퍼(LAVANDIN OIL SUPER), 라벤더 앱솔루트 H(LAVENDER ABSOLUTE H), 라벤더 앱솔루트 MD(LAVENDER ABSOLUTE MD), 라벤더 오일 쿠마린 프리(LAVENDER OIL COUMARIN FREE), 라벤더 오일 쿠마린 프리 오가닉(LAVENDER OIL COUMARIN FREE ORGANIC), 라벤더 오일 메일레테 오가닉(LAVENDER OIL MAILLETTE ORGANIC), 라벤더 오일 MT(LAVENDER OIL MT), 마이스 앱솔루트 BB(MACE ABSOLUTE BB), 목련꽃 오일 로우 메틸 유게놀(MAGNOLIA FLOWER OIL LOW METHYL EUGENOL), 목련꽃 오일(MAGNOLIA FLOWER OIL), 목련꽃 오일 MD(MAGNOLIA FLOWER OIL MD), 목련 잎 오일(MAGNOLIA LEAF OIL), 만다린 오일 MD(MANDARIN OIL MD), 만다린 오일 MD BHT(MANDARIN OIL MD BHT), 메이트 앱솔루트 BB(MATE ABSOLUTE BB), 모스 트리 앱솔루트 MD TEX IFRA 43(MOSS TREE ABSOLUTE MD TEX IFRA 43), 모스-오크 앱솔루트 MD TEC IFRA 43(MOSS-OAK ABS MD TEC IFRA 43),

모스-오크 앱솔루트 이프라 43(MOSS-OAK ABSOLUTE IFRA 43), 모스-트리 앱솔루트 MD IPM 이프라 43(MOSS-TREE ABSOLUTE MD IPM IFRA 43), 미르 레지노이드 BB(MYRRH RESINOID BB), 미르 레지노이드 MD(MYRRH RESINOID MD), 미르 레지노이드 TEC(MYRRH RESINOID TEC), 미르테 오일 아이언 프리(MYRTLE OIL IRON FREE), 미르테 오일 튀니지 렉티파이드(MYRTLE OIL TUNISIA RECTIFIED), 나르시스 앱솔루트 MD 20 PCT BB(NARCISSE ABS MD 20 PCT BB), 나르시스 앱솔루트 프렌치(NARCISSE ABSOLUTE FRENCH), 네롤리 오일 튀니지(NEROLI OIL TUNISIA), 누트메그 오일 터펜리스(NUTMEG OIL TERPENELESS), 오에일렛 앱솔루트(OEILLET ABSOLUTE), 올리바눔 레지노이드(OLIBANUM RESINOID), 올리바눔 레지노이드 BB(OLIBANUM RESINOID BB), 올리바눔 레지노이드 DPG(OLIBANUM RESINOID DPG), 올리바눔 레지노이드 엑스트라 50 PCT DPG(OLIBANUM RESINOID EXTRA 50 PCT DPG), 올리바눔 레지노이드 MD(OLIBANUM RESINOID MD), 올리바눔 레지노이드 MD 50 PCT DPG(OLIBANUM RESINOID MD 50 PCT DPG), 올리바눔 레지노이드 TEC(OLIBANUM RESINOID TEC), 오포포낙스 레지노이드 TEC(OPOPONAX RESINOID TEC), 오렌지 비거래드 오일 MD BHT(ORANGE BIGARADE OIL MD BHT), 오렌지 비거래드 오일 MD SCFC(ORANGE BIGARADE OIL MD SCFC), 오렌지 플라워 앱솔루트 튀니지(ORANGE FLOWER ABSOLUTE TUNISIA), 오렌지 플라워 워터 앱솔루트 튀니지(ORANGE FLOWER WATER ABSOLUTE TUNISIA), 오렌지 리프 앱솔루트(ORANGE LEAF ABSOLUTE), 오렌지 리프 앱솔루트 튀니지(ORANGE LEAF WATER ABSOLUTE TUNISIA), 오리스 앱솔루트 이탤리(ORRIS ABSOLUTE ITALY), 오리스 콘크리트 15 PCT 이론(ORRIS CONCRETE 15 PCT IRONE), 오리스 콘크리트 8 PCT 이론(ORRIS CONCRETE 8 PCT IRONE), 오리스 내추럴 15 PCT 이론 4095C(ORRIS NATURAL 15 PCT IRONE 4095C), 오리스 내추럴 8 PCT 이론 2942C(ORRIS NATURAL 8 PCT IRONE 2942C), 오리스 레지노이드(ORRIS RESINOID), 오스마투스 앱솔루트(OSMANTHUS ABSOLUTE), 오스만투스 앱솔루트 MD 50 PCT BB(OSMANTHUS ABSOLUTE MD 50 PCT BB), 파출리 하트 제3호(PATCHOULI HEART N°3)(상표명), 파출리 오일 인도네시아(PATCHOULI OIL INDONESIA), 파출리 오일 인도네시아 아이언 프리(PATCHOULI OIL INDONESIA IRON FREE), 파출리 오일 인도네이사 MD(PATCHOULI OIL INDONESIA MD), 파출리 오일 레디스트(PATCHOULI OIL REDIST), 페니로얄 하트(PENNYROYAL HEART), 페퍼민트 앱솔루트 MD(PEPPERMINT ABSOLUTE MD), 페티트그레인 비거래드 오일 튀니지(PETITGRAIN BIGARADE OIL TUNISIA), 페티트그레인 시트론니어 오일(PETITGRAIN CITRONNIER OIL), 페티트그레인 오일 파라구아이 터펜리스(PETITGRAIN OIL PARAGUAY TERPENELESS), 페티트그레인 오일 터펜리스 스탭(PETITGRAIN OIL TERPENELESS STAB), 피멘토 베리 오일(PIMENTO BERRY OIL), 피멘토 리프 오일(PIMENTO LEAF OIL), 로디놀 EX 제라늄 차이나(RHODINOL EX GERANIUM CHINA), 로즈 앱솔루트 불가리안 로우 메틸 유게놀(ROSE ABS BULGARIAN LOW METHYL EUGENOL), 로즈 앱솔루트 모로코 로우 메틸 유게놀(ROSE ABS MOROCCO LOW METHYL EUGENOL), 로즈 앱솔루트 터키쉬 로우 메틸 유게놀(ROSE ABS TURKISH LOW METHYL EUGENOL), 로즈 앱솔루트(ROSE ABSOLUTE), 로즈 앱솔루트 불가리안(ROSE ABSOLUTE BULGARIAN), 로즈 앱솔루트 다마세나(ROSE ABSOLUTE DAMASCENA), 로즈 앱솔루트 MD(ROSE ABSOLUTE MD), 로즈 앱솔루트 모로코(ROSE ABSOLUTE MOROCCO), 로즈 앱솔루트 터키쉬(ROSE ABSOLUTE TURKISH), 로즈 오일 불가리안(ROSE OIL BULGARIAN), 로즈 오일 다마세나 로우 메틸 유게놀(ROSE OIL DAMASCENA LOW METHYL EUGENOL), 로즈 오일 터키쉬(ROSE OIL TURKISH), 로즈마리 오일 캄퍼 오가닉(ROSEMARY OIL CAMPHOR ORGANIC), 로즈마리 오일 튀니지(ROSEMARY OIL TUNISIA), 백단유 인디아(SANDALWOOD OIL INDIA), 백단유 인디아 렉티파이드(SANDALWOOD OIL INDIA RECTIFIED), 산탈롤(SANTALOL), 쉬너스 몰레 오일(SCHINUS MOLLE OIL), 세인트 존 브레드 팅크처 10 PCT(ST JOHN BREAD TINCTURE 10 PCT), 스티락스 레지노이드(STYRAX RESINOID), 스티락스 레지노이드(STYRAX RESINOID), 타게테 오일(TAGETE OIL), 티 트리 하트(TEA TREE HEART), 통카 빈 앱솔루트 50 PCT 솔벤츠(TONKA BEAN ABS 50 PCT SOLVENTS), 통카 빈 앱솔루트(TONKA BEAN ABSOLUTE), 튜브로즈 앱솔루트 인디아(TUBEROSE ABSOLUTE INDIA), 베티버 하트 엑스트라(VETIVER HEART EXTRA), 베티버 오일 하이티(VETIVER OIL HAITI), 베티버 오일 하이티 MD(VETIVER OIL HAITI MD), 베티버 오일 자바(VETIVER OIL JAVA), 베티버 오일 자바 MD(VETIVER OIL JAVA MD), 바이올렛 리프 앱솔루트 이집트(VIOLET LEAF ABSOLUTE EGYPT), 바이올렛 리프 앱솔루트 이집트 데콜(VIOLET LEAF ABSOLUTE EGYPT DECOL), 바이올렛 리프 앱솔루트 프렌치(VIOLET LEAF ABSOLUTE FRENCH), 바이올렛 리프 앱솔루트(VIOLET LEAF ABSOLUTE) MD 50 PCT BB, 웜우드 오일 터펜리스(WORMWOOD OIL TERPENELESS), 일랑 엑스트라 오일(YLANG EXTRA OIL), 일랑 III 오일(YLANG III OIL) 및 이들의 조합을 포함한다.

[0217] 착색제는 SDC(Society of Dyers and Colourists)에 의한 컬러 인덱스 인터내셔널(Colour Index International)에 열거된 것들일 수 있다. 착색제는 염료 및 안료를 포함하고, 착색 텍스타일, 도료, 잉크 및 잉크젯 잉크용으로 통상 이용되는 것들을 포함한다. 이용될 수 있는 몇몇 착색제로는 카로티노이드, 아릴라이드 옐로, 다이아릴라이드 옐로, β-나프톨, 나프톨, 벤즈아미다졸론, 디스아조 축합 안료, 피라졸론, 니켈 아조 옐로, 프탈로사이아닌, 퀴나크리돈, 페릴렌 및 페리논, 아이소인돌리논 및 아이소인돌린 안료, 트라이아릴카보늄 안료, 다이케토피롤로-피롤 안료, 티오인디고이드를 포함한다. 카르티노이드로는, 예컨대, 알파-카로텐, 베타-카로텐, 감마-

카로텐, 라이코펜, 루테인 및 아스타잔틴 안나토 추출물(astaxanthin Annatto extract), 탈수 사탕수수(사탕수수 분말), 칸타잔틴(Canthaxanthin), 카라멜, β-아포-8'-카로테날, 코치닐 추출물(Cochineal extract), 카민, 소듐 구리 클로로필린, 구어진 부분 탈지 조리된 목화씨 가루(Toasted partially defatted cooked cottonseed flour), 글루콘산제일철, 락트산철(Ferrous lactate), 포도색 추출물(Grape color extract), 포도과피 추출물(Grape skin extract)(에노시아니나(enocianina)), 당근 오일, 파프리카, 파프키라 올레오레진, 운모계 진주광택 안료, 리보플라빈, 사프란(Saffron), 이산화티타늄, 토마토 라이코펜 추출물; 토마토 라이코펜 농축물, 강황(Turmeric), 강황 올레오레진, FD&C 블루 제1호, FD&C 블루 제2호, FD&C 그린 제3호, 오렌지 B, 감귤 레드 제2호, FD&C 레드 제3호, FD&C 레드 제40호, FD&C 옐로 제5호, FD&C 옐로 제6호, 알루미나(건조 수산화알루미늄), 탄산칼슘, 칼륨 나트륨 구리 클로로필린(클로로필린-구리 착물), 다이하이드록시아세톤, 비스무트 옥시클로라이드, 페릭 암모늄페로사이아나이드, 페로사이안화철, 수산화크롬 그린, 산화크롬 그린, 구아닌, 파이로필라이트(Pyrophyllite), 탤크, 암모늄 분말, 금분(Bronze powder), 구리 분말, 산화아연, D&C 블루 제4호, D&C 그린 제5호, D&C 그린 제6호, D&C 그린 제8호, D&C 오렌지 제4호, D&C 오렌지 제5호, D&C 오렌지 제10호, D&C 오렌지 제11호, D&C 레드 제4호, D&C 레드 제6호, D&C 레드 제7호, D&C 레드 제17호, D&C 레드 제21호, D&C 레드 제22호, D&C 레드 제27호, D&C 레드 제28호, D&C 레드 제30호, D&C 레드 제31호, D&C 레드 제33호, D&C 레드 제34호, D&C 레드 제36호, D&C 레드 제39호, D&C 바이올렛 제2호, D&C 옐로 제7호, Ext. D&C 옐로 제7호, D&C 옐로 제8호, D&C 옐로 제10호, D&C 옐로 제11호, D&C 블랙 제2호, D&C 블랙 제3(3)호, D&C 브라운 제1호, Ext. D&C, 크롬-코발트-알루미늄 산화물, 시트르산철 암모늄, 피로갈롤, 로그우드 추출물(Logwood extract), 1,4-비스[(2-하이드록시-에틸)아미노]-9,10-안트라센다이온 비스(2-프로페노익)에스터 공중합체, 1,4-비스[(2-메틸페닐)아미노]-9,10-안트라센다이온, 1,4-비스[4-(2-메타크릴옥시에틸)페닐아미노]안트라퀴논 공중합체, 카바졸 바이올렛, 클로로필린-구리 착물, 크롬-코발트-알루미늄 산화물, C.I. 배트 오렌지 1(C.I. Vat Orange 1), 2-[[2,5-다이에톡시-4-[(4-메틸페닐)티올]페닐]아조]-1,3,5-벤젠트라이올, 16,23-다이하이드로다이나프토[2,3-a:2',3'-i]나프트[2',3':6,7]인돌로[2,3-c]카바졸-5,10,15,17,22,24-헥손, N,N'-(9,10-다이하이드로-9,10-다이옥소-1,5-안트라센다이일)비스벤즈아마이드, 7,16-다이클로로-6,15-다이하이드로-5,9,14,18-안트라진테트론, 16,17-다이메톡시다이나프토(1,2,3-cd:3',2',1'-lm)페릴렌-5,10-다이온, 폴리(하이드록시에틸 메타크릴레이트)-염료 공중합체(3), 반응성 블랙 5, 반응성 블루 21, 반응성 오렌지 78, 반응성 옐로 15, 반응성 블루 제19호, 반응성 블루 제4호, C.I. 반응성 레드 11, C.I. 반응성 옐로 86, C.I. 반응성 블루 163, C.I. 반응성 레드 180, 4-[(2,4-다이메틸페닐)아조]-2,4-다이하이드로-5-메틸-2-페닐-3H-피라졸-3-온(솔벤트 옐로 18), 6-에톡시-2-(6-에톡시-3-옥소벤조[b]티엔-2(3H)-일리덴)벤조[b]티오펜-3(2H)-온, 프탈로사이아닌 그린, 비닐 알코올/메틸메타크릴레이트-염료 반응 생성물, C.I. 반응성 레드 180, C.I. 반응성 블랙 5, C.I. 반응성 오렌지 78, C.I. 반응성 옐로 15, C.I. 반응성 블루 21, 다이소듐 1-아미노-4-[[4-[(2-브로모-1-옥소알릴)아미노]-2-설포나토페닐]아미노]-9,10-다이하이드로-9,10-다이옥소안트라센-2-설포네이트(반응성 블루 69), D&C 블루 제9호, [프탈로사이아니나토(2-)] 구리 및 이들의 혼합물을 포함한다.

[0218] **실시예**

[0219] 농도는 적절한 표준을 이용해서 수성 희석 여과 용액 중에서 HPLC에 의해 결정하였다

[0220] **당화**

[0221] 직경 32 인치, 높이 64 인치를 지니고 ASME 디쉬 헤드(dished head)들(상부 및 하부)이 장착된 원통형 탱크가 당화에 이용되었다. 이 탱크에는 또한 16" 폭의 수중익 혼합 블레이드가 장착되어 있었다. 가열은 탱크 둘레의 하프 파이프 재킷을 통해 온수를 유동시킴으로써 제공되었다.

[0222] 탱크에 200Kg의 물, 80Kg의 바이오매스 및 18Kg의 Duet(상표명) 셀룰라제 효소를 주입하였다. 바이오매스는 해머 밀링되어 40 내지 10 메쉬 크기로 체거름된 옥수수 속대였다. 이 바이오매스는 전자 빔으로 35 Mrad의 총 선량으로 조사하였다. 혼합물의 pH는 $Ca(OH)_2$를 이용해서 4.8에서 당화를 통해 자동적으로 조정되고 유지되었다.

이 배합물을 53℃로 가열하고, 180 rpm(460V에서 1.8암페어)에서 약 24시간 동안 교반 후, 당화가 완료된 것으로 간주되었다.

[0223] 이 물질의 일부분을 20 메쉬 스크린으로 체거름하고, 용액은 4℃에서 8갤런 카보이(carboy)에 저장하였다.

[0224] **바이오매스는 글루코스 및 자일로스 스트림을 생산하였다**

[0225] 당화된 물질 약 400㎖를 1ℓ 뉴브룬스윅 바이오플로 115 바이오리액터(New Brunswick BioFlow 115 Bioreactor) 내로 따라 넣었다. 이 물질을 통기시키고 접종 전에 30℃로 가열하였다. 교반은 50 rpm에서 설정되었다. pH는

5.2에서 측정되었으며, 이는 발효를 위해 허용가능하므로 조정되지 않았다. 통기는 중단하고 상기 바이오리액터의 내용물은 5㎎의 써모삭 드라이 효모(Thermosacc Dry Yeast)(랄레만드사(Lallemand, Inc.))로 접종하였다. 발효는 약 24시간 동안 진행하도록 허용되었다.

[0226] 발효 후, 글루코스 농도는 검출 한계 이하였고, 에탄올 농도는 약 25 g/ℓ였으며, 자일로스 농도는 약 30g/ℓ였다.

[0227] **탈염 전기투석을 이용한 에탄올 및 자일로스 스트림의 정제**

[0228] 발효 후 용액 4리터를 약 1⅓ℓ로 진공 하에 농축시켰다. 농축된 에탄올 무함유 용액을 이어서 메탄올로 그의 원래의 용적으로 도로 희석시켰다. 메탄올의 첨가는 고형물의 즉시 형성과 석출을 유발하였다. 이것은 석출물이 원심분리 혹은 여과에 의해 효과적으로 제거될 수 있는 것으로 판명되었다.

[0229] 이어서 고형물 무함유 용액을 5%(중량/용적) 활성탄으로 처리하여 용액을 탈색시켰다. 탄소를 여과에 의해 제거하였고, 여과액을 이어서 진공 중 농축시켜 메탄올을 제거하였다. 용액을 이어서 탈이온수로 그의 원래의 용적으로 희석시켰다.

[0230] 이어서 탈착된 용액 2리터에 전기투석을 실시하였다. 20개 막의 적층부를 가로지르는 전압은 40V였다. 전도도, 온도 및 pH를 측정하였다. 도 3은 희석물 스트림 중의 전도도 대 시간의 그래프이다. 실험은 71분 동안 지속되었으며, 이때 전도도는 7830 μS/㎝에서 9 μS/㎝으로 감소되었고, 온도는 25℃에서 33℃로 증가되었으며, 측정된 pH는 약 4.8에서 4.0으로 감소되었다.

[0231] 원소 분석(ICP)은 가공처리를 통해서 이온을 저감시키는데 있어서 개선을 보였다. 원소 분석은 이중 혹은 삼중으로 수행되었다.

표 1

발효 후 원소 분석.

[0232]

원소	실행 1 (PPM)	실행 2 (PPM)	평균 농도(PPM)
P	200.487	207.757	204.1
K	2575.76	2544.59	2560.2
Mg	659.075	646.172	652.6
Na	117.657	122.913	120.3
Ca	960.487	957.068	958.8
S	104.053	100.836	102.4

표 2

메탄올 처리 후 원소 분석

[0233]

원소	실행 1 (PPM)	실행 2 (PPM)	평균 농도(PPM)
P	19.8376	17.6737	18.8
K	926.542	1020.84	973.7
Mg	228.527	249.227	238.9
Na	53.6198	51.8139	52.7
Ca	175.527	192.593	184.1
S	29.342	24.8865	27.1

표 3

전기투석 처리 후 원소 분석.

원소	실행 1 (PPM)	실행 2 (PPM)	실행 3 (PPM)	평균 농도(PPM)
Mn	0.330925	0.291988	0.276951	0.3
Al	0.563302	0.52201	0.57087	0.6
Zn	0.577498	0.608856	0.610446	0.6
Si	5.65798	5.63068	5.77249	5.7
Fe	0.601713	0.564221	0.548226	0.6
P	2.9462	1.98296	2.30069	2.4
K	2.85595	1.99511	0.614186	1.8
Mg	0.606541	0.548299	0.564928	0.6
Na	1.00027	0.82686	1.00563	0.9
Ca	1.78259	0.894467	2.54184	1.7
S	7.65224	7.32835	7.04753	7.3

[0234]

[0235] 발효 후 가공처리를 통해서, 자일로스 농도는 겉보기 분해 없이 약 30 g/ℓ에서 일정하게 유지되었다.

[0236] **바이오매스는 락토바실러스 람노서스(*Lactobacillus rhamnosus*)를 이용해서 L-락트산 및 자일로스 스트림을 생성하였다**

[0237] 위에 기재된 바와 같은 유사한 단계들을 이용해서 제조된 당화된 바이오매스가 L-락트산/자일로스 스트림을 생성하기 위한 당 공급원으로서 이용되었다.

[0238] 글루코스를 L-락트산으로 발효시키는 유기체인 락토바실러스 람노서스(*Lactobacillus rhamnosus*) NRRL B-445는 250㎕의 냉동고 원액으로부터 MRS 배지(BD 다이아그노스틱 시스템즈(BD Diagnostic Systems) 번호: 288130) 25 mℓ 중에서 성장시켰다. 이 배양액을 진탕 인큐베이터 속에서 37℃, 150 내지 200 rpm에서 하룻밤 인큐베이팅하였다.

[0239] 락트산을 생성하기 위한 발효는 교반 패들, 가열 맨틀, 교반 임펠러, pH 모니터링 프로브 및 온도 모니터링 열전쌍이 장비된 바이오리액터에서 수행되었다.

[0240] 실험용의 생산 배지는 11ℓ의 당화된 바이오매스, 22g의 효모 추출물, 1.6mℓ의 소포제 AFE-0010을 이용하였다. 이 배지는 70℃까지 1시간 동안 가열하고 나서, 37℃로 냉각시켰다. 이 배지의 pH는 12.5N NaOH 용액을 이용해서 6.5로 올렸다. 상기 배지는 이어서 1%(110mℓ)의 락토바실러스 람노서스(*Lactobacillus rhamnosus*)로 접종하였다. 발효는 37℃에서 진행되는 한편, 용액을 200 rpm에서 교반하고 pH는 6.5 이상에서 유지하였다. 글루코스는 48시간에 완전히 소비되었다. 생성물은 나트륨 염으로서의 L-락트산이다. 이 당화 동안 생성된 자일로스는 소비되지 않았으며; 이것은 이 단계 동안 본질적으로 전환되지 않았다.

[0241] **바이오매스는 락토바실러스 코리니포미스(*Lactobacillus coryniformis*)를 이용해서 D-락트산 및 자일로스 스트림을 생성하였다**

[0242] 위에 기재된 바와 같은 유사한 단계들을 이용해서 제조된 당화된 바이오매스가 L-락트산 자일로스 스트림을 생성하기 위한 당 공급원으로서 이용되었다.

[0243] 글루코스를 D-락트산으로 발효시키는 유기체인 락토바실러스 코리니포미스 아종 토퀜스(*Lactobacillus coryniformis* subspecies torquens) B-4390은 250㎕의 냉동고 원액으로부터 MRS 배지(BD 다이아그노스틱 시스템즈 번호: 288130) 25mℓ 중에서 성장시켰다. 이 배양액을 교반 없이 37℃에서 하룻밤 인큐베이팅하였다.

[0244] 실험용의 생산 배지는 644mℓ의 당화된 바이오매스, 5 g/ℓ의 트립톤 및 100㎕의 소포제 AFE-0010을 이용하였다. 이 배지는 70℃까지 1시간 동안 가열하고 나서, 37℃로 냉각시켰다. pH는 12.5N NaOH 용액을 이용해서 6.5로 올리고, 그 후 동일한 염기 용액을 이용해서 유지시켰다. 상기 배지는 이어서 1%의 B-4390으로 접종하고, 발효는 37℃에서 진행되는 한편, 배지를 200 rpm에서 교반하고 pH는 약 6.5에서 유지하였다. 글루코스 소비는 144시간에 완결되었다. 생성물은 나트륨 염으로서의 D-락트산이다. 이 당화 동안 생성된 자일로스는 소비되지 않았으며; 이것은 이 단계 동안 본질적으로 전환되지 않았다.

[0245] **락트산 나트륨 용액의 가공처리**

[0246] D-락트산 및 L-락트산 유래 락트산 나트륨은 양쪽 모두 본 명세서에 기재된 바와 같이 탈색되었다. 발효는 보다 다량의 물질을 제공하고 탈색을 용이하게 하기 위하여 반복적으로 수행되었다.

[0247] 위에 기재된 바와 같이 발효에 의해 제조된 락트산 나트륨을 함유하는 발효 배지 30리터를 4200 rpm에서 60분 동안 원심분리시켰다. 상청액을 0.22 마이크론 카트리지 필터를 통해 여과시켜 26.5ℓ의 여과액을 생성하였다. 고도의 다공성 스타이렌 중합체 비드형 수지인 미츠비시 다이아이온(Mitsubishi Diaion) SP-700을 2.7ℓ 수용하고 있는 칼럼을 통해서 1.5 BV/h의 유량으로 여과액 19리터를 스며들게 하였다. 처음 1.5ℓ의 용출액은 버리고 나머지 배지와 추가의 1.5ℓ의 물을 용출시켜 풀링시켰다(pooled). 배지의 나머지 부분은 마찬가지 방식으로 탈색시켜, 옅은 착색된 용액 7.5ℓ를 얻었다. 탈색된 물질의 두 배취를 풀링시키고, 즉시 사용하지 않을 경우 차가운 곳에 보관하였다.

[0248] **탈색된 락테이트 용액의 탈염 전기투석**

[0249] 위에서 기재된 바와 같이 제조된 탈색된 배지에 탈염 막을 이용해서 전기투석을 실시하였다.

[0250] 전기투석 장치의 저장소에 탈색된 락트산 나트륨 배지를 주입하고 장치의 농축물 저장소에 탈이온수 4ℓ를 주입하였다. 40V의 전압 및 5A의 최대 전류를 이용해서 5시간 동안 전기투석을 계속하였다.

[0251] 이 절차는, 대략 66 g/ℓ(38 g/ℓ에서 출발)의 전형적인 농도를 지니는 농축된 락테이트 스트림과 5 μS/㎝(34 μS/㎝에서 출발)의 전형적인 전도도를 지니는 농축된 자일로스 스트림을 생성하였다.

[0252] **2극성 막 이중전기투석(Bipolar Membrane Dielectrodialysis)**

[0253] 락트산 용액 및 수산화나트륨 용액을 생성하기 위하여, 위에 기재된 바와 같이 생성된 락트산 나트륨의 스트림 내 액체에 2극성 막을 이용한 제2 전기 투석을 실시할 수 있다. 다음과 같이 수행될 수 있는 절차는 본 명세서에 기재되어 있다.

[0254] 탈염 전기투석에 의해 준비된 락트산 나트륨(1.6ℓ) 용액을 희석액 저장소에 첨가한다. 탈이온수(1ℓ)를 락트산 및 수산화나트륨 스트림용의 각 저장소에 첨가한다. 2극성 막 적층체가 장착된 4-실 전기투석셀을 이용해서 전기투석을 수행한다. 전압은 23V로 설정되고, 최대 전류는 6.7A로 설정된다. 투석은 희석 스트림의 전도도가 그의 출발값의 5% 미만이 될 때까지 또는 5시간 동안 수행될 수 있다.

[0255] 이 절차는, 대략 66 g/ℓ(38 g/ℓ에서 출발)의 전형적인 농도를 지니는 농축된 락테이트 스트림과 5 μS/㎝(34 μS/㎝에서 출발)의 전형적인 전도도와 30 g/ℓ의 농도를 지니는 농축된 자일로스 스트림을 생성하였다. 이 락테이트 스트림은 2극성 막 투석 후 전형적으로 96% 락트산 대 4% 자일로스이다. 자일로스 스트림은 2극성 막 투석 후 전형적으로 93% 자일로스 대 7% 락트산이다.

[0256] 본 명세서의 실시예 이외 혹은 달리 명확하게 특정되지 않는 한, 본 명세서의 이하의 부분 및 첨부된 특허청구범위에서, 수치 범위, 양, 값 및 퍼센트, 예컨대, 재료, 원소 함량, 시간 및 반응 온도, 양들의 비 및 기타에 대한 것들의 모두는, 용어 "약"이 그 값, 양 혹은 범위에 명확하게 표시되어 있지 않을 수도 있더라도 마치 단어 "약"으로 시작되는 것처럼 읽혀질 수 있다. 따라서, 상반되게 표시되지 않는 한, 이하의 명세서 및 첨부된 특허청구범위에 기술된 수치 파라미터는 실시형태들에 의해 얻고자 추구되는 목적으로 하는 특성에 따라서 변할 수 있는 근사치이다. 적어도 또한 특허청구범위의 범주에 대한 등가물의 원칙의 적용을 제한하는 시도로서가 아니라, 각 수치 파라미터는 보고된 유효숫자의 숫자를 감안하여 그리고 통상의 반올림 수법을 적용함으로써 적어도 해석될 필요가 있다.

[0257] 본 발명의 광범위한 범위를 기술하는 수치 범위 및 파라미터가 근사치임에도 불구하고, 특정 실시예에서 기술하고 있는 수치는 가능한 한 정확하게 보고되어 있다. 그러나, 어떠한 수치도 반드시 각각의 테스트 측정에 기반하여 발견되는 표준 편차에 기인하는 오차를 고유하게 포함한다. 또한, 수치 범위가 본 명세서에 기술되어 있을 경우, 이들 범위는 인용된 범위의 종말점을 포함한다(예컨대, 종말점이 이용될 수 있다). 중량 퍼센트가 본 명세서에서 이용된 경우, 그 보고된 수치는 전체 중량에 대한 것이다.

[0258] 또한, 본 명세서에서 인용된 어떠한 수치 범위도 그 안에 포괄되는 모든 하위 범위를 포함하도록 의도된 것임이 이해되어야 한다. 예를 들어, "1 내지 10"의 범위는 인용된 최소값 1과 인용된 최대값 10 사이(이들을 포함함)의, 즉, 1과 동등 혹은 그보다 큰 최소값과 10과 동등 혹은 그보다 작은 최대값을 지니는 모든 하위 범위를 포함하도록 의도된다. 본 명세서에서 이용되는 바와 같은 "하나", "한가지" 혹은 "일" 등과 같은 단수 표현은 달

리 표시되지 않는 한 "적어도 하나" 또는 "하나 이상"을 포함하도록 의도된다.

[0259] 전체적으로 혹은 부분적으로, 본 명세서에 참고로 편입된다고 말한 임의의 특허, 공보 혹은 기타 개시 자료는, 해당 편입된 자료가 본 발명에 기술된 기존의 정의, 진술 혹은 기타 개시 자료와 상충하지 않는 정도로만 본 명세서에 편입된다. 그와 같이 그리고 필요한 정도로, 본 명세서에 명백하게 기술된 바와 같은 개시내용은 참고로 본 명세서에 편입된 어떠한 상충하는 자료도 대체한다. 본 명세서에 참고로 편입된다고 기재하였지만 본 발명에 기술된 기존의 정의, 진술 혹은 기타 개시 자료와 상충하는 임의의 자료 혹은 그의 일부는 그 편입된 자료와 기존의 개시 자료 간에 상충이 일어나지 않는 정도로만 편입될 것이다.

[0260] 본 발명은 그의 바람직한 실시형태를 참조하여 특별히 도시되고 기술되었지만, 당업자라면, 형태 및 상세의 각종 변화가 첨부된 특허청구범위에 의해 망라되는 본 발명의 범위로부터 벗어나는 일 없이 그 안에서 이루어질 수 있다는 것을 이해할 것이다.

[0261] **[부록]**

PCCell GmbH

Electrodialysis Cell Unit

PCCell ED 64 0 02



Technical Data

CE

PCCell GmbH
Lebacher Str. 60
66822 Heusweiler
Germany
Phone: ++49 - 6806 - 603732
Fax: ++49 - 6806 - 603731
E-mail: pccell@electrodialysis.de
www.pccell.de

Version: Jan 06

[0262]

Table of Contents

1. General..... 2
2. Function..... 3
3. Cell and Parts..... 5
4. Technical Data..... 8
5. Application Examples..... 10
6. Maintenance and Replacement..... 11
7. Application areas..... 12
8. General Remarks / Safety..... 13
9. Warranty 13
10. Further Information / Contact Address..... 14

1. General

The electrodialysis cell unit PCCell ED 64 is used in laboratory electrodialysis processes to remove ions from one solution (diluate). The ions are collected in another solution (concentrate). The electrodialysis unit PCCell ED 64-2 allows to carry out different types of experiments for a variety of applications, to examine the characteristics of ion exchange membranes in use. It is concepted as an easy-to-manage laboratory cell.

[0263]

2. Function

The electrodialysis unit *PCCell ED64-2* consists of an anode chamber, a cathode chamber and a membrane stack between them. With this constitution, a variety of experiments, like desalination, can be processed.

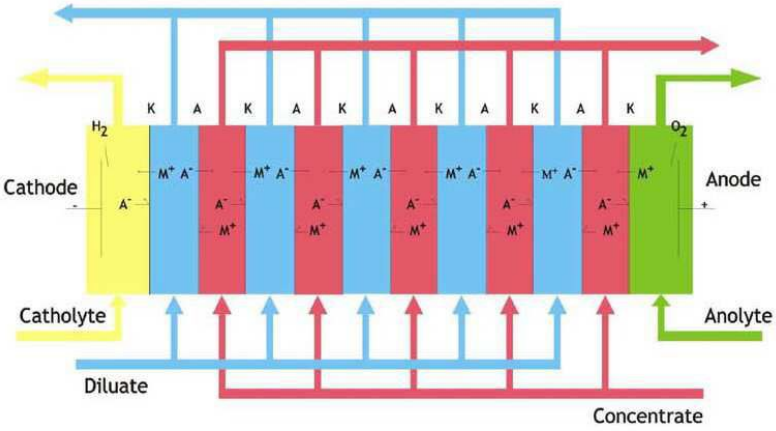


Fig. 1: Functional setup of an ED stack. Salts are removed in cells called "Diluate" and are collected in the Concentrate. Beside this, the electrodes need a solution, the Catholyte and the Anolyte.

To run a standard ED, the membrane stack consists of n (typically 5, 10, 50 or even 100) cell pairs, which are formed by n+1 cation exchange membranes, n anion exchange membranes and 2 n spacers.

At the shown polarity (Fig. 1), one of the cell systems is the diluate and the other one is the concentrate. If the polarity is changed, the function of the cell system changes accordingly.

3

[0264]

A complete ED System is set up by this ED Cell in combination with an ED pump unit, e.g. PCCell B-ED 1 and the external solvent tanks build (Fig. 2).

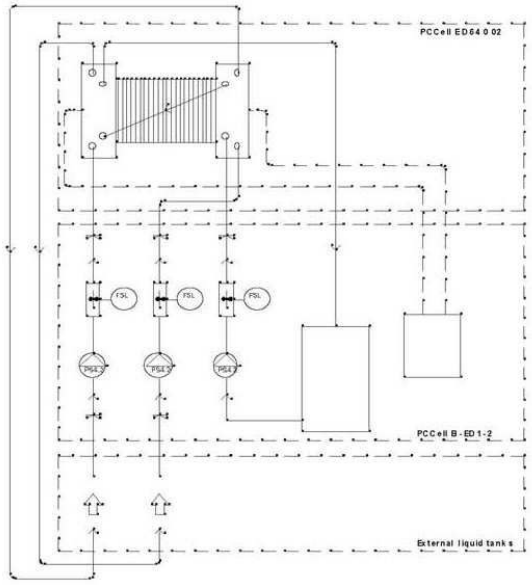


Fig. 2: A complete ED setup: it consists of the stack (upper dotted rectangle),the ED pump unit (middle) and the external electrolyte containers (below).

Please remark in this context, that the ED cell is only one part of the complete system and will work properly only in combination with the other parts.

4

[0265]

3. Cell and Parts

The PCCell ED 64 consists of several parts. They are described as follows:

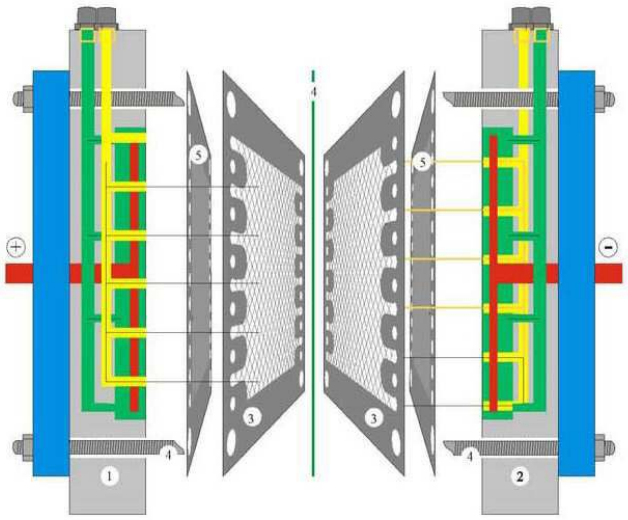


Fig. 3: PCCell ED 64 setup and functional parts

#	Description	Art No.
1,2	Electrode end plates	
3, 4, 5	Membrane stack	
4	Screw set	

5

[0266]

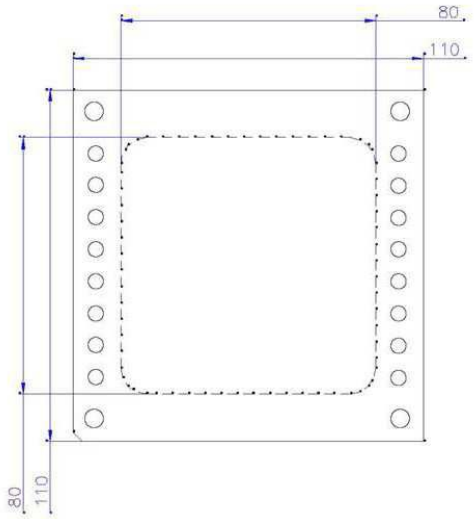


Fig. 5: PCCell ED 64 0 02 Membrane size. Size given is in mm. Dotted square area in the middle of the membrane is the active membrane area of the cell.

7

[0267]

4. Technical Data

Stack

Membrane size	110 x 110 mm
Active membrane area	64 cm^2
Membrane spacing	electrode - membrane: ca. 1 mm over cells: 0,5 mm
Number of membranes	Maximum 25 cell pairs
Current Connectors	4 mm banana plugs
Processing length	80 mm

Medium Contacting Materials End plate materials

Cellframe	polypropylene
Tubes	polyethylene
Electrodes	Titane, Pt/Ir coating

Sp acer options

	PVC	Silicone	Viton	EPDM	Food approved silicone / polyetheylene	Silicone / Polyester	Silicone /PVDF	Silicone / Polyetheylene
End spacer	1	1	1	1		1	1	
Spacer ED 64 0 04					1	1	1	1
Spacer ED 64 0 02					1	1	1	1

1 available

8

[0268]

Dimensions and Weight (ca)

width	165 mm
depth	150 mm
height	190 mm
weight	2.5 kg

Electrical Connecting data

	ED 64
Type	only connect the cell with a galvanically isolated DC current circuit. DANGER!
Max Amp.	5 (depend on application, temperature etc.)
Max. Voltage	Max. 2 V / cell pair

Hydraulical Connecting data

	ED 64
Type	connectors for 8 mm id tubes
Flow through electrode circuits:	nominal150 l / h
Nominal flow through concentrate and diluat per single cell	4-8 l / h (10 cell pairs result in 40-80 l / h Flux through concentrate or diluate)
Max. pressure	transmembrane pressure has to be kept zero: Never pump only one of the diluate / concentrate circuits alone!
pressure drop over cell	Max. 0,5 bar

9

[0269]

5. Application Examples

The PCCell ED 64 is intended to be driven in a batch process. Process length and nominal flowthrough are given above.

Figure 7 shows an example of a batch desalination (conductivity of diluate against time). The effect of a single pass desalination at the start and stop time result in a conductivity jump. It depends on the current, flowing and other factors. The plot shows, that it is - more ore less - proportional to the current.

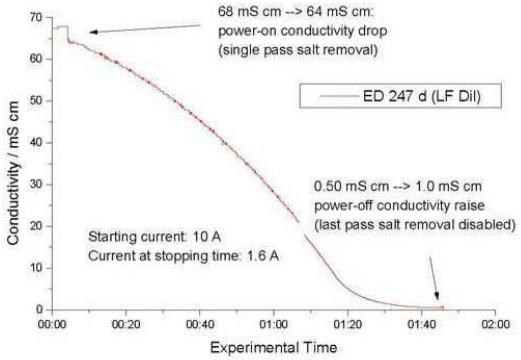


Fig. 6: A batch desalination of aqueous NaCl, about 14 l / m2.

Figure 6 shows the salt (calculated as NaCl) removal in dependence of the current at theoretical current efficiency (ce) and at 85% ce. With the PCCell ED 200 you can expect for sodium chloride ce's in the range between 90 and 95 %. It depends on current denity, concentration and other factors. The amount is given per cell pair. A 25 cell pair- unit will make 25 times of this.

[0270]

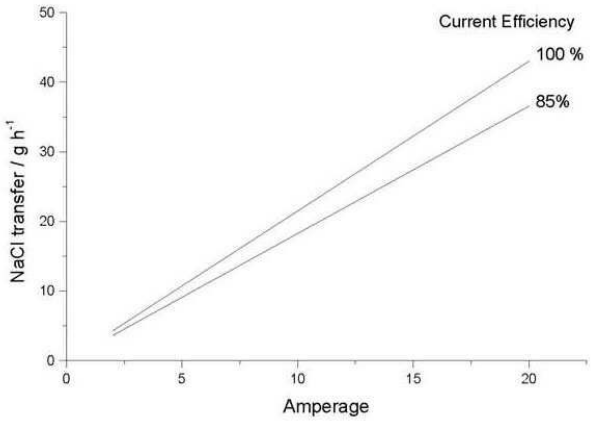


Fig. 7: Transport rate of one ED cell pair in dependence of the Amperage.

6. Application areas

Desalination of salt water

Stabilisation of wine

Whey demineralisation

Pharmaceutical application

Pickling bath recycling

11

[0271]

7. General Remarks / Safety

By running an electrodialysis with this cell unit, concentrated acids and bases, which are corrosive, may be produced. Adequate protective measures have to be taken. At the electrodes, explosive gases and aerosol may be produced. Also in this case, appropriate protection has to be ensured. The cell has to be run in a tank large enough to collect any liquids passing out of the system.

8. Further Information / Contact Address

For further information, visit our web site www.electrodialysis.info. In case of any technical questions, please contact

PC*Cell* GmbH
Dr. Patrick Altmeier
Phone: ++49-(0)6806/603730
Fax: ++49-(0)6806/603731
email: pccell@electrodialysis.de

Note:

The information in this handling instructions is presented in good faith, and all recommendations or suggestions are made without guarantee. The products are intended for use by persons having technical skill, at their own discretion and risk. PCCell is not responsible for any risks or liabilities which may result from the use of it's products.

[0272]

GE Power & Water
Water & Process Technologies

Technical Paper

High Water Recovery with Electrodialysis Reversal

Author: Robert P. Allison

Reprinted from *Proceedings of 1993 AWWA Membrane Conference*, by permission. Baltimore, MD August, 1993.

Note: GE Water & Process Technologies purchased Ionics in 2005.

Introduction

For many membrane desalination users, the need to achieve maximum water recovery is a prime priority. For some, source water is limited, allocated or otherwise regulated. It is now recognized that withdrawals from many aquifers exceed the recharge with resulting drops in water tables, land subsistence and saltwater intrusion in coastal areas. Surface supplies can also be limited, as was so clearly evident during the recent California drought. For users who purchase their feedwater, costs are rising and can represent a substantial portion of their total treated water cost.

Concentrate disposal is also getting more expensive and complicated as regulations intended to preserve the quality of water supplies and the environment become more strict. Permits for surface discharge can be difficult to impossible to get. Discharge to sewers and deepwells can substantially increase costs. "Zero Liquid Discharge" facilities, where all liquid wastes are purified for reuse, can have very high costs.

Electrodialysis Reversal (EDR) is a desalination process where salts are passed through the membranes instead of water as in reverse osmosis (RO). The process is fundamentally different from RO and has its own distinct capabilities and limitations on water recovery. The capabilities of the EDR process are helping many municipal and industrial users in desalination applications, where high water recovery is important for resource conservation and cost control.

Source of EDR Wastewater

The source water feed to an EDR system is divided into three streams as shown in Figure 1. The largest flow is the dilute feed which passes through the stacks once and exits as desalted product. The second stream, termed concentrate makeup, is fed to a concentrate stream being recirculated through the stacks. At the exit from the stacks there is an overflow to waste. The concentrate makeup flow rate controls the average number of times the concentrate is recirculated, and therefore, is the main means of controlling recovery in an EDR system. The third stream is electrode compartment flush water, which on most systems is 1% of the dilute flow. Normally this water is directed to waste after it passes through the stacks, but it can be used as a portion of the concentrate makeup water to further improve water recovery.

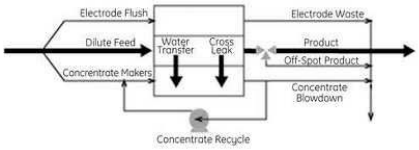


Figure 1: EDR Flow Diagram

A small amount of the dilute stream water flow is transferred to the concentrate stream as it passes through the stack. First, water is transferred through the membrane with the passage of ions. This "water transfer" amounts to 0.15% to 0.45% of the dilute flow per 1000 ppm (mg/L) of salts removed. Membranes with the best resistance to internal scale formation tend to have water trans-

Find a contact near you by visiting www.ge.com/water and clicking on "Contact Us".
* Trademark of General Electric Company; may be registered in one or more countries.
©2010, General Electric Company. All rights reserved.

TP1071EN.doc Mar-10

[0273]

fer near the higher value. Internal leakage also occurs between the dilute stream and the concentrate stream which is approximately 0.25% to 0.50% per stage. The concentrate stream is normally operated about 1 psi lower in pressure than the dilute stream so that this leakage will be from the dilute stream to the concentrate stream. Water transfer and cross leakage do not reduce water recovery. These flows are calculated as part of the concentrate makeup flow in the plant design. The actual controlled concentrate makeup flow is reduced proportionately.

The periodic reversal of the DC power polarity interchanges the solutions in the individual spacers. Spacers carrying the dilute flow in negative polarity carry concentrate in the positive polarity. Automatic inlet and outlet diversion valves direct the dilute and concentrate flows to the correct spacers for each polarity.

While the concentrate is being flushed out during reversal, poor quality product is produced. This is diverted to waste by a conductivity-controlled automatic valve. By timing the operation of the automatic diversion valves and the DC polarity reversal of each stack to the flow through the system, high conductivity product is produced for only 36 seconds. This phased polarity reversal occurs every 15 to 30 minutes. The high conductivity or "off specification" product from the "phased reversal" represents 2% to 4% waste. This waste is high TDS concentrate and cannot be recycled to the feed or concentrate makeup.

Some Examples

The highest water recovery EDR plant in operation is the 3.76 mgd (14,233 m^3/day) facility operated by the City of Suffolk, VA. The plant has three stages and achieves 94% water recovery. Table 1 shows a flow summary for one of the three EDR units broken down to show where the waste is generated. The units have no continuous chemical feeds. A 14.9 gpm (56 lpm) concentrate makeup flow is used to control calcium carbonate scaling potential in the concentrate. If the units did not require this controlled concentrate makeup flow, waste could be reduced to 43.1 gpm giving an ultimate recovery capability of 95.3%.

Table 1: Suffolk, VA EDR Unit Flow Summary

926 gpm (3.5 m^3/h)	Total EDR Feed
870 gpm (3.3 m^3/h)	Total EDR Product
94%	Total Water Recovery
Waste Sources	
17.4 gpm (65.9 lpm)	Off-Spec Product
14.9 gpm (56.4 lpm)	Brine Makeup Flow
9.3 gpm (35.2 lpm)	Brine Makeup (from electrode flush)
12.5 gpm (47.3 lpm)	Brine Makeup (from cross leak)
1.5 gpm (5.7 lpm)	Brine Makeup (from water transfer)
55.6 gpm (210.5 lpm)	Total Waste

A 5 mgd EDR plant located on Grand Canary Island operates on a 5,000 to 7,000 ppm (mg/l) feedwater at 85% water recovery. Table 2 shows the unit flow summary. The controlled concentrate makeup flow is approximately 1/2 of the total waste. The ultimate water recovery capability based on flows of this plant is only 91.8%. The higher TDS increases water transfer and the additional stages increase cross leakage.

Table 2: Grand Canary Island EDR Unit Flow Summary

409.1 gpm	Total EDR Feed
347.7 gpm	Total EDR Product
85%	Total Water Recovery
Waste Sources	
7.8 gpm	Off-Spec Product
27.8 gpm	Brine Makeup Flow
4.1 gpm	Brine Makeup (from electrode flush)
11.4 gpm	Brine Makeup (from cross leak)
10.3 gpm	Brine Makeup (from water transfer)
61.4 gpm	Total Waste

The water recovery of this plant is really limited by two additional physical factors. The first is a phenomenon called "shorting". Figure 2 shows how leakage currents can travel sideways through the membranes and pass down a concentrate manifold hole. If the concentration is sufficiently conductive, the current passing through the membrane to the manifold hole can create enough heat to soften the spacer material and cause it to deform. This limitation can be overcome by a variety of means which increase costs. The second limit is imposed by membrane current efficiency properties. Figure 3 shows the DC power consumption and membrane current efficiency vs. water recovery for an EDR unit desalting 2,000 ppm (mg/l) NaCl solution to 334 ppm (mg/l). Membrane efficiency is related to the difference in normality between the dilute and concentrate streams. As

[0274]

water recovery is increased, the concentrate normality increases and current efficiency drops, raising power consumption.

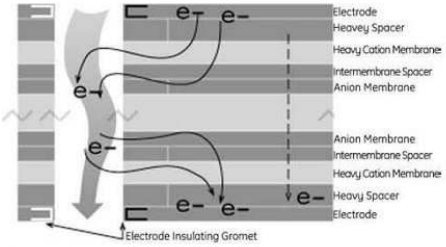


Figure 2: EDR Stack Shorting

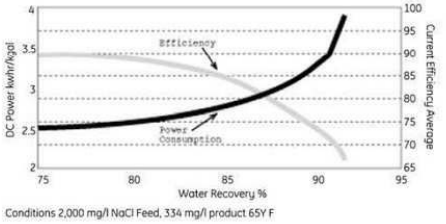


Figure 3: Efficiency and Power Consumption vs. Water Recovery

Suffolk can achieve 94% water recovery because the relatively low TDS of the feedwater results in relatively low normality difference between the dilute and concentrate streams. The Grand Canary Island plant has a much greater normality difference and power consumption rises sharply above 86% water recovery. Anion exchange membranes are available that have better current efficiency which improves water recovery capability. These membranes tend to be subject to more internal scale formation which can make their use undesirable on many waters. Cation exchange membranes have been substantially improved since the Canary Islands plant was built in 1985. Long term testing at this plant show these new membranes substantially improve current efficiency and reduce power consumption. They are now standard on all new plants.

Concentrate Scaling Limits

The water recovery capability of nearly all EDR plants is limited by the potential for salts of limited solubility to precipitate from the concentrate stream as scale. The polarity reversal of EDR alternately exposes membrane surfaces and the water flow paths to concentrate with a tendency to precipitate scale and desalted water which tends to dissolve scale. This allows the process to operate with supersaturated concentrate streams up to specific limits without chemical additions to prevent scale formation. If chemicals are added to the concentrate, higher levels of supersaturation can be achieved.

Calcium Carbonate

The design limit for $CaCO_3$ without antiscalants is an Langelier Saturation Index (LSI) of +1.8. Actual scale precipitation starts at an LSI near +2.2. This limit is sufficiently high that few EDR units need any chemical additions to prevent CaCO3 scaling from high concentrate LSI. Where chemical addition is used, acid or carbon dioxide addition to the concentrate is employed.

Antiscalants can be used as an alternative to acid or CO2 addition to the concentrate. A 500,000 gpd EDR unit was operated for seven weeks at a concentrate LSI of +3.0 using a polymer antiscalant. Another EDR unit was operated for 5,000 hours at an LSI of +2.7 using sodium hexametaphosphate antiscalant. This approach has not been adopted in general for three reasons.

1. Antiscalants must be dosed at the correct amount. Too little results in scaling and too much can foul the membranes.
2. Antiscalant dosages are difficult to monitor. There is no easy way to test the concentrate for correct dosage. With acid or CO_2, pH is easily monitored.
3. The concentrate LSI only needs to be reduced to + 1.8. The required acid or CO_2 dosages are almost always very small. There is no significant cost advantage favoring the use of antiscalants over acid or CO_2.

Calcium Sulfate

The design limit for $CaSO_4$ saturation without antiscalant addition is an ion product of 2.25 x Ksp. The real limit where precipitation starts is near 4 x Ksp. Dell City, Texas has operated a 150,000 gpd (568 m^3/day) EDR system since 1975 with the concentrate $CaSO_4$ ion product at 3.5 x Ksp without antiscalant addition. The limit cannot be increased by acid or CO_2 addition, as pH adjustment does not

[0275]

increase the solubility of $CaSO_4$. The only way to increase water recovery is to use antiscalants.

In 1981 and 1982, the EDR limits of sustained operation at high $CaSO_4$ saturations with sodium hexametaphosphate antiscalant addition were explored under an OWRT contract at Roswell, New Mexico. The final test in this program was operation of a 50,000 gpd EDR unit with the concentrate CaSO4 ion product at an average of 12.5 x Ksp for over 5,000 operating hours. Inspection of the membranes at the conclusion of the test showed the membranes had only small amounts of scale, even though antiscalant addition was lost for four days during the test. Analysis of the membranes at the conclusion of the test indicated good performance properties. In fact the membranes were used in another plant after the Roswell test for about seven years.

Since the landmark Roswell study, a number of EDR units have operated at high $CaSO_4$ saturations in the concentrate. In 1988 Sarasota County, Florida installed a mobile 300,000 gpd EDR at its Sorrento facility to supplement water produced by an RO plant operating at 50% water recovery. The water recovery of the EDR plant is only 70%, but the $CaSO_4$ ion product of the concentrate is 5.75 x Ksp. Scale formation is prevented by the addition of 4.3 ppm (mg/l) of a polyacrylate antiscalant to the concentrate.

Sarasota County is now constructing a 12 mgd desalination facility scheduled to start operation in 1994. Their withdrawals of groundwater are regulated and restricted due to concerns of aquifer overwithdrawal and quality degradation. The concentrate is to be injected into deepwells due to environmental concern and regulations controlling surface discharge. They selected EDR for its proven ability to operate at a high $CASO_4$ saturation level, which translates to an 85% water recovery for this plant.

Barium Sulfate

BaSO4 scales started to be encountered in EDR plants in the 1980s with the growing trend to higher water recoveries. It has now been encountered in about ten plants. It precipitates on the walls of the concentrate recirculation piping and in the concentrate pump. It adheres strongly to metals, but breaks off the PVC piping when the scale is about .020 inches thick. The flakes then pass to the EDR stacks. Chemical flushes cannot dissolve the scale. The stacks must be disassembled for removal. The first user to encounter $BaSO_4$ scale has 275,000 gpd (1041 m^3/day) units. The problem occurs intermittently as the quality of their surface water supply varies. This user simply added strainers to the piping before the stacks to catch the flakes and has operated this way for over 10 years.

It is now known that the threshold point for $BaSO_4$ precipitation in EDR is an ion product of 100 x Ksp when no antiscalants are used.

The limit with antiscalant addition is currently unknown. Several plants are operating at a $BaSO_4$ ion product of 150 x Ksp and two plants have reached an ion product of 225 x Ksp with a polymer antiscalant dosage of 2 to 5 mg/l to the concentrate.

Strontium Sulfate

$SrSO_4$ scale has not been detected in any EDR plants. Analyses of concentrate samples from many plants show the plants with the highest supersaturations are operating at an ion product of 4 x Ksp. The projected limit is an ion product about 8 x Ksp without antiscalants.

Calcium Fluoride

CaF_2 precipitation has never occurred in an EDR plant. Plants are operating with ion products 500 x Ksp and much higher levels have been encountered in two industrial pilot studies with no precipitation. There are no projected limits for saturation levels.

Silica

Silica in waters below pH 9.5 is essentially nonionic and is not removed or concentrated by EDR. Tests show silica levels are equal in the feed, product and brine of operating EDR plants. High water recoveries can be obtained on high silica waters because silica does not limit EDR recovery.

The 5 mgd plant on Grand Canary Island is a perfect example of this capability. The feedwater silica varies from 50 to 60 ppm (mg/l), yet the water recovery is 85%. RO would have a lower operating cost on this higher TDS water, but recovery would have to be much lower. The feedwater is purchased at a cost of over US$1 per thousand gallons (per 3.8 m^3). The RO cost advantage is lost with the much larger volume of waste required to prevent silica scaling.

[0276]

Conclusion

The maximum water recovery that can be achieved with EDR desalination for any given source water depends on a variety of factors. In most applications the water recovery is limited by the potential for scales to precipitate from the concentrate. EDR has the ability to operate at high supersaturations of scale-forming salts in the concentrate and is unaffected by silica. This translates to a high water recovery capability. These are the reasons EDR is meeting the needs of users in many applications where high water recovery is a priority.

[0277]

RECLAMATION
Managing Water in the West

U.S. Department of the Interior
Bureau of Reclamation

Electrodialysis (ED) and Electrodialysis Reversal (EDR)

Electrodialysis (ED) is an electrochemical process in which ions migrate through ion-selective semipermeable membranes as a result of their attraction to two electrically charged electrodes. ED is able to remove most charged dissolved ions.

1.0 Applicable Contaminants

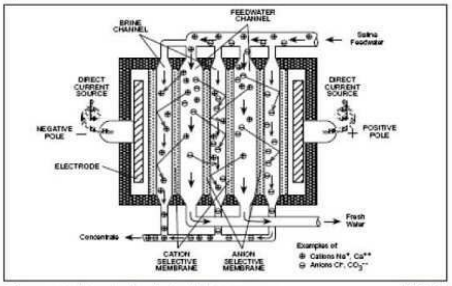
ED/EDR is an EPA BAT for barium, nitrate and nitrite, selenium, and TDS.

2.0 Description of Technology

Pretreatment Typical operation requires: the addition of a scale inhibitor to prevent scaling and reduce the concentrate LSI below 2.1 in the concentrate stream, residual chlorine concentration of 0.5 mg/L to prevent biological growth, and a cartridge filter (10-20 μm) prior to the ED/EDR system. Air stripping can also be used prior to ED/EDR in order to remove H_2S [6]. Also, the feed water must be within the limitations of an ED/EDR system (see section 2.2).

Technology Description Electrodialysis is a process that depends on the principal that most dissolved salts are positively or negatively charged and they will migrate to electrodes with an opposite charge [2]. Selective membranes that are able to allow passage of either anions or cations make separation possible [2]. ED uses these membranes in an alternating fashion to create concentrate and product streams.

The anions are able to pass through the anion-selective membrane, but are not able to pass by the cation-selective membrane, which blocks their path and traps the anions in the brine stream (Figure 1). Similarly, cations move in the opposite direction through the cation-selective membrane under a negative charge and are trapped by the anion-selective membrane [2]. An ED unit is able to remove from 50% to 94% of dissolved solids from a feed water, up to 12,000 mg/L TDS [3,7]. Voltage input, and process configuration (number of stacks or stages dictates the viable percent removal. TDS removal is generally limited by economics. The cost of ED increases as the feed water TDS increases. The typical operating conditions are 1,200 mg/L TDS, high hardness and high silica [4].



Movement of ions in the electrodialysis process *USAID*

Figure 1. Electrodialysis Process [1].

[0278]

A typical ED system includes a membrane stack with a number of cell pairs, each consisting of a cation transfer membrane, a demineralized flow spacer, an anion transfer membrane, and a concentrate flow spacer. Compartments for the electrodes are at opposite ends of the stack. The electrodes are continually flushed to reduce fouling or scaling.

Recycling the concentrate stream and discharging concentrate to waste, or blowdown, is common and called feed-and-bleed mode [2]. This is necessary because of the fact that there are sharp differences in flow rates between the product and brine streams. Diluate flow is about 10 times the flow of the brine stream; this difference in flows creates pressure imbalances, requiring concentrate recycle [5].

Membranes are usually made out of cation- or anion-exchange resins made into sheet form. ED spacers are made out of HDPE, and the electrodes are composed of an inert metal. Membrane selection is based on careful review of raw water characteristics.

Electrodialysis Reversal (EDR) is similar to ED but the polarity of the electrodes is regularly reversed, thereby freeing accumulated ions on the membrane surface. This process minimizes the effect of inorganic scaling and fouling by converting product streams into waste streams [6]. This process requires additional plumbing and electrical controls, but increases membrane life. EDR does not require added chemicals, and eases cleaning as well.

Maintenance ED membranes are durable, can run under a wide range of pH conditions (pH 2 – 11), and endure high temperatures during cleaning [4]. They can be removed from the unit and scrubbed if necessary. If operated properly, membranes have an average life of 12 to 15 years [4]. Solids can be flushed out by turning the power off and letting water circulate through the stack. The ED stack must be disassembled, mechanically cleaned, and reassembled at regular intervals. They can also be cleaned using a 5% hydrochloric acid solution [8].

Waste Disposal The concentrate waste stream, electrode cleaning flows, and residuals from the pretreatment process will be a part of a typical waste stream flow and will require disposal. Common disposal methods include: surface water discharge, evaporation ponds, etc. Spent membranes will also require disposal.

Benefits

- ED and EDR can operate with minimal fouling or scaling, or chemical addition.
- Low pressure requirements.
- ED and EDR facilities are quieter than RO.
- Long membrane life expectancy.
- Unaffected by non-ionic sealants such as silica[1].
- Low chemical usage for pretreatment[1].
- Ability to treat feed water with higher SDI, TOC and silica concentrations, and more turbidity than RO[1].
- Can operate with up to 0.5 ppm of free chlorine in the feed water to control the biological matter in the feed water.[8]

Electrodialysis 2

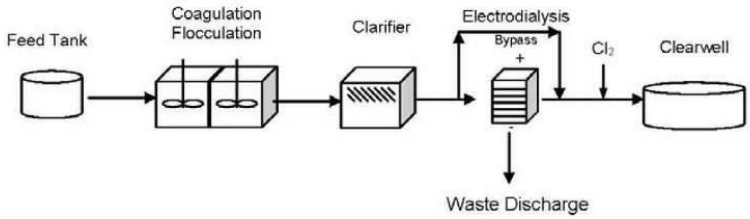
[0279]

Limitations

- TDS economical up to 8,000 ppm, but often run at waters of 1,200 ppm [6,9]
- pH: 2.0 to 11.0
- TOC: up to 15 mg/L
- Free Chlorine: 0.5 ppm with spikes up to 15-20 ppm
- Turbidity: up to 2 NTU
- Iron (Fe^{+2}): 0.3 ppm
- Mn ($^{+2}$): 0.1 ppm
- H_2S: up to 1 ppm
- SDI: 15 (5 min SDI)

3.0 Example Treatment Train

The conventional EDR treatment train typically includes raw water pumps, debris screens, rapid mix with addition of an antiscalant, slow mix flocculator, basin or clarifier, gravity filters, EDR membranes, chlorine disinfection, and clearwell storage. Microfiltration (MF) could be used in place of flocculation, sedimentation, and filtration.



4.0 Safety and Health Concerns

- Produces hazardous gasses, such as chlorine, hydrogen, H_2S, etc.
- Electrical hazardous

5.0 References

1. Buros, O. K. (2000). The ABCs of Desalting. Topsfield, International Desalination Association, Saline Water Conversion Corporation.
2. American Water Works Association, and American Society of Civil Engineers. Water Treatment Plant Design. Ed. Edward E. Baruth. Fourth ed. New York: McGraw-Hill Handbooks, 2005.
3. General Electric. (2008). "Electrodialysis Reversal (EDR)." Retrieved 9/15/08, from http://www.gewater.com/products/equipment/ed_edr_edi/edr.jsp.

[0280]

4. Reahl, E. R. (2008). "Half A Century of Desalination with Electrodialysis." from http://www.gewater.com/pdf/Technical Papers_Cust/Americas/English/TP1038EN.pdf.
5. Perry, Robert H., Don W. Green, and James O. Maloney. Perry's Chemical Engineers Handbook. Seventh ed. New York: McGraw-Hill, 1997.
6. Bureau of Reclamation (2003). Desalting Handbook for Planners. Department of the Interior. Denver.
7. Trussel Technologies. "Desalination Technologies". Pasadena, 2008. Trussel Technologies. 6/11/2008. <http://www.trusselltech.com/tech_desalination.asp>.
8. Allison, R.P. (2001). "Surface and Wastewater Desalination by Electrodialysis Reversal" from http://www.gewater.com/pdf/Technical Papers_Cust/Americas/English/TP1022EN.pdf
9. Kiernan, J. and A. J. M. v. Gottberg (1998). Selection of EDR Desalting Technology Rather than MF/RO for the City of San Diego Water Reclamation Project. North American Biennial at Conference and Exposition. GE Water & Process Technologies.

Contact Information

This Fact Sheet was produced by the TSC's Water Treatment Engineering Team. Please address any questions or comments to:

Contact: Bob Jurenka
Email: wtprimer@usbr.gov
Phone: (303) 445-2254
Web: http://www.usbr.gov/pmts/water/publications/primer.html

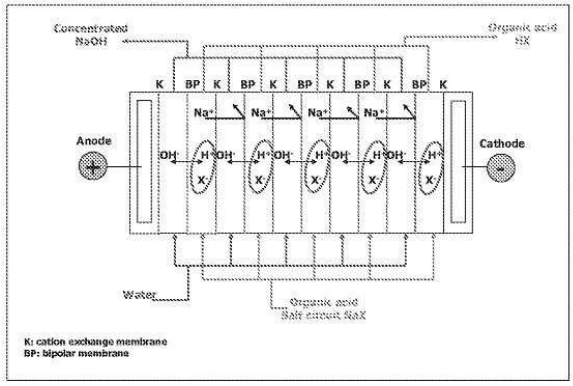
Revision Date: 09/20/10

[0281]

The Eurodia Industrie bipolar membrane electrodialysis unit for the conversion of sodium acetate into reusable acetic acid and caustic soda: More than five years of successful operation (Published in Membrane & Separation Technology News – March 2006)

In early 2003, Eurodia Industrie commissioned a new bipolar membrane electrodialysis (EDBM) unit at the site of a specialty chemical producer in Germany. Its purpose is to convert a by-product stream of Sodium Acetate from the production of vitamins into Acetic Acid that can be reused in the process and Sodium Hydroxide to be used in the waste water treatment facility. As a result, the volume of waste (organic load) is significantly reduced and the acid and base values can be recovered. This article will describe the successful operation of this plant over the last three years.

EDBM combines in an electrodialysis stack conventional ion exchange membranes with bipolar membranes to allow the conversion of aqueous salt streams into the acids and bases. Under the action of a DC current, the bipolar membranes effectively split water molecules into H^+ and OH^- ions. These ions combine with the anion and cation of the salt to form the acid and the base. With a three-compartment configuration using anion-exchange, cation-exchange, and bipolar membranes, three loops are circulating in the stacks: acid, base, and salt such as Sodium Chloride. As shown in the schematic below, the two-compartment configuration with bipolar and cation-exchange membranes is used preferably with the salts of weak acids and strong bases, such as Sodium Acetate. Because organic acids are weakly dissociated it is not possible/practical to have a separate acid loop and no anion-exchange membranes are required. In such stacks, the two product streams are an aqueous solution of NaOH (maximum concentration 8w%) and the organic acid mixed with some remaining organic salt for a sufficient conductivity: the higher the salt feed concentration, the higher the conversion rate that can be achieved. More than a dozen EDBM systems are in operation worldwide, mainly for specialty chemicals applications.



At the German plant, the Sodium Acetate stream is fed at an average concentration of 22-23 w% and the acid is produced at a concentration of 18-19 w% (3.2-3.5 M). The NaOH is produced at an average concentration of 6-6.5 w%, sufficient for reuse in the water treatment plant. Since there is also a transport of water from the acid into base loop, the conversion rate is above 90%. The unit processes 1.1 to 1.3 m^3/hour of feed and converts more than 400 kg/hour of Sodium Acetate.

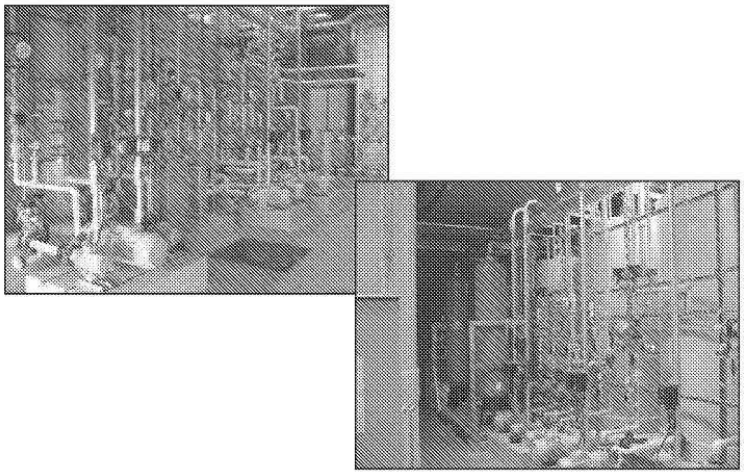
Since the feed contains low levels of multivalent cations (Ca, Mg, Fe, Cu, etc.), a pretreatment step is required to reduce the total concentration below 1 ppm to avoid precipitation as hydroxides in the stacks: two ion exchange resin columns have been installed for continuous

[0282]

operation. The salt is then converted in **two EUR40B-bip** EDBM stacks (see picture below), with a total cell area of 255 m^2 (510 m^2 of membrane area). The EDBM stacks run in an automatic batch mode with the salt/acid conductivity decreasing from 70 mS/cm to 11.5 mA/cm: when the conductivity reaches such minimum, the acid product is pumped to the storage tank. The overall current efficiency is optimized thanks to proprietary designed spacers.



The EDBM unit has been designed and constructed according to CGMP principles and to customer specifications. Commissioning has been completed within a short time and, since, it has met the needs of the customer and always been in operation when required. The automatic operation is controlled by a PLC. The unit has been installed in a stand-alone building while the overall control room is in an adjacent building. In addition, remote camera monitoring allows that an operator must only be in the building for less than 30 minutes per day. The electric cabinets and rectifiers are located in the same building as the EDBM stacks. A dilute NaOH solution is used as the electrolyte solution and a blower allows the safe venting outside the building of the small amount of hydrogen and oxygen gases that are generated at the electrodes. It is possible to install a modem to allow remote monitoring of plant operation and optimization of operating parameters.



[0283]

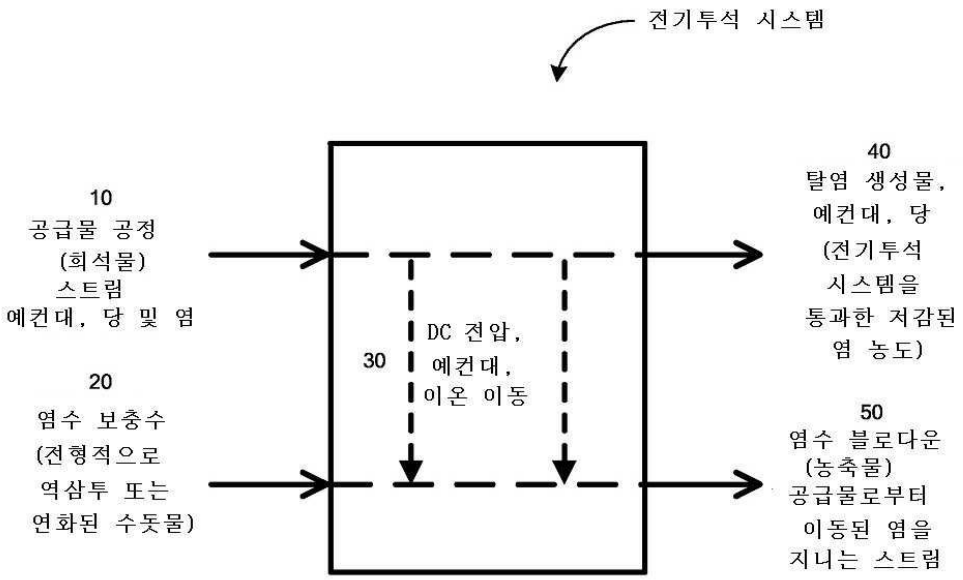
It is worthwhile to note that the performance of the system have continuously exceeded the design and guaranteed parameters: especially for the acid concentration and the acid production rate, as well as the power consumption. While a membrane life of 12,000 hours has been guaranteed, the membranes have run for more than 8,000 hours so far with no sign of deterioration. For a similar application at another site, the bipolar membrane life has exceeded 25,000 hours while the life of the cation-exchange membranes is about 15,000 hours. The DC current is set at 340 A (equivalent to 85 mA/cm^2) and the average voltage remains at 185 V per half-stack, or less than 1.7 V/cell. Since cell maintenance and power consumption are the main operating costs, the economic projections show a payback for the customer of less than two years.

The performance of the EDBM unit demonstrates that, with a good design and the adequate pretreatment, users will have a very successful and trouble-free operation. Of course, this equipment requires the same amount of care as any chemical process step and the plant operators have shown their commitment to the technology. From this experience, it is clear that bipolar membrane electrodialysis can be reliably used in chemical processing with the potential of attractive financial returns.

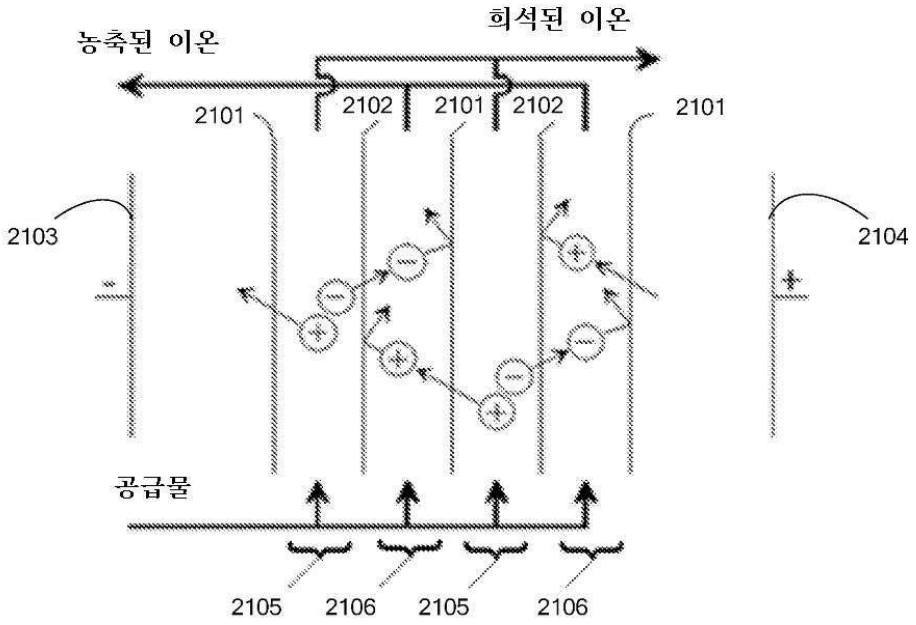
[0284]

도면

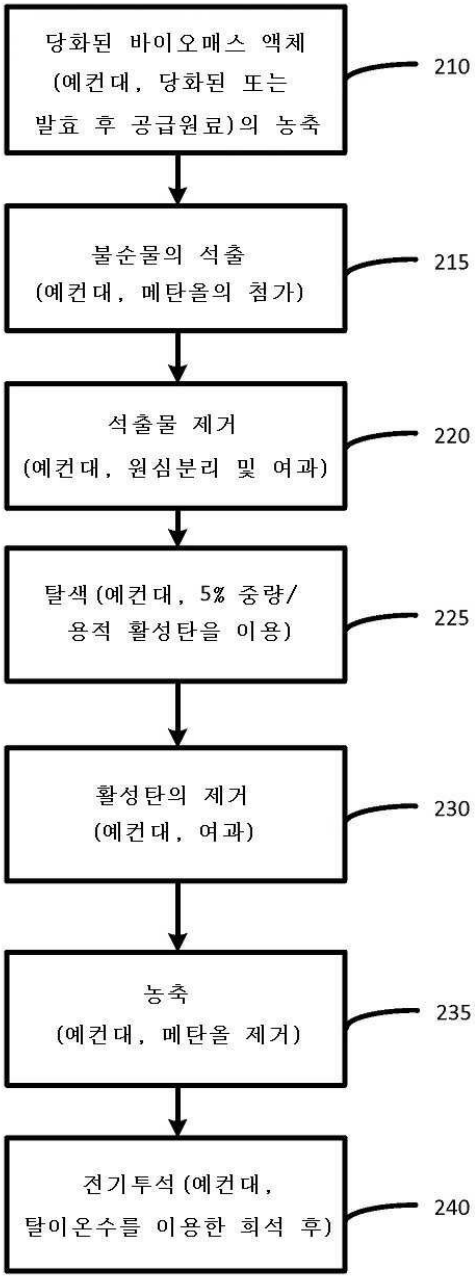
도면1a


전기투석 시스템
10
공급물 공정
(희석물)
스트림
예컨대, 당 및 염
20
염수 보충수
(전형적으로
역삼투 또는
연화된 수돗물)
30
DC 전압,
예컨대,
이온 이동
40
탈염 생성물,
예컨대, 당
(전기투석
시스템을
통과한 저감된
염 농도)
50
염수 블로다운
(농축물)
공급물로부터
이동된 염을
지니는 스트림

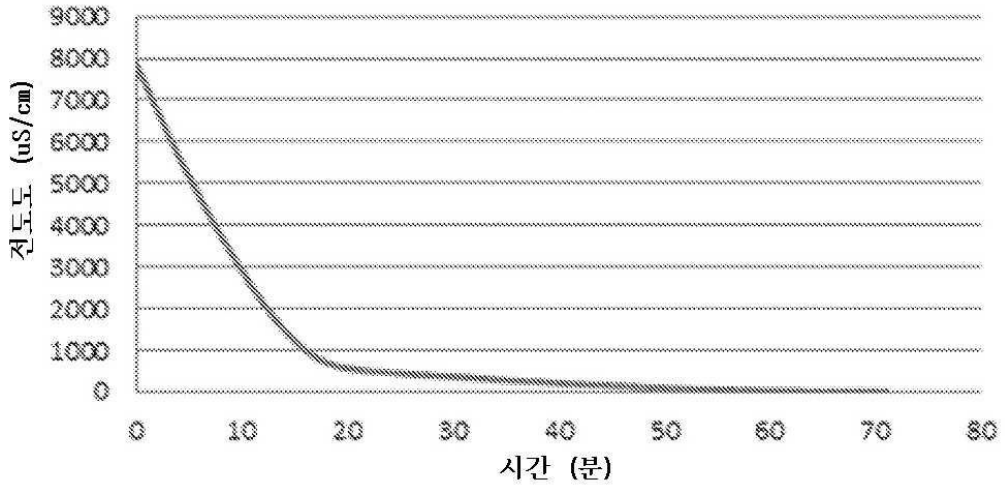
도면1b


농축된 이온
희석된 이온
2101
2102
2101
2102
2101
2103
2104
공급물
2105
2106
2105
2106

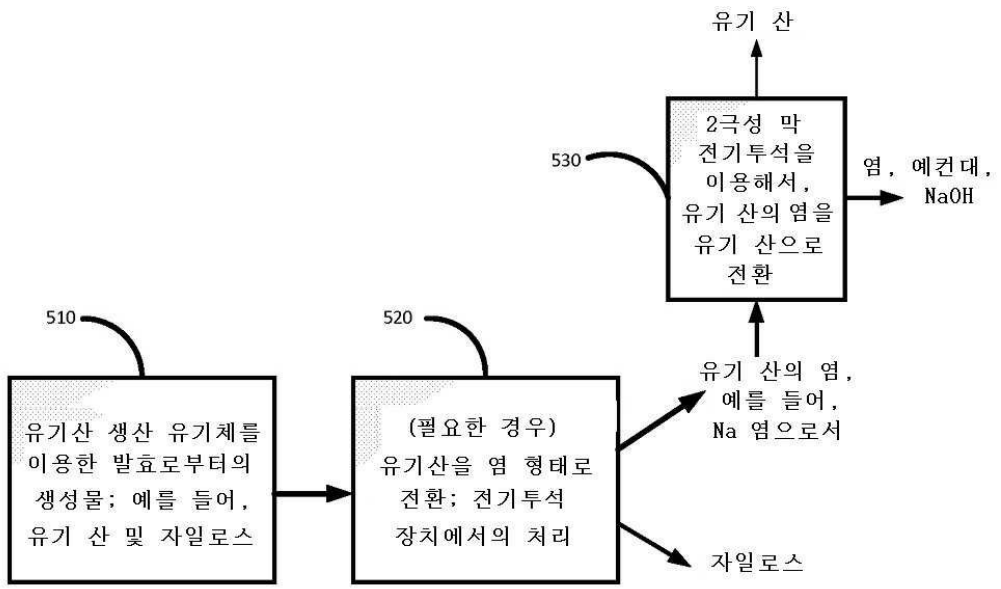
도면2


당화된 바이오매스 액체 (예컨대, 당화된 또는 발효 후 공급원료)의 농축
210
불순물의 석출 (예컨대, 메탄올의 첨가)
215
석출물 제거 (예컨대, 원심분리 및 여과)
220
탈색 (예컨대, 5% 중량/ 용적 활성탄을 이용)
225
활성탄의 제거 (예컨대, 여과)
230
농축 (예컨대, 메탄올 제거)
235
전기투석 (예컨대, 탈이온수를 이용한 희석 후)
240

도면3


9000
8000
7000
6000
5000
4000
3000
2000
1000
0
전도도 (uS/cm)
0
10
20
30
40
50
60
70
80
시간 (분)

도면5


유기 산
530
2극성 막 전기투석을 이용해서, 유기 산의 염을 유기 산으로 전환
염, 예컨대, NaOH
510
520
유기산 생산 유기체를 이용한 발효로부터의 생성물; 예를 들어, 유기 산 및 자일로스
(필요한 경우) 유기산을 염 형태로 전환; 전기투석 장치에서의 처리
유기 산의 염, 예를 들어, Na 염으로서
자일로스