

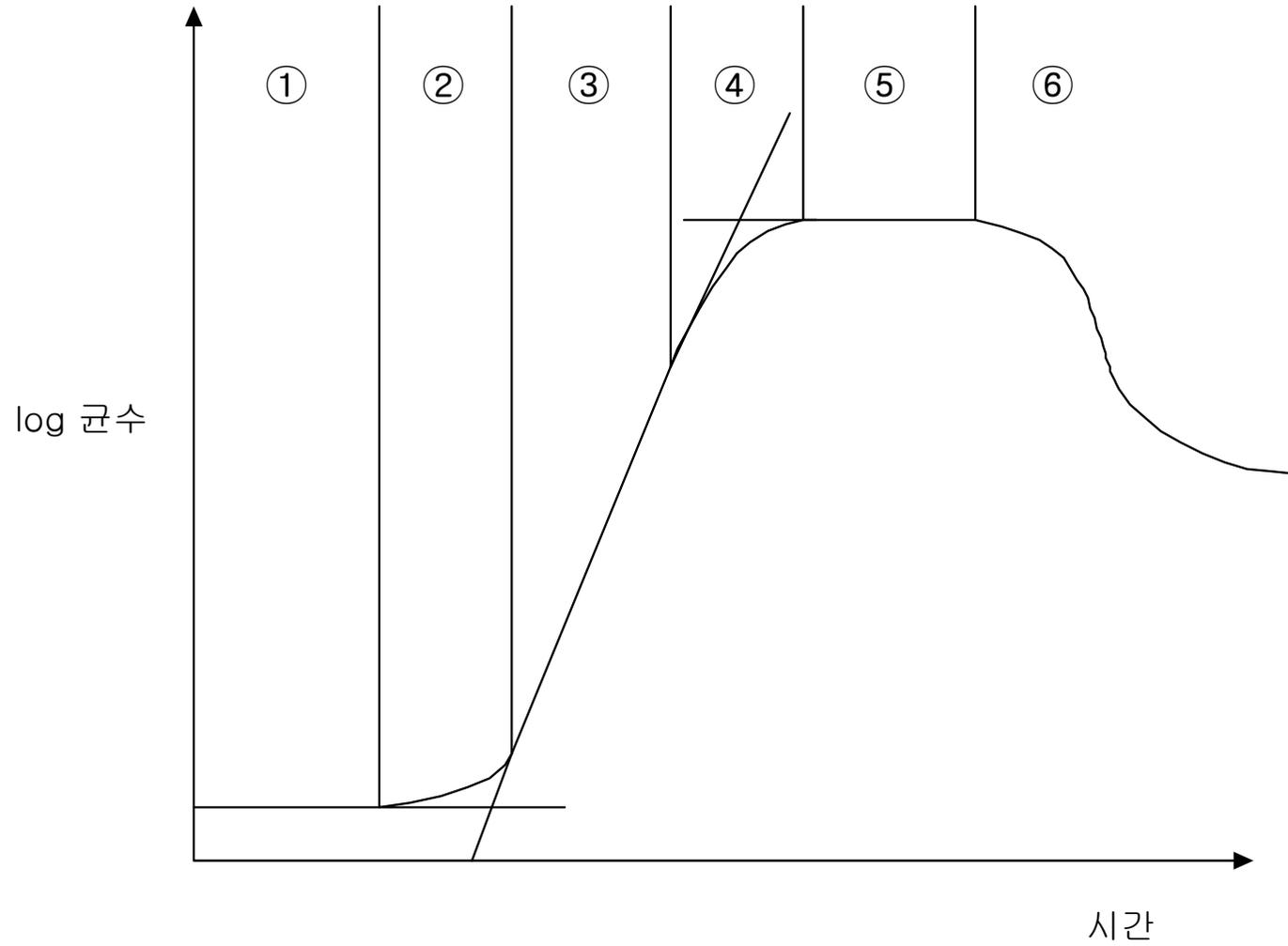
발효공정

# 발효

- 미생물을 이용한 자연발효를 실생활에 이용해왔다. 구약성경의 창세기편에 롯이 술을 마신 이야기가 등장하며 우리 조상들은 먼 옛날부터 김치, 간장 등을 발효에 의해 만들어 사용하였다.
- 미생물은 네덜란드의 레벤후크(Leeuwenhoek)에 의해 1676년 처음 발견된 후 이 미생물이 발효, 부패, 전염병 등의 원인임이 파스퇴르(Pasteur)와 코크(Koch)에 의해 밝혀지기까지 200여 년의 시간이 소요되었다.
- 파스퇴르는 프랑스 포도주 양조자들의 고충인 포도주 산패를 해결하기 위하여 연구하던 중 발효는 효모의 생활작용이며 부패는 잡균에 의해 일어난다는 것을 발견하였다.

미생물을 특정 배양 조건에서 배양하는 경우 시간에 따른 균체 농도 (cell concentration)의 증가 및 배양액 중의 기질(탄소원, 질소원, 인 등) 감소 등을 정량화하여 표현함으로 배양과정을 속도론(kinetics)적으로 해석할 수 있다.

# 미생물성장곡선



단위시간당 배양조건의 효율을 나타내는 것으로 세포의 비증식속도를 사용한다.

시간  $t$ 에 대한 균체량  $X$ 의 평균변화율, 즉 미소시간  $dt$  동안에 증식하는 균체량  $dX$ 는 그 시점에 존재하는 균체량  $X$ 에 정비례한다고 생각하면 다음 식으로 표시된다.

$$dX/dt = \mu X$$

$\mu$  : 비증식속도

$X$ : 균체량(건조균체량 또는 흡광도로 표시)

$t$ : 시간( $h$ )

# 배양액

- 실험실용 배지에는 Beef Extract medium, Corn Steep Liquor medium, Glucose-Yeast Extract medium, Mineral Salt Agar medium 등이 있다. 이 중에 Glucose-Yeast Extract 배지의 조성은 다음과 같다.
- Yeast extract 5.0g
- Peptone 1.0g
- KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub> 1.0g
- NaCl 1.0g
- 증류수 950.0mL
- Noble agar 13.0g
- 이 배지의 pH를 6.8로 조정하고 121℃에서 15분간 멸균한다. 그리고 10%의 포도당을 별도로 멸균하여 50mL를 가한다.

# 생장온도

- 미생물은 생장 가능한 온도의 범위에 따라 저온균, 중온균 및 고온균으로 분류된다. 저온균은  $-10^{\circ}\text{C}$ 에서도 증식하는가 하면 고온균은  $85^{\circ}\text{C}$ 에서도 생장이 가능하다.
- 그러나 이 온도 범위는 무기 촉매에 의한 반응에서 사용하는 온도 범위에 비하여 좁으며 특히 고온 부분의 온도가 일반적인 화학반응에 비하여 훨씬 낮다.
- 미생물의 생장속도는 가능한 온도 범위 내에서는 온도에 따라 지수적으로(exponentially) 증가한다.

# 발효단계

- 미생물의 발효공정은 다음과 같은 6가지 기본적인 단계로 구성되어 있다.
- 1) 배지의 조제:균의 증식이나 발효생산물을 만들기 위하여 필요한 각종 영양분을 용해시켜 배지를 만든다. 이때 균의 증식을 위한 배지와 발효를 위한 배지는 그 구성 성분에 차이가 있는 것이 보통이다.
- 2) 설비의 살균:발효장비 및 배지를 살균한다. 보통 15psi 수증기로 121℃에서 15 ~ 30분 간 멸균하는데 멸균시간은 배지의 양이 많을수록 증가시켜야 한다.
- 3) 종균의 준비 : 주발효에 사용할 종균(inoculation)을 slant나 동결건조 상태에서 취하여 플라스크 진탕배양과 소규모 종배양 발효조에서 증식시킨다.

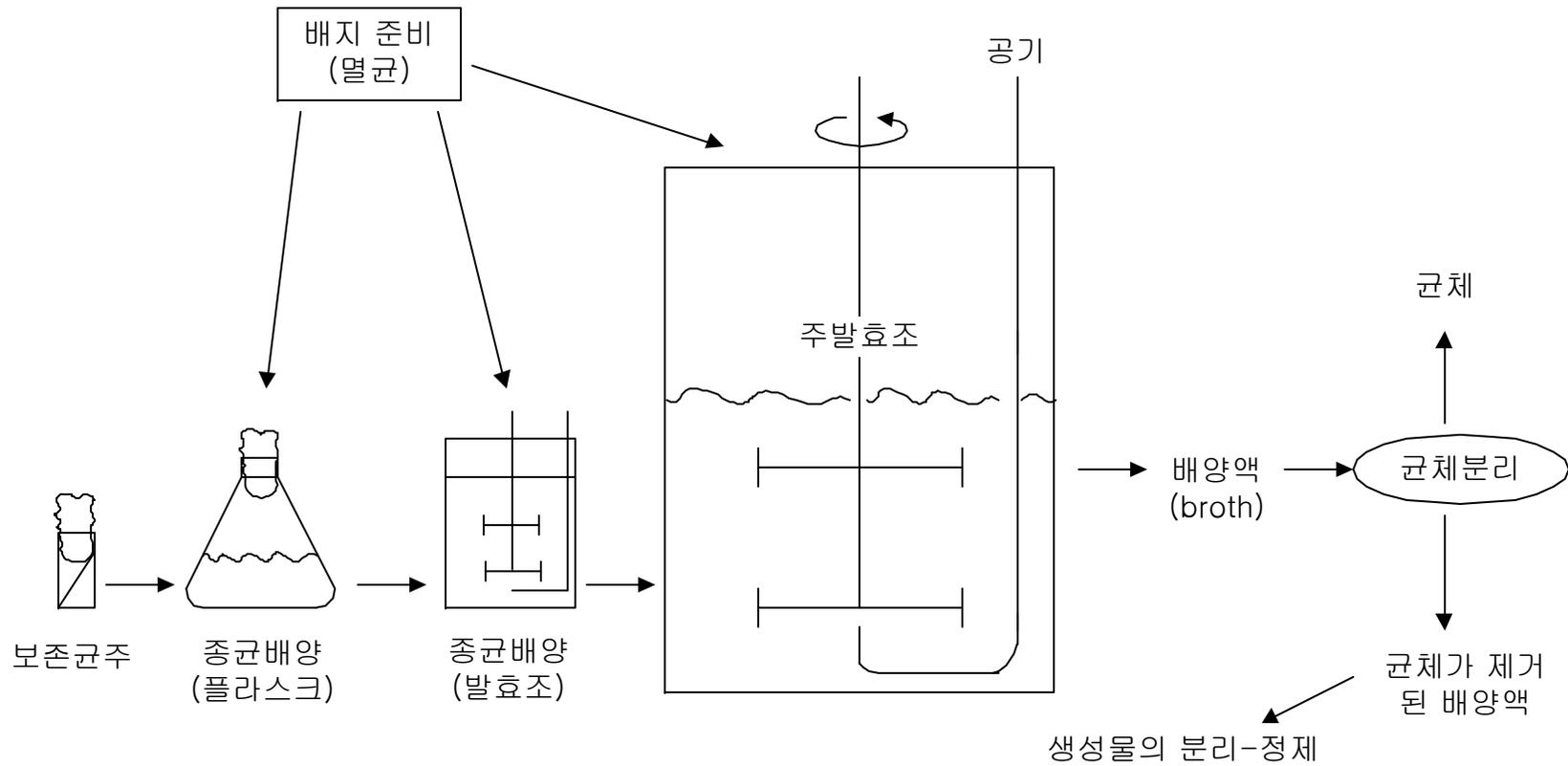
4) 균의 증식:주발효조 내에서 배양조건을 최적화하여 박테리아를 증식시킨다.

5) 생산물의 추출과 정제:배양액에서 균체를 분리한다. 생성물이 세포 외부로 자연적으로 유출되는 경우에는 균체가 제거된 배양액을 분리정제하는 공정이 사용된다.

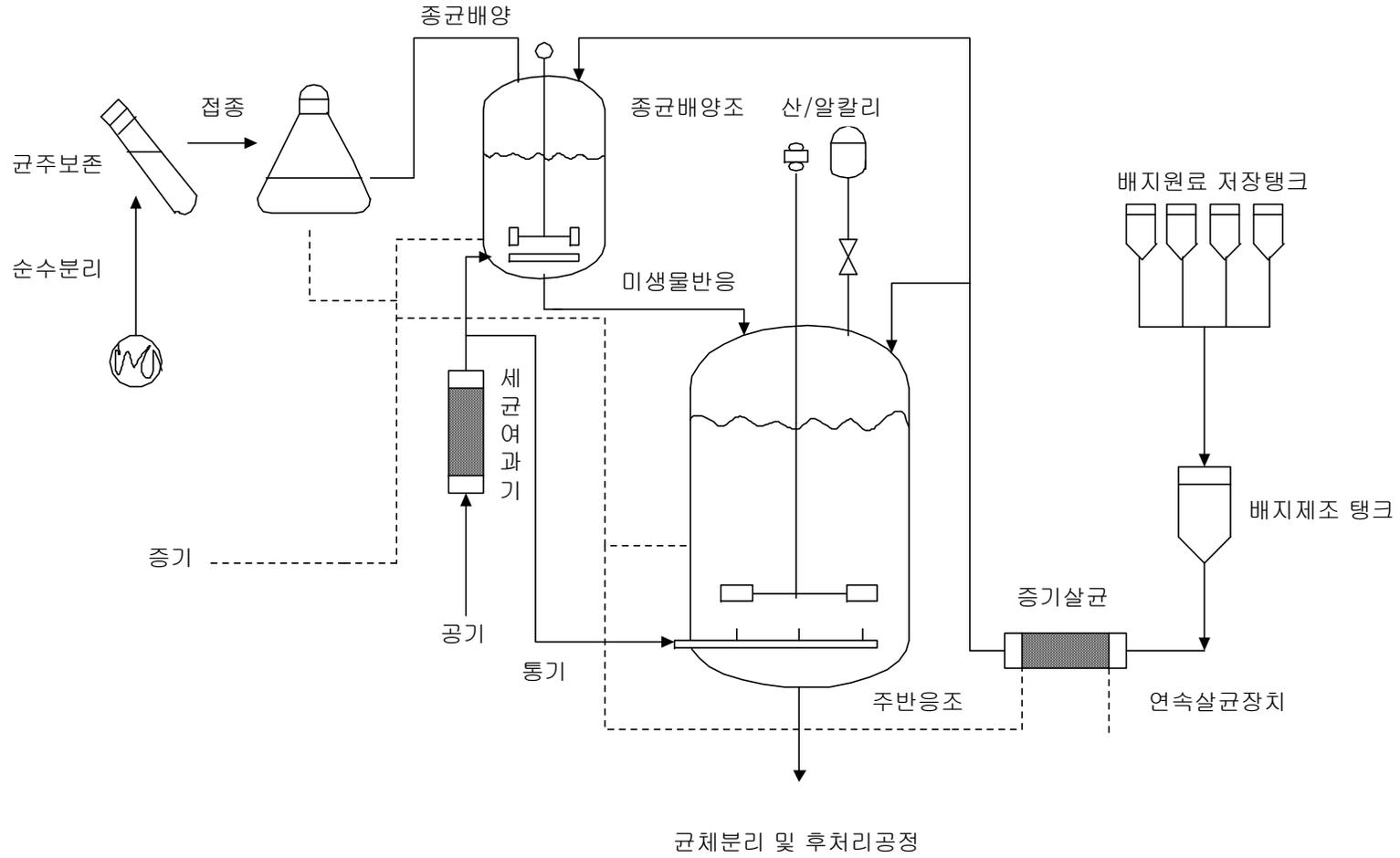
생성물이 세포 내부에 갇혀 있는 경우에는 우선 세포를 파쇄하고나서 그것으로부터 생성물을 분리정제해야 한다.

6) 발효 폐기물의 처리

# 발효단계



# 발효장치



# 효모 에탄올 발효

- The ability of yeast to convert sugar into [ethanol](#) has been harnessed by the [biotechnology](#) industry to produce [ethanol fuel](#).
- The process starts by milling a feedstock, such as [sugar cane](#), [field corn](#), or cheap [cereal grains](#), and then adding dilute [sulfuric acid](#), or fungal alpha [amylase](#) enzymes, to break down the starches into complex sugars.
- A gluco amylase is then added to break the complex sugars down into [simple sugars](#). After this, yeasts are added to convert the simple sugars to ethanol, which is then [distilled](#) off to obtain ethanol up to 96% in concentration.

# 셀룰로스 에탄올

- *Saccharomyces* yeasts have been genetically engineered to ferment xylose, one of the major fermentable sugars present in cellulosic biomasses, such as agriculture residues, paper wastes, and wood chips.
- Such a development means that ethanol can be efficiently produced from more inexpensive feedstocks, making cellulosic ethanol fuel a more competitively priced alternative to gasoline fuels.

# 셀룰로스 전처리



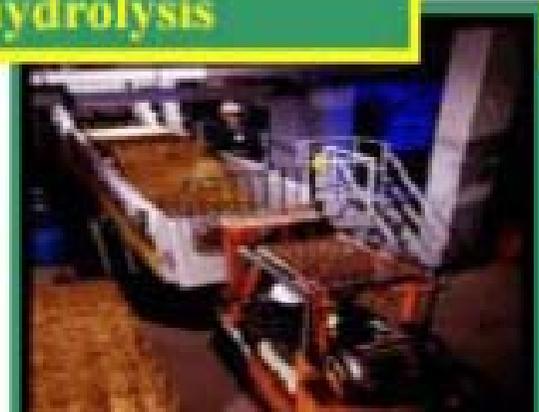
## Feedstock

- Production/  
gathering
- Transport

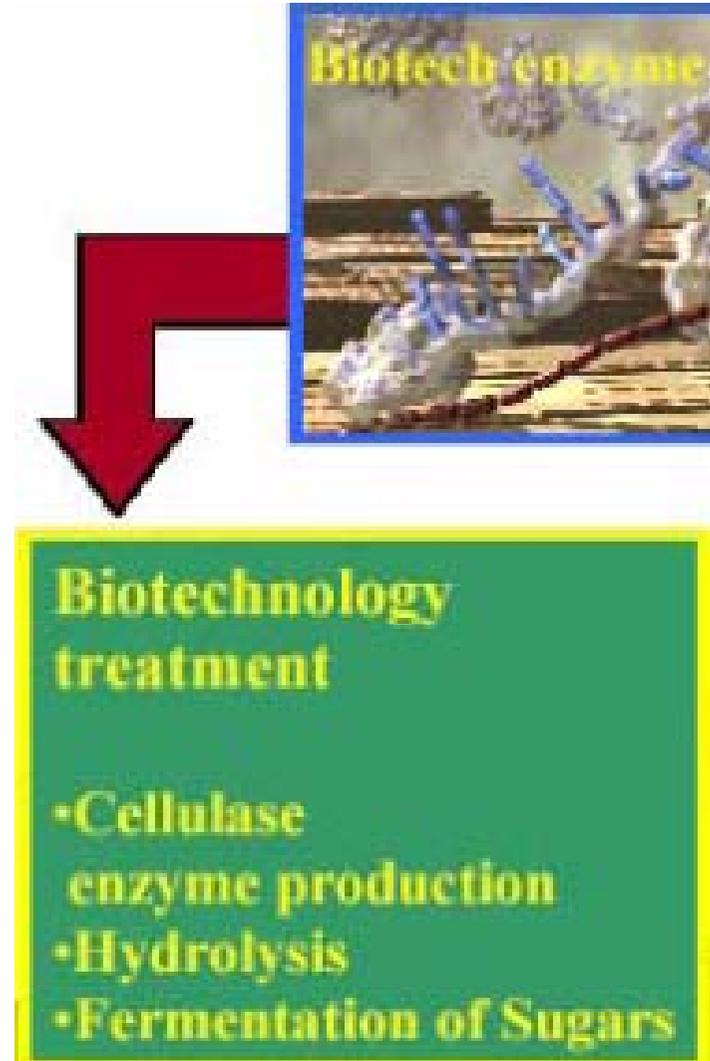


## Pretreatment

Making feedstock  
accessible to  
enzymatic or  
microbial  
hydrolysis

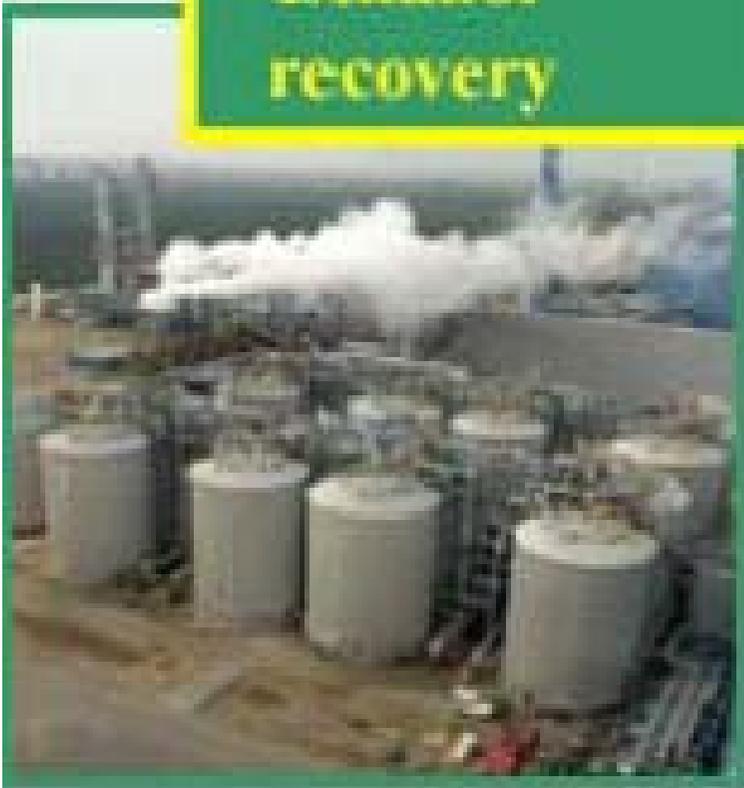


# 셀룰로스 효소 반응과 발효



## Downstream

- Separation
- Residue processing
- Ethanol recovery



에탄올 분리