

내열성 효소(耐熱性 酵素)를 이용한 Bioethanol의 생산

Production of Bioethanol Using Thermophilic Enzymes

최신양 | 전통식품연구단

Shin-Yang Choi | Traditional Food Research Group

최근에 대두되고 있는 환경오염문제라던가 원유의 의존도 측면에서 볼 때 삼림자원 바이오매스를 원료로 한 bioethanol의 중요성이 높아지고 있다. 현재 bioethanol 제조는 효모 등을 이용한 발효법으로 대부분 제조되고 있지만 효소를 이용한 bioethanol 제조를 할 수 있다면 효율이 높은 ethanol생산과 이 반응에서 나오는 반응산물을 간단하게 정제할 수가 있게 된다. 또한 내열성 효소를 이용하여 고온 조건에서 효소반응을 하게 되면 효소반응과 반응산물 증류를 동시에 진행할 수 있으며, 반응속도의 향상과 잡균의 혼입억제 등 여러 가지 이점이 기대된다. 본 고에서는 내열성 효소를 이용한 cellulose와 hemicellulose로부터 ethanol 제조 연구에 대한 개요를 살펴보기로 한다.

내열성 효소란?

인간을 포함하여 상온에서 생활하고 있는 생물

이 갖고 있는 효소들은 보통 50~60℃ 이상의 온도 범위에서는 비가역적으로 변성되어 효소활성이 실행된다. 그러나 고온(여기서는 70℃ 이상)에서 생활하고 있는 超好熱菌으로부터 얻어지는 超耐熱性 효소는 다음과 같은 독특한 특징을 갖고 있다.

- 70~100℃의 고온조건에서도 높은 반응성을 갖는다.
- 상온부근에서 장기 보존을 안정적으로 할 수 있다.
- 고순도의 정제가 쉽다.
- 효소활성 이외의 다른 물질을 동시에 쉽게 완전히 제거가 가능하다.

일반적인 효소는 여러 가지 반응에 촉매로써 이용할 때에 안정성이 낮아서 때때로 산소 공급을 요구하기 때문에 대단히 높은 비용이 든다. 그러나 내열성 효소는 고온과 같은 극한 반응 조건에서 안정하게 효소반응을 수행하기 때문에 이에 비해 많

은 장점을 갖고 있다. 특히 유전자 조합에 의해 생산된 내열성 효소는 일반적인 효소에 비해 효소의 순도가 매우 높아 순수화학분야에서도 응용이 가능하다.

내열성 효소의 장점

- 효소의 안정성이 높고 장기간 사용에 유용하다.
- 유기용매에 대한 내성을 보여준다.
- 잡균 증식을 억제하기 위한 특별한 장치가 별도로 필요하지 않다.
- 화학반응에 비해 반응특이성이 대단히 높다.
- 반응속도를 높일 수가 있다.

신기술에 대하여

Glucose를 원료로 얼마간의 내열성 효소를 사용하여 발효과정을 거치는 바이오 ethanol 또는 중간물질(intermediate)을 생성하는 것이 신기술이다. Glucose로부터 ethanol 또는 acetaldehyde를 생성하는 경우에 어떻게 효소 활성의 저하 없이 장기간 보존할 수 있는 가가 실용화를 향한 이 기술의 중요한 열쇠가 된다.

발효조를 이용한 반응계에서 효소반응을 저해하는 두 가지 요인을 거론하면, 첫째는 효소반응에 의해 생성된 물질이 반응계에 남아 효소반응이 정지하는 것을 방해하는 것이다. 두 번째는 반응생성물이 효소 그 자체에 손상을 주어 실패시키는 것을 들 수 있다. 따라서 반응계로부터 신속하게 이러한 물질들을 제거하여 효소 자체에 손상이 가해지는

것을 적극적으로 억제할 필요가 있다. Glucose로부터 ethanol을 효소반응으로 생산하는 경우, 그 과정에서 만들어지는 acetaldehyde가 효소에 대한 심각한 손상을 준다. 그렇지만 이 과정을 경유하지 않고서는 ethanol이 합성되지 않기 때문에 acetaldehyde가 반응계 내에서 체류하는 시간을 얼마나 적게 하느냐가 이 기술의 중요한 포인트가 된다.

- 생성된 acetaldehyde를 신속하게 증발시켜 회수한다. Acetaldehyde의 비점은 약 20℃인 점을 이용하여 효율적으로 증발시킬 수 있는 온도까지 반응온도를 상승시킴으로써 효소와 acetaldehyde를 분리하는 방법이 있다. 이 방법을 이용하면 효소활성을 안정적으로 유지하면서 효율을 높여 연속적으로 acetaldehyde를 생성, 회수할 수 있다.

- 생성된 acetaldehyde를 신속하게 ethanol로 변환하는 효소를 첨가하여 ethanol까지 직접 생성하는 시스템을 확립하고 있다.

향후에는 막분리 기술 혹은 고정화 효소 기술 등을 이용한 bioethanol 제조용 효소반응기(enzyme reactor) 개발 등을 계획하고 있다.

Glucose로부터 Ethanol의 생산

이 신기술은 glucose를 원료로 하여 얼마간의 내열성 효소를 이용한 반응을 나타낸 것으로써 그림 1과 같이, 발효과정을 경유하는 bioethanol 또는 그 중간물질을 생성하는 것이다. 현재 bioethanol을 생

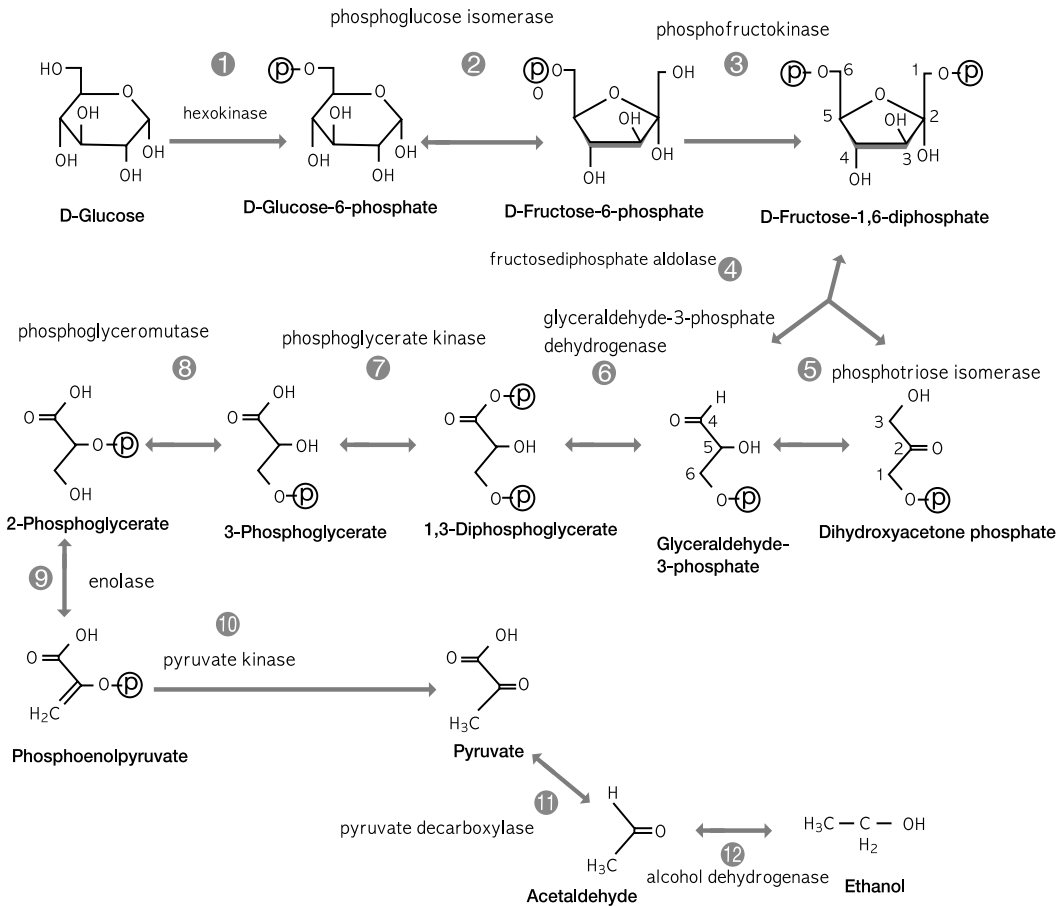


그림 1. Glucose로부터 ethanol 생산

성하는 것은 세균, 효모 등의 미생물을 이용한 발효법이 주류를 이루고 있지만, 본 개발에서는 효소만을 이용한 촉매반응에 의해 연속적으로 ethanol 또는 중간체인 acetaldehyde를 생성하는 것이 가능하게 되었다. 이 기술은 지금까지의 미생물을 이용한 방법에 비해 알코올 생산을 연속적으로 할 수 있게 된다. 또 반응을 단계적으로 억제할 수 있기 때문에 중간물질 생산에도 이용할 수 있다. 원료인 glucose로부터의 알코올 수율은 이론적으로는 발효법과 다

르지 않아 glucose 1톤당 약 600~640리터의 ethanol을 생산할 수 있다.

내열성 효소 사용에 따른 Bioethanol 생산량 증가

삼림자원 바이오매스를 액체연료로 변환하기 위해서는 cellulose를 분해할 필요가 있지만 이 반

응을 보조해주는 cellulase는 통상 상온에서만 작용한다. 이에 비해 超耐熱性 cellulase는 70℃ 이상의 고온에서도 효과를 발휘하는 내열성 효소로써 고온에서 처리가 가능하다. 그 결과 반응처리가 빨라짐과 동시에 안정성이 높아지는 등의 메리트가 생긴다. 따라서 같은 양의 자원으로부터 종래보다 3배 많은 ethanol을 제조할 수 있게 된다.

내열성 효소 상품의 강점

- 고온 조건에서도 높은 반응성을 갖는다. 효소 반응에 있어서 반응온도를 10℃ 올리면 반응 속도는 2배가 된다. 예를 들면, 반응온도를 50℃에서 80℃로 올릴 수 있다면 반응물의 생산성은 8~10배가 된다. 이것은 물질생산에 있어서 효율화에 대단히 큰 이점이 된다.
- 유기용매에 대한 내성이 있다. 일반적으로 효소는 단백질로 되어 있기 때문에 유기용매를 잘 사용하지 않는다. 효소 자신의 구조가 단단한 내열성 효소는 유기용매 존재에서도 활성을 유지하여 물과 기름처럼 혼화하지 않는 물질계에서도 반응한다. 유기용매에만 용해되는 특수한 물질도 이 효소에 의해 화학변환이 가능하게 되어 보다 부가가치가 높은 물질을 안정적으로 제조할 수 있다.
- 장기간 사용할 수 있다. 구조가 안정한 내열성 효소는 장기간의 반응을 만족시키고 있다. 효소반응을 1주일 연속하는 경우에도 전혀 반응속도가 떨어지는 일 없이 화학물질

변환을 일으키는 예가 있다. 이것은 효소가 격이 10배가 되어도 20배의 사용기간이 가능하다면 실제 코스트는 50% 다운시킬 수 있다는 의미가 된다.

- 잡균에 의한 오염이 없다. 효소에 의한 부패는 가장 피하고 싶은 현상 중의 하나다. 효소는 단백질로 되어 있는 이상 세균이나 곰팡이에 좋은 영양분이 되고 있다. 내열성 효소는 반응을 60℃ 이상에서 하기 때문에 설사 잡균이 혼입하여도 증식할 수 없고 부패를 방지하는 특별한 조치가 필요 없게 된다.
- 고순도로 정제가 가능하다. 내열성 효소는 거의 유전자조합 기술에 의해 만들어진다. 특별한 제작법에 의해 쉽게 고순도 정제가 가능하다. 다른 활성의 혼입을 방지할 수 있으며 순도가 높은 효소는 화인케미칼 및 의약품에서의 응용을 기대할 수 있다.

● 참고문헌 ●

1. 食品と開發, 45(2), 83-84, 2010

최 신 양 공학박사

소 속 : 한국식품연구원 전통식품연구단
 전문분야 : 식품미생물, 발효미생물, 전통발효식품
 E-mail : choisy@kfri.re.kr
 T E L : 031-780-9107