

# スクロース非資化性酵母の選択的発酵性を利用した

## 砂糖・エタノール逆転生産プロセスの開発

小原 聡<sup>1)</sup>・福島 康裕<sup>2)</sup>・杉本 明<sup>3)</sup>・寺島 義文<sup>3)</sup>・石田 哲也<sup>1)</sup>・迫田 章義<sup>4)</sup>

1) アサヒグループホールディングス（株） 豊かさ創造研究所

2) 台湾・成功大学 環境工学系

3) (独) 国際農林水産業研究センター 熱帯・島嶼研究拠点

4) 東京大学 生産技術研究所

〒302-0106 茨城県守谷市緑 1-1-21

E-mail: satoshi.ohara@asahigroup-holdings.com

Home Page: <http://www.asahigroup-holdings.com/>

従来、サトウキビからの砂糖・バイオエタノール複合生産においては、最初に砂糖を生産し、製糖副産物の廃糖蜜からバイオエタノールを生産する順序が常識になっている。近年、砂糖・バイオエタノールの同時的増産に向けて、世界的に多収性サトウキビの開発が進められている。多収性サトウキビは、砂糖結晶化を阻害する還元糖（グルコース、フルクトース）の含有率が高いという特徴があるため、従来の複合生産プロセスでは、原料収量が増加しても、砂糖生産量が低下するという懸念がある。我々は、スクロース非資化性酵母注目し、その糖選択性を利用して、最初に還元糖のみを選択的にバイオエタノールに変換・除去し、発酵後に残るスクロース高含有の搾汁から砂糖を効率的に生産するプロセスを考案した。世界で初めて砂糖とバイオエタノールの生産順序を逆転させた「砂糖・バイオエタノール逆転生産プロセス」によって、バイオ燃料生産による食料増産という新しい可能性を示した。

### 1. はじめに

従来の砂糖・バイオエタノール複合生産では、サトウキビ搾汁中のスクロースを先に砂糖結晶として回収し、残った廃糖蜜からエタノールを生産することが一般的であった[1]。砂糖・エタノール同時増産の需要に向けて、世界的に多収性サトウキビの開発[2-4]や収穫期間延長の取り組み[5]が進んでいるが、いずれの場合も、原料中の還元糖含有率の高さが問題になっている。

還元糖はスクロース結晶化の阻害物質であり[6]、砂糖回収率を低下させるため、還元糖の多い多収性原料を従来の複合生産方式で加工すると、スクロースの多くが結晶化されずに糖蜜へ移行し、バイオエタノールのみが増産されるという課題があった。クロマト分離によるスクロースと還元糖の物理的な分離が検討された例があるが、搾汁中の懸濁物質の除去に多大な前処理費用が必要となる等の課題があり、実用化に至らなかった[7]。

この課題を解決するために、我々は、世界で初めて砂糖とエタノールの生産順序を逆転させた生産プロセス（図1）を開発した。この逆転生産プロセスでは、ス

クロース非資化性酵母を搾汁に添加し、最初に還元糖のみを選択的にエタノールに変換する。製糖の濃縮工程によって発酵液中のエタノールは回収され、スクロース高含有の濃縮液（シラップ）が残る。このような選択的な還元糖の除去により、原料中の還元糖含有率の影響を受けずに、高収率の砂糖回収が可能になる。

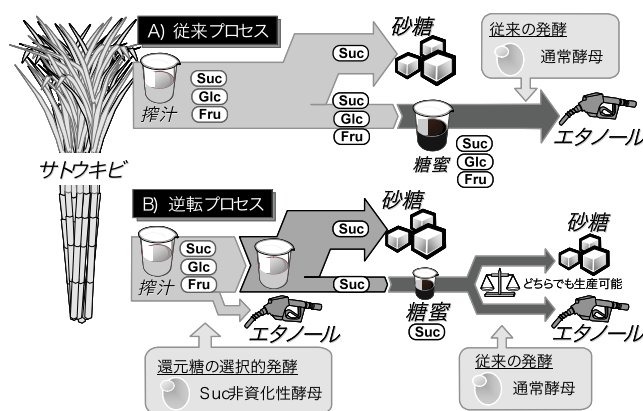


図 1. 砂糖・バイオエタノール複合生産方式の比較

A) 従来プロセス、B) 逆転生産プロセス

## 2. 実験方法

逆転生産プロセスを実験室スケールで検証した。スクロース非資化性酵母である *Saccharomyces dairenensis*、*S. transvaalensis*、*S. rosinii*、*Zygosaccharomyces bisporus* を用い、サトウキビ搾汁の糖組成に近い合成培地を用いた発酵試験を実施した。次に、実際のサトウキビ搾汁に還元糖を段階的に添加し、6段階に還元糖の濃度を調整した搾汁（還元糖濃度＝1.7～10.0%、純糖率＝55～85%）を用いて、逆転生産プロセスを実施した。

## 3. 結果と考察

### (1) 合成培地での選択的発酵の確認

サトウキビ搾汁の糖組成に近い合成培地を用いた発酵試験の結果、4株ともスクロースの減少は見られず、還元糖のみを選択的にエタノールに変換していることが確認された。4株のなかでは、*S. dairenensis* が最も発酵速度が高かった（図2）。

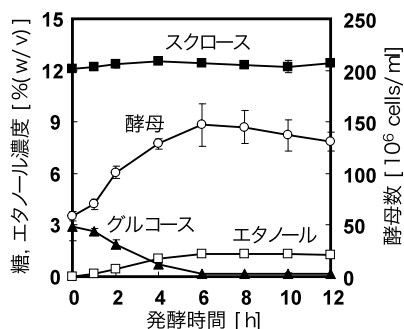


図2. *S. dairenensis* による還元糖の選択的発酵

### (2) サトウキビ搾汁を用いた逆転生産試験結果

搾汁の発酵工程では、合成培地の結果と同様にスクロースの分解・消費は見られず、還元糖のみが選択的に消費され、0.5～4.2% (w/v) の濃度のエタノールが生成した。還元糖除去率は約 85～95% であり、微生物による有用物質への変換によって、分離のみを目的とするクロマト分離法と同等の除去率が達成された。

搾汁の濃縮工程では、発酵後の搾汁に含まれるエタノールの 90% 以上が回収された。回収液のエタノール濃度は 0.9～4.3% (w/v) であった。選択的発酵によって、純糖率は 86～91% まで向上した。

砂糖の結晶化試験では、未処理の搾汁を用いた従来法の砂糖収率と比べて、逆転生産プロセスでは砂糖収率の向上効果が顕著に見られた（図3）。特に純糖率＝55%の時は、逆転生産プロセスでは従来プロセスの約4倍（16.2→64.1%）の砂糖回収を達成した。

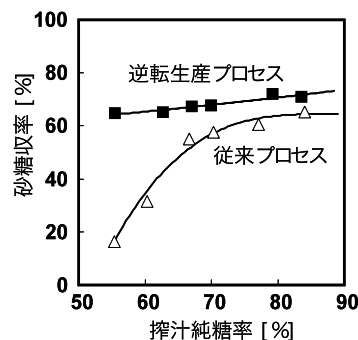


図3. 逆転生産プロセスによる砂糖収率の向上効果

## 4. 今後の展望

我々の開発した砂糖・バイオエタノール逆転生産プロセスによって、長年、製糖業界の世界的課題であった還元糖の除去が可能になり、還元糖の多さのためにこれまで利用されてこなかった多収性原料や収穫期間外原料の利用を可能にした。従来、還元糖含有率によって、砂糖：廃糖蜜（＝バイオエタノール原料）の生産比率が決定されていたが、逆転生産プロセスでは、選択的発酵の後に、砂糖とエタノールの両方の原料となり得るスクロースのみが残るため、その後の砂糖：エタノールの生産比率を自由に調節できる。

食料とバイオ燃料の原料競合が問題となっている今、逆転生産プロセスは「バイオエタノール生産による食料（砂糖）増産」というパラダイムシフトを起こし、従来は工業的に利用されることがほとんど無かったスクロース非資化性酵母の利用、他の産業への発酵技術の応用に対しても新しい可能性を示した。

逆転生産プロセスは、国内外で特許[8]が成立しており、工場への導入も原理的に容易であることから、世界のサトウキビ産業への展開が期待されている。

## 参考文献

- [1] Nguyen TLT, et al.: Int J. Life Cycle Assess., 13, 301-311 (2008)
- [2] Rao MS, et al.: Sugar Technol, 11(1), 77-79 (2009)
- [3] Alexander, AG: The energy cane alternative., Elsevier, 335-355 (1985)
- [4] 杉本明, et al.: 熱帯農業, 46(2), 49-50 (2002)
- [5] Solomon S.: Sugar Tech., 11, 109-123 (2009)
- [6] Hook AV.: Ind Eng Chem, 38, 50-55 (1946)
- [7] Kochergin V, et al.: Proc South African Sugar Technologists Assoc., 74, 62-69 (2000)
- [8] 特許第 4883511 号