

廃棄生うどんを活用した実用的エタノール生産技術の開発

松原保仁¹・大西茂彦¹・松岡博美¹・久保和子¹・浅井貴子¹・井上昌子¹・稲津忠雄¹,
岩崎賢一¹・吉見健司²・尾寄哲夫²・藤田康子³・中島芳浩³・安部博子³

¹*香川県産業技術センター, ²(株)ちよだ製作所, ³ 産業技術総合研究所四国センター

*〒761-8031 高松市郷東町 587-1

E-mail: we1557@pref.kagawa.lg.jp

Home Page: <http://www.itc.pref.kagawa.jp/>

うどんの製造工程において発生する廃棄生うどんを有効活用するため、バイオエタノールの製造技術の開発を行った。産総研保有のエタノール高生産株である *Saccharomyces cerevisiae* IR-2 株を 10 リットル添加し、1 m³ 規模でエタノール発酵試験を行った。得られたエタノール濃度は、生うどんと水道水の重量比が 2 : 8 の培地で 53 g/l (培養 48h)、3 : 7 の培地で 74 g/l (培養 65h)、3.5 : 6.5 の培地で 78 g/l (培養 73h) となり、対糖収率は、各々 85%、80%、77% であった。また、培地の粘性増加に伴って、エタノールの対糖収率が低下した。最も高いエタノール生成速度は、生うどんと水道水の重量比 3.5 : 6.5 の培地において 1.94 g/l・h であったが、エタノールの生産物阻害が認められた。発酵終了後の蒸留によって生うどん 300kg から約 92%(v/v) のエタノール約 100 リットルを安定して生産することに成功した。

1. はじめに

香川県の生めん類（うどん、中華めん、日本そば）生産に使用する小麦粉使用量は 57,310 トン（平成 21 年）であり、国内使用量 569,665 トンの約 10% に相当している。さらに、本県は讃岐うどんの本場ということもあり、生めん類の中でも生うどん 8,480 トン、ゆでうどん（冷凍うどんを含む）38,600 トンと、うどん用小麦の使用量が全体の約 82% を占めている。

廃棄うどんの発生状況を把握するため、県内の製麺会社を調査した結果、店頭で 5~10%、工場では生産ラインの不調や消費期限を過ぎたものが廃棄されるため、生産量の 15~25% の廃棄うどんが発生することが明らかとなった。ある企業では、年間の廃棄うどん量が約 1,500 トン発生するため、処理費用に 2,000 万円支出していた。

一方、廃棄うどんは、サトウキビ、トウモロコシ、デンプン芋などの糖質・デンプン質系バイオマス[1]に相当するため、エタノール発酵の原料であるグルコースを安価な市販酵素剤を用いた液化・糖化反応により調製できるため、低コストでエタノール生産を行うことができる利点がある。

そこで、廃棄生うどんを有効利用する目的で、産総研保有のエタノール高生産株 *Saccharomyces cerevisiae*

IR-2 株を用いて、1 m³ 規模の発酵装置を用いて、回分反応によるバイオエタノールの生産技術の開発を行ったので報告する。

2. 試験方法

(1) 酵素剤の液化・糖化を伴うエタノール発酵

生うどんと水道水の重量が 200 kg : 800 kg、300 kg : 700 kg、350 kg : 650 kg と混合割合が異なる 3 種類の培地を調製した。製麺工場で廃棄された生うどんは、棒状または帯状であるため、破碎機で 2~3 cm に破碎して使用した。発酵タンクに破碎した生うどんと水道水を投入し、 α -アミラーゼ（スピターゼ HS、ナガセ）を添加して、100℃、4h および 60℃、18h 液化処理を行った。その後 55℃ に冷却して、グルコアミラーゼ（N-40、ナガセ）とプロテアーゼ M（アマノ）を添加して 24 h 糖化処理を行い、小麦デンプンをグルコースに分解した。

YPD 培地で前培養した酵母菌体を 10 リットル添加し、培養温度 33℃、攪拌速度 10~14 rpm にてエタノール発酵を開始した。

(2) 発酵液からのエタノール回収

直径 145mm、高さ 175mm の蒸留塔充填材を直列に 12 個装着した蒸留塔を用いて、高温の蒸気で発酵槽内

の発酵液を沸騰させて 7h 蒸留操作を行い、エタノールを回収した。

3. 結果と考察

(1) エタノール発酵

図 1 に生うどん 300 kg と水道水 700 kg で調製したうどん培地のエタノール発酵経過を示す。

前培養した酵母を接種して培養 21h 後からエタノールの生成が認められ、培養 65 h で 74 g/l となった。エタノール生産は、酵母の増殖に連動していた。培地中のグルコース(180 g/l)は、完全に消費され、エタノールの対糖収率は 80%であった。酵母の生菌数は、培養 21～49h まで 10 の 8 乗オーダーを維持したが、その後は急激に減少した。

表 1 は、エタノール発酵に及ぼす生うどん含量の影響を示す。

最大エタノールの生成濃度は、生うどんと水道水の重量比が 2 : 8 の培地で 53 g/l(培養 48h)、3 : 7 の培地で 74 g/l(培養 65h)、3.5 : 6.5 の培地で 78 g/l(培養 73h)となった。エタノール生成速度は、各々の培地で 1.10 g/l・h、1.75 g/l・h、1.94 g/l・h となり、生うどんの割合が多い培地ほど大きい値を示した。しかし、重量比 3.5 : 6.5 の培地では、グルコースが 38 g/l 残存し、エタノールによる生産物阻害が認められた(data not shown)。

エタノールの対糖収率は、各々 85%、80%、77%となり、重量比 2 : 8 の培地が最も高い値を示し、培地の粘性増加に伴って、エタノールの対糖収率が低下する傾向を示した(data not shown)。酵母の乾燥重量あたりのエタノール生成速度の比較では、重量比 3.5 : 6.5 の培地での値が 1.91 g/g-cell・h であり、3:7 の培地の 0.69 g/g-cell・h に比べて約 2.8 倍となった。

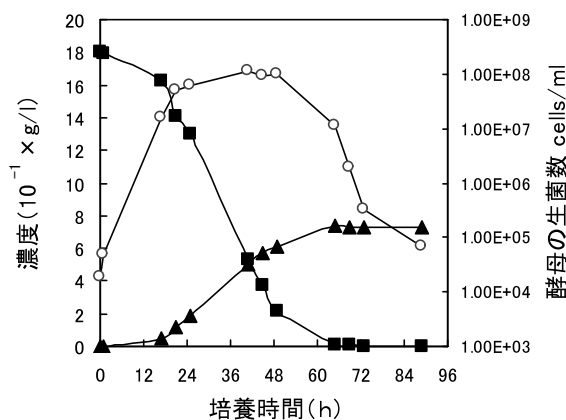


図 1. *Saccharomyces cerevisiae* IR-2 株を用いたうどん培地(生うどん 300 kg : 水道水 700 kg)の発酵経過
グルコース (■)、エタノール (▲)、酵母数 (○)

表 1. エタノール発酵に及ぼす生うどん含量の影響

発酵の評価 パラメーター	生うどんと水道水の重量(kg)		
	200 : 800	300 : 700	350 : 650
最大エタノール 生成濃度	53 g/l (培養 48h)	74 g/l (培養 65h)	78 g/l (培養 73h)
エタノール 生成速度	1.10 g/l・h	1.75 g/l・h	1.94 g/l・h
エタノールの 対糖収率	85%	80%	77%
酵母の乾燥重量あ たりのエタノール 生成速度		0.69 g/g-cell・h	1.91 g/g-cell・h

今回のエタノール発酵の実用的な培地組成は、培地調製の作業性、生産物阻害の有無等の観点から、生うどんと水道水の重量比 3 : 7 の場合が最適であった。

(2) 蒸留によるエタノールの回収

発酵終了後の蒸留によって生うどん 300kg から約 92%(v/v)のエタノール約 100 リットルを安定して生産することができた。

4. 今後の展望

1 m³ 規模の発酵装置を用いて、300kg の生うどんから 92%(v/v)のエタノールが安定して約 100 リットル生産することができたが、発酵の前段で生うどんの破碎処理に 5 h、液化・糖化反応に 48 h を要している。

今回、原料は生うどんを対象に試験を行った。廃棄うどんとして、ゆでうどんも大量に発生するが、腐敗しやすいために収集後の保存に課題があり、取り扱っていない。いずれにしてもエタノールを安価に生産するには、全工程の処理時間を短縮する必要がある。

例えば、液化・糖化処理の時間を短縮するために、天然酵母にα-アミラーゼとグルコアミラーゼの遺伝子を組み込んだ組換え酵母の育種や連続生産が可能なエタノール生産装置の開発が必要である。

本年 8 月、NEDO の平成 24 年度新エネルギーベンチャー技術革新事業「フェーズ C (実用化研究開発)」に採択され、生うどんの処理能力が日量 700 kg/day、エタノールを 240 l/day、年間 72 kl 生産できるプラントを製作し、エタノール生産の更なる効率化を試みている。

参考文献

- [1] 日本エネルギー学会：バイオマスハンドブック
157-165, オーム社 (2002)