

漢方薬残渣の添加で アルコール発酵を促進させる

福岡大学 工学部 化学システム工学科
教授 重松 幹二

2019年5月21日

従来技術とその問題点

- バイオ燃料などに用いられる、エタノールの製造コストを下げたい。
- 発酵阻害物質による悪影響を避けたい。
- 漢方薬残渣を有効に利用したい。

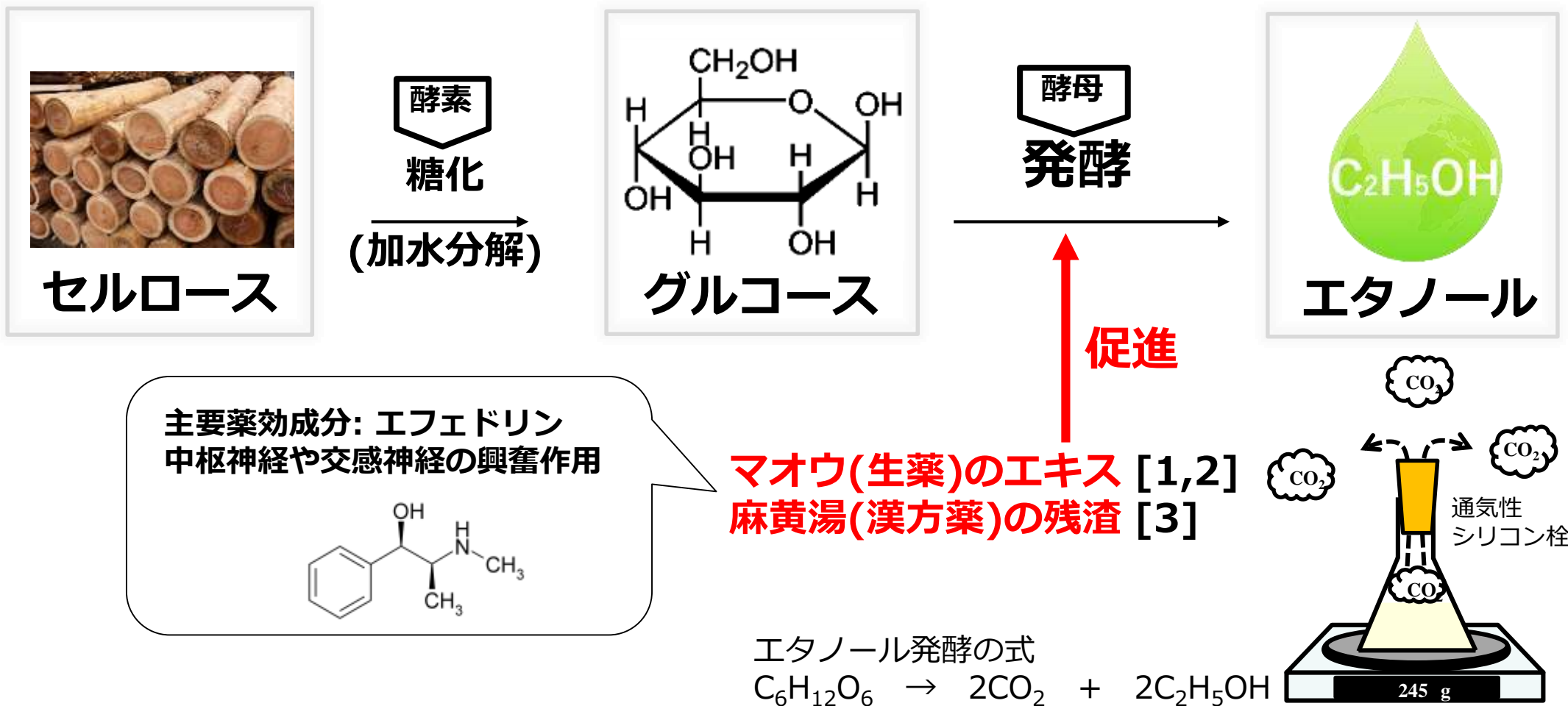
新技術の特徴・従来技術との比較

漢方薬残渣を添加することで、

- 発酵速度を2倍以上に加速できる。→事例1
- 発酵阻害物質が共存しても、発酵を維持できる。
→事例2
- 発酵の至適温度や至適pHからずれても、発酵を維持できる。→事例3

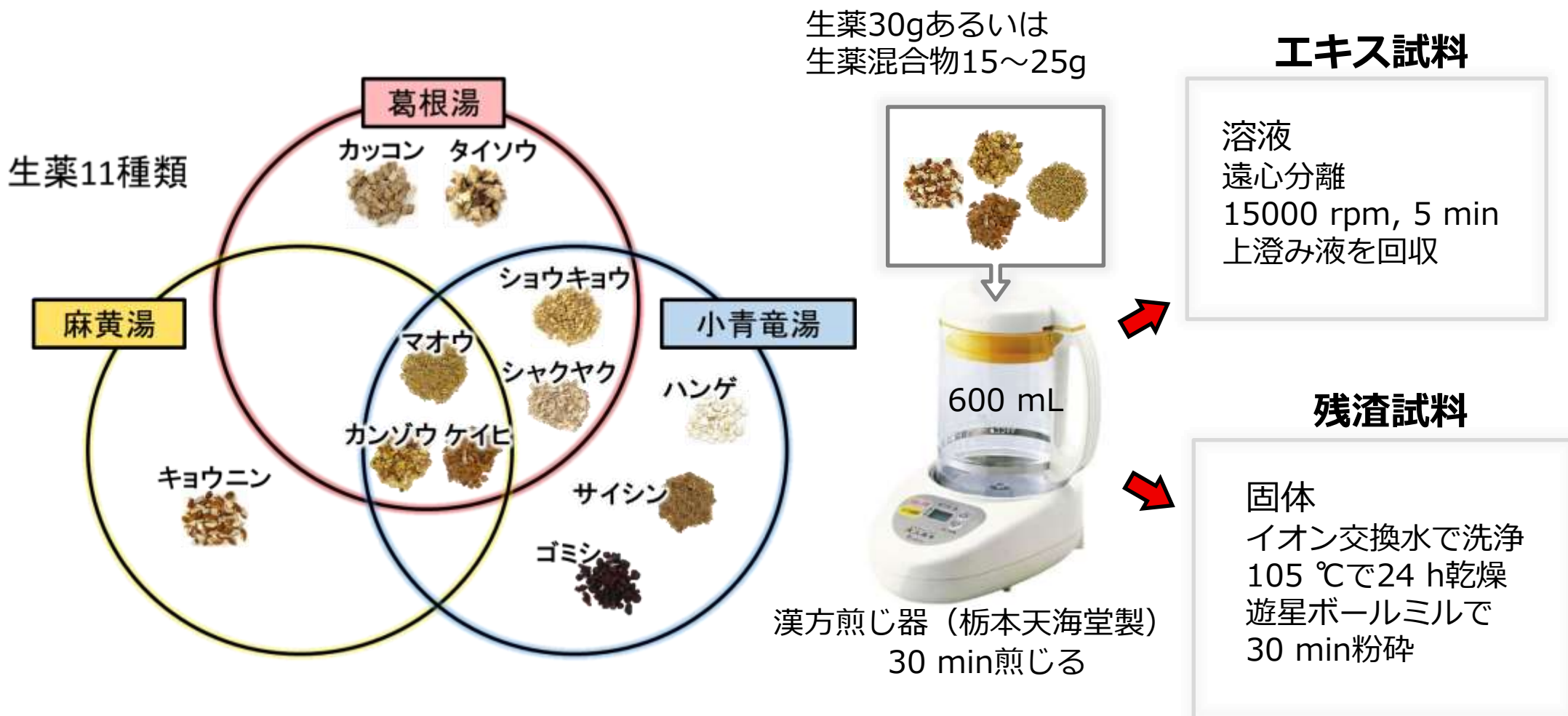
ここで効果があるのは、**マオウ(麻黄)**を含む漢方薬残渣である。

事例 1 マオウ添加による発酵促進（研究背景）

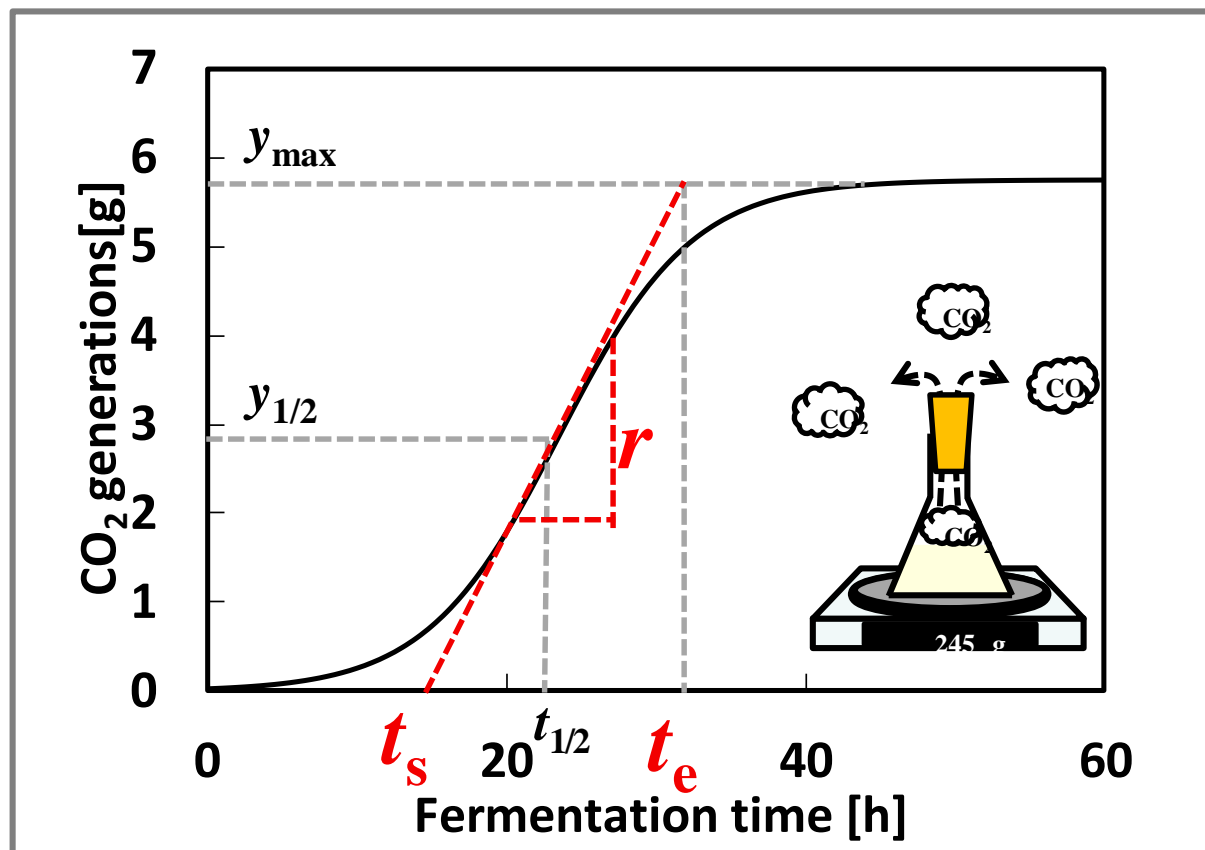


- [1] 福原佑太郎ら, 生薬ならびに木質熱水抽出物のエタノール発酵促進効果, 第23回日本木材学会九州支部大会, p.34-35 (2016)
- [2] H. Masamoto, et al., Accelerating effect of the crude drug extracts on the ethanol fermentation by *Saccharomyces cerevisiae*: Proceeding Book of Full Papers ACB 2017, The 13rd Asian Congress on Biotechnology "Bioinnovation and Bioeconomy", 255-1-255-10(2017)
- [3] 田中垂依ら, 漢方薬の添加によるエタノール発酵促進効果とフルフラール共存下での発酵菌維持, 第25回日本木材学会九州支部大会, p.4 (2018)

事例 1 マオウ添加による発酵促進 (試料調製)



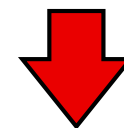
事例 1 マオウ添加による発酵促進（解析方法）



ロジスティック関数

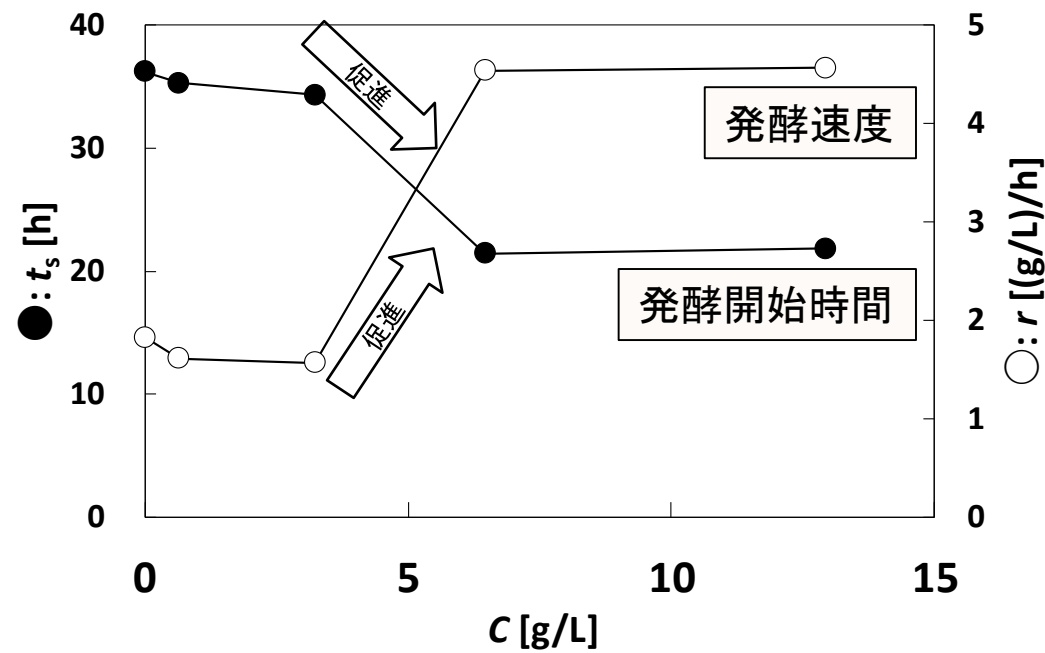
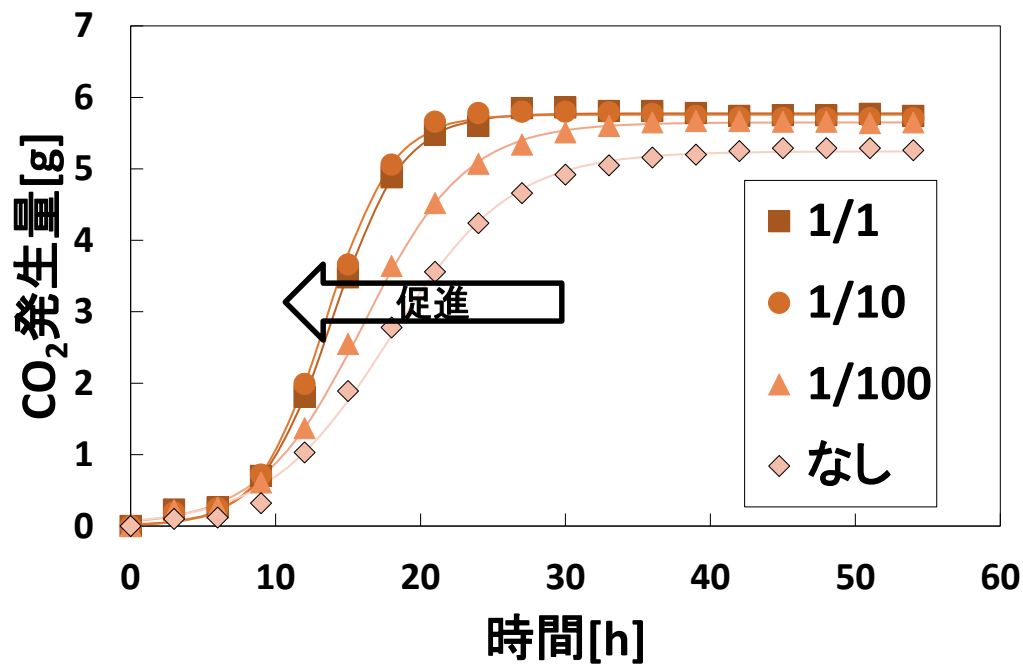
$$y = \frac{y_{max}}{1 + e^{-k(t-t_{1/2})}}$$

y : CO₂発生量
 y_{max} : 最大CO₂発生量
 $k = 4r/y_{max}$
 $t_{1/2}$: $y_{1/2}$ のときの t



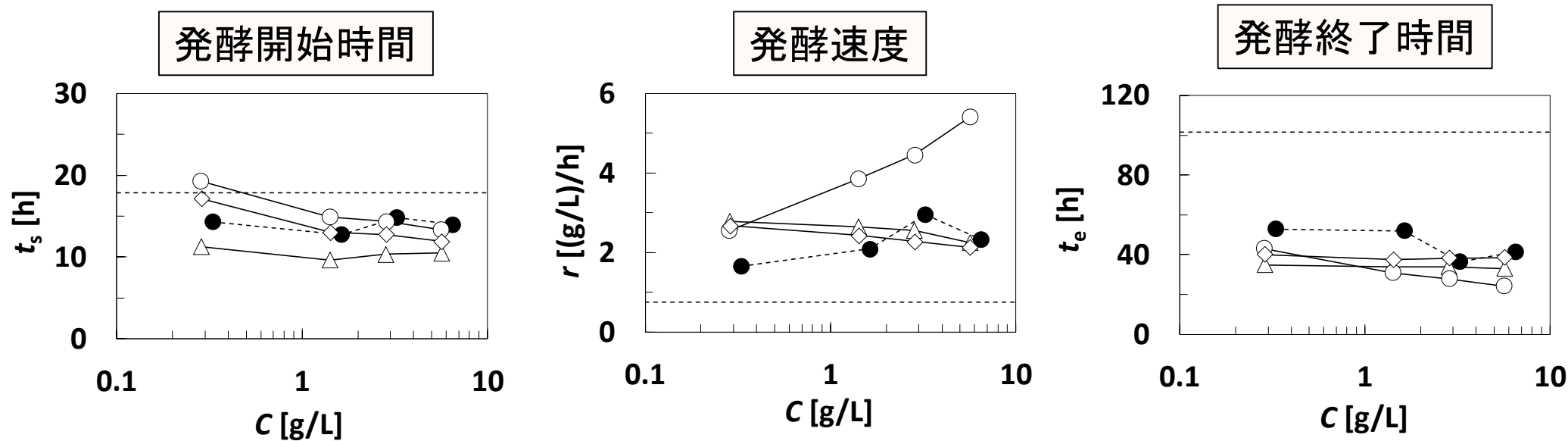
t_s : 発酵開始時間
 t_e : 発酵終了時間
 r : CO₂最大発生速度

事例 1 マオウ添加による発酵促進（生薬エキスの添加）



マオウエキス濃度(C)が5g/Lを境に、発酵開始時間(t_s)および発酵速度(r)に顕著な促進効果が見られた。

事例 1 マオウ添加による発酵促進（残渣の添加）

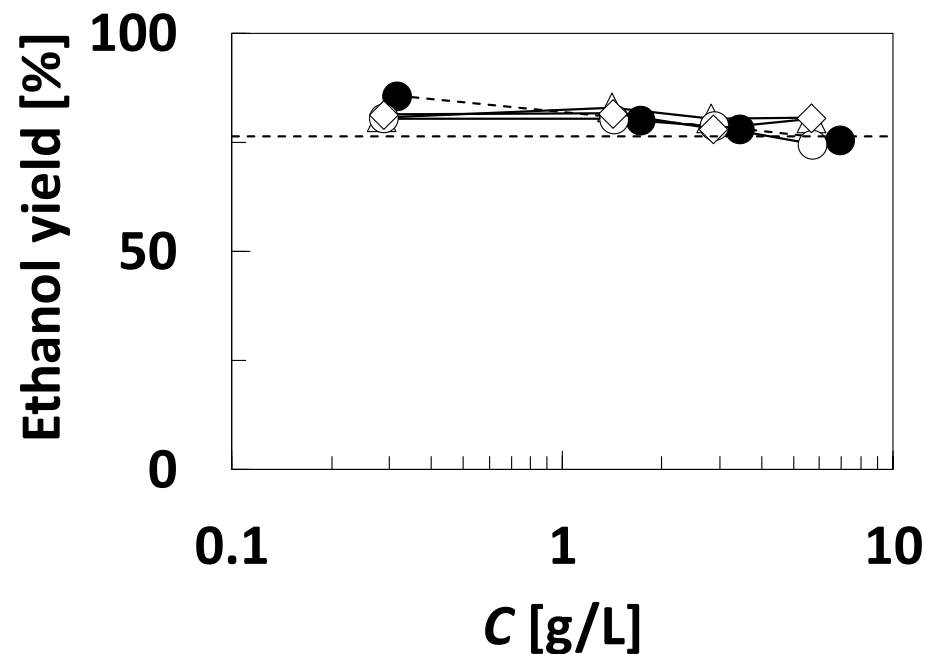
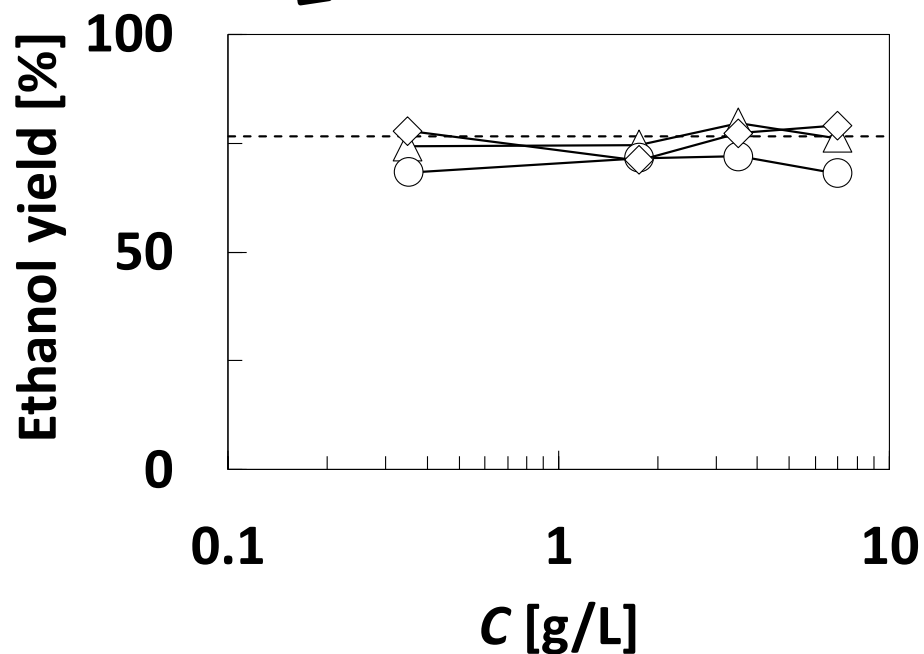
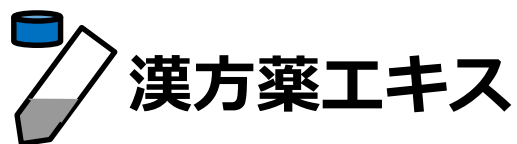


発酵促進効果(セルロースとの比較)

- : 無添加
- : セルロース
- △ : 葛根湯残渣
- : 麻黄湯残渣
- ◇ : 小青竜湯残渣

	発酵開始時間	発酵速度	発酵終了時間
葛根湯残渣	○	△	○
麻黄湯残渣	△	◎	◎
小青竜湯残渣	△	△	○

事例 1 マオウ添加による発酵促進（反応収率）



- : 無添加
- : セルロース
- △ : 葛根湯残渣
- : 麻黄湯残渣
- ◇ : 小青竜湯残渣

エタノール収率に対する阻害はない

【ここまでの結論】

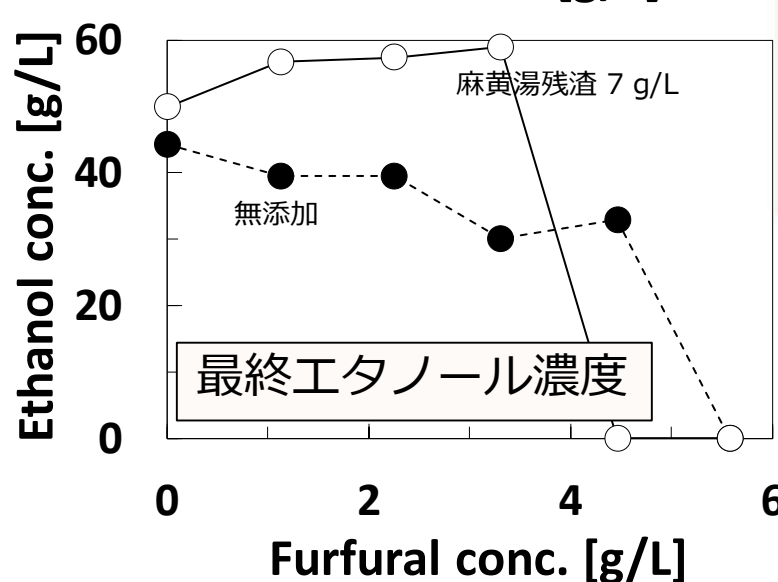
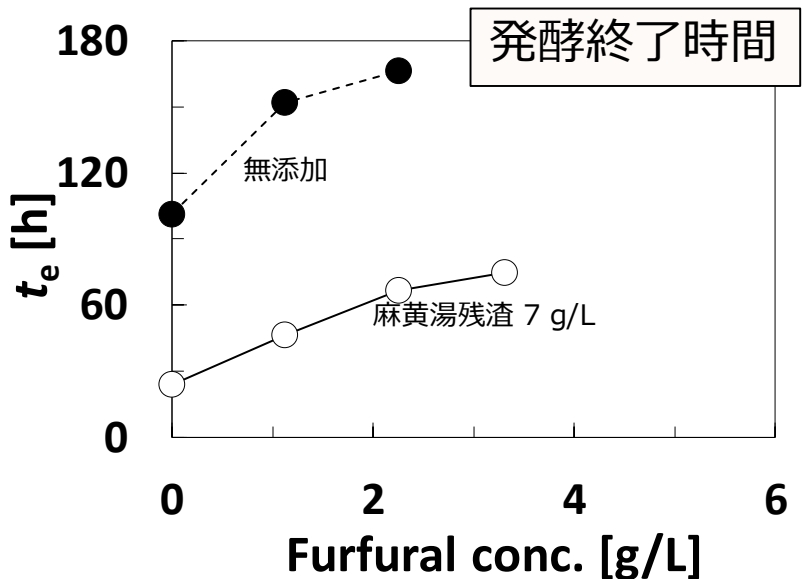
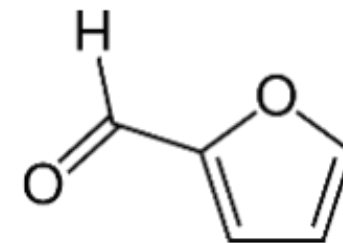
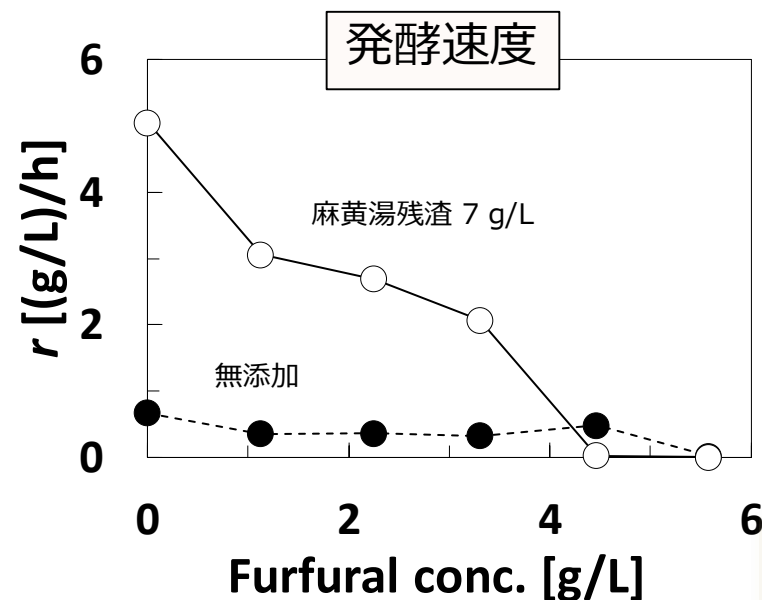
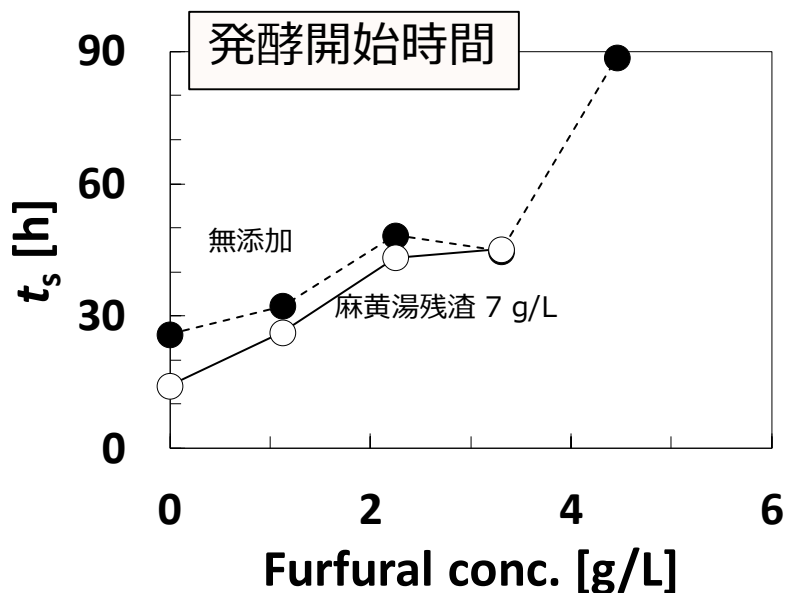
漢方薬残渣で

酵母が元気になる！



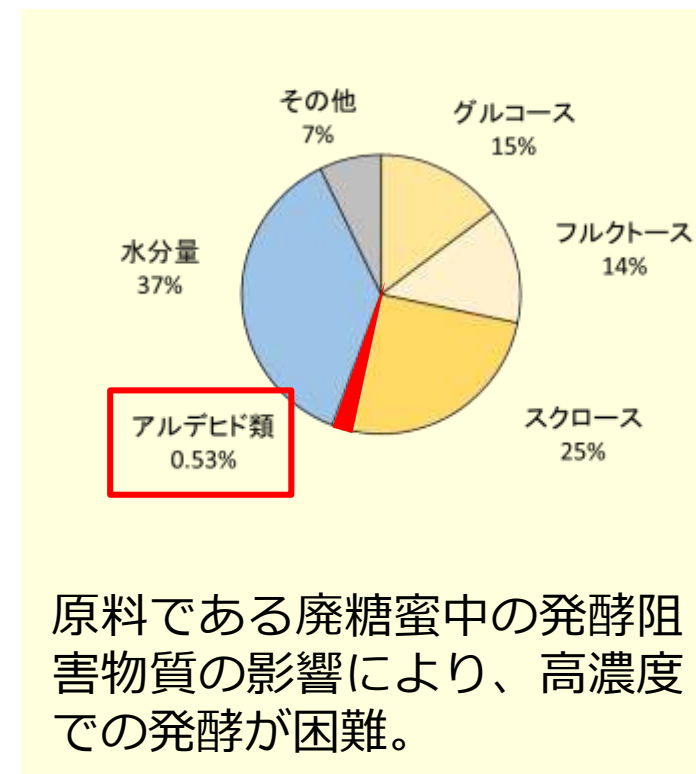
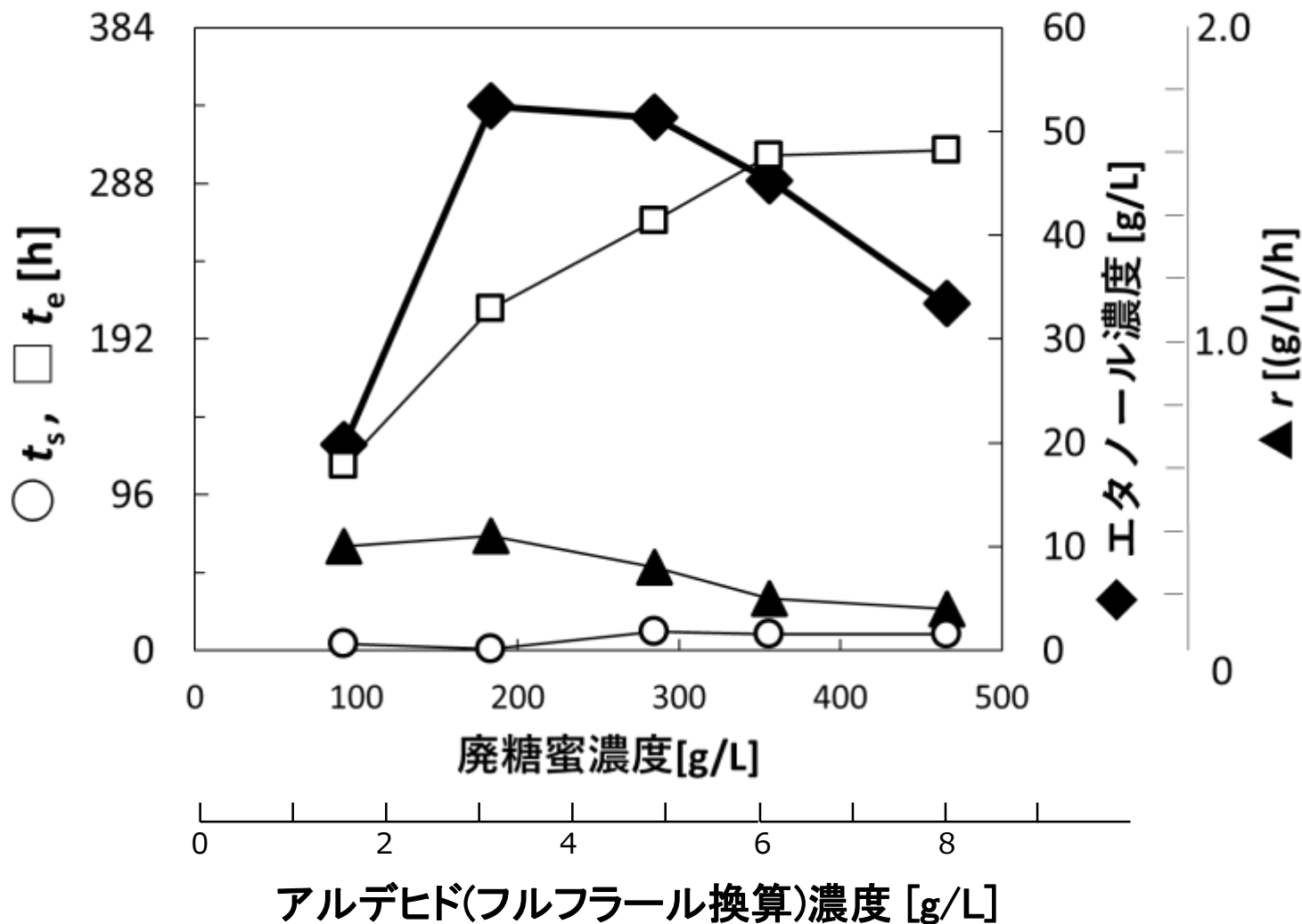
悪条件でも発酵が可能となる

事例 2 発酵阻害物質との競合（対フルフラール）



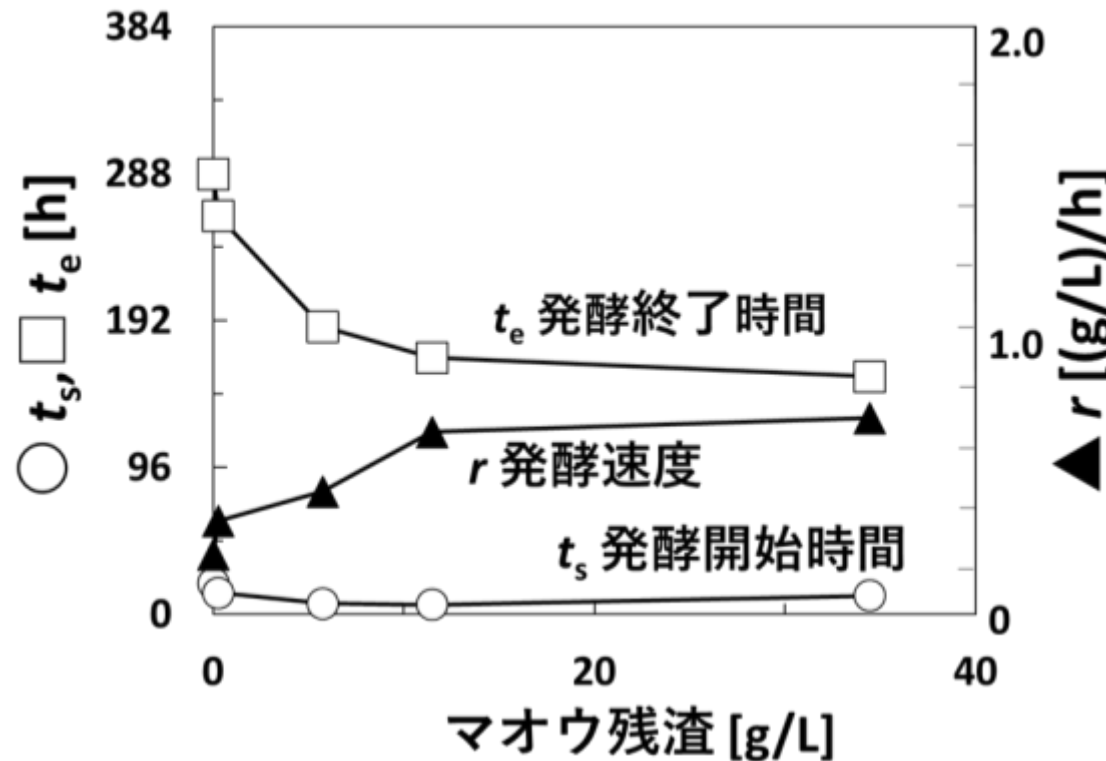
フルフラール存在下でも、麻黄湯残渣を添加することで発酵を維持できた。

事例 2 発酵阻害物質との競合 (廃糖蜜の例)



事例 2 発酵阻害物質との競合 (廃糖蜜)

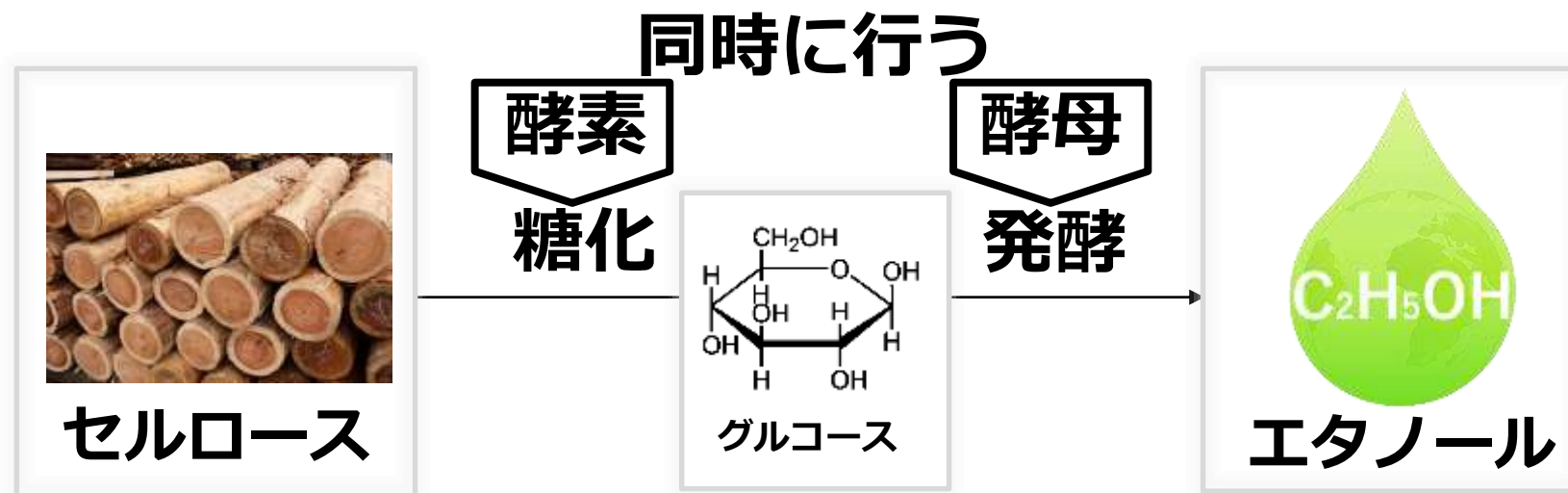
廃糖蜜350g/L + マオウ残渣



マオウ残渣の添加により、高濃度の廃糖蜜でのエタノール発酵が可能

事例3 同時糖化発酵への適用 (研究背景)

SSF(Simultaneous Saccharification and Fermentation) : 同時糖化発酵



【利点】

酵素糖化での生成物阻害(グルコース阻害)を避けることができる

【欠点】

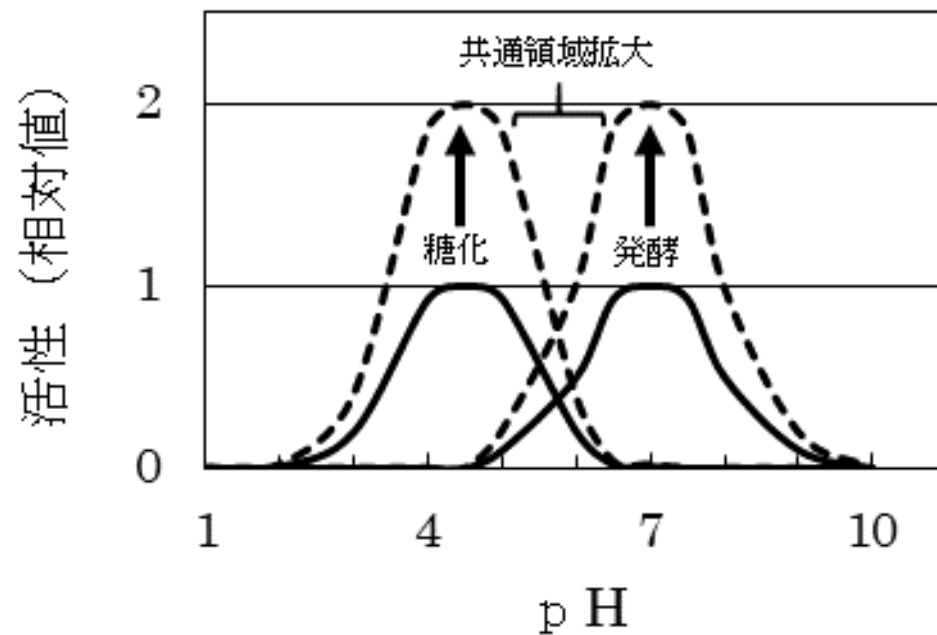
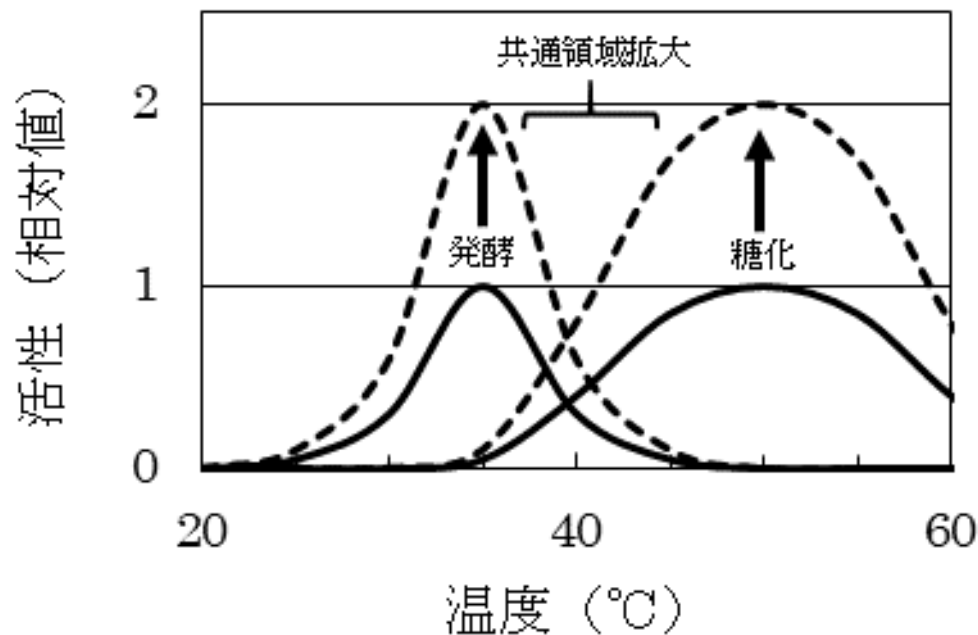
酵素糖化と発酵の至適温度やpHが異なるため、条件設定が困難

事例3 同時糖化発酵への適用 (解決案)

【欠点】

酵素糖化と発酵の至適温度やpHが異なるため、条件設定が困難

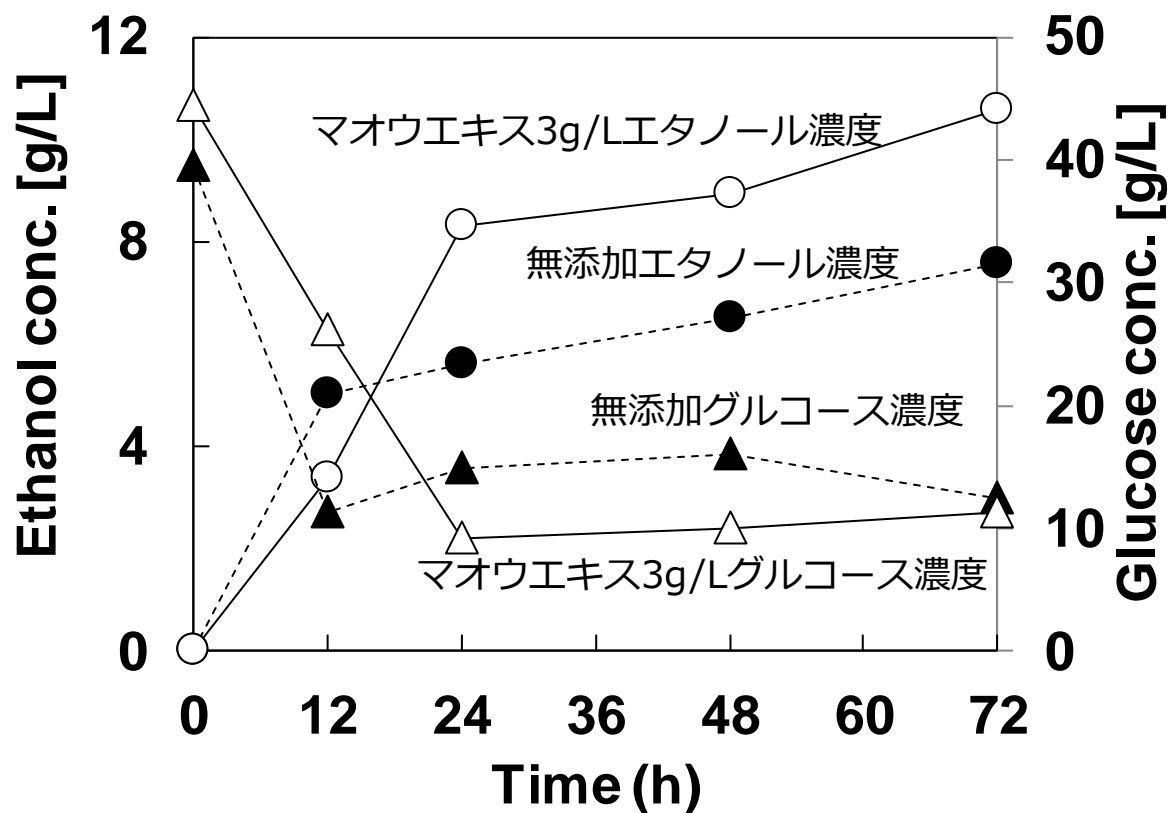
	至適温度	至適pH
糖化 (酵素)	約50℃	酸性
発酵 (酵母)	約35℃	中性



【解決案】

発酵促進剤の添加により、共通領域を拡大させる

事例3 同時糖化発酵への適用 (SSFの結果)



Experimental conditions

Cellulose	50 g/L
Cellulase (AC40)	25 g/L
<i>S.cerevisiae</i> (Kyokai No.6)	2×10^8 cell/L
Temperature	37 °C やや高温
pH	4.5 低pH
Rotation	100 rpm

マオウエキスを添加することで、酵母にとって不利な条件でも発酵が進むため、**律速である酵素糖化の条件を優先させる。**

マオウエキスの添加により
同時糖化発酵の製造時間が短縮した

[4] 松山雅子、戸高昌俊、田中亜依、正本博士、コウハクル ワサナ、重松幹二: マオウエキスによるアルコール発酵促進効果の同時糖化発酵への適用: 福岡大学工学集報 101&102, 37-41 (2019).

想定される用途

バイオエタノール製造のコストダウン

- 発酵速度の加速により、生産性の向上や小規模化が可能。
- 発酵阻害物質の除去、原料バイオマスの分別、前処理工程などの簡素化。
- 同時糖化発酵(SSF)での反応条件の緩和。
- 漢方薬残渣の有価物化。

実用化に向けた課題

- フラスコレベルでは成功しているが、大規模発酵装置では未確認。
- 漢方薬の全てで確認した訳ではない。また、実際の製造工場からの残渣では未確認。
- 同時糖化発酵(SSF)では、基本的効果は確認できているが、実用レベルのアルコール濃度には達していない。
- リグニンを含むバイオマスに必須の、前処理による影響が未検討。

企業への期待

- バイオエタノールの製造開発を断念した企業の再挑戦を期待したい。
- 高温耐性菌の使用でさらに効率を上げたい。
- 漢方薬製造企業からの残渣試料の提供と、残渣の有効利用に関する共同開発を希望。
- 燃料用でなく、飲料や食品への適用が可能であるか、ご意見をお聞きしたい。

本技術に関する知的財産権

- 発明の名称：
エタノールの製造方法および発酵促進剤
- 出願番号：特願2018-199484
- 出願人：学校法人福岡大学
- 発明者：
重松幹二、正本博士、松山雅子、田中亜依

お問い合わせ先

福岡大学 研究推進部 産学官連携センター
担当コーディネーター
川上 由基人

T E L 092-871-6631 (内線2806)

F A X 092-866-2308

e-mail sanchi@adm.fukuoka-u.ac.jp