

# 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。

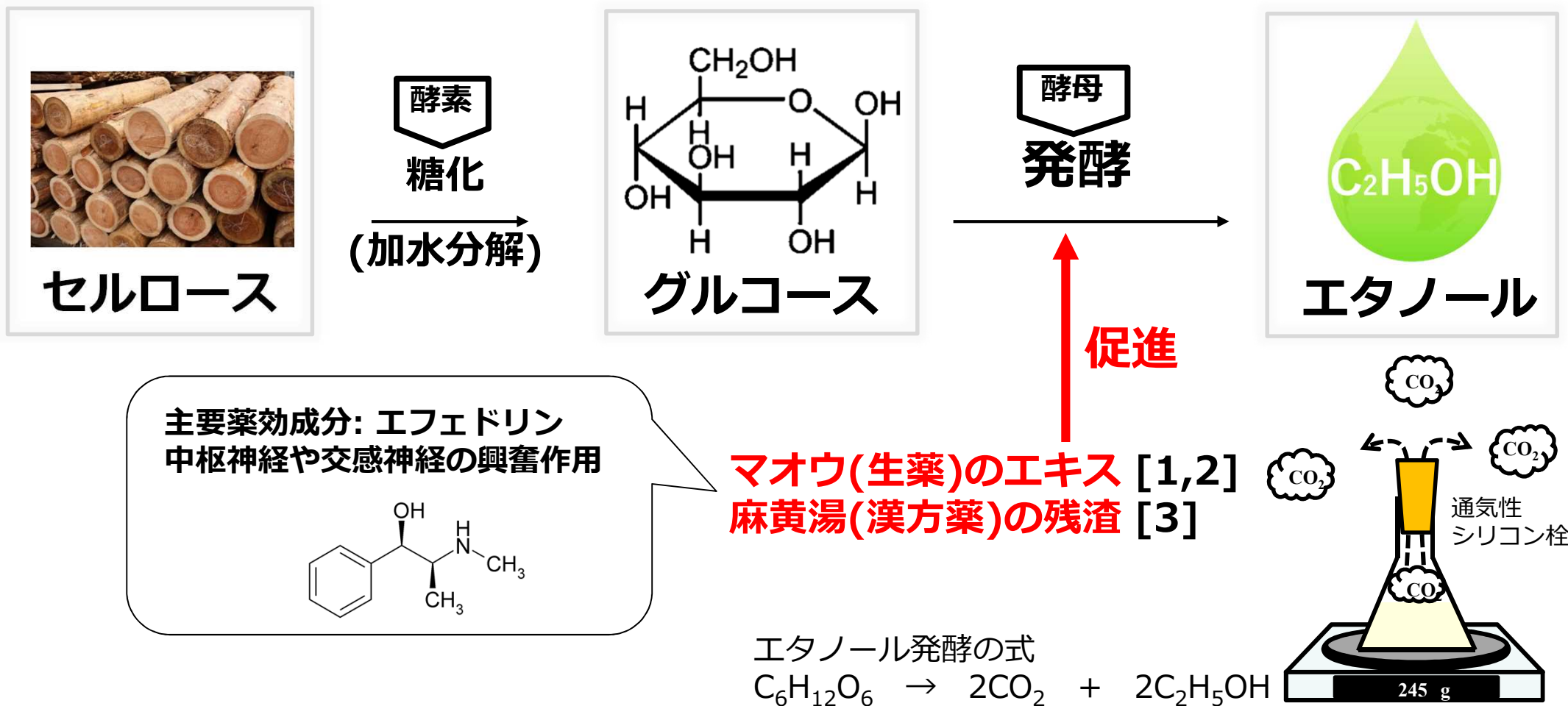
# 新技術の特徴・従来技術との比較

漢方薬残渣を添加することで、

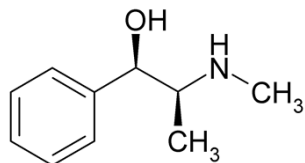
- 発酵速度を2倍以上に加速できる。→事例1
- 発酵阻害物質が共存しても、発酵を維持できる。  
→事例2
- 発酵の至適温度や至適pHからずれても、発酵を維持できる。→事例3

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）

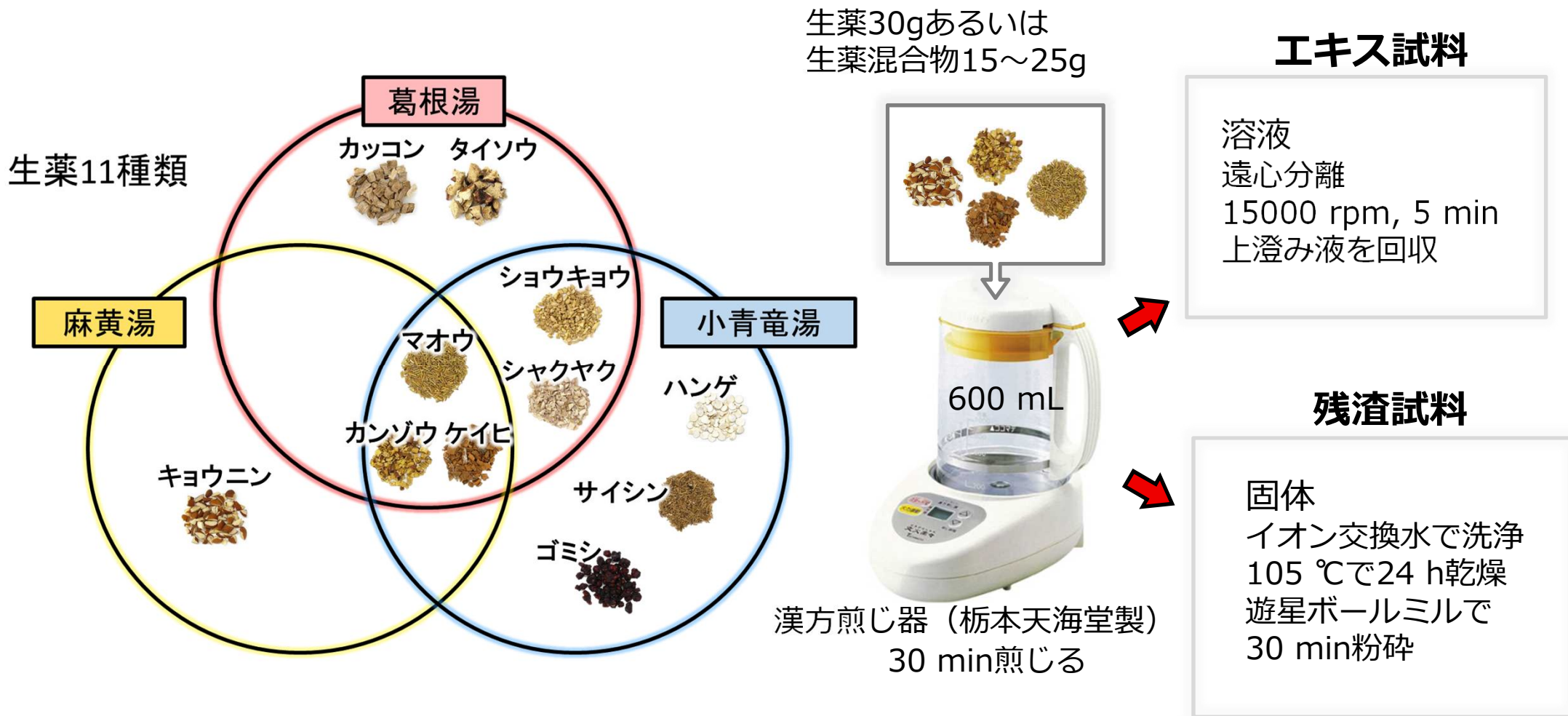


主要薬効成分: エフェドリン  
中枢神経や交感神経の興奮作用

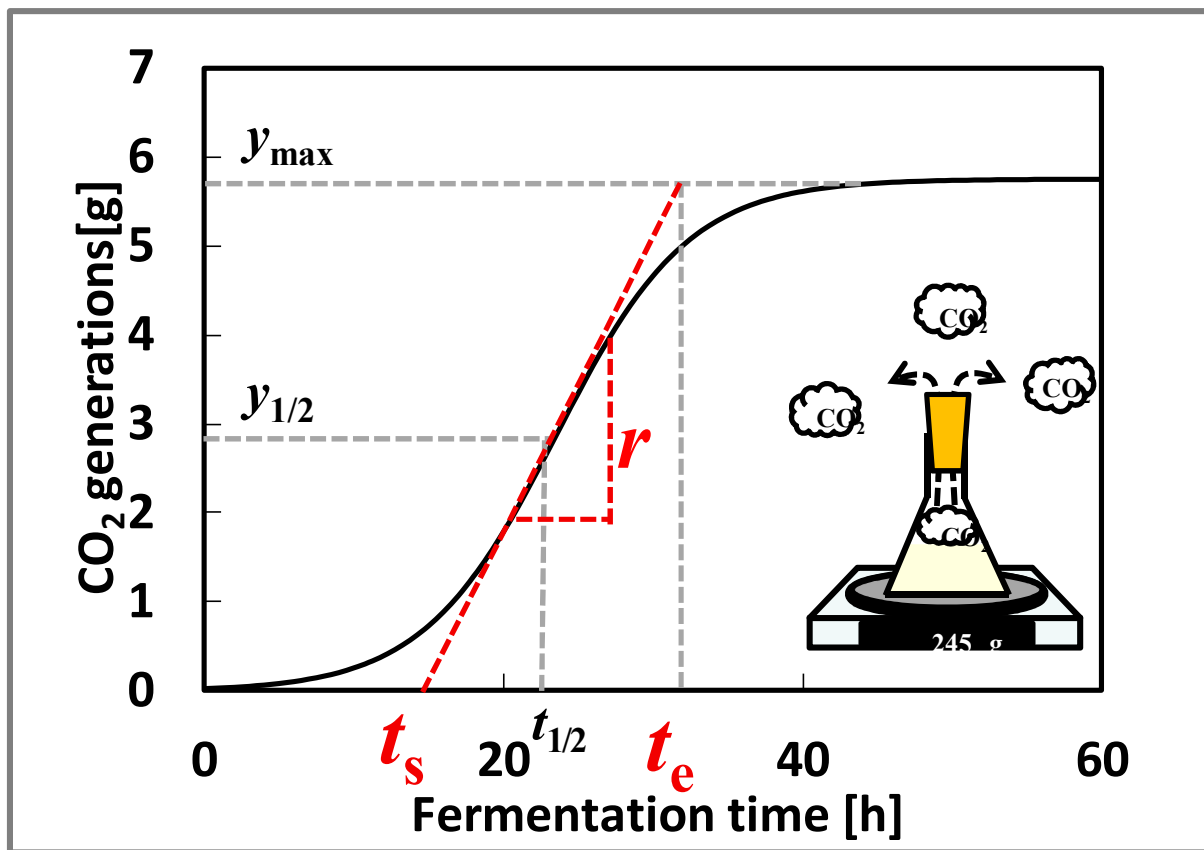


- [1] 福原佑太郎ら, 生薬ならびに木質熱水抽出物のエタノール発酵促進効果, 第23回日本木材学会九州支部大会, p.34-35 (2016)
- [2] H. Masamoto, et al., Accelerating effect of the crude drug extracts on the ethanol fermentation by *Saccharomyces cerevisiae*: Proceeding Book of Full Papers ACB 2017, The 13rd Asian Congress on Biotechnology "Bioinnovation and Bioeconomy", 255-1-255-10(2017)
- [3] 田中亜依ら, 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)



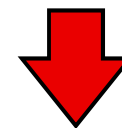
# 事例 1 マオウ添加による発酵促進（解析方法）



ロジスティック関数

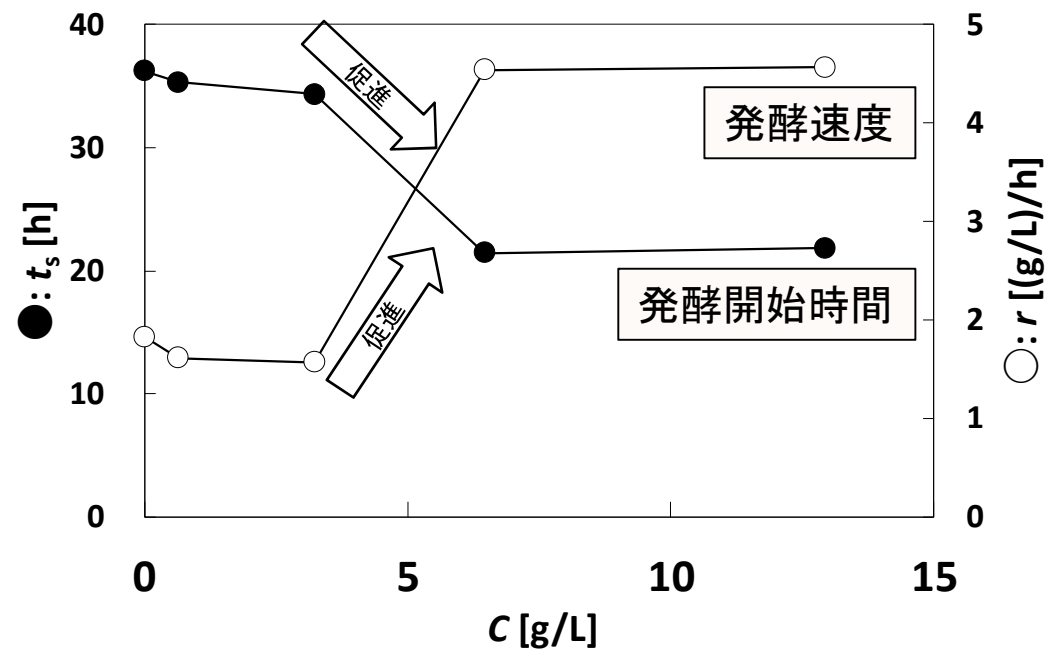
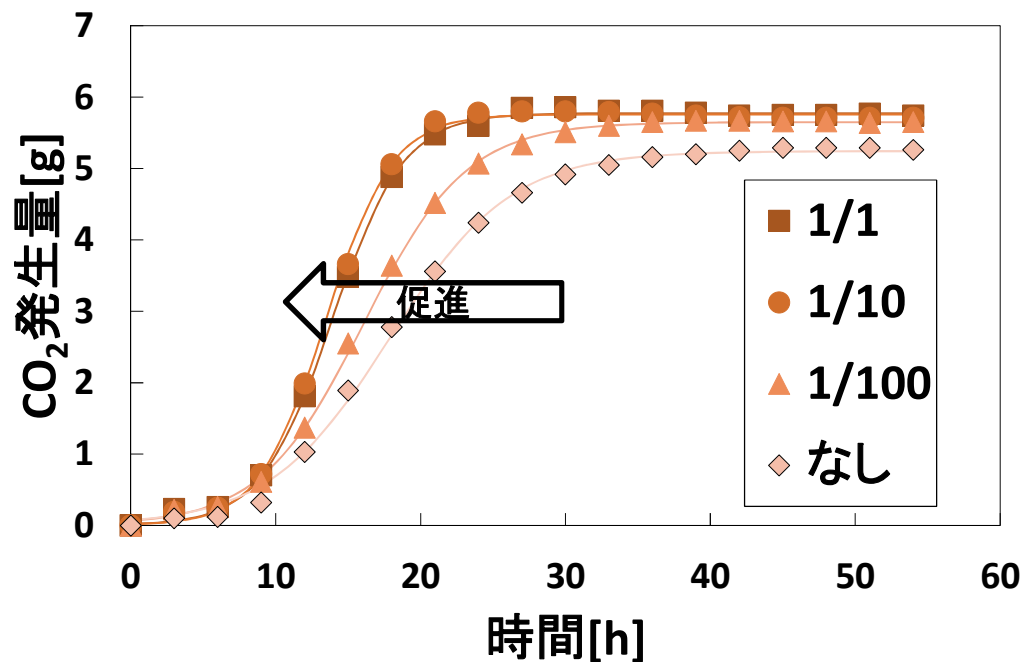
$$y = \frac{y_{max}}{1 + e^{-k(t-t_{1/2})}}$$

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



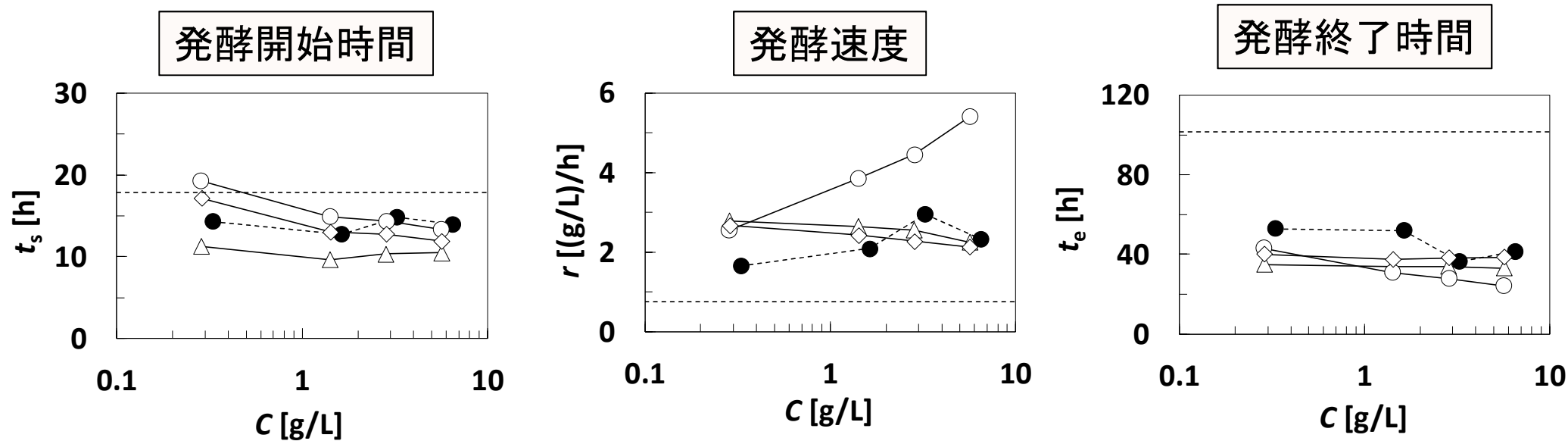
- $t_s$  : 発酵開始時間
- $t_e$  : 発酵終了時間
- $r$  : CO<sub>2</sub>最大発生速度

# 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）



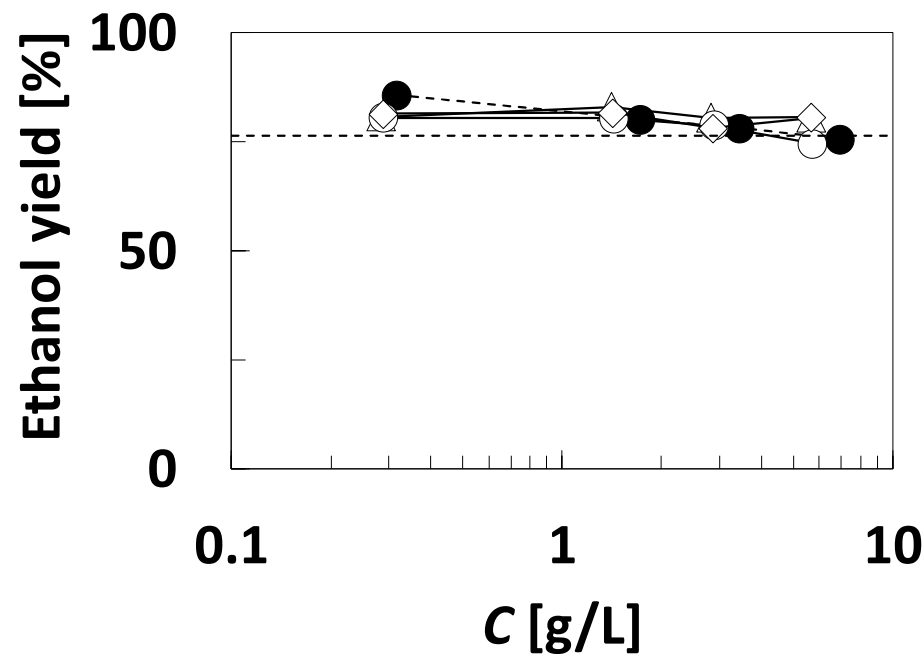
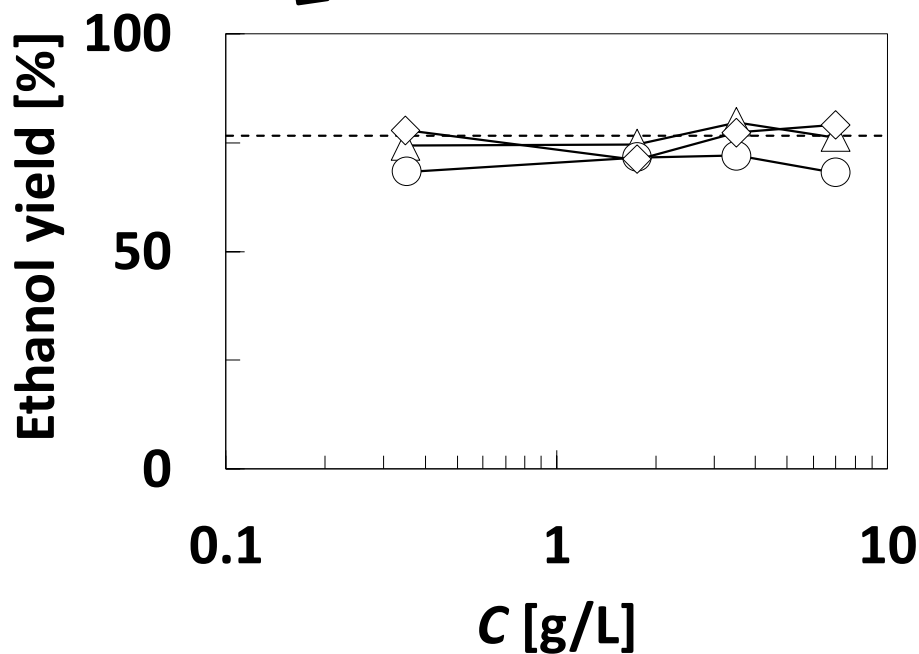
発酵促進効果(セルロースとの比較)

- : 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】**

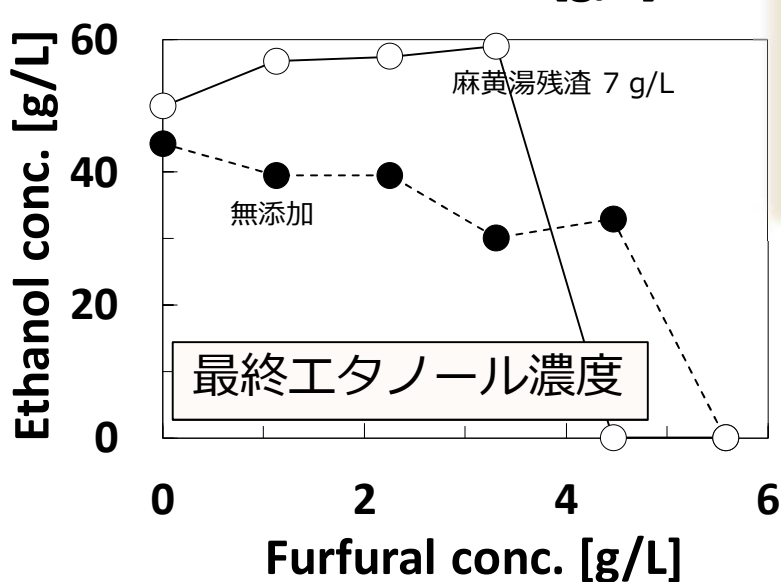
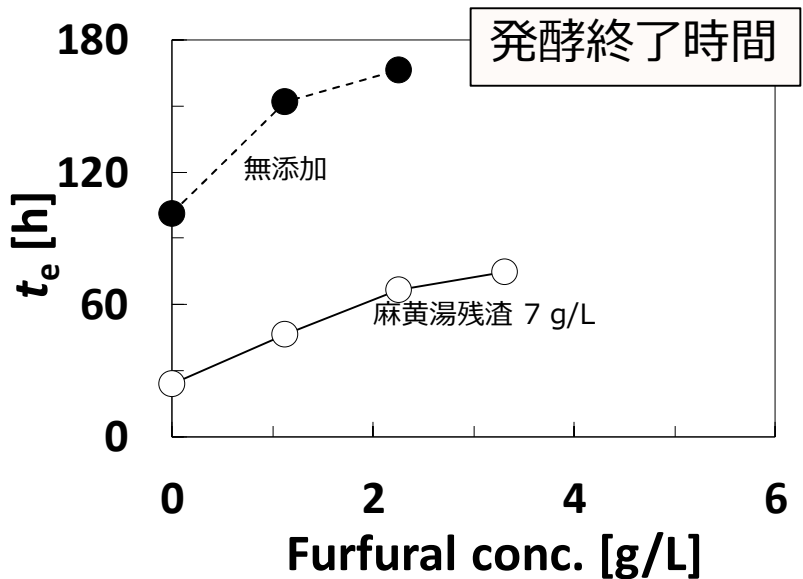
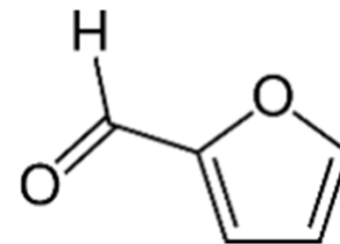
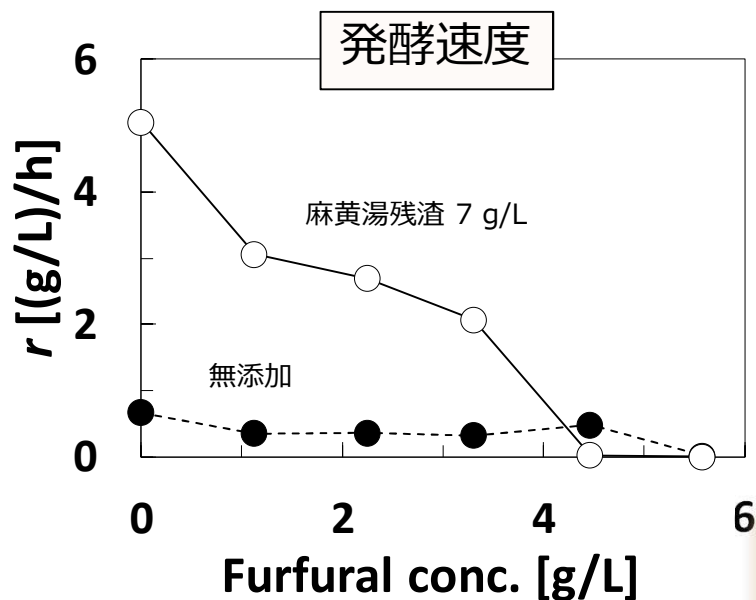
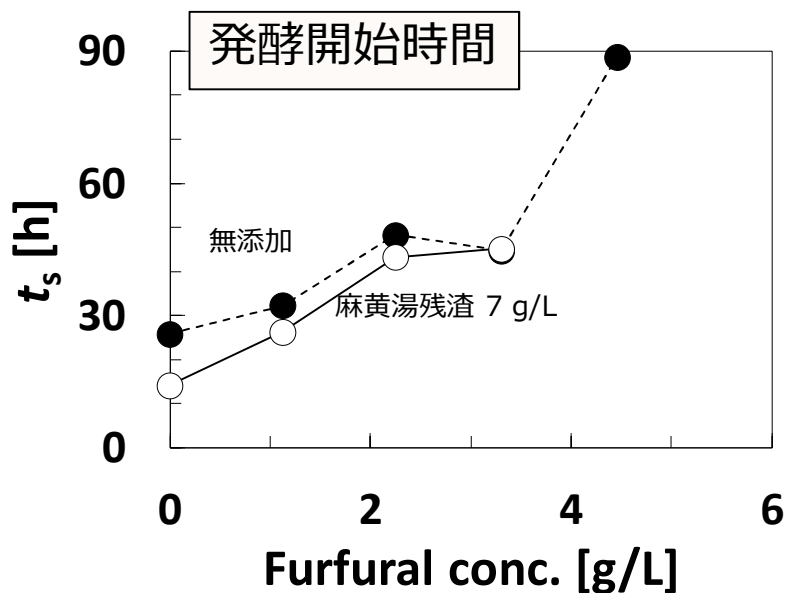
**漢方薬残渣で**

**酵母が元気になる！**



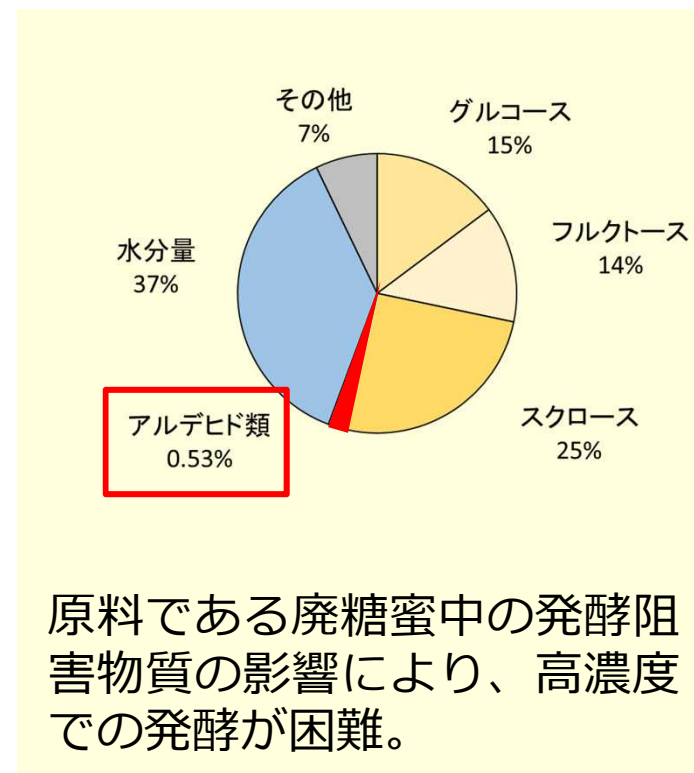
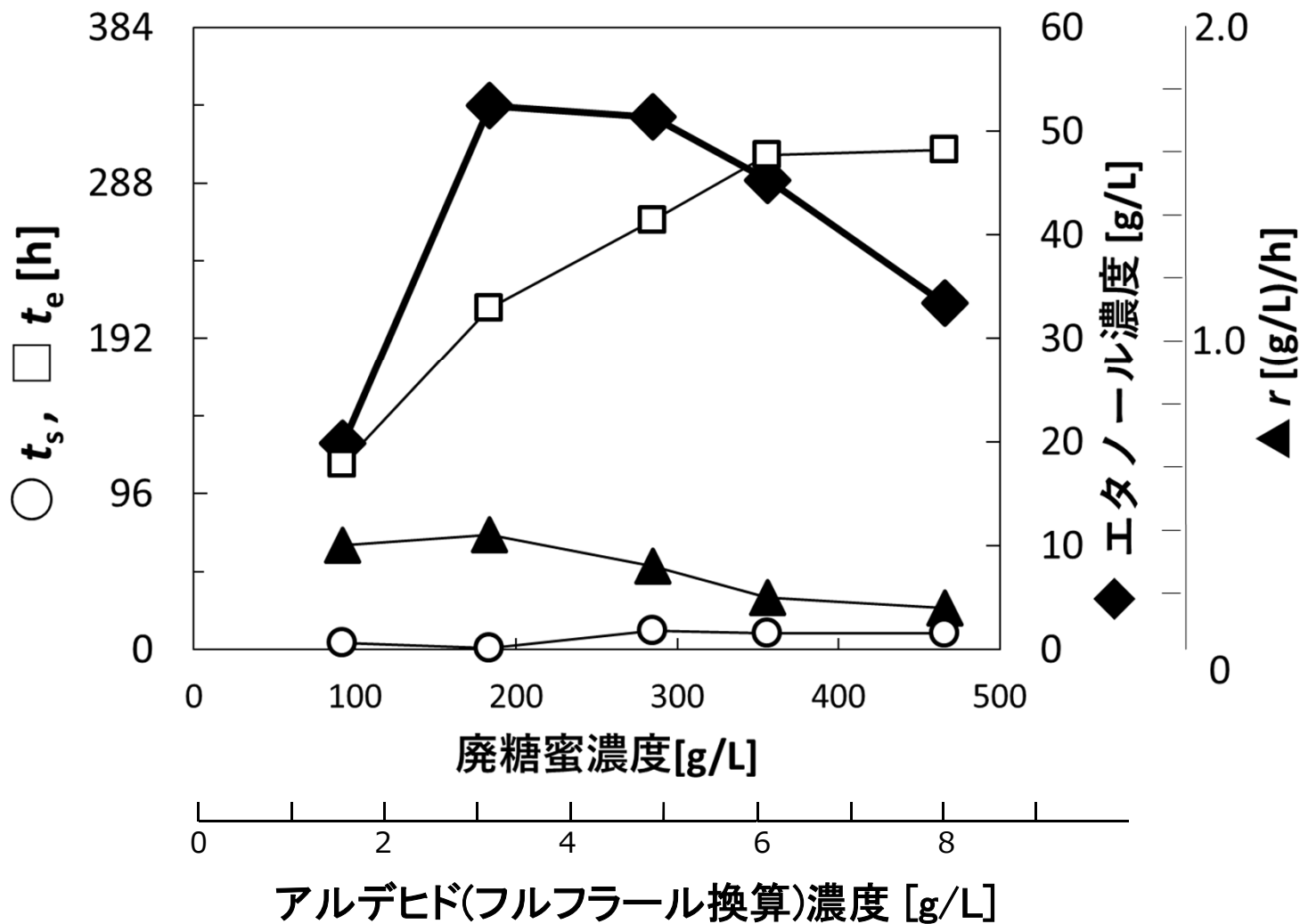
**悪条件でも発酵が可能となる**

# 事例 2 発酵阻害物質との競合（対フルフラール）



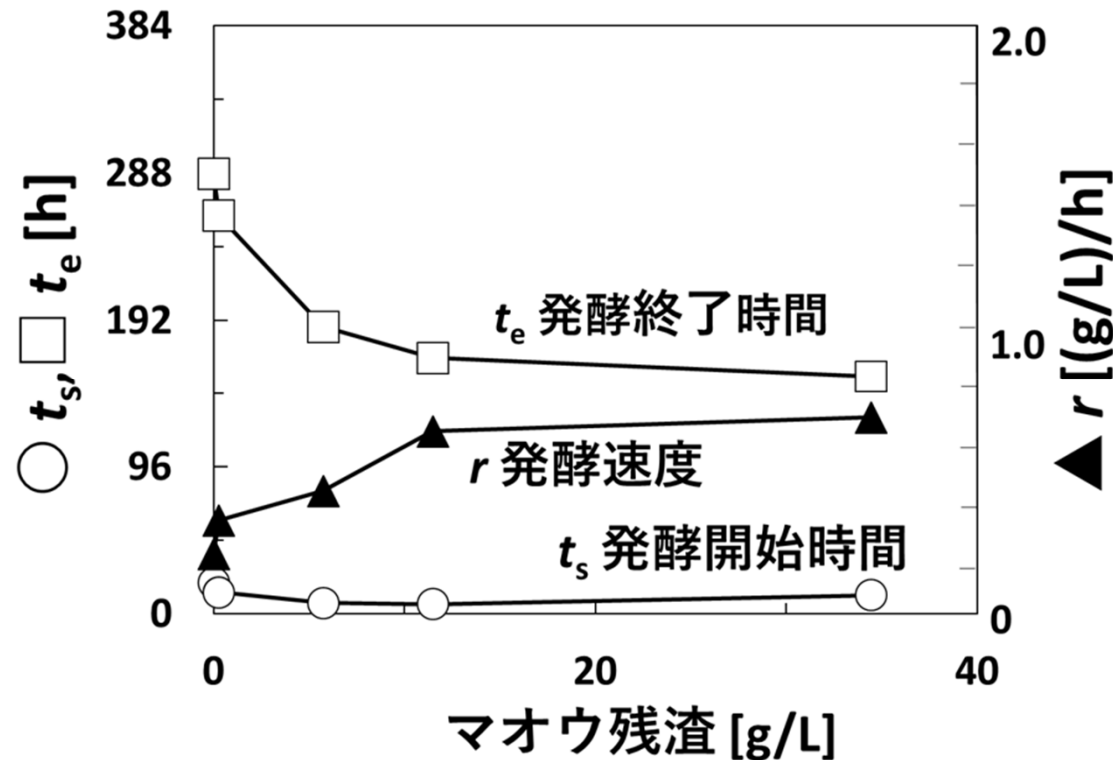
フルフラール存在下でも、麻黄湯残渣を添加することで発酵を維持できた。

## 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)

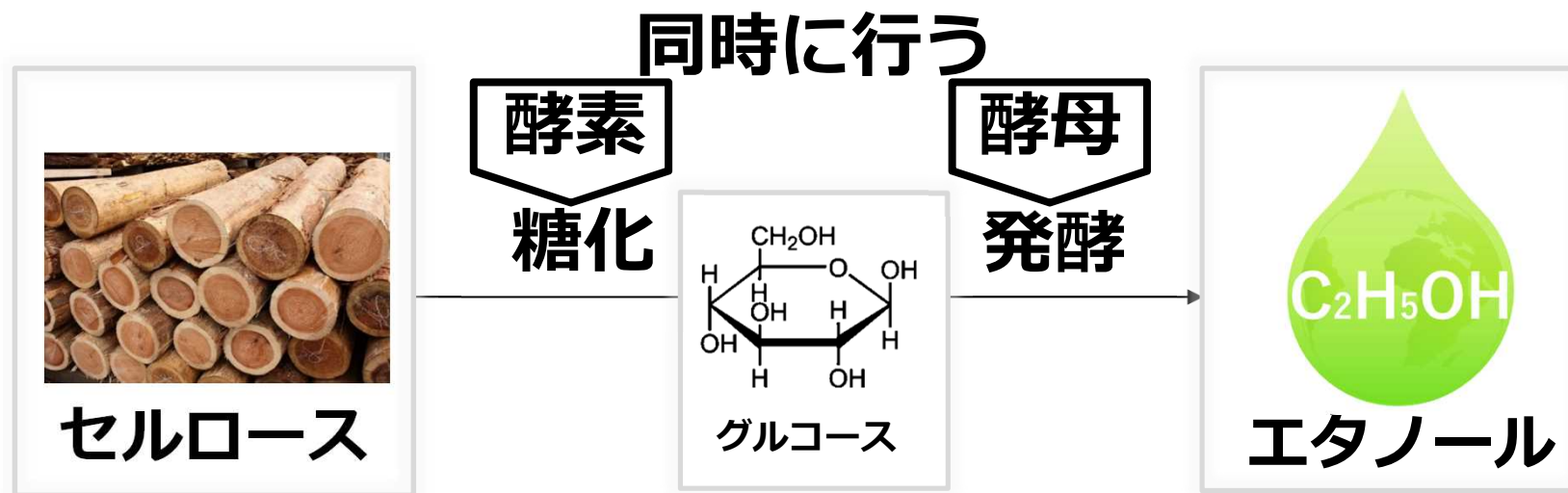
廃糖蜜350g/L + マオウ残渣



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】

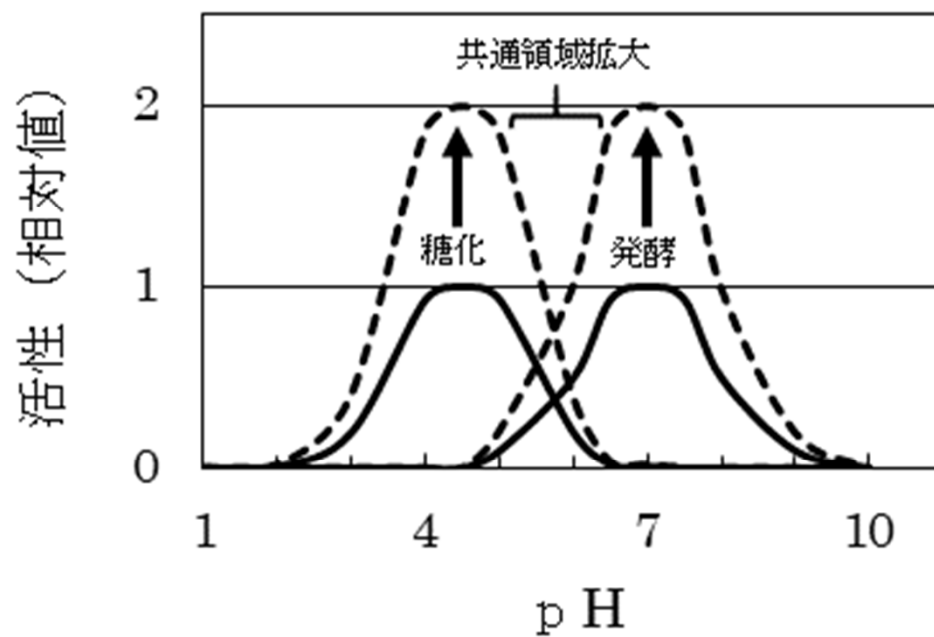
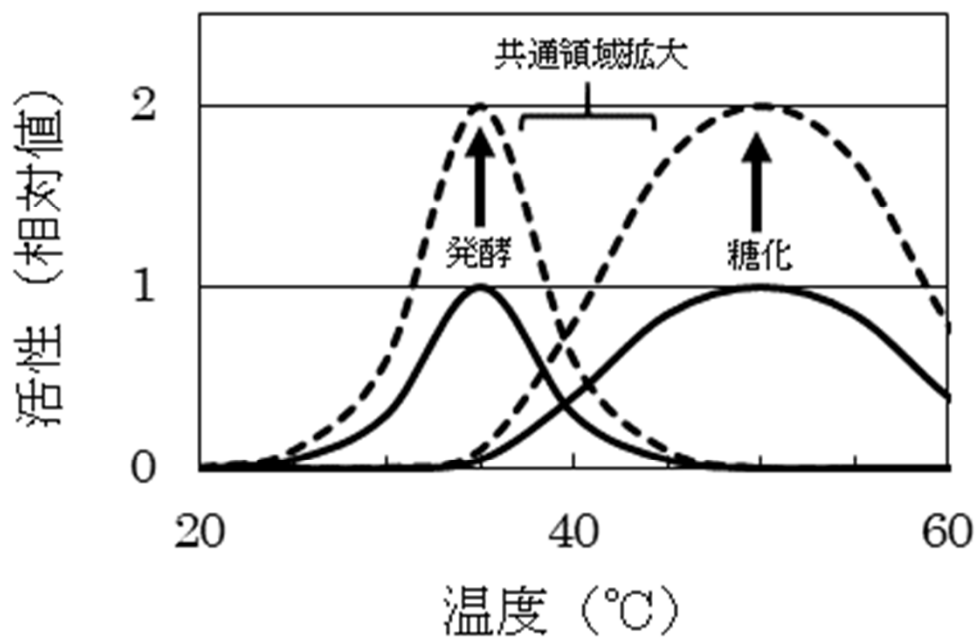
酵素糖化と発酵の至適温度やpHが異なるため、条件設定が困難

## 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

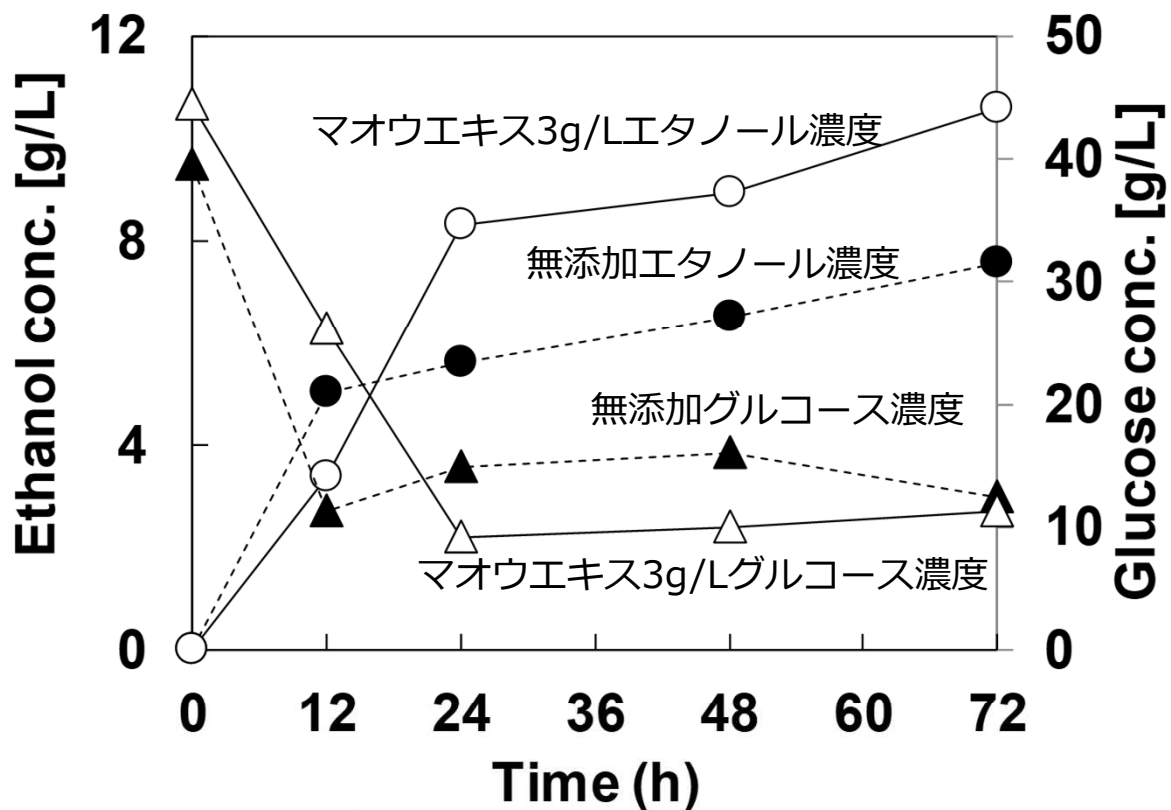
	至適温度	至適pH
糖化 (酵素)	約50℃	酸性
発酵 (酵母)	約35℃	中性



### 【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)	$2 \times 10^8$ cell/L
Temperature	37 °C <span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">やや高温</span>
pH	4.5 <span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">低pH</span>
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](mailto:sanchi@adm.fukuoka-u.ac.jp)