

褚春鳳、李玉友、宮原高志、野池達也

東北大学工学部土木工学科

1. はじめに

脂質は多種類の高濃度食品排水に含まれる。脂質の加水分解によって生成する高級脂肪酸は嫌気性消化において蓄積し易く、微生物の働きに阻害作用をもたらすため、嫌気性消化における高級脂肪酸の挙動に関する研究が注目を集めている¹⁾。しかし、従来の研究は中温処理に集めており、高級脂肪酸の分解性と阻害性に対する温度の影響はほとんど知られていない。本研究では、中温および高温における高級脂肪酸阻害効果を比較することを目的として、酢酸資化性メタン生成に対する飽和高级脂肪酸 ($C_{10:0}$ 、 $C_{12:0}$ 、 $C_{14:0}$ 、 $C_{16:0}$ 、 $C_{18:0}$) および不飽和高级脂肪酸 ($C_{18:1}$ (trans)、 $C_{18:1}$ (cis)、 $C_{18:2}$ 、 $C_{18:3}$) の阻害効果について回分実験により検討した。

2. 実験方法

本研究に用いた中温および高温種汚泥は、それぞれ酢酸を単一有機炭素源とした人工合成基質を添加して、中温 (35°C) と高温 (55°C) の条件でそれぞれ3ヶ月以上馴養したものである。阻害実験に用いた全ての高級脂肪酸はそのナトリウム塩試薬を用いた。酢酸を単一有機基質とした基礎培地に高級脂肪酸を添加し、その濃度を变化させて実験を行った。

3. 実験結果

3.1 異なる高級脂肪酸濃度条件下でのメタン生成活性の求め方

Fig.1 に一例として高温実験における累積メタン生成量の経時変化に及ぼす $C_{12:0}$ 添加濃度の影響を示す。Fig.1 より明らかなように、実験の初期において各条件での累積メタン生成量は時間経過とともに直線的に増加している。それらの直線の傾きは各 $C_{12:0}$ 濃度条件下でのメタン生成活性と定義できる。このようにして求めたメタン生成活性は $C_{12:0}$ の添加濃度の増大に伴って変化している。そこで各添加濃度条件下におけるメタン生成活性 (ACT) を次のように定義した。

$$ACT = \frac{V_i}{V_0} \quad (1)$$

ここで、

V_0 = 阻害剤がない時の基質分解活性

V_i = 阻害剤がある時の基質分解活性

Han and Levenspiel²⁾の研究によれば、最大比基質利用速度に及ぼす阻害剤添加濃度の影響は次式で表される。

$$k^* = \left[1 - \frac{C_i}{C_i^*} \right]^n \quad (2)$$

ここで、

k^* = 相対最大比基質利用速度

C_i = 阻害剤濃度、mg/L

C_i^* = 活性がなくなるときの阻害剤の濃度、mg/L

n = 定数

本研究で定義したACTは(2)式の k^* に相当するので、ACT に対する同一阻害物の濃度の影響は(3)式で表現できる。

$$ACT = \left[1 - \frac{C_i}{C_i^*} \right]^z \quad (3)$$

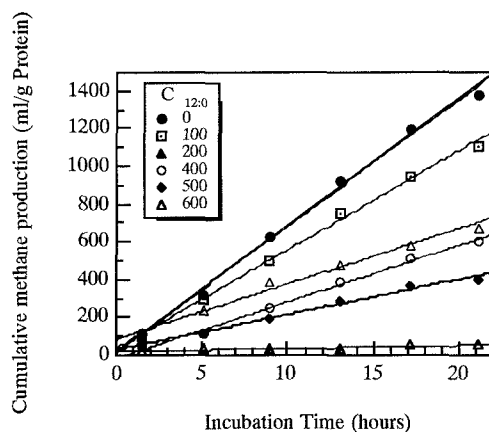


Fig.1 Cumulative methane production at different concentration of $C_{12:0}$ in thermophilic condition

3.2 中温および高温における相対メタン生成活性(ACT) に対する高級脂肪酸の阻害影響

Fig.2に一例として中温および高温条件下での相対メタン生成活性ACTに及ぼす各種高級脂肪酸濃度の影響を示している。 $C_{14:0}$ を除いてあらゆる実験条件において高級脂肪酸による阻害効果は高温の方が低いことが明らかである。これらの結果は高級脂肪酸によるメタン生成活性への阻害が高温消化を行うことで緩和されることを示唆している。また、Fig.2は式(3)を用いて、阻害濃度の変化に伴うACTの変化傾向を表現できることも示している。式(3)に基づき、非線形回帰により求めた中温と高温条件下での各高級脂肪酸の阻害限界濃度 C_i^* と阻害指数の値を計算した。

メタン活性に10%および50%の低下をもたらす高級脂肪酸の濃度を MIC_{10} および MIC_{50} と定義し、中温および高温条件下における各種高級脂肪酸の MIC_{10} と MIC_{50} を前述の C_i^* および z を用いて方程式(3)より計算した。同じ高級脂肪酸に対して高温条件での MIC_{10} および MIC_{50} は中温のそれより高く、中温条件での阻害効果が大きいことを示唆している。 MIC_{50} で判断した阻害効果の強さの順番としては、飽和高级脂肪酸の中で比較すると、中温条件において $C_{12:0} > C_{10:0} > C_{18:0} > C_{14:0} = C_{16:0}$ であるのに対して、高温条件では $C_{14:0} > C_{12:0} > C_{10:0} > C_{18:0} > C_{16:0}$ であった。また同じ C_{18} の中で比較すると、中温条件において、 $C_{18:2} > C_{18:1}(\text{cis})$ 、 $C_{18:3} > C_{18:1}(\text{trans}) > C_{18:0}$ であるのに対して、高温条件では $C_{18:3} = C_{18:2} > C_{18:1}(\text{cis}) > C_{18:1}(\text{trans}) > C_{18:0}$ となっている。

4. 結論

中温および高温条件下における酢酸資化性メタン生成に対する各種高級脂肪酸の阻害特性について実験的に比較検討を行った結果、以下の結論が得られた。

- (1) $C_{10:0}$ 、 $C_{12:0}$ 、 $C_{14:0}$ 、 $C_{16:0}$ 、 $C_{18:0}$ 、 $C_{18:1}(\text{trans})$ 、 $C_{18:1}(\text{cis})$ 、 $C_{18:2}$ 、 $C_{18:3}$ の各種高級脂肪酸による阻害効果は中温条件に比較して、高温条件で小さかった。即ち、多くの高級脂肪酸による阻害は高温条件で緩和される。
- (2) 実験した9種類の高級脂肪酸の中で中温と高温のいずれの条件においても不飽和高级脂肪酸である $C_{18:2}$ 、 $C_{18:3}$ 、 $C_{18:1}(\text{cis})$ による阻害効果は最も強く、その次は $C_{12:0}$ 、 $C_{14:0}$ 、 $C_{10:0}$ であり、 $C_{16:0}$ 、 $C_{18:0}$ および $C_{18:1}(\text{trans})$ による阻害効果は比較的小さかった。
- (3) MIC_{50} で判断した阻害効果の強さの順番としては、飽和高级脂肪酸の中で比較すると、中温条件において $C_{12:0} > C_{10:0} > C_{18:0} > C_{14:0} = C_{16:0}$ であるのに対して、高温条件では $C_{14:0} > C_{12:0} > C_{10:0} > C_{18:0} > C_{16:0}$ であった。また同じ C_{18} の中で比較すると、中温条件において、 $C_{18:2} > C_{18:1}(\text{cis})$ 、 $C_{18:3} > C_{18:1}(\text{trans}) > C_{18:0}$ であるのに対して、高温条件では $C_{18:3} = C_{18:2} > C_{18:1}(\text{cis}) > C_{18:1}(\text{trans}) > C_{18:0}$ となっている。

参考文献

- 1) 花木啓祐, 松尾友矩, 長瀬道彦 (1981) 嫌気性消化における脂肪酸の代謝, 下水道協会誌, 18, 30~39.
- 2) K.Han, and O. Levenspiel (1988) Extended monod kinetics for substrate, product, and cell inhibition, *Biotech. Bioeng.*, 32, 430~437.

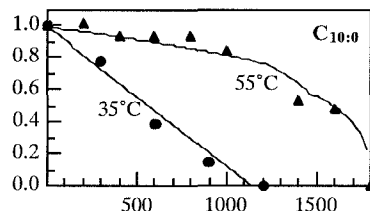


Fig.2 Inhibition of relative activity by capric.

Table 3 Comparison of MIC_{10} and MIC_{50} for various LFA at mesophilic and thermophilic condition

LFA	MIC ₁₀		MIC ₅₀	
	(mgCOD/L)			
	35°C	55°C	35°C	55°C
C _{10:0}	90	493	450	1501
C _{12:0}	40	88	210	394
C _{14:0}	222	41	1038	222
C _{16:0}	254	600	1181	2999
C _{18:0}	170	488	981	2783
C _{18:1} (trans)	144	370	828	2061
C _{18:1} (cis)	1	8	4	53
C _{18:2}	0	14	1	33
C _{18:3}	5	14	12	33