

固定化酢酸菌による食酢の製造

誌名	香川県発酵食品試験場報告
ISSN	03685640
著者	中山, 重徳 佐々原, 浩幸
巻/号	79号
掲載ページ	p. 20-22
発行年月	1987年9月

固定化酢酸菌による食酢の製造*

中山重徳, 佐々原浩幸

Vinegar production by immobilized acetic acid bacteria

Shigenori NAKAYAMA and Hiroyuki SASAHARA

Various conditions for practical vinegar production were examined by the use of immobilized acetic acid bacteria entrapped in calcium alginate. The highest acid formation rate was obtained when packing ratio of gel beads was 19-20%. The acetification ratio was 98% and the loss of ethanol was 2%. Continuous production of vinegar was impossible at dilution rate of more than 0.04 because of wash out. The gel beads were active for 120 days. The increase of the dilution rate was not solved by modification only of the prescription of mash for vinegar production. The volumetric oxygen transfer coefficient (KLa) of bioreactor was estimated for practical equipment.

緒言

昭和59年度から現況の食酢製造法を改良する目的でバイオリクター利用によって食酢を製造する方法について追究してきた。即ち、昭和59年度においては、1)バイオリクターに適応する酢酸菌の選定、2)酢酸菌の固定化法の検討、等を行った。

昭和60年度においては、1)酢酸菌の固定化条件の追究、2)実験室スケール(500 ml容)のバイオリクターにおける検討、等について実験を進めた。

昭和61年度では、1)中間工業テスト(6,000 ml容)のバイオリクターにおける検討、2)実用化への基礎的実験等を行い、酢酸菌を固定化したバイオリクターによって食酢製造する場合の実用化への可能性について検討したので報告する。

実験方法

1. 供試菌株

前報¹⁾で分離同定した固定化に適応する *Acetobacter aceti* subsp. *xylinum* を用いた。

2. 固定化酢酸菌の調製法

表1に示した食酢醪配合を用いて前報¹⁾に準じて固定化酢酸菌を調製した。

3. バイオリクターの形状

バイオリクターの形状は図1に示した3段型円錐形

表1 食酢醪配合

第1次変性	混合量 (ml)
エタノール (92.4 W/V %)	200
種酢(酢酸として 5.0 W/V %)	800
水	400
合計	1,400
酸度 28 (W/V %), エタノール 13.2 (W/V %)	
第2次変性	混合量 (ml)
第1次変性液	1,400
種酢	1,400
原料酒*	500
水	2,100
合計	5,400
酸度 2.1 (W/V %), エタノール 4.3 (W/V %)	

* 原料酒の一般成分

エタノール	9.30 g/100 ml
還元糖(グルコースとして)	0.30 g/100 ml
T.N	0.15 g/100 ml
酸度(酢酸として)	1.00 g/100 ml

状のバイオリクター(6,000 ml容)を用いて 30 ± 1 °Cで発酵させた。その際の通気量は $0.1 \sim 0.15$ v/v/minとした。

結果と考察

1. バイオリクターの検討

(1) ゲルビーズ充填率と酸度生成速度の関係

バイオリクターにおけるゲルビーズ充填率と酸生成速度の関係を求めると表2の結果となった。

* 食酢に関する研究(第18報)

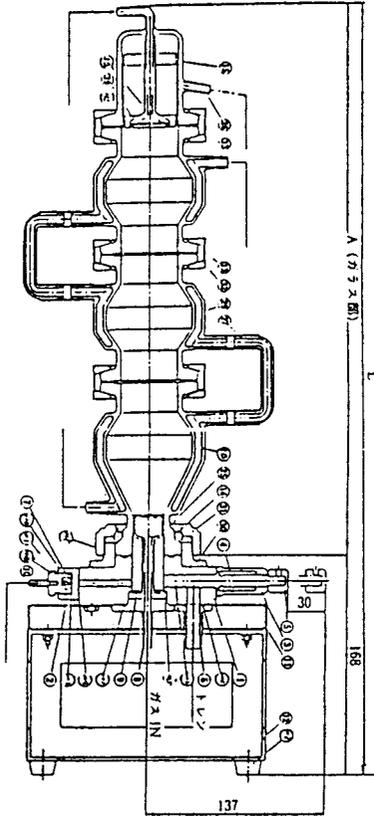


図1 3段階バイオリアクター

表2 ゲルビーズ充填率と酸度生成速度の関係

培地量(ml)	ゲルビーズ充填率*(%)	酸度生成速度(g/l/hr)
4,300	10	1.2
4,300	12	1.4
4,300	14	1.6
4,300	16	1.7
4,300	17	1.7
4,300	19	2.0
4,300	20	2.0

$$*ゲルビーズ充填率 = \frac{ゲルビーズ量(ml)}{培地量(ml) + ゲルビーズ量(ml)} \times 10^2$$

表2からゲルビーズ充填率は19~20%が酸度生成速度の上から最適であることが明らかとなった。

(2) 酢化率

$C_2H_5OH + O_2 = CH_3COOH + H_2O$ からしてエタノール1,000gから酢酸1,303gが生成する。理論値と実際の酢酸収量を比較すると

$$\begin{aligned}
 \text{酢化率} &= \frac{\text{生成酢酸量}}{\text{食酢中のエタノール量} \times 1.303} \times 10^2 \\
 &= \frac{5.50}{4.31 \times 1.303} \times 10^2 = 98.0\%
 \end{aligned}$$

となった。従ってエタノール損失率は2.0%の結果を得た。

2. 固定化酢酸菌による食酢製造の連続化

前報¹⁾で示した固定化条件、即ち、アルギン酸ソーダ濃度2.0%(W/V)、塩化カルシウム濃度5.0%(W/V)、ゲルビーズ粒子直径3mmなる条件で酢酸菌ゲルビーズを調製し、図1に示した3段階バイオリアクター(6,000ml容)に表1に示した食酢醗4,300ml及びアルギン酸カルシウムゲルビーズ1,000mlを入れ、通気量0.15v/v/min、温度30±1℃で食酢製造を行なったところ酸度生成速度は2.0g/l/hrなる結果を得た。

(1) 希釈率

食酢醗供給速度F(l/hr)、バイオリアクター中の全食酢醗容量をV(l)とすると、希釈率(D)は次のように定義できる。

$$D = F/V \cdot \text{hr}^{-1}$$

このDと酸度の関係を測定した結果を図2に示した。

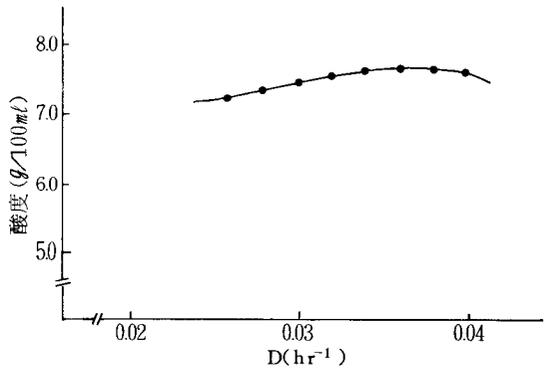


図2 希釈率と酸度の関係

図2からDが小さい時は供給された食酢醗中の基質の一つであるエタノールが十分に資化され、酸度が増加する傾向にあるが、D>0.04ともなると、食酢は連続的に生産することができなくなる。即ち、「wash out現象」を呈し、酸度生成速度が希釈率に追いつけなくなるためであることが確認できた。

Dmaxの食酢供給醗の平均滞留時間を求めると、 $V/F = \theta$ とすれば $D = 1/\theta$ 、従って、 $4,300/0.165 = 26.0$ 時間となった。即ち、26時間でバイオリアクター内の食酢醗は見掛け上全部供給された食酢醗と置き代わったと言うことになる。

(2) ゲルビーズの耐久性

食酢をバイオリアクターで連続的に製造する場合、実用化を考えるとゲルビーズの耐久性が重要なポイントと

なるので、前報¹⁾と同一条件でバイオリクターを120日間連続発酵した時の希釈率(D)を求めると表3の結果となった。

表3 ゲルビーズの耐久性

発 日数 (日)	D (hr ⁻¹) ※
10	0.038
20	0.038
30	0.038
40	0.038
50	0.037
60	0.038
70	0.036
80	0.038
90	0.038
100	0.038
110	0.037
120	0.038

※ Dmaxの値であり、これ以上だと“wash out”現象を呈する。

表3から120日間の連続発酵でも十分にゲルビーズは耐久性があることが判明した。

(3) 希釈率の増大

バイオリクターの利用によって食酢を連続的に製造する場合、希釈率の増大が生産性の向上からも実用上重要であるので、表4に示した食酢醗原料酒混合割合から希釈率の増大を検討した結果を表5に示した。

表4 食酢醗の原料酒混合割合

区分 混合割合 (ml)	A	B	C	D	E	F	G
	第1次変性液	1,400	1,400	1,400	1,400	1,400	1,400
種 酢	1,400	1,400	1,400	1,400	1,400	1,400	1,400
水	2,600	2,500	2,400	2,300	2,200	2,100	2,000
原 料 酒	0	100	200	300	400	500	600
総 量	5,400	5,400	5,400	5,400	5,400	5,400	5,400

表5 食酢醗配合割合と希釈率の関係

区 分	希釈率 (hr ⁻¹) ※
A	0.021
B	0.029
C	0.031
D	0.035
E	0.037
F	0.038
G	0.038

※ Dmaxの値であり、これ以上だと“wash out”が起きる。

表5から区分F、即ち、食酢醗の原料酒混合割合 500/5,400 × 10² = 9.2%以上の配合にしてもDの増大は期待できなかった。

3. 実用化へのプラント設計

実用上のプラント設計を立案する基礎資料として酸素移動容量係数(KLa)が設計、操作及び動力経済の点より重要な数値であるので田口法²⁾によって求めると図2の結果となった。

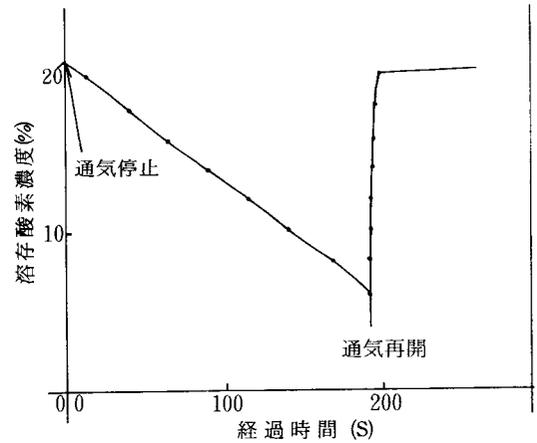


図3 溶存酸素変化曲線

図2の結果から、通常は発酵中に通気を停止した際の溶存酸素濃度の変化は理論的には直線的に減少³⁾するが、バイオリクターによる酢酸菌の反応の場合は通気停止後も自由表面から酸素移動が起きているための影響とみてよい。

要 約

アルギン酸カルシウムで固定化した酢酸菌を使用して食酢製造を試験して、その実用化への諸条件につき検討し、次の結果を得た。

- 1) ゲルビーズ充填率は19~20%の場合が最も酸度生成速度がよかった。
- 2) 酢化率は98%、アルコール損失率は2%であった。
- 3) 食酢を連続的に製造する場合
 1. Dが0.04以上になるとwash outを呈し連続的に食酢製造が不可となった。
 2. ゲルビーズは120日間使用できた。
 3. Dの増大は食酢醗配合のみでは解決できなかった。
 4. 実用設計のためKLaを求めた。

文 献

- 1) 中山重徳：香川発食試報, 78 20 (1985)
- 2) 田口久治, Humphrey, A.E: 化学工業 30,869 (1966)
- 3) 例えば Logmuir, I.S: Biochem, J, 57, 81 (1954)