

コーンスターチ製造工業における副産物「コーンステープリカー」の高度利用に関する研究(2)

誌名	三重大學農學部學術報告 = The bulletin of the Faculty of Agriculture, Mie University
ISSN	04624408
著者	滝, 昭夫 三輪, 泰造 久松, 眞
巻/号	75号
掲載ページ	p. 59-67
発行年月	1987年12月

コーンスターチ製造工業における副産物
「コーンステープリカー」の
高度利用に関する研究

第2報 コーンステープリカー培地における乳酸資化性酵母の培養条件の検討

滝 昭夫*・三輪 泰造*・久松 眞・山田 哲也
(三重大学農学部, 農芸化学科, *日本食品化工(株))

Studies on Value-Added Utilization of Corn Steep Liquor,
a Byproduct of the Corn Starch plant

Part 2. Cultural Condition of the Yeast in a CSL Medium

Akio TAKI*, Taizo MIWA*, Makoto HISAMATSU and Tetsuya YAMADA

Department of Agricultural Chemistry, Faculty of Agriculture,
Mie university, Tsu, 514 Japan

*Nippon Shokuhin-kako Co., Fuji, 417 Japan

I 緒 言

前報において、乳酸合成培地及びコーンステープリカー培地で、乳酸を炭素源として特異的に資化する酵母をスクリーニングした結果、*Saccharomyces cerevisiae* IAM 4125 株が、好気条件で最も乳酸資化能が高く、芳香性にも富む酵母であることを報告した。

本報では、この *Saccharomyces cerevisiae* IAM 4125 (以後 *S. cerevisiae* IAM 4125 と略す) を用いて、コーンステープリカー培地、乳酸合成培地、及び乳酸とグルコース混合培地における培養条件、特にジャーフェーマンターの通気攪拌培養条件を検討し、2, 3 の知見を得たので報告する。

II 実験方法及び装置

1. 使用菌株

前報で選択した、*S. cerevisiae* IAM 4125 を用いた。麹エキス斜面培地に 30°C, 48時間、培養したものを前培養として用いた。

2. 培地組成

(1) 乳酸合成培地

乳酸	2.5%
ペプトン	0.25%
酵母エキス	0.25%
KH ₂ PO ₄	0.04%
MgSO ₄ 7H ₂ O	0.02%
pH	3.8

(2) 乳酸-グルコース培地

乳酸	1.4%
グルコース	1.1%
ペプトン	0.25%
酵母エキス	0.25%
KH ₂ PO ₄	0.04%
MgSO ₄ 7H ₂ O	0.02%
pH	3.9

(3) コーンステープリカー培地

本報に用いたコーンステープリカーは前報と同じ日本食品化工(株)製で濃縮前の浸漬液を培地として用いた。

3. 培養装置及び培養方法

(1) 振盪培養：容量 500 ml の坂口フラスコを用い、

140回/分、振幅 7 cm の往復振盪装置を使用した。培地量は 100 ml とし、121°C、15分殺菌した。

前培養として、コーンステープリカーを試験管に 2 ml づつ分注し 121°C、10分滅菌した培地に、酵母を 1 白金耳づつ接種し 30°C、24時間振盪培養した。この前培養液を坂口フラスコに接種して、30°C、20~24時間振盪培養を行った。

(2) ジャーフェーマンター培養：30 l ジャーフェーマンター (丸菱理化製) を使用した。培地の調製は、各々の培地を 20~15 l 培養槽に入れ、121°C、20分蒸気殺菌した後、この培地に、坂口フラスコで振盪培養した酵母、400 ml を接種し、30°C、18~20時間、通気攪拌培養を行った。

4. 菌体重量及び菌数の測定

合成培地で培養した酵母菌体量は常法通り、乾燥重量法を用いた。コーンステープリカー培地で培養した場合は相当量のコーンステープリカーの熱変性沈澱物及び、培養終了時点で pH 値が 7.0 付近になるために生ずる中和凝固物が菌体に混入してくるため、乾燥重量法では、菌体重量を定量することができない。そこで菌数から菌体重量を換算する方法を採用した。即ち、乳酸合成培地に酵母 (*S. cerevisiae* IAM 4125) を振盪培養し経時的に一定量の培養液をサンプリングし、菌数と乾燥重量法による菌体重量の関係を調べた。菌数測定は Thoma の血球計¹⁾を用いた。経時的な培養結果を Table 1 に示した。

Table 1. Relation Between Cell Number and Dry Weight of *S. cerevisiae* IAM 4125 Cultivated in Lactate Medium on Each Culture Time.

Time (hr)	Cell Number (cells/ml)	Dry Weight (mg/ml)
11	1.1×10^8	0.6
14	1.9×10^8	2.1
16	3.0×10^8	3.3
18	4.3×10^8	4.5
20	4.0×10^8	4.4
22	4.0×10^8	4.3

このデータより、酵母細胞数と菌体重量の関係を求めると Fig. 1 の様になる。この結果を用いてコーンステープリカー培地で培養した酵母菌体量は、酵母菌数を測定し Fig. 1 から乾燥菌体重量に換算して求めた。

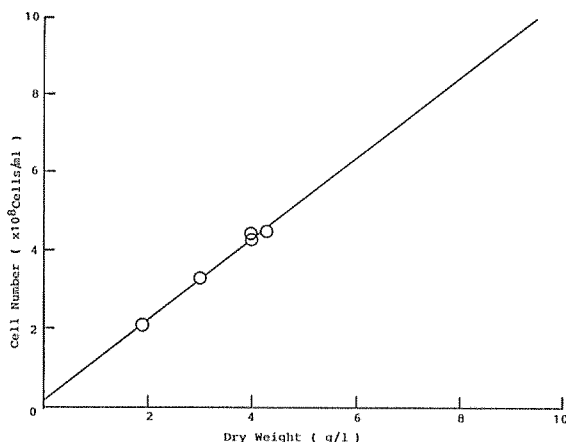


Fig. 1. Correlation of Cell Number and Dry Weight of *S. cerevisiae* IAM 4125 Cultivated in the Lactate Medium.

$$y = 1.0315x + 0.1715 \quad r = 0.9971$$

5. 乳酸の定量

乳酸の定量は、Barker-Summerson 法の改良法²⁾に準じた。

6. 還元糖の定量

還元糖の定量は、Somogyi 変法³⁾を用いた。

7. ジャーフェーマンターの酸素溶解速度係数 Kd の測定⁴⁾

Kd (g-mol O₂/atm, min, ml) の測定は亜硫酸ソーダ法により行った。即ち亜硫酸ソーダが硫酸銅触媒下で溶存酸素と反応して、硫酸ソーダとなる反応を利用する。ジャーフェーマンターに 0.8N 亜硫酸ソーダ、1 mM 硫酸銅を含んだ溶液 20 l をつくり、30°C で通気攪拌しつつ経時的にサンプルを空気に触れることなく採取し、1/10N ヨウ素酸カリウム溶液中にいれ、残存亜硫酸ソーダと反応して生成したヨウ素を 1% デンブソル溶液を指示薬として 1/10N チオ硫酸ソーダで滴定する。

8. 全窒素及びアンモニア態窒素の定量

全窒素の分析は培養上澄液をマイクロケルダール法に準じて行った。アンモニア態窒素の分析⁵⁾は、培養上澄液をそのまま試料として、水蒸気蒸留を行い溜出するアンモニアを 4% ホウ酸でうけ 0.02N 塩酸標準溶液で滴定した。

III 実験結果及び考察

1. 窒素の資化について

コーンステープリカー培地に *S. cerevisiae* IAM

Table 2. Change in Component of CSL Medium by Cultivating with *S. cerevisiae* IAM 4125

Time (hr)	pH	NH ₃ -N (%)	Total-N (%)	Lactic acid (%)	cells (g/100 ml)
0	3.8	0.053	0.514	1.75	0
16	4.8	0.056	0.506	0.84	0.65
20	6.5	0.055	0.448	0.28	1.25
24	6.8	0.053	0.412	0.12	1.57

4125 をフラスコ振盪培養した結果を Table 2 に示した。

S. cerevisiae IAM 4125 は、乳酸を炭素源とすると培養 pH が上昇するが、これは、酸性物質である乳酸が消費されるためである。一方、培地の NH₃-N は殆ど消費されず、Total-N は徐々に消費されている。これはコーンステープリカー中に多量に含まれるアミノ酸が窒素源として選択的に資化されるためと思われる。

なお、コーンステープリカー中の窒素源は充分なので補足する必要はない。

2. コーンステープリカー濃度の影響

工業規模における培養を考慮する場合、培地濃度を変えても培養時間、菌体収率などが、同じであれば、高濃度のコーンステープリカーで培養した方が有利である。しかし浸漬液は酵母の培養においては、資化される乳酸が酸性であり、また塩類濃度が高いため培地濃度による増殖阻害が予想される。この点を明らかにするために高濃度のコーンステープリカー培地を調製して培養実験を試みた。その結果を Fig. 2 と Table 3 に示した。

コーンステープリカー濃度が高くなると培養終了時点の pH、即ち、pH 6.9 に達するまでの培養時間が長くなる傾向がみられる。これは、ある程度、濃度阻害の影響と考えられる。一方、培養終了時点の菌体量/コーンステープリカー濃度は、培地濃度が高い程、やや低下

するがそれほど大きな差異はない。実際的な培養を考慮した場合、培地の高濃度仕込みは、培養タンクの小型化を可能にするが、培地を 6% から 8% あるいは、12% に濃縮する工程が別に必要となる。また培地濃度 12.8% の場合は、培養時間が長くなることは生産性の低下につながる

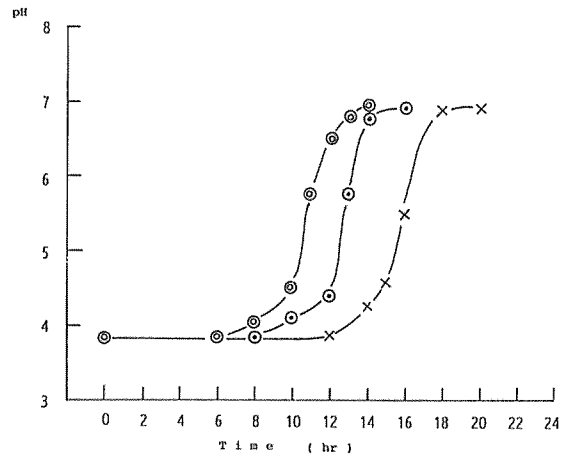


Fig. 2. Effect of Concentration of Corn Steep Liquor (CSL) on Growth and Culture pH of *S. cerevisiae* IAM 4125.

Concentration of CSL: —●—●—; 6.1%
 —○—○—; 8.7%
 —×—×—; 12.5%

Table 3. Effect of a Concentration of CSL on the Growth of *S. cerevisiae* IAM 4125.

Concentration of CSL (%)	Dry Weight (g/100 ml)	Yield ¹⁾	Culture Time ²⁾ (hr)
6.1	1.6	0.26	14
8.7	2.2	0.25	16
12.5	2.9	0.23	20

1) Dry weight/Concentration of CSL
 2) It shows a time becoming of culture to pH 6.9.

ることなど、一長一短がある。以上の点を考慮すると培地の高濃度化は、必ずしも利点があるとは言えない。従って以上の諸点から酵母培養培地としてコンステイブリーカーの濃度は固形分6~7%が最適と考えられる。

3. ジャーフェルメンターの酸素吸収速度恒数 Kd の測定

工業的な培養方法を検討するためには、ジャーフェルメンターにより酵母の培養条件に関するデータを把握することが必須である。一般に、酵母の増殖に関しては通気攪拌が重要な因子の一つになっている。この通気攪拌と酸素吸収速度恒数 Kd の関係を求めるため、平羽根タービン型攪拌翼を備えたジャーフェルメンターの Kd 値を亜硫酸ソーダ法により測定した。結果を Table 4 に示す。

Table 4. Calculation of Kd on Various Condition of Jar-fermentor.

Agitation (r.p.m.)	Aeration (l/min)	Kd (g-mol O ₂ /atm, min, ml)
200	10	0.7×10 ⁻⁵
200	15	0.9×10 ⁻⁵
300	5	1.5×10 ⁻⁵
300	7.5	2.0×10 ⁻⁵
300	10	2.3×10 ⁻⁵
300	15	2.7×10 ⁻⁵
400	15	6.2×10 ⁻⁵

亜硫酸ソーダ法では、Kd は次式から算出される。

$$Kd = \frac{C_1 - C_2}{2P_{gm}(Q_2 - Q_1)} \quad (1)$$

Kd : g-mol O₂/atm, min, ml

Q₂-Q₁: 所要時間 [min]

C₁-C₂: 亜硫酸ソーダ消費量 [g-mol/ml]

P_{gm} : 入口, 出口における通気中の酸素分圧の対数平均 [atm]

次に Kd と回転数及び通気量との間には、次式が成り立つ。

$$Kd = k \left(\frac{V}{v} \right)^{\alpha} N^{\beta} \quad (2)$$

N: 回転数 RPM

V: 通気量 l/min

v: 液量

k, α, β: 各醗酵タンクに固有の定数

Table 4 に示した様に、N, V を変化させ、v=20 l の値を上式に代入すると α=0.59, β=2.99 及び log k=-11.882 が得られる。これらの値を式(2)に代入して得られる結果を両対数グラフを用いて V をパラメーターとして記入すると、回転数と Kd の関係は Fig. 3 となる。

これらの結果から Kd に最も大きな影響を与える因子は回転数であることが判る。Kd を増加させるには、通気量よりも回転数を大きくすることが有効である。

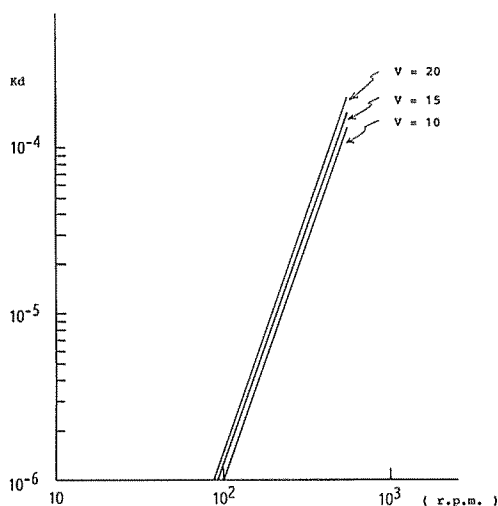


Fig. 3. Correlation of Agitation and Kd in Jar-fermentor.

V: Aeration volume (V/V).

4. 酵母増殖に関する通気と攪拌

酵母は、菌体増殖を目的にする場合は一般に好氣的培養が好ましく、この好氣的環境を支配する因子として通気と攪拌が重要である。工業的規模では経費上昇を抑えるため、この条件を満足する最少の通気と攪拌により酵母の培養を行うことが望ましい。

ジャーフェルメンター培養で通気量と回転数を変動させてコンステイブリーカー培地に酵母を培養した結果を Table 5, Fig. 4 に示す。Kd>2.0×10⁻⁵ では培養13時間において菌体の増殖は、ほぼ終了しており、菌体収量はほぼ同じである。Kd=0.7×10⁻⁵ では、13時間で菌体はまだ増殖中であり、16時間においても菌体生成率は低い。これは通気攪拌条件が不十分なため、この結

Table 5. Yield of *S. cerevisiae* IAM 4125 on Various Conditions.

Agitation (r.p.m.)	Aeration (l/min)	Kd (g-mol O ₂ /atom, min, ml)	Cells (g/100 ml)	
			13 hr*	16 hr*
200	10	0.7×10 ⁻⁵	1.08	1.46
300	10	2.2×10 ⁻⁵	1.53	1.66
300	15	2.7×10 ⁻⁵	1.53	1.65
400	15	6.2×10 ⁻⁵	1.57	1.66

* Culture time

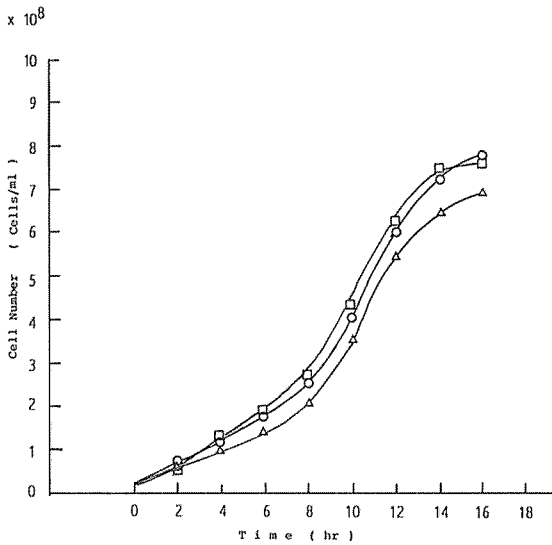


Fig. 4. Growth of *S. cerevisiae* IAM 4125 on Various Conditions of Agitation and Aeration.

Condition: —△—△—; 200 r.p.m. and 10 l/min
 —○—○—; 300 r.p.m. and 10 l/min
 —□—□—; 400 r.p.m. and 15 l/min

果よりコーンステープリカー培地に酵母を培養する場合の Kd は 2.0×10^{-5} 以上とする必要がある。

また一方、Kd 値を高めた通気攪拌条件で酵母を培養しても菌体の増加は見られないことも明らかになった。従って、このジャーフェンターによる酵母培養の場合、最適な通気攪拌条件は、回転数：300 r.p.m、通気量：10~15 l/min と決定された。

5. 乳酸合成培地及び乳酸、グルコース混合培地における酵母の培養経過について

S. cerevisiae IAM 4125 を用いて 2 種の合成培地にお

ける培養経過を Fig. 5, Fig. 6 に示す。

乳酸合成培地の場合は、炭素源の乳酸は培養 8 時間目から消費され始め、20 時間でほぼ培養は終了した。この時点の残存乳酸量は 0.4% とやや乳酸資化能は低いように思われる。一方、炭素源としてグルコース、乳酸を混合した培地では、まずグルコースが資化され、ほぼ終了した頃から乳酸が資化されるパターンが示された。やはり、これは同じ炭素源でも、グルコースは乳酸と比較して酵母にとって好ましい基質であることを示唆している。

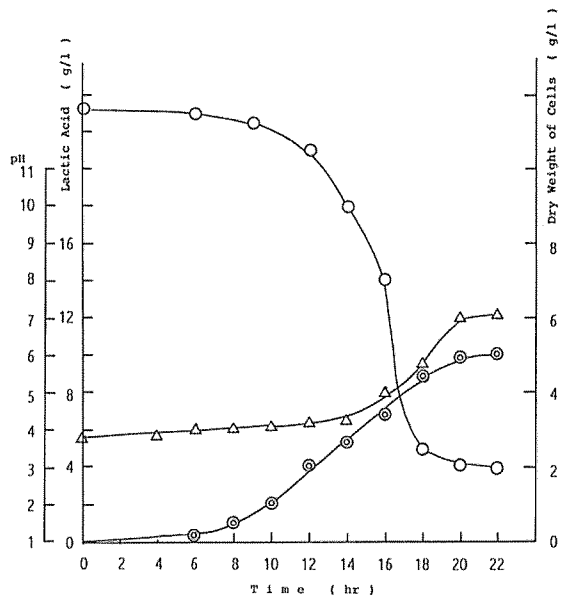


Fig. 5. Time Course of the Culture of *S. cerevisiae* IAM 4125 with Lactate Medium.

Preculture (600 ml) of the yeast was inoculated in the lactate medium (20 l), and cultivated at 30°C with a jar-fermentor (30 l) at the conditions of agitation (300 r.p.m.) and aeration (15 l/min).

—○—○—: Lactic Acid
 —●—●—: Dry Weight of Cells
 —△—△—: pH

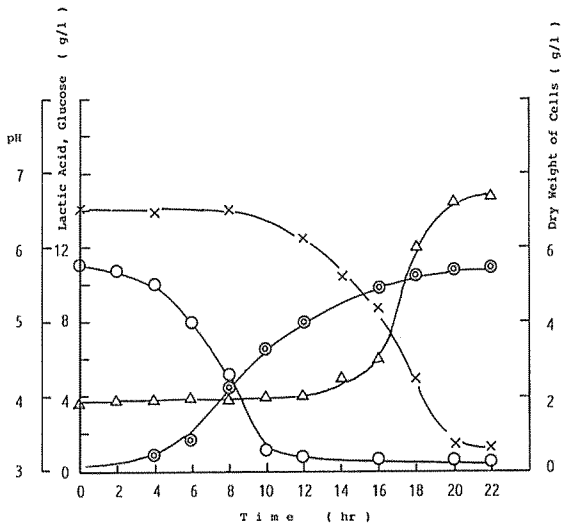


Fig. 6. Time Course of the Culture of *S. cerevisiae* IAM 4125 with Lactate-Glucose Medium.

The condition of fermentation is the same as that of Fig. 4.

- ×—×—: Lactic Acid
- : Glucose
- ⊙—⊙—: Dry Weight of Cells
- △—△—: pH

この培養の残存乳酸量は0.1%であったが、この値を乳酸単独培地と比較して考えると、好基質のグルコースを資化することにより初期に酵母の増殖力が強化され、結果として乳酸の資化能が高められたためと思われる。この結果はパルプ廃液の酵母培養における糖質と酢酸の基質の消費順序と良く一致しており、この培養でも二段階生長 (diauxic growth) の増殖型式をとることが明らかとなった。

6. コンステープリカー培地における酵母の培養経過について

コンステープリカー培地で *S. cerevisiae* IAM 4125 のジャーフェンター培養を行った。その培養経過を、Fig. 7 に示す。コンステープリカー培地の炭素源は乳酸が主体であることから、Fig. 5 に示された乳酸合成培地における培養パターンと類似した経過をたどることが期待され、事実同様な結果となった。乳酸は培養4時間後から資化され始め、16時間でほぼ完全に消費され残存乳酸量は0.1%以下となった。乳酸合成培地では、乳酸資化開始にやや長い誘導期 (lag time) が見られたことと比較すると、これは合成培地と天然培地に

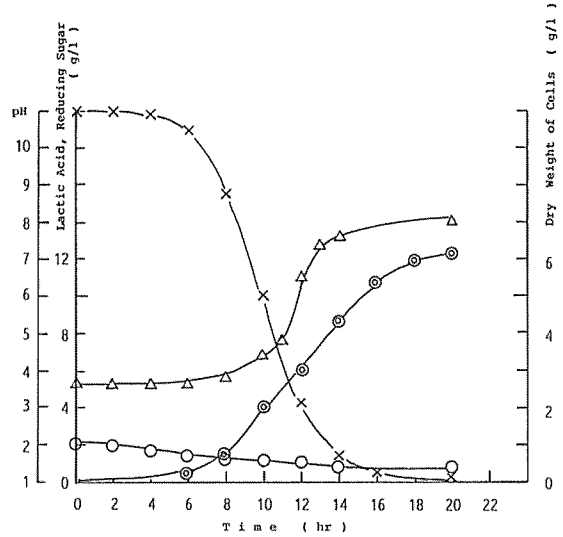


Fig. 7. Time Course of the Culture of *S. cerevisiae* IAM 4125 with CSL Medium.

The condition for fermentation is the same as that of Fig. 4.

- ×—×—: Lactic Acid
- : Reducing Sugar
- ⊙—⊙—: Dry Weight of cells
- △—△—: pH

よる培地組成の差異に起因するものと推定される。この原因の一つとして存在量は微量ではあるもののコンスティープリカー中の還元糖が考えられるが、確かに経時的に減少の傾向を示しているとは言え、Fig. 6 に示した混合培地における培養パターンとは異なる。しかし、コンスティープリカーにグルコースを加えた培地で酵母を培養すれば、Fig. 6 に似た培養経過により、酵母収率の増加する可能性は充分考えられるが、本研究の目的は、無処理のコンスティープリカーを培地に乳酸を唯一の炭素源として酵母に消費させ、コンスティープリカーの固型化を計ることにより、栄養価の高い固型飼料を製造することを目指している。従って酵母の収率向上を目的としていないので、この点は酵母の栄養価と併せて再検討されるべきであろう。

7. コンステープリカー培地、乳酸合成培地、及び乳酸+グルコース混合培地における *S. cerevisiae* IAM 4125 の総括比増殖速度 (μ) の比較
比増殖速度と菌体が2倍に増える時間 (td) との関係⁸⁾ は、

$$td = \ln 2 / \mu = 0.693 / \mu \quad (3)$$

となる。

従って各培地における *S. cerevisiae* IAM 4125 総括比増殖速度 μ は、Fig. 8, 9, 10 の培養時間と酵母細胞数量の関係図から菌体対数増殖期に2倍が増える時間 (td) を求め、式(3)から μ を求めると Table 6 の如くとなる。一定の酸素供給量のもとで種々の培地における酵母培養の μ を求めた結果、コーンステープ培地では、 $\mu = 0.231 \text{ hr}^{-1}$ であった。糖蜜、ブドウ糖培地での *S.*

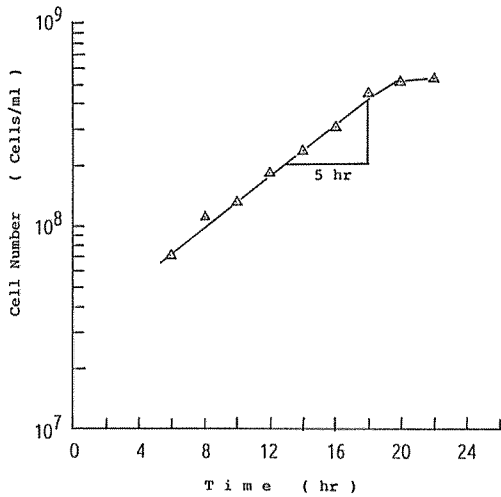


Fig. 8. Growth Rate of *S. cerevisiae* IAM 4125 in Lactate Medium.

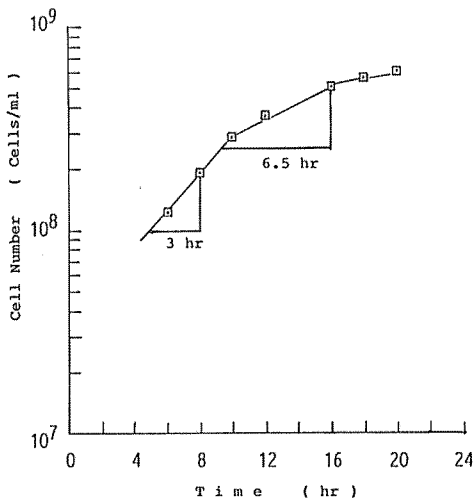


Fig. 9. Growth Rate of *S. cerevisiae* IAM 4125 in Lactate-Glucose Medium.

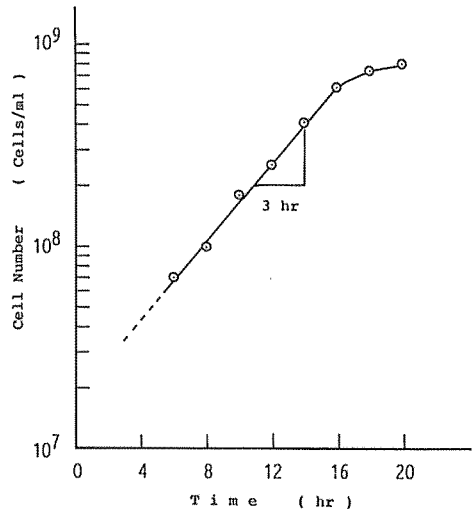


Fig. 10. Growth Rate of *S. cerevisiae* IAM 4125 in CSL Medium.

Table 6. Specific growth rate (μ) of *S. cerevisiae* IAM 4125 in Various Media.

Medium	Doubling Time td (hr)	Specific growth Rate μ (h^{-1})
CSL	3.0	0.231
Lactate	5.0	0.139
Glucose (G) +	3.0 (G)	0.231 (G)
Lactate (L)*	6.5 (L)	0.107 (L)

* Diauxic growth was observed in this medium.

cerevisiae IAM 4125 の μ は $0.35 \sim 0.37 \text{ hr}^{-1}$, *C. utilis* では 0.44 hr^{-1} であると報告されている⁹⁾ が、この文献の値と比較すると明らかに低い。一方、乳酸合成培地では μ は 0.139 hr^{-1} と更に低くなる。混合培地の場合は、乳酸存在下でのグルコース基質に対して $\mu = 0.231 \text{ hr}^{-1}$ となり、グルコースの単独基質での文献値 $\mu = 0.35 \sim 0.37 \text{ hr}^{-1}$ と比較して低いことが明らかになった。

このように炭素源の異なる培地の μ の差異は、*S. cerevisiae* IAM 4125 の基質に対する資化力の違いによると考えられる。グルコース培地では、Kd を高める程 μ が増加する傾向にあるが⁹⁾、コーンステープリカー培地で酵母を培養する場合、Kd を必要以上に増加させても酵母収率は向上しないことは、Table 5 から明らかで、同時に酵母の μ 増加も起らないことが示唆される。これは亜硫酸パルプ廃液を原料とする酵母の製造に

においても、同様な結果が報告されており⁹⁾、亜硫酸パルプ廃液中の酵母の発育を抑える阻害物質の影響によるもので、 μ 値としては 0.24 hr^{-1} が報告されている。乳酸合成培地の実験結果と考え合わせると、コンスティープリカーの培地中にパルプ廃液のような酵母増殖を阻害する物質の存在は考えにくく、単に炭素源としての乳酸がグルコースと比較して基質資化力の差異によって μ 値を低くする要因になっていると思われる。以上の点からコンスティープリカー培地における μ 値は、亜硫酸パルプ廃液培地の μ と比べ大きな違いはなく、 $0.23 \sim 0.25 \text{ hr}^{-1}$ で妥当な数値と考えられる。

ただこの μ は、回分式で求めたもので培養槽内の成分が刻々変化するため培養条件と増殖の関係を明確にすることは困難である。更に信頼度の高い関係を得るためには、連続培養法によらねばならない。

要 約

S. cerevisiae IAM 4125 のコンスティープリカー培地、乳酸合成培地及び乳酸+グルコース混合培地におけるフラスコ培養条件とジャーフェーマンターの通気攪拌培養条件を検討した。

(1) コンスティープリカー濃度の高い培地では、酵母培養の誘導期は長くなる。従って酵母培養としてコンスティープリカー濃度は 6~7% が最適であった。

(2) ジャーフェーマンターの Kd を測定したところ、Kd は主に回転数で支配され好気培養では攪拌が重要な因子と判明した。

(3) コンスティープリカー培地での *S. cerevisiae* IAM 4125 の培養は通気攪拌条件として Kd を 2.0×10^{-5} 以上とする必要が認められた。従って用いたジャーフェーマンターでの酵母培養は回転数 300 r.p.m.、通気量 15 l/min が最適と計算された。更に Kd を高めた通気攪拌条件で酵母を培養しても菌体の増加はなかった。

(4) 乳酸+グルコース合成培地において、基質の分解

順序は、グルコース次に乳酸となる資化性パターンとなった。

(5) 乳酸合成培地とコンスティープリカー培地における酵母培養パターンはよく似ている。しかし乳酸培地では、乳酸資化にやや長い誘導期が見られ、培養終了時点で達しても残存乳酸が少し高い傾向を示した。

(6) コンスティープリカー培地、乳酸合成培地及び乳酸+グルコース混合培地における *S. cerevisiae* IAM 4125 の総括生育速度 (μ) はそれぞれ、 0.231 hr^{-1} 、 0.139 hr^{-1} 、及び $0.231 \text{ hr}^{-1} + 0.107 \text{ hr}^{-1}$ であった。

(7) グルコース培地での μ の $0.35 \sim 0.37 \text{ hr}^{-1}$ と比較すると乳酸+グルコース培地のグルコースの μ の 0.231 hr^{-1} はかなり低く、共存している乳酸が影響したと考えられる。

文 献

- 1) 東京大学農学部農芸化学教室：実験農芸化学，上巻，朝倉書店，東京，1952，p. 181.
- 2) BARKER, S. B. and W. H. SUMMERSON: J. Biol. Chem., 138, 535 (1941); 東京大学農学部農芸化学教室：実験農芸化学，下巻，朝倉書店，東京，1952，p. 604.
- 3) SOMOGYI, M. J.: J. Biol. Chem., 160, 61 (1945); 東京大学農学部農芸化学教室：実験農芸化学，下巻，朝倉書店，東京，1952，p. 587.
- 4) 山田浩一・高橋稷二・岡田 弘：農化，27，704 (1953).
- 5) 京都大学農学部農芸化学教室：農芸化学実験書，第1巻，産業図書(株)，東京，1961，p. 133.
- 6) 河野竹彦・浅井幹友：醸工，49，128 (1971).
- 7) PÖHLAND, D., U. BEHRENS und E. LEIBRITZ: Zellstoff u. Papier, 17, 5 (1968); 醸酵協会編集部訳：醸酵協，28，54 (1970).
- 8) 合葉 修・A. ハンフリー・N. ミリス (永谷正治訳)：生物化学工学，上，東京大学出版会，東京，1965，p. 107.
- 9) 前川宜彦・木原利一郎・三輪万治：醸工，47，146 (1969).

Summary

In the previous paper, we dealt with a selection of yeast well-grown in CSL and *Saccharomyces cerevisiae* IAM 4125 was adopted because of an excellent consumption of lactic acid and a good smell as fodder for animal.

In this paper, we studied the cultural conditions of *S. cerevisiae* IAM 4125 using a jarfermentor (30 l) on the three media; CSL, lactic acid and lactic-glucose medium.

The results obtained are summarized as follows:

1. The optimum concentration of CSL for the yeast culture was 6-7%.
2. Oxygen transfer rate coefficient (Kd) of the jarfermentor was mainly decided by agitation and minorly by aeration.
3. The optimum Kd for the yeast culture with the jarfermentor was 2.0×10^{-5} g-mol O₂/atom, min, ml, and this value was obtained at an agitation of 300 r.p.m and an aeration rate of 1/min.
4. Yield of the yeast did not increased in the higher Kd condition.
5. CSL medium is better than the lactic acid medium for lactic acid consumption by the yeast.
6. Specific growth rate (μ) of the yeast on the three media (CSL, lactic acid and lactic acid-glucose) were 0.231 h^{-1} , 0.139 h^{-1} , and $0.107 \text{ h}^{-1} + 0.231 \text{ h}^{-1}$, respectively.