

パン酵母生産技術当面の諸問題

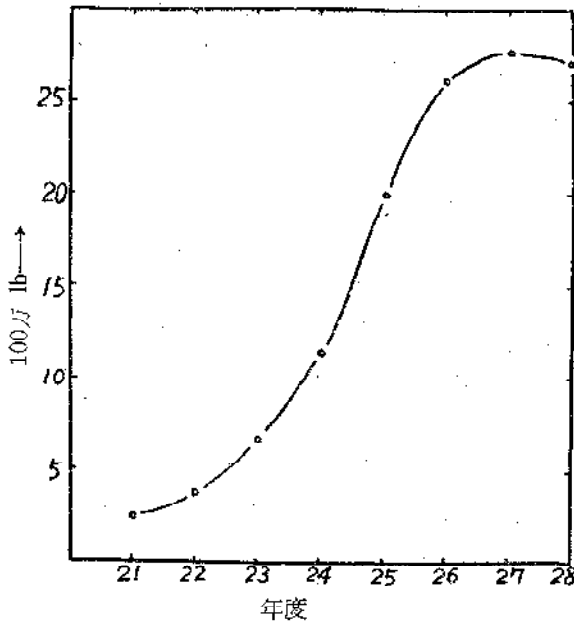
日本酒類株式会社 室 田 晋 次

(照井教授紹介)

(1) 緒 言

本邦のパン酵母生産は戦後の食糧事情の変遷と共に年々急激な増加を示して来たが(第1図)、一昨年より稍飽和状態に達した感がある。然し昨年の凶作が我国の根本

第1図 各年間に於けるイーストの生産高



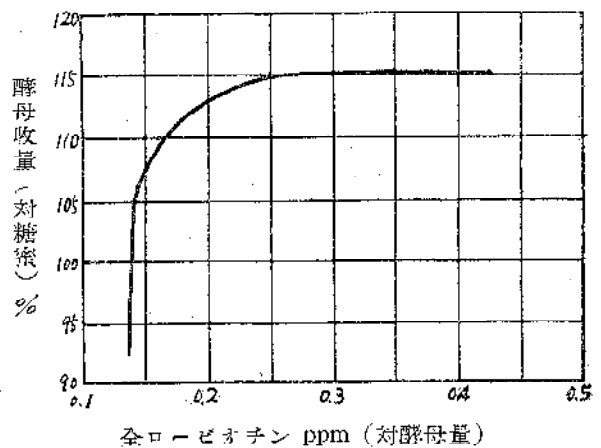
的な食糧生産の現状にかんがみて国民食生活の改善が取上げられ、本年は更にパン食の普及が徹底されるからパン酵母の増産も明かであり、生産技術にたずさわる我々としてはその意義を感じると共にあらゆる努力を押し進めねばならないわけである。而して当面の生産技術の二、三の問題について意見を述べて見たいと思う。

(2) ビタミンと収量の問題

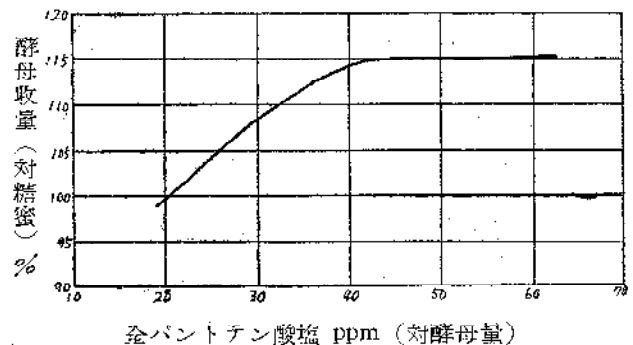
1948年 Jhone Whie⁽¹⁾ が発表したパン酵母の指数的流加法の製造理論は収量的見地からは完璧なものであり従来の種々の製造法の去就を明かにしたものとて賞讃に値する。特に我国の業界に裨益した処は甚大である。尚其の後微量成分特にビタミン類と収量について研究を進め、酵母の収量は他に抑制的な因子がない場合は培養液中のビタミン含量の如何によつて左右される事を発表し⁽²⁾、彼の用いた酵母で対糖230%の収量(乾物27%の匠

搾酵母)を得るには原料とする糖蜜(醗酵性糖50%)はピオチン活性物質 0.29 ppm. が必要である事を明にした。(第2図、第3図)そして更に之等のビタミンの効果を理論付けるために酵母増殖中の carbon balance を調べ、ビタミンのない場合給与糖分の大部分がアルコールと炭酸ガスとなつて損失するが、ピオチンを加えると炭素の同化が増加し、更にパントテン酸、イノシトールを加えると原料の%の炭素が酵母物質となり、以上の如き良收率を得る事を確認した。又培地中のビタミンが不十分な場合は種酵母の含有するビタミンによつて収量が左右され、その時得られた酵母を更に種酵母として同様な培地で培養すると尚一層極端に収量の低下する事を認めている。本邦に於ても之等ビタミン類の効果については間瀬⁽³⁾、伊藤、浜崎⁽⁴⁾氏等によつて確認され、著者等⁽⁵⁾も又パン酵母のピオス成分としパントテン酸やβ-アラ

第2図 酵母収量に於けるピオチンの影響



第3図 酵母収量に於けるパントテン酸の影響



ニンの効果を認めた。従つて実際的には使用原料のビタミン含量を調査する事は勿論、先づ使用する酵母の要求するビタミン類について検討し、それに適する様に原料の強化を行つた後製造過程に入る事が理想的である。J.White⁽⁹⁾ は之について以上のビタミン類を定量する場合従来のピオアッセーで *Lactobacillus arabinosus* や他の乳酸菌を使用して得た数値は必ずしも酵母に有効なそのビタミンの全量を示すものではないと云つている。例えば糖蜜の如き原料では D-biotin と約同量の Desthio biotin が含有されており、何れも酵母に対して biotin 効果を有するが、乳酸菌では D-biotin のみしか定量されない。又 β -アラブンは酵母に対してパントテン酸と同様の効果を有するものであるが乳酸菌法ではパントテン酸のみを定量し β -アラブンは定量されない。然るに糖蜜中パントテン酸作用はパントテン酸よりもむしろ β -アラブンの作用であると云われている。従つて工場では実際に使用する酵母によつて之等のビタミンを定量すべき事を提唱しその方法についてのべ、種々の原料について従来の測定値との差異を示している。

(3) 培地の殺菌の問題

培地とする原料糖蜜が如何に栄養的に完全であり、以上のビタミン含量が豊富であつても加熱殺菌の前処理の方法如何によつて欠陥が生ずることは容易に想像され、均一な原料から収量に“フレ”の生ずる一因となつているのかも知れない。即ち加熱殺菌の進行と共に培地成分中の有効成分の破壊と有害成分の生成が相対的に現われてくるであろうから実際には之等の成分の破壊或いは有害成分の生成を最少限度に止め、しかも培養には差支えない程度の殺菌の状態にする様な加熱の調節が必要である。之に関しては Pfeifer等⁽⁷⁾ の報告があるが、Ashbya gossypii によるビタミン B₂ の醗酵の時の培地をバッチ

式に殺菌した場合と連続的に殺菌した場合に収量に極端な差異の生ずる事が述べられている。(第1表) 酵母製造に於ても此の様な連続蒸気殺菌法を採用したら培地の組成的な面からの収量の向上は勿論熱経済的な面にも効果を及ぼすのではないかと考える。

(4) 通気の問題

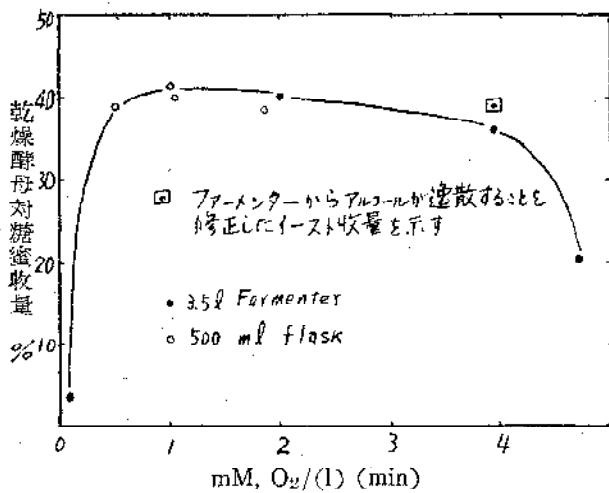
酵母工業に於ける通気の問題は培地組成の収量に及ぼす影響と共に、或いは夫以上重大なファクターの一つである。供給空気は先づ浄化する必要があるが大量であるために現在の工場では吸着床の機構に準ずる様な厳密な濾過の工程は行われていない様であるが、無菌空気を供給するのが理想的である以上更に機械工学的な検討が加えられて経済的な設備が造られてよいと思う。扱通気の酵母収量に及ぼす影響は従来漠然とした経験的なものであつたが、1949年 Olson等⁽⁸⁾ は培養液中の溶解酸素量を亜硫酸塩酸化法で測定し培地 11 中 1 分間に用ふる O₂ が 1/1000 Mol より多くなると酵母の収量は下り始めるが此の収量低下は生成されたアルコールが蒸発損失する事によるものではない事を述べている。即ち培養中生産されたアルコールは全部ファーマンターから飛散するものとし 100g のアルコールから 70g の酵母が得られるとして補正したにも拘らず収量は低下する事を説明している。(第4図) 其の後 J.White⁽⁹⁾ は之を追試し、又 Hixon⁽¹⁰⁾、Bartholomew⁽¹¹⁾ 等は亜硫酸塩酸化法では直接液中の溶解酸素量を測定する事が出来ないが、ポーラログラフ法では容易に測定し得る事を明にして通気の機構を酸素の移行式によつて理論的説明を行つた。本邦に於ても大橋氏等⁽¹²⁾ は亜硫酸塩酸化法によつて通気量、気泡の大きさ、機械的攪拌、振盪等の酸素溶解速度に及ぼす影響を検討し、夫等の条件によつて酵母の培養を行い、最高収得量を得るための溶解酸素レベルは操作を異にした場合

もほぼ一致する結果を得、気泡の小さい事の効果、機械的攪拌が或限度までは酵母増殖に良結果をもたらす事、又酸素の過剰供給は酵母増殖を阻害しなかつた事、尚亜硫酸ソーダ水溶液による酸素溶解速度と培養液に於ける実際の値には大きな差異があるのではないかと云う事を予測し、攪拌の問題と共に更に研究を要すべき事をのべた。之に反し中野氏等⁽¹³⁾ は珪藻土製通気管をつけた培養装置により通

第 1 表 Ashbya Gossypii の V.B₂ 生産に対する培地殺菌の影響

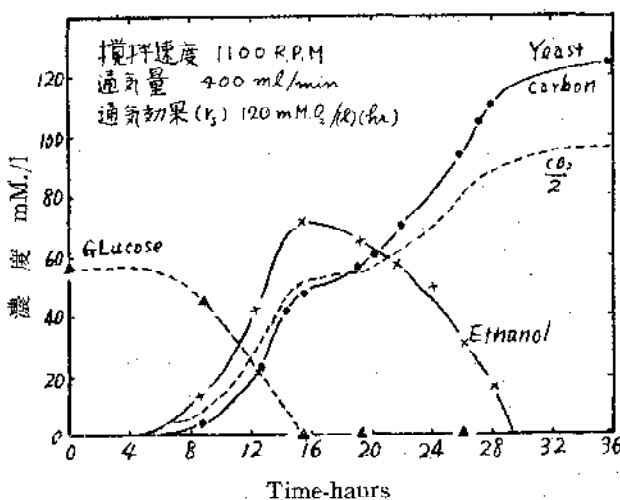
培 地			殺 菌 方 法	V.B ₂ 最高収量 γ/cc
glucose %	Corn Steep Liquor %	Animal Stick Liquor %		
2.0	1.9	0.8	バッチ式, 250°F, 45分, PH6.5	5
2.1	1.9	1.0	" " 25分, PH4.4	88
2.0	1.9	0.9	(連続式, 275°F, 5分, PH6.5 Stick は別に 275°F で殺菌)	360
2.0	1.9	0.9	(連続式, 275°F, 5分, PH6.5 Stick は別に 300°F で殺菌)	156
2.2	1.9	1.0	(連続式, 275°F, 5分, PH4.5 Stick は別に 275°F で殺菌)	656
2.1	1.9	1.0	連続式, 275°F, 5分, PH4.5	608
2.6	1.9	1.6	" " 9分 "	704

第 4 図 各種通気効果に於けるイースト収量



気量と酵母代謝系との関係及び空気効率 (酵母に攝取利用された酸素量の培養槽に送入された空中酸素量に対する比率) について実験を及ぼすものではないだろうかと述べ通気の機能は細胞への酸素供給にとどまらず細胞と養分との接触を大にし、或は生成炭酸ガスの除去等の総合されたものであつて、使用した培養装置、通気方法、空気泡の大きさ、液高、攪拌程度等によつて各々此等の機能に差違を生じる事は明かであるから、吸収酸素量を必要通気量の指度として一般的に適用する事は不適ではないだろうかと云う事を指摘した。所が最近の Williams⁽¹⁴⁾等の報告は之等の問題に対して或程度解決の指針を与えたものではないかと思う。即ち合成培地に *S.cerevisiae* を一段培養した場合の化学変化を示し (第 5 図)、酵母の増殖に 2 つの段階があり、第 1 段階では glucose の大半 (67%) が ethanol に変えられるが、第 2 段階では此の ethanol を炭素源として酵母の生長が認められる。然るに高通気量 (通気量 500cc/min, 有効通気量 330mM_{O₂}/l)(hr) の場合は ethanol と共に生成する Acetoalde-

第 5 図 パン用酵母一段培養中に於ける変化



hyde との両者を蒸発損失せしめるので実際の酵母収量は低下するが、此の ethanol と Acetoaldehyde も酵母の炭素源として利用されると仮定して酵母量に補正した総酵母量は高低通気量の両者の場合とも等しくなる事を述べ、有効通気量の増大に伴う収量の減少は見出せないとしている。然し尚之等通気の諸問題に関しては今後究明すべき点も多い事と思う。

(5) 酵母の組成と性能品質の問題

ビタミン類が酵母収量に関しては勿論その性能にも重要な因子となつている事は既に White⁽²⁾ によつて指摘されており、パントテン酸効果の欠乏した培地に培養された酵母は耐久力弱く自己消化し易く、イノシトール欠乏培地で得た酵母は醗酵力が弱いと云うが本邦にも同様な報告⁽⁴⁾⁽¹⁵⁾がある。耐久力については著者等も鉄や⁽¹⁶⁾イノシトール⁽¹⁷⁾培地のフォルモール度⁽¹⁸⁾との関係等について報告したが、松田氏等⁽¹⁹⁾は菌体中の炭水化物、窒素、磷酸、鉄の含量と耐久力(醗酵力の維持)の関係につき調べ、炭水化物及び窒素含量には相関性があるが磷酸、鉄には相関性なき事を認め、炭水化物の多い程又窒素含量の少い程醗酵力の保持は良好であるとした。炭水化物中トレハロースと酵母の性能との関係については佐藤氏⁽²⁰⁾の詳細な研究があり、アメリカのパン酵母のトレハロース含量は15% (乾物中)であるが国産パン酵母では4%であり、又全炭水化物量に於ても35~40%で国産酵母に比して約10%程度高いのはトレハロースの差によるのではないかと考えられる事、尚蛋白質含量は45%以下で国産酵母よりもかなり低い事、しかも性能優れている事等興味ある問題を挙げた。岡崎⁽²¹⁾氏も酵母の醗酵力と菌体自己醗酵性炭水化物量、グリコーゲン量、窒素量等との相関性は見出し得られなかつたが、自己醗酵性炭水化物とグリコーゲンの差が酵母の醗酵力に概ね直線的相関性を示す事を認め、それ等の要因として糖磷酸エステル、トレハロース、核酸等や他の未知成分を想像しているが誠に暗示に富む問題であるが、やがて之等も一つ一つ解決して行く事だろう。又最近耐糖性の酵母が要求されているが之に関しても以上の如き酵母構成々分の面から究明されつゝある。即ち堀氏⁽²²⁾は炭水化物含量の重要な事、加藤氏⁽²³⁾はそれがトレハロースに由来する事を指摘した。共の他多くの報告⁽²⁴⁾⁽²⁵⁾⁽²⁶⁾⁽²⁷⁾がある。又石井氏⁽²⁸⁾は製品の増殖率と耐糖性その他の性能との相関性について統計学的な検定を行い、マイセル氏法による CO₂ ガス発生試験に於ける酵母の増殖率はその耐糖性と逆相関にある事を述べ、品質管理の方法に一指針を与えた。此の様に酵母製品の組成による性能の良否が解明されて行くならば目的とす

る製品を得るための製造条件の決定も逐次容易になつてくるのではないだろうか。

(6) 其の他の問題

飼料、食料酵母の連続培養については種々報告されているがパン酵母の連続培養は未だ實際化していない様である。著者等⁽²⁹⁾も単純な理論によつてパイロットプラントによりパン酵母の連続培養を容易にしかも收量品質も満足なものを得たのであるが工業化するまでには至っていない。原料糖蜜の変性の問題については従来硫酸変性では器具の損耗や危険性があるので秋吉、松山⁽³⁰⁾氏等は之を改善すべくフーゼル油変性について検討し 0.1% まで変性効果充分でしかも酵母製造に何等支障のない

事を認め、該方法は関係官庁の努力により昭和27年10月1日より糖蜜の不可欠処置の方法としてフーゼル油変性が実施され今日に至っている。酵母の凝集の問題も時には我々を悩ますものである。従来之の原因は共棲細菌によるものであると考えられており、之に関する報告⁽³¹⁾があるが、最近ではその外に Pomper⁽³²⁾等の遺伝的特性によるとか、Lindquist 等⁽³³⁾の細胞面上の ionogenic groups によるとする報告があり。又工藤氏等⁽³⁴⁾は麦芽糖より酵母凝集促進物質を単離しフミン酸の一種である事を明にした。乾燥酵母に就いては山崎氏等⁽³⁵⁾其の他の研究があるが、米国品に劣らないものを造ると共に輸出するまでの域に達する事を目的とするならばあらゆる面により一層の努力が要望されると思う。

【文 献】

- (1) White J. : Am. Brewer, **81**, 21, (1948)
- (2) White J. & Munns D. J. : J. Inst. Brewing, **56**, 194 (1950)
- (3) 間瀬：イースト工業会技術委員会 技術懇談会発表報告記録、p.45 昭和27年11月
- (4) 伊藤、浜崎： " " " " p.60 昭和28年5月
- (5) 室田、猿野、阿野：醸工誌 **30**, 146 (1952)
- (6) White J. & Munns D.J. : Am. Brewer, **86**, 29, (1953)
- (7) Pfeiffer V.F. : Ind. Eng. Chem. **44**, 1940 (1952)
- (8) Olson B.H. & Johnson M.J. : J. Bact. **57**, 235 (1949)
- (9) White J. & Munns D.J. : Wall. Lab. Comm. XIV, 199 (1951)
- (10) Hixon A.W. & Gaden E.L.L. : Ind. Eng. Chem. **42**, 1792 (1950)
- (11) Bartholomew W.H. Karow E.O. & Sfat M.R. : Ind. Eng. Chem. **42**, 1801 (1950)
- (12) 大橋、種村、檜山：イースト工業会技術委員会 技術懇談会発表報告記録 p.15 (昭和27年5月)
- (13) 中野、好井： " " " " p.100. (昭和28年5月)
- (14) Williams, D.M. Maon D. & J. Johnson Marvin M.J. : Ind. Eng. Chem. **45**, 254 (1953)
- (15) 間瀬：イースト工業技術委員会 技術懇談会発表報告記録 p.79 昭和28年5月
- (16) 室田、秋吉、猿野、阿野：醸工誌 **30** 320 (1952)
- (17) 室田、秋吉、阿野： " " 305 (")
- (18) " " " : " " 380 (")
- (19) 松田、宮内、庄司、大野：イースト工業会技術委員会 技術懇談会発表報告記録 p.21 (昭和28年5月)
- (20) 佐藤 " " " " p. 1 (昭和26年5月)
- (21) 岡崎、遊佐 " " " " p.30 (")
- (22) 堀 " " " " 未刊 (昭和28年11月)
- (23) 加藤 " " " " " "
- (24) 松田、山本、天野 " " " " p.36 (昭和27年11月)
- (25) 小林、富田 " " " " p.49 (昭和28年5月)
- (26) 秋吉、土生 " " " " p.53 (")
- (27) 遊佐、榎田 " " " " p.65 (")
- (28) 石井、櫻井 " " " " p.70 (")
- (29) 室田、猿野、阿野：醸工誌 **30**, 205 (1952)
- (30) 秋吉、松田：イースト工業会技術委員会 技術懇談会発表報告記録 p.11 (昭和27年5月)
- (31) 遊佐、榎田： " " " " p.50 (昭和26年11月)
- (32) Pomper, S. & Mckee, D.W., : Science, **117**, 62 (1953)
- (33) Lindquist W. : J. Inst. Brewing, **59**, 59 (1953)
- (34) 工藤、木嶋：日農化誌 **27**, 809 (1953)
- (35) 山崎：イースト工業会技術委員会 技術懇談会発表報告記録 p.80 (昭和27年11月)