

木材糖の醗酵利用に関する研究

東京大学農学部

山 田 浩 一

目 次

第 1 報 木材糖の酒精醗酵に関する研究	35
木材酸糖化液の酒精醗酵	35
亜硫酸パルプ廃液の酒精醗酵	40
第 2 報 亜硫酸パルプ廃液より酵母の製造に関する研究	44
飼料酵母の製造	44
パン酵母の製造試験	46
第 3 報 亜硫酸パルプ廃液の butanol isopropanol 醗酵に関する研究	48

第 1 報 木材糖の酒精醗酵に関する研究

木材の酸糖化液および亜硫酸パルプ廃液の酒精醗酵に関しては従来多くの報告があり、その中でも前者に関しては Harris 等⁽¹⁾ ⁽²⁾ ⁽³⁾, Sherrard 等⁽⁴⁾ および岩田⁽⁵⁾ のものが新しく、後者に関しては米国の Bellingham 工場の実例について Ericsson⁽⁶⁾ が、カナダの Thorald 工場に関しては Callahan⁽⁷⁾ が詳細に報告している。また、最新式の工場としてカナダの Gattinean 工場に関する報告⁽⁸⁾ もある。Agar⁽⁹⁾ 等も詳細に報告をしている。わが国においては最近七字⁽¹⁰⁾ が品質改良を主にこの方面の研究を行っており、北海道において 2 工場が成功裡に運転されている。

木材酸糖化液の酒精醗酵

(1) 使用せる木材酸糖化液

農林省および北海道庁木材糖化試験所（鶴見試験場，東京大学）において著者等が中間工業的に製造した糖液と，福泉醸造株式会社が静岡工場において製造した糖液とを使用した。

鶴見工場製のものは条件に多少の差はあったがその製造条件の一例を挙げれば次のごとくである。

Percolator 中に充填せる原料木材 1 ton（乾燥物としては 0.58 ton，主として赤松材）に対し，100 に予熱せる 13.3% の H_2SO_4 2.68 kl を 2 分間以内に圧入し，最初 100 に 60 分間保ち 50 分以内に排出せしめる。この第 1 次糖化にて糖濃度 2.42，酸濃度 10.4% の糖液が 30 kl えられた。ついで第 2 次糖化として，3.9% H_2SO_4 1.6 kl を同様に圧入し直接蒸気にて 120 60 分間糖化する。この結果は糖濃度 2.20%，酸濃度 5.7% の糖液が 2.50 kl 得られた。第 3 次糖化は水のみを注入し 140 にて 20 分間糖化して 2.85% の糖液をえたが，その量は僅少に過ぎなかった。これ等の糖液を合併して使用した。

東京大学農学部において製造した木材糖化液も各回ごとに多少条件に差はあるが、その一例を挙げると Table 1のごとくであって、3回糖化を行い、4回目には湯で洗浄して乾材に対し32%の糖化率が得られた。

これ等の糖化液はいずれも褐色を帯びた芳香性の液体で、大学において製造せるものは flash tank にて flash して揮発性成分をなるべく取り除いた。

福泉醸造株式会社における糖化液の製造過程は Table 2 に示すとおりである。

(2) 酸糖化液の中和

従来使用された中和剤のうち、工業的に使用可能と考えられる $\text{Ca}(\text{OH})_2$, NaCO_3 , CaCO_3 について、主として溶液中の鉄およびカルシウムに関連し、各中和剤の特質およびその対策を考察した。木糖液は東京大学農学部で製造せるものおよび比較試験のため福泉会社の物を用い、使用菌種は *Saccharomyces cerevisiae* 国策 No. 2によった。

鉄の定量法

試料 25cc を HNO_3 (2 : 100) にて透明にせる後、 NH_4OH (1 : 1) にて弱アルカリ性となし、加熱液に H_2S を通じ硫化鉄の黒沈をうる。硫化水素を含む温湯にて傾汚により洗浄せるのち、沈澱を HNO_3 (1 : 1) にて溶解、濾紙は HNO_3 (2 : 10000) にて充分洗浄する。濾液を約100ccに稀釈し、60 に加温、2N - NH_4Cl 10ccを加え、溶液を煮沸しつつ過剰に 6N - NH_4OH を加え、水酸化鉄の沈澱をつくる。傾汚により温湯をもって充分洗浄後、 HCl (1 : 1) を濾紙上にそそぎ、沈澱の大部分を含むビーカーにてこれを受け、沈澱を溶解せしめる。さらに前記と同様な方法で水酸化鉄の沈澱をつくり、これを電気濾中で1000 で約1時間灼熱、 Fe_2O_3 として秤量する。使用濾紙、東洋 No. 5 A.

カルシウムの定量法

鉄を除去せる濾液を250ccに濃縮し、氷醋酸約5ccを加え、液を透明にする。沸点近く (80° ~ 90°) 加熱し、温磷酸アンモン (50gr/l) 20ccを加えてはげしく攪拌する。この際少量の塩化アンモンを加える。液に NH_4OH (1 : 1) を加え、弱アルカリ性となし、60 にて1時間加温静置する。しかる後、約一夜静過せる後、東洋 No. 5 A 濾紙にて濾過、磷酸アンモンにて沈澱を傾汚せる後、濾紙上に沈澱を移す。沈澱は約1000 で1時間灼熱せる後 CaO として秤量する。

磷酸の定量法

液量25ccを約100ccに稀釈後 HNO_3 (1 : 1) を加えて、弱酸性となす。この際 (NH_4) NO_3 1 grを加う。次にモリブデン酸アンモン液を加え、燐モリブデン酸アンモンの沈澱を生成せしめる。すなわち、1時間60 で温浸し、同時に別に60 に加熱せる 2.5N - HNO_3 をモリブデン酸アンモンの約2.5倍量加える。沈澱を東洋 No. 5 B 濾紙にて濾別、 HNO_3 (2 : 100) にて充分洗浄する。後、クエン酸を付加せるアンモニヤ水で沈澱を溶解せしめ、

HCl (1 : 1) で弱酸性となし、アンモニア合剤を加えて沸騰せしめる。この液を NH₄OH (1 : 1) で弱アルカリ性となし、冷却後液量の 1/9 の conc. NH₄OH を加え、1 夜放置する。沈澱は東洋 No. 6 濾紙で濾別、アンモニア性硝酸アンモンで充分洗浄し、最後に HNO₃ (2 : 10000) で約 10 回洗浄する。沈澱は濾紙とともに元のフラスコに移し、水約 50 cc を加え、濾紙を充分破壊したのち N/5 苛性ソーダを少しく過剰に加え、沈澱を溶解せしめる。フェノール・フタレン 3~4 滴を加え N/5 硝酸に微紅色の消失するまで滴定し、次式より P₂O₅ % として算出する。

$$\frac{(N/5NaOH (cc) - N/5HNO_3 (cc)) \times 0.06172}{\text{試料 (g)} \times 10/250} = P_2O_5 \%$$

使用した木糖液の中和前の鉄およびカルシウムの量は Table 3 のごとくである。

木糖液中の Fe の大部分は percolator や pipe よりくるものと考えられるので、器具類の材質を耐酸性にすることにより防げるであろう。故に中和に関しては Ca が問題となる。

Ca (OH)₂、CaCO₃ および Na₂CO₃ を中和剤とし条件をおのおの变化せしめて中和を行った結果は Table 4 のごとくである。

Table 4 にて明らかのごとく、pH を上昇せしめれば鉄の量を急速に減ずることができる。また、加熱により鉄量を減じ得るのは、微細沈澱の生長、既成沈澱の吸着等が活発化するためと考えられる。

溶液中のカルシウムは明らかに中和剤よりくる物である。その組成の大部分が Ca (OH)₂ 中和液では Ca (OH)₂ および CaSO₄ · 2H₂O、CaCO₃ 中和液では CaSO₄ · 2H₂O で、この他に少量のリグニン・スルホン酸カルシウムのごとき有機塩があり、また後者の場合は CaCO₃ を含むと考えられる。このことは、消石灰およびギブスの約 30 における溶解度の和が第 2 表の値とほぼ一致することより明らかである。

CaSO₄ · 2H₂O は溶液を 100 以上に加熱することにより硬石膏 CaSO₄ に変えることができる。この物は再び冷却するも再び結晶水を得ることがないから、一度加熱することにより、カルシウムの量をギブスに関しては 30 における時の 1/3 以下に減少せしめることができる。

一般に高温中和により溶液中のカルシウムの量を極度に減ずることができるが、この液を沈澱沈降の間高温に保温すること、また高温で濾過することは技術的に甚だ困難であると考えられる。故に温度降下により、再び溶解度上昇する Ca (OH)₂ については、これを CaCO₃ に変えればよい。すなわち、Ca (OH)₂ 溶液を約 70 以上に保ちつつ CO₂ gas を通ずる時は Ca (HCO₃)₂ を生成することなしに CaCO₃ に変えることができる。

以上のことより、中和剤としては Na₂CO₃ が最も良好で、次に CaCO₃ と NaCO₃ の併用が好ましく、Ca (OH)₂ の場合は高温で CO₂ gas を通ずるとよい。また、いずれの場合も適当な保温槽で 100 以上で中和したのち、保温、沈降せしめ、適当な濾過を行えばよい。

CaCO₃, Na₂CO₃ 併用の場合は, pH 4.5 附近まで CaCO₃ にて中和後 Na₂CO₃ を用いる。かくすることにより, Na - 塩の量を極度に減ずることができて経済的見地より好ましいと考えられる。

後述することく, 中和後加熱濃縮した液では Ca - 塩, Na - 塩いずれを中和剤に用いるも醱酵率において大した差異は認められないが, Ca - 塩の最大の欠点は蒸溜塔に Scale を生ずることと, 栄養剤として加えた磷酸塩により Ca (H₂PO₄)₂ (但 pH 6 附近) の不溶性沈澱を生成することである。鉄もまた Fe - P compound を作り不溶性の沈澱を生成する。さらに鉄は窒素源としてアンモニア化合物を用いる時は, Fe - (NH₄) compound の不溶性沈澱を生成する。この傾向は Fe (OH)₃ において特に顕著である。

次に Table 4 の No. 1, 4, 5 に H₃PO₄ をそれぞれ 20% 添加し, NaOH にて pH 6.0 に調節した後沈澱を除去, 磷酸の定量を行った結果は Table 5 のごとくであった。

中和後の処理として, 最もふつうに行われるのは加熱および適当な還元剤の添加である。R. H. Leonard⁽¹¹⁾ 等は 138 15~30 分加熱後還元剤添加を報告しており, 岩田⁽⁵⁾ は 20 分間水蒸気を通じ, さらに Na₂SO₃ を添加することにより furfural による阻害性を除去することができるかと述べている。

さらに岩田氏は Ca (OH)₂ 中和液に水蒸気を通ずることなく醱酵試験を行った結果, 醱酵が途中で停止したと報告している。著者もまた Na₂CO₃ 中和液で, 同様の結果を得た。しかし, ふつうに中和後コッホ中で 20~30 分加熱, 沈澱を除去した物では Ca - 塩, Na - 塩いずれも大差は認められない。ただ Ca - 塩処理液では醱酵後 0.3~0.35g/100cc wet の沈澱物を生じ, これを除去する目的で HCl (1:10) で洗浄した物では甚だしく醱酵率が低下した。

次に醱酵試験を次のごとくに行った。200cc のフラスコに 150cc の液をとり, (NH₄)₂SO₄ を 4%, KH₂PO₄ を 2% (いずれも対糖) 加え pH を 5.8 にする。これに wet yeast 1% 添加して 6 時間醱酵せしめる。これを約 5 回くり返してその平均値を取った。その結果は Table 6 に示す通りであって, 明らかに Na₂CO₃ にて中和したものが良好なる成績を示した。

以上のごとく, 種々の観点より中和剤としては Na₂CO₃ が最も優れ, 醱酵成績もよい。CaCO₃ と Na₂CO₃ を併用することは経済的見地より良好な方法と考えられるが, この場合には高温中和が必要である。

(3) 酵母の選択

酵母の選択に当っては糖の消費率および酒精生産力の異なる事が望ましいのは勿論であるが, 木材糖化液の如き糖濃度の低きものに於ては, 澱粉糖化液の如き高濃度の場合と異なり, 酵母を加えて非連続的に醱酵せしむる方法は不利であって, どうしても連続的に, 理想的には酵母を回収して再使用して行く方法を採用しなければならないので, 永い使用によく耐えてその potency を長期間に互り維持出来るもの, 更に open fermentation を行わしめても雑菌

の浸入に強力に対抗出来るものを目標にして選択する必要がある。

本研究に於ては此の見地より所謂 Re use の方法に依り酵母を何回も繰り返して使用して行き、その経過を観察する方法を採用した。

木材糖化液は aldehyde や methanol 又は芳香族の高級アルコール、lignin およびその分解物等の特殊成分に富むので、之等に対する抵抗性の大なる酵母を選択する事が重要である。

酵母の種類により醗酵力の差がどの程度存在するかの試験を行った結果は Table 7 に示されている。すなわち、東京大学製の糖液に $\text{Ca}(\text{OH})_2$ を加えて pH を 10 とし、濾過後 H_2SO_4 にて pH を 5.5 とし、これに対糖 10%の $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ 、8 %の過磷酸石灰および 0.1%の米糠を加えたものに接種後48時間にて定量した。

Reuse method による酵母の糖析は鶴見試験所にて製造した糖液を用い、これを $\text{Ca}(\text{OH})_2$ にて pH 6 とにして 2 分間 boil した後、 H_2SO_4 にて pH 5.0 に adjust し、urea を 0.02 %、 KH_2PO_4 を 0.006%添加して醗酵培地とした。

第 1回は 8種類の菌につき、第 2回は 7種類の菌につき Reuse method test を待った。第 1回目は、まず 4時間醗酵せしめた後に酵母を遠心分離してその一定量を次の新しい糖液に移植して行く。その都度必要事項を分析した。5回目の移植以後は醗酵時間を 2時間 45 分に短縮した。Inoculum size は 12回目迄は 2% wet で、それ以後は 1% wet とした。

その結果は Table 8 に示された通りで 2時間 45分で 70%以上の糖消費が得られる。Inoculum size を 1% に減少すると糖の消費率は当然低くなるが、acclimatization の影響は顕著である。

これらの stam のうちでは K_2 、 K_3 、 K_4 、No. 396等が良好なる菌株と目される。

Table 9 は同様に 7菌株につき鶴見工場の木糖液を使用し、inoculum size を 2 %とし醗酵時間いずれも 2時間 45分としてその糖消費率、alcohol の生産高および contamination の状態をみたものである。この際の Initial pH はいずれも 6.0 (但し第19回目のみ 5.4)、initial reducing sugar はいずれも 2.65% である。その結果を一瞥するに、No. 1 の *Candida* は *Candida* としては強い方で、acclimatization の傾向は強くみられる。

No. 3 の *Torula utilis* は potency が降ってきて思わしくない。No. 2 の *Saccharomyces cerevisiae* K_2 は 70% の糖消費を示し、contamination にも強いので、No. 4 の K_4 とともに優秀な菌株といえる。No. 5 の wine yeast OC_2 および No. 6 の *Candida* は contamination に弱く、potency は降る。No. 7の糖蜜酵母 No. 396 もかなりよい菌株ということができる。

分析の方法はいずれも糖は Lehman School 法、alcohol は酸化法、pH は東洋濾紙の試験紙によった。

(4) 前処理および栄養源の影響

木材糖化液の中和剤としては Na_2CO_3 が良好なことはすでに述べた。 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ を用いて pH を 10 とすればほとんどすべてのリグニンは除去されて醗酵率は著しく上昇する。しかしこの場合には沈澱物が著しく多量に生成するのでその処理に困難をきたすとともに、液の収量も 70% 以下となり、実用的でない。経済的に最も好ましいのは CaCO_3 または $\text{Ca}(\text{OH})_2$ で比較的簡単な中和をし、yeast の acclimatization によるアルコール収量の増加を計ることであろう。この実験においては、糖液の二通りの処理法と、米糠、硫安および過磷酸石灰の量の変化を組合せ、7 種類の場合につき、Reuse method により 10 回にわたる移植試験を行った。

使用した糖液は大学のもの、糖の定量法は Lehman school 法、yeast の recovery は 3,000 r.p.m. の遠心分離器により 10 分間処理した。また、アルコールの定量は酸化法によった。

使用した yeast は前回の実験結果優秀と思われた *Sacch. cerevisiae* K₂ を用いた。

最初 yeast は shaking culture を行って集め、inoculum size は 2% として醗酵せしめる。醗酵時間 8 時間の後に、その一定量の菌体を次に移植した。

Table 10 は 7 種類の組合せを示す。

この結果は Table 11 に示した。

この表で分るごとく、前処理としては A の方法で充分であり、窒素源として糠エキスを対糖 2% 添加すれば、硫安対糖 0.5%、過磷酸対糖 0.25% の場合でも満足すべき醗酵を示し、対糖 31%、消費糖に対しては 45% のアルコールを生産せしめることができる。

Yeast の suspend を機械的に行うことができればさらに醗酵時間の短縮、収量の増大を期待できるであろう。

亜硫酸パルプ廃液の酒精醗酵

亜硫酸パルプ廃液（以下 SWL と略す）はパルプ 1ton 当り 8~10 ton も排出される黒褐色粘稠の液体で、その中には 3~5% の糖類を含有している。使用する材質にてその糖の種類は異なるが、普通その 70% またはそれ以上は hexose で残りは大部分 pentose である。従来この廃液は河川に流していたが、いわゆる BOD の非常に高い物質のため汚染度が高く、工場廃水のうちでも最も処理に困る物質であった。この SWL の糖をアルコール醗酵または酵母の製造に使用すれば BOD の低下に役立つと同時に莫大の糖資源の活用となるので、最近非常に注目されてきている。

SWL ま広義に解釈すれば勿論木材の酸糖化液であって、Scholler 法や Bergius 法による木材糖化液と本質的の差はないが、亜硫酸の含有量が多いので、各種の醗酵に対して好ましか

らざる結果を招来することが多い。したがって、この SWL の醗酵が可能であるならば、いわゆる木材酸化液の醗酵はより容易に行われ得るもので、著者はこの見地より、木材酸糖化液の醗酵に関する研究と併行して本研究を行ってきた。

(1) 使用せる SWL

研究に使用した SWL は王子製紙富士工場、国策パルプ旭川工場および東洋紡績犬山工場のもので、その分析結果は Table 12 のごとくであった。分析の方法は常法によった。

(2) 前処理の影響

種々の処理法を行い、その醗酵歩合を比較検討した。

実験方法はいずれの場合も、まず処理した SWL に少量の麦芽汁を添加して接種し、醗酵が起きたらこの菌体のみを取って、麦芽汁をさらに少量にした液に移す。3回目または4回目の時に SWL のみの培地に移して試験する。

最初に yeast No. 6 を使用し、王子製紙の SWL を使用して 3種類の処理法につき試験した。(NH₄)₂SO₄ 0.5%、KH₂PO₄ 0.2%、米糠 1% (いずれも対糖) を使用した結果は Table 13 のごとくである。

分析方法は糖の定量は Lehmann School 法、アルコールは酸化法によった。

次に国策パルプの廃液を用い中和剤を変えて試験した結果を Table 14 に示す。

Yeast は No. 6 と台験とを用いた。

Table 13 および Table 14 よりみるに、treatment A, A および B は醗酵率はよいが、非常に手数がかかること、経済的に高価に付くこと、糖液の実際収量が少なくなること等のために実用には適さないように思われる。treatment C または C は糖の消費率は少しく劣るが、yeast を馴致することにより充分醗酵せしむることができると考えられるので、経済的見地よりこの方法を採用することとした。

(3) 副原料について

酵母の窒素源として適切、かつ最も安価で入手しやすいものとしては、まず硫酸を挙ることができる。尿素もまた使用が可能であろう。しかし、無機態の窒素のみにては醗酵が幾分落ちるので、少量の有機態窒素を加えることが望ましい。この目的のためには米糠が最も適した原料と思われる。磷酸源としては過磷酸石灰が経済的にも好ましいと考えられる。肥料用の過磷酸石灰は P₂O₅ として 18%位の磷を含んでいる。このものは Ca を多く含むので、硫酸と併用する時には CaSO₄ の沈澱を造る。したがって酵母を Reuse する場合には yeast の純度が落ちるのでなるべく硫酸を避けて、アンモニア水を使用するほうがよい。

a 米糠の必要量

王子製紙の廃液を使用して Ca(OH)₂ にて pH 6 に調節、これに硫酸を対糖 0.5%、KH₂PO₄ を 0.2% 添加、殺菌は行わない。これに米糠エキスを種々加えて実験した。Yeast は

No.6を使用した。Shaking culture せるのち、菌体を分け、4 に 50時間および 72時間貯蔵したものを wet で 1%ずつ加え、300ccのフラスコにて醗酵試験を行った。その結果は Table 15 に示したごとくである。

すなわち、4 に storage した場合 72時間の貯蔵ではいくぶん酵母は弱まっている様に見える。米糠の量は 1.6%位から 2%位が良好の結果を示すことが分った。

硫安の量を 0.1%、0.2%、0.5%、0.7%と変化せしめ、米糠を 1%、 KH_2PO_4 を 0.2%使用した時の醗酵実験結果は、0.7%の場合が最も醗酵歩合がよかったが(50.25%)、0.2%の場合には 47.23%、0.5% の場合には 47.94% であった。

b 尿素の必要量

KH_2PO_4 を 0.2%、米糠を 1%加えた培地に尿素を添加して同様の試験を行った結果は Table 16 のごとくである。

尿素使用の場合は明らかに 0.2%より 0.5%がよく、1%添加の必要がない結果を示した。

c 過磷酸石灰の必要量

$(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ を 0.5%、米糠を 1%使用した場合につき同様の試験を行った。使用した過磷酸石灰は肥料用のもので、 P_2O_5 として約 18.0%の磷を含んでいる。Table 17 はその結果を示したものである。

Table 17 の実験範囲では磷酸はかなり多いほうがよい。0.20%以上の場合についてさらに検討する必要がある。

(4) 接種菌体量の影響

菌体の接種量が非常に少ない時には SWL は醗酵し難い。多い時には醗酵時間が短縮されるが、自ら最も経済的な量があるはずである。

本実験では、王子製紙の廃液を使用した。使用酵母は No.6 と台験。Shaking culture をして菌体を集め、おのおの量をよく一様にとけるごとくに接種し、醗酵経過中時々振盪した。300ccのフラスコに 150ccの培地を入れて実験を行った。その結果は Table 18 に示す通りである。

Table 18 にて明らかのごとく菌体量が 5%の時には消費糖もアルコール収量も多いが2%にてもかなり良好の結果が得られる。興味あることは台験を使用したさいに醗酵時間があまり永引くとアルコールの減少をきたすことで、生成されたアルコールが炭素源として酵母に消費されるためであろうと考えられる。したがって酵母の選択にさいしてはこの点にも充分考慮を払う必要がある。

本実験に御協力下さった小林達吉、横川克男および山本昭宏の諸氏に感謝する。

文 献

- (1) E. E. Harris and E. Berglinger: *Ind. Eng. Chem.*, **38**, 890 (1946).
- (2) E. E. Harris, G. J. Hajny, M. L. Hannan and S. C. Rogers: *Ind. Eng. Chem.*, **38**, 896 (1946).
- (3) E. E. Harris, M. L. Hannan, R. R. Marquardt and J. L. Bubl.: *Ind. Eng. Chem.* **40**, 1216 (1948).
- (4) E. C. Sherrard and F. W. Kressman: *Ind. Eng. Chem.*, **37**, 5 (1945).
- (5) 岩田 芳: *醸協誌*, **7**, 133 (昭 24).
- (6) E. O. Ericsson: *Chem. Eng. Progress*, **43**, 165 (1947).
- (7) J. R. Callahan: *Chem. and Met. Eng.*, **50**, 104 (1943).
- (8) *Pulp and Paper Mag. Can.*, **50**, (1949).
- (9) H. O. Agar and T. L. McCarthy: *Tappi*, **34**, 126 (1951).
- (10) 七字三郎: *醸酵誌*, **10**, 6, 121 (昭 27); **11**, 15, 87 (昭 28).
- (11) R. H. Reonard and G. J. Hajny: *Ind. Eng. Chem.*, **37**, 390 (1945).

第2報 亜硫酸パルプ廃液より酵母の製造 に関する研究

飼料酵母の製造

SWL は約 30%の pentose を含有するのでこれをアルコール醗酵に使用することは糖の利用の面からは不経済である。Pentose をも充分資化できる酵母を製造することは、SWL の糖を完全に利用する点で好ましく、かつ SWL の BOD を極度に低下せしめ得るので廃水の処理の面からもまた望ましい。この仕事はドイツにおいて最も研究かつ工業化が行われて⁽¹⁾、1944年には年産 25,000 ton の dry yeast を生産設備を有し、食料および飼料として重要な蛋白資源となった。最近アメリカにおいても大規模の工場が運転されつつあり⁽²⁾、吾国にてもこの問題は国策的にとりあげられつつある。

(1) 前処理および栄養源について

なるべく簡単な処理および栄養源を使用して菌体収量を増加せしめるため、種々の組合せを行って実験した。使用した SWL は王子製紙のもの、菌は *Mycotorula japonica* Sakaguchi et Yamaguchi を使用した。前処理としては $\text{Ca}(\text{OH})_2$ を加えて pH 5.8 となし濾過後、水を加えて 1.5 倍となした。ただし No. 4 の実験のみは硫酸々性にて steam stripping を 1 時間行い、 CaCO_3 と $\text{Ca}(\text{OH})_2$ を用いて中和とアルカリ処理を行い、 CO_2 を吹込んで pH を 5.5 に adjust し水にて 1.5 倍に dilute したもので、完全の処理といえるものを使用した。培養は 300 cc の振盪フラスコによる振盪培養によった。分析その他は全て前と同様である。

その結果を Table 1 に示す。醗酵時間は 48 時間である。

Table 1 より明らかなように、前処理が簡単な場合には硫酸又は尿素のみを窒素源とする時は結果が悪く、対糖 0.15% の米糠の添加は著しく好結果を招来する。 K_2HPO_4 を 2%、またはそれに相当する過リン酸石灰を使用することは非常に好ましい。また KCl を使用すると著しい効果のあることが分った。

さらに硫酸と過リン酸石灰を使用するさいのその必要量を知るべく、種々の組合せについて同様の実験を行った結果を Table 2 および Table 3 に示す。

使用した糖液は東洋紡績のもので、pH を 6.0 となして濾過せるもののみを使用した。

この結果をみると、 $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ の使用量は 8% で充分と思われる。あるいは 6% にても使用可能であろう。過リン酸石灰の使用量も 8% 位が適していると思われる。

(2) Waldhof Fermento による中間試験

以上の基礎的なデータに基づき Waldhof fermentor を使用して連続的培養を行った。

Waldhof fermentor は今次大戦中ドイツにおいて木材糖化液または亜硫酸パルプ廃液のごとき薄い糖液より酵母を製造するさいに使用された装置で、1944年に Mannheim の Zellstoff fabrik Waldhof で操業されて以来続々と工場建設が起り、終戦時には年間乾燥酵母 15,000 トン近くの生産計画のほとんどすべてがこの方法によっていた。この装置の利点は、工学的に非常に巧妙に設計されていることで、すなわちまず continuous fermentor であること、通気の良いこと、消泡が完全に行われること等で、酵母は速により収量をもって得られるのである。

a **使用した装置** Fig.1 に示されたごとき装置を使用した。廃液は feed tank より overflow tube を通り head が一定となって fermentor の draft tube に charge される。途中に orifice を設けて液量を測定した。連続的に charge された液は overflow pipe より連続的に discharge される。すなわち、0.3気圧の圧搾空気を使用した ejector により吸引する。Dischargeされた醗酵液は reserve tank に導かれる。Waldhof fermentor は高さ 537mm、直径 375mm の円筒形で、中央に直径 146mm、高さ 370mm の draft tube が設けられており、その tube の真下に aeration wheel がある。この wheel は shaft と直結してあり、air は shaft を通り、Wheel に固定された 6本の spinner から液中にだされる。Aeration wheel は毎分 1,000回転をなすごとく設計されている。資材は spinner が銅製である他はすべて stainless steel である。

b **使用した亜硫酸廃液及び副原料** 使用した SWL は東洋紡績犬山パルプ工場のものである。

栄養源は実験 series No. 1~4 においては硫安、米糠、燐酸第二加里を、Series No. 5~9 には硫安、米糠、過燐酸石灰を、Series No. 10 以後はアンモニヤ、米糠および過燐酸石灰を使用した。

なお使用したアンモニヤ水は 21.3%の NH_3 を含むもの、米糠は脱脂せるもので、約10倍量の水を加えて $6\text{kg}/\text{cm}^2$ で30分または $2\text{kg}/\text{cm}^2$ で 40分間蒸煮したものの濾液を用いた。過燐酸石灰は 60~80 °の温水で30分間浸出してその濾液を使用した。

c **菌 株** 使用せる菌株は東洋紡績にて長期間 SWL に馴致培養してきた *Mycotorula japonica* である。

d **運転の方法** Fermentor に種々の量の SWL を入れて batch で運転を行い、その泡の形成状態、形成された泡の輸送状態等を観察した結果、18 lの液量が最適であることが判明したので、実験にはすべて18 lを基本液量とした。18 lの培養基に対し4%の wet yeast (平均水分 78%) を添加し、batch で 3~4 時間運転を行うと約 50~60%の糖消費が起り、この時始めて一定量ずつ feedを開始して約6時間経過すると、大体 constant の状態になるから、この時から分析を開始してその後 8~10時間の測定を以て一実験とした。通気量は特別

の場合を除き毎分 18 l すなわち液量と同量である。

e **分析方法** 糖の定量は Lehmann School 法によった。

酵母量の測定は約 30g の醗酵液を 3,000 r.p.m. の遠心分離機にて 10 分間処理し、沈澱物を 0.1 N HCl で洗浄してその重量と水分とを測り、乾燥物として算出した。また一実験終了後は全醗酵液を 15,000 r.p.m. の Sharpless 分離機に掛け、その重量と水分とから乾燥酵母量を算出した。

f **実験結果** Table 4 の series No. 1~18 は種々の条件における運転の状況を各個に示したものであり、Table 5 はこの 18 回の実験の結果を一括して表示したものである。

Table 4 および Table 5 より検討するに、series No. 1 は糖濃度薄くかつ feed の量が少ないので、酵母の対糖収率は最もよい。特にこの場合は中和にアンモニアを用いたので、その影響もあると思われる。 K_2HPO_4 を省いた No. 2 は明らかに成績が悪かった。No. 3 は糖濃度も高く、feed 量も多いがよい成績を示している。No. 4 は feed の量も糖の濃度も高すぎると考えられる。No. 5~9 は過燐酸石灰と硫酸との併用試験であるが、製品は明らかに灰分多く品質が悪い。したがって No. 10 以下はすべてアンモニアを使用した。No. 11 は KCl を使用したが、その効果は著しい。No. 13 は通気量を半減したもので、No. 14~18 は Feed の量を途中で変化せしめて観察したものである。以上のごとくアンモニア、過燐酸石灰および米糠を使用して非常により収量をもって酵母を連続製造することが可能であって従来の通気培養装置に比してこの Waldhof fermentor は優秀であると考えられる。

パン酵母の製造試験

SWL よりパン酵母の製造はカナダあたりにて実際に行われているといわれるが、その詳細は不明である。はたして醗酵力ある良好のパン酵母が得られるか否か、またそのパン生地醗酵試験はいかなる結果を示すか。これらを知るための実験を次のごとく行った。

使用した SWL は東洋紡績のものである。

使用菌株は *Saccharomyces cerevisiae* で、酵母会社で使用している Fleischmann 株である。SWL の前処理はまず H_2SO_4 にて pH 2 となし、濾過した液を水蒸気蒸溜して SO_2 の反応が無くなった後冷却し、 $Ca(OH)_2$ にて pH 8.5 となして一夜放置、上澄液を pH 5.2~4.8 に adjust して 50 にて濾過した。

培養の方法は、まず試験管に麦汁と SWL との混合した液を造り接種して培養する。この麦汁の量を徐々に減少せしめて、遂には 4~5 回目には全く SWL のみを使用して接種、之を種母とする。

菌体の生成には shaking culture を用いた。培養条件は 30 で 24 時間、これを centrifuge にて分離しよく水洗、または 0.2% の HCl にて 2 回洗浄して醗酵試験および生地試験

を行つた。

醱酵試験は常法とおりの Meissel 氏重量法により、生地試験その他はイースト協会選定の規定に従つた。

糖の定量は Somogyi 氏変法⁽³⁾を採用した。

乾燥酵母の量は 100°C で 5 時間処理の重量とした。

まず最初に上記のごとく処理した SWL に 2.5% の K_2HPO_4 と 2% の rice bran (いづれも対糖) を加え、これに $(NH_4)_2SO_4$ の量を種々に変えて添加し、殺菌せる後、試験管中の種母を接種して試験した。その結果は Table 6 のとおりである。同様に K_2HPO_4 、Ca-supper-phosphate および rice-bran についての結果を Table 7, 8, 9 に示す。

以上の栄養試験の結果より、硫酸は対糖 16% くらい、 K_2HPO_4 は対糖 2.5% くらい、過磷酸石灰を使用する場合には対糖 6% くらい、米糠は、無添加の場合は好ましくないので、1% くらいを使用することにより、醱酵試験、生地試験ともに現在の規格における一級品に相当するパン酵母の製造が可能である。ただし、製品に僅ながら廃液独得の臭のつく問題が解決されねばならない。

色の問題は 0.2% HCl にて洗滌すれば満足される結果が得られ、かつまた保存試験の結果も市販品になんらの遜色がない。

本実験に御協力下さつた伊藤多賀司、半田幸彦、小山昂および石井治の諸氏に深謝する。

文 献

- (1) J. F. Saeman et al: Paper Trade J. 123, 38 (1946).
- (2) J. M. Holderby et al: Ind. Eng. Chem., 43, 1702 (1951).
- (3) 実験農芸化学 587 (昭 27).

第3報 亜硫酸パルプ廃液の Butanol isopropanol 醗酵に関する研究

SWL の butanol 醗酵に関しては Peterson 等⁽¹⁾ および Scholder⁽²⁾ の研究があるが、非常に困難な醗酵のためその後報告されていない。著者は東京大学の保存菌株約 90 種につき実験を行って数種類の優良菌を選出することができた。そのうちでも特に No. 442 はいわゆる butanol isopropanol 醗酵菌として優秀なので、主としてこれによる培養について報告する。

使用した廃液は全て王子製紙のもの。前処理は特別の場合を除きすべて次の方法によった。原液に 0.5~1% の conc. H_2SO_4 を加え、1時間 steam stripping を行った後 $CaCO_3$ にて中和濾過する。次に $CaCO_3$ を 2.5~3.0% 加えてリグニンの沈澱を濾別し、 H_2SO_4 にて pH を 3~4 に調節、最後に 80 において $CaSO_4$ の沈澱を濾別して使用した。

糖の定量は Lehman School 法、butanol および ethanol は Johnson 法⁽³⁾、acetone の定量は Goodwin の改良による Messinger 法⁽⁴⁾、isopropanol は Bernhauer⁽⁵⁾ によった。

Initial pH 6.8、培養温度は 37℃、他はすべて常法による。

(1) 菌株の選択

東京大学農学部保存されている砂培養より常法により醗酵試験を行って選択を試みた。培地組成は glucose 3%、corn steep liquor 対糖 15%、 $(NH_4)_2HPO_4$ 1%、 $CaCO_3$ 0.3% である。その結果を Table 1 a, b に示す。

Table 1 a, b, c にて明らかのごとく、菌株によっては全く醗酵せず、No. 442 と K7 のごとくよく醗酵するものもある。b にて明らかのごとく No. 442 および K7 はいわゆる butanol isopropanol 菌であり、c にて明らかのごとく、陸 5 と No. 1 はいわゆる acetone butanol 菌である。

No. 442 は非常に優秀な菌と思われるので、今後はこの菌について実験を続けた。

(2) SWL の前処理について

活性炭による前処理は Peterson により効果があると報ぜられているが、2% の活性炭を使用し種々の pH にて吸着を行わしめた結果はほとんど効果がなかった。

石灰を添加して lignin を除去する方法は非常に効果的であった。Table 2 は、corn steep liquor 対糖 10%、 KH_2PO_4 0.05%、 $(NH_4)_2SO_4$ 4% を添加した培地における醗酵試験で、石灰によって各種の pH にまでなした後、濾過したものをを用いてその差を観察した。

極度にアルカリ性となるまで石灰を添加すれば醗酵率は非常に上昇するが、濾過により得られる処理液の量が非常に少なくなる欠点がある。

(3) 各種窒素源の検討

Glucose 3%, 各種有機蛋白質源対糖 10%, Speakman 塩類および 0.4% の CaCO_3 を添加した培地による比較試験は Table 3 のごとくである。

Table 3 にてみるごとく corn steep liquor の添加は醗酵を著しく良好となさしめる。

これら有機質の窒素源に無機質の窒素源を添加した場合の効果について Table 4 に示す。硫酸を 3% 加えた区と加えない区についての比較試験は明らかに添加区が良好で、尿素の添加は思わしくなかった。

Corn steep liquor と硫酸は明らかに窒素源として優秀なることが判明したので、その最適量を決定すべく、種々の量の組合せにつき同様の実験を行った結果は Table 5 のごとくである。

Table 5 にて明らかのごとく CSL を 10~5%, 硫酸を 3~4% くらいの添加が最も適していると考えられる。

Table 6 は No. 442 による CSL と硫酸の併用時における solvent の生成をみたものである。この場合、CSL 5%, 硫酸 4% の実験も行ったが、沸付きが非常に遅れたので除外した。

実験の方法は全く前と同様である。

以上の結果より、石灰を用いて SWL を充分処理を行えば、CSL と硫酸を副原料とすることにより butanol-isopropanol 醗酵を満足に行わしめ得ることが分つた。東大保存菌株の No. 442 はこの目的のために最も優れた菌株である。

本実験を分担された田中文夫、佐藤忠雄の両氏に深謝する。

文 献

- (1) A. J. Wiley, M. J. Johnson, E. McCoy and W. H. Peterson: Ind. Eng. Chem., **33**, 606 (1941).
- (2) K. Schölder: Wochbl. Papierfabrik, **81**, 44 (1953).
- (3) M. J. Johnson: Ind. Eng. Chem., Anal. Ed. **4**, 20 (1932).
- (4) L. F. Goodwin: J. Am. Chem. Soc., **42**, 39 (1920).
- (5) K. Bernhauer: "Gärungschemisches Praktikum" (1936).

Table 1. Wood saccharification at Tokyo University.

No. of saccharificat.	Accumulator		Percolator		Time min.	H ₂ SO ₄ conc. %	Sugar conc. %	Sugar obtain. kg	Sugar Wood %
	temp. °C	press. kg/cm ²	temp. °C	press. kg/cm ²					
1	150	3.9	140	5.0	20	1.19	2.29	1.145	9.76
2	155	4.6	155	6.0	30	3.19	3.03	1.052	9.00
3	160	5.3	175	7.5	30	3.72	2.48	0.992	8.50
Washing	120	1.0	—	—	—	0.90	1.27	0.572	4.87
Total					80			3.761	32.13

Notes : Material Saw dust (Sugi) .

Total hydrolyzate obtained 156.8 l .

Table 2. Wood saccharification at Fukuizumi Co .

No. of saccharificat.	Accumulator		Percolator		Time min.	H ₂ SO ₄ conc. %	Sugar conc. %	Sugar obtain. kg	Sugar Wood %
	temp. °C	press. kg/cm ²	temp. °C	press. kg/cm ²					
Pre-heating	154	7.5	—	7.5	30				
1	154	7.5	—	7.3	20	0.43	2.47	0.988	4.70
2	154	7.5	—	7.5	20	1.12	2.62	1.729	8.22
3	154	7.5	—	7.6	20	1.12	2.32	0.858	4.08
4	154	7.5	—	3.5	30	1.08	1.74	1.514	7.20
Washing					10	0.99	0.30	0.108	0.51
Total					130			5.197	24.71

Notes : Material Sawdust .

H₂SO₄ used 4.9 kg of 54.8% H₂SO₄ .

Water added 265 l .

Table 3. Fe₂O₃ and CaO content in wood hydrolyzates before neutralization .

Hydrolyzate of	Fe ₂ O ₃ vol %	CaO vol %
Tokyo Univ.	0.3700	trace
Fukuizumi Co.	0.1132	trace

Table 4 . Fe₂O₃ and Ca content after neutralization*

Ex. No.	Neutraliz. agent	Fe ₂ O ₃ vol %	CaO vol %	Notes
1	Ca(OH) ₂	0.1340	0.1664	pH 6.4
2	Ca(OH) ₂	0.0936	—	pH 8.4
3	Ca(OH) ₂	0.0312	—	filtered at 88°C after boiling
4	CaCO ₃	0.2680	0.0920	pH 4.5
5	Na ₂ CO ₃	0.0988	0.0496	pH 7.0

* Wood hydrolyzate of Tokyo Univ. was used.

Table 5 . Precipitation of H₃PO₄ by neutralization .

Treatment No.*	H ₃ PO ₄ wt. % before filtration	H ₃ PO ₄ wt. % after filtration
1	20	1.52
4	20	2.80
5	20	11.65

* Just the same as shown in Table 4 .

Table 6 . Fermentation test .

Neutral. agent	Yeast		Sugar		Alcohol	
	wet vol. %	cell count × 10 ⁶	initial %	used %	% for sugar used	% for total sugar
Na ₂ CO ₃	1.2	108	2.21	65	43.8	28.5
Ca(OH) ₂	2.1	—	1.91	62	42.2	26.2

Notes : Inoculum size...1% wet yeast .
Fermentation period...6 hrs .

Table 7 . Comparison of yeasts (batch method) .

Yeast	Initial sugar conc. g/100 cc	Sugar not used g/100 cc	Percent of fermentation
<i>Saccharomyces cerevisiae</i> K ₂	2.326	0.666	71.36
Fleischmann yeast	2.326	1.154	50.38
No. 6	2.326	1.168	49.78
No. 31	2.326	0.754	67.58
No. 48	2.326	0.767	67.02

Table 8 . Selection of yeast by Re-use method 1.

Transfer No.		1 st									
Strain No.		1	2	3	4	5	6	7	8		
Initial reducing sugar		%	2.65	2.65	2.65	2.65	2.65	2.65	2.65		
After fermentation	reducing sugar		%	0.80	0.80	0.72	0.80	0.87	0.81	0.87	0.70
	sugar used		%	69.8	69.8	71.7	69.8	67.2	69.5	67.2	73.5
	pH			5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0
	alcohol conc.		%	0.86	0.86	0.85	0.80	0.79	0.82	0.83	0.89
	alcohol	% for sugar used		46.5	46.5	44.7	43.2	44.4	44.6	46.6	45.6
	yield	% for total red. sugar		32.4	32.4	32.1	30.2	29.8	31.0	31.4	33.6
Transfer No.		3 rd									
Strain No.		1	2	3	4	5	6	7	8		
Initial reducing sugar		%	2.65	2.65	2.65	2.65	2.65	2.65	2.65	2.65	
After fermentation	reducing sugar		%	0.83	0.87	0.87	0.83	0.83	0.85	1.01	0.93
	sugar used		%	68.6	70.6	70.6	68.6	69.9	68.6	63.6	66.8
	pH			5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0
	alcohol conc.		%	0.83	0.87	0.87	0.83	0.85	0.83	1.01	0.93
	alcohol	% for sugar used		44.6	45.5	44.5	43.5	41.6	44.0	45.7	44.8
	yield	% for total red. sugar		31.2	31.2	30.4	30.4	28.8	30.8	28.8	29.6
Transfer No.		5 th									
Strain No.		1	2	3	4	5	6	7	8		
Initial reducing sugar		%	2.65	2.65	2.65	2.65	2.65	2.65	2.65	2.65	
After fermentation	reducing sugar		%	0.92	0.92	0.92	0.90	0.90	0.92	1.15	0.97
	sugar used		%	62.1	62.1	62.1	63.4	65.4	62.1	58.3	65.2
	pH			5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0
	alcohol conc.		%	0.92	0.92	0.92	0.92	0.90	0.90	1.15	0.97
	alcohol	% for sugar used		44.0	43.5	44.5	43.9	43.2	41.6	43.3	43.1
	yield	% for total red. sugar		29.2	28.8	29.6	29.6	29.2	27.6	25.0	29.8

Transfer No.		7 th								
Strain No.		1	2	3	4	5	6	7	8	
Initial reducing sugar %		2.65	2.65	2.65	2.65	2.65	2.65	2.65	2.65	
After fermentation	reducing sugar %	0.84	0.84	0.85	0.84	0.83	0.82	1.15	0.93	
	sugar used %	70.3	70.3	69.9	70.3	68.6	69.0	56.5	65.0	
	pH	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	
	alcohol conc. %	0.80	0.82	0.80	0.80	0.79	0.78	0.65	0.77	
	alcohol yield	% for sugar used	44.0	46.3	44.5	44.2	43.5	42.6	44.3	44.0
		% for total red. sugar	30.8	31.5	30.8	30.8	30.4	30.0	24.5	29.0

Transfer No.		13 th								
Strain No.		1	2	3	4	5	6	7	8	
Initial reducing sugar %		2.65	2.65	2.65	2.65	2.65	2.65	2.65	2.65	
After fermentation	reducing sugar %	1.91	2.01	1.78	1.91	1.85	1.41	1.83	1.89	
	sugar used %	27.9	24.1	32.8	27.9	30.2	46.7	30.9	28.6	
	pH	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	
	alcohol conc. %	0.33	0.28	0.39	0.31	0.33	0.55	0.36	0.34	
	alcohol yield	% for sugar used	45.0	43.8	44.8	42.0	41.2	44.3	36.6	44.7
		% for total red. sugar	12.4	10.6	14.7	11.7	12.4	23.7	11.3	12.8

Transfer No.		19 th								
Strain No.		1	2	3	4	5	6	7	8	
Initial reducing sugar %		2.65	2.65	2.65	2.65	2.65	2.65	2.65	2.65	
After fermentation	reducing sugar %	1.47	1.52	1.33	1.34	1.36	1.38	1.48	1.45	
	sugar used %	44.5	42.6	49.8	49.5	49.0	47.9	44.1	45.3	
	pH	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	
	alcohol conc. %	0.50	0.49	0.57	0.62	0.60	0.60	0.52	0.53	
	alcohol yield	% for sugar used	42.4	43.3	43.1	47.3	46.1	47.2	44.5	44.1
		% for total red. sugar	19.6	19.2	22.4	24.3	23.6	23.6	20.4	20.8

9 th								11 th							
1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8
2.65	2.65	2.65	2.65	2.65	2.65	2.65	2.65	2.65	2.65	2.65	2.65	2.65	2.65	2.65	2.65
0.90	0.79	0.85	0.78	0.96	0.91	0.95	1.00	0.80	0.78	0.75	0.80	0.86	0.83	1.20	1.08
66.0	70.1	64.1	70.5	63.7	65.5	64.1	62.1	69.7	70.5	71.7	69.7	69.5	68.6	54.7	59.2
5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0
0.81	0.83	0.81	0.80	0.79	0.71	0.76	0.73	0.87	0.79	0.84	0.80	0.79	0.80	0.63	0.69
45.5	44.6	47.5	42.7	46.6	40.7	44.6	44.0	47.0	42.2	44.2	43.2	44.1	44.0	43.5	47.5
30.6	31.3	32.5	30.8	30.4	34.3	28.3	27.4	33.6	30.4	31.7	30.8	30.4	30.8	23.7	26.0

15 th								17 th							
1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8
2.65	2.65	2.65	2.65	2.65	2.65	2.65	2.65	2.65	2.65	2.65	2.65	2.65	2.65	26.5	26.5
1.84	1.95	1.68	1.74	1.61	1.52	1.65	1.66	1.62	1.64	1.50	1.53	1.52	1.39	1.57	1.59
30.6	26.4	36.5	34.3	39.3	42.6	37.7	37.3	38.9	38.1	43.4	42.2	42.6	47.5	40.7	40.0
5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0
0.36	0.30	0.41	0.41	0.47	0.54	0.45	0.42	0.50	0.45	0.53	0.53	0.48	0.55	0.48	0.48
44.5	42.8	42.3	45.0	45.1	45.7	45.0	42.5	48.5	44.5	46.0	47.3	42.5	43.6	44.5	45.3
13.5	11.3	15.5	15.5	17.7	20.4	17.0	15.8	18.8	17.0	20.0	20.8	18.8	21.6	18.8	18.8

Mean value							
1	2	3	4	5	6	7	8
2.65	2.65	2.65	2.65	2.65	2.65	2.65	2.65
0.84	0.83	0.85	0.83	0.87	0.85	1.02	0.91
1.71	1.78	1.57	1.63	1.59	1.43	1.53	1.65
88.3	68.6	67.9	68.6	67.1	67.9	61.5	65.6
35.5	32.8	36.7	34.6	36.0	41.5	34.6	34.0
5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0
0.82	0.82	0.81	0.80	0.79	0.78	0.72	0.77
0.45	0.38	0.48	0.47	0.47	0.56	0.45	0.44
45.3	45.0	45.0	44.0	44.3	43.3	44.4	44.2
47.8	43.7	44.4	46.0	44.3	45.8	44.0	44.0
31.0	31.0	30.3	30.2	29.8	29.4	27.2	29.1
17.0	14.3	18.1	17.8	17.8	21.2	17.0	16.6

Notes :

1. Initial reducing sugar 2.65%
2. Initial pH 5.2
3. pH after fermentation all 5.0
4. Incubation time 4 hr (Transfer No. 1~No. 4) and 2 3/4 hr (No. 5~No. 19)
5. Inoculum size 2% wet (Transfer No. 1~No. 12) and 1% wet (No. 13~No. 19)

Strain Number :

- 1...Saccharomyces cerevisiae Kokusaku 1
- 2... " Kokusaku 2
- 3... " Kokusaku 3
- 4... " Kokusaku 4
- 5...Molasses yeast No. 396 (Formosa)
- 6...No. 6 (New isolated) Candida
- 7...No. 30 (Tokyo University)
- 8...OC₂ (Tokyo University)

Table 9 . Selection of yeast by Reuse method 2 .

Transfer No.		3							5						
Strain No.		1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7
After fermentation	reducing sugar conc. %	1.21	0.93	1.41	0.89	0.94	0.94	0.99	1.28	0.78	1.24	0.81	0.80	1.20	0.99
	sugar fermented %	54.3	64.9	46.4	65.6	64.5	64.5	62.7	51.8	70.5	53.2	69.5	69.9	54.7	63.4
	pH	5.4	5.4	5.4	5.4	5.4	5.4	5.4	5.4	5.4	5.4	5.4	5.4	5.4	5.4
Alcohol yield	alcohol conc. %	0.72	0.74	0.58	0.79	0.82	0.74	0.80	0.64	0.78	0.58	0.81	0.82	0.60	0.74
	based on sugar used %	50.0	43.0	47.2	44.8	47.9	43.2	48.2	46.7	41.7	41.2	44.1	44.3	41.4	44.0
	based on total sugar %	27.2	27.9	21.9	29.8	31.0	27.9	31.0	24.2	29.5	21.9	32.8	32.1	22.6	27.9

Transfer No.		15							19						
Strain No.		1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7
After fermentation	reducing sugar conc. %	1.18	0.86	1.60	0.76	0.83	1.27	0.71	0.89	0.78	1.64	0.87	1.27	1.33	0.87
	sugar fermented %	55.5	67.6	39.6	71.4	68.6	52.4	73.2	66.4	70.5	38.2	67.2	52.1	49.8	67.2
	pH	5.4	5.4	5.4	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0
Alcohol yield	alcohol conc. %	0.67	0.80	0.50	0.79	0.82	0.62	0.85	0.71	0.85	0.47	0.84	0.61	0.29	0.23
	based on sugar used %	45.6	44.6	47.6	41.7	45.2	44.6	43.8	40.3	45.7	45.7	46.2	44.2	47.0	41.0
	based on total sugar %	25.3	32.0	18.9	29.8	30.9	23.4	32.1	33.6	32.1	17.7	32.8	23.0	11.0	27.5

Notes : Initial reducing sugar concentration 2.65%

Inoculum size 2.0% (wet)

Initial pH all 6.0

Incubation time 2³/₄ hours

- Strain number :
- 1 Candida tropicalis
 - 2 Saccharomyces cerevisiae K₂
 - 3 Torulopsis utilis
 - 4 Saccharomyces cerevisiae K₄
 - 5 Wine yeast OC₂
 - 6 Candida (New isolated)
 - 7 Molasses yeast No . 396 (Formosa)

9							11							13						
1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7
1.04	0.90	1.27	3.96	0.73	1.16	0.77	1.04	0.73	1.37	0.73	0.71	1.32	0.83	1.11	0.73	1.37	0.80	1.77	1.27	0.96
60.8	66.0	52.0	63.8	72.5	56.3	71.0	61.3	72.5	48.3	72.5	73.3	50.2	68.1	57.7	72.5	48.3	69.9	71.0	52.1	63.7
5.6	5.6	5.6	5.6	5.6	5.6	5.6	5.5	5.5	5.5	5.5	5.4	5.4	5.4	5.4	5.4	5.4	5.4	5.4	5.4	5.4
0.69	0.79	0.58	0.77	0.79	0.63	0.83	0.70	0.84	0.63	0.81	0.88	0.61	0.84	0.71	0.86	0.63	0.83	0.86	0.62	0.80
42.8	45.2	42.9	45.6	41.2	42.2	46.0	43.4	43.5	48.8	42.3	45.3	45.7	46.2	46.0	44.7	49.2	44.8	45.7	44.9	47.8
26.0	29.8	21.8	29.1	29.8	23.7	31.3	26.3	31.5	23.5	30.6	33.2	23.0	31.6	26.8	32.4	23.8	31.3	32.4	23.4	31.0

Table 10. Nutrients composition of mediums .

Number of expts.	Pre-treatment	Rice-bran %	Ammonium sulphate	Ca-superphosphate
1	A	2.0	1.0	0.5
2	A	2.0	1.0	1.0
3	A	2.0	0.5	0.25
4	A	2.0	1.0	2.0
5	B	2.0	1.0	0.5
6	B	2.0	1.0	1.0
7	B	2.0	0.5	0.25

Notes :

Treatment A....pH 6.5 with $\text{Ca}(\text{OH})_2$, boiled for 30 minutes and filtered .

Adjusted to pH 5.3 with H_2SO_4 .

Treatment B....pH 8.5 with $\text{Ca}(\text{OH})_2$ and filtered .

Adjusted to pH 5.3 with H_2SO_4 .

Table 11 . The effects of pre treatments and nutrients .

Transfer No.		1							2							
Experiment No.		1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7	
Inoculum size wet g/200 ml	initial	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	3.85	4.0	4.0	3.85	4.0	3.85	4.0	
	final	3.85	4.0	4.0	3.85	4.0	3.85	4.0	4.1	4.5	4.2	4.2	4.2	4.2	4.5	
pH	initial	5.3	5.3	5.3	5.3	5.3	5.3	5.3	5.3	5.3	5.3	5.3	5.3	5.3	5.3	
	final	5.0	5.0	5.0	5.0	4.7	4.7	4.7	4.6	4.6	4.6	4.6	4.2	4.2	4.2	
Initial reducing sugar %		2.48	2.48	2.48	2.48	2.29	2.29	2.29	2.48	2.48	2.48	2.48	2.29	2.29	2.29	
Residual reducing sugar %	3 hrs	1.76	1.80	1.80	1.79	1.62	1.61	1.60	1.61	1.59	1.37	1.54	1.16	1.22	1.13	
	5 hrs	1.27	1.37	1.38	1.30	1.15	1.14	1.08	1.03	1.12	1.01	1.11	1.09	1.00	0.87	
	8 hrs	0.84	0.84	0.87	0.91	0.89	0.89	0.82	0.83	0.83	0.83	0.77	0.82	0.83	0.82	
Sugar fermented g	3 hrs	0.72	0.68	0.68	0.69	0.67	0.68	0.69	0.87	0.89	1.11	0.94	1.13	1.07	1.16	
	5 hrs	1.21	1.11	1.10	1.18	1.14	1.15	1.21	1.45	1.36	1.47	1.37	1.38	1.39	1.42	
	8 hrs	1.64	1.64	1.61	1.57	1.40	1.40	1.47	1.65	1.65	1.65	1.71	1.47	1.46	1.47	
% of sugar fermented	3 hrs	28.8	27.2	27.2	27.6	29.2	29.6	30.0	35.2	36.0	44.8	36.4	45.2	46.8	50.8	
	5 hrs	48.7	44.8	44.4	47.6	49.8	50.4	52.8	58.6	54.8	59.2	55.2	60.4	60.8	62.0	
	8 hrs	66.0	66.0	65.0	63.5	63.0	63.0	64.5	66.5	66.5	66.5	69.0	64.0	63.7	64.3	
Yield of alcohol	Concentration wt. %	3 hrs	—	—	0.24	—	—	—	0.24	—	—	0.38	—	—	—	0.37
		5 hrs	—	—	0.45	—	—	—	0.47	—	—	0.61	—	—	—	0.59
		8 hrs	0.69	0.73	0.69	0.72	0.69	0.69	0.73	0.69	0.71	0.73	0.72	0.73	0.73	0.71
	Based on total sugar %	3 hrs	—	—	9.7	—	—	—	10.3	—	—	15.5	—	—	—	16.2
		5 hrs	—	—	16.5	—	—	—	20.4	—	—	24.6	—	—	—	25.5
		8 hrs	27.9	29.4	27.8	29.0	30.2	30.0	31.9	30.8	31.0	32.5	31.6	31.8	31.4	30.2
	Based on sugar fermented %		42.2	44.4	42.8	45.8	44.4	44.4	49.7	42.0	43.1	44.2	42.4	49.8	49.0	48.4

(Re use method)

3							4							5							
1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7	
4.1	4.5	4.2	4.2	4.2	4.2	4.5	3.8	4.4	4.2	3.9	4.0	4.0	4.2	4.3	4.4	4.7	4.4	4.5	4.3	4.4	
3.8	4.4	4.2	3.9	4.0	4.0	4.2	3.8	4.4	4.2	3.9	4.0	4.0	4.2	4.7	5.3	4.2	4.8	4.7	4.8	4.7	
5.3	5.3	5.3	5.3	5.3	5.3	5.3	5.3	5.3	5.3	5.3	5.3	5.3	5.3	5.1	5.1	5.1	5.1	5.3	5.3	5.3	
5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	4.8	4.8	5.0	4.8	4.8	4.8	4.8	4.8	4.6	5.2	4.8	4.7	4.8	4.8	4.5	4.6	4.4
2.48	2.48	2.48	2.48	2.29	2.29	2.29	2.48	2.48	2.48	2.48	2.29	2.29	2.29	2.48	2.48	2.48	2.48	2.29	2.29	2.29	2.29
1.12	1.29	1.29	1.22	1.17	1.22	1.26	1.50	1.35	1.35	1.34	1.26	1.17	1.26	1.15	1.08	1.18	1.62	1.36	1.52	1.50	
0.84	0.84	0.86	0.93	0.87	0.94	0.92	0.81	0.91	0.90	0.90	0.93	0.89	0.90	0.87	0.87	0.88	0.86	0.91	0.95	0.97	
0.80	0.79	0.82	0.84	0.87	0.87	0.86	0.75	0.75	0.72	0.73	0.78	0.77	0.78	0.82	0.81	0.81	0.80	0.83	0.88	0.86	
1.36	1.19	1.27	1.26	1.12	1.07	1.03	0.98	1.13	1.13	1.14	1.03	1.12	1.03	1.33	1.40	1.30	1.26	1.12	0.96	0.98	
1.64	1.64	1.62	1.55	1.42	1.35	1.37	1.67	1.57	1.58	1.58	1.46	1.46	1.39	1.61	1.61	1.60	1.62	1.38	1.34	1.32	
1.70	1.71	1.72	1.69	1.48	1.48	1.46	1.73	1.73	1.76	1.75	1.51	1.52	1.51	1.61	1.67	1.67	1.67	1.46	1.41	1.52	
54.8	48.0	51.2	50.8	48.8	46.8	44.8	39.6	45.6	45.4	46.0	45.2	48.2	44.8	53.6	56.4	52.5	50.7	49.0	42.0	42.7	
66.0	66.0	65.2	62.4	62.0	59.2	60.0	67.2	63.2	63.6	63.6	63.8	61.2	61.0	65.0	65.0	64.5	65.5	60.3	58.5	57.5	
68.5	69.0	67.4	68.2	64.6	64.6	63.8	69.8	69.8	71.0	70.0	70.0	66.4	66.0	67.0	67.0	67.3	67.2	64.0	63.0	62.5	
—	0.53	—	—	—	0.46	—	—	0.52	—	—	—	0.49	—	—	0.48	—	—	—	0.54	—	
—	0.76	—	—	—	0.67	—	—	0.72	—	—	—	0.68	—	—	0.71	—	—	—	0.64	—	
0.77	0.77	0.81	0.79	0.73	0.73	0.69	0.78	0.78	0.81	0.77	0.70	0.73	0.72	0.74	0.79	0.78	0.77	0.72	0.72	0.74	
—	21.3	—	—	—	20.1	—	—	20.8	—	—	—	21.3	—	—	20.9	—	—	—	22.6	—	
—	30.4	—	—	—	29.0	—	—	29.0	—	—	—	29.6	—	—	28.6	—	—	—	27.9	—	
31.4	31.4	32.5	31.0	30.8	32.1	31.2	31.4	31.4	32.5	29.2	31.8	31.8	31.0	29.9	30.4	31.4	31.4	31.4	32.6	31.4	
45.0	44.9	46.8	46.4	49.0	48.2	47.3	45.2	45.2	45.8	44.0	46.6	48.2	47.7	44.6	45.2	46.8	46.0	49.4	49.9	48.3	

Transfer No.		6							7							
Experiment No.		1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7	
Inoculum size wet g/200 ml	initial	4.7	5.3	4.2	4.8	4.7	4.8	4.7	4.9	5.6	5.0	4.7	5.2	4.9	5.2	
	final	4.9	5.6	5.0	4.7	5.2	4.9	5.2	4.7	5.3	5.0	5.3	5.4	4.9	5.4	
pH	initial	5.2	5.2	5.2	5.2	5.3	5.3	5.3	5.2	5.2	5.2	5.2	5.2	5.2	5.2	
	final	5.0	5.0	5.0	5.0	4.6	4.6	4.6	4.8	4.8	5.0	4.8	4.8	4.6	4.8	
Initial reducing sugar %		2.48	2.48	2.48	2.48	2.39	2.39	2.39	2.48	2.48	2.48	2.48	2.39	2.36	2.39	
Residual reducing sugar %	3 hrs	1.45	1.35	1.42	1.41	1.36	1.31	1.38	1.36	1.17	1.34	1.21	1.31	1.33	1.38	
	5 hrs	0.93	0.91	0.94	1.02	1.03	1.00	1.01	0.87	0.82	0.82	0.86	0.91	0.92	0.73	
	8 hrs	0.79	0.82	0.82	0.82	0.89	0.88	0.82	0.81	0.75	0.77	0.75	0.81	0.84	0.81	
Sugar fermented g	3 hrs	1.04	1.13	1.06	1.07	1.93	1.08	1.01	1.12	1.31	1.14	1.21	1.08	1.06	1.01	
	5 hrs	1.55	1.58	1.54	1.45	1.36	1.39	1.38	1.61	1.66	1.62	1.62	1.48	1.47	1.46	
	8 hrs	1.69	1.66	1.66	1.66	1.50	1.52	1.57	1.67	1.73	1.71	1.73	1.58	1.55	1.58	
% of sugar fermented	3 hrs	42.0	45.5	42.7	43.2	43.2	43.0	42.4	42.0	45.5	42.7	43.2	43.2	45.0	42.4	
	5 hrs	62.5	63.7	62.2	59.0	57.0	58.2	57.7	62.5	63.7	62.2	59.0	57.0	58.2	57.7	
	8 hrs	68.0	67.0	67.0	67.0	63.0	63.5	65.5	68.0	67.0	67.0	67.0	63.0	63.5	65.5	
Yield of alcohol	Concentration wt. %	3 hrs	—	0.40	—	—	—	0.38	—	—	0.65	—	—	—	0.50	—
		5 hrs	—	0.70	—	—	—	0.63	—	—	0.77	—	—	—	0.71	—
		8 hrs	0.77	0.72	0.74	0.74	0.72	0.72	0.70	0.85	0.81	0.79	0.79	0.72	0.73	0.78
	Based on total sugar %	3 hrs	—	16.2	—	—	—	15.8	—	—	26.2	—	—	—	20.9	—
		5 hrs	—	28.2	—	—	—	26.4	—	—	31.0	—	—	—	29.7	—
		8 hrs	31.0	29.0	30.4	30.0	30.3	30.1	29.1	32.8	32.5	31.5	31.5	31.9	30.5	32.5
	Based on sugar fermented %		45.5	43.4	44.7	44.7	48.2	47.4	44.4	48.9	46.6	45.6	45.6	45.9	47.1	49.2

Notes : The experiment numbers are explained in Table 10 .

Sacch . cerevisiae K₂ was used .

Inoculum size.....2% wet .

Fermentation period.....8 hrs .

8							9							10						
1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7
4.7	5.3	5.0	5.2	5.4	4.9	5.4	5.2	5.9	5.5	5.9	5.7	5.8	5.7	5.3	5.0	5.3	5.4	4.9	5.4	5.4
5.2	5.9	5.5	5.9	5.9	5.7	5.8	5.4	6.2	5.8	5.9	6.3	6.2	5.9	5.7	6.6	6.3	6.2	6.9	7.3	6.5
5.3	5.3	5.3	5.3	5.3	5.3	5.3	5.3	5.3	5.3	5.3	5.3	5.3	5.3	5.3	5.3	5.3	5.3	5.3	5.3	5.3
5.0	5.0	4.8	4.8	4.8	4.8	4.8	4.6	4.8	4.5	4.7	4.6	4.4	4.6	4.6	4.6	4.5	4.6	4.4	4.4	4.4
2.48	2.48	2.48	2.48	2.39	2.39	2.39	2.48	2.48	2.48	2.48	2.39	2.39	2.39	2.48	2.48	2.48	2.48	2.39	2.39	2.39
1.12	1.24	1.34	1.25	1.25	1.28	1.17	1.22	1.68	1.18	1.14	1.10	1.09	1.19	1.23	1.21	1.25	1.13	1.22	1.25	1.22
0.83	0.81	0.83	0.76	0.85	0.89	0.86	0.92	0.83	0.87	0.91	0.88	0.88	0.92	0.90	0.87	0.90	0.88	0.95	0.94	0.92
0.78	0.78	0.77	0.81	0.82	0.78	0.81	0.82	0.81	0.78	0.87	0.88	0.85	0.85	0.82	0.81	0.83	0.84	0.87	0.87	0.87
1.36	1.24	1.14	1.23	1.14	1.11	1.22	1.26	1.40	1.30	1.34	1.29	1.30	1.20	1.25	1.27	1.23	1.35	1.17	1.14	1.17
1.65	1.67	1.65	1.72	1.54	1.50	1.53	1.50	1.55	1.61	1.57	1.51	1.51	1.47	1.58	1.61	1.58	1.60	1.44	1.45	1.47
1.70	1.70	1.71	1.67	1.57	1.60	1.58	1.66	1.67	1.70	1.61	1.51	1.54	1.54	1.66	1.67	1.65	1.65	1.52	1.52	1.52
34.8	50.0	46.0	49.6	47.7	46.5	51.1	50.8	51.5	52.4	54.1	54.0	54.4	50.3	50.3	56.3	49.7	54.5	49.0	47.8	49.0
66.5	67.3	66.5	69.3	64.5	62.7	64.0	62.7	66.5	64.8	63.3	63.1	63.1	61.5	63.7	64.8	63.7	64.4	60.5	60.7	61.3
68.6	68.6	69.0	67.4	65.7	67.0	66.1	67.0	67.3	65.7	64.8	63.1	64.2	64.5	67.0	67.3	66.5	66.5	63.7	63.7	63.7
-0.58	—	—	—	-0.55	—	—	-0.62	—	—	—	-0.58	—	—	-0.48	—	—	—	—	0.50	—
-0.78	—	—	—	-0.73	—	—	-0.74	—	—	—	-0.69	—	—	-0.69	—	—	—	—	0.65	—
0.84	0.85	0.85	0.82	0.77	0.79	0.79	0.74	0.77	0.85	0.79	0.75	0.75	0.75	0.78	0.82	0.73	0.79	0.74	0.72	0.74
-23.4	—	—	—	-23.0	—	—	-25.0	—	—	—	-24.3	—	—	-19.4	—	—	—	—	20.9	—
-31.5	—	—	—	-30.5	—	—	-29.9	—	—	—	-28.9	—	—	-27.8	—	—	—	—	27.9	—
33.6	34.2	34.2	32.9	32.2	32.8	32.8	32.0	31.0	34.0	32.8	31.9	31.5	21.4	31.2	33.0	30.4	31.8	31.1	30.3	30.1
49.4	49.8	49.5	48.8	49.0	49.0	49.6	47.9	46.1	50.0	48.8	49.6	48.8	48.6	46.7	49.0	44.2	47.8	48.8	47.6	48.6

Table 12 . Analysis of SML .

	Ōji Paper Mg. Co. Fuji	Kokusaku Pulp Mg. Co. Asahigawa	Toyo Spinning Co. Inuyama
Specific gravity	1.054	1.128	1.153
Total solid g/l	111.92	134.95	166.97
Ash g/l	16.526	24.97	21.06
Total SO ₂ g/l	2.380	5.414	3.413
Free SO ₂ g/l	0.240	0.716	0.263
Reducing sugar g/100 cc	2.31	2.36	3.23
Lignin	65.80	73.45	82.65

Table 13 . Effect of pre treatments 1 .

Fermentation hrs		Treatment		
		A	B	C
0	Initial sugar	2.316	2.445	3.332
5	Resid. sugar %	1.482	1.727	2.366
	Sugar used %	36.10	29.30	29.91
10	Resid. sugar %	1.262	1.372	2.289
	Sugar used %	45.20	43.90	39.40
15	Resid. sugar %	1.063	0.972	1.908
	Sugar used %	54.40	60.30	42.80
20	Resid. sugar %	1.007	0.948	1.836
	Sugar used %	56.60	61.20	45.10

Notes : Treatment A...2 wt . % of conc . H₂SO₄ added , steam stripped for one hour ,
neutralized with CaCO₃ and filtered .

Treatment B...A was added with Ca (OH)₂ to pH 10 and after filtration , it
was adjusted to pH 5.6 by H₂SO₄ .

Treatment C...pH was adjusted to 5.6 with CaCO₃ and filtered .

Yeast No . 6 was used .

Table 14 . Effect of treatments 2 .

Yeast used	Treatment	Ferment. hrs.	Resid. sugar wt. %	Sugar used wt. %	Sugar used %	Alcohol produc. wt. %	Alc. for total sugar %	Alc. for sugar used %	pH	
No. 6	A'	0	2.833	0	0	0	0	0	5.2	
		10	1.836	0.777	35.20					
		20	1.364	1.469	51.90	0.65	22.95	44.20	4.2	
	C'	0	3.216	0	0	0	0	0	0	5.2
		10	1.880	1.336	41.60					
		20	1.684	1.532	47.70	0.635	19.75	41.30	4.4	
	D'	0	1.622	0	0	0	0	0	0	5.4
		10	0.970	0.652	39.60					
		20	0.850	0.772	47.60	0.33	20.35	42.75	4.6	
Taiwan	A'	0	2.833	0	0	0	0	0	5.2	
		10	1.630	1.203	42.60					
		20	1.395	1.438	50.80	0.619	21.83	39.40	4.2	
	C'	0	3.216	0	0	0	0	0	0	5.2
		10	1.836	1.380	42.80					
		20	1.684	1.532	47.70	0.603	18.75	39.40	4.4	
	D'	0	1.622	0	0	0	0	0	0	5.4
		10	0.955	0.667	41.10					
		20	0.910	0.712	43.80	0.265	18.30	39.23	4.6	

Notes : Treatment A Instead of CaCO_3 in treatment A , $\text{Ca}(\text{OH})_2$ was used .

Treatment C $\text{Ca}(\text{OH})_2$ was used for neutralizing agent .

Treatment D Same volume of water was added to C .

Table 15 . Rice bran Test .

Fermentation period (hrs.)		Yeast No. 6 (50 hrs storage)								Yeast No. 6 (72 hrs storage)			
		Rice-bran added, %								Rice-bran added %			
		0.5	1.0	1.2	1.4	1.6	2.5	5.0	7.5	1.0	2.5	5.0	7.5
	Initial sugar %	3.068	3.130	2.999	2.969	3.064	3.081	3.219	3.187	3.178	3.176	3.174	3.174
5	Residual sugar %	2.591	2.591	2.464	2.345	2.506	2.439	2.500	2.377	2.724	2.595	2.560	2.490
	Sugar used %	15.50	17.23	17.71	17.81	18.20	20.83	22.19	25.38	14.32	18.27	19.34	22.80
10	Residual sugar %	2.191	2.229	2.140	2.160	2.177	2.057	2.132	2.108	2.205	2.135	2.106	2.016
	Sugar used %	28.55	28.62	28.65	28.76	29.50	33.29	35.51	33.87	27.06	32.83	33.64	36.53
20	Residual sugar %	1.564	1.571	1.479	1.479	1.382	1.499	1.526	1.496	1.818	1.649	1.635	1.712
	Sugar used %	50.15	50.20	50.20	50.40	54.60	52.90	52.90	53.10	42.83	48.15	48.49	46.15

Notes : SML of Oji Paper Mg . Co . was used . 0.5% of $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ and 0.2% of KH_2PO_4 were used .

Table 16 . Urea test .

Fermenta- tion period (hrs)		Urea added, %			
		0.1	0.2	0.5	1.0
	Initial sugar %	3.155	3.196	3.170	3.170
5	Residual sugar %	2.580	2.660	2.468	2.418
	Sugar used %	18.21	16.77	22.13	22.20
10	Residual sugar %	1.982	2.071	1.765	1.848
	Sugar used %	37.27	34.55	44.30	41.80
20	Residual sugar %	1.486	1.592	1.366	1.428
	Sugar used %	52.88	51.83	56.84	55.18

Table 17 . Super phosphate test .

Fermenta- tion period (hrs)		Ca-super-phosphate % *			
		0.01	0.05	0.10	0.20
	Initial sugar %	3.107	3.107	3.106	3.009
5	Residual sugar %	2.516	2.581	2.484	2.417
	Sugar used %	18.99	16.68	20.00	22.00
10	Residual sugar %	2.067	1.072	1.981	1.976
	Sugar used %	33.53	33.43	36.23	36.29
20	Residual sugar %	1.588	1.686	1.628	1.540
	Sugar used %	48.85	45.76	47.60	50.30

* Calculated as KH_2PO_4 .

Table 18 . The effect of inoculum size .

Yeast used	Inoculum size %	Fermentation time hrs.	pH	Residual sugar %	Sugar used %	Alcohol produced %	Alcohol Total sugar %	Alcohol Sugar used %	
No. 6	1	0	5.6	2.594	0	0	0	0	
		5		2.001	22.87				
		10		1.561	38.70				
		15		1.392	46.40	0.52	20.01	43.25	
		20	4.4	1.348	48.02	0.58	22.35	46.30	
	2	0			2.594	0	0	0	0
		5			1.683	35.15			
		10			1.245	52.01			
		15			1.187	54.25	0.60	23.10	42.60
		20			1.102	57.65	0.62	23.90	41.60
	5	0			2.594	0	0	0	0
		5			1.350	48.05			
		10			1.016	60.81			
		15			0.998	62.28	0.74	28.50	45.75
		20			0.882	65.95	0.79	30.40	46.20
Taiwan	1	0	5.6	2.782	0	0	0	0	
		5		2.172	21.92				
		10		1.720	38.20				
		15		1.470	47.10	0.63	22.60	47.90	
		20	4.4	1.407	49.47	0.58	20.90	42.00	
	2	0		5.6	2.783	0	0	0	0
		5			1.822	34.50			
		10			1.487	46.50			
		15			1.404	49.50	0.68	24.41	49.30
		20	4.4	1.349	51.60	0.60	21.60	41.90	
	5	0		5.6	2.783	0	0	0	0
		5			1.498	46.15			
		10			1.497	52.00			
		15			1.330	52.15	0.76	27.30	52.25
		20	4.4	1.305	53.10	0.63	22.70	42.60	

Table 1 . Selection of nutrients .

Experiment No.	Initial sugar g/100 cc	Residual sugar g/100 cc	Consumed sugar %	Wet yeast* g/100 cc
1	2.27	1.800	20.43	0.555
	2.27	1.990	12.20	
2	2.27	0.341	62.17	2.290
	2.27	1.045	53.47	
3	2.38	0.608	75.00	2.290
	2.38	0.654	75.70	
**4	2.68	0.657	75.74	2.180
	2.68	0.646	75.12	
5	2.335	0.629	73.06	2.045
	2.335	0.729	68.80	
6	2.335	0.531	77.24	2.280
	2.335	0.516	77.90	
7	2.335	0.516	72.90	2.385
	2.335	0.523	77.42	
8	2.335	0.420	81.41	2.410
	2.335	0.448	80.81	

*Moisture content....75.8%

**....Perfect pre treatment .

Note :Nutrients % for sugar

Exp.	(NH ₄) ₂ SO ₄	Urea	Rice-bran	K ₂ HPO ₄	Ca-super-phosphate (as K ₂ HPO ₄)	KCl
No. 1	0	7	0.15	0	0	0
No. 2	0	7	0	0	3	0
No. 3	0	7	0.15	0	3	0
No. 4	0	7	0.15	0	0	0
No. 5	0	7	0.15	2	0	0
No. 6	7	0	0.15	2	0	0
No. 7	7	0	0.15	0	2	0
No. 8	7		0.15		2	1

Table 2. Ammonium sulphate test .

Experiment No.	Fermentation period								Wet yeast g/100cc	Dry yeast g/100cc	Dry yeast Consumed sugar %
	6 hrs		24 hrs		30 hrs		48 hrs				
	Residual sugar g/100cc	Sugar used %	Residual sugar g/100cc	Sugar used %	Residual sugar g/100cc	Sugar used %	Residual sugar g/100cc	Sugar used %			
1	2.595	9.33	1.053	63.3	0.659	77.0	0.607	79.0	4.900	1.171	51.9
2	2.626	8.25	1.076	62.5	0.652	77.3	0.607	79.0	4.735	1.132	50.1
3	2.636	7.90	1.113	61.2	0.695	75.6	0.591	79.5	4.446	1.062	46.7
4	2.657	7.72	1.438	49.5	1.067	62.7	0.634	77.8	3.970	0.949	41.5
5	2.681	6.32	1.896	33.7	1.666	41.8	1.190	58.25	3.051	0.699	40.5

Notes : Initial sugar...2.862g/100cc
0.065% of rice bran was used .

Experiment No .	(NH ₄) ₂ SO ₄ % for sugar	Ca Super phosphate % for sugar
1	12	10
2	10	10
3	8	10
4	6	10
5	4	10

Table 3. Super phosphate test .

Experiment No.	Fermentation period.					
	19 hrs		27 hrs		46 hrs	
	Residual sugar g/100 cc	Sugar used %	Residual sugar g/100 cc	Sugar used %	Residual sugar g/100 cc	Sugar used %
1	1.775	40.3	0.904	69.8	0.626	78.9
2	1.560	47.5	0.896	70.0	0.635	78.5
3	1.837	38.3	1.366	54.2	0.646	76.5
4	2.170	27.1	1.676	43.7	0.648	76.0
5	2.409	19.0	2.176	26.9	1.031	65.5

Notes : Initial sugar...2.974g/100cc .
0.065% of rice bran was used .

Experiment No .	(NH ₄) ₂ SO ₄ % for sugar	Ca super phosphate % for sugar
1	8	10
2	8	8
3	8	6
4	8	4
5	8	2

Table 4 . Results of Every Series .

Series No. 1 .

Time hr.	Feed tank					Aerobic fermentor								Reserve tank			
	Temp. °C	pH	Sugar conc. g/100cc	Rate of feed l/hr	Vol. of feed l	Air		Emulsion						Sugar conc. g/100cc	Yeast conc. g/100g	Rate of disch. l/hr	Vol. of disch. l
						Temp. °C	Vol. l/min.	Temp. °C	pH	Sugar conc. g/100cc	Yeast conc. g/100gr	Sp. Gr.	Rate of emul. to liq.				
0	28.0	5.6	2.61	0	0	27	18	30	4.7	0.96	4.55	0.43	2.33	(0.911)	(4.71)	0	0
1	—	—	—	3.24	3.24	—	18	30	—	—	—	—	—	—	—	2.82	2.82
2	—	—	—	3.18	6.42	28.3	18	30	4.7	—	—	—	—	—	—	3.25	6.07
3	—	—	—	3.18	9.60	30.5	18	30	—	—	—	—	—	—	—	3.39	9.46
4	—	—	—	3.16	12.76	31	19	29	4.7	—	—	—	—	—	—	2.90	12.36
5	28.0	5.6	2.61	3.17	15.93	31.5	18	30	—	0.73	4.66	0.46	2.18	(0.825)	(4.97)	3.34	15.70
6	—	—	—	3.18	19.11	32	18	—	4.7	—	—	—	—	—	—	3.28	18.98
7	—	—	—	3.15	22.26	36	18	28.5	—	—	—	—	—	—	—	3.00	21.98
8	—	—	—	3.12	25.38	33.5	18	30	—	—	—	0.45	2.22	—	—	3.09	25.08
9	—	—	—	3.15	28.53	—	18	31	4.7	—	—	—	—	—	—	2.95	28.03
10	31.0	5.6	2.61	3.15	31.68	33.0	18	30	4.7	0.71	5.05	0.46	2.18	0.815	4.84	3.34	31.37
Average	28~ 30	5.6	2.61	3.17	31.68	27~ 36	13	30	4.7	0.815	4.75	0.45	2.22	0.815	4.84	3.14	31.37

Results

Yeast yield						Average	
Wet	Dry yeast				Air	Inoculum size	Residual sugar
Total yeast	Total yeast	Based on total sugar	Based on sugar used	Per kl of S.W.L.	m ³ for kg dry yeast		
1.440 kg	0.346 kg	41.9%	60.6%	18 kg	31.2 m ³	4.75%	0.815%
Sugar balance					Analysis of yeast		
Total sugar feed	Total residual sugar	Sugar used	Rate of sugar used	Rate of residual sugar	Moisture	Crude protein	Crude ash
0.825 kg	0.255 kg	0.570 kg	69.0%	31.0%	75.96%	52.3%	4.5%

Note : NH₄OH used for neutralization .

Series No. 2.

Time hr.	Feed tank					Aerobic fermentor								Reserve Tank			
	Temp. °C	pH	Sugar conc. g/100cc	Rate of feed l/hr	Vol. of feed l	Air		Emulsion						Sugar conc. g/100cc	Yeast conc. g/100g	Rate of disch. l/hr	Vol. of disch. l
						Temp. °C	Vol. l/min.	Temp. °C	pH	Sugar conc. g/100cc	Yeast conc. g/100gr	Sp. Gr.	Rate of emul. to liq.				
0	28	5.6	2.68	0	0	30	18	28	4.7	0.98	4.78	0.46	2.17	—	—	—	0
1	28	5.6	—	3.12	3.12	30	18	28	4.7	—	—	0.44	2.27	—	—	2.80	2.80
2	29	5.6	—	3.05	6.17	31	18	29	4.7	2.91	4.57	—	—	—	—	—	—
3	29	5.6	—	3.09	9.26	32	18	30	4.7	—	—	0.43	2.33	—	—	5.78	8.58
4	30	5.6	—	3.12	12.38	33	18	29	4.7	—	—	0.43	2.33	—	—	—	11.46
5	30	5.6	—	3.12	15.50	33.5	18	29	4.7	—	—	0.46	2.17	—	—	3.15	14.61
6	30	5.6	—	3.12	18.62	34	18	29	4.7	—	—	0.46	2.17	—	—	2.80	17.41
7	30	5.6	—	3.24	21.86	34	18	31	4.7	—	—	0.45	2.22	—	—	3.65	21.06
8	30	5.6	2.68	3.16	25.02	33	18	29	4.8	1.10	4.00	0.46	2.17	0.96	4.09	3.30	24.36
Average	28~30	5.6	2.68	3.13	25.02	30~34	18	28~31	4.8	0.97	4.39	0.45	2.22	0.96	4.09	2.71	24.36

Results

Yeast yield						Average	
Wet	Dry yeast				Air	Inoculum size	Residual sugar
Total yeast	Total yeast	Based on total sugar	Based on sugar used	Per kl of S.W.L.	m ³ for kg dry yeast		(0.96)
0.88 kg	0.173 kg	29.0%	40.1%	11.5%	49.8 m ³	4.39%	0.97%

Sugar balance				Analysis of yeast			
Total sugar feed	Total residual sugar	Sugar used	Rate of sugar used	Rate of residual sugar	Moisture	Crude protein	Crude ash
0.670 kg	0.238 kg	0.432 kg	64.8%	35.2%	80.34%	47.2%	9.05%

Series No. 3.

Time hr.	Feed tank					Aerobic fermentor							Reserve Tank				
	Temp. °C	pH	Sugar conc. g/100cc	Rate of feed l/hr	Vol. of feed l	Air		Emulsion					Sugar conc. g/100cc	Yeast conc. g/100g	Rate of disch. l/hr.	Vol. of disch. l	
						Temp. °C	Vol. l/min.	Temp. °C	pH	Sugar conc. g/100cc	Yeast conc. g/100g	Sp. Gr.					Rate of emul. to liq.
0	28	5.2	4.69	0	0	27	18	30	5.1	1.54	5.64	0.47	2.13	—	—	0	0
1	28	5.2	—	3.12	3.12	27	18	30	4.7~ 5.5	—	—	—	—	—	—	3.10	3.10
2	28	5.2	—	3.00	6.12	27.5	18	30	5.2~ 5.4	—	—	—	—	—	—	3.90	7.00
3	29	5.2	—	3.06	9.18	28	17	31	5.0~ 5.4	—	—	0.48	2.08	—	—	2.80	9.80
4	—	5.2	—	3.06	12.24	—	17.5	31	5.1~ 5.5	—	—	—	—	—	—	—	—
5	29	5.2	4.69	3.15	15.39	29	18	30	5.1~ 5.5	15.3	7.08	0.45	2.22	—	—	5.44	15.24
6	29	5.2	—	3.06	18.45	30	18	31	5.1~ 5.5	—	—	0.47	2.13	—	—	3.38	18.62
7	30	5.2	—	3.00	21.45	30	18	31	5.1~ 5.5	—	—	0.46	2.18	—	—	2.95	21.57
8	30	5.2	—	—	—	30	18	31	5.1~ 5.5	—	—	0.43	2.33	—	—	3.78	25.35
9	30	5.2	—	6.14	27.59	30	18	30	5.1~ 5.5	—	—	0.45	2.22	—	—	3.22	28.57
10	30	5.2	4.69	3.21	30.80	30	18	29	4.7~ 5.5	1.31	7.51	0.43	2.33	1.29	7.16	3.00	31.57
Average	28~ 30	5.2	4.69	3.08	30.80	27~ 30	18	31~ 29	4.7~ 5.5	1.46	6.74	0.46	2.18	1.29	7.16	3.16	31.57

Results

Yeast yield						Average	
Wet	Dry yeast				Air	Inoculum size	Residual sugar
Total yeast	Total yeast	Based on total sugar	Based on sugar used	Per kl of S.W.L.	m ³ for kg dry yeast		(1.29)
2.323 kg	0.581 kg	39.5%	53.9%	20.3 kg	18.6 m ³	6.74%	1.46%
Sugar balance					Analysis of Yeast		
Total sugar feed	Total residual sugar	Sugar used	Rate of sugar used	Rate of residual sugar	Moisture	Crude protein	Crude ash
1.445 kg	0.393 kg	1.052 kg	73.0%	27.0%	75.03%	45.5%	11.29%

Series No. 4.

Time hr.	Feed tank					Aerobic fermentor								Reserve tank			
	Temp. °C	pH	Sugar conc. g/100cc	Rate of feed l/hr	Vol. of feed l	Air		Emulsion						Sugar conc. g/100cc	Yeast conc. g/100g	Rate of disch. l/hr.	Vol. of disch. l
						Temp. °C	Vol. l/min.	Temp. °C	pH	Sugar conc. g/100cc	Yeast conc. g/100g	Sp. Gr.	Rate of emul. to liq.				
0	30	5.2	4.21	6.00	0	26	17.5	29	5.5	1.88	7.26	0.51	..96	(1.87)	(8.06)	0	0
1	30	5.2	—	6.00	6.00	26	18.0	30.5	4.8	—	—	0.49	2.04	—	—	5.70	5.70
2	30	5.2	—	6.00	12.00	27	17.5	29.5	4.8	—	—	—	—	—	—	6.18	11.88
3	30	5.2	3.91	5.15	17.15	27	18.0	28	4.8	—	—	0.48	2.08	—	—	5.00	16.88
4	30	5.0	3.83	6.00	23.15	28	17.5	31	4.7	—	—	—	—	—	—	5.60	22.48
5	31	4.8	3.80	5.40	28.55	29	18.0	30	4.7	1.98	6.56	0.47	2.13	—	—	5.50	27.98
6	31	4.8	3.80	4.10	32.65	30	18.0	30	4.7	2.00	5.86	—	—	1.606	7.48	4.90	32.88
7	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
8	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Average	30~31	5.2~4.8	3.91	5.44	32.65	26~30	17.8	29~31	4.8~4.7	1.93	6.06	0.49	2.04	1.606	7.48	5.48	32.88

Results

Yeast yield						Average	
Wet	Dry yeast				Air	Inoculum size	Residual sugar
Total yeast	Total yeast	Based on total sugar	Based on sugar used	Per kl of S.W.L.	m ³ for kg dry yeast		
1.575 kg	0.354 kg	28.9%	49.2%	12.5 kg	29.0 m ³	6.06%	1.93%
Sugar balance					Analysis of yeast		
Total sugar feed	Total residual sugar	Sugar used	Rate of sugar used	Rate of residual sugar	Moisture	Crude protein	Crude ash
1.278 kg	0.528 kg	0.750 kg	58.7%	41.3%	76.55%	44.6%	—

Series No. 5.

Time hr.	Feed tank					Aerobic fermentor								Reserve tank			
	Temp. °C	pH	Sugar conc. g/100cc	Rate of feed l/hr	Vol. of feed l	Air		Emulsion						Sugar conc. g/100cc	Yeast conc. g/100g	Rate of disch. l/hr	Vol. of disch. l
						Temp. °C	Vol. l/min.	Temp. °C	pH	Sugar conc. g/100cc	Yeast conc. g/100g	Sp. Gr.	Rate of emul. to liq.				
0	28.8	5.2	3.70	3.3	—	23	18.5	29.0	4.6	1.09	4.57	0.39	2.56	—	—	0	0
1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
2	29.0	5.2	3.73	—	—	26	17.8	29.0	4.4	1.22	4.36	0.39	2.56	—	—	2.47	4.94
3	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
4	29.2	5.2	3.70	3.8	—	27	18.0	29.0	4.1	1.35	3.86	0.39	2.56	—	—	3.20	11.34
5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
6	29.0	5.2	—	4.0	—	29	18.0	30.0	4.4	2.13	3.50	0.37	2.70	—	—	3.30	17.94
7	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
8	29.9	5.2	3.71	4.3	27.4	28.5	18.2	29.5	4.4	1.52	3.17	0.39	2.56	1.30	—	4.38	26.54
Average ~80	28.8	5.2	3.71	3.43	27.4	23~29	18.1	29.0	4.4	1.48	3.87	0.39	2.56	1.30	—	3.32	26.54

Results

Yeast yield						Average	
Wet	Dry yeast				Air	Inoculum size	Residual sugar
Total yeast	Total yeast	Based on total sugar	Based on sugar used	Per kl of S.W.L.	m ³ for kg dry yeast		
1.209 kg	0.333 kg	32.9%	54.4%	15.9 kg	23.1 m ³	3.87%	3.87%
Sugar balance					Analysis of yeast		
Total sugar feed	Total residual sugar	Sugar used	Rate of sugar used	Rate of residual sugar	Moisture	Crude protein	Crude ash
1.018 kg	0.406 kg	0.612 kg	60.1%	39.9%	72.42%	44.49%	25.94%

Series No. 6.

Time hr.	Feed tank					Aerobic fermentor							Reserve tank				
	Temp. °C	pH	Sugar conc. g/100cc	Rate of feed l/hr	Vol. of feed l	Air		Emulsion					Sugar conc. g/100cc	Yeast conc. g/100g	Rate of disch. l/hr	Vol. of disch. l	
						Temp. °C	Vol. l/min.	Temp. °C	pH	Sugar conc. g/100cc	Yeast conc. g/100g	Sp. Gr.					Rate of cmul. to liq.
0	25.7	5.4	3.81	0	0	23.0	18.0	30.0	4.6	1.35	5.07	0.36	0.78	—	—	0	0
1	—	5.4	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	4.03	4.03
2	25.2	5.4	3.80	4.0	8.05	22.6	18.5	29.2	4.6	1.36	5.00	0.40	2.50	—	—	—	8.06
3	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	3.87	11.94
4	25.0	5.2	3.81	4.0	15.85	23.2	18.5	29.8	4.6	1.39	4.48	0.41	2.44	—	—	3.85	15.79
5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	3.71	19.50
6	25.6	5.2	3.81	4.0	23.90	23.5	18.0	30.0	4.6	1.43	4.38	0.41	2.44	—	—	3.95	23.45
7	—	—	3.59	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
8	25.8	5.1	3.67	4.0	31.95	24.2	18.0	29.2	4.6	1.51	4.37	0.41	2.44	1.41	4.97	3.86	31.17
Average	25~ 26	5.4~ 5.1	3.79	3.98	31.95	23~ 24	18.2	29~ 80	4.6	1.41	4.72	0.40	2.50	1.41	4.97	3.90	31.17

Results

Yeast yield						Average	
Wet	Dry yeast				Ar	Inoculum size	Residual sugar
Total yeast	Total yeast	Based on total sugar	Based on sugar used	Per kl of S.W.L.	m ³ for kg dry yeast		(1.41)
1.755 kg	0.500 kg	41.5%	65.4%	197 kg	18.3 m ³	4.72%	1.41%

Sugar balance					Analysis of Yeast		
Total sugar feed	Total residual sugar	Sugar used	Rate of sugar used	Rate of residual sugar	Moisture	Crude protein	Crude ash
1.205 kg	0.440 kg	0.765 kg	63.5%	36.5%	71.53%	37.31%	21.18%

Notes :

Batch { Inoculum size 6%
 { Sugar { Initial 2.35
 { Final 0.88 , Rate of sugar used 61.6%

Series No. 7.

Time hr.	Feed tank					Aerobic fermentor								Reserve tank			
	Temp. °C	pH	Sugar conc. g/100cc	Rate of feed l/hr	Vol. of feed l	Air		Emulsion						Sugar conc. g/100cc	Yeast conc. g/100g	Rate of disch. l/hr	Vol. of disch. l
						Temp. °C	Vol. l/min.	Temp. °C	pH	Sugar conc. g/100cc	Yeast conc. g/100g	Sp. Gr.	Rate of emul. to liq.				
0	24.2	5.1	3.83	0	0	21.0	18	29.2	4.7	1.90	3.93	0.42	2.38	—	—	0	0
1	—	—	—	3.50	3.50	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	3.68	3.68
2	25.1	5.0	—	3.60	7.30	23.2	18	30.0	4.7	2.00	3.73	0.43	2.33	—	—	3.47	7.15
3	—	—	—	3.69	10.99	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	3.50	10.65
4	26.0	5.1	3.83	3.22	14.21	26.0	18	29.3	4.8	1.90	3.62	0.45	2.22	—	—	3.42	14.07
5	—	—	—	3.40	17.61	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	3.30	17.37
6	27.0	5.1	—	3.44	21.15	23.0	18	29.8	5.4	—	—	0.49	2.04	—	—	3.80	21.17
7	27.0	5.1	3.84	3.54	24.69	28.0	13	29.0	5.4	2.03	3.52	0.47	2.13	1.91	4.59	3.50	24.67
8	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Average	24~27	5.1	3.83	3.54	24.69	21~28	18	29~30	4.7~5.4	1.96	3.72	0.45	2.22	1.91	4.59	3.53	24.67

Results

Yeast yield						Average	
Wet	Dry yeast				Ar	Inoculum size	Residual sugar
Total yeast	Total yeast	Based on total sugar	Based on sugar used	Per kl of S.W.L.	m ³ for kg dry yeast		(1.91)
1.490 kg	0.408 kg	43.2%	86.5%	20.9 kg	16.1 m ³	3.72%	1.76%
Sugar balance					Analysis of yeast		
Total sugar feed	Total residual sugar	Sugar used	Rate of sugar used	Rate of residual sugar	Moisture	Crude protein	Crude ash
0.945 kg	0.472 kg	0.473 kg	50%	50%	72.57%	32.66%	36.28%

Series No. 9.

Time hr.	Feed tank					Aerobic fermentor								Reserve tank			
	Temp. °C	pH	Sugar conc. g/100cc	Rate of feed l/hr	Vol. of feed l	Air		Emulsion						Sugar conc. g/100cc	Yeast conc. g/100g	Rate of disch. l/hr	Vol. of disch. l
						Temp. °C	Vol. l/min.	Temp. °C	pH	Sugar conc. g/100cc	Yeast conc. g/100g	Sp. Gr.	Rate of emul. to liq.				
0	24.0	5.8	3.85	0	0	18.0	18	28.8	5.5	1.69	4.14	0.42	2.38	—	—	3.10	0
1	24.0	5.8	—	3.5	3.50	19.2	18	29.2	5.5	—	—	—	—	—	—	—	—
2	24.2	5.8	—	5.5	7.08	21.2	18	29.0	5.6	1.71	3.68	0.43	23.2	—	—	3.10	6.20
3	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
4	25.0	5.7	3.84	3.6	14.20	24.5	18	30.0	5.6	1.45	4.14	0.43	2.32	—	—	3.36	12.93
5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
6	25.2	5.6	—	3.4	20.90	27.2	18	29.5	5.6	1.63	3.57	0.41	2.44	—	—	3.20	19.33
7	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
8	26.0	5.6	3.84	3.5	27.98	26.4	18	30.0	5.6	1.62	3.56	0.42	2.38	1.58	3.86	3.42	26.13
Average	24~ 26	5.8~ 5.6	3.84	3.5	27.98	18~ 26	18	29~ 30	5.6	1.62	3.85	0.42	2.38	1.58	3.86	3.27	26.13

Results

Yeast yield						Average	
Wet	Dry yeast				Air	Inoculum size	Residual sugar
Total yeast	Total yeast	Based on total sugar	Based on sugar used	Per kl of S.W.L.	m ³ for kg dry yeast		
1.330 kg	0.307 kg	28.6%	46.6%	14.6 kg	28.1 m ³	3.86%	1.58%

Sugar balance					Analysis of yeast		
Total sugar feed	Total residual sugar	Sugar used	Rate of sugar used	Rate of residual sugar	Moisture	Crude protein	Crude ash
1.073 kg	0.412 kg	0.661 kg	62.0%	38%	76.88%	39.65%	11.03%

Series No. 10.

Time hr.	Feed tank					Aerobic fermentor								Reserve tank			
	Temp. °C	pH	Sugar conc. g/100cc	Rate of feed l/hr	Vol. of feed l	Air		Emulsion						Sugar conc. g/100cc	Yeast conc. g/100g	Rate of disch. l/hr	Vol. of disch. l
						Temp. °C	Vol. l/min.	Temp. °C	pH	Sugar conc. g/100cc	Yeast conc. g/100g	Sp. Gr.	Rate of emul. to liq.				
0	20.8	5.6	3.86	3.37	0	19.2	18	28	4.9	1.46	6.18	0.39	2.56	—	—	0	0
1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
2	23.0	5.6	—	3.38	6.75	22.0	18	28	4.8	1.45	5.74	0.38	2.63	—	—	3.40	6.8
3	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
4	26.5	*5.7	—	3.50	14.0	24.7	18	29	4.9	1.54	5.25	0.38	2.63	—	—	3.71	14.2
5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
6	27.8	5.7	—	3.50	20.6	27.2	18	30	4.7	1.55	5.84	0.38	2.63	—	—	3.25	20.7
7	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
8	28.0	5.7	3.80	3.50	27.6	27.5	18	30	4.6	16.8	5.87	0.40	2.50	1.53	6.02	3.40	27.5
Average	20~28	5.7	3.83	3.44	27.6	19~27	18	29	4.9~4.6	1.54	5.88	0.35	2.56	1.53	6.02	3.44	27.5

* pH adjust with NH₄OH

Results

Yeast yield						Average	
Wet	Dry yeast				Air	Inoculum size	Residual sugar
Total yeast	Total yeast	Based on total sugar	Based on sugar used	Per kl of S.W.L.	m ³ for kg dry yeast		
1.80 kg	0.383 kg	37.2%	60.5%	13.8 kg	22.5 m ³	5.88%	1.54%
Sugar balance					Analysis of yeast		
Total sugar feed	Total residual sugar	Sugar used	Rate of sugar used	Rate of residual sugar	Moisture	Crude protein	Crude ash
1.058 kg	0.420 kg	0.645 kg	60.6%	39.4%	78.67%	51.66%	6.49%

Series No. 11.

Time hr.	Feed tank					Aerobic fermentor								Reserve tank			
	Temp. °C	pH	Sugar conc. g/100cc	Rate of feed l/hr	Vol. of feed l	Air		Emulsion						Sugar conc. g/100cc	Yeast conc. g/100g	Rate of disch. l/hr	Vol. of disch. l
						Temp. °C	Vol. l/min.	Temp. °C	pH	Sugar conc. g/100cc	Yeast conc. g/100g	Sp. Gr.	Rate of emul. to liq.				
0	26.0	5.7	3.33	0	0	22.5	18	28.0	4.6	1.00	6.04	0.43	2.35	—	—	0	0
1	26.0	5.7	—	—	—	23.0	18	28.5	4.6	—	—	—	—	—	—	2.30	2.30
2	26.0	5.7	—	2.63	5.25	23.0	18	29.0	4.6	1.02	6.12	0.43	2.35	—	—	2.80	5.10
3	26.0	5.7	—	—	—	23.5	18	29.0	4.6	—	—	—	—	—	—	2.70	7.80
4	26.0	5.7	—	3.00	11.25	23.5	18	28.5	4.6	1.00	6.45	0.43	2.35	—	—	3.14	10.94
5	25.8	5.7	—	—	—	23.5	18	28.5	4.6	—	—	0.43	—	—	—	3.05	13.99
6	25.5	5.7	—	2.99	17.15	23.0	18	29.0	4.6	1.05	6.12	0.43	2.35	—	—	2.92	16.91
7	25.5	5.7	—	—	—	23.0	18	30.0	4.6	—	—	—	—	—	—	2.95	19.88
8	25.0	5.7	3.34	2.90	23.30	22.0	18	30.0	4.6	1.00	6.10	0.43	2.35	0.93	6.55	3.33	23.19
Average 26~25	—	5.7	3.33	2.91	23.30	23.0	18	29.0	4.6	1.01	6.07	0.43	2.35	0.93	6.55	2.90	23.19

Results

Yeast yield						Average	
Wet	Dry yeast				Air	Inoculum size	Residual sugar
Total yeast	Total yeast	Based on total sugar	Based on sugar used	Per kl of S.W.L.	m ³ for kg dry yeast		(0.93)
1.570 kg	0.338 kg	43.6%	60.5%	17.4 kg	25.7 m ³	6.07%	1.01%
Sugar balance					Analysis of yeast		
Total sugar feed	Total residual sugar	Sugar used	Rate of sugar used	Rate of residual sugar	Moisture	Crude protein	Crude ash
0.775 kg	0.215 kg	0.559 kg	72.2%	27.8%	78.43%	45.0%	6.38%

Series No. 12.

Time hr.	Feed tank					Aerobic fermentor								Reserve tank			
	Temp. °C	pH	Sugar conc. g/100cc	Rate of feed l/hr	Vol. of feed l	Air		Emulsion						Sugar conc. g/100cc	Yeast conc. g/100g	Rate of disch. l/hr	Vol. of disch. l
						Temp. °C	Vol. l/min.	Temp. °C	pH	Sugar conc. g/100cc	Yeast conc. g/100g	Sp. Gr.	Rate of emul. to liq.				
0	26	5.7	3.59	3.08	0	20.5	18	28.5	4.7	1.28	5.34	0.39	2.56	—	—	0	0
1	—	—	—	2.66	3.08	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	3.10	3.10
2	27	5.7	—	2.98	5.68	21.0	18	28.0	4.7	1.25	4.92	0.36	2.78	—	—	2.70	5.80
3	—	—	—	3.05	8.76	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	3.00	8.80
4	26	5.7	3.64	3.83	11.36	23.5	18	30.0	5.0	1.29	4.00	0.35	2.86	—	—	2.45	11.25
5	—	—	—	3.08	14.19	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	3.23	14.45
6	26	5.7	—	3.08	17.27	24.0	18	28.0	*5.5 ~4.6	1.39	3.95	0.38	2.63	—	—	3.08	17.56
7	—	—	—	3.32	20.35	—	—	—	*4.4	—	—	—	—	—	—	2.23	19.79
8	26	5.7	—	3.00	23.67	23.5	18	27.8	5.0	1.59	3.37	0.35	2.86	1.26	5.00	3.29	23.08
Average	26	5.7	3.61	2.96	23.67	20~ 24	18	27~ 30	4.4~ 5.5	1.30	4.35	0.36	2.78	1.26	5.00	2.89	23.08

* adjust with HCl

Results

Yeast yield						Average	
Wet	Dry yeast				Air	Inoculum size	Residual sugar
Total yeast	Total yeast	Based on total sugar	Based on sugar used	Per kl of S.W.L.	m ³ for kg dry yeast		
0.876 1.250 kg	0.189 0.334 kg	21.3% 39.1%	32.9% 60.2%	9.2 17 kg	26 m ³	4.35%	1.30%

Sugar balance					Analysis of yeast		
Total sugar feed	Total residual sugar	Sugar used	Rate of sugar used	Rate of residual sugar	Moisture	Crude protein	Crude ash
0.855 kg	0.300 kg	0.555 kg	65.0%	35%	79.33%	52.20%	4.35%

Series No. 13.

Time hr.	Feed tank					Aerobic fermentor								Reserve tank			
	Temp. °C	pH	Sugar conc. g/100cc	Rate of feed l/hr	Vol. of feed l	Air		Emulsion						Sugar conc. g/100cc	Yeast conc. g/100g	Rate of disch. l/hr	Vol. of disch. l
						Temp. °C	Vol. l/min.	Temp. °C	pH	Sugar conc. g/100cc	Yeast conc. g/100g	Sp. Gr.	Rate of emul. to liq.				
0	23.0	5.8	3.13	0	0	18.0	9	26.0	4.7	1.12	2.62	0.41	2.44	—	—	0	0
1	—	—	—	2.81	2.81	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2.63	2.63
2	23.5	5.8	—	2.74	5.55	20.0	9	29.0	4.6	0.98	6.82	0.45	2.22	—	—	2.61	5.24
3	—	—	—	3.07	8.62	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	3.00	8.24
4	24.0	5.8	3.12	3.07	11.69	21.5	9	29.5	4.6	0.94	9.55	0.47	2.14	—	—	2.95	11.19
5	—	—	—	3.07	14.76	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2.91	14.10
6	24.5	5.8	—	2.13	16.89	24.5	9	30.0	4.7	0.94	6.50	0.46	2.20	—	—	1.93	16.03
7	—	—	—	2.96	19.85	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2.79	18.82
8	25.0	5.8	3.13	2.83	22.68	25.0	9	30.0	4.7	1.08	6.51	0.43	2.30	0.95	—	2.92	21.74
Average	23~25	5.8	3.13	2.84	22.68	18~25	9	29~30	4.7	1.01	6.60	0.44	2.25	0.95	—	2.72	21.24

Results

Yeast yield						Average	
Wet	Dry yeast				Air	Inoculum size	Residual sugar
Total yeast	Total yeast	Based on total sugar	Based on sugar used	Per kl of S.W.L.	m ³ for kg dry yeast		(0.95)
1.370 kg	0.282 kg	39.8%	57.3%	17.2 kg	15.4 m ³	6.60%	1.01%
Sugar balance					Analysis of yeast		
Total sugar feed	Total residual sugar	Sugar used	Rate of sugar used	Rate of residual sugar	Moisture	Crude yrotein	Crude ash
0.709 kg	0.216 kg	0.493 kg	69.5%	31%	79.47%	60.25%	7.5%

Series No. 14.

Time hr.	Feed tank					Aerobic fermentor								Reserve tank			
	Temp. °C	pH	Sugar conc. g/100cc	Rate of feed l/hr	Vol. of feed l	Air		Emulsion						Sugar conc. g/100cc	Yeast conc. g/100g	Rate of disch. l/hr	Vol. of disch. l
						Temp. °C	Vol. l/min.	Temp. °C	pH	Sugar conc. g/100cc	Yeast conc. g/100g	Sp. Gr.	Rate of emul. to liq.				
0	22.8	5.4	4.01	0	0	18.8	18	28.0	4.7	1.58	6.30	0.42	2.38	—	—	0	0
1	—	5.4	—	2.60	2.60	—	—	—	4.6	—	—	—	—	—	—	2.00	2.00
2	22.8	5.4	—	3.30	5.90	20.0	18	28.2	*4.2 ~4.6	1.56	6.34	0.41	2.44	—	—	2.84	4.84
3	—	5.2	—	3.23	9.13	—	—	—	*4.2 ~4.7	—	—	—	—	—	—	2.46	7.30
4	23.0	5.2	—	2.60	11.73	22.5	18	27.0	*4.2 ~5.2	1.53	6.23	0.41	2.44	—	—	3.04	10.34
5	—	5.2	—	3.06	14.79	—	—	—	4.7	—	—	—	—	—	—	3.00	13.34
6	24.0	5.2	—	2.83	17.62	25.0	18	29.0	4.7	1.43	5.83	0.38	2.63	—	—	2.85	16.19
7	—	5.2	—	2.83	20.45	—	—	—	4.7	—	—	—	—	—	—	2.60	18.79
8	25.0	5.2	4.01	3.06	23.51	26.0	18	27.0	4.7	1.47	5.80	0.42	2.38	1.41	6.68	2.5	21.64
Average	22~ 25	5.4~ 5.2	4.01	2.94	23.51	18~ 26	18	28~ 29	—	1.51	6.03	0.41	2.44	1.41	6.68	2.71	21.64

* pH adjust with Na₂CO₃

Results

Yeast yield						Average	
Wet	Dry yeast				Air	Inoculum size	Residual sugar
Total yeast	Total yeast	Based on total sugar	Based on sugar used	Per kl of S.W.L.	m ³ for kg dry yeast		(1.41)
1.780 kg	0.367 kg	39.6%	61.2%	17.4 kg	23.5 m ³	6.03%	1.51%
Sugar balance					Analysis of yeast		
Total sugar feed	Total residual sugar	Sugar used	Rate of sugar used	Rate of residual sugar	Moisture	Crude protein	Crude ash
0.926 kg	0.326 kg	0.600 kg	64.9%	35.1%	79.43%	51.87%	7.27%

Series No. 15.

Time hr.	Feed tank					Aerobic fermentor								Reserve tank			
	Temp. °C	pH	Sugar conc. g/100cc	Rate of feed l/hr	Vol. of feed l	Air		Emulsion						Sugar conc. g/100cc	Yeast conc. g/100g	Rate of disch. l/hr	Vol. of disch. l
						Temp. °C	Vol. l/min.	Temp. °C	pH	Sugar conc. g/100cc	Yeast conc. g/100g	Sp. Gr.	Rate of emul. to liq.				
0	22.5	5.8	4.11	0	0	20	18	27.2	4.6	1.54	7.52	0.45	2.22	—	—	0	0
1	23.0	5.8	—	3.45	3.45	20	18	27.8	4.6	—	—	0.44	2.27	—	—	3.42	3.42
2	22.0	5.8	—	3.20	6.65	20	18	28.0	4.6	1.56	8.08	0.45	2.22	—	—	3.20	6.62
3	22.0	5.8	—	3.55	10.20	20	18	27.5	4.6	—	—	0.45	2.22	—	—	3.77	10.39
4	22.0	5.8	—	3.42	13.62	20	18	28.0	4.6	1.62	8.20	0.46	2.18	—	—	3.60	13.99
5	22.0	5.8	—	3.45	17.07	20	18	28.2	4.6	—	—	0.45	2.22	—	—	3.58	17.57
6	21.5	5.8	—	3.65	20.72	20	18	28.5	4.6	1.41	8.10	0.45	2.22	—	—	3.60	21.17
7	21.0	5.8	—	3.90	24.42	20	18	29.0	4.6	—	—	0.44	2.27	—	—	3.30	24.47
8	21.0	5.8	4.12	3.20	27.62	20	18	29.0	4.6	1.41	8.23	0.44	2.27	1.35	7.92	3.10	27.57
Average	23~21	5.8	4.12	3.45	27.62	20	18	27~29	4.6	1.51	8.03	0.45	2.22	1.35	7.92	3.45	27.57

Results

Yeast yield						Average	
Wet	Dry yeast				Air	Inoculum size	Residual sugar
Total yeast	Total yeast	Based on total sugar	Based on sugar used	Per kl of S.W.L.	m ³ for kg dry yeast		(1.35)
2.14 kg	0.445 kg	39.0%	61.3%	18.0 kg	19.6 m ³	8.03%	1.51%
Sugar balance					Analysis of Yeast		
Total sugar feed	Total residual sugar	Sugar used	Rate of sugar used	Rate of residual sugar	Moisture	Crude protein	Crude ash
1.142 kg	0.373 kg	0.76 kg	67.3%	32.7%	79.40%	53.39%	7.14%

Series No. 16.

Time hr.	Feed tank					Aerobic fermentor								Reserve tank			
	Temp. °C	pH	Sugar conc. g/100cc	Rate of feed l/hr	Vol. of feed l	Air		Emulsion						Sugar conc. g/100cc	Yeast conc. g/100g	Rate of disch. l/hr	Vol. of disch. l
						Temp. °C	Vol. l/min.	Temp. °C	pH	Sugar conc. g/100cc	Yeast conc. g/100g	Sp. Gr.	Rate of emul. to liq.				
0	21.0	5.8	3.94	0	0	19.0	18	27.5	4.06	1.32	7.36	0.42	2.38	—	—	0	0
1	22.0	5.8	—	3.95	3.95	19.0	18	28.0	4.06	—	—	—	—	—	—	3.90	3.90
2	21.5	5.8	—	3.78	7.73	19.5	18	29.5	4.06	1.34	7.50	0.40	2.50	—	—	3.74	7.64
3	21.5	5.8	—	4.02	11.75	19.5	18	29.5	4.06	—	—	—	—	—	—	3.98	11.62
4	22.0	5.8	—	4.02	15.79	20.0	18	29.5	4.06	1.34	—	0.40	2.50	—	—	4.00	15.62
5	22.0	5.8	—	4.02	19.79	21.0	18	29.0	4.06	—	—	—	—	—	—	3.97	19.59
6	22.5	5.8	—	4.02	23.81	21.5	18	28.5	4.06	1.38	7.52	0.39	2.56	—	—	3.94	23.53
7	22.5	5.8	—	4.25	28.06	22.0	18	28.0	4.06	—	—	—	—	—	—	4.19	27.72
8	23.0	5.8	3.93	4.16	32.22	22.0	18	28.0	4.06	1.36	7.49	0.40	2.50	1.32	7.50	4.14	31.86
Average	21~ 23	5.8	3.93	4.03	32.22	19~ 22	18	27~ 29	4.06	1.35	7.47	0.40	2.50	1.32	7.50	3.99	31.86

Results

Yeast yield						Average	
Wet	Dry yeast				Air	Inoculum size	Residual sugar
Total yeast	Total yeast	Based on total sugar	Based on sugar used	Per kl of S.W.L.	m ³ for kg dry yeast		(1.32)
2.310 kg	0.487 kg	38.5%	57.7%	17.5 kg	17.8 m ³	7.47%	1.35%
Sugar balance					Analysis of yeast		
Total sugar feed	Total residual sugar	Sugar used	Rate of sugar used	Rate of residual sugar	Moisture	Crude protein	Crude ash
1.266 kg	0.420 kg	0.846 kg	66.8%	33.2%	78.9%	44.58%	5.39%

Series No. 17.

Time hr.	Feed tank					Aerobic fermentor								Reserve tank			
	Temp. °C	pH	Sugar conc. g/100cc	Rate of feed l/hr	Vol. of feed l	Air		Emulsion						Sugar conc. g/100cc	Yeast conc. g/100g	Rate of disch. l/hr	Vol. of disch. l
						Temp. °C	Vol. l/min	Temp. °C	pH	Sugar conc. g/100cc	Yeast conc. g/100g	Sp. Gr.	Rate of emul. to liq.				
0	20.5	5.8	4.07	0	0	18	18	28.5	4.6	1.50	7.77	0.40	2.50	—	—	0	0
1	21.0	5.8	—	4.49	4.49	19	18	28.5	4.6	—	—	—	—	—	—	4.38	4.38
2	21.0	5.8	—	4.52	9.01	19	18	29.0	4.6	1.46	7.63	0.42	2.38	—	—	4.37	8.75
3	21.5	5.8	—	4.60	13.61	21	18	29.0	4.6	—	—	—	—	—	—	4.47	13.22
4	22.0	5.8	—	4.72	18.33	22	18	28.5	4.6	1.48	7.20	0.40	2.50	—	—	4.48	17.70
5	22.0	5.8	—	4.72	23.05	23	18	29.0	4.6	—	—	—	—	—	—	4.64	22.34
6	23.0	5.8	—	4.49	27.54	24	18	30.0	4.6	1.50	—	0.41	2.45	—	—	4.46	26.80
7	23.0	5.8	—	4.51	32.05	24	18	29.0	4.6	—	—	—	—	—	—	4.49	31.29
8	23.0	5.8	4.07	4.50	36.55	24	18	28.0	4.6	1.56	6.01	0.41	2.45	1.44	—	4.64	35.93
Average	20~23	5.8	4.07	4.57	36.55	18~24	18	28~29	4.6	1.50	7.14	0.41	2.45	1.44	—	4.50	35.93

Results

Yeast yield						Average	
Wet	Dry yeast				Air	Inoculum size	Residual sugar
Total yeast	Total yeast	Based on total sugar	Based on sugar used	Per kl of S.W.L.	m ³ for kg dry yeast		(1.44)
2.620 kg	0.528 kg	35.6%	54.50%	1.635 kg	16.3 m ³	7.14%	1.50%
Sugar balance					Analysis of yeast		
Total sugar feed	Total residual sugar	Sugar used	Rate of sugar used	Rate of residual sugar	Moisture	Crude protein	Crude ash
1.488 kg	0.516 kg	0.970 kg	65.2%	34.8%	79.84%	54.94%	5.6%

Series No. 18.

Time hr.	Feed tank					Aerobic fermentor								Reserve tank			
	Temp. °C	pH	Sugar conc. g/100cc	Rate of feed l/hr	Vol. of feed l	Air		Emulsion						Sugar conc. g/100cc	Yeast conc. g/100g	Rate of disch. l/hr	Vol. of disch. l
						Temp. °C	Vol. l/min.	Temp. °C	pH	Sugar conc. g/100cc	Yeast conc. g/100g	Sp. Gr.	Rate of emul. to liq.				
0	22.0	5.8	4.02	0	0	16.0	18	26.0	4.4	1.89	6.97	0.46	2.18	—	—	0	0
1	22.0	5.8	—	5.04	5.04	17.0	18	27.0	4.6	—	—	—	—	—	—	4.35	4.35
2	22.0	5.8	—	4.70	9.74	18.5	18	28.5	4.6	1.90	6.32	0.46	2.18	—	—	4.70	9.05
3	22.5	5.8	—	5.20	14.94	19.5	18	28.0	4.6	—	—	—	—	—	—	5.31	14.36
4	22.5	5.8	—	5.17	20.11	21.0	18	28.5	4.6	1.89	6.69	0.45	2.22	—	—	5.15	19.51
5	23.2	5.8	—	5.08	25.19	22.0	18	29.0	4.6	—	—	—	—	—	—	5.25	24.76
6	23.0	5.8	—	4.95	30.14	24.5	18	27.0	4.6	1.84	6.20	0.45	22.2	—	—	4.75	29.51
7	24.0	5.8	—	5.11	35.25	24.0	18	28.0	4.6	—	—	—	—	—	—	5.17	34.68
8	24.0	5.8	3.99	5.02	40.27	44.0	18	28.0	4.6	1.89	5.79	0.46	2.18	1.76	6.31	4.92	39.60
Average	22~ 24	5.8	4.01	5.03	40.27	16~ 24	18	26~ 28	4.6	1.88	6.55	0.46	2.18	1.76	6.31	4.95	39.60

Results

Yeast yield						Average	
Wet.	Dry yeast				Air	Inoculum size	Residual sugar
Total yeast	Total yeast	Based on total sugar	Based on sugar used	Per kl of S.W.L.	m ³ for kg dry yeast		(1.76)
2.411 kg	0.492 kg	30.1%	53.6%	12.2 kg	17.6 m ³	6.55%	1.88%
Sugar balance					Analysis of yeast		
Total sugar feed	Total residual sugar	Sugar used	Rate of sugar used	Rate of residual sugar	Moisture	Crude protein	Crude ash
1.615 kg	0.697 kg	0.918 kg	56.8%	43.2%	79.67%	51.35%	6.81%

Table 6. Results of each series.

Series No.	Sugar balance				Yeast yield				Analysis of yeast				Nutrients used			
	Total		Rate of		Wet		Dry yeast		Mois- ture (%)	Crude protein (%)	Crude ash (%)	NH ₃ (as NH ₄ OH)	Super- phos. (K ₂ HPO ₄)	Rice- bran	KCl	
	Total residual sugar (kg)	Sugar used (kg)	of sugar used (%)	Total yeast (kg)	Based on total sugar used (%)	Based on sugar used (%)	Per kl of S.W.L. (kg)	m ³ for kg dry yeast (m ³)								
1	0.825	0.255	0.570	69.0	1.44	0.346	41.9	60.6	75.96	52.3	4.50	16	2	8	0	
2	0.670	0.238	0.432	64.8	0.88	0.173	26.0	40.1	80.34	47.2	9.05	16	2	8	0	
3	1.445	0.393	1.052	73.0	2.323	0.581	39.5	53.9	75.03	45.5	11.29	16	2	8	0	
4	1.278	0.528	0.700	58.7	1.575	0.354	28.9	49.2	76.55	44.6	—	16	2	8	0	
5	1.018	0.406	0.612	60.1	1.209	0.333	32.9	54.4	72.42	44.5	25.94	20	5	10	0	
6	1.205	0.440	0.765	63.5	1.755	0.500	41.5	65.4	71.53	37.31	21.18	15	5	10	0	
7	0.945	0.472	0.473	50.0	1.490	0.408	43.2	86.4	72.57	32.66	36.28	15	5	10	0	
8	1.130	0.445	0.684	60.5	1.490	0.382	33.8	38.7	74.37	41.20	29.22	15	5	10	0	
9	1.073	0.412	0.661	62.2	1.330	0.307	28.6	46.6	76.88	39.65	11.03	15	5	10	0	
10	1.058	0.420	0.648	60.6	1.800	0.383	37.2	60.5	78.67	51.66	6.49	8.2	5	10	0	
11	0.775	0.215	0.559	72.2	1.57	0.338	43.6	60.5	78.43	45.00	6.38	8.2	5	10	2	
12	0.855	0.300	0.555	65.0	1.250	0.334	39.1	60.2	79.33	52.20	4.35	8.2	5	10	0	
13	0.709	0.216	0.493	69.5	1.370	0.282	39.8	57.3	79.47	60.25	7.50	8.2	5	10	2	
14	0.926	0.326	0.600	64.9	1.780	0.364	39.6	61.2	79.43	51.87	7.27	8.2	5	10	2	
15	1.142	0.373	0.759	67.3	2.14	0.445	39.0	61.3	79.40	53.39	7.14	8.2	5	10	2	
16	1.266	0.420	0.846	66.8	2.310	0.487	38.5	57.7	78.90	44.58	5.39	8.2	5	10	2	
17	1.488	0.516	0.970	65.2	2.62	0.528	35.6	54.5	79.84	54.94	5.60	8.2	5	10	2	
18	1.615	0.697	0.918	56.8	2.411	0.492	30.1	53.6	79.67	51.35	6.81	8.2	5	10	2	

Table 7. $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ test for bread yeast making .

		Experiment. No.			
		1	2	3	4
$(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ used %		12	14	16	18
pH	initial	5.2	5.2	5.2	5.2
	final	4.6	4.6	4.6	4.6
Sugar	initial	2.76	2.77	2.76	2.78
	residual g/100cc	1.35	1.35	1.31	1.34
	used, %	51.1	51.2	51.5	51.8
Yeast yield	wet g/100cc	0.80	0.92	0.89	0.94
	dry g/100cc	0.18	0.22	0.21	0.23
	yeast for sugar used %	13.0	15.3	14.8	14.9
Activity	in liquor	670	660	680	670
	dough I	290	340	345	340
	dough II	255	310	340	330

Notes : S.W.L. of Toyo Spinning Co. was used .
 K_2HPO_4 2.5% , rice bran 2% were used as nutrients .
 Cultured in shaking flask in 24 hours at 30 .

Table 8. K_2HPO_4 test for bread yeast making .

		Experiment, No.					
		1	2	3	4	5	6
K_2HPO_4 used %		1	2	2.5	2.5	5	7.5
pH	initial	5.0	5.0	5.0	4.8	4.8	4.8
	final	4.4	4.4	4.4	4.2	4.4	4.2
Sugar	initial	2.96	2.95	2.95	3.09	3.07	3.07
	residual g/100cc	1.45	1.49	1.35	1.46	1.51	1.55
	used %	51.0	50.8	53.5	52.9	50.6	49.2
Yeast yield	wet g/100cc	1.05	1.12	1.16	1.07	0.94	0.97
	dry g/100cc	0.24	0.26	0.26	0.25	0.22	0.22
	yeast for sugar used %	16.0	16.8	16.1	15.1	13.8	14.7
Activity	in liquor	680	700	730	720	700	650
	dough I	435	445	440	410	395	380
	dough II	465	455	455	410	385	360

Note : $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ 16% , rice bran 2% (for sugar) were used .

Table 9 .Ca Super phosphate test for bread yeast making .

		Experimental No.			
		1	2	3	4
Ca-super-phosphate used %		1	2	6	8
pH	initial	5.2	5.2	5.2	5.2
	final	4.6	4.6	4.6	4.8
Sugar	initial	3.13	3.10	3.13	3.04
	residual g/100cc	1.63	1.60	1.54	1.55
	used %	48.0	48.5	51.0	48.5
Yeast yield	wet g/100cc	1.15	1.21	1.23	1.18
	dry g/100cc	0.27	0.28	0.28	0.27
	yeast for sugar used %	17.7	18.6	17.8	18.4
Activity	in liquor	680	660	670	650
	dough I	365	395	385	360
	dough II	360	410	390	360

Note : $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ 16% , rice bran 1% were used .

Table 10 .Rice bran test for bread yeast making .

		Experimental No.		
		1	2	3
Rice-bran used %		1	3	5
pH	initial	4.8	4.8	4.8
	final	4.4	4.4	4.2
Sugar	initial	2.77	2.72	2.65
	residual g/100cc	1.22	1.20	1.20
	used %	54.1	55.9	54.6
Yeast yield	wet g/100cc	1.02	1.07	0.90
	dry g/100cc	0.23	0.25	0.20
	yeast for sugar used %	15.1	16.3	14.0
Activity	in liquor	720	700	670
	dough I	440	390	380
	dough II	465	390	380

Note : $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ 16% , K_2HPO_4 2.5% were used .

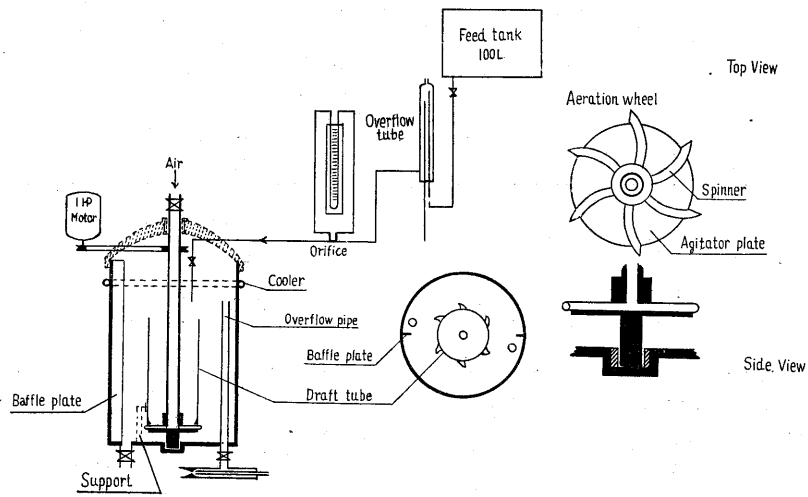


Fig. 1 .

Table 1 . Selection of strains .

a .

Strain No.*	Sugar fermented %		
	30 hrs	45 hrs	75 hrs
32	0	0	0
179	32.4	33.7	34.5
151	0	0	0
442	65.5	80.1	81.2
166	24.6	25.0	25.4
314	31.0	48.7	54.8
172	32.4	37.2	38.0
177	0	0	0
401	28.8	35.2	36.6
K7	53.1	63.2	77.5

* Collection of Tokyo University .

b .

Strain No.	Solvent produced mg/100cc				
	Butanol	Aceton	Isopropanol	Ethanol	Total %
442	180.2	10.5	103.2	1.1	30.5
K7	175.8	8.3	87.5	3.2	28.3

c .

Strain No.	Sugar fermented %				Solvent mg/100cc				
	19 hrs	35 hrs	66 hrs	106 hrs	Aceton	Butanol	Ethanol	Iso-propanol	Total solvent %
442	49.0	79.0	81.5	82.0	21	205	6	102	27.6
K7	21.9	58.1	75.6	78.5	14	175	8	84	26.0
72	—	29.4	—	80.0	61	130	82	—	27.0
429	19.0	47.3	63.5	66.4	25	102	8	—	15.0
Mil-5	21.0	52.6	81.5	—	65	180	15	—	23.7
1	24.6	—	—	73.7	75	163	8	—	24.9

Table 2. Pre treatment by CaCO₃.

Exp. No.	Treatment by CaCO ₃ pH	Filtrate obtain. %	Initial sugar %	Residual sugar % after				Sugar used %
				24 hrs	48 hrs	72 hrs	96 hrs	
1	12.6	55	1.30	0.41	0.34	0.35	—	74
2	11.8	60	1.69	1.52	1.45	1.40	1.34	21
3	10.8	65	1.98	} no ferment.				
4	9.8	70	2.14					
5	8.5	95	2.47					

Note : Strain used : No . 442

Table 3. Selection of nitrogen source .

Exp. No.	N. source	Initial sugar %	Fermentation period hrs			
			21 hrs		75 hrr	
			Residual sugar %	Sugar used %	Residual sugar %	Sugar used %
1	Soya bean	3.04	3.04	6.5	2.99	8.0
2	Pepton	2.47	2.47	24.2	1.94	40.0
3	Rice bran	3.00	3.00	8.0	2.62	19.6
4	CSL	1.54	1.54	53.0	0.14	95.7
5	Malt sprout	2.66	2.66	18.5	2.35	27.1
6	Corn meal	1.76	1.76	46.1	1.76	55.0

Note : Every nitrogen source was added 10% for sugar .

Table 4 . Effect of (NH₄)₂SO₄ as N source .

Exp. No.	Protein source	(NH ₄) ₂ SO ₄ added %	Urea added %	Initial sugar %	Fermentation period			
					60 hrs		96 hrs	
					Residual sugar %	Sugar used %	Residual sugar %	Sugar used %
1	Rice-bran	3	0	1.46	0.76	48.0	0.61	58.0
2	Soya bean	0	0	1.43	—	—	1.22	15.0
3	Soya bean	3	0	1.45	1.14	21.3	0.88	40.0
4	Malt sprout	3	0	1.47	0.52	64.5	0.51	65.0
5	CSL	0	0	1.48	1.24	16.4	1.14	22.8
6	CSL	3	0	1.47	0.74	49.5	0.54	63.1
7	CSL	0	3	1.46	—	—	1.28	12.4

Notes : All protein sources were used 10% for sugar .
Strain . used : No . 442 .

Table 5. Corn steep liquor and $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ as N sources .

Exp. No.	CSL % for sugar	$(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ add. %	Initial sugar %	Consumed sugar %				Final pH
				25 hrs	53 hrs	77 hrs	100 hrs	
1	25	0	1.150	41.1	42.2	44.4	46.0	5.2
2	20	0	1.178	—	—	43.8	45.7	5.4
3	15	0	1.178	27.8	29.6	31.5	37.8	5.8
4	15	1.9	1.158	51.2	55.0	58.5	63.4	5.0
5	10	0	1.158	—	23.0	23.6	23.8	5.8
6	10	2.9	1.166	—	43.0	69.5	73.2	4.8
7	5	0	1.163	19.0	19.2	23.0	23.6	5.6
8	5	3.8	1.155	24.8	62.8	66.0	70.0	5.2
9	2.5	4.3	1.162	23.8	57.0	60.8	61.6	5.6

Table 6. Solvent analysis when CSL and $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ used .

Exp. No.	CSL %	$(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ %	Sugar		Solvents for sugar used, %				
			Initial %	used %	Aceton	Iso-propanol	Butanol	Ethanol	Total
1	20	1	1.375	70.8	0.64	3.17	12.1	—	15.91
2	10	3	1.392	68.5	2.82	5.20	20.2	—	28.22
3	10	4	1.368	73.6	1.95	4.70	19.8	0.25	26.70

Note : Fermentation period : 3 days .

木材糖化審議会委員

昭和 27 年及昭和 28 年

安 倍 慎	林業試験場林産化学部長
朝 井 勇 宣	東京大学教授
原 忠 平	林野庁研究普及課長
保 坂 秀 明	北海道立林業指導所研究部長
堀 田 勝 一	林野庁林産課
梶 木 治 郎	北海道庁林務部長
小 林 達 吉	東京教育大学助教授
近 藤 民 雄	林業試験場木材糖化研究室長
小 滝 武 夫	国策パルプ工業株式会社木材部長
葛 岡 常 雄	東京工業大学助教授
右 田 伸 彦	東京大学教授
大 政 正 隆	林業試験場長
大 山 義 年	東京工業大学教授
坂 口 謹 一 郎	東京大学農学部長
田 窪 健 次 郎	林業試験場木材化学科長
田 中 重 五	林野庁林産課長
遠 山 重 明	林業試験場会計課長
内 田 俊 一	東京工業大学長
山 田 浩 一	東京大学教授
米 田 隆 平	