

發育に及ぼすガラクトースの影響

埜 雅 壽

醤油、味噌、乾酪等の醱酵を酒類の醱酵と比較して見ると原料となる醱は鹽類含有量及び固形成分濃度が微生物の發育に非常に不利な条件にあるが、その中で酵母の旺盛な繁殖の見られるのは非常に興味のある現象である。この現象の原因と考えられる原料について比較してみると酒類では主として穀實や果實等の如きグルコース系含水炭素を多く含むものを用いるが、一方醤油等では大豆或は牛乳等の如き主要含水炭素にガラクトース分子を含有するものが用いられる。従つてその原因は恐らくグルコースとガラクトースとの相違にあるものと推定される。

従つて本報に於ては糖源としてグルコース及びガラクトースを使用し、酵母の發育並びに新陳代謝に及ぼす兩糖の影響について比較研究した結果を報告する次第である。

實 驗 方 法

本實驗に使用した酵母は *Saccharomyces formosensis* Nakazawa (臺灣酒精酵母 396 號) である。最初此の酵母の一白金耳を麴エキス 30 cc の

第 1 表	
Henneberg 氏 人工培養液	
KH_2PO_4	15%
$(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$	0.2%
MgSO_4	0.1%
Na_2CO_3	0.1%
pH = 6.4	

中へ移植し、 30°C 48時間培養増殖を行う。次で増殖した沈澱酵母を Henneberg 氏人工培養液 (第1表) 500 cc の中へ移植し、之を 30°C で培養する。培養開始後一定時間毎に培養液の一定量を採取して酵母の増

殖數、酒精生成量、分解糖量、及び炭酸ガス發生量を測定した。

酵母増殖数の測定は培養液をよく攪拌し、その 1cc を一定時間毎に無菌箱中で採取し Thoma の Haemocytometer によつて計算した。

酒精生成量は培養液を一定時間毎に 20cc 宛採取し、之に 20cc の蒸溜水を加えて蒸溜し、その溜出液 25cc を取り、之の比重を測定して培養液 500cc 中に生成した酒精量を算出した。

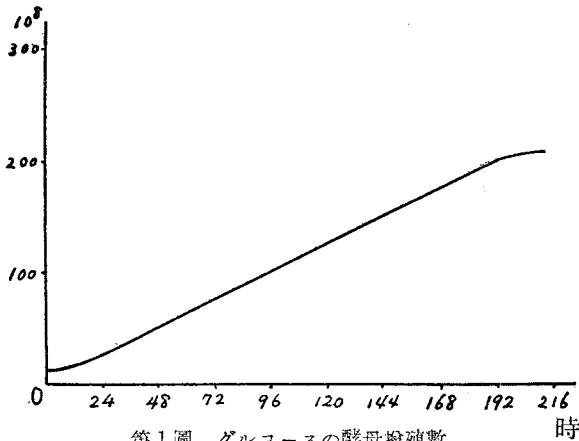
分解糖量の測定は培養液を一定時間毎に 10cc 宛採取し、此れを蒸溜水で30倍容に稀釋し、その 10cc についてその還元力をフェーリング溶液を用いて測定する事によつて行つた。この値から培養液 500cc 中の分解糖量を算出した。

炭酸ガス發生量の測定は培養液の重量を一定時間毎に秤量する事によつて行つた。此の量から生成酒精量に相當する炭酸ガス量を減じた差を酵母の呼吸によつて生じた炭酸ガスとして示した。

分解糖源としてはグルコース及びガラクトースを用いた。

實 驗 結 果

グルコースのみを糖基質として使用した時の酵母の生長は第 1 圖に示す



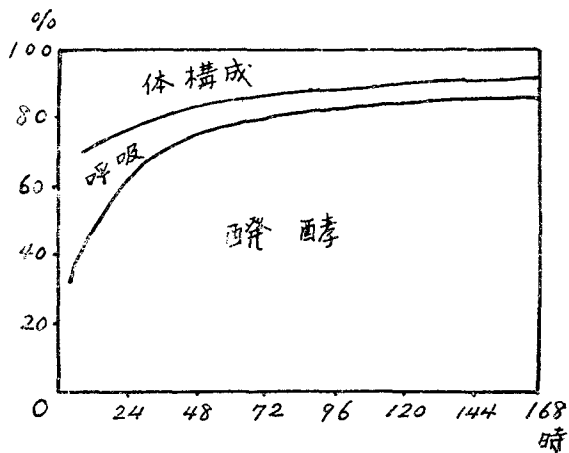
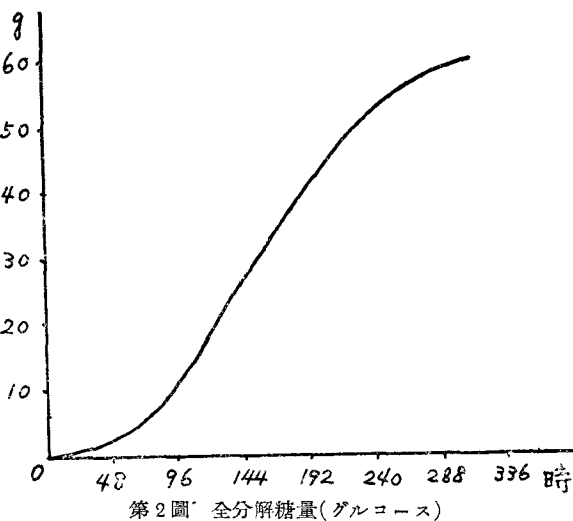
第 1 圖 グルコースの酵母増殖數

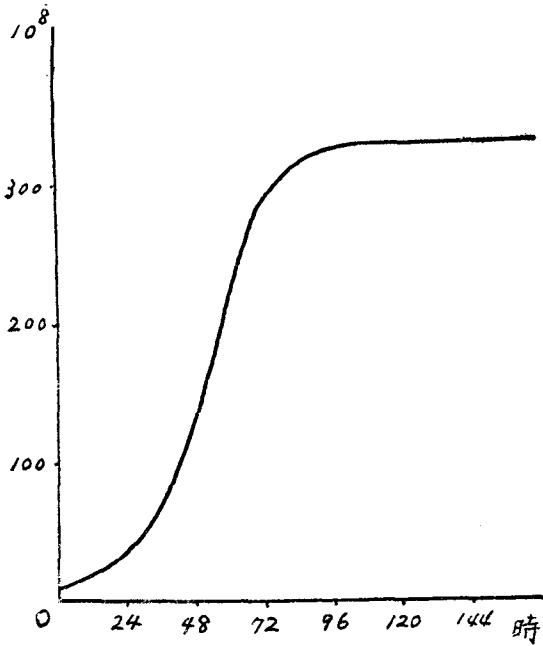
如く殆んど直線的に増殖し、移殖後 192 時間で増殖は停止する。その際酵母増殖量は初期移殖時の約 45 倍に達する。糖分解量は第 2 圖に示す如く成長と略並行して分解されるが成

熟期に達しても尙相當量の消費が認められる。しかし264時間後には著しい變化は認められない。糖分解中酒精醱酵に使用される割合は第3圖に示す如く最初の24時間で既に67% 96時間には83~84%に達し、それ以後は著しい増加を示さない。即ち酒精醱酵は酵母の初期に行われると考えられる。

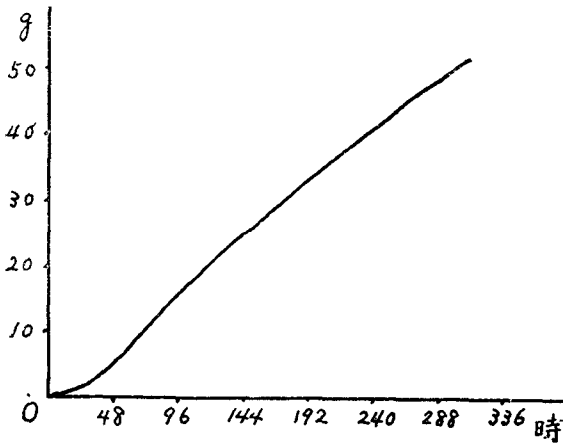
ガラクトースのみを使用した場合は酵母の増殖は第4圖に示す如く移植後24時間頃から

念激に速進し、96時間後には最初移植量の60倍に達して増殖は停止する。即ち酵母が成熟期に達するに要する時間はグルコースでは192時間であるがガラクトースでは96時間で完成され約2倍速かである。此の際糖分解量





第4圖 ガラクトースの酵母増殖数(500cc)

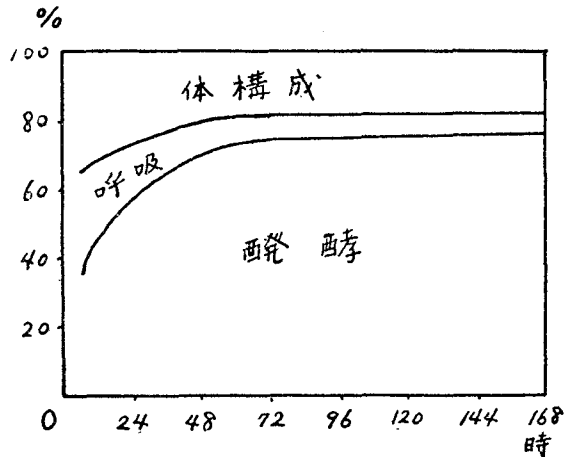


第5圖 全分解糖量(ガラクトース)

を見ると第5圖に示す如く消費糖量は時間と共に直線的に増加するが、グルコースの場合と異なつて糖の分解が長時間続き312時間後に於ても尙多少の消費を認める。又分解糖量に対する酒精生成率は第6圖に示す如く24時間目には54%、48時間目には69%、72時間目に至つて漸く76%に達する。これをグルコースの場合と比較すると酸酵に消費された糖の量は少ないが酸酵が酵母成長の初期に旺盛に行われる現象は兩糖何れに於いても認めら

れる所である。

酵母の増殖率はグルコースよりもガラクトースを用いた時に著しく大である事は既に述べたが、酵母が成熟期に達した時、即ちグルコース使用の192時間目、及びガラクトース



第 6 圖

使用の96時間目に於て消費された糖量を夫々計算すると第2表に見られる如くグルコースでは46.2g(全糖量の62%)ガラクトースでは16.5g(22%)となり明らかにグルコースの方が大である。又呼吸及び體構成に要した糖量はグルコースの2.7g(5.8%)及び4.2g(9.1%)に對しガラクトースは

第 2 表

	グルコース	ガラクトース
消費糖量	46.2g (62%)	16.5g (22%)
増殖の終るに要する時間	192時	96時
酒精醱酵に使用した量	39.3g (85.1%)	12.5g(75.8%)
呼吸に使用した量	2.7g (5.8%)	0.5g (3.0%)
體構成に使用した量	4.2g (9.1%)	3.5g(21.2%)

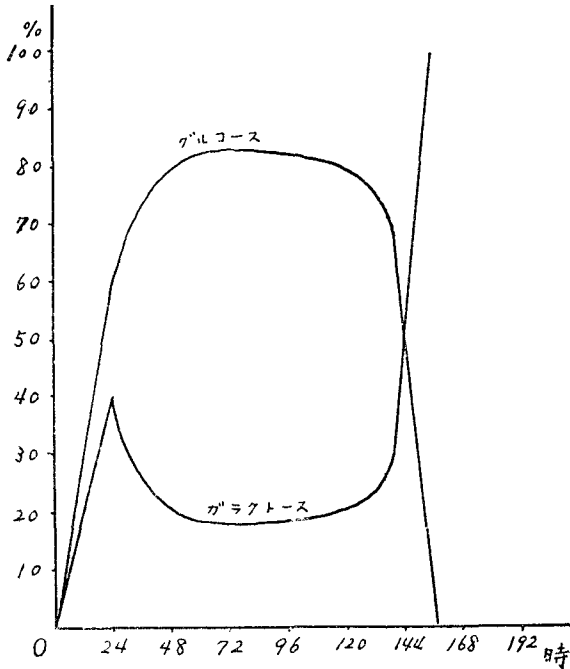
夫々0.5g(3%)及び3.5g(21.2%)を示す事から考えるとガラクトースはグルコースに比して酵母の増殖體構成に比較的少量消費される事が明らかである。

次に單獨の場合の半量づつのガラクトース及びグルコースの等モル混合物を用いた場合には第3表に示す如く増殖量はグルコース單獨の場合に近い値を示すが、増殖速度はグルコースの約2倍、ガラクトースの60%とな

る。又糖分解並に醗酵の平均速度は單獨の場合より増大するが呼吸には大差の無い事が分つた。

第 3 表

	酵母増殖量 (10^{10} cell/時間)	増殖 (10^{10} cell/時間)	糖分解 (mg/時間)	醗酵 (mg/時間)	呼吸 (mg/時間)
グルコースのみ	44	104	285	198	14
ガラクトースのみ	61	325	189	142	10
グルコース+ ガラクトース	39	201	268	212	11
混合糖中のグルコース			213		
混合糖中のガラクトース			95		



第7圖 分解されるグルコースとガラクトースとの比

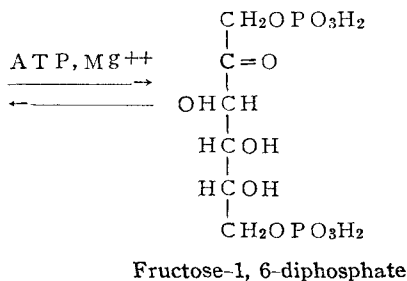
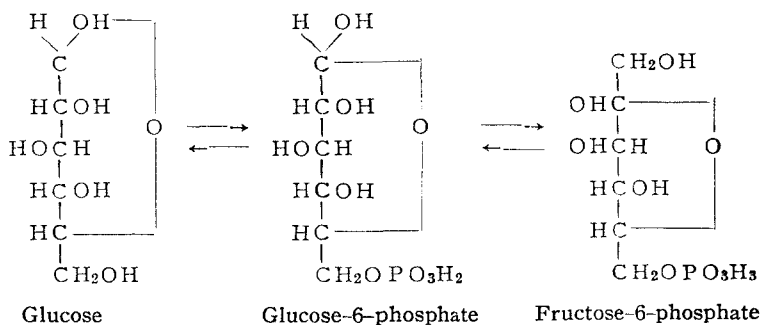
又酵酵母の生育過程に於て成分糖が如何なる割合で分解されるかを見ると第7圖の如く生育初期の酵母の成育期ではグルコース6對ガラクトース4の割合を示すがその後ガラクトースの分解は著しく低下して8:2となり、培養液中のグルコース量が減ると共に再び

ガラクトースの分解される割合が大となる事が分つた。

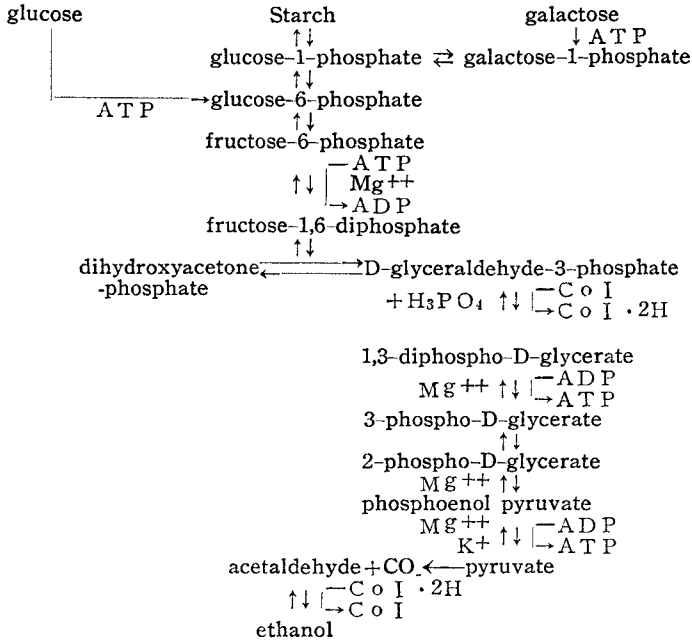
考 察

醗酵は微生物や動植物組織で炭水化物を分解する現象であるが、これは呼吸と共に生活現象の中で重要なエネルギー供給現象である。酵母にグルコースを分解糖原として用いた場合の酒精醗酵の機構に関しては古くより多数の生化学者によつて研究され今日略ぼ確かな知識が得られてゐる。(第8圖)それによれば酒精醗酵の機構を次の5つの段階に分ける事が出来る。

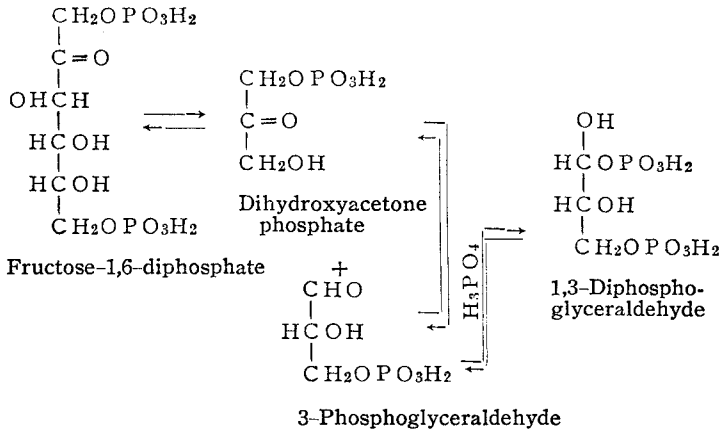
1) 六炭糖の磷酸化



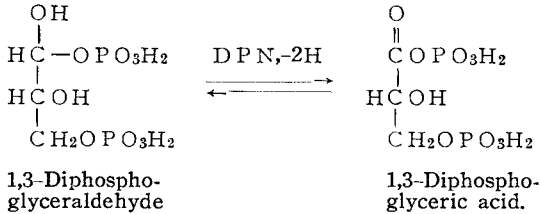
第 8 圖



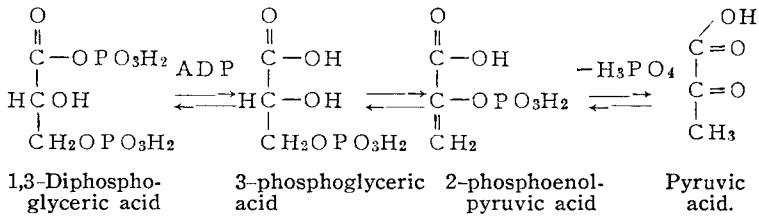
2) 六炭糖二磷酸から三炭糖磷酸の生成



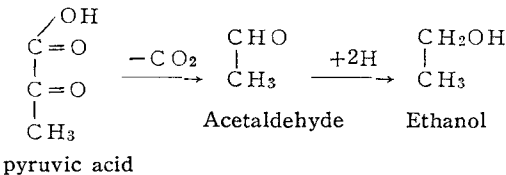
3) 三炭糖磷酸の酸化



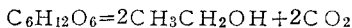
4) 磷グリセリン酸より焦性ブドウ酸への變化



5) アルコールの生成



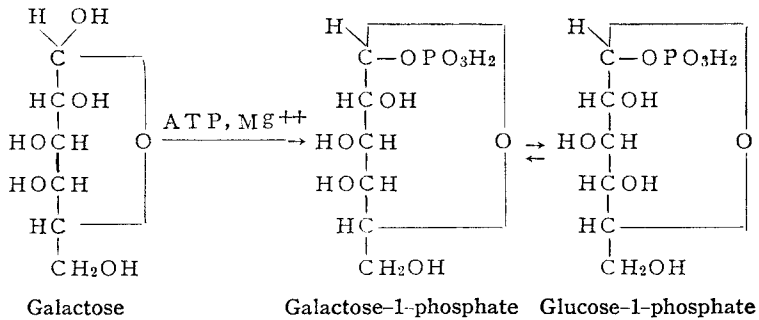
以上の酒精醸酵の全経過を總括すると次の如く書く事が出来る。



この場合に於ける遊離エネルギーの變化は 50,000 Cal/mol であるが酵母が直接利用出来るエネルギーは酒精醸酵の経過中に生ずる 2 分子の ATP に貯へられるもののみであるから 22,000 Cal/mol に過ぎない。

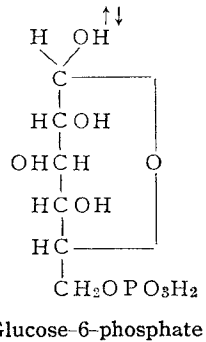
一方酵母によるガラクトースの代謝に関しては最近明らかにされつゝある。それによればガラクトースは次の経過によつて代謝されると云はれる。即ちガラクトースはガラクトキナーゼの作用によつて ATP より一分

子の磷酸を取つてガラクトース一磷酸となり次いでフォスフォガラクトイソメラーゼの作用によつてグルコース一磷酸, 更にフォスフォグルコムターゼの作用によりグルコース六磷酸となる。その後は前に述べたグルコースの場合と同様の経過を取るものと考えられてゐる。



この場合に發生するエネルギーについて考えて見るとグルコースの場合と同様に2つのATPが生ずる事になる。従つて兩糖が等分子數消費されれば同エネルギー量を發生する事になるわけである。

さて酵母の増殖に用いられるエネルギーが糖醱酵エネルギーのみによつて供給されると考えると實驗結果に示した如くガラクトースは著明な増殖現象を酵母に與えるが消費量は反つてグルコースよりも少いと云う事實はガラクトースの特異作用は糖醱酵以外の機作に存するものであらうと推定される。



要 約

ガラクトースを全く含まない培養基に生育させた *Saccharomyes for-*

mosensis, Nakazawa を次いで分解糖源としてグルコース及びガラクトースを夫々有する同一組成の **Henneberg** 氏液に移殖し、酵母の發育と新陳代謝との關係を研究した。

その結果グルコースはガラクトースの 2 倍に近い速度で醗酵を引き起すが酵母の増殖はガラクトースの方が旺盛に行われ増殖速度は 3 倍強増殖量は 150% に達する事が分つた。従つてガラクトースは發育に對して密接な關係を有するものであるがその機作に就いては現在の所不明である。