

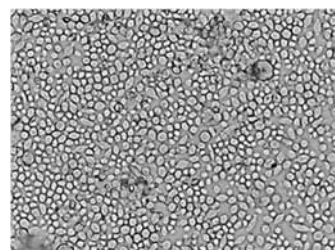
(第 35 回 山崎賞)

イーストの発酵実験 ～グルコース濃度と温度～

静岡県立浜松城北工業高等学校
科学部 2 年池野谷玲斗・栗野健治 他 5 名

1 研究動機

本校科学部は、レーズンの天然酵母液の酵母数をトーマの血中計数盤を用い計測してきた。しかし、液底に沈殿する澱(おり)は酵母が密集し過ぎ、計数不能である。そこで、発酵で生じる CO_2 から発酵力を調べれば、澱を含む酵母液の酵母数を推定できる考え、発酵力を調べることにした。

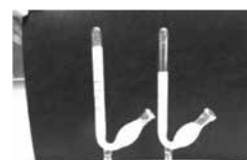
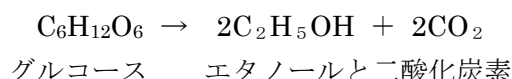


澱(おり)の顕微鏡写真
密集した酵母の塊。

2 研究目的

発酵による CO_2 を測定するには、通常、キューネ氏発酵管を用いるが、
① 酵母液の温度コントロールが難しい。② 気体発生により、酵母液の液量が減少。という問題が考えられる。そのため、本研究では注射器を用い、一定量の酵母液から発生する CO_2 の定量方法の確立を目的とした。

【基本知識】酵母のアルコール発酵

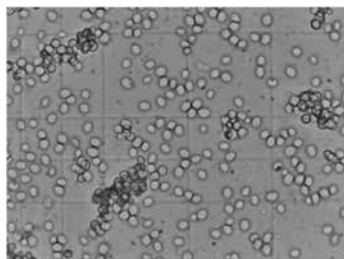


キューネ氏発酵管

3 実験方法

- (1) ドライイーストを正確に 1.00 g 秤量し、純水 200mL に溶かしてイースト溶液※1) を調製する。
- (2) イースト溶液を 4 つのビーカーに分け、それぞれグルコース濃度が 2%、5%、10%、20% になるようグルコースを添加する。
- (3) 各濃度グルコースを加えたイースト溶液 5.0mL を、それぞれ注射器で吸い、先端を加工したキャップで封じる。
- (4) 一定温度に設定したヨーグルトメーカーの水槽に、(3)の注射器を入れ、30 分ごとに発酵により発生した気体の体積(mL)を測定する。温度は、30、35、40、45、50℃で行った。

※1) ドライイースト 1 g にはイースト菌 200 億個(日清フーズ)そこで、本実験で調製した溶液は、イースト菌 1 億個/mL となる。



イースト菌の顕微鏡写真
(× 400 倍)



塩ビ管を加工したキャップ
下はキャップを指した様



ヨーグルトメーカーに入れた注射器
実験中は温度を保つためラップで覆う。

4 結果

30℃に保った注射器内の酵母液 5.0mL から発生した気体は、表 1 のようになった。この表 1 のデータをグラフ化したのが図 1 である。

図 1 を見ると、30 分後の気体は、いずれも 0 mL である。その後は、直線的に気体発生量が増加している。グルコース濃度が 5 % と 10 % は同程度に多く気体が発生し、次に 2 %、20 % のものが最も低い気体発生量を示している。30 分後の気体発生量は 0 mL、その後の気体発生は直線的に増加した。

グルコース濃度	30 分後	60 分後	90 分後
2%	0.0	0.8	1.8
5%	0.0	1.0	2.0
10%	0.0	0.9	2.0
20%	0.0	0.7	1.4

表 1 30℃での気体発生量 (mL)

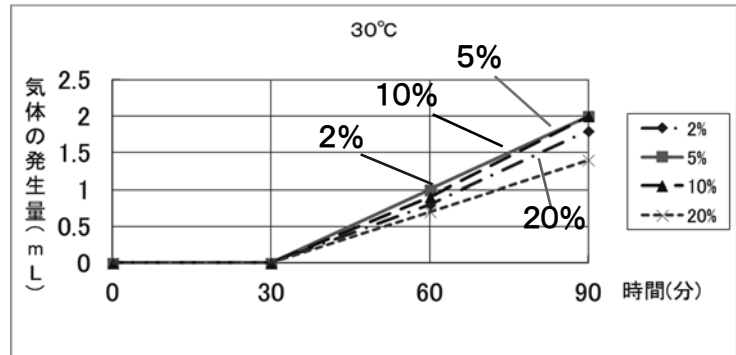


図 1 グルコース濃度の違いと気体発生量 (30℃)

下の表 2、図 2 は温度 40℃の気体発生量である。上の図 1 と同じようなグラフに見えるが、図 2 の縦軸のスケールは 4 倍になっており、40℃の気体発生量は、大きくなっていることが分かる。この 10℃差で、気体発生量は著しく増加する。気体発生量の多いグルコース濃度は、5 % > 10 % > 2 % > 20 % の順となった。

図 2 も、実験開始 30 分の気体発生量は少ない。その後は、気体が直線的に増加する。

グルコース濃度	30 分後	60 分後	90 分後
2%	1.0	4.0	6.8
5%	1.4	5.2	8.8
10%	1.2	4.8	8.3
20%	1.0	3.6	6.3

表 2 40℃での気体発生量 (mL)

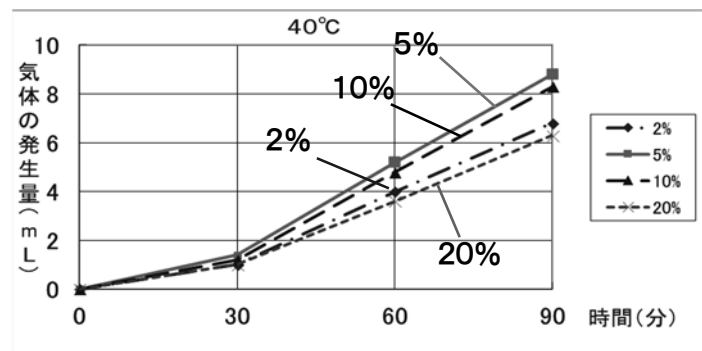


図2 グルコース濃度%の違いと気体発生量(40℃)

前頁と同様に、35℃、45℃、50℃で実験した気体発生量のグラフを図3～5に示す。

図3は35℃のグラフで、気体発生量の多いグルコース濃度は、5%＞10%の順で2%と20%は、ほぼ同じになった。前頁の40℃に似たグラフとなった。

図4は45℃のグラフである。実験した温度では最も気体発生量が多かった。60分までしかデータがないのは、90分には、気体発生量が注射器の目盛からオーバーし、測定不能になったためである。グルコース濃度2%と5%のデータはほぼ一致したため、この2つは重なっている。

図5は50℃のグラフである。縦軸のスケールを見ると、他の温度に比べ、著しく気体発生量が小さく、90分間で1mL程の発生量である。グルコース濃度10%、20%は60分以降、気体の増加が見られなかった。

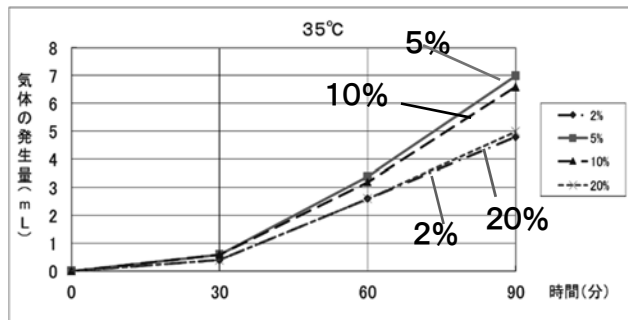


図3 グルコース濃度の違いと気体発生量(35℃)

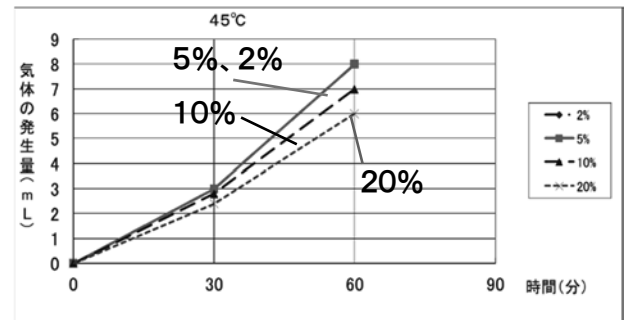


図4 グルコース濃度の違いと気体発生量(45℃)

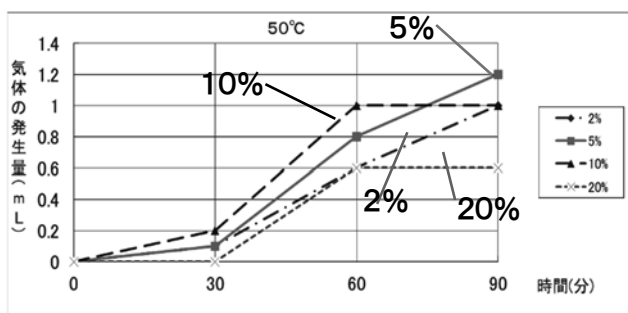


図5 グルコース濃度の違いと気体発生量(50℃)

以上、5つのグラフから、45℃が最も発酵力が高く、それより温度が下がると発酵力は徐々に低下する。50℃では、著しい発酵力の低下が見られた。また、全般的に、グルコース濃度は5%が最も良く、次に10%、20%が最も弱い発酵力になった。グルコース濃度5%との差はわずかであった。

結果のまとめ

- ① 発酵力の高い温度 45℃＞40℃＞35℃＞30℃＞50℃
- ② 発酵力の高いグルコース濃度 5%＞10%＞2%＞20%
- ③ グルコース濃度よりも温度の方が発酵力に大きな影響を与える。
- ④ 実験開始 30 分の気体発生量は小さく、その後は直線的に増加する。

5 考察

結果から、グルコース濃度は5%が最も良い発酵力を示した。5%に次いで10%も良い発酵力を示す。グルコース濃度2%では糖分が不足、ルコース20%中の酵母を顕微鏡観察すると、わずかに小さくなっており、浸透圧が酵母に負荷をかけている。そこで、最も発酵が良いグルコース濃度5%のイースト溶液5mLからの各温度の気体発生量まとめた(図6)。発酵力の強い温度は45℃>40℃>35℃>30℃>50℃の順である。いずれの温度も30分までの気体発生量が小さいのは、発生するCO₂がイースト溶液に溶解するためと考えられる。45℃のグラフが60分までしかないのは、気体発生量が多く、注射器目盛を超え測定できなかったためである。温度により、発酵力が大きく変化する。

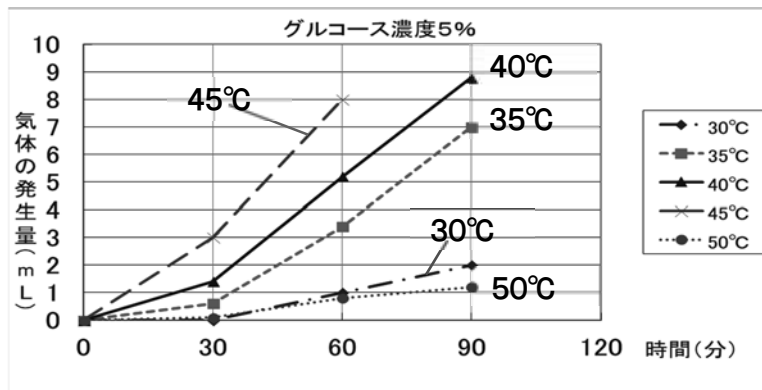


図6 温度と気体発生量(mL)
(グルコース濃度5%イースト溶液5mL)

図7は、図6の実験開始30分～60分の各温度の気体発生量mLを棒グラフで比較した。30℃から45℃にかけ、大きく発酵力が高まる。30℃に比べ35℃は2.5倍、40℃は3.8倍、45℃は5倍の発酵力になる。温度は、発酵力に与える影響が非常に大きい。イーストの表示には、「50℃以上では使わない」とある。50℃で完全に死なないが、イースト菌は、この温度で大きな損傷を受ける。表示は40℃の使用を推奨しているが、45℃が最も発酵する。30℃～40℃で発酵力が約4倍程変化することから、パン作りをする際は、この10℃の温度差により発酵時間が大きく変わることを知っておくべきであろう。

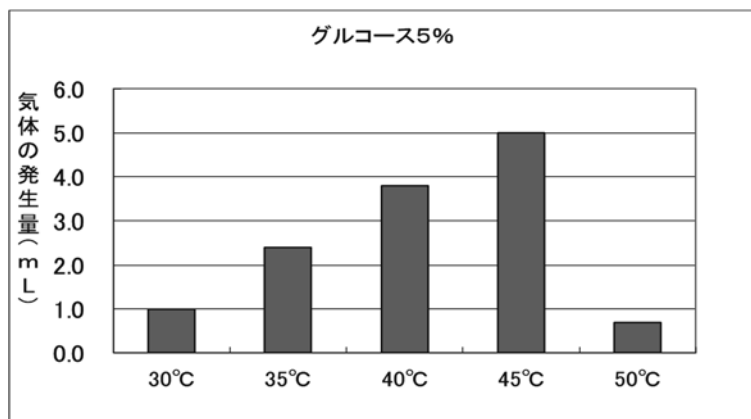


図7 30分間の気体発生量(mL)の温度比較
(グルコース濃度5%イースト溶液5mL)

6 今後の展望： 本研究で、注射器を用いた発酵時の気体測定法が確立できた。今後は、イースト菌のデータと比較し、レーズンやリンゴなどから作った天然酵母液の発酵力を測定したい。

7 参考文献

- ・生物総合資料三訂版(実教出版 2017年)
- ・ニュービジュアル家庭科 資料+成分表(実教出版 2018年)
- ・微生物実験マニュアル(技報堂出版 2010年)、
- ・Q&Aやさしい微生物学(浜本哲郎・牧子著、講談社 2012年)
- ・ルヴァンの天然酵母パン(甲田幹夫著、柴田書店 2004年)