

中華民國第42屆中小學科學展覽會

::: 作品說明書 :::

高中-生物科

科 別：生 物 科

組 別：高 中 組

作品名稱：瓦斯行老闆不是我 是它。腸內菌之產氣量與食物
關係之探討

關 鍵 詞：

編 號：040717

學校名稱：

高國立臺中第一高級中學

作者姓名：

翁健翔

指導老師：

梁光裕、賴吉永



一、研究動機

從小到大似乎常聽到大人們“告誡”我們“吃蕃薯會放屁”！又在童話故事中，看到那位皇后因為不小心在國宴時放了一個屁而被趕出皇宮的悲慘遭遇，又使我小小心靈曾經耿耿於懷！這引發了我對其造成原因的研究興趣，那真的是她自己的錯嗎？

經過多方蒐集資料的結果，吾人發現，其實這大都是因為生長在人體腸內的腸內菌所造成的。這些腸內菌叢中，有部分是具有產氣功能的菌種，例如：腸產氣桿菌(*Enterobacter*)、*E-coli* 及 *PV*（普通變形桿菌）、*Citrobacter*、*Klebsiella*、*Serratia* 等，由於我們的食物中，有部分可使得這些菌種在其利用這些成分後產生氣體，而氣體在聚集一定的量以後便會從腸道排出，也就是所謂的『放屁』！

二、研究方法

本人想藉由各種所謂屁源的食物之萃取液來觀察腸內菌對其的反應。所觀察的結果將偏重於產氣量大小，而不觀察其產酸情形。藉由本人所取得的六種不同食物粉末（分別為：蕃薯粉、黃豆粉、太白粉、麵粉、在來米粉、玉米粉等六種），進而泡煮成溶液，再取適當的濃度及澄澈度來做培養環境。以 Durham 氏糖發酵管置入試管內以收集氣體，並作定量比較分析。

三、實驗器材

(A) 硬體器材

1. 水浴器	1	台
2. 微量吸管 (Micro Pipette) (1000 μ l) (P1000)	2	支
3. 接種環	1	支
4. 有蓋試管	52	支
5. 吸量管 (5ml)	1	支
6. 電子天秤 (至小數點以下四位)	1	台
7. 電動吸管	1	支
8. 試管架	5	座
9. 磁力攪拌棒	6	支
10. 磁力攪拌加熱器	1	台
11. 錐形瓶	7	個
12. 刮勺	9	支
13. 秤量紙	數	張
14. 量筒 (500ml、100ml、10ml)	各 1	支
15. 高壓蒸氣滅菌箱	1	台
16. 酒精燈	1	台
17. Durham 氏糖發酵管	52	支
18. 游標卡尺	1	支
19. 逆滲透供水器	1	台

(B) 細菌種類

1. *Citrobacter diversus* (*koseri*) +

(枸橼桿菌屬) 異型檸檬酸桿菌

2. *Enterobacter cloacae* +

(腸產氣桿菌屬) 陰溝腸桿菌

3. *Escherichia coli* (*E-coli*) +

(大腸桿菌屬) 大腸桿菌

4. *Klebsiella pneumoniae* +

(克雷白氏菌屬) 肺炎克雷白氏桿菌

5. *Serratia marcescens* +/—

(沙雷氏菌屬) 黏質沙雷氏菌

6. *Proteus vulgaris*

(變形桿菌屬) 普通變形桿菌

(僅為之前試驗階段所使用，本實驗最後並未使用此菌！)

[註]：“+”表會產氣

“+/-”表可能會可能不會產氣

(C) 食品種類：

1. 蕃薯(地瓜)粉(Sweet Potato) 1 包

2. 玉米粉(Corn) 1 包

3. 太白粉(Potato) 1 包

4. 麵粉(Wheat) 1 包

5. 黃豆粉(Yellow Bean) 1 包

6. 在來米粉(Rice) 1 包

(D) 培養液：

LB broth 200ml

調配法：（每公升）

Tryptone 1 0 g

Yeast Extract 5 g

NaCl 5 g

因為我需要 200ml（4mlx50 支=200ml）→所以各項應改為：

Tryptone 2 g

Yeast Extract 1 g

NaCl 1 g

四、研究過程

首先吾人取得 *E-coli* 及 *PV* 之後，嘗試將其培養在一般 Nutrient Agar 中，但經過多次試驗，發現其生長結果十分不理想，無法達到吾人所要的效果，又經過多次將菌數量提高，使一定量中的菌數比例提高後，再次接種在 Nutrient Agar 中觀察（或許是實驗的設備不足關係所致），但結果一樣是十分不理想。最後，決定更換培養基，經由查閱許多細菌實驗書籍後，決定將其更換為 TSI 培養基。之後再做接種，發現 *PV* 菌在 TSI 中的反應能產生 H_2S ，使呈黑色，而 *E-coli* 則能將原紅色的 TSI 變成淡黃色，但是產氣量仍不太明顯，無法達到本人所預想的『空氣柱將 Agar 向上推開』的效果，所以不便於觀察！經過不斷地找尋解決之道，最後想到了一個和國中理化實驗方法類似的方法；既然我想要觀察的是產氣量，又不可能在試管口綁氣球以測量其產氣量（因為由先前的

嘗試實驗已可得知產氣量實在不是很多！），所以何不使用類似化學實驗製備 CO₂ 及 O₂ 時使用的排水集氣法呢？因此，我開始尋找類似的器材，最後，終於在彰師大生物系賴吉永教授的協助下，取得所需要的器材—Durham 氏糖發酵管，但是因為這不是專門用來做定量分析的，所以並未附有刻度，不過內容積倒是相等。經過我用 Micro Pipette 以 100μl ×8+50μl ×1 + 20μl ×1 + 10μl ×3 測得其內容積為 900μl = 0.9ml。在泡製完 LB Broth 之後，便開始調製六項食物的溶液，詳細過程於後項說明。在 50 支試管都調配完成後，因為有餘下約 6ml 的 LB Broth，因此我把它再多分裝到 2 支試管中，以作為試驗，各再加入等量的食物萃取液後，將 52 支試管中分別置入 Durham 氏糖發酵管，開口朝下，之後，蓋上蓋子（未栓緊），置入高壓高溫滅菌箱中進行 1 小時半的滅菌處理。

但在試驗了那兩支試管後，發現單一菌種的 *E-coli* 及 *PV* 仍非常不明顯，所以不得不再度停止原定的接種計畫，最後想到，其實人類（甚至所有動物）的腸道內所產生的菌叢都是非常複雜的，種類亦有成千上萬種，所以打算要從糞便中做菌種培養，但在打電話請教台中榮總檢驗室細菌組袁小姐後，發現依我所能使用的器材及技術，是不可能培養出來的，因此我請問袁小姐能否提供我人體腸內中常見的菌種，我想用混合的菌液做實驗，而幸運的，袁小姐願意提供我五種細菌（除 *PV* 之外的那 5 種），在取回家後，為了縮短細菌生長的對數增殖期（Logarithmic Phase），我在考慮過試管中養分的量後，決定用注入定量均勻菌液的方式來代替傳統的細菌接種！在注入完畢放入水浴器定溫 37°C 培養後，每 3 小

時觀察一次，甚至於凌晨 3 點也爬起來作攝影記錄，最後，在隔天下午 3 點半時，24 小時已滿（微生物學實驗書中談到細菌對糖的發酵作用之實驗所需的時間為 48 小時，但我在本實驗中發現在超過 24 小時後，氣泡的大小已幾乎呈現停滯，表示已達環境之最大負荷量，故本實驗所使用之數據為 24 小時所記錄的），就開始以游標尺測量其寬及高，並記錄計算之，實驗數據的取得終於完成，接下來就是進分析比較了！

五、試管調配法

1. 在每支試管中各加入 4ml LB Broth，分兩組。
2. 每種食物在各組中各四支，分別添加 0.5ml、1ml、2ml、4ml 的食物溶液。加 0.5ml 食物溶液者，再加入 3.5ml 逆滲透純水；加 1ml 食物溶液者再加 3ml 逆滲透純水；加 2ml 食物溶液者再加 2ml 逆滲透純水；加 4ml 食物溶液者，不加水；以表現出濃度差，可表現出各種濃度對腸內細菌的生長影響。
3. 添加入的食物溶液量為 0.5ml、1ml、2ml、4ml，比例為 1：2：4：8 之關係，詳細內容如下表：

每支 8ml

NO.	Food	LB Broth (ml)	Food (ml)	Water	試管代號
1	Water	4	0	4	Water
2	蕃薯粉 (Sweet Potato)	4	0.5	3.5	S-1
3		4	1	3	S-2
4		4	2	2	S-4
5		4	4	0	S-8
6	玉米粉 (Corn)	4	0.5	3.5	C-1
7		4	1	3	C-2
8		4	2	2	C-4
9		4	4	0	C-8
10	黃豆粉 (Yellow Bean)	4	0.5	3.5	Y-1
11		4	1	3	Y-2
12		4	2	2	Y-4
13		4	4	0	Y-8
14	麵粉 (Wheat)	4	0.5	3.5	W-1
15		4	1	3	W-2
16		4	2	2	W-4
17		4	4	0	W-8
18	太白粉 (Potato)	4	0.5	3.5	P-1
19		4	1	3	P-2
20		4	2	2	P-4
21		4	4	0	P-8
22	在來米粉 (Rice)	4	0.5	3.5	R-1
23		4	1	3	R-2
24		4	2	2	R-4
25		4	4	0	R-8

六、食物萃取液之調配

原先預定要調配 2% 的濃度，但因為蕃薯粉太過濃濁，會影響 Durham 氏糖發酵管之觀察，所以再加入約 1 倍的水（原為 200 ml H₂O，再加入 200 ml H₂O），使濃度降低為 1%，呈現出較清的溶液，之後五項食物皆改為 1%（2g / 200 ml H₂O）；但其中麵粉由

於過濃稠，再加入 200ml H₂O → 0.5%，而黃豆粉則由 200ml 中取 100ml（用量筒）加入 100ml 逆滲透純水 → 仍然太濃 → 同法 100ml + 100ml H₂O 使成 0.25%，為求濃度一致以利比較，故將所有溶液的濃度皆改為 0.25%，所以最終濃度為：

玉米粉（C）：	0.25%	太白粉（P）：	0.25%
蕃薯粉（S）：	0.25%	麵粉（W）：	0.25%
在來米粉（R）：	0.25%	黃豆粉（Y）：	0.25%

七、試管代號編訂原則：A—B—C

A： E → *E-coli*

P → PV

B： S → Sweet Potato 蕃薯（地瓜）粉

C → Corn 玉米粉

P → Potato 太白粉

W → Wheat 麵粉

Y → Yellow Bean 黃豆粉

R → Rice 在來米粉

〔註〕：因代號編訂在更改實驗方法之前，所以本實驗之後所用的五種菌混合體乃使用原先預訂給 PV 使用之 P 字開頭試管組。

八、細菌接種

1. 準備好下列器材並置於操作桌上：

- (1) 5 支已培養之菌液試管 (*K. pneumoniae*、*E. coli*、*C. koseri*、*E. cloacae*、*S. marcescens*)
- (2) 25 支上述〔五、〕所述已配置完成之待接種試管
- (3) 酒精燈
- (4) 振盪器（因在家中做實驗，以腳底按摩器代替）
- (5) Micro Pipette
- (6) 已滅菌之 Tip

2. 接種步驟：

五種菌種均依下列同一步驟，將菌液注入試管中，故本實驗所用之菌為五種混合。

- (1) 將菌種試管蓋打開，管口以酒精燈之火燄，殺滅管口雜菌；
- (2) 將待接種試管蓋打開，管口用酒精燈之火燄滅菌；
- (3) 用 Micro Pipette 自菌種試管內取出 100 μ l (0.1c.c) 之菌液；
- (4) 將菌液注入接種試管內；
- (5) 同此步驟，共 25 支試管接種完成；
- (6) 依上述(1)至(5)執行其他菌種之注入；
- (7) 記錄時間：PM 3:20。

九、細菌培養

1. 將已完成接種之 25 支試管，放置於可定溫 37°C 之水浴器內 (PM 3:30)，水面高於管內液面；
2. 水浴器內置入 2 支溫度計（各據一方）；
3. 於開始培養後 3 小時，觀察各試管內氣泡產生情形，以了解那

些食物會比較快產生氣泡並記錄之，發現五米粉溶液未出現氣泡，而在來米粉及太白粉溶液之氣泡相較最多！

4. 6 小時後，觀察 25 支試管之氣泡產量並予以攝影記錄；
5. 9、12、15、18、21 小時觀察；
6. 5、12、19、24、34 小時照相記錄；
7. 24 小時後，觀察並攝影，並以游標尺量測記錄氣泡大小作為比較；
8. 培養滿 24 小時，完成本實驗。

十、氣泡體積計算

1. 由於集氣在試管內，因此，由試管側面以游標卡尺測試氣泡之寬與高；
寬：氣泡橫向最大長度
高：氣泡上下最大高度
（實際上氣泡由外觀上看均為橢圓狀如 ）
2. 假設氣泡之橫剖面為固定，即上下之圓面積改變予以忽略（因縱向曲率改變甚小），而上下高度則無需調整；
3. 橫向為一圓（因 Durham 氏糖發酵管為一圓柱形），假設半徑為 r ，則面積為 πr^2 ，而高度為 h ，則氣泡之體積為 $\pi r^2 h$ ；
4. 但因實際氣泡為橢圓體，故以縱切面來看我把橢圓計算成一長方形，設橢圓之半長軸為 a ，半短軸為 b ，則橢圓面積由積分可得為 πab ，長方形面積為 $4ab$ ，所以誤差為 21.46%（橢圓柱由無限多個通過軸心之縱切面組成）；
5. 將所得之氣泡體積 $\times 0.7854$ ，則可消除 21.46% 之誤差，而得到

最接近實際之體積；

6. 因 Durham 氏糖發酵管之內體積（容積）為 $900\mu\text{l} = 0.9\text{ml}$ ，而總共試管加入之液體體積為 8.5ml ($8\text{ml} + 0.5\text{ml}$ 注入之菌液體積總和)（細菌之體積予以忽略），所以將 Durham 氏糖發酵管內之氣體體積 $\times \frac{8.5}{0.9}$

可得到整個試管之總產氣量，其公式為：

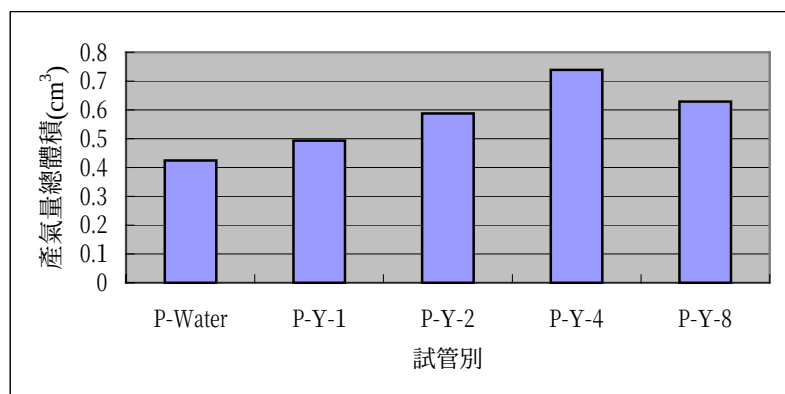
$$\text{總產氣量} = \left[\frac{\text{寬}}{2} \right]^2 \times \pi \times \text{高} \times 0.7854 \times \frac{8.5}{0.9}$$

十一、研究結果

1. 食物濃度與產氣量比較

a. 黃豆粉（Yellow Bean）：濃度 1：2：4：8 與水

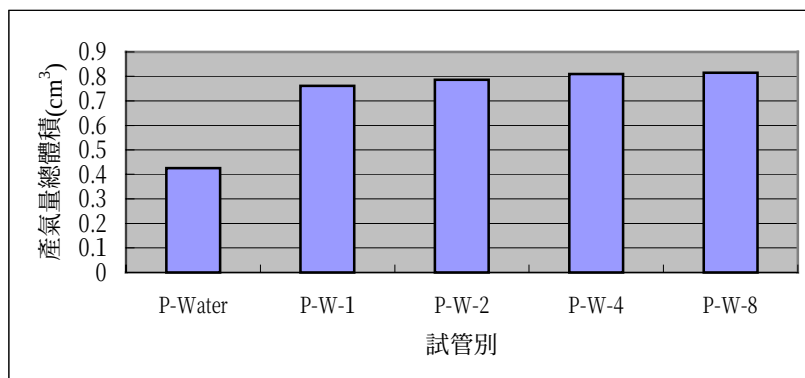
試管 產氣量	P-Water	P-Y-1	P-Y-2	P-Y-4	P-Y-8
寬 × 高 (cm)	0.52 × 0.27	0.56 × 0.27	0.58 × 0.3	0.63 × 0.32	0.6 × 0.3
總體積(cm^3)	0.425	0.493	0.588	0.740	0.629



⇒ 由上述數據顯示當食物為黃豆粉時，其產氣量隨黃豆粉濃度之增加而增加，而僅含水之產氣量亦較少。

b. 麵粉 (Wheat) : 濃度 1 : 2 : 4 : 8

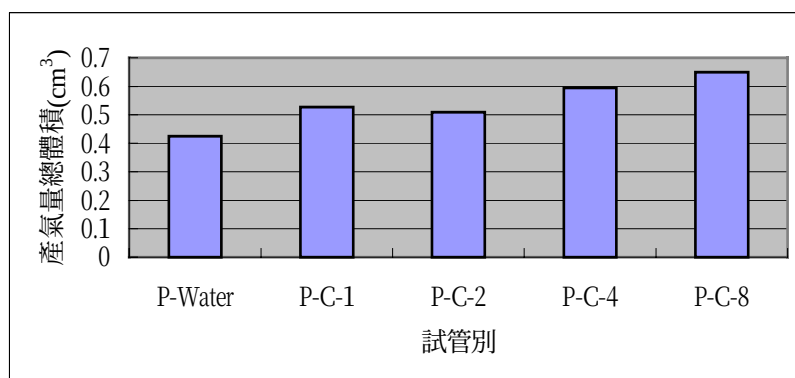
試管 產氣量	P-Water	P-W-1	P-W-2	P-W-4	P-W-8
寬 × 高 (cm)	0.52 × 0.27	0.66 × 0.3	0.63 × 0.34	0.67 × 0.31	0.67 × 0.32
總體積(cm ³)	0.425	0.761	0.786	0.810	0.815



⇒ 由上述數據顯示當食物為麵粉時，其產氣量隨麵粉濃度之增加而增加。

c. 玉米粉 (Corn) : 濃度 1 : 2 : 4 : 8

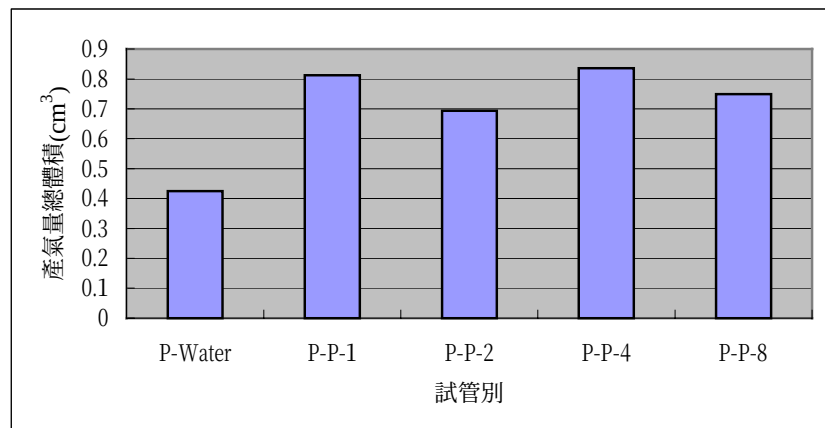
試管 產氣量	P-Water	P-C-1	P-C-2	P-C-4	P-C-8
寬 × 高 (cm)	0.52 × 0.27	0.55 × 0.30	0.54 × 0.3	0.58 × 0.32	0.61 × 0.32
總體積(cm ³)	0.425	0.528	0.509	0.594	0.650



⇒由上述數據顯示當食物為玉米粉時，其產氣量隨玉米粉濃度之增加而增加。

d. 太白粉 (Potato)：濃度 1：2：4：8

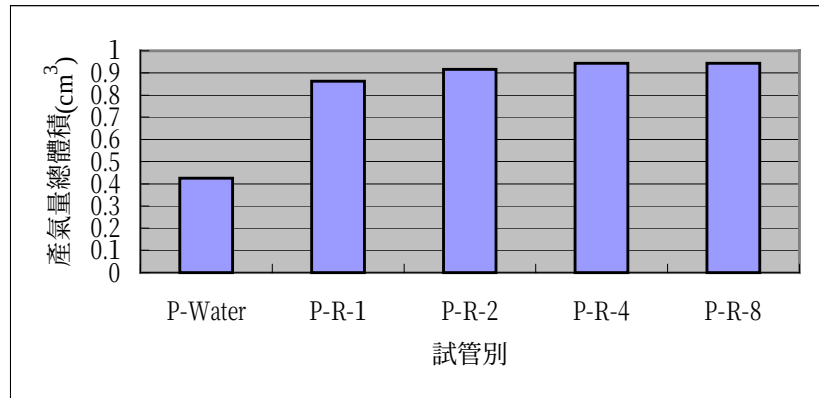
試管 產氣量	P-Water	P-P-1	P-P-2	P-P-4	P-P-8
寬 × 高 (cm)	0.52 × 0.27	0.65 × 0.33	0.63 × 0.32	0.65 × 0.34	0.67 × 0.32
總體積(cm ³)	0.425	0.812	0.693	0.836	0.749



⇒由上述數據顯示當食物為太白粉時，其產氣量與太白粉濃度呈局部特定關係，由此可知：腸內菌對太白粉食物之濃度有較明顯的偏好，而非如其他食物組之隨濃度之增加而增加！

e. 在來米粉 (Rice)：濃度 1：2：4：8

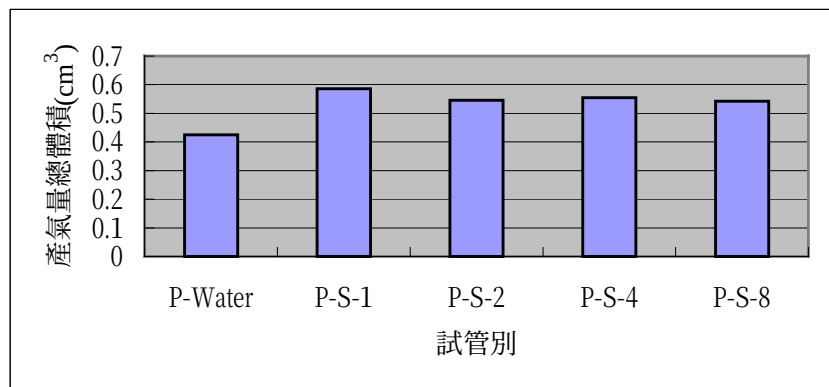
試管 產氣量	P-Water	P-R-1	P-R-2	P-R-4	P-R-8
寬 × 高 (cm)	0.52 × 0.27	0.68 × 0.32	0.68 × 0.34	0.69 × 0.34	0.69 × 0.34
總體積(cm ³)	0.425	0.862	0.915	0.943	0.943



⇒由上述數據顯示當食物為在來米粉時，其產氣量隨在來米粉濃度之增加而增加。

f. 蕃薯（地瓜）粉（Sweet Potato）：濃度 1：2：4：8

試管 產氣量	P-Water	P-S-1	P-S-2	P-S-4	P-S-8
寬 × 高 (cm)	0.52 × 0.27	0.57 × 0.31	0.55 × 0.31	0.56 × 0.31	0.54 × 0.32
總體積 (cm ³)	0.425	0.586	0.546	0.555	0.543

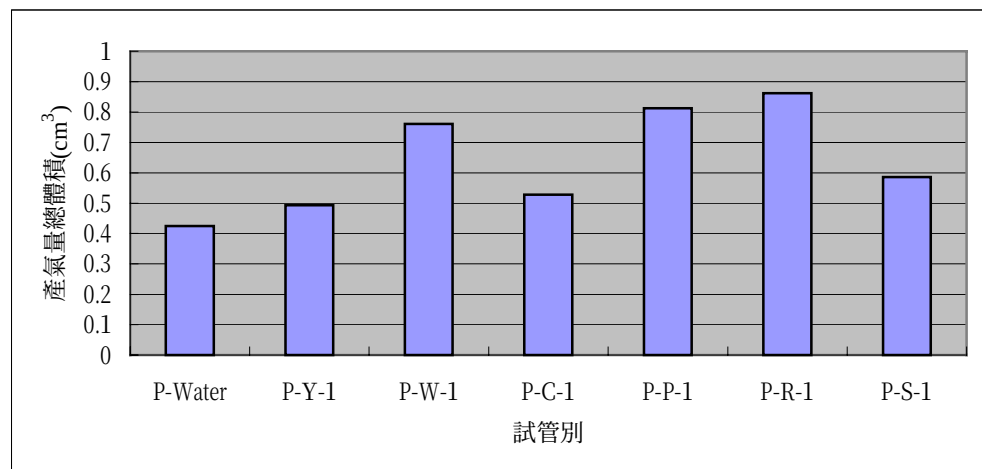


⇒由上述數據顯示當食物為蕃薯粉時，其產氣量與蕃薯粉濃度無明顯相關性！

2. 不同食物但濃度相同之產氣量比較

(1) 濃度 1：

試管 產氣量	P-Water	P-Y-1	P-W-1	P-C-1	P-P-1	P-R-1	P-S-1
寬×高(cm)	0.52×0.27	0.56×0.27	0.66×0.30	0.55×0.30	0.65×0.33	0.68×0.32	0.57×0.31
總體積 (cm ³)	0.425	0.493	0.761	0.528	0.812	0.862	0.586

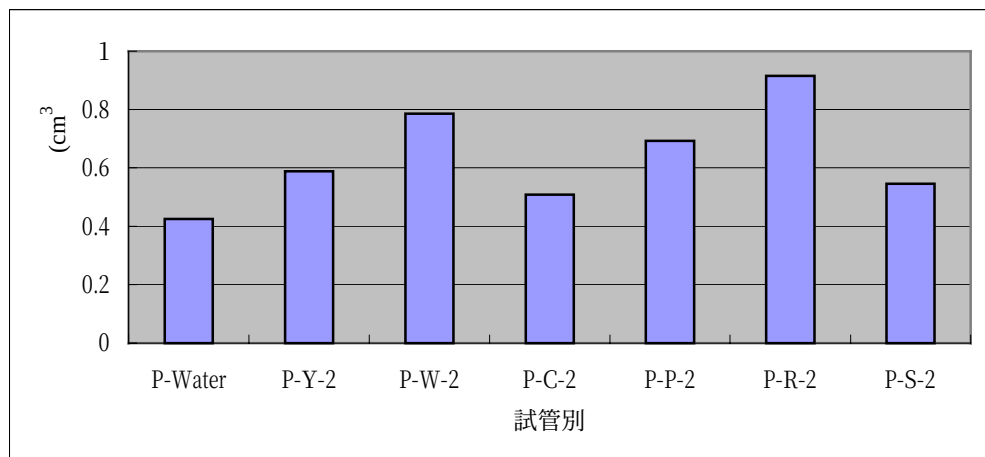


⇒產氣量大小順序：

①P-R ②P-P ③P-W ④P-S ⑤P-C ⑥P-Y ⑦P-Water

(2) 濃度 2：

試管 產氣量	P-Water	P-Y-2	P-W-2	P-C-2	P-P-2	P-R-2	P-S-2
寬×高(cm)	0.52×0.27	0.58×0.3	0.63×0.34	0.654×0.3	0.63×0.32	0.68×0.34	0.55×0.31
總體積 (cm ³)	0.425	0.588	0.786	0.509	0.693	0.915	0.546

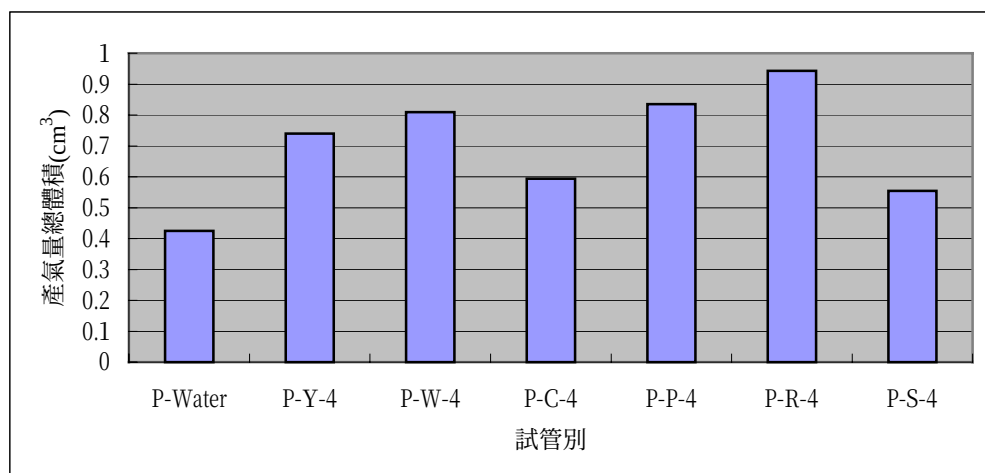


⇒產氣量大小順序：

①P-R ②P-W ③P-P ④P-Y ⑤P-S ⑥P-C ⑦P-Water

(3) 濃度 4：

試管 產氣量	P-Water	P-Y-4	P-W-4	P-C-4	P-P-4	P-R-4	P-S-4
寬×高(cm)	0.52×0.27	0.63×0.32	0.67×0.31	0.58×0.32	0.65×0.34	0.69×0.34	0.56×0.31
總體積 (cm³)	0.425	0.740	0.810	0.594	0.836	0.943	0.555

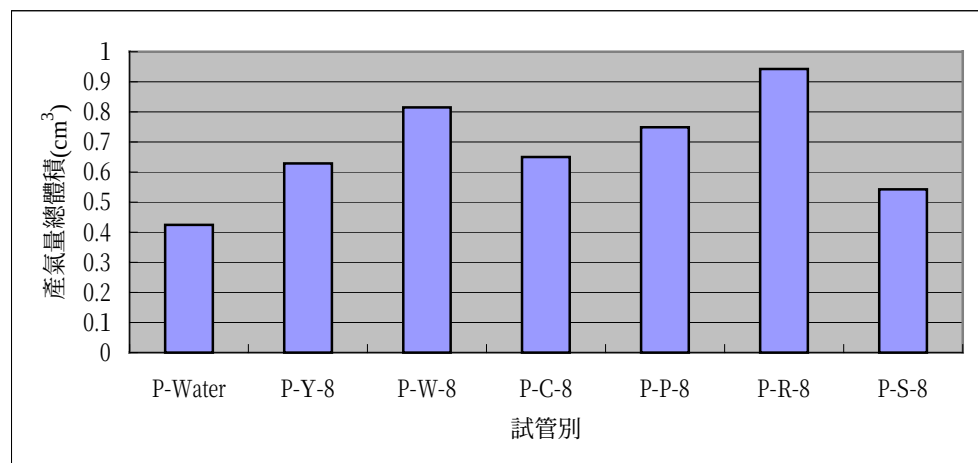


⇒產氣量大小順序：

①P-R ②P-P ③ P-W ④P-Y ⑤P-C ⑥P-S ⑦P-Water

(4) 濃度 8：

試管 產氣量	P-Water	P-Y-8	P-W-8	P-C-8	P-P-8	P-R-8	P-S-8
寬×高(cm)	0.52×0.27	0.60×0.3	0.67×0.32	0.61×0.32	0.67×0.32	0.69×0.34	0.54×0.32
總體積 (cm ³)	0.425	0.629	0.815	0.650	0.749	0.943	0.543



⇒產氣量大小順序：

①P-R ②P-W ③ P-P ④P-C ⑤P-Y ⑥P-S ⑦P-Water

由上述比較以順序 ①積分為 7，依序至順序 ⑦積分為 1，計算表如下：

積分 試管 濃度	P-Water (水)	P-Y (黃豆)	P-W (麵粉)	P-C (玉米粉)	P-P (太白粉)	P-R (在來米粉)	P-S (蕃薯粉)
1	1	2	5	3	6	7	4
2	1	4	6	2	5	7	3
4	1	4	5	3	6	7	2
8	1	3	6	4	5	7	2
合計分數	4	13	22	12	22	28	9
名次	7	4	2	5	2	1	6

故由上表得知：

⇒在來米粉產氣量最大，表示最會放屁，反而吃蕃薯（地瓜）並非平時想像最會放屁。

十二、 結論

由本實驗，我們不難發現，其實世事難料，事實與傳說常有著一段差距。民間傳說中，蕃薯是最會引起“體內排氣”的食物，因此，大家往往都不太敢食用大量的蕃薯；但有趣的是“實驗顯示”，世界上的兩大食派—以米飯為主食的東方國家和以馬鈴薯為主食的西方國家—其每日攝取最多的食物“飯”及“馬鈴薯”，才是真正的『氣種』，其所能造成的細菌產氣量皆大於其他傳說食物種，本實驗中雖無法使用完整的所有腸內菌種來實驗（因為太多種了）！但所選定之五種皆為腸內主要的產氣菌，其中如 *Enterobacter* 中我所選用的 *E.cloacae* 亦為 *Enterobacter* 屬中腸內最常見的！而 *E-coli* 更是腸道中數量最多的菌種，至於 *Klebsiella pneumoniae* 雖在呼吸道感染會引發肺炎，但一般其仍有生長在腸道中情形，且歸屬於正常腸內菌種，並非列於致病菌黑名單中（自體免疫力低下者，另當別論）！

由本實驗可得下列結果：

1. 成功平反蕃薯的『不明之冤』！證實其並非造成放屁的最大原兇！
2. 找出造成皇后被趕出皇宮的幕後真兇 → 米飯！
3. 能就六種常見食物造成產氣量作排序及濃度分析，並能從中

得到並非濃度愈高，產氣量就一定愈大之結論；表示腸內菌亦有其固定的最佳適合濃度。

4. 所得之結果頗具價值，因為本實驗中所使用的五種細菌皆為腸道中之主要產氣菌，且本實驗採 5 菌混合之培養法，更能模擬腸道菌叢生態之複雜性，重建原貌於每支試管中，使每支試管就有如一個真實的腸道，所以結果之可信度與準確度大為增加（此為本人盡現階段的知識及技術、設備，所設計實驗出之結果，實際上腸道中複雜的各種酶作用，非本人現階段之能力所及，故不予以討論）！

最後，致特別重視禮儀愛美的女士小姐們！盡情享受蕃薯的美味吧！！

十三、指導老師及教授

特別感謝：

國立台中一中生物科教師—梁光裕老師

國立彰化師範大學生物系助理教授—賴吉永博士

國立彰化師範大學科教所教授—王國華博士

私立中國醫藥學院醫學系教授—鍾景光博士

私立中國醫藥學院附設醫院檢驗室細菌組—鄒梅芬組長

台中榮民總醫院檢驗室細菌組—袁小姐

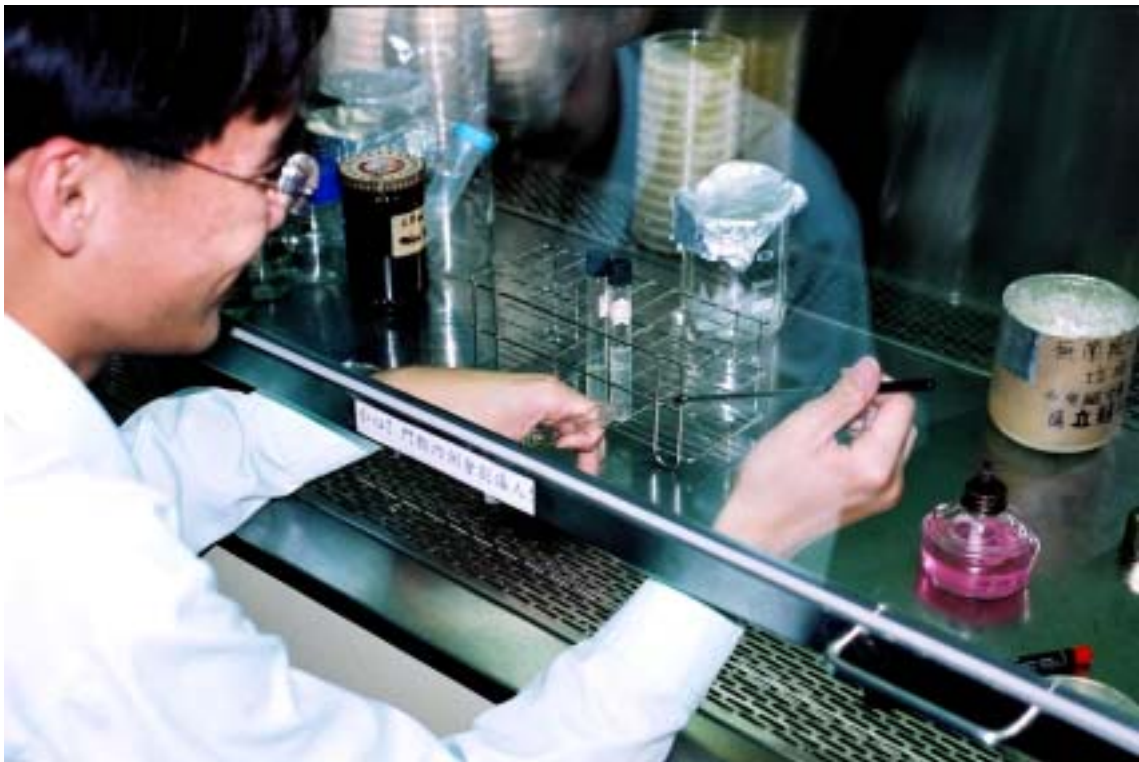
對本實驗提供多項協助，感激不盡！

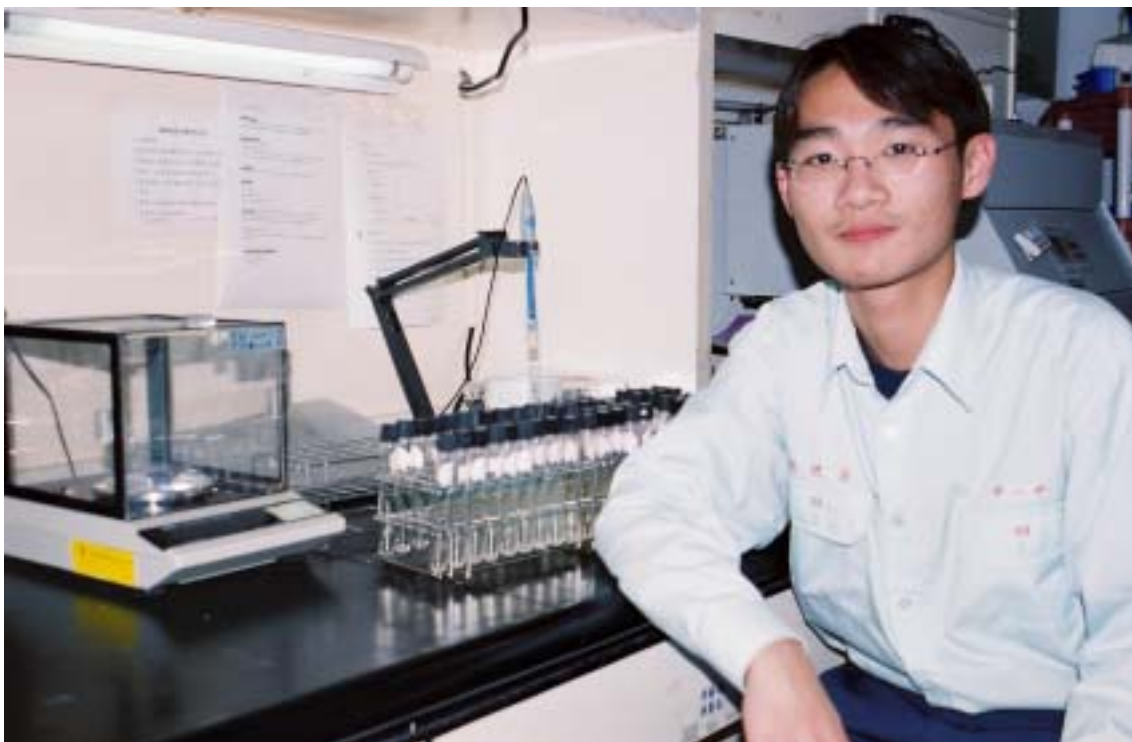
十四、參考資料：

- (1) 高中生物第一冊
國立編譯館
- (2) 微生物學 (P.30~35、P.98~99、P.238~245)
戴佛香、羅新生、壽廉合著，五南圖書出版公司印行 (73 初版、75 再版)
- (3) 微生物學 (P.361~378)
蔡文城著，藝軒圖書出版社印行 (75 年版)
- (4) 微生物學實驗 (P.7~8、P.24、P.32~33、P.76~77、P.115~121)
王貴譽著，國立編譯館主編、中央圖書出版新發行
- (5) 微生物學 (P.365~385)
蔡文城著，藝軒圖書出版社印行 (1992 修正版)
- (6) Manual of Clinical Microbiology 7th Edition / Patrick R. Murrayetc. / ASM Press

十五、實驗過程圖片

(一) 試管接種：（於彰師大微生物實驗室）





(二) 菌種：（台中榮總提供）



(三) 菌種接種：（在家中書房）91/03/02 PM 15:00





(四) 接種完成：91/03/02 PM 15:30



(五) 放入水浴器中加熱培養：（維持 37℃）



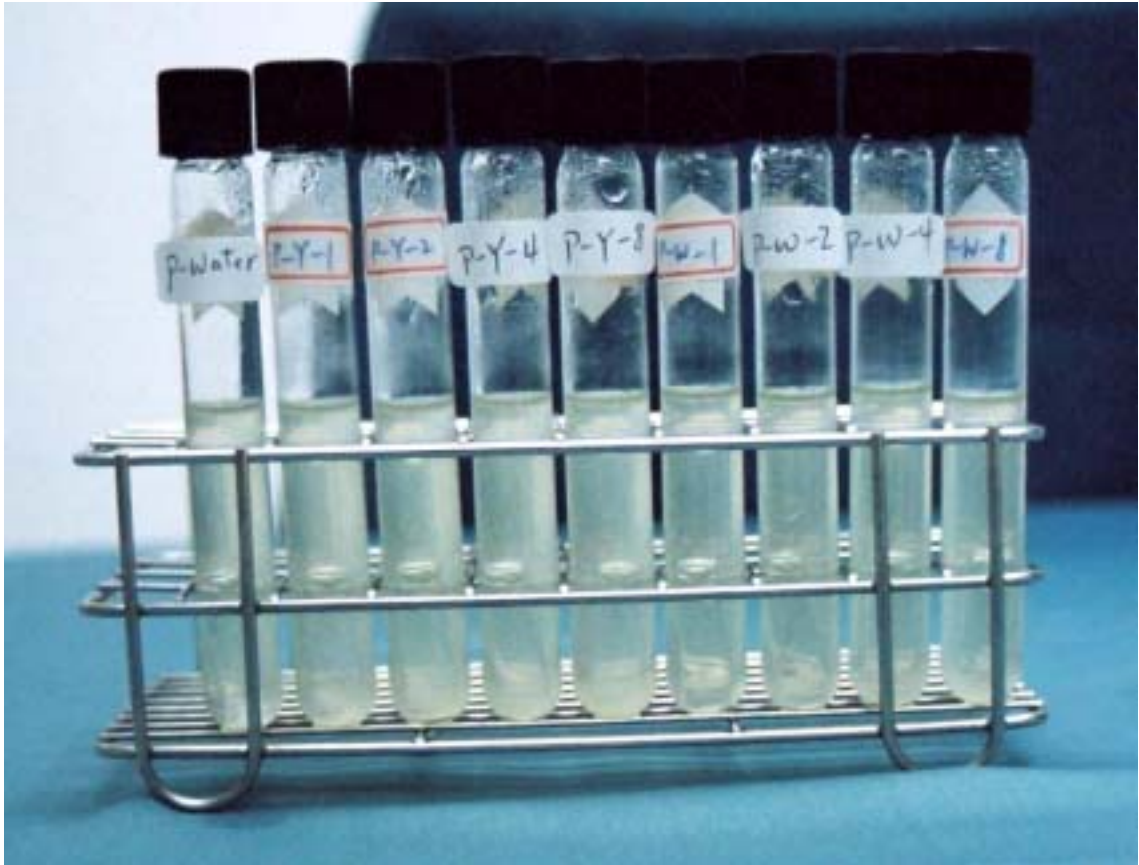
(六) 經過 5 小時後之記錄照片：91/03/02 PM 20:30





(七) 經過 12 小時後之記錄照片：91/03/03 AM 3:00





(八) 經過 19 小時後之記錄照片：91/03/03 AM 10:00





(九) 經過 24 小時後之記錄照片：91/03/03 PM 15:30





(十) 經過 34 小時後之記錄照片：91/03/03 PM 23:00





(十一) 代用振盪器：以腳底按摩器代替



十六、附表

TABLE 1 Biochemical reactions of the named species, biogroups, and Enteric Groups of the family *Enterobacteriaceae*^a

Organism	Indole production	Methyl red	Voges-Proskauer	Citrate (Simmons)	Hydrogen sulfide (TSI)	Urea hydrolysis	Phenylalanine deaminase	Lysine decarboxylase	Arginine dihydrolase	Ureidine decarboxylase	Motility (38 °C)	Betain hydrolysis (22 °C)	Growth in KCN	Malonate utilization	D-Glucose, acid	D-Glucose, gas	Lactose fermentation	Sucrose fermentation	D-Mannitol fermentation	Dulcitol fermentation	Sorbitol fermentation	myo-Inositol fermentation	D-Sorbitol fermentation	L-Arabinose fermentation	Raffinose fermentation	L-Rhamnose fermentation	Maltose fermentation	D-Xylose fermentation	Trehalose fermentation	Cellobiose fermentation	alpha-Methyl-D-glucoside fermentation	Erythritol fermentation	Esculin hydrolysis	Meliose fermentation	D-Arabitol fermentation		
<i>Butyrivibrio</i>	0	93	0	0	80	33	0	0	0	0	27	0	0	0	100	53	87	0	60	0	0	0	0	80	0	100	0	93	0	0	0	0	0	0	0	27	
<i>B. aquatica</i> ^b	0	100	0	0	0	0	0	0	0	0	100	0	80	60	100	100	100	0	100	0	0	0	0	0	0	0	100	100	100	100	100	0	0	0	0	0	
<i>Butyrivibrio</i>	0	100	0	0	0	0	0	0	0	0	100	0	80	60	100	100	100	0	100	0	0	0	0	0	0	0	100	100	100	100	100	0	0	0	0	0	
<i>B. agrestis</i>	0	100	0	0	0	0	0	0	0	0	100	0	80	60	100	100	100	0	100	0	0	0	0	0	0	0	100	100	100	100	100	0	0	0	0	0	
<i>B. bremeriae</i>	0	100	0	0	0	0	0	0	0	0	100	0	80	60	100	100	100	0	100	0	0	0	0	0	0	0	100	100	100	100	100	0	0	0	0	0	
<i>B. ferruginea</i>	0	100	0	0	0	0	0	0	0	0	100	0	80	60	100	100	100	0	100	0	0	0	0	0	0	0	100	100	100	100	100	0	0	0	0	0	
<i>B. parvula</i>	0	100	0	20	0	0	0	0	0	0	20	0	80	60	100	100	100	0	100	0	0	0	0	0	0	0	100	100	100	100	100	0	0	0	0	0	
<i>B. izlandi</i>	0	100	0	0	0	0	0	0	0	0	100	0	80	60	100	100	100	0	100	0	0	0	0	0	0	0	100	100	100	100	100	0	0	0	0	0	
<i>B. noackiae</i>	33	100	0	33	0	0	0	0	0	0	67	0	100	100	100	100	100	0	100	0	0	0	0	0	0	0	100	100	100	100	100	0	0	0	0	0	
<i>B. warmboldiae</i>	0	100	0	33	0	0	0	0	0	0	100	0	80	60	100	100	100	0	100	0	0	0	0	0	0	0	100	100	100	100	100	0	0	0	0	0	
<i>Cedexia</i>	0	100	50	95	0	0	0	0	0	0	50	95	0	86	91	100	70	19	100	100	0	99	0	0	0	0	10	0	100	100	100	5	0	45	0	100	
<i>C. daviesae</i>	0	40	80	99	0	0	0	0	0	0	100	0	80	91	100	100	60	0	100	0	0	0	0	0	0	0	0	100	100	100	100	0	0	0	0	100	
<i>C. laquei</i>	0	100	50	100	0	0	0	0	0	0	100	0	80	91	100	100	60	0	100	0	0	0	0	0	0	0	0	100	100	100	100	0	0	0	0	100	
<i>C. neiferi</i>	0	100	50	100	0	0	0	0	0	0	100	0	80	91	100	100	60	0	100	0	0	0	0	0	0	0	0	100	100	100	100	0	0	0	0	100	
<i>Cedexia species 3*</i>	0	100	50	100	0	0	0	0	0	0	100	0	80	91	100	100	60	0	100	0	0	0	0	0	0	0	0	100	100	100	100	0	0	0	0	100	
<i>Cedexia species 5*</i>	0	100	50	100	0	0	0	0	0	0	50	100	0	100	0	100	100	0	100	0	0	0	0	0	0	0	0	100	100	100	100	0	0	0	0	100	
<i>Citrobacter</i>	33	100	0	78	44	0	0	0	0	0	67	0	89	11	100	89	78	89	100	11	0	0	0	0	0	0	0	100	100	88	100	44	11	0	0	100	
<i>C. freundii</i>	99	100	0	99	0	75	0	0	0	0	80	99	95	0	95	100	96	50	40	99	15	99	0	0	0	0	0	99	99	100	100	99	40	0	1	0	
<i>C. diversus (rosent)</i>	100	100	0	95	5	85	0	0	0	0	85	95	95	0	99	100	97	35	9	100	1	30	0	0	0	0	99	99	100	100	100	99	40	0	1	0	
<i>C. amarae</i>	100	100	0	75	65	89	0	0	0	0	85	100	97	0	93	0	100	96	15	100	2	9	0	0	0	0	98	100	100	100	100	75	0	0	100	0	
<i>C. farmeri</i>	15	100	0	10	58	0	0	0	0	0	50	5	95	0	95	100	96	15	100	2	9	0	0	0	0	0	98	100	100	100	100	45	0	0	100	0	
<i>C. youngae</i>	33	100	0	67	60	47	0	0	0	0	67	93	87	0	100	0	100	93	80	7	100	33	0	0	0	0	100	100	7	100	100	73	33	0	0	80	0
<i>C. breakii</i>	0	100	0	87	60	47	0	0	0	0	67	93	87	0	100	0	100	93	80	7	100	33	0	0	0	0	100	100	7	100	100	73	33	0	0	80	0
<i>C. werkmanii</i>	0	100	0	83	0	0	0	0	0	0	100	0	100	0	100	0	100	100	100	0	100	17	0	0	0	0	100	100	0	100	100	100	0	0	0	100	0
<i>C. sedlakii</i>	0	100	0	83	0	0	0	0	0	0	100	0	100	0	100	0	100	100	100	0	100	17	0	0	0	0	100	100	0	100	100	100	0	0	0	100	0
<i>C. roderitum</i>	0	100	0	33	67	0	0	0	0	0	33	0	67	0	100	0	100	100	100	0	100	17	0	0	0	0	100	100	0	100	100	100	0	0	0	100	0
<i>Citrobacter species 10*</i>	0	100	0	33	67	0	0	0	0	0	33	0	67	0	100	0	100	100	100	0	100	17	0	0	0	0	100	100	0	100	100	100	0	0	0	100	0
<i>Citrobacter species 11*</i>	100	100	0	100	67	0	0	0	0	0	67	0	100	0	100	0	100	67	33	100	33	0	0	0	0	0	100	100	33	100	100	100	0	0	67	0	
<i>Edwardsiella</i>	99	100	0	1	100	0	0	0	0	0	100	0	80	91	100	100	60	0	100	0	0	0	0	0	0	0	100	100	0	100	100	100	0	0	33	0	
<i>E. tarda</i>	99	100	0	1	100	0	0	0	0	0	100	0	80	91	100	100	60	0	100	0	0	0	0	0	0	0	100	100	0	100	100	100	0	0	33	0	
<i>E. tarda biogroup 1*</i>	100	100	0	0	0	0	0	0	0	0	100	0	80	91	100	100	60	0	100	0	0	0	0	0	0	0	100	100	0	100	100	100	0	0	33	0	
<i>E. hoshinae</i>	50	100	0	0	0	0	0	0	0	0	100	0	80	91	100	100	60	0	100	0	0	0	0	0	0	0	100	100	0	100	100	100	0	0	33	0	
<i>E. ictaluri</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100	0	80	91	100	100	60	0	100	0	0	0	0	0	0	0	100	100	0	100	100	100	0	0	33	0	
<i>Enterobacter</i>	0	5	98	95	0	2	0	0	0	0	98	97	0	98	95	100	100	95	100	100	5	100	98	95	100	96	99	100	100	100	100	95	0	98	99	100	
<i>E. aerogenes</i>	0	5	100	100	0	65	0	0	0	0	97	96	95	0	98	95	100	100	95	100	5	100	98	95	100	96	99	100	100	100	100	95	0	98	99	100	
<i>E. cloacae</i>	20	50	70	50	0	20	0	0	0	0	85	0	85	0	98	95	100	100	95	100	5	100	98	95	100	96	99	100	100	100	100	95	0	98	99	100	
<i>E. agglomerans group*</i>	0	5	100	99	0	93	0	0	0	0	90	0	90	0	98	95	100	100	95	100	5	100	98	95	100	96	99	100	100	100	100	95	0	98	99	100	
<i>E. gergoviae</i>	11	5	100	99	0	1	50	0	0	0	99	91	96	0	98	95	100	100	95	100	5	100	98	95	100	96	99	100	100	100	100	95	0	98	99	100	
<i>E. sakazakii</i>	0	7	100	100	0	1	0	0	0	0	94	99	98	0	98	95	100	100	95	100	5	100	98	95	100	96	99	100	100	100	100	95	0	98	99	100	
<i>E. faecalis (cancerogenus)</i>	0	5	100	70	0	0	0	0	0	0	9	55	82	0	100	91	100	100	70	100	0	91	0	0	0	0	100	100	0	100	100	100	100	95	0	98	99
<i>E. amnigenus biogroup 1*</i>	0	65	100	100	0	0	0	0	0	0	35	100	100	0	98	95	100	100	95	100	5	100	98	95	100	96	99	100	100	100	100	95	0	98	99	100	
<i>E. amnigenus biogroup 2*</i>	0	100	2	100	0	60	0	0	0	0	21	95	0	97	3	100	95	75	100	100	0	100	0	0	0	0	100	100	0	100	100	100	100	95	0	98	99
<i>E. asburiae</i>	0	100	2	100	0	60	0	0	0	0	21	95	0	97	3	100	95	75	100	100	0	100	0	0	0	0	100	100	0	100	100	100	100	95	0	98	99

Continued on next page

(continued on next page)

TABLE 1 Biochemical reactions of the named species, biogroups, and Enteric Groups of the family *Enterobacteriaceae*^a (Continued)

Organism	Indole production	Methyl red	Voges-Proskauer	Citrate (Simmons)	Hydrogen sulfide (TSI)	Urea hydrolysis	Phenylalanine deaminase	Lysine decarboxylase	Arginine dihydrolase	Ornithine decarboxylase	Motility (36 °C)	Gelatin hydrolysis (22 °C)	Melionate utilization	D-Glucose, acid	D-Glucose, gas	Lactose fermentation	Sucrose fermentation	D-Mannitol fermentation	Dulcitol fermentation	Salicin fermentation	Adonitol fermentation	myo-Inositol fermentation	D-Sorbitol fermentation	L-Arabinose fermentation	Raffinose fermentation	L-Rhamnose fermentation	Maltose fermentation	D-Xylose fermentation	Trehalose fermentation	Cellobiose fermentation	alpha-Methyl-D-glucoside fermentation	Erythritol fermentation	Esculin hydrolysis	Melibiose fermentation	D-Arabinol fermentation	Glycerol fermentation	Mucate fermentation	Tartrate, Jordan's		
Enterobacter (continued)																																								
E. hormaechei*	0	57	100	96	0	87	4	0	78	91	52	0	100	100	100	83	9	100	100	87	44	0	0	0	100	100	100	100	96	100	100	83	0	0	0	0	4	96	13	
E. intermedium*	0	100	100	65	0	0	0	0	89	88	0	0	65	100	100	100	0	65	100	100	100	0	0	0	100	100	100	100	0	100	100	100	0	0	0	0	0	0	100	100
E. cancerogenus	0	0	100	100	0	0	0	0	100	100	0	0	100	100	100	0	0	100	100	100	0	0	0	0	100	100	100	100	0	100	100	100	0	0	0	0	0	0	100	0
E. dissolvens	0	0	100	100	0	100	0	0	100	100	0	0	100	100	100	0	0	100	100	100	0	0	0	0	100	100	100	100	0	100	100	100	0	0	0	0	0	0	100	0
E. nimipressuralis	0	100	100	0	0	0	0	0	100	0	0	0	100	100	100	0	0	100	100	100	0	0	0	0	100	100	100	100	0	100	100	100	0	0	0	0	0	0	100	0
E. pyritus	0	29	88	0	0	86	0	100	0	100	43	0	0	86	100	100	14	100	100	0	100	0	100	0	100	0	100	100	100	0	100	100	0	0	0	14	100	14	0	86
Escherichia																																								
E. coli*	98	99	0	1	1	1	0	90	17	65	95	0	3	0	100	95	95	50	98	60	40	5	1	94	99	50	80	95	95	98	2	0	0	0	35	75	5	75	95	95
E. coli, inactive*	80	95	0	1	1	1	0	40	3	20	5	0	1	0	100	5	25	15	93	40	10	3	1	75	85	15	65	80	70	50	2	0	0	0	5	40	5	65	30	85
E. fergusonii*	98	100	0	17	0	0	0	95	5	100	93	0	0	35	100	95	0	98	60	65	98	0	0	92	86	96	96	96	0	0	46	0	0	0	40	0	100	20	0	96
E. hermannii*	99	100	0	1	0	0	0	6	0	100	99	0	94	0	100	97	45	45	100	19	40	0	0	100	40	97	100	100	97	0	0	0	0	0	0	8	3	97	35	
E. vulneris*	0	100	0	0	0	0	0	85	30	0	100	0	15	85	100	97	15	8	100	0	30	0	0	1	100	99	93	100	100	100	25	0	20	100	0	25	78	2	0	
E. blattae	0	100	0	0	0	0	0	0	100	0	100	0	0	100	100	100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100	100	100	75	0	0	0	0	0	0	0	100	50	50	
Shigella																																								
S. dysenteriae (Group A)*	45	99	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	100	0	0	0	5	0	0	0	0	30	45	0	30	15	4	90	0	0	0	0	0	0	0	10	0	75
S. flexneri (Group B)*	50	100	0	0	0	0	0	0	5	0	0	0	0	0	100	3	1	95	1	0	0	0	29	60	40	5	30	2	65	0	0	0	0	0	55	1	10	0	30	
S. boydii (Group C)*	25	100	0	0	0	0	0	0	18	2	0	0	0	0	100	0	1	97	5	0	0	0	43	94	0	1	20	11	85	0	0	0	0	0	0	15	0	50	0	50
S. sonnei (Group D)*	0	100	0	0	0	0	0	0	2	98	0	0	0	0	100	0	2	1	99	0	0	0	0	2	95	3	75	90	2	100	5	0	0	0	0	25	0	15	10	90
Erwinella																																								
E. americana*	0	84	95	95	0	0	0	0	0	0	60	0	5	0	100	0	70	0	100	0	80	0	0	0	0	0	0	23	16	13	99	10	0	0	50	0	99	24	0	35
Hafnia																																								
H. alvei*	0	40	85	10	0	4	0	100	6	98	85	0	95	50	100	98	5	10	99	0	13	0	0	0	95	2	97	100	98	95	15	0	0	7	0	0	95	0	70	
H. alvei biogroup 1	0	85	70	0	0	0	0	0	100	0	45	0	0	45	100	0	0	0	55	0	55	0	0	0	0	0	0	0	0	0	70	0	0	0	0	0	0	0	30	
Klebsiella																																								
K. pneumoniae*	0	10	98	98	0	95	0	98	0	0	0	0	98	93	100	97	98	99	98	30	99	90	95	99	99	99	99	99	99	99	98	90	0	99	99	98	97	90	95	
K. oxytoca*	99	20	95	95	0	90	1	99	0	0	0	0	97	98	100	97	100	100	99	55	100	99	98	99	98	100	100	100	100	100	98	2	100	99	98	99	93	96	96	
K. ornithinolytica*	100	96	70	100	0	100	0	100	0	100	0	0	100	100	100	100	100	100	10	100	100	100	95	100	100	100	100	100	100	100	100	100	0	100	100	100	100	100	96	100
K. planticola*	20	100	98	100	0	98	0	100	0	0	0	0	100	100	100	100	100	100	15	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	0	100	100	100	100	100	100	
K. ozaenae*	0	98	0	30	0	10	0	40	6	3	0	0	88	3	100	50	30	20	100	2	97	97	55	65	98	90	55	95	95	98	92	70	0	80	97	95	65	25	50	
K. rhinoscleromatis*	0	100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	80	95	100	0	75	100	0	98	100	95	100	100	100	100	100	100	100	100	100	0	0	30	100	100	50	0	50	
K. terrigena	0	60	100	40	0	0	0	100	0	20	0	0	100	100	100	80	100	100	20	100	100	80	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	0	0	100	100	100	100	100	
Kluyvera																																								
K. ascorbata*	92	100	0	96	0	0	0	97	0	100	98	0	92	96	100	93	98	98	100	25	100	0	0	40	100	98	100	100	100	99	100	98	0	99	99	0	40	90	35	35
K. cryocrescens*	90	100	0	80	0	0	0	23	0	100	90	0	86	86	100	95	81	95	0	100	0	0	45	100	100	100	100	100	100	91	100	95	0	100	100	0	5	81	19	
K. georgiana*	100	100	0	100	0	0	0	100	0	100	100	0	83	50	100	17	83	100	100	33	100	0	0	100	100	100	100	100	100	100	100	100	0	100	100	0	33	83	50	50
K. coelestis	0	100	67	100	0	0	0	0	0	0	100	0	100	100	100	100	33	33	100	100	100	0	0	100	100	100	100	100	100	100	100	100	0	100	100	0	100	100	33	0
Lecleeria																																								
L. adecarboxylata*	100	100	0	0	0	48	0	0	0	0	79	0	97	93	100	97	93	66	100	86	100	93	0	0	100	66	100	100	100	100	100	0	0	100	100	96	3	93	83	83
Limnibrevella																																								
L. grimmii*	0	100	0	100	100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100	33	0	0	83	0	0	0	0	0	0	0	0	0	83	0	0	0	0	0	0	0	0	17	100	100
L. richardii*	0	0	0	100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	50	100	

表24-1: 腸桿菌科包括菌屬*

常見：包括 13 屬		不常見：包括 14 屬	
<i>Citrobacter</i>	枸橼酸桿菌屬	<i>Budvicia</i>	巴維西氏菌屬
<i>Edwardsiella</i>	愛德華氏桿菌屬	<i>Buttiauxella</i>	布特奧克斯氏菌屬
<i>Enterobacter</i>	腸桿菌屬	<i>Cedecea</i>	西地西菌屬
<i>Escherichia</i>	埃希氏桿菌屬	<i>Ewingella</i>	愛文氏菌屬
<i>Hafnia</i>	哈夫尼亞菌屬	<i>Kluyvera</i>	克魯依維爾氏菌屬
<i>Klebsiella</i>	克雷伯氏桿菌屬	<i>Koserella</i>	柯瑟爾氏菌屬
<i>Morganella</i>	摩根氏桿菌屬	<i>Leclercia</i>	立可樂西氏菌屬
<i>Proteus</i>	變形桿菌屬	<i>Leminorella</i>	勒密諾氏菌屬
<i>Providencia</i>	普羅威登斯桿菌屬	<i>Moellerella</i>	穆勒氏菌屬
<i>Salmonella</i>	沙門氏桿菌屬	<i>Obesumbacterium</i>	肥桿菌屬
<i>Serratia</i>	沙雷氏桿菌屬	<i>Pragia</i>	布拉吉氏菌屬
<i>Shigella</i>	志賀氏桿菌屬	<i>Rahnella</i>	雷恩氏菌屬
<i>Yersinia</i>	耶爾森氏桿菌屬	<i>Tatumella</i>	塔特姆氏菌屬
		<i>Xenorhabdus</i>	不速客桿菌屬

*根據 1991 年出版之 Manual of clinical microbiology, ASM.

表 24-2：常與腸桿菌科菌種相關連的各種疾病

菌	群 (Group)	疾	病
<i>Escherichia coli</i>	(大腸桿菌)	菌尿症 (bacteriuria) 敗血症 (septicemia)	，新生兒膿毒症及腦膜炎 (neonatal sepsis and meningitis) 腹瀉 (diarrhea)
<i>Shigella</i>	(志賀氏菌屬)	腹瀉，赤痢 (dysentery)	
<i>Edwardsiella</i>	(愛德華氏菌屬)	腹瀉，腸熱症 (enteric fever)，傷口感染，	敗血症，腦膜炎 (meningitis)
<i>Salmonella</i>	(沙門氏菌屬)		
	<i>S. choleraesuis</i>	敗血症	
	<i>S. typhi</i>	腸熱症	
	<i>S. enteritidis</i>	腹瀉	
<i>Citrobacter</i>	(枸橼酸桿菌)	伺機性及院內感染，菌尿症，肺炎 (pneumo-	nia)
<i>Klebsiella</i>	(克雷伯氏菌)	敗血症	
<i>Enterobacter</i>	(腸桿菌)	伺機性及院內感染，菌尿症，傷口感染	
<i>Serratia</i>	(沙門氏菌屬)	伺機性及院內感染，菌尿症，傷口感染	
<i>Proteus</i>	(變形菌屬)	肺炎及敗血症	
<i>Providencia</i>	(普羅威登斯菌屬)	伺機性及院內感染，菌尿症，傷口感染	
<i>Morganella</i>	(摩根氏菌屬)	伺機性及院內感染，菌尿症，傷口感染	
<i>Yersinia</i>	(耶爾森氏菌屬)		
	<i>Y. pestis</i> (鼠疫耶爾森氏菌)	鼠疫 (plague)	
	<i>Y. pseudotuberculosis</i>	腸系膜腺炎 (mesenteric adenitis)，腹瀉	
	<i>Y. enterocolitica</i>	腸系膜腺炎，腹瀉	

表 24-10：腸內桿菌種之初步鑑定

快速發酵乳糖者	緩慢發酵乳糖者	不能發酵乳糖者
大腸桿菌 (<i>E. coli</i>) 在區分性培養基 上有金屬光澤； 具運動性，扁平 不具黏度之菌落 腸桿菌 (<i>Enterobacter aerogenes</i>) 突起之菌落無金 屬光澤；通常具 運動性，菌落較 黏稠。 克雷伯氏肺炎桿菌 (<i>K. pneumoniae</i>) 很黏稠之菌落； 不具運動性。	愛德華氏桿菌屬 (<i>Edwardsiella</i>) 沙雷氏菌屬 (<i>Serratia</i>) 枸橼酸桿菌屬 (<i>Citrobacter</i>) 亞利桑那桿菌屬 (<i>Arizona</i>) 普羅威登斯桿菌屬 (<i>Providencia</i>) 歐文氏桿菌屬 (<i>Erwinia</i>)	志賀氏桿菌 (<i>Shigella</i> sp.) 不具運動性，不能從 葡萄糖產氣。 沙門氏桿菌 (<i>Salmonella</i> sp.) 具運動性，能從葡萄糖 產酸及(通常)產氣。 變形桿菌 (<i>Proteus</i> sp.) 在瓊脂上有游走現象； 可快速水解尿素(有氨 氣味)。 假單胞桿菌如綠膿桿菌 (<i>Pseudomonas aeruginosa</i>) 產生可溶 性色素，呈藍綠色及 光；芬芳。