

中華民國第四十五屆中小學科學展覽會
作品說明書

國小組 自然科

佳作

081517

Yahoo!喝牛奶不再拉肚子了

臺北市大安區仁愛國民小學

作者姓名：

小六 張家容 小六 楊瑤靖

指導老師：

陳明珠

中華民國第四十五屆中小學科學展覽會

作品說明書

科 別：自然科

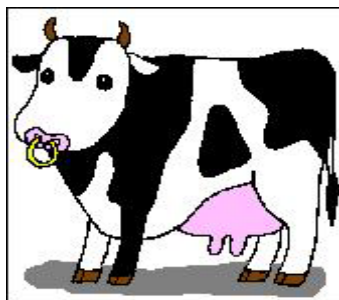


組 別：國小組

作品名稱：Yahoo！喝牛乳不再拉肚子了

關 鍵 詞：乳糖不耐症、乳糖酶、葡萄糖

編 號：



壹、摘要.....	2
貳、研究動機.....	2
參、研究目的.....	3
一、 建立研究乳糖酶作用模式的實驗模型。.....	3
二、 探討乳糖酶的基本作用模式。.....	3
三、 探討乳糖酶對不同品牌之牛乳、羊乳及優酪乳所產生的作用。.....	3
四、 模擬消化系統中不同的酸鹼環境，不同酸鹼值對乳糖酶的影響。.....	3
五、探討是不是只有乳糖酶可以分解乳糖。.....	3
肆、研究設備及器材.....	4
伍、研究過程及方法.....	6
一、 實驗（一）建立實驗模型.....	7
二、 實驗（二）確立所用乳糖酶確實可分解乳糖.....	7
三、 實驗（三）乳糖酶專一性的試驗.....	8
四、 實驗（四）觀察乳糖酶對不同乳品中之乳糖的作用.....	8
五、 實驗（五）觀察乳糖酶在不同酸鹼值下對乳糖的分解.....	9
六、 實驗（六）探討乳糖酶以外之其他「酶」會不會分解乳糖.....	9
陸、研究結果.....	10
柒、討論.....	16
捌、結論.....	19
玖、參考資料.....	20

Yahoo！喝牛乳不再拉肚子了

壹、摘要

當人體缺乏乳糖酶時，未被分解的乳糖在小腸中產生吸水作用，於是發生水瀉的情形；到了大腸更會被細菌分解、發酵，產生大量的乳酸、二氧化碳及氫氣，使人腹脹、放屁，還會使腸道蠕動過快，誘發痙攣腹痛以及腹鳴，稱之為「乳糖不耐症」。

乳糖酶會將乳糖分解為葡萄糖和半乳糖。我們利用尿糖試紙測量葡萄糖的含量，以進一步瞭解乳糖酶分解不同乳品中乳糖之情況以及模擬消化系統中不同酸鹼質環境，觀察乳糖酶的作用是否受到影響。結果發現不同乳品在添加乳糖酶後，葡萄糖含量隨時間而增加，而乳糖酶在模擬胃中酸鹼值為 2 之牛乳中完全失去活性，無法分解乳糖。

貳、研究動機

在一次家庭聚會中，舅舅說他常常喝完牛乳就會拉肚子，媽媽說那叫「乳糖不耐症」，是因為身體內缺乏乳糖酶所導致。媽媽還說我們五年級下學期牛頓版自然與生活科技課本第二單元「微生物的作用」中談及利用優格菌種可以將鮮乳製成優格，其中優格菌種會將鮮乳中乳糖發酵分解為乳酸，所以「乳糖不耐症」的患者吃優格或喝優酪乳就不會拉肚子。

聽完媽媽的話，我腦中頓時浮現許多問號：「乳糖酶」是什麼？它怎麼分解乳糖？除了乳糖，乳糖酶會不會分解其他的糖類？各種牛乳、奶粉沖泡液、羊乳及優酪乳的乳糖含量是不是相同？如果將乳糖酶當作營養補充品食用，通過消化系統中各種不同的酸鹼環境，它是不是還可以分解乳糖？乳糖酶分解乳糖的作用會受到什麼因素影響？這種種的疑問在我們和老師討論後，老師認為這是一個不錯的研究問題，所以我們就用這個當做我們做科展的題目，著手各項研究。Here we go！

參、研究目的

- 一、建立研究乳糖酶作用模式的實驗模型。
- 二、探討乳糖酶的基本作用模式。
- 三、探討乳糖酶對不同品牌之牛乳、羊乳及優酪乳所產生的作用。
- 四、模擬消化系統中不同的酸鹼環境，探討不同酸鹼值對乳糖酶的影響。
- 五、探討是不是只有乳糖酶可以分解乳糖。

肆、研究設備及器材



秤



量筒



燒杯



尿糖試紙



葡萄糖



滴管



乳糖酶



乳糖



試管及試管架



氫氧化鈉

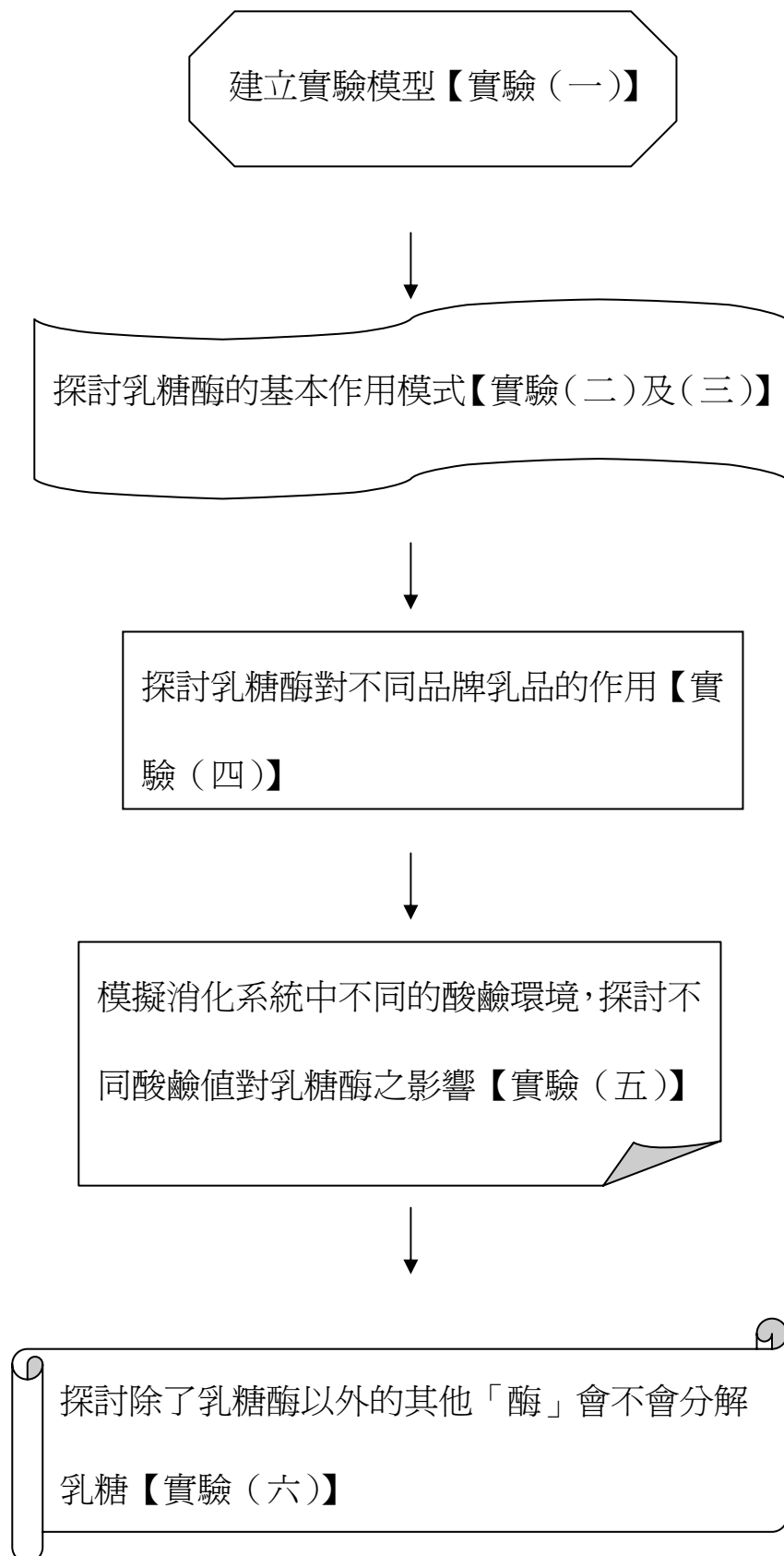


酸鹼試紙



鹽酸

伍、研究過程及方法



一、實驗（一）建立實驗模型

乳糖酶會將乳糖分解為半乳糖及葡萄糖，爲了監測乳糖酶分解乳糖之作用，測量葡萄糖的含量作為指標，因此研究的第一個目標就是建立一個可用以測量葡萄糖含量的方法。

【實驗步驟】

1. 稱出 10 公克的葡萄糖，放到 1000 毫升燒杯內。
2. 再量取 1000 毫升的水，放到 1000 毫升燒杯內。
3. 用攪拌棒攪拌均勻，配製成 1000 毫克葡萄糖/100 毫升之溶液。
4. 將 1000 毫克葡萄糖/100 毫升之溶液用水稀釋配製成 500、250 及 125 毫克葡萄糖/100 毫升之溶液。
5. 各量 10 毫升之水與上述不同葡萄糖含量之溶液到試管中，每一種溶液均有三支試管。
6. 使用尿糖試紙碰觸各溶液並記錄試紙顯示的顏色。
7. 比對試紙上標準顏色與葡萄糖的對照值，得到葡萄糖含量的測量值。

二、實驗（二）確立所用乳糖酶確實可分解乳糖

爲了確立所用乳糖酶的確可以分解乳糖並瞭解乳糖酶對於不同的乳糖含量之溶液的作用情況，進行此實驗。

【實驗步驟】：

1. 分別配製成 2%、4%、6%及 8%（重量比）之乳糖溶液。
2. 各量 20 毫升之水與上述不同乳糖含量之溶液到試管中，每一種溶液均有三支試管。
3. 使用尿糖試紙碰觸各溶液並記錄試紙顯示的顏色。
4. 各試管中加入一滴乳糖酶並開始計時。
5. 每五分鐘使用尿糖試紙碰觸各溶液並記錄試紙顯示的顏色。
6. 比對試紙上標準顏色與葡萄糖的對照值，得到葡萄糖含量的測量值。

三、實驗（三）乳糖酶專一性的試驗

爲了瞭解乳糖酶分解不同乳品中乳糖的作用，在此實驗中測試乳糖酶是否也會分解其他糖類。

【實驗步驟】

1. 分別配製成 5%（重量比）之乳糖、冰糖（蔗糖）、蜂蜜及高果糖糖漿溶液。
2. 各量 20 毫升之水與上述不同溶液到試管中，每一種溶液均有三支試管。
3. 使用尿糖試紙碰觸各溶液並記錄試紙顯示的顏色。
4. 5%蜂蜜溶液及 5%高果糖糖漿溶液因顯現咖啡色，所以用水稀釋爲 2.5%之溶液，再用尿糖試紙記錄其顏色。
5. 各試管中加入一滴乳糖酶並開始計時。
6. 每五分鐘使用尿糖試紙碰觸各溶液並記錄試紙顯示的顏色。
7. 比對試紙上標準顏色與葡萄糖的對照值，得到葡萄糖含量的測量值。

四、實驗（四）觀察乳糖酶對不同乳品中之乳糖的作用

藉由觀察乳糖酶對不同乳品中乳糖的作用，瞭解不同乳品中乳糖的含量是否相同。

【實驗步驟】

1. 稱 5 克乳糖放入燒杯，加入 95 毫升水，攪拌均勻後各取 20 毫升放入三支試管中。
2. 稱 2 匙（約 28 克）優童 A⁺小朋友營養奶粉放入杯中，加入 110 毫升水，攪拌均勻（依奶粉罐上的指示配製），各取 20 毫升放入三支試管中。
3. 稱 2 匙（約 24 克）克寧高鈣脫脂奶粉放入杯中，加入 113 毫升水，攪拌均勻（依奶粉罐上的指示配製），各取 20 毫升放入三支試管中。
4. 各取 20 毫升「統一鮮乳」加入三支試管內。
5. 各取 20 毫升「統一瑞穗鮮乳」加入三支試管內。
6. 各取 20 毫升「林鳳營 100%鮮乳」加入三支試管內。
7. 各取 20 毫升「林鳳營優酪乳」加入三支試管內。
8. 各取 20 毫升「統一 AB 優酪乳」（原味）加入三支試管內。
9. 稱 3 匙（約 14.5 克）雀巢成長羊奶粉放入杯中，加入 90 毫升水，攪拌均勻（依奶粉罐上的指示配製）後各取 20 毫升加入三支試管中。
10. 使用尿糖試紙碰觸各液體，記錄顯示之顏色。
11. 加入 1 滴乳糖酶於各試管中，開始記時，每 5 分鐘使用尿糖試紙碰觸各液體並記錄顯示的顏色。
12. 比對試紙上標準顏色與葡萄糖的對照值，得到葡萄糖含量的測量值。

五、實驗（五）觀察乳糖酶在不同酸鹼值下對乳糖的分解

模擬消化系統中各個酸鹼環境測試乳糖酶液體分解乳糖之作用是否受酸鹼值的影響。

【實驗步驟】

1. 各量 20 毫升牛奶於 12 支試管中。
2. 分別使用鹽酸將其中 6 支牛奶的酸鹼值調至 pH2 及 pH6，每一個酸鹼值有三支試管。
3. 使用 1M 氫氧化鈉溶液將另外三支牛奶的酸鹼值調至 pH8。
4. 測量未加酸及鹼的牛奶的酸鹼值。
5. 使用尿糖試紙碰觸各牛奶，記錄顯示之顏色。
6. 加入 1 滴乳糖酶於各試管中，開始記時，每 5 分鐘使用尿糖試紙碰觸各牛奶並記錄顯示的顏色。
7. 比對試紙上標準顏色與葡萄糖的對照值，得到葡萄糖含量的測量值。

六、實驗（六）探討除了乳糖酶以外的其他「酶」會不會分解乳糖

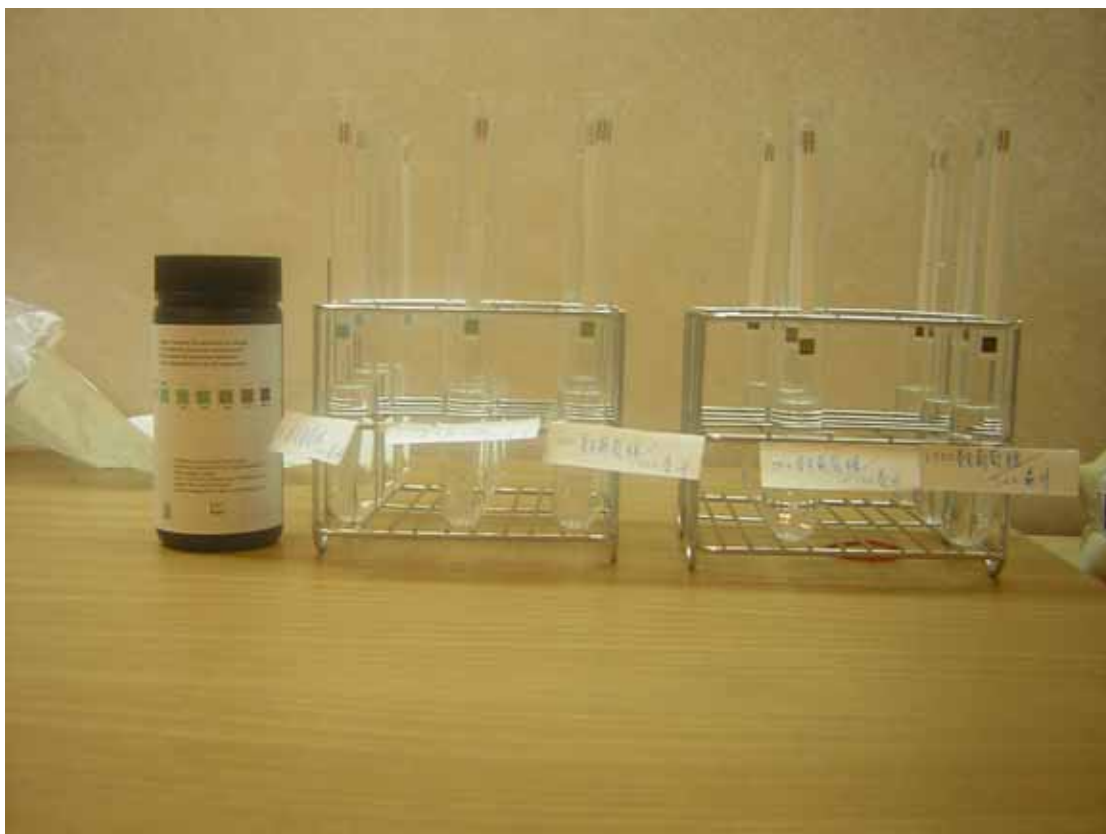
【實驗步驟】

1. 各量 20 毫升林鳳營 100%鮮奶於 3 組（每組 3 支）試管中。
2. 用尿糖試紙碰觸溶液，並且記錄其顏色。
3. 於第二、第三組試管中分別加入「乳糖酶」和「葡萄糖氧化酶」。
4. 開始計時，每 5 分鐘用尿糖試紙碰觸溶液，並且記錄其顏色。

陸、研究結果

一、實驗（一）

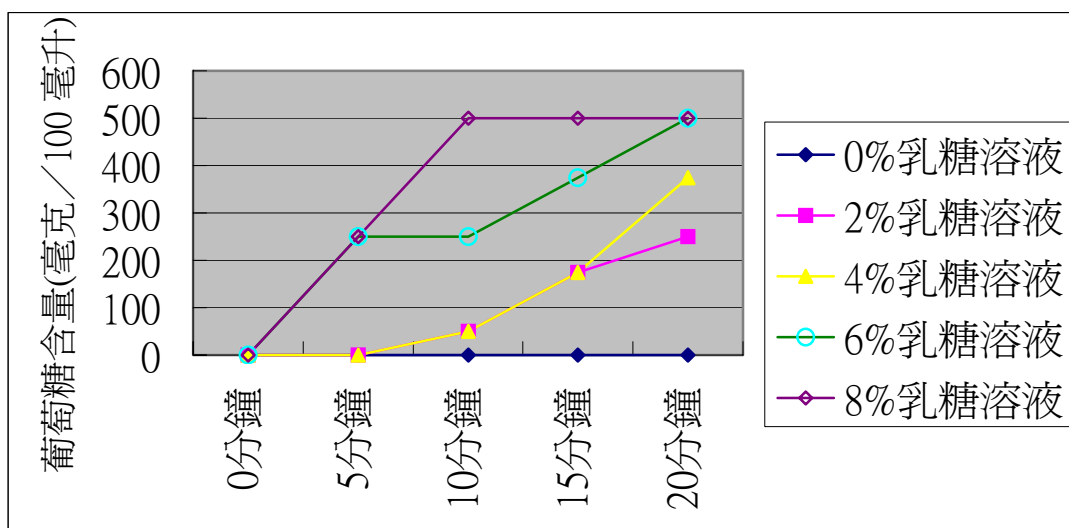
圖 1-1 不同葡萄糖含量的溶液於尿糖試紙上顯現的顏色



註：試管自左到右分別為 0、125、250、500 及 1000 毫克/100 毫升葡萄糖溶液

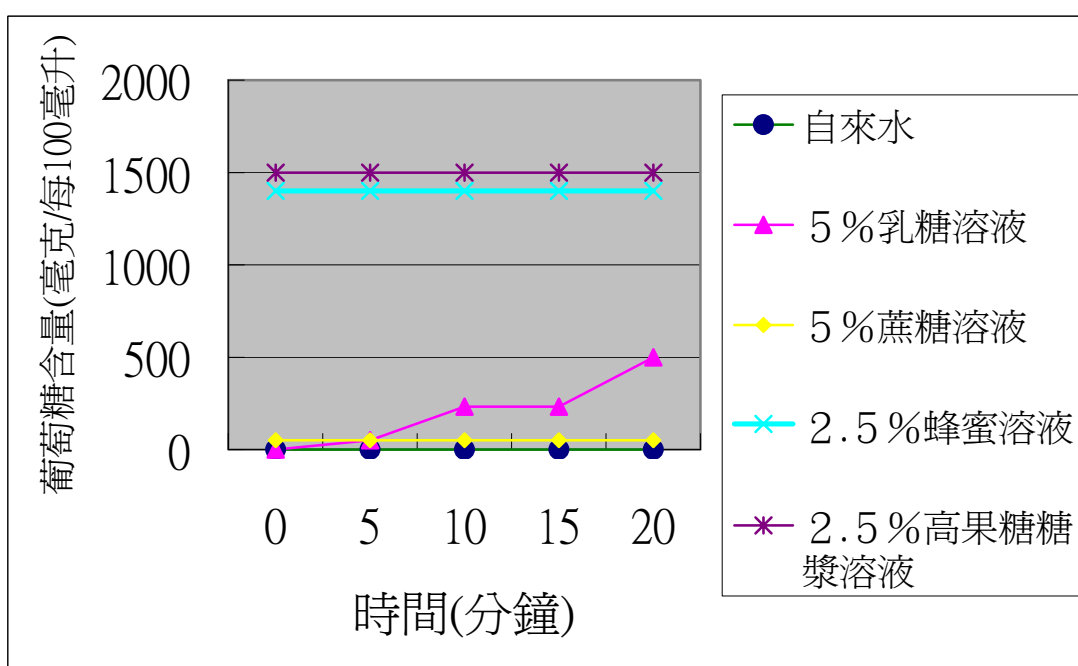
二、實驗（二）

圖 2-1 2%、4%、6%及 8%（重量比）乳糖溶液在加入乳糖酶後於不同時間的葡萄糖含量變化圖



三、實驗（三）

圖 3-1 不同溶液在添加乳糖酶後葡萄糖含量隨時間的變化



四、實驗（四）

圖 4-1 不同乳品在添加乳糖酶後在不同的時間於尿糖試紙上顯現的顏色

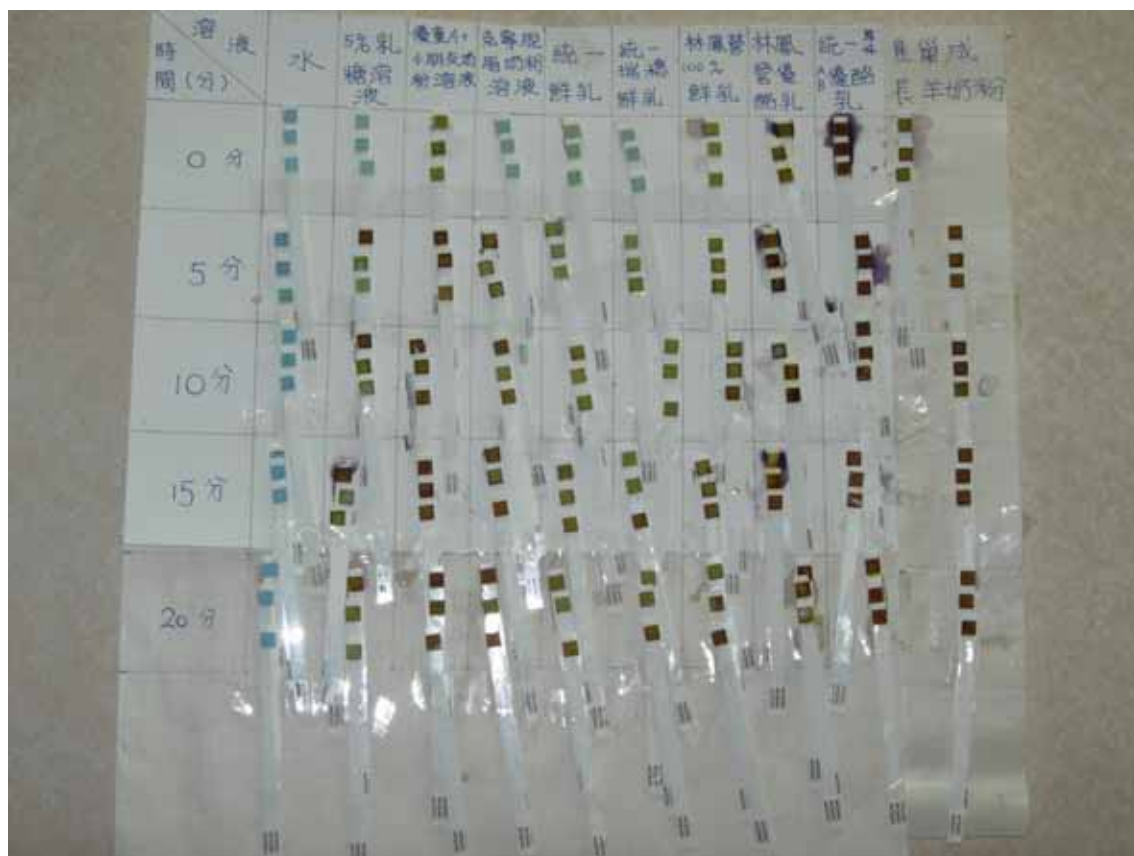
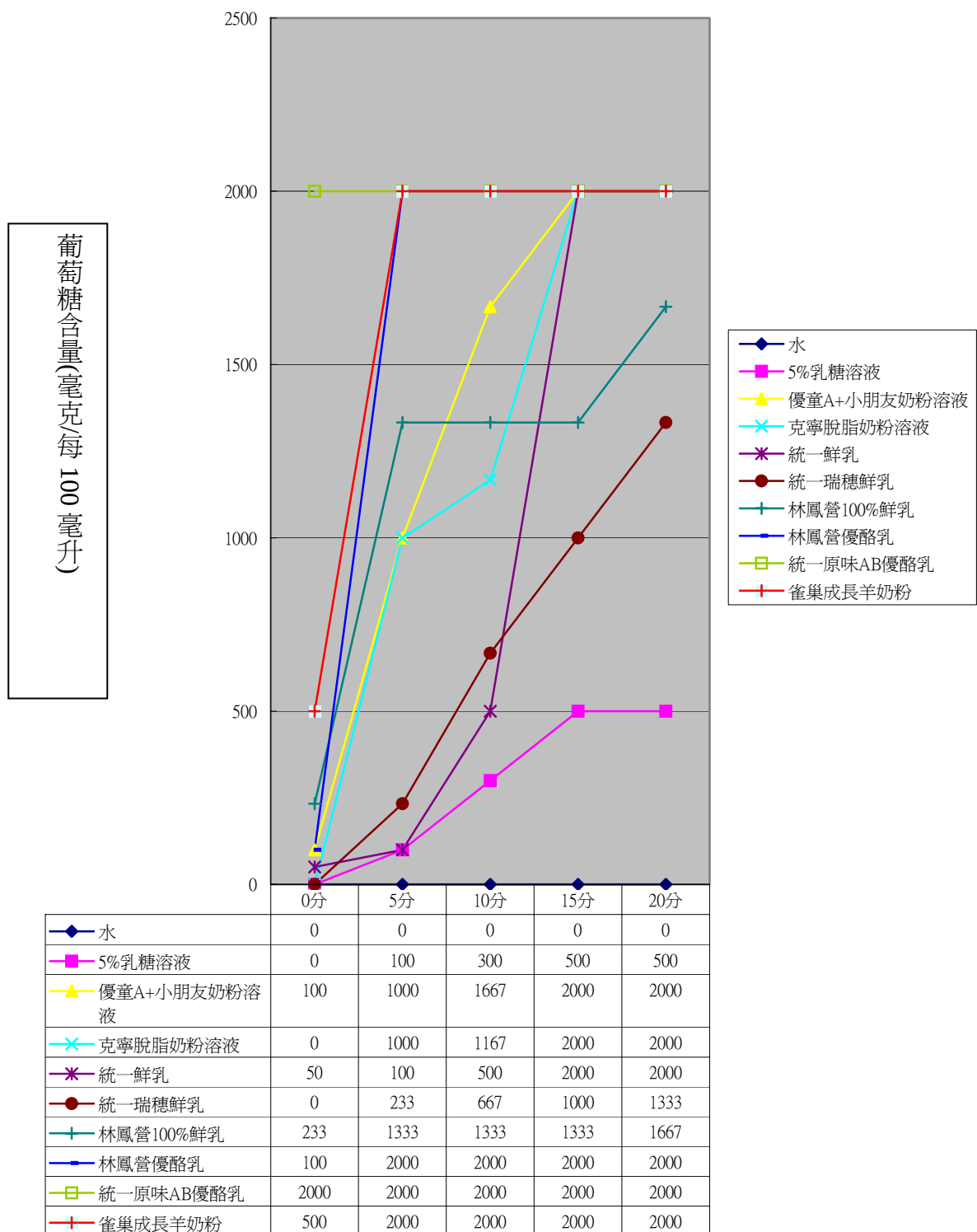


圖 4-2 不同乳品在添加乳糖酶後於不同時間所測得之葡萄糖含量



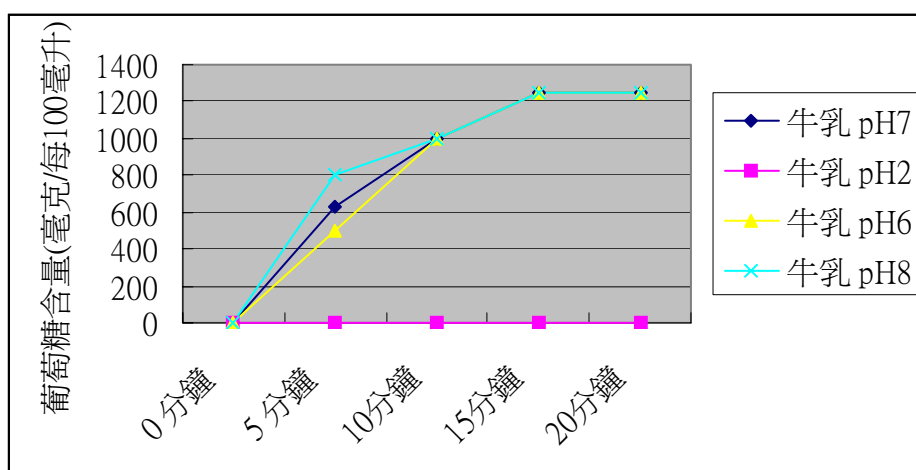
五、（實驗五）

圖 5-1 添加乳糖酶於模擬消化系統中不同酸鹼值之牛乳中在不同的時間所觀察到尿糖試紙上顯現的顏色



註：由左至右分別為 pH7、pH2、pH6、pH8

圖 5-2 不同酸鹼值對乳糖酶的影響

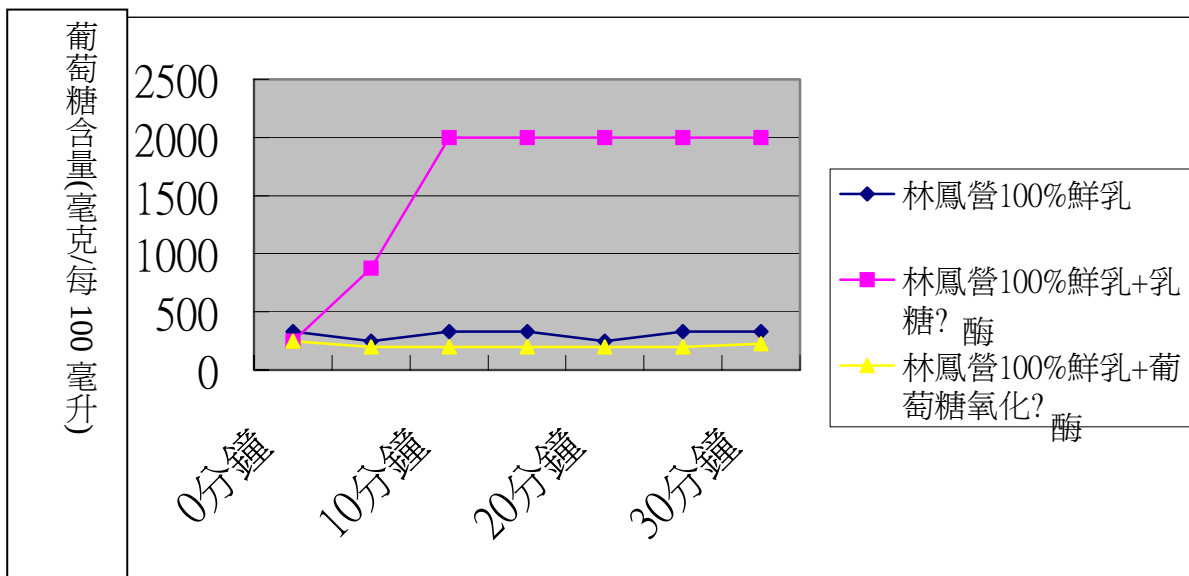


六、(實驗六)

圖 6-1 牛乳中分別加乳糖酶及葡萄糖氧化酶後於尿糖試紙上顯現的顏色



圖 6-2 在林鳳營 100%鮮乳分別加乳糖酶及葡萄糖氧化酶後的葡萄糖含量



柒、討論

一、乳糖酶會將乳糖分解為葡萄糖及半乳糖，想要監測乳糖酶之作用情形，可以測量乳糖含量的減少情形或測量葡萄糖含量增加的情形或測量半乳糖含量增加的情形。因為尿糖試紙是糖尿病患常用以自我測量尿液中葡萄糖含量是否過高，判斷是否需要飲食控制或就醫之簡易工具，是很容易在一般藥局購得的，因此我們認為使用尿糖試紙測量葡萄糖含量是可以簡易且安全的監測乳糖酶作用的好選擇。

二、在（實驗一）中使用不同葡萄糖含量的溶液測試尿糖試紙的準確度，發現葡萄糖含量在 500 毫克/100 毫升以上時，尿糖試紙測量的準確度較低。因此，在後續的實驗中，若能控制測量的葡萄糖含量最高不超過 500 毫克/100 毫升時，可能可取得較精準的實驗結果。

三、由（實驗二）之實驗結果可觀察到，2%及 4%之乳糖溶液在加入乳糖酶後，葡萄糖含量隨時間逐漸增加，6%之乳糖溶液在加入乳糖酶之後，葡萄糖含量先迅速增加，然後增加的速度轉為緩和，8%之乳糖溶液在加入乳糖酶後葡萄糖含量於 10 分鐘時迅速達到高峰且在後續的 10 分鐘並未再增加。由此結果可推論乳糖含量愈高時，乳糖酶分解乳糖為葡萄糖的速度愈快，但是分解所得之葡萄糖含量在增加到特定量時就維持在該量，而不再增加。

四、由（實驗三）之實驗結果可知 5 %乳糖溶液隨著時間過去由乳糖酶分解乳糖產生的葡萄糖含量增加。蔗糖為由葡萄糖及果糖組成的雙糖，其在尿糖試紙上應顯現淺藍色，但實際上確顯現為淺藍偏綠色，表示蔗糖溶液中仍含有少量的葡萄糖，但因為

蔗糖溶液中葡萄糖含量並未隨著時間而增加，表示乳糖酶並不能分解蔗糖為葡萄糖及果糖。2.5 % 蜂蜜溶液及 2.5 % 高果糖糖漿溶液中含高量的葡萄糖，但葡萄糖含量也未隨著時間再增加，表示乳糖酶並未分解其他糖類，如寡糖，為葡萄糖。

五、由（實驗四）的實驗結果可知，統一原味 AB 優酪乳的葡萄糖含量很高，在加入乳糖酶以前就已達尿糖試紙的測量上限，所以無法觀察到因乳糖酶分解其中乳糖而產生的葡萄糖含量增加情況。為了解決這個問題，可將優酪乳稀釋後再進行實驗。林鳳營優酪乳在加入乳糖酶後在短短五分鐘時葡萄糖含量就到達高峰並在後續時間內呈持平狀態。與 5% 乳糖溶液之曲線相較下，可推論林鳳營優酪乳含有高於 5% 之乳糖含量。由優童 A+ 小朋友奶粉及克寧脫脂奶粉調製的牛乳溶液在加入乳糖酶後葡萄糖含量迅速增加，並在 15 分鐘時達到高峰而後續呈持平狀態。與 5% 乳糖溶液之曲線相較下，可推論優童 A+ 小朋友奶粉及克寧脫脂奶粉調製的牛乳溶液含有高於 5% 之乳糖含量。由雀巢成長羊奶粉調製的羊奶溶液在未加入乳糖酶以前就具有較高之葡萄糖含量，在加入乳糖酶後，在 5 分鐘時迅速達到高峰並持平。與 5% 乳糖溶液之曲線相較下，可推論雀巢成長羊奶粉調製的羊乳溶液含有高於 5% 之乳糖含量。比較統一鮮乳、統一瑞穗鮮乳及林鳳營 100% 鮮乳的實驗結果，可觀察到林鳳營 100% 鮮乳在加入乳糖酶前就含有較高的葡萄糖含量，其在加入乳糖酶後葡萄糖含量的增加速度較快，顯示可能含有較高的乳糖含量。但與 5% 乳糖的曲線比較，林鳳營 100% 鮮乳的乳糖含量高於 5%。相較之下，統一鮮乳及統一瑞穗鮮乳的乳糖含量較低。

六、在（實驗五）中使用鹽酸調整牛奶的酸鹼值至 pH2 及 pH6 時，牛乳變得像搗碎的豆

腐般呈凝乳狀。又由實驗結果可知，乳糖酶在模擬口腔之酸鹼值（pH8）及小腸之酸鹼值（pH6）環境下分解乳糖產生葡萄糖的活性與在中性酸鹼值（pH7）下的活性雷同，但在模擬胃之酸鹼值（pH2）環境下乳糖酶完全喪失活性，無法將乳糖分解為葡萄糖及半乳糖。

- 七、 由（實驗六）可得知沒有加入任何酶的林鳳營 100%鮮乳不會因為時間而使尿糖試紙的顏色改變，加了乳糖酶和葡萄糖氧化酶則因為時間而使尿糖試紙的顏色改變。

捌、結論

乳糖酶可以將乳糖分解為葡萄糖及半乳糖，而且不分解其他糖類。其他酶並無法分解乳糖，但乳糖酶在酸鹼值 2 之環境下會喪失活性，因此，乳糖酶不能以溶液形式口服做為營養補充品，因為在到達小腸前已在胃中喪失活性，而無法在小腸發揮其分解乳糖的作用，可能要用被保護的形式，如晶球或膠囊的形式才可能在經過胃後仍保有分解乳糖的活性。但是，若在喝牛乳前先加入乳糖酶溶液將乳糖分解為葡萄糖及半乳糖，就沒有這個問題了。「乳糖不耐症」的病患在喝加有乳糖酶的牛乳時也就不會拉肚子了！YAHOO！

玖、參考資料

一、<http://www.sentosa.com.tw/HealthInfo/>

二、林文慶教授著。喝牛乳有學問。元氣齋出版社。

三、醫學博士長野敬著。圖解奇妙有趣的細胞世界。世茂出版社。第 68、69、76、77

頁。

中華民國第四十五屆中小學科學展覽會
評 語

國小組 自然科

佳作

081517

Yahoo!喝牛奶不再拉肚子了

臺北市大安區仁愛國民小學

評語：

1. 作品題裁新穎
2. 作品對研究作品內容尚稱了解
3. 僅一人出場參賽稍嫌緊張