

中華民國第 56 屆中小學科學展覽會

作品說明書

國小組 生活與應用科學科

最佳團隊合作獎

080815

「液」滴不剩—按壓瓶的探究與改良

學校名稱：桃園市觀音區草漯國民小學

作者： 小六 詹羽薰 小六 李學宇 小六 周佳謀	指導老師： 張博楷
---	------------------

關鍵詞：大氣壓力、吸管、按壓瓶

摘要

按壓瓶是生活中用來裝乘液體的常見容器，但我們往往會在被丟棄的瓶子裡發現殘餘液體，實在浪費。故本研究主要是想了解有哪些因素會影響按壓瓶最後剩餘的液體量，並透過比較與改善，做出實用的按壓瓶應用在生活中。我們嘗試從瓶內吸管的種類、口徑大小、長度、切口角度以及瓶底的傾斜情形等方面來探討它們與瓶內剩餘液體量之間的關係。研究結果顯示，軟式吸管最適合用來當作按壓瓶內的吸管種類，當吸管的口徑越小、切面呈現平口且長度大於壓頭到瓶底距離時，瓶內剩餘的液體量會最少。此外，我們也發現瓶底越傾斜，有助於吸管吸取液體，能降低瓶內液體的剩餘比率。因此，只要能在按壓瓶的結構上略作改變，就能有效利用資源、避免浪費。

壹、研究動機

近年來「永續發展」的環保概念受到國際間的重視，為了能讓資源永續利用，我們希望能在生活中徹底落實「資源分類與回收」的理念。然而，在清理的過程中，我們常發現回收的「按壓瓶」裡總有許多未使用完的液體，感覺很浪費，難道沒有方法能夠讓這些殘餘的少許液體充分被利用嗎？我們想起六年級在上「大氣中的水」這個單元時，老師曾說過按壓瓶的原理與「大氣壓力」有密不可分的關係，但除了大氣壓力之外，還有沒有其他原因會影響瓶內剩餘的液體量呢？我們蒐集並觀察市面上販售的按壓瓶，發現不同廠牌的按壓瓶在吸管的長度、切口角度、口徑大小等各方面都有很大差異，不知道哪一種設計才能讓我們充分利用瓶內的液體？基於上述理由，讓我們決定從按壓瓶的結構上去著手探討，希望能找出影響瓶內剩餘液體量的因素並加以改良，最後做出環保又實用的按壓瓶。

貳、研究目的

一、按壓瓶的使用現況調查

(一) 消費者對不同尺寸壓頭的使用滿意度

- (二) 消費者使用一次按壓瓶所需要的液體量
- (三) 市售按壓瓶使用到最後，瓶內液體的剩餘比率

二、不同因素對按壓瓶內剩餘液體量的影響

- (一) 探討吸管種類對按壓瓶內剩餘液體量的影響
- (二) 探討吸管口徑大小對按壓瓶內剩餘液體量的影響
- (三) 探討吸管長度對按壓瓶內剩餘液體量的影響
- (四) 探討吸管切口角度對按壓瓶內剩餘液體量的影響
- (五) 探討瓶身底部的傾斜情形對按壓瓶內剩餘液體量的影響

三、做出環保又實用的按壓瓶

參、研究設備與器材

一、測量工具：量角器、直尺、電子磅秤、量杯、計時器

二、實驗設備：透明按壓瓶、滴管、油性黏土、玻棒、洗手乳、三秒膠

三、實驗材料：硬吸管（口徑 0.1 公分、0.3 公分、0.5 公分、0.7 公分）、軟吸管
（口徑 0.1 公分、0.3 公分、0.5 公分、0.7 公分）

表 1 實驗設備與器材一覽表

器材名稱	數量（單位）	器材名稱	數量（單位）
硬吸管（直徑 0.7 公分）	1（根）	量杯	1（個）
硬吸管（直徑 0.5 公分）	1（根）	計時器	1（臺）
硬吸管（直徑 0.3 公分）	1（根）	透明按壓瓶	5（個）
硬吸管（直徑 0.1 公分）	1（根）	滴管	5（支）
軟吸管（直徑 0.7 公分）	1（根）	油性黏土	1（塊）
軟吸管（直徑 0.5 公分）	1（根）	玻棒	1（支）
軟吸管（直徑 0.3 公分）	1（根）	洗手乳	1（瓶）
軟吸管（直徑 0.1 公分）	1（根）	量角器	1（個）
電子磅秤	1（臺）	直尺	1（把）

肆、研究過程與方法

一、文獻資料查詢與整理

(一) **按壓瓶使用的原理**：根據我們找到的資料指出，按壓瓶內液體的吸取是受到「**大氣壓力**」影響(吳佩瑄、曾乙正，2011)，當壓頭受到向下壓力時，按壓瓶吸管內的氣體受到擠壓而排出管外，此時吸管內的氣體壓力會小於吸管外的氣體壓力，因此大氣壓力會迫使管內液體上升，再排出壓嘴外。

(二) **可能影響按壓瓶內液體剩餘量的因素**：根據上述文獻與自然課本所提，我們可以知道瓶內剩餘的液體量與「大氣壓力」有密不可分的關係，為了找尋影響按壓瓶內剩餘液體量的原因，我們藉由實地觀察按壓瓶的構造並蒐集相關資料後，將可能影響的因素整理如下：

1. **吸管種類**：根據觀察，市面上用來吸取液體的吸管(如鋁箔包、杯裝飲料的吸管)大多是較無彈性的硬式吸管，而大部分按壓瓶或噴霧器內的吸管雖然管壁較厚，但幾乎都是具有彈性的軟式吸管。無論如何，兩種吸管都有人使用，因此我們推測，吸管的種類應該會影響按壓瓶內剩餘的液體量。
2. **吸管長度**：根據觀察，不同按壓瓶內的吸管長度皆不相同，有小於瓶身長度的，也有大於瓶身長度的。在正常情形下，液面高度會隨著使用次數增多而逐漸下降，這時瓶內的吸管能否吸取到液體，就與吸管的長度有很大關聯。基於此論點，我們推測吸管長度會影響按壓瓶內剩餘的液體量。
3. **吸管切口角度**：我們發現，吸管切口角度越小，截面積則越大。而當吸管開口截面積變大，相當於吸管加大效果，其吸力也會隨之增加(「管中玄機」，2010)。所以我們推想，吸管切口角度會影響按壓瓶內剩餘的液體量。
4. **吸管口徑大小**：相關研究指出，吸管越粗，吸力也越大，可以吸取的水量也較多(梁軒綾、彭靖珺、吳子維、方湛然，2015)，所以我們猜想，吸管的口徑大小可能會影響按壓瓶內剩餘的液體量。
5. **瓶底的傾斜角度**：根據觀察，幾乎所有按壓瓶的瓶底都是呈現平坦無傾斜

的狀況，但我們認為，如果能將液體集中在瓶內某一處的話，應該有助於吸管來吸取，而液體是否能夠集中，又與瓶底的傾斜情形有關。因此我們認為，瓶底的傾斜角度應該會影響按壓瓶內剩餘的液體量。

根據上述結論，我們推測吸管的種類、長度、切口角度、口徑大小以及瓶底的傾斜角度等因素皆有可能會影響按壓瓶內剩餘的液體量。然而，過去文獻雖然有探究吸管與大氣壓力之實驗，但研究主題各不相同，如吸塵器、抽水機等，迄今尚未有研究是針對按壓瓶做完整且深入探討。因此，我們就決定以生活中常見的按壓瓶為研究對象，從瓶內吸管的種類、長度、切口角度、口徑大小以及瓶底的傾斜角度的改變來探討它們與按壓瓶內剩餘的液體量之間的關係，並希望能依據實驗結果提出相關建議，改善現有按壓瓶的結構，避免資源的浪費。

二、市售按壓瓶的使用現況調查

為了做出符合消費者心目中的按壓瓶，首要就是了解消費者使用按壓瓶的喜好與習慣。本研究嘗試從消費者對不同尺寸壓頭的使用滿意度、消費者使用一次按壓瓶所需要的液體量以及市售按壓瓶最後的液體剩餘比率等方面來了解現今按壓瓶的使用現況。

（一）消費者對不同尺寸壓頭的使用滿意度

- 1.調查說明：根據我們的測量結果，市面上的按壓瓶壓頭，大致上是根據瓶口的直徑大小，而分為直徑 3 公分、直徑 2.5 公分、直徑 2 公分等三種尺寸。為了了解消費者在按壓瓶使用上的喜好，我們以全校師生為對象，發放「按壓瓶使用現況調查問卷」，請學校師生在實際使用過後，分別給予三種不同尺寸壓頭 3 分、2 分、1 分，得分越高，表示對於該壓頭的滿意程度越高。

表 2 消費者對不同尺寸壓頭的滿意度現況

壓頭尺寸 使用滿意度	直徑 3 公分	直徑 2.5 公分	直徑 2 公分
平均滿意度	2.6 (分)	2 (分)	1.3 (分)

- 2.調查結果：根據表 2，由於大家對於對尺寸較大的壓頭滿意度較高，因此我

們選擇直徑 3 公分大小的壓頭作為後續實驗的按壓瓶壓頭尺寸。

(二) 消費者使用一次按壓瓶所需要的液體量

- 1.調查說明：我們隨機選取校內 60 位師生，請他們依照自己平時習慣的使用量，分別擠出洗髮精、沐浴乳、洗碗精、洗手乳等四種液體（因為此四種液體是家庭生活中普遍都可見到且裝於按壓瓶中），並加以記錄。

表 3 消費者使用一次按壓瓶耗費的液體量

瓶內液體 項目	洗髮精	沐浴乳	洗碗精	洗手乳
壓頭尺寸	直徑 3 公分	直徑 3 公分	直徑 3 公分	直徑 3 公分
平均耗費液體量 (平均按壓次數)	3.7 公克 (1.8)	3.6 公克 (1.9)	3.5 公克 (1.8)	2.9 公克 (1.5)

- 2.調查結果：由表 3 可看出，根據不同用途，大家每使用一次按壓瓶，大約會耗費 2.9 公克到 3.7 公克重的液體，平均按壓次數接近 2 次。

(三) 市售按壓瓶使用到最後，瓶內液體的剩餘比率

- 1.調查說明：首先，我們事先收集快要用完以及未使用過的洗髮精、沐浴乳、洗碗精、洗手乳等按壓瓶，並測量在未使用前瓶內的液體總重。接著，拿出快要用完的按壓瓶，按下壓頭擠出液體，直到壓頭再也擠不出液體為止。最後，量秤瓶內剩餘的液體量，並將結果換算成液體的剩餘比率。上述過程實驗皆重覆五次，求其平均值。

表 4 不同按壓瓶使用到最後，瓶內液體的剩餘比率

按壓瓶類型 項目	洗髮精	沐浴乳	洗碗精	洗手乳
原本液體量	763 (公克)	996 (公克)	1007 (公克)	647 (公克)
平均剩餘液體量	46 (公克)	35.2 (公克)	46.8 (公克)	30.2 (公克)
剩餘比率	6 (%)	3.5 (%)	4.6 (%)	4.7 (%)

- 2.調查結果：由表 4 可知，市售的按壓瓶用到最後，大約還會有 3.5%~6%的液體未能被使用，雖然看起來不多，但日積月累之下，所浪費的液體量也相當可觀。

三、準備實驗材料及器材

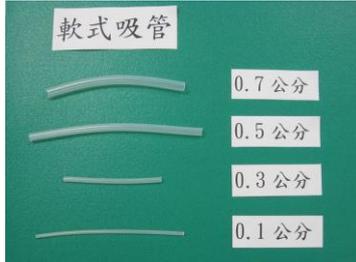
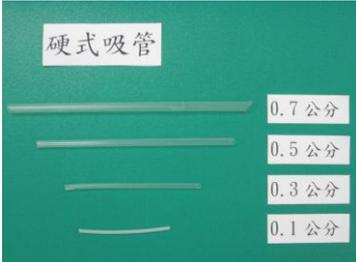
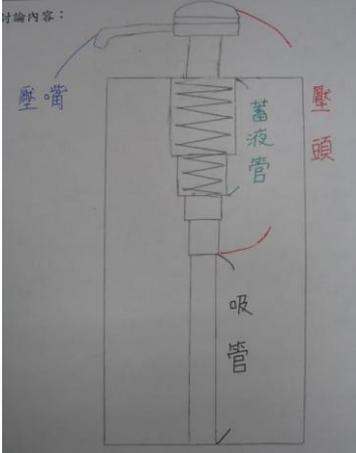
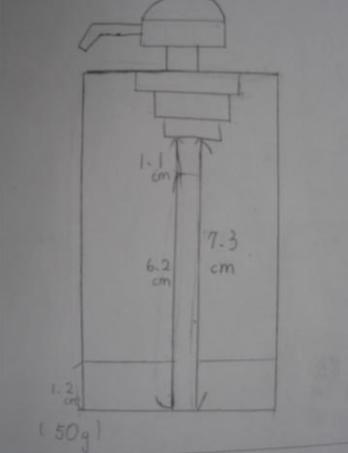
(一) **吸管**：我們從家裡、班級和學校資源回收場中調查生活中的吸管種類有哪些，並歸納出常見的吸管大致分為「**硬式吸管**」與「**軟式吸管**」兩種，且不同吸管具有不同的長度、切口角度、口徑與重量。最後，我們依調查結果準備這兩種吸管（如圖 1、圖 2）作為實驗之用。

表 5 吸管種類與規格

規格 種類	口徑 (公分)	長度 (公分)	切口 (度)	顏色	材質
硬式吸管	0.1	9	60	透明	聚丙烯 (PP)
	0.3	12	60		
	0.5	17.5	30		
	0.7	22	60		
軟式吸管	0.1	12	30	半透明	
	0.3	9	60		
	0.5	14.2	90		
	0.7	11.5	90		

(二) **按壓瓶**：市面上按壓瓶的應用非常廣泛，如洗髮精、沐浴乳、洗碗精、洗手乳、化妝品等用品，都見得到按壓瓶的蹤影，其中常見的有圓形、方形、橢圓形等形狀。而我們實際到賣場去逛逛，發現在空的按壓瓶中，以「**方形**」瓶子所佔比率最高，再加上前述有關壓頭尺寸喜好的調查結果，我們最後決定以**直徑 3 公分的壓頭搭配透明的方形按壓瓶**做為本研究實驗容器（如圖 4），其相關資料如下（如圖 5、圖 6）。

(三) **瓶內液體**：如上所述，按壓瓶可用來裝乘不同種類的液體，這些液體不僅成份相異，連顏色也五花八門，然而，我們在市面上琳瑯滿目的商品中發現，這些按壓瓶中裝滿的液體絕大多數是屬於流動非常緩慢的「**黏滯性液體**」，跟水的性質不一樣。為求實驗結果能有效推論到日常生活中，再加上經費有限等考量，我們後來**選擇以生活中常見且又便宜的洗手乳（黏滯性液體）**作為本研究用的實驗液體（如圖 3）。

 <p>軟式吸管</p> <p>0.7 公分</p> <p>0.5 公分</p> <p>0.3 公分</p> <p>0.1 公分</p>	 <p>硬式吸管</p> <p>0.7 公分</p> <p>0.5 公分</p> <p>0.3 公分</p> <p>0.1 公分</p>	
圖 1 軟式吸管	圖 2 硬式吸管	圖 3 實驗液體—洗手乳
		
圖 4 方形透明按壓瓶	圖 5 按壓瓶構造名稱	圖 6 測量按壓瓶構造

四、實驗設計與說明

(一) 實驗方法與設計

首先，我們先測量按壓空瓶的重量（如圖 7），並倒入 50 公克的洗手乳溶液（如圖 8）；再來，將吸管接在壓頭下方（如圖 9），並放入裝有洗手乳溶液的按壓瓶中，加以固定鎖緊（如圖 10）；接著，用力按下壓頭，利用吸管内外的氣壓差將液體吸取上來且排出壓嘴外，並在壓頭彈回到原位置後等待五秒，然後才繼續下一次的按壓，共按壓 15 次（如圖 11）；最後，取出壓頭放在一旁，計算並記錄瓶內剩餘的液體重量有多少（如圖 12）。

		
圖 7 測量空瓶重量	圖 8 倒入洗手乳溶液	圖 9 將吸管接在壓頭下方



(二) 實驗的注意與相關事項：

1. 為了實驗方便，我們事先購買多個同規格的按壓瓶，但後來發現，即使是相同的按壓瓶，其瓶身重量未必完全相同，誤差範圍介於 1 公克~5 公克之間。為求準確，我們在進行實驗之前，都會先量測空瓶重量，避免實驗結果產生誤差。
2. 每次實驗之前，倒入 50 公克的洗手乳溶液。由於本研究主要是想瞭解當瓶內溶液快要見底時，要如何做才能使瓶內的液體剩餘最少、避免浪費，因此在倒入液體的重量考量上，是希望能夠模擬瓶內液體快要用盡時的情況（也就是液面高度不宜太高）。在經過多次事先模擬實驗後，發現倒入 50 公克洗手乳後的液面高度（約 1.2 公分）最接近瓶內液體快要用盡時的情況（如圖 13），因此我們選擇這個重量數值。
3. 為了測量的一致性，按壓時要將壓頭按到底（如圖 14），並且等待壓頭彈回原位置後，再繼續第二次的按壓動作。
4. 承上，在壓頭回復到原位置後，須等候 2 秒，方可進行下一次的按壓動作（如圖 15）。這是因為我們觀察到，在吸管附近範圍的液體會因為被吸取而來不及補充到原處（因為黏滯性液體流動較緩慢），如果選擇連續按壓的話，會導致吸管吸取不到任何液體。所以，為了避免這些操作上的誤差影響結果，我們在壓頭彈回後觀察 2 秒，等洗手乳溶液順利補充到原處後再繼續下一次按壓。

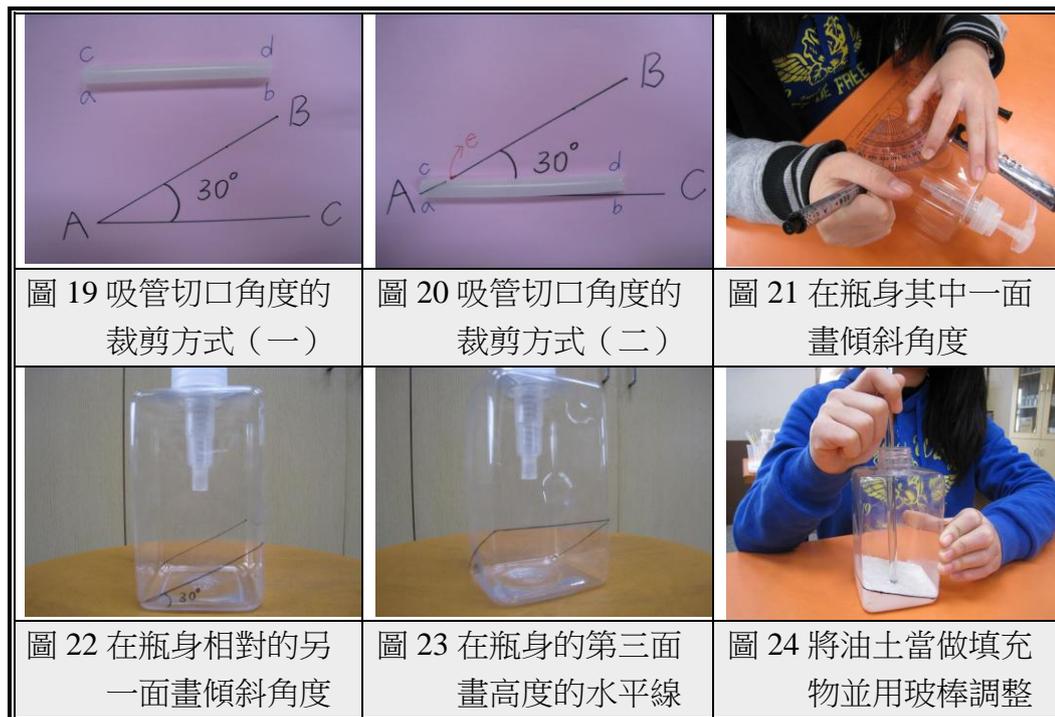


5. 實驗過程中，有可能會出現吸管口徑小於與壓頭連接處口徑的情形，也就是較細的吸管無法與壓頭連接，會產生鬆脫現象。為解決此問題，我們預先用軟式吸管自製不同口徑大小的轉接頭（如圖 16）。首先將轉接頭接在壓頭一端，確保吸管所吸上來的液體一定能夠進入到壓頭的蓄液管內（如圖 17），而另一端用來連接口徑較小的吸管，並且以防水的油性黏土或三秒膠加以固定，確保吸上來的液體不會漏出（如圖 18）。



6. 在進行吸管切口的角度裁剪時，由於吸管本身是中空圓柱體而非平面，因此我們會將要裁切的角度先畫在一張紙上，接著吸管的點 a 對準夾角的點 A，吸管的 ab 線段與夾角的 AC 線段重疊，然後在 AB 線段與 cd 線段交會處找出點 e，將點 a 與點 e 連接起來，並用剪刀裁剪（如圖 19、圖 20）。

7. 製作瓶底的傾斜情形時，要先將傾斜的角度畫在瓶身相對的兩面（如圖 21、圖 22），然後在第三面畫出傾斜高度的水平連線（如圖 23）。接下來，在不破壞瓶身的前提下，我們選擇防水性及可塑性都很好的油性黏土來當作傾斜角度的填充物，並用玻棒不斷地壓實與調整（如圖 24）。



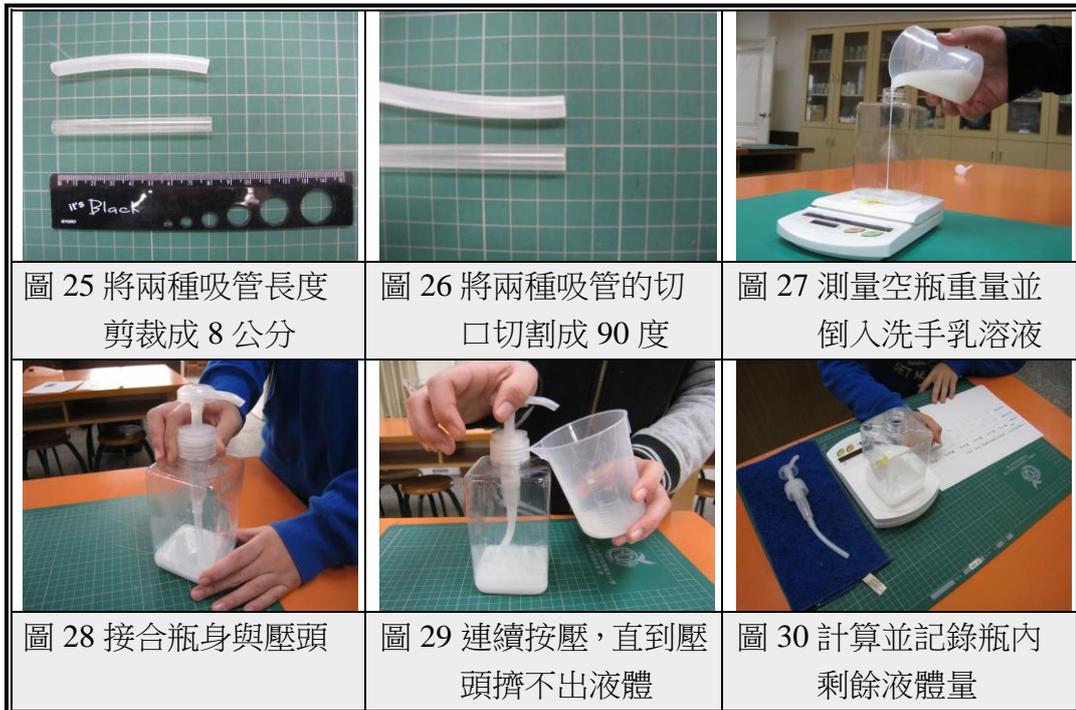
實驗一：吸管種類對按壓瓶內剩餘液體量的影響

(一) **控制變因**：吸管長度（8 公分）、吸管切口角度（90 度）、吸管口徑大小（0.7 公分）、瓶底傾斜角度（0 度）

(二) **操作變因**：吸管種類（軟式與硬式吸管）

(三) **實驗步驟**：

1. 選擇口徑大小皆為 0.7 公分的軟式與硬式吸管各一，並將兩種吸管的長度剪裁成 8 公分（如圖 25）。
2. 裁割吸管的切口，使兩種吸管的切口皆呈現 90 度（如圖 26）。
3. 測量空瓶重量，並將 50 公克洗手乳溶液倒入瓶底傾斜角度為 0 度（即平坦）的按壓瓶內（如圖 27）。
4. 連接吸管與壓頭，並將壓頭與瓶身互相接合、固定（如圖 28）。
5. 按下壓頭擠出液體，待壓頭彈回到原位置後等候 2 秒，再進行下一次按壓，直到壓頭擠不出液體為止（如圖 29）。
6. 取出壓頭，計算並記錄瓶內剩餘的液體量（如圖 30）。
7. 重複相同實驗過程五次，求其平均值。



(四) **實驗數據與結果**：根據表 6，我們選擇液體量剩餘最少的「軟式吸管」來作為後續實驗的吸管種類。

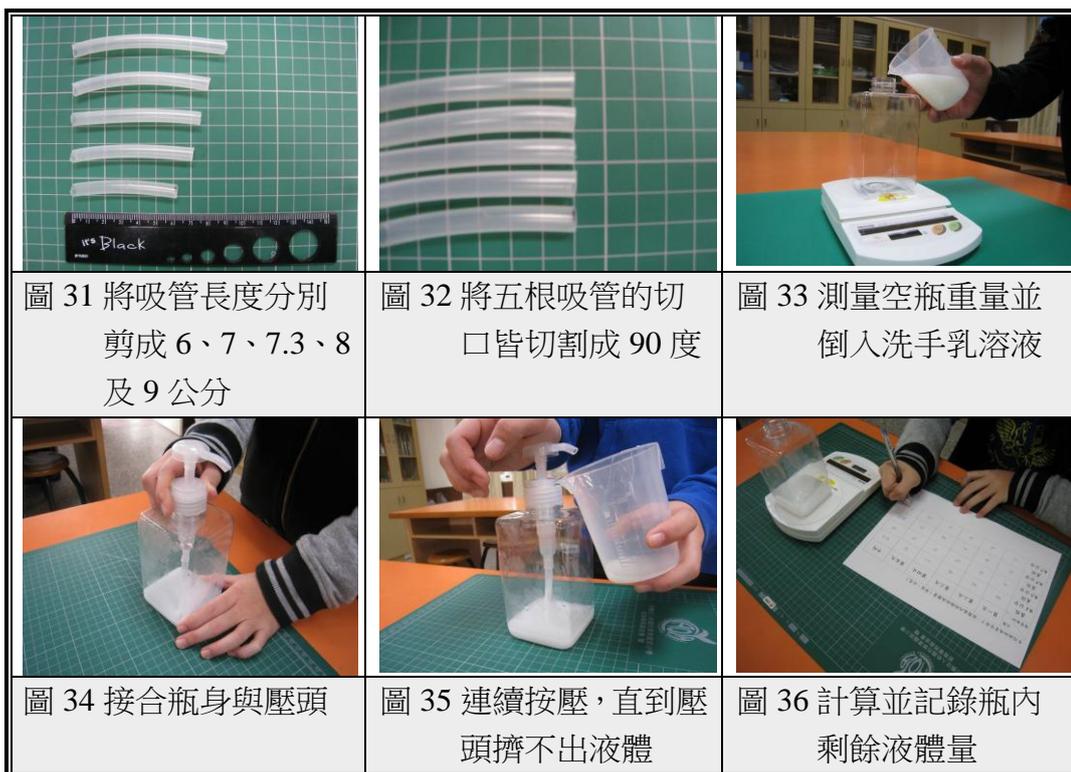
表 6 不同種類吸管作用下，按壓瓶內剩餘的液體量（單位：公克）

次數 吸管種類	第一次	第二次	第三次	第四次	第五次	平均
硬式吸管	50	50	50	50	50	50
軟式吸管	15	18	16	16	15	16

實驗二：吸管長度對按壓瓶內剩餘液體量的影響

- (一) **控制變因**：吸管種類（軟式吸管）、吸管切口角度（90 度）、吸管口徑大小（0.7 公分）、瓶底傾斜角度（0 度）
- (二) **操作變因**：吸管長度（分別為 6 公分、7 公分、7.3 公分、8 公分、9 公分）
- (三) **實驗步驟**：
 - 1.將口徑大小 0.7 公分的軟式吸管分別剪成 6 公分、7 公分、7.3 公分、8 公分、9 公分長（如圖 31）。
 - 2.裁割吸管的切口，使五根吸管的切口皆呈現 90 度（如圖 32）。
 - 3.測量空瓶重量，並將 50 公克洗手乳溶液倒入瓶底傾斜角度為 0 度（即平坦）的按壓瓶內（如圖 33）。

4. 連接吸管與壓頭，並將壓頭與瓶身互相接合、固定（如圖 34）。
5. 按下壓頭擠出液體，待壓頭彈回到原位置後等候 2 秒，再進行下一次按壓，直到壓頭擠不出液體為止（如圖 35）。
6. 取出壓頭，計算並記錄瓶內剩餘的液體量（如圖 36）。
7. 重複相同實驗過程五次，求其平均值。



(四) **實驗數據與結果**：根據表 7，我們選擇液體量剩餘最少的「8 公分」來作為後續實驗的吸管長度。

表 7 不同長度吸管作用下，按壓瓶內剩餘的液體量（單位：公克）

次數 吸管長度	次數					平均
	第一次	第二次	第三次	第四次	第五次	
6 公分	50	50	50	50	50	50
7 公分	21	23	19	20	18	20.2
7.3 公分	18	17	19	22	20	18.4
8 公分	14	15	18	17	15	15.8
9 公分	18	17	19	22	20	19.2

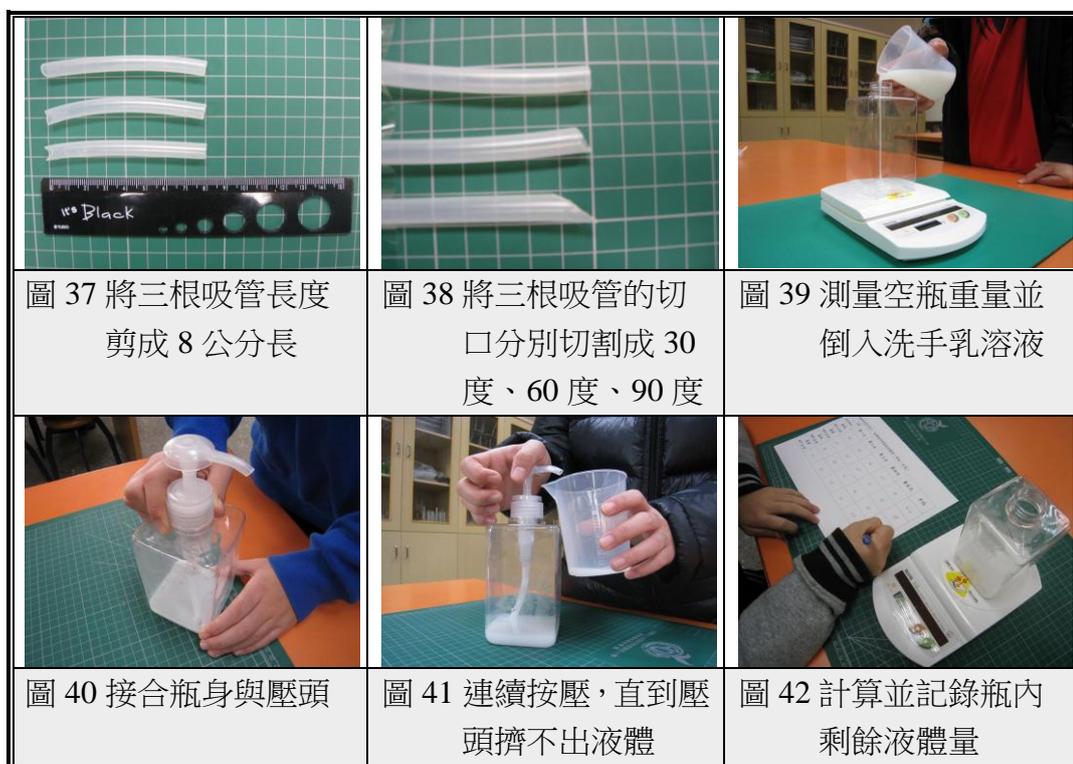
實驗三：吸管切口角度對按壓瓶內剩餘液體量的影響

(一) 控制變因：吸管種類(軟式吸管)、吸管長度(8公分)、吸管口徑大小(0.7公分)、瓶底傾斜角度(0度)

(二) 操作變因：吸管切口角度(分別為30度、60度、90度)

(三) 實驗步驟：

- 1.將三根口徑大小為0.7公分的軟式吸管剪成8公分長(如圖37)。
- 2.將三根吸管的切口分別裁割成30度、60度、90度(如圖38)。
- 3.測量空瓶重量，並將50公克洗手乳溶液倒入瓶底傾斜角度為0度(即平坦)的按壓瓶內(如圖39)。
- 4.連接吸管與壓頭，並將壓頭與瓶身互相接合、固定(如圖40)。
- 5.按下壓頭擠出液體，待壓頭彈回到原位置後等候2秒，再進行下一次按壓，直到壓頭擠不出液體為止(如圖41)。
- 6.取出壓頭，計算並記錄瓶內剩餘的液體量(如圖42)。
- 7.重複相同實驗過程五次，求其平均值。



(四) 實驗數據與結果：根據表 8，我們選擇液體量剩餘最少的「90 度」來作為

後續實驗的吸管切口角度。

表 8 不同吸管切口角度下，按壓瓶內剩餘的液體量（單位：公克）

吸管切口角度	次數					平均
	第一次	第二次	第三次	第四次	第五次	
30 度	16	19	21	22	17	19
60 度	17	16	20	14	17	16.8
90 度	15	14	16	17	15	15.4

實驗四：吸管口徑大小對按壓瓶內剩餘液體量的影響

(一) 控制變因：吸管種類（軟式吸管）、吸管長度（8 公分）、吸管切口角度（90 度）、瓶底傾斜角度（0 度）

(二) 操作變因：吸管口徑（分別為 0.1 公分、0.3 公分、0.5 公分、0.7 公分）

(三) 實驗步驟：

- 1.將四種口徑大小（0.1 公分、0.3 公分、0.5 公分、0.7 公分）的軟式吸管分別剪成 8 公分長（如圖 43）。
- 2.裁割吸管的切口，使四種吸管的切口皆呈現 90 度（如圖 44）。
- 3.測量空瓶重量，並將 50 公克洗手乳溶液倒入瓶底傾斜角度為 0 度（即平坦）的按壓瓶內（如圖 45）。
- 4.連接吸管與壓頭，並將壓頭與瓶身互相接合、固定（如圖 46）。
- 5.按下壓頭擠出液體，待壓頭彈回到原位置後等候 2 秒，再進行下一次按壓，直到壓頭擠不出液體為止（如圖 47）。
- 6.取出壓頭，計算並記錄瓶內剩餘的液體量（如圖 48）。
- 7.重複相同實驗過程五次，求其平均值。

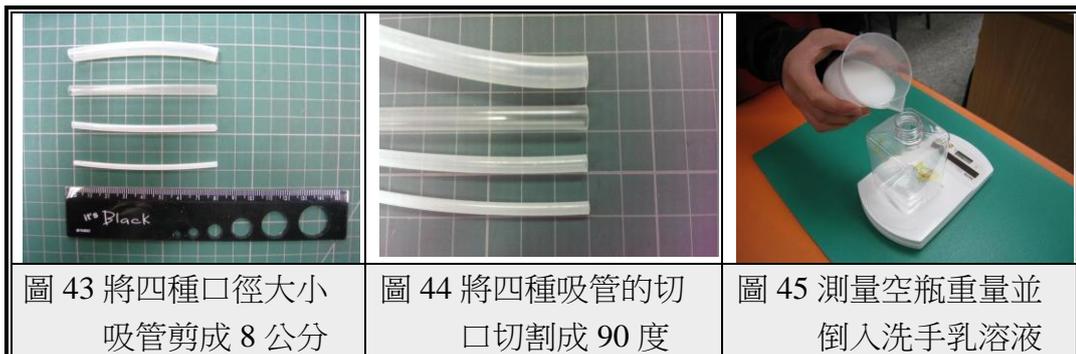


圖 43 將四種口徑大小吸管剪成 8 公分

圖 44 將四種吸管的切口切割成 90 度

圖 45 測量空瓶重量並倒入洗手乳溶液



圖 46 接合瓶身與壓頭

圖 47 連續按壓，直到壓頭擠不出液體

圖 48 計算並記錄瓶內剩餘液體量

(四) **實驗數據與結果**：根據表 9，當吸管口徑為 0.1 公分時，瓶內剩餘液體會最少，然而我們在實驗過程中發現，當按壓瓶的吸管口徑為 0.1 公分與 0.3 公分時，在按壓過程中，壓頭會緩慢上升甚至呈現卡住不順的情形，口徑 0.5 及 0.7 公分的吸管則不會。因此我們最後選擇剩餘量較少的「0.5 公分」來作為後續實驗的吸管口徑大小。

表 9 不同口徑大小吸管作用下，按壓瓶內剩餘的液體量（單位：公克）

次數 吸管口徑	次數					平均
	第一次	第二次	第三次	第四次	第五次	
直徑 0.1 公分	10	11	12	9	12	10.8
直徑 0.3 公分	12	12	12	13	12	12.2
直徑 0.5 公分	15	13	13	14	13	13.6
直徑 0.7 公分	15	14	17	16	14	15.2

實驗五：瓶底傾斜角度對按壓瓶內剩餘液體量的影響

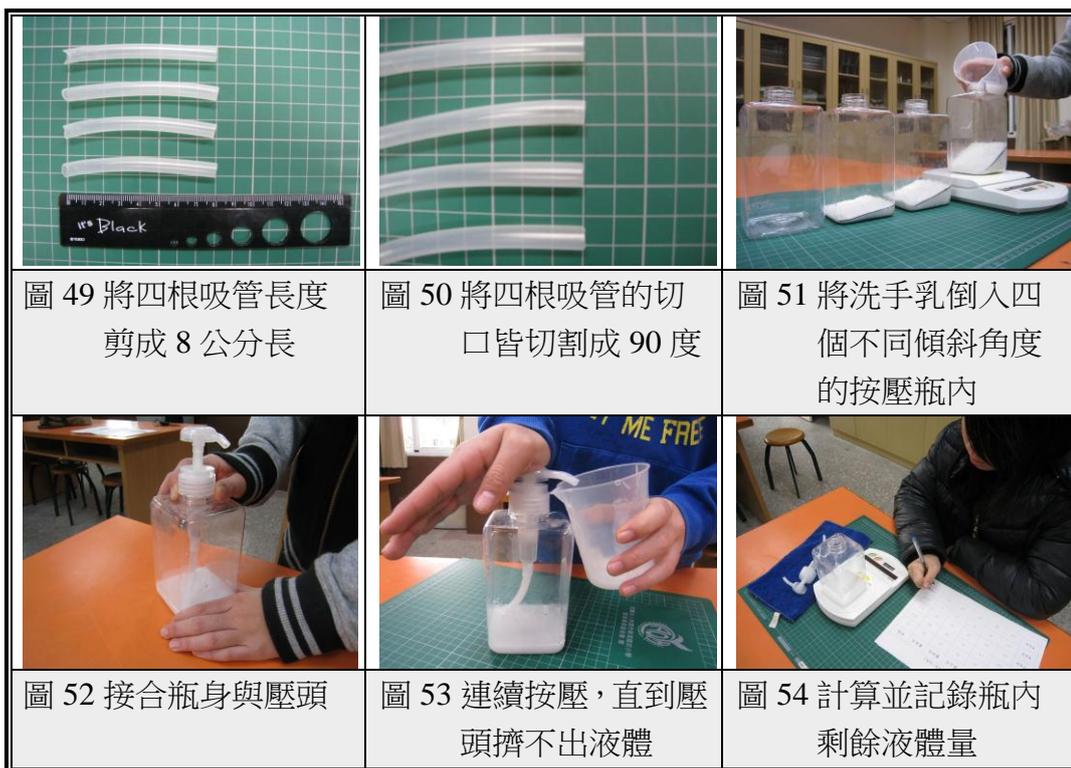
(一) **控制變因**：吸管種類（軟式吸管）、吸管長度（8 公分）、吸管切口角度（90 度）、吸管口徑大小（0.5 公分）

(二) **操作變因**：瓶底傾斜角度（分別為 0 度、10 度、20 度、30 度）

(三) **實驗步驟**：

1. 將四根口徑大小為 0.5 公分的軟式吸管剪成 8 公分長（如圖 49）。
2. 裁割吸管的切口，使四根吸管的切口皆呈現 90 度（如圖 50）。
3. 測量四個空瓶重量，並將 50 公克洗手乳溶液分別倒入瓶底傾斜角度為 0 度、10 度、20 度及 30 度的四個按壓瓶內（如圖 51）。

4. 連接吸管與壓頭，並將壓頭與瓶身互相接合、固定（如圖 52）。
5. 按下壓頭擠出液體，待壓頭彈回到原位置後等候 2 秒，再進行下一次按壓，直到壓頭擠不出液體為止（如圖 53）。
6. 取出壓頭，計算並記錄瓶內剩餘的液體量（如圖 54）。
7. 重複相同實驗過程五次，求其平均值。



(四) **實驗數據與結果**：根據表 10，我們可以知道瓶底傾斜角度為「30 度」時，按壓瓶內的液體量會剩餘最少，因此我們以「30 度」來作為後續實驗的瓶底傾斜角度。

表 10 瓶底不同傾斜角度下，按壓瓶內剩餘的液體量（單位：公克）

瓶底傾斜角度	次數					平均
	第一次	第二次	第三次	第四次	第五次	
0 度	14	15	14	13	12	13.6
10 度	9	8	10	10	11	9.6
20 度	6	5	6	8	7	6.4
30 度	4	3	4	5	3	3.8

五、做出環保又實用的按壓瓶

(一) **實驗說明**：經過一連串的調查與實驗，可知當按壓瓶的壓頭尺寸為直徑 3 公分，瓶內軟式吸管的口徑為 0.5 公分、長度為 8 公分、切口為 90 度，且瓶身底部呈現 30 度傾斜時，做出來的按壓瓶不只最符合消費者的使用習慣，連剩餘的液體量也會明顯減少許多。為了證明在按壓瓶的結構上進行改善確實有其功效，我們將改良後按壓瓶與市售按壓瓶的液體剩餘比率進行比較（如表 11），結果如下：

表 11 自製按壓瓶與市售按壓瓶使用到最後，瓶內液體的剩餘比率

按壓瓶類別 比較項目	自製 按壓瓶	市售 洗髮精	市售 沐浴乳	市售 洗碗精	市售 洗手乳
原本液體量	544 (g)	763 (g)	996 (g)	1007 (g)	647 (g)
平均剩餘液體量	3.8 (g)	46 (g)	35.2 (g)	46.8 (g)	30.2 (g)
剩餘比率	0.7 (%)	6 (%)	3.5 (%)	4.6 (%)	4.7 (%)

(二) **實驗數據與結果**：根據表 11，我們可以清楚的看出，改良後的自製按壓瓶所剩餘的液體比率較市售按壓瓶降低不少。

伍、研究結果

一、按壓瓶的使用現況調查

(一) **消費者對不同尺寸壓頭的使用滿意度**（如表 2、圖 55 所示）

1. 壓頭尺寸不同，消費者使用後的滿意程度也不一樣，滿意度由高到低分別是直徑 3 公分 > 直徑 2.5 公分 > 直徑 2 公分。
2. 消費者對直徑 3 公分壓頭的平均滿意度是 2.6 分；對直徑 2.5 公分壓頭的平均滿意度是 2 分；對直徑 2 公分壓頭的平均滿意度是 1.3 分。
3. 依據調查結果，消費者較喜歡使用尺寸較大，也就是直徑 3 公分的壓頭。

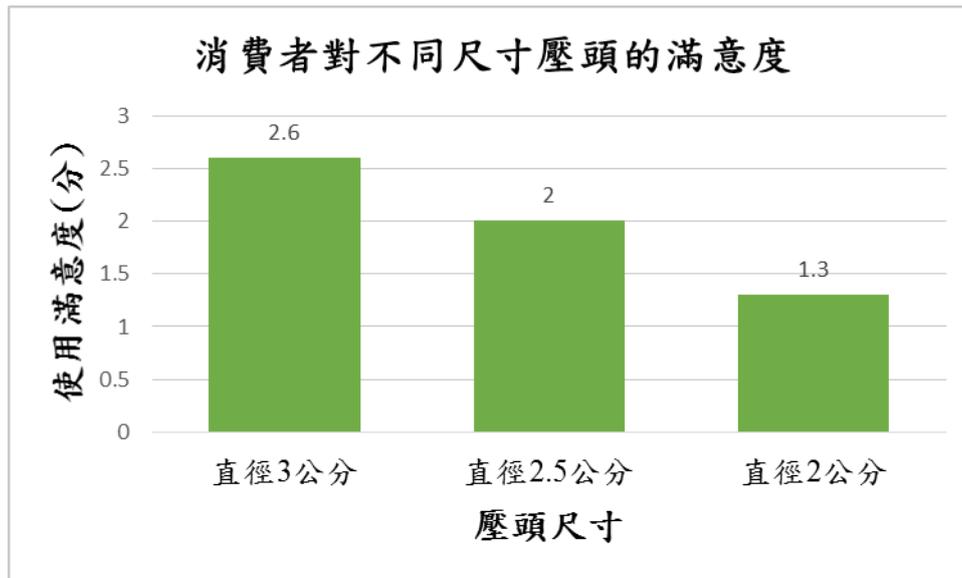


圖 55 消費者對不同尺寸壓頭的滿意度

(二) 消費者使用一次按壓瓶所需要的液體量 (如表 3、圖 56 所示)

- 1.根據用途不同，消費者使用一次按壓瓶所擠出來的液體量也有差異，耗費的液體量由多到少分別是洗髮精 > 沐浴乳 > 洗碗精 > 洗手乳。
- 2.消費者平均使用一次洗髮精需耗費 3.7 公克；沐浴乳需耗費 3.6 公克；洗碗精需耗費 3.5 公克；而洗手乳則較少，平均需耗費 2.9 公克。
- 3.由上述調查結果，可知消費者在使用洗髮精、沐浴乳、洗碗精、洗手乳等生活中常見液體時，一次所耗費的液體量彼此差異不多。

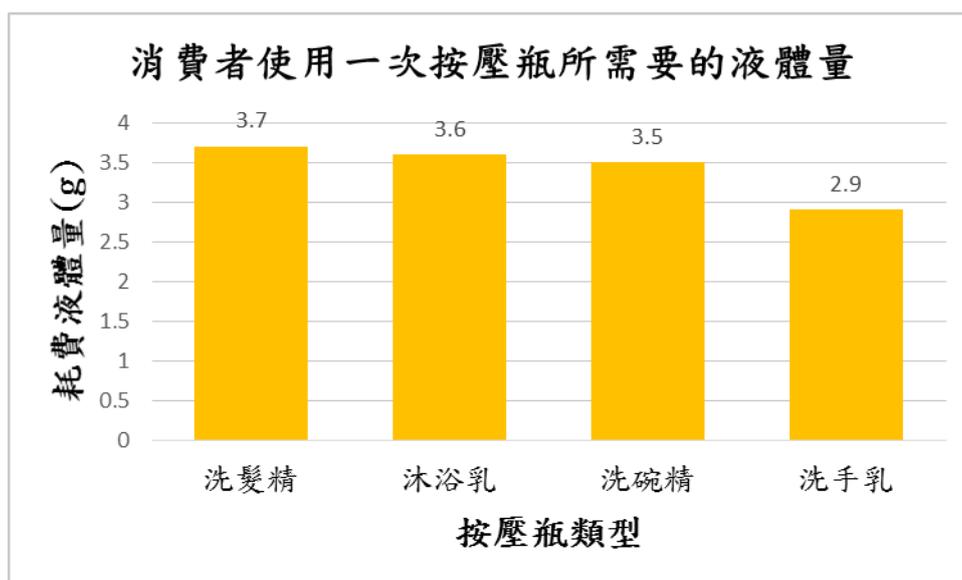


圖 56 消費者使用一次按壓瓶平均耗費的液體量

(三) 市售按壓瓶使用到最後，瓶內液體的剩餘比率（如表 4、圖 57 所示）

- 1.不同的市售按壓瓶使用到最後，剩餘的液體量也各不相同，液體剩餘比率由多到少分別是洗髮精>洗手乳>洗碗精>沐浴乳。
- 2.洗髮精的剩餘比率最高，為 6%；再來是剩餘比率 4.7%的洗手乳；接著是剩餘比率 4.6%的洗碗精；最後沐浴乳的剩餘比率最低，為 3.5%。
- 3.由上述調查結果，市售按壓瓶的剩餘比率從 3.5%到 6%都有，反映出市售按壓瓶在設計上須待改進，以減少液體的浪費。

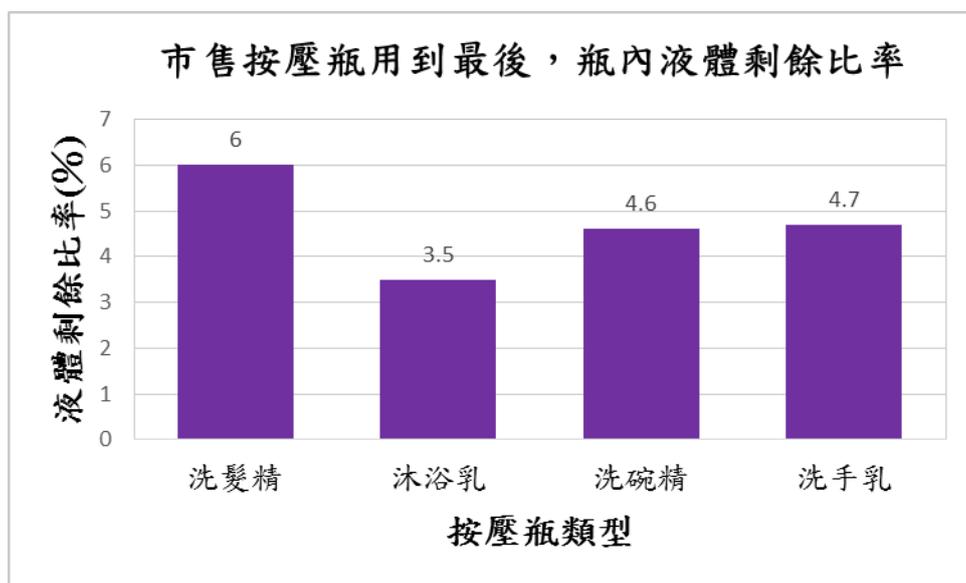


圖 57 按壓瓶使用到最後，瓶內液體的剩餘比率

二、不同因素對按壓瓶內剩餘液體量的影響

(一) 吸管種類對按壓瓶內剩餘液體量的影響（如表 6、圖 58 所示）

- 1.吸管的種類不同，最後按壓瓶內剩餘的液體量也會不一樣，剩餘量由多到少依序是硬式吸管>軟式吸管。
- 2.軟式吸管的剩餘量為 16 公克，而硬式吸管的剩餘量則為 50 公克。
- 3.由實驗結果可知，軟式吸管較硬式吸管更適合作為按壓瓶內的吸管種類。

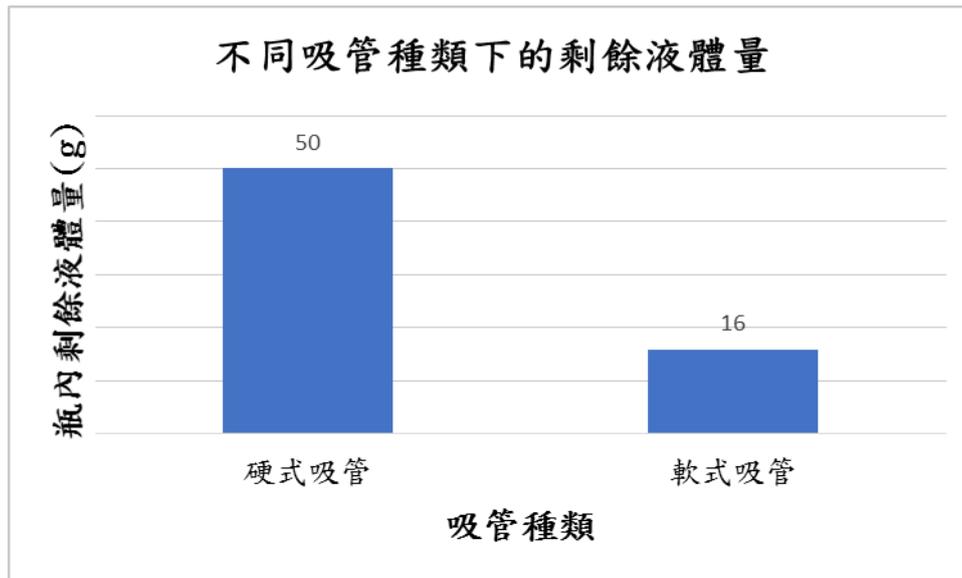


圖 58 不同吸管種類作用下的剩餘液體量

(二) 吸管長度對按壓瓶內剩餘液體量的影響 (如表 7、圖 59 所示)

- 吸管的長度不同，會影響到按壓瓶內剩餘的液體量，剩餘量由多到少依序是長度 6 公分 > 7 公分 > 9 公分 > 7.3 公分 > 8 公分。
- 瓶內液體量最少的是吸管長度 8 公分，為 15.8 公克；其次是長度 7.3 公分，為 18.4 公克；接著是長度 9 公分，剩餘量是 19.2 公克；再來是長度 7 公分，剩餘 20.2 公克；而長度 6 公分剩餘最多，為 50 公克。
- 從實驗結果得知，瓶內吸管的長度太短或太長，都會剩餘較多的液體量，因此瓶內吸管的長度不宜過長或過短。

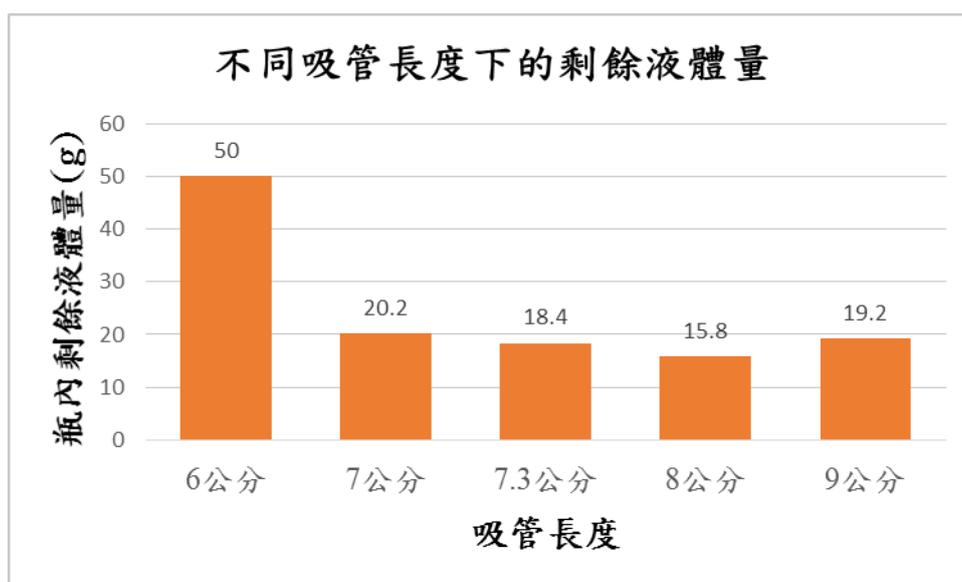


圖 59 不同吸管長度作用下的剩餘液體量

(三) 吸管切口角度對按壓瓶內剩餘液體量的影響（如表 8、圖 60 所示）

1. 吸管切口角度不同，會導致按壓瓶內最後剩餘的液體量也不同，剩餘量由多到少依序是切口 30 度 > 切口 60 度 > 切口 90 度。
2. 吸管切口呈 90 度（平口）時，瓶內液體剩餘 15.4 公克，是三種切口角度中剩餘最少的；再來是切口呈 60 度時，液體剩餘 16.8 公克；最後切口呈 30 度時，液體剩餘 19 公克，是三種切口角度中剩餘最多的。
3. 根據實驗結果，吸管的切口角度越大，瓶內剩餘的液體量就越少。

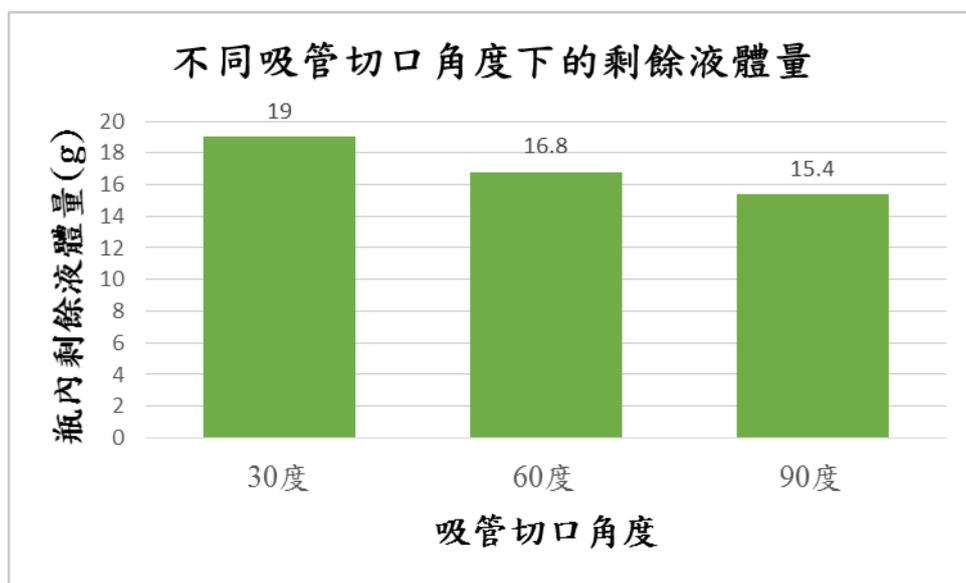


圖 60 不同吸管切口角度下的剩餘液體量

(四) 吸管口徑大小對按壓瓶內剩餘液體量的影響（如表 9、圖 61 所示）

1. 吸管的口徑大小不一樣，按壓瓶內剩餘的液體量也會有差異，剩餘量由多到少依序是直徑 0.7 公分 > 直徑 0.5 公分 > 直徑 0.3 公分 > 直徑 0.1 公分。
2. 吸管口徑 0.1 公分剩餘量最少，為 10.8 公克；其次是口徑 0.3 公分，剩餘量是 12.2 公克；再來是口徑 0.5 公分，剩餘量是 13.6 公克；而口徑 0.7 公分剩餘量最多，為 15.2 公克。
3. 根據實驗結果，隨著吸管的口徑越小，瓶內剩餘的液體量就越少。不過基於吸管口徑 0.1 公分與 0.3 公分的按壓瓶壓頭在彈回原高度過程中出現緩慢不順的情形，因此我們認為按壓瓶內應使用口徑大小為 0.5 公分的吸管。

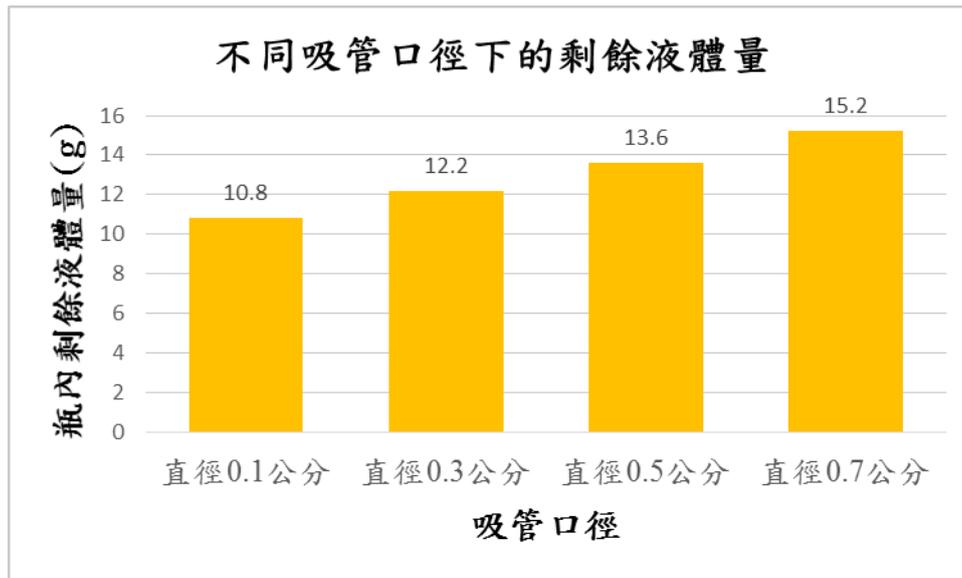


圖 61 不同吸管口徑作用下的剩餘液體量

(五) 瓶身底部的傾斜情形對按壓瓶內剩餘液體量的影響 (如表 10、圖 62 所示)

1. 瓶底傾斜角度不同，會讓按壓瓶剩餘的液體量也不一樣，且差異甚大，剩餘量由多到少依序是瓶底傾斜 0 度 > 傾斜 10 度 > 傾斜 20 度 > 傾斜 30 度。
2. 液體量最少的是瓶底傾斜 30 度，剩餘 3.8 公克；其次是瓶底傾斜 20 度，剩餘 6.4 公克；接著是瓶底傾斜 10 度，剩餘 9.6 公克；最後液體量最多的是瓶底傾斜 0 度（呈平坦狀），剩餘 13.6 公克。
3. 由實驗結果可知，按壓瓶底部越傾斜，瓶內的液體量剩餘就越少。

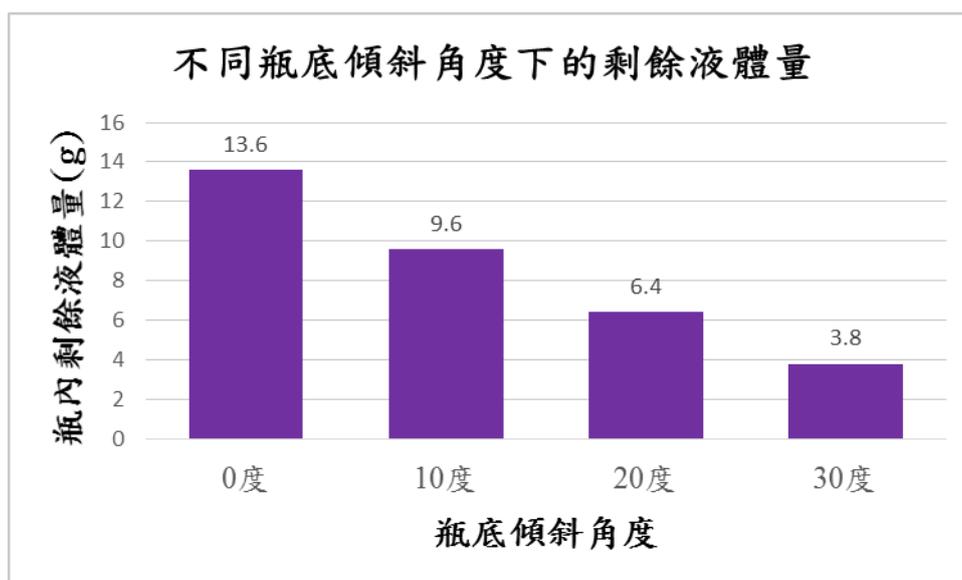


圖 62 不同瓶底傾斜角度下的剩餘液體量

三、做出環保又實用的按壓瓶（如表 11、圖 63 所示）

（一）自製按壓瓶與市售的四種按壓瓶，兩者使用到最後，瓶內液體的剩餘比率有極大差異，剩餘比率由多到少依序是市售洗髮精 > 市售洗手乳 > 市售洗碗精 > 市售沐浴乳 > 自製按壓瓶。

（二）自製的按壓瓶使用到最後，瓶內液體的剩餘比率為 0.7%，而市售的按壓瓶用到最後，瓶內液體的剩餘比率則介於 3.5% 到 6% 之間。

（三）從實驗結果明顯可知，自製按壓瓶能夠有效降低瓶內液體的剩餘比率。

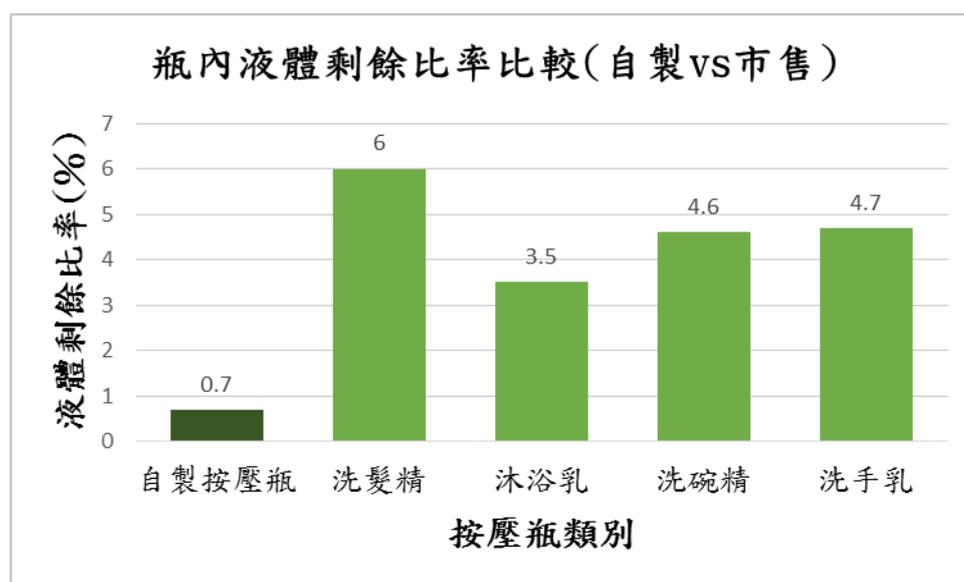


圖 63 自製按壓瓶與市售按壓瓶使用到最後，瓶內液體的剩餘比率

陸、討論

一、按壓瓶的使用現況調查

（一）消費者對不同尺寸壓頭的使用滿意度

根據調查結果，消費者大多偏好使用尺寸較大的壓頭。經過訪談歸納，大尺寸壓頭因為按壓處的面積較大、使用舒服、擠出來的液體量較多、不需要按很多次等多項優點，所以獲得大眾的認同與喜愛。

（二）消費者使用一次按壓瓶所需要的液體量

調查顯示，消費者每次使用裝有不同液體的按壓瓶，平均會耗費 2.9 公克~3.7 公克，按壓次數平均介於 1.5 次~1.9 次之間。換句話說，消費者使用一次按壓瓶

大約需要 3 公克到 4 公克左右的液體量，每次的按壓大約會擠出 2 公克重的液體。

(三) 市售按壓瓶使用到最後，瓶內液體的剩餘比率

調查結果指出，不同按壓瓶使用到後來，剩餘液體量也有所差異。以比率來看，市售的按壓瓶約有 3.5%~6% 的液體是無法被壓頭吸取而殘留在瓶底。根據事後觀察，這些市售的按壓瓶不管在吸管長度、切口角度或口徑大小等各方面都有很大差異，所以我們推測，按壓瓶內的吸管結構會影響最後液體的剩餘比率。

二、不同因素對按壓瓶內剩餘液體量的影響

(一) 吸管種類對按壓瓶內剩餘液體量的影響

1. 由實驗一結果，我們得知按壓瓶如果使用軟式吸管，可以讓瓶內的液體剩餘較少，而硬式吸管則不適合。經過觀察與討論，我們認為硬式吸管不合適的原因是來自於它的彈性，當吸管長度大於壓頭到瓶底距離（7.3 公分）（如圖 6）時，硬式吸管會因為彈性較差而在管身某一處產生破裂（如圖 64、圖 65），一旦吸管產生破裂，空氣便可以從破裂處進出，那我們在按下壓頭時，就很難利用「大氣壓力」壓力差的原理來將液體吸取上來。
2. 根據前述，可以了解硬式吸管的使用會受限於壓頭到瓶底間的距離長度，相反地，軟式吸管則沒有這樣的顧慮，這也呼應了為什麼市面上多數按壓瓶的吸管種類是屬於軟式吸管，原因便是軟吸管的使用較不受限於長度。

(二) 吸管長度對按壓瓶內剩餘液體量的影響

1. 由實驗二大致可看出，按壓瓶內的吸管長度越短，瓶內剩餘的液體量越多。原因是瓶內液面高度會隨著每一次的按壓而逐漸下降，當液面高度越低，此時長度較短的吸管會因為碰觸不到液面而無法吸取任何液體，而本研究中 6 公分的吸管正是因為長度不夠觸及液面（如圖 66），所以剩餘的液體重量仍是原來的 50 公克。
2. 實驗過程中，我們觀察到吸管長度 9 公分的剩餘液體量較長度 8 公分、7.3 公分來得多。測量後發現，原來壓頭到瓶身的最長距離大約是 8.8 公分，所以當吸管長度為 9 公分時，吸管切口處會與瓶身緊密貼合，讓空隙變得極

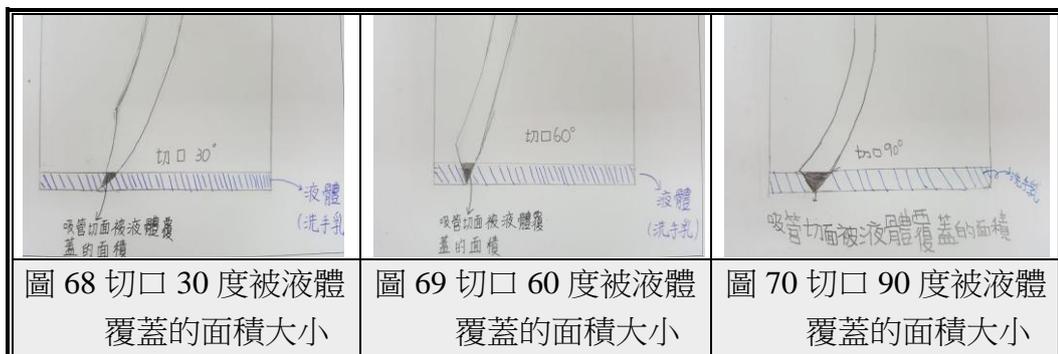
小，造成液體無法流進吸管内，自然也就沒辦法被吸取（如圖 67）。

- 3.基於前述緣由，在選擇按壓瓶內的吸管長度時，除了不宜過短外，另外也需注意長度要大於壓頭到瓶底距離，但不可超過壓頭到瓶身的最長距離。



(三) 吸管切口角度對按壓瓶內剩餘液體量的影響

- 1.文獻資料顯示，將吸管斜切會擴大切面處的面積，相當於將吸管口徑加大，可使吸管的吸力增強，有助減少剩餘液體量。然而根據我們的實驗結果，**吸管切口為 90 度時（即不做斜切，呈平口狀），瓶內液體量才會剩餘最少。**究其原因，我們認為跟**吸管切面處被液體覆蓋的面積大小有關**，被液體覆蓋面積越大，能被吸取上去的液體就越多，剩餘量就越少。
- 2.經過觀察，當液面高度降至 1 公分以下，三種吸管的切面都無法完全被液體覆蓋，此時切面處被液體覆蓋面積最大的是切口 90 度，其次是 60 度，覆蓋面積最小的是 30 度（如圖 68、圖 69、圖 70），所以當吸管切口為 90 度時，可以被吸取的液體量較多，瓶內剩餘液體自然較少。



(四) 吸管口徑大小對按壓瓶內剩餘液體量的影響

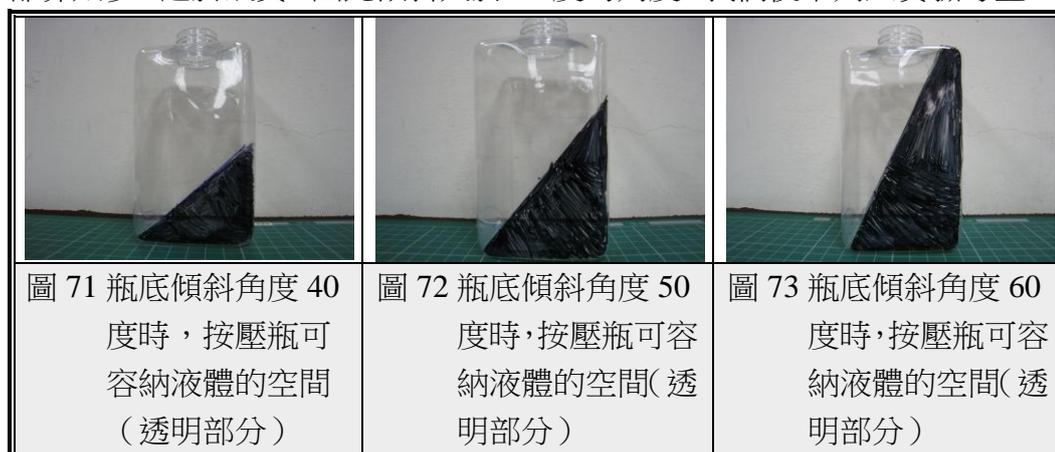
- 1.根據前述文獻資料，當吸管越粗，吸力會越大，吸取的液體也會越多，因此我們用這樣的概念設計了相關實驗加以驗證。但根據實驗四結果，當按

壓瓶內的**吸管口徑越小，最後瓶內剩餘的液體會越少**。藉由觀察，在吸管長度固定不變的前提下，當液面高度開始降低，**較大口徑的吸管會因為切口處面積較大，有部分吸管無法與液面接觸而吸取不到液體**；相反地，**口徑較小的吸管會因切口處面積較小，吸管一直都能與液面接觸，進而不斷地吸取液體**，使剩餘液體量能夠減少。此一發現也呼應了上述實驗三結果。

2.然而，在實驗過程中我們發覺一個棘手的現象，那就是當瓶內吸管口徑為 0.1 公分與 0.3 公分時，每按壓一次，我們發現壓頭會非常緩慢地上升彈回，約 3~5 秒左右。易言之，我們必須得等候一段不短的時間，等壓頭彈回到原位置後才能進行第二次按壓。因為考量到消費者的立場及使用便利性的原則，所以我們最後選擇壓頭彈回速度正常、且吸取液體能力也不錯的直徑 0.5 公分作為按壓瓶內的吸管口徑大小。

(五) 瓶底傾斜角度對按壓瓶內剩餘液體量的影響

- 1.由實驗五結果可知，**瓶底的傾斜角度越大，瓶內剩餘的液體量會明顯減少**。根據我們推測，這是因為**傾斜角度越大，液體越能被集中到瓶內的某一邊，讓吸管能夠更方便吸取**。
- 2.至於為何沒有繼續深究瓶底傾斜 40 度、50 度、60 度等更多不一樣的角度？主要是考量到瓶內可容納液體的空間大小。根據觀察，當傾斜角度為 30 度時，瓶內大約剩下原來六分之五的空間可容納液體；當傾斜角度為 40 度、50 度、60 度時，瓶內更只剩原來約四分之三、三分之二、不到二分之一的空間可裝液體（如圖 71、圖 72、圖 73），無論是哪種情形，未使用的空間都算太多，過於浪費，因此傾斜大於 30 度的角度，我們便不列入實驗考量。



三、做出環保又實用的按壓瓶

(一) 本研究的意外發現

1. **壓頭擠出的液體量與吸管口徑大小無關**：在未實驗之前，我們原本以為吸管口徑越小，壓頭按一次出來的液體量也會較少，但結果證實並非如此。我們認為擠出的液體量跟壓頭儲存液體的構造（蓄液管）有關，**當壓頭儲存液體的容量是固定時，此時擠出來的最大量也是固定的**。因此在本研究實驗中，不管壓頭底下吸管口徑大小為何，壓頭按到底所擠出的量皆是 2 公克左右。
2. **吸管口徑大小會影響壓頭彈回的速度**：實驗中我們發現吸管口徑為 0.1 公分及 0.3 公分時，壓頭內的彈簧在回復原長度時會出現緩慢且卡住不順的情況。依照我們查到的資料，此現象的產生是因為**當吸管的口徑太小時，需要較長的時間才能讓壓頭蓄液管與瓶子裡面的氣壓達到平衡**。

(二) 本研究的價值與優點

本研究根據市場調查與實驗，做出了屬於自己的按壓瓶，這個自製的按壓瓶不僅改善了市售按壓瓶在構造上的一些缺點，更兼具了實用性，其優點如下：

1. **壓頭尺寸大小符合消費者喜好**：本研究依據調查，選擇直徑 3 公分的壓頭，讓消費者**在按壓的觸感上能夠感到舒適好用**。
2. **壓頭擠出的液體量符合消費者需求**：根據調查結果，消費者依據不同用途（如洗頭髮、洗澡、洗碗筷、洗手等），每次使用按壓瓶大約需要 2.9 公克~3.7 公克左右的液體量，而本研究壓頭按一次出來的量約有 2 公克，也就是說，使用本研究做出來的按壓瓶，只要**按壓 2 次就能擠出消費者所需要的量**，十分便利。
3. **改良後的按壓瓶能確實降低瓶內液體的剩餘比率**：實驗結果顯示，市售按壓瓶使用到最後，大概會有 3.5%~6%的液體量無法被消費者所使用，換句話說，市面上販售的按壓瓶，每 100 公克中會有 3.5 公克到 6 公克左右的液

體會因為無法被吸取就被丟棄，相當驚人且浪費。然而本研究做出來的按壓瓶卻能有效減少剩餘的液體量，能使瓶內液體的剩餘比率從 6% 降低至 0.7%，讓液體能更有效被利用，避免浪費。

柒、結論

- 一、消費者偏好使用直徑 3 公分的壓頭，且根據生活中的不同用途，每次使用按壓瓶需要的液體量也不相同，大約介於 3 公克~4 公克。
- 二、將按壓瓶進行改良，也就是把口徑 0.5 公分的軟式吸管裁剪成長 8 公分、切口角度 90 度，並且讓瓶底傾斜 30 度，此時瓶內剩餘的液體量會明顯減少。
- 三、本研究改良後的按壓瓶除了符合消費者的喜好與使用習慣外，還能有效減少剩餘的液體量，使瓶內液體的剩餘比率從 6% 降低至 0.7%，讓按壓瓶內的液體能更有效被利用，避免浪費。

捌、參考資料及其他

- 吳佩瑄、曾乙正（2011）。**吸管與生活**。取自
<http://www.shs.edu.tw/works/essay/2010/11/2010110912590346.pdf>。
- 梁軒綾、彭靖珺、吳子維、方湛然（2015）。**累死人抽水機~吸管抽水機之探討**。
取自 <http://activity.ntsec.gov.tw/activity/race-1/55/pdf/080110.pdf>。
- 管中玄機—無扇葉吸塵器的探究與改良（2010）。取自
<http://163.17.241.1/yenhc/site/documents/%E5%90%B8%E5%A1%B5%E5%99%A8%E7%A7%91%E5%B1%95%E6%89%8B%E5%86%8A0404.pdf>

【評語】 080815

研究主題相當生活化，具有實用性，建議加強定量的討論，如：
瓶子的形狀與長寬高等尺寸的考量（此會影響吸管長度等的結果討論），會讓作品的科學性更高。