

屏東縣第66屆國民中小學科學展覽會 作品說明書

科 別： 物理科

組 別： 國小組

作品名稱：空氣推推推，蔬果子彈飛飛飛

關 鍵 詞：空氣壓力

編號：A2029

目錄

摘要.....	01
壹、前言(含研究動機、研究目的、研究架構圖、文獻回顧).....	01
貳、研究設備及器材.....	02
參、研究過程或方法.....	03
肆、研究結果.....	09
伍、討論.....	21
陸、結論.....	27
柒、參考資料及其他.....	29

摘 要

蔬果空氣槍基本上就是以前的一種童玩——橘子皮空氣槍，當竹筷子往中空筆管內推進時，筆管內會因空氣擠壓造成筆管內氣壓瞬間變大，便把橘子皮給推出去。這次我們以地瓜、胡蘿蔔、白蘿蔔和冬瓜等蔬果切片當作子彈原料，經過一連串的實驗，我們發現到「密度越高之蔬果食材切片，子彈射出的距離會越遠」和「中空的筆管的長度越長，蔬果子彈從筆管內射出的距離會隨著筆管的長度的增長而變得更遠」，而且也發現蔬果空氣槍子彈射出瞬間所發出的聲音大小，居然和採用蔬果的密度有關係，蔬果的密度越大，子彈發射瞬間所產生的聲音也越大聲。

壹、前言

一、研究動機

有一天爸媽帶著我和哥哥一起去果園採橘子時，爸爸跟我們分享他小時候在鄉下的家裡，都會利用玉兔牌原子筆的筆管和橘子皮製作空氣槍，只要把竹筷從筆管裡往前推，「啵」地一聲就可以讓筆管另一頭的橘子皮「噴飛」出去，所以每當橘子盛產的季節，只要吃完橘子就會拿起玉兔牌原子筆的筆管和橘子皮，和鄰居的小孩一起玩射擊大戰。聽完爸爸的分享，讓我心也癢癢的，好想也立刻……，於是我們就想選擇「蔬果空氣槍」作為探討主題，重溫爸爸的童年回憶。我們想了解影響蔬果空氣槍成功射出的各項因素，也想了解影響蔬果空氣槍子彈射程的各項因素，希望從實驗中真正看見無形的空氣所產生的巨大力量！

二、研究目的

基於對「蔬果空氣槍」的好奇心，我們想研究下面幾個問題：

- (一) 探討食材對蔬果空氣槍子彈射出的距離會有什麼影響？
- (二) 探討筆管對蔬果空氣槍子彈射出的距離會有什麼影響？
- (三) 探討筆管內空氣柱的長短對蔬果空氣槍子彈射出的距離會有什麼影響？
- (四) 探討食材切片的厚度會不會影響子彈射出時筆管內空氣柱的長短？進而影響蔬果空氣槍子彈射出的距離？
- (五) 探討蔬果空氣槍子彈射出時所發出的聲音大小和食材密度的關係。

三、研究架構圖



四、文獻回顧

蔬果空氣槍基本上就是以前的一種童玩——橘子皮空氣槍，只是以前用的是「橘子皮 + 中空的筆管 + 竹筷」，就是利用中空的原子筆管加上橘子皮，再以竹筷子往筆管裡推進產生空氣壓力的方式將橘子皮子彈射出；以前橘子皮空氣槍使用的橘子皮最好是新鮮的橘子皮，而且皮要厚一點，這樣竹筷才好推進；當竹筷子往筆管內推進時，筆管內因空氣擠壓造成筆管內氣壓瞬間變大，便把橘子皮給射出去。

根據 17 世紀英國物理學家波以耳發現的氣體壓縮定律，也就是我們常講的波以耳定律：在一個密閉容器內，容器內的壓力會隨著容器內體積的變化而改變；當容器內體積變大時，氣體的壓力就變小；容器內體積變小時，氣體的壓力就變大。

貳、研究設備與器材

			
游標尺	捲尺	玉兔牌原子筆管	噪音計
照片來源：作者自拍	照片來源：作者自拍	照片來源：作者自拍	照片來源：作者自拍

			
胡蘿蔔	白蘿蔔	地瓜	冬瓜
照片來源：作者自拍	照片來源：作者自拍	照片來源：作者自拍	照片來源：作者自拍

參、研究過程或方法

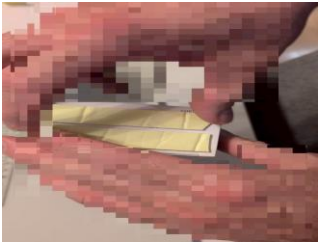
一、前置作業

（一）蔬果材料的選擇

從文獻中可以知道以前橘子皮空氣槍時是以新鮮的橘子皮當子彈，但是在做實驗時才十月份，市面上除了肚臍丁、香吉士與茂谷外，根本還看不到橘子，為了測試原料是否可以順利發射，我們先以肚臍丁和香吉士的果皮做測試，結果是筆管很難插進肚臍丁的果皮，筆管也很不容易插進香吉士的果皮，而茂谷雖然勉強可以取得果皮，但是太薄了，幾乎發射不出去；媽媽建議我們改用胡蘿蔔和地瓜做子彈的原料，後來當媽媽帶著我去菜市場買胡蘿蔔和地瓜時，我突然看到很大條的白蘿蔔和冬瓜，心中想說：都這麼大條，應該可以拿來做子彈的發射實驗吧！於是我們就決定以「地瓜、胡蘿蔔、白蘿蔔和冬瓜」作為蔬菜子彈槍子彈的原料。

（二）準確切割食材厚度的方法:

- 1、先將一個立方體紙盒下方黏泡棉膠，再黏在桌面上。
- 2、利用三角板測量食材需要的厚度。
- 3、再找一個立方體紙盒背面黏上泡棉膠，先扣除刀身厚度，再黏上。
- 4、將食材放置好就可以盡情切割。

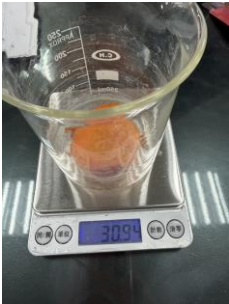
		
照片來源：作者自拍	照片來源：作者自拍	照片來源：作者自拍

二、研究過程或方法

(一) 研究一：探討食材對蔬果空氣槍子彈射出的距離會有什麼影響？

問題一、我們要如何算出蔬果食材的密度？

- 1、準備實驗材料：胡蘿蔔、白蘿蔔、地瓜、冬瓜等厚度 1cm 的切片。
- 2、取一個量杯，內裝 500ml 的自來水。
- 3、食材分別放入量杯內，測量水位上升的體積。
- 4、用電子秤分別測量待測食材之重量。
- 5、計算食材之密度。

			
照片來源：作者自拍	照片來源：作者自拍	照片來源：作者自拍	照片來源：作者自拍
			
照片來源：作者自拍	照片來源：作者自拍	照片來源：作者自拍	照片來源：作者自拍
胡蘿蔔	白蘿蔔	地瓜	冬瓜

問題二、密度越高之蔬果食材切片，子彈射出的距離會越遠嗎？

經討論預測子彈射出的距離：地瓜切片 > 紅蘿蔔切片 > 白蘿蔔切片 > 冬瓜切片

- 1、取中空的原子筆管與竹筷各一支。
- 2、取一塊厚度 1cm 的待測蔬果切片，並平放在桌面上。
- 3、先將「筆管」的一端在待測蔬果切片上壓出一個洞。
- 4、將筆管翻轉，以慣用手握住筆管，並以慣用手的拇指壓住中空筆管有蔬果的一端。
- 5、直接將「筆管」另一端在待測蔬果切片上壓出一個洞。
- 6、將竹筷從已裝好待測蔬果切片「筆管」的一端快速往前推。
- 7、測量不同食材子彈射出的距離，並記錄下來。
- 8、將所得的數據做進一步的分析，並將分析結果記錄下來。

		
照片來源：作者自拍	照片來源：作者自拍	照片來源：作者自拍

問題三、食材厚度越厚，蔬果空氣槍子彈射出的距離會越遠嗎？

- 1、準備實驗材料:紅蘿蔔、白蘿蔔、地瓜、冬瓜、長筆管(28.5cm)
- 2、測量椅子寬度，將筆管對齊前緣。
- 3、分別用筆管插入食材，當作空氣槍彈藥。
- 4、測量不同食材子彈射出的距離，並記錄。

(二) 研究二：探討筆管對蔬果空氣槍子彈射出的距離會有什麼影響？

問題一、筆管的長度越長，子彈射出的距離會越遠嗎？

- 1、準備兩支已事先去頭去尾且筆管長度不同(28.5cm、9.5cm)的玉兔牌原子筆管。
- 2、準備實驗材料：紅蘿蔔、白蘿蔔、地瓜、冬瓜。
- 3、測量椅子寬度，將筆管對齊前緣。

4、分別用筆管插入食材，當作空氣槍彈藥。

5、測量不同筆管長度子彈射出的距離，並記錄。



問題二、筆管的管徑不同會影響到子彈射出的距離嗎？

1、準備兩支已事先去頭去尾且筆管長度相同但管徑不同(6.5mm、7.4cm)的中空筆管。

2、準備實驗材料：紅蘿蔔、白蘿蔔、地瓜、冬瓜。

3、測量椅子寬度，將筆管對齊前緣。

4、分別用筆管插入食材，當作空氣槍彈藥。

5、測量不同管徑筆管射出之距離，並記錄。

(三) 研究三：探討筆管內空氣柱的長短對蔬果空氣槍子彈射出的距離會有什麼影響？

問題一、筆管內的空氣柱被壓縮後的長度越短，蔬果子彈射出的距離會越遠嗎？

1、取筆管長度為 28.5 cm 的中空的原子筆管與竹筷各一支。

2、取一塊厚度 1cm 的待測蔬果切片，並平放在桌面上。

3、先將「筆管」的一端在待測蔬果切片上壓出一個洞。

4、將筆管翻轉，以慣用手握住筆管，並以慣用手的拇指壓住中空筆管有蔬果的一端。

5、直接將「筆管」在待測蔬果切片上壓出一個洞。

6、將竹筷從已裝好待測蔬果「筆管」的另一端快速往前推。

7、當聽到「啵」地一聲就可以了。

8、測量子彈射出之距離和竹筷推進筆管的距離，並記錄下來。

9、測量中空筆管的長度。

10、將筆管長度扣除竹筷推進筆管的距離後所得的數值就是筆管內的空氣柱長度。

11、將所得的數據做進一步的分析，並將分析結果記錄下來。

(四) 研究四：探討食材切片的厚度會不會影響子彈發射時筆管內空氣柱的長短？進而影響蔬果空氣槍子彈射出的距離？

問題一、當蔬果空氣槍子彈發射時，如果食材切片的厚度越厚，筆管內的空氣柱被壓縮後的長度會越短嗎？

1、取中空的原子筆管與竹筷各一支。

2、取一塊厚度 1cm 的待測蔬果切片，並平放在桌面上。

3、先將「筆管」的一端在待測蔬果切片上壓出一個洞。

4、將筆管翻轉，以慣用手握住筆管，並以慣用手的拇指壓住中空筆管有蔬果的一端。

5、直接將「筆管」在待測蔬果切片上壓出一個洞。

6、將竹筷從已裝好待測蔬果切片「筆管」的另一端快速往前推。

7、當聽到「啵」地一聲就可以了。

8、測量子彈射出之距離和竹筷推進筆管的距離並記錄下來。

9、測量中空筆管的長度。

10、將筆管長度扣除竹筷推進筆管的距離後所得的數值就是筆管內的空氣柱長度。

11、當食材切片厚度改為 2cm，再重複步驟 1 到步驟 10。

12、將所得的數據做進一步的分析，並將分析結果記錄下來。

問題二、食材切片的厚度會不會因為影響子彈射出時筆管內空氣柱的長短，進而影響蔬果空氣槍子彈射出的距離？

1、取中空的原子筆管與竹筷各一支。

2、取一塊厚度 1cm 的待測蔬果切片，並平放在桌面上。

- 3、先將「筆管」的一端在待測蔬果切片上壓出一個洞。
- 4、將筆管翻轉，以慣用手握住筆管，並以慣用手的拇指壓住中空筆管有蔬果的一端。
- 5、直接將「筆管」在待測蔬果切片上壓出一個洞。
- 6、將竹筷從已裝好待測蔬果切片「筆管」的另一端快速往前推。
- 7、當聽到「啵」地一聲就可以了。
- 8、測量子彈射出之距離和竹筷推進筆管的距離並記錄下來。
- 9、測量中空筆管的長度和竹筷推進筆管的距離。
- 10、將筆管長度扣除竹筷推進筆管的距離後所得的數值就是筆管內的空氣柱長度。
- 11、當食材厚度改為 2cm，再重複步驟 1 到步驟 10。
- 12、將所得的數據做進一步的分析，並將分析結果記錄下來。

(五) 研究五：探討蔬果空氣槍子彈射出時所發出的聲音大小和食材密度的關係。

問題一、當食材的密度越大時，子彈發射瞬間所發出的聲音也會變得越大聲嗎？

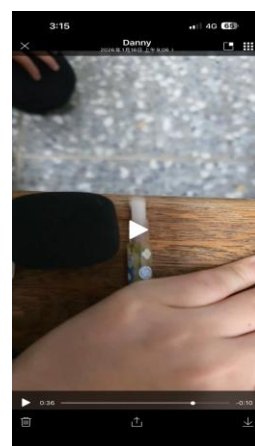
- 1、準備實驗材料：切片厚度分別為 1cm 和 2cm 的紅蘿蔔、白蘿蔔、地瓜和冬瓜數片、9.5cm 長筆管
- 2、測量椅子寬度，將筆管對齊前緣。
- 3、分別用筆管插入食材，當作空氣槍彈藥。
- 4、用分貝器分別測量其音量大小，並記錄。



照片來源：作者自拍



照片來源：作者自拍



照片來源：作者自拍

肆、研究結果

(一) 研究一：探討食材對蔬果空氣槍子彈射出的距離會有什麼影響？

問題一、我們要如何算出蔬果食材的密度？

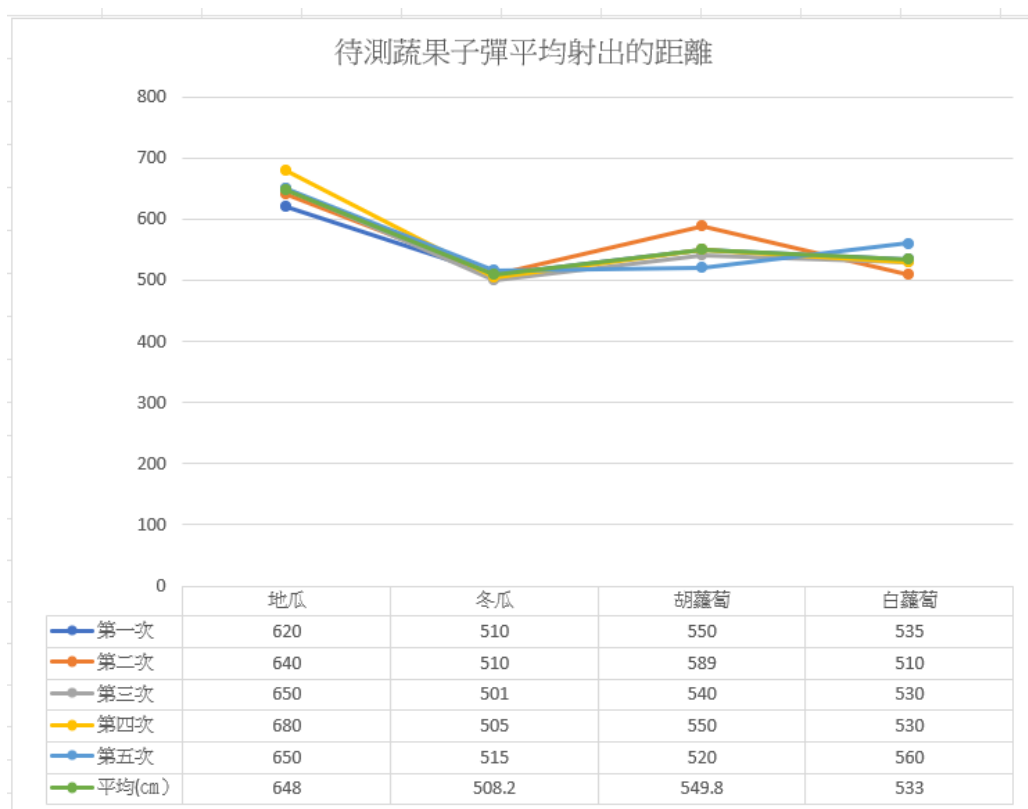
首先我們先算出實驗用蔬果的密度，我們準備了胡蘿蔔、白蘿蔔、地瓜、冬瓜等厚度 1cm 的切片做為實驗用材料，以測得的重量和體積，經計算得到胡蘿蔔、白蘿蔔、地瓜、冬瓜等幾樣待測蔬果的密度如下表：

名稱	胡蘿蔔	白蘿蔔	地瓜	冬瓜
重量(g)	30.9	112.2	40.6	50.8
體積(ml)	30	130	40	70
密度 g/cm^3	0.97	0.86	1.015	0.73
備註	浮起來	浮起來	沉下去	浮起來

從上面圖表可發現：

- 1、經計算，胡蘿蔔切片的密度是 0.97 g/cm^3 ，白蘿蔔切片的密度是 0.86 g/cm^3 ，地瓜切片的密度是 1.015 g/cm^3 ，冬瓜切片的密度是 0.73 g/cm^3 。
- 2、地瓜的密度 1.015 g/cm^3 ，比水的密度 1 g/cm^3 還要大，所以把地瓜切片放進水中會沉下去。
- 3、胡蘿蔔的密度 0.97 g/cm^3 ，比水的密度 1 g/cm^3 還要小，所以把胡蘿蔔切片放進水中會浮起來。
- 4、白蘿蔔的密度 0.86 g/cm^3 ，比水的密度 1 g/cm^3 還要小，所以把白蘿蔔切片放進水中會浮起來。
- 5、冬瓜的密度 0.73 g/cm^3 ，比水的密度 1 g/cm^3 還要小，所以把冬瓜切片放進水中會浮起來。

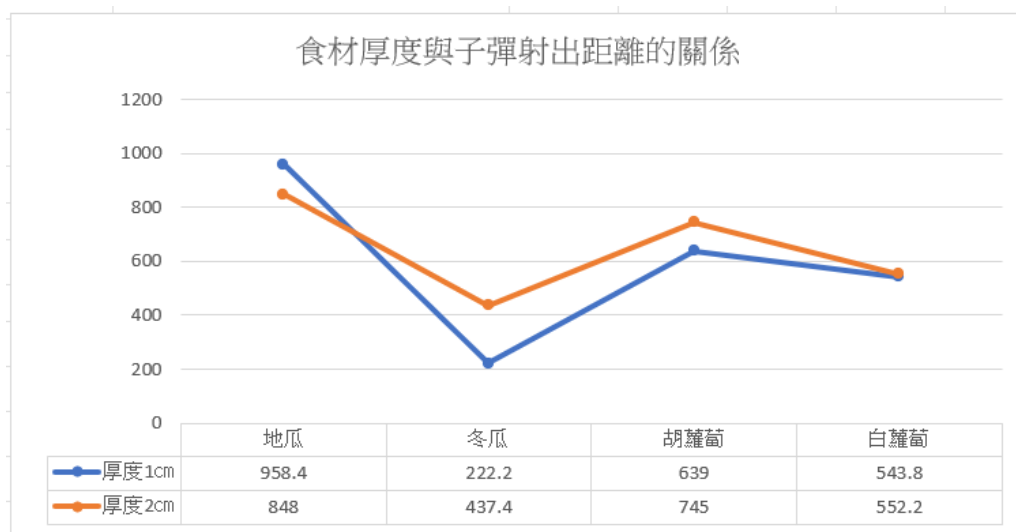
問題二、密度越高之蔬果食材切片，子彈射出的距離會越遠嗎？



從上面圖表可發現：

- 1、地瓜切片五次子彈射出的距離平均值為 648 cm，冬瓜切片五次子彈射出的距離平均值為 508.2 cm，胡蘿蔔切片五次子彈射出的距離平均值為 549.8 cm，白蘿蔔切片五次子彈射出的距離平均值為 533 cm；子彈射出距離最遠的是地瓜切片，五次子彈射出距離的平均值為 648 cm；子彈射出距離最近的是冬瓜切片，五次子彈射出距離的平均值為 508.2 cm。
- 2、本項待測蔬果 1 cm切片子彈射出的距離由遠而近依序是地瓜切片 > 胡蘿蔔切片 > 白蘿蔔切片 > 冬瓜切片。
- 3、根據問題一研究：胡蘿蔔的密度是 0.97 g/cm^3 ，白蘿蔔的密度是 0.86 g/cm^3 ，地瓜的密度是 1.015 g/cm^3 ，冬瓜的密度是 0.73 g/cm^3 ；所以密度由大而小依序是地瓜 > 胡蘿蔔 > 白蘿蔔 > 冬瓜。
- 4、因實驗前討論已根據步驟 4 預測子彈射出的距離由遠而近依序為地瓜切片 > 胡蘿蔔切片 > 白蘿蔔切片 > 冬瓜切片，經由實驗證明，子彈射出的距離由遠而近依序是地瓜切片 > 胡蘿蔔切片 > 白蘿蔔切片 > 冬瓜切片，所以預測是成立的。

問題三、食材厚度越厚，蔬果空氣槍子彈射出的距離會越遠嗎？

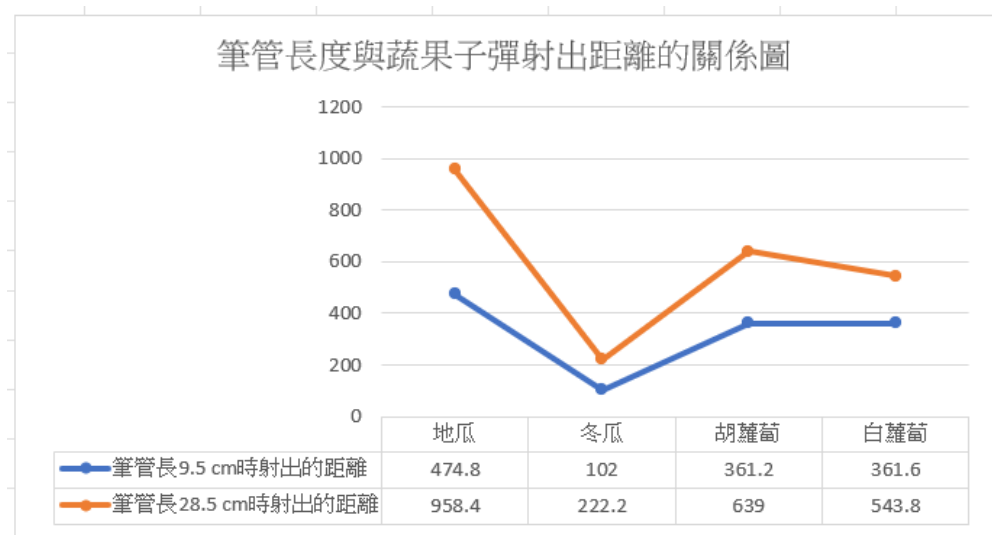


從上面圖表可發現：

- 1、就地瓜而言，切片厚度 1 cm時子彈射出的距離有 958.4 cm遠，切片厚度 2 cm時子彈射出的距離有 848 cm，很明顯的，切片厚度 2 cm時子彈射出的距離比切片厚度 1 cm時子彈射出的距離還要近。
- 2、就冬瓜而言，切片厚度 1 cm時子彈射出的距離有 222.2 cm遠，切片厚度 2 cm時子彈射出的距離有 437.4 cm，很明顯的，切片厚度 2 cm時子彈射出的距離比切片厚度 1 cm時子彈射出的距離還要遠。
- 3、就胡蘿蔔而言，切片厚度 1 cm時子彈射出的距離有 639 cm遠，切片厚度 2 cm時子彈射出的距離有 745 cm，很明顯的，切片厚度 2 cm時子彈射出的距離比切片厚度 1 cm時子彈射出的距離還要遠。
- 4、就白蘿蔔而言，切片厚度 1 cm時子彈射出的距離有 543.8 cm遠，切片厚度 2 cm時子彈射出的距離有 552.2 cm，很明顯的，切片厚度 2 cm時子彈射出的距離只比切片厚度 1 cm時子彈射出的距離遠一點點。

（二）研究二：探討筆管對蔬果空氣槍子彈射出的距離會有什麼影響？

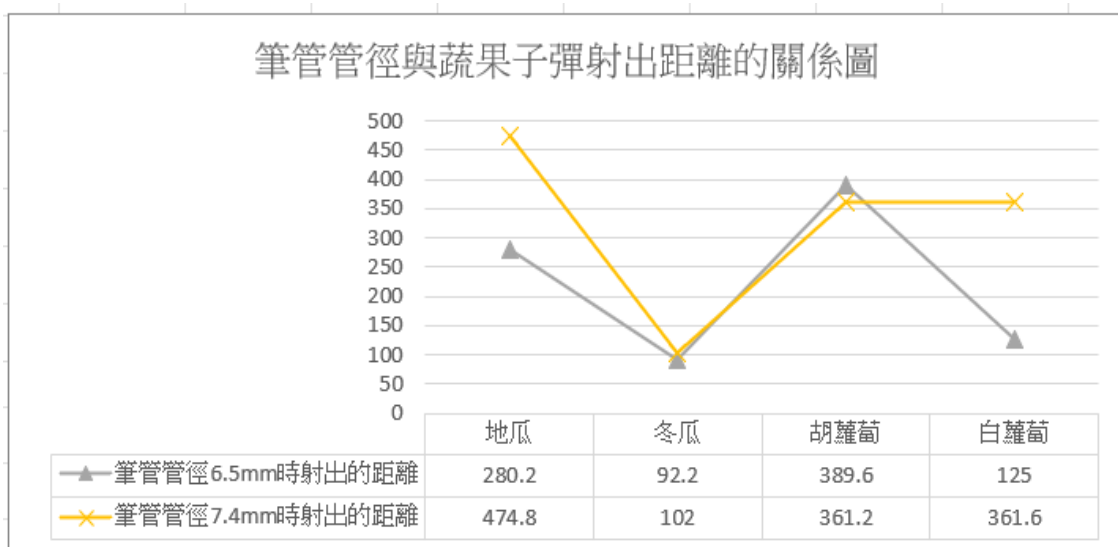
問題一、筆管的長度越長，子彈射出的距離會越遠嗎？



從上面圖表可發現：

- 1、就地瓜而言，當筆管長度 9.5 cm時子彈射出的距離有 474.8 cm遠；當筆管長度 28.5 cm時子彈射出的距離有 958.4 cm遠，很明顯的，當筆管長度 28.5 cm時子彈射出的距離比筆管長度 9.5 cm時子彈射出的距離還要遠。
- 2、就冬瓜而言，當筆管長度 9.5 cm時子彈射出的距離有 102 cm遠；當筆管長度 28.5 cm時子彈射出的距離有 222.2 cm遠，很明顯的，當筆管長度 28.5 cm時子彈射出的距離比筆管長度 9.5 cm時射出的距離還要遠。
- 3、就胡蘿蔔而言，當筆管長度 9.5 cm時子彈射出的距離有 361.2 cm遠；當筆管長度 28.5 cm時子彈射出的距離有 639 cm遠，很明顯的，當筆管長度 28.5 cm時子彈射出的距離比筆管長度 9.5 cm時子彈射出的距離還要遠。
- 4、就白蘿蔔而言，當筆管長度 9.5 cm時子彈射出的距離有 361.6 cm遠；當筆管長度 28.5 cm時子彈射出的距離有 543.8 cm遠，很明顯的，當筆管長度 28.5 cm時子彈射出的距離比筆管長度 9.5 cm時子彈射出的距離還要遠。
- 5、筆管的長度越長，蔬果子彈從筆管內射出的距離會隨著筆管長度的增長而變得更遠。
- 3、綜合以上資料，我們認為「筆管的長度越長，蔬果子彈從筆管內射出的距離會隨著筆管長度的增長而變得更遠」。

問題二、筆管的管徑不同會影響到子彈射出的距離嗎？



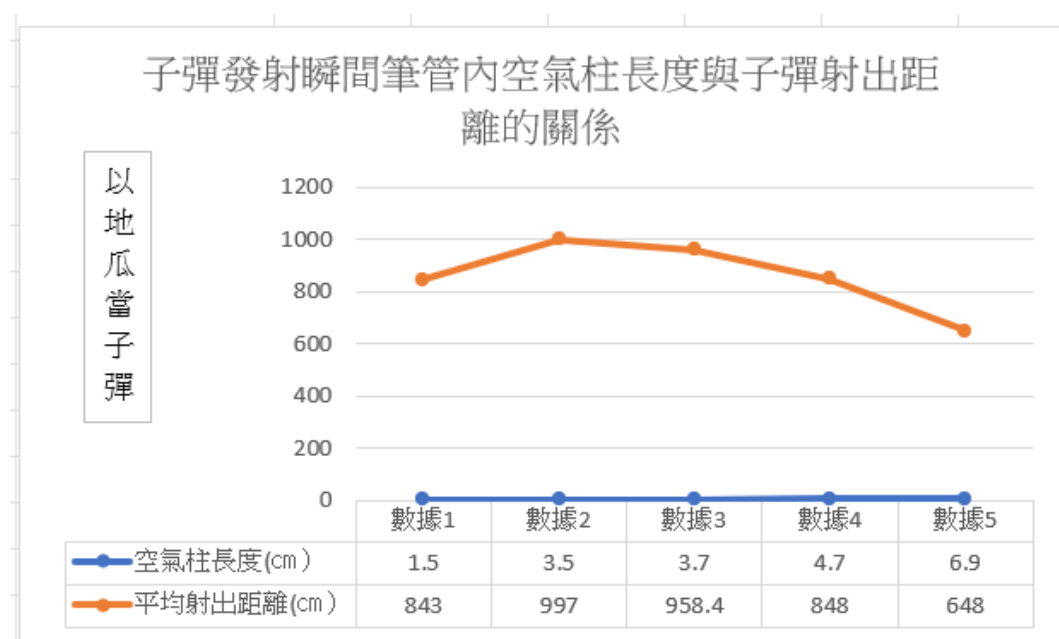
從上面圖表可發現：

- 1、就地瓜而言，當筆管管徑 6.5mm 時子彈射出的距離有 280.2 cm 遠；當筆管管徑 7.4mm 時子彈射出的距離有 474.8 cm 遠，很明顯的，當筆管管徑 7.4mm 時子彈射出的距離比筆管管徑 6.5mm 時子彈射出的距離還要遠。
- 2、就冬瓜而言，當筆管管徑 6.5mm 時子彈射出的距離有 92.2 cm 遠；當筆管管徑 7.4mm 時子彈射出的距離有 102 cm 遠，很明顯的，當筆管管徑 7.4mm 時子彈射出的距離比筆管管徑 6.5mm 時子彈射出的距離還要遠。
- 3、就胡蘿蔔而言，當筆管管徑 6.5mm 時子彈射出的距離有 389.6 cm 遠；當筆管管徑 7.4mm 時子彈射出的距離有 361.2 cm 遠，很明顯的，當筆管管徑 7.4mm 時子彈射出的距離比筆管管徑 6.5mm 時子彈射出的距離還要近。
- 4、就白蘿蔔而言，當筆管管徑 6.5mm 時子彈射出的距離有 125 cm 遠；當筆管管徑 7.4mm 時子彈射出的距離有 361.6 cm 遠，很明顯的，當筆管管徑 7.4mm 時子彈射出的距離比筆管管徑 6.5mm 時子彈射出的距離還要遠。
- 5、就筆管的管徑而言，蔬果子彈從筆管內射出的距離會隨著筆管的管徑變粗而變得較遠的有地瓜、冬瓜和白蘿蔔；而且，除了冬瓜差距較小以外，地瓜和白蘿蔔的差距都很大很明顯。但是，胡蘿蔔的結果與其他三個相反，當筆管管徑變粗，胡蘿蔔的子彈射出的距離反而變得較近，但差距不會很大。

3、綜合以上資料，我們認為「筆管管徑的粗細不會影響蔬果子彈從筆管內射出的距離」。

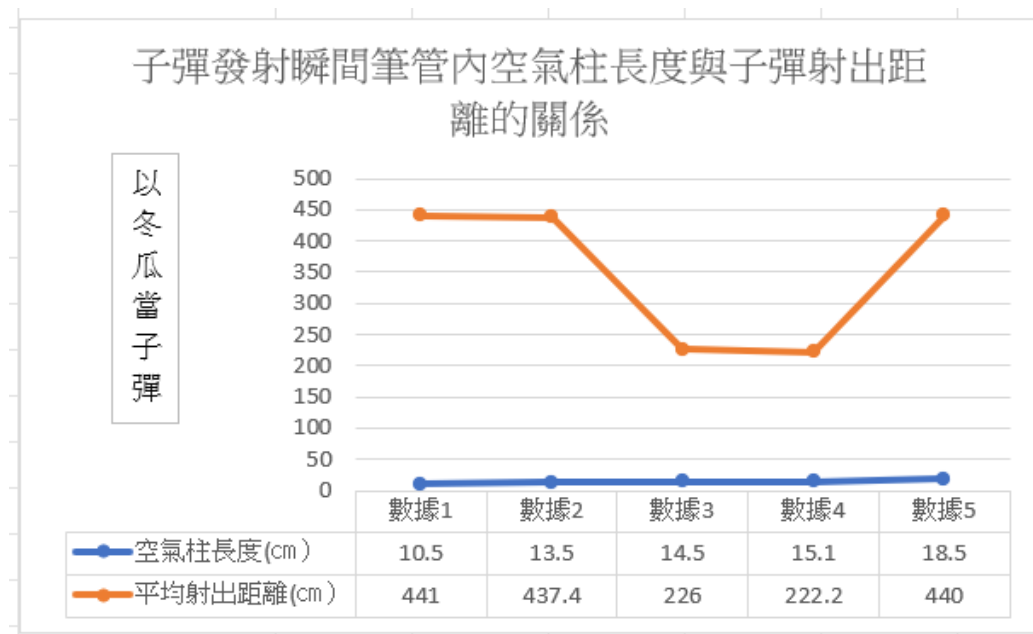
(三) 研究三：探討筆管內空氣柱的長短對蔬果空氣槍子彈射出的距離會有什麼影響？

問題一、筆管內的空氣柱被壓縮後的長度越短，蔬果子彈射出的距離會越遠嗎？



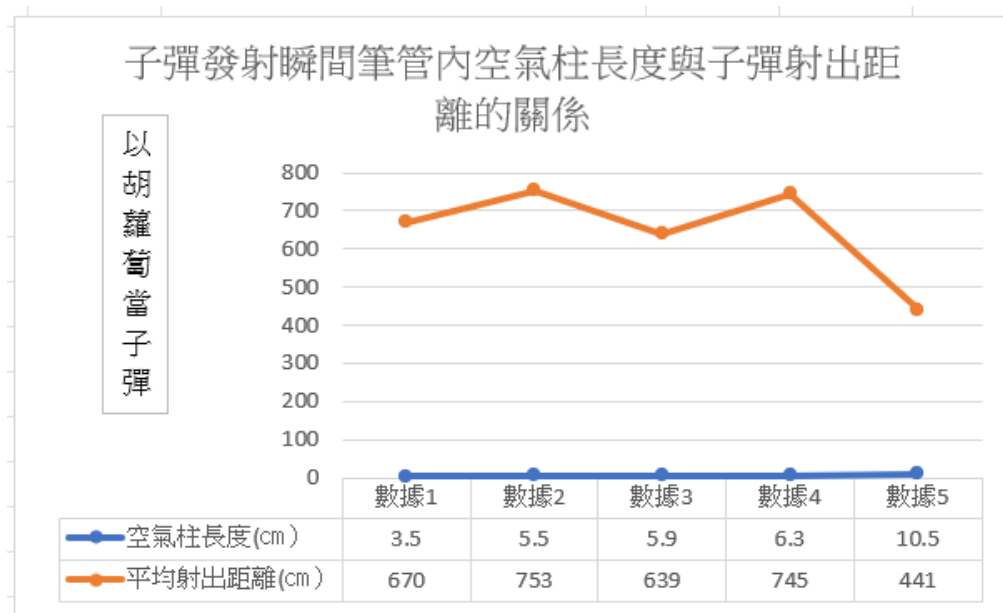
從上面圖表可發現：

- 1、以地瓜作為子彈時，當筆管內空氣柱長度是 1.5 cm，子彈射出距離的平均值為 843 cm；當筆管內空氣柱長度是 3.5 cm，子彈射出距離的平均值為 997 cm；當筆管內空氣柱長度是 3.7 cm，子彈射出距離的平均值為 958.4 cm；當筆管內空氣柱長度平均是 4.7 cm，子彈射出距離的平均值為 848 cm；當筆管內空氣柱長度平均是 6.9 cm，子彈射出距離的平均值為 648 cm。
- 2、以地瓜作為子彈時，筆管內的空氣柱被壓縮後的長度超過 3.5 cm，隨著空氣柱長度越短，地瓜子彈射出的距離跟著變得較遠；當筆管內空氣柱長度越長，子彈射出距離反而越近。



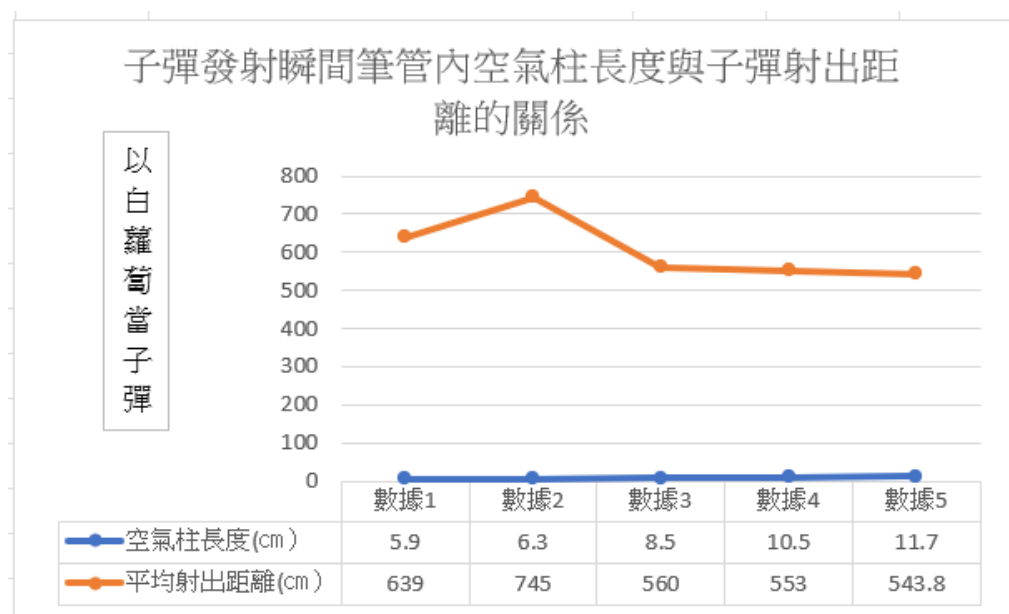
從上面圖表可發現：

- 1、以冬瓜作為子彈時，當筆管內空氣柱長度是 10.5 cm，子彈射出距離的平均值為 441 cm；當筆管內空氣柱長度是 13.5 cm，子彈射出距離的平均值為 437.4 cm；當筆管內空氣柱長度是 14.5 cm，子彈射出距離的平均值為 226 cm；當筆管內空氣柱長度平均是 15.1 cm，子彈射出距離的平均值為 222.2 cm；當筆管內空氣柱長度平均是 18.5 cm，子彈射出距離的平均值為 440 cm。
- 2、以冬瓜作為子彈時，筆管內的空氣柱被壓縮後的長度當子彈射出瞬間筆管內的空氣柱長度不超過 18.5 cm時，隨著空氣柱長度越短越短，冬瓜子彈從筆管內射出的距離跟著變得更遠；隨著空氣柱的長度增加，子彈射出距離反而變近。



從上面圖表可發現：

- 1、以胡蘿蔔作為子彈時，當筆管內空氣柱長度是 3.5 cm，子彈射出距離的平均值為 670 cm；當筆管內空氣柱長度是 5.5 cm，子彈射出距離的平均值為 753 cm；當筆管內空氣柱長度是 5.9 cm，子彈射出距離的平均值為 639 cm；當筆管內空氣柱長度平均是 6.3 cm，子彈射出距離的平均值為 745 cm；當筆管內空氣柱長度平均是 10.5 cm，子彈射出距離的平均值為 441 cm。
- 2、以胡蘿蔔作為子彈時，筆管內的空氣柱被壓縮後的長度越短，胡蘿蔔子彈從筆管內射出的距離不會跟著變得更遠；當子彈射出瞬間筆管內的空氣柱長度較長，子彈射出距離並沒有變得比較近。

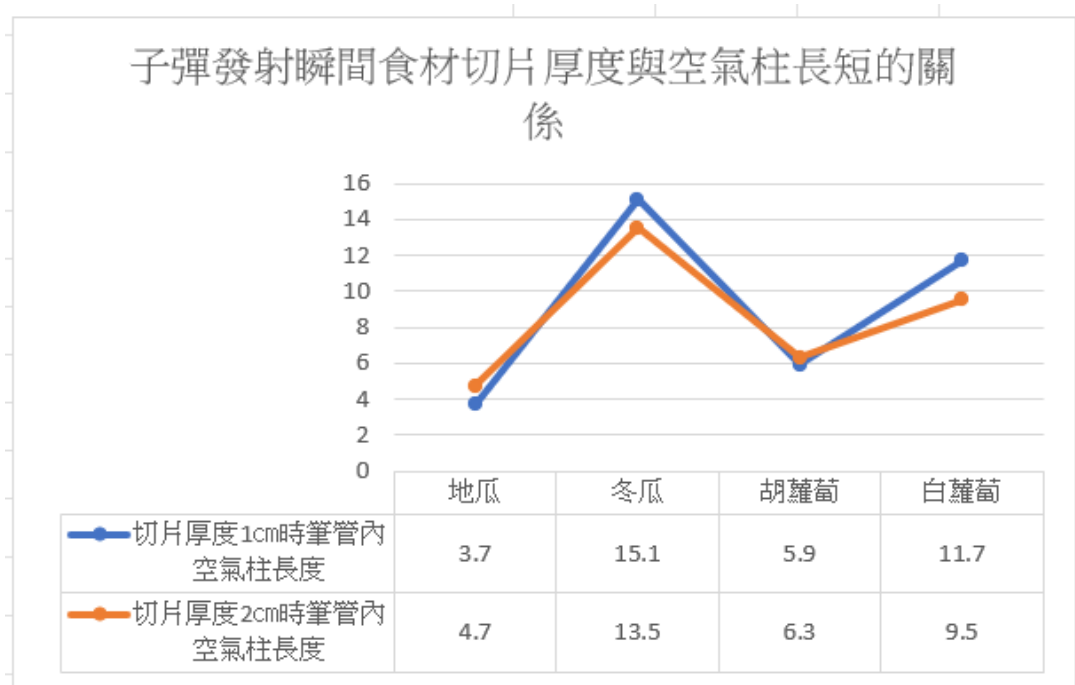


從上面圖表可發現：

- 1、以白蘿蔔作為子彈時，當筆管內空氣柱長度是 5.9 cm，子彈射出距離的平均值為 639 cm；當筆管內空氣柱長度是 6.3 cm，子彈射出距離的平均值為 745 cm；當筆管內空氣柱長度是 8.5 cm，子彈射出距離的平均值為 560 cm；當筆管內空氣柱長度平均是 10.5 cm，子彈射出距離的平均值為 553 cm；當筆管內空氣柱長度平均是 11.7 cm，子彈射出距離的平均值為 543.8 cm。
- 2、以白蘿蔔作為子彈時，筆管內的空氣柱被壓縮後的長度超過 6.3 cm時，空氣柱長度越短，白蘿蔔子彈從筆管內射出的距離跟著變得更遠；當空氣柱長度越長，子彈射出距離反而越來越近。

(四) 研究四：探討食材切片的厚度會不會影響子彈發射時筆管內空氣柱的長短？進而影響蔬果空氣槍子彈射出的距離？

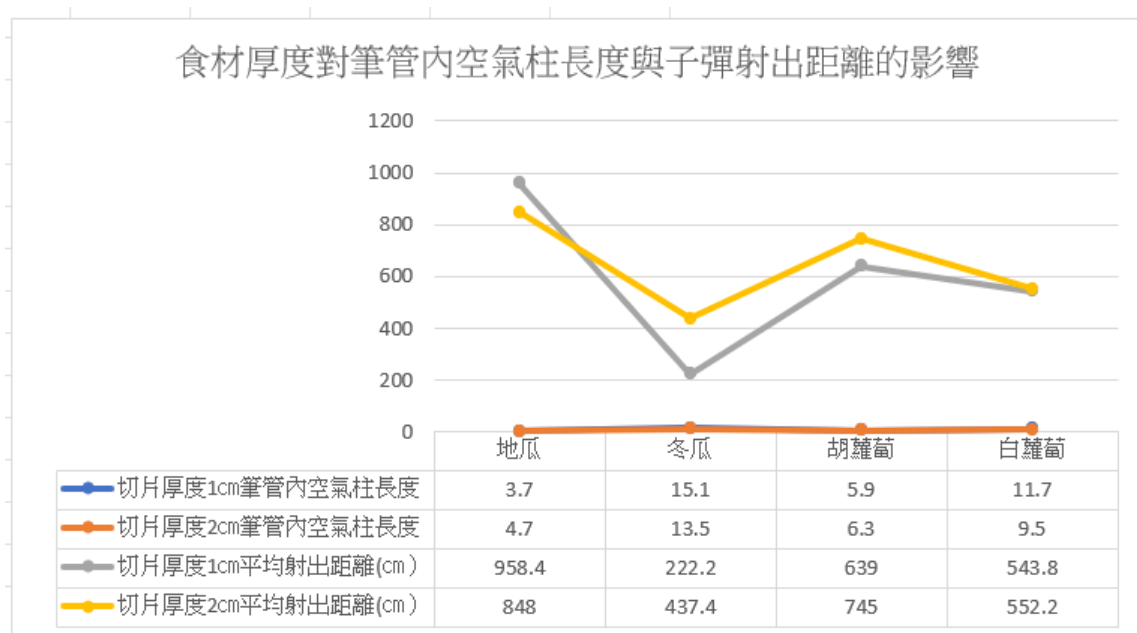
問題一、當蔬果空氣槍子彈發射時，如果食材切片的厚度越厚，筆管內的空氣柱被壓縮後的長度會越短嗎？



從上面圖表可發現：

- 1、就地瓜而言，切片厚度 1 cm，當子彈射出時筆管內的空氣柱長度為 3.7 cm；切片厚度 2 cm，當子彈射出時筆管內的空氣柱長度為 4.7 cm，很明顯的，切片厚度 2 cm 當子彈射出時筆管內的空氣柱長度比切片厚度 1 cm 時的長度還要長。
- 2、就冬瓜而言，切片厚度 1 cm，當子彈射出時筆管內的空氣柱長度為 15.1 cm；切片厚度 2 cm，當子彈射出時筆管內的空氣柱長度為 13.5 cm，很明顯的，切片厚度 2 cm 當子彈射出時筆管內的空氣柱長度比切片厚度 1 cm 時的長度還要短。
- 3、就胡蘿蔔而言，切片厚度 1 cm，當子彈射出時筆管內的空氣柱長度為 5.9 cm；切片厚度 2 cm，當子彈射出時筆管內的空氣柱長度為 6.3 cm，很明顯的，切片厚度 2 cm 當子彈射出時筆管內的空氣柱長度比切片厚度 1 cm 時的長度還要長。
- 4、就白蘿蔔而言，切片厚度 1 cm，當子彈射出時筆管內的空氣柱長度為 11.7 cm；切片厚度 2 cm，當子彈射出時筆管內的空氣柱長度為 9.5 cm，很明顯的，切片厚度 2 cm 當子彈射出時筆管內的空氣柱長度比切片厚度 1 cm 時的長度還要短。

問題二、食材切片的厚度會不會因為影響子彈射出時筆管內空氣柱的長短，進而影響蔬果空氣槍子彈射出的距離？

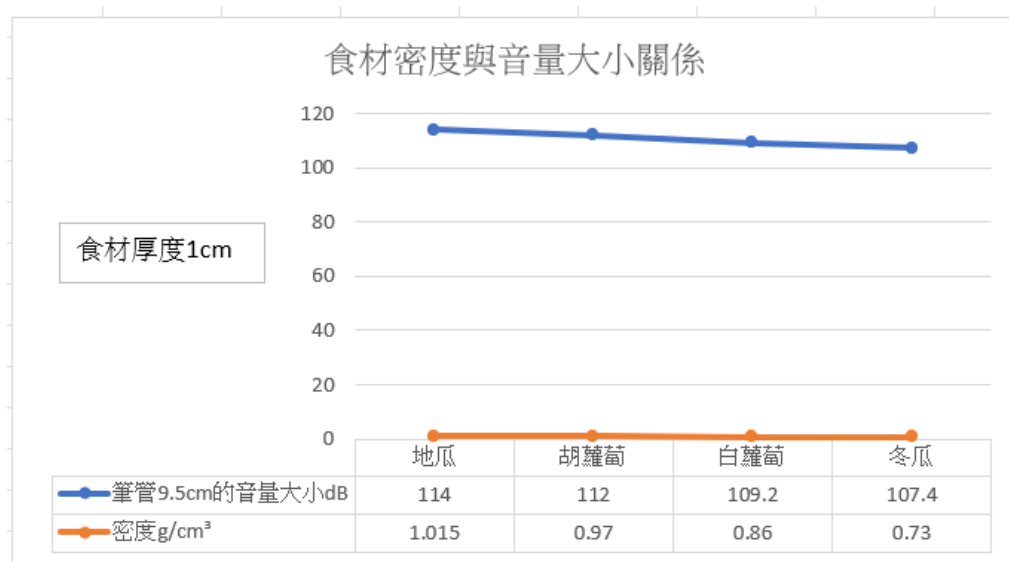


從上面圖表可發現：

- 1、就地瓜而言，切片厚度 1 cm，當子彈射出時筆管內的空氣柱長度為 3.7 cm，子彈射出平均距離為 958.4 cm；切片厚度 2 cm，當子彈射出時筆管內的空氣柱長度為 4.7 cm，子彈射出平均距離為 848 cm，很明顯的，切片厚度 2 cm當子彈射出時筆管內的空氣柱長度比切片厚度 1 cm時的長度還要長，但是子彈射出的距離卻變近了。
- 2、就冬瓜而言，切片厚度 1 cm，當子彈射出時筆管內的空氣柱長度為 15.1 cm，子彈射出平均距離為 222.2 cm；切片厚度 2 cm，當子彈射出時筆管內的空氣柱長度為 13.5 cm，子彈射出平均距離為 437.4 cm，很明顯的，切片厚度 2 cm當子彈射出時筆管內的空氣柱長度比切片厚度 1 cm時的長度還要短，但是子彈射出的距離卻變遠了。
- 3、就胡蘿蔔而言，切片厚度 1 cm，當子彈射出時筆管內的空氣柱長度為 5.9 cm，子彈射出平均距離為 639 cm；切片厚度 2 cm，當子彈射出時筆管內的空氣柱長度為 6.3 cm，子彈射出平均距離為 745 cm，很明顯的，切片厚度 2 cm當子彈射出時筆管內的空氣柱長度比切片厚度 1 cm時的長度還要長，子彈射出的距離也變遠了。
- 4、就白蘿蔔而言，切片厚度 1 cm，當子彈射出時筆管內的空氣柱長度為 11.7 cm，子彈射出平均距離為 543.8 cm；切片厚度 2 cm，當子彈射出時筆管內的空氣柱長度為 9.5 cm，子彈射出平均距離為 552.2 cm，很明顯的，切片厚度 2 cm當子彈射出時筆管內的空氣柱長度比切片厚度 1 cm時的長度還要短，可是子彈射出的距離卻變遠了，但差距很小。

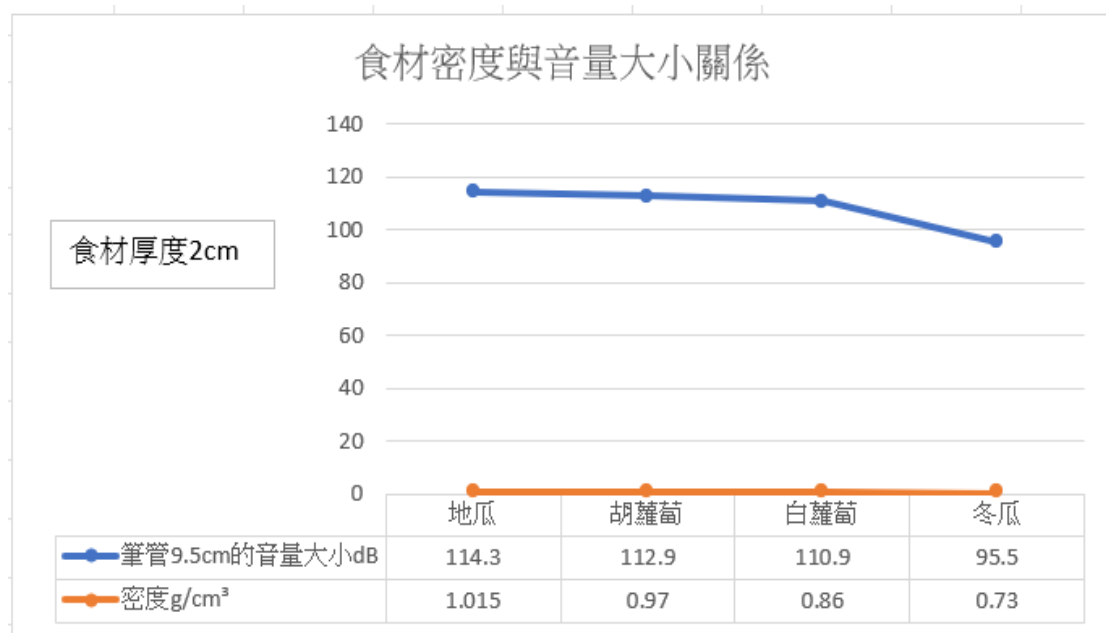
（五）研究五：探討蔬果空氣槍子彈射出時所發出的聲音大小和食材密度的關係。

問題一、當食材的密度越大時，子彈發射瞬間所發出的聲音也會變得越大聲嗎？



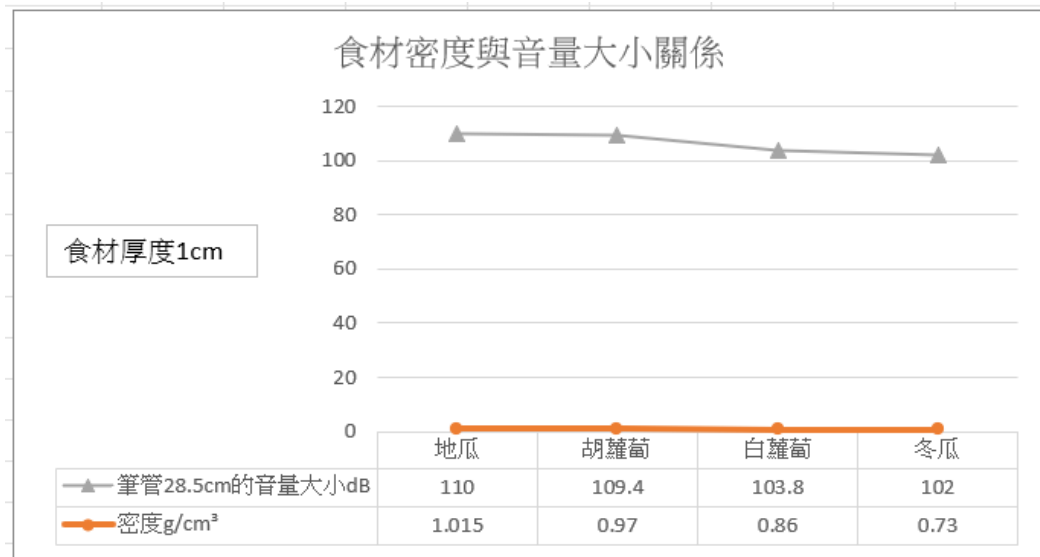
從上面圖表可發現：

- 1、當食材厚度 1cm 且筆管長度 9.5cm 時，地瓜子彈射出瞬間的聲音有 114dB，胡蘿蔔有 112 dB，白蘿蔔有 109.2 dB，冬瓜有 107.4 dB；很明顯的，就蔬果子彈射出瞬間所發出的聲音大小而言，地瓜>胡蘿蔔>白蘿蔔>冬瓜。
- 2、根據研究一，食材的密度而言，地瓜>胡蘿蔔>白蘿蔔>冬瓜。
- 3、就蔬果子彈射出瞬間所發出的聲音大小和蔬果的密度有關係：蔬果的密度越大，射出瞬間所發出的聲音越大；蔬果的密度越小，射出瞬間所發出的聲音越小。



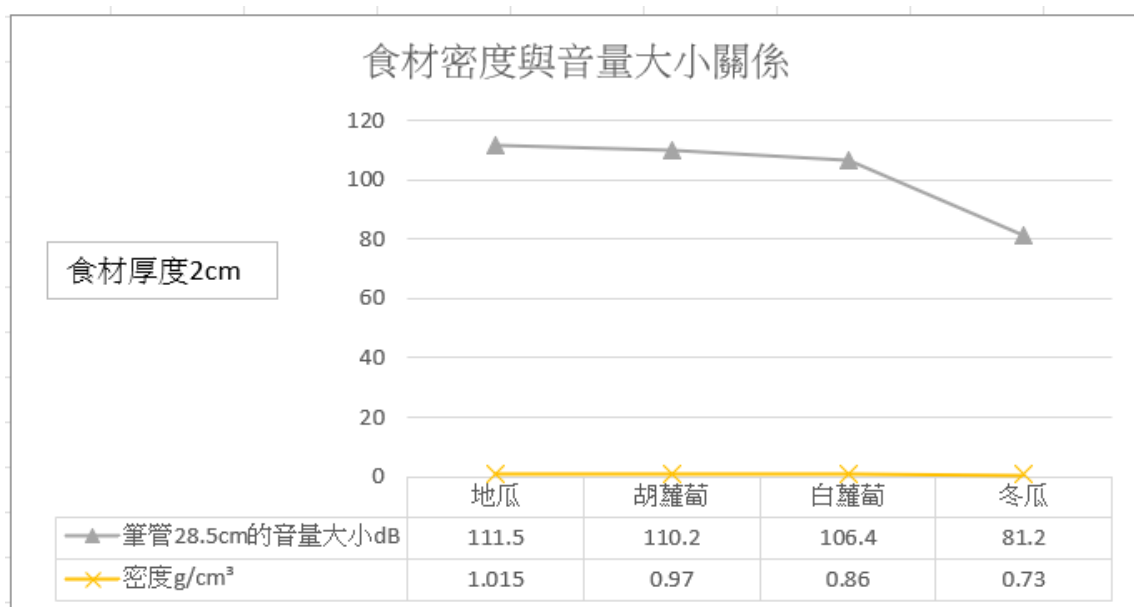
從上面圖表可發現：

- 1、當食材厚度 2cm 且筆管長度 9.5cm 時，地瓜子彈射出瞬間的聲音有 114.3dB，胡蘿蔔有 112.9 dB，白蘿蔔有 110.9 dB，冬瓜有 95.5 dB；很明顯的，就蔬果子彈射出瞬間所發出的聲音大小而言，地瓜>胡蘿蔔>白蘿蔔>冬瓜。
- 2、根據研究一，食材的密度而言，地瓜>胡蘿蔔>白蘿蔔>冬瓜。
- 3、就蔬果子彈射出瞬間所發出的聲音大小和蔬果的密度有關係：蔬果的密度越大，射出瞬間所發出的聲音越大；蔬果的密度越小，射出瞬間所發出的聲音越小。



從上面圖表可發現：

- 1、當食材厚度 1cm 且筆管長度 28.5cm 時，地瓜子彈射出瞬間的聲音有 110dB，胡蘿蔔有 109.4 dB，白蘿蔔有 103.8 dB，冬瓜有 102 dB；很明顯的，就蔬果子彈射出瞬間所發出的聲音大小而言，地瓜>胡蘿蔔>白蘿蔔>冬瓜。
- 2、根據研究一，食材的密度而言，地瓜>胡蘿蔔>白蘿蔔>冬瓜。
- 3、就蔬果子彈射出瞬間所發出的聲音大小和蔬果的密度有關係：蔬果的密度越大，射出瞬間所發出的聲音越大；蔬果的密度越小，射出瞬間所發出的聲音越小。



從上面圖表可發現：

- 1、當食材厚度 2cm 且筆管長度 28.5cm 時，地瓜子彈射出瞬間的聲音有 111.5dB，胡蘿蔔有 110.2dB，白蘿蔔有 106.4 dB，冬瓜有 81.2 dB；很明顯的，就蔬果子彈射出瞬間所發出的聲音大小而言，地瓜>胡蘿蔔>白蘿蔔>冬瓜。
- 2、根據研究一，食材的密度而言，地瓜>胡蘿蔔>白蘿蔔>冬瓜。
- 3、就蔬果子彈射出瞬間所發出的聲音大小和蔬果的密度有關係：蔬果的密度越大，射出瞬間所發出的聲音越大；蔬果的密度越小，射出瞬間所發出的聲音越小。

伍、討論

一、研究一是在探討食材對蔬果空氣槍子彈射出的距離會有什麼影響？

- 1、從問題一我們經計算得出胡蘿蔔的密度是 0.97 g/cm³，白蘿蔔的密度是 0.86 g/cm³，地瓜的密度是 1.015 g/cm³，冬瓜的密度是 0.73g/cm³，所以密度由大而小依序是地瓜>胡蘿蔔>白蘿蔔>冬瓜。
- 2、從問題二「蔬果 1 cm切片子彈射出的距離」中經實驗發現地瓜五次子彈射出距離的平均值為 648 cm，冬瓜五次子彈射出距離的平均值為 508.2 cm，胡蘿蔔五次子彈射出距離的平均值為 549.8 cm，白蘿蔔五次子彈射出距離的平均值為 533 cm；所以子彈射出的距離由遠而近依序是地瓜>胡蘿蔔>白蘿蔔>冬瓜。因實驗前已根據研究一問題二

的步驟 4 預測蔬果空氣槍子彈射出的距離由遠而近依序為地瓜>胡蘿蔔>白蘿蔔>冬瓜，經由實驗證明，子彈射出的距離由遠而近依序是地瓜>胡蘿蔔>白蘿蔔>冬瓜，也就是「密度越高之蔬果食材切片，子彈射出的距離會越遠」的預測是成立的。

- 3、從問題三「蔬果切片的厚度會影響子彈射出的距離」中經實驗發現地瓜切片厚度 1 cm 時子彈射出的距離為 958.4 cm，切片厚度 2 cm 時子彈射出的距離為 848 cm，很明顯的，切片厚度 2 cm 時子彈射出的距離比切片厚度 1 cm 時子彈射出的距離還要近。冬瓜切片厚度 1 cm 時子彈射出距離的平均值為 222.2 cm，切片厚度 2 cm 時子彈射出距離的平均值有 437.4 cm，很明顯的，切片厚度 2 cm 時子彈射出的距離比切片厚度 1 cm 時子彈射出的距離還要遠。胡蘿蔔切片厚度 1 cm 時子彈射出距離的平均值為 639 cm，切片厚度 2 cm 時子彈射出距離的平均值有 745 cm，很明顯的，切片厚度 2 cm 時子彈射出的距離比切片厚度 1 cm 時子彈射出的距離還要遠。白蘿蔔切片厚度 1 cm 時子彈射出距離的平均值為 543.8 cm，切片厚度 2 cm 時子彈射出距離的平均值為 552.2 cm，很明顯的，切片厚度 2 cm 時子彈射出的距離只比切片厚度 1 cm 時子彈射出的距離遠一點點。綜合前面的實驗發現，我們發現除了地瓜的切片外，其他像是胡蘿蔔、白蘿蔔和冬瓜等都是切片厚度越厚，子彈射出的距離會比較遠；但是地瓜的切片越厚，子彈射出的距離反而會比較近。從前面的討論，我們可以認定「蔬果的切片越厚，子彈射出的距離並不一定會越遠」，也就是「子彈射出的距離和蔬果的切片厚度沒有關係」。

二、研究二是在探討筆管對蔬果空氣槍子彈發射的距離會有什麼影響？

- 1、從問題一「筆管的長度越長，子彈射出的距離會越遠嗎？」中經實驗發現如果以地瓜當作子彈的話，當筆管長度 28.5 cm 時子彈射出的距離有 958.4 cm 遠，當筆管長度 9.5 cm 時子彈射出的距離卻只有 474.8 cm 遠，很明顯的，當筆管長度 28.5 cm 時子彈射出的距離會比筆管長度 9.5 cm 時子彈射出的距離還要遠；如果以冬瓜當作子彈的話，當筆管長度 28.5 cm 時子彈射出的距離有 222.2 cm 遠，當筆管長度 9.5 cm 時子彈射出的距離卻只有 102 cm 遠，很明顯的，當筆管長度 28.5 cm 時子彈射出的距離會比筆管長度 9.5 cm 時子彈射出的距離還要遠；如果以胡蘿蔔當作子彈的話，當筆管長度 28.5 cm 時子彈射出的距離有 639 cm 遠，當筆管長度 9.5 cm 時子彈射出的距離卻只有 361.2 cm 遠，很明顯的，當

筆管長度 28.5 cm 時子彈射出的距離會比筆管長度 9.5 cm 時子彈射出的距離還要遠；如果以白蘿蔔當作子彈的話，當筆管長度 28.5 cm 時子彈射出的距離有 543.8 cm 遠，當筆管長度 9.5 cm 時子彈射出的距離卻只有 361.6 cm 遠，很明顯的，當筆管長度 28.5 cm 時子彈射出的距離會比筆管長度 9.5 cm 時子彈射出的距離還要遠。所以，經由一連串的實驗，我們可以確認「筆管的長度越長，蔬果子彈從筆管內射出的距離會隨著筆管的長度的增長而變得更遠」。

2、從問題二「筆管的管徑不同會影響到子彈發射的距離嗎？」中經實驗發現如果以地瓜當作子彈的話，當筆管管徑 7.4mm 時子彈射出的距離有 474.8 cm 遠，當筆管管徑 6.5mm 時子彈射出的距離卻只有 280.2 cm 遠，很明顯的，當筆管管徑 7.4mm 時子彈射出的距離比筆管管徑 6.5mm 時子彈射出的距離還要遠；以冬瓜當作子彈的話，當筆管管徑 7.4mm 時子彈射出的距離有 102 cm 遠，當筆管管徑 6.5mm 時子彈射出的距離卻只有 92.2 cm 遠，很明顯的，當筆管管徑 7.4mm 時子彈射出的距離比筆管管徑 6.5mm 時子彈射出的距離還要遠；以胡蘿蔔當作子彈的話，當筆管管徑 7.4mm 時子彈射出的距離有 361.2 cm 遠，當筆管管徑 6.5mm 時子彈射出的距離有 389.6 cm 遠，很明顯的，當筆管管徑 7.4mm 時子彈射出的距離比筆管管徑 6.5mm 時子彈射出的距離還要近；以白蘿蔔當作子彈的話，當筆管管徑 7.4mm 時子彈射出的距離有 361.6 cm 遠，當筆管管徑 6.5mm 時子彈射出的距離卻只有 125 cm 遠，很明顯的，當筆管管徑 7.4mm 時子彈射出的距離比筆管管徑 6.5mm 時子彈射出的距離還要遠。所以，經由一連串的實驗，我們可以確認「筆管管徑的粗細不會影響蔬果子彈從筆管內射出的距離」。

三、研究三是在探討筆管內空氣柱的長短對蔬果空氣槍子彈射出的距離會有什麼影響？

1、從問題一「筆管內的空氣柱被壓縮後的長度越短，子彈射出的距離會越遠嗎？」中經實驗發現當以地瓜作為子彈時，筆管內空氣柱經快速壓縮後子彈射出瞬間筆管內空氣柱的長度來講，當筆管內空氣柱長度是 1.5 cm，子彈射出距離的平均值為 843 cm，當空氣柱長度是 3.5 cm 時，子彈射出距離的平均值為 997 cm；當空氣柱長度是 6.9 cm 時，子彈射出距離的平均值卻只有 648 cm；當筆管內空氣柱長度平均是 6.9 cm，子彈射出距離的平均值為 648 cm；從以上的實驗，我們發現筆管內的空氣柱被壓縮後的長度超過 3.5

cm，隨著空氣柱長度越短，地瓜子彈射出的距離跟著變得較遠；當筆管內空氣柱長度越長，子彈射出距離反而越近。當以冬瓜作為子彈時，筆管內空氣柱經快速壓縮後子彈射出瞬間筆管內空氣柱的長度來講，當筆管內空氣柱長度是 10.5 cm，子彈射出距離的平均值為 441 cm，當空氣柱長度是 13.5 cm 時，子彈射出距離的平均值為 437.4 cm；當空氣柱長度是 14.5 cm 時，子彈射出距離的平均值卻只有 226 cm；當空氣柱長度是 15.1 cm 時，子彈射出距離的平均值更只有 222.2 cm；從以上的實驗，我們發現筆管內的空氣柱被壓縮後的長度當子彈射出瞬間筆管內的空氣柱長度不超過 18.5 cm 時，隨著空氣柱長度越短越短，冬瓜子彈從筆管內射出的距離跟著變得更遠；隨著空氣柱的長度增加，子彈射出距離反而變近。當以胡蘿蔔作為子彈時，筆管內空氣柱經快速壓縮後子彈射出瞬間筆管內空氣柱的長度來講，當筆管內空氣柱長度是 3.5 cm，子彈射出距離的平均值為 670 cm，當空氣柱長度是 5.5 cm 時，子彈射出距離的平均值為 753 cm；當空氣柱長度是 6.3 cm 時，子彈射出距離的平均值為 745 cm；當空氣柱長度是 10.5 cm 時，子彈射出距離的平均值卻只有 441 cm；從以上的實驗，筆管內的空氣柱被壓縮後的長度越短，胡蘿蔔子彈從筆管內射出的距離不會跟著變得更遠；當子彈射出瞬間筆管內的空氣柱長度較長，子彈射出距離並沒有變得比較近。當以白蘿蔔作為子彈時，筆管內空氣柱經快速壓縮後子彈射出瞬間筆管內空氣柱的長度來講，當筆管內空氣柱長度是 5.9 cm，子彈射出距離的平均值為 639 cm，當空氣柱長度是 6.3 cm 時，子彈射出距離的平均值為 745 cm；當空氣柱長度是 8.5 cm 時，子彈射出距離的平均值為 560 cm；當空氣柱長度是 10.5 cm 時，子彈射出距離的平均值卻只有 553 cm；從以上的實驗，我們發現筆管內的空氣柱被壓縮後的長度超過 6.3 cm 時，空氣柱長度越短，白蘿蔔子彈從筆管內射出的距離跟著變得更遠；當空氣柱長度越長，子彈射出距離反而越來越近。綜合以上資料，我們認為「當子彈射出瞬間，筆管內的空氣柱被壓縮後的長度越短，子彈射出的距離不一定會跟著變得更遠；筆管內的空氣柱長度較長，子彈射出距離也不一定會變得比較近」，而且也沒有規則性。

- 2、經由上面的討論，我們認為「當子彈射出瞬間，筆管內的空氣柱被壓縮後的長度越短，子彈射出的距離不一定會跟著變得更遠；筆管內的空氣柱長度較長，子彈射出距

離也不一定會變得比較近」。

四、研究四是在探討食材切片的厚度會不會影響子彈發射時筆管內空氣柱的長短，進而影響蔬果空氣槍的子彈射出的距離？

1、從問題一「當蔬果子彈空氣槍子彈射出時，如果食材切片的厚度越厚，筆管內的空氣柱被壓縮後的長度會越短嗎？」中經實驗發現當以地瓜作為子彈時，當地瓜切片厚度 1 cm，子彈射出時筆管內的空氣柱長度為 3.7 cm；切片厚度 2 cm，當子彈射出時筆管內的空氣柱長度為 4.7 cm，很明顯的，切片厚度 2 cm 當子彈射出時筆管內的空氣柱長度比切片厚度 1 cm 時的長度還要長；當以冬瓜作為子彈時，當冬瓜切片厚度 1 cm，子彈射出時筆管內的空氣柱長度為 15.1 cm；切片厚度 2 cm，當子彈射出時筆管內的空氣柱長度為 13.5 cm，很明顯的，切片厚度 2 cm 當子彈射出時筆管內的空氣柱長度比切片厚度 1 cm 時的長度還要短；當以胡蘿蔔作為子彈時，當胡蘿蔔切片厚度 1 cm，子彈射出時筆管內的空氣柱長度為 5.9 cm；切片厚度 2 cm，當子彈射出時筆管內的空氣柱長度為 6.3 cm，很明顯的，切片厚度 2 cm 當子彈射出時筆管內的空氣柱長度比切片厚度 1 cm 時的長度還要長；當以白蘿蔔作為子彈時，當白蘿蔔切片厚度 1 cm，子彈射出時筆管內的空氣柱長度為 11.7 cm；切片厚度 2 cm，當子彈射出時筆管內的空氣柱長度為 9.5 cm，很明顯的，切片厚度 2 cm 當子彈射出時筆管內的空氣柱長度比厚度 1 cm 時的長度還要短。所以，綜合以上的討論，我們認為「蔬果的厚度和子彈射出瞬間的空氣柱長短沒有關係，蔬果的厚度越厚，子彈發射瞬間的空氣柱並不會跟著變短，反而是沒有規則性可言」。

2、從問題二「食材切片的厚度會不會影響子彈射出時筆管內空氣柱的長短進而影響蔬果空氣槍子彈射出的距離？」中經實驗發現當以地瓜作為子彈時，地瓜切片厚度 1 cm 時，當子彈射出時筆管內的空氣柱長度為 3.7 cm，子彈射出的平均距離為 958.4 cm；切片厚度 2 cm 時，當子彈射出時筆管內的空氣柱長度為 4.7 cm，子彈射出的平均距離為 848 cm，很明顯的，切片厚度 2 cm 當子彈射出時筆管內的空氣柱長度比切片厚度 1 cm 時的長度還要長，但是子彈射出的平均距離卻變近了。當以冬瓜作為子彈時，冬瓜切片厚度 1 cm 時，當子彈射出時筆管內的空氣柱長度為 15.1 cm，子彈射出的平均距離為 222.2

cm；切片厚度 2 cm，當子彈射出時筆管內的空氣柱長度為 13.5 cm，子彈射出的平均距離為 437.4 cm，很明顯的，切片厚度 2 cm 當子彈射出時筆管內的空氣柱長度比厚度 1 cm 時的長度還要短，但是子彈射出的平均距離卻變遠了。當以胡蘿蔔作為子彈時，胡蘿蔔切片厚度 1 cm 時，當子彈射出時筆管內的空氣柱長度為 5.9 cm，子彈射出的平均距離為 639 cm；切片厚度 2 cm，當子彈射出時筆管內的空氣柱長度為 6.3 cm，子彈射出的平均距離為 745 cm，很明顯的，切片厚度 2 cm 當子彈射出時筆管內的空氣柱長度比切片厚度 1 cm 時的長度還要長，子彈射出的平均距離也變遠了。當以白蘿蔔作為子彈時，胡蘿蔔切片厚度 1 cm 時，當子彈射出時筆管內的空氣柱長度為 11.7 cm，子彈射出的平均距離為 543.8 cm；切片厚度 2 cm，當子彈射出時筆管內的空氣柱長度為 9.5 cm，子彈射出的平均距離為 552.2 cm，很明顯的，切片厚度 2 cm 當子彈射出時筆管內的空氣柱長度比切片厚度 1 cm 時的長度還要短，子彈射出的平均距離卻變遠了，但差距很小。

- 3、綜合以上的實驗討論，我們發現「蔬果切片的厚度和子彈發射瞬間的空氣柱長短沒有關係，當蔬果切片的厚度越厚時，子彈發射瞬間筆管內空氣柱並沒有跟著變短；當子彈發射瞬間筆管內空氣柱變短，子彈射出的距離也沒有跟著變遠」。

五、研究五是在探討蔬菜空氣槍子彈射出時所發出聲音的大小和食材密度的關係：

- 1、從問題一「當食材的密度越大時，蔬果子彈射出瞬間所發出的聲音也會變得越大聲嗎？」中經實驗發現當蔬果切片厚度 1cm 且筆管長度 9.5cm 時，地瓜子彈發射瞬間的聲音有 114dB，胡蘿蔔有 112 dB，白蘿蔔有 109.2 dB，冬瓜有 107.4 dB；很明顯的，就蔬果子彈射出瞬間所發出的聲音大小而言，地瓜 > 胡蘿蔔 > 白蘿蔔 > 冬瓜；我們再根據研究一得知就食材的密度而言，地瓜 > 胡蘿蔔 > 白蘿蔔 > 冬瓜，很明顯的，就蔬果子彈射出瞬間所發出的聲音大小和蔬果的密度有關係：蔬果的密度越大，射出瞬間所發出的聲音越大；蔬果的密度越小，射出瞬間所發出的聲音越小。當蔬果切片厚度 2cm 且筆管長度 9.5cm 時，地瓜子彈射出瞬間的聲音有 114dB，胡蘿蔔有 112 dB，白蘿蔔有 109.2 dB，冬瓜有 107.4 dB；很明顯的，就蔬果子彈射出瞬間所發出的聲音大小而言，地瓜 > 胡蘿蔔 > 白蘿蔔 > 冬瓜；我們再根據研究一得知就食材的密度而言，地瓜 > 胡蘿蔔 > 白蘿蔔 > 冬瓜，很明顯的，就蔬果子彈射出瞬間所發出的聲音大小和蔬果

的密度有關係：蔬果的密度越大，射出瞬間所發出的聲音越大；蔬果的密度越小，射出瞬間所發出的聲音越小。當蔬果切片厚度 1cm 且筆管長度 28.5cm 時，地瓜子彈射出瞬間的聲音有 110dB，胡蘿蔔有 109.4 dB，白蘿蔔有 103.8 dB，冬瓜有 102 dB；很明顯的，就蔬果子彈射出瞬間所發出的聲音大小而言，地瓜>胡蘿蔔>白蘿蔔>冬瓜；我們再根據研究一得知就食材的密度而言，地瓜>胡蘿蔔>白蘿蔔>冬瓜，很明顯的，就蔬果子彈射出瞬間所發出的聲音大小和蔬果的密度有關係：蔬果的密度越大，射出瞬間所發出的聲音越大；蔬果的密度越小，射出瞬間所發出的聲音越小。當食材切片厚度 2cm 且筆管長度 28.5cm 時，地瓜子彈射出瞬間的聲音有 111.5dB，胡蘿蔔有 110.2dB，白蘿蔔有 106.4 dB，冬瓜有 81.2 dB；很明顯的，就蔬果子彈射出瞬間所發出的聲音大小而言，地瓜>胡蘿蔔>白蘿蔔>冬瓜；我們再根據研究一得知就食材的密度而言，地瓜>胡蘿蔔>白蘿蔔>冬瓜，很明顯的，就蔬果子彈射出瞬間所發出的聲音大小和蔬果的密度有關係：蔬果的密度越大，射出瞬間所發出的聲音越大；蔬果的密度越小，射出瞬間所發出的聲音越小。

- 2、綜合以上各項實驗的討論，我們發現「蔬果子彈射出瞬間所發出的聲音大小和蔬果的密度有關係：蔬果的密度越大，射出瞬間所發出的聲音越大；蔬果的密度越小，射出瞬間所發出的聲音越小」。

伍、結論

- 一、在探討「食材密度對蔬果空氣槍子彈射出的距離會有什麼影響？」時，我們經由實驗發現：地瓜、胡蘿蔔、白蘿蔔和冬瓜等蔬果子彈射出的距離由遠而近依序是地瓜>胡蘿蔔>白蘿蔔>冬瓜，又經計算得到地瓜、胡蘿蔔、白蘿蔔和冬瓜等蔬果的密度由大而小依序是地瓜>胡蘿蔔>白蘿蔔>冬瓜，經比對發現：就地瓜、胡蘿蔔、白蘿蔔和冬瓜等蔬果來說，密度由大而小的順序和子彈射出距離遠近的順序完全相同，也就是「密度越高之蔬果食材，子彈射出的距離會越遠」。
- 二、在探討「蔬果切片的厚度會影響子彈發射的距離」時，我們經由實驗發現：除了地瓜的切片外，其他像是胡蘿蔔、白蘿蔔和冬瓜等都是切片厚度越厚，子彈射出的距離會比較遠；但是地瓜的切片越厚，子彈射出的距離反而會比較近。經由討論，我們可以認定

「蔬果的切片越厚，子彈射出的距離並不一定會越遠」。

三、在探討「筆管的長度越長，子彈射出的距離會越遠嗎？」時，我們經由實驗發現：地瓜、胡蘿蔔、白蘿蔔和冬瓜等蔬果如以 28.5 cm 的筆管當作發射管時，子彈射出的距離明顯比 9.5 cm 的筆管當作發射管時子彈射出的距離還要遠，所以，經由一連串的實驗與討論，我們可以確認「筆管的長度越長，蔬果子彈從筆管內射出的距離會隨著筆管的長度的增長而變得更遠」。

四、在探討「筆管的管徑不同會影響到子彈射出的距離嗎？」時，我們經由實驗發現：除了胡蘿蔔以外，其他像是地瓜、冬瓜和白蘿蔔等都是筆管管徑 7.4mm 時子彈射出的距離比筆管管徑 6.5mm 時子彈射出的距離還要遠，只有胡蘿蔔是當筆管管徑 7.4mm 時子彈射出的距離比筆管管徑 6.5mm 時子彈射出的距離還要近，所以，經由一連串的實驗與討論，我們可以確認「筆管管徑的粗細不會影響蔬果子彈從筆管內發射出去的距離」。

五、在探討「筆管內的空氣柱被壓縮後的長度越短，蔬果子彈射出的距離會越遠嗎？」時，我們經由實驗發現：不論是以地瓜、胡蘿蔔、冬瓜還是白蘿蔔等作為子彈，當子彈射出瞬間筆管內的空氣柱長度較短，子彈射出距離不一定變得比較遠；當子彈射出瞬間筆管內的空氣柱長度較長，子彈射出距離也不一定變得比較近。所以，經由一連串的實驗與討論，我們可以確認「當子彈射出瞬間，筆管內的空氣柱被壓縮後的長度越短，子彈從筆管射出的距離並不一定會變得更遠；筆管內的空氣柱長度較長，子彈射出距離也不一定變得比較近，沒有規則性」。

六、在探討「食材切片的厚度會不會影響子彈射出時筆管內空氣柱的長短」時，我們經由實驗發現：當分別以冬瓜或白蘿蔔作為子彈時，切片厚度 2 cm 當子彈射出時筆管內的空氣柱長度比切片厚度 1 cm 時的長度還要短；當分別以地瓜或胡蘿蔔作為子彈時，切片厚度 2 cm 當子彈射出時筆管內的空氣柱長度比切片厚度 1 cm 時的長度還要長；所以，經由一連串的實驗與討論，我們可以確認「蔬果的厚度和子彈射出瞬間的空氣柱長短沒有關係，蔬果的厚度越厚，子彈射出瞬間的空氣柱不一定跟著變短，反而是沒有規則性」。

七、在探討「食材切片的厚度會不會影響子彈射出時筆管內空氣柱的長短進而影響蔬果子彈空氣槍子彈射出的距離？」時，我們經由實驗發現：除了地瓜以外，其他像是胡蘿蔔、

冬瓜和白蘿蔔等都是切片厚度 2 cm 當子彈射出時筆管內的空氣柱長度比切片厚度 1 cm 時的長度還要短，但是子彈射出的距離卻變遠了，只有當地瓜切片厚度 2 cm，當子彈射出時筆管內的空氣柱長度比切片厚度 1 cm 時的長度還要長，但是子彈射出的距離卻變近了。所以，經由一連串的實驗與討論，我們可以確認「蔬果的厚度和子彈射出瞬間的空氣柱長短沒有關係，當蔬果切片的厚度越厚時，子彈射出瞬間筆管內空氣柱並沒有跟著變短；當子彈射出瞬間筆管內空氣柱變短，發射出去的子彈也沒有跟著變遠」。

八、在探討「蔬菜子彈槍子彈射出時所發出的聲響和食材密度的關係」時，我們經由實驗發現就蔬果子彈射出瞬間所發出的聲音大小而言是地瓜 > 胡蘿蔔 > 白蘿蔔 > 冬瓜，另根據研究一得知食材的密度是地瓜 > 胡蘿蔔 > 白蘿蔔 > 冬瓜，很明顯的，就蔬果子彈射出瞬間所發出的聲音大小和蔬果的密度有關係：蔬果的密度越大，射出瞬間所發出的聲音越大；蔬果的密度越小，射出瞬間所發出的聲音越小。所以，經由一連串的實驗與討論，我們可以確認「蔬果子彈射出瞬間所發出的聲音大小和蔬果的密度有關係：蔬果的密度越大，射出瞬間所發出的聲音越大；蔬果的密度越小，射出瞬間所發出的聲音越小」。

陸、參考資料及其他

一、心得

這次的科展我們花了很多的時間，在畢業之前能和朋友一起完成這個實驗，也很值得。經過這次的實驗後，我們發現有些實驗是無法一個人完成的，在實驗的過程中，我們也有遇到許多挫折，但只要我們一想到有朋友們的陪伴，就會努力到最後。科展是一個充滿實現精神的活動，不但可以加強友誼，還可以訓練意志力。

二、參考資料：

1. 林少雯（2021 年 1 月 1 日）· 豐年雜誌 鵝毛槍管橘皮彈，橘香滿屋慶元旦 · 農傳媒 · 取自 <https://www.agriharvest.tw/archives/50367/>
2. 林鑫鹹（2020 年 11 月 16 日）· 竹筒槍 · 文化部 國家文化記憶庫收存系統 · 取自 <https://cmsdb.culture.tw/object/C8842A77-1C48-4DC9-BE07-98743549E617>