

2023 年【科學探究競賽-這樣教我就懂】

國中組 成果報告表單

題目名稱：柴魚片的舞步

一、摘要

本研究主要在研究柴魚片擺動的現象，探討使柴魚片跳舞的變因並研究背後原因。本實驗首先研究溫度與濕度對柴魚片擺動程度的影響，發現溫度或濕氣並不能直接使柴魚片擺動，需要兩者配合。接下來我們使用顯微鏡觀察柴魚片肌肉紋理，並探討其擺動原因，發現在柴魚片形狀為長方形時，肌肉紋理與柴魚片擺動並沒有明顯的關聯。研究的最後，我們將柴魚片剪成不同的形狀，發現柴魚片的擺動模式以形狀為最重要的變因，再來才是肌肉紋理與肌肉的種類（顏色）。

二、探究題目與動機

章魚燒作為夜市美食之一相信得到大部分人的喜愛，而章魚燒上的柴魚更是畫龍點睛之作。而柴魚不止提味，在章魚燒上的緩緩的舞動也讓人看得目不轉睛。本組組員在吃章魚燒時，對於柴魚舞動的規律和原因感到十分好奇，難道這樣的擺動是完全隨機的嗎？經過上網查詢，雖然有看到許多柴魚在章魚燒上擺動的影片，不過卻沒有人能夠完整解釋其擺動的原因，所以我們想要研究柴魚片跳舞的原因及它的規律。

我們於國外網站上發現也有人提出相同的問題，經過整理後主要分成兩種說法：

- (一) 因為柴魚兩邊濕度不同，導致柴魚偏向一邊，直到不能再吸收水分。
- (二) 因為柴魚兩邊的溫度不同，影響柴魚的擴張或收縮。

本組組員認為兩種說法都有其道理，如果能夠深入了解柴魚舞動的變因，就能夠建立一套更為「科學」的解釋方法，印證世界上看似隨機的運動，其實都有跡可循。

三、探究目的與假設

我們假設柴魚跳舞的變因是水氣、溫度，因此決定進行實驗探討下列幾個問題：

- (一)、探討不同溫度及水蒸氣對柴魚片跳舞的影響
 - 一— 1、探討溫度對柴魚舞動的影響
 - 一— 2、探討濕度對柴魚片跳舞的影響

經過實驗後，我們發現濕度能使柴魚片擺動，但效果不顯著，並沒有像章魚燒上的劇烈擺動。於是我們探討以下問題：

- (二)、探討不同溫度搭配水蒸氣對柴魚舞動的影響

由實驗結果我們發現能使柴魚片擺動的原因，也歸納出不同的擺動模式，我們好奇究竟是什麼變因導致柴魚片有不同種擺動模式，於是做實驗探討了下列變因：

- (三)、探討影響柴魚片擺動模式的變因
 - 三— 1、探討並定義柴魚片上深與淺色區塊
 - 三— 2、探討肌肉紋理與種類對柴魚片擺動模式的影響
 - 三— 3、探討柴魚片形狀對柴魚片擺動的影響

四、探究方法與驗證步驟

實驗一、探討不同溫度及水蒸氣對柴魚片跳舞的影響

一— 1、探討溫度對柴魚舞動的影響

● 研究方法

從文獻資料中我們發現，柴魚片擺動的原因主要分成溫度與濕度兩種說法，於是我們想先研究溫度與柴魚片擺動的關係。

1. 將柴魚片放置於電磁加熱器上加熱：用 30、40、50、60、70、80°C 加熱，並用 25°C 模擬常溫當對照組。
2. 觀察並記錄柴魚片擺動的程度

● 實驗結果

實驗組						對照組
30°C	40°C	50°C	60°C	70°C	80°C	25°C
無擺動	無擺動	無擺動	無擺動	無擺動	無擺動	無擺動

● 結果分析

從實驗結果中我們得知，溫度並不能直接影響柴魚片擺動，並不是柴魚片擺動的主要原因。

一一 2、探討濕度對柴魚片跳舞的影響

● 研究方法

除了溫度外，文獻資料中也有一派說法是柴魚片擺動主要是因為柴魚兩邊濕度不同，導致柴魚偏向一邊，直到不能再吸收水分。於是我們想研究濕度與柴魚片擺動程度的關係。

1. 將柴魚片分成三組：

- (1) 噴水：使用噴霧器噴常溫水於柴魚片上。
- (2) 滴水：用滴管滴常溫水於柴魚片上。
- (3) 靜置

2. 觀察並紀錄實驗結果

● 實驗結果

	實驗組		對照組
	噴常溫水	滴常溫水	靜置
擺動方式	小幅度擺動	滴水處周圍短暫擺動	無擺動

● 結果分析

靜置的狀況下並無法使柴魚片擺動，而滴水只能讓柴魚片滴水處周圍擺動，效果較明顯但不持久，而使用常溫水噴霧可以讓柴魚片小幅度擺動，效果不比滴水明顯。我們推測是因為滴水時濕度遠高於使用常溫水噴霧，於是使兩種情況下的柴魚片擺動程度有此種差別。

實驗二、探討不同溫度搭配水蒸氣對柴魚舞動的影響

● 研究方法

在實驗一中我們發現溫度不能使柴魚片擺動，而溼度能使柴魚片些微擺動，效果卻不及章魚燒上的柴魚片來的明顯，於是我們想模擬章魚燒上的環境，探討溫度搭配溼度對柴魚片擺動程度的影響。

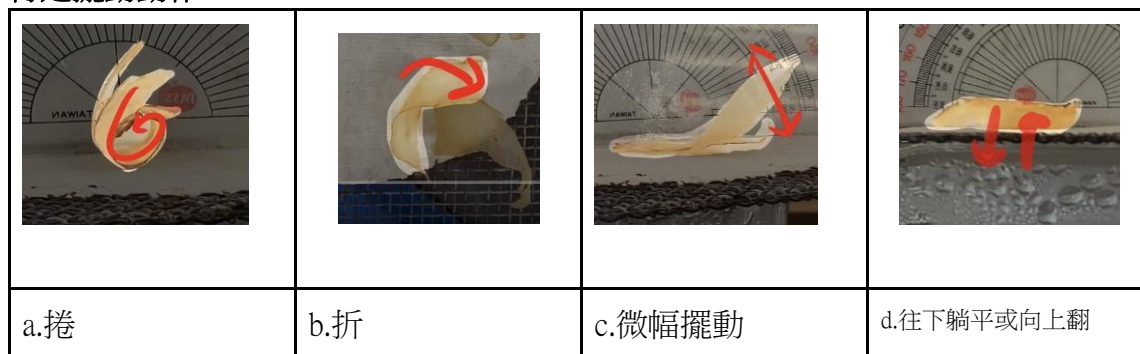
1. 將燒杯裝入不同溫度(40、50、60、70°C)的水 500mL：使用不同溫度的水，置於電磁加熱器上控制溫度，並嘗試用不同溫度的水氣使柴魚片擺動。
2. 將柴魚片放置於燒杯上的陶瓷纖維網：將柴魚片放置於陶瓷纖維網網格部分，使其方便吸收水氣。
3. 錄製過程並紀錄實驗結果：從平視與由上往下兩種視角拍攝柴魚片擺動方式，紀錄柴魚片擺動的模式。
4. 重複多次實驗並歸納柴魚片的特定擺動模式：將步驟 3 紀錄下的內容以整理出的特定擺動模式歸類呈現。

● 實驗結果

從實驗錄製的影像中，我們歸納出以下幾種擺動方式與規律，實驗中的柴魚片主

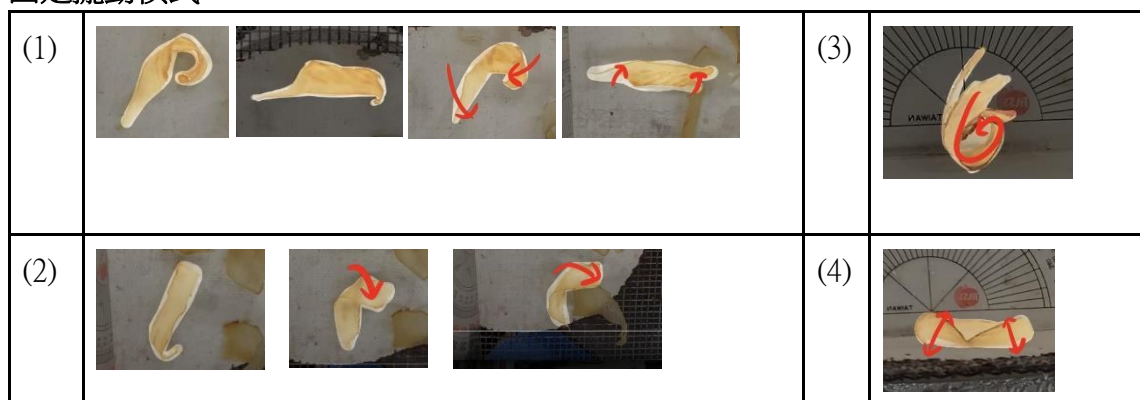
要以這計種動作去做排列組合：

特定擺動動作：



我們觀察到有些柴魚片從頭到尾會循環用特定擺動模式（如(1)、(2)），也有些柴魚片會維持固定姿勢不動（如(3)、(4)）。

固定擺動模式：



而上述不同擺動模式與不同溫度的水氣關係如下表：

	40°C+水氣	50°C+水氣	60°C+水氣	70°C+水氣
a.捲		V	V	V
b.折				V
c.微幅擺動	V	V	V	V
d.往下躺平或向上翻				V

● 結果分析

我們發現溫度越高擺柴魚片擺動幅度會越大。溫度越高可以使柴魚片擺動幅度越大，因此我們可以得知溫度雖然並不能直接控制柴魚片擺動，卻能與濕度搭配達到加成的效果。

實驗三、探討影響柴魚片擺動模式的變因

三一 1、探討並定義柴魚片上深與淺色區塊

● 研究方法

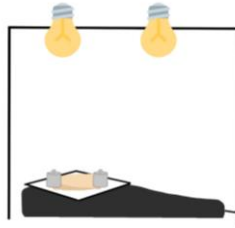
我們在先前的實驗有觀察到，大部分的柴魚都呈現單一的淡褐色，但是某些柴魚片上有相當明顯的深色區塊（如右圖），我們猜測是由於肌肉種類不同而造成深淺兩種不同色塊。為了之後方便歸類，我們首先定義所謂深色與淺色。

1. 挑選出有兩種不同色塊的柴魚：為使定義內容正確，我們使用同時有兩種不能色塊的柴魚比較深淺。
2. 使用照度計分別測量兩種不同色塊：物體遠近也會影響照度計的數值，因此我們選擇在柴魚片的前端與後端各放置 10 公克的砝碼，讓柴魚片貼近測量孔（示意圖如下圖）。
3. 紀錄數值並界定深色與淺色的數值範圍

4. 使用複式顯微鏡觀察柴魚片深色與淺色構造：透過觀察深色色塊與淺色色塊紋理的差別，進而推論出兩者分別為何。



照度計測量柴魚深淺色



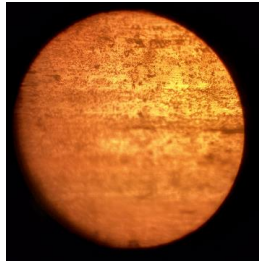
柴魚片的深淺區塊

● 實驗結果

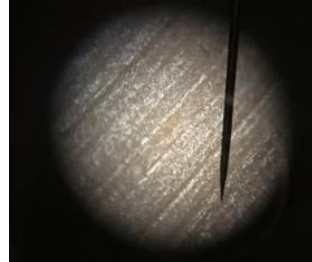
1. 柴魚片深色與淺色色塊在照度計下的數值：

數值						平均
深色柴魚	6	6	10	8	6	7.2
淺色柴魚	13	12	12	11	13	12.2

2. 柴魚片深色與淺色色塊在顯微鏡下的樣子：



深色區塊



淺色區塊

● 結果分析

我們從顯微鏡影像中發現，深色與淺色部分構造有明顯的不同，深色部分沒有明顯的紋理。經查詢文獻，邱思魁(2020)提出魚肉中的淺色部份為普通肉(ordinary muscle)，深色區塊為靠近體表的表層血合肉 (superficial dark muscle)或脊骨周圍深部的真血合肉(true dark muscle)。我們藉由顯微鏡觀察可以發現淺色的區塊有明顯的肌肉紋理，有可能是肌肉纖維未斷裂。而深色部份則沒有明顯的肌肉紋理(如上圖四)，我們認為可能是原本肌肉纖維就不多或是邱思魁(2020)所說血合肉蛋白質被水解。

三一 2、肌肉紋理對柴魚片擺動模式的影響

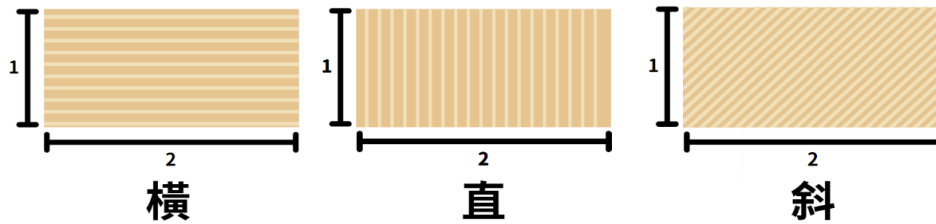
● 研究方法

在實驗三一 1 中，我們雖然從擺動的差異能看出有無血合肉的柴魚擺動時的差異，但其中的差異並不明顯。而在實驗三一 1 的最後，我們推測柴魚片的擺動模式與其肌肉紋理有關，於是我們將柴魚片的擺動模式重新分類成下列三種：垂直肌肉紋理折、平行肌肉紋理折與不垂直也不平行肌肉紋理折。

1. 使用顯微鏡觀察柴魚片的肌肉紋理
2. 使用照度計將柴魚片分為深、淺兩種：主要分成一半淺一半深和全部淺色兩種。
3. 將柴魚片照紋理剪裁成 2×1 公分大小：為了方便觀察，我們將柴魚片裁成相等大小，並將其分類成橫、直、斜三類。（示意圖如圖下圖）
4. 用酒精燈加熱裝有 500mL 水的燒杯：在實驗二中我們發現，高溫搭配酒精燈時柴魚片擺動效果最好，於是我們決定使用此變因。
5. 將剪好的柴魚片放置於陶瓷纖維網上：為了使柴魚片受熱平均，我們將柴魚片放置

於陶瓷纖維網白色部分上。

6. 重複多次實驗並用平板錄製實驗過程：平板分為由上往下與從前面平視兩種視角，方便日後紀錄實驗結果。
7. 觀察錄製影像，並歸納特定擺動方式與規律：從影像中觀察柴魚片與肌肉紋理的關聯，並使用上述三種類別分類。



● 實驗結果

	淺色柴魚			一半淺一半深		
	斜	橫	直	斜	橫	直
a. 垂直肌肉紋理折	5	3	3	0	1	0
	45.45%	20.00%	37.50%	0.00%	20.00%	0.00%
b. 平行肌肉紋理折	5	4	1	0	2	1
	45.45%	26.67%	12.50%	0.00%	40.00%	50.00%
c. 不垂直也不平行肌肉紋理折	1	8	4	1	2	1
	9.09%	53.33%	50.00%	100.00%	40.00%	50.00%

● 結果分析

我們從上表中發現，肌肉紋理與柴魚片擺動並沒有明顯的關聯。但我們從上表紅字部分發現，柴魚片在大部分的情況下會依循特定折法（如右圖）。

於是我們推測柴魚片擺動跟其形狀有關，在下一個實驗會詳細探討。



三一 3、柴魚片形狀對柴魚片擺動的影響

● 研究方法

1. 使用顯微鏡觀察柴魚片的肌肉紋理
2. 利用實驗三一 1 的結果將柴魚片分類：主要分成一半淺（普通肌肉）一半深（血合肉）和全部淺色兩種。
3. 將柴魚片剪裁成圓形與正方形：在上個實驗的最後，我們假設柴魚片擺動會受到形狀影響，於是我們選擇圓形與正方形兩種圖形進行探討。
4. 用酒精燈加熱裝有 500mL 水的燒杯：在實驗三-2 中我們發現，高溫搭配酒精燈時柴魚片擺動效果最好，於是我們決定使用此變因。
5. 將剪好的柴魚片放置於陶瓷纖維網上：為了使柴魚片受熱平均，我們將柴魚片放置於陶瓷纖維網白色部分上。
6. 重複多次實驗並用平板錄製實驗過程：平板分為由上往下與從前面平視兩種視角，方便日後紀錄實驗結果。

7. 觀察錄製影像，並歸納特定擺動方式與規律

● 實驗結果

	對折	邊緣向內收
圓形		
正方形		

方形與圓形的柴魚片多平行、垂直肌肉紋理折或邊緣向內收，在下個段落會探討原因。

● 結果分析

綜合實驗三－3 與實驗三－2 的結果，我們認為造成柴魚片擺動模式差異主要原因如下：

1. 柴魚片會向背離水氣與溫度的方向翹，當方形柴魚片相鄰兩角同時向上翹時，會約略呈現對折的現象；而當方形柴魚片兩角不同時向上翹時，會呈現朝對角折的現象，對稱軸為對角線，或呈現兩角齊向上翹（如上表的邊緣向內收）。其中兩種折法的差異源自於向上翹的時間差。當時間差較小時，會呈現兩角齊向上翹；而當時間差較長時，其中一角已大幅向上時，就會呈現向對角折的現象。
2. 因此，對方形柴魚片而言主擺動方式主要是以對角線為對稱軸向上折。
3. 而圓形與方形不同，沒有明顯的稜角，大部分呈平行或垂直肌肉紋理折的情況
4. 會多於邊緣向內收。

五、結論與生活應用

1. 只有溫度或濕度變化並非柴魚片擺動的原因，需要兩者配合。
2. 溫度越高，擺動幅度也越大。
3. 柴魚片擺動的方式主要和形狀有關。
4. 柴魚片會翹起來背離濕氣及熱。
5. 當柴魚片為正方形或圓形時會沿著肌肉紋理捲，或邊緣向內捲。

參考資料

山中 莉藍，(2019)，かつお節はなぜ踊るのか. 科学する心を育てる人へ.

<https://www.shizecon.net/award/detail.html?id=272>

邱思魁，(2020)，魚類肌肉的構造及組成與其死後蛋白質水解引起的變化. 海大漁推, 12(50).

<http://lawdata.com.tw/tw/detail.aspx?no=422588>