

中華民國 第 49 屆中小學科學展覽會

作品說明書

國中組 生物科

最佳(鄉土)教材獎

030307

開合之間的奧秘

學校名稱：臺南縣立後壁國民中學

作者： 國二 廖佳微 國二 林智龍 國二 李雨霓 國二 賴胤翔	指導老師： 李允中 郭奇達
---	-----------------------------

關鍵詞：蛤蜊、開合、閉殼肌

作品名稱 開合之間的奧秘

摘要

一個生活中常見的現象：有的蛤蜊煮後不開。我們可以聽見一個常見的解釋：因為牠們煮前已經死了、臭了，煮了才不開。然而這樣的說法根據是什麼？蛤蜊死後開闔的機制是什麼？我們並不明白。於是我們以求真的精神，科學的方法，檢驗這個說法。結論是：「煮前已經死了、臭了，煮了才不開」的說法不是絕對的，但是在已死亡，但腐爛狀況仍輕微的個體上，煮後殼不開的比率的確較高。研究最末，我們並提出蛤蜊開合的機制理論。

壹、研究動機

當我們開心的煮著蛤蜊湯時，在一鍋的蛤蜊中常常總有一、兩顆是不打開的，完全閉合著，一副你奈我何的味道—就是不讓你吃。問爸爸媽媽為什麼會這樣？為什麼大家都開了，就是有的還是不開？他們的回答不是很一致，有時聽起來像是玩笑話，他們說：這是因為有的蛤蜊生命力很強，他還沒被煮死，當然不想開門，死掉的才會開門；有時也說：這是因為這些蛤蜊在下鍋之前就已經死了，不新鮮了，所以才打不開，只有活著的、新鮮的被燙死了之後才會打開。

我們對著這個問題感到相當疑惑，事實的真相到底是甚麼呢？是甚麼力量使蛤蜊開門呢？又是甚麼機制使某些個體不願開門呢？學校的自然老師，市場的魚販似乎也不是很肯定，只跟我們說了「一般的說法是怎樣怎樣…」

這也讓我們想到 Discovery 頻道的一個節目---「流言終結者」，兩位主持人把許多生活中未經證實的說法（流言）拿來用科學的方法做驗證，驗證這些說法是否可信，過程往往精彩絕倫、令人拍案。

基於學科學，就是尋覓真理的精神，以及老師的鼓勵、「流言終結者」的鼓勵，我們決定要探究神秘蛤蜊「開闔的秘密」，並且也藉著這個機會更進一步認識生物課程中曾介紹過的軟體動物門斧足綱的生物。

貳、研究目的

驗證一般對煮後未開蛤蜊的看法是否正確

參、研究設備及器材



熱源：黑晶爐、瓦斯噴燈
 傳熱媒介：自來水、大豆沙拉油
 其他：解剖刀、
 不銹鋼鍋、
 水盆、
 烤肉鐵網、
 大鐵架（固定噴燈）、
 小鐵架（放置烤肉鐵網）、
 冰箱

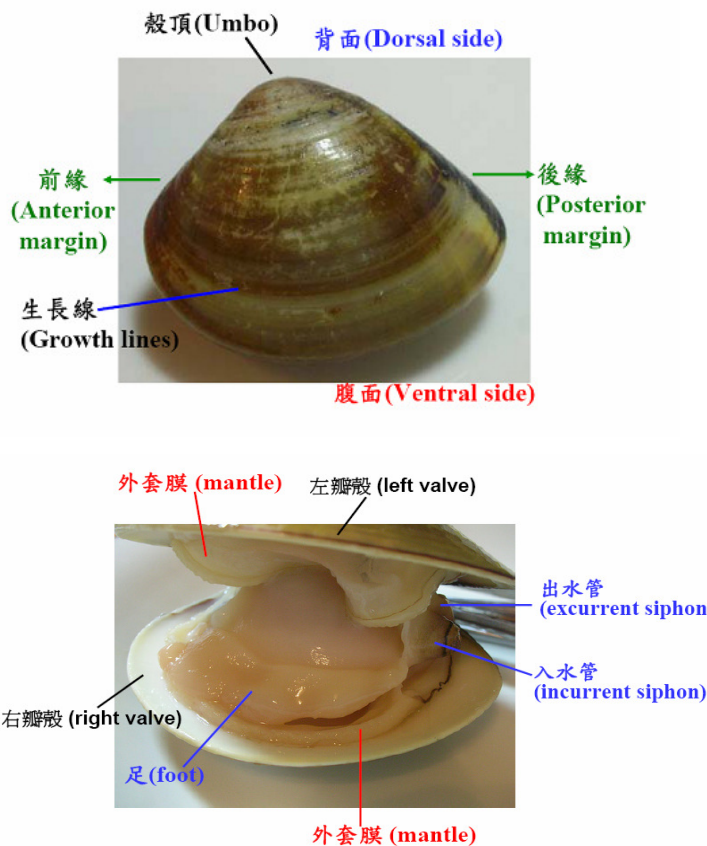
肆、研究過程及方法

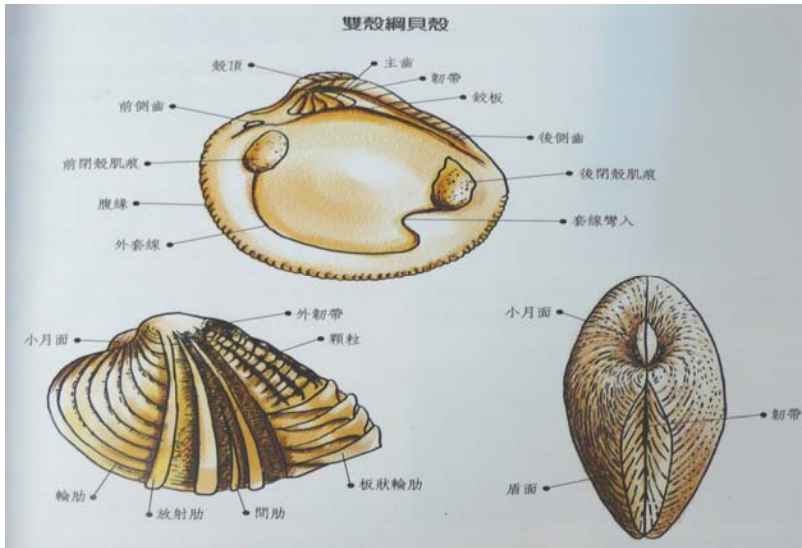
我們首先作了功課，蒐集了有關蛤蜊這種雙殼貝的資料，了解牠們裡面精細的構造，以及各部位的名稱及功能，使我們自己對這次研究的主角有了基本的概念，像是閉殼肌的位置、外套膜的功能、出入水管的功能等等。

接下來，作了問卷調查，調查學校裡面的教職員對「煮後不開的蛤蜊」這件事有甚麼看法，統計整理出普遍性的看法。

最後，安排一連串的實驗予以求證這些普遍性的看法，或是給予反證，將其推翻。

一、雙殼綱貝殼的內部結構資料





1. 外套膜

- (1) 本綱外套膜位於左右背殼的內面，是身體左右兩側包庇內臟囊的薄膜。外套膜的邊緣較厚，但背緣和中央部分則很薄，甚至呈半透明
- (2) 外套膜的游離邊緣一般可分為三層
 - a. 外層（又稱生殼突起）：主要功能為「分泌貝殼」
 - b. 中層（又稱感覺突起）：該層對外界刺激感覺靈敏，專司感覺作用
 - c. 內層（又稱緣膜突起）：這層肌肉纖維較多，靠著肌肉的伸展和收縮，能控制水流的進出。

2. 閉殼肌

- (1) 為外套膜分化而成，用來連接左右外套膜及左右貝殼。一般有前閉殼肌、後閉殼肌兩個。
- (2) 每個閉殼肌通常由兩種不同的肌肉纖維組成，即橫紋肌與平滑肌。
- (3) 這兩種肌肉纖維功能與作用不同：橫紋肌動作迅速，能快速把貝殼閉合起來；平滑肌動作較遲緩，但能使閉殼肌緊閉，閉合力量較大，且所需能量較少。

3. 環走肌

又稱外套膜環肌，為沿外套膜邊緣環走的肌肉纖維，附著在貝殼內面，起收縮外套膜邊緣的作用

4. 韌帶

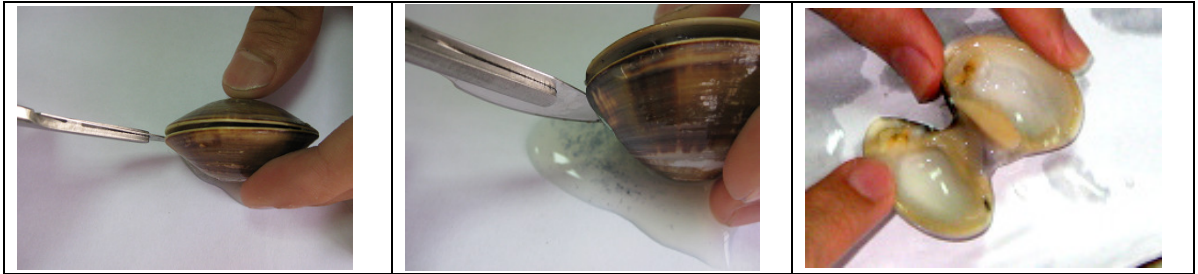
在殼頂後方，絞合部背面，有一呈黑色，且具彈性的幾丁質韌帶。其作用與閉殼肌相反，它連接了兩瓣貝殼並有「開殼作用」

◎ 背景資料討論 ◎

1. 查了資料後，我們恍然大悟，以前在吃蛤蜊的時候，很納悶：貝殼的殼是怎麼長大的，裡面躲的那小小的肉體是怎麼「隔空」把殼慢慢變大的呢？
原來以前我們都只注意煮熟的蛤蜊湯，看到的蛤蜊都是死在鍋子裡的蛤蜊，早就不是本來的樣子了。健康活著的蛤蜊，它的外套膜（我們才知道那原來叫外套膜！）是跟貝殼的

邊緣相連的，而且貝殼會慢慢變大就是這個構造分泌的，而且閉殼肌原來有兩個，且連於兩邊的殼較深處，附著的相當緊，用刀子還不是很容易刮掉。以前喝蛤蜊湯的時候都不知道這些事情，還以為「蛤蜊的肉」只黏在一邊的殼上，而且肉都很小、很少，原來是被煮，受熱萎縮的結果。

2. 爲了看健康「正常的」活體內部，我們必須學會解剖的方法。直接硬扳開雙殼會把外套膜、閉殼肌與殼體的連結撕壞。解剖的步驟爲：先用解剖刀插入腹面閉合處（不深入，免得傷了內部），再把解剖刀滑向殼頂，並往外側輕輕挑出，多挑幾次，就可以把閉殼肌割斷。依此步驟，再把另一邊的閉殼肌也割斷。割斷後，韌帶的彈性會自動把雙殼彈開，我們就可以看到破壞最少的蛤蜊內部了。



二、問卷調查

總共訪問了學校裡的教職員共 24 人，訪問的題目是：『請問您認爲「有的蛤蜊煮後不開」的原因是啥？』統計結果如下

您認爲「有的蛤蜊煮後不開」的原因是啥？	人數
1.因爲煮前已經死了、臭了，煮了才不開	16
2.因爲它太強韌了，煮了才不會開（生命力特別強）	2
3.煮的方式不對（不夠久，或溫度不夠）	6
4.不知道	0

另外，我們還附帶一問：老師，您對您的答案肯定性如何？ 24 人中有 18 位表示「肯定」！由此問卷，「流言」出現了，我們接下來要做的就是——的檢驗這些流言的真實性。

三、實驗進行

實驗一 檢驗：「煮前已死的蛤蜊」煮後殼便不開的說法

（一）思考邏輯：先刻意使蛤蜊死亡，再下鍋去煮，便可得知這個說法的正確性

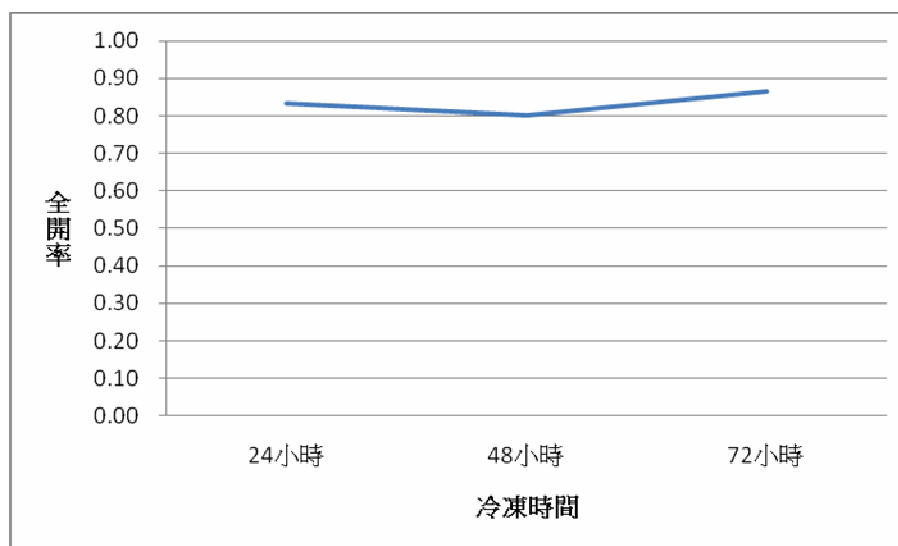
（二）步驟：1. 將活的蛤蜊置入冰箱冷凍庫，予以凍斃

3.置入 100°C 滾水中，並記錄開合情況

4.改變冷凍時間的長短，並重複步驟 1. 2.

（三）實驗紀錄

	第一組	第二組	第三組
冰凍時間	24 小時	48 小時	72 小時
蛤蜊總數	30	30	30
全開	25	24	26
半開	3	3	0
略開	0	0	2
未開	2	3	2



(四) 討論

1. 我們給予全開、半開、略開、未開狀態的定義：

全開--- 兩閉殼肌均脫離

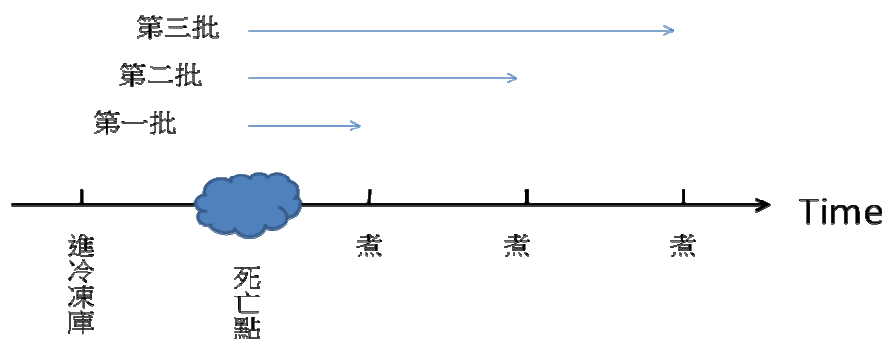
半開--- 一閉殼肌連結在殼上，另一脫離

略開--- 閉殼肌均未脫離，且閉殼肌放鬆，殼緣略開

未開--- 雙殼完全未開



2. 爲了瞭解冰凍 24 小時後的蛤蜊是否有可能還是「活著」，我們將其置於水盆中退冰，再以利刃略爲撐開雙殼，再觀察牠們是否具有閉合的力量，若是沒有，即視爲已死，已失去正常健康的個體應有的反應。觀察的結果是：這些蛤蜊已經死亡。
3. 改變冰凍時間的長短是爲了瞭解：蛤蜊在死亡後，隔了一段或長或短的時間，再下鍋去煮，是否會影響開閉的狀況。並且我們不允許腐敗的變因介入，故仍置於冷凍庫中，等待預定的時間，再予下鍋。



4. 我們思考「把蛤蜊冰凍多久會死亡」的問題，作了一些小實驗後，發現很難回答這個問題，應該是有很大的個體差異的因素在當中。例如冰凍 8 小時的蛤蜊，退冰後，有的已失閉殼之力，有的仍有。所以對整個群體來看，死亡點是一個區間，不是一個明確的時間點。可以確定的是，冰凍 24 小時後，蛤蜊均已死亡。
5. 下鍋煮後未開的個體，我們將其切開，發現裡面的狀況是：外套膜附著狀況良好，兩閉殼肌均未脫落。
6. 「煮前已死的蛤蜊，煮後殼便不開」的說法如果是正確的，本實驗過程中所製造出來的「煮前已死的蛤蜊」，在煮後殼打開的比率應會大降才是，結果卻完全不是如此，全開率均相當高。

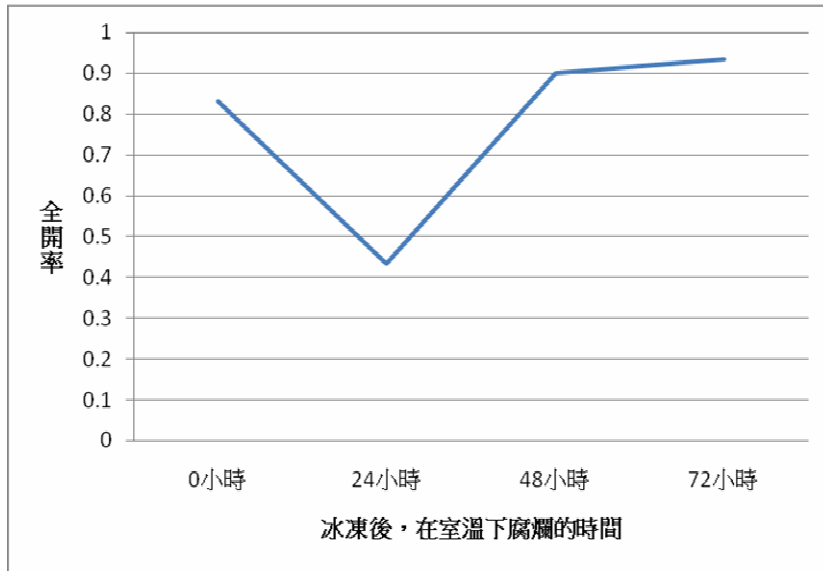
實驗二

檢驗：煮前已死「且臭掉」的蛤蜊，煮後殼便不開的說法

- (一) 思考邏輯：使蛤蜊死亡，且放到臭掉，再下鍋去煮，可得知這個說法的正確性。
- (二) 步驟：
 1. 將活的蛤蜊置入冰箱冷凍庫，予以凍斃
 2. 冷凍 24 小時後，取出，分三組，均置於室溫下
 3. 置於室溫下 24 小時後，第一組下鍋；再 24 小時後，第二組下鍋；再 24 小時後，第三組下鍋。

(三) 實驗紀錄

	第一組		第二組		第三組	
冰凍後，在室溫下時間	24 小時		48 小時		72 小時	
蛤蜊總數	30		30		30	
	煮前	煮後	煮前	煮後	煮前	煮後
全開	0	13	8	27	18	28
半開	0	1	4	1	2	2
略開	25	0	15	0	9	0
未開	5	16	3	2 (但輕撥即開)	1	0



(四) 討論

1. 數據說明

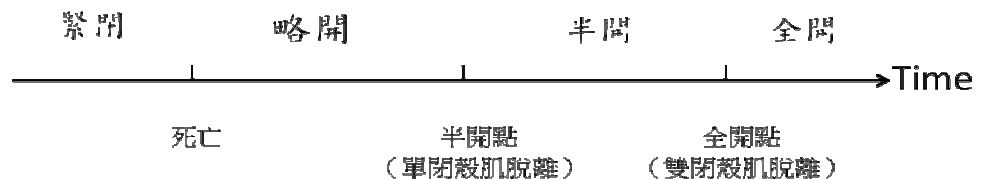
- (1) 第二組及第三組都發生了一個狀況：有的蛤蜊還沒下鍋，就打開了，甚至是「全開」（兩閉殼肌均脫離），故我們把「煮之前」、「煮之後」開合的狀況分欄記錄下來。
- (2) 並且「煮之後」的「全開」的數據是包含了「煮之前」就「全開」的數量

2. 圖形說明

0 小時的資料點，是從「實驗一」中第一組（冷凍 24 小時，未經過腐敗）取過來的，可以讓腐敗所造成的影響更清楚的表現出來

3. 本實驗告訴我們：腐敗的狀況是會影響煮後開合的。腐敗時間的增加，造成「全開率」先下降再上升。
4. 腐敗，在第一組造成了高達 16 顆未開的記錄！但奇怪的是，第二、三組則沒有這個現象。如果說，腐敗會造成蛤蜊煮後不開，那麼，腐敗的愈久，蛤蜊不開的情況應該愈多才對，所以我們推論：「腐敗」不是一個單純的狀況、這個狀況裡面還有另外的「細節」在影響開合。我們會在最後的「總討論」裡作分析。
5. 由這個實驗，我們可以完整的觀察到一隻蛤蜊從活著，到死亡，到腐爛的雙殼狀態，如下：

（因在淡水中，（因閉殼肌放鬆）



註：我們發現，在淡水盆中保持「略略打開」的個體（尚未烹煮），外套膜、閉殼肌仍完好連結，故造成雙殼略開的狀況是來自於「閉殼肌的放鬆」

6. 由上面的思考，我們明白了：我們買蛤蜊的地方（家樂福），把吐完沙後的蛤蜊置於淡水槽中，若看到略開的蛤蜊，就把它挑起，丟掉，認為它已經死亡，是很有道理的。

7. 第一組中：

{	煮前，「略開」者，有 25 顆
	煮後，「略開」者，變為 0 顆

這些「煮前」「略開」的 25 顆，「煮後」跑到哪裡去了呢？

→它們有的變為「未開」，有的變為「半開」，有的變為「全開」

其中最特別的是由「略開」變為「未開」的個體，我們會在最後的「總討論」中討論這件事發生的機制。

實驗三 檢驗：「煮的不夠久」煮後殼便不開的說法

(一) 思考邏輯：把煮後未開的蛤蜊，再繼續煮下去，可得知這個說法的正確性。

(二) 步驟：將**實驗一**，**實驗二**中煮後未開的個體，繼續加熱下去，「大滾」二十分鐘

(三) 實驗紀錄

煮後未開個數		大滾 20 分鐘的結果	
未 開	23	全開	2
		半開	3
		略開	3
		未開	15

(四) 討論

1. 由本實驗可以看到本來煮後未開的個體繼續加熱許久，只見極少數的個體發生由「未開」到「全開」的現象，變成「半開」或「略開」的數量也不多，「未開」的個體占大多數，也就是維持原樣。
2. 故「煮的不夠久」煮後殼便不開的說法，由這裡可以看到，是不大對的。

實驗四 檢驗：「煮的溫度不夠」煮後殼便不開的說法

(一) 思考邏輯：把蛤蜊用更高的溫度加熱，可得知這個說法的正確性。

- (二) 步驟：
1. 將加熱的媒介改為大豆沙拉油，將溫度加熱到 140 度 C
 2. 將蛤蜊置入熱油中五分鐘，並記錄開合情況
 3. 重複步驟 1. 2. 作為第二組



(三) 實驗紀錄

	第一組	第二組
總數	30	30
全開	9	12
半開	3	9
略開	0	0
未開	18	9

(四) 討論

1. 本實驗所採用的蛤蜊為死亡的個體，原因是我們在所有的實驗中的確發現死亡的個體有較多未開的現象，所以用死亡的個體來加熱，有比較多的機會來觀察「高溫的油」是否可以「消滅」未開的蛤蜊。
2. 結果顯示：「煮的溫度夠」煮後殼仍然不開的個體仍然有許多。
3. 我們另作了更高溫度熱油的狀況（200 度 C），結果蛤蜊下鍋後雙殼被炸得支離破碎，已經沒有所謂的「全開」「半開」「略開」…，故無法作分析。

實驗五

檢驗：「煮的溫度不夠」煮後殼便不開的說法 ---之二

- (一) 步驟：將加熱的方式改為用瓦斯噴燈直接加熱，加熱至雙殼打開，以五分鐘為限，五分鐘仍未開者就算為「未開」



(二) 實驗紀錄

	總數	全開	半開	略開	未開
噴燈烤五分鐘結果	30	23	2	1	5

(四) 討論

1. 本實驗所採用的蛤蜊為死亡的個體，理由與實驗四相同。結果顯示：「煮的溫度更高」煮後殼仍然不開的個體仍然存在。
2. 在這個實驗裡發現一個很有趣的現象，我們用瓦斯噴燈烘烤蛤蜊的某一面殼，當這個蛤蜊打開後，閉殼肌與被加熱的那一面殼必定是分離的，加熱下面的殼，就是下面的接點斷；加熱上面的殼，就是上面的接點斷，屢試不爽。我屢由此知道，閉殼肌與殼的連結處，受高溫會有「熱破壞」的現象，造成閉殼肌的兩個接點，受到高溫者會「優先脫離」。
3. 由實驗三、實驗四及實驗五我們可以知道：「煮的方式不對（不夠久，溫度不夠高）煮後殼便不開」的說法是不大對的。

伍、總討論

一、在一連串的實驗中，我們煮掉上千元的蛤蜊，也得到了許多珍貴的心得。比如說：一個蛤蜊要完全的張開，它的閉殼肌必定是與殼發生了脫離，這是唯一的理由。然而「脫離」所需要的力量從何而來呢？又為什麼閉殼肌都是從端點脫離，而不是從中間撕裂呢？

我們得到的答案如下：「脫離」所需要的力量是來自於「肌肉的收縮」，這個收縮不是蛤蜊的意識作用，這種收縮是來自於「受熱」的緣故。我們都知道，烤肉肉會縮、烤小捲會更捲的現象，這是因為蛋白質遇熱會變質，體積會縮小的緣故。同樣的道理，蛤蜊身體、閉殼肌、外套膜，受熱全都收縮。外套膜收縮，就會脫離貝殼內面，留下外套痕；閉殼肌收縮，就會拉緊兩片貝殼，使其閉合起來，這就是為什麼本來雙殼已經略開的死亡的個體，煮了之後，貝殼反而會閉起來的原因了。

然而，這種閉殼肌的收縮，並不會在貝殼閉合後就自動停下來，有的個體收縮的程度會更大，閉殼肌會變得「更短」，這時候，閉殼肌的端點就開始承受過大的「拉力」，再加上高溫對端點接合處的熱破壞，閉殼肌的端點就很容易跟貝殼脫離了。

二、由上一點，我們可以整理出蛤蜊貝殼「受熱打開的機制」（活體、死體皆符合）

閉殼肌受熱收縮 → 超過端點拉力極限 → 肌與殼分離

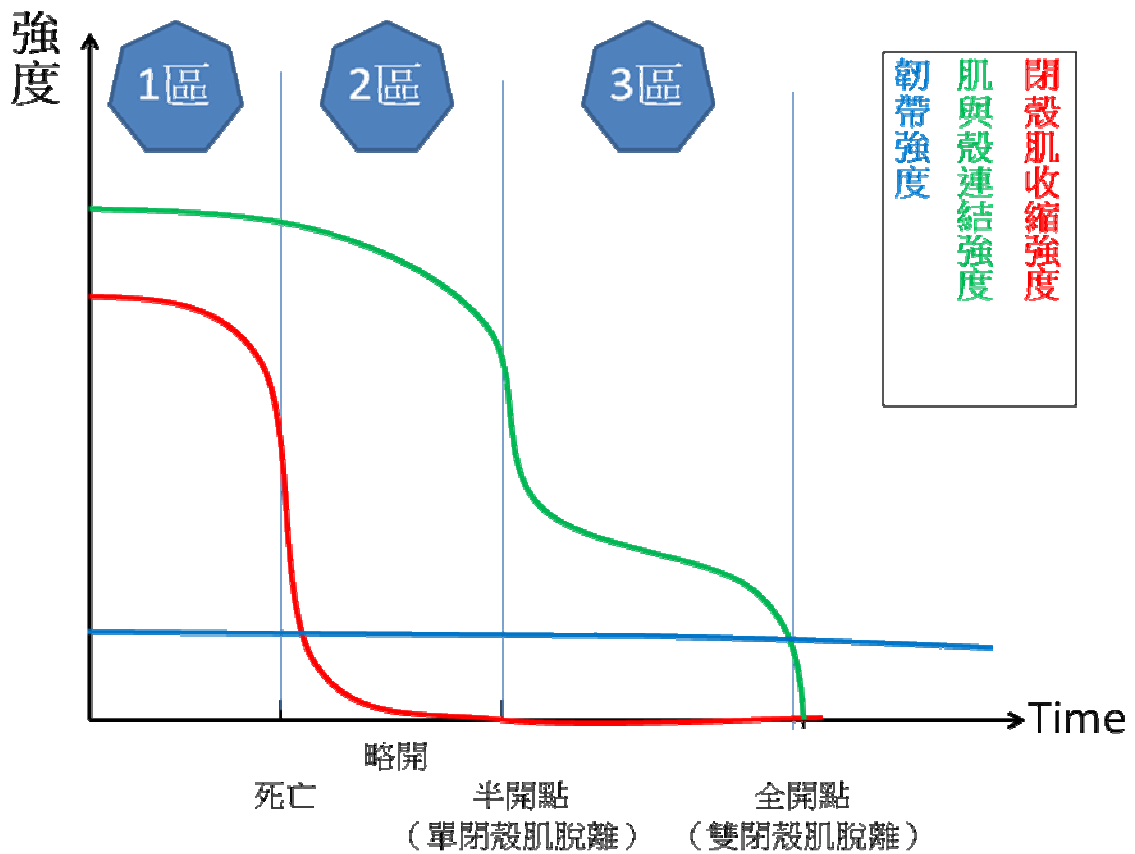
→ 韌帶發揮彈性 → 將殼彈開

當中若有步驟執行的不足，那麼殼就不會打開，就是在實驗中所得到的「未開」者。

例如：閉殼肌受熱收縮的程度較小的個體，端點不會過分受力，肌與殼就不會分離，韌帶的彈性比不上閉殼肌，殼就不會打開。

又例如：有一種狀況是用噴燈烘烤後，蛤蜊未開，但冷卻後用手輕輕一撥，雙殼就開了。這種狀況的原理是：閉殼肌端點幾乎失去連結，故閉合之力很弱，但韌帶的彈性卻也因高熱而被破壞了（有時韌帶會直接烤到火），所以貝殼仍是不開。

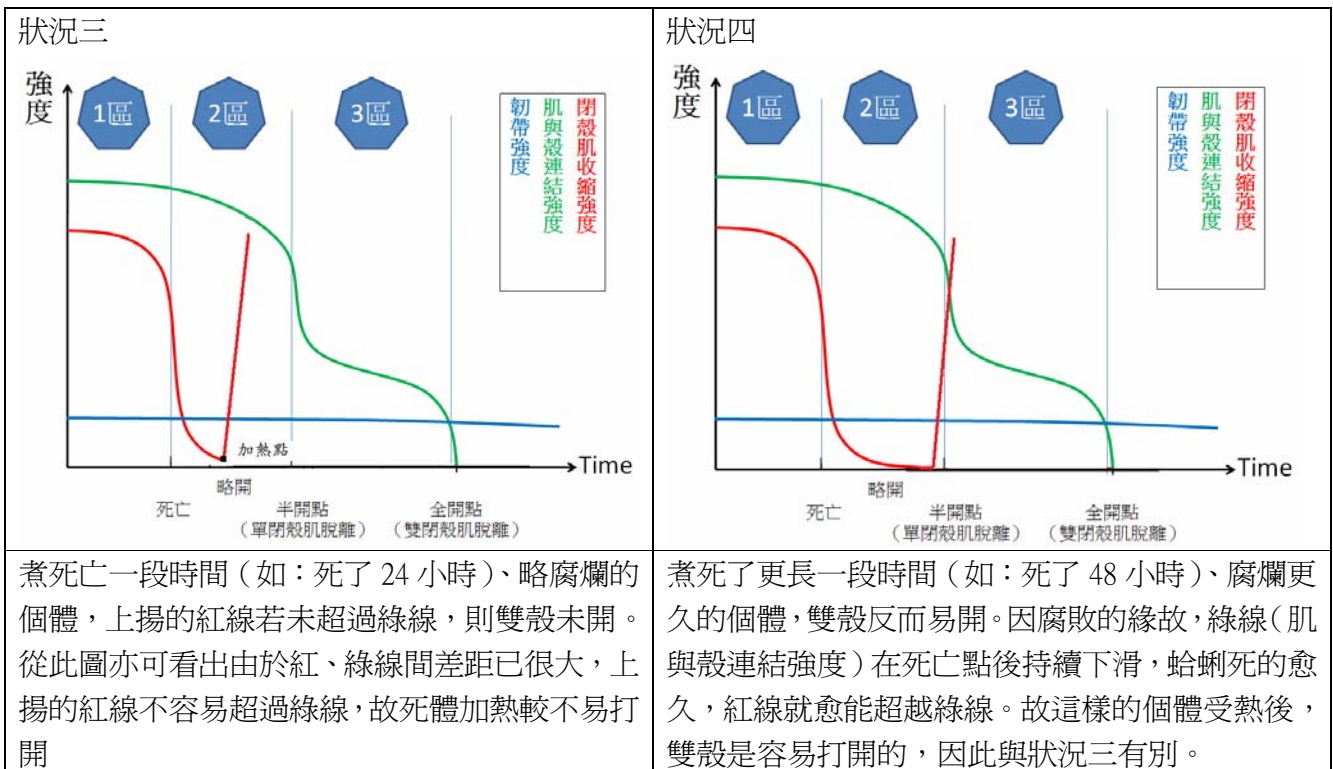
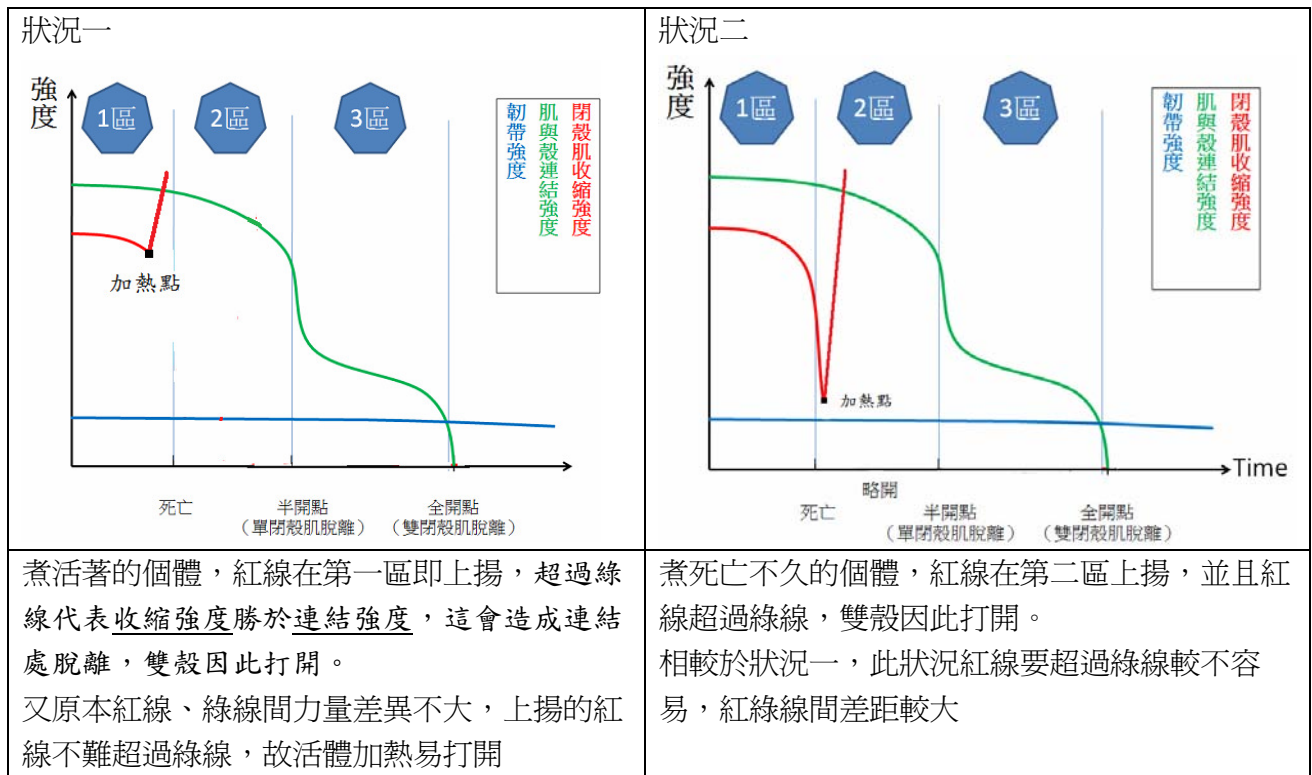
三、以上的推理可再以關係圖作更詳細的表達：



說明：

1. 此關係圖是在描述未受熱的個體
2. 我們定了三個重要的時間點，如圖所示。
3. 藍色的線代表-----韌帶強度，相當穩定，幾乎不隨時間變化
紅色的線代表-----閉殼肌收縮強度，在個體死亡後就降為零
綠色的線代表-----兩閉殼肌與貝殼間的總連結強度，在個體死亡後就緩緩下降，至半開點突降一截(因一閉殼肌脫離)，再繼續緩降，至全開點降至零(因另一個閉殼肌也脫離了)
4. **處於第一區的個體**：閉殼肌收縮強度與閉殼肌連結強度均勝過韌帶強度，故雙殼緊閉
處於第二區的個體：閉殼肌連結強度勝過韌帶強度，故雙殼不會大開；而閉殼肌收縮強度降至零(即閉殼肌放鬆)，故雙殼會略開
處於第三區的個體：同樣閉殼肌連結強度勝過韌帶強度，故雙殼不會全開，但因一閉殼肌已脫離，殼會開得較大，成為半開的狀態

四、上面的關係圖，是在描述未受熱的自然個體，當我們把蛤蜊下鍋去煮，圖形會有變化，主要的、決定性的變化，是在那條紅線，已死的個體照理說閉殼肌收縮的力量為零，可是我們在前面已說明過：閉殼肌遇熱也會有收縮的力量。也就是說，那條紅線在受熱後會起死回生似的「往上衝」，如下圖，有四種狀況的介紹：



五、在實驗二所遇到的難以解釋的狀況：腐敗時間的增加，造成「全開率」先下降再上升。
即為上一點所提到的狀況三及狀況四。

- { 狀況三：「全開率」下降
- { 狀況四：「全開率」上升

可以成功的解釋這個狀況，並可以解釋一切我們曾遇到的開合狀況，故我們所推理出來的關係圖應該是相當正確的

六、一個完全健康的蛤蜊煮後有可能不開嗎？我們的答案是：有可能。由我們提出的關係圖可以看到，只要紅線未能超過綠線，殼就不會開。而紅線未能超過綠線，可分兩種情況討論：

1. **綠線太高**：某些蛤蜊可能天生（個體差異）閉殼肌與殼的連結就較為強韌，造成連結被扯斷的「門檻」較高。這樣的個體煮後就有很大的機會不開殼。
2. **紅線衝不上來**：紅線上衝是代表肌肉「受熱收縮」拉扯貝殼閉合，若是個體的閉殼肌原先就較長，受熱收縮後的長度還夠長，拉扯貝殼的力量就不會那麼大，那這樣的個體煮後也可能不開殼。或是閉殼肌原先較瘦小衰弱，受熱收縮後拉扯貝殼的力量也就比較小，也會有同樣的結果。

七、「煮前已死且臭掉的蛤蜊，煮後殼便不開」的說法從另一件事來看也是有問題的：死亡後的個體閉殼肌已放鬆，雙殼會略開，我們看到這種狀況的蛤蜊，在做菜的時候是不會把牠們丟下去煮來吃的。且真正臭掉的蛤蜊，牠的閉殼肌會脫離，殼會大開。所以一般來講，我們在家看到的煮後未開的個體，並不是因為臭掉腐爛的緣故。

陸、結論

1. 「煮前已死的蛤蜊，煮後殼便不開」這樣的說法是不好的，應該改為「煮前已死且略腐爛的蛤蜊，煮後殼不開的機會略高一些」
2. 從另一方面，當我們看到鍋裡未開的蛤蜊，是不是能說「不要吃這個蛤蜊，這個蛤蜊一定是死了臭了才不開的」？

我們的答案是：不能。從總討論的第六點，一個完全健康的蛤蜊煮後是有可能不開的；所以，當我們看到煮後不開的蛤蜊，造成的原因不只一種，不見得是「死了臭了」這個原因。也就是說，當我們發現鍋裡有未開的蛤蜊時，爲了不「暴殄天物」、不浪費食物的緣故，以及科學一探究竟的精神，其實是應該把牠打開的，有可能牠仍是一隻鮮美多汁的美味蛤蜊！

3. 煮的方式不對（不夠久，或溫度不夠）的說法，是不對的，煮很久、用更高溫烹煮，仍然可能出現未開的個體。

4. 我們提出---**三力（收縮力、連結力、彈力）的互動變化關係圖**

可成功的解釋蛤蜊的開合狀態與機制

柒、參考資料

1. 台灣貝類圖鑑 賴景陽 貓頭鷹出版 2005 年 10 月
2. 貝類學概論 蔡英亞、張英、魏若飛 水產出版社 1997 年 5 月

【評語】 030307

1. 針對日常生活且為鄉土之物種作為實驗材料，值得鼓勵。
2. 對蛤蠣的背景知識進行了解是正確的方向。
3. 蛤蠣煮不開的原因，建議可先於採樣時觀察蛤蠣的活性，釐清健康情形，再進行後續的實驗，則會有明確的結論。
4. 研究開殼肌是很好的構想，可進一步探討。