

臺灣二〇〇六年國際科學展覽會

科 別：物理科

作 品 名 稱：我的味噌湯-微小顆粒在液體中沈澱模式之觀察研究

得 獎 獎 項：第三名

學 校 / 作 者：國立高雄師範大學附屬高級中學 吳國賓

作者簡介

姓 名：吳國賓

學 校：國立高雄師範大學附屬高級中學

作品名稱：

微小顆粒在靜止液體中沉澱模式之觀察研究

The Study of the settling mode of the viscid micro-particle in the static liquid.

自我介紹：

我叫國賓，興趣是打球、旅行。這次，我給自己一項挑戰—科學展覽。我做這實驗的時候，並很多精密的儀器可以使用，但我們很開心的是我們以自己發明的實驗設計來進行實驗。既簡單、不昂貴又方便，雖然花了許多時間，不過我忙得很愉快！在研究的過程中，我學習到細膩的分析、多元思考模式以及科學研究的方法，也讓我更希望往科學研究的領域努力。



目錄

壹、 摘要	.....	1
貳、 研究動機	.....	3
參、 研究目的	.....	3
肆、 研究器材與裝置	.....	4
伍、 實驗過程與結果	.....	6
攝影畫面處理方式	.....	7
沈澱穩定性實驗	.....	7
實驗一：不同濃度味噌湯在相同溫度下的沉澱模式觀察研究	.....	10
實驗二：不同溫度，同樣濃度味噌湯之沉澱模式觀察研究	.....	14
實驗三：改變容器形狀之觀察沉澱面是否有改變	.....	19
實驗四：食鹽添加與否對味噌沈降行為之影響	.....	20
陸、 結果與討論	.....	21
柒、 未來展望與建議	.....	23
捌、 參考資料	.....	24

Abstract

The purpose of the research is to investigate the settling mode of the viscous micro-particle, such as the ones from the “Miso Soup”, in static liquid. We constructed the “constant temperature environment” by constant temperature trough and transparent glass trough. The data is gathered from pictures captured from DV and then analyzed by Media Player. We did a stability test prior to the start of the experiment and found the system with good stability.

The results of the experiment are as followed:

1. The settling mode can be divided into four phases: (a) Initial accelerated phase (b) Maximum phase (c) Gradually decelerated phase (d) Stationary phase.
2. The lower the fluid concentration is in the fixed temperature:
 - a. the faster its settling interfaces appears; and the deeper it becomes for the depth of its settling interface.
 - b. the faster the maximum sedimentation rates of the settling interface becomes and the slower it appears.
3. At the fixed concentration, the higher temperature:
 - a. has the bigger maximum sedimentation rates of the settling interface
 - b. gets to the stationary phase sooner
 - c. has shallower stationary settling interfaces
 - d. the time when the settling interface appears is independent with the temperature
4. The shape of the container has no effect on the settling mode as the settling interface is always perpendicular to gravity field.
5. If we add salt into the liquid, the stationary settling interfaces of the result will be higher than non-added ones.

Key word : settling mode sedimentation rate additive

中文摘要

本研究的目的是在於探討味噌這樣的微小黏性顆粒，在靜止液體中的沈澱模式。運用恆溫槽與透明玻璃水槽所建構之恆溫環境透過數位攝影機，以電腦播放軟體於特定時間擷取畫面進行分析。在正式實驗前，進行了穩定性試驗，發現穩定性良好。

實驗的結果發現：

- 一、 沈降模式：可以分為四個時期，分別為（一）起始加速期（二）高峰期（三）逐漸穩定期（四）完全靜止期。
- 二、 在固定溫度下，溶液濃度越低：
 - （一） 出現沈降交界面的時間越短且穩定距離距液面越深。
 - （二） 沈降面沈降速率最大值越大且出現的越晚。
- 三、 在固定濃度下，溶液溫度越高：
 - （一） 沈降面沈降速率最大值越大。
 - （二） 沈降交界面完全靜止期出現的時間越短，也就是越快達到穩定。
 - （三） 沈降交界面的穩定距離距液面越淺。
 - （四） 沈降面沈降速率最大值出現的時間與溶液的溫度無關。
- 四、 容器內部的形狀與沈降面的沈降行為並沒有影響，都是成與重力場垂直的水平線沈降。
- 五、 添加食鹽之後最終穩定沈降面比同濃度同溫度的高了許多。表示添加了食鹽對於味噌溶液有阻止沈澱的效果。

壹、研究動機

「在我自己看來，我只不過是一個在海濱玩耍的小孩，不時地為比別人找到一塊更光滑、更美麗的卵石和貝殼而感到高興，而在我面前的真理的海洋，卻完全是個謎」……牛頓。

日常生活中有許多有趣的事物，雖然在眼前，但若沒有仔細的觀察研究，就會失去了許多瞭解世界的樂趣。我們在一次運動完之後，觀察到我們的養樂多綠茶有慢慢沈澱的現象，而且分層分得蠻奇怪的。我們也想到說味噌湯也有同樣的情形，在學到地球科學也有水庫泥沙有沈澱的情形，在化學課也有自來水場沈澱的例子。所以我們就開始著手來瞭解這樣的微小顆粒在靜止液體中的沈澱情形。在這次的研究中，我們不考慮進行流動的水溶液，因為情形十分複雜，所以本研究只想探討靜止液體的情形。

貳、研究目的







本研究的目的是在於探討味噌這樣的微小黏性顆粒，在靜止液體中的沈澱模式。而考慮的變因為溶液之濃度與溫度，故欲探討的研究問題有以下五點：

- 一、味噌在靜止水溶液中的沈澱模式為何？
- 二、不同濃度味噌湯在相同溫度下的沉澱模式為何？
- 三、不同溫度味噌湯在相同濃度下的沉澱模式為何？
- 四、容器內部形狀對味噌溶液沉澱模式的影響為何？
- 五、加入無機物（食鹽）對味噌溶液沉澱模式的影響為何？

參、研究器材與裝置

一、 實驗設備器材：

實驗儀器	儀器照片	用途說明	備註
味噌		沉澱實驗樣品	本實驗中的所有味噌均使用同一種味噌
恆溫槽		控制水溫	放置在水缸上方 20cm 處
導管(恆溫槽原有)		將恆溫槽的水導入水缸	利用虹吸管把水移到下方的水缸
抽水馬達		將水從水缸抽回恆溫槽	
橡皮管		承接馬達所抽出的水，導回恆溫槽	
圓柱形透明壓克力水缸		轉移恆溫槽的水至其內，以利觀察	本以方形水缸，但發現圓柱狀具放大效果，更利於觀察
試管夾		固定導管並調節水量	

培養皿		加高燒杯高度 ，便於拍攝	
500CC 燒杯		置入味噌水溶液	
DV(DCR-PC109)		拍攝實驗過程	
三角錐 平底燒瓶 底杯 250 cc燒瓶		改變容器底部 及容器形狀	
溫度計		測量溫度	
刮杓		配置味噌	
量筒		測量水量	

二、實驗設備裝置：

(一) 研究設計：

1. 恆溫環境：

在我們開始探討沈澱現象時，僅只在空氣中觀察，雖然很方便，但當我們希望探討到液體溫度對沈澱速度的影響時，就發現味噌液體溫度的改變很快，我們認為是液體溫度與空氣的熱平衡，使得液體降溫。為了改善這樣的情形，也為了使液體溫度得以固定，我們便設計了以恆溫槽所設置的恆溫環境，將燒杯置放在恆溫槽中以「水浴法」的方式維持味噌溶液的溫度。

2. 得以錄影的恆溫環境：

雖然恆溫環境解決了，但我們發現，將燒杯放置於恆溫槽中式無法攝影的（恆溫槽是金屬不透明外殼）。為了解決無法攝影的問題，我們想到將恆溫的恆溫水引導出來，到外面的玻璃水槽，而將味噌溶液置放在玻璃水槽中進行實驗，如此則可兼顧「恆溫」與「攝影」的需求。



在此階段，我們發現，恆溫水槽的水可以導出，但必須形成一循環系統，才可以使得恆溫的水維持循環，所以我們使用了一「抽水馬達」將水抽起，使得恆溫水得以在恆溫槽排出到玻璃水槽後，能藉由抽水馬達導管回到恆溫槽加熱。

肆、實驗過程與結果

一、攝影畫面處理方式：

本研究主要的觀察方式，摒棄以往的直接目視的方式，採用以數位攝影機攝影，在攝影後以電腦進行播放。在電腦上進行畫面暫停、擷取與數據的量測與轉換。

此方式的優點有：

1. 利用攝影機可節省人力需求，在所有條件設定好之後，只要進行攝影與恆溫水的循環，即可離開上課，不需一直守在實驗旁。
2. 運用電腦進行交界面的分析，可以在設定的時間到了之後將畫面暫停，以最仔細的方式量測其位置與時間，若有疑問也可重複播放以確認正確位置。可以比以前的目視、計時法有更精確的實驗結果。
3. 可以快速播放的模式，快速的觀察在長時間的沈澱過程中的模式。



二、先前實驗：沈澱穩定性實驗

(一) 研究設計：

1. 我們的想法：

在沈澱的過程中，我們擔心會因為外在的無可控制因素（空氣氣流、水流等）的影響而致使實驗產生不穩定的結果。我們爲了要瞭解這樣不穩定的結果的差別是否會很大，也就是說，希望知道我們每次進行的實驗是否都足夠穩定，我們在所有實驗之前進行了這樣的穩定性實驗。希望能藉由可控制下的所有條件均相同下的五次的實驗，來看看實驗的穩定性如何。

如果這五次的實驗的情形變化不大，我們就可以接受，這樣的實驗是有穩定、可重複發生性的重要結果了。

2. 我們的設計：

爲了瞭解同樣條件下，沈澱的結果是否均接近。我們將條件固定如下：

- (1) 循環水的溫度：30℃
- (2) 味噌的重量：30 公克
- (3) 水溶液的體積：500c.c.

在以上可控制的條件固定之後，此們及進行味噌沈澱實驗，觀察味噌沈澱時，清澈與混濁交界面的形成時間與高度，逐步紀錄之。爲了進行穩定性實驗，我們將此實驗共重複五次，以瞭解其穩定、重現性的情形。

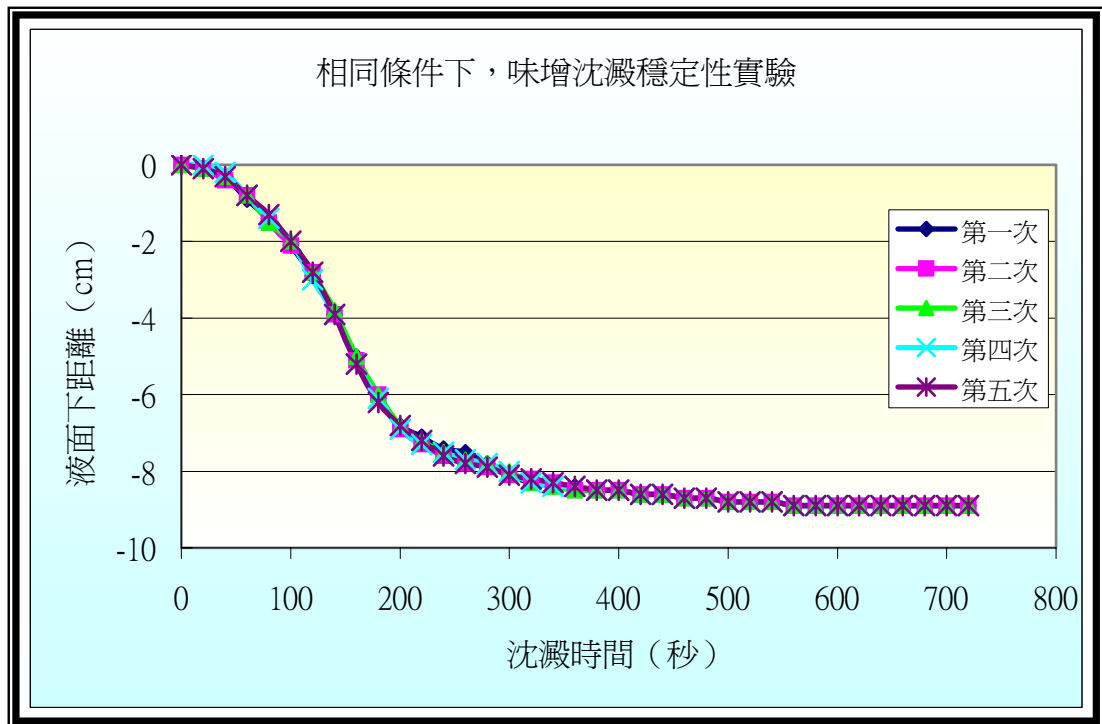
3. 實驗結果：

我們將五次同樣條件下，味噌溶液的沈澱時間與距液面距離的實驗結果製表如下：

時間（秒）	第一次	第二次	第三次	第四次	第五次
0	0	0	0	0	0
20	-0.1	-0.1	-0.1	0	-0.1
40	-0.3	-0.4	-0.3	-0.2	-0.3
60	-0.9	-0.8	-0.9	-0.8	-0.7
80	-1.4	-1.5	-1.5	-1.4	-1.3
100	-2.1	-2.1	-2	-2	-2
120	-2.9	-2.8	-2.8	-3.0	-2.8
140	-3.9	-3.9	-3.8	-3.9	-3.9
160	-5.0	-5.1	-5.0	-5.2	-5.2
180	-6.1	-6	-6	-6.1	-6.2
200	-6.8	-6.9	-6.8	-6.9	-6.8
220	-7.1	-7.3	-7.2	-7.3	-7.2
240	-7.4	-7.6	-7.5	-7.5	-7.6
260	-7.5	-7.8	-7.7	-7.7	-7.8
280	-7.8	-7.9	-7.8	-7.8	-7.9
300	-8.1	-8.1	-8	-8	-8.1
320	-8.3	-8.2	-8.3	-8.3	-8.2
340	-8.4	-8.3	-8.4	-8.4	-8.3
360	-8.4	-8.5	-8.5	-8.4	-8.4
380	-8.5	-8.5	-8.5	-8.5	-8.5
400	-8.5	-8.5	-8.5	-8.5	-8.5
420	-8.6	-8.6	-8.6	-8.6	-8.6

440	-8.6	-8.6	-8.6	-8.6	-8.6
460	-8.7	-8.7	-8.7	-8.7	-8.7
480	-8.7	-8.7	-8.7	-8.7	-8.7
500	-8.8	-8.8	-8.8	-8.8	-8.8
520	-8.8	-8.8	-8.8	-8.8	-8.8
540	-8.8	-8.8	-8.8	-8.8	-8.8
560	-8.9	-8.9	-8.9	-8.9	-8.9
580	-8.9	-8.9	-8.9	-8.9	-8.9
600	-8.9	-8.9	-8.9	-8.9	-8.9
620	-8.9	-8.9	-8.9	-8.9	-8.9
640	-8.9	-8.9	-8.9	-8.9	-8.9
660	-8.9	-8.9	-8.9	-8.9	-8.9
680	-8.9	-8.9	-8.9	-8.9	-8.9
700	-8.9	-8.9	-8.9	-8.9	-8.9
720	-8.9	-8.9	-8.9	-8.9	-8.9

4. 實驗圖表：



5. 結果分析：

由在相同條件下的五次實驗可以看出來，五條線條的重合度相當的高，顯示了在我們這樣的實驗條件之下，實驗具有相當好的穩定性與重現性。這樣的結果

對我們的研究意義很大，因為我們以後的實驗就可以以此為基礎來支持實驗的穩定性，不用擔心實驗時的其他因素的影響。

三、**實驗一**：不同濃度味噌湯在相同溫度下的沉澱模式觀察研究

(一)研究設計

爲了要瞭解不同濃度味噌湯在相同溫度下的沉澱模式，我們做了以下的變因設計：

1. 操縱變因：不同濃度的味噌溶液（分別在加入 30g,40g,50g）
2. 控制變因：
 - a. 溶液的溫度（30°C）
 - b. DV 拍攝的角度
 - c. 均泡成 500C.C.的味噌水溶液

(二)研究步驟：

1. 將循環水置入所我們設計的裝置中，設定至所需溫度
2. 將味噌秤重後放入燒杯，加水混合。以攪拌棒攪拌味噌均勻分散，以調製不同濃度的味噌水溶液，溫度與恆溫槽內相同
3. 將燒杯放入水缸，靜置且以 DV 拍攝
4. 研究拍攝內容，紀錄特徵及關鍵處，擷取其圖樣。
5. 把實驗數據紀錄後，作出沉澱面與水面距離-時間的 S-t 圖表。

(三)實驗數據：

30°C 30g/500ml				30°C 40g/500ml				30°C 50g/500ml			
時間 (秒)	距液面 (公分)	移動 距離 (cm)	沈降速率 (0.001cm / sec)	時間 (秒)	距液面 (公分)	移動 距離 (cm)	沈降速率 (0.001cm / sec)	時間 (秒)	距液面 (公分)	移動 距離 (cm)	沈降速率 (0.001cm / sec)
0	0	0.1	5.0	0	0	0.1	3.3	0	0	0	0.0
20	0.1	0.2	10.0	30	0.1	0.2	6.7	20	0	0	0.0
40	0.3	0.5	25.0	60	0.3	0.7	23.3	40	0	0.1	5.0
60	0.8	0.6	30.0	90	1	0.4	13.3	60	0.1	0.4	20.0
80	1.4	0.6	30.0	100	1.4	0.3	10.0	80	0.5	0.3	15.0

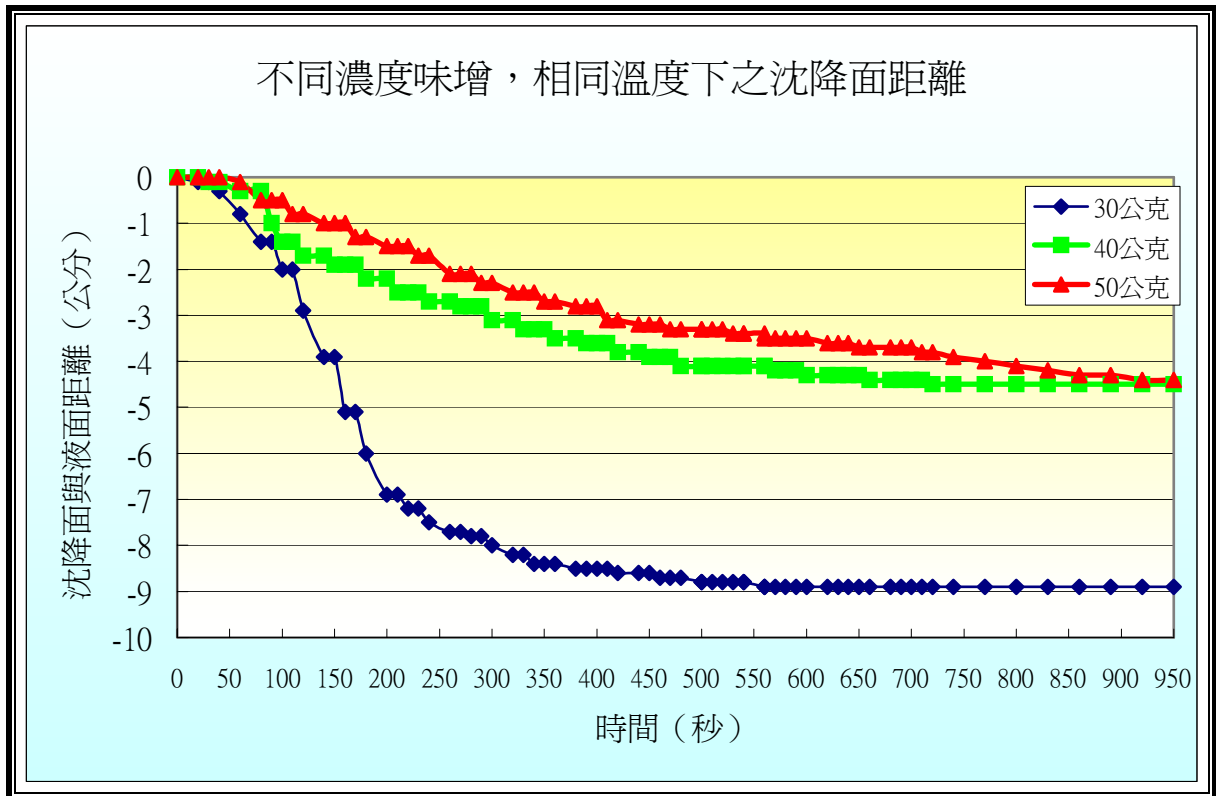
100	2	0.9	45.0	120	1.7	0.2	6.7	110	0.8	0.2	6.7
120	2.9	1	50.0	150	1.9	0.3	10.0	140	1	0.3	10.0
140	3.9	1.2	60.0	180	2.2	0.3	10.0	170	1.3	0.2	6.7
160	5.1	0.9	45.0	210	2.5	0.2	6.7	200	1.5	0.2	6.7
180	6	0.9	45.0	240	2.7	0.1	3.3	230	1.7	0.4	13.3
200	6.9	0.3	15.0	270	2.8	0.3	10.0	260	2.1	0.2	6.7
220	7.2	0.3	15.0	300	3.1	0.2	6.7	290	2.3	0.2	6.7
240	7.5	0.2	10.0	330	3.3	0.2	6.7	320	2.5	0.2	6.7
260	7.7	0.1	5.0	360	3.5	0.1	3.3	350	2.7	0.1	3.3
280	7.8	0.2	10.0	390	3.6	0.2	6.7	380	2.8	0.3	10.0
300	8	0.2	10.0	420	3.8	0.1	3.3	410	3.1	0.1	3.3
320	8.2	0.2	10.0	450	3.9	0.2	6.7	440	3.2	0.1	3.3
340	8.4	0	0.0	480	4.1	0	0.0	470	3.3	0	0.0
360	8.4	0.1	5.0	510	4.1	0	0.0	500	3.3	0.1	3.3
380	8.5	0	0.0	540	4.1	0.1	3.3	530	3.4	0.1	3.3
400	8.5	0.1	5.0	570	4.2	0.1	3.3	560	3.5	0	0.0
420	8.6	0	0.0	600	4.3	0	0.0	590	3.5	0.1	3.3
440	8.6	0.1	5.0	630	4.3	0.1	3.3	620	3.6	0.1	3.3
460	8.7	0	0.0	660	4.4	0	0.0	650	3.7	0	0.0
480	8.7	0.1	5.0	690	4.4	0.1	3.3	680	3.7	0.1	3.3
500	8.8	0	0.0	720	4.5	0	0.0	710	3.8	0.1	3.3
520	8.8	0	0.0	740	4.6	0.1	3.3	740	3.9	0.1	3.3
540	8.8	0.1	5.0	770	4.6	0	0.0	770	4	0.1	3.3
560	8.9	0	0.0	800	4.6	0	0.0	800	4.1	0.1	3.3
580	8.9	0	0.0	830	4.7	0.1	3.3	830	4.2	0.1	3.3
600	8.9	0	0.0	860	4.7	0	0.0	860	4.3	0	0.0
620	8.9	0	0.0	890	4.7	0	0.0	890	4.3	0.1	3.3
640	8.9	0	0.0	920	4.7	0	0.0	920	4.4	0	0.0
660	8.9	0	0.0	950	4.7	0	0.0	950	4.4	0	0.0
680	8.9	0	0.0								
700	8.9	0	0.0								
720	8.9	0	0.0								

※數據說明：

1. 時間：為沈澱開始後所量測的時間，單位：秒。
2. 距液面：為沈澱後的清濁交界面與水面的距離，單位：公分。
3. 移動距離：為兩時間間隔之間，清濁交界面的下降距離，單位：公分。
4. 沈降速率：為清濁交界面的下降距離除以所間隔的時間，單位：0.001cm / sec。

(四) 實驗圖表解讀：

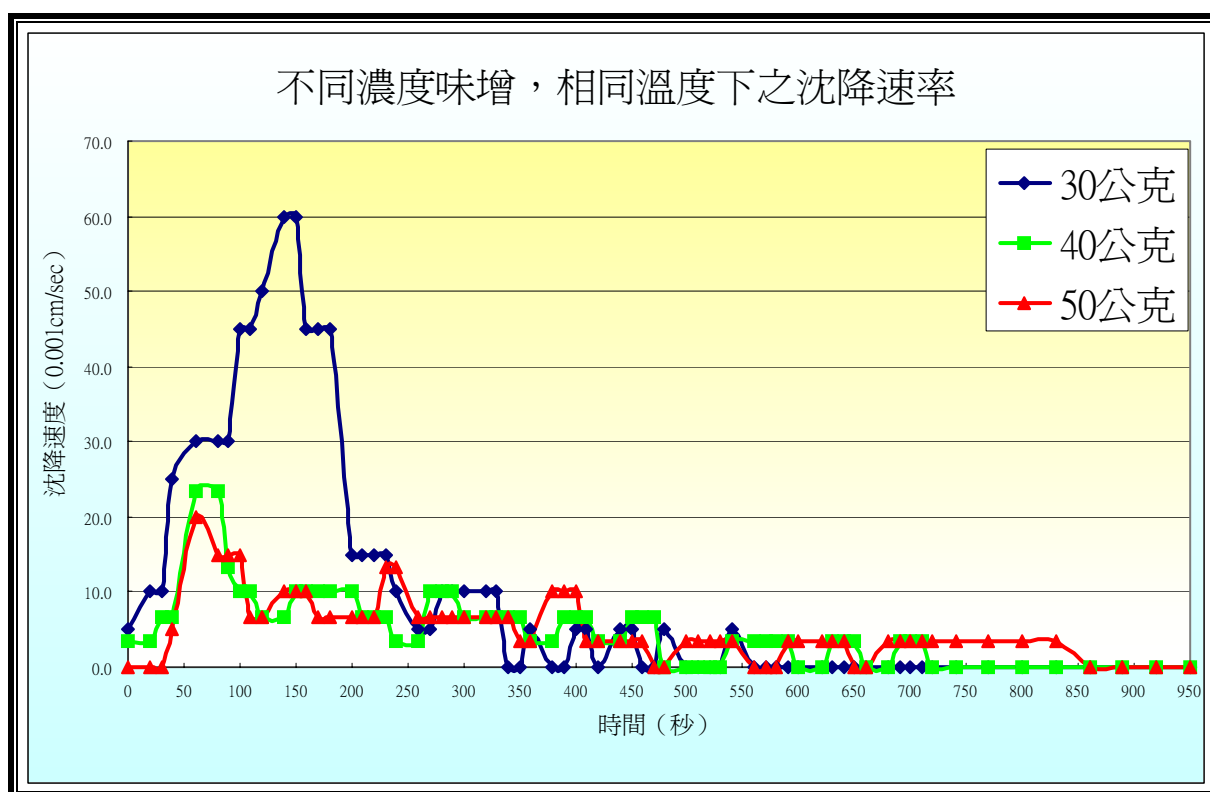
1. 討論不同濃度味增，相同溫度下之沈降面距離：



圖表說明：由沈降面距液面距離的圖表可以看出：

- (1) 清濁交界面的沈降面的出現時間(表中之藍色數字)，以 30g/500ml 的為最早(20 秒)，接下來為 40g/500ml 的，最晚出現的為 50g/500ml 的味增溶液。由此實驗結果，我們推論：由完全混濁之味增水溶液至開始出澄清與混濁的交界面的時間與溶液的濃度有關。溶液濃度越低，出現沈降交界面的時間越短。
- (2) 清濁交界面的沈降面的穩定距離(表中之橘紅色數字)：以 30g/500ml 的距液面最遠(8.9 公分)，接下來為 40g/500ml 的，距離最短的為 50g/500ml 的味增溶液。由此實驗結果，我們推論：由味增水溶液的沈降面生成至沈降面停止下降的距離與溶液的濃度有關。溶液濃度越低，沈降交界面的穩定距離距液面越深。
- (3) 由上述(2)中有一點可以加以注意的，即為雖然 40g/500ml 的味增水溶液的穩定沈降面距離較 50g/500ml 為深，但差異不大。關於這點，我們認為應該會有一個臨界濃度。也就是超過此濃度之後，清濁交界面的最終穩定深度將會十分接近。我們推測，此濃度應為味增與水溶液的飽和濃度。

2. 不同濃度味增，相同溫度下之沈降速率：



圖表說明：由沈降面的沈降速率圖可以看出：

- (1) 沈降面的沈降速率趨勢：由三種不同濃度的味增水溶液均可以看出，沈降速度可分為四個階段：
 - a. 起始加速期：在此段時期中，沈降面開始出現，且沈降速度持續增加。
 - b. 高峰期：此段期間不長，約只有幾十秒，此時的沈降速度有一高峰值。
 - c. 逐漸穩定期：此段期間，沈降速度急速下降，沈降面逐漸達到一穩定值，而沈降速率逐漸變慢。
 - d. 完全靜止期：此處的靜止指的是此時期沈降面不再下降，沈降速度變為零。而非味增粒子的靜止。
- (2) 若以沈降面四階段來描述三種不同濃度的溶液，我們發現：
 - a. 30g/500ml：起始加速期很早發生，加速的加速度最大。高峰期時間也最久，峰值也最高。完全靜止期也最早發生。
 - b. 40g/500ml：起始加速期較慢發生。高峰期時間不長，很快即進入逐漸穩定期而逐漸達到完全靜止期。
 - c. 50g/500ml：起始加速期較晚發生。高峰期時間不長，很快即進入逐漸穩定期而完全靜止期也最晚發生。
- (3) 沈降面的沈降速率最大值（表中之紅色數字）：由結果可知，沈降速率最大

值以 30g/500ml 的為最快 ($60.0 \times 10^{-3} \text{cm/sec}$)，接下來為 40g/500ml 的 ($23.3 \times 10^{-3} \text{cm/sec}$)，速度最大值最小的為 50g/500ml ($20.0 \times 10^{-3} \text{cm/sec}$)。由此實驗結果，我們推論：由味噌水溶液的沈降面沈降速率最大值與溶液的濃度有關。溶液濃度越低，沈降面沈降速率最大值越大。

- (4) 沈降面的沈降速率最大值出現時間 (表中之綠色數字)：由結果可知，沈降速率最大值出現時間以 30g/500ml 的為最晚 (140sec)，接下來為 40g/500ml 與 50g/500ml 的 (60sec)。由此實驗結果，我們推論：由味噌水溶液的沈降面沈降速率最大值的出現時間與溶液的濃度有關。溶液濃度越低，沈降面沈降速率最大值出現的越晚。同樣的在 40g/500ml 與 50g/500ml 的時間接近，我們認為這仍與溶液已經達飽和濃度有關。而此時間即為味噌飽和水溶液沈降面的沈降速率最大值出現時間。
- (5) 沈降面的完全靜止期出現的時間 (表中之橘紅色數字)：以 30g/500ml 的出現時間最快 (560 秒)，接下來為 40g/500ml 的 (860 秒)，出現的最晚的為 50g/500ml(920 秒)的味噌溶液。由此實驗結果，我們推論：由味噌水溶液的沈降面完全靜止期出現的時間與溶液的濃度有關。溶液濃度越低，沈降界面完全靜止期出現的時間越短，也就是越快達到穩定。

四、**實驗二**：不同溫度，同樣濃度味噌湯之沉澱模式觀察研究

(一)研究設計

爲了要瞭解相同濃度味噌湯在不同溫度下的沉澱模式，我們做了以下的變因設計：

1. 操縱變因：不同溫度的味噌溶液 (分別為 30°C.40°C.50°C)
2. 控制變因：
 - a. 溶液的濃度 (30g/500ml)
 - b. DV 拍攝的角度
 - c. 均泡成 500C.C.的味噌水溶液

(二)研究步驟：

1. 與實驗一相同，但原先濃度改變的部分改爲溫度的改變。

(三)實驗數據：

30°C 30g/500ml				40°C 30g/500ml				50°C 30g/500ml			
時間 (秒)	距液面 (公分)	移動 距離 (cm)	沈降速率 (0.001cm / sec)	時間 (秒)	距液面 (公分)	移動 距離 (cm)	沈降速率 (0.001cm / sec)	時間 (秒)	距液面 (公分)	移動 距離 (cm)	沈降速率 (0.001cm / sec)
0	0	0.1	5.0	0	0	0.4	20.0	0	0.0	0.4	20.0
20	0.1	0.2	10.0	20	0.4	0.5	25.0	20	0.4	0.1	5.0
40	0.3	0.5	25.0	40	0.9	0.4	20.0	40	0.5	0.1	5.0
60	0.8	0.6	30.0	60	1.3	0.2	10.0	60	0.6	0.2	10.0
80	1.4	0.6	30.0	80	1.5	0.4	20.0	80	0.8	0.4	20.0
100	2	0.9	45.0	100	1.9	0.2	10.0	100	1.2	0.7	35.0
120	2.9	1	50.0	120	2.1	0.4	20.0	120	1.9	0.4	20.0
140	3.9	1.2	60.0	140	2.5	1.1	55.0	140	2.3	1.8	90.0
160	5.1	0.9	45.0	160	3.6	0.5	25.0	160	4.1	0.4	20.0
180	6	0.9	45.0	180	4.1	0.3	15.0	180	4.5	0.3	15.0
200	6.9	0.3	15.0	200	4.4	0.3	15.0	200	4.8	0.3	15.0
220	7.2	0.3	15.0	220	4.7	0.1	5.0	220	5.1	0.1	5.0
240	7.5	0.2	10.0	240	4.8	0.1	5.0	240	5.2	0.2	10.0
260	7.7	0.1	5.0	260	4.9	0.2	10.0	260	5.4	0.1	5.0
280	7.8	0.2	10.0	280	5.1	0.2	10.0	280	5.5	0.1	5.0
300	8	0.2	10.0	300	5.3	0.2	10.0	300	5.6	0.0	0.0
320	8.2	0.2	10.0	320	5.5	0.2	10.0	320	5.6	0.0	0.0
340	8.4	0	0.0	340	5.7	0.0	0.0	340	5.6	0.1	5.0
360	8.4	0.1	5.0	360	5.7	0.1	5.0	360	5.7	0.0	0.0
380	8.5	0	0.0	380	5.8	0.1	5.0	380	5.7	0.1	5.0
400	8.5	0.1	5.0	400	5.9	0.1	5.0	400	5.8	0.0	0.0
420	8.6	0	0.0	420	6	0.2	10.0	420	5.8	0.2	10.0
440	8.6	0.1	5.0	440	6.2	0.1	5.0	440	6.0	0.0	0.0
460	8.7	0	0.0	460	6.3	0.2	10.0	460	6.0	0.0	0.0
480	8.7	0.1	5.0	480	6.5	0.2	10.0	480	6.0	0.0	0.0
500	8.8	0	0.0	500	6.7	0.1	5.0	500	6.0	0.0	0.0
520	8.8	0	0.0	520	6.8	0.3	15.0	520	6.0	0.0	0.0
540	8.8	0.1	5.0	540	7.1	0.1	5.0	540	6.0	0.0	0.0
560	8.9	0	0.0	560	7.2	0.0	0.0	560	6.0	0.0	0.0

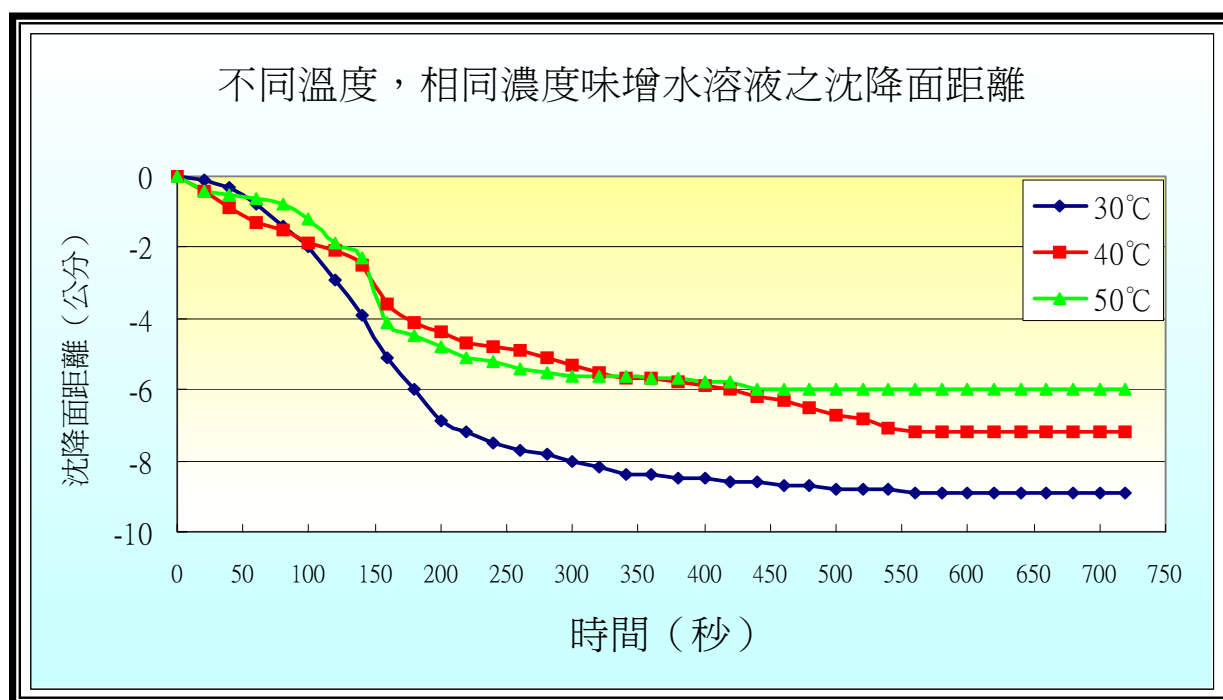
580	8.9	0	0.0	580	7.2	0.0	0.0	580	6.0	0.0	0.0
600	8.9	0	0.0	600	7.2	0.0	0.0	600	6.0	0.0	0.0
620	8.9	0	0.0	620	7.2	0.0	0.0	620	6.0	0.0	0.0
640	8.9	0	0.0	640	7.2	0.0	0.0	640	6.0	0.0	0.0
660	8.9	0	0.0	660	7.2	0.0	0.0	660	6.0	0.0	0.0
680	8.9	0	0.0	680	7.2	0.0	0.0	680	6.0	0.0	0.0
700	8.9	0	0.0	700	7.2	0.0	0.0	700	6.0	0.0	0.0
720	8.9	0	0.0	720	7.2	0.0	0.0	720	6.0	0.0	0.0

※數據說明：

1. 時間：為沈澱開始後所量測的時間，單位：秒。
2. 距液面：為沈澱後的清濁交界面與水面的距離，單位：公分。
3. 移動距離：為兩時間間隔之間，清濁交界面的下降距離，單位：公分。
4. 沈降速率：為清濁交界面的下降距離除以所間隔的時間，單位：0.001cm / sec。

(四) 實驗圖表解讀：

1. 討論不同溫度味增，相同濃度下之沈降面距離：

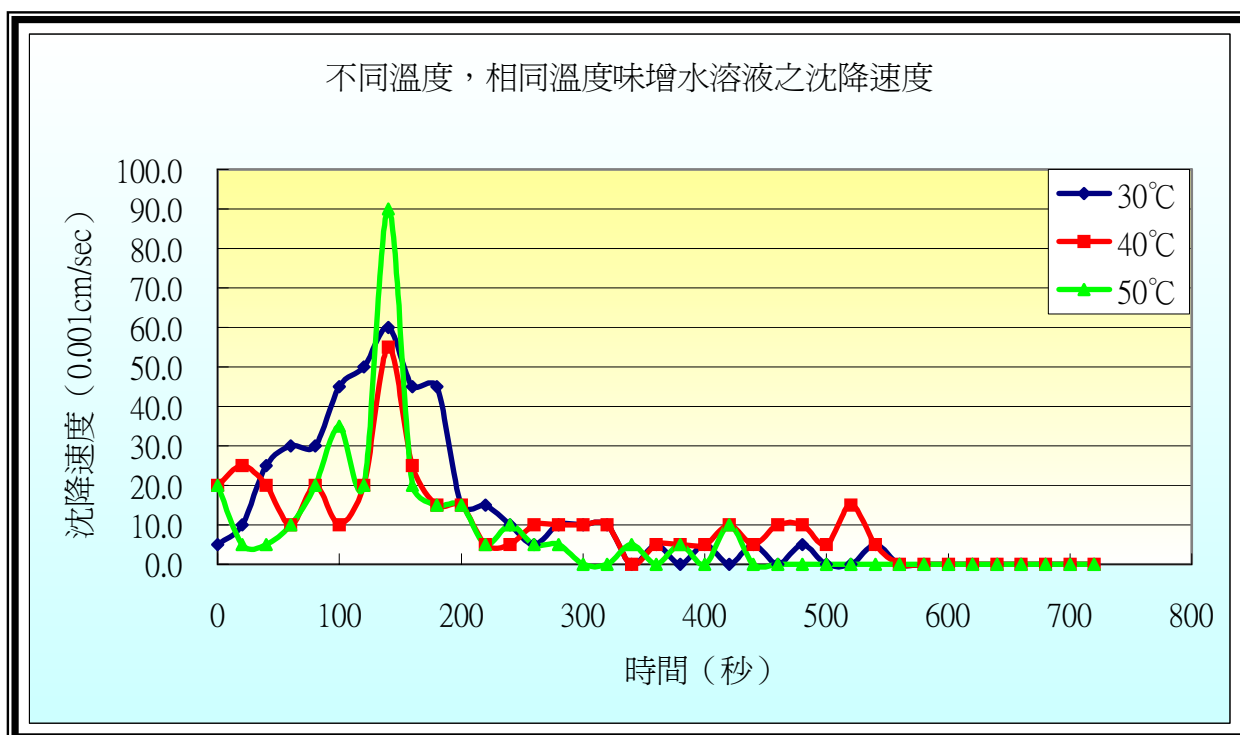


圖表說明：由沈降面距液面距離的圖表可以看出：

- (1) 清濁交界面的沈降面的出現位置(表中之藍色數字)：由我們的實驗只能看出都在 20 秒出現，但 30°C 的出現的位置較淺 (0.1cm)，40°C 和 50°C 的出現的位置較深 (0.4cm)，我們認為，我們在剛開始的前幾秒無法做精密的觀察 (看不太出來)，必須再加強，才能精準回答這個問題。而實驗顯示，溶液溫度越低，出現沈降交界面的位置越淺。

(2) 清濁交界面的沈降面的穩定距離 (表中之橘紅色數字)：以 30°C 的距液面最深 (8.9 公分)，接下來為 40°C 的 (7.2 公分)，距離最淺的為 50°C (6.0 公分) 的味噌溶液。由此實驗結果，我們推論：由味噌水溶液的沈降面生成至沈降面停止下降的距離與溶液的溫度有關。溶液溫度越低，沈降交界面的穩定距離距液面越深。

2. 不同溫度，相同濃度味噌之沈降速率：



圖表說明：由沈降面的沈降速率圖可以看出：

- (1) 沈降面的沈降速率趨勢：由三種不同濃度的味噌水溶液均可以看出，
 - a. 30°C：起始加速期較慢發生，加速的加速度也較平緩。高峰期時間最久，但峰值也最低。是一個低低胖胖的曲線。
 - b. 40°C：起始加速期較快發生。高峰期時間不長，很快即進入逐漸穩定期而逐漸達到完全靜止期。
 - c. 50°C：起始加速期較晚發生。高峰期時間不長，但高峰值最高。但也很快即進入逐漸穩定期而完全靜止期也最早發生。是一個又窄又高的曲線。
- (2) 沈降面的沈降速率最大值 (表中之紅色數字)：由結果可知，沈降速率最大值以 50°C 的為最快 ($90.0 \times 10^{-3} \text{ cm/sec}$)，接下來為的 30°C ($60.0 \times 10^{-3} \text{ cm/sec}$) 與 40°C ($55.0 \times 10^{-3} \text{ cm/sec}$)。由此實驗結果，我們推論：由味噌水溶液的沈降面沈降速率最大值與溶液的溫度有關。溶液溫度越高，沈降面沈降速率最大值越大。

- (3) 沈降面的沈降速率最大值出現時間（表中之綠色數字）：由結果可知，沈降速率最大值出現時間在 30°C、40°C、50°C 的時間均相同（140sec），是一項很特別的結果。由此實驗結果，我們推論：味噌水溶液的沈降面沈降速率最大值出現的時間與溶液的溫度無關。
- (4) 沈降面的完全靜止期出現的時間（表中之橘紅色數字）：以 50°C 的出現時間最快（460 秒），接下來為 40°C 與 30°C（560 秒）。由此實驗結果，我們推論：由味噌水溶液的沈降面完全靜止期出現的時間與溶液的溫度有關。溶液溫度越高，沈降交界面完全靜止期出現的時間越短，也就是越快達到穩定。

五、**實驗三**：改變容器形狀之觀察沉澱面是否有改變

(一) 研究設計：

目的是要觀察容器內部形狀是否對沉澱面有影響，故不規定溫度（我們放置於室溫中）但濃度固定（30g/500ml）。

(二) 研究步驟：

調相同濃度之溶液，放入不同之形狀容器，並觀察之。

(三) 研究結果：

我們以四種不同形狀容器進行實驗的結果，照相紀錄如下：



(四) 研究分析：

1. 由圖 A、B、C 可以看出，容器內部的形狀與沈降面的沈降行為並沒有影響，都是成與重力場垂直的水平線沈降。
2. 圖 D 的實驗結果則讓我們知道，即使底部不成水平，沈降面仍然會與液面平行，也就是成與重力場垂直的水平線沈降。
3. 我們認為，會成這樣的沈降現象，是因為味噌粒子之間的碰撞結合。而結合後之重力大過於其浮力而致使在水平線垂直的方向沈降。所以我們推測，在沈降面交界處那一層附近的粒子顆粒大小應該是有同樣接近的大小的。

六、**實驗四**：食鹽添加與否對味噌沈降行為之影響：

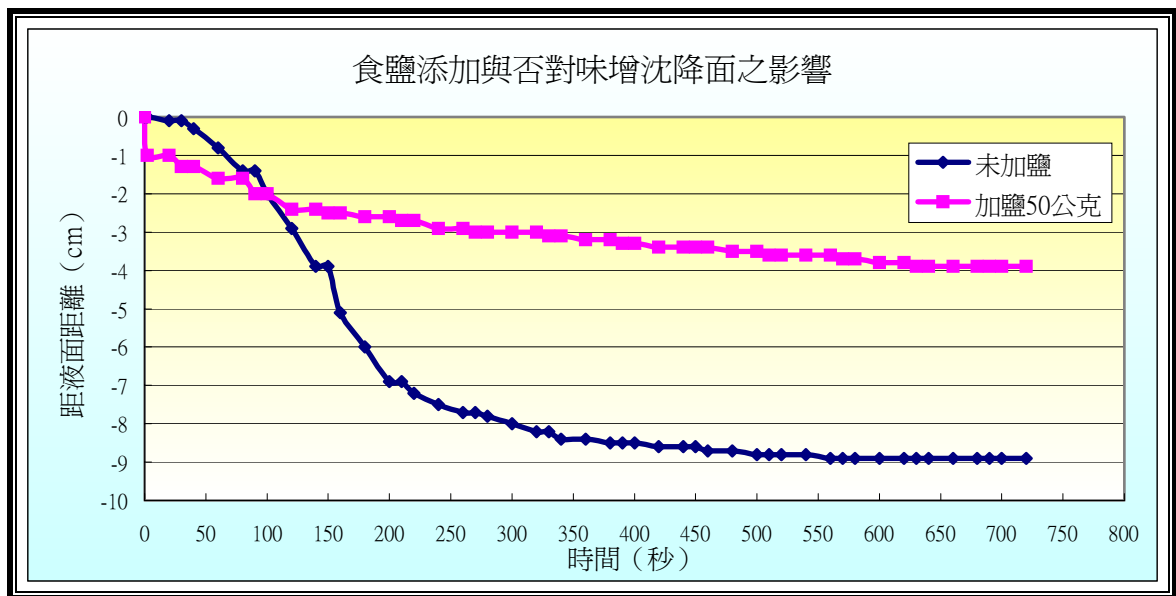
(一) 研究設計：

希望嘗試看看添加無機物質（如食鹽），是否會對沈澱產生影響，所以我們將味噌濃度固定（30g/500ml），也把溫度固定於 30°C。

(二) 研究步驟：

1. 調配兩杯相同濃度的味噌溶液（30g/500ml）。固定恆溫槽溫度為 30°C。
2. 將其中一燒杯之味噌溶液添加食鹽（NaCl）

(三) 研究結果：



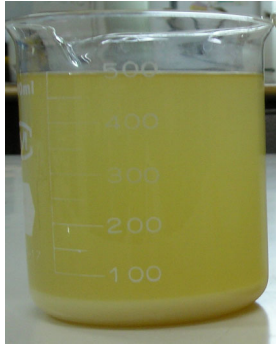

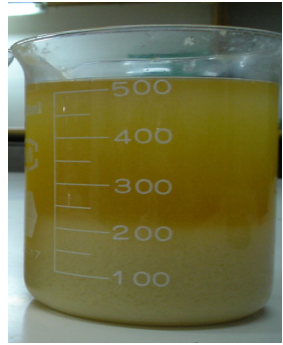
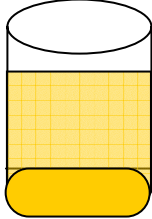
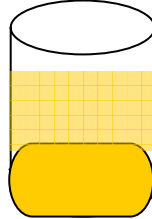
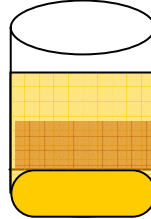
(四) 研究分析：

1. 我們由實驗結果發現，添加了食鹽之後的味噌溶液在初期的沈降速度快了許多，甚至是一開始就立刻有沈澱。
2. 最後沈澱穩定的距離有很大的差異，添加食鹽之後最終穩定沈降面比同濃度同溫度的高了許多。表示添加了食鹽對於味噌溶液有阻止沈澱的效果。
3. 我們可視食鹽為味噌水溶液的延緩沈澱劑。

伍、結果與討論

一、結果：

(一) 味噌湯在靜水中的沈澱模式：

	10g/500ml	30g/500ml	50g/500ml
沈澱相片			
示意圖			
說明	<ol style="list-style-type: none"> 1. 與水出現交界面，沉澱面與水的分層越明顯 2. 燒杯中間剩餘的顆粒還懸浮在溶液中，形成上、中、下(清水、懸浮物、沉澱物)三個分層的現象。 3. 燒杯中間的懸浮物也逐漸沉澱，與底部沉澱物合併成上、下(清水、沉澱物)兩分層。 		<ol style="list-style-type: none"> 1. 燒杯中間剩餘的顆粒還懸浮在溶液中，形成上、中、下(清水、懸浮物、沉澱物)三個分層的現象。此段時間很久。
結論	味噌湯的沈澱模式與其濃度有關		

(二) 依據沈降面形成下降的速度，可以分為四個時期，分別為

1.起始加速期 2.高峰期 3.逐漸穩定期 4.完全靜止期。

(三) 在固定溫度下，溶液濃度越低，出現沈降交界面的時間越短且穩定距離距液面越深。而沈降面沈降速率最大值越大且出現的越晚。

(四) 在固定濃度下，溶液溫度越高，沈降面沈降速率最大值越大；沈降交界面完全靜止期出現的時間越短，也就是越快達到穩定；溫度越低沈降交界面的穩定距離距液面越深；但沈降面沈降速率最大值出現的時間與溶液的溫度無關。

- (五) 容器內部的形狀與沈降面的沈降行為並沒有影響，都是成與重力場垂直的水平線沈降。
- (六) 添加食鹽之後最終穩定沈降面比同濃度同溫度的高了許多。表示添加了食鹽對於味噌溶液有阻止沈澱的效果。

二、討論

(一) 微小粒子沈澱機制探討：

我們在實驗中看到不同濃度下的沈澱模式的不同，由實驗結果我們推測沈澱的機制如下：

1. 溶液溶解後，因粒子的大小而有不同的分佈，顆粒較大者沈降於底部，所以初期以底部的沈降為主。
2. 而在上層的微小粒子在液體中進行布朗運動而相互碰撞，逐漸因碰撞而形成較大顆粒。
3. 沈澱物因受重力 $\frac{4\pi}{3}R^3\sigma g$ 向下，受液體浮力向上 $\frac{4\pi}{3}R^3\rho g$ ，又 $\sigma > \rho$ ，所以沈澱物受合力向下。
4. 此時顆粒受到的沈降力= 重力－浮力，

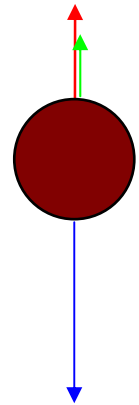
$$\text{沈降力} = \frac{4\pi}{3}R^3g(\sigma - \rho)$$

R：沈積物半徑 σ ：沈積物密度

ρ ：液體密度

g：重力加速度

物理受合力向下而產生向下加速運動。



5. 由以上的推導，我們初步看到，沈降力將因粒子的逐步碰撞結合增大而增大，最後產生更大的向下沈降力而沈降。
6. 而由於受總沈降力向下，也可以說明實驗三中，不同容器形狀產生的沈降面依舊是與重力場方向垂直的水平面方向。
7. 由這樣的推論，我們應該可以得到在相同水平面的沈降溶液之顆粒大小應該是相當的。針對這樣的推論我們仍要再對液體的顆粒大小做探究，看看是否在上層的粒子是相對較小的，而下層粒子是相對較大的。

(二) 味噌的黏稠特性：

在實驗時，我們發現味噌與一般粉末狀物品如粉筆灰、麵粉等不同；味噌不但結成團狀，且會卡在筷子或其他物品上，而在沉澱過程中，粒子與粒子也會相互接觸，產生更大的牽引的作用，如黏土比起頁岩，黏性應也可進行討論。

陸、未來展望與建議

一、研究設計之建議：

- (一) 這次研究過後，發覺以若拍攝、測量、計算的方法算出沉澱關係，效率尚待改進，若能有合適的軟體(video maker)，就能即時算出影像中任意數點的距離，而能方便觀察出較繁雜且細微變因下的變化。
- (二) 本次的研究在濃度與溫度的變因，取樣上稍嫌不足（均各取三組），也許會在關鍵的溫度或濃度上有所錯失。針對這點，我們建議後續的研究可再在取樣上取更多的點，以得到一連續無間斷的數值。

二、研究問題的展望：

- (一) 針對濃度的探討：我們在討論中認為，沈澱是粒子的碰撞所引發，但是否因濃度越高而產生越快的沈澱？或是濃度到達某一臨界值就達到飽和而無法繼續沈澱？這是我們在研究完這個題目後所產生的興趣。
- (二) 針對粒子大小的探討：同樣的，我們也希望有更進一步的分析工具（雷射粒徑分析儀），來讓我們有能力來探究粒子的大小是否為不同沈降層次之中造成沈澱行為不同的因素？
- (三) 不同物質特性的沈澱行為：味噌的特質是有黏性的，而水庫裡多種類的淤沙是否仍有相同的行為是我們有興趣的。這次我們並沒有對其他物質種類或混合溶液的沉澱模式做研討。我們希望下一次能對於水庫的沉澱模擬做更加深入的探討，盼能對生態有所貢獻。
- (四) 加入緩和沈澱劑的探討：在研究中，我們發現食鹽可延緩味噌的沈澱與最終高度，顯示加入某些物質可能有助於其延緩沈澱或加速沈澱。我們希望在下一次研究中，在生活中能找到讓味噌延緩沈澱的物質，也許，以後我們就能有一碗放再久也不會沈澱的味噌湯呢！

柒、參考資料

1. 林明瑞 (1999)。基礎物理 (全)。台南市，南一書局。
2. 褚德三 (1999)。基礎物理 (全)。台北市，龍騰文化。
3. 黃建維。粘性泥沙在靜水中沉降特性的試驗研究。泥沙研究, 1981, (2): 30~41。
4. 張德茹, 梁志勇。不均勻細顆粒泥沙粒徑對絮凝的影響試驗研究。水利水運科學研究, 1994, (1, 2): 11~17.
5. 陳洪松, 邵明安, 李占斌.NaCl 對細顆粒泥沙靜水絮凝沉降影響初探[J].土壤學報, 2001, 38(1): 131-134.
6. Frenkel H, Fey M V, and Levy G J. Organic and inorganic anion effects on reference and soil clay critical flocculation concentration. Soil Sci.Soc. Am. J., 1992, 56(2): 1762~1766.

評語

本件作品以市售味噌湯為微粒樣本，探討在溶液中味噌微粒沈澱的模式。能以味噌濃度為實驗參數，並觀測到濃度變化可用於討論，沈澱行為相轉變，但因所探討的濃度組數不夠充足，欠缺完整的行為討論，有改進空間。