

中華民國第四十三屆中小學科學展覽會參展作品專輯

國小組

生活與應用科學科

科別：生活與應用科學

組別：國小組

作品名稱：“發霉”的黃豆

關鍵詞：黃豆、發霉、製麩

編號：080808

學校名稱：

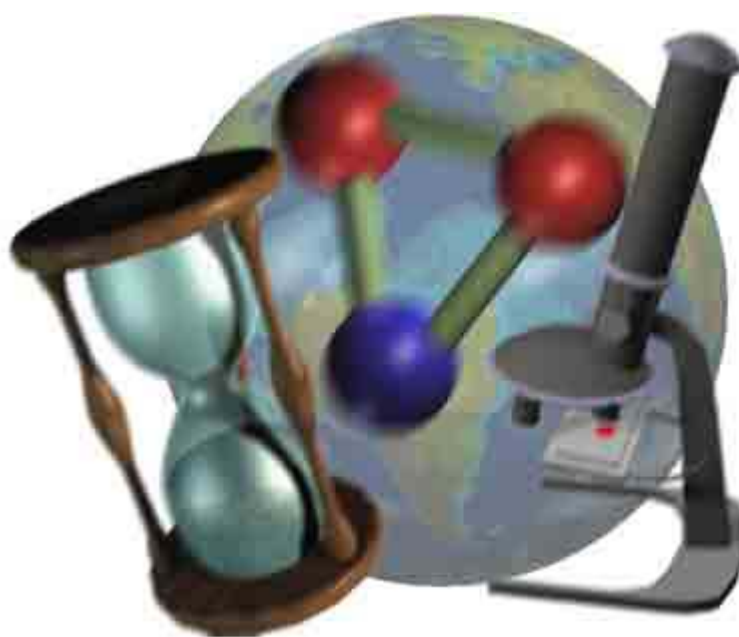
高雄市楠梓區援中國民小學

作者姓名：

黃妤璇、黃緯維、薛宇豪、楊千玥

指導老師：

方朱衣絹、方國成



摘要

黃豆醬油在我們家是屬於家族事業，製造醬油方法都是以“老師傅”方式世代相傳。台灣北、中、南部民眾對於醬油的口味需求不同，因此可以利用不同原料，製造多種口味醬油，簡單可以區分為豆麥醬油、蔭油及黃豆醬油。黃豆醬油為南台灣之傳統發酵製品，以黃豆為原料，經浸豆、製麴、洗麴、保溫、拌鹽下缸、密封及日曬發酵熟成而製得（如圖四）。從小我就在工廠裡玩耍，心理總存疑著——黃豆為何會『長毛』？經由這次的研究，我觀察到『長毛』的產物，居然是益菌—麴菌，麴菌長得好壞與否將影響醬油釀造的品質。因此本研究欲將“老師傅”的經驗予於科學化，探討醬油釀造的首要步驟——製麴，擬尋找醬油製造原料，亦即黃豆，之最適於一般家庭蒸煮的條件，探討黃豆浸泡時間（1、2、3小時）、蒸煮時間（20~100分）及不同豆麴厚度（1杯、2杯、3杯）對於製麴之影響，以尋求最佳的條件；並於不同蒸煮工具下評估一般家庭進行DIY製麴之可行性，進而自行釀造有創意之醬油。所得結果如下：

- 一、利用顯微鏡及放大鏡比對麴菌的生長情形，來推測黃豆最合適的蒸煮條件。結果顯示浸泡3小時、蒸煮60分、以快鍋蒸煮之條件下，可獲取較佳製麴黃豆。
- 二、以上述條件蒸煮後之黃豆，進行不同豆麴厚度製麴，結果顯示1米杯量之豆麴厚度低，水分散失快，易導致麴菌生長不佳，不利於醬油釀造。但在製麴過程中蓋布，可增加溼度與溫度。
- 三、蒸煮工具中，微波爐及烤箱不適用。
- 四、豆麴生長佳者，其菌絲皆有伸入至子葉部份，如（照片八）。
- 五、豆麴生長48小時中，會有二度升溫的情形。為避免溫度過高，影響製成醬油產品風味，若豆麴量多時，需要拌麴兩次。
- 六、在一般家庭利用黃豆製麴應為可行，只要注意最適蒸煮條件、蒸煮工具及製麴時之豆麴厚度，應可提高一般家庭DIY釀造醬油的興趣。

壹、研究動機

在自然課第（一）單元『能源與食物』中，提到了食物發霉，使我想到了我們家醬油工廠中一籃籃看似發霉的黃豆，它們真的能吃嗎？為什麼煮好香噴噴的黃豆要放著讓他發霉呢？對於我的一些問題，爸爸回答得很認真，但我卻聽的“霧煞煞”，於是決定邀請幾位同學一起來探索醬油製造過程中黃豆製麴的秘密。

貳、研究目的

- 一、了解黃豆的浸泡時間對製麴的影響。
- 二、了解蒸煮時間對製麴的影響。
- 三、了解製麴時豆麴厚度是否影響製麴。
- 四、了解蒸煮工具對製麴的影響。
- 五、了解製麴過程中蓋布、不蓋布對製麴的影響。
- 六、比較黃豆製麴的過程中豆麴溫度變化的情形。

參、研究設備和器材

- 一、黃豆：美國進口
- 二、傳統製法醬油麴菌：購於川峰釀造菌種商行（台中縣大甲鎮中山路一段 786 巷 27 號）



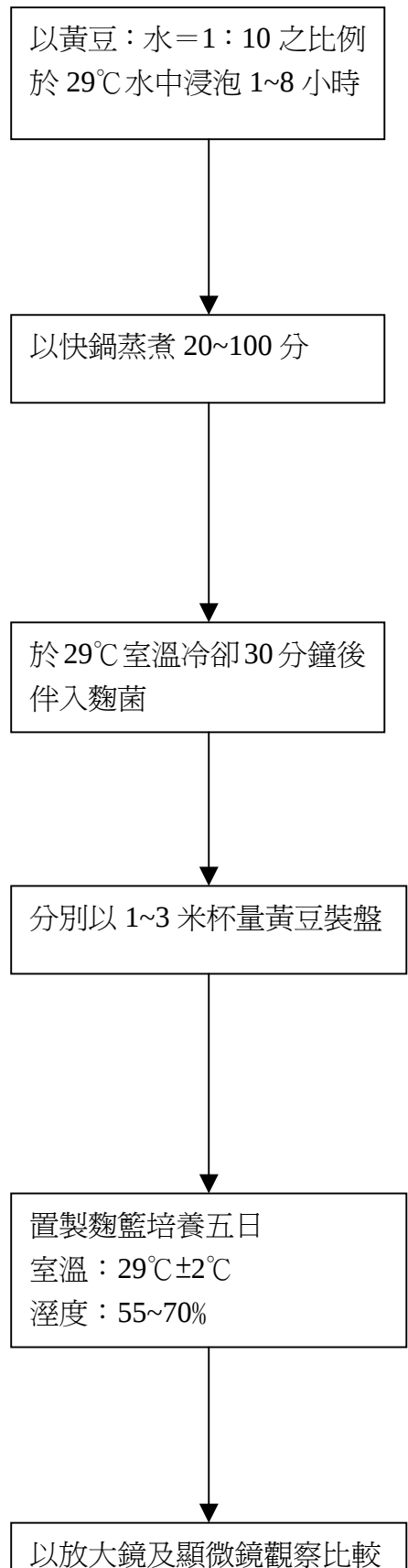
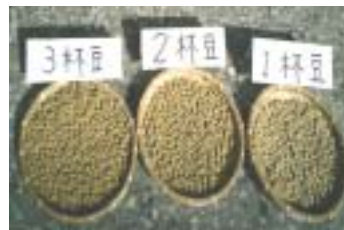
照片一：醬油麴菌菌種

- 三、電子秤
- 四、酒精溫度計
- 五、室內溫度計
- 六、溼度計
- 七、小竹籃
- 八、放大鏡
- 九、顯微鏡
- 十、計時器
- 十一、電子鍋、蒸鍋、微波爐、烤箱
及義大利式快鍋
- 十二、量米杯
- 十三、紗布

肆、研究過程及結果：

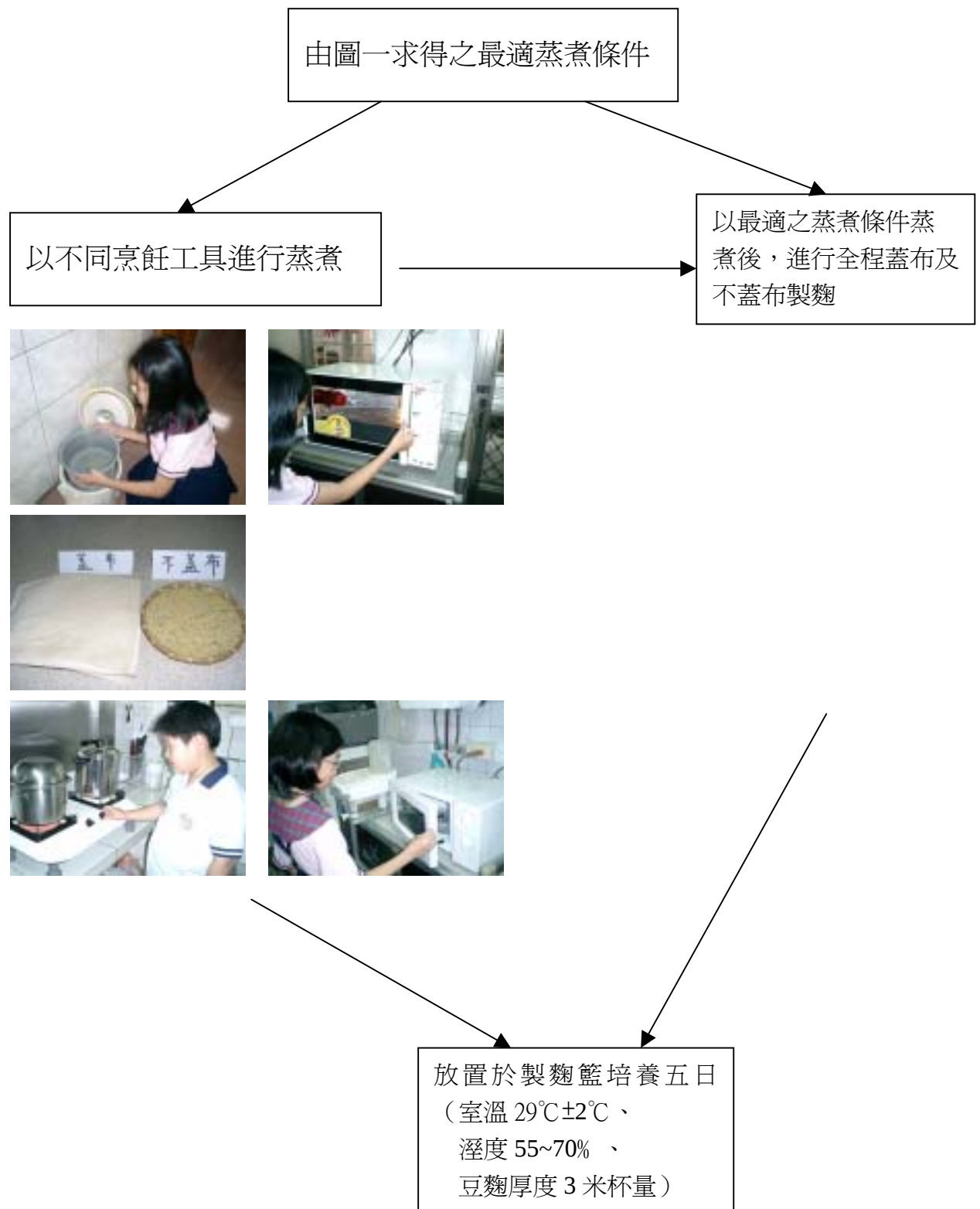
一、實驗流程：

(一) 黃豆最適蒸煮條件之實驗流程設計





(二) 評估一般家庭 DIY 製麩可行性之實驗流程設計





二、實驗活動：

<活動一> 黃豆的浸泡時間對製麵的影響？

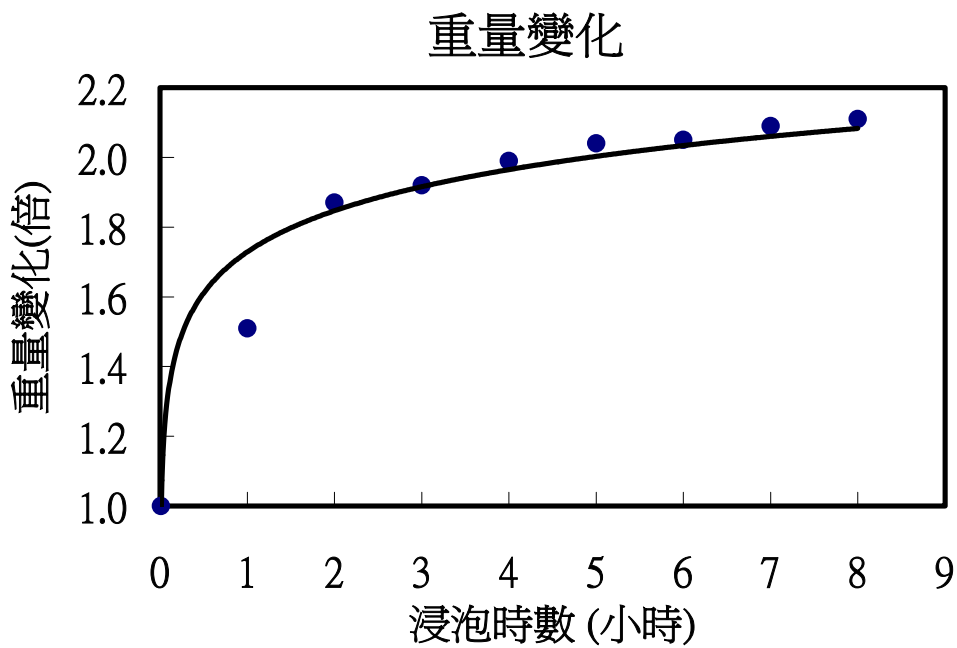
【方法一】

1. 先隨機各挑 10 顆黃豆，以電子秤測量豆子泡水前的重量。
2. 以黃豆：水=1：10 之比例，於 29℃ 水中分別浸泡 1~8 小時。
3. 觀察並記錄豆子浸泡後的重量變化。

【結果】

表一 黃豆浸泡 1~8 小時的重量變化

浸泡時數 (hr)	浸泡前重量 M1 (g)	浸泡後重量 M2 (g)	重量變化 M2/ M1	重量增加 M2-M1 (g)	增加比例
1	1.74	2.63	1.51	0.89	51%
2	1.84	3.25	1.87	1.51	87%
3	1.73	3.32	1.92	1.59	92%
4	1.68	3.35	1.99	1.67	99%
5	1.80	3.69	2.04	1.88	104%
6	1.81	3.71	2.05	1.9	105%
7	1.72	3.60	2.09	1.88	109%
8	1.87	3.95	2.11	2.08	111%



【發現】

1. 浸泡時間愈長，黃豆的重量隨著增加；不論黃豆的形狀與大小，該趨勢皆存在。
2. 2 小時浸泡後，黃豆的重量會增加為原料豆之 1.9 倍左右。
3. 6~8 小時浸泡後，黃豆的重量會增加為原料豆之 2.1 倍左右。

【方法二】

1. 以黃豆：水=1：10 之比例，於 29℃ 水中分別浸泡 1~3 小時。
2. 各取 3 米杯量黃豆，以快鍋蒸煮 40 分。
3. 於 29℃ 室溫冷卻 30 分鐘後拌入麴菌。
4. 製麴 96 小時。
5. 每 24 小時拌麴一次，觀察並記錄豆麴菌絲的成長情形及溫度變化。
6. 以放大鏡和顯微鏡觀察豆麴。

【結果】

表二 3 種不同浸泡時數之豆麩生長情形

製麩時間(小時)	項目	1 小 時			2 小 時			3 小 時		
		豆麩溫度(℃)	色澤	製麩程度	豆麩溫度(℃)	色澤	製麩程度	豆麩溫度(℃)	色澤	製麩程度
0		30	原豆色	—	30	原豆色	—	30	原豆色	—
24		33.5	白色	+	33	白色	+	34	白色	++
48		32	綠色	+	32.5	綠色	+	32.5	綠色	++
72		30.5	黃綠色	+	31	黃綠色	++	31.5	黃綠色	++
96		30	黃褐色	++ +	31	黃褐色	++ +	31	黃褐色	++ ++
製麩結果(子葉)		11/100			27/100			37/100		

(註一) 製麩結果(子葉)：是指製麩滿 96 小時後，隨機取樣 100 顆撥開後，觀察並記錄麩菌有深入至子葉的部份。

(註二) 製麩程度(以肉眼觀察黃豆表面豆麩)：以“+”代表豆麩的生長狀態，“+”越多：表示豆麩生長的越多、越均勻。

(註三) 當時室溫：29 ±2℃

(註四) 當時室內溼度：55~70%

【發現】

1. 在 24 小時，豆麩的溫度會上升到最高溫，然後逐漸下降。
2. 豆麩的色澤變化由原豆色→白色→綠→黃綠→黃褐色。(如照片十)
3. 黃豆浸泡的時間愈長，豆麩的生長情況愈佳。(如照片二)
4. 在剝開完豆麩後發現：子葉如長滿麩菌的豆子，它的種皮會較皺。
5. 黃豆浸泡的時間愈長，豆麩的顆粒較皺；反之則較圓潤。(如照片三)



照片二 由左→右為浸泡 1、2、3 小時之黃豆製麩 96 小時的結果



照片三 左為浸泡 1 小時之豆麩顆粒；右為浸泡 3 小時之豆麩顆粒

<活動二> 蒸煮時間對製麩的影響？

【方法】

1. 先將黃豆浸泡 1 小時。
2. 各取 3 米杯量黃豆，以快鍋分別蒸煮 20 分、40 分、60 分、80 分、及 100 分。
3. 於 29°C 室溫冷卻 30 分鐘後拌入麩菌。
4. 製麩 96 小時。
5. 每 24 小時拌麩一次，觀察並記錄豆麩菌絲的成長情形及溫度變化。
6. 以放大鏡和顯微鏡觀察豆麩。

【結果】

表三 五種蒸煮時間之豆麩生長情形

蒸 煮 時 間 製 麩 時 間 (小時)	20 分			40 分			60 分		
	豆麩 溫度 (°C)	色 澤	製麩 程度	豆麩 溫度 (°C)	色 澤	製麩 程度	豆麩 溫度 (°C)	色 澤	製麩 程度
0	28.5	原豆色	—	28.5	原豆色	—	28.5	原豆色	—
24	35.5	白色	+	37	白色	++	37	白色	++
48	31	綠色	+	32	綠色	++	32	綠色	++
72	31	綠色	+	31.2	黃綠色	++	31.2	黃綠色	+++
96	29.8	黃綠色	++	30	黃褐色	+++	30.2	黃褐色	++++
製麩結果 (子葉)	13/100			25/100			54/100		

蒸 煮 時 間 製 麩 時 間 (小時)	80 分			100 分		
	豆麩 溫度 (°C)	色 澤	製麩 程度	豆麩 溫度 (°C)	色 澤	製麩 程度
0	28.5	原豆色	—	28.5	原豆色	—
24	37.3	白色	++	37.3	白色	++
48	32.5	綠色	++	32.5	綠色	++
72	31.3	黃綠色	++	31.4	黃綠色	++
96	30.5	黃褐色	+++	30.5	黃褐色	+++
製麩結果 (子葉)	45/100			52/100		

(註一) 製麩結果(子葉)：是指製麩滿 96 小時後，隨機取樣 100 顆剝開後，觀察並記錄麩菌有深入至子葉的部份。

(註二) 製麩程度(以肉眼觀察黃豆表面豆麩)：以“+”代表豆麩的生長狀態，“+”越多：表示豆麩生長的越多、越均勻。

(註三) 當時室溫：29 ±2°C

(註四) 當時室內溼度：55~70%

【發現】

1. 蒸煮 60 分的黃豆，製麩效果最佳。

2. 蒸煮時間過長，如 80 分、100 分，黃豆製麩效果反而比較差。
3. 蒸煮時間 80、100 分時，豆粒太爛，製麩時豆粒黏著。

<活動三> 製麩時豆麩厚度是否影響製麩？

【方法】

1. 以黃豆：水=1：10 之比例，於 29℃ 水中分別浸泡 1 小時。
2. 以快鍋蒸煮 40 分。
3. 於 29℃ 室溫冷卻 30 分鐘後拌入麩菌。
4. 分別以一米杯、兩米杯及三米杯量的豆子裝盤。(米杯：是指量米杯)
5. 製麩 96 小時。
6. 每 24 小時拌麩一次，觀察並記錄豆麩菌絲的成長情形及溫度變化。
7. 以放大鏡和顯微鏡觀察豆麩。

【結果】

表四 3 種黃豆量之豆麩生長情形

製 麩 時 間 (小時)	豆 子 量	1 杯			2 杯			3 杯		
		豆 麩 溫 度 (℃)	色 澤	製 麩 程 度	豆 麩 溫 度 (℃)	色 澤	製 麩 程 度	豆 麩 溫 度 (℃)	色 澤	製 麩 程 度
0		30	原豆色	—	30	原豆色	—	30	原豆色	—
24		30	白色	—	31.5	白色	+	33.5	白色	++
48		29	白綠色	—	31	綠色	+	31	綠色	++
72		29	綠色	—	30	黃綠色	++	31	黃綠色	++
96		29	黃綠色	—	30	黃褐色	++	31	黃褐色	+++
製麩結果 (子葉)		1/100			3/100			15/100		

(註一) 製麩結果(子葉)：是指製麩滿 96 小時後，隨機取樣 100 顆剝開後，觀察並記錄麩菌有深入至子葉的部份。

(註二) 製麩程度(以肉眼觀察黃豆表面豆麩)：以“+”代表豆麩的生長狀態，“+”越多：表示豆麩生長的越多、越均勻。

(註三) 當時室溫：29 ±2℃

(註四) 當時室內溼度：55~70%

【發現】

1. 在同樣大小的小竹籃內置入 1 杯豆子量黃豆製麩，由於豆麩厚度薄，豆麩溫度較低，所以麩菌生長緩慢。
2. 在同樣大小的小竹籃內置入 3 杯豆子量黃豆製麩，由於豆麩厚度厚，豆麩溫度會升高，製麩結果較佳。
3. 三種黃豆量之豆麩生長情形：**3 杯豆子量 > 2 杯豆子量 > 1 杯豆子量**
(如照片四)



照片四 3 杯豆子量與 1 杯豆子量之豆麩比較

<活動四> 蒸煮工具對製麩的影響？

【方法】

1. 以黃豆：水=1：10 之比例，於 29℃ 水中分別浸泡 1 小時。
2. 以分別以電子鍋、蒸鍋、微波爐、烤箱及義大利式快鍋蒸煮黃豆。
3. 於 29℃ 室溫冷卻 30 分鐘後拌入麩菌。
4. 各以三米杯量的豆子製麩 96 小時。(米杯：是指量米杯)
5. 每 24 小時拌麩一次，觀察並記錄豆麩菌絲的成長情形及溫度變化。
6. 以放大鏡和顯微鏡觀察豆麩。

【結果】

表五 五種蒸煮工具之豆麴生長情形

工 具 製 項 麴 時 目 間 (小時)	電子鍋 (蒸煮 3 小 時)			蒸鍋 (蒸煮 1 小 時)			微波爐 (蒸煮 40 分)			烤箱 (蒸煮 1 小 時)			義大利快鍋 (蒸煮 1 小 時)		
	豆 麴 溫 度	色 澤	製 麴 程 度	豆 麴 溫 度	色 澤	製 麴 程 度	豆 麴 溫 度	色 澤	製 麴 程 度	豆 麴 溫 度	色 澤	製 麴 程 度	豆 麴 溫 度	色 澤	製 麴 程 度
0	33 ℃	原 豆 色	—	33 ℃	原 豆 色	—	33 ℃	原 豆 色	—	33 ℃	原 豆 色	—	33 ℃	原 豆 色	—
24	34 ℃	白 色	+	36.5 ℃	白 色	+	30.5 ℃	原 豆 色	—	30 ℃	原 豆 色	—	37 ℃	白 色	++
48	31 ℃	綠 色	+	31 ℃	綠 色	++	28.8 ℃	原 豆 色	—	30 ℃	原 豆 色	—	31.5 ℃	綠 色	++
72	29.8 ℃	黃 綠 色	++	30 ℃	黃 綠 色	++	29 ℃	原 豆 色	—	30 ℃	原 豆 色	—	29.8 ℃	黃 綠 色	++
96	29.8 ℃	黃 褐 色	++++	29.8 ℃	黃 褐 色	++++	29.8 ℃	白 色	+	30.5 ℃	原 豆 色	—	29.8 ℃	黃 褐 色	++++
製麴 結果 (子 葉)	31/100			21/100			0			0			52/100		

(註一) 製麴結果(子葉): 是指製麴滿 96 小時後, 隨機取樣 100 顆剝開後, 觀察並記錄麴菌有深入至子葉的部份。

(註二) 製麴程度(以肉眼觀察黃豆表面豆麴): 以“+”代表豆麴的生長狀態,

“+” 越多：表示豆麴生長的越多、越均勻。

(註三) 當時室溫：29 $\pm$ 2℃

(註四) 當時室內溼度：55~70%

【發現】

1. 經微波爐加熱後的黃豆，因為水分失去太多且不易熟透，所以製麩結果不好。
2. 烤箱烤完後，豆子體積會縮小（水分流失）。因為沒有水分，所以麩菌沒有辦法生長，
製麩失敗。
3. 微波爐及烤箱所煮之黃豆不能製麩。
4. 五種蒸煮工具之豆麩生長情形：

快鍋 > 電子鍋 > 蒸鍋 > 微波爐 > 烤箱

<活動五> 製麩過程中蓋布、不蓋布對製麩的影響？

【方法】

1. 以黃豆：水=1：10 之比例，於 29℃ 水中分別浸泡 1 小時。
2. 以快鍋蒸煮 40 分。
3. 於 29℃ 室溫冷卻 30 分鐘後拌入麩菌。
4. 三米杯量的豆子裝盤。（米杯：是指量米杯）
5. 實驗組覆蓋紗布、而對照組不蓋布。
6. 製麩 96 小時。
7. 每 24 小時拌麩一次，觀察並記錄豆麩菌絲的成長情形及溫度變化。
8. 以放大鏡和顯微鏡觀察豆麩。

【結果】

表六 蓋布、不蓋布之豆麩生長情形

選 項 製 麩 時 間 目 (小時)	蓋布			不蓋布		
	豆麩 溫度	色 澤	製麩 程度	豆麩 溫度	色 澤	製麩 程度
0	28.5	原豆色	—	28.5	原豆色	—
24	39.1	白色	++	36.8	白色	+

48	33	綠色	++	31.5	綠色	+
72	32.6	黃綠色	++	31.6	黃綠色	+
96	30.6	黃褐色	+++	30.6	黃褐色	++
製麩結果 (子葉)	37/100			25/100		

(註一) 製麩結果(子葉)：是指製麩滿 96 小時後，隨機取樣 100 顆撥開後，觀察並記錄麩菌有深入至子葉的部份。

(註二) 製麩程度(以肉眼觀察黃豆表面豆麩)：以“+”代表豆麩的生長狀態，“+”越多：表示豆麩生長的越多、越均勻。

(註三) 當時室溫：29 ±2℃

(註四) 當時室內溼度：55~70%

【發現】

1. 有蓋布的豆麩溫度較高。
2. 有蓋布的豆麩摸起來較潮濕，可能是因為水分比較不會蒸發的影響。
3. 有蓋布的黃豆，麩菌長得比較快而且均勻。



照片五 左為蓋布、右為不蓋布的製麩結果比對

<活動六> 了解黃豆製麩的過程中 48 小時豆麩溫度變化的情形

【方法】

1. 以黃豆：水=1：10 之比例，於 29℃ 水中分別浸泡 1 小時。

2. 以快鍋蒸煮 40 分。
3. 於 29℃ 室溫冷卻 30 分鐘後拌入麴菌。
4. 三米杯量的豆子裝盤。(米杯：是指量米杯)
5. 以計時器定時，每小時測量一次豆麴溫度，共測量 48 次，並記錄之

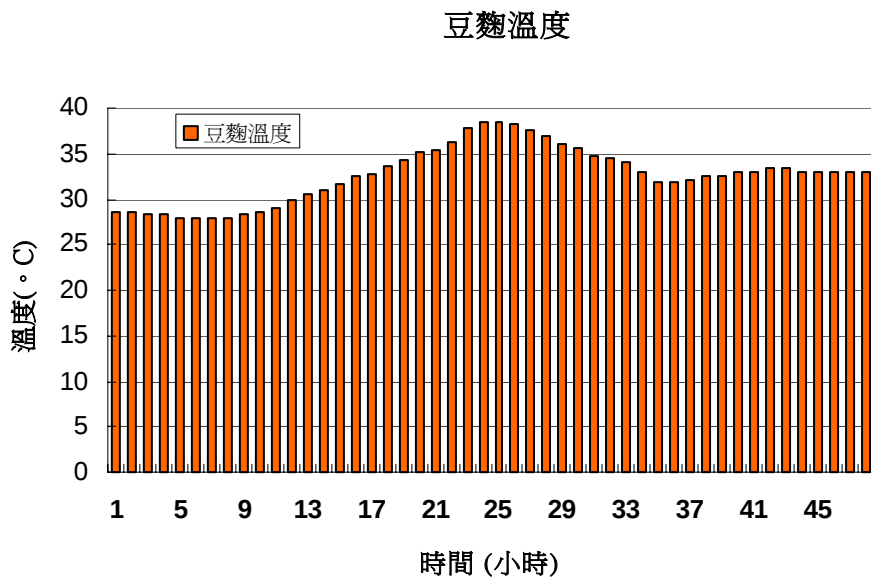
【結果】

表七 製麴 48 小時之豆麴溫度變化情形

豆麴溫度變化表												
製麴時間 (小時)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
豆麴溫度 (℃)	28.5	28.5	28.3	28.3	28	28	28	28	28.4	28.5	29	29.8
製麴時間 (小時)	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
豆麴溫度 (℃)	30.5	31	31.7	32.5	32.8	33.6	34.3	35.2	35.3	36.3	37.7	38.5
製麴時間 (小時)	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36
豆麴溫度 (℃)	38.5	38.2	37.5	37	36	35.5	34.8	34.4	34	33	31.8	31.8
製麴時間 (小時)	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48
豆麴溫度 (℃)	32	32.5	32.5	32.9	33	33.4	33.5	33	33	33	33	33

(註一) 當時室溫：29 ±2℃

(註二) 當時室內溼度：55~70%



圖三 製麩 48 小時之豆麩溫度變化

【發現】

1. 製麩到第 9 個小時，豆子有了變化，有些豆子長了白點，慢慢的白點越來越多，到了 第 17 個小時，大部分的豆子都已經變成白色，第 24 小時，豆子全部是白色，甚至有一些變成綠色了，等到了第 48 小時，全部都變成綠色。
2. 製麩第 24 ~ 25 小時之豆麩溫度達到最高。
3. 製麩第 37 小時起，豆麩溫度二度升高。

伍、討論

- 一、對於浸泡時間對黃豆的影響，一開始先試做浸泡 1~8 時的製麩成果，但發現 3~8 小時的製麩成果差不多且浸泡過久種皮極易脫落，不符合我們需求，於是進行修改實驗設計，只進行 1~3 小時浸泡時間的實驗比對。
- 二、由於本研究實驗目的是了解與改進我們家醬油廠的製作過程，因此，依據我們家生產醬油之實際控制因素需求，設計主要之實驗變因項目。例如，

我們家的醬油廠的副產品是豆豉，黃豆不能浸泡太久，否則會造成豆粒太爛，豆形不佳（如照片三），因此從〈活動二〉以後，豆子的浸泡時間控制為 1 小時。

三、蒸煮之目的在於使黃豆蛋白質變性，以利於麴菌酵素之分解，大豆蛋白質之變性速度與它本身所含之水分有很大的關係，水分含量較高時，大豆蛋白質較容易變性，相反若水分含量較低時，則需進行加壓蒸煮，並延長蒸煮時間，才能使蛋白質達到完全變性，所以〈活動一〉及〈活動二〉皆可證明此理論依據。

四、〈活動二〉中 80 分及 100 分的蒸煮結果，製麴成果沒有 60 分好。可能是由於蒸煮時間過長，導致黃豆蛋白質產生二次變性。

五、豆麴的生長與蒸煮後黃豆之軟硬度及水分含量有關，由表三可知，蒸煮時間愈長，則豆粒愈軟，適於麴菌菌絲生長。

六、一般醬油製麴時，會有二次升溫現象，此時需施行翻麴，施行時物料內部之高溫部份被翻拌到表面來，冷空氣亦進入物料內部，如此使物料的溫度平均，溫度因而降低。

七、2 杯豆及 3 杯豆兩者皆有產生較明顯的升溫現象，但 1 杯豆厚度沒有的升溫現象，亦即於此厚度下進行製麴時，由於豆麴厚度較低，使得麴菌生長產生之醱酵熱適時被冷風帶走，而無升溫之情形發生，如表四。

八、照片四為兩種黃豆量製麴期間麴菌生長情形之觀察，於 1 杯豆之豆麴厚度下進行製麴，其麴菌生長情形很明顯較 3 杯豆豆麴厚度為差（如照片六），此應為豆麴厚度太低，於進行製麴時水分散失過快，使得麴菌之生長不佳。比較製麴，可看到於 2 杯豆及 3 杯豆豆麴厚度下進行製麴，其麴菌生長情形皆不錯，於滿 1 日時菌絲即已遍布黃豆表面，且出麴時所產生之孢子皆均勻分布。另外我們亦試著以顯微鏡及放大鏡來觀察製麴期間豆麴內外之麴菌生長情形。照片七為豆麴表面布滿麴菌之情形，以 3 杯豆厚度之豆麴其菌絲最為密布，生長情形較佳；接著我們順著黃豆之臍，將其分為

兩枚子葉進行觀察如照片八，看看麴菌是否有深入至子葉面，由圖中可看到兩者呈現出極大的差異，1 杯豆皆無發現到有菌絲進入到子葉面，3 杯豆厚度之豆麴於第 2 日即可觀察到有菌絲及孢子於子葉部份形成，綜合上述肉眼及顯微鏡之觀察，結果顯示採 3 杯豆製麴者，若於適當之製麴厚度下，其麴菌生長情形較佳，且生長速度較快。另外於子葉面部分有如此之差異，除了上述生長情形造成之外，應亦與黃豆之蒸煮條件有關。

九、〈活動四〉的實驗結果，蒸煮工具如能保留黃豆較高的水分含量，及能提供較高之蒸煮溫度者，只需較短時間即可達到適當之蛋白質變性程度。大豆蛋白質蒸煮時理想的變性為達到均一的一次變性，但需避免過度蒸煮導致的二次變性，致使麴菌酵素分解困難(福島，1977; 闕和鄧，1977)。由表五中可看出，於一定之浸泡時間下，義大利式快鍋為一最佳的蒸煮工具。

十、〈活動五〉蓋布、不蓋布實驗中，由表六可看出紗布的加溫效果，致使蓋布之豆麴生長良好，如能進一步測出其內之溼度者，實驗結果將更完整。

十一、為了實際了解麴菌生長過程中 48 小時溫度變化的情形（如圖三），於製麴滿 24 小時後，並沒有進行翻麴。

十二、由圖三得知製麴過程中會有二次升溫的情形，如大量製麴，一定得翻麴，否則麴溫超過 40°C 時，將嚴重影響醬油品質。

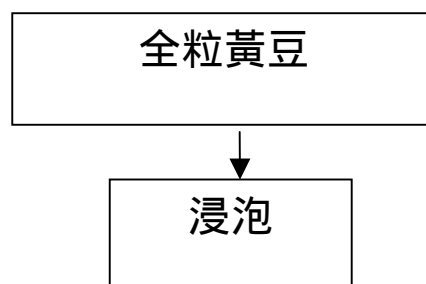
十三、我們實驗所製麴的量遠少於工廠所需之量，故有無翻麴影響不大。

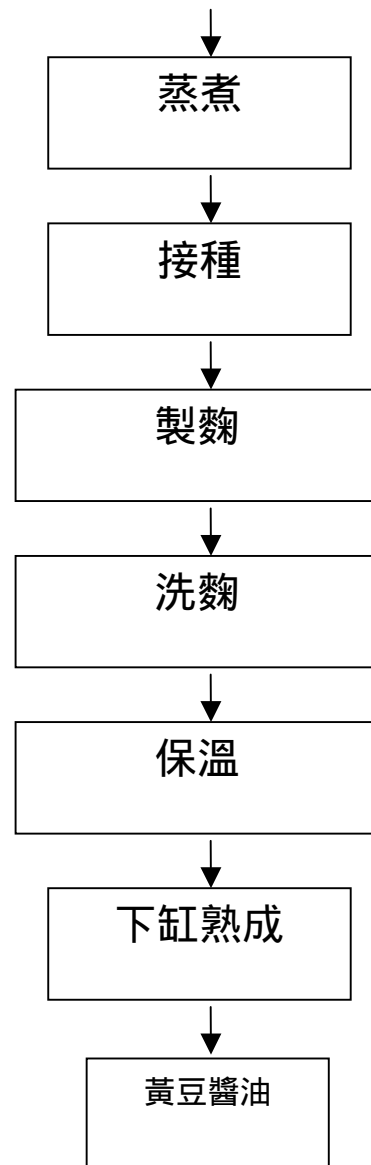
十四、到目前為止，只能觀察到麴菌的生長情形（如照片九）及一些物理特徵（觀察子葉部之菌絲生長情形來判斷麴之良好與否；及由豆粒外觀孢子之附著情形來判斷豆麴的優劣），如能有更好的器材、設備，擬更深入地測試豆麴的含水量、硬度及豆麴的成分變化。

陸、結論

一、綜合上述結果，可知我們家釀造醬油採用黃豆之最適蒸煮條件為浸泡時間 1 小時、蒸煮 60 分鐘，於此條件下可得較適於進行製麴之黃豆，且

- 經此處理之黃豆蛋白質，其變性程度適當，較易被麴菌生產之蛋白酶分解，有助於提高黃豆蛋白質之利用率，並能獲得附加價值產品——豆豉。
- 二、我們家工廠會附帶生產 "豆豉"、"豆瓣醬"，尤其欲兼製豆豉時，**豆粒之完整**十分重要，故會調整浸水，蒸煮與下缸時間。
- 三、製麴時， 麴菌生長至 17-25 小時，因生長旺盛會發熱，使溫度驟升，需拌麴散熱，同時使空氣充分；如溫度再升需再拌麴一次，總之，製麴時不使麴的溫度超過 40℃。
- 四、以不同之豆麴厚度進行製麴，結果顯示製麴厚度不宜太低，易導致水分及溫度散失過快影響麴菌生長；於 **3 杯豆之豆麴厚度下，麴菌生長良好**。
- 五、以快鍋、電子鍋、蒸鍋等蒸煮均可，但需視煮好豆之狀態決定蒸煮時間，通常豆粒仍完整；至於使用烤箱則會使豆之水分散失，後段之製麴不易。
- 六、以快鍋蒸煮因有壓力，使豆粒易熟透，易於麴菌之生長，唯需熟而不爛，否則會因豆粒黏著通氣散熱不良而影響麴菌之生長。
- 七、蓋布的目的其一在於**保持濕度**，麴菌生長時需水分；另一目的在於**保溫**，此結果可應用於**冬季**製麴。
- 八、浸泡時間亦與蒸煮條件有關，通常室溫(25℃)下浸泡充分水量 6-8 小時後，黃豆之重量會增加為原料豆之 2.1 倍左右。
- 九、本實驗對於將醬油製程找出具科學化之 DIY 流程極有幫助，如能配合後續洗麴、保溫及下缸熟成之進一步研究（如圖四），則黃豆醬油之創新生產指日可待。





圖四 醬油釀造流程



照片六：麴菌的生長較差－稀疏



照片七：麴菌的生長較佳－濃密



照片八：子葉內部麴菌的生長情形。

（左）內部無麴菌－較差

（右）內部長滿麴菌－較佳



照片九：麴菌表面觀察（右一優於左一）



(第 0 小時)



(第 24 小時)

(第 48 小時)



(第 72 小時)



(第 96 小時)



照片十 96 小時製麩過程中，豆麩的顏色變化。

柒、參考資料

1. 自然與生活科技（第四冊），牛頓教科書，18-19 頁，民國九十二年一月。
2. 林耕年，釀造學（發酵食品），八版，復文書局， 99 頁至 126 頁，民國七十七一月。
3. 續光清，食品製造，徐氏基金會出版， 143 頁至 149 頁，八十二年九月二十日初版。
4. 漢聲小百科 8，八月的故事，英文漢聲出版有限公司，58 至 60 頁，民國七十四年七月。
5. 漢聲小百科 10，十月的故事，英文漢聲出版有限公司，107 頁，民國七十四年九月。
6. 丸莊醬油食品工業有限公司
[http：//www.wuanchuang.com.tw/sauce/sauce.html](http://www.wuanchuang.com.tw/sauce/sauce.html)
7. 加工食品—發酵食品，1 頁至 6 頁。
[http：//food.doh.gov.tw/life/family/ferment.htm](http://food.doh.gov.tw/life/family/ferment.htm)
8. 豆油（醬油），1 頁至 2 頁。

<http://seed.agron.ntu.edu.tw/cropprod/process/brew.htm>

9. 美國黃豆協會台灣辦事處，1 頁至 3 頁，

<http://www.soybean.org.tw/about.htm>

10. 發酵食品~醬油專則篇 (soy sauce)，1 頁至 2 頁。

<http://www.khshb.gov.tw/info/info/-teach-e-fol.htm>

11. 張老師十字繡工作坊，1 頁。

<http://www.cuoc.com.tw/News-Detail.asp?newsID=40>

12. 調味聖品--醬油知多少？

<http://www.health2000.org.tw/HEALTH/diy/0325.htm>

13. 福島，大豆蛋白質—變性、利用—大豆蛋白食品對分子構造面，日本，
醬油研究所雜誌社，22 - 31 頁，1997。

14. 闕文仁、鄧世正，實用醬油釀造學，台北，台灣，環宇出版社，1977。

15. 珍妮絲、派特苑克勞馥，不可思議的科學實驗室（生物篇），世潮出版有限公司，10 頁至 52 頁，1993 年 12 月。

評語

研究取材，規劃及成果均佳，實驗已含微生物之觀察與培養，頗為難得。