

屏東縣第 61 屆國中小學科學展覽會 作品說明書

科 別：化學科

組 別：國小組

作品名稱：藝流糠造-以米糠製作天然塗料之探究

關 鍵 詞：植物蛋白膠、天然塗料、粗糠

編號：A3026

製作說明：

- 1.說明書封面僅寫科別、組別、作品名稱及關鍵詞。
- 2.編號:自報名系統報名完取得作品編號後,先填寫回作品封面上,再存成 docx 及 pdf 檔後再上傳。
- 3.封面編排由參展作者自行設計。

藝流糠造—以米糠製作天然塗料之探究

摘要

本研究在探究以黃豆全豆製作為塗料黏度材、以米糠粉作為強度材及添加溶劑的可能性與配方。透過實驗找到適用於塗料之最佳全豆漿製作比例、以兩種酸性物質添加後得到最多沉澱物之比例、以水硼作為抑菌材料以及粗糠粉作為強度材之可行性和限制。

壹、研究動機

從電視廣告發現強打標榜對人體無害的乳膠漆，塗料在牆壁上的效果顏色光亮鮮豔，於是近一步尋找資料，發現在自製塗料在國外盛行已久，加上超市發現流行的全豆濃豆漿，想到如何利用植物蛋白結合農作廢棄物製作天然塗料。

貳、研究目的

實驗全豆製作塗料的配方比例，得到豆漿加酸最適比例製作為植物蛋白黏著劑，並比較不同填充料差異，進一步找出植物蛋白塗料配方。

本實驗目的如下：

- 一、瞭解豆漿在何種條件下產生質變。
- 二、嘗試測試蛋白質的方法。
- 三、測試豆漿加入不同酸質之後質地差異。
- 四、從抑菌材料比較差異，找出適合的抑菌方法。
- 五、找出黃豆植物塗料成分最適合比例。

參、研究設備與材料

(一)研究材料

1. 黃豆。產地：加拿大。
2. 白醋：萬家香糯米醋、工研醋。
3. 檸檬酸：食品級檸檬酸。
4. 蛋殼、紅藍綠橘黃等五種顏色粉筆、水彩粉、糯米粉、礦物顏料粉。

5. 粗糠：台灣產稻米碾米剩餘稻殼，購自屏東市順寶碾米廠。

(二)研究設備與材料



溫度計



酸鹼計



磅秤



磅秤



計時器



熱熔膠槍組



酒精燈組



廣用試紙



刮刀



80 目濾網



100 目濾網



撈杓



數位放大鏡



焊槍



離心管



燒杯



果汁機



研磨機



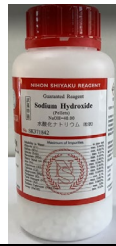
蔬果機



烘乾機



藥匙



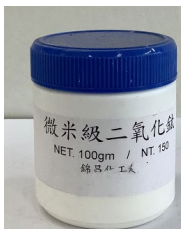
氫氧化鈉



氫氧化鉀



硫酸銅



二氧化鈦



粉筆灰



酒石酸鉀鈉



碘化鉀



四水合八硼酸鈉



定性濾紙



烘焙鹼



水彩粉



乳膠漆



牛奶漆



松木板



糯米粉

肆、 研究歷程

一、文獻分析

本研究參考三類文獻，包含歷屆科展作品分析、天然塗料製作材料特性分析、實驗工具設計。

(一) 歷屆國展作品 分析

我們查詢歷屆科展作品找到植物蛋白膠應用「蛋妝素抹」、「絕世好漆」和「化腐朽為神漆」三份作品。發現三者有利用粗濾後豆漿再製或取得大量豆漿剩餘後豆渣製作植物蛋白膠。粗濾後的豆漿有剩餘豆渣，豆漿製作後取得豆渣都是後製產品，我們更想從頭瞭解黃豆製成植物蛋白的過程。

進一步分析「化腐朽為神漆」研究兩種酒粕與黃豆蛋白製作塗料，我們詢問酒廠及相關飼料代銷業者，得知金酒高粱酒粕有船期與大宗標售問題，加以酒粕目前多應用於生物科技產品研發，不易取得。而玉米酒粕同樣取得不易，係因玉米酒粕多自美國進口，非本地產物，以至於重製實驗受限。

我們也認為，雖然以過濾後的豆渣或以市售少量豆渣再製作為可行方法，但與蛋殼粉一樣，豆渣經加工後有其他用途。如果採全豆製作豆漿沒有廚餘處理問題，未用完塗料可以作為堆肥，是完全利用且適合少量需求者製作。

(二) 關於天然塗料製作（陳慧琳，2013；俞靜靜，2013）

「塗料」又稱為「漆」，具有黏度好、強度夠、好看、不易掉粉等特性。因此需要幾種成分：

1. 色料：讓塗料呈色好看、耐看。
2. 黏著劑：讓塗料能夠附著在牆面或桌椅等任何漆面。
3. 強度材料：讓塗料的厚度與強度增加，保護牆壁，且塗料不易破裂，例如大理石粉、粉筆灰、蚶殼粉、木屑等。
4. 溶劑：讓塗料容易塗抹，塗抹後溶劑能夠揮發讓塗料黏牢於漆面上，例如水、橘皮油。
5. 添加物：提供塗料特殊效果，例如仿石漆、砂岩漆。

天然塗料製作建議：採用無毒材料，沒有味道或未宜人的溶劑，天然溶劑裡最常見的就是松節油（Turpentine）或橘皮油。本研究採用容易取得的純水、柑橘油、椰子油作為試驗塗料溶劑。

(三) 黃豆蛋白質應用於塗料黏膠

關於黃豆與豆漿的蛋白質成分比較，我們採用衛生署與疾病管制中心食品藥物管理局的網站「食品營養成分資料庫」所標示黃豆的蛋白質成，每 100 公克中成分各占比重如下：

樣品名稱	黃豆	市售無糖豆漿
整合編號	1105101	H1150201
水分 g	11.3	93.3
粗蛋白 g	35.6	3.6
粗脂肪 g	15.7	1.9
飽和脂肪 g	2.4	0.4
灰分 g	4.5	0.4
總碳水化合物	v	v
膳食纖維	v	v
礦物質	v	v
維生素	v	v
水解胺基酸	v	v
脂肪酸	v	v

黃豆主要成分為蛋白質，其次為脂肪、灰分、碳水化合物、膳食纖維，並含有微量礦物質、維生素、水解胺基酸與脂肪酸。黃豆乾貨、濕豆與市售豆漿比較差異最大在蛋白質含量。我們以本表資料與市售豆漿比較，全豆濃豆漿標榜蛋白質 37%，數值接近。

根據食物中的化學世界提到蛋白質變性(古建國，2008)利用黃豆煮漿加熱加醋調製出鹹豆漿是生活中常見的例子，相關研究也頗多，但是「甚麼時機加醋？」「應該加多少醋？」雖然已經有相關研究，但數據不穩定(連俊暘、李政隆、郭懷安，2009)，所以我們想自己動手試試看，找出塗料用豆漿的豆水比、豆漿與醋的比例，作出適合的塗料材料比例。

黃豆本身含高油脂，黃豆磨粉可代替蛋黃製作沙拉淋醬(亭好、姚沛雯、盧宛昱，2017)，由於黃豆含卵磷脂，而卵磷脂具有親水端與親油端，因此我們嘗試將選用的溶劑混和調製出塗料。

(四) 粗糠(Rice Husk)作為塗料強度材的可能性

稻殼，有人稱為米糠或粗糠，是碾米後剩下的部分，包括外穎、內穎、護穎

和小穗軸。由於穀粒中稻殼約佔總重量五分之一，碳氮比高達 75.6%，很難發酵。稻殼材質疏鬆，通透性佳，遇水不易腐化。主要成分為二氧化矽，與土壤成分相近，可視為土壤替代品。一般應用為燃料、工業原料、栽培介質、堆肥或生物分解資材(葉 sir, 2013；倪禮豐, 2010)。

為了避免混淆，本研究指的是碾米剩餘的粗殼。實際觀察粗糠，發現外穎光亮細滑，呈現亮淺黃色，但是碎粉後成為淺褐色顆粒。



圖 1 米糠 (數位放大鏡 x50)



圖 2 外穎和小穗軸(x100)

我們發現有小學生利用菱角殼研製紙張(郭怡岑、謝雨倫, 2008)，那麼同樣是短纖維的粗糠，能否作為塗料填充物呢?目前關於粗糠的研究多為粗糠高溫燃燒(rice husk ash)後製為卜作嵐 (Pozzolan material) 作為水泥添加物，近年來陸續有將粗糠研發製作稻米吸管、隔熱墊、可分解餐具等創意商品問世，我們發現有不少作品以蛋殼粉作為塗料填充物，卻未見粗糠作為天然塗料相關研究，猜想可能是不受重視或有待突破，尤其是粗糠具有大量二氧化矽、耐燃、耐水等特質，我們想探究粗糠研製作為塗料的可能性。

(五) 本研究創新之處

我們比較歷年國展相關研究發現多以過濾後豆漿製作，且以粉筆灰或蛋殼粉研製比例，粉筆灰與蛋殼粉細磨作為強度材有顆粒感，可作為特殊效果塗料如仿石漆或製作特殊紋理。

在植物蛋白做法上，多以豆漿粗濾或豆渣加工進行研究，研究結束後豆渣捨棄或作為其他用途。高粱酒粕因為船期、季節問題，買不到、用不到，無法複製實驗，而玉米酒粕需要依賴進口取得。其次，我們實際走訪商家，發現目前蛋殼粉作為寵物飼料添加物、添加於不織布清洗工具等多種用途，詢問市場或早餐店蛋殼處理，商家多半回答已有人收購，因此決定採用市價一大米袋100元的粗糠，嘗試作為塗料強度材。

基於廢材利用、經濟、容易取得等特點，嘗試全豆製作植物黏膠並採用粗糠作為塗料強度材，是本研究與他人不同之處。

(六) 自製實驗工具

為了測試塗料成分是否可用，我們設計了實驗測試工具，例如離心機、拉力計，作為比較基準。

1. 自製拉力計

【製作材料】PP 板、塑膠透明軟尺、彈簧秤、飛機木、壓舌板、細鐵絲、鐵鉗、雕刻刀、木鑽。

【設計】在 PP 板上繪製 20x15 範圍，飛機木切割長條、以熱熔膠固定於 PP 板上作為測量起點，並於距離 20 公分處固定木條，框出測量範圍。將細鐵絲固定於兩端，將彈簧秤架高降低板材摩擦力，PP 板上黏貼透明尺作為拉力參照。彈簧秤底端黏貼一片壓舌板，起點固定一片壓舌板即可測試。

【設計】於固定端壓舌板薄上一層塗料，與彈簧秤底部壓舌板黏合固定 1 分鐘後測試。



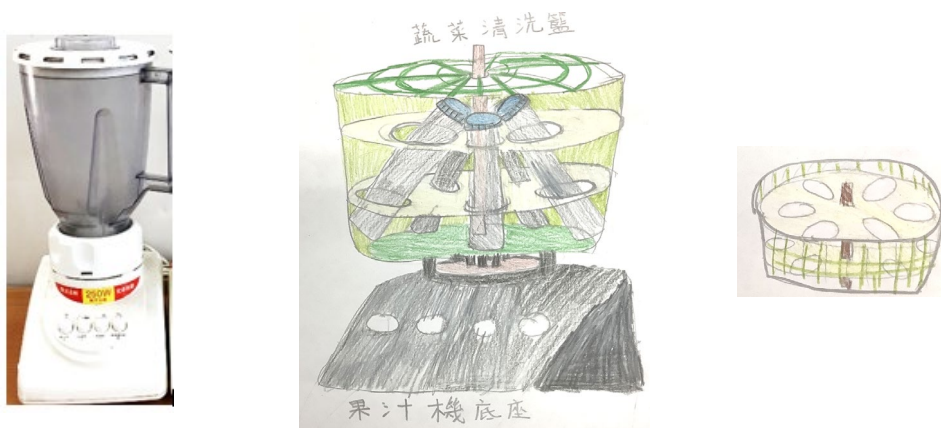
圖 3 自製拉力計

【量測】將兩片鴨舌板拉開，以拉開距離計算每單位需使用的拉力表示黏性

$$\text{拉力} = \frac{\text{施力}}{\text{距離}} (g / cm)$$

2. 自製離心機

我們在製作植物蛋白的時候，發現製作沉澱物這一關無法掌握確實的數據，需要一台離心機。但是離心機昂貴，在沒有可用的設備情形下想到自己設計動手做一個試試看。我們選用傳統果汁機且附有瞬間鈕機型。果汁盒改以沙拉清洗砌的內盒塑膠籃，並剪下兩塊圓形後紙板，將圓形紙板以正六邊形作圖分成六等分後，圓心以熱熔膠黏上竹棍；兩塊紙板分別測量離心管放置距離後，在 300 磅厚紙板上繪製 6 個橢圓形，仔細裁切作為離心管固定位置(圖 4)。



自製離心機示意圖

3. 配製雙縮脲試劑調製(蔡智賢，2008)，並以蛋黃、豆漿分別測試。

【雙縮脲原理】雙縮脲(Biuret)是兩個分子脲經過加熱放出一個分子氨後得到的產物。在強鹼溶液中，雙縮脲與硫酸銅形成紫色絡合物，稱為雙縮脲反應。紫色絡合物與蛋白質成分無關，而是與蛋白質濃度呈正比，適合用來測試蛋白質含量。配置後放置於塑膠瓶保存，若出現黑色沉澱物需要重新配置。

【雙縮脲配方】

- (1) 配置 40.0 mL 0.2 M 氫氧化鉀(potassium hydroxide)：
- (2) 秤 9.0 g 酒石酸鉀鈉(potassium sodium tartrate)溶於溶液(1)
- (3) 再加入 1.0 g 硫酸銅(cupric sulfate)於(2)混合使之溶解。
- (4) 溶液中再加入 1.0 g 碘化鉀(potassium iodide)混合均勻。
- (5) 最後以 0.2 M NaOH 稀釋至 200.0 mL。

以上配方換算後，得到需用量有氫氧化鉀 0.45g，氫氧化鈉 1.6g，依序加入調製。我們發現這個試劑確實非常穩定，保存良好可放置至少兩週以上不會變黑。



圖 5 自行配置雙縮脲試劑

4. 抑菌材料 PH 值：理解溶液酸鹼值變化。酸鹼計以緩衝溶液 7.0 測試校正備用。

【小蘇打】

由於豆漿有大量的水分，調製成塗料也需要添加小蘇打，因此我們想了解弱鹼的小蘇打其 PH 值在添加不等量水之後的變化。

【水硼】

水硼分子量大，我們對它的特性也感到好奇，因此逐次少量添加純水瞭解水硼的 PH 值變化。

(七) 實驗工具測試

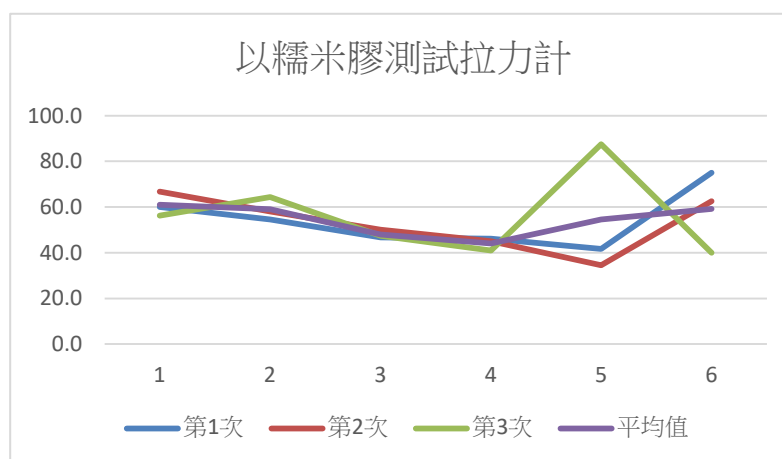
1. 拉力計

我們先以一般膠水測試，發現黏性過大以至於彈簧秤雖然用到 300g 的力，卻因為回彈速度過大，無法判斷距離，以慢速錄影判讀，還是很難得到數據。因此我們改配置糯米膠，水粉比例 1:1、1:2、1:3、1:4、1:5、1:6，配置比例後靜置 5 分鐘再充分攪拌。每種比例測試三次，作為塗料黏性參照。

比例	單位	1:1	1:2	1:3	1:4	1:5	1:6
第 1 次	<i>g</i>	300	180	140	60	100	30
	<i>cm</i>	5	3.3	3	1.3	2.4	0.4
第 2 次	<i>g</i>	400	180	150	90	100	25
	<i>cm</i>	6	3.1	3	2	2.9	0.4
第 3 次	<i>g</i>	450	180	180	90	70	40
	<i>cm</i>	8	2.8	3.8	2.2	0.8	1

糯米膠水測試結果分別計算比值並求取平均值以折線圖表示拉力強度 g/cm (圖 6)。

第 1 次	第 2 次	第 3 次	平均值
60.0	66.67	56.25	60.97
54.55	58.06	64.29	58.97
46.67	50	47.36	48.01
46.15	45	40.91	44.02
41.67	34.48	87.5	54.55
75.0	62.5	40.0	59.17



測試結果發現拉力計在粉水比例 1:1、1:2、1:3、1:4 相對穩定，數值隨著水量增加黏性減少。1:5、1:6 數值不穩定，塗抹兩種比料的膠於壓舌板時時，將水容易滴落；實測拉力時，高水分糯米膠確實黏性不佳，壓舌板容易上下移動導致拉力不均。我們判斷自製拉力計只適合用於糯米膠四種水粉比例相當的植物膠，黏性太高商品膠不適合納入比較。接下來我們將本研究製作的植物塗料與兩種商品漆比較，糯米膠黏性作為參考。

2. 自製離心機測試

製作盒內兩層固定板時，我們發現離心管高度過高，必須採用靠盒外緣才能放入，與傳統離心機構造不同，我們擔心會影響液體與沉澱物分離效果。

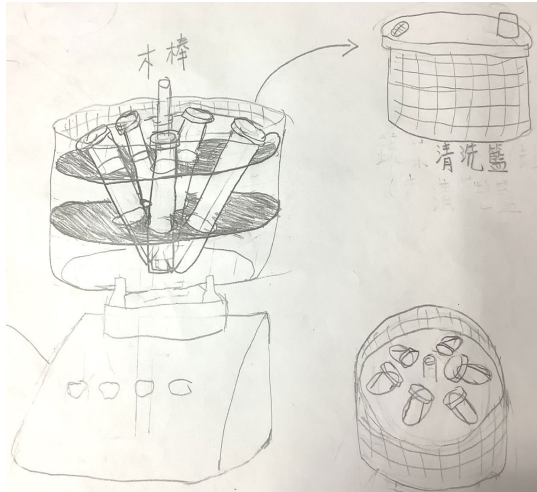
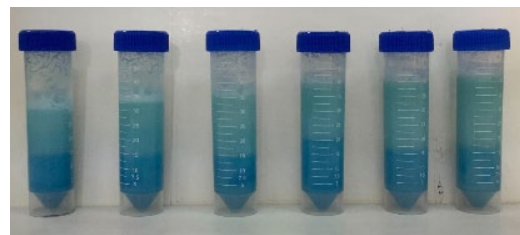


圖 7 自製離心機第二版



圖 8 紙板離心機

我們就離心管放置位置應該要向中心側斜或向外緣側斜討論，無法決定方向。後來參考了紙板離心機的設計(Prakash, 2017)，考慮安全與固定效果，決定讓離心管靠著容器外緣，並將木棒固定做為中心軸。實測結果確實可以將混和後的豆醋沉澱物分離(圖 9~圖 10)。



3. 雙縮脲試劑測試

【蛋白質濃度測試】以一般熟知的高蛋白質品項測試試劑是否可用，測試雞蛋和生豆漿樣品都呈現深紫色。



圖 11



圖 12



圖 13

我們製作兩種豆漿，第一種是全豆豆漿，再分別將豆漿粗慮和細慮，將豆漿加入 10 ml 雙縮脲試劑，發現全豆豆漿呈紫色遠高於過濾豆漿。製作塗料需要植物蛋白的黏性，因此決定採用全豆製作。

4. 小蘇打與水礮特性測試

【小蘇打】

我們分別以不等量白醋加上 1g 小蘇打觀察酸鹼變化，發現 6ml、7ml 完全反應，產生大量泡泡後，等靜止再以酸鹼計測量，6~7ml 量杯只剩下極少量液體，得到的數值接近中性。8ml 以上白醋加小蘇打留有少數液體，測得弱酸以下結果

醋量 ml	6	7	8	9	10	11
PH 值	6.75	6.5	6.3	6.05	5.43	4.77

再將 100 全豆熱豆漿分別加入 6~11 毫升白醋後，分裝為各 6 等分，每一份 10g 黃豆膠再分別加入不等量小蘇打，測酸鹼值變化，發現加入小蘇打量約為 1~2g 會接近中性。。

小蘇打用量實測

小蘇打 g	6	7	8	9	10	11
0.1	7.50	6.48	6.40	6.69	6.50	6.55
0.2	7.58	6.88	7.27	7.26	6.69	6.86
0.3	8.06	7.25	7.55	7.40	7.13	6.98
0.4	8.15	7.73	7.71	7.26	7.14	7.23
0.5	8.21	7.82	7.59	7.44	7.38	7.43

以此推估，每 100 毫升的全豆豆漿加酸變質過濾處理後，6ml 和 9ml 樣品只需加入約 1g 的小蘇打可達到中性。

【水硼】

水硼一般用作農業資材，噴灑於葉面(行政院農委會)，有抑菌效果且用量少。我們想嘗試以水硼取代小蘇打，同時達到將黃豆膠中和且抑菌兩種目的。我們分別將 0.1g~0.6g 水硼加入純水攪拌均，兩兩比較後發現不同容量 PH 值差異不大，如文獻所說水硼用量少。水硼能否達到抑菌效果需要進一步比較。

水硼溶液 PH 值						
添加量	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6
水 10ml	8.58	8.51	8.36	8.29	8.04	7.09
水 20ml	8.69	8.58	8.48	8.43	8.34	8.31
差異值	0.11	0.07	0.12	0.14	0.30	1.22

(八) 實驗歷程

【實驗一】探究全豆豆漿蛋白質變性過程

1. 黃豆 100g 泡水 4 小時，期間需換水 2~3 次。
2. 豆水比 1:4 製作豆漿，以果汁機磨製 8 分鐘打細。
3. 生豆漿加熱觀察豆漿溫度變化。
4. 加入 6、7、8、9、10、11ml 白醋，測量沉澱物重量，得到最佳加酸比例。

【實驗二】檸檬酸加豆漿能否產生沉澱物

1. 熱豆漿加入白醋可以產生沉澱物，但是味道嗆鼻，多次嘗試後，組員提議嘗試用檸檬酸製作黃豆膠。
2. 檸檬酸(Citric Acid)是一種中強度有機酸，常用於食物和飲料中的酸味添加劑，或作為清潔劑，對環境無害。檸檬酸分子量大，用於本研究需用量小，符合經濟效益。

【實驗三】沉澱物烘乾之後計算收率

豆漿加熱加酸之後，以 80 目濾網過濾，取得沉澱物，即為黃豆膠。我們想以收率輔助瞭解全豆漿加醋適當比例。黃豆膠含有水分，烘乾後回推加酸需用量。以 72°C 烘乾 54 小時，計算方法如下：

$$\frac{\text{黃豆膠烘乾後重量}g}{\text{黃豆膠烘乾前重量}} \times 100 \%$$

【實驗四】水硼抑菌效果

取蛋白膠加入 4 倍純水混和均勻，分別加入硼酸、水硼，測試水硼加入塗料中放置於室外與室內的差異。

【實驗五】粗糠粉製漆比例

米糠以研磨機磨細 5 分鐘，分別通過 80 目、100 目濾網，觀察不同用量米糠粉加入塗料後塗抹效果。

【實驗六】植物塗料溶劑

文獻建議可加溶劑有水、橘皮油與松節油。先以橘子油、椰子油各 10ml 加入純水 50ml 攪拌後靜置 5 分鐘，觀察油水分離狀態。再將黃豆塗料分為三組，分別加入柑橘油、椰子油兩組與加純水組比較，觀察塗料中油水黏度材與強度材和油水狀態，比較三組後得到適用溶劑。

伍、 研究結果與討論

以下分別依蛋白質變性、豆水比例、沉澱物測試最佳酸值用量、

一、豆漿蛋白質變性

豆漿磨細後煮至 98°C 以上，會有突沸現象，會突然冒出大量綿細泡泡，為了避免溫度升高豆漿溢出導致材料損失，最高至 101°C 熄火。



我們發現，濕豆必須泡製兩倍大，冬天需至少泡水 4 小時。豆漿冷卻最低溫度到 60°C 前必須加酸，溫度過低會影響黃豆膠的製作量。黃豆加酸後綿細蓬鬆富含水分，攪拌時可以感覺到黏。我們實作多次，發現豆漿加醋汁後填裝入量杯秤重或倒入量杯後加醋，數值很不穩定，可能是填裝時耗損，也可能是濕豆渣比重高，攪拌不均會導致誤差，因此製作黃豆膠比例掌握需要耐心和細心。

二、製作塗料所需豆水比例

一般製作豆漿豆水比約為 1：8 至 1：10，本研究目的係利用全豆豆漿製作塗料，而非飲用。因此我們希望保留大量的碎磨豆渣，分別以不同比例水份調製豆漿。

(一)製作方式

1. 濾紙秤重
2. 以 1 份濕豆分別加入 3、4、5、6、7 倍水量製漿
3. 豆漿加酸攪拌
4. 過濾得到黃豆膠
5. 放入蔬果烘乾機烘乾

(二)計算收率

烘乾之後的重量作為輔助加酸質用量判斷，以濾紙過濾後分別取等量黃豆膠以 72°C、56 小時烘乾後取出，扣掉杯重計算收率，以收率 1、2 為例：

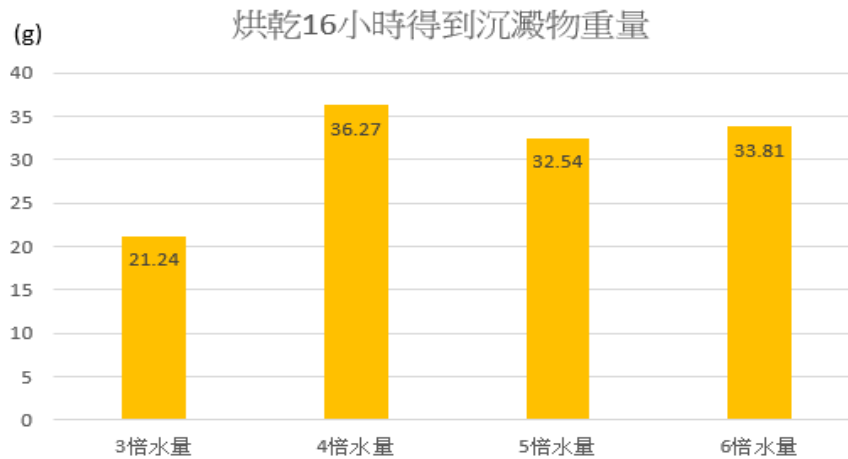
收率 1：以濕豆 25g 加 7 倍水製漿加酸後取 20g 沉澱物烘乾。

收率 2：以濕豆 25g 加 3 倍水製漿加醋後取 20g 沉澱物烘乾。

醋 ml	6	7	8	9	10	11
收率 1 %	7.27	4.96	4.83	6.98	4.94	5.21
收率 2 %	37.3	34.45	20.25	37.55	32.9	31.85

我們發現豆水比再沉澱物的重量有很大差異，推測沉澱物本身含水量高，因此得到的兩種收率差異很大。兩種收率中加入 9ml 的醋得到收率較其他醋量高，相較之下穩定。但我們也推測可能是沉澱物分別填裝時產生材料耗損導致。我們進一步比較不同濕豆加水比例發現，水份多寡可能影響加酸結果。以濕豆一份 25g，分別加入 3、4、5、6、7 倍水量製漿加入等量醋後烘乾。

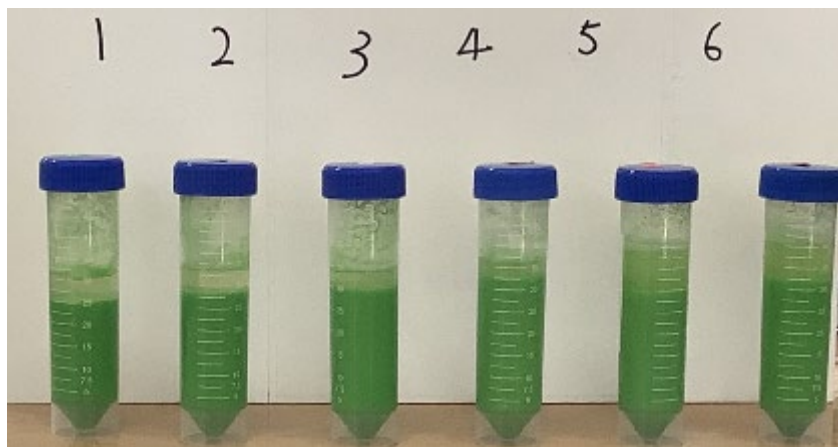
【結果】 豆水比 1:4 所得到的黃豆膠烘乾後沉澱物量最高。



三、離心管測試找出最適合醋漿比

前述實驗數據不穩定，難以掌握，我們認為可能是水量，也可能是填裝出錯，因此改用同一批黃豆膠加上等量水後分別加醋測量作為輔助判斷。

1. 離心管 6 支分別秤重。
2. 填入過濾豆渣 20g，以 1 : 1 加入 60°C 以上純水，以保持溫度。
3. 加入藍色、綠色粉筆灰 1g 以利辨識刻度。
4. 離心管分別加入白醋混和搖勻。
5. 置入自製離心機，以 1 秒按鍵一次，10 次後取出直立靜置。
6. 觀察黃豆膠高度並秤重。



醋 ml	6	7	8	9	10	11
重量 g	10.5	8	15.2	15.9	14	12.5
容量 ml	25	27.5	30	32.5	30	27.5

我們發現 9ml 醋可以產生最多黃豆膠，以此推估最適合的比例是 100ml 豆漿

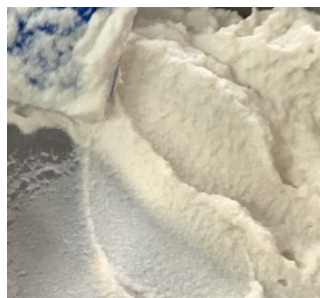
加入 9ml 的醋。

四、添加不同酸質有無差異

豆漿、豆渣實測為中性，以濕豆加水比例模擬加入檸檬酸後蛋白質變性狀態，發現添加檸檬酸的黃豆黏著狀態與加醋一樣而且綿細。



加醋拌勻後的黃豆膠



加檸檬酸拌勻後的黃豆膠

差別在於酸味比起白醋更溫和，檸檬添加量以 100ml 水加入 0.5g 測得 PH 值為 2.05，較白醋 2.75 酸，作為添加參考。

五、沉澱物添加抑菌材

硼酸、小蘇打是常見抑菌材料，根據科展作品「淡妝素抹」研究結果，硼酸效果大於小蘇打。組員家長提供水硼讓我們嘗試，多了一種比較。三種添加物 PH 值，分別以 100ml 水加入 1g、2g、3g 後測量：

添加量		PH 值	
種類	水硼	硼酸	小蘇打
1g	8.66	6.40	8.26
2g	8.52	5.33	8.39
3g	8.40	4.40	8.49

發現水硼奇特之處，添加量越多似乎越往中性靠攏。於是將加尚未加入小蘇打中和的檸檬酸黃豆膠(PH=4.6)加入水硼，發現隨著用量增加越區近於中性，分次少量添加至 6g(PH=5.4)、9g(PH=6.0)、11g(PH=6.30)，添加至 12g 時 PH 值達到 6.78，加入少量水立即達到 PH 值 7.0。

備置三份黃豆膠各 50ml 加入硼酸、水硼各 5g 與不添加抑菌材料放置於室外、室內各一份，一週後觀察變化。

實驗組

對照組



硼酸

水研

未添加

肉眼觀察，硼酸有黑色黴菌附著，水研沒有明顯菌落但有質變，對照組顏色變深褐色且發臭，後續觀察抑菌效果應以顯微鏡觀察補足。

六、以粗糠細粉調製塗料

粗糠表面光滑，摸起來質地較硬。我們以藥材研磨機將粗糠磨細後分別以 80 目和 100 目濾網過篩，100 目篩粉質地與蛋殼粉接近。



米糠原貌



粗磨米糠粉



以 100 目篩網過濾

初步調製配方，我們將黃豆膠加入水礮後，分別添加 80 目米糠粉 30% ，100 目蛋殼粉 30% (參照「化腐朽為神漆」比例)、米糠粉蛋殼粉各 15%三種，並添加 1g 綠色色料，塗抹於松木板上，放置於室外曬太陽。全日照曬乾後比較質地，蛋殼粉與米糠粉都有明顯粉痕和明顯紋路，效果接近仿石漆。

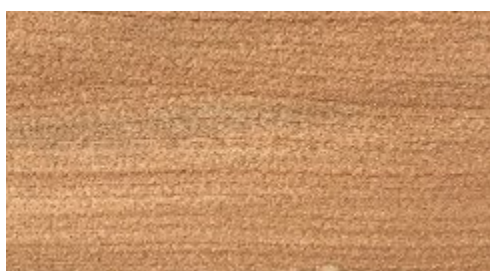


添加蛋殼粉

添加米糠粉

添加蛋殼粉米糠粉各半

米糠粉再細磨至可過 100 目網篩，重新配置塗抹於木板再比較，依然有明顯紋理。塗刷不均勻以降低水的比例或添加油脂比較效果。



100 目米糠粉



80 目米糠粉

七、以油品作為溶劑

我們發現市售天然塗料有以油品作為溶劑或增加亮面效果，因此以塗料黏度材分成 9 等份再分別加入柑橘油、椰子油與無添加比較，如下表

【實驗組 1】添加柑橘油—蛋殼粉、米糠粉、蛋殼粉與米糠粉各半(左→右)



【實驗組 2】添加椰子油—蛋殼粉、米糠粉、蛋殼粉與米糠粉各半(左→右)



【對照組】以水作為溶劑—蛋殼粉、米糠粉、蛋殼粉與米糠粉各半(左→右)



兩兩比較發現，以油作為溶劑塗抹效果與水溶劑比較，柑橘油效果略佳。以兩種油品比較，柑橘油與粗糠粉拌勻塗抹容易，椰子油塗抹無法均勻，效果較水

差。添加油品的目的在於讓塗料工作度容易塗抹，但塗抹之後溶劑能夠揮發讓塗料黏在牆壁上或木板上，比較之下椰子油不適合當作溶劑。

八、拉力測試

以黃豆製作的植物塗料黏性如何呢?我們以市售得利兒童淨味漆、Old Vantage 牛奶漆作為對照組比較自製塗料拉力水準。

比例	單位	得利兒童淨味漆	Old Vantage	自製塗料
第 1 次	g	140	40	70
	cm	3	0.9	1.8
第 2 次	g	160	40	90
	cm	3	1	1.9
第 3 次	g	180	60	90
	cm	3	1.4	2.2

【拉力測試】

單位：g/cm			
實測結果	得利兒童淨味漆	Old Vantage	自製塗料
第 1 次	46.67	44.44	38.89
第 2 次	53	40	47.36
第 3 次	60	42.85	40.91
平均值	53.23	42.43	42.39

【結果】

我們的塗料與市售塗料相較，雖然不及知名廠牌油漆黏性佳，但 Old Vantage 牛奶漆接近，黏性足夠。

總結本研究【天然塗料做法】如下：

1. 取 100 乾豆泡水至兩倍大，加 4 倍水量磨製生漿。
2. 豆漿加熱煮沸後熄火，每 100ml 豆漿加入 0.5g 檸檬酸或 9ml 白醋，攪拌後過濾即為黃豆膠。
3. 每 100ml 添加 2g 水礬。
4. 添加 1g 礦物顏料。
5. 黃豆膠加入等比例水攪拌。
6. 依需求可再添加柑橘油 5ml 調製。

陸、 研究結論

本研究在探究以黃豆全豆製作塗料黏度材、以米糠粉作為強度材及添加溶劑的可能性與配方。實驗得到以下結論：

- (一)豆漿調配:濕豆製漿的豆水比例為1：4。
- (二)豆漿加醋的比例能產生大量的蛋白膠 100ml 豆漿加 9ml，檸檬酸有同樣蛋白質變性效果，每 100ml 熱豆漿添加 0.5g 可以產生最多黃豆膠。
- (三)蛋白膠添加水硼較硼酸抑菌效果佳。
- (四)米糠粉作為強度材可行，但僅限於特殊效果如粗紋理石漆。
- (五)本研究塗料與市售塗料拉力相近，有相當的附著力。

柒、 未來研究建議

我們發現添加粗糠粉能將顏色變得柔和，但紋理特殊，僅適合塗抹於特殊材質上，建議未來增加顏色比較，讓塗料應用更廣。

捌、 參考文獻

白尾(2019)。豆漿加醋為什麼會結塊?化學解密鹹豆漿之謎。泛科學。2020/11/15 引自 <https://pansci.asia/archives/167211>

行政院衛生福利部食品藥物管理署。食品營養成分資料庫。2020/9/15 引自 <https://consumer.fda.gov.tw/Food/TFND.aspx?nodeID=178>

倪禮豐(2010)。稻米利用—水稻廢棄資材之利用。行政院農委會稻米館，原文刊載於花蓮區農業專訊，43:21-24。2020/11/15 引自 <https://kmweb.coa.gov.tw/subject/subject.php?id=18467>

李冠璋、陳建文(2013)。稻殼/聚丙烯複合材料製備及性質探討。學生專題製作報告。崑山科技大學材料工程系。2020/11/15 引自 <http://ir.lib.ksu.edu.tw/bitstream/987654321/19087/2/%E5%B0%88%E9%A1%8C%E8%A3%BD%E4%BD%9C.pdf>

林亭妤、姚沛雯、盧宛昱(2017)。低**熱量沙拉醬—黃豆粉的替代**。中學生網站，小論文專區，農業類 2020/09/10 引自 www.shs.edu.tw/works/essay/2017/03

。點「**殼**」成紙—**菱角殼製漿造紙可行性之研究**。中華民國中小學科學展覽會第 48 屆，國小組生活與應用學科。國立科學教育館。

陳鼎穎、曾元庠、郭亞宸(2016)。蛋**妝素抹—探討植物蛋白製作天然塗料之可行性**。中華民國中小學科學展覽會第 56 屆，國小組生活與應用學科。國立科學教育館。

連俊暘、李政隆、郭懷安(2009)。探討**豆漿以何種浸泡溫度，時間和加醋量產生的蛋白含量最多**。中學生網站，小論文專區。2020/09/10 引自 <https://www.shs.edu.tw/works/essay/2009/03/2009033119121554.pdf>

黃楷翔 (2018)。化**腐朽為神漆**。中華民國中小學科學展覽會第 58 屆，國小組化學科。國立科學教育館。

游承曄、陳玟心、林紓嫻、李楨馨 (2019)。絕世好漆—以**牛奶和教室粉筆自製塗漆**。中華民國中小學科學展覽會第 59 屆，國小組化學科。國立科學教育館。

張效瑄(2010)。檸檬酸。科學 Online 高瞻自然科學教學資源平台。2020/09/10 引自 <https://highscope.ch.ntu.edu.tw/wordpress/?tag=%E6%AA%B8%E6%AA%AC%E9%85%B8>

張榮宸(2014)。稻殼輔助劑及卜作嵐材料對水泥砂漿性質之影響。國立雲林科技大學營建工程系營建工程組碩士論文。

廖彩君、蕭宏濬、蔣毓宸、李承育(2010)。點**食成金—粗糠與常見材料的保溫、隔音及緩衝效能之研究**。中華民國中小學科學展覽會第 50 屆，國中組生活與應用科學科。國立科學教育館。

葉 sir 黑白講(2013)。超簡易無臭堆肥的原理與實作 001。2020/11/15 引自 <https://jason5932.nidbox.com/diary/read/8975433>

葉安義(2014)。全**豆豆漿之製備與其物化特性暨消化對其抗氧化活性的影響**。行政院國家科學委員會補助專題研究計畫成果報告。

蔡智賢(2008)。國立嘉義大學園藝學系植物生理學實驗。2020/11/15 引自
<http://web.ncyu.edu.tw/~jstsay/physiol/phyexp/expp02.htm>

德國 Auro 塗料。Commodities 原物料表。2020/11/15 引自
<https://www.auro.com.tw/auro/tw/Service/material>

Lewis, A. J. (1951). Varnishes and paints from Soybeans. 1950-1951 Year book, NALDC. National Agricultural Library Digital Collections. 2020/11/20 retrieved from
<https://naldc.nal.usda.gov/download/IND43894124/PDF>

Bhamla, M. S., Bensin, B., Chai, C., Katsikis, G., Johri, A., Prakash, M. (2017). Hand-Powered ultralow-cost paper centrifuge. *Nature Biomedical engineering*, 1, January.

Directive 98/8/EC of the European Parliament (2012). *Directive 98/8/EC concerning the placing of biocidal products on the market Inclusion of active substances in Annex I to Directive 98/8/EC Assessment Report*. Pyriproxyfen Product-type 18 —Insecticides, acaricides and products to control 2012 other arthropods. Netherland. 2020/10/23 retrieved from
https://circabc.europa.eu/sd/a/c8b5e5bf-7cf4-4367-8dba-841255de621b/Assessment_Report_Pyriproxyfen_September_2012.pdf

附錄、【水硼】成分說明

本研究採用之水硼為四水合八硼酸鈉 ($\text{Na}_2\text{B}_8\text{O}_{13} \cdot 4\text{H}_2\text{O}$)，是硼酸鹽的一種，含硼 20.5%，目前廣泛應用於農業，主要作為肥料以取代硼砂，其分子量為 412.52，含氧化硼 B_2O_3 、硼元素 B、氧化鈉 Na_2O ，PH 值 7.0~8.5(7.64)，呈弱鹼，相較於一般硼酸鹽低溫不容於水，水硼在常溫水中也易於溶解。

其農業主要應用在肥料、木材保護、殺菌劑，殺菌目標在黴菌和植物黴病。水硼用於其他領域有作為水處理化學品、肥皂表面活性劑、溶劑、工業阻燃防腐等。