

中華民國第 53 屆中小學科學展覽會

作品說明書

國中組 化學科

第一名

030201

明列子在生質柴油的應用

學校名稱：新北市立永平高級中學(附設國中)

作者： 國二 鄧遠祥 國二 郝 軒 國二 邱昱誠	指導老師： 江儒源
-----------------------------------------------	------------------

關鍵詞：明列子、生質柴油

得獎感言

參加全國科展有感

在這次科展的過程中，我的隊友們和我都十分努力的練習，並且積極投入，得到這個獎雖然不敢說實至名歸，但是我相信努力是有回報的，每天犧牲玩樂的時間投入科展，犧牲讀書的時間，為了科展，老師和同學都犧牲了不少，所以皇天不負苦心人，再加上教授的賞識，我想這是我們得名的原因。

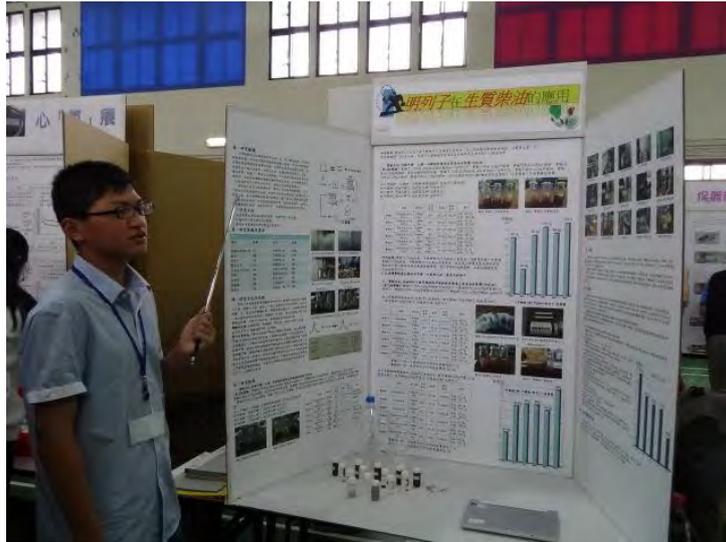
在做實驗的過程中，我學到了許多，其中讓我們印象最深刻的是——「誤差」。做任何實驗不管是人為，甚至是機器測量都會有一定的「誤差」，但是如何避免、如何降低，就要考驗實驗者的能力。

我們在測量熱卡值時，老師曾問了我們一個問題：在燃燒時會產生碳，碳會吸熱(會影響熱量計算)，為什麼不將它計算進去?我們邊做邊思考，卻百思不得其解，最後，在那位教我們做實驗的研究員口中得到了答案，在計算這些時要看看這個「誤差」是否真的會影響到你所要的值，如果不會，也許就可以不用去計算它。經過這個回答，讓我們對「誤差」有了新的認知，對我們來說是一個寶貴的經驗。

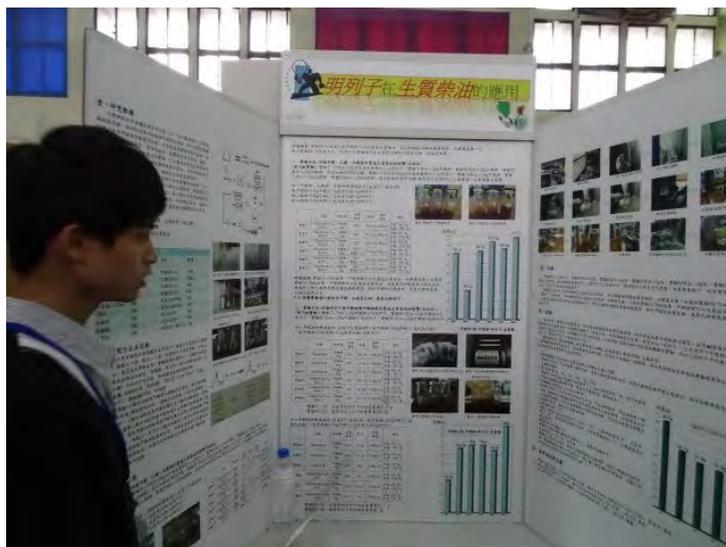
在這次的科學展覽當中，我獲得了許多，有知識、實踐能力、資訊規劃等…。太多太多了，我很感謝我有這個機會來參與，我也希望未來可以在國際科展上大放異彩，跟隊友一起站上國際舞台。



全體隊員和指導老師大合照，謝謝老師陪伴我們無數辛苦研究的日子。當然更感謝爸爸媽媽默默支持我們。特別是關心我們身體的健康，也體認到爸媽照顧我們的辛苦。



這是隊員邱昱誠在練習時的英姿，其實我們隊友都會針對內容互相吐槽，也因為不斷討論、爭辯，『真理也就越辯越明』，也培養我們對問題追根究底的態度。



這是隊員鄧遠祥在練習時認真的表情，他是我們團隊中腦筋最清楚的一位，當然只靠他也不可能有好成績，我們有最會設計、操作實驗的隊友，也有最會歸納、統整的隊友。要明白任何事情絕不可能單打獨鬥、要合作。連我們的指導老師儒源老師及文俊老師也常常為真理辯論，但他們依舊是很好的夥伴。

作品名稱: 明列子在生質柴油的應用

摘要

羅勒是九層塔的種子，又稱為明列子，其多醣體的不溶性纖維可以吸收水分，減少膽固醇、三酸甘油脂的吸收。三酸甘油脂與醇類可以與鹼性催化劑作用，產生生質柴油。利用明列子不吸油、不吸酒精、可以吸水的特性，來研究生質柴油。

轉酯化實驗中加入 1 克明列子，可以在油水吸水 8 克而不產生皂化現象，但產量會減少。在比較甲醇+氫氧化鉀+回收油的轉酯化實驗中，不加入明列子平均的產量為 95.6 g，使用明列子平均的產量提高為 100.5g。

壹、研究動機

化學燃料的石油總是會有用完的一天，而人類也總有一天得面臨能源危機，因而找出替代的能源是絕對是十分必要的，所以我們的實驗從解決能源問題並因應環保出發。生質柴油為理想的替代能源，我們要找出它最大的產率，來降低成本，影響的因素有皂化、溫度、催化劑，在國二下學到皂化的實驗，所以可以應用在製造生質柴油的過程中。也就是當醇類和強鹼反應時會產生出水，而水會使其皂化，因此我們想可以使用吸水的方式，避免皂化而使產量增加。

學校的川堂正巧販售明列子，明列子也有其獨特的優點，它不只吸水也有吸取雜質的功效，用明列子取代化學材質，既環保又不浪費成本，正符合我們最初要達到的理念。增加生質柴油的產量，去除水是必要的。但是使用化學的物質，反而增加成本，也違反了響應環保的條件，我們因而使用明列子，兼具吸水與環保兩大因素。

貳、研究目的

- 一、探討影響生質柴油的變因(溫度、反應時間、催化劑)。
- 二、討論明列子對生質柴油的影響。
- 三、研究最有效率的方法，製造產量最高的生質柴油。

參、研究設備及器材

儀器		藥品	
項目	數量	項目	數量
電磁加熱攪拌器	2 台	甲醇 500 ml	10 瓶
磁石	4 顆	乙醇 500 ml	10 瓶
溫度計	6 支	丙醇 500 ml	5 瓶
電子天平	2 台	醋酸 500 ml	5 瓶
分液漏斗 250ml	4 個	氫氧化鉀 500g	2 瓶
PH 計	1 支	氫氧化鈉 500g	2 瓶
冷凝管	2 支	葵花油 3 升	3 瓶
蒸餾瓶	4 個	大豆油 3 升	3 瓶
濕度計	1 個	回收油一桶 15 升	1 桶

肆、研究過程或方法

學校川堂有廠商在賣高纖草本明列子，號稱可以使明列子膨脹三十倍、滿腹三十倍、飽足三十倍。故將明列子拿來實驗。分別以酒精、水、葵花油來實驗效果。觀察其實驗結果，如圖 1~圖 4 所示，並比較其他吸水性物質，如硫酸銅、氧化鈣、氯化亞鈷，結果發現這三者吸水後不易與溶液分離，而明列子吸水後，經過濾處理，容易與溶液分離。

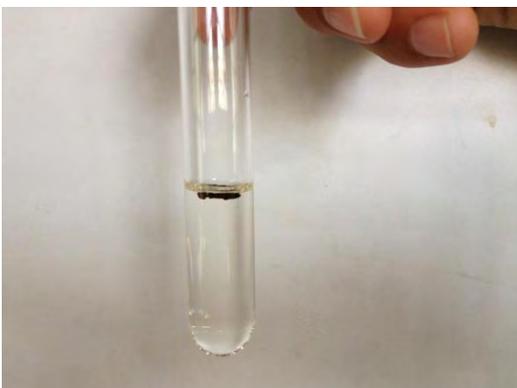


圖 1:明列子+酒精(無膨脹效果)



圖 2:明列子+水(有膨脹效果)

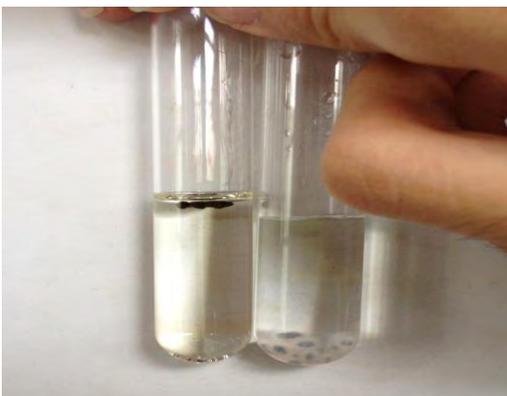


圖 3:左試管=明列子+葵花油(無膨脹效果)



圖 5:加入無水硫酸銅於油、水、酒精中

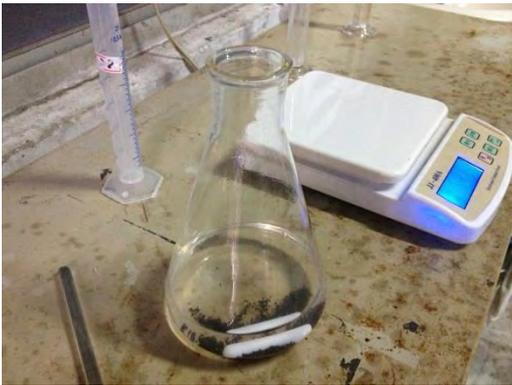


圖 7: 甲醇鈉溶液加明列子，利用磁石攪拌

圖 4:加入無水硫酸銅於油、水、酒精中

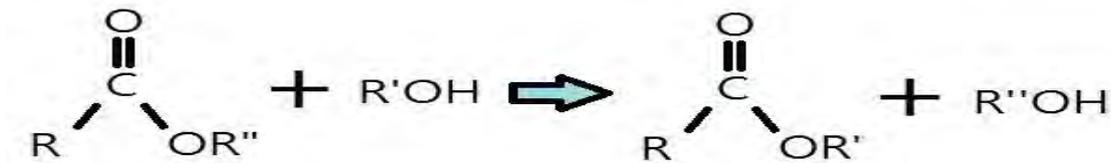


圖 6:加入無水氯化亞鈷於油、水、酒精中

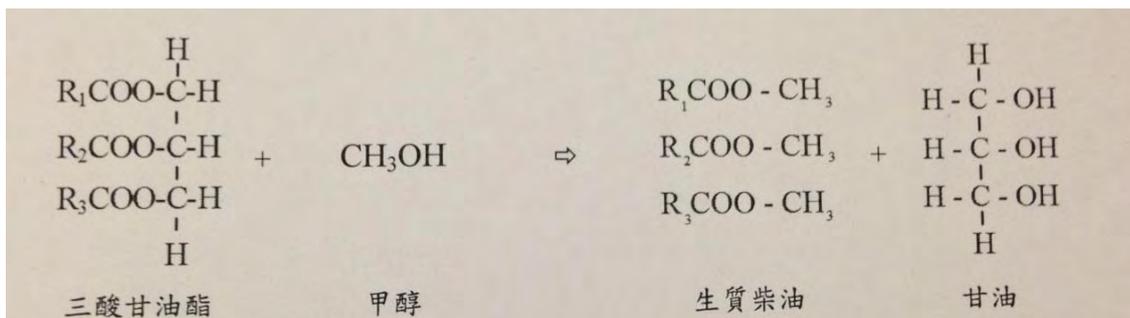


圖 8:酸鹼中和時明列子的吸水性

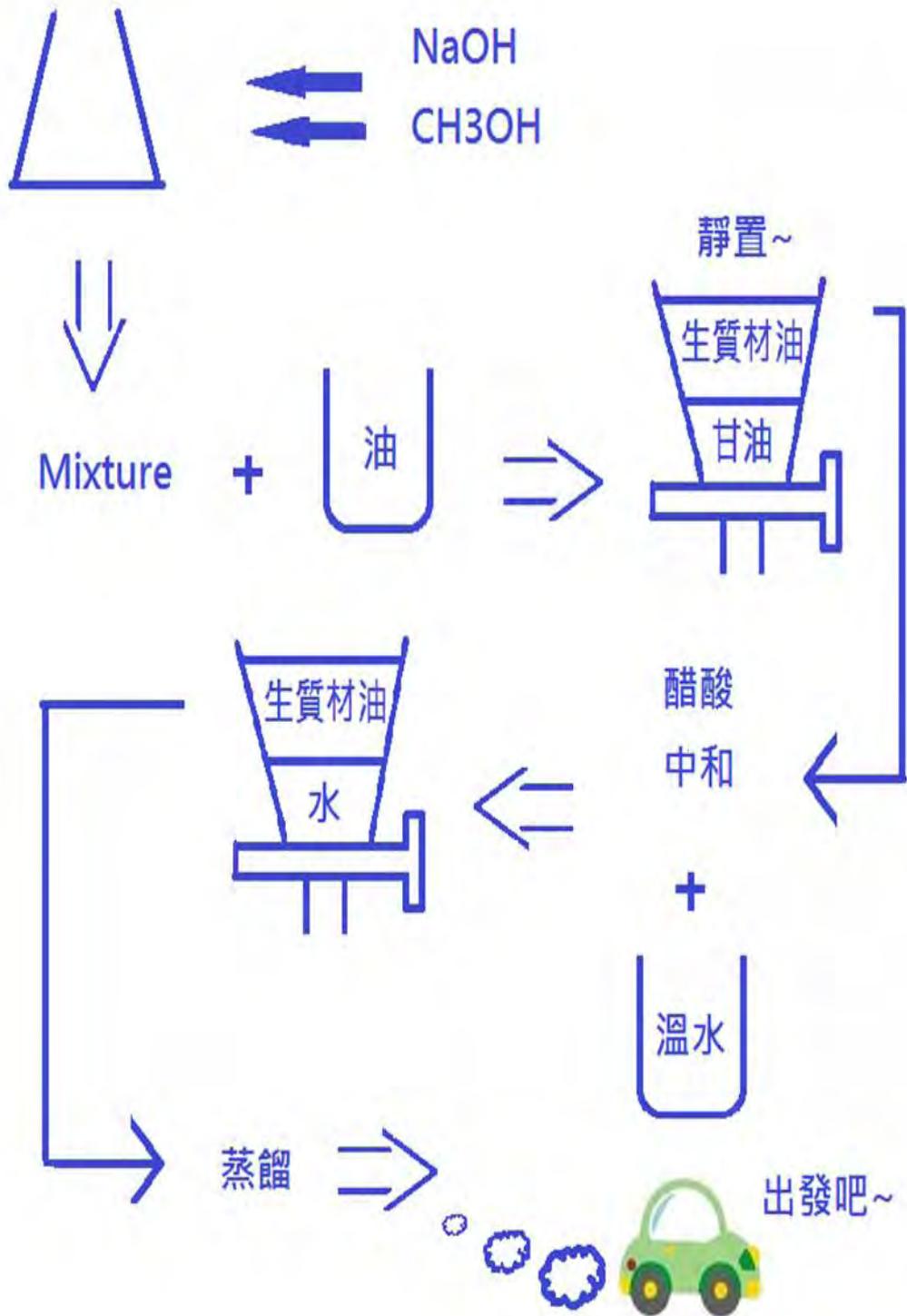
轉酯化反應:油酯 RCOOR'' 與醇類 $\text{R}'\text{OH}$ 在某一比例下混合、反應，產生出另外一種酯類 RCOOR' 的過程。



製作生質柴油:三酸甘油酯與甲醇進行轉酯化反應後，產生脂肪酸甲酯(生質柴油)與副產物甘油。



製作生質柴油流程圖:





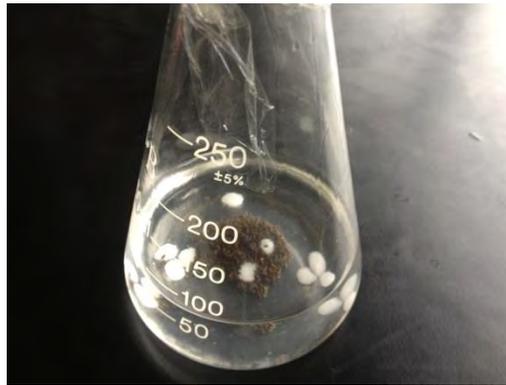
流程 1:量瓶的重量



流程 2:量油的重量



流程 3:配製甲醇鈉溶液



流程 4:加入氫氧化鈉+明列子



流程 5:加入磁石攪拌



流程 6:加熱油



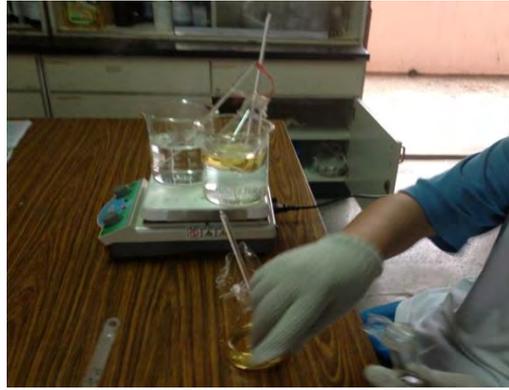
流程 7:取甲醇鈉溶液



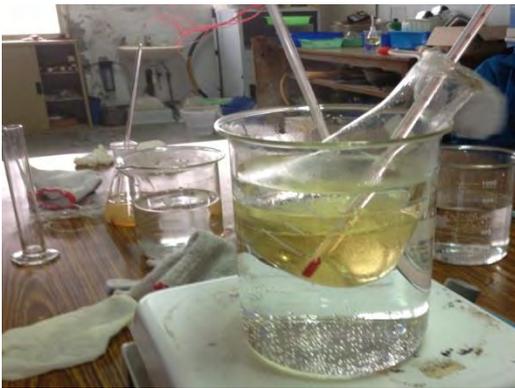
流程 8:油加入甲醇鈉溶液



流程 9: 酯化反應



流程 10: 維持溫度



流程 11: 反應前油與甲醇鈉溶液分層



流程 12: 反應中產生下層的甘油



流程 13: 分離上層生質柴油與下層的甘油



流程 14: 收集下層的甘油



流程 15: 醋酸中和與溫水水洗



流程 16: 分離上層生質柴油與下層的水

伍、研究結果

實驗目的:討論溫度條件對於製造生質柴油的影響

(第 1 組實驗):改變葵花油的反應溫度對實驗的影響



圖 25:量測葵花油密度=0.8



圖 26:將實驗 1 進行水洗



圖 27: 將實驗 1 靜置分離

加入乙醇鈉溶液時環境條件:室溫 25°C 濕度 69%，配製乙醇鈉溶液(80g 乙醇+2g 氫氧化鈉)。

	油類	乙醇鈉溶液	反應溫度	產量	產物密度	備註
實驗 1	100g 葵花油	20g	70°C	106.6 g	0.86 g/ml	空瓶:166.5 g 全重:273.2 g
實驗 2	100g 葵花油	20g	60°C	100.7 g	0.86 g/ml	空瓶:165.5 g 全重:266.2 g
實驗 3	100g 葵花油	20g	50°C			皂化失敗

研究結果:乙醇的沸點為 78.4°C，故實驗設計，油的溫度加到 70°C、60°C、50°C，不超過乙醇的沸點。在轉酯化後，實驗 1 與實驗 2 的產物密度皆為 0.86 g/ml，(生質柴油的標準密度 0.90-0.86 g/ml)，實驗 3 的產物密度 0.82 g/ml，且顏色偏白色的皂化產物，故 50°C 的溫度是不理想的轉脂化反應溫度。

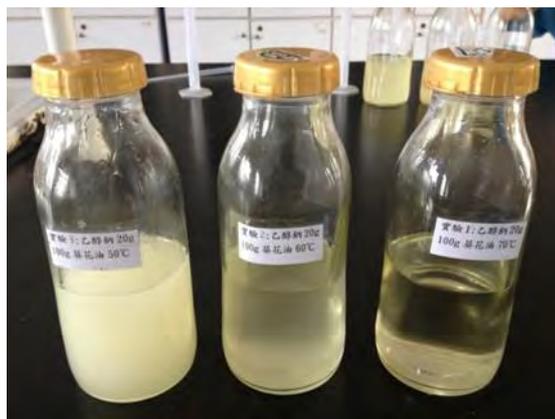


圖 28: 實驗 1~3 的實驗結果

(第 2 組實驗):改變葵花油的反應溫度對實驗的影響

加入乙醇鈉溶液時環境條件:室溫 19°C 濕度 84%，配製乙醇鈉溶液(100g 乙醇+2.5g 氫氧化鈉)。

	油類	乙醇鈉溶液	反應溫度	產量	產物密度	備註
實驗 4	100g 葵花油	20g	65°C	105.2 g	0.89 g/ml	空瓶:166.5 g 全重:271.7 g
實驗 5	100g 葵花油	20g	55°C			皂化失敗
實驗 6	100g 葵花油	20g	45°C			皂化失敗
實驗 7	100g 葵花油	20g	40°C			皂化失敗



圖 29:實驗 4~7 結果



圖 30:實驗皂化與凝固



圖 31:實驗 4 結果

研究結果:實驗 4 的產物密度 0.89 g/ml，實驗 5~7 都嚴重的皂化反應與凝固而無法分離，故 55°C 以下的溫度是不理想的轉脂化反應溫度。第一組實驗與第二組實驗，環境條件溫度差 6 °C、濕度差 15%，也會影響反應時溫度。後續實驗設計，可以設定固定持續加熱時間，讓環境條件影響變低。

(第 3 組實驗):改變葵花油的加熱溫度對實驗的影響，葵花油溫到達後即加入配甲醇鈉溶液進行反應，未持續加熱，靜置一天後進行生質柴油的分離、中和、水洗。

加入甲醇鈉溶液時環境條件:室溫 20°C 濕度 66%，配甲醇鈉溶液(160g 甲醇+4g 氫氧化鈉)。

	油類	甲醇鈉溶液	反應溫度	產量	產物密度	備註
實驗 08	100g 葵花油	20g	70°C		0.85 g/ml	空瓶:166.2 g 全重:266.4 g
實驗 09	100g 葵花油	20g	65°C		0.85 g/ml	空瓶:166.1 g 全重:261.9 g
實驗 10	100g 葵花油	20g	60°C		0.85 g/ml	空瓶:166.1 g 全重:263.2 g
實驗 11	100g 葵花油	20g	55°C		0.83 g/ml	空瓶:166.4 g 全重:265.0 g
實驗 12	100g 葵花油	20g	50°C		0.83 g/ml	空瓶:166.9 g 全重:271.1 g
實驗 13	100g 葵花油	20g	45°C		0.83 g/ml	空瓶:165.7 g 全重:274.4 g

實驗 14	100g 葵花油	20g	40°C			皂化失敗
-------	----------	-----	------	--	--	------



圖 32:實驗 8~10 結果

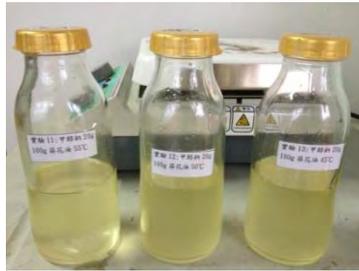


圖 33:實驗 11~12 結果



圖 34:測量實驗 8~13 密度

研究結果:甲醇的沸點為 64.7°C，實驗設計油的溫度分別為 70°C、65°C、60°C、55°C、50°C、45°C、40°C，在轉酯化後，實驗 8-10 的產物密度皆為 0.85 g/ml(生質柴油的標準密度 0.90-0.86 g/ml)，實驗 11-13 的產物密度皆為 0.83 g/ml，實驗 14 嚴重的皂化反應與凝固而無法分離。第三組實驗與第一、二組的實驗的由乙醇鈉溶液改為甲醇鈉溶液，但轉脂化反應後的產物密度皆低於 0.86 g/ml。討論其可能原因，第一:溫度未持續加熱。第二:甲醇鈉溶液量不足以與全部油反應，實驗後上層都有未反應的葵花油分層。後續實驗設計，可以設定固定持續加熱時間與改變加入甲醇鈉溶液的量。

p.s.後續實驗使用甲醇溶劑時，將反應溫度設為 60°C

(第 4 組實驗):實驗 15-17 改變大豆油的加熱時間(維持固定溫度 60°C)。分別加熱 10、20、30 分鐘。

加入乙醇鉀溶液時環境條件:室溫 22°C 濕度 61%，配乙醇鉀溶液(160g 乙醇+4g 氫氧化鉀)。

	油類	乙醇鉀溶液	反應溫度	產量	產物密度	備註
實驗 15	100g 大豆油	20g	60°C 10 分鐘		0.84 g/ml	空瓶:165.9 g 全重:272.3 g
實驗 16	100g 大豆油	20g	60°C 20 分鐘		0.84 g/ml	空瓶:165.6 g 全重:278.8g
實驗 17	100g 大豆油	20g	60°C 30 分鐘		0.85 g/ml	空瓶:165.6 g 全重:269.2 g



圖 35:實驗 15~17 結果。



圖 36:實驗 18 結果



圖 37:實驗 19 結果

實驗 18-21 改變大豆油的加熱時間和靜置時間，實驗 18-19 加熱 40 分鐘分別靜置 30 分鐘和 1 天。實驗 20-21 分別加熱 40 分鐘和 50 分鐘。

	油類	乙醇鉀溶液	反應溫度	產量	產物密度	備註
實驗 18	100g 大豆油	20g	60°C 靜置 30 分	/	0.85 g/ml	空瓶:165.6 g 全重:263.2 g
實驗 19	100g 大豆油	20g	60°C 靜置一天	/	0.85 g/ml	空瓶:165.6 g 全重:268.8 g
實驗 20	100g 大豆油	20g	65°C 40 分鐘	/	0.85 g/ml	空瓶:165.9 g 全重:268.3 g
實驗 21	100g 大豆油	20g	65°C 60 分鐘	102.9 g	0.86 g/ml	空瓶:165.9 g 全重:268.8 g

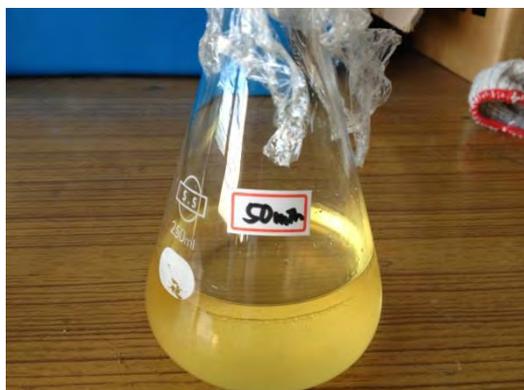


圖 38:實驗 20 結果



圖 39:實驗 21 結果

研究結果:實驗 15-16 的產物密度皆為 0.84 g/ml，實驗 17-18 的產物密度皆為 0.85 g/ml。討論實驗 15-16 密度較低，因為只持續加熱反應 10 分鐘與 20 分鐘，顯示出加熱時間不夠完全反應。實驗 17-18 的產物密度皆為 0.85 g/ml，乙醇鉀 20g 的量只需要持續加熱 30 分鐘就可反應完成，實驗 19 的產物密度也為 0.85 g/ml，故再靜置一天反應也是無法提高密度，代表乙醇鉀溶液 20g 的量是不足以反應全部大豆油，因為圖 38 與圖 39 上面還有未反應的大豆油。繼續做實驗 20 與實驗 21，將反應時間再提高至 50 分鐘與 60 分鐘並固定溫度 65°C。後續實驗設計，可以改變加入乙醇鉀溶液的量。

p.s.後續實驗用乙醇溶劑時應溫度設為 65 度以上+固定持續溫度時間 60 分鐘

(第 5 組實驗):實驗 22-24 改變甲醇鈉溶液的量，實驗 25-26 改變甲醇鈉溶液的量(加入明列子)加入甲醇鈉溶液時環境條件:室溫 18°C，濕度 81%，配甲醇鈉溶液(200g 甲醇+5g 氫氧化鈉)。

	油類	甲醇鈉 溶液	反應 溫度	產量	產物 密度	備註
實驗 22	100g 大豆油	20g	60°C	94.8 g	0.86g/ml	空瓶:165.7 g 全重:260.5 g
實驗 23	100g 大豆油	30g	60°C	93.8 g	0.86g/ml	空瓶:166.1 g 全重:259.9 g
實驗 24	100g 大豆油	40g	60°C	94.9 g	0.86g/ml	空瓶:165.9 g 全重:260.8 g



圖 40:實驗 22-24 的實驗結果



圖 41:實驗 24 左與實驗 27 右的比較

實驗目的:討論甲醇鈉溶液+明列子的量對於製造生質柴油的影響(大豆油)

配甲醇鈉溶液(200g 甲醇+5g 氫氧化鈉+1g 明列子)

	油類	甲醇鈉 溶液	反應 溫度	產量	產物 密度	備註
實驗 25	100g 大豆油 +1g 明列子	20g	60°C	92.7 g	0.86g/ml	空瓶:165.7 g 全重: 258.4g
實驗 26	100g 大豆油 +1g 明列子	30g	60°C	92.8 g	0.86g/ml	空瓶:165.4 g 全重: 258.2g
實驗 27	100g 大豆油 +1g 明列子	40g	60°C	92.4 g	0.86g/ml	空瓶:166.2 g 全重: 258.6g

研究結果: 實驗 22-27 實驗結果，增加甲醇鈉溶液 20g~40g 不影響實驗產物量，也沒有造成皂化反應。比較有加明列子跟沒加明列子的實驗，在小量使用純大豆油 100g 的影響比較小。所以在後續實驗使用含水與雜質較多的鹽酥雞回收油，比較明列子對實驗影響的效果。

P.S.後續實驗將大豆油 100g 配甲醇鈉溶液 20g 加速反應。

實驗目的:討論甲醇鈉溶液的和加入明列子對於製造生質柴油的影響(回收油)

(第 6 組實驗):實驗 28-30 改變甲醇鈉溶液的量，實驗 31-33 改變甲醇鈉溶液的量(加入明列子)

加入甲醇鈉溶液時環境條件:室溫 18°C 濕度 85%，配甲醇鈉溶液(200g 甲醇+5g 氫氧化鈉)。

	油類	甲醇鈉溶液	反應溫度	產量	產物密度	備註
實驗 28	100g 回收油	20g	60°C		0.83g/ml	空瓶:168.1 g 全重:261.9g
實驗 29	100g 回收油	30g	60°C		0.83g/ml	空瓶:165.7 g 全重:261.1 g
實驗 30	100g 回收油	40g	60°C		0.85g/ml	空瓶:165.5 g 全重:260.4 g



圖 44:鹽酥雞回收油



圖 45:實驗 28 顏色較深



圖 46:實驗 28 的甘油分離



圖 47:利用冷凝管簡單分餾



圖 48:溫度到 65°C 甲醇沸騰分離

配甲醇鈉溶液(200g 甲醇+5g 氫氧化鈉+1g 明列子)

	油類	甲醇鈉溶液	反應溫度	產量	產物密度	備註
實驗 31	100g 回收油 +1g 明列子	20g	60°C	92.3g	0.86g/ml	空瓶:167.1 g 全重: 259.4g
實驗 32	100g 回收油 +1g 明列子	30g	60°C			皂化失敗
實驗 33	100g 回收油 +1g 明列子	40g	60°C	85.8g	0.86g/ml	空瓶:165.6 g 全重: 251.4g



圖 49:實驗 32 加入甲醇鈉

圖 50:實驗 32 酯化反應

圖 51:實驗 32 水洗產生皂化

研究結果:實驗 28-30 實驗結果產生轉酯化後的生質柴油密度都未達 0.86 g/ml。討論其原因可能與加入甲醇鈉溶液的量有關，無法造成全部反應。實驗 31-33 改變甲醇鈉溶液的量(加入明列子)中，實驗 31 和實驗 33 的生質柴油密度為 0.86 g/ml。但實驗 32 卻明顯皂化如圖 51，但是實驗 31 和實驗 33 卻沒有皂化，是否與加入甲醇鈉的量有關，將設計下次實驗，改變甲醇鈉溶液的量，找出影響皂化的原因。

P.S.後續實驗將回收油皆加入明列子，減少皂化機率

實驗目的:討論甲醇鈉溶液+明列子的量對於製造生質柴油的影響(回收油)

(第 7 組實驗):實驗 34-37 改變甲醇鈉溶液的量(加入明列子)，加入甲醇鈉溶液時環境條件:室溫 19°C 濕度 44%，配甲醇鈉溶液(200g 甲醇+5g 氫氧化鈉+1g 明列子)。

	油類	甲醇鈉 溶液	反應 溫度	產量	產物 密度	備註
實驗 34	100g 回收油 +1g 明列子	20g	60°C	92.8g	0.86g/ml	空瓶:166.4 g 全重: 259.2g
實驗 35	100g 回收油 +1g 明列子	30g	60°C	57.1g	0.86g/ml	空瓶:165.1 g 全重: 222.2g
實驗 36	100g 回收油 +1g 明列子	40g	60°C	/	/	皂化失敗
實驗 37	100g 回收油 +1g 明列子	50g	60°C	/	/	皂化失敗



圖 52:實驗 34 與實驗 35 轉酯化反應



圖 53:實驗 37 轉酯化反應後產生皂化

研究結果: 實驗 34-37 改變甲醇鈉溶液的量(加入明列子)中，實驗 34-36 在轉酯化反應過程沒有皂化產生，實驗 37 發生嚴重的皂化現象，如圖 53 所示。實驗 37 可能與加入甲醇鈉溶液的量有關。但實驗 32 與實驗 35 的條件一樣，卻產生一個皂化，一個沒有皂化。故繼續設計下次實驗，改變甲醇鈉溶液的量，找出影響皂化的原因。

實驗目的:討論甲醇鈉溶液+明列子的量對於製造生質柴油的影響(回收油)

(第 8 組實驗):實驗 38-42 改變甲醇鈉溶液的量(加入明列子)，加入甲醇鈉溶液時環境條件:室溫 24°C 濕度 43%，配甲醇鈉溶液(200g 甲醇+5g 氫氧化鈉+1g 明列子)。

	油類	甲醇鈉溶液	反應溫度	產量	產物密度	備註
實驗 38	100g 回收油 +1g 明列子	5g	60°C			全部凝固
實驗 39	100g 回收油 +1g 明列子	10g	60°C			大部分凝固
實驗 40	100g 回收油 +1g 明列子	15g	60°C			皂化失敗
實驗 41	100g 回收油 +1g 明列子	20g	60°C			皂化失敗
實驗 42	100g 回收油 +1g 明列子	25g	60°C	98.0g	0.86g/ml	空瓶:166.0 g 全重: 264.0g

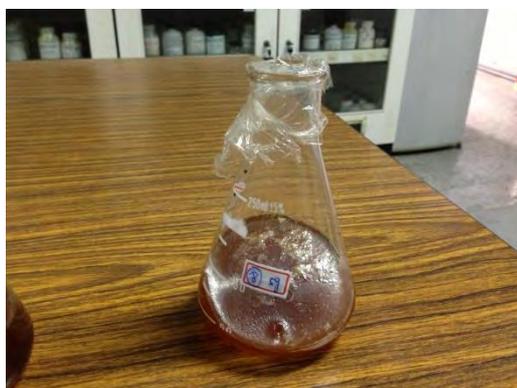


圖 54:實驗 38 完全凝固



圖 55:實驗 39 與實驗 40 結果



圖 56:實驗 41 與實驗 42 轉酯化反應



圖 57:實驗 40 水洗後產生皂化

研究結果: 實驗 38-42 改變甲醇鈉溶液的量(加入明列子)中，實驗 38 完全凝固，實驗 39 大部分凝固，實驗 40 和實驗 41 在水洗過程嚴重的皂化，只有實驗 42 可以產生生質柴油密度 0.86g/ml。在本實驗過程中因實驗 40 未將甘油分離就先中和，是否因甘油未先分離而影響實驗。重新檢視中和情形，並使用較精確的 PH 計取代廣用試紙，討論酸鹼度是否會影響水洗而造成皂化反應。

實驗目的:討論轉酯化反應的酸鹼度對於製造生質柴油的影響(回收油)

(第 9 組實驗):實驗 43-47 改變甲醇鈉溶液的量(加入明列子)，加入甲醇鈉溶液時環境條件: 室溫 24°C 濕度 43%，配甲醇鈉溶液(200g 甲醇+5g 氫氧化鈉+1g 明列子)。



圖 60:實驗 44 大部份凝固



圖 61:PH 值 7.0 後進行水洗



圖 62:PH 值 8.2 後進行水洗



圖 63:左 PH 值 7.0 與右 PH 值 8.2 皂化

	油類	甲醇鈉 溶液	反應 溫度	產量	產物 密度	備註
實驗 43	100g 回收油 +1g 明列子	5g	60°C			全部凝固
實驗 44	100g 回收油 +1g 明列子	10g	60°C			大部分凝固
實驗 45	100g 回收油 +1g 明列子	15g	60°C	95.9g	0.86g/ml	空瓶:165.8 g 全重: 261.7g
實驗 46	100g 回收油 +1g 明列子	20g	60°C	94.0g	0.86g/ml	空瓶:167.4 g 全重: 261.4g

實驗 47	100g 回收油 +1g 明列子	25g	60°C	94.9g	0.86g/ml	空瓶:166.4 g 全重: 261.3g
-------	---------------------	-----	------	-------	----------	--------------------------

實驗目的:討論轉酯化反應的酸鹼度對於製造生質柴油的影響(回收油)

(第 10 組實驗):實驗 48-53 改變甲醇鈉溶液的量(加入明列子), 加入甲醇鈉溶液時環境條件: 室溫 21°C 濕度 42%, 配甲醇鈉溶液(200g 甲醇+5g 氫氧化鈉+1g 明列子)。



圖 64:實驗 48 完全凝固, 實驗 49 大部分凝固



圖 65:實驗 50 與實驗 51 轉酯化反應



圖 68:實驗 50 中和後測量 PH 值



圖 69:實驗 50 中和後進行水洗

	油類	甲醇鈉 溶液	反應 溫度	產量	產物 密度	備註
實驗 48	100g 回收油 +1g 明列子	5g	60°C	/	/	全部凝固
實驗 49	100g 回收油 +1g 明列子	10g	60°C	/	/	大部分凝固
實驗 50	100g 回收油 +1g 明列子	15g	60°C	103.6g	0.86g/ml	空瓶:166.0 g 全重: 269.6g
實驗 51	100g 回收油 +1g 明列子	20g	60°C	100.0g	0.86g/ml	空瓶:167.4 g 全重: 267.4g
實驗 52	100g 回收油 +1g 明列子	25g	60°C	103.5g	0.86g/ml	空瓶:165.8 g 全重: 269.3g
實驗 53	100g 回收油 +1g 明列子	30g	60°C	101.3g	0.86g/ml	空瓶:166.4 g 全重: 267.7g

研究結果: 在同樣條件下，進行第 9、10 組實驗。只加入 5 g 甲醇鈉溶液的實驗 38、實驗 43、實驗 48，三次實驗都完全凝固，加入 10 g 的實驗 39、實驗 44、實驗 49，三次實驗都大部分凝固，故在回收油中加入太少的甲醇鈉溶液會造成凝固現象。

加入 15 g 的實驗 40 水洗過程嚴重的皂化，同條件實驗 45 與實驗 50 卻未發生皂化現象，加入 20 g 的實驗 41 水洗過程嚴重的皂化，同條件實驗 46 與實驗 51 卻未發生皂化現象，故實驗要先在轉酯化反應後，將甘油先分離，並且使用 PH 計測量中和反應，確定 PH 值低於 7.0，因為廣用試紙較不精確，而鹼性溶液在進行下一步驟水洗時，就會產生皂化反應，影響實驗。

回收油使用 15 g 到 30 g 甲醇鈉溶液可以反應成生質柴油，如實驗 45-47 和實驗 50-53，但是若超過 40g 和 50g 甲醇鈉溶液反而因加入過多的氫氧化鈉量而造成皂化現象，如實驗 36-37。所以利用氫氧化鈉當催化劑加入甲醇的量不能太少，會反應不完全，也會造成凝固。而加入太多氫氧化鈉的量也會造成皂化現象，而由實驗中得知加入最適合的量為 15 g 到 30 g 甲醇鈉溶液。

P.S.後續實驗將回收油 100g 配甲醇鈉溶液 20g 加速反應。

實驗目的:討論明列子在油水中的吸水性對於製造生質柴油的影響(大豆油)

(第 11 組實驗):實驗 54-59 固定 20g 甲醇鈉溶液的量，對照組實驗 54 不加明列子，實驗 55-59 加入 1g 明列子，分別加入 5g 水、10g 水、15g 水、20g 水。加入甲醇鈉溶液時環境條件:室溫 20°C 濕度 40%，配甲醇鈉溶液(200g 甲醇+5g 氫氧化鈉+1g 明列子)



圖 70:實驗 55 與實驗 54 加入甲醇鈉溶液前



圖 71:實驗 55 與實驗 54 轉酯化反應



圖 72:實驗 57(皂化)與實驗 56 明列子吸水性



圖 73:實驗 59 與實驗 58 皆產生皂化

	油類	甲醇鈉 溶液	反應 溫度	產量	產物 密度	備註
實驗 54	100g 大豆油	20g	60°C	94.9g	0.86g/ml	空瓶:167.7g 全重: 262.6g
實驗 55	100g 大豆油+1g 明列子	20g	60°C	96.3g	0.86g/ml	空瓶:165.8g 全重: 262.1g
實驗 56	100g 大豆油+1g 明列子+5g 水	20g	60°C	91.7g	0.86g/ml	空瓶:166.5g 全重: 258.2g
實驗 57	100g 大豆油+1g 明列子+10g 水	20g	60°C			皂化失敗
實驗 58	100g 大豆油+1g 明列子+15g 水	20g	60°C			皂化失敗
實驗 59	100g 大豆油+1g 明列子+20g 水	20g	60°C			皂化失敗



圖 74:實驗 57 產生皂化反應



圖 75:實驗 54-59 結果



圖 76:實驗 54-56 反應成生質柴油

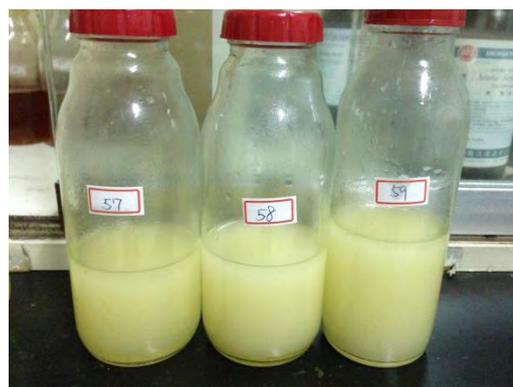


圖 77:實驗 57-59 產生皂化反應

研究結果:實驗 54-56 反應成生質柴油，而實驗 57-59 產生皂化現象，故由實驗 56 結果得知加入 1g 明列子可以在油水中，吸水 5g 而不產生皂化現象。

P.S.後續實驗 100g 油皆加入 1g 明列子

實驗目的:討論明列子在油水中的吸水性對於製造生質柴油的影響(大豆油)

(第 12 組實驗):實驗 60-64 加入 1g 明列子，分別加入 0g 水、2g 水、4g 水、6g 水、8g 水。

加入甲醇鈉溶液時環境條件:室溫 19°C 濕度 38%，配甲醇鈉溶液(200g 甲醇+5g 氫氧化鈉+1g 明列子)。

	油類	甲醇鈉溶液	反應溫度	產量	產物密度	備註
實驗 60	100g 大豆油+1g 明列子	20g	60°C	98.5g	0.86g/ml	空瓶:166.1g 全重: 264.6g
實驗 61	100g 大豆油+1g 明列子+2g 水	20g	60°C	93.1g	0.86g/ml	空瓶:167.2g 全重: 260.3g
實驗 62	100g 大豆油+1g 明列子+4g 水	20g	60°C	91.9g	0.86g/ml	空瓶:168.0g 全重: 259.9g
實驗 63	100g 大豆油+1g 明列子+6g 水	20g	60°C	91.8g	0.86g/ml	空瓶:166.4g 全重: 258.2g
實驗 64	100g 大豆油+1g 明列子+8g 水	20g	60°C	85.6g	0.86g/ml	空瓶:167.2g 全重: 252.8g



圖 78:實驗 60 不含水與實驗 61 含水比較



圖 79: 實驗 62~64 結果

研究結果:實驗 61-64 反應成生質柴油，故由實驗結果得知加入 1g 明列子可以在油水中，吸水 8g 而不產生皂化現象，但產物會減少。

P.S.後續實驗 100g 油皆加入 1g 明列子

實驗目的:討論甲醇、乙醇、丙醇對於製造生質柴油的影響(回收油)

(第 13 組實驗):實驗 65-67 固定 100g 回收油的量與加入 1g 明列子，實驗 65 再加入 20g 甲醇鈉溶液、實驗 66 再加入 20g 乙醇鈉溶液、實驗 67 再加入 20g 丙醇鈉溶液，固定加熱時間 30 分鐘。實驗 68-70 固定 100g 回收油的量與加入 1g 明列子，實驗 68 再加入 20g 甲醇鈉溶液、實驗 69 再加入 20g 乙醇鈉溶液、實驗 70 再加入 20g 丙醇鈉溶液，固定加熱時間 30 分鐘(維持固定溫度 60°C)之後靜置一天對實驗的影響。



圖 80:配製甲醇鈉、乙醇鈉、丙醇鈉溶液



圖 81: 實驗 65-67 結果



圖 82:實驗 66 與 67 凝固需加熱才能變液態



圖 83: 實驗 68-70 實驗結果

加入甲醇鈉溶液、乙醇鈉溶液、丙醇鈉溶液時環境條件:室溫 17°C 濕度 50%

配甲醇鈉溶液(100g 甲醇+2.5g 氫氧化鈉+1g 明列子)，配乙醇鈉溶液(100g 乙醇+2.5g 氫氧化鈉+1g 明列子)，配丙醇鈉溶液(100g 丙醇+2.5g 氫氧化鈉+1g 明列子)

	油類	溶液	反應溫度	產量	產物密度	備註
實驗 65	100g 回收油 +1g 明列子	甲醇鈉 溶液 20g	60°C	93.1g	0.86g/ml	空瓶:166.4g 全重: 259.5g
實驗 66	100g 回收油 +1g 明列子	乙醇鈉 溶液 20g	60°C	/	/	全部凝固
實驗 67	100g 回收油 +1g 明列子	丙醇鈉 溶液 20g	60°C	/	/	全部凝固
實驗 68	100g 回收油 +1g 明列子	甲醇鈉 溶液 20g	60°C 靜置一天	97.8g	0.86g/ml	空瓶:166.7g 全重: 264.5g
實驗 69	100g 回收油 +1g 明列子	乙醇鈉 溶液 20g	60°C 靜置一天	/	/	全部凝固
實驗 70	100g 回收油 +1g 明列子	丙醇鈉 溶液 20g	60°C 靜置一天	/	/	全部凝固

研究結果:實驗 65-67 結果只有甲醇鈉溶液可以反應成生質柴油，而乙醇鈉溶液與丙醇鈉溶液都會凝固。而靜置反應一天後的實驗 68-70 也是如此。故將下次實驗條件改由氫氧化鉀取代氫氧化鈉，討論其結果。

實驗目的:討論甲醇、乙醇、丙醇對於製造生質柴油的影響(回收油)

(第 14 組實驗):實驗 71-73 固定 100g 回收油的量與加入 1g 明列子，實驗 71 再加入 20g 甲醇鉀溶液、實驗 72 再加入 20g 乙醇鉀溶液、實驗 73 再加入 20g 丙醇鉀溶液，固定加熱時間 30 分鐘。實驗 74-76 固定 100g 回收油的量與加入 1g 明列子，實驗 74 再加入 20g 甲醇鉀溶液、實驗 75 再加入 20g 乙醇鉀溶液、實驗 76 再加入 20g 丙醇鉀溶液，固定加熱時間 30 分鐘(維持固定溫度 60°C)之後靜置一天對實驗的影響。



圖 84:實驗 71-73 實驗結果



圖 85: 實驗 74-76 實驗結果

加入甲醇鉀溶液、乙醇鉀溶液、丙醇鉀溶液時環境條件:室溫 21°C 濕度 48%

配甲醇鉀溶液(100g 甲醇+2.5g 氫氧化鉀+1g 明列子)

配乙醇鉀溶液(100g 乙醇+2.5g 氫氧化鉀+1g 明列子)

配丙醇鉀溶液(100g 丙醇+2.5g 氫氧化鉀+1g 明列子)

	油類	溶液	反應溫度	產量	產物密度	備註
實驗 71	100g 回收油 +1g 明列子	甲醇鉀 溶液 20g	60°C	93.1 g	0.86g/ml	空瓶:166.5g 全重: 266.8g
實驗 72	100g 回收油 +1g 明列子	乙醇鉀 溶液 20g	60°C	93.1 g	0.86g/ml	空瓶:167.3g 全重: 272.8g
實驗 73	100g 回收油 +1g 明列子	丙醇鉀 溶液 20g	60°C	93.1 g	0.86g/ml	空瓶:165.6g 全重: 272.2g
實驗 74	100g 回收油 +1g 明列子	甲醇鉀 溶液 20g	60°C 靜置一天	97.8 g	0.86g/ml	空瓶:166.4g 全重: 265.0g
實驗 75	100g 回收油 +1g 明列子	乙醇鉀 溶液 20g	60°C 靜置一天	93.1 g	0.86g/ml	空瓶:166.0g 全重: 264.2g
實驗 76	100g 回收油 +1g 明列子	丙醇鉀 溶液 20g	60°C 靜置一天	93.1 g	0.86g/ml	空瓶:166.3g 全重: 279.2g

研究結果:實驗 71-73 的結果，甲醇鉀溶液都可以反應成生質柴油。而靜置反應一天後的實驗 74-76 的結果，甲醇鉀溶液都可以反應成生質柴油。故氫氧化鉀較氫氧化鈉在此反應條件下對乙醇與丙醇反應產物較理想，對於甲醇的反應產物，氫氧化鉀與氫氧化鈉的差異不大。
P.S.後續實驗用甲醇時，使用氫氧化鉀、氫氧化鈉皆可



圖 90: 利用茶包填充明列子



圖 91: 秤量 1g 明列子



圖 92: 封膜明列子包



圖 93: 減少過濾明列子時間

實驗目的:討論明列子與甲醇鉀溶液與甲醇鈉溶液對於製造生質柴油的影響(回收油)

(第 15 組實驗):實驗 77-79 加入 20g 甲醇鉀溶液不含明列子，實驗 80-82 加入 20g 甲醇鉀溶液+1g 明列子，實驗 83-85 加入 20g 甲醇鈉溶液不含明列子，實驗 86-87 加入 20g 甲醇鈉溶液+1g 明列子



圖 94: 測試回收油的酸價

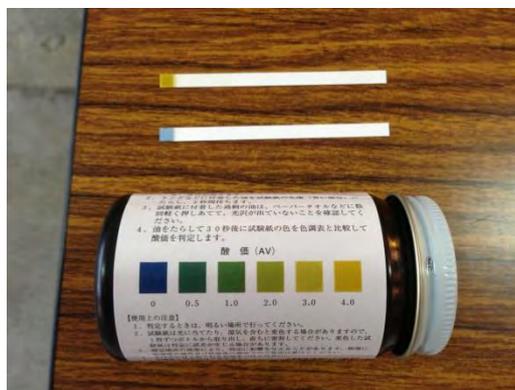


圖 95: 對照組藍色，實驗組黃綠色 3.0



圖 96:配製甲醇鉀



圖 97:利用明列子茶包

加入甲醇鉀溶液時環境條件:室溫 19°C 濕度 49% , 配甲醇鉀溶液(100g 甲醇+2.5g 氫氧化鉀) , 配甲醇鉀溶液(100g 甲醇+2.5g 氫氧化鉀+1g 明列子)

	油類	甲醇鉀溶液	反應溫度	產量	產物密度	備註
實驗 77	100g 回收油	20g	60°C	98.1g	0.86g/ml	空瓶:166.0g 全重: 264.1g
實驗 78	100g 回收油	20g	60°C	90.2g	0.86g/ml	空瓶:167.0g 全重: 257.2g
實驗 79	100g 回收油	20g	60°C	98.7g	0.86g/ml	空瓶:166.4g 全重: 265.1g
實驗 80	100g 回收油+1g 明列子	20g	60°C	100.7g	0.86g/ml	空瓶:166.3g 全重: 267.0g
實驗 81	100g 回收油+1g 明列子	20g	60°C	99.3g	0.86g/ml	空瓶:165.6g 全重: 264.9g
實驗 82	100g 回收油+1g 明列子	20g	60°C	101.7g	0.86g/ml	空瓶:165.8g 全重: 267.5g

實驗 77~79 , 不使用明列子平均的產量為 95.6 g

實驗 80~82 , 使用明列子平均的產量為 100.5g



圖 98:實驗 77~79 結果



圖 99: 實驗 80~82 結果



圖 100:實驗 83~85 結果



圖 101: 實驗 86~88 結果

加入甲醇鈉溶液時環境條件:室溫 27°C 濕度 41%，配甲醇鈉溶液(100g 甲醇+2.5g 氫氧化鈉)，
配甲醇鈉溶液(100g 甲醇+2.5g 氫氧化鈉+1g 明列子)

	油類	甲醇鈉 溶液	反應 溫度	產量	產物 密度	備註
實驗 83	100g 回收油	20g	60°C	90.4g	0.86g/ml	空瓶:167.1g 全重: 257.5g
實驗 84	100g 回收油	20g	60°C	93.7g	0.86g/ml	空瓶:166.4g 全重: 260.1g
實驗 85	100g 回收油	20g	60°C	94g	0.86g/ml	空瓶:166.2g 全重: 260.2g
實驗 86	100g 回收油+1g 明列子	20g	60°C	94g	0.86g/ml	空瓶:165.9g 全重: 259.9g
實驗 87	100g 回收油+1g 明列子	20g	60°C	93.5g	0.86g/ml	空瓶:166.9g 全重: 260.4g
實驗 88	100g 回收油+1g 明列子	20g	60°C	96g	0.86g/ml	空瓶:166.0g 全重: 262.0g

實驗 83~85，不使用明列子平均的產量為 92.7 g

實驗 86~88，使用明列子平均的產量為 94.5g

陸、討論

實驗 60 加入 1g 明列子，實驗 61 再加入 2g 水、實驗 62 再加入 4g 水、實驗 63 再加入 6g 水、實驗 64 再加入 8g 水。實驗 61-64 反應成生質柴油，故由實驗結果得知加入 1g 明列子可以在油水中，吸水 8g 而不產生皂化現象，但產物會減少，故水會影響產物生成，明列子可以吸水提高產物。

實驗 65-67 結果只有甲醇鈉溶液可以反應成生質柴油，而乙醇鈉溶液與丙醇鈉溶液都會凝固。而靜置反應一天後的實驗 68-70 也是如此。

實驗 71-73 的結果，甲醇鉀溶液都可以反應成生質柴油。而靜置反應一天後的實驗 74-76 的結果，甲醇鉀溶液都可以反應成生質柴油。故氫氧化鉀較氫氧化鈉在此反應條件下，對於乙醇與丙醇反應產物較理想，對於甲醇的反應產物，氫氧化鉀與氫氧化鈉的差異不大。

柒、結論

催化劑是一種能改變反應速率、或改變反應路徑與改變反應溫度，卻不會在反應中消耗掉的物質。故用鹼性催化劑，價格便宜且反應速度快。在溶解於醇類中，會產生水，水會導致皂化反應，故設計加入明列子。1 公克明列子可吸收 8 公克水量而不產生皂化現象，由實驗 54~64 可得到結果。比較甲醇+氫氧化鉀+回收油的轉酯化實驗，不加入明列子平均產量為 95.6 g，使用明列子平均產量提高為 100.5g

操縱變因有 1.催化劑種類 2.催化劑用量 3.油類 4.反應溫度 5.靜置時間 6.反應時間 (因實驗 25 開始使用明列子，前面實驗是粗略比較，並沒有只是操縱一個變因，因而使用後面更準確的實驗結果來比較，較能使生質柴油發揮最大產率的因素。)

1.催化劑種類:氫氧化鈉 or 氫氧化鉀配上甲醇 or 乙醇 or 丙醇。

實驗 65~67 和 71~73 共 6 種催化劑的比較，氫氧化鉀的產物皆成功，氫氧化鈉則是與甲醇才能成功。故得知較理想為甲醇鉀溶液。

2.催化劑用量:5g、10g、15g、20g、25g、30g。

實驗 48~53 得知 5g 和 10g 過少造成凝固，15 g 以上較易成功，為了減少失敗的可能性並兼顧浪費過量甲醇，最佳的用量為 20g，配回收油。

3.油酯種類:葵花油 or 大豆油 or 回收油。

實驗 25~28 和 31~33 分別為大豆油和回收油，大豆油皆成功，回收油則有一項失敗，推測回收油因雜質較多而沒有葵花油和大豆油的理想，但是因為以回收再利用為基點，所以之後實驗還以回收油做油類，可以得知雜質是影響皂化的其中因素，越純的油是最為理想。

4.反應溫度:40°C~70°C。

實驗 1~7 使用乙醇成功的有 60°C、65°C、70°C，乙醇沸點為 78.4°C。可使用 65°C、70°C，較高溫也消耗較多資源。且甲醇沸點為 64.7°C，反應溫度因而固定為 60°C。

5.靜置時間:30 分鐘 or 1 天。

實驗 18-19 得知等待靜置不需要到 1 天，僅需 30 分鐘即可。

6.反應時間:10、20、30、40 分鐘。

實驗 15~17 為原先設計，因為 30 分鐘為最佳反應時間，就加上實驗 18 為 40 分鐘。最後確認 30 分鐘足以反應完全，40 分鐘已經多餘的浪費能源，故最不浪費資源並且反應完全的時間為 30 分鐘。

捌、參考資料及其他

一、康軒文教(民 100)。5-2 常見有機化合物。國中自然與生活科技 2 下(106-116 頁)。新北市:康軒。

二、康軒文教(民 100)。3-5 能源。國中自然與生活科技 3 上(93-99 頁)。新北市:康軒。

三、賴貞秀(民 93)。4-1 油脂和蠟類。化妝品學概論(49-54 頁)。新北市:龍騰。

【評語】 030201

該團隊利用天然物『明列子』的吸水特性，抑制甲醇鈉中的水含量，改善生質柴油製備與產率。

該工作具有應用潛力，學生能從生活中發現『明列子』的吸水特性，應用到甲醇鈉酯交換反應改良上，值得鼓勵。

未來改進：應進一步量化『明列子』的吸水特性，並與合成的乾燥劑如分子篩做比較。並將『明列子』磨碎以增加吸水面積，使效果最佳化。