

中華民國第四十五屆中小學科學展覽會
作品說明書

高中組 化學科

最佳(鄉土)教材獎

040217

利用變質穀物的澱粉水解製造酒精的探討

國立嘉義高級工業職業學校

作者姓名：

高一 蔡函彧 高一 楊為勛 高一 李依玲
高一 陳怡吟

指導老師：

劉穎蓁 蔡榮政

摘要

- 一、利用不適於人類或動物食用的變質穀物的澱粉生產酒精，其原始成本節省很多。
- 二、以 SnCl_2 和鹽酸為催化劑可完全水解生澱粉為葡萄糖。
- 三、以微波照射生澱粉溶液可完全水解為葡萄糖。
- 四、水解時間、水解溫度及手磨穀物時間對葡萄糖的產率有很大的影響。
- 五、生澱粉溶液經催化劑水解成葡萄糖溶液再經發酵即得酒精，不必經蒸熟步驟可節省大量能源。

壹、研究動機

由於氣候不順，每年有大量的穀粒遭受到破壞，且變為不適於人類或動物食用，這些穀粒非常便宜，根據 Food Corporation of India 最近估計大約有 1 百萬噸損傷的穀粒儲存在倉庫而沒有被利用，這些損傷的穀物包括變色、惡臭、被昆蟲啃食，潮濕變軟發霉，我們如果用這些損傷的穀物的澱粉生產酒精，其原始成本最少節省很多。於是我們用變質的米粒試著製造酒精看看。

貳、研究目的

- 一、不同種類的酸和濃度對(生澱粉)水解的影響。
- 二、不同酸根的鹽類對(生澱粉)水解的影響，其主要目的是探討催化(生澱粉)的水解是酸根或 pH 值。
- 三、催化劑組及濃度對(生澱粉)水解的影響。
- 四、水解時間對(生澱粉)水解的影響。
- 五、反應溫度對(生澱粉)水解的影響。
- 六、微波照射和加熱水解生澱粉比較研究。
- 七、用生澱粉水解製造酒精，及探討手磨生米時間對酒精產率的影響。

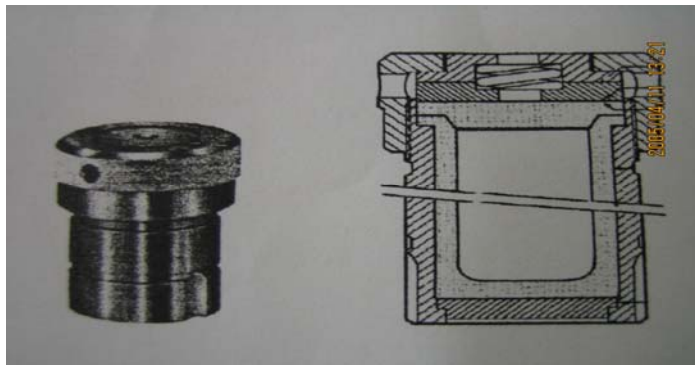
參、研究設備及器材

<器材>：微波爐、高溫爐、離心機、旋光計、離心試管、三腳架、量筒、燒杯、本生燈、玻棒、研鉢及杵。

<藥品>： HCl 、 H_2SO_4 、 H_3PO_4 、 CH_3COOH 、 FeCl_2 、 FeCl_3 、 CrCl_3 、 $\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4$ 、 NaCl 、 Na_2SO_4 、 Na_3PO_4 、 NaCH_3COOH 、 ZnCl_2 、 SnCl_2 。

肆、研究過程及方法

- 一、澱粉液配置：手研磨變質米粒 1 小時、2 小時、3 小時、4 小時，使成粉末狀，取 80 克澱粉液、720 克蒸餾水攪拌成糊狀，煮沸 5 分鐘使成微濁狀。
- 二、斐林試液的配置。
- 三、取澱粉溶液 20mL 放入秤重過的離心試管，加入預測溶液 1mL 隔水加熱 20 分鐘。
- 四、取一半溶液，加入 1 滴碘液，看顏色變化。
- 五、於試管中滴入 NaOH 使溶液變成中性或鹼性，再加入 5mL 斐林試液，隔水加熱 20 分鐘，拿出離心，烘乾秤重 Cu_2O 。
- 六、用旋光計測旋光度。(源鈉 D 線，波長 5893Å)。



圖：高溫爐

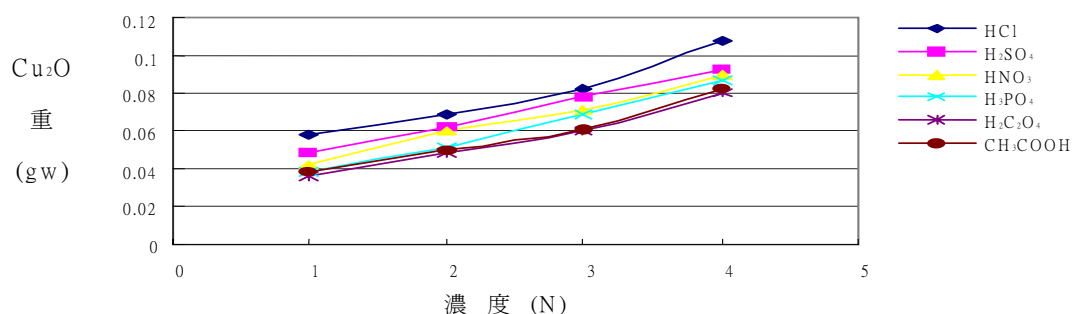
伍、實驗結果

- 一、不同種類的酸和濃度對(生澱粉)水解的影響

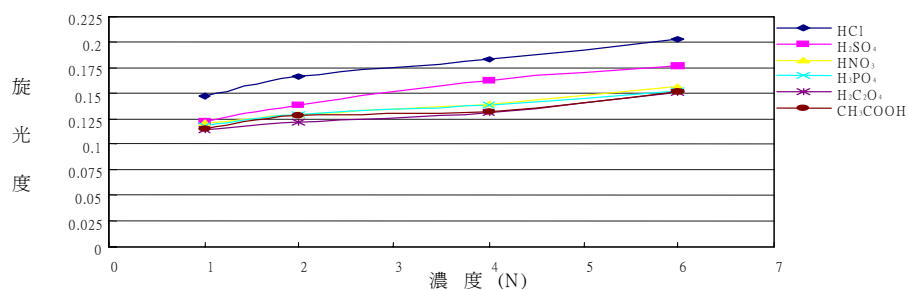
(一) 表一

酸種類和濃度	Cu_2O 重 (gw)	旋光度	碘液顏色	酸種類和濃度	Cu_2O 重 (gw)	旋光度	碘液顏色
1N HCl	0.0576	0.1472	深藍	1N H_3PO_4	0.0386	0.1182	深藍
2N HCl	0.0686	0.1664	深藍	2N H_3PO_4	0.0510	0.1288	深藍
4N HCl	0.0825	0.1828	藍色	4N H_3PO_4	0.0688	0.1389	藍色
6N HCl	0.1076	0.2023	淺藍	6N H_3PO_4	0.0866	0.1525	淺藍
1N HNO_3	0.0486	0.1228	藍色	1N CH_3COOH	0.0386	0.1156	深藍
2N HNO_3	0.0625	0.1385	深藍	2N CH_3COOH	0.0500	0.1287	深藍
4N HNO_3	0.0788	0.1625	藍色	4N CH_3COOH	0.0605	0.1320	藍色
6N HNO_3	0.0922	0.1766	淺藍	6N CH_3COOH	0.0825	0.1518	淺藍
1N H_2SO_4	0.0420	0.1209	深藍	1N $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$	0.0358	0.1145	深藍
2N H_2SO_4	0.0599	0.1290	深藍	2N $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$	0.0482	0.1215	深藍
4N H_2SO_4	0.0709	0.1399	藍色	4N $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$	0.0599	0.1311	藍色
6N H_2SO_4	0.0900	0.1559	淺藍	6N $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$	0.0803	0.1502	淺藍
空白實驗：生澱粉+水+斐林試劑							

(二) 圖一



圖一-1 於不同濃度(1N、2N、4N、6N)的HCl、HNO₃、H₂SO₄、H₃PO₄、CH₃COOH、H₂C₂O₄下反應與Cu₂O重(gw)的關係圖



圖一-2 不同濃度(1N、2N、4N、6N)的HCl、HNO₃、H₂SO₄、H₃PO₄、CH₃COOH、H₂C₂O₄下反應反應與旋光度的關係圖

(三) 實驗討論

1. 測旋光度的光線為鈉 D 線。旋光度越大，表示澱粉水解為糖的程度越佳。
2. 不同種類的酸催化水解生澱粉時，其效果依次為：
HCl > H₂SO₄ > HNO₃ > H₃PO₄ > CH₃COOH > H₂C₂O₄。
3. 不同種類的酸催化水解生澱粉時，[H⁺]越高，水解越好。
4. 不同種類的酸催化水解生澱粉時，無完全水解者。
5. 由於旋光度為濃度函數，故旋光度的測定可用於定量。
6. 用碘液測溶液，目的是測試生澱粉液是否完全水解。

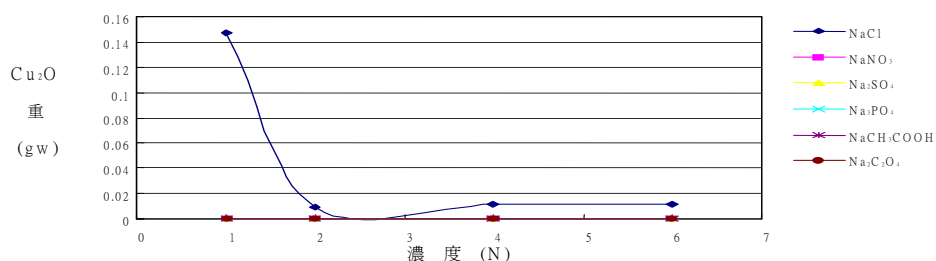
二、不同酸根的鹽類對(生澱粉)水解的影響

(一) 表二

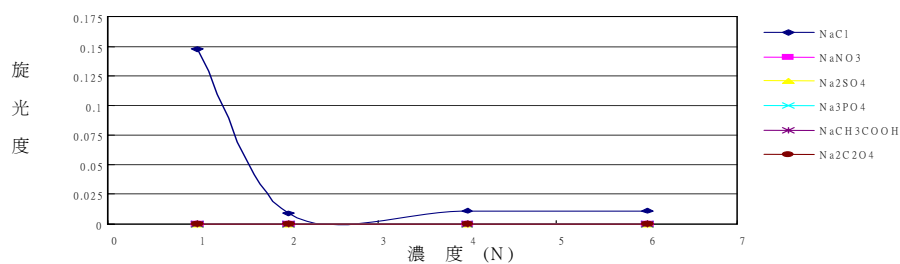
鹽種類和濃度	Cu ₂ O重 (gw)	旋光度	碘液顏色	鹽種類和濃度	Cu ₂ O重 (gw)	旋光度	碘液顏色
1N NaCl	0.0090	0.006	深藍	1N Na ₃ PO ₄	0	0	深藍
2N NaCl	0.0111	0.008	深藍	2N Na ₃ PO ₄	0	0	深藍
4N NaCl	0.0115	0.009	深藍	4N Na ₃ PO ₄	0	0	深藍
6N NaCl	0.0195	0.010	藍色	6N Na ₃ PO ₄	0	0	深藍
1N NaNO ₃	0	0	深藍	1N CH ₃ COONa	0	0	深藍
2N NaNO ₃	0	0	深藍	2N CH ₃ COONa	0	0	深藍
4N NaNO ₃	0	0	深藍	4N CH ₃ COONa	0	0	深藍
6N NaNO ₃	0	0	深藍	6N CH ₃ COONa	0	0	深藍
1N Na ₂ SO ₄	0	0	深藍	1N Na ₂ C ₂ O ₄	0	0	深藍
2N Na ₂ SO ₄	0	0	深藍	2N Na ₂ C ₂ O ₄	0	0	深藍
4N Na ₂ SO ₄	0	0	深藍	4N Na ₂ C ₂ O ₄	0	0	深藍
6N Na ₂ SO ₄	0	0	深藍	6N Na ₂ C ₂ O ₄	0	0	深藍

空白實驗：生澱粉+水+斐林試劑

(二) 圖二



圖二-1 不同濃度(1N、2N、4N、6N)的NaCl、NaNO₃、Na₂SO₄、Na₃PO₄、CH₃COONa、Na₂C₂O₄反應與Cu₂O重 (gw) 的關係圖



圖二-2 不同濃度(1N、2N、4N、6N)的NaCl、NaNO₃、Na₂SO₄、Na₃PO₄、CH₃COONa、Na₂C₂O₄下反應與旋光度的關係圖

(三) 實驗討論

- 1.除了NaCl外其餘含酸根的鹽類，都不能水解生澱粉，由此可知除HCl外，HNO₃、H₂SO₄、H₃PO₄、CH₃COOH、H₂C₂O₄之所以能催化水解生澱粉是由於H⁺而不是酸根。
- 2.HCl能催化水解生澱粉的效果最好；除了H⁺之外，Cl⁻也有幫助的效果。

三、催化劑組對（生澱粉）水解的影響

(一) 表三

<表三-A>

催化劑組成和濃度	Cu ₂ O重 (gw)	旋光度	碘液顏色
0.4N SnCl ₂ +4N HCl	0.4262	0.8524	棕色
0.4N FeCl ₂ +4N HCl	0.2662	0.5322	淺藍
0.4N FeCl ₃ +4N HCl	0.2411	0.4814	淺藍
0.4N ZnCl ₂ +4N HCl	0.1831	0.3725	淺藍
0.4N CuCl ₂ +4N HCl	0.1025	0.2055	淺藍
0.4N CrCl ₃ +4N HCl	0.1025	0.2020	淺藍
0.4N NiCl ₂ +4N HCl	0.1552	0.3611	淺藍
空白實驗：生澱粉+水+斐林試劑			

<表三-B>

催化劑組成和濃度	Cu ₂ O重 (gw)	旋光度	碘液顏色
0.4N SnCl ₂ +4N HNO ₃	0.4012	0.8252	棕色
0.4N FeCl ₂ +4N HNO ₃	0.2421	0.4848	淺藍
0.4N FeCl ₃ +4N HNO ₃	0.2122	0.4255	淺藍
0.4N ZnCl ₂ +4N HNO ₃	0.2020	0.41120	淺藍
0.4N CuCl ₂ +4N HNO ₃	0.0920	0.1818	淺藍
0.4N CrCl ₃ +4N HNO ₃	0.1055	0.2014	淺藍
0.4N NiCl ₂ +4N HNO ₃	0.1562	0.3122	淺藍
空白實驗：生澱粉+水+斐林試劑			

<表三-C>

催化劑組成和濃度	Cu ₂ O重 (gw)	旋光度	碘液顏色
0.4N SnCl ₂ +4N H ₂ SO ₄	0.4088	0.8112	棕色
0.4N FeCl ₂ +4N H ₂ SO ₄	0.2652	0.5364	淺藍
0.4N FeCl ₃ +4N H ₂ SO ₄	0.2455	0.4820	淺藍
0.4N ZnCl ₂ +4N H ₂ SO ₄	0.1889	0.3802	淺藍
0.4N CuCl ₂ +4N H ₂ SO ₄	0.0796	0.1620	淺藍
0.4N CrCl ₃ +4N H ₂ SO ₄	0.1088	0.2141	淺藍
0.4N NiCl ₂ +4N H ₂ SO ₄	0.1599	0.3122	淺藍
空白實驗：生澱粉+水+斐林試劑			

<表三-D>

催化劑組成和濃度	Cu ₂ O重 (gw)	旋光度	碘液顏色
0.4N SnCl ₂ +4N H ₃ PO ₄	0.3965	0.7911	棕色
0.4N FeCl ₂ +4N H ₃ PO ₄	0.2022	0.4120	淺藍
0.4N FeCl ₃ +4N H ₃ PO ₄	0.1822	0.3650	淺藍
0.4N ZnCl ₂ +4N H ₃ PO ₄	0.1128	0.2320	淺藍
0.4N CuCl ₂ +4N H ₃ PO ₄	0.0682	0.1326	淺藍
0.4N CrCl ₃ +4N H ₃ PO ₄	0.0920	0.2112	淺藍
0.4N NiCl ₂ +4N H ₃ PO ₄	0.2122	0.4233	淺藍
空白實驗：生澱粉+水+斐林試劑			

<表三-E>

催化劑組成和濃度	Cu ₂ O重 (gw)	旋光度	碘液顏色
0.4N SnCl ₂ +4N CH ₃ COOH	0.3655	0.7322	棕色
0.4N FeCl ₂ +4N CH ₃ COOH	0.2112	0.4253	淺藍
0.4N FeCl ₃ +4N CH ₃ COOH	0.1658	0.3315	淺藍
0.4N ZnCl ₂ +4N CH ₃ COOH	0.1088	0.2115	淺藍
0.4N CuCl ₂ +4N CH ₃ COOH	0.05921	0.1128	淺藍
0.4N CrCl ₃ +4N CH ₃ COOH	0.0821	0.1622	淺藍
0.4N NiCl ₂ +4N CH ₃ COOH	0.1966	0.4005	淺藍
空白實驗：生澱粉+水+斐林試劑			

<表三-F>

催化劑組成和濃度	Cu ₂ O重 (gw)	旋光度	碘液顏色
0.4N SnCl ₂ +4N H ₂ C ₂ O ₄	0.3523	0.7112	棕色
0.4N FeCl ₂ +4N H ₂ C ₂ O ₄	0.2125	0.4321	淺藍
0.4N FeCl ₃ +4N H ₂ C ₂ O ₄	0.2011	0.4126	淺藍
0.4N ZnCl ₂ +4N H ₂ C ₂ O ₄	0.1562	0.3125	淺藍
0.4N CuCl ₂ +4N H ₂ C ₂ O ₄	0.0582	0.1202	淺藍
0.4N CrCl ₃ +4N H ₂ C ₂ O ₄	0.0882	0.1188	淺藍
0.4N NiCl ₂ +4N H ₂ C ₂ O ₄	0.1821	0.3654	淺藍
空白實驗：生澱粉+水+斐林試劑			

<表三-G>

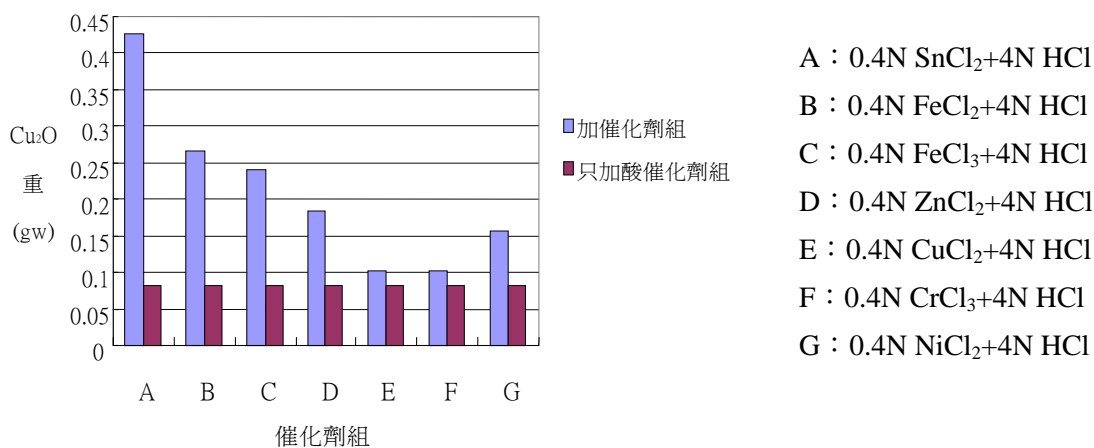
催化劑組	Cu ₂ O重 (gw)	旋光度	碘液顏色
4N HCl + 1g Sn	0.4166	0.8428	棕色
4N HCl + 1g Fe	0.2606	0.5321	淺藍
4N HCl + 1g Ni	0.1550	0.3211	淺藍
4N HCl + 1g Zn	0.1806	0.3892	淺藍

4N HCl + 1g Cu	0.1025	0.2562	淺藍
4N CH ₃ COOH + 1g Sn	0.3662	0.7921	棕色
4N CH ₃ COOH + 1g Fe	0.2110	0.4821	淺藍
4N CH ₃ COOH + 1g Ni	0.1960	0.4210	淺藍
4N CH ₃ COOH + 1g Zn	0.1018	0.2820	淺藍
4N CH ₃ COOH + 1g Cu	0.0588	0.1022	淺藍
4N H ₂ SO ₄ + 1g Sn	0.4092	0.8198	棕色
4N H ₂ SO ₄ + 1g Fe	0.2582	0.5322	淺藍
4N H ₂ SO ₄ + 1g Ni	0.1582	0.3452	淺藍
4N H ₂ SO ₄ + 1g Zn	0.1889	0.3988	淺藍
4N H ₂ SO ₄ + 1g Cu	0.0796	0.1820	淺藍
4N H ₃ PO ₄ + 1g Sn	0.3965	0.8140	棕色
4N H ₃ PO ₄ + 1g Fe	0.2010	0.4329	淺藍
4N H ₃ PO ₄ + 1g Ni	0.2022	0.4544	淺藍
4N H ₃ PO ₄ + 1g Zn	0.1138	0.2622	淺藍
4N H ₃ PO ₄ + 1g Cu	0.0680	0.1420	淺藍
4N H ₂ C ₂ O ₄ + 1g Sn	0.3462	0.7492	棕色
4N H ₂ C ₂ O ₄ + 1g Fe	0.2110	0.4821	淺藍
4N H ₂ C ₂ O ₄ + 1g Ni	0.1760	0.3655	淺藍
4N H ₂ C ₂ O ₄ + 1g Zn	0.1018	0.2488	淺藍
4N H ₂ C ₂ O ₄ + 1g Cu	0.0582	0.1358	淺藍
空白實驗：生澱粉+水+斐林試劑			

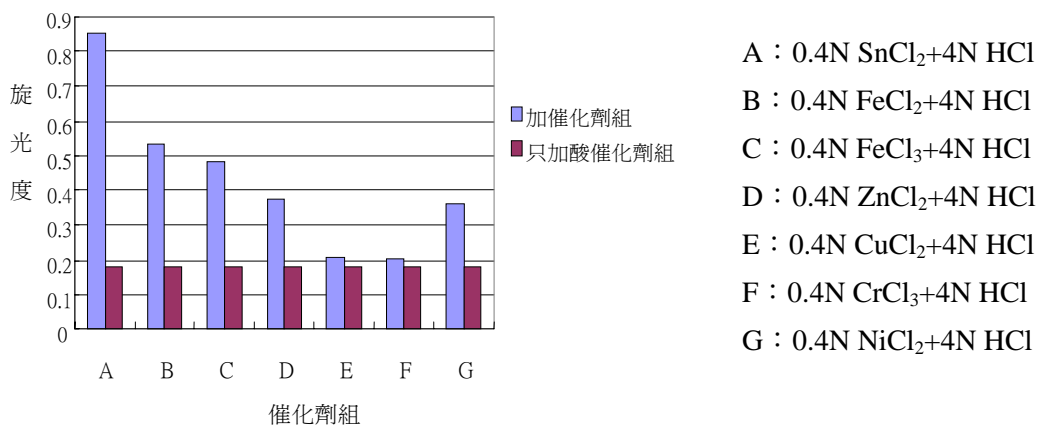
<表三-H>

催化劑組	Cu ₂ O重 (gw)	旋光度	碘液顏色
4N HCl + 4N CH ₃ COOH + 0.4N SnCl ₂	0.4643	0.9920	棕色
4N HCl + 4N CH ₃ COOH + 1g Sn	0.4538	0.9368	棕色
4N HCl + 4N CH ₃ COOH + 0.4N FeCl ₂	0.3125	0.6682	淺藍
4N HCl + 4N CH ₃ COOH + 1g Fe	0.3055	0.6452	淺藍
4N HCl + 4N CH ₃ COOH + 0.4N ZnCl ₂	0.2522	0.5422	淺藍
4N HCl + 4N CH ₃ COOH + 1g Zn	0.2456	0.5028	淺藍
4N HCl + 4N CH ₃ COOH + 0.4N NiCl ₂	0.2675	0.4545	淺藍
4N HCl + 4N CH ₃ COOH + 0.1g Ni	0.2052	0.4312	淺藍
4N HCl + 4N CH ₃ COOH + 0.4N CuCl ₂	0.1525	0.3625	淺藍
4N HCl + 4N CH ₃ COOH + 0.1g Cu	0.1502	0.3669	淺藍
空白實驗：生澱粉+水+斐林試劑			

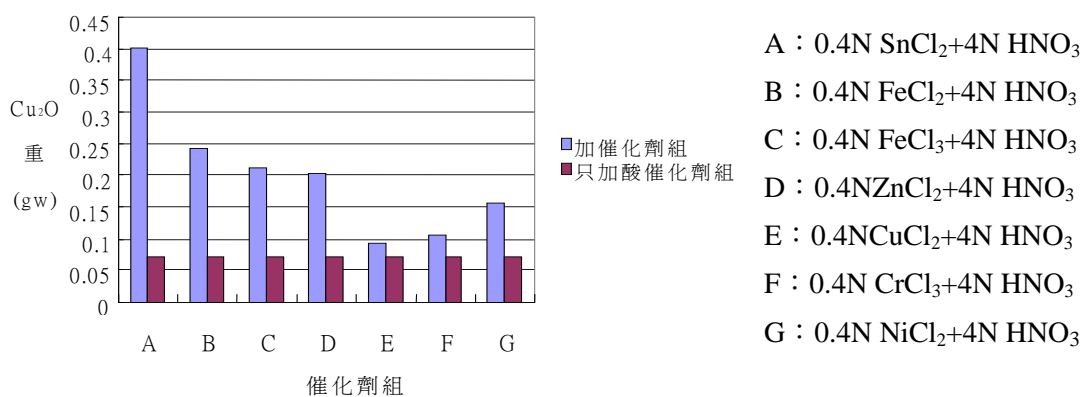
(二) 圖三



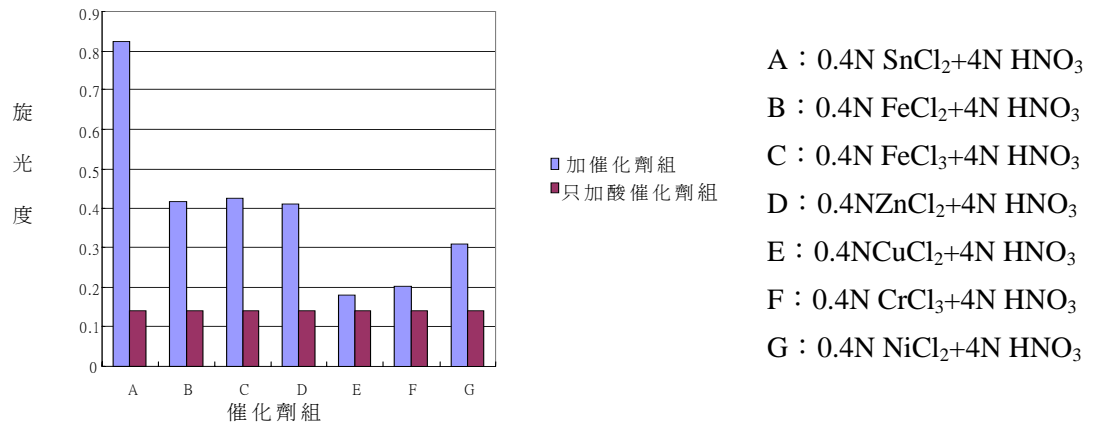
圖三-A-1 只加酸催化(HCl)與加酸催化劑組產生 Cu_2O 重 (gw) 之比較



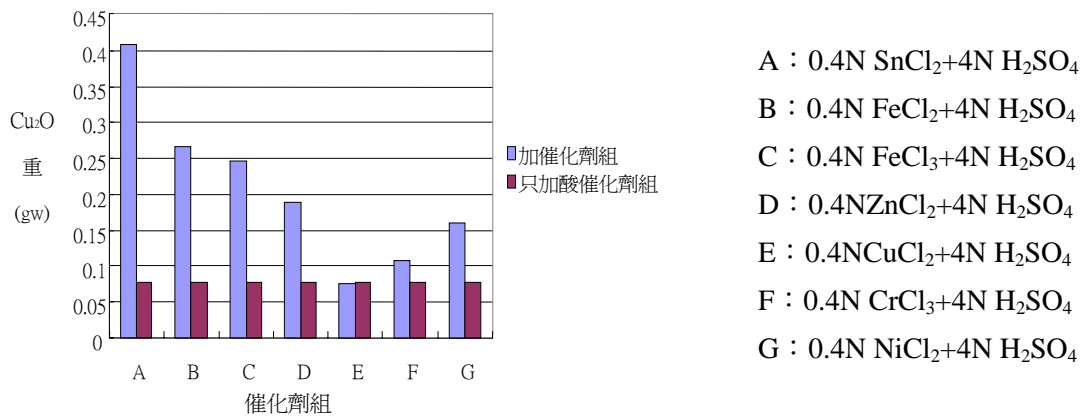
圖三-A-2 只加酸催化(HCl)與加酸催化劑組旋光度之比較



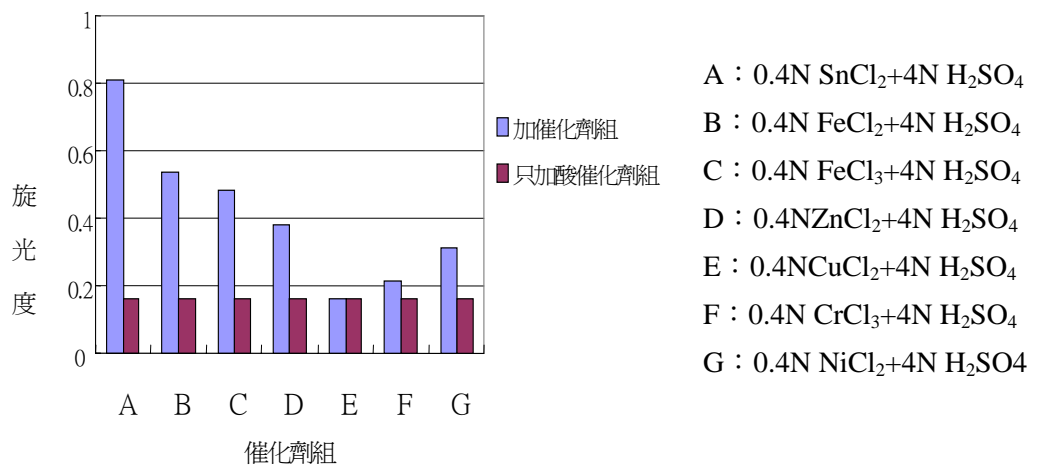
圖三-B-1 只加酸催化(HNO_3)與加酸催化劑組產生 Cu_2O 重 (gw) 之比較



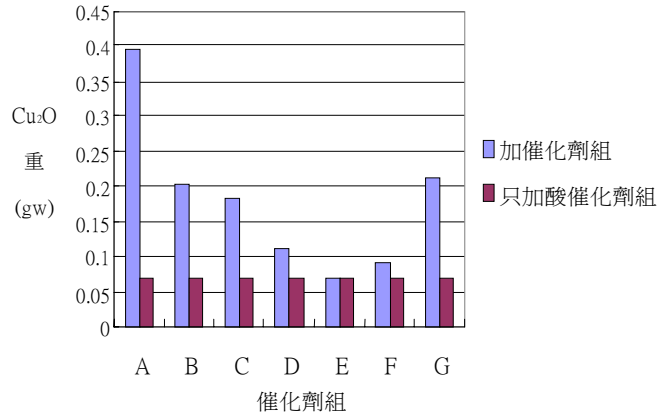
圖三-B-2 只加酸催化(HNO₃)與加酸催化劑組旋光度之比較



圖三-C-1 加酸催化(H₂SO₄)與加酸催化劑組產生Cu₂O重 (gw) 之比較

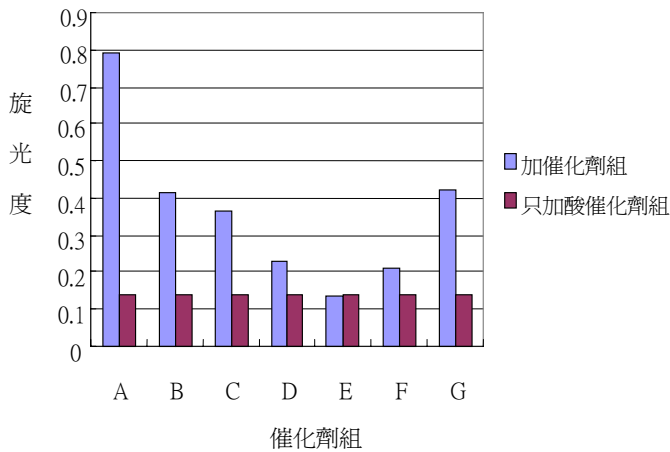


圖三-C-2 只加酸催化(H₂SO₄)與加酸催化劑組旋光度之比較



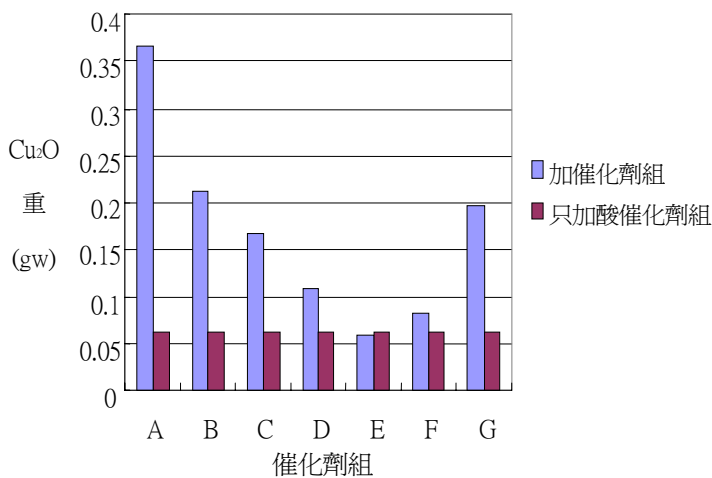
- A : 0.4N SnCl₂+4N H₃PO₄
- B : 0.4N FeCl₂+4N H₃PO₄
- C : 0.4N FeCl₃+4N H₃PO₄
- D : 0.4NZnCl₂+4N H₃PO₄
- E : 0.4NCuCl₂+4N H₃PO₄
- F : 0.4N CrCl₃+4N H₃PO₄
- G : 0.4N NiCl₂+4N H₃PO₄

圖三-D-1 只加酸催化(H₃PO₄)與加酸催化劑組產生Cu₂O重 (gw) 之比較



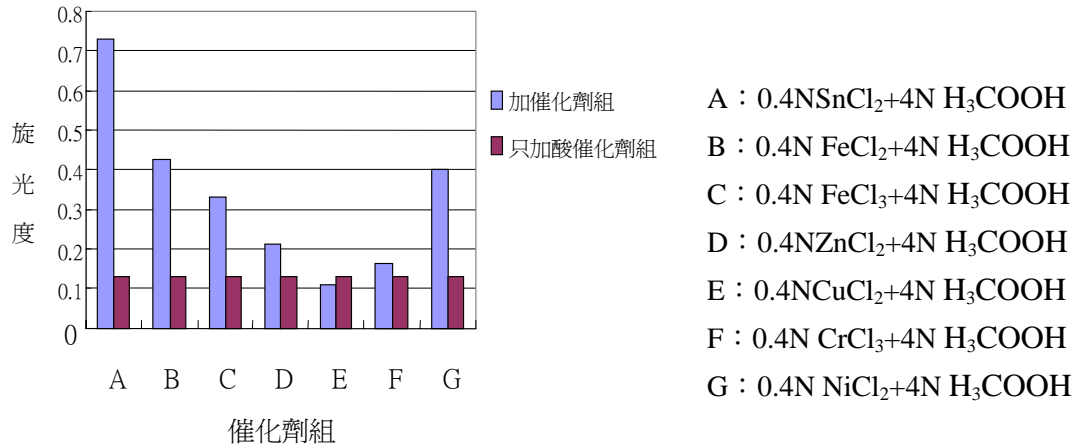
- A : 0.4N SnCl₂+4N H₃PO₄
- B : 0.4N FeCl₂+4N H₃PO₄
- C : 0.4N FeCl₃+4N H₃PO₄
- D : 0.4NZnCl₂+4N H₃PO₄
- E : 0.4NCuCl₂+4N H₃PO₄
- F : 0.4N CrCl₃+4N H₃PO₄
- G : 0.4N NiCl₂+4N H₃PO₄

圖三-D-2 只加酸催化(H₃PO₄)與加酸催化劑組旋光度之比較

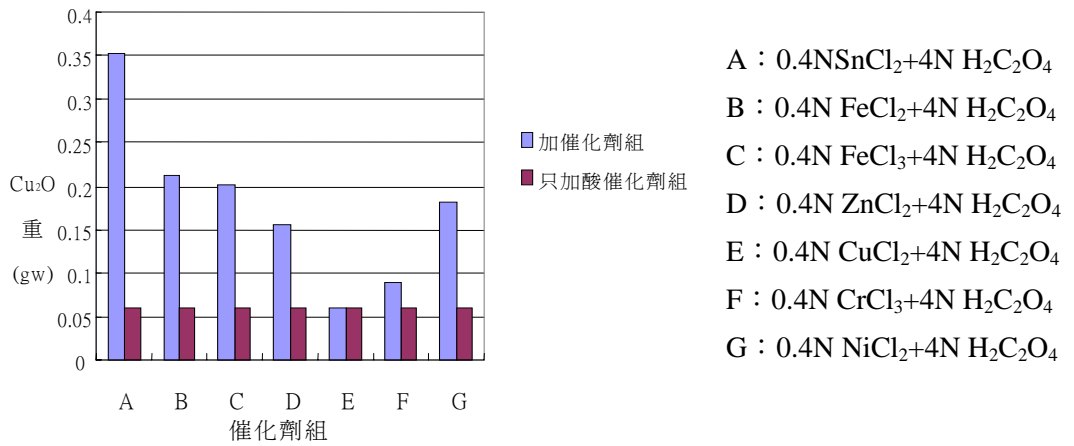


- A : 0.4NSnCl₂+4N CH₃COOH
- B : 0.4N FeCl₂+4N CH₃COOH
- C : 0.4N FeCl₃+4N CH₃COOH
- D : 0.4NZnCl₂+4N CH₃COOH
- E : 0.4NCuCl₂+4N CH₃COOH
- F : 0.4N CrCl₃+4N CH₃COOH
- G : 0.4N NiCl₂+4N CH₃COOH

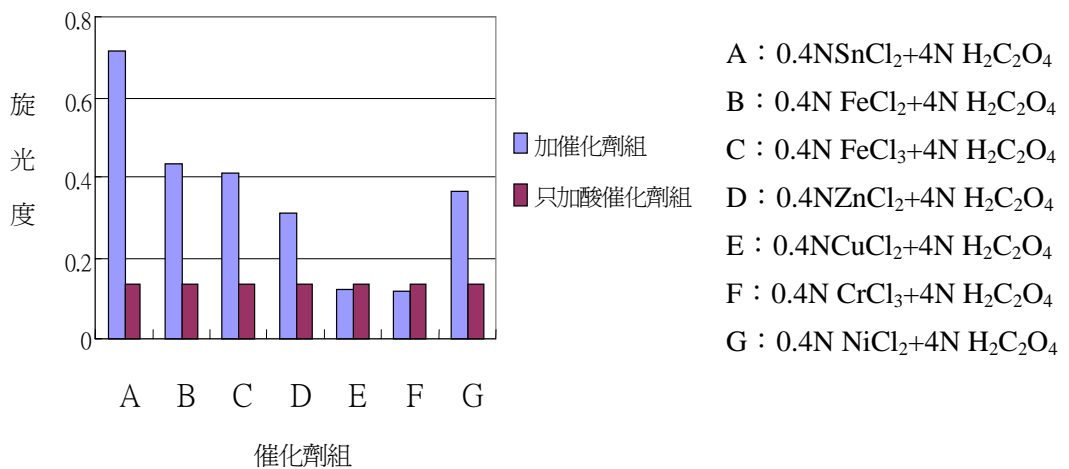
圖三-E-1 只加酸催化(CH₃COOH)與加酸催化劑產生Cu₂O重 (gw) 之比較



圖三-E-2 加酸催化(CH₃COOH)與加酸催化劑組旋光度之比較



圖三-F-1 只加酸催化(H₂C₂O₄)與加酸催化劑組產生Cu₂O重 (gw) 之比較



圖三-F-2 只加酸催化(H₂C₂O₄)與加酸催化劑組旋光度之比較

(三) 實驗討論

1.常見反應中，其催化劑大部份為過渡元素如： $2\text{H}_2\text{O}_2 \xrightarrow{\text{MnO}_2} 2\text{H}_2\text{O} + \text{O}_2$ ，

$2\text{SO}_2 + \text{O}_2 \xrightarrow{\text{V}_2\text{O}_5} \text{SO}_3$ ， $\text{N}_2 + 3\text{H}_2 \xrightarrow{\text{Fe}} 2\text{NH}_3$ ，植物油 + $\text{H}_2 \xrightarrow{\text{Ni}}$ 硬化油，

$\text{CO} + 2\text{H}_2 \xrightarrow{\text{ZnO}} \text{CH}_3\text{OH}$ ，因此我們選擇催化劑的元素都是過渡元素。

2.和鹽酸一起的催化劑組中，其水解生澱粉效果依序為：

$\text{SnCl}_2 > \text{FeCl}_2 > \text{FeCl}_3 > \text{ZnCl}_2 > \text{NiCl}_2 > \text{CrCl}_3 > \text{CuCl}_2$ 。

3.和硝酸一起的催化劑組中，其水解生澱粉效果依序為：

$\text{SnCl}_2 > \text{FeCl}_2 > \text{FeCl}_3 > \text{ZnCl}_2 > \text{NiCl}_2 > \text{CrCl}_3 > \text{CuCl}_2$ 。

4.和硫酸一起的催化劑組中，其水解生澱粉效果依序為：

$\text{SnCl}_2 > \text{FeCl}_2 > \text{ZnCl}_2 > \text{FeCl}_3 > \text{NiCl}_2 + \text{CrCl}_3 + \text{CuCl}_2$ 。

5.和磷酸一起的催化劑組中，其水解生澱粉效果依序為：

$\text{SnCl}_2 > \text{NiCl}_2 > \text{FeCl}_2 > \text{FeCl}_3 > \text{ZnCl}_2 > \text{CrCl}_3 > \text{CuCl}_2$ 。

6.和醋酸一起的催化劑組中，其水解生澱粉效果依序為：

$\text{SnCl}_2 > \text{FeCl}_2 > \text{NiCl}_2 > \text{FeCl}_3 > \text{ZnCl}_2 > \text{CrCl}_3 > \text{CuCl}_2$ 。

7.和草酸一起的催化劑組中，其水解生澱粉效果依序為：

$\text{SnCl}_2 > \text{FeCl}_2 > \text{FeCl}_3 > \text{NiCl}_2 > \text{ZnCl}_2 > \text{CrCl}_3 > \text{CuCl}_2$ 。

8.相同條件下可使生澱物完全水解為葡萄糖的催化劑組有：

$\text{HCl} + \text{SnCl}_2$ (或Sn)， $\text{H}_2\text{SO}_4 + \text{SnCl}_2$ (或Sn)， $\text{CH}_3\text{COOH} + \text{SnCl}_2$ (或Sn)，

$\text{HNO}_3 + \text{SnCl}_2$ (或Sn)， $\text{H}_3\text{PO}_4 + \text{SnCl}_2$ (或Sn)， $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 + \text{SnCl}_2$ (或Sn)。

9.相同條件下可使生澱物水解的二合一催化劑效果最好的前三名依序為：

$\text{HCl} + \text{SnCl}_2$ (或Sn) $>$ $\text{H}_2\text{SO}_4 + \text{SnCl}_2$ (或Sn) $>$ $\text{CH}_3\text{COOH} + \text{SnCl}_2$ (或Sn)。

10.二合一，三合一合起來排名依的沉澱量來判定水解效果前三名依序為：

$\text{HCl} + \text{CH}_3\text{COOH} + \text{SnCl}_2$ (或Sn) $>$ $\text{HCl} + \text{SnCl}_2$ (或Sn) $>$ $\text{H}_2\text{SO}_4 + \text{SnCl}_2$ (或Sn)。

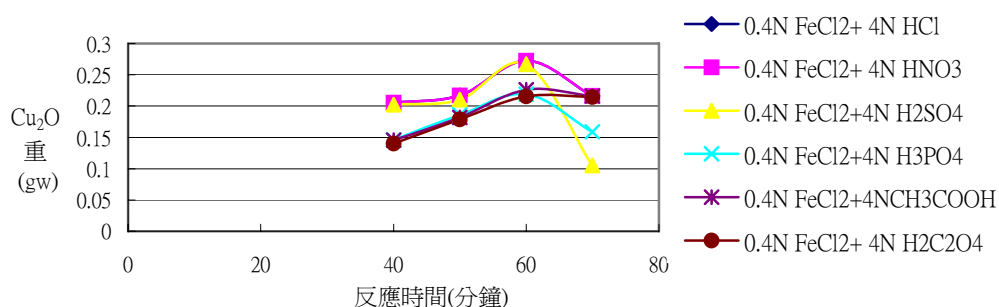
11.金屬固體也有催化效果和其鹽類相差無幾，但水解反應完後可過濾除掉，比用金屬鹽類來得方便。

四、水解時間對（生澱粉）水解的影響

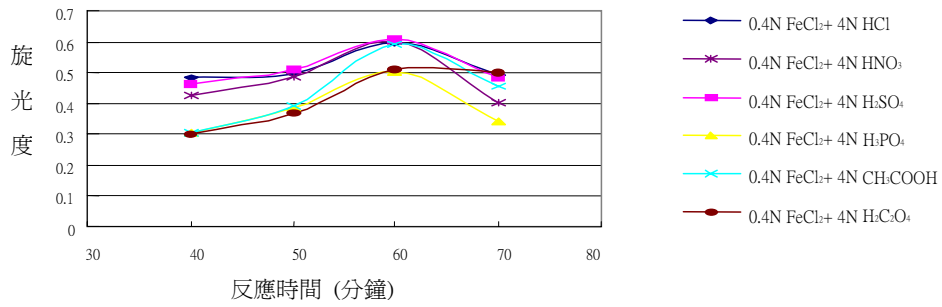
(一) 表四

催化劑組成	溫度(°C)	加熱時間(分鐘)	Cu ₂ O 重 (gw)	旋光度	碘液顏色
0.4N FeCl ₂ + 4N HCl	100	40	0.2055	0.4821	淺藍
0.4N FeCl ₂ + 4N HCl	100	50	0.2168	0.4956	淺藍
0.4N FeCl ₂ + 4N HCl	100	60	0.2726	0.5989	淺藍
0.4N FeCl ₂ + 4N HCl	100	70	0.2166	0.4952	棕色
0.4N FeCl ₂ + 4N HNO ₃	100	40	0.1998	0.4252	淺藍
0.4N FeCl ₂ + 4N HNO ₃	100	50	0.2088	0.4885	淺藍
0.4N FeCl ₂ + 4N HNO ₃	100	60	0.2502	0.6028	淺藍
0.4N FeCl ₂ + 4N HNO ₃	100	70	0.1920	0.4022	棕色
0.4N FeCl ₂ +4N H ₂ SO ₄	100	40	0.2021	0.4622	淺藍
0.4N FeCl ₂ +4N H ₂ SO ₄	100	50	0.2102	0.5092	淺藍
0.4N FeCl ₂ +4N H ₂ SO ₄	100	60	0.2669	0.6088	淺藍
0.4N FeCl ₂ +4N H ₂ SO ₄	100	70	0.1055	0.4821	棕色
0.4N FeCl ₂ +4N H ₃ PO ₄	100	40	0.1462	0.3028	淺藍
0.4N FeCl ₂ +4N H ₃ PO ₄	100	50	0.1859	0.3855	淺藍
0.4N FeCl ₂ +4N H ₃ PO ₄	100	60	0.2192	0.5055	淺藍
0.4N FeCl ₂ +4N H ₃ PO ₄	100	70	0.1588	0.3425	棕色
0.4N FeCl ₂ +4NCH ₃ COOH	100	40	0.1455	0.3028	淺藍
0.4N FeCl ₂ +4NCH ₃ COOH	100	50	0.1820	0.3911	淺藍
0.4N FeCl ₂ +4NCH ₃ COOH	100	60	0.2262	0.5921	淺藍
0.4N FeCl ₂ +4NCH ₃ COOH	100	70	0.2162	0.4563	棕色
0.4N FeCl ₂ + 4N H ₂ C ₂ O ₄	100	40	0.1399	0.3026	淺藍
0.4N FeCl ₂ + 4N H ₂ C ₂ O ₄	100	50	0.1789	0.3688	淺藍
0.4N FeCl ₂ + 4N H ₂ C ₂ O ₄	100	60	0.2155	0.5098	淺藍
0.4N FeCl ₂ + 4N H ₂ C ₂ O ₄	100	70	0.2145	0.4996	棕色
空白實驗：生澱粉+水+斐林試劑					

(二) 圖四



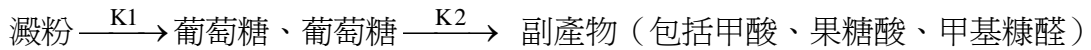
圖四-1 催化劑組成在不同反應時間產生Cu₂O重 (gw) 之比



圖四-2 催化劑組成在不同反應時間旋光度之比較

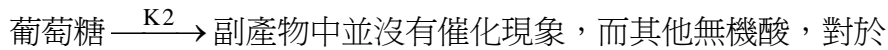
(三) 實驗討論

- 1.由圖四可知隨反應時間的增加，產生葡萄糖的量也增加，但達到一最大值後，葡萄糖的量隨反應時間而下降，這是因為反應中進行著以下兩個反應：



剛開始反應是澱粉水解，需要一定時間完成；另一方面，葡萄糖溶液停留時間的增加將使更多的葡萄糖轉化為副產物，故隨時間的增加而出現葡萄糖的量有下降的現象，而且副產物包括甲酸、果糖酸、甲基糠醛，這些副產物會使抑制酵素的生長，使酒精的產率降低，因此水解的時間拿捏非常重要。

- 2.由圖四可知，CH₃COOH、H₂C₂O₄對於葡萄糖分解為副產物沒有催化作用，因在水解生澱粉Cu₂O達最高量時，時間愈久，Cu₂O的量並沒有顯著的下降，即



葡萄糖 $\xrightarrow{\text{K2}}$ 副產物也有催化效果，因水解時，Cu₂O重達最高量隨著時間增長，Cu₂O有顯著的下降，即無機酸對K2 有催化作用。

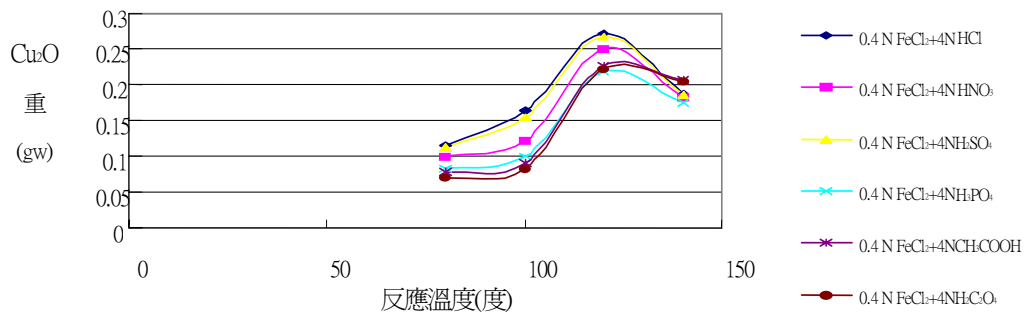
- 3.沒有用效果最好的SnCl₂+HCl為催化劑組，是因為加熱 30 分鐘後，都完全水解為葡萄糖。

五、反應溫度對（生澱粉）水解的影響

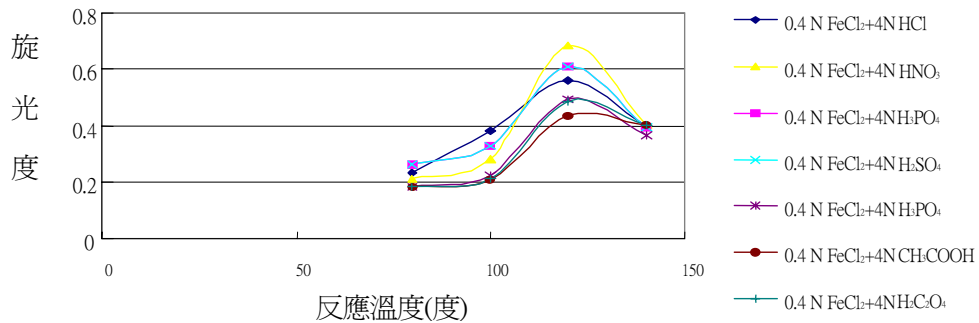
（一）表五

催化劑組成	加熱溫度(°C)	時間(分鐘)	Cu ₂ O重(gw)	旋光度	碘液顏色
0.4 N FeCl ₂ +4N HCl	80	60	0.1156	0.2318	藍色
0.4 N FeCl ₂ +4N HCl	100	60	0.1636	0.3812	藍色
0.4 N FeCl ₂ +4N HCl	120	60	0.2726	0.5581	淺藍
0.4 N FeCl ₂ +4N HCl	140	60	0.1869	0.3992	棕色
0.4 N FeCl ₂ +4N HNO ₃	80	60	0.1002	0.2118	藍色
0.4 N FeCl ₂ +4N HNO ₃	100	60	0.1211	0.2816	藍色
0.4 N FeCl ₂ +4N HNO ₃	120	60	0.2502	0.6821	淺藍
0.4 N FeCl ₂ +4N HNO ₃	140	60	0.1825	0.4028	棕色
0.4 N FeCl ₂ +4N H ₂ SO ₄	80	60	0.1125	0.2621	藍色
0.4 N FeCl ₂ +4N H ₂ SO ₄	100	60	0.1546	0.3292	藍色
0.4 N FeCl ₂ +4N H ₂ SO ₄	120	60	0.2669	0.6082	淺藍
0.4 N FeCl ₂ +4N H ₂ SO ₄	140	60	0.1866	0.3921	棕色
0.4 N FeCl ₂ +4N H ₃ PO ₄	80	60	0.0826	0.1821	藍色
0.4 N FeCl ₂ +4N H ₃ PO ₄	100	60	0.0998	0.2253	藍色
0.4 N FeCl ₂ +4N H ₃ PO ₄	120	60	0.2192	0.4921	淺藍
0.4 N FeCl ₂ +4N H ₃ PO ₄	140	60	0.1755	0.3628	棕色
0.4 N FeCl ₂ +4N CH ₃ COOH	80	60	0.0786	0.1821	藍色
0.4 N FeCl ₂ +4N CH ₃ COOH	100	60	0.0906	0.2082	藍色
0.4 N FeCl ₂ +4N CH ₃ COOH	120	60	0.2262	0.4368	淺藍
0.4 N FeCl ₂ +4N CH ₃ COOH	140	60	0.2058	0.4012	棕色
0.4 N FeCl ₂ +4N H ₂ C ₂ O ₄	80	60	0.0700	0.1821	藍色
0.4 N FeCl ₂ +4N H ₂ C ₂ O ₄	100	60	0.0826	0.2099	藍色
0.4 N FeCl ₂ +4N H ₂ C ₂ O ₄	120	60	0.2225	0.4866	淺藍
0.4 N FeCl ₂ +4N H ₂ C ₂ O ₄	140	60	0.2044	0.4023	棕色
空白實驗：生澱粉+水+斐林試劑					

(二) 圖五



圖五-1 催化劑組成在不同反應時間產生 Cu₂O 重



圖五-2 催化劑組成在不同反應時間旋光度之比較

(三) 實驗討論

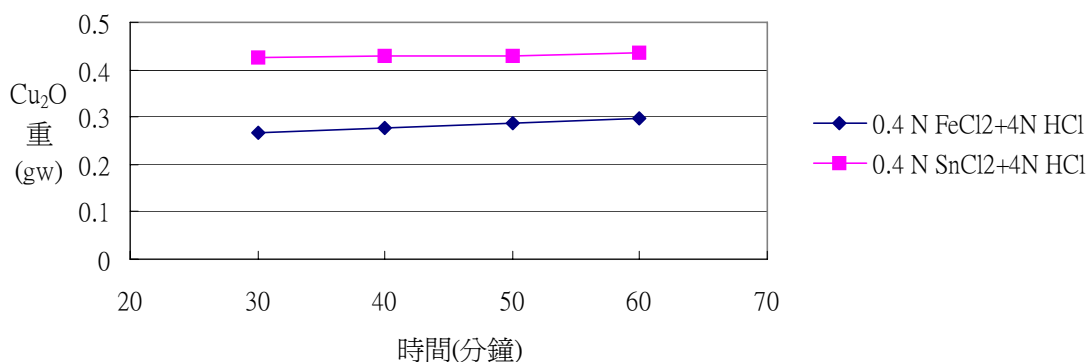
- 1.由圖五可知催化劑在 120 度時Cu₂O的量增幅變小，且在 120 度Cu₂O的量變小很多，這是反應內進行著如下的兩個反應式：澱粉 $\xrightarrow{K1}$ 葡萄糖、
 葡萄糖 $\xrightarrow{K2}$ 副產物。在較低溫時，K1 的增加值大於 K2，但隨著溫度的提高 K2 值的增加值會逐漸大於K1，因而Cu₂O的量增幅變小，甚至在 120 度時Cu₂O的量變小。
- 2.副產物會抑制酵素的生長，使酒精的產率降低，因此水解溫度要控制得宜。
- 3.由圖五a可知，CH₃COOH、H₂C₂O₄對於葡萄糖分解為副產物時沒有催化作用，因水解澱粉時，Cu₂O重達最高量時，溫度升高，Cu₂O的量並沒有顯著下降，即
 葡萄糖 $\xrightarrow{K2}$ 副產物，並沒有催化的現象。而其他有機酸對於
 葡萄糖 $\xrightarrow{K2}$ 副產物也有催化的效果，因水解時Cu₂O重達最高量時，溫度升高，Cu₂O的量有顯著的下降，即無機酸對K2 有催化現象。

六、微波照射和加熱水解比較研究

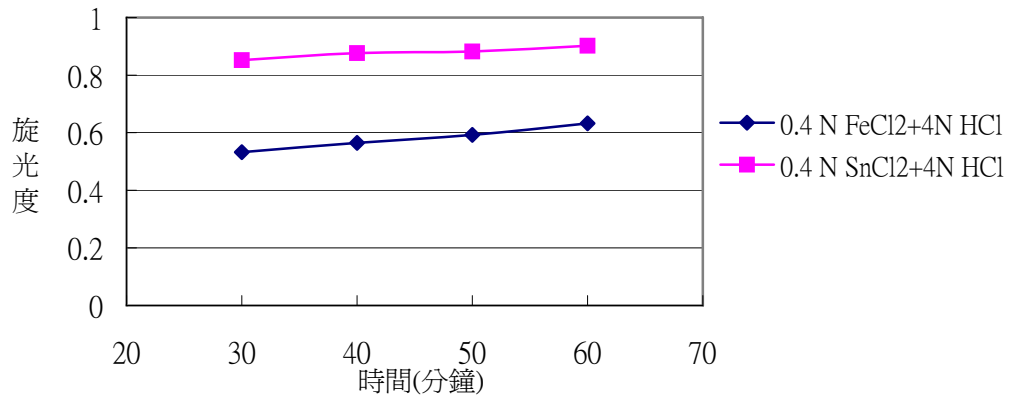
(一) 表六

加熱方式	加熱時間	加熱溫度	Cu ₂ O重 (gw)	旋光度	溶液顏色	離心過濾	碘液顏色
微波照射	3分	95°C	0.3252	0.6668	澄清	無	棕色
	4分	95°C	0.3925	0.7905	澄清	無	棕色
	5分	95°C	0.4402	0.8902	澄清	無	棕色
	6分	95°C	0.4405	0.8903	澄清	無	棕色
加熱水解 催化劑組： 0.4N FeCl ₂ +4N HCl	30分	100°C	0.2662	0.5322	微白	白色	藍色
	40分	100°C	0.2764	0.5640	微白	白色	淺藍
	50分	100°C	0.2885	0.5920	微白	白色	淺藍
	60分	100°C	0.2962	0.6322	微白	白色	淺藍
加熱水解 催化劑組： 0.4N SnCl ₂ +4N HCl	30分	100°C	0.4262	0.8524	澄清	無	棕色
	40分	100°C	0.4288	0.8772	澄清	無	棕色
	50分	100°C	0.4298	0.8825	澄清	無	棕色
	60分	100°C	0.4362	0.9025	澄清	無	棕色

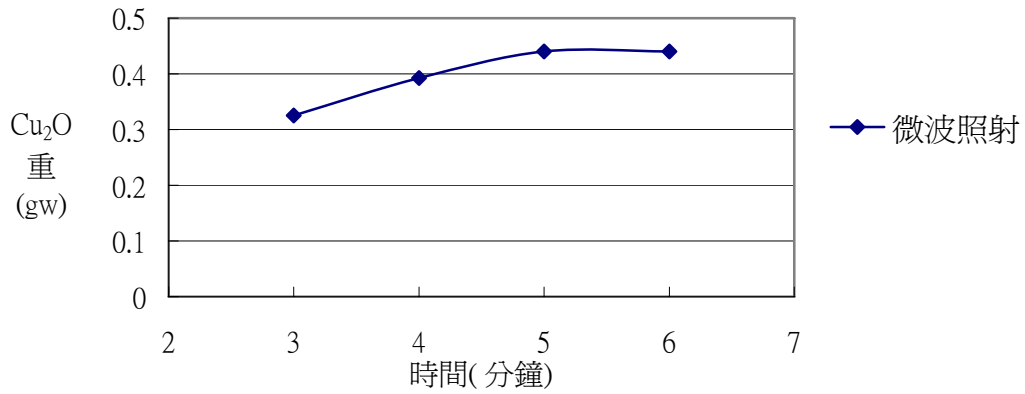
(二) 圖六



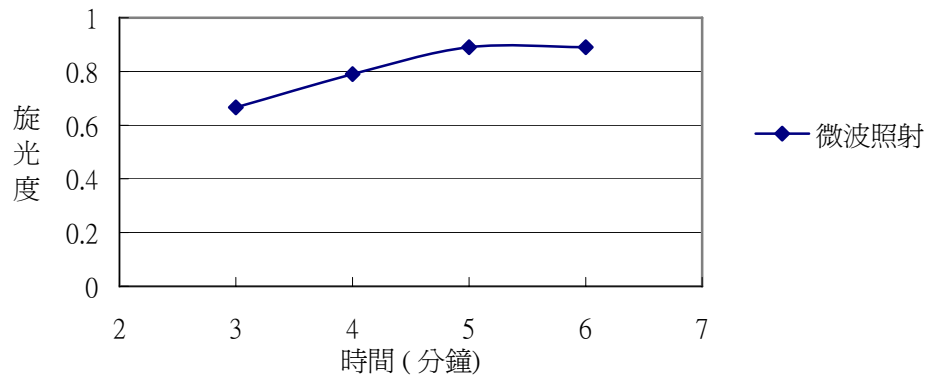
圖六-1 加熱水解不同催化劑組(0.4 N FeCl₂+4N HCl、0.4 N SnCl₂+4N HCl)與不同加熱時間所產生Cu₂O重 (gw)



圖六-2 加熱水解不同催化劑組(0.4 N FeCl₂+4N HCl、0.4 N SnCl₂+4N HCl)與不同加熱時間的旋光度



圖六-3 微波照射不同時間所產生Cu₂O重 (gw)



圖六-4 微波照射不同時間的旋光度

(三) 實驗討論

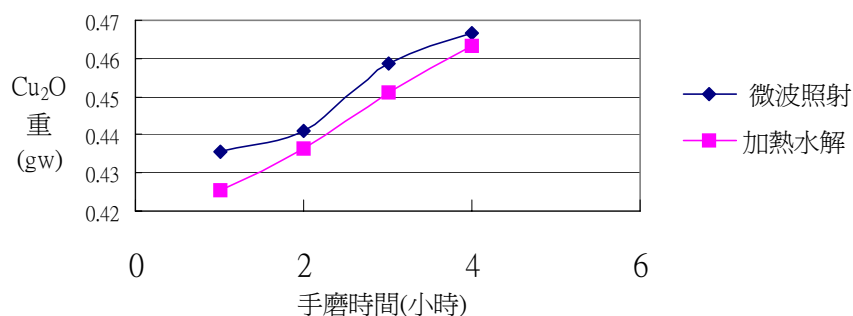
- 1.用微波照射 5 分鐘後，溶液成無色透明且離心無澱粉沉澱，由此可知，用微波照射澱粉液不但能增加能量傳遞的速率，加速反應時間，而且能改變澱粉的構造，以利於水解反應。
- 2.同條件下，用 0.4 N $\text{FeCl}_2+4\text{N HCl}$ ，100 度加熱水解，溶液還是呈乳白色，離心 10 分鐘可分離出未溶解的澱粉，由此可知，加熱水解無法使全部澱粉完全水解。
- 3.用 0.4 N $\text{FeCl}_2+4\text{N HCl}$ ，100 度加熱水解，如果時間超過 60 分鐘，生澱粉液會變為淡棕色，我們把產物放置七天後，溶液呈暗棕色。
- 4.同條件下，用 0.4 N $\text{SnCl}_2+4\text{N HCl}$ ，100 度加熱水解，和微波照射一樣，溶液呈無色透明，滴入碘液為棕色，可完全水解為葡萄糖。

七、用生澱粉水解製造酒精

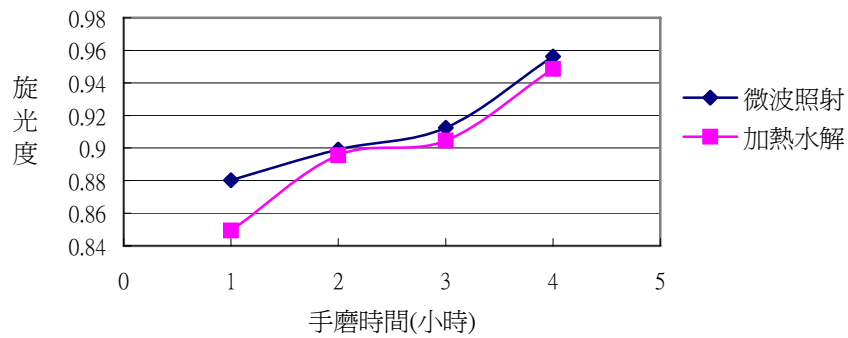
(一) 表七

加熱方式	手磨 (hr)	Cu_2O 重 (gw)	旋光度	產生酒精(% V/V)
微波照射五分鐘	1	0.4355	0.8802	0.73
	2	0.4411	0.8992	2.84
	3	0.4588	0.9125	3.68
	4	0.4665	0.9562	4.32
加熱水解六十分鐘	1	0.4255	0.8495	0.62
	2	0.4365	0.8955	1.81
	3	0.4512	0.9046	2.83
	4	0.4633	0.9486	3.50
備註	變質的米，10% 澱粉液，催化劑組成：0.4N SnCl_2 、0.4N HCl			

(二) 圖七



圖七-1 手磨時間對微波照射、加熱水解產生之 Cu_2O 重 (gw)



圖七-2 手磨時間對微波照射、加熱水解之旋光度

(三) 實驗討論

- 1.生蕃薯裡，含有很多澱粉，但澱粉顆粒外面由一層堅固的皮膜包著，如此，澱粉酶無法與澱粉接觸，而把它水解，所以生蕃薯不太甜，如果把蕃薯蒸烤，包在澱粉外面得皮膜破裂了，澱粉酶就能充分與澱粉發生作用，使的熟蕃薯很甜。由以上論述可知把米、玉米或小麥磨成粉時，將可生產某一百分率的破損澱粉顆粒，手磨時間愈久，水解效果越好。
- 2.由發酵製得的乙醇純度不會超過 15~20% ，在此純度下乙醇會殺死酵母使反應停止，要釀造純度更高的酒，可將發酵所得混合液蒸餾後得到。

陸、結論

一、不同種類的酸，催化水解生澱粉時，以鹽酸最好其次依序為：



二、不同種類的酸催化水解生澱粉時， $[\text{H}^+]$ 越高水解效果越好。

三、僅以酸催化水解生澱粉時，無法使生澱粉完全水解。

四、除了NaCl外，其餘含酸根的鹽類，都不能催化水解生澱粉，由此可知除HCl外、 HNO_3 、 H_2SO_4 、 H_3PO_4 、 CH_3COOH 、 H_2SO_4 之所以能催化水解生澱粉是由於 H^+ 而不是酸根。

五、HCl之所以催化水解生澱粉的效果最好，除了 H^+ 以外Cl⁻也有幫助的效果。

六、三合一，二合一，只加酸催化合起來排名催化水解生澱粉的效果依序為：



七、無論三合一、二合一都是和 SnCl_2 （或Sn）一起的催化劑組效果最好。

八、金屬固體也有催化效果，且水解反應完後可過濾除掉，比用金屬鹽類來的方便。

九、水解時間對澱粉水解很重要，因反應容器內進行著如下的兩個反應：

澱粉 $\xrightarrow{\text{K1}}$ 葡萄糖、葡萄糖 $\xrightarrow{\text{K2}}$ 副產物剛開始反應是生澱粉的水解，需要一定時間完成；另一方面，葡萄糖溶液停留時間的增加使更多的葡萄糖轉化為副產物，故隨時間的增加而出現葡萄糖的量有下降的現象，而且副產物會抑制酵素的生長，使酒精的產率降低，因此水解的時間拿捏非常重要。

十、由 Cu_2O 減少量可知 CH_3COOH 、 $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$ 對於葡萄糖分解為副產物，並無催化的作用，只對澱粉變葡萄糖有催化作用，而HCl、 H_2SO_4 、 HNO_3 、 H_3PO_4 對於K1、K2皆有催化作用，因此時間要控制得宜。

十一、水解溫度對生澱粉水解很重要：

澱粉 $\xrightarrow{\text{K1}}$ 葡萄糖、葡萄糖 $\xrightarrow{\text{K2}}$ 副產物，在較低溫， $\text{K1} > \text{K2}$ ，但隨著溫度升高， K2 值得增加值會逐漸大於 K1 ，因而在 120 度 Cu_2O 的量反而變小，而且，HCl、 H_2SO_4 、 HNO_3 ，對於K1、K2 都有催化作用，因此溫度的控制非常重要。

十二、用微波照射後的生澱粉，溶液呈無色透明，且離心無澱粉沉澱，由此可知，由微波照射生澱粉液不但能增加能量傳遞的速率，加速反應時間，而且能改變澱粉的構造，以利水解反應。

十三、手磨生米得時間越久，包在澱粉外面的皮膜破損越厲害，可使催化劑組充分與澱粉發生作用的水解效果也越好。

柒、展望

- 一、穀物放久，會變質包括變色、惡臭、被昆蟲啃食，潮濕變軟發霉，變為不適合人類或動物食用，如果用這些變質的穀物的澱粉生產酒精，其原始成本節省很多。
- 二、用 SnCl_2 和 HCl 當催化劑組，可完全水解澱粉為葡萄糖再發酵為酒精，其中步驟不必經過蒸熟可節省大量的能源。
- 三、 Fe 、 Cr 、 Ni 可當澱粉水解的催化劑，因此我們用不銹鋼容器做催化劑，結果效果良好，限於篇幅，以後在深入做探討。

捌、參考資料

- 一、林福助編著。有機化學實驗二十五 P75~P82 復文書局。
- 二、莊智傑編著。有機化學 P200~P207 復文書局。
- 三、曾國輝編著。有機化學概論第十章 碳化合物 一流出版社。
- 四、徐氏基金會。食品化學指引。
- 五、林榮耀編著。生物化學指引。
- 六、涂漢欽編著。無機化學實驗。

中華民國第四十五屆中小學科學展覽會
評 語

高中組 化學科

最佳(鄉土)教材獎

040217

利用變質穀物的澱粉水解製造酒精的探討

國立嘉義高級工業職業學校

評語：

主題很具本土性，如能把實驗的方法及產物的
確認做得更完整就更好了。