

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

030202

非柿不可-柿子加工品之研究

學校名稱：嘉義市私立興華高級中學

作者： 國二 李宥澄 國二 楊學斌	指導老師： 楊人翰
---------------------------------	------------------

關鍵詞：柿餅、脫水、單寧氧化

摘要

本研究旨在針對柿子加工品製作方法、柿餅發黑及真假柿霜辨別做探討。國內南部柿餅製作有兩種脫水方式：「低溫脫水」(使用除溼機)及「高溫脫水」(使用烘乾機)，結果發現「低溫脫水」製成之柿餅再生皮較厚，口感較 Q，而且成本較低。柿餅因含單寧會氧化褐變，研究發現酸性可減緩發黑，一般業者使用防腐劑正好是酸性，實驗中找出防腐劑的替代品—維生素 C 可減緩發黑速度，雖無法長期不發黑，但二天內可防止柿餅發黑。也針對真假柿霜進行分析，真柿霜分佈不均勻及結晶緊卡在柿餅上，幾乎不掉粉，且柿霜粉遇溼容易被溶解；而假柿霜為沾石灰粉製成，分佈均勻，凹陷的蒂頭也佈滿柿霜，假柿霜易掉粉、遇水較不容易被溶解。提供以上方法希望能夠讓大眾能「買得安心，吃得安心」。

壹、研究動機

嘉義番路鄉是全台柿子產量最多的地方，為了推廣「柿品」，柿子加工品如雨後春筍般一一出現，然而，近年來市面上出現標榜「永不發黑」的柿餅令人聞之悚然，更有不肖商人魚目混珠高價賣出「假柿霜」，人民的健康逐漸失據退守，家住番路的我，秉著愛鄉的心及對柿子加工品的好奇，與組員實際到當地拜訪業者，決定研究探討如何讓消費者「買得安心，吃得安心」，此研究持續三年之久。(教材相關性：南一版國中自然與生活科技第 4 冊第二章氧化還原)

貳、研究目的

研究一、本研究主要介紹柿子加工後，成型的柿餅如何變成柿霜等過程，讓大家瞭解柿子加工品形成的過程。

研究二、本研究主要探討不同柿子種類製成柿餅外觀、口感、在低溫烘乾下製成柿餅的脫水程度和再生皮厚度比較。

研究三、本研究主要探討不同脫水方式製成的柿餅外觀、口感和再生皮厚度比較。





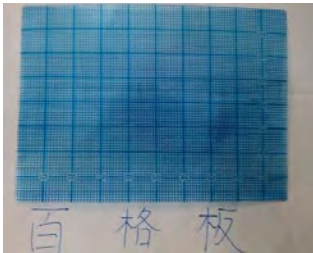


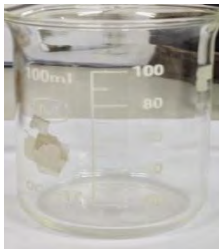




研究四、本研究主要探討製作兩種不同脫水方式的柿餅的總成本比較。

研究五、本研究主要探討不同狀況下柿餅的保存方式。

研究六、本研究主要探討柿霜結晶以及如何分辨真假柿霜。

參、研究設備及器材

一、實驗器材：

		
乾燥機	除濕機	冷氣機
		
冰箱	百格板	游標尺
		
滴管	燒杯	電子天平
		
廣用試紙	放大鏡	鑷子

二、實驗藥品

			
食品級防腐劑(山梨酸)	小蘇打粉	食用醋	蒸餾水





肆、研究過程或方法

一、研究一、新鮮柿子製成柿餅、柿乾、柿霜的過程

本研究主要介紹柿子加工後，成型的柿餅如何變成柿霜等過程，讓大家瞭解柿子加工品形成的過程。加工過程如下(表一)：

- (一)選果：嘉義地區盛產水柿，以及少數的筆柿，因此我們親自將水柿削皮去蒂，放入工廠的架上。
- (二)脫水：無論製成柿餅、柿乾或柿霜，最重要的就是去除水分，台灣大部分都以高溫烘烤、低溫脫水處理，而傳統的自然風乾處理方式已漸被淘汰。製作期間，要定期揉捏柿餅好讓柿餅成型。

表一：柿餅製作流程圖

			
削皮去蒂	入盤上架	揉捻	成形

二、研究二、不同柿子種類製成柿餅比較

本研究主要探討不同柿子種類製成柿餅外觀、口感、在低溫烘乾下製成柿餅的脫水程度和再生皮厚度比較。

(一)研究二-1：不同柿子種類製成的柿餅外觀、口感比較

1. 將同一時期，但不同柿子種類製成的柿餅甲：筆柿 乙：水柿，觀察外觀。
2. 請 5 位同學同時試吃 2 種柿餅，比較口感。

(二)研究二-2：不同柿子種類在低溫乾燥下的脫水程度

1. 各選 7 顆不同種類的柿子，甲：筆柿 乙：水柿，削皮後秤重。
2. 以高溫烘烤方式在第 3、5 天再測量一次柿子的重量。
3. 將實驗前後的柿子重量相減，得到柿子的脫水率。

表二：測量不同柿子種類在低溫烘乾下的重量

項目	柿子種類	削皮	實驗前秤重	第三天秤重	第五天秤重
甲： 筆柿					
乙： 水柿					

(三)研究二-3：不同柿子種類的柿餅再生皮厚度

操縱變因：柿子種類	甲：筆柿	乙：水柿
應變變因：測量柿餅再生皮厚度	單位：cm	

1. 先將不同種類柿子製成的柿餅甲：筆柿 乙：水柿，側面各切 5 小塊。
2. 利用游標尺測量柿餅的再生皮厚度。

註:1.柿餅一律使用低溫脫水

2.柿餅製作時會先將新鮮柿子削皮，脫水後製成柿餅，會自動形成一層再生皮。

表三：測量不同柿子種類的柿餅再生皮厚度實驗過程圖

		
甲：筆柿	乙：水柿	游標尺測量

三、研究三：不同脫水方式製成的柿餅比較

本研究主要探討不同脫水方式製成的柿餅外觀、口感和再生皮厚度比較。

(一)研究三-1：外觀、口感比較

1. 將同一時期的水柿，但不同脫水方式製成的柿餅 甲：低溫脫水 乙：高溫脫水，觀察外觀。
2. 請 5 位同學同時試吃 2 種柿餅，比較口感。

(二)研究三-2：再生皮厚度

操縱變因：脫水方式 甲：低溫脫水 乙：高溫脫水
應變變因：再生皮厚度 單位：cm

1. 先將不同脫水方式製成的柿餅 甲：低溫脫水 乙：高溫脫水，側面各切 5 小塊。
2. 利用游標尺測量柿餅的再生皮厚度。

表四：測量不同脫水方式的柿餅再生皮厚度實驗過程圖



四、研究四、製作低溫脫水和高溫脫水柿餅生產成本比較

本研究主要探討製作兩種不同脫水方式的柿餅的總成本比較。

1. 實際到柿子產地的柿子加工廠，觀察並記錄每小時製作柿餅機器的消耗能源數。
2. 計算製作兩種不同脫水方式的柿餅的總成本。

五、研究五、不同狀況下柿餅的保存方式

柿餅製成後需要保存才不易發黑，本研究主要探討不同狀況下柿餅的保存方式。

因在實際到當地拜訪業者的時候，發現許多消費者會問柿餅為何會發黑，因此決定以此主題加以探討，設計以下實驗。

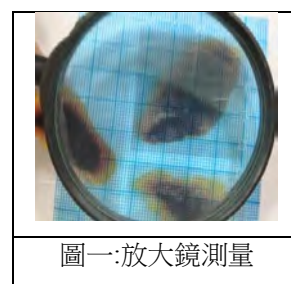
其中為了避免實驗誤差，所以我們使用放大鏡測量。

柿餅發黑面所佔的百分比 = $\frac{\text{柿餅發黑格數}}{\text{柿餅表面總格數}} \times 100\%$

(一)研究五-1、保存溫度對柿餅發黑程度的影響

操縱變因：溫度 甲：冷凍(-5 度) 乙：冷藏(5 度) 丙：常溫(19 度)
應變變因：測量柿餅發黑面積

1. 先將同一種柿餅側面各切 5 小塊，各放在不同溫度下甲：冷凍(-5 度) 乙：冷藏(5 度) 丙：常溫(19 度)。
2. 2 天後，使用百格板測量發黑面積格子數量，計算發黑面積的百分比。



(二)研究五-2、不同脫水方式的柿餅對發黑程度的影響

操縱變因：不同脫水方式的柿餅 甲：低溫脫水 乙：高溫脫水
 應變變因：測量柿餅發黑面積




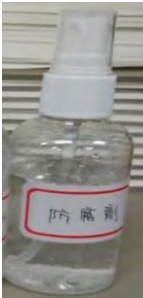

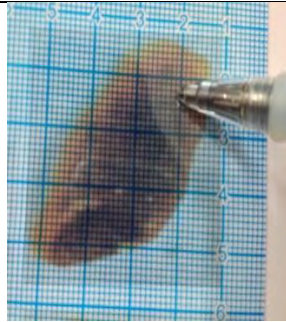
1. 先將不同脫水方式的柿餅甲：低溫脫水 乙：高溫脫水，側面各切 5 小塊，各放在常溫下 2 天。
2. 使用百格板測量發黑面積格子數量，計算發黑面積的百分比。

(三)研究五-3、防腐劑劑量對柿餅發黑程度的影響

操縱變因：防腐劑噴灑次數 甲：0 次 乙：3 次 丙：6 次
 應變變因：測量柿餅發黑面積

1. 將同一塊柿餅切成 15 份，分成甲乙丙三組，每組各 5 塊放入培養皿。
2. 使用食品級的防腐劑山梨酸 0.5g 加上 50ml 的水裝入噴瓶，調製防腐劑水溶液。
3. 防腐劑噴灑不同次數，甲：0 次 乙：3 次 丙：6 次。
4. 二天後拍照並列印在紙上，以透明方格板測量柿餅發黑格數與柿餅表面總格數。

表五：防腐劑劑量實驗照片

		
甲：無	乙：防腐劑噴灑 3 次	丙：防腐劑噴灑 6 次
		
防腐劑水溶液	甲乙丙三組	以透明方格板測量









(四)研究五-4、酸鹼程度對柿餅發黑程度的影響




使用廣用試紙測量防腐劑水溶液酸鹼性，呈現酸性大約 pH4，因此，讓我們想到是否是酸性影響柿餅的發黑程度，所以，尋找生活中常見的酸鹼水溶液，而且酸性用醋故意調成山梨酸水溶液 pH4 的酸性，設計以下實驗。

操縱變因：水溶液酸鹼性 甲：防腐劑 (pH4) 乙：食用醋 (pH4)
 丙：蒸餾水 (pH7) 丁：小蘇打水 (pH8)
 應變變因：測量柿餅發黑面所佔的百分比

- 1.將同一顆柿餅切成 20 塊，分成甲乙丙丁四組，每組各 5 塊放入培養皿。噴瓶內各裝不同酸鹼性的水溶液，甲：防腐劑 (pH4) 乙：食用醋 (pH4) 丙：蒸餾水 (pH7) 丁：小蘇打水 (pH8)。
- 2.各組培養噴 5 下，放置在室溫下。
- 3.二天後拍照並列印在紙上，以透明方格板測量柿餅發黑格數與柿餅表面總格數。

表六：酸鹼程度實驗照片

		
酸鹼水溶液	剪柿餅	甲乙丙丁四組
		
甲：防腐劑	乙：食用醋	丙：蒸餾水
		
丁：小蘇打水	廣用試紙色碼表	甲:防腐劑 (pH4)

		
乙:食用醋 (pH4)	丙:蒸餾水 (pH7)	丁:小蘇打水 (pH8)

(五)研究五-5、酸性程度對柿餅發黑程度的影響


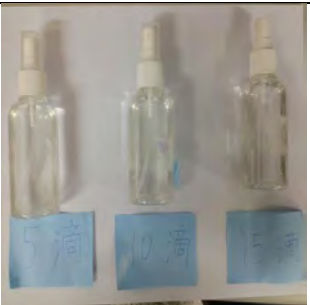
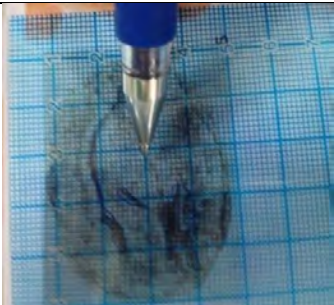


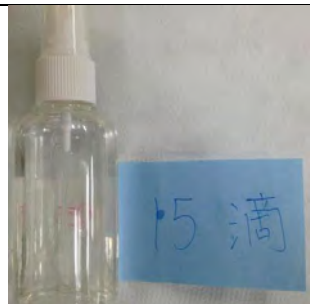
我們吃了噴醋 2 天後的柿餅，結果發現會有酸味，因此，設計以下實驗，希望能找到能夠找到適合的酸度讓柿餅不發黑，吃起來的口感又不會太酸。

操縱變因：水溶液酸性程度 甲：5 滴 乙：10 滴 丙：15 滴

應變變因：測量柿餅發黑面所佔的百分比

- 1.將同一顆柿餅切成 15 塊，分成甲乙丙三組，每組各 5 塊放入培養皿。
- 2.調製酸性強度不同的水溶液，在各 50ml 蒸餾水中滴不同量的醋 甲：5 滴 乙：10 滴 丙：15 滴，再各倒入噴瓶內。
- 3.各組培養噴 5 下，放置在室溫下。
- 4.二天後拍照並列印在紙上，以透明方格板測量柿餅發黑格數與柿餅表面總格數。

表七：酸性程度的實驗照片

		
酸性水溶液	甲乙丙三組	以透明方格板測量
		
甲：醋 5 滴 (測 pH=5)	乙：醋 10 滴 (測 pH=4)	丙：醋 15 滴 (測 pH=3)

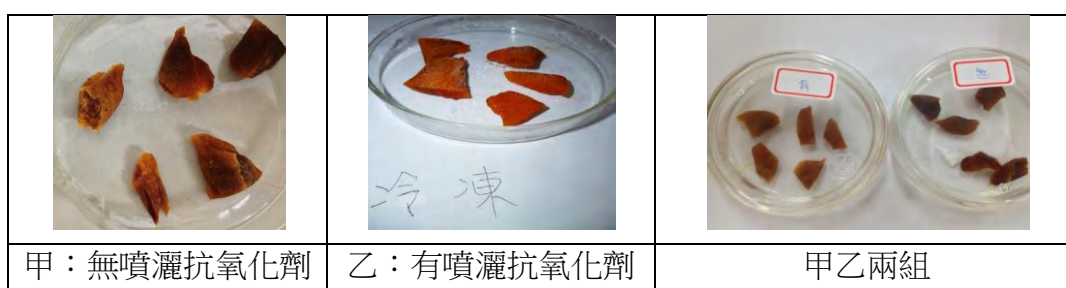
(六)研究五-6 :抗氧化劑對柿餅發黑程度的影響

因為噴醋的柿餅縱使劑量再少，柿餅吃起來依然有酸味，因此，想要找尋一種比醋更好的防腐劑替代品，所以想到柿餅發黑是因為丹寧氧化所造成的，又剛好學校理化課教到抗氧化劑，改用抗氧化劑--維生素 C 進行實驗。

操縱變因：有無噴灑抗氧化劑（維生素 C） 甲：無噴灑 乙：有噴灑
應變變因：測量柿餅發黑面積

1. 將同一顆柿餅切成 10 塊，分成甲乙兩組，每組各 5 塊放入培養皿。
2. 二天後拍照並列印在紙上，以透明方格板測量柿餅發黑格數與柿餅表面總格數。

表八：有無噴灑抗氧化劑實驗之照片



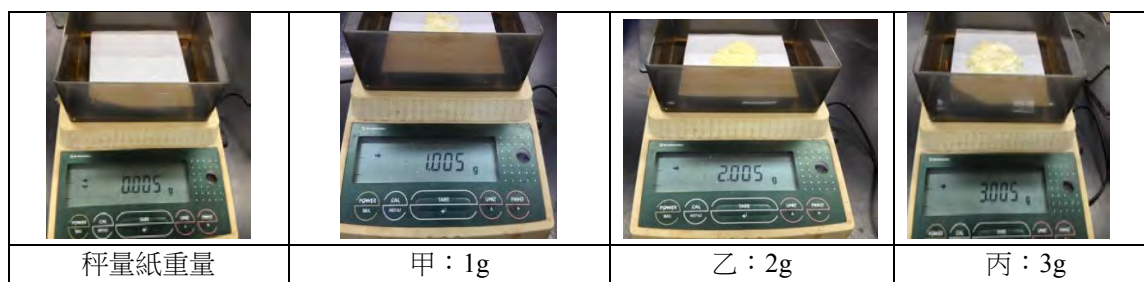
(七)研究五-7:抗氧化劑劑量對柿餅發黑程度的影響

根據研究五-6 的實驗結果，抗氧化劑（維生素 C），可以抑止柿餅不發黑，因此設計以下實驗，希望能夠找尋合適的維生素 C 水溶液的劑量。

操縱變因：維生素 C 的量 甲：1g 乙：2g 丙：3g
應變變因：測量柿餅發黑面積

1. 將同一顆柿餅切成 15 塊，分成甲乙丙三組，每組各 5 塊放入培養皿。
2. 調製不同的抗氧化劑劑量水溶液，在各 50ml 蒸餾水中倒不同量的維生素 C 甲：1g 乙：2g 丙：3g，再各倒入噴瓶內。
3. 各組培養噴 5 下，放置在室溫下。
4. 二天後拍照並列印在紙上，使用百格板測量發黑面積格子數量，計算發黑面積的百分比。

表九：調配不同的抗氧化劑劑量水溶液照片



六、研究六、柿霜結晶

本研究主要探討柿霜結晶以及如何分辨真假柿霜。

柿餅如果存放在冷凍庫中長達3個月以上時，表面就會開始產生白色結晶，稱為柿霜，以下，我們針對柿霜進行探討。

(一)研究六-1：柿霜年份結晶比較

收集工廠冷凍庫中不同種類及不同年分的柿餅取出，以百格板測量柿霜的面積。

(二)研究六-2：真假柿霜辨別

實際當地拜訪業者的經驗發現，柿霜的形成要經年累月，以台灣地區賣出的價錢應該是不便宜的，但是在市面上出現便宜柿霜(15 元 1 顆)，經過觀察發現有假柿霜的存在，因此我們想出幾種方法可以用來區分。

(三)研究六-3：假柿霜成分之推測

查詢資料後得知，柿霜成分是葡萄糖結晶，也查詢柿子製造商，得知假柿霜成分為石灰粉加糖粉，因此，進一步檢驗假柿霜為石灰粉加糖粉的酸鹼值。




1. 將甲：真柿霜和乙：假柿霜上的柿霜粉刮下，並將其粉末加入蒸餾水中攪拌，用廣用試紙測量兩種柿霜的柿霜粉，測量其 pH 值。
2. 將丙：葡萄糖粉末及丁：石灰粉末各加一小匙倒入 5 毫升的蒸餾水中攪拌，用廣用試紙測量兩種粉末的 pH 值。
3. 比較甲乙丙丁四種粉末的 pH 值。

伍、研究結果

一、研究一、新鮮柿子製成柿餅、柿乾、柿霜的過程

在親自製作的過程中，新鮮柿子大約七天可以製成柿餅(也稱為柿乾)，常四個月表面產生柿霜。



表十：不同柿子加工品形成圖

時間	第一天	五~七天	七天以上	四個月以上
照片				
名稱	新鮮柿子採收完削皮	剛製成的柿餅	柿餅也稱柿乾 (放置冷凍室)	表面產生柿霜

二、研究二、不同柿子種類製成柿餅比較

(一)研究二-1：不同柿子種類製成的柿餅外觀、口感比較

表十一：不同柿子種類製成柿餅比較圖

項目	甲：筆柿	乙：水柿
照片		
外觀	1.呈長條狀 2.外觀乾扁	1.形狀扁圓形 2.外觀顏色較亮麗
口感	口感較有彈性	沙沙的、較飽實

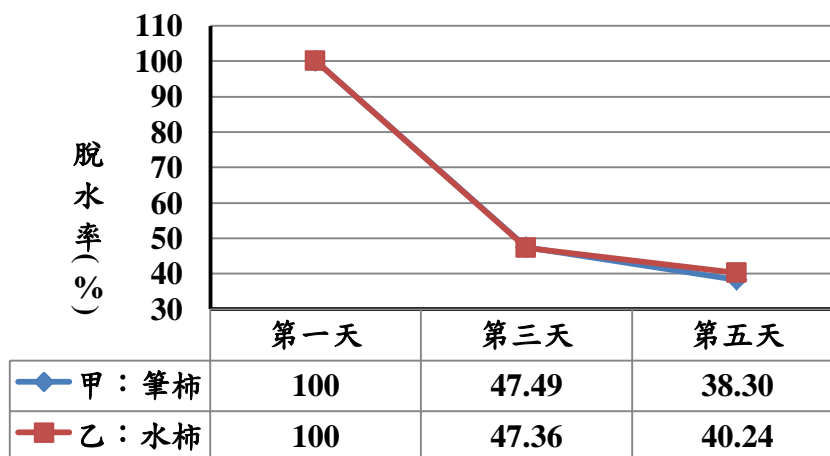
(二)研究二-2：不同柿子種類在低溫乾燥下的脫水程度

$$\text{脫水率} = (\text{實驗後柿子重量} \div \text{實驗前柿子重量}) \times 100\%$$

筆柿和水柿在第三天時，水分已大量去除，重量只剩 50%左右；第五天時，水分繼續散失，重量只到原來重量的 40%左右，這就是市售的柿餅。二種品種脫水率差異不大。

表十二：不同柿子種類在低溫乾燥下的脫水率結果

脫水率(%) 柿子種類		第1顆	第2顆	第3顆	第4顆	第5顆	第6顆	第7顆	平均
		甲：筆柿	48.6	42.7	52.5	48.9	51.6	39.4	48.7
	第五天	38.7	34.7	40.8	41.6	39.2	31.2	41.9	38.30
乙：水柿	第三天	52.8	56.1	56.6	53.2	51.1	56.6	55.7	47.36
	第五天	39.8	40.7	41.2	39.4	39.2	37.1	44.3	40.24



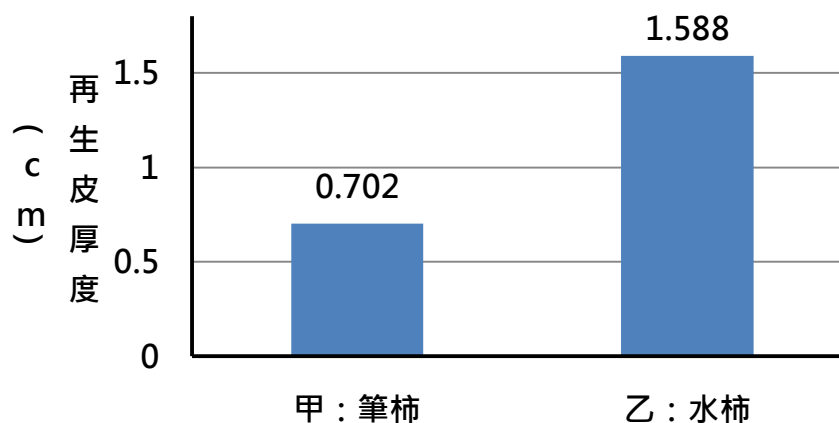
圖二:不同柿子種類在低溫乾燥下的脫水程度折線圖

(三)研究二-3：不同柿子種類的柿餅再生皮厚度

水柿的再生皮平均厚度為1.588cm比筆柿0.302cm厚兩倍多。

表十三:不同柿子種類的柿餅再生皮厚度數據表

再生皮厚度 (cm) 柿子種類	1	2	3	4	5	平均
	甲：筆柿	0.41	0.21	0.31	0.55	0.23
乙：水柿	1.78	1.39	1.53	1.54	1.70	1.588




圖三:不同柿子種類的柿餅再生皮厚度長條圖

三、研究三、不同脫水方式製成的柿餅比較

(一)研究三-1：外觀、口感比較

表十四:不同脫水方式柿餅的外觀口感比較表

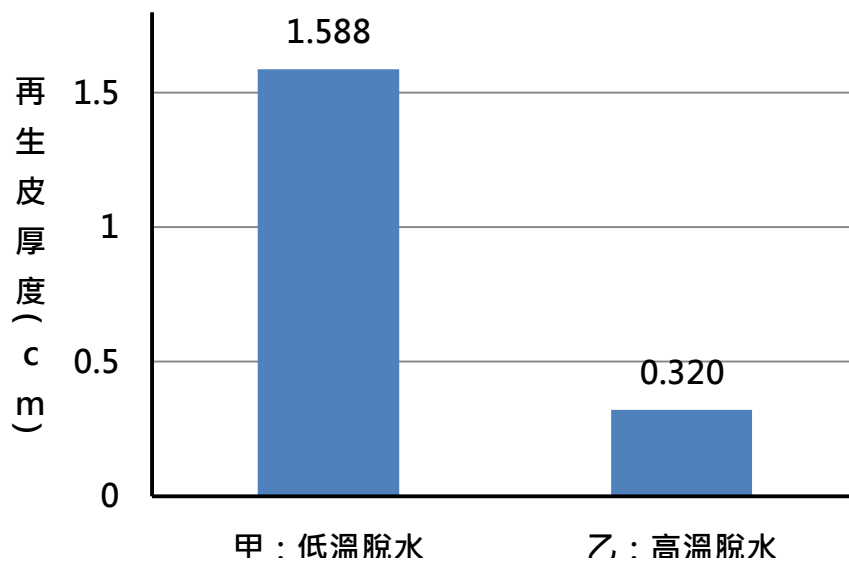
項目	甲：低溫脫水	乙：高溫脫水
照片		
外觀說明	1.形狀呈圓形 2.顏色橙色	1.形狀呈橢圓形 2.顏色橙色
口感	Q軟有嚼勁的	沙沙稠稠的

(二)研究三-2：再生皮厚度

低溫脫水製成的柿餅再生皮厚度高達1.588cm，是高溫脫水0.320cm的大約5倍。

表十五:不同脫水方式柿餅再生皮厚度數據表

再生皮厚度(cm) \ 脫水方式	1	2	3	4	5	平均
甲：低溫脫水	1.78	1.39	1.53	1.54	1.70	1.588
乙：高溫脫水	0.29	0.31	0.37	0.29	0.34	0.320



圖四:不同脫水方式柿餅再生皮厚度長條圖

四、研究四、製作低溫脫水和高溫脫水柿餅生產成本比較

溫脫水比高溫脫水在第一天就省下392元，而新鮮柿子製成柿餅大約需要7天的時間，故將392元乘於7，我們發現製作一次柿餅，以低溫脫水的方式製作柿餅，比用高溫脫水的方式製作柿餅可省下大約2744元。

表十六:不同脫水方式(低溫脫水和高溫脫水)一批柿餅生產成本數據表

成本 不同脫水製作方式	耗電量(每小時)	用電時數	柴油	總成本	每天 差異	7天製作費
低溫脫水 使用除濕機x2	10度	10小時	0元	268元	省392 元	省 392*7=2744 元
高溫脫水 使用乾燥機x1	7.5度	8小時	500元	660元	貴	

註：電流×電壓÷1000=耗電量

五、研究五、不同狀況下柿餅的保存方式

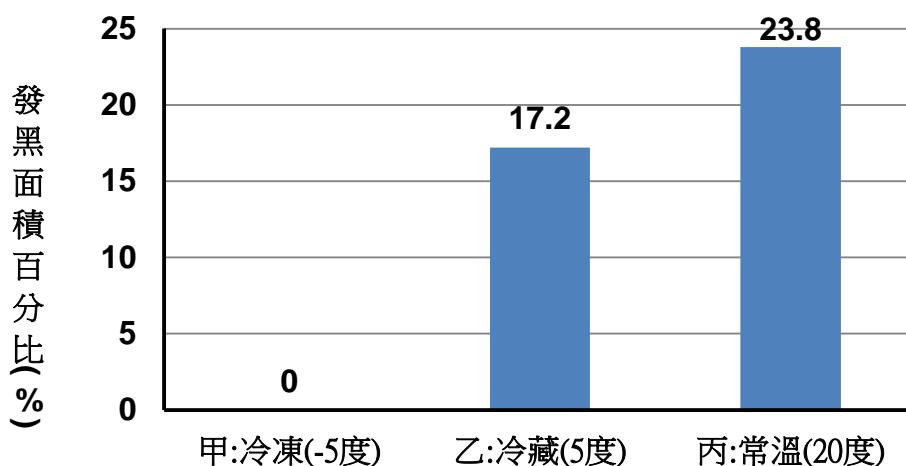
柿餅發黑面所佔的百分比=柿餅發黑格數÷柿餅表面總格數×100%

(一)研究五-1、保存溫度對柿餅發黑程度的影響

當存放環境不同時，則常溫發黑最嚴重，平均面積24.6%；冷藏次之平均16.8%；冷凍則完全沒有發黑。

表十七:保存溫度對柿餅發黑程度影響數據表

發黑面積百分比(%) 溫度	1	2	3	4	5	平均百分比
甲:冷凍(-5度)	0	0	0	0	0	0.0
乙:冷藏(5度)	16	19	15	17	19	17.2
丙:常溫(20度)	25	23	22	25	24	23.8



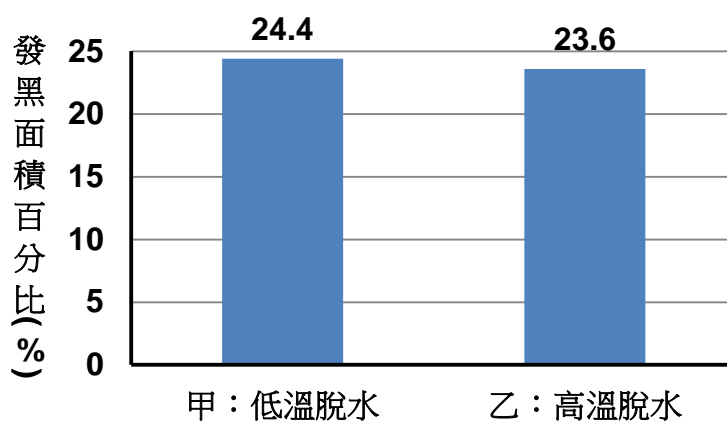
圖五:保存溫度對柿餅發黑程度影響長條圖

(二)研究五-2、不同脫水方式的柿餅對發黑程度的影響

製造柿餅的過程中，業者若不添加防腐劑或保存在極冷溫度下，必定會發黑；我們進行不添加防腐劑，以二種脫水方式製成柿餅，結果發現，二者柿餅發黑程度差不多。

表十八:不同脫水方式的柿餅對發黑程度影響數據表

發黑面積(%) \ 脫水方式	1	2	3	4	5	平均百分比
甲：低溫脫水	26	22	25	25	24	24.4
乙：高溫脫水	21	23	28	24	22	23.6



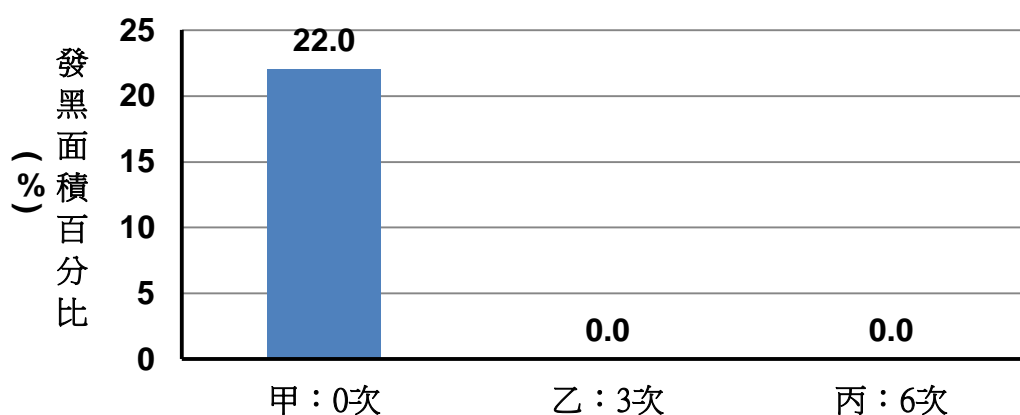
圖六: 不同脫水方式的柿餅對發黑程度影響長條圖

(三)研究五-3、防腐劑劑量對柿餅發黑程度的影響

沒有噴灑防腐劑的柿餅在二天後發黑面積平均為22.0%，一旦噴灑防腐劑，則完全不會發黑，平均都為0%。所以防腐劑可以使柿餅保持原色。

表十九:防腐劑劑量對柿餅發黑程度影響數據表

發黑面積百分比(%) 防腐劑噴灑次數	1	2	3	4	5	平均百分比
甲：0次	24	20	22	23	21	22.0
乙：3次	0	0	0	0	0	0.0
丙：6次	0	0	0	0	0	0.0



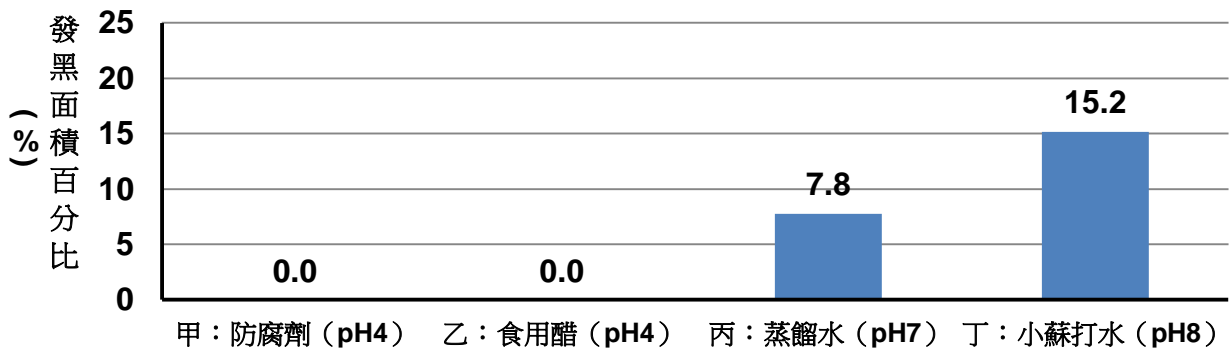
圖七:防腐劑劑量對柿餅發黑程度影響長條圖

(四)研究五-4、酸鹼程度對柿餅發黑程度的影響

酸性的甲：食用醋（pH4）及乙：防腐劑（pH4）都能使柿餅不發黑，而接近中性的丙：蒸餾水（pH7）柿餅發黑程度為7.8%；偏鹼性的丁：小蘇打水（pH8）柿餅發黑程度最多15.2%。所以酸性確實可以減緩柿餅的發黑。

表二十:酸鹼程度對柿餅發黑程度影響數據表

發黑面積百分比(%) 酸鹼程度	1	2	3	4	5	平均百分比
甲：防腐劑（pH4）	0	0	0	0	0	0.0
乙：食用醋（pH4）	0	0	0	0	0	0.0
丙：蒸餾水（pH7）	8	6	9	7	9	7.8
丁：小蘇打水（pH8）	14	17	16	14	15	15.2



圖

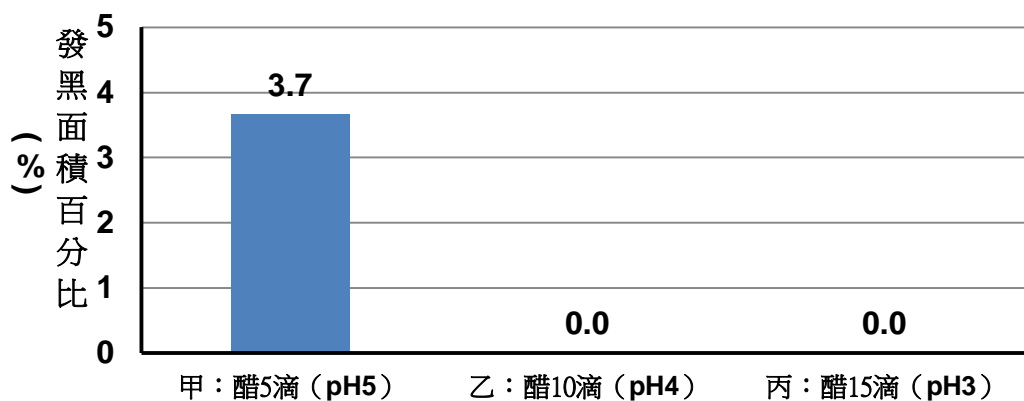
圖八:酸鹼程度對柿餅發黑程度影響長條圖

(五)研究五-5、酸性程度對柿餅發黑程度的影響

50ml蒸餾水中滴入不同量的醋，當醋只滴5滴時，發黑面積為4%；醋10、15滴時，發黑面積為0%，所以醋的濃度越高，則丹寧氧化較慢，柿餅就越不易發黑。

表二十一:酸性程度對柿餅發黑程度影響數據表

發黑面積百分比(%) 酸性程度	1	2	3	4	5	平均百分比
甲：醋 5 滴 (pH5)	1	3	2	0	2	3.7
乙：醋 10 滴 (pH4)	0	0	0	0	0	0.0
丙：醋 15 滴 (pH3)	0	0	0	0	0	0.0



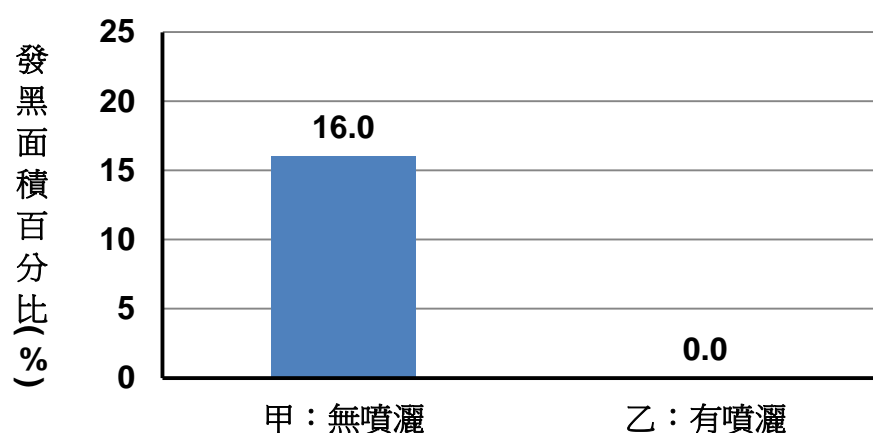
圖九:酸性程度對柿餅發黑程度影響長條圖

(六)研究五-6 :抗氧化劑對柿餅發黑程度的影響

柿餅無噴灑抗氧化劑(維他命C)時，柿餅平均發黑面積為16.0%，而柿餅噴灑維他命C發黑面積都為0，因此，維他命C確實可以抑止柿餅發黑。

表二十二:抗氧化劑對柿餅發黑程度影響數據表

發黑面積百分比(%) 有無噴灑抗氧化劑	1	2	3	4	5	平均百分比
甲：無噴灑	19	17	13	15	16	16.0
乙：有噴灑	0	0	0	0	0	0.0



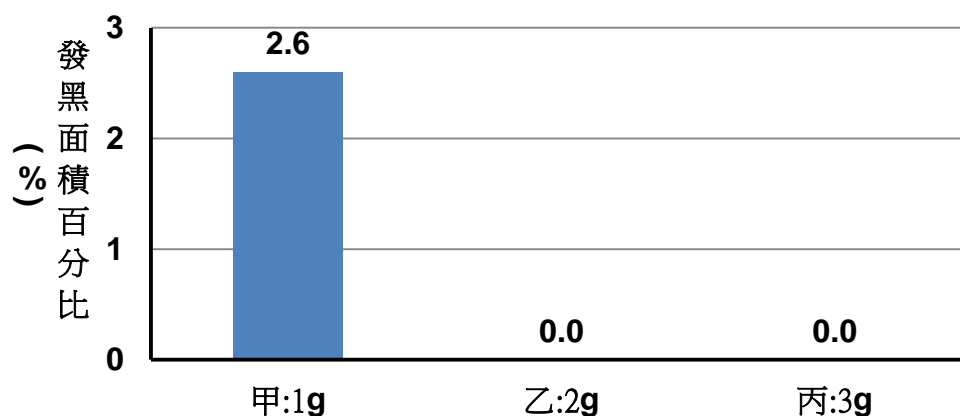
圖十: 抗氧化劑對柿餅發黑程度影響長條圖

(七)研究五-7:抗氧化劑劑量對柿餅發黑程度的影響

50ml蒸餾水中加入不同量的維生素C，當維生素C只加1g時，發黑面積為2.6%；當維生素C加2、3g時，發黑面積為0%，所以維生素C量越高，則丹寧氧化較慢，柿餅就越不易發黑。

表二十三:抗氧化劑劑量對柿餅發黑程度影響數據

發黑面積百分比(%) 抗氧化劑劑量	1	2	3	4	5	平均百分比
甲:1g	0	3	5	2	3	2.6
乙:2g	0	0	0	0	0	0.0
丙:3g	0	0	0	0	0	0.0



圖十一：抗氧化劑劑量對柿餅發黑程度影響長條圖

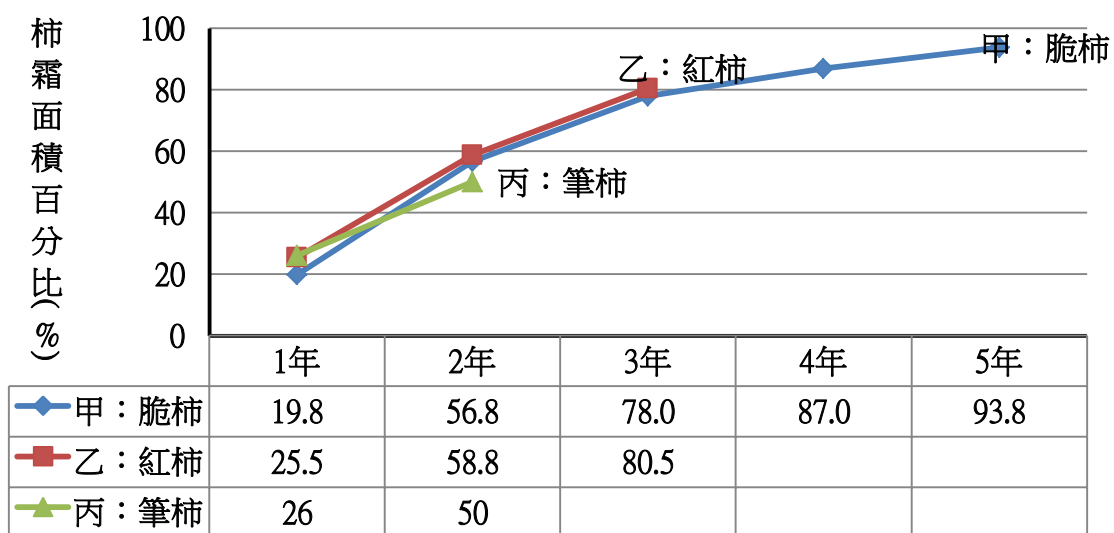
六、研究六、柿霜結晶

(一)研究六-1：柿霜年份結晶比較

- 1.三種柿子結柿霜的年份越久，則柿霜面積越多。以脆柿為例，第一年 19.8%，第二年約 56.8%，第 3 年約 78.0%，第 4 年 87.0%，第 5 年高達 93.8%。
- 2.三種柿子結柿霜的速度以紅柿最快、筆柿次之、水柿較慢，不過相差不多，在第一年時結柿霜的面積大約在 20%。











表二十四:柿霜結晶數據

柿子品種 柿霜面積 百分比 (%) 冷凍時間	甲：脆柿					乙：紅柿					丙：筆柿				
	甲 1	甲 2	甲 3	甲 4	平均	乙 1	乙 2	乙 3	乙 4	平均	丙 1	丙 2	丙 3	丙 4	平均
1年	17	18	21	23	19.8	19	30	21	32	25.5	30	27	23	24	26.0
2年	37	59	70	61	56.8	50	71	52	62	58.8	34	53	55	58	50.0
3年	87	71	84	70	78.0	83	91	75	73	80.5	無產品				
4年	79	83	98	88	87.0	無產品					無產品				
5年	99	87	98	91	93.8	無產品					無產品				








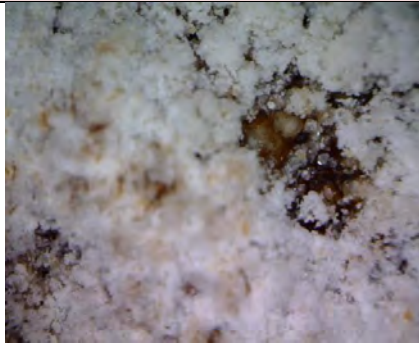


圖十二:柿霜年份結晶折線圖



表二十五:柿霜結晶照片

冷凍時間	水柿	紅柿	筆柿
1年			
2年			
3年			無貨品
4年		無貨品	無貨品
5年		無貨品	無貨品

(二)研究六-2：真假柿霜辨別

表二十六:真假柿霜辨別方法表




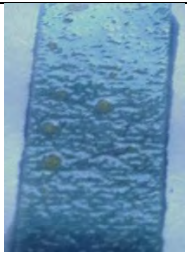
項目	真柿霜	假柿霜
價錢	40 元/1 粒	15 元/1 粒
分佈		
	柿霜粉分佈不均勻，以柿霜周圍柿霜粉最多。	柿霜粉分佈均勻，連柿霜凹陷處也佈滿柿霜粉。
掉粉		
	柿霜結晶緊緊卡在柿餅上，較不易掉粉。	很容易掉粉，我們推測是不肖商家沾石灰粉。
顯微鏡下的結晶		
	白色顆粒粗結晶四	白色粉塊狀。
蒂頭卡粉		
	凹陷的蒂頭柿霜粉較少。	凹陷的蒂頭佈滿柿霜粉。

遇濕		
	遇水容易被溶解。	遇水較不容易被溶解。

(三)研究六-3：假柿霜成分之推測

查詢資料後得知，柿霜成分是葡萄糖結晶，也查詢柿子製造商，得知假柿霜成分為石灰粉加糖粉，經由本實驗結果發現，真柿霜柿霜粉與葡萄糖粉末 pH 值接近，故可證實柿霜的成分確實為葡萄糖結晶；假柿霜經實驗發現其粉末呈鹼性，與石灰粉的 pH 值相近，故推測假柿霜可能是不肖商家沾石灰粉而成。

表二十七:柿霜可能成分之酸鹼值

			
甲：真柿霜柿霜粉(pH7)	乙：假柿霜柿霜粉(pH9)	丙：葡萄糖粉末(pH7)	丁：石灰粉(pH9)

陸、討論

一、不同柿子種類製成柿餅口感比較

由研究二-1結果發現水柿口感較筆柿Q，進一步由研究二-2脫水率實驗二者脫水率差異不大，由研究二-3再生皮的厚度發現，水柿再生皮是筆柿的2倍，因此，Q感應是受再生皮厚度造成的。

二、低溫脫水和高溫脫水柿餅生產成本比較

由研究四結果得知，製造一批柿餅使用低溫脫水(使用除濕機)成本較高溫脫水(使用乾燥機)可節省 2744 元，再者高溫脫水方法為柴油燃燒，易有燃燒不完全產生一氧化碳，對於環境及人體都有危害。

本研究建議柿餅加工業者，以低溫脫水的製作方式代替高溫脫水，可降低製作成本，更能符合「節能減碳」的理念。

三、保存溫度對柿餅發黑的原因探討

柿餅中含有單寧，當溫度越溫暖，則單寧氧化變黑的反應就越快，所以存放在常溫及冰箱冷藏室都無法抑制發黑，由研究五-1 實驗建議柿餅存放在冷凍庫中可達成不發黑的效果。

四、防腐劑對柿餅發黑程度的探討

根據業者製作經驗，柿餅一旦離開冷凍庫的低溫就會發黑，但市售柿餅竟然在常溫下保持原色，詢問業者後得知，有時會添加防腐劑，其中以山梨酸，易被分解為二氧化碳和水排出體外，故為合法食品級的防腐劑(註: 山梨酸使用限量為 0.075g/kg)，所以購買山梨酸來進行實驗。

五、酸鹼值對柿餅發黑程度的探討

(一)研究五-4 證實防腐劑為酸性，以食用醋調製成相同酸性也一樣使柿餅不發黑，而小蘇打水反而增加柿餅發黑。文獻得知，丹寧氧化造成柿餅發黑，而丹寧遇到鹼性會加速發黑，酸性減緩發黑，這與我們的實驗結果一致。

(二)醋的濃度越高，則丹寧氧化較慢，柿餅就越不易發黑，但有酸味越重口感不佳，實驗後以 50ml 蒸餾水中滴入 10 滴醋 (pH4) 可使柿餅不發黑，吃起來的口感又不會太酸。



圖十三:維他命 C 水溶液滴在廣用試紙上呈現酸性

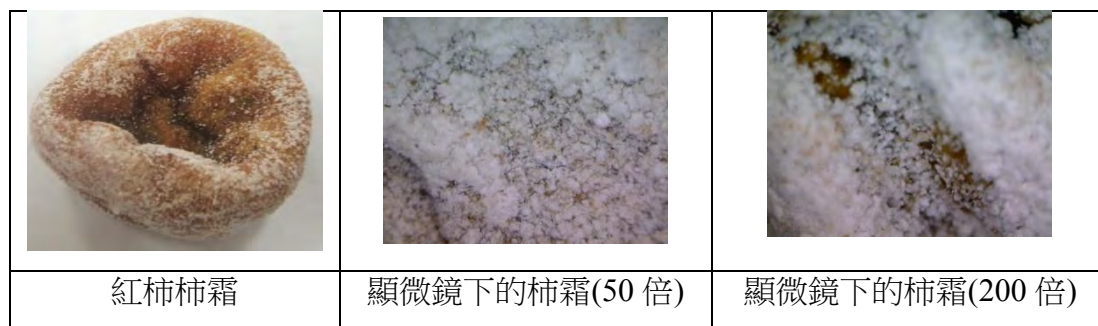
六、維他命C抗氧化劑對柿餅發黑程度的探討

(一)噴灑抗氧化劑(維他命 C) 確實可以抑止柿餅發黑，將維他命 C 水溶液滴在廣用試紙上，發現呈酸性，酸性可減緩單寧氧化，故柿餅無發黑。

(二)進一步精確實驗發現，50ml 蒸餾水中加入 2g 維生素 C 可使柿餅發黑面積為 0%。維生素 C 的量越高，則丹寧氧化較慢，柿餅就越不易發黑。

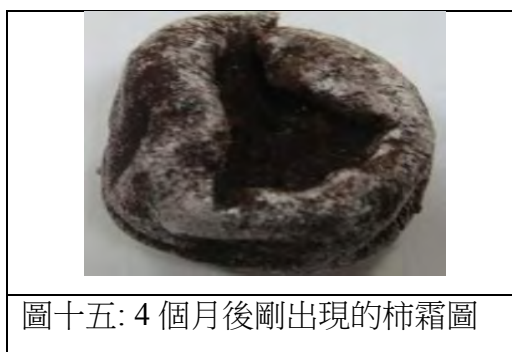
七、柿霜結晶之探討

(一)柿餅保存在低溫冷凍時會持續將脫水，讓糖分在表面形成結晶(如下圖)；所以研究六-1 證實冷凍年份越久，柿霜越多。



圖十四:不同倍率顯微鏡下的紅柿柿霜圖

(二)以我們自己去年自己做的柿餅，在冷凍時間超過 4 個月後，開始形成一點點的白點結晶(柿霜)。



柒、結論

一、新鮮柿子製成柿餅的過程為：削皮→脫水乾燥 5~7 天形成柿餅→放入冷凍室 7 天以上但未產生白色結晶的糖粉稱為柿乾→超過 4 個月以上柿乾表面開始產生柿霜結晶。

二、以不同種類的新鮮柿子製成的柿餅比較：

(一) 筆柿和水柿在第三天時，水分已大量去除，重量只剩 50% 左右，第五天重量剩下 40% 左右，筆柿和水柿二者脫水率差不多。

(二) 水柿的再生皮比筆柿的再生皮稍微厚一點點，所以水柿口感較 Q。

三、新鮮柿子製成柿餅最重要的就是「去除水分」，南部業者目前有高溫烘乾、低溫乾燥兩種方式製成的柿餅，低溫脫水的柿餅再生皮厚度是高溫脫水的大約 5 倍，所以口感較 Q。

四、製作低溫脫水和高溫脫水柿餅生產成本比較

以不同方式製作一次柿餅，以低溫脫水(使用除濕機)製作柿餅，比用高溫脫水(使用乾燥機)可省下大約 2744 元。

五、柿乾發黑的因素

(一) 柿餅中含有單寧，當溫度越溫暖，則單寧氧化變黑的反應就越快，所以存放在常溫時，12 小時後就開始出現發黑，二天後發黑越嚴重，高達 23.8% 的面積；冰箱冷藏室平均 17.2% 的面積會發黑；冷凍則完全沒有發黑，以這個實驗可以建議柿餅最好存放在冷凍庫。

(二) 以高溫烘乾、低溫乾燥兩種方式製成的柿餅進行比較，結果發黑程度差不多，大約發黑面積在 24.4%~23.6% 之間。

(三) 沒有噴灑食品級山梨酸防腐劑的柿餅一旦離開冷凍庫的低溫，在二天後會發黑，而一旦噴灑防腐劑，則完全不會發黑，所以防腐劑可以使柿餅保持原色，檢驗防腐劑的酸鹼性發現大約為酸性 pH4。

(四) 單寧氧化變黑受酸鹼性而影響，柿餅噴灑酸性的防腐劑或食用醋都能使柿餅不發黑；而接近中性的蒸餾水發黑程度為 7.8%；偏鹼性的小蘇打水發黑程度最多 15.2%。所以酸性確實可以減緩柿餅的發黑，遇到鹼性會加速發黑。

(五) 酸性濃度越強時，則柿餅發黑面積就越少。

(六) 柿餅噴灑維他命 C 確實可以抑止柿餅發黑，而且維生素 C 量越高，則丹寧氧化較慢，柿餅就越不易發黑。當維生素 C 加 2g 時，柿餅發黑面積可降至 0%，建議業者可以維生素 C 取代食品級山梨酸防腐劑。

五、柿霜的研究

(一) 柿餅在低溫冷凍下會持續將水分蒸發，讓柿子內部的糖分形成結晶，三種柿子結柿霜的速度，以紅柿最快、脆柿次之、筆柿較慢；三種柿子結柿霜的年份越久，則柿霜面積越多。

以脆柿為例，第一年 19.8%，第二年約 56.8%，第 3 年約 78.0%，第 4 年 87.0%，第 5 年高達 93.8%。以我們自己去年做的柿餅，在冷凍時間超過 4 個月後，就開始形成白色結晶(柿霜)。

(二)真柿霜的形成需要長久的時間(以年份計算)，價錢昂貴，市面出現便宜假柿霜，我們提供消費者辨別的方法：

- 1.真柿霜分佈不均勻，以柿子周圍柿霜結晶最多、凹陷的蒂頭柿霜較少；假柿霜分佈均勻，連凹陷的蒂頭也佈滿柿霜粉。
- 2.真柿霜結晶緊緊卡在柿餅上，幾乎不會掉粉。假柿霜是不肖商家沾石灰粉加糖粉，所以容易掉粉。
- 3.真柿霜的柿霜粉遇水容易被溶解；假柿霜則較不易被溶解。

捌、 研究建議

許多人認為柿餅發黑就是發霉，根據實驗結果，柿餅發黑是柿餅裡的丹寧氧化造成的，而且丹寧遇到鹼性會加速發黑，酸性減緩發黑。我們嘗試用防腐劑和食用醋噴灑在柿餅上，剛好二者都是酸性，放置常溫兩天，證實柿餅無發黑，所以用稀釋後的醋可以代替防腐劑減緩柿餅發黑的速度，但即使噴在少量的醋，柿餅吃起來依然有酸味，所以，嘗試改用維生素 C 噴灑在柿餅上，放置常溫兩天，證實柿餅無發黑，這是本研究最重大的發現，目前也無任何一家柿餅業者知道此結果，因此本研究建議柿餅加工業者，以維生素 C 水溶液可以代替防腐劑可以減緩發黑的速度。

玖、 參考資料

侯力元(民97年)。大陸柿餅充斥台灣市場。TVBS新聞網。取自：

http://www.tvbs.com.tw/news/news_list.asp?no=ghost20081010002919。

洪念芳、莊雯琍和楊幼琪(民 98 年)。青春永駐----探討地瓜葉烹飪之顏色變化。取自中華民國第 49 屆中小學科學展覽會國中組 化學科。取自：

<http://activity.ntsec.gov.tw/activity/race-1/49/pdf/030210.pdf>。

陳文彬(民 86 年)。柿餅加工過程物理特性變化之研究。國立中興大學農業機械工程學系。取自：<http://ndltd.ncl.edu.tw/cgi-bin/gs32/gsweb.cgi/ccd=VGkvV8/record?r1=1&h1=4>。

【評語】 030202

運用維生素 C 取代防腐劑使用之方向佳，宜針對引起柿餅發黑的內部機制再做深入探討，可找出合適的改良法；並將實驗設計架構及細部討論，多往化學方面做深入探討。