

肉類食品新鮮度監測系統  
**Meat Freshment Monitoring System**

國立中山大學資訊工程學系  
110 學年度大學部專題製作競賽

Arthor: 李銘庭 (B073040005), 伍建瑋 (B073040008), 蔡孟師 (B073040019)

Advisor: 賴威光

# 摘要

本次專題預期將製作一可收納食物，並在食物腐敗、散發不良氣味之前，能夠感測出來並即時通知的裝置，藉此避免造成使用者在不清楚食物已經腐敗的狀況下進行食用。首先，不同的食物腐敗時散發出的化學成分不盡相同，因此我們打算先以偵測肉類食品為出發點進行實作，肉類食品之所以放久了會腐敗產生惡臭味，是因為肉品中的微生物在生長時所產生化學物質，如假單胞菌分解蛋白質，所產生硫化物，如硫化氫 ( $H_2S$ )、氨氣 ( $NH_3$ )、硫醇等等的化合物，而這類分解作用，也就是俗稱的「腐敗」，藉由能夠偵測先前提到的腐敗時所產生的氣體的氣體感測元件收集到的數據，來判斷該肉品是否可以繼續食用，順利的話將增加不同種類食物判斷標準，且考慮更多不同食物腐敗時可能產生的其他變化特性。例如：pH 值、水份含量等等來判斷是否繼續食用。

# Contents

# Chapter 1

## 簡介

### 1.1 研究動機

平常在廚房中，如果是明顯腐敗有異味，或是剛買回來的新鮮食材，都能明顯決定是否要拿來吃。但有時仍會疑惑，有些食材外表乾淨，但是觸感有點不太一樣。或者看似有很小部份異常，不確定是否損壞，整個食物丟掉又覺得很可惜時，就很希望有個便利的儀器，能夠隨時一測馬上得到答案。幫助自己做決定。因此想要嘗試是否能夠依據所學與目前找到的前人研究，自製一個兼具偵測與判斷的機器。

### 1.2 研究問題

- 測試「機器測試」是否比「人的鼻子」靈敏或者準確？能否拿來作為分析食物留下與否的輔助器具？
- 定義與量化本次探討主題「腐敗」的判定，以方便日後實驗描述。
- 探討不同變因（不同化學成份，酸鹼值，濕度等等）與肉類腐敗判斷的準確性。並總和出一個兼具有效率（成本低，時間少）且精準的判斷模型。
- 透過模型設計出相關的硬體設備。

# Chapter 2

## 文獻回顧 (先備知識)

### 2.1 相關化學物質

肉類腐敗散發臭氣的多種的化學物質: 硫化氫 ( $\text{H}_2\text{S}$ )、氨氣 ( $\text{NH}_3$ )、硫醇等等的化合物。(取自參考文獻 2 - GAS 優良肉品網)

#### 1. 硫化氫

- 無機化合物，化學式為  $\text{H}_2\text{S}$ 。正常是無色、易燃的酸性氣體，也是一種氧族元素的氫化物。
- 是急性劇毒物質，具有臭雞蛋味，吸入少量高濃度硫化氫可於短時間內致命。低濃度的硫化氫對眼、呼吸系統及中樞神經都有影響。它有毒，有腐蝕性，還可以被燃燒。
- 蛋白質在酵素分解下，會產生硫化氫

#### 2. 氨氣

- 無色氣體，有強烈刺激氣味（尿味），極易溶於水。
- 氨對地球上的生物相當重要，是所有食物和肥料的重要成分。氨也是很多藥物和商業清潔用品直接或間接的組成部分，具有腐蝕性等性質。

#### 3. 硫醇

- 除甲硫醇在室溫下為氣體外，其他硫醇均為液體或固體。
- 硫醇與二硫化物形成的氧還共軛對是生物體內的常見機制，如半胱氨酸-胱氨酸還氧對。生成的二硫化物中的二硫鍵在維持蛋白質空間結構方面有重要作用。

## 2.2 電子鼻

Fast GC Analyzer 電子鼻 (簡稱 zNose® , Electronic Sensor Technology) , 使用 Tenax 為吸附劑 , 待吸附氣分子後 , 利用熱脫附裝置 , 使氣味分子快速進入層析系統 , 於 10-20 秒內完成分離後 , 以表面聲波共振 (surface acoustic wave resonator) 偵測 , 記錄各分離物種之滯留時間與信號強度 , 繪製嗅覺影像圖 , 與已知的氣味嗅覺影像圖資料比對 , 得知氣味的種類。(取自參考文獻 1 - 異味氣體之偵測)

## 2.3 Alpha MOS

Alpha MOS 由 6 個氣體感測器陣列所組成的 RQBOX 模組氣體監測系統 , 具有無線訊號傳輸裝置 , 模組內的無線傳輸裝置可提供即時的遠端訊號傳輸 , 實際測試的結果顯示 , 其傳輸距離可達三百多公尺遠。藉由連接有訊號接收器的電腦 , 可以提供遠端遙控即時空氣品質監測的功能。(取自參考文獻 1 - 異味氣體之偵測)

## 2.4 感知比較實驗

進行人的嗅覺系統對於臭氣的感知比較實驗 (三點比較式嗅袋法)-人體嗅覺是否能察覺有害氣體。(取自參考文獻 1 - 異味氣體之偵測)

## 2.5 氣味感測器實例應用

(取自參考文獻 1 - 異味氣體之偵測)

### 2.5.1 油管漏油事件

輸油管不論是遭受意外或人為蓄意破壞 , 漏油所影響的面積和環境污染程度最為嚴重。應用電子鼻分析結果。顯示整合現場快速判定未知樣品之電子鼻分析技術 , 協助取得代表性樣品 , 藉由 GC-MS 確認分析 , 同時達到緊急應變處置 , 降低災害至最低。

### 2.5.2 辦公大樓室內空氣異味事件

2002 年 11 月前往內疑有異味且地面有異物之辦公大樓 , 進行採樣檢測以了解可能原因。

### 2.5.3 羊乳摻牛乳事件

使用儀器分析羊乳中是否有牛乳摻假，多利用羊、牛乳中之脂肪酸或蛋白質(酪蛋白或乳清蛋白)組分之差異。使用電子鼻具有檢測時間短、檢測方法簡單、操作方法容易等優點。

## 2.6 氣味成分分類

(取自參考文獻 3 - 肉類食品的電子鼻辨識)

- PCA method consists to choosing the principal components axes. These axes are used to obtain a quite precise summary of the information contained in the database. The graphics are constructed to give a meaning for the new variables and provide an evaluation of the quality of this summary. This method is used to classify data in groups.
- DFA is a method of data analysis aiming to discriminate  $m$  groups of previously defined individuals, described by  $p$  quantitative variables. We will thus seek linear combinations of the  $p$  initial variables (discriminate axis) leading to the best separation between groups. This allows, among other things, to describe the differences between these groups. A statistic software XLSTAT is used to implement the PCA and DFA methods.

# Chapter 3

## 研究方法與目標

### 3.1 目標

1. 該電子設備能夠測出多種腐敗產生的氣體，並且測出濃度。
2. 該電子設備之靈敏度能高於人體嗅覺可察覺的程度，在人類鼻子無法感測到的濃度之下，即可發現該氣體並顯示濃度。
3. 透過前述腐敗產生氣體的濃度，並綜合多項食物腐敗時可能產生變化的量化數據，能夠訓練出一個判斷食物模型，並透過模型判斷食物狀態，並且準確率能高過 8 成。
4. 訓練出的食物模型能夠與設計的硬體裝備整合，變成最終的食物測量裝置。

### 3.2 預期方法及步驟

1. 先選定幾個腐敗時產生對有味道的化學物質，用不同濃度測試，確認感測器能否在鼻子還無法辨別的濃度下，先測出化學物質的濃度。
2. 以平常能明顯辨別出的腐壞的食物，以機器測量，並透過數據推論出即將要開始壞掉的食物數據，並以此定義為即將腐壞。
3. 累積數據，並且以數據分析，何種化學成份與腐壞的相關性較高，並透過實驗，選出幾個不同的物質當作判斷的模型依據。透過機器學習的方式訓練出一個判斷食物是否腐敗的模型。
4. 取得肉品產生腐敗時的氣體濃度，且確認該項數據必須能夠在使用者嗅覺能自行決定之前進行判斷，能夠避免該項肉品在外觀、氣味正常但已經開始些微腐敗的狀況下被使用者食用。



5. 作出一個器械，能夠測量後顯示綠燈(食物完全沒有測出腐敗的跡象)，黃燈(食物可能有很低程度損壞)，紅燈(極建議丟棄)三種標示，並成功測出食物品質。

### 3.3 實驗設備與作業環境

#### 3.3.1 感測器

##### 1. MQ-136

- 主要晶片：LM393、MQ-136 氣體傳感器
- 偵測濃度範圍：1 ~ 200ppm
- 工作電壓：DC5V
- 具有信號輸出指示
- 雙路信號輸出（模擬量輸出及 TTL 電平輸出）
- TTL 輸出有效信號為低電平。（當輸出低電平時信號燈亮，可直接接單晶片）
- 模擬量輸出 0~5V 電壓，濃度越高電壓越高。
- 對硫化氫、液化氣，天然氣，城市煤氣，煙霧有較好的靈敏度。
- 在本實驗中主要用於硫化氫感測

##### 2. MQ-137

- 主要元件：氨氣氣體感測器
- 工作電壓：DC 5V
- 特點
  - 模組帶電平信號輸出，帶報警信號指示燈。
  - 感測器模組帶類比信號輸出，電壓範圍：0-5V。
  - 電平信號輸出低電平有效，可驅動 PNP 三極管，也可接單片機 IO 口。
  - 類比量輸出電壓隨濃度增加而增加，濃度越高電壓越高。
  - 對氨氣、三甲胺、乙醇胺氣體具有很高的靈敏度。
  - 具有長期的使用壽命和可靠的穩定性。
- 在本實驗中用於測量氨氣濃度。

##### 3. MH-Z19B

- 檢測氣體：二氧化碳
- 工作電壓：4.0~5.5V DC
- 平均電流：< 60 mA (@5V 供電)
- 峰值電流：150 mA (@5V 供電)
- 接口電平：3.3V (兼容 5v)
- 測量範圍：0 5000ppm
- 在本實驗用於測量二氧化碳濃度

### 3.3.2 控制板

1. Arduino UNO R3: 用於連接感測器，並執行感測器的相關讀取程式來取得需要的氣體濃度數據。

### 3.3.3 ML 模型

#### 1. 決策樹

決策樹是一個預測模型；他代表的是對象屬性與對象值之間的一種映射關係。樹中每個節點表示某個對象，而每個分叉路徑則代表某個可能的屬性值，而每個葉節點則對應從根節點到該葉節點所經歷的路徑所表示的對象的值。決策樹僅有單一輸出，若欲有複數輸出，可以建立獨立的決策樹以處理不同輸出。數據挖掘中決策樹是一種經常用到的技術，可以用於分析數據，同樣也可以用來作預測。

#### 2. SVM

支援向量機（英語：support vector machine，常簡稱為 SVM，又名支援向量網路）是在分類與迴歸分析中分析資料的監督式學習模型與相關的學習演算法。給定一組訓練實例，每個訓練實例被標記為屬於兩個類別中的一個或另一個，SVM 訓練演算法建立一個將新的實例分配給兩個類別之一的模型，使其成為非概率二元線性分類器。SVM 模型是將實例表示為空間中的點，這樣對映就使得單獨類別的實例被儘可能寬的明顯的間隔分開。然後，將新的實例對映到同一空間，並基於它們落在間隔的哪一側來預測所屬類別。

#### 3. 單純貝氏

單純貝氏是一種構建分類器的簡單方法。該分類器模型會給問題實例分配用特徵值表示的類標籤，類標籤取自有限集合。它不是訓練這種分類器的單一演算法，而是一系列基於相同原理的演算法：所有單純貝氏分類器都假定樣本每個特徵與其他特徵都不

相關。舉個例子，如果一種水果其具有紅，圓，直徑大概 3 英寸等特徵，該水果可以被判定為是蘋果。儘管這些特徵相互依賴或者有些特徵由其他特徵決定，然而單純貝氏分類器認為這些屬性在判定該水果是否為蘋果的機率分布上獨立的。對於某些類型的機率模型，在監督式學習的樣本集中能取得非常好的分類效果。在許多實際應用中，單純貝氏模型參數估計使用最大概似估計方法；換而言之，在不用到貝氏機率或者任何貝葉斯模型的情況下，單純貝氏模型也能奏效。

# Chapter 4

## 研究結果

### 4.0.1 第一次進度報告進展

#### 1. 採用樹莓派作為控制板

- 配置好樹莓派伺服器。
- 以樹莓派作為裝置運算與控制的主體，並設定「通訊埠轉發」來達到組員可隨時以 ssh 遠端控制，測試控制碼。

#### 2. 線路連接

- 焊接感測器與排母
- 使其變為跳線或者杜邦線的規格，能與樹莓派線路界面連接。

#### 3. 裝置設計：建立初步裝置設計圖

#### 4. 控制碼及模型設計：利用 python 及其支援的 module，熟悉並寫出簡單的測試碼

#### 5. 遭遇的問題

- 感測器與機板的連接問題
- 供電問題
- 讀取資料的程式
- 絕緣密閉
- 系統穩定度
- 詳細定義食物的狀態（ex. 如何為腐敗？），並使之量化，能放入實驗設計

#### 6. 短期改善與預計達成目標

- 欲先解決感測器連接問題（目前考慮重買器材？）
- 要能夠使裝置能夠長時間運行，監測肉類，維持穩定
- 設計肉類判別流程，該流程需可以明確判定肉類是否已腐敗

## 4.1 第二次進度報告進展

1. 絕緣問題解決（如附圖）
2. 短期改善與預計達成目標
  - 讀取資料的程式問題
  - 設計實驗流程
  - 如何訓練判斷的模型

## 4.2 第三次進度報告進展

1. 確認所有感測器皆可正常運作
  - 因為樹莓派的 python module 對於感測器支援較少，因此進度上遇到困難
  - 改用 arduino uno 作為我們接下來實驗用到的板子。
2. 改變控制板
  - 讀取資料的程式問題
  - 設計實驗流程、訓練判斷的模型
  - arduino uno 與感測器的整合
3. 短期改善與預計達成目標

# Chapter 5

## 結論與心得

本次專輯的概念看似非常簡單，但是在實作方面還是遇到的不少的問題，例如：感測器的資料讀取、系統的整合等等，所以現階段的進度還是有點不足，因此我們預計在暑假時間比較充裕的時候，能夠盡快解決現階段所遇到的問題，接著邁入下一階段肉類食品新鮮度的模型判斷，盡快達成我們預期的目標。