

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

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

摘要	1
<b>1 簡介</b>	<b>3</b>
1.1 新鮮程度判定	3
1.2 腐敗的特徵	3
1.3 預計研究問題	4
<b>2 相關應用</b>	<b>5</b>
2.1 電子鼻	5
2.2 Alpla MOS	5
2.3 感知比較實驗	5
2.4 氣味感測器實例應用	5
2.4.1 油管漏油事件	6
2.4.2 辦公大樓室內空氣異味事件	6
2.4.3 羊乳摻牛乳事件	6
<b>3 研究方法</b>	<b>7</b>
3.1 目標	7
3.2 方法及步驟	7
3.3 實驗設備與作業環境	8
3.3.1 感測器	8
3.3.2 控制板	8
3.3.3 ML 模型	8
<b>4 研究結果</b>	<b>10</b>
4.1 感測器檢測狀況	10
4.2 模型準確度	10
4.3 設備外型	11

5 結論	12
參考文獻	12

# Chapter 1

## 簡介

### 1.1 新鮮程度判定

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肉類食材，都能明顯決定是否要拿來吃。但有時仍會疑惑，有些放了一段時間，可能外表還保持乾淨，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，就很希望有存在一個實際能判斷的儀器或方法來解決問題。

### 1.2 腐敗的特徵

腐敗狀況的判定大致可以藉由觀察顏色變深、表面黏稠度、彈性、產生的異味氣體的程度決定。色澤的部分，新鮮的肉表面有光澤，多呈紅色或淡紅色，且顏色均勻。但隨著存放時間的延長，由於肌紅蛋白被氧化，肉色會逐漸變成紅褐色。顏色越深，可食性越低。而當肉表面變成灰色或灰綠色，甚至出現白色或黑色斑點時，說明微生物已經產生大量的代謝產物，這樣的肉就可能已經不適合食用了。黏稠度方面，新鮮的肉外表微乾或濕潤，切面稍潮濕，用手摸有油質感，但不發黏。而肉變質以後，由於微生物大量滋生，會產生黏性代謝產物，造成肉表面發黏，甚至出現拉絲。肉類表面發黏是腐敗開始的特徵。至於彈性，新鮮的肉質地緊密且富有彈性，用手指按壓凹陷後會立即復原。但存放越久，肉裡面的蛋白質、脂肪會逐漸被酶分解，肌纖維被破壞，所以肉會失去原有的彈性，手指壓後的凹陷不僅不能完全復原，甚至會留有痕跡。最後在氣味方面，新鮮肉具有正常的肉味，而變質的肉由於蛋白質、脂肪、碳水化合物被微生物分解，會產生各種胺類、酸類、酮類等物質，進而產生明顯的腐臭味。

## 1.3 預計研究問題

- 確認「機器測試」是否比「人的鼻子」靈敏或者準確？能否實際拿來作為分析食物新鮮度的輔助器具？
- 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。
- 由於腐敗的特徵眾多，因此我們選擇以最為客觀且容易量化的「氣味」層面著手研究，嘗試檢測與肉類腐敗相關的氣體濃度，並判斷其關聯程度的高低。最後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

## 相關應用

### 2.1 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)

### 2.2 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)

### 2.3 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)

### 2.4 氣味感測器實例應用

(取自參考文獻 1 - 異味氣體之偵測)

### **2.4.1 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。

### **2.4.2 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。

### **2.4.3 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。



# Chapter 3

## 研究方法

### 3.1 目標

- 該電子設備能夠測出多種腐敗產生的氣體，並且測出濃度。
- 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。
- 透過前述腐敗產生氣體的濃度，訓練出一個判斷肉品腐敗的模型，並透過模型判斷狀態，且準確率能高過 8 成。
- 訓練出的判斷模型能夠與設計的硬體裝備整合，變成最終的測量裝置。

### 3.2 方法及步驟

1. 先選定幾個腐敗時會產生的氣體，硫化氫 ( $H_2S$ )、氨氣 ( $NH_3$ )、二氧化碳 ( $CO_2$ )，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. 並透過數據推論出即將要開始壞掉的食物數據，並以分別定義：
  - 放置 0 ~ 2 小時：狀態良好
  - 放置 3 ~ 6 小時：狀態尚可
  - 放置 7 小時以上：狀態不良
3. 累積數據，並且以數據分析，接著透過機器學習的方式訓練出一個判斷其狀態的模型。
4. 作出一個容器用於保存肉品同時收納相關感測器設備並做出區隔，且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。

## 3.3 實驗設備與作業環境

### 3.3.1 感測器

- MQ-136
  - 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
- MQ-137
  - 對氨氣、三甲胺、乙醇胺氣體具有很高的靈敏度
  - 在本實驗中用於測量氨氣濃度
- MH-Z19B
  - 主要應用於暖通製冷與室內空氣品質監控
  - 在本實驗用於測量二氧化碳濃度

### 3.3.2 控制板

- 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

- 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。
- 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。

- 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。

- AdaBoost

自適應增強（英語：Adaptive Boosting，常簡稱為 AdaBoost）是一種迭代算法，在每一輪中加入一個新的弱分類器，直到達到某個預定的足夠小的錯誤率。每一個訓練樣本都被賦予一個權重，表明它被某個分類器選入訓練集的概率。如果某個樣本點已經被準確地分類，那麼在構造下一個訓練集中，它被選中的概率就被降低；相反，如果某個樣本點沒有被準確地分類，那麼它的權重就得到提高。通過這樣的方式，AdaBoost 方法能「聚焦於」那些較難分（更富信息）的樣本上。在具體實現上，最初令每個樣本的權重都相等，對於第  $k$  次迭代操作，我們就根據這些權重來選取樣本點，進而訓練分類器  $C_k$ 。然後就根據這個分類器，來提高被它分錯的的樣本的權重，並降低被正確分類的樣本權重。然後，權重更新過的樣本集被用於訓練下一個分類器  $C_k$ 。整個訓練過程如此迭代地進行下去。

# Chapter 4

## 研究結果

### 4.1 感測器檢測狀況

(圖片)

使用的三個感測器皆已成功完成線路連接，且能及時讀取氣體濃度，但唯獨 MH-Z19B 重新啟動時需等待其熱機完畢方可使用。

### 4.2 模型準確度

- 決策樹

(圖片)

- SVM

(圖片)

- 單純貝氏

(圖片)

- AdaBoost

(圖片)

## 4.3 設備外型

(圖片)

# Chapter 5

## 結論

本次專題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。