

## 把垃圾變天燃氣！ 等高線圖顯示如何利用鳳梨皮做出最好的乙醇

還記得最近一次削鳳梨時，你是否將鳳梨皮丟進垃圾桶裡？畢竟，誰能想到鳳梨皮還可以有其他用途呢？一篇馬來西亞的研究發現，你可以將鳳梨皮轉換為生物燃料。

科學家團隊使用 Minitab 統計軟體，研究用鳳梨皮發酵出乙醇。他們的研究結果表示，鳳梨皮能夠替代傳統生產生物燃料的方法。在發酵的過程中，當酵母將醣轉換為能量時會產生乙醇。它通常存在於啤酒、葡萄酒或麵包中，可以被用來當成燃料。

研究團隊與一處位於馬來西亞柔佛州，超過 110 萬英畝的鳳梨莊園合作，研究使用其所種植的要被丟棄的鳳梨皮來生產乙醇。

為了完成這項計畫，研究人員必須制訂一個實驗，盡可能在最少的試驗次數中，評估可能影響乙醇生產的各種變數。此時就需要 Minitab 統計軟體的協助。

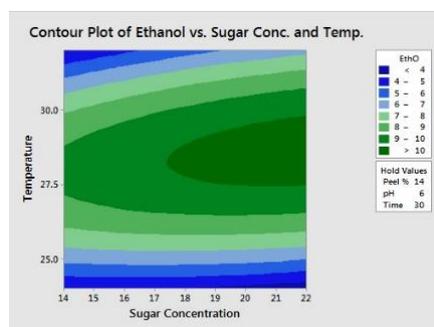
科學家團隊使用 Minitab 統計軟體，應用反應曲面 (RSM) 統計方法，找出多個變數之間的交互作用，以及其變數對於反應變數-乙醇濃度的影響，這

些變數包含鳳梨皮的濃度、pH 值、醣濃度、溫度和發酵時間。

研究人員為這五個輸入變數設定最高和最低值以建立區間，在個別區間中，每一個變數被分為 5 種水準，用來做中心點設計，這是實驗設計中常見的反應曲面設定方法。

這個實驗設計讓研究人員可以衡量每一個因子對於乙醇濃度的影響，並且用最少的實驗次數來檢驗變數之間的交互作用，省下了時間、玻璃器皿、化學品和人力成本。

在反應曲面方法中的計算十分複雜，但 Minitab 所繪製的等高線圖讓事情變得簡單，可以同時視覺化多個變數的設定，並考量這些變數如何影響反應值。



舉例來說，從上方的等高線圖中，將鳳梨皮濃度和 pH 值固定在所定義的最高水準，各

別為 14% 而 pH 值為 6，且發酵時間固定為最低水準 30 分鐘，第三深色的綠色區域顯示出，發酵過程中最佳的乙醇生產，其所需設定的醣濃度和溫度。

研究團隊利用 Minitab 的反應最佳化設定，指出在醣濃度為 22°Brix、溫度 26°C、鳳梨皮濃度 14%、pH 值為 6 且發酵 30 分鐘時，可以產生最佳的乙醇濃度 8.637%。這些條件設定下，結合鳳梨皮的天然高含量可發酵醣類，能產生含 0.21% 酒精成分的乙醇，相較於香蕉皮，在相似的條件設定下，僅能生產含 0.035% 酒精成分的乙醇。

Minitab 統計軟體讓研究人員在設計實驗、分析資料、理解和視覺化分析結果變得更容易！這項研究結果說明了，鳳梨莊園所產生 550,000 噸的果皮能帶來很大的經濟效益，並且可以延伸應用其他的水果廚餘來生產燃料。

此案例節錄自 2012 年 12 月出版的 "[World Academy of Science, Engineering and Technology](#)" 中收錄的文章。

