

# 釀造醋之製造

文/圖 陳曉菁  
審稿 臺灣大學 高景輝

## 一、前言

回顧歷史文獻可知，食醋之起源古老，在西元1450（摩西時代），即有酒醋（wine vinegar）之記載。將含有酒精之物質放置在空氣中，或者酒桶忘了加蓋，在偶然機會裡發現酒酸敗了，這種發酸的酒就是醋的起源。從西元前古埃及、美索不達米亞文明就開始釀酒，後來古埃及生產的釀造醋更讓希臘人喜愛，把醋用水稀釋後當作解酒醒腦的飲料。埃及人則喝醋來對抗瘟疫。埃及豔后克佩脫拉最迷人的傳說是，服用珍珠泡的醋，得到常駐的美麗。義大利則是將醋應用在醫療藥方上，也在豐盛佳餚飽食後提倡飲用釀造醋，可增進消化，同時醋也可以入菜調味，使得釀造醋文化變為更多元化。17世紀英國人就以草本植物的花朵、果實與蜂蜜釀成的醋稀釋水後飲用。而在西元369-404年間，中國的釀造醋傳到日本，日本人將醋發揚光大。

### 醋的定義：

根據1987年聯合國糧農組織世界衛生組織食品標準（Joint FAO/WHO Food Standards Programme）之規定：醋是

以澱粉、糖，或含糖及澱粉的農產品為原料，經過酒精及醋酸二次發酵過程而產生一特定含量之醋酸，適合人類食用的一種液體（Tesfaye et al., 2002）。美國醋的定義則是含酒精溶液因發酵產生醋酸的一種產物。醋至少要含4%（w/v）醋酸且酒精含量在0.5%以下（Ebner, 1981）。

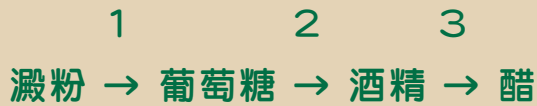
## 二、釀造醋的化學反應

醋的主要成分，簡單來說就是醋酸，釀造醋當中的酸度可達10%，釀造醋其製造過程中，有兩個重要的媒介，和兩個必要的程序。因此酵母菌參與前階段的酒精發酵，醋酸菌則參與後階段酸化反應。若本身含有糖分的水果為原料時，即可將果實破碎榨汁，加入酵母菌參與發酵工作，可以直接進行酒精發酵。以澱粉為原料，則必須先將澱粉糊化，經糖化酵素作用將糊化之澱粉分解為酵母菌可發酵葡萄糖，由酵母菌在厭氧環境下進行酒精發酵，將葡萄糖發酵產生酒精和二氧化碳，再由醋酸菌在好氧之環境下進行醋酸發酵，將酒精氧化成醋酸。



## 釀醋不可缺的媒介與發酵

以發酵方法將富含澱粉之穀物釀造成醋的過程，大致上可以分為三階段：



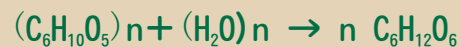
### 1. 糖化作用：

由於穀物中碳水化合物大多是以「澱粉」之巨大分子型態存在，不能被酵母菌直接使用，若以澱粉為釀造原料時，必須先將澱粉糊化，再經糖化酵素作用，將糊化之澱粉分解為酵母菌可發酵之單分子的葡萄糖，此步驟稱之為「糖化工程」。在生產上即是穀類原料蒸煮，接種麴菌，目的是產生酵素，再進行糖化及液化作用，此外，澱粉質為原料進行糖化時，可添加糖化酵素或液化酵素取代麴菌；糖化能力越強者，越能提供充分胺基酸，以促進發酵作用，由於酒精發酵與醋酸發酵時都需要胺基酸作為輔因子，可使釀造醋維持品質。

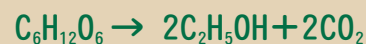
### 2. 酒精發酵作用：

酒精發酵是釀造醋不可缺的過程。其原料是澱粉與糖時，糖化進行需要靠麴菌、麥芽糖及糖化酵素，進行分解及中和酸，製成糖液。糖液透過酵母菌發酵，是參與原料酒精化的第一階段工程。若本身含有糖分的水果為原料時，可將果實破碎榨汁，加入酵母菌參與發酵，進行酒精化作用。酵母菌的營養細胞是圓形，菌體會從母細胞表面生出芽

生出平滑的球形的子囊孢子(如圖1)。選擇不同種類酵母菌，則會產生不同香氣和風味，因此，酵母菌是釀造醋品質影響重要因素之一。酵母菌在無氧的狀態下可將糖質原料(如：蔗糖、葡萄糖、果糖等單醣和雙醣類，亦可利用澱粉、糊精等多醣類)，轉換成乙醇此作用稱為酒精發酵(alcoholic fermentation)。除醋酸菌外，另一重要製醋的微生物為酵母菌。

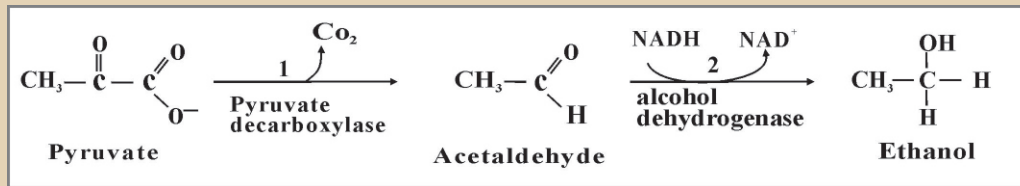


以1公斤澱粉生成1.1公斤糖。當葡萄糖經過酵母菌的酵素反應變成酒精時，1分子葡萄糖，則生成出2分子酒精與2分子二氧化碳。



由此推算，如果以酒精含量12%酒精來發酵，即要有24%含量糖分來參與，即100毫升的糖液會含有24公克糖分。

酵母菌在嫌氣的狀態下，將丙酮酸裂解成乙醛，乙醛再經由酒精去氫酶(alcohol dehydrogenase)將乙醛還原成乙醇，其反應如下所示：



從此反應得知需要氧來協助發酵。理論上，1公升的酒精可製造出1.304公升的醋酸，以酒精除以比重，換算成容量是1.258公升，即1公升酒精可製造出1.3公升的醋酸，但要扣除醋酸菌體與殘留20%的酒精重量，實際所得，1公升得酒精約製成1公升的醋酸；其間會產生2.178-2.376千卡的熱量，這跟身體體內分解蛋白質所獲得能量相同。至於糖液經發酵成酒精，2公斤糖約含1公升酒精，只能製造出1公升醋酸。由於釀造醋是所有醋類營養成分最豐富，對

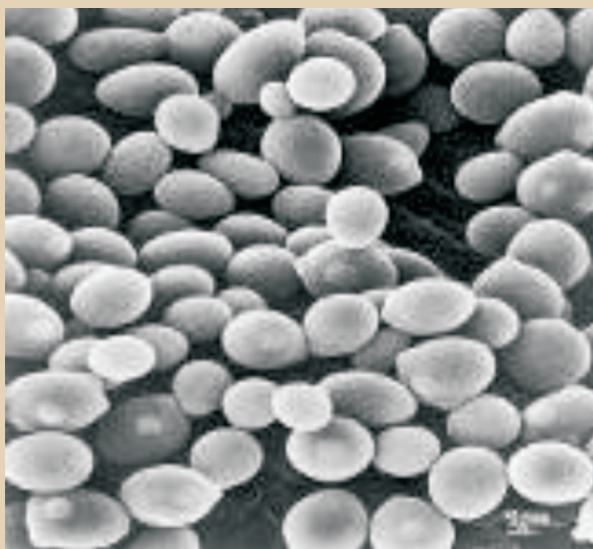


圖1. 酵母菌株 *Saccharomyces spp.*  
圖資料來源：臺灣大學食品科學研究所游若菽教授

人體健康最具有實質意義。因此酵母菌是酒醋香氣成分之主要貢獻者，在酒醋的發酵過程中，至少有數百種的香氣成分是由酵母菌所產生。

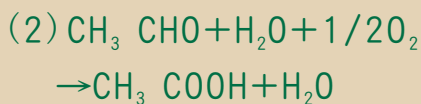
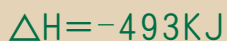
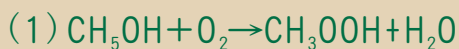
### 3. 醋酸發酵作用：

釀造醋最重要的成分就是醋酸菌，醋酸菌參與發酵時，需要大量空氣，醋酸菌為好氧氣性菌，酒因醋酸菌發酵成醋酸，醋酸菌主要是 *Acetobacter* 屬，最常用的種為 *Acetobacter aceti*。由於酒精分子量為46，醋酸分子量為60，理論上1.0公克的酒精可以產生1.3公克的醋酸，實際上產率無法達到理論產率的100%，因為酒精與醋酸均為揮發性物質，釀造的過程中很容易揮發，又醋之發酵需要氧氣，釀製時必須不斷供給新鮮之空氣，使揮發情形難以避免。又醋酸菌之另一特性，在酒精耗盡後，會進一步將醋酸分解為二氧化碳和水，故醋之釀造如果管理不當，就會酒、醋盡失。

食醋之釀造方法：由糖類原料至醋的生產需經過兩階段發酵過程，第一階段通常是以 *Saccharomyces* 菌屬的酵母將



糖發酵成酒精，第二階段主要由 *Acetobacter* 菌屬的細菌將酒精發酵成醋酸 (Tesfaye et al., 2002)。醋酸發酵是醋酸菌將低濃度酒精 (50-100g/L) 部分氧化成醋酸和水的生物氧化作用 (絕對好氧及吸熱反應)。其反應物與生成物的化學轉換當量 1:1，而產物中殘餘酒精量少，但伴隨著許多副產物，其化學反應方程式如下：



上述反應是利用醋酸菌之酒精脫氫酶 (alcohol hydrodenase) 來進行。理論上 1 公升酒精可產生 1.304 公升之醋酸，即 1 公升酒精可產生 1.036 公升醋酸及 310 毫升水，1 公斤葡萄糖可產生 666.5 公克醋酸。但實際生產食醋時，1 公升酒精約只產生 1 公升醋酸。

另外，醋酸發酵是屬於氧化放熱反應，每莫耳酒精產生醋酸時，同時也放出 114.6kcal 熱量，一般醋酸菌最高發酵溫度皆不宜超過 40°C，因此食醋釀造時，空氣供給之調整及溫度控制很重要。

### 三、發酵菌種之製備

材料：醋母 250cc (視購買建議量而定)  
酒 (酒精濃度約 4%) 500cc。

作法：

- (一) 將醋母 250cc 加入酒 500cc、水 250cc，置於乾淨廣口容器中，以乾淨的紗布蓋住瓶口，但不能完全密封 (因醋酸菌需要大量空氣)，置於 30-35°C 陰暗處約 2-3 個月左右，即可產生醋酸。
- (二) 可以同樣方法當作醋種，或逐批加入酒液之方式繼續量化。
- (三) 擴大使用說明，將醋母 1,000cc，加入酒 5 公升以淺盤盛裝，於第 7 天上層將長出果凍狀醋母，由於釀醋過程需要大量氧氣，因此必須不斷攪拌。
- (四) 將醋母以上述步驟處理後，再加入水 50 公升和 50 公升酒中拌勻，可當作醋種。可一直擴大培養作為種醋。