

時事與知識剪輯 第五週

新聞中的科學/酵母菌

【2013-9-23/聯合報/AA3 版/陳皓嫻】

酵母菌發功 造就迷人好滋味

前一陣子國內有烘焙業者宣稱產品都是用天然原料，卻被有實驗精神的麵包愛好者踢爆，天然發酵過程不可能產生那麼濃的香味，最後逼得業者道歉、退款。發酵在人類飲食發展史上扮演重要角色，但時至今日，「發酵」過程還是有很多未解的謎題。人們利用酵母菌來釀酒和做麵包已經有相當長的歷史，長期以來許多人對發酵的認知就是酵母菌會將糖分轉換成酒精和二氧化碳，不過這種產生能量的方法對酵母菌來說，一點效率都沒有，要不是人類「操控」酵母菌，酵母菌才不願意這麼做。生物藉代謝產生能量，讓自己得以生存。一般來說代謝分為有氧呼吸和無氧呼吸，顧名思義就是看代謝反應是否有氧氣參與；有氧呼吸能產生的能量為無氧呼吸的 18 倍，效率高得多，不過事前需消耗的能量也較多。不需要氧氣、行無氧呼吸的生物被稱為厭氧生物，酵母菌就是其中一種；不過酵母菌是「兼性厭氧生物」，也就是可以自行選擇有氧或無氧呼吸來代謝的生物，酵母菌的無氧呼吸即為「酒精發酵」，將葡萄糖經過氧化還原之後來獲得能量，並產生酒精。至於酵母菌選擇代謝的方式則依環境而定，若將酵母菌比擬成人，基本上可以將酵母菌的代謝行為分為「初到果腹期」、「安居開墾期」和「饑荒搶食期」。

想像有塊新大陸（例如一塊未發酵的麵糰），上面不僅有沃土（氧氣）、也有結滿水果（葡萄糖）的果樹，當胃袋空空的新移民來到這新世界時，為生存一定會優先直接摘水果來吃，而非空腹就開始墾地翻土準備種植作物；所以剛被活化、甦醒的酵母菌，在飢腸轆轆的狀態下，會優先選擇不需要耗費太多氣力的酒精發酵，直接氧化葡萄糖，來獲得能量，即使量不多，夠用即可，這是酵母菌的「初到果腹期」。

等到酵母菌吃飽喝足了，就開始大量繁殖後代，這時環境中如有充足的氧氣，健康的酵母菌會開始使用氧氣行有氧呼吸，以獲取大量的能量，除了能提供自身生存之外，還有餘裕提供酵母菌繁殖所需能量，當然它們還是會繼續吃水果（葡萄糖），這是酵母菌的「安居開墾期」。

有吃喝必有拉撒，酵母直接氧化葡萄糖或行有氧呼吸時，會分別排洩出「酒精」或「二氧化碳」加「水」在環境中，也正是酵母菌代謝的副產品，造就萬人著迷的酒和麵包。

第 1/2 頁

※敬請張貼班級佈告欄並由圖書股長負責定期維護。

宜寧圖書館訂有報紙數種，如果您想看當日的報紙請到圖書館。

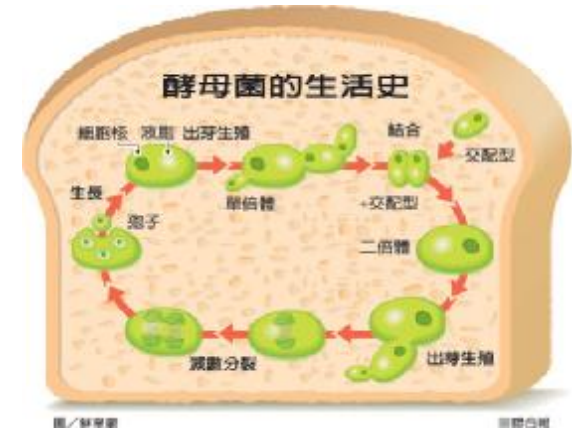
然而資源有限，一旦族群發展到超過環境能負荷的程度，就會開始衰敗。當葡萄糖吃完，氧氣也用盡，且酵母菌數量過多時，酵母菌只好回收資源再利用。藉由改變基因，將代謝出的酒精做有氧呼吸以獲取能量，不過這種方式比一般的有氧呼吸消耗更多能量、效率極低，所以酵母菌生長的速度也會越來越慢。另一種情況比較慘，就是眾酵母菌「排泄物」實在太大量，環境中酒精濃度過高，酵母菌的細胞膜和酵素都因酒精而被破壞，直接導致酵母死亡；這就是酵母菌的「饑荒搶食期」。

然而酵母究竟甚麼時候行酒精發酵、甚麼時候行有氧呼吸，其實仍有些爭議，有學者認為酵母不管什麼時候，都會行酒精發酵；也有學者認為，在生長飽和階段，酵母會產生可以「將酒精轉換成能量」的基因。

不過中研院生物化學所副研究員張崇毅說，這兩種說法都不太可能，因為酵母在健康、氧氣充足的情況下，是不會捨棄效率好的代謝方式，採用酒精發酵，這也是為什麼發麵或釀酒時，需要在密封環境，且環境中酒精濃度過高，酵母就會死亡。

台大生物化學科技系副教授李昆達也表示，在酵母的生長曲線當中，如果環境較多氧氣，酵母就會先做呼吸作用，氧氣消耗掉後，才行酒精發酵。

簡言之，在沒有人為干擾時，酵母菌大都會選擇最有利方式得到能量、維持自身生命；但人類為吃到更多美食美酒，在製作佳釀或發麵團時，總讓酵母菌處在缺氧狀態，酵母菌只好委屈地停在「初到果腹期」，將葡萄糖轉換成酒精，換句話說，不被控制的「完全純天然」發酵，產出的成品可能有些會讓人食不下嚥。



葡萄酒的形成，是因酵母菌消化了果實中的糖分，化謝產物之一就是酒精。（法新社）非報系

102 學年度第 1 學期

中華民國 102 年 9 月 24 日版

時事與知識剪輯 第五週

新聞中的科學/酵母菌

【2013-9-23/聯合報/AA3版/陳皓嫻】

東方美人茶 小綠葉蟬吸食葉片發酵

除了改變食物組成的型態之外，發酵食品最迷人的地方其實在於它的複雜風味。由於微生物在代謝的過程中，會將有機物轉換，例如酵母把酒精和有機酸變成會散發水果香氣的酯類，所以即使葡萄酒的原料只有葡萄，酒體卻會散發蘋果、蜂蜜、堅果等的香味。台灣的東方美人茶和加拿大的貴腐白酒，就是靠意外的特殊發酵產生絕佳風味，身價連翻好幾倍；當時，若沒有天時地利配合、也沒有怕暴殄天物所以勇於嘗試的農人，東方美人茶和貴腐葡萄可能就直接被當作爛掉的茶葉和葡萄，被丟進垃圾桶了。東方美人茶是半發酵茶的一種，是被小綠葉蟬吸食過葉片後所發酵、烘焙成的青茶，帶有特殊的果香和蜜香味，受到許多外國人的歡迎，據說英國的維多利亞女王品嚐後讚不絕口，因此賜名「東方美人」給這種茶。東方美人茶的由來頗為有趣，民間相傳有位茶農，因為疏忽，沒注意到茶樹的嫩葉被「害蟲」小綠葉蟬吸食停止生長，而且茶芽還萎縮，並長出紅色的斑，一碰就從茶樹上掉下來。這位茶農受不了如此大量的損失，索性將這些「病茶」烘焙之後拿出去賣，沒想到風味比普通青茶還好、大受好評，讓他大賺一筆，回到家鄉之後說給鄉人聽也沒人相信他，只笑他愛吹牛、極風（即客家話中的吹牛），也因此，東方美人茶又叫做「極風茶」。

說來諷刺，東方美人茶的果香蜜香，其實是茶樹用來自保的「殺蟲劑」；茶樹被小綠葉蟬叮咬之後，其嫩芽的防禦系統會被啟動，產生花果香來吸引小綠葉蟬的天敵白斑獵蛛，來幫忙吃掉小綠葉蟬，藉此阻止小綠葉蟬對茶樹的危害，而人類就享受「殘酷的生存遊戲」後帶來的美味。

必學單字大閱兵

yeast 酵母菌 fermentation 發酵 aerobic respiration 有氧呼吸
budding 出芽 redox reaction(或 reduction-oxidation) 氧化還原反應

延伸閱讀

用科學方式瞭解麵包的「為什麼？」／吉野精一、Ecole 辻大阪／大境
農大菌物語(01)／作者:石川雅之，譯者:洪子喬
尖端觀念生物學／霍格蘭、竇德生、麥克佛森、尼達姆／天下文化

依據質量守恆 發酵非化學反應

人類食用發酵食品的歷史非常久遠，而絕大多數的發酵食品可能一開始就已經存在自然界中，而非人類發明，畢竟微生物如酵母菌的存在，本來就是為了分解其他生物而存在。墨西哥國立自治大學自然學院的露易莎·阿爾巴蘿伊絲(Luisa Alba-Lois)博士曾為《自然》(Nature)期刊教育版撰文介紹人類釀酒的歷史和人類如何發現酵母。

蜂蜜稀釋 酵母菌釀成酒--露易莎說，最早出現的酒可能是蜂蜜酒，而且是在人類出現前就存在了；蜂蜜可被看成高濃度的糖漿，照理來說應該無法讓微生物發酵，但是如果下了一場大雨，將蜂蜜稀釋後，環境周遭的酵母菌便可在蜂蜜水當中生存、繁殖，進而將蜂蜜水釀成蜂蜜酒。根據史料顯示，早在西元前1700年，亞洲就已經出現人類釀造蜂蜜酒的跡象。科學家發現，古希臘、古薩克遜、古維京人也都有釀造蜜酒的經驗；至於古埃及人、古巴比倫人、古羅馬人和古中國人，則大概是最早開始用葡萄和大麥釀酒的族群。

控制溫度 製酒成功關鍵--即使人類早已知道如何釀酒，但在還沒發現酵母菌以前，並不清楚發酵的原理，發酵的英文Fermentation就是從拉丁文的「煮」(Fervere，等同於英文的Boil)來的，因為發酵過程中，液體表面會產生大量氣泡，才會讓古人以為發酵和沸騰是一回事；雖然如此，人類還是很快地從經驗中學到，控制溫度和空氣接觸程度，是製酒是否成功的關鍵。人們追溯歷史發現，最早的釀酒法之一為「口嚼酒」，也就是咀嚼穀物如蒸熟的米飯，藉由唾液將澱粉糖化，再將咀嚼物收集起來釀酒；不僅古日本使用這種方式釀造清酒，直到現在拉丁美洲的安地斯山脈一帶，仍有部落使用口嚼法釀酒，他們教女人和小孩圍坐成一圈、咀嚼玉米粒，再將嚼碎的玉米團取出之後曬乾，最後放進容器中和水混合，並使其發酵。

酒精、乳酸發酵不同--1789年，法國科學家、現代化學之父拉瓦節發現糖是由碳、水和氧組成之後，他便開始對發酵反應如何將糖轉換成酒精和二氧化碳感到興趣；他在實驗中加了發酵種（也就是後來人們熟知的酵母菌團），並觀察到糖液中有三分之二的糖被轉換成酒精、且有三分之一的糖被轉換成泡沫（即酒水中的二氧化碳）。根據他提出的質量守恆定律，拉瓦節認為只要將酒精和二氧化碳依對的比例結合，就可以產生糖，但問題是，發酵種在化學反應中跑到哪去了？科學家最後認定發酵種只是啟動反應，卻沒參與反應，過程中發酵種並沒有發生任何改變。法國不愧為葡萄酒大國，最終發現發酵並非化學反應，而是微生物在作祟！法國化學家、微生物學家巴斯德當時受一酒廠的委託，調查為何酒廠釀出來的酒竟是酸水；巴斯德將酸水和正常的酒拿去顯微鏡下觀察，發現正常的酒中含有的菌和酸水不一樣，酸水中含有乳酸，其中的菌比酒中的菌還要更小。於是他總結，酒精發酵和乳酸發酵是由兩種不同的微生物在執行的，也就是後人所熟知的酵母菌和乳酸菌，至此，發酵製酒的秘密才終於被完全破解！

第 2/2 頁

※敬請張貼班級佈告欄並由圖書股長負責定期維護。

宜寧圖書館訂有報紙數種，如果您想看當日的報紙請到圖書館。

102 學年度第 1 學期

中華民國 102 年 9 月 24 日版