

水活性控制 與食品儲存

適當地控制食品中的水活性
來延長食品的儲存期限已經行之有年，
藉由加工處理、或者加入適當的添加物都可以
改變食品的水活性，而食品水活性高低對
食品的組成和營養的影響，
仍然是食品科學界一個很重要的課題。

■ 陳文賢

水是所有生物不可缺少的物質，它具有特殊的化學和物理性質，也可以說是地球上最重要的成分之一。生鮮水果、蔬菜和魚肉類食品中最主要的成分就是水分，大約占食物總重量的75~95%。當儲存在開放的環境中時，食品會隨著空氣中相對濕度的變化，而發生吸水或脫水反應，例如像水果或蔬菜等含有高水分和高水活性的食品，放在空氣中會因為失去水分而收縮，重量減輕。但另一方面，奶粉或即溶咖啡等低水分和低水活性的食品放置在空氣中，則會因為吸收水分，而結塊或溶解。

簡單來說，食品中水活性的高低，會因為食物內含有多少可溶性的物質而有所不同。這些可溶性物質的種類，包括不同的糖類、鹽類和有機酸等。相對而言，不可溶的成分對於食品水活性的變化，比較沒有影響。

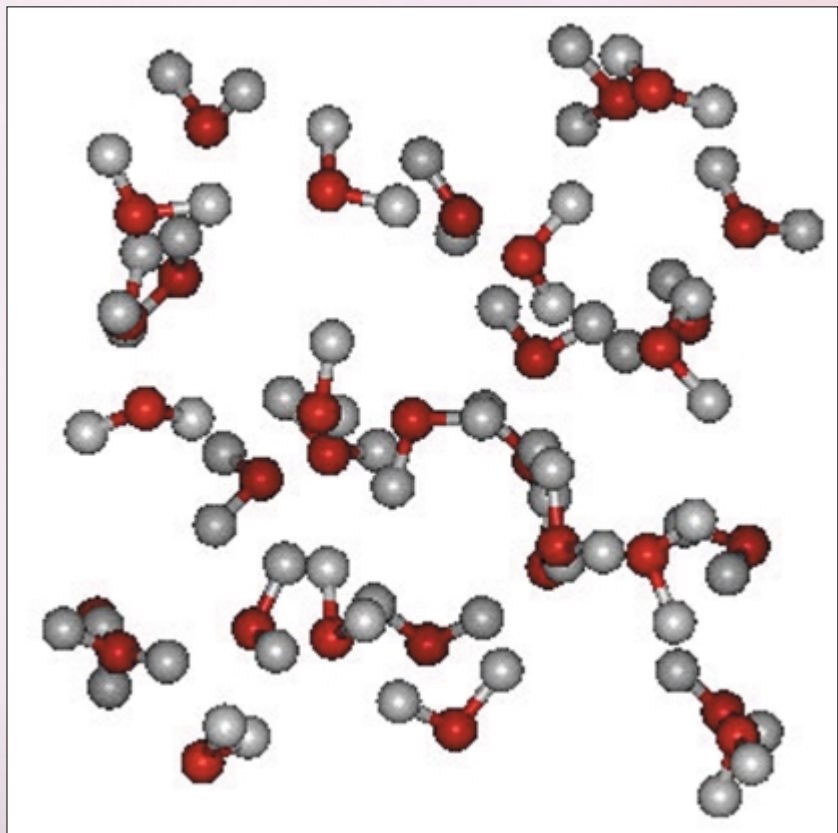
食品吸水或脫水反應的進行，有相當大的程度取決於食品本身所具有的水活性的高低和空氣中相對濕度的大小。當食品的水活性高於大氣中相對濕度的時候，食品會脫水；相對地，當大氣中相對濕度比食品的水活性高的時候，食品會進行吸水的反應。

因為各種食品的組成有很大的差別，對水分的結合能力也有所不同。也就是說，不一樣食品即使含有相同的水分，對於水的結合能力也會有明顯不同。舉例來說，將同樣含水量12%的奶粉和茶葉一起放置在空氣中，奶粉會吸水，而茶葉反而會脫水呢！在這種情形下，我們可以用水活性的觀念來解釋這些現象。

一般來說，水活性的定義是在密閉空間中，某一種食品的平衡水蒸氣壓和在相同溫度下純水的飽和蒸氣壓的比值。當然，純水的水活性等於1.0。而各類食品中，因為含有許多不同的有機或無機的成分，而有比較小的平衡水蒸氣壓，所以它們的水活性必然小於1.0。也就是說，食品水活性的大小在0~1.0的範圍內。

依據水分含量的多少，食品可以區分為高水分食品，水活性在0.9~1.0之間，例如生鮮水果、蔬菜和魚肉等；半乾性食

水分子模型 水是由兩種不同的原子組成的，它們是氫原子（H）和氧原子（O）。一個水分子含有一個氧原子和二個氫原子。



品，水活性在0.6~0.9的範圍內，像肉乾、肉角和蜜餞等；低水分食品，水活性小於0.6，例如稻米、乾穀物及蔗糖等。

高水分的食品通常因為微生物容易生長而壞掉，所以需要特別的儲存方法，才可以長期保存。半乾性的食品在室溫中，有可能因為某些黴菌或酵母菌的生長而被污染，所以通常會在食品

內添加防腐劑，有效地預防半乾性食品的敗壞。相對來說，低水分的食品在室溫中儲存的時候，相當穩定，不需要添加任何特殊的添加物或防腐劑就可以長期儲存。

水活性調控的主要目的

新鮮食品通常含有大量的水分，水分在食

品中可以溶解各種有機或無機的營養成分，如果溫度和相對濕度都適當的時候，微生物就可以大量和快速地繁殖，而使食品腐敗。通常，微生物的生長和繁殖主要是受到水分含量大小的控制。水活性的觀念，從很久以前就引起很多食品科學家或微生物學家的注意，因為造成食品敗壞的微生物對於水活性高低的反應有很大的不同。當水活性小到某一程度時，某些微生物就無法存活。

每一種微生物都有它們生長發育所需要的最高和最低水活性的需求；最佳的水活性需求，通常由食品內部和外部的種種因素來決定。大部分的細菌、酵母菌及黴菌生長的最低水活性需求，分別為0.90、0.87和0.80。也有一些微生物能存活在相當乾燥的環境中。最近有一些開始受到高度關切的特殊菌種，例如真菌，它們通常生長在乾燥的環境中，所以又被稱為「耐旱黴菌」。此外，酵母菌喜歡在高濃度的糖溶液中生長，又稱為「耐滲壓酵母菌」，而喜歡生長在高濃度鹽水溶液中



李勇提供

生鮮水果、蔬菜和魚肉等水活性在0.9~1.0之間。



李勇提供

的細菌，則稱為「嗜鹽細菌」。

脂質氧化

由組成來區分，脂質是甘油與脂肪酸所結合成的酯類化合物，組成脂質的脂肪酸可區分為飽和及不飽和脂肪酸。其中不飽和脂肪酸，容易受到酵素、氧氣和加熱等的作用，而發生脂質氧化，並且使脂質腐敗、臭酸。

不飽和脂肪酸的游離基氧化作用可以分成四個步驟：起始、加長、分支及終止。在起始階段，脂肪酸（RH）因為熱、光線或微量金屬的作用，而失去氫殘基（R·）。在加長階段中，脂肪酸的自由基和氧反應後產生過氧化自由基（ROO·），會再和更多的脂肪酸分子作用，形成氫過氧化物（ROOH）。分支步驟則是藉由氫过氧化物的分解，使得具自由基的脂肪酸分子的幾何形態增加。當不飽和脂肪酸所帶的雙鍵數目不同時，游離基形成後能與雙鍵相鄰的亞甲基作用，由進行電子轉移反應而有兩種或多種自由基產生，例如含一個雙鍵的油酸能產生四種同分異構物氫過氧化物；而含兩個雙鍵的亞麻油酸能產生兩種同分異構物氫過氧化物，因而改變脂肪酸分子的幾何形態。

最後在終止階段，脂肪酸分子會因為兩個自由基，如含有過氧基及烷氧基的自由基，互相結合或形成複合物，而變成穩定的殘基。氫過氧化物分解後會產生醛類、酮類、醇類和其他產物，而氫過氧化物和它分解後的產物又可能和其他的蛋白質或酵素等物質作用，而影響到食物的保存。

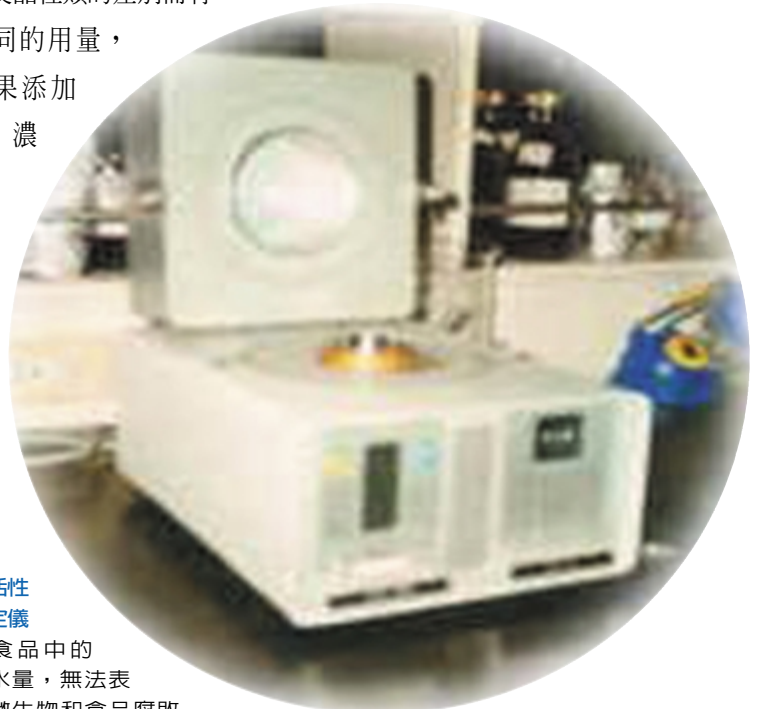
但是水活性對食品脂質氧化的影響在哪裡呢？通常研究人員用一般所謂的食品模式系統，來模擬這些食品氧化的過程。這些食品模式系統一般由甲基亞麻油酸鹽、微結晶的纖維素、水、微量的金屬和抗氧化劑等混合形成，並且使用冷凍乾燥的方式來調整到具有適當的

水活性，以便觀察不同的水活性對脂質氧化的影響。

評估脂質氧化程度最常用的指標是氧的吸收量，如果氧吸收量高，就表示氧化程度高，當然氧吸收量少的話，就表示氧化程度低。當水活性在0.10時，脂質的氧化程度最高。隨著水活性增加到0.40的時候，脂質的氧化程度減少到最小。但是，隨著水活性再度增加，食品氧化酸敗的程度也會再增加。所以，降低食品儲存期間的氧化酸敗程度最常使用的方法，以真空包裝或添加脫氧劑為主，藉由去除氧分子讓整個脂質氧化無法進行。

一般來說，添加在食品中用來減緩脂質氧化酸敗的物質，統稱為抗氧化劑，抗氧化劑可以有效地阻止油脂中的不飽和脂肪酸被氧化分解。但是，抗氧化劑的添加量不是愈多愈好，通常會按照食品種類的差別而有

不同的用量，
如果添加
的濃
度



水活性 測定儀

以食品中的含水量，無法表示微生物和食品腐敗

的直接關係。通常必須測定

在微生物生長環境中「自由」水的多寡，也就是水活性（aw），才足以決定食品腐敗和食品儲存的時間。水活性測定儀的操作步驟簡略如下：使用塑膠盒盛裝2~3克的測試物，放入測試座內，等到溫度和濕度讀數穩定不變，溫度顯示值上方的四個箭頭記號都出現時，就表示已達到穩定的測試值。

太高，有時反而會降低抗氧化的效果。目前最常應用在食品中的抗氧化劑，有丁基羥基甲氧苯（BHA）、二丁基羥基甲苯（BHT）、沒食子酸酯和二異丁基對苯二酚（TBHQ）。此外，自然界也有相當多的物質可以做為抗氧化劑，例如生育醇、卵磷脂、黃酮和氫硫化物等。

非酵素性褐化

非酵素性褐化反應（又被稱為「梅納反應」）是由法國人梅納氏在一九一二年最先提出，雖然距離現在已經很久，但是到今天，梅納反應依然受到食品加工業和食品科學家的注意，並且大大地影響到很多食品的製造和儲存。非酵素性褐化反應幾乎可以發生在所有的食品上，包括糖和其他的碳水化合物的焦化作用，以及碳水化合物和蛋白質、胺基酸等經過加熱處理

或儲存以後產生的梅納反應。這兩種化學反應都會產生褐色的東西，通常又稱作黑色素。

非酵素性褐化反應對於食品製造的影響，可以說是利害參半。許多經過焙炒加熱的食品，例如茶葉、麵包、咖啡及巧克力等，在受熱的過程中會產生褐色物質，讓食物具有特殊的外觀，而且形成特殊的風味。例如葡萄糖單獨在攝氏180度下加熱，可以產生焦糖香氣，如果和離胺酸一起加熱，就會發出像麵包的香氣，和纈胺酸一起加熱，也會形成類似巧克力的香氣。若缺乏非酵素性褐化反應，那麼這些焙炒食品的吸引力，也會受到影響。

但就另一方面來說，非酵素性褐化反應對於蛋白質食品的營養組成具有不好的作用，例如肉製品在加熱中發生的非酵素性褐化反應會破壞它的胺基酸成分，而明顯降低它的營養價值。

另外，經過非酵素性褐化反應的食品中，經常也會檢驗出很多致癌的成分，這也是我們必須留意的地方。

那麼水活性的高低對於食品在加熱或儲存期間產生的非酵素性褐化反應有什麼影響呢？水活性大概在0.10~0.40之間的低水活性食品，在儲存期間的非酵素性褐化反應會隨著水活性的增加而逐漸增加，當水活性超過0.40以後，非酵素性褐化反應會快速地增加。當水活性達到0.60~0.70的時候，非酵素性褐化反應的程度會到達最高點。不過，當水活性超過0.70以後，非酵素性褐化反應會快速地降低。所以非酵素性褐化反應對於半乾性（0.60~0.90）食品的製造和儲存，很明顯是一個相當重要的影響因素。

在半乾性食品的製造過程中，

茶葉、麵包、咖啡及巧克力等，在受熱的過程中會產生褐色物質，讓食物具有特殊的外觀，而且形成特殊的風味。



通常會添加適量的保濕劑，除了可以有效降低食品的水活性外，也可以有效地緩和在製造過程中所產生的非酵素性褐化反應。

降低水活性的妙方

如何減少食品中的水活性呢？多元醇對水的親和力相當高，常做為食品添加劑來增進食品的保水能力及改善產品的質地。多元醇通常是水溶性，具有吸溼能力，高濃度多元醇溶液具有高黏度的性質。雖然，多元醇的種類很多，但是只有四種可以用在食品的添加上，這四種多元醇分別是山梨醇、甘油、己六醇和丙二醇。

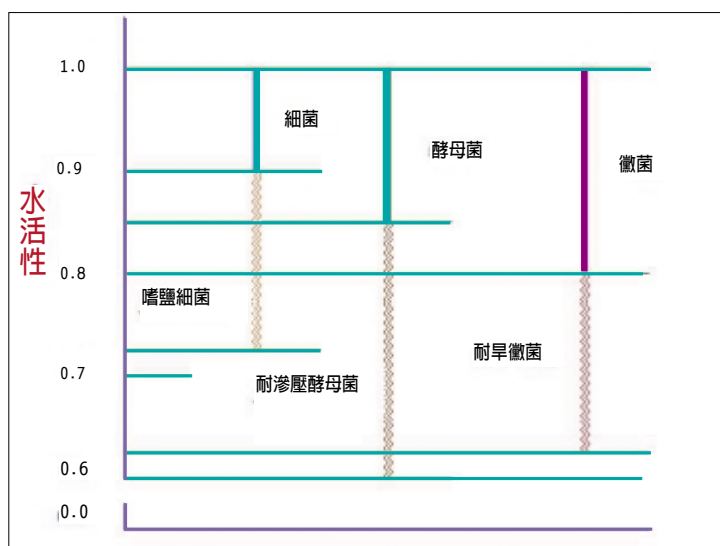
當作食品添加用的多元醇需要具備無色、無味和價格低廉等特性。這四種多元醇早已經存在於自然環境中，例如山梨醇廣佈在各種果實中，不過含量很低，通常可以利用葡萄糖或玉米糖漿經過氫化作用來大量製造。甘油則可以利用油脂水解來得到，己六醇也可以由玉米糖漿、葡萄糖經過氫化作用來取得，或者從甘露蜜萃取得到。四種多元醇中，除了丙二醇以外都稍具甜味，但它們的甜度還不夠用來做為甜味劑使用。此外，丙二醇有一些刺激味，山梨醇會有冰涼的感覺，而甘油會有灼熱感。

多元醇在食品添加上的特殊作用，包括控制黏性及質感、增加體積、保存水分、降低水活性、控制結晶過程、改善製品質地的柔軟度、調整乾燥食品的復水性等。另外，多元醇在動物腸道內發酵的速率比一般糖類還慢，在被微生物利用來發酵前，可能已經進到消化道內，所以多元醇對牙齒的負面作用也比較低。

因為多元醇具有降低水活性的功能，添加在食品中，可以降低製品的水活性，因此用來製造半乾性的食品，可以有效地延長食品的儲存期限，降低微生物的數量。不過，多元醇在食品中的添加量還是必須有所限制，例如甘油

添加量到達30%的時候，製品會有質地降低、黏度過高的缺點；丙二醇超過5%時，則會有輕微的苦味；山梨醇添加量高於20%時，反而會讓食品蛋白質產生鹽析作用；而己六醇添加量超過20%，則會有不易溶解的問題。

以降低食品水活性控制微生物的生長，並且延長儲存期限的方法，早已經實行了一段時間。不過，到現在仍然還有很多的問題，等待新的食品科學技術來加以克服。通常，降低食品的水活性也可能同時破壞食品的營養成分。所以在製作低水活性食品的時候，加入適當的



食品添加劑，除了可以加速水活性的降低外，還可以保護食品的營養成分，延緩其被破壞的程度。

陳文賢

行政院農業委員會畜產試驗所加工組

更正啟事：

- 本刊第377期〈資訊與熵〉一文，〈微觀的概念〉乙節中有兩處錯誤，特此更正：第36頁左下角圖說中，及第37頁右欄最上端一句之「……，而系統的「熵」也會增加。」應更正為「……，而系統的「熵」也會減少。」
- 第378期〈百年來人類飛行的動力與演進〉一文，第51頁「……，德國「史撥尼克一號」升空，……」，更正為「蘇聯「史撥尼克一號」升空，……」

各種微生物生長可耐受的水活性範圍，細菌約為0.90~1.00；酵母菌約為0.85~1.00；黴菌約為0.80~1.00；嗜鹽細菌約為0.72~0.90；耐滲壓酵母菌約為0.60~0.85；耐旱黴菌約為0.62~0.80。