

油理油趣—淺談食油(Food oil)的化學

蔡蘊明於臺大化學系(2013/11/04)

最近社會上好似一鍋滾燙的油被掀翻了一般，搞得沸沸揚揚，人心惶惶，剛好趁此機會介紹一下與食用油相關的化學。平常超市販賣的油品琳瑯滿目，都標榜健康，花俏的名詞和說法，真讓人很難決定買什麼。本文的目的就是希望各位看過文章之後，從化學的基礎去瞭解油品，不再被愚弄。

油與脂

平常應該經常聽到油脂這個名詞，從化學的結構來看，油(oil)與脂(fat)都是由甘油與長鏈的碳酸(脂肪酸)所組成的酯類化合物，稱為三酸甘油酯(圖 1)，也就是所謂的脂肪。油與脂的差別在於型態，油是液體而脂則是固體或半固體(例如豬油)；油大都源自於植物，而脂則大都取自於動物。

三酸甘油酯屬於酯類化合物，可在鹼性的水中水解得到甘油與脂肪酸的鹽，後者可用做肥皂。當脂肪酸的鹽經過酸的處理，則可得到脂肪酸。三酸甘油酯若用甲醇在酸的催化下，可進行酯交換反應，得到脂肪酸甲酯，以及交換下來的甘油。脂肪酸甲酯或是脂肪酸與其它醇類化合物生成的酯，可用做生質柴油。因此從地球永續的觀點來看，燃油產生的二氧化碳，經過植物的回收，製造出的油再用回來做燃料，形成良性的循環，許多相關的研究仍在進行中。

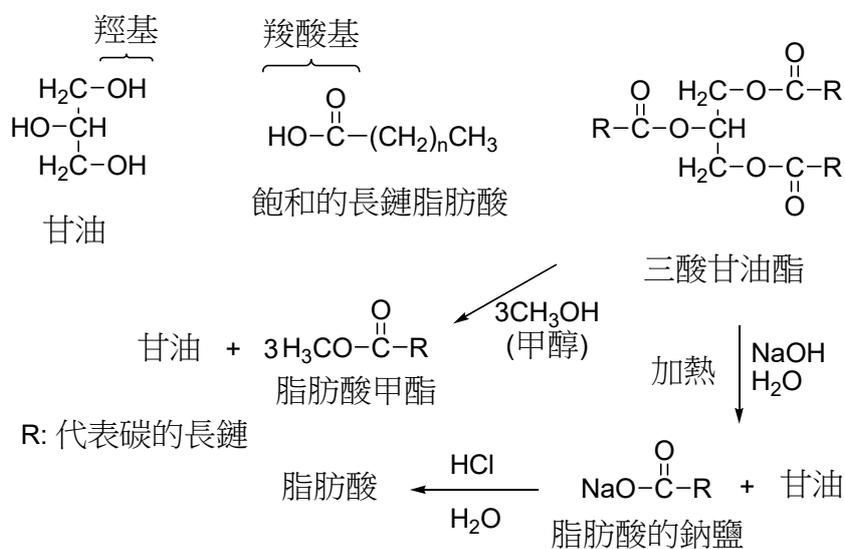


圖 1 甘油，飽和脂肪酸，以及三酸甘油酯的結構與其中重要的官能基。酯乃是由羧酸基與羥基脫水生成，在苛性鈉(NaOH)的水溶液中加熱可水解得到甘油與脂肪酸的鹽，經過酸性水溶液的處理可得脂肪酸。三酸甘油酯若用甲醇在酸的催化下可進行酯交換反應，可得到脂肪酸甲酯，以及交換下來的甘油。

生物來源的油脂，其脂肪酸的部份都是長鏈的羧酸，常見者具有 8 到 22 個碳原子，而且都是偶數的。若具有碳-碳雙鍵時，這類的脂肪酸被稱為是不飽和的，當其中只有一個碳-碳雙鍵時常被稱為單元不飽和脂肪酸，超過一個碳-碳雙鍵時，被稱為多元不飽和脂肪酸。若是沒有碳-碳雙鍵，就被稱為飽和脂肪酸。

常見的一些脂肪酸之名稱和結構

為了標明不飽和脂肪酸中碳-碳雙鍵的位置，會以羰基(C=O)的碳為 1 號碳(圖 2)，依次往另一端編號。這些源自生物體系的單元不飽和脂肪酸，其碳-碳雙鍵經常是出現在 C9 與 C10 之間。以圖 2 所示的油酸(oleic acid)結構為例，我們稱其碳-碳雙鍵在 9 號位置，可用 Δ^9 來代表，另以 18:1 的縮寫表明此酸具有 18 個碳與 1 個碳-碳雙鍵；因此 16:0 就代表是一個 16 個碳的飽和脂肪酸，也就是棕櫚酸(palmitic acid)。

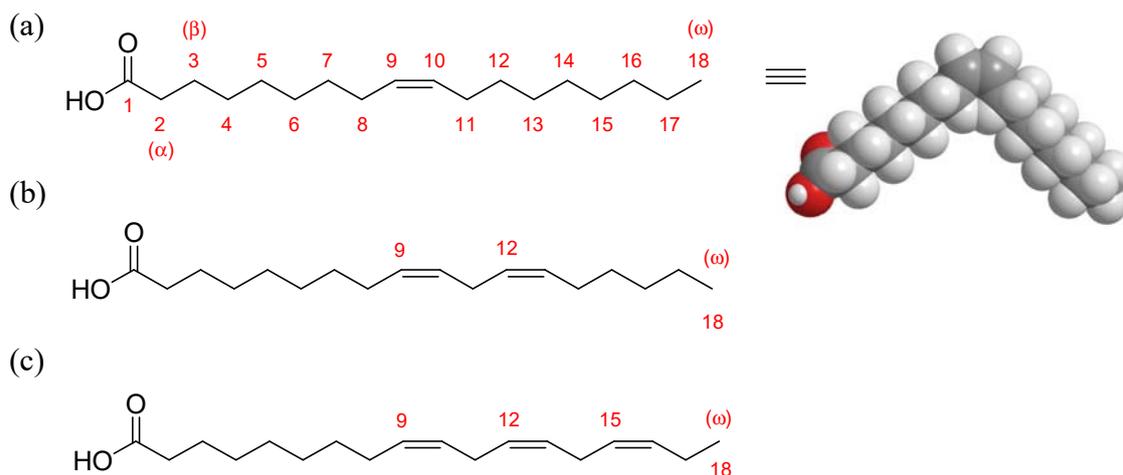


圖 2 (a) 油酸(oleic acid)的結構與碳的編號，繪於右側為其實體模型(紅球：氧原子，灰球：碳原子，白球：氫原子)；(b) 亞麻油酸(linoleic acid)的結構，屬於 $\omega 6$ 不飽和脂肪酸；(c) 次亞麻油酸(linolenic acid)的結構，屬於 $\omega 3$ 不飽和脂肪酸。

另有一種命名方法則是以希臘字母來編排碳，此法以接在羰基旁的碳為 α 位，對等於 2 號碳，而 3 號碳就是 β 位，依此類推；但是不論碳數的多寡，位於另一端點的碳一律被稱為是 ω 位(希臘字母的最後一個)。再以油酸為例，若從 ω 位算起，其碳-碳雙鍵出現在第 9 位，因此可稱之為 $\omega 9$ 不飽和脂肪酸。另一常見的二元不飽和脂肪酸是亞麻油酸(linoleic acid)(圖 2b)，其碳-碳雙鍵在 9 和 12 號位置($\Delta^{9,12}$)，可用 18:2 的縮寫，從 ω 位算起，在第 6 位出現碳-碳雙鍵，屬於 $\omega 6$ 不飽和脂肪酸。依此方法，次亞麻油酸(linolenic acid, 18:3, $\Delta^{9,12,15}$)(圖 2c)，則屬於 $\omega 3$ 不飽和脂肪酸。

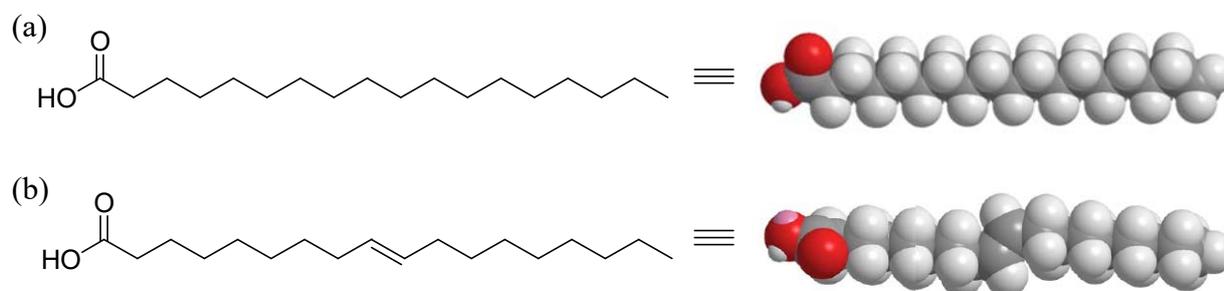


圖 3 (a) 硬脂酸(stearic acid)，屬於飽和脂肪酸，繪於右側為其實體模型；(b) 碳-碳雙鍵為反式的油酸，繪於右側為其實體模型。

不飽和脂肪酸結構中最獨特的地方，在於其碳-碳雙鍵都是順式。因為碳-碳雙鍵無法以碳-碳鍵為軸進行旋轉，當雙鍵兩端的取代基在雙鍵的同側者稱為順式，反之稱為反式(圖 3b)。以圖 2 的油酸為例，在 C9 的雙鍵上，C8 與 C11 在雙鍵同側，也就是順式。

飽和脂肪酸的結構中只有碳-碳單鍵，單鍵是可以隨意旋轉的，其結構的可調整性較高，較喜歡以完全延伸的形狀存在(圖 3a)。在固態中，分子較易堆疊，使得晶格緊密，因此熔點較高；相對於具有順式碳-碳雙鍵的脂肪酸做比較(圖 2a 的油酸)，因為雙鍵無法旋轉，具有凹折形的結構，整體結構的調整性低，因此在固態中分子堆疊不易，導致晶格較不緊密，熔點較低。這種結構所造成的性質亦反映在三酸甘油酯的性質上，是而動物性脂肪因為含有的飽和脂肪酸成分較高，因此熔點較高，例如豬油在常溫是一種半固體的形態；植物性脂肪因為含有較多不飽和脂肪酸，因此熔點較低，在常溫是液態的。

在工業上可對植物油進行氫化，那是透過金屬催化劑的幫助，將氫分子加成於碳-碳雙鍵，成為飽和的脂肪酸，這種氫化處理屬於還原反應。食品工業中並不需要將植物油完全飽和化，只需將少部份碳-碳雙鍵還原，即可達到提昇其熔點的目的，也就是製造出人造奶油(margarin)。由於氫化時用到金屬催化劑，順式的雙鍵有可能被異構化成為反式，操作的條件是必須小心的。

脂肪與脂肪酸的生理功能和合成

在生物體內，脂肪最主要扮演能量儲存的角色。與另一個提供能量角色的碳水化合物比較，脂肪的氧化態低(含氧量少)而碳水化合物的氧化態高，因此脂肪在代謝時(氧化產生二氧化碳和水)釋放出的能量較多；概略上以每單位重量來估算，脂肪儲存的能量是碳水化合物的兩倍。後者因為結構中有許多羥基(-OH)，易溶於水，例如最重要的葡萄糖在血液中濃度較高，方便提供立即的能量來源。

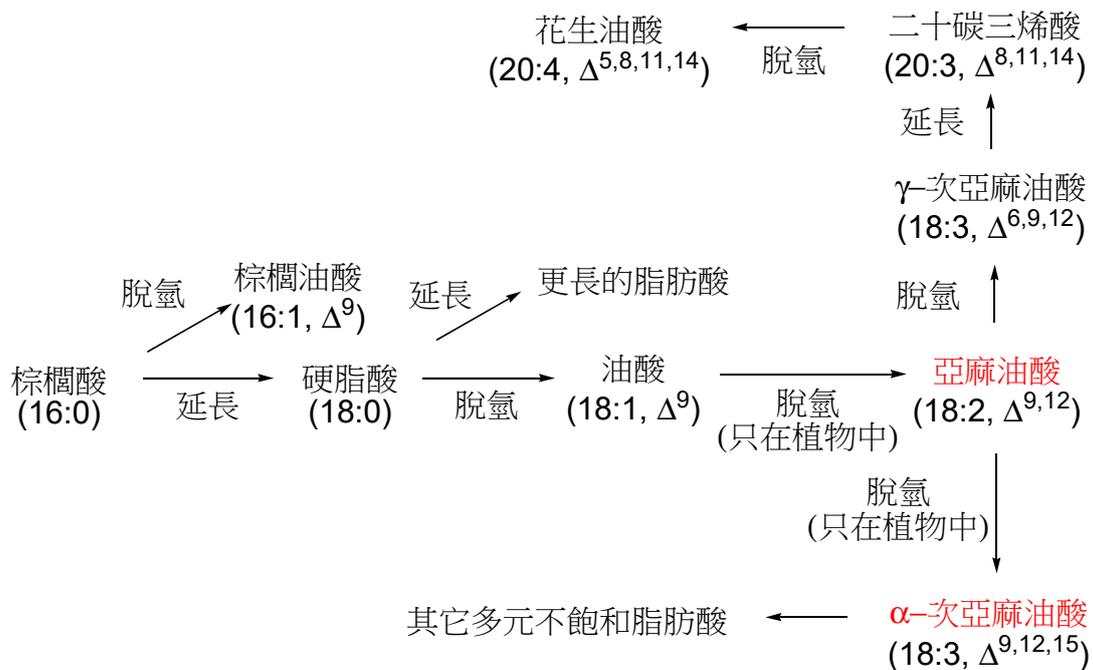


圖 4 生物體內脂肪酸的合成路徑簡圖，其中亞麻油酸與 α-次亞麻油酸是動物無法自製而需透過食物攝取。

脂肪酸在生物體內的合成，是透過醋酸(具有兩個碳)的衍生物，以每次連接兩個碳的方式結合成長鏈，這是脂肪酸具有偶數碳鏈的原因。如圖 4 所示，生成了棕櫚酸之後，透過生物催化劑(酵素)的幫助脫氫，在特定位置產生碳-碳雙鍵，得到棕櫚油酸。棕櫚酸亦可延伸兩個碳得到硬脂酸，接著脫氫則得到油酸。

在植物中可以將油酸繼續脫氫轉換成亞麻油酸，但是動物卻無此能力，因此動物必須透過食物來攝取亞麻油酸， α -次亞麻油酸(18:3, $\Delta^{9,12,15}$)亦然。這兩種脂肪酸可繼續轉換成其它重要的化合物，不可缺少。其中花生油酸(20:4, $\Delta^{5,8,11,14}$)是許多重要的賀爾蒙之前趨物，例如前列腺素，需要從攝取的亞麻油酸來合成。各種脂肪酸再透過酵素的幫助，與甘油生成脂肪或脂質(lipid)。要注意的是，由於次亞麻油酸有 α 和 γ 兩種結構，通常若未註明，應指 α -次亞麻油酸，因為那是植物油裡面有的成分。

脂肪酸的穩定性

含不飽和脂肪酸的油酯，在空氣中易被氧化，分解產生一些分子量較小而揮發性較高的化合物。這些化合物通常具有不好的味道，對食品而言，不僅影響味覺也有礙健康。油酯被空氣氧化主要是由於空氣中的氧氣，若受到光線的照射，氧化速率會更快，所以不飽和度高的油，最好放置在不透明的容器中或收在廚櫃中。油酯的氧化主要是發生在碳-碳雙鍵的部份，因此油酯的不飽和度愈高，亦即雙鍵愈多，愈容易氧化；溫度愈高，氧化速率也愈快，收存時宜放在蔭涼處。

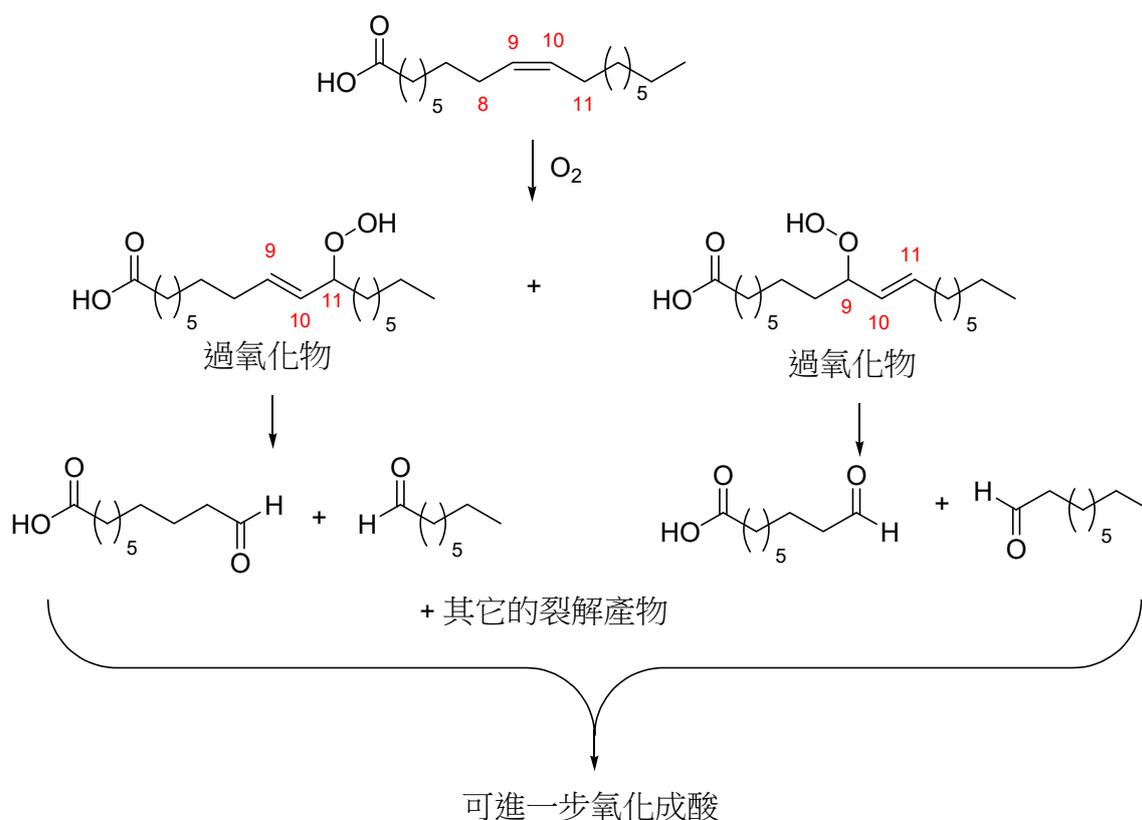


圖 5 以油酸(18:1, Δ^9)為例，其氧化會得到各種過氧化物，進一步裂解成為小分子的醛，繼續氧化可產生酸。本圖只顯示了部份的反應，實際上還有許多可能。

圖 5 以油酸(18:1, Δ^9)為例來看氧化的反應，首先氧氣會活化碳-碳雙鍵的烯丙位(allylic position)碳

(C8 或 C11)上的氫，亦即攫取了氫原子，然後氧接在碳上。圖 5 中只顯示 C11 位的氫原子被活化後得到的過氧化物，這類的過氧化物是不穩定的，尤其是氧-氧之間的鍵結特別弱，容易斷裂產生氧自由基。自由基是活性很高的物種，繼續的斷裂將得到小分子的醛，若醛氧化則可產生酸。

許多人喜歡吃油炸或煎炒的食物，這種做法，讓油在高溫下加熱，定會產生許多過氧化物，最終進入人體，這還包括了各種氧化或裂解的物質，長期而言對健康絕非好事。請想像，若是一鍋油從早到晚一直沸騰著，沒有更換，更是危險；喜好外食炸雞或炸薯條等等食物者要小心。

上述提及氧化的容易與否，乃與油結構中雙鍵的數目有關；例如亞麻油酸(18:2)氧化速率比油酸(18:1)快了約 30 倍，而次亞麻油酸(18:3)則比油酸快了約 80 倍。從這個觀點來看，炸或煎所用的油，應盡量挑選飽和度較高的油(見後文)。為了因應這個問題，工業界透過氫化的方式，來增加油品的飽和度，當飽和度增高時，對熱的穩定性就會增高，因此速食店內一直煮沸的油，很有可能用的是這種油。但是前曾述及，在進行油的氫化時，有可能造成碳-碳雙鍵從順式轉成反式，現在大家都知道反式脂肪酸是不好的(見後文)。也因此在国外，對商家用的這種油是有嚴格規定的。

食用油的成分與精製

食用油的來源多樣，即使是同一個物種，其中油的成分亦會因為地域、氣候與季節而有變化，因此各種資料來源所記載的脂肪酸比例，僅能以一個範圍來呈現。本文提供表 1 供讀者參考，為方便起見，僅用平均值呈現，但該表要強調的是各油品重要的特質，而不在細節的問題。

表 1 常見食用油的成分比例*

油種	飽和部分				不飽和部分			
	C4-C12	C14	C16	C18	C16 16:1	C18 18:1	C18 18:2	C18 18:3
豬油		2	26	11	5	44	11	1
奶油	13	12	27	11	5	28	3	
椰子油	59	18	10	3	1	8	1	
橄欖油		1	10	3		75	10	
菜籽油			4	2		64	19	9
花生油			12	3		47	31	
芝麻油			9	6		41	43	0.3
棕櫚油		1	44	5		39	10	0.4
玉米油			10	1.5		25	60	2
黃豆油			11	4		23	53	8
葵花油			7	5		19	68	0.5
亞麻仁油			6	3		19	24	47
棉籽油		1	25	2	1	18	53	0.3
葡萄籽油			7	4		16	70	

*表中所載數值為概略的平均值，因此加總不見得會剛好 100%，其高低數值有些可差到 30%

表中顯示了動物油的飽和脂肪酸較高(見後文)，這對健康是不利的；加上其中膽固醇含量高，對健康更是不利，不宜攝取過多。但是動物油的多元不飽和脂肪酸不多，較不易氧化。有意思的是椰子油，其飽和脂肪酸含量極高，其十二個碳鏈的飽和脂肪酸佔約 45%。棕櫚油的飽和脂肪酸含量也很高，大概是最便宜的油。

植物油中的黃豆油是常用的油，其亞麻油酸($\omega 6$)含量高，高溫穩定性相較橄欖油會較低，如何使用要注意；玉米油、葡萄籽油與葵花油亦是如此，尤其是後二者最不適合高溫的處理。尤其近年有些民眾執著於食用葡萄籽油，若僅從上表油的組成來看，價格較低的玉米油與葵花油是很相近的。近日眾矢之的的棉籽油，其亞麻油酸含量與黃豆油差不多高，但是其飽和脂肪酸含量亦高達 28%，從健康的觀點來看，不太理想。花生油裡的油酸(單元不飽和脂肪酸)含量較高，會較穩定，另含有少量超過十八個碳的酸。橄欖油中的油酸含量最高，油炸或煎炒應該較理想，可惜價格較貴。這種油是地中海區域普遍食用的油，被認為有益健康，但這也可能是因為其內含有許多其它的化學物質。

菜籽油(*canola oil*; 又稱芥花油)雖然油酸含量高，但是多元不飽和脂肪酸也不低。不過菜籽油有一個問題，就是含有對健康不利的芥子酸($22:1, \Delta^{13}$)，但現在的農業技術可以將之降至低於 2%。使用 *canola* 這個名稱的，應代表是加拿大的品種(其名稱的 *can* 即表加拿大)，其中的芥子酸含量低，但是台灣稱之為芥花油者，內容到底如何就難講了，建議仔細閱讀該產品的說明以判斷。亞麻仁油是另一個很獨特的油，它的次亞麻油酸特別豐富，可以補充我們攝取不足的部份(見後文)，但是因為多元不飽和脂肪酸特別多，要注意穩定度。

大家常說魚油有益健康，讓我們用鮭魚為例來看其脂肪酸比例。鮭魚油含有 20%飽和脂肪酸，47%的單元不飽和脂肪酸，至於多元不飽和脂肪酸包括了 5%的 $\omega 6$ 和 28%的 $\omega 3$ 。其特色在於單元不飽和脂肪酸多，亞麻油酸很少，對健康有益的 $\omega 3$ 很多。但是要注意的是，魚油的 $\omega 3$ 有高含量的 EPA (20:5)和 DHA (22:6)，這是與植物油很不一樣的地方，這也是真正對健康有益的部分。例如鮭魚通常含有 6% EPA 以及 22% DHA。至於各種成分與健康的關係，容後討論。

植物油的提煉與分析

要取得植物油需經過幾個步驟，首先透過壓榨或是溶劑萃取得到粗油。通常果實類的椰子和橄欖是用壓榨法，果粒或種子則常用六個碳的烷類溶劑萃取，不過也仍然可用壓榨的方式。粗油含有少量其它像是維他命、膽固醇等生物化學物質，但也有一些不要的物質，這包括色料、氧化的物質和金屬。這樣得到的粗油如果不經過某種程度的處理，是很難直接使用的。

精製包括脫膠、中和、脫色和除味。第一步脫膠用到離心的方法，接著的中和的部分是用鹼來除去酸性的物質，但是會因為酯的水解而損失一些油。油有發煙點，就是加熱到開始冒煙的溫度，冒出來的煙就是從三酸甘油酯水解下來的脂肪酸，因此中和做得愈好，發煙點會愈高。這些水解下來的脂肪酸，會影響油的氣味和口感，因此是販售者極力想要去除的。脫色要用到吸附劑，這其實是最花錢的步驟，因為吸附劑的價格較高。最後一步除味，是在高溫用水蒸氣噴洗。以上方法只是簡單說明，實際的作法有其專業的規範和設計。

最近社會關心的棉籽油事件，牽涉到其中可能含的有毒化合物棉酚(圖 6)。棉酚是有顏色的，因此粗的棉籽油是幾近於黑的深紅色。其實棉酚乃是酚類的化合物，具有酸性，經過鹼和脫色的處理，

應可輕易除去，不需太過擔心。資料顯示，若是萃取製程的棉籽油，棉酚的含量約為 0.05-0.42%；壓榨的製程，其含量約為 0.25-0.47%。經鹼和脫色的精製，可將棉酚的含量有效的降至低於 1 ppm (百萬分之一)。因為棉酚要與油分離不是難事，在分析上也不會困難，沒有道理不相信衛福機關檢驗的結果。反倒是黑心廠商使用沒有受到監管稽核的油，其中可能含有的農藥等其它物質，才是令人憂慮的。尤其像是棉籽油，因為棉籽若不是拿來食用的，農藥的使用沒有像食用的作物般受到規範，因此沒有受到監督的棉籽油，是值得擔心的。

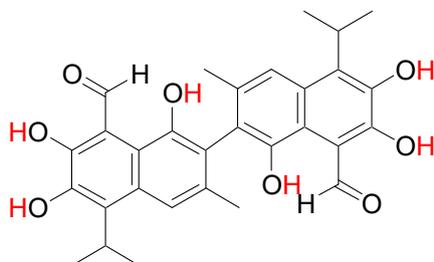


圖 6 棉酚的結構，其中酸性的氫用紅色標明

精製過的油需要分析其成分，尤其是銷售到國際更需認證。油的分析都有標準的方法可遵循，也有專業的機構可代測。主要是先將三酸甘油酯轉換成甲酯，然後透過氣相層析儀來分離鑑定。這種儀器是將試樣在高溫氣化，並透過氬氣攜帶，通過一個管柱，其中充填有固相的擔體，而擔體表面附著有一層液相物質，通過的試樣成分因為與液相物質的作用力不同，而將各成分按層次分離，是很靈敏的儀器。然而從表 1 可看到各種油的成分複雜，不同的來源，其脂肪酸比例也會有相當的差異，判定必須謹慎。若是想從調合油的分析，判斷是由哪些油種混合而來的，以及各油種比例，更恐非易事。

筆者在大賣場檢視各家油品，發現鮮少有廠商清楚的標示 $\omega 9$ 、 $\omega 6$ 和 $\omega 3$ 的含量。油的成分複雜，清楚的標示有助於消費者的選擇，這是需要改進的。

食用油與健康

油乃民生必需品，我們每日攝取，因此民眾或多或少都會關心它與健康的關係。在很早，科學家就發現攝取的飽和脂肪酸與心臟血管的疾病有正相關，也會提升血液裡膽固醇的濃度。這可能是因為上述已經提及的結構性質，飽和脂肪酸的結構彈性高，相互堆積緊密，因此容易沈積在血管壁上，最終導致血管阻塞或破裂。

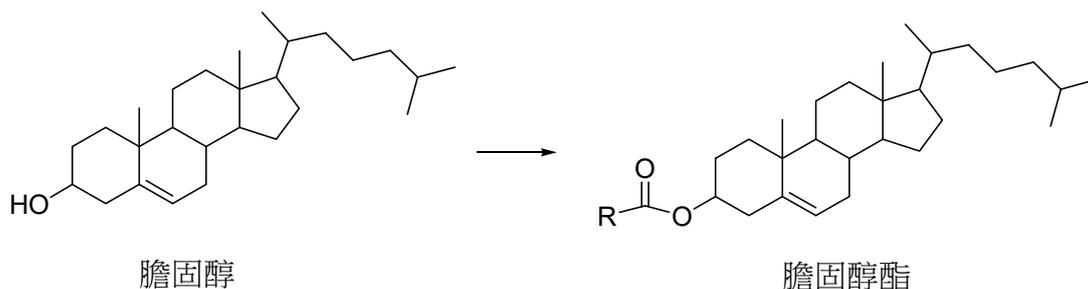


圖 7 膽固醇在肝臟中被轉換成為脂肪酸的酯

其實在肝臟中，膽固醇會被轉換成為脂肪酸的酯(圖 7)，增加油溶性以方便輸送和儲存，並透過低密度脂蛋白(LDL)經血管傳輸到各組織。飽和脂肪酸的膽固醇酯，也因為同樣的原因容易沈積在血管壁上。概略而言，專家建議攝取的飽和脂肪酸，不應超過總脂肪酸的三分之一。

油酸是單元不飽和脂肪酸，是與血液裡膽固醇的濃度無關的，可說是安全的脂肪酸。但是有兩個雙鍵的亞麻油酸($\omega 6$)卻被認為是不好的。實際上具有十八個碳的亞麻油酸，會繼續經過酵素延伸長度，合成更長的多元不飽和脂肪酸(圖 4)，這包括了 20 個碳的多元不飽和花生油酸；為討論方便，讓我們用 $\omega 6$ 系列來代表由亞麻油酸所衍生出來的多元不飽和油脂。

次亞麻油酸($\omega 3$)也需要同樣的酵素來延伸長度，進而合成前述的 $\omega 3$ 脂肪酸：EPA (20:5)和 DHA (22:6)，讓我們用 $\omega 3$ 系列來代表由次亞麻油酸所衍生出來的多元不飽和油脂。由於亞麻油酸與次亞麻油酸要競爭延伸酵素，導致亞麻油酸攝取過多時，會抑制 EPA 和 DHA 的合成，也就使得體內由 $\omega 6$ 和 $\omega 3$ 系列個別產生的 20 與 22 個碳的多元不飽和脂肪酸群，產生不均衡的問題。

這些多元不飽和脂肪酸群存在於各種組織細胞的膜上，兩種系列的比例約為 1:1，它們扮演許多重要的生化功能，例如控制細胞內外的通路。研究顯示，缺乏亞麻油酸或是次亞麻油酸，均會導致各種疾病。然而現代西方的先進國家裡，人民攝取的亞麻油酸($\omega 6$)約為次亞麻油酸($\omega 3$)的 10-12 倍，也就抑制了 $\omega 3$ 系列多元不飽和脂肪酸群的合成。透過攝取富含 EPA 和 DHA 的食物或魚油，則可修正此不均衡現象，這就是魚油對健康有益的原因，也是宣稱食油裡的 $\omega 3$ 是好油之故。所以當我們說食油裡的 $\omega 6$ 不是好油，這背後的涵義是要斟酌的。

附帶提一下，DHA 是腦細胞與視網膜細胞膜上磷脂質的主要成分，因此缺乏的話會影響這些組織的發展和功能，所以父母告訴孩子多吃魚會變聰明，的確是有根據的。在飲食中富含玉米、葵花、紅花子和花生油的人，容易產生 $\omega 3$ 系列多元不飽和脂肪酸群缺乏症。

由於民眾對化學知識不足，同樣是 $\omega 3$ ，植物油的次亞麻油酸與魚油的 EPA 和 DHA 是極為不同的，標榜 $\omega 3$ 的植物油，有誤導消費者以為是熟知的魚油 $\omega 3$ 之嫌。更有奇特的現象就是強調該油品含豐富的 $\omega 6$ ，甚至更有甚者，標榜 $\omega 9$ ，也就是油酸(18:1, Δ^9)。筆者不能不懷疑，銷售者是否希望消費者認為既然 $\omega 3$ 是好油，那 $\omega 6$ 就該是雙倍的好，而 $\omega 9$ 更是三倍的好嘍！課堂上學生聽到我的說法，莫不開懷大笑。

不過話說回來，動物無法自行合成 α -次亞麻油酸，而它是動物合成 EPA 和 DHA 之必需，因此適當的攝取是必須的。有研究顯示攝取富含 α -次亞麻油酸的食物，可降低得到心臟病的機率，至於透過食用油來攝取，效果尚不清楚。亞麻油酸是動物無法自行合成，也是合成花生油酸(20:4, $\Delta^{5,8,11,14}$)的源頭，因此也不可缺乏。

另一個問題就是反式不飽和脂肪酸，這種脂肪酸的結構在幾何形狀上很像飽和脂肪酸(圖 3)，也是可以延伸成線性的，因此如同飽和脂肪酸般，易堆積在血管壁上造成血管硬化和阻塞。有研究顯示，就心肌梗塞而言，它比飽和脂肪酸更加危險約 2.5 至 >10 倍。

雖然植物油中鮮少有反式不飽和脂肪酸，但是工業上多元不飽和脂肪酸經過觸媒催化進行氫化反應時，會造成碳-碳雙鍵的異構化，產生少量反式不飽和脂肪酸。在精製的過程中，經過酸的處理時，

也可能造成雙鍵的異構化。因此適當的品質管制和監控是必須的；因為過去這些年大家普遍注意到其危險性，不太應該會攝食過量的。反而我們尋常吃油裡面，都具有起碼百分之十的飽和脂肪酸，不攝食過量是自保之道。美國心臟學會建議，每日攝取的飽和脂肪酸不要超過總攝取能量的 7%；反式不飽和脂肪酸不要超過 2%。

總結

油脂在人的生活中扮演重要的角色，不但影響健康，也與地球永續相關。從健康的層面來看，過度的攝取，代表身體接受了過多的能量，將會導致肥胖，而肥胖則是眾所周知的許多疾病成因。在細節上，瞭解了食用油穩定性的問題，有助於我們保持一個健康的烹調方法。食用油中 $\omega 6$ 和 $\omega 3$ 到底誰優誰劣並非二分法的問題，真正的重點在於比例。有鑑於 $\omega 3$ 普遍攝取較少，為了提高次亞麻油酸的攝取，菜籽油或黃豆油是應該考慮的，選擇適當的調合油也是不錯的作法。整體來看，菜籽油(canola oil)中對健康影響不大的單元不飽和脂肪酸多，飽和脂肪酸少， $\omega 6$ 和 $\omega 3$ 的比例約為二，是很理想的油。話說回來，均衡的飲食才是健康的不二法門。以養殖魚為例，因為人工養殖餵給的飼料含較多的亞麻油酸，因此人工養殖魚體內的 EPA 和 DHA 含量變低，充分顯示了人如其食 (you are what you eat) 的真諦！

參考資料

1. Gunstone, F. D. 'Oils and Fats in the Food Industry'; Wiley-Blackwell, 2008.
2. Rossell, B, Ed. 'Fish Oils'; Wiley-Blackwell, 2009.
3. Gunstone, F. D., Ed. 'Vegetable Oils in Food Technology'; CRC Press, 2002.
4. Connor, W. E. *Am. J. Clin. Nutr.* **1999**; 69, 827–828.
5. Calder, P. C. *Am. J. Clin. Nutr.* **2006**; 83, 1505S–1519S.