



# 可樂的噴泉現象



張哲政／臺灣大學化學系

## 當可樂遇上曼陀珠

網路上最近流傳一個影片，把曼陀珠十數個瞬間同時置入可樂瓶內，會造成可樂大量噴出，高度可超過一公尺，十分壯觀。這個影片引起網友及學生們的興趣，也造成曼陀珠族的恐慌，擔心食用曼陀珠時，若不經意地同時飲用可樂，兩者可能會在胃中反應，產生噴泉效應，傷害身體。

網路上亦流傳著曼陀珠使可樂產生噴泉效應的解釋，說明大量可樂噴出瓶口的原因，乃是因為曼陀珠內含有阿拉伯膠，此物質會造成可樂中水的表面張力減小，並破壞二氧化碳與水分子間的作用力，使溶於可樂中的二氧化碳，瞬間大量釋出，造成可樂瓶內的氣體壓力驟然上升，而將可樂推排出瓶口，產生噴泉效應。

曼陀珠數顆同時放入可樂瓶內，確實會使可樂瞬間產生大量的氣體，致使可樂噴射出瓶外。然而，此噴泉效應主要並非肇因於曼陀珠內阿拉伯膠的存在，致使可樂飲料的表面張力減小。

## 可樂（汽水）和曼陀珠的成分

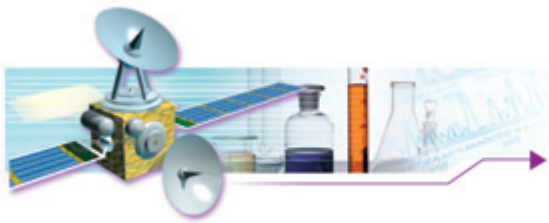
可樂或汽水的製備與生產，乃是利用亨利定律的原理。製備時，將二氧化碳溶入飲用水後，再添加糖類物質及不同口味的調味料，混和而製得。根據亨利定律，在定溫下，溶入水中之氣體的量，與水面上之氣體的分壓大小成正比。故調

製汽水時，一般以數個大氣壓的二氧化碳通入水中，使大量的二氧化碳氣體得以溶入水。罐裝完後的易開罐汽水，其水面上約有 2~3 大氣壓的二氧化碳。

曼陀珠(Mentos)原是荷蘭的一種糖果，在 1950 年代開始銷售，目前是由 Perfetti Van Melle 公司所生產。曼陀珠的主要成分包括蔗糖(sucrose)、葡萄糖、葡聚糖粒(dextrin)、凝膠、玉米粉、天然口味添加劑及阿拉伯膠。其中，阿拉伯膠是一種含有多醣類阿拉伯酸(arabic acid)及其鈣、鎂與鉀鹽之複雜的混合物。阿拉伯膠的存在，是造成曼陀珠具有柔軟且黏著口感的主要成分，在類似的糖果產品中，阿拉伯膠的成分可能高達 45 %。

## 阿拉伯膠的歷史

阿拉伯膠主要取材於生長在南亞與北非之 *A. arabica* 類的植物，本身是一種介面活性劑。事實上，在 4500 年前煤灰被製成墨水時，便已知道利用添加阿拉伯膠於墨水中，使煤灰微粒得以懸溶於水中，而不致在短時間內結塊，沉積於墨水瓶的底部。西元 1947~1956 年間，在巴勒斯坦死海旁庫姆(Qumram)的山丘中，發現製作於西元前約 300 年至西元前約 50 年的聖經古卷。深入的研究發現，當時書寫古卷所使用的墨水，便是藉著添加阿拉伯膠，讓朱砂（成分為硫化汞 HgS）微粒得以長期懸溶於水中，方便西元前數



## 生活中的科學

百年間的這些修士們手抄經卷。這裡值得順便一提的是，死海古卷的發現，止息了長久以來，人們對舊約聖經的經文，可能是後代人物依歷史事實杜撰的猜忌，這些猜忌乃是起因於舊約經文中諸多的預言，竟都在後世的歷史中，一一如實發生。死海古卷的發現，將現存於世的聖經手抄本年代，提前了約一千年，證實舊約經卷並非後世杜撰而成。

### 阿拉伯膠的迷思

阿拉伯膠既是一種介面活性劑，可以幫助化學性質（極性）相差甚大的煤灰與水互溶，便可能有助於非極性的二氧化碳溶於極性的水中。因此，利用阿拉伯膠來降低水的表面張力，使原本已溶解的二氧化碳，從可樂或汽水中釋出，並無法完整地解釋曼陀珠十數顆加入可樂時，會造成可樂噴出瓶口的現象。

如前所述，阿拉伯膠含有鈣、鎂、鉀的阿拉伯酸鹽，這些酸鹽具有弱鹼性。可樂飲料中因為溶有二氧化碳，其在水中生成碳酸，故可樂具有弱酸性。事實上，實驗發現可口可樂的 pH 值約為 2.5，黑松沙士約為 3.0，而雪碧約為 3.5。當具有鹼性的阿拉伯酸鹽溶入具有酸性的可樂或汽水飲料時，理論上兩者將發生酸鹼中和的反應，此反應會釋出熱量，使水溫上升。一般而言，若一瓶易開罐的可樂瓶在 4°C 時的瓶內壓力為 1.2 大氣壓，則其在 20°C 時的瓶內壓力將約為 2.5 大氣壓。因此，置入曼陀珠的可樂，其水溫若因酸鹼中和反應的進行而上升，則瓶內氣體的壓力，亦將隨之而升高。

欲使上述的酸鹼中和反應發生，必須先使足量的阿拉伯膠溶於水中，但事實上阿拉伯膠並不易溶於水。阿拉伯膠在乾燥前，可溶於水，但乾燥後，將成為柔軟的膠質物體，無法溶解於冷水或熱水中。若置於含有稀硫酸的水中，則阿拉伯

膠混合物內的多醣分子，會逐漸被分解為蔗糖，致使阿拉伯膠在稀硫酸溶液中，被逐漸分解而消失。阿拉伯膠不易溶於水的事實，不僅使上述的酸鹼中和反應，無法有效地在曼陀珠置入可樂瓶內的瞬間，造成可樂大量噴出瓶口，亦不太可能如網路流傳之解釋所言，在置入曼陀珠時，可樂中水的表面張力瞬間減小，而使其噴出。

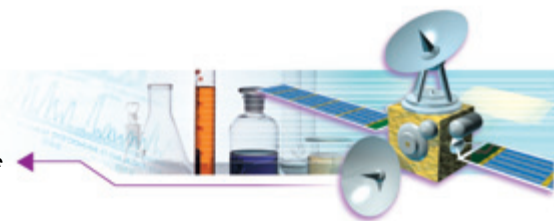
### 亨利定律與可樂噴泉

置入曼陀珠時，可樂噴出瓶口的現象，其實仍與亨利定律有關。可樂瓶打開後，可樂液面上的二氧化碳分壓，會從約 2~3 大氣壓驟然降低至大氣中的二氧化碳的分壓值（0.00033 大氣壓）。依據亨利定律，在定溫下，汽水飲料內可溶入之氣體的量，與此氣體的分壓成正比，故開瓶後，二氧化碳在可樂溶液內的溶入量（溶解度）將大為降低，亦即開瓶後的可樂溶液，將處於二氧化碳的過飽和狀態，溶液本身將極其不穩定。罐裝製備時原來已溶入可樂飲料中的二氧化碳，在開瓶後，將逐漸溶出，從瓶口逸逝，以致可樂開瓶數小時之後，將完全失去其美味，變成一瓶平淡無奇的糖水。

在干擾源的存在下，處於不穩定狀態的過飽和可樂溶液，將更容易回歸至穩定的平衡狀態。搖晃可樂瓶的動作，對開瓶後的可樂飲料而言，便是一種干擾源，因此搖晃可樂瓶時，可看到許多氣泡冒出可樂瓶口。

曼陀珠置入可樂瓶內的動作，亦是一種干擾源，會促使開瓶後之過飽和的二氧化碳溶液（可樂），回歸到較穩定的狀態，而釋出二氧化碳。但是，僅將一般固體顆粒置入可樂瓶中，並不是一個有效的干擾源，這可從玻璃球珠置入可樂瓶的試驗中得知，此試驗所產生之氣泡的量相當少，遠比沸石置入可樂瓶內所產生的氣泡還少。

如前所述，曼陀珠含有玉米粉、糖粒等微細



的粒子成分，造成曼陀珠顆粒的表面，在微觀世界裡極為粗糙。粗糙之固體表面的存在，常有助於反應的加速進行，就如同建築工地的鋼筋，在彎曲處最容易生鏽一樣，這主要是因為彎曲處的結構被嚴重破壞，使其表面較為粗糙所致。對開瓶後含有過飽和之二氧化碳的可樂飲料而言，粗糙的固體表面是極佳的干擾源。溶於飲料中之過量的二氧化碳，將在曼陀珠含有微細粒子的顆粒表面上，迅速溶出，產生二氧化碳氣體。另外，曼陀珠置入可樂瓶內時，其表面的玉米粉、糖粒等微小粒子，亦會脫離曼陀珠，進入可樂溶液中，這些微小粒子的表面，在微觀世界裡亦為粗糙，故可加速二氧化碳氣體的溶出。因此，在置入曼陀珠的短時間內，可樂瓶中將生成大量的二氧化碳，以致在瓶口造成噴泉現象。粗糙固體表面，會使過飽和的二氧化碳加速溶出的事實，可由沸石置入可樂瓶的實驗得到證實。沸石是一種不含阿拉伯膠的多孔性粒子，其置入可樂瓶內，卻會產生類似曼陀珠置入可樂瓶內的噴泉現象，

故微觀世界中粗糙的固體表面，應是促使開瓶後的可樂產生噴泉效果的主要原因，與曼陀珠或阿拉伯膠沒有直接關係。

### 曼陀珠在體內與可樂的作用

曼陀珠在口內咀嚼後，進入胃中，其成分中的微粒，將被一層食物液體所包覆，而降低微粒之粗糙表面的反應能力。另外，可樂飲料進入口腔及食道時，不僅因體溫使可樂溫度上升，且口腔與食道内壁的體液、食道的鱗狀上皮細胞、結締組織和黏膜肌層、以及口腔的吞嚥和食道的蠕動，都是處於過飽和狀態之二氧化碳飲料的干擾源，使二氧化碳逐漸由飲料中釋出，而有打嗝的現象。故可樂進入胃內與曼陀珠作用時，所產生之二氧化碳氣體的量，將遠不及影片中所顯示的噴泉效應，應該不會把腦袋沖掉的。當然，習慣暴飲大量可樂，並立即吞食多顆曼陀珠者，腦袋也該沖洗一番了。

