

放大你的味覺

若能藉由化合物增強食物的甜味和鹹味，減少糖與鹽的攝取，或許有助於對抗肥胖和心臟病。

撰文／溫納 (Melinda Wenner)

翻譯／金翠庭

人類生來就喜愛甜的、鹹的與有鮮味的食物，以獲得我們所需的能量、電解質和蛋白質。不過，在這個量產的時代中，食品充斥著糖和鹽，我們對口味的偏好卻會帶來肥胖、心臟病和第二型糖尿病，這些都是現今社會中最嚴重的健康問題。

如果有一些小小的化合物能欺騙我們的大腦，改變我們的飲食，又會如何呢？這就是「風味調控」(flavor modulation) 這項新的科學背後的理念 (編註：風味是指食物香氣與味道的整體感覺)。自從解開了味覺生物學上長久以來懸而未決的秘密後，科學家發展出便宜但有效的化合物，使食物比實際上嚐起來更甜、更鹹或更鮮美 (更濃郁)，製造商只要在食品中加入微量的這些調節物，便可減少糖、鹽和味精的用量，使產品變得更有益健康，而仍舊可滿足人們對味覺的需求。

位於美國聖地牙哥的 Senomyx 公司，在這項新技術上具有領導的地位，而且其他的大公司也紛紛響應。雀巢去年開始把 Senomyx 的口味調節劑加在他們的肉湯產品中，可口可樂和吉百利則預定在 2009 年開始使用 Senomyx 的化合物。

Senomyx 也設計了苦味抑制劑，可使不好吃的食物味道變好，如此一來，我們的營養來源就更廣了。舉例來說，如果他們能夠遮蔽住大豆蛋白質在口中的餘苦味，食品公司就可以更廣泛利用大豆蛋白質，也能讓更多人吃飽。這種抑制劑也可以使藥品的味道更好，而令人們更願意吃藥。

經由誘騙我們的味蕾，Senomyx 讓食品製造商以少量的廉價化合物取代大量的糖、鹽和其他成份，還可以省下許多錢。更重要的是，口味調節劑將大大改善我們的健康，讓味道好的東西，實際上對我們的身體也有好處。

重點提要

- 研究人員發現，能使食物的味道比實際更甜、更鹹或更鮮美的微小化合物，可以減少糖、鹽和味精的一般用量。
- 有許多這種味道增強劑，正在進行市售食品的測試。
- 如果食物變得更加可口，人們是否就會減少攝食熱量，仍然有待觀察。人們可能會因為與味道無關的理由，而吃下大量的甜食。

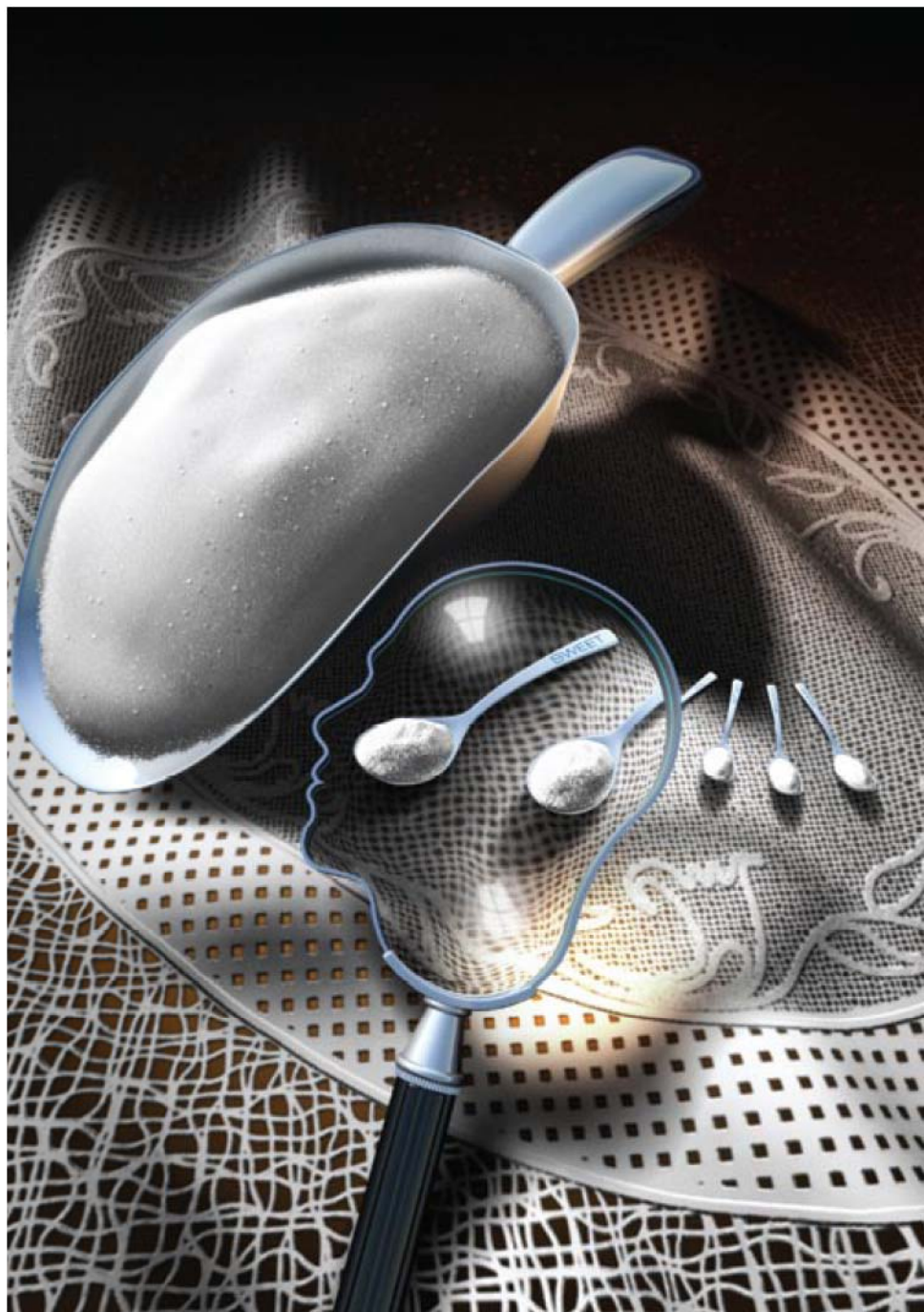
剖析味蕾

口味調節劑的探索始於1996年，當時任教於美國加州大學聖地牙哥分校（UCSD）的生物學教授朱克（Charles Zuker）發現，味覺生物學上廣為人知的文獻說法可能是錯的。人類有五種味覺：甜、鹹、苦、酸和鮮味（日文為「旨」，意思是「鮮美的味道」），而後來的研究顯示，是整片舌頭和嘴裡的味蕾內含有的一小群細胞，使每個味蕾可以偵測到所有的味道。朱克同意這個研究結果，但是卻無法接受味蕾中每個味覺細胞都能辨別出五種味道的想法。

朱克認為，由一個細胞同時負責偵測有益的東西如糖，和有害的東西如毒藥（苦的），在演化上並不合理。許多感覺細胞可以辨別相反的刺激，但是我們每一個感覺區中，同時還存在了一些主要只對一種刺激有反應的細胞，例如只會對某一個溫度範圍有反應的皮膚細胞。朱克不能接受單一味覺細胞就可以引起截然不同行為的概念，他回憶說：「就像是喜歡和討厭，或是生與死，是完全不相容的。」相反的，他認為味蕾中應該有偵測甜味的細胞、鹹味的細胞、苦味的細胞，以及其他細胞。

如果味覺細胞具有專一性，就更容易被修飾，也因而可能對食品業產生很大的影響。朱克認為，味覺細胞的外膜上應該具有特定的感應蛋白質，或稱做「受體」，鹹味受體所對應的是鹽分子，而不是甜或苦的分子，然而他並沒有證據可以證明他的理論。

第一步，朱克必須將真正的味道受體分離出來，這可是件從來沒有人做過的事。他和UCSD的同事從實驗小鼠的舌頭中取出味覺細胞，並比較每一個細胞中表現出來的基因（蛋白質是根據基因上的編碼而來）。終於，他們發現了之前未曾被發現



的兩個蛋白質基因。朱克由它們的結構得知，這兩個蛋白質位於細胞表面，並且可能有受體的功能，他將它們命名為T1R1和T1R2。

但是，當朱克嘗試去了解這兩個蛋白質的作用時，卻遇上了阻礙。這兩個蛋白質中沒有任何一個可以獨自做為完整的味覺受體，朱克想起小鼠對甜的食物有不同的偏好，有些小鼠幾乎完全不喜歡甜食，過去的研究顯示，這種對甜味無動於衷的小鼠有著遺傳缺陷，朱克研究了這些小鼠，果然找到了另一個可能的受體，T1R3蛋白質的基因，確實就是造成不愛甜食小鼠

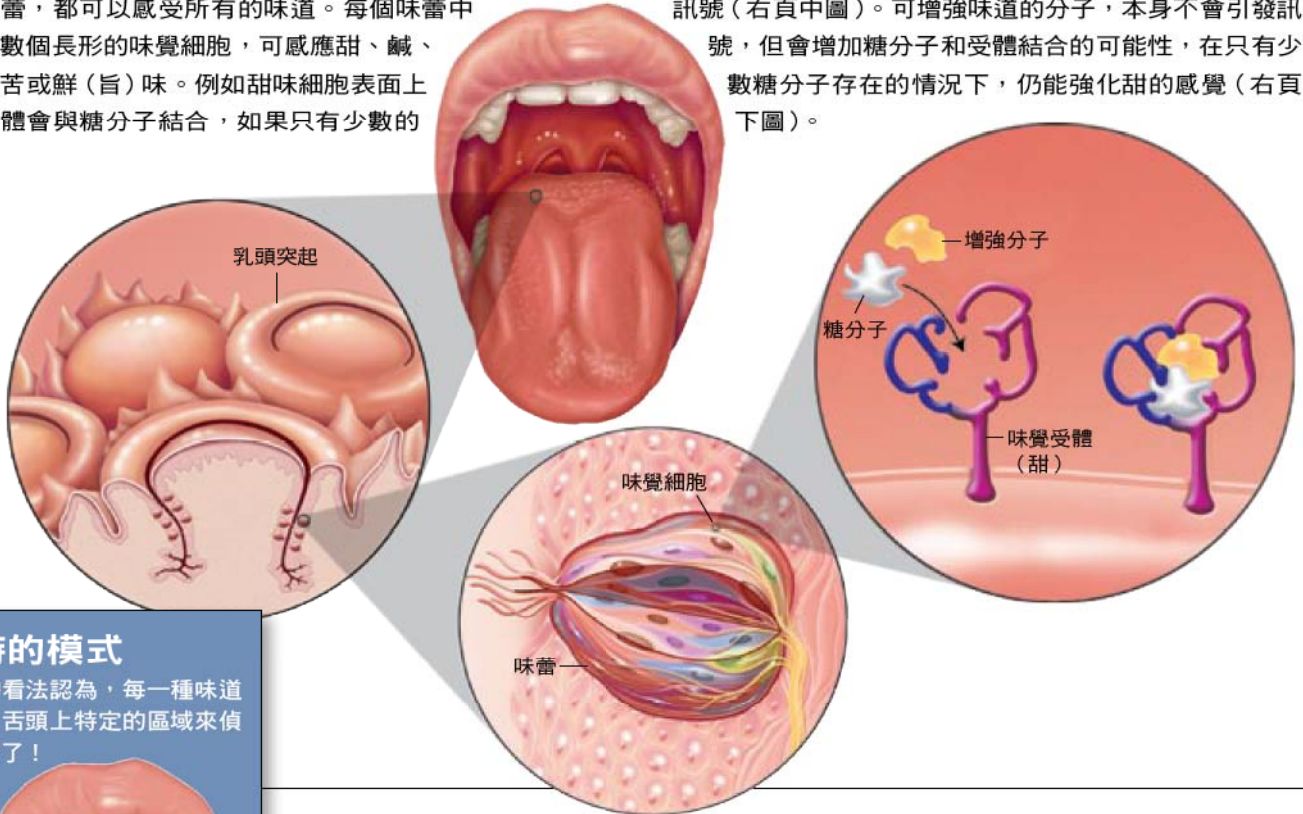
難以捉摸的「旨」

日語中以「旨」字來指稱「鮮」或「美味」，雖然鮮味在一個世紀前就被發現，但接受它成為舌頭可辨別第五個基本味覺，仍然備受爭議。鮮味通常適用於肉類、乳酪、肉湯和其他富含蛋白質的食物中，用來形容它們濃郁的性質。這種感覺可能較鹹味或甜味還微妙，但研究人員仍認為它是單一味覺，而不是其他任何基本味覺的組合。

增加甜味、不增加熱量

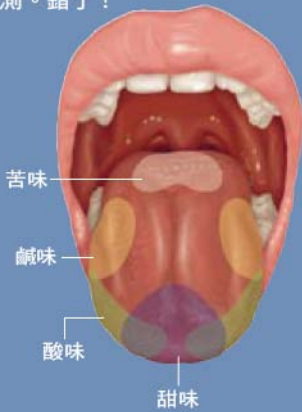
最新的味覺模式與傳統（左下角）不同的是，舌頭上並非由某個區域負責偵測某種味道，而是每一個乳頭突起中的味蕾，都可以感受所有的味道。每個味蕾中含有數個長形的味覺細胞，可感應甜、鹹、酸、苦或鮮（旨）味。例如甜味細胞表面上的受體會與糖分子結合，如果只有少數的

糖與之結合，味蕾就向大腦發出微弱的訊號（右頁上圖）；如果有更多糖與受體形成更多結合，就會造成更強的甜味訊號（右頁中圖）。可增強味道的分子，本身不會引發訊號，但會增加糖分子和受體結合的可能性，在只有少數糖分子存在的狀況下，仍能強化甜的感覺（右頁下圖）。



過時的模式

過去的看法認為，每一種味道都是由舌頭上特定的區域來偵測。錯了！



和正常小鼠之間差異的基因。當他將一份功能正常的相關基因送入有遺傳缺陷小鼠的味覺細胞後，小鼠就開始喜歡吃糖了。

經過了其他的幾個實驗之後，朱克和同事發現了甜味和鮮味受體的結構與功能。每個味覺受體都是由兩個部份所組成，甜味受體由T1R2和T1R3構成，鹹味受體則是由T1R1和T1R3組成。不久以後，朱克也找出了苦味的受體單元（總共有25個），以及負責偵測酸味的受體。在所有的例子裡，每一個味覺細胞都只帶有一種味道的受體。

朱克知道，他的發現除了替基本生物學提供了更深入的知識外，還將使科學家能設計出像是可以與甜味受體或鹹味受體相互作用的化合物，由此來影響對特定味道的感受。他表示：「當有了可以試驗性地去調控味覺系統運作的基本工具後，我們

覺得也許可以有一番作為。」於是朱克和一些夥伴在1998年成立了一家公司，即Senomyx的前身。

篩選新風味

過去，食品公司以人工一一試吃的試誤法，來尋找新的風味化合物，這樣的過程相當冗長，一年內最多只可以測試數千個化合物。

但若是利用朱克的味覺受體結構，便有可能快速找出新的口味調節劑。朱克率先使用製藥公司在篩選新藥時所使用的塑膠陣列，在滿佈其上的微小容器中各裝入一種味道受體，而製作成含有數千個人工「味覺細胞」。然後，他將數千種可能的口味調節化合物送進這些大量且快速的「口味測試機器人」，看哪些會與對應的細胞發生作用。

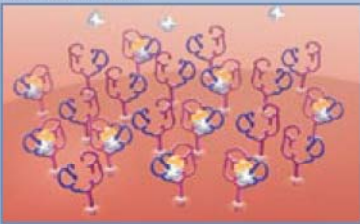
糖分子少，甜味薄弱



糖分子多，甜味強烈



少許糖分子，並加入甜味增強劑，就會有強烈的甜味



味覺的新發現，讓科學家可以設計調控味覺訊號的化合物，進而影響對味道的感受。

進行安全認證。FEMA是由風味製造商、原料供應商和其他有關團體所組成，他們的「一般安全認證」(GRAS)程序是在1960年由美國食品及藥物管理局(FDA)所建立，用以監督少量使用的風味化合物的安全性。因為使用量非常少，這些化合物不需要經過FDA對食品「添加物」所要求的更嚴格安全檢驗。當Senomyx提交了關於新化合物的資料後，由獨立科學家組成的小組將根據其化學性質，來決定使用上的安全性。

雖然整個許可過程需要兩年，仍然有人批評這個程序的效果。美國公眾利益科學中心的執行長賈可布森(Michael Jacobson)形容GRAS的過程：「就像是請狐狸來守雞舍一般。」但是他承認「風味添加物通常是使用量很少而無害的化學成份」，從未發生過安全上的問題。

甘甜又健康

Senomyx的首要工作是研發更優良的甜味劑。目前低熱量的代糖，例如阿斯巴甜、三氯蔗糖和糖精，往往在所需的高濃度下會出現餘苦味。位於美國費城的莫耐爾化學感官中心的主任波尚(Gary Beauchamp)說：「從感官的角度來看，它們並不理想。」舉例來說，低卡汽水從來沒有像真的汽水一樣好喝，就是因為餘苦味改變了大腦的認知。如果食品公司可以使用較少的代糖，苦味的訊號傳遞就不會被活化(據說Coke Zero的口味優於健怡可樂，就是使用了總量較少的混合甜味劑；而較低的用量，可以避免活化苦味受體)。

既然有能力測試多種化合物，朱克發現Senomyx可找出本身沒有味道、但可與糖和甜味受體作用，來加強味覺的分子。他說：「我們想，天哪，如果我們找到了受體，也許可以發現一些聰明的方法，使得

Senomyx現今擁有一座由50萬個合成和天然化合物所組成的分子庫，該公司的科技長左勒(Mark Zoller)說：「我們可以從成千上萬種化合物和成份中，進行大海撈針的工作。」一旦確定出與味覺細胞的作用有專一性的複合物之後，工作人員會以篩選的方式，進一步改善它的物理性質。有些化合物可能需要溶解在液體中，或是需要在加溫後也能保持功效，許多化合物則必須在加入食品中幾個月後仍然保持安定。Senomyx發展出許多方法來測試這些特點，副總裁羅森柏格(Gwen Rosenberg)說：「我們可以把新的樣品實際放入穀片中，看看它表現得怎樣，以及口味如何。」

該公司會為有希望的化合物申請專利，並將相關資料送往位在華盛頓特區的「風味和萃取物製造商協會」(FEMA)，著手

冷和油膩

除了調控五種基本的味道外，Senomyx的研究人員也在研發類似薄荷腦的化合物，可以讓舌頭覺得「冷」。他們也正在探索「油膩」和「乳脂」的感覺。副總裁羅森柏格說：「這是真正全新的科學，以前從來沒有人做過這樣的事，這也是部份令人感到興奮的地方。」

就算只減少 一點點糖與食鹽的 攝入，對健康 和生活品質都可能 產生重大影響。

一點點糖嚐起來就像很多一樣。」

Senomyx的研究人員篩選了20萬種化合物後，發現一個令三氯蔗糖甜味增強四倍的分子，這個調節物最近通過了風味協會的審理過程，可望於2009年初加入食品中，估計目前有5000種零售食品使用了三氯蔗糖，因此潛在市場非常大。Senomyx也發現了糖的增強劑，可以使蔗糖的甜味增加兩倍以上。如此一來，Senomyx可以在確保口味不變的前提下，降低食品的熱量；而低卡食品也可以比現在市面上的還好吃。

同樣地，Senomyx的第一個鮮味增強劑也已經用於雀巢的一些產品中，它可使食物吃起來味道更強，這是例如肉類、乳酪以及調味過的洋芋片等富含蛋白質的食物都具有的共同特質。現在無需加入大量味精，就可以達到一樣的效果。

去苦少鹽更可口

Senomyx也在發展苦味抑制劑，可用來增加大豆蛋白質的用途，以及去除可可豆的餘苦味，讓製造商減少在可可製品內添加的糖。這種抑制劑也可幫助某些製藥公司正在試圖發展的「製藥作物」，譬如含有B型肝炎或其他疾病的口服疫苗的稻米和大豆，這些作物可以種植在不易獲得疫苗接種的發展中國家，但若其中的藥物成份使這些作物味道不佳，當地人民是不會吃的，抑制劑將能使這些作物變得可口，當然，它也不能太貴。

另一家位於美國紐澤西州悠英市的Redpoint Bio公司，則是使用稍微不同的方法研發苦味抑制劑。不同於尋找會影響味覺細胞表面受體的化合物，該公司正在搜尋會與味覺細胞內訊息途徑產生作用的化合物，一種稱為TRPM5的常見離子通道就是目標之一，Redpoint Bio正在尋找可以阻止或活化它的化合物。該公司與可

口可樂和瑞士奇華頓風味香精公司合作，並預期使用其化合物的食品將在兩年內出現在商店的貨架上。

鹽是另一個重要目標，因為它和心血管疾病相關。今年Senomyx發現了負責鹹味的主要受體：一個跨越味覺細胞的細胞膜，可以讓鈉和氫離子進入細胞內的孔徑或通道，與這個通道起作用的化合物，可能會提高鹽的效果。朱克現在留任UCSD並身兼Senomyx的科學顧問，他表示，就算只減少一點點食鹽的攝入，「對健康和生活品質都可能有重大影響。」他推論說，如果改變人們的飲食習慣很困難，那麼以改變人們的味覺來取代，就很合理了。未來幾年起，消費者可能會發現自己吃的食物中所含的熱量和鹽份，只有過去吃的一小部份，卻不會注意到口味上有什麼差別。

不過，當食品變得更可口和更健康時，人們是否真的會因此攝取更少的熱量，仍有待觀察。莫耐爾中心的波尚表示：「這是一個困難的問題，很有爭議性。」人們可能會因為與味道無關的理由，而吃下大量的甜食。莫耐爾中心已經從Senomyx獲得一些資金，正在研究為何人們對食物和味道有不同的喜好，味道如何影響消化、代謝和食慾，以及身體如何控制飲食行為。舉例來說，初步的調查結果顯示，我們的口味偏好基本上是在三個月大時就定型了，而且母親在懷孕和哺乳期間的膳食會影響下一代所喜好的食物。至於對味道的喜好和飽足之間的關聯，目前尚不清楚，Senomyx的羅森柏格也承認：「飽足是一個複雜的問題，還需要更多的研究。」

SA

溫納 常駐美國紐約市的科學家

金翠庭 陽明大學微生物免疫所碩士、美國肯塔基大學藥學博士，現於密西根大學生理學系進行博士後研究的工作。

延伸閱讀

Taste Perception: Cracking the Code. Jane Bradbury in *PLoS Biology*, Vol. 2, No. 3, pages 0295–0297, March 16, 2004.

The Search for Sweet: Building a Better Sugar Substitute. Burkhard Bilger in *New Yorker*, page 40, May 22, 2006.

The Receptors and Cells for Mammalian Taste. Jayaram Chandrashekar, Mark A. Hoon, Nicholas J. P. Ryba and Charles S. Zuker in *Nature*, Vol. 444, pages 288–294, November 16, 2006.