

國際 深度 人類世

既想吃肉又想環保：科技能改變肉食工業嗎？

科學家、學者和農戶正在試圖通過一系列方式為肉食產業減排，但我們真能吃到「零碳牛柳」或「碳中和羊肉串」嗎？



2023年3月28日，荷蘭阿姆斯特丹的一家養殖肉類公司創建的Nemo科學博物館，展出一顆由長毛象培育出來的巨大肉丸。攝：Piroshka van de Wouw/Reuters/達志影像

2023-06-01

人類世

在長久以來試圖與自然共存後，人類活動撼動了大自然的過程，從早期的農業革命到工業革命的爆發，再到現代的全球化和信息時代，每個時代都對地球造成了獨特且深遠的影響。有學者給了這個地質年代一個極富爭議的稱號：「人類世」。人類作為相對年輕的物種主導了環境變化，但即便有些人認為人類與別不同，我們從來沒有脫離過我們的「物種起源」；自然的故事，仍然是人的故事。在端的新欄目裡，「人類世」是一個觀察、評論、報道的視角，在面對海平面上升、物種大規模滅絕，氣候變化危機的21世紀，我們在這裡重新思考我們與地球和其他物種的關係，以及未來的千萬種可能。請按此訂閱「[人類世](#)」欄目。

一個陽光明媚的英國春日，我跟著英國羊農羅拔（Rob Hodgkins）巡視他的農場。一群群體態肥壯的羊懶洋洋地曬著太陽，剛出生的羊羔緊緊地跟在母親身後。牠們愛盯著人看，一發現我靠近拔腿就跑。

羅拔的農場位於赫特福德郡（Hertfordshire），有2300頭綿羊，每年為Tesco（樂購超市）供應七萬噸左右的羊肉。他與他的妻子喬（Jo）正在幹一件其他英國羊農從沒幹過的事情：他們準備培育一批天生的「環保低排放」綿羊。

「我覺得五到十年以後，『低排放羊肉』會大有市場。」43歲的他邊開著破舊的小型平板貨運車邊對我說。

坑坑窪窪的泥路時不時將五人座的車震得哐哐響。每每卡車上下顛簸，羅拔六歲的兒子喬治就會坐在後排朝我淘氣地笑笑，貨車後方、被關在籠子裡的兩條邊境牧羊犬楠和山姆則開始狂吠。

羅拔希望通過他自己的嘗試證明，畜牧業從業者並不「只會創造問題」，他們也可以成為「生產可持續性食品的解決方案之一」。

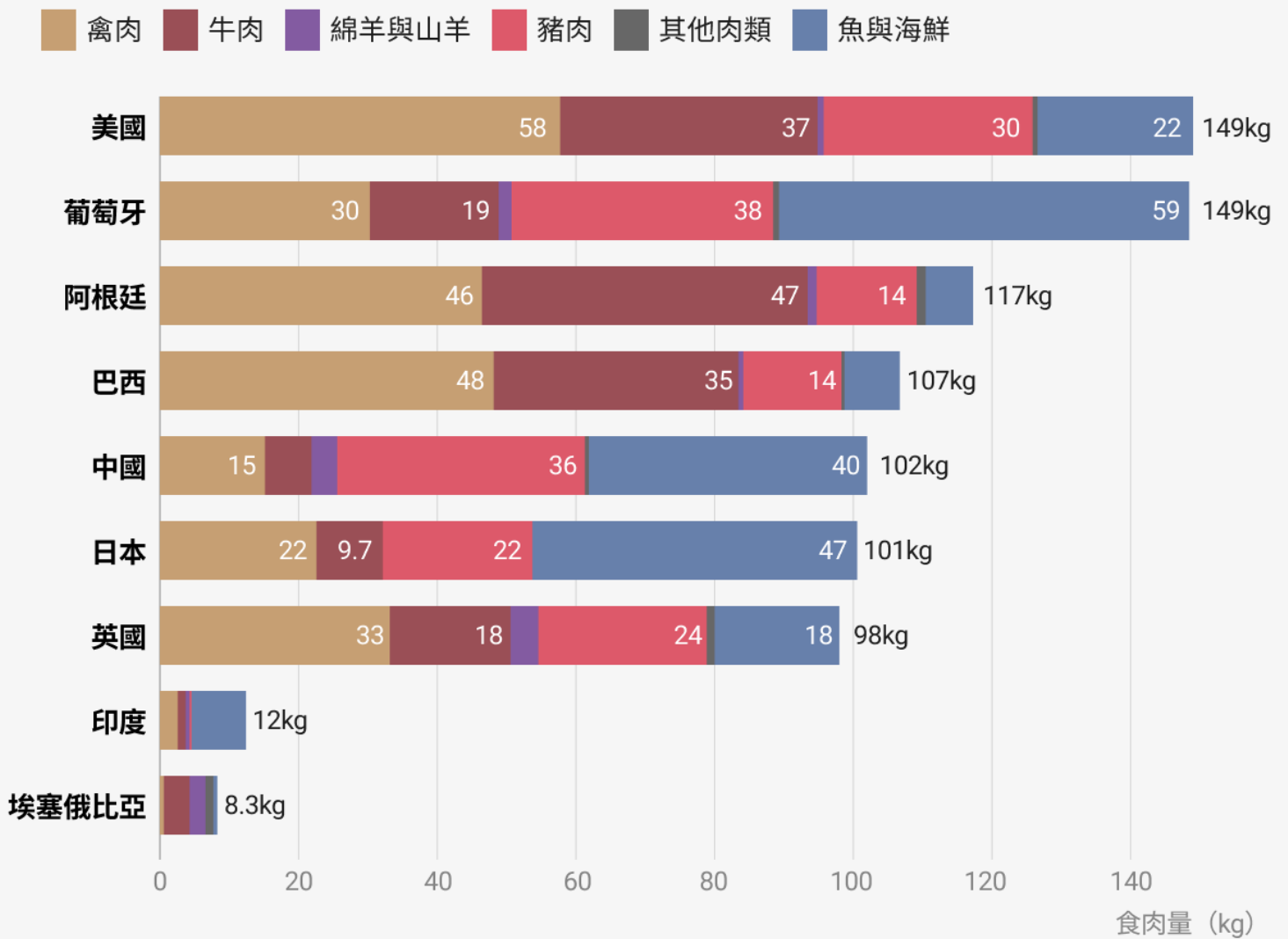
近年，隨著全球對肉類產品的需求量連年增加，大型畜牧業與肉食工業漸成氣候變化領域的眾矢之的，其產生的溫室氣體排放量也越來越受到重視。「食素救地球」等口號日漸興起，純素主義運動在全球各地擴散開來。

但人類是否真的需要放棄吃肉？有沒有可能既吃肉又環保？科技的創新與全新的養殖實驗又是否可以幫助我們在「吃肉」和“綠色”上實現共贏？

「顯然，這並不能解決所有問題，但是如果我們能夠在不損失產量的前提下、相對快速與便宜地減掉15%的（來自綿羊的）甲烷排放，這也許是一個起步。」羅拔說。

2020年各國人均食肉量對比圖

2020年各國人均食肉量對比圖



註：資料指代「可供食用」的肉類，可能有計算被浪費的食物。實際消費量可能較低。

資料來源：聯合國糧農組織

當農民面對減排壓力

人類飼養牛羊、食用它們的肉類的傳統已有上萬年，是什麼讓牛羊突然成為了「氣候殺手」？一個主要原因是大型畜牧業的興起。隨著全球人口的增加與消費主義與速食文化的快速綿延，人類對肉食的需求迅速膨脹。在部分國家與地區，經濟的增長也意味著，人們以隨時隨地能吃肉作為衡量自己生活水準提高的標準之一。於是，越來越多的牛羊雞豬被飼養，越來越多的森林被砍伐，以騰出土地來種植它們的飼料或放養它們。

目前，全球四分之一的土地被用來飼養動物，其中牛羊等放養動物所佔的空間最大。為在2050年實現淨零排放，不少西方國家已經計劃向農民發出減排指標，越來越多的農民直接感受到了壓力。



2023年5月30日，瑞士梅克倫一個農場，農夫餵食養殖中的牛隻。攝：Jens Büttner/picture alliance via Getty Images

比如，愛爾蘭在去年夏天提出，希望該國的農民在2030年前削減自身四分之一的溫室氣體排放量。幾乎同時，加拿大的農民面對的政府草案是在未來八年裡，將他們使用的化肥所產生的排放量按2020年的水平削減30%（不少化肥在製作的過程中會使用到化石燃料）。

每每有這樣的提案發出，當地的農民都會因此發出擔憂甚至憤怒的情緒。既要保證農業產量，又要實現減排要求，農業從業者時常感到力不從心。彭博社（Bloomberg）的報道中，有荷蘭牛農就指，如果荷蘭政府強力推行要求農業2030年前削減一半氮排放量的計畫，他已經經營了五代的家族農場，可能就會和幾千個荷蘭農場一樣，要麼縮減規模，要麼關門大吉。

同樣不甘的還有紐西蘭的牛農和羊農。去年，這個以綿羊著稱的南半球島國成為世界上首個計畫向牛羊打嗝「徵稅」的國家。據估計，這個措施可在2050年、將紐西蘭畜牧業的甲烷排放減少47%。這使不少紐西蘭農民對自己的飯碗產生了擔憂，因為他們中的不少人只有通過減少所飼養的牛羊的數量才能滿足政府的要求，但這樣一來他們也削弱了自己的商業競爭力。

在英國羊農羅拔眼裡，除了政府給出硬性的指標，市場也會向如他這樣的農民提出越來越高的減排要求。羅拔對我說，無論是消費者還是大型超市，都會在不久的將來對「低碳」與「環保」肉類產生需求，作為供應商，他也會被要求計算與削減自己農場的排放量。

比如，他所供貨的Tesco超市已經承諾在2035年實現自身經營範圍內的碳中和，並在2050年實現其供應鏈與所有產品的碳中和。也就是說，三十年後，或許只有像類似「零碳羊排」這樣的產品才能在超市上架。而目前還無法確認，為實現零碳目標而所需的額外支出是否需要農民自身承擔。



2018年8月14日，蘇格蘭萊爾格拍賣會上，買家觀看養殖場些的綿羊大拍賣。攝：Jeff J Mitchell/Getty Images

天生的「環保羊」

羅拔坦言，他嘗試培育「環保低排放」綿羊的根本目的也是為了讓自己的農場在未來能獲得商業上的穩定與盈利。然而，達到環保食肉族彼岸的道路卻是漫長的，特別是對於獨立農場而言。羅拔告訴我，由於綿羊一年只生一胎、一胎最多兩隻，要真正使他的項目取得減排的進展，至少需要五到十年的時間。

不過，「實驗已經證實，低甲烷是一個可在綿羊中遺傳的特質」，羅拔說。他對自己嘗試期望甚殷，因為紐西蘭的科學家花了15年的時間，研制了一套尋找並拉奪于片低排放羊的技術，而羅拔的綿羊就具有紐西

紐西蘭的科學家花了10年的時間，研製了一種可以防止羊隻產生甲烷的技術，而紐西蘭的綿羊共有紐西蘭羅姆尼羊的基因。

紐西蘭的低排放綿羊項目由紐西蘭皇家研究機構之一——AgResearch農業科學院主導。科學院對全國上下兩萬多頭綿羊進行了排放值測試，並在羊群之間進行定向交配。定向交配就是指將低排放羊與低排放羊交配，高排放羊與高排放羊交配。實驗發現，在三代之後，排放值最低的培育後代比排放值最高的培育後代在消化每公斤飼料時，少排放近13%的甲烷。

該專案的首席科學家蘇珊博士（Suzanne Rowe）表示，低排放綿羊項目對全球畜牧業的未來發展具有指導意義，因為它讓人們看到肉食產業在低碳經濟中也能佔一席之地。她指出，雖然少食肉或改吃素在全球在某些消費群體中漸成趨勢，但整體而言，人類對蛋白質的需求仍在上升，所以肉類與奶類產品的生產「至關重要」。正因如此，為畜牧業工作的每個人都有職責「儘量用最可持續的方式」進行生產，使吃肉與環保的共存成為可能。

羅拔在他位於英國哈特福德郡的農場踏出了他尋找「低排放」羊的第一步。在來自蘇格蘭農業學院（Scotland's Rural College）的專家的幫助下，他將從農場裡選出了120隻綿羊，逐隻放入從紐西蘭進口的12個特製測量儀器裡。



2022年6月14日，新西蘭奧克蘭的一個農場，羊群中有一隻小牛。攝：Fiona Goodall/Getty Images

每頭綿羊會在這個「呼吸排放採集箱」裡待上50分鐘，蘇格蘭農業學院的專家會在它們進入採集箱前與離開後分別記錄三個資料：箱中二氧化碳、氧氣和甲烷值。同樣的試驗，兩周後會重複一次。通過兩次採集，專家們就可以計算出每頭羊每天的甲烷排放值。

之後，羅拔會將這些資料與紐西蘭方的科學家進行分享，以確認這120頭綿羊中是否有甲烷排放值偏低的羊，並以它們作為該交配專案的種羊。他的夢想是可以培育出一個或幾個天生低排放的羊家族。

給牛餵海苔

與羊比起來，牛的甲烷排放量要高得多，原因主要是牛的體型更為龐大，吃得更多。據統計，來自牛類的甲烷排放每年約為20億噸二氧化碳當量，佔全球溫室氣體排放總量的4%。好消息是，科學家針對牛類減排的嘗試起步更早，種類也從疫苗到飼料添加劑，多種多樣。

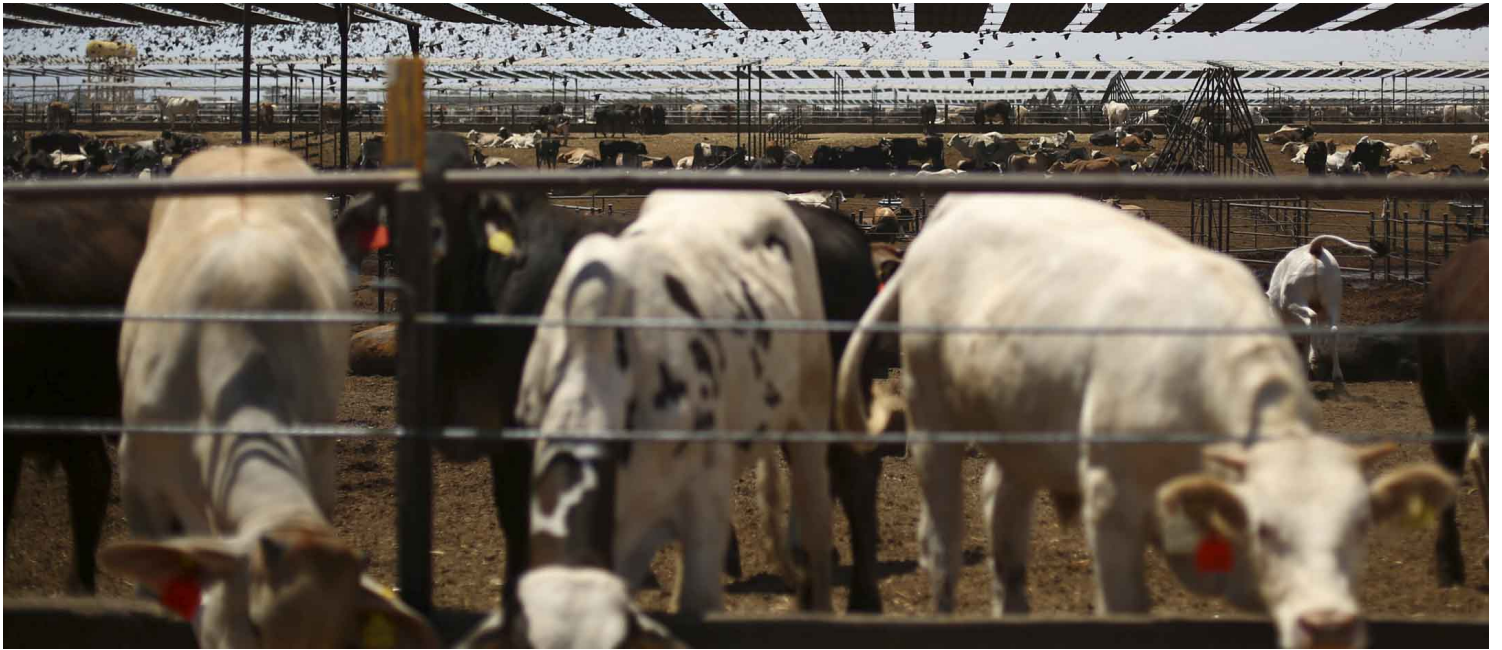
比如，美國的一個動物科學團隊發現，在牛的飼料里加上一種獨特的海藻——紫杉狀海門冬，可以大幅削減牛嗝中的甲烷濃度。

動物科學家克卜艾布（Ermias Kebreab）是加利福尼亞大學大衛斯分校的教授，也是該團隊的主要負責人。在2021年的一次TED講座上，他解釋了這個實驗的過程。

他們在給乳牛的25公斤飼料裡添加了60至250克不等的海藻，測量的結果是，這群乳牛的甲烷排放下降了67%。由於甲烷下降的幅度非常大，克卜艾布教授一開始懷疑科研設備是不是「出了故障」。在之後五個月的長期試驗中，該團隊用了試驗之前三年採集的海藻，結果發現乳牛嗝出的甲烷濃度降幅高達82%。

克卜艾布教授和他的學生布萊納（Breanna Roque）對試驗的結果都非常興奮，因為它預示著全球的肉食產業有希望能變得更環保。克卜艾布教授將該發現稱為「有益於環境、農民和消費者的三贏」。布萊納則認為，它可以「幫助農民用可持續的方式生產全球所需的牛肉和牛乳製品」。





2017年3月31日，墨西哥米卻肯州的一間肉類加工廠，經過認證的肉牛於飼養圍欄中進食。攝：Edgard Garrido/Reuters/達志影像

然而，克卜艾布教授也坦言，大量養殖紫杉狀海門冬「並非易事，但已有公司開始嘗試」。一個名為Blue Ocean Barns的公司已經在夏威夷專門種植紫杉狀海門冬。該公司預計，到2030年，其產量可以滿足美國所有的牛類，」克卜艾布教授在演講中解釋道。

針對該研究，我特意聯繫了克卜艾布教授。在科研的助力下，克卜艾布教授對畜牧業的減排前景保持樂觀，因為不同的人正在做不同的嘗試，「但這個行業究竟是否能達成碳中和，在一定程度上，這取決於飼料添加劑是否有效。」

克卜艾布教授對吃肉與環保是否矛盾這一問題的看法是，只要人們根據自己的需求合理食肉，「那就沒有關係。」

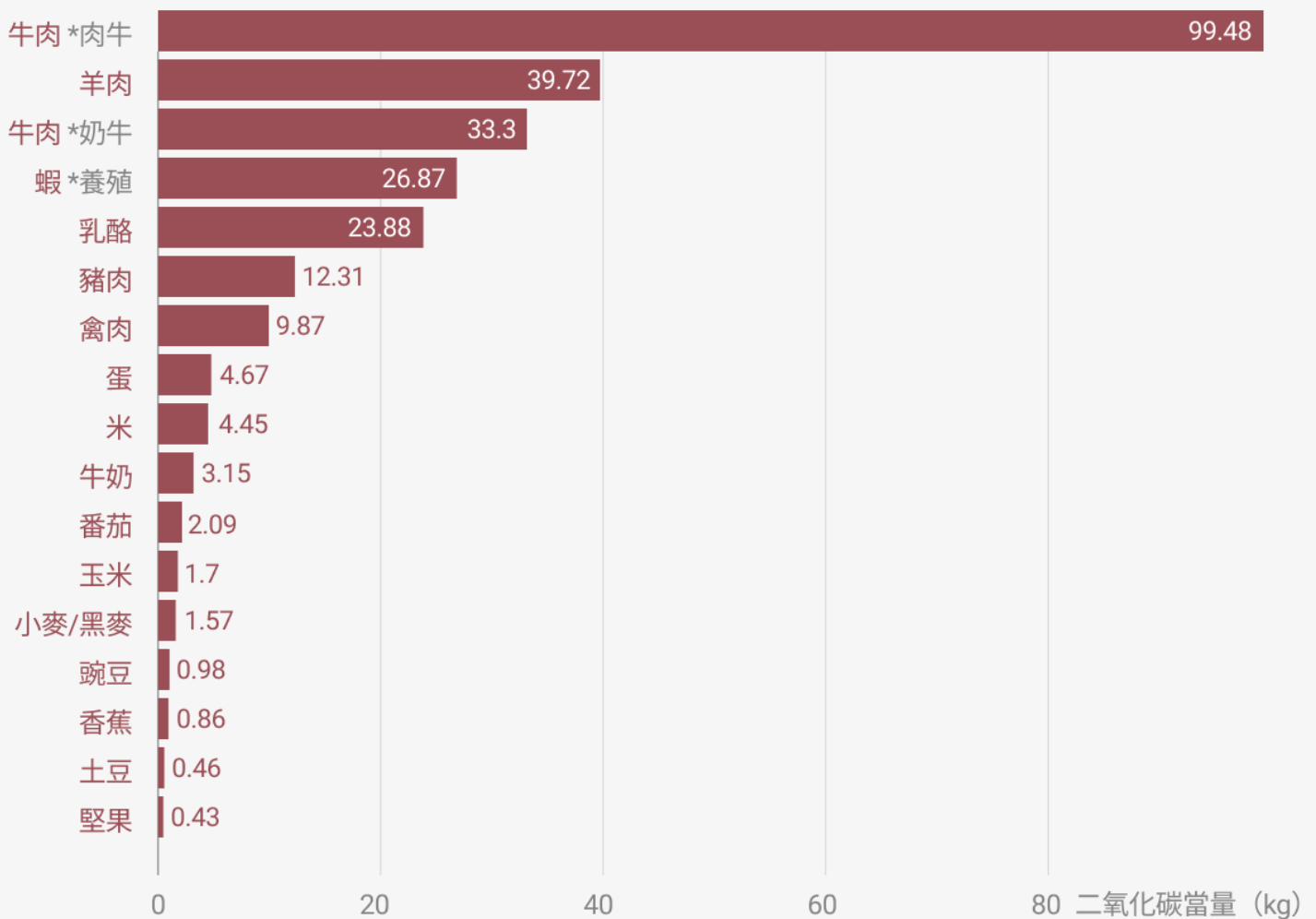
在東非國家厄立特里亞（Eritrea）長大的他特別指出，以環保與氣候的原因指摘人們吃肉，這樣的說法對發展中國家不合理，也欠公平。

「當人們有了更多的可支配收入，他們會想吃得更好，比如，吃更多的肉、喝更多的牛奶等。所以我們必須認識到這一點，並盡量想辦法。」

人類日常食物的溫室氣體排放對比

排放單位為二氧化碳當量。

表示非二氧化碳氣體以其100年限的制熱效應計算權重。



資料來源：Joseph Poore and Thomas Nemecek (2018) , OurWorldinData.org/
environmental-impacts-of-food



端傳媒

Initium Media

在實驗室裡「培植」的豬柳

在英格蘭東北部城市紐卡素，一群科學家正在盡情享受“饕餮”一刻。他們圍著一塊被煎得滋滋作響的豬柳，其中一位用刀將肉切成很小的幾塊，其他幾位立刻拿起叉子將切塊的豬柳放入嘴中，很是享受地細嚼慢嚥。

他們在試吃的是被譽為「全球第一塊百分之百由實驗室培植出來的豬柳」。「饕客」之一——紐卡素大學的組織工程學教授康農（Che Connon）評價道：「味道好極了，就和傳統的豬柳一模一樣。」

康農教授兼任科技公司3DBT的首席執行官。他和3DBT的其他員工不僅是這塊人工培植豬柳的試吃者，也是它的研發者。在花費了多年的時間研究此項先鋒科技之後，該團隊花了一個左右左右的時間在實驗室裡「培植」出了這塊長九釐米、寬四釐米、厚一釐米的肉塊，但被他們花了幾秒鐘就吃掉了。

「對食品行業而言，這是一次巨大的、改變遊戲規則的創新。」康農教授對英國ITV電視臺說道。「我們沒有用任何其他的填充物、蛋白或植物蛋白來為肉提供結構，這與至今為止的其他培植肉類都不同。」

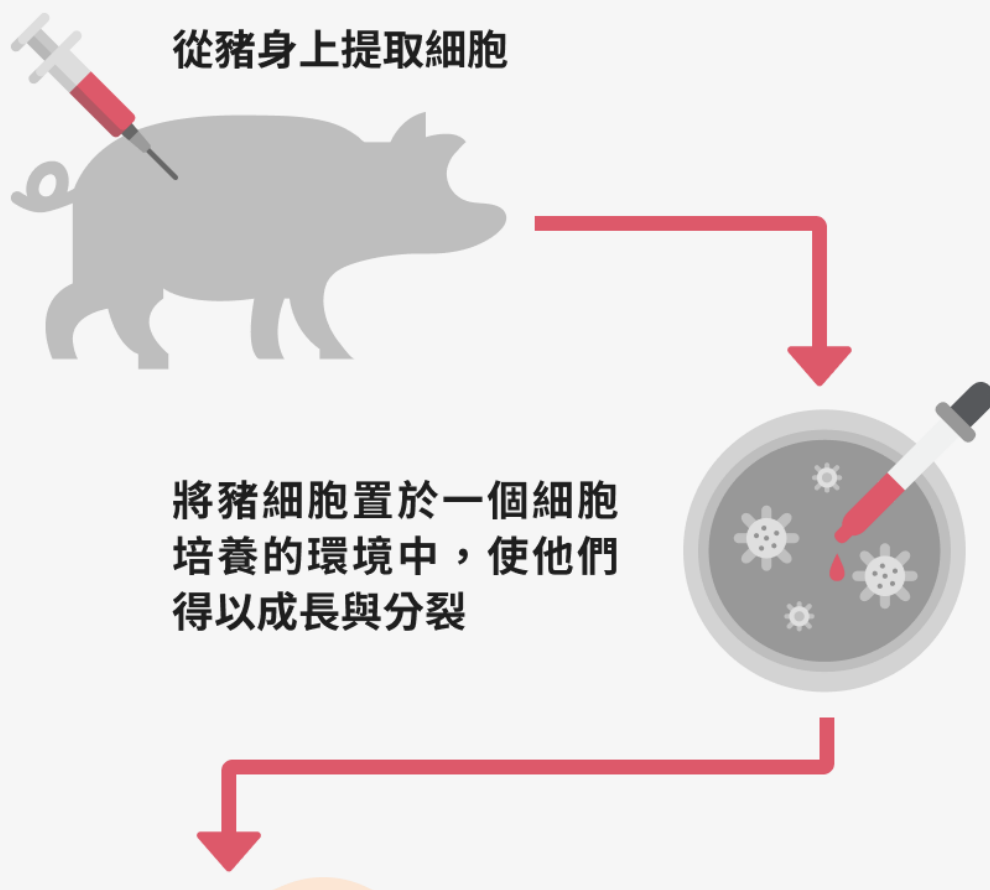
康農教授和3DBT的首席科技官雷卡多（Ricardo Gouveia）表示，他們培育的肉在未烹飪時，在外觀和觸覺上都和傳統的生豬肉非常相似，但沒有任何氣味。

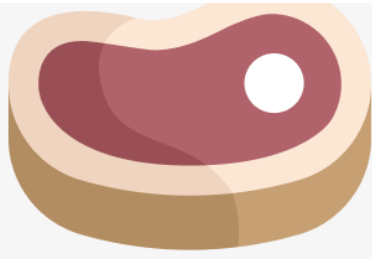
「在煎鍋裡，和傳統的高品質的豬肉一樣，這塊豬柳縮了一點。它很容易煎熟，且表面上也有典型的微焦與香脆的質感，」他們說。

該團隊還表示，他們的研發成果可以幫助人類真正達到既吃肉又環保的可能。雷卡多對ITV說，該公司的技術可以幫助人類「用更便宜的價格、以可持續的方式，為大眾市場大量生產肉類。」

實驗室培育肉（cultivated meat）並不是一個新概念。與另一個日漸興盛的概念——以植物原料模仿各類肉點的仿製肉不同，實驗室培育肉通過採集與培植動物體內的細胞，獲得與傳統的肉類相似的實驗室產品。從食物的本質而言，它是肉。

3DBT的豬柳是如何培植的？





科學家用公司專有的肉類結構化技術，與其擁有專利技術的細胞培養液，將細胞變為有結構的肉



端傳媒
Initium Media

資料來源：端傳媒綜合整理

為了爭奪這個新興市場，全球已有大大小小不同的公司開始研發並推廣實驗室培育的牛肉與雞肉，投資者也不乏蓋茨（Bill Gates）、布蘭森（Richard Branson）和影星迪卡比奧（Leonardo DiCaprio）等名人。

培育肉的支持者認為，這種科技巧妙地化解了傳統肉食產業的環境污染、溫室氣體排放和動物權益等各種問題（它的整個過程不涉及傷害或屠宰動物）。但同時，它又可以滿足人類對肉類的渴望。更有學者將培植肉稱之為「未來食物」。

2020年，新加坡成為全球第一個允許培植肉售賣的國家。目前，在這個以美食著稱的東南亞島國，大眾可以買到由美國公司 Good Meat 生產的培植雞肉。在美國，也已有兩家培植肉公司——Good Meat 與 Upside Foods 收到了美國食品藥品監督管理局的「無質疑」信函，意味著美國官方對它們食品的安全性表示許可，但兩家公司何時能真正開始在美銷售，時間線仍不明確。

位於新加坡中峇魯的著名老字號——盧氏海南家鄉咖喱（Loo's Hainanese Curry Rice）就大膽推陳出新，用培植雞肉製作雞肉咖喱，將傳統的南洋街頭美食與先鋒的科技食料相互結合。

該店老闆表示，當他剛聽說培植肉這個概念時，覺得這是「人類的一個大發明」，而且它的味道和真的雞肉十分接近。他在宣傳片裡說：「（培植肉）對人類是一個很好的東西，因為（人類）將來就不需要畜牧業，（它）也可以提供足夠的營養給人類，所以是一個很好的替代品。」





2023年5月28日，一名男子在意大利米蘭的 Meat Crew 快餐店咬培根芝士漢堡。攝：Emanuele Cremaschi/Getty Images

即便如此，培植肉的真正推廣仍然面臨不少阻力。比如，義大利政府已經宣佈，準備禁止實驗室製造肉與其他人造肉類，違規者將面臨高達六萬歐元的處罰。根據BBC的報導，義大利農業部長法蘭西斯科·洛洛布里吉達(Francesco Lollobrigida)稱，此舉是為了保護義大利的「美食傳統」。該提案目前還未正式通過。

同時，一個來自牛津大學的團隊在2019年所做的研究發現，在長期來看，與傳統養牛業相比，實驗室培植肉「並不一定是一個更具可持續性的替代方式」，因為用實驗室製造肉要消耗很多的電，而由此可能導致的二氧化碳排放意味著它的溫室氣體排放可能要高於傳統的養牛方式。

布魯塞爾自由大學的生物學家穆來樂博士 (Eric Muraille) 也認為，比起它可能解決的問題，培植肉製造出的問題「可能更多」。除了用電問題外，他還指出，為了保證培植肉的絕對安全性與無菌性，研發團隊必須創造一個不間斷的、高度消毒的空間與工作方式，這會導致大量一次性塑膠廢棄物的產生。同時，該產業也可能對現有的生態循環系統造成脫節，比如，牛羊可以吃掉大量人類無法消化的植物並提供有機化肥。

然而，培植肉仍然擁有大量支持者。荷蘭可持續諮詢公司的研究院佩樂 (Pelle Sinke) 告訴BBC的「科學聚焦」網站，雖然培植肉不能解決地球面臨的所有問題，但它「能為傳統的肉食提供一個直接的替代品，因此潛力很大」。