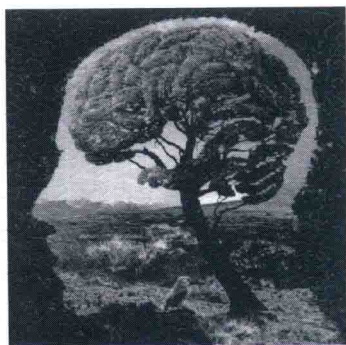




国家出版基金项目
NATIONAL PUBLICATION FOUNDATION

“十三五”
国家重点图书
出版规划项目

Gordon M. Shepherd



Neuro gastronomy
How the Brain Creates
Flavor and Why It Matters

神经美食学

—— 大脑如何制造美味

[美] 戈登·谢泼德 著 李 浩 译

脑科学新知译丛

04



知识产权出版社

全国百佳图书出版单位



“十三五”国家重点图书出版规划项目

神经美食学

——大脑如何制造美味

[美] 戈登·谢泼德 著

李浩 译



知识产权出版社

全国百佳图书出版单位

图书在版编目 (CIP) 数据

神经美食学：大脑如何制造美味/(美) 戈登·谢泼德 (Gordon M. Shepherd) 著；李浩译. —北京：知识产权出版社，2017.4

(脑科学新知译丛)

书名原文：Neurogastronomy: How the Brain Creates Flavor and Why it Matters

ISBN 978-7-5130-4850-7

I. ①神… II. ①戈…②李… III. ①脑神经—研究 IV. ①R322.85

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2017) 第 069288 号

“NEUROGASTRONOMY: HOW THE BRAIN CREATES FLAVOR AND WHY IT MATTERS, FIRST EDITION” was originally published in English in 2012. This translation is published by arrangement with COLUMBIA UNIVERSITY PRESS. © 2012 COLUMBIA UNIVERSITY PRESS, Inc

本书中文简体字版由哥伦比亚大学出版社通过安德鲁授权知识产权出版社有限责任公司出版。

未经出版者预先书面许可，不得以任何方式复制或发行本书的任何部分。

责任编辑：刘丽丽

责任校对：王 岩

装帧设计：陶建胜

责任出版：刘译文

神经美食学——大脑如何制造美味

[美] 戈登·谢泼德 著

李 浩 译

出版发行：知识产权出版社有限责任公司 网 址：<http://www.ipph.cn>

社 址：北京市海淀区西外太平庄 55 号 邮 编：100081

责编电话：010-82000860 转 8572

责编邮箱：changyuxuan08@163.com

发行电话：010-82000860 转 8101/8102

发行传真：010-82000893/82005070

印 刷：三河市国英印务有限公司

经 销：各大网上书店、新华书店及相关专业书店

开 本：880mm × 1230mm 1/32

印 张：8.75

版 次：2017 年 4 月第 1 版

印 次：2017 年 4 月第 1 次印刷

字 数：204 千字

定 价：58.00 元

ISBN 978-7-5130-4850-7

版权登记号：01-2016-6809

出版版权专有 侵权必究

如有印装质量问题，本社负责调换。

序 言

吃是一种最为常见的行为。人的一生中每天都要吃。饿了就吃，饱了就停，在过去的 20 年中，科学家已经阐明，我们的进食行为在很大程度上是受荷尔蒙控制的。但是这种“荷尔蒙控制饮食行为”的理论并没有解释为什么我们会对特定的食物感兴趣，为什么我们对喜欢的食物垂涎欲滴，而对不喜欢的食物兴味索然。为了解决这些问题，一门新兴的、专注于食物味道的饮食科学正悄然兴起。食物中含有味道，这是一个常见的误解。食物中的确含有味道分子，但是这些分子的味道实际上是由我们的大脑产生的。如果我们想要拥有健康的饮食，避免那些由饮食和营养不良引起的慢性疾病，那么了解大脑如何产生味道就至关重要——简言之，我们正在努力发展一门新的科学，我称之为神经美食学。

在这一新领域中，我一直在研究大脑如何形成关于气味的图像。这些研究成果以及来自世界各地实验室的其他研究正在彻底改变我们对嗅觉的认识：曾经我们认为嗅觉是日常生活中最无用的感觉，而现在，凭借它在味道中的重要作用，嗅觉成为最为重要的感觉之一。这产生了一个新的概念：独特的人类大脑味道系

统。它也许是大脑中分布最为广泛的行为系统，包括产生知觉、情绪、记忆、意识、语言、决策，所有这些都以味道为中心。通过结合脑研究与食物研究，同时借鉴与家人共享美食时的经验，神经美食学有望为健康饮食提供新的科学基础。在本书中，我将利用这些研究来解释这一新的领域，并证明它于人人有益。

感 谢

这本书是在很多人的帮助下完成的，我在此对他们表示感谢。

耶鲁大学的 Jean Black 最初鼓励我来写一本关于嗅觉的书。在我因畏惧困难而放弃之后，我的同事 Stuart Firestein 重新让我振作起来，并让我见到了哥伦比亚大学出版社的 Patrick Fitzgerald，他们都坚信我能成功。感谢《自然》杂志的编辑们邀请我写了一篇对嗅觉有“深入见解”的文章。Christian Margot 说服了我将那篇文章的焦点集中在鼻后嗅觉和味道上，正是这个方向直接促成了本书。

嗅觉这一主题反映了我和同事们的工作，多年来，我们致力于研究嗅觉通路如何建立气味分子的活动模式，而这是嗅觉的基础。除了 Stuart，还要感谢 Charles Greer 在耶鲁大学对我的支持，同时也要感谢我的学生 Lewis Haberly, John Kauer, Tom Getchell, William Stewart, Kensaku Mori, Doron Lancet, Patricia Pedersen, Frank Zufall, Trese Leinders - Zufall, Wei Chen, Minghong Ma, Xavier Grosmaître 以及 David Willhite，他们都对本书做出了重要贡献，还要感谢访问学者 Dennis Lincoln, Burton Slotnick 和 Mthi-as Laska。

感谢 Terry Acree 邀请我成为味道主题研讨会的一员，在研讨

会中我结识了 Harold McGee，他成了我非常要好的朋友，也是我知识和思想的源泉。

我的妻子 Grethe 和我的女儿 Lisbeth 是亲法国的，这为我带来了许多机会。故事开始于 1986 年法国巴黎的一次学术休假，我有幸与 Jean - Didier Vincent 交流了多次，他是法国红酒和文化领域的顶尖科学家和哲学家之一。他和几位密友给了我和 Grethe 一次难忘的夜晚。2000 年，通过 Jean - Didier，我参加了法国一个有关红酒的电台节目，这也促进了本书的出版。通过这些活动，我结识了柏翠酒庄的首席品酒师 Jean - Claude Berrouet。令人难忘的是，他私下带我品尝了 10 种不同年份的不同柏翠红酒，这使我有机会检验“红酒图像”的想法。还有 Pierre - Marie Lledo，我们对实验室中的嗅觉实验以及实验室之外的品酒有共同的兴趣，多次的巴黎之行他都热情地招待了我。

我幸运地在牛津大学 Charles Phillips 和 Thomas Powell 的指导下开始了研究，这使我成为一名神经科学家，也为本书打下了基础。Tom 在解剖学系，系主任是 Wilfrid le Gros Clark，他同时也是一名出色的人类学家。通过这样的关系，我对嗅觉人类学产生了兴趣。最近在哈佛大学 Richard Wrangham 和 Dan Lieberman 的大力帮助下，我又重拾这一兴趣，首先参加了人类学系的研讨会，后来又和 Dan 在有关人类脑的进化方面展开了广泛的讨论，其中就包括了鼻后通路。离开牛津大学之后，我来到了美国国立卫生研究院，Wilfrid Rall 成为我的良师益友，也遇到了我的同事 Thomas Reese 和 Milton Brightman。后来研究院的 Frank Sharp 和 Ed Evarts 带领我们研究表征气味分子的大脑活动模式。

在探索味道和大脑的丰富世界的过程中，我得到了很多同事的帮助，尤其是 Linda Bartoshuk, Valerie Duffy, Terry Acree,

Christian Margot, Avery Gilbert, Bruce Halpern, Marcia Oelchat, Richard Doty, Anthony Sclafani 和 Ed Rolls。本书吸收了来自于 Valerie Duffy, Justus Verhagen, Dana Small, Daeyeol Lee 以及 Gary Beauchamp 的宝贵建议, 他们都审阅了章节的内容, 并从各自专业的角度提出了意见。Harold McGee 和 Donald Wilson 对整篇手稿提供了宝贵的反馈。因此如果书中还有什么错误, 那就是我的原因了。

对于出版过程中的专业指导, 首先要感谢 Wendolyn Hill, 他将我使用的幻灯片转换成了本书中简洁优雅的插图。Bridget Flannery - Connor 进行了专业的审订, Pamela Nelson 确保了出版的顺利进行, 我的编辑 Patrick Fitzgerald 自始至终都给予了我坚定的支持; 还有 Stuart Firestein, 他总是能给我提供明智的建议。我的妻子 Grethe 和我的家人一直是我坚强的后盾, 对此我只能说: “谢谢! 谢谢你们!”

本书所基于的研究都是在美国国家卫生研究院下属的“耳聋及其他交流困难研究所”的“化学感觉项目”的支持下进行的。我的主要经费已经持续资助了我 42 年。我也得到了来自于国家科学基金、国家航空航天局、国家衰老研究所、国家药物滥用研究所以及海军医学研究实验室的资金支持。所有这些研究的资助都是通过定期的竞审后得到的。由衷感谢研究委员会的评估以及机构委员会的资助。我们对嗅觉通路中微电路的研究已经在动物身上开展了; 研究结果为我们打开了新的视野, 让我们认识到人类的味觉感觉是科学的巨大回报之一, 让我们可以自由地对它进行基础的研究。

引言 鼻后嗅觉和味道的新时代

从我的学生时代开始，我和我的妻子格蕾特都会在一起烹饪并共享晚餐，而这本书就来源于桌上的那些美食。

我的妻子对美食（作为一名厨师）、书籍（作为一名咨询馆员和热心的读者）、园艺（在我们美国和丹麦的家中）、旅行、交友、戏剧以及我们的家庭都充满热情。而我的生活则一直在实验室里度过，研究负责嗅觉的那部分大脑。自学生时代起我们组成家庭——从英国到华盛顿，从斯德哥尔摩到纽黑文，从费城到巴黎，从我们康涅狄格州的家到我们在丹麦的避暑别墅——共享美食一直是我们之间的纽带。通常我们的菜单里有肉类、蔬菜沙拉、红酒、甜点、水果、茶（或是早餐的咖啡），还有餐前的一小口雪利酒或果汁，每天都不同。而这些菜单来自格蕾特的丹麦朋友那儿或是我们曾经生活或旅游过的地方，当然我们也从世界各地的报纸和杂志中剪下了成堆的食谱。一边品尝美食，一边聊天，回顾一天中所发生的事，我们十分珍惜这样的时光。

平淡的生活日复一日，直到 1986 年，此时《国家地理》杂志正在着手准备一篇名为《亲密的嗅觉》的文章，这将是第一篇公开发表的对嗅觉进行全面概述的文章，而在这之前，嗅觉一直是被公众所忽略的。作为一名嗅觉科学家，我接受了文章作者的采访。你也许见过这篇文章里的照片：一排有严重狐臭的年轻

人赤裸上身，高举双手，身旁则是一排身穿白大褂的中年女人将鼻子紧贴到他们的腋下，来检验新款除臭剂的效果。

文章以这样一个看似常识性的观点开头，即当人类的祖先依靠视觉开始直立行走之后，嗅觉的重要性似乎降低了：“而对于耶鲁大学的神经科学家戈登·谢泼德（Gordon Shepherd）来说，大众显然低估了嗅觉。‘我们认为生活依赖于视觉’，他说，‘但是当我们来到餐桌前才意识到，原来生活中真正的幸福是与嗅觉息息相关的。它影响我们的情绪，决定我们的行为方式，使我们获得快乐或产生厌恶，也使我们获得营养。’”

当文章的作者将这段欲引用的话念给我听时，我表示，当时我一定是以一种更为简洁的方式表达的，但他坚持那就是我的原话，所以文章中就那么写了。无论如何，我想表明的是，对于嗅觉已经变得无足轻重（除非你是一名香料商）这一观点，我是坚决反对的，只要想一想每天晚餐的香味就足以证明了。

后来我意识到，我的努力方向应该是研究嗅觉的生理机制，而不是试着去理解它是如何让我享受晚餐的。作为一名神经科学家，我应该思考的是，口中食物的气味如何到达深藏在鼻中的感觉细胞，以及这些气味如何与其他感觉联合起来产生味道。

为了寻找这些问题的答案，我踏上了一段精彩纷呈的旅途。这让我结识了许多互不相识的、来自不同研究领域的研究者，让我进入了主流神经科学家的行列，也将我带进了公众的视野。从中我了解到，食品学家研究人如何咀嚼和吞咽食物；生理学家研究呼（当我们咀嚼和吞咽食物时）吸（当我们闻咖啡的香味时）时气味如何到达鼻中的感觉细胞；心理学家研究嗅觉如何与味觉

及其他感觉结合起来产生味道（通常被称为味觉，实际上是味道）——这可是人类最为复杂的感觉之一；认知神经学家利用脑成像技术，在大脑最高级的认知层面来展现脑活动如何产生味道；神经药理学家研究食欲所激活的脑区与烟瘾、酒瘾、毒瘾所涉及脑区之间的关系；生物化学家在血液中寻找决定我们饮食行为的荷尔蒙；人类学家推测加工后的食物是人类进化的主要驱动力之一；分子生物学家发现，嗅觉的感觉受体形成了基因组中最大的基因家族，并且他们正在研究分子如何产生对不同气味的知觉；行为心理学家发现，其实我们很擅长“闻”，因为猴子和人类的嗅觉都比我们想象的要灵敏。

所有这些不同领域的研究者正在建立新的味道科学。除此之外，美食评论家们也把我们带入了品鉴美食的新时代。其中包括哈罗德·麦基（Harold McGee），他的书《食物和烹饪：厨房的科学与学问》（*On Food and Cooking: The Science and Lore of the Kitchen*）通过味道寓教于乐。尼古拉斯·柯蒂（Nicholas Kurti）和赫维·蒂斯（Herve This）也为此做出了重要的贡献。他们着迷于“烹饪中的物理和化学”，并凭借他们的热情创办了研讨会。他们的工作促进了一个新领域的诞生，在赫维的《分子美食学：探索味道科学》（*Molecular Gastronomy: Exploring the Science of Flavor*）一书中，这个领域被定义为研究“与饮食相关的烹饪中的转化和感觉现象”的科学。

在这些工作中，有几点引起了我的关注：

1. 我们通常将吸气与闻某种气味联系起来，但是当我们感受口中食物的味道时并非是通过吸气，而是通过呼气实现的，当我们咀嚼吞咽时，来自食物和饮料的气味从口腔后部反向向上到达鼻腔。这种反向的方式被称作鼻后嗅觉（鼻后 = 反向），也可

以被称为口腔嗅觉，它与鼻前嗅觉（鼻前 = 正向）是相对的，鼻前嗅觉也被称为一般吸气嗅觉。

2. 通过鼻前通路，气味决定了味道。我们经常用“尝起来”怎么样，也就是用味觉来形容食物，但严格意义上的味觉仅包括甜、咸、酸、苦、鲜五种。我们这里所说的味觉其实是远比这些要复杂的味道，而味道正是由鼻后嗅觉产生的。鼻后嗅觉是嗅觉和味道研究领域的新前沿，也是建立研究大脑如何产生味道感觉这一新领域的决定性因素。味觉是我们生来固有的，而鼻后嗅觉是受后天因素影响的，并因此具有个体差异性。正是这种差异产生了世界上各式各样的食谱——这也解释了为什么当我们走进麦当劳时，每个人都会选择不同的食物组合。差异万岁！

3. 我们的研究表明，当我们吸进气味时，大脑的活动会形成一定的模式。这种模式就如同嗅觉图像，不同的气味有不同的图像，就像在视觉系统中一样，不同的面孔形成不同的图像。人类大脑十分擅长面孔识别，这可以被认为是模式识别的一种高度发达的形式。通过研究我们认为，嗅觉具有同样的模式识别能力，即识别代表不同气味的不同模式的能力。

4. 人类具有很大的大脑。尽管我们的感觉器官并不像其他哺乳动物一样拥有那么多受体分子或感受细胞，但这并不影响我们拥有灵敏的嗅觉。我们同样也没有它们那么灵敏的听觉和视觉，但这也并没有阻止我们的祖先进化出像语言这样的高级能力，因为我们有足够大的大脑可以进行复杂的加工，而这对于体积较小的大脑是不可能的。我在 2004 年写了一篇文章，文中提出了我的新假设：人类具有很强的嗅觉能力。我给这篇文章取名“人类的嗅觉：我们比我们想象的更强吗？”。我的同事艾弗里·吉尔伯特（Avery Gilbert）（他写了一本关于嗅觉的好书：《鼻子

知道什么：日常生活中的气味科学》（*What the Nose Knows: The Science of Scent in Everyday Life*）给我发邮件，认为文章的题目不是那么准确。他认为改成“人类的嗅觉：因为思考，所以更好”更为合适。大体积的大脑对味道尤为重要。本书关键的假设是：人类之所以拥有高度发达的味道感觉是由于其大体积的大脑可以进行复杂的加工。正是这种高级的加工——涉及记忆系统、情绪系统、高级认知加工系统，以及尤为重要的语言系统——使我们拥有了独特的人类大脑味道系统。

总之，目前来讲，食品科学的焦点在于将食物的成分和对味道的知觉联系起来。一些解释已经深入到了大脑机制的层面。现在要以大脑为出发点，不仅要弄明白大脑如何接收感觉刺激，还要清楚在这个过程中，大脑如何产生了味道感觉。我们需要意识到，如同颜色并不存在于多彩的物体中一样，味道也不存在于风味多样的食物之中，这一点十分重要。物体之所以有不同的颜色，是因为物体发出了不同波长的光，我们的大脑将这些不同波长的光转换为颜色来赋予其意义。类似的，决定味道感觉的气味是由不同的分子产生的，大脑把这些不同的分子表征为不同的模式，并结合味觉和其他感觉来产生对我们感知食物具有意义的嗅觉和味道感觉。

在探索大脑究竟如何完成这一功能的过程中，我们促成了味道科学的产生。2006年，《自然》杂志出版了一期名为《领悟自然》的特刊，其中来自不同领域的研究都有助于重新理解大脑和味道，我对这些文章进行了评审。此时，我需要一个术语来综合描述这些不同领域的味道研究，神经美食学（*neurogastronomy*）跳入了我的脑海，因此我决定使用这个词。它的词根是美食学（*gastronomy*）——最早被古希腊人用来描述吃得好、住得好，并

于19世纪初在法国流行开来——加上神经（neuro）一词来代表大脑。对于其他领域来说，食物是出发点，研究食物如何刺激感觉。神经美食学则以大脑为出发点，探讨大脑如何产生食物的味道。

如果我们没有认识到嗅觉的重要性，没有理解它在味觉中所起的主导作用，没有认识到味道在我们生活中的主导地位，没有意识到引起毒瘾与食欲的是同一脑区，我们又如何说我们对均衡饮食、美食、快餐和肥胖有足够的了解呢？21世纪，是时候重新审视大脑如何产生嗅觉和味道了。

本书列出了这门新科学的几个关键要素。

嗅觉在产生味道感觉的过程中发挥的关键作用，使我们开始重新审视嗅觉，第一章介绍了这一事实的背景。第二章介绍了狗的嗅觉是如何通过吸气来完美地进行追踪的，而人的嗅觉又是如何通过呼气来完美地感受味道的。第三章说明了口腔是如何愚弄我们的大脑让其误认为是口腔产生味道感觉的，这一点你自己也可以通过简单的实验进行验证。第四章介绍了存在于食物中的气味分子，它让大脑赋予食物味道。

第五章到第十一章对味道系统中最重要嗅觉通路进行了介绍，重点包括：通过鼻后嗅觉，气味分子中所包含的信息以嗅觉图像的方式在大脑中进行表征，以及嗅觉通过侧抑制这一基本的神经活动来增强分辨率。为了理解嗅觉图像，我们迂回至视觉，基于对视觉系统的了解，如人脸识别，来理解嗅觉图像的形成。第十二章到第十六章说明了其他感觉——包括味觉、触觉、视觉和听觉——如何对味道感觉产生影响。第十七章介绍了肌肉及其运动如何让我们感知口中吃的是什以及肌肉的运动如何形成了鼻后嗅觉。

第十八章对以上这些复杂的机制进行了总结，形成了神经美食学的核心——“人类大脑味道系统”。这一系统和负责产生情绪（通过形成“欲望图像”）的大脑区域之间存在紧密的联系，这将在第十九章中进行讨论。第二十章通过普鲁斯特（Proust）和他的玛德琳饼干这一具有代表性的故事，强调了味道对于记忆的作用。第二十一章解释了快餐如何通过过度刺激来吸引人类大脑味道系统，并因此导致了营养不良和肥胖。我们为什么对自己喜爱的食物情有独钟？第二十二章向读者介绍了神经经济学这一新的领域。在脑研究中，神经经济学探索的是味道系统如何做出决策来决定我们吃健康或不健康的食物。不断有证据表明，暴饮暴食和毒瘾涉及相同的大脑区域。大脑微电路中的活动都具有可塑性，换句话说，大脑可以被自己的活动所改变，这一点在第二十三章进行了说明。第二十四章强调了嗅觉和语言之间存在的复杂关系，表明嗅觉同视觉和听觉一样，都难以用文字对复杂的图像进行描述。第二十五章解释了嗅觉和味道感觉如何让我们对意识的神经基础有了新的见解。鼻后嗅觉在日常饮食行为中的主导作用或许表明其在人类大脑进化过程中扮演了重要的角色，这一新的假设将在第二十六章进行讨论。

第二十七章讨论了嗅觉为何对公共政策的制定如此重要，其中强调了以下几个关键问题：大脑如何在人出生前就形成了得以持续终生的味道偏好；婴儿和儿童如何同时被健康和不健康的味道所吸引；味道和营养之间存在什么关系；味道对于如肥胖、高血压等疾病的作用；以及如何利用味道来提高患者和老年人的生活质量。

目 录

第一部分 鼻子和嗅觉

第一章	嗅觉和味道的变革	(3)
第二章	狗、人类和鼻后嗅觉	(11)
第三章	嘴巴如何愚弄大脑	(20)
第四章	味道分子	(25)

第二部分 绘制气味图像

第五章	气味分子的气味受体	(41)
第六章	感觉图像的形成	(54)
第七章	气味图像	(62)
第八章	气味如同面孔	(73)
第九章	气味的点彩派图像	(83)
第十章	图像的增强	(90)
第十一章	气味的产生、学习与记忆	(98)

第三部分 形成味道

第十二章	嗅觉与味道	(107)
第十三章	味觉与味道	(115)

第十四章	口腔感觉与味道	(127)
第十五章	视觉与味道	(135)
第十六章	听觉与味道	(143)
第十七章	味道感觉的肌肉系统	(147)
第十八章	整 合	(155)

第四部分 味道为何如此重要

第十九章	味道与情绪	(165)
第二十章	味道与记忆	(174)
第二十一章	味道与肥胖	(184)
第二十二章	味道和营养的决策与神经经济学	(192)
第二十三章	人类大脑味道系统的可塑性	(201)
第二十四章	气味、味道和语言	(208)
第二十五章	气味、味道和意识	(218)
第二十六章	人类进化过程中的气味与味道	(226)
第二十七章	为何味道如此重要	(235)
参考文献		(245)