

五味调和的科学基础

庞广昌

(天津商业大学 生物技术与食品科学学院, 天津 300134)

摘要: 五味调和是中国烹饪与饮食审美的基本原则和理论基础。很多人特别是西方人认为,中国的美食虽然讲究色、香、味,但是不讲究营养。而有关味觉受体传感的研究表明:五味调和不仅和营养密切相关,而且是营养均衡和合理膳食的控制基础,是大众健康和个性化营养的最佳途径。

关键词: 五味调和; 味觉传感; G 蛋白偶联受体; 营养均衡; 合理膳食

中图分类号: TS 972.112

文献标识码: A

文章编号: 2095-8730(2017)02-0001-07

中国作为世界上唯一具有古老文化连续传承的国家,不仅创造了辉煌的农耕文明,还创造了世界上独领风骚的华夏饮食文化。孙中山先生在《建国方略》中指出“烹调之术本于文明而生,非深孕乎文明之种族则辨味不精;辨味不精,则烹调之术不妙。中国烹调之妙,亦表明中国文明进化之源也。”然而,随着营养学的不断发展,很多人特别是西方人认为,中国虽然烹饪技术精湛,饮食文化博大精深,但是中国饮食不讲究科学和营养,例如,中国人的饮食虽然讲究色、香、味,但是这些都与营养无关。另外,西方国家也不是不讲究味道,只是西方国家对味道的分类与中国略有不同,他们的五味是指甜、鲜、苦、咸、酸,中国人所谓的五味调和是指苦、辣、酸、甜、咸之间通过相生相克所达到的平衡与和谐。五味调和是中国烹饪的基本原则和理论基础,也是中国人一直提倡文化美食、健康饮食,以及个性化、民族化、季节化饮食的精髓和核心。本文就五味调和与现代营养学、免疫代谢的关系进行综述和分析。

1 味觉受体的发现与研究

一直以来,科学家总认为味觉传感是通过鼓索神经末梢直接接受味觉物质的刺激所形成,但是味觉受体的发现从根本上改变了科学家的这些认识。因为如果味觉成分直接刺激鼓索神经末

梢,味觉传感显然只与味觉成分的极性、状态有关,而与分子结构关系不大。既然实验结果证明,味觉物质通过与受体相互作用并将这种相互作用信息传递到细胞内,再由细胞将信号放大后激活神经电信号的传递,那么,这就意味着味觉传感不仅取决于味觉成分的极性、分子结构、大小及其与受体的相互作用,还取决于细胞甚至机体的状态,这就圆满地解释了不同的人之间甚至同一个人不同状态所产生的味觉差异。

1.1 鲜味受体的发现与研究

尽管鲜味不在中国传统五味之列,但是“鲜”字本身就意味着它是最早描述的味道之一。研究发现,谷氨酸单钠盐、鸟嘌呤和肌苷可以产生鲜味。鲜味受体是由 T1R1 和 T1R3 形成的异二聚体, T1R1/T1R3 主要在舌前部的菌状乳突味蕾内的 II 型细胞中共表达^[1]。另一种鲜味受体是代谢型谷氨酸受体(Metabotropic glutamate receptor, mGluR),主要分布于舌后,仅传感谷氨酸单钠盐 I(肌苷)G(鸟苷)的鲜味^[2-3]。T1R1 是膜受体,属于 G 蛋白偶联受体 C 家族,被激活后通过调节细胞表面的离子通道开关放大味觉信号。Eric M 等学者系统研究了 T1R1/T1R3 的分布,证明该受体几乎分布在所有的组织、器官和细胞,主要负责氨基酸、核苷酸等含氮营养的传感^[4]。这些发现表明, T1R1/T1R3 作为氨基酸和核苷酸感受体,

收稿日期: 2017-03-18

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(31671857, 31371773)

作者简介: 庞广昌(1956-)男,河北沧州人,天津商业大学生物技术与食品科学学院教授,博士,从事食品生物技术和免疫及受体生物传感器研究。

主要用来实现氨基酸营养状态和哺乳动物雷帕霉素靶蛋白(mTORC1)细胞自吞噬信号途径之间的通讯,在氮源传感、吸收和代谢方面发挥重要功能。

1.2 甜味受体的发现与研究

甜味受体是T1R2,和鲜味受体一样与T1R3形成异二聚体^[5]。它和鲜味受体属于同一家族,并共享T1R3,这使人不自觉地预判甜味和鲜味传感具有协同性。而且已经有证据表明,T1R3实际上承担了鲜、甜两种味觉通过控制瞬时感受阳离子通道家族M成员5(Transient receptor potential cation channel subfamily M member 5,TRPM5)放大并传递信号的功能。另外,该家族受体的胞外结构域是一个相当大的肽段,其构成被形象地称为捕蝇草结构,这似乎也正是它们能够传感多种甜味成分(果糖、蔗糖、甜蛋白和各种人工甜味剂)的主要原因。甜味受体除表达在味蕾组织外,也表达在肠道,如肠内分泌细胞L-和K-细胞,通过分泌胰高血糖素样肽(glucagon-like peptide-1, GLP-1)和葡萄糖依赖性促胰岛素肽(glucose-dependent insulinotropic peptide)等肠激素发挥食欲控制、代谢、内分泌调节。甜味受体还可以促进小肠上皮细胞葡萄糖运载体的表达,增加葡萄糖的吸收^[6]。已有科学研究证明,人工甜味剂不能促进胰岛素或肠降糖素的分泌^[7],这些研究也为人工甜味剂的食用揭示出潜在的健康风险。

1.3 苦味受体的发现与研究

苦味作为五味之一,往往是有毒的物质,或具有抗营养作用的物质的信号,阈值极低,是提醒人们回避的味道。然而,生活经验告诉我们,有时,苦味物质是不可或缺的,特别是中国人早就注意到中草药一般都有苦味,因而有“良药苦口利于病”之说。在烹调中,当它与其他味觉调节得当时,能起到改善食品风味的作用^[8]。研究发现,在现代生活方式症不断蔓延的今天,多种植物化合物,如植物多酚、黄酮类化合物,都有抗氧化、降低心脑血管疾病和抗肿瘤作用,因此,苦味食品也备受关注^[8]。苦味传感受体是T2Rs系列(T2R1, T2R2, T2R3……),这种受体对生物碱、萜类、糖苷类和苦味肽类等都有响应。T2Rs作为抗哮喘药物筛选靶点已经受到科学家的密切关注^[9]。该受体接受苦味物质刺激后也是通过Trpm5钙

离子内流通道放大和传递信号。至于它们和鲜味、甜味受体如何协调控制同一离子通道开关,尚缺少研究。不过,预判其协调作用应该符合中国人有关五味调和的经验和原则。调查表明,该受体也广泛分布于消化道,特别是呼吸道^[10-12],这可能也正是多数抗哮喘、抗过敏药物都很苦的重要原因。

1.4 咸味受体的发现与研究

咸味以生理浓度的NaCl为主,咸味传感十分复杂,是否真的存在咸味受体直到2010年才得以确定。鼠科动物的咸味(食盐)传感存在利尿剂-阿米洛利(amiloride)敏感和不敏感两种机制^[13]。人类咸味传感对阿米洛利没有敏感性。动物对低浓度食盐的传感依赖于Na⁺通道(ENaCs),也有人认为低盐受体就是钠离子通道^[14]。传递咸味信号的神经纤维主要分布在舌头的背部。对于是否存在高盐传感受体一直有争议。可以传感高盐信号的细胞并不是特异性的,至少有两个细胞群,它们既可以传感苦味,也可以传感酸味^[15]。有证据表明,高盐传感也与TRPM5有关。其实,高盐属于伤害性信号,而低盐则属于重要的营养信号,咸味作为对NaCl摄取的一种“奖赏”,应该把上皮钠离子通道(the epithelial sodium channel, ENaC)作为咸味传感受体^[16],NaCl超过生理盐浓度时似乎应该和苦味相似,通过TRPM5作为营养过度或有毒性的“预警”信号传感。

1.5 酸味受体的发现与研究

酸味的传感主要靠舌和上颌上皮的味觉受体。它们可以对酸性pH和弱有机酸作出电化学反应^[17]。曾经假设了多种负责传感酸味的受体,后来几乎都被基因敲除实验所否定。尽管如此,细胞表达PKD2L1仍然是其传感酸味所需要的。笔者认为,基因敲除实验的逻辑推理值得怀疑,显然,当有不止一个蛋白独立传感同一种味道时,敲除其中任何一个基因并不影响该味道的传感,因为其他受体会取而代之。细胞表达PKD2L1对酸味作出响应是通过质子选择通道(Proton-selective ion channel)^[18]。当氢质子进入酸味传感细胞后会促进酸化作用,从而产生细胞信号传递。值得注意的是,味觉细胞表达一系列静息双孔钾离子通道(resting two-pore K⁺ channel)^[19],这些通道可能被细胞内的酸化作用阻断,使细胞进一

步去极化,从而传感酸味。另外,TRPA1 是一种“伤害性受体(Nociceptor)”也可以对乙酸作出响应^[20]。在酸味传感的研究中,似乎应该区分有机酸盐与可以解离氢质子的酸性物质,因为前者往往是营养物质,如谷氨酸单钠盐、琥珀酸单钠盐是鲜味,而不是酸味。

1.6 麻、辣、烫相关受体的研究

辣味是中国传统的“五味”之一,在烹调中占据重要地位。但是,国际上公认的“五味”中没有辣味。辣味受体早有研究,普遍认为辣味受体就是“伤害性”的痛觉受体。不过包括笔者在内的很多人并不同意这种说法。虽然呼吸道或眼睛等部位的辣椒素刺激的确会造成伤害,但是适量的辣味物质,如辣椒素、姜辣素、大蒜素等并没有任何伤害作用。事实上,很多辣味物质有益于健康。辣味往往和麻觉、痛觉相似,所以准确地讲,其受体一般被作为麻、辣、烫和痛觉传感受体^[21]。辣味传感主要是通过激活瞬时感受器电位香草素受体亚家族(the transient receptor potential vanilloid subtype ion channel, TRPV1),从而通过该离子通道放大和传递信号。有人认为 TRPV1 就是麻、辣、烫、痛传感受体。辣椒素就是这种受体的典型激活剂。由于该受体和痛觉传感相关,一直被作为镇痛药物筛选靶标而开展了大量研究^[22]。笔者所在的团队利用大鼠味蕾组织进行固定化,研制出一种新型电化学型辣味受体传感器,对辣椒素和姜辣素进行了动力学分析,结果证明这两种辣味物质实际上都有自己的传感受体,说明虽然它们都可能通过 TRPV1 放大和传递信号,但是起作用的受体却各不相同^[23]。TRPV1 作为麻、辣、烫和痛觉传感信号放大离子通道,同样可以被胞外质子激活而传递酸味^[24],所以概括起来,TRPV1 传感麻味、辣味、酸味、温度和痛觉。

2 味觉传感与营养的关系

味觉不仅是机体营养需求的传感和控制系统,同时也承担着食品安全监控的重任。例如,腐败变酸的食品、发霉变苦的食品都会因其味觉恶劣而被拒绝饮食。味觉的另一个功能便是对营养摄取的量化控制。例如,当机体处于饥饿状态时,会感觉到作为碳源的糖是甜的,作为氮源的氨基酸和嘌呤是鲜的,作为能源的脂肪和脂肪酸是香的,但是一旦达到机体消化、吸收和储藏的极限

时,这种愉悦的感觉就会向厌恶的方向转化。科学研究发现,当肠道中开始出现游离脂肪酸时,饮食者会主动停止进食,因为此时香味已经转变为油腻。鲜、甜、咸、香本来是令人愉悦的味道,但是一旦过量都会向不愉悦甚至厌恶的味道转化。这充分说明愉悦的味觉传感是因为机体需要这些营养物质,但是当这些物质已经满足机体需求时,机体就会停止进食,显然这是一个可以对营养吸收进行甄别、摄取、消化、吸收和储存的量化控制系统。一旦这个控制系统出现问题,甚至出现较大误差,长期下去就会严重损害机体健康。早在数千年前,中国人就注意到富含营养的食品的“鲜、甜、香”的愉悦“表象”,“苦、辣、酸、腻”的腻烦“表象”^[25]。一旦人们过度追求“愉悦”感,也就是“纵欲”时,就会对健康造成伤害。所以《黄帝内经》对国民的起居、生活、饮食、医药与健康进行了总结和归纳,使五味调和的理论不断渗透到中医药、饮食、烹饪等方方面面。整个中医药领域,从诊断到治疗,从尝百草到因人施治所依赖的都是“五味调和”,也就是“性味”理论。

2.1 西方的营养学始于营养缺陷性疾病

18 世纪西方为探索新大陆和掠夺财富而兴起的航海旅行过程中,海员们由于营养缺陷死亡过半,付出了惨重代价。这才促使西方学者探讨其饮食结构的问题所在,直到一个世纪以后才发现导致大量海员死亡的主要原因却是因缺少维生素 C 而导致的坏血病。而在我国,郑和早在 1405 年就率领 28000 人之众开始了航海之旅,之后七下西洋,并未见有关大量人员死于营养缺陷的报道。显然,这是中国“性味”理论与文化可以指导大众平衡营养和科学饮食的有力证明。

由于西方的营养学是建立在营养缺陷性疾病的基础上,当然主要运用于临床,而不是大众健康,而且这些研究主要通过动物模型,因此,除了对人类进行营养和健康调查所得到的数据外,整个营养学几乎都是以动物营养和体外实验为基础。研究动物营养的目的是为了获得更多的肉、蛋、奶类食品,而研究人类营养的目的却是为了健康长寿。而且没有哪种动物和人的饮食习惯、遗传基础相似,更不用说相同。尽管中国政府在诸多营养学家的指导下依据西方标准制定了中国的营养标准,但是果蔬等植物化合物的健康作用促使西方国家不得不承认,这种统一的营养配方当

然不能保证大众健康,并由此进一步提出了个性化营养的概念,声称通过营养基因组学来实现。这个概念刚刚提出,表观遗传学研究的结果却表明,任何一个个体,维护其营养需求并不完全取决于基因组,而是取决于他(她)自己、他(她)的父母和父母的父母的饮食,因为在这些营养的消化、吸收、储藏与代谢过程中,会通过染色体内的组蛋白进行(脱)乙酰化、(脱)甲基化、(脱)磷酸化标记,从而留下记忆并进行表观遗传传递^[26]。至此,以西方营养学为基础的现代营养学遇到了致命性挑战。

2.2 味觉受体的信号传递

机体的营养摄取、消化、吸收和储藏都需要通过味觉传感系统进行控制,这个过程不仅需要定性还需要定量。特别是对能量-碳水化合物、脂肪酸、氨基酸必须根据机体的需要进行控制,否则会影响健康。在某种程度上说,肥胖、高血压、高血脂、糖尿病、心脑血管疾病和很多癌症都是由味觉控制失调所造成。可见弄清楚味觉传感机制和信号传递具有重要的科学意义。

幸运的是,这方面的研究已经取得了很大进展。研究发现,所有五种味觉受体的信号传递都有两个主要途径:一是快速的神经传递途径,即当味觉成分和受体的胞外结构域结合,激活其胞内结构域,打开或关闭 TRPM5 或 TRPV1 或 TRPA1 等离子通道,从而引发传入神经末梢极化,传递神经信号。二是代谢与内分泌信号的 GPCRs 信号途径。作为营养感受体,大多数都是 GPCR 超家族成员。这些受体因在药物筛选方面的巨大成功,所以一直是科学家关注的焦点。G 蛋白偶联受体在传感到营养物质时激活胞内的腺苷环化酶,激活第二信使,而 GTP 及其不同的磷酸化形式则是调控氨基酸代谢、核苷酸代谢与蛋白质合成等重要化合物和第二信使;通过磷酸激酶和肌醇磷酸化途径控制脂肪酸合成与分解代谢。关于这些营养感受体如何控制基因表达、代谢与内分泌信号途径的研究已经积累了大量文献,但是关于其如何通过胞内信号传递实现激活传入神经,特别是如何对味觉编码尚缺少研究。

3 消化道中的味觉受体及其功能

研究表明,味觉受体也出现在其他细胞、组织和器官。开始的时候,人们感到奇怪,其他组织、

器官的这些受体并不能传递味觉信息,其功能是什么?其实,只要琢磨一下中国人的“表-里”理论,这个问题当然不难理解。所谓表-里就是味觉和营养与生理需求互为表里,换言之,之所以我们的机体表现出愉悦的味觉,正是说明机体有这方面的需求,味觉是生理需求的表象。

3.1 肠道中的味觉受体控制并反馈营养吸收、储藏、代谢和内分泌

从腔肠动物到人类,饮食必须满足生存和营养需求,而且一旦达到其消化、吸收和储存需求后就应停止进食。味觉受体作为营养传感器必然受营养的消化、吸收和代谢控制,换言之,味觉受体在味蕾上传感味觉,在消化道中控制营养的消化、吸收、代谢与内分泌^[27]。而且,越来越多的研究结果表明,肠道作为一个体内外物质能量和信息交流系统,不仅控制着机体几乎所有的生理、生化、代谢、内分泌,而且也在很大程度上控制着免疫和中枢神经系统。例如,在摄取营养超过消化、吸收和储藏能力时,肠道可以通过肠激素等内分泌系统通知大脑降低食欲,停止进食。五味调和及中医药的基本理论正是建立在“味觉”和“机体生理代谢、免疫与内分泌”互为表里的基础上。从这个意义上说,中国人通过“尝百草”来寻求保健食品和中药,正是以“味觉受体”为靶点筛选功能性食品、药物的实践活动。

3.2 味觉受体与免疫代谢

营养是一切细胞生理活动的基础,特别是由免疫系统所构成的生物防御系统。机体首先保证免疫细胞的营养需求。这显然意味着营养传感器可以向机体传递营养充沛的信号,而饥饿或者抗营养则通过受体传感营养匮乏的信号。前者是可以放开消费和激活免疫的信号,后者则是降低消费以保证最基本免疫防御系统需求的信号。只要营养能够达到基本需求,就不应该出现免疫低下的情况。相反,一旦营养过度,就会激活营养消费(分解代谢或细胞繁殖)。激活能量消费有两条途径:一是促进分解代谢,产生糖尿病和胰岛素抵抗;二是促进细胞繁殖,有助于癌症的发生和发展。过度营养同时还可能在没有挑战者(如病原体)的情况下激活免疫系统。而免疫是一把双刃剑,过低了会导致反复感染,而过高了则会引发炎症和自身免疫性疾病。已经有越来越多的证据表明,过度的营养正是通过肠道味觉受体传递激活

机体营养消费,特别是能量消费的信号,如 mTOR 信号途径。

4 五味调和是合理膳食与均衡营养的基础

长期以来,中国的饮食、烹饪乃至中医药都特别关注每个人的味觉变化,因为它和机体的营养需求、健康状态互为表里。只有五味调和才能达到既不过分放纵欲望而过度饮食,又兼顾五味之间的和谐与平衡,充分顾及到不同个体、不同健康状态的人所表现出来的味觉变化和差异。更重要的是,中国人将总结出来的这些理论和经验注入审美和文化内涵,引导人们建立正确的“性味”观,在五味调和的美学追求中实现平衡与健康的饮食,不能不说这是中国先民对人类健康的一个伟大贡献。

4.1 五味调和与营养均衡

中国人通过五味调和的原则实现中医药治病和均衡营养,对大众健康作出的巨大贡献并非赞美之词,而是得到了越来越多的科学证据。中国的五味,没有了鲜味,而增加了辣味。这样一来,甜代表碳源,作用于 TRPM5 离子通道;苦代表抗营养信号和过度营养信号,也作用于 TRPM5。至于鲜味,虽然它代表了氮源,也作用于 TRPM5 离子通道,但是它一方面通过 TIR3 和碳源(碳水化合物)传感相配合,另一方面和咸味相互作用。事实上,没有咸味和甜味,鲜味并不能单独传感,例如,氮只能以氨基的形式发挥作用,离开碳骨架就变成了毒性物质,可见中国人不把它作为独立的味觉是有道理的。咸味通过 Na^+ 离子通道 (ENaC) 传感信号,但是同时和 Trpm5 相偶联,是机体生理盐浓度的保证。太甜或太咸同样会传递苦味,是营养过度的信号。酸味和辣味分别通过 TRPA1 和 TRPV1 离子通道传递“伤害”性信号。实际上,适当的酸味和辣味都不会对机体造成伤害,但它们的确是传感“预警”信号,酸味显然与微生物厌氧发酵相关联,而辣味显然也和麻、辣、烫相关联,表现为痛觉。可见味觉受体可以向机体传递预警信号,使机体通过激活免疫系统做好防御准备,可以传感营养信号,以愉悦感促使机体摄取营养;而遇到抗营养物质时则传感苦味,使机体停止进食。这也正是过度进食上火(提高分解代谢),而苦味物质则大多可以清火(降低分解代谢)的科学基础^[28]。可见,五味调和的确是机体

营养、代谢和免疫平衡的重要保证。

4.2 五味调和与健康

早在春秋战国时期,中国人就注意到饮食与健康的关系,对类似于现代生活方式症进行过精彩描述,《黄帝内经》开篇的第一个问题即是。黄帝与岐伯曰“余闻上古之人,春秋皆度百岁,而动作不衰;今时之人,年半百而动作皆衰者,时世异耶,人将失之耶?”岐伯对曰“上古之人,其知道者,法与阴阳,和于术数,食饮有节,起居有常,不妄作劳,故能形与神俱,而尽终其天年,度百岁乃去。今时之人不然也,以酒为浆,以妄为常,醉以入房,以欲竭其精,以耗散其真,不知持满,不时御神,务快其心,逆于生乐,起居无节,故半百而衰也。”这些话深刻揭示了目前所面临的营养过度所引起的健康问题,同时一针见血地指出了这些现代生活方式症的病因。但是,这些结论古人在数千年前是如何得出的?笔者认为这完全是因为中国的古典哲学思想中的机体健康和营养需求的表-里关系,即机体的生理、代谢、免疫和营养需求通过味觉表现出来。同样,中国先民通过品味自然界中植物(并不排除其他生物)的五味,按照其生克规律筛选出可以调节、补充与纠正机体五味偏差的药物和食品。虽然现在已经有科学家注意到味觉受体的确可以作为筛选药物的靶点^[29],但是我们的祖先已经用尝百草的方式进行了数千年的筛选历程。同样,五味调和的烹饪理论也指导中国人的健康饮食已数千年。

4.3 五味调和与个性化营养

依据五味调和的原则,厨师可以制作出多种不同的肴饌,从而满足不同人群的需求。其实,这才是真正面对现实,适应广大老百姓的个性化营养,而不是千篇一律地强调所谓的营养配方。当然,我们在赞叹祖先所留下的饮食文化和“性味”理论的同时,不能仅仅停留在继承和发扬光大上,更需要用现代的科学技术和理论揭示其科学基础。然而有关性味理论的现代研究在我国几乎一直是个空白,倒是国外有关味觉受体与营养传感的研究已经取得了不少举世瞩目的成果。可惜西方国家一般都不接受中国的性味理论。一些留学人员和年轻人反而盲目迷信西餐和西方的食品加工,在很大程度上助长了现代生活方式症的流行和蔓延。我们课题组从2006年开始意识到:食品的味觉、吸收、储存、代谢及其食欲控制实际上控

制着整个生命活动,是实现体内外信息、物质和能量交流的基础。神经系统提供了快速的有线通讯系统(以大脑为中心的神经网络),而胃肠粘膜系统则通过循环系统实现机体内器官、组织和细胞间的无线通讯网络^[30-31]。循环系统为细胞、组织和器官之间的通讯提供传递渠道,细胞因子、趋化因子和激素作为该无线通讯系统的信号分子。细胞、组织和器官之间的物质与能量交流则通过循环系统中代谢及内分泌网络来实现。于是我们经过十多年的不懈努力,在味觉受体传感的定量测定、机体内细胞间无线通讯网络、以糖酵解、三羧酸循环、磷酸戊糖途径和酮体代谢等为中心的代谢网络等三个方面取得了突破性进展,并实现了食品“性味”的定量测定^[32]。对不同性味的多种食品的测定结果表明,与中国人经历数千年总结的“性味”经验完全吻合,从代谢的角度圆满解释了温、凉、寒、热、平属性,以及五味调和的科学基础^[33]。相信这些研究能够为健康饮食、功能性食品和药物开发提供新思路和新方法。

5 结论和展望

味觉受体对味觉物质的传感与营养的吸收相偶联,是机体营养摄取、消化、吸收、储存和消费的基础。当需要营养时,机体产生“愉悦”感,促进摄食。抗营养和有害、有毒物质,以及营养超过机体消化、吸收和储存能力时,则传递“厌恶”感,停止进食。当味觉控制失调或长期“纵欲”时,机体就会因营养过度而导致疾病。五味调和讲究苦、辣、酸、甜、咸味的调和,实质上是对摄食和营养的定量控制,实现均衡营养。五味调和不仅是烹饪和饮食控制的基础,也是药物筛选和疾病防治的基础。中国先民历经数千年,尝遍百草的“性味”,并依照性味对百草进行分类和归纳,形成中华民族独到的性味理论,构成了中华美食的科学和文化体系。从现代科技的角度来看,尝百草就是运用味觉受体进行药物筛选的过程,通过中草药的性味和患者的味觉变化进行食疗或治疗,实现个性化营养和个性化医药。味觉受体及其信号途径的研究也从现代科学技术的角度揭示了它们作为药物筛选靶点的应用前景,相信这些研究成果与中国的性味理论相结合,一定会促进大众饮食健康、合理膳食,加快中医药的现代化和国际化进程。

参考文献:

- [1] Nelson G, Chandrashekar J, Hoon M A, et al. An amino - acid taste receptor [J]. *Nature*, 2002, 416 (6877): 199 - 202.
- [2] Zhang Y, Hoon M A, Chandrashekar J, et al. Coding of sweet, bitter, and umami tastes: different receptor cells sharing similar signaling pathways [J]. *Cell*, 2003, 112 (3): 293 - 301.
- [3] Kusuhara Y, Yoshida R, Ohkuri T, et al. Taste responses in mice lacking taste receptor subunit T1R1 [J]. *The Journal of physiology*, 2013, 591(7): 1967 - 1985.
- [4] Eric M, Wauson, Elma Zaganjor, et al. The G Protein - Coupled Taste Receptor T1R1/T1R3 Regulates mTORC1 and Autophagy [J]. *Molecular Cell*, 2012, 47: 851 - 862.
- [5] Nelson G, Hoon M A, Chandrashekar J, et al. Mammalian sweet taste receptors [J]. *Cell*, 2001, 106, 381 - 390.
- [6] Jang H J, Kokrashvili Z, Theodorakis M J, et al. Gut - expressed gustducin and taste receptors regulate secretion of glucagon - like peptide1 [J]. *Proc Natl Acad Sci USA*, 2007, 104: 15069 - 15074.
- [7] Susan E, Swithers. Artificial sweeteners produce the counterintuitive effect of inducing metabolic derangements [J]. *Trends in Endocrinology and Metabolism*, September, 2013, 24(9): 431 - 441.
- [8] Wong G T, Gannon K S, Margolskee R F. Transduction of bitter and sweet taste by gustducin [J]. *Nature*, 1996, 381: 796 - 800.
- [9] Deshpande D A, Wang W C H, McIlmoyle E L, et al. Bitter taste receptors on airway smooth muscle bronchodilate by localized calcium signaling and reverse obstruction [J]. *Nat Med*, 2010, 16: 1299 - 1304.
- [10] Sanderson M J, Madison J M. Bitter treats for better breathing [J]. *Nat Med*, 2010, 16: 1190 - 1191.
- [11] Belvisi M G, Dale N, Birrell M A, et al. Bronchodilator activity of bitter tastants in human tissue [J]. *Nat Med*, 2011, 17: 776 - 778.
- [12] Morice A H, Bennett R T, Chaudhry M A, et al. Effect of bitter tastants on human bronchi [J]. *Nat Med*, 2011, 17: 775.
- [13] Heck G L, Mierson S, De Simone J A. Salt taste transduction occurs through an amiloride - sensitive sodium transport pathway [J]. *Science*, 1984, 223: 403 - 405.
- [14] Kretz O, Barbry P, Bock R, et al. Differential expression of RNA and protein of the three pore - forming subunits of the amiloridesensitive epithelial sodium channel in taste buds of the rat [J]. *Histochem Cytochem*, 1999, 47: 51 - 64.

- [15] Oka Y, Butnaru M, von Buchholtz L, et al. High salt recruits aversive taste pathways [J]. *Nature*, 2013, 494: 472 – 475.
- [16] Jayaram Chandrashekar, Christina Kuhn, Yuki Oka, et al. The cells and peripheral representation of sodium taste in mice [J]. *Nature*, 2010, 464: 297 – 301.
- [17] Huang A L, Chen X, Hoon M A, Chandrashekar J, et al. The cells and logic for mammalian sour taste detection [J]. *Nature*, 2006, 442: 934 – 938.
- [18] Chang R B, Waters H, Liman E R, A proton current drives action potentials in genetically identified sour taste cells [J]. *Proc Natl Acad Sci USA*, 2010, 107: 22320 – 22325.
- [19] Richter T A, Dvoryanchikov G A, Chaudhari N, Roper S D. Acid – sensitive two – pore domain potassium (K2P) channels in mouse taste buds [J]. *Neurophysiol.*, 2004, 92: 1928 – 1936.
- [20] Wang Y Y, Chang R B, Liman E R. TRPA1 is a component of the nociceptive response to CO₂ [J]. *Neurosci*, 2010, 30: 12958 – 12963.
- [21] Caterina M J, Schumacher M A, Tominaga M, et al. The capsaicin receptor: a heat activated ion channel in the pain pathway [J]. *Nature*, 1997, 389: 816 – 824.
- [22] Marco Sisignano, Michael J. Parnham and Gerd Geisslinger, Drug Repurposing for the Development of Novel Analgesics [J]. *Trends in Pharmacological Sciences*, 2016, 37(3): 172 – 183.
- [23] Qiao L, Jiao L, Pang G C, Xie J B. A novel pungency biosensor prepared with fixing taste – bud tissue of rats [J]. *Biosens Bioelectron*, 2015, 68: 454 – 461.
- [24] Arai T, Ohkuri T, Yasumatsu K, et al. The role of transient receptor potential vanilloid – 1 on neural responses to acids by the chorda tympani, glossopharyngeal and superior laryngeal nerves in mice [J]. *Neuroscience*, 2010, 165: 1476 – 1489.
- [25] 庞广昌. 中华饮食文化和食品科学探源 [J]. *食品科学*, 2009, 30(3): 11 – 20.
- [26] 庞广昌, 陈庆森, 胡志和, 等. 食品和营养的表现遗传观点和展望 [J]. *食品科学*, 2011, 32(17): 1 – 21.
- [27] Celine E, Riera, Andrew Dillin. Emerging Role of Sensory Perception in Aging and Metabolism [J]. *Trends in Endocrinology & Metabolism*, 2016, 27(5): 294 – 303.
- [28] 庞广昌, 陈庆森, 胡志和, 等. 五味调和与营养平衡及其信号传导 [J]. *食品科学*, 2012, 33(13): 1 – 20.
- [29] Brian K, Shoichet, Brian K, Kobilka. Structure – based drug screening for G – protein – coupled receptors [J]. *Trends in Pharmacological Sciences*, 2012, 33(5): 268 – 272.
- [30] 庞广昌, 陈庆森, 胡志和. 食品是如何通过细胞因子网络控制人类健康的 (I) [J]. *食品科学*, 2006, 27(5): 258 – 264.
- [31] 庞广昌, 陈庆森, 胡志和. 食品是如何通过细胞因子网络控制人类健康的 (II) [J]. *食品科学*, 2006, 27(6): 260 – 270.
- [32] 庞广昌, 陈庆森, 胡志和, 等. 食品与机体中的移动通讯网络 [J]. *食品科学*, 2010, 31(21): 1 – 9.
- [33] 庞广昌, 陈庆森, 胡志和, 等. 味觉受体及其传感器研究与应用 [J]. *食品科学*, 2017, 38(5): 288 – 298.

The scientific basis of flavoring harmony

PANG Guangchang

(College of Biotechnology and Food Science, Tianjin University of Commerce, Tianjin, 300134 China)

Abstract: The flavoring harmony is the theoretical basis and fundamental principle of Chinese cooking and eating aesthetics. Researchers especially westerners thought that much in color, aroma and taste but less in nutrition were concerned in Chinese cuisine. Researches about taste sensing receptors revealed that flavoring harmony not only closely related to nutrition, but also was the base of nutrition balance and diet control and it might be the best way of personalized nutrition for the public health.

Key words: flavoring harmony; taste sensing; G protein-coupled receptors (GPCRs); nutrition balance; rational diet

(责任编辑: 王雪萍)