

味觉替代的膳食模式在健康促进中的新趋势

陈巧¹, 王小宁^{2*}

¹解放军总医院第三医学中心营养科 北京 100039

²解放军总医院第二医学中心老年医学研究所 北京 100853)

摘要 1879年,人工合成甜味剂糖精的诞生,引导人们开始探寻味觉替代的膳食新模式。目前,天然提取且无热量或极低热量甜味剂成为糖尿病患者日常饮食中常见成分,甚至成为全民健康促进饮食模式的新潮流。然而,简单的“0”糖替代,不但没有实现限制热量摄入的愿望,甚至事与愿违,带来新的健康问题。而且,除甜味外,咸和腴(脂肪味)味,也与健康密切相关,仅仅替代甜味也是绝对不够的。只有对所有食物中味觉呈现的主要成分(糖、脂肪和钠盐)进行全面的味觉替代,开启一种保留食物进食的满足感,又降低食物健康风险的健康膳食新模式,才能让民众在不刻意改变饮食方式和偏好的前提下,吃的更健康。本文从进食的进化和行为学,味觉的生理学与味觉替代生理、病理学角度,讨论由现在倡导的“三减”餐饮模式转向“三代”(代糖、代盐和代油)健康膳食的可行性、问题和挑战,并对基于“三代”的健康厨房模式进行探讨。

关键词 甜味剂;代糖;呈味剂;味觉替代;膳食模式

文章编号 1009-7848(2023)04-0473-08 **DOI:** 10.16429/j.1009-7848.2023.04.042

今天,食物被赋予更多的功能和价值,进食早已不只是为了裹腹,甚至需要仪式感。餐饮文化已成为不同国家和民族文化多样性的最重要特征。西方化饮食导致全球民众“肥胖化”^[1],而超重和肥胖及其引发的一系列疾病和健康问题已成世界卫生组织确定的,世界第一大健康顽疾。控制体重,降低超重和肥胖率是遏制慢病发病率,改变疾病谱,降低医疗负担最为关键的“牛鼻子”,也是最为经济、有效的生物医药和公共卫生措施。

为解决民众超重和肥胖率持续攀升的公共卫生问题,国家卫生健康委出台了《中国居民健康膳食指南》,然而,要让民众做到“减盐、减油、减糖”,改变原有习惯,很难做到自觉的选择和持续受用。如何摆脱食品的“唯营养成分和热量”的健康膳食观,建立起一种全新的既能获得进食的满足感,又能控制总体进食热量的膳食模式迫在眉睫。

1 味觉的进化与进食行为

进食是所有生物生存繁衍的最基本功能。从生物学角度来说,人类进化而来的饮食习惯很难改变,而且东方民族由于进化导致的节俭基因更

强大,在改革开放后数十年,我国超重和肥胖的发生率就登上世界第一^[2]。人类吃的食物种类,除了受文化和传统的影响,环境因素、地域差异也形成了对食物的选择偏好,引发诸多健康问题。单纯靠个人自觉控制饮食和减少摄入量,极难坚持,也绝非易事。而味觉是进食决策的基础,在人类的进食选择上发挥了重要作用。它不但由味觉的生物机制调节,也带有鲜明的富有生活习俗差异的文化烙印。改变饮食习惯,在很大程度上取决于味觉的满足或适应。

味觉是通过分布在舌咽部的味蕾感受器接触食物,产生信号,并经面部、舌咽部或迷走神经传入脑干和丘脑后,最终到达味觉皮层而产生的特殊感觉^[3]。味觉细胞感知的基本味觉,目前已确定6种,包括酸(Sour)、甜(Sweet)、苦(Bitter)、咸(Salt)、鲜(Umami),以及2013年才发现的腴味(脂肪味,也称肥味,Fat)。这些味觉特质通过位于口腔味觉细胞上的相应味觉感受器传递。味蕾主要存在于舌头、咽、腭、小舌、会厌和食道的开始处^[4],而且感应不同味觉的味觉细胞在舌头和口腔中的分布具有特定的部位,如感受甜的味蕾主要分布在舌尖,感知苦味的味蕾主要分布在舌根。除了口腔内的味蕾,味觉受体和下游信号转导通路还普遍存在于呼吸道、胰腺、大脑、胃肠道等多种组织细胞中^[5]。口腔以外的味觉受体会在大脑中形

收稿日期: 2022-11-12

基金项目: 国家自然科学基金项目(31770975)

第一作者: 陈巧,女,博士生,副主任医师

通信作者: 王小宁 E-mail: xnwang88@163.com

成味道的感知,给大脑传递更为重要的信息。例如,最近人们发现十二指肠有一类特殊味觉感受细胞,可将呈味物质的信号传达到大脑,精准地感知天然糖和低热量甜味剂的差别^[6]。

人们通常熟知的辣味是痛觉,虽然与味觉感受器作用机理不同,但是最终在大脑呈现的依旧是一种活生生的味觉,并容易让人产生依赖。因此,在讨论健康膳食中不应将其剔除。味觉是人类和动物的基本生理感受之一,对食欲、食物摄取、消化吸收都有重要作用。

2 味觉的感官线索 (Oro-sensory cues) 与食欲

2.1 味觉的感官线索

味觉可能影响食欲调节和能量摄入,在促进饱腹感中起重要作用^[7]。食欲(Appetite)、饥饿感(Hunger)、饱腹感(Satiety)和饱足感(Satiation)这些感官线索(Oro-sensory cues)信号贯穿于进食的全过程,并相互影响。其中,食欲是支配摄食和选择食物的生理、心理因素,食欲伴随饥饿感,或是饥饿感的前兆。饱足感指对食物口感的肯定,是进餐期间感受到的满足感。饱足感是导致一顿饭结束的过程,产生在进食结束之前,决定了进食终止的过程。饱腹感指进餐结束后,能持续抑制继续进食和能量摄入的饱足状态,是饭后抑制进食的状态,它会影响下一次进食的时间和内容。当吃完饭后,饱腹感会随着时间的推移而降低。进食终止后,到产生新的饥饿感的间隔时长越长,饱腹感就越差。大脑与其后续的生理反应受外部因素影响。饱腹感和饱足感包含了所有能影响膳食行为的因素和过程。

味觉在进食过程中发挥较大作用,整个生理过程就是食物消化后反馈给大脑,大脑又影响人们随后的进食过程。其中,味觉只是所有进食因素的一部分,随着味觉受体的激活,促使胃肠道感应机制释放更多的胃肠激素,将神经元信号传递到大脑,从而进一步影响进食反应,特别是饱腹感、饥饿感和能量稳态^[8-9]。由于嗅觉和味觉在同一大脑皮层进行处理,因此嗅觉对食物的选择偏好和进食过程也极其重要。近年来有研究发现,在禁食期间,进行嗅觉刺激可以通过脂肪分解增加血清

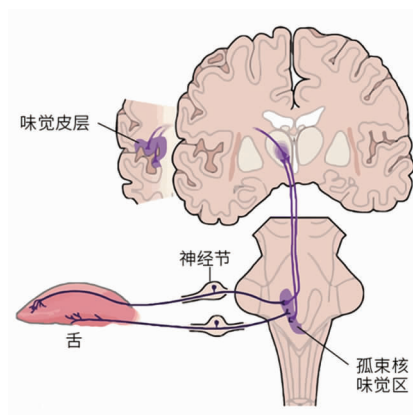


图1 味觉信号的传输路线

Fig.1 The transmission route of taste signals

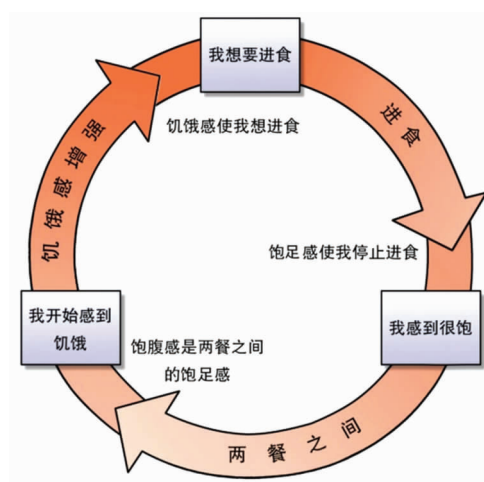


图2 饥饿感、饱足感和饱腹感

Fig.2 Hunger, satiation and satiety

游离脂肪酸,从而增强全身脂质的利用^[10],这是临床上非常值得关注的的一个措施。

2.2 味觉与食欲

多数情况下,疾病会导致味觉衰退,食欲下降,并产生一系列营养问题。疾病状态、年龄因素和激素水平改变味觉的例子比比皆是,例如肿瘤放疗患者、高龄老人及孕期妇女味觉的改变,导致味觉反应迟钝,表现为自觉舌苔增厚,或品尝不出味道等,常需多吃酸或辣的食物刺激食欲,进而主动摄入更多食物,改善可能因摄入不足导致的营养不良。互动性研磨进餐(Grind dining)^[11]和临床上运用低甜度营养液增加进食量^[12]的例子,均说明味觉可改变进食量。

2.3 味觉替代生物学基础

味觉替代的生理学要点,就是用甜、咸、胰 3

种呈味剂的替代物,在大脑中呈现出与原食材相同的味觉感应,从而获得味觉偏好的进食满足感,以此减少食物中糖、盐、油的摄入量,达到健康膳食的目的。近年来,由于脑科学与分子生物学的紧密融合,在味觉替代的信号通路、脑响应,以及后续机体做出的进食决定的回路机制上取得了突破性进展,得到了与先前预期完全不同,甚或相反的结论,对味觉替代的膳食模式,特别是商业模式提出巨大挑战。以甜食为例,甜度增加超过正常甜度后,人就会产生腻的感觉,腻是否对进食和诱发饱腹感产生正向的健康效应,目前还是空白,同样值得进一步探讨。目前研究的最为深入的是甜味替代,即用低热量(木糖醇、赤藓糖醇等糖醇类)或无热量(甜叶菊糖、罗汉果糖苷、阿斯巴甜、安赛蜜、三氯蔗糖等),而高甜度的代糖替代蔗糖等高能量天然甜味剂制作的一系列饮料、烘焙产品和菜肴,目的是让人们包括一些患病人群(如糖尿病患者)获得对食物甜味的满足感,又最大限度减少食物中添加的糖成分带来的健康问题。而对于咸和腴味的研究还甚少。

味觉来自于口腔内舌头背部上的味觉感受器对非挥发性、唾液可溶的化学物质的识别。当食物中的化学物质激活味蕾上味觉感受器时,便启动了一个信号转导到大脑的处理区域,大脑隔离、评估和区分刺激,导致味觉的形成,同时为摄食后的进一步代谢,做好胃肠道的准备。

甜味代表着富含能量,根据是否产生能量,甜味剂分又为营养型甜味剂和非营养型甜味剂。通常营养型甜味剂可分解为碳水化合物,包括糖精、阿斯巴甜、醋磺内酯钾等,非营养型甜味剂无法分解为碳水化合物,包括糖醇等。当达到与蔗糖相同的甜度时,非营养型甜味剂的能量微乎其微,甚至没有能量,胃肠道中的甜味感受器不传递味觉^[13-14]。摄食时,大脑偏好于有能量的蔗糖,从而刺激奖赏中枢分泌多巴胺产生欣快感,而能量感知包含由饥饿感产生到大脑接收到刺激整个过程^[15]。因此,人工甜味剂仅能从味觉上得到甜的感知,而无法支撑让身体产生饱腹感和给予大脑欣快感刺激,可能与人工甜味剂不能触发胰岛素的分泌有关。以至于摄食了人工甜味剂后,仍要吃更多富含能量的食物来获得饱腹感和欣快感,无能量的甜味

剂所产生模糊的生物学心理信号,混淆人体调节机制,反而导致食欲失控和暴饮暴食^[16-19]。因此,探索可否用部分天然甜味剂,如蔗糖作为“掩护剂”,与代糖复配成新的甜味替代品,其中代糖提供足够高的甜味,而低含量的天然糖成分通过与肠道甜味受体结合,并刺激产生神经信号,让大脑呈现“真实的甜味”,从而实现甜味替代,既可以减少总能量,又保证胰岛功能正常分泌胰岛素,还不至于造成肠道甜味受体的选择偏好。因此,研究味觉替代,特别是研发产品,不能只考虑舌尖上的味道,要贯穿整个味觉感官线索(Oro-sensory cues)的各个环节。

氯化钠是食物中咸味的主要来源。如上所述,摄入钠盐过多是高血压发病率高的主要危险因素。50多年前,人们就探讨用氯化钾替代钠盐以减少钠离子的摄入。增加钾离子摄入有助于控制和预防高血压,从而为氯化钾替代氯化钠提供了生理学基础。通常钠盐中氯化钠含量约98%,而低钠盐由于添加了25%~35%的氯化钾,使氯化钠含量降至65%~75%。钾离子对钠离子的替代使用可以显著降低心血管疾病发生的风险。是否还有更为安全有效的非钠盐替代氯化钠,又能规避长期摄入钾盐而产生的潜在医学危害,也值得探讨。

腴味(肥味)^[20]是一种非酯化脂肪酸的感觉机制,在调节进食行为和能量平衡方面通过口腔、大脑和胃肠道起关键作用。这些调节机制存在于舌头味蕾,大脑特殊中心神经元,以及肠粘膜上皮细胞和肠内分泌细胞的特殊受体^[21]。与代糖的产生类似,随着生活水平不断提高,人们也在不断探索新型健康油脂。

2.4 味觉感受器在复合味道形成过程中的作用

虽然味蕾感受器在舌头和口腔的分布不同,但在进食和呈味过程中,味觉感知是一个复合过程,并形成个人的食物味道偏好。复合呈味与单一呈味相比,满足感和饱腹感均更胜一筹。复合呈味的效果是进食早期确定进食量的重要决定因素^[22],即食物越色香味俱全,进食后的饱腹感也越强,较甜或较咸的食物更容易引起饱腹感^[23]。此外,由单一的呈味剂变成复合呈味,既可能感觉愉悦,也可能产生厌恶。浓度高的盐溶液可以通过激活苦味和酸味的感知细胞而引起反感,从而可以控制盐

的摄入量。当人对苦味敏感时,感知高盐食物的能力更强,会更趋向低钠的食物^[24]。腻是一种甜度达到人难以忍受时的感觉,当人们觉得腻时,会先停止进食甜得发腻的食物,并寻求饮水及进食咸的食物,此时继续选择进食甜食的概率很小^[25],而转向选择进食咸和辣,以及脂肪味的食物概率增大。例如:日本发明的使用含有鲜味物质的食物减少盐摄入量的减盐调料,就是通过复合呈味来实现对盐摄入量的控制。因此,在设计食品产品或者健康膳食模式时,要充分考虑味觉导致的食欲强化或减弱,特别是对甜、咸、腴味觉的偏好,以实现在保护进食满足感的同时,最大程度的减少对糖、盐、油的依赖。

3 味觉替代的历程与现状

味觉替代是指用一定的呈味剂作为替代物将糖、油或盐替代,以避免因摄入过量对人们造成伤害。以甜味替代为例,从进化来讲,甜味是一种人类最愉悦、最难摆脱的味觉。1879年从糖精的偶然发现,到由于致癌的缘故逐渐退出历史舞台。1937年从人们偶然获得的甜蜜素,以及之后随着美国工业化进程的加快,阿斯巴甜(1965年)、安赛蜜(1967年)等甜味剂也陆续登上历史舞台。由于担心人工甜味剂有导致肥胖的问题,美国人从二十世纪70年代开始关注肥胖与甜味剂的相关性,从这时起提出了甜味替代品的概念。人工代糖经历了6代产品的迭代发展,至今,甜蜜素、安赛蜜、三氯蔗糖(1976年)和纽甜(1993年)仍在使用,并占据较大市场。味觉替代包括与疾病相关的甜味、咸味和腴味的替代。现在,味觉对健康的直接影响成为近两年最大的关注点。盐的替代,在国外有近50年的历史,在我国有近30年的历史,随着高血压发病率的逐年上升,咸味替代品也大量出现在零食市场中,而腴味替代品目前还处于空白阶段。其实,另外两种咸和腴味替代都存在相同的问题和解决原则。由于不能单单考虑到能量摄入的问题,还应考虑可能导致的味觉依赖问题。目前“0”糖、“0”脂饮料、食物充斥市场,而不论用什么呈味剂替代甜、咸、腴,都需要遵循以下原则:在味觉上产生与天然呈味剂类似的口感,不含或含很低的热量,不会引发新的健康问题,来源可及,

具备成本效益。目前能完全符合这一原则的味觉替代物几乎没有。

3.1 甜味替代

代糖的使用已有140多年,这些甜味剂和味蕾中受体结合,让人感知到甜味,产生甜的味觉。蔗糖与甜味剂虽然都能引起甜味感觉和刺激相同的信号,但仍有本质区别。蔗糖触发了胰岛素浓度的早期上升,而人工甜味剂不会引起大脑和胰腺这两个重要器官的糖样反应,只有在口腔甜味感受器被激活后,才会有意识地感知甜味。目前的甜味剂可以分为人工合成或改性甜味剂以及天然甜味剂。人工甜味剂的主要特点是口感与蔗糖接近,甜度高,成本低廉。天然甜味剂包括赤藓糖醇、木糖醇、麦芽糖醇,以及甜菊糖苷、罗汉果糖苷等。采用代糖最大限度减少食物中添加的天然糖,可以降低肥胖,减少龋齿,降低慢病风险,从而获得健康收益,这一点已成为行业共识,也是代糖产业的基点。

天然甜味剂中的罗汉果糖苷具有甜味较持久、甜度极高的特点,与前面的呈味较早且短、甜度倍数不太高的糖醇类复配,相互取长补短,是目前较常见的代糖复配方式。这类从植物中提取的天然甜味剂,已商品化的有罗汉果糖苷,最常用的是罗汉果糖苷V(Mogroside V)具有中国资源特色的新型代糖,它没有热量,还具有中医清热解毒功效,是普遍为民众和国际所接受的代糖产品。糖和非营养型甜味剂(NNSs)对人类食欲调节,对大脑激活和食物摄入的长期影响仍不清楚,需要进一步研究。

3.2 咸味替代

咸味替代方面,目前唯一符合《国民营养计划(2017-2030)》^[26]全国人均每日食盐摄入量降低20%标准,并有循证数据的是用20%~30%的氯化钾来替代氯化钠。氯化钠的替代品称为低钠盐,主要由氯化钾替代,具有相同的咸味口感。近两年咸味替代的相关研究表明^[27-30],利用钾盐部分替代的低钠盐,能显著减少脑卒中、心脏病和全因死亡率,吃低钠盐的人中风风险降低14%,总心血管事件风险降低13%,过早死亡的风险降低12%^[31]。除了在食用低钠盐的同时应密切监测慢性肾脏疾病患者的血钾水平,低钠盐仍可能对慢性肾脏疾病

患者具有较大健康获益^[31],而且近期的一项研究发现,我国 65 岁以上的老年人膳食钾的摄入量未达到适宜摄入量的比例为 90.3%,而膳食钠超过预防慢性病的钠建议摄入量(PI-NCD)的比例高达 91.1%^[32]。所以补充氯化钾替代的低钠盐对于这一人群具有一石二鸟的健康效应。

基于上述研究,倡导在搭配味觉增强剂和用醋和辣等调味的办法,以及推荐氯化钾-氯化钠的低钠盐作为咸味替代物的基础上,建议该类产品要严格遵循产品标签制度,明确提示潜在风险和禁忌或不适宜食用人群。而且,低钠盐是否在大脑回路中具有与普通盐相同的反应,尚且需要进一步的深入研究。

3.3 腴味替代

通过腴(肥)味的替代减少烹饪油脂摄入是味觉替代的一个重点和难点。随着油脂改性和反式脂肪酸等一系列油脂产品的演变,试验证明食用脂肪替代品制造的、模仿脂肪感官特性而不含能量的高脂肪食品,也如同零能量甜味剂一样破坏能量平衡^[33]。因此,如甘油二酯油(DAG)一样依旧含有能量,只是部分替代的油脂类产品问世,可以安全、有效的实现腴味的替代。

在 DAG 产品的推广应用上也依旧存在诸多亟待解决的问题。其一,味觉替代物只能减少外源添加的味觉成分(糖、盐、油),并不能够消除食材本身的相关成分。其二,目前尚无充分的证据表明二酯油具有体内代谢调控的作用,把二酯油当作保健品进行推广,最终将导致产品的信誉度受损。其三,目前的研发生产机构主要关注成品的纯度,忽略了产品的烹饪特性,部分品种出现常温下凝结问题,会使消费者产生“反感”和抵触的心理。而且缺乏该类产品烹饪对菜品品质影响的研究。大多数民众的日常餐饮还是依赖后厨(饭堂、餐厅、外卖)或者烘焙产品,只有当这些食物都普遍用甘油二酯油替代甘油三酯(厨房革命),才有可能产生规模化的人群健康效益,从而在促进全民健康中发挥重要作用。

4 味觉替代的健康膳食新趋势与展望

倡导摒弃成分导向的营养和食品工业旧范式,强化脑科学与味觉生物学、生理学的融合,特

别关注带来的新的健康问题。

如上所述,饮食中钠盐、糖和油 3 种成分所产生的味觉,可以通过代糖、代盐和代油而呈现。利用这些替代物,已发展出一系列味觉替代产品或膳食模式,为味觉替代健康饮食新模式提供了坚实的科学基础,也为替代现在行业推行的“三减”健康饮食模式提供了应用基础。比如钾盐替代的健康促进效果就取得了一定认可,初步解决了钠盐摄入过量所导致的高血压等健康问题。在此基础上进一步强化替代的全民健康促进作用,才能让民众在不知不觉中减少对“重口味”的依赖,实现味觉对健康膳食的促进作用。寻找“减盐”不“减咸”且不影响食品口感的减盐增咸策略,已经成为健康饮食的关注热点。当前所面临的挑战是简单的味觉替代并不总能达到消费者的认可,甚或还会出现新的健康风险。

味觉与疾病之间的关系密切,体现在以下 2 个方面:一方面对高糖、高盐和高油的味觉偏好而形成的“重口味”,使得膳食中危害因素摄入过多,从而引发一系列的代谢紊乱导致的疾病问题,如高血压、糖尿病等。另一方面,由于疾病因素所导致的患者味觉敏感度降低,食欲减退,最终导致营养不良等一系列临床棘手问题。如今,人们通过调整食物的成分,提高味觉感应度和食欲,通过工业产品改变口感和味道等一系列健康措施使得味觉在疾病干预中的应用有了较快发展,实现了疾病的改善。

目前已有的“代糖、代油、代盐”主要集中在个人消费产品上,民众被动接受,消灭了食物和味觉依赖的多样性,高频率、单一摄取食物还容易成瘾;其实,现代社会中大部分人的饮食依赖于集中化的后厨、饭堂、饭馆、外卖等。如果“三代健康餐饮模式”不转化为“后厨模式”,不渗入到烘焙产品的制作中,民众只凭偶尔或间断的消费这类“三代”健康饮食产品,所获得的健康效应相当有限,难以改变疾病谱,以及实现全民健康促进的效应,更难以成为支柱性产业。要将科学合理的“三代”健康膳食模式渗入家庭、烘焙业和餐饮业厨房中,研发出满足不同人群的,既有满足感,又有饱腹感的膳食。“三代”既要重视成分和热量的计算,又要重视食品的满足感,要综合考虑“三代”的健康促

进-危害的平衡点,最终实现从好吃,到不多吃,甚至可多吃一点,也没有健康问题。做到这一点,绝对不是简单的物质替代就可以实现的,还需要大量持之以恒的研究和探讨。

多学科的交叉融合促进进食生物学和健康新模式的迅速发展,一些产品甚至颠覆了原有观念,催生出新的产业模式。最近,日本的宫下芳明另辟蹊径,开发的电极筷子^[34],通过设计和研究一种新的刺激波形,提高了低钠食品的咸味,使得减少30%盐使用量的低钠食物的味道得到改善,从而为低钠饮食患者提供精神上的满足感和营养上的健康益处,使低盐食物变得同样美味可口。此外,他发明的“舔屏尝味”电视^[35],实现了远程状态下味道的传递和识别。麦考密克公司最近在IBM研究院人工智能技术(AI)的帮助下,能够预测配方的替代品、配料的正确比例、甚至人们会对味道做出哪些反应,从脑机接口的角度使其产品开发人员能更高效地创造新的风味,从而开发新型混合调味料^[36-37],可以设想用这一技术,未来通过人工呈味勺子的“舔屏效应”获得味觉刺激,除了增加进食满足感外,还可以通过延长嗅觉刺激的时间来加速体内脂肪分解,从而使超重肥胖患者获得健康收益。

通过遵循替代的“黄金比例”概念,将新型甜味替代品按照如同甘油二酯油和低钠盐替代的比例,实现健康促进的目标。既最大限度保留进食满足感,又不产生成瘾或能量失衡等负面效应。氯化钾和二酯油替代的大量临床数据为“黄金比例”的概念提供了数据支持。

第一,甜的替代可以用天然的糖作为掩护,在甜度保持一致的前提下,机体能达到同蔗糖相类似的反应,就有可能避免替代的甜味剂带来的一系列健康问题。近期有研究显示^[38],与蔗糖同时给予的非能量甜味剂,诸如糖精、三氯蔗糖、阿斯巴甜(人工代糖)和甜菊糖苷(天然代糖)等高强度甜味剂均对肠道菌群有特异性的影响,从而造成糖耐量的改变,然而由于个体差异的原因,这种糖耐量异常只体现在实验的部分人群中,对有的人完全没有影响。通过研究制造比例恰当,既符合热量控制,又能保持食物满足感的天然糖与代糖的复合甜味剂。第二,咸的替代需要经过健康评

估,或者给予产品标签指引,让消费者有非常明确的选择指引,钾盐可以给特定人群,而少盐地区和民众则不需要替代。低钠盐的替代就证明部分替代的有效性,既保留了咸的口感,又实现了健康效应。第三,对于油来说,目前在味觉方面的研究表明甘油二酯油保留了普通油脂的口感,又能加速脂肪酸的氧化,具有增加饱腹感的作用^[39],可以实现控制能量摄入的目标。

参 考 文 献

- [1] 菲利普·费尔南多-阿梅斯托. 吃: 食物如何改变我们人类和全球历史[M]. 北京: 中信出版社, 2020: 201, 266.
FELIPE FERNANDEZ-ARMESTO. Near a thousand tables: A history of food[M]. Beijing: China Citic Press, 2020: 201, 266.
- [2] WANG Z H, SONG J L, LI Y H, et al. Early-life exposure to the Chinese famine is associated with higher methylation level in the INSR gene in later adulthood[J]. *Sci Rep*, 2019, 9: 3354.
- [3] FINGER T E, KINNAMON S. Taste isn't just for taste buds anymore[J]. *F1000 Biol Rep*, 2011, 3(1): 20.
- [4] SRINATH S H, AKULA R, MAROLI S, et al. Altered taste perception among complete denture patients[J]. *Indian J Oral Sci*, 2014, 5: 78-82.
- [5] 陆洋宇, 席苒琇, 郑欣, 等. 味觉受体信号转导机制及对微生物的调控[J]. *华西口腔医学杂志*, 2017, 35(5): 549-554.
LU Y Y, XI R H, ZHENG X, et al. Taste signal transduction and the role of taste receptors in the regulation of microbial infection[J]. *West China Journal of Stomatology*, 2017, 35(5): 549-554.
- [6] BUCHANAN K L, RUPPRECHT L E, KAELBERER M M, et al. The preference for sugar over sweetener depends on a gut sensor cell[J]. *Nat Neurosci*, 2022, 25(2): 191-200.
- [7] LI T, ZHAO M, RAZA A, et al. The effect of taste and taste perception on satiation/satiety: A review[J]. *Food & Function*, 2020, 11(Suppl 2): 2838-2847.
- [8] RAKA F, FARR S, KELLY J, et al. Metabolic control via nutrient-sensing mechanisms: Role of

- taste receptors and the gut-brain neuroendocrine axis[J]. *Am J Physiol Endocrinol Metab*, 2019, 317: E559-E572.
- [9] BRIAN K, TREVELLINE K D K. The gut microbiome influences host diet selection behavior[J]. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 2022, 119(17): e2117537119.
- [10] TSUNEKI H, SUGIYAMA M, ITO T, et al. Food odor perception promotes systemic lipid utilization[J]. *Nat Metab*, 2022(4): 1514-1531.
- [11] POTTIGER M. An innovative cooking method is making mealtime a lot more enjoyable for people with dementia [EB/OL]. (2022-03-18)[2022-11-12] <https://www.washingtonian.com/2022/03/18/an-innovative-cooking-method-is-making-mealtime-a-lot-more-enjoyable-for-people-with-alzheimers/>.
- [12] ADDBA B, SANNE B, LAWLOR J B. How sweetness intensity and thickness of an oral nutritional supplement affects intake and satiety[J]. *Food Quality and Preference*, 2019, 71: 406-414.
- [13] BROWN R J, ROTHER K I. Non-nutritive sweeteners and their role in the gastrointestinal tract[J]. *J Clin Endocrinol Metab*, 2012, 97: 2597-2605.
- [14] JANG H J, KOKRASHVILI Z, THEODORAKIS M J, et al. Gut-expressed gustducin and taste receptors regulate secretion of glucagon-like peptide-1[J]. *Proc Natl Acad Sci U S A*, 2007, 104: 15069-15074.
- [15] VAN RIJN I, DE GRAAF C, SMEETS P A M. Tasting calories differentially affects brain activation during hunger and satiety [J]. *Behav Brain Res*, 2015, 279: 139-147.
- [16] ROGERS P J, CARLYLE J A, HILL A J, et al. Uncoupling sweet taste and calories: Comparison of the effects of glucose and three intense sweeteners on hunger and food intake[J]. *Physiol Behav*, 1988, 43: 547-552.
- [17] BLUNDELL J E, ROGERS P J, HILL A J. Uncoupling sweetness and calories: Methodological aspects of laboratory studies on appetite control[J]. *Appetite*, 1988, 11: 54-61.
- [18] BLUNDELL J E. Low-calorie sweeteners: More complicated than sweetness without calories[J]. *Am J Clin Nutr*, 2019, 109: 1237-1238.
- [19] HAN P, BAGENNA B, FU M. The sweet taste signalling pathways in the oral cavity and the gastrointestinal tract affect human appetite and food intake: A review[J]. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, 2019, 70(2): 125-135.
- [20] RUNNING C A, CRAIG B A, MATTES R D. Oleogustus: The unique taste of fat[J]. *Chemical Senses*, 2015, 7: 1-10.
- [21] SUNDARESAN S, ABUMRAD N A. Dietary lipids inform the gut and brain about meal arrival via CD36-mediated signal transduction[J]. *J Nutr*, 2015, 145: 2195-2200.
- [22] MCCRICKERD K, SALLEH N B, FORDE C G. Removing energy from a beverage influences later food intake more than the same energy addition[J]. *Appetite*, 2016, 105: 549-556.
- [23] LASSCHUIJT M P, DE GRAAF K, MARS M. Effects of oro-sensory exposure on satiation and underlying neurophysiological mechanisms-What do we know so far?[J]. *Nutrients*, 2021, 13: 1391.
- [24] 崔元廷. 盐味觉改变对摄盐量和血压的作用及机制[D]. 重庆: 中国人民解放军陆军军医大学, 2019.
- CUI Y T. Effect of salt taste change on salt intake and blood pressure and its mechanism[D]. Chongqing: Third Military Medical University, 2019.
- [25] VICKERS Z. Satiety and liking intertwined[M]. John Wiley & Sons Ltd. and the Institute of Food Technologists, 2017: 19-20.
- [26] 中国营养学会. 国民营养计划(2017-2030年)[J]. *营养学报*, 2017, 39(4): 6.
- Chinese Nutrition Society. National Nutrition Plan (2017-2030)[J]. *Journal of Nutrition*, 2017, 39(4): 6.
- [27] MA Y, HE F J, SUN Q, et al. 24-Hour urinary sodium and potassium excretion and cardiovascular risk[J]. *N Engl J Med*, 2022, 386: 252-263.
- [28] LI N, PRESCOTT J, WU Y F, et al. The effects of a reduced-sodium, high-potassium salt substitute on food taste and acceptability in rural northern China[J]. *British Journal of Nutrition*, 2009, 101(7): 1088-1093.
- [29] NEAL B, WU Y F, FENG X X, et al. Effect of salt substitution on cardiovascular events and death [J]. *N Engl J Med*, 2021, 385: 1067-1077.
- [30] GREER R C, MARKLUND M, ANDERSON C A M, et al. Potassium-enriched salt substitutes as a means to lower blood pressure: Benefits and risks[J]. *Hypertension*, 2020, 75: 266-274.

- [31] MARKLUND M, SINGH G, GREER R, et al. Estimated population wide benefits and risks in China of lowering sodium through potassium enriched salt substitution: modelling study[J]. *BMJ*, 2020, 369: m824.
- [32] 赵方蕾. 中国 65 岁及以上老年人膳食营养现状及糖尿病膳食影响因素分析[D]. 北京: 中国疾病预防控制中心营养与健康所, 2021.
- ZHAO F L. Analysis of dietary nutrition status and dietary influence factors of diabetes mellitus in Chinese elderly aged 65 and above[D]. Beijing: Institute of Nutrition and Health, China Center for Disease Control and Prevention, 2021.
- [33] SWITHERS S E, OGDEN S B, DAVIDSON T L. Fat substitutes promote weight gain in rats consuming high-fat diets[J]. *Behav Neurosci*, 2011, 125: 512-518.
- [34] YOSHINOBU K A S H M. Design of electrical stimulation wave form for enhancing saltiness and experiment on low-sodium dieters[J]. *Frontiers in Virtual Reality*, 2022, 3: 1-10.
- [35] CHEN Y, HUANG A X, FABER I, et al. Assessing the influence of visual-taste congruency on perceived sweetness and product liking in immersive VR[J]. *Foods*, 2020, 9: 465.
- [36] 宫下芳明. 液体噴霧混合式の味ディスプレイの試作[J/OL]. *WISS*, 2021: 37-40 (2021-12-03) [2022-11-12]. <https://research.miyashita.com/papers/D244>.
- HOMEI MIYASHITA. A prototype of a liquid spray mixed taste display[J]. *WISS*, 2021: 37-40 (2021-12-03) [2022-11-12]. <https://research.miyashita.com/papers/D244>.
- [37] LOUGEE R. Using AI to develop new flavor experiences[EB/OL]. (2019-02-05) [2022-11-12] <https://www.ibm.com/blogs/research/2019/02/ai-new-flavor-experiences/>.
- [38] SUEZ J, COHEN Y, VALDÉS-MAS R, et al. Personalized microbiome-driven effects of non-nutritive sweeteners on human glucose tolerance[J]. *Cell*, 2022, 185: 3307-3328.e19.
- [39] MEYER-GERSPACH A C, BIESIEKIERSKI J R, DELOOSE E, et al. Effects of caloric and noncaloric sweeteners on antroduodenal motility, gastrointestinal hormone secretion and appetite-related sensations in healthy subjects[J]. *Am J Clin Nutr*, 2018, 107: 707-716.

New Trends in Gustatory Substitution Dietary Patterns in Health Promotion

Chen Qiao¹, Wang Xiaoning^{2*}

¹Department of Nutrition, Third Medical Center of PLA General Hospital, Beijing 100039

²Geriatric Research Institute, Second Medical Center of PLA Hospital, Beijing 100853

Abstract The introduction of artificial sweetener saccharin in 1879 initiated the search for a new dietary paradigm of taste substitution. Currently, naturally derived sweeteners with very low or no calorie are becoming common ingredients in the daily diets of diabetics, and even becoming a new trend in health-promoting dietary patterns for the whole population. However, simple "zero"-sugar substitution not only fails to limit calorie intake, but even does the opposite by causing new health problems. Moreover, in addition to sweet taste, salty and fatty taste are also closely related to health. It is therefore absolutely not enough to replace only the sweet taste in diet. Only by comprehensively replacing the main sugar, fat and sodium that present taste in all foods, and developing a new healthy dietary model that preserves the satisfaction of eating while reducing the health hazards of food, can the public eat more healthily without deliberately changing their dietary habits and preferences. In this paper, focusing on the evolutionary and behavioral aspects of eating, the physiology of taste, and the physiology and pathology of taste substitution, the aim to explore the feasibility, problems and challenges of shifting from the "three reduction" dietary model to the "three substitution" healthy diet (sugar, salt and oil substitutes), and discuss the healthy kitchen model based on the "three substitution" practice.

Keywords sweetener; sugar substitute; flavoring agent; taste substitution; dietary pattern