

· 综 述 ·

国内外食物营养分析系统研究与应用现状

孙卓¹, 余江月², 宋琪¹, 买淑鹏¹, 汪正园¹, 臧嘉捷¹

1. 上海市疾病预防控制中心健康危害因素监测与控制所营养健康科, 上海 200336;

2. 复旦大学公共卫生学院, 上海 200032

通信作者: 臧嘉捷, E-mail: zangjiajie@scdc.sh.cn

【摘要】食物营养分析系统(nutrient profiling systems, NPS)是指根据食物的营养成分对食物进行分类或排序,并将算法应用于营养健康领域的科学方法,旨在帮助消费者选择健康食物。NPS的研究及应用对改善居民营养素养及促进居民选择健康食物具有关键作用,对新建NPS模型进行科学验证十分重要。目前,全球已有百余种NPS模型,其中阈值型NPS模型广泛用于食品包装正面标签、食品广告限制及食品企业内部评级等。本文主要概述了国内外NPS的研究与应用现状,同时对NPS模型的建立与验证方法及各利益相关方对NPS的态度与展望进行介绍。

【关键词】食物营养分析系统; 营养素度量法; 食物营养; 食品包装正面标签

Research progress and current applications of nutrient profiling systems domestically and internationally

SUN Zhuo¹, YU Jiangyue², SONG Qi¹, MAI Shupeng¹, WANG Zhengyuan¹, ZANG Jiajie¹

(1. Department of Nutrition and Health, Institute for Health Hazard Factors Surveillance and Control, Shanghai Municipal Center for Disease Control and Prevention, Shanghai 200336, China; 2. Fudan University School of Public Health, Shanghai 200032, China)

Corresponding author: ZANG Jiajie, E-mail: zangjiajie@scdc.sh.cn

【Abstract】 Nutrient profiling systems (NPS) are scientific methods that classify or rank foods based on their nutrient composition and apply algorithms to the field of nutrition and health to help consumers make healthy food choices. The research and application of NPS play a critical role in improving the nutritional literacy of citizens and promoting healthy food choices, so it is essential to scientifically validate newly developed NPS models. Currently, there are more than 100 NPS models worldwide, of which threshold-based NPS models are widely used in front-of-package labelling, food advertising restrictions, and internal food company ratings. This article provides an overview of the research and application status of NPS both domestically and internationally. It also presents the construction and validation methods of NPS models, as well as the attitudes and perspectives of various stakeholders towards NPS.

【Keywords】 nutrient profiling system; nutrient profile; food nutrition; front-of-package labelling

食物营养分析系统(nutrient profiling systems, NPS),又称为食物营养成分分析(nutrient profiling/nutritional profiling of foods)或营养素度量法,是一种根据食物的营养成分对食物进行分类或排序,并将算法应用于营养健康领域,如提供食品包装正面营养标签(front-of-pack labelling, FOP)的营养信息支持、规范食品广告的工具、实施食品税/补贴的基础及食品企业产品内部评分基础等的方法,旨在对消费者进行健康饮食指导,帮助消费者选择更健康食物^[1-2]。NPS的长期目标是保障人群的最佳健康水平并降低与饮食相关的疾病风险,包括遏制肥胖增加和预防心血管疾病风险^[3]。

目前,全球约有100多种NPS模型,包括60多种公开发表的算法^[1]。现有NPS,从输出类型的角度可分为简单评分模型、复杂评分模型和阈值模型^[4];从评价食物维度的角度可分为全面型(across-the-board)(即同种算法适用于所有食品)以及饮料和食品特定类别型(food“category specific”)(即不同种算法用于不同种类的食品)^[3,5];从包含营养条目的角度可分为仅营养素模型、仅食物组模型及混合模型(营养素+食物组)^[6-9]。本文主要概述了国内外NPS的研究与应用现状,同时对NPS模型的建立与验证方法及各利益相关方对NPS的态度与展望进行介绍。

开放获取: CC BY-NC-ND 4.0 DOI: [10.11847/zgggws1143321](https://doi.org/10.11847/zgggws1143321)

基金项目: 上海市加强公共卫生体系建设三年行动计划(2023—2025年)重点学科建设项目(GWVI-11.1-42);上海市“科技创新行动计划”启明星项目(扬帆专项)(23YF1437000);上海市加强公共卫生体系建设三年行动计划(2023—2025年)学科带头人项目(GWVI-11.2-XD21);上海市疾病预防控制中心青年科技人才培养“青耕计划”(青耕2022-31)

第一作者: 孙卓(1996-), 医师, 硕士, 研究方向: 人群营养。

收稿日期: 2023-10-13 修回日期: 2024-06-21 录用日期: 2024-07-18 责任编辑: 任志霞

利益冲突: 不存在 伦理审查: 不需要 出版授权: 全体作者已与编辑部签署作者贡献声明及版权转让协议



1 国内外 NPS 研究与应用现状

1.1 简单评分模型 1973 年, Sorenson AW 等^[2]用营养素密度(某营养素含量占该营养素推荐摄入量的比例)与能量密度(所产能量占该能量推荐摄入量的比例)比值作为食品质量的评价指标。该指标最初被命名为食品质量指数, 后更名为营养质量指数(index of nutritional quality, INQ), 并最终将 INQ 更名为 NQI(nutritional quality index)^[2]。当 $NQI \geq 1$ 时, 食品“营养质量合格”; 当 $NQI < 1$ 时, 食品“营养质量不合格”。2005 年, 美国农业部(United States Department of Agriculture, USDA)与卫生与公众服务部(Department of Health and Human Services, HHS)联合发布的《2005 年美国膳食指南》(2005 年 Dietary Guidelines for Americans, 2005 DGA)^[10] 和“我的金字塔”(MyPyramid)^[11] 首次采用营养密度一词来描述营养密集或营养丰富的食物。营养密集或营养丰富的食物通常可提供大量的维生素、矿物质以及相对少量的卡路里, 包括瘦肉、脱脂/低脂乳制品、全谷物/强化谷物、豆类、蔬菜水果等^[8]。但《2005 年 DGA》中营养密度的核心概念尚未有明确定义, 也未有特定算法^[8]。随着人们对食物营养认识的深入及健康意识的提高, 许多围绕营养素密度产生的简单评分算法应运而生, 包括营养卡路里(calories for nutrient, CFN)^[12]、天然营养素丰富度(naturally nutrient rich, NNR)^[12]、营养充足评分(nutrient adequacy score, NAS 或 nutrient adequacy ratio, NAR)^[13] 等, 这些评分算法通过加权或未加权方法整合多个鼓励性营养条目的营养密度对食物的营养丰富程度进行评价。同时, 为限制特定碳水化合物(总糖、添加糖)、脂肪(饱和脂肪、反式脂肪酸)、钠、能量的过量摄入, Maillot M 等^[14] 提出了采用限制性营养素得分(limited nutrient score, LNS or LIM)评价食物负面特性; 一些综合考虑鼓励性与限制性营养条目的简单评分模型也被提出, 如推荐与限制性食物成分比率(ratio of recommended to restricted, RRR)^[15]、营养食品指数(nutritious food index, NFI)和卡路里营养素指数(nutrient for calorie, NFC)^[16] 等。

目前全球较常用的简单评分模型包括: 营养密度评分(nutrient density score, NDS)^[14]、营养丰富食物指数(nutrient rich food, NRF)^[17] 及其改编版。NDS 有 NDS5、NDS16、NDS23 等版本, 数字代表纳入鼓励性营养条目的数量, 如 NDS23 是基于 23 种营养素计算得到的。NDS 的食物量计算单位是每 100 kcal 或每份习惯消费参考量(reference amounts customarily consumed, RACC)。

早期, NRF 在计算方法上与 NDS 完全相同, NDS5 与 NRF5 纳入的营养素条目和食物量计算

单位是完全一致的^[17-18]。但随着 2 个指数的发展与应用, 纳入的营养素条目出现不同。在近年的研究中, NRF 指数的计算方法逐渐扩展, 可计算营养素密度总分的差值、平均分的差值或比值, 如在相关研究中, NRF 指数为鼓励性营养素密度总分与限制性营养素密度总分之差, 而非营养素密度平均值之差^[19-20]。经多次改良迭代, 评估 5 到 23 个不等的鼓励性成分及 3 个限制性成分的 NRFn.3 被广泛运用, 其中 NRF9.3 是最早出现, 也是应用、评估最多的 NRF 指标^[17]。以 NRF 为基础, 国内一些学者探索了我国食物营养重点关注的 NRF 条目^[21] 及适用于杂粮^[22]、食用菌^[23]、预包装食品^[24]、常见食材^[25] 和成品菜肴^[26] 等的 NRF 方法。

混合营养密度评分(hybrid nutrient density score, HNDS)是 NDS 的改良版本, 即在原先 NDS 的基础上纳入了鼓励性食物组条目, 强调食物组的整体重要性, 使其更贴近目前膳食指南中强调增加天然食物摄入的要求。Drewnowski A 等^[6] 提出的平衡混合营养密度评分(balanced hybrid nutrient density score, BHND)包括 6 种鼓励性营养素、5 个食物组和 3 种限制性营养素。

混合营养丰富食物指数(Hybrid NRF, NRFh)是 NRF 的改良版。在 NRFh $x.y.z$ 模型中, x 代表鼓励性营养素的个数, y 代表鼓励性食物组的个数, z 代表限制性营养素的个数, 目前已有的 NRFh 模型有 NRFh 6 : 5 : 3^[8]、NRFh 4 : 3 : 3^[7] 和 NRFh 3 : 4 : 3^[7,9]。

1.2 复杂评分模型 复杂评分模型通常纳入条目更多, 加权方式更为复杂。相较阈值模型, 复杂评分模型的优点是更灵活、更敏感, 可避免边缘效应, 但由于其复杂性而难以向使用者解释, 并且很难科学地证明其计算方法的合理性^[3], 较常用的有 NuVal 营养评分系统和食物罗盘。

1.2.1 NuVal 营养评分系统(nutritional scoring system, NuVal) NuVal, 也称为综合营养质量指数(overall nutritional quality index, ONQI), 是由耶鲁医学院预防研究中心创建, 营养、公共卫生科学家组建的多学科小组开发的复杂连续型评分模型^[27]。NuVal 通过赋分(1~100 分)进行食物营养评价, 得分越高, 食物越有营养^[27]。研究发现, NuVal 仅用一个数值衡量食物营养价值的特性在进行营养信息传达时具有优势, 可帮助消费者在有限购物时间内快速做出食物选择, 且消费者不需要太多先验营养知识即可理解 NuVal 分数概念^[28]。在巅峰时期, 美国近 2 000 家超市货架上可见展示 NuVal 得分的食品, 后由于开发小组与一些食品生产企业联盟无法达成共识, NuVal 的市场应用逐渐衰落^[29]。

据报道, NuVal 将鼓励性、限制性微量营养条目之和分别作为分子和分母, 宏量营养条目作为乘数进入算法, 共涵盖 30 个营养成分条目^[28]; 所有条目均根据其对相关疾病患病率、病症严重程度及关联强度进行加权^[28]。但由于 NuVal 具体算法未公布, 一些企业联盟以此质疑 NuVal 评分的透明性^[29]。

1.2.2 食物罗盘(food compass score, FCS) 食物罗盘是由美国塔夫茨大学于 2021 年提出的一种复杂 NPS 评分方法^[30]。FCS 根据 54 个营养相关条目得分, 最终赋予食物从 1 分(最不健康)到 100 分(最健康); 同时 FCS 能较好地地区分食品类别, 如咸味小吃和甜点为(16.4 ± 17.7)分, 豆类、坚果和种子为(78.6 ± 17.4)分^[30]。FCS 的计算方法非常复杂, 除考虑 22 种营养素及 10 个食物组外, 还额外考虑了营养素的相对比例(非饱和脂肪酸与饱和脂肪酸之比、膳食纤维与碳水化合物之比、钾钠比)、添加剂(糖、亚硝酸盐、人造甜味剂 + 香料 + 色素、部分氢化油、酯化油或氢化油、高果糖玉米糖浆、谷氨酸钠)、食物加工方式(“NOVA”食品分类^[31]、发酵、油炸)、特定脂质(胆固醇、中链脂肪酸、亚油酸、二十碳五烯酸 + 二十二碳六烯酸、反式脂肪酸)以及植物化学物质(总黄酮、类胡萝卜素)^[30]等条目。

1.3 阈值模型 阈值模型是应用最为广泛的一种 NPS 方法, 是指令性 FOP 的主要分类依据, 相较评分模型简单, 且可结合评分模型对食物进行评价; 可设置多个级别的阈值(如不太健康、一般、更健康), 并且阈值设置的标准可以是鼓励性的, 也可以是限制性的^[3], 很多国家都对其进行了研究。

1.3.1 英国 FSA-Ofcom 营养分析模型 FSA-Ofcom 模型由英国食品标准局(Food Standards Agency, FSA)和英国信息通信管理局(Office of Communication, Ofcom)于 2004 年开发的 NPS 模型, 建立初衷是为 Ofcom 监管面向儿童的食品广告, 进而促进儿童选择健康的食物提供评价工具^[4]。FSA-Ofcom 模型的开发涉及 50 多个相近模型的测试, 主要分 3 阶段^[32]: 第一阶段, 产出模型称为 FSA-SSCg3d, 该阶段专家一致认为应研制含鼓励性、限制性营养条目的阈值模型, 最终确定 FSA-SSCg3d 得分 ≤ 2 分为“更健康食物选择”, ≥ 9 分为“不健康食物选择”; 第二阶段, 经各利益相关方磋商后产出代号为 WXY 的模型, 在 FSA-SSCg3d 基础上修改了部分条目, 采用总糖代替游离糖, 蛋白质代替钙、铁及 $n-3$ 多不饱和脂肪酸; 第三阶段, 在 WXY 基础上增加膳食纤维作为鼓励性营养条目, 即 WXYfm 模型, 根据该标准, ≥ 4 分的食物或 ≥ 1 分的饮料

判定为“高脂肪-盐-糖”(high in fat, salt and sugar, HFSS)食品^[4,32-33]。

2007 年, 英国实施法规限制儿童通过电视接触 HFSS 食品和饮料广告, 因此儿童看到的 HFSS 广告减少 34%^[34]。2019 年 2 月, 英国伦敦交通局在其交通网中实施对 HFSS 的广告的限制^[35]。

1.3.2 英国“红绿灯”标签(UK multiple traffic light, MTL) MTL 是由 FSA 提出的 FOP 方法, 基于每 100 g 或 100 mL 食物中的 4 种限制性营养条目, 采用红、黄、绿 3 种颜色属性表示单一限制性条目的健康程度, 但不针对整体食物的健康质量进行评价^[36]。

1.3.3 法国五色营养标签(5-colour nutrition label, 5-CNL) 5-CNL(又称 nutri-score)营养标识是以英国 FSA-Ofcom 模型为基础建立的 NPS 阈值模型, 其将食物分为 A-E5 个等级, A 级评价最高, E 评价最低^[37]。2016 年, 法国政府部门在该国卫生法中支持 FOP 的创建, 采用 5-CNL 对食物进行分类标识的建议^[37]。经法国本土化调整后, 2017 年, 5-CNL 成为法国官方营养标签^[38]。

1.3.4 北欧钥匙孔标签(keyhole symbol) 北欧钥匙孔标签是由北欧的挪威、瑞典、丹麦、冰岛等国家联合制定的食品自愿标签计划, 1989 年由瑞典开发, 2009 年被丹麦、挪威等国引进, 冰岛自 2013 年开始使用, 标有钥匙孔标签的食物代表着“更健康”, 新鲜水产、水果蔬菜等天然食物均是钥匙孔标识产品^[39]。钥匙孔标签分类是一种 Food “Category Specific”方法, 可应用于 32 类食品, 并对不同组别食品的总脂肪、饱和脂肪、糖、盐、纤维、全谷物含量分别设定不同要求^[39]。钥匙孔标签不可用于含甜味特性的新食品、添加植物甾醇等添加剂的食品以及供 3 岁以下儿童食用的特殊食品^[40]。

1.3.5 澳大利亚健康星级评分(health star rating, HSR)^[41-42] 自 2014 年, 澳大利亚采用 HSR 评分帮助消费者快速、简单、准确地评价包装食品, 澳大利亚政府创建了 HSR 评分在线计算器, 方便企业及消费者日常使用^[42]。HSR 是一种 Food “Category Specific”方法, 将适用食物分为 6 类; 通过比对限制性营养条目标准赋予食物基线分, 再根据水果、蔬菜、坚果、豆类及浓缩蔬果条目标准得到修饰分数(V 分); 一些食品在蛋白质(P 分)和膳食纤维(F 分)条目方面可获得额外修饰分数; 最后, HSR 基线分减去 HSR 修饰分(V + P + F)得到最终 HSR 分数, 并得到对应星级, 从 0.5 星到 5 星, 星级越高, 食物的健康程度也越高^[42]。

1.3.6 澳大利亚健康学校食堂(The National Healthy School Canteens Project, NHSC)食物分类 2014 年,

澳大利亚卫生部开展 NHSC 项目并发布了《学校食堂供应的健康食品和饮料指南》(简称《指南》)[43], 将学校食堂供应餐食分为 3 类并赋予颜色含义(以下简称 NHSC 食物分类), 指出绿色食物应“填满菜单”, 琥珀色食物则需要“谨慎选择”, 红色食物仅能“偶尔吃”; 提出禁止在健康食堂出售红色食物, 并建议学生仅在特定庆祝活动时吃, 且每学期最多吃 2 次。

NHSC 食物分类模糊且灵活, 提倡食堂通过改进食材加工方式改善食物的评级, 其中琥珀色食物也可向绿色食物转变。食物评级的具体实施主要取决于专业营养人员的判断, 首先根据《指南》给出的常见红色、琥珀色、绿色食物类别及案例进行初步判断, 识别不易误判的绿色食物及红色食物, 再对边界模糊的琥珀色食物根据给定标准进行判定; 按照加热食物(每 100 g)或零食(每份)的营养标准, 未达到相应能量、饱和脂肪、钠、膳食纤维含量标准的即判定为红色食物, 其余为琥珀色[43]。

1.3.7 澳大利亚心脏基金会 Tick 计划(Pick the Tick) 1989 年, 澳大利亚心脏基金会提出(the Australian Heart Foundation's Tick scheme)(Tick 计划)[44]。在 Tick 计划研制初期, 澳大利亚食品包装上尚无强制标注的营养成分表(nutrition information panels, NIP)标识。Tick 的应用敦促了食品生产企业展示 NIP 及对食品健康的改造, 如去除人造黄油中的反式脂肪以及降低早餐麦片等食品中的含盐量[44]。但由于食品公司付费展示 Tick 标识, 也被诟病该标识的实用性受损。2015 年后, Tick 标识逐步被 HSR 替代。

1.3.8 新加坡健康选择标志(the Healthier Choice Symbol, HCS)标识 1998 年, 新加坡推出了 HCS 标识。橘红色的 HCS 标识似一条流畅的缎带环绕金字塔, 代表着完整健康的生活方式[45-46]。HCS 是一种 Food “Category Specific”方法, 分为 9 类食品, 并对 9 类食品的 3 个鼓励性营养条目和 5 个限制性营养条目提出了相应的要求[45-46]。

1.3.9 新加坡 Nutri-Grade 标志 2022 年 12 月底, 新加坡食品条例规定使用 Nutri-Grade 对非酒精性饮料进行包装正面标识并限制相应饮料产品的广告投放[47]。Nutri-Grade 将饮料分为 A-D 级, 其营养阈值标准主要关注非乳源性糖(non-milk extrinsic sugar, NMES)、饱和脂肪、代糖。Nutri-Grade 的 A、B 级饮料产品可自愿贴标, 而 C、D 级饮料产品强制贴标, D 级饮料产品限制广告投放[47]。新加坡卫生部门对饮料外包装(如瓶装、盒装、听装、整提包装、粉剂外包装等)及售卖场所(如饮料自动分配机、自动售卖机、售卖网页、线上广告、海

报、实体菜单等)的 Nutri-Grade 标签的展示方式、展示区域、大小均设有明确规定; 此外, 新加坡卫生部门强调对于可定制的现制现售饮料“浇头”(toppings)需使用额外的糖添加量声称, 对所有可定制现制饮料均应按未加冰时 120% 的糖分进行标注[48]。

1.3.10 美国聪明选择计划(Smart Choices Program, SCP) 2008 年, SCP 由营养科学家、公共卫生机构、食品制造商等组成的联合小组开发。SCP 是一种 Food “Category Specific”方法, 对 19 个食物类别均制定了特定的合格标准[49]。2009 年, SCP 标志出现在一款流行的含糖早餐麦片上, 引发了当时美国社会的广泛关注, 美国食品和药物管理局(Food and Drug Administration, FDA)致函表达了 SCP 对误导消费者的担忧, 随后大多数食品行业参与者暂停使用 SCP, 该计划被搁置[50]。

1.3.11 北美指引之星计划(Guiding Stars Program, GSP) 2006 年, GSP 最初是由美国汉纳福特连锁超市召集科学顾问小组, 根据计算产品包装营养标签上显示的食物成分数据来评估食物营养价值的 NPS 方法[51]。GSP 是一种 Food “Category Specific”方法, 按照不同营养阈值评价 2 类食物: (1)一般食品和饮料; (2)肉类、家禽、海鲜、乳制品和坚果。GSP 评分范围从 -24 分(最不健康)到 7 分(最健康), 5~7 分可标为三星、3~4 分可标为二星、1~2 分可标为一星, 低于 1 分则不能获得星级[51]。2011 年, Fischer LM 等[51]对美国东北部 160 家连锁超市的 27 466 种商品进行的营养评价发现, 76.4% 商品未获星级。

加拿大引入 GSP 后, 由独立科学小组进行了本土化改编, 根据每 100 kcal 食品的营养密度生成成分数、并根据分数最终转换成 0~3 星级; 纳入的鼓励性条目包括维生素、矿物质、n-3 脂肪酸、膳食纤维、全谷物, 限制性条目包括反式脂肪酸、饱和脂肪、添加钠、添加糖[52]。

1.3.12 国际选择标准(International Choices Criteria, ICC) 2006 年, ICC 首先在荷兰推出, 以响应世界卫生组织(World Health Organization, WHO)的号召, 使食品行业在解决世界各地日益严重的肥胖和慢性非传染性疾病问题方面发挥积极作用[53]。2008 年, ICC 成立国际科学委员会并对其进行每 4 年 1 次的修改, 通过逐步提高饱和脂肪酸、反式脂肪酸、钠和糖的标准来激发生产商不断改进食品[54]。ICC 是一种 Food “Category Specific”模型[55], 2019 年修订的 ICC 标准参考了世界卫生组织/国际粮农组织(Food and Agriculture Organization, FAO)、欧洲食品安全局(European Food Safety Authority, EFSA)及美国、中国、英国等多个国家的膳食指南, 结

合乔治研究所的 Food Switch 数据库(含全球 22 家最大食品生产商、全球及本地数据)中的 68 290 种食品确定了新的营养条目阈值,旨在判定基本食品组中最健康的前 20% 和非基本食品(零食、饮料)的前 10%^[54]。

1.3.13 中国预包装食品“健康选择”标识(Healthier Choice in Prepackaged Food, HCPF)^[56-57] 预包装食品“健康选择”标识是由中国营养学会提出的 Food “Category Specific”方法,其营养阈值标准已发布于团体标准 T/CNSS 001—2018《预包装食品“健康选择”标识规范》^[56]中,用于 10 类预包装食品,当符合纳入的限制性营养条目阈值时,可标识“健康选择”或“聪明选择”(“聪明选择”适用于饮料类、其他食品)。

1.3.14 联合利华营养评分(Unilever Nutrition Score) 联合利华营养标准分为最高营养标准(highest nutrition standards, HNS)和积极营养标准(positive nutrition standards, PNS),其中 HNS 侧重提出对限制性营养素的要求,而 PNS 则侧重提出鼓励性营养素要求,满足所有营养素条目要求的产品即符合标准^[58]。HNS 营养条目阈值的确定主要依据 WHO/FAO 膳食指南、营养和健康声称使用指南(CAC/GL 23—1997)^[58-59]。

1.3.15 百事 Smart Spot(PepsiCo Debuts Smart Spot Symbol) 2004 年,百事公司推出的 Smart Spot 标志,旨在帮助美国消费者识别、选择该公司 100 多种较健康的食品和饮料产品。Smart Spot 贴标产品符合百事公司(PepsiCo)根据美国 FDA 和美国国家科学院制定的营养标准^[50],其纳入了 5 个鼓励性及 6 个限制性条目。

1.3.16 百事营养标准(PepsiCo Nutrition Criteria, PNC) 2021 年,百事公司提出了 PNC 标准,用于该企业内部产品的健康评价,旨在逐渐改善其产品向营养健康方向转变^[60]。PNC 是一种 Food “Category Specific”方法,将所评食品分为 20 类;其食物阈值分为 4 级(Class IV-Class I),Class IV 最易达到,Class I 最难达到,PNC 纳入了鼓励性与限制性营养成分^[60]。

据报道,2016—2020 年,百事公司 12oz 饮料的添加糖热量 ≤ 100 cal 的比例从 40% 提高到 48%,食品 ≤ 1.3 mg 钠 cal 的比例从 54% 提高到 64%,食品 ≤ 1.1 g 饱和脂肪/100 cal 的比例从 54% 提高到 64%,并提出至 2025 年,将根据 PNC 标准进行营养改善,符合添加糖、钠、饱和脂肪要求的饮料/食品分别提高至 67%、75%、75%^[60]。

1.3.17 雀巢营养评分系统(Nestlé nutritional profiling system, NNPS) NNPS 是雀巢公司于 2004 年开发的 Food “Category Specific”方法,用于该公司

内部产品的营养改进,其主要用于评价经加工的食品,如预包装食品、预制菜肴等^[61]。按照 NNPS 可将 32 类食物产品评价为“通过”或“不通过”,NNPS 纳入了 3 个鼓励性和 6 个限制性营养条目^[61]。在美国、法国通过对比 NNPS 应用前后发现,符合 NNPS 标准的雀巢产品比例从 2009—2010 年的 36% 增加至 2014—2015 年的 61%^[61]。Combet E 等^[62]采用英国、美国、中国、巴西、法国 5 个国家的 7 183 种食物成分数据对 NNPS 进行分析及外部验证,结果显示这些食物的平均通过率为 36%。

2 NPS 模型的建立及验证方法

2.1 模型的建立方法 建立 NPS 模型首先需要明确模型的目的、适用人群,以及模型是全面型 NPS 还是食品特定类别型 NPS^[4-5]。NPS 模型建立的核心步骤包括^[4-5]:(1)确定用于模型建立的各种营养素和其他食物成分;(2)确定合适的份量单位,可按照每 100 g、每 100 kJ 或每份食物作为模型的份量单位;(3)确定模型是阈值模型、简单评分系统,或是复杂评分系统;(4)确定数值:为每种营养素或食物成分设定标准阈值,或为特定营养素水平打分,标准的设定遵循权威来源或膳食指南,加权模型则根据条目与相关疾病关联强度或专家小组统一意见赋予一定权重。

2.2 模型的验证方法 对于新建的 NPS 模型常需要较长期的科学评估,包括对内容效度(content validity)、结构效度(construct validity)、效标关联效度(criterion validity)、表面效度(face validity)等多方面进行验证^[63-64]。如 ONQI 评分采用内容、结构、表面、效标关联效度方法进行验证^[27],美国食物罗盘通过测试其收敛效度(convergent validity)、判别效度(discriminant validity)、表面效度来进行验证^[30]。

2.2.1 内容效度 NPS 的内容有效性评估通常基于专家咨询法及文献综述法,根据专家组集体经验及知识与文献广泛意见,最终使定性算法在基本内容上是合理、恰当的^[27]。

2.2.2 结构效度 首先评估基于新建 NPS 方法得到的食物分数和排名与专家组成员对食品的汇总平均排名之间是否有较强的相关性;同时需要对不同种类的食品和同一种类的食品分别进行较大样本的评估,由专家组审查异常情况并进行修改,直至无评分异常或所有明显异常均具充分解释为止^[27],如 NuVal 构建时,评估 120 种食物的 NuVal 得分与专家打分排名的相关性,并在随后对更大规模的(超 1 000 种)不同食品测试集进行评分,结果显示 NuVal 评分与专家组对食物的排名高度相关($R = 0.92$; $P < 0.001$)^[65]。

一些研究中测试新建 NPS 的收敛效率、判别效率均属于结构效率的延伸^[30, 66]。将广泛应用的、已验证的 NPS 方法作为评价指标,用新建方法与效标方法同时计算食物的分数和排名,并检验两者是否有较强的相关性以及对同一食物的评分判定是否具有较好的一致性。如食物罗盘法(FCS)中采用“NOVA”食品分类、HSR 和 Nutri-Score 这 3 种已建立的模型与 FCS 模型进行收敛效率的验证,观察上述方法对美国食物成分库中已有的 8 032 种食物的评分是否具有较好的一致性,结果发现 HSR 与 Nutri-Score 呈高度正相关($R = 0.87$),FCS 与 HSR、Nutri-Score 的相关系数分别为 0.67、0.57,并通过判别效率检验在不同类食物间是否有较好的区分度^[30]。

2.2.3 效标关联效率 效标关联效率是检验新建 NPS 方法与作为“金标准”的膳食质量、健康指标或结局(如血液标志物、慢性疾病发病率)的关联性。由于采用的是客观指标,无论是前瞻性的(预测验证)或在同一时间点(同步验证)的效标关联效率都被认为是最可靠、最复杂的验证形式^[64]。通过验证新建 NPS 方法得到的总体膳食得分与大型人群营养监测中膳食模式或总体膳食质量的相关性,检验新建 NPS 方法对健康膳食模式(高质量膳食)与典型西化膳食模式(低质量膳食)的区分能力,如在 NuVal 验证中,采用 2003—2006 年美国全国健康与营养调查(the National Health and Nutrition Examination Survey, NHANES)膳食摄入数据计算的 NuVal 总体膳食评分与 2005 年健康饮食指数(healthy eating index, HEI)^[27]的相关性。在 FCS 验证中,检验个人 FCS 总体膳食得分(iFCS)与 HEI-2015 的相关性,发现两者有较强的相关性($R = 0.81$)^[67]。张润等^[21]采用中国精简膳食质量评分(China Prime Diet Quality Score, CPDQS)对我国 NRF 条目进行改良发现,包括蛋白质、膳食纤维、维生素 A、维生素 C、维生素 E、钙、铁、钾、脂肪、钠的 NRF8.2 与 CPDQS 的关联性在 16 个验证 NRF 中最强($R = 0.42$),NRF8.2 相较于其他 NRF 方法更适用于我国人群总体膳食质量营养评价。在与健康结局的效标关联效率验证中,5-CNL 与心血管疾病、癌症、全因死亡风险有关,并被评估为具较充分的验证证据,FSA、HSR、ONQI、NRF 等被评估为具中等程度的验证证据^[64]。

2.2.4 表面效率 在 NPS 方法的验证中,表面效率(也称外部效率)主要是消费者测试(consumer testing),包括定性与定量方法^[63]。定性方法可采用焦点小组讨论,定量方法可采用问卷调查,主要目的是了解消费者对基于新建 NPS 方法的食物评价概念的态度及反应,并确定如何最好地向

消费者传达 NPS 的食物评价概念。

3 不同利益相关方对 NPS 的态度及展望

3.1 食品营养监管机构 食品营养监管机构寻求科学合理、可执行、客观透明的 NPS 算法^[68]。新算法遵循统一、严格、科学驱动原则选择能量、营养素、食物组指标和参考值,且可与健康饮食的客观衡量指标进行对比、相互验证^[16, 68]。由于饮食具有文化地域、营养需求差异,既往 NPS 算法很难直接迁移使用,需要经过改良并与受众人群的膳食推荐相符,能有效、准确地筛选出健康或不健康的食物,最终达到公共卫生策略目标^[3]。此外,NPS 算法需具有实用性(即考虑食物成本),故需要在营养专业人士和不同社会经济地位的消费者群体中进行同步测试^[16]。

3.2 食品从业者 由于食品从业者常担心一些全面型 NPS 方法具有歧视性,即对某类食物均呈现普遍的负面评价(如所有外卖食品评分过低),因此,食品行业通常更偏好于研制、应用 Food “Category Specific”方法^[16]。欧盟食品业界观点认为,应以科学、食品分类为基础,建立非歧视性、简单且适用于所有食品经营者的 NPS 方法^[3]。

3.3 消费者 从消费者的角度,建立 NPS 方法最核心的特性是简单、友好,能让消费者在选择食物时快速地获取最佳推荐,在推广时尽量使用消费者友好的语言^[68]。此外,食物消费不仅是为了维持生计和营养,食物选择和饮食习惯提供了社交互动机会,因此 NPS 方法还需考虑消费者的地域特色和食物偏好^[16]。

4 结语

综上所述,不同的 NPS 模型(评分/阈值模型,全面型/食品特定类别型)均有其优劣,选择 NPS 的建立类型应取决于其建立目的及主要受众,如为了激励企业进行营养改良,则选用 Food “Category Specific”方法更易被生产企业接受;如为了向公众提供食物健康选择,则二分类(健康/不健康)或三分类(红、黄、绿)的阈值模型则更容易被消费者理解;如为了客观、多维地评价食物的营养价值,则复杂、加权的评分模型则可以纳入更多除营养维度外的考量,如在权重中加入疾病强度、食物加工方式等。无论何种 NPS 模型,都应尽量向科学、合理、可执行、客观透明、非歧视性、简单、用户友好的方向靠拢,定期修正或更新,确保可持续地发展与应用。

我国对 NPS 的探索起步较晚,且由于饮食具有文化地域、营养需求差异,国外既往开发、应用的 NPS 算法很难直接迁移使用,需要经过改良并

与我国人群的膳食推荐相符,能有效、准确地筛选出健康或不健康的食物,最终达到公共卫生策略目标^[3]。2018年,我国建立的预包装食品“健康选择”标识是一个基于我国预包装食品组的阈值型 NPS 方法^[56,60],为我国预包装食品的营养声称提供了很好模板。现阶段,我国居民了解食物营养成分的主要途径为食品包装上的营养成分表,然而营养成分表仅提供基本成分信息,并未采用科学方法对食物营养进行有效评价,消费者难以通过面板信息做出更健康的食物选择,因此,亟须开发适用于我国食物及人群特点的 NPS 方法,并进行科学验证和推广应用。此外,我国食物种类繁多,对 NPS 方法的探索亟须从预包装食品扩展至餐饮现制现售菜肴、预制菜等新兴饮食方式的代表性食物中。同时,需要更多的本土化研究投入到我国 NPS 的开发及应用中,以激励食品行业对产品进行营养改进及创新,促进居民的营养素养及健康食物的选择。

参考文献

[1] Mytton OT, Forouhi NG, Scarborough P, et al. Association between intake of less-healthy foods defined by the United Kingdom's nutrient profile model and cardiovascular disease: a population-based cohort study[J]. *PLoS Medicine*, 2018, 15(1): e1002484.

[2] Sorenson AW, Wyse BW, Wittwer AJ, et al. An index of nutritional quality for a balanced diet[J]. *Journal of the American Dietetic Association*, 1976, 68(3): 236–242.

[3] Tetens I, Oberdorfer R, Madsen C, et al. Nutritional characterisation of foods: science-based approach to nutrient profiling. Summary report of an ILSI Europe workshop held in April 2006[J]. *European Journal of Nutrition*, 2007, 46(S2): 4–14.

[4] Rayner M, Scarborough P, Stockley L. Nutrient profiles: options for definitions for use in relation to food promotion and children's diets: final report[R]. London: British Heart Foundation Health Promotion Research Group, 2004.

[5] Scarborough P, Rayner M, Stockley L. Developing nutrient profile models: a systematic approach[J]. *Public Health Nutrition*, 2007, 10(4): 330–336.

[6] Drewnowski A, Gonzalez TD, Rehm CD. Balanced hybrid nutrient density score compared to Nutri-Score and Health Star Rating using receiver operating characteristic curve analyses[J]. *Frontiers in Nutrition*, 2022, 9: 867096.

[7] Drewnowski A, Smith J, Fulgoni III VL. The new hybrid nutrient density score NRFh 4: 3: 3 tested in relation to affordable nutrient density and healthy eating index 2015: analyses of NHANES data 2013–16[J]. *Nutrients*, 2021, 13(5): 1734.

[8] Drewnowski A, Dwyer J, King JC, et al. A proposed nutrient density score that includes food groups and nutrients to better align with dietary guidance[J]. *Nutrition Reviews*, 2019, 77(6): 404–416.

[9] Drewnowski A, Fulgoni III VL. New Nutrient Rich Food Nutrient Density Models that include nutrients and MyPlate food groups[J]. *Frontiers in Nutrition*, 2020, 7: 107.

[10] US Department of Health and Human Services, US Department of Agriculture. Dietary guidelines for Americans, 2005[EB/OL]. (2020–01–31)[2023–10–01]. <https://health.gov/sites/default/files/2020-01/DGA2005.pdf>.

[11] United States Department of Agriculture. MyPyramid[EB/OL]. (2007–01–31)[2023–10–01]. <http://www.foodpyramid.com/mypyramid/>.

[12] Drewnowski A. Concept of a nutritious food: toward a nutrient density score[J]. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 2005, 82(4): 721–732.

[13] Darmon N, Darmon M, Maillot M, et al. A nutrient density standard for vegetables and fruits: nutrients per calorie and nutrients per unit cost[J]. *Journal of the American Dietetic*

Association, 2005, 105(12): 1881–1887.

[14] Maillot M, Darmon N, Darmon M, et al. Nutrient-dense food groups have high energy costs: an econometric approach to nutrient profiling[J]. *The Journal of Nutrition*, 2007, 137(7): 1815–1820.

[15] Scheidt DM, Daniel E. Composite index for aggregating nutrient density using food labels: ratio of recommended to restricted food components[J]. *Journal of Nutrition Education and Behavior*, 2004, 36(1): 35–39.

[16] Drewnowski A, Fulgoni III V. Nutrient profiling of foods: creating a nutrient-rich food index[J]. *Nutrition Reviews*, 2008, 66(1): 23–39.

[17] Drewnowski A. The Nutrient Rich Foods Index helps to identify healthy, affordable foods[J]. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 2010, 91(4): 1095S–1101S.

[18] Drewnowski A, Maillot M, Darmon N. Testing nutrient profile models in relation to energy density and energy cost[J]. *European Journal of Clinical Nutrition*, 2009, 63(5): 674–683.

[19] Wu Y, Hu HH, Dai XF, et al. Comparative study of the nutritional properties of 67 potato cultivars (*Solanum tuberosum* L.) grown in China using the Nutrient-Rich Foods (NRF_{11.3}) index[J]. *Plant Foods for Human Nutrition*, 2020, 75(2): 169–176.

[20] Imai C, Takimoto H, Fudono A, et al. Application of the nutrient-rich food index 9.3 and the dietary inflammatory index for assessing maternal dietary quality in Japan: a single-center birth cohort study[J]. *Nutrients*, 2021, 13(8): 2854.

[21] 张润, 欧阳一非, 张继国, 等. 适用于中国食物营养素丰富度指数的建立与验证[J]. *卫生研究*, 2023, 52(2): 205–212.

[22] 杨清清, 熊碧, 闻胜, 等. 营养素质量法评价湖北省常见杂粮的营养价值[J]. *公共卫生与预防医学*, 2020, 31(3): 80–83.

[23] 邓梦雅, 李荣波, 彭祖茂, 等. 以营养素质量法评价食用菌营养价值[J]. *食品科技*, 2019, 44(7): 349–353.

[24] 马宁, 张爽, 王黎明, 等. 预包装食品营养价值评分模型的构建[J]. *卫生研究*, 2016, 45(3): 498–502.

[25] 周昇昇, 李磊, 张丁, 等. 一种新的食物营养评价指数的初步建立和应用[J]. *营养学报*, 2014, 36(1): 63–68.

[26] 谢飒飒, 杨滢滢, 谢颖, 等. 菜肴营养指数的建立和应用[J]. *营养学报*, 2023, 45(5): 425–430.

[27] Katz DL, Njike VY, Rhee LQ, et al. Performance characteristics of NuVal and the Overall Nutritional Quality Index (ONQI)[J]. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 2010, 91(4): 1102s–1108s.

[28] Li XY, Wang Q, Zhang CQ. Do individuals use nutrition labels on food packages to make healthy choices? Testing the Dual-Process model in two laboratory-based experiments[J]. *Nutrients*, 2022, 14(18): 3732.

[29] Watson E. Goodbye NuVal... and good riddance?[EB/OL]. (2017–11–14)[2023–10–01]. <https://www.foodnavigator-usa.com/Article/2017/11/13/Goodbye-NuVal-and-good-riddance#>.

[30] Mozaffarian D, El-Abbadi NH, O'Hearn M, et al. Food Compass is a nutrient profiling system using expanded characteristics for assessing healthfulness of foods[J]. *Nature Food*, 2021, 2(10): 809–818.

[31] Monteiro CA, Cannon G, Lawrence M, et al. Ultra-processed foods, diet quality, and health using the NOVA classification system[R]. Rome: FAO, 2019.

[32] Rayner M. Nutrient profiling for regulatory purposes[J]. *Proceedings of the Nutrition Society*, 2017, 76(3): 230–236.

[33] Scarborough P, Boxer A, Rayner M, et al. Testing nutrient profile models using data from a survey of nutrition professionals[J]. *Public Health Nutrition*, 2007, 10(4): 337–345.

[34] Yau A, Berger N, Law C, et al. Changes in household food and drink purchases following restrictions on the advertisement of high fat, salt, and sugar products across the Transport for London network: a controlled interrupted time series analysis[J]. *PLoS Medicine*, 2022, 19(2): e1003915.

[35] Thompson C, Clary C, Er V, et al. Media representations of opposition to the 'junk food advertising ban' on the Transport for London (TfL) network: a thematic content analysis of UK news and trade press[J]. *SSM Population Health*, 2021, 15: 100828.

[36] Department of Health and Social Care, UK. Guide to creating a front of pack (FoP) nutrition label for pre-packed products sold through retail outlets[EB/OL]. (2016–11–08)[2023–10–01]. <https://www.gov.uk/government/publications/front-of-pack-nutrition-labelling-guidance>.

[37] Julia C, Blanchet O, Méjean C, et al. Impact of the front-of-pack 5-colour nutrition label (5-CNL) on the nutritional quality of purchases: an experimental study[J]. *International Journal of Beha-*

- vioral Nutrition and Physical Activity, 2016, 13(1): 101.
- [38] Julia C, Hercberg S. Development of a new front-of-pack nutrition label in France: the five-colour Nutri-Score[J]. *Public Health Panorama*, 2017, 3(4): 712 – 725.
- [39] The Swedish Food Agency. The Keyhole design manual[EB/OL]. (2023 – 05 – 30)[2023 – 10 – 01] <https://www.livsmedelsverket.se/globalassets/foretag-regler-kontroll/livsmedelsinformation-markning-halsopastaenden/nyckelhalet/designmanual-the-keyhole.pdf>.
- [40] The Swedish Food Agency. Swedish Food Agency regulations on the use of the Keyhole symbol[EB/OL]. (2021 – 01 – 02)[2023 – 10 – 01]. https://www.livsmedelsverket.se/globalassets/om-oss/lags-tiftning/livsmedelsinfo-till-konsum---markning/livsfs-2005-9-kons-2021-1_2_engelska.pdf.
- [41] Australian Government Department of Health and Aged Care. Health Star Rating system-calculator and style guide version 7[EB/OL]. (2023 – 03 – 31)[2023 – 10 – 01]. <http://healthstarrating.gov.au/internet/healthstarrating/publishing.nsf/Content/guide-for-industry>
- [42] Australian Government Department of Health and Aged Care. The health star rating[EB/OL]. (2014 – 03 – 31)[2023 – 10 – 01] <http://healthstarrating.gov.au/internet/healthstarrating/publishing.nsf/Content/Using-the-health-stars>.
- [43] NSW Ministry of Health. The NSW healthy school canteen strategy food and drink criteria[EB/OL]. (2020 – 07 – 31)[2023 – 10 – 01]. <https://www.health.nsw.gov.au/health/Publications/food-drink-criteria.pdf>.
- [44] Heart Foundation. Healthy eating[EB/OL]. (2024 – 03 – 10). <https://www.heartfoundation.org.au/bundles/healthy-living-and-eating/heart-foundation-tick>.
- [45] The Health Promotion Board of the Ministry of Health, Singapore. Healthier Choice Symbol nutrient guidelines[EB/OL]. (2022 – 08 – 14)[2023 – 10 – 01]. https://www.hpb.gov.sg/docs/default-source/default-document-library/hcs-guidelines-revised_august-2022ef-b0b712021d44a0b5bb44893ce2bfc2.pdf?sfvrsn=a9adf370_0.
- [46] The Health Promotion Board of the Ministry of Health, Singapore. Healthier choice symbol programme[EB/OL]. (2023 – 08 – 02)[2023 – 10 – 01]. <https://www.hpb.gov.sg/food-beverage/healthier-choice-symbol>.
- [47] Ministry of Health Singapore. Mandatory nutrition labelling and advertising prohibitions for "Nutri-Grade" beverages from 30 December 2022[EB/OL]. (2022 – 12 – 30)[2023 – 10 – 01]. <https://www.moh.gov.sg/news-highlights/details/mandatory-nutrition-labelling-and-advertising-prohibitions-for-nutri-grade-beverages-from-30-december-2022/#:~:text=%E2%80%9CNutri-Grade%20beverage%E2%80%9D%20is%20defined%20in%20the%20Amendme nt,%28d%29%20special%20purpose%20foods%20such%20as%20infant%20formula,2022>.
- [48] The Health Promotion Board of the Ministry of Health, Singapore. Nutri-Grade Mark for Nutri-Grade beverages: usage guide for graphic applications (Version 2.1)[EB/OL]. (2023 – 06 – 30)[2023 – 10 – 01]. https://hpb.gov.sg/docs/default-source/default-document-library/nutri-grade-simplified-ci-guide20d184e08aff46c8961a32d beadaf465.pdf?sfvrsn=982ec24d_0.
- [49] Lupton JR, Balentine DA, Black RM, et al. The Smart Choices front-of-package nutrition labeling program: rationale and development of the nutrition criteria[J]. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 2010, 91(4): 1078s – 1089s.
- [50] Wartella EA, Lichtenstein AH, Boon CS. Front-of-package nutrition rating systems and symbols: phase I report[M]. Washington: National Academies Press, 2010.
- [51] Fischer LM, Sutherland LA, Kaley LA, et al. Development and implementation of the guiding stars nutrition guidance program[J]. *American Journal of Health Promotion*, 2011, 26(2): e55 – e63.
- [52] Hobin E, Bollinger B, Sacco J, et al. Consumers' response to an on-shelf nutrition labelling system in supermarkets: evidence to inform policy and practice[J]. *The Milbank Quarterly*, 2017, 95(3): 494 – 534.
- [53] The Choices International Scientific Committee. The choices programme[EB/OL]. (2017 – 07 – 18)[2023 – 10 – 01]. <https://www.choicesprogramme.org/>.
- [54] Van den Assum S, Schilpzand R, Lissner L, et al. Periodic revisions of the International Choices Criteria: process and results[J]. *Nutrients*, 2020, 12(9): 2774.
- [55] Roodenburg AJC, Popkin BM, Seidell JC. Development of international criteria for a front of package food labelling system: the International Choices Programme[J]. *European Journal of Clinical Nutrition*, 2011, 65(11): 1190 – 1200.
- [56] 中国营养学会. T/CNSS 001 — 2018 预包装食品“健康选择”标识规范[S]. 北京: 中国标准出版社, 2019.
- [57] Gao C, Xu J, Liu Y, et al. Nutrition policy and healthy China 2030 building[J]. *European Journal of Clinical Nutrition*, 2021, 75(2): 238 – 246.
- [58] Unilever. Unilever nutrition standards[EB/OL]. (2023 – 09 – 07)[2023 – 10 – 01]. <https://www.unilever.com/files/origin/c60e27dd23683543f7966a3fb3c6d40af5af6972.pdf/unilever-nutrition-standards-booklet.pdf>.
- [59] Food and Agriculture Organization of the United Nations. Guidelines for use of nutrition and health claims (CAC/GL 23 – 1997)[EB/OL]. (2013 – 12 – 31)[2023 – 10 – 01]. <https://www.fao.org/ag/humannutrition/32444-09f5545b8abe9a0c3baf01a4502ac36e4.pdf>.
- [60] Greenberg D, Drewnowski A, Black R, et al. A progressive nutrient profiling system to guide improvements in nutrient density of foods and beverages[J]. *Frontiers in Nutrition*, 2021, 8: 774409.
- [61] Vlassopoulos A, Masset G, Charles VR, et al. A nutrient profiling system for the (re)formulation of a global food and beverage portfolio[J]. *European Journal of Nutrition*, 2017, 56(3): 1105 – 1122.
- [62] Combet E, Vlassopoulos A, Möhlenberg F, et al. Testing the capacity of a multi-nutrient profiling system to guide food and beverage reformulation: results from five national food composition databases[J]. *Nutrients*, 2017, 9(4): 406.
- [63] Arambepola C, Scarborough P, Rayner M. Validating a nutrient profile model[J]. *Public Health Nutrition*, 2008, 11(4): 371 – 378.
- [64] Barrett EM, Afrin H, Rayner M, et al. Criterion validation of nutrient profiling systems: a systematic review and meta-analysis[J]. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 2024, 119(1): 145 – 163.
- [65] Katz DL, Njike VY, Faridi Z, et al. The stratification of foods on the basis of overall nutritional quality: the overall nutritional quality index[J]. *American Journal of Health Promotion*, 2009, 24(2): 133 – 143.
- [66] Poon T, Labonté MÈ, Mulligan C, et al. Comparison of nutrient profiling models for assessing the nutritional quality of foods: a validation study[J]. *British Journal of Nutrition*, 2018, 120(5): 567 – 582.
- [67] O'Hearn M, Erndt-Marino J, Gerber S, et al. Validation of Food Compass with a healthy diet, cardiometabolic health, and mortality among U. S. adults, 1999 – 2018[J]. *Nature Communications*, 2022, 13(1): 7066.
- [68] Miller GD, Drewnowski A, Fulgoni V, et al. It is time for a positive approach to dietary guidance using nutrient density as a basic principle[J]. *The Journal of Nutrition*, 2009, 139(6): 1198 – 1202.