

## 水果营养质量综合指数评价方法的建立与应用

张志恒<sup>1</sup>, 胡文兰<sup>2</sup>, 李 辉<sup>1</sup>, 叶亚群<sup>3</sup>

<sup>1</sup>浙江省农业科学院农产品质量安全与营养研究所 杭州 310021

<sup>2</sup>浙江省杭州市拱墅区疾病预防控制中心 杭州 310022

<sup>3</sup>浙江省绍兴市上虞区机关事务服务中心 浙江绍兴 312300

**摘要** 为了建立水果营养质量综合评价的适用方法,通过中国居民膳食营养素摄入情况及其人体需求满足程度的比较分析筛选出 14 项关键营养指标。其中,维生素 A、维生素 B<sub>1</sub>、维生素 B<sub>2</sub>、维生素 C、维生素 E、钙和硒为显著不足类营养素,蛋白质、烟酸、钾、镁和锌为不足类营养素,脂肪和钠为过量类营养素。结合各类水果相应营养素的含量水平,计算各项关键营养素含量基准值。通过拟评估水果产品中各种关键营养素含量与相应基准值的比较得到该关键营养素的营养质量指数。根据中国居民各项关键营养素摄入的丰缺程度,确定这些营养素的权重,并构建水果营养质量综合指数模型。采用该模型对 48 种代表性水果进行营养质量综合评价,结果表明:达到 5A 级的 1 种,4A 级的 2 种,3A 级的 1 种,2A 级的 5 种,A 级的 9 种,B 级的 12 种,C 级的 18 种。水果营养质量综合指数及其分级标准能综合反映水果的营养质量状况,可用于各种水果(如不同种类、品种和来源等)营养质量的综合评价与比较,水果产品营养质量标准设定和消费指导(适合中国消费者)等。

**关键词** 水果; 营养质量; 综合指数; 评价方法; 分级

**文章编号** 1009-7848(2023)06-0314-13 **DOI:** 10.16429/j.1009-7848.2023.06.032

水果是人类最为古老的食物之一,从采猎社会的早期人类及其祖先开始,一直是维持人类生存和健康的一类重要食物<sup>[1]</sup>。在见证了人类食物结构的沧海桑田之后,现代营养学研究进一步揭示了水果是人体必需的多种维生素和矿物质等营养素的重要来源,其中很多正是现代人普遍缺乏的营养素<sup>[2-3]</sup>。2017 年的全球疾病负担研究显示,水果摄入量不足是导致死亡和残疾的三大饮食风险因素之一<sup>[4]</sup>,中、美、英等国现行的膳食指南都推荐增加水果消费来降低健康风险<sup>[5-7]</sup>。经过人类长期的发掘和培育,已知的水果种类(包括野生和栽培)已十分繁多,据《中国农业百科全书·果树卷》记述,全世界水果有 2 792 个物种、分属 134 个科和 659 个属<sup>[8]</sup>。从食物营养角度看,水果虽具有一定的共性,但不同水果其各种营养素的含量也会有很大的差异<sup>[10-11]</sup>。由于农产品营养成分的多样性、人体营养需求的复杂性以及缺少比较适用的

农产品营养价值综合评价方法,农产品的营养品质常被一些利益集团用作炒作点,并传播一些片面的或反科学的营养概念<sup>[11]</sup>。2021 年 3 月,农业农村部办公厅在《农业生产“三品一标”提升行动实施方案》中要求:“构建农产品品质核心指标体系,分行业、分品种筛选农产品品质核心指标,建立品质评价方法标准”<sup>[12]</sup>。20 世纪后期建立的食物营养质量指数(INQ)和营养素密度等评价方法都是针对特定的营养素分别进行的<sup>[13]</sup>,无法对一种食物的总体营养质量进行评价。进入 21 世纪以来,欧美发达国家开始关注综合的食物营养度量法(nutrient profile)研究<sup>[14]</sup>,建立了综合营养质量指数(ONQI)<sup>[15]</sup>、饮食健康指数(HEI)<sup>[16-17]</sup>、食物营养丰富评分(NRF)<sup>[18]</sup>、英国食品标准局评分(FSA score)<sup>[19]</sup>、加权营养密度评分(WNDS)<sup>[20]</sup>、校餐设计评估系统(SPARE)<sup>[21]</sup>、健康星级(HSR)<sup>[22]</sup>、营养谱评分标准(NPSC)<sup>[23]</sup>和墨西哥营养标志(MNS)<sup>[24]</sup>等评价方法。近年国内也有营养当量<sup>[25]</sup>和 NRF9.3 值<sup>[26]</sup>等同类方法的报道。现有研究提出的评价方法主要是各类食品一刀切的模式,也有针对有营养标签的预包装食品或营养餐的评价方法,而未见专门针对农产品的方法;在相关模型的营养素指标选择和权重设置中缺少大人膳食营养素摄

**收稿日期:** 2022-06-06

**基金项目:** 国家重点研发计划项目(2018YFF0213404);  
浙江省农业重大科研专项(ZJNY2021001-010)

**第一作者:** 张志恒,男,硕士,研究员  
E-mail: zhihengest@126.com

入现状数据的支撑<sup>[25-30]</sup>。加上国外的相关研究基本上是基于西方国家的膳食现状,对中国人普遍存在适用性问题。本文基于现代营养学研究已取得的普遍共识,根据我国居民膳食摄入状况和主要营养素需求的满足程度,以及各种水果主要营养素含量的分布情况,构建水果营养质量综合指数模型,为水果营养质量的综合评价提供一种适用的方法。

## 1 评价方法建立

### 1.1 关键营养指标筛选

建立水果营养价值综合评价方法应以取得普遍共识的营养学研究成果、系统性的人群膳食摄入监测数据和水果营养素监测数据为基础。由中国营养学会制定发布的中国居民膳食营养素参考摄入量,密切针对中国人群,有充分的循证营养学和膳食风险评估研究基础,集中反映了当代营养学研究的普遍共识<sup>[31]</sup>。最新版中国居民膳食营养素参考摄入量于2013年由营养学会发布,并于2017-2018年改用卫生行业标准(WS/T 578系列)形式发布实施。该系列标准涉及3类宏量营养素(蛋白质、脂肪和碳水化合物)、6种常量营养素(钙、磷、镁、钾、钠、氯)、7种微量营养素(铁、碘、锌、硒、铜、钼、铬)、4种脂溶性维生素(维生素A、维生素D、维生素E、维生素K)和11种水溶性维生素(维生素B<sub>1</sub>、维生素B<sub>2</sub>、维生素B<sub>6</sub>、维生素B<sub>12</sub>、泛酸、叶酸、烟酸、烟酰胺、胆碱、生物素、维生素C)<sup>[32-36]</sup>。

系统性的中国居民营养和健康状况监测通常每10年左右进行一次,监测参数会根据现有的营养学研究共识,选择具有普遍重要性的必须营养素。最近的一次监测是2010—2012年,系统检测的营养素有3类宏量营养素(蛋白质、脂肪和碳水化合物)、5种常量营养素(钙、磷、镁、钾、钠)、5种微量营养素(铁、锌、硒、铜、锰)、2种脂溶性维生素(维生素A、维生素E)和4种水溶性维生素(维生素B<sub>1</sub>、维生素B<sub>2</sub>、烟酸、维生素C)<sup>[31]</sup>。这些系统监测的营养素中,除锰外,在2017—2018年发布实施的WS/T 578系列标准中都给出了人群平均需要量(EAR)、推荐摄入量(RNI)、适宜摄入量(AI)或可耐受摄入量(UL)等参考摄入量<sup>[32-36]</sup>,而锰在

中国营养学会2013年发布的参考摄入量中给出了适宜摄入量和可耐受最高摄入量(表1)<sup>[31]</sup>。

将中国居民膳食营养素摄入量的监测结果与中国营养学会制定的参考摄入量做比较,并按照表2对营养素进行分类。其中A类(显著不足)营养素(维生素A、维生素B<sub>1</sub>、维生素B<sub>2</sub>、维生素C、维生素E、钙和硒),中国居民的平均摄入量低于平均需要量,大部分中国人都存在显著不足问题,选择食用这些营养素含量比较高的水果,对于改善营养状况有重要意义;B类(不足)营养素(蛋白质、烟酸、钾、镁和锌),中国居民的平均摄入量达到了平均需要量,但低于推荐摄入量(或适宜摄入量),很多中国人存在摄入不足,选择食用这些营养素含量比较高的水果,也有利于进一步改善膳食营养;C类(过量)营养素(脂肪和钠),中国居民的平均摄入量已经超过了可耐受最高摄入量,大部分中国人存在摄入过量风险,选择食用这些营养素含量比较低的水果,有利于控制因这些营养素过量带来的危害;D类(适量)营养素(碳水化合物、磷、铁和铜),中国居民的平均摄入量在推荐摄入量(或适宜摄入量)与可耐受最高摄入量之间,大部分中国人在现有的膳食模式下总体上处于适量范围(表1)。A、B和C类营养素都需要通过膳食调节措施来优化现有的营养状况,也是水果营养价值综合评价的关键营养素。

### 1.2 综合评价模型构建

1.2.1 关键营养素基准值 每一个关键营养素基准值的设定,均以我国居民消费的主要水果(食物成分表中列出的水果类产品)中该营养素的平均含量,及有利于更好满足该营养素膳食需求的含量水平(其中A类和B类营养素采用食物成分表水果类产品的第90百分位点值,C类营养素采用水果类产品的第10百分位点值)为基础,结合我国居民该营养素的膳食摄入量与推荐摄入量的比值,按照式(1)和(2)进行计算。

$$F_a(\text{或 } F_b) = \sqrt[2]{\bar{C} \times P_{90}} \times \text{RNI}(\text{或 AI}) / M \quad (1)$$

式中: $F_a$ ——水果中A类营养素含量的基准值,以每100g可食部计; $F_b$ ——水果中B类营养素含量的基准值,以每100g可食部计; $\bar{C}$ ——食物成分表中水果类产品相应营养素含量的平均

表 1 中国居民主要营养素的膳食摄入状况和水果中的含量水平

营养素	中国居民膳食营养素参考摄入量 <sup>①②③④⑤</sup>				水果营养素含量 <sup>⑥⑦⑧⑨⑩</sup>					
	平均需要量	推荐摄入量	适宜摄入量	AI	平均摄入量 <sup>②</sup>	类别	平均	10 百分位点	90 百分位点	基准值
	EAR	RNI	AI	摄入量 UL						
蛋白质/g	60	65			64.5	B	0.78	0.20	1.3	1
脂肪/g			50 <sup>④</sup>	75 <sup>④</sup>	79.9	C	0.46	0.10	0.50	0.1
碳水化合物/g	120		281 <sup>⑤</sup>	366 <sup>⑤</sup>	301	D	13	6.7	20	—
维生素 A/ $\mu$ gRE	560	800		3 000	444	A	49	2.0	129	140
维生素 B <sub>1</sub> /mg	1.2	1.4			0.9	A	0.04	0.01	0.07	0.1
维生素 B <sub>2</sub> /mg	1.2	1.4			0.8	A	0.04	0.01	0.06	0.1
维生素 C/mg	85	100		2 000	80.4	A	40	2.4	43	50
维生素 E/mg $\alpha$ -TE			14	700	8.6	A	1.3	0.14	2.6	3
烟酸/mgNE	12	15		35	14.3	B	0.41	0.10	0.80	0.6
钙/mg	650	800		2 000	366	A	18	3.0	46	60
磷/mg	600	720		3 500	955	D	20	6.9	35	—
钾/mg			2 000		1 617	B	144	47	252	240
钠/mg			1 500		5 703	C	4.6	0.70	8.2	0.5
镁/mg	280	330			285	B	13	4.0	28	20
铁/mg	9	12		42	21.5	D	0.75	0.20	1.2	—
锌/mg	10.4	12.5		40	10.7	B	0.27	0.04	0.55	0.5
硒/ $\mu$ g	50	60		400	44.6	A	0.87	0.06	2.8	2
铜/mg	0.6	0.8		8	1.9	D	0.30	0.03	0.21	—
锰/mg			4.5	11	5.9	D	0.16	0.02	0.45	—

注:①以 18 岁从事轻体力活动的成年男子的每日参考摄入量为准;②以 18 岁从事轻体力活动的成年男子的每日摄入量为准;③以每 100 g 可食部计;④根据能量需要量(EER)和脂肪在总能量中占比的可接受范围(AMDR)计算得到;⑤根据能量需要量(EER)和碳水化合物在总能量中占比的可接受范围(AMDR)计算。

表 2 中国居民膳食营养素摄入状况分类标准

类别	摄入量		名称	类别	名称	摄入量
	$\geq$ EAR, <RNI(或 AI)	<EAR				
A	显著不足			C	过量	>UL
B	不足			D	适量	$\geq$ RNI(或 AI), $\leq$ UL

值,以每 100 g 可食部计; $P_{90}$ ——食物成分表中水果类产品相应营养素含量的第 90 百分位点值,以每 100 g 可食部计; $RNI$ ——18 岁从事轻体力活动的成年男子相应营养素的推荐摄入量; $AI$ ——18 岁从事轻体力活动的成年男子相应营养素的适宜摄入量; $M$ ——中国居民膳食营养素摄入监测相应营养素的平均摄入量,以每标准人日计。

$$F_c = \sqrt[2]{C \times P_{10}} \times RNI(\text{或 } AI) / M \quad (2)$$

式中: $F_c$ ——水果中 C 类营养素含量的基准值,以每 100 g 可食部计; $P_{10}$ ——食物成分表中水果类产品相应营养素含量的第 10 百分位点值,以每 100 g 可食部计。

1.2.2 关键营养素的营养质量指数 关键营养素的营养质量指数采用该营养素含量与相应营养素基准值的比较得到。A、B 和 C 类关键营养素分别采用式(3)、(4)和(5)来计算相应关键营养素的营养质量指数。

$$I_{ai} = C_{ai} / F_{ai} \times 100 \quad (3)$$

式中: $I_{ai}$ ——某种水果第  $i$  个 A 类营养素的营养质量指数; $C_{ai}$ ——某种水果第  $i$  个 A 类营养素的含量,以每 100 g 可食部计; $F_{ai}$ ——第  $i$  个 A 类营养素的基准值。

$$I_{bj} = C_{bj} / F_{bj} \times 100 \quad (4)$$

式中: $I_{bj}$ ——某种水果第  $j$  个 B 类营养素的营养质量指数; $C_{bj}$ ——某种水果第  $j$  个 B 类营养素的含量,以每 100 g 可食部计; $F_{bj}$ ——第  $j$  个 B 类营养素的基准值。

$$I_{ck} = F_{ck} / C_{ck} \times 100 \quad (5)$$

式中: $I_{ck}$ ——某种水果第  $k$  个 C 类营养素的营养质量指数; $C_{ck}$ ——某种水果第  $k$  个 C 类营养素的含量,以每 100 g 可食部计; $F_{ck}$ ——第  $k$  个 C 类营养素的基准值。

1.2.3 营养质量综合指数 所评价的水果营养质量综合指数采用单项关键营养素营养质量指数的加权几何平均法来综合,其中 A 类营养素的权重是 2, B 类和 C 类营养素的权重为 1。具体按照式(6)进行计算。

$$I = \sqrt[2l+m+n]{(\prod_{i=1}^l I_{ai})^2 \times (\prod_{j=1}^m I_{bj}) \times (\prod_{k=1}^n I_{ck})} \quad (6)$$

式中: $I$ ——水果营养质量综合指数(CNQIF); $l$ ——用于评价的 A 类营养素的总个数,目前选定

的共有 7 个; $m$ ——用于评价的 B 类营养素的总个数,目前选定的共有 5 个; $n$ ——用于评价的 C 类营养素的总个数,目前选定的共有 2 个。

### 1.3 水果营养质量分级

根据水果营养质量综合指数,按照表 3 进行水果营养质量分级。

表 3 水果营养质量分级标准

Table 3 Grading standard for nutritional quality of fruits

等级	水果营养质量综合指数(CNQIF)
5A	$\geq 70$
4A	$\geq 60, < 70$
3A	$\geq 50, < 60$
2A	$\geq 40, < 50$
A	$\geq 30, < 40$
B	$\geq 20, < 30$
C	$\geq 10, < 20$
D	$< 10$

## 2 代表性水果营养价值的综合评价

利用《中国食物成分表》<sup>[9-10]</sup>收录的新鲜水果类产品营养成分数据(牛油果数据来自美国农业部的食物成分数据库<sup>[37]</sup>),采用上述水果营养质量综合指数评价方法进行了评价。对 48 种水果的评价结果,以枣的综合营养指数最高,达 72.3,为 5A 级,其中维生素 C 和锌的含量是水果中顶尖的,维生素 A、维生素 B<sub>1</sub>、维生素 B<sub>2</sub>、烟酸、钾、钙和蛋白质等含量也比较高,即使是含量相对较低的维生素 E 也达到水果中的中等水平;达到 4A 级的水果有沙棘和酸刺(酸刺实际上是沙棘的别名,本文沿用《中国食物成分表》的水果名称),其中钙、硒和蛋白质的含量是水果中顶尖的,维生素 A、维生素 B<sub>2</sub>、维生素 C 及钾、镁、锌的含量也很高;达到 3A 级的有早橘(浙江黄岩当地传统柑橘品种),其中维生素 A 的含量是水果中顶尖的,维生素 B<sub>1</sub> 和蛋白质的含量也很高,钠和脂肪等负面营养素又比较低;达到 2A 级的有金橘、橘柑子、蜜橘等柑橘类水果及大山楂;达到 A 级的有中华猕猴桃、牛油果、橙、四川红橘、榴莲、荷柿、无花果、杏、番木瓜;达到 B 级的有柿、梨、桃、樱桃、草莓、香蕉、杨梅、葡萄、李子、甜瓜、菠萝蜜;达到 C 级的有西瓜、蜜

桃、巨峰和玫瑰香葡萄、红皮香蕉、雪花梨、鸭梨、葡萄柚、火龙果、西梅及多种苹果。48种水果中营养质量综合指数最低的西梅,在12种缺乏类和不足类关键营养素中,只有蛋白质、钾、镁和钙达到中等水平,其它关键营养素都比较低(表4、表5、表6)。

### 3 结论与讨论

进入21世纪以来,国际上在食物营养评价研究方面的一个显著变化是从各种营养素的分别评价走向食物营养的综合评价。现有研究提出的评价方法大致可分为各类食品一刀切类、基于营养标签的预包装食品评价类和营养餐评价类<sup>[27-30]</sup>。后2类不适用于农产品的评价,第一类涵盖了包括食用农产品在内的各类食品的评价,但由于不同类型的农产品各有显著不同的营养特点,分别能够满足人体不同方面的营养需要,采用一刀切模式来评价各种类型的食用农产品虽然简单,但不同类型农产品之间常常难以平衡,其合理性存在很大争议<sup>[38]</sup>。如根据美国耶鲁大学Katz等<sup>[15,39]</sup>建立的食物综合营养质量指数(ONQI)评价结果,蔬菜类产品普遍很高,而肉、鱼、蛋、奶等动物性产品普遍很低;根据徐海泉等<sup>[25]</sup>建立的营养当量方法的评价结果,蛋、奶、豆类食物营养当量最高,水果类最低,畜禽肉类、粮谷类及蔬菜类居中;根据周昇昇等<sup>[26]</sup>建立的NRF9.3值方法的评价结果,蔬菜和水果营养较高,蛋类和油脂最低。我们认为,不同类型的食用农产品有各自显著的营养特征,难以用同一个模型来计算和比较综合营养质量的高低。消费者应坚持平衡膳食原则,根据不同人群提出的膳食指南,合理搭配不同类型的食用农产品。食用农产品的营养质量综合评价应首先参照膳食指南平衡膳食宝塔中的食物类型,结合营养功能的相似性和品种的丰富性对食用农产品进行分类,再分别建立评价方法。建议可分为谷薯杂豆类、蔬菜类、水果类、肉蛋鱼虾类、奶和大豆类、坚果类和油脂类,本文选择水果类率先建立营养质量综合评价的方法。

为了维持人体健康,需要通过膳食摄入种类繁多的营养成分。自然界及现代食品市场为人们提供的食物也是成分复杂(除了经过分离提取的

精加工食品)和种类繁多。审视这些成分复杂食物的营养质量,通常需要关注一系列重要营养素的整体情况。不仅要看看有什么营养成分,更要关注这些营养素的含量水平及其与人体需要量的吻合程度。以往建立的食物营养度量方法,其指标营养素的选择及其权重主要根据参考摄入量、专家意见及营养成分的聚类分析、层次分析、因子分析或熵值分析等<sup>[14-26,40-43]</sup>。本文在中国营养学会制定发布的中国居民膳食营养素参考摄入量<sup>[31-36]</sup>和《中国食物成分表》<sup>[9-10]</sup>中的水果营养素项目的基础上,引入系统性的中国居民营养和健康状况监测结果<sup>[9]</sup>。通过平均摄入量与参考摄入量的比较对相关营养素进行分类,选定7种显著不足营养素、5种不足营养素和2种过量营养素组成水果营养质量综合指数模型的指标体系,并对不同类型的营养素赋予不同的权重,使指数模型的合理性有了显著提高。其中蛋白质和脂肪等宏量营养素采用总量指标,不用氨基酸和脂肪酸指标,主要考虑水果中蛋白质和脂肪的含量普遍比较低,不是人体摄入蛋白质(含各种必须氨基酸)和脂肪(含各种必须脂肪酸)的主要来源。水果中含量最高的营养素碳水化合物没有作为一个独立的指标列入营养质量综合指数模型的指标体系,主要是综合考虑了以下3个方面的因素:一是我国人群碳水化合物的膳食摄入量总体上与参考摄入量基本吻合;二是水果中的碳水化合物主要是单糖和双糖,从健康角度看偏向负面,特别是对于糖尿病和肥胖等人群;三是这些糖分又是形成水果甜味的主要成分,而甜味是水果吸引大部分消费者的重要感官特性。另外,近年来,水果中的黄酮类等各种植物化学物也受到国内外科学家的积极关注,但现有的研究在人体的必须性和需要量等方面仍未取得有效共识<sup>[44-45]</sup>。因此,暂时没有将其纳入营养质量综合指数模型的指标体系。随着相关研究的深入和人群营养素摄入丰缺程度的变化,列入模型指标体系的关键营养素及其权重应随之做相应的调整优化。

以往建立的食物营养度量模型在将不同营养素的分值进行综合时,大多采用加权算术平均或加权求和的方法<sup>[14,27,46]</sup>。这种综合方法存在的一个显著问题是一个或少数几个分值特别高的营养素

表 4 各种水果关键营养成分含量(以每 100 g 可食部计)<sup>[9-10,37]</sup>  
Table 4 Key nutrients content in various fruits (Per 100 g of edible parts)<sup>[9-10,37]</sup>

序号	水果名称	维生素 A/ $\mu$ gRE	维生素 B <sub>1</sub> /mg	维生素 B <sub>2</sub> /mg	维生素 C/mg	维生素 E/ mg $\alpha$ -TE	钙/mg	磷/ $\mu$ g	烟酸/ mgNE	钾/mg	镁/mg	锌/mg	蛋白质/ g	钠/mg	脂肪 /g
1	枣	40	0.06	0.09	243	0.78	22	0.8	0.9	375	25	1.52	1.1	1.2	0.3
2	酸刺	25	0.02	0.04	74	1.52	105	4.49	0.2	259	24	1.1	2.8	8.3	0.3
3	沙棘	640	0.05	0.21	204	0.01	104	2.8	0.4	359	33	1.16	0.9	28	1.8
4	早橘	857	0.09	0.03	25	1.45	21	0.22	0.3	131	15	0.21	1.2	0.9	0.2
5	金橘	62	0.04	0.03	35	1.58	56	0.62	0.3	144	20	0.21	1	3	0.2
6	红果	17	0.02	0.02	53	7.32	52	1.22	0.4	299	19	0.28	0.5	5.4	0.6
7	橘柑子	82	0.04	0.03	35	1.22	24	0.7	0.2	128	14	0.13	0.8	0.8	0.1
8	柑橘	148	0.08	0.04	28	0.92	35	0.3	0.4	154	11	0.08	0.7	1.4	0.2
9	蜜橘	277	0.05	0.04	19	0.45	19	0.45	0.2	177	16	0.1	0.8	1.3	0.4
10	中华猕猴桃	22	0.05	0.02	62	2.43	27	0.28	0.3	144	12	0.57	0.8	10	0.6
11	牛油果	7	0.08	0.14	10	2.07	12	0.40	1.74	485	29	0.64	2.0	7.0	14.7
12	橙	27	0.05	0.04	33	0.56	20	0.31	0.3	159	14	0.14	0.8	1.2	0.2
13	四川红橘	30	0.24	0.04	33	0.27	42	0.1	0.3	105	4	0.17	0.7	1.7	0.1
14	榴莲	1.3	0.20	0.13	2.8	2.28	4	3.26	1.2	261	27	0.16	2.6	2.9	3.3
15	荷柿	73	0.03	0.04	11	2.59	9	0.12	0.3	109	8	0.18	0.6	1.1	0.2
16	无花果	5	0.03	0.02	2	1.82	67	0.67	0.1	212	17	1.42	1.5	5.5	0.1
17	杏	75	0.02	0.03	4	0.95	14	0.2	0.6	226	11	0.2	0.9	2.3	0.1
18	番木瓜	145	0.01	0.02	43	0.3	17	1.8	0.3	18	9	0.25	0.4	28	0.1
19	櫻桃	35	0.02	0.02	10	2.22	11	0.21	0.6	232	12	0.23	1.1	8	0.2
20	凤阳草莓	5	0.02	0.03	47	0.71	18	0.7	0.3	131	12	0.14	1	4.2	0.2
21	柿	20	0.02	0.02	30	1.12	9	0.24	0.3	151	19	0.08	0.4	0.8	0.1
22	菠萝蜜	3	0.06	0.05	9	0.52	9	4.17	0.7	330	24	0.12	0.2	11.4	0.3
23	梨	6	0.03	0.06	6	1.34	9	1.14	0.3	92	8	0.46	0.4	2.1	0.2
24	香蕉(甘蔗)	10	0.02	0.04	8	0.24	7	0.87	0.7	256	43	0.18	0.4	0.8	0.2
25	杨梅	7	0.01	0.05	9	0.81	14	0.31	0.3	149	10	0.14	0.8	0.7	0.2
26	葡萄	8	0.04	0.02	25	0.7	7	0.2	0.2	104	8	0.18	0.5	1.3	0.2
27	李子	25	0.03	0.02	5	0.74	8	0.23	0.4	144	10	0.14	0.7	3.8	0.2
28	甜瓜(香瓜)	5	0.02	0.03	15	0.47	14	0.4	0.3	139	11	0.09	0.4	8.8	0.1
29	桃	3	0.01	0.03	7	1.54	6	0.24	0.7	166	7	0.34	0.9	5.7	0.1
30	早久保桃	2	0.03	0.02	10	0.53	12	0.1	0.8	144	10	0.13	0.9	1.8	0.1
31	西瓜	75	0.02	0.03	6	0.1	8	0.17	0.2	87	8	0.1	0.6	3.2	0.1
32	蜜桃	2	0.02	0.03	4	1	10	0.23	1.0	169	9	0.06	0.9	2.9	0.2

(续表 4)

序号	水果名称	维生素 A/ $\mu$ gRE	维生素 B <sub>1</sub> /mg	维生素 B <sub>2</sub> /mg	维生素 C/mg	维生素 E/mg $\alpha$ -TE	钙/mg	硒/ $\mu$ g	烟酸/mgNE	钾/mg	镁/mg	锌/mg	蛋白质/g	钠/mg	脂肪/g
33	苹果	3	0.06	0.02	4	2.12	4	0.12	0.2	119	4	0.19	0.2	1.6	0.2
34	郑州3号西瓜	35	0.02	0.04	4	0.13	4	0.1	0.3	115	10	0.07	0.6	2.4	0.1
35	巨峰葡萄	5	0.03	0.01	4	0.34	7	0.5	0.1	128	6	0.14	0.4	2	0.2
36	海南红皮香蕉	6	0.02	0.02	4.9	0.2	9	0.07	0.5	208	33	0.04	1.1	3.2	0.2
37	泰国红皮香蕉	6	0.01	0.02	5.7	0.19	9	0.06	0.5	189	34	0.07	1.1	3.1	0.2
38	雪花梨	17	0.01	0.01	4	0.19	5	0.18	0.3	85	10	0.06	0.2	0.6	0.1
39	国光苹果	10	0.02	0.03	4	0.11	8	0.1	0.2	83	7	0.14	0.3	1.3	0.3
40	鸭梨	2	0.03	0.03	4	0.31	4	0.28	0.2	77	5	0.1	0.2	1.5	0.2
41	青香蕉苹果	3	0.02	0.02	3	0.37	9	0.07	0.2	83	4	0.04	0.3	1.3	0.1
42	红香蕉苹果	17	0.01	0.02	3	0.36	5	0.14	0.1	85	3	0.02	0.4	2	0.2
43	金元帅苹果	15	0.05	0.01	4	0.61	2	0.03	0.1	72	2	0.11	0.2	1.7	0.1
44	玫瑰香葡萄	3	0.02	0.02	4	0.23	8	0.11	0.2	126	4	0.03	0.4	2.4	0.4
45	葡萄柚(以色列)	0.4	0.05	0.02	36	0.17	5	0.03	0.2	180	10	0.01	0.7	4.1	0.1
46	黄元帅苹果	15	0.02	0.02	4	0.21	5	0.01	0.1	184	3	0.03	0.2	0.6	0.3
47	火龙果	0.6	0.03	0.02	3	0.14	7	0.03	0.2	20	30	0.29	1.1	2.7	0.2
48	西梅	1	0.01	0.01	1.4	0.18	11	0.11	0.2	155	10	0.04	0.7	3.2	0.1

表 5 各种水果关键营养素的单项营养质量指数

序号	水果名称	Individual nutritional quality indexes for key nutrients of various fruits													
		维生素 A	维生素 B <sub>1</sub>	维生素 B <sub>2</sub>	维生素 C	维生素 E	钙	硒	烟酸	钾	镁	锌	蛋白质	钠	脂肪
1	枣	28.6	60.0	90.0	486.0	26.0	36.7	40.0	150.0	156.3	125.0	304.0	110.0	41.7	33.3
2	酸刺	17.9	20.0	40.0	148.0	50.7	175.0	224.5	33.3	107.9	120.0	220.0	280.0	6.0	33.3
3	沙棘	457.1	50.0	210.0	408.0	0.3	173.3	140.0	66.7	149.6	165.0	232.0	90.0	1.8	5.6
4	早橘	612.1	90.0	30.0	50.0	48.3	35.0	11.0	50.0	54.6	75.0	42.0	120.0	55.6	50.0
5	金橘	44.3	40.0	30.0	70.0	52.7	93.3	31.0	50.0	60.0	100.0	42.0	100.0	16.7	50.0
6	红果	12.1	20.0	20.0	106.0	244.0	86.7	61.0	66.7	124.6	95.0	56.0	50.0	9.3	16.7
7	橘柑子	58.6	40.0	30.0	70.0	40.7	40.0	35.0	33.3	53.3	70.0	26.0	80.0	62.5	100.0
8	柑橘	105.7	80.0	40.0	56.0	30.7	58.3	15.0	66.7	64.2	55.0	16.0	70.0	35.7	50.0
9	蜜橘	197.9	50.0	40.0	38.0	15.0	31.7	22.5	33.3	73.8	80.0	20.0	80.0	38.5	25.0
10	中华猕猴桃	15.7	50.0	20.0	124.0	81.0	45.0	14.0	50.0	60.0	60.0	114.0	80.0	5.0	16.7
11	牛油果	5.0	80.0	140.0	20.0	69.0	20.0	20.0	289.7	202.1	145.0	128.0	200.0	7.1	0.7
12	橙	19.3	50.0	40.0	66.0	18.7	33.3	15.5	50.0	66.3	70.0	28.0	80.0	41.7	50.0
13	四川红橘	21.4	240.0	40.0	66.0	9.0	70.0	5.0	50.0	43.8	20.0	34.0	70.0	29.4	100.0

(续表5)

序号	水果名称	维生素					维生素E			钙	磷	烟酸	钾	镁	锌	蛋白质	钠	脂肪
		A	B <sub>1</sub>	B <sub>2</sub>	C	E												
14	榴莲	0.9	200.0	130.0	5.6	76.0	6.7	163.0	198.3	108.8	135.0	32.0	260.0	17.2	3.0			
15	红柿	52.1	30.0	40.0	22.0	86.3	15.0	6.0	50.0	45.4	40.0	36.0	60.0	45.5	50.0			
16	无花果	3.6	30.0	20.0	4.0	60.7	111.7	33.5	16.7	88.3	85.0	284.0	150.0	9.1	100.0			
17	杏	53.6	20.0	30.0	8.0	31.7	23.3	10.0	100.0	94.2	55.0	40.0	90.0	21.7	100.0			
18	番木瓜	103.6	10.0	20.0	86.0	10.0	28.3	90.0	50.0	7.5	45.0	50.0	40.0	1.8	100.0			
19	櫻桃	25.0	20.0	20.0	20.0	74.0	18.3	10.5	100.0	96.7	60.0	46.0	110.0	6.3	50.0			
20	凤阳草莓	3.6	20.0	30.0	94.0	23.7	30.0	35.0	50.0	54.6	60.0	28.0	100.0	11.9	50.0			
21	柿	14.3	20.0	20.0	60.0	37.3	15.0	12.0	50.0	62.9	95.0	16.0	40.0	62.5	100.0			
22	菠萝蜜	2.1	60.0	50.0	18.0	17.3	15.0	208.5	116.7	137.5	120.0	24.0	20.0	4.4	33.3			
23	梨	4.3	30.0	60.0	12.0	44.7	15.0	57.0	50.0	38.3	40.0	92.0	40.0	23.8	50.0			
24	香蕉(甘蔗)	7.1	20.0	40.0	16.0	8.0	11.7	43.5	116.7	106.7	215.0	36.0	40.0	62.5	50.0			
25	杨梅	5.0	10.0	50.0	18.0	27.0	23.3	15.5	50.0	62.1	50.0	28.0	80.0	71.4	50.0			
26	葡萄	5.7	40.0	20.0	50.0	23.3	11.7	10.0	33.3	43.3	40.0	36.0	50.0	38.5	50.0			
27	李子	17.9	30.0	20.0	10.0	24.7	13.3	11.5	66.7	60.0	50.0	28.0	70.0	13.2	50.0			
28	甜瓜(香瓜)	3.6	20.0	30.0	30.0	15.7	23.3	20.0	50.0	57.9	55.0	18.0	40.0	5.7	100.0			
29	桃	2.1	10.0	30.0	14.0	51.3	10.0	12.0	116.7	69.2	35.0	68.0	90.0	8.8	100.0			
30	早久保桃	1.4	30.0	20.0	20.0	17.7	20.0	5.0	133.3	60.0	50.0	26.0	90.0	27.8	100.0			
31	西瓜	53.6	20.0	30.0	12.0	3.3	13.3	8.5	33.3	36.3	40.0	20.0	60.0	15.6	100.0			
32	蜜桃	1.4	20.0	30.0	8.0	33.3	16.7	11.5	166.7	70.4	45.0	12.0	90.0	17.2	50.0			
33	苹果	2.1	60.0	20.0	8.0	70.7	6.7	6.0	33.3	49.6	20.0	38.0	20.0	31.3	50.0			
34	郑州3号西瓜	25.0	20.0	40.0	8.0	4.3	6.7	5.0	50.0	47.9	50.0	14.0	60.0	20.8	100.0			
35	巨峰葡萄	3.6	30.0	10.0	8.0	11.3	11.7	25.0	16.7	53.3	30.0	28.0	40.0	25.0	50.0			
36	海南红皮香蕉	4.3	20.0	20.0	9.8	6.7	15.0	3.5	85.0	86.7	165.0	8.0	110.0	15.6	50.0			
37	泰国红皮香蕉	4.3	10.0	20.0	11.4	6.3	15.0	3.0	78.3	78.8	170.0	14.0	110.0	16.1	50.0			
38	雪花梨	12.1	10.0	10.0	8.0	6.3	8.3	9.0	50.0	35.4	50.0	12.0	20.0	83.3	100.0			
39	国光苹果	7.1	20.0	30.0	8.0	3.7	13.3	5.0	33.3	34.6	35.0	28.0	30.0	38.5	33.3			
40	鸭梨	1.4	30.0	30.0	8.0	10.3	6.7	14.0	33.3	32.1	25.0	20.0	20.0	33.3	50.0			
41	青香蕉苹果	2.1	20.0	20.0	6.0	12.3	15.0	3.5	33.3	34.6	20.0	8.0	30.0	38.5	100.0			
42	红香蕉苹果	12.1	10.0	20.0	6.0	12.0	8.3	7.0	16.7	35.4	15.0	4.0	40.0	25.0	50.0			
43	金元帅苹果	10.7	50.0	10.0	8.0	20.3	3.3	1.5	16.7	30.0	10.0	22.0	20.0	29.4	100.0			
44	玫瑰香葡萄	2.1	20.0	20.0	8.0	7.7	13.3	5.5	33.3	52.5	20.0	6.0	40.0	20.8	25.0			
45	葡萄柚(以色列)	0.3	50.0	20.0	72.0	5.7	8.3	1.5	30.0	75.0	50.0	2.0	70.0	12.2	100.0			
46	黄元帅苹果	10.7	20.0	20.0	8.0	7.0	8.3	0.5	16.7	76.7	15.0	6.0	20.0	83.3	33.3			
47	火龙果	0.4	30.0	20.0	6.0	4.7	11.7	1.5	36.7	8.3	150.0	58.0	110.0	18.5	50.0			
48	西梅	0.7	10.0	10.0	2.8	6.0	18.3	5.5	30.0	64.6	50.0	8.0	70.0	15.6	100.0			



表6 各种水果的营养质量综合指数及其分级

Table 6 Composite nutrient quality index and grade for various fruits

序号	水果名称	营养质量综合 指数 CNQIF	等级	序号	水果名称	营养质量综合 指数 CNQIF	等级
1	枣	72.3	5A	25	杨梅	25.1	B
2	酸刺	64.3	4A	26	葡萄	23.7	B
3	沙棘	64.0	4A	27	李子	23.1	B
4	早橘	56.7	3A	28	甜瓜(香瓜)	21.9	B
5	金橘	49.2	2A	29	桃	20.8	B
6	红果	47.3	2A	30	早久保桃	20.1	B
7	橘柑子	46.9	2A	31	西瓜	19.9	C
8	柑橘	46.9	2A	32	蜜桃	19.3	C
9	蜜橘	41.1	2A	33	苹果	17.5	C
10	中华猕猴桃	37.8	A	34	郑州3号西瓜	17.4	C
11	牛油果	37.3	A	35	巨峰葡萄	16.3	C
12	橙	36.5	A	36	海南红皮香蕉	16.3	C
13	四川红橘	36.3	A	37	泰国红皮香蕉	15.5	C
14	榴莲	34.1	A	38	雪花梨	14.8	C
15	柿	32.4	A	39	国光苹果	14.7	C
16	无花果	30.8	A	40	鸭梨	14.3	C
17	杏	30.5	A	41	青香蕉苹果	13.0	C
18	番木瓜	30.2	A	42	红香蕉苹果	12.8	C
19	樱桃	29.5	B	43	金元帅苹果	12.6	C
20	凤阳草莓	29.4	B	44	玫瑰香葡萄	12.2	C
21	柿	29.3	B	45	葡萄柚(以色列)	11.9	C
22	菠萝蜜	29.0	B	46	黄元帅苹果	10.9	C
23	梨	28.7	B	47	火龙果	10.7	C
24	香蕉(甘蕉)	27.5	B	48	西梅	10.1	C

将掩盖其它分值比较低的营养素存在的营养质量低下的事实,而从营养平衡的角度看,这些分值比较低的营养素的健康影响更为关键。本文建立的水果营养质量综合指数模型采用加权几何平均的方法进行各个关键营养素单项营养质量指数的综合,通过关键营养素参与几何平均次数的不同实现权重差异。几何平均结果受分值较小项的影响更大,这与营养健康中的木桶原理非常吻合,可有效解决采用算术平均或累加方法存在的问题。

本文建立的水果营养质量综合指数及其分级标准能综合度量水果的营养价值,可用于各种水果(如不同种类、品种、品系和来源等)营养价值的综合评价及比较,水果产品营养质量标准设定和消费指导(特别是中国消费者)等。该水果营养质

量综合评价方法,与尚待建立的其它类型的食用农产品营养质量综合评价方法一起,将构成食用农产品营养质量综合评价技术体系,对于引导和提升农产品营养质量,指导健康消费具有重要意义。

上述代表性水果营养质量的综合评价结果是基于《中国食物成分表》<sup>[9-10]</sup>收录的新鲜水果类产品营养成分数据得出的。虽然水果的营养质量主要取决于其遗传特征,同类水果的营养质量具有相当的稳定性,但不同地区、不同季节、不同生产技术、不同成熟度的产品,其关键营养素含量都可能有所变化,相应地,其营养质量综合指数也会有所变化。

## 参 考 文 献

- [1] 赫拉利. 人类简史: 从动物到上帝[M]. 北京: 中信出版社, 2014: 41-62.  
HARARI Y N. Sapiens: A Brief History of Humankind[M]. Beijing: China CITIC Press, 2014: 41-62.
- [2] 中国营养学会. 食物与健康——科学证据共识[M]. 北京: 人民卫生出版社, 2016: 76-103.  
Chinese Nutrition Society. Food & health: Evidence based review[M]. Beijing: People's Medical Publishing House, 2016: 76-103.
- [3] 常继乐, 王宇. 中国居民营养与健康状况监测 2010-2013 年综合报告[M]. 北京: 北京大学医学出版社, 2016: 29-53.  
CHANG J L, WANG Y. A comprehensive report on the monitoring of nutrition and health status of the Chinese population, 2010-2013[M]. Beijing: Peking University Medical Press, 2016: 29-53.
- [4] GBD 2017 Diet Collaborators. Health effects of dietary risks in 195 countries, 1990-2017: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2017[J]. Lancet, 2019, 393: 1958-1972.
- [5] 中国营养学会. 中国居民膳食指南科学研究报告 (2021)[DB/OL]. (2021-02-24) [2021-02-25]. <https://www.cnsoc.org/learnnews/422120203.html>.  
Chinese Nutrition Society. Scientific Research Report on Dietary Guidelines for Chinese Residents (2021) [DB/OL]. (2021-02-24) [2021-02-25]. <https://www.cnsoc.org/learnnews/422120203.html>.
- [6] USDA, HHS. Dietary\_Guidelines\_for\_Americans\_2020-2025 [DB/OL]. (2020-12-01) [2021-05-08]. <https://www.dietaryguidelines.gov>.
- [7] FSA. The Eatwell Guide[DB/OL]. (2020-12-30) [2021-05-08]. <https://www.food.gov.uk/sites/default/files/media/document/eatwell-guide-master-digital.pdf>.
- [8] 中国农业百科全书编辑部. 中国农业百科全书(果树卷)[M]. 北京: 中国农业出版社, 1993.  
Chinese Agricultural Encyclopedia editorial department. Encyclopedia of Chinese agriculture: Fruit tree [M]. Beijing: China Agriculture Press, 1993.
- [9] 杨月欣, 王光亚, 潘兴昌. 中国食物成分表(第一册)[M]. 北京: 北京大学医学出版社, 2009: 61-78.  
YANG Y X, WANG G Y, PANG X C. China food composition (2<sup>nd</sup> edition, book 1)[M]. Beijing: Peking University Medical Press, 2009: 61-78.
- [10] 杨月欣. 中国食物成分表 2004 (第二册)[M]. 北京: 北京大学医学出版社, 2005: 109-114.  
YANG Y X. China Food Composition 2004 (Book 2) [M]. Beijing: Peking University Medical Press, 2005: 109-114.
- [11] 霜霜. 牛油果的前世今生: 是超级食物还是营销骗局 [DB/OL]. (2020-06-02) [2021-06-08]. <https://weibo.com/ttarticle/p/show?id=2309404511442521948194>.  
SHUANG S. The Past and Present of Avocados: Superfood or Marketing Scam[DB/OL]. (2020-06-02) [2021-06-08]. <https://weibo.com/ttarticle/p/show?id=2309404511442521948194>.
- [12] 农业农村部办公厅. 农业生产“三品一标”提升行动实施方案[DB/OL]. (2021-03-18) [2021-03-22]. [http://www.moa.gov.cn/govpublic/FZJHS/202103/t20210318\\_6363982.htm](http://www.moa.gov.cn/govpublic/FZJHS/202103/t20210318_6363982.htm).  
General Office of Ministry of Agriculture and Rural Affairs. Variety, Quality, Brand and Standardization Promotion Action Plan in Agricultural Production [DB/OL]. (2021-03-18) [2021-03-22]. [http://www.moa.gov.cn/govpublic/FZJHS/202103/t20210318\\_6363982.htm](http://www.moa.gov.cn/govpublic/FZJHS/202103/t20210318_6363982.htm).
- [13] 朱圣陶, 于守洋. 食物的营养质量指数评价[J]. 食品科学, 1987, 8(9): 1-4.  
ZHU S T, YU S Y. Evaluation of nutritional quality index for food[J]. Food Science, 1987, 8(9): 1-4.
- [14] 张坚, 赵文华, 陈君石. 营养素度量法——一个新的食物营养评价指标[J]. 营养学报, 2009, 31(1): 1-5.  
ZHANG J, ZHAO W H, CHEN J S. Nutrient profile: A new index of food nutrition evaluation [J]. Acta Nutrimenta Sinica, 2009, 31(1): 1-5.
- [15] KATZ D L, NJIKE V Y, FARIDI Z. 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.
- [16] KREBS-SMITH S M, PANNUCCI T E, SUBAR A F, et al. Update of the Healthy Eating Index: HEI-2015 [J]. Journal of the Academy of Nutrition and Dietetics, 2018, 18(9): 1591-1602.
- [17] MORZE J, DANIELEWICZ A, HOFFMANN G, et al. Diet quality as assessed by the healthy eating index, alternate healthy eating index, dietary approaches to stop hypertension score, and health out-

- comes: A second update of a systematic review and meta-analysis of cohort studies[J]. *Journal of the Academy of Nutrition and Dietetics*, 2020, 120(12): 1998-2031.
- [18] DREWNOWSKI A, FULGONI V. Nutrient profiling of foods: creating a nutrient-rich food index[J]. *Nutrition Reviews*, 2008, 66(1): 23-39.
- [19] JULIA C, KESSE-GUYOT E, TOUVIER M, et al. Application of the British Food Standards Agency nutrient profiling system in a French food composition database[J]. *British Journal of Nutrition*, 2014, 112: 1699-1705.
- [20] ARSENAULT J E, FULGONI V L, HERSEY J C, et al. A novel approach to selecting and weighting nutrients for nutrient profiling of foods and diets[J]. *Journal of the Academy of Nutrition and Dietetics*, 2012, 112(12): 1968-1975.
- [21] ROCHA A, AFONSO C, SANTOS M C, et al. System of planning and evaluation of school meals[J]. *Public Health Nutrition*, 2014, 17(6): 1264-1270.
- [22] DICKIE S, WOODS J L, LAWRENCE M. Analysing the use of the Australian health star rating system by level of food processing[J]. *International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity*, 2018, 15(1): 128-136.
- [23] DEVI A, EYLES H, RAYNER M, et al. Nutritional quality, labelling and promotion of breakfast cereals on the New Zealand market[J]. *Appetite*, 2014, 81: 253-260.
- [24] PATINO S R G, TOLENTINO-MAYO L, MONTERRUBIO E A F, et al. Nutritional quality of foods and non-alcoholic beverages advertised on Mexican television according to three nutrient profile models[J]. *BMC Public Health*, 2016, 16(1): 733-743.
- [25] 徐海泉, 卢士军, 周琳, 等. 以营养当量评价食物营养价值的方法学研究[J]. *营养学报*, 2016, 38(4): 341-344.
- XU H Q, LU S J, ZHOU L, et al. A new method to evaluate the nutritional value of foods with nutrition equivalent unit [J]. *Acta Nutrimenta Sinica*, 2016, 38(4): 341-344.
- [26] 周昇昇, 李磊, 张丁, 等. 一种新的食物营养评价指标的初步建立和应用[J]. *营养学报*, 2014, 36(1): 63-68.
- ZHOU S S, LI L, ZHANG D, et al. Development and application of a new food nutrition evaluation index [J]. *Acta Nutrimenta Sinica*, 2014, 36(1): 63-68.
- [27] SANTOS M, RITO A I, MATIAS F N, et al. Nutrient profile models a useful tool to facilitate healthier food choices: A comprehensive review[J]. *Trends in Food Science & Technology*, 2021, 110: 120-131.
- [28] LABONTE M E, POON T, MULLIGAN C, et al. Comparison of global nutrient profiling systems for restricting the commercial marketing of foods and beverages of low nutritional quality to children in Canada[J]. *American Journal of Clinical Nutrition*, 2017, 106(6): 1471-1481.
- [29] TRICHTERBORN J, DROSSARD C, KERSTING M, et al. The potential impact of nutrient profiles on dairy-related energy and nutrient intake in German children and adolescents[J]. *European Journal of Clinical Nutrition*, 2012, 66(4): 466-473.
- [30] POON T, LABONTE M E, 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.
- [31] 中国营养学会. 中国居民膳食营养素参考摄入量(2013年版)[M]. 北京: 科学出版社, 2014.
- Chinese Nutrition Society. *Chinese Dietary Reference Intakes (2013 Edition)*[M]. Beijing: Science Press, 2014.
- [32] 国家卫生和计划生育委员会. 中国居民膳食营养素参考摄入量 第1部分: 宏量营养素: WS/T 578.1-2017[S/OL]. (2017-09-14)[2021-03-06]. <http://hbba.sacinfo.org.cn/stdDetail/ffc1d53eee5c33ca4469b18b109828e0>.
- National Health and Family Planning Commission. *Chinese Dietary Reference Intakes-Part 1: Macronutrient: WS/T 578.1-2017 [S/OL]. (2017-09-14)[2021-03-06].* <http://hbba.sacinfo.org.cn/stdDetail/ffc1d53eee5c33ca4469b18b109828e0>.
- [33] 国家卫生和计划生育委员会. 中国居民膳食营养素参考摄入量 第2部分: 常量元素: WS/T 578.2-2018[S/OL]. (2018-04-27)[2021-03-06]. <http://hbba.sacinfo.org.cn/stdDetail/a253d929f1138d377e98a613cee424b6d128f380aa93c7dbe5c58c67d9d2075e>.
- National Health and Family Planning Commission. *Chinese Dietary Reference Intakes -Part 2:*

- Macroelement; WS/T 578.2—2018[S/OL]. (2018-04-27)[2021-03-06]. <http://hbba.sacinfo.org.cn/stdDetail/a253d929f1138d377e98a613cee424b6d128f380aa93c7d5c58c67d9d2075e>.
- [34] 国家卫生和计划生育委员会. 中国居民膳食营养素参考摄入量 第3部分:微量元素:WS/T 578.3—2017[S/OL]. (2017-09-14)[2021-03-06]. <http://hbba.sacinfo.org.cn/stdDetail/8e1b7c55ac399b3a281c8eb16337192c>. National health and family planning commission. Chinese dietary reference intakes—Part 3: Trace element: WS/T 578.3—2017 [S/OL]. (2017-09-14)[2021-03-06]. <http://hbba.sacinfo.org.cn/stdDetail/8e1b7c55ac399b3a281c8eb16337192c>.
- [35] 国家卫生和计划生育委员会. 中国居民膳食营养素参考摄入量 第4部分:脂溶性维生素:WS/T 578.4—2018[S/OL]. (2018-04-27)[2021-03-06]. <http://hbba.sacinfo.org.cn/stdDetail/6b41b00c75d17c7344f01810a22b000bd128f380aa93c7d5c58c67d9d2075e>. National Health and Family Planning Commission. Chinese dietary reference intakes—Part 4: Lipid-soluble vitamin: WS/T 578.4—2018[S/OL]. (2018-04-27)[2021-03-06]. <http://hbba.sacinfo.org.cn/stdDetail/6b41b00c75d17c7344f01810a22b000bd128f380aa93c7d5c58c67d9d2075e>.
- [36] 国家卫生和计划生育委员会. 中国居民膳食营养素参考摄入量 第5部分:水溶性维生素:WS/T 578.5—2018[S/OL]. (2018-04-27)[2021-03-06]. <http://hbba.sacinfo.org.cn/stdDetail/532d84854223a5f99745533389c2069ed128f380aa93c7d5c58c67d9d2075e>. National Health and Family Planning Commission. Chinese dietary reference intakes—Part 5: Water-soluble vitamin: WS/T 578.5—2018[S/OL]. (2018-04-27)[2021-03-06]. <http://hbba.sacinfo.org.cn/stdDetail/532d84854223a5f99745533389c2069ed128f380aa93c7d5c58c67d9d2075e>.
- [37] USDA ARS. Food and nutrient database for dietary studies[DB/OL]. (2013-02-01)[2021-03-22]. [https://readdir.arsnet.usda.gov/codesearchwebapp/\(S\(2ylgrtwkcx3tm0d0bqgpdml\)\)/measures.aspx?id=63105010](https://readdir.arsnet.usda.gov/codesearchwebapp/(S(2ylgrtwkcx3tm0d0bqgpdml))/measures.aspx?id=63105010).
- [38] KATZ D L, AYOUB K T, REEVES R, et al. Questions regarding nutrient profiling system[J]. Journal of the Academy of Nutrition and Dietetics, 2013, 113(5): 635.
- [39] 耶鲁大学格里芬健康预防研究中心. 常见食物的综合营养质量指数评分(ONQI)[DB/OL]. (2018-10-16)[2021-05-22]. <https://zhuanlan.zhihu.com/p/46896899>. Yale-Griffin PRC. Overall Nutritional Quality Index (ONQI) [DB/OL]. (2018-10-16)[2021-05-22]. <https://zhuanlan.zhihu.com/p/46896899>.
- [40] 朱瑞欣, 王璐, 范志红. 蔬菜烹调的差异化综合营养评价[J]. 中国食品学报, 2018, 18(10): 252-257. ZHU R X, WANG L, FAN Z H. Differential comprehensive nutrition evaluation of cooked vegetables [J]. Journal of Chinese Institute of Food Science and Technology, 2018, 18(10): 252-257.
- [41] 李勋兰, 洪林, 杨蕾, 等. 11个柑橘品种果实营养成分分析与品质综合评价[J]. 食品科学, 2020, 41(8): 228-233. LI X L, HONG L, YANG L, et al. Analysis of nutritional components and comprehensive quality evaluation of citrus fruit from eleven varieties[J]. Food Science, 2020, 41(8): 228-233.
- [42] 梁秋萍, 严学迎. 基于熵权TOPSIS法不同品种甜樱桃营养品质综合评价[J]. 食品研究与开发, 2021, 42(16): 59-64. LIANG Q P, YAN X Y. Comprehensive evaluation of nutritional quality of different sweet cherries based on entropy-weight TOPSIS approach[J]. Food Research and Development, 2021, 42(16): 59-64.
- [43] 叶霜, 熊博, 邱霞, 等. 果实品质综合评价体系的建立及其在黄果柑果实上的应用[J]. 浙江农业学报, 2017, 29(12): 2038-2050. YE S, XIONG B, QIU X, et al. Establishment of comprehensive evaluation system of fruit quality and its application on Huangguogan fruit[J]. Acta Agriculturae Zhejiangensis, 2017, 29(12): 2038-2050.
- [44] OLAS B. A review of *in vitro* studies of the anti-platelet potential of citrus fruit flavonoids[J]. Food and Chemical Toxicology, 2021, 150: 112090.
- [45] MOLCANOVA L, KAUEVA T, DALL'ACQUA S, et al. Antiproliferative and cytotoxic activities of C-Geranylated flavonoids from *Paulownia tomentosa* Steud. fruit [J]. Bioorganic Chemistry, 2021, 111: 104797.
- [46] 王建超, 陈志峰, 刘鑫铭, 等. 不同品种余甘子果实营养成分分析与评价[J]. 果树学报, 2018, 35(1): 108-117. WANG J C, CHEN Z F, LIU X M, et al. Nutritional analysis and evaluation of fruits of *Phyllanthus emblica*[J]. Journal of Fruit Science, 2018, 35(1): 108-117.

## Development and Application of Evaluation Method with Composite Nutrient Quality Index for Fruits

Zhang Zhiheng<sup>1</sup>, Hu Wenlan<sup>2</sup>, Li Hui<sup>1</sup>, Ye Yaqun<sup>3</sup>

*(<sup>1</sup>Institute of Agro-Products Safety and Nutrition, Zhejiang Academy of Agricultural Sciences, Hangzhou 310021*

*<sup>2</sup>Gongshu District Center for Disease Control and Prevention, Hangzhou 310022*

*<sup>3</sup>Shangyu District Services Center for Organ, Shaoxing 312300, Zhejiang)*

**Abstract** To provide an applicable method for comprehensive evaluation of fruit nutrient quality, 14 key nutritional indicators were selected by comparing and analyzing Chinese intake of dietary nutrients and the satisfaction degree of their needs. Among which vitamin A, vitamin B<sub>1</sub>, vitamin B<sub>2</sub>, vitamin C, vitamin E, calcium and selenium were significantly inadequate nutrients, protein, niacin, potassium, magnesium and zinc were inadequate nutrients, and fat and sodium were excessive nutrients. Combined with the corresponding nutrient content levels of various fruits, the fiducial values of key nutrients content were calculated. The nutrient quality index of key nutrients for fruit products was obtained by comparing the contents of key nutrients with the corresponding fiducial values. According to the deficiency and excessiveness degree of Chinese dietary intake of various key nutrients, the weight of the nutrients was determined and composite nutrient quality index for fruit (CNQIF) model was established. According to the distribution of CNQIF for representative fruits, the grading standards were established. The comprehensive evaluation results of nutritional quality of 48 representative fruits by using CNQIF model showed that 1 fruit of 5A grade, 2 fruits of 4A grade, 1 fruit of 3A grade, 5 fruits of 2A grade, 9 fruits of A grade, 12 fruits of B grade and 18 fruits of C grade. CNQIF and grading standards can reflect the nutritional quality of fruits comprehensively, and can be used for nutritional quality comprehensive evaluation and comparison of fruits (such as different species, varieties and sources), setting nutrient quality standards of fruit products and guiding consumption (especially suitable for Chinese consumers), etc.

**Keywords** fruit; nutrient quality; composite index; evaluation method; grading