

“三度法”在坚果营养评价中的应用:以花生为例

颜孙安^{1,2,3}, 黄敏敏^{1,2,3}, 刘文静^{1,2,3}, 林香信^{1,2,3}, 姚清华^{1,2,3}

(1. 农业农村部农产品质量安全风险评估实验室(福州), 福州 350003; 2. 福建省农业科学院 农业质量标准与检测技术研究所, 福州 350003; 3. 福建省农产品质量安全重点实验室, 福州 350003)

摘要:为了科学指导坚果选购和膳食合理搭配,以福建地区5个获全国农产品地理标志的花生品种(“赖坊”“衙口小琉球”“朱口小籽”“文亨红衣”“洋后”)为研究对象,以七大类营养素、必需脂肪酸、必需氨基酸和部分功能性营养因子共50种营养素为评价指标,依次计算花生仁中营养素的多样性、匹配度和平衡度。在此基础上,计算综合评价指标偏离指数,获得5种花生仁营养价值的综合排序。结果表明:5种花生仁营养素的多样性一致,均含有46种营养素,但匹配度差异较大,“洋后”“赖坊”“朱口小籽”“衙口小琉球”“文亨红衣”的匹配度分别为0.933、0.671、0.449、0.440和0.367;5种花生仁营养素的平衡度比较接近,介于0.353~0.375之间;5种花生仁营养素的偏离指数从低至高排序为“洋后”“赖坊”“朱口小籽”“衙口小琉球”“文亨红衣”。因此,5种花生中营养价值最高的为“洋后”,最低的为“文亨红衣”。

关键词:坚果;营养价值;三度法;花生

中图分类号:S565.2;TS201.4 文献标识码:A 文章编号:1003-7969(2024)02-0088-07

Application of 'Three Degree' method in nutrition assessment for nut:

A case study of peanut (*Arachis hypogaea* L.)

YAN Sun'an^{1,2,3}, HUANG Minmin^{1,2,3}, LIU Wenjing^{1,2,3},
LIN Xiangxin^{1,2,3}, YAO Qinghua^{1,2,3}

(1. Laboratory of Quality and Safety Risk Assessment for Agro-products, Ministry of Agriculture (Fuzhou), Fuzhou 350003, China; 2. Institute of Agricultural Quality Standards and Testing Technology Research, Fujian Academy of Agricultural Sciences, Fuzhou 350003, China; 3. Fujian Key Laboratory of Quality and Safety of Agricultural Products, Fuzhou 350003, China)

Abstract: In order to scientifically guide the selection of nuts and dietary rationing, five peanut varieties of Lai Fang (LF), Yakou Xiaoliuqi (YK), Zhukou Xiaozhi (ZK), Wenheng Hongyi (WH) and Yang Hou (YH) with national geographical indications of agricultural products in Fujian were selected as the research objects, a total of 50 nutrients including seven types of nutrients, essential fatty acids, essential amino acids and some functional nutrition factors were used as evaluation indexes, and the degree of diversity (DD), degree of match (DM) and degree of balance (DB) of nutrients in peanut kernels were calculated. On this basis, the deviation index of the comprehensive evaluation index was calculated to

收稿日期:2022-09-20;修回日期:2023-08-31

基金项目:福建省“5511”协同创新工程项目(XTCXGC2021020);福建省公益类科研院所专项(2020R1022006);福建省农业科学院创新团队项目(CXTD2021011-1)

作者简介:颜孙安(1981),男,高级实验师,研究方向为农产品营养与质量安全(E-mail)yansunan1982@163.com。

通信作者:姚清华,副研究员(E-mail)yaoyaoshuimu@163.com。

obtain the comprehensive ranking of the nutritional value of five varieties of peanut kernels. The results showed that the DD of the five varieties of peanut kernels were the same, all containing 46 nutrients, but the MD were different. The MD of YH, LF, ZK, YK and WH were 0.933, 0.671, 0.449, 0.440 and 0.367, respectively. The DB of five varieties of peanut kernel nutrients were close, ranging from 0.353 to

0.375. The deviation index (DI) of five varieties of peanut kernels was ranked from low to high as YH, LF, ZK, YK and WH. Therefore, among the five peanut varieties, the highest nutritional value is YH, and the lowest is WH.

Key words: nut; nutritional value; 'three degree' method; peanut

坚果,又称壳果,富含蛋白质、脂肪、多酚、微量元素等营养成分,具有健脑益智、补气养血等功效^[1-3]。随着生活水平的提高,坚果已成为我国居民日常消费的重要休闲食品,其消费量呈逐年递增趋势。据统计,2021年我国坚果消费量高达994万t^[4]。

坚果种类繁多,常见的有花生、核桃、澳洲坚果、开心果、杏仁、腰果等。因营养成分种类和含量不同,不同种类坚果的营养价值及生理功效也有所不同。因此,科学评价坚果的营养价值可为大众日常选购和膳食搭配坚果提供科学依据。但是,目前针对坚果营养的评价方法和参照标准不统一,多为简单的定性描述和模糊的等级分类。如:刘振雷等^[5]在比较山核桃、杏仁、花生等18种市售坚果营养价值时,仅分析了脂肪酸组成并进行了聚类统计;贾志国等^[6]在考察榛子、核桃、葵花籽、文冠果的食用价值时,也仅对可溶性蛋白质、可溶性糖等营养成分进行了简单的数值比较。然而,单一或少量的营养成分含量高低的比较,不能有效反映坚果的整体营养价值。

“三度法”是通过考察食物中营养成分的多样性(营养素的种类)、匹配度(营养素含量对人体每日需求的满足程度)、平衡度(各营养素之间的比例)来综合评价食物营养的数学模型,最初用于水果和蔬菜的营养评价^[7-8],如刘彦君等^[8]利用该方法对常见蔬菜的营养价值进行了评价,结果表明,与营养质量指数、营养素度量法等评价方法相比,“三度法”能更全面地评价蔬菜的营养价值。“三度法”评价模式对其他食物营养价值评价也具有积极的参考和借鉴意义。

本研究以花生为例,通过考察花生中50种营养素的多样性、匹配度和平衡度,结合坚果的营养和消费特点,探讨适合坚果营养评价的新模式,以期为企业和消费者搭配营养均衡的坚果组合提供方法借鉴和资料参考。

1 材料与方法

1.1 实验材料

1.1.1 原料与试剂

“赖坊”(LF)、“衙口小琉球”(YK)、“朱口小

籽”(ZK)、“文亨红衣”(WH)和“洋后”(YH)为福建地区5个获全国农产品地理标志的花生品种,分别由清流县、晋江市、泰宁县、连城县和延平区农业农村局提供。

亮氨酸、亮氨酸和组氨酸等9种氨基酸标准品(纯度均大于99%),美国Sigma公司;钙、钾、铁和镁等15种矿质元素标准品(纯度均大于99%),国家有色金属及电子材料分析测试中心;维生素A、维生素C和维生素D等14种维生素标准品(纯度均大于97.8%),德国Merck公司;亚油酸和亚麻酸标准品(纯度均大于98%),美国Supelco公司;芦丁、 β -谷甾醇、菜油甾醇和豆甾醇等标准品(纯度均大于98%),以及磷酸二氢钾、白藜芦醇、没食子酸等标准品(纯度均大于99%),北京万佳标准物质研发中心。

1.1.2 仪器与设备

LA8080超高速全自动氨基酸分析仪,日本日立公司;ICPMS-2030电感耦合等离子体质谱仪、GCMS-TQ8040三重四级杆气相色谱质谱联用仪、GC-2010 Pro气相色谱仪,日本岛津公司;Kjeltec 2300全自动凯氏定氮仪、Kjeltec 2300膳食纤维仪,丹麦FOSS公司;Waters H-Class超高效液相色谱-串联四级杆质谱仪、Waters e2695高效液相色谱仪,美国Waters公司;722N可见分光光度计,上海精密科学仪器有限公司。

1.2 实验方法

1.2.1 理化指标检测

水分测定,参照GB 5009.3—2016;碳水化合物测定,参照GB/Z 21922—2008;蛋白质测定,参照GB 5009.5—2016;脂肪测定,参照GB 5009.6—2016;膳食纤维测定,参照GB 5009.88—2014;矿质元素测定,参照GB 5009.268—2016;胆碱测定,参照T/SATA 040—2023;维生素C测定,参照GB 14754—2010;烟酸测定,参照GB 5009.89—2016;维生素A、D、E测定,参照GB 5009.82—2016;泛酸测定,参照GB 5009.210—2016;硫胺素测定,参照GB 5009.84—2016;核黄素测定,参照GB 14752—2010;维生素B₆测定,参照GB 5009.154—2016;叶

酸测定,参照 GB 15570—2010;维生素 K 测定,参照 GB 5009. 158—2016;生物素测定,参照 GB 5009. 259—2016;维生素 B₁₂ 测定,参照 GB 5009. 285—2022;氨基酸测定,参照 GB 5009. 124—2016;磷脂测定,参照 SN/T 3851—2014;脂肪酸测定,参照 GB 5009. 168—2016;植物甾醇测定,参照 NY/T 3111—2017;总多酚测定,参照 T/AHFIA 005—2018;总黄酮测定,参照 SN/T 4592—2016;白藜芦醇测定,参照 GB/T 24903—2010。

1.2.2 营养素多样性、匹配度、平衡度的计算

食物营养评价一般是基于推荐性营养素或限制性营养素,或二者相结合的模型^[9]。因任何营养素对人体均具有特定的功效,而坚果富含磷脂、植物甾醇、白藜芦醇、多酚和黄酮等功能性成分^[10],本研究以 7 大类营养素中的蛋白质、脂肪、碳水化合物、矿物质、维生素、膳食纤维和水,以及公认的对人体有益的 2 种必需脂肪酸、必需氨基酸和部分功能性成分,共 50 种营养素作为人体必需的营养素评价指标。多样性(D)、匹配度(M)和平衡度(B)计算公式分别见式(1)、式(2)和式(3)。

$$D = k_1/k_0 \quad (1)$$

式中: k_1 为样品中含有的必需营养素种类; k_0 为检测的必需营养素总类,本研究中取值 50。

$$M = \frac{1}{k_1} \sum \frac{C_1}{C_0} \quad (2)$$

式中: C_1 为 35 g 样品中某营养素的含量,其中 35 g 是基于《中国居民膳食指南(2016)》推荐的“保证每人每日摄入大豆及坚果类 25~35 g”^[11]进行取值的; C_0 为该营养素的人均每日参考摄入量。

$$B = 1 - \frac{1}{C_k^2} \sum_{k=1}^{C_k} \frac{|a_{ij} - u_{ij}|}{a_{ij} + u_{ij}} \quad (3)$$

式中: k 为某类营养素中含有的营养素总数; C_k^2 为 k 个营养素总数的两两组合数; u_{ij} 为按照“低参考摄入量元素/高参考摄入量元素”的原则,营养素 i 和 j 人均每日参考摄入量间的比值; a_{ij} 为与 u_{ij} 对应的两种营养素间的比值。

偏离指数是指多样性、匹配度和平衡度偏离营养标准值的程度。偏离指数值越大,表示营养偏离越明显,当偏离指数为 0 时,表明食物营养完美符合人体需求。偏离指数(I)按公式(4)计算。

$$I = |1 - D| + |1 - M| + |1 - B| \quad (4)$$

1.2.3 数据处理

用 Excel 2007 分析实验数据并绘图。

2 结果与分析

2.1 多样性

必需营养素是人体维持正常生理功能所需但自身又不能合成或合成量不足的营养物质^[12]。目前已有的坚果营养研究文献主要关注丰量或特征性指标。如:Mankambou 等^[13]研究了开心果的蛋白质、碳水化合物和脂肪酸等主要化学成分,以期解决科特迪瓦的食物危机问题;Ciemniewska - Zytkeiwicz 等^[14]对波兰榛子的营养研究主要关注脂肪酸、生育酚、磷脂、多酚和植物甾醇,发现亚油酸、 α -生育酚和 β -谷甾醇等特征指标含量相对丰富;Geng 等^[15]研究了不同生长环境和种质遗传特征的核桃仁中黄酮、维生素 E、微量元素、脂肪酸和氨基酸含量的差异;Grosso 等^[16]关注了花生中的脂肪、蛋白质、脂肪酸和植物甾醇;张建树等^[17]研究了花生中的维生素 E、植物甾醇组成特征。上述有关坚果营养评价的研究均未全面考虑人体必需营养素。而研究发现,食物中含有的人体必需营养素种类与其营养价值密切相关^[7]。本文对 5 种花生仁的必需营养素进行了检测,结果如表 1 所示。

表 1 5 种花生仁中营养素含量及匹配度

营养素	人均每日参考摄入量	35 g 花生仁中的含量				
		LF	YK	ZK	WH	YH
能量物质						
碳水化合物/g	120	6.09	5.20	5.09	5.47	5.41
蛋白质/g	65	10.46	11.61	10.69	10.56	10.90
脂肪/g	25	16.01	15.25	16.40	15.96	15.84
矿物质						
氯/mg	2 200	9.7	7.5	8.7	8.0	8.4
钾/mg	2 000	333.0	289.3	269.7	316.9	309.4
钠/mg	1 500	19.9	9.1	1.5	1.4	33.2
钙/mg	800	20.1	47.6	26.6	25.1	24.4
磷/mg	720	915.9	457.4	193.7	168.0	1 766.9
镁/mg	330	104.1	130.4	105.4	122.0	126.4
锌/mg	12.5	1.13	1.08	1.15	1.26	1.44
铁/mg	12	0.7	1.0	0.7	1.1	0.9
锰/mg	4.5	0.85	0.68	0.89	0.84	1.01
铜/mg	0.8	0.19	0.09	0.18	0.17	0.21
碘/ μ g	120 [*]	ND	ND	ND	ND	ND
钼/ μ g	100	195.1	120.6	10.4	25.9	354.4
硒/ μ g	60	9.6	7.1	1.6	3.2	20.6
铬/ μ g	50	136.6	73.6	23.2	30.5	261.6
钴/ μ g	3	20.7	7.3	4.9	0.9	50.2
维生素						
胆碱/mg	450	1.30	0.02	1.31	0.02	1.10
维生素 C/mg	100	1.7	1.0	1.2	1.3	1.1

续表 1

营养素	人均每日参考摄入量	35 g 花生仁中的含量				
		LF	YK	ZK	WH	YH
烟酸/mg	15	0.33	0.21	0.31	0.01	0.30
维生素 E/mg	14	0.2	0.2	0.3	0.2	0.2
泛酸/mg	5	0.09	0.06	0.08	0.01	0.08
硫胺素/mg	1.4	0.06	0.04	0.04	0.01	0.07
核黄素/mg	1.4	0.03	0.03	0.03	0.02	0.02
维生素 B ₆ /mg	1.4	0.013	0.007	0.009	0.000 2	0.010
维生素 A/ μ g	800	1.9	2.2	2.8	2.6	3.4
叶酸/ μ g	400	50.8	68.8	80.8	64.0	56.6
维生素 K/ μ g	80	35.4	24.6	28.2	34.5	17.5
生物素/ μ g	40	ND	ND	ND	ND	ND
维生素 D/ μ g	10	ND	ND	ND	ND	ND
维生素 B ₁₂ / μ g	2	ND	ND	ND	ND	ND
氨基酸						
亮氨酸/mg	2 340	641.7	715.8	653.3	655.7	714.0
赖氨酸/mg	1 800	325.5	408.1	366.3	366.3	402.5
缬氨酸/mg	1 560	415.3	460.8	423.5	429.3	431.7
异亮氨酸/mg	1 200	325.5	377.8	340.7	344.2	368.7
苯丙氨酸/mg	1 140	514.5	561.6	522.7	518.0	550.7
甲硫(蛋)氨酸/mg	1 020	45.5	53.9	60.7	52.5	56.0
苏氨酸/mg	900	274.2	309.3	282.3	287.0	295.2
组氨酸/mg	600	233.3	261.1	239.2	236.8	250.8
色氨酸/mg	240	198.3	243.8	225.2	229.8	239.2
其他指标						
水分/g	1 700	1.56	2.04	1.99	2.15	2.00
膳食纤维/g	25	1.56	1.11	1.34	1.11	1.59
磷脂/g	3	0.29	0.28	0.28	0.27	0.28
亚油酸/%	4	8.82	7.82	8.09	9.19	8.93
亚麻酸/%	0.6	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
植物甾醇/mg	322.41	36.23	36.83	31.00	44.05	27.31
总多酚/mg	109.3	308.0	245.0	266.0	280.0	210.0
总黄酮/mg	59.0	399.0	227.5	434.0	255.5	241.5
白藜芦醇/mg	196.99	17.75	17.99	46.61	18.98	17.98
匹配度		0.671	0.440	0.449	0.367	0.933

注: * 表示存在该种物质,但未检测,也未查到具体数据;ND 表示未检出;维生素 E 以 α -生育酚计;维生素 K 以维生素 K₁ 计;亚油酸和亚麻酸含量为占能量的值;磷脂、植物甾醇、总多酚和总黄酮、白藜芦醇的人均每日参考摄入量分别参照文献[18]、[19]、[20]、[21]确定

由表 1 可见,5 种花生仁均含有 46 种人体必需营养素,故 5 种花生仁的营养素多样性均为 0.92。根据《中国食物成分表(第 2 版)》,多数坚果缺乏维生素 A、维生素 C、维生素 D、维生素 B₁₂ 和生物素等营养素。不同种类坚果含有的营养素种类可能存在差异,但也有可能相同,如银杏缺乏硫胺素、烟酸和镁等营养素,杏仁缺乏亮氨酸、色氨酸、缬氨酸和甲

硫氨酸等营养素,但花生和栗子却含有维生素 A 和维生素 C^[22]。因此,在评价坚果营养时,首先应该权衡其所含的营养素种类,而对于多样性相同的坚果则需进一步根据其营养素含量和各营养素之间的比例来进行评价。

2.2 匹配度

在食物营养评价体系中,各类营养素相应的每日参考摄入量由权威机构或国家颁布^[23]。根据《中国居民膳食营养素参考摄入量(2013 版)》^[24]及其他相关文献^[18-21],确定人均每日参考摄入量标准,并计算 5 种花生仁中营养素的匹配度,结果见表 1。由表 1 可知,5 种花生仁营养素的匹配度从大到小排序为“洋后”(0.933) > “赖坊”(0.671) > “朱口小籽”(0.449) > “衙口小琉球”(0.440) > “文亨红衣”(0.367)。可见,同一类坚果,即使多样性相同,其营养素的匹配度也会有极为明显的差异。5 种花生仁(35 g 中)的各营养素含量与人均每日参考摄入量比值见图 1。

由图 1 可见:5 种花生仁的亚油酸、总多酚和总黄酮含量(均指 35 g 中的,下同)均明显高于人均每日参考摄入量;“赖坊”和“洋后”的磷、钼、铬和钴含量,“衙口小琉球”的钼、钴、铬和色氨酸含量,以及“朱口小籽”的钴含量也均高于人均每日参考摄入量。研究表明,花生中亚油酸含量高于巴旦木、腰果、杏仁等坚果的^[5],总多酚和总黄酮含量高于野生香榧、巴旦木、银杏果等坚果的^[25],而植物甾醇含量低于葵花籽和松子等坚果的^[26]。这些关于坚果营养的评价研究,主要集中于单一指标或几个主要指标的简单比较,如仅以脂肪酸组成、生育酚、植物甾醇、蛋白质、硒和白藜芦醇等主要或特征性成分评价不同品种花生的营养品质^[5,27-28]。

研究发现:摄入的营养素之间存在拮抗作用时,过量摄入某种营养素会影响其他营养素的吸收利用,从而引发一些疾病;摄入的营养素之间存在协同作用时,适当增加某种营养素的摄入会促进其他营养素的吸收利用,有利于身体健康^[29-30]。因此,食物中营养素的含量及比例对其营养价值具有重要的作用。在人体每日参考摄入量的范围内,营养素含量越高,匹配度也越高,营养价值就越大。同时,在后续研究中,应根据不同的需要计算食物的营养排名,如进一步考察不同人群(如年龄、职业、性别等)的营养素每日需求量,建立更为精细的食物营养匹配评价体系。此外,营养素含量的对比、合理搭配,对食物也具有重要的意义。基于此,利用“三度法”评价食物营养时,应进一步计算其营养素平衡度。

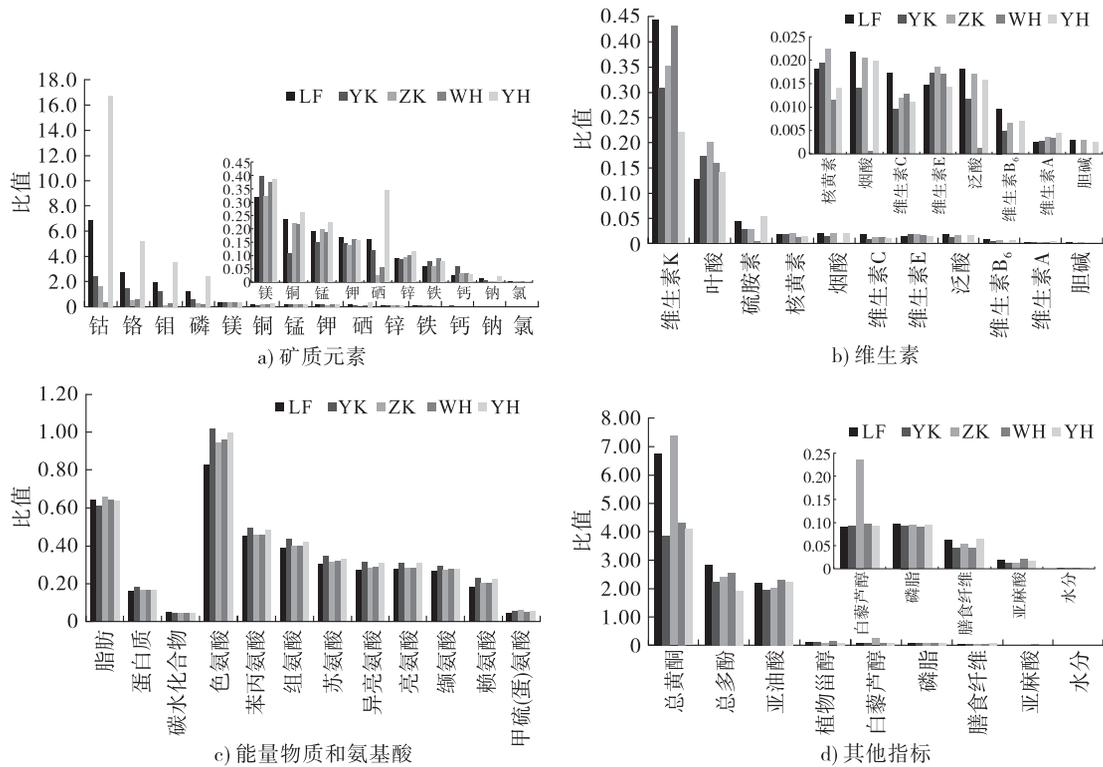


图1 35 g 花生仁中各营养素的含量与人均每日参考摄入量比值

2.3 平衡度

平衡度的计算是根据氨基酸营养评价中的“模糊识别法”改进而来的,以各营养素两两间含量比值替换氨基酸含量^[7]。不同类型营养素间有拮抗、协作和置换作用,但二者间的比例关系不清楚,因此目前只能计算同类营养素间的平衡度。同类品种间营养价值比较可忽略不同类型营养素平衡度的相互

权重,因此坚果类农产品的总平衡度统一按照先分别计算同类型中含有的营养素之间的平衡度,再取它们的平均值进行计算。

本研究以“赖坊”花生仁为例,计算9种氨基酸的平衡度。按“低参考摄入量元素/高参考摄入量元素”的原则分别计算出两两氨基酸间的含量比值及其相应参考摄入量的两两间比值,结果见表2。

表2 “赖坊”花生仁中9种氨基酸含量的两两间比值(a_{ij})及其参考摄入量的两两间比值(u_{ij})

氨基酸	亮氨酸	赖氨酸	缬氨酸	异亮氨酸	苯丙氨酸	甲硫(蛋)氨酸	苏氨酸	组氨酸	色氨酸
亮氨酸		0.769	0.667	0.513	0.487	0.436	0.385	0.256	0.103
赖氨酸	0.507		0.867	0.667	0.633	0.567	0.500	0.333	0.133
缬氨酸	0.647	1.276		0.769	0.731	0.654	0.577	0.385	0.154
异亮氨酸	0.507	1.000	0.784		0.950	0.850	0.750	0.500	0.200
苯丙氨酸	0.802	1.581	1.239	1.581		0.895	0.789	0.526	0.211
甲硫(蛋)氨酸	0.071	0.140	0.110	0.140	0.088		0.882	0.588	0.235
苏氨酸	0.427	0.842	0.660	0.842	0.533	6.026		0.667	0.267
组氨酸	0.364	0.717	0.562	0.717	0.454	5.128	0.851		0.400
色氨酸	0.309	0.609	0.477	0.609	0.385	4.359	0.723	0.850	

注:表中斜上部分数据为 u_{ij} ,斜下部分数据为 a_{ij}

将表2中每两种氨基酸对应的 a_{ij} 与 u_{ij} 代入公式(3)中,求得“赖坊”花生仁中氨基酸的平衡度为0.644。同理,可求得“赖坊”花生仁中能量物质、矿物质元素、维生素和其他指标的平衡度分别为0.343、0.268、0.375、0.161。最后取其平均值得到“赖坊”花生仁的平衡度为0.358。以此类推,5种花生仁不

同类型营养素的平衡度见表3。

由表3可知,5种花生仁的营养素平衡度比较接近,介于0.353~0.375之间,其大小排序为“朱口小籽”(0.375) > “衙口小琉球”(0.363) > “洋后”(0.360) > “赖坊”(0.358) > “文亨红衣”(0.353)。根据花生仁的营养素匹配度和平衡度排序可以看

出:当食物中某类营养素含量超过参考摄入量时易导致匹配度值偏高、平衡度值偏低;而当营养素含量均显著低于参考摄入量时,匹配度值、平衡度值均偏低。与以鸡蛋蛋白、WHO/FAO为参考模式的各氨基酸评价方法相比,平衡度的计算方式不仅考虑了食物中各营养素满足人体每日需求的程度,而且还考虑了各营养素间的拮抗、协同和置换等平衡问题。但是该方法的应用还存在一定的局限性,目前除了无法弄清不同类型营养素之间的平衡比例关系,评

价不同种类食物的营养价值时,还应充分考虑不同食物的营养优、劣势,乘以相应的权重系数,如在比较水果、蔬菜类营养评价时,应赋予维生素、矿物质、碳水化合物、膳食纤维等营养素更大的权重系数;在比较肉类、坚果类营养评价时,应赋予蛋白质、脂肪、氨基酸等营养素更高的权重系数;对于特殊人群的膳食营养评价,应根据特殊营养需求赋予特殊需求营养素更高的权重系数。

表3 5种花生仁营养素的平衡度

品种	能量物质	矿质元素	维生素	氨基酸	其他指标	平均值
LF	0.343	0.268	0.375	0.644	0.161	0.358
YK	0.325	0.325	0.306	0.650	0.207	0.363
ZK	0.311	0.336	0.380	0.657	0.193	0.375
WH	0.326	0.406	0.177	0.650	0.208	0.353
YH	0.325	0.250	0.383	0.653	0.191	0.360

2.4 偏离指数

5种花生仁营养价值的偏离指数如图2所示。

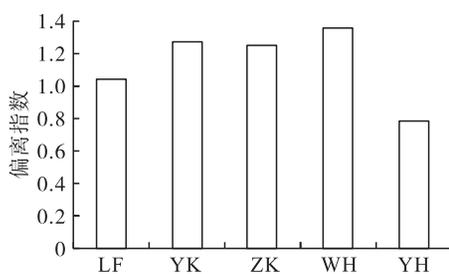


图2 5种花生仁营养素的偏离指数

由图2可知,5种花生仁综合营养价值从高至低依次为“洋后”(0.788)、“赖坊”(1.052)、“朱口小籽”(1.253)、“衙口小琉球”(1.276)、“文亨红衣”(1.359)。与已有的研究^[31-34]相比,本文不仅全面考察了坚果中的营养素种类、含量,更进一步考察了营养素间的均衡性及其对人体所需营养的匹配程度,研究结果可为企业和消费者搭配营养均衡的坚果组合及建立坚果营养素数据库提供参考。

3 结论

福建地区获全国农产品地理标志的5个品种花生仁营养素的多样性相同,均含有46种人体必需营养素,但是匹配度不同,其中“洋后”的匹配度最高,“文亨红衣”的匹配度最低,同时,平衡度略有差异,其中“朱口小籽”的平衡度最高,“文亨红衣”的平衡度最低。通过分析多样性、匹配度和平衡度三者结合到一起的偏离指数,得出花生营养价值的综合排名,其中“洋后”的营养价值最高,“文亨红衣”的营养价值最低。

参考文献:

- [1] DJOUSSÉ L, MATTHAN N R, LICHTENSTEIN A H, et al. Red blood cell membrane concentration of *cis*-palmitoleic and *cis*-vaccenic acids and risk of coronary heart disease[J]. *Am J Cardiol*, 2012, 110(4): 539-544.
- [2] ATANOSOV A G, SABHARANJAK S M, ZENGIN G, et al. Pecan nuts: A review of reported bioactivities and health effects[J]. *Trends Food Sci Tech*, 2018, 71: 246-257.
- [3] HU W, FITZGERALD M, TOPP B, et al. A review of biological functions, health benefits, and possible de novo biosynthetic pathway of palmitoleic acid in macadamia nuts [J/OL]. *J Funct Foods*, 2019, 62: 103520 [2022-09-20]. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2019.103520>.
- [4] 侯明慧,白晋睿,李夏清,等. 1980—2021年中国居民食物消费结构变化趋势及优化建议[J]. *中国食物与营养*, 2023, 29(3): 36-40.
- [5] 刘振雷,朱煜康,楼乔明,等. 18种市售坚果脂肪酸组成的比较分析及营养评价[J]. *中国粮油学报*, 2021, 36(4): 90-95.
- [6] 贾志国,潘红,张丽. 4种鲜食坚果营养成分比较分析[J]. *贵州农业科学*, 2022, 50(3): 103-108.
- [7] 刘哲,何莎莎,陆柏益,等. 果品营养价值“三度”评价法[J]. *园艺学报*, 2018, 45(4): 795-804.
- [8] 刘彦君,刘哲,孟祥红,等. 基于多样性、匹配度和平衡度的常见蔬菜营养价值评价[J]. *中国农业科学*, 2019, 52(18): 3177-3191.
- [9] NICKLAS T A. Nutrient profiling: The new environment [J]. *J Am Coll Nutr*, 2009, 28(4): 416S-420S.
- [10] 墨菲. 坚果的摄入与人体的健康密切相关: 记“中国首届坚果营养健康论坛”[J]. *中国食品*, 2018(18):

- 40-43.
- [11] 中国营养学会. 中国居民膳食指南(2016)[M]. 北京: 人民卫生出版社, 2016.
- [12] MARTHA H S, MARIE A C. Biochemical, physiological, and molecular aspects of human nutrition [M]. 4th ed. St. Louis: Saunders, 2016.
- [13] MANKAMBOU J G, LÊNIFÉRÉC S, CONSTANT J Y, et al. Biochemical characteristic, amino and fatty acids contents of pistachio *Citrullus mucosopermus* Fursa seeds from Abidjan (Côte d'Ivoire)[J]. Am J Food Sci Tech, 2021, 9(4): 149-154.
- [14] CIEMNIEWSKA-ZYTKIEWICZ H, VERARDO V, PASINI F, et al. Determination of lipid and phenolic fraction in two hazelnut (*Corylus avellana* L.) cultivars grown in Poland[J]. Food Chem, 2015, 168: 615-622.
- [15] GENG S X, NING D L, MA T, et al. Comprehensive analysis of the components of walnut kernel (*Juglans regia* L.) in China [J/OL]. J Food Quality, 2021, 2021: 9302181 [2022-10-15]. <https://doi.org/10.1155/2021/9302181>.
- [16] GROSSO N R, GUZMÁN C A. Lipid, protein, and ash contents, and fatty acid and sterol compositions of peanut (*Arachis hypogaea* L.) seeds from Ecuador[J]. Peanut Sci, 1995, 22(2): 84-89.
- [17] 张建树, 王强, 刘红芝, 等. 不同地区花生品种VE、植物甾醇组成与含量的分析比较[J]. 食品科学, 2012, 33(22): 191-195.
- [18] 杨月欣, 李宁. 营养功能成分应用指南[M]. 北京: 北京大学医学出版社, 2011.
- [19] 韩军花, 杨月欣, 冯妹元, 等. 中国常见植物食物中植物甾醇的含量和居民摄入量初估[J]. 卫生研究, 2007, 36(3): 301-305.
- [20] 王月, 林雪纯, 何水清, 等. 中国成年人膳食多酚类化合物摄入状况: 基于CHNS数据[J]. 华中科技大学学报(医学版), 2020, 49(5): 556-561.
- [21] 彭晓琳. 白藜芦醇数据库建立、深圳居民摄入量评估及生物效应、代谢学研究[D]. 武汉: 华中科技大学, 2011.
- [22] 杨月欣, 王光亚, 潘兴昌. 中国食物成分表 第一册 [M]. 2版. 北京: 北京大学医学出版社, 2009.
- [23] DREWNOWSKI A. Defining nutrient density: Development and validation of the nutrient rich foods index[J]. J Am Coll Nutr, 2009, 28(4): 421S-426S.
- [24] 中国营养学会. 中国居民膳食营养素参考摄入量(2013版)[M]. 北京: 科学出版社, 2014.
- [25] 王豪, 涂宗财, 罗亚林, 等. 七种坚果仁中多酚、三萜含量及其抗氧化活性比较[J]. 食品与发酵工业, 2019, 45(6): 219-224.
- [26] 彭浩. 几种常见坚果植物甾醇组成及含量测定[J]. 粮食与油脂, 2006, 19(11): 28-29.
- [27] MAGUIRE L S, OSULLIVAN S M, GALVIN K, et al. Fatty acid profile, tocopherol, squalene and phytosterol content of walnuts, almonds, peanuts, hazelnuts and the *Macadamia nut*[J]. Int J Food Sci Nutr, 2004, 55(3): 171-178.
- [28] 付春, 张小军, 岳福良, 等. 特色花生新品系营养品质解析[J]. 中国农业大学学报, 2017, 22(5): 32-38.
- [29] 张爱霞, 刘晓东, 王桂荣, 等. 一种新型农产品营养评价方法技术的构建[J]. 食品科学, 2013, 34(19): 356-359.
- [30] FERN E B, WATZKE H, BARCLAY D V, et al. The nutrient balance concept: A new quality metric for composite meals and diets[J/OL]. PLoS One, 2015, 10(7): e0130491 [2022-10-15]. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0130491>.
- [31] OLIVEIRA-ALVES S C, PEREIRA R S, PEREIRA A B, et al. Identification of functional compounds in Baru (*Dipteryx alata* Vog.) nuts: Nutritional value, volatile and phenolic composition, antioxidant activity and antiproliferative effect[J/OL]. Food Res Int, 2020, 131: 109026 [2022-10-15]. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2020.109026>.
- [32] LIAQUAT M, PASHA I, AHSIN M, et al. Roasted fox nuts (*Euryale ferox* L.) contain higher concentration of phenolics, flavonoids, minerals and antioxidants, and exhibit lower glycemic index (GI) in human subjects [J/OL]. Food Prod Process Nutr, 2022, 4:1 [2022-10-15]. <https://doi.org/10.1186/s43014-021-00081-X>.
- [33] YANG F, HUANG X, ZHANG C, et al. Amino acid composition and nutritional value evaluation of Chinese chestnut (*Castanea mollissima* Blume) and its protein subunit[J]. RSC Adv, 2018, 8(5): 2653-2659.
- [34] 王蕤, 汤富彬, 钟冬莲, 等. 4种胡桃科坚果中氨基酸和脂肪酸组成分析与营养评价[J]. 中国油脂, 2020, 45(4): 86-91.