

广西菜用甘薯营养品质分析与综合评价

姚金洁, 张曦予, 谢晋, 陆覃昱, 甘志勇, 黄婵婵,
陈壮美, 陈羽焯, 孙程远, 吕丽兰

(农业农村部农产品质量安全风险评估实验室(南宁)·农业农村部亚热带果品蔬菜质量安全控制重点实验室·
农业农村部亚热带果品蔬菜质量检验检测中心·广西壮族自治区亚热带作物研究所 南宁 530001)

摘要:为明确菜用甘薯的营养品质分级标准,构建菜用甘薯营养品质综合评价体系,以广西3个主要菜用甘薯品种(福薯18号、台农71号及桂菜薯1号)为研究对象,测定总糖、维生素C、蛋白质、膳食纤维、胡萝卜素及钾6个主要营养品质指标的含量,并进行相关性分析及正态分布检验,结合频次分布、层次分析等方法对菜用甘薯营养品质进行分级及综合评价,构建一种以指标评分的营养品质评价体系。结果表明,3种菜用甘薯的营养品质指标含量差异明显,变异系数为12.21%~62.51%;菜用甘薯的6个营养品质指标之间均呈正相关,经柯尔莫可洛夫-斯米洛夫正态分布检验 p 值均 ≥ 0.05 ,符合正态分布,并根据频次分布划分等级区间,将菜用甘薯的各营养品质指标分为低、中、高3个等级(20%、60%、20%);根据层次分析及全距等分法构建了指标评分的营养品质评价体系,通过层次分析方法确定了总糖、维生素C、蛋白质、膳食纤维、胡萝卜素及钾含量的权重系数分别为28.29%、16.42%、9.00%、9.00%、9.00%、28.29%,确定了各营养品质指标低、中、高3个等级的得分,最后使用全距等分法,根据各指标得分总和将菜用甘薯的综合营养品质分为高级(>90分)、中级(60~90分)、低级(<60分)3个等级;菜用甘薯营养品质综合评价结果显示,桂菜薯1号的综合营养品质最优,台农71号次之,福薯18号相对较差。基于菜用甘薯的营养品质指标构建的综合评价体系,可对不同菜用甘薯的营养品质进行科学分级及评价,为菜用甘薯营养品质评价及品种选育提供理论依据。

关键词:菜用甘薯;营养品质;品质分级;层次分析;综合评价

中图分类号: S531 文献标志码: A 文章编号: 1673-2871(2025)06-167-08

Nutritional quality analysis and comprehensive assessment of vegetable sweet potato in Guangxi province

YAO Jinjie, ZHANG Xiyu, XIE Jin, LU Qinyu, GAN Zhiyong, HUANG Chanchan, CHEN Zhuangmei, CHEN Yuye, SUN Chengyuan, LÜ Lilan

(Laboratory of Quality Risk Assessment for Agro-products of Ministry of Agriculture and Rural Affairs (Nanning)/Key Laboratory of Quality and Safety Control for Subtropical Fruit and Vegetable, Ministry of Agriculture and Rural Affairs/Quality Supervision and Testing Center of Subtropical Fruit and Vegetable of Ministry of Agriculture and Rural Affairs/Guangxi Subtropical Crops Research Institute, Nanning 530001, Guangxi, China)

Abstract: In order to establish a comprehensive evaluation system for the nutritional quality of vegetable sweet potato and clarify the nutritional quality grading standard, the study focused on three primary varieties of vegetable sweet potato in Guangxi: Fushu No. 18, Tainong No. 71, and Guicaishu No. 1. The content of six primary nutritional quality indicators, including the content of total sugar, vitamin C, protein, dietary fiber, carotene, and potassium were determined. Correlation analysis and normal distribution test were conducted. Combined with methods such as frequency distribution and analytic hierarchy process, the nutritional quality of vegetable sweet potato was graded and comprehensively evaluated, and a nutritional quality evaluation system based on index scoring was constructed. The results showed that the content of nutritional quality indexes of the three vegetable sweet potato varieties differed significantly, with coefficients of variation

收稿日期: 2024-11-28; 修回日期: 2025-02-18

基金项目: 广西重点研发计划项目(桂科 AB24010031); 广西农业科学院基本科研业务专项(桂农科 2021YT148); 科技先锋队“强农富民”“六个一”专项(桂农科盟 202516-1)

作者简介: 姚金洁, 女, 助理研究员, 研究方向为果蔬营养品质评价及农产品质量安全。E-mail: 897841020@qq.com

通信作者: 吕丽兰, 女, 高级实验师, 研究方向为农药残留快速检测及农产品风险评估。E-mail: lvcancan1985@163.com

ranging from 12.21% to 62.51%. The six nutritional quality indicators of vegetable sweet potato were positively correlated, and the p -value of the Kolmogorov-Smirnov normal distribution test was ≥ 0.05 , which was consistent with the normal distribution. And based on the frequency distribution which can be divided into grade intervals, the nutritional quality indicators of vegetable sweet potato were classified into three grades: Low, medium, and high (20%, 60%, 20%). The nutritional quality assessment system of indicator scoring was constructed based on analytic hierarchy process and full distance equipose, and the weight coefficients of total sugar, vitamin C, protein, dietary fibre, carotene and potassium content were determined as 28.29%, 16.42%, 9.00%, 9.00%, 9.00%, and 28.29%, respectively, through the analytic hierarchy process method, and the nutritional quality indicators of each nutritional quality indicator were determined to be low, medium and high grade scores. The comprehensive nutritional quality of vegetable sweet potato was classified into three grades: High-grade (>90 points), medium-grade (60-90 points), and low-grade (<60 points) based on the sum of the scores of each index. The comprehensive nutritional evaluation of vegetable sweet potato revealed that Guicaishu No. 1 exhibited the highest comprehensive nutritional quality, Tainong No. 71 ranked second, and Fushu No. 18 was relatively subpar. The comprehensive evaluation system, which is based on the nutritional quality indexes of vegetable sweet potato, can scientifically grade and evaluate the nutritional quality of various vegetable sweet potato varieties. It also provides a theoretical foundation for the evaluation of the nutritional quality of vegetable sweet potato and the selection and breeding of vegetable sweet potato varieties.

Key words: Vegetable sweet potato; Nutritional quality; Quality grading; Analytic hierarchy process; Comprehensive assessment

甘薯 [*Ipomoea batatas* (L.) Lam.] 作为全球第四大粮食作物, 在食品加工、工业及生物能源生产等领域表现出良好的发展潜力^[1]。随着人们对甘薯的了解进一步加深, 人们对甘薯的食用部位不再局限于块茎, 因其茎叶富含蛋白质、膳食纤维、维生素等营养物质, 且口感脆嫩、风味独特, 逐渐受到人们的喜爱^[2-4]。为进一步满足人们对甘薯茎叶的消费需求, 目前已研发了以茎叶作为主要食用部分的甘薯品种, 此类品种统称为“菜用甘薯”, 通常将菜用甘薯距茎尖 10~15 cm 的鲜嫩茎叶作为主要食用部分^[5-6]。随着人们对水果蔬菜营养品质要求的提高, 果蔬营养品质的分级及评价方法成为当下研究的热点与难点。菜用甘薯在营养品质评价方面相关的研究较少, 急需建立相关的品质分级标准及综合评价体系。因此, 建立菜用甘薯的营养品质分级标准及综合评价体系, 可为其营养品质综合评价提供一定的科学依据, 同时也对后续的品种选育、优化生产具有一定的指导意义。

目前, 许多研究者对水果蔬菜的营养品质进行了一系列的综合评价, 评价方式主要集中在聚类分析、主成分分析及综合多种分析方法等^[7-9]。聚类分析法是果蔬营养品质评价中常用的方法, 任朝辉等^[9]对 80 份不同辣椒资源的粗脂肪等营养品质指标含量进行测定, 使用隶属函数法对品质指标进行分析, 筛选出了最佳品质的辣椒品种。主成分分析也是较常见的分析方法, 伍明理等^[10]通过主成分分析法筛选出贵州竹笋营养指标中的 4 个主成分,

随后根据相关的结果筛选出了最佳的竹笋品种。此外, 也有较多的研究结合两种及两种以上的分析方法进行营养品质评价。杨加虎等^[11]使用相关性分析、主成分分析及聚类分析对长果桑果实品质进行了综合评价, 赵丽芬等^[12]运用相关性分析及聚类分析两种方法对韭菜进行了营养评级, 筛选出了 3 个营养品质较高的韭菜品种。郭琳琳等^[13]基于主成分分析及层次分析等多种方法, 明确了用于猕猴桃营养品质评价的 4 项主要指标, 于此基础上建立了一种猕猴桃营养品质的综合评价方法。近年来, 菜用甘薯营养品质评价方面的研究仍相对较少, 仅对菜用甘薯营养品质开展了单一指标对比法的品质评价^[14]、基于隶属函数综合分析的综合评价^[1]及基于因子分析的综合评价^[15]等研究, 缺乏更全面的营养品质综合评价体系。

菜用甘薯营养品质综合评价的关键除了评价方式之外, 其营养品质指标的选择也极为重要, 选择主要的、具有代表性的指标将能更好地反映最真实的菜用甘薯营养品质情况。维生素 C 与蛋白质是蔬菜中常见的主要营养成分, 维生素 C 能增强人体免疫功能, 蛋白质为人体提供必需氨基酸。有研究表明, 菜用甘薯比芹菜、菠菜等蔬菜的维生素 C、蛋白质含量更高^[10, 16-17]。膳食纤维含量及总糖含量均为蔬菜的重要营养指标, 膳食纤维有助于人体肠胃蠕动, 能在一定程度上促进人体代谢, 而总糖反映了蔬菜的口感, 总糖含量高的蔬菜更为鲜甜^[7, 18]。胡萝卜素为蔬菜的一类重要的天然色素和营养素, 能起到抗

氧化、调节脂质代谢等作用^[19]。此外,钾在维持人体渗透压及酸碱平衡方面发挥重要作用,食用富含钾的水果蔬菜能有效防止高血压等疾病^[20]。因此,为较全面地反映菜用甘薯的营养品质情况,本研究将以维生素C、蛋白质、钾、膳食纤维、总糖和胡萝卜素含量作为菜用甘薯营养品质综合评价的主要参照的指标。

为解决目前菜用甘薯营养品质评价存在的营养指标分级标准尚未明确、缺乏系统的营养品质综合评价体系等问题,本试验选取近年来广西最常见的3个菜用甘薯品种,对6个主要营养品质指标进行比较分析,运用相关性分析、频次分布及层次分析等对营养品质进行综合分析,确定营养品质指标分级标准,并构建以指标评分的营养品质综合评价体系,为菜用甘薯营养品质综合评价及品种选育等提供参考依据。

1 材料与方法

1.1 材料

2024年2—6月在广西南宁市金桥国际农产品批发市场、邕武路菜市场、高峰农贸市场及南宁武鸣区蔬菜种植基地抽取3个广西主栽菜用甘薯品种(福薯18号、台农71号及桂菜薯1号)的蔬菜样品,每个品种各20份,共60份样品。试验所用的菜用甘薯应符合以下基本条件:新鲜完整,无黄叶,基本无缺陷;无腐烂,无异味;基本无病虫害、冻害症状;无异常的外部水分。取样品茎尖15 cm部分,洗净并滤干后,切碎制成匀浆,将匀浆放置在-4℃环境下保存待用。

主要仪器设备:PL203分析天平(梅特勒-托利多仪器有限公司);DHG-9245A电热恒温干燥箱(上海精宏实验设备有限公司);K1100全自动凯氏定氮仪(山东海能科学仪器有限公司);DE-20plus pH计(梅特勒-托利多仪器有限公司);e2695液相色谱仪(美国Waters公司);AA240Z石墨炉原子吸收光谱仪(美国Varian公司)。

1.2 方法

根据GB 5009.8—2023测定总糖含量^[21];根据GB 5009.86—2016测定维生素C含量^[22];根据GB 5009.88—2023测定膳食纤维含量^[23];根据GB 5009.5—2016测定蛋白质含量^[24];根据GB 5009.83—2016测定胡萝卜素含量^[25];根据GB 5009.91—2017测定钾含量^[26]。

1.3 数据处理与分析

运用IBM SPSS26软件进行数据统计处理、

Kolmogorov-Smirnov(K-S)正态分布检验、相关性分析、频次分布等统计分析,采用Excel对数据进行分析处理,采用Origin 2021作图。

2 结果与分析

2.1 不同品种的菜用甘薯营养成分分析

对3个菜用甘薯品种(共60份样品)的总糖、维生素C、膳食纤维、蛋白质、胡萝卜素及钾含量6个营养品质指标进行测定,各指标的含量范围、平均值、标准差及中值等如表1所示。由结果可知,6种营养品质指标的变异系数为12.21%~62.51%,变异系数均大于10%,表明3个菜用甘薯品种的指标之间差异明显。总糖含量(w ,后同)介于0.01~1.58 g·100 g⁻¹之间,变异系数为62.51%,其中台农71号的总糖含量平均值最高,为0.83 g·100 g⁻¹,分别是桂菜薯1号、福薯18号的1.66倍、2.02倍。维生素C含量介于5.09~38.90 mg·100 g⁻¹之间,变异系数为37.22%,桂菜薯1号的维生素C含量平均值最高,为26.74 mg·100 g⁻¹,分别是福薯18号、台农71号的1.90倍、1.31倍。膳食纤维含量介于2.33~3.91 mg·100 g⁻¹之间,变异系数为12.21%,其中桂菜薯1号的膳食纤维含量平均值最高,为3.10 mg·100 g⁻¹,分别是福薯18号、台农71号的1.14倍、1.06倍。蛋白质含量介于1.39~3.20 g·100 g⁻¹之间,变异系数为21.23%,其中台农71号的蛋白质含量平均值最高,为2.84 g·100 g⁻¹,分别是福薯18号、桂菜薯1号的1.53倍、1.31倍。胡萝卜素含量介于0.94~4.34 mg·100 g⁻¹之间,变异系数为30.30%,其中台农71号的胡萝卜素含量平均值最高,为3.35 mg·100 g⁻¹,分别是福薯18号、桂菜薯1号的1.69倍、1.21倍。钾含量介于203.23~372.49 mg·100 g⁻¹之间,变异系数为13.01%,桂菜薯1号的钾含量平均值最高,为331.15 mg·100 g⁻¹,分别是福薯18号、台农71号的1.28倍、1.16倍。综上,台农71号的总糖、蛋白质、胡萝卜素含量均最高,桂菜薯1号的维生素C、膳食纤维、钾含量均最高。

2.2 菜用甘薯营养品质指标相关性分析

营养品质指标反映了菜用甘薯的营养特性,同时各指标之间也存在一定的相关性,为进一步了解菜用甘薯不同指标之间的相关性,对不同指标进行了相关性分析。本研究采用Pearson相关系数分析3个品种菜用甘薯的6个营养品质指标间的相关性,结果如图1所示。菜用甘薯的6个营养品质指

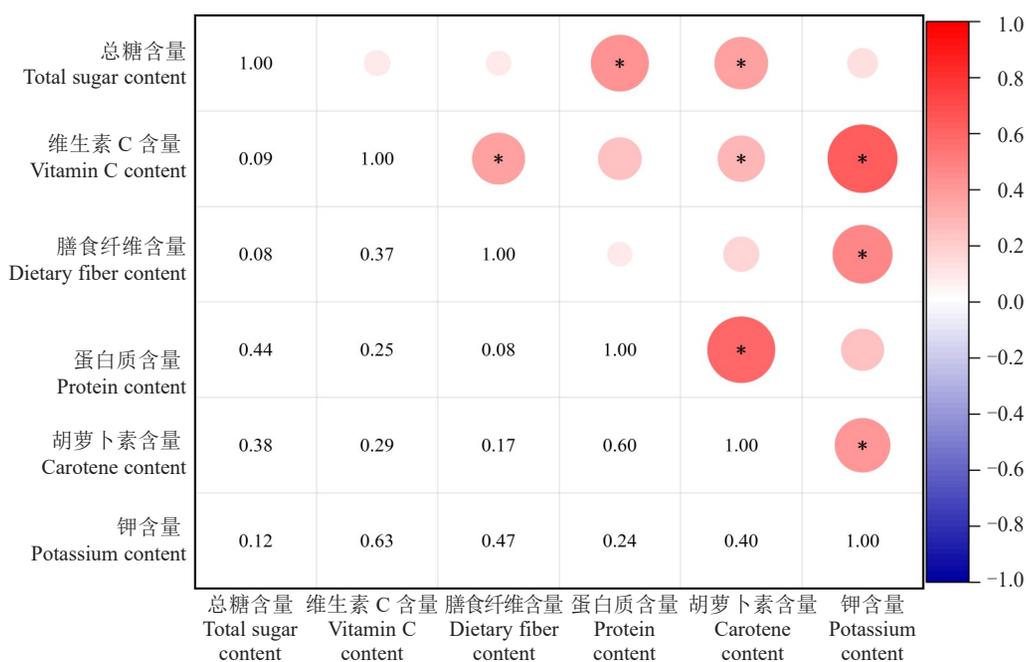
表1 菜用甘薯主要营养品质指标变异情况

Table 1 Variation of main nutritional quality indicators of vegetable sweet potato

品种 Variety	参数 Parameter	w(总糖) Total sugar content/ (g·100 g ⁻¹)	w(维生素 C) Vitamin C content/ (mg·100 g ⁻¹)	w(膳食纤维) Dietary fibre content/ (mg·100 g ⁻¹)	w(蛋白质) Protein content/ (g·100 g ⁻¹)	w(胡萝卜素) Carotene content/ (mg·100 g ⁻¹)	w(钾) Potassium content/ (mg·100 g ⁻¹)
福薯 18 号 Fushu No. 18	最小值 Minimum	0.01	5.09	2.33	1.39	0.94	203.23
	最大值 Maximum	0.91	26.40	3.49	2.39	3.19	317.19
	标准差 Standard deviation	0.26	5.96	0.31	0.25	0.59	29.71
	平均值 Average	0.41	14.07	2.72	1.86	1.98	258.77
	中值 Median	0.39	13.60	2.69	1.86	1.87	257.82
台农 71 号 Tainong No. 71	最小值 Minimum	0.20	11.40	2.39	2.18	2.35	253.29
	最大值 Maximum	1.58	28.80	3.91	3.20	4.34	329.76
	标准差 Standard deviation	0.36	4.65	0.39	0.28	0.56	18.55
	平均值 Average	0.83	20.42	2.92	2.84	3.35	285.51
	中值 Median	0.87	21.10	2.85	2.84	3.22	283.98
桂菜薯 1 号 Guicaishu No. 1	最小值 Minimum	0.18	17.60	2.73	1.72	1.34	284.18
	最大值 Maximum	1.41	38.90	3.58	2.48	4.02	372.49
	标准差 Standard deviation	0.30	5.73	0.24	0.22	0.61	18.81
	平均值 Average	0.50	26.74	3.10	2.16	2.76	331.15
	中值 Median	0.38	25.20	3.08	2.23	2.77	328.57
	变异系数 CV/%	62.51	37.22	12.21	21.23	30.30	13.01
	K-S p 值 K-S p-value	0.10	0.20	0.10	0.10	0.20	0.20

标间均呈正相关。其中,总糖含量与蛋白质含量、胡萝卜素含量均呈显著正相关;维生素 C 含量与膳食纤维含量、胡萝卜素含量、钾含量均呈显著正相关;膳食纤维含量与钾含量呈显著正相关;蛋白质

含量与胡萝卜素含量呈显著正相关;钾含量与胡萝卜素含量呈显著正相关。其他品质指标间也存在不同程度的相关性,但未达到显著正相关水平,为深入探究菜用甘薯各指标的关联特性,故需要使用多元



Note: * indicates significant correlation at the 0.05 level (two-tailed).

图1 菜用甘薯 6 个营养品质指标之间的相关性

Fig. 1 Correlation between 6 nutritional quality indicators of vegetable sweet potato

化分析方法对6个营养品质指标进一步分析与综合评价。

2.3 菜用甘薯营养品质综合评价

2.3.1 菜用甘薯营养品质指标分级 为对菜用甘薯的营养品质进行全面的评价,需对指标进行分级。首先对各项指标进行柯尔莫可洛夫-斯米洛夫(Kolmogorov-Smirnov, K-S)正态分布检验, K-S的 p 值 ≥ 0.05 即呈正态分布,经检验后 $p \geq 0.05$ 方可开展后续的统计分析。6个营养品质指标的 K-S p 值见表1, p 值均大于0.05,可开展后续的统计分析。随后使用SPSS软件的频次分布,将各营养品质指标数据根据比例分为高、中、低3个等级(20%、60%、20%),具体分级结果如表2所示。菜用甘薯的总糖含量分为3个等级,分别为高级($>0.91 \text{ g} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$),中级($0.30 \sim 0.91 \text{ g} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$),低级($<0.30 \text{ g} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$);维生素C含量分为3个等级,分别为高级($>25.7 \text{ mg} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$),中级($12.9 \sim 25.7 \text{ mg} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$),低级($<12.9 \text{ mg} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$);膳食纤维含量分为3个等级,分别为高级($>3.19 \text{ mg} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$),中级($2.66 \sim 3.19 \text{ mg} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$),低级($<2.66 \text{ mg} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$);蛋白质含量分为3个等级,分别为高级($>2.79 \text{ g} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$),中级($1.86 \sim 2.79 \text{ g} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$),低级($<1.86 \text{ g} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$);胡萝卜素含量分为3个等级,分别为高级($>3.39 \text{ mg} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$),中级($1.87 \sim 3.89 \text{ mg} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$),低级($<1.87 \text{ mg} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$);

表2 菜用甘薯营养品质指标等级分级情况
Table 2 Nutritional quality index grade classification of vegetable sweet potato

营养品质指标 Nutritional indicators	高级 High-level	中级 Medium-level	低级 Low-level
w(总糖) Total sugar content/($\text{g} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$)	>0.91	$0.30 \sim 0.91$	<0.30
w(维生素C) Vitamin C content/($\text{mg} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$)	>25.7	$12.9 \sim 25.7$	<12.9
w(膳食纤维) Dietary fibre content/($\text{mg} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$)	>3.19	$2.66 \sim 3.19$	<2.66
w(蛋白质) Protein content/($\text{g} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$)	>2.79	$1.86 \sim 2.79$	<1.86
w(胡萝卜素) Carotene content/($\text{mg} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$)	>3.39	$1.87 \sim 3.39$	<1.87
w(钾) Potassium content/($\text{mg} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$)	>327	$260 \sim 327$	<260

钾含量分为3个等级,分别为高级($>327 \text{ mg} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$),中级($260 \sim 327 \text{ mg} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$),低级($<260 \text{ mg} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$)。

2.3.2 菜用甘薯营养品质指标权重的确定 根据菜用甘薯6个营养品质指标贡献及其重要性,并结合实际的生产实践情况,采用1~9标度法构建菜用甘薯主要营养品质指标的判别矩阵,结合SPSSAU以及Excel计算权重并进行一致性检验。结果如表3所示,经一致性检验,判别矩阵的一致性比率(CR)为0.002,小于标准0.10,表明通过该方法建立的判断矩阵中各因素的相互关系比较一致,不需要调整。计算得到层次分析最终排序结果权重依次为总糖含量28.29%、钾含量28.29%、维生素C含量16.42%、膳食纤维含量

表3 菜用甘薯品质指标层次结构的判别一致性

Table 3 Discriminant consistency of the hierarchical structure of vegetable sweet potato quality indexes

指标 Index	总糖含量 Total sugar content	维生素C含量 Vitamin C content	膳食纤维含量 Dietary fibre content	蛋白质含量 Protein content	胡萝卜素含量 Carotene content	钾含量 Potassium content	指标权重 Index weight/%
总糖含量 Total sugar content	1	2	3	3	3	1	28.29
维生素C含量 Vitamin C content	1/2	1	2	2	2	1/2	16.42
膳食纤维含量 Dietary fibre content	1/3	1/2	1	1	1	1/3	9.00
蛋白质含量 Protein content	1/3	1/2	1	1	1	1/3	9.00
胡萝卜素含量 Carotene content	1/3	1/2	1	1	1	1/3	9.00
钾含量 Potassium content	1	2	3	3	3	1	28.29
CR=0.002	-						

9.00%、蛋白质含量9.00%、胡萝卜素含量9.00%。由此可见,总糖含量和钾含量对菜用甘薯的品质影响最大,其次为维生素C含量,膳食纤维、蛋白质及胡萝卜素含量等营养品质指标对菜用甘薯的品质影响相对较小。

将层次分析确定的各项指标权重分为3级,均分级为高级、中级、低级,根据相关性分析的结果,6个营养品质指标均为正向指标,正向指标将从低

到高分级,将各营养品质指标低级、中级、高级的分值总和分别设置为50分、75分、100分,并结合实际情况进行了相应调整,不同营养品质指标的等级得分如表4所示。

2.3.3 菜用甘薯营养品质指标综合评价 通过计算每个菜用甘薯的6项营养品质指标的得分之和,确定最终的营养品质综合得分,满分100分。根据全距等分法,计算菜用甘薯的营养品质综合得分,

表4 菜用甘薯6个品质指标的评分

Table 4 Score of 6 quality indexes of vegetable sweet potato

指标 Index	低级 Low-level	中级 Medium-level	高级 High-level
总糖含量 Total sugar content	14	21	28
维生素C含量 Vitamin C content	7	12	17
膳食纤维含量 Dietary fibre content	5	7	9
蛋白质含量 Protein content	5	7	9
胡萝卜素含量 Carotene content	5	7	9
钾含量 Potassium content	14	21	28

分为高级、中级、低级3个等级,即以高于平均分15%为高级,在平均分±15%范围内为中级,低于平均分15%为低级,计算后得出的分级节点为60分与90分,故对应的得分区间如表5所示,即>90分为高级,60~90分为中级,<60分为低级。

表5 菜用甘薯营养品质综合评价等级划分标准

Table 5 Classification criteria for comprehensive evaluation of nutritional quality of vegetable sweet potato

等级 Level	总得分 Total score
高级 High-level	>90
中级 Medium-level	60~90
低级 Low-level	<60

2.4 菜用甘薯综合品质分析情况

根据本研究建立的综合营养品质评价方法,对3种菜用甘薯(每个品种各20份样品)进行了综合评价,其营养品质分级结果如图2所示。桂菜薯1号的整体品质最佳,无低级,高级(1个)、中级(19个)的占比分别为5%、95%;台农71号的整体品质次之,高级(1个)、中级(17个)、低级(2个)的占比分别为5%、85%、10%;福薯18号整体品质相对较低,无高级,中级(14个)、低级(6个)的占比分别为70%、30%。

3 讨论与结论

菜用甘薯的营养品质受多方面因素的影响,如品种、种植方式及产地环境等,这会直接导致不同菜用甘薯的营养品质存在一定的差异。研究表明,25种不同品种的菜用甘薯的不同部位营养品质综合排名存在明显区别,结合叶片、叶柄及茎3个部位总酚、纤维素、维生素C、可溶性糖和蛋白

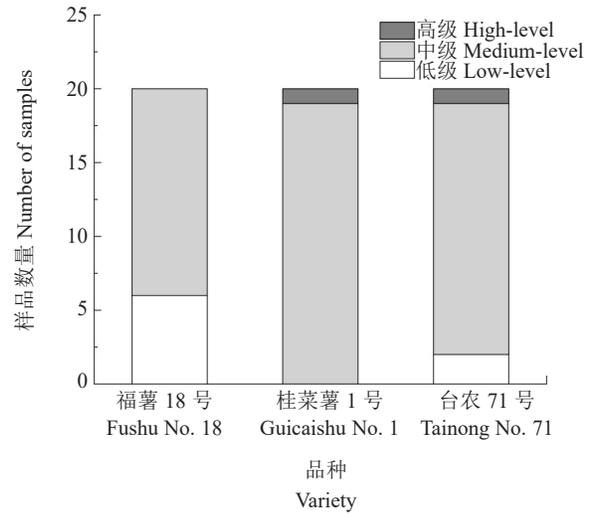


图2 不同菜用甘薯品种营养品质综合评价分布情况

Fig. 2 Distribution of comprehensive evaluation of nutritional quality among different vegetable sweet potato varieties

质含量的综合评价情况,其中福菜薯23、鄂菜薯2号、万菜薯19号的综合营养品质较好^[27]。本研究结果也表明,不同品种的菜用甘薯间的营养品质存在差异,台农71号的总糖、蛋白质、胡萝卜素含量均最高,而桂菜薯1号的维生素C、膳食纤维、钾含量均最高,而福薯18号的6个营养品质指标相对略低。菜用甘薯的综合营养品质与各个营养品质指标紧密关联,故比较分析不同营养品质指标之间的关联性有利于营养品质的评价^[15]。本研究为进一步探究菜用甘薯不同营养品质指标之间的关联,进行了相关性分析,结果表明菜用甘薯的6个营养品质指标之间均呈正相关,但相关程度不同。此外,经正态分布检验,6个营养品质指标均符合正态分布,表明菜用甘薯营养品质的差异受多种独立随机的因素影响^[28]。虽然不同品种的菜用甘薯在不同的营养品质指标上具有一定的优势,但不能从单方面对其进行营养品质评价,需构建一种综合评价方式,对菜用甘薯的营养品质进行综合分析。

菜用甘薯的营养品质综合评价需综合考虑各项营养品质指标,明确不同营养品质指标的分级标准,并在分级标准的基础上构建评分体系,这将使菜用甘薯的综合评价简便化、可视化。为建立不同营养品质指标的分级标准,本研究采用了频次分布、层次分析法对菜用甘薯的6个营养指标进行分析。根据GB/T 30763—2014^[29]及NY/T 2113—2012^[30]的规定,将菜用甘薯的营养品质分为高级、中

级、低级 3 个等级,并根据各营养品质指标数据的频次分布情况分别得到了不同等级的含量范围,确定了分级标准。层次分析方法是一种定性和定量相结合、系统性和层次化的多目标决策分析方法,其核心是将决策者的经验判断定量化,增强了决策依据的准确性^[31],可根据不同评价因子对指标的影响程度计算权重^[32],目前该方法已在苹果^[33]、桑葚^[34]等水果中得到应用。本研究通过层次分析法确定了菜用甘薯营养品质指标的权重,结果为总糖含量=钾含量>维生素 C 含量>膳食纤维含量=蛋白质含量=胡萝卜素含量,在此基础上进一步得出了各指标的等级得分。通过累加各指标的等级得分从而得到总得分,将总得分对照菜用甘薯营养品质综合评价等级划分标准,即可得到最终的综合评价等级。使用此综合评价方法对不同品种的菜用甘薯进行了验证,结果表明同一品种的菜用甘薯的营养品质差异较小,但也存在不同的分级情况,桂菜薯 1 号的总体营养品质综合评价集中于中级,少部分为高级;台农 71 号的总体营养品质综合评价大部分集中于中级,而低级、高级仅占小部分,这可能与菜用甘薯的营养品质受种植环境、管理水平等因素影响有关^[35]。不同品种的菜用甘薯分级情况也不同,桂菜薯 1 号的综合品质最佳,而福薯 18 号相对较低,表明不同品种营养品质存在较大的差异,可对品种选育提供一定的依据。

综上所述,本研究为解决菜用甘薯缺乏营养品质分级标准及营养品质综合评价方法等问题,对 3 个品种菜用甘薯的 6 个主要营养品质指标进行测定,通过相关性分析、频次分布和层次分析及全距等分等分析方法,确定了菜用甘薯营养品质分级标准及综合评价方法,结果表明桂菜薯 1 号的整体综合营养品质为优,台农 71 号次之,福薯 18 号相对较低,这将为后续的营养品质综合评价及品种选育提供一定的理论依据。

参考文献

- [1] 李晓慧,金森恩,李云,等.叶菜型甘薯品种的品质综合评价分析[J].分子植物育种,2023,21(22):7577-7583.
- [2] ALAM M K. A comprehensive review of sweet potato [*Ipomoea batatas* (L.) Lam.]: Revisiting the associated health benefits[J]. Trends in Food Science and Technology, 2021, 115: 512-529.
- [3] TAN W O, GUO X B, WANG Z Y, et al. Metabolic profiles and morphological characteristics of leaf tips among different sweet potato (*Ipomoea batatas* Lam.) varieties[J]. Journal of Integrative Agriculture, 2024, 23(2): 494-510.
- [4] 甘学德,黄洁.菜用型甘薯的研究概况及发展对策[J].热带农业科学,2009,29(9):29-33.
- [5] JIA R X, TANG C C, CHEN J Y, et al. Total phenolics and anthocyanins contents and antioxidant activity in four different aerial parts of leafy sweet potato (*Ipomoea batatas* L.)[J]. Molecules, 2022, 27(10): 3117.
- [6] 李慧峰,陈天渊,李彦青,等.优质菜用型甘薯新品种桂菜薯 1 号及其栽培技术[J].中国蔬菜,2023(2):121-123.
- [7] 高佳,罗静红,罗芳耀,等.四川地区鲜食蒜苗品种采后品质分析与评价[J].南方农业学报,2022,53(11):3209-3216.
- [8] 程婷婷,惠小涵,尚欣欣,等.10 个产地莲藕营养成分分析与品质综合评价[J].食品工业科技,2021,42(8):320-325.
- [9] 任朝辉,田旭芳,廖卫琴,等.不同辣椒种质资源的品质性状评价[J].西南农业学报,2020,33(9):1884-1891.
- [10] 伍明理,代朝霞,刘艳江,等.贵州 11 种竹笋营养成分分析及品质比较[J/OL].分子植物育种,1-15[2022-05-31]. <https://kns.cnki.net/kcms/detail/46.1068.S.20220530.1433.006.html>.
- [11] 杨加虎,丁志伟,李莎,等.云南省长果桑果实品质分析与综合评价[J].西南农业学报,2024,37(5):990-1000.
- [12] 赵丽芬,王青青,奥宁,等.不同韭菜品种营养品质评价分析[J].中国蔬菜,2024(6):81-88.
- [13] 郭琳琳,庞荣丽,王瑞萍,等.猕猴桃营养品质综合评价[J].果树学报,2022,39(10):1864-1872.
- [14] 杨汉,黄志谋,黎雨薇,等.咸宁市菜用甘薯品种比较试验及品质评价[J].中南农业科技,2023,44(12):16-19.
- [15] 梅新,杨新笋,何建军,等.菜用甘薯新品系主要品质特征的因子分析与综合评价[J].植物科学学报,2016,34(4):614-621.
- [16] 谢克英,杨庆莹,孙瑞琳,等.红薯叶的营养研究[J].河南农业,2015(14):37-38.
- [17] 曹清河,王洁,戴习彬,等.甘薯茎叶研究与利用进展[J].西南大学学报(自然科学版),2023,45(10):2-10.
- [18] 张馨月,张民,邓梅,等.三种食物来源膳食纤维的理化性质与功能特性比较[J].现代食品科技,2024,40(1):102-111.
- [19] 修伟业,黎晨晨,遇世友,等.类胡萝卜素生物学功能及提高其生物利用的研究进展[J].食品工业科技,2023,44(10):406-415.
- [20] 梁水连,吕岱竹,周若浩,等.香蕉中 5 种矿物质元素含量测定及营养评价[J].食品科学,2019,40(24):241-245.
- [21] 中华人民共和国国家卫生健康委员会,国家市场监督管理总局.食品安全国家标准 食品中果糖、葡萄糖、蔗糖、麦芽糖、乳糖的测定:GB 5009.8—2023[S].北京:中国标准出版社,2023.
- [22] 中华人民共和国国家卫生和计划生育委员会.食品安全国家标准 食品中抗坏血酸的测定:GB 5009.86—2016[S].北京:中国标准出版社,2016.
- [23] 中华人民共和国国家卫生健康委员会,国家市场监督管理总局.食品安全国家标准 食品中膳食纤维的测定:GB 5009.88—2023[S].北京:中国标准出版社,2023.
- [24] 中华人民共和国国家卫生和计划生育委员会,国家食品药品监督管理总局.食品安全国家标准 食品中蛋白质的测定:GB 5009.5—2016[S].北京:中国标准出版社,2016.
- [25] 中华人民共和国国家卫生和计划生育委员会,国家食品药品监督管理总局.食品安全国家标准 食品中胡萝卜素的测定:

- GB 5009.83—2016[S].北京:中国标准出版社,2016.
- [26] 中华人民共和国国家卫生和计划生育委员会,国家食品药品监督管理总局.食品安全国家标准 食品中钾、钠的测定:GB 5009.91—2017[S].北京:中国标准出版社,2017.
- [27] 田一汝,解备涛,段文学,等.菜用甘薯品种评价及营养品质分析[J].山东农业科学,2024,56(4):36-45.
- [28] 杨旭昆,刘振环,米艳华,等.云南省不同产地核桃品质分析与综合评价[J].农产品质量与安全,2024(1):79-84.
- [29] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局,中国国家标准化管理委员会.农产品质量分级导则:GB/T 30763—2014[S].北京:中国标准出版社,2014.
- [30] 中华人民共和国农业部.农产品等级规格标准编写通则:NY/T 2113—2012[S].北京:中国标准出版社,2012.
- [31] 王倩倩,潘雅燕.层次分析法在烹调蔬菜营养评价中的应用[J].中国食品工业,2024(1):61-62.
- [32] 邓健康,刘璇,吴昕焯,等.基于层次分析和灰色关联度法的苹果(等外果)汁品质评价[J].中国食品学报,2017,17(4):197-208.
- [33] 卢磊,唐金.基于灰色关联度和层次分析法的不同富士系品种果实品质评价[J].天津农业科学,2024,30(3):43-47.
- [34] 杨璐,卢晓丽,程平,等.基于灰色关联度和主成分分析法的桑葚品质综合评价体系构建[J].新疆农业科学,2017,54(5):862-870.
- [35] 李建忠,戴昀,叶鑫雨,等.基于多元统计分析对芥菜营养品质的综合评价[J].中国蔬菜,2024(1):29-37.