

红花苗营养成分的分析与评价

梁慧珍^{1,2*}, 许兰杰¹, 余永亮¹, 谭政委¹, 杨红旗¹, 杨青¹, 李春明¹, 董薇¹, 李磊¹, 安素芳¹, 鲁丹丹¹

(1. 河南省农业科学院中药材研究所, 河南郑州 450002) (2. 河南省农业科学院西峡分院, 河南西峡 474550)

摘要: 为阐明红花苗的营养价值, 分析了国内外 30 种红花苗的蛋白质、粗纤维、抗坏血酸、可溶性糖、氨基酸、矿质元素等主要营养成分, 通过与油菜、白菜等 6 中常见蔬菜对比及氨基酸比值系数法, 综合评价红花苗蛋白质的营养价值。红花苗的蛋白质、抗坏血酸含量均明显高于 6 中常见蔬菜, 属于高钾高钙低钠食品。红花苗中含有 18 种氨基酸和人体必需的 8 种氨基酸, 氨基酸总量、必需氨基酸含量和非必需氨基酸的平均含量范围分别为 17.49 g/100 g~20.03 g/100 g、6.650%~7.613%和 10.483%~12.413%, 变异系数分别为 5.23%、6.40%和 6.05%。30 个参试品种必需氨基酸占氨基酸总量的比值 (E/T) 大多在 36%~39%之间, 略低于 FAO/WHO 理想蛋白标准; 必需氨基酸与非必需氨基酸的比值 (E/N) 大多在 58%~62%之间, 接近并略高于 FAO/WHO 理想蛋白标准。氨基酸比值系数分 60.25~76.40, 蛋白质相对于鸡蛋标准蛋白的贴近度为 0.90~0.93。必需氨基酸指数 EAAI 值均接近 1。属于优质蛋白源。His、Ala、Arg、Asp、Glu、Phe 这 6 种氨基酸使得红花苗呈现出不同的风味。参试红花苗均具有较高的营养价值, 为可食用的优质蛋白源。

关键词: 红花苗; 氨基酸; 矿质元素; 营养; 评价

文章编号: 1673-9078(2023)11-177-189

DOI: 10.13982/j.mfst.1673-9078.2023.11.1549

Analysis and Evaluation of the Nutritional Composition of Safflower Seedlings

LIANG Huizhen^{1,2*}, XU Lanjie¹, YU Yongliang¹, TAN Zhengwei¹, YANG Hongqi¹, YANG Qing¹, LI Chunming¹, DONG Wei¹, LI Lei¹, AN Sufang¹, LU Dandan¹

(1. Institute of Chinese Medicinal Materials, Henan Academy of Agricultural Sciences, Zhengzhou 450002, China)

(2. Xixia Branch, Academy of Agricultural Sciences, Xixia 474550, China)

Abstract: To elucidate the nutritional value of safflower seedlings, the main nutritional components of 30 domestic and international varieties, including protein, crude fiber, ascorbic acid, soluble sugars, amino acids, and mineral elements, were analyzed. The nutritional value of safflower seedling proteins was comprehensively evaluated by comparing with six common vegetables such as rapeseed and Chinese cabbage, and by calculating the ratio coefficient of amino acid. The protein and ascorbic acid contents in safflower seedlings were significantly higher than those in the six common vegetables, indicating they are high-potassium, high-calcium, and low-sodium foods. Eighteen amino acids were identified in safflower seedlings, including eight amino acids that are essential for humans. The total amino acid content, essential amino acid content, and average non-essential amino acid content in safflower seedlings ranged from 17.49 g/100 g to 20.03 g/100 g, 6.650% to 7.613%, and 10.483% to 12.413%, respectively, with respective coefficients of variation of 5.23%, 6.40%, and 6.05%. The ratio of essential amino acids to total amino acids for the 30 tested varieties was primarily between 36% and 39%, slightly below the FAO/WHO ideal protein standard. The ratio of essential to non-essential amino acids was mostly between 58% and 62%, close to and slightly higher than the FAO/WHO ideal protein standard. The scores of the ratio coefficient of amino acid ranged from 60.25 to 76.40, and the proximity of safflower seedling proteins to the standard egg protein was 0.90 to 0.93. The essential amino acid index values were consistently close to 1, indicating a high-quality protein

引文格式:

梁慧珍, 许兰杰, 余永亮, 等. 红花苗营养成分的分析与评价[J]. 现代食品科技, 2023, 39(11): 177-189

LIANG Huizhen, XU Lanjie, YU Yongliang, et al. Analysis and evaluation of the nutritional composition of safflower seedlings [J]. Modern Food Science and Technology, 2023, 39(11): 177-189

收稿日期: 2022-12-07

基金项目: 国家现代农业产业技术体系建设专项 (CARS-21); 国家农业科研杰出人才及其创新团队 (农财发[2016]45 号); 河南省中原英才计划 (豫人才办[2020]4 号); 河南省科技攻关计划 (222102110466; 212102110297)

作者简介: 梁慧珍 (1968-), 女, 博士, 研究员, 研究方向: 作物遗传育种和品质改良、评价鉴定, E-mail: lhzh66666@163.com

source. The amino acids His, Ala, Arg, Asp, Glu, and Phe imparted distinctive flavors to safflower seedlings. All evaluated varieties of safflower seedlings exhibited high nutritional value and can serve as quality protein sources.

Key words: safflower seedling; amino acids; mineral elements; nutrition; evaluation

红花是菊科植物红花 (*Carthamus tinctorius* L.) 的干燥花, 集食、药、染料、饲料兼用于一体, 被国家纳入《可用于保健食品的物品名单》(卫法监发[2002]51号)。我国是红花种植大国, 新疆、河南、云南、四川等是主要种植区域, 每年总的栽培面积达到 40 000 hm² 左右^[1]。红花苗是菊科植物红花 (*Carthamus tinctorius* L.) 的嫩叶苗^[2], 喜阳光、长日照、生长期短、抗旱抗寒耐盐碱, 适应性强^[3], 在中国、瑞典、印度、澳洲、德国等全球多个国家都有种植^[4]。红花苗中既富含类黄酮、腺苷、多糖等多种药用成份, 具有消炎清热解毒、健脾开胃之功效^[5-8], 又富含人体必需氨基酸、维生素、矿物微量元素以及可溶性蛋白^[9], 材质脆嫩、营养丰富, 具有很高的保健食用价值^[10-12], 被誉为特种保健蔬菜^[13]。前人对红花苗的生长和营养成分进行了研究。胡喜巧等^[4,14]研究了不同氮源和采收期对红花幼苗生长及营养成分的影响; kumar 等^[15]研究了 4 个红花品种在莲座期、伸长期和花期的营养成分变化; 张莹丽等^[13]研究了红花苗的高产优质栽培技术; 成元刚等^[11]提出了温度、光照在红花芽菜生产过程中对产量和品质影响的最佳培养条件; 陈红芝等^[10]深入研究了红花芽菜在各个发育期氨基酸含量的变化规律, 指出红花芽菜氨基酸含量类型多样、比例合适, 是全营养食品。氨基酸是构成蛋白质的基本单位, 赋予蛋白质特定的分子结构形态, 使其分子具有生化活性, 其中, 游离氨基酸 (Free Amino Acid, FAA) 是重要的活性物质, 除具有上述功效外, 还参与风味物质的合成, 能够丰富食品的味觉层次。蔬菜中含有丰富的矿质元素, 钾、钠、钙、镁、铜、铁、锌等是膳食中无机盐的主要来源, 是组成人体各种组织的重要成分, 具有调节人体生理机能的功用。钙、铁、钾在人体生理上是碱性物质, 可以中和体内的酸性物质, 以维持体内酸碱平衡^[9]。因此, 测定 FAA 和矿质元素的种类和含量, 对评价食品营养及品质具有重要意义。氨基酸评价法 (Amino Acid Score, AAS) 是最广泛使用的食物蛋白质营养价值评估方式之一^[16]。截至目前, 对于以对氨基酸和矿质元素为基础评价国内外的红花苗蛋白质营养价值, 尚未见研究。本研究以国内外不同产地的 30 个红花种 (系) 为主要研究对象, 采用氨基酸模式谱法和必需氨基酸比值系数法, 研究国内外不同种类红花苗氨基酸和矿质元素构成, 综合评价红花苗的主要营养品质特征, 为红花

苗食用和药用价值的充分挖掘、开发利用及功能性食品研发提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 材料与试剂

1.1.1 材料

选取国内外不同品种、不同产区的 30 个红花品种 (系) 为试验材料。这些试验材料原产地分别为: 河南红花 1 (HNSS1, 主要包括已经鉴定或即将鉴定的品种和品系, 试验编号 Sa01 (豫红花 2 号)、Sa02 (红花新品系 016)、Sa16、Sa18、Sa19 (豫红花 1 号)、Sa20、Sa26 (豫红花 3 号)、河南延津红花 (YJSS, 试验编号 Sa07、Sa21、Sa22、Sa27)、新疆红花 (XJSS, 试验编号 Sa03、Sa04、Sa05、Sa06、Sa08、Sa09、Sa11、Sa15、Sa17、Sa29)、陕西红花 (SXSS, 试验编号 Sa14)、四川红花 (SCSS, 试验编号 Sa12、Sa13)、哈萨克斯坦红花 (KZSS, 试验编号 Sa23、Sa24、Sa25)、法国红花 (FRSS, 试验编号 Sa10)、肯尼亚红花 (KESS, 试验编号 Sa28)、印度红花 (INSS, 试验编号 Sa30)。

2020 年 12 月 19 日在河南省农业科学院现代农业科技试验示范基地 (113°42'24"E, 35°00'36"N) 按小区种植。小区行长、行距和株距分别为 4 m、0.4 m 和 0.15 m, 小区面积 14.4 m²; 试验设置 3 次重复, 随机区组排列, 常规田间管理。2021 年 4 月 8 日红花处于伸长期初期进行取样, 每个品种 (系) 取幼苗大小基本一致的 30 株上部茎叶备用。

1.1.2 试剂

茛菪酮和氨基酸混合标准溶液, 日本和光纯药株式会社出品; 2622[#] 离子交换树脂, 日本日立公司出品; 盐酸、柠檬酸、柠檬酸三钠和氢氧化钠、硝酸 (均为优级纯), 上海国药集团化学试剂有限公司出品; 其余试剂均为国产分析纯。

1.2 仪器与设备

L-8800 全自动氨基酸分析仪、F7000 荧光分光光度计, 日本日立公司; Thermo 6300 电感耦合等离子体质谱仪, 美国赛默飞世尔公司; K1160 凯氏定氮仪, 济南海能仪器股份有限公司; TANK PLUS 微波消解仪, 上海新仪微波化学科技有限公司; HWS12 恒温水浴锅, 上海一恒科学仪器有限公司; 101 型电热鼓风

干燥箱,北京中兴伟业仪器有限公司;MP200A 电子分析天平,上海精科天平仪器厂;PHS-3C 精密 pH 计,上海鹏顺科学仪器有限公司。

1.3 检测方法

1.3.1 氨基酸含量的测定

按照 GB/T 5009.124-2016 食品安全国家标准食品中氨基酸的测定方法^[17],采用日立离子交换色谱柱,填充 2622#离子交换树脂,通过日立 L-8800 全自动氨基酸分析仪测定样品中不同氨基酸的含量,包括:苏氨酸(Threonine, Thr)、缬氨酸(Valine, Val)、异亮氨酸(Isoleucine, Ile)、亮氨酸(Ieucine, Leu)、苯丙氨酸(Phenylalanine, Phe)、赖氨酸(Lysine, Lys)、蛋氨酸(Methionine, Met)、丝氨酸(Serine, Ser)、谷氨酸(Glutamate, Glu)、甘氨酸(Glycine, Gly)、丙氨酸(Alanine, Ala)、半胱氨酸(Cysteine, Cys)、天冬氨酸(Aspartic Acid, Asp)、酪氨酸(Tyrosine, Tyr)、组氨酸(Histidine, His)、精氨酸(Arginine, Arg)、脯氨酸(Proline, Pro)和氨基酸总量(Total Amino Acid, TAA),必需氨基酸总量(Essential Amino Acids, EAA)、非必需氨基酸总量(Non Essential Amino Acids, NEAA)、甜味氨基酸(Sweet Amino Acids, S=Ala+Thr+Gly+Pro+Ser+His);鲜味氨基酸(Fresh Amino Acids, F=Lys+Asp+Glu);苦味氨基酸(Bitter Amino Acids, B=Leu+Val+Trp+Met+Ile+Arg);芳香族氨基酸(Aromatic Amino Acids, A=Phe+Tyr+Cys);药效氨基酸(Medical Amino Acids, M=Asp+Glu+Gly+Met+Leu+Tyr+Lys+Arg+Phe)。

色谱条件:参考黄远丽等^[18]的方法进行。阳离子分离柱:磺酸型,柱温 57 ℃;反应器温度:136 ℃;检测器波长:570 nm 和 440 nm;衍生液流速:0.350 mL/min;流动相流速:0.400 mL/min;梯度洗脱。

样品测定液氨基酸含量的计算:

$$c_i = \frac{c_s}{A_s} \times A_i \quad (1)$$

式中:

c_i —样品测定液氨基酸 i 的含量, nmol/mL;

c_s —氨基酸标准工作液氨基酸 i 的含量, nmol/mL;

A_s —标准工作液氨基酸 s 的峰面积;

A_i —试样测定液氨基酸 i 的峰面积。

试样中各氨基酸含量的计算:

$$X_i = \frac{c_i \times F \times V \times M}{m \times 10^9} \times 100 \quad (2)$$

式中:

X_i —试样中氨基酸 i 的含量, g/100 g;

c_i —试样测定液中氨基酸 i 的含量, nmol/mL;

F —稀释倍数;

V —水解液转移定容的体积, mL;

M —氨基酸 i 的摩尔质量, g/mol;

m —称样量, g。

1.3.2 蛋白质、粗纤维、可溶性糖和矿质元素的测定

1) 蛋白质含量的测定:依据 GB 5009.5-2016《食品安全国家标准食品中蛋白质的测定》凯氏定氮法进行检测;

2) 粗纤维含量的测定:依据 GB 5009.10-2014《食品安全国家标准食品中膳食纤维的测定》进行;

3) 抗坏血酸含量测定:依据 GB 5009.86-2016《食品中抗坏血酸的测定》,采用荧光法测定;

4) 可溶性糖含量的测定:依据 NY/T 1278-2007《蔬菜及其制品中可溶性糖的测定》,采用铜还原碘量法检测;

5) 矿质元素含量的测定:矿质元素铜、锌、铁、钾、钠、钙和镁含量的测定参照 GB 5009.268-2016《食品安全国家标准食品中多元素的测定》电感耦合等离子体质谱法进行。

1.4 评价方法

1.4.1 氨基酸比值系数法

采用联合国粮农组织/世界卫生组织(Food and Agriculture Organization of the United Nations/World Health Organization, FAO/WHO)提出的必需氨基酸模式,参考孙娟娟等^[19]计算方法,计算样品中必需氨基酸比值(Ratio of Amino Acid, RAA)、氨基酸比值系数(Ratio of Amino Acid Coefficient, RC)和比值系数分(Score of RC, SRC)^[14]。

$$B = \frac{C}{C_0} \quad (3)$$

$$D = \frac{B}{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n B} \quad (4)$$

$$E = 100 - S \times 100 \quad (5)$$

式中:

B —必需氨基酸比值(RAA);

C —样品中必需氨基酸含量;

C_0 —FAO/WHO 中相应的标准氨基酸含量;

D —氨基酸比值系数(RC);

E —比值系数分(SRC);

n —比较的氨基酸个数, ($n \leq 8$);

S —RC 的相对标准差(RSD)。

1.4.2 氨基酸模式谱法

通过将必需氨基酸占总氨基酸的质量分数 (E/T) 对比 FAO/WHO 推荐的人体必需氨基酸模式谱, 判断红花苗氨基酸比例是否均衡合理和营养价值的高低。通过计算必需氨基酸指数值 (EAAI), 评价红花苗蛋白质营养价值。

$$Q = \sqrt[n]{\frac{a_1}{b_1} \times \frac{a_2}{b_2} \times \dots \times \frac{a_n}{b_n}} \quad (6)$$

式中:

Q ——必需氨基酸指数值 (EAAI);

n ——比较的氨基酸个数, $n \leq 8$;

a_n ——检测样本中必需的氨基酸含量, mg/g;

b_n ——国际标准蛋白质 (FAO/WHO 评分模式) 中与 a_n 相关的必需氨基酸的含量, mg/g。

1.4.3 模糊识别法

以 FAO/WHO 标准模式和全鸡蛋蛋白模式为标准, 采用兰氏距离法^[19], 按照公式所示识别对象 u 和标准蛋白模式 a 的贴程度 $\mu(a, u_i)$ 。贴程度越接近 1, 该蛋白越接近 FAO/WHO 标准模式和全鸡蛋蛋白模式。

$$\mu(a, u_i) = 1 - 0.09 \times \sum_{k=1}^7 \frac{|a_k - u_{ik}|}{a_k + u_{ik}} \quad (7)$$

式中:

a_k ——FAO/WHO 标准模式或全鸡蛋蛋白模式的第 k 种必需氨基酸 (EAA) 含量;

u_{ik} ——第 i 个评价对象的第 k 种必需氨基酸 (EAA) 含量, $1 \leq k \leq 7$, mg/g。

1.5 数据处理

采用 Excel 2018 进行数据整理, 利用 SPSS 20.0 软件完成方差数据分析, 采用 Duncan's 进行均值间多重比较, 在 $P < 0.05$ 水平下进行参试样品各氨基酸组分含量的显著性检测。

2 结果与分析

2.1 营养成分和矿质元素分析

2.1.1 营养成分分析以及与 6 种常见蔬菜的比较

本研究检测了红花苗蛋白质、粗纤维、抗坏血酸

和可溶性糖的含量, 与《中国食物成分表》中 6 种常见蔬菜的基本营养成分比较见表 1。表 1 表明, 红花苗蛋白质和抗坏血酸含量明显高于 6 种常见蔬菜。抗坏血酸是人体内重要的水溶性维生素之一, 是人体高效抗氧化剂, 参与许多重要的生物合成过程, 具有抗氧化、减轻炎症反应、光保护、抗衰老和抗色素沉着等作用^[20]。蔬菜类食品是维生素 C 的主要来源, 30 个红花品系抗坏血酸含量平均含量为 95.67 mg/100 g, 是小葱的 4 倍以上, 是小白菜的 3 倍以上, 是圆白菜、油菜、香椿、芫荽的 2 倍以上, 且 5 个红花新品系 (Sa12、Sa21、Sa26、Sa29 和 Sa30) 的抗坏血酸含量大于 100 mg/100 g, 属于高抗坏血酸品系。蛋白质平均含量 2.54 g/100 g, 较 6 种常见蔬菜高出 40% 左右; 粗纤维含量和可溶糖含量低于 6 种常见蔬菜。由此可见, 红花苗属于蛋白质含量较高、高抗坏血酸、粗纤维和可溶糖含量较低的食品。

2.1.2 矿质元素分析以及与 6 种常见蔬菜的比较

本研究检测了红花苗中常量元素钾、钠、钙、镁和微量元素铜、铁、锌的含量。与《中国食物成分表》中 6 种常见蔬菜的矿质元素成分比较见表 1。表 1 表明, 红花苗矿质元素含量丰富, 钾、钙、铁、镁含量均高于 6 种常见蔬菜, 钠含量低于 6 种常见蔬菜, 铜、锌含量基本持平。红花苗中钾元素平均含量 425.83 mg/100 g, 是 6 种常见蔬菜平均钾含量 183.17 mg/100 g 的 2.3 倍, Sa01 钾含量最高, 达到 4 800.00 mg/100 g。红花苗中钙、铁、镁的平均含量分别为 136.98 mg/100 g、3.34 mg/100 g 和 29.54 mg/100 g, 分别是 6 种常见蔬菜相应矿质元素平均含量的 1.6 倍、1.7 倍和 1.3 倍。红花苗平均钠含量 5.04 mg/100 g, 是 6 种常见蔬菜平均钠含量 36.67 mg/100 g 的七分之一, 钠含量为极低钠水平 (≤ 40 mg/100 g)。大量流行病学研究证实, 高钠饮食不仅可引起血压升高, 还可能引起心、脑血管和肾疾病的发生和发展, 而高钾饮食除降低血压外, 还可能对组织器官有直接的保护性作用^[21]。因此, 经常食用红花苗菜可以在一定程度上降低高血压和心脑血管疾病的发生几率。红花苗是高钾高钙低钠的优良食物, 长久以来被豫北地区称为“长寿菜”。

表 1 红花苗与 6 种常见蔬菜的营养成分和矿质元素

Table 1 Nutrition content and mineral element in safflower seedling and 6 kinds of common vegetables

名称	营养成分含量 (每 100 g)						矿质元素含量 (每 100 g)					
	蛋白质/g	粗纤维/g	抗坏血酸/mg	糖/mg	钾/mg	钠/mg	钙/mg	镁/mg	铜/mg	锌/mg	铁/mg	
Sa01	2.51±0.01	0.80±0.01	96.00±0.02	1.35±0.02	480.00±0.02	4.86±0.01	133.00±0.02	31.80±0.02	0.06±0.01	0.22±0.01	2.92±0.01	
Sa02	2.66±0.02	0.70±0.01	91.10±0.03	1.44±0.01	465.00±0.03	6.06±0.01	136.00±0.03	35.00±0.01	0.06±0.00	0.45±0.01	4.66±0.01	
Sa03	2.38±0.01	0.70±0.00	93.60±0.03	1.23±0.01	456.20±0.02	5.01±0.02	145.20±0.03	32.30±0.02	0.07±0.00	0.36±0.01	4.12±0.02	
Sa04	2.45±0.03	0.70±0.01	94.60±0.02	1.35±0.01	472.50±0.02	5.23±0.01	142.10±0.02	31.20±0.02	0.07±0.01	0.41±0.02	3.65±0.01	
Sa05	2.61±0.02	0.80±0.01	99.50±0.02	1.31±0.01	465.20±0.02	5.21±0.02	130.50±0.02	32.50±0.02	0.08±0.00	0.45±0.01	3.36±0.02	
Sa06	2.86±0.02	0.80±0.01	96.30±0.02	1.28±0.01	475.00±0.02	4.91±0.01	156.00±0.02	35.40±0.02	0.08±0.00	0.43±0.01	12.40±0.02	
Sa07	2.75±0.03	0.70±0.01	95.70±0.02	1.24±0.02	453.20±0.02	5.01±0.02	142.50±0.02	34.20±0.02	0.06±0.01	0.38±0.02	2.80±0.02	
Sa08	2.85±0.02	0.70±0.01	94.80±0.03	1.21±0.02	445.60±0.03	5.24±0.01	142.00±0.02	35.20±0.01	0.07±0.00	0.39±0.02	5.12±0.02	
Sa09	2.78±0.03	0.70±0.00	93.80±0.02	1.32±0.01	425.40±0.03	5.02±0.02	135.60±0.03	32.10±0.01	0.08±0.00	0.29±0.01	3.87±0.01	
Sa10	2.63±0.02	0.70±0.01	94.80±0.02	1.38±0.01	452.10±0.02	5.12±0.02	150.40±0.03	28.00±0.01	0.06±0.00	0.31±0.02	3.65±0.01	
Sa11	2.65±0.02	0.80±0.01	89.60±0.02	1.28±0.01	446.20±0.02	5.22±0.02	135.70±0.02	28.40±0.01	0.05±0.01	0.29±0.01	3.35±0.01	
Sa12	2.49±0.02	0.80±0.02	102.50±0.03	1.27±0.02	436.70±0.02	5.65±0.02	135.20±0.02	28.40±0.01	0.06±0.01	0.31±0.02	3.67±0.02	
Sa13	2.48±0.02	0.80±0.01	86.10±0.02	1.38±0.02	436.00±0.03	4.94±0.02	126.00±0.02	26.70±0.01	0.04±0.01	0.28±0.01	2.08±0.01	
Sa14	2.51±0.01	0.70±0.01	88.60±0.02	1.36±0.02	445.10±0.02	5.58±0.02	135.00±0.03	29.50±0.02	0.05±0.01	0.35±0.02	2.98±0.02	
Sa15	2.58±0.02	0.70±0.02	106.00±0.03	1.26±0.02	433.00±0.02	4.81±0.01	133.00±0.03	30.50±0.01	0.06±0.01	0.32±0.02	2.81±0.02	
Sa16	2.38±0.02	0.70±0.01	80.00±0.02	1.22±0.01	441.00±0.03	4.65±0.02	126.00±0.02	26.80±0.02	0.06±0.00	0.30±0.01	2.14±0.01	
Sa17	2.30±0.01	0.70±0.01	95.70±0.02	1.20±0.01	437.00±0.02	5.10±0.02	127.00±0.02	27.40±0.01	0.05±0.00	0.28±0.01	2.33±0.02	
Sa18	2.39±0.01	0.70±0.01	89.90±0.03	1.26±0.02	454.00±0.02	4.36±0.01	131.00±0.03	26.80±0.02	0.05±0.00	0.32±0.01	2.10±0.01	
Sa19	2.42±0.02	0.70±0.01	98.60±0.02	1.36±0.01	445.00±0.02	4.48±0.01	128.00±0.03	26.80±0.01	0.05±0.01	0.34±0.01	1.93±0.01	
Sa20	2.48±0.02	0.80±0.01	93.10±0.02	1.35±0.01	451.20±0.03	4.44±0.02	133.00±0.02	27.40±0.01	0.05±0.01	0.34±0.02	1.95±0.02	
Sa21	2.51±0.01	0.80±0.01	103.56±0.03	1.20±0.02	452.10±0.02	4.56±0.01	142.00±0.02	32.10±0.02	0.06±0.00	0.31±0.02	2.68±0.02	
Sa22	2.56±0.02	0.70±0.01	87.50±0.02	1.23±0.01	448.70±0.02	4.85±0.02	153.20±0.02	35.60±0.02	0.07±0.00	0.32±0.01	3.52±0.01	
Sa23	2.57±0.02	0.70±0.02	89.30±0.02	1.19±0.02	449.50±0.02	5.05±0.02	145.00±0.02	32.10±0.02	0.05±0.01	0.35±0.01	3.32±0.02	
Sa24	2.62±0.02	0.80±0.02	103.00±0.03	1.14±0.02	117.00±0.02	5.74±0.02	137.00±0.03	22.70±0.02	0.06±0.01	0.30±0.02	2.13±0.02	
Sa25	2.63±0.02	0.80±0.01	97.20±0.01	1.23±0.02	235.40±0.03	5.62±0.01	142.10±0.02	23.50±0.01	0.06±0.01	0.32±0.02	2.05±0.02	
Sa26	2.46±0.01	0.70±0.01	105.00±0.02	1.11±0.02	455.00±0.02	4.30±0.01	130.00±0.03	25.00±0.01	0.05±0.00	0.30±0.02	1.84±0.02	
Sa27	2.38±0.01	0.70±0.01	98.60±0.02	1.16±0.02	268.40±0.03	5.17±0.02	142.00±0.02	26.70±0.01	0.05±0.01	0.31±0.01	3.15±0.01	
Sa28	2.41±0.02	0.80±0.01	99.50±0.03	1.28±0.02	445.20±0.02	4.89±0.02	123.60±0.02	28.50±0.01	0.06±0.00	0.31±0.02	3.02±0.02	
Sa29	2.46±0.02	0.70±0.01	103.65±0.02	1.34±0.01	452.10±0.01	4.76±0.01	135.40±0.03	28.40±0.02	0.05±0.01	0.35±0.01	3.16±0.01	

续表 1

名称	营养成分含量 (每 100 g)				矿物质含量 (每 100 g)							
	蛋白质/g	粗纤维/g	抗坏血酸/mg	糖/mg	钾/mg	钠/mg	钙/mg	镁/mg	铜/mg	锌/mg	铁/mg	
Sa30	2.51±0.02	0.70±0.01	102.48±0.02	1.25±0.01	436.20±0.03	5.21±0.02	135.20±0.02	25.30±0.02	0.06±0.01	0.36±0.01	3.36±0.02	
红花苗最小值	2.30	0.70	80.00	1.11	117.00	4.30	123.60	22.70	0.04	0.22	1.84	
红花苗最大值	2.86	0.80	106.00	1.44	480.00	6.06	156.00	35.60	0.08	0.45	12.40	
红花苗平均值	2.54	0.74	95.67	1.27	425.83	5.04	136.96	29.54	0.06	0.34	3.34	
香椿(鲜)	1.7	1.8	40	9.1	172	4.6	96	36	0.09	2.25	3.9	
小白菜(鲜)	1.5	1.1	28	1.6	178	73.5	90	18	0.08	0.51	1.9	
小葱(鲜)	1.6	1.4	21	3.5	143	10.4	72	18	0.06	0.35	1.3	
芫荽(鲜)	1.8	1.2	48	5	272	48.5	101	33	0.21	0.45	2.9	
油菜(鲜)	1.8	1.1	36	2.7	210	55.8	108	22	0.06	0.33	1.2	
圆白菜	1.5	1	40	3.6	124	27.2	49	12	0.04	0.25	0.6	
常见蔬菜平均	1.65	1.27	35.50	4.25	183.17	36.67	86.00	23.17	0.09	0.69	1.97	

表 2 红花苗氨基酸含量分析

Table 2 Analysis for amino acid content of safflower seedling

氨基酸种类	参试材料										
	WHSS	YJSS	XJSS	SXSS	SCSS	KZSS	FRSS	KESS	INSS	CV/%	
Thr *	0.839±0.048 ^{ab}	0.858±0.048 ^a	0.834±0.079 ^{ab}	0.841±0.021 ^{ab}	0.740±0.042 ^b	0.807±0.050 ^{ab}	0.852±0.022 ^a	0.931±0.024 ^a	0.901±0.026 ^a	7.23	
Val *	1.043±0.077	1.023±0.064	1.026±0.081	0.910±0.022	0.985±0.064	1.020±0.010	1.011±0.013	1.162±0.017	1.060±0.020	6.65	
Ile *#	0.786±0.040	0.813±0.045	0.805±0.057	0.731±0.025	0.765±0.064	0.780±0.010	0.772±0.031	0.881±0.017	0.873±0.102	6.10	
Leu *#	1.606±0.116	1.560±0.086	1.504±0.360	1.622±0.013±	1.520±0.099	1.540±0.030	1.563±0.104	1.741±0.006	1.674±0.132	13.87	
Phe *#	1.041±0.040	1.060±0.057	1.088±0.069	1.011±0.032	1.090±0.156	1.040±0.026	1.031±0.021	1.139±0.031	1.142±0.028	6.00	
Lys *#	1.399±0.095	1.498±0.069	1.465±0.084	1.362±0.037	1.385±0.177	1.410±0.095	1.362±0.041	1.522±0.028	1.599±0.032	6.85	
Met*#	0.020±0.024 ^a	0.198±0.015 ^a	0.211±0.019 ^a	0.190±0.011 ^a	0.165±0.007 ^b	0.160±0.026 ^b	0.218±0.031 ^a	0.237±0.035 ^a	0.191±0.027 ^a	12.46	
Ser	0.786±0.044	0.825±0.480	0.804±0.051	0.722±0.022	0.755±0.495	0.793±0.021	0.789±0.018	0.861±0.025	0.848±0.019	5.85	
Glu#	2.224±0.132 ^a	1.203±1.201 ^b	2.264±0.162 ^a	2.151±0.110 ^a	2.190±0.028 ^a	2.200±0.017 ^a	2.187±0.132 ^a	2.418±0.103 ^a	2.406±0.097 ^a	25.70	
Gly#	0.964±0.047	0.980±0.044	0.987±0.062	1.100±0.089	0.930±0.042	0.960±0.020	0.962±0.029	1.051±0.091	1.003±0.087	5.38	
Ala	1.157±0.051	1.145±0.037	1.102±0.104	1.050±0.062	1.025±0.021	1.077±0.076	1.079±0.081	1.221±0.102	1.201±0.112	7.22	
Asp#	2.524±0.191	2.608±0.207	2.635±0.166	2.362±0.127	2.780±0.156	2.677±0.146	2.603±0.136	2.887±0.159	2.476±0.137	6.64	
Tyr	0.730±0.081	0.775±0.074	0.779±0.053	0.710±0.048	0.770±0.156	0.680±0.070	0.731±0.052	0.802±0.061	0.836±0.067	9.70	
His	0.500±0.033	0.518±0.033	0.498±0.043	0.521±0.029	0.480±0.042	0.503±0.058	0.469±0.027	0.541±0.031	0.561±0.037	7.12	
Arg#	1.074±0.097	1.115±0.044	1.114±0.085	1.133±0.072	1.095±0.078	1.080±0.030	1.112±0.069	1.224±0.071	1.132±0.063	6.65	

续表 2

参试材料

氨基酸种类	WHSS	YISS	XISS	SXSS	SCSS	KZSS	FRSS	KESS	INSS	CV/%
Pro	1.403±0.087	1.315±0.060	1.343±0.063	1.323±0.038	1.230±0.071	1.357±0.068	1.379±0.041	1.408±0.039	1.383±0.047	5.69
TAA	18.234±0.916	17.494±1.271	18.458±1.123	17.739±0.892	17.905±0.813	18.083±0.152	18.120±0.716	20.026±0.655	19.286±0.710	5.23
EAA	6.913±0.383	7.010±0.307	6.932±0.629	6.667±0.141	6.650±0.523	6.757±0.185	6.809±0.312	7.613±0.203	7.440±0.261	6.40
NEAA	11.321±0.584	10.483±1.282	11.526±0.566	11.072±0.131	11.255±0.290	11.327±0.124	11.311±0.202	12.413±0.119	11.846±0.132	6.05
EAA/TAA	37.909±0.835 ^{ab}	40.223±3.270 ^a	37.503±1.571 ^b	37.584±0.601 ^b	37.115±1.237 ^b	37.360±0.812 ^b	37.577±0.712 ^b	38.016±0.101 ^{ab}	38.576±0.635 ^{ab}	4.57
EAA/NEAA	61.079±2.165 ^{ab}	67.673±9.165 ^a	60.094±3.860 ^b	60.215±2.001 ^b	59.045±3.132 ^b	59.667±2.084 ^b	60.198±2.106 ^b	61.331±2.117 ^{ab}	62.803±2.213 ^{ab}	7.62
F	6.147±0.363 ^{ab}	5.308±1.252 ^b	6.363±0.337 ^a	5.585±1.223 ^b	5.160±0.141 ^a	5.497±0.586 ^a	5.642±0.301 ^b	6.264±0.327 ^a	6.440±0.273 ^a	9.63
S	5.607±0.215	5.640±0.174	5.568±0.324	5.557±0.223	5.160±0.161	5.497±0.059	5.340±0.087	5.130±0.102	5.897±0.715	4.57
B	4.709±0.308	4.710±0.185	4.660±0.492	4.583±0.237	4.530±0.311	4.580±0.044	4.670±0.217	5.245±0.317	4.930±0.224	7.04
A	1.771±0.112	1.835±0.118	1.867±0.113	1.721±0.091	1.860±0.311	1.720±0.095	1.762±0.082	1.941±0.105	1.978±0.201	7.00

注: Thr=苏氨酸; Val=缬氨酸; Ile=异亮氨酸; Leu=亮氨酸; Phe=苯丙氨酸; Lys=赖氨酸; Met=蛋氨酸; Ser=丝氨酸; Glu=谷氨酸; Gly=甘氨酸; Ala=丙氨酸; Asp=天冬氨酸; Tyr=酪氨酸; His=组氨酸; Arg=精氨酸; Pro=脯氨酸; TAA=氨基酸总量; EAA=必需氨基酸总量; NEAA=非必需氨基酸总量; F=鲜味氨基酸; S=甜味氨基酸; B=苦味氨基酸; A=芳香族氨基酸; *为必需氨基酸; #为药效氨基酸; 同列不同小写字母表示差异显著; 未标注字母表示此列数据无显著差异。

2.2 不同产地不同品种红花苗氨基酸含量分析

蛋白质、氨基酸是食品中的重要营养元素,必需氨基酸 EAA 的含量、种类、组成比例决定了其营养价值^[22]。本研究中,由于盐酸对色氨酸的水解作用,导致色氨酸含量没有测试出来。除此之外,每个参试品种的红花苗氨基酸均包含了其他 7 种必需氨基酸,品类齐全。来自不同地区的 30 个参试红花苗氨基酸含量检测结果详见表 2。不同地区红花苗氨基酸总量 T、必需氨基酸含量 EAA 和非必需氨基酸 NEAA 的平均含量范围分别为 17.494%~20.026%、6.650%~7.613%和 10.483%~12.413%,变异系数分别为 5.23%、6.40%和 6.05%,变异范围相对较小。其中,印度红花 TAA、EAA 和 NEAA 略高于其他地区参试品种。与前人研究对比发现,本研究红花苗总氨基酸含量(17.494%~20.026%)与冬虫夏草(16.87%~24.52%)^[23,24]、牦牛肉(17.29%~24.25%)^[25]相近,高于核桃(15.73%~18.17%)^[26]、紫花苜蓿(14.85%~19.48%)^[27],远高于枸杞(7.55%~11.16%)^[28]、山药(2.86%~6.64%)^[29]、温柏^[30]、红枣(1.97%~4.95%)^[31]及生菜、白菜、蒜苗、香椿芽、芹菜、空心菜、茼蒿等多种常见蔬菜(6.89%~17.04%)^[32],30 个参试红花苗必需氨基酸占总氨基酸的质量分数为 6.650%~7.613%,略高于冬虫夏草(6.23%~6.54%)^[24],高于紫花苜蓿(5.35%~6.93%)^[27]、山药(0.9%~2.0%)^[29]和芡实(0.4%左右)^[30]。说明红花苗氨基酸含量高,营养价值丰富。30 个参试品种氨基酸组分含量排在前 3 位的为天冬氨酸 Asp、谷氨酸 Glu 和亮氨酸 Leu,与紫花苜蓿^[27]相同。

赖氨酸是人类和哺乳动物的必需氨基酸之一,机体不能自身合成,必须从食物中补充。赖氨酸在促进人体生长发育、增强机体免疫力、抗病毒、促进脂肪氧化、缓解焦虑情绪等方面都具有积极的营养学意义,同时也能促进某些营养素的吸收,能与一些营养素协同作用,更好的发挥各种营养素的生理功能。红花苗菜中赖氨酸含量 1.362 g/100 g~1.599 g/100 g,高于樱桃番茄(0.02%~0.04%)^[33]和高山蔬菜(0.45~6.37 mg/kg)^[34]。因此摄入红花苗菜有利于赖氨酸的补充。

显著性分析表明:只有大冬氨酸、蛋氨酸、谷氨酸和鲜味氨基酸品种间存在显著差异,其他类氨基酸含量品种间差异不显著。

2.3 氨基酸模式谱法分析评价结果

参试红花品种各种必需氨基酸占总氨基酸的质量分数(EAA/TAA)详见表 3。所有参试品种中必需氨

基酸占总氨基酸的质量分数(EAA/TAA)基本一致。对比 FAO/WHO 推荐的氨基酸模式谱,红花苗各品种必需氨基酸占总氨基酸的比例,只有 Met+Cys 低于模式谱标准,其他指标均接近并高于模式谱标准(只有 Leu 质量分数中 Sa03 除外),表明红花苗氨基酸比例相对均衡合理,营养价值高。根据差值大小,可确定蛋氨酸与半胱氨酸是红花苗第一限制氨基酸,与紫花苜蓿^[27]和山药^[29]的第一限制氨基酸一致。马铃薯^[32]和枸杞^[28]中 Met 和 Cys 含量较高。为提升红花苗的综合营养价值,食用红花苗时,一般建议与 Met 和 Cys 含量较高的食物进行互补搭配。

2.4 氨基酸比值系数法分析评价结果

运用必需氨基酸模式氨基酸比值系数法,计算参试红花苗样品中必需氨基酸的比值 RAA、氨基酸比值系数 RC 和氨基酸比值系数分 SRC(详见表 4)。RC 值的大小可以衡量氨基酸不足或过剩的程度。氨基酸不足或过剩,均影响蛋白质营养价值^[30]。根据 RC 值接近 1、小于 1 或者大于 1 的程度,进行判断必需氨基酸含量与 FAO/WHO 推荐的标准氨基酸接近程度、相对不足或者相对过剩程度,其中,RC 值最小的氨基酸组分为第一限制氨基酸。由表 4 可知,蛋氨酸 Met 和半胱氨酸 Cys 为红花苗第一限制氨基酸。苯丙氨酸+苏氨酸、赖氨酸含量相对过剩,蛋氨酸+半胱氨酸含量相对不足,异亮氨酸、苏氨酸、缬氨酸和亮氨酸含量与 FAO/WHO 推荐的标准氨基酸接近。结果表明,30 个参试品种中, SRC 值的结果在 60.25%~76.40%之间,表明红花苗植物蛋白营养价值相对比较均衡。其中: Sa16 SRC 值最大, Sa03 SRC 值最小。SRC 值排名前 10 的品种(系)中,河南红花 5 个,新疆红花 3 个,哈萨克斯坦红花和肯尼亚红花各 1 个。该结果为豫北地区长久以来将红花苗称为“长寿菜”提供了理论支撑。

2.5 红花苗必需氨基酸比例与贴近度

食物中营养元素的利用价值的高低,可以通过所含必需氨基酸组成比例与人体必需氨基酸比例相比较进行评价。二者数值越接近,营养元素的利用价值越高。30 个参试品种 EAA/TAA 和 EAA/NEAA 分别与 FAO/WHO 理想蛋白质标准对比结果见表 3。结果表明,30 个红花苗品种的 EAA/TAA 和 EAA/NEAA 值差别较小, EAA/TAA 和 EAA/NEAA 值大多在 36%~39%和 58%~62%之间,略低于 FAO/WHO 理想蛋白标准(40%),接近并略高于理想蛋白标准(60%)。说明红花苗中氨基酸构成比例更接近与人体蛋白质的组成,具有很高的营养价值。

表3 红花苗必需氨基酸与FAO/WHO推荐氨基酸模式谱的对比和相对于标准蛋白的贴程度

Table 3 Comparison of essential amino acids and pattern of FAO/WHO recommended amino acid spectra and closeness of safflower seedling to standard proteins

种类	EAA	必需氨基酸占总氨基酸的质量分数 (EAA/TAA)							E/T	E/N	EAAI	$\mu (a, u_i)$	
		Ile	Leu	Lys	Met+Cys	Phe+Tyr	Thr	Val				EGG	FAO/WHO
FAO/WHO		4.0	7.0	5.5	3.5	6.0	4.0	5.0	40	60		1.00	1.00
Sa01	17.62	4.31	8.51	7.60	2.04	9.82	4.54	5.62	37.34	59.60	1.12	0.94	0.92
Sa02	17.35	4.21	8.41	7.49	1.96	9.63	4.44	5.53	36.71	58.01	1.09	0.94	0.92
Sa03	16.41	4.33	3.17	8.65	2.56	10.36	4.33	5.67	33.46	50.27	1.02	0.90	0.90
Sa04	17.87	4.31	9.01	8.17	2.24	10.07	4.25	5.43	38.33	62.16	1.14	0.93	0.92
Sa05	17.95	4.35	8.80	8.41	2.12	10.25	4.51	5.46	38.55	62.74	1.15	0.93	0.92
Sa06	20.36	4.37	8.94	7.86	2.26	10.22	4.81	5.70	38.70	63.14	1.17	0.94	0.92
Sa07	19.04	4.25	8.19	7.98	2.21	9.61	4.52	5.78	37.18	59.20	1.13	0.94	0.93
Sa08	18.95	4.01	8.55	8.34	2.11	9.97	4.33	5.59	37.84	60.87	1.12	0.93	0.92
Sa09	18.31	4.53	8.03	7.81	1.97	10.05	4.31	5.19	36.43	57.30	1.10	0.93	0.92
Sa10	18.03	4.66	8.54	7.10	2.11	10.70	4.77	5.38	37.94	61.13	1.14	0.94	0.92
Sa11	18.41	4.62	8.26	7.44	2.39	10.86	4.45	5.38	37.70	60.51	1.15	0.94	0.92
Sa12	18.48	4.38	8.60	8.17	1.84	11.26	3.84	5.57	37.99	61.26	1.11	0.92	0.91
Sa13	17.33	4.15	8.37	7.27	1.85	9.46	4.44	5.42	36.24	56.83	1.07	0.94	0.93
Sa14	17.72	4.12	9.14	7.67	2.14	9.71	4.74	5.14	37.58	60.22	1.12	0.94	0.92
Sa15	18.36	4.25	8.61	7.52	2.40	9.69	4.68	5.56	37.47	59.93	1.14	0.95	0.93
Sa16	18.47	4.55	8.93	7.80	2.49	9.96	4.76	5.96	39.09	64.18	1.19	0.95	0.92
Sa17	17.95	4.46	8.80	7.69	2.45	10.03	4.79	5.79	38.55	62.74	1.18	0.95	0.92
Sa18	18.05	4.43	8.70	7.70	2.44	9.75	4.76	5.76	38.45	62.47	1.17	0.95	0.93
Sa19	20.09	4.08	8.61	7.86	2.19	9.91	4.48	5.87	37.43	59.82	1.13	0.94	0.93
Sa20	17.67	4.24	10.02	7.47	2.04	9.51	4.53	5.55	38.60	62.86	1.13	0.93	0.92
Sa21	17.76	4.28	8.22	8.00	2.36	9.52	4.79	5.41	37.61	60.29	1.14	0.94	0.93
Sa22	15.98	5.07	9.70	9.20	2.25	11.51	5.19	6.13	43.05	75.60	1.28	0.93	0.89
Sa23	18.22	4.23	8.62	8.34	1.87	10.04	4.72	5.54	38.25	61.96	1.13	0.93	0.91
Sa24	17.92	4.35	8.59	7.53	1.45	9.26	4.46	5.75	37.17	59.15	1.06	0.93	0.91
Sa25	18.11	4.36	8.34	7.51	1.99	9.22	4.20	5.63	36.66	57.89	1.09	0.94	0.93
Sa26	18.39	4.35	8.48	7.72	2.18	9.41	4.68	5.71	37.74	60.61	1.13	0.94	0.92
Sa27	17.19	5.07	9.70	9.20	2.25	11.51	5.19	6.13	43.04	75.59	1.28	0.93	0.89
Sa28	18.10	4.25	8.61	7.52	2.40	9.69	4.68	5.56	37.47	59.93	1.14	0.95	0.93
Sa29	20.01	4.42	8.68	7.58	2.42	9.68	4.63	5.79	38.00	61.28	1.16	0.95	0.93
Sa30	19.28	4.53	8.67	8.23	2.01	10.30	4.65	5.48	38.50	62.61	1.15	0.94	0.91

注: EAA 为氨基酸含量; EGG 为全鸡蛋蛋白模式; FAO/WHO 为联合国粮农组织/世界卫生组织标准模式; EGG 为全鸡蛋蛋白模式。

贴程度计算结果(表3)表明,红花苗与FAO/WHO模式和全鸡蛋蛋白模式的贴程度分别达到 0.89~0.93 和 0.90~0.95, 均接近于 1, 说明红花苗蛋白质营养比例均衡, 更接近于鸡蛋蛋白, 具有很高的营养价值。

2.6 红花苗必需氨基酸指数

必需氨基酸指数 EAAI 值, 是评估食品蛋白质营养价值的主要指标。EAAI 值越趋于 1, 食物蛋白与标

准蛋白的必需氨基酸构成愈相近, 营养价值越高, 越属于优质蛋白。根据 EAAI 值评估准则, 蛋白源分为四个等级: EAAI ≥ 0.95, 属于优质蛋白源; 0.95 > EAAI ≥ 0.86, 属于良好蛋白源; 0.86 > EAAI ≥ 0.75, 属于可用蛋白源; EAAI < 0.75, 属于不适用蛋白源。30 个品种的红花苗必需氨基酸指数 (EAAI) 都接近 1 (表3), 均属优质蛋白。

表4 红花苗各种必需氨基酸的RAA, RC与SRC

Table 4 RAA, RC and SRC for essential amino acids of safflower seedling

种类	Ile		Leu		Lys		Met+Cys		Phe+Tyr		Thr		Val		SRC	排名
	RAA	RC	RAA	RC	RAA	RC	RAA	RC	RAA	RC	RAA	RC	RAA	RC		
Sa01	1.08	0.93	1.22	1.04	1.38	1.19	0.58	0.50	1.64	1.41	1.14	0.97	1.12	0.96	72.38	
Sa02	1.05	0.92	1.20	1.05	1.36	1.19	0.56	0.49	1.61	1.40	1.11	0.97	1.11	0.97	71.97	
Sa03	1.08	0.97	0.45	0.41	1.57	1.41	0.73	0.66	1.73	1.55	1.08	0.97	1.13	1.02	60.25	
Sa04	1.08	0.91	1.29	1.08	1.49	1.25	0.64	0.54	1.68	1.41	1.06	0.89	1.09	0.91	71.72	
Sa05	1.09	0.91	1.26	1.05	1.53	1.27	0.61	0.50	1.71	1.42	1.13	0.94	1.09	0.91	70.51	
Sa06	1.09	0.90	1.28	1.05	1.43	1.18	0.65	0.53	1.70	1.40	1.20	0.99	1.14	0.94	73.22	
Sa07	1.06	0.91	1.17	1.00	1.45	1.24	0.63	0.54	1.60	1.37	1.13	0.96	1.16	0.99	73.73	9
Sa08	1.00	0.86	1.22	1.04	1.52	1.29	0.60	0.51	1.66	1.42	1.08	0.92	1.12	0.95	70.36	
Sa09	1.13	0.98	1.15	1.00	1.42	1.23	0.56	0.49	1.68	1.46	1.08	0.94	1.04	0.90	70.07	
Sa10	1.17	0.98	1.22	1.03	1.29	1.08	0.60	0.51	1.78	1.50	1.19	1.00	1.08	0.90	70.86	
Sa11	1.16	0.97	1.18	0.99	1.35	1.13	0.68	0.57	1.81	1.51	1.11	0.93	1.08	0.90	71.67	
Sa12	1.10	0.93	1.23	1.04	1.49	1.25	0.53	0.44	1.88	1.59	0.96	0.81	1.11	0.94	64.34	
Sa13	1.04	0.92	1.20	1.07	1.32	1.18	0.53	0.47	1.58	1.41	1.11	0.99	1.08	0.97	71.51	
Sa14	1.03	0.88	1.31	1.12	1.39	1.19	0.61	0.52	1.62	1.39	1.19	1.01	1.03	0.88	72.43	
Sa15	1.06	0.90	1.23	1.04	1.37	1.16	0.69	0.58	1.62	1.37	1.17	0.99	1.11	0.94	75.74	4
Sa16	1.14	0.93	1.28	1.04	1.42	1.16	0.71	0.58	1.66	1.35	1.19	0.97	1.19	0.97	76.40	1
Sa17	1.12	0.92	1.26	1.04	1.40	1.15	0.70	0.58	1.67	1.38	1.20	0.99	1.16	0.95	75.69	6
Sa18	1.11	0.92	1.24	1.03	1.40	1.16	0.70	0.58	1.63	1.35	1.19	0.99	1.15	0.96	76.32	3
Sa19	1.02	0.87	1.23	1.04	1.43	1.21	0.63	0.53	1.65	1.40	1.12	0.95	1.17	1.00	72.65	
Sa20	1.06	0.90	1.43	1.21	1.36	1.15	0.58	0.49	1.59	1.34	1.13	0.96	1.11	0.94	72.38	
Sa21	1.07	0.91	1.17	1.00	1.45	1.24	0.67	0.57	1.59	1.35	1.20	1.02	1.08	0.92	75.03	7
Sa22	1.27	0.94	1.39	1.03	1.67	1.24	0.64	0.48	1.92	1.43	1.30	0.97	1.23	0.91	70.35	
Sa23	1.06	0.89	1.23	1.04	1.52	1.28	0.53	0.45	1.67	1.41	1.18	1.00	1.11	0.93	69.28	
Sa24	1.09	0.96	1.23	1.09	1.37	1.21	0.41	0.37	1.54	1.37	1.12	0.99	1.15	1.02	68.65	
Sa25	1.09	0.96	1.19	1.05	1.37	1.21	0.57	0.50	1.54	1.36	1.05	0.93	1.13	0.99	73.32	10
Sa26	1.09	0.93	1.21	1.03	1.40	1.20	0.62	0.53	1.57	1.34	1.17	1.00	1.14	0.97	74.84	8
Sa27	1.27	0.94	1.39	1.03	1.67	1.24	0.64	0.48	1.92	1.43	1.30	0.97	1.23	0.91	70.35	
Sa28	1.06	0.90	1.23	1.04	1.37	1.16	0.69	0.58	1.62	1.37	1.17	0.99	1.11	0.94	75.74	5
Sa29	1.11	0.93	1.24	1.04	1.38	1.16	0.69	0.58	1.61	1.35	1.16	0.97	1.16	0.97	76.39	2
Sa30	1.13	0.94	1.24	1.03	1.50	1.24	0.57	0.48	1.72	1.43	1.16	0.97	1.10	0.91	70.31	

2.7 红花苗风味氨基酸分析

风味氨基酸主要包括：1、甜味氨基酸（Sweet Amino Acids, S=Ala+Thr+Gly+Pro+Ser+His）；2、鲜味氨基酸（Fresh Amino Acids, F=Lys+Asp+Glu）；3、苦味氨基酸（Bitter Amino Acids, B=Leu+Val+Trp+Met+Ile+Arg）；4、芳香族氨基酸（Aromatic Amino Acids, A=Phe+Tyr+Cys）。红花苗风味氨基酸分析结果见表5。结果表明：红花苗风味氨基酸中，Asp平均含量最高，氨基酸含量阈值比（Ratio of Content and Taste Threshold, RTC）最大，

对红花苗呈味的影响最大。红花苗中呈现甜味的氨基酸主要有His和Ala；呈现苦味的氨基酸主要有Arg；呈现鲜味的氨基酸主要有Asp和Glu；呈现芳香味的氨基酸主要有Phe。这6种氨基酸使得红花苗呈现出不同的风味。

不同产区红花苗鲜味氨基酸平均含量5.160%~6.440%，差异显著，其中INSS、XJSS、KESS和HNSS1产区高于其他产区的品种。INSS产区品种平均含量最高（6.440%），XJSS含量次之（6.363%）、SCSS含量最低（5.160%）。各产区红花苗甜味氨基酸平均含量、苦味氨基酸平均含量和芳香族氨基酸平均

含量略有差异,但差异不显著。说明各种氨基酸成分既受到品种遗传基因的控制,又受到环境因素的影响,但影响程度各有不同。蔬菜中富含人体必需的氨基酸营养成分,不同的氨基酸含量和组成,既影响其营养价值,又与味觉紧密相关^[35]。本研究中,甜味氨基酸含量 S 大于苦味氨基酸含量 B,说明红花苗口味良好。严冬等^[24]和孙娟娟等^[27]分别研究了冬虫夏草和紫花苜蓿鲜味氨基酸 F 的含量,评价了 Asp、Glu、Lys 鲜味氨基酸的含量,其质量分数分别大于 35%和 37%,说明冬虫夏草和紫花苜蓿口味鲜美。本研究中,该 3 种鲜味氨基酸含量的质量分数均超过 38%(详见表 3),因此,红花苗的口感应该好于冬虫夏草和紫花苜蓿。该研究结果对于评价不同产区红花苗营养成分具有重要的参考价值。

表 5 红花苗风味氨基酸分析

Table 5 The contents and RCT of flavor amino acid in safflower

seedling				
分类	名称	氨基酸含量均值	味觉阈值	RTC
甜味氨基酸	Ala	1.10	0.60	1.83
	Thr	0.83	2.60	0.32
	Pro	1.35	3.00	0.45
	His	0.50	0.20	2.51
	Gly	0.98	1.10	0.89
	Ser	0.80	1.50	0.53
	鲜味氨基酸	Glu	2.10	0.05
Asp		2.60	0.03	86.72
Lys		1.43	0.50	2.87
苦味氨基酸	Leu	1.55	3.80	0.41
	Val	1.02	1.50	0.68
	Ile	0.80	0.90	0.88
	Met	0.20	0.30	0.66
	Arg	1.10	0.10	10.98
	Trp	-	-	-
芳香味氨基酸	Phe	1.07	1.50	0.71
	Tyr	0.75	2.60	0.29
	Cys	-	-	-

2.8 红花苗药效氨基酸分析

药效氨基酸 (Medical Amino Acids, M) 通常包括 Asp、Glu、Gly、Met、Leu、Tyr、Lys、Arg 和 Phe 九种氨基酸,是维持机体氮平衡所必需的氨基酸,但是通常含量较少,且部分氨基酸人体自身尚不能直接合成,需要从食物或药物进行补充。

表 6 表明,参试红花苗中检测出 9 种药效氨基酸,种类丰富。9 种药效氨基酸占总氨基酸的质量分数为

69.00%,高于冬虫夏草^[24]和枸杞^[28],说明红花苗具备一定的药用价值。9 种药效氨基酸中 Asp 含量最高,占药效氨基酸总含量的 22.07%。Glu 含量占药效氨基酸总含量的 17.84%,居第二位。Asp 具有增强肝功能、改善西安脑血管疾病、缓解疲劳、提高机体免疫力的功效^[36]。Glu 具有治疗神经衰弱和精神分裂症、护肝解毒、缓解疲劳等功效^[37],还能降血压、改善机体神经机能^[38]。红花苗富含 Asp 和 Glu,可能就是红花苗具有保健功效,可提高机体免疫功能的重要原因。

表 6 红花苗药效氨基酸的含量及比例

Table 6 The contents and percentages of therapeutic amino acid in safflower seedling

药效氨基酸	平均含量	占总药效氨基酸质量分数/%
Asp	2.60	22.07
Glu	2.10	17.84
Gly	0.98	8.29
Met	0.20	1.67
Leu	1.55	13.17
Tyr	0.75	6.40
Lys	1.43	12.16
Arg	1.10	9.31
Phe	1.07	9.06
药效氨基酸总量 (药效氨基酸/总氨基酸)%	11.79	69.00

3 结论

红花苗属于蛋白质含量较高、可溶糖含量较低、高钾、高钙、低钠的食物,且抗坏血酸含量远大于常见的 6 种蔬菜。蛋白质平均含量较 6 种常见蔬菜高出 40%左右;可溶糖含量低于 6 种常见蔬菜;平均抗坏血酸含量为 6 种常见蔬菜的 2~4 倍。矿质元素钾、钙、铁、镁含量为 6 种常见蔬菜的 1.3~1.7 倍,钠含量极低,是 6 种常见蔬菜的七分之一。总氨基酸含量 E 较高,氨基酸类型齐全。E/T 值和 E/N 值均与人体氨基酸比例相近,EAAI 值都接近 1,与 FAO/WHO 模式和全鸡蛋蛋白模式的贴切度分别达到 0.89~0.93 和 0.90~0.95,均属优质蛋白,营养价值较高。必须氨基酸比值系数分 SRC 位于 60.25%~76.40%之间,E/T 和 E/N 分别与 FAO/WHO 理想蛋白质标准比较接近,蛋白营养价值相对比较均衡。红花苗风味氨基酸中,Asp 平均含量最高,氨基酸含量阈值比 RTC 最大,对红花苗呈味的影响最大。鲜味氨基酸含量的质量分数均超过 38%,甜味氨基酸含量 S 大于苦味氨基酸含量 B,红花苗口味良好。9 种药效氨基酸占总氨基酸的质量

分数为 69.00%，具有一定的药用价值。本研究对于实际生产具有较强的应用价值，可以为专用型和特用型红花优异种质资源筛选、新品种选育和红花综合利用提供理论参考。

参考文献

- [1] 梁慧珍,董薇,余永亮,等.国内外红花种质资源研究进展[J].安徽农业科学,2015,43(16):71-74.
- [2] 国家药典委员会.中华人民共和国药典[M].北京:中国医药科技出版社,2020.
- [3] Hojati M, Karimi M, Ghanati F. Responses of growth and antioxidant systems in *Carthamus tinctorius* L. under water deficit stress [J]. Acta Physiologiae Plantarum, 2011, 33(1): 105-112.
- [4] 胡喜巧,杨文平,黄玲,等.不同氮源对红花幼苗生长及营养成分影响[J].西北植物学报,2019,39(11):2044-2052.
- [5] 艾散江·艾海提,王瑾,关明.高效液相色谱法分离分析药食同源红花中羟基红花黄色素 A[J].食品科学,2016,37(12): 152-155.
- [6] Brenda B, Melania M, Katelyn S, et al. Effects of CD36 genotype on oral perception of oleic acid supplemented safflower oil emulsions in two ethnic groups: A preliminary study [J]. Journal of Food Science, 2018, 83(5): 1373-1380.
- [7] Mansouri F, Ben M A, Richaed G, et al. Proximate composition, amino acid profile, carbohydrate and mineral content of seed meals from four safflower (*Carthamus tinctorius* L.) varieties grown in north-eastern Morocco [J]. Oilseeds and fats, Crops and Lipids, 2018, 25(2): A202-A202.
- [8] 梁慧珍,许兰杰,余永亮,等.红花籽油中脂肪酸组成评价与分析[J].食品科学,2021,42(6):244-249.
- [9] 梁慧珍,许兰杰,余永亮,等.红花双列杂交后代羟基黄色素 A 含量的遗传效应分析[J].作物杂志,2020,36(6):47-53.
- [10] 陈红芝,成元刚,魏燕丽,等.红花芽菜不同发育期氨基酸含量的变化[J].广东农业科学,2012,39(20):31-34.
- [11] 成元刚.温度、光照对红花芽菜发育的影响及成分检测[D].新乡:河南科技学院,2012.
- [12] Kim T, Chang M, Ju Y, et al. Nutritional evaluation of leafy safflower sprouts cultivated under different-colored lights [J]. Korean Journal of Food Science and Technology, 2012, 44(2): 224-227.
- [13] 张莹丽,孙思胜,朱明涛,等.特色蔬菜红花苗高产优质栽培技术[J].现代农业科技,2019,13:76-77.
- [14] 胡喜巧,陈红芝,孟丽,等.采收时期对红花苗菜产量及营养成分的影响[J].北方园艺,2013,12:165-167.
- [15] Kumar E S, Kuna A, Padmavathi P, et al. Nutrient composition of selected cultivars of safflower (*Carthamus tinctorius* L.) leaves during different crop growth stages to water stress [J]. Journal of Oilseeds Research, 2016, 33(4): 216-220.
- [16] 陈守一,罗昌国,王红林,等.贵州晚熟李的氨基酸组成及营养价值评价[J].食品研究与开发,2021,42(24):34-40.
- [17] GB/T 5009.124-2016,食品安全国家标准食品中氨基酸的测定[S].
- [18] 黄远丽,孙思,温文娟,等.基于氨基酸模式对乳基奶粉的营养状况调查[J].现代食品,2019,3:185-192.
- [19] 李晓红,句荣辉,王辉,等.小麦和荞麦芽苗菜粉营养价值评价[J].食品研究与开发,2022,43(3):66-72.
- [20] 曾昕,冉磊.维生素 C 对皮肤健康的促进作用研究进展[J].现代医药卫生,2020,36(19):3108-3110.
- [21] 王青.中国高血压和心脑血管事件预防的高钾低钠饮食战略[J].科学通报,2011,56(16):1322-1326.
- [22] 陈蓉,吴启南,沈蓓.不同产地芡实氨基酸组成分析与营养价值评价[J].食品科学,2011,32(15):239-244.
- [23] 王丽,宋志峰,黄璜,等.HPLC 测定不同产地冬虫夏草中氨基酸的含量[J].中成药,2010,32(6):984-987.
- [24] 严冬,杨鑫岷.西藏不同产地冬虫夏草中氨基酸成分分析及其营养价值评价[J].中国农学通报,2014,30(3):281-284.
- [25] 侯成立,李欣,王振宇,等.不同部位牦牛肉氨基酸、脂肪酸含量分析与营养价值评价[J].肉类研究,2019,33(2):52-57.
- [26] 周红,张萍.新疆野核桃坚果氨基酸含量及营养评价[J].西北林学院学报,2019,34(2):148-153.
- [27] 孙娟娟,阿拉木斯,赵金梅,等.6 个紫花苜蓿品种氨基酸组成分析及营养价值评价[J].中国农业科学,2019,52(13): 2359-2367.
- [28] 王益民,王玉,任晓卫,等.不同枸杞品种氨基酸含量分析研究[J].食品科技,2014,39(2):74-77.
- [29] 张丽梅,陈警瑛,黄玉吉,等.山药品种间氨基酸含量的差异性研究[J].氨基酸和生物资源,2008,30(2):12-15.
- [30] Branca M S, Casal S, Andrade P B, et al. Free amino acid composition of quince (*Cydonia oblonga* Miller) fruit (pulp and peel) and jam [J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2004, 52(5): 1201-1206.
- [31] 田艳花,张立伟,田叶,等.11 种红枣氨基酸组成及主成分分析[J].分子植物育种,2018,16(4):1300-1306.
- [32] 欧行奇,李新华,朱杉.甘薯茎尖与常见叶菜类蔬菜氨基酸含量及组成的比较分析[J].氨基酸和生物资源,2007,29(3): 70-74.
- [33] 程远,万红建,姚祝平等.不同品种樱桃番茄氨基酸组成及风味分析[J].核农学报,2019,33(11):2177-2185.

- [34] 赵文琦,夏菲,第五文博,等.5 种高山蔬菜的氨基酸含量分析及营养评价[J].安徽农业科学,2020,48(10):157-160.
- [35] 陈巧玲,李忠海,陈素琼.5 种地产食用菌氨基酸组成比较及营养评价[J].食品与机械,2014,30(6):43-46.
- [36] Miyamoto A, Yamanaka T, Suzuki S, et al. Oligomeric state of the aspartate: Alanine transporter from *Tetragenococcus halophilus* [J]. The Journal of Biochemistry, 2022, 172(4): 217-224.
- [37] Chen I, Wu Q, Font J, et al. The twisting elevator mechanism of glutamate transporters reveals the structural basis for the dual transport-channel functions [J]. Current Opinion in Structural Biology, 2022, 75(8): 102405-102405.
- [38] 芦星淼,朱毅.刺梨中氨基酸随成熟度变化及营养价值分析[J].食品研究与开发,2020,41(22):12-16.

现代食品科技