

# 综合评价比较菜心及其近缘亚种蔬菜氨基酸营养价值

原远<sup>1,2</sup>, 周贤玉<sup>2</sup>, 李光光<sup>2</sup>, 郑岩松<sup>2</sup>, 江定<sup>2</sup>, 任海龙<sup>2</sup>, 雷建军<sup>1\*</sup>, 张华<sup>2\*</sup>

1(华南农业大学 园艺学院, 广东 广州, 510642) 2(广州市农业科学研究院, 广东 广州, 510000)

**摘 要** 综合评价比较菜心与近缘亚种蔬菜氨基酸营养价值。根据食品氨基酸含量测定方法, 氨基酸比值系数法、主成分分析等方法, 综合评价比较氨基酸品质。菜心及近缘亚种蔬菜氨基酸种类丰富, 富含 7 种必需氨基酸, 其中谷氨酸含量最高, 丙氨酸、天冬氨酸等次之, 半胱氨酸含量最低。但菜心氨基酸总量低于近缘亚种蔬菜。其中, 四九-19 菜心必需氨基酸营养价值最高; 增城迟菜心酸鲜风味氨基酸含量仅次于京春娃娃菜、新红杂 60 菜薹, 但必需氨基酸模式更符合人体需求。建立了氨基酸综合评价模型, 得出菜心氨基酸综合品质居中, 杂 1613 油菜薹、农普奶白菜最佳。四九-19、增城迟菜心必需氨基酸营养价值较高, 具较大加工及推广潜力, 以期对菜心加工及品种推广提供一定理论参考。

**关键词** 菜心; 近缘亚种; 氨基酸; 主成分分析; 综合评价及比较

我国是栽培及食用十字花科蔬菜最多的国家。不少十字花科蔬菜因含较多酚类化合物、硫代葡萄糖苷、类黄酮等多种具有杀菌、抗炎、护胃、防癌、抗氧化等活性物质, 被视作防病强身的佳选食材。菜薹包含绿菜薹、红菜薹和白菜薹, 与油菜、娃娃菜及奶白菜均属于十字花科芸薹属种内不同亚种蔬菜, 其生长、发育及表观形态不尽相同, 且各自具有独特风味。菜心(绿菜薹)富含多种营养成分及矿质元素, 具有芸薹属特殊清香, 是理想的能量和纤维素来源<sup>[1]</sup>。氨基酸对十字花科蔬菜风味物质合成具有重要作用<sup>[2]</sup>, 可呈现甜、苦、酸鲜等口感风味, 还具保鲜、调味、增香及除臭等功效。氨基酸种类及含量直接影响蔬菜风味品质, 同时也是评价营养品质的重要指标<sup>[3-6]</sup>。研究表明, 菜心含有丰富的蛋白质, 其中 8 种必需氨基酸含量充足, 尤其是富含一般谷类较为缺乏的赖氨酸<sup>[7]</sup>。对红菜薹不同部位氨基酸含量的研究表明, 其薹叶较薹茎具有更高的营养和药用价值<sup>[8]</sup>。宋廷宇等<sup>[9]</sup>对 4 个薹菜品种氨基酸含量的分析, 表明薹菜以脂肪族氨基酸为主, 芳香族和吡啶族氨基酸也占有较大比例。除此之外, 还比较了白菜类 8 个品种蔬菜的营养成分, 得出氨基酸含量总体趋势是薹菜高于白菜和大白菜<sup>[10]</sup>。

氨基酸比值系数法(ratio coefficient of amino acid,

RCAA)是基于氨基酸平衡理论设计的一种评价蛋白质营养价值的方法<sup>[11]</sup>。目前, 研究菜心氨基酸营养价值的报道较少, 特别是综合评价菜心与近缘亚种蔬菜氨基酸营养价值的研究更为少见。本研究选取菜心不同熟性品种各 1 种, 菜薹类的红菜薹、油菜薹及白菜类的奶白菜、娃娃菜品种各 1 种, 采用氨基酸比值系数法、相关性分析及主成分分析法(principle components analysis, PCA), 比较 7 种材料氨基酸组成及含量异同, 进而综合评价及比较菜心与近缘亚种蔬菜间氨基酸营养价值差异, 以期对菜心加工及品种推广提供一定的理论参考。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料选择

四九-19 菜心(早熟)、油绿 702 甜菜心(中熟)、增城迟菜心(迟熟)、杂 1613 油菜薹、新红杂 60 菜薹、京春娃娃菜和农普奶白菜于 2017 年 9~11 月直播于广州市农业科学研究院花都试验基地。小区面积 6.00 m<sup>2</sup>, 株间距 0.18 m×0.18 m, 行距 0.30 m, 常规田间管理, 随机区组排列, 2017 年 12 月至 2018 年 1 月完成采样。

### 1.2 主要仪器与设备

BINDER ED23 对流式烘箱, 德国宾德; SYKAM S-433D 氨基酸分析仪, 德国制造。

### 1.3 实验方法

氨基酸含量测定参照 GB 5009.124—2016《食品中氨基酸的测定方法》<sup>[12]</sup>。

第一作者: 博士, 农艺师(张华研究员和雷建军教授为共同通讯作者, E-mail: 1479871217@qq.com, jjlei@scau.edu.cn)。

基金项目: 广州市支农资金(穗财编[2019]102号); 广东省科技计划(2017LM4177); 广州市科技计划(201804010094)

收稿日期: 2019-01-21, 改回日期: 2019-03-11

各选取代表株 10 棵,洗净,烘箱 110 ℃灭酶活性 20 min,50 ℃烘干至恒重,研磨过 100 目筛,4 ℃保存,次日送至华南农业大学测试中心检测。

色谱条件:色谱柱为 LCA K07/Li,柱温:38 ~ 74 ℃ (梯度控温);流动相:柠檬酸锂(流动相 A = pH 2.90,流动相 B = pH 4.20,流动相 C = pH 8.00);流速:洗脱泵 0.45 mL/min,衍生泵 0.25 mL/min;通道 1 检测波长 570 nm,采集时间 32 min;通道 2 检测波长 440 nm,采集时间 10 min;反应器温度:130 ℃。

1.4 氨基酸评价方法

氨基酸比值系数法评价蛋白质营养价值,与 FAO/WHO 标准模式谱<sup>[13]</sup>和鸡蛋蛋白模式进行比较<sup>[14]</sup>。

参照何洁等<sup>[15]</sup>方法,计算总氨基酸(total amino acids,TAA)、必需氨基酸(essential amino acids,EAA)、非必需氨基酸总量(non-essential amino acids,NEAA)、必需氨基酸/非必需氨基酸(EAA/NEAA)、必需氨基酸/总氨基酸(EAA/TAA)、婴幼儿必需氨基酸(infant essential amino acids,IEAA)、赖氨酸/必需氨基酸(Lys/EAA)、呈味氨基酸(flavor amino acids,FAA),以及氨基酸比值(ratio of amino acid,RAA)、RCAA 和氨基酸比值系数分(score of ratio coefficient of amino acid,SRCAA)。

不同氨基酸具有不同风味<sup>[16]</sup>:以苏氨酸(Thr)、丝氨酸(Ser)、甘氨酸(Gly)、丙氨酸(Ala)、脯氨酸(Pro)之和计算甜味氨基酸(sweet amino acids,SAA)。

以谷氨酸(Glu)、天冬氨酸(Asp)含量之和计算鲜味和酸味氨基酸(sour and monosodium glutamate-like amino acids,SMAA)<sup>[17]</sup>。

以缬氨酸(Val)、蛋氨酸(Met)、异亮氨酸(Ile)、亮氨酸(Leu)、苯丙氨酸(Phe)、精氨酸(Arg)、组氨酸(His)之和计算苦味氨基酸(bitter amino acids,BAA)。

1.5 数据处理

采用 Excel、SPSS 22.0 软件对实验数据进行显著性、相关性及主成分分析。开展菜心及近缘亚种蔬菜氨基酸含量相关程度适用性检验,依照相关系数大小衡量原始变量间的线性相关程度。运用主成分分析法分析各试材氨基酸主成分,获得相关系数矩阵特征值、方差贡献率及累积方差贡献率,提取主成分并进行氨基酸质量综合评价,得分越高者氨基酸品质越优。

2 结果与分析

2.1 氨基酸含量及种类分析

谷氨酸不仅是主要的鲜味氨基酸,是谷氨酰胺等氨基酸的合成前体,作为一种功能性氨基酸还具有改善肠道完整性、增强肠道屏蔽功能和抗氧化、促进肠道发育等多种作用<sup>[18-20]</sup>。丙氨酸可加速人体对摄入乙醇的分解代谢,是一种天然肝脏保护剂<sup>[21]</sup>。亮氨酸、异亮氨酸和缬氨酸联合修复肌肉,控制血糖,提供能量<sup>[22]</sup>。表 1 所示 7 份材料 TAA 在 18.45 ~ 24.94 g/100 g 干重,油菜薹最高(24.94 g/100 g),菜心较低(18.45 ~ 19.37 g/100 g),从大到小顺序为:杂 1613 油菜薹 > 农普奶白菜 > 新红杂 60 菜薹 > 油绿 702 甜菜心 > 京春娃娃菜 > 四九-19 菜心 > 增城迟菜心。

表 1 氨基酸组成及含量

单位:g/100 g

Table 1 Amino acid composition and content							
氨基酸种类	四九-19菜心	油绿 702菜心	增城迟菜心	杂 1613油菜薹	新红杂 60菜薹	京春娃娃菜	农普奶白菜
Asp	0.33	1.60	1.61	2.09	1.62	1.36	1.83
Thr	0.98	1.14	0.88	1.26	0.82	0.68	1.11
Ser	0.99	1.09	0.94	1.22	0.86	0.71	1.12
Glu	3.16	2.37	4.04	4.25	5.44	7.44	3.07
Gly	1.12	1.28	0.93	1.40	0.87	0.62	1.34
Ala	1.93	2.09	1.66	2.28	2.00	2.30	2.21
Val	1.43	1.38	1.14	1.51	1.05	0.78	1.46
Met	0.20	0.19	0.20	0.25	0.18	0.11	0.10
Ile	1.01	0.98	0.83	1.19	0.78	0.61	1.08
Leu	1.68	1.70	1.34	2.07	1.17	0.70	1.98
Tyr	0.65	0.49	0.51	0.82	0.37	0.25	0.40
Phe	0.97	1.01	0.77	1.36	0.69	0.42	1.17
Lys	1.29	1.25	1.14	1.78	1.05	0.60	1.55
Cys	0.01	0.03	0.04	0.03	0.04	0.01	0.01
His	0.50	0.46	0.44	0.58	0.45	0.37	0.50
Arg	1.20	1.15	1.07	1.49	1.00	1.09	1.24
Pro	1.20	1.17	0.92	1.34	1.37	1.18	1.10
TAA	18.65	19.37	18.45	24.94	19.76	19.23	21.27
EAA	7.57	7.65	6.30	9.42	5.73	3.91	8.46
NEAA	11.08	11.70	12.11	15.49	13.99	15.31	12.80
IEAA	8.07	8.11	6.74	10.00	6.18	4.28	8.96
SAA	6.22	6.77	5.33	7.52	5.92	5.49	6.88
SMAA	3.49	3.97	5.65	6.34	7.07	8.80	4.90
BAA	7.00	6.88	5.78	8.45	5.31	4.08	7.53
EAA/TAA	40.57	39.49	34.12	37.76	29.01	20.34	39.78
EAA/NEAA	68.33	65.42	51.96	60.81	40.97	25.54	66.10
Lys/EAA	17.05	16.27	18.16	18.90	18.30	15.39	18.36

注:EAA/TAA、EAA/NEAA、Lys/EAA 分别表示必需氨基酸占总氨基酸的比值、必需氨基酸占非必需氨基酸的比值、赖氨酸占必需氨基酸的比值,均无单位。

所含 17 种氨基酸中,谷氨酸含量最高(2.37 ~ 7.44 g/100 g),且材料间差异较大,京春娃娃菜的谷氨酸含量约为油绿 702 甜菜心的 3.14 倍,依次为:京春娃娃菜 > 新红杂 60 菜薹 > 杂 1613 油菜薹 > 增城迟菜心 > 四九-19 菜心 > 农普奶白菜 > 油绿 702 甜菜

心。丙氨酸、天冬氨酸、亮氨酸、缬氨酸、赖氨酸、甘氨酸含量次之,半胱氨酸含量最低。

7个样品中,EAA含量(3.91~9.42 g/100 g),以杂1613油菜薹最高,约为京春娃娃菜的2.41倍,农普奶白菜次之,菜心居中(6.30~7.65 g/100 g)。而四九-19菜心EAA/TAA为0.41,EAA/NTAA为0.68,均高于FAO/WHO推荐的理想蛋白模式,属优质蛋白<sup>[23]</sup>。农普奶白菜和油绿702菜心EAA/TAA(0.40,0.39)接近0.40,EAA/NTAA高于0.60(0.66,0.65),也是较为理想的富含蛋白质的蔬菜。赖氨酸具有多种功能,可改善人类膳食营养,促进幼儿生长发育,是合成大脑神经再生细胞蛋白的必需氨基酸<sup>[24]</sup>。杂1613油菜薹Lys/EAA最高(0.19),京春娃娃菜最低(0.15),增城迟菜心(0.18)、四九-19菜心(0.17)、油绿702甜菜心(0.16)居中。

2.2 呈味氨基酸组成分析

研究表明,水果中影响风味的氨基酸主要分为酸鲜味、甜味和苦味氨基酸<sup>[25]</sup>,其含量与比例是衡量蛋白质品质指标之一<sup>[26]</sup>。图1参照何洁等<sup>[15]</sup>呈味氨基酸分类方法,结果表明菜心及近缘亚种蔬菜呈味氨基酸总量以杂1613油菜薹最高(22.31 g/100 g),农普奶白菜(19.31 g/100 g)次之,增城迟菜心最低(16.76 g/100 g)。

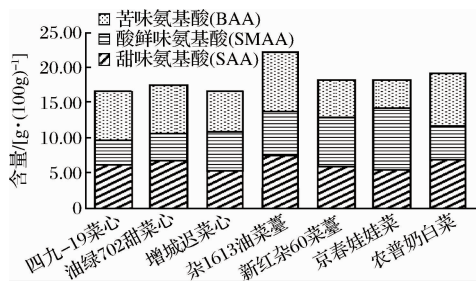


图1 呈味氨基酸含量  
Fig.1 Content of flavor amino acid

除京春娃娃菜与新红杂60菜薹SAA明显高于BAA、SMAA,增城迟菜心三类呈味氨基酸含量相当外,四九-19与油绿702菜心、杂1613油菜薹和农普奶白菜均表现为SMAA含量最低,而BAA与SAA相当,尤以四九-19、油绿702甜菜心和农普奶白菜较为明显。

各试材间,SAA含量相差不大(5.33~7.52 g/100 g),依次为杂1613油菜薹>农普奶白菜>油绿702甜菜心>四九-19菜心>新红杂60菜薹>京春娃娃菜>增城迟菜心;SMAA含量差异较大(3.49~8.80 g/100 g),京春娃娃菜含量最高(8.80 g/100 g),新红杂60菜薹次之(7.07 g/100 g),菜心较低(3.49~5.65 g/100 g);BAA含量(4.08~8.45 g/100 g)排序:杂1613油菜薹>农普奶白菜>四九-19菜心>油绿702甜菜心>增城迟菜心>新红杂60菜薹>京春娃娃菜。

可见,京春娃娃菜与新红杂60菜薹较其他材料,更多呈现出酸鲜风味,口感风味好。菜心3个材料中,增城迟菜心3类呈味氨基酸含量配比均匀,风味较好。

2.3 必需氨基酸营养价值评价

与FAO/WHO必需氨基酸评分模式比较,当SRCAA接近100时,说明蛋白质营养价值越高。RCAA=1表示蛋白质氨基酸组成含量比例与FAO/WHO模式一致,RCAA>1或RCAA<1表明相对过剩或不足,其中的最小者为第一限制性氨基酸。由表2中RCAA值可知,蛋氨酸与半胱氨酸为各材料第一限制性氨基酸<sup>[27]</sup>。而新红杂60菜薹和京春娃娃菜的亮氨酸,京春娃娃菜的赖氨酸、苯丙氨酸和酪氨酸的RCAA值略小于1,说明对应氨基酸含量相对不足,在饮食中应注意营养的均衡搭配<sup>[28]</sup>。各材料SRCAA为61.14~71.27,其中增城迟菜心、新红杂60菜薹最高(71.27,70.15),必需氨基酸模式更为符合人体必需氨基酸需要,具有较好的营养价值。杂1613油菜薹和四九-19、油绿702甜菜心居中,京春娃娃菜和农普奶白菜最低(61.14,61.39)。

表2 必需氨基酸比值系数分比较

Table 2 Comparison of SCRAA

氨基酸种类	FAO/WHO	四九-19菜心		油绿702甜菜心		增城迟菜心		杂1613油菜薹		新红杂60菜薹		京春娃娃菜		农普奶白菜	
		RAA	RCAA	RAA	RCAA	RAA	RCAA	RAA	RCAA	RAA	RCAA	RAA	RCAA	RAA	RCAA
Thr	40	0.24	1.08	0.29	1.26	0.22	1.15	0.32	1.12	0.20	1.19	0.17	1.43	0.28	1.15
Val	50	0.29	1.26	0.28	1.21	0.23	1.19	0.30	1.07	0.21	1.22	0.16	1.31	0.29	1.21
Met + Cys	35	0.06	0.27	0.06	0.27	0.07	0.36	0.08	0.28	0.06	0.35	0.03	0.29	0.03	0.13
Ile	40	0.25	1.11	0.25	1.08	0.21	1.09	0.30	1.05	0.20	1.14	0.15	1.28	0.27	1.11
Leu	70	0.24	1.06	0.24	1.07	0.19	1.00	0.30	1.05	0.17	0.97	0.10	0.84	0.28	1.16
Phe + Tyr	60	0.27	1.19	0.25	1.10	0.21	1.12	0.36	1.29	0.18	1.02	0.11	0.92	0.26	1.08
Lys	55	0.23	1.03	0.23	1.00	0.21	1.09	0.32	1.15	0.19	1.11	0.11	0.92	0.28	1.16
平均值	0.23	1.00	0.23	1.00	0.19	1.00	0.28	1.00	0.17	1.00	0.12	1.00	0.24	1.00	
SRCAA		66.75		66.69		71.27		67.30		70.15		61.14		61.39	

2.4 主成分分析与综合评价

2.4.1 相关性分析

如表 3 所示,各氨基酸种类含量间存在较强线性相关关系。苯丙氨酸和异亮氨酸之间的相关系数最

大为 0.994,其次为亮氨酸和异亮氨酸之间(0.991),苏氨酸和丝氨酸之间(0.990)。亦存在负相关关系,但多数呈正相关关系且大于 0.500,因此可进一步通过 PCA 研究各氨基酸含量与不同试材间的关系。

表 3 氨基酸种类间相关性分析

Table 3 Correlation analysis of amino acid

	Asp	Thr	Ser	Glu	Gly	Ala	Val	Met	Ile	Leu	Tyr	Phe	Lys	Cys	His	Arg	Pro
Asp	1	0.347	0.358	0.064	0.282	0.328	0.061	0.024	0.196	0.222	0.000	0.301	0.332	0.459	0.216	0.288	0.075
Thr	0.347	1	0.990	-0.756	0.984	0.230	0.932	0.461	0.960	0.958	0.739	0.974	0.932	0.050	0.878	0.805	0.155
Ser	0.358	0.990	1	-0.777	0.987	0.144	0.948	0.461	0.974	0.980	0.748	0.987	0.966	0.083	0.900	0.788	0.088
Glu	0.064	-0.756	-0.777	1	-0.818	0.293	-0.866	-0.316	-0.754	-0.813	-0.503	-0.727	-0.693	-0.059	-0.576	-0.312	0.239
Gly	0.282	0.984	0.987	-0.818	1	0.186	0.967	0.369	0.973	0.985	0.682	0.978	0.943	-0.017	0.871	0.749	0.110
Ala	0.328	0.230	0.144	0.293	0.186	1	0.034	-0.324	0.161	0.108	-0.080	0.198	0.111	-0.500	0.154	0.491	0.549
Val	0.061	0.932	0.948	-0.866	0.967	0.034	1	0.431	0.978	0.984	0.755	0.957	0.933	-0.067	0.891	0.710	0.073
Met	0.024	0.461	0.461	-0.316	0.369	-0.324	0.431	1	0.454	0.393	0.845	0.444	0.474	0.590	0.591	0.412	0.266
Ile	0.196	0.960	0.974	-0.754	0.973	0.161	0.978	0.454	1	0.991	0.796	0.994	0.977	-0.053	0.950	0.826	0.159
Leu	0.222	0.958	0.980	-0.813	0.985	0.108	0.984	0.393	0.991	1	0.732	0.988	0.973	-0.032	0.913	0.760	0.075
Tyr	0.000	0.739	0.748	-0.503	0.682	-0.080	0.755	0.845	0.796	0.732	1	0.774	0.781	0.173	0.871	0.778	0.205
Phe	0.301	0.974	0.987	-0.727	0.978	0.198	0.957	0.444	0.994	0.988	0.774	1	0.985	-0.003	0.946	0.838	0.162
Lys	0.332	0.932	0.966	-0.693	0.943	0.111	0.933	0.474	0.977	0.973	0.781	0.985	1	0.082	0.964	0.803	0.155
Cys	0.459	0.050	0.083	-0.059	-0.017	-0.500	-0.067	0.590	-0.053	-0.032	0.173	-0.003	0.082	1	0.066	-0.210	0.049
His	0.216	0.878	0.900	-0.576	0.871	0.154	0.891	0.591	0.950	0.913	0.871	0.946	0.964	0.066	1	0.846	0.339
Arg	0.288	0.805	0.788	-0.312	0.749	0.491	0.710	0.412	0.826	0.760	0.778	0.838	0.803	-0.21	0.846	1	0.276
Pro	0.075	0.155	0.088	0.239	0.110	0.549	0.073	0.266	0.159	0.075	0.205	0.162	0.155	0.049	0.339	0.276	1

2.4.2 氨基酸主成分分析

标准化处理数据后,以氨基酸含量为指标进行主成分分析。以方差累积贡献率为参考选择主成分<sup>[29]</sup>。表 4 中,特征值大于 1 且累积方差贡献率大于 85%,提取主成分 3 个,贡献率累积达 87.76%。由图 2 可知,第 1 主成分(64.25%)反映了所有苦味氨基酸,部分甜味氨基酸信息,及除蛋氨酸和半胱氨酸外的所有必需氨基酸,主要包括苯丙氨酸、异亮氨酸、丝氨酸、亮氨酸、赖氨酸、苏氨酸、甘氨酸等,第 2 主成分(13.08%)与丙氨酸、脯氨酸等甜味氨基酸关系密切,第 3 主成分(10.43%)主要与天冬氨酸、脯氨酸等酸鲜味氨基酸相关。

表 4 氨基酸主成分初始特征值及累积贡献率

Table 4 Initial eigenvalues of PC and cumulative contribution rate

主成分	起始特征值			提取平方和载入		
	总计	方差/%	累积/%	总计	变异/%	累积/%
1	10.92	64.25	64.25	10.92	64.25	64.25
2	2.22	13.08	77.33	2.22	13.08	77.33
3	1.77	10.43	87.76	1.77	10.43	87.76

2.4.3 氨基酸质量综合评价及比较

构建氨基酸营养价值综合评价模型: $F = 0.64 \times F_1 + 0.13 \times F_2 + 0.10 \times F_3$ ,得分见表 5。杂 1613 油菜薹 > 农普奶白菜 > 油绿 702 甜菜心 > 四九-19 菜心

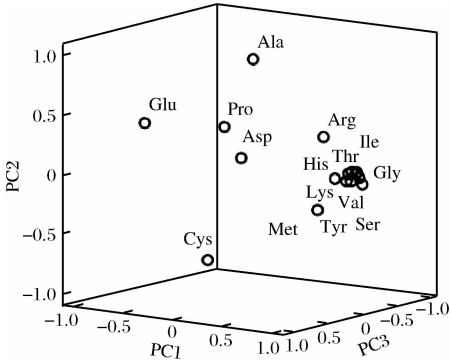


图 2 主成分因子载荷图

Fig. 2 Factor load diagram of principal component

> 新红杂 60 菜薹 > 增城迟菜心 > 京春娃娃菜,与 SAA 含量排序较为相近。其中杂 1613 油菜薹第 1 主成分得分远高于其他材料。结合图 1 可知,第 1 主成分主要代表了苦味、甜味氨基酸和必需氨基酸等指标。菜心第 1 主成分得分居中,京春娃娃菜、新红杂 60 菜薹得分最低,与苦味、甜味氨基酸含量不高有关。第 2 主成分得分中,京春娃娃菜得分最高,农普奶白菜和杂 1613 油菜薹为正值;第 3 主成分得分中,杂 1613 油菜薹与新红杂 60 菜薹远高于其他原料。由氨基酸营养价值综合得分可知,杂 1613 油菜薹得分最高,而增城迟菜心、新红杂 60 菜薹与京春娃娃菜为负值,说明这 3 种材料氨基酸综合质量未达到所选

样品氨基酸综合质量的平均值。就所选试材而言,杂 1613 油菜薹与农普奶白菜氨基酸综合品质最佳,菜心居中,京春娃娃菜最差。

蔬菜营养取决于其所含氨基酸和必需氨基酸的种类及含量等因素。以上 7 种白菜类蔬菜均可作为良好的氨基酸营养源,但又各具特点。如杂 1613 油菜薹 TAA 和 FAA 含量最高,综合评价最优,但 RCAA 居中。京春娃娃菜 TAA 含量居中,FAA 含量仅次于杂 1613 油菜薹,但 SMAA 含量最高,酸鲜风味最佳,而综合评价得分最低。

表 5 氨基酸得分和营养价值综合得分

Table 5 Amino acid component scores and nutrition value comprehensive scores

材料	$F_1$	$F_2$	$F_3$	综合得分	排序
四九-19 菜心	0.28	-0.38	-1.01	0.03	4
油绿 702 甜菜心	0.38	-0.32	-0.24	0.18	3
增城迟菜心	-0.39	-1.74	-0.10	-0.49	6
杂 1613 油菜薹	1.46	0.56	1.38	1.15	1
新红杂 60 菜薹	-0.69	-0.27	1.18	-0.36	5
京春娃娃菜	-1.63	1.23	0.06	-0.88	7
农普奶白菜	0.59	0.92	-1.27	0.37	2

### 3 结论

菜心及近缘亚种蔬菜氨基酸种类丰富,富含 7 种必需氨基酸,营养价值较高。其中谷氨酸含量最高,丙氨酸、天冬氨酸等次之,半胱氨酸含量最低。蛋氨酸与半胱氨酸为第一限制氨基酸,在饮食中应注意营养的均衡搭配。不同试材氨基酸含量差异较大:杂 1613 油菜薹 TAA、EAA、Lys/EAA 及 FAA 含量最高,但 BAA 含量也最高,而菜心各试材相关含量较为居中。但四九-19 菜心 EAA/TAA 与 EAA/NTAA 均高于 FAO/WHO 推荐蛋白模式,属优质蛋白。而增城迟菜心、新红杂 60 菜薹 SRCAA 最高(71.27,70.15),其必需氨基酸模式更为符合人体需要。

京春娃娃菜、新红杂 60 菜薹 SMAA 含量明显高于自身 BAA、SAA,且明显高于菜心各试材,酸鲜风味较为突出。在菜心各试材中,增城迟菜心为晚熟地方品种,三类呈味氨基酸含量配比均匀,且 SMAA 含量较高,酸鲜风味较好。

PCA 提取主成分 3 个,构建了综合评价模型: $F = 0.64 \times F_1 + 0.13 \times F_2 + 0.10 \times F_3$ 。得出杂 1613 油菜薹与农普奶白菜氨基酸综合品质最佳,菜心居中,京春娃娃菜最差。菜心试材中,总体以四九-19、增城迟菜心氨基酸品质较优,二者较具加工及推广潜力。在菜心育种、加工及推广时可根据氨基酸营养需要进

行适当选择。

### 参 考 文 献

- [1] 杨暹,郭巨先,刘玉涛. 华南特产蔬菜菜心的营养成分及营养评价[J]. 食品科技,2002,9:74-76.
- [2] 李娟,朱祝军. 植物中硫代葡萄糖苷生物代谢的分子机制[J]. 细胞生物学杂志,2005,27(5):519-524.
- [3] 吕雪娟,梁兰兰,黄华京,等. 游离氨基酸含量对食品风味特征的影响[J]. 食品科学,1996,17(3):10-12.
- [4] 蒋滢,徐颖,朱庚伯. 人类味觉与氨基酸味道[J]. 氨基酸和生物资源,2002,24(4):1-3.
- [5] 黄艳. 常见果蔬中游离氨基酸含量的测定[J]. 安徽农业科学,2013,41(9):4 088-4 089.
- [6] 薛敏,高贵田,赵金梅,等. 不同品种猕猴桃果实游离氨基酸主成分分析与综合评价[J]. 食品工业科技,2014,35(5):294-299.
- [7] 郭巨先,杨暹. 华南主要野生蔬菜氨基酸含量及营养价值评价[J]. 中国野生植物资源,2002,20(6):63-65.
- [8] 肖辉,何丹,徐跃进. 红菜薹 6 个品种氨基酸含量的分析比较[J]. 氨基酸和生物资源,2008,30(4):59-62.
- [9] 宋廷宇,侯喜林,何启伟,等. 不同薹菜品种氨基酸含量分析[J]. 中国蔬菜,2007(11):8-10.
- [10] 宋廷宇,侯喜林,何启伟,等. 薹菜、大白菜与白菜营养成分评价[J]. 山东农业科学,2007,5(27):21-22.
- [11] 朱圣陶,吴坤. 蛋白质营养价值评价—氨基酸比值系数法[J]. 营养学报,1988,10(2):187-190.
- [12] 中华人民共和国国家卫生和计划生育委员会. GB 5009.124—2016,食品安全国家标准食品中氨基酸的测定[S]. 北京:中国标准出版社.
- [13] FAO/WHO. Energy and protein requirement:Technical reportserie[R]. Geneva:World Health Organization,1973.
- [14] 杨月欣,王光亚,潘兴昌. 中国食物成分表 2002[M]. 北京:人民卫生出版社,2002.
- [15] 何洁,莫仁甫,劳水兵,等. 紫果西番莲和其它 5 种水果中氨基酸组分分析[J]. 食品工业科技,2018,39(6):298-300,316.
- [16] ZHENG J,ZHANG F,ZHOU C,et al. Changes in amino acid contents, texture and microstructure of bamboo shoots during pickling process[J]. International Journal of Food Science and Technology,2013,48(9):1 847-1 853.
- [17] 曾羽,陈兴福,张玉,等. 不同海拔菊花氨基酸组分及营养价值评价[J]. 食品与发酵工业,2014,40(4):190-194.
- [18] 王洪荣,季昀. 氨基酸的生物活性及其营养调控功能的研究进展[J]. 动物营养学报,2013,25(3):447-457.

- [19] JIAO N, WU Z L, JI Y, et al. L-glutamate enhances barrier and antioxidative functions in intestinal porcine epithelial cells[J]. The Journal of Nutrition, 2015, 145 (10): 2 258 – 2 264.
- [20] DENG H S, GERENCSEI A A, JASPER H. Signal integration by  $\text{Ca}^{2+}$  regulates intestinal stem cell activity[J]. Nature, 2015, 528 (7581): 212 – 217.
- [21] 史青青, 霍健聪, 俞晓雯, 等. 一种舟山海域海参 (*Pentacta inornata*) 营养成分分析与评价[J]. 食品工业, 2015, 4(2): 270 – 273.
- [22] 李杨梅, 贺稚非, 任灿, 等. 四川白兔的氨基酸组成分析及营养价值评价[J]. 食品与发酵工业, 2017, 43(3): 217 – 223.
- [23] 杨旭坤, 王禄祥, 刘艳芳, 等. 7 种云南野生食用菌的氨基酸组成比较分析及营养评价[J]. 食品安全质量检测学报, 2016, 7(10): 3 912 – 3 917.
- [24] POWELL C D, CHOWDHURY M A K, BUREAU D P. Assessing the bioavailability of L-lysine sulfate compared to L-lysine HCl in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) [J]. Aquaculture, 2015, 448(1): 327 – 333.
- [25] KIRIMURA J, SHIMIZU A, KIMIZUKA A, et al. Contribution of peptides and amino acids to the taste of foods[J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 1969, 17(4): 689 – 695.
- [26] 袁初蕾, 邓尚贵, 励建荣, 等. 养殖大黄鱼鱼鳔的营养及安全评价[J]. 食品与发酵工业, 2018, 44(2): 217 – 222.
- [27] 张楷正, 曹新志, 肖雄峻, 等. 啤酒的氨基酸组成及营养评价[J]. 食品与发酵工业, 2016, 42(3): 202 – 206.
- [28] 高仿, 田英姿, 丁晓丽, 等. 新疆精河地区四种枸杞果实品质比较分析[J]. 现代食品科技, 2017, 33(5): 1 – 8.
- [29] 李俊芳, 马永坤, 张荣, 等. 不同果桑品种成熟桑椹的游离氨基酸主成分分析和综合评价[J]. 食品科学, 2016, 37(14): 132 – 137.

## Comprehensive evaluation and comparison of nutritional values of amino acids of Chinese flowering cabbage and related subspecies vegetables

YUAN Yuan<sup>1,2</sup>, ZHOU Xianyu<sup>2</sup>, LI Guangguang<sup>2</sup>, ZHENG Yansong<sup>2</sup>,  
JIANG ding<sup>2</sup>, REN Hailong<sup>2</sup>, LEI Jianjun<sup>1\*</sup>, ZHANG Hua<sup>2\*</sup>

1 (College of Horticulture, South China Agricultural University, Guangzhou 510642, China)

2 (Guangzhou Institute of Agriculture Science, Guangzhou 510000, China)

**ABSTRACT** The nutritional values of amino acids of Chinese flowering cabbage and related subspecies were comprehensively evaluated and compared. The contents of amino acids and amino acid ratio coefficient (RCAA) were measured. It was found that samples had various amino acids, and they all had seven kinds of essential amino acids (EAA). Among which, the content of glutamic acid (Glu) was the highest, followed by alanine (Ala) and aspartic acid (Asp), and the level of cysteine (Cys) was the lowest. However, the content of total amino acids (TAA) in Chinese flowering cabbage was lower than others. Moreover, Sijiu-19 owned the highest nutritional value of EAA. The sour and MSG-like amino acid (SMAA) content in Zengcheng was slightly lower than Jingchun and No. 60 Purple-cai-tai, but its EAA model was more suitable for human. Besides, an established comprehensive evaluation model showed that No. 1613-Rape bolt and Nongpu owned the best comprehensive quality. Overall, it was concluded that Sijiu-19 and Zengcheng had better protein quality, which provides a reference for processing and promoting Chinese flowering cabbage.

**Key words** Chinese flowering cabbage; related subspecies; amino acids; principle component analysis; comprehensive evaluation and comparison