

# 双低油菜籽蛋白氨基酸组成分析及营养价值评价

张欢欢<sup>1</sup>, 梁叶星<sup>1</sup>, 张玲<sup>1</sup>, 曾志红<sup>1</sup>, 李雪<sup>1</sup>, 李艳花<sup>2</sup>, 黄桃翠<sup>3\*</sup>, 张雪梅<sup>1</sup>, 杨世雄<sup>1</sup>

1(重庆市农业科学院农产品贮藏加工研究所, 重庆, 401329)

2(重庆市农业科学院特色作物研究所, 重庆, 402160)

3(重庆市农业科学院水稻研究所, 重庆, 400000)

**摘要** 以4种双低油菜籽为原料,使用氨基酸自动分析仪测定脱脂菜籽粕中菜籽蛋白的氨基酸组成,并应用氨基酸比值系数法和模糊识别法对其营养价值进行评价。结果表明,4种双低菜籽蛋白中均可检测到19种氨基酸;4种菜籽蛋白的总氨基酸含量在809.99~855.11 mg/g蛋白,必需氨基酸占氨基酸总量的34.4%~35.5%,必需氨基酸与非必需氨基酸含量之比为0.524~0.543;4种双低菜籽蛋白的氨基酸比值系数为87.71~90.96,庆油3号菜籽蛋白的第一限制氨基酸为异亮氨酸,其他品种菜籽蛋白的第一限制氨基酸均为蛋氨酸+胱氨酸;4种双低菜籽蛋白与FAO/WHO模式的贴进度在0.959~0.975,与鸡蛋蛋白模式贴进度在0.872~0.894。该研究为菜籽蛋白产品开发提供理论依据,也为双低油菜育种提供更全面的视角。

**关键词** 双低菜籽蛋白;氨基酸组成;营养价值评价

油菜籽是世界范围内重要的油料作物,同时也是重要的蛋白质作物,全球油菜种植面积在主要油料作物中位居第二<sup>[1]</sup>,目前我国油菜籽年产量已达1 327.41万t(国家统计局,2017)。双低油菜籽是由加拿大植物育种家STEFSSON于1974年从普通高芥酸油菜籽遗传改良而成<sup>[2]</sup>,与传统高芥酸油菜籽相比,双低油菜籽的芥酸含量(<2%,油)和硫代葡萄糖苷含量(<30 μmol/g,饼粕)均大幅降低<sup>[3]</sup>。不同品种双低油菜籽的营养成分差异较大,筛选出氨基酸含量丰富且均衡的双低油菜品种对于促进双低油菜粕资源的合理利用,指导品种选育及种植具有重要意义。目前,关于油菜籽的研究主要集中在菜籽油的品质<sup>[4-6]</sup>、菜籽饼粕脱毒及蛋白质的提取<sup>[7-8]</sup>等方面,对菜籽饼粕中组成人体蛋白的17种氨基酸进行简单定性定量测定的有些报道<sup>[2]</sup>,但对双低油菜籽蛋白中所有氨基酸进行测定并进行营养评价的鲜见报道。为此,本实验选取4种双低油菜籽,首先测定双低油菜籽的主要品质特征指标,用正己烷脱脂后,对脱脂菜籽粕中的菜籽蛋白进行氨基酸组成分析及营养价值评价,通过综合比较分析,评价4种双低油菜籽的营养价值,得出更符合人体需求的双低菜籽品种,这对双

低菜籽品种的选育、种植及推广具有一定的指导意义,也为双低菜籽蛋白在食品工业中的应用提供参考。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料与试剂

庆油3号双低油菜籽由重庆市农业科学院水稻研究所提供,重蓉油1号、渝南油683、中双10号双低油菜籽由重庆市农业科学院特色作物研究所提供。

甲醇(色谱纯),美国Honeywell公司;35种氨基酸混合标准品、茚三酮、缓冲液A、B、C、D、再生液和样品稀释液等,均购于德国Sykam公司;其他实验所用试剂均为国产分析纯。

### 1.2 仪器与设备

S433D型氨基酸自动分析仪(锂系统,可检测35种氨基酸),德国Sykam公司;SKD-100型自动凯氏定氮仪,上海沛欧分析仪器有限公司;HSC-24B型氮吹仪,天津市恒奥科技发展有限公司;NIRSystem型近红外快速品质分析仪,瑞典FOSS公司。

### 1.3 方法

#### 1.3.1 油菜籽主要品质特征的分析

按照GB 5009.3—2016《食品中水分的测定》中的直接干燥法测定油菜籽的水分含量;按照GB 5009.5—2016《食品中蛋白质的测定》中的凯氏定氮法测定油菜籽的蛋白质含量;按照GB 5009.6—2016《食品中脂肪的测定》中的索氏抽提法测定油菜籽的含油量;按照GB 5009.4—2016《食品中灰分的测定》

第一作者:硕士研究生(黄桃翠副研究员为通讯作者,E-mail:363391579@qq.com)。

基金项目:重庆市农业科学院青年创新团队项目“突破性油菜品种培育及配套技术研究”(NKY-2018QC01)

收稿日期:2018-12-24,改回日期:2019-01-12

中的(550±25)℃灰化炉法测定油菜籽的灰分含量;采用近红外光谱仪测定油菜籽中芥酸和硫代葡萄糖甙(简称硫甙)含量。

1.3.2 原料预处理

油菜籽经除杂、粉碎后,用正己烷索氏抽提 10 h 脱脂,置 35℃烘箱中烘 1 h,得脱脂菜籽粕,用凯氏定氮法测定脱脂菜籽粕中蛋白质的含量。

1.3.3 氨基酸组成与含量分析

准确称取 60 mg 脱脂菜籽粕于 20 mL 厌氧水解管中,加入 10 mL 6 mol/L HCl(含 1 g/L 的苯酚),将样品全部浸没,水解管置于冰块中冷冻 10 min 后充高纯氮气 15~30 s,移开氮气后立即盖好软塞,旋紧密封盖。将水解管置于(110±1)℃恒温烘箱中水解 22 h,取出冷却,打开水解管过滤,滤液用蒸馏水定容至 25 mL,准确吸取 1 mL 滤液,用氮吹仪吹干,加入 2 mL 样品稀释液,振荡混匀,用 0.22 μm 滤膜过滤,滤液供上机用。

1.3.4 营养价值评价

1.3.4.1 氨基酸比值系数法

氨基酸比值系数是根据氨基酸平衡理论,利用 FAO/WHO 提出的必需氨基酸模式,计算样品蛋白质中 EAA 的氨基酸比值(ratio of amino acid, RAA)、氨基酸比值系数(ratio coefficient of amino acid, RC)和比值系数分(score of RC, SRC),三者计算公式<sup>[9]</sup>如式(1)、(2)和(3):

RAA = 待评蛋白质某 EAA 含量 mg/g 蛋白质 / WHO/FAO 式中相应 EAA 含量 mg/g 蛋白质 (1)

RC = RAA / RAA (2)

SRC = 100 - 100 × CV (3)

式中:CV 为 RC 的变异系数;CV = 标准差/均数;R<sub>AA</sub> 为 RAA 的平均值。

1.3.4.2 模糊识别法<sup>[10-11]</sup>

根据兰氏距离法定义对象 *u* 与标准蛋白 *a* 的贴近度 *U(a, u)*,贴近度可以反映评价对象的蛋白质与模式蛋白的接近程度,贴近度越接近于 1,表明该蛋白与模式蛋白接近程度越高,贴近度计算公式如式(4):

U(a, u<sub>i</sub>) = 1 - 0.09 × ∑<sub>k=1</sub><sup>7</sup> |a<sub>k</sub> - u<sub>ik</sub>| / (a<sub>k</sub> + u<sub>ik</sub>) (4)

式中:*a<sub>k</sub>* 为标准蛋白模式的第 *k* 种 EAA 含量(mg/g), 1≤*k*≤7; *u<sub>ik</sub>* 为第 *i* 个评价对象的第 *k* 种 EAA 含量(mg/g), 1≤*k*≤7。

1.4 数据处理

采用 Excel 和 DPS 7.05 软件对数据进行整理及

统计分析。

2 结果与分析

2.1 4 种双低油菜籽的主要品质特征分析

4 种油菜籽的蛋白质、脂肪、灰分、芥酸和硫甙等含量测定结果见表 1。由芥酸含量<2%,硫甙含量<30 μmol/g 判断出 4 种油菜籽均为双低油菜籽。双低油菜籽与传统一般油菜籽的差别主要体现在芥酸和硫甙含量上,一般油菜籽的芥酸含量在 3%~60%,硫甙含量为 30~150 μmol/g<sup>[12-13]</sup>。4 种双低油菜籽的脂肪含量(含油量)为 40.36%~49.28%,最高的为庆油 3 号,含油量高达 49.28%,高于大多数双低油菜品种<sup>[14]</sup>。4 种双低油菜籽的(按表中从左至右顺序)蛋白质含量分别为 16.87%、18.87%、18.16%、18.80%,其中庆油 3 号蛋白质含量最低,重蓉油 1 号蛋白质含量最高,且蛋白质含量与脂肪含量呈负相关关系。油菜籽中的灰分主要是指油菜籽中的矿物质,油菜籽含多种矿物质,包括 Ca、Se、Mn、P 等,4 种双低油菜籽的灰分含量在 3.82%~4.37%。

表 1 4 种双低油菜籽的主要品质特征含量

Table 1 Main quality characteristic contents of four kinds of double low rapeseed

含量	庆油 3 号	重蓉油 1 号	渝南油 683	中双 10 号
蛋白质(干基)/%	16.87±0.73 <sup>b</sup>	18.87±0.31 <sup>a</sup>	18.16±0.14 <sup>ab</sup>	18.80±0.97 <sup>a</sup>
脂肪(干基)/%	49.28±0.24 <sup>a</sup>	40.36±0.18 <sup>c</sup>	41.93±0.14 <sup>b</sup>	40.57±0.18 <sup>c</sup>
灰分(干基)/%	4.10±0.03 <sup>c</sup>	4.28±0.04 <sup>b</sup>	3.82±0.04 <sup>d</sup>	4.37±0.03 <sup>a</sup>
芥酸/%	0.45±0.07 <sup>b</sup>	0.40±0.00 <sup>b</sup>	0.10±0.00 <sup>c</sup>	1.45±0.07 <sup>a</sup>
硫甙/(μmol·g <sup>-1</sup> )	21.66±0.85 <sup>b</sup>	27.55±0.72 <sup>a</sup>	17.02±0.11 <sup>c</sup>	28.48±0.68 <sup>a</sup>

注:表中数据表示平均数±标准偏差,同一行不同小写字母表示在 0.05 水平上差异显著。

2.2 脱脂菜籽粕中蛋白质含量

4 种脱脂菜籽粕中蛋白质含量见表 2。

表 2 4 种脱脂菜籽粕中蛋白质含量

Table 2 Protein contents of four kinds of defatted double low rapeseed

脱脂菜籽粕品种	蛋白质含量/(干基)
庆油 3 号	35.77±0.10
重蓉油 1 号	33.90±0.18
渝南油 683	32.78±1.14
中双 10 号	34.44±0.42

由表 2 可知,庆油 3 号脱脂菜籽粕中蛋白质含量最高(35.77%),中双 10 号、重蓉油 1 号次之,渝南油 683 脱脂菜籽粕中蛋白质含量最低(32.78%),4 种脱脂菜籽粕中蛋白质含量与传统油菜籽粕中蛋白质含量无明显差异<sup>[13]</sup>,稍低于大豆粕中蛋白质含

量<sup>[15]</sup>,高于牛乳(25.83%,干重)、鸡蛋(32.23%,干重)中蛋白质含量<sup>[16]</sup>。

### 2.3 双低菜籽蛋白的氨基酸组成分析

双低菜籽蛋白可作为家禽饲料部分替代大豆蛋白<sup>[17]</sup>,也可经酶或酸、碱工艺生产多肽类及氨基酸产品<sup>[12]</sup>,氨基酸质量的高低决定双低菜籽蛋白的营养价值,因此有必要对双低菜籽蛋白的氨基酸组成进行测定与分析。利用氨基酸自动分析仪,以35种混合氨基酸标品为对照,对4种双低菜籽蛋白的氨基酸种类及含量进行分析检测,结果见表3。由于常规酸水解法过程中,色氨酸完全被破坏,酰胺类转化为对应氨基酸,因此表3中没有色氨酸、天冬酰胺和谷氨酰胺的测定值。

由表3可知,4种双低菜籽蛋白中共检测出19种氨基酸,包括天冬氨酸、苏氨酸、丝氨酸、谷氨酸、脯氨酸、甘氨酸、丙氨酸、缬氨酸、胱氨酸、蛋氨酸、异亮氨酸、亮氨酸、酪氨酸、苯丙氨酸、组氨酸、赖氨酸、精氨酸等17种组成人体蛋白氨基酸,以及鸟氨酸、羟脯氨酸2种非组成人体蛋白氨基酸。4种双低菜籽蛋白的鸟氨酸含量在3.47~4.22 mg/g蛋白质,鸟氨酸,又名L-鸟氨酸,是一种非蛋白氨基酸,在生物体内主要参与尿素循环,对于体内氨态氮的排出有重要作用<sup>[18-19]</sup>,近年来,鸟氨酸在医药工业和食品工业上的应用日益广泛<sup>[20-22]</sup>。4种双低菜籽蛋白的羟脯氨酸含量在8.46~9.48 mg/g蛋白质,羟脯氨酸是胶原蛋白的主要组成成分,在其他蛋白质中含量甚微,它是由胶原蛋白的脯氨酸残基羟基化而成<sup>[23]</sup>,具有维持胶原蛋白三螺旋稳定性的作用,同时也是合成甘氨酸的重要前体物<sup>[24]</sup>。

4种双低菜籽蛋白中总氨基酸(鸟氨酸、羟脯氨酸除外)含量在808.99~855.11 mg/g蛋白质,总氨基酸含量的大小顺序为:渝南油683>庆油3号>重蓉油1号>中双10号。谷氨酸在4种双低菜籽蛋白中含量最高,分别占氨基酸总量的20.78%、20.95%、20.54%、21.42%,谷氨酸是一种鲜味氨基酸,它能与NaCl反应生成谷氨酸钠盐(味精)<sup>[25]</sup>,味精是重要的鲜味剂,目前已广泛用于食品调味剂。精氨酸、脯氨酸的含量也较高,精氨酸占氨基酸总量的比例在7.00%~8.02%,精氨酸是维持婴幼儿生长发育必不可少的氨基酸<sup>[26]</sup>,具有治疗血氨增高引起的肝昏迷、改善性欲<sup>[27-28]</sup>的作用;脯氨酸含量是植物抗旱、抗寒育种的重要生理指标<sup>[29]</sup>,4种双低菜籽蛋白的脯氨酸含量分别为6.97%、6.94%、6.93%、7.

21%,由此可推测中双10号的种植地域要比其他3种双低油菜品种广。另外,4种双低菜籽蛋白的必需氨基酸中亮氨酸、赖氨酸的含量均很高,亮氨酸能与异亮氨酸和缬氨酸一起合作修复肌肉,控制血糖,并给身体组织提供能量<sup>[30]</sup>;赖氨酸能促进食欲,促进幼儿生长和发育的作用,还能提高Ca的吸收,加速骨骼生长,它是合成大脑神经再生性细胞等重要蛋白质所需的必需氨基酸<sup>[31]</sup>。4种双低菜籽蛋白氨基酸种类齐全,EAA含量占氨基酸总含量的34.4%~35.5%,EAA与NEAA含量之比为0.524~0.543,分别较为接近FAO/WHO推荐的40%和60%<sup>[32]</sup>,是一种较优质的蛋白资源。

表3 4种双低菜籽蛋白的氨基酸组成及含量

单位:mg/g蛋白质

Table 3 Amino acid composition and contents of four kinds of double low rapeseed protein

氨基酸种类	庆油3号	重蓉油1号	渝南油683	中双10号
异亮氨酸*	34.89	34.20	34.91	32.29
亮氨酸*	64.19	63.21	64.62	60.14
赖氨酸*	54.89	55.01	56.64	53.26
蛋氨酸*	15.25	12.95	12.66	14.36
苯丙氨酸*	37.45	36.52	37.19	35.81
苏氨酸*	41.89	41.21	42.55	39.55
缬氨酸*	45.44	45.17	45.86	42.75
天冬氨酸	47.22	48.45	50.19	45.08
丝氨酸	42.36	42.12	43.12	40.96
谷氨酸	173.56	175.49	175.68	173.28
甘氨酸	48.73	48.00	49.85	46.54
丙氨酸	42.62	41.95	42.78	39.66
胱氨酸	16.50	14.59	16.54	12.03
酪氨酸	28.83	29.45	29.89	27.90
组氨酸	24.55	24.20	24.81	23.52
精氨酸	58.44	67.05	68.56	63.50
脯氨酸	58.18	58.12	59.26	58.36
羟脯氨酸**	8.46	8.82	9.41	9.48
鸟氨酸**	3.81	3.50	4.22	3.47
TAA	834.99	837.69	855.11	808.99
EAA	294.00	288.27	294.43	278.16
NEAA	540.99	549.42	560.68	530.83
EAA/NEAA	0.543	0.525	0.525	0.524
EAA/TAA	0.355	0.344	0.344	0.344

注:\*为必需氨基酸,\*\*为非组成人体蛋白氨基酸,不计入非必需氨基酸与氨基酸总量,TAA为氨基酸总量,EAA为必需氨基酸总量,NEAA为非必需氨基酸总量。

### 2.4 4种双低菜籽蛋白必需氨基酸组成及比较

按照FAO/WHO于1973年提出的评价蛋白质营养价值的必需氨基酸模式<sup>[33]</sup>,以及中国预防医学科学营养与食品卫生研究所提出的鸡蛋蛋白模式<sup>[30]</sup>,对4种双低菜籽蛋白的必需氨基酸组成及含量进行分析,并与牛奶蛋白以及花生<sup>[34]</sup>、大豆等油料蛋白进行比较,结果见表4。

表 4 4 种双低菜籽蛋白必需氨基酸组成及比较分析

单位:mg/g 蛋白

Table 4 Comparison of essential amino acids between four kinds of double low rapeseed protein and other foods									
氨基酸种类	FAO/WHO 推荐模式	鸡蛋蛋白模式	牛奶 *	花生仁 *	大豆 **	庆油 3 号	重蓉油 1 号	渝南油 683	中双 10 号
异亮氨酸	40	54	47	33	34.10	34.89	34.20	34.91	32.29
亮氨酸	70	86	95	66	61.18	64.19	63.21	64.62	60.14
赖氨酸	55	70	78	39	48.25	54.89	55.01	56.64	53.26
蛋氨酸 + 胱氨酸	35	57	33	20	11.44	31.75	27.54	29.20	26.39
苯丙氨酸 + 酪氨酸	60	93	102	93	73.56	66.28	65.97	67.08	63.71
苏氨酸	40	47	44	25	31.39	41.89	41.21	42.55	39.55
缬氨酸	50	66	64	39	35.59	45.44	45.17	45.86	42.75

注: \* 摘自文献[34], \*\* 为实验室测市售吉林产东北大豆。

由表 4 可以看出,庆油 3 号与重蓉油 1 号菜籽蛋白中苯丙氨酸 + 酪氨酸、苏氨酸的含量高于 FAO/WHO 推荐模式,赖氨酸的含量与 FAO/WHO 推荐模式相近,异亮氨酸、亮氨酸、蛋氨酸 + 胱氨酸与缬氨酸的含量略低于标准模式。渝南油 683 菜籽蛋白中赖氨酸、苯丙氨酸 + 酪氨酸与苏氨酸的含量高于 FAO/WHO 推荐模式,异亮氨酸、亮氨酸、蛋氨酸 + 胱氨酸与缬氨酸的含量略低于标准模式。中双 10 号菜籽蛋白中苯丙氨酸 + 酪氨酸的含量高于 FAO/WHO 推荐模式,苏氨酸的含量与 FAO/WHO 推荐模式一致,赖氨酸的含量略低于 FAO/WHO 推荐模式,异亮氨酸、亮氨酸、蛋氨酸 + 胱氨酸与缬氨酸的含量与 FAO/WHO 推荐模式仍有一定的差距。双低菜籽蛋白中的 EAA 含量均低于鸡蛋蛋白模式及牛奶蛋白相应 EAA 的含量。4 种双低菜籽蛋白中异亮氨酸、亮氨酸的含量与花生及大豆蛋白相近,赖氨酸、蛋氨酸 + 胱氨酸、苏氨酸和缬氨酸的含量高于花生及大豆蛋白,而苯丙氨酸 + 酪氨酸的含量低于花生和大豆蛋白,4 种双低菜籽蛋白的 EAA 含量接近或高于花生、大豆等油料蛋白,可作为花生、大豆等油料蛋白的理想替代蛋白。

2.5 4 种双低菜籽蛋白的营养价值评价

2.5.1 氨基酸比值系数法的评价结果

现代营养学认为,食物蛋白质的优劣主要取决于所含必需氨基酸(essential amino acids, EAA)的种类、数量和组成比例,组成比例越接近人体需要氨基酸的比例,其营养价值越高<sup>[35]</sup>。若样品蛋白的 EAA 含量比例与模式氨基酸一致,则各种 EAA 的 RC 应等于 1,RC >1 表明该种 EAA 相对过剩,RC <1 表明该种必需氨基酸相对不足,其中 RC 最小者为第一限制氨基酸。SRC 的意义为:若食物蛋白质的 EAA 组成比例与 WHO/FAO 模式一致,则 CV = 0, SRC = 100;若食物蛋白质的 RC 越分散,表明这些 EAA 在氨基酸平衡生理作用方面所提供的负贡献越大,则

CV 变大, SRC 变小,蛋白质营养价值变差,因此 SRC 越接近 100,其营养价值相对越高。4 种双低菜籽蛋白的 RAA、RC 和 SRC 见表 5。

表 5 4 种双低菜籽蛋白的 RAA、RC 及 SRC 的比较

Table 5 Comparison of RAA, RC and SRC of four kinds of double low rapeseed protein

	氨基酸种类	庆油 3 号	重蓉油 1 号	渝南油 683	中双 10 号
RAA	异亮氨酸	0.87	0.86	0.87	0.81
	亮氨酸	0.92	0.90	0.92	0.86
	赖氨酸	1.00	1.00	1.03	0.97
	蛋氨酸 + 胱氨酸	0.91	0.79	0.83	0.75
	苯丙氨酸 + 酪氨酸	1.10	1.10	1.12	1.06
	苏氨酸	1.05	1.03	1.06	0.99
	缬氨酸	0.91	0.90	0.92	0.86
RC	异亮氨酸	0.90 *	0.91	0.90	0.90
	亮氨酸	0.95	0.96	0.95	0.96
	赖氨酸	1.04	1.06	1.07	1.08
	蛋氨酸 + 胱氨酸	0.94	0.84 *	0.86 *	0.83 *
	苯丙氨酸 + 酪氨酸	1.14	1.17	1.16	1.18
SRC	苏氨酸	1.09	1.10	1.10	1.10
	缬氨酸	0.94	0.96	0.95	0.96
		90.96	88.50	88.80	87.71

注: \* 为第一限制氨基酸, RAA 为氨基酸比值, RC 为氨基酸比值系数, SRC 为氨基酸比值系数分。

由表 5 可以看出,庆油 3 号菜籽蛋白的第一限制氨基酸(色氨酸除外)为异亮氨酸,其他品种菜籽蛋白的第一限制氨基酸均为蛋氨酸 + 胱氨酸。庆油 3 号菜籽蛋白的 SRC 最高(90.96),说明庆油 3 号菜籽蛋白的营养价值在 4 个双低菜籽品种中是最高的。4 种双低菜籽蛋白的营养价值均高于小麦(74.41)<sup>[34]</sup>、大豆蛋白(78.08)<sup>[36]</sup>等植物蛋白,开发利用前景广阔。

2.5.2 模糊识别法的评价结果

按照模糊识别公式计算 4 种双低菜籽蛋白与 FAO/WHO 模式、鸡蛋蛋白模式的贴近度,结果见表 6。

由表 6 可知,以 FAO/WHO 模式蛋白为标准蛋

白,4种双低菜籽蛋白的贴适度大小在0.959~0.975,庆油3号菜籽蛋白的贴适度最高(0.975),中双10号菜籽蛋白的贴适度最低(0.959);以鸡蛋蛋白为标准蛋白,贴适度大小在0.872~0.894,最高的庆油3号和渝南油683菜籽蛋白的贴适度为0.894,最低的中双10号菜籽蛋白的贴适度为0.872,以上结果表明4种双低菜籽蛋白的营养价值更接近与FAO/WHO模式标准蛋白。4种菜籽蛋白在两种模式下的贴适度大小均相差较小(在FAO/WHO模式下最高和最低仅相差0.016,在鸡蛋蛋白模式下相差0.022),这与汪兰等<sup>[37]</sup>的检测结果一致。4种双低菜籽蛋白与FAO/WHO模式贴适度均高于猪瘦肉蛋白FAO/WHO模式贴适度(0.919),更高于大豆蛋白FAO/WHO模式贴适度(0.896)<sup>[38]</sup>,可作为优质蛋白质来源。

表6 四种双低菜籽蛋白相对于两种模式标准蛋白的贴适度

Table 6 Closeness degree of four kinds of double low protein with two standard protein patterns

品种名称	贴适度	
	FAO/WHO 模式	鸡蛋蛋白模式
庆油3号	0.975	0.894
重蓉油1号	0.967	0.886
渝南油683	0.969	0.894
中双10号	0.959	0.872

### 3 结论

研究分析了4种双低菜籽蛋白的氨基酸组成与营养学特性。4种双低菜籽蛋白均含有19种氨基酸,其中包含17种组成人体蛋白氨基酸、鸟氨酸和羟脯氨酸。4种菜籽蛋白的总氨基酸含量(鸟氨酸、羟脯氨酸除外)在809.99~855.11 mg/g蛋白质,必需氨基酸占氨基酸总量的34.4%~35.5%,必需氨基酸与非必需氨基酸的含量之比为0.524~0.543,分别接近FAO/WHO标准规定的40%和60%。

本试验采用氨基酸比值系数法和模糊识别法对4种菜籽蛋白进行营养评价,4种菜籽蛋白的SRC为87.71~90.96,其中庆油3号品种最高(90.96),中双10号最低(87.71)。庆油3号菜籽蛋白的第一限制氨基酸为异亮氨酸,其他品种菜籽蛋白的第一限制氨基酸均为蛋氨酸+胱氨酸。模糊识别法分别计算菜籽蛋白与FAO/WHO模式标准蛋白、全鸡蛋蛋白模式标准蛋白的贴适度,与FAO/WHO模式标准蛋白的贴适度在0.959~0.975,庆油3号菜籽蛋白的贴适度最高(0.975),中双10号菜籽蛋白的贴适度最

低(0.872);与全鸡蛋蛋白模式标准蛋白的贴适度在0.872~0.894,最高的庆油3号和渝南油683菜籽蛋白的贴适度为0.894,最低的中双10号菜籽蛋白的贴适度为0.872。

本试验重点对4种菜籽蛋白的氨基酸进行营养价值分析,综合油菜籽中蛋白质含量、含油量、灰分含量、芥酸含量和硫甙含量等主要品质指标,得出在4种双低油菜籽中,庆油3号油菜籽营养价值相对最高,中双10号营养价值相对最低,4种双低菜籽蛋白氨基酸种类齐全、含量丰富,均具有较高的营养价值,可应用于食品工业。我国双低油菜籽品种繁多,因此可进一步扩大实验样本量,为深度挖掘和开发双低油菜籽资源、指导双低油菜的选育及种植提供一定的理论依据。

### 参 考 文 献

- [1] GHODSVALI A, KHODAPARAST M H H, VOSOUGHI M, et al. Preparation of canola protein materials using membrane technology and evaluation of meals functional properties [J]. Food Research International, 2005, 38 (2): 223-231.
- [2] 许文斌. 豆粕与两种双低菜粕营养价值的比较及在奶牛饲料中的应用[D]. 哈尔滨:东北农业大学, 2017.
- [3] AIDER M, BARBANA C. Canola proteins: Composition, extraction, functional properties, bioactivity, applications as a food ingredient and allergenicity-A practical and critical review [J]. Trends in Food Science & Technology, 2011, 22(1): 21-39.
- [4] SIGER A, JÓZEFIAK M. The effects of roasting and seed moisture on the phenolic compound levels in cold-pressed and hot-pressed rapeseed oil [J]. European Journal of Lipid Science and Technology, 2016, 118 (12): 1952-1958.
- [5] SIGER A, JÓZEFIAK M, GÓRNAS P. Cold-pressed and hot-pressed rapeseed oil: The effects of roasting and seed moisture on the antioxidant activity, canolol, and tocopherol level [J]. Acta scientiarum polonorum Technologia Alimentaria, 2017, 16(1): 69-81.
- [6] MCDOWELL D, ELLIOTT C T, KOIDIS A. Pre-processing effects on cold pressed rapeseed oil quality indicators and phenolic compounds [J]. European Journal of Lipid Science and Technology, 2017, 119(9): 1-10.
- [7] 潘牧. 脱皮冷榨菜籽粕中菜籽蛋白的制备及其性质的研究[D]. 合肥:合肥工业大学, 2009.
- [8] 潘雷, 李爱科, 程茂基. 菜籽饼粕脱毒方法研究进展[J]. 中国油脂, 2009, 34(10): 32-35.

- [9] 吴晓红,王振宇,郑洪亮,等. 红松仁蛋白氨基酸组成分析及营养评价[J]. 食品工业科技, 2011, 32(1): 267-270.
- [10] 颜孙安,钱爱萍,宋永康,等. 晋谷蛋白中氨基酸的含量与营养分析[J]. 中国农学通报, 2009, 25(18): 113-117.
- [11] 钱爱萍,颜孙安,林香信,等. 家禽肉中氨基酸组成及营养评价[J]. 中国农学通报, 2010, 26(13): 94-97.
- [12] 黄风洪. 双低油菜籽高效加工与多层次增殖技术[J]. 中国油脂, 2002, 27(6): 9-11.
- [13] 易中华,张建云,林冬梅. 双低菜籽饼粕的营养价值及其在家禽饲料中的应用[J]. 家禽科学, 2009(9): 32-35.
- [14] 李云昌,胡琼,梅德圣,等. 选育高含油量双低油菜品种的理论与实践[J]. 中国油料作物学报, 2006, 28(1): 92-96.
- [15] 李欣新. 双低菜粕和豆粕分子结构与营养特性和奶牛生产性能的关系[D]. 哈尔滨:东北农业大学, 2016.
- [16] 国家药典委员会. 中华人民共和国药典 2015 年版(一部)[M]. 北京:中国医药科技出版社, 2015.
- [17] MUSHTAQ T, SARWAR M, AHMAD G, et al. Influence of canola meal-based diets supplemented with exogenous enzyme and digestible lysine on performance, digestibility, carcass, and immunity responses of broiler chicks. [J]. Poultry Science, 2007, 86(10): 2144-2151.
- [18] 刘玉龙. 固定化苏云金芽孢杆菌生产 L-鸟氨酸[D]. 北京:北京化工大学, 2017.
- [19] 熊洋,黄志旭,朱超,等. L-鸟氨酸-阿司匹林复合盐结晶工艺研究[J]. 食品与发酵工业, 2013, 39(7): 83-87.
- [20] AHMAD I, KHAN A A, ALAM A, et al. L-ornithine-L-aspartate infusion efficacy in hepatic encephalopathy [J]. Journal of the College of Physicians and Surgeons Pakistan, 2008, 18(11): 684-687.
- [21] ORIA M, ROMERO-GIMÉNEZ J, ARRANZ J A, et al. Ornithine phenylacetate prevents disturbances of motor-evoked potentials induced by intestinal blood in rats with portacaval anastomosis [J]. Journal of Hepatology, 2012, 56(1): 109-114.
- [22] 万红贵,熊洋,张建,等. L-鸟氨酸产品开发与应用进展[J]. 中国酿造, 2013, 32(1): 8-12.
- [23] 季昀. 羟脯氨酸对葡聚糖硫酸钠诱导的小鼠肠炎的缓解作用及机制[D]. 北京:中国农业大学, 2018.
- [24] GORRES K L, RAINES R T. Prolyl 4-hydroxylase [J]. Critical Reviews in Biochemistry and Molecular Biology, 2010, 45(2): 106-124.
- [25] 吴晓江,王振宇,郑洪亮,等. 红松仁蛋白氨基酸组成分析及营养价值评价[J]. 食品工业科技, 2011, 32(1): 267-270.
- [26] WU G Y, JAEGER L A, BAZER F W, et al. Arginine deficiency in preterm infants: Biochemical mechanisms and nutritional implications [J]. Journal of Nutritional Biochemistry, 2004, 15(8): 442-451.
- [27] 彭瑛,蔡力创. 精氨酸的保健作用及其调控研究进展[J]. 湖南理工学院学报, 2011, 24(1): 59-61.
- [28] 黄程,雷艳萍,李晓媚,等. L-精氨酸对糖尿病大鼠勃起功能障碍的治疗作用[J]. 中国药理学通报, 2018, 34(11): 1521-1527.
- [29] SZABADOS L, SAVOURE A. Proline: A multifunctional amino acid [J]. Trends in Plant Science, 2010, 15(2): 89-97.
- [30] 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.
- [31] 吕自治. 猪肉的营养价值及其科学食用[J]. 肉类研究, 2003(2): 49-50.
- [32] WANG Y Y, YU S L, MA G J, et al. Comparative study of proximate composition and amino acid in farmed and wild *Pseudobagrus ussuriensis* muscles [J]. International Journal of Food Science and Technology, 2014, 49(4): 983-989.
- [33] PELLETT P L, YOUNG V R. 蛋白质食物的营养评价[M]. 北京:人民卫生出版社, 1984.
- [34] 姜仲茂,乌云塔娜,王森,等. 不同产地野生长柄扁桃仁氨基酸组成及营养价值评价[J]. 食品科学, 2016, 37(4): 77-82.
- [35] 郑小江,向东山,肖浩. 景阳鸡氨基酸组成分析与营养价值评价[J]. 食品科学, 2010, 31(17): 373-375.
- [36] 王芳,乔璐,张庆庆. 桑叶蛋白氨基酸组成分析及营养价值评价[J]. 食品科学, 2015, 36(1): 225-228.
- [37] 汪兰,陈冉,杜欣,等. 菜籽蛋白氨基酸组成分析及与功能特性的相关性研究[J]. 中国油脂, 2012, 37(2): 1-7.
- [38] 杨永涛,潘思源,靳欣欣,等. 不同品种核桃的氨基酸营养价值评价[J]. 食品科学, 2017, 38(13): 207-212.

## Amino acid composition and nutritional evaluation of double low rapeseed proteins

ZHANG Huanhuan<sup>1</sup>, LIANG Yexing<sup>1</sup>, ZHANG Ling<sup>1</sup>, ZENG Zhihong<sup>1</sup>,  
LI Xue<sup>1</sup>, LI Yanhua<sup>2</sup>, HUANG Taocui<sup>3\*</sup>, ZHANG Xuemei<sup>1</sup>, YANG Shixiong<sup>1</sup>

1(Institute of Agricultural Products Storage and Processing, Chongqing Academy of Agricultural Sciences, Chongqing 401329, China)

2(Institute of Characteristic Crop Research, Chongqing Academy of Agricultural Sciences, Chongqing 402160, China)

3(Institute of Rice Research, Chongqing Academy of Agricultural Sciences, Chongqing 400000, China)

**ABSTRACT** Four kinds of double low rapeseed were selected as raw materials. The amino acid composition of proteins from defatted rapeseed meals were determined by amino acid automatic analyzer, and their nutritional values were evaluated by SRCAA and fuzzy recognition method. The results showed that there were 19 amino acids detected in all four double low rapeseed proteins. The total amino acids contents were 809.99 – 855.11 mg/g protein, with essential amino acids accounted for 34.4% – 35.5%. Moreover, the ratios of essential amino acids to non-essential amino acids were 0.524 – 0.543, and the scores of SRCAA were 87.71 – 90.96. It was found that the first limiting amino acid in Qingyou No.3 rapeseed protein was isoleucine, and others were limited in methionine and cystine. Furthermore, the close degrees of the four double low rapeseed proteins to the standard protein (FAO/WHO) ranged from 0.959 to 0.975, and to egg proteins were 0.872 – 0.894. This study provides a theoretical basis for developing rapeseed protein products as well as a more comprehensive perspective for double low rapeseed breeding.

**Key words** double low rapeseed protein; amino acid composition; nutrition evaluation