

李祥栋,章洁琼,潘虹,等. 18 份薏苡自交系的主要氨基酸及脂肪酸组分评价[J]. 江苏农业科学,2021,49(21):159-164.  
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2021.21.025

# 18 份薏苡自交系的主要氨基酸及脂肪酸组分评价

李祥栋<sup>1,2</sup>, 章洁琼<sup>3</sup>, 潘虹<sup>1,2</sup>, 陆秀娟<sup>1,2</sup>, 魏心元<sup>1,2</sup>

(1. 贵州黔西南喀斯特区域发展研究院, 贵州兴义 562400; 2. 贵州省薏苡工程技术研究中心, 贵州兴义 562400;  
3. 贵州省农作物技术推广总站, 贵州贵阳 550001)

**摘要:**为整体把握薏苡遗传材料主要氨基酸和脂肪酸组分特征,为薏苡的加工利用和品种选育提供遗传材料,以 18 份薏苡自交系为试验材料,检测其粗蛋白、粗脂肪和 17 种氨基酸和 4 种主要脂肪酸组分,采用 WHO/FAO 氨基酸参考模式为标准,分析其氨基酸组成,并利用隶属函数法进行综合品质评价和优异资源筛选。结果显示,18 份薏苡自交系粗蛋白平均含量为 17.72%,总氨基酸平均含量为 17.19%;必需氨基酸占总氨基酸含量的 35.89%,与非必需氨基酸的比例为 55.99%,赖氨酸为第一限制氨基酸;SRC 的变化范围为 65.41~70.54,平均值为 68.16,与 FAO/WHO 标准氨基酸模式相比,缬氨酸(Val)、蛋氨酸和胱氨酸(Met+Cys)与标准模式谱极为相近。18 份材料粗脂肪的平均含量为 8.29%,且饱和脂肪酸含量占绝对优势,并筛选出 5 份综合性品质较优的遗传材料。薏苡总氨基酸和脂肪酸含量相对较高,必需氨基酸组分和不饱和脂肪酸含量丰富,不同品质类型的材料可用于专用加工品种的选育及创新利用。

**关键词:**氨基酸;脂肪酸;组分评价;薏苡;隶属函数法

**中图分类号:**S519.01 **文献标志码:**A **文章编号:**1002-1302(2021)21-0159-06

薏苡是禾本科薏苡属的一年生或多年生草本植物,不仅富含丰富的营养成分,而且还含有多种人体滋养成分,是药食同源作物的典型代表。现代药理学研究表明,薏苡仁具有促进新陈代谢、抗肿瘤、镇痛、利尿、降血糖、防止皮肤粗糙与美容等功

效<sup>[1-2]</sup>。近年来,随着薏苡产业的发展壮大,在薏苡加工方面也取得了较大的进展,除了传统的食用和重要配伍外,各种加工产品也如雨后春笋般涌现,如薏仁面条、薏仁茶、薏仁酥、薏仁露、薏仁糕、薏仁饮片等食用产品。在药用方面,开发出了以薏苡中性油为主要组分的抗癌药物——康莱特注射液,它能够作用于肿瘤细胞 G2/M 期,阻滞肿瘤细胞有丝分裂,诱导肿瘤细胞凋亡,影响肿瘤细胞基因表达,对肝癌、肺癌、乳腺癌等多种肿瘤细胞具有极强的杀伤及抑制作用<sup>[3]</sup>。薏苡品质评价是其加工和综合利用的重要环节,也是品种选育的重要步骤,因此有效评价薏苡的营养及药用成分,对于其产品加

收稿日期:2021-02-15

基金项目:贵州省现代农业产业体系(编号:黔财农[2019]15号);贵州省农业技术服务资金(编号:黔财农[2020]51号);黔西南州科技计划(编号:2020-1-03)。

作者简介:李祥栋(1987—),男,山东临沂人,硕士,高级农艺师,主要从事植物生理学与分子生物学研究,E-mail:lixiangdongsjj@163.com;共同第一作者:章洁琼(1986—),女,贵州都匀人,硕士,高级农艺师,主要从事特色杂粮技术推广,E-mail:gzsnsjz@126.com。

[23]高瑞如,赵瑞华,杨学军,等. 盐分和温度对盐节木幼苗早期生长的影响[J]. 生态学报,2009,29(10):5395-5405.

[24]聂石辉. 大麦抗旱的生理生化机理研究及种质资源抗旱性评价[D]. 石河子:石河子大学,2011:36-37.

[25]李海霞. 六个牡丹品种对干旱胁迫的生理响应机制及抗性评价[J]. 北方园艺,2021(4):64-71.

[26]郑颖. 6个新引进杜鹃品种的抗旱性评价[D]. 福州:福建农林大学,2018:3-4.

[27]由佳辉,高林,王海鸥,等. 干旱胁迫对9个葡萄砧木品种生理指标的影响[J]. 经济林研究,2020,38(3):180-189.

[28]王文丽,贾生海,张芮,等. 不同生育期水分胁迫对设施延后栽培葡萄生理生长及产量的影响[J]. 安徽农业科学,2018,46(20):41-44.

[29]王鑫,师文俊,李一杰,等. 8个平欧杂种榛品种抗旱性评价[J]. 经济林研究,2020,38(4):161-168.

[30]郭彦宏,张晶星,杨永娟,等. 六种野生广义菊属植物对干旱胁迫的生理响应[J]. 浙江农业学报,2018,30(8):1349-1354.

[31]沈思言,徐艳霞,马春雷,等. 干旱处理对不同品种茶树生理特性影响及抗旱性综合评价[J]. 茶叶科学,2019,39(2):171-180.

[32]苗昊翠,李强,侯献飞,等. 不同生育期干旱对花生生长发育及产量的影响[J]. 新疆农业科学,2021,58(3):441-449.

[33]李显航,夏志林,喻奇伟,等. 烟草品种不同生育期抗旱性评价方法探讨[J]. 山地农业生物学报,2019,38(1):35-42,92.

[34]张龙,杨明明,董剑,等. 三个小麦新品种不同生育阶段抗旱性的综合评价[J]. 麦类作物学报,2016,36(4):426-434.

工和遗传改良具有重要指导意义。迄今为止,在薏苡种质资源的表型<sup>[4-6]</sup>、遗传多样性<sup>[7-8]</sup>等方面已有报道,也有部分学者对品质分析进行了剖析。谈漫漫等有效分析了 3 个薏苡品种的主要营养组成含量及其在籽粒不同部位(糙米、薏仁、糠和壳)的分布特征<sup>[9]</sup>;也有学者分析薏苡饲用部位的氨基酸组成,发现并筛选了薏苡茎、叶中氨基酸含量较高的材料<sup>[10]</sup>。贾青慧等以联合国世界卫生组织(WHO)/联合国粮食和农业组织(FAO)氨基酸参考模式为评价标准,对薏米及薏米糠中蛋白质营养价值进行了评价,发现薏米及薏米糠中蛋白含量与鸡蛋、核桃相当,高于牛乳,而且薏米糠中氨基酸较薏米中氨基酸更接近标准模式<sup>[11]</sup>。董楠等以薏苡米粉为研究对象,从薏苡米粉的营养成分、蒸煮特性和感官评价 3 个方面进行分析评价,结果表明当薏苡粉的添加量为 20% 时,薏苡米粉营养食用品质较佳<sup>[12]</sup>。笔者在前期也曾对 86 份地方薏苡资源的淀粉、脂肪、蛋白质和氨基酸成分进行了检测和评价,并部分对优异种质进行了筛选<sup>[13]</sup>。本研究在前期研究的基础上,以多年提纯的自交品系为基础材料,分析其氨基酸和脂肪酸组成,以期对薏苡品种选育及加工利用提供数据支撑。

## 1 材料与方 法

### 1.1 试验材料

供试材料均是笔者所在课题组经多年连续自交培育的薏苡品系,所有材料于 2017 年 4 月在贵州省兴义市万峰林试验基地按小区种植,小区面积为 10 m<sup>2</sup>,长×宽=5 m×2 m,每个小区种植 5 行,密度为 12 万株/hm<sup>2</sup>,除草、施肥等田间管理按照统一方式进行,成熟期收获籽粒、晒干,以备后续分析。

表 1 薏苡自交品系编号和名称

编号	名称	编号	名称
Y1	黔薏 2 号	Y10	黔选薏 L13
Y2	黔选薏 CL87	Y11	黔选薏 L15
Y3	黔选薏 CL15	Y12	黔选薏 L24
Y4	黔选薏 CL16	Y13	黔选薏 L26
Y5	黔选薏 C88	Y14	黔选薏 L27
Y6	黔选薏 CL63	Y15	安薏 1 号
Y7	黔选薏 CL72	Y16	台选 17-1
Y8	黔选薏 CL84	Y17	兴白 2017
Y9	黔选薏 L11	Y18	薏米 8

### 1.2 试验方法

选取收获后籽粒饱满的种子,剥壳、粉碎,过 60

目筛,作为供试样品进行分析。测试内容包括粗脂肪、粗蛋白、17 种氨基酸(苯丙氨酸、丙氨酸、蛋氨酸、脯氨酸、甘氨酸、谷氨酸、胱氨酸、精氨酸、亮氨酸、丝氨酸、苏氨酸、天门冬氨酸、缬氨酸、异亮氨酸、组氨酸、酪氨酸、赖氨酸)和 4 种脂肪酸组分(十六烷酸、十八烷酸、十八烯酸和十八二烯酸)。粗脂肪按 NY/T 4—1982《谷类、油料作物种子粗脂肪测定方法》标准进行检测,粗蛋白按 NY/T 3—1982《谷类、豆类作物种子粗蛋白质测定方法》标准执行,氨基酸测定按照 NY/T 56—1987《谷物籽粒氨基酸测定的前处理方法》执行,脂肪酸测定由浙江康莱特药业有限公司按照中国药品标准 WS3-300(Z-038)—2001(Z)《注射用薏苡仁油》执行。

### 1.3 品质评价

1.3.1 氨基酸组分评价 氨基酸成分分析评价根据氨基酸测定数值计算不同薏苡品系中必需氨基酸的相关比例,参照 WHO/FAO 标准模式谱<sup>[14]</sup>进行分析,并根据氨基酸平衡理论,利用标准模式谱计算必需氨基酸的氨基酸比值(RC)和比值系数分(SRC)进行评价。计算公式如下:

$$RAA = \frac{\text{某氨基酸含量}}{\text{标准模式谱中同种氨基酸含量}}; \quad (1)$$

$$RC = \frac{RAA}{RAA \text{ 均值}}; \quad (2)$$

$$SRC = 100 - 100 \times CV. \quad (3)$$

式中:RAA 为必需氨基酸的氨基酸比值;RC 为必需氨基酸的氨基酸比值;SRC 为必需氨基酸的氨基酸比值系数分;CV 为 RC 的变异系数。RC 最小值对应的氨基酸为第一限制氨基酸,以此类推;RC 大于或小于 1.00,说明该种必需氨基酸相对过剩或者相对不足,RC = 1.00 表明其组分比例与模式谱一致;SRC 越小,说明营养价值越低,越接近 100.00,则营养价值越高。

1.3.2 综合品质评价 采用模糊数学中的隶属函数法对不同薏苡自交系的品质指标进行综合评价。以粗蛋白、总氨基酸和 7 种必需氨基酸(苯丙氨酸、蛋氨酸、亮氨酸、苏氨酸、缬氨酸、异亮氨酸、赖氨酸)及 4 种脂肪酸组分(十六烷酸、十八烷酸、十八烯酸、十八二烯酸)指标的平均隶属度值进行综合评价分析,平均隶属度越大,则综合品质越好。隶属函数值计算公式:

$$S_{in} = (X_{in} - X_{imin}) / (X_{imax} - X_{imin}). \quad (4)$$

式中: $S_{in}$ 指第  $n$  个样品第  $i$  指标的原始数据经转化

后的隶属函数值;  $X_{in}$  指第  $n$  个样品第  $i$  指标原始测定值,  $X_{imin}$ 、 $X_{imax}$  分别为所有参试材料中第  $i$  指标的最小值和最大值。

#### 1.4 统计分析

试验数据采用 Excel 2003 进行数据收集和隶属函数计算。

## 2 结果与分析

### 2.1 薏苡自交系的氨基酸组成

18 份薏苡自交系的粗蛋白和主要氨基酸分析结果见表 2。全部材料粗蛋白含量为 16.32% ~ 19.70%, 平均值为 17.72%, 平均总氨基酸含量为 17.19%; 必需氨基酸的总平均含量占籽粒干基的 6.17%, 占总氨基酸含量的 35.89%; 非必需氨基酸含量占籽粒干基的 11.02%, 占总氨基酸含量的

64.11%, 而且必需氨基酸与非必需氨基酸比例为 55.99%。17 种基本氨基酸的平均含量为 0.30% ~ 3.93%, 变异系数为 5.03% ~ 13.66%, 以谷氨酸含量最高, 胱氨酸含量最低。7 种必需氨基酸中以亮氨酸含量最高, 变化范围在 2.21% ~ 2.87% 之间, 平均值为 2.49%; 赖氨酸含量最低, 平均值为 0.33%。

### 2.2 薏苡必需氨基酸组成及模式谱评价

为了更好地从营养角度评价薏苡的品质, 采用 FAO/WHO 提出的标准蛋白模式进行比较。结果(表 3)表明, 苏氨酸(Thr)、异亮氨酸(Ile)和赖氨酸(Lys)的  $RC < 1$ , 且  $Ile > Thr > Lys$ , 与 WHO/FAO 标准模式谱相比这 3 种氨基酸相对不足, 赖氨酸为第一限制氨基酸, 其次为苏氨酸和异亮氨酸; 缬氨酸(Val)、蛋氨酸和胱氨酸(Met + Cys)、亮氨酸

表 2 18 份薏苡自交系氨基酸组分含量

编号	$X_1^E$	$X_2$	$X_3^E$	$X_4$	$X_5$	$X_6$	$X_7$	$X_8$	$X_9^E$	$X_{10}$	$X_{11}^E$	$X_{12}$	$X_{13}^E$	$X_{14}^E$	$X_{15}$	$X_{16}$	$X_{17}^E$	$X_{18}$	$X_{19}$	$X_{20}$	$X_{21}$
Y1	0.98	1.64	0.50	1.28	0.41	3.77	0.25	0.71	2.51	0.71	0.44	0.98	1.15	0.59	0.34	0.55	0.34	6.51	10.64	17.15	17.51
Y2	0.88	1.60	0.52	1.32	0.45	4.02	0.36	0.71	2.49	0.80	0.51	1.08	0.88	0.55	0.36	0.57	0.34	6.17	11.27	17.44	19.70
Y3	0.97	1.55	0.49	1.25	0.41	3.55	0.23	0.69	2.40	0.68	0.42	0.92	1.09	0.59	0.33	0.56	0.33	6.29	10.17	16.46	18.46
Y4	0.81	1.44	0.39	1.37	0.42	3.73	0.31	0.64	2.21	0.74	0.46	0.98	0.85	0.52	0.34	0.44	0.32	5.56	10.41	15.97	18.81
Y5	0.94	1.71	0.46	1.54	0.42	4.32	0.31	0.66	2.70	0.82	0.50	1.12	0.92	0.60	0.37	0.53	0.32	6.44	11.00	17.44	17.64
Y6	0.82	1.46	0.46	1.39	0.41	3.65	0.31	0.65	2.27	0.72	0.44	0.98	0.84	0.53	0.33	0.47	0.32	5.68	10.37	16.05	18.17
Y7	0.89	1.62	0.37	1.48	0.44	4.03	0.32	0.70	2.52	0.79	0.49	1.08	0.92	0.59	0.38	0.54	0.35	6.13	11.38	17.51	18.64
Y8	0.89	1.64	0.45	1.48	0.43	4.25	0.33	0.70	2.56	0.84	0.52	1.09	0.87	0.58	0.36	0.54	0.33	6.20	11.66	17.86	16.99
Y9	0.91	1.59	0.43	1.49	0.44	4.01	0.32	0.70	2.51	0.79	0.48	1.06	0.88	0.58	0.37	0.51	0.34	6.13	11.28	17.41	17.61
Y10	0.88	1.58	0.42	1.41	0.46	4.02	0.33	0.77	2.52	0.80	0.47	1.08	0.85	0.57	0.37	0.62	0.35	6.06	11.44	17.50	18.00
Y11	0.89	1.60	0.34	1.45	0.46	4.07	0.33	0.75	2.54	0.81	0.48	1.08	0.85	0.56	0.37	0.55	0.35	6.01	11.47	17.48	17.51
Y12	0.87	1.57	0.49	1.50	0.40	3.86	0.33	0.64	2.37	0.75	0.47	1.02	0.87	0.52	0.34	0.48	0.30	5.89	11.70	17.59	18.28
Y13	0.94	1.66	0.50	1.19	0.43	4.13	0.35	0.71	2.55	0.81	0.51	1.10	0.92	0.56	0.36	0.53	0.34	6.32	11.27	17.59	17.74
Y14	0.97	1.60	0.49	1.28	0.40	3.68	0.26	0.69	2.45	0.70	0.43	0.94	1.09	0.56	0.33	0.55	0.31	6.30	10.43	16.73	16.32
Y15	0.87	1.53	0.45	1.46	0.42	3.88	0.34	0.69	2.39	0.77	0.47	1.03	0.82	0.50	0.34	0.54	0.31	5.81	11.00	16.81	16.48
Y16	0.91	1.54	0.46	1.23	0.40	3.54	0.25	0.69	2.34	0.67	0.41	0.89	1.03	0.55	0.33	0.54	0.32	6.02	10.08	16.10	17.80
Y17	0.99	1.62	0.47	1.34	0.38	3.85	0.25	0.70	2.60	0.72	0.43	0.96	1.04	0.61	0.34	0.54	0.32	6.46	10.70	17.16	16.77
Y18	1.07	1.87	0.51	1.45	0.45	4.31	0.25	0.76	2.87	0.82	0.50	1.11	1.19	0.66	0.38	0.63	0.36	7.16	12.03	19.19	16.47
最大值(%)	1.07	1.87	0.52	1.54	0.46	4.32	0.36	0.77	2.87	0.84	0.52	1.12	1.19	0.66	0.38	0.63	0.36	7.16	12.03	19.19	19.70
最小值(%)	0.81	1.44	0.34	1.19	0.38	3.54	0.23	0.64	2.21	0.67	0.41	0.89	0.82	0.50	0.33	0.44	0.30	5.56	10.08	15.07	16.32
平均值(%)	0.92	1.60	0.46	1.38	0.42	3.93	0.30	0.70	2.49	0.76	0.47	1.03	0.95	0.57	0.35	0.54	0.33	6.17	11.02	17.19	17.72
标准差(%)	0.06	0.09	0.05	0.11	0.02	0.24	0.04	0.04	0.15	0.05	0.03	0.07	0.12	0.04	0.02	0.05	0.02	0.36	0.57	0.77	0.90
CV(%)	6.99	5.87	10.89	7.64	5.38	6.20	13.66	5.26	6.14	6.95	7.19	6.92	12.42	6.69	5.20	8.51	5.03	5.81	5.20	4.48	5.07

注:  $X_1$ 、 $X_2$ 、 $X_3$ 、 $X_4$ 、 $X_5$ 、 $X_6$ 、 $X_7$ 、 $X_8$ 、 $X_9$ 、 $X_{10}$ 、 $X_{11}$ 、 $X_{12}$ 、 $X_{13}$ 、 $X_{14}$ 、 $X_{15}$ 、 $X_{16}$ 、 $X_{17}$ 、 $X_{18}$ 、 $X_{19}$ 、 $X_{20}$ 、 $X_{21}$  分别表示苯丙氨酸(Phe)、丙氨酸(Ala)、蛋氨酸(Met)、脯氨酸(Pro)、甘氨酸(Gly)、谷氨酸(Glu)、胱氨酸(Cys)、精氨酸(Arg)、亮氨酸(Leu)、丝氨酸(Ser)、苏氨酸(Thr)、天冬氨酸(Asn)、缬氨酸(Val)、异亮氨酸(Ile)、组氨酸(His)、酪氨酸(Tyr)、赖氨酸(Lys)、总必需氨基酸、总非必需氨基酸、总氨基酸和粗蛋白含量, 以%表示。E 表示必需氨基酸。

表 3 18 份薏苡自交系的必需氨基酸组分评价

编号	RAA							RC							SRC
	Thr	Val	Met + Cys	Ile	Leu	Phe + Tyr	Lys	Thr	Val	Met + Cys	Ile	Leu	Phe + Tyr	Lys	
Y1	0.64	1.34	1.25	0.86	2.09	1.49	0.36	0.56	1.17	1.09	0.75	1.82	1.30	0.31	68.58
Y2	0.73	1.01	1.44	0.79	2.04	1.39	0.35	0.66	0.91	1.30	0.71	1.84	1.25	0.32	67.98
Y3	0.64	1.32	1.25	0.90	2.08	1.55	0.36	0.55	1.14	1.08	0.77	1.80	1.34	0.31	68.52
Y4	0.72	1.06	1.25	0.81	1.98	1.30	0.36	0.67	0.99	1.17	0.76	1.85	1.22	0.34	65.98
Y5	0.72	1.06	1.26	0.86	2.21	1.40	0.33	0.64	0.94	1.13	0.77	1.97	1.25	0.30	70.23
Y6	0.69	1.05	1.37	0.83	2.02	1.34	0.36	0.63	0.96	1.25	0.76	1.85	1.23	0.33	66.83
Y7	0.70	1.05	1.13	0.84	2.06	1.36	0.36	0.65	0.98	1.05	0.79	1.92	1.27	0.34	66.08
Y8	0.73	0.97	1.25	0.81	2.05	1.33	0.34	0.68	0.91	1.17	0.76	1.92	1.25	0.31	68.56
Y9	0.69	1.01	1.23	0.83	2.06	1.36	0.36	0.64	0.94	1.14	0.77	1.91	1.26	0.33	67.03
Y10	0.67	0.97	1.22	0.81	2.06	1.43	0.36	0.62	0.90	1.14	0.76	1.91	1.33	0.34	66.20
Y11	0.69	0.97	1.10	0.80	2.08	1.37	0.36	0.65	0.92	1.04	0.76	1.97	1.30	0.35	65.41
Y12	0.67	0.99	1.33	0.74	1.92	1.28	0.31	0.65	0.96	1.29	0.71	1.86	1.24	0.30	70.03
Y13	0.72	1.05	1.38	0.80	2.07	1.39	0.35	0.65	0.94	1.25	0.72	1.87	1.26	0.32	68.31
Y14	0.64	1.30	1.28	0.84	2.09	1.51	0.34	0.56	1.14	1.12	0.73	1.83	1.32	0.29	70.54
Y15	0.70	0.98	1.34	0.74	2.03	1.40	0.34	0.65	0.91	1.25	0.69	1.89	1.30	0.31	68.81
Y16	0.64	1.28	1.26	0.85	2.08	1.50	0.36	0.56	1.12	1.11	0.75	1.82	1.32	0.32	68.26
Y17	0.63	1.21	1.20	0.89	2.16	1.49	0.34	0.55	1.07	1.06	0.79	1.91	1.31	0.30	70.02
Y18	0.65	1.24	1.13	0.86	2.14	1.48	0.34	0.58	1.11	1.01	0.77	1.91	1.32	0.30	69.53
平均值	0.68	1.10	1.26	0.83	2.07	1.41	0.35	0.62	1.00	1.15	0.75	1.88	1.28	0.32	68.16

(Leu)、苯丙氨酸和酪氨酸(Phe + Tyr)的  $RC > 1$ , 相对过剩,但是缬氨酸(Val)、蛋氨酸 + 胱氨酸(Met + Cys)与标准模式谱极为相近。再者,18 份薏苡自交系的  $SRC$  的变异范围为 65.41 ~ 70.54,平均值为 68.16,其中  $SRC > 70$  的材料有 4 份(Y5、Y12、Y14 和 Y17),其氨基酸组成和营养价值更高。

### 2.3 薏苡自交系脂肪酸组成

通过对薏苡的粗脂肪和 4 种主要脂肪酸组分进行测试,结果(表 4)表明,18 份薏苡材料的粗脂肪干基含量最高为 9.73%,最低为 7.25%,平均值为 8.29%。其中粗脂肪含量大于 9% 的有 3 份(Y2、Y7、Y8),粗脂肪含量大于 8% 且小于 9% 的材料有 8 份(Y3、Y6、Y10、Y11、Y13、Y14、Y15 和 Y16),小于 8% 的有 7 份。2 种饱和脂肪酸(十六烷酸和十八烷酸)的平均含量分别为 1.09%、0.17%,分别占总脂肪酸含量的 13.23%、2.05%;不饱和脂肪酸十八烯酸和十八二烯酸的平均含量分别为 4.34%、2.85%,分别占总脂肪酸含量的 52.59%、34.58%;在薏苡的主要脂肪酸组成中,不饱和脂肪酸占比较高。

### 2.4 薏苡自交系的综合评价和筛选

以粗蛋白、粗脂肪、必需氨基酸和 4 种主要脂肪

酸组分为评价指标,采用模糊数学中的隶属函数法对不同薏苡自交系的品质指标进行综合评价。结果(表 5)显示,以平均隶属度大小排序,排名前 5 的材料分别为 Y2、Y18、Y1、Y7 和 Y5,说明其在氨基酸和脂肪酸组分综合性品质上相对较优。

## 3 讨论

### 3.1 薏苡氨基酸和脂肪酸组成及其加工利用

按照 FAO/WHO 提出的理想蛋白质条件:组成蛋白质的每种必需氨基酸/总氨基酸的值应达总量的 40% 左右,必需氨基酸/非必需氨基酸的值应在 0.6 以上<sup>[13]</sup>。本研究结果表明,18 份薏苡材料中必需氨基酸占总氨基酸含量的 35.89%,必需氨基酸/非必需氨基酸的值为 55.99%,与标准氨基酸模式极为相近,可作为食品中优质蛋白或氨基酸的来源,这与前人的研究结果<sup>[10,15]</sup>基本一致。林莉等通过优化薏米糠粉粕蛋白碱法提取工艺,可以得到 63.75% 的蛋白提取率,且 7 种必需氨基酸齐全<sup>[16]</sup>。脂肪酸是薏苡中性油提取加工的重要功能成分,也是康莱特抗癌药物的主要组分。苏海兰等检测了福建薏苡不同器官的脂肪酸组分,发现薏苡不同器官均含有亚油酸、亚麻酸、棕榈酸、硬脂酸、油酸等

表 4 18 份薏苡自交系的脂肪酸组分

编号	脂肪酸含量(%)				占总脂肪酸含量比例(%)				粗脂肪干基含量(%)
	十六烷酸	十八烷酸	十八烯酸	十八二烯酸	十六烷酸	十八烷酸	十八烯酸	十八二烯酸	
Y1	1.19	0.21	4.32	3.01	15.60	2.75	56.62	39.45	7.63
Y2	1.31	0.20	4.52	3.34	13.97	2.13	48.19	35.61	9.38
Y3	1.00	0.15	4.41	2.81	11.63	1.74	51.28	32.67	8.60
Y4	1.02	0.15	4.47	2.95	12.99	1.91	56.94	37.58	7.85
Y5	1.12	0.18	4.33	2.88	14.20	2.28	54.88	36.50	7.89
Y6	1.05	0.14	5.26	2.57	12.22	1.63	61.23	29.92	8.59
Y7	1.17	0.18	4.38	2.92	12.02	1.85	45.02	30.01	9.73
Y8	1.04	0.17	3.91	2.68	11.19	1.83	42.09	28.85	9.29
Y9	1.09	0.18	4.06	2.80	14.34	2.37	53.42	36.84	7.60
Y10	1.12	0.18	4.74	2.98	13.35	2.15	56.50	35.52	8.39
Y11	1.19	0.20	4.42	3.18	14.13	2.38	52.49	37.77	8.42
Y12	1.13	0.17	4.34	3.00	14.89	2.24	57.18	39.53	7.59
Y13	1.06	0.13	3.79	2.85	12.99	1.59	46.45	34.93	8.16
Y14	0.96	0.16	4.60	2.90	11.43	1.90	54.76	34.52	8.40
Y15	1.07	0.15	4.13	2.65	12.78	1.79	49.34	31.66	8.37
Y16	0.95	0.14	4.41	2.25	11.06	1.63	51.34	26.19	8.59
Y17	1.09	0.19	4.04	2.77	15.03	2.62	55.72	38.21	7.25
Y18	1.06	0.16	3.96	2.74	14.21	2.14	53.08	36.73	7.46
最大值	1.31	0.21	5.26	3.34	15.60	2.75	61.23	39.53	9.73
最小值	0.95	0.13	3.79	2.25	11.06	1.59	42.09	26.19	7.25
平均值	1.09	0.17	4.34	2.85	13.23	2.05	52.59	34.58	8.29
标准差	0.09	0.02	0.34	0.24	1.52	0.34	4.88	3.86	0.69
CV(%)	8.26	14.47	7.89	8.35	11.48	16.67	9.29	11.18	8.34

表 5 18 份薏苡自交系主要营养品质的平均隶属度

编号	平均隶属度	排序	编号	平均隶属度	排序
Y1	0.57	3	Y10	0.49	6
Y2	0.67	1	Y11	0.49	7
Y3	0.45	9	Y12	0.39	14
Y4	0.27	17	Y13	0.45	10
Y5	0.51	5	Y14	0.39	13
Y6	0.32	15	Y15	0.27	18
Y7	0.55	4	Y16	0.29	16
Y8	0.46	8	Y17	0.44	11
Y9	0.43	12	Y18	0.65	2

10 种脂肪酸,但不同组织部位的含量差异较大,而且糙薏仁中单不饱和脂肪酸含量最高<sup>[17]</sup>。本研究也显示,18 份薏苡材料的脂肪含量也有差异,变异范围为 7.25%~9.73%,平均含量为 8.29%,而且 2 种不饱和脂肪酸(十八烯酸和十八二烯酸)含量远高于其他 2 种饱和脂肪酸含量,这与前人的研究结果<sup>[16]</sup>相一致。由于薏苡蛋白质、氨基酸和脂肪酸含量相对较高,这是薏苡特有的营养禀赋,可作为优

质的蛋白质(氨基酸)和油脂来源。但是,在加工、储藏等过程中也存在不易蒸煮、易陈化变质、不耐储藏等不利因素。已有研究表明,薏苡仁在自然状态下(温度为 4~24℃、相对湿度为 74%~86%)储藏 60 d 即出现哈败,其陈化主要与醇类、酯类物质的氧化、分解,醛类、酸类物质的形成相关,也与脂类氧化降解密切相关,也会造成其营养、蒸煮和质构等品质的下降<sup>[18-21]</sup>。因此,在产品加工过程中也要根据其特定品质和不耐储藏特点,进一步优化加工工艺和储藏条件。

### 3.2 薏苡主要品质评价与品种选育

模糊函数评估法是根据模糊数学的原理,利用隶属函数进行综合评估的方法,广泛应用于植物的抗旱性<sup>[22-24]</sup>和品质评价<sup>[25-27]</sup>等领域。本研究采用隶属函数法以 18 份薏苡自交系的蛋白质、脂肪、必需氨基酸和 4 种主要脂肪酸组分为基础开展综合评价和材料筛选,筛选出综合品质较优的 5 份薏苡自交系(Y2、Y18、Y1、Y7 和 Y5),可作为品种优化和杂交改良的优异亲本材料。另外,薏苡油脂作为重要

的药用组分提取物是薏苡仁药用和保健功效评价的重要指标,也是高含油薏苡品种选育的重要方向。已有学者采用生物信息学手段分析和克隆了薏苡脂肪合成代谢关键基因薏苡油脂薏苡二酰甘油酰基转移酶基因(*CIDGAT*)、内质网油酸脱饱和酶基因(*CIFAD2*)和硬脂酸脱饱和酶基因(*CISAD*)<sup>[28]</sup>,为薏苡高油品种改良提供了重要依据。本研究也筛选出了脂肪含量大于 9% 的 3 份高含油类型的自交系,可结合基因挖掘和分子辅助手段,为高油品种的改良和选育提供基础材料。

#### 4 结论

18 份薏苡自交系的总氨基酸和脂肪酸含量相对较高,且不同材料之间具有较大差异,必需氨基酸组分和不饱和脂肪酸所占比例也较高,可作为不同加工类型育种材料的重要来源。

#### 参考文献:

- [1] 黄锁义,李容,潘勇,等. 薏苡研究的新进展[J]. 食品研究与开发,2012,33(11):223-227.
- [2] 杨爽,王李梅,王姝麒,等. 薏苡化学成分及其活性综述[J]. 中药材,2011,34(8):1306-1312.
- [3] 李大鹏. 康莱特注射液抗癌作用机制研究进展[J]. 中药新药与临床药理,2001,12(2):122-124.
- [4] 梁云涛,陈成斌,梁世春,等. 中日韩三国薏苡种质资源遗传多样性研究[J]. 广西农业科学,2006,37(4):341-344.
- [5] 王硕,张世鲍,何金宝,等. 薏苡资源性状的主成分和聚类分析[J]. 云南农业大学学报,2013,28(2):157-162.
- [6] 李春花,王艳青,卢文洁,等. 云南薏苡种质资源农艺性状的主成分和聚类分析[J]. 植物遗传资源学报,2015,16(2):277-281,287.
- [7] Ma K H, Kim K H, Dixit A, et al. Newly developed polymorphic microsatellite markers in Job's tears (*Coix lacrymajobi* L.) [J]. Molecular Ecology Notes,2006,6(3):689-691.
- [8] Ma K H, Kim K H, Dixit A, et al. Assessment of genetic diversity and relationships among *Coix lacryma-jobi* accessions using microsatellite markers[J]. Biologia Plantarum,2010,54(2):272-278.
- [9] 谈漫漫,陈振林,熊善柏,等. 薏苡的营养特性研究[J]. 中国粮油学报,2017,32(9):43-48,55.
- [10] 贾青慧,陈莉,王珍,等. 薏米及薏米糠氨基酸组成分析及营养评价[J]. 食品工业,2017,38(4):185-188.
- [11] 邓素芳,杨有泉,李春燕,等. 基于氨基酸分析的薏苡饲用价值评价[J]. 热带作物学报,2017,38(8):1468-1477.
- [12] 董楠,吕都,唐健波,等. 薏苡米粉营养成分的分析及其食用品质的评价[J]. 粮食与油脂,2020,33(9):52-55.
- [13] 李祥栋,潘虹,陆秀娟,等. 薏苡种质的主要营养组分特征及综合评价[J]. 中国农业科学,2018,51(5):835-842.
- [14] FAO Energy and protein requirements; report of a joint FAO - WHO ad hoc expert committee. Rome, 22 March - 2 April 1971 [J]. World Health Organization Technical Report Series,1973,522:1-118.
- [15] 余爱国,张桂珍,余世望,等. 薏苡的营养成份分析[J]. 南昌大学学报(理科版),1991,15(1):23-26.
- [16] 林莉,秦礼康,张伟. 薏米糠蛋白的提取工艺优化及其功能性质[J]. 食品科学,2015,36(2):46-51.
- [17] 苏海兰,黄颖桢,陈菁瑛. 福建浦城薏苡不同器官脂肪酸组分及其含量测定[J]. 福建农业学报,2012,27(7):695-699.
- [18] 杨凤仪,卢红梅,陈莉,等. 薏仁米储藏过程中陈化机理的研究[J]. 保鲜与加工,2016,16(4):48-55.
- [19] 代来鑫,卢红梅,陈莉,等. 不同储藏条件下薏仁米脂肪酸值及过氧化值的变化[J]. 贵州农业科学,2014,42(8):198-201.
- [20] 栾琳琳,卢红梅,陈莉,等. 薏仁米贮藏过程中品质的变化[J]. 食品与机械,2019,35(3):149-154.
- [21] 栾琳琳,卢红梅,陈莉,等. 薏仁米储藏过程中蒸煮品质及质构特性的研究[J]. 食品工业科技,2019,40(10):68-72,77.
- [22] 汪灿,周棱波,张国兵,等. 薏苡种质资源萌发期抗旱性鉴定及抗旱指标筛选[J]. 植物遗传资源学报,2017,18(5):846-859.
- [23] 汪灿,周棱波,张国兵,等. 薏苡种质资源苗期抗旱性鉴定及抗旱指标筛选[J]. 中国农业科学,2017,50(15):2872-2887.
- [24] 汪灿,周棱波,张国兵,等. 薏苡种质资源成株期抗旱性鉴定及抗旱指标筛选[J]. 作物学报,2017,43(9):1381-1394.
- [25] 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.
- [26] 罗海玲,龚明霞,周芸伊,等. 利用隶属函数法对山药种质资源品质和产量进行综合评价[J]. 西南农业学报,2018,31(5):911-916.
- [27] 袁仕改,张明均,朱欣,等. 6 个青贮玉米品种发酵品质及有氧稳定性比较[J]. 江苏农业科学,2019,47(8):187-190.
- [28] 付瑜华,蒙秋伊,李秀诗,等. 薏苡油脂合成关键基因克隆及其生物信息学分析[J]. 南方农业学报,2020,51(3):485-495.