

云南紫仁核桃必需氨基酸含量及营养评价

肖良俊, 毛云玲, 吴涛, 宁德鲁, 张雨*

(云南省林业科学院 云南省木本油料工程技术研究中心, 云南 昆明 650201)

摘要:以云南大泡核桃做对照, 测定分析了28个紫仁核桃样品的9种必需氨基酸含量, 明确了各氨基酸含量范围。根据测定结果进行了必需氨基酸含量的变异分析、相关性分析和主成分分析。结果表明, 变异系数最大的是组氨酸为39%, 变异系数最小的是精氨酸为7%; 各氨基酸之间相关性不大; 主成分分析结果表明, 前5个主成分累计方差贡献率达到85.59%, 基本概况了全部9种必需氨基酸成分的主要信息; 根据主成分分析结果确定各成分的权重值, 对各紫仁核桃必需氨基酸含量及营养特性进行了模糊综合评判, 其中25种紫仁核桃资源的必需氨基酸含量及营养价值均大于对照(大泡核桃)。

关键词:紫仁核桃; 大泡核桃; 必需氨基酸; 营养评价

Contents of Essential Amino Acids and Nutritional Evaluation of Purple Kernel Walnut from Yunnan Province

XIAO Liangjun, MAO Yunling, WU Tao, NING Delu, ZHANG Yu*

(Woody Oil Engineering Research Center of Yunnan Province, Yunnan Academy of Forestry, Kunming 650201, China)

Abstract: The contents of nine essential amino acids were analyzed in 28 purple kernel walnut samples from Yunnan province in comparison with *Juglans sigillata* cv. 'Dapao' as the reference, and the variability, correlation and principal component analysis of amino acid contents were studied at the same time. The results showed that histidine had the maximum value of variation coefficient (39%) among the tested essential amino acids, and arginine revealed the minimum variation coefficient (7%). No significant correlation was observed among various amino acids based on correlation analysis. The results of principal component analysis (PCA) showed that the cumulative contribution of the top five principal components reached 85.59%, which included the major information about the nine essential amino acids. The weight of each amino acid was determined according to the results of PCA, and nutritional characteristics of purple kernel walnuts were evaluated by fuzzy comprehensive evaluation. The contents of essential amino acids and nutritional value of 25 purple kernel walnut samples exceeded the reference 'Dapao' walnut.

Key words: purple kernel walnut; *Juglans sigillata* cv. 'Dapao'; essential amino acids; nutritional evaluation

中图分类号: S664.1

文献标志码: A

文章编号: 1002-6630 (2015) 04-0106-04

doi:10.7506/spkx1002-6630-201504020

核桃 (*Juglans* spp.) 是一种综合开发利用价值很高的木本油料及干果树种^[1-2]。云南泡核桃 (*Juglans sigillata* L.), 分布广泛, 遍布云南省128个县(区), 在栽培面积、产量和质量上均居全国之首^[3]。由于云南复杂的地形地貌, 特殊的气候条件和多种多样的土壤类型, 致使核桃的类型繁多, 种质资源极其丰富^[4-5], 紫仁核桃属云南核桃晚实特异类群, 因其坚果核仁皮色为紫(乌)色而得名, 其核仁颜色特殊, 是我国极其宝贵的核桃种质资源, 可作为育种材料开发和利用^[6]。核桃所含的18种氨基酸总量 (total amino acid, TAA) 占核桃仁的20%左右, 必需氨基酸 (essential amino acids, EAA) 含

量较高^[7-11]。现代饮食提倡高蛋白低脂肪, 而氨基酸是蛋白质的基本组成单位, 除能直接满足人体所需外, 有的还具有多种药理活性, 在调节神经、内分泌、免疫和酶活性等方面发挥作用^[12-16]。目前对紫仁核桃研究尚处于空白阶段, 未见到有关于其氨基酸含量及营养评价研究报道。2010年云南省林业科学院与云南省林木种苗站联合开展了全省核桃种质资源调查, 各市(州)县林业种苗站选送800多份本地优良的泡核桃样品。在选送样品考种和核果质量分析过程中发现, 种仁紫(乌)色的核桃口感明显要比其他核桃好, 食味更加香纯。因此有意对核桃仁紫色做特殊标记, 最后收集整理共得到28份样品。

收稿日期: 2014-05-25

基金项目: “十二五”国家科技支撑计划项目 (2011BAD46B01-1)

作者简介: 肖良俊 (1983—), 男, 助理研究员, 硕士, 主要从事核桃资源调查及良种选育研究。E-mail: Xiaoliangjun2008@126.com

*通信作者: 张雨 (1967—), 女, 研究员, 硕士, 主要从事核桃良种选育及栽培研究。E-mail: zhangyu_67@126.com

本研究通过测试分析此28份紫仁核桃样品中核桃仁的EAA含量,对各氨基酸进行分析比较,以期对紫仁核桃资源收集、评价及新品种选育提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 材料与试剂

以28份紫仁核桃为试材,编号分别为紫1~紫28,种质来源见表1;同时以云南省栽培面积最大、品质优良的大泡核桃为对照。

氨基酸水解标准溶液 美国Sigma公司;AccQ-Fluor试剂盒、质量分数60%乙腈、醋酸盐缓冲溶液(pH 5.2) 美国Waters公司;乙腈(色谱纯) 美国Fisher公司。

1.2 仪器与设备

600高效液相色谱仪(配2487紫外检测仪)、Nova-pak C₁₈柱 美国Waters公司;T-203型电子天平 美国丹佛公司。

1.3 方法

1.3.1 氨基酸的测定

称取研细0.5 g核桃样品于水解管中,加入6 mol/L盐酸溶液水解样品,使果肉中蛋白在酸作用下,水解成单一氨基酸,然后经离子交换色谱法分离并以茚三酮柱后衍生,依据GB/T 5009.124—2003《食品中氨基酸的测定》^[17]。其中氨基酸混合标准溶液的浓度为100 nmol/mL。氨基酸含量计算见下式:

$$X/(\text{mg}/100\text{ g}) = \frac{c}{50 \times F \times V \times M \times m}$$

式中: X 为试样中测定的某氨基酸含量/(mg/100 g); c 为试样测定液中氨基酸含量/(nmol/50 μL); F 为试样稀释倍数; V 为水解后试样定容体积/mL; M 为氨基酸的相对分子质量; m 为试样质量/g。

1.3.2 色谱条件

色谱柱: Nova-pak C₁₈柱;升温程序:柱起始温度120 $^{\circ}\text{C}$,保持1 min,以8 $^{\circ}\text{C}/\text{min}$ 升至175 $^{\circ}\text{C}$,保持10 min,以3 $^{\circ}\text{C}/\text{min}$ 升至210 $^{\circ}\text{C}$,保持4 min,再以5 $^{\circ}\text{C}/\text{min}$ 升至230 $^{\circ}\text{C}$,保持10 min;载气N₂;恒流速率1.5 mL/min;进样方式:分流比50:1、进样量1 μL 、进样口温度280 $^{\circ}\text{C}$;氢火焰离子化检测器;检测器温度300 $^{\circ}\text{C}$ 。

1.4 数据处理

采用Excel 2003、SPSS 18.0软件对紫仁核桃测定数据进行整理、变异性分析、相关性分析,通过主成分分析对9种EAA分别赋予权重值、对分析测定原始数据用极值法进行标准化处理,得到评判模糊矩阵 R , $R=(r_{ij})$, $r_{ij}=(x_{ij}-\min x_j)/(\max x_j-\min x_j)$ 并进行矩阵综合评判及作图。

2 结果与分析

2.1 EAA含量

表1 紫仁核桃和对照(大泡核桃)的氨基酸组成及含量
Table 1 Contents of essential amino acids in purple kernel walnut

		mg/100 g													
编号	县(区)	组氨酸	精氨酸	苏氨酸	缬氨酸	蛋氨酸	赖氨酸	异亮氨酸	亮氨酸	苯丙氨酸	EAA	TAA	EAA/TAA/%		
紫1	大姚县	3.22	11.23	11.51	5.91	4.12	5.53	4.41	9.12	5.11	60.16	125.80	48		
紫2	玉龙县	2.56	10.14	12.61	5.08	4.67	4.85	3.78	8.63	5.42	57.74	119.22	48		
紫3	玉龙县	2.96	10.62	8.42	5.78	4.33	4.52	3.52	9.53	4.86	54.54	113.08	48		
紫4	玉龙县	2.78	10.89	11.01	5.13	4.52	7.10	5.78	8.27	9.27	64.75	119.91	54		
紫5	玉龙县	2.14	10.44	11.81	6.43	4.01	3.53	4.44	10.14	6.43	59.37	114.69	52		
紫6	玉龙县	8.51	10.25	9.29	4.59	4.32	4.01	5.73	8.66	5.33	60.69	115.88	52		
紫7	宁浪县	3.11	10.22	9.23	5.63	4.21	4.79	3.62	9.53	5.42	55.76	114.74	49		
紫8	会泽县	2.90	11.73	10.89	4.95	4.01	5.61	4.63	8.55	5.47	58.74	109.94	53		
紫9	镇雄县	2.56	12.50	12.41	6.38	3.98	6.04	3.67	5.85	7.13	60.52	119.47	51		
紫10	鲁甸县	2.43	9.78	10.42	6.21	4.89	5.02	3.66	9.62	6.42	58.45	115.66	51		
紫11	师宗县	2.12	11.32	11.52	5.44	3.52	6.42	4.32	9.52	6.31	60.49	115.96	52		
紫12	华宁县	2.87	10.70	11.42	5.48	4.41	5.39	3.83	8.14	7.65	59.89	116.14	52		
紫13	漾濞县	2.36	10.29	14.22	7.45	4.56	6.43	3.75	8.53	8.41	66.00	127.74	52		
紫14	腾冲县	4.11	12.63	17.52	11.87	4.96	6.38	9.81	17.74	10.26	95.28	229.67	41		
紫15	德钦县	2.71	11.19	12.31	3.88	4.51	3.68	5.04	9.77	7.45	60.54	125.54	48		
紫16	德钦县	3.00	11.21	10.33	6.67	4.24	6.48	4.30	9.74	9.07	65.04	129.24	50		
紫17	德钦县	4.01	11.43	11.56	6.36	4.21	5.14	5.21	8.82	8.00	64.74	125.46	52		
紫18	德钦县	2.89	12.01	14.20	5.74	4.56	5.48	2.56	11.08	7.32	65.84	124.06	53		
紫19	德钦县	3.11	10.32	13.31	5.44	4.52	4.65	2.98	10.11	6.64	61.08	127.06	48		
紫20	德钦县	2.32	10.45	12.52	5.02	4.61	5.29	4.31	9.45	7.65	61.62	121.24	51		
紫21	维西县	3.36	12.20	11.08	6.11	4.37	6.34	4.25	6.34	9.15	63.20	120.41	52		
紫22	香格里拉县	3.12	11.21	11.91	6.39	4.85	4.58	4.75	7.52	5.21	59.54	123.39	48		
紫23	香格里拉县	2.65	10.51	11.78	6.43	4.35	5.63	5.30	8.64	4.12	59.41	119.09	50		
紫24	香格里拉县	2.47	10.49	11.41	5.54	3.58	5.44	5.31	9.51	4.53	58.28	116.28	50		
紫25	香格里拉县	3.13	11.13	11.36	5.72	3.82	5.31	4.56	9.45	5.31	59.79	123.29	48		
紫26	香格里拉县	2.54	10.29	9.83	5.48	3.92	4.32	4.62	8.27	6.23	55.50	116.55	48		
紫27	东川区	2.23	11.47	11.96	5.27	4.63	5.28	5.24	6.34	8.87	61.29	123.84	49		
紫28	东川区	2.17	11.41	11.05	7.37	4.55	4.23	4.54	7.97	7.41	60.70	118.17	51		
均值		3.01	11.00	11.67	5.99	4.33	5.27	4.57	9.10	6.80	61.75	123.98	50		
对照	漾濞县	2.53	10.12	13.28	3.48	4.90	3.38	4.81	7.79	4.62	54.91	115.88	47		

对核桃EAA的研究报道较少,如吴开志等^[18]对核桃种仁粗脂肪和氨基酸含量的差异性分析,其结果表明,含有7种人体EAA,EAA占TAA的29.02%。对28份紫仁核桃及对照品种(大泡核桃)的EAA测定结果见表1,紫仁核桃9种EAA与TAA的比值平均是50%,比对照稍高。紫仁核桃EAA含量范围分别为:组氨酸2.12~8.51 mg/100 g、精氨酸9.78~12.63 mg/100 g、苏氨酸8.42~17.52 mg/100 g、缬氨酸3.88~11.87 mg/100 g、蛋氨酸3.52~4.96 mg/100 g、赖氨酸3.53~7.10 mg/100 g、异亮氨酸2.56~9.81 mg/100 g、亮氨酸5.85~17.74 mg/100 g、苯丙氨酸4.12~10.26 mg/100 g。EAA中组氨酸比对照高19%,精氨酸比对照高9%,缬氨酸比对照高72%,赖氨酸比对照高56%,亮氨酸比对照高17%,苯丙氨酸比对照高47%。

2.2 EAA的变异分析与相关性分析

表 2 紫仁核桃EAA的变异分析

Table 2	Variation analysis of essential amino acids in purple kernel walnut									
	mg/100 g									
氨基酸	组氨酸	精氨酸	苏氨酸	缬氨酸	蛋氨酸	赖氨酸	异亮氨酸	亮氨酸	苯丙氨酸	
极小值	2.12	9.78	8.42	3.88	3.52	3.53	2.56	5.85	4.12	
极大值	8.51	12.63	17.52	11.87	4.96	7.10	9.81	17.74	10.26	
变幅	6.39	2.85	9.10	7.99	1.44	3.57	7.25	11.89	6.14	
标准差	1.19	0.75	1.76	1.39	0.36	0.90	1.29	2.07	1.63	
变异系数/%	39	7	15	23	8	17	28	23	24	

由表2可知,在所测定的9种氨基酸中,变异系数最大的是组氨酸,为39%,变异系数较大的是异亮氨酸、苯丙氨酸、缬氨酸、亮氨酸、赖氨酸、苏氨酸,分别为28%、24%、23%、23%、17%、15%,蛋氨酸和精氨酸的变异系数较小,分别是8%和7%。

表 3 EAA的相关性矩阵

Table 3	Correlation matrix of essential amino acids									
氨基酸	组氨酸	精氨酸	苏氨酸	缬氨酸	蛋氨酸	赖氨酸	异亮氨酸	亮氨酸	苯丙氨酸	
组氨酸	1.00	-0.01	-0.14	0.00	0.08	-0.17	0.33	0.14	-0.07	
精氨酸	-0.01	1.00	0.43	0.41	-0.01	0.41	0.33	0.13	0.47	
苏氨酸	-0.14	0.43	1.00	0.60	0.39	0.31	0.38	0.55	0.46	
缬氨酸	0.00	0.41	0.60	1.00	0.31	0.32	0.58	0.62	0.41	
蛋氨酸	0.08	-0.01	0.39	0.31	1.00	-0.05	0.17	0.22	0.41	
赖氨酸	-0.17	0.41	0.31	0.32	-0.05	1.00	0.19	0.06	0.46	
异亮氨酸	0.33	0.33	0.38	0.58	0.17	0.19	1.00	0.55	0.32	
亮氨酸	0.14	0.13	0.55	0.62	0.22	0.06	0.55	1.00	0.19	
苯丙氨酸	-0.07	0.47	0.46	0.41	0.41	0.46	0.32	0.19	1.00	

对紫仁核桃EAA含量进行相关性分析,结果见表3。9种EAA之间,苏氨酸与缬氨酸、苏氨酸与亮氨酸、亮氨酸与缬氨酸、异亮氨酸与缬氨酸含量之间的相关系数分别为0.60、0.55、0.62和0.58,即苏氨酸、缬氨酸、亮氨酸与异亮氨酸有一定相关性,其他EAA之间相关性不大。

2.3 EAA的主成分分析

表 4 EAA主成分矩阵

Table 4	The principal component matrix of essential amino acids in purple kernel walnut					
氨基酸	组成成分					
	第1主成分	第2主成分	第3主成分	第4主成分	第5主成分	
组氨酸	0.04	0.66	0.45	0.51	0.03	
精氨酸	0.60	-0.39	0.38	0.14	-0.53	
苏氨酸	0.80	-0.06	-0.26	-0.20	-0.19	
缬氨酸	0.84	0.12	0.00	-0.22	0.05	
蛋氨酸	0.43	0.24	-0.70	0.44	0.02	
赖氨酸	0.48	-0.61	0.28	0.06	0.49	
异亮氨酸	0.70	0.39	0.36	0.01	0.09	
亮氨酸	0.67	0.47	-0.03	-0.42	0.09	
苯丙氨酸	0.69	-0.34	-0.15	0.43	0.08	
特征值	3.53	1.53	1.13	0.94	0.58	
贡献率/%	39.22	16.97	12.54	10.41	6.46	
累计贡献率/%	39.22	56.19	68.72	79.13	85.59	

对28份紫仁核桃样品的9种EAA做主成分分析^[19-21](表4),结果显示:第1主成分的贡献率较高(39.22%),其中缬氨酸、苏氨酸、异亮氨酸、苯丙氨酸、亮氨酸、精氨酸有较高的正载荷,因此第1主成分主要反映紫仁核桃的缬氨酸、苏氨酸、异亮氨酸、苯丙氨酸、亮氨酸、精氨酸;第2主成分的贡献率为16.97%,其中组氨酸有较高的正载荷,因此第2主成分主要反映紫仁核桃的组氨酸;第3主成分的贡献率为12.54%,其中组氨酸和精氨酸有较高的正载荷,因此第3主成分主要反映紫仁核桃组氨酸和精氨酸;第4主成分的贡献率为10.41%,其中组氨酸和蛋氨酸有较高的正载荷,因此第4主成分主要反映紫仁核桃组氨酸和蛋氨酸;第5主成分的贡献率为6.46%,其中赖氨酸有较高的正载荷,因此第5主成分主要反映紫仁核桃赖氨酸。前5个主成分的累积贡献率达到85.59%,说明前5个主成分可基本概括紫仁核桃9种EAA的主要信息,在反映紫仁核桃EAA含量中缬氨酸和苏氨酸为首要性状,其次为异亮氨酸、苯丙氨酸、亮氨酸、精氨酸、组氨酸、蛋氨酸和赖氨酸。

2.4 综合评判及排序结果

对表1的数据进行极值标准化处理,得到评判模糊矩阵 R , $R=(r_{ij})$, $r_{ij}=(x_{ij}-\min x_j)/(\max x_j-\min x_j)$;根据主成分分析结果中各成分在5大主成分中所占比例的综合,对紫仁核桃9种EAA赋予权重值,建立评判模型,确立评判关系,得到权重矩阵 A (表5),评判结果为 $B=A \cdot R$ 。通过矩阵运算,得到评判结果,评判值越大,说明该紫仁核桃EAA的综合营养越高^[22-25]。按综合评判值大小进行排序,结果见图1。

表 5 紫仁核桃EAA营养综合评判

Table 5	Weights of essential amino acids for comprehensive nutritional evaluation of purple kernel walnut	
氨基酸	权重	
组氨酸	0.104	
精氨酸	0.105	
苏氨酸	0.120	
缬氨酸	0.125	
蛋氨酸	0.100	
赖氨酸	0.102	
异亮氨酸	0.117	
亮氨酸	0.112	
苯丙氨酸	0.115	

从紫仁核桃EAA含量及综合营养的综合评判值可知,28份紫仁核桃之间有一定差异,最大的为紫14号,评判值为0.91,最小的为紫26号,评判值为0.22。与对照大泡核桃相比,28个紫仁核桃的评判值有25个大于对照(0.24),可见紫仁核桃的EAA含量与EAA的综合营养价值普遍优于对照。

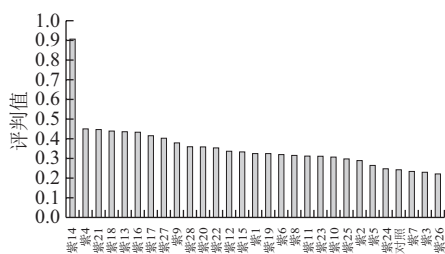


图1 紫仁核桃EAA营养综合评判

Fig.1 Comprehensive nutritional evaluation of essential amino acids in purple kernel walnut

3 结论与讨论

3.1 综合评判权重值的确定

用模糊综合评判的方法评价紫仁核桃9种EAA的含量及综合营养价值,利用主成分分析结果中9种EAA含量在5大主成分中所占比例的综合给紫仁核桃9种EAA分别赋以权重值,此法虽然有一定的科学性,但只能确定各EAA之间的相对比值,其精确性有待进一步研究。

3.2 紫仁核桃EAA组成含量

本研究测定了28份紫仁核桃9种EAA的含量,其中紫仁核桃组氨酸、精氨酸、缬氨酸、赖氨酸、亮氨酸、苯丙氨酸的平均值比对照分别高19%、9%、72%、56%、17%、47%。表明紫仁核桃EAA含量高,非常具有开发价值。9种氨基酸中,变异系数最大的是组氨酸,为39%,蛋氨酸和精氨酸的变异系数较小,分别是8%和7%。相关性分析表明各EAA之间相关性不大。

3.3 紫仁核桃EAA的营养价值

本项研究中,28份紫仁核桃样品的9种EAA含量的模糊综合评价分析评价结果表明,25个样品优于对照(大泡核桃),表明紫仁核桃营养保健价值普遍比大泡核桃高。其中紫6号组氨酸含量最高为对照的3.36倍、紫4号赖氨酸含量最高为对照的2.10倍、紫14号缬氨酸、异亮氨酸、亮氨酸、苯丙氨酸含量最高分别为对照的3.41、2.04、2.28倍和2.22倍。紫14号EAA含量及综合营养价值最高,可作为高保健价值的核桃进行开发和利用。总而言之,紫仁核桃作为我国特异的核桃种质资源,不但仁色性状特异,而且EAA营养价值比云南省主要栽培品种(大泡核桃)较高,具有很好的市场前景,亟需加以收集、保护、评价和开发利用。

参考文献:

- [1] 郝荣庭,张毅萍.中国果树志:核桃卷[M].北京:中国林业出版社,1996:1-12.
- [2] 吴国良,刘群龙,郑先波,等.核桃种质资源研究进展[J].果树学报,2009,26(4):539-545.
- [3] 陆斌.云南核桃的特性与品质[J].经济林研究,2009,27(2):137-140.
- [4] 张雨,毛云玲,冯倩,等.滇东北地区铁核桃种群优良单株的选择[J].经济林研究,2010,28(1):62-68.
- [5] 张雨,董润泉,习学良.云南核桃种质资源现状及开发利用[J].西北林学院学报,2004,19(2):38-40.
- [6] 裴东,鲁新政.中国核桃种质资源[M].北京:中国林业出版社,2011:1-9.
- [7] 郝艳宾,王克建,王淑兰,等.几种早实核桃坚果中蛋白质、脂肪酸组成成分分析[J].食品科学,2002,23(10):123-125.
- [8] 李敏,刘媛,孙翠,等.核桃营养价值研究进展[J].中国粮油学报,2009,24(6):166-170.
- [9] 张丽梅,陈菁瑛,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.
- [10] 黄勇其,陈龙珠.贵州五种南沙参药材中氨基酸含量的比较[J].中国药业,2002,11(4):62.
- [11] 朱伟伟,蓝建京.犀牛角氨基酸组成分析与营养价值评价[J].江苏农业科学,2013,41(4):289-290.
- [12] 钱爱萍.杨桃的氨基酸组成及其营养价值评价[J].中国食物与营养,2012,18(4):75-78.
- [13] 孙灿,林估,万玉萍,等.云南省常见野生食用菌的氨基酸含量[J].植物分类与资源学报,2012,34(1):89-92.
- [14] 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.
- [15] 万继锋,吴如健,韦晓霞,等.橄榄果实中糖和氨基酸组成与含量分析[J].福建农业学报,2013,28(5):472-477.
- [16] 单云,杜萍,王铁旦,等.云南版纳甜龙竹活体竹汁冻干粉营养成分分析[J].食品科学,2013,34(2):217-219.
- [17] 中国预防医学科学院营养与食品卫生研究所.GB/T 5009.124—2003 食品中氨基酸的测定[S].北京:中国标准出版社,2003.
- [18] 吴开志,肖千文,唐礼,等.核桃种仁粗脂肪和氨基酸含量的差异性分析[J].经济林研究,2007,25(2):15-18.
- [19] 黄建军.主成分分析及模糊综合评判法用于医院科室效益评价的对比[J].中国医院统计,2007,14(3):233-235.
- [20] 高焕章,吴楚,艾天成,等.用主成分分析法决策湖北核桃优系核仁加工产品类型[J].湖北农业科学,2002,41(4):58-61.
- [21] 郭宝林,扬俊霞,李永慈,等.主成分分析法在仁用杏品种主要经济性状选种上的应用研究[J].林业科学,2000,36(6):53-56.
- [22] 巩雪梅,张水明,宋丰顺,等.中国石榴品种资源经济性状研究[J].植物遗传资源学报,2004,5(1):17-21.
- [23] 赵爱玲,李登科,王永康,等.枣品种资源的营养特性评价与种质筛选[J].植物遗传资源学报,2010,11(6):811-816.
- [24] 高焕章,吴楚,李申如,等.综合指数法在核桃选种中的应用研究[J].林业科学,2002,38(3):171-176.
- [25] 潘学军,张文娥,李琴琴,等.核桃感官和营养品质的主成分及聚类分析[J].食品科学,2013,34(8):195-198.