左继林,孙　颖,吴妹杰,等. 美国薄壳山核桃实生种源果实品质主成分分析与综合评价[J]. 江苏农业科学,2019,47(18):235 – 240.
doi:10.15889/j. issn. 1002 – 1302. 2019. 18. 052

美国薄壳山核桃实生种源果实品质主成分分析与综合评价

左继林, 孙　颖, 吴妹杰, 周文才, 龚　春, 黄文印, 徐林初
(江西省林业科学院,江西南昌 330013)

摘要:通过对美国薄壳山核桃 20 株实生优株的冠幅产量、单果质量、种仁含油率、脂肪酸组分含量等性状的测定与统计学分析,综合评价各优株品质。结果表明,不同优株间性状差异明显,主成分分析 17 个性状指标综合成 5 个主成分因子可代表薄壳山核桃品质 82.17% 的信息量,种仁含油率、油酸含量、单果质量、出仁率、仁质量与果径在综合评价指标中起决定作用;利用主成分与聚类分析将优株分为 4 类,Ⅰ类是壳较厚、种仁含油率与油酸含量均高的丰城 2 号等 5 个优株;Ⅱ类是冠幅产量、含油率最高的丰城 3 号等 8 个优株;Ⅲ类是果大、壳薄、出仁率、蛋白质含量高的丰城 6 号等 5 个优株;Ⅳ类是丰城 24 号、丰城 26 号。品质综合性状较好的是丰城 4 号、丰城 6 号、丰城 36 号、丰城 2 号、丰城 5 号。

关键词:美国薄壳山核桃;果实品质;主成分;综合评价
中图分类号: S664. 103　　**文献标志码**: A　　**文章编号**:1002 – 1302(2019)18 – 0235 – 05

美国薄壳山核桃[*Carya illinoinensis* (Wangenh.) K. Koch]原产于北美,为胡桃科山核桃属植物,是世界著名的干果之一,它具有壳薄易取仁、适合机械加工、适合在低纬度地区种植且可用作园林绿化树的优点[1-4]。我国引种美国薄壳山核桃已有 100 多年的历史,在我国亚热带东部、长江流域和云南省等地结实较好,但至今仍未能形成商品化生产栽培,且适宜在各区域推广的美国薄壳山核桃良种资源相对较少[5-6]。目前,薄壳山核桃的良种评价与选优工作开展的不多,20 世纪 80 年代由浙江省科学院联合浙江省农业科学院对我国 14 个省份的薄壳山核桃资源进行初查,提出坚果壳薄、种仁饱满、出仁率在 40% 以上、含油量在 70% 以上为优良单株的选育标准,初选收集了 70 个优良单株[7];方亮等调查了南京市树龄为 30 年左右的 18 个薄壳山核桃品种果实的果质量、果形指数、出仁率、种仁含油率,采用综合评分法初步筛选 2 个优良品种,5 个次选优良品种[8];2012 年,耿国民等分析了 9 个美国山核桃单株的果实形态特征[9];朱灿灿等在测定不同品种薄壳山核桃在南京地区种植的果实形态与品质后[10],指出反映果实外部形态和品质特征的 12 个指标可归纳为果实大小、果仁出油率与果仁碳水化合物 3 个主成分。

然而,以上研究均未涉及株产量,而美国薄壳山核桃果实品质应包含外在和内在品质,因此,笔者从江西省林业科学院早期种植基地各薄壳山核桃实生种源优株的产量、果实形态指标与油脂脂肪酸组成成分这些内在品质指标着手,参照酸枣[11]、柑橘[12-13]、葡萄[14]、猕猴桃[15]等种质资源研究过程中采用的主成分分析法,筛选美国薄壳山核桃品质贡献的关键指标,并用隶数函数值法综合评价,以期为江西省美国薄壳山核桃良种的选育、品种改良及产业规划提供参考依据。

1　试验区概况

1999 年春季,江西省林业科学院从美国德克萨斯州引种美国薄壳山核桃种子,繁育大量苗木销往全省各地,试验地位于江西省丰城市鑫植源农业生态科技开发有限公司湖塘乡燕山村富硒梨基地(地理位置为 28°16′40″N、115°33′42″E)。该区属于亚热带湿润季风区,年平均气温为 17.9 ℃,年平均降水量为 1 459 mm,无霜期 300 d 以上;土壤为由沙质板岩发育而成的红壤,土层厚度在 80 cm 以上,pH 值为 4.8,海拔为 220 ~ 300 m,坡度为 3° ~ 40°,林分已进入挂果期。

2　材料与方法

2.1　试验材料

美国薄壳山核桃实生苗由江西省林业科学院繁育,种子来源于美国德克萨斯州。于 2010 年 3 月营造试验林,造林密度为 4.0 m × 5.0 m,管理较为粗放。

2.2　调查与测定方法

2017 年 3—12 月,笔者所在项目组对 20 株美国薄壳山核桃实生种源的生长状况展开调查,每个实生种源选定优株挂牌调查其冠幅面积、胸径,并在果皮微开裂时人工采摘鲜果。

2.2.1　果实及种子的形态测定　对完整的果实进行脱蒲处理后,对果长和果径进行测量,剥壳后测其果壳厚度并称量果仁质量,计算出籽率;然后剥壳、取仁,测量果壳厚度并称量果仁质量,计算出仁率。完成果实形态测定后,将种仁在 55 ℃烘箱中烘干,粉碎,供分析测试用。

2.2.2　脂肪酸与蛋白质营养成分的测定方法　脂肪酸组成的测定采用 GC – 2010 Plus 气相色谱仪,色谱条件:色谱柱为

收稿日期:2018 – 05 – 02
基金项目:国家林业局科技支撑项目(编号:GR – 2016 – 02)。
作者简介:左继林(1969—),男,江西永新人,博士,研究员,研究方向为经济林研究与开发。E – mail:zjl691011@163. com。

CD－2560(100 m×0.25 mm×0.2 μm),检测器为氢火焰检测器(FID),检测器温度为 260 ℃,进样口温度为 250 ℃,载气流速为 1.0 mL/min,分流比为 30∶1,程序升温(140 ℃保留 5 min,4 ℃/min 升温至 240 ℃保留 30 min),进样量为 1 mL。采用凯氏定氮法测定蛋白质含量。

2.3　数据处理

采用 SPSS 12.0 与 DPS 6.05 数据处理系统进行主成分结果分析,其他所有统计分析均采用 Excel。品质综合评价采用隶属函数法综合评价各核桃种质资源的性状优劣,先采用模糊数学隶属函数公式进行定量转换,再将各指标的隶属函数值取平均值进行比较。与品质呈正相关的指标采用式(1)进行计算,而呈负相关的指标采用式(2)进行计算,平均隶属函数值越大表示品质越佳。

$$X(u)=\frac{X-X_{\min}}{X_{\max}-X_{\min}};\qquad(1)$$

$$X(u)=1-\frac{X-X_{\min}}{X_{\max}-X_{\min}}。\qquad(2)$$

式中:$X(u)$表示隶属函数值;X 表示某一指标的测定值;$X_{\min}$ 表示某一指标测定值中的最小值;$X_{\max}$ 表示某一指标测定值中的最大值。

3　结果与分析

3.1　各参试种源果实的品质分析

由表 1 可以看出 20 个美国薄壳山核桃优株的经济性状指标变异状况。各优株间冠幅产量的变异强度最大,丰城 4 号的冠幅产量是丰城 3 号的 33 倍,各种源的变异系数达 90.65%;其次是顺－11－二十烷烯酸、亚油酸含量及仁质量的变异程度较大,分别达到 34.08%、33.33%与 32.36%。棕榈酸含量的变异系数较小,低于 10%,遗传变异较小,相对稳定;果高、出仁率、蛋白质含量等性状均达到中等强度的变异程度,其中果壳厚度最薄的为丰城 8 号、丰城 6 号、丰城 4 号,分别仅有 0.75、0.83、0.83 mm;变异强度大小依次是冠幅产量>顺－11－二十烷烯酸含量>亚油酸含量>仁质量>α－亚麻酸含量>果壳厚>单果质量>果径>硬脂酸含量>果形指数>花生酸>蛋白质含量>出仁率>油酸含量>果高>含油率>棕榈酸含量。研究结果为美国薄壳山核桃实生种源中的良种筛选建立了基础。

表 1 中丰城 2 号、丰城 4 号、丰城 5 号、丰城 6 号、丰城 8 号、丰城 12 号、丰城 27 号、丰城 29 号、丰城 34 号、丰城 36 号、丰城 39 号的出仁率均超过 40%,达到良种选育标准;丰城 2 号、丰城 3 号、丰城 4 号、丰城 5 号、丰城 10 号、丰城 27 号、丰城 38 号的种仁含油率在 70.26%～76.51%之间,均达到良种选育标准;除了丰城 2 号、丰城 5 号及丰城 39 号外,其余种质的亚油酸含量均超过美国本地品种的含量(17%～20%)[6]。

3.2　主成分分析

采用主成分分析法,对美国薄壳山核桃 20 个实生种源单株进行经济性状指标的综合评价。由表 2 可知,前 5 个主成分 PC1～PC5 的贡献率分别为 35.05%、18.88%、13.99%、7.59%、6.66%,累积贡献率达到 82.17%,已能反映 17 个品质指标的大部分信息,说明 PC1、PC2、PC3、PC4、PC5 5 个主成分起的作用最为重要。

由表 3 可知,通过前 5 个主成分反映的各指标在各种源测定中所起的作用有差异。根据 17 个指标的相关矩阵及表 3 的主成分分析因子载荷矩阵可知,PC1 主要由变量含油率、油酸含量、单果质量、棕榈酸含量、亚油酸含量、花生酸含量、硬脂酸含量决定,它们作用在第 1 因子的荷载分别为 0.924、0.895、0.516、－0.609、－0.873、－0.813、－0.532;含油率、油酸含量、单果质量呈正相关关系,棕榈酸、亚油酸、花生酸、硬脂酸含量则呈负相关关系。PC2 主要由出仁率、仁质量、果径、单果质量及果壳厚度决定,作用载荷分别为 0.776、0.739、0.715、0.544 和－0.558;PC3 主要由果高、果形指数决定,其作用载荷分别为 0.672、0.680;PC4 主要由冠幅产量决定,作用载荷为－0.500;PC5 主要由蛋白质含量决定,作用载荷为 0.724。由于第 1 主成分贡献率与第 2 主成分贡献率分别达到 35.05%和 18.88%,因此,种仁含油率、油酸含量、单果质量、出仁率、仁质量、果径在美国山核桃的 17 个性状指标中占据正向决定地位,而棕榈酸、亚油酸、花生酸、硬脂酸含量与果壳厚度为负向决定因子。

3.3　隶属函数值法综合评价

本研究在综合评价时,冠幅产量、单果质量、果高、果径、仁质量、出仁率、蛋白质含量、含油率、油酸含量、顺－11－二十烷烯酸含量、α－亚麻酸含量采用式(1)计算,果形指数、棕榈酸含量、硬脂酸含量、亚油酸含量采用式(2)计算。

各项指标的隶属度值和综合评价结果见表 4,可以得出各种源品质优劣排序为丰城 4 号>丰城 6 号>丰城 36 号>丰城 2 号>丰城 5 号>丰城 34 号>丰城 8 号>丰城 10 号>丰城 12 号>丰城 27 号>丰城 9 号>丰城 16 号>丰城 29 号>丰城 11 号>丰城 39 号>丰城 38 号>丰城 28 号>丰城 3 号>丰城 24 号>丰城 26 号。

3.4　聚类分析

利用美国薄壳山核桃冠幅产量、单果质量、果高、果径、壳厚、仁质量、出仁率、蛋白质、含油率、棕榈酸含量、硬脂酸含量、油酸含量、亚油酸含量、花生酸含量、顺－11－二十烷烯酸含量、α－亚麻酸含量 16 个性状指标对美国薄壳山核桃 20 个种质资源采用离差平方和法进行聚类。图 1 的聚类结果显示,20 个美国薄壳山核桃综合性状距离分布范围为 0.231 0～1.792,其中丰城 27 号与丰城 29 号的综合性状距离最小,只有 0.231 0,丰城 2 号与丰城 11 号种源之间的综合性状距离最大,达到 0.578 2;在距离 1.022 7 以内,20 个核桃种源被分成 4 个大类。

Ⅰ类丰城 2 号、丰城 10 号、丰城 11 号、丰城 38 号、丰城 39 号,其特点是壳较厚、种仁含油率与油酸含量均较高,果形指数较大,平均果壳厚度为(1.47±0.436) mm,平均油酸含量为(74.04±3.866)%,平均种仁含油率为(71.063±3.195)%,平均果形指数为 1.70±0.261。

Ⅱ类丰城 3 号、丰城 4 号、丰城 5 号、丰城 8 号、丰城 9 号、丰城 27 号、丰城 28 号与丰城 29 号,其特点是冠幅产量、含油率最高,出仁率也较高;平均冠幅产量为(0.175±0.211) kg/株,平均种仁含油率为(70.903±3.145)%,平均出仁率为(40.19±5.795)%。

Ⅲ类丰城 6 号、丰城 12 号、丰城 16 号、丰城 34 号、丰城

表 1　20 个美国薄壳山核桃实生种源的经济性状

种质资源号	冠幅产量（kg/m^2）	单果质量（g）	果高（mm）	果径（mm）	壳厚（mm）	果形指数	仁质量（g）	出仁率（%）	蛋白质含量（%）
丰城 2 号	0.08	6.07	32.17	20.88	1.39	1.54	2.63	43.31	9.80
丰城 3 号	0.02	4.29	33.66	17.07	1.50	1.97	1.39	32.40	9.19
丰城 4 号	0.66	5.06	37.45	19.17	0.83	1.95	2.33	45.99	7.66
丰城 5 号	0.19	4.52	30.47	18.61	1.12	1.64	1.88	41.50	8.53
丰城 6 号	0.22	3.12	29.60	33.16	0.83	0.89	1.43	45.80	10.30
丰城 8 号	0.07	3.19	24.98	18.09	0.75	1.38	1.55	48.45	7.76
丰城 9 号	0.24	3.63	27.50	17.33	1.59	1.59	1.27	35.13	11.39
丰城 10 号	0.25	4.60	30.33	19.31	1.33	1.57	1.62	35.17	9.06
丰城 11 号	0.22	3.85	31.88	15.58	1.05	2.05	1.43	37.19	13.66
丰城 12 号	0.11	5.53	33.92	19.51	1.41	1.74	2.23	40.27	10.43
丰城 16 号	0.24	4.14	30.46	18.66	1.38	1.63	1.60	38.71	10.72
丰城 24 号	0.04	2.44	24.49	15.97	1.20	1.53	0.79	32.27	9.82
丰城 26 号	0.12	2.83	26.39	17.95	1.45	1.47	0.83	29.38	8.44
丰城 27 号	0.10	4.67	27.44	20.11	1.34	1.36	1.96	42.00	8.73
丰城 28 号	0.10	2.96	29.16	15.57	1.27	1.87	1.01	34.00	11.51
丰城 29 号	0.03	4.00	26.74	19.03	1.17	1.40	1.68	42.09	10.14
丰城 34 号	0.17	4.47	30.12	19.06	0.93	1.58	2.28	50.87	9.29
丰城 36 号	0.09	5.89	35.49	21.02	1.12	1.69	2.43	41.33	9.67
丰城 38 号	0.08	2.91	29.03	15.28	1.37	1.90	1.11	38.06	8.72
丰城 39 号	0.09	3.42	26.12	18.10	2.21	1.44	1.45	42.50	8.67
平均值	0.15	4.08	29.87	18.97	1.26	1.61	1.64	39.82	9.67
变异系数(%)	90.65	25.51	11.70	19.71	25.88	16.53	32.36	14.29	14.74

种质资源号	含油率（%）	棕榈酸含量（%）	硬脂酸含量（%）	油酸含量（%）	亚油酸含量（%）	花生酸含量（%）	顺－11－二十烷烯酸含量（%）	α－亚麻酸含量（%）
丰城 2 号	73.11	5.07	2.02	75.03	16.20	0.09	0.87	0.00
丰城 3 号	71.08	5.43	1.79	68.94	21.70	0.08	1.05	0.01
丰城 4 号	76.51	4.95	1.57	72.55	18.98	0.08	0.96	0.01
丰城 5 号	74.76	4.61	2.09	79.92	11.70	0.09	0.81	0.01
丰城 6 号	55.18	4.83	2.22	64.11	26.29	0.12	1.47	0.01
丰城 8 号	69.36	4.92	2.17	71.84	18.73	0.11	1.08	0.01
丰城 9 号	69.40	4.35	1.83	73.87	18.10	0.09	0.79	0.01
丰城 10 号	72.79	4.58	1.71	71.00	21.10	0.08	0.87	0.00
丰城 11 号	66.70	4.94	1.57	70.70	21.25	0.07	0.91	0.00
丰城 12 号	64.91	5.32	2.38	64.47	26.04	0.10	0.97	0.01
丰城 16 号	56.86	4.74	2.23	57.95	32.49	0.11	1.73	0.01
丰城 24 号	54.63	5.64	2.74	53.65	34.90	0.12	2.12	0.01
丰城 26 号	49.21	5.67	2.03	45.22	44.35	0.12	1.93	0.01
丰城 27 号	70.26	4.76	2.10	69.26	22.08	0.08	1.04	0.01
丰城 28 号	67.70	5.03	1.11	65.36	26.20	0.07	1.21	0.01
丰城 29 号	68.15	5.16	1.96	67.47	23.69	0.09	1.09	0.01
丰城 34 号	59.00	5.51	1.92	58.87	31.12	0.11	1.52	0.01
丰城 36 号	62.59	4.50	1.89	63.50	27.91	0.10	1.37	0.01
丰城 38 号	74.05	4.49	1.97	73.29	18.80	0.09	0.91	0.00
丰城 39 号	68.67	4.56	2.03	80.19	11.83	0.09	0.66	0.00
平均值	66.25	4.95	1.97	67.36	23.67	0.09	1.17	0.01
变异系数(%)	11.50	8.04	17.19	12.80	33.33	16.52	34.08	26.62

36 号，特点是单果与果仁质量大，果高、果径最大，果壳薄，出仁率、蛋白质含量最高，平均单果质量为（4.63 ± 1.109）g、平均果高为（31.918 ± 2.623）mm，平均果径为（22.282 ± 6.146）mm，平均果壳厚度为（1.132 ± 0.262）mm，平均仁质量为（1.993 ± 0.446）g，平均出仁率为（43.397 ± 4.942）%，平均蛋白质含量为（10.081 ± 0.588）%。

Ⅳ类丰城 24 号、丰城 26 号，特点是棕榈酸、硬脂酸、亚油酸、花生酸、顺－11－二十烷烯酸、α－亚麻酸含量最高，棕榈酸含量为（5.654 ± 0.021）%，硬脂酸含量为（2.387 ± 0.504）%，亚油酸含量为（39.627 ± 6.679）%，花生酸含量为（0.12 ± 0.005）%，顺－11－二十烷烯酸含量为（2.024 ± 0.137）%，α－亚麻酸含量为（0.009 ± 0.001）%。

表 2　美国薄壳山核桃种源主成分特征值、贡献率及累计贡献率

主成分	特征值	贡献率（%）	累积贡献率（%）
PC1	5.96	35.05	35.05
PC2	3.21	18.88	53.93
PC3	2.38	13.99	67.92
PC4	1.29	7.59	75.51
PC5	1.13	6.66	82.17
PC6	0.79	4.65	86.82
PC7	0.62	3.66	90.48
PC8	0.52	3.05	93.53
PC9	0.38	2.24	95.77
PC10	0.34	2.00	97.77
PC11	0.22	1.31	99.08
PC12	0.08	0.46	99.53
PC13	0.06	0.33	99.86
PC14	0.02	0.12	99.98
PC15	0.00	0.01	100.00
PC16	0.00	0.00	100.00
PC17	0.00	0.00	100.00

表 3　美国薄壳山核桃种源主成分分析因子载荷矩阵

指标	载荷				
	PC1（Y_1）	PC2（Y_2）	PC3（Y_3）	PC4（Y_4）	PC5（Y_5）
冠幅产量	0.316	0.342	0.378	−0.500	−0.135
单果质量	0.516	0.544	0.332	0.490	0.202
果高	0.486	0.387	0.672	0.111	0.157
果径	−0.160	0.715	−0.266	−0.255	0.426
果壳厚	0.129	−0.558	−0.312	0.475	0.229
果形指数	0.440	−0.443	0.680	0.137	−0.193
仁质量	0.483	0.739	0.199	0.363	0.086
出仁率	0.268	0.776	−0.239	−0.093	−0.125
蛋白质含量	−0.006	−0.343	0.298	−0.214	0.724
含油率	0.924	−0.069	−0.094	0.017	−0.282
棕榈酸含量	−0.609	−0.005	0.383	0.296	−0.237
硬脂酸含量	−0.532	0.290	−0.441	0.413	−0.038
油酸含量	0.895	−0.010	−0.393	−0.059	−0.049
亚油酸含量	−0.873	−0.012	0.415	0.040	0.075
花生酸含量	−0.813	0.383	−0.242	0.090	−0.032

表 4　20 个美国薄壳山核桃实生种源的经济性状隶属函数值比较

种质资源号	经济性状隶属函数值									
	冠幅产量	单果质量	果高	果径	壳厚	果形指数	仁质量	出仁率	蛋白质	含油率
丰城 2 号	0.10	1.00	0.59	0.31	0.56	1.00	0.65	0.36	0.88	0.85
丰城 3 号	0.00	0.51	0.71	0.10	0.49	0.33	0.14	0.26	0.80	0.68
丰城 4 号	1.00	0.72	1.00	0.22	0.95	0.83	0.77	0.00	1.00	0.78
丰城 5 号	0.27	0.57	0.46	0.19	0.75	0.59	0.56	0.14	0.94	0.99
丰城 6 号	0.31	0.19	0.39	1.00	0.95	0.35	0.76	0.44	0.22	0.54
丰城 8 号	0.07	0.21	0.04	0.16	1.00	0.41	0.89	0.02	0.74	0.76
丰城 9 号	0.34	0.33	0.23	0.11	0.42	0.26	0.27	0.62	0.74	0.82
丰城 10 号	0.36	0.59	0.45	0.23	0.60	0.45	0.27	0.23	0.86	0.74
丰城 11 号	0.31	0.39	0.57	0.02	0.79	0.35	0.36	1.00	0.64	0.73
丰城 12 号	0.15	0.85	0.73	0.24	0.55	0.78	0.51	0.46	0.57	0.55
丰城 16 号	0.34	0.47	0.46	0.19	0.57	0.44	0.43	0.51	0.28	0.36
丰城 24 号	0.03	0.00	0.00	0.04	0.70	0.00	0.13	0.36	0.20	0.24
丰城 26 号	0.15	0.11	0.15	0.15	0.52	0.02	0.00	0.13	0.00	0.00
丰城 27 号	0.13	0.61	0.23	0.27	0.60	0.64	0.59	0.18	0.77	0.69
丰城 28 号	0.12	0.14	0.36	0.02	0.65	0.12	0.21	0.64	0.68	0.58
丰城 29 号	0.01	0.43	0.17	0.21	0.71	0.49	0.59	0.41	0.69	0.64
丰城 34 号	0.23	0.56	0.43	0.21	0.88	0.81	1.00	0.27	0.36	0.39
丰城 36 号	0.11	0.95	0.85	0.32	0.75	0.89	0.56	0.33	0.49	0.52
丰城 38 号	0.09	0.13	0.35	0.00	0.57	0.17	0.40	0.18	0.91	0.80
丰城 39 号	0.10	0.27	0.13	0.16	0.00	0.36	0.61	0.17	0.71	1.00

种质资源号	经济性状隶属函数值								排序
	棕榈酸	硬脂酸	油酸	亚油酸	花生酸	顺－11－二十烷烯酸	α－亚麻酸	总和	
丰城 2 号	0.32	0.14	0.40	0.43	0.46	0.45	0.86	9.36	4
丰城 3 号	0.14	0.26	0.50	0.06	0.18	0.59	0.69	6.44	18
丰城 4 号	0.20	0.21	0.50	0.07	0.54	0.72	0.78	10.30	1
丰城 5 号	0.44	0.10	0.50	0.35	0.81	0.40	1.00	9.06	5
丰城 6 号	0.94	0.55	0.60	1.00	0.64	0.32	0.55	9.75	2
丰城 8 号	0.82	0.29	0.70	0.57	0.57	0.35	0.78	8.38	7
丰城 9 号	0.40	0.09	0.50	0.39	1.00	0.56	0.80	7.90	11
丰城 10 号	0.26	0.15	0.40	0.41	0.82	0.63	0.71	8.16	8
丰城 11 号	0.00	0.17	0.40	−0.01	0.55	0.72	0.71	7.71	14
丰城 12 号	0.68	0.21	0.50	0.26	0.27	0.23	0.56	8.09	9
丰城 16 号	0.78	0.73	0.50	0.35	0.71	0.32	0.36	7.81	12
丰城 24 号	1.06	1.00	0.80	0.44	0.02	0.00	0.29	5.31	19
丰城 26 号	0.92	0.87	0.90	0.50	0.00	0.44	0.00	4.85	20

表 4(续)

种质资源号	经济性状隶属函数值								排序
	棕榈酸	硬脂酸	油酸	亚油酸	花生酸	顺－11－二十烷烯酸	α－亚麻酸	总和	
丰城 27 号	0.22	0.26	0.50	0.59	0.69	0.40	0.68	8.03	10
丰城 28 号	0.02	0.37	0.50	0.14	0.49	1.00	0.56	6.59	17
丰城 29 号	0.48	0.30	0.60	0.55	0.39	0.48	0.63	7.79	13
丰城 34 号	0.70	0.59	0.60	0.40	0.12	0.51	0.41	8.47	6
丰城 36 号	0.60	0.49	0.60	0.31	0.89	0.52	0.50	9.68	3
丰城 38 号	0.44	0.17	0.40	0.12	0.90	0.48	0.78	6.90	16
丰城 39 号	0.44	0.00	0.30	0.52	0.84	0.44	1.00	7.05	15

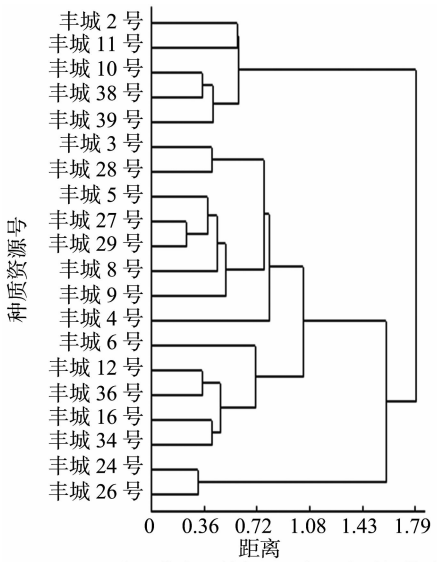


图1　美国薄壳山核桃 20 个实生种源聚类

4　讨论与结论

变异系数能反映各种质资源性状在进化保守性或遗传可塑性方面的不同,可为其品种或变异类型选育提供依据。本研究中,20 株美国薄壳山核桃实生种源间各品质指标的变异系数存在很大的差异,最低的仅为 8.04%(棕榈酸含量),最高的达到 90.65%(冠幅产量),其次是顺－11－二十烷烯酸、亚油酸含量及仁质量的变异系数较大,为 32.36% ~ 34.08%;果高、出仁率、蛋白质含量等性状的变异程度中等,变异系数为 11.70% ~ 14.74%。以上反映出来源于美国德克萨斯州的薄壳山核桃种质间存在较大的遗传差异,从而为优异种质资源发掘提供了丰富的选择空间。

主成分分析法可在最大程度保留原有信息的前提下,利用数目较少且相互独立的关键性指标去代表数目较多且彼此相关的指标[16-17]。由于薄壳山核桃果实品质测定指标间的单位量纲不同,为消除不同指标因单位不同及正负指标对分析结果的影响,本研究同阮敏等一样对原始数据采用隶属函数法进行转化,消除了不同评价指标对评价体系的正负影响,未采用因子分析法评价品质优劣[18-19]。

本研究中样品中前 5 个主成分的累计贡献率达到 82.17%,且各指标是综合的、相互独立的指标,基本反映了全部数据信息;利用加权思想对前 5 个主成分进行转化,从而获取其综合分值,能客观反映不同优株果实品质的优劣;测定的美国薄壳山核桃的 17 个性状指标中,种仁含油率、油酸含量、单果质量、出仁率、仁质量、果径、棕榈酸含量、亚油酸含量、花生酸含量、硬脂酸含量与果壳厚度可作为其种质品质综合性状评价的主要指标。

利用隶数函数值,得出的美国薄壳山核桃各实生种质优劣顺序依次是丰城 4 号、丰城 6 号、丰城 36 号、丰城 2 号、丰城 5 号、丰城 34 号、丰城 8 号、丰城 10 号、丰城 12 号、丰城 27 号、丰城 9 号、丰城 16 号、丰城 29 号、丰城 11 号、丰城 39 号、丰城 38 号、丰城 28 号、丰城 3 号、丰城 24 号、丰城 26 号,其中丰城 4 号、丰城 5 号、丰城 27 号的种仁含油率、出籽率与亚油酸含量均达到了良种的考核指标[7]。

本研究中通过聚类分析把美国山核桃实生种源分 4 类。Ⅰ类种质资源的果壳较厚,但种仁含油率与油酸含量高,可作为杂交育种材料;Ⅱ类种质资源的特点是冠幅产量与种仁含油率高,出仁率较高,适于规模化推广;Ⅲ类种质资源的单果质量大,果高、果径大,果壳薄,仁质量、出仁率、蛋白质含量高,适于高品质的核桃良种筛选;Ⅳ类特点是棕榈酸、硬脂酸、亚油酸、花生酸、顺－11－二十烷烯酸、α－亚麻酸含量均较高,可作为功能型核桃开发。

目前,在美国山核桃的选育中,主要对其出仁率、坚果质量、含油率等主要经济性状进行加权计分后的综合得分选优[20]。谢孝福等以坚果薄、种仁出仁率与含油率高及味香甜作为选优标准[7],朱灿灿等认为,果实大小、种仁含油率粗脂肪、可溶性糖、蛋白质含量等是评价的关键指标[10],本研究结果与谢孝福等的研究结果[7,10]一致,但蛋白质含量指标未作为关键评价指标,而增加了单株冠幅产量、果径大小及油酸为正向指标,亚油酸、棕榈酸、花生酸、硬脂酸含量为负向评价指标,应该更全面与可靠,至于粗脂肪、可溶性糖与蛋白质含量可否作为筛选良种的品质指标,有待进一步的研究。

参考文献:

[1]董风祥,王贵禧. 美国薄壳山核桃引种及栽培技术[M]. 北京:金盾出版社,2003.

[2]彭方仁,李永荣,郝明灼,等. 我国美国山核桃生产现状与产业化发展策略[J]. 林业科技开发,2012,26(4):1-4.

[3]贾晓东,王　涛,张计育,等. 美国山核桃的研究进展[J]. 中国农学通报,2012,28(4):74-78.

[4]张日清,吕芳德,何　方. 美国山核桃及其在我国的适应性研究[J]. 江苏林业科技,2001,28(4):45-47.

[5]张日清,李　江,吕芳德,等. 我国引种美国山核桃历程及资源现状研究[J]. 经济林研究,2003,21(4):107-109.

[6]张　瑞,李永荣,彭方仁. 薄壳山核桃品种马汉的栽培适应性及其评价[J]. 经济林研究,2013,31(2):176-180.

王怡婷,杨　恒,张新笑,等. 超声波辅助提取鹅肝蛋白质及其物化性质和结构[J]. 江苏农业科学,2019,47(18):240 – 246.
doi:10.15889/j.issn.1002 – 1302.2019.18.053

超声波辅助提取鹅肝蛋白质及其物化性质和结构

王怡婷[1,2], 杨　恒[1], 张新笑[1], 张　坤[1], 王道营[1], 邹　烨[1], 徐为民[1,3]
(1. 江苏省农业科学院农产品加工研究所,江苏南京 210014; 2. 扬州大学生物科学与技术学院,江苏扬州 225100;
3. 江苏省肉类生产与加工质量安全控制协同创新中心,江苏南京 210095)

摘要:鹅肝是肉制品加工过程中一种极为普遍的副产物,由于其含有十分丰富的营养,常常会被作为食物。但是只有小部分鹅肝被人们食用,大部分鹅肝被加工处理为动物饲料或是直接丢弃,从而造成了很严重的资源浪费。以鹅肝为原料,采用三羟甲基氨基甲烷(Tris) – HCl 缓冲液中为提取剂,采用超声辅助法提取鹅肝蛋白质,并与常规水浴提取作比较。通过对比二者圆二色谱、傅里叶红外光谱、凝胶电泳等结果,研究超声辅助提取对鹅肝蛋白质结构的影响。结果表明,与常规水浴提取鹅肝蛋白质相比,超声处理引起部分蛋白质水解和折叠,导致其表面疏水性显著提高,蛋白质结构发生了改变。通过对鹅肝蛋白质进行凝胶电泳的测定,结果表明,超声辅助提取鹅肝蛋白质并没有改变鹅肝蛋白质的亚基组成。同时对溶解度、起泡性和乳化性质这些物化性质进行测定,发现鹅肝蛋白质在超声辅助提取下的物化性质明显提高。通过对鹅肝蛋白质性质的研究,希望能为鹅肝蛋白质的深加工提供一定的科学依据和理论基础,进一步提高鹅肝的利用率。

关键词:鹅肝蛋白质;超声辅助;物化性质;结构特性
中图分类号: TS251.1　　**文献标志码**: A　　**文章编号**:1002 – 1302(2019)18 – 0240 – 07

鹅肝是一种营养丰富、附加值较高的肉制品加工副产物,是世界三大美食之一,同时也是一种极佳的滋养品[1]。鹅肝中富含营养素,如蛋白质、维生素、脂肪等,同时还含有人体所需的各种矿质元素,如铁、锌、铜、钾、磷、钠、硒等。鹅肝中的硒具有抗动脉粥样硬化的作用,同时硒对黄曲霉毒素 B_1 的致癌性有破坏作用,可提高机体免疫力[2]。目前,我国的鹅肝一部分直接被食用,一部分用来加工成动物饲料,只有少量被深加工为鹅肝酱,因此造成大量鹅肝优质蛋白质资源的浪费。肝脏中的蛋白质被完全不同于肌肉蛋白质,肝脏蛋白质种类繁多,特性各异,有水溶性、盐溶性和不溶性蛋白质等,这也是肝脏蛋白质完全提取出来的难点。因此急需寻找合适、高效、环保的方法将鹅肝蛋白质提取出来。

目前,微波辅助提取法在蛋白质提取中被广泛使用。该方法通过高频电磁波穿透介质到达目标蛋白质内部,微波热能不断被细胞吸收,使得细胞内温度升高,细胞壁无法承受细胞内部带来的压力,进而破坏了细胞壁和细胞膜,使得有效成分在溶剂中的溶解速度加快,通过进一步分离和过滤,最终获得所需提取物[3]。超声波是一种安全高效的技术,超声辅助提取作为一种新型的非热物理加工技术,适用于不同来源的生物活性物质提取,特别是在蛋白质提取等食品领域具有广

收稿日期:2018 – 05 – 24
基金项目:国家现代农业(肉鸡)产业技术体系建设专项(编号:CARS – 41);江苏省农业科技自主创新资金[编号:CX(16)1007];江苏省农业科学院基础研究基金[编号:ZX(16)2041]。
作者简介:王怡婷(1996—),女,江苏常熟人,主要从事农产品加工研究。E – mail:842358674@qq.com。
通信作者:邹　烨,博士,助理研究员,主要从事动物源食品加工与质量控制研究。E – mail:zouye@jaas.ac.cn。

[7]谢孝福,许明权,徐文荣,等. 长山核桃选优研究初报[J]. 中国果树,1991(1):22 – 24.
[8]方　亮,吴文龙,李永荣,等. 不同品种薄壳山核桃在南京地区种植的果实品质研究[J]. 江苏农业科学,2010(3):166 – 169.
[9]耿国民,朱灿灿,周久亚,等. 南京早期引种的美国山核桃不同单株果实形态特征分析[J]. 种子,2012,31(1):95 – 97.
[10]朱灿灿,耿国民,周久亚,等. 南京早期引种的薄壳山核桃不同单株果实品质分析[J]. 经济林研究,2012(2):10 – 14.
[11]杨　雷,周俊义,刘　平,等. 酸枣种质资源果实主要数量性状变异及概率分级[J]. 河北农业大学学报,2006,29(1):34 – 37.
[12]倪志华,张思思,辜青青,等. 基于多元统计法的南丰蜜橘品质评价指标的选择[J]. 果树学报,2011,28(5):918 – 923.
[13]卓春宣,陈登云. 用主成分分析法选择金柑果实品质的评价因素[J]. 亚热带农业研究,2011(2):132 – 135.
[14]赵　滢,杨义明,范书田,等. 基于主成分分析的山葡萄果实品质评价研究[J]. 吉林农业大学学报,2014(5):575 – 581.
[15]秦红艳,许培磊,艾　军,等. 软枣猕猴桃种质资源果实品质、表型性状多样性及主成分分析[J]. 中国农学通报,2015(1):160 – 165.
[16]张振文,姚庆群. 主成分分析法在芒果贮藏特性分析中的应用[J]. 亚热带植物科学,2005,34(2):25 – 28,33.
[17]雷　莹,张红艳,宋文化,等. 利用多元统计法简化夏橙果实品质的评价指标[J]. 果树学报,2008,25(5):640 – 645.
[18]阮　敏. 主成分方法在经济管理综合评价应用中的误区[J]. 统计与决策,2005,4(7):23 – 24.
[19]钮福祥,华希新,郭小丁,等. 甘薯品种抗旱性生理指标及其综合评价初探[J]. 作物学报,1996,22(4):392 – 398.
[20]刘广勤,王秀云,生静雅,等. 薄壳山核桃育种研究进展[J]. 林业科技开发,2011,25(4):1 – 5.