

核桃感官和营养品质的主成分及聚类分析

潘学军^{1,2}, 张文娥², 李琴琴², 王建明², 张 政³

(1.贵州省果树工程技术研究中心, 贵州 贵阳 550025; 2.贵州大学农学院, 贵州 贵阳 550025;

3.赫章县核桃产业发展事业局, 贵州 赫章 553200)

摘 要: 为从感官指标和理化指标获得核桃的品质信息, 按照GB/T 20398—2006和GB/T5009—2003中的方法测定核桃资源的外观品质和种仁中蛋白质、脂肪及N、P、K、S、Ca、Mg、Fe、Mn、Zn、Cu、Se的含量, 应用主成分和聚类分析法对核桃品质进行分析。主成分分析得出一个5因子模型, 解释了试验数据的80.83%; 第1、2主因子的方差累积贡献率达46.21%, 对应的指标为出仁率、壳厚、单果质量、横径、矿质元素Ca、Cu, 显示出对核桃品质评价非常质量要; 聚类分析将13个核桃样品分成3组, 在一定程度上体现了核桃样品的亲缘关系和地域分布特征。

关键词: 核桃; 感官指标; 理化指标; 主成分分析; 聚类分析; 膳食资源

Principal Component Analysis and Cluster Analysis of Sensory and Nutritional Quality of Walnut

PAN Xue-jun^{1,2}, ZHANG Wen-e², LI Qin-qin², WANG Jian-ming², ZHANG Zheng³

(1. Guizhou Engineering Research Center for Fruit Crops, Guiyang 550025, China; 2. Agricultural College, Guizhou University,

Guiyang 550025, China; 3. Hezhang Bureau of Walnut Industrial Development, Hezhang 550025, China)

Abstract: In order to more scientifically evaluate the nutrition quality and classify the walnut resources based on the sensory, physical and chemical indicators, the appearance quality and the contents of protein, fat and eleven mineral elements (N, P, K, S, Ca, Mg, Fe, Mn, Zn, Cu and Se) in the walnut seed were determined according to GB/T 20398—2006 and GB/T 5009—2003, and nutritional quality was analyzed by principal component analysis and cluster analysis. Five principal components accounted for 80.83% of total variances. The cumulative contribution rate of the first factor and the second components to total variances was 46.21%, suggesting physical indicators, shelling percentage, shell thickness, fruit weight, fruit diameter, and mineral elements cadmium and copper to be characteristic indicators in evaluating walnut, and cadmium and copper to be characteristic elements. Cluster analysis showed that thirteen walnut samples could be classified into three groups, thus providing an approach for the identification of genetic kinship and geographical distribution to some extent.

Key words: walnut; sensory indicators; physical and chemical indicators; principal component analysis; cluster analysis; dietary resource

中图分类号: S664.1

文献标志码: A

文章编号: 1002-6630(2013)08-0195-04

核桃属于核桃科(Juglandaceae)核桃属(*Juglans*)植物, 原产于我国的有核桃(*J. regia* L.)、铁核桃(*J. sigillata* Dode)、核桃楸(*J. mandshurica* Max.)、野核桃(*J. cathayensis* Dode)4个种和杂交种河北核桃(*J. hopeiensis* Hu)^[1], 生产上的栽培品种主要属于核桃和铁核桃两个类群。核桃仁营养丰富, 食、药用兼优, 为世界4大干果之一^[2-6]。核桃中脂肪含量高, 且脂肪酸主要是油酸和亚油酸, 易消化、吸收^[7-11]。核桃蛋白质消化率达87.20%, 被誉为优质蛋白^[12]。此外, 核桃仁还含有丰富的维生素及钙、铁、磷、锌等多种微量元素^[13-14]。在降低胆固醇、抗癌、抗衰老、防治心脑血管疾病及糖尿病等方面均有一定疗效^[2-6]。

核桃营养品质是基因型及其环境因素综合作用的结果, 其评价指标包括外在和内在品质指标, 这些指标较多, 以往人们评价某一核桃品种品质特性时, 很难将这些指标全部纳入考察范围, 只能依据不同的目的和侧质量点选择少数品质指标来分析核桃品质特性, 因而评价结果差别较大^[7-13,15]。化学计量学作为数据分析处理的强有力的工具, 已成功应用于各个领域, 其中主成分和聚类分析是最常用的方法^[16-19]。本实验在测定核桃资源内外在品质的基础上, 应用主成分和聚类分析法进行研究, 旨在为核桃营养品质的评价和核桃资源的分类提供依据。

收稿日期: 2012-03-22

基金项目: 贵州省农业科技攻关项目(黔科合NY字[2007]3038号); 贵州省科技重大专项(黔科合重大专项字[2011]6011号)

作者简介: 潘学军(1977—), 男, 教授, 博士, 主要从事果树种质资源评价与利用研究。E-mail: pxjun2050@yahoo.com.cn

1 材料与方法

1.1 材料、试剂与仪器

核桃样品种类及分布见表1。

P、K、S、Ca、Mg、Fe、Mn、Zn、Cu、Se标准溶液(使用时按需要逐级稀释) 北京有色金属研究总院; $\text{Mg}(\text{NO}_3)_2$ 、 HNO_3 、 HClO_4 、 $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$ (10%)均为优级纯; 超纯水($18.2\text{M}\Omega\cdot\text{cm}$)。

AA-6300原子吸收分光光度计、紫外-可见分光光度计 日本岛津公司; 电热板 河北新兴仪器厂; 艾柯超纯水机 成都康宁实验专用纯水设备厂; 电子天平 瑞士Sartorius公司; AFS-820双道原子荧光光谱仪 北京吉天仪器有限公司; SZF-06A脂肪测定仪 北京宏昌信科技有限公司; K-438消化系统、K-370自动凯氏定氮仪 瑞士Buchi公司; SRJX-4-13A箱式马福炉 上海比尔德仪器实业有限公司。

1.2 样品前处理

13个核桃样品(表1)均于2010年10月采收(以1/2的核桃青皮裂开为采收标准), 去青皮后清洗, 40°C 条件烘干后分成2份, 一份立刻进行外观品质和物理品质测定; 另一份样品去壳粉碎过80目筛后装瓶保存用于蛋白质、脂肪及矿物质元素测定。试验所用玻璃器皿先用水冲洗后于30%的硝酸溶液中浸泡24h以上, 蒸馏水冲洗, 再用超纯水清洗。

1.3 核桃外观及理化品质测定

核桃外观: 根据GB/T 20398—2006《核桃坚果质量等级》评价核桃果实形状、果面光滑度、果实饱满度、果仁色泽、风味及取仁难易程度, 并测定不同样品的单果质量、仁质量以及相应的纵、横、侧径及胴部果壳厚度, 30次重复; 脂肪含量: 参照GB/T 5009.6—2003《食品中脂肪的测定》, 利用脂肪测定仪测定。

$$\text{出仁率}/\% = \frac{\text{仁质量}}{\text{单果质量}} \times 100$$

1.4 矿物质元素测定

1.4.1 样品消解

$\text{H}_2\text{SO}_4\text{-H}_2\text{O}_2$ 消煮法^[20]测定N、P、K; 浓 $\text{HNO}_3\text{-HClO}_4$ 消煮法^[19]测定Ca、Mg、Fe、Mn、Zn、Cu、Se; 干灰化法^[21]测定S。

1.4.2 元素的测定

所有测定条件及计算方法均参照GB/T 5009—2003《食品卫生检验方法: 理化标准汇编》的规定进行。N元素: 采用凯氏定氮法测定; P元素: 采用钒钼黄比色法测定; S元素: 采用 BaSO_4 比浊法测定; K、Ca、Mg、Fe、Mn、Zn、Cu元素: 采用空气-乙炔火焰法测定; Se元素: 采用原子荧光光谱法测定。

$$\text{蛋白质含量}/\% = \text{N元素含量}/\% \times 5.30$$

1.5 数据处理

应用DPS 2000 统计软件进行方差分析、主成分和聚类分析。聚类分析采用The Ward系统聚类法, 聚类距离为欧几里得平方和距离, 主成分分析及聚类分析前先将数据进行标准化转换^[9]。

2 结果与分析

2.1 不同核桃样品的营养品质

表1 核桃样品的名称、来源及感官指标
Table 1 Name, species, sources and sensory indicators of thirteen kinds of walnuts

编号	种名	品种(单株)	采集地	果形	果面	核仁饱满度	仁色	取仁难易度	风味
1	核桃	礼品1号	辽宁绥中	椭圆形	光滑	饱满	黄白	整仁	香甜
2		香玲	山东历城	椭圆形	光滑	饱满	黄白	整仁	香甜
3		香玲	陕西黄龙	椭圆形	光滑	饱满	黄白	整仁	香甜
4		兴山9922	湖北兴山	圆形	光滑	饱满	浅黄	整仁	香甜
5	铁核桃	铁核桃-1	陕西商州	椭圆形	麻	饱满	黄褐	半仁	略涩
6		铁核桃-2	四川成县	圆形	麻	饱满	浅黄	半仁	略涩
7		铁核桃-3	贵州赫章财神镇	圆形	麻	饱满	黄	整仁	香甜
8		铁核桃-4	贵州赫章朱明乡	圆形	略麻	饱满	浅黄	整仁	香甜
9		铁核桃-5	贵州赫章白果镇	圆形	麻	饱满	黄	整仁	略涩
10		铁核桃-6	贵州赫章松林乡	椭圆形	麻	饱满	黄白	整仁	香甜
11		铁核桃-7	贵州赫章可乐乡	椭圆形	麻	饱满	黄白	整仁	香甜
12		铁核桃-8	贵州赫章罗州乡	椭圆形	麻	饱满	浅黄	整仁	香甜
13		铁核桃-9	贵州赫章财神镇	圆形	麻	饱满	黄白	整仁	香甜

从表1可以看出, 除1号、2号、5号铁核桃存在取仁略难、风味略涩的个别缺点外, 其他核桃样品表现均较优。从表2来看, 13个供试样品的平均纵径36.71mm, 横径32.77mm、侧径33.59mm、壳厚1.04mm, 单果质量平均11.79g, 取仁率52.23%, 蛋白、脂肪平均含量分别为16.72%、66.97%。以各矿物质元素平均值衡量各元素的含量从高到低依次为: $\text{N} > \text{S} > \text{K} > \text{P} > \text{Ca} > \text{Mg} > \text{Mn} > \text{Fe} > \text{Zn} > \text{Cu} > \text{Se}$ 。

2.2 核桃营养品质主成分分析

主成分分析的目的之一就是利用原变量间具有较强的相关性的特点, 对原变量进行降维分析, 用少量的因素来描述多种指标或因素之间的关系^[10]。对核桃营养品质指标在进行主成分分析时, 对原19个变量作相关性分析, 结果表明, 50%以上的相关系数 >0.25 或 <-0.25 , 所有变量都至少与一个其他变量线性相关, 说明这些变量适合进行主成分分析。主成分的特征值和贡献率是选择主成分的依据, 表3描述了被选主成分初始解对原有变量总体描述情况。从表3可以看出总方差的80.83%的贡献来自前5个因素, 即1个5因素模型可解释80.83%的数据。第1主成分与壳厚、单果质量高度负相关, 与出仁率高度正相关; 第2主成分与横径和矿物质元素Ca和Cu高度正相关; 第3主成分与脂肪、Fe、Cu高度正相关, 与Se高度负相关; 第4主成分和出仁率高度负相关, 与S、Mg高度正相关; 第5主成分

表2 核桃样品的理化指标
Table 2 Physical and chemical indicators of walnuts

编号	纵径/mm	横径/mm	侧径/mm	壳厚/mm	单果质量/g	出仁率/%	蛋白质/(g/100g)	脂肪/(g/100g)	N/(g/100g)	P/(g/100g)	K/(g/100g)	S/(g/100g)	Ca/(mg/kg)	Mg/(mg/kg)	Fe/(mg/kg)	Mn/(mg/kg)	Cu/(mg/kg)	Zn/(mg/kg)	Se/(mg/kg)
1	39.59±0.87	36.76±0.65	34.53±0.56	0.58±0.04	11.42±0.11	66.04±0.37	18.70±0.42	65.00±0.01	3.520.04	0.44±0.021	0.43±0.004	0.46±0.007	1261±32.88	1023±5.56	27.55±1.10	118.6±3.39	17.19±0.16	38.25±0.65	0.23±0.02
2	30.99±0.64	28.38±0.55	29.38±0.61	1.00±0.09	11.38±0.17	57.05±0.42	19.70±0.32	64.80±0.02	3.72±0.09	0.44±0.004	0.40±0.016	0.49±0.042	1235±14.02	1039±17.03	34.32±0.44	73.58±0.91	15.82±0.10	37.46±2.00	0.27±0.01
3	35.87±0.48	31.18±0.60	30.74±0.15	0.94±0.05	9.75±0.22	55.96±0.18	19.20±0.21	65.70±0.	3.62±0.06	0.41±0.013	0.40±0.010	0.48±0.014	1215±76.61	1022±22.89	38.47±3.25	77.71±1.68	13.34±0.03	28.28±0.98	0.30±0.01
4	32.74±0.66	33.90±0.85	33.90±0.37	0.72±0.06	10.73±0.20	57.33±0.14	16.80±0.11	65.80±0.16	3.17±0.01	0.32±0.011	0.32±0.015	0.49±0.035	1228±35.94	974±65.34	21.12±1.06	71.06±3.65	12.94±1.35	34.42±0.40	0.43±0.02
5	39.68±0.68	33.11±0.77	31.11±0.46	1.35±0.06	12.19±0.19	44.23±0.26	17.60±0.05	66.40±0.08	3.32±0.01	0.36±0.011	0.34±0.004	0.47±0.035	1188±39.07	1059±9.79	31.03±1.65	68.94±1.55	11.62±0.35	27.32±0.52	0.28±0.01
6	37.63±0.58	37.72±0.63	39.93±0.28	1.65±0.07	16.93±0.38	41.99±0.43	14.60±0.11	68.30±0.04	2.75±0.04	0.39±0.001	0.35±0.003	0.44±0.007	1216±48.56	1048±3.32	23.84±0.69	74.73±0.06	14.75±0.11	27.01±0.52	0.38±0.03
7	36.67±0.47	31.16±0.35	35.65±0.65	1.10±0.08	12.12±0.34	47.07±0.38	15.80±0.21	67.00±0.02	2.98±0.04	0.36±0.004	0.51±0.001	0.50±0.021	1212±35.86	998.7±2.12	35.14±0.58	69.33±0.69	17.61±0.01	27.24±1.32	0.10±0
8	31.28±0.92	29.52±0.87	30.54±0.74	1.08±0.10	10.76±0.48	52.18±0.64	14.90±0.05	68.40±0.01	2.81±0.01	0.35±0	0.38±0.006	0.44±0.014	1180±11.44	1000±49.87	37.62±0.22	73.49±0.08	12.81±0.55	26.30±1.03	0.08±0
9	34.80±1.12	31.37±1.03	34.22±1.65	0.65±0.03	10.50±0.72	56.00±0.77	17.00±0.21	66.00±0	3.21±0.06	0.40±0.007	0.54±0.004	0.45±0.014	1148±9.33	971.8±9.21	30.97±0.74	70.66±0.03	13.05±0.71	27.12±0.88	0.36±0.01
10	35.67±1.08	29.50±0.95	31.28±0.86	0.76±0.06	9.98±0.64	57.53±1.02	12.70±0.05	68.20±0.05	2.40±0.02	0.35±0	0.47±0.016	0.45±0.014	1226±43.85	1012±21.96	34.74±0.31	85.26±1.57	14.48±1.03	29.36±0.84	0.30±0.02
11	42.92±0.88	36.82±0.63	36.20±0.47	1.61±0.10	15.06±1.07	42.41±1.21	17.00±0.37	67.10±0.03	3.21±0.08	0.35±0.003	0.36±0.018	0.48±0.007	1257±56.12	992.8±3.74	23.64±1.41	75.14±0.36	18.23±0.02	27.90±0.46	0.30±0.01
12	42.70±0.90	30.07±0.82	32.51±0.26	1.06±0.05	10.81±0.83	48.35±0.34	16.70±0.32	70.00±0.02	3.15±0.02	0.42±0.008	0.41±0.025	0.49±0	1197±44.62	1029±42.86	60.84±0.88	73.92±1.39	14.45±0.47	34.79±0.18	0.06±0
13	36.70±1.04	36.52±0.91	36.68±0.83	1.06±0.06	11.67±0.26	52.85±0.67	16.70±0.48	67.90±0.04	3.15±0.07	0.34±0.001	0.40±0.003	0.46±0.014	1234±25.98	958±16.66	55.23±0.34	81.67±2.22	17.16±0.55	36.03±1.12	0.16±0

分与矿质元素P、Mg、Mn高度正相关，与S高度负相关。总方差近50%的贡献来自前2个主因素，所以可认为物理指标壳厚、单果质量、出仁率和横径是评价核桃品质的质量要指标，矿质元素Ca和Cu是核桃资源的特征元素。

表3 主成分分析初始解对原有变量总体描述情况及方差最大正交法因素旋转载荷矩阵

Table 3 Total variance description through principal component analysis and varimax orthogonal rotated factor loading matrix

指标	主成分				
	1	2	3	4	5
纵径	-0.171	0.224	0.230	0.208	0.150
横径	-0.204	<u>0.377</u>	0.008	-0.200	0.014
侧径	-0.288	0.240	0.121	-0.209	-0.049
壳厚	<u>-0.365</u>	0.123	-0.089	0.288	-0.004
单果质量	<u>-0.347</u>	0.272	-0.089	0.043	0.096
出仁率	<u>0.385</u>	0.008	0.059	<u>-0.305</u>	0.098
蛋白质	0.287	0.247	-0.156	0.267	-0.097
脂肪	-0.281	-0.204	<u>0.342</u>	0.110	0.094
N	0.285	0.249	-0.158	0.267	-0.098
P	0.237	0.139	0.040	0.230	<u>0.464</u>
K	0.128	-0.177	0.245	-0.149	0.084
S	0.136	0.116	0.021	<u>0.334</u>	<u>-0.489</u>
Ca	0.031	<u>0.401</u>	0.134	-0.091	-0.119
Mg	-0.020	0.075	-0.177	<u>0.356</u>	<u>0.522</u>
Fe	0.066	-0.162	<u>0.443</u>	0.276	-0.036
Mn	0.174	0.258	0.230	-0.256	<u>0.377</u>
Cu	-0.036	<u>0.318</u>	<u>0.359</u>	-0.052	-0.178
Zn	0.270	0.235	0.216	-0.004	-0.072
Se	-0.020	0.130	<u>-0.459</u>	-0.271	0.003
特征值	4.91	3.87	2.56	2.46	1.55
贡献率/%	25.82	20.39	13.50	12.94	8.18
累计贡献率/%	25.82	46.21	59.71	72.65	80.83

注：数据带下划线者表示载荷系数数值大于0.30或小于-0.30。

2.3 核桃营养品质的聚类分析

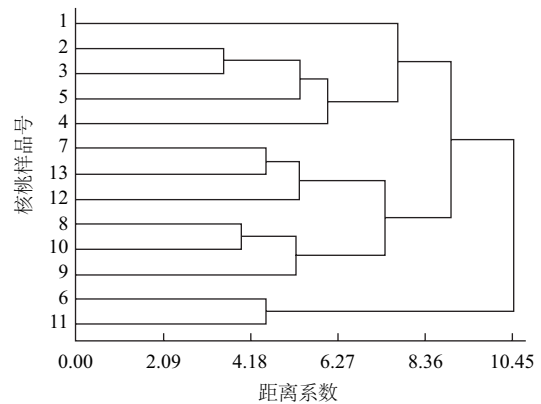


图1 核桃样品聚类分析树状图

Fig.1 Dendrogram of cluster analysis for nutritional quality of walnuts

图1显示了13份核桃样品的聚类分析结果，当距离为3.32时，2个产地的“香玲”核桃被聚在一起，表明它们具有非常近的亲缘关系；来自赫章财神乡的铁核桃-3和铁核桃-9的遗传距离也仅为4.62。而当距离为7.60左右时，13份核桃样品被聚为3类，其主要品质特征如表4所示：第Ⅰ类除包含了所有普通核桃中的4个品种(优株)外，还包含了陕西商州铁核桃，该类核桃果个中等，平均单果质量11.09g，壳薄、出仁率高，蛋白含量高，脂肪含量低，N、P、S、Mg、Zn、Mn等矿质元素含量高，K、Ca、Fe、Se含量中等，Cu含量较低；第Ⅱ类包含了赫章县的6份铁核桃，这类核桃果个较小，壳薄，出仁率高，蛋白质含量低于第Ⅰ类，脂肪含量高，矿质元素K

表4 3类核桃的营养品质
Table 4 Nutritional quality of three-type walnuts

类型	样品编号	纵径	横径	侧径	壳厚	单果质量	出仁率	蛋白质	脂肪	N	P	K	S	Ca	Mg	Fe	Mn	Cu	Zn	Se
I	1、2、3、4、5	35.77 ^a	32.67 ^{ab}	31.93 ^a	0.92 ^a	11.09 ^a	56.12 ^a	18.40 ^a	65.54 ^a	3.47 ^a	0.39 ^a	0.38 ^{ab}	0.48 ^a	1225.4 ^a	1023.4 ^a	30.50 ^{ab}	81.98 ^a	14.18 ^a	33.14 ^a	0.30 ^a
II	7、8、9、10、12、13	36.30 ^a	31.36 ^a	33.48 ^a	0.95 ^a	10.97 ^a	52.33 ^a	15.63 ^b	67.92 ^a	2.95 ^a	0.38 ^a	0.45 ^a	0.46 ^a	1199.5 ^a	994.92 ^a	42.42 ^a	75.72 ^a	14.92 ^a	30.14 ^a	0.18 ^a
III	6、11	40.28 ^a	37.27 ^a	38.07 ^a	1.63 ^b	16.00 ^b	42.20 ^b	15.80 ^b	67.70 ^b	2.98 ^a	0.37 ^a	0.36 ^b	0.46 ^a	1236.5 ^a	1020.4 ^a	23.74 ^b	74.93 ^a	16.49 ^a	27.45 ^a	0.34 ^a

注：同列数据不同字母表差异显著， $P < 0.05$ 。

和Fe含量高, Ca、Mg含量低, 其他元素含量中等, Se元素单株间变异较大, 致使整体Se含量偏低; 第Ⅲ类包含了四川成县铁核桃和赫章可乐乡铁核桃, 这类核桃果个大, 壳厚, 出仁率低, 蛋白、脂肪及N、P、S、Mn含量与第Ⅱ类相当, K、Fe、Zn含量低, Cu、Se含量较高。核桃聚类结果在一定程度上反映了核桃品质在不同种间存在较大遗传差异, 核桃的理化品质与其亲缘关系之间有一定的联系, 亲缘关系相近的种类其化学成分及含量往往相近, 品质相当; 同时, 核桃品质也存在地域性特征, 来源地相近的核桃样品品质也相似。

3 结论与讨论

核桃含有丰富的脂肪和蛋白质, 且易消化吸收, 品质优良^[10-11]。本研究从感官和理化指标评价了13份核桃样品坚果的品质, 研究表明核桃种仁内蛋白质和脂肪含量分别介于12.70%~19.70%和64.80%~70.00%, 平均含量为16.72%和66.97%, 与多数研究相吻合^[8-11], 核桃中含有丰富的矿质营养元素, 符合中国人食品中元素浓度和膳食摄入量的要求^[22], 可作为矿质元素的膳食来源。主成分分析结果表明, 对核桃品质进行评价时, 物理指标出仁率、壳厚、单果质量、横径和矿质元素Ca、Cu对核桃品质评价非常质量要, 是其特征评价指标。根据核桃理化指标利用聚类分析对核桃属不同核桃样品进行分类, 可将核桃和铁核桃区分开来, 且总符合率达77%。聚类结果在一定程度上显示了核桃品质及营养成分的分布存在一定的遗传差别。因此, 本研究不仅提供了13份核桃资源的品质感官指标和理化指标评价数据, 并且采用化学计量学的方法探讨了核桃资源的品质特征, 为核桃资源的品质鉴定、优株鉴定和分类提供了依据。

参考文献:

- [1] 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.
- [2] SZETAOK W C, SATHE S K. Walnut (*Juglans regia* L.) proximate composition, protein solubility, protein amino acid composition and protein *in vitro* digestibility[J]. Sci Food Agric, 2000, 80(9): 1393-1401.
- [3] ALMARIO R U, VONGHAVARAVAT V, WONG R, et al. Effects of walnut consumption on plasma fatty acids and lipoproteins in combined hyperlipidemia[J]. American Journal of Clinical Nutrition, 2001, 74(1): 72-79.
- [4] DAVIS L, STONEHOUSE W, LOOTS D, et al. The effects of high walnut and cashew nut diets on the antioxidant status of subjects with metabolic syndrome[J]. European Journal of Nutrition, 2007, 46(3): 155-164.
- [5] REITER R J, MANCHESTER L C, TAN D X, et al. Melatonin in walnuts: influence on levels of melatonin and total antioxidant capacity of blood[J]. Nutrition, 2005, 21(9): 920-924.
- [6] FELDMAN E B. The scientific evidence for a beneficial health relationship between walnuts and coronary heart disease[J]. Journal of Nutrition, 2002, 132(5): 1062S-1101S.
- [7] 冯春艳, 荣瑞芬, 历重先. 不同核桃品种脂肪酸的气相色谱分析比较[J]. 食品科学, 2009, 30(24): 262-265.
- [8] 王晓燕, 张志华, 李月秋, 等. 核桃品种中脂肪酸的组成与含量分析[J]. 营养学报, 2004, 26(6): 499-501.
- [9] 李国和, 杨冬生, 胡庭兴. 四川省不同产地核桃脂肪酸含量的变化[J]. 林业科学, 2007, 43(5): 36-41.
- [10] 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.
- [11] 潘学军, 张文娥, 刘伟, 等. 贵州核桃种仁脂肪酸和氨基酸含量分析[J]. 西南农业学报, 2010, 23(2): 497-501.
- [12] 崔莉, 葛文光. 核桃蛋白质功能性质的研究[J]. 食品科学, 2000, 21(1): 13-16.
- [13] 周劲松. 应用X-射线能谱微区分析法测定核桃种皮与子叶的元素含量[J]. 果树学报, 2003, 20(1): 76-77.
- [14] 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.
- [15] 张美勇, 徐颖, 刘嘉芬, 等. 核桃不同品种果实坚果品质分析[J]. 中国农学通报, 2008, 24(12): 313-316.
- [16] 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.
- [17] 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.
- [18] 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.
- [19] 苟君波, 胡洪利, 吴琦, 等. 荞麦中金属元素的主成分和聚类分析[J]. 食品科学, 2011, 32(16): 318-321.
- [20] 全国农业技术推广服务中心. 全国测土配方施肥技术规范[Z]. 2005-05-01. 70.
- [21] 陈超子, 田晓姬. ICP-AES同时测定植物中十八种元素的方法研究(干灰化法)[J]. 光谱实验室, 1993, 10(6): 4-8.
- [22] 诸洪达, 王继先, 陈如松, 等. 中国人食品中元素浓度和膳食摄入量研究[J]. 中华放射医学与防护杂志, 2000, 20(6): 378-384.