

新疆药桑和黑桑营养成分及活性成分分析

王 贺, 韩爱芝, 贾清华, 杨 玲*

(塔里木大学生命科学学院, 塔里木盆地生物资源保护利用兵团重点实验室, 新疆 阿拉尔 843300)

摘 要: 选取新疆特色植物药桑与黑桑的桑葚、桑叶和桑树皮为研究对象, 分别利用高效液相色谱法、原子吸收光谱法、紫外分光光度法和常规方法测定氨基酸、矿物质、黄酮、多糖和生物碱含量。结果表明: 药桑和黑桑不同部位中蛋白氨基酸种类丰富, 均含有17种氨基酸, 必需氨基酸与总氨基酸的比值均在0.60以上; 对人体有益的矿物质含量也较丰富; 生物活性物质含量也较为丰富, 其中药桑葚中生物碱含量最高, 可达1.393 mg/g (干基), 药桑皮中黄酮含量最高, 可达11.999 mg/g (干基), 黑桑葚中多糖含量最高, 可达337.491 mg/g (干基)。利用主成分分析对29个指标提取了4个主成分, 累计方差贡献率达97.000%。综合评分结果表明药桑价值更高。

关键词: 氨基酸; 矿物质; 总黄酮; 生物碱; 多糖; 主成分分析

Analysis of Nutrient Components and Active Ingredients of *Morus nigra* L. and *M. alba* L. var. *tatarica* in Xinjiang Autonomous Region

WANG He, HAN Aizhi, JIA Qinghua, YANG Ling*

(Xinjiang Production and Construction Corps Key Laboratory of Protection and Utilization of Biological Resources in Tarim Basin, College of Life Sciences, Tarim University, Alaer 843300, China)

Abstract: The fruits, leaves and barks of *Morus nigra* L. and *M. alba* L. var. *tatarica*, two special plants in Xinjiang autonomous region, were analyzed by high performance liquid chromatography (HPLC), atomic absorption spectrometry, UV spectrophotometry and conventional methods for amino acids, mineral elements, flavonoids, polysaccharides, and alkaloids. The results showed that different plant parts of both mulberry species were rich in a wide variety of amino acids (17 amino acids) with an essential amino acid to total amino acid ratio higher than 0.60, and contained abundant health beneficial mineral elements and bioactive ingredients. Alkaloids, flavonoids and polysaccharides were the most abundant in the fruits and barks of *Morus nigra* L., and the fruits of *M. alba* L. var. *tatarica* (1.393, 11.999 and 337.491 mg/g on a dry basis), respectively. Four principal components, which had a cumulative variance contribution ratio of 97.000% to the information on 29 initial indexes, were extracted in principal component analysis (PCA). *Morus nigra* L. scored higher overall, thereby having higher medicinal value.

Key words: amino acids; mineral elements; flavonoids; alkaloids; polysaccharides; principal component analysis (PCA)

DOI:10.7506/spkx1002-6630-201608016

中图分类号: R285

文献标志码: A

文章编号: 1002-6630 (2016) 08-0091-06

引文格式:

王贺, 韩爱芝, 贾清华, 等. 新疆药桑和黑桑营养成分及活性成分分析[J]. 食品科学, 2016, 37(8): 91-96. DOI:10.7506/spkx1002-6630-201608016. <http://www.spkx.net.cn>

WANG He, HAN Aizhi, JIA Qinghua, et al. Analysis of nutrient components and active ingredients of *Morus nigra* L. and *M. alba* L. var. *tatarica* in Xinjiang autonomous region[J]. Food Science, 2016, 37(8): 91-96. (in Chinese with English abstract) DOI:10.7506/spkx1002-6630-201608016. <http://www.spkx.net.cn>

药桑和黑桑在植物分类学上属桑科 (Moraceae) 桑属 (*Morus* L.), 由于新疆独特的生态环境形成了不同

的桑种, 药桑属黑桑种 (*Morus nigra* L.), 黑桑属白桑种的变种鞑靼桑 (*M. alba* L. var. *tatarica*)^[1-2]。其中新

收稿日期: 2015-08-27

基金项目: 国家自然科学基金地区科学基金项目 (31460080); 塔里木大学校长基金项目 (TDZKQN201513);

塔里木大学研究生创新项目 (TDGRI201519)

作者简介: 王贺 (1987—), 男, 硕士研究生, 主要从事天然产物分子结构与功能研究。E-mail: 87353463@qq.com

*通信作者: 杨玲 (1965—), 女, 教授, 硕士, 主要从事天然产物活性成分研究。E-mail: yanglingzj@sina.com

疆药桑是极为罕见的体细胞染色体倍数性为自然22倍体($2n=22x=308$)稀贵桑树资源,是新疆地区在全国独一无二的桑种质资源。

目前,对新疆不同品种桑葚营养成分的研究主要是周静等^[3]对新疆库车地区黑桑、白桑和药桑的生物活性成分进行检测分析,结果表明3种桑葚都有较丰富的活性成分,尤其是黄酮类化合物的含量较高,其中又以药桑葚中的黄酮(0.52%)含量最高,黑桑葚(0.39%)次之,白桑葚(0.24%)较低。买买提依明等^[4]对新疆和田地区药桑葚的研究发现,药桑葚汁中的还原糖和总糖含量分别为6.33%和17.55%。孙莲等^[5]对新疆不同桑树品种,不同地区的桑叶多糖进行含量测定发现:阿克苏地区药桑桑叶中多糖(以粗多糖计)在糖类物质中的含量高达50.8%。但对药桑和黑桑不同部位氨基酸和矿物质含量的对比研究较少。本研究主要是针对新疆特色植物药桑与黑桑不同部位的氨基酸、矿物质和生物活性成分含量进行对比分析,旨在探明其成分及其含量的差异,为新疆桑资源的开发利用提供数据参考。

1 材料与方法

1.1 材料与试剂

药桑葚、药桑叶、药桑树皮、黑桑葚、黑桑叶、黑桑树皮,于2014年7月20号采自新疆库车地区。经塔里木大学邱爱军副教授鉴定为药桑,黑桑。桑葚采后-20℃冷冻保存,指标测定前将桑葚解冻后于55℃热风烘24h,桑果终干基含水率约为0.09g/g,粉碎后避光保存,备用。桑叶和桑树皮,自然晾干后粉碎,过100目筛后于干燥处避光保存,备用。

芦丁标准品 美国Merck公司;氨基酸混合标准液 美国Sigma公司;葡萄糖标准品 上海山浦化工有限公司;甲醇、乙腈均为色谱纯,其余试剂均为分析纯。

1.2 仪器与设备

2495高效液相色谱仪 美国Waters公司;AS800原子吸收分光光度计 珀金埃尔默股份有限公司;AFS-9230原子荧光光度计 北京吉天仪器有限公司;S54紫外分光光度计 上海棱光技术有限公司。

1.3 方法

1.3.1 矿物质含量测定

样品前处理:参照吴婷等^[6]的方法。

Fe、Zn、Mn、Cu、Ca含量的测定:采用GB/T 23375—2009《蔬菜及其制品中铜、铁、锌、钙、镁、磷的测定》火焰原子吸收法;Pb含量的测定:采用GB 5009.12—2010《食品中铅的测定》石墨炉原子吸收法;Cd含量的测定:采用GB/T 5009.15—2003《食品中镉的

测定》;Hg含量的测定:采用GB/T 5009.17—2003《食品中总汞及有机汞的测定》原子荧光法;As含量的测定:采用GB/T 5009.11—2003《食品中总砷及无机砷的测定》。矿物质含量均以干质量计。

1.3.2 生物活性成分含量测定

1.3.2.1 前处理方法

参照文献[7-10]的方法。分别称取10.000g粉碎后的桑叶、桑果和桑树皮样品加入体积分数60%乙醇溶液,料液比1:20(g/mL),温度80℃,提取时间1h,重复提取3次,合并滤液,过滤后浓缩至干,超纯水溶解,过D101大孔吸附树脂柱,先以水洗至无色,得水溶液,备用。

1.3.2.2 生物碱含量的检测

将上述所得水溶液过732阳离子交换树脂柱,用0.5mol/L氨溶液洗脱,洗脱液浓缩至干称质量,得生物碱样品。采用酸碱滴定法测生物碱含量^[11-13],按下式计算:

$$\text{总生物碱含量} = C_{\text{NaOH}} \times (V_{\text{空白}} - V_{\text{NaOH}}) \times 180 / 1000 \times m$$

式中: C_{NaOH} 为NaOH浓度/(mol/L); $V_{\text{空白}}$ 为盐酸滴定液的体积/mL; V_{NaOH} 为NaOH滴定液的体积/mL;180为哌啶类总生物碱平均相对分子质量; m 为样品质量/g。

1.3.2.3 总黄酮含量的检测

用体积分数95%乙醇溶液将D101大孔吸附树脂柱洗至无色,得乙醇溶液,浓缩至干用超纯水溶解定容至50mL,得黄酮待测液。采用 $\text{NaNO}_2\text{-Al}(\text{NO}_3)_3\text{-NaOH}$ 比色法测定总黄酮含量^[14-16](芦丁为标准品)。

1.3.2.4 多糖含量的检测

将上述所得水溶液过732阳离子交换树脂柱,用超纯水洗脱得水溶液,浓缩至干以超纯水溶解定容至50mL,得多糖待测液。Molish反应和蒽酮-浓硫酸反应呈阳性,说明为多糖。采用硫酸-蒽酮法测多糖含量^[17-19](葡萄糖为标准品)。生物活性成分含量均以干质量计。

1.3.3 氨基酸含量测定

样品前处理参考文献[20-22]的方法。采用高效液相色谱法测定氨基酸含量。色谱条件:色谱柱:ACCCQ·Tag™色谱柱(3.9mm×150mm);流动相A:Waters ACCQ·Tag洗脱液;流动相B:乙腈;流动相C:超纯水;荧光检测激发波长250nm,发射波长395nm;柱温37℃;流速1mL/min;进样量10μL。

1.3.4 主成分分析

根据主成分分析方法对6种不同样品的矿物质、生物活性物质和氨基酸共29个指标进行主成分变量提取,建立综合评价函数,得到每个样品的综合得分及排名。

1.4 数据处理

利用SPSS 17.0软件进行显著性分析($P<0.05$)、数据标准化和主成分分析。

2 结果与分析

2.1 药桑与黑桑不同部位矿物质含量的分析

表1 库车药桑(黑)不同部位矿质元素的含量
Table 1 Contents of mineral elements in different parts of mulberry from Kuche

矿物质	国家标准 (皮、叶)	药桑茎	黑桑茎	药桑叶	黑桑叶	药桑皮	黑桑皮
Cu/(mg/kg)	≤10	0.373±0.006 ^a	0.342±0.007 ^a	2.715±0.032 ^b	3.135±0.044 ^a	1.954±0.037 ^a	1.906±0.026 ^a
Fe/(mg/kg)	≥15	144.256±1.690 ^a	56.678±1.049 ^a	3.324.637±24.172 ^a	709.875±2.177 ^a	759.693±9.828 ^a	720.383±2.454 ^a
Mn/(mg/kg)	—	4.104±0.089 ^a	3.188±0.049 ^a	113.173±1.176 ^b	59.668±1.210 ^b	43.268±0.628 ^a	36.257±0.947 ^a
Zn/(mg/kg)	—	2.244±0.048 ^a	2.258±0.048 ^a	23.831±0.438 ^a	21.815±0.298 ^a	8.032±0.126 ^a	7.542±0.128 ^a
Ca/(g/kg)	—	1.78±0.109 ^a	1.544±0.370 ^a	125.215±7.841 ^a	120.025±1.873 ^a	74.262±4.361 ^a	74.859±5.262 ^a
Hg/(μg/kg)	≤50	0.440±0.0122 ^a	0.507±0.013 ^a	34.317±0.593 ^a	23.360±0.414 ^a	1.378±0.026 ^a	6.665±0.151 ^a
As/(μg/kg)	≤500	3.033±0.065 ^a	24.196±0.405 ^a	1.278.756±8.476 ^a	324.556±5.176 ^a	394.517±4.217 ^a	333.545±4.865 ^a
Pb/(μg/kg)	≤5000	111.882±1.926 ^a	39.339±0.628 ^a	748.964±9.920 ^a	314.870±3.222 ^a	437.736±5.976 ^a	467.675±7.002 ^a
Cd/(μg/kg)	≤200	2.909±0.078 ^a	4.008±0.079 ^a	18.526±0.450 ^a	8.315±0.125 ^a	16.717±0.216 ^a	13.833±0.2833 ^a

注:—,未有相关标准;同行不同小写字母表示差异显著($P<0.05$),下表同。

由表1可知,药桑与黑桑不同部位均含有较丰富的身体所需的矿物质元素Ca、Fe,尤其是桑叶中Ca含量高达120 g/kg。除Cu外,其他元素含量均以药桑叶的最高,除Zn、Hg、As、Cd,其他元素含量均以黑桑茎的最低;此外,对人体有益的微量元素Cu、Mn、Zn的含量也较丰富,尤其以桑叶中含量最高,可作为桑叶茶开发利用,其中桑茎中各矿物质含量显著小于叶和皮中的含量。桑茎中的重金属Hg、As、Cd含量均低于国家标准,但药桑茎Pb含量略高于国家标准。其原因可能是桑树种植地附近靠近公路且有化工厂,汽车尾气和化工厂排放的气体污染物等导致,该环境污染也可能导致其他部位Pb含量增高,但并未使其超出国家标准。其中新疆药桑叶和其他桑叶形态结构不同,药桑叶表面覆盖一层细密的绒毛,这可能增大吸收有害粉尘的面积,从而导致药桑叶的有害金属含量显著高于黑桑叶。建议规模化、标准化和健康化种植,保证其营养安全、食品安全等。

2.2 药桑与黑桑不同部位生物活性成分的分析

表2 库车药(黑)桑不同部位生物碱、黄酮和多糖的含量
Table 2 Contents of alkaloids, flavonoids and polysaccharides in different parts of mulberry from Kuche

指标	药桑茎	黑桑茎	药桑叶	黑桑叶	药桑皮	黑桑皮
生物碱	1.393±0.023 ^a	1.004±0.013 ^a	1.194±0.012 ^b	0.772±0.012 ^a	1.010±0.018 ^a	0.900±0.019 ^a
黄酮	5.556±0.082 ^a	2.123±0.036 ^a	9.094±0.120 ^a	10.825±0.167 ^b	11.999±0.181 ^a	7.890±0.120 ^a
多糖	283.553±3.879 ^a	337.491±5.069 ^a	157.179±1.602 ^a	225.495±2.280 ^a	90.513±1.335 ^a	105.897±1.875 ^a

实验中,总黄酮标准曲线的回归方程为 $A=11.07C+0.004$,相关系数 $R^2=0.999$;多糖标准曲线的回归方程为 $A=0.091C+0.062$,相关系数 $R^2=0.999$ 。不同样品的含量依此计算,结果如表2所示。由表2可知,桑茎中的生物碱和多糖含量均显著高于桑叶和桑树皮,但黄酮含量显著低于桑叶和桑树皮。此外,还可看出药桑不同部位

生物碱含量显著高于黑桑相应部位,生物碱含量高达1.393 mg/g;黄酮含量除叶部位,其余部位药桑也显著高于黑桑部位,黄酮含量高达11.999 mg/g,多糖含量黑桑部位均显著高于药桑部位,多糖含量高达337.491 mg/g。曾锐等^[23]测定桑葚中生物碱含量较其他部位低,本实验桑葚中生物碱含量较高的原因可能是,桑葚一般呈红黑色,在脱色过程中不彻底,酸碱滴定法是以颜色为最终滴定目标,造成测定值相对偏大,酸碱滴定法快速方便,但是测定结果值偏高。

2.3 药桑与黑桑不同部位氨基酸含量的分析

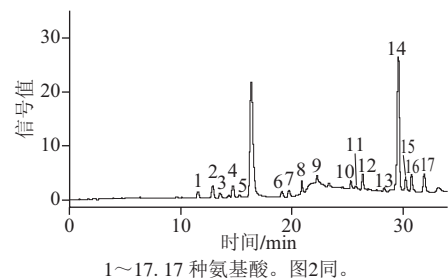
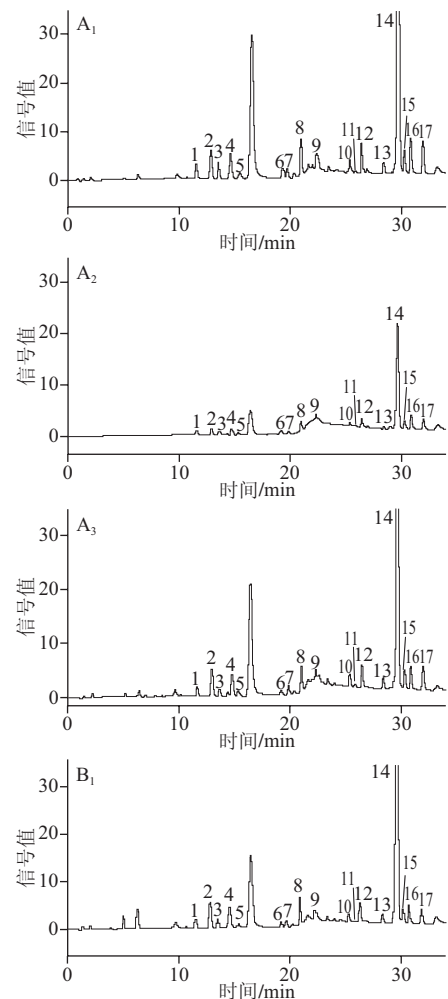
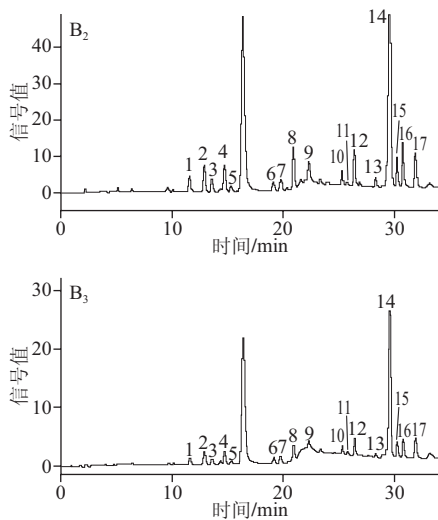


图1 17种氨基酸混标液相色谱图

Fig.1 LC chromatogram of standard mixture of 17 amino acids





A₁ 黑桑葚; A₂ 黑桑叶; A₃ 黑桑皮; B₁ 药桑葚; B₂ 药桑叶; B₃ 药桑皮。

图2 药(黑)桑不同部位17种氨基酸含量液相色谱图

Fig.2 LC chromatogram of 17 amino acids in different parts of mulberry

由图1可知, 现有的实验条件满足17种氨基酸的定量分析。由图2可知, 药桑和黑桑的3个部位均含有17种氨基酸。

表3 库车药(黑)桑不同部位氨基酸的含量

Table 3 Amino acid contents in different parts of mulberry from Kuche						
%						
序号	氨基酸	药桑葚	黑桑葚	药桑叶	黑桑叶	药桑皮
1	天冬氨酸	0.387 4±0.008 9 ^a	0.257 5±0.005 7 ^a	0.549 3±0.011 5 ^a	0.316 0±0.005 0 ^a	0.319 7±0.010 1 ^a
2	丝氨酸	0.303 6±0.007 1 ^b	0.146 1±0.003 7 ^a	0.357 3±0.006 9 ^a	0.176 9±0.005 2 ^a	0.205 1±0.005 4 ^a
3	谷氨酸	0.415 5±0.014 3 ^a	0.294 1±0.006 0 ^a	0.546 6±0.010 5 ^a	0.349 5±0.008 2 ^a	0.370 6±0.009 5 ^a
4	甘氨酸	0.462 3±0.007 9 ^a	0.377 6±0.005 9 ^a	0.502 9±0.005 8 ^a	0.399 4±0.001 9 ^a	0.412 2±0.008 0 ^a
5	组氨酸	0.622 8±0.009 6 ^a	0.614 8±0.009 6 ^a	0.659 4±0.012 4 ^a	0.630 6±0.009 9 ^a	0.639 0±0.010 1 ^a
6	精氨酸	0.028 4±0.000 6 ^a	0.100 2±0.000 9 ^a	0.125 8±0.004 3 ^a	0.030 4±0.000 6 ^a	0.043 6±0.000 5 ^a
7	苏氨酸	1.281 8±0.018 3 ^a	1.280 7±0.020 4 ^a	1.334 5±0.022 9 ^a	1.300 6±0.010 0 ^a	1.327 1±0.014 8 ^a
8	丙氨酸	0.293 5±0.006 7 ^a	0.216 7±0.003 7 ^a	0.351 9±0.005 6 ^a	0.241 0±0.003 0 ^a	0.251 6±0.006 2 ^a
9	脯氨酸	0.602 3±0.010 0 ^a	0.454 2±0.009 1 ^a	0.673 1±0.011 0 ^a	0.516 9±0.011 2 ^a	0.523 1±0.007 1 ^a
10	胱氨酸	0.474 1±0.014 4 ^a	0.444 7±0.012 0 ^a	0.527 5±0.011 0 ^a	0.464 0±0.006 0 ^a	0.485 4±0.009 7 ^a
11	色氨酸	0.518 2±0.011 0 ^a	0.437 0±0.008 2 ^a	0.666 3±0.011 5 ^a	0.473 0±0.008 9 ^a	0.506 6±0.008 5 ^a
12	缬氨酸	0.313 4±0.006 8 ^a	0.315 5±0.006 4 ^a	0.325 3±0.006 8 ^a	0.321 1±0.007 0 ^a	0.323 3±0.007 8 ^a
13	蛋氨酸	3.924 5±0.078 6 ^a	2.963 1±0.064 1 ^a	4.374 9±0.090 2 ^a	3.164 0±0.069 5 ^a	3.363 0±0.096 5 ^a
14	赖氨酸	1.534 5±0.015 6 ^a	0.631 8±0.013 5 ^a	1.529 3±0.012 1 ^b	0.824 0±0.012 0 ^a	0.877 8±0.013 3 ^a
15	异亮氨酸	0.005 6±0.000 3 ^a	0.030 2±0.001 2 ^a	0.096 9±0.002 3 ^a	0.002 0±0.000 1 ^a	0.001 1±0.000 1 ^a
16	亮氨酸	0.369 6±0.009 6 ^a	0.324 3±0.005 8 ^a	0.475 2±0.011 1 ^a	0.357 2±0.008 5 ^a	0.369 5±0.008 4 ^a
17	苯丙氨酸	0.516 5±0.010 5 ^a	0.483 5±0.009 7 ^a	0.623 7±0.006 7 ^a	0.516 1±0.011 0 ^a	0.540 5±0.009 7 ^a
必需氨基酸		8.464 1	6.466 1	9.426 1	6.958 0	7.308 9
总和		12.054 0	9.370 4	13.719 6	10.084 3	10.559 2

注: *,必需氨基酸。

如表3所示, 从氨基酸种类看, 桑中所含氨基酸种类齐全, 均检测到17种氨基酸, 药桑葚、药桑叶、药桑皮、黑桑葚、黑桑叶和黑桑皮的氨基酸总量分别为12.054 0%、13.719 6%、10.559 2%、9.370 4%、10.084 3%和12.737 8%。结果表明, 氨基酸总量因桑种不同而存在显著性差异, 但是必需氨基酸总量所占比例相差不大,

其中蛋氨酸和苏氨酸含量较高, 可能是因其长期生长于极端干旱且极冷极热的新疆沙漠地区, 特殊的环境造成的。此外, 样品中8种必需氨基酸的含量较高, 其顺序为: 药桑叶>黑桑皮>药桑葚>药桑皮>黑桑叶>黑桑葚。桑中必需氨基酸总量与氨基酸总量的比值分别为0.690、0.687、0.690、0.702、0.709、0.692, 达到了联合国粮食与农业组织(Food and Agriculture Organization, FAO)/世界卫生组织(World Health Organization, WHO)提出的蛋白质中必需氨基酸与总氨基酸的比值应在0.40以上的参考蛋白模式^[24], 由此可见桑蛋白是一类比较优质的蛋白质资源。

2.4 主成分分析

利用数据处理软件SPSS 17.0对不同样品的29项指标进行主成分分析, 得到各主成分的特征值, 方差贡献率和累积方差贡献率, 结果如表4所示。

表4 各主成分的特征值及方差贡献率

Table 4 Eigen value and variance contribution ration of each principal component

主成分	初始特征值			主成分特征值		
	特征值	方差贡献率/%	累积方差贡献率/%	特征值	方差贡献率/%	累积方差贡献率/%
1	17.893	61.701	61.701	17.893	61.701	61.701
2	4.910	16.931	78.632	4.910	16.931	78.632
3	3.868	13.340	91.972	3.868	13.340	91.972
4	1.458	5.028	97.000	1.458	5.028	97.000
5	0.870	3.000	100.000			

根据表4可知, 前4个主成分的特征值大于1, 累积贡献率达到97.000%, 该累积贡献率大于85%, 说明前4个主成分能够代表全部29个指标的大部分信息(97.000%)。因此, 将样品的29个指标综合成4个主成分。根据各主成分的载荷矩阵与特征值计算得到主成分的特征向量如表5所示。

由表5主成分载荷矩阵可知, 决定第1主成分大小的主要是Pb、谷氨酸、丙氨酸、胱氨酸、色氨酸、亮氨酸和苯丙氨酸; 决定第2主成分大小的主要是生物碱; 决定第3主成分大小的主要是精氨酸、苏氨酸和缬氨酸; 决定第4主成分大小的主要是黄酮、精氨酸和异亮氨酸。

根据表5构建各主成分得分与样品各标准化后的指标值之间的线性关系式:

第1主成分得分: $F_1=0.034X_{Z1}+0.050X_{Z2}+0.048X_{Z3}+0.036X_{Z4}+0.039X_{Z5}+0.040X_{Z6}+0.050X_{Z7}+0.053X_{Z8}+0.045X_{Z9}+0.009X_{Z10}+0.027X_{Z11}-0.037X_{Z12}+0.052X_{Z13}+0.046X_{Z14}+0.053X_{Z15}+0.048X_{Z16}+0.041X_{Z17}+0.017X_{Z18}+0.033X_{Z19}+0.051X_{Z20}+0.048X_{Z21}+0.052X_{Z22}+0.055X_{Z23}+0.031X_{Z24}+0.048X_{Z25}+0.040X_{Z26}+0.039X_{Z27}+0.055X_{Z28}+0.055X_{Z29}$ 。

第2主成分得分: $F_2=-0.150X_{Z1}-0.014X_{Z2}-0.076X_{Z3}-0.106X_{Z4}-0.136X_{Z5}-0.064X_{Z6}-0.034X_{Z7}-$

$0.059X_{Z8}-0.083X_{Z9}+0.181X_{Z10}-0.133X_{Z11}+0.085X_{Z12}+0.063X_{Z13}+0.105X_{Z14}+0.059X_{Z15}+0.087X_{Z16}-0.025X_{Z17}+0.029X_{Z18}-0.041X_{Z19}+0.081X_{Z20}+0.083X_{Z21}+0.012X_{Z22}+0.043X_{Z23}-0.059X_{Z24}+0.092X_{Z25}+0.115X_{Z26}+0.042X_{Z27}+0.025X_{Z28}$ 。

第3主成分得分： $F_3=0.026X_{Z1}+0.108X_{Z2}+0.096X_{Z3}+0.117X_{Z4}+0.035X_{Z5}+0.134X_{Z6}+0.096X_{Z7}+0.003X_{Z8}-0.028X_{Z9}+0.054X_{Z10}-0.036X_{Z11}+0.130X_{Z12}+0.048X_{Z13}-0.036X_{Z14}+0.026X_{Z15}-0.067X_{Z16}-0.153X_{Z17}+0.186X_{Z18}-0.184X_{Z19}-0.001X_{Z20}+0.023X_{Z21}-0.092X_{Z22}+0.004X_{Z23}-0.177X_{Z24}-0.058X_{Z25}-0.087X_{Z26}+0.141X_{Z27}+0.024X_{Z28}-0.027X_{Z29}$ 。

第4主成分得分： $F_4=-0.154X_{Z1}+0.071X_{Z2}-0.024X_{Z3}+0.139X_{Z4}-0.108X_{Z5}-0.066X_{Z6}+0.078X_{Z7}+0.037X_{Z8}+0.111X_{Z9}-0.156X_{Z10}-0.335X_{Z11}+0.027X_{Z12}-0.062X_{Z13}-0.098X_{Z14}-0.078X_{Z15}-0.038X_{Z16}+0.169X_{Z17}+0.409X_{Z18}+0.206X_{Z19}-0.070X_{Z20}-0.195X_{Z21}+0.075X_{Z22}+0.026X_{Z23}+0.219X_{Z24}-0.044X_{Z25}-0.131X_{Z26}+0.288X_{Z27}+0.015X_{Z28}+0.075X_{Z29}$ 。

表5 各主成分的载荷矩阵和特征向量

Table 5 Principal component loadings and eigenvectors

指标	主成分载荷矩阵				主成分特征向量			
	1	2	3	4	1	2	3	4
X_{Z1} Cu	0.610	-0.738	0.102	-0.225	0.034	-0.150	0.026	-0.154
X_{Z2} Fe	0.897	-0.069	0.418	0.103	0.050	-0.014	0.108	0.071
X_{Z3} Mn	0.851	-0.371	0.370	-0.035	0.048	-0.076	0.096	-0.024
X_{Z4} Zn	0.649	-0.521	0.453	-0.202	0.036	-0.106	0.117	0.139
X_{Z5} Ca	0.706	-0.666	0.137	-0.158	0.039	-0.136	0.035	-0.108
X_{Z6} Hg	0.717	-0.313	0.519	-0.096	0.040	-0.064	0.134	-0.066
X_{Z7} As	0.899	-0.167	0.370	0.114	0.050	-0.034	0.096	0.078
X_{Z8} Pb	0.943	-0.290	0.012	0.054	0.053	-0.059	0.003	0.037
X_{Z9} Cd	0.797	-0.407	-0.109	0.162	0.045	-0.083	-0.028	0.111
X_{Z10} 生物碱	0.155	0.889	0.208	-0.227	0.009	0.181	0.054	-0.156
X_{Z11} 黄酮	0.477	-0.654	-0.141	-0.488	0.027	-0.133	-0.036	-0.335
X_{Z12} 多糖	-0.654	0.418	0.504	0.040	-0.037	0.085	0.130	0.027
X_{Z13} 天冬氨酸	0.928	0.308	0.185	-0.091	0.052	0.063	0.048	-0.062
X_{Z14} 丝氨酸	0.831	0.517	-0.140	-0.143	0.046	0.105	-0.036	-0.098
X_{Z15} 谷氨酸	0.944	0.291	0.099	-0.114	0.053	0.059	0.026	-0.078
X_{Z16} 甘氨酸	0.857	0.425	-0.261	-0.056	0.048	0.087	-0.067	-0.038
X_{Z17} 组氨酸	0.742	-0.123	-0.592	0.247	0.041	-0.025	-0.153	0.169
X_{Z18} 精氨酸	0.307	0.141	0.718	0.596	0.017	0.029	0.186	0.409
X_{Z19} 苏氨酸	0.596	-0.200	-0.711	0.301	0.033	-0.041	-0.184	0.206
X_{Z20} 丙氨酸	0.911	0.397	-0.005	-0.102	0.051	0.081	-0.001	-0.070
X_{Z21} 脯氨酸	0.863	0.407	0.090	-0.284	0.048	0.083	0.023	-0.195
X_{Z22} 胱氨酸	0.927	0.058	-0.354	0.110	0.052	0.012	-0.092	0.075
X_{Z23} 色氨酸	0.976	0.211	0.016	0.038	0.055	0.043	0.004	0.026
X_{Z24} 缬氨酸	0.558	-0.288	-0.685	0.319	0.031	-0.059	-0.177	0.219
X_{Z25} 蛋氨酸	0.857	0.454	-0.225	-0.064	0.048	0.092	-0.058	-0.044
X_{Z26} 赖氨酸	0.709	0.564	-0.338	-0.191	0.040	0.115	-0.087	-0.131
X_{Z27} 异亮氨酸	0.695	0.208	0.544	0.420	0.039	0.042	0.141	0.288
X_{Z28} 亮氨酸	0.988	0.123	0.091	0.022	0.055	0.025	0.024	0.015
X_{Z29} 苯丙氨酸	0.987	0.001	-0.106	0.110	0.055	0.000	-0.027	0.075

根据综合评价函数中各主成分的系数为其对应的方差贡献率^[25]，建立样品的综合评价模型： $F=0.617F_1+$

$0.169F_2+0.133F_3+0.050F_4$ 。由该模型计算可得到6种样品的综合评分及排名如表6所示。

表6 不同样品综合评价结果及排序

Table 6 Comprehensive scores and ranking of different samples

样品名称	各主成分得分				综合评分	排名
	F_1	F_2	F_3	F_4		
药桑葚	-0.424	1.591	-0.135	-1.451	-0.083	3
黑桑葚	-1.276	0.256	0.675	1.163	-0.596	6
药桑叶	1.654	0.264	1.114	0.707	1.249	1
黑桑叶	-0.342	-1.333	0.456	-0.653	-0.409	5
药桑皮	-0.169	-0.745	-0.403	-0.338	-0.300	4
黑桑皮	0.557	-0.033	-1.708	0.571	0.140	2

由表6可知，6个样品的综合评分结果为：药桑叶>黑桑皮>药桑葚>药桑皮>黑桑叶>黑桑葚，说明从矿物质、生物活性物质和氨基酸的主成分分析角度来说，药桑具有更高的价值。

3 结论

新疆特色植物药桑与黑桑的桑葚、桑叶和桑树皮中对人体有益的矿质元素Ca、Fe、Cu、Mn、Zn的含量较为丰富，其中除Cu外，药桑叶中矿质元素含量最高，差异显著。药桑不同部位的矿质元素含量普遍显著高于黑桑不同部位。

药桑槲中生物碱含量最高，差异显著，药桑皮中黄酮含量最高，差异显著，黑桑葚中多糖含量最高，差异显著。同时实验结果显示药桑不同部位的生物碱含量显著高于黑桑不同部位；黄酮含量除叶部位，其余部位均是药桑显著高于黑桑；多糖含量则是黑桑不同部位显著高于药桑不同部位。

通过对6种样品的氨基酸含量进行检测，结果发现桑中含有丰富的氨基酸资源，且氨基酸总量因样品不同也存在显著性差异。氨基酸总含量顺序为：药桑叶>黑桑皮>药桑葚>药桑皮>黑桑叶>黑桑葚。

主成分分析结果表明，提取出的4个主成分，累计方差贡献率达97.000%，能够代表29个指标中大部分（97.000%）信息。通过综合评分得到药桑具有更高的价值。不同品种的桑中成分含量有较大差异，开发利用时应注意选取合适的品种。

参考文献：

- [1] 中国农业科学院蚕业研究所. 中国桑树品种志[M]. 北京: 中国农业出版社, 1993.
- [2] 傅大煦. 新疆桑属植物种质资源与药效成分研究[D]. 上海: 复旦大学, 2004.
- [3] 周静, 严栋林. 新疆库车3种桑槲营养成分的测定和分析[J]. 石河子大学学报(自然科学版), 2003, 7(3): 224-225.

- [4] 买买提依明, 卢红, 木合达尔, 等. 新疆药桑的有效成分测定及药理作用的研究初报[J]. 北方蚕业, 2006, 27(4): 16-18.
- [5] 孙莲, 阎超, 孟磊, 等. 桑叶多糖的提取与含量测定[J]. 中国卫生检验杂志, 2004, 14(3): 344-345.
- [6] 吴婷, 张淑蓉, 裴晓丽, 等. 不同产地连翘药材中微量元素的测定分析[J]. 时珍国医国药, 2015(6): 1537-1538.
- [7] 李莉. 桑叶黄酮类化合物提取方法研究[J]. 中国林副特产, 2003(1): 30-31. DOI:10.13268/j.cnki.fbsic.2003.01.023.
- [8] 刘杰, 潘见, 张文成, 等. 富含黄酮和生物碱的桑叶提取物的提取工艺研究[J]. 食品科学, 2009, 30(12): 52-56.
- [9] TANG Z H, GUO S Y, RAO L Q, et al. Optimization of the technology of extracting water-soluble polysaccharides from *Morus alba* L. leaves[J]. African Journal of Biotechnology, 2011, 10(59): 12684-12690. DOI:10.5897/AJB10.2203.
- [10] 王芳, 郑海雪. 桑叶多糖的提取工艺研究[J]. 浙江师范大学学报(自然科学版), 2008, 31(1): 77-83.
- [11] 何军, 祝林, 奉建芳. 附子总生物碱含量测定方法比较[J]. 现代中药研究与实践, 2003, 17(6): 20-22. DOI:10.13728/j.1673-6427.2003.06.008.
- [12] 杨旭. 桑叶中总生物碱提取工艺优化及降血糖活性研究[D]. 南京: 南京理工大学, 2012.
- [13] 国家药典委员会. 中国药典: 一部[M]. 北京: 化学工业出版社, 2000: 29.
- [14] 张进祥, 段吉平. 紫外分光光度法测定金莲花中总黄酮的含量[J]. 中国实验方剂学杂志, 2012, 15(10): 36-37. DOI:10.13422/j.cnki.syfjx.2009.10.020.
- [15] 陈君, 韦建华, 李兵, 等. UV测定广西不同产地倒地铃中总黄酮的含量[J]. 中国实验方剂学杂志, 2012, 18(13): 105-107. DOI:10.13422/j.cnki.syfjx.2012.13.034.
- [16] 钟雨坤, 王历琼, 韩小丹, 等. 正交试验优化超声波辅助同时提取桑叶总黄酮、单宁工艺[J]. 食品科学, 2015, 36(12): 44-48. DOI:10.7506/spkx1002-6630-201512008.
- [17] 孟磊, 孙莲. 新疆不同地区桑叶中总糖含量的测定[J]. 新疆医科大学学报, 2003, 26(3): 286-286.
- [18] 欧阳臻, 李永辉, 宿树兰, 等. 桑叶多糖的含量测定[J]. 食品科学, 2003, 24(11): 118-120. DOI:10.3321/j.issn:1002-6630.2003.11.030.
- [19] 李先佳, 郁建平, 都国栋. 桑叶总黄酮和多糖提取工艺优化[J]. 食品科学, 2005, 26(6): 159-162. DOI:10.3321/j.issn:1002-6630.2005.06.034.
- [20] 黄浩, 侯媛媛, 肖雪, 等. 邻苯二甲醛-9-氯甲酸苄甲酯柱前衍生HPLC法测定血必净注射液中氨基酸[J]. 现代药物与临床, 2011, 26(1): 58-62.
- [21] 郑灏, 程显隆, 魏锋, 等. 雷丸中16种氨基酸的柱前衍生化RP-HPLC法含量测定[J]. 药物分析杂志, 2011, 31(9): 1631-1635. DOI:10.16155/j.0254-1793.2011.09.005.
- [22] 邹秦文, 肖新月, 程显隆, 等. 百令胶囊中17种氨基酸的柱前衍生化RP-HPLC法含量测定[J]. 药物分析杂志, 2010, 30(9): 1630-1635. DOI:10.16155/j.0254-1793.2010.09.030.
- [23] 曾锐, 祝勇军, 刘超. HPLC-ELSD法测定桑树不同部位中的1-脱氧野尻霉素[J]. 华西药学杂志, 2009, 24(2): 171-172. DOI:10.13375/j.cnki.wjps.2009.02.018.
- [24] FAO/WHO. Energy and protein requirements: report of a Joint FAO/WHO Ad Hoc Expert Committee[R]. Geneva: FAO/WHO, 1973.
- [25] 李汴生, 顾苗青, 阮征, 等. 市售烤翅产品的品质分析及基于主成分分析的综合评价[J]. 现代食品科技, 2015, 31(2): 232-239.