

# 新疆几种巴旦杏综合营养成分分析

赵翠<sup>1</sup>, 田英姿<sup>1</sup>, 英犁<sup>2</sup>, 马千里<sup>1</sup>, 罗宇年<sup>1</sup>

(1. 华南理工大学轻工与食品学院, 广东广州 510640) (2. 国家林业局林产工业规划设计院, 北京 100714)

**摘要:** 本文对新疆双果、双仁、纸皮三种巴旦杏的果实性状和营养成分进行综合测定。采用原子吸收分光光度法测定微量和常量元素; 采用中国药典法测定苦杏仁苷; 采用氨基酸比值系数法对其蛋白质营养价值进行评价; 采用气相色谱-质谱联用 (GC-MS) 对脂肪酸组成和含量进行测定。结果表明: 三种新疆巴旦杏中, 纸皮的可食部和苦杏仁苷含量最高; 双仁的总糖含量最高, 口感较香甜。三种新疆巴旦杏的常量和微量元素种类齐全, 含量总体上为  $K > Na > Mg > Ca > Fe > Mn > Zn > Cu$ 。氨基酸含量丰富, 种类齐全, 必需氨基酸含量较高, 平均药用氨基酸占总氨基酸含量的 70.33%。SRC 为 62.786~66.738 之间, 与 FAO/WHO 比较接近。纸皮的脂肪含量最高, 为 51.23%。三种新疆巴旦杏平均不饱和脂肪酸含量较高, 为 88.850%; 其中油酸含量最高, 亚油酸次之。新疆巴旦杏营养丰富, 口感香甜, 蛋白和油料品质优良, 药用价值开发潜力巨大, 应引起人们的重视, 促进新疆巴旦杏资源的开发和利用。

**关键词:** 新疆巴旦杏; 综合营养成分; 氨基酸比值系数法; 气相色谱-质谱联用

文章编号: 1673-9078(2016)2-262-268

DOI: 10.13982/j.mfst.1673-9078.2016.2.038

## Comprehensive Analysis of Nutritional Components in Several Xinjiang Paddan Almond Samples

ZHAO Cui<sup>1</sup>, TIAN Ying-zi<sup>1</sup>, YING Li<sup>2</sup>, MA Qian-li<sup>1</sup>, LUO Yu-nian<sup>1</sup>

(1. College of Light Industry and Food Sciences, South China University of Technology, Guangzhou 510640, China)

(2. National Forest-product Industry Planning Design Institute, Beijing 100714, China)

**Abstract:** Fruit characteristics and nutritional components were comprehensively determined for three Xinjiang paddan almond samples (Shuangguo, Shuangren, and Zhipi) in this study. Atomic absorption spectrophotometry was used to determine the content of trace elements and major elements; a method described by the Chinese Pharmacopeia was used to measure amygdalin content; the nutritional value of proteins was evaluated as the score of the ratio coefficient of amino acid; gas chromatography mass spectrometry was used to measure the components and content of fatty acids. The results indicated that among the three Xinjiang paddan almond samples, the highest proportion of the edible part and highest content of amygdalin were found in Zhipi; Shuangren showed the highest content of total sugar and had a sweet taste. A full range of trace elements and major elements were found in three Xinjiang paddan almond samples, with the content in the following order:  $K > Na > Mg > Ca > Fe > Mn > Zn > Cu$ . There were a full range of amino acids with high content; the content of essential amino acids was relatively high, and the average content of amino acids for medical purposes accounted for 70.33% of the total amino acids. The score of ratio coefficient was 62.786~66.738, which was close to the Food and Agriculture Organization of the United Nations and the World Health Organization requirement. The highest fat content (51.23%) was found in Zhipi. The average content of unsaturated fatty acid was relatively high (88.850%); oleic acid showed the highest content, followed by linoleic acid. Additional studies should examine Xinjiang paddan almond to promote its development and utilization because of its high nutritional value, sweet taste, high-quality proteins and oils, and potential medicinal value.

**Key words:** Xinjiang paddan almond; nutritional components; score of ratio coefficient of amino acid; gas chromatography mass spectrometry (GC-MS)

巴旦木, 也称扁桃 (*Amygdalus Communis L.*), 属蔷薇科桃属扁桃亚属乔木, 是世界著名的经济林树种和木本油料树种, 其种仁具有重要的营养、医药和

收稿日期: 2015-05-05

基金项目: 自治区财政林业科技专项资金项目-0608

作者简介: 赵翠 (1990-), 女, 硕士研究生, 研究方向: 植物资源利用方向

通讯作者: 田英姿 (1966-), 女, 副教授, 研究方向: 植物资源利用方向

经济价值, 国际市场交易量与交易额位居世界四大坚果之首<sup>[1]</sup>。

巴旦杏全身都是宝。巴旦杏仁中含有丰富的多不饱和脂肪酸、单不饱和脂肪酸、精氨酸和镁<sup>[2]</sup>。巴旦杏不仅可以作为日常生活中的休闲食品, 也可以提取功能性营养成分后, 制成风味独特, 口感、观感优良的乳饮料。巴旦杏也具有补脑安神, 润肠通便, 明目、

健胃的药用功能,可作病餐,配合治疗糖尿病和胃病等。巴旦杏壳除少部分作为制造活性炭、石油工业缓冲物的原料外<sup>[3]</sup>,大部分都作为废弃物而浪费掉,而从壳类物质中提取天然色素的研究日益增多<sup>[4-5]</sup>。

我国种植巴旦杏始于唐朝,至今有一千三百多年的历史。新疆巴旦杏是从古波斯(现今伊朗)传入。新疆是大陆性气候,昼夜温差大,日照时间长、干旱,所以新疆巴旦杏仁较国外的巴旦杏仁含油、含糖量均高,味更为香甜。新疆巴旦杏品种繁多,约有四十多个,分为五个大家族,喀什地区是我国巴旦杏唯一主产区,截止目前全疆巴旦杏种植面积已达  $6.7 \times 10^4 \text{ hm}^2$  (100 万亩),现已成为促进当地经济发展的重要支柱产业之一<sup>[6]</sup>。但长期以来,新疆巴旦杏未得到应有的重视和发展,年产量不足 100 t,未形成出口规模,主要供应内地市场,出口和外调很少<sup>[7]</sup>。而且多处在半野生、半栽培状态,甚至一些优良品种面临绝种的危险。近年来对新疆巴旦杏的果实性状和综合营养成分进行全面系统分析的研究尚未报导,使得新疆巴旦杏不能得到广泛的推广,更不能形成良好的品牌效应。

为引起人们对新疆巴旦杏的重视,全面了解巴旦杏的综合营养成分,充分利用新疆巴旦杏资源,促进巴旦杏在国内外的生产推广,并为巴旦杏深层次药用和功能性营养成分开发利用及研究提供数据支持和科学依据,本论文不仅对新疆三种巴旦杏的常见营养成分进行了测定分析和研究,也测定分析和研究了其果实性状、苦杏仁苷、总糖、药用氨基酸和增香剂型氨基酸、脂肪酸的种类和含量,并用氨基酸比值系数法对其蛋白质营养价值进行了评价。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料与设备

原料:新疆三种巴旦杏(双果、双仁、纸皮);

主要仪器设备:分析天平 HANGPING FA2004,上海天平仪器厂;数显恒温水浴锅 HH-2,常州澳华仪器有限公司;电热恒温干燥箱,广州市康恒仪器有限公司;游标卡尺,0~150 mm,上海量具刀具厂;气相色谱质谱仪联用,GC-MS Agilent 5973,美国;HYP-308 消化炉,上海纤检仪器有限公司;KDN-102C 定氮仪,上海纤检仪器有限公司;Beckman 121MB 氨基酸自动分析仪,美国;日立 Z-8000 型原子吸收分光光度计。

主要化学药品:氢氧化钠(天津福晨化学试剂厂);盐酸(莱阳经济技术开发区精细化工厂);硫酸(莱阳经济技术开发区精细化工厂);无水乙醇(天津

市富宇精细化工有限公司);五水合硫酸铜(江苏强盛功能化学股份有限公司);无水亚硫酸钠(江苏强盛功能化学股份有限公司);硼酸(天津市华苑产业区鑫茂科技园);硫酸钾(广州化学试剂厂);苯酚(广州化学试剂厂);氨基酸标准液(河南艾文森贸易有限公司);石油醚(深圳市天唯达化工有限公司);正己烷(扬州市华香化工塑胶有限公司);高氯酸(徐州索通生物科技有限公司);硝酸(石家庄轩然化工产品销售有限公司);乙酸锌(广州化学试剂厂);乙醚(深圳市迪创化工有限公司);硝酸银(广州化学试剂厂),乙酸锌(广州化学试剂厂);酒石酸钾钠(天津市科盟化工工贸有限公司),五水合硫酸铜(II)(江苏强盛功能化学股份有限公司);葡萄糖(江苏强盛功能化学股份有限公司);酚酞(天津市化学试剂一厂);亚甲基蓝(天津市天新细化工开发中心);甲基红(天津市,天新精细化工开发中心)。

### 1.2 实验方法

#### 1.2.1 新疆巴旦杏果实性状测定

单果重(g):采用系统抽样,将 100 个巴旦杏编号 1~100,将编号的巴旦杏按间隔 10 分段。在第一段中,用简单随机抽样确定起始巴旦杏编号为 7。从编号 7 开始每隔 10 个号码抽取一个。得到 7、17、27、37、47、57、67、77、87、97 共 10 个样品。然后用分析天平称重(精确到 0.01 g),计算平均值。

核仁重(g):采用上述同批样品,用分析天平称重(精确到 0.01 g),计算平均值。

纵径和横径(mm):采用上述同批样品,用游标卡尺分别测定核仁纵径和横径(精确到 0.01 mm),取平均值。

果形指数=果纵径/果横径。

可食部(g/100 g)=(食品重量-废弃部分的重量)÷食品重量×100。

双仁率(%):取 100 个巴旦杏,破碎后,分别统计单仁果核数和双仁果核数,记录。

#### 1.2.2 苦杏仁苷的测定<sup>[8]</sup>

取巴旦杏仁粉约 10 g(精确至 0.01 g),置凯式烧瓶中,加水 150 mL,立即密塞,置 37 °C 水浴锅中保温 2 h,连接冷凝管,将馏出液导入 20 mL 0.1 mol/L NaOH 吸收液中,接收瓶置冰浴中冷却,至馏出液达 60 mL 时停止蒸馏。在流出液中加入碘化钾试液(16.5%) 2 mL,用硝酸银(0.1 mol/L)缓缓滴定,至溶液显出的黄色浑浊不消失。1 mL 硝酸银溶液(0.1 mol/L)相当于 91.48 mg 苦杏仁苷。

#### 1.2.3 果实总糖的测定

参照 GB5009.7 中直接滴定法测定。

#### 1.2.4 蛋白质的测定

参照 GB/T5009.5-2010 的方法。

#### 1.2.5 脂肪的测定

参照 GB/T5009.6-2003 的方法。

#### 1.2.6 微量和常量元素的测定<sup>[9]</sup>

称取一定量的巴旦杏仁 2 g (精确到 0.0001 g), 加入 3 mL 高氯酸和 15 mL 硝酸消化, 冷却后再加 0.5 mL 盐酸及少量蒸馏水定容至 100 mL, 用日立 Z-8000 型原子吸收分光光度计分别进行测定。

#### 1.2.7 氨基酸的测定

参照 GB/T5009.124-2003 食品中氨基酸的测定方法。色氨酸因酸水解无法测定。使用美国 Beckman121MB 氨基酸自动分析仪测定。

#### 1.2.8 氨基酸比值系数法<sup>[10]</sup>

参照世界卫生组织 (WHO) 和联合国粮农组织 (FAO) 1973 年提出的评价蛋白质营养价值的必需氨基酸模式—氨基酸比值系数法, 即根据氨基酸平衡理论, 利用 WHO/FAO 的必需氨基酸模式, 分别计算样品中必需氨基酸 (essential amino acid, EAA) 的氨基酸比值 (ratio of amino acid, RAA), 氨基酸比值系数 (ratio coefficient of amino acid, RC) 和比值系数分 (score of RC, SRC)。

#### 1.2.9 脂肪酸的测定<sup>[11]</sup>

##### 1.2.9.1 巴旦杏仁油的提取

参照 GB/T 5009.6-2003 进行, 称取 5 g 核仁, 索氏抽提 8 h, 溶剂为石油醚 25 mL (沸程 60~90 °C)。

##### 1.2.9.2 甲酯化

移取 50 mg 巴旦杏仁油放入 50 mL 容量瓶中, 准确加入 2 mL 苯石油醚 (V:V=1:1) 溶解, 然后加 2 mL 0.1 mol/L KOHCH<sub>3</sub>OH, 进行甲酯化, 室温下静置 15 min; 之后加入蒸馏水并旋转容量瓶使甲酯液上升至瓶口, 取上层清液做 GC-MS 分析。

##### 1.2.9.3 GC-MS 条件

采用 DB-5 型石英毛细管色谱 (30 m×0.25 mm, 0.25 μm); 氢火焰检测器 (FID); 氮气 (99.999%) 流速 40 mL/min, 进样口温度 270 °C, 检测器温度 290 °C, 柱箱起始温度 150 °C, 保持 2 min; 后以 10 °C/min 升至 230 °C, 保持 10 min; 然后以 2 °C/min 升至 250 °C, 保持 5 min; 分流进样 1 μL, 分流比 5:1。质谱接口温度为 280 °C; 电子轰击 (EI) 离子源, 离子能量 70 eV, 离子源温度为 230 °C; 四级杆温度为 150 °C, 溶剂延迟时间为 3 min; 全扫描方式, 扫描质量范围为 1.6~1050 amu。

##### 1.2.9.4 脂肪酸组分鉴定及定量分析

利用 NIST 谱库和 MAIN LIB 谱库进行检索, 结合参考文献对各化合物进行定性鉴定; 依据总离子流图中色谱峰的峰面积归一化法计算各组分的峰面积百分率, 进行定量研究。

## 2 结果与讨论

### 2.1 新疆巴旦杏果实性状测定结果与分析

表 1 新疆巴旦杏果实性状测定结果

Table 1 Fruit characteristics of Xinjiang paddan almond samples

样品名称	单果重 /g	核仁重 /g	可食部 / (g/100 g)	单果仁 纵径/mm	单果仁 横径/mm	果形 指数	双果仁 纵径/mm	双果仁 横径/mm	双仁率 /%
双果	2.11±0.13	0.84±0.02	46.3±0.38	24.51±0.26	10.61±0.37	2.31±0.11	21.81±0.27	11.03±0.23	8.33±0.34
双仁	1.63±0.32	0.72±0.44	49.44±0.68	24.99±0.16	12.21±0.22	2.05±0.43	20.99±0.33	9.87±0.20	12.24±0.08
纸皮	1.90±0.27	1.25±0.03	61.04±1.01	26.9±0.40	12.35±0.36	2.18±0.48	-	-	-

注: “-”表示无。

从表 1 中可以综合了解三种新疆巴旦杏的果实性状。其中, 平均单果重最重的为双果, 为 2.11 g; 最轻的为双仁, 为 1.63 g。平均核仁重最重的为纸皮, 为 1.25 g, 且纸皮的可食部为 61.04 g/100 g, 远高于双果和双仁, 故可优育纸皮树种, 增加巴旦杏产量。双果果形指数高于纸皮和双仁, 但可食部最低, 为 46.3 g/100 g。单果仁平均纵径比双果仁长约 3~4 mm, 但横径基本没有改变。双仁的双仁率为 12.24%, 比双果高 3.91%。

### 2.2 新疆巴旦杏营养成分测定结果与分析

表 2 为三种新疆巴旦杏苦杏仁苷、总糖、脂肪、蛋白质、常量和微量元素的测定结果。其中苦杏仁苷含量最多的为纸皮, 为 2.32%; 最少的为双仁, 为 1.43%, 而有研究表明苦杏仁苷具有抑制肿瘤的作用<sup>[12]</sup>。双仁的总糖含量最高, 为 8.68%, 因此口感较好。脂肪和蛋白质含量最高的为纸皮, 分别为 51.23% 和 19.23%; 三种新疆巴旦杏的平均脂肪和蛋白质含量分



别为 47.43% 和 16.15%。

从表 2 中还可以看出三种新疆巴旦杏中都含有丰富的人体必需微量和常量元素。含量总体上为 K>Na>Mg>Ca>Fe>Mn>Zn>Cu。K 平均含量最高，为 7632.33 μg/g；Mn 平均含量是杏仁的 4 倍，因此新疆巴旦杏可以缓解高血压和骨骼畸形、癫痫等众多疾病。纸皮中常量元素 K、Na、Ca 和微量元素 Mn、Fe 含量均高于双仁和双果，其中 Na 和 Fe 含量远高于双仁

和双果，分别为 5213 μg/g 和 206.50 μg/g，因此纸皮对于缓解缺铁性贫血效果较好。而双果中常量元素 Mg 和微量元素 Cu、Zn 含量最高。其中 Cu 含量是双仁的 2 倍多，Zn 含量比双仁高 68.89%。因此双果对于促进大脑发育，预防心动过速、心律不齐效果较好。就常量元素和微量元素而言，营养价值纸皮>双果>双仁。

表 2 新疆巴旦杏营养成分测定结果

Table 2 Nutritional components of Xinjiang paddan almond samples

样品名称	苦杏仁 苷/%	总糖 /%	脂肪 /%	蛋白质 /%	常量元素/(μg/g)				微量元素/(μg/g)			
					K	Na	Ca	Mg	Cu	Zn	Mn	Fe
双果	1.91±0.04	7.73±0.12	45.71±1.46	15.79±0.88	6678.00	2734.00	222.00	2450.00	23.60	76.00	68.76	141.00
双仁	1.43±0.03	8.68±0.09	45.35±1.38	13.44±0.54	7853.00	3528.00	237.10	2033.00	12.50	45.00	70.22	127.86
纸皮	2.32±0.06	6.54±0.11	51.23±2.03	19.23±0.77	8366.00	5213.00	277.30	1977.00	19.88	70.20	76.50	206.50

表 3 新疆巴旦杏氨基酸含量 (mg/g 蛋白质)

Table 3 Amino acid content of Xinjiang paddan almond samples

(mg/g protein)

氨基酸	双果	双仁	纸皮
天冬氨酸	117.35	82.98	83.77
谷氨酸	298.22	229.00	221.27
丝氨酸	46.74	39.02	34.90
甘氨酸	59.89	51.57	44.20
组氨酸	27.74	23.05	20.77
精氨酸	116.48	88.22	85.90
苏氨酸	34.96	28.89	26.07
丙氨酸	43.65	36.54	31.57
脯氨酸	57.11	44.72	41.89
酪氨酸	35.20	28.27	26.65
缬氨酸	57.19	66.82	49.04
蛋氨酸	9.12	9.82	6.66
半胱氨酸	13.43	27.38	14.40
异亮氨酸	44.21	54.46	38.69
亮氨酸	80.05	95.01	60.32
苯丙氨酸	62.63	70.24	49.51
赖氨酸	39.33	47.10	35.26
EAA	327.48	372.34	265.54
EAA/TAA	0.29	0.36	0.30
EAA/NEAA	0.40	0.57	0.44
药用氨基酸	818.27	702.21	613.53
药用氨基酸/TAA	0.72	0.69	0.70
增香剂型氨基酸	355.68	367.39	280.02
增香剂型氨基酸/TAA	0.31	0.36	0.32
TAA	1143.28	1023.09	870.86

### 2.3 新疆巴旦杏中氨基酸含量及 EAA 评价

#### 2.3.1 新疆巴旦杏氨基酸含量的比较分析

人体内的氨基酸有 20 多种，其中必需氨基酸包括色氨酸、苏氨酸、缬氨酸、蛋氨酸、异亮氨酸、亮氨酸、苯丙氨酸和赖氨酸八种，组氨酸为小儿生长发育期间的必需氨基酸。药用氨基酸包括天门冬氨酸、谷氨酸、甘氨酸、蛋氨酸、亮氨酸、酪氨酸、赖氨酸、苯丙氨酸和精氨酸 9 种<sup>[13]</sup>；增香剂型氨基酸包括缬氨酸、亮氨酸、苯丙氨酸、赖氨酸和精氨酸 5 种<sup>[14]</sup>。

从表 3 中可以看出三种新疆巴旦杏氨基酸含量丰富，种类齐全。其中总氨基酸含量 (The total amino acids, TAA) 最多的为双果，为 1143.28 mg/g 蛋白质；最低的为纸皮，仅为 870.86 mg/g 蛋白质。必需氨基酸占总氨基酸含量的 29~36%，必需氨基酸占非必需氨基酸含量 (none-essential amino acid, NEAA) 的 40~57%。三种新疆巴旦杏中药用氨基酸占总氨基酸含量最高的为双果，为 72%；平均含量远高于海参、山核桃和沙漠果，这说明新疆巴旦杏有很好的药用价值，其中双果的药用价值开发潜力巨大。三种新疆巴旦杏增香剂型氨基酸占总氨基酸含量的 31~36%，平均含量高于新疆杏仁；其中双仁的含量最高，可作为增香剂型氨基酸开发研究原料的首选。

三种新疆巴旦杏氨基酸中谷氨酸含量最高，占总氨基酸含量的 22~26%。天冬氨酸和精氨酸的含量也很高，三种氨基酸占总氨基酸含量的 39~46%。谷氨酸易与血氨形成谷氨酰胺，能解除代谢过程中氨的毒害作用，因而能预防和治疗肝昏迷，保护肝脏，是肝脏疾病患者的辅助药物。天冬氨酸可以延缓骨骼和牙齿

的损坏,也可增强记忆。精氨酸在人体受伤时,能促进创伤愈合,是在病理状态下的必需氨基酸<sup>[15]</sup>。

### 2.3.2 新疆巴旦杏氨基酸 EAA 评价和比较分析研究

表 4 新疆巴旦杏蛋白中 RAA、RC 及 SRC 对比

Table 4 Comparison of RAA, RC, and SRC in the proteins of Xinjiang paddan almond samples

样品名称	RAA、RC	FAO/WHO 必需氨基酸参考模式							SRC
		苏氨酸	缬氨酸	蛋氨酸+胱氨酸	异亮氨酸	亮氨酸	赖氨酸	苯丙氨酸+酪氨酸	
双果	RAA	0.874	1.144	0.452	1.105	1.144	0.715	1.631	62.786
	RC	0.866	1.133	0.448	1.095	1.133	0.709	1.616	
双仁	RAA	0.722	1.336	0.672	1.362	1.357	0.856	1.642	66.638
	RC	0.636	1.177	0.592	1.199	1.196	0.754	1.446	
纸皮	RAA	0.652	0.981	0.396	0.967	0.862	0.641	1.269	65.273
	RC	0.791	1.190	0.481	1.174	1.046	0.778	1.541	

通常,机体在蛋白质的代谢过程中,对每种必需氨基酸的需要和利用都处在一定的范围之内。膳食蛋白质中必需氨基酸的模式越接近人体蛋白质的组成,就越接近人体合成蛋白质的需要,越易被机体利用。此处通过比较分析三种新疆巴旦杏 RAA、RC 和 SRC,来研究其与 FAO/WHO 氨基酸模式接近程度,评价其蛋白质营养价值。

表 4 中比较分析 SRC 可知,双仁>纸皮>双果。三种新疆巴旦杏的 SRC 相对比较高,平均 SRC 为 64.899,高于枸杞、海参、沙漠果和夏威夷果,说明与 FAO/WHO 必需氨基酸模式比较接近,营养价值较高。蛋氨酸+胱氨酸虽为三种新疆巴旦杏的第一限制氨基酸,但苯丙氨酸+酪氨酸的含量都很丰富。根据氨基酸按一定比例彼此相互作用,合成人体所需各种蛋白质原理,巴旦杏可作为补充苯丙氨酸+酪氨酸的理想食物,同时可与含蛋氨酸+胱氨酸含量丰富的食物搭配,提高巴旦杏的营养价值。

### 2.4 新疆巴旦杏和杏仁脂肪酸的比较分析研究

究

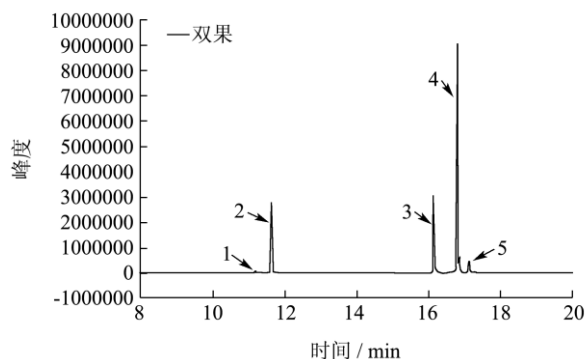


图 1 双果总离子流图

Fig.1 Total ion chromatogram of Shuangguo

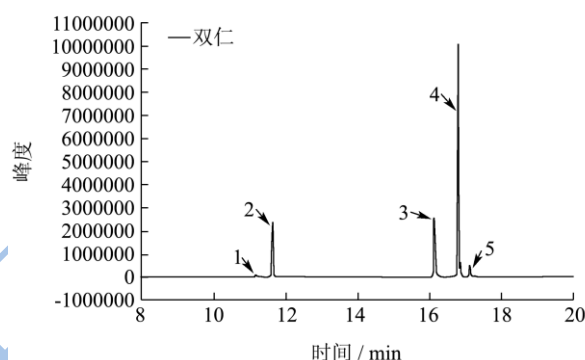


图 2 双仁总离子流图

Fig.2 Total ion chromatogram of Shuangren

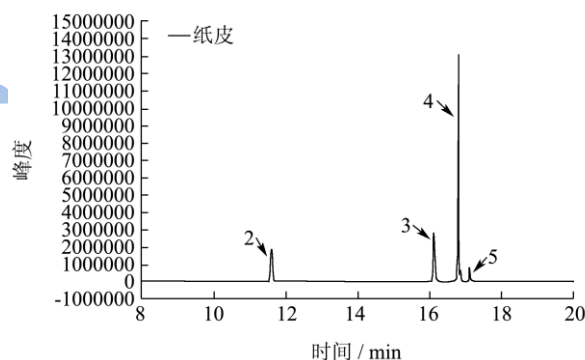


图 3 纸皮总离子流图

Fig.3 Total ion chromatogram of Zhipi

图 1、图 2 和图 3 分别是三种新疆巴旦杏的总离子流图,其中数字 1~5 分别代表棕榈油酸、棕榈酸、亚油酸、油酸和硬脂酸。从表 5 中可以看出,三种新疆巴旦杏中不饱和脂肪酸含量丰富,其中含量最多的是纸皮,为 91.477%,比双果含量高 4.938%。平均不饱和脂肪酸含量比较高,为 88.850%。三种新疆巴旦杏不饱和脂肪酸中含量最为丰富的是单不饱和脂肪酸(油酸),其中纸皮中含量最多,为 75.7559%,远高于杏仁;多不饱和脂肪酸(亚油酸)含量次之。且有研究表明,不饱和脂肪酸特别是多不饱和脂肪酸在保

护大脑和神经系统、降低血液胆固醇和血脂、预防心血管疾病方面有重要作用<sup>[16]</sup>。棕榈酸的含量仅次于亚油酸，棕榈油酸的含量最少；硬脂酸含量稍高于棕榈

油酸，平均含量为 1.874%。通过比较分析，双果和双仁中含有特殊不饱和脂肪酸—棕榈油酸，纸皮中含有脂肪酸的种类最少。

表 5 新疆巴旦杏脂肪酸含量

Table 5 Fatty acid content of Xinjiang paddan almond samples

标号	化合物名称	分子式	相对分子质量	相似度/%	脂肪酸相对含量/%		
					双果	双仁	纸皮
1	棕榈油酸 (C <sub>16:1</sub> )	C <sub>16</sub> H <sub>30</sub> O <sub>2</sub>	254.000	99.000	0.350	0.491	---
2	棕榈酸 (C <sub>16:0</sub> )	C <sub>16</sub> H <sub>32</sub> O <sub>2</sub>	256.000	99.000	11.308	9.560	6.600
3	亚油酸 (C <sub>18:2</sub> )	C <sub>18</sub> H <sub>32</sub> O <sub>2</sub>	280.000	99.000	16.887	14.982	15.721
4	油酸 (C <sub>18:1</sub> )	C <sub>18</sub> H <sub>34</sub> O <sub>2</sub>	282.000	99.000	69.622	73.094	75.756
5	硬脂酸 (C <sub>18:0</sub> )	C <sub>18</sub> H <sub>36</sub> O <sub>2</sub>	284.000	99.000	1.828	1.870	1.923
6	总不饱和脂肪酸/%				86.509	88.567	91.477
7	总脂肪酸/%				99.995	99.997	100.000

注：“-”代表此物质未检测出。

### 3 结论

3.1 三种新疆巴旦杏中，纸皮可食部为 61.04 g/100 g，远高于双果和双仁；双仁的双仁率为 12.24%，比双果高 3.91%。因此，可改良纸皮和双果树种，增加巴旦杏产量，促进新疆巴旦杏资源开发和利用。

3.2 三种新疆巴旦杏中双仁总糖含量最高，口味更加香甜。三种新疆巴旦杏中微量和常量元素含量丰富，种类齐全。含量总体为 K>Na>Mg>Ca>Fe>Mn>Zn>Cu，其中纸皮中 K、Na、Ca、Mn、Fe 含量高于双仁和双果；双果中 Mg、Cu、Zn 含量最高，可根据机体需要，合理搭配膳食，补充所需元素，促进身体健康。中药的治疗作用也与这些元素的存在有一定的关系<sup>[17]</sup>，此处研究也为新疆巴旦杏药用价值的开发提供了数据支持和科学依据。

3.3 三种新疆巴旦杏氨基酸的含量丰富，种类齐全。必需氨基酸占总氨基酸含量的 29~36%。平均药用氨基酸占总氨基酸含量的 70.33%，因此新疆巴旦杏的药用价值开发潜力巨大。双仁增香剂型氨基酸占总氨基酸含量最高，为 36%，远高于杏仁。三种新疆巴旦杏氨基酸中，谷氨酸含量最高。RC 在 0.4~1.2 之间，SRC 在 62~66 之间，说明与 FAO/WHO 模式比较接近，营养价值较高。蛋氨酸+胱氨酸虽为第一限制氨基酸，但苯丙氨酸+酪氨酸的含量都很丰富，可根据氨基酸互补原理，营养搭配膳食。

3.4 三种新疆巴旦杏中，纸皮的脂肪含量最高为 51.23%。脂肪酸种类为五种，分别为棕榈油酸、棕榈酸、亚油酸、油酸和硬脂酸。其中单不饱和脂肪酸（油酸）平均含量最高，其次为多不饱和脂肪酸（亚油酸）。不饱和脂肪酸具有通过保持细胞膜的相对流动性来保

证细胞的正常生理功能，提高脑细胞的活性，增强记忆力和思维能力的作用，三种新疆巴旦杏中平均不饱和脂肪酸含量较高，为 88.850%，可用于功能性保健油的开发，降低胆固醇含量，促进身体健康。

### 参考文献

- [1] 廖康,殷传杰.新疆特色果树栽培实用技术(下册)[M].乌鲁木齐:新疆科学技术出版社,2011:4-6  
LIAO Kang, YIN Chuan-jie. Xinjiang characteristics fruit trees cultivation practical technology (II) [M]. Urumqi: Xinjiang Science and Technology Press, 2011: 4-6
- [2] Bolling B W, McKay D L, Blumberg J B. The phytochemical composition and antioxidant actions of tree nuts [J]. Asia Pacific Journal of Clinical Nutrition, 2010, 9(1): 117-23
- [3] 张李华.扁桃的开发价值及栽培技术[J].中国林副特产, 2005,4:22,60  
ZHANG Li-hua. Development value and cultivation technology of *Amygdalus communis* L [J]. Forest By-Product and Speciality in China, 2005, 4: 22, 60
- [4] de Vasconcelos M C, Bennett R N, Quideau S, et al. Evaluating the potential of chestnut (*Castanea sativa* Mill.) fruit pericarp and integument as a source of tocopherols, pigments and polyphenols [J]. Industrial Crops and Products, 2010, 31(2): 301-311
- [5] Jun S J, Chun J K. Design of U-column microwave-assisted extraction system and its application to pigment extraction from food [J]. Food and Bioproducts Processing, 1998, 76(4): 231-236.
- [6] 韩宏伟,王建友,李勇,等.引种国外巴旦木品种筛选研究[J].新疆农业科学,2014,51(10): 1830-1839

- HAN Hong-wei, WANG Jian-you, LI Yong, et al. Study on the screening of almond imported abroad [J]. Xinjiang Agricultural Sciences, 2014, 51(10): 1830-1839
- [7] 陈文,吴军,袁勇.中药气雾剂和喷雾剂的研究现状及其展望[J].石河子大学学报,2002,6(1):61-67
- CHEN Wen, WU Jun, YUAN Yong. Traditional Chinese medicine and the present situation of research of aerosol and spray [J]. Journal of Shihezi university, 2002, 6(1): 61-67
- [8] 李勉,高昕,李昌勤,等.苦杏仁不同炮制品苦杏仁苷含量测定[J].河南大学学报(医学版),2006,25(4):43-44
- LI Mian, GAO Xin, LI Chang-qin, et al. Study on Amygdalin in different processed products of Semen Armeniacae Amarum [J]. Journal of Henan University (Medical Edition), 2006, 25(4): 43-44
- [9] 中国预防医学科学院标准处.食品卫生国家标准汇编(2) [M].北京:中国标准出版社,1992
- The standard of Chinese academy of preventive medicine. National food hygiene standards assembly(2) [M]. Beijing: China standard press, 1992
- [10] 钱爱萍,颜孙安,林香信,等.家禽肉中氨基酸组成及营养评价[J].中国农学通报,2010,26(13):94-97
- QIAN Ai-ping, YAN Sun-an, LIN Xiang-xin, et al. The content of amino acid in the poultry meat and its nutritive evaluation [J]. Chinese Agricultural Science Bulletin, 2010, 26(13): 94-97
- [11] 梁颖,裴瑾,周明眉,等.GC-MS 分析不同品种桃仁的脂溶性成分[J].华西药理学杂志,2012,27(2):174-176
- LIANG Ying, PEI Jin, ZHOU Ming-mei, et al. GC - MS analysis fat-soluble composition of different varieties peach kernel [J]. West China Journal of Pharmaceutcal Sciences, 2012, 27(2): 174 -176
- [12] Zhou C S, Qian L C, Ma H L, et al. Enhancement of amygdalin activated with  $\beta$ -d-glucosidase on HepG2 cells proliferation and apopt osis [J]. Carbohydrate Polymers, 90(1): 516-523
- [13] 张晓煜,刘静,袁海燕,等.不同地域环境对枸杞蛋白质和药用氨基酸含量的影响[J].干旱地区农业研究,2004,22(3): 100-104
- ZHANG Xiao-yi, LIU Jing, YUAN Hai-yan, et al. Different geographical environment on the Chinese wolfberry protein and amino acids of medicinal effect [J]. Agricultural Research in The Arid Areas, 2004, 22(3): 100-104
- [14] 张智.绞股蓝资源质量评价指标的研究[J].安徽农业大学学报,1995,22(3):312-316
- ZHANG Zhi. Gynostemma resources research of quality evaluation index [J]. Journal of Anhui Agricultural University, 1995, 22(3): 312-316
- [15] 钱爱萍,林虬,余亚白,等.闽产柑橘果肉中氨基酸组成及营养评价[J].中国农学通报,2008,24(6):86-90
- QIAN Ai-ping, LIN Qiu, YU Ya-bai, et al. The content of amino acid in the flesh of oranges produced in Fujian province and its nutritive evaluation [J]. Chinese Agricultural Science Bulletin, 2008, 24(6): 86-90
- [16] Mc Gandy R R, Hegsted D M. The role of fats in human nutrition [M]. London: Academic Press, 1975
- [17] 管竞环.中医理论量化与微量元素[M].武汉:湖北科技出版社,1998
- GUAN Jing-huan. The quantitative theory of Chinese medicine and trace elements [M]. Wuhan: Hubei science and technology press, 1998