

油脂资源

不同种源预知子籽的油脂含量及其 油脂脂肪酸组成分析

周 瑜¹, 梁 良², 石向群², 任 锦¹, 廖 亮¹, 张亚平¹

(1. 九江学院 药学与生命科学学院, 江西 九江 332000; 2. 九江学院 分析测试中心, 江西 九江 332005)

摘要:分析 11 省(市)18 个产地不同种源预知子籽的油脂含量, 通过气相色谱-质谱联用仪分析其油脂脂肪酸组成, 并采用欧氏距离、ward 法进行聚类分析, 为更好地筛选和培育优良油用预知子提供实验数据。结果表明: 不同种源预知子籽的油脂含量在 36.84%~48.68% 之间; 预知子籽油中脂肪酸均以不饱和脂肪酸为主, 各脂肪酸的相对含量差异较大, 其中油酸和亚油酸含量变化范围分别为 21.09%~44.21% 和 18.43%~37.07%, 除湖北襄阳预知子籽(三叶木通种子)油未检出亚麻酸外, 其他地区亚麻酸含量变化范围为 2.55%~24.63%; 聚类分析将预知子分为 4 类。表明不同种源预知子营养价值存在差异。

关键词:预知子籽; 油脂; 脂肪酸; 聚类分析; 气相色谱-质谱联用

中图分类号: TS222⁺.1; TQ646 文献标识码: A 文章编号: 1003-7969(2018)03-0083-05

Oil content of *Akebiae Fructus* seed from different provenances and its oil fatty acid composition

ZHOU Yu¹, LIANG Liang², SHI Xiangqun², REN Jin¹, LIAO Liang¹, ZHANG Yaping¹

(1. College of Pharmacy and Life Science, Jiujiang University, Jiujiang 332000, Jiangxi, China;

2. Analytical and Testing Center, Jiujiang University, Jiujiang 332005, Jiangxi, China)

Abstract: The oil content of *Akebiae Fructus* seed of different provenances from 18 producing areas in 11 provinces or cities was analyzed and the oil fatty acid composition was analyzed by gas chromatography-mass spectrometry, and the Euclidean distance and ward method were used for cluster analysis in order to provide scientific basis for selecting and breeding oil *Akebiae Fructus*. The results showed that the oil content of *Akebiae Fructus* seed from different provenances was 36.84% - 48.68%. All *Akebiae Fructus* seed oil was rich in unsaturated fatty acids but the contents of different fatty acids had great differences. The contents of oleic acid and linoleic acid were 21.09% - 44.21% and 18.43% - 37.07%, respectively, and the content of linolenic acid was 2.55% - 24.63% except the *Akebia trifoliata* seed oil in Hubei Xiangyang. Cluster analysis divided the *Akebiae Fructus* into four categories. The nutritional value of *Akebiae Fructus* from different provenances was different.

Key words: *Akebiae Fructus* seed; oil; fatty acid; cluster analysis; gas chromatography-mass spectrometry (GC-MS)

预知子系木通科植物木通 (*Akebia quinata* (Thunb.) Decne.)、三叶木通 (*Akebia trifoliata*

(Thunb.) Koidz.) 或白木通 (*Akebia trifoliata* (Thunb.) Koidz. *var. australis* (Diels) Rehd.) 的干燥近成熟果实^[1], 具有舒肝理气、活血止痛、抗抑郁、抗肿瘤等功效^[2-3]。

收稿日期: 2017-07-24; 修回日期: 2017-08-10

作者简介: 周 瑜(1986), 男, 助理实验师, 研究方向为中药的质量评价 (E-mail) woshizhouyu@sina.com。

通信作者: 张亚平, 讲师, 博士 (E-mail) zyp221@aliyun.com。

预知子籽中粗脂肪含量较高, 其中油酸、亚油酸等含量更是丰富, 作为一种富含不饱和脂肪酸的功能性油脂, 预知子籽油集营养与保健于一体, 具有很

好的开发应用前景。彭涤非^[4]、谢小霞^[5]等在分析长江流域地区三叶木通种子油的脂肪酸组成时,发现预知子种子油有望开发成新的营养保健油。然而,预知子本身来源较广,受产地、气候、生态环境的影响,不同产地的预知子成分有一定差异。迄今未见不同种源预知子籽的油脂含量及其油脂中脂肪酸组成的研究报道。因此,本研究采集了浙江、湖北、四川等 11 省(市)18 个不同产地的预知子,采用索氏全自动抽提仪提取预知子籽中粗脂肪,气相色谱-质谱联用技术(GC-MS)测定其脂肪酸组成,并利用聚类分析法进行聚类分析,对筛选油用预知子最佳种植地,为其作为一种后备油料资源、药用制剂或新资源食品等加工产品的研发提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 实验材料

1.1.1 原料与试剂

实验所用预知子采摘于浙江、江西、湖南、甘肃、安徽等 11 省(市)18 个产地,经九江学院药学与生命科学学院廖亮教授鉴定,所用预知子均为正品,具体见表 1。将不同种源预知子果肉与籽分离,将预知子籽放入干燥箱 50℃ 恒温干燥、打粉、备用。

表 1 不同种源的预知子

样品编号	种源地	样品编号	种源地
AF-01	湖北襄阳	AF-10	湖南怀化基地
AF-02	湖北襄阳	AF-11	河南洛阳嵩县
AF-03	江西九江	AF-12	河南三门峡卢氏县
AF-04	浙江宁波	AF-13	湖南张家界
AF-05	四川广元	AF-14	四川雅安
AF-06	重庆丰都	AF-15	陕西汉阴
AF-07	重庆武隆	AF-16	山西运城
AF-08	甘肃文县	AF-17	山西运城
AF-09	湖北十堰	AF-18	安徽六安大别山

注:AF-01 和 AF-02 分别为湖北襄阳三叶木通和湖北襄阳五叶木通的近成熟果实;AF-16 和 AF-17 为山西运城三叶木通近成熟果实,果皮颜色分别为红色和黄色;其他预知子均为三叶木通近成熟果实。

石油醚(30~60℃)、氢氧化钾为分析纯;正己烷、甲醇为色谱纯。

1.1.2 仪器与设备

Sox402 型索氏全自动抽提仪/脂肪测定仪(德国格哈特实验室仪器有限公司);Thermo TSQ 8000 Evo 三重四级杆气质联用仪(GC-MS,美国赛默飞世尔科技);Sartorius 电子分析天平(德国赛得利斯);TGL-16 台式高速冷冻离心机(湖南长沙湘仪离心机仪器有限公司)。

1.2 实验方法

1.2.1 油脂含量的测定

精密称取预知子籽粉末 1.0 g,以石油醚作为提取溶剂,置于提取杯中。将提取杯放入索氏全自动抽提仪,旋转使密封环完全密封,开始抽提。抽提温度 110℃,热浸提时间 30 min,淋洗时间 80 min,溶剂回收时间 20 min,最终得到淡黄色透明的脂溶性提取物,干燥至恒重,计算预知子籽的油脂含量,测定结果为 4 次测量的平均值。

1.2.2 脂肪酸组成的测定

甲酯化:分别精密称取 0.6 g 18 个不同种源地的预知子籽油于圆底烧瓶中,加入 40 mL 正己烷,40 mL 0.5 mol/L 的氢氧化钾-甲醇溶液,70℃ 水浴回流 1.5 h,冷却至室温。精密移取 20 mL 回流溶液于 50 mL 离心管中,加入 20 mL 蒸馏水,混匀后置离心机中以 3 000 r/min 转速离心 10 min,取上层有机相(正己烷层),挥干溶剂后,加入 5 mL 正己烷复溶,待做 GC-MS 分析。

色谱条件:色谱柱为 TG-5SIL MS 毛细管柱(30 m×0.25 mm,0.25 μm);升温程序为初始温度 80℃,以 10℃/min 升至 200℃,再以 1℃/min 升至 220℃,保持 1 min,最后以 8℃/min 升至 280℃,保持 3 min;载气为氦气,流速 1.0 mL/min;进样量 1.0 μL;分流比 20:1;溶剂延时 3 min;汽化室温度 250℃。

质谱条件:电子轰击(EI)离子源,离子源温度 300℃,电子能量 70 eV,传输线温度 280℃,质量扫描范围(m/z)50~600。

对 18 个不同种源预知子籽油的脂肪酸甲酯化样品进行分离鉴定,GC-MS 联用仪所得的信息结合计算机标准图库进行检索和分析(相似度在 85% 以上),确定脂肪酸的种类;采用面积归一化法计算各成分的相对含量。

1.2.3 数据处理

用 SPSS 20.0 对 18 个种源预知子籽油脂脂肪酸组成进行处理分析。

2 结果与讨论

2.1 不同种源预知子籽的油脂含量

18 个种源预知子籽的油脂含量见表 2。由表 2 可知,所得预知子籽的平均油脂含量为 41.46%,其中重庆武隆所产预知子籽的油脂含量最低(36.84%),安徽六安大别山所产预知子籽的油脂含量最高(48.68%),两者相差 11.84 个百分点。此外,四川广元、甘肃文县及四川雅安的预知子籽油脂含量均低于 40%,其他地区预知子籽油的含量在 40%~

45%之间。杨辉等^[6]以石油醚作为提取溶剂,采用超声波辅助提取陕西户县预知子籽的油脂,得油率为37.4%;仲伟敏等^[7]对贵州省农科院三叶木通种子的营养成分进行了分析与评价,其粗脂肪含量为44.61%,远高于我国主要油料作物大豆、油菜籽等的粗脂肪含量^[8]。不同种源预知子籽的油脂含量有差别,有可能是受气候、土壤、栽培技术等因素的影响而造成的。

表2 不同种源预知子籽的油脂含量(n=4) %

样品编号	油脂含量	样品编号	油脂含量
AF-01	40.08	AF-10	40.08
AF-02	44.95	AF-11	40.06
AF-03	40.89	AF-12	42.03
AF-04	43.02	AF-13	44.77
AF-05	38.62	AF-14	38.47
AF-06	41.02	AF-15	41.35
AF-07	36.84	AF-16	44.92
AF-08	38.04	AF-17	41.87
AF-09	40.52	AF-18	48.68

2.2 不同种源预知子籽油的脂肪酸组成

对18个不同种源的预知子籽油中脂肪酸组成进行分析测定,结果见表3。

2.2.1 主要脂肪酸组成的差异

由表3可知,18个不同种源地的预知子籽油中

表3 不同种源预知子籽油中脂肪酸组成及相对含量

样品编号	癸酸甲酯	9-十六碳烯酸甲酯	肉豆蔻酸甲酯	15-甲基棕榈酸甲酯	棕榈酸甲酯	9,12,15-亚麻酸甲酯	棕榈酸乙酯	9,12-亚油酸甲酯	9-油酸甲酯	硬脂酸甲酯	9,12-亚油酸乙酯	9-油酸乙酯
AF-01	-	-	-	-	26.32	-	-	29.00	44.21	0.47	-	-
AF-02	0.18	0.20	0.38	0.34	18.04	9.98	0.60	26.33	40.74	1.63	0.58	0.59
AF-03	0.57	0.38	3.35	-	15.54	7.40	-	29.77	41.09	1.58	-	-
AF-04	0.89	0.85	0.66	0.90	12.60	4.46	3.34	30.87	32.32	0.55	4.57	7.62
AF-05	-	0.17	0.39	0.53	20.03	5.43	0.75	32.89	36.79	1.32	0.65	0.73
AF-06	2.71	3.30	1.39	3.07	22.88	21.30	1.59	18.43	21.09	1.80	-	-
AF-07	0.47	2.02	1.06	2.33	20.24	18.95	2.82	21.26	24.29	1.25	1.46	2.13
AF-08	0.57	2.08	1.25	2.25	14.16	24.63	3.09	19.88	23.97	1.47	2.13	2.60
AF-09	0.34	0.62	1.08	0.87	17.11	6.28	1.11	37.07	32.75	1.19	0.63	0.95
AF-10	0.41	1.89	-	1.76	17.38	13.17	2.66	23.30	32.54	0.89	1.71	2.19
AF-11	0.28	0.92	0.44	0.88	14.41	10.87	5.78	32.71	24.81	0.55	3.83	3.54
AF-12	0.26	1.12	0.58	1.17	12.07	10.47	7.57	29.32	22.78	0.68	5.17	7.40
AF-13	0.34	1.38	0.64	1.53	13.21	11.52	1.71	29.29	35.23	0.89	1.24	1.38
AF-14	-	0.67	1.64	1.28	22.80	15.33	3.30	26.80	21.63	2.42	2.32	1.83
AF-15	-	0.20	0.41	-	29.72	5.73	1.19	25.72	33.37	2.41	0.77	0.49
AF-16	0.48	1.42	1.70	2.12	23.67	13.43	1.93	19.05	29.50	2.50	1.28	1.31
AF-17	-	0.65	0.96	1.15	26.11	7.39	4.82	24.39	31.27	0.68	2.58	2.43
AF-18	-	-	0.34	0.43	28.10	2.55	0.51	25.15	39.11	2.91	0.49	0.41

注:“-”表示未检出。

2.2.3 不饱和脂肪酸的差异

由表3可知,18个不同种源地的预知子籽油均

均含有棕榈酸、硬脂酸、油酸和亚油酸4种脂肪酸,但不同种源的预知子籽油中各种脂肪酸的含量存在一定的差异。不同种源地的预知子籽油中癸酸、9-十六碳烯酸、肉豆蔻酸、15-甲基棕榈酸、9,12,15-亚麻酸、棕榈酸等脂肪酸的种类间存在较大差异。总之,不同种源预知子籽油中脂肪酸的种类并不完全相同,其中种源地为湖北襄阳(五叶木通种子)、浙江宁波、重庆武隆、甘肃文县、湖北十堰、河南洛阳嵩县、河南三门峡卢氏县、湖南张家界以及山西运城(红果)的预知子籽油中检测出12种脂肪酸,而种源地为湖北襄阳的预知子籽(三叶木通种子)油中仅检测到4种脂肪酸。由此可见,不同种源预知子籽油的脂肪酸组成及含量存在一定的差异。

2.2.2 饱和脂肪酸的差异

由表3可知,有16个种源的预知子籽油中均含有肉豆蔻酸、棕榈酸和硬脂酸,湖北襄阳预知子籽(三叶木通种子)油中仅含有棕榈酸和硬脂酸。不同种源预知子籽油中所含饱和脂肪酸以棕榈酸为主,含量在12.07%~29.72%之间,其中陕西汉阴预知子籽油中棕榈酸的含量为29.72%,是含量最低河南三门峡卢氏县预知子籽油(12.07%)的2倍多。饱和脂肪酸被人们认为是“坏脂肪酸”,与心血管疾病、肥胖、糖尿病等密切相连^[9]。

以不饱和脂肪酸为主,但在主要成分及其含量上存在差异。例如,江西九江所产预知子籽油中,不饱和

脂肪酸含量最高,为 78.63%,其中单不饱和脂肪酸以油酸为主,多不饱和脂肪酸主要为亚麻酸和亚油酸,总含量为 37.16%;湖北襄阳预知子籽(三叶木通种子)油中单不饱和脂肪酸油酸含量最高,为 44.21%,是含量最低重庆丰都预知子籽(三叶木通种子)油(21.09%)的 2 倍多。有研究表明,单不饱和脂肪酸能够降低代谢综合征、2 型糖尿病和心血管疾病的患病风险^[10];9-十六碳烯酸的含量在不同种源地的预知子籽油中都很低,除了湖北襄阳和安徽六安大别山预知子籽(三叶木通种子)油未检出外,其他地区的含量在 0.20%~3.30% 之间。9-十六碳烯酸是一种具有重要应用价值的物质,能够增加细胞膜的流动性,降低血液中低密度脂蛋白胆固醇含量,减少血管中粥样硬化斑块形成而造成的血管阻塞,对心律失常和高血压具有预防作用等^[11];甘肃文县预知子籽油所含的多不饱和脂肪酸含量最高,为 44.51%,其中亚麻酸的含量为 24.63%,而湖北襄阳预知子籽(三叶木通种子)油未检出亚麻酸,安徽六安大别山预知子籽油中亚麻酸的含量也仅有 2.55%,不同种源的预知子籽油中亚麻酸的含量差别较大,亚油酸的含量在 18.43%~37.07% 之间。现代医学研究表明,亚油酸具有营养细胞、降低血脂的作用,对于预防高血压和动脉粥样硬化具有明显疗效^[12]。而作为人体必需营养素的亚麻酸,一旦摄入不足会引起机体脂质代谢紊乱,记忆力和思维能力减退^[13-14]。此外,多不饱和脂肪酸对视神经有保健作用,对神经系统肿瘤、精神性疾病也有较好的预防和治疗作用,如果体内缺乏多不饱和脂肪酸,有可能导致心血管疾病、炎症和癌症等疾病的产生^[15]。

2.3 聚类分析

以欧式距离为测量准则,采用 ward 法对 18 份样品进行聚类分析,结果见图 1。

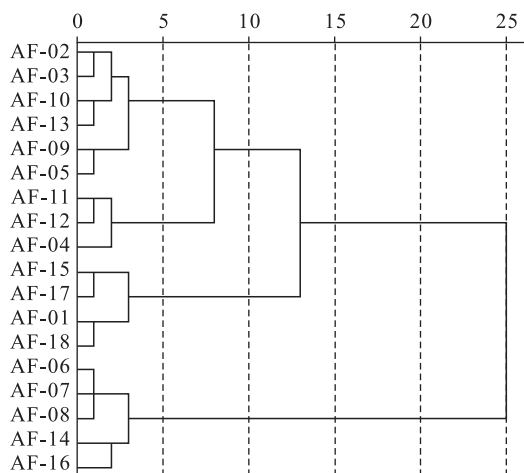


图 1 不同种源预知子籽油中脂肪酸组成的聚类分析

由图 1 可知,当阈值为 5 时,18 份样品被分为 4 类,第 1 类包括重庆丰都、重庆武隆、甘肃文县、四川雅安、山西运城(红果),这类样品中 9,12,15-亚麻酸的含量较高;第 2 类包括陕西汉阴、山西运城(黄果)、湖北襄阳(三叶木通)和安徽六安大别山,这类样品中棕榈酸的含量较高,且都未检出癸酸;第 3 类包括河南洛阳嵩县、河南三门峡卢氏县和浙江宁波,这类样品中 9-油酸乙酯的含量较高;剩余 6 份样品为第 4 类。

3 结论

就当今社会的消费状况来看,人们越来越追求食物中的营养价值,预知子野生资源丰富,成本低,预知子籽油富含不饱和脂肪酸,有很高的营养保健价值和药疗功效,在食品、医药、保健品等领域具有非常广阔的开发前景。本研究首次对 11 省(市)18 个不同产地的预知子籽进行研究,比较其油脂含量及其油脂中脂肪酸的组成。结果表明,预知子籽油脂含量为 36.84%~48.68%,预知子籽油均以不饱和脂肪酸为主,不同种源预知子籽油中各脂肪酸含量存在一定差异。研究结果可为预知子选种、栽培提供参考,为其开发为食用油或其他保健食品的选材提供理论依据。

参考文献:

- [1] 国家药典委员会.《中华人民共和国药典》一部(2015 年版)[M].北京:中国医药科技出版社,2015:297.
- [2] 高亚玲,张静,高秀玲,等.预知子的化学成分、药理作用与临床应用研究[J].河北化工,2011,34(5):35-37,52.
- [3] 毛峻琴,伊佳,李铁军.中药预知子乙醇提取物抗抑郁作用的实验研究[J].药学实践杂志,2009,27(2):126-128.
- [4] 彭涤非,王中炎.三叶木通种子脂肪酸成分的 GC/MS 分析[J].植物资源与环境学报,2006,15(4):71-72.
- [5] 谢小霞,葛发欢.超临界 CO₂ 萃取三叶木通种子油的研究[J].中药材,2007,30(3):345-349.
- [6] 杨辉,李朝阁.八月瓜籽油的超声波辅助提取及其理化性质[J].陕西科技大学学报,2015,33(6):127-131.
- [7] 仲伟敏,马玉华.三叶木通种子的营养成分分析与评价[J].西南农业学报,2016,29(1):169-173.
- [8] 杨月欣,王光亚,潘兴昌.中国食物成分表:第一册[M].2 版.北京:北京大学医学出版社,2009.
- [9] KIM S R, JEON S Y, LEE S M. The association of cardiovascular risk factors with saturated fatty acids and fatty acid desaturase indices in erythrocyte in middle-aged Korean adults[J]. Lipids Health Dis, 2015, 14:133.

(下转第 89 页)

从表2可知,巴旦木仁中必需氨基酸含量占总氨基酸的26.3%,药效氨基酸含量占总氨基酸的72.8%。

2.3 巴旦木仁中矿物质元素(见表3)

表3 巴旦木仁矿物质元素含量 mg/kg

元素	含量	元素	含量
K	4 231	Fe	55.72
Ca	1 052	Mn	20.51
P	3 824	Cu	21.54
Mg	2 673	Al	30.64
Na	102.92	Si	25.73
Zn	36.83	Sn	3.57
Cd	未检出	Cr	未检出

从表3可知,巴旦木仁含有丰富的微量营养元素,其中K含量最高,达到4 231 mg/kg,其他元素含量由高到低依次为P、Mg、Ca、Na、Fe、Zn、Al、Si、Cu、Mn、Sn等,这些矿物质元素都是维持正常生理功能所必需的。K作为人体常量元素,参与调节细胞渗透压,有利于降低血压、减少心血管疾病、促进糖类代谢;Fe在巴旦木仁中含量较高,在人体内参与造血,而未检出重金属元素Cd和Cr。

2.4 巴旦木仁油的脂肪酸组成(见表4)

表4 巴旦木仁油脂肪酸组成 %

脂肪酸	含量	脂肪酸	含量
棕榈酸	6.23	亚油酸	23.29
棕榈一烯酸	0.73	亚麻酸	0.54
十七烷酸	1.02	花生酸	0.95
油酸	70.21	二十一烷酸	0.46

从表4可知,巴旦木仁油中主要含有8种脂肪酸,其中油酸含量高达70.21%,亚油酸含量23.29%、棕榈酸含量6.23%,不饱和脂肪酸含量为94.77%,巴旦木仁油营养丰富,具备营养保健油的特征,有着良好的开发利用前景。

3 结论

新疆巴旦木仁含49.6%的粗脂肪,26.3%的粗蛋白质;巴旦木仁油不饱和脂肪酸占94.77%,油

酸、亚油酸、棕榈酸的含量较高,是适合制备营养保健油的优质原料;巴旦木仁中氨基酸种类丰富,人体必需氨基酸(EAA)占氨基酸(TAA)总量的26.3%,药效氨基酸(VAA)占氨基酸总量的72.8%,此外还含有丰富的K、P、Ca、Mg、Na、Fe、Zn、Al、Si、Cu、Mn、Sn等对人体有益的矿物质元素。新疆巴旦木具有较高的营养价值,应用前景广阔,是一种优质的植物蛋白资源和重要的油料作物,开发利用前景广阔。

参考文献:

- [1] 申烨华,李聪,张萍,等. 扁桃研究进展[J]. 食品科学, 2007,28(2):359-362.
- [2] 杨晓君,韩海霞. 巴旦杏的近代研究[J]. 中国药业, 2009,18(10):85-86.
- [3] 吴晓菊,杨清香. 胡萝卜巴旦木复合饮料的生产工艺及其稳定性研究[J]. 食品工业,2013,34(2):17-19.
- [4] 时慧,刘军,郑力,等. 巴旦木蛋白饮料的加工工艺及稳定性研究[J]. 中国酿造,2010(9):89-93.
- [5] 申烨华,张萍,孔祥虹,等. 高效液相色谱法同时测定扁桃仁中的水溶性维生素C、B₁、B₂和B₆[J]. 色谱,2005, 23(5):538-541.
- [6] 张淑平,周冬香,严伯奋,等. 巴旦木的营养评价及乳饮料的开发[J]. 食品工业科技,2000(1):36-38.
- [7] 刘志彬,戈瑚瑚,张雯,等. 巴旦木和巴旦木皮对健康成人血脂水平、抗氧化能力和寒热证的影响[J]. 中国食品学报,2015(12):24-30.
- [8] 丁玲,孟庆艳,李艳丹,等. 薄皮和厚皮巴旦木的水分、灰分、挥发油和浸出物的含量测定[J]. 西南民族大学学报(自然科学版),2011,37(4):607-609.
- [9] DING L, PENG L X, LIU Y. Inorganic elements in kernel of *Amygdalus communis* L. measured using ICP-OES method[J]. Agric Sci Technol, 2012(6):1254-1259.
- [10] 赵婷,岳琳,李勇. 巴旦木仁油中脂肪酸成分分析[J]. 中国油脂,2009,34(2):78-79.
- [11] 肖开提,买尔哈巴,帕塔木,等. 巴旦木的栽培技术[J]. 新疆农业科学,2007(2):21.
- [12] 成建红,侯平,李疆,等. 巴旦杏的产业发展及其研究进展[J]. 干旱区研究,2000,17(1):32-39.
- [13] 蒋瑜,熊文珂,卓永财,等. 婴儿配方奶粉中亚油酸和 α -亚麻酸添加量的研究进展[J]. 粮食与油脂,2015, 28(6):12-15.
- [14] 陈亮,王丽梅,郭艳芬,等. 核桃油、紫苏油、 α -亚麻酸、亚油酸对大鼠学习记忆的影响[J]. 中国油脂, 2011,36(10):33-37.
- [15] 尹云厚,陈宁宁,常雷,等. 多不饱和脂肪酸的研究与应用现状[J]. 经济动物学报,2017,21(1):58-62.

(上接第86页)

- [10] ABDULLAH M M, JEW S, JONES P J. Health benefits and evaluation of healthcare cost savings if oils rich in monounsaturated fatty acids were substituted for conventional dietary oils in the United States[J]. Nutr Rev, 2017, 75(3):163-174.
- [11] 张泽生,高山,郭擎,等. 棕榈油酸的研究现状及展望[J]. 中国食品添加剂,2016(9):198-202.
- [12] 孙翔宇,高贵田,段爱莉,等. 多不饱和脂肪酸的研究