

基于大量取样分析漾濞泡核桃中脂肪及其脂肪酸含量

寸宇智¹, 杨卫花²

(1. 大理大学 农学与生物科学学院, 云南 大理 671003; 2. 大理州质量技术监督综合检测中心, 云南 大理 671000)

摘要:为了评价漾濞泡核桃坚果和其油脂的质量, 分别按 GB 5009.6—2016 和 GB 5009.168—2016 测定了 91 份漾濞县漾濞泡核桃中脂肪及其脂肪酸含量, 并按 GB/T 20398—2006 和 T/CCOA 2—2019 评价核桃坚果和核桃油等级。结果表明: 漾濞泡核桃中脂肪含量高且稳定, 平均为 65.3%, 变异系数为 3.1%; 漾濞泡核桃油中检出了亚油酸、油酸、 α -亚麻酸、棕榈酸、硬脂酸 5 种脂肪酸, 平均含量(含量范围)分别为 61.4% (38.7% ~ 70.0%)、22.5% (11.1% ~ 49.4%)、7.7% (3.9% ~ 11.4%)、6.4% (4.3% ~ 8.2%)、2.0% (1.5% ~ 3.6%), 不饱和脂肪酸的平均含量达 91.6%, 必需脂肪酸的平均含量达 69.1%, 油酸和 α -亚麻酸的变异系数达 30.1% 和 20.4%。63.7% 样品的脂肪含量达到特级和 I 级核桃坚果标准, 91.2% 样品的油脂达到特级核桃油标准。根据油酸和 α -亚麻酸的含量最大值及变异系数推断, 筛选高油酸或高 α -亚麻酸漾濞泡核桃良种具有可行性。另外, 大量取样有助于揭示云南省核桃品种内或品种间脂肪及其脂肪酸含量变化的真实情况。

关键词:核桃; 脂肪; 脂肪酸; 油酸; α -亚麻酸; 样本量

中图分类号: TS255.6; TS207.3 文献标识码: A 文章编号: 1003-7969(2022)11-0136-07

Investigation of the contents of fat and fatty acids in *Juglans sigillata* cv. Yangbidapao based on a large sample size

CUN Yuzhi¹, YANG Weihua²

(1. College of Agriculture and Bioscience, Dali University, Dali 671003, Yunnan, China;

2. Dali Quality and Technical Supervision Comprehensive Inspection Centre, Dali 671000, Yunnan, China)

Abstract: In order to evaluate the grades of Yangbidapao walnut and walnut oil, the fat and fatty acid contents in 91 Yangbidapao walnut samples from Yangbi county were analyzed according to GB 5009.6 - 2016 and GB 5009.168 - 2016, respectively, and their grades were determined by GB/T 20398 - 2006 and T/CCOA 2 - 2019. The results showed that the mean content of fat in 91 samples was 65.3%, and the coefficient of variation was 3.1%. Five fatty acids (linoleic acid, oleic acid, α -linolenic acid, palmitic acid and stearic acid) were detected in all 91 samples. The mean contents (content ranges) of these five fatty acids were 61.4% (38.7% - 70.0%), 22.5% (11.1% - 49.4%), 7.7% (3.9% - 11.4%), 6.4% (4.3% - 8.2%), 2.0% (1.5% - 3.6%), respectively. The mean content of unsaturated fatty acids was up to 91.6%, and that of essential fatty acid was up to 69.1%. The coefficients of variation for oleic acid and α -linolenic acid were up to 30.1% and 20.4%, respectively. According to fat content, 63.7% of all samples conformed to the special grade and 1st grade of walnut, and 91.2% of all samples conformed to the special grade of walnut oil according to the contents of fatty acids. The maximum contents and coefficients of variation for oleic acid and α -linolenic acid suggest the

收稿日期: 2021-08-28; 修回日期: 2022-06-12

基金项目: 国家市场监督管理总局科技计划项目(2020MK097)

作者简介: 寸宇智(1973), 男, 副教授, 博士, 研究方向为资源植物学(E-mail) 2375038057@qq.com。

通信作者: 杨卫花, 高级工程师, 硕士(E-mail) 491568228@qq.com。

possibility of selecting plants with high content of oleic acid or α -linolenic acid in Yangbidapao walnut. Additionally, a large sample size is probably necessary for the thorough investigation of the content differences of fat and fatty acids within or among walnut cultivars in Yunnan

province.

Key words: walnut; fat; fatty acid; oleic acid; α -linolenic acid; sample size

核桃仁富含脂肪、蛋白质、维生素以及多种微量元素,与扁桃、腰果、榛子并称“四大干果”,具有较高的营养价值^[1]。我国核桃产量居世界第一,其中云南省的产量占全国的1/3,居全国首位^[2]。我国栽培的核桃分胡桃(*Juglans regia* L.)和泡核桃(*J. sigillata* Dode),胡桃广泛栽种于除黑龙江、上海、广东和海南以外的省份,泡核桃则栽种于云南省及其邻近的藏南、川西南和黔西北等地^[1,3-4]。目前,在云南省泡核桃已形成了泡核桃、铁核桃及夹绵核桃三大类型200多个品种及单系^[5],其中漾濞泡核桃(*J. sigillata* cv. Yangbidapao)是指起源于大理州漾濞县的泡核桃无性优良品种,已有300多年的栽培历史,并以果大、壳薄、仁白、味香、出仁率高而驰名中外^[5-6],是云南省种植面积和产量最大的品种^[7-8]。

核桃仁中脂肪含量为60%~70%,且核桃油中不饱和脂肪酸含量达90%^[1,9-10]。目前,关于云南省核桃中脂肪及其脂肪酸含量的研究较多^[2,5,10-16]。其中,有些研究比较了云南省常见核桃栽培品种之间的脂肪及其脂肪酸含量差异^[2,10,14-15],但每个品种只取了1份或少数几份样品。核桃中脂肪及其脂肪酸含量的变化受遗传、气候环境、生产管理等多种因素的影响^[17-19],且居群(产地)内的含量差异远大于居群(产地)间^[1]。因此,没有充足的取样量则难以揭示云南省核桃品种内、品种间脂肪及其脂肪酸含量差异的真实情况。

本文以云南省产量最大的漾濞泡核桃为研究对象,通过在漾濞县采集大量的漾濞泡核桃样品,分析漾濞泡核桃中脂肪及其脂肪酸含量的变化,评价核桃坚果和核桃油的质量,并从脂肪酸组成的角度,探讨漾濞泡核桃良株筛选的可行性。另外,通过与前人研究的比较,探讨取样量在云南核桃脂肪及其脂肪酸含量调查分析中的重要性。

1 材料与方法

1.1 实验材料

1.1.1 原料与试剂

91份漾濞泡核桃坚果样品,分别于2020年9月从漾濞县91户果农家采集,每户1份,每份3 kg。受试样品均成熟饱满,无病害,且大小基本一致。

37种脂肪酸甲酯标准品(200 mg/L),上海安普实验科技股份有限公司;盐酸、乙醇、乙醚、硫酸氢钠、氢氧化钾,分析纯;甲醇、异辛烷(色谱纯),美国

默克公司;2 mol/L氢氧化钾-甲醇溶液(称取13.1 g氢氧化钾溶于100 mL甲醇中,可轻微加热,加入无水硫酸钠干燥,过滤,即得澄清溶液),现用现配。

1.1.2 仪器与设备

GC-2010 plus 气相色谱仪(配氢火焰离子化FID检测器),日本岛津公司;SPTM-2560 毛细管色谱柱(100 m×25 mm×0.2 μm),美国 Supleco 公司;AB204-E 万分之一电子天平,梅特勒-托利多公司;移液器(100~1 000 μL),德国 Eppendorf 公司;M37610-33CN 旋涡振荡仪,美国赛默飞公司;4000 Efficient 旋转蒸发器,德国海道尔夫公司;电热恒温水浴锅,北京光明医疗仪器;TG16-WS 台式高速离心机(带50 mL塑料离心管),湖南湘仪实验室仪器开发有限公司;101-2BS 电热恒温鼓风干燥箱,上海力辰科技有限公司。

1.2 实验方法

1.2.1 样品处理

从91份漾濞泡核桃坚果样品中每份随机抽取20个坚果,在40℃烘箱中烘干后取仁,充分混合后用粉碎机粉碎,得到核桃仁粉,备用。

1.2.2 脂肪含量测定

按照GB 5009.6—2016《食品安全国家标准 食品中脂肪的测定》中的酸水解法测定核桃仁的脂肪含量。

1.2.3 脂肪酸组成测定

按照GB 5009.168—2016《食品安全国家标准 食品中脂肪酸的测定》中的第二法外标法测定核桃油(由1.2.2获得)的脂肪酸组成。

气相色谱条件:SPTM-2560 毛细管色谱柱(100 m×25 mm×0.2 μm);FID 检测器温度250℃;载气为氮气,流速1.09 mL/min;进样量1 μL;分流比20:1;氢气流速40 mL/min;空气流速400 mL/min;升温程序为初始温度120℃,以10℃/min升温至175℃,保持10 min,再以5℃/min升温至210℃,保持5 min,再以5℃/min升温至230℃,保持11 min,最后以5℃/min升温至240℃,保持15 min。

根据脂肪酸甲酯标准品在气相色谱条件下的出峰保留时间鉴定脂肪酸种类,采用峰面积归一化法计算脂肪酸含量。

1.2.4 数据处理

所得数据用Excel 2010和SPSS 26.0软件进行

分析处理。

油脂质量评价

2 结果与讨论

漾濞泡核桃中脂肪及其脂肪酸含量的测定结果

2.1 漾濞泡核桃中脂肪和脂肪酸的含量及坚果和

见表1,变异分析见表2。

表1 91份漾濞泡核桃样品中脂肪及其脂肪酸含量

%

序号	脂肪	棕榈酸	硬脂酸	油酸	亚油酸	α -亚麻酸	饱和脂肪酸	不饱和脂肪酸	必需脂肪酸
1	67.4 **	6.7	2.2	24.3	60.4	6.4	8.9	91.1	66.8
2	67.1 **	6.5	2.0	24.5	60.2	6.8	8.5	91.5	67.0
3#	66.1 **	6.0	2.0	30.1	56.5	5.4	8.0	92.0	61.9
4	67.0 **	6.3	2.5	21.0	63.8	6.4	8.8	91.2	70.2
5	66.4 **	6.8	1.9	17.3	65.8	8.2	8.7	91.3	74.0
6	66.6 **	7.3	2.1	20.1	64.1	6.4	9.4	90.6	70.5
7	59.4	7.0	2.2	20.2	63.6	7.0	9.2	90.8	70.6
8	65.7 **	6.6	2.3	21.6	63.2	6.3	8.9	91.1	69.5
9	62.6 *	6.0	1.8	17.4	66.5	8.3	7.8	92.2	74.8
10	65.0 **	7.2	2.2	17.8	65.3	7.5	9.4	90.6	72.8
11#	63.2 *	5.6	3.6	26.5	59.7	4.6	9.2	90.8	64.3
12	67.6 **	6.9	2.2	24.2	59.8	6.9	9.1	90.9	66.7
13	59.9	7.4	2.7	18.6	64.9	6.4	10.1	89.9	71.3
14	60.2 *	5.1	2.6	22.8	63.6	5.9	7.7	92.3	69.5
15	65.7 **	6.2	2.0	22.5	63.4	5.9	8.2	91.8	69.3
16#	60.6 *	4.3	2.1	47.1	41.9	4.6	6.4	93.6	46.5
17#	63.6 *	4.4	2.4	49.4	38.7	5.1	6.8	93.2	43.8
18#	62.7 *	5.4	2.1	38.0	50.6	3.9	7.5	92.5	54.5
19	62.6 *	7.2	3.1	21.5	62.0	6.2	10.3	89.7	68.2
20	65.9 **	5.8	2.3	31.5	54.3	6.1	8.1	91.9	60.4
21	65.0 **	4.9	2.5	29.2	54.4	9.0	7.4	92.6	63.4
22	64.9 *	6.9	2.4	21.8	61.5	7.4	9.3	90.7	68.9
23	63.2 *	6.5	2.2	30.0	55.6	5.7	8.7	91.3	61.3
24	64.7 *	6.4	2.2	25.0	59.8	6.6	8.6	91.4	66.4
25	64.7 *	7.0	2.4	22.7	61.1	6.8	9.4	90.6	67.9
26	60.8 *	6.0	2.2	21.2	63.4	7.2	8.2	91.8	70.6
27	67.5 **	7.4	2.7	21.7	60.2	8.0	10.1	89.9	68.2
28	68.6 **	7.4	2.3	20.1	61.3	8.9	9.7	90.3	70.2
29	65.2 **	6.7	2.6	22.9	60.7	7.1	9.3	90.7	67.8
30	68.8 **	7.5	2.3	20.2	62.1	7.9	9.8	90.2	70.0
31	63.6 *	7.4	2.4	22.3	61.2	6.7	9.8	90.2	67.9
32	65.7 **	7.3	2.4	23.3	59.8	7.2	9.7	90.3	67.0
33	65.6 **	6.9	2.4	21.3	61.1	8.3	9.3	90.7	69.4
34	62.7 *	6.2	2.0	19.0	65.4	7.4	8.2	91.8	72.8
35	70.7 **	6.8	2.5	22.2	60.2	8.3	9.3	90.7	68.5
36	66.1 **	7.1	2.5	23.9	59.9	6.6	9.6	90.4	66.5
37	65.2 **	7.5	2.5	23.4	59.9	6.7	10.0	90.0	66.6
38	62.4 *	5.3	2.3	19.6	65.2	7.6	7.6	92.4	72.8
39	65.1 **	6.4	1.8	22.6	61.8	7.4	8.2	91.8	69.2
40	64.7 *	7.4	1.8	18.5	64.4	7.9	9.2	90.8	72.3

续表 1

序号	脂肪	棕榈酸	硬脂酸	油酸	亚油酸	α -亚麻酸	饱和脂肪酸	不饱和脂肪酸	必需脂肪酸	%
41	66.8 **	6.9	1.8	21.0	63.3	7.0	8.7	91.3	70.3	
42	67.8 **	5.5	1.7	27.9	54.8	10.1	7.2	92.8	64.9	
43	63.8 *	7.0	1.9	16.7	65.5	8.9	8.9	91.1	74.4	
44	63.5 *	6.8	2.2	15.6	68.4	7.0	9.0	91.0	75.4	
45	65.6 **	7.5	1.8	14.1	68.0	8.6	9.3	90.7	76.6	
46	66.4 **	7.3	1.8	12.9	66.6	11.4	9.1	90.9	78.0	
47	65.1 **	7.7	1.6	11.5	68.7	10.5	9.3	90.7	79.2	
48	67.0 **	6.6	1.9	16.9	66.5	8.1	8.5	91.5	74.6	
49	67.2 **	6.7	1.9	17.1	66.3	8.0	8.6	91.4	74.3	
50	63.3 *	6.4	1.8	22.4	62.3	7.1	8.2	91.8	69.4	
51#	63.2 *	6.4	1.7	26.2	60.4	5.3	8.1	91.9	65.7	
52	62.3 *	6.2	1.6	25.4	60.0	6.8	7.8	92.2	66.8	
53	62.7 *	6.2	1.8	21.4	63.7	6.9	8.0	92.0	70.6	
54	64.6 *	6.4	2.1	18.9	65.4	7.2	8.5	91.5	72.6	
55	63.6 *	7.1	1.8	23.7	60.2	7.2	8.9	91.1	67.4	
56	65.9 **	5.9	1.5	16.9	67.6	8.1	7.4	92.6	75.7	
57#	66.0 **	7.4	2.1	11.1	69.9	9.5	9.5	90.5	79.4	
58	66.7 **	5.8	1.9	21.3	63.4	7.6	7.7	92.3	71.0	
59	65.0 **	7.8	1.7	15.5	66.8	8.2	9.5	90.5	75.0	
60	64.8 *	8.2	1.8	12.5	67.8	9.7	10.0	90.0	77.5	
61	64.1 *	7.8	1.6	16.0	66.4	8.2	9.4	90.6	74.6	
62	65.7 **	7.5	2.4	12.0	69.1	9.0	9.9	90.1	78.1	
63	65.5 **	5.2	1.7	27.9	55.8	9.4	6.9	93.1	65.2	
64#	63.6 *	5.3	1.7	32.4	55.7	4.9	7.0	93.0	60.6	
65	65.0 **	4.7	1.6	25.1	60.3	8.3	6.3	93.7	68.6	
66	66.3 **	4.9	2.2	25.0	57.7	10.2	7.1	92.9	67.9	
67	67.2 **	5.3	2.0	25.1	57.1	10.5	7.3	92.7	67.6	
68	66.0 **	5.6	1.8	23.1	59.9	9.6	7.4	92.6	69.5	
69	68.0 **	5.8	1.7	21.6	59.9	11.0	7.5	92.5	70.9	
70	65.2 **	4.9	1.6	33.2	51.3	9.0	6.5	93.5	60.3	
71	67.0 **	4.3	1.7	29.8	54.2	10.0	6.0	94.0	64.2	
72	65.7 **	4.4	2.0	30.8	54.1	8.7	6.4	93.6	62.8	
73	67.2 **	4.7	1.9	27.7	57.2	8.5	6.6	93.4	65.7	
74	65.4 **	4.5	1.5	32.9	52.5	8.6	6.0	94.0	61.1	
75	67.0 **	5.9	2.0	26.5	58.6	7.0	7.9	92.1	65.6	
76	66.7 **	4.9	1.6	28.3	55.6	9.6	6.5	93.5	65.2	
77	67.8 **	4.9	1.7	30.1	54.3	9.0	6.6	93.4	63.3	
78	67.6 **	8.1	1.7	12.0	67.9	10.3	9.8	90.2	78.2	
79	65.9 **	7.0	1.7	20.5	64.4	6.4	8.7	91.3	70.8	
80	64.6 *	7.9	2.1	15.1	63.5	11.4	10.0	90.0	74.9	

续表 1

序号	脂肪	棕榈酸	硬脂酸	油酸	亚油酸	α -亚麻酸	饱和脂肪酸	不饱和脂肪酸	必需脂肪酸
81	66.9 **	5.3	2.3	29.7	56.9	5.8	7.6	92.4	62.7
82	66.4 **	6.1	1.7	21.7	63.6	6.9	7.8	92.2	70.5
83	67.3 **	7.6	1.7	15.8	66.2	8.7	9.3	90.7	74.9
84	67.0 **	7.0	1.8	14.8	66.5	9.9	8.8	91.2	76.4
85	67.2 **	6.0	1.9	25.1	60.6	6.4	7.9	92.1	67.0
86	65.9 **	7.3	1.8	16.0	66.0	8.9	9.1	90.9	74.9
87	64.2 *	6.7	1.7	19.6	64.6	7.4	8.4	91.6	72.0
88	64.5 *	6.2	2.3	19.4	64.5	7.6	8.5	91.5	72.1
89	67.6 **	6.1	1.6	16.3	67.3	8.7	7.7	92.3	76.0
90	64.4 *	6.5	2.0	22.0	62.5	7.0	8.5	91.5	69.5
91	66.5 **	7.8	1.6	12.2	70.0	8.4	9.4	90.6	78.4

注: ** 表示达到 GB/T 20398—2006《核桃坚果质量等级》规定的特级和 I 级核桃标准(脂肪含量 \geq 65.0%), * 表示达到 II 级核桃标准(65.0% > 脂肪含量 \geq 60.0%); # 表示不符合 T/CCOA 2—2019《特级核桃油》中规定的特级核桃油脂肪酸标准

表 2 91 份漾濞泡核桃样品中脂肪及其脂肪酸含量的变异分析

项目	最大值	最小值	平均值	标准差	变异系数
脂肪	70.7	59.4	65.3	2.1	3.1
棕榈酸	8.2	4.3	6.4	1.0	15.5
硬脂酸	3.6	1.5	2.0	0.4	18.1
油酸	49.4	11.1	22.5	6.8	30.1
亚油酸	70.0	38.7	61.4	5.5	8.9
α -亚麻酸	11.4	3.9	7.7	1.6	20.4
饱和脂肪酸	10.3	6.0	8.4	1.1	12.9
不饱和脂肪酸	94.0	89.7	91.6	1.1	1.2
必需脂肪酸	79.4	43.8	69.1	6.1	8.9

由表 1 可知,58 份样品的脂肪含量达到 GB/T 20398—2006《核桃坚果质量等级》规定的特级和 I 级标准,占 91 份样品的 63.7%,31 份样品达到 II 级标准,占 34.1%。由表 2 可知,91 份漾濞泡核桃中脂肪平均含量为 65.3%,最小值为 59.4%,最大值为 70.7%,变异系数为 3.1%,说明漾濞县产的漾濞泡核桃中脂肪含量较高且很稳定。

由表 1、表 2 还可知:91 份漾濞泡核桃油(由 1.2.2 从 91 份漾濞泡核桃样品中获得)中均检出 5 种脂肪酸,包括 2 种饱和脂肪酸(棕榈酸和硬脂酸)和 3 种不饱和脂肪酸(油酸、亚油酸和 α -亚麻酸);亚油酸的平均含量最高,为 61.4%,最小值为 38.7%,最大值为 70.0%,其余脂肪酸的平均含量(含量范围)依次为油酸 22.5%(11.1%~49.4%)、 α -亚麻酸 7.7%(3.9%~11.4%)、棕榈酸 6.4%(4.3%~8.2%)、硬脂酸 2.0%(1.5%~3.6%);不

饱和脂肪酸的平均含量高达 91.6%,饱和脂肪酸平均含量仅为 8.4%;必需脂肪酸(包括亚油酸和 α -亚麻酸)的平均含量达 69.1%,远高于大豆油(49.0%)、棕榈油(7.7%)、菜籽油(25.3%)、花生油(32.1%)和棉籽油(47.4%)^[9]等常见食用油中的含量。根据 T/CCOA 2—2019《特级核桃油》规定,特级核桃油的棕榈酸含量为 2.2%~10.0%,硬脂酸含量为 0.5%~6.0%,油酸含量为 11.5%~35.0%,亚油酸含量为 50.0%~70.0%, α -亚麻酸含量为 5.5%~18.0%,91 份样品油的棕榈酸和硬脂酸含量都符合特级核桃油标准,7 份样品油(3、11、16、17、18、51、64 号)的 α -亚麻酸含量低于下限,2 份样品油(16、17 号)的亚油酸含量低于下限,1 份样品油(57 号)的油酸含量低于下限,3 份样品油(16、17、18 号)的油酸含量高于上限,因此共计 83 份样品油(91.2%)可达到特级核桃油标准,而 8 份样品(8.8%)油未达到特级核桃油标准。

2.2 筛选含有特定脂肪酸组分的漾濞泡核桃良株的可行性分析

研究表明,核桃油中多不饱和脂肪酸含量越高其储存过程越容易氧化,单不饱和脂肪酸含量越高则越稳定^[20]。因此,选育油酸含量高而亚油酸含量低的漾濞泡核桃良株,对提高核桃油的耐贮性具有重要意义。91 份漾濞泡核桃油中油酸含量的变异系数为 30.1%(表 2),说明不同样品间油酸含量存在明显差异。且油酸与亚油酸呈极显著负相关,相关系数为 -0.974(表 3)。此外,17 号样品油的油酸含量为 49.4%,远高于平均值(22.5%),而亚油酸的含量为 38.7%,远低于平均值(61.4%)(表 1、

表2)。因此,从良种培育的角度,通过大样本筛查是有可能选出油酸含量高而亚油酸含量较低的漾濞泡核桃良株的。另外, α -亚麻酸在人体内具有许多重要的生理功能,如预防心脑血管疾病和过敏性疾病、促进大脑和视力发育等^[21-23]。我国人群 α -亚麻酸摄入量普遍不足,它已成为营养健康的短板^[24]。漾濞泡核桃油中 α -亚麻酸平均含量为7.7%(表2),超过菜籽油(6.48%)和大豆油(3.92%)^[9]的,因此漾濞泡核桃坚果可以作为 α -亚麻酸的补充来源。 α -亚麻酸含量的变异系数为20.4%,最大含量为11.4%(表2)。因此,筛选高 α -亚麻酸含量的良株,提高漾濞泡核桃的营养功能也具有可行性。

表3 91份漾濞泡核桃样品油中脂肪酸含量相关性分析

项目	棕榈酸	硬脂酸	油酸	亚油酸	α -亚麻酸
棕榈酸	1				
硬脂酸	0.092	1			
油酸	-0.755 **	0.121	1		
亚油酸	0.710 **	-0.115	-0.974 **	1	
α -亚麻酸	0.124	-0.410 **	-0.464 **	0.291 **	1

注: *表示显著相关($p < 0.05$); **表示极显著相关($p < 0.01$)

2.3 取样量在调查核桃品种内和品种间脂肪及其脂肪酸含量差异中的重要性分析

耿树香等^[14]分析了云南22个核桃主要栽培品种的22份坚果样品中脂肪及其脂肪酸含量,其每个品种采了1份样品,均采自不同的地州,测定结果表明:脂肪、油酸、亚油酸、 α -亚麻酸的含量范围分别为59.40%~69.86%、14.59%~34.19%、50.38%~64.45%、4.56%~11.20%,均在本实验对应的含量范围(59.4%~70.7%、11.1%~49.4%、38.7%~70.0%、3.9%~11.4%)内;除1个品种的棕榈酸含量为4.13%之外,其余21个品种的棕榈酸含量范围是5.00%~7.66%,在本实验对应的含量范围(4.3%~8.2%)内;除1个品种的硬脂酸含量为3.77%之外,其余21个品种的硬脂酸含量范围是1.95%~3.19%,在本实验对应的含量范围(1.5%~3.6%)内;脂肪、棕榈酸、硬脂酸、油酸、亚油酸、 α -亚麻酸含量的变异系数分别为3.87%、13.84%、18.85%、22.45%、7.20%、23.39%,与本实验对应的变异系数(3.1%、15.5%、18.1%、30.1%、8.9%、20.4%)非常接近。另外,李瑞等^[15]分析了云南15个核桃品种的17份坚果样品中脂肪及其脂肪酸含量,其中三台核桃品种取了3份样品,其余每个品种各取了1份样品,均采自不同县市,测定结果表明:

脂肪、棕榈酸、硬脂酸、油酸、亚油酸、 α -亚麻酸含量范围分别为59.89%~72.25%、5.12%~8.41%、1.78%~3.21%、17.30%~45.17%、39.98%~63.73%、3.62%~10.41%;除1份样品的脂肪含量、2份样品的棕榈酸含量和1份样品的 α -亚麻酸含量外,其余样品的含量在本实验对应的含量范围内;脂肪、棕榈酸、硬脂酸、油酸、亚油酸、 α -亚麻酸含量变异系数分别为4.1%、16.53%、14.50%、25.06%、9.89%、29.41%,也与本实验的接近。上述两项研究(耿树香等^[14]和李瑞等^[15])都包括了泡核桃品种、胡桃品种和二者之间的杂交品种,且取样范围均覆盖了云南省大部分地州。而本实验只分析了漾濞泡核桃一个品种,且取样范围仅限于漾濞县域,但在样本量较大的情况下,展现出了相似程度的脂肪及其脂肪酸含量变化。因此,较大的取样量有助于深入分析云南省核桃品种内或品种间脂肪及其脂肪酸含量的差异。

3 结论

测定了采自云南省漾濞县的91份漾濞泡核桃样品中脂肪及其脂肪酸的含量。结果表明:91份样品的脂肪含量高且稳定,63.7%的样品达到特级和I级坚果标准,34.1%的样品达到II级标准,91份样品油中均检出5种脂肪酸,平均含量依次为亚油酸(61.4%)>油酸(22.5%)> α -亚麻酸(7.7%)>棕榈酸(6.4%)>硬脂酸(2.0%),不饱和脂肪酸的平均含量高达91.6%,必需脂肪酸的平均含量达69.1%,根据脂肪酸组成判断,91.2%样品的油脂达到特级核桃油标准。分析表明,筛选高 α -亚麻酸含量或高油酸含量的良株,以改善漾濞泡核桃的营养价值或提高其油脂的耐贮性,在理论上具有可行性。另外,大量取样有助于深入调查云南省核桃品种内或品种间脂肪及其脂肪酸含量的差异。

参考文献:

- [1] 李国和. 核桃种质资源研究[D]. 四川雅安: 四川农业大学, 2007.
- [2] 贺娜,耿树香,宁德鲁. 大理州不同品种核桃果实品质综合评价[J]. 西部林业科学, 2018, 47(2): 117-121.
- [3] 中国科学院中国植物志编辑委员会. 中国植物志第21卷:胡桃科[M]. 北京: 科学出版社, 1979: 30-32.
- [4] LU A M, STONE D E, GRAUKE L J. Juglandaceae [M]// WU Z Y, RAVEN P H, HONG D Y. Flora of China: Vol. 4. Beijing: Science Press & Missouri Botanical Garden Press, 1999: 277-285.
- [5] 陆斌. 云南核桃的特性与品质[J]. 经济林研究, 2009, 27(2): 137-140.
- [6] 胡青,肖良俊,杨婧,等. 我国漾濞泡核桃研究进展

- [J]. 西部林业科学, 2019, 48(3): 141 - 147.
- [7] 董润良. 云南核桃优良品种资源[J]. 作物品种资源, 1990(2): 43 - 44.
- [8] 董静, 张雨, 冯倩, 等. 云南3个良种核桃的种实特征与品质评价[J]. 经济林研究, 2010, 28(4): 79 - 82.
- [9] 邓泽元. 我国食用调和油存在的问题和对策探讨[J]. 中国食品学报, 2014, 14(5): 1 - 12.
- [10] 苏为耿, 蒲成伟, 阚欢, 等. 云南6种核桃栽培品种果实特性与营养成分分析[J]. 粮食与油脂, 2018, 31(4): 68 - 71.
- [11] 肖良俊, 张雨, 吴涛, 等. 云南紫仁核桃脂肪酸含量及营养评价[J]. 中国油脂, 2014, 39(9): 94 - 97.
- [12] 耿树香, 韩明珠, 宁德鲁, 等. 云南不同产地漾濞泡核桃品质综合评价分析[J]. 中国油脂, 2019, 44(5): 156 - 160.
- [13] 耿树香, 宁德鲁, 陈海云, 等. 云南主栽核桃品种功能成分综合评价[J]. 南京林业大学学报(自然科学版), 2019, 43(2): 209 - 215.
- [14] 耿树香, 宁德鲁, 韩明珠, 等. 云南核桃主要栽培品种蛋白质及脂肪酸综合评价分析[J]. 中国油脂, 2019, 44(10): 116 - 120, 141.
- [15] 李瑞, 刘云, 阚欢, 等. 云南17种核桃仁主要营养成分测定及脂肪酸研究[J]. 包装工程, 2019, 40(7): 19 - 25.
- [16] 李彦玲, 邵志凌, 薛冰. 云南核桃油的特征指标及脂肪酸组成分析研究[J]. 粮油食品科技, 2012, 20(6): 30 - 32.
- [17] 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.
- [18] 郑非. 大理州核桃产业现状及发展对策[J]. 林业调查规划, 2010, 35(4): 118 - 121.
- [19] YUAN X Y, SUN Y W, BAI X R, et al. Population structure, genetic diversity, and gene introgression of two closely related walnuts (*Juglans regia* and *J. sigillata*) in southwestern China revealed by EST - SSR markers [J/OL]. *Forests*, 2018, 9(10): 646 [2021 - 08 - 28]. <https://doi.org/10.3390/f9100646>.
- [20] SAVAGE G P, DUTTA P G, MCNEIL D L. Fatty acid and tocopherol contents and oxidative stability of walnut oils [J]. *J Am Oil Chem Soc*, 1999, 76: 1059 - 1063.
- [21] 李加兴, 李忠海, 刘飞, 等. α -亚麻酸的生理功能及其富集纯化[J]. 食品与机械, 2009, 25(5): 172 - 177.
- [22] KIM K, NAM Y A, KIM H S, et al. *Alpha* - linolenic acid: nutraceutical, pharmacological and toxicological evaluation [J]. *Food Chem Toxicol*, 2014, 70: 163 - 178.
- [23] 吴俏瑾, 杜冰, 蔡尤林, 等. α -亚麻酸的生理功能及开发研究进展[J]. 食品工业科技, 2016, 37(10): 386 - 390.
- [24] 李殿荣, 张耀文, 张文学, 等. 提高油菜亚麻酸含量, 增强菜籽油健康功能[J]. 农业科学, 2019, 9(11): 1026 - 1031.
-
- (上接第102页)
- [3] MODARRES - GHEISARI S M M, GAVAGSAZ - GHOACHANI R, MALAKI M, et al. Ultrasonic nano - emulsification: a review[J]. *Ultrason Sonochem*, 2019, 52(4): 88 - 105.
- [4] SIVAKUMAR M, TANG S Y, TAN K W. Cavitation technology: a greener processing technique for the generation of pharmaceutical nanoemulsions [J]. *Ultrason Sonochem*, 2014, 21(2): 2069 - 2083.
- [5] 周广岩. 微气泡强化超声场效应的数值模拟及其在纳米乳化中的应用[D]. 山东 青岛: 中国石油大学(华东), 2021.
- [6] AZMI N A N, ELGHARBAWY A A M, MOTLAGH S R, et al. Nanoemulsions: factory for food, pharmaceutical and cosmetics [J/OL]. *Processes*, 2019, 7(9): 617 [2021 - 09 - 02]. <https://doi.org/10.3390/pr7090617>.
- [7] CUCHEVAL A, CHOW R C. A study on the emulsification of oil by power ultrasound[J]. *Ultrason Sonochem*, 2008, 15(5): 916 - 920.
- [8] ZHANG Z L, WANG G Q, NIE Y, et al. Hydrodynamic cavitation as an efficient method for the formation of sub - 100 nm O/W emulsions with high stability [J]. *Chin J Chem Eng*, 2016, 24(3): 1477 - 1480.
- [9] RAMISETTY K A, PANDIT A B, GOGATE P R. Ultrasound assisted preparation of emulsion of coconut oil in water: understanding the effect of operating parameters and comparison of reactor designs [J]. *Chem Eng Process*, 2015, 88(6): 70 - 77.
- [10] 郝莉花, 陈复生, 殷丽君. 水酶法乳状液的稳定性及其破乳方法研究进展[J]. 粮食与油脂, 2017, 30(3): 13 - 16.