

不同发育期云南‘三台’核桃营养品质研究

耿树香, 宁德鲁, 贺娜, 肖良俊, 方文亮

(云南省林业和草原科学院, 昆明 650201)

摘要:以不同发育期(授粉30、60、90、120 d)‘三台’核桃仁为试材,通过对其油脂、油脂中脂肪酸、蛋白质、氨基酸及功能成分角鲨烯、维生素、磷脂等营养指标的研究,探讨‘三台’核桃发育期主要营养成分变化及其相关性,旨在为‘三台’核桃分子育种提供科学依据。结果表明:‘三台’核桃含油率在整个生长期逐渐升高,特别是在前3个发育期,油脂急剧积累,含量显著增高,而从第3到第4发育期,油脂积累趋于平稳;核桃油中多不饱和脂肪酸含量在第2发育期最高,达到75.60%;核桃中蛋白质含量在第2发育期最高,为17.8%;核桃中总氨基酸和必需氨基酸含量均在第2发育期最高;水溶性维生素C与维生素B₃含量均在第4发育期最高,而脂溶性维生素E含量则在第2发育期最高;磷脂含量在第3发育期最高。

关键词:核桃;发育期;油脂;脂肪酸;蛋白质;氨基酸;维生素

中图分类号:TS222;Q946

文献标识码:A

文章编号:1003-7969(2020)08-0081-05

Nutritional quality of Yunnan Santai walnut with different development stages

GENG Shuxiang, NING Delu, HE Na, XIAO Liangjun, FANG Wenliang

(Yunnan Academy of Forestry and Grassland Sciences, Kunming 650201, China)

Abstract: Santai walnut kernel with different development stages (pollination 30, 60, 90, 120 d) was used as the test material, and the nutritional indexes of oil, fatty acid, protein, amino acid and functional components, such as squalene, vitamin and phospholipid were determined to study the main nutritional indexes changes and their correlation during the development stages of Santai walnut, so as to provide scientific basis for molecular breeding of Santai walnut. The results showed that the oil content of Santai walnut increased gradually in the whole growth period, especially in the first three development stages, the oil accumulated rapidly and the oil content increased significantly, but in the third to the fourth development stage, the oil accumulation was stable. The polyunsaturated fatty acid in walnut oil was the highest in the second development stage, which reached 75.60%. The protein content in walnut was the highest in the second development stage, which was 17.8%. The contents of total amino acid and essential amino acid in walnut were the highest in the second development stage. Both the water-soluble vitamin C and vitamin B₃ were the highest in the fourth development stage, while the content of lipid soluble vitamin E was the highest in the second development stage. The content of phospholipid was the highest in the third development stage.

Key words: walnut; development stage; oil; fatty acid; protein; amino acid; vitamin

收稿日期:2019-11-11;修回日期:2020-03-27

基金项目:云南省重大专项科技计划项目(2018ZG003);云南省科技创新人才培养项目(2016HB004)

作者简介:耿树香(1978),女,副研究员,博士,研究方向为木本油料精深加工(E-mail)1016430670@qq.com。

通信作者:宁德鲁,研究员,硕士生导师(E-mail)ningdelu@163.com;贺娜,副研究员,硕士(E-mail)370101725@qq.com。

云南‘三台’核桃属铁核桃(*Juglans sigillata* Dode)种,主产于云南省楚雄州大姚县,属传统农家栽培品种,是经过长期天然和人工选育的优良核桃品种,具有壳薄、光滑、刻纹浅细、取仁容易、仁黄味香、出油率高及利于加工等优点,是目前云南省四大优良核桃品种之一^[1]。

研究表明,铁核桃果实中粗脂肪含量平均为

61.051%,核桃油中除富含多种不饱和脂肪酸外,还含有丰富的功能性成分,如维生素E、磷脂、角鲨烯等,核桃仁中粗脂肪含量、粗蛋白质含量、氨基酸总量、维生素E含量、褪黑素含量和磷脂含量的变异系数均较小,说明这6种营养成分遗传稳定性好^[2-3]。现有研究集中于普通核桃(*Juglans regia* L.)中的蛋白质、脂肪等营养指标及部分生理活性成分^[4-8],而对铁核桃相关研究较少,且集中于铁核桃成熟后营养成分的研究^[9-12],而缺乏对不同发育期云南核桃组分的研究。本文对云南铁核桃种中的‘三台’品种4个不同发育期主要营养成分油脂、脂肪酸、膳食纤维、粗蛋白质、氨基酸、维生素等指标进行系统分析,以期对云南铁核桃的整个生理发育代谢提供数据支持,为后期云南铁核桃分子育种中寻找相关功能基因及主要代谢通路奠定基础。

1 材料与方法

1.1 试验材料

以云南大姚‘三台’核桃品种为试验对象,在授粉后30、60、90、120 d,分别在所选3株同一‘三台’品种株样树冠中部的东西南北4个方位随机采摘果实50个,脱皮取仁45℃烘箱干燥至恒重,置于带硅胶的干燥器保存,备用。

甲醇、乙腈、乙醇均为色谱纯(Merck);磷、铁标准溶液,质量浓度为1 000 μg/mL(购于国家标准物质研究中心);正己烷、氢氧化钠、三氟化硼均为优级纯。

液相色谱串联四级杆质谱联用仪(LC-MS/MS),气相色谱-四级杆飞行时间质谱联用仪(GC-Q-TOF)。

1.2 试验方法

1.2.1 基本指标的测定

蛋白质,依据GB 5009.5—2016中第一法检测;含油率,依据GB 5009.6—2016中第二法检测;膳食纤维,依据GB 5009.88—2014检测;磷脂,依据GB/T 5537—2008中第二法检测;磷元素,依据GB 5009.87—2016检测;铁元素,依据GB 5009.90—2016检测。

1.2.2 维生素的测定

维生素C,依据GB 5009.86—2016检测。维生素E,依据GB 5009.82—2016中第一法检测。维生素B₃,采用LC-MS/MS测定,具体测定方法如下:
①样品提取。利用研磨仪研磨样品至粉状,称取100 mg溶于水中,置于4℃冰箱过夜,期间涡旋3次以提高提取率,然后在10 000 g下离心10 min,吸取上清液,用0.22 μm微孔过滤膜过滤稀释后进行

LC-MS/MS测定。②LC-MS/MS测定条件。Acquity UPLC H CLASS液相色谱仪;配AcquityTQD检测器的质谱仪;ACQUITY UPLCr HSS T3色谱柱(2.1 mm × 100 mm × 1.8 μm);柱温40℃;进样量2 μL;流动相A为甲醇,流动相B为0.1%甲酸溶液,洗脱时间6 min,梯度比例见表1;电喷雾离子源(ESI)温度500℃,质谱电压5 500 V,帘气(CUR)172.4 kPa,碰撞诱导电离(CAD)参数设置为高。在三重四级杆(QQQ)中,每个离子对根据优化的去簇电压(DP)和碰撞能进行扫描检测。

表1 梯度比例

时间/min	流速/(mL/min)	A/%	B/%	曲线
起始	0.30	10.0	90.0	起始
0.50	0.30	10.0	90.0	6
1.50	0.30	95.0	5.0	6
3.50	0.30	95.0	5.0	6
4.00	0.30	10.0	90.0	1
6.00	0.30	10.0	90.0	1

1.2.3 20种氨基酸组成的测定

取一定量的核桃仁样品,粉碎,过40目筛,混匀。称取约100 mg(精确至0.000 1 g)混匀后样品,置于20 mL水解管中,加入15 mL盐酸溶液(盐酸与超纯水体积比1:1),在水解管中充入高纯氮气,密封。将水解管放入(110 ± 1)℃恒温烘箱中,水解22 h,取出后冷却。将冷却后的水解液过滤,取200 μL至10 mL试管中,蒸干,加入1 mL超纯水(除氨)复溶后,再蒸干。用1 mL pH 2.2的缓冲液溶解后过0.45 μm有机滤膜,上机分析。

测试条件:液相采用Acquity UPLC H CLASS;质谱采用AcquitySQD2检测器;ACQUITY UPLCr HSS T3色谱柱(2.1 mm × 100 mm × 1.8 μm);柱温35℃;进样量2 μL;流动相A为甲醇,B为0.1%甲酸溶液,洗脱时间8 min,梯度比例见表2。

表2 梯度比例

时间/min	流速/(mL/min)	A/%	B/%	曲线
起始	0.30	4.0	96.0	起始
1.00	0.30	4.0	96.0	6
4.00	0.30	90.0	10.0	6
6.00	0.30	90.0	10.0	6
6.50	0.30	4.0	96.0	6
8.00	0.30	4.0	96.0	6

1.2.4 油脂脂肪酸组成的测定

采用GC-Q-TOF测定脂肪酸组成。称取5 g

核桃仁样品,分别用10 mL正己烷超声提取3次,氮吹干,得到核桃油。称取约0.05 g核桃油于烧瓶中,加入2%氢氧化钠-甲醇溶液8 mL, $(80 \pm 1)^\circ\text{C}$ 水浴回流直至油滴消失,加入7 mL 14%三氟化硼-甲醇溶液, $(80 \pm 1)^\circ\text{C}$ 水浴中继续回流2 min。停止加热,从水浴上取下烧瓶,迅速冷却至室温,加入约5 mL正庚烷振摇2 min,再加入饱和氯化钠水溶液,静置分层。吸取上层正庚烷提取溶液约5 mL至15 mL试管中,加入3~5 g无水硫酸钠,振摇1 min,静置5 min,吸取上层溶液到进样瓶中待测定。

测定条件:安捷伦7890B-5977B气相色谱仪;TG-WAX色谱柱(30 m \times 250 μm \times 0.25 μm);程序升温为初始温度120 $^\circ\text{C}$,以3 $^\circ\text{C}/\text{min}$ 升至280 $^\circ\text{C}$;进样口温度270 $^\circ\text{C}$;载气为高纯氦气,流速1.0 mL/min;柱前压100 kPa;进样量0.5 μL ;分流比10:1。采用质谱定性,面积归一化法定量。

1.2.5 油脂中角鲨烯的测定

采用GC-Q-TOF测定角鲨烯。取1.2.4中

提取的核桃油0.1 g,加入约2 mL 2 mol/L氢氧化钾-乙醇溶液,密封,摇晃均匀,在80 $^\circ\text{C}$ 水浴下皂化40 min,每隔10 min振摇30 s。反应结束后,放入冷水中迅速冷却至室温,然后加入1 mL水和5 mL正己烷,密封振荡2 min,静置分层,将上层清液转移至40 mL玻璃样品瓶中,下层再分别用5 mL正己烷重复萃取3次,合并3次萃取液,在80 $^\circ\text{C}$ 水浴下蒸干,取出小瓶,以移液管向其中加入5 mL正己烷定容,用1 mL注射器取溶液过0.22 μm 滤膜,转移至安捷伦小瓶中,待测。

测定条件:TG-5MS色谱柱(30 m \times 250 μm \times 0.25 μm),进样口温度300 $^\circ\text{C}$,其他条件同1.2.4。

1.2.6 数据处理

利用Excel 2010建立原始数据表,并进行初步分析,运用SPSS 21.0进行营养成分相关性分析。

2 结果与分析

2.1 不同发育期‘三台’核桃含油率及脂肪酸组成变化(见表3)

表3 不同发育期‘三台’核桃含油率及主要脂肪酸组成变化

样品	含油率	棕榈酸	棕榈烯酸	硬脂酸	油酸	亚油酸	亚麻酸	SFA	MUFA	PUFA	芥酸
样1	1.6 \pm 0.6	25.92 \pm 0.07	1.47 \pm 0.08	2.22 \pm 0.56	3.39 \pm 0.56	38.16 \pm 0.76	26.09 \pm 0.25	30.32	5.02	64.26	0.398
样2	39.6 \pm 0.9	10.30 \pm 0.21	0.14 \pm 0.02	1.91 \pm 0.98	11.42 \pm 0.48	57.37 \pm 0.45	18.23 \pm 0.18	12.49	11.83	75.60	0.079
样3	66.0 \pm 0.8	8.20 \pm 0.82	0.11 \pm 0.01	3.40 \pm 0.23	26.75 \pm 0.37	51.85 \pm 0.38	9.26 \pm 0.22	11.81	27.05	61.11	0.035
样4	67.3 \pm 1.1	8.12 \pm 0.24	0.13 \pm 0.04	3.00 \pm 0.37	23.70 \pm 0.36	56.38 \pm 0.28	8.29 \pm 0.12	11.32	23.98	64.67	0.023

注:样1、样2、样3、样4分别为核桃授粉后30、60、90、120 d采集的样品。下同。

由表3可见:‘三台’核桃含油率在整个生长期逐渐升高,特别是在前3个发育期,油脂急剧积累,含量显著增高,而从第3到第4发育期,油脂积累趋于平稳;棕榈酸在第1发育期含量较高,后期含量渐低,至含量为8%左右平稳;棕榈烯酸在前3个发育期含量逐渐降低,从第2到第3发育期,降幅趋于平缓,在第4发育期稍有升高;硬脂酸在整个发育期含量变幅不大,在1.91%~3.40%之间;油酸在前3个发育期含量逐渐升高,在3.39%~26.75%之间;亚油酸在第1发育期含量最低,为38.16%,在第2发育期含量最高,为57.37%,从而导致这一时期的多不饱和脂肪酸(PUFA)在整个生长期含量最高,达75.60%;亚麻酸在前3个发育期含量急剧降低,为26.09%~9.26%,在油脂积累初期含量最高,在第4发育期含量最低。在‘三台’核桃的4个发育期中均检出少量芥酸,在油脂积累初期含量最高,为0.398%,随发育期延长降至0.023%,而在普通核桃中未检出芥酸^[8]。饱和脂肪酸(SFA)含量从第1

发育期到第2发育期下降较多,而后期下降幅度较小,单不饱和脂肪酸(MUFA)含量在4个发育期中先升高后略有下降,多不饱和脂肪酸(PUFA)含量在第2发育期最高。脂肪酸生物合成是植物体内最重要的代谢途径之一,是一个复杂的碳源分配过程,其含量的高低由脂肪酸合成酶控制,核桃脂肪代谢调控机制是以核桃含油率及脂肪酸组成为基础。后期可通过不同发育期‘三台’核桃转录组数据分析,观察调控核桃油脂组成基因表达水平,找到控制脂肪酸组成关键基因,阐明核桃营养物质代谢遗传调控机制。

不同发育期‘三台’核桃含油率和脂肪酸组成相关性分析见表4。

由表4可见:在‘三台’核桃的4个发育期,含油率与亚麻酸呈极显著的负相关,与油酸呈显著正相关,与棕榈酸呈显著负相关;棕榈酸与棕榈烯酸呈极显著正相关;油酸与亚麻酸呈显著负相关。

表4 不同发育期‘三台’核桃含油率和脂肪酸组成相关性分析

项目	含油率	棕榈酸	棕榈烯酸	硬脂酸	油酸	亚油酸	亚麻酸
含油率	1	-0.952 *	-0.915	0.725	0.967 *	0.807	-0.991 **
棕榈酸	-0.952 *	1	0.994 **	-0.5	-0.857	-0.936	0.902
棕榈烯酸	-0.915	0.994 **	1	-0.413	-0.801	-0.958 *	0.851
硬脂酸	0.725	-0.5	-0.413	1	0.874	0.180	-0.796
油酸	0.967 *	-0.857	-0.801	0.874	1	0.635	-0.983 *
亚油酸	0.807	-0.936	-0.958 *	0.180	0.635	1	-0.731
亚麻酸	-0.991 **	0.902	0.851	-0.796	-0.983 *	-0.731	1

注: * 表示在 0.05 水平(双侧)上显著相关; ** 表示在 0.01 水平(双侧)上显著相关。

2.2 不同发育期‘三台’核桃蛋白质含量及氨基酸组成变化(见表5)

对核桃样品蛋白质含量测定结果表明,核桃授粉后 30、60、90、120 d 采集样品的蛋白质含量分别

为 $(1.96 \pm 0.85)\%$ 、 $(17.8 \pm 1.25)\%$ 、 $(15.0 \pm 2.18)\%$ 、 $(16.5 \pm 1.37)\%$ 。‘三台’核桃蛋白质含量在第 2 发育期时最高,而在第 1 发育期最低。不同发育期‘三台’核桃仁中氨基酸组成变化见表 5。

表5 不同发育期‘三台’核桃仁中氨基酸组成变化

氨基酸	样 1	样 2	样 3	样 4
色氨酸	59.0 ± 1.2	140.0 ± 1.0	124.0 ± 2.1	145.0 ± 1.5
酪氨酸	33.0 ± 0.8	735.0 ± 1.0	217.0 ± 1.3	86.0 ± 2.3
精氨酸	未检出	1 150.0 ± 1.8	100.0 ± 2.3	未检出
苯丙氨酸	61.0 ± 1.0	702.0 ± 2.6	234.0 ± 3.1	13.0 ± 1.8
天门冬酰胺	未检出	126.0 ± 1.4	39.0 ± 1.0	62.0 ± 0.9
蛋氨酸	未检出	102.0 ± 1.7	33.0 ± 0.4	55.0 ± 0.3
谷氨酸	未检出	1 216.0 ± 3.2	87.0 ± 0.8	198.0 ± 1.8
异亮氨酸	101.0 ± 1.8	643.0 ± 2.7	169.0 ± 2.0	116.0 ± 2.2
亮氨酸	135.0 ± 2.8	586.0 ± 3.1	172.0 ± 1.3	173.0 ± 3.2
苏氨酸	63.0 ± 1.0	719.0 ± 1.3	240.0 ± 0.8	137.0 ± 1.3
缬氨酸	127.0 ± 1.0	944.0 ± 0.6	214.0 ± 1.9	117.0 ± 1.6
脯氨酸	69.0 ± 1.2	194.0 ± 2.8	80.0 ± 3.0	44.0 ± 0.8
丙氨酸	127.0 ± 1.0	297.0 ± 0.3	141.0 ± 1.3	50.0 ± 1.0
总氨基酸	775.0	7 554.0	1 850.0	1 196.0
必需氨基酸	546.0	3 836.0	1 186.0	756.0

由表 5 可见,‘三台’核桃不同发育期样品中共检出 13 种氨基酸,包括色氨酸、苯丙氨酸、蛋氨酸、异亮氨酸、亮氨酸、苏氨酸、缬氨酸 7 种人体必需氨基酸。13 种氨基酸均在第 2 发育期含量相对较高。精氨酸、蛋氨酸、谷氨酸、天门冬酰胺在第 1 发育期未检出。大部分氨基酸在第 4 发育期继续下降,只

有 5 种氨基酸含量升高。4 个发育期的总氨基酸含量在 775.0 ~ 7 554.0 mg/kg 之间,人体必需氨基酸含量在 546.0 ~ 3 836.0 mg/kg 之间。

2.3 不同发育期‘三台’核桃中维生素 C、维生素 B₃、磷、铁、膳食纤维及核桃油中维生素 E、角鲨烯、磷脂的变化(见表 6)

表6 不同发育期‘三台’核桃中维生素 C、维生素 B₃、磷、铁、膳食纤维及核桃油中维生素 E、角鲨烯、磷脂的变化

样品	V _C /(mg/100 g)	V _{B₃} /(mg/kg)	P/(mg/kg)	Fe/(mg/kg)	膳食纤维/(g/100 g)	V _E /(μg/g)	角鲨烯/(mg/kg)	磷脂/(mg/kg)
样 1	0.80 ± 0.08	3.60 ± 0.27	1 718.0 ± 2.6	31.08 ± 0.96	37.10 ± 0.08	121.0 ± 1.0	2.24 ± 0.37	75.00 ± 1.08
样 2	1.20 ± 0.07	4.70 ± 0.14	4 998.0 ± 3.2	33.84 ± 1.64	17.80 ± 0.26	381.0 ± 1.3	21.62 ± 0.25	53.74 ± 0.88
样 3	1.90 ± 0.09	3.40 ± 0.05	4 925.0 ± 1.6	36.06 ± 1.25	12.10 ± 0.34	187.0 ± 0.8	9.40 ± 0.18	100.90 ± 1.14
样 3	2.20 ± 0.05	6.40 ± 0.07	3 529.0 ± 2.0	26.03 ± 0.82	12.30 ± 0.15	182.0 ± 0.9	6.29 ± 0.25	61.65 ± 0.66

由表 6 可见:维生素 C 含量在 4 个发育期逐渐升高;4 个发育期中维生素 B₃ 含量在 3.60 ~ 6.40 mg/kg 之间,第 3 发育期含量最低;磷元素含量也是在第 2 发育期最高,可达 4 998.0 mg/kg;4 个发育期中铁元素含量在 26.03 ~ 36.06 mg/kg 之间,变化幅

度不大;膳食纤维含量在油脂积累初期最高,为 37.10 g/100 g;脂溶性维生素 E 含量在 121.0 ~ 381.0 μg/g 之间,在第 2 发育期最高,这也是油脂积累最活跃期;角鲨烯含量在油脂积累活跃期即第 2 发育期最高,为 21.62 mg/kg;磷脂含量在第 3 发育

期最高,为 100.90 mg/kg,第 2 发育期最低。

核桃种子的形成有两个重要阶段,胚的形成及种子成熟,在其种子发育期,干重和鲜重迅速增加,油脂、蛋白质和 RNA 合成速率加快,蛋白质及油脂快速积累。‘三台’核桃中的蛋白质含量在第 2 发育期最高,膳食纤维含量在第 1 发育期最高,而含油率在第 3 发育期急剧升高,这也许是在油脂积累过程中,大量与油脂合成相关基因表达升高,油脂中不同脂肪酸成分发生变化,从而导致每一发育期油脂脂肪酸不尽相同,同时含油率也不断升高。核桃蛋白中的总氨基酸和必需氨基酸含量均在第 2 发育期最高,是核桃油脂急剧积累前期的物质贮备。

3 结论

‘三台’核桃在授粉 30、60、90、120 d 的发育过程中,油脂积累呈稳定上升趋势,在第 4 发育期含油率达 67.3%。核桃油脂脂肪酸主要是 C16 及 C18 脂肪酸。在‘三台’核桃 4 个发育期,核桃油中均检出芥酸,且在第 1 发育期含量最高,为 0.398%,而在第 4 发育期含量最低,为 0.023%。核桃油中饱和脂肪酸(SFA)含量从第 1 发育期到第 2 发育期下降较多,而后期下降幅度较小,单不饱和脂肪酸(MUFA)含量在 4 个发育期中先升高后略有下降,多不饱和脂肪酸(PUFA)含量在第 2 发育期最高。核桃油中脂溶性成分角鲨烯含量在第 2 发育期最高,而磷脂含量在第 3 发育期最高。水溶性维生素 C 与维生素 B₃ 含量均在第 4 发育期时最高,而脂溶性维生素 E 含量则在第 2 发育期最高。

(上接第 65 页)

薏苡仁油软胶囊内容物各剂量组给予大鼠喂养 30 d,试验期间,各组动物生长活动正常,各剂量组每周体重、进食量、食物利用率及试验结束时各剂量组大鼠体重、体重增量、总进食量、总食物利用率、脏器比与对照组比较,差异均无统计学意义($P > 0.05$)。雄性高剂量组谷草转氨酶、雌性低剂量组血糖与对照组比较,差异有统计学意义($P < 0.05$),但均在本实验室正常值范围内。其余各剂量组大鼠的血清谷丙转氨酶、谷草转氨酶、肌酐、尿素、血糖、甘油三酯、总胆固醇、白蛋白、总蛋白、血红蛋白、红细胞计数、白细胞计数和白细胞分类与对照组相比差异均无统计学意义($P > 0.05$),对受检脏器做组织病理学检查,未见特异性病变。因此,可以认为薏苡仁油软胶囊内容物 30 d 喂养大鼠,未出现毒性反

参考文献:

- [1] 方文亮,宁德鲁. 云南核桃[M]. 北京:科学出版社, 2019.
- [2] SAVAGE G P. Chemical composition of walnuts (*Juglans regia* L.) grown in New Zealand[J]. Plant Food Hum Nutr, 2001,56:75-82.
- [3] LI Q, YIN R, ZHANG Q R, et al. Chemometrics analysis on the content of fatty acid compositions in different walnut (*Juglans regia* L.) varieties[J]. Eur Food Res Technol, 2017, 243(12): 2235-2242.
- [4] OLIVEIRA I, SOUSA A, FERREIRA I C, et al. Total phenols, antioxidant potential and antimicrobial activity of walnut (*Juglans regia* L.) green husks[J]. Food Chem Toxicol, 2008, 46(7): 2326-2331.
- [5] 宋岩,王小红,张锐,等. 新疆核桃品种间品质差异比较[J]. 中国粮油学报, 2019,34(8):91-97.
- [6] 张莹莹,毛向红,张建英. 石门核桃品种‘魁香’坚果品质比较分析[J]. 河北林业科技, 2019(2):6-8.
- [7] 黄瑞敏,潘刚,周晔,等. 西藏核桃引种到内地后坚果品质变化研究[J]. 中国油脂, 2019,44(5):144-148.
- [8] 仲雪娜,任小娜,曾俊,等. 新疆不同品种核桃及其油脂品质对比分析[J]. 中国油脂, 2018,43(12):130-133.
- [9] 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.
- [10] 刘娇,范志远,负新华,等. 云南主栽核桃品种坚果品质比较及综合评价[J]. 西南林业大学学报, 2018, 38(5):97-102.
- [11] 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.
- [12] 刘娇,负新华,范志远,等. 不同海拔下漾濞泡核桃的坚果品质差异性研究[J]. 南方林业科学, 2018, 46(2): 17-20.

应,即薏苡仁油软胶囊无亚急性毒性。

参考文献:

- [1] 国家药典委员会. 中华人民共和国药典:一部[S]. 北京:中国医药科技出版, 2015.
- [2] 杨玲,苏维埃,钱建东,等. 薏苡仁油脂的化学成分分析[J]. 食品科学, 2001,22(5):60-62.
- [3] 李大鹏,黄洁敏,苏维埃,等. 薏苡仁油脂的化学成分分析[J]. 中药新药与临床药理, 1999,10(2):99-101.
- [4] 张明发,沈雅琴. 薏苡仁油抗消化系肿瘤的基础和临床研究[J]. 中国执业药师, 2011,8(8):19-23.
- [5] 姚根宏,张国栋,栾建凤,等. 薏苡仁诱导急性 T 淋巴细胞白血病 Jurkat 细胞凋亡及其机制[J]. 中国实验血液学杂志, 2009,17(4):879-882.
- [6] 陶小军,雷雪霏,李云兴,等. 薏苡仁油的镇痛止血作用[J]. 中国实验方剂学杂志, 2010(17):161-163.
- [7] 周岩飞,金凌云,王琼,等. 薏苡仁油对小鼠免疫功能影响的研究[J]. 中国油脂, 2018,43(8):77-81.