

我国不同产地核桃油与铁核桃油营养成分的分析比较

张旋¹, 方晓璞¹, 杨学华², 史宣明¹, 任春明¹, 孟佳¹, 张煜¹

(1. 中粮工科(西安)国际工程有限公司, 西安 710082; 2. 云南东方红生物科技有限公司, 云南 大理 671000)

摘要:为揭示不同品种核桃油营养成分的差异, 以我国 9 个产地核桃样品和 7 个产地铁核桃样品为原料制备油脂, 测定核桃油和铁核桃油的质量指标、脂肪酸组成及 V_E 、甾醇、角鲨烯含量; 对不同产地核桃油与铁核桃油的营养成分进行分析比较。结果表明: 两种核桃油的酸值和过氧化值均符合国家标准要求; 两种核桃油的脂肪酸组成均符合核桃油国家标准, 以亚油酸、油酸、 α -亚麻酸为主, 陕西汉中、云南楚雄的核桃油和吉林白山的铁核桃油中 α -亚麻酸含量较高, 均在 11% 及以上; 核桃油和铁核桃油总 V_E 含量分别为 30.81 ~ 42.21 mg/100 g 和 31.00 ~ 57.52 mg/100 g, 均以 γ -生育酚为主, 其中云南临沧铁核桃油的 γ -生育酚含量最高, 为 51.60 mg/100 g; 核桃油和铁核桃油总甾醇含量分别为 346.91 ~ 485.20 mg/kg 和 403.34 ~ 656.15 mg/kg, 均以 β -谷甾醇为主; 核桃油和铁核桃油角鲨烯含量分别为 6.7 ~ 11.3 mg/kg 和 6.9 ~ 8.3 mg/kg。铁核桃油油酸、总 V_E 、总甾醇含量平均值高于核桃油, 但角鲨烯含量平均值低于核桃油。

关键词:核桃油; 铁核桃油; 产地; 营养成分

中图分类号: TS225.1; TS201.4 文献标识码: A 文章编号: 1003-7969(2022)05-0060-05

Analysis and comparison of nutritional components of *Juglans regia* oil and *Juglans sigillata* oil from different producing areas in China

ZHANG Xuan¹, FANG Xiaopu¹, YANG Xuehua², SHI Xuanming¹,
REN Chunming¹, MENG Jia¹, ZHANG Yu¹

(1. COFCO ET (Xi'an) International Engineering Co., Ltd., Xi'an 710082, China;

2. Yunnan Dongfanghong Biotechnology Co., Ltd., Dali 671000, Yunnan, China)

Abstract: In order to reveal the difference of nutritional components in different varieties of walnut oil, *Juglans regia* samples from 9 producing areas and *Juglans sigillata* from 7 producing areas were used as raw materials to prepare oil, and the nutritional components in *Juglans regia* oil and *Juglans sigillata* oil from different producing areas were analyzed and compared by determining the quality indexes, fatty acid composition, and V_E , sterol and squalene contents of *Juglans regia* oil and *Juglans sigillata* oil. The results showed that the acid value and peroxide value of walnut oil met the requirements of national standard. The fatty acid compositions of *Juglans regia* oil and *Juglans sigillata* oil met the national standard of walnut oil, mainly linoleic acid, oleic acid and α -linolenic acid. The α -linolenic acid contents of *Juglans regia* oils from Hanzhong of Shaanxi province, Chuxiong of Yunnan province and *Juglans sigillata* oil from Baishan of Jilin province were higher than 11%. The total V_E contents in *Juglans regia* oil and *Juglans sigillata* oil were 30.81 ~ 42.21 mg/100 g and 31.00 ~ 57.52 mg/100 g, respectively, and it was mainly γ -tocopherol.

The *Juglans sigillata* oil from Lincang of Yunnan province had the highest γ -tocopherol content (51.60 mg/100 g). The total sterol contents in *Juglans regia* oil and *Juglans sigillata* oil were 346.91 ~ 485.20 mg/kg and 403.34 ~ 656.15 mg/kg, respectively, and it was mainly

收稿日期: 2022-02-21; 修回日期: 2022-03-09

基金项目: 国家重点研发计划(2019YFD1002400)课题二“木本油料提质增效加工关键技术与设备研究”(2019YFD1002402)

作者简介: 张旋(1991), 女, 工程师, 主要从事油料油脂工程方面的工作(E-mail)767659750@qq.com。

β -sitosterol. The squalene contents of *Juglans regia* oil and *Juglans sigillata* oil were 6.7–11.3 mg/kg and 6.9–8.3 mg/kg, respectively. The average contents of oleic acid, total V_E and total sterol in *Juglans sigillata* oil were higher than those in *Juglans regia* oil, but the average content of squalene was lower than that in *Juglans regia* oil.

Key words: *Juglans regia* oil; *Juglans sigillata* oil; producing area; nutritional component

我国核桃资源丰富,品种多样,主要栽培品种为核桃(*Juglans regia* L.)和铁核桃(*Juglans sigillata* L.)。核桃适应性强,分布广泛,是核桃属中栽培最广泛的树种^[1],是我国重要的木本油料树种^[2];而铁核桃又名山核桃,因其外壳坚硬、厚实而得名^[3],在我国的云贵、大巴山、大兴安岭地区均有分布,产量最多的为云贵地区^[4]。

研究发现,核桃油中不饱和脂肪酸含量达90%左右,其中必需脂肪酸亚油酸含量为50%~60%^[5],还含有 V_E 、甾醇及角鲨烯等生物活性物质,营养价值高^[6-8]。仲雪娜^[9]、郑悦雯^[10]等研究发现,核桃品种影响核桃油脂脂肪酸组成、含量和生物活性物质含量。核桃油中不饱和脂肪酸、 V_E 及甾醇含量等是衡量核桃油品质的重要指标。目前,有关核桃油与铁核桃油营养成分比较的研究较少,因此本文以我国9个产地核桃样品和7个产地铁核桃样品为原料制备油脂,对不同产地核桃油与铁核桃油的质量指标、脂肪酸组成和微量营养成分进行了分析比较,以期为核桃油和铁核桃油相关标准的制修订及精细化利用提供理论支撑。

1 材料与方法

1.1 实验材料

1.1.1 原料与试剂

核桃样品9份,产地(编号)分别为贵州遵义(R1)、云南楚雄(R2)、山西长治(R3)、山西晋中(R4)、河北邢台(R5)、新疆喀什(R6)、陕西西安(R7)、陕西子长(R8)、陕西汉中(R9);铁核桃样品7份,产地(编号)分别为云南楚雄(TR1)、河北邯郸(TR2)、山西垣曲(TR3)、吉林白山(TR4)、云南武定(TR5)、西藏林芝(TR6)、云南临沧(TR7)。

37种脂肪酸甲酯混合标准品, α -、 β -、 γ -、 δ -生育酚(TP)标准品(纯度>95%), 5α -胆甾醇、菜油甾醇、豆甾醇、 β -谷甾醇标准品(纯度>93%),角鲨烯标准品(纯度99.7%);正己烷、无水甲醇为色谱纯;氢氧化钾、甲醇、石油醚(沸程30~60℃)、无水乙醇、乙醚、异丙醇、冰乙酸、碘化钾、硫代硫酸钠、无水硫酸钠、重铬酸钾、三氯甲烷,均为分析纯。

1.1.2 仪器与设备

GC7890气相色谱仪、1200液相色谱仪,美国安捷伦公司;6YY-190液压榨油机;LD5-2B离心机;电子分析天平;索氏抽提器;恒温水浴锅;干燥箱。

1.2 实验方法

1.2.1 核桃油和铁核桃油的制备

核桃经人工剥壳取仁,剔除黑色霉变的核桃仁后,称取核桃仁2.5 kg,使用液压榨油机压榨制油,于20℃下5 000 r/min离心10 min后得到核桃油,4℃冰箱保存待用。

铁核桃油的制备方法同核桃油。

1.2.2 核桃油质量指标的测定

水分及挥发物含量测定参照GB 5009.236—2016;不溶性杂质含量测定参照GB/T 15688—2008;酸值测定参照GB 5009.229—2016;过氧化值测定参照GB 5009.227—2016。

1.2.3 核桃油脂肪酸组成的测定

参照GB 5009.168—2016,采用气相色谱峰面积归一化法测定脂肪酸组成。

1.2.4 核桃油微量营养成分含量测定

V_E 组成及含量测定参照GB 5009.82—2016;甾醇组成及含量测定参照GB/T 25223—2010;角鲨烯含量测定参照LS/T 6120—2017。

2 结果与讨论

2.1 核桃油和铁核桃油的质量指标

对我国9个产地的核桃油和7个产地的铁核桃油进行质量指标测定,结果分别见表1、表2。

表1 不同产地核桃油的质量指标

样品	不溶性杂质/%	水分及挥发物/%	酸值(KOH)/(mg/g)	过氧化值/(mmol/kg)
R1	0.16	0.10	1.32	1.19
R2	0.12	0.15	1.04	0.72
R3	0.14	0.10	1.48	1.02
R4	0.13	0.15	1.41	1.03
R5	0.10	0.13	1.35	1.90
R6	0.14	0.14	0.80	1.51
R7	0.17	0.17	0.68	1.49
R8	0.11	0.16	0.91	1.32
R9	0.12	0.11	1.00	1.60
平均值	0.13	0.13	1.11	1.31

表2 不同产地铁核桃油的质量指标

样品	不溶性杂质/%	水分及挥发物/%	酸值(KOH)/(mg/g)	过氧化值/(mmol/kg)
TR1	0.13	0.09	0.68	1.73
TR2	0.13	0.15	0.56	1.98
TR3	0.09	0.13	0.95	1.58
TR4	0.11	0.02	2.12	4.21
TR5	0.13	0.09	1.41	2.77
TR6	0.05	0.04	1.46	2.91
TR7	0.11	0.05	1.39	2.79
平均值	0.11	0.08	1.22	2.57

由表1、表2可知:9个产地核桃油的不溶性杂质含量为0.10%~0.17%,水分及挥发物含量为0.10%~0.17%,酸值(KOH)为0.68~1.48 mg/g,

过氧化值为0.72~1.90 mmol/kg;7个产地铁核桃油的不溶性杂质含量为0.05%~0.13%,水分及挥发物含量为0.02%~0.15%,酸值(KOH)为0.56~2.12 mg/g,过氧化值为1.58~4.21 mmol/kg。铁核桃油过氧化值的平均值(2.57 mmol/kg)高于核桃油过氧化值平均值(1.31 mmol/kg)。9个产地核桃油和7个产地铁核桃油的质量指标均满足GB/T 22327—2019《核桃油》及GB 2716—2018《食品安全国家标准 植物油》原油要求。

2.2 核桃油和铁核桃油的脂肪酸组成及含量

对我国9个产地核桃油和7个产地铁核桃油进行脂肪酸组成及含量分析,结果分别见表3、表4。

表3 不同产地核桃油脂肪酸组成及含量

脂肪酸	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8	R9	平均值
棕榈酸	6.70	6.01	6.99	6.42	7.03	6.21	7.29	5.84	6.98	6.61
棕榈油酸	0.06	0.09	0.07	0.06	0.09	0.14	0.08	0.07	0.09	0.08
硬脂酸	2.35	2.94	3.71	3.91	2.08	2.28	2.33	2.54	4.24	2.93
油酸	22.85	19.83	19.84	20.98	11.52	25.46	29.68	34.65	16.00	22.31
亚油酸	57.96	60.61	60.84	58.93	68.14	58.19	53.57	50.63	61.89	58.97
α -亚麻酸	9.72	11.00	8.91	9.04	10.88	8.41	7.33	6.77	11.58	9.29

表4 不同产地铁核桃油脂肪酸组成及含量

脂肪酸	TR1	TR2	TR3	TR4	TR5	TR6	TR7	平均值
棕榈酸	5.33	6.28	5.89	3.10	5.18	5.56	3.33	4.95
棕榈油酸	0.09	0.08	0.07	ND	0.07	0.11	ND	0.06
硬脂酸	2.17	2.99	2.57	0.95	2.50	2.69	1.03	2.13
油酸	26.73	26.05	31.58	17.45	26.53	24.07	24.94	25.34
亚油酸	57.37	57.39	52.03	65.50	58.22	59.90	60.89	58.76
α -亚麻酸	7.80	7.30	7.29	11.19	8.37	7.39	9.06	8.34

注:ND表示未检出,定义为0.05%。

由表3、表4可知,9个产地核桃油和7个产地铁核桃油的脂肪酸组成相同,脂肪酸含量大小依次为亚油酸、油酸、 α -亚麻酸、棕榈酸、硬脂酸和棕榈油酸,各脂肪酸含量范围均符合GB/T 22327—2019《核桃油》要求。陕西汉中(R9)、云南楚雄(R2)的核桃油和吉林白山(TR4)的铁核桃油中 α -亚麻酸含量较高,均在11%及以上,铁核桃油油酸含量平均值(25.34%)高于核桃油油酸含量平均值(22.31%)。

2.3 核桃油和铁核桃油的 V_E 组成及含量

对我国9个产地的核桃油和7个产地的铁核桃油 V_E 组成及含量进行测定,结果分别见表5、表6。

表5 不同产地核桃油 V_E 组成及含量

样品	α -TP	β -TP	γ -TP	δ -TP	总 V_E
R1	1.08	ND	37.20	3.93	42.21
R2	1.07	ND	34.20	3.37	38.64
R3	1.75	ND	30.80	3.64	36.19
R4	1.02	ND	35.00	3.60	39.62
R5	1.44	0.21	24.20	5.49	31.34
R6	1.10	0.18	26.20	3.33	30.81
R7	1.89	0.43	25.86	4.88	33.06
R8	1.71	ND	30.60	5.93	38.24
R9	1.20	ND	27.90	5.99	35.09
平均值	1.36	0.09	30.22	4.46	36.13

注:ND表示未检出。下同

表6 不同产地铁核桃油 V_E 组成及含量 mg/100 g

样品	α -TP	β -TP	γ -TP	δ -TP	总 V_E
TR1	0.83	ND	26.50	3.67	31.00
TR2	0.35	ND	40.34	3.43	44.12
TR3	0.19	ND	32.80	3.14	36.13
TR4	0.23	ND	41.10	2.89	44.22
TR5	1.14	ND	37.00	4.39	42.53
TR6	0.82	ND	37.80	3.71	42.33
TR7	1.15	ND	51.60	4.77	57.52
平均值	0.67		38.16	3.71	42.55

由表5可知:9个产地核桃油总 V_E 含量为 30.81~42.21 mg/100 g,均含有 γ -TP、 δ -TP 及 α -TP,其中 γ -TP 含量最高,占总 V_E 含量的 77% 以上;陕西西安(R7)、河北邢台(R5)及新疆喀什(R6)的核桃油中含极少量的 β -TP,其他6个产地的核桃油均未检出 β -TP。由表6可知:7个产地铁核桃油总 V_E 含量为 31.00~57.52 mg/100 g,均含

有 γ -TP、 δ -TP 及 α -TP,其中 γ -TP 含量最高,占总 V_E 含量的 85% 以上;7个产地铁核桃油均不含 β -TP。对比表5、表6可知,核桃油和铁核桃油 V_E 组成均以 γ -TP 为主,云南临沧(TR7)铁核桃油的 γ -TP 含量最高,为 51.60 mg/100 g。 γ -TP 具有一些特殊的、其同系物不具备的药理学活性。Rezaei 等^[11]研究表明, γ -TP 可以与洛伐他汀协同诱导结直肠癌细胞系的凋亡;Ros 等^[12]发现 γ -TP 对癌症具有良好的预防和辅助治疗作用。铁核桃油总 V_E 、 γ -TP 含量平均值分别为 42.55、38.16 mg/100 g,高于核桃油中总 V_E 、 γ -TP 含量平均值(36.13、30.22 mg/100 g)。

2.4 核桃油和铁核桃油的甾醇组成及含量

对我国9个产地的核桃油和7个产地的铁核桃油甾醇组成及含量进行了测定,结果分别见表7、表8。

表7 不同产地核桃油甾醇组成及含量

样品	胆甾醇	菜油甾醇	芸薹甾醇	豆甾醇	β -谷甾醇	环阿甾醇	高根二醇	总甾醇
R1	7.03	6.61	2.19	3.23	208.48	119.37	ND	346.91
R2	5.53	6.18	2.64	2.91	256.16	136.00	ND	409.42
R3	1.29	39.37	43.28	5.17	247.14	113.62	0.52	450.39
R4	5.71	39.87	54.25	3.73	228.58	152.93	0.13	485.20
R5	3.67	23.96	2.28	5.91	235.07	131.92	ND	402.81
R6	4.29	40.40	30.31	4.79	198.99	135.11	0.59	414.08
R7	3.63	41.49	36.81	5.69	206.19	154.94	0.68	449.43
R8	3.85	40.61	33.85	4.75	201.13	154.10	ND	438.29
R9	2.00	42.36	33.55	5.06	186.16	140.84	ND	409.97
平均值	4.11	31.21	26.57	4.58	218.66	137.65	0.21	422.99

表8 不同产地铁核桃油甾醇组成及含量

样品	胆甾醇	菜油甾醇	芸薹甾醇	豆甾醇	β -谷甾醇	环阿甾醇	高根二醇	总甾醇
TR1	2.47	42.84	28.50	3.40	196.44	129.20	0.49	403.34
TR2	6.42	10.90	49.24	70.37	291.45	61.52	1.66	491.56
TR3	1.42	26.98	67.27	95.04	276.87	188.35	0.22	656.15
TR4	5.94	27.79	63.60	90.38	296.01	73.06	ND	556.78
TR5	2.44	43.10	33.70	4.05	217.61	124.48	0.51	425.89
TR6	2.56	43.79	32.62	3.85	229.59	112.09	0.50	425.00
TR7	2.54	43.58	35.68	3.37	235.63	138.99	0.09	459.88
平均值	3.40	34.14	44.37	38.64	249.09	118.24	0.50	488.37

由表7可知:9个产地核桃油总甾醇含量为 346.91~485.20 mg/kg,均含有胆甾醇、菜油甾醇、芸薹甾醇、豆甾醇、 β -谷甾醇和环阿甾醇,其中 β -谷甾醇含量最高,环阿甾醇次之,不同产地的菜油甾醇和芸薹甾醇含量差异较大,胆甾醇和豆甾醇含量较少;山西长治(R3)、山西晋中(R4)、新疆喀什(R6)及陕西西安(R7)4个产地的核桃油含有极少量的高根二醇,其他5个产地核桃油均未检出高根二醇。由表8可知,7个产地铁核桃油总甾醇含量

为 403.34~656.15 mg/kg,均含有胆甾醇、菜油甾醇、芸薹甾醇、豆甾醇、 β -谷甾醇和环阿甾醇,其中 β -谷甾醇含量最高,不同产地环阿甾醇、菜油甾醇、芸薹甾醇及豆甾醇含量差异较大,胆甾醇含量较少,吉林白山(TR4)铁核桃油不含高根二醇,其他6个产地铁核桃油中均含极少量的高根二醇。 β -谷甾醇具有抗炎、抗氧化、抗肿瘤、抗菌、抗抑郁、抗脱发等生物活性^[13]; β -谷甾醇可通过与肺炎链球菌溶血素上胆固醇的结合位点结合,抑制肺炎链球菌

的细胞毒性及基因毒性,从而保护机体免受损伤^[14];Alappat等^[15]用 β -谷甾醇与维生素D₃共同作用于脂多糖刺激的小鼠巨噬细胞24 h后发现,巨噬细胞的增殖较对照组减少75%,NO释放量较对照组增加220%,表明 β -谷甾醇与维生素D₃联用可增强巨噬细胞的免疫作用。

对比表7、表8可知,铁核桃油总甾醇、 β -谷甾醇含量平均值分别为488.37、249.09 mg/kg,高于核桃油总甾醇、 β -谷甾醇含量平均值(422.99、218.66 mg/kg)。

2.5 核桃油和铁核桃油的角鲨烯含量

对我国9个产地核桃油和7个产地铁核桃油的角鲨烯含量进行测定,结果分别见表9、表10。

表9 不同产地核桃油角鲨烯含量 mg/kg

样品	角鲨烯含量	样品	角鲨烯含量
R1	11.3	R6	9.7
R2	7.1	R7	7.7
R3	10.2	R8	11.0
R4	9.4	R9	6.7
R5	9.1	平均值	9.1

表10 不同产地铁核桃油角鲨烯含量 mg/kg

样品	角鲨烯含量	样品	角鲨烯含量
TR1	7.3	TR5	7.8
TR2	8.3	TR6	8.0
TR3	6.9	TR7	8.1
TR4	6.9	平均值	7.6

由表9可知,9个产地核桃油角鲨烯含量为6.7~11.3 mg/kg,其中贵州遵义(R1)和陕西子长(R8)核桃油的角鲨烯含量较高,陕西汉中(R9)和云南楚雄(R2)核桃油的角鲨烯含量较低。由表10可知,不同产地铁核桃油角鲨烯含量为6.9~8.3 mg/kg,不同产地间略有差异。

对比表9和表10可知,核桃油角鲨烯含量平均值(9.1 mg/kg)稍高于铁核桃油角鲨烯含量平均值(7.6 mg/kg)。

3 结论

以我国9个产地核桃样品和7个产地铁核桃样品为原料制备油脂,对不同产地核桃油与铁核桃油的质量指标、脂肪酸组成和微量营养成分进行了分析比较。结果表明:两种核桃油质量指标均符合国家标准;两种核桃油的脂肪酸组成均符合核桃油国家标准,以亚油酸、油酸、 α -亚麻酸为主,陕西汉中、云南楚雄的核桃油和吉林白山的铁核桃油中 α -亚麻酸含量较高,均在11%及以上;核桃油和铁核桃油V_E组成中均以 γ -TP为主,其中云南临沧铁

核桃油的 γ -TP含量最高,为51.60 mg/100 g;核桃油和铁核桃油甾醇组成中均以 β -谷甾醇为主;核桃油角鲨烯含量平均值稍高于铁核桃油的;铁核桃油的油酸、总V_E、总甾醇含量平均值高于核桃油的。

参考文献:

- [1] 王滑, 阎亚波, 张俊佩, 等. 应用ITS序列及SSR标记分析核桃与铁核桃亲缘关系[J]. 南京林业大学学报(自然科学版), 2009, 33(6): 35-38.
- [2] 陈鹏, 张仕林. 云南核桃资源现状及其加工利用前景分析[J]. 安徽农业学报, 2009, 15(1): 59-61.
- [3] 刘峻蓉. 云南铁核桃的改良[J]. 北方园艺, 2011(20): 72-73.
- [4] 李国和. 核桃种质资源研究[D]. 四川雅安: 四川农业大学, 2007.
- [5] COSTA T, JORGE N. Characterization and fatty acids profile of the oils from Amazon nuts and walnuts[J]. Nutr Food Sci, 2012, 42(4): 279-287.
- [6] TAPIA M I, SNCHEZ - MORGADO J R, GARCIA - PARRA J, et al. Comparative study of the nutritional and bioactive compounds content of four walnut (*Juglans regia* L.) cultivars[J]. J Food Compos Anal, 2013, 31(2): 232-237.
- [7] PYCIA K, KAPUSTA I, JAWORSKA G, et al. Antioxidant properties, profile of polyphenolic compounds and tocopherol content in various walnut (*Juglans regia* L.) varieties[J]. Eur Food Res Technol, 2019, 245(3): 607-616.
- [8] 孙翠, 李永涛, 王明林, 等. 核桃仁维生素E含量分析研究[J]. 中国粮油学报, 2011, 26(6): 45-51.
- [9] 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.
- [10] 郑悦雯, 吴书天, 沈丹玉, 等. 10个品种核桃油品质比较[J]. 中国油脂, 2020, 45(10): 47-51.
- [11] REZAEI M, ZEIDOOONI L, HASHEMITABAR M, et al. Gamma-tocopherol enhances apoptotic effects of lovastatin in human colorectal carcinoma cell line (HT29)[J]. Nutr Cancer, 2014, 66(8): 1386-1393.
- [12] ROS E, IZQUIERDO - PULIDO M, SALA - VILA A. Beneficial effects of walnut consumption on human health: role of micronutrients [J]. Curr Opin Clin Nutr Metab Care, 2018, 21(6): 498-504.
- [13] 陈元望, 曾奥, 罗振辉, 等. β -谷甾醇药理作用研究进展[J]. 广东药科大学学报, 2021, 37(1): 148-153.
- [14] 赵小然. β -谷甾醇和毛蕊花糖苷对肺炎链球菌溶血素的抑制作用及机制[D]. 长春: 吉林大学, 2017.
- [15] ALAPPAT L, VALERIO M. Effect of vitamin D and β -sitosterol on immune function of macrophages [J]. Int Immunopharmacol, 2010, 10(11): 1390-1396.