

两种压榨条件下深纹核桃油品质和挥发性风味成分的比较

陈 鹏¹, 庄永亮¹, 耿树香^{2,3}, 缪福俊^{2,3}, 宁德鲁^{2,3}

(1. 昆明理工大学 食品科学与工程学院, 昆明 650504; 2. 云南省林业和草原科学院, 昆明 650201;

3. 云南省木本油料技术创新中心, 昆明 650201)

摘要: 旨在为深纹核桃油风味研究和品质提升提供参考, 以云南主栽的漾濞泡核桃为原料, 采用两种压榨工艺制备了低温压榨核桃油与热榨核桃油, 并比较了两种核桃油的酸值、过氧化值和脂肪酸组成。通过顶空固相微萃取结合气相色谱-质谱联用技术测定了两种核桃油挥发性物质组成及含量, 并采用相对气味活度值分析了深纹核桃油中的关键挥发性物质。结果表明: 热榨核桃油的酸值和过氧化值均高于低温压榨核桃油, 两种核桃油的脂肪酸组成及含量没有显著差异; 两种核桃油中共鉴定出 54 种挥发性物质, 主要包括醛类、酸类、酮类、烃类、醇类、酯类和杂环类; 己醛、反-2-壬烯醛、反, 反-2, 4-癸二烯醛、1-辛烯-3-醇、反, 反-2, 4-壬二烯醛、壬醛、反-2-辛烯醛、2, 3-辛二酮、庚醛、庚醇、2-己烯醛 11 种化合物为热榨核桃油的关键风味成分, 己醛、反, 反-2, 4-癸二烯醛、1-辛烯-3-醇、壬醛、反-2-辛烯醛、庚醛、庚醇、2-戊基呋喃和癸醛 9 种化合物是低温压榨核桃油的关键风味成分。综上, 压榨工艺会影响核桃油的品质和风味成分。

关键词: 核桃油; 压榨工艺; 挥发性风味成分; 相对气味活度值

中图分类号: TS224; TS225.1 文献标识码: A 文章编号: 1003-7969(2025)08-0060-06

Comparison of quality and volatile flavor components of *Juglans sigillata* oil under two pressing conditions

CHEN Peng¹, ZHUANG Yongliang¹, GENG Shuxiang^{2,3},
MIAO Fujun^{2,3}, NING Delu^{2,3}

(1. School of Food Science and Engineering, Kunming University of Science and Technology, Kunming 650504, China; 2. Yunnan Academy of Forestry and Grassland Sciences, Kunming 650201, China; 3. Yunnan Technology Innovation Center of Woody Oil, Kunming 650201, China)

Abstract: In order to provide a reference for the flavor research and quality improvement of *Juglans sigillata* oil, with the main variety of Yangbi walnuts in Yunnan as materials, and two pressing processes were employed to prepare low-temperature pressed walnut oil and hot-pressed walnut oil. The acid value, peroxide value, and fatty acid composition of the two pressing processes of walnut oil were compared. The volatile components and their contents in the two pressing processes of walnut oil were determined using headspace solid-phase microextraction combined with gas chromatography-mass spectrometry, and the key volatile compounds in the *Juglans sigillata* oil were analyzed using relative odor

activity values. The results showed that the acid value and peroxide value of hot-pressed walnut oil were higher than those of low-temperature pressed walnut oil. There was no significant difference in the fatty acid composition and content between the two pressing processes of walnut oil. A total of 54 volatile substances were

收稿日期: 2023-07-25; 修回日期: 2025-06-03

基金项目: 云南省重大科技专项(202202AE090007); 云南省基础研究计划面上项目(202401AT070300); 兴滇英才支持计划

作者简介: 陈 鹏(2000), 男, 硕士研究生, 研究方向为食品安全与营养(E-mail) chen01050602@163.com。

通信作者: 缪福俊, 副研究员, 博士(E-mail) miaofujun@yeah.net; 宁德鲁, 研究员(E-mail) ningdelu@163.com。

identified in the two pressing processes of walnut oil, mainly including aldehydes, acids, ketones, hydrocarbons, alcohols, esters and heterocyclic compounds. Eleven compounds, including hexanal, (*E*)-2-nonenal, (*E,E*)-2,4-decadienal, 1-octen-3-ol, (*E,E*)-2,4-nonadienal, nonanal, (*E*)-2-octenal, 2,3-octanedione, heptanal, heptanol, and 2-hexenal, were key flavor components in hot-pressed walnut oil. Nine compounds, including hexanal, (*E,E*)-2,4-decadienal, 1-octen-3-ol, nonanal, (*E*)-2-octenal, heptanal, heptanol, 2-pentylfuran, and decanal, were key flavor components in low-temperature pressed walnut oil. In summary, the pressing process significantly affects the quality and flavor components of walnut oil.

Key words: walnut oil; pressing process; volatile flavor components; relative odor activity value

核桃油是从胡桃科(Juglandaceae)胡桃属(*Juglans* L.)核桃的种子(核桃仁)中提取的油脂,有着悠久的食用历史。核桃仁的含油率高达60%~70%,核桃树也因此有“树上油库”的美称^[1]。核桃油中不饱和脂肪酸含量高达90%,其中以亚油酸(46.9%~68.6%)、亚麻酸(6.9%~17.6%)、油酸(10.0%~25.0%)为主,核桃油中还含有生育酚、磷脂、角鲨烯、黄酮等多种活性物质,具有降胆固醇、抗癌、健脑等多种功能,是一种健康的植物油^[2]。

气味是植物油一大重要特征,也是判断油脂品质的指标之一^[3]。油脂的整体风味由其挥发性物质组成决定,而不同的提取工艺条件会导致挥发性物质在提取过程中的释放量不同,从而赋予油脂不同的风味^[4-6],同时提取工艺也会影响油脂营养品质及氧化稳定性^[7]。

我国的核桃产量位居世界第一,其中云南是我国核桃种植大省,且云南核桃具有纹理较深的特征^[8]。本研究以云南三大主栽核桃品种之一的漾濞泡核桃为原料,对其进行热榨与低温压榨处理,对比两种压榨工艺条件下深纹核桃油的酸值、过氧化值和脂肪酸组成,采用顶空固相微萃取(SPME)-气相色谱-质谱联用(GC/MS)技术^[9]测定其挥发性成分的差异,以期对深纹核桃油的风味研究和品质提高提供依据。

1 材料与方法

1.1 实验材料

漾濞泡核桃仁,云南省木本油料工程技术研究中心;2-甲基-3-庚酮,美国Sigma公司;乙酸、无水乙醇,天津市富宇精细化工有限公司;三氯甲烷,重庆东川化工有限公司;碘化钾,上海申博化工有限公司;可溶性淀粉、重铬酸钾、硫代硫酸钠、氢氧化钾,天津风船化学试剂科技有限公司;邻苯二甲酸氢钾,同济大学;氢氧化钠,天津致远化学试剂有限公司。

气相色谱-质谱联用仪,日本岛津有限公司;全

自动液压榨油机,山东沂水阳东机械有限公司;电子分析天平,赛多利斯科学仪器有限公司;螺旋搅拌加热机;HP-5MS 石英毛细管柱(30 m×0.25 mm, 0.25 μm),美国安捷伦科技有限公司;ACAR/PDMS/DVB 固相微萃取探针,青岛贞正工贸有限公司。

1.2 实验方法

1.2.1 热榨核桃油和低温压榨核桃油的制备

热榨核桃油:取适量的漾濞泡核桃仁置于螺旋搅拌加热机中翻炒加热,并用红外测温仪检测核桃仁的温度,待核桃仁温度达到120℃时开始计时10 min,之后用双层滤布将核桃仁包好放入全自动液压榨油机中。每个滤布包平铺整齐,且两两之间用铁片隔开,启动液压榨油机开始榨油,榨取的油脂用新的滤布过滤后,用密封瓶包装好,即得热榨核桃油,即刻检测油脂风味。

低温压榨核桃油:无热榨核桃油所需的高温翻炒处理步骤,而是直接将用滤布包好的核桃仁放入全自动液压榨油机中榨油,得到低温压榨核桃油。

两种核桃油压榨方式的工艺参数如表1所示。

表 1 两种核桃油压榨方式的工艺参数
Table 1 Process parameters of walnut oil prepared by two pressing processes

项目	低温压榨核桃油	热榨核桃油
原料	未脱内种皮漾濞泡核桃仁	未脱内种皮漾濞泡核桃仁、热榨核桃油饼粕粉末
所需设备	全自动液压榨油机	全自动液压榨油机、螺旋搅拌加热机、红外测温仪
压榨前处理	室温	搅拌加热至 120~150℃ 保持 10 min
压榨压力/MPa	48	48
压榨时间/h	2	2
出油率/%	56.5	59.0
核桃油感官特征	透明、亮黄色、风味较淡	橙黄、透明、风味十分明显

1.2.2 酸值和过氧化值测定

酸值,采用 GB 5009.229—2016 中的第三法进行测定;过氧化值,采用 GB 5009.227—2016 中的第一法进行测定。

1.2.3 脂肪酸组成测定

参照 GB 5009.168—2016 进行脂肪酸组成及含量测定。

1.2.4 风味物质测定

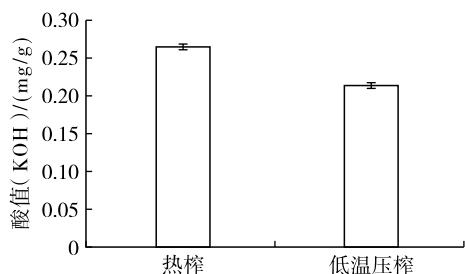
参考夏欣^[10]的方法采用 SPME-GC/MS 技术测定油样的风味物质组成及含量。准确称取 5 g 核桃油于 15 mL 棕色萃取瓶中,加入 10 μ L 质量浓度为 0.816 μ g/ μ L 的 2-甲基-3-庚酮作为内标物,用有橡胶垫的盖子密封。在 40 $^{\circ}$ C 下平衡 20 min 后,将老化后的萃取探针(250 $^{\circ}$ C 老化 1 h)刺穿萃取瓶的橡胶垫,伸出纤维头顶空萃取 30 min,待气相色谱仪处于待机状态后,将萃取针插入进样口,解吸 5 min,待 GC/MS 分析。

GC 条件:HP-5MS 石英毛细管色谱柱(30 m $\times$ 0.25 mm, 0.25 μ m);进样口温度 250 $^{\circ}$ C;不分流进样;升温程序为起始温度 40 $^{\circ}$ C,保持 3 min,然后以 4 $^{\circ}$ C/min 升温至 200 $^{\circ}$ C,再以 8 $^{\circ}$ C/min 升温至 230 $^{\circ}$ C,保持 5 min;载气为氦气,流速 0.9 mL/min。

MS 条件:电子能量 70 eV;接口温度 250 $^{\circ}$ C;电子轰击离子源(EI)温度 230 $^{\circ}$ C;扫描范围 35 ~ 600 u。

采用 NIST 谱库和 Wiley 谱库对风味物质进行匹配定性(只选取匹配度 $\geq 80\%$ 的成分),通过内标法定量。挥发性物质含量的计算^[11]见式(1)。

$$\omega = \frac{S_i}{S_{\text{内}}} \times \frac{\omega_{\text{内}} \times m_{\text{内}}}{M} \quad (1)$$



式中: ω 为油样中挥发性物质的含量, μ g/g; $\omega_{\text{内}}$ 为内标物的含量, μ g/g; S_i 、 $S_{\text{内}}$ 分别为挥发性物质的峰面积和内标物的峰面积; $m_{\text{内}}$ 、 M 分别为内标物的质量和油样的质量, μ g。

1.2.5 关键风味成分分析

相对气味活度值(ROAV)是一个可以代表每种化合物对整体香气的相对贡献的指标,常应用于食品关键风味成分分析^[12]。ROAV 越大,对整体风味贡献越大,其中 ROAV 大于 1 的挥发性化合物为样品中的关键风味成分。将对油样整体风味贡献最大的挥发性成分的 ROAV 定为 100,其他各成分的 ROAV 则按式(2)计算。

$$V_A = \frac{C_A}{T_A} \times \frac{T_{\text{max}}}{C_{\text{max}}} \times 100 \quad (2)$$

式中: C_A 、 T_A 分别为各成分的相对含量和相对应的气味阈值; C_{max} 、 T_{max} 分别为对总体风味贡献最大的成分的相对含量和相对应的气味阈值。

1.2.6 数据处理

采用 Origin 2021 和 Excel 2021 软件进行数据处理和绘图。

2 结果与讨论

2.1 两种压榨工艺核桃油的酸值和过氧化值比较

过氧化物是油脂氧化酸败过程中生成的一种中间产物,稳定性差,会导致油脂进一步变质,是判断油脂酸败程度的主要指标。而游离脂肪酸是油脂水解酸败过程中产生的,它能加速油脂的酸败,也是判断油脂酸败程度的指标之一^[13]。通过测定不同工艺下制取的云南深纹核桃油酸值和过氧化值,可了解油脂的品质。两种压榨工艺核桃油的酸值和过氧化值如图 1 所示。

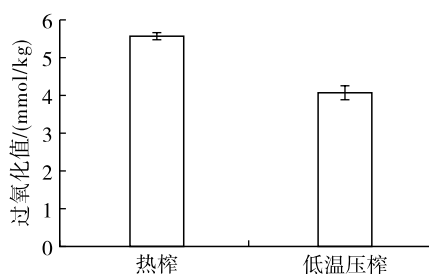


图 1 两种压榨工艺核桃油的酸值和过氧化值

Fig. 1 Acid value and peroxide value of walnut oil prepared by two pressing processes

由图 1 可知,热榨核桃油的过氧化值和酸值均高于低温压榨核桃油,这可能是因为热榨工艺在压榨前需对核桃仁进行高温翻炒处理,使核桃仁内的油脂发生了一定程度的热氧化,且高温会引起核桃仁中内源性抗氧化活性物质的降解,从而使得热榨核桃油的过氧化值和酸值比低温压榨核桃油的高。

2.2 两种压榨工艺核桃油脂肪酸组成的比较

脂肪酸与人体健康息息相关,主要发挥着保持细胞膜的相对流动性、提高脑细胞活性、增强记忆力和思维能力等作用^[14]。因此,考察油脂脂肪酸组成,对探究油脂的品质具有重要意义。两种压榨工艺核桃油的主要脂肪酸组成如表 2 所示。

表 2 两种压榨工艺核桃油的主要脂肪酸组成及含量

Table 2 Main fatty acid composition and content of walnut oil prepared by two pressing processes %

工艺	棕榈酸	硬脂酸	油酸	亚油酸	α -亚麻酸
热榨	6.81±0.01	2.19±0.00	20.32±0.01	62.44±0.08	7.52±0.07
低温压榨	6.71±0.01	2.15±0.00	20.20±0.02	62.86±0.03	7.62±0.04

由表 2 可知,热榨核桃油含油酸 20.32%、亚油酸 62.44%、棕榈酸 6.81%、硬脂酸 2.19%、 α -亚麻酸 7.52%,低温压榨核桃油含油酸 20.20%、亚油酸 62.86%、棕榈酸 6.71%、硬脂酸 2.15%、 α -亚麻酸 7.62%。两种压榨工艺的核桃油中都富含不饱和脂肪酸,其中含量最高的是亚油酸。亚油酸作为 ω -6 脂肪酸的一种,人体自身并不能直接合成,只有通过外界食物摄入,是必需脂肪酸。两种压榨工艺核桃油中 α -亚麻酸含量均接近 8%, α -亚麻酸也是必需脂肪酸。 T 检验分析表明,两种压榨工艺核桃油的脂肪酸含量没有显著差异。

2.3 两种压榨工艺核桃油的挥发性物质比较

两种压榨工艺核桃油的挥发性物质组成及含量如表 3 所示。

表 3 两种压榨工艺核桃油的挥发性物质组成及含量

Table 3 Volatile substances composition and content of walnut oil prepared by two pressing processes

化合物	气味描述 ^[15-18]	含量/($\mu\text{g/g}$)	
		热榨	低温压榨
醇类			
1-戊醇	青草味	0.571 53	1.188 46
1-十六烷醇	-	nd	0.009 76
2,3-丁二醇	-	0.113 08	nd
正己醇	酒香、果香	2.041 64	2.118 39
庚醇	水果香、醇香	0.119 19	0.092 60
1-辛烯-3-醇	蘑菇味	0.238 39	0.366 57
环辛醇	-	0.021 39	nd
正辛醇	油脂味、柑橘味	0.064 18	0.042 44
醛类			
己醛	青草味、牛脂味、脂肪香	6.036 29	6.058 06
2-己烯醛	油脂味、腐臭味	0.051 95	nd
庚醛	脂肪味、柑橘味、腐臭味	0.119 19	0.135 05
反,反-2,4-庚二烯醛	坚果味、脂肪香	0.024 45	nd
反-2-辛烯醛	清新味、脂肪香、坚果味	0.290 35	0.173 63
壬醛	脂肪香、柑橘味、清新味	0.342 31	0.254 67
反-2-壬烯醛	黄瓜味、脂肪香、清新味	0.088 63	nd
癸醛	肥皂味、橙皮味、牛脂味	0.030 56	0.046 30
反,反-2,4-壬二烯醛	油脂味、蜡味、青草味	0.033 61	nd
反-2-癸烯醛	牛脂味	0.085 57	0.011 38
反,反-2,4-癸二烯醛	油炸味、蜡味、脂肪香	0.051 95	0.045 73

续表 3

化合物	气味描述 ^[15-18]	含量/($\mu\text{g/g}$)	
		热榨	低温压榨
十一醛	橙香、玫瑰花香	0.009 16	nd
2-十一烯醛	柑橘味、脂肪香	0.058 07	nd
苯乙醛	薰衣草香、花香	0.103 91	nd
反-2-己烯醛	苹果味、清新味	nd	0.023 15
酸类			
戊酸	汗味	0.110 02	0.006 50
己酸	汗臭味	0.079 46	0.078 08
庚酸	-	0.055 01	0.027 65
辛酸	汗味、奶酪味	0.055 01	0.038 58
十六酸	-	1.660 11	0.358 85
十四酸	-	nd	0.204 50
亚油酸	-	4.765 61	nd
酮类			
2-庚酮	香蕉味、轻微药香	0.100 85	nd
2,3-辛二酮	-	0.137 53	nd
3-辛烯-2-酮	坚果味、碾碎的臭虫味	0.055 01	0.011 38
3,5,5-三甲基环己-2-烯酮	-	0.018 33	nd
5-甲基-2-己酮	-	nd	0.163 32
杂环类			
2,5-二甲基吡嗪	可可味、烤坚果味、烤牛肉味、药味	0.051 95	nd
2,5-二乙基吡嗪	烘烤味、坚果味	0.012 22	nd
糠醛	面包味、坚果味、甜味	0.441 87	nd
2-戊基呋喃	绿豆味、黄油味	nd	0.169 78
丙位己内酯	-	0.048 90	0.032 66
丙位十二内酯	-	0.004 88	nd
烃类			
十二烷	-	0.028 90	0.026 02
十三烷	-	0.027 50	nd
1-十九烯	-	0.004 12	0.013 01
1-十三烯	-	nd	0.038 58
乙基苯	-	nd	0.027 01
酯类			
棕榈酸甲酯	-	0.030 56	nd
棕榈酸乙酯	-	0.251 90	nd
亚油酸甲酯	-	0.168 09	nd
1-亚油酸单甘油酯	-	0.565 42	nd
反油酸乙酯	-	2.448 88	nd
亚油酸乙酯	-	0.776 37	nd
己酸乙基酯	-	0.048 90	0.071 86
4-羟基丁酸乙酯	-	0.067 23	nd

注:nd 表示未检出,-表示未在文献中检索到或者无气味

Note:nd. Not detected. "-". Not found in the literature or odorless

由表 3 可知,两种压榨工艺核桃油中共检测到 54 种挥发性成分,其中热榨核桃油中检测到 47 种挥发性物质,低温压榨核桃油中检测到 29 种挥发性物质,共有的挥发性物质有 22 种。

在两种压榨工艺核桃油中,皆检测到醛类、醇类、酮类、酸类、杂环类、酯类和烃类 7 类挥发性物质。其中以醛类物质的种类最丰富且含量最高,醛类物质主要来源于脂肪酸氧化,气味阈值通常很低,具有果香、脂肪香等香气特征。己醛是两种压榨核桃油中含量最高的醛类化合物,其含量分别为 6.036 29 $\mu\text{g/g}$ 和 6.058 06 $\mu\text{g/g}$ 。己醛呈香特征为青草味、牛脂味、脂肪香,主要来自于核桃油中油酸、亚油酸的氧化和 2,4 - 癸二烯醛的降解^[19],也是两种核桃油中含量最高的挥发性物质。

在低温压榨核桃油检出的 29 种挥发性物质中,有 6 种醇类、8 种醛类、6 种酸类、2 种酮类、1 种酯类、4 种烃类和 2 种杂环类,按含量高低排序为醛类 > 醇类 > 酸类 > 杂环类 > 酮类 > 烃类 > 酯类。低温压榨核桃油的挥发性成分相较于热榨核桃油总体上来说种类少、含量低、气味清淡,其总体风味可能由其所特有的一些挥发性化合物如 2 - 戊基呋喃、5 - 甲基 - 2 - 己酮及气味阈值较低的醛类物质组成。

热榨核桃油明显的特征有:一是检测到较高含量的酯类化合物如棕榈酸乙酯、亚油酸乙酯、1 - 亚油酸单甘油酯、反油酸乙酯等,此外,还检测到普遍存在于植物油中的脂肪酸亚油酸,且这些物质均只在热榨核桃油中检出,说明条件温和情况下,这些化合物并不会释放或释放量很低,而在热榨工艺的高温翻炒条件下,大大增加了这些酯类和酸类物质的释放量,进而赋予两种压榨工艺下油脂不同的风味。二是有大量杂环类物质生成,尤其是吡嗪类物质和糠醛。与低温压榨核桃油相比,热榨核桃油中检出的 3 种杂环类物质——2,5 - 二甲基吡嗪、2,5 - 二乙基吡嗪和糠醛,其气味特征均表现有典型的坚果味,主要来源于高温翻炒过程中发生的美拉德反应^[20],其可以作为区别热榨核桃油与低温压榨核桃油的一个重要标志。三是从热榨核桃油中检出的挥发性化合物数量远超于低温压榨核桃油,在热榨核桃油检出的 47 种挥发性化合物中,醛类化合物就有 14 种,而低温压榨核桃油中仅有 8 种。醛类化合物的气味阈值低,即使含量不高也具有较浓的气味,因此这也可能是热榨核桃油气味浓郁,而低温压榨核桃油气味清淡的主要原因。

2.4 两种压榨工艺核桃油中关键风味成分分析

两种压榨工艺核桃油中挥发性物质的 ROAV

如表 4 所示。

表 4 两种压榨工艺核桃油中挥发性物质的 ROAV

Table 4 ROAV of volatile substances in walnut oil prepared by two pressing processes

香气成分	气味阈值/ ($\mu\text{g/g}$) ^[21-23]	ROAV	
		热榨	低温压榨
反,反 - 2,4 - 癸二烯醛	0.000 077	50.30	44.12
己醛	0.004 5	100.00	100.00
反 - 2 - 壬烯醛	0.000 08	82.59	
1 - 辛烯 - 3 - 醇	0.001	17.77	27.23
反,反 - 2,4 - 壬二烯醛	0.000 2	12.53	
壬醛	0.003 1	8.23	6.10
反 - 2 - 辛烯醛	0.003	7.22	4.30
2,3 - 辛二酮	0.002 52	4.07	
庚醛	0.003	2.96	3.34
庚醇	0.003	2.96	2.29
癸醛	0.002 6	0.88	1.32
2 - 戊基呋喃	0.006		2.10
辛酸	0.005 1	0.80	0.56
反 - 2 - 癸烯醛	0.017	0.38	0.05
2 - 己烯醛	0.003 1	1.25	
正己醇	0.25	0.61	0.63
庚酸	0.022	0.19	0.09
反 - 2 - 己烯醛	0.003 1		0.55

由表 4 可知:热榨核桃油中有 11 种挥发性成分的 ROAV 大于 1,这些成分是热榨核桃油的关键风味成分,按 ROAV 高低排序为己醛 > 反 - 2 - 壬烯醛 > 反,反 - 2,4 - 癸二烯醛 > 1 - 辛烯 - 3 - 醇 > 反,反 - 2,4 - 壬二烯醛 > 壬醛 > 反 - 2 - 辛烯醛 > 2,3 - 辛二酮 > 庚醛和庚醇 > 2 - 己烯醛。低温压榨核桃油中有 9 种关键风味成分,分别为己醛、反,反 - 2,4 - 癸二烯醛、1 - 辛烯 - 3 - 醇、壬醛、反 - 2 - 辛烯醛、庚醛、庚醇、2 - 戊基呋喃、癸醛,其中大多数为气味阈值很低的醛类。王勇^[19]研究发现,反,反 - 2,4 - 癸二烯醛、2 - 辛烯醛、1 - 辛烯 - 3 - 醇、壬醛、反 - 2 - 癸烯醛、反 - 2 - 庚烯醛、己醛、2 - 戊基呋喃、辛醛 9 种化合物为市售核桃油的关键风味成分,这与本研究低温压榨核桃油类似。李欢康等^[17]研究了不同工艺制取的新疆核桃油挥发性物质及关键风味成分,确定壬醛、反 - 2 - 壬醛、反,反 - 2,4 - 癸二烯醛和 1 - 辛烯 - 3 - 醇是核桃油的关键风味成分。在本研究中,无论是热榨还是低温压榨,壬醛、反 - 2 - 辛烯醛、己醛、庚醛、反,反 - 2,4 - 癸二烯醛和 1 - 辛烯 - 3 - 醇等挥发性化合物同样也是云南深纹核桃油的关键香气成分,但与新疆核桃油香气成分相比,未检测到反 - 2 - 壬醛。

3 结 论

热榨核桃油的酸值和过氧化值都显著高于低温压榨核桃油,二者的脂肪酸组成及含量没有显著差异。低温压榨和热榨核桃油中共鉴定出 54 种挥发性成分,包括 8 种醇类、5 种酮类、15 种醛类、7 种酸类、8 种酯类、5 种烃类和 6 种杂环类,其中以醛类物质的种类最丰富且含量最高。低温压榨和热榨核桃油中挥发性物质含量最高的均为己醛。己醛、反-2-壬烯醛、反,反-2,4-癸二烯醛、1-辛烯-3-醇、反,反-2,4-壬二烯醛、壬醛、反-2-辛烯醛、2,3-辛二酮、庚醛、庚醇和 2-己烯醛 11 种化合物为热榨核桃油关键风味成分;己醛、反,反-2,4-癸二烯醛、1-辛烯-3-醇、壬醛、反-2-辛烯醛、庚醛、庚醇、2-戊基呋喃和癸醛 9 种化合物是低温压榨核桃油中的关键风味成分。总的来说,热榨工艺由于压榨前的高温翻炒处理,使得核桃仁中的脂肪氧化降解产生大量的醛类物质,又加速了美拉德反应的发生,生成杂环类化合物,使热榨核桃油表现出比低温压榨核桃油更浓郁的风味。研究结果说明压榨工艺可影响核桃油的品质和风味成分。

参考文献:

- [1] 王红梅. 核桃油、核桃乳、速溶脱脂核桃粉综合加工技术[J]. 粮食与油脂, 2001, 14(1): 44-45.
- [2] 缪福俊, 耿树香, 肖良俊, 等. 核桃油生物活性研究进展[J]. 中国油脂, 2021, 46(6): 85-88.
- [3] 赵丹, 汪学德, 张润阳, 等. 制油工艺对油脂品质的影响研究[J]. 中国油脂, 2018, 43(6): 11-15.
- [4] YIN W, WASHINGTON M, MA X, et al. Consumer acceptability and sensory profiling of sesame oils obtained from different processes[J]. Grain Oil Sci Technol, 2020 (2): 39-48.
- [5] ZHOU Q, LIU S, LIU Y, et al. Comparative analysis of volatiles of 15 brands of extra-virgin olive oils using solid-phase micro-extraction and solvent-assisted flavor evaporation[J/OL]. Molecules, 2019, 24(8): E1512 [2023-07-25]. <https://doi.org/10.3390/molecules24081512>.
- [6] 尹文婷, 师瑞, 马宇翔, 等. 浓香葵花籽油气味活性物质的 HS-SPME 萃取条件优化及 GC-O-MS 分析[J]. 中国油脂, 2023, 48(2): 91-97.
- [7] 张煜, 孟佳, 张旋, 等. 不同工艺制取核桃油的研究进展[J]. 粮食与食品工业, 2022, 29(5): 1-3.
- [8] 陆斌. 云南核桃的特性与品质[J]. 经济林研究, 2009, 27(2): 137-140.
- [9] 黄江艳, 李秀娟, 潘思轶. 固相微萃取技术在食品风味分析中的应用[J]. 食品科学, 2012, 33(7): 289-298.
- [10] 夏欣. 茶油特征香气成分和营养物质组成研究[D]. 南昌: 南昌大学, 2015.
- [11] 刘国琴, 方昭西, 李琪. 热榨与冷榨对亚麻油风味物质的影响及风味特征成分分析[J]. 华南理工大学学报(自然科学版), 2015, 43(11): 1-7.
- [12] 张谦益, 包李林, 熊巍林, 等. 不同产地浓香菜籽油中特征风味物质的研究[J]. 中国油脂, 2018, 43(8): 23-28.
- [13] 夏欣, 姚磊, 曹君, 等. 两种油茶籽油风味物质的分析与比较[J]. 中国食品学报, 2016, 16(4): 251-257.
- [14] HARINI S, KALPANA K, RAVINDRAN R, et al. Comparative study on antioxidant properties of corn oil and sesame oil[J]. J Med Allied Sci, 2012, 2(2): 29-35.
- [15] 贾潇, 周琦, 杨旖旎. 3 种坚果油的挥发性成分提取及关键风味成分分析[J]. 中国油脂, 2020, 45(7): 35-41.
- [16] 杨羽婧, 俞乐, 金俊, 等. 6 种食品专用油脂的风味特征研究[J]. 中国油脂, 2023, 48(12): 45-50.
- [17] 李欢康, 杨佳玮, 刘文玉, 等. 不同工艺核桃油挥发性物质比对及关键香气成分表征[J]. 食品科学, 2021, 42(16): 185-192.
- [18] 刘玉兰, 宋二立, 郭平平, 等. SDE-GC-MS 分析不同油莎豆油中挥发性风味成分[J]. 粮食与油脂, 2022, 35(11): 69-74, 103.
- [19] 王勇. HS-SPME-GC-MS 结合 ROAV 法对市售核桃油香气成分的研究[J]. 粮食与油脂, 2020, 33(6): 63-66.
- [20] 周晔, 樊玮, 张俊佩, 等. 压榨和精炼核桃油挥发性成分的比较及其电子鼻判别[J]. 中国油脂, 2017, 42(2): 130-134, 140.
- [21] 范海默特, 李智宇. 化合物嗅觉阈值汇编[M]. 北京: 科学出版社, 2018: 5.
- [22] 孙宝国. 食用调香术[M]. 2 版. 北京: 化学工业出版社, 2010.
- [23] VAN GEMERT L J. Odour thresholds[M]. Netherlands: Oliemans Punter & Partners BV, 2011.