

同为高油酸的浓香油莎豆油和浓香花生油的风味比较

陈璐, 刘玉兰, 马宇翔, 朱文学

(河南工业大学粮油食品学院, 郑州 450001)

摘要:为从油料组分层面探究同为高油酸油料制取的油脂风味差异,以油莎豆和高油酸花生仁为原料制备浓香油莎豆油和浓香花生油,对原料的氨基酸组成和糖类组成进行测定,分析两种油料烘烤前后氨基酸和还原糖含量变化,考察其对两种浓香型油脂风味的影响。采用同时蒸馏萃取结合气相色谱质谱联用技术(SDE-GC-MS)对浓香油莎豆油和浓香花生油进行挥发性成分测定,结合气味活度值(OAV)、气相色谱-嗅闻-质谱(GC-O-MS)和感官评价对两种浓香型油脂的特征香味进行比较。结果表明:油莎豆中的氨基酸总含量(4.27 g/100 g)显著低于高油酸花生仁(38.34 g/100 g),但葡萄糖含量和果糖含量(分别为1.80、1.24 g/100 g)均显著高于高油酸花生仁(分别为0.52、0.46 g/100 g);烘烤后,油莎豆中赖氨酸、天冬氨酸、酪氨酸、谷氨酸含量降低,高油酸花生仁中谷氨酸、天冬氨酸、酪氨酸、苯丙氨酸含量明显降低。浓香油莎豆油和浓香花生油中分别检测到14类122种挥发性成分和12类89种挥发性成分,挥发性成分总量分别为25.69 mg/kg和21.94 mg/kg。浓香油莎豆油中挥发性成分含量由高到低依次是醛类、吡嗪类、酚类、烷烃类、呋喃类、酯类、酮类等,浓香花生油中依次是吡嗪类、醛类、烷烃类、酮类、呋喃类等。浓香油莎豆油的关键风味成分有20种,其中醛类的风味贡献度最大,其次是吡嗪类,浓香花生油的关键风味成分有14种,其中吡嗪类的风味贡献度最大,其次是醛类。通过GC-O-MS结合感官评价分析,共鉴定出8种气味活性物质,浓香油莎豆油中甜香味、坚果味的风味特征较明显,浓香花生油中烤花生味、烤杏仁味等风味特征较明显。氨基酸及糖类为参与美拉德反应的重要前体物质,其含量的差异可能是两种浓香型油脂特征风味产生差异的原因。研究结果为同为高油酸油料所制取油脂的风味形成机制提供支持。

关键词:高油酸油料;油莎豆;花生;可溶性糖;氨基酸;挥发性成分;特征风味成分;感官评价

中图分类号:TS225.1;TS201.2 **文献标识码:**A **文章编号:**1003-7969(2023)11-0065-08

Flavor comparison of fragrant *Cyperus esculentus* oil and fragrant peanut oil both high in oleic acid

CHEN Lu, LIU Yulan, MA Yuxiang, ZHU Wenxue

(College of Food Science and Technology, Henan University of Technology, Zhengzhou 450001, China)

Abstract: In order to explore the flavor differences of oils with the same high oleic acid at the level of oilseed composition, fragrant *Cyperus esculentus* oil and fragrant peanut oil were prepared from *Cyperus esculentus* and high oleic acid peanut kernels, and the amino acid compositions and sugar compositions of the raw materials were determined, and the change of amino acid and reducing sugar contents before and

收稿日期:2022-02-11;修回日期:2023-07-25

基金项目:国家重点研发计划项目“大豆及其替代作物产业链科技创新”(SQ2019YFD100114);河南省重大科技专项“高产优质油莎豆新品种选育及产业化示范”(211100110100)

作者简介:陈璐(1997),女,在读硕士,研究方向为浓香油莎豆油的制取条件及品质(E-mail)994851580@qq.com。

通信作者:刘玉兰,教授,硕士生导师(E-mail)liuy17446@163.com。

after roasting of the two oilseeds were analyzed to investigate their effects on the flavor of the two fragrant oils. Simultaneous distillation extraction combined with gas chromatography-mass spectrometry (SDE-GC-MS) was used to determine the volatile components of fragrant *Cyperus esculentus* oil and fragrant peanut oil, and the characteristic aromas of the two fragrant oils were compared by combining aroma activity value

(OAV), GC-O-MS and sensory evaluation. The results showed that the total amino acid content of *Cyperus esculentus* (4.27 g/100 g) was significantly lower than that of high oleic acid peanut kernels (38.34 g/100 g), but the glucose content and fructose content (1.80, 1.24 g/100 g) were significantly higher than that of peanut kernels (0.52, 0.46 g/100 g); after roasting, the contents of lysine, aspartic acid, tyrosine, and glutamic acid in *Cyperus esculentus* were reduced, and the contents of glutamic acid, aspartic acid, tyrosine and phenylalanine in high oleic acid peanut kernels were significantly lower. 14 types of 122 volatile components and 12 types of 89 volatile components were detected in fragrant *Cyperus esculentus* oil and fragrant peanut oil, and their total volatile components content were 25.69 mg/kg and 21.94 mg/kg, respectively. The descending order of volatile components in fragrant *Cyperus esculentus* oil was aldehydes, pyrazines, phenols, alkanes, furans, esters, ketones, etc., and that in fragrant peanut oil was pyrazines, aldehydes, alkanes, ketones, furans, etc. Fragrant *Cyperus esculentus* oil had 20 key flavor components and flavor contribution of aldehydes was the highest, followed by pyrazines, while fragrant peanut oil was the opposite, with 14 key flavor components. A total of 8 odor active components were identified by GC-O-MS combined with sensory evaluation analysis. The flavor characteristics of sweet aroma and nut aroma were more obvious in fragrant *Cyperus esculentus* oil, and the flavor characteristics of roasted peanut aroma and roasted almond aroma were more obvious in fragrant peanut oil. Amino acids and sugars are important precursors involved in the Maillard reaction and their content differences have an effect on the difference in the characteristic flavors of the two oils. The results provide support for the flavor formation mechanism of oil made from the same high oleic acid oilseeds.

Key words: high oleic acid oilseeds; *Cyperus esculentus*; peanut; soluble sugar; amino acids; volatile components; characteristic flavor components; sensory evaluation

近年来我国浓香型食用植物油产量持续增长,除了浓香花生油之外,浓香菜籽油、浓香葵花籽油、浓香胡麻籽油等也受到消费者的喜爱,市场看好^[1]。浓香型油脂是油料经高温炒制后压榨制取的油脂,高温炒制过程中油料中的脂质、蛋白质、糖类和其他成分发生一系列复杂的化学反应,产生多种挥发性化合物,从而赋予植物油浓郁的香味^[2],其中氨基酸和糖类发生的美拉德反应更是关键因素。不同油料中脂质、蛋白质、糖类和其他成分的种类及含量不同,致使其即使采用相同的焙炒和制油条件,所制取油脂的风味特性也会存在差异。油莎豆是近年来备受关注的植物油料^[3],其油脂中油酸含量在70%以上,与高油酸花生油接近。但油莎豆与高油酸花生仁相比,糖含量明显提高,蛋白质和脂肪含量明显降低。另外,通过嗅闻,浓香油莎豆油和高油酸浓香花生油也具有明显的不同香味。研究认为,花生仁中糖含量尤其是蔗糖含量会对浓香花生油的香型和香味丰满度造成影响^[4],而油莎豆中糖含量很高,能为烘烤过程美拉德反应提供丰富的前体物质。研究原料中生香前体物质含量(尤其是糖类、氨基酸组成及油脂的脂肪酸组成)对油脂风味的影

响,可以为浓香型油脂的风味形成机制和风味调控提供支持。本研究采用同时蒸馏萃取结合气相色谱-质谱法(SDE-GC-MS)对同为高油酸原料所制取的浓香油莎豆油和高油酸花生油中挥发性成分进行检测分析,结合气味活度值(OAV)确定两种浓香型油脂中的关键风味物质,再结合气相色谱-嗅闻-质谱(GC-O-MS)和感官评价对两种浓香型油脂的综合感官风味差异进行鉴别,以期对浓香型油脂的生香理论和风味调控提供支持。

1 材料与方法

1.1 试验材料

1.1.1 原料与试剂

油莎豆(豫油莎2号)、高油酸花生仁(豫花37号),由河南省农业科学院提供。

果糖(纯度99.70%)、葡萄糖(纯度99.70%)、蔗糖(纯度99.90%),美国TM Standard公司;正己烷、异丙醇、甲醇,色谱纯,美国VBS公司;三氯甲烷、冰乙酸、碘化钾、无水乙醇、乙醚、氯化钠、无水硫酸钠、盐酸、硫酸、二氯甲烷等,分析纯,郑州绿农化学试剂经营部;超纯水,采用Milli-Q超纯水机自制。

1.1.2 仪器与设备

6YZ-180型全自动液压榨油机,郑州八方机械设备有限公司;T7-L3840D型电烤箱,广东美的厨房电器制造有限公司;7890B/5975B气相色谱-质谱联用仪,美国Agilent公司;S-433氨基酸组分测定仪,德国Sykam公司;MTN-2008W氮吹浓缩仪,天津奥特赛恩斯仪器有限公司;WLS-2型罗维朋比色计,上海仪电物理光学仪器有限公司;同时蒸馏萃取装置,郑州兴华玻璃仪器厂。

1.2 试验方法

1.2.1 试验油样的制备

分别称取1 kg干净的油莎豆和高油酸花生仁,调整水分约为12%,平铺于烤盘放入电烤箱中,于160℃烘烤25 min,期间翻动3次,冷却至室温后粉碎过0.85 mm(20目)筛,用脱脂纱布包裹放入液压榨油机中压榨,制得浓香油莎豆油和浓香花生油。

1.2.2 原料和油脂主要指标检测

原料:粗脂肪含量测定参照GB 5009.6—2016《食品安全国家标准 食品中脂肪的测定》;粗蛋白质含量测定参照GB 5009.5—2016《食品安全国家标准 食品中蛋白质的测定》;水溶性蛋白质含量测定参照NY/T 1205—2006《大豆水溶性蛋白的测定》;氮溶解指数(NSI)通过水溶性蛋白质占总蛋白质的比例计算;总糖含量测定参照GB/T 15672—2009《食用菌中总糖含量的测定》及侯利霞等^[5]的方法;可溶性糖测定参照GB 5009.8—2016《食品安全国家标准 食品中果糖、葡萄糖、蔗糖、麦芽糖、乳糖的测定》第一法高效液相色谱法及刘晓君^[6]的方法;氨基酸组成测定参照GB/T 5009.124—2016《食品安全国家标准 食品中氨基酸的测定》及田瑜^[7]的方法。

油脂:酸值测定参照GB 5009.229—2016《食品安全国家标准 食品中酸价的测定》;过氧化值测定参照GB 5009.227—2016《食品安全国家标准 食品中过氧化值的测定》;色泽测定参照GB/T 22460—2008《动植物油脂 罗维朋色泽的测定》。

1.2.3 油脂中挥发性成分测定

参照刘玉兰等^[8]的方法,采用SDE-GC-MS对油脂中挥发性成分进行定性定量分析。

SDE:称取30 g油样于500 mL蒸馏烧瓶中,依次加入200 μL 4-壬醇(0.4 mg/mL)作为内标、100 mL蒸馏水作为蒸发溶剂、25 mL 0.3 g/mL氯化钠溶液作为消泡剂,加入转子,放入油浴锅中。收集瓶中加入40 mL二氯甲烷,放入60℃水浴锅中。待蒸馏管壁出现冷凝液时计时萃取3 h。冷却至室温后,收集

蒸馏液,加入2 g无水硫酸钠于-20℃冰箱中放置12 h,氮吹浓缩至1.5 mL,过0.22 μm有机滤膜后待GC-MS分析,每个样品萃取3次。

GC条件:HP-5MS色谱柱(30 m×0.25 mm, 0.25 μm);前进样口温度250℃;载气为氮气(纯度≥99.999%);恒流模式,流速1.8 mL/min;不分流进样;升温程序为40℃条件下保持3.5 min,以4℃/min的速率升温到230℃,保持8 min,以10℃/min的速率升温至280℃,保持5 min。

MS条件:离子源温度230℃,传输线温度240℃,电子轰击离子源,电子能量70 eV,质量扫描范围(m/z)30~500。

定性定量分析:采用Agilent MSD化学工作站将检测的各组份质谱信息与NIST 17质谱库进行匹配定性,仅报道正反匹配度均大于80%的化合物。采用内标法对挥发性风味成分进行定量,挥发性成分含量的计算公式如下。

$$C_i = \frac{A_i}{A_s m} \times 10^{-3} m_s F_i \quad (1)$$

式中: C_i 为未知物的质量浓度,mg/kg; m_s 为内标物质量,mg; A_i 和 A_s 分别为未知物峰面积和内标物峰面积; m 为称取油莎豆油的质量,g; F_i 为待测组分*i*对内标物的相对质量校正因子。本试验中相对校正因子均为1。

1.2.4 特征风味化合物分析

用气味活度值(OAV)表征油脂中特征挥发性风味成分。OAV的计算公式见式(2)。一般情况下OAV越大,则该物质对油脂感官风味的影响和贡献也越大。一般认为,OAV≥1的物质为样品中的关键风味成分,而0.1≤OAV<1的物质为样品中重要的修饰成分^[9]。

$$V_{OA} = \frac{C_i \times 10^{-3}}{O_i} \quad (2)$$

式中: V_{OA} 为OAV; C_i 为物质的质量浓度,mg/kg; O_i 为物质的气味阈值,μg/kg。

1.2.5 GC-O-MS分析

使用Gerstel ODP-3评价香气物质的风味特征,传输线温度180℃,输出口温度200℃,挥发性成分在质谱端和嗅闻仪中以1:1分流,嗅闻仪接口温度为200℃。由3名经1年训练的评价员对分离出来的物质进行嗅闻,同时进行气味描述。为保证嗅闻员的舒适度,使用Gerstel ODP-3端的湿润气体(蒸馏水和99.999%氮气)通过单独的毛细管柱输送至嗅闻员鼻孔。

1.2.6 感官评价

参照孙国昊等^[9]的方法,选择10名经过培训的评价员对每个样品进行评价。样品的风味描述指标有坚果味、甜香味、烤香味、焦香味、青草味、油脂味、土腥味、酸败味等(由1.2.5气味描述得出),风味强度指标得分以1(不存在)、2(非常弱)、3(弱)、4(中等)、5(强)、6(非常强)6个等级,记录各感官评价员的评价结果,最终取平均值。

1.2.7 数据处理

试验结果用Excel 2019处理,用GraphPad prism 8绘图,使用IBM SPSS Statistics 25软件进行单因素方差分析。

2 结果与分析

2.1 油莎豆和高油酸花生仁烘烤前后主要成分含量变化

表1为油莎豆和高油酸花生仁烘烤前后的主要成分含量变化情况。

表1 两种油料烘烤前后主要成分含量 %

指标	油莎豆		高油酸花生仁	
	烘烤前	烘烤后	烘烤前	烘烤后
粗脂肪	20.53 ± 0.13 ^b	19.37 ± 0.22 ^b	49.02 ± 0.02 ^a	45.86 ± 0.10 ^a
粗蛋白质	7.97 ± 0.10 ^b	7.72 ± 0.57 ^b	23.80 ± 0.09 ^a	24.03 ± 0.17 ^a
总糖	45.20 ± 1.19 ^a	39.80 ± 1.34 ^b	12.20 ± 0.82 ^c	9.10 ± 1.11 ^d
NSI	81.97 ± 1.81 ^a	75.18 ± 1.52 ^c	81.29 ± 1.60 ^b	72.07 ± 2.28 ^d

注:同行不同肩标字母表示差异具有统计学意义($p < 0.05$)。下同

由表1可知,烘烤后两种油料中的粗脂肪和总糖含量均有降低。粗脂肪含量降低可能是缘于热处理过程中少量脂肪被水解形成甘油和游离脂肪酸,或是发生氧化形成醛、酮类化合物参与了美拉德反应^[10]。总糖含量的降低则缘于部分糖类参与了美拉德反应和焦糖化反应^[11]。此外,烘烤过程中少量蛋白质受热发生变性,蛋白质溶解度降低,致使蛋白质NSI值下降^[12]。

2.2 烘烤前后油莎豆和高油酸花生仁可溶性糖的组成及含量

表2为烘烤前后油莎豆和高油酸花生仁可溶性糖的组成及含量变化情况。

表2 两种油料烘烤后可溶性糖的组成及含量 g/100 g

可溶性糖	油莎豆		高油酸花生仁	
	烘烤前	烘烤后	烘烤前	烘烤后
果糖	1.24 ± 0.18 ^a	1.10 ± 0.05 ^a	0.46 ± 0.08 ^b	0.39 ± 0.02 ^b
葡萄糖	1.80 ± 0.24 ^a	1.54 ± 0.09 ^a	0.52 ± 0.12 ^b	0.42 ± 0.07 ^b
蔗糖	5.17 ± 0.11 ^a	4.68 ± 1.09 ^a	4.37 ± 0.15 ^b	4.01 ± 1.07 ^b
总含量	8.21 ± 0.31 ^a	7.32 ± 0.50 ^a	5.34 ± 0.93 ^b	4.82 ± 0.84 ^b

可溶性糖主要有葡萄糖、果糖和蔗糖,是食品

中重要的风味成分和营养成分。由表2可知,油莎豆和高油酸花生仁中可溶性糖的种类无差异,但含量存在显著性差异($p < 0.05$)。油莎豆中可溶性糖总含量(8.21 g/100 g)显著高于高油酸花生仁(5.34 g/100 g),且可溶性糖中的蔗糖含量均最高,但蔗糖是非还原性糖,并不直接参与风味的形成,而是水解转化成葡萄糖和果糖,进而对风味产生影响^[13]。葡萄糖和果糖为挥发性香气物质的形成提供碳源,其含量的差异可能会造成风味差异,油莎豆和高油酸花生仁中葡萄糖和果糖含量差异显著,这可能对两种油脂的特征风味造成影响。

2.3 油莎豆和高油酸花生仁烘烤前后氨基酸组成及含量

表3为油莎豆和高油酸花生仁烘烤前后氨基酸组成及含量变化情况。

表3 两种油料烘烤前后氨基酸组成及含量 g/100 g

氨基酸	油莎豆		高油酸花生仁	
	烘烤前	烘烤后	烘烤前	烘烤后
天冬氨酸 Asp	0.37 ± 0.01 ^c	0.34 ± 0.10 ^c	4.61 ± 0.12 ^a	4.22 ± 0.34 ^b
苏氨酸 Thr [*]	0.15 ± 0.08 ^c	0.15 ± 0.06 ^c	1.10 ± 0.13 ^a	0.90 ± 0.20 ^b
丝氨酸 Ser	0.15 ± 0.04 ^c	0.14 ± 0.03 ^c	1.48 ± 0.17 ^b	1.65 ± 0.22 ^a
谷氨酸 Glu	0.49 ± 0.07 ^c	0.47 ± 0.08 ^c	7.74 ± 0.30 ^a	6.91 ± 0.16 ^b
甘氨酸 Gly	0.17 ± 0.00 ^c	0.16 ± 0.08 ^c	2.63 ± 0.18 ^a	2.06 ± 0.22 ^b
丙氨酸 Ala	0.21 ± 0.08 ^c	0.21 ± 0.10 ^c	1.54 ± 0.19 ^a	1.33 ± 0.11 ^b
半胱氨酸 Cys	0.04 ± 0.02 ^c	0.04 ± 0.00 ^c	0.39 ± 0.08 ^a	0.32 ± 0.05 ^b
缬氨酸 Val [*]	0.19 ± 0.09 ^c	0.19 ± 0.06 ^c	1.67 ± 0.12 ^a	1.43 ± 0.17 ^b
蛋氨酸 Met [*]	0.05 ± 0.01 ^c	0.04 ± 0.01 ^c	0.37 ± 0.11 ^a	0.33 ± 0.02 ^b
异亮氨酸 Ile [*]	0.14 ± 0.04 ^c	0.13 ± 0.04 ^c	1.41 ± 0.20 ^a	1.16 ± 0.15 ^b
亮氨酸 Leu [*]	0.24 ± 0.05 ^c	0.23 ± 0.07 ^c	2.60 ± 0.31 ^a	2.20 ± 0.20 ^b
酪氨酸 Tyr	0.11 ± 0.07 ^c	0.08 ± 0.01 ^c	1.71 ± 0.15 ^a	1.40 ± 0.06 ^b
苯丙氨酸 Phe [*]	0.14 ± 0.03 ^c	0.13 ± 0.11 ^c	2.08 ± 0.30 ^a	1.77 ± 0.18 ^b
组氨酸 His	0.15 ± 0.01 ^c	0.15 ± 0.09 ^c	1.40 ± 0.14 ^a	0.93 ± 0.10 ^b
赖氨酸 Lys [*]	0.24 ± 0.07 ^c	0.20 ± 0.11 ^c	1.65 ± 0.08 ^a	1.34 ± 0.17 ^b
精氨酸 Arg	1.25 ± 0.04 ^c	1.31 ± 0.08 ^c	4.43 ± 0.35 ^a	3.82 ± 0.25 ^b
脯氨酸 Pro	0.16 ± 0.09 ^c	0.13 ± 0.10 ^c	1.52 ± 0.28 ^a	1.36 ± 0.02 ^b
非必需氨基酸	3.08 ± 0.10 ^c	3.01 ± 0.11 ^c	27.57 ± 0.18 ^a	24.10 ± 0.20 ^b
必需氨基酸	1.19 ± 0.08 ^c	1.09 ± 0.05 ^c	10.77 ± 0.13 ^a	9.02 ± 0.16 ^b
氨基酸总含量	4.27 ± 1.02 ^c	4.10 ± 0.16 ^c	38.34 ± 0.81 ^a	33.12 ± 0.57 ^b

注: * 表示必需氨基酸

氨基酸是美拉德反应的重要底物,烘烤前后其含量变化与油脂特征风味物质的形成密切相关。由表3可见,油莎豆中主要的氨基酸有精氨酸、谷氨酸、天冬氨酸、亮氨酸和赖氨酸,高油酸花生仁中主要的氨基酸有谷氨酸、天冬氨酸、精氨酸、甘氨酸、亮氨酸、苯丙氨酸,此结果与孙国昊^[9]、Latif^[14]等的研究结果一致。相比烘烤前,两种油料经烘烤后氨基酸组成并未发生变化,但总含量均降低,这可能是由

于氨基酸在受热过程发生了氧化反应或是与还原糖发生了美拉德反应而造成了损失^[15]。烘烤后的油莎豆及高油酸花生仁中赖氨酸、天冬氨酸、谷氨酸、酪氨酸、苯丙氨酸均降低。赖氨酸属于碱性氨基酸,天冬氨酸和谷氨酸属于酸性氨基酸^[16],在发生美拉德反应时状态较活跃,而酪氨酸和苯丙氨酸的降解产物是苯甲醛和苯乙醛^[17],且浓香花生油中苯甲醛和苯乙醛含量较高^[10],因此推测这几种氨基酸为特征风味的重要前体物质,对两种浓香型油脂的风味形成和差异产生了作用。

2.4 两种浓香型油脂的质量指标

浓香油莎豆油和浓香花生油的质量指标检测结果见表4。

表4 两种浓香型油脂的质量指标

指标	浓香油莎豆油	浓香花生油
酸值(KOH)/(mg/g)	1.36 ± 0.07 ^a	0.50 ± 0.09 ^b
过氧化值/(mmol/kg)	1.79 ± 0.05 ^a	0.38 ± 0.04 ^b
色泽(25.4 mm 槽)	R3.35, Y70	R1.50, Y70

酸值和过氧化值是评价植物油品质的重要质量指标,也对油脂风味产生影响。由表4可以看出,浓香油莎豆油和浓香花生油的酸值和过氧化值都较低,这与原料品质新鲜有关。

2.5 两种浓香型油脂中挥发性成分的比较

浓香油莎豆油和浓香花生油的挥发性成分检测结果见表5。

表5 两种浓香型油脂中挥发性成分的种类和含量

挥发性成分	浓香油莎豆油		浓香花生油	
	数量(种)	含量/(mg/kg)	数量(种)	含量/(mg/kg)
吡嗪类	18	5.71 ± 0.32	7	9.42 ± 0.38
呋喃类	6	2.00 ± 0.03	2	1.44 ± 0.12
吡咯类	2	0.02 ± 0.01	1	0.12 ± 0.00
吡啶类	1	0.03 ± 0.03	-	-
烷烃类	22	2.36 ± 0.64	38	2.71 ± 1.20
烯烃类	10	0.84 ± 0.19	5	0.17 ± 0.00
酯类	10	1.49 ± 0.03	8	0.31 ± 0.06
醛类	18	7.16 ± 0.08	14	4.40 ± 0.10
酮类	7	1.05 ± 0.02	2	1.91 ± 1.90
酸类	4	0.76 ± 0.25	-	-
醇类	7	0.54 ± 0.07	5	0.17 ± 0.02
酚类	6	3.24 ± 2.87	2	0.54 ± 0.04
苯类	6	0.23 ± 0.02	4	0.26 ± 0.05
其他类	5	0.27 ± 0.13	1	0.53 ± 0.53
总量	122	25.69 ± 3.56	89	21.94 ± 0.60

由表5可以看出:浓香油莎豆油中检测出14类

122种挥发性成分,浓香花生油中检测出12类89种挥发性成分;与浓香油莎豆油相比,浓香花生油中未检出吡啶类和酸类物质,这与魏松丽等^[18]的研究结果一致。

浓香油莎豆油中挥发性物质含量最高的是醛类,其次是吡嗪类,分别占总挥发性物质的27.87%和22.22%。浓香花生油中挥发性物质含量最高的是吡嗪类,其次为醛类,分别占总挥发性物质的42.94%和20.05%。由此可以看出,醛类物质对油莎豆油风味的贡献更大,吡嗪类物质对浓香花生油风味的贡献更大。醛类物质多呈现水果味、甜香味、花香味、清香味,浓香油莎豆油中含量较高的醛类物质是壬醛、2-甲基丁醛、正己醛,浓香花生油中含量较高的醛类物质是正己醛、苯甲醛、苯乙醛,苯甲醛和苯乙醛是来自芳香族氨基酸酪氨酸和苯丙氨酸的降解产物,提供了杏仁味和甜蜂蜜味^[18],这两种成分在浓香花生油中的含量均高于浓香油莎豆油,因此可能使得花生油的风味丰满度提升,这与阚启鑫等^[19]的研究结果一致。吡嗪类物质多呈现出烤香味、类坚果味和烘焙味,油莎豆油中含量较高的吡嗪类物质是2,5-二甲基吡嗪、3-乙基-2,5-二甲基吡嗪、2,3,5-三甲基吡嗪,而浓香花生油中含量较高的吡嗪类物质是2,5-二甲基吡嗪、2-乙基-5-甲基吡嗪、2-甲基吡嗪。Baker等^[20]研究认为,2,5-二甲基吡嗪可能是衡量花生油风味的最佳挥发性物质。呋喃类物质多带有焦糖味及坚果味^[21],浓香油莎豆油中的主要呋喃类物质是2-正戊基呋喃,它是亚油酸分解后得到的产物,具有甜香味^[22],花生油中的主要呋喃类物质是2,3-二氢苯并呋喃,其主要是由碳水化合物降解和油脂氧化所产生,呈烧焦的甜味^[23],这可能是两种浓香型油脂在甜香味上有差异的原因。吡啶类物质呈现清香味和坚果味,浓香油莎豆油中检测到一种2,3-环戊烯并吡啶,浓香花生油中未检出。浓香油莎豆油中的酯类物质含量占总挥发性物质的5.80%,其中主要物质为己二酸二(2-乙基己)酯、邻苯二甲酸二丁酯,而高油酸花生油中的酯类物质含量仅占总挥发性物质的1.41%。酚类物质为植物油提供烟熏味等,浓香油莎豆油中的酚类物质含量占总挥发性物质的12.61%,而浓香花生油中酚类物质含量仅占总挥发性物质的2.46%。其中:浓香油莎豆油中的酚类物质主要是2-甲氧基苯酚,占总酚类物质的83.95%,具有烟熏味和甜味^[24];浓香花生油中的酚类物质主要是4-乙基-2-甲氧基苯酚,其被报

道是以酯类形式存在的阿魏酸热降解生成的^[25],占总酚类物质的 96.29%,具有烟熏味,推测这也是两种浓香型油脂风味产生差异的原因。浓香油莎豆油中的酮类物质含量低于浓香花生油,但浓香花生油中的酮类物质也仅检测出 2 种,分别是丙酮和 1-庚烯-3-酮,酮类物质的风味阈值远高于其同分异构体的醛类物质^[26]。醇类物质可能来源于醛类物质的脂质氧化反应或还原反应^[27],对美拉德反应的总体气味有协同的作用,多呈现生青味和蘑菇味等气味,包括正戊醇(果香味)、正己醇(生青味)、1-辛烯-3-醇(蘑菇味)等^[28]。烯炔类物质是植物油中多呈现清香风味的重要成分,其风味阈值一般较高^[29]。此外,酸类及烷烃类物质阈值也较高,因此它们对风味贡献较小。

2.6 两种浓香型油脂的特征性挥发性风味成分

风味物质对植物油的总体风味贡献除了与含量有关外,还与其阈值紧密相关。因此,通过比较风味物质的 OAV 可以近似判定风味物质对整体风味的贡献度。表 6 仅列出了所能查到的有明确阈值且 OAV \geq 0.1 的风味物质。

表 6 两种浓香型油脂中主要挥发性成分的 OAV

化合物	气味描述	阈值 ^[30] / ($\mu\text{g}/\text{kg}$)	OAV	
			浓香 油莎豆油	浓香 花生油
壬醛	油脂味、橘子味	260	11.62	2.65
正戊醛	-	150	-	0.53
正己醛	油脂味、青草味	230	2.87	6.52
正辛醛	-	170	0.41	0.76
正庚醛	烤香味、坚果味	50	1.60	1.40
(E)-2-庚烯醛	油脂味、果香味	750	0.45	<0.1
反-2-辛烯醛	青草味、油脂味	61	0.98	0.98
反式-2,4-癸二烯醛	土腥味、油炸味	135	4.67	-
糠醛	油味	400	0.48	-
2-十一烯醛	柑橘味、油脂味	44	3.64	0.45
反式-2-壬烯醛	甜香味	66	0.15	-
1-辛烯	柑橘味	4.6	8.70	2.17
2-甲基吡嗪	烤香味	200	2.85	5.85
2,5-二甲基吡嗪	烤香味、坚果味	800	2.14	6.11
2,3-二甲基吡嗪	烤香味	100	3.30	-
2,3,5-三甲基吡嗪	烤香味、肉香味	290	2.24	3.93

续表 6

化合物	气味描述	阈值 ^[30] / ($\mu\text{g}/\text{kg}$)	OAV	
			浓香 油莎豆油	浓香 花生油
3-乙基-2,5-二甲基吡嗪	焙烤味、坚果味	79	9.37	8.61
2-乙基-6-甲基吡嗪	-	40	9.00	-
苯甲醛	苦杏仁味	360	0.33	2.08
苯乙醛	苦杏仁味	400	1.48	2.25
5H-5-甲基-6,7-二氢环戊-吡嗪	-	50	1.20	-
2,6-二乙基吡嗪	焙烤味、坚果味	6	5.00	-
2-正戊基呋喃	焦糖味、水果味	130	12.00	4.15
1-辛醇	油脂味、柑橘味	100	1.00	0.50
1-辛烯-3-醇	蘑菇味	36	4.17	1.39
正己醇	酒香味、果香味	400	0.15	<0.1
壬酸	-	1 500	0.17	-
2-乙基-5-甲基吡嗪	烘烤味	100	4.60	14.00
2,3-二甲基-5-乙基吡嗪	烤香味、坚果味	60	1.50	1.83

注: - 表示未检测到该物质或无该物质的气味描述

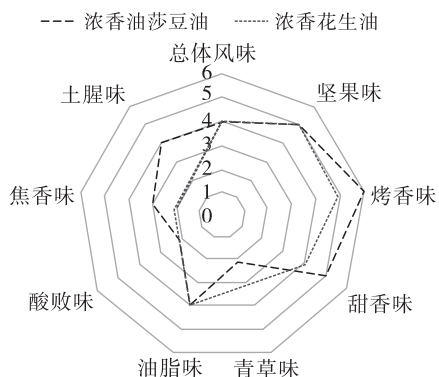
由表 6 可看出,浓香油莎豆油中关键风味物质有 20 种,其对浓香油莎豆油风味贡献度从大到小依次为 2-正戊基呋喃>壬醛>3-乙基-2,5-二甲基吡嗪>2-乙基-6-甲基吡嗪>1-辛烯>2,6-二乙基吡嗪>反式-2,4-癸二烯醛>2-乙基-5-甲基吡嗪>1-辛烯-3-醇>2-十一烯醛>2,3-二甲基吡嗪>正己醛>2-甲基吡嗪>2,3,5-三甲基吡嗪>2,5-二甲基吡嗪>正庚醛>2,3-二甲基-5-乙基吡嗪>苯乙醛>5H-5-甲基-6,7-二氢环戊-吡嗪>1-辛醇。浓香花生油中关键风味物质有 14 种,对浓香花生油风味贡献度从大到小依次为 2-乙基-5-甲基吡嗪>3-乙基-2,5-二甲基吡嗪>正己醛>2,5-二甲基吡嗪>2-甲基吡嗪>2-正戊基呋喃>2,3,5-三甲基吡嗪>壬醛>苯乙醛>1-辛烯>苯甲醛>2,3-二甲基-5-乙基吡嗪>正庚醛>1-辛烯-3-醇。

综上可知,浓香油莎豆油中的关键风味物质依次是醛类、吡嗪类、呋喃类、醇类、烯炔类,而浓香花生油中的关键风味物质依次是吡嗪类、醛类、呋喃类、烯炔类、醇类。

2.7 两种浓香型油脂的感官评价

对 2 个油样进行 GC-O-MS 嗅闻的感官描述

以及感官评价得分制得雷达图如图 1 所示。



注:总体风味得分为 10 名感官评价人员得出的总体平均分

图 1 感官评价雷达图

通过 GC-O-MS,能够感觉到正己醛、正庚醛、反-2-辛烯醛、苯甲醛、苯乙醛分别呈现青草味、烤香味、油脂味、坚果味、杏仁味,N-甲基吡咯、2-正戊基呋喃、2,5-二甲基吡嗪分别呈现爆米花味、甜香味、烤花生味。由图 1 可知,浓香油莎豆油烤香味、甜香味强度较强,稍有土腥味、焦香味。浓香花生油烤香味、坚果味较明显。结合 GC-O-MS 结果,综合分析得出,浓香油莎豆油甜香味、坚果味较明显,而浓香花生油烤花生味、烤杏仁味等风味较明显,这与挥发性成分以及特征性挥发性风味成分分析结果一致。

3 结论

对浓香油莎豆油和浓香高油酸花生油挥发性成分、OAV、GC-O-MS 和感官评价进行分析,两种浓香型油脂中挥发性成分的种类和含量均存在明显的差别,分别包括 14 类 122 种、12 类 89 种风味物质。浓香油莎豆油中挥发性成分含量的排序依次是醛类、吡嗪类、酚类、烷烃类、呋喃类、酯类、酮类等,浓香花生油中依次是吡嗪类、醛类、烷烃类、酮类、呋喃类等。通过计算 OAV,浓香油莎豆油中关键风味成分有 20 种,其中醛类物质的风味贡献度大于吡嗪类的,浓香花生油关键特征风味成分有 14 种,其中吡嗪类物质的风味贡献度大于醛类。通过 GC-O-MS 结合感官评价分析,共鉴定出 8 种气味活性物质,其风味特征包括青草味、烤香味、油脂味、坚果味、杏仁味、爆米花味、甜香味、烤花生味。浓香油莎豆油甜香味、坚果味较明显,而浓香花生油烤花生味、烤杏仁味等风味较明显。通过对比油莎豆和高油酸花生仁氨基酸组成及含量,可推测浓香油莎豆油特征风味前体物质是赖氨酸、天冬氨酸、酪氨酸、谷氨酸,浓香花生油特征风味前体物质是谷氨酸、天冬氨酸、酪氨酸、苯丙氨酸。另外,葡萄糖和果糖为美拉德反应

重要前体物质,其含量的差异可能是两种浓香型油脂风味产生差异的原因。本研究可为同为高油酸油料所制取油脂的风味调控提供参考依据。

参考文献:

- [1] 王瑞元. 发展木本油料产业是提高我国食用油自给率的重要举措[J]. 粮食与食品工业, 2016, 23(4): 1-4.
- [2] LI C C, HOU L X. Review on volatile flavor components of roasted oilseeds and their products [J]. Grain Oil Sci Technol, 2018, 1(4): 151-156.
- [3] 王瑞元, 王晓松, 相海. 一种多用途的新兴油料作物: 油莎豆[J]. 中国油脂, 2019, 44(1): 1-4.
- [4] 秦洋, 姬娜, 熊柳, 等. 美拉德反应制取花生天然香味剂理论研究[J]. 粮食与油脂, 2015, 28(9): 39-42.
- [5] 侯利霞, 陈丽燕, 孙小美, 等. 微波与传统焙炒处理对黑芝麻酱滋味成分和感官品质的影响[J]. 中国调味品, 2022, 47(2): 10-16.
- [6] 刘晓君. 炒籽对花生油风味和品质的影响[D]. 江苏无锡: 江南大学, 2011.
- [7] 田瑜. 油莎豆油生产工艺及产品质量研究[D]. 郑州: 河南工业大学, 2016.
- [8] 刘玉兰, 舒垚, 孙国昊, 等. 花生品种对花生酱风味及综合品质的影响[J]. 食品科学, 2021, 42(9): 15-21.
- [9] 孙国昊, 刘玉兰, 马宇翔, 等. 高油酸花生和普通花生对浓香花生油风味及综合品质的影响[J]. 食品科学, 2022, 43(20): 232-241.
- [10] 王小凤. 不同热处理对汾豆 62 中营养物质和抗营养因子的影响[D]. 山西晋中: 山西农业大学, 2016.
- [11] LIU H M, HAN Y F, WANG N N, et al. Formation and antioxidant activity of Maillard reaction products derived from different sugar-amino acid aqueous model systems of sesame roasting[J]. J Oleo Sci, 2020, 69(4): 391-401.
- [12] 吴锦波, 吴振, 朱国君, 等. 紫苏饼粕浓缩蛋白溶解性与乳化特性的研究[J]. 中国粮油学报, 2011, 26(2): 55-58.
- [13] LUO F, FEI X. Maillard reaction derived from oil-tea camellia seed through roasting [J]. J Sci Food Agric, 2019, 99(11): 5000-5007.
- [14] LATIF S, PFANNSTIEL J, MAKKAR H P S, et al. Amino acid composition, antinutrients and allergens in the peanut protein fraction obtained by an aqueous enzymatic process[J]. Food Chem, 2013, 136(1): 213-217.
- [15] MCDANIEL K A, WHITE B L, DEAN L L, et al. Compositional and mechanical properties of peanuts roasted to equivalent colors using different time/temperature combinations [J]. J Food Sci, 2012, 77(12): 1293-1299.
- [16] WAUTIER M P, TESSIER F J, WAUTIER J L. Advanced glycation end products: a risk factor for human health [J]. Ann Pharm Fr, 2014, 72(6): 400-408.

- [17] HO C W, WAN AIDA W M, MASKAT M Y, et al. Changes in volatile compounds of palm sap (*Arenga pinnata*) during the heating process for production of palm sugar[J]. *Food Chem*, 2007, 102(4):1156-1162.
- [18] 魏松丽,黄纪念,张丽霞,等. 基于主成分分析的红外预处理温度对花生油香气成分的影响[J]. *食品科技*, 2022,47(12):149-155.
- [19] 阚启鑫,黄宇杏,杜洁,等. 不同压榨工艺下花生油风味成分的变化[J]. *现代食品科技*, 2021, 37(12): 221-229.
- [20] BAKER G L, CORNELL J A, GORBET D W, et al. Determination of pyrazine and flavor variations in peanut genotypes during roasting [J]. *J Food Sci*, 2003, 68(1): 394-400.
- [21] 公敬欣,曹长春,侯莉,等. 热反应肉味香精制备体系半胱氨酸产生肉香味的初始 Maillard 反应途径[J]. *中国食品学报*, 2016,16(2):68-75.
- [22] MA Q L, HAMID N, BEKHITA E D, et al. Evaluation of pre-rigor injection of beef with proteases on cooked meat volatile profile after 1 day and 21 days post-mortem storage[J]. *Meat Sci*, 2012, 92(4): 430-439.
- [23] 刘云花,杨颖,胡晖,等. 花生油风味物质解析及风味增强研究进展[J]. *中国油脂*, 2017,42(3):30-34.
- [24] JIA X, ZHOU Q, WANG J, et al. Identification of key aroma-active compounds in sesame oil from microwaved seeds using E-nose and HS-SPME-GC×GC-TOF/MS[J/OL]. *J Food Biochem*, 2019, 43(10): e12786 [2022-02-11]. <https://doi.org/10.1111/jfbc.12786>.
- [25] LIU X, JIN Q, LIU Y, et al. Changes in volatile compounds of peanut oil during the roasting process for production of aromatic roasted peanut oil[J]. *J Food Sci*, 2011, 76(3): C404-C412.
- [26] 黄苓,孙震,曾小群,等. 多食材替代亚硝酸盐对腊肉挥发性风味的影响[J]. *中国食品学报*, 2021, 21(3): 324-333.
- [27] 马雪停. 芝麻油香气活性的分子组成与影响因素及储藏稳定性研究[D]. 郑州:河南工业大学, 2021.
- [28] 苏晓霞,苏迪,郭斐,等. 3种植物油在不同烹饪方式下的风味成分对比研究[J]. *中国粮油学报*, 2022, 37(10):155-163.
- [29] 成钰莹,邓新宇,蔡海晴,等. 高温加热对牛油果油、亚麻籽油及核桃油品质的影响[J]. *中国油脂*, 2022, 47(9):44-49,64.
- [30] 孙宝国. 食用调香术[M]. 3版. 北京:化学工业出版社, 2017.
-
- (上接第 64 页)
- [21] 徐爱军,俞金波,张榴萍,等. 油脂固体脂肪含量测定影响因素探讨[J]. *粮油加工*, 2010(9): 26-29.
- [22] WANG F Y, LIU Y F, JIN Q Z, et al. Kinetic analysis of isothermal crystallization in hydrogenated palm kernel stearin with emulsifier mixtures [J]. *Food Res Int*, 2011, 44(9): 3021-3025.
- [23] 李万平,严有兵,金俊. 甘三酯晶型转变及 β' 晶型稳定性的影响因素[J]. *粮油加工:电子版*, 2014(3): 40-43.
- [24] SATO K. Crystallization behaviour of fats and lipids: a review [J]. *Chem Eng Sci*, 2001, 56(7): 2255-2265.
- [25] 杨智明. 酶法酯交换生产零反式脂肪酸烘焙用途起酥油[D]. 广州:华南理工大学, 2014.
- [26] 苗海卿. 棉籽油氢化及结晶习性的研究[D]. 郑州:河南工业大学, 2012.
- [27] 朱向菊,裘爱泳. 脂肪同质多晶及其研究方法[J]. *粮食与油脂*, 2004(12): 10-12.
- [28] MOSTAFA A N, DEMAN J. Application of infrared spectroscopy in the study of polymorphism of hydrogenated canola oil [J]. *J Am Oil Chem Soc*, 1985, 62(10): 1481-1482.
- [29] KIM G Y, MARANGONI A G. Crystallization behavior of high behenic acid stabilizers in liquid oil [J]. *J Am Oil Chem Soc*, 2017, 94(9): 1165-1173.
- [30] 柴秀航. 月桂酸型塑性脂肪结晶网络表征及其结构特性研究[D]. 江苏 无锡:江南大学, 2019.