

会宁胡麻油产地环境及产品特征

谢亚萍^{1,2}, 任亮³, 齐向辉³, 张建平¹, 王利民¹, 李闻娟¹,
齐燕妮¹, 党照¹, 赵玮¹, 贾尚军⁴

(1. 甘肃省农业科学院作物研究所, 兰州 730070; 2. 甘肃农业大学农学院, 兰州 730070; 3. 甘肃省会宁县农业技术推广中心, 甘肃会宁 730799; 4. 甘肃会宁建伟食用油有限责任公司, 甘肃会宁 730799)

摘要:为提高会宁胡麻油品牌知名度和影响力, 探究了地理标志产品会宁胡麻油的产地环境、种植方式及生产管理过程和品质特性。以会宁县17个乡镇的土壤和胡麻油为试验材料, 采用国家相关标准对产地环境及胡麻油品质进行分析并采用气相色谱-质谱法对胡麻油风味物质进行分析。结果表明: 会宁胡麻油的产地环境和产品安全指标均达到绿色食品标准; 会宁胡麻油中 α -亚麻酸平均含量为54.24%, 不同产地间存在一定差异; 会宁胡麻油含有65种风味物质, 香味浓郁, 其中己醛、正己醇、2-甲基吡嗪、 γ -己内酯和3-甲基巴豆腈对会宁胡麻油独特的香味有重要影响。综上, 会宁胡麻生长环境好, 会宁胡麻油香味浓郁、营养价值高。

关键词: 会宁胡麻油; 产地环境; α -亚麻酸; 风味物质

中图分类号: TS224.3; TS221 文献标识码: A 文章编号: 1003-7969(2023)09-0107-07

Production environment and product characteristic of Huining flaxseed oil

XIE Yaping^{1,2}, REN Liang³, QI Xianghui³, ZHANG Jianping¹, WANG Limin¹,
LI Wenjuan¹, QI Yanni¹, DANG Zhao¹, ZHAO Wei¹, JIA Shangjun⁴

(1. Crop Research Institute, Gansu Academy of Agricultural Sciences, Lanzhou 730070, China; 2. College of Agronomy, Gansu Agricultural University, Lanzhou 730070, China; 3. Agricultural Technology Extension Center of Huining County in Gansu Province, Huining 730799, Gansu, China; 4. Gansu Huining Jianwei Limited Liability Company of Edible Oil, Huining 730799, Gansu, China)

Abstract: In order to improve the brand awareness and influence of Huining flaxseed oil, the production environment, cultivation method and production management process, and quality characteristics of Huining flaxseed oil, a geographical indication product, were explored. The soil and flaxseed oil from 17

收稿日期: 2022-05-26; 修回日期: 2023-04-05

基金项目: 甘肃省农业农村厅甘肃省特色优势农产品评价“会宁胡麻油”(TYNPZ2020-21); 甘肃省农科院重点研发项目(2021GAAS20); 国家特色油料产业技术体系(MOF和MARA); 油料作物分子育种技术创新及应用(2020GAAS08); 甘肃省重大专项(21ZD4NA022-02)

作者简介: 谢亚萍(1976), 女, 副研究员, 硕士生导师, 博士, 主要从事胡麻高产高效栽培与生态生理研究及推广应用(E-mail) xieyp2012@126.com; 任亮(1984), 女, 高级农艺师, 主要从事旱地作物栽培研究及农业技术推广工作(E-mail) 350285437@qq.com。谢亚萍与任亮同为第一作者。

通信作者: 张建平, 研究员, 硕士生导师(E-mail) 1400992920@qq.com。

townships in Huining county were used as test materials, and the production environment and product quality were determined by the relevant national standards, and the flavor compounds of flaxseed oil were determined by GC-MS method. The results showed that the production environment and product safety indicators of Huining flaxseed oil could meet the standards of green food; the average content of α -linolenic acid in Huining flaxseed oil was 54.24%, moreover, there was difference among different townships. Furthermore, the flaxseed oil of Huining contained 65 flavor compounds and had aromatic flavor, of which

hexanal, hexyl alcohol, 2 - methylpyrazine, γ - caprolactone, and 3 - methyl crocetonitrile had important effect on the unique scent of Huining flaxseed oil. In summary, the flaxseed of Huining grows in a good environment and the oil has a rich aroma and high nutritional value.

Key words: Huining flaxseed oil; production environment; α - linolenic acid; flavor compound

胡麻(*Linum usitatissimum* L.),又名油用亚麻,为亚麻科亚麻属一年生草本植物,是全世界温带地区重要的油料作物及工业原料^[1-3],也是我国华北和西北地区重要的特色油料作物和经济作物。我国胡麻常年播种面积在30万 hm^2 左右,甘肃省胡麻播种面积约占全国的30%^[4]。其中,作为甘肃省胡麻主产区之一的会宁县,胡麻常年播种面积在1万 hm^2 左右。2017年12月29日,原国家质检总局批准对“会宁胡麻油”实施地理标志产品保护。为提高会宁胡麻油的品牌知名度和影响力,为会宁胡麻油发展提供数据支撑,本文从会宁胡麻油产地环境、胡麻种植方式及生产管理过程、胡麻油产品品质和风味物质等方面开展了系统研究。

1 材料与方法

1.1 试验材料

成熟期胡麻植株,采自会宁县17个胡麻油产地——会师镇、中川镇、丁家沟镇、大沟镇、新塬镇、白草塬镇、草滩镇、平头川镇、柴门镇、河畔镇、新庄镇、韩集镇、甘沟镇、头寨镇、刘家寨子镇、甘沟驿镇和四房吴镇,样品采集时每镇选1个村,每村选代表性的样品3份,要求成熟一致性较好,无明显病虫害;土样,采集胡麻植株样时同时采集该种植地30 cm深处土样。

无水乙醚、四氯化碳、硫代硫酸钠、盐酸羟胺、甲醇、正庚烷,上海安谱实验科技股份有限公司;正己烷、乙腈,成都艾科达化学试剂有限公司;无水硫酸钠,西陇科学股份有限公司。

GCMS - QP2020NX 气相色谱 - 质谱联用仪、GC - 2014C 气相色谱仪(配有氢火焰离子化检测器),日本岛津公司;固相微萃取装置、50/30 μm 二乙烯基苯/碳分子筛/聚二甲基硅氧烷(DVB/CAR/PDMS)萃取头,美国 Supelco 公司。

1.2 试验方法

1.2.1 样品处理

胡麻植株样脱粒,常温保存,参照 GB 5009.168—2016 采用索氏抽提法从胡麻籽粒中提取胡麻油,将胡麻油密封包装后置于4 $^{\circ}\text{C}$ 冰箱冷藏。土样置于阴凉处干燥、粉碎、过2 mm筛,备用。

1.2.2 指标测定

1.2.2.1 胡麻油产地环境指标

土壤养分指标 pH、有机质、全氮、速效钾、有效磷含量,分别参照 NY/T 1377—2007、NY/T 1121.6—2006、LY/T 1228—2015、LY/T 1234—2015、LY/T 1232—2015 测定;土壤重金属指标铅(Pb)和镉(Cd)参照 GB/T 17141—1997 测定,铬(Cr)参照 HJ 491—2019 测定,总砷(As)参照 GB/T 22105.2—2008 测定,总汞(Hg)参照 GB/T 22105.1—2008 测定,铜(Cu)参照 GB/T 17138—1997 测定。

1.2.2.2 胡麻油理化指标

质量指标:色泽参照 GB/T 5009.37—2003 测定,透明度、气味和滋味参照 GB/T 5525—2008 测定,水分及挥发物含量参照 GB 5009.236—2016 测定,不溶性杂质含量参照 GB/T 15688—2008 测定,酸值参照 GB 5009.229—2016 测定。

污染物指标:铅(Pb)参照 GB 5009.12—2017 测定,总砷(As)参照 GB 5009.11—2014 测定,溶剂残留量参照 GB 5009.262—2016 测定,苯并(a)芘参照 GB 5009.27—2016 测定。

脂肪酸组成:参照 GB 5009.168—2016 采用气相色谱法测定主要脂肪酸(硬脂酸、棕榈酸、油酸、亚油酸和 α -亚麻酸)含量。

风味物质含量:参照陈静茹等^[5]的方法采用气相色谱 - 质谱法(GC - MS)测定胡麻油中的醛类、醇类、酮类、杂环类和烃类等风味物质。

1.2.3 数据处理

采用 Excel 2010 软件整理数据,采用 SPSS 22.0 软件进行差异显著性分析。

2 结果与分析

2.1 会宁胡麻油产地胡麻种植方式及生产管理过程

会宁胡麻油主产区的胡麻基本上在山坡地残膜上播种,整个生产过程依靠自然降雨。会宁干旱少雨,日照长,病虫害少,胡麻生产过程中不施用或极少量施用农药,在本文采样的17个主产地中均不施用农药。另外,胡麻采用轮作种植模式,前茬作物播种时大量基施有机肥,故胡麻种植期间或不再施肥,或少量追肥。参照 NY/T 394—2021,确认会宁胡麻生产过程绿色环保。会宁胡麻油主产地胡麻种植方

式及生产管理过程调研情况见表1。

表1 会宁胡麻油主产地胡麻种植方式及生产管理过程调研情况

产地	灌溉或雨养	农药	种植方式	施肥情况
会师镇	自然降雨	无	玉米-小麦-马铃薯-胡麻	追施氮肥
中川镇	自然降雨	无	玉米-马铃薯-胡麻	不施肥
丁家沟镇	自然降雨	无	玉米-豌豆-胡麻	不施肥
大沟镇	自然降雨	无	玉米-豇豆-胡麻	不施肥
新塬镇	自然降雨	无	玉米-马铃薯-豇豆-胡麻	不施肥
白草塬镇	自然降雨	无	小麦-玉米-胡麻	追施氮肥
草滩镇	自然降雨	无	玉米-马铃薯-小麦-胡麻	追施氮磷肥
平头川镇	自然降雨	无	马铃薯-玉米-胡麻	不施肥
柴门镇	自然降雨	无	玉米-小麦-胡麻	不施肥
河畔镇	自然降雨	无	玉米-马铃薯-小麦-胡麻	追施氮肥
新庄镇	自然降雨	无	小麦-豌豆-胡麻	不施肥
韩集镇	自然降雨	无	玉米-小麦-胡麻	不施肥
甘沟镇	自然降雨	无	玉米-豌豆-小麦-胡麻	不施肥
头寨镇	自然降雨	无	玉米-豇豆-小麦-胡麻	不施肥
刘家寨子镇	自然降雨	无	玉米-马铃薯-胡麻	不施肥
甘沟驿镇	自然降雨	无	玉米-马铃薯-小麦-胡麻	不施肥
四房吴镇	自然降雨	无	玉米-小麦-胡麻	不施肥

2.2 会宁胡麻油产地环境分析

2.2.1 土壤养分指标

会宁胡麻油主产地土壤养分指标见表2。

由表2可知:会宁胡麻油主产地土壤pH为7.6~8.5,符合绿色食品产地环境对pH的要求;会宁胡麻油主产地土壤有机质含量为10.75~19.33 g/kg,其中会师镇、新塬镇、柴门镇、河畔镇、新庄镇、甘沟镇和头寨镇土壤有机质含量在10~15 g/kg之间,达到绿色食品标准中Ⅱ级土壤标准,其他10个镇土壤有机质含量大于15 g/kg,达到绿色食品标准中Ⅰ级土壤标准;会宁胡麻油主产地土壤中全氮含量差异较大,含量最高与最低的产地相比,全氮

含量相差0.62 g/kg,17个镇中有10个镇的土壤中全氮含量小于0.8 g/kg,达到绿色食品标准中Ⅲ级土壤标准,有4个镇的土壤中全氮含量在0.8~1.0 g/kg之间,达到绿色食品标准中Ⅱ级土壤标准,而大沟镇、白草塬镇和平头川镇的土壤中全氮含量大于1.0 g/kg,达到绿色食品标准中Ⅰ级土壤标准;会宁胡麻油主产地土壤中有效磷含量均大于10 mg/kg,达到绿色食品标准中Ⅰ级土壤标准;会宁胡麻油主产地土壤中速效钾含量均大于120 mg/kg,达到绿色食品标准中Ⅰ级土壤标准。根据NY/T 391—2021,会宁胡麻油产地土壤pH和主要养分含量均达到生产绿色食品对土壤的要求。

表2 会宁胡麻油主产地土壤养分指标

产地	pH	有机质/ (g/kg)	全氮/ (g/kg)	速效钾/ (mg/kg)	有效磷/ (mg/kg)
会师镇	8.4	11.94	0.92	195.6	13.25
中川镇	8.5	17.27	0.91	231.7	11.43
丁家沟镇	8.5	16.72	0.69	161.8	13.67
大沟镇	8.2	18.05	1.09	298.7	10.16
新塬镇	8.3	14.52	0.56	255.0	10.33
白草塬镇	7.6	15.25	1.13	213.2	13.56
草滩镇	7.6	17.28	0.70	308.8	20.43
平头川镇	7.8	19.33	1.11	296.4	12.51
柴门镇	8.5	13.28	0.62	322.5	16.52
河畔镇	8.3	11.56	0.62	279.4	13.47
新庄镇	8.5	12.33	0.51	295.6	12.13
韩集镇	8.5	15.22	0.88	251.9	13.11
甘沟镇	8.5	11.94	0.96	285.2	10.55
头寨镇	8.5	10.75	0.75	221.3	16.96
刘家寨子镇	8.4	15.22	0.69	328.9	15.39
甘沟驿镇	8.3	19.03	0.69	285.2	11.21
四房吴镇	8.3	17.55	0.71	274.9	10.31
绿色食品标准	≥7.5	Ⅰ级 >15 Ⅱ级 10~15 Ⅲ级 <10	Ⅰ级 >1.0 Ⅱ级 0.8~1.0 Ⅲ级 <0.8	Ⅰ级 >120 Ⅱ级 80~120 Ⅲ级 <80	Ⅰ级 >10 Ⅱ级 5~10 Ⅲ级 <5

注:绿色食品标准参照NY/T 391—2021。下同

2.2.2 土壤重金属指标

会宁胡麻油主产地土壤重金属含量见表3。

表3 会宁胡麻油主产地土壤重金属含量 mg/kg

产地	Pb	Cd	Cr	As	Hg	Cu
会师镇	25.0	0.110	48	11.6	0.014	0.94
中川镇	22.4	0.212	29	10.5	0.021	0.55
丁家沟镇	22.2	0.130	49	11.0	0.036	0.71
大沟镇	22.3	0.132	58	11.4	0.018	0.97
新塬镇	23.6	0.128	49	11.7	0.023	0.90
白草塬镇	27.0	0.160	58	11.6	0.088	1.37

续表 3

产地	mg/kg					
	Pb	Cd	Cr	As	Hg	Cu
草滩镇	26.0	0.136	59	12.6	0.060	0.72
平头川镇	23.8	0.133	57	11.3	0.071	0.51
柴门镇	21.5	0.220	47	11.1	0.037	0.81
河畔镇	22.0	0.198	47	11.3	0.073	0.98
新庄镇	20.3	0.214	53	11.8	0.014	0.92
韩集镇	20.1	0.176	42	11.0	0.012	0.70
甘沟镇	20.1	0.221	47	11.1	0.014	0.92
头寨镇	20.9	0.232	41	11.3	0.072	0.92
刘家寨子镇	23.8	0.117	51	11.7	0.066	0.91
甘沟驿镇	24.2	0.118	53	11.5	0.022	0.93
四房吴镇	24.3	0.106	44	11.7	0.026	1.09
绿色食品标准	≤50	≤0.40	≤120	≤20	≤0.35	≤60

由表 3 可知,会宁胡麻油产地土壤中 Pb、Cd、Cr、As、Hg 和 Cu 的含量分别为 20.1 ~ 27.0 mg/kg、0.106 ~ 0.232 mg/kg、29 ~ 59 mg/kg、10.5 ~ 12.6 mg/kg、0.012 ~ 0.088 mg/kg 和 0.51 ~ 1.37 mg/kg,均符合绿色食品标准中对土壤重金属的要求,尤其是 Cr、As 和 Cu 的含量远远低于绿色食品标准中要求的土壤含量阈值。可见,会宁胡麻油产地土壤重金属含量均达到生产绿色食品对土壤重金属含量的限制要求。

2.3 会宁胡麻油理化指标

2.3.1 质量指标

会宁胡麻油质量指标如表 4 所示。

表 4 会宁胡麻油质量指标

产地	色泽	气味、滋味	透明度	水分及挥发物含量/%	不溶性杂质含量/%	酸值(KOH)/(mg/g)
会师镇	黄色	胡麻油固有的气味和滋味	透明	0.08	0.05	0.36
中川镇	黄色	胡麻油固有的气味和滋味	透明	0.04	0.04	0.25
丁家沟镇	黄色	胡麻油固有的气味和滋味	透明	0.06	0.04	0.14
大沟镇	黄色	胡麻油固有的气味和滋味	透明	0.03	0.05	0.19
新塬镇	黄色	胡麻油固有的气味和滋味	透明	0.05	0.03	0.26
白草塬镇	黄色	胡麻油固有的气味和滋味	透明	0.04	0.04	0.45
草滩镇	黄色	胡麻油固有的气味和滋味	透明	0.04	0.02	0.53
平头川镇	黄色	胡麻油固有的气味和滋味	透明	0.07	0.03	0.65
柴门镇	黄色	胡麻油固有的气味和滋味	透明	0.04	0.04	0.52
河畔镇	黄色	胡麻油固有的气味和滋味	透明	0.05	0.02	0.28
新庄镇	黄色	胡麻油固有的气味和滋味	透明	0.05	0.03	0.54
韩集镇	黄色	胡麻油固有的气味和滋味	透明	0.08	0.02	0.37
甘沟镇	黄色	胡麻油固有的气味和滋味	透明	0.03	0.04	0.25
头寨镇	黄色	胡麻油固有的气味和滋味	透明	0.06	0.03	0.33
刘家寨子镇	黄色	胡麻油固有的气味和滋味	透明	0.04	0.04	0.45
甘沟驿镇	黄色	胡麻油固有的气味和滋味	透明	0.05	0.04	0.29
四房吴镇	黄色	胡麻油固有的气味和滋味	透明	0.07	0.05	0.43
一级油	浅黄色至黄色	胡麻油固有的气味和滋味	透明	≤0.20	≤0.05	≤1.0

注:一级油指标参照 GB/T 8235—2019

由表 4 可知,会宁胡麻油色泽为黄色,透明,具有胡麻油固有的气味和滋味,水分及挥发物含量小于 0.20%,不溶性杂质含量小于或等于 0.05%,酸值(KOH)小于 1.0 mg/g。可见,会宁胡麻油各项质量指标均达到 GB/T 8235—2019 中一级胡麻油指标要求。

2.3.2 污染物指标

会宁胡麻油中污染物指标见表 5。

由表 5 可知,会宁胡麻油中未检测出 Pb、As 和溶剂残留,苯并(a)芘含量小于 5 μg/kg,符合绿色食品标准要求。可见,会宁胡麻油各项安全指标均

在绿色食品标准要求的范围内。

表 5 会宁胡麻油污染物指标

产地	Pb/(mg/kg)	As/(mg/kg)	溶剂残留量/(mg/kg)	苯并(a)芘/(μg/kg)
会师镇	未检出	未检出	未检出	3.1
中川镇	未检出	未检出	未检出	3.4
丁家沟镇	未检出	未检出	未检出	2.2
大沟镇	未检出	未检出	未检出	2.5
新塬镇	未检出	未检出	未检出	2.1
白草塬镇	未检出	未检出	未检出	2.6
草滩镇	未检出	未检出	未检出	2.8
平头川镇	未检出	未检出	未检出	2.8

续表 5

产地	Pb/ (mg/kg)	As/ (mg/kg)	溶剂残留量/ (mg/kg)	苯并(a)芘/ ($\mu\text{g}/\text{kg}$)
柴门镇	未检出	未检出	未检出	2.7
河畔镇	未检出	未检出	未检出	1.8
新庄镇	未检出	未检出	未检出	2.3
韩集镇	未检出	未检出	未检出	1.8
甘沟镇	未检出	未检出	未检出	1.5
头寨镇	未检出	未检出	未检出	2.1
刘家寨子镇	未检出	未检出	未检出	2.7
甘沟驿镇	未检出	未检出	未检出	2.4
四房吴镇	未检出	未检出	未检出	2.5
绿色食品标准	≤ 0.1	≤ 0.1	不得检出	≤ 5

2.3.3 脂肪酸组成

会宁胡麻油主要脂肪酸组成见表 6。

表 6 会宁胡麻油主要脂肪酸组成 %

产地	棕榈酸	硬脂酸	油酸	亚油酸	α -亚麻酸
会师镇	6.29 ^a	4.33 ^{bc}	21.42 ^{ab}	13.33 ^c	54.63 ^b
中川镇	6.09 ^{ab}	5.03 ^b	19.28 ^b	14.52 ^b	55.08 ^a
丁家沟镇	6.09 ^{ab}	4.28 ^{bc}	21.43 ^{ab}	12.69 ^d	55.51 ^a
大沟镇	6.23 ^a	4.84 ^{bc}	21.31 ^{ab}	13.82 ^{bc}	53.80 ^c
新塬镇	5.98 ^{ab}	4.52 ^{bc}	21.78 ^{ab}	13.45 ^c	54.27 ^b
白草塬镇	5.86 ^{ab}	5.06 ^b	21.15 ^b	13.86 ^{bc}	54.07 ^{bc}
草滩镇	5.98 ^{ab}	4.96 ^b	22.14 ^{ab}	14.44 ^b	52.48 ^d
平头川镇	6.22 ^a	4.98 ^b	19.01 ^b	14.29 ^b	55.50 ^a
柴门镇	5.82 ^{ab}	3.85 ^c	20.37 ^b	13.71 ^{bc}	56.25 ^a
河畔镇	5.87 ^{ab}	4.00 ^c	24.43 ^a	13.05 ^d	52.65 ^d
新庄镇	5.74 ^{ab}	3.94 ^c	21.70 ^{ab}	13.32 ^c	55.30 ^a
韩集镇	5.67 ^b	3.77 ^c	18.85 ^b	16.88 ^a	54.83 ^b
甘沟镇	5.85 ^{ab}	4.52 ^{bc}	21.51 ^{ab}	14.03 ^{bc}	54.09 ^{bc}
头寨镇	6.09 ^{ab}	4.51 ^{bc}	22.49 ^a	13.77 ^{bc}	53.14 ^c
刘家寨子镇	6.07 ^{ab}	4.79 ^{bc}	21.29 ^{ab}	14.33 ^b	53.52 ^c
甘沟驿镇	5.23 ^b	6.41 ^a	23.09 ^a	12.30 ^d	52.97 ^d
四房吴镇	6.46 ^a	5.50 ^b	19.98 ^b	14.03 ^{bc}	54.03 ^{bc}

注:同列不同字母表示差异显著($p < 0.05$)

α -亚麻酸是评价胡麻籽和胡麻油营养价值的重要指标^[1,6]。由表 6 可知,草滩镇所产胡麻油 α -亚麻酸含量最低,为 52.48%,柴门镇的最高,为 56.25%,相差 3.77 百分点,且不同镇之间差异显著。会宁胡麻油 α -亚麻酸平均含量为 54.24%,比 Zhang 等^[6]报道的张北试验站胡麻油中 α -亚麻酸平均含量低 0.92 百分点,这可能与品种、环境等有关,可通过品种选育和栽培管理措施提高会宁胡麻油中 α -亚麻酸含量。

2.3.4 风味物质含量

会宁胡麻油风味物质含量见表 7。

表 7 会宁胡麻油风味物质含量

风味物质	含量/%
醛类	
丙烯醛	0.23
己醛	8.63
庚醛	0.16
2-己烯醛	1.02
正辛醛	0.37
2-庚烯醛	0.53
反-2-辛烯醛	0.21
(戊,戊)-2,4-庚二烯醛	8.01
醇类	
仲丁醇	0.57
1,4-戊二烯-3-醇	0.51
反式-2-戊烯醇	2.43
1-五烯-3-醇	1.52
异戊醇	1.07
桉叶油醇	0.60
1-戊醇	0.25
顺-2-戊烯醇	0.23
正己醇	5.61
反式-3-己烯-1-醇	0.15
1-辛烯-3-醇	0.50
(2R,3R)-(-)-2,3-丁二醇	0.50
正辛醇	0.36
2,3-丁二醇	0.33
1,3-丙二醇	0.41
苯基乙醇	0.87
酮类	
2-丁酮	0.61
3-戊烯-2-酮	0.52
(Z)-6-辛烯-2-酮	0.47
3-羟基-3-甲基-2-丁酮	1.29
1-羟基-2-丁酮	0.72
3,5-辛二烯-2-酮	11.92
5-甲基-5-庚烯-3-酮	0.43
杂环类	
2-乙基呋喃	0.24
2,3-二氢呋喃	2.50
2-正戊基呋喃	0.49
2-乙基-5-甲基吡嗪	0.98
2-乙基-6-甲基吡嗪	0.17
2,3,5-三甲基吡嗪	0.64
2-乙基-3,6-二甲基吡嗪	1.12
2-正丙基呋喃	0.41
5-甲基呋喃醛	0.74
2-乙酰基吡咯	0.30
2-吡咯甲醛	0.72
2-甲基吡嗪	3.84
4,6-二甲基嘧啶	1.70

续表 7

风味物质	含量/%
烃类	
顺式-1,2-二甲基环丙烷	0.83
2,3,3-三甲基己烷	0.30
氧杂环丁烷	1.40
3,5-二甲基辛烷	0.39
2,3,5-三甲基癸烷	0.54
1,2-环氧基环庚烷	0.37
十四烷	0.32
3-亚乙基环己烯	0.95
月桂烯	2.62
1-氯-4-甲基环己烷	0.91
(+)-柠檬烯	0.47
酸类	
庚酸	0.15
己酸	2.28
γ -羟基丁酸	0.61
正戊酸	0.48
醋酸	0.74
酯类	
乙酸异戊酯	0.59
γ -己内酯	1.48
2-羟基异丁酸乙酯	1.23
腈类	
3-甲基巴豆腈	1.26
5-己烯腈	0.34

由表 7 可知,会宁胡麻油中风味物质包括醛类 8 种、醇类 16 种、酮类 7 种、杂环类 13 种、烃类 11 种、酸类 5 种、酯类 3 种和腈类 2 种共 65 种风味物质。其中:醛类中己醛含量最高(8.63%),醇类中正己醇含量最高(5.61%),酮类中 3,5-辛二烯-2-酮含量最高(11.92%),杂环类中 2-甲基吡嗪含量最高(3.84%),烃类中月桂烯含量最高(2.62%),酸类中己酸含量最高(2.28%),酯类中 γ -己内酯含量最高(1.48%)和腈类中 3-甲基巴豆腈含量最高(1.26%)。各类挥发性物质的总含量由高到低依次为醛类 > 酮类 > 醇类 > 杂环类 > 烃类 > 酸类 > 酯类 > 腈类。

在各种芳香物质中,醛类物质香气浓烈,多为花香及果香^[7]。研究表明,己醛是樱桃果实最重要的香气成分之一^[7-8],也是胡麻油的香气成分之一^[9]。本研究中,会宁胡麻油中己醛含量高达 8.63%。酮类化合物为芳香物质之一^[10],会宁胡麻油中酮类物质含量最高的为 3,5-辛二烯-2-酮。醇类化合物通常具有芳香味和植物香味^[11],也是胡麻油香气

成分的重要组成部分^[9]。本研究中,会宁胡麻油中醇类物质含量最高的为正己醇,与吕虹霞^[9]、卢银洁^[12]等在低温压榨胡麻油风味物质组成的测定结果一致。邵帅臻^[13]对焦香米饭风味物质的研究发现,在杂环类化合物中具有焦香味的 2-甲基吡嗪含量最高,本研究中会宁胡麻油的杂环类化合物中,2-甲基吡嗪含量也是最高的。徐赛等^[14]研究发现,烃类物质为荔枝挥发性物质之一。本研究中,烃类化合物也是胡麻油中的重要挥发性物质。卢银洁等^[12]研究发现,胡麻油中酸类物质中己酸含量高,与本研究结果吻合。 γ -己内酯具有香甜气味^[15],本研究中会宁胡麻油的酯类化合物中 γ -己内酯含量最高。孙国昊等^[16]研究表明,3-甲基巴豆腈是浓香菜籽油 13 种最重要的特征风味物质之一,而本研究中会宁胡麻油的腈类化合物中 3-甲基巴豆腈含量最高。综上,己醛、正己醇、2-甲基吡嗪、 γ -己内酯和 3-甲基巴豆腈等对会宁胡麻油的香味具有重要影响。

3 结论

会宁干旱少雨,土壤肥沃、无污染,胡麻种植采用合理科学轮作,生产过程病虫害极少,整个种植过程不施用农药,绿色环保,为胡麻油的生产提供了绿色原料。会宁胡麻油产品质量安全可靠, α -亚麻酸平均含量达 54.24%;会宁胡麻油风味物质种类和含量丰富,己醛、正己醇、2-甲基吡嗪、 γ -己内酯和 3-甲基巴豆腈等对会宁胡麻油的香味有重要影响。

参考文献:

- [1] GOYAL A, SHARMA V, UPADHYAY N, et al. Flax and flaxseed oil: an ancient medicine and modern functional food [J]. J Food Sci Technol, 2014, 51(9): 1633-1653.
- [2] KAJLA P, SHARMA A, SOOD D R. Flaxseed: a potential functional food source [J]. J Food Sci Technol, 2015, 52(4): 1857-1871.
- [3] XIE Y P, YAN Z L, NIU Z X, et al. Yield, oil content, and fatty acid profile of flax (*Linum usitatissimum* L.) as affected by phosphorus rate and seeding rate [J/OL]. Ind Crop Prod, 2020, 145: 112087 [2022-05-26]. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2020.112087>.
- [4] 谢亚萍, 牛俊义. 胡麻生长发育与氮营养规律 [M]. 北京: 中国农业科学技术出版社, 2017.
- [5] 陈静茹, 王晓巍, 颜建明, 等. 甘谷辣椒产地环境及产品品质分析与评价 [J]. 食品与发酵工业, 2022, 48(14): 251-256, 262.

(下转第 137 页)

表9 含SSL的植脂奶油油脂样品SPE处理前后铜皂络合比色法酸价测定值的比较

样品编号	酸价/(mg/g)		相对偏差/%
	未经SPE处理	SPE处理	
1	1.23	0.63	-48.8
2	0.58	0.35	-39.7
3	0.45	0.21	-53.3
4	0.31	0.20	-35.5

表10是SSL添加量分别为0.2%和0.4%的2个大豆油样品SPE净化处理前后,铜皂络合比色法的酸价测定值。

表10 不同SSL添加量的大豆油SPE处理前后铜皂络合比色法酸价测定值的比较

SSL添加量/%	本底值/(mg/g)	测定值/(mg/g)	
		未经SPE处理	SPE处理
0.2	0.11	0.46	0.23
0.4		0.92	0.35

从表10可知,与含SSL的植脂奶油油脂样品类似,经SPE净化处理后,添加SSL的大豆油样品的铜皂络合比色法的酸价测定值也出现了明显的下降,但是无法降低到本底酸价的水平。这种现象可能是由两方面的因素造成的:一是由于SSL是人工通过硬脂酸和乳酸之间的醇-羧酸酯化反应合成,一般这种酯化反应是可逆的、不完全反应,这就造成合成SSL产品中有少量的游离硬脂酸残留^[9],从而升高了油脂酸价的本底值;二是SSL固体要溶解在油脂中需要加热(50~60℃)和较长的搅拌时间(45~90 min),在此期间,油脂本底酸价会因较长时间的加热而有小幅升高。

3 结论

通过离子排斥色谱对油脂水解后释放的游离乳酸总含量进行评估,结果表明,SPE净化处理技术可有效去除油脂中的SSL,排除对铜皂络合比色法测定油脂酸价的干扰。同时,SPE净化处理技术不对处理后油脂中FFA的含量造成影响,即不会改变铜皂络合比色法对酸价测定的准确性,解决了FFA衍生物类添加剂干扰铜皂络合比色法定量酸价的特异性难题。

参考文献:

- [1] Animal and vegetable fats and oils: determination of acid value and acidity: ISO 660(2020) [S]. Switzerland: ISO Press, 2020.
- [2] 食品安全国家标准 食品中酸价的测定: GB 5009.229—2016[S]. 北京:中国标准出版社,2016.
- [3] 曹文明,薛斌,屠炳芳.酸价的特异性检测方法:铜皂络合比色技术的研究进展[J].中国油脂,2022,47(3):110-116.
- [4] 薛斌,徐斐,曹文明.特异性定量测定油脂和含油食品酸价的新铜皂比色法[J].中国油脂,2021,46(8):110-118.
- [5] 食品安全国家标准 食品添加剂使用标准: GB 2760—2014[S]. 北京:中国标准出版社,2015.
- [6] 食品安全国家标准 食品添加剂 硬脂酰乳酸钠: GB 1886.92—2016 [S]. 北京:中国标准出版社,2017.
- [7] 陈小华.固相萃取技术与应用[M].2版.北京:科学出版社,2019.
- [8] 孙毓庆,有育筑.液相色谱溶剂系统的选择与优化[M].北京:化学工业出版社,2008.
- [9] 胡德亮,陈丽花,黄恺.食品乳化剂[M].北京:中国轻工业出版社,2011.
- [6] ZHANG J P, XIE Y P, DANG Z, et al. Oil content and fatty acid components of oilseed flax under different environments in China[J]. Agronomy J, 2016, 108:365-372.
- [7] GIRARD B, KOPP T G. Physicochemical characteristics of selected sweet cherry cultivars [J]. J Agric Food Chem, 1998,46(2):471-476.
- [8] 张序,李延菊,孙庆田,等.不同品种甜樱桃果实芳香成分的GC-MS分析[J].果树学报,2014,31(S1):134-138.
- [9] 吕虹霞.低温烘烤胡麻籽对胡麻油挥发性成分的影响[J].粮食与油脂,2022,35(3):94-98.
- [10] 孙叶烁,张国新,丁守鹏,等.盐胁迫对樱桃番茄风味品质的影响[J].核农学报,2022,36(4):838-844.
- [11] SOUSDALEFF M, BAESSO M L, NETO A M, et al. Microencapsulation by freeze-drying of potassium norbixinate and curcumin with maltodextrin: stability, solubility, and food application[J]. J Agric Food Chem, 2013, 61(4): 955-965.
- [12] 卢银洁,狄建兵,郝利平,等.热榨和冷榨胡麻油挥发性物质与关键风味物质组成的分析[J].中国油脂,2017,42(3):44-47,52.
- [13] 邵帅臻.电饭煲烹饪焦香米饭特征性风味物质的剖析及其强化方法[D].江苏无锡:江南大学,2021.
- [14] 徐赛,吕恩利,陆华忠,等.基于SPME-GC-MS的不同保鲜环境荔枝挥发性成分变化对比[J].食品工业科技,2016,37(20):72-77.
- [15] 张波,韩舜愈,蒋玉梅,等.杏果挥发性风味成分分析[J].食品科学,2008,29(12):559-563.
- [16] 孙国昊,刘玉兰,连四超,等.油菜籽品种对浓香菜籽油风味及综合品质的影响[J].食品科学,2022,43(8):190-197.

(上接第112页)