

不同压榨温度下奇亚籽油气味组分的电子鼻分析

李 雪, 杜传来, 翟立公, 李景军, 丁志刚

(安徽科技学院 食品工程学院, 安徽 凤阳 233100)

摘要:以奇亚籽为原料, 采用压榨法制取奇亚籽油, 考察不同的压榨温度(60~120℃)对奇亚籽出油率和奇亚籽油酸值的影响, 利用电子鼻对奇亚籽油气味组分进行分析。结果表明: 高温对奇亚籽出油率和奇亚籽油酸值有一定程度影响; 主成分分析表明, 第1主成分和第2主成分总体贡献率为99.91%, 可以区分60℃、70~100℃和110~120℃下压榨的奇亚籽油; 传感器贡献率分析表明, 奇亚籽油的气味组分主要有无机硫化物、甲烷等短链烷烃、氮氧化合物、芳香成分、苯类等, 70~100℃范围内的油样与60℃条件下油样对W2S传感器有不同响应, 110~120℃范围内的油样与60℃条件下油样对W2S和W2W传感器有不同响应; 线性判别分析结果表明, 80℃与90℃油样、110℃与120℃油样气味组分具有一定相似性, 与其他压榨温度下油样的气味组分差异度较大。利用电子鼻可以将60℃与其他压榨温度下的奇亚籽油进行区分。

关键词:奇亚籽油; 电子鼻; 气味组分; 压榨温度; 主成分分析; 传感器贡献率分析; 线性判别分析

中图分类号: TS221; TS225.1 文献标识码: A 文章编号: 1003-7969(2021)04-0015-05

Analysis of odor components of chia seed oil at different pressing temperatures by electronic nose

LI Xue, DU Chuanlai, ZHAI Ligong, LI Jingjun, DING Zhigang

(College of Food Engineering, Anhui Science and Technology University, Fengyang 233100, Anhui, China)

Abstract: With chia seed as raw materials, the chia seed oil was extracted by pressing. The effects of different pressing temperatures (60–120 °C) on the oil yield of chia seed and acid value of chia seed oil were studied. The odor components of chia seed oil were studied by electronic nose. The results showed that high temperature had an impact on the oil yield of chia seed and the acid value of chia seed oil. Principal component analysis showed that the total contribution rate of the first principal component and the second principal component was 99.91%, and it could distinguish chia seed oil pressed at 60 °C, 70–100 °C and 110–120 °C. Loadings analysis showed that the odor components of chia seed oil were mainly inorganic sulfide, broad-methane, nitrogen oxides, aromatic, benzenes, etc. The oil samples at 70–100 °C and 60 °C had different responses at the W2S sensor, and the oil samples at 110–120 °C and 60 °C had different responses at the W2S and W2W sensors. The linear discriminant analysis showed that the odor components of the oil samples at 80 °C and 90 °C, and at 110 °C and 120 °C had certain similarity, which were very different from the odor components of the oil samples at other pressing temperatures. The electronic nose could be used to distinguish the chia seed oil at 60 °C from other pressing temperatures.

Key words: chia seed oil; electronic nose; odor component; pressing temperature; principal component analysis; loadings analysis; linear discriminant analysis

收稿日期: 2020-07-01; 修回日期: 2020-12-25

基金项目: 安徽省高校科学研究重大项目(KJ2020ZD012)

作者简介: 李 雪(1990), 女, 助教, 硕士, 主要从事粮食、油脂及植物蛋白研究(E-mail) 1037258404@qq.com。

通信作者: 丁志刚, 副教授(E-mail) dingzhigang@163.com。

奇亚籽为芡欧鼠尾草的种子, 其蛋白质含量在19%~27%^[1], 油脂含量20%~50%^[2]; 油中不饱和脂肪酸含量占87%, 主要以亚麻酸为主, 可以作为人体摄取 $\omega-3$ 多不饱和脂肪酸的良好来源^[2-3]。2014年我国批准奇亚籽为新食品原料^[4]。

奇亚籽油对于预防心血管疾病以及维持正常的生理功能具有重要的意义^[5]。奇亚籽油的提取方法包括压榨法、溶剂提取法^[6]、超临界 CO₂ 萃取法^[7] 等。综合考虑对气味组分的保留和成本,本文采用压榨法制取奇亚籽油。

电子鼻作为一种人工嗅觉系统,可以捕获不同的气味并利用传感器将其转化为电信号,通过分析比较,进行识别判断^[8]。在电子鼻技术推动下,气味可作为植物油质量控制中新的可量化指标。目前电子鼻技术通常用于油脂氧化判别分析^[9]、食用油脂掺假和鉴别^[10]、地沟油检测分析^[11]。利用电子鼻区分不同压榨温度的油脂还鲜有研究。

本实验选择不同的压榨温度对奇亚籽进行压榨,利用电子鼻对不同压榨温度下的奇亚籽油气味组分进行分析,通过主成分分析、传感器贡献率分析、线性判别分析,建立不同压榨温度模型,以对不同压榨温度下的奇亚籽油进行区分,实现对奇亚籽油的快速无损检测,为奇亚籽油的质量控制提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 实验材料

1.1.1 原料与试剂

新鲜奇亚籽,由深圳市致享生物科技有限公司提供,含水量 7.5%,含油量 23.45%。

酚酞、95% 乙醇、氢氧化钠、冰乙酸、异辛烷,均为分析纯。

1.1.2 仪器与设备

PEN3 电子鼻(德国 AIRSENSE 公司),不同传感器响应不同气味物质,具体见表 1;FORZA CS7 冷榨机(深圳奥斯达电子有限公司)。

表 1 电子鼻传感器对物质响应类型的性能描述

传感器	性能描述
W1C	芳香成分,苯类
W5S	灵敏度高,对氮氧化合物很灵敏
W3C	氨水,对芳香成分灵敏
W6S	主要对氢气有选择性
W5C	烷烃芳香成分
W1S	对甲烷等短链烷烃灵敏
W1W	对无机硫化物灵敏
W2S	对醇、醚、醛、酮类化合物灵敏
W2W	芳香成分,对有机硫化物灵敏
W3S	对烷烃灵敏,尤其长链烷烃类

1.2 实验方法

1.2.1 奇亚籽油的制取

称取一定量的奇亚籽,去除杂质,将榨油机压榨

温度分别设置为 60、70、80、90、100、110、120 °C,预热 15~20 min,然后将奇亚籽缓缓放入榨油机漏斗中,压榨,收集流出液,离心除杂,得奇亚籽油。

奇亚籽出油率按式(1)计算。

$$X = \frac{m}{m_0} \times 100\% \quad (1)$$

式中: X 为出油率; m 为奇亚籽油质量; m_0 为奇亚籽样品质量。

1.2.2 奇亚籽油酸值的测定

酸值根据 GB/T 5009.37—2003 进行测定。

1.2.3 奇亚籽油气味组分测定

准确称取一定质量不同压榨温度下的奇亚籽油,放入电子鼻样品瓶中,迅速将瓶口密封保存 1 h,使样品瓶中气体稳定,手动进样进行电子鼻分析,将进样针和活性炭过滤针插入样品瓶,完成一次检测后系统进行清零和标准化。检测参数:检测时间 20 s,自动调零时间 5 s,清洗时间 300 s,进样流量 600 mL/min^[12]。每个压榨温度做 3 次重复。

1.2.4 数据处理

奇亚籽出油率和奇亚籽油的酸值采用 Microsoft Excel 2010 进行数据处理,不同压榨温度的奇亚籽油的气味组分用电子鼻进行检测,用 WinMuster 软件进行主成分(PCA)分析、传感器贡献率(Loadings)分析、线性判别(LDA)分析。

2 结果与讨论

2.1 不同压榨温度下奇亚籽出油率(见图 1)

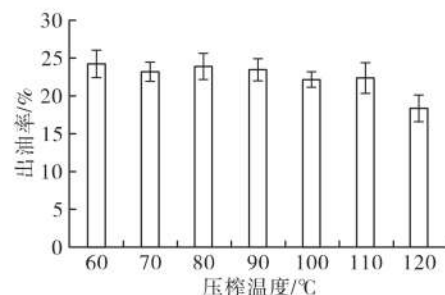


图 1 不同压榨温度下奇亚籽的出油率

由图 1 可知,随着压榨温度的升高,奇亚籽的出油率在 18.38%~23.97% 之间变化。当压榨温度在 60~90 °C 时,出油率在 23% 左右,这是因为此时奇亚籽中的含水量较为合适,有利于奇亚籽在榨膛中保持适宜的可塑性,从而使榨油机中螺旋杆的转速维持在最佳的工作状态,饼粕被挤压成脆性较弱的饼坯薄片,且适当提高温度会降低油脂黏度^[12],有利于奇亚籽中油脂的渗出;当压榨温度达到 100 °C 以上,出油率有降低的趋势,这是由于奇亚籽中的水分在挤压过程中快速地蒸发减少,影响料坯

的可塑性,引起出油率下降。

2.2 不同压榨温度下奇亚籽油的酸值(见图2)

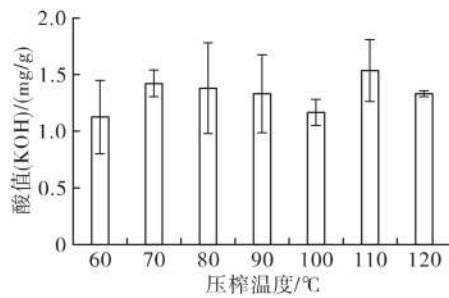


图2 不同压榨温度下奇亚籽油的酸值

由图2可知,在60~120℃内压榨的奇亚籽油酸值(KOH)均在1.6 mg/g以下。随着压榨温度升高,奇亚籽油的酸值有上升趋势,说明奇亚籽油酸败程度增大;同时伴随着高温,在压榨机挤压过程中,奇亚籽饼粕色泽加深甚至焦化^[13],造成油中可溶解物增多。

2.3 不同压榨温度下奇亚籽油气味组分的主成分分析

利用WinMuster软件对不同压榨温度(60、70、80、90、100、110、120℃)下奇亚籽油的气味组分建立模型,进行PCA分析。不同压榨温度下奇亚籽油的主成分分析见图3,不同压榨温度下奇亚籽油区分度见表2。

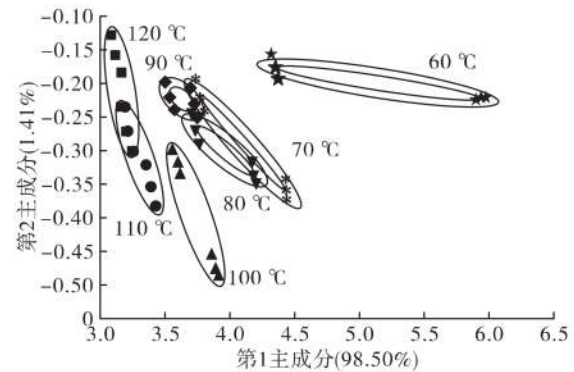


图3 不同压榨温度下奇亚籽油主成分分析

表2 不同压榨温度下奇亚籽油区分度

压榨温度/℃	不同压榨温度下奇亚籽油的区分度						
	60℃	70℃	80℃	90℃	100℃	110℃	120℃
60		0.429	0.510	0.641	0.612	0.726	0.755
70	0.429		0.059	0.479	0.409	0.731	0.793
80	0.510	0.059		0.487	0.375	0.784	0.853
90	0.641	0.479	0.487		0.447	0.798	0.897
100	0.612	0.409	0.375	0.447		0.725	0.847
110	0.726	0.731	0.784	0.798	0.725		0.473
120	0.755	0.793	0.853	0.897	0.847	0.473	

由图3可知,7个样品测定的数据均呈椭圆形,说明电子鼻测定结果具有一定重复性和稳定性^[14]。由表2可知:压榨温度为60℃的油样与压榨温度70~100℃油样区分度在0.4~0.7之间,与压榨温度110~120℃油样区分度在0.7以上,压榨温度70~100℃油样与压榨温度110~120℃油样区分度良好,在0.7以上。说明建立的模型可以对60℃、70~100℃、110~120℃3个压榨温度区域进行区分。

2.4 不同压榨温度下奇亚籽油气味组分的传感器 Loadings 分析

通过WinMuster软件对油样气味组分进行Loadings分析,可以用来区分传感器的相对重要性。如果某个传感器响应值接近零,则表示该传感器对于样品的识别程度可以忽略,如果传感器响应值较高,则该传感器对样品有一定的识别作用^[15]。不同压榨温度下奇亚籽油Loadings分析分别见图4~图10。

由图4可知,第1主成分的贡献率为99.76%,第2主成分贡献率为0.21%,贡献率总和99.97%,大于95%,说明奇亚籽油挥发性气味之间相互独

立,整体区分度较好^[16]。W1W传感器对第1主成分贡献率较大,对应为无机硫化物;W1S传感器对第2主成分贡献率最大,其次是W5S、W3C、W1C传感器,分别对应甲烷等短链烷烃,氮氧化合物,氨水、芳香成分,芳香成分、苯类。

由图5可知,第1主成分的贡献率为98.98%,第2主成分贡献率为1.01%,贡献率总和99.99%。W1W传感器对第1主成分贡献率较大,对应为无机硫化物;W1S传感器对第2主成分贡献率最大,其次是W1C、W3C、W5S、W2S传感器,分别对应甲烷等短链烷烃,芳香成分、苯类,氨水、芳香成分,氮氧化合物,醇、醚、醛、酮类化合物。

由图6可知,第1主成分的贡献率为97.75%,第2主成分贡献率为2.23%,贡献率总和99.98%。W1W传感器对第1主成分贡献率较大,对应为无机硫化物;W1S传感器对第2主成分贡献率最大,其次是W1C、W3C、W2S、W5S传感器,分别对应甲烷等短链烷烃,芳香成分、苯类,氨水、芳香成分,醇、醚、醛、酮类化合物,氮氧化合物。

由图7可知,第1主成分的贡献率为97.20%,第2主成分贡献率为2.79%,贡献率总和99.99%。W1W传感器对第1主成分贡献率较大,对应为无机硫化物;W1S传感器对第2主成分贡献率最大,其次是W1C、W2S、W3C、W5S传感器,分别对应甲烷等短链烷烃,芳香成分、苯类,醇、醚、醛、酮类化合物,氨水、芳香成分,氮氧化合物。

由图8可知,第1主成分的贡献率为97.85%,第2主成分贡献率为2.01%,贡献率总和99.86%。W1W传感器对第1主成分贡献率较大,对应为无机硫化物;W1S传感器对第2主成分贡献率最大,其次是W2S、W1C、W5S、W3C传感器,分别对应甲烷等短链烷烃,醇、醚、醛、酮类化合物,芳香成分、苯类,氮氧化合物,氨水、芳香成分。

由图9可知,第1主成分的贡献率为98.93%,第2主成分贡献率为0.90%,贡献率总和99.83%。W1W传感器对第1主成分贡献率较大,对应为无机硫化物;W1S传感器对第2主成分贡献率最大,其次是W5S、W2W、W2S、W1C传感器,分别对应甲烷等短链烷烃,氮氧化合物,芳香成分、有机硫化物,醇、醚、醛、酮类化合物,芳香成分、苯类。

由图10可知,第1主成分的贡献率为98.63%,第2主成分贡献率为1.33%,贡献率总和99.96%。W1W传感器对第1主成分贡献率较大,对应为无机硫化物;W1S传感器对第2主成分贡献率最大,其次是W2S、W1C、W5S、W2W传感器,分别对应甲烷等短链烷烃,醇、醚、醛、酮类化合物,芳香成分、苯类,氮氧化合物,芳香成分、有机硫化物。

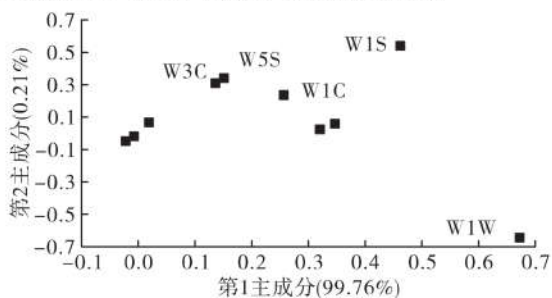


图4 60℃下奇亚籽油传感器 Loadings 分析

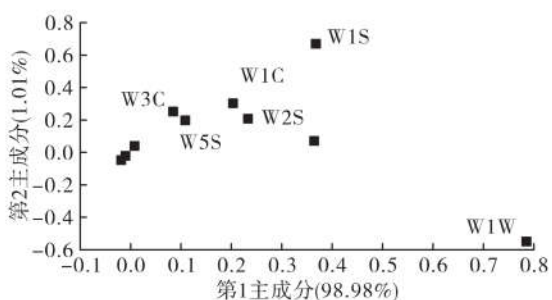


图5 70℃下奇亚籽油传感器 Loadings 分析

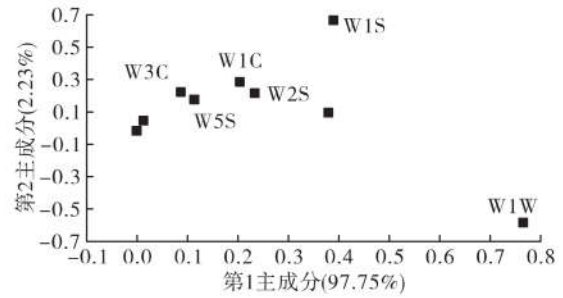


图6 80℃下奇亚籽油传感器 Loadings 分析

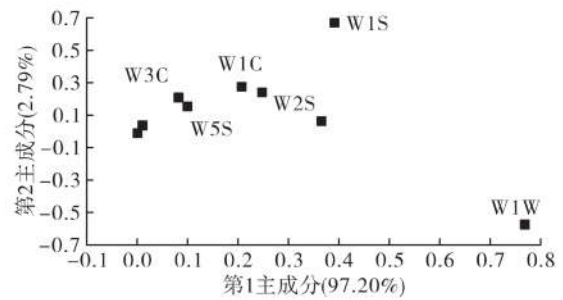


图7 90℃下奇亚籽油传感器 Loadings 分析

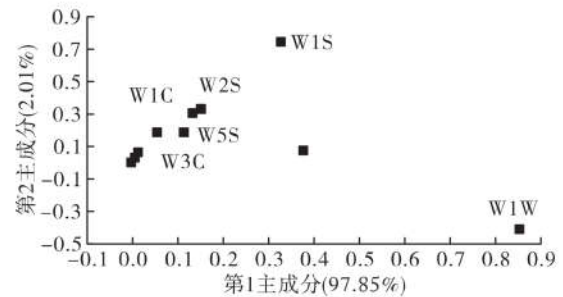


图8 100℃下奇亚籽油传感器 Loadings 分析

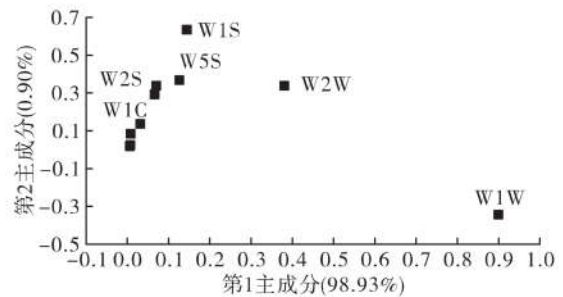


图9 110℃下奇亚籽油传感器 Loadings 分析

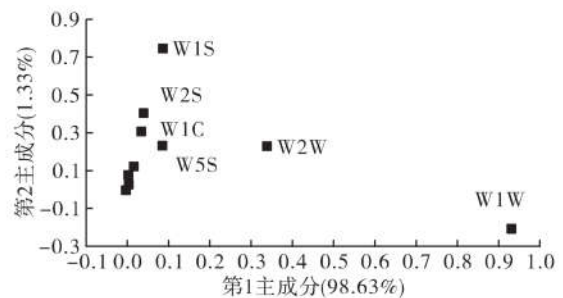


图10 120℃下奇亚籽油传感器 Loadings 分析

通过对比不同压榨温度下传感器分布,70~100℃下的气味组分较为接近,110~120℃的较为接近,70~100℃范围内的油样与60℃条件下油样

对于 W2S 传感器有不同响应,110 ~ 120 °C 范围内的油样与 60 °C 条件下油样对 W2S 传感器和 W2W 传感器有不同响应,110 ~ 120 °C 温度范围内的油样与 70 ~ 100 °C 温度范围内的油样对于 W3C、W2W 传感器有不同响应,与主成分分析中区分度结果相似。

2.5 不同压榨温度下奇亚籽油气味组分的 LDA 分析(见图 11)

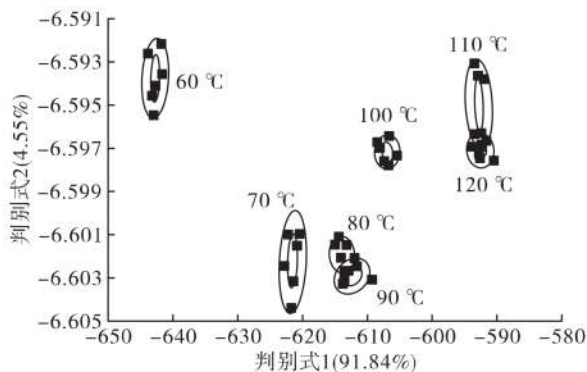


图 11 不同压榨温度下奇亚籽油 LDA 分析

由图 11 可知,判别式 1 和判别式 2 的贡献率分别为 91.84% 和 4.55%,总贡献率为 96.39%,说明 LDA 分析能区别不同压榨温度下奇亚籽油的挥发性风味。根据不同压榨温度下对应的椭圆分布,可以发现压榨温度 80 °C 与 90 °C、110 °C 与 120 °C 在图形上具有部分重叠,说明彼此之间气味组分具有一定相似性,而其他压榨温度之间在图形上区别明显,说明不同压榨温度之间的风味组分差异较大。通过 LDA 分析,进一步验证了不同压榨温度之间奇亚籽油的气味特性的差异。

3 结论

将奇亚籽在 60 ~ 120 °C 压榨温度范围内进行压榨制油,出油率在 18% 以上,酸值(KOH)在 1.6 mg/g 以下;对不同压榨温度下奇亚籽油气味组分的主成分分析表明,第 1 主成分和第 2 主成分总体贡献率为 99.91%,可以区分 60 °C、70 ~ 100 °C 和 110 ~ 120 °C 下奇亚籽油;对油样气味组分进行传感器贡献率分析可知,奇亚籽油的气味组分种类主要包括无机硫化物、甲烷等短链烷烃、氮氧化物、芳香成分、苯类等,70 ~ 100 °C 下的风味组分较为接近,110 ~ 120 °C 风味组分较为接近,70 ~ 100 °C 范围内的油样与 60 °C 条件下油样对于 W2S 传感器有不同响应,110 ~ 120 °C 范围内的油样与 60 °C 条件下油样对 W2S 和 W2W 传感器有不同响应,110 ~ 120 °C 与 70 ~ 100 °C 范围内油样对 W3C 和 W2W 传感器有不同响应;进一步通过 LDA 分析显示压榨温度 80 °C 与 90 °C、110 °C 与 120 °C 奇亚籽油风味组分具

有一定相似性,但其他压榨温度下奇亚籽油的气味组分差异较大。利用电子鼻可以将 60 °C 与其他温度下的奇亚籽油进行较好的区分。

参考文献:

- [1] 彭彬倩,罗文涛,王姿颐,等. 奇亚籽凝胶的提取、功能及应用研究进展 [J]. 食品工业,2020,41(9):264-268.
- [2] 常馨月,陈程莉,龚娣. 奇亚籽油的研究进展 [J]. 中国油脂,2020,45(2):111-116.
- [3] PORRAS - LOAIZA P, JIMENEZ - MUNGUIA M T, SOSA - MORALES M E, et al. Physical properties, chemical characterization and fatty acid composition of Mexican chia (*Salvia hispanica* L.) seeds [J]. Int J Food Sci Tech, 2014, 49(2):571-577.
- [4] 姚宏燕,罗文涛,杨成,等. 奇亚籽油的品质特性及提取工艺研究进展 [J]. 中国油脂,2019,44(4):46-49.
- [5] 荣旭,陶宁萍,李玉琪,等. 奇亚籽营养成分分析与评价 [D]. 上海:上海海洋大学,2015.
- [6] IMRAN M, NADEEM M, MANZOOR M F, et al. Fatty acids characterization, oxidative perspectives and consumer acceptability of oil extracted from pre-treated chia (*Salvia hispanica* L.) seeds [J]. Lipids Health Dis, 2016, 15(1):162.
- [7] GUINDANI C, PODESTÁ R, BLOCK J M, et al. Valorization of chia (*Salvia hispanica*) seed cake by means of supercritical fluid extraction [J]. J Supercrit Fluid, 2016, 112:67-75.
- [8] 王磊. 电子鼻的信号处理与模式识别算法研究 [D]. 长春:东北电力大学,2012.
- [9] 胡国梁,徐立荣,许生陆,等. 基于电子鼻的食用油氧化判别分析 [J]. 食品科学,2016,37(20):141-145.
- [10] 刘焘,谭贵良,董军,等. 食用油脂鉴伪技术研究进展 [J]. 粮食与油脂,2015(4):5-7.
- [11] 李浩,杨冬燕,杨永存,等. 电子鼻法鉴别食用植物油与地沟油的研究 [J]. 中国卫生检验杂志,2015(14):2280-2283.
- [12] 赵泽伟,丁筑红,顾苑婷,等. 基于 SPME-GC-MS 和电子鼻分析葱油加速氧化过程挥发性成分变化 [J]. 食品科学,2019,40(16):220-226.
- [13] 柴佳,王华,杨继红,等. 冷榨法提取葡萄籽油的响应面优化 [J]. 西北农业学报,2013,22(2):141-147.
- [14] 程宏桢,蔡志鹏,王静,等. 基于 GC-MS,GC-O 和电子鼻技术评价百香果酒香气特征 [J/OL]. 食品科学 [2020-07-01]. <http://kns.cnki.net/kcms/detail/11.2206.ts.20200601.1452.078.html>.
- [15] 胡桂仙,王俊,海铮,等. 不同储藏时间柑橘电子鼻检测研究 [J]. 浙江农业学报,2006(6):458-461.
- [16] 潘冰燕,鲁晓翔,张鹏,等. GC-MS 结合电子鼻分析 1-MCP 处理对线椒低温贮藏期挥发性物质的影响 [J]. 食品科学,2016,37(2):238-243.