

DOI: 10.13652/j.issn.1003-5788.2020.06.009

# 油炸时间对荔浦芋感官评价和电子鼻分析的影响

## Effect of frying time on sensory evaluation and electronic nose analysis of Lipu taro

苏可珍<sup>1,2</sup> 罗杨合<sup>1,2</sup> 黎小椿<sup>1</sup> 李官丽<sup>1,2</sup>SU Ke-zhen<sup>1,2</sup> LUO Yang-he<sup>1,2</sup> LI Xiao-chun<sup>1</sup> LI Guan-li<sup>1,2</sup>

(1. 贺州学院, 广西 贺州 542899; 2. 大连工业大学, 辽宁 大连 116034)

(1. Hezhou University, Hezhou, Guangxi 542899, China;

2. Dalian Polytechnic University, Dalian, Liaoning 116034, China)

**摘要:**利用感官评价和电子鼻技术对不同油炸时间(0.0, 1.0, 1.5, 2.0, 2.5, 3.0 min)的荔浦芋风味特征进行分析,通过雷达图和传感器载荷分析探究各传感器响应值的变化情况,并结合主成分分析与线性判别分析对数据进行分析 and 识别。结果显示:油炸 2 min 的荔浦芋的感官评定总体风味最佳。传感器 S2、S7、S9 在不同油炸时间荔浦芋挥发性风味区分中起主要作用,即氮氧化物、硫化物、芳香成分和有机硫化物对油炸荔浦芋的区分贡献较大。

**关键词:**荔浦芋;电子鼻;感官评价;主成分分析;载荷分析;线性判别分析

**Abstract:** The flavor characteristics of Lipu's taro at different frying times (0.0, 1.0, 1.5, 2.0, 2.5, 3.0 min) were study based on sensory evaluation and electronic nose technique. Change values for each response sensor were observed by radar chart and Loading Analysis (LA), and data was analyzed and identified by Principal Component Analysis (PCA) and Linear Discrimination Analysis (LDA). The results showed that the flavor of taro by frying for 2 min was the best through sensory evaluation. Sensors S2, S7 and S9 played a major role in distinguishing the volatile flavors of Lipu taro with different frying time. It was found that the nitrogen oxides, sulfides, aromatics and organic sulfide had

great contributions to distinguishing different kinds of fried Lipu taro.

**Keywords:** Lipu taro; electric nose; sensory evaluation; principal component analysis (PCA); loading analysis (LA); linear discrimination analysis (LDA)

芋头(*Colocasia esculenta* L.Schott)别名芋、毛芋、土芋,俗称芋艿<sup>[1]</sup>,天南星科多年生草本植物,常作一年生作物栽培。芋头的食用部分主要是地下球茎,是一种重要的蔬菜兼粮食作物,富含淀粉、蛋白质、多种维生素和矿物质<sup>[2]</sup>,其营养价值与土豆相似<sup>[3]</sup>,具有健脾胃、消肿止痛、化痰解毒、宽肠通便、助消化、美容养颜等功效,是制作各种零食、点心和佳肴的上乘原料,也是药食两用佳品。品种主要有红牙芋、白牙芋、九头芋和槟榔芋,其中被称为“芋中之王”的荔浦芋属槟榔芋种,是槟榔芋的著名品种<sup>[4]</sup>。荔浦芋经过长期的反复优选和组培提纯复壮培育,已成为广西荔浦县的优良农家品种,是广西久负盛名的特产<sup>[5]</sup>,其在清朝年间被列为贡品,享有“皇室贡品”之称。熟制后的荔浦芋肉质细致松粉,风味独特,香气备受欢迎,但加工产品仅限于荔浦芋糕、罐头、芋酥、芋条等传统食品,技术含量低,产品档次不高。而荔浦芋香味形成的监测方法为人工感官评定,不能突出荔浦芋甘润的口感和芳香细腻的浓郁香气,且具有一定的主观性<sup>[6]</sup>,重复性和稳定性差。

电子鼻是由一系列气敏传感器与适当的模式识别系统结合而成的仪器,是一种模拟人生理嗅觉的传感技术<sup>[7]</sup>。与气相色谱仪、液相色谱仪、质谱仪等化学分析仪器不同,电子鼻不需要破坏样品,而且检测的是样品挥发性成分的整体信息,即“指纹”数据<sup>[8]</sup>。电子鼻是测试物质关键香气成分的有效技术手段,可从单一物质与综合分析两个维度揭示香气成分对食品香气系统的贡献<sup>[9]</sup>,

**基金项目:**国家重点研发计划资助(编号:2018YFD901003);广西高等学校高水平创新团队及卓越学者计划(编号:[2018]35);2019年度广西高校中青年教师基础能力提升项目(编号:2019KY0710);广西高校食品农产品质量安全重点实验室项目(编号:[2014]6-97);广西重点学科农产品加工及贮藏工程项目(编号:[2013]16-123);广西果蔬保鲜和深加工研究人才小高地项目(编号:厅发[2015]41)

**作者简介:**苏可珍,女,大连工业大学在读硕士研究生。

**通信作者:**罗杨合(1969—),男,贺州学院教授,博士。

E-mail: luoyanghe@tsinghua.org.cn

**收稿日期:**2020-01-18

可有效避免人为误差,检测结果更客观准确,具有重复性好、响应时间短、检测速度快和操作简便等优点,被广泛应用于茶叶、果蔬、奶制品、肉制品、水产品、调味品和酒醋类<sup>[10-11]</sup>等领域,而关于电子鼻对芋头风味分析的研究尚未见报道。试验拟运用感官评价与电子鼻技术相结合,对不同油炸时间(0.0, 1.0, 1.5, 2.0, 2.5, 3.0 min)的荔浦芋进行评分和检测,采用主成分分析(PCA)、传感器载荷分析(LA)及线性判别分析(LDA)等多元统计方法进行分析,为电子鼻技术在芋头烹饪食品风味中的应用提供依据。

## 1 材料与方 法

### 1.1 材料与仪器

#### 1.1.1 材料

荔浦芋:1.0~1.5 kg/个,广西贺州;

鲁花生油:市售。

#### 1.1.2 仪器与设备

电子鼻:PNE3型,由10个传感器按一定阵列组合而成(见表1),北京盈盛恒泰科技有限公司;

数显恒温油浴锅:HH-S型,金坛区西域新瑞仪器厂;

表1 电子鼻标准传感器阵列性能

Table 1 Properties of standard sensors on electronic nose

传感器名称	传感器符号	性能描述
W1C	S1	芳香成分,苯类
W5S	S2	灵敏度大,对氮氧化物敏感
W3C	S3	芳香成分灵敏,氨类
W6S	S4	主要对氢化合物有选择性
W5C	S5	短链烷烃芳香成分
W1S	S6	对甲基类灵敏
W1W	S7	对硫化物灵敏
W2S	S8	对醇类、醛酮类灵敏
W2W	S9	对芳香成分、有机硫化物灵敏
W3S	S10	对长链烷烃类灵敏

电子天平:JJ1000型,常熟市双杰测试仪器厂。

### 1.2 试验方法

1.2.1 前处理 挑选新鲜、个体均匀完整、无机械损伤、无腐烂变质的荔浦芋,洗净并去皮,沿纵向切成长约8 cm,宽约4 cm,厚约1 cm的芋片。使用恒温油浴锅和鲁花生油进行油炸,锅里倒入2/3锅的油,待油温升至195℃,放入芋片并开始计时,油炸时间分别为0.0(YZ 0.0), 1.0(YZ 1.0), 1.5(YZ 1.5), 2.0(YZ 2.0), 2.5(YZ 2.5), 3.0(YZ 3.0) min,取出沥油3 min,待用。

1.2.2 感官评价 参照殷剑美等<sup>[12-13]</sup>的方法。感官评价小组由10名身体状况良好的食品专业人员组成,其中男性5名,女性5名,年龄22~35岁。从口感(硬度、沙性、糯性)形状、色泽、气味4个方面进行评定(见表2),每个样品平行5次。

1.2.3 电子鼻检测 称取油炸荔浦芋7.0 g于250 mL样品杯中,精确至0.000 2 g,盖上封口膜并编号,室温静置平衡30 min后检测。传感器室流量400 mL/min,测试样品载气速度400 mL/min,清洗时间60 s,电子鼻采样间隔1 s,样品准备时间5 s,测试时间120 s。测试样品6组,每组样品平行测试5次。

### 1.3 数据处理

采用Excel 2016和SPSS 25软件对感官评定结果进行分析;利用PEN3型电子鼻内部自带的WinMuster软件分析电子鼻测试数据,包括主成分分析、传感器载荷分析及其线性判别分析,并使用Origin 8.5软件作图。

## 2 结果与分析

### 2.1 感官评定分析

由表3可知,油炸2.0 min的荔浦芋样品感官评分最高(80.4),其他样品评分均较低,其中色泽的评分差异最大。不同油炸时间的硬度、沙性、糯性、形状、色泽和气味评分具有极显著性差异( $P < 0.01$ )。硬度、沙性、色泽方面,油炸1.0~2.0 min的评分随时间的延长而升高,2.0~3.0 min的评分随时间的延长而降低;形状方面,不同油炸时间的评分差异不明显,油炸1.0~2.5 min的评分较

表2 感官评价标准

Table 2 Sensory evaluation criteria

口感			形状	色泽	气味
硬度	沙性	糯性			
适中(16~20); 适中偏硬或适 中偏软(11~ 15);偏硬或偏 软(6~10);很 硬或很软(0~5)	适中(10~ 7);微黏 (6~4);偏 沙(3~0)	适中(8~ 10);微糯 (6~7); 不糯(4~ 5);偏糙 (0~3)	长方形,表面均 匀(7~10);长 方形,表面塌陷 或发胀(4~6); 形状不完整,表 面有裂痕(0~3)	芋片表面肉呈金黄色,花纹呈深紫色 (21~25);芋片表面肉呈浅黄色,花 纹紫色(16~20);芋片表面肉偏黄 色,花纹紫色(11~15);芋片表面肉偏 暗黄,略有焦边,花纹偏暗紫色(6~ 10);芋片表面肉呈黄褐色,焦边明 显,花纹暗紫色(0~5)	油炸芋头香味明显(21~ 25);香味略淡(16~ 20);油香味几乎掩盖芋 头香味(11~15);芋头 香味很淡且有异味(6~ 10);无芋头味且有焦糊 等异味(0~5)

表 3 荔浦芋感官评定结果

Table 3 Sensory evaluation of Lipu taro

油炸时间/min	硬度	沙性	糯性	形状	色泽	气味	总分
1.0	7.6±1.7	4.3±1.6	4.7±0.7	8.6±0.7	12.8±1.1	18.2±1.1	56.2±2.0
1.5	11.1±0.9	6.4±1.6	7.0±1.5	8.6±0.7	17.5±1.1	18.6±1.2	69.2±2.9
2.0	16.3±0.6	7.5±0.7	7.8±0.8	8.4±0.7	21.9±0.6	18.5±0.9	80.4±2.1
2.5	15.4±1.2	6.9±1.2	8.1±0.9	8.0±0.7	9.6±0.7	15.6±0.4	63.6±1.5
3.0	13.0±0.9	6.1±0.8	7.2±1.7	7.2±0.8	8.0±1.4	12.0±0.4	53.5±1.8

高,3.0 min 的评分稍低;气味方面,油炸 1.0~2.0 min 的评分差异不大,2.0~3.0 min 的评分降低;糯性方面,油炸 1.5~3.0 min 的评分较高且差异不大。油炸 1.0 min 的荔浦芋还未熟透,总体口感较差;1.5 min 的刚好熟,硬度偏硬,肉和花纹色泽不够均匀;2.0 min 的总体口感和风味较佳,形状完整,表面均匀,硬度、沙性、糯性适中,肉呈金黄色,花纹深紫色,特有香味浓郁;2.5 min 的稍油炸过度,颜色变暗,焦边若隐若现;3.0 min 的油炸过度,肉呈黄褐色,焦边明显且有焦糊味。综上,最佳油炸时间为 2.0 min。

2.2 挥发性风味物质电子鼻数据分析

2.2.1 传感器响应雷达图分析 由图 1 可知,荔浦芋样品在 S1、S3、S4、S5、S6、S8、S10 传感器的响应值较小且重叠,其中 S1、S3、S4、S5、S10 的响应值约为 1,说明不同油炸时间荔浦芋中这 5 个传感器对应的物质含量低且相近,S6(甲基类)、S8(醇、醛酮类)对应的物质含量较低;传感器 S2(氮氧化物)、S7(硫化物)、S9(芳香成分,有机硫化物)对油炸荔浦芋样品的响应值较大,且随油炸时间的延长而增大,说明 S2、S7、S9 分别所代表的物质氮氧化物、硫化物、有机硫化物和芳香成分的含量随油炸时间的延长而增多,其中 S7 所代表的物质硫化物含量最为突出。研究<sup>[14]</sup>表明,挥发性的含硫化合物阈值较低,对食品整体挥发性风味有着重要贡献,杂环硫化物在高温加热过程中大量形成。综上,油炸荔浦芋的特征风味来自硫化物、有机硫化物、芳香成分和氮氧化物,且浓度随油炸时间的

延长而增大。

2.2.2 PCA 分析 由图 2 可知,荔浦芋的第 1 主成分(PC1)贡献率为 99.46%,第 2 主成分(PC2)的贡献率为 0.47%,累积贡献率为 99.93% > 85.00%,表明 PC1 和 PC2 能体现样品的大部分信息特征且以 PC1 区分为主,PCA 分析具有可行性。不同油炸时间的样品能明显区分,无重叠现象,且在 PC1 上变化明显并呈一定的变化趋势,说明不同油炸时间使荔浦芋挥发性风味物质的种类、含量发生了变化。YZ 0.0 在 PC2 方向上的距离较其他样品远,是因为油炸 0.0 min 即鲜样不经过油炸无油炸特征性风味;YZ 3.0 在 PC1、PC2 方向上的距离均较其他样品远,可能是由于油炸 3.0 min 时样品已产生焦味所致;YZ 0.0 和 YZ 3.0 的样品在气味上与其他样品存在的差异相对较大,油炸时间过短或过长都会产生不良气味,使感官评分降低,与陈美花等<sup>[15-16]</sup>的研究结果类似。综上,不同油炸时间的荔浦芋挥发性风味物质成分存在差异,电子鼻可将其很好地区分开。

2.2.3 LA 分析 由图 3 可知,LA1 贡献率为 99.46%,LA2 贡献率为 0.47%,累计贡献率为 99.93%,能较好地反映样品的总体信息。传感器 S1(W1C)、S3(W3C)、S4(W6S)、S5(W5C)、10(W3S)的分布接近于零坐标,位置接近并重叠,说明这些传感器作用较小,对第 1、2 主成分的贡献率接近于零。S7(W1W)对 LA1 的贡献率最大,S2(W5S)、S9(W2W)依次递减;S2(W5S)对 LA2 的贡献率最大,S6(W1S)、S9(W2W)、S8(W2S)依次递减且 S6、S8

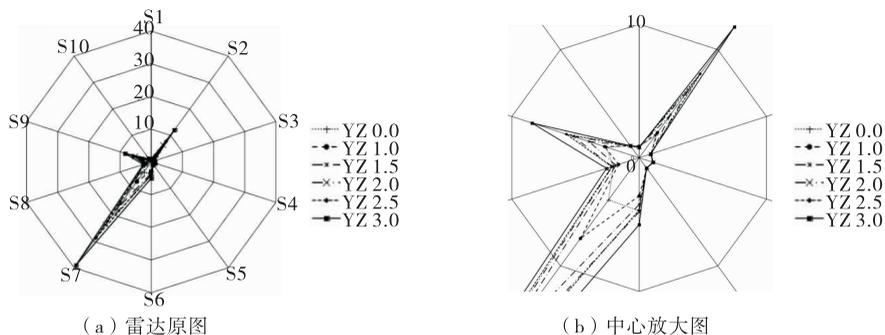


图 1 荔浦芋电子鼻传感器响应雷达图

Figure 1 Response radar diagram of electronic nose sensor of Lipu taro at different flying time

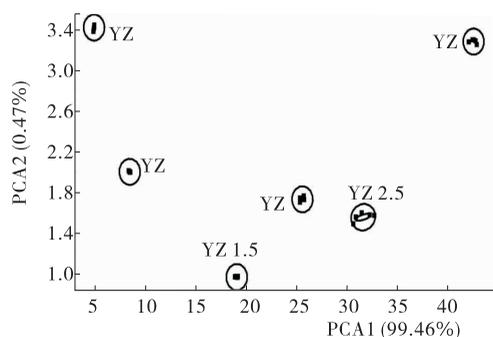


图2 荔浦芋 PCA 图

Figure 2 PCA diagram of Lipu taro

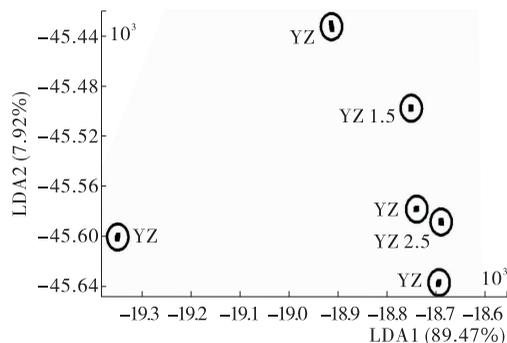


图4 荔浦芋 LDA 图

Figure 4 LDA diagram of Lipu taro

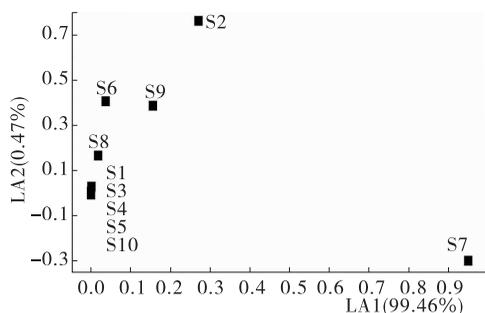


图3 荔浦芋 LA 图

Figure 3 LA diagram of Lipu taro

对 LA1 的贡献率几乎为零,说明氮氧化物、硫化物、芳香成分、有机硫化物对荔浦芋挥发性风味物质的区分贡献较大。由于传感器 S2 对氮氧化物灵敏,S7 对硫化物灵敏,S9 对芳香成分、有机硫化物灵敏,LA 分析说明油炸荔浦芋中的挥发性氮氧化物、硫化物、芳香成分、有机硫化物含量较多,与 2.2.1 的结果相符。

**2.2.4 LDA 分析** 由图 4 可知, LDA1 贡献率为 89.47%, LDA2 贡献率为 7.92%, 累计贡献率为 97.39%, 涵盖了样品的大部分信息。不同油炸时间的样品在 LDA1、LDA2 方向上呈一定的变化趋势,且相互之间不重叠,区分效果较好。其中 YZ 0.0 与其他样品偏离较远,说明油炸后荔浦芋挥发性风味物质发生了较大变化;YZ 0.0~YZ 2.0 距离较远,且在 LDA1、LDA2 上变化明显,说明油炸 0.0~2.0 min 时荔浦芋挥发性风味物质成分变化较大;YZ 2.0 与 YZ 2.5 距离较近并有些许重叠,表明油炸 2.0~2.5 min 时荔浦芋挥发性风味物质具有相似成分;YZ 2.0、YZ 2.5 与 YZ 3.0 距离较近,表明油炸 2.0~3.0 min 时荔浦芋挥发性风味物质成分变化不明显。LDA 分析结果说明不同油炸时间荔浦芋挥发性风味物质存在差异。

### 3 结论

使用感官评价对不同油炸时间的荔浦芋进行探究,结合电子鼻检测,并采用 PCA、LA 及 LDA 方法进行分析。

结果表明,油炸 2.0 min 的荔浦芋感官评分品质最佳。PCA1、PCA2 累计贡献率为 99.93%,可有效区分不同油炸时间的荔浦芋;LA1、LA2 累计贡献率为 99.93%,其中 LA1 起关键作用,传感器 S7、S2 对 LA1 和 LA2 的贡献均较大,即硫化物、氮氧化物对不同油炸时间的样品贡献较大;LDA1、LDA2 累计贡献率为 97.39%,能区分不同油炸时间的荔浦芋。不同油炸时间的荔浦芋挥发性风味存在明显区别,说明油炸时间对荔浦芋挥发性风味有很大影响。由于电子鼻只能检测样品的整体风味,不能对特征性风味物质进行定性定量分析,后续需结合 GC-MS、GC-O 等仪器,进一步分析荔浦芋挥发性风味成分的组成。

### 参考文献

- [1] 常蕾, 汪翔. 世界芋头产业发展现状综述[J]. 现代农业科技, 2019(2): 57-59.
- [2] 姜绍通, 程元珍, 郑志, 等. 红芽芋营养成分分析及评价[J]. 食品科学, 2012, 33(11): 269-272.
- [3] 邵童. 烹饪方式对芋头食用品质及淀粉含量的影响[J]. 现代食品, 2019(11): 95-97, 106.
- [4] 董伟清, 闭志强. 晚熟荔浦芋新品种桂芋 2 号[J]. 农村百事通, 2017(9): 24.
- [5] 覃自由, 叶国春, 江发茂. 荔浦芋生产现状、问题及发展对策[J]. 长江蔬菜, 2017(16): 23-25.
- [6] 秦蓝, 李风华, 田怀香, 等. 鸡精调味料人工感官评价与电子鼻感官分析的相关性研究[J]. 食品与机械, 2014, 30(4): 11-13, 42.
- [7] 易宇文, 刘阳, 彭毅秦, 等. 东坡肘子风味电子鼻分析与感官评价相关性探究[J]. 食品与发酵工业, 2018, 44(1): 238-244.
- [8] 杨智, 王楠, NIAMAT U, 等. 电子鼻对红枣乳酸发酵饮料的品质分析[J]. 西北农业学报, 2015, 24(11): 149-156.
- [9] 祝愿, 李俊, 王震, 等. 电子鼻、电子舌系统及国内外研究现状[J]. 食品安全导刊, 2018(36): 52-53.
- [10] 耿利华, 李扬, 伍慧方, 等. 电子鼻技术在食品工业领域中的应用[J]. 现代仪器, 2011, 17(2): 21-24.

(下转第 74 页)

大;相同浓度下,对 DPPH 自由基的清除能力远大于对  $\text{NO}_2^-$ 、OH 自由基、 $\text{H}_2\text{O}_2$  的抗氧化能力顺序为 DPPH 自由基  $> \text{H}_2\text{O}_2 > \text{OH}$  自由基  $> \text{NO}_2^-$ 。相同浓度下,芥菜种子对 DPPH 自由基的清除能力约为抗坏血酸的 1/20,对  $\text{H}_2\text{O}_2$ 、OH 自由基、 $\text{NO}_2^-$  的清除能力约为抗坏血酸的 1/40~1/30。芥菜种子属于十字花科植物,其中含有的大量硫苷对增强其抗氧化能力具有很大作用<sup>[22]</sup>。

### 3 结论

芥菜种子中含有多种营养成分,其中粗脂肪含量高达 37.6 g/100 g,且脂肪酸组成优良;蛋白质含量为 18.7 g/100 g,依据氨基酸评分,其质量高于大豆蛋白;含有多种矿物质元素和维生素,其中钾、钙、镁、 $\text{V}_{\text{B}_1}$ 、 $\text{V}_{\text{B}_2}$  含量均很高。芥菜种子对 DPPH 自由基、 $\text{H}_2\text{O}_2$ 、OH 自由基和  $\text{NO}_2^-$  都具有清除能力。芥菜种子中还含有大量的硫苷、酚类等植物活性物质,需进一步研究。

#### 参考文献

- [1] PERERA K K, AYRES P G. Effects of *Shepherd's purse* (*Capsella bursa-pastoris* L. Medic.) on the growth of radish (*Raphanussativus* L.) [J]. *Weed Research*, 1992, 32(5): 329-335.
- [2] PARK J, PARK B, KIM J. Remediation of soil contaminated with 2, 4-dichlorophenol by treatment of minced *Shepherd's purse* roots [J]. *Archives of Environmental Contamination and Toxicology*, 2006, 50(2): 191-195.
- [3] 陈西仓. 甘肃天水市十字花科野生蔬菜植物资源调查 [J]. *中国园艺文摘*, 2016(2): 173-174.
- [4] NAVARRO S L, SCHWARZ Y, SONG Xiao-ling, et al. Cruciferous vegetables have variable effects on biomarkers of systemic inflammation in a randomized controlled trial in healthy young adults [J]. *Journal of Nutrition*, 2014, 144(11): 1 850-1 857.
- [5] CASTRO-TORRES I G, DE LA O-ARCINIEGA M, GALLEGOS-ESTUDILLO J, et al. *Raphanus sativus* L. var niger as a source of phytochemicals for the prevention of cholesterol gallstones [J]. *Phytother Res*, 2014, 28(2): 167-171.
- [6] IANNETTA P P M, BEGG G S, VALENTINE T A, et al. Sustainable disease control using weeds as indicators: *Capsella bursa-pastoris* and tobacco rattle virus [J]. *Weed Research*, 2010, 50(6): 511-514.
- [7] 张志学. 山野菜—芥菜的特性及开发利用 [J]. *北方园艺*, 2002(4): 57.
- [8] 杨恒拓, 葛亚龙, 余凡, 等. 芥菜的营养成分研究进展 [J]. *江苏调味副食品*, 2013(3): 10-12.
- [9] 王青虎, 那音台, 乌恩奇. 蒙药芥菜的化学成分研究 [J]. *天然产物研究与开发*, 2014(1): 50-52.
- [10] 张丽, 刘腾飞, 薛妍君, 等. 冷冻干燥温度对芥菜挥发性成分的影响 [J]. *江苏农业学报*, 2015(4): 915-923.

- [11] 吕学深, 张乐乐, 李琦, 等. 多种环境因素对芥菜萌发和出苗的影响 [J]. *中国农学通报*, 2017(28): 68-72.
- [12] 许建本, 苏秀芳, 黄妹胶, 等. 黄花草总黄酮超声辅助提取工艺优化及抗氧化活性研究 [J]. *食品与机械*, 2020, 36(2): 176-181.
- [13] 汪洪涛, 陈成, 余芳, 等. 3 种大豆发芽过程中营养成分变化规律研究 [J]. *食品与机械*, 2015, 31(1): 30-32, 163.
- [14] 任顺成. 食品营养与卫生 [M]. 北京: 中国轻工业出版社, 2013: 285.
- [15] 蒋涛, 杨文钰, 刘卫国, 等. 套作大豆贮藏蛋白、氨基酸组成分析及营养评价 [J]. *食品科学*, 2012, 33(21): 275-279.
- [16] 杨昌彪, 张运依, 李占彬, 等. 菜籽油中主要脂肪酸成分的检测分析 [J]. *江苏农业科学*, 2015(11): 392-395.
- [17] 赵功玲, 郝睿, 由宏, 等. 8 种萝卜籽油的组成与抗氧化活性 [J]. *中国油脂*, 2011(12): 73-76.
- [18] 宋明明, 姜丽, 于大永, 等.  $\alpha$ -亚麻酸植物资源的筛选 [J]. *农业机械*, 2012(15): 40-42.
- [19] 张洪, 黄建韶, 赵东海. 紫苏营养成分的研究 [J]. *食品与机械*, 2006, 22(2): 41-43.
- [20] 付复华, 潘兆平, 谢秋涛, 等. 超临界  $\text{CO}_2$  萃取条件对紫苏籽油脂脂肪酸组成的影响及工艺优化 [J]. *食品与机械*, 2016, 32(7): 167-170.
- [21] 董昕. 反相超高效液相色谱法同时测定植物油中 8 种  $\text{V}_E$  异构体 [J]. *食品与机械*, 2019, 35(8): 73-77.
- [22] HUR Jin-young, YOO Mi-young, SHIN Dong-bin, et al. Inhibition of nitric oxide production corresponds to the sulforaphane content in Korean *Shepherd's purse* (*Capsella bursa-pastoris*) and related species in BV-2 Cell [J]. *Food Sci Biotechnol*, 2013, 22(4): 1 085-1 089.

(上接第 59 页)

- [11] 闫李慧, 王金水, 渠琛玲, 等. 仿生电子鼻及其在食品工业中的应用研究 [J]. *食品与机械*, 2010, 26(6): 156-159.
- [12] 殷剑美, 张培通, 王立, 等. 芋头食味品质评价方法的建立与应用 [J]. *长江蔬菜*, 2017(24): 28-30.
- [13] 国家粮局. GB/T 15682—2008 粮油检验 稻谷、大米蒸煮食味品质感官评价方法 [S]. 北京: 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局, 2008.
- [14] 黄鹤, 耿丽晶, 陈博, 等. 基于电子鼻对不同发酵阶段蟹酱加热前后特征风味的分析 [J]. *食品工业科技*, 2018, 39(9): 239-242, 251.
- [15] 陈美花, 潘佳丽, 翁文治. 油炸温度和时间对外裹糊牡蛎品质的影响 [J]. *食品与发酵工业*, 2017, 43(12): 124-129.
- [16] MAH E, BRANNAN R G. Reduction of oil absorption in deep-fried, battered, and breaded chicken patties using whey protein isolate as a postbreeding dip: Effect on flavor, color, and texture [J]. *Journal of Food Science*, 2009, 74(1): 9-16.