

基于电子舌与电子鼻评价烘培时间 对黄秋葵籽风味品质的影响

文 攀^{1,2,3}, 薛长风^{1,2,3,*}, 裴志胜^{1,2,3}, 公维洁^{1,2,3}, 卓先勤^{1,2,3}, 徐云升^{1,2,3}

(1.海南热带海洋学院,海南三亚 572022;

2.海南省海洋食品工程技术研究中心,海南三亚 572022;

3.海南省院士工作站(海洋食品),海南三亚 572022)

摘 要:分析不同烘焙时间对黄秋葵籽滋味、气味的影响,采用电子舌法、电子鼻法结合感官评定比较分析黄秋葵籽风味品质的变化。结果表明:电子舌与电子鼻对不同烘焙时间下的黄秋葵籽风味特征呈现不同的响应值,电子舌中涩味的特征向量值最高为 0.88,电子鼻对硫化物响应最强;黄秋葵籽烘焙 25 min 的感官评定总体风味较佳。电子舌 PCA 分析能较好地地区分不同烘焙时间下的黄秋葵籽测试液,而电子鼻的 PCA 和 LDA 分析对测试液的区分均存在重叠区,区分性不好。感官评定与电子舌检测的结果对于烘焙时间引起黄秋葵籽的滋味的变化均得到了较好的区分。感官评定与电子鼻检测的结果对于烘焙时间引起黄秋葵籽的气味的变化区分效果均不好。不同烘焙时间下黄秋葵籽感官评定的结果具有差异性,电子舌和电子鼻分析结果与感官评定结果相比较风味品质的检测结果相近。

关键词:电子舌,电子鼻,黄秋葵籽,烘焙时间,风味成分

Effect of Baking Time on Flavour Quality of Okra Seed Based on Electronic Tongue and Electronic Nose

WEN Pan^{1,2,3}, XUE Chang-feng^{1,2,3,*}, PEI Zhi-sheng^{1,2,3},

GONG Wei-jie^{1,2,3}, ZHUO Xian-qin^{1,2,3}, XU Yun-sheng^{1,2,3}

(1.Hainan Tropical Marine University, Sanya 572022, China;

2.Marine Food Engineering Technology Research Center of Hainan Province, Sanya 572022, China;

3.Hainan Provincial Academician Workstation(marine food), Sanya 572022, China)

Abstract: This study analyzed the effects of different baking time on the taste and odor of okra seed. The electronic tongue method, electronic nose method and sensory evaluation were used to compare and analyze the changes of the flavor quality of okra seed. The results showed that the electronic tongue and the electronic nose showed different response values to the flavor characteristics of the okra seed under different baking times. The highest eigenvector value of astringency in the electronic tongue was 0.88, and the response of the electronic nose to sulfide was the strongest. The sensory evaluation of the Okra seeds for 25 minutes was better. The PCA analysis of electronic tongue could be used to distinguish the test liquid of the Okra Seed in the different baking time, while the PCA and LDA analysis of the electronic nose had overlapping areas of the test liquid, and the distinction was not good. The results of sensory evaluation and electronic tongue detection showed a good distinction between the flavour of Okra seeds caused by baking time. The results of sensory evaluation and electronic nose detection were not good at distinguishing the effects of baking time on the changes in the odor of okra seeds. The sensory evaluation results of Okra seeds were different under different baking time. The results of electronic tongue and electronic nose analysis and sensory evaluation were similar, and the results of flavor quality were similar.

Key words: electronic tongue; electronic nose; okra seeds; baking time; flavor

中图分类号: TS207.3

文献标识码: A

文章编号: 1002-0306(2018)24-0289-05

doi: 10.13386/j.issn1002-0306.2018.24.048

引文格式: 文攀, 薛长风, 裴志胜, 等. 基于电子舌与电子鼻评价烘培时间对黄秋葵籽风味品质的影响[J]. 食品工业科技, 2018, 39(24): 289-293.

收稿日期: 2018-02-09

作者简介: 文攀(1983-), 女, 硕士, 高级实验师, 研究方向: 生物资源开发与利用, E-mail: 53663540@qq.com。

* 通讯作者: 薛长风(1975-), 男, 博士, 副教授, 研究方向: 食品资源开发与利用, E-mail: 16356729@qq.com。

基金项目: 国家自然科学基金项目(21262026); 三亚市院地科技合作项目(2016YD02); 三亚市专项科研试制项目(2015KS08)。

黄秋葵 (Okra), 又名秋葵 (*Abelmoschus esculentus*), 属锦葵科。目前, 国内外对于黄秋葵籽的营养价值及开发利用已进行较为深入的研究。黄秋葵种豆中含有 15%~19% 左右的不饱和脂肪酸 (亚麻酸、棕榈酸、油酸) 和油脂^[1], 23%~25% 的蛋白质 (18 种氨基酸)^[2], 1.0% 左右的多酚类物质 (低聚儿茶素、黄酮醇类化合物)^[3], 1.0% 左右的生物碱 (咖啡碱)^[4]。由于黄秋葵籽中含有的 10% 左右的生物碱, 其被广泛的开发为咖啡的代用物^[5]。成熟的黄秋葵籽经过适当烘焙, 碾磨成粉冲调后, 气味芳香。闫天龙^[6]研究表明黄秋葵籽经湿法加工后, 可得到香味浓郁, 具有类似咖啡的色泽的饮料。

电子舌广泛应用于模仿人体味觉, 具有高灵敏度、可靠性和重复性等优点。电子鼻通过特定气敏传感器模拟人体嗅觉, 检测结果客观。目前电子舌和电子鼻已被广泛的应用于咖啡风味品质的评定^[7], 吴桂幸等^[8]利用电子鼻对不同烘焙程度咖啡进行了气味评定分析, 较好地地区分了不同烘焙程度的咖啡。Andrey 等^[9]利用电子舌对咖啡的品质进行了测定, 其感官评价与电子舌的相关系数为 0.964, 较好地实现了咖啡的区分。胡荣锁等^[10]利用电子舌和电子鼻将不用研磨时间的咖啡风味进行对比, 结果表明研磨时间对咖啡风味的改变存在影响。黄秋葵籽作为咖啡代饮料的研究已有一定的报道, 但对于黄秋葵籽饮料的风味评价主要靠感官评定, 存在一定的主观影响。

本文利用电子舌和电子鼻对不同烘焙时间的黄秋葵籽进行风味品质的检测, 并与感官评审结果进行比较, 旨在为黄秋葵籽饮料的风味评价提供理论基础, 为黄秋葵籽饮料的发展提供一定的基础研究。

1 材料与方法

1.1 材料与仪器

黄秋葵籽 含水量 9.8% 左右, 市购; 蒸馏水 广州屈臣氏食品饮料有限公司; 电子舌参比液: 准确称量 2.24 g 氯化钾和 0.045 g 酒石酸和 0.3 mol/L 用 500 mL 水溶解, 然后转移到 1000 mL 的容量瓶, 定容。

FA2204B 型电子天平 上海精科天美科学仪器

有限公司; TS-5000Z 型味觉分析系统 日本 INSENT 公司; PEN3 型电子鼻 德国 AIRSENSE 公司; NFR-60H 电热食品烘炉 广州市赛思达机械设备有限公司。

1.2 实验方法

1.2.1 不同烘焙时间黄秋葵籽及测试液的制备 工艺流程: 黄秋葵籽→筛选清洗干燥→烘焙→冷却→研磨→过筛→成品。

操作要点: 参考文献[9]方法并做适当修改, 将黄秋葵籽进行清洗, 采用 45 ℃ 烘箱烘制 30 min 即可, 设置电热烘炉的上火和下火温度为 180 ℃, 烘焙时间为 0、5、10、15、20、25、30、35、40、45 min。每个烘焙平行制备 3 个样品, 密封阴凉处保存。将烘焙后的黄秋葵籽进行研磨, 过 80 目筛, 备用。

测试液的制备: 参考 Tolessa K 等^[11]方法, 称量 8.25 g 烘焙后的黄秋葵籽粉加入 250 mL 烧杯中, 加入 150 mL 95 ℃ 的蒸馏水, 搅拌加热 5 min。待冷却至 83~84 ℃ 时过滤, 滤液为测试液, 备用。测试液测试温度为 (25 ± 2) ℃。

1.2.2 电子舌测定 采用电子舌检测系统, 有 CAO、COO、AEI、AAE、CTO 五个传感器, 分别检测酸味、苦味、涩味、鲜味、咸味。准确移取 80 mL 测试液加入电子舌专用的样品杯中。电子舌程序设定为^[12]: 清洗液中清洗 90 s, 参比液中清洗 120 s, 另一参比液中清洗 120 s, 传感器平衡位置归零 30 s, 达到平衡后, 测试 30 s, 在两组参比液中分别短暂清洗 3 s, 传感器插入新的参比液中测试回味 30 s, 每组样品循环检测四次, 去除第一组数据, 取后三组循环数据的均值作为最终数据, 进行分析。

1.2.3 电子鼻测定 采用电子鼻检测系统, 有 W1C、W5S、W3C、W6S、W5C、W1S、W1W、W2S、W2W、W3S 十个传感器, 分别检测: 芳香成分, 氮氧化合物, 氨水、芳香成分, 氢气, 烷烃、芳香成分, 甲烷, 硫化物, 乙醇, 芳香成分、有机硫化物, 烷烃。测试液为 10 组, 每组 6 个平行, 将测试液 10 mL 于顶空瓶中, 电子鼻采样间隔 1 s, 样品准备时间 5 s, 检测时间为 120 s, 样品气体的进样速率为 400 mL/min, 载气的速度为 400 mL/min, 清洗时间为 170 s。

1.2.4 感官评定方法 建立 10 人感官评价小组, 其

表 1 样品信息

Table 1 Information of samples

样品标号	不同烘焙时间的黄秋葵籽									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
烘焙时间 (min)	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45

表 2 黄秋葵籽烘培品的感官评价标准

Table 2 Sensory evaluation criteria for bakery products of okra seeds

项目	气味 (100 分)	滋味 (100 分)
特征	无异味、异臭、具有黄秋葵籽烘焙后特有的气味, 与焦香味协调 99~90	轻微的焦糊味和烘焙后黄秋葵籽特有的滋味, 口感协调 99~90
	烘焙后特有的气味不明显或不协调 89~80	烘焙后黄秋葵籽特有的滋味, 口感欠佳 89~80
	有轻微的异臭、异嗅 79~70	生黄秋葵籽特有的滋味, 口感不佳 79~70
	烘焙过度造成的焦味 69~60	烘焙过度后黄秋葵籽的焦味及苦涩味 69~60

表3 电子舌主成分特征向量值
Table 3 Eigenvector value of principal component of electronic tongue

	贡献率(%)	鲜味	咸味	酸味	丰富度	苦味	涩味	苦味回味	涩味回味
PC1	54.73	-0.07	-0.25	-0.32	0.06	0.2	0.88	0.05	0.13
PC2	23.97	0.42	0.46	0.47	0.08	0.39	0.18	0.32	0.3
PC3	9.87	-0.24	-0.05	-0.16	0.26	-0.34	-0.17	0.34	0.76

中5人为女性,5人为男性,身体状况良好,无不良嗜好。评审环境符合相关要求,样品评定前、后清水漱口。评分以百分制表示。感官评价标准见表2。

1.3 数据处理

Excel 2003、日本 INSENT 电子舌和德国 PEN3 电子鼻自带数据分析系统进行统计分析。

2 结果与分析

2.1 电子舌感官滋味分析

电子舌的检测有五个传感器,获得鲜味、咸味、酸味、丰富度、苦味、涩味、回味苦、回味涩八组滋味指标。由图1可知,五个滋味传感器对10种不同烘焙程度的黄秋葵籽测试液处理样均有响应,但敏感度不同。咸味、丰富度、苦味、回味苦、涩味、回味涩传感器响应值较高,鲜味、酸味的响应值较低。可能是由于黄秋葵籽中含有多酚类物质和生物碱的原因。

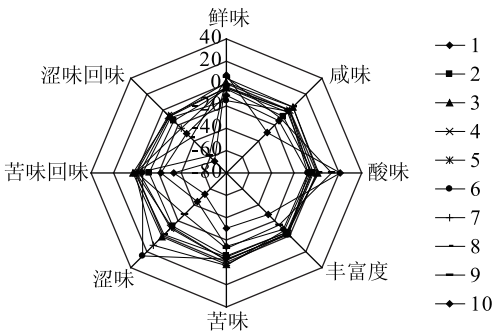


图1 电子舌滋味属性雷达图

Fig.1 Radar chart for the taste attribute of electronic tongue

表3为电子舌主成分特征向量值及分析结果,第一主成分PC1的贡献率为54.73%,第二主成分PC2的贡献率为23.97%,第三主成分PC3的贡献率为9.87%,总贡献率为:88.57%,三个主成分的总贡献率超过85%,可以反映测试液整体的信息。PC1中涩味(AEI)特征向量值最高为0.88,PC2中酸味(CAO)、咸味(CTO)、鲜味(AAE)特征向量值依次为0.47、0.46、0.42,PC3中涩味回味特征向量值最高为0.76。上述分析结果可知,不同烘焙时间的黄秋葵籽测试液中涩味对滋味的贡献最大,其次为酸味、咸味、鲜味,最后为涩味回味。

图2中,由PC1和PC2主成分分析可知,PC1和PC2的总贡献率为:78.70%,不同烘焙时间的黄秋葵籽测试液滋味结果分布于四个不同的区域,其中1、2号样品在第四象限,3、4号样品在第一象限,5、6、7号样品在第二象限,8、9、10号样品在第三象限。PC1方向样品按照烘焙时间得分从正到负依次排序,PC2方向样品得分呈现正态分布类型。PC1和PC3的总贡献

率为:64.60%,不同烘焙时间的黄秋葵籽测试液滋味结果呈现类线性分布,PC1方向样品按照烘焙时间得分从正到负依次排序,PC3方向样品得分规律不明显。PC2和PC3的总贡献率为:33.84%,测试样品液未得到有规律的区分。

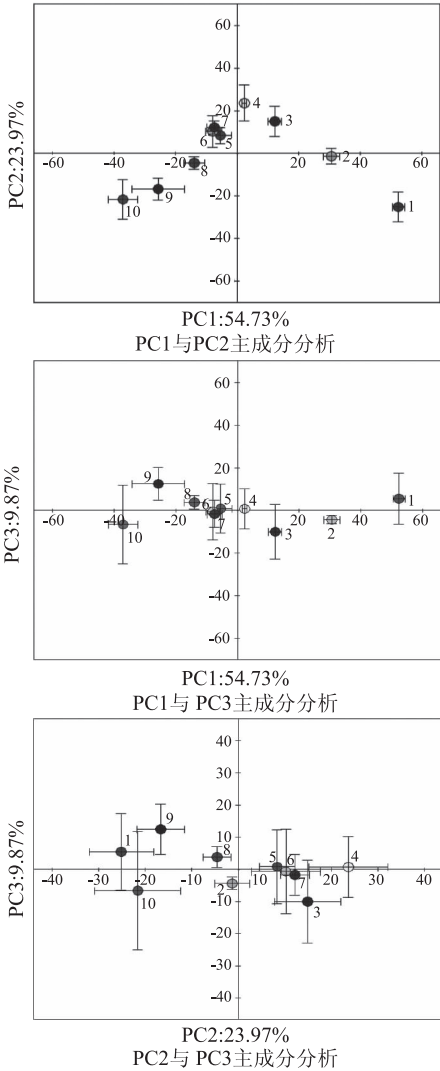


图2 不同烘焙时间下黄秋葵籽测试液滋味变化电子舌的PCA分析

Fig.2 PCA chart of flavor changes of okra seeds soup under different baking time measured by electronic tongue

可见随着烘焙时间的延长,黄秋葵籽中的蛋白质、脂肪酸、碳水化合物、多酚类物质、生物碱的组成或者含量发生了变化,反映于测试液中,随之引起滋味的变化,使电子舌在一定程度上区分了不同烘焙时间的黄秋葵籽测试液。黄秋葵籽测试液初始的涩苦味可能主要是由于生物碱和多酚类物质引起,但随着烘焙时间的增加,黄秋葵籽内蛋白质、碳水化合

物和脂肪酸等自身分解产生醛类、酮类等风味化合物,同时伴随着美拉德反应和脂肪酸氧化反应,进一步产生多种醛类、酮类、酸类、酯类及杂环类化合物,使黄秋葵籽测试液的滋味发生变化。

2.2 电子鼻感官气味分析结果

电子鼻的检测有十根传感器,由图 3 可知,十根气味传感器中对不同烘焙时间的黄秋葵籽测试液呈现不同的响应,硫化物(W1W)传感器响应值最高,其次为芳香成分、有机硫化物(W2W)传感器,氮氧化合物(W5S)传感器,其他传感器的响应值较低。测试液的信号强度在 110~120 s 趋于平稳,本试验选取 113 s 的测量数据作为分析点。可能由于黄秋葵籽中蛋白质中氨基酸(蛋氨酸)的降解,引起了含硫化物的生产;不饱和脂肪氧化(如油酸、亚麻酸)的降解,产生的醛类化合物,形成了芳香成分,使 W1W、W2W、W5S 信号强度较高。

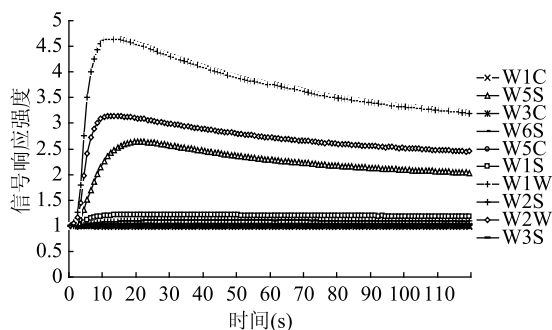


图 3 不同烘焙时间下黄秋葵籽测试液的电子鼻传感器时间-强度动态响应

Fig.3 Electronic nose sensor time/intensity dynamic response plots for okra seeds soup under different baking time

图 4 为三根(W5S、W1W、W2W)响应值较高的传感器的不同烘焙时间样品之间的差异性分析。其中样品 1,样品 2,样品 3,样品 5,样品 9,样品 10,样品 4,6,样品 7,样品 8,在氮氧化合物(W5S)传感器响应信号存在显著性差异($p < 0.05$)。硫化物(W1W)传感器与香成分、有机硫化物(W2W)传感器的响应值随着烘焙时间的增加,黄秋葵籽测试液的气味存在显著性差异($p < 0.05$)。

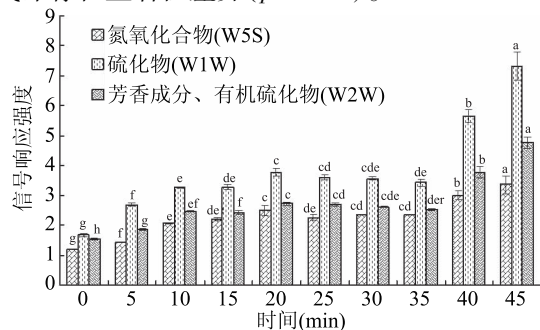


图 4 不同烘焙时间黄秋葵籽测试液的电子鼻响应信号差异

Fig.4 Electronic nose signal difference response plots for okra seeds soup under different baking time
注:不同字母表示差异显著($p < 0.05$)。

由图 5 可知,PC1 和 PC2 的总贡献率为:99.72%,能反映原始数据的信息。样品 1、样品 2、样

品 3、样品 10 与其他样品到了较好的区分,其他样品的重叠区域较大,不能得到区分。其中样品 9 的偏差较其他样品偏大,可能是由于烘焙样品本身存在个体的差异,鉴于样品 9 处于非碳化与碳化区间,造成结果偏差较大。

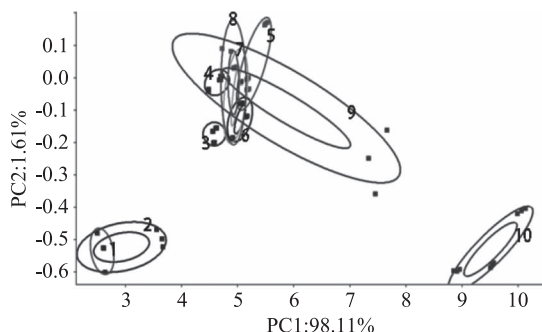


图 5 不同烘焙时间下黄秋葵籽测试液气味变化电子鼻的 PCA 分析

Fig.5 PCA chart of odor changes of okra seeds soup under different baking time measured by electronic nose

由图 6 可知,LD1 和 LD2 的总贡献率为:91.30%。样品 1 和样品 2 测试结果相近,可能由于烘焙时间较短,黄秋葵籽中各物质的组分变化不大。样品 3、样品 4、样品 5、样品 6、样品 7、样品 8、样品 9 结果相近,烘焙对黄秋葵籽气味成分的影响主要集中在 10~40 min 的烘焙时间区域。样品 10 结果偏离较远,可能由于样品的感官已出现碳化,气味成分发生了较大的变化。

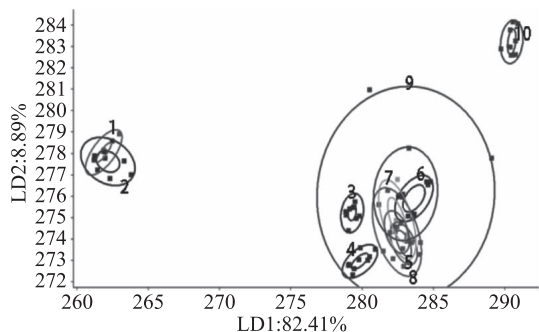


图 6 不同烘焙时间下黄秋葵籽测试液气味变化电子鼻的 LDA 分析

Fig.6 LDA chart of odor changes of okra seeds soup under different baking time measured by electronic nose

2.3 感官评价分析结果

将感官评价结果与电子鼻、电子舌结果进行对比分析。由表 4 可知,气味感官评审中最高的为样品 6,即烘焙 25 min 的黄秋葵籽,样品 4、样品 5、样品 6、样品 7、样品 8 的感官评审结果相对较为接近,存在显著性差异($p < 0.05$),与电子鼻检测分析的重叠区基本一致。感官评审中滋味最高的为样品 7,即烘焙 30 min 的黄秋葵籽,样品 5、样品 6、样品 7 的评审结果相对较为接近,差异性不显著,与其他样品区分明显,存在显著性差异($p < 0.05$),与电子舌的检测分析结果基本相近。电子舌和电子鼻检测不同烘焙时间的黄秋葵籽的分析结果与感官评价结果相近。结合电子舌与电子鼻分析结果及感官评审分析结果,

表4 不同烘焙时间下黄秋葵籽测试液感官评定结果
Table 4 Sensory evaluation of okra seeds soup under different baking time

烘焙时间(min)		0	5	10	15	20
感官评分 (分)	气味	70.8 ± 0.7 ^g	75.2 ± 0.7 ^f	79.6 ± 1.4 ^e	87.2 ± 0.6 ^{cd}	89.9 ± 0.9 ^b
	滋味	70.4 ± 1.5 ^{e^f}	71.8 ± 0.3 ^e	75.9 ± 0.5 ^d	80.6 ± 1.5 ^c	90.4 ± 1.8 ^b
总分		141.2	147.0	155.5	167.8	180.3
烘焙时间(min)		25	30	35	40	45
感官评分 (分)	气味	95.3 ± 1.4 ^a	90.5 ± 0.9 ^{cb}	86.5 ± 0.5 ^d	72.4 ± 1.8 ^g	65.8 ± 1.8 ^g
	滋味	93.6 ± 0.9 ^a	95.4 ± 0.5 ^a	80.0 ± 0.9 ^c	69.4 ± 0.7 ^f	62.0 ± 1.5 ^g
总分		188.9	185.9	166.5	141.8	127.8

注:不同字母表示每行数据之间差异显著($p < 0.05$)。

样品6即烘焙时间为25 min 黄秋葵籽的总体风味较佳。

3 结论

通过电子舌和电子鼻对不同烘焙时间的黄秋葵籽测试液风味进行了分析研究。随着烘焙时间的增加,黄秋葵籽中的营养组分由于高温作用不断发生变化,黄秋葵籽测试液的滋味与气味也随之发生相应的变化。电子舌的PCA分析在一定程度上可以区分出不同烘焙时间的黄秋葵籽测试液,而电子鼻对黄秋葵籽测试液气味的变化区分则不明显,电子鼻的PCA和LDA的分析存在较多的重叠区域,区分效果不理想。与感官评价结果相比,电子舌和电子鼻对于不同烘焙时间的黄秋葵籽的检测结果相近。结合电子舌与电子鼻分析及感官评审分析的结果,黄秋葵籽在烘焙25 min时总体风味较佳。

参考文献

[1] 李加兴,李偲,吴越,等.黄秋葵籽油的提取工艺优化及脂肪酸组成分析[J].中国油脂,2013,38(10):5-8.
[2] 董彩文,梁少华.黄秋葵的功能特性及综合开发利用[J].食品研究与开发,2007,18(5):180-182.
[3] Panagiotis Arapitsas. Identification and quantification of

polyphenolic compounds from okra seeds and skins [J]. Food Chemistry, 2008(10):1041-1045.
[4] 黄阿根,陈学好,高云中,等.黄秋葵的成分测定与分析[J].食品科学,2007,28(10):451-455.
[5] 徐丽,刘迪发,张如莲,等.黄秋葵种子研究进展[J].中国农学通报,2014,30(22):97-101.
[6] 闫天龙.黄秋葵系列产品开发及关键技术研究[D].成都:西华大学,2016.
[7] Ferreira E J, Pereira R C T, Delbem A C B, et al. Random subspace method for analyzing coffee with electronic tongue [J]. Electronics Letters, 2007, 43(21):1138-1139.
[8] 吴桂苹,胡荣锁,卢少芳,等.电子鼻在咖啡产品品质检测中的应用研究[J].香料香精化妆品,2011(5):7-9.
[9] Andrey L A R, Boris S, Yuri V. Recognition of liquid and flesh food using an 'electronic tongue' [J]. International Journal of Food Science and Technology, 2002(37):375-385.
[10] 胡荣锁,谷凤林,宗迎.等.不同研磨时间对咖啡感官风味的影响[J].中国农学通报,2012,28(9):259-263.
[11] Tolessa K, Rademaker M, Baets B D. Prediction of specialty coffee cup quality based on near infrared spectra of green coffee beans [J]. Talanta, 2016, 150:367-374.
[12] 赫君菲,耿利华,陈庆森,等.咖啡味觉量化的初步研究[J].食品工业科技,2014,35(9):307-311.

(上接第288页)

[34] 崔晨茜,韩姣姣,董丽莎,等.温度与海带挥发性成分量效关系的解析[J].食品工业科技,2016,37(24):157-162.
[35] 朱璐璐.鲜活海参营养保鲜剂研制及应用技术研究[D].大连:大连工业大学,2015.
[36] 吴靖娜,路海霞,刘智禹,等.用电子鼻和SPME-GC-MS分析鲍鱼熟制前后挥发性风味物质的变化[J].大连海洋大学学报,2016,31(4):431.
[37] 李铁志,王明,雷澈.阿坝州半野血藏猪肉挥发性风味物质的研究[J].食品科技,2015,40(10):124-130.
[38] 宋钢.调味技术概论[M].北京:化学工业出版社,2009:

167-175.
[39] 孙超,吕彬,余传奇,等.牛乳的污染及酶法保鲜方法概述[J].中国牛业科学,2009,35(2):34-36.
[40] 张艳艳,张红霞,程妮,等.气相色谱-质谱联用分析发酵脱腥前后螺旋藻风味物质[J].食品科学,2012,33(22):181-185.
[41] 马云云.苯乙烯氧化反应制苯甲醛的研究[D].大连:大连理工大学,2006.
[42] 边金霖.产地与加工过程中绿茶香气物质的变化规律研究[D].杭州:浙江大学,2012.