

电子鼻和电子舌技术在排骨汤风味评价中的应用

刘树萍

(哈尔滨商业大学旅游烹饪学院, 黑龙江 哈尔滨 150076)

摘要: 以猪排骨为原料, 通过单因素试验和正交试验优化排骨汤煮制的工艺条件。利用电子鼻和电子舌对排骨汤的风味变化进行研究, 对所获得的数据进行主成分分析 (principal component analysis, PCA)。结果表明: 排骨汤熬制的最佳工艺条件为料液比1:3 (m/m)、煮沸时间3 min、熬制时间75 min; PCA结果表明, 9组正交试验样品的气味有明显差异, 滋味具有一定的相似性。

关键词: 排骨汤; 风味; 电子鼻; 电子舌

Electronic Nose and Electronic Tongue for Flavor Evaluation of Pork Chop Soup

LIU Shuping

(College of Tourism and Cuisine, Harbin University of Commerce, Harbin 150076, China)

Abstract: One-factor-at-a-time and orthogonal array design methods were employed in conjunction to optimize the cooking condition of pork chop soup. Electronic nose and electronic tongue were used to investigate the flavor of pork chop soup. The obtained data were analyzed by principal component analysis (PCA). The results indicated that the optimum processing conditions were obtained as follows: material-to-water ratio 1:3, boiling time 3 min and simmering time 75 min. The results of PCA displayed that the samples obtained from 9 experimental runs showed obvious differences in terms of volatile flavor and similarity in terms of taste.

Keywords: pork chop soup; flavor; electronic nose; electronic tongue

DOI:10.7506/rlyj1001-8123-201801010

中图分类号: TS251.1

文献标志码: A

文章编号: 1001-8123 (2018) 01-0058-06

引文格式:

刘树萍. 电子鼻和电子舌技术在排骨汤风味评价中的应用[J]. 肉类研究, 2018, 32(1): 58-63. DOI:10.7506/rlyj1001-8123-201801010. <http://www.rlyj.pub>

LIU Shuping. Electronic nose and electronic tongue for flavor evaluation of pork chop soup[J]. Meat Research, 2018, 32(1): 58-63. DOI:10.7506/rlyj1001-8123-201801010. <http://www.rlyj.pub>

排骨是我国传统菜肴中非常重要的烹饪原料, 以味道鲜美、富含营养而受到人们的喜爱^[1-4]。排骨的烹饪方法很多, 如红烧排骨、糖醋排骨、蒜香排骨等^[5-7]。排骨汤是以排骨为原料, 采用慢火熬制而成的重要菜肴^[8-9], 其汤汁醇厚, 具有补钙壮骨、促进消化、提供能量的作用^[10-12]。近年来, 已有研究人员对排骨汤的工艺和营养特性进行了研究^[11-13]。瞿明勇等^[14]研究不同蒸煮参数对猪排骨汤营养成分及感官品质的影响, 确定了猪排骨汤的最佳制作工艺; 李小华等^[15]通过单因素试验和正交试验优化排骨汤煮制的工艺条件, 得出了传统瓦罐煲汤、压力锅炖汤和酶解制汤对蛋白质溶出率的影响; 张静妍等^[16]采用电压力锅和紫砂锅煮制排骨藕汤, 通过对压力和时间进行控制, 得到了与紫砂锅煲汤品质相同的高压煲汤工艺条件。

目前对排骨汤的研究主要集中在工艺优化和营养特性方面, 而对排骨汤加工过程中风味的形成规律还缺乏系统的研究。本研究对排骨汤熬制过程中感官和风味等食用品质的变化规律进行研究, 探索加工关键节点对排骨汤品质的影响, 从而为进一步开发高品质的排骨汤产品提供依据。

1 材料与amp;方法

1.1 材料

选用6月龄的长白猪猪排骨, 肥瘦度适中, 购于哈尔滨市家乐福超市。

1.2 仪器与amp;设备

JA系列电子天平 上海方瑞仪器有限公司; 砂锅

收稿日期: 2017-10-20

基金项目: 黑龙江省普通本科高等学校青年创新人才培养计划项目 (UNPYSCT-2016053)

作者简介: 刘树萍 (1982—), 女, 副教授, 博士, 研究方向为传统烹饪工业化。E-mail: liusp201@163.com

浙江苏泊尔股份有限公司；Inose型电子鼻和Smarttongue型电子舌 上海瑞玢国际贸易有限公司。

1.3 方法

1.3.1 排骨汤的熬制

将猪排骨清洗干净后，剁成均匀的4 cm×6 cm的排骨段，每锅用量约150 g。沸水下锅焯水2 min，捞出，沥干水分；将猪排骨与一定量的水放入砂锅中，先用大火煮至沸腾，煮制一定时间，再改文火熬制。排骨汤烹制好后，将排骨和汤汁分开，备用。

1.3.2 实验设计

采用单因素试验和 $L_9(3^4)$ 正交优化试验^[17]考察料液比(m/m)、煮沸时间和熬制时间对排骨汤熬制的影响，确定排骨汤的熬制工艺。单因素试验水平如表1所示。

表1 排骨汤熬制工艺的单因素试验水平表

Table 1 Factors and their levels used for one-factor-at-a-time experiments

样品编号	料液比	煮沸时间/min	熬制时间/h
1	1:2.5	2.5	0.5
2	1:3.0	3.0	1.0
3	1:3.5	3.5	1.5
4	1:4.0	4.0	2.0

1.3.3 排骨汤的感官评价

选择10名感官灵敏的同学作为评价员，每次评定由评价员独立完成，成员之间不相互交流，取10人评定结果的平均值^[18]。排骨汤的感官评分标准如表2所示。

表2 排骨汤的感官评分标准

Table 2 Criteria for sensory evaluation of pork chop soup

项目	评分标准	感官评分
色泽	汤色清澈，颜色均匀	25
香气	特征香气浓郁、纯正	25
滋味	滋味醇厚、回味清爽	30
稠度	汤汁浓稠适中	20

1.3.4 排骨汤的风味测定

电子鼻检测：将5 mL样品装入样品瓶中，加盖密封，平衡后测试。传感器清洗时间120 s，样品准备时间10 s，进样流量500 mL/min，检测时间60 s。

电子舌检测：将样品冷却至室温，待油脂凝固后，抽滤除去汤中大部分的油脂；取除脂后的样品15 mL装入电子舌专用杯内，测试过程采用自动进样系统，即探头先在清洗溶液（蒸馏水）中清洗，然后自动进入样品中进行测试，循环往复收集数据。

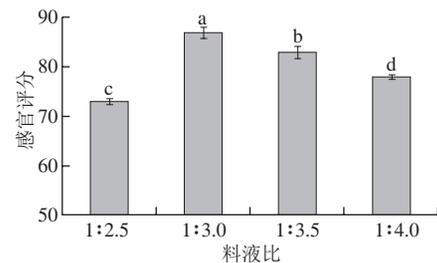
1.4 数据处理

采用Statistix 8.1软件中的Tukey HSD程序对实验数据进行差异显著性分析($P=0.05$)；采用Origin软件作图；电子鼻和电子舌测定数据采用自带的软件系统进行主成分分析(principal component analysis, PCA)。

2 结果与分析

2.1 排骨汤熬制工艺的单因素试验结果

2.1.1 料液比对排骨汤品质的影响



小写字母不同，表示差异显著($P<0.05$)。下同。

图1 料液比对排骨汤感官品质的影响

Fig. 1 Effects of material-to-water ratio on sensory quality of pork chop soup

由图1可知，随着料液比的增加，排骨汤的感官评分呈先升高后降低的趋势。当料液比1:3时，排骨汤的感官评分最高，且不同料液比对排骨汤品质的影响有显著性差异($P<0.05$)。当降低排骨汤中水的比例时，排骨汤中的风味成分和营养物质难以完全溶出，排骨汤稠度偏高；当增加水的比例时，排骨汤中的可溶性固形物浓度降低，使得汤汁风味偏淡，稠度较低^[19]。

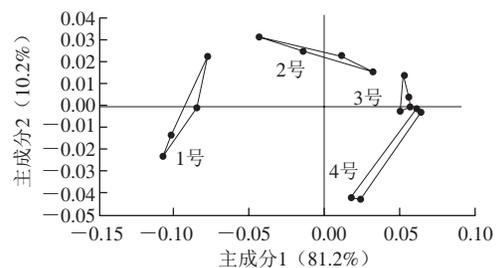


图2 不同料液比排骨汤气味的PCA图

Fig. 2 PCA plot of volatile aroma of pork chop soup with different material-to-water ratios

PCA是将电子鼻传感器的数据转换及降维，并对降维后的特征向量进行线性分类，从而最大程度体现不同样品之间的差异^[20-22]。判别指数(discrimination index, DI)是指进行PCA时样品区分程度的表征值，当DI在80%~100%之间时说明区分有效^[23-24]。

由图2可知，在不同料液比熬制排骨汤的电子鼻PCA图中，第一主成分(PC1)的贡献率为81.2%，第二主成分(PC2)的贡献率为10.2%，二者之和达91.4%，表明PC1和PC2的总贡献率几乎包含了样品的所有信息^[25-27]。DI为93.6%，说明不同料液比的排骨汤可以用电子鼻区分，不同样品间的挥发性香气成分差异明显。1号样品横跨第二、三象限，但是其中有3个点落在第三象限，可以推测1号样品的重心落在第三象限^[28]。且1号样品与2、

3、4号样品距离均较远，能够明显区分开，表明其整体香气成分与其他组样品存在差异。结合感官评价结果分析，这可能是由于1号样品中水的比例最低，影响了风味物质的浸出。2、3、4号样品分别分布在第二、第一和第四象限，彼此在图谱中距离相对较近，说明它们的挥发性气味差异相对较小。

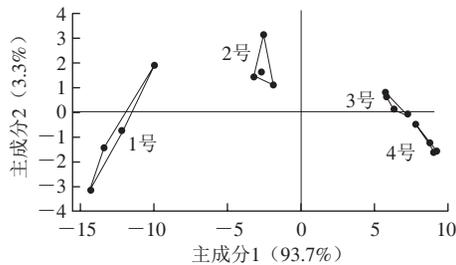


图3 不同料液比排骨汤滋味的PCA图

Fig. 3 PCA plot of flavor of pork chop soup with different material-to-water ratios

由图3可知，第一主成分的贡献率为93.7%，第二主成分的贡献率为3.3%，二者的累计贡献率为97.0%，能够反映样品的整体特性。4组样品分别分布在4个象限，DI为96.7%，彼此间互不干扰，表明电子舌可以明显区分不同料液比熬制的排骨汤的滋味。1号样品与其他3组样品区域间距均较大，表明1号样品的味道明显区别于其他3组样品；3、4号样品的区域间距较小，说明二者滋味的相似性较高^[29]。

2.1.2 煮沸时间对排骨汤品质的影响

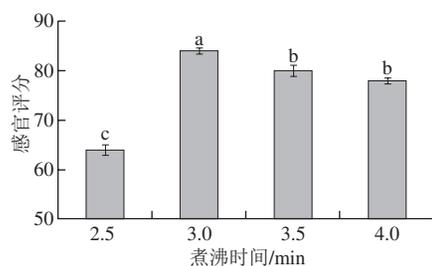


图4 煮沸时间对排骨汤品质的影响

Fig. 4 Effect of boiling time on sensory quality of pork chop soup

由图4可知，随着汤汁煮沸时间的增加，排骨汤的感官评分呈先升高后降低的趋势。当煮沸时间为3 min时，排骨汤的感官评分最高，且与其他煮沸时间有显著性差异 ($P < 0.05$)。当煮沸时间较短时，汤汁的总体滋味和气味较弱；当煮沸时间较长时，汤汁的风味和滋味偏浓，这可能是由于水分大量蒸发，出汤量明显减少，影响了汤汁的品质。

由图5可知，第一主成分与第二主成分的贡献率分别为96.2%和3.0%，二者的累积贡献率达99.2%，说明这两个主成分能够反映排骨汤样品的整体信息。DI为

89.5%，说明不同煮沸时间的排骨汤气味有明显差异。

1、3号样品均主要分布在第一象限，2、4号样品分别分布在第四和第二象限。1、2、3号样品均分布在Y轴右侧，且在横坐标方向上的距离较近，表明3组样品的挥发性气味成分比较相近^[30]。4号样品的分布区域与其他样品相距最远，整体风味与其他样品差异明显，这可能是由于4号样品的煮沸时间最长，排骨与水能够形成强烈的对流，提高了排骨中水溶性物质的溶出速率。

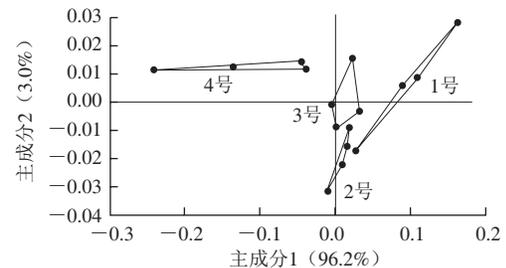


图5 不同煮沸时间排骨汤气味的PCA图

Fig. 5 PCA plot of volatile aroma of pork chop soup with different boiling times

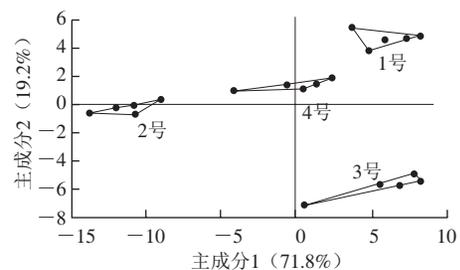


图6 不同煮沸时间排骨汤感官滋味的PCA图

Fig. 6 PCA plot of flavor of pork chop soup with different boiling times

由图6可知，第一主成分的贡献率为71.8%，第二主成分的贡献率为19.2%，总贡献率为91.0%，说明这两个主成分构成的二维平面可以表征不同煮沸时间排骨汤滋味的差异。DI达94.6%，说明4组样品的滋味有明显差异。4组样品分布在3个不同的象限，且均能被很好地区分。1、4号样品分布在第一象限，3号样品分布在第四象限，距离较近，表明3组样品的整体风味比较接近。2号样品分布在Y轴左侧，其他3组样品分布在Y轴右侧，表明2号样品中的一些特有物质可能对气味产生了影响，汤汁中的呈味物质增加，滋味更加鲜美。

2.1.3 熬制时间对排骨汤品质的影响

由图7可知，随着汤汁熬制时间的增加，排骨汤的感官评分呈先升高后降低的趋势。当熬制时间为1.0 h时，排骨汤的感官评分最高，与熬制0.5 h和1.5 h的样品没有显著差异 ($P > 0.05$)，但与熬制2.0 h的样品存在显著差异 ($P < 0.05$)。当熬制时间较短时，汤汁鲜味不足，香气淡薄；经过长时间的熬煮，汤汁口感醇厚，肉香味

浓,这可能是由于排骨中的呈味和营养物质充分溶解到汤中,增强了汤的后味;当熬制时间过长时,汤汁量减少,颜色加深,口感过于油腻。

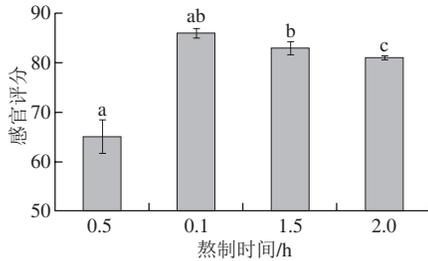


图7 熬制时间对排骨汤感官品质的影响

Fig. 7 Effect of simmering time on sensory quality of pork chop soup

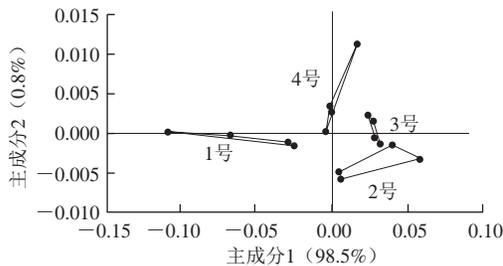


图8 不同熬制时间排骨汤气味的PCA图

Fig. 8 PCA plot of volatile aroma of pork chop soup with different simmering times

由图8可知,第一主成分和第二主成分的贡献率分别为98.5%和0.8%,总贡献率为99.3%,能够描述挥发性风味物质随熬制时间变化的趋势。DI为90.9%,图谱中各组数据均分布在各自的区域内,没有重叠现象。3号样品横跨一、四象限,4个数据点所构成图形的重心落在第一象限;4号样品横跨一、二象限,推测其重心同样落在第一象限。2、3、4号样品位于Y轴右侧,且3组样品在第一主成分方向上变化不大,表明它们的气味成分差异相对较小^[31]。1号样品的数据分布在第三象限,且在第一主成分方向上的得分与其他3组样品差别很大,表明1号样品的气味明显区别于其他3组样品,这可能是由于1号样品的熬制时间最短,原料中的水溶性物质溶出量少,挥发性香气明显不足。

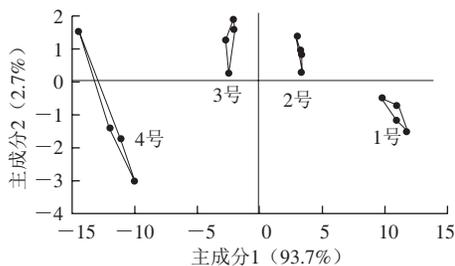


图9 不同熬制时间排骨汤滋味的PCA图

Fig. 9 PCA plot of flavor of pork chop soup with different simmering times

由图9可知,2种主成分的累计贡献率为96.4%,能够反映样品的整体信息。1、2、3、4号样品分别分布在第四、第一、第二和第三象限,不同熬制时间样品的数据点在第一主成分方向上的变化很大。4组样品的DI达97.3%,区域距离均较远,表明4组样品的滋味差异非常明显。结合感官评价结果,当熬制时间为1.0h时,能够增加汤汁中风味物质的浓度,汤汁中保存了骨汤的特有香味;当熬制时间增加到2.0h时,可能会破坏骨块表层,风味物质难以继续溶解到骨汤中,汤汁中呈味物质不足。

2.2 排骨汤熬制工艺的正交试验结果

表3 排骨汤熬制工艺的正交试验因素水平表

Table 3 Factors and their levels used for orthogonal array design

因素水平	A料液比	B煮沸时间/min	C熬制时间/h
1	1:2.8	2.8	0.75
2	1:3.0	3.0	1.00
3	1:3.2	3.2	1.25

表4 排骨汤熬制工艺的正交试验结果

Table 4 Orthogonal array design with experimental results

试验号	A料液比	B煮沸时间/min	C熬制时间/h	D空列	感官评分
1	1 (1:2.8)	1 (2.8)	1 (0.75)	—	88.70±0.22
2	1	2 (3.0)	2 (1.00)	—	90.20±0.37
3	1	3 (3.2)	3 (1.25)	—	92.60±0.15
4	2 (1:3.0)	1	2	—	93.30±0.29
5	2	2	3	—	95.70±0.12
6	2	3	1	—	87.60±0.26
7	3 (1:3.2)	1	3	—	89.20±0.33
8	3	2	1	—	85.60±0.41
9	3	3	2	—	86.70±0.28
k_1	90.5	90.4	87.3		
k_2	92.2	90.5	90.1		
k_3	87.2	89.0	92.5		
R	5.0	1.5	5.2		

由表3~4可知,影响排骨汤品质的各因素主次顺序为熬制时间>料液比>煮沸时间。从每个因素的 k_1 、 k_2 、 k_3 中选取最大值,得出的最优方案为 $A_2B_2C_3$,即料液比1:3.0、煮沸时间3.0 min、熬制时间1.25 h,按此配方制得的排骨汤口感醇厚、滋味圆润、回味持久、后味足。

熬制时间对排骨汤品质的影响最大,熬制时间过短,营养物质和风味物质浸出不足,香味不够浓郁;熬制时间过长,风味物质会有一定的破坏,口感上稍显油腻。料液比也对排骨汤的品质具有重要影响,水的添加比例太小,不利于排骨中风味成分的释放;水的比例太大,汤汁中的可溶性固溶物会被稀释,使得汤汁味道变淡。对排骨汤品质影响最小的是煮沸时间,合适的煮沸时间有利于提高汤汁的风味。

由图10可知,第一主成分和第二主成分的贡献率分别为96.9%和2.4%,累计贡献率为99.3%,说明2种主成分能够反映9组排骨汤的整体信息。9组样品分布在4个象限,DI为97.2%,说明9组排骨汤的气味有明显差异^[32]。

2、3、4号样品均分布在第三象限，且样品间相距较近，说明这3组样品的气味成分差异相对较小。结合实验条件可知，3组样品的熬制时间相差不大，使得它们的挥发性气味物质比较接近。5号~9号样品均位于Y轴右侧，7、8号样品均分布在第一象限，且这2组样品在PCA图中相距最近，说明二者风味差异最小。5、6、9号样品均分布在第四象限，3组样品的数据点在第一主成分方向上变化不大，在第二主成分方向上基本无变化，表明3组样品的整体风味接近。1号样品分布在第二象限，在PCA图中明显远离其他8组样品，表明它与其他样品的气味成分差异很大，这是由于1号样品采用的实验条件均为最小值，汤汁成分的差异造成了风味的差异。

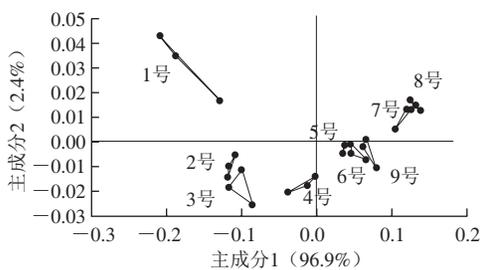


图 10 排骨汤熬制工艺正交试验样品的气味PCA图

Fig. 10 PCA plot of volatile aroma of samples obtained from orthogonal array design

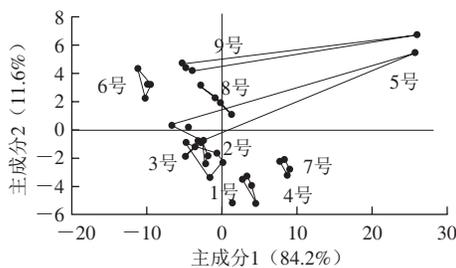


图 11 排骨汤熬制工艺正交试验样品的滋味PCA图

Fig. 11 PCA plot of flavor of samples obtained from orthogonal array design

由图11可知，第一主成分和第二主成分的贡献率分别为84.2%和11.6%，总贡献率为95.8%。9组排骨汤样品分布在4个象限，样品数据有部分重叠。1、2、3、5、8号样品数据有部分重叠，尤其是1~3号样品的重叠区域较大，不能得到区分，说明3组样品的滋味具有一定的相似性；5号和8号样品也有重叠区域，二者的区分度不高。4、7号样品分布在第四象限，6、9号样品分别分布在二、一象限，这4组样品数据分布较为分散，其中6、9号样品与其他样品差异较大，这可能是由于这4组样品的滋味成分明显不同。

3 结论

本研究结合感官评价，利用电子鼻和电子舌识别不

同熬制工艺排骨汤的风味物质变化。结果表明，排骨汤熬制的最佳工艺条件为料液比1:3、煮沸时间3 min、熬制时间75 min，在此条件下制得的排骨汤口感醇厚、滋味圆润、回味持久、后味足。电子鼻的PCA结果表明，9组正交试验样品分布在4个象限，DI为97.2%，排骨汤气味有明显差异；电子舌的PCA结果表明，9组正交试验样品分布在4个象限，样品数据有部分重叠，排骨汤滋味具有一定的相似性。电子鼻和电子舌的数据能够判别不同熬制工艺条件下排骨汤的风味物质是否存在差异。本研究结果可以为排骨汤的品质评价提供理论依据，有助于推进排骨汤的产业化进程。

参考文献:

- [1] 任红涛, 邵建峰, 程丽英, 等. 速冻菜肴糖醋排骨工艺优化[J]. 食品科学, 2012, 33(12): 324-329.
- [2] ROSARIO M R, RAMÓN C. Changes in colour, lipid oxidation and fatty acid composition of pork loin chops as affected by the type of culinary frying fat[J]. LWT-Food Science and Technology, 2005, 38(7): 726-734. DOI:10.1016/j.lwt.2004.09.005.
- [3] 史亚萍, 刘新, 张绵松, 等. 可常温保藏脱脂型排骨海带即食软罐头加工工艺的研究[J]. 食品工业, 2015, 36(8): 32-37.
- [4] GHEORGHE V G, LILIANA T, ELENA R, et al. Comparative study of mineral composition of beef steak and pork chops depending on the thermal preparation method[J]. Meat Science, 2016, 118: 117-121. DOI:10.1016/j.meatsci.2016.03.031.
- [5] 高原菊. 糖醋排骨制作工艺优化研究[J]. 四川旅游学院学报, 2015(3): 18-21.
- [6] 贾寒冰, 申明月, 谢俊华, 等. 糖醋排骨中羧甲基赖氨酸分析方法的建立及其烹饪过程中动态变化[J]. 食品科学, 2015, 36(24): 142-146. DOI:10.7506/spkx1002-6630-201524025.
- [7] BRIETZKE H C, WEINHEIMER L A, REYES A A, et al. Evaluation of clam-shell grill, convection oven and broiler cookery methods on pork and lamb chops[J]. Meat Science, 2016, 112: 135. DOI:10.1016/j.meatsci.2015.08.079.
- [8] 谢雯雯, 胡坚, 熊善柏. 排骨汤的贮藏特性和动力学研究[J]. 食品科学, 2011, 32(22): 148-151.
- [9] 赵晶, 丁奇, 孙颖, 等. 猪骨汤中的游离氨基酸及其呈味特征分析[J]. 食品研究与开发, 2015, 36(18): 1-6. DOI:10.3969/j.issn.1005-6521.2015.18.001.
- [10] 刘达玉, 肖龙泉, 刘海强, 等. 不同工艺制备骨汤及其成分分析[J]. 食品科技, 2015, 40(7): 146-150. DOI:10.13684/j.cnki.spkj.2015.07.034.
- [11] 杨万君, 周轶亭, 周光宏, 等. 3种品牌酱排骨中蛋白质体外消化研究[J]. 肉类工业, 2017(3): 17-23. DOI:10.3969/j.issn.1008-5467.2017.03.004.
- [12] 张静妍. 牛骨汤与排骨藕汤常压及高压炖制工艺研究[D]. 武汉: 华中农业大学, 2014: 8-9.
- [13] RAMÍREZ M R, MORCUENDE D, ESTÉVEZ M, et al. Effects of the type of frying with culinary fat and refrigerated storage on lipid oxidation and colour of fried pork loin chops[J]. Food Chemistry, 2004, 88(1): 85-94. DOI:10.1016/j.foodchem.2004.01.024.
- [14] 瞿明勇, 张瑞霞, 赵思明, 等. 猪排骨汤的营养品质及制作工艺优化[J]. 食品工业科技, 2008, 29(4): 265-268. DOI:10.13386/j.issn1002-0306.2008.04.064.
- [15] 李小华, 黄小红, 于新, 等. 制汤工艺条件对猪排骨蛋白质溶出率的影响[J]. 食品与发酵工业, 2008, 34(10): 106-109. DOI:10.13995/j.cnki.11-1802/ts.2008.10.035.



- [16] 张静妍, 徐丰, 石芸, 等. 电压力锅和紫砂锅烹饪排骨藕汤的品质比较研究[J]. 食品科学, 2014, 35(16): 261-266. DOI:10.7506/spkx1002-6630-201416050.
- [17] LIU Y W, WU R J, YANG P, et al. Parameter study of the injection configuration in a zero boil-off hydrogen storage tank using orthogonal test design[J]. Applied Thermal Engineerin, 2016, 109: 283-294. DOI:10.1016/j.applthermaleng.2016.08.051.
- [18] 张玉玉, 孙颖, 赵静, 等. 应用逐级正交优化排骨汤香精制备工艺[J]. 精细化工, 2016, 33(7): 803-810. DOI:10.13550/j.jxhg.2016.07.015.
- [19] 邱保文, 苗趁义. 汤的加工制作及原理[J]. 中国调味品, 2006(8): 36-40. DOI:10.3969/j.issn.1000-9973.2006.08.009.
- [20] COLE M, COVINGTON J A, GARDNER J W, et al. Combined electronic nose and tongue for a flavour sensing system[J]. Sensors and Actuators B: Chemical, 2011, 156(2): 832-839. DOI:10.1016/j.snb.2011.02.049.
- [21] 杨春兰, 薛大为. 电子鼻定量检测淡水鱼新鲜度的方法研究[J]. 食品与发酵工业, 2016, 42(12): 211-216. DOI:10.13995/j.cnki.11-1802/ts.201612036.
- [22] SAIDI T, ZAIM O, MOUFID M, et al. Exhaled breath analysis using electronic nose and gas chromatography-mass spectrometry for non-invasive diagnosis of chronic kidney disease, diabetes mellitus and healthy subjects[J]. Sensors and Actuators B: Chemical, 2018, 257: 178-188. DOI:10.1016/j.snb.2017.10.178.
- [23] 李双艳, 邓力, 汪孝, 等. 基于电子鼻、电子舌比较分析冷藏方式对小香鸡风味的影响[J]. 肉类研究, 2017, 31(4): 50-55. DOI:10.7506/rlyj1001-8123-201704009.
- [24] 康翠翠, 施文正, 刁玉段, 等. 加热温度对花鲈鱼肉挥发性成分的影响[J]. 食品科学, 2017, 38(18): 60-66. DOI:10.7506/spkx1002-6630-201718010.
- [25] HUANG Lingxia, MENG Liuwei, ZHU Nan, et al. A primary study on forecasting the days before decay of peach fruit using near-infrared spectroscopy and electronic nose techniques[J]. Postharvest Biology and Technology, 2017, 133: 104-112. DOI:10.1016/j.postharvbio.2017.07.014.
- [26] 李聪, 徐宝才, 李世保, 等. 市售盐水鸭挥发性风味物质研究分析[J]. 现代食品科技, 2016(12): 350-358. DOI:10.13982/j.mfst.1673-9078.2016.12.053.
- [27] SIQUEIRA A F, MELO M P, GIORDANI D S, et al. Stochastic modeling of the transient regime of an electronic nose for waste cooking oil classification[J]. Journal of Food Engineering, 2018, 221: 114-123. DOI:10.1016/j.jfoodeng.2017.10.003.
- [28] 乔明锋, 易宇文, 彭毅秦, 等. 基于电子鼻对东坡肘子加热前后特征风味变化的评价[J]. 食品工业科技, 2017, 38(18): 58-62. DOI:10.13386/j.issn1002-0306.2017.08.003.
- [29] 王莉嫦. 工艺条件对鸡汤品质影响的研究[J]. 食品工业科技, 2013, 34(14): 303-310. DOI:10.13386/j.issn1002-0306.2013.14.088.
- [30] 李琴, 周惠明. 利用电子鼻分析熬制时间对3种食用菌汤风味的影响[J]. 食品科学, 2010, 31(16): 151-155.
- [31] 王琼, 徐宝才, 于海, 等. 电子鼻和电子舌结合模糊数学感官评价优化培根烟熏工艺[J]. 中国农业科学, 2017, 50(1): 161-170. DOI:10.3864/j.issn.0578-1752.2017.01.014.
- [32] 张淼, 贾洪锋, 刘国群, 等. 电子鼻在芝麻酱品质识别中的应用[J]. 食品科学, 2017, 38(8): 313-317. DOI:10.7506/spkx1002-6630-201708049.