

基于万能蒸烤箱的鸡汤炖制工艺分析

陈丽兰¹, 陈祖明¹, 袁灿^{2*}

(1. 四川旅游学院川菜发展研究中心, 四川成都 610100) (2. 四川旅游学院食品学院, 四川成都 610100)

摘要: 为探讨炖制方式与鸡汤品质之间的关系, 以万能蒸烤箱为设备, 分析不同的炖制模式下鸡汤的游离氨基酸含量和挥发性风味物质含量, 采用电子鼻和电子舌分析不同炖制模式下鸡汤的气味和滋味差异性, 采用主成分(PCA)、聚类分析和 Pearson 相关系数对鸡汤风味的差异性进行区分, 确定出万能蒸烤箱的鸡汤炖制条件。结果表明, 在此条件下炖制的鸡汤呈淡黄色、表面有小粒浮油、鸡汤鲜味明显, 香味浓郁, 口感醇厚, 回味清甘。该条件的汤中游离氨基酸总含量达到 117.97 mg/100 g; 挥发性风味物质共 39 种, 其中醛类 15 种, 醇类 9 种, 酯类 8 种, 酮类 3 种, 其他 4 种, 比较六种炖制模式的样品, 模式四(蒸烤模式, 湿度 100%; 温度 140 °C 烹制 20 min 后; 100 °C 烹制 60 min) 下炖制的样品风味佳、总游离氨基酸含量相对较高、挥发性风味物质丰富且炖制时间相对较短, 是一种成品风味佳且节能的炖制方式。

关键词: 万能蒸烤箱; 鸡汤; 感官评价; 游离氨基酸; 风味物质

文章编号: 1673-9078(2023)01-262-269

DOI: 10.13982/j.mfst.1673-9078.2023.1.0262

Process Analysis of the Stewing Method of Chicken Soup Based on A Combi-steamer

CHEN Lilan¹, CHEN Zuming¹, YUAN Can^{2*}

(1. Sichuan Cuisine Development and Research Center, Sichuan Tourism University, Chengdu 610100, China)

(2. College of Food Science and Technology, Sichuan Tourism University, Chengdu 610100, China)

Abstract: To explore the relationship between the stewing mode and chicken soup quality, the free amino acid and volatile flavor substance contents of chicken soup under different stewing modes were analyzed using a combi-steamer. Differences in the odor and taste of chicken soup under different stewing modes were analyzed using electronic nose and electronic tongue. The differences in the flavor of chicken soup were examined using principal component, cluster analysis, and Pearson correlation coefficients to determine the stewing conditions of chicken soup in the universal steam oven. The results showed that the chicken soup stewed under this condition was light yellow with small oil slick on the surface; the soup had an obvious fresh flavor, strong aroma, mellow taste, and clear sweet aftertaste. The total content of free amino acids in the soup reached 117.97 mg/100 g. There were 39 volatile flavor substances, including 15 aldehydes, 9 alcohols, 8 esters, 3 ketones and 4 others. Comparison of samples prepared using six stewing modes showed that those stewed in mode 4 (steaming mode, 100% humidity; after cooking at 140 °C for 20 min; after cooking at 100 °C for 60 min), which is an energy-saving stewing mode, had good flavor, relatively high total free amino acid content, rich volatile flavor substances, and relatively short stewing time, which imparts a good flavor to the finished product.

Key words: combi-steamer; chicken soup; sensory evaluation; free amino acid; flavor compound

引文格式:

陈丽兰, 陈祖明, 袁灿. 基于万能蒸烤箱的鸡汤炖制工艺分析[J]. 现代食品科技, 2023, 39(1): 262-269

CHEN Lilan, CHEN Zuming, YUAN Can. Process analysis of the stewing method of chicken soup based on a combi-steamer [J]. Modern Food Science and Technology, 2023, 39(1): 262-269

汤在中国的膳食中占据很重要的地位, 具有很好

收稿日期: 2022-03-10

基金项目: 四川省哲学社会科学重点研究基地川菜发展研究中心(CC20Z13)

作者简介: 陈丽兰(1988-), 女, 硕士研究生, 助理研究员, 研究方向: 食品科学与工程, E-mail: 845946884@qq.com

通讯作者: 袁灿(1987-), 男, 博士, 讲师, 研究方向: 食品化学, E-mail:

389657360@qq.com

的保健和疗养功效。鸡汤味道鲜美, 可增强食欲并提供大量营养物质, 且具有缓解感冒症状、增强免疫功能等作用^[1]。川菜中常使用鸡肉吊制清汤或奶汤, 常以鲜汤(高汤)的形式加入菜品中, 能大幅提高菜品的鲜美度, 用其制作的菜品深得消费者的青睐。烹饪行业中一句话“要想味道好, 定用鲜汤保”, 而鸡汤自古就有“鲜味之首”的美誉, 因此烹饪行业对鸡汤的烹

制工艺颇为重视。烹制过程中,烹制温度(升温速率)和烹制时间对鸡汤风味物质的分布有很大影响,高温改变了鸡肉的风味物质;熬煮鸡汤时,随着烹制时间的增长,鸡肉中的呈味物质会发生一系列反应,溶于鸡汤中,其中的氨基酸会使汤汁变得鲜美^[2,3]。

为了满足餐饮行业的发展需求,智能厨房设备不断涌现,而且设备操作趋于模式化和智能化,为消费者提供更为简易的烹饪操作。研究发现传统砂锅烹饪肉汤具有较好的风味,但随着社会的发展和进步,肉汤的烹饪主要是以更为智能化和快捷化的设备为主,如电炖锅、智能燃气灶、万能蒸烤箱等^[4,5]。万能蒸烤箱目前已在团餐企业中开始应用,可以大量的节约成本和人力,实现菜品的大批量、标准化生产,并且可以保证产品质量的稳定性^[6]。

由于万能蒸烤箱发端于西餐,目前在中餐领域的应用尚不普及。目前亟待解决的是,万能蒸烤箱对各种菜系、各种中式食材的适应性研究。因此,需要确定不同食材、不同菜肴的烹制参数,优化其烹制模式,从而为万能蒸烤箱在中餐领域逐步实现烹饪一键化提供数据支撑。当前已有对万能蒸烤箱烹制菜肴的一些研究,如用万能蒸烤箱烹制川式干烧鱼、糖醋排骨、叉烧肉等菜品的研究^[7-9]。万能蒸烤箱在菜品烹制中的应用范围还比较小,且研究多仅以感官指标为评价指标,科学数据支撑相对较少。实验通过测定鸡汤的游离氨基酸、风味物质等指标,结合感官评价指标、电子鼻测定指标、电子舌测定指标确定出鸡汤的炖制参数,为万能蒸烤箱一键化烹饪鸡汤实现提供数据支撑。

1 材料与方法

1.1 实验材料

母鸡,湘佳黄油母鸡;生姜;盐;葱等均购于当地永辉超市。

盐酸(HCl)(浓度 $\geq 35\%$)苯酚、磺基水杨酸(分析纯AR),均由成都市科隆化学品有限公司生产,去离子水自制。

1.2 实验仪器

万能蒸烤箱, iCombi Pro 膳酷盛, 瑞仙贸易(上海)有限公司; GC-MS-QP2010 Plus 气相色谱-质谱仪, SHIMADZU 公司; FOX 4000 型电子鼻, ALPHA MOS 公司; Astree 电子舌, ALPHA MOS 公司; S-433D 全自动氨基酸分析仪, SKYKAM 公司。

1.3 实验方法

1.3.1 鸡汤炖制工艺

鸡肉→清洗→分割→焯水→烹制→成品

将母鸡(去内脏)清洗、去杂后,切成大小均匀的肉块,冷水下锅,水沸后焯水约 1 min 后冲洗去掉浮沫等杂物,沥干备用。将沥干多余水分的鸡肉加入烹制容器内,按照 100:1:500(肉:姜片:水)的比例加入姜片和水,将烹制容器置入万能蒸烤箱中进行烹制。

鸡汤炖制的关键参数有升温速率(初始设置温度决定)和恒温炖制时间,在预试验的基础上本实验设置 6 种炖制模式,具体炖制参数见表 1。炖制结束前 10 min 加入盐(肉:盐=100:1)。鸡汤煮制好后,取中间层无油、无杂清液冷却至室温后放入冰箱冷藏备用。

表 1 鸡汤炖制参数

Table 1 The stew parameters of chicken soup

炖制模式	具体参数
模式一	蒸烤模式, 湿度 100%; 温度 160 °C 烹制 15 min 后, 100 °C 烹制 30 min
模式二	蒸烤模式, 湿度 100%; 温度 160 °C 烹制 15 min 后, 100 °C 烹制 60 min
模式三	蒸烤模式, 湿度 100%; 温度 140 °C 烹制 20 min 后, 100 °C 烹制 30 min
模式四	蒸烤模式, 湿度 100%; 温度 140 °C 烹制 20 min 后, 100 °C 烹制 60 min
模式五	蒸烤模式, 湿度 100%; 温度 120 °C 烹制 25 min 后, 100 °C 烹制 30 min
模式六	蒸烤模式, 湿度 100%; 温度 120 °C 烹制 25 min 后, 100 °C 烹制 60 min

1.3.2 鸡汤感官评价分析

表 2 感官评价表

Table 2 Sensory evaluation form

类别(总分)	标准	评分/分
香味(25)	香味浓郁, 具有较好的肉香味	25~15
	香味较淡, 有肉香味	15~10
	无鸡汤香味, 有异味	<10
色泽(25)	淡黄色	25~15
	微偏黄	15~10
	无色	<10
口感(25)	鲜味明显, 口感醇厚, 回味清甘	25~15
	鲜味不足, 无回味	15~10
	没有鲜味, 有异味	<10
组织形态(25)	鸡汤清澈, 无漂浮物	25~15
	鸡汤较清, 有漂浮物	15~10
	鸡汤浑浊, 漂浮物较多	<10

将制备的鸡汤经过无顺序编号后, 交由具有感官评鉴理论背景的感官评定小组进行分项打分。参照

GB/T 16291.1 和 GB/T 16291.2, 评定总分为 100 分, 感官评价标准^[10]如表 2。

1.3.3 鸡汤游离氨基酸含量测定

参照周长义等^[11]检测氨基酸的方法, 对样品氨基酸进行测定。

1.3.4 鸡汤挥发性成分分析

采用顶空固体微萃取气质联用法分析不同样品的香气成分, 相关条件参照^[12,13]:

(1)萃取条件: 称取均匀鸡汤样品 3.0 g 于 10 mL 顶空瓶中, 60 °C 水浴平衡 5 min, 顶空萃取 55 min, 上机解析 5 min。

(2)GC 条件: 色谱柱: Rtx-5MS(30 m×0.25 mm, 0.25 μm), 柱箱初温 40 °C, 进样温度 240 °C, 在压力 19.0 kPa 下进样, 柱流量为 1.67 mL/min, 分流比为 1.0; 柱温箱温度程序为 45 °C 保持 3 min, 以 3 °C/min 的速度到 180 °C 保持 3 min, 12 °C/min 的速度升温到 220 °C 保持 3 min。

(3)MS 条件: 电子电离源, 离子源温度 200 °C, 接口温度 240 °C; 溶剂延迟时间为 3 min; MS 开始时间为 3.5 min, 结束时间为 55 min, 间隔 0.3 s; 质量扫描范围为 35~500 *m/z*。

1.3.5 电子鼻分析

FOX 4000 型电子鼻的传感器阵列含有 18 种金属氧化物传感器, 可分为 3 个矩阵式, 每个矩阵式含有 6 根非专一性传感器, 对一类或几类物质敏感。精确称量 5.0 g 鸡汤于 10 mL 电子鼻专用顶空进样瓶中待测。设定电子鼻的参数如下: 低空加热温度为 70 °C, 顶空加热时间为 300 s, 载气(高纯空气)流速为 150 mL/s, 进样量为 500 μL, 数据采集时间为 120 s。不同的鸡汤样品平行重复测定 5 次^[14]。

1.3.6 电子舌分析

Astree 电子舌含有第六套传感器, 该套传感器包括 AHS-Sourcess、CTS-Saltiness、NMS-umami、PKS、CPS、ANS、SCS 共 7 根传感器, 以 Ag/AgCl 作为参比电极, 传感器对酸、咸、鲜具有专一性识别。精确量取 120 mL 样品于 250 mL 烧杯中, 经双层慢速定量滤纸过滤, 取 80 mL 滤液进行检测。试验采用鸡汤样品和去离子水清洗溶液交替进行检测。样品数据采集时间为 120 s, 采集周期为 1.0 s, 不同的鸡汤样品平行重复采集 5 次^[14]。

2 结果与讨论

2.1 不同炖制条件下鸡汤的感官品质

表 3 不同炖制条件下鸡汤的感官品质

Table 3 The sensory quality of silky fowl soup in different stewing mode

样品编号	香味	色泽	口感	组织形态	合计
模式一	14.81±0.44 ^f	15.22±0.60 ^d	14.21±0.33 ^e	16.10±0.68 ^f	60.34
模式二	18.52±0.61 ^c	16.90±0.73 ^c	18.81±0.48 ^d	18.50±0.86 ^d	72.73
模式三	16.40±0.41 ^e	17.22±0.57 ^c	18.71±0.37 ^d	17.41±0.62 ^e	69.74
模式四	21.61±0.78 ^a	20.21±0.97 ^a	21.72±0.61 ^a	21.21±1.01 ^a	84.75
模式五	17.80±0.55 ^d	19.41±0.79 ^b	19.91±0.47 ^c	19.51±0.85 ^c	76.63
模式六	20.12±0.75 ^b	20.51±1.01 ^a	20.70±0.60 ^b	20.31±1.07 ^b	81.64

注: 同行不同小写字母表示组间差异显著 ($p < 0.05$)。

由表 3 可知, 不同炖制条件的鸡汤样品的感官指标均有显著性差异 ($p < 0.05$), 炖制温度和时间是影响鸡汤感官品质的主要因素。模式一和模式三中, 由于炖制时间较短、初始温度较高(升温速率相对较快), 鸡肉中的蛋白质及其它呈味物质的溶出程度相对较低, 汤汁较清澈、鲜香味和口感均显寡淡, 感官评分较低。模式六由于炖制时间比较长, 汤汁表面出现较多的浮油, 影响了组织形态和口感, 相较于模式四的样品感官品质得分较低。模式四炖制的鸡汤样品香味、口感和组织形态相对较好, 汤汁鲜香味浓郁, 口感醇厚。

2.2 电子鼻分析

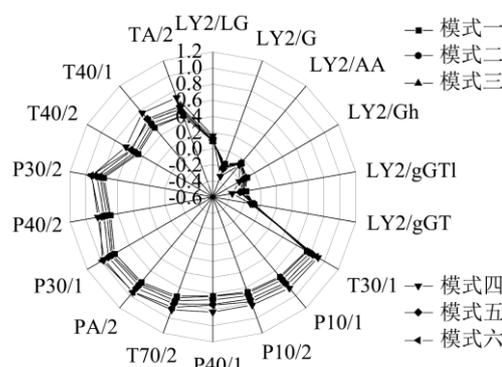


图 1 不同炖制模式下鸡汤电子鼻的电子雷达图

Fig.1 The radar chart of E-nose data in chicken soup in different stewing mode

图1为电子鼻分析鸡汤的气味雷达图,表4列出了18个传感器对应敏感物质类型。由图1可见,鸡汤对电子鼻的18个传感器响应信号强度大小,其中T30/1、P10/1、P10/2、P40/1、T70/2、PA/2、P30/1、P40/2、P30/2、T40/2、T40/1等12个传感器信号强度差异性较为明显。由表4可见,鸡汤中苯类、非极性碳氢化合物、硫化氢、醇类和酮类物质差异性明显。

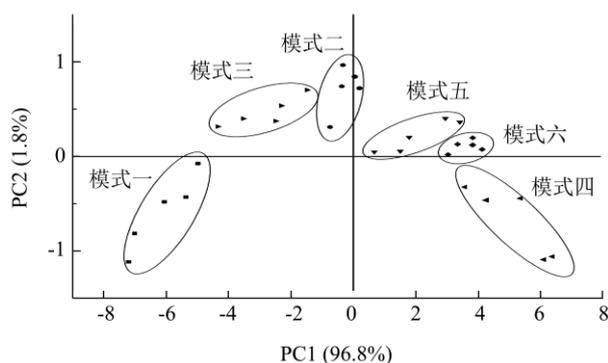


图2 不同炖制模式下鸡汤电子鼻的主成分分析

Fig.2 The PCA analysis of E-nose data in chicken soup in different stewing mode

表4 传感器对应敏感物质类型

Table 4 Sensitive substance type of each sensor

序号	传感器名称	敏感物质类型
1	LY2/LG	氯、氟、氮氧化合物、硫化物
2	LY2/G	氨、胺类化合物、氮氧化合物
3	LY2/AA	乙醇、丙酮、氨
4	LY2/Gh	氨、胺类化合物
5	LY2/gCTI	硫化物
6	LY2/gCT	丙烷、丁烷
7	T30/1	极性化合物、氯化氢
8	P10/1	非极性; 碳氢化合物、氨、氯
9	P10/2	非极性; 甲烷、乙烷
10	P40/1	氟、氯
11	T70/2	甲苯、二甲苯、一氧化碳
12	PA/2	乙醇、氨水、胺类化合物
13	P30/1	碳氢化合物、氨、乙醇
14	P40/2	氯、硫化氢、氟化物
15	P30/2	硫化氢、酮
16	T40/2	氯
17	T40/1	氟
18	TA/2	乙醇

对不同炖制模式的鸡汤香气的电子鼻数据进行主成分分析(PCA),结果如图2所示。由图2可见,鸡汤香气成分区域没有重叠,说明主成分分析可以有效

区分其香气。主成分1的贡献率为96.8%,主成分2的贡献率为1.8%,累计贡献率为98.6%,高于85%,表明两个主成分已包含鸡汤样品的整体信息。同时,主成分1的贡献率(96.8%)远大于主成分2(1.8%),说明横坐标的距离越大,样品香气的差异性越显著。香气排序为模式四~模式六>模式五>模式二>模式三>模式一,表明模式四和模式六的鸡汤香气相似,优于其他模式的样品,且其他的样品香气差异性显著。横坐标的大小顺序与感官评价的香气评分相似,表明电子鼻分析结果与感官评价相同。

2.3 电子舌分析

图3为电子舌分析鸡汤的滋味雷达图。由图3可见,7个不同传感器的相对响应强度差异明显,其中咸和酸传感器相对响应强度的大小顺序相同,顺序为模式六>模式四>模式五>模式二>模式三>模式一,而鲜味的相对响应强度大小顺序为模式四~模式六>模式五>模式三>模式二>模式一。

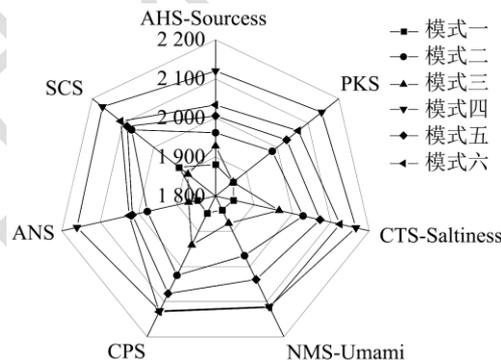


图3 不同炖制模式下鸡汤电子舌的电子雷达图

Fig.3 The radar chart of E-tongue data in chicken soup in different stewing mode

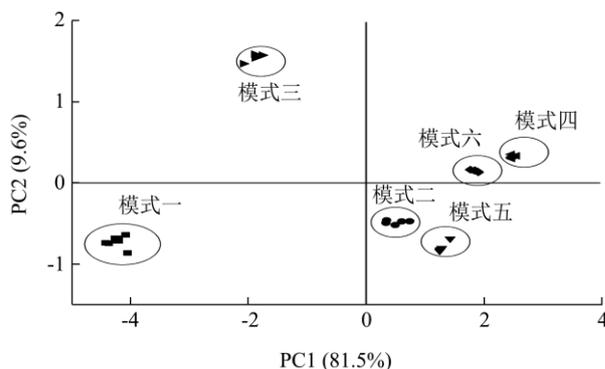


图4 不同炖制模式下鸡汤电子舌的主成分分析

Fig.4 The PCA analysis of E-tongue data in chicken soup in different stewing mode

表5 不同炖制模式下鸡汤的氨基酸组成

Table 5 The content of amino acid in chicken soup in different stewing mode

呈味	氨基酸名称	阈值/(mg/100 g)	游离氨基酸含量/(mg/100 g)						TAV 值					
			模式一	模式二	模式三	模式四	模式五	模式六	模式一	模式二	模式三	模式四	模式五	模式六
鲜味	天门冬氨酸	10.00	3.70±0.16 ^c	5.52±0.20 ^b	5.45±0.21 ^b	6.23±0.25 ^a	5.51±0.19 ^b	6.09±0.29 ^a	0.37	0.55	0.55	0.62	0.55	0.61
	谷氨酸	3.00	6.54±0.31 ^d	15.01±0.57 ^c	15.23±0.63 ^c	17.28±0.75 ^a	16.74±0.62 ^b	17.07±0.86 ^a	2.18	5.00	5.04	5.71	5.68	5.69
	合计		10.24	20.53	20.78	23.51	22.25	23.16						
甜味	丝氨酸	15.00	1.78±0.08 ^d	3.81±0.14 ^c	3.78±0.15 ^c	4.90±0.20 ^a	4.13±0.14 ^b	3.91±0.18 ^c	0.12	0.25	0.25	0.33	0.28	0.26
	苏氨酸	26.00	2.11±0.09 ^c	3.30±0.12 ^b	2.24±0.08 ^c	3.41±0.14 ^b	2.56±0.19	3.62±0.17 ^a	0.08	0.13	0.09	0.13	0.1	0.14
	甘氨酸	13.00	5.01±0.24 ^e	8.65±0.34 ^d	8.23±0.35 ^d	13.05±0.58 ^a	10.23±0.39 ^c	11.12±0.57 ^b	0.39	0.67	0.63	1.00	0.79	0.86
	脯氨酸	--	2.38±0.10 ^d	5.53±0.19 ^b	5.12±0.19 ^c	5.96±0.23 ^a	5.62±0.19 ^b	5.81±0.26 ^a	--	--	--	--	--	--
	丙氨酸	6.00	2.36±0.12 ^d	4.70±0.19 ^c	4.89±0.21 ^c	6.72±0.31 ^a	5.76±0.22 ^b	5.72±0.30 ^b	0.39	0.78	0.82	1.12	0.96	0.95
	合计		13.64	25.99	24.36	34.04	28.30	30.18						
苦味	异亮氨酸	9.00	0.65±0.05 ^e	1.13±0.09 ^d	1.23±0.08 ^d	2.51±0.10 ^a	2.05±0.06 ^b	1.82±0.09 ^c	0.07	0.13	0.14	0.28	0.23	0.2
	缬氨酸	4.00	1.75±0.10 ^e	3.51±0.16 ^d	3.61±0.18 ^d	6.73±0.35 ^a	4.53±0.20 ^b	3.94±0.24 ^c	0.44	0.88	0.9	1.68	1.13	0.99
	亮氨酸	19.00	1.18±0.09 ^d	2.70±0.09 ^c	2.78±0.10 ^c	3.75±0.14 ^a	3.32±0.11 ^b	3.23±0.14 ^b	0.06	0.14	0.14	0.2	0.17	0.18
	酪氨酸	--	0.11±0.04	0.18±0.05	0.17±0.04	0.23±0.06	0.20±0.05	0.21±0.03	--	--	--	--	--	--
	苯丙氨酸	9.00	0.52±0.09 ^f	1.22±0.10	0.85±0.08 ^e	1.41±0.13 ^a	1.10±0.09 ^d	1.30±0.14 ^b	0.06	0.14	0.09	0.16	0.12	0.14
	赖氨酸	--	1.01±0.06 ^d	3.46±0.16 ^c	3.52±0.18 ^c	4.53±0.24 ^a	3.75±0.17 ^b	3.83±0.23 ^b	--	--	--	--	--	--
	组氨酸	2.00	11.37±0.48 ^e	27.50±0.94 ^c	24.12±0.89 ^d	32.41±1.27 ^a	28.08±0.93 ^c	29.15±1.32 ^b	5.69	13.75	12.06	16.21	14.04	14.60
	精氨酸	5.00	2.36±0.12 ^e	5.14±0.21 ^c	4.87±0.22 ^d	6.73±0.32 ^a	6.05±0.24 ^b	6.20±0.34 ^b	0.47	2.18	0.95	1.11	0.98	1.27
合计		18.95	44.44	41.09	58.30	49.08	49.63							
无味	蛋氨酸	3.00	0.67±0.06 ^f	1.41±0.10 ^e	1.52±0.11 ^d	2.12±0.17 ^a	1.96±0.13 ^b	1.81±0.17 ^c	0.22	0.47	0.51	0.71	0.65	0.60
	TFAA		43.50	92.37	87.75	117.97	101.59	104.78						

注：“--”阈值未知；同行不同小写字母表示组间差异显著 ($p<0.05$)。

对鸡汤样品的电子舌数据进行主成分分析(PCA),结果如图4所示。由图4可以看出主成分1和主成分2累计方差贡献率为91.1%,大于85%,表明主成分1和主成分2能够反映鸡汤样品的整体信息。同时,在图4中6个鸡汤样品的数据点相对集中,并且其成分区域分布无重叠,分布于四个不同的象限,说明主成分分析可有效区分不同炖煮模式的样品。主成分1的贡献率(81.5%)远大于主成分2(9.6%)的,说明横坐标的距离越大,样品滋味的差异性越显著。滋味排序为模式四>模式六>模式五>模式二>模式三>模式一,表明模式四的鸡汤滋味优于其他模式的样品。

2.4 游离氨基酸测定结果

表5反映了不同炖制模式下鸡汤的游离氨基酸组成。六种模式烹饪的鸡汤样品的总游离氨基酸(TFAA)分别为43.50、92.37、87.75、117.97、101.59和104.78 mg/100 g。鸡汤中的游离氨基酸主要是在加热炖制过程中蛋白质水解形成,以及通过美拉德反应转化为挥发性化合物的游离氨基酸热降解形成^[15,16]。

谷氨酸和天冬氨酸是食品中两种重要的鲜味游离氨基酸,对鸡汤的滋味有很大的影响。炖煮模式四、模式五和模式六样品的谷氨酸含量较多(且模式四相对较多),这可能也是这三种模式炖制样品在感官评价中鲜味分数更高的原因。甘氨酸、丙氨酸、丝氨酸、苏氨酸、脯氨酸呈甜味,苯丙氨酸、酪氨酸、精氨酸、异亮氨酸、亮氨酸、赖氨酸、缬氨酸、甲硫氨酸则呈苦味。各鸡汤中苦味氨基酸含量较高,其次为鲜味氨基酸,甜味氨基酸占比较低。虽然苦味氨基酸含量较高,但苦味氨基酸不具有味觉活性,被甜味和鲜味物质所掩盖。由此可以说各鸡汤样品主要以甜鲜味为主,这与王天泽^[17]分析的北京油鸡鸡汤的呈味氨基酸结果一致。

此外,在营养学的范畴里,组氨酸被认为是一种人类必需的氨基酸,因为婴儿体内不能合成,需从食物中获取。模式四、模式五和模式六条件下炖制的样品中组氨酸的含量显著高于其他样品(且模式四相对较高),有利于儿童摄取组氨酸。赖氨酸是人体必需氨基酸之一,具有促进发育、增强免疫力,提高中枢神经组织等功能^[4]。模式四、模式五和模式六条件下炖制的样品中赖氨酸的含量显著高于其他样品(且模式四相对较高)。

采用味道强度值(Taste Active Value, TAV)评价氨基酸呈味贡献,TAV>1时,表明该氨基酸对样品的呈味贡献较大,且呈味贡献大小与数值大小成正比,同时,TAV<1时,该氨基酸对样品的呈味贡献不显著,样品的氨基酸TAV值列入表5。由表5可见,所

有样品的氨基酸的TAV值大于1的有谷氨酸和组氨酸,表明以上两种氨基酸对鸡汤的滋味贡献最大,但组氨酸为苦味氨基酸,由此可见,谷氨酸可赋予鸡汤强烈的鲜味。另外,在模式四、模式五和模式六样品中,甘氨酸、丙氨酸、缬氨酸和精氨酸的TAV值接近于1,显著高于其他模式的样品(且模式四相对较高),表明以上4中氨基酸对鸡汤的滋味贡献大,并且甘氨酸和丙氨酸可提供甜味,精氨酸可与谷氨酸协同作用,可提高鸡汤的整体风味。

2.5 不同炖制条件下鸡汤挥发性成分分析

6种炖制模式下鸡汤样品中挥发性成分的种类和相对含量进行归一化处理绘制聚类热图,如图5所示,样品各类型挥发性物质种类和含量分析比较见图6和图7。由图5和图6可见,鸡汤样品中挥发性成分共检测出58种化合物,可将其分为醛(17种)、醇(15种)、酮(4种)、酯(13种)和其他化合物(9种)5类物质。模式四和模式六条件下炖制的样品的醛类的相对丰度和相对含量较高,鸡汤的醛类香味成分主要由脂肪氧化产生,大多是多不饱和脂肪酸氧化所产生,一般香味阈值比较低,具有脂肪香味,对鸡汤风味有重要的影响^[17,18]。有研究表明2,4-二烯醛对鸡汤的风味有重要的作用^[4],模式四、模式五和模式六条件下炖制的样品中(E,E)-2,4-壬二烯醛的相对丰度显著高于其他样品。在鸡汤的醛类风味化合物中,己醛相对比较丰富,这与黄佳露^[4]基于智能燃气灶炖制乌鸡汤的研究结果一致,这可能是炖煮模式的温度主要设置在100℃,该温度下脂类物质氧化会产生大量的己醛^[19,20]。酮类物质是脂类物质氧化的另一个主要产物,相较于醛类物质,酮类物质的相对丰度较低。由图5可以看出,酮类物质与醛类归为一大聚类,但是酮类物质香味阈值高^[21],对鸡汤的特征风味影响不明显。醇类物质中不饱和醇的阈值较低,对鸡汤风味贡献相对较大,1-戊醇和3-辛烯醇对鸡汤风味形成重要作用。酯类多是通过酯化反应而生成的,通常具有怡人的香味,酯类物质和酮类物质对鸡汤的整体风味可能有调、均衡的作用^[22]。在样品中,模式三和模式五炖制的鸡汤样品种酯类相对丰度较高。烷烃类化合物香味阈值较高,各鸡汤样品中烷烃类化合物种类多,但相对含量较少,对鸡汤特征风味的直接贡献不显著,但对提高鸡汤的整体风味有一定的贡献。此外,各鸡汤样品中均含有的杂环类化合物2-正戊基咪喃,其香味阈值较低,有较强的肉香味,也是影响鸡汤品质的关键风味物质之一,模式四、模式五和模式六条件下炖制的样品中2-正戊基咪喃含量相对较高^[23,24]。

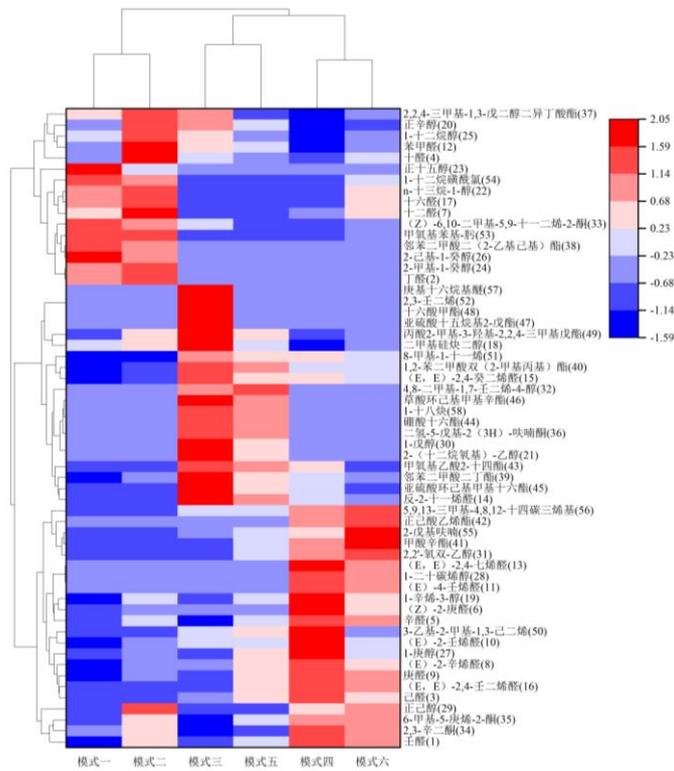


图 5 不同炖制模式下鸡汤的挥发性成分热图

Fig.5 The heat map of volatile compounds in silky fowl soup in different stewing mode

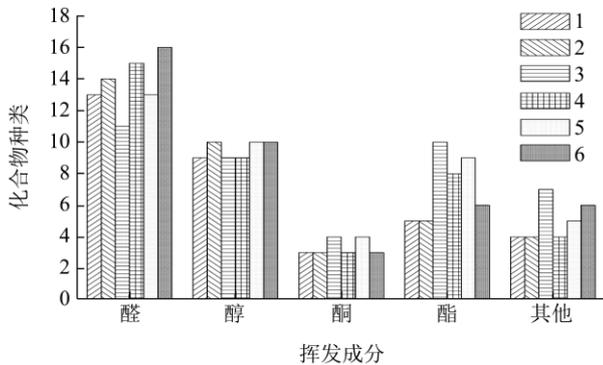


图 6 不同炖制模式下鸡汤挥发性风味物质种类及数量

Fig.6 Number of volatile aroma compounds belonging to various classes in silky fowl soup in different stewing mode

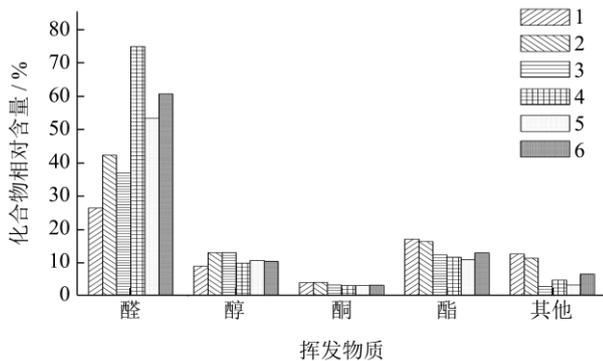


图 7 不同炖制模式下鸡汤挥发性风味物质含量

Fig.7 Content of volatile aroma compounds in silky fowl soup in different stewing mode

2.6 感官评价与鸡汤呈味物质相关性分析

为探究不同鸡汤的呈味物质和感官评价的相关性，Pearson 相关系数用于确定每一感官评价系数正相关的呈味风味物质，结果如图 8 所示。由图 8 可见，鲜味氨基酸、甜味氨基酸、苦味氨基酸和氨基酸总量与口感评分和感官评价总分呈高度相关性 ($p < 0.05$)，醛类物质和感官评价的香味和总分相关性显著 ($p < 0.05$)，表明呈味氨基酸和醛类物质对鸡汤的香气和滋味的呈味贡献显著。

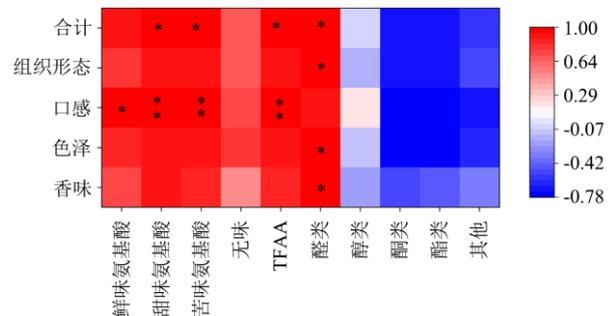


图 8 感官评价和呈味物质 Pearson 相关性图

Fig.8 Pearson correlation map of sensory evaluation and flavour material

注：“*”表示相关性显著 ($p < 0.05$)，“**”表示相关性极显著 ($p < 0.01$)

3 结论

利用电子鼻、电子舌、SPME-GC-MS 和氨基酸检测对鸡汤样品进行分析,采用主成分(PCA)、聚类分析和 Pearson 相关系数对鸡汤风味的差异性进行区分。结果表明:PCA 分析法可以有效地区分不同鸡汤样品的香气和滋味,模式四和模式六的鸡汤香气相似,优于其他模式的样品,模式四的鸡汤滋味优于其他模式的样品,呈味氨基酸和醛类物质对鸡汤的香气和滋味的呈味贡献显著。

模式四炖制的鸡汤样品整体香味、口感和组织形态较好,得分较高,样品口感醇厚,香味浓郁;模式四、模式五和模式六条件下炖制的样品中总游离氨基酸含量较高,其中谷氨酸对鸡汤的鲜味贡献较大。另外,在模式四、模式五和模式六样品中,甘氨酸、丙氨酸、缬氨酸和精氨酸的 TAV 值接近于 1,显著高于其他模式的样品。六种炖制模式下鸡汤样品中挥发性成分主要都为醛、醇、酮、酯、烃及其他化合物等物质,模式四、模式五和模式六条件下炖制的样品中 2,4-二烯醛和 2-正戊基呋喃含量相对较高。结合感官指标、氨基酸指标、风味化合物指标和节能因素,模式四(蒸烤模式,湿度 100%;温度 140 °C 烹制 20 min 后;100 °C 烹制 60 min)炖制条件相对较优。

参考文献

- [1] 王虎虎,黄明远,李潇,等.黄羽肉鸡汤煲炖煮工艺优化[J].中国食品学报,2021,21(5):272-277
- [2] 贺习耀,王婵.加热方式对鸡汤风味品质影响的研究[J].食品科技,2013,38(10):77-82
- [3] 黄名正,李鑫.肉类产生风味差异的原因初探[J].中国调味品,2018,43(6):53-59
- [4] 黄佳露,王凤丽,刘若男,等.基于智能燃气灶的乌鸡汤炖制工艺分析[J].现代食品科技,2020,36(9):251-259
- [5] 张慢.清炖型肉汤的风味形成机制及电炖锅烹饪程序优化[D].无锡:江南大学,2019
- [6] 曹仲文,顾含焯,夏启泉.万能蒸烤箱预熟鸡丁的工艺研究[J].扬州大学烹饪学报,2013,30(3):15-17
- [7] 王雨寒,欧阳灿.基于万能蒸烤箱的整鱼炸制工艺优化研究[J].肉类工业,2021,12:27-32
- [8] 徐子昂,司明志,朱兆威,等.基于万能蒸烤箱的叉烧肉制熟工艺研究[J].美食研究,2019,36(3):45-48
- [9] 王洁娇,童光森.基于万能蒸烤箱的糖醋排骨工艺研究[J].现代食品,2021,4:126-129
- [10] 郭婉冰,张静,贾才华,等.不同电磁烹饪条件对鸡汤体系营养及感官品质的影响[J].食品工业,2020,41(6):319-324
- [11] 周常义,沈会玲,江锋,等.鱼腐乳发酵过程中游离氨基酸含量及抗氧化活性的变化[J].中国酿造,2020,39(12):42-45
- [12] KONG Yan, YANG Xiao, DING Qi, et al. Comparison of non-volatile umami components in chicken soup and chicken enzymatic hydrolysate [J]. Food Research International, 2017, 102: 559-566
- [13] 张艳,夏杨毅,何翠,等.基于肉鸡性别的鸡汤挥发性物质主成分分析[J].食品与机械,2016,7:23-28
- [14] 袁灿,何莲,胡金祥,等.基于电子舌和电子鼻结合氨基酸分析鱼香肉丝调料风味的差异[J].食品工业科技,2022,43(9):48-55
- [15] KONG Yan, YANG Xiao, DING Qi, et al. Comparison of non-volatile umami components in chicken soup and chicken enzymatic hydrolysate [J]. Food Research International, 2017, 102: 559-566
- [16] 王天泽,谭佳,杜文斌,等.北京油鸡鸡汤滋味物质分析[J].食品科学,2020,41(8):159-164
- [17] Tanimoto S, Kitabayashi K, Fukusima C, et al. Effect of storage period before reheating on the volatile compound composition and lipid oxidation of steamed meat of yellowtail *Seriola quinqueradiata* [J]. Fisheries Science, 2015, 81(6): 1145-1155
- [18] Soncin S, Chiesa L M, Cantoni C, et al. Preliminary study of the volatile fraction in the raw meat of pork, duck and goose [J]. Journal of Food Composition and Analysis, 2007, 20(5): 436-439
- [19] FENG Yunzi, CAI Yu, FU Xiong, et al. Comparison of aroma-active compounds in broiler broth and native chicken broth by aroma extract dilution analysis (AEDA), odor activity value (OAV) and omission experiment [J]. Food Chemistry, 2018, 265: 274-280
- [20] Schindler S, Krings U, Berger R G, et al. Aroma development in high pressure treated beef and chicken meat compared to raw and heat treated [J]. Meat Science, 2010, 86(2): 317-323
- [21] Lorenzo J M, Dom ínguez R. Cooking losses, lipid oxidation and formation of volatile compounds in foal meat as affected by cooking procedure [J]. Flavour and Fragrance Journal, 2014, 29(4): 240-248
- [22] 陈怡颖,张玥琪,孙颖,等.鸡肉及其酶解液挥发性风味成分的对比分析[J].精细化工,2015,32(4):426-433
- [23] Fay LB, Brevard H. Contribution of mass spectrometry to the study of the Maillard reaction in food [J]. Mass Spectrometry Reviews, 2005, 24(4): 487-507
- [24] 邹金浩,林耀盛,杨怀谷,等.岭南黄鸡炖鸡汤过程中营养及风味物质的变化[J].现代食品科技,2021,37(11):328-337

现代食品科技