

电压力锅和紫砂锅烹饪排骨藕汤的品质比较研究

张静妍¹, 徐 丰¹, 石 芸², 王可兴¹, 王鲁峰^{1,*}

(1. 华中农业大学食品科技学院, 湖北 武汉 430070; 2. 浙江苏泊尔股份有限公司, 浙江 杭州 310051)

摘 要: 分别使用电压力锅和紫砂锅煮制排骨藕汤, 通过对压力和控制, 研究不同煮制条件下排骨藕汤品质的变化。通过单因素试验和正交试验确定电压力锅最佳的煮制工艺条件为骨水比1:3, 70 kPa煮制20 min后20 kPa煮制45 min。在此工艺条件下排骨藕汤与紫砂锅煮制的效果高度相似, 可溶性蛋白含量达81.74 mg/mL。通过该实验, 得到与紫砂锅煲汤品质相同的高压煲汤工艺条件, 成功将煮制周期缩短了85 min。

关键词: 排骨藕汤; 电压力锅; 紫砂锅; 煮制周期; 工艺

Comparison of Quality Characteristics of Lotus Root Pork Rib Soups from Electric Pressure Cooker and Clay Cooker

ZHANG Jing-yan¹, XU Feng¹, SHI Yun², WANG Ke-xing¹, WANG Lu-feng^{1,*}

(1. College of Food Science and Technology, Huazhong Agricultural University, Wuhan 430070, China;

2. Zhejiang Supor Co. Ltd., Hangzhou 310051, China)

Abstract: The conditions for cooking lotus root pork rib soup with an electric pressure cooker were optimized using single factor and orthogonal array design methods. This study also compared sensory and texture characteristics of lotus root pork rib soups cooked with the electric pressure cooker and a clay cooker. The optimum cooking conditions using the electric pressure cooker were obtained as follows: rib to water ratio 1:3, and 70 kPa for 20 min and then 20 kPa for additional 45 min. The resulting product contained 81.74 mg/mL soluble protein and showed highly similar sensory and texture characteristics with the soup cooked with the clay cooker. Furthermore, the cooking time was shortened by 85 min under the optimized pressurized cooking conditions as compared to clay pot cooking.

Key words: lotus root pork rib soup; electric pressure cooker; clay cooker; cooking cycle; process

中图分类号: TS251.94

文献标志码: B

文章编号: 1002-6630 (2014) 16-0261-06

doi:10.7506/spkx1002-6630-201416050

排骨藕汤是湖北人待客的必备经典菜肴, 而喝排骨藕汤更是被人们称为“喝出湖北家乡的味道”。排骨藕汤是荆楚餐饮文化的代表, 受到全国人民的喜爱, 市场前景广阔^[1]。排骨藕汤不仅味道鲜美, 而且含有较高的水溶性营养成分, 容易被人体吸收, 具有增强消化吸收功能、提供能量、补充营养、促进健康的功效, 故特别适合老人、儿童、孕妇以及体弱多病的人作滋补食用^[2]。排骨藕汤中含有人体所必需的各种营养物质如钙、磷脂、氨基酸、维生素、软骨素、骨胶、多酚化合物、胡萝卜素等, 具有清热滋阴、生津养胃、加强细胞代谢、预防衰老的保健功效^[3]。传统的制汤方法主要是用紫砂锅煲, 清洗去杂去血腥, 再加适量水, 放上些葱姜等辛香料, 用大火熬制或用文火细煲3 h左右, 方可得到美味的汤^[4]。采用高压锅烹饪食物, 因其温度高, 能大大节约能源和煲汤时间, 随着科学进步和人民生活节奏的加快, 高压锅煮汤成了一种新的烹饪方式^[5]。

研究表明, 常压煮制的骨汤感官评分显著优于高压煮制; 在风味上, 常压比高压煮制的骨汤更为清香, 在口感上, 常压比高压煮制的骨汤更为醇厚^[6]。但也有研究表明, 高压对牛肉中氨基酸含量没有影响^[7], 由于汤汁的鲜美程度与鲜味氨基酸总量密切相关^[8-9], 因此高压对牛肉的滋味影响不大。为此, 该实验探究高压条件对排骨藕汤品质的影响, 并对其煮制过程进行分阶段的优化改善, 并将其优化后与紫砂煮制的效果进行比较分析, 旨在获得品质相似的汤料, 缩短煮汤的实验周期, 为排骨藕汤的新工艺提供相关依据。

1 材料与方法

1.1 材料与试剂

盒装猪肋排骨、新鲜莲藕、生姜、料酒 武汉市售; 考马斯亮蓝、磷酸、乙醇等均为分析纯。

收稿日期: 2013-10-09

作者简介: 张静妍 (1990—), 女, 硕士研究生, 研究方向为食品科学。E-mail: 595611182@qq.com

*通信作者: 王鲁峰 (1983—), 男, 讲师, 博士, 研究方向为家用食品加工。E-mail: wanglf@mail.hzau.edu.cn

1.2 仪器与设备

CYSB50FZ11-100电压力锅 浙江苏泊尔股份有限公司; TG224S电子分析天平 北京赛多利斯科学仪器有限公司; TA.XT.Plus物性测试仪 英国Stable Micro System公司; HH-2水浴锅 国华电器有限公司; FOX4000电子鼻 法国Alpha MOS公司; CR400色度仪 日本柯尼卡美能达公司; 722s分光光度计 上海精密科学仪器有限公司。

1.3 方法

1.3.1 排骨藕汤的紫砂锅工艺条件的确定

将买回的新鲜排骨均匀切块成约5 cm×5 cm的块状,称质量,沸水烫漂去除浮滓,按照一定的骨水比,加入姜、料酒除味,冷水入锅,中火煮制至沸腾,再根据预设时间改用文火分别煮制1.0、1.5、2.0、2.5、3.0 h。按照1:1的藕肉比于起锅1 h前加入事先均匀切好的藕块。根据感官评定和可溶性蛋白含量确定最佳紫砂锅煮制工艺^[10]。

1.3.2 排骨藕汤的电压力锅工艺条件的确定

1.3.2.1 骨水比的确定

参照紫砂的煮制工艺,根据紫砂锅最佳的骨水比进行实验设计,设置压力为压力锅的最高值80 kPa(表压),冷水入锅煮制1 h。测定不同骨水下排骨藕汤的感官评分,确定最佳骨水比。

1.3.2.2 压力对排骨藕汤品质的影响

按照已确定的最佳骨水比,在压力锅允许的范围内(0~80 kPa)设置不同的压力大小,煮制45 min后放入按照藕肉比1:1加入藕块,继续煮制15 min。将煮制后的汤品进行感官评定并测定其可溶性蛋白的含量。

1.3.2.3 时间对排骨藕汤品质的影响

在压力试验的基础上,筛选最佳的压力条件,考察时间对排骨藕汤品质的影响。设置压力大小为效果最佳的压力,通过对时间的控制,来观察汤品品质的变化。

1.3.2.4 正交试验

根据压力的单因素试验结果,选择通过高压和低压两个阶段来优化排骨藕汤的品质。根据预设的时间,先在高压下煮制,放气后在低压下煮制,通过对压力和时间的阶段性分步控制,进一步优化试验结果。根据压力和时间的单因素试验,现将排骨藕汤的熬制分为高压和低压两个阶段。这个在单因素的结果里面有具体分析^[11]。设置高压、高压煮制时间、低压、低压煮制时间为4个因素,分别设置3个水平,正交试验因素和水平见表1。

表1 正交试验因素与水平

Table 1 Factors and levels used for orthogonal array design			
A高压/kPa	B时间/min	C低压/kPa	D时间/min
60	20	10	15
70	30	20	30
80	40	30	45

按照设计的正交表试验设计,对感官评分和可溶性蛋白含量测定结果进行分析。

1.3.3 电压力锅与紫砂锅煮制排骨藕汤效果的比较分析

按照优化后的工艺条件用电压力锅煮制排骨藕汤,并将其各项品质指标与紫砂条件下煮制的排骨藕汤进行比较分析,考察二者之间的差异。

1.3.4 排骨藕汤品质的评价方法

1.3.4.1 感官分析

以排骨藕汤的色泽、香气、滋味以及肉质和藕的口感为评价指标,邀请10位评委对不同蒸制条件下的蒸排骨进行描述,取10人平均值为各项指标的最终评定结果。打分采取10分制,其中,色泽、滋味、香气和口感的权重均为2.5。评分标准如表2所示。

表2 感官评定标准
Table 2 Sensory evaluation standards

指标	评分标准	评分
色泽 (SZ)	汤色清澈、均一	8~10
	汤色较清澈,有沉淀物	4~7
	汤汁暗淡,发黑,品相差	0~3
滋味 (ZW)	汤味浓、口味纯正,回味清爽	8~10
	汤味醇厚,鲜味不足,有回味	4~7
	味平淡、无回味	0~3
香气 (XQ)	排骨味强、有藕的清香,汤汁风味浓郁	8~10
	排骨味较淡、藕香较弱	4~7
	排骨味弱,无藕香,有异味	0~3
口感 (KG)	肉质鲜嫩,藕入口松软,咀嚼度良好	8~10
	肉质嫩度不足,藕质地较硬或脚软,咀嚼度适宜	4~7
	肉生硬,藕过硬或过软,咀嚼度差	0~3
总分=2.5SZ+2.5ZW+2.5XQ+2.5KG		

1.3.4.2 水溶性蛋白含量

将所得汤汁冷却,用纱布滤去上层油脂,采用考马斯亮蓝法,于紫外分光光度计595 nm波长处测定汤汁中的水溶性蛋白的含量^[12]。

1.3.4.3 质构分析测试模式

探头P36R;测前速率5 mm/s;测试速率1 mm/s;测后速率5 mm/s;时间:5 s;感应力5 g;回弹高度20 mm;压缩比:肉60%,藕30%^[13]。

1.3.4.4 色度分析

分别选择煮制后的藕、排骨以及汤汁,利用手持色度仪进行测定,每组3个平行,取平均值。

1.3.4.5 利用电子鼻测定风味的差异

分别取不同煮制条件下的汤汁,用电子鼻对风味成分的变化进行测定。顶空进样量2.5 mL,测试时间120 s,采样点1个/s,清洗进样针时间120 s,自动调零时间10 s,空气流量300 mL/min。每种煮制条件做6个平行^[14]。

2 结果与分析

2.1 紫砂锅的最佳煮制条件

2.1.1 骨水比的确定

称取排骨和水的质量, 根据前期预实验, 分别按照1:3、1:4、1:5的骨水比在文火条件下煮制3 h, 根据感官评定结果骨水比应为1:3, 但考虑到骨汤在煮制过程中有水分的流失, 为了保证一定的得汤率, 保持排骨汤的感官品质最佳, 最终将骨水比确定为1:4。

2.1.2 煮制时间的确定

按照1:4的骨水比进行煮制, 分别煮制1.0、1.5、2.0、2.5、3.0、3.5 h, 进行感官评定, 并测定汤汁中可溶性蛋白的含量, 结果如图1所示。

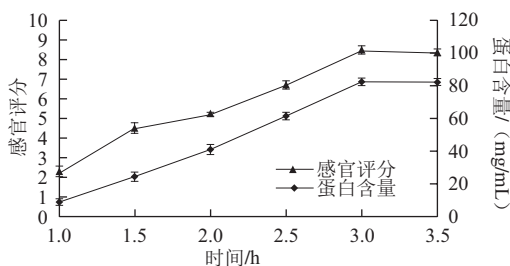


图1 时间对紫砂锅煮制排骨藕汤的影响

Fig.1 Effect of cooking time on the quality of lotus root pork rib soup cooked with clay cooker

由图1可知, 2.5 h之前, 随着时间的延长, 汤汁中可溶性蛋白的含量持续增加。2.5 h以后, 蛋白质含量反而略有下降。这可能是由于在前2.5 h, 汤汁将原料骨中的蛋白质逐渐溶出, 其含量最终逐渐趋于平衡; 2.5 h以后, 持续的加热反而对蛋白质有一定的破坏, 故而使得其含量略有下降。而不同煮制时间下汤汁的感官评分也同样显示, 2.5 h后汤汁的评分略有降低, 主要表现在口感上稍显油腻。其他感官与2.5 h的汤汁相比没有太大变化。综合考虑, 紫砂锅煮制的最佳时间为2.5 h。

2.2 电压力锅工艺的确定

2.2.1 骨水比的确定

参考紫砂锅组的最佳骨水比, 由于电压力锅水分蒸发量少于紫砂锅, 得汤率较高, 为了保证得汤率一致, 避免误差, 应增大骨水比, 故分别按照1:2、1:3、1:4的骨水比, 在80 kPa高压下煮制1 h, 根据感官评分确定最佳骨水比为1:3。

2.2.2 压力大小对汤品质的影响

骨水比1:3, 将排骨在电压力锅中煮制45 min后放入藕, 15 min后起锅。在此条件下用以测定不同压力大小对汤品质的影响, 考察压力大小分别为10、20、30、40、50、60、70、80 kPa, 结果如图2所示。

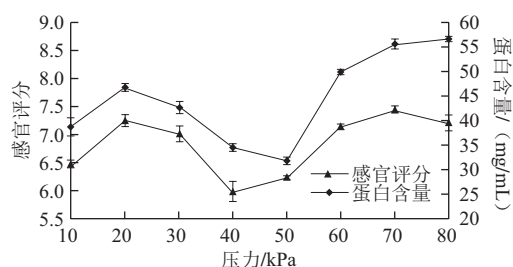


图2 压力对感官评分和可溶性蛋白含量的影响

Fig.2 Effect of cooking pressure on the sensory evaluation and protein content of lotus root pork rib soup

由图2可见, 排骨汤的感官评分和可溶性蛋白的含量变化趋势大体一致, 且并没有呈现出单一的增长或降低。随着压力的增加, 排骨藕汤的感官评分和可溶性蛋白含量也随之增加。然而, 当压力达到40 kPa和50 kPa时, 汤的感官评分和蛋白含量均明显降低, 当压力持续增大时, 汤汁的感官评分和蛋白含量又开始增加, 当压力过高, 达到80 kPa时, 汤品品质又有小幅下降。

总体看来, 在低压和较高压的环境下, 更能促进排骨藕汤风味的形成和蛋白质的溶解, 有利于汤品质的改善。故后续实验中分别选取低压(10、20、30 kPa)和高压(60、70、80 kPa)进一步优化高压的煮制工艺。

可溶性蛋白含量的高低在很大程度上影响感官评分, 实验发现不同压力条件下蛋白含量不同, 推测主要原因为不同温度时排骨中蛋白的变性程度不一, 可能在40 kPa和50 kPa(110 ℃左右)时蛋白的高级结构破坏较严重, 溶解性较差。此外, 蛋白与脂肪的结合在高温时被破坏也影响了蛋白的溶解性, 从而影响汤汁的感官品质。

2.2.3 时间对汤品质的影响

由压力大小对汤品质的影响的实验, 得知在20 kPa和70 kPa条件下, 排骨藕汤的品质更好, 故分别选取这两个压力条件来考察时间对汤品质的影响, 考察时间分别为15、30、45、60、75、90 min, 在煲汤结束15 min前加入藕, 结果如图3所示。

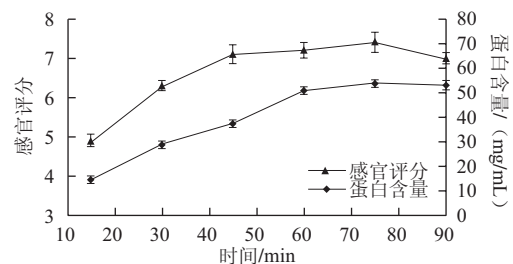


图3 70 kPa条件下时间对感官评分和蛋白含量的影响

Fig.3 Effect of cooking time at 70 kPa on the sensory evaluation and protein content of lotus root pork rib soup

由图3可知, 在高压条件下, 随着时间的延长, 感官评分和蛋白质含量的变化趋势大体一致, 总体呈上

升趋势。其中,前40 min,感官评分的增加率较大,后60 min,感官评分增加率明显减小,最后15 min有略微下降的趋势;而蛋白质含量则一直持续增加,直到最后15 min稍有减少。这说明在高压情况下,前40 min,随着时间的延长,汤品品质有明显提高;再延长时间,汤品品质有所程度的改善。但当时间超过90 min后,汤品品质有所下降。故在汤品的后续优化实验中,设计汤煮制的前半阶段为高压煮制。

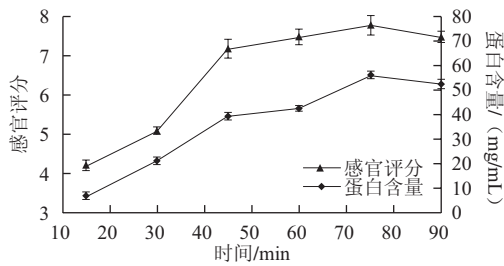


图4 20 kPa条件下时间对感官评分和蛋白含量的影响

Fig.4 Effect of cooking time at 20 kPa on the sensory evaluation and protein content of lotus root pork rib soup

由图4可知,在低压条件下,随着时间的延长,感官评分和蛋白质含量的变化总体呈上升趋势。其中,30 min后感官评分的增加率较大,而在最后15 min有明显下降的趋势;而蛋白质含量则一直持续增加,直到最后15 min略有下降。这说明在低压情况下,烹煮30 min后,汤品品质的改善非常明显;但当时间超过90 min后,汤品品质反而会有所下降。故在汤品的后续优化实验中,设计汤煮制的后半阶段为低压煮制。

在李波等^[15]的研究中,随着时间的延长,汤汁中蛋白质的提取率也略微降低,与本研究结果相似。当蛋白受热到一定程度时,疏水相互作用被蛋白其他相互作用克服,便会发生蛋白热变性^[16],反而会影响汤汁中蛋白的含量。

2.2.4 汤汁品质的正交分析

由表3、4结果可知:4个因素对排骨藕汤的感官评分以及可溶性蛋白含量的影响表现出一定的差异,各试验因素对汤品品质影响的主次排列大小为: $A > C > B > D$;即高压对排骨藕汤感官评分和可溶性蛋白含量的影响最大,低压次之,高压时间再次之,低压时间影响最小。结果表明感官评分较好,可溶性蛋白含量较高的两组是 $A_1B_3C_3D_3$ 和 $A_2B_1C_2D_3$ 。其中,这两组的感官评分总分相差不大,相比而言,前者滋味和色泽不如后者,但后者的香气不如前者,且可溶性蛋白有较大差异,这是由于不同的压力环境和煮制时间会较大程度的影响蛋白质的溶出率。综合考虑选取 $A_2B_1C_2D_3$,即70 kPa煮制20 min后20 kPa煮制45 min这组的烹煮效果最佳。

表3 正交试验设计及结果

Table 3 Orthogonal array design with experimental results of sensory evaluation and protein content

试验号	A	B	C	D	感官评分	可溶性蛋白含量/(mg/mL)
1	1	1	1	1	7.5	59.61
2	1	2	2	2	7.9	63.37
3	1	3	3	3	8.2	68.58
4	2	1	2	3	8.3	81.74
5	2	2	3	1	7.5	56.86
6	2	3	1	2	7.8	44.27
7	3	1	3	2	6.9	57.87
8	3	2	1	3	6.5	40.22
9	3	3	2	1	7.0	46.73
感官评分	k_1	7.87	7.57	7.27	7.33	
	k_2	7.87	7.30	7.73	7.53	
	k_3	6.80	7.67	7.53	7.67	
	R	1.07	0.37	0.47	0.33	
可溶性蛋白含量	k_1	72.55	70.10	65.06	68.09	
	k_2	77.62	65.15	68.95	66.84	
	k_3	54.94	69.86	71.10	70.18	
	R	22.68	4.95	6.04	3.34	

表4 正交试验方差分析

Table 4 Analysis of variance for the orthogonal array design experimental results

因素	偏差平方和		自由度	F值	
	感官评分	蛋白含量		感官评分	蛋白含量
A	2.27	850.30	2	3.05	3.51
B	0.22	46.74	2	0.29	0.19
C	0.33	56.28	2	0.44	0.23
D	0.17	17.11	2	0.23	0.07
误差	2.99	970.44	8		

2.3 电压力锅与紫砂锅煮制排骨藕汤效果的比较分析

2.3.1 感官品质

表5 紫砂锅与电压力锅煮制后的排骨藕汤感官品质的比较

Table 5 Comparison of sensor quality of lotus root pork rib soups cooked with clay cooker and electric pressure cooker

组别	色泽	滋味	香气	总分
电压力锅	8.2	8.3	8.4	8.3
紫砂锅	8.4	8.5	8.3	8.4

由表5可见,二者评分均比较相近。电压力锅藕汤虽然在色泽和滋味上略显苍白,但是其香气更浓郁,这可能是由于电压力锅在熬煮过程中是密闭的环境,氧气的缺乏使得色泽和呈味物质的形成没有紫砂锅好,但是由于其密闭的条件减少了香味物质的逸散,所以其香味物质相对紫砂锅更好。总体说来,两者的感官品质非常接近。

2.3.2 色度的比较

为了进一步比较优化的紫砂工艺和优化的压力锅所制藕汤的品质异同,分别测定其色度值进行分析。分别取用电压力锅优化后的和紫砂锅煮制的排骨藕汤

进行色度的对比分析,利用手持色度仪测定 L^* 、 a^* 、 b^* 值。其中, L^* 值越大,内容物越白(亮), a^* 、 b^* 值分别代表内容物红绿度和黄蓝度,正 a^* 表示红色, a^* 值越大,内容物越红;正 b^* 值表示黄色, b^* 值越大,内容物越黄^[17]。

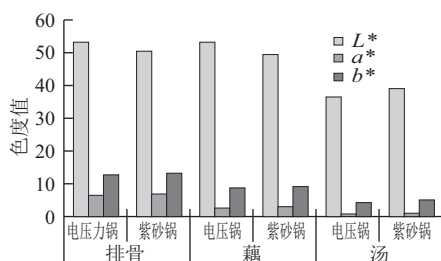


图5 电压力锅组与紫砂锅组煮制的排骨藕汤色度的比较

Fig.5 Comparison of color parameters of lotus root pork rib soups cooked with clay cooker and electric pressure cooker

由图5可知,电压力锅煮制的排骨和藕的 L^* 值均比紫砂锅煮制要大,在感官上表现出电压力锅煮制的排骨和藕更加亮白,而汤汁的 L^* 值则是紫砂锅组比电压力锅组大,感官上表现为紫砂锅煮制的汤汁更白;再比较 a^* 值和 b^* 值,排骨、藕和汤汁的测定结果均是紫砂锅大于电压力锅。感官上表现为紫砂锅煮制的颜色更偏黄褐色。

整体来看,电压力锅煮制的排骨藕汤色泽较浅,汤品呈奶白色略微偏黄;而紫砂锅煮制的排骨藕汤颜色更深一些,汤品呈淡黄色。原因可能为常压熬制时间长,沸腾引起汤的翻滚,溶于汤中的蛋白质或肽与脂肪发生乳化而使汤呈现淡黄色;而电压力锅在煮制过程中整个系统处于密闭状态,相比紫砂锅而言与氧气的接触较少,故原料的氧化程度没有紫砂锅条件下的高,颜色相对较淡^[18]。

2.3.3 质构特性的比较

表6 电压力锅组与紫砂锅组煮制后的排骨藕汤质构特性的比较
Table 6 Comparison of textural properties lotus root pork rib soups cooked with clay cooker and electric pressure cooker

组别		硬度/g	弹性	黏性	胶着性/g	咀嚼性/g	回复性
紫砂锅	藕	2 263.4	0.325	0.706	1 191.393	380.393	0.509
	肉	2 910.2	0.491	0.427	1 182.626	600.193	0.142
电压力锅	藕	2 199.9	0.294	0.693	1 029.713	352.055	0.088
	肉	2 660.7	0.348	0.351	1 059.44	581.202	0.081

由表6可见,总体而言紫砂锅和电压力锅的各项指标相差不大。具体来看,紫砂锅组的各项指标均大于电压力锅组,其中咀嚼性和回复性的差别较大,这与感官评价具有一致性。反应到感官上,紫砂锅和电压力锅的口感比较相似,但是紫砂锅没有电压力锅煮制的松软,但是其入口的弹性和咀嚼性要由于电压力锅。

2.3.4 利用电子鼻测定风味的差异

已有的研究表明汤汁风味的形成主要通过3个途径^[19-20],一是蛋白质、糖类物质的热降解,蛋白质降解生成游

离氨基酸,游离氨基酸在加热条件下脱氧、脱羧生成挥发性羰基化合物;二是脂类的氧化作用,生成酯类、烃类、醇类等化合物;三是氨基酸与糖的美拉德反应。高压和常压熬制条件不同,汤和氨基酸的反应会有所差异,生成的香味物质也不同。

按照正交试验设计分组取样,对9个小组以及紫砂锅组的汤汁风味进行测定。每组取5个平行小样,用不同的颜色标记,利用电子鼻进行风味的测定,结果见图6。

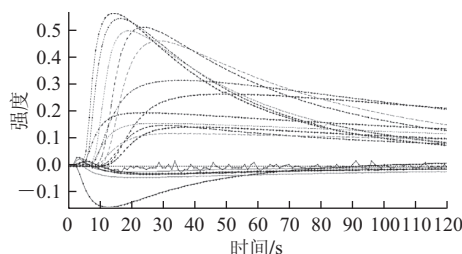


图6 电压力锅不同煮制条件下的18个传感器信号

Fig.6 Eight sensor signals of lotus root pork rib soup cooked with electric pressure cooker under different cooking conditions

由图6可知,18个传感器对不同煮制条件的排骨藕汤均有一定的响应,且有13个感应器信号非常强,感应进行到80~120 s时信号趋于稳定。电子鼻对不同煮制条件下的排骨藕汤的香气成分有明显的响应,说明利用电子鼻对不同熬制条件下的排骨藕汤进行香气的识别是可行的。

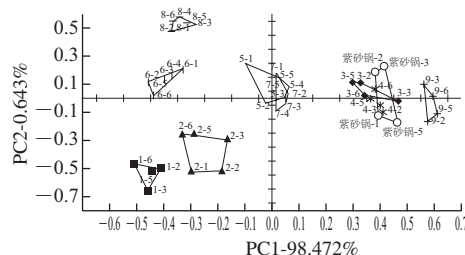


图7 不同煮制条件下的PCA图

Fig.7 PCA under different cooking conditions

根据主成分分析(principal component analysis, PCA)结果和雷达图(图7)显示,1组、2组、5组、6组、8组、9组的汤品香味有明显的区分,相互之间没有重叠,在坐标轴上相隔较大,表明不同的煮制条件对骨汤的风味影响很大。这可能是由于在不同压力和加热时间下,风味前体物质(蛋白质、多糖、脂类)的降解程度不同;其次,降解产物之间相互作用受不同作用环境的影响,产生的风味物质也会不同^[21]。

与紫砂锅相比,以上几组在坐标轴上均没有与之重叠,说明这几组煮制条件下骨汤的风味与紫砂锅条件下骨汤的风味的差距较大。而3组、4组和紫砂锅的结果有较大程度的交叉,说明这3种骨汤的风味有较强的共性,

有相似的香味成分。这与感官的评分的结果保持了一致。故电压力锅工艺优化后选取第4组,风味物质用电子鼻鉴定为高度相似,这与感官评分的结果也保持了一致。

3 结 论

通过设计电压力锅的正交试验,以质构、色度数据、汤汁中可溶性蛋白的含量、电子鼻的风味分析结果作为评价指标,以感官评定结果为参考,对不同的蒸制工艺进行分析,得出利用电压力锅煮制的第4组的汤汁效果与紫砂锅煮制的效果高度类似,感官评分高,并且各项理化指标也比较接近。使用电子鼻对香气进行PCA分析,结果显示香气响应信号高度相似。综合分析,确定 $A_2B_1C_2D_3$ 为最佳组合,使用电压力锅的最佳工艺为:70 kPa煮制20 min后20 kPa煮制45 min。利用该条件煮制的排骨藕汤可以达到与紫砂锅类似的效果,成功将煮制周期缩短了85 min。

参考文献:

- [1] 张克田. 排骨汤加工工艺及其滋味研究[D]. 武汉: 华中农业大学, 2009.
- [2] CARILLO T E, GILBRIDE J A, CHAN M M. Soup kitchen meals: an observation and nutrient analysis[J]. Journal of the American Dietetic Association, 1990, 90: 989-991.
- [3] 张福平, 陈蔚辉, 黄泽虹, 等. 莲藕的营养保健功能[J]. 果蔬与健康, 2002(6): 42.
- [4] 张士康. 传统汤文化和现代技术融合研究[D]. 无锡: 江南大学, 2010.
- [5] CHIANG F Y, LUO Y Y. Effects of pressurized cooking on the relationship between the chemical compositions and texture changes of lotus root (*Nelumbo nucifera* Gaertn)[J]. Food Chemistry, 2007, 105(2): 480-484.
- [6] 魏秋霞. 原辅材料及加工储藏工艺对牦牛骨浓缩汤品质影响的研究[D]. 雅安: 四川农业大学, 2008.
- [7] NAGODAWITHANA T W. Savory flavors. In bioprocess production of flavor, fragrance, and color ingredients[M]. New York: John Wiley Sons, 1994.
- [8] 吕广英, 丁玉琴, 孔进喜, 等. 加工方式对鱼骨汤营养和风味的影响[J]. 华中农业大学学报, 2013(3): 123-127.
- [9] OLSON D G, PARRISH J R, STROMER M H. Myofibril and shear resistance of three bovine muscles during postmortem storage[J]. Journal of Food Science, 1976, 41(5): 10-15.
- [10] 瞿明勇. 排骨汤和鸡汤的烹制工艺及营养特性[D]. 武汉: 华中农业大学, 2008.
- [11] YONEDA C, KASAMATSU C, HATAE K, et al. Changes in taste and textural properties of the foot of the Japanese cockle (*Fulvia mutica*) by cooking and during storage[J]. Fisheries Science, 2002, 68(5): 1138-1144.
- [12] 冯昕, 王吉中, 尧俊英, 等. 考马斯亮蓝法测定乳与乳制品中蛋白质含量[J]. 粮食与食品工业, 2010(3): 57-59.
- [13] 邓源喜. 桂花糯米糖藕食品的工艺研究[D]. 南京: 南京农业大学, 2011.
- [14] 王英, 朱科学, 周惠明. 香菇菌汤熬制工艺参数的优化[J]. 食品科学, 2010, 31(10): 336-340.
- [15] 李波, 朱静, 程静, 等. 香菇蛋白的提取制备方法研究[J]. 食品工业科技, 2009, 30(6): 226-231.
- [16] 王璋, 许时婴, 汤坚. 食品化学[M]. 北京: 中国轻工业出版社, 2006: 142-146.
- [17] 郑刚, 胡小松, 李全宏, 等. 用色度仪和质构仪对高蛋白挂面色泽和质地的研究[J]. 食品工业科技, 2006(10): 99-102.
- [18] 陈自珍. 浓缩骨汤的加工及制作原理[J]. 中国食品添加剂, 2006(C00): 284-288.
- [19] BHANDARI B, D'AREYAB, YOUNG G. Flavour retention during high temperature short time extrusion heating process: a review[J]. Journal of Food Science Technology, 2001, 36: 453-461.
- [20] CAMBEROM J, SEUSS L, HONIKEL K O. Flavour compounds of beef broth as affected by heating temperature[J]. Journal of Food Science, 1992, 57: 1285-1290.
- [21] 李琴, 朱科学, 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.