

预制真空包装牛排——低温慢煮的工艺优化研究

陈逸玉，徐朔，赵钜阳*

(哈尔滨商业大学 旅游烹饪学院 哈尔滨 150076)

摘要：以牛肉为原料，通过单因素和正交试验研究了低温慢煮牛排加工工艺的优化。结果表明，最佳工艺条件为：腌制时间 25 min，慢煮温度 50 °C，慢煮时间 55 min，煎制时间 60 s。此外，以感官评价、烹饪损失率、熟肉率、剪切力、TPA 物性及挥发性气味为指标，研究了直接煎制、拍打后煎制和低温慢煮牛排对牛排品质的影响。结果表明，低温慢煮牛排的感官评价和嫩度最佳，烹饪损失率最低，此时牛排的风味能最大限度地体现出来。真空低温慢煮方法可以更好地保留牛肉的风味，有利于其在牛肉产品方面的广泛应用。

关键词：真空低温慢煮；牛排；感官评价；质构；挥发性气味

Research on Processing Optimization of Sous Vide Cooked Beef Steak

Chen Yiyu, Xu Shuo, Zhao Juyang *

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

Abstract:With beef as the raw material, the optimal processing of Sous Vide cooked beef steak was investigated through single factor and orthogonal tests. The results indicated that the optimal process condition was determined as follows: pickling time 25 min, boiling temperature 50 °C, boiling time 55 min, and frying time 60 s. In addition, the effect of three cooking methods for beef steak including pan-frying, pan-frying after beating and Sous Vide cooking on the quality attributes of beef steak such as sensory evaluation, cooking loss, rate of cooked meat, shear force, texture profile analysis (TPA) and volatile odor was studied. The result showed that the Sous Vide cooked beef steak was highest score of sensory evaluation and juiciness, and the lowest score of weight losses. At this time, the flavor of beef steak was reflected mostly. Therefore, the Sous Vide cooking could provide sensory quality, which was helpful for the application on beef products.

Keywords: Sous Vide cooking; beef steak; sensory evaluation; texture profile analysis; volatile odor

牛肉含有人体必需的氨基酸、矿物质及维生素，而且脂肪含量低，蛋白质含量高，在我国肉类食品中的消费量仅次于猪肉^[1-3]。虽然牛肉具有多种烹调方法，但是牛排是一种很受消费者喜爱的煎制食品。近年来，牛排食用品质的研究成为科研工作者的研究热点之一

[4-7]。韩玲等^[8]研究了不同加工方式对煎制重组牛排品质的影响，根据熟肉率、剪切力和硬度结果，得到了煎制重组牛排肉块大小、切片厚度和熟制温度的数据。杨章平等^[9]研究了不同熟制程度牛肉的质构及营养特性，发现七成熟牛肉的感官评分最高，且嫩度和风味均最佳。

除了传统的烹调方法，新型的熟制方法开始应用于牛排的烹饪过程。真空低温慢煮法是一种全新的烹饪方法，已经成为国内外烹饪界广受关注的新技术^[10-12]。该技术将定量好的肉类原料腌制入味，放入塑封袋中抽至真空，根据肉类原料的特性，设定相应的温度和时间，恒温加热使食材成熟^[13]。目前，真空低温慢煮法已经应用到鱼肉、牛肉、猪肉、山药和蛋类等的烹调中^[14-17]。然而，目前的牛排研究主要集中在传统烹饪方法，对真空低温慢煮法的牛排品质研究鲜有报道。

以牛排为研究对象，探究了腌制时间、慢煮温度、慢煮时间和煎制时间对低温慢煮牛排品质的影响，然后对比研究了直接煎制、拍打后煎制和低温慢煮 3 种牛排的感官评价、烹饪损失率、熟肉率、剪切力、TPA 物性及挥发性气味，分析比较了 3 种牛排的差异，以期为低温慢煮牛排的加工提供理论依据，从而推进牛排的市场化进程。

1 材料与方法

1.1 材料与仪器

牛里脊：市售；黑胡椒粉：上海味好美食品有限公司；辣椒酱、精盐、色拉油：均市售。

方瑞 JA 系列电子天平：上海方瑞仪器有限公司；ZF-4D 真空包装机；PRIMA HD120-T26 恒温水槽；油温枪：香港恒高电子集团；质构仪：北京盈盛恒泰科技有限责任公司；电子鼻：上海瑞玢国际贸易有限公司。

1.2 试验方法

1.2.1 工艺流程

牛里脊→清洗→切块→腌制→真空包装→低温慢煮→煎制→成品

1.2.2 技术要点

将牛里脊清洗切块（4 cm×4 cm×2 cm）；加入色拉油 10 g、精盐 8 g、黑胡椒 4 g、辣椒酱 20 g 进行腌制；将腌制好的牛肉进行真空包装，热风温度选中温，抽气时间 25 s，热封时间 5 s；放置在恒温水浴槽中加热；取出；在平扒炉上煎制成熟。

1.2.3 单因素试验

低温慢煮牛排制作条件为：固定烹制条件为慢煮温度 60 ℃，慢煮时间 40 min，煎制时间 90 s，考察不同腌制时间（15，20，25，30 和 35 min）对牛排品质的影响；固定烹制条件为腌制时间 20 min，慢煮时间 40 min，煎制时间 90 s，考察不同慢煮温度（55 ℃，60 ℃，65 ℃，70 ℃和 75 ℃）对牛排品质的影响；固定烹制条件为腌制时间 20 min，慢煮温度 60 ℃，煎制时间 90 s，考察不同慢煮时间（30，40，50，60 和 70 min）；固定烹制条件为腌制时间 20 min，慢煮温度 60 ℃，慢煮时间 40 min，考察不同煎制时间（30，60，90，120 和 150 s）。

1.2.4 正交试验

在单因素试验的基础上，以感官评价为评定指标，选用 L9(3⁴)正交表优化低温慢煮牛排制作工艺，正交水平如表 1 所示^[18]。

表1 正交试验因素水平表

水平	因素			
	A腌制时间/min	B慢煮温度/℃	C慢煮时间/min	D煎制时间/s
1	22	58	45	45
2	25	60	50	60
3	28	62	55	75

1.2.5 感官评定

由 10 名有经验的专业人员对牛排的色泽、组织状态、味道、口感和香气进行感官评分，总分为 100 分，试验结果取平均值，评分标准见表 2。

表2 感官评价标准

项目	评分标准	评分/分
色泽	切面有光泽, 色泽鲜艳	11~15
	切面光泽一般, 色泽浅红	6~10
	切面无光泽, 色泽呈灰色	0~5
组织状态	组织致密完整	8~10
	组织不紧密, 局部松散	4~7
	组织不紧密, 松散	0~3
味道	咸淡适中, 鲜香味美, 无异味	19~25
	咸淡适中, 鲜香不突出	9~18
	咸淡不均, 无鲜香味	0~8
口感	口感嫩, 有弹性, 有嚼劲	21~30
	口感一般, 嫩度不足	11~20
	弹性差, 口感很硬	0~10
香气	香味浓郁, 具有牛排固有的香气	15~20
	香味很弱	8~14
	略有焦味	0~7

1.2.6 对比牛排的烹饪工艺

直接煎制牛排工艺：将牛里脊清洗切块（4 cm×4 cm×2 cm）；加入色拉油 10 g、精盐 8

g、黑胡椒 4 g、辣椒酱 20 g 进行腌制；在平扒炉上煎至成熟。

拍打后煎制牛排工艺：将牛里脊清洗切块（4 cm×4 cm×2 cm），然后用刀背进行拍打；加入色拉油 10 g、精盐 8 g、黑胡椒 4 g、辣椒酱 20 g 进行腌制；在平扒炉上煎至成熟。

1.2.7 烹制损失率和熟肉率^[19]

样品加热前后的质量分别为 W1（g）和 W2（g）。

烹制损失率=（W1-W2）/W1×100%

(1)

熟肉率=W2/W1×100%

(2)

1.2.8 质构剖面的测定

将样品用单刀剪切复合探头进行剪切力的测试；采用 P50 探头以“二次压缩”模式进行质地剖面分析，参数设置为：输入固定的高度 30 mm，起始力 0.3 N，检测速度 30 mm/min，形变量 30%。

1.2.9 电子鼻测定

准确称取 2.5 g 搅碎的样品装入 40 mL 样品瓶中，加盖密封，平衡后直接将进样针头插入样品瓶采用顶空吸气法进行电子鼻分析试验。传感器阵列包含 14 个气敏传感器，不同传感器对不同类别的气体挥发敏感。测定条件是：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。

1.2.10 数据处理

试验数据统计分析采用 Statistix 8.1 软件进行分析，差异显著性（ $p < 0.05$ ）分析使用 Tukey HSD 程序；采用 Origin 软件进行作图；电子鼻数据采用主成分分析（PCA）。

2 结果与分析

2.1 单因素试验

2.1.1 腌制时间对牛排品质的影响

牛肉的腌制是在烹制之前对牛肉进行腌制调味。由图 1 可知，随着腌制时间的增加，感官评分呈先增大后减小的趋势。腌制时间在 25 min 时，牛排味道适中，感官评分最高。

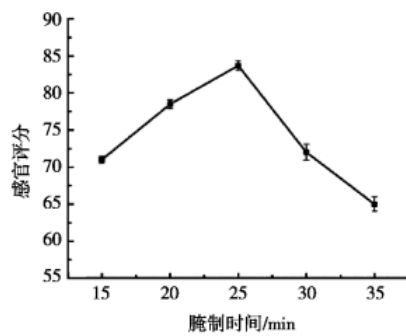


图1 腌制时间对牛排品质的影响

在腌制的过程中，调味料中的呈味物质通过渗透作用进入牛排内部，同时牛排细胞内部的水分通过细胞膜流出组织表面，在恰当的腌制时间，这两种作用达到平衡。腌制时间太短，腌制调料不能完全渗入牛肉组织中，会出现入味不足现象；腌制时间太长，牛肉失水过多，味道过咸，影响了肉的品质^[20]。因此选择 22，25 和 28 min 为适宜的腌制时间。

2.1.2 慢煮温度对牛排品质的影响

由图 2 所知，随着慢煮时间的增加，牛排的感官评分呈先增加后降低的变化趋势，慢煮温度为 60 °C 时，感官评分最高。慢煮的温度过低，牛排内部可见红肉并流出血水，温度过高则会出现肉质老韧，质地粗糙。在加热的过程中，牛排中的蛋白质发生变性，温度越高，变性作用越大；慢煮温度过高时，牛排中的氨基酸氧化，氨基酸键之间交换，形成新

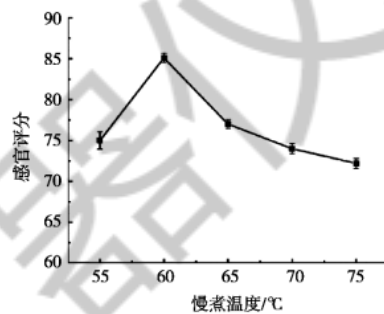


图2 慢煮温度对牛排品质的影响

的酰胺键，从而难以被消化酶水解，风味降低。因此选择 58 °C，60 °C 和 62 °C 为适宜的慢煮温度。

2.1.3 慢煮时间对牛排品质的影响

由图 3 所知，随着慢煮时间的增加，牛排的感官评分呈现先增加后降低且比较平稳的趋势。慢煮时间为 50 min 时，感官评分最高。慢煮时间和慢煮温度时相辅相成的因素，慢煮的时间过短和过长均会影响牛排的品质。慢煮时间过短，牛排内部蛋白质变性不完全；慢煮时间过长，会使牛排的硬度增加。因此选择 45，50 和 55 min 为适宜的慢煮时间。

煎制是使牛排呈现色泽和香气的过程。在煎制过程中，牛排中的氨基酸、多肽和脂类等成分会发生美拉德和斯特雷克尔等一系列反应，使牛排具有浓郁的香气和诱人的色泽。由图 4 所知，随着煎制时间的增加，牛排的感官评分呈现先增加后迅速降低现象。煎制时间 60 s 时，感官评分最高。煎制时间过短，牛排表面难以上色，香气不足；煎制时间过长，

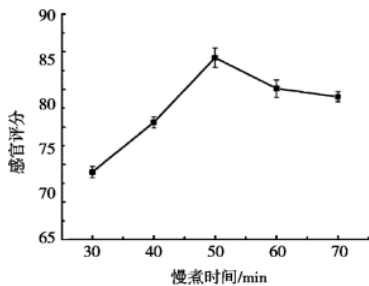


图3 慢煮时间对牛排品质的影响

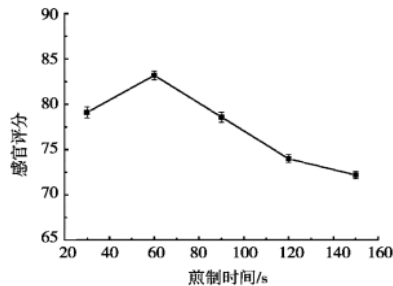


图4 煎制时间对牛排品质的影响

表面局部变黑，有焦糊味。因此选择 45，60 和 75 s 为适宜的煎制时间。

2.2 正交试验

正交试验结果见表 3 所示。由表 3 可知，影响低温慢煮牛排的因素主次顺序为：慢煮时间>煎制时间>腌制时间>慢煮温度，其中慢煮时间和煎制时间对低温慢煮牛排感官品鉴有显著影响，根据正交试验得到的最佳工艺组合为 A2B1C3D2，此条件下所得的牛排的感官评分为 91.70 分，高于正交组中评分最高的组合。该条件下烹制的牛排组织致密完整、咸淡适中、鲜香味美、香味浓郁，而且牛排有最佳的硬度和嫩度。综上所述，牛排最佳工

表3 牛排正交试验结果与分析

试验号	A腌制时间	B慢煮温度	C慢煮时间	D煎制时间	感官评分/分
1	1	1	1	1	81.7±0.40
2	1	2	2	2	80.6±0.35
3	1	3	3	3	82.4±0.12
4	2	1	2	3	82.7±0.15
5	2	2	3	1	85.1±0.33
6	2	3	1	2	87.7±0.13
7	3	1	3	2	90.1±0.26
8	3	2	1	3	81.6±0.25
9	3	3	2	1	78.5±0.42
k ₁	81.6	85.6	83.7	81.8	
k ₂	85.2	82.4	80.6	86.1	
k ₃	83.4	82.9	85.9	82.3	
R	3.6	3.2	5.3	4.3	

注:数据为平均值±标准差

艺条件为：腌制时间 25 min，慢煮温度 50 ℃，慢煮时间 55 min，煎制时间 60 s。

2.3 牛排品质的对比研究

为了进一步研究低温慢煮牛排的品质，将低温慢煮牛排、直接煎制牛排与拍打后煎制牛排进行了对比研究。

2.3.1 感官评分、烹制损失率和熟肉率分析

表 4 给出的是 3 种牛排的感官评分、烹饪损失率以及熟肉率的对比数据，低温慢煮牛排和拍打后煎制牛排在色泽、味道及口感等方面无显著差异($p>0.05$)，且均显著高于直接煎制牛排($p>0.05$)。直接煎制牛排的感官评价最低，为 85.4 分；低温慢煮牛排的感官评分最高，为 91.7 分。可见，低温慢煮牛排的色泽、味道、口感等最能满足消费者的食用需求。此外，直接煎制与拍打后煎制牛排的烹饪损失率和熟肉率无显著性差异($p>0.05$)，拍打后煎制与低温慢煮牛排的烹饪损失率和熟肉率也无显著性差异($p>0.05$)，但是直接煎制牛排与低温慢煮牛排的烹饪损失率和熟肉率有显著性差异($p>0.05$)。显然，直接煎制牛排的烹制损失率最大，熟肉率最低，牛排在平扒上直接煎制成熟，所需要的时间久，牛排水分流失量大。拍打后煎制牛排的烹制损失率居中，牛排经过拍打，肉质松软，易于入味，煎制

表4 3种烹调工艺牛排的感官、烹制损失率和熟肉率结果

烹饪工艺	感官评分/分	烹制损失率/%	熟肉率/%
直接煎制牛排	85.4±0.62 ^b	34.61±2.17 ^a	65.67±2.15 ^a
拍打后煎制牛排	90.6±0.72 ^a	29.10±3.26 ^{ab}	70.90±3.27 ^{ab}
低温慢煮牛排	91.7±0.36 ^a	25.71±0.17 ^b	74.30±0.17 ^b

注: 数据为平均值±标准差; 同列肩标字母不同者表示差异显著 ($p<0.05$); 表5同

过程所需时间短，牛排水分损失较少。低温慢煮牛排的烹饪损失率最小，熟肉率最高，牛排经过恒温煮制的过程，牛排内部分蛋白质已经发生变性，已经完成了部分熟制过程，煎制的时间短，内部的肉汁流失量少，可以更好地保留牛排的嫩度[21]。

2.3.2 质构分析

嫩度是评价牛排质地的重要指标，剪切力的大小可以直观地反映牛排的嫩度[22]。由表 5 可知，不同方法烹调牛排间差异显著 ($p<0.05$)，直接煎制牛排的剪切力值最高，而低温慢煮牛排的剪切力最低。显然，低温慢煮牛排的嫩度最好，消费者的满意程度也最高。3 种不同烹调工艺牛排之间的硬度和咀嚼性差异显著 ($p<0.05$)，直接煎制与低温慢煮牛排在弹性方面存在显著性差异 ($p<0.05$)。显然，直接煎制牛排的硬度和咀嚼性最高，拍打后煎制牛排居中，这表明低温慢煮牛排的口感最好；低温慢煮牛排的弹性最高，直接煎制牛排最低。牛排不经过预处理直接煎制，其蛋白质发生变性，内部空间结构受到破坏，系

表5 3种烹调工艺牛排的质构

烹调工艺	剪切力/N	硬度/N	弹性	咀嚼性
直接煎制牛排	87.93±1.63 ^a	23.19±0.40 ^a	3.03±0.10 ^a	27.05±0.21 ^a
拍打后煎制牛排	75.36±1.99 ^b	21.10±0.15 ^b	2.77±0.64 ^{ab}	25.65±0.35 ^b
低温慢煮牛排	65.28±1.85 ^c	18.44±0.31 ^c	2.43±0.15 ^b	23.05±0.21 ^c

水能力减小[23]，引起肉质粗老，硬度增加。低温慢煮牛排经过恒温烹煮的过程，合理控制加热的温度和时间，使得牛排水分损失少，肉质软嫩。

2.3.3 挥发性气味分析

主成分分析（PCA）主要是对传感器响应值的特性向量矩阵进行降维处理，有效地识别数据之间的相似性和主要的差异[24-25]。主成分分析贡献率越大，说明其主要成分可以较好地反映样品多指标的信息。一般情况下，总贡献率超过 85%的方法即可使用[26]。图 5 是 3 种不同工艺的牛排的 PCA 图谱。第一主成分（PC1）的贡献率为 89.8%，第二主成分（PC2）贡献率为 4.7%，两者累计贡献率达到 94.5%，说明两个主成分之和能够较全面的

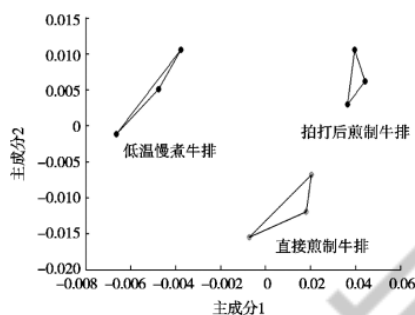


图5 3种不同工艺牛排的PCA分析图

代表样品整体信息。三种牛排样品分布在图中不同区域，判别指数（DI）为 94.5%，说明 PCA 能将牛排样品很好地区分开。另外，直接煎制牛排和拍打后煎制牛排样品在 PCA 图中距离较近[27]，说明这 2 种工艺烹制的牛排气味上具有一定的相似性，而低温慢煮牛排因为经过低温加热过程，导致牛排中的水溶性成分和脂肪发生变化，所以其气味与另外 2 种牛排显著不同。

3 结论

试验确定了低温慢煮牛排的最佳工艺条件为：腌制时间 25 min，慢煮温度 50 °C，慢煮时间 55 min，煎制时间 60 s。在此条件下制作的牛排色泽鲜艳，组织致密完整，口感香嫩，鲜美多汁。另外，将低温慢煮牛排与直接煎制、拍打后煎制牛排进行了对比研究。低温慢煮牛排的烹饪损失率最低，熟肉率最高，肉质嫩度最佳，且感官评分最高，表明低温慢煮牛排具有更强的持水力，并能最大限度体现牛排风味。通过电子鼻响应值的对比发现，3 种牛排挥发性成分响应值没有重叠区域，区分度较好。试验结果表明：低温慢煮方法在牛排产品方面具有良好的应用前景。

参考文献:

- [1] 贺习耀, 曾习. 牛肉上浆工艺与质构特性研究[J]. 食品研究与开发, 2015, 36(7): 74-77.
- [2] 王春晓, 孙宝忠, 罗欣, 等. 市售预制牛排质量特征研究[J]. 食品工业科技, 2014, 35(21): 77-82.
- [3] 郑加旭, 姚开, 贾冬英, 等. 不同包装方式对冷鲜牛肉质构和物化性质的影响[J]. 食品科学, 2016, 41(1): 96-104.
- [4] 牛文娟, 王芳兵, 谢聪, 等. 不同煎制条件对牛排中心温度的影响[J]. 食品工业科技, 2010, 31(2): 152-155.
- [5] 李升升, 李全, 靳义超, 等. 犊牛排加工技术研究[J]. 食品工业, 2014, 35(6): 37-40.
- [6] 郎玉苗, 李敬, 卢凌, 等. 基于消费者感官评价的煎制牛肉预测模型[J]. 肉类研究, 2015, 29(1): 18-22.
- [7] 李昌文, 荆晓艳, 纵伟. 黑椒牛排风味膨化食品调味料的研究[J]. 中国调味品, 2014, 39(6): 76-79.
- [8] 马娅俊, 韩玲, 尉莹, 等. 不同加工方式对煎制重组牛排使用品质的影响[J]. 食品工业科技, 2016, 37(18): 302-316.
- [9] 孟祥忍, 王恒鹏, 杨章平. 不同熟制度牛肉的品质变化研究[J]. 食品工业科技, 2015, 36(10): 102-105.
- [10] Peter barham, Leif h skibsted, Wenderl pbredie, et al. Molecular gastronomy: A new emerging scientific discipline[J]. Chemistry Reviews, 2010, 110(4): 2313-2365.
- [11] 陈龙, 乔兴. 真空恒温烹饪技术原理及应用[J]. 美食研究, 2012, 29(2): 43-46.
- [12] Massimiliano R, Chiara D A, MARIA P, et al. A novel time/temperature approach to Sous Vide cooking of beef muscle[J]. Food and Bioprocess Technology, 2014, 7(10): 2969-2977.
- [13] 乔兴, 陈龙. 真空恒温烹饪技术对肉类风味口感改善的研究[J]. 中国调味品, 2015, 40(12): 18-22.
- [14] 余松筠. 分子料理在肉类烹饪中的应用研究——以低温慢煮技术为例[J]. 肉类工业, 2016(8): 31-32, 37.
- [15] CONSUELO I B, DAVID P, GARCÍA S P, et al. Optimizing the texture and color of sous-vide and cook-vide green bean pods[J]. LWT-Food Science and Technology, 2013(51): 507-513.
- [16] 陈龙, 乔兴. 真空恒温烹饪技术对蒜泥白肉肉质口感的改良研究[J]. 四川旅游学院学报,

2015(2): 15-17, 27.

- [17] FÁBIO A P S, VALQUÍRIA C S F, MARTA S M, et al. Effect of the cooking method (grilling, roasting, frying and sous-vide) on the oxidation of thiols, tryptophan, alkaline amino acids and protein cross-linking in jerky chicken[J]. Journal of Food Science and Technology, 2016, 53(8): 3137-3146.
- [18] 胡玉娇, 李诚, 苏赵, 等. 泡椒鹅肉工艺优化及挥发性风味物质的构成[J]. 食品工业科技, 2014, 35(4): 261-266.
- [19] 王晓宇, 周光宏, 徐幸莲, 等. 猪肉剪切力的测定方法[J]. 食品科学, 2012, 33(21): 64-67.
- [20] 罗青雯, 刘成国, 周辉, 等. 真空腌制与传统腌制加工过程中腊肉的品质变化[J]. 食品与机械, 2015, 31(2): 56-62.
- [21] 李辉. 低压环境下烹饪牛排的营养及工艺优化研究[D]. 扬州: 扬州大学, 2012.
- [22] 任国艳, 曹利, 王玉琴, 等. 不同烹调方式对羊肉品质的影响[J]. 食品科学, 2016, 37(19): 24-30.
- [23] 郎玉苗, 谢鹏, 李敬, 等. 熟制温度及切割方式对牛排食用品质的影响[J]. 农业工程学报, 2015, 31(1): 317-325.
- [24] 吴升刚, 张玉华, 孟一, 等. 鸡肉品质劣变电子鼻分析 [J]. 食品工业科技, 2015, 36(14): 53-56.
- [25] 赵梦醒, 丁晓敏, 曹荣, 等. 基于电子鼻技术的鲈鱼新鲜度评价[J]. 食品科学, 2013, 34(6): 143-147.
- [26] 孙钦秀, 董福家, 陈倩, 等. 应用电子鼻技术检测肉与肉制品的风味和品质[J]. 食品研究与开发, 2015, 36(12): 123-126.
- [27] 武苏苏, 赵改名, 柳艳霞, 等. 基于主成分分析法的煮制时间对卤制鸡肉风味的影响分析 [J]. 食品与发酵工业, 2014, 40(10): 194-199.