

凤爪的微波与巴氏组合杀菌工艺研究

俞建峰^{1,2}, 倪蕾^{1,2}, 崔政伟^{1,2}, 陈海英^{1,2}

(1. 江苏省食品先进制造装备技术重点实验室, 江南大学, 江苏 无锡 214122; 2. 江南大学 机械工程学院, 江南大学, 江苏 无锡 214122)

摘要: 为了克服凤爪高温杀菌和辐照杀菌的缺点, 对凤爪进行微波与巴氏组合杀菌试验研究。通过响应面实验, 分析了微波温度、巴氏温度和杀菌次数对凤爪组合杀菌后的质构特性、感官品质、菌落数及凤爪的模糊综合评价的影响, 进行微波与巴氏组合杀菌的工艺参数优化。组合杀菌工艺优化参数为: 巴氏温度 88 °C、微波温度为 120 °C, 杀菌次数为 2, 其凤爪的模糊综合评价的理论值为 0.85。并对最优组 25 °C 微生物生长状况进行了曲线拟合, 得到了凤爪微生物生长的动力学方程。

关键词: 凤爪; 微波杀菌; 巴氏杀菌; 响应面分析

中图分类号: TS 251.5 **文献标志码:** A **文章编号:** 1673—1689(2017)07—0707—07

Research on Pasteurization Combined With Microwave Sterilization to Chicken Claws

YU Jianfeng^{1,2}, NI Lei^{1,2}, CUI Zhengwei^{1,2}, CHEN Heiyang^{1,2}

(1. Jiangsu Key Laboratory of Advanced Food Manufacturing Equipment & Technology, Jiangnan University, Wuxi 214122, China; 2. Mechanical Engineering School, Jiangnan University, Wuxi 214122, China)

Abstract: The purpose of this paper is to overcome the shortage of high temperature sterilization and radiation sterilization, the effects of pasteurization combined with microwave sterilization on the quality of chicken claws are investigated. Through the response surface analysis experiments, the effects of the combined pasteurization process parameters including microwave temperature, pasteurization temperature and sterilization number on the texture, sensory quality and the total number of colonies are discussed. The optimal process parameters are pasteurization temperature 88 °C, microwave temperature is 120 °C, sterilization 2 times, the value of fuzzy comprehensive evaluation is 0.85. Curve fitting is conducted on the optimal group to obtain the microbial growth kinetics equation at 25 °C.

Keywords: chicken claws, microwave sterilization, pasteurization sterilization, response surface analysis

收稿日期: 2015-10-09

基金项目: 国家自然科学基金项目(31401493)。

作者简介: 俞建峰(1974—), 男, 江苏宜兴人, 工学博士, 副教授, 主要从事食品加工装备研究。E-mail: robotmdu@126.com

引用本文: 俞建峰, 倪蕾, 崔政伟. 凤爪的微波与巴氏组合杀菌工艺研究[J]. 食品与生物技术学报, 2017, 36(07): 707-713.

凤爪是人们喜爱的熟肉制品,凤爪中富含人体所需的蛋白质,且鸡爪的脆骨及韧带质构颇佳,具有嚼劲,风味特别。目前食品加工企业对小包装凤爪杀菌方式主要以高温杀菌和辐照杀菌为主^[1-2],高温杀菌后凤爪质感软烂,影响了消费者的口感。左伟勇、Wattanachant^[3,4]等研究了热对鸡鸭肉的剪切的影响,发现随着热的强度的增加剪切力先上升后下降。这主要是因为热作用强度增加初期,蛋白质变性,肌肉收缩,随着热作用强度的进一步增加,纤维断裂崩解。

巴氏杀菌能够保留凤爪的营养价值,并且对凤爪的风味影响较小,但是巴氏杀菌后仍残留部分微生物,导致凤爪的保质期短,易出现腐烂现象^[5-7]。微波杀菌是一种新型的杀菌方式,不会造成化学物质的残留;与放射辐照杀菌相比,不存在放射性物质污染和残留,安全性高^[8-14]。

近年来微波杀菌所涉及的食物有面粉制品,调理食品,饮料,肉制品^[15]。研究微波与巴氏杀菌的组合,既能保证彻底杀菌,又能保持凤爪的风味和感官品质,具有现实的研究意义。本课题对凤爪进行微波与巴氏组合杀菌试验研究,改变微波温度、巴氏温度和杀菌次数3种工艺参数,通过响应面分析方法研究了组合杀菌效果,以探索组合杀菌技术在凤爪杀菌中应用的可行性。

1 材料与方法

1.1 材料与仪器

冷冻凤爪:无锡家乐福超市;PA/PP复合包装

材料(厚度 100 μm):江苏申凯包装有限公司提供;平板计数琼脂培养基:青岛高科技海博生物技术有限公司产品。

YQ5G-03型微波杀菌机:南京永青食品高新技术发展有限公司产品;TMS-PRO型食品质构分析仪:美国FTC公司产品;SYQ-DSX-280B型不锈钢手提蒸汽灭菌器:上海中安医疗器械厂产品;SW-CJ-IG型单人净化工作台:浙江苏净净化设备有限公司产品;ScienTZ-09型无菌均质器:宁波新芝生物科技股份有限公司产品。

1.2 试验方法

1.2.1 凤爪的制作工艺 挑选大小相似的完整冷冻凤爪 25 个(约 1 000 g),将其放入冷水中解冻 30 min,去除鸡爪上的冰块,再浸泡 20 min 以去除凤爪表面及内部的血,将其放入锅内,加入调味品预煮 10 min,将煮好的鸡爪捞出,用冷水冲洗一下,放在室温下冷却 1 h 再用汁液浸泡 2 h,然后进行真空包装和杀菌,最后对杀菌后的凤爪进行质构、感官评价和菌落总数的检测。

1.2.2 质构特性的测定 用锋利的成型刀具在样品相同的部位按相同的纹路切成大小相同的试样,将试样放置在美国 FTC 公司 TMS-PRO 食品质构分析仪上,在 25 $^{\circ}\text{C}$ 条件下进行物性分析,探头接触平面与肌纤维方向保持同一方向,每个组取 10 个样进行平行试验,测试条件见表 1。

1.2.3 微生物的检测 凤爪菌落总数按国家标准 GB/T 4789.2-2010 检测,凤爪大肠菌群按国家标准 GB/T 4789.3-2010 检测。

表 1 凤爪质构变量测试条件

Table 1 Value of texture test parameters

变量	探头类型	下压速度/(m/s)	压缩比例/%	初始力值/N	停留时间/s	回程速度/(m/s)
目标值	TMS-75 mm	60	30	0.1	2	60

1.2.4 感官品质的测定 根据国家标准 GB/T 22210-2008《肉及肉制品感官评定规范》,将凤爪的感官品质分为 3 个方面:色泽形态、气味滋味、组织状态,且最终确定这 3 者的权重分别为 0.3、0.3、0.4。让 4 位专业的感官评定专家,采用 5 分制的方法对凤爪的感官品质进行打分。

1.2.5 保质期试验 经过杀菌后的凤爪放置在 25 $^{\circ}\text{C}$ 的恒温箱中,每隔一段时间检测其微生物生长指标,拟合出微生物生长的动力学方程,并预测出其

在常温下的货架寿命。

1.2.6 试验的设计 微波与巴氏组合杀菌的工作流程是:先将预煮并包装的凤爪在水浴锅内升温到预定的巴氏杀菌温度,然后取出凤爪进行微波杀菌,当凤爪的中心温度达到预设的温度时,停止杀菌并将其放入水浴锅内,在巴氏温度下保温 20 min,这样就完成了一次杀菌。两次杀菌就是在保温后再进行微波杀菌,然后再保温,以此循环,组合杀菌过程如图 1 所示。

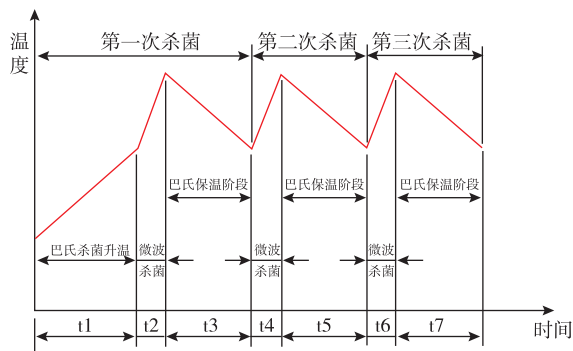


图1 组合杀菌过程

Fig. 1 Process of pasteurized combined with microwave sterilization

以巴氏温度、微波温度和杀菌次数为主要变量设计了3因素3水平的响应面分析试验,见表2所示。

表2 微波与巴氏组合杀菌的响应面因素水平表

Table 2 Response surface levels of pasteurized combined with microwave sterilization

水平	因素		
	巴氏温度/°C	微波温度/°C	杀菌次数
-1	75	100	1
0	85	110	2
1	95	120	3

1.3 凤爪评价指标的模糊数学模型

鉴于单一化指标不能完整表述凤爪杀菌后的总体质量,经分析,采用模糊评价指标能够综合评价凤爪质量水平。选取凤爪质构、菌落总数、感官评价3个关键参数作为凤爪杀菌后质量水平的评价指标,即:

$$E=\{e_1 \text{ 质构}、e_2 \text{ 菌落总数}、e_3 \text{ 感官品质}\}$$

1.3.1 凤爪的模糊权向量 根据质构、菌落总数和相关专家给出的感官品质评价,得到对凤爪杀菌效果评价指标的隶属度,结果见表3,按行归一化得到表4。

表3 凤爪杀菌效果评价指标的隶属度

Table 3 Evaluation index membership degree of chicken claws' sterilization

e_1 (质构)	e_2 (菌落总数)	e_3 (感官品质)
0.85	0.65	0.60(专家1)
0.91	0.70	0.65(专家2)
0.9	0.80	0.70(专家3)
0.95	0.75	0.50(专家4)

表4 凤爪杀菌效果评价指标的模糊权向量

Table 4 Fuzzy weight vector of evaluation index of chicken claws' sterilization

e_1 (质构)	e_2 (菌落总数)	e_3 (感官品质)
0.410	0.315	0.275(专家1)
0.416	0.312	0.272(专家2)
0.385	0.334	0.281(专家3)
0.453	0.342	0.205(专家4)

按表4中的3列各取平均值就可得到凤爪杀菌效果评价的模糊权向量值:

$$d=(0.416 \quad 0.326 \quad 0.258)$$

1.3.2 建立凤爪杀菌质量综合评价指标 在凤爪杀菌效果的评价指标中,将质构和感官评价指数设定为正效应,其隶属度函数均可表示为:

$$s(e_i)=\frac{(s_i-s_{min})}{(s_{max}-s_{min})} \quad (1)$$

相反地,凤爪菌落总数在凤爪杀菌效果的评价指标中可设定为负效应,即菌落总数越少,杀菌效果就越佳,因此其隶属度函数为:

$$s(e_i)=1-\frac{(s_i-s_{min})}{(s_{max}-s_{min})} \quad (2)$$

式(1)和式(2)中的 s_i 表示凤爪杀菌质量的指标 e_i 对应等级模糊子集的评价指标值; s_{max}, s_{min} 分别表示凤爪杀菌质量的指标 e_i 对应等级模糊子集的评价指标最大和最小值。进而得到凤爪杀菌效果评价指标的模糊关系矩阵,式(3):

$$S=\begin{bmatrix} S1e_1 \\ S1e_2 \\ S1e_3 \end{bmatrix}=\begin{bmatrix} s_{11} & s_{12} & \cdots & s_{19} \\ s_{21} & s_{22} & \cdots & s_{29} \\ s_{31} & s_{32} & \cdots & s_{39} \end{bmatrix} \quad (3)$$

模糊关系矩阵 S 中的第 i 行第 j 列元素 S_{ij} 表示凤爪杀菌质量,从指标 e_i 来看对其对应等级模糊子集的隶属度。鉴于有3个凤爪杀菌质量评价指标,最后可以得到9个模糊子集,所以取 $i=1,2,3; j=1,2,3, \dots, 9$ 。

用模糊权向量 d 将不同的行进行矩阵运算就可以获得凤爪杀菌质量总体上对各个等级模糊子集的隶属度,即模糊综合评价结果向量 z ,其模型为式(4):

$$z=d \times S=(d_1 \quad d_2 \quad d_3) \times \begin{bmatrix} s_{11} & s_{12} & \cdots & s_{19} \\ s_{21} & s_{22} & \cdots & s_{29} \\ s_{31} & s_{32} & \cdots & s_{39} \end{bmatrix}=(z_1 \quad z_2 \quad z_3) \quad (4)$$

2 结果与分析

2.1 凤爪质构的响应面分析

由表 5 可知,各试验组的内聚性和弹性的差别都不是很大,硬度值的变化较大,最大值为 3.45 N,最小值为 2.11 N,而胶凝性和咀嚼性都是二级参数,胶凝性是硬度和内聚性的乘积,咀嚼性是胶凝性和弹性的乘积,所以这两者的数据差距较大,现有咀嚼性为评价指标,重点研究微波与巴氏组合对其影响。

通过 Design expert 8.0 软件对表 5 中的试验结

果进行响应面分析,建立了咀嚼性(y_1)与巴氏温度(x_1)、微波温度(x_2)和杀菌次数(x_3)的多元回归模型,模型为:

$$y_1 = -24.9769 + 0.06775x_1 + 0.344x_2 + 5.745x_3 + 0.001975x_1x_2 - 0.0115x_1x_3 - 0.0265x_2x_3 - 0.001562x_1^2 - 0.002062x_2^2 - 0.46875x_3^2$$

经方差分析后,模型模拟的二次回归方程非常显著($P < 0.01$),失拟项的 P 值为 $0.1442 > 0.05$,没有显著性的差异,也就是说明试验数据没有异常点,误差很小。模型的相关系数 $R^2 = 0.96$, $R^2_{adj} = 0.91$,说明模型与实际试验数据拟合良好,模型可靠度高。

表 5 凤爪质构的响应面分析结果

Table 5 Response surface analysis result of texture

试验号	巴氏温度/℃	微波温度/℃	杀菌次数	硬度/N	内聚性	弹性	胶凝性/N	咀嚼性/mJ
1	-1	-1	0	3.10±0.73	0.88±0.01	0.90±0.01	2.74±0.66	2.47±0.54
2	-1	0	1	2.73±0.22	0.89±0.01	0.90±0.01	2.43±0.20	2.19±0.18
3	0	0	0	3.45±0.18	0.88±0.02	0.89±0.01	3.04±0.49	2.70±0.28
4	0	-1	1	2.89±0.57	0.85±0.02	0.89±0.02	2.46±0.35	2.19±0.34
5	1	0	-1	2.63±0.78	0.89±0.01	0.91±0.02	2.34±0.48	2.13±0.54
6	0	1	1	2.35±0.43	0.88±0.01	0.89±0.01	2.07±0.41	1.84±0.42
7	0	0	0	3.41±0.44	0.86±0.01	0.88±0.01	2.93±0.77	2.58±0.45
8	0	0	0	3.39±0.29	0.88±0.01	0.92±0.04	2.98±0.69	2.74±0.64
9	-1	0	-1	2.78±0.23	0.85±0.02	0.88±0.02	2.38±0.71	2.09±0.31
10	1	-1	0	2.68±0.37	0.88±0.02	0.90±0.01	2.36±0.59	2.12±0.56
11	1	0	1	2.29±0.43	0.88±0.04	0.88±0.03	2.01±0.44	1.77±0.33
12	0	1	-1	3.08±0.87	0.86±0.01	0.88±0.02	2.65±0.73	2.33±0.64
13	0	0	0	3.40±0.83	0.87±0.02	0.88±0.01	3.00±0.57	2.60±0.39
14	0	-1	-1	2.11±0.56	0.87±0.02	0.88±0.02	1.84±0.47	1.62±0.23
15	1	1	0	3.21±0.18	0.88±0.02	0.90±0.03	2.82±0.21	2.54±0.13
16	-1	1	0	2.71±0.4	0.87±0.02	0.89±0.01	2.35±0.37	2.10±0.36
17	0	0	0	3.44±0.93	0.88±0.02	0.90±0.01	3.03±0.68	2.73±0.47

2.2 凤爪菌落总数的响应面分析

由表 6 可知,微波与巴氏组合杀菌可以有效的减少凤爪的初始菌落总数,并且大多数都可以达到商业无菌的状态,可以大大延长凤爪的货架期,在所有的杀菌组中大肠菌群均小于 30 cfu/hg,且均未检测出金色葡萄球菌致病菌。

2.3 凤爪感官品质的响应面分析

凤爪的感官评价主要包含色泽及形态、气味及滋味和组织状态,它们所占的比例分别为 0.3、0.3、0.4。由表 7 可知,经微波与巴氏组合杀菌后,凤爪的色泽及形态、气味及滋味均比较好,而组织状态稍差,这主要是有因为有些组有明显的汁液渗出。

通过 Design expert 8.0 软件对上表中的试验结果进行响应面分析,建立了咀嚼性(y_2)与巴氏温度(x_1)、微波温度(x_2)和杀菌次数(x_3)的多元回归模型,模型为:

$$y_2 = -2.43925 + 0.07165x_1 + 0.08865x_2 - 1.642x_3 + 0.0006x_1x_2 + 0.003x_1x_3 + 0.007x_2x_3 - 0.00002x_1^2 - 0.00022x_2^2 + 0.108x_3^2$$

经方差分析后,模型模拟的二次回归方程非常显著($P < 0.01$),失拟项的 P 值为 $0.1442 > 0.05$,没有显著性的差异,也就是说明试验数据没有异常点,误差很小。模型的相关系数 $R^2 = 0.981$, $R^2_{adj} = 0.96$,说明回归模型与实际试验数据拟合良好,模型可靠度高。

表 6 凤爪菌落总数的响应面分析结果

Table 6 Response surface analysis result of Total number of colonies

试验号	巴氏温度/℃	微波温度/℃	杀菌次数	菌落总数/(cfu/g)	大肠杆菌/(cfu/hg)	金色葡萄球(致病菌)
1	-1	-1	0	0.70	≤30	未检出
2	-1	0	1	0	≤30	未检出
3	0	0	0	0	≤30	未检出
4	0	-1	1	0	≤30	未检出
5	1	0	-1	1.15	≤30	未检出
6	0	1	1	0	≤30	未检出
7	0	0	0	0	≤30	未检出
8	0	0	0	0	≤30	未检出
9	-1	0	-1	1.23	≤30	未检出
10	1	-1	0	0	≤30	未检出
11	1	0	1	0	≤30	未检出
12	0	1	-1	0	≤30	未检出
13	0	0	0	0	≤30	未检出
14	0	-1	-1	0.09	≤30	未检出
15	1	1	0	0	≤30	未检出
16	-1	1	0	0	≤30	未检出
17	0	0	0	0	≤30	未检出
对照组(未杀菌组)				3.49	≤30	未检出

表 7 凤爪感官品质的响应面分析结果

Table 7 Response surface analysis result of sensory evaluation

试验号	巴氏温度/℃	微波温度/℃	杀菌次数	色泽及形态	气味及滋味	组织状态	总分
1	-1	-1	0	4.0±0.31	4.0±0.21	4.0±0.57	4.0±0.42
2	-1	0	1	4.5±0.34	4.4±0.32	3.2±0.26	3.95±0.31
3	0	0	0	4.4±0.52	4.5±0.42	3.8±0.37	4.19±0.44
4	0	-1	1	4.3±0.25	4.4±0.37	3.5±0.11	4.01±0.29
5	1	0	-1	4.8±0.43	4.7±0.41	4.3±0.23	4.57±0.47
6	0	1	1	5.0±0.51	4.9±0.24	3.1±0.33	4.21±0.40
7	0	0	0	4.4±0.27	4.5±0.38	3.8±0.36	4.19±0.21
8	0	0	0	4.4±0.64	4.5±0.59	3.8±0.47	4.19±0.53
9	-1	0	-1	4.3±0.53	4.6±0.45	4.4±0.32	4.43±0.48
10	1	-1	0	4.7±0.38	4.8±0.29	3.5±0.36	4.25±0.39
11	1	0	1	4.9±0.54	5.0±0.41	3.1±0.37	4.21±0.38
12	0	1	-1	4.6±0.44	4.7±0.33	4.0±0.27	4.39±0.37
13	0	0	0	4.5±0.53	4.4±0.23	3.8±0.44	4.16±0.27
14	0	-1	-1	4.6±0.47	4.7±0.28	4.2±0.37	4.47±0.38
15	1	1	0	5.0±0.51	5.0±0.27	3.0±0.34	4.20±0.34
16	-1	1	0	4.6±0.25	4.7±0.25	3.5±0.69	4.19±0.47
17	0	0	0	4.4±0.41	4.5±0.34	3.8±0.43	4.19±0.44

2.4 凤爪的微波与巴氏组合杀菌的响应面优化

2.4.1 响应面实验分析 质构、菌落总数、感官评价都是凤爪的重要的评价指标,任何一个单一的指标都不能全面的评价凤爪的品质,所以得进行凤爪

的模糊综合评价。咀嚼性是二次参数,是硬度、内聚性和弹性三者的乘积,选择咀嚼性作为质构的代表与菌落总数和感官品质来计算凤爪的模糊综合评价,由公式(1)、(2)可以计算得出各个指标值的

隶属度, 凤爪评价指标的模糊权向量为 $d=(0.416 \ 0.326 \ 0.258)$, 再由公式(3)和(4)可以计算出模糊综合评价, 见表 8。通过 Design expert 8.0 软件对上表中的试验结果进行响应面分析, 建立了模糊综合评价 (y) 与巴氏温度 (x_1)、微波温度 (x_2) 和杀菌次数 (x_3) 的多元回归模型, 模型为:

$$y = -16.2227 + 0.19624x_1 + 0.10496x_2 + 2.36745x_3 + 1.975 \times 10^{-4}x_1x_2 - 1.225 \times 10^{-3}x_1x_3 - 0.01075x_2x_3 - 1.208 \times 10^{-3}x_1^2 - 4.255 \times 10^{-4}x_2^2 - 0.20505x_3^2$$

经方差分析后, 模型模拟的二次回归方程非常显著 ($P < 0.01$), 失拟项的 P 值为 $0.0977 > 0.05$, 没有显著性的差异, 也就是说明试验数据没有异常的点, 误差很小。模型的相关系数 $R^2 = 0.9601$, $R^2_{adj} = 0.91$, 说明回归模型与实际试验数据拟合良好, 模型可靠度高。

2.4.2 微波与巴氏组合杀菌的最优的工艺参数
根据 Design expert 8.0 对试验数据的处理, 得到了其最大值点为巴氏温度 88.2°C 、微波温度为 120°C , 杀菌次数为 1.72, 其凤爪的模糊综合评价的理论值为 0.852。为了试验的方便, 现取巴氏温度 88°C 、微波温度为 120°C , 杀菌次数为 2, 进行验证试验, 试

验的结果为 0.85, 与模型的预测值相近, 表明响应面优化凤爪的微波与巴氏组合杀菌的工艺可靠。

2.5 不同杀菌方式对凤爪的品质的影响

为比较不同杀菌方式对凤爪品质的影响, 按照表 9 中的 5 种杀菌工艺对凤爪进行杀菌试验。微波杀菌和微波与巴氏组合杀菌的硬度、胶粘性 and 咀嚼性均高于未杀菌组, 巴氏组的与未杀菌组接近, 而高压蒸汽灭菌组的小于未杀菌组; 剪切力的大小顺序为: 微波杀菌 > 微波与巴氏组合杀菌 > 巴氏杀菌 > 未杀菌组 > 高压蒸汽杀菌; 汁液损失率: 微波杀菌 > 微波与巴氏组合杀菌 > 高压蒸汽杀菌 > 巴氏杀菌, 微波与巴氏组合杀菌和高压蒸汽灭菌的值接近; 感官评价: 巴氏杀菌 > 高压蒸汽灭菌 > 微波与巴氏组合杀菌 > 微波杀菌; 微波杀菌、微波与巴氏组合杀菌、高压蒸汽杀菌均可以达到商业无菌的要求, 在常温下可以保藏 6 个月左右, 而巴氏杀菌由于其初始菌落数较多, 微生物生长繁殖较快, 在 37°C 的条件下储藏 9 d 菌落总数就已经超过了国家规定的熟肉可食的最高菌落总数 4.9, 综合比较可知微波与巴氏组合杀菌组的各项性能值最好的, 可以有较长的保质期, 且凤爪的口感及营养物质损失较少。

表 8 凤爪的模糊综合评价的响应面分析结果

Table 8 Response surface analysis result of fuzzy comprehensive evaluation

试验号	巴氏温度/ $^\circ\text{C}$	微波温度/ $^\circ\text{C}$	杀菌次数	咀嚼性的隶属度	菌落总数的隶属度	感官品质的隶属度	模糊综合评价值
1	-1	-1	0	0.759	0.431	0.081	0.468
2	-1	0	1	0.509	1	0	0.529
3	0	0	0	0.964	1	0.387	0.818
4	0	-1	1	0.509	1	0.097	0.556
5	1	0	-1	0.455	0.065	1	0.477
6	0	1	1	0.196	1	0.419	0.517
7	0	0	0	0.857	1	0.387	0.775
8	0	0	0	1	1	0.387	0.832
9	-1	0	-1	0.420	0	0.774	0.381
10	1	-1	0	0.446	1	0.484	0.636
11	1	0	1	0.134	1	0.419	0.492
12	0	1	-1	0.634	1	0.71	0.773
13	0	0	0	0.875	1	0.339	0.769
14	0	-1	-1	0	0.927	0.839	0.529
15	1	1	0	0.821	1	0.403	0.765
16	-1	1	0	0.429	1	0.387	0.609
17	0	0	0	0.991	1	0.387	0.829

表 9 不同的杀菌方式

Table 9 Different ways of sterilization

序号	杀菌方式	工艺参数
A	巴氏杀菌	温度 95 ℃、时间 30 min
B	微波杀菌	表面温度 90 ℃、保温时间 10 min
C	微波与巴氏组合杀菌	巴氏温度 88 ℃、微波中心温度 120 ℃、杀菌次数 2
D	高压蒸汽灭菌	温度 121 ℃、时间 30 min
E	对照组	未杀菌

3 结 语

进行了微波与巴氏组合杀菌的响应面分析,研

究了组合杀菌对咀嚼性、感官品质及菌落总数的影响。组合杀菌对凤爪质构的影响大小依次为微波温度>巴氏温度>杀菌次数;微波与巴氏组合杀菌可以有效减少凤爪的初始菌落总数,并且大多数都可以达到商业无菌的状态;组合杀菌对凤爪的感官品质的影响大小依次为杀菌次数>巴氏温度>微波温度,且它们对凤爪的感官品质均有显著的影响。通过响应面分析,建立了凤爪模糊综合评价价值(y)与巴氏温度(x_1)、微波温度(x_2)和杀菌次数(x_3)的多元回归模型,实验证明响应面优化凤爪的微波与巴氏组合杀菌的工艺参数正确可靠。

参考文献:

- [1] CHEN Kunjie, LIU Deyin. On industrialization of traditional Chinese-style poultry-meat products [J]. **Food Science**, 2003, 24(3): 150-153. (in Chinese)
- [2] PENG Lei, WU Yang, LI Mengshuo. Status and the development direction of traditional Chinese poultry products [J]. **Meat Industry**, 2006(8): 29-30. (in Chinese)
- [3] ZUO Weiyong, WANG Jian, ZANG Dacun. Changes of ultra-structure and tenderness of duck meat under curing treatment [J]. **Modern Food Science and Technology**, 2007, 23(9): 35-38. (in Chinese)
- [4] WATTANACHANT S, BENJAKUL S. Effect of heat treatment on changes in texture, structure and properties of Thai indigenous chicken muscle [J]. **Food Chemistry**, 2005, 93(2): 337-348.
- [5] SUN Yuanyuan, ZHANG Dequan. Advances in preservation technologies of pasteurized meat products [J]. **Meat Research**, 2009(5): 14-15. (in Chinese)
- [6] YANG Chuanyu, CHU Qinghuan, SUN Jingxin. The development trend of meat production [J]. **Meat Research**, 2008(9): 3-5. (in Chinese)
- [7] NI Lei, CUI Zhengwei. The effects of thermization on the quality of the chicken claws and the optimization of the process parameters [J]. **Food Science and Technology**, 2014, 39(7): 123-128. (in Chinese)
- [8] CHEN Qihe, HE Guoqin. Studying advance on application of microwave technology in food processing and food sterilization [J]. **Machinery For Cereals Oil and Food Processing**, 2002(4): 30-32. (in Chinese)
- [9] YANG Guofeng, ZHOU Jianxin. Some discussions on microwave disinfect in food processing [J]. **Food Science**, 2006, 27(10): 593-596. (in Chinese)
- [10] YU Kai, HU Zhuoyan, HUANG Zhixun. Recent progress and application of microwave pasteurization and sterilization in food industry [J]. **Science and Technology of Industry**, 2005, 26(7): 185-189. (in Chinese)
- [11] SUN Weiqing, LI Ping, MA Lizhen. Study on the microwave sterilization for prolonging the shelf life of mutton ham [J]. **Meat Research**, 2007(11): 22-25. (in Chinese)
- [12] SUN Chengfeng, NAN Qinxian. Study on applying microwave heating to Chinese spiced beef preservation [J]. **Science and Technology of Industry**, 2001, 22(3): 11-13. (in Chinese)
- [13] RESURRECCION F P, LUAN D. Effect of changes in microwave frequency on heating patterns of foods in a microwave assisted thermal sterilization system [J]. **Journal of Food Engineering**, 2015, 150: 99-105.
- [14] SHAMIS Y, CROFT R, TAUBE A, et al. Review of the specific effects of microwave radiation on bacterial cells [J]. **Appl Microbiol Biotechnol**, 2012, 96: 319-325.
- [15] WANG Rui, ZHANG Min, FAN Liuping, et al. Study on barley grass powder sterilization by microwave heating [J]. **Journal of Food Science and Biotechnology**, 2009, 28(2): 150-155 (in Chinese)