

DOI: 10.19812/j.cnki.jfsq11-5956/ts.20241021002

# 即食酸辣粉浇头杀菌工艺优化

高云晨<sup>1</sup>, 高沛<sup>1,2\*</sup>, 姜启兴<sup>1,2</sup>, 于沛沛<sup>1,2</sup>, 陈红<sup>3</sup>, 黄君<sup>4</sup>, 帅浪<sup>4</sup>

(1. 江南大学食品学院, 无锡 214122; 2. 江南大学江苏省食品安全与质量控制协同创新中心, 无锡 214122; 3. 江南大学国家安全与绿色发展研究院, 无锡 214122; 4. 重庆梁平高新技术产业开发区管理委员会, 重庆 405200)

**摘要: 目的** 研究即食酸辣粉浇头的杀菌条件以及杀菌引起的品质变化, 解决浇头杀菌后品质严重下降的难题。**方法** 本研究通过测定不同温度(115、118、121 °C)下的传热曲线及杀菌强度( $F$ ), 探究不同杀菌组合条件对即食酸辣粉浇头微生物、色泽、质构、感官的影响, 在确保产品安全性的前提下为浇头选择最合适的杀菌工艺。**结果** 依据 115、118、121 °C下的传热曲线, 选取  $F$  为 3.6、4.5、5.4 min, 保温实验显示 3 种杀菌强度的产品均满足安全性要求。进一步对不同杀菌组合条件下的产品进行了色泽、质构及感官指标的分析, 发现  $F$  为 5.4 min 下的产品的色泽和质构指标较差; 对于  $F$  为 3.6 min 和 4.5 min, 发现色泽在 115 °C 和 118 °C 下保持较好状态, 而质构在 118 °C 和 121 °C 下保持较好指标, 且消费者对于  $F$  为 4.5 min 时 118 °C 下的产品喜好度较高, 因此确定最优的杀菌工艺为 118 °C 恒温 7.3 min, 此工艺下产品保持较好的品质。**结论** 选择  $F=4.5$  min, 118 °C、7.3 min 杀菌条件可以使浇头保持较好的品质。

**关键词:** 酸辣粉浇头; 杀菌强度; 温度; 品质

## Sterilization technology optimization of instant hot and sour vermicelli toppings

GAO Yun-Chen<sup>1</sup>, GAO Pei<sup>1,2\*</sup>, JIANG Qi-Xing<sup>1,2</sup>, YU Pei-Pei<sup>1,2</sup>, CHEN Hong<sup>3</sup>, HUANG Jun<sup>4</sup>, SHUAI Lang<sup>4</sup>

(1. School of Food Science and Technology, Jiangnan University, Wuxi 214122, China; 2. Collaborative Innovation Center of Food Safety and Quality Control in Jiangsu Province, Jiangnan University, Wuxi 214122, China; 3. Institute for National Security and Green Development, Jiangnan University, Wuxi 214122, China; 4. Chongqing Liangping high-tech Industrial Development Zone Management Committee, Chongqing 405200, China)

**ABSTRACT: Objective** To investigate the sterilization conditions of instant hot and sour vermicelli toppings and the quality changes caused by sterilization, in order to solve the problem of serious quality degradation of toppings after sterilizing. **Methods** In this study, the heat transfer curve and sterilization intensity ( $F$ ) at different temperatures (115, 118, 121 °C) were measured to investigate the effects of different sterilization conditions on microorganisms, color, texture and sensory properties of instant hot and sour vermicelli toppings, so as to select the most suitable sterilization technology for the toppings under the premise of ensuring the safety of the products. **Results** Based on the heat transfer curves at 115, 118 and 121 °C, the  $F$  of 3.6 min, 4.5 min and 5.4 min were

\*通信作者: 高沛, 博士, 副研究员, 主要研究方向为食品加工与保藏。E-mail: g\_pei1988@163.com

\*Corresponding author: GAO Pei, Ph.D, Associate Professor, School of Food Science and Technology, Jiangnan University, No.1800, Lihu Avenue, Binhu District, Wuxi 214122, China. E-mail: g\_pei1988@163.com

selected, and the heat preservation experiment showed that the products with the 3 kinds of sterilization intensity all met the safety requirements. The color, texture and sensory indexes of the products under different sterilization conditions were further analyzed, and it was found that the color and texture indexes of the products under the  $F$  of 5.4 min were worse; for the  $F$  of 3.6 min and 4.5 min, it was found that the color was kept in a better state at 115 °C and 118 °C, while the texture was kept in a better index at 118 °C and 121 °C, and the consumers had a higher preference for the products at 118 °C under the  $F$  of 4.5 min, so it was determined that selecting the sterilization condition of 118 °C/7.3 min would result in maintaining better quality of the product. **Conclusion** In summary, selecting sterilization conditions of  $F=4.5$  minutes, 118 °C, and 7.3 minutes can maintain good quality of toppings.

**KEY WORDS:** hot and sour vermicelli toppings; sterilization intensity; temperature; quality

## 0 引言

酸辣粉是成渝地区广泛流行的传统小吃,因其粉丝晶莹剔透,质地柔韧爽滑,口味咸鲜,酸辣爽口而深受中外食客的喜爱<sup>[1-2]</sup>。随着生活节奏的加快以及消费者对方便需求的提高,加之预制菜行业的快速发展,方便即食的粉面产品迎来了新的潮流<sup>[3]</sup>。浇头的方便即食化是即食酸辣粉加工的关键,目前普遍采用食品加工包装技术以及经验杀菌来完成从原料到产品的一系列加工过程,而对于影响浇头品质的杀菌工艺缺乏深入的研究,因此为了开发出安全性高、保藏时间长、美味方便的即食酸辣粉浇头包,开展了优化浇头杀菌工艺的研究,使得消费者在当下快节奏的生活饮食习惯中也能自己动手来最大程度地享受到线下门店中酸辣粉的味道。

在这一系列的加工过程中,热杀菌是一个极其关键的技术环节,主要通过杀灭微生物,破坏酶的活性来保证食品的安全性<sup>[4-5]</sup>。但在实际的生产应用中,很多工厂往往单一地注重于产品最终的安全性及货架期要求,习惯于采取过量杀菌强度的杀菌条件来对这些食品进行杀菌处理,却忽视了过度杀菌对产品食用品质的影响。浇头中的肉粒在杀菌的高温处理过程中,则很容易发生质构<sup>[6-7]</sup>、色泽<sup>[8]</sup>、风味以及营养成分上的变化。王明等<sup>[9]</sup>发现高温杀菌在一定程度上破坏了肉制品的质构特性,高温杀菌处理会通过降解肌原纤维蛋白以及弱化结缔组织<sup>[10-11]</sup>来降低猪肉硬度,可能导致肉的口感变差<sup>[12]</sup>,这可能与蛋白质的变性<sup>[13]</sup>有关。郑荣美等<sup>[14]</sup>通过实验发现高温杀菌处理导致了猪肉的美拉德反应和脂肪氧化,使得猪肉发生了褐变。此外,高温处理还会造成肉制品的蛋白质降解<sup>[15]</sup>,增加氨基态氮的含量<sup>[16]</sup>,这可能产生某些呈味氨基酸<sup>[17]</sup>。以上发现说明杀菌对于产品的最终品质具有不同程度和方面的影响。因此,本研究将探究不同杀菌条件组合对于酸辣粉浇头品质的影响,在确保产品安全性的前提下尽可能地优化杀菌条件,从而减少高温杀菌对于产品品质的影响,为酸辣粉浇头的相关加工提供理论基础。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料与试剂

猪五花肉购于淘宝聚家亲旗舰店;食用油、生姜、大蒜等购于天猫超市;郫县豆瓣酱购于淘宝尚正鸿食品旗舰店;高温铝箔袋购于淘宝弘琦旗舰店。

氢氧化钠、甲醛(分析纯,国药集团化学试剂有限公司);无水乙醇(分析纯,国药集团化学试剂有限公司);乙腈(色谱纯,美国 Sigma 公司)。

### 1.2 仪器与设备

TAXT-plus 物性分析仪(英国 Stable Micro System 公司); CR9 分光色差仪(广东三恩时科技有限公司); WIGGENS D-500 高剪切均质乳化机(德国 WIGGENS 公司); FE28 酸度计(瑞士 METTLER TOLEDD 公司); GHP 隔水式恒温培养箱(上海一恒科学仪器有限公司); PX 电子分析天平(精度 0.001 g, 美国 OHAUS 公司); XK97-A 菌落计数器(杭州齐威仪器有限公司); ZY-100S 反压高温蒸煮锅(浙江新丰医疗器械有限公司); CH-150 高温温度记录仪探头(上海驰煌测控技术有限公司); 2535 真空封口机(德国科德沃有限公司); THMGF350A 电动绞肉机(广东顺德腾辉电器有限公司); LabMaster-aw neo 水分活度仪(瑞士 NOVASINA 公司)。

### 1.3 实验方法

#### 1.3.1 产品制作工艺流程

原料猪五花肉→解冻→清洗→预处理→炒制→真空包装→杀菌冷却→产品

冷冻的猪五花肉置于-4 °C 冷藏室解冻 12 h 后清洗干净,经电动绞肉机 7 mm 孔板制成肉粒,电磁炉中倒入食用油,功率 1000 W 加热油后加入姜蒜沫翻炒 1 min,加入猪五花肉粒翻炒 3 min,加入豆瓣酱翻炒 1 min,功率调至 600 W 加入老抽、盐、鸡精等调味料翻炒 1 min 后出锅,真空包装(真空度 $\geq 0.095$  MPa,每包净重 50 g,100 mm $\times$ 150 mm)后杀菌冷却。

### 1.3.2 杀菌曲线的绘制

将两个无线温度探头通过 LogView5 软件设置好参数, 数据采集间隔设置为 30 s 记录一组数据, 一个放入装有浇头的铝箔袋中, 插入到浇头体系中心, 并真空封口, 另一个放入反压高温杀菌锅中, 分别记录加热升温过程中浇头的中心温度和杀菌锅内温度的变化, 记录数据用以计算浇头中心温度杀菌强度  $F$ , 并绘制杀菌曲线。

### 1.3.3 $F$ 的计算

$F$  的计算公式见(1):

$$F = \int_0^t 10^{(T-121.1/Z)} dt \quad (1)$$

式中:  $t$  为杀菌时间, min;  $T$  为对应杀菌时间的样品中心温度, 参考姜启兴等<sup>[18]</sup>以 90 °C 为起点温度, °C;  $Z$  为目标微生物的温度敏感性, 本研究以肉毒梭状芽孢杆菌为对象, 一般取 10 °C<sup>[19]</sup>。

### 1.3.4 杀菌强度的确定

美国食品药品监督管理局 (Food and Drug Administration, FDA) 建议低酸性食品杀菌  $F \geq 3$  min, 考虑实际生产, 在此基础上分别增加 20%、50%、80% 的安全系数, 其对应的杀菌强度分别为 3.6、4.5、5.4 min, 在相应的杀菌温度下杀菌达到相应的  $F$ 。测定浇头的 pH 和水分活度, 选取合适的杀菌方法, 杀菌后的样品放在 37 °C 下保温 10 d, 定期观察胀袋情况并测定菌落总数, 确定安全杀菌强度  $F$ 。

### 1.3.5 质构的测定

参照张立彦等<sup>[20]</sup>的方法采用质构仪进行测定并稍做修改。将杀菌后的浇头冷却至室温, 选取合适大小的猪五花肉粒, 切成 0.5 cm×0.5 cm×0.5 cm 的小块, 采用 TAXT-plus 物性分析仪, 探头型号为 P25, 采用 TPA 模式下压缩测试, 每组测试 2 次, 测试参数设置为测前速率 1 mm/s, 测试速率 1 mm/s, 侧后速率 5 mm/s, 压缩程度 50%; 间隔时间 5 s, 探头触发力 5 g。每组样品测定 6 个平行, 取平均值, 记录硬度数据。

### 1.3.6 色泽的测定

参照 ZHU 等<sup>[21]</sup>的方法采用色差仪进行测定并稍作修改。将杀菌后的浇头冷却至室温, 均匀铺满玻璃皿底部, 用色差仪测量其  $L^*$ 、 $a^*$ 、 $b^*$ , 选取 6 个不同位置处测定, 结果取平均值。

### 1.3.7 菌落总数的测定

按照 GB 4789.2—2022《食品安全国家标准 食品微生物学检验菌落总数测定》进行测定。

### 1.3.8 pH 的测定

按照 GB 5009.237—2016《食品安全国家标准 食品 pH 值的测定》进行测定。

### 1.3.9 氨基态氮的测定

参照艾克百尔·艾尼瓦尔等<sup>[22]</sup>的测定原理, 将浇头样品均质至无颗粒的均匀状态, 用称量瓶称取均匀样品 5 g,

用 50 mL 去离子水洗入 100 mL 烧杯中, 再用少量去离子水洗入 100 mL 容量瓶, 定容混匀后过滤。取滤液 10 mL 于 200 mL 烧杯中, 加入 60 mL 去离子水, 置于磁力搅拌器上, 并将 pH 计电极插入其中并读数, 用 0.05 mol/L 的 NaOH 溶液滴定至 pH 为 8.2, 记录所消耗的 NaOH 溶液量; 加入 10 mL 甲醛溶液混匀, 再用 0.05 mol/L 的 NaOH 溶液滴定至 pH 为 9.2, 再次记录所消耗的 NaOH 溶液量。取 70 mL 去离子水采用上述方法进行空白试验, 计算公式见(2):

$$\text{氨基态氮}/\% = \frac{(V_1 - V_2) \times c \times 10^{-3} \times 14}{m \times \frac{10}{100}} \times 100\% \quad (2)$$

式中:  $V_1$  为样品溶液加入甲醛后消耗的 NaOH 滴定溶液体积, mL;  $V_2$  为空白溶液加入甲醛后消耗的 NaOH 滴定溶液体积, mL;  $C$  为 NaOH 滴定溶液的浓度, mol/L;  $m$  为称取样品的质量, g; 14 为氮的摩尔质量, g/mol。

### 1.3.10 感官评定

酸辣粉浇头的感官评定由 10 名经培训的感官评价员采用 WILLIAMS 等<sup>[23]</sup>的 9 点评分法进行评分。浇头的评分标准参照 GB/T 22210—2008《肉与肉制品感官评定规范》, 评定指标主要包括外观、气味及滋味、口感。评定标注见下表 1。

表 1 酸辣粉浇头的感官评定标准  
Table 1 Sensory evaluation criteria for hot and sour powder toppings

项目	评分标准	得分/分
外观	浇头颜色油润鲜亮, 肉油比例协调	2.1~3.0
	浇头颜色较暗, 油润, 油或肉较多, 肉油比例不协调	1.1~2.0
	浇头颜色发黑, 油或肉极多, 肉油比例极不协调	0~1.0
气味与滋味	肉、酱味突出, 咸淡适中, 无焦味、不良异味	2.1~3.0
	肉、酱味一般, 较咸或较淡, 稍有焦味, 无不良异味	1.1~2.0
	无肉、酱味, 极咸或极淡, 焦味重, 有不良异味	0~1.0
口感	肉粒适口, 有质感	2.1~3.0
	肉感较软烂, 缺少质感	1.1~2.0
	肉感极其软烂, 无质感	0~1.0

## 1.4 数据处理

实验数据采用 Excel 2021 进行表格绘制, 采用 Origin 2022 绘图, 采用 SPSS 27 进行显著性分析 ( $P < 0.05$ )。

## 2 结果与分析

### 2.1 杀菌强度的确定

#### 2.1.1 不同杀菌温度下杀菌强度的变化情况

对制作后的浇头进行 pH 与水分活度的测定, 得到 pH

为 6.11, 水分活度为 0.844, 虽然其水分活度低于 0.85, 但因为极其接近临界值, 综合考虑将对浇头产品进行高温杀菌。分别设置杀菌锅温度为 115 °C、118 °C、121 °C, 对样品进行高温杀菌, 并间隔记录杀菌锅内和浇头的中心温度, 计算出杀菌强度以及  $F$  等数据并绘制传热及  $F$  值曲线。不同杀菌温度下杀菌锅和浇头中心的传热曲线及其  $F$  值变化如图 1 所示。

由图 1 可以看出, 由于浇头产品的肉粒较小, 其中心温度能够在较短时间内达到目标温度, 并且随着杀菌温度的升高, 达到相同  $F$  所需的恒温杀菌时间也越短。

鉴于本产品的 pH 与水分活度情况, 对其采取低酸性食品的杀菌方法, 即高温杀菌, 并以肉毒梭状芽孢杆菌为杀菌对象菌, 其  $D_{121}$  为 0.21 min, 则  $12D$  为 2.52 min, 美国 FDA 在此基础上增加了安全系数, 即设定 3 min 为最低杀菌强度, 而在实际生产中各国也会相应增加安全系数。本研究在此基础上分别增加 20%、50%、80% 的安全系数, 即对应的杀菌强度为 3.6、4.5、5.4 min。根据各温度下的传热曲线与  $F$ , 适当扣除降温过程的  $F$ , 可以计算出在 115、118、121 °C 下分别达到 3.6、4.5、5.4 min 杀菌强度所需的恒温杀菌时间, 具体详见表 2。

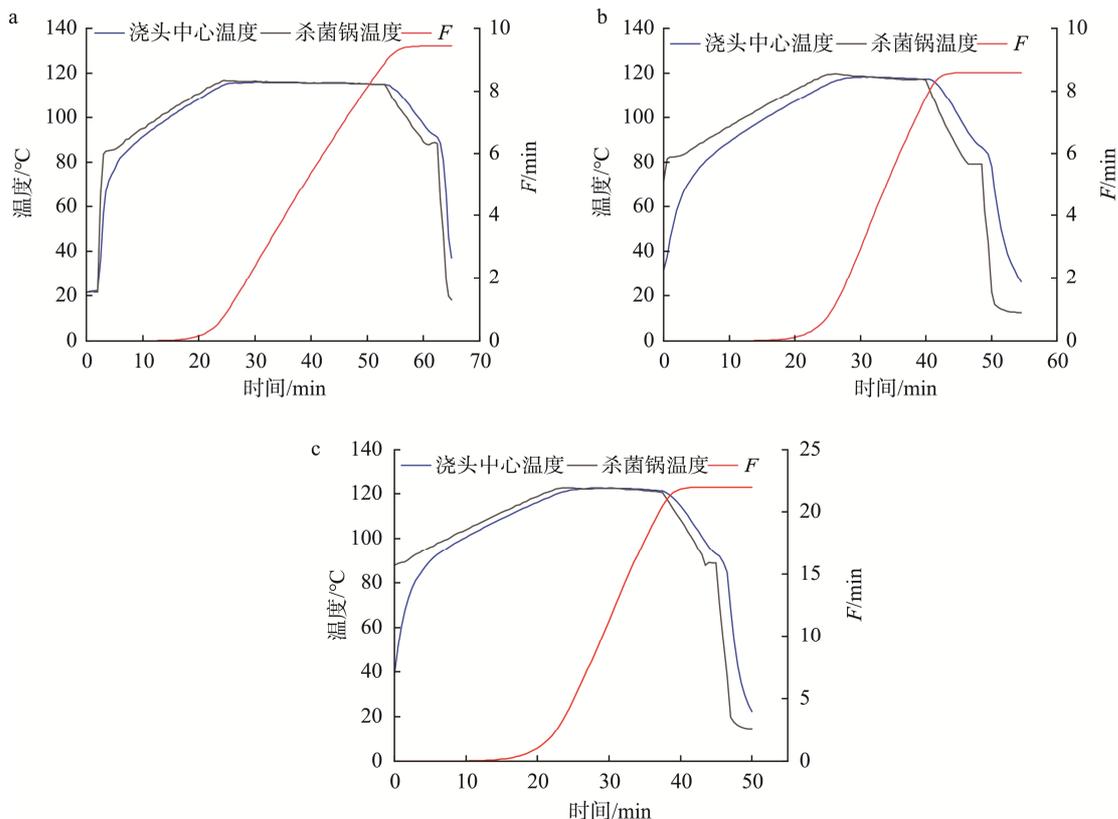
### 2.1.2 杀菌强度的确定及产品安全性研究

将制作好的浇头产品按表 3 的 9 种不同杀菌条件组合进行杀菌处理, 放置于 37 °C 恒温箱中保存 10 d, 定期观察胀袋情况, 并测定其菌落总数。实验结果如表 3 显示。

保温实验的结果表明, 各个杀菌条件下的浇头产品均无胀袋情况, 且于第 10 d 测定菌落总数均小于 10 CFU/g, 满足 GB 2726—2016《食品安全国家标准 熟肉制品》中的微生物限量要求。因此, 确定以上的杀菌强度均满足安全性要求, 后续将进一步研究不同杀菌强度下的不同杀菌组合条件对于浇头品质的影响。

### 2.2 不同杀菌组合条件对产品色泽的影响

不同杀菌组合条件对酸辣粉浇头色泽的影响见表 4。从表 4 中可以看出, 随着杀菌强度的增大, 浇头的  $L^*$  呈下降趋势, 且在同一杀菌强度下, 随着杀菌温度的升高,  $L^*$  的下降幅度增大, 可能是温度过高加剧了美拉德反应<sup>[24]</sup>和脂肪氧化<sup>[25]</sup>, 使得褐变加深, 降低了产品的白度值。并且当杀菌强度分别为 3.6、4.5、5.4 min 时不同温度对浇头的  $L^*$  影响均有差异性显著 ( $P < 0.05$ )。而随着杀菌强度的增大, 浇头的红度值和黄度值则呈先增大后减小的趋势。



注: a. 115 °C, b. 118 °C, c. 121 °C。

图 1 各杀菌温度下的传热曲线与杀菌强度  $F$

Fig.1 Heat transfer curve and  $F$  of sterilization intensity at different sterilization temperatures

表 2 不同杀菌组合条件结果  
Table 2 Experimental results of different sterilization conditions

F/min	杀菌温度/°C	恒温杀菌时间/min
3.6	115	9.4
	118	5.6
	121	0.6
4.5	115	12.4
	118	7.3
	121	1.7
5.4	115	15.4
	118	9.0
	121	2.6

表 3 杀菌强度对产品安全性的影响  
Table 3 Effects of sterilization intensity on product safety

F/min	保藏条件	胀袋情况	菌落总数/(CFU/g)
3.6	37 °C/10 d	未胀袋	<10
4.5	37 °C/10 d	未胀袋	<10
5.4	37 °C/10 d	未胀袋	<10

表 4 不同杀菌条件对浇头色泽的影响  
Table 4 Effects of different sterilization conditions on toppings color

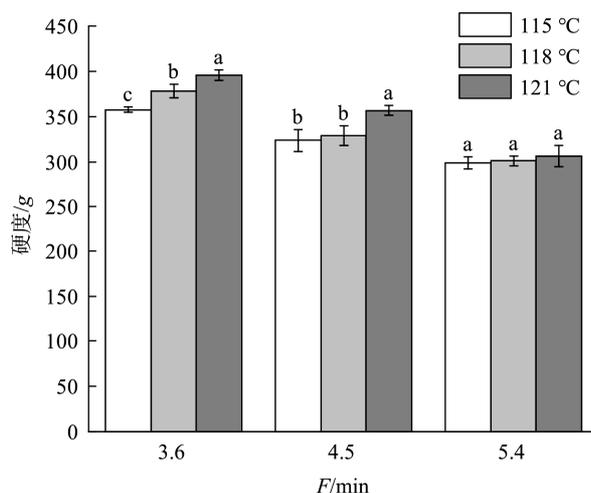
不同杀菌组合条件		L*	a*	b*
F/min	杀菌温度/°C			
3.6	115	43.20±1.02 <sup>a</sup>	15.09±0.04 <sup>a</sup>	23.10±1.13 <sup>a</sup>
	118	40.39±0.90 <sup>b</sup>	16.04±0.63 <sup>b</sup>	26.87±1.65 <sup>a</sup>
	121	39.60±1.07 <sup>b</sup>	15.06±0.49 <sup>b</sup>	25.77±0.42 <sup>b</sup>
4.5	115	40.66±1.23 <sup>a</sup>	16.27±0.66 <sup>a</sup>	26.49±3.37 <sup>a</sup>
	118	38.65±0.50 <sup>b</sup>	16.55±0.84 <sup>a</sup>	26.35±0.88 <sup>a</sup>
	121	35.76±0.45 <sup>c</sup>	13.60±0.53 <sup>b</sup>	26.71±2.05 <sup>a</sup>
5.4	115	37.41±0.48 <sup>a</sup>	13.76±0.82 <sup>a</sup>	17.61±5.28 <sup>b</sup>
	118	35.76±3.12 <sup>ab</sup>	13.86±0.98 <sup>a</sup>	22.35±3.23 <sup>a</sup>
	121	31.75±1.96 <sup>b</sup>	13.69±1.18 <sup>a</sup>	22.31±3.05 <sup>a</sup>

注: 同列相同 F 下小写字母不同表示差异显著(P<0.05)。

### 2.3 不同杀菌组合条件对产品质构的影响

不同杀菌组合条件对酸辣粉浇头硬度的影响见图 2。随着杀菌强度的增大, 浇头中肉粒的硬度总体呈下降趋势, 可能是高强度高温杀菌使得肉粒中的胶原蛋白溶解, 使得

肌原纤维蛋白流失和肌肉组织破损, 从而导致了肉粒的硬度下降<sup>[26]</sup>。而在同一杀菌强度下, 随着杀菌温度的升高, 杀菌时间的缩短硬度的下降幅度有所降低, 可能是由于杀菌时间的缩短降低了肉粒受到高温的影响。并且杀菌强度为 3.6 min 和 4.5 min 时, 杀菌温度对肉粒硬度的影响差异性显著(P<0.05), 当杀菌强度达到 5.4 min, 温度对肉粒硬度的影响差异性不显著(P>0.05), 此时肉粒的硬度以接近于软烂状态, 但肉粒本身往往需要一定的硬度<sup>[27]</sup>来满足其口感的要求, 说明该杀菌强度已经严重影响了肉粒的质构, 甚至会影响其感官评价。



注: 相同 F 下小写字母不同表示差异显著(P<0.05)。

图 2 不同杀菌组合条件对肉粒硬度的影响

Fig.2 Effects of different sterilization conditions on hardness of diced pork

### 2.4 不同杀菌组合条件对产品感官的影响

不同杀菌条件组合下的产品的感官得分如表 5 所示, 其中产品外观的变化差异性较显著(P<0.05)且与仪器测定的色泽结果具有关联性, 即随着杀菌强度的增大得分大致呈下降趋势。而产品气味与滋味、口感及总体接受度的变化则没有明显差异性。从总体接受度看, 杀菌强度为 4.5 min, 杀菌温度为 118 °C 时产品的品质最优, 而杀菌强度为 5.4 min, 杀菌温度 121 °C 时显示最低的感官得分; 且除了得分最高的杀菌组合条件外, 总体的接受度随着杀菌强度的增大呈下降趋势, 这也进一步说明了高温杀菌对产品品质的影响, 从而降低了感官得分。

为了进一步探究不同杀菌组合条件对于产品的品质影响, 根据总体的感官得分, 选取得分较高的 3 组杀菌组合条件进行后续的研究, 即杀菌强度 3.6 min 时, 杀菌温度 118 °C 和 121 °C, 杀菌强度 4.5 min 时, 杀菌温度 118 °C, 其对应的杀菌组合条件分别为 118 °C/5.6 min、121 °C/0.6 min、118 °C/7.3 min。

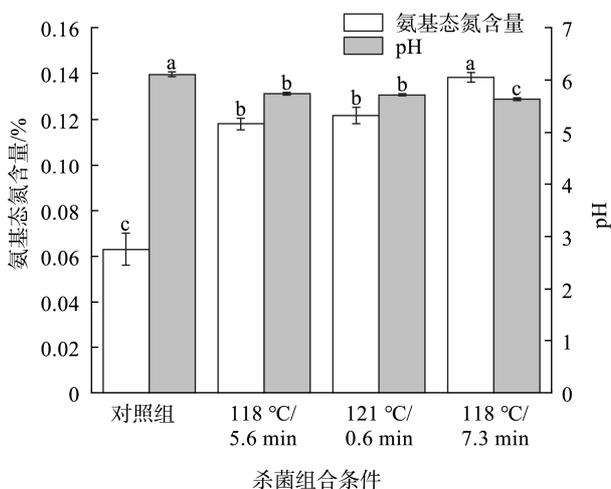
表 5 不同杀菌组合条件下产品的感官评价  
Table 5 Sensory evaluation of products under different sterilization conditions

不同杀菌组合条件		外观/分	气味与滋味/分	口感/分	总体接受度/分
F/min	杀菌温度/°C				
3.6	115	2.8±0.6 <sup>ab</sup>	2.1±0.6 <sup>b</sup>	2.5±0.5 <sup>ab</sup>	7.4±1.2 <sup>ab</sup>
	118	2.9±0.6 <sup>a</sup>	2.3±0.4 <sup>ab</sup>	2.5±0.6 <sup>ab</sup>	7.7±1.0 <sup>ab</sup>
	121	2.5±0.5 <sup>abc</sup>	2.6±0.5 <sup>ab</sup>	2.5±0.6 <sup>ab</sup>	7.6±1.2 <sup>ab</sup>
4.5	115	1.9±0.8 <sup>cd</sup>	2.5±0.4 <sup>ab</sup>	2.3±0.8 <sup>ab</sup>	6.8±1.6 <sup>ab</sup>
	118	2.5±0.4 <sup>abc</sup>	2.8±0.7 <sup>a</sup>	2.9±0.4 <sup>a</sup>	8.2±1.0 <sup>a</sup>
	121	2.1±0.6 <sup>bcd</sup>	2.5±0.3 <sup>ab</sup>	2.5±0.3 <sup>ab</sup>	7.0±0.8 <sup>ab</sup>
5.4	115	2.5±0.3 <sup>abc</sup>	2.3±0.7 <sup>ab</sup>	2.1±0.6 <sup>ab</sup>	7.0±1.4 <sup>ab</sup>
	118	2.4±0.7 <sup>abcd</sup>	2.5±0.4 <sup>ab</sup>	2.1±0.7 <sup>b</sup>	7.0±0.9 <sup>ab</sup>
	121	1.8±0.4 <sup>d</sup>	2.5±0.9 <sup>ab</sup>	2.0±0.8 <sup>b</sup>	6.3±1.5 <sup>b</sup>

注: 同列上标不同字母表示差异显著( $P<0.05$ )。

## 2.5 不同杀菌组合条件对产品 pH 和氨基态氮含量的影响

对制作好的浇头以及分别采取 118 °C/5.6 min、121 °C/0.6 min、118 °C/7.3 min 高温杀菌后的浇头进行了 pH 与氨基酸态氮含量的测定, 结果如图 3 所示。结果显示, 3 种杀菌组合条件下的浇头的氨基态氮含量较对照组都有所提高, 且随着杀菌强度的增大提高量也有所增加, 这可能是高温条件下使得蛋白质受热分解成肽, 多肽进一步水解成游离氨基酸<sup>[28]</sup>造成了氨基态氮含量的提高, 这可能会带来更多的呈味物质与风味物质<sup>[15]</sup>, 对浇头的感官具有一定的影响。其中 118 °C/7.3 min 杀菌组合条件下的浇头的氨基态氮含量最高, 这与其获得的最高气味与滋味得分可能存在对应关系。



注: 相同指标下小写字母不同表示差异显著( $P<0.05$ )。

图 3 不同杀菌组合条件对产品氨基态氮含量和 pH 的影响  
Fig.3 Effects of different sterilization conditions on content of amino nitrogen and pH of products

此外, 3 种杀菌组合条件下的浇头 pH 相比对照组都有所下降, 且随着杀菌强度的增大下降更多, 这可能是高温条件下蛋白质水解产生了肽和氨基酸<sup>[29]</sup>, 降低了产品的 pH, 高温还会促进肉的脂肪水解成脂肪酸<sup>[30]</sup>, 进一步降低 pH<sup>[31]</sup>。

## 3 讨论与结论

本研究采用了不同杀菌强度及温度来对即食酸辣粉浇头包进行了高温杀菌处理以探究杀菌工艺对浇头产品食用品质的影响, 并为浇头选择最合适的安全杀菌工艺。随着杀菌强度的增大, 产品的色泽、质构均会下降, 并伴随一定的感官品质下降。采用 118 °C/7.3 min 的杀菌组合条件能有效地保证后期产品保藏的安全性, 且对产品的色泽、质构的影响较小, 并能保持产品较好的感官指标, 因此确定选择 118 °C/7.3 min 作为即食酸辣粉浇头的最适杀菌工艺条件。本研究可为实际生产中的即食酸辣粉浇头的杀菌工艺提供技术支持, 为进一步优化杀菌工艺, 改善产品的食用品质提供参考。

## 参考文献

- 耿玉欣. 浅谈重庆酸辣粉的风味研究进展[J]. 餐饮世界, 2023(20): 115-117.  
GENG YX. An overview of the flavor research progress of Chongqing hot and sour vermicelli [J]. Food Nutr, 2023(20): 115-117.
- 罗文. 四川小吃酸辣粉的加工工艺及优化研究[J]. 食品研究与开发, 2015, 36(21): 100-104.  
LUO W. Study on optimization and processing technology of hot and sour vermicelli of Sichuan [J]. Food Res Dev, 2015, 36(21): 100-104.
- 郝晓燕. 从街边小吃到网红速食酸辣粉品牌化成大势所趋[J]. 中国食品, 2019(6): 70-71.  
HAO XY. From street food to Netflix instant hot and sour vermicelli

- branding becomes a big trend [J]. *Chin Food*, 2019(6): 70–71.
- [4] 贾培培, 王锡昌. 热处理方式对动物源肉类食品品质影响的研究进展[J]. *食品工业科技*, 2016, 37(9): 388–392.
- JIA PP, WANG XC. Progress in the effect of thermal processing on quality of meat deriving from animals [J]. *Sci Technol Food Ind*, 2016, 37(9): 388–392.
- [5] 夏文水. *食品工艺学*[M]. 北京: 中国轻工业出版社, 2007.
- XIA WS. *Food technology* [M]. Beijing: China Light Industry Press, 2007.
- [6] 胡亚芹, 葛雨璐, 白妍, 等. 热处理对肉类蛋白质构的影响[J]. *渔业科学进展*, 2019, 40(5): 175–184.
- HU YQ, GE YJ, BAI Y, *et al.* Effect of heat treatments on the protein structures and meat textural properties [J]. *Pro Fis Sci*, 2019, 40(5): 175–184.
- [7] 肖斯立, 李博文, 刘巧瑜, 等. 鱼肉与猪肉复合香肠工艺优化及品质分析[J]. *肉类研究*, 2023, 37(8): 8–13.
- XIAO SL, LI BW, LIU QY, *et al.* Fish-Pork sausage: Optimization of processing conditions and quality analysis [J]. *Meat Res*, 2023, 37(8): 8–13.
- [8] DURANTON F, MARÉE E, SIMONIN H, *et al.* Effect of high pressure-high temperature process on meat product quality [J]. *High Pressure Res*, 2011, 31(1): 163–167.
- [9] 王明, 李铁志, 雷激. 杀菌方式对熟肉制品品质的影响[J]. *食品工业*, 2016, 37(2): 54–58.
- WANG M, LI TZ, LEI J. Effects of different sterilization methods on quality of cooked meat products [J]. *Food Ind*, 2016, 37(2): 54–58.
- [10] 章杰, 何航, 熊子标. 烹饪方式对猪肉品质及营养成分的影响[J]. *食品与机械*, 2018, 34(6): 21–25, 29.
- ZHANG J, HE H, XIONG ZB. Effect of cooking methods on the quality and nutritive contents of pork [J]. *Food Mach*, 2018, 34(6): 21–25, 29.
- [11] 赵洪文, 谢荣清, 安添午, 等. 金川牦牛肉品质分析[J]. *黑龙江畜牧兽医*, 2018(19): 197–200.
- ZHAO HW, XIE RQ, AN TW, *et al.* Quality analysis of Jinchuan yak meat [J]. *Heilongjiang Anim Sci Vet Med*, 2018(19): 197–200.
- [12] 张秀花, 杨光, 杨波. 过热蒸汽处理对猪肉品质及氧化稳定性的影响[J]. *生物加工过程*, 2023, 21(1): 98–106.
- ZHANG XH, YANG G, YANG B. Effects of superheated steam treatment on pork quality and oxidation stability [J]. *Chin J Biopro Eng*, 2023, 21(1): 98–106.
- [13] BENITO MJ, RODRIGUEZ M, ACOSTA R, *et al.* Effect of the fungal extracellular protease EPg222 on texture of whole pieces of pork loin [J]. *Meat Sci*, 2003, 65(2): 877–884.
- [14] 郑荣美, 张磊, 郑淮升, 等. 不同杀菌方式对白切香猪肉品质和挥发性成分的影响 [J]. *食品与发酵工业*: 1–12. DOI: 10.13995/j.cnki.11-1802/ts.037945
- ZHENG RM, ZHANG L, ZHENG HS, *et al.* Analysis of differences in quality and volatile components of cooked Xiang pork with different sterilization methods [J]. *Food Ferment Ind*: 1–12. DOI: 10.13995/j.cnki.11-1802/ts.037945
- [15] WOJTASIK-KALINOWSKA I, SZPICER A, BINKOWSKA W, *et al.* Effect of processing on volatile organic compounds formation of meat-review [J]. *Appl Sci-Basel*, 2023, 13(2): 1.
- [16] 李真, 杨晓宽. 板栗羊肉黄酒工艺优化及其氨基酸营养评价[J]. *食品研究与开发*, 2023, 44(2): 116–123.
- LI Z, YANG XK. Process optimization and amino acid evaluation of chestnut mutton yellow rice wine [J]. *Food Res Dev*, 2023, 44(2): 116–123.
- [17] CHEN Q, ZHANG Y, JING L, *et al.* Changes in protein degradation and non-volatile flavor substances of swimming crab (*Portunus trituberculatus*) during steaming [J]. *Foods*, 2022, 11(21): 3502.
- [18] 姜启兴, 聂程芳, 高沛, 等. 斑点叉尾鲷鱼软罐头杀菌工艺研究[J]. *食品与生物技术学报*, 2021, 40(3): 97–102.
- JIANG QX, NIE CF, GAO P, *et al.* Study on sterilization technology of soft canned channel catfish [J]. *J Food Sci Biotechnol*, 2021, 40(3): 97–102.
- [19] SREENATH PG, ABHILASH S, RAVISHANKAR CN, *et al.* Heat penetration characteristics and quality changes of indian mackerel (*Rastrelliger kanagurta*) canned in brine at different retort temperatures [J]. *J Food Process Eng*, 2009, 32(6): 893–915.
- [20] 张立彦, 胡嘉颖. 水分和温度对猪肉质构及感官品质的影响[J]. *现代食品科技*, 2016, 32(9): 216–223.
- ZHANG LY, HU JY. Effects of moisture content and heating temperature on texture and sensory qualities of pork [J]. *Mod Food Sci Technol*, 2016, 32(9): 216–223.
- [21] ZHU Y, WU H, WANG F, *et al.* Effect of different sterilization methods on sensory quality and volatile flavor of flavor crab meat sauce [J]. *Qual Ass Saf Crop Food*, 2021, 13(3): 1–9.
- [22] 艾克百尔·艾尼瓦尔. 氨基酸态氮法测定肉新鲜度的研究[J]. *新疆畜牧业*, 2015(6): 17–22.
- AIKEBAIER AINWER. Study on the determination of meat freshness by amino acid nitrogen method [J]. *Xinjiang Xu Mu Ye*, 2015(6): 17–22.
- [23] WILLIAMS SK, RODRICK GE, WEST RL. Sodium lactate affects shelf-life and consumer acceptance of fresh catfish (*Ictalurus-nebulosus*, *Marmoratus*) fillets under simulated retail conditions [J]. *J Food Sci*, 1995, 60(3): 636–639.
- [24] SOHAIL A, AL-DALALI S, WANG J, *et al.* Aroma compounds identified in cooked meat: A review [J]. *Food Res Int*, 2022, 157: 111385.
- [25] DA D, NIAN Y, ZOU B, *et al.* Influence of induction cooking on the flavor of fat cover of braised pork belly [J]. *J Food Sci*, 2021, 86(5): 1997–2010.
- [26] 黄本婷, 张佳敏, 王卫, 等. 不同加工工艺对预调理回锅肉的品质影响[J]. *中国调味品*, 2020, 45(3): 11–14.
- HUANG BT, BAI JM, WANG W, *et al.* Effect of different processing

- technology on the quality of prepared twice-cooked pork [J]. *Chin Condi*, 2020, 45(3): 11–14.
- [27] 贾娜, 李博文, 孔保华. 盐水注射及食用胶对酱牛肉品质的影响[J]. *食品与发酵工业*, 2015, 41(3): 96–99.
- JIA N, LI BW, KONG BH. Effect of the brine injection and edible gums on the quality of marinated beef [J]. *Food Ferment Ind*, 2015, 41(3): 96–99.
- [28] HAN D, ZHANG CH, FAUCONNIER ML, *et al.* Characterization and comparison of flavor compounds in stewed pork with different processing methods [J]. *LWT-Food Sci Technol*, 2021. DOI: 10.1016/j.lwt.2021.111229
- [29] 罗琦, 陈俊, 周宇, 等. 添加赖氨酸的猪肉脯在不同干燥温度下的质构稳定性[J]. *肉类研究*, 2023, 37(5): 24–30.
- LUO Q, CHEN J, ZHOU Y, *et al.* Texture stability of dried pork slice with lysine at different air drying temperatures [J]. *Meat Res*, 2023, 37(5): 24–30.
- [30] 杨文昇. “阳光猪肉”品质及不同加工方式下物质变化规律研究[D]. 锦州: 渤海大学, 2020.
- YANG WS. Study on “yangguang-pork” quality and substance change laws under different processing methods [D]. Jinzhou: Bohai University, 2020.
- [31] 祁玉霞, 李宏宇, 吴熙, 等. 不同杀菌方式对烟熏鸭胸产品品质的影响[J]. *食品安全质量检测学报*, 2023, 14(22): 259–267.
- QI YX, LI HY, WU X, *et al.* Effects of different sterilization methods on the quality of smoked duck breast products [J]. *J Food Saf Qual*, 2023, 14(22): 259–267.

(责任编辑: 蔡世佳 韩晓红)

## 作者简介



高云晨, 硕士研究生, 主要研究方向为食品加工与保藏。  
E-mail: 15190233025@163.com



高沛, 博士, 副研究员, 主要研究方向为食品加工与保藏。  
E-mail: g\_pei1988@163.com