



接种发酵糟鱼的杀菌工艺

高沛^{1,2*}, 曹雪^{1,2}, 姜启兴^{1,2}, 于沛沛^{1,2}, 夏文水^{1,2}

(1. 江南大学食品学院, 江苏 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, 江苏 无锡 214122)

摘要: 为了探究接种发酵糟鱼的杀菌工艺, 实验以草鱼作为原料, 分析了干燥程度、杀菌条件等关键工艺参数对接种发酵糟鱼理化特性、感官特性等品质的影响, 以及保藏期间产品食用安全品质的变化。结果显示, 当糟制前鱼块干燥至水分含量分别为 63.48%、55.37% 和 47.76% 时, 糟制后鱼块的水分活度值(Aw)分别为 0.86、0.82 和 0.78。在杀菌强度 $F=5$ min 时, 90 和 95 °C 杀菌处理后, 产品出现胀袋现象; 当 $F \geq 6.5$ min 时, 产品均达到商业无菌状态, 并且产品的 a^* 值随杀菌温度升高而显著增大, L^* 值和 b^* 值和剪切力变化不显著, 杀菌温度为 95 °C 时具有最高的感官评分 84.9。在 120 d 贮藏期内, 4 和 25 °C 贮藏的产品均未检出肠杆菌, 且 pH 值和 Aw 值变化不大, 其中 4 °C 下贮藏的即食糟鱼具有更佳的感官品质。因此, 接种糟鱼的最佳杀菌工艺为安全杀菌强度 $F=6.5$ min、温度 95 °C、杀菌时间 17.4 min, 产品贮藏期可达 120 d。研究表明, 合理的干燥程度、杀菌条件以及保藏温度等关键工艺能够有效提高糟鱼的保藏品质。本研究对于促进草鱼的加工利用, 提高杀菌即食水产品的品质具有重要的实践意义。

关键词: 糟鱼; 干燥程度; 杀菌; 保藏温度

中图分类号: TS 254.4

文献标志码: A

肉类制品在化学组成上主要是由水分、蛋白质、碳水化合物、脂肪及其他矿物质、维生素等微量成分所构成, 它们在受到自身及外界各种物理、化学和微生物等因素的影响后, 会逐渐发生腐败, 产生质构、色泽、风味及口味的变化^[1]。有效延长食品尤其是肉制品的保藏期, 是近代以来研究者一直在探索的热点。在实际的食品生产加工中, 环境中的物理和化学因素会被降到最小干扰程度, 因此, 影响食品贮藏效果的主要因素还在于微生物, 而大部分的食品保藏途径也是集中于抑制和杀灭微生物^[2]。

目前传统糟鱼的保藏多采用低温(冻藏或冷

藏)贮藏, 不可即食且保藏期短。而市场上现有的少量即食糟鱼产品的保藏多采用高温长时杀菌这种单一栅栏因子来实现^[3], 过高的杀菌强度导致糟鱼产品的色泽、风味劣变严重, 同时也提高了工业成本。因此, 在糟鱼的加工保藏中应用栅栏技术, 利用好 pH、水分活度和热处理条件等栅栏因子间的协同作用, 进而有效降低糟鱼杀菌强度, 可以使糟鱼的外观、风味、感官与营养成分得以最大程度的保持。利用栅栏技术对半干牡蛎食品进行杀菌处理, 通过醋酸与白砂糖将产品 pH 值调至 5.5, 水分活度值(Aw)调至 0.90, 采用真空包装与 100 °C、30 min

收稿日期: 2021-05-06 修回日期: 2021-06-22

资助项目: 国家自然科学基金(31801575); 中央高校基本科研业务费专项(JUSRP121008); 国家现代农业产业技术体系专项(CARS-45-27)

通信作者: 高沛(照片), E-mail: g_pei1988@163.com



的杀菌强度,通过这些强度缓和栅栏因子间的相互作用,能够在保持感官品质良好的状态下有效防止产品的腐败变质^[4]。因此,研究干燥程度、杀菌条件等关键工艺参数对糟鱼理化特性、感官特性以及保藏特性等品质的影响,明确糟鱼的杀菌工艺,对提高即食糟鱼的品质具有重大意义。实验通过对干燥程度、杀菌强度、杀菌温度与时间等关键工艺参数的分析研究,建立糟鱼的杀菌工艺,旨在有效提高即食糟鱼的品质。

1 材料与方法

1.1 材料与设备

实验用草鱼(*Ctenopharyngodon idella*),鲜活,体质量(3.00±0.25)kg;糯米、酒曲、食盐,均购于无锡市华润万家超市。

实验用菌种为植物乳杆菌 220 (*Lactobacillus plantarum* 220, Lp-220),木糖葡萄球菌 135 (*Staphylococcus xylosum* 135, Sx-135),酿酒酵母 152 (*Saccharomyces cerevisiae* 152, Sc-152),均由江南大学食品学院提供,分离于自然发酵酸鱼。

主要试剂为蛋白胨、牛肉膏、酵母膏、吐温 80、MRS 液体培养基、MSA 液体培养基、VRBA 琼脂培养基,均为生化纯;盐酸、三氯乙酸(TCA)、氧化镁、氢氧化钠、乙醇、硫酸、硫酸钾、硫酸铜、硼酸、铬酸钾、硝酸、葡萄糖、萘酮、甲基红、溴甲酚绿、酚酞等均为分析纯,均购自国药集团化学试剂江苏有限公司。实验用设备为 Novasina LabSwift-aw 水分活度仪;Stable Micro System TA-XT2i 物性分析仪;Konica Minolta CR-400 色差仪;上海申安医疗器械厂 LDZX-50KBS 型立式压力蒸汽杀菌锅;驰煌测控技术(上海)有限公司 CH-150 高温温度记录仪;Waters CR22G II 型高速冷冻离心机。

1.2 实验方法

菌种的活化 菌种的活化参照 Gao 等^[5]的方法。活化后菌种最后重新悬浮于生理盐水中并调成最终浓度 6~8 lg(cfu/g),在 4℃ 下保存,并于 24 h 内使用。

糟鱼的制备 糟鱼的制备参照曹雪等^[6]的方法略作调整。腌制后的鱼块在 55℃ 下热风干燥至水分含量 55% 左右,然后接种 1% 混合发酵剂(Lp220、Sx135 和 Sc152 菌悬液,按 1:1:1

的比例进行混合),接种采用菌悬液均匀涂抹附着于鱼块表面的方法。将接种后的鱼块按照糟制方法进行装坛,15℃ 下糟制发酵 30 d。将真空包装后的发酵成熟糟鱼产品于恒温水浴锅中按对应杀菌参数进行杀菌处理。

产品杀菌传热曲线的绘制 将温度计(经基准温度计校正)的探头插入产品中心,并和产品一起真空封口,然后置于不同水浴中进行杀菌,杀菌温度分别为 90、95 和 100℃,控制产品初温在 20℃,然后将其放入恒温水浴锅中开始计时,每隔 20 s 记录产品的中心温度并绘制温度变化趋势图。

杀菌强度(F)的计算 由测得的产品中心升温数据,按公式计算产品的 F 值,绘制 F 值随时间变化的曲线图。

$$F = \int_0^t 10^{(T-93.3)/Z_1} dt \quad (1)$$

式中, t 为时间(s); T 为任意时间产品的中心温度(℃),通常以 70℃ 作为计算起点温度; Z_1 为目标微生物的温度敏感性,参考酸性或酸化食品, Z 值取 8.89℃。

杀菌条件的确定 本产品最终 Aw 低于 0.85,属于非低酸性食品,可以采用常压杀菌,因此杀菌条件参照酸性或酸化食品的杀菌强度($F \geq 5$ min),为安全起见,增加 0%、30%、60% 及 100% 的安全因子作为产品的杀菌强度,使各个杀菌温度下的产品 F 值分别达到 5、6.5、8 和 10 min,在 F 值曲线上查得相对应的杀菌时间,杀菌后将每组产品在 37℃ 的培养箱中保藏 10 d,观察产品是否有胀袋或异常现象,以此确定安全杀菌强度 F 值。再根据杀菌传热曲线和杀菌强度得到相同 F 值下不同的杀菌温度和杀菌时间组合。测定不同杀菌组合条件对杀菌后产品品质的影响,确定合适的杀菌条件。

水分的测定 参考 GB 5009.3—2016,采用直接干燥法。

水分活度的测定 参考 GB 5009.238—2016。

粗蛋白的测定 参考 GB 5009.5—2016,采用凯氏定氮法。

食盐含量的测定 参考 GB 5009.44—2016,采用银量法。

pH 值的测定 参考 GB 5009.237—2016,

有修改。精确称取 10.0 g 鱼肉，加入 90 mL 蒸馏水用均质机进行分散匀浆，结束后立即用 pH 计测定样品的 pH 值，重复测定 3 次。

可溶性糖含量的测定 采用蒽酮比色法^[7]。

肠杆菌的检测 参照 GB 4789.41—2016。

挥发性盐基氮 (TVB-N) 的测定 参照 GB 5009.228—2016，半微量定氮法。

色差和剪切力的测定 参照曹雪等^[6]的方法。

感官评价 参照曹雪等^[6]的方法。

1.3 数据分析

采用 SPSS 19.0 软件进行数据分析，用 Duncan 氏多重分析进行组间显著性检验，显著水平为 $P < 0.05$ ，数据绘图均采用 Origin 8.6。实验结果表示为平均值±标准差 ($n=3$)。

2 结果

2.1 鱼块干燥程度对糟鱼鱼肉特性的影响

分别将水分含量约为 63%、55% 及 47% 的半干鱼块进行糟制发酵，其水分含量均基本呈微上升趋势，盐含量下降的同时可溶性糖含量上升 (表 1)。其中，初始水分含量值为 55% 左右的成熟糟鱼样品质构最为合适，且 A_w 值在 0.82。

2.2 糟鱼杀菌强度的确定

本产品最终 A_w 值为 0.82，低于 0.85，属于非低酸性食品，根据美国食品和药物管理局 (FDA) 的规定，可以采用常压杀菌，因此杀菌条件参照酸性或酸化食品的杀菌强度 ($F \geq 5$ min)。将真空包装后的糟鱼产品分别放入 90、95 和 100 °C 的恒温水浴锅中进行杀菌，绘制产品的中心温度和 F 值随时间变化的趋势图 (图 1)。在 90、95 和 100 °C 3 个杀菌温度的降温阶段， F 值分别变化了 0.18、0.66 和 2.76 min，杀菌保温阶段的 F 值分别为 4.82、4.34 和 2.24 min。

以最终产品杀菌 $F=5$ min 为例，对应的各杀菌参数如表 2。参照酸性或酸化食品的最低安全 F 值，在此基础上增加 0%、30%、60% 及 100% 的安全系数，使之分别达到 5、6.5、8 和 10 min。在 90、95 和 100 °C 3 个杀菌温度下，降温阶段的 F 值分别变化了 0.18、0.66 和 2.76 min，根据 F 值曲线反推得到的杀菌截止时间点 F 值，应扣除冷却段的 F 值，由此计算得到的杀菌时间 (表 3)。杀菌后在 (36 ± 1) °C 的培养箱中保藏 10 d，观察产品是否有胀袋或异常的现象。在 $F=5$ min 时，经 90 和 95 °C 杀菌处理，产品出现胀袋现象，胀袋数量分别是 2 袋和 1 袋，其他杀菌条件下，胀袋数量分别是 2 袋和 1 袋，产品无胀袋或异常

表 1 不同干燥程度鱼块糟制过程水分含量、水分活度、盐含量、可溶性糖含量及剪切力的变化

Tab. 1 Changes of moisture content, water activity, major compound content and firmness in rice mash *C. idella* with different drying degrees during wine-lees fermentation

干燥程度 drying degree	糟制时间/d time	水分含量/% moisture	水分活度 A_w	盐含量/% salinity	可溶性糖含量/% soluble sugar	剪切力/g shear force
63.48%	0	63.48±0.57	0.91±0.00	5.92±0.06	0.00±0.00	2 329.30±254.60
	10	66.45±0.35	0.88±0.00	3.95±0.09	4.16±0.10	1 923.61±192.21
	20	67.47±0.88	0.87±0.01	3.10±0.01	5.39±0.08	1 630.47±241.39
	30	65.10±0.47	0.86±0.00	2.38±0.04	6.64±0.06	1 418.68±291.17
55.37%	0	55.37±0.44	0.86±0.00	6.45±0.02	0.00±0.00	2 869.00±302.04
	10	59.13±0.71	0.83±0.00	4.23±0.05	3.58±0.03	2 311.55±177.32
	20	61.60±0.36	0.82±0.00	3.45±0.05	4.70±0.02	1 923.20±218.55
	30	60.54±0.51	0.82±0.01	2.87±0.03	5.50±0.07	1 877.04±184.40
47.76%	0	47.76±0.60	0.80±0.01	6.93±0.08	0.00±0.00	3 100.87±260.11
	10	53.20±0.44	0.80±0.00	5.07±0.05	3.02±0.09	2 636.01±350.28
	20	55.48±0.61	0.78±0.00	4.11±0.07	4.22±0.04	2 482.25±334.31
	30	56.06±0.97	0.78±0.00	3.65±0.02	4.71±0.05	2 147.58±221.65

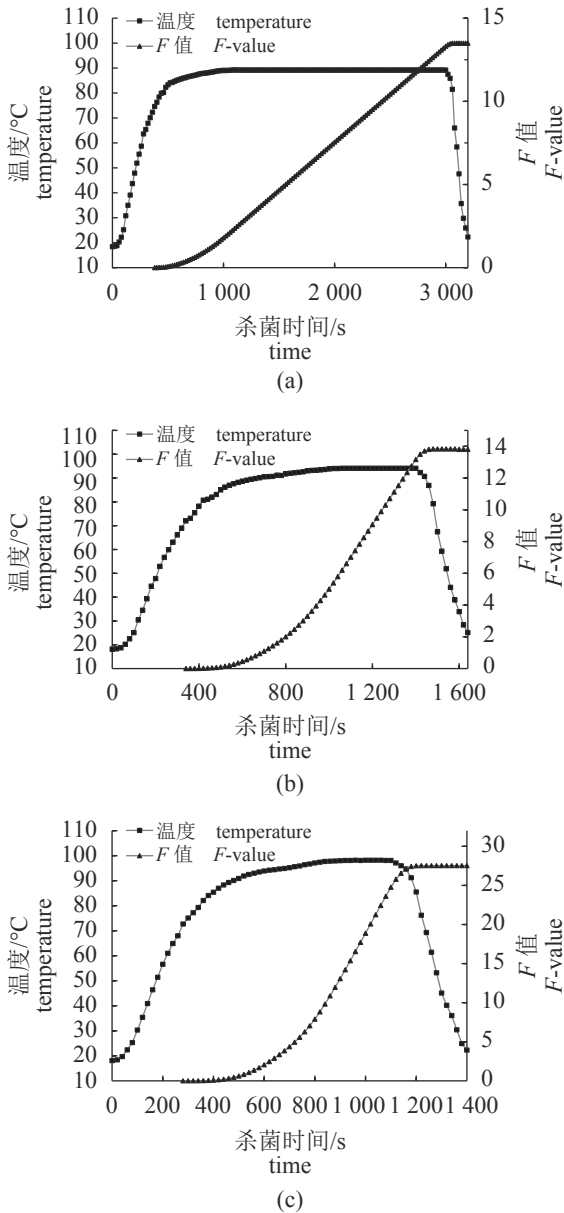


图 1 不同温度下的杀菌曲线
Fig. 1 F-value of products sterilized at different sterilization temperatures

(a) 90 °C, (b) 95 °C, (c) 100 °C

现象。

2.3 杀菌条件对糟鱼产品品质的影响

在固定的杀菌强度 (6.5 min)下, 随着杀菌温度的升高, 杀菌时间明显降低, 90 °C 时需 29.8 min, 95 °C 时需 17.4 min, 而 100 °C 时只需 11.3 min。色差和物性分析测定结果则显示 L^* 值随温度升高有所减小, a^* 变大, b^* 和剪切力变化不显著 ($P > 0.05$)。结合能耗问题及感官评定结果, 最终选择 95 °C、17.4 min 的杀菌组合 (表 4)。

表 2 不同杀菌温度对杀菌强度 F 值的影响

Tab. 2 Effect of different sterilization temperatures on F-value

温度/°C temperature	杀菌时间/min time	冷却阶段 F值/min F-value	杀菌保温阶段 F值/min F-value	杀菌结束 F值/min F-value
90	25.7	0.18	4.82	5
95	16.1	0.66	4.34	5
100	10.3	2.76	2.24	5

表 3 杀菌条件对产品安全性的影响

Tab. 3 Effect of sterilization conditions on the safety of the products

F值/min F-value	杀菌温度/°C temperature	杀菌时间/min time	是否胀袋或异常 bulgy/abnormal
5	90	25.7	胀袋数量2袋
5	95	16.1	胀袋数量1袋
5	100	10.3	无胀袋或异常
6.5	90	29.8	无胀袋或异常
6.5	95	17.4	无胀袋或异常
6.5	100	11.3	无胀袋或异常
8	90	34.0	无胀袋或异常
8	95	18.6	无胀袋或异常
8	100	12.2	无胀袋或异常
10	90	40.0	无胀袋或异常
10	95	20.3	无胀袋或异常
10	100	13.1	无胀袋或异常

2.4 保藏期间糟鱼产品品质的变化

以 pH、Aw、TVB-N 和感官评定为指标, 研究产品在贮藏期间内各指标的变化, 以确定影响产品品质下降的主要因素。产品在 120 d 的保藏期内, 4 和 25 °C 贮藏的糟鱼样品均基本未检出肠杆菌, 且 pH 和 Aw 值基本变化不大 (表 5, 表 6)。2 种温度条件下的 TVB-N 含量在中后期呈上升趋势, 且 25 °C 下的样品劣变趋势更明显, 但在 120 d 内都未超出可接受范围。

3 讨论

干燥是糟鱼加工过程的重要环节, 传统加工中通常采用自然晒干, 受季节影响大, 产品水分控制不稳定, 导致产品品质均一性差。而 Aw 值作为产品保藏的关键参数, 是食品保藏棚

表 4 杀菌条件对色泽、剪切力和感官评分的影响

Tab. 4 Effect of sterilization condition on color, firmness and sensory score

杀菌条件 sterilization condition	亮度值(L^*) lightness value	红绿值(a^*) redness/greenness value	黄蓝值(b^*) yellowness/blueness value	剪切力/g shear force	感官评定总分 sensory score
90 °C/29.8 min	55.20±1.38 ^b	5.05±0.91 ^a	3.61±2.01 ^a	1 389.11±209.60 ^a	83.3±0.8 ^{ab}
95 °C/17.4 min	53.01±1.15 ^{ab}	5.36±0.80 ^b	4.01±1.66 ^a	1 310.17±155.12 ^a	84.9±0.5 ^b
100 °C/11.3 min	50.18±1.27 ^a	6.03±1.13 ^c	3.79±0.40 ^a	1 303.60±187.02 ^a	82.1±0.5 ^a

注: 同列中不同标记的数值之间存在显著差异($P<0.05$)

Notes: values in the same column with different letters were significantly different ($P < 0.05$)

表 5 4 °C 下产品的肠杆菌、pH 值、水分活度值、挥发性盐基氮和感官评分随贮藏时间的变化

Tab. 5 Changes of Enterobacteriaceae, pH value, Aw value, TVB-N and sensory scores of products during storage time at 4 °C

	贮藏时间/d time						
	0	20	40	60	80	100	120
肠杆菌数/[lg(cfu/g)] Enterobacteriaceae	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
pH	5.16±0.00 ^a	5.18±0.01 ^a	5.21±0.00 ^b	5.19±0.01 ^{ab}	5.18±0.00 ^a	5.23±0.02 ^b	5.19±0.01 ^{ab}
水分活度 Aw	0.82±0.00 ^b	0.82±0.00 ^b	0.82±0.00 ^b	0.81±0.00 ^a	0.81±0.00 ^a	0.81±0.00 ^a	0.81±0.00 ^a
挥发性盐基氮/(mg/100 g) TVB-N	16.2±0.2 ^a	16.3±0.1 ^a	16.4±0.1 ^a	17.1±0.2 ^b	16.9±0.0 ^b	16.3±0.1 ^a	17.3±0.1 ^b
感官评定总分 sensory score	84.9±0.5	83.4±0.2	83.7±0.9	83.0±0.1	83.3±0.8	82.5±0.6	82.2±0.3

注: 同行中不同标记的数值之间存在显著差异($P<0.05$)

Notes: Results: values in the same row with different letters were significantly different ($P < 0.05$)

表 6 25 °C 下产品的肠杆菌、pH、水分活度、挥发性盐基氮和感官评分随贮藏时间的变化

Tab. 6 Changes of Enterobacteriaceae, pH, Aw, TVB-N and sensory score of products during storage time at 25 °C

	贮藏时间/d time						
	0	20	40	60	80	100	120
肠杆菌数/(log cfu/g) Enterobacteriaceae	<1	<1	<1	<1	1	<1	1.3
pH	5.16±0.00 ^a	5.15±0.02 ^a	5.18±0.00 ^a	5.20±0.01 ^b	5.18±0.01 ^a	5.21±0.01 ^b	5.23±0.00 ^b
水分活度 Aw	0.82±0.00 ^b	0.82±0.00 ^b	0.81±0.00 ^b	0.81±0.00 ^b	0.81±0.00 ^{ab}	0.80±0.00 ^a	0.80±0.00 ^a
挥发性盐基氮/(mg/100 g) TVB-N	16.2±0.2 ^a	16.0±0.3 ^a	16.7±0.0 ^a	17.6±0.1 ^b	17.4±0.2 ^b	18.3±0.1 ^c	19.6±0.2 ^d
感官评定总分 sensory score	84.9±0.4	82.9±0.4	82.0±0.2	81.0±0.5	80.3±0.7	80.1±0.9	79.2±0.3

注: 结果表示为平均值±标准差($n=3$), 同行中不同标记的数值之间存在显著差异($P<0.05$)

Notes: Results: Mean ± SD ($n=3$), Values in the same row with different letters were significantly different ($P < 0.05$)

栏技术中最重要的栅栏因子之一, 与产品中的水分含量、盐含量及糖含量有着密切的关系。因此, 糟制前鱼块的干燥程度能够直接影响发酵成熟产品的口感及 Aw 值。当鱼块干燥至水分含量 55% 时, Aw 值为 0.82, 低于肉毒梭状芽胞杆菌所能生长的 Aw>0.85 的值, 大部分微生物无法存活生长^[8], 根据 FDA 的规定, Aw 值 ≤

0.85 的食品不作为低酸性食品管理, 不需要高温杀菌, 可以采用常温杀菌的方式。因此, 选择这一预干燥程度能够安全有效地降低杀菌强度。江昕等^[9]通过烘干工艺、增加糖浓度以及添加 2% 麦芽糖醇和 3% 山梨糖醇来降低即食龙虾仁制品的 Aw, 避免了高温杀菌带来的不利影响, 保持产品良好品质。同样地, 魏涯等^[10]通过干燥

工艺降低淡腌花鲈 (*Lateolabrax japonicus*) 的 A_w 值,从而降低杀菌强度。低强度的热杀菌有利于改善肉鸡烤翅的剪切力、硬度及咀嚼性^[11]。然而,王亮等^[12]研究发现,高温杀菌可以显著增加硬度与 L^* 值,提高金枪鱼罐头的品质,这可能与产品的原料特性相关。

微生物的生命活动受温度的影响极为明显,大多数细菌、霉菌和酵母在 16~38 °C 内生长状况最好,而在 82~93 °C 内基本能被杀死^[13]。还有研究表明肉制品经过热处理后的中心温度达到 72 °C 时,尽管耐热芽孢菌仍然可以残存,但致病菌已基本死亡^[14]。达到杀菌效果且尽量少地降低食品质量,是选择热杀菌条件的关键^[15-16]。本实验结果表明,杀菌温度越高,产品中心温度和 F 值的上升速率越快。但是,考虑冷却阶段也会有一定的 F 值,因此,杀菌结束、冷却前所需要的实际 F 值应扣除冷却阶段的增加量。本实验结果表明,当 F 值在 6.5 min 以上时,产品的检测结果均达到了商业无菌,因此,可将 $F=6.5$ min 作为产品的安全杀菌强度。

在固定杀菌强度下,随着温度的升高, L^* 值减小, a^* 变大,表明杀菌温度对产品的色泽影响较大。员冬玲等^[17]发现过高的干燥温度会影响凡纳滨对虾 (*Litopenaeus vanamei*) 的色泽。丁国微等^[18]发现过高的杀菌温度也会影响凡纳滨对虾虾仁的色泽。清酱肉的 L^* 值随着杀菌温度的升高而减小^[19]。在固定杀菌强度下,低温杀菌能较好地保持鱼糜凝胶结构^[20]。结合能耗问题及感官评定结果,最终选择 95 °C、17.4 min 的杀菌组合。

产品在贮藏过程中,由于蛋白质分解、微生物降解等都会引起产品品质变化。肠杆菌等有害菌的生长会导致产品的安全性降低;水分活度和 pH 是该产品的重要栅栏因子;挥发性盐基氮 (TVB-N) 作为评价肉制品新鲜度的一个重要指标,其含量越高表明产品腐败程度越严重;感官评定是确定产品货架期的决定性因素。结合感官评定结果综合分析,4 °C 下贮藏的即食糟鱼能保持更加良好的品质。

4 结论

干燥程度、杀菌条件以及保藏温度等关键工艺参数对糟鱼的保藏品质具有重要的影响。初始水分含量值为 55% 左右的糟鱼样品品质构最为合适,且水分活度在 0.82 左右可以抑制大部

分微生物的生长,并能安全有效地降低杀菌强度。结合 pH、 A_w 、真空包装等栅栏因子,设计并确定了产品的安全杀菌强度 $F=6.5$ min;当杀菌温度为 95 °C、杀菌时间为 17.4 min 时,产品感官品质最好。在 120 d 的保藏实验中,产品在 4 和 25 °C 下都能保持良好的食用安全性,其中 4 °C 下贮藏的即食糟鱼具有更佳的感官品质。

参考文献 (References):

- [1] Bacon R T, Belk K E, Sofos J N, *et al.* Microbial populations on animal hides and beef carcasses at different stages of slaughter in plants employing multiple-sequential interventions for decontamination[J]. *Journal of Food Protection*, 2000, 63(8): 1080-1086.
- [2] Todd E C D. Microbiological safety standards and public health goals to reduce foodborne disease[J]. *Meat Science*, 2004, 66(1): 33-43.
- [3] 谭汝成,曾令彬,熊善柏,等. 调配和杀菌条件对酒糟鱼品质的影响[J]. *食品科技*, 2008, 33(5): 85-88.
Tan R C, Zeng L B, Xiong S B, *et al.* Effect of seasoning and sterilization conditions on quality of drunk fish[J]. *Food Science and Technology*, 2008, 33(5): 85-88(in Chinese).
- [4] 陈胜军,陈晓凤,杨贤庆,等. 栅栏因子对高水分即食牡蛎产品抑菌效果的影响[J]. *食品科学*, 2010, 31(17): 162-165.
Chen S J, Chen X F, Yang X Q, *et al.* Effects of hurdle factors on sterilization of high-moisture ready-to-eat oyster products[J]. *Food Science*, 2010, 31(17): 162-165(in Chinese).
- [5] Gao P, Wang W X, Jiang Q X, *et al.* Effect of autochthonous starter cultures on the volatile flavour compounds of Chinese traditional fermented fish (Suan yu)[J]. *International Journal of Food Science and Technology*, 2016, 51(7): 1630-1637.
- [6] 曹雪,姜启兴,夏文水,等. 不同糟制温度对糟鱼品质的影响[J]. *食品与生物技术学报*, 2019, 38(9): 111-117.
Cao X, Jiang Q X, Xia W S, *et al.* Effects of temperature on the microbial and physicochemical properties of wine-lees fish[J]. *Journal of Food Science and Biotechnology*, 2019, 38(9): 111-117(in Chinese).
- [7] 王金华,汪俊,李灿. 子二代商品大鲵不同可食部位营养成分分析[J]. *肉类研究*, 2012, 26(5): 34-36.

- Wang J H, Wang J, Li C. Analysis of nutritional composition of different edible parts of F₂ generation of commercial *Andrias davidianus*[J]. *Meat Research*, 2012, 26(5): 34-36(in Chinese).
- [8] Scott W J. Water relations of food spoilage microorganisms[J]. *Advances in Food Research*, 1957, 7: 83-127.
- [9] 江昕, 何锦凤, 王锡昌. 即食龙虾仁制品的研制[J]. *现代食品科技*, 2006, 22(2): 128-131.
- Jiang X, He J F, Wang X C. Study on ready-to-eat food derived from red swamp crayfish[J]. *Modern Food Science & Technology*, 2006, 22(2): 128-131(in Chinese).
- [10] 魏涯, 钱茜茜, 吴燕燕, 等. 栅栏技术在淡腌半干鲈鱼加工工艺中的应用[J]. *南方水产科学*, 2017, 13(2): 109-120.
- Wei Y, Qian X X, Wu Y Y, *et al.* Application of hurdle technology in light pickled semi-dry processing of bass[J]. *South China Fisheries Science*, 2017, 13(2): 109-120(in Chinese).
- [11] 李汴生, 谭莉, 周厚源, 等. 肉鸡烤翅热杀菌过程的热穿透特性及品质动力学[J]. *华南理工大学学报(自然科学版)*, 2015, 43(2): 13-19.
- Li B S, Tan L, Zhou H Y, *et al.* Heat penetration characteristics and quality kinetics of roasted broiler chicken wings during heat sterilization[J]. *Journal of South China University of Technology (Natural Science Edition)*, 2015, 43(2): 13-19(in Chinese).
- [12] 王亮, 刘东红. 热杀菌条件对金枪鱼罐头品质的影响[J]. *现代食品科技*, 2015, 31(4): 242-247.
- Wang L, Liu D H. The effects of thermal sterilization on the quality of tinned tuna[J]. *Modern Food Science & Technology*, 2015, 31(4): 242-247(in Chinese).
- [13] Nortje G L, Vorster S M, Greebe R P, *et al.* Occurrence of *Bacillus cereus* and *Yersinia enterocolitica* in South African retail meats[J]. *Food Microbiology*, 1999, 16(3): 213-217.
- [14] 王卫. 肉制品加工中的防腐保鲜技术[J]. *肉类研究*, 2001(3): 30-33.
- Wang W. Antiseptic preservation technology applied in meat processing[J]. *Meat Research*, 2001(3): 30-33(in Chinese).
- [15] Bell J W, Farkas B E, Hale S A, *et al.* Effects of retorting and storage on liquid mass transfer in canned skipjack (*Katsuwonus pelamis*) muscle[J]. *Journal of Food Processing and Preservation*, 2002, 26(4): 267-278.
- [16] Sreenath P G, Abhilash S, Ravishankar C N, *et al.* Heat penetration characteristics and quality changes of indian mackerel (*Rastrelliger kanagurta*) canned in brine at different retort temperatures[J]. *Journal of Food Process Engineering*, 2009, 32(6): 893-915.
- [17] 员冬玲, 耿文广, 杜锐, 等. 南美白对虾过热蒸汽干燥特性及干燥数学模型[J]. *食品科学*, 2020, 41(3): 62-67.
- Yun D L, Geng W G, Du R, *et al.* Drying characteristics and modelling of *Penaeus vannamei* during superheated steam drying[J]. *Food Science*, 2020, 41(3): 62-67(in Chinese).
- [18] 丁国微, 胡小松, 李瑶, 等. 杀菌条件对即食醉制虾仁品质的影响[J]. *中国食物与营养*, 2012, 18(7): 58-62.
- Ding G W, Hu X S, Li Y, *et al.* Effects of sterilization on the quality of RET shrimps[J]. *Food and Nutrition in China*, 2012, 18(7): 58-62(in Chinese).
- [19] 李迎楠, 刘文营, 贾晓云, 等. 杀菌温度对清酱肉色泽和风味品质的影响[J]. *肉类研究*, 2017, 31(5): 33-39.
- Li Y N, Liu W Y, Jia X Y, *et al.* Effect of sterilization temperature on color and flavor properties of pickled sauced meat[J]. *Meat Research*, 2017, 31(5): 33-39(in Chinese).
- [20] 宋恭帅, 陈康, 俞喜娜, 等. 热杀菌对即食鲟鱼鱼糜制品品质的影响[J]. *食品与发酵工业*, 2019, 45(24): 153-160.
- Song G S, Chen K, Yu X N, *et al.* Effect of thermal sterilization on ready-to-eat sturgeon (*Acipenser sinensis*) surimi product quality[J]. *Food and Fermentation Industries*, 2019, 45(24): 153-160(in Chinese).

Sterilization process of inoculated rice mash fish

GAO Pei^{1,2*}, CAO Xue^{1,2}, JIANG Qixing^{1,2}, YU Peipei^{1,2}, XIA Wenshui^{1,2}

(1. School of Food Science and Technology, Jiangnan University, Wuxi 214122, China;

2. Jiangsu Collaborative Innovation Center of Food Safety and Quality Control,
Jiangnan University, Wuxi 214122, China)

Abstract: Rice mash fish is one of the traditional fermented fish products in China, with unique flavor, taste and bright color. However, shortcomings such as long fermentation time, low safety, short storage period and inconvenient consumption, limit its commercial development. Modern biological fermentation technology (inoculated fermentation) can effectively shorten the fermentation time and improve the safety, while thermal sterilization technology provides a way for prolonging the storage life and for being convenient ready-to-eat. In order to explore the sterilization process of inoculated rice mash grass carp, the influence of key technological parameters such as drying degree and sterilization condition on physicochemical property, sensory property and preservation quality was analyzed in this study. The results showed that the water activity (A_w) of the final product was 0.86, 0.82 and 0.78, under the drying degree of 63.48%, 55.37% and 47.76%, respectively. At the F -value of 5 min, the bulgy product was observed after sterilization treatment at 90 °C and 95 °C. When F -value was more than 6.5 min, the product was commercially sterile. At the same time, a^* value significantly increased ($P < 0.05$) with the increase of sterilization temperature, while no obvious changes were observed in L^* value, b^* value and shear force ($P > 0.05$). The highest sensory score was 84.9 at the sterilization temperature of 95 °C with 17.4 min. During the 120 d storage period, Enterobacteria was not detected in the products both stored at 4 °C and 25 °C, and the product stored at 4 °C had a better sensory quality. Therefore, the optimal sterilization conditions for inoculated rice mash grass carp are as follows: $F=6.5$ min, $T=95$ °C, $t=17.4$ min, and the storing period under this treatment can reach 120 days. In conclusion, reasonable drying degree, sterilization conditions and storage temperature can effectively improve the quality of inoculated rice mash grass carp during the storage. This paper could practically promote the processing and utilization of grass carp and improve the quality of sterilized ready-to-eat aquatic products.

Key words: rice mash fish; drying degree; sterilization; storage temperature

Corresponding author: GAO Pei. E-mail: g_pei1988@163.com

Funding projects: National Natural Science Foundation of China (31801575); Fundamental Research Funds for the Central Universities (JUSRP121008); China Agriculture Research System (CARS-45-27)