

即食梅香黄鱼热杀菌过程中的品质变化

曾宪泽, 李汴生*, 梅灿辉, 陈梓铠
(华南理工大学轻工与食品学院, 广东 广州 510640)

摘 要: 为研究软包装即食梅香黄鱼在热杀菌过程中的品质变化, 比较不同杀菌温度时间组合、不同喷淋水升降温速率在一定温度下杀死90%的微生物所需要的时间(F 值)、热加工过程中导致食品外观特性变化的热损失值(C 值)和品质指标(色泽、质构、汁液流失率)。结果表明: 杀菌时间越长, F 值增加越明显; 杀菌温度越高, 增加单位时间所带来的 F 值、 C 值的增加越明显; 喷淋水升降温速率快慢相比, 在达到相同 F 值时, 所需的杀菌恒温时间是前者大于后者, 前者表面 C 值更大, 两者中心 C 值接近, 前者 C/F 值也更大; 高温短时杀菌色泽、质构好、汁液流失率少; 喷淋水升降温速率快, 汁液流失率少。在实验范围内适宜的杀菌条件为: 127℃、升温速率 $f_h = 10.99\text{min}$, 降温速率 $f_c = 12.32\text{min}$ 。

关键词: 即食梅香黄鱼; 热杀菌; 品质变化

Quality Change of Ready-to-eat Fermented Yellow Croaker during Thermal Sterilization Process

ZENG Xian-ze, LI Bian-sheng*, MEI Can-hui, CHEN Zi-kai
(College of Light Industry and Food Science, South China University of Technology, Guangzhou 510640, China)

Abstract: In order to explore the quality change of ready-to-eat fermented yellow croaker during thermal sterilization process, the results obtained for the F (the time needed to kill microorganisms by 90%) and C values and quality parameters such as color, texture and liquid loss were compared under different conditions of sterilization temperature/sterilization time, and spray-water heating and cooling rates. The results showed that the F value revealed a marked increase with the extension of sterilization time. Similarly, higher temperature could result in notably increased F and C values. In addition, fast spray-water heating and cooling rates could result in longer sterilization time at the constant temperature for reaching the same F value when compared with slow spray-water heating and cooling rates. Moreover, fast spray-water heating and cooling rates could also result in larger surface C value and C/F value although both conditions revealed a similar central C value. Therefore, high-temperature and short-term sterilization can offer better color and texture as well as low water loss for yellow croaker. Fast spray-water heating and cooling rates can result in less water loss. The optimal thermal sterilization conditions are sterilization temperature of 127℃, heating rate of 10.99℃/min and cooling rate of 12.32℃/min.

Key words: ready-to-eat fermented yellow croaker; thermal sterilization; quality change

中图分类号: TS254.4

文献标识码: A

文章编号: 1002-6630(2012)18-0113-05

梅香黄鱼是广东、福建等气温较高地区的一种盐渍自然发酵鱼制品^[1]。本实验研究的即食梅香黄鱼采用低盐腌制工艺, 结合干燥、包装和杀菌技术的新型方便食品, 腌制、干燥和杀菌等加工工艺都会对产品品质产生影响。已有文章^[2-3]关于梅香黄鱼低盐腌制-发酵过程中的渗透规律和品质变化规律进行研究。本实验着重研究梅香黄鱼热杀菌过程中的品质变化。

罐头食品是在密封容器中加热处理的食物。在各种各样的食品保藏方法当中, 热加工仍然是用得最广泛的

保存和延长食品保质期的方法。多年来, 开发了很多能够减少因热处理而对食品感官和营养价值带来不利影响的方法, 包括搅拌杀菌^[4]和软包装^[5], 以及高温短时处理^[6], 以减少包装在容器里的食品在热处理中的暴露时间。例如 Sreenath 等^[6]研究了印度鲑鱼盐水罐头在相同 F 值($F = 8\text{min}$)的3个不同杀菌温度下(115、121.1、130℃)的热穿透特性和品质变化, 发现用较高温度处理的产品有助于减少加热时间, 相对于低温处理产品而言拥有更好的色泽、质构和感官品质。因此, 一个比传

收稿日期: 2011-07-19

基金项目: 广东省教育部产学研结合项目(2010B090400353)

作者简介: 曾宪泽(1989—), 男, 硕士研究生, 研究方向为食品加工与保藏。E-mail: xianzezeng@yahoo.cn

* 通信作者: 李汴生(1962—), 男, 教授, 博士, 研究方向为食品加工与保藏。E-mail: febsbli@scut.edu.cn

统加工方式更迅速加热食品的合适方法,能够在对食品杀菌的同时保持其感官和营养品质。

本实验在相同喷淋水升降温速率、 F 值下比较不同杀菌温度时间组合对梅香黄鱼品质的影响,在相同杀菌温度、 F 值下比较不同喷淋水升降温速率对梅香黄鱼品质的影响,研究比较不同杀菌温度时间组合、不同喷淋水升降温速率的 F 值、 C 值和品质指标(色泽、质构、汁液流失率),以期优化即食梅香黄鱼杀菌工艺和提高产品品质提供理论指导。

1 材料与方法

1.1 材料与试剂

冰鲜黄鱼,市购,挑取大小一致的个体,规格长约 20~25cm,鲜质量约 200g,取内脏和鱼鳃后质量约 160g,含水率 70.75%,含盐率 0.17%,待腌;将海盐(广东省盐业总公司)研钵中研碎,过筛,10~20 目颗粒用于鱼体表抹盐,其余不过 10 目筛的海盐颗粒用于鱼腹塞盐及其他用;塑料饭盒,大小规格约 22cm × 14cm;化学试剂均为分析纯。

1.2 仪器与设备

LH4A29A 淋水式杀菌锅 宁波锐托杀菌设备有限公司;TRACKSENSE PRO 无线热验证系统 丹麦 Ellab 公司;CR 400 便携式色差仪[®] 日本 Konica Minolta 公司;TA.XT Plus 质构仪 英国 Stable Micro System 公司。

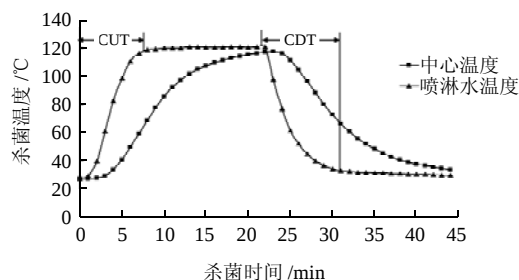
1.3 方法

1.3.1 即食梅香黄鱼杀菌的前处理

黄鱼去鳞、去内脏和鱼鳃,用清水洗净表面,沥干称质量后,按一定用盐量比例(鱼腹:鱼表:其他质量比约为 4:5:6)用海盐干腌,处理后的鱼放入塑料饭盒中,盖上保鲜膜和饭盒盖密封,放入生化(恒温)培养箱中,在 25℃ 下进行腌制。样品每隔 12h 翻动一次,腌制 0~5d。于塑料桶中按鱼体质量加 3 倍水浸泡腌鱼,脱盐至目标含盐率 5%。脱盐后的腌鱼用细绳绑住鱼尾,倒挂于铁支架上,置于电热鼓风干燥箱中,在温度(55 ± 2)℃、风速(0.15 ± 0.05)m/s 的条件下烘干脱水至目标含水率 51%^[2-3]。烘干后每条鱼样品质量约 96~99g,用耐热蒸煮袋(25cm × 20cm)真空包装,每袋 1 条。

1.3.2 杀菌方法及杀菌样品中心温度的测定

将包装后的鱼样品使用淋水式高温反压杀菌锅进行杀菌。通过 Ellab 无线热验证系统分别记录杀菌过程中杀菌锅喷淋水温度及样品鱼体中心温度(图 1)。测定鱼体中心温度时探头从鱼背方向插入鱼肉横截面最厚处(胸鳍对应位置)。



CUT 为升温时间(come up time), CDT 为降温时间(come down time)。

图 1 罐头食品杀菌过程的传热曲线

Fig.1 Heat penetration curve of canned yellow croaker samples during sterilization process

1.3.3 杀菌过程中升降温速率的设定和控制

杀菌过程中升降温速率的控制是通过喷淋水升降温速率实现,为使 f_h (鱼体中心温度从室温升高到杀菌温度的升温速率)和 f_c (鱼体中心温度从杀菌温度降低到 40℃ 的降温速率)恒定,将喷淋水的升温 and 降温曲线作在半对数坐标图上,使其呈直线,从而确定 CUT 和 CDT 中每分钟的温度变化值,将此值输入杀菌设备控制面板,杀菌初温控制在 25℃,冷却终温控制在 30℃,鱼体初温控制在 26~27℃。通过实测的传热曲线计算 f_h 和 f_c ,结果见表 1。

表 1 不同升降温速率、不同杀菌温度的 CUT/CDT 值

Table 1 CUT and CDT values under different conditions of heating and cooling rates and sterilization temperature

杀菌温度 / °C	CUT/min	CDT/min	f_h /min	f_c /min
115	4.04	7.55	11.05	12.12
121.1	4.60	7.70	10.99	12.32
127	5.24	7.85	11.51	12.60
121.1	5.75	10.30	12.61	14.08
121.1	6.90	12.80	13.04	15.08

表 1 显示,在 115、121.1、127℃ 条件下各自冷点升降温速率略有不同,但波动范围不大,所以文中在相同升降温速率下对品质变化进行比较时取 121.1℃ 的冷点 $f_h = 10.99\text{min}$, $f_c = 12.32\text{min}$ 为代表。

1.3.4 F 值、 C 值计算方法

根据 Begelow 的一般方法和 Ball 的改良基本法,整个杀菌过程的杀菌效果可看成是在不同杀菌温度下停留一段时间所取得的杀菌效果的总和,由 Ellab 无线热验证系统测定出反映样品的中心温度的传热曲线后,即可计算出 F 值。在研究杀菌过程中的品质变化时,理论上应该控制不同杀菌温度、时间组合的 F 值相近,由于鱼体质量、大小以及测温探头的插入位置不能控制成完全一致,因此本实验中不同杀菌温度、时间组合的 F 值存在一定差异,但并不影响对热杀菌过程中品质变

化规律的研究。

C 值(cooking value)为热加工过程中导致食品外观特性变化的热损失值,是由以下关系确定的^[9-11]。

$$C = \int_{65}^{T} 10^{(T-T_{ref})/Z} dt$$

式中: t 为杀菌时间/min; Z 为反映外观特性变化的 D 值按 1/10 或 10 倍变化时,所相应的加热温度的变化值/°C,一般 Z 值取 33.1°C^[5-6,12], T 和 T_{ref} 分别为任意时间时的热加工温度和参考加工温度/°C, T_{ref} 取 100°C,以 65°C 作为计算的起点温度。

1.3.5 色差分析

取杀菌前后的鱼样品,用色差仪对鱼腹剖肉进行色差测定。记录 CIE LAB 色度空间^[13]的 3 个指标 L^* 值、 a^* 值、 b^* 值。褐变程度 W 按照下式计算:

$$W = 100 - [(100 - L^*)^2 + a^{*2} + b^{*2}]^{1/2}$$

1.3.6 质构分析

取鱼侧轴线上的肌肉样品,去皮,顺肌纤维方向将鱼肉切成 15mm × 10mm 方块,厚度为鱼肉本身厚度(约 8mm),分别进行质地剖面分析和剪切测试,用 Texture Exponent 32 软件进行仪器操作和数据记录。

1.3.6.1 质地剖面分析(TPA)

选用 P/36R 型平底圆柱探头进行 TPA 测试。测试参数:测前速率 1mm/s;测试速率 1mm/s;测后速率 5mm/s;压缩比 30%;探头两次测定间隔时间 5s;触发类型自动。探头平行于鱼肌肉纤维方向进行压缩。从 TPA 应力-时间曲线可以得到与人的感官评价相关的几个质构特性指标^[14]。

硬度:第 1 次压缩样品时的最大峰值;弹性:变形样品在去除压力后恢复到变形前的高度比率,为第 2 次压缩与第 1 次压缩的峰值之比;内聚性:测试样品经过第 1 次压缩变形后所表现出来的对第 2 次压缩的相对抵抗能力,为两次压缩所做正功之比;咀嚼性:用于描述固态测试样品,为硬度、内聚性和弹性三者的乘积;回弹性:样品在第 1 次压缩过程中回弹的能力,为第一次压缩循环过程中返回样品所释放的弹性能与压缩时探头的耗能之比。

1.3.6.2 剪切测试(Warner-Bratzler shear test)

选用 HDP/BS 型燕子尾刀具进行测试。测试参数:测前速率 2mm/s,测试速率 2mm/s,探头触发力 20g,剪切距离 20mm。刀片垂直于鱼肌肉纤维方向进行剪切。剪切测试是纤维对刀片的压缩力、毗邻纤维的拉力和纤维剪断力的融合^[15],模仿牙齿咬断样品的过程,相关的测试值表达样品此方面的质构特征,如剪切力和韧性。剪切力是指描述样品最大抵抗剪切断裂的力,为剪切曲线的最大峰值;韧性是指剪切样品过程中所作的

功,为剪切曲线下的总面积。

1.3.7 汁液流失率的测定

记录鱼样品杀菌前的质量(m_0 /g)和杀菌后的质量(m_1 /g),并计算汁液流失率。

$$\text{汁液流失率}/\% = \frac{m_0 - m_1}{m_0} \times 100$$

1.4 数据分析方法

采用 Ellab Valsuite 和 Microsoft Excel 2007 软件进行数据处理。

2 结果与分析

2.1 相同升降温速率下不同杀菌温度时间组合的 F 值、 C 值比较

表 2 相同升降温速率($f_h = 10.99\text{min}$, $f_c = 12.32\text{min}$)下不同杀菌温度-时间组合的 F 值、 C 值

Table 2 F and C values at the same heating and cooling rates and different sterilization temperatures and times

杀菌温度/°C	杀菌时间/min	F/min	C/min	C/F
115	27	2.750	76.43	27.79
	33	4.901	92.78	18.93
	40	6.859	114.8	16.74
121.1	17	3.562	69.34	19.47
	30	15.63	124.7	7.98
127	12	5.575	73.95	13.26
	15	10.83	96.17	8.88

在各杀菌温度下,杀菌时间越长, F 值增加越明显。如 115°C 条件下 27、33(1.22 倍)、40min(1.48 倍)时的 F 值为 2.750、4.901(1.78 倍)、6.859(2.49 倍)。杀菌温度越高,增加单位时间所带来的 F 值的增加越明显。如 121.1°C 条件下 17、30min(增加 13min)时的 F 值为 3.562、15.63(平均增加 0.93/min); 127°C 条件下 12min、15min(增加 3min)时的 F 值为 5.575、10.83(平均增加 1.75/min)。对于 C 值的情况也如此。 C 值与 F 值的比值代表单位 F 值时的 C 值,或意思是每增加单位 F 值时所增加的 C 值。对于 C/F 来说,随着杀菌温度的升高或者杀菌时间的延长而减小。

2.2 相同升降温速率下不同杀菌温度时间组合的即食梅香黄鱼品质比较

2.2.1 色泽

表 3 表明, 115°C、27min 与 121.1°C、16min 的 F 值几乎相等,但后者的 W 值更大,表明杀菌后的褐变程度更小。127°C、12min 与 115°C、27min 和 121.1°C、

16min 相比, 前者的 W 值更大, 但前者的 F 值比后两者均更高。这说明高温短时更有利于减轻杀菌后的褐变程度。这与 Sreenath 等^[6]的研究结果一致。

表3 相同升降温速率($f_h = 10.99\text{min}$, $f_c = 12.32\text{min}$)下不同杀菌温度时间组合的即食梅香黄鱼色泽比较

Table 3 Color parameters of ready-to-eat fermented yellow croaker at the same heating and cooling rates and different sterilization temperatures and times

杀菌温度/℃	时间/min	F/min	L^*	a^*	b^*	W
115	27	2.750	60.73	3.29	28.28	51.48
121.1	16	2.625	61.11	2.33	26.38	52.92
127	12	5.575	62.88	1.25	21.56	57.06

2.2.2 质构

表4 相同升降温速率($f_h = 10.99\text{min}$, $f_c = 12.32\text{min}$)下不同杀菌温度时间组合的即食梅香黄鱼质构比较

Table 4 Texture parameters of ready-to-eat fermented yellow croaker at the same heating and cooling rates and different sterilization temperatures and times

杀菌温度/℃	杀菌时间/min	F/min	硬度/g	弹性	内聚性	咀嚼性/g	回弹性	剪切力/kg	韧性/(kg·s)
115	33	4.901	198.636	0.381	0.285	21.109	0.078	1.619	7.084
127	12	5.575	242.970	0.558	0.400	52.960	0.118	1.898	7.978

表4表明, 115℃、33min 的 F 值低于 127℃、12min, 但后者的所有质构指标均更高, 表明杀菌后的质构破坏程度更小。这说明高温短时更有利于减轻杀菌后的质构破坏程度。这也与 Sreenath 等^[6]的研究结果一致。

2.2.3 汁液流失率

表5 相同升降温速率下不同杀菌温度时间组合的即食梅香黄鱼汁液流失率

Table 5 Water loss rate of ready-to-eat fermented yellow croaker at the same heating and cooling rates and different sterilization temperatures and times

杀菌温度/℃	杀菌时间/min	F/min	汁液流失率/%
115	27	2.750	7.17
121.1	17	3.562	5.96
115	33	4.901	10.33
121.1	19	4.795	9.10
127	12	5.575	8.95

表5表明, 115℃、27min 的 F 值低于 121.1℃、17min 的 F 值, 但后者的汁液流失率更低。115℃、33min 的 F 值接近于 121.1℃、19min 和 127℃、12min 的 F 值, 高于 127℃、12min 的 F 值, 但其汁液流失率更低。这说明高温短时更有利于减轻杀菌后的汁液流失。但这与 Bell 等^[16]的研究结果不同, 原因可能跟样品经历了不一样的前处理过程有关。

2.3 相同杀菌温度下不同升降温速率时的即食梅香黄鱼 F 值、 C 值比较

表6 相同杀菌温度(121.1℃)下不同升降温速率时的即食梅香黄鱼 F 值、 C 值

Table 6 F and C values of ready-to-eat fermented yellow croaker at different heating and cooling rates and the same sterilization temperatures

杀菌温度/℃	杀菌时间/min	f_h/min	f_c/min	F/min	C/min	C/F
121.1	17	10.99	12.32	3.562	69.34	19.47
	18	12.61	14.08	4.450	78.81	17.71
	16	13.04	15.08	4.519	71.76	15.88

表6表明, 达到相同 F 值时, 升降温速率大的即食梅香黄鱼要求的杀菌恒温时间大于升降温速率小的。这是由于升降温越慢, 则升降温阶段所贡献的 F 值、 C 值越大, 因此所需的恒温时间则越少。对于 C 值来说, 升降温速率快的即食梅香黄鱼表面 C 值更大, 两者中心 C 值接近。对于 C/F 来说, 升降温速率快, C/F 也更大。相同杀菌强度、杀菌温度下, 升降温速率快, 鱼皮易被破坏, 可能是表面 C 值过大, 并且鱼皮温度与鱼肉温度差异过大所致。

2.4 相同杀菌温度下不同升降温速率时即食梅香黄鱼汁液流失率比较

表7 相同杀菌温度(121.1℃)下不同升降温速率时的即食梅香黄鱼汁液流失率

Table 7 Water loss rate of ready-to-eat fermented yellow croaker at different heating and cooling rates and the same sterilization temperatures

杀菌温度/℃	杀菌时间/min	f_h/min	f_c/min	F/min	汁液流失率/%
121.1	17	10.99	12.32	3.562	5.96
	19			4.795	9.10
	18	12.61	14.08	4.450	9.64
	16	13.04	15.08	4.519	10.80

表7表明, 121.1℃、19min, $f_h = 10.99\text{min}$, $f_c = 13.32\text{min}$ 与 121.1℃、18min, $f_h = 12.61\text{min}$, $f_c = 14.08\text{min}$ 和 121.1℃、16min, $f_h = 13.04\text{min}$, $f_c = 15.08\text{min}$ 的 F 值接近, 但汁液流失率依次增大。这说明升降温速率快更有利于减轻杀菌后的汁液流失。

3 结 论

相同喷淋水升降温速率下, 杀菌时间越长, F 值增加越明显; 杀菌温度越高, F 值、 C 值的增加越明显。

相同杀菌温度下, 在达到相同 F 值时, 喷淋水升降温速率快慢相比, 所需的杀菌恒温时间是速率快的大于慢的, 前者表面 C 值更大, 两者中心 C 值接近, 前者 C/F 也更大。

相同喷淋水升降温速率、 F 值下, 高温短时杀菌色泽、质构好、汁液流失率少。

相同杀菌温度、 F 值下, 喷淋水升降温速率快, 汁液流失率少, 但容易脱皮。可能是表面 C 值过大, 并且表面温度与中心温度差异过大所致。

参考文献:

- [1] 沈月新. 水产食品学[M]. 北京: 中国农业出版社, 2001: 213.
- [2] 梅灿辉, 李汴生, 吕梦莎, 等. 梅香黄鱼低盐腌制过程中的渗透规律研究[J]. 食品与发酵工业, 2010, 36(10): 18-24.
- [3] 梅灿辉, 李汴生, 吕梦莎, 等. 梅香黄鱼低盐腌制 - 发酵过程中的品质变化规律研究[J]. 现代食品科技, 2010, 26(11): 1185-1191.
- [4] ALI A A, SUDHIR B, MALLICK A K, et al. Effect of rotation on process time of thermally processed mackerel in oil in aluminum cans[J]. Journal of Food Process Engineering, 2008, 31(2): 139-154.
- [5] RAMASWAMY H S, GRABOWSKI S. Thermal processing of Pacific salmon in steam/air and water-immersion still retorts: influence of container type/shape on heating behavior[J]. LWT-Food Science and Technology, 1999, 32(1): 12-18.
- [6] 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.
- [7] MOHAN C O, RAVISHANKAR C N, BINDU J. Effect of thermal process time on quality of “Shrimp Kuruma” in retortable pouches and aluminum cans[J]. Journal of Food Science, 2006, 71(6): 496-500.
- [8] BINDU J, RAVISHANKAR C N, T K, GOPAL T K S, et al. Investigation of shelf life and heat penetration attributes of ready-to-eat “fish peera” from Anchovy (*Stolephorous commersoni*) in retort pouches[J]. Journal of Food Processing and Preservation, 2010, 34(1): 207-222.
- [9] HOLDSWORTH S D, SIMPSON R. Thermal processing of packaged foods[M]. 2nd ed. New York, USA: Springer Publishing Company, 2007.
- [10] AL-BAALI A G, FARID M. Sterilization of food in retort pouches[M]. New York, USA : Springer Publishing Company, 2006.
- [11] 曾庆孝, 芮汉明, 李汴生. 食品加工与保藏原理[M]. 北京: 化学工业出版社, 2007.
- [12] 单再成, 邓林伟. F 值、 C 值、 E 值及热力杀菌的最佳条件[J]. 中国果菜, 2000(6): 24-25.
- [13] KRESS R E, BRIMELOW C J B. Instrumentation and sensors for the food industry[M]. Abington, USA: Woodhead Publishing Limited, 2000: 71.
- [14] BOURNE M C. Food texture and viscosity: concept and measurement [M]. 2nd ed. Salt Lake City, USA: Academic Press, 2002.
- [15] VELAND J O, TORRISSEN O J. The texture of Atlantic salmon (*Salmo salar*) muscle as measured instrumentally using TPA and Warner-Bratzler shear test[J]. Journal of the Science of Food and Agriculture, 1999, 79(12): 1737-1746.
- [16] 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 Preservation, 2002, 26(4): 267-278.