热杀菌条件对金枪鱼罐头品质的影响

王亮[1]，刘东红[1,2]
（1.浙江大学生物系统工程与食品科学学院，浙江杭州 310058）
（2.浙江大学馥莉食品研究院，浙江杭州 310058）

摘要:通过对 185 g 盐水浸金枪鱼罐头进行热穿透测试,以罐中心点致死率 F_0=8 min 为目标获得 110 ℃、116 ℃、119 ℃、121 ℃、124 ℃和 127 ℃下的热穿透参数。得出随着杀菌温度的提高，杀菌时间可以显著减少（P<0.05）。相对与 110 ℃杀菌，采用 116 ℃、119 ℃、121 ℃、124 ℃和 127 ℃，杀菌时间可以分别减少 58.94%、60.98%、71.14%、74.19%和 78.46%。相同致死率下，采用较高温度杀菌可以显著减少 C 值（cook value）和 C/F_0 值（P<0.01）。L*值随杀菌温度的提高逐渐上升(P<0.01)，110 ℃时为 58.76，127 ℃时为 71.30。a*和 b*值则呈下降趋势。硬度随杀菌温度的提高而增大(P<0.05)，110 ℃时为 472.57g，127 ℃最大为 796.03 g。挥发性盐基氮（TVB-N）值随杀菌温度的提高而减小(P<0.05)，110 ℃时为 25.56 mg/kg 样品，127 ℃时则为 15.63 mg/kg 样品。硫代巴比妥酸（TBA）值受杀菌温度影响显著（P<0.05），在 110 ℃最小为 0.92 mg MDA/kg 样品，127 ℃时最大为 2.26 mg MDA/kg 样品，反映了实验条件下，采用相对较高温度杀菌可以相对提高金枪鱼罐头的品质。

关键词：热杀菌；金枪鱼罐头；品质
文章篇号：1673-9078(2015)4-242-247 DOI: 10.13982/j.mfst.1673-9078.2015.4.039

The Effects of Thermal Sterilization on the Quality of Tinned Tuna

WANG Liang[1], LIU Dong-hong[1,2]
(1.College of Biosystems Engineering and Food Science, Zhejiang University, Hangzhou 310058, China)
(2.Fuli Institute of Food Science, Zhejiang University, Hangzhou 310058, China)

Abstract: A heat penetration test was conducted on tinned tuna in brine (185 g) in this study. The heat penetration parameters were determined at six different temperatures (110, 116, 119, 121, 124, and 127 ℃), using a lethality value of F_0 = 8 min from the center of the tin. The results of this study showed that a higher sterilization temperature could significantly shorten sterilization time (P < 0.05). The sterilization time was reduced by 58.94%, 60.98%, 71.14%, 74.19%, and 78.46%, when sterilization temperatures of 116, 119, 121, 124, and 127 ℃ were applied, respectively (compared to the time required for sterilization at 110 ℃). Higher sterilization temperatures at the same lethality caused a significant reduction in the cook value (C) and C to F_0 value (P < 0.01). The increase in sterilization temperature caused a gradual increase in L* value (P < 0.01), from 58.76 at 110 ℃ to 71.30 at 127 ℃. On the other hand, the a* and b* values displayed decreasing trends. The hardness of the tuna samples increased with the increase in sterilization temperature (P < 0.05), from 472.57 g at 110 ℃ to 796.03 g (maximum) at 127 ℃. On the other hand, the total volatile basic nitrogen value (TVB-N) decreased with increasing sterilization temperature (P < 0.05), from 25.56 mg/kg sample (at 110 ℃) to15.63 mg/kg sample (at 127 ℃). Thiobarbituric acid (TBA) content was also significantly affected by the sterilization temperature (P < 0.05), with a minimum value of 0.92 mg MDA/kg sample observed at 110 ℃ and a maximum value of 2.26 mg MDA/kg sample observed at 127 ℃. These results indicated that the quality of tinned tuna could be improved by the utilization of a relatively high sterilization temperature.

Key words: thermal sterilization; tinned tuna; quality

金枪鱼因其肉质柔嫩，富含蛋白质、脂肪、维生素和微量元素，尤其是有“脑黄金”之称的 DHA 和 EPA 等 n-3 多不饱和脂肪酸及蛋氨酸,被国际营养学会推荐为三大营养鱼之一[1]。随着人们生活水平的提高和健康观念的转变，国内外对金枪鱼的需求正逐步上升。而金枪鱼罐头作为一种金枪鱼产品的主要消费形式，一直深受欧美国家消费者的喜爱。

热杀菌是金枪鱼罐头加工过程中一个非常重要的工艺环节，其主要目标是杀死腐败微生物从而达到延

收稿日期：2014-08-18
基金项目：国家高技术研究发展计划（2011AA100804）；宁波市重点科技攻关项目（2012C10028）
作者简介：王亮（1991-），男，硕士研究生，研究方向：食品热杀菌模拟与优化
通讯作者：刘东红（1968-），女，博士，教授，研究方向：食品加工装备与自动化；食品无损检测和快速分析技术；食品加工过程的信息化技术应用

长金枪鱼货架期的目的。然而，我国出口金枪鱼罐头热杀菌采用的杀菌公式大多数是根据比奇洛基本法、鲍尔改良法、公式法和列图线法等得来的。这些方法比较粗略且都侧重于微生物的致死，忽视了不可避免的会引起金枪鱼罐头内部的化学反应，如色泽、质构、风味、蛋白质、脂肪等变化，从而过渡损害罐头的品质。所以如何选择一个适当的杀菌工艺，既能杀灭微生物，同时能尽可能的减少对罐头品质的影响显得十分重要。

目前，在罐头食品热杀菌过程中，对水产品罐头中蛋白质[2]、脂肪[3]、氨基酸和维生素等[4]的变化做过一些工作，主要是集中在单一的杀菌温度和杀菌时间对这些品质指标的影响。对金枪鱼的研究也主要集中在冷冻[5]，气调保鲜[6]，蒸煮[1]等工艺研究，然而很少有在同一致死率条件下研究金枪鱼罐头品质的变化情况的报道。本文通过对金枪鱼罐头进行热穿透实验，找出同一致死率下的杀菌温度和时间的组合，进而研究这些杀菌条件下的金枪鱼色泽、质构、TVB-N，TBA等含量的变化，为金枪鱼罐头热杀菌过程优化作参考。

1 材料与方法

1.1 材料与试剂

黄鳍金枪鱼：浙江宁波今日食品有限公司，冰浴保温运送到实验室后，放在-80 ℃冰箱里冷冻保藏（冰箱温度变化范围-79 ℃~-80 ℃）。金属罐：307×113型，浙江宁波今日食品有限公司。食盐：超市自购。

三氯乙酸、硫代巴比妥酸（TBA）、氧化镁、硼酸、乙二胺四乙酸（EDTA）、浓盐酸均为分析纯。

1.2 仪器与设备

G154DWS 型全自动高压灭菌锅，致微（厦门）仪器有限公司；TA-XT2i 型物性仪，英国 Stable Micro System 公司；CHROMA METER CR-400 色差仪，KONICA MINOLTA SENSING,ING 公司；电动封罐机，DFJ160 型，上海多元机械设备有限公司。UV2550 紫外-可见分光光度计，日本岛津公司；FSH-2A 高速匀浆机，金坛市城东新瑞仪器厂；New BRUNSWICK Premium U410 立式超低温冰箱，艾本德中国。

1.3 实验方法

1.3.1 热穿透试验

将金枪鱼从-80 ℃冰箱中取出，流水解冻至鱼体温度达 0~5 ℃。用刀去除鱼头，腹部和内脏，清洗血迹，100 ℃蒸煮 80 分钟[7]后放冷，用小刀去除骨头和红肉。将白肉切成约长×宽×高为 3 cm×2 cm×2 cm 块状后，按每罐 130 g 金枪鱼肉（块肉+碎肉）+55g 纯净水+2.2 g 食盐装罐，预先在金属罐盖中心打孔，将 Data Trace 温度探针伸至罐体几何中心处，在探针上做标记，取下探头，封罐后，再将探针插回原处，如图 1 所示。将金属罐放入全自动高压灭菌锅中，同时在杀菌锅中也放置一个温度传感器，分别采用 110 ℃、116 ℃、119 ℃、121 ℃、124 ℃和 127 ℃灭菌，每一个温度条件下放置 3 个带探针的罐头。在灭菌的降温阶段杀菌锅温度为 95 ℃左右，打开杀菌锅，取出金属罐放置于冷水中冷却一段时间后，读取杀菌锅温度与罐内中心点温度。在每一温度条件下多次测试直至罐中心点致死率 F_0=8 min[8]。获得杀菌条件后，重新将封罐好的罐头再次杀菌，每组 3 个平行。杀菌后放置 4 ℃冰箱，待分析。

罐头中心点的致死率值计算如下：

$$F(t)=\int_0^t 10^{\frac{(T-T_{ref})}{Z}}dt \quad (1)$$

其中 t-杀菌时间；T-罐中心点温度；T_{ref}-参考温度，取 121.1 ℃；Z-取 10 ℃。

Mansfield T 于 1962 年提出了 C 值（cook value）的概念[9]，以比较经热处理后食品品质的降低程度即：

$$C(t)=\int_0^t 10^{\frac{(T-T_{refq})}{Z_q}}dt \quad (2)$$

其中 Trefq-参考温度，取 100 ℃；Zq -取 33 ℃。

显然，C 值愈小，说明热处理过程对食品品质的破坏越小，即食品的品质越佳。

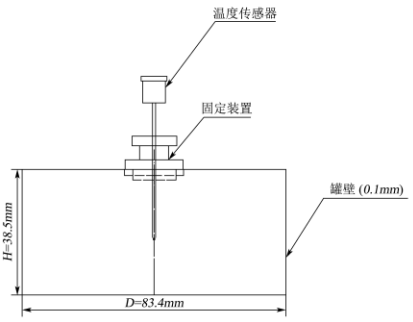


图 1 测温装置示意图

Fig.1 Schematic sketch of the temperature measuring device

1.3.2 色泽分析

将罐头打开，倒出盐水，取出块状鱼肉用色差仪测量其 L*值、a*和 b*值的变化，同时取原鱼解冻后以及蒸煮后的鱼肉测定其色泽变化。

1.3.3 质构分析

将罐头打开，倒出盐水，取出块状鱼肉并按垂直于厚度方向平放。测定条件为：探头型号 P5；实验前速率 5.0 mm/s；实验速率 1.0 mm/s；实验后速率 5.0

mm/s；压缩变形 75%，时间间隔 5s，压缩 2 次。观察其硬度、内聚力、咀嚼性和弹性的变化。

1.3.4 挥发性盐基氮（TVB-N）测定

TVB-N 的含量，按照 GB5009.44-2003 半微量定氮法测定。

1.3.5 硫代巴比妥酸值（TBA）测定

TBARS值的测定参照顾伟刚等[10]的方法，具体方法如下：取约10 g肉样研细，加50 mL 7.5%的三氯乙酸(含0.1% EDTA)，用高速匀浆机15000 r/m下连续处理30 s后过滤。取滤液5 mL，加入5 mL 0.02 mol/L TBA溶液，沸水浴30 min，取出后流水冷却10 min，用紫外-可见分光光度计测定反应溶液在波长532 nm处的吸光值。通过与TEP 标准曲线的对照计算TBARS值，其结果用mg MDA/kg (以肉样计)表示(MDA为丙二醛)。

标准曲线的制备：精确称取0.2 g TEP，溶解并定容至1000 mL，制成200 mg/L TEP标准溶液。再取200 mg/L TEP溶液配制2 mg/L TEP标准溶液用于以下实验：于10.0 mL试管中，分别加入0、0.8、1.6、2.4、3.2、4.0和5.0 mL的2 mg/L TEP标准溶液，用去离子水补足至5.0 mL，再各加5.0 mL的0.02 mol/L TBA溶液，沸水浴30 min，取出后流水冷却10 min，于波长处532 nm处测定吸光值。

1.3.6 统计分析

每个样品设3个平行，采用Origin 8.5 和SPSS 22.0软件进行数据分析。测定结果以平均值±标准偏差表示。实验数据采用ANOVA进行Duncan差异分析，以P<0.05为差异显著。

2 结果与讨论

2.1 F_0=8 min 下不同杀菌条件的获得

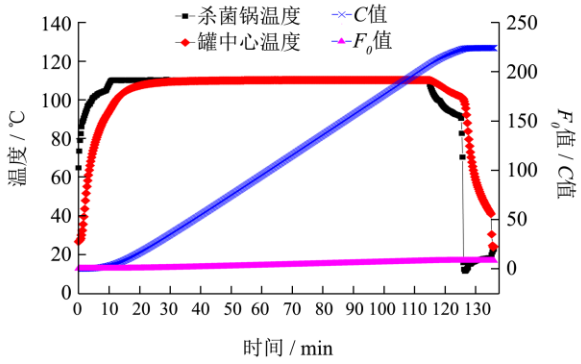


图 2 110 ℃杀菌条件下罐头热穿透曲线与中心点 F_0值、C 值变化

Fig.2 Heat penetration curves displaying the changes in the center point F_0 value and cook value of tinned tuna sterilized at 110 ℃

图2~7分别为110 ℃、116 ℃、119 ℃、121 ℃、124 ℃和127 ℃条件下测得的热穿透曲线及F_0值、C值的变化情况。

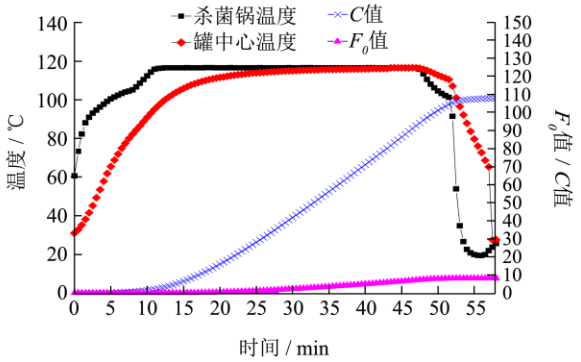


图 3 116 ℃杀菌条件下罐头热穿透曲线与中心点 F_0值、C 值变化

Fig.3 Heat penetration curves showing the changes in the center point F_0 value and cook value of tinned tuna sterilized at 116 ℃

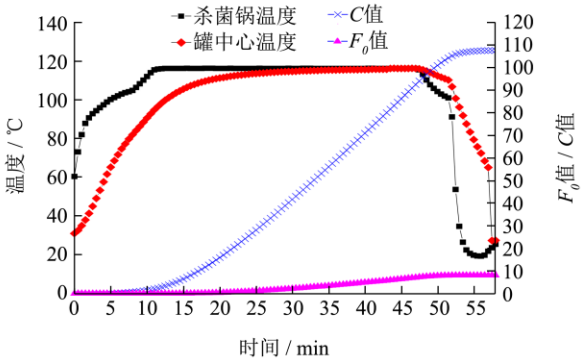


图 4 119 ℃杀菌条件下罐头热穿透曲线与中心点 F_0值、C 值变化

Fig.4 Heat penetration curves showing the changes in the center point F_0 value and cook value of tinned tuna sterilized at 119 ℃

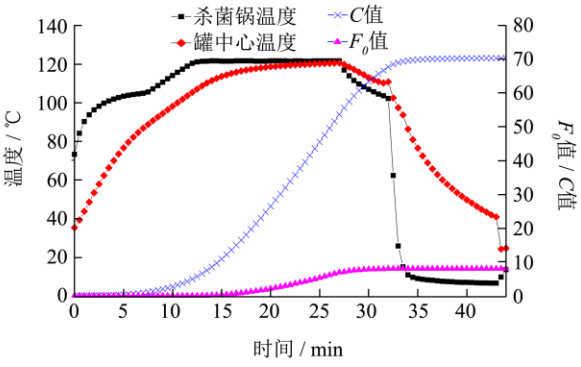


图 5 121 ℃杀菌条件下罐头热穿透曲线与中心点 F0 值、C 值变化

Fig.5 Heat penetration curves showing the changes in the center point F_0 value and cook value of tinned tuna sterilized at 121 ℃

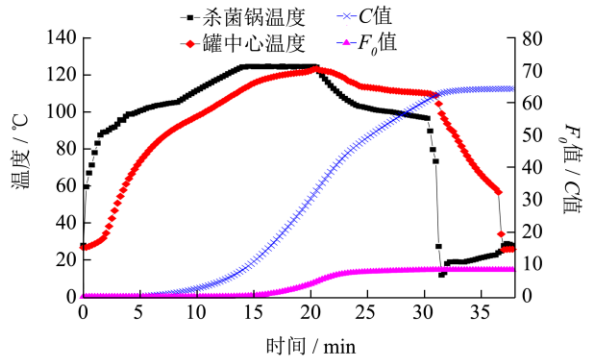


图 6 124 ℃杀菌条件下罐头热穿透曲线与中心点 F_0值、C 值变化

Fig.6 Heat penetration curves showing the changes in the center point F_0 value and cook value of tinned tuna sterilized at 124 ℃

由表1可以看出，升温时间随着杀菌温度的提高逐渐增加(P<0.05)，恒温时间和总时间随着杀菌温度的提高显著减少（P<0.01），这是由于致死率是温度对时间的累计值，杀菌温度的提高必然导致杀菌时间的减少，分析得出相对与110 ℃杀菌，采用116 ℃、119 ℃、121 ℃、124 ℃和127 ℃，杀菌时间可以分别减少58.94%、60.98%、71.14%、74.19%和78.46%。

C 值反映罐头食品在热杀菌过程中品质的损失情况，在达到指定的致死率下应尽可能减少[11]。由表1可以看出C 值随着杀菌温度的提高显著减少（P<0.01）。相对与110 ℃杀菌，采用116 ℃、119 ℃、121 ℃、124 ℃和127 ℃，C 值可以分别减少50.86%、57.44%、68.59%、71.94%和2.44%。

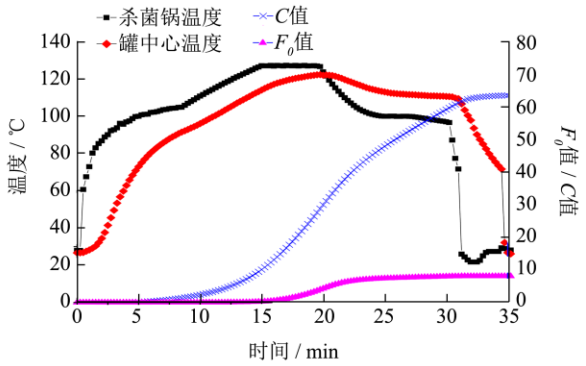


图 7 127 ℃杀菌条件下罐头热穿透曲线与中心点 F0 值、C 值变化

Fig.7 Heat penetration curves showing the changes in the center point F_0 value and cook value of tinned tuna sterilized at 127 ℃

C/F_0值是反映罐头食品杀菌后质量剩余(质构、色泽等)的一个重要指标[11]，随杀菌温度的提高显著减少（P<0.01），暗示着随着杀菌温度的提高，品质保留越来越好。

表 1 各个杀菌温度下金枪鱼罐头热穿透参数

Table 1 Heat penetration parameters of tinned tuna at different sterilization temperatures

参数	110 ℃	116 ℃	119 ℃	121 ℃	124 ℃	127 ℃
升温时间/min	9.75±1.06^{c}	11.75±0.35^{b,c}	14.50±1.41^{a,b}	14.25±1.77^{a,b}	15.00±1.41^{a}	15.50±0.71^{a}
恒温时间/min	105.00±1.41^{a}	32.88±3.71^{b}	27.75±2.47^{b}	15.50±2.12^{c}	8.25±2.47^{d}	3.75±1.06^{d}
总时间/min	123.00±4.24^{a}	50.5±2.12^{b}	48±3.53^{b}	35.50±1.52^{c}	31.75±0.35^{c,d}	26.5±2.12^{d}
C 值/min	218.37±8.32^{a}	107.32±0.56^{b}	92.94±6.60^{c}	68.59±2.12^{d}	61.27±4.04^{d}	60.19±4.88^{d}
F_0 值/min	8.00±0.06	8.08±0.07	8.09±0.01	8.01±0.13	8.19±0.11	7.99±0.13
C/F_0	27.29±0.87^{a}	13.26±0.05^{b}	11.50±0.83^{c}	8.56±0.40^{d}	7.47±0.40^{d}	7.52±0.48^{d}

注：同行小写字母不同表示在P<0.05水平差异有统计学差异；n=3。

2.2 不同杀菌条件下色泽比较

表2给出了原鱼解冻后，蒸煮后以及各个杀菌条件下的L*、a*和b*值。可以看出原鱼的L*值和b*值蒸煮后显著提高（P<0.05），a*显著减少(P<0.05)，结果与Fanbin Kong[12]等相似，这可能是由于鱼肉中的血红蛋白和肌红蛋白等在蒸煮过程中变性导致的。在杀菌过程中L*值随着杀菌时间的延长而逐渐降低（P<0.01），127 ℃时L*值为71.30，在119 ℃~127 ℃之间没有显著性差异，但比110 ℃与116 ℃时要高，可能是由于罐内产生的美拉德反应所致，杀菌时间越长，褐变越严重[12]。a*值和b*值随着杀菌温度的增加大致呈降低趋势（P<0.05），a*值在110 ℃时最高为7.94，124 ℃时最低为5.93。b*值在110 ℃时最高为25.27，119 ℃时最低降为18.69。这与Bhattacharya等[13]得出的随杀菌温度的提高，可以增加鱼肉白度值，减少红度与黄度值的结论一致。

2.3 不同杀菌条件下质构特性比较

表3显示了原鱼、蒸煮鱼及各个杀菌温度下金枪鱼肉TPA测试结果，鱼肉蒸煮后，其硬度、内聚力、咀嚼性都显著增加（P<0.05），弹性略有下降。这可能是肌原纤维蛋白变性所致。在杀菌过程中，鱼肉的硬度值逐渐降低，且受杀菌温度影响显著（P<0.05），杀菌温

度越高，硬度下降的越小，110 ℃时为472.57 g，127 ℃最大为796.03 g，其中119 ℃、121 ℃、124 ℃与127 ℃四组硬度数值没有显著性差异，但显著的比110 ℃和116 ℃时的硬度值大。这可能是鱼肉在经过蒸煮变硬后，随着胶原蛋白的凝胶与溶解，紧接着进入一个软化过程，且软化的速率受杀菌温度与杀菌时间的影响[12]。内聚力与咀嚼性随着杀菌温度的提高影响显著（P<0.05），都在呈现出先下降再升高的趋势，然而内聚力在119 ℃、121 ℃、124 ℃与127 ℃四组条件中没有显著差异，但比110 ℃与116 ℃条件时显著增高。而弹性的大小受杀菌温度影响不大（P>0.05）。

表 2 原鱼、蒸煮后鱼及各个杀菌温度下金枪鱼色泽特性

Table 2 Color characteristics of raw, retorted, and tinned tuna in brine after sterilization at different temperatures

	L*	a*	b*
原鱼	37.54±3.11^{e}	9.76±0.98^{a}	7.24±1.24^{e}
蒸煮后	74.20±2.49^{a}	6.54±0.45^{c,d}	14.12±2.00^{d}
110 ℃	58.76±2.74^{d}	7.94±1.66^{b}	25.27±2.21^{a}
116 ℃	69.50±2.63^{c}	7.89±0.58^{b}	23.88±2.35^{a}
119 ℃	70.32±2.66^{b,c}	6.58±0.99^{c,d}	18.69±1.82^{c}
121 ℃	70.55±1.11^{b,c}	6.85±0.22^{c,d}	21.60±1.17^{b}
124 ℃	71.97±1.80^{a,b}	5.93±0.30^{d}	19.76±1.93^{b,c}
127 ℃	71.30±0.98^{b,c}	7.31±0.47^{b,c}	18.87±1.06^{c}

注：同列小写字母不同表示在P<0.05水平差异有统计学差异；n=6。

表 3 原鱼、蒸煮鱼及各个杀菌温度下金枪鱼质构特性

Table 3 Texture of raw, retorted, and tinned tuna in brine after sterilization at different temperatures

	硬度/g	内聚力	咀嚼性	弹性
原鱼	242.06±24.83^{e}	0.32±0.03^{e}	69.49±16.47^{e}	0.90±0.05
蒸煮后	876.25±35.24^{a}	0.40±0.06^{a}	256.03±30.05^{b}	0.75±0.03
110℃	472.57±39.43^{d}	0.38±0.05^{d}	158.91±64.93^{c,d}	0.85±0.38
116℃	596.22±64.90^{c}	0.31±0.10^{c}	140.87±93.27^{d}	0.75±0.12
119℃	727.38±81.17^{b}	0.40±0.06^{b}	222.07±43.04^{b,c}	0.77±0.07
121℃	730.22±127.28^{b}	0.42±0.13^{b}	262.44±44.80^{b}	0.83±0.05
124℃	766.41±155.90^{a,b}	0.50±0.10^{a,b}	338.70±48.94^{a}	0.88±0.17
127℃	796.03±163.71^{a,b}	0.48±0.11^{a,b}	342.42±72.95^{a}	0.89±0.11

注：同列小写字母不同表示在P<0.05水平差异有统计学差异；n=6。

2.4 不同杀菌条件下 TVB-N 值的比较

TVB-N值通常用来评价水产鲜度的重要指标之一。它反应水产蛋白质因内源性酶或者微生物的作用分解而产生的挥发性氨及胺类等碱性含氮挥发物质的情况，这些化合物含量越低，TVB-N值越低，说明水产品新鲜度越好[14]。

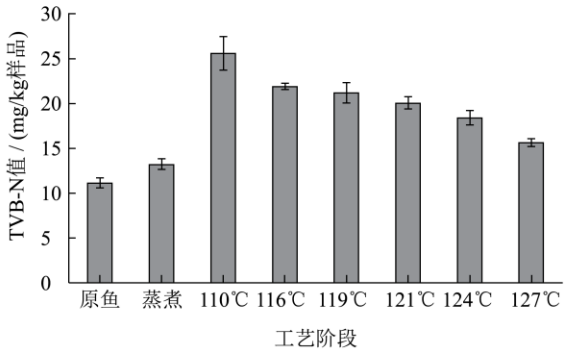


图 8 各个工艺阶段下金枪鱼 TVB-N 值变化

Fig.8 Change in total volatile basic nitrogen value (TVB-N) of tuna during processing

图8反映了在金枪鱼罐头加工过程中各个阶段的TVB-N含量情况。金枪鱼解冻后TVB-N含量约11.13 mg/kg样品，蒸煮后含量增加至13.19 mg/kg样品。在不同的杀菌条件下，TVB-N的含量随杀菌温度的增加显著减小（P<0.01），110 ℃时为25.56 mg/kg样品，127 ℃时则降解为15.63 mg/kg样品。这可能是因为杀菌时间越长，蛋白质分解的越多，因此TVB-N含量不仅可以作为原鱼新鲜度的指标，也可以作为水产品罐头是否过加工的重要标志。

2.5 不同杀菌条件下 TBA 值测定

TBA值是指油脂中不饱和脂肪酸氧化分解所产生的次级产物如丙二醛等与TBA 反应的结果，其值的高低表明脂肪次级氧化的程度[10]。

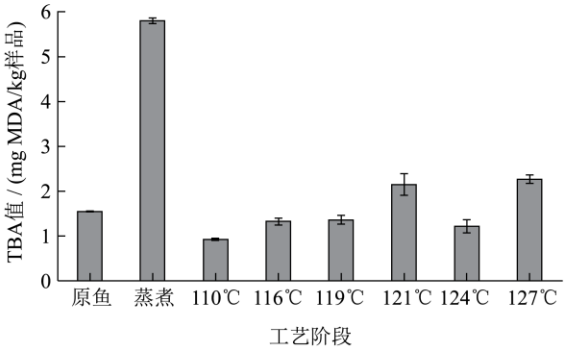


图 9 各工艺阶段下金枪鱼硫代巴比酸（TBA）值变化

Fig.9 The change in thiobarbituric acid value (TBA) of tuna during processing

由图9可知，原料鱼的TBA值为1.54 mg MDA/kg样品，经蒸煮后上升为5.80 mg MDA/kg样品，说明高温水煮后，脂肪氧化明显，但是经过杀菌后，TBA值均有所下降。这可能是脂肪氧化产物在高温杀菌阶段有所分解或者转化为其他产物。不同的杀菌条件下，TBA值变化显著（P<0.01），110 ℃最小为0.92 mg MDA/kg

样品，127 ℃时最大为2.26 mg MDA/kg样品，基本上杀菌时间越长，氧化产物降解越多，TBA值越小。图中124 ℃时。TBA值明显低于121 ℃和127 ℃，可能是由于氧化产物的降解或者转化速度受杀菌温度与杀菌时间共同影响的结果。

然而本次研究受条件限制，主要在实验室里进行的，所用全自动杀菌设备无反压冷却装置，且工厂车间的罐头杀菌都是成批的进行，这可能导致实验结果的误差。从不同温度下的杀菌时间可以看出，高温短时确实有利于罐头品质的提高，但就杀菌稳定性较差，不同的罐头杀菌致死率偏差较大，这就可能引起一些罐头杀菌不足，而另一些罐头过杀菌的现象。

3 结论

3.1 本文通过对185 g盐水浸金枪鱼罐头进行热穿透测试，获得罐中心点致死率F_0=8 min时各个杀菌温度下的热穿透参数。得出随着杀菌温度的提高，杀菌时间可以显著减少。相对与110 ℃杀菌，采用116 ℃、119 ℃、121 ℃、124 ℃和127 ℃，杀菌时间可以分别减少58.94%、60.98%、71.14%、74.19%和78.46%。相同致死率下，采用较高温度杀菌可以显著减少C至和C/F_0值，从而有利于罐头品质的保留。

3.2 金枪鱼色泽受杀菌条件影响显著，119 ℃~127 ℃的L*值显著高于110 ℃~116 ℃，随着杀菌温度的提高逐渐上升，a*和b*则呈下降趋势。硬度随杀菌温度的上升逐渐增大其值在119 ℃~127 ℃之间要显著高于110 ℃~116 ℃条件时，内聚力和咀嚼性表现出先减小后增加的趋势。

3.3 TVB-N值随着杀菌时间的延长而逐渐增大，TBA值则表现为随杀菌时间的延长而逐渐降低。然而本文的研究受实验条件限制，并不能完全模拟工厂的杀菌工艺，具体的杀菌工艺优化可能要在工厂进行试验才能完全得出，但本文为金枪鱼罐头热杀菌工艺的优化提高参考。

参考文献

[1] 孙丽.金枪鱼肉在蒸煮过程中品质特性变化的研究[D].无锡:江南大学,2009
SUN Li. Quality changes of tuna during steam cooking [D]. Wuxi: Jiangnan University, 2009

[2] Sanmartin E, Arboleya J C, IIoro I, et al. Proteomic analysis of processing by-products from canned and fresh tuna: Identification of potentially functional food proteins [J]. Food Chemistry, 2012, 134(2): 1211-1219

[3] Stephen N M, Shakila R J, Jeyasekaran G, et al. Effect of different types of heat processing on chemical changes in tuna [J].Journal of Food science and Technology, 2010, 47(2): 174-181

[4] Sun D W. Thermal food processing: new technologies and quality issues, second edition [M]. Boca Raton, London, New York: CRC Press, 2012

[5] 路昊,包建强.黄鳍金枪鱼肉在不同冻藏温度下品质变化的动力学研究[J].现代食品科技,2007,23(2):5-7
LU Hao, BAO Jian-qiang. Kinetics study on the quantity of yellow fin tuna fish at different storage temperatures [J]. Mordem Food Science and Technology, 2007, 23(2): 5-7

[6] 罗殷.金枪鱼肉食用品质变化的研究[D].上海:上海海洋大学,2008
LUO Yin. Research on quality change of tuna [D].Shanghai: Shanghai Ocean University, 2008

[7] 杨邦英.罐头工业手册[M].北京:中国轻工业出版社, 2002
Yang Bang-ying. Handbook of canned food industry [M].Beijing: China Light Industry Press, 2002

[8] Mohan C O, Ravishankar C N, Bindu J, et al. 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

[9] 王亮,周建伟,邵澜媛,等.罐头食品热杀菌过程优化的研究进展[J].食品工业科技,2013,34(20):377-380
WANG Liang, ZHOU Jian-wei, SHAO Lan-yuan, et el. Research progress in the optimization of thermal sterilization in canned food [J]. Science and Technology of Food Industry, 2013, 34(20): 377-380

[10] 顾伟钢,张进杰,姚燕佳,等.红烧肉制作过程中脂肪氧化和脂肪酸组成的变化[J].食品科学,2011,32(17):76-80
GU Wei-gang, ZHANG Jin-jie, YAO Yan-jia, et al. Lipid oxidation and fatty acid composition change during the processing of stewed pork [J].Food Science, 2011, 32(17): 76-80

[11] 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

[12] Kong F B, Tang J M, Rasco B, et al. Kinetics of salmon quality changes during thermal processing [J]. Journal of Food Engineering, 2007, 83(4): 510-520

[13] Bhattacharya S, Choudhury G S, Studebacker S. Color changes during thermal processing of Pacific chum salmon [J]. Journal of Aquatic Food Product Technology, 1994, 3(1):

39-48

[14] 任西营.生物保鲜剂在带鱼制品中的应用研究[D].杭州:浙江大学,2014

REN Xi-ying. Effects of bio-preservatives on the quality of hairtail product [D]. Hangzhou: Zhejiang University, 2014

现代食品科技