

冻藏鳀鱼(*Katsuwonus pelamis*)热处理过程中的品质特性变化及组胺消长规律研究*

王婷¹ 谢超^{1①} 张宾¹ 杨金生¹ 傅永国²

(1. 浙江省海产品健康危害因素关键技术研究重点实验室 浙江海洋学院食品与医药学院 舟山 316022;

2. 舟山市千岛水产有限公司 舟山 316200)

摘要 采用液相色谱-紫外检测器法、质构法等方法研究了鳀鱼在热处理过程中鱼肉的外形尺寸、质构特性、营养品质和酸度等随中心温度变化的情况。结果表明,随着鱼体中心温度不断升高,鳀鱼的长度先快后慢的发生了收缩,80°C 时收缩率达 24.56%;宽度先膨胀后收缩,80°C 时膨胀率达到 12.15%,厚度则一直膨胀,80°C 时膨胀率达 22.17%;鳀鱼硬度和咀嚼性变化趋势大致相同,弹性则一直降低,内聚性波动很大,但总体上升;盐溶性蛋白、碱不溶性蛋白、水溶性蛋白逐渐减少,且 60°C 时已检测不出水溶性蛋白,碱溶性蛋白和非蛋白氮逐渐增加;鳀鱼肉的酸度不断增加。同时对鳀鱼热处理过程中组胺含量进行了研究,结果表明鳀鱼中组胺在热处理后有所增加,且初始原料组胺含量越高,热处理后增加越明显。该研究成果将为鳀鱼精深加工提供理论基础。

关键词 冻藏鳀鱼;蒸煮温度;品质特性;组胺

中图分类号 S912 doi: 10.11693/hyhz20150300074

鳀鱼(*Katsuwonus pelamis*),俗称炸弹鱼,属鲈形总目、金枪鱼亚目、金枪鱼科,其产量占金枪鱼渔业的 40%之多,是金枪鱼海洋捕捞中最为重要的目标鱼种之一。众所周知,金枪鱼的营养价值很高(方健民等, 2006; 洪鹏志等, 2006),鳀鱼也不例外,鳀鱼肉呈红色,蛋白质含量很高,富含 V_A、V_D 等维生素和微量元素,营养丰富,深受消费者喜爱。国外对鳀鱼的研究也十分广泛,目前的研究有渔业资源(Humber, 2004)、鳀鱼鱼卵中凝集素的分离与表征(Jung *et al*, 2003)、鳀鱼的繁殖能力(Maitane *et al*, 2014)等方面,国内有高萌等(2014)研究了流化冰保鲜对鳀鱼蛋白质的功能特性的影响,沈建华等(2006)研究分析了中西太平洋鳀鱼的渔获量,全晶晶等(2012)研究了加工温度对鳀鱼挥发性成分的测定,表明从鳀鱼肉中分离出的醇类、醛类等挥发性成分的含量随温度发生了变化,从而赋予不同温度下鳀鱼的特征风味。国内学者

孙丽等(2010)研究了温度对鳀鱼肉蛋白质热变性的影响,结果表明随着温度的增加,鳀鱼蛋白质发生热变性,肌肉收缩,导致其重量和水分含量减少,营养价值流失。缪函霖等(2014)也对蒸煮过程中金枪鱼的品质进行了研究。近年来,鳀鱼制成罐头深受消费者的青睐,金枪鱼罐头加工工艺的研究已经很成熟(王锭安, 1998; 陈仪男, 2003)。热处理是鳀鱼加工过程中非常重要的环节,在热处理时如果加热温度与方式不当,会导致鱼肉的营养价值损失,同时组胺类物质的生成也使产品存在质量问题,组胺的产生机制(谢超等, 2009)和检测方法(李志军等, 2009; 刘书臣等, 2013; 胡家伟等, 2014)前人已经研究得十分深入。特别是在实际生产中,鳀鱼的热加工过程会因为处理时间和温度的不同造成其外观尺寸、咀嚼性、营养品质等发生很大的差异,在这个过程中重量和水分的减少也会严重影响产品的出品率,这对生产企业

*浙江省重大科技项目, 2013C02023-2 号; 舟山市科技计划项目, 2014C41002 号, 2014C41010 号; 浙江省自然科学基金项目, LY13C200006 号; 浙江省教育厅项目, Y201328436 号。王婷, 硕士研究生, E-mail: zjouwt@163.com

① 通讯作者: 谢超, 副教授, E-mail: xc750205@163.com

收稿日期: 2015-03-12, 收修改稿日期: 2015-04-09

来说意味着巨大的损失。因此研究鳀鱼在热加工过程中各营养物质的变化情况和终产品的安全性很有必要,目前这方面的研究尚少。本文以冻藏鳀鱼为研究对象,通过对鳀鱼的外形尺寸、重量、营养价值、质构、酸度等随中心温度的变化情况进行研究分析,旨在探索出一种合理的热处理加工工艺,使得在生产加工过程中,鳀鱼产品的质量和品质更好,安全性更高。

1 材料与方 法

1.1 实验材料

鳀鱼(*Katsuwonus pelamis*),由舟山市越洋食品有限公司提供,于 -18°C 下冷冻保藏使用。

1.2 实验试剂

SDS-聚丙烯酰胺、N, N'-亚甲基双丙烯酰胺、SDS、甘油、TRIS-HCl、过硫酸铵、TEMED,实验所用试剂除特殊说明外均为分析纯。

1.3 实验仪器

200×0.01mm 游标卡尺;酸度计(PB-10,赛多利斯);分析天平(QUINTIX224,德国赛多利斯);数显高数匀质机(FJ200-S,上海标模);小型高速组织捣碎机(JJ-2,上海汗诺);TMS-PRO FTC 质构仪(北京盈盛恒泰);外抽式真空包装机(YSJX-600,河南豫盛),12207 型数字温度计。

1.4 实验方法

1.4.1 预处理 将鳀鱼采用温盐水解冻后去除内脏和鱼鳞,将其切成长3cm和宽3cm左右的方块,称好重量后分别装入聚乙烯袋中,用真空封口机封口。于 4°C 冰箱中放置24h待使用。

1.4.2 样品的加热 将温度计探针放入样品的几何中心,随后迅速放入蒸煮锅中加热。

1.4.3 样品尺寸测定。采用游标卡尺,分别测定鱼块加热前后鱼块的长、宽及厚度。测试时样品要保持自然状态。

1.4.4 鳀鱼失重率的测定 加热前将样品用电子分析天平称重,加热后,用滤纸将鱼体表面擦干后,待其温度降低至室温,用电子天平称量。失重率($\%$)= $[(\text{加热前的重量}-\text{加热后的重量})/\text{加热前的重量}]\times 100$ 。

1.4.5 样品质构特性的测定 用TMS-PRO质构仪对样品的硬度、弹性、内聚性、咀嚼性等进行测量。

1.4.6 蛋白质组分测定 参照 Visessanguan 等(2004)方法进行。

1.4.7 样品酸度的测定 将蒸煮前后的样品研磨充分后,称取5g于烧杯中,加入45mL去离子水,均

质3min,待其静置后,用pH计测定。

1.4.8 组胺变化的测定 采用 GB/T 20768-2006 方法对鳀鱼样品组胺进行测定。

2 结果与讨论

2.1 热处理温度对鳀鱼肉外形尺寸的影响

热处理对鳀鱼外形尺寸的影响见图1。在鳀鱼蒸煮过程中,随着热处理时间的延长,鳀鱼的长度呈现收缩的状态,热处理温度到达 80°C 时,鳀鱼热收缩到达最大,收缩率达到24%,即长度变为原来的3/4左右。研究发现,热处理初期,鳀鱼长度变化最为明显,在 50°C 时,长度收缩程度达到最大,但伴随热处理温度的进一步上升,长度收缩程度变缓。究其原因,热处理导致鳀鱼中肌原纤维蛋白质的收缩,而肌原纤维在长度上的收缩就引起了鱼体长度的收缩,结果见图1。

图2为鳀鱼宽度随热处理温度的变化。从图中可以看出,鱼块宽度伴随热处理温度的变化呈现膨胀状态。鱼块加热初期,伴随温度的上升,膨胀速率较快,当加热处理温度到达 60°C 左右时,鳀鱼块膨胀达到最大值13%左右,进一步提高加热蒸煮温度,鳀鱼鱼块宽度又呈现出收缩状态,没有进一步膨胀,当加热蒸煮最后时,鱼块的膨胀率到达相对稳定为

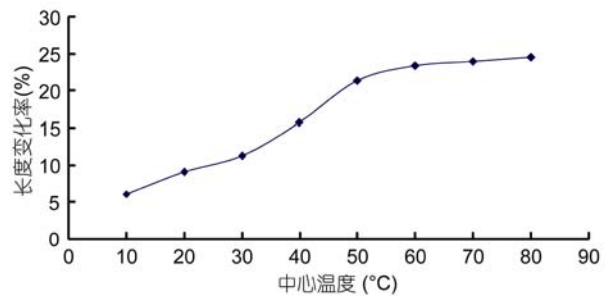


图1 鳀鱼长度随中心温度变化图

Fig.1 Graph of skipjack length with central temperature change

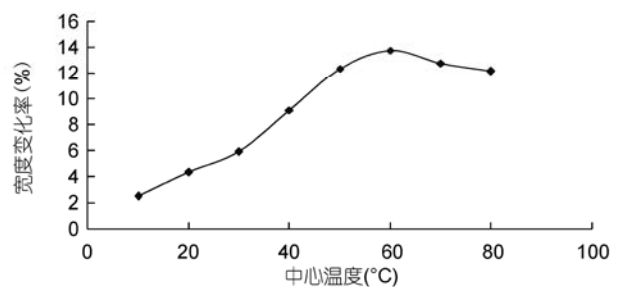


图2 鳀鱼宽度随中心温度变化图

Fig.2 Graph of skipjack width with central temperature change

12%左右。主要原因在于鱼块肌肉长度的缩短,对肌细胞产生了影响,引起细胞横向扩张,因此产生鱼块宽度的膨胀,当膨胀达到一定程度后,细胞中的汁液受到压力的进一步影响,排出细胞,因此鱼块宽度膨胀率变小。

图3为鲣鱼厚度变化与热处理温度的关系。从图可以看出,鲣鱼块的厚度伴随温度的上升,厚度呈现一致性收缩状态,从加热初期到加热终点,都没有出现拐点,但达到加热蒸煮的终点80°C时,鱼块厚度的收缩率为22%左右。原因在于伴随温度的上升,鱼块中纤维蛋白中的氢键、疏水键等将被打断,变成展开状态,大量的结合水转化为自由水,鱼块收缩。

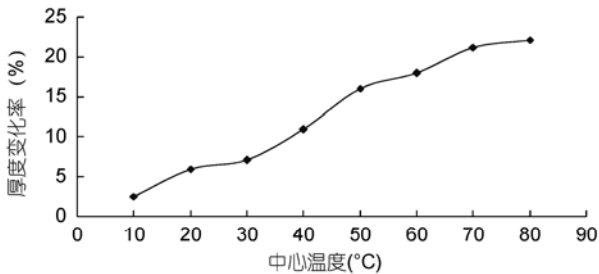


图3 鲣鱼厚度随中心温度变化图

Fig.3 Graph of skipjack thickness with central temperature change

2.2 热处理温度对鱼块失重率的影响

鲣鱼加热过程中失重率的变化如图4。从图4中可以看出,鱼块加热过程中均呈现出重量减少的状态,并且随着加热的进行,鱼块的重量一直在减少,中间没有出现拐点等情况。加热处理前期,鱼块失重率较大,加热后期失重率相对比较平稳,但总体来看,鱼块热处理过程中的失重率在20%左右。鱼块加热初期失重率的急速上升主要因为鱼肉表面的温度很快上升到蒸汽温度,热量迅速传递到鱼肉中心,导致鱼肉表面区域的蛋白质变性,细胞内的游离水被释放出来,重量减轻。

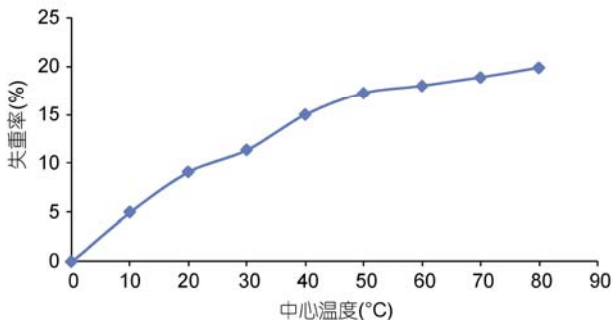


图4 加热过程中鲣鱼失重率的变化图

Fig.4 Graph of weight loss rate of skipjack in heat process

2.3 热处理温度对鲣鱼质构的影响

由图5可以看出,加热过程中鲣鱼质构发生了非常明显的变化。咀嚼性随中心温度上升表现出先急速上升后缓慢上升最后降低的变化趋势,主要原因是鱼块受热后蛋白质变性,肌动球蛋白的脱水收缩,导致咀嚼性升高,刚开始阶段,鱼块突然受热,蛋白质变化急速,因此咀嚼性上升快,中期阶段,传热速度变慢,蛋白质变性也变慢,后期阶段,蛋白质进一步受热影响,破坏了其中的氢键等结合键,导致蛋白质彻底破坏,所以咀嚼性降低。鱼块加热过程中弹性呈现下降趋势,主要原因是由于随着温度上升,鱼块中水分等流失严重,导致肌肉失去弹性。内聚性呈现先上升后下降等趋势,最后又上升下降的趋势变化,主要原因是由于温度升高,蛋白质熟化引起。硬度的变化与咀嚼性变化趋势比较一致,主要还是因为蛋白质受热变性引起。

由图5可以看出,鱼块的咀嚼性、硬度、内聚性及弹性等在70°C时都出现一个拐点,硬度和咀嚼性在该温度以上时,都会表现出下降趋势,主要原因是胶原蛋白在70°C左右可形成凝胶。因此,传统的加热处理对肉的作用有双重结果,可以提高嫩度,也可以降低嫩度。但鱼块的内聚性在整个加热过程中,总体上呈上升趋势,说明加热处理可使鱼肉的口感变的更好。但在70°C以上时,内聚性也呈下降趋势,说明中心温度超过70°C,继续加热会使鱼肉的肉内聚性降低,鱼肉表现出肉质松散,缺乏细腻的感觉。为了提高鱼块产品的质量和品质,在蒸煮加热的过程中,尽可能的将蒸煮温度控制在70°C以下,这样能够更好地保证产品的质量。

2.4 热处理温度对鲣鱼肉蛋白质组分含量的影响

表1为不同中心温度下鲣鱼肉蛋白质各组分的含量。由表1得出,原料肉中水溶性蛋白的含量略低于盐溶性蛋白,为4.62g/100g湿肉;碱溶性蛋白含量最高为10.6g/100g湿基;其次是盐溶性蛋白含量为4.54g/100g湿基;而碱不溶性蛋白的含量最少,每100g湿肉的含量仅为2.10g。鲣鱼肉的蛋白氮含量较高,为678mgN/100g湿肉,说明鲣鱼肉的风味较好。非蛋白氮主要是一些核苷酸、游离氨基酸和小分子的多肽所构成的,这些成分是肉类食品的主要呈味成分。随着中心温度的不断上升,不同组分的蛋白含量有了明显的变化,其中碱溶性蛋白、水溶性蛋白和盐溶性蛋白的变化最为明显,水溶性蛋白和盐溶性蛋白的含量随着中心温度的上升而不断减少,到

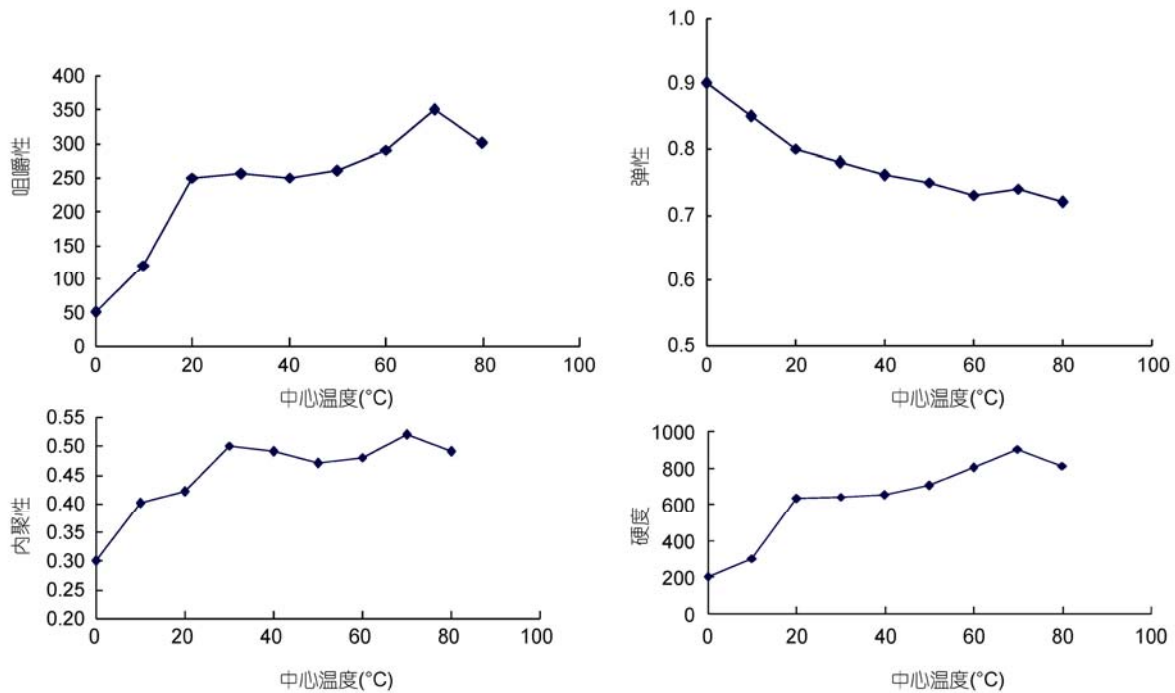


图 5 鳀鱼鱼肉质构随温度的变化图

Fig.5 Graph of texture changes of skipjack meat with temperature

表 1 不同中心温度下鳀鱼肉蛋白质各组分的含量(g/100g 湿肉)

Tab.1 Protein content of skipjack meat at different central temperature

中心温度	类型				
	非蛋白氮	水溶性蛋白	盐溶性蛋白	碱溶性蛋白	碱不溶性蛋白
4	678	4.62	4.54	10.66	2.10
10	693	3.57	3.98	12.44	2.13
20	741	1.70	2.83	14.71	2.12
30	758	0.96	2.17	15.37	2.06
40	825	0.83	1.79	15.68	2.13
50	854	0.14	1.45	17.45	1.93
60	843	0	1.43	17.55	1.65
70	854	0	1.27	17.99	1.32
80	862	0	1.10	18.79	1.04

60℃ 时已检测不出水溶性蛋白, 80℃ 时盐溶性蛋白的含量降为加热前的 23%左右; 而碱溶性蛋白的含量却不断增加, 由最初的 10.66g 增至 18.79g, 增加了 72%。原因是鱼肉在加热过程中, 水溶性的肌浆蛋白和盐溶性的肌原纤维蛋白受热变性, 生成不溶于水和盐溶液, 但溶于碱液的凝胶所致, 此外还有少部分的肌浆蛋白随着水分排出到鱼体外。碱不溶性蛋白在加热后期有所减少, 这是因为基质蛋白的主要组成部分胶原蛋白在 60℃ 以上变性成为溶于水的明胶, 而随着水分一起流失到体外, 从而造成了碱不溶性蛋白含量的减少。非蛋白氮的含量也有所上升, 这主

要是分子量较大的肌浆蛋白分子受热降解成多肽、氨基酸等小分子物质所致。

2.5 热处理温度对鳀鱼酸度的影响

鳀鱼鱼肉 pH 随温度的变化如图 6。从图 6 可以看出, 鱼块酸度总体随加热温度的上升而降低, 在加热温度 60℃ 以下时, 降低的趋势较大, 超过 60℃ 时, 酸度降低变得比较平缓, 趋于变化不明显。鳀鱼酸度伴随蒸煮温度的变化主要因为鳀鱼蛋白变性, 导致酸性基团的减少, 酸度降低。

2.6 热处理温度对鳀鱼组胺的影响

由图 7、图 8 可知, 热鳀鱼块在蒸煮加热过程中

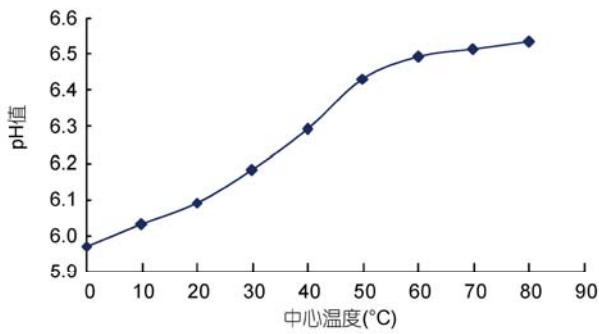


图6 鲣鱼鱼肉 pH 随温度的变化图

Fig.6 Graph of pH value changes of skipjack meat with temperature

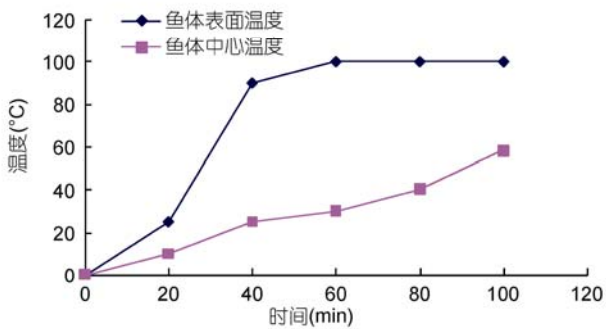


图7 鱼体表面温度和中心温度随加热时间的变化图

Fig.7 Graph of fish center and surface temperature with heating time change

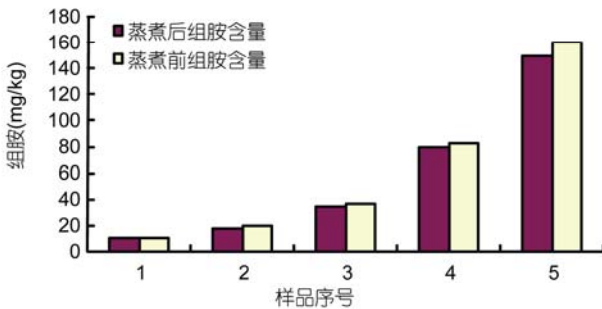


图8 蒸煮前后鱼肉中组胺变化比较图

Fig.8 Comparison graph of histamine content in fish meat before and after cooking

体表温度迅速上升, 到达 100°C 时仅需 40 min 左右, 在这个过程中, 鲣鱼块表面的组胺脱羧酶在高温的作用下迅速失活, 而鱼块内部由于温度上升的比较缓慢, 鱼块中心温度上升到 56°C 时需要的时间大概为 90min 以上, 比表面温度上升速度慢很多, 因此, 鱼块内部的组胺脱羧酶没有受到影响, 继续保持其活性, 鱼块组胺含量继续增加, 因此, 研究过程中发现鱼块蒸煮过程中出现组胺进一步少量增加的现象发生。究其原因组胺脱羧酶的最佳活性温度为 56°C 左

右, 只有超过该温度, 鱼块内部的组胺脱羧酶才会受到影响。通过图 8 也可以看出, 所有样品中蒸煮前与蒸煮后的组胺含量不同, 一般都是蒸煮后组胺含量稍微偏高; 同时研究发现, 样品中初始组胺含量不同, 蒸煮后组胺含量也有差异, 初始样品中组胺含量高的样品, 经过蒸煮后组胺含量继续偏高。

3 结论

(1) 冻藏鲣鱼热处理过程中, 随着鱼体中心温度不断升高, 鲣鱼的长度先快后慢地发生了收缩, 80°C 时收缩率达 24.56%; 宽度先膨胀后收缩, 80°C 时膨胀率达到 12.15%, 厚度则一直膨胀, 80°C 时膨胀率达 22.17%; 鲣鱼硬度和咀嚼性变化趋势大致相同, 弹性则一直降低, 内聚性波动很大, 但总体上升; 盐溶性蛋白、碱不溶性蛋白、水溶性蛋白逐渐减少, 且 60°C 时已检测不出水溶性蛋白, 碱溶性蛋白和非蛋白氮逐渐增加; 鲣鱼的酸度不断增加。

(2) 鲣鱼热处理过程中组胺含量研究表明, 鲣鱼中组胺在热处理后有所增加, 且初始原料组胺含量越高, 热处理后增加越明显。该研究成果将为鲣鱼精深加工提供理论基础。

参 考 文 献

- 王锭安, 1998. 茄汁金枪鱼罐头加工工艺. 中国水产, (9): 40—41
- 方健民, 黄富雄, 郑钟新等, 2006. 金枪鱼的营养价值和加工利用. 水产科技, (2): 8—13
- 全晶晶, 侯云丹, 黄健等, 2012. 加工温度对鲣鱼挥发性成分的影响. 中国食品学报, 12(8): 221—228
- 刘书臣, 廖明涛, 赵巧灵等, 2013. 不同贮藏温度下大目金枪鱼鲜度及组胺变化. 食品与发酵工业, 39(5): 213—218
- 孙丽, 夏文水, 2010. 蒸煮对金枪鱼肉及其蛋白质热变性的影响. 食品与机械, 26(1): 22—25
- 李志军, 吴永宁, 刘祥亮等, 2009. 不同贮存及加工条件对海产品中组胺与 TVBN 的影响. 食品工业科技, (12): 347—349
- 沈建华, 陈雪冬, 崔雪森, 2006. 中西太平洋金枪鱼围网鲣鱼渔获量时空分布分析. 海洋渔业, 28(1): 13—19
- 陈仪男, 2003. 金枪鱼罐头系列产品工艺研究. 集美大学学报(自然科学版), 8(3): 227—231
- 胡家伟, 高榕, 曹敏杰等, 2014. 水产食品中组胺的丹磺酰氯柱前衍生反相高效液相色谱测定方法的建立及应用. 食品科学, 35(8): 283—288
- 洪鹏志, 杨萍, 曾少葵等, 2006. 黄鳍金枪鱼背部肌肉的营养成分及评价. 福建水产, (2): 44—47
- 高萌, 张宾, 王强等, 2014. 流化冰保鲜对鲣鱼蛋白质

- 功能特性的影响. 食品科学, 35(22): 304—309
- 谢 超, 王阳光, 邓尚贵, 2009. 水产品中组胺产生机制及影响因素研究概述. 肉类研究, (4): 74—78
- 缪函霖, 蒋 璐, 王锡昌等, 2014. 不同新鲜度金枪鱼肉蒸煮品质的研究. 食品工业科技, 35(13): 80—84, 295
- Humber Agrelli Andrade, 2004. Seasonal trends in the recruitment of skipjack tuna (*Katsuwonus pelamis*) to the fishing ground in the southwest Atlantic. Fisheries Research, 66(2): 185—194
- Jung Won-kyo, Park Pyo-jam, Kim Se-kwon, 2003. Purification and characterization of a new lectin from the hard roe of skipjack tuna, *Katsuwonus pelamis*. The International Journal of Biochemistry & Cell Biology, 35(2): 255—265
- Maitane Grande, Hilario Murua, Iker Zudaire *et al*, 2014. Reproductive timing and reproductive capacity of the Skipjack Tuna (*Katsuwonus pelamis*) in the western Indian Ocean. Fisheries Research, 156: 14—22
- Visessanguan W, Benjakul S, Riebroy S *et al*, 2004. Changes in composition and functional properties of proteins and their contributions to Nham characteristics. Meat Science, 66(3): 579—588

STUDY OF HEAT TREATMENT PROCESS ON FROZEN *KATSUWONUS PELAMIS* QUALITY CHARACTERISTICS CHANGES AND HISTAMINE CONTENT

WANG Ting¹, XIE Chao¹, ZHANG Bin¹, YANG Jin-Sheng¹, FU Yong-Guo²

(1. Zhejiang Provincial Key Laboratory of Health Risk Factors for Seafood, College of Food and Medicine, Zhejiang Ocean University, Zhoushan 316022, China; 2. Zhoushan Qiandao Food Co., Ltd., Zhoushan 316200, China)

Abstract Researched the fish size, texture characteristics, nutritional quality and acidity and so on with liquid Chromatography-UV detector, texture detection and other methods during heat treatment process of skipjack tuna. The results showed that: with the central temperature rising, the length of skipjack shortened first quickly and then slowly, up to 24.62% at 80°C; the width expanded first and then shrank, the expansion rate is 12.27% at 80°C; the thickness expanded all the time, at 80°C is 22.03%; cooking loss are increasing; variation tendency of hardness and chewiness were roughly same, the elasticity has been reduced, cohesion fluctuated greatly, but overall increased. The salt-soluble proteins, alkali-insoluble protein, water-soluble protein decreased gradually, and no water-soluble protein was detected at 60°C, alkali-soluble protein and non-protein nitrogen increased gradually; acidity of skipjack meat was increasing. Meanwhile, histamine content of skipjack during heat treat was studied. The results indicated that the content of histamine increased after heating, and the higher the histamine content of starting material, the more significant increase after cooking. The study results provides a theoretical basis for deep processing of skipjack tuna.

Key words frozen *Katsuwonus pelamis*; steaming temperature; quality characteristics; histamine