

加热温度对草鱼肉理化性质、 质构与微观结构的影响

唐建华¹, 张秀南², 何小龙¹, 贾亚娟², 李光磊^{2*}

(1. 扬州大学 旅游烹饪学院, 江苏 扬州 225127; 2. 河南科技学院 食品学院, 河南 新乡 453003)

摘要:以理化性质、质构和微观结构为指标,研究不同加热温度下草鱼肉的品质变化。结果表明:随着温度升高,鱼肉蒸煮损失率显著增加($P < 0.05$);pH 值整体呈先升后降再升的趋势,65 °C 时达到最大值 7.36;色度 L^* 值显著增大($P < 0.05$), a^* 值整体下降, b^* 值先升后降;剪切力呈 4 阶段变化的趋势,即先升高后下降,然后再升高再下降的趋势;加热温度对鱼肉硬度、内聚性、黏附性和咀嚼性均影响显著($P < 0.05$),对鱼肉弹性、恢复性影响不显著($P > 0.05$);不同加热温度下草鱼肉肌纤维结构破坏程度、肌束膜和肌内膜收缩程度及肌纤维间隙不同,从微观结构上验证了加热温度对草鱼肉理化性质和质构的影响。75~80 °C 可能是草鱼肉加工过程中的关键温度。

关键词:草鱼肉;加热温度;理化性质;质构;微观结构

中图分类号: TS 972.126.1

文献标志码: A

文章编号: 2095-8730(2020)04-0062-06

草鱼是我国“四大家鱼”之一,产量居世界淡水鱼第一位。^[1-3]不仅生长速度快,出肉率高,而且肉质紧实,具有较高的营养和食疗价值。因此作为食品原料,受到许多食品企业的青睐。^[4]但是草鱼肉水分含量较高(>80%),在加工过程中常因为加热温度不当,导致鱼肉汁液流失,营养素破坏,蒸煮损失率增大,色泽和口感较差。^[5,6]因此,探究加热温度对草鱼肉理化性质、质构特性及微观结构的影响,有利于草鱼肉适宜加工温度的确定,进而对改善草鱼肉产品品质,提高加工利用率,降低成本具有一定的指导意义。

目前,国内外学者对虹鳟鱼、金枪鱼、鳙鱼、丁香鱼和鲤鱼等在加热过程中的理化性质变化进行了研究。SCHUBRING^[7]的研究发现不同加热温度对虹鳟鱼的质构存在显著影响;孙丽等^[8]的研究表明随蒸煮温度升高金枪鱼肉蒸煮损失增加,水溶性和盐溶性蛋白减少,碱溶性蛋白含量增加;姜启兴^[9]发现,随着温度升高鳙鱼肉的失重率、亮度、白度、黄度等逐渐升高,持水性、pH 等指标发生轻微变化,质构指标呈 4 阶段变化。此外,盛

利斌等^[10]和郑皎皎^[11]分别研究了丁香鱼和鲤鱼肌肉热加工过程中品质变化。目前温度对海水鱼品质影响的研究较为充分,但对淡水鱼的相关研究较少,鲜有关于加热温度对草鱼肉品质影响规律的报道。淡水鱼与海水鱼品质存在一些差异,且水产品品种、加工部位和加工方式等均会影响水产品品质。因此,本实验研究加热温度对草鱼肉理化性质、质构特性及微观结构的影响,以确定草鱼肉适宜的加热温度,为草鱼肉热加工或杀菌工艺的确定提供理论依据,以期推动草鱼类食品的工业化生产。

1 材料与方法

1.1 材料与试剂

草鱼:扬州市大润发超市;戊二醛、三氯甲烷、乙醇、叔丁醇:上海化学试剂有限公司。所有试剂均为国产分析纯。

1.2 仪器与设备

HWS-26 型恒温水浴锅:上海一恒科学仪器有限公司;BS124S 型电子天平:赛多利斯科学仪

收稿日期:2020-05-10 *通信作者

基金项目:国家自然科学基金项目(31701634);四川省高等学校重点实验室科研项目(PRKX2017Z10)

作者简介:唐建华,男,扬州大学旅游烹饪学院副教授,从事烹饪科学研究;

李光磊,男,河南科技学院食品学院教授,博士,从事食品科学研究。

器(北京)有限公司;CR-400型便携式色差仪:日本Konica Minolta公司;deli14915真空包装封口机:嘉兴成晨信息技术有限公司;XHF-D高速分散器肉切式匀浆机:宁波新芝生物科技股份有限公司;S-25型pH计:上海雷磁仪器厂;C-LM4型数显肌肉嫩度仪:东北农业大学;TA-XT plus型质构仪:英国Stable Micro System公司;DZF-6020型真空干燥箱:上海一恒科学仪器有限公司;Quanta 200型扫描电子显微镜:美国FEI公司。

1.3 方法

1.3.1 样品处理

将宰杀处理好的草鱼洗净,去掉脊骨,片去胸刺、鱼皮,取规格为2 cm×2 cm×2 cm的净鱼肉,-18℃冷冻,使用前4℃解冻至室温,装入蒸煮袋后编号,真空封口包装(-70 kpa)。^[12-15]将分类好的样品分别置于温度为65.0、70.0、75.0、80.0、85.0、90.0和95.0℃水浴恒温锅中加热25 min,然后迅速冷却至室温25℃备用。

1.3.2 蒸煮损失率测定

采用章海风等^[16]方法,分别记录草鱼肉生样和加热处理后样品重量,按下式计算蒸煮损失率:

$$CL = (m_1 - m_2) \div m_1 \times 100\%$$

式中:CL为蒸煮损失率; m_1 为蒸煮前净鱼肉质量(g); m_2 为蒸煮后净鱼肉质量(g)。

1.3.3 pH值测定

采取童晓倩等^[17]方法。取3.0 g加热处理后的样品,切碎后置于30 mL 4℃预冷的蒸馏水中,经高速匀浆机(11 000 r/min)匀质25 s后静置30 min,然后用pH计测定。

1.3.4 色度测定

采用便携式色差仪,以白色标准样板作为对照,分别对样品进行色泽测定,记录 L^* 、 a^* 、 b^* 值作为测定样品的白度值、红度值和黄度值,每个样品测量3次,取均值。

1.3.5 剪切力测定

采用孙红霞等^[18]方法,将样品按要求进行形状、尺寸修整,采用肌肉嫩度仪垂直于肌肉纤维方向进行测定。每个样品重复6次,取均值。

1.3.6 质构特性测定

采用姜元华等^[19]方法,将样品切成1.5 cm×1.5 cm×0.5 cm的规格,平衡至室温后进行TPA测定。测定参数如下:测前速度为2.00 mm/s,测

中速度为1.00 mm/s,测后速度为3.00 mm/s,压缩比为45%,每个样品测定2次,每次间隔时间为5 s,采用PR/36探头测定,启动形式为自动,触发力20 g。

1.3.7 微观结构测定

参考计红芳等^[20]采用扫描电镜法,将处理好的样品切成10 mm×10 mm×10 mm的规格,将样品在4℃ 2.5%戊二醛溶液中固定12 h,将固定好的样品用磷酸盐缓冲液冲洗3次,每次15 min,然后用30%、50%、70%、90%、100%、100%的乙醇溶液进行梯度脱水,每次15 min,然后再用三氯甲烷进行脱脂,最后用叔丁醇置换,真空干燥机干燥后进行测定。

1.4 数据处理

采用Excel 2007、SPSS1 7.0软件进行实验数据处理,并进行方差分析(ANOVA)和显著性分析(LSD、S-N-K),结果以平均值±标准差的形式表示。

2 结果与分析

2.1 加热温度对草鱼肉蒸煮损失率的影响

肉品在加热过程中最明显的变化是重量减轻,体积变小,而且往往伴随着汁液的流失。从图1可以看出,随着温度的升高草鱼肉的蒸煮损失率显著增加($P < 0.05$),在95℃时达到最高。^[8,9]与加热过程中金枪鱼、鲮鱼等鱼肉蒸煮损失率变化规律一致。加热过程中鱼肉的重量损失主要由鱼肉中蛋白质变性引起的水分流失、可溶性含氮化合物溶出和脂肪分离引起的。^[21]在65~75℃时,主要是鱼肉蛋白质二级结构变化,肌肉中所含的结合水和吸附损失以及变性的肌浆蛋白溶出;在75~85℃时,主要与肌球蛋白、肌动蛋白变性和可溶性胶原蛋白形成明胶溶出有关;超过85℃,蒸煮损失趋于平缓,这时蛋白质变性已完成,蒸煮损失主要有肌肉纤维收缩引起。

2.2 加热温度对草鱼肉pH值的影响

肉品在加热过程中,伴随着一系列的理化变化,其酸碱度也会发生相应的改变。如图2所示,随着加热温度的升高,鱼肉的pH值整体呈先升后降再升的趋势,结果与JOSEPH^[22]、杨毅青^[23]、邱澄宇等^[24]研究结果一致。在65℃时鱼肉pH显著增加($P < 0.05$),达到最大值7.36。70℃后继续提高加热温度,草鱼肉pH变化趋于平

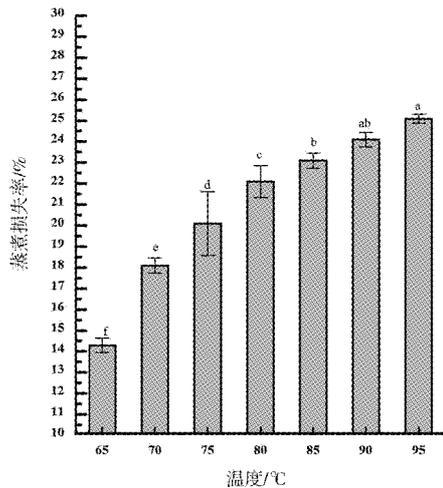


图1 加热温度对鱼肉损失率的影响

缓。^[25]这是由于加热处理破坏了稳定蛋白质结构的化学键,使加热后肌肉蛋白质中的酸性基团减少。65~80℃时,鱼肉pH略有降低,可能与加热过程中肌肉中的脂肪发生部分水解生成脂肪酸有关。加热过程中鳙鱼肉在70℃达到最高值pH,略高于草鱼肉,这可能与鱼类品种不同,蛋白质结构和组成不同有关。

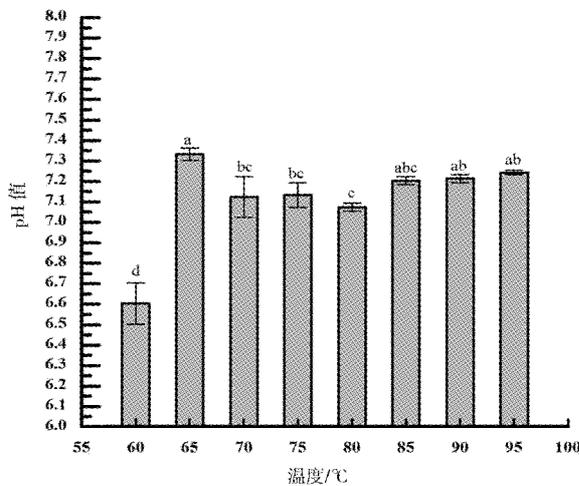


图2 加热温度对鱼肉pH值的影响

2.3 加热温度对草鱼肉色泽的影响

肌肉的颜色通常用 L^* 、 a^* 、 b^* 来表示,这也是判断肉品质的重要指标。鲜鱼肉呈鲜红色,主要与肌红蛋白、血红蛋白和其他一些色素蛋白有关。对鱼肉进行加热处理,鱼肉的色泽会发生相应的变化。加热温度对草鱼肉色泽的影响见表1。如表1所示,65~70℃时, L^* 值无显著变化($P>0.05$)。75℃后,随着加热温度的升高, L^* 值显著增大($P<0.05$),95℃时由生样的47.51

增大到最大值87.00。 a^* 值整体呈下降趋势, b^* 值整体呈先升后降的趋势。^[26] L^* 值的变化可能主要是鱼肉中的球蛋白构象被破坏,亚铁红素氧化被替代所导致的, a^* 值的变化可能与亚铁肌红蛋白氧化成高铁肌红蛋白有关。

表1 加热温度对鱼肉色泽的影响

加热温度/°C	L^*	a^*	b^*
对照	47.51 ± 0.29 ^e	0.43 ± 0.03 ^a	3.57 ± 0.27 ^f
65	82.51 ± 0.39 ^d	-0.24 ± 0.04 ^b	8.75 ± 0.30 ^e
70	83.15 ± 0.61 ^d	-0.24 ± 0.03 ^b	9.16 ± 0.90 ^d
75	84.30 ± 0.40 ^c	-0.26 ± 0.03 ^b	15.34 ± 0.20 ^a
80	84.28 ± 0.43 ^c	-0.36 ± 0.26 ^c	12.60 ± 0.32 ^b
85	85.10 ± 0.20 ^b	-0.34 ± 0.03 ^c	10.80 ± 0.21 ^c
90	86.94 ± 0.72 ^a	-0.47 ± 0.20 ^d	10.70 ± 0.08 ^c
95	87.00 ± 0.23 ^a	-0.44 ± 0.61 ^d	10.60 ± 0.37 ^c

注:同列中不同字母数值间表示差异性显著($P<0.05$)。

2.4 加热温度对草鱼肉剪切力的影响

加热温度对草鱼肉剪切力的影响见表2。由表2可知,温度对剪切力变化影响显著($P<0.05$)。随着加热温度的升高,鱼肉剪切力呈4阶段变化的趋势,即先升高后下降,然后再升高再下降。^[9]与加热过程中鳙鱼剪切力变化趋势一致。肌球蛋白变性温度通常在40~45℃,肌动蛋白变性温度通常在70~74℃,因肉源品种不同鱼肉中蛋白质组成与结构不同而略有差异。草鱼肉70℃时剪切力的显著升高可能是由于鱼肉中肌动蛋白受热变性引起的。75~80℃剪切力显著下降后随加热温度升高剪切力急剧升高,95℃时急剧降低至最小值2.09 N。^[27,28]肌原纤维和结缔组织对肉品的嫩度起到决定性的影响,一方面持续加热会使肌肉中的肌球蛋白、肌动蛋白变性,肌肉纤维收缩,肉品失水变硬;^[29,30]另一方面持续加热至90℃以上时,鱼肉结缔组织中的胶原蛋白克服分子间的束缚,逐渐溶解并凝胶化形成明胶,使肉品质地变软,剪切力下降。75~80℃剪切力的短暂下降可能与部分胶原蛋白的溶出有关。嫩度通常被认为是评定肉制品品质的主要指标,剪切力越小肉越嫩。因此,75~80℃可能是草鱼肉加工过程中的一个关键温度范围。

表2 加热温度对鱼肉剪切力的影响

温度/℃	对照	65	70	75	80	85	90	95
剪切力/N	19.1 ± 0.19 ^a	3.71 ± 0.71 ^e	9.53 ± 0.50 ^c	8.58 ± 0.21 ^d	8.87 ± 0.35 ^d	9.37 ± 0.26 ^e	15.5 ± 0.27 ^b	2.09 ± 0.16 ^f

注:同行中不同字母数值间表示差异性显著($P < 0.05$)。

2.5 加热温度对草鱼肉质构特性的影响

在加热过程中,肉品的嫩度、弹性、咀嚼性等质构特性将发生变化。如表3所示,温度对鱼肉硬度、内聚性、黏附性和咀嚼性均影响显著($P < 0.05$)。随着加热温度升高,鱼肉的硬度、内聚性、黏附性和咀嚼性均呈4阶段变化的趋势。其中硬度、黏附性和咀嚼性先升高后下降,然后再升高再下降。70~75℃时无显著变化($P > 0.05$),80℃时显著提高,90℃时达到最大值,95℃时降至最低。内聚性先降低再升高,然后再降低再升高。与姜启兴等^[31]对鳙鱼加热过程中质构特性

的变化规律研究结果一致。这是因为在加热过程中,鱼肉受热脱水、蛋白质变性、肌纤维收缩,细胞间结合力降低,反映为硬度、黏附性和咀嚼性增加;但随着加热温度的继续升高,由于高温对肌纤维的破坏甚至降解作用,导致肌纤维束逐渐松散,反映为硬度、黏附性和咀嚼性显著下降($P < 0.05$)。此外,胶原蛋白的流失加剧肌肉收缩,使细胞间结合力略微增大。加热温度对草鱼肉弹性、恢复性的影响不显著($P > 0.05$)。75℃时硬度和黏附性相对较低,咀嚼性相对较高,表明草鱼肉口感较好。

表3 加热温度对鱼肉质构的影响

温度/℃	硬度/g	弹性/mm	内聚性/Pa	黏附性/g·sec	咀嚼性/g	恢复性
对照	5759.12 ± 32.02 ^a	0.61 ± 0.09 ^a	0.43 ± 0.03 ^a	2776.79 ± 12.40 ^a	1418.66 ± 15.55 ^a	0.25 ± 0.01 ^a
65	627.69 ± 15.99 ^f	0.60 ± 0.09 ^a	0.29 ± 0.10 ^b	177.26 ± 10.33 ^f	113.19 ± 2.22 ^f	0.09 ± 0.05 ^b
70	1754.43 ± 22.44 ^c	0.55 ± 0.07 ^a	0.26 ± 0.04 ^b	542.17 ± 25.35 ^c	277.65 ± 18.67 ^d	0.09 ± 0.01 ^b
75	1569.56 ± 26.20 ^e	0.59 ± 0.22 ^a	0.32 ± 0.06 ^b	364.83 ± 19.82 ^e	178.03 ± 17.89 ^e	0.11 ± 0.03 ^b
80	1672.23 ± 12.47 ^d	0.62 ± 0.02 ^a	0.32 ± 0.05 ^b	471.79 ± 21.12 ^d	310.24 ± 19.46 ^e	0.09 ± 0.02 ^b
85	1750.70 ± 8.00 ^c	0.60 ± 0.20 ^a	0.29 ± 0.04 ^b	483.80 ± 15.78 ^d	285.33 ± 11.41 ^{cd}	0.08 ± 0.02 ^b
90	2464.09 ± 7.12 ^b	0.57 ± 0.14 ^a	0.34 ± 0.07 ^{ab}	844.37 ± 6.27 ^b	466.88 ± 15.97 ^b	0.09 ± 0.01 ^b
95	151.06 ± 1.23 ^g	0.59 ± 0.02 ^a	0.30 ± 0.03 ^b	44.06 ± 3.25 ^g	25.74 ± 2.20 ^g	0.08 ± 0.01 ^b

注:同列中不同字母数值间表示差异性显著($P < 0.05$)。

2.6 加热温度对草鱼肉微观结构的影响

肉品的微观结构会随着加热温度的变化产生明显的变化。由图3可知,与对照相比,65℃加热后草鱼肉肌纤维发生收缩,但肌束膜和肌内膜没有发生显著变化;^[32,33]70~80℃加热时,由于包绕在肌纤维周围的肌束膜和肌内膜与肌纤维发生分离,导致肌纤维之间的距离逐渐增大;肌束膜出现颗粒状物质,这可能是肌纤维细胞内肌浆蛋白的溶出物;在85~90℃时,肌纤维结构被破坏的程度逐渐加大,肌纤维间间隙越来越小,鱼肉硬度进一步变化达到最大,与剪切力和质构特性测定结果一致。^[31]加热温度达到95℃时,由于肌膜热变性降解转化为明胶,鱼肉质地变软。

3 结论

研究了加工温度对草鱼肉理化性质、质构特性及微观结构的影响,结果表明:随着温度的升高,鱼肉蒸煮损失率显著增加($P < 0.05$);pH值整体呈先升后降再升的趋势,65℃时达到最大值7.36;色度 L^* 值显著增大($P < 0.05$), a^* 值整体下降, b^* 值先升后降;剪切力呈4阶段变化的趋势,即先升高后下降,然后再升高再下降的趋势;加热温度对鱼肉硬度、内聚性、黏附性和咀嚼性均影响显著($P < 0.05$),对鱼肉弹性、恢复性影响不显著($P > 0.05$);不同加热温度下草鱼肉肌纤维结构破坏程度、肌束膜和肌内膜收缩程度及肌纤

维间隙不同,从微观结构上验证了加热温度对草鱼肉理化性质和质构的影响。75~80℃可能是

草鱼肉加工过程中的一个关键温度范围。

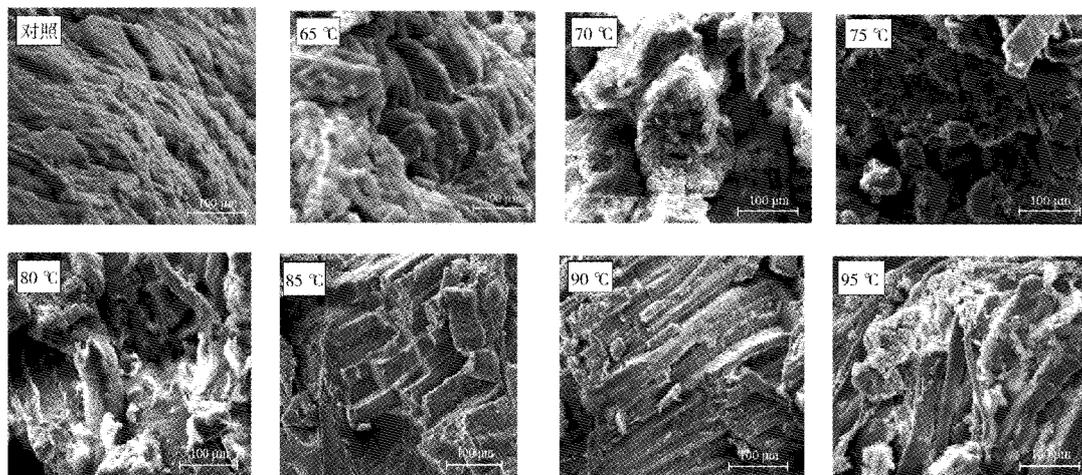


图3 加热温度对鱼肉微观结构的影响

参考文献:

- [1] 陈丽丽,白春清,袁美兰,等. 草鱼多肽功能性质及营养价值[J]. 食品科学技术学报, 2016, 34(5): 33-42.
- [2] 任娇艳. 草鱼蛋白源抗疲劳生物活性肽的制备分离及鉴定技术研究[D]. 广州:华南理工大学,2008.
- [3] 程辉辉. 种青养鱼模式下草鱼肌肉营养成分和品质特性[D]. 武汉:华中农业大学,2017.
- [4] 吴利芬,张立彦,汪媛,等. 加热温度和含水量对猪肉及其蛋白质特性的影响[J]. 肉类研究, 2018, 32(10):12-18.
- [5] 赵永锋,胡海彦,蒋高中,等. 我国大宗淡水鱼的发展现状及趋势研究[J]. 中国渔业经济, 2012, 30(5): 91-99.
- [6] 吴燕燕,熊添,李来好,等. 鱼肉蛋白的热变性研究进展[J]. 食品工业科技, 2018, 39(5):343-347.
- [7] SCHUBRING R. Comparative study of the DSC pattern, color, texture and water-binding capacity of rainbow trout muscle during heating [J]. Journal of Food Processing and Preservation, 2008, 32(2):190-218.
- [8] 孙丽,夏文水. 蒸煮对金枪鱼肉及其蛋白质热变性的影响[J]. 食品与机械, 2010, 26(1):22-25.
- [9] 姜启兴. 鲮鱼肉热加工特性及其机理研究[D]. 无锡:江南大学, 2015:25-46.
- [10] 盛利斌,刘书来,吕飞,等. 热煮对丁香鱼肌肉特性及质构的影响[J]. 食品科学, 2011, 32(11):5-8.
- [11] 郑皎皎. 鲤鱼肌肉热加工过程中品质变化的研究[D]. 大连:大连工业大学,2014.
- [12] GAO R, FENG X, LI W, et al. Changes in properties of white shrimp (*Litopenaeus vannamei*) protein during thermal denaturation [J]. Food Science and Biotechnology, 2016, 25(1):21-26.
- [13] 郎军,何小龙,唐建华. 芙蓉鱼片的工艺优化研究[J]. 美食研究, 2019, 36(4):51-55.
- [14] 闵二虎,唐建华. 草鱼蓉胶配方工艺优化探析[J]. 美食研究, 2017, 34(3):34-37.
- [15] 薛伟,唐建华. 加碱对鱼馄饨皮坯肉糜特性的影响[J]. 美食研究, 2018, 35(3):21-26.
- [16] 章海风,周晓燕,钤莉妍,等. 煮制时间对驴肉不同部位食用品质的影响[J]. 美食研究, 2018, 35(4): 37-40.
- [17] 童晓倩,郑晗笑,王婷,等. 鲢鱼加热过程中的理化特性及组胺含量变化研究[J]. 浙江海洋学院学报(自然科学版), 2015, 34(4):330-334.
- [18] 孙红霞,黄峰,丁振江,等. 不同加热条件下牛肉嫩度和保水性的变化及机理[J]. 食品科学, 2018, 39(1):84-90.
- [19] 姜元华,贾洪锋,彭毅秦. 电子鼻及质构仪对三文鱼的检测分析[J]. 美食研究, 2018, 35(2):57-60.
- [20] 计红芳,李莎莎,王雪菲,等. 天然菊粉肌肉纤维蛋白凝胶特性的影响[J]. 中国食品添加剂, 2019, 30(2):124-130.
- [21] JIANG Q X, MA Z R, WANG S S, et al. Effect of temperature on protein compositional changes of big head carp (*Aristichthys nobilis*) muscle and exudates [J]. Food Science and Technology Research, 2014, 20(3):655-661.
- [22] JOSEPH J K, AWOSANYA B, et al. The effect of end-point internal cooking temperature on the meat

- quality attributes of selected Nigerian poultry meats [J]. *Food Quality and Preference*, 1997(8):57-61.
- [23] 杨毅青. 贮藏和加工工艺对三种淡水鱼品质及氯霉素残留的影响[D]. 天津:天津农学院, 2014.
- [24] 邱澄宇, 吴燕燕, 李来好, 等. 鲢鱼肌肉加热变性规律的研究[J]. *集美大学学报(自然科学版)*, 2007, 12(3):217-220.
- [25] DING Y, LIU R, RONG J, et al. Heat-induced denaturation and aggregation of actomyosin and myosin from yellowcheek carp during setting[J]. *Food Chemistry*, 2014, 149:237-243.
- [26] FLETCHER D L, QIAO M, SMITH D P. The relationship of raw broiler breast meat color and pH to cooked meat color and pH [J]. *Poultry Science*, 2000, 79:784-788.
- [27] SORENSEN S E. Connective tissue in meat and meat products [J]. *Livestock Production Science*, 1991, 27(2-3):263-264.
- [28] MURPHY R Y, MARKS B P. Effect of meat temperature on properties, texture and cook loss for ground chicken breast patties [J]. *Poultry Science*, 2000, 79:99-104.
- [29] LEFEVRE F, FAUCONNEAU B, THOMPSON J W, et al. Thermal denaturation and aggregation properties of atlantic salmon myofibrils and myosin from white and red muscles [J]. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 2007, 55(12):4761-4770.
- [30] SAMPELS S. The effects of processing technologies and preparation on the final quality of fish products [J]. *Trends in Food Science & Technology*, 2015, 44(2):131-46.
- [31] 姜启兴, 申丽丽, 汤风雨, 等. 加热温度对鲮鱼肉质色泽和质构的影响研究[J]. *食品工业科技*, 2013, 17(34):67-70.
- [32] 吴兵, 张立彦. 加热对三黄鸡腿肉特性的影响研究[J]. *食品工业科技*, 2011, 32(5):108-112.
- [33] PALKA K. Changes in intramuscular connective tissue and collagen solubility of bovine *m. semitendinosus* during retorting [J]. *Meat Science*, 1999, 53(3):189-194.

Effects of heating temperature on the physical and chemical properties, texture profiles and microstructure of grass carp

TANG Jianhua¹, ZHANG Xiunan², HE Xiaolong¹, JIA Yajuan², LI Guanglei²

(1. School of Tourism and Culinary Science, Yangzhou University, Yangzhou, Jiangsu 225127, China;

2. School of Food Science and Technology, Henan Institute of Science and Technology, Xinxiang Henan 453003, China)

Abstract: Using physical and chemical properties, texture and microstructure as indicators, the quality changes of grass carp meat under different heating temperatures were studied. The results showed that as the temperature increased, the loss rate of fish meat during cooking increased significantly ($P < 0.05$); the pH tended to rise, then falls and then rose again, reaching the maximum value of 7.36 at 65 °C; the L^* value increased significantly ($P < 0.05$), the a^* value decreased, and the b^* value first increased and then decreased; the shearing force presented a four-stage change trend, it first increased and then decreased, then increased and decreased again. The heating temperature affected significantly the fish meat hardness, cohesion, adhesion, and chewiness, but not significantly the fish elasticity and recovery. The muscle fiber structure, inter- and intra-muscle membranes were damaged under different heating temperatures, which verified the effect of heating temperature on the physical and chemical properties and texture of grass carp meat from the microstructure. 75 ~ 80 °C might be the proper temperature for processing grass carp meat.

Key words: grass carp meat; heating temperature; physical and chemical properties; texture; microstructure
(责任编辑:赵勇)