

武燕霓,张晗玮,党美琪,等.油炸预处理对鱼头煲品质的影响[J].华中农业大学学报,2025,44(1):255-264.  
DOI:10.13300/j.cnki.hnlkxb.2025.01.028

## 油炸预处理对鱼头煲品质的影响

武燕霓,张晗玮,党美琪,安玥琦,熊善柏

华中农业大学食品科学技术学院/国家大宗淡水鱼加工技术研发分中心(武汉)/  
长江经济带大宗水生生物产业绿色发展教育部工程研究中心,武汉 430070

**摘要** 为简化传统鱼头煲的制作工序,提高其营养、风味品质,以调理白鲢鱼头为原料,测定油炸后鱼头及鱼头煲的色泽、蛋白溶解度、丙二醛含量、基本营养成分等指标,并结合感官分析筛选适宜的预油炸条件,探究油炸预处理对鱼头煲品质的影响。结果显示:鱼头色泽、蛋白溶解度随油炸温度的升高先上升后降低,丙二醛含量则相反;鱼头煲的营养成分含量随油炸温度的升高而增多。中、高温油炸(180、200℃)制得的鱼头煲蛋白、脂肪等营养溶出均高于低温油炸组(160℃),而高温油炸(200℃)的鱼头煲色泽和滋味感官品质低于中温油炸组(180℃)。随着油炸时间延长,鱼头煲蛋白、脂肪及固形物含量逐渐升高,总游离氨基酸含量先升高后下降,滋味轮廓及感官品质先升高后无显著差异,油炸120 s时鱼头煲蛋白溶出多、脂肪含量低,其色泽、滋味及感官品质也最优。结果表明,鱼头煲适宜的预油炸条件为180℃油炸120 s。

**关键词** 鱼头煲;预油炸;蛋白变性;脂肪氧化;营养溶出

**中图分类号** TS254.4 **文献标识码** A **文章编号** 1000-2421(2025)01-0255-10

近年来,随着消费者对方便快捷、营养健康饮食需求的增加,预制食品消费市场占比逐年递增,截至2022年,中国预制菜企业的数量达到7.6万家,形成了较大的产业规模<sup>[1]</sup>。其中,调理水产制品(水产预制菜)由于其原料水产品来源广泛,近几年的产量稳定在6 600万t以上<sup>[2]</sup>,且加工开始标准化,行业规模也在稳步增长。水产预制菜作为预制食品中的一大类型,因其风味独特、营养丰富且烹饪方便,深受消费者欢迎<sup>[3]</sup>。鱼头煲作为中国传统水产名菜,其汤色乳白,风味鲜浓,肉质鲜嫩,易被消化吸收,因而备受消费者推崇。但传统鱼头煲制作过程繁琐复杂,其营养、色泽、风味等品质难以实现统一,更无法实现产业生产。因此,明确鱼头煲不同加工环节品质变化规律,对开发预制鱼头煲、实现产业化生产具有重要意义。

煎炸和煮制是制备鱼头煲的两大重要工序。鱼头经过煎炸处理发生脂肪氧化、蛋白变性和美拉德反应<sup>[4]</sup>,而后续煮制过程鱼头肌纤维束进一步断裂,促进蛋白质、脂肪等物质降解溶出<sup>[5]</sup>,形成营养风味俱佳的鱼头煲。当前针对鱼汤的研究主要集中在煮

制过程工艺及参数改变对鱼汤营养或风味的影响,比如优化料液比和熬煮时间能够提升鱼汤的蛋白溶出率<sup>[6-7]</sup>,经高压煮制的鱼汤氨基酸和核苷酸含量增加,鲜味、评分更好<sup>[8-9]</sup>以及优化熬煮器皿及模式能使鱼汤的营养和风味组成更加丰富<sup>[10-11]</sup>,而针对煎炸处理如何影响鱼汤的营养及风味品质的研究却少有报道。笔者选取常压炸制方式,通过调控油炸温度和时间探究预油炸对鱼头煲品质的影响,以期通过短期油炸实现鱼头的熟化固形并提高鱼头煲的营养、风味品质,为预制调理鱼头煲的开发提供参考依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料与试剂

新鲜鲢鱼头[(250±20)g]、食盐、食用油购于华中农业大学农贸市场。

牛血清蛋白购于美国Sigma-Aldrich公司;亮氨酸购于德国Biofroxx公司;邻苯二甲醛购于上海源叶生物科技有限公司;浓硫酸、浓盐酸、石油醚、氢氧化钠、硼酸、无水硫酸铜、酒石酸钾钠、硫酸钾、福林酚、

收稿日期:2023-10-15

基金项目:国家“十四五”重点研发项目(2022YFD2100904);国家现代农业产业技术体系项目(CARS-45-28)

武燕霓,E-mail:2513435985@qq.com

通信作者:熊善柏,E-mail:xiangsb@mail.hazu.edu.cn

磷酸二氢钠、磷酸氢二钠、碘化钾、硫代巴比妥酸、三氯乙酸等均为分析纯试剂,购于国药集团化学试剂有限公司。

## 1.2 仪器与设备

PC30W8-炒锅,苏泊尔电器公司;CR-400 色度计,CHROMA METER 公司;UltraScan VIS 色差仪,Hunter Lab 公司;ASTREE II 电子舌,Alpha M. O.S 公司;T80 高速分散均质机,德国 IKA 公司;AvantiJ-2 型高速冷冻离心机,美国贝克曼公司;UV-2600 紫外可见分光光度计,尤尼柯仪器有限公司;NAI-ZFCDY-6Z 索氏抽提仪,湖北恒康化玻仪器公司;全波长酶标仪,赛默飞世尔科技公司。

## 1.3 样品制备方法

1) 鱼头前处理。选取刚宰杀的白鲢鱼头,去鳞去鳃去黑膜,对半剖开[(200±50)g],清洗干净,于-18℃冷冻保存。

2) 鱼头预处理工艺。冷冻鱼头流水解冻,按鱼头:腌制液=1:2(m/V)预调鱼头,调理结束沥干表面水分,设置3种温度(160℃低温、180℃中温、200℃高温)常压油炸一定时间(60、90、120、150 s)制得预处理鱼头,以未经油炸的预调鱼头为对照组,取肉质部分测定后续指标。

3) 鱼头煲的制备。参照 Li 等<sup>[12]</sup>方法并作修改,采用 PC30W8-炒锅,固定电磁炉功率为 800 W,按鱼水质量比 1:2.5 加水炖煮 40 min 得到鱼头煲。煮制期间,固定每隔 20 min 补充 1 次 100℃的沸水至原始水位线。熬制结束后用孔径 0.425 mm 筛过滤分离鱼头和鱼汤,用于后续指标测定。

## 1.4 预处理鱼头色泽测定

室温下用已校正的色度计,选取鱼头内表面平整处测定样品的  $L^*$  值、 $a^*$  值、 $b^*$  值,按式(1)计算白度( $W$ )<sup>[13]</sup>,每个样品平行测定 6 次。

$$W = 100 - \sqrt{(100 - L^*)^2 + a^{*2} + b^{*2}} \quad (1)$$

## 1.5 预处理鱼头肌原纤维蛋白溶解度测定

1) 肌原纤维蛋白提取。参照 Chaves-López 等<sup>[14]</sup>方法并作修改,准确称取 2.0 g 样品于离心管中,加入 20 mL 磷酸盐缓冲液(0.02 mol/L, pH 6.5),高速均质 30 s 后冷冻离心 15 min(4 000 r/min),弃去上清液,重复上述操作 3 次;得到的沉淀继续加入 20 mL 磷酸盐缓冲液(0.01 mol/L pH 6.5, 含 0.7 mol/L 的 KI),高速均质 30 s 后冷冻离心 15 min(10 000 r/min),上清液即为肌原纤维蛋白,重复上述操作 3 次,合并上清液备用。

2) 溶解度测定。参照蒋祎人等<sup>[15]</sup>方法,肌原纤维蛋白溶液稀释一定倍数,取适量稀释液离心 20 min(4℃, 10 000 r/min),获取上清液,采用 Lowry 法<sup>[16]</sup>分别测定上清液和原液的肌原纤维蛋白含量。溶解度( $P$ )表示如式(2):

$$P = \frac{C_1}{C_0} \times 100\% \quad (2)$$

式(2)中, $C_1$ 为上清液肌原纤维蛋白含量,mg/g; $C_0$ 为原液肌原纤维蛋白含量,mg/g。

## 1.6 预处理鱼头硫代巴比妥酸值测定

硫代巴比妥酸反应物(thiobarbituric acid reactive substances, TBARS)值按照 GB/T 5009.181—2016《食品中丙二醛的测定》中的分光光度法测定。

## 1.7 鱼头煲感官评价

参照 Yin 等<sup>[17]</sup>方法,由 8 位专业感官人员组成评定小组,以鱼头煲的色泽、气味、滋味为感官评价指标,对样品进行评定,感官评定标准如表 1 所示。

表 1 鱼头煲的感官品质评分标准

Table 1 Grading standards sensory qualities of fish head pot

指标 Indicators	评分标准 Scoring criteria	分值 Score
色泽 Color	乳白,浓稠,颜色均匀	7~9
	较白,微浑浊,较均匀	4~6
	较灰,透明,不均匀	1~3
气味 Smell	肉香味浓,无不良气味	7~9
	肉香味较淡,略有腥味	4~6
	基本无肉香味,腥味重	1~3
滋味 Taste	鲜味浓,咸淡适中,口感醇厚,回味好	7~9
	有鲜味,略咸或略淡,口感纯正,回味较好	4~6
	味平淡,咸淡不适,口感弱,无回味	1~3

## 1.8 鱼头煲色泽及基本营养成分指标测定

鱼头煲色泽测定方法同本文“1.4 预处理鱼头色泽测定”。鱼头煲的粗蛋白含量依照 GB5009.5—2016《食品中蛋白质的测定》中的凯氏定氮法测定;粗脂肪含量依照 GB 5009.6—2016《食品中脂肪的测定》中索氏抽提法测定;固形物含量参照 Moisés 等<sup>[18]</sup>方法及国标 GB/T 5009.3—2010,准确量取 20 mL 汤汁于蒸发皿中,于 105℃常压烘干至恒质量,用 g/100 mL 汤汁(湿基)表示,取 3 次重复测量平均值。

## 1.9 鱼头煲可溶性蛋白及总游离氨基酸含量测定

鱼头煲可溶性蛋白含量采用 Lowry 法<sup>[16]</sup>测定。总游离氨基酸含量测定参照文献<sup>[19]</sup>的方法,稍作修改。将鱼汤样品稀释 5 倍后,取 100 μL 稀释液于试管中,加入 1.5 mL 邻苯二甲醛溶液混合均匀,避光

反应 2 min,于 340 nm 处测定吸光值;另外取亮氨酸配制成 0.02~0.1 mg/mL 标准溶液,用于绘制标准曲线。

### 1.10 鱼头煲滋味轮廓测定

参考陈周等<sup>[20]</sup>方法,取 20 mL 鱼汤,4 °C 下离心 10 min(10 000 r/min),取上清液过滤,收集滤液并定容至 100 mL。采用 ASTREE 滋味分析仪(电子舌)对 7 个传感器参数进行测定。电子舌参数:采集时间 120 s,样品延迟时间 0 s。每个样品平行测定 7 次。

### 1.11 数据处理

所有试验均重复 3 次,试验结果以“平均值±标准

偏差”来表示,采用 SPSS 26 软件进行方差分析,均值在  $\alpha=0.05$  水平进行显著性检验,采用 Origin 2021 软件绘图。

## 2 结果与分析

### 2.1 油炸预处理下调理鱼头的色泽

由表 2 可知,相比于对照组,经不同程度油炸的鱼头  $L^*$ 、 $b^*$  显著升高, $a^*$  显著下降( $P<0.05$ )。油炸时延长或升高温度,预处理鱼头的亮度显著下降、黄度显著增大( $P<0.05$ ),结合图 1 发现,160 °C 样品泛白发灰,180 °C 样品明亮金黄,而 200 °C 样品暗淡焦黄。温度过高易使表面呈现焦褐色,不利于后续继续加工。

表 2 不同油炸条件下预处理鱼头的色泽变化

Table 2 Color changes of pretreated fish heads under different frying conditions

温度/°C Temperature	油炸时间/s Time	$L^*$	$a^*$	$b^*$	W
160	CK	55.91±0.79e	-0.45±0.17a	2.12±0.76d	55.85±0.80e
	60	75.68±1.30b	-1.83±0.34d	6.89±1.03bc	74.63±1.27b
	90	78.15±1.33a	-1.25±0.20c	7.48±0.51c	76.86±1.28a
	120	70.60±1.06c	-0.98±0.38b	11.03±0.53a	68.58±1.08d
	150	75.00±1.70b	-1.63±0.43d	9.59±0.97b	73.14±1.48c
180	60	75.86±0.83a	-1.86±0.16b	8.05±0.61c	74.48±0.85a
	90	74.41±0.80b	-1.65±0.21b	11.01±1.01ab	72.08±0.91b
	120	69.60±1.33c	-2.16±0.34c	10.65±0.69b	67.70±1.37c
200	150	68.08±0.58d	-1.76±0.26b	11.62±0.89a	65.97±0.67d
	60	73.61±1.34a	-2.65±0.28d	10.76±0.84d	71.36±1.37a
	90	71.78±0.64b	-1.93±0.17c	14.19±0.71c	68.35±0.33b
	120	69.56±0.73c	-1.16±0.33b	15.98±0.43b	65.59±0.58c
	150	63.88±1.04d	-0.31±0.20a	18.52±0.68a	59.40±1.09d

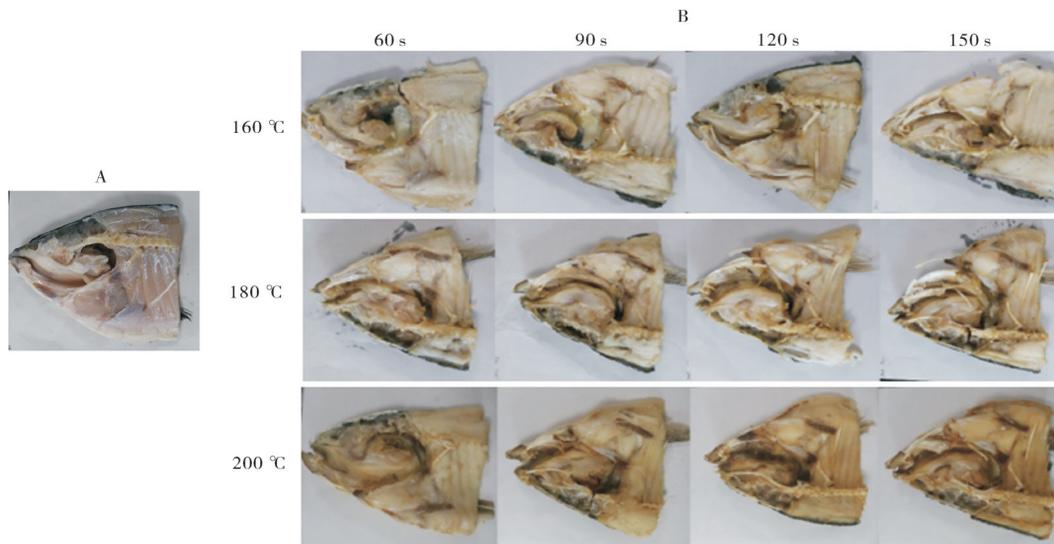
注:CK为未油炸组(对照组),下同。同一油炸温度下小写字母不同表示试验组与对照组(油炸 0 s)不同油炸时间处理鱼头色泽有显著性差异( $P<0.05$ )。Note: CK is the non fried group, the same as below. Different lowercase letters at the same frying temperature indicate significant differences in the color of fish heads between the experimental group and the control group (frying for 0 s) ( $P<0.05$ ).

### 2.2 油炸预处理下调理鱼头的蛋白溶解度

蛋白溶解度一般用来反映肌肉蛋白质的变性程度。由图 2 可知,低温油炸(160 °C)样品蛋白溶解度显著低于对照组( $P<0.05$ ),且随着油炸时间延长,样品溶解度持续下降,表明低温油炸使鱼头蛋白热变性,且油炸时间越长,变性程度越高;而中温和高温油炸样品蛋白溶解度提高为 81.89%~91.60%、73.35%~81.82%,均显著高于对照组( $P<0.05$ )。鱼头蛋白溶解度随油温变化趋势为 180 °C>200 °C>160 °C,油炸 180 °C 制得的预处理鱼头蛋白溶解度最高。

### 2.3 油炸预处理下调理鱼头的 TBARS 值

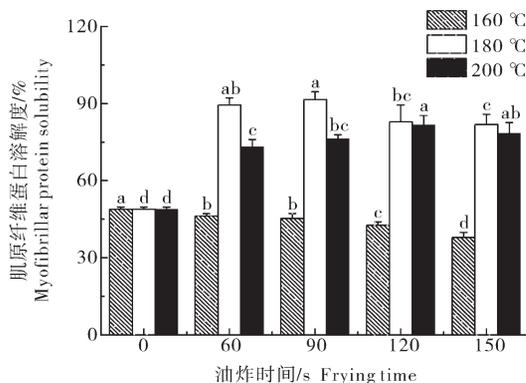
TBARS 是反映样品脂肪氧化程度的指标之一,常以丙二醛含量表征 TBARS 值, TBARS 值越高,表明样品脂肪氧化程度越重。由图 3 可知,预处理鱼头丙二醛含量随油炸温度变化趋势为 160 °C>200 °C>180 °C,中高温油炸制得鱼头的丙二醛含量偏低。随着油炸时间延长,低温油炸样品 TBARS 值显著升高( $P<0.05$ );中温油炸样品 120 s 内 TBARS 值无明显升高趋势( $P>0.05$ ),120 s 后显著上升( $P<0.05$ );高温油炸样品 TBARS 值先升高后趋于平缓。综上所述,180 °C 中温油炸 120 s 内预处理鱼头脂肪氧化程度最轻。



A: 对照组 Control group; B: 处理组 Processing group.

图1 不同油炸条件下预处理鱼头直观图

Fig. 1 Direct view of pretreated fish head under different frying conditions



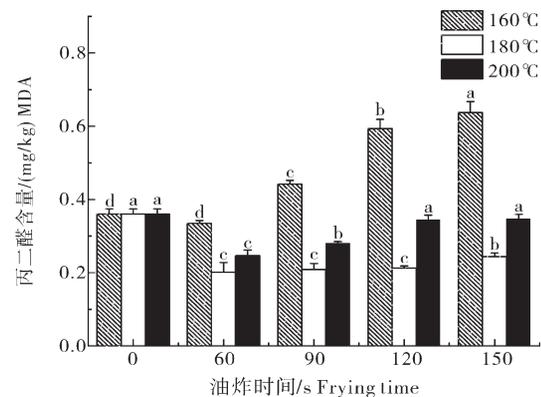
同一温度下不同小写字母表示试验组与对照组(油炸0 s)蛋白溶解度有显著性差异( $P < 0.05$ )。Different lowercase letters at the same temperature indicate significant differences in protein solubility between the experimental group and the control group (frying for 0 s) ( $P < 0.05$ ).

图2 不同油炸条件下预处理鱼头蛋白溶解度变化趋势

Fig. 2 Variation trend of protein solubility of pretreated fish head under different frying conditions

## 2.4 油炸预处理下鱼头煲的感官得分

由表3可以看出,对照组鱼汤整体感官评分较低,因为未油炸制得的鱼汤汤色偏灰、腥味重、滋味平淡。与对照组相比,经过油炸处理熬制的鱼头煲色泽、气味、滋味感官得分及总体可接受度均有所提升,表明油炸处理一定程度上能提升鱼头煲的整体品质。其中,中低温油炸鱼汤的感官品质均随油炸时间延长而显著提升( $P < 0.05$ ),腥味消失、肉香味浓郁、鲜甜味增强,而高温油炸不同时间鱼汤的总体



同一温度下不同小写字母表示试验组与对照组(油炸0 s)丙二醛含量有显著性差异( $P < 0.05$ )。Different lowercase letters at the same temperature indicate a significant difference in the content of malondialdehyde between the experimental group and the control group (frying for 0 s) ( $P < 0.05$ ).

图3 不同油炸条件下预处理鱼头丙二醛含量变化趋势

Fig. 3 Variation trend of malondialdehyde content in pretreated fish head under different frying conditions

可接受度无明显差异( $P > 0.05$ )。

## 2.5 油炸预处理下鱼头煲的色泽

表4为不同油炸条件下鱼头煲的色泽变化,结合其直观图4可知,经油炸预处理制得的鱼头煲,其汤的 $L^*$ 值、 $W$ 值显著升高, $a^*$ 值、 $b^*$ 值显著下降( $P < 0.05$ ),表明油炸可显著改善鱼头煲的色泽,使汤色乳白。固定油炸时间发现,升高油温,鱼头煲的 $L^*$ 值、 $W$ 值先增大后减小,180 °C油炸预处理的鱼头煲汤色最白,而在该温度下鱼头煲白度值随油炸时间的延

表3 不同油炸条件下鱼头煲的感官品质变化

Table 3 Changes of sensory quality of fish head soup under different frying conditions

温度/°C Temperature	时间/s Time	色泽 Color	气味 Smell	滋味 Taste	总体可接受度 Overall acceptability
160	CK	2.90±1.10c	3.30±1.06d	2.70±0.48d	2.60±0.52d
	60	4.60±1.07b	4.80±1.03c	4.50±0.85c	4.10±0.74c
	90	4.90±0.88b	5.60±1.17bc	5.60±0.84b	4.70±0.67c
	120	6.40±1.35a	5.80±0.63bc	6.10±0.57ab	6.20±0.63b
180	150	7.00±1.25a	7.00±0.67a	6.70±0.67a	6.90±0.88a
	60	4.90±0.57a	5.00±0.82b	4.50±1.08b	4.40±0.97c
	90	4.90±0.74a	5.50±0.71b	4.80±0.92b	4.80±0.79c
	120	5.30±0.82a	6.30±0.82a	5.90±0.99a	5.70±0.48b
200	150	5.40±0.70a	6.90±0.88a	6.50±0.85a	6.50±0.71a
	60	7.00±0.67a	5.70±1.25b	5.60±0.97b	5.80±1.03a
	90	6.00±0.94b	6.10±0.74ab	6.00±0.67ab	6.00±0.67a
	120	5.70±0.82b	6.60±0.70a	6.30±0.95ab	6.50±0.97a
	150	5.70±1.06b	6.90±0.88a	6.50±0.85a	6.60±1.17a

注:同列中小写字母不同表示试验组与对照组(油炸0s)油炸时间有显著性差异( $P<0.05$ ),感官评价为9分制。Note:CK is the non fried group. Different lowercase letters in the same column indicate significant differences between the experimental group and the control group (frying for 0 s) ( $P<0.05$ ), The sensory evaluation is based on a 9-point system.

表4 不同油炸条件下鱼头煲的色泽变化

Table 4 Color changes of fish head soup under different frying conditions

温度/°C Temperature	时间/s Time	$L^*$	$a^*$	$b^*$	$W$
160	CK	43.35±0.10e	0.54±0.02a	1.86±0.06a	43.32±0.10e
	60	50.30±0.45a	-0.73±0.03b	-2.55±0.01c	50.23±0.45a
	90	49.25±0.11b	-0.85±0.02c	-2.47±0.11bc	49.18±0.12b
	120	45.88±0.08d	-0.76±0.05b	-2.69±0.04d	45.81±0.08d
180	150	47.70±0.15c	-0.94±0.02d	-2.41±0.08b	47.64±0.15c
	60	49.50±0.15c	-0.91±0.06b	-2.60±0.10d	49.42±0.15c
	90	49.63±0.16c	-1.02±0.02c	-1.94±0.20b	49.58±0.16c
	120	50.45±0.15b	-1.03±0.04c	-2.42±0.09c	50.38±0.15b
200	150	53.42±0.01a	-1.13±0.04d	-2.05±0.03b	53.36±0.01a
	60	49.23±0.15a	-0.98±0.02b	-2.98±0.11d	49.13±0.15a
	90	47.78±0.09d	-1.06±0.05c	-2.42±0.11c	47.71±0.10d
	120	48.89±0.03b	-1.12±0.03d	-2.28±0.03b	48.83±0.03b
	150	48.14±0.06c	-1.17±0.04e	-2.24±0.04b	48.08±0.06c

注:同温度下小写字母不同表示试验组与对照组(油炸0s)油炸时间对鱼汤色泽有显著性差异( $P<0.05$ )。Note:CK is the non fried group. Different lowercase letters at the same temperature indicate significant differences in the color of fish soup between the experimental group and the control group (frying for 0 s) due to frying time ( $P<0.05$ ).

长而显著增大( $P<0.05$ ),其余温度下鱼头煲白度值随时间变化无明显规律。

## 2.6 油炸预处理下鱼头煲的基本营养成分含量

图5为预油炸下鱼头煲的基本营养成分含量。图5A展示了鱼头煲的总蛋白溶出趋势,从图5A中可以看出,油炸前期(0~90s)鱼头煲的蛋白含量随油炸时间延长逐渐上升,且油温越高越有利于蛋白

溶出。油炸后期(90~150s)中低温油炸的鱼头煲蛋白溶出量持续增加,油炸结束时分别为0.94、0.83g/100mL,而高温油炸蛋白含量反而下降,于油炸90s达最高为0.89g/100mL。鱼头煲的可溶性蛋白溶出趋势(图5B)与总蛋白溶出规律基本一致,中低温油炸时油炸150s鱼汤可溶性蛋白溶出量最多,分别为0.61、0.57g/100mL,而高温油炸90s鱼汤的可

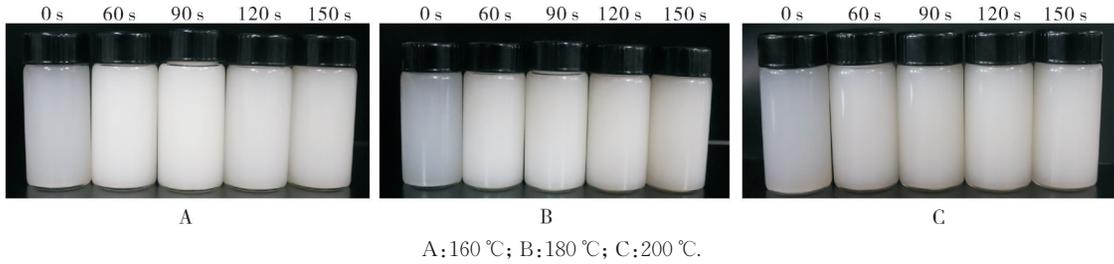
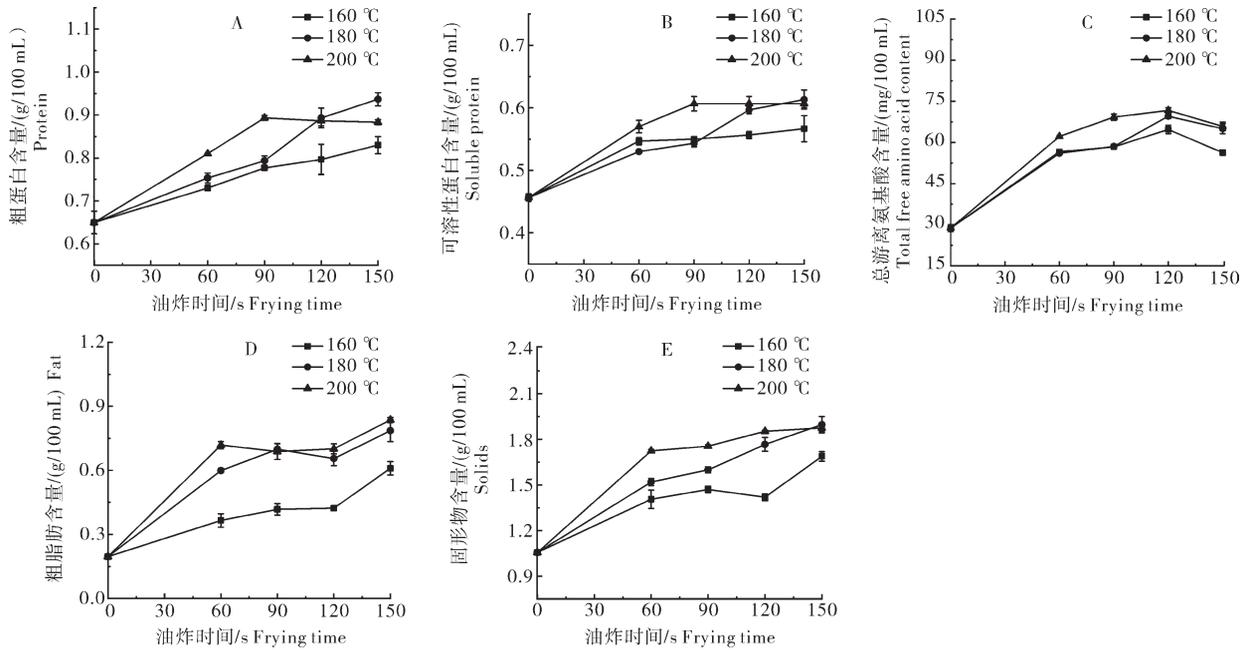


图4 不同油炸条件下鱼头煲的直观图

Fig. 4 Direct view of fish head pot (soup) under different frying conditions

溶性蛋白含量最高,为0.61 g/100 mL。图5C为鱼头煲的总游离氨基酸含量变化趋势,可以发现油炸前期(0~90 s)总游离氨基酸含量随温度变化趋势为200 °C含量>160 °C含量>180 °C含量,油炸后期无明显变化规律。而鱼头煲脂肪含量随油炸时间的延长整体呈上升趋势(图5D),前期缓慢上升,120 s后含量明显增高,整个油炸过程,中高温油炸制得

的鱼汤脂肪含量接近,远高于160 °C组的样品。此外,油炸过程温度越高、时间越长,鱼头煲的固形物含量越高(图5E),油炸终点中高温油炸鱼汤固形物含量相近且高于160 °C样品。综上所述,中温长时或高温短时油炸均能有效促进鱼头煲的蛋白溶出,中高温油炸制得鱼汤的脂肪及固形物含量接近,远高于低温组的鱼汤。



A: 总蛋白; B: 可溶性蛋白; C: 总游离氨基酸; D: 粗脂肪; E: 固形物。 A: Protein; B: Soluble protein; C: Total free amino acids; D: Fat; E: Solids.

图5 预油炸处理下鱼头煲基本营养成分含量变化

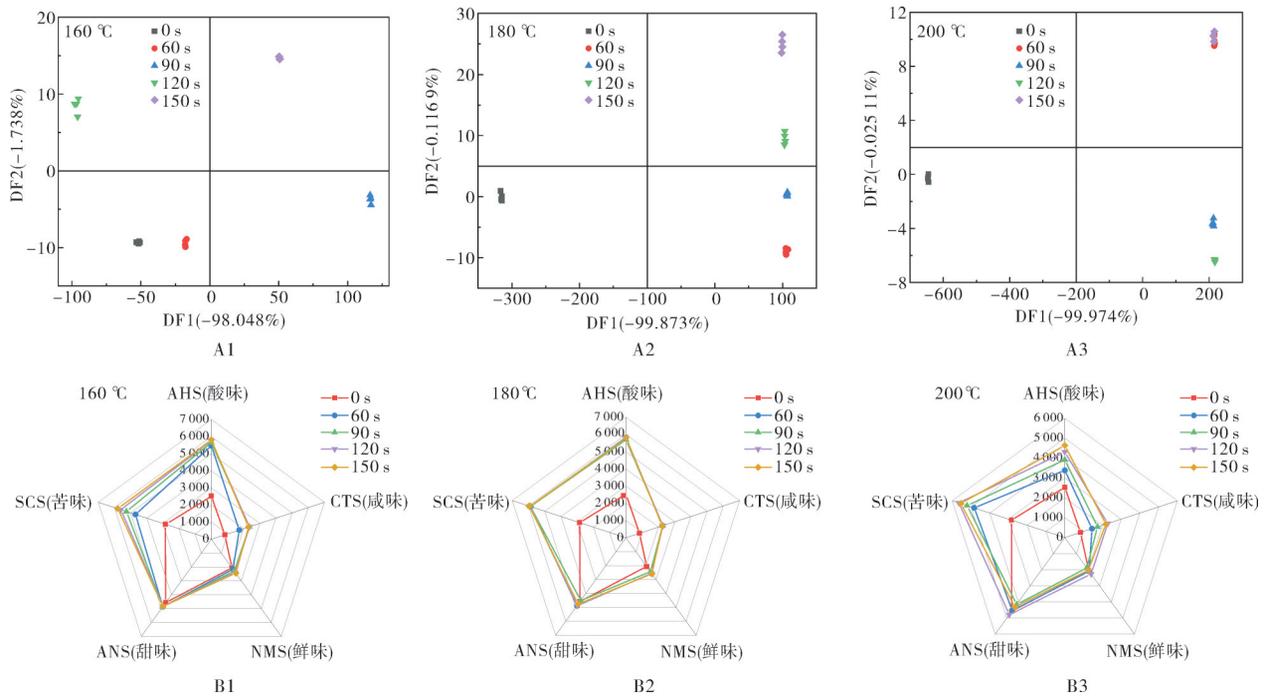
Fig. 5 Effect of pre-frying on the content of essential nutrients in fish head soup

2.7 油炸预处理下鱼头煲的滋味品质

电子舌可以模拟人的味觉系统,能快速准确地鉴定样品的滋味特性。图6A为不同油炸条件下鱼头煲的电子舌判别因子分析图。3种温度下油炸不同时间制得鱼汤的滋味特征判别因子DFA累计贡献率均大于80%,表明判别因子分析可以用来反映电子舌各传感器响应值的信息,对鱼头煲的整体滋味特征进行表征。从样品分散程度来看,低温油炸组

(图6A1)油炸60 s样品接近对照组,其余油炸时间的样品分布在不同象限且距离对照组较远,滋味特征有显著差异;中温油炸组(图6A2)中油炸60、90 s的样品分布在同一象限,油炸120 s、150 s的样品在另一象限距离较近,各处理组均远离对照组,高温油炸组(图6A3)类似,4个处理组两两接近,均远离对照组,表明滋味特征较对照组有显著差异。

图6B表征了鱼头煲电子舌传感器响应值雷达



椭圆表示同组样本的置信区间,  $P < 0.05$ 。The ellipse represents the confidence interval for the same group of samples,  $P < 0.05$ .

图6 预油炸制得的鱼头煲滋味特征判别因子分析图(A)及传感器响应值雷达图(B)

Fig. 6 Discriminant factor analysis of taste characteristics of pre-frying fish head pot (A) and sensor response radar (B)

图。由图6B可知,油炸处理后鱼头煲的各滋味响应值均发生改变。低温油炸(图6B1)处理组的鱼头煲滋味响应值均高于对照组,其鲜味、甜味及苦味响应值随油炸时间延长而提高;中温油炸制得鱼头煲的滋味响应值(除甜味外,图6B2)均高于对照组,且在油炸初期就达到较高水平,而甜味响应值随着油炸时间延长先增大后减小,中温油炸120 s制得的鱼头煲最鲜甜;然而高温油炸后鱼头煲各滋味响应值下降(图6B3),其中鲜味和甜味响应值下降最明显,甚至低于对照组。以上结果表明高温油炸不利于鱼头煲形成良好滋味。

### 3 讨论

油炸作为鱼制品加工过程一道重要工序,对产品品质改良具有重要意义。高温短期炸制对样品定型、去腥增鲜有明显作用,翟嘉豪等<sup>[21]</sup>发现短期内随着油炸温度和时间的延长,鱼块水分蒸发量增大、油脂吸收速率逐渐降低,具有较好固形效果。石长波等<sup>[22]</sup>基于水分含量、质构及感官评价等指标的测定,得出预调理大麻哈鱼的最佳油炸工艺为油温160 °C油炸100 s。预调理鱼头经过不同程度的油炸后,其色泽、蛋白溶解度、脂肪氧化程度均发生变化。相较于未油炸组,经油炸处理后鱼头色泽金黄,中温油炸

组的鱼头整体色泽更佳,有利于后续煮制鱼头煲时形成乳白的汤色。油炸预处理使鱼头蛋白发生热变性,中、高温油炸组鱼头的蛋白溶解度远高于低温油炸组。有报道称,油炸诱导蛋白质变性且蛋白变性程度取决于油炸温度,油炸时温度越高蛋白表面疏水性越低<sup>[23]</sup>,溶解性越好。陈画<sup>[24]</sup>研究也证实加热温度升高,蛋白表面疏水性指数与溶解度呈负相关。鱼头蛋白溶解度越高,越易溶出至汤中,进而提高鱼头煲的蛋白含量。油炸会加速样品脂肪氧化<sup>[25]</sup>,油炸时间越长,测得鱼头的丙二醛含量越高,其脂肪氧化程度越重。然而油炸温度升高测得鱼头的丙二醛含量却下降,该结果与张亚楠等<sup>[26]</sup>和Roldan等<sup>[27]</sup>研究结果类似,可能原因是高温条件下脂肪氧化产生的其他次级氧化产物与硫代巴比妥酸反应生成有色物质在其余波长处发生最大吸收<sup>[28]</sup>,由此降低丙二醛的吸光值。此外,高温加热条件下,丙二醛会与鱼肉中蛋白质、氨基酸等含伯氨的物质结合<sup>[27]</sup>,以降低样品丙二醛含量。

本研究还发现油炸预处理制得的鱼头煲汤色乳白,滋味鲜甜,蛋白质、脂肪等营养成分含量显著增多,感官品质显著提升。鱼头煲白度随油炸温度升高先上升后下降,温度升高加速样品油脂吸收<sup>[29]</sup>,鱼汤煮制过程油脂和蛋白质更易溶出并充分乳化,从

而形成浓郁的白汤。但温度过高导致鱼头表面色泽焦黄,反而对鱼汤色泽产生负面影响。有研究证实对比不煎炸制得的清汤,油炸后煮制的白汤营养成分更易溶出,味道更加鲜美<sup>[7]</sup>。中温油炸后期鱼汤蛋白溶出最多,高温长时油炸制得鱼汤脂肪含量高,蛋白溶出量低,这与高温加热鱼头表面蛋白变性凝固有关<sup>[30]</sup>,煮制过程易阻碍内部蛋白的溶出。低温油炸鱼汤脂肪含量远低于中高温组样品,因为低温油炸水油置换效率低<sup>[31]</sup>,鱼头煮制时溶出的脂肪量也较低。油炸后鱼头煲的感官及滋味品质显著高于未油炸组。中、低温油炸鱼头煲的感官得分随油炸时间延长而显著升高,电子舌滋味响应值(鲜味、甜味)也随之升高。200℃高温油炸后鱼头煲感官评分无明显变化,电子舌各滋味响应值下降。高温加热会加快美拉德反应进程<sup>[4]</sup>,而氨基酸、糖类呈味物质作为美拉德反应的前体物之一,在高温环境下会发生一系列反应,加速生成Strecker醛类、吡咯类、吡嗪类以及呋喃类等风味物质甚至类黑素<sup>[31-32]</sup>,影响鱼头色泽,并降低鱼头煲的滋味品质。

综上,本研究通过测定预处理鱼头及鱼头煲的色泽、蛋白溶解度、脂肪氧化程度、基本营养成分、滋味特性等指标,结合感官评价结果得出,油炸预处理可能通过影响预处理鱼头的色泽、蛋白变性及脂肪氧化程度来改善鱼头煲的品质。油炸温度越高,鱼头煲的营养物质溶出越多,但却不利于形成良好的色泽和滋味品质,故应选择180℃中温油炸预处理鱼头。而在此条件下,油炸120s时鱼头煲蛋白溶出多、脂肪含量低,色泽、滋味及感官品质也最优,因此最终选取中温180℃、油炸120s作为鱼头煲的预油炸条件。本研究可为探究预油炸过程影响鱼头煲品质的机制、选择合适的预油炸工艺提升鱼头煲品质等提供理论依据。

## 参考文献 References

- [1] 艾媒咨询. 2022年中国预制菜产业发展白皮书[EB/OL]. [2023-10-15]. [https://www.360kuai.com/pc/9b42eb7ed558c5c0d?cota=3&kuai\\_so=1&sign=360\\_57c3bbd1&refer\\_scene=so\\_1](https://www.360kuai.com/pc/9b42eb7ed558c5c0d?cota=3&kuai_so=1&sign=360_57c3bbd1&refer_scene=so_1). Ai Media Consulting. White paper on the development of China's prefabricated vegetable industry in 2022 [EB/OL] [2023-10-15](in Chinese).
- [2] 农业农村部渔业渔政管理局. 中国渔业统计年鉴-2023[M]. 北京: 中国农业出版社, 2023. Fisheries and Fishery Administration Bureau, Ministry of Agriculture and Rural Affairs. China fishery statistics yearbook of 2023 [M]. Beijing: China Agriculture Press, 2023(in Chinese).
- [3] 黄燕燕, 梁艳彤, 陆云慧, 等. 水产品预制菜行业发展现状[J]. 现代食品科技, 2023, 39(2): 81-87. HUANG Y Y, LIANG Y T, LU Y H, et al. Development status of the pre-prepared aquatic food industry [J]. Modern food science and technology, 2023, 39(2): 81-87 (in Chinese with English abstract).
- [4] CHANG C, WU G C, ZHANG H, et al. Deep-fried flavor: characteristics, formation mechanisms, and influencing factors [J]. Critical reviews in food science and nutrition, 2020, 60(9): 1496-1514.
- [5] SKIPNES D, ØSTBY M L, HENDRICKX M E. A method for characterising cook loss and water holding capacity in heat treated cod (*Gadus morhua*) muscle [J]. Journal of food engineering, 2007, 80(4): 1078-1085.
- [6] 朱琳芳. 方便鱼汤加工技术与开发[D]. 无锡: 江南大学, 2012. ZHU L F. Research and development on processing technology of convenience fish soup [D]. Wuxi: Jiangnan University, 2012 (in Chinese with English abstract).
- [7] 唐学燕, 陈洁, 李更更, 等. 加工方法对鱼汤营养成分的影响 [J]. 食品工业科技, 2008, 29(10): 248-251. TANG X Y, CHEN J, LI G G, et al. Effect of processing conditions on the nutrition value of fish soup [J]. Science and technology of food industry, 2008, 29(10): 248-251 (in Chinese with English abstract).
- [8] 郑佳楠, 韩琳, 王悦, 等. 热加工方式对鱼汤营养成分及食用品质的影响 [J]. 中国食品学报, 2023, 23(6): 222-231. ZHENG J N, HAN L, WANG Y, et al. Effects of thermal processing methods on nutritional components and edible quality of fish soup [J]. Journal of Chinese Institute of Food Science and Technology, 2023, 23(6): 222-231 (in Chinese with English abstract).
- [9] WANG Y Y, LI X P, WANG J X, et al. Effects of cooking methods on flavor characteristics of pacific cod head soup [J]. Food science, 2021, 42(15): 58-65.
- [10] 田沁, 吴珂剑, 谢雯雯, 等. 鲢鱼头汤烹制工艺优化及烹饪模式对汤品质的影响 [J]. 华中农业大学学报, 2014, 33(1): 103-111. TIAN Q, WU K J, XIE W W, et al. Optimizing the cooking process of silver carp head soup and effects of cooking modes on the qualities of soups [J]. Journal of Huazhong Agricultural University, 2014, 33(1): 103-111 (in Chinese with English abstract).
- [11] ZHANG M, CHEN M F, XING S H. Characterization of the key odorants of crucian carp soup and flavour improvement by modulated temperature mode in electrical stewpot [J]. Flavour and fragrance journal, 2021, 36(6): 637-651.
- [12] LI J L, TU Z C, ZHANG L, et al. Characterization of volatile compounds in grass carp (*Ctenopharyngodon idellus*) soup cooked using a traditional Chinese method by GC-MS [J]. Journal of food processing and preservation, 2017, 41(4):

- 476-481.
- [13] MI H B, LI Y, WANG C, et al. The interaction of starch-gums and their effect on gel properties and protein conformation of silver carp surimi [J/OL]. *Food hydrocolloids*, 2021, 112: 106290 [2023-10-15]. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2020.106290>.
- [14] CHAVES-LÓPEZ C, PAPARELLA A, TOFALO R, et al. Proteolytic activity of *Saccharomyces cerevisiae* strains associated with Italian dry-fermented sausages in a model system [J]. *International journal of food microbiology*, 2011, 150 (1): 50-58.
- [15] 蒋祎人, 李涛, 刘友明, 等. 丙二醛氧化修饰对白鲢肌原纤维蛋白结构性质的影响 [J]. *食品科学*, 2020, 41 (6): 1-7. JIANG Y R, LI T, LIU Y M, et al. Effect of malondialdehyde-induced protein oxidation on structural properties of myofibrillar protein from silver carp (*Hypophthalmichthys molitrix*) [J]. *Food science*, 2020, 41 (6): 1-7 (in Chinese with English abstract).
- [16] LOWRY O, ROSEBROUGH N, FARR A L, et al. Protein measurement with the folin phenol reagent [J]. *Journal of biological chemistry*, 1951, 193(1): 265-275.
- [17] YIN X F, LUO Y K, FAN H B, et al. Effect of freeze-chilled treatment on flavor of grass carp (*Ctenopharyngodon idellus*) fillets and soups during short-term storage [J]. *Journal of aquatic food product technology*, 2016, 25(5): 777-787.
- [18] MOISÉS S G, GUAMIS B, ROIG-SAGUÉS A X, et al. Effect of ultra-high-pressure homogenization processing on the microbiological, physicochemical, and sensory characteristics of fish broth [J/OL]. *Foods*, 2022, 11(24): 3969 [2023-10-15]. <https://doi.org/10.3390/foods11243969>.
- [19] SEMEDO TAVARES W P, DONG S Y, YANG Y H, et al. Influence of cooking methods on protein modification and *in vitro* digestibility of hairtail (*Thichiurus lepturus*) fillets [J]. *LWT*, 2018, 96: 476-481.
- [20] 陈周, 张美玲, 尹涛, 等. 4种蛋白酶对鲢鱼骨汤特性的影响 [J]. *华中农业大学学报*, 2019, 38 (6): 41-47. CHEN Z, ZHANG M L, YIN T, et al. Effects of four kinds of proteases on properties of silver carp fish bone soup [J]. *Journal of Huazhong Agricultural University*, 2019, 38(6): 41-47 (in Chinese with English abstract).
- [21] 翟嘉豪, 陈季旺, 陈超凡, 等. 油炸温度和时间对油炸外裹糊鱼块品质及产量的影响 [J]. *武汉轻工大学学报*, 2022, 41 (3): 1-7. ZHAI J H, CHEN J W, CHEN C F, et al. Effect of frying temperature and time on the quality attributes and yield of fried batter-breaded fish nuggets [J]. *Journal of Wuhan Polytechnic University*, 2022, 41(3): 1-7 (in Chinese with English abstract).
- [22] 石长波, 王萌, 赵钜阳. 油炸温度与时间对预调理清炸大麻哈鱼品质的影响 [J]. *食品研究与开发*, 2019, 49(17): 142-147. SHI C B, WANG M, ZHAO J Y. Effects of frying temperature and time on quality of fried *Oncorhynchus keta* [J]. *Food research and development*, 2019, 49(17): 142-147 (in Chinese with English abstract).
- [23] XIE D F, DENG F H, SHU J X, et al. Impact of the frying temperature on protein structures and physico-chemical characteristics of fried surimi [J]. *International journal of food science & technology*, 2022, 57(7): 4211-4221.
- [24] 陈画. NaCl对热诱导肌原纤维蛋白结构及消化特性的影响 [D]. 郑州: 河南农业大学, 2023. CHEN H. Exploring structure and *in vitro* gastrointestinal digestion of heat-induced myofibrillar proteins at different NaCl concentration [D]. Zhengzhou: Henan Agricultural University, 2023 (in Chinese with English abstract).
- [25] HU X F, LI J L, ZHANG L, et al. Effect of frying on the lipid oxidation and volatile substances in grass carp (*Ctenopharyngodon idellus*) fillet [J/OL]. *Journal of food processing and preservation*, 2022, 46(3): 16342 [2023-10-15]. <https://doi.org/10.1111/jfpp.16342>.
- [26] 张亚楠, 包香香, 樊玉霞, 等. 油炸温度和时间对猪肉块品质的影响 [J]. *食品工业科技*, 2018, 39(13): 19-24. ZHANG Y N, BAO X X, FAN Y X, et al. Effects of deep-fat frying temperature and time on the quality of pork nuggets [J]. *Science and technology of food industry*, 2018, 39(13): 19-24 (in Chinese with English abstract).
- [27] ROLDAN M, ANTEQUERA T, ARMENTEROS M, et al. Effect of different temperature-time combinations on lipid and protein oxidation of sous-vide cooked lamb loins [J]. *Food chemistry*, 2014, 149: 129-136.
- [28] KOSUGI H, KOJIMA T, KIKUGAWA K. Thiobarbituric acid-reactive substances from peroxidized lipids [J]. *Lipids*, 1989, 24(10): 873-881.
- [29] 张璐, 熊双丽, 李安林, 等. 油炸温度和时间对小酥肉品质的影响 [J]. *食品工业科技*, 2024, 45(7): 68-75. ZHANG L, XIONG S L, LI A L, et al. Effect of frying temperature and time on the quality of small crispy meat [J]. *Science and technology of food industry*, 2024, 45(7): 68-75 (in Chinese with English abstract).
- [30] ZHANG W, CHENG S S, WANG S Q, et al. Effect of pre-frying on distribution of protons and physicochemical qualities of mackerel [J]. *Journal of the science of food and agriculture*, 2021, 101(11): 4838-4846.
- [31] ALJAHDALI N, CARBONERO F. Impact of Maillard reaction products on nutrition and health: current knowledge and need to understand their fate in the human digestive system [J]. *Critical reviews in food science and nutrition*, 2019, 59(3): 474-487.
- [32] GAO P, XIA W S, LI X Z, et al. Optimization of the Maillard reaction of xylose with cysteine for modulating aroma com-

pound formation in fermented tilapia fish head hydrolysate using response surface methodology [J/OL]. Food chemistry,

2020, 331: 127353 [2023-10-15]. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.127353>.

## Effect of frying pretreatment on quality of fish head pot

WU Yanni, ZHANG Hanwei, DANG Meiqi, AN Yueqi, XIONG Shanbai

*College of Food Science and Technology, Huazhong Agricultural University/*

*National R&D Branch Center for Conventional Freshwater Fish Processing/*

*Engineering Research Center of Green Development for Conventional Aquatic Biological*

*Industry in the Yangtze River Economic Belt, Ministry of Education, Wuhan 430070, China*

**Abstract** Using conditioned silver carp fish heads as raw materials, the color, protein solubility, malondialdehyde content, essential nutritional components, and other indicators of the fried fish head and fish head pot were measured to streamline the production process and enhance the nutritional and flavor quality of the dish. The best pre-frying conditions were selected using sensory analysis, and the impact of frying pretreatment on the fish head pot's quality was investigated. The results showed that the color and protein solubility of fish head first increased and then decreased with the increase of frying temperature, while the malondialdehyde content was the opposite. The nutrient content of fish head pot increases with the increase of frying temperature. Fish head pot fried at medium and high temperature (180 °C, 200 °C) exhibited higher dissolution of protein, fat and other nutrients than those subject to low temperature frying (160 °C), while fish head pot fried at high temperature (200 °C) exhibited lower color and taste sensory quality than those subject to medium temperature frying (180 °C). With the extension of frying time, the contents of protein, fat and solid in fish head pot increased gradually, and the total free amino group content first increased and then decreased, while the taste profile and sensory quality first increased and then there was no significant difference. When frying for 120 s, the fish head pot had more protein dissolved and lower fat content, and its color, taste and sensory quality were also the best. In conclusion, pre-frying at 180 °C for 120 s was the optimum condition for fish head pot.

**Keywords** fish head pot; pre-frying; protein denaturation; fat oxidation; nutrient dissolution

(责任编辑:边书京)