

# 不同食品加工方式对提取鮫鰈鱼肉 DNA 的影响

程月花<sup>1</sup>, 卜菁<sup>2</sup>, 陆利霞<sup>1,2\*</sup>, 熊晓辉<sup>1,2</sup>

(1. 南京工业大学食品与轻工学院, 南京 210009; 2. 江苏省食品安全快速检测公共技术服务中心, 南京 210009)

**摘要:** **目的** 研究不同食品加工方式对提取鮫鰈鱼肉 DNA 的影响。**方法** 以实时荧光 PCR 方法检测鮫鰈鱼成分标准为例, 采取水煮、微波、油炸 3 种处理方式, 选用试剂盒提取 DNA, 利用核酸蛋白测定仪测定其在 260 nm、280 nm 处的吸光度, 通过 A260 来计算核酸浓度, A260/A280 来评估核酸的纯度。以提取的 DNA 为模板, 进行实时荧光 PCR 扩增。通过 Ct 值判断不同加工方式对实时荧光 PCR 结果的影响。**结果** 水煮、微波、油炸 3 种加工方式中, 油炸对 DNA 的影响最明显, 当在高温下油炸时间过久会导致鱼肉焦糖化反应及蛋白质变性严重, 变成具有一定孔隙的焦状物, 此时鱼肉在提取 DNA 的过程中难以消化, 造成 DNA 提取量少, 最终导致实时荧光 PCR 结果假阴性。而水煮、微波两种加工方式即使处理时间过久也没有对实时荧光 PCR 结果产生明显影响。**结论** 在鱼制品使用实时荧光 PCR 方法检测时, 应充分考虑加工方式对鱼制品 DNA 的影响。**关键词:** 食品加工; 鮫鰈鱼; DNA 提取; 实时荧光 PCR

## Effects of different food processing methodson DNA quality of *Lophius lituion*

CHENG Yue-Hua<sup>1</sup>, BO Qing<sup>2</sup>, LU Li-Xia<sup>1,2\*</sup>, XIONG Xiao-Hui<sup>1,2</sup>

(1. College of Food Science and Light Industry, Nanjing University of Technology, Nanjing 210009, China;  
2. Jiangsu Public Technical Service Center for Rapid Detection of Food Safety, Nanjing 210009, China)

**ABSTRACT: Objective** To investigate the impact of several common food processing methodson DNA quality of *Lophius lituion*. **Methods** The standard of real-time PCR method was used to detect DNA quality of *Lophius lituion*. *Lophius lituion* was processed by 3 different processing ways(water-boiling, microwave, frying). DNA was extracted by commercial DNA extractionkits.The purity of the DNA obtained from the samples was calculated according to A260/A280 values and the concentration of DNA was calculated by A260. The extracted DNA was amplified by real-time PCR. The influence of different processing methods on real-time PCR results was judged by Ct value. **Results** Among the 3 kinds of processing methods, frying revealed the most damaging effect on DNA. Long-time frying wouldlead to the occurrence ofserious caramelization and protein denaturation.Fish was turned into a porous cokeand difficult to extract DNA, whichledto less extraction of DNA and false negative results in real-time PCR.However, boiling and microwave processinghad no significant impact on the results of real-time PCR, even if the processing time wastoo long. **Conclusion** The effects of processing methods on DNA of fish products should be fully considered when using real-time PCR method for detecting fish products.

**KEY WORDS:** food processing; *Lophius lituion*; DNA extraction; real-time PCR

\*通讯作者: 陆利霞, 副教授, 硕士生导师, 主要研究方向为食品安全与检测。E-mail: lixialu@njtech.edu.cn

\*Corresponding author: LU Li-Xia, Associate Professor, College of Food Science and Light Industry, Nanjing Tech University, No. 30, Puzhu Road, Pukou District, Nanjing 210009, China. E-mail: lixialu@njtech.edu.cn

## 1 引言

实时荧光 PCR 法作为常见鱼类及其制品中鱼成分检测的标准方法,在进出口鱼产品及市场中鱼产品的掺假检测中起到至关重要的作用。实时荧光 PCR 法的第一步就是提取样品的 DNA, DNA 质量的好坏将直接影响到 PCR 扩增的实验结果<sup>[1]</sup>。市场上的鱼产品除了生鲜类还有种类繁多的鱼制品。温度、pH、化学试剂、金属离子、剪切力等对核酸的性质和结构都可能造成不同程度的破坏<sup>[2]</sup>,而这些理化作用常发生在食品加工过程中。常见的食品加工方式包括油炸、煮制、干燥、微波等。这些加工方式可能对鱼肉的 DNA 产生影响,从而影响实时荧光 PCR 结果,这可能对执法人员的判断产生误导。因此,研究食品加工对鱼肉 DNA 的影响有很重要的意义。本文以鮫鱈鱼成分检测标准为例,采用煮制、微波、油炸 3 种常见食品加工方式处理鮫鱈鱼肉,研究其对鱼肉 DNA 及实时荧光 PCR 结果的影响。

## 2 材料与方 法

### 2.1 样 品

新鲜鮫鱈鱼,购自南京当地超市,-20℃冷冻储存。

### 2.2 仪器与试剂

Sigma1-14 高速离心机(德国 Sigma 公司); Light Cycler® 96 实时荧光 PCR 仪(瑞士 Roche 公司); 核酸蛋白测定仪 Biophotometer D30(德国 Eppendorf 公司);

High Pure PCR Template Preparation Kit(瑞士 Roche 公司); Premix Ex Tag (Probe qPCR)(大连宝生物工程有限公司); 鮫鱈鱼特异性引物及探针均由上海生工生物有限公司合成。

### 2.3 实验方法

#### 2.3.1 样品处理

煮制: 鮫鱈鱼切丁,取 1 cm<sup>3</sup> 左右大小在不同温度下(75、90、100℃),用水煮制不同时间(0~120 min)。

微波: 鮫鱈鱼切丁,取 1 cm<sup>3</sup> 左右大小,将微波炉调至中高火(1000 W),在微波炉中心位置处理不同时间(0~5 min)。

油炸: 鮫鱈鱼切丁,取 1 cm<sup>3</sup> 左右大小在不同温度下(130、160、190℃),油炸不同时间(0~12 min)。

#### 2.3.2 DNA 提取

参照 High Pure PCR Template Preparation Kit 试剂盒的说明书操作。将提取好的 DNA 置于-20℃保存,待后续 PCR 扩增使用。

#### 2.3.3 DNA 浓度及纯度的测定

用核酸蛋白测定仪检测样品中 DNA 的纯度(A260/A280)及浓度<sup>[3]</sup>。纯净的 DNA A260/A280 比值在 1.8>1.8 考虑为 RNA 污染, DNA 变性或降解, <1.7 考虑为蛋

白质、酚污染<sup>[4]</sup>。

#### 2.3.4 实时荧光 PCR 检测

使用标准 SN/T 3589.2-2013 上鮫鱈鱼的特异性引物及探针序列。扩增反应在 LightCycler® 96PCR 仪上进行。总反应体积为 20 μL。其中 Premix Ex Tag 10 μL, 上下游引物(10 μmol/L)各 0.8 μL, 探针(10 μmol/L)0.4 μL, 20~50 ng/μL 模板 DNA 1.6 μL, 灭菌水补足至 20 μL。上述反应体系在 95℃ 预变性 10 s, 变性 95℃ 5 s, 退火 52℃ 10 s, 延伸 72℃ 34 s, 进行 40 个循环。

如 Ct 值 35.0, 则判定为检测样品阳性; 如 Ct 值 40.0, 则判定为检测样品阴性; 如 35.0<Ct 值<40.0, 则重复一次。如再次扩增后 Ct 值仍为<40.0, 则判定检测样品阳性; 如再次扩增后 Ct 值仍为 40.0, 则判定检测样品阴性。

## 3 结果与分析

### 3.1 不同温度下煮制不同时间对鮫鱈鱼肉 DNA 的影响

在肉制品生产加工过程中,根据加热杀菌的温度可将加热肉制品分为低温肉制品、中温肉制品、高温肉制品。其中低温肉制品是在较低温度下加热,使肉制品的中心温度达到 75~85℃<sup>[5,6]</sup>。中温肉制品是在 85~95℃ 的较高温度下加热<sup>[6]</sup>。高温肉制品则是在 121℃ 下高温灭菌的肉制品<sup>[6]</sup>。本实验以 75℃ 模拟低温肉制品加工,以 90℃ 模拟中温肉制品加工,以及常见的加工温度 100℃ 分别在这 3 个温度下煮制 30、60、90、120 min。利用核酸蛋白测定仪分别测定 75、90、100℃ 下煮制不同时间后提取的 DNA 的浓度(图 1~3)及纯度。新鲜鮫鱈鱼肉提取的 DNA 的浓度在 47.3 ng/μL 左右, A260/A280 的值在 1.71 左右。鮫鱈鱼肉在 75、90、100℃ 煮制不同时间后提取的 DNA 的浓度分别为 30~57、25~65、27~48 ng/μL, A260/A280 的值均在 1.6~1.9。可见 DNA 的浓度与纯度均满足实时荧光 PCR 的要求,且经过加工的鮫鱈鱼肉与新鲜鮫鱈鱼肉的 DNA 的浓度与纯度基本一致。DNA 的浓度和纯度在不同温度、不同时间也无明显差异。以不同温度(75、90、100℃)下煮制不同时间(30、60、90、120 min)提取的鮫鱈鱼 DNA 为模板,对其进行实时荧光 PCR 扩增,结果见图 4~6。新鲜鮫鱈鱼 DNA 的 Ct 值在 17.8 左右,经过煮制的鮫鱈鱼肉所提取的 DNA 均能扩增,且 Ct 值在 17.2~19.9。可见在 75、90、100℃ 下煮制不同时间几乎不影响采用实时荧光 PCR 标准方法检测鮫鱈鱼成分。在 100℃ 煮制 60 min 后鱼肉开始松散,超过一般的工艺要求,属于极限加工条件。因此,可以认为煮制加工对鮫鱈鱼肉使用实时荧光 PCR 标准方法检测无影响。

### 3.2 微波加热对鮫鱈鱼肉 DNA 的影响

在中高火(1000 W)对鮫鱈鱼加热不同时间(0.5~5.0 min),利用核酸蛋白测定仪测定所提取的 DNA 的浓度及纯度,结果见表 1。与新鲜鮫鱈鱼肉 DNA 相比,微波处理

过后的 DNA 的浓度明显提高在 70~90 ng/ $\mu$ L, 可能是由于鱼肉在微波加工过程中水分挥发, 当取相同质量的鱼肉提取 DNA 时, 微波处理过的鱼肉固体物含量明显高于新鲜鱼肉及水煮鱼肉。因此造成提取的 DNA 浓度的明显提高。A260/A280 的值在 1.6~1.9, 均满足实时荧光 PCR 的要求, 且与新鲜鱼肉 DNA 几乎一致。对所提取的 DNA 进行实时荧光 PCR 扩增, 其结果见表 1。Ct 值在 16.7~19.2, 与新鲜鱼肉 DNA 的 Ct 值一致。在实验过程中当加热时间达到 3 min 时, 鮫鯪鱼肉已经明显变干, 变硬, 超过一般微波加工的要求<sup>[7]</sup>, 属于极限加工条件。因此加热时间确定为 0.5~5.0 min 涵盖了实际生产中可能的加工要求。可以判断微波加热对使用实时荧光 PCR 标准方法检测鮫鯪鱼成分影响极小。

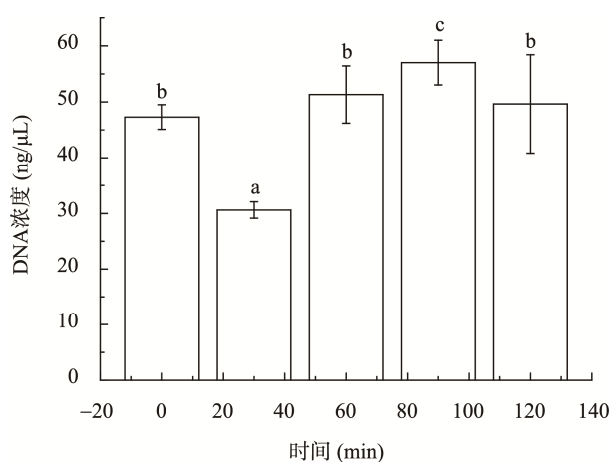


图 1 75 °C 下煮制不同时间提取的鱼肉 DNA 的浓度

Fig. 1 The concentrations of DNA extracted from samples boiled at 75 °C for different time

注: 采用 Duncan's multiple range test 方法分析, 不同字母表示显著性差异 ( $P < 0.05$ ,  $n = 3$ )

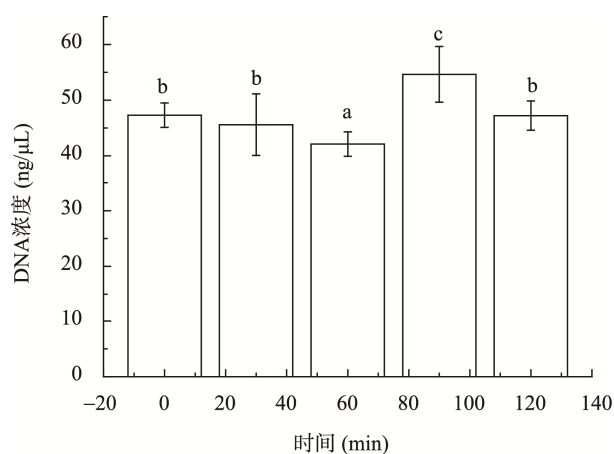


图 2 90 °C 下煮制不同时间提取的鱼肉 DNA 的浓度

Fig. 2 The concentrations of DNA extracted from samples boiled at 90 °C for different time

注: 采用 Duncan's multiple range test 方法分析, 不同字母表示显著性差异 ( $P < 0.05$ ,  $n = 3$ )

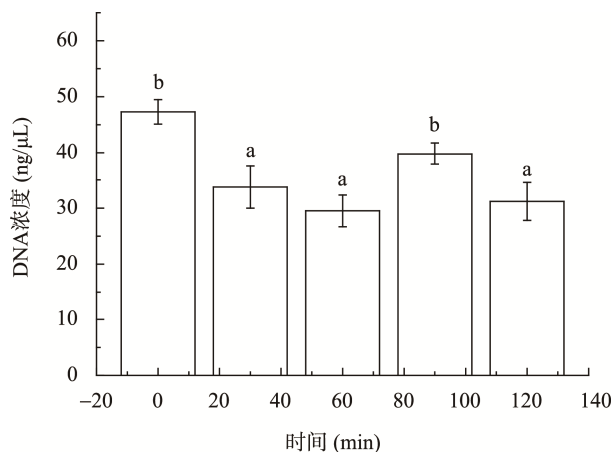


图 3 100 °C 下煮制不同时间提取的鱼肉 DNA 的浓度

Fig. 3 The concentrations of DNA extracted from samples boiled at 100 °C for different time

注: 采用 Duncan's multiple range test 方法分析, 不同字母表示显著性差异 ( $P < 0.05$ ,  $n = 3$ )

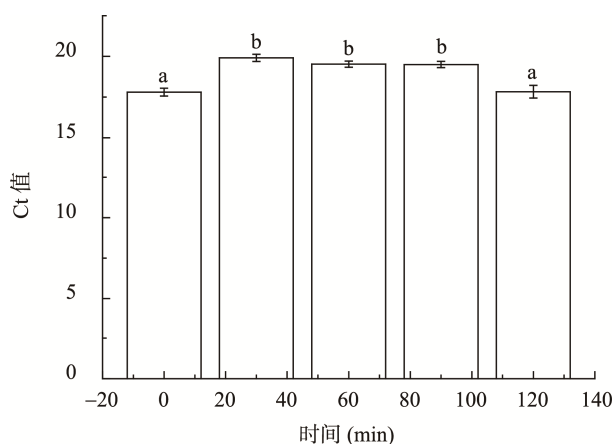


图 4 75 °C 下煮制不同时间提取的鱼肉 DNA 实时荧光 PCR 扩增后的 Ct 值

Fig. 4 The Ct values of DNA extracted from samples boiled at 75 °C for different time

注: 采用 Duncan's multiple range test 方法分析, 不同字母表示显著性差异 ( $P < 0.05$ ,  $n = 3$ )

### 3.3 不同温度下油炸不同时间对鮫鯪鱼肉 DNA 的影响

油炸温度分为 5 种: 高温: 也称旺油, 温度在 215~230 °C; 稍高温: 也称热油, 温度在 180~200 °C; 中温: 也称温热油, 温度在 150~170 °C; 低温: 也称温油, 温度在 110~150 °C; 浸炸: 温度在 70~100 °C。生产调味鱼罐头大多经过油炸工序。我国目前罐头食品厂所采用的炸鱼工艺大体是将油温先加热至 180~200 °C, 然后将处理后的鱼块在其中油炸<sup>[8]</sup>, 油炸温度控制在 180 °C, 油炸 4~5 min, 鱼体表面金黄为宜<sup>[9-12]</sup>。本实验选择 130 °C 模拟低温油炸, 160 °C 模拟中温油炸, 190 °C 模拟稍高温油炸。

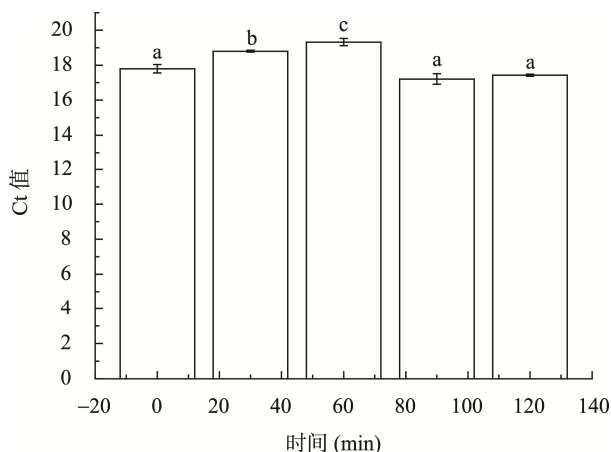


图5 90 °C下煮制不同时间提取的鱼肉DNA实时荧光PCR扩增后的Ct值

Fig. 5 The Ct values of DNA extracted from samples boiled at 90 °C for different time

注: 采用 Duncan's multiple range test 方法分析, 不同字母表示显著性差异( $P < 0.05$ ,  $n = 3$ )

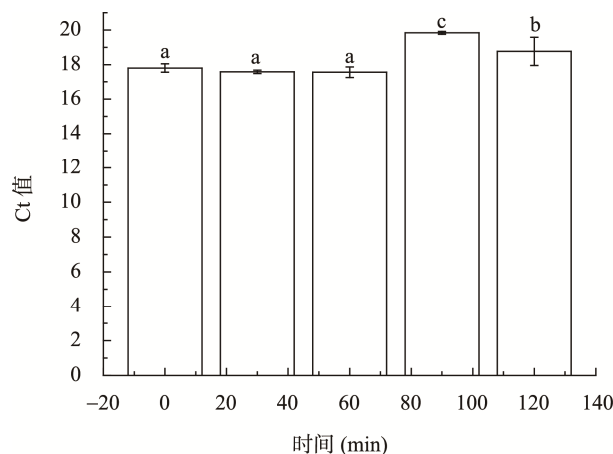


图6 100 °C下煮制不同时间提取的鱼肉DNA实时荧光PCR扩增后的Ct值

Fig. 6 The Ct values of DNA extracted from samples boiled at 100 °C for different time

注: 采用 Duncan's multiple range test 方法分析, 不同字母表示显著性差异( $P < 0.05$ ,  $n = 3$ )

表1 微波加热不同时间提取的DNA浓度和纯度及实时荧光PCR扩增后的Ct值

Table 1 The concentrations and purities of DNA extracted from samples microwaved at different time and the Ct values obtained by real-time PCR

加热时间(min)	Ct 值	DNA 浓度(ng/μL)	A260/A280
0	17.80±0.24 <sup>b</sup>	47.31±2.19 <sup>a</sup>	1.71±0.01 <sup>a</sup>
0.5	17.31±0.10 <sup>b</sup>	77.31±1.63 <sup>b</sup>	1.76±0.11 <sup>b</sup>
1.0	18.52±0.86 <sup>c</sup>	71.34±7.00 <sup>b</sup>	1.69±0.04 <sup>a</sup>
1.5	17.71±0.55 <sup>b</sup>	70.03±2.97 <sup>b</sup>	1.74±0.01 <sup>b</sup>
3.0	16.70±0.18 <sup>a</sup>	76.61±7.85 <sup>b</sup>	1.86±0.06 <sup>c</sup>
5.0	19.23±1.12 <sup>c</sup>	89.70±5.37 <sup>c</sup>	1.68±0.11 <sup>a</sup>

注: 采用 Duncan's multiple range test 方法分析, 同一列不同字母表示显著性差异( $P < 0.05$ ,  $n = 3$ )

### 3.3.1 130 °C油炸不同时间对鲢鱼DNA的影响

因为鱼块大小不同, 所需油炸的时间不定, 本实验样品1 cm<sup>3</sup>大小的鱼肉粒在130 °C油炸2 min时已经达到工艺要求的鱼体表面金黄, 鱼肉粒炸至12 min时已经表面呈焦黄状态。从图7可以看出DNA的浓度在70~90 ng/μL, 相比新鲜鲢鱼DNA浓度明显提高, 可能是由于鱼肉在油炸过程中水分挥发, 当取相同质量的鱼肉提取DNA时, 油炸处理后的鱼肉固体物含量明显高于新鲜鱼肉及水煮鱼肉使得DNA浓度提高。A260/A280的比值在1.70~1.95, 纯度较高, 可见试剂盒将蛋白质去除的较为彻底, 完全满足荧光PCR的要求。

对所提取的DNA进行实时荧光PCR扩增, 结果见图8。Ct值在20.2~22.4, 可以看出鲢鱼鱼肉粒130 °C油炸2~12 min后虽然Ct值比新鲜的鲢鱼鱼肉要稍高一点, 但是小于35, 说明该加工条件下提取的DNA仍满足荧光PCR要求, 不影响阳性样品的判断, 且不同时间的Ct值基本一致。

### 3.3.2 160 °C油炸不同时间对鲢鱼DNA的影响

本实验样品1 cm<sup>3</sup>大小的鱼肉粒在160 °C油炸2 min时已经炸至黄褐色, 达到工艺要求。DNA的浓度在40~60 ng/μL(图9), A260/A280的比值在1.60~1.75之间, 说明蛋白质的污染较小。与新鲜的鲢鱼鱼肉相比, 浓度和纯度没有明显区别。

对所提取的DNA进行实时荧光PCR扩增, 结果见图10, Ct值在20.8~23.1, 比新鲜鲢鱼肉肉的Ct值稍高, 但是Ct值小于35, 说明该加工条件下提取的DNA仍满足荧光PCR要求, 不影响阳性样品的判断。且不同时间的荧光PCR结果基本一致。

### 3.3.3 190 °C油炸不同时间对鲢鱼DNA的影响

鲢鱼粒190 °C油炸2 min, 已经出现焦褐色, 油炸至10 min, 鱼肉由于焦糖化反应及蛋白质变性严重, 变成具有一定孔隙的焦状物。因此该加工条件属于极限加工条件, 此后即便延长油炸时间, 鱼粒的感官形态也无明显改变。

鱼肉油炸 10 min 后提取 DNA 的过程中, 肉组织难以消化, DNA 的提取量锐减, 190 °C 油炸 10 min、12 min 时, DNA 的浓度低至 6 ng/μL 左右(图 11)。油炸 10 min 以后, Ct 值明显变高(图 12), 影响到实时荧光 PCR 扩增, 可能造成假阴性的判断, 从而影响食品的鉴定。

### 3.3.4 不同温度油炸对鮫鯪鱼肉 DNA 浓度及实时荧光 PCR 结果的影响

鱼肉经过在不同温度油炸后, 提取的 DNA 的浓度明显不同, 随着温度升高, DNA 的浓度下降明显(图 13)。不同温度油炸 2~8 min 后提取鱼肉 DNA 的过程中, 鱼肉消化

完全, 造成 DNA 提取浓度变低的主要原因是 DNA 在不同的温度下降解程度不同, 随着温度升高, 降解越严重。油炸 10min 后, 鱼肉在提取 DNA 的过程中出现难以消化的现象, 190 °C 油炸过后的鱼肉尤为明显, 此时, 造成 DNA 浓度变低的原因除了 DNA 降解外还有鱼肉油炸过程中随着温度的升高, 焦糖化反应及蛋白质变性严重, 鱼肉难消化。鱼肉在 130 °C 和 160 °C 油炸不同时间后提取的 DNA 经过实时荧光 PCR 扩增后的 Ct 值基本一致, 190 °C 油炸 10 min 以内, 其结果也与 130 °C、160 °C 一致, 而 10 min 之后则 Ct 值明显变高(图 14), 这与 DNA 浓度的降低的结果是一致的。

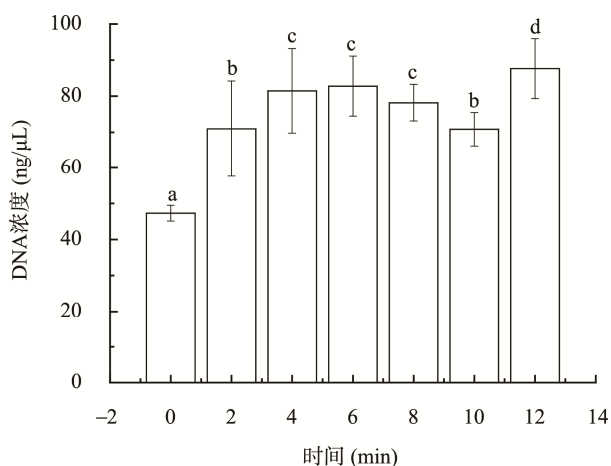


图 7 130 °C 下油炸不同时间提取的鱼肉 DNA 的浓度

Fig. 7 The concentrations of DNA extracted from samples fried at 130 °C for different time

注: 采用 Duncan's multiple range test 方法分析, 不同字母表示显著性差异( $P < 0.05$ ,  $n = 3$ )

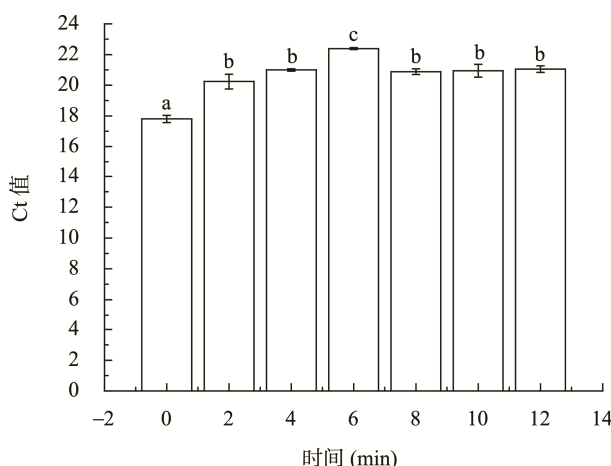


图 8 130 °C 下油炸不同时间提取的鱼肉 DNA 实时荧光 PCR 扩增后的 Ct 值

Fig. 8 The Ct values of DNA extracted from samples fried at 130 °C for different time

注: 采用 Duncan's multiple range test 方法分析, 不同字母表示显著性差异( $P < 0.05$ ,  $n = 3$ )

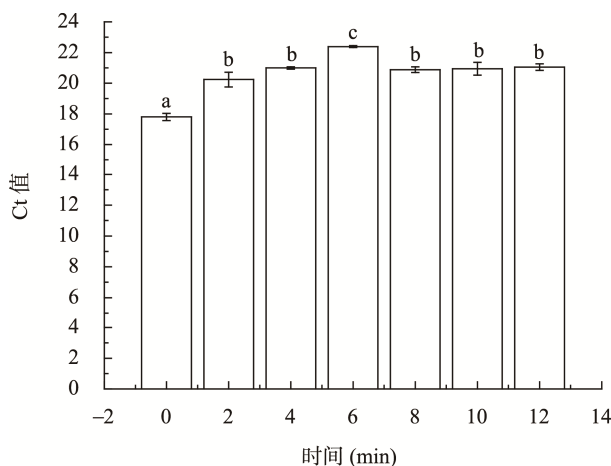


图 9 160 °C 下油炸不同时间提取的鱼肉 DNA 的浓度

Fig. 9 The concentrations of DNA extracted from samples fried at 160 °C for different time

注: 采用 Duncan's multiple range test 方法分析, 不同字母表示显著性差异( $P < 0.05$ ,  $n = 3$ )

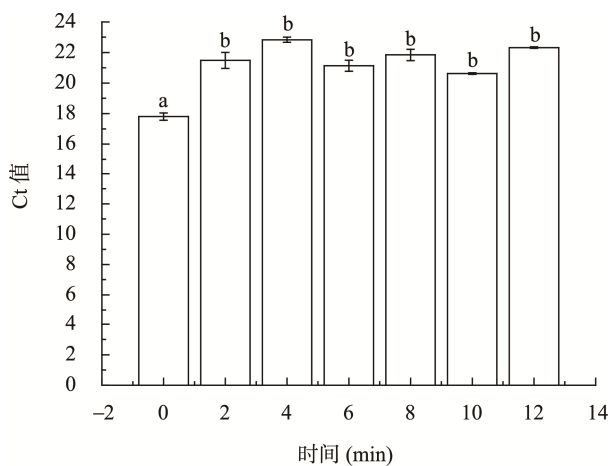


图 10 160 °C 下油炸不同时间提取的鱼肉 DNA 实时荧光 PCR 扩增后的 Ct 值

Fig. 10 The Ct values of DNA extracted from samples fried at 160 °C for different time

注: 采用 Duncan's multiple range test 方法分析, 不同字母表示显著性差异( $P < 0.05$ ,  $n = 3$ )

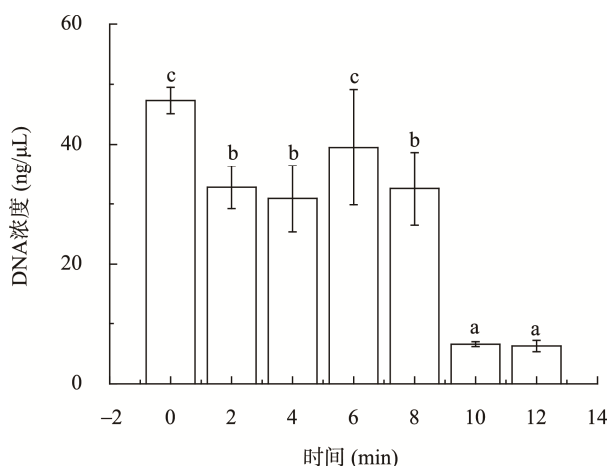


图 11 190 °C 下油炸不同时间提取的鱼肉 DNA 的浓度

Fig. 11 The concentrations of DNA extracted from samples fried at 190 °C for different time

注: 采用 Duncan's multiple range test 方法分析, 不同字母表示显著性差异 ( $P < 0.05$ ,  $n = 3$ )

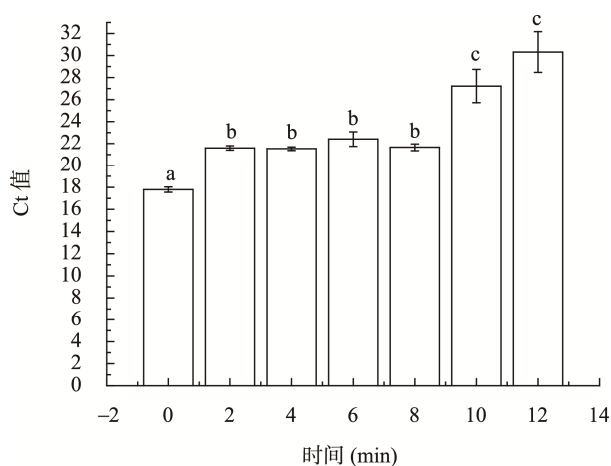


图 12 190 °C 下油炸不同时间提取的鱼肉 DNA 实时荧光 PCR 扩增后的 Ct 值

Fig. 12 The Ct values of DNA extracted from samples fried at 190 °C for different time

注: 采用 Duncan's multiple range test 方法分析, 不同字母表示显著性差异 ( $P < 0.05$ ,  $n = 3$ )

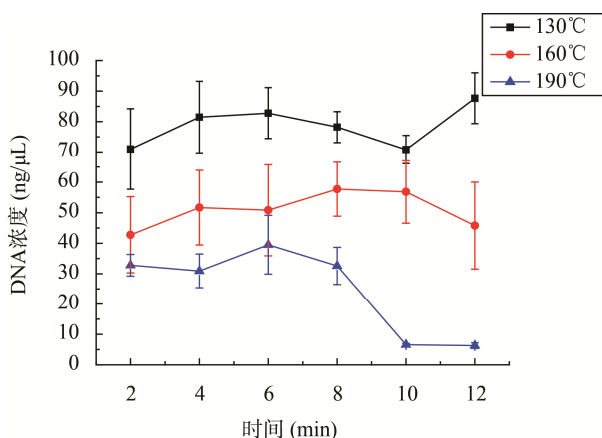


图 13 3 种温度下油炸不同时间后提取的鱼肉 DNA 浓度 ( $n = 3$ )

Fig. 13 The concentrations of DNA extracted from samples fried at 3 temperatures for different time ( $n = 3$ )

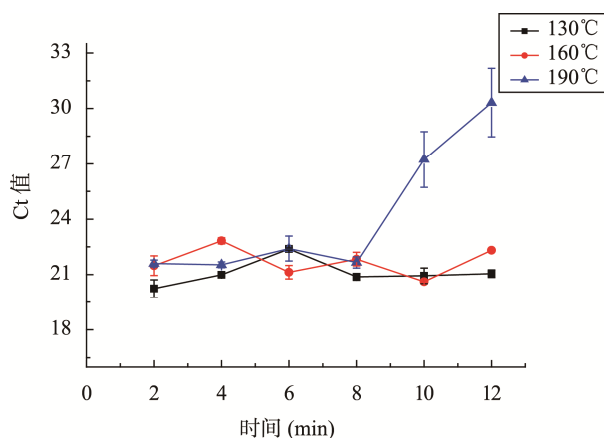


图 14 3 种温度下油炸不同时间提取的鱼肉 DNA 实时荧光 PCR 扩增后的 Ct 值 ( $n = 3$ )

Fig. 14 The Ct values of DNA extracted from samples fried at 3 temperatures for different time ( $n = 3$ )

## 4 结论与讨论

Meyer 等<sup>[13]</sup>研究表明, 热处理、核酸酶、pH 在一定条件下会造成 DNA 的降解。Kharazmi 等<sup>[14]</sup>的研究表明机械处理及热处理对大豆、玉米、土豆的 DNA 有降解作用。黄娅琳<sup>[15]</sup>研究发现动物肌肉在沸水中加热 80min 提取的 DNA 的 PCR 扩增产物条带明显变弱。韩冬等<sup>[16]</sup>研究发现煮沸对鲑鱼、大眼金枪鱼、蓝点马鲛和鹰爪虾的 DNA 的降解最严重, 基因组 DNA 长链被严重切短, 无完整的基因组 DNA 存在。本实验研究了水煮、微波、油炸 3 种常见的鱼肉加工方式, 并且对加工时间延长以探索加工方式和加工时间对鱼肉 DNA 及后续实时荧光 PCR 的影响。发现

水煮及微波处理虽然加工时间远超过常用的加工时间, 但是对实时荧光 PCR 的影响几乎可以忽略。这是由于标准中的鮫鱈鱼特异性引物扩增出的目的片段大小仅 163 bp 左右, 即使鮫鱈鱼肉 DNA 在水煮和微波过程中有降解, 但是降解片段的大小仍能满足标准的要求。而在 190 °C 高温油炸 10min 后, 一方面 DNA 的片段降解严重, 另一方面鱼肉 DNA 难以提取, 已经不能满足标准的要求。

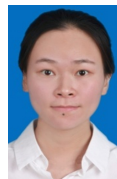
本研究表明, 在一些极限加工条件下会对鱼肉 DNA 的提取造成困难, 并且对 DNA 有降解作用, 会对实时荧光 PCR 的结果造成假阴性, 从而影响执法人员的判断。因此在执法过程中必须考虑食品加工方式对 DNA 的影响。

## 参考文献

- [1] Mackay IM. Real-time PCR in the microbiology laboratory [J]. Clin Microbiol Infect, 2004, 10(3): 190–212.
- [2] 王允祥, 李峰. 生物化学[M]. 武汉: 华中科技大学出版社, 2011.  
Wang YX, Li F. Biochemistry [M]. Wuhan: Huazhong University of Science and Technology Press, 2011.
- [3] Ramos-Gómez S, Busto MD, Perez-Mateos M, *et al.* Development of a method to recovery and amplification DNA by real-time PCR from commercial vegetable oils [J]. Food Chem, 2014, 158(5): 374–83.
- [4] 张楚富. 生物化学原理[M]. 北京: 高等教育出版社, 2010.  
Zhang CF. Principles of biochemistry [M]. Beijing: Higher Education Press, 2010.
- [5] 白艳红. 我国低温肉制品研发现状与进展[J]. 肉类工业, 2005, (1): 25–27.  
Bai YH. Research status and development of low temperature meat products in China [J]. Meat Ind, 2005, (1): 25–27
- [6] 董寅初. 低温肉制品是我国肉制品发展的总趋势[J]. 肉类研究, 1997, (1): 3–5.  
Dong YC. Low temperature meat products is the general trend of the development of meat products in China [J]. Meat Res, 1997, (1): 3–5.
- [7] 周琪, 马美湖. 微波处理对煮制牛肉品质影响的研究[J]. 肉类研究, 2010, (4): 69–74.  
Zhou Q, Ma MH. Research of microwave treatment on quality of cooked beef [J]. Meat Res, 2010, (4): 69–74.
- [8] 裘迪红, 黄晓春. 梭鱼软罐头的开发[J]. 食品工业科技, 2007, (03): 150–152.  
Qiu DH, Huang XC. Development of Liza haematocheia retort pouch [J]. Sci Technol Food Ind, 2007, (03): 150–152.
- [9] 龚珞军. 五香鱼软罐头的加工[J]. 科学养鱼, 2007, (12): 70–70.  
Gong LJ. The processing of soft canned spiced fish [J]. Sci Fish Farm, 2007, (12): 70–70.
- [10] 彭荣艳, 程裕东, 金银哲. 油炸温度和时间对草鱼鱼片品质影响的研究[J]. 食品工业科技, 2015, 36(5): 132–135.  
Peng RY, Cheng YD, Jin YZ. Effect of frying temperatures and times on the quality of grass carp fillets [J]. Sci Technol Food Ind, 2015, 36(5): 132–135.
- [11] 徐宗平, 葛福生. 油炸鱼罐头的加工技术[J]. 农村百事通, 2011, (14): 25–26.  
Xu ZP, Ge FS. Canned fried fish processing technology [J]. Rural Know-All, 2011, (14): 25–26.
- [12] 王兴礼. 香炸淡水鱼软罐头的加工[J]. 农村新技术, 2010, (24): 69–70.  
Wang XL. Fried freshwater fish soft canned food [J]. New Rural Technol, 2010, (24): 69–70.
- [13] Meyer R. Development and application of DNA analytical methods for the detection of GMOs in food [J]. Food Control, 1999, 10(6): 391–399.
- [14] Kharazmi M, Bauer T, Hammes W P, *et al.* Effect of Food Processing on the Fate of DNA with Regard to Degradation and Transformation Capability in *Bacillus subtilis* [J]. Syst Appl Microbiol, 2003, 26(4): 495–501.
- [15] 黄娅琳. 高温烹饪对动物肌肉组织 DNA 降解的影响[J]. 四川动物, 2012, 31(2): 222–225.  
Huang YL. Impact of high-temperature cooking on degradation of DNA of animal meat [J]. Sichuan J Zool, 2012, 31(2): 222–225.
- [16] 韩冬, 贾秀双, 安然, 等. 食品加工对几种海洋食品原料中 DNA 的影响[J]. 中国海洋大学学报, 2013, 43(6): 58–63.  
Han D, Jia XS, An R, *et al.* The influence of processing on the DNA integrity in several raw materials of marine foods [J]. J Ocean Univ Chin, 2013, 43(6): 58–63.

(责任编辑: 金延秋)

## 作者简介



程月花, 硕士, 主要研究方向为食品安全检测。

E-mail: chengyuehua7@163.com



陆利霞, 博士, 副教授, 主要研究方向为食品安全检测。

E-mail: lixialu@njtech.edu.cn