

5种鸢乌贼解冻方法对品质影响的比较研究

沈玉^{1,2}, 黄卉¹, 吴燕燕^{1*}

(1. 中国水产科学研究院南海水产研究所, 农业部水产品加工重点实验室, 广州 510300;
2. 上海海洋大学食品学院, 上海 201306)

摘要: **目的** 为获得较适合冷冻鸢乌贼片的解冻方法, 比较流水解冻、静水解冻、冷藏解冻、室温解冻和微波解冻5种解冻方式对鸢乌贼片品质影响的差异。 **方法** 测定解冻时间及解冻后鸢乌贼片的色差、细菌总数、TVB-N、解冻损耗和进行感官评价分析。 **结果** 不同解冻方式对鸢乌贼解冻片的品质影响有所差异。微波解冻和流水解冻所耗解冻时间远远短于冷藏解冻。流水解冻的细菌总数最高, 而微波解冻具有一定的杀菌作用。鸢乌贼颜色偏深, 解冻对鸢乌贼的色差影响较小。解冻过后, TVB-N值均有所升高。解冻介质为水时, 鸢乌贼的感官品质较好。 **结论** 解冻鸢乌贼冻结片的最佳解冻方式是静水解冻, 和其他解冻方式相比, 具有最低解冻损耗率、最低TVB-N值、最佳的感官品质、适中的解冻时间等优点。

关键词: 解冻方式; 鸢乌贼; 色差

Comparison of 5 thawing methods on product quality of frozen purpleback flying squid *Sthenoteuthis oualaniensis*

SHEN Yu^{1,2}, HUANG Hui¹, WU Yan-Yan^{1*}

(1. South China Sea Fisheries Research Institute, Chinese Academy of Fishery Sciences, Key Lab of Aquatic Product Processing of Ministry of Agriculture, Guangzhou 510300, China; 2. College of Food Science and Technology, Shanghai Ocean University, Shanghai 201306, China)

ABSTRACT: Objective To obtain the optimum thawing method for the frozen purpleback flying squid *Sthenoteuthis oualaniensis*, and compare the five thawing methods on the final quality, including running water thawing, water soak thawing, refrigeration thawing, room temperature thawing and microwave thawing. **Methods** Thawing time, thawing loss, chromatic aberration, total bacterial count, TVB-N and sensory analysis had been used to evaluate the differences between these 5 thawing methods. **Results** Different thawing methods had various influence on the parameters of the squid fillets. Microwave thawing and running water thawing took the shortest thawing time. Running water thawing got the highest thawing loss and total bacterial count, while microwave thawing had sterilized effect. Purpleback flying squid had a dark color, thus, the thawing process had little effect on chromatic aberration. However, after thawing, the TVB-N value increased in all the experimental groups. Contacting with water ensured the squids with a better sensory attributes during thawing process. **Conclusion** Characterized by lowest thawing loss and TVB-N value, best sensory attributes and a moderate thawing time, the water soak thawing methods is considered to be the best

基金项目: 农业部重大财政专项(NFZX2013)、工信部高技术船舶科研项目(DC132101)

Fund: Supported by Financial Fund of the Ministry of Agriculture, P.R China (NFZX2013) and the High Technology of Marine Scientific Research Project from Ministry of Industry and Information Technology (DC132101)

通讯作者: 吴燕燕, 研究员, 硕士生导师, 主要研究方向为水产品精深加工与质量安全控制。E-mail: wuyygd@j163.com

***Corresponding author:** WU Yan-Yan, Researcher, South China Sea Fisheries Research Institute, Chinese Academy of Fishery Sciences, No. 231 Xinggang West Road, Haizhu District, Guangzhou 510300, China. E-mail: wuyygd@163.com

way to thaw frozen squids fillets.

KEY WORDS: thawing method; purpleback flying squid; chromatic aberration

1 引言

解冻是冻结的逆反应, 对于冷冻食品来说是后续加工或者烹饪的必要步骤。在解冻过程中, 食物中的冰晶融化, 使得食物恢复到新鲜的状态。但解冻的同时也伴随着各种化学、物理和微生物反应的发生^[1,2]。传统的解冻方式有流水解冻、静水解冻、冷藏解冻、空气解冻等, 已被广泛用于工业生产和家庭烹饪中^[3-5]。微波解冻是一种较新兴的解冻方式, 和其他解冻方式相比, 有着更加快速的优点。另外, 不同的解冻方法对不同种类食物的影响不同^[6], 常海军^[7]等研究表明, 静水解冻和微波解冻与空气解冻和低温解冻相比, 能更好地保持猪肉的品质。而侯晓荣^[8]等认为冷藏解冻因有较低的解冻损失率等优点, 是中国对虾的最适解冻方法。因此实际操作中需要根据具体食物的种类来选择合适的解冻方式。

目前关于水产品解冻的研究主要集中在金枪鱼等解冻后可直接食用的种类上^[9], 而解冻对头足类水产品的影响鲜有报道。鸢乌贼是南海中南部灯光罩网捕获的主要品种^[10-12], 具有较大的资源开发利用潜力。与其他头足类相比, 具有体长较小、肉质较薄等特点, 因此具有其独特的研究意义。本实验的研究目的在于, 从解冻损耗、解冻时间、细菌总数、色差、TVB-N 值和感官评价等角度研究流水解冻、静水解冻、冷藏解冻、室温解冻和微波解冻对鸢乌贼的影响, 找到冻结鸢乌贼片的最佳解冻的方式。

2 材料与方法

2.1 材料与试剂

鸢乌贼由水科院南海水产研究所“南峰号”捕于南海南沙海域, 已解剖并于 $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$ 冻藏两个月以上的鸢乌贼肌肉片, 长 10 cm, 宽 7 cm, 厚 4 mm。样品分为 5 组, 每组包括 6 块鸢乌贼肌肉片, 每组的总重为 250 g 左右。随机抽取一组作为对照组, 不经过解冻步骤就检测各项指标。

盐酸、高氯酸、氢氧化钠、硼酸(分析纯, 广州化学试剂厂)。

2.2 仪器与设备

T25 型高速均质机(德国艾卡); G70F23CN2P 型微波炉(中国格兰仕); GB204 型电子天平(瑞士梅特勒); 温度计; SPX 型生化培养箱(宁波东南); SC-80C 色差仪(北京康光)。

2.3 解冻方式

流水解冻: 使用流速为 30 mL/s 的室温($25\text{ }^{\circ}\text{C}$)自来水进行解冻; 静水解冻: 室温条件($25\text{ }^{\circ}\text{C}$)下用 2 L 水完全浸没样品; 冷藏解冻: 将样品置于 $4\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的冰箱中; 室温解冻: 将样品置于温度为 $25\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的环境中; 微波解冻: 功率为 1800 W 的微波炉, 使用解冻功率为总功率的 30% 进行解冻, 每 30 s 将样品翻动一次。鸢乌贼片中心温度达到 $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ 记为解冻终点, 记录下解冻时间。

2.4 解冻损失率的计算

将鸢乌贼在解冻前进行称重, 重量记为 M_1 , 解冻后用滤纸吸干表面水分称重, 重量记为 M_2 , 按公式(1)计算解冻损失率:

$$\text{解冻损失率}\% = \frac{M_1 - M_2}{M_1} \times 100 \quad (1)$$

2.5 色差测定

用吸水纸吸去样品表面水分后, 采用色差仪测定样品的 L^* 、 a^* 和 b^* 值。

2.6 总挥发性盐基氮(TVB-N)的测定

参照 SC/T 3032-2007《水产品中挥发性盐基氮的测定》^[13], 按照半微量定氮法进行测定, 结果用 mg/100 g 表示。

2.7 菌落总数的测定

参照 GB/T 4789.2-2010《食品微生物学检验 菌落总数测定》^[14]进行。

2.8 感官评价

由 7 名受过感官评价培训的实验室人员对解冻后的鸢乌贼进行描述性感官评价。

2.9 数据处理

每项测定数据至少 3 个平行, 用 Microsoft excel

2010 和 SPSS 19.0 进行数据分析。

3 结果与分析

3.1 解冻损失率、解冻时间和细菌总数

由表 1 可以看出,不同解冻方法所带来的解冻损失率、所需的解冻时间以及解冻后样品的细菌总数均有不同。流水解冻的损失率最高,因为冻结产品解冻时,冻结时产生的内部冰晶融化成水,未能复原到原细胞中去的就变成汁液流出来,同时溶有氨基酸、可溶性蛋白、盐类、维生素类等可溶性成分,这不仅导致商品价值的下降,同时渗出的汁液也成为细菌优质的培养基,所以经流水解冻的鳃乌贼片的细菌总数最高,达到 2.01×10^5 CFU/g。静水解冻的损失率为负值,说明冻结鳃乌贼在浸泡过程中有吸水的过程存在。

从解冻时间来看,微波解冻和流水解冻所需时间最短,采用这两种方法解冻时,鳃乌贼冻结片的中心温度从 $-18\text{ }^\circ\text{C}$ 上升至 $0\text{ }^\circ\text{C}$ 所需时间分别为 3.5 min 和 4.75 min。采用冷藏解冻方法所耗时间最长,需要 154 min。解冻介质为水(流水解冻和静水解冻)的解冻速度要高于解冻介质为空气(冷藏解冻和室温解冻)的解冻速度,这是因为水比空气有着更大的热的传导速度,标准状态下水的比热是空气的 4 倍^[15]。而微波解冻是使物料分子内摩擦生热,使物料整体温度升高而达到解冻效果^[16],在这 5 种方法中,是效率最高的解冻方式。并且从表 1 可以很明显地看出,微波

在促使样品升温解冻的同时也具有一定的杀菌效果,和对照组的 6.52×10^3 CFU/g 相比,经微波解冻后的样品细菌总数下降至 5.00×10^2 CFU/g。刘玉敏^[17]等用微波炉对冷冻鱼类和贝类的解冻研究也表明,达到一定时间之后,随着微波时间的加长,杀菌作用也会更加显著。

3.2 色差值

颜色是衡量水产品物理品质的重要因素,是影响消费者挑选购买水产品的重要因素之一。能在一定程度上反应肌肉中蛋白质和脂肪的氧化程度^[18,19]。Thanonkaew 等^[20,21]认为乌贼肌肉中脂肪的氧化会导致黄色色素的生成,即 b^* 值的上升,而如表 2 所示,解冻步骤对鳃乌贼的黄色度(b^*)没有明显的影响,测试指标之间没有显著差异($P < 0.05$),这可能是因为鳃乌贼本身的黄色度(b^*)较高的缘故。经过解冻步骤后,除流水解冻方式外,其余解冻方式均导致了鳃乌贼亮度(L^*)一定程度的下降,对照组和流水解冻的亮度(L^*)分别为 56.13 和 57.87,而其余解冻方式的鳃乌贼亮度(L^*)在 40.20-45.75 之间。静水解冻和室温解冻的红色度(a^*)最高,这说明温度可能对鳃乌贼的红色度(a^*)影响比较大,微波解冻和对照组的红色度(a^*)水平一致。

3.3 TVB-N 值

总挥发性盐基氮(TVB-N)是水产品腐败过程中,在微生物和酶的作用下,蛋白质分解而产生的氮及

表 1 5 种解冻方法的解冻损失率、解冻时间和细菌总数的比较

Table 1 Effect of different thawing methods on thawing loss, thawing time and total bacterial count of squid fillet

指标	流水解冻	静水解冻	冷藏解冻	室温解冻	微波解冻	对照组
解冻损失率(%)	6.22±0.51 ^a	-2.52±0.25 ^d	2.27±0.34 ^b	1.27±0.18 ^c	1.68±0.55 ^b	—
解冻时间(min)	4.75±0.50 ^d	28±3.5 ^e	154±11 ^a	89±7 ^b	3.5±0.3 ^d	—
细菌总数(CFU/g)	2.01×10^5	1.20×10^5	1.34×10^4	1.50×10^5	5.00×10^2	6.52×10^3

注:同行肩注不同小写字母表示差异显著 $P < 0.05$ 。

表 2 5 种解冻方式对色差的影响

Table 2 Effect of 5 thawing methods on chromatic aberration of squid fillets

指标	流水解冻	静水解冻	冷藏解冻	室温解冻	微波解冻	对照组
L^*	57.87±0.13 ^a	45.75±4.91 ^b	40.20±0.02 ^b	44.67±0.97 ^b	42.74±0.96 ^b	56.13±1.29 ^a
a^*	6.74±0.50 ^{bc}	10.35±0.49 ^a	8.38±1.11 ^b	11.12±1.23 ^a	5.43±0.16 ^c	5.06±0.84 ^c
b^*	17.96±1.84	17.22±1.60	19.06±1.44	21.69±1.36	18.91±0.83	18.56±1.12

注:同行肩注不同小写字母表示差异显著 $P < 0.05$ 。

表 3 5 种解冻方式的感官评价结果
Table 3 Results of sensory analysis of different thawing methods

指标	流水解冻	静水解冻	冷藏解冻	室温解冻	微波解冻
外表	颜色正常, 有光泽	颜色正常, 有光泽	颜色正常无光泽	稍微偏深, 无光泽	颜色正常, 无光泽
肌肉	比较柔软	有弹性, 比较饱满	比较柔软	比较柔软	比较柔软
气味	正常	正常	轻微腥味	腥味较浓	正常

胺类物质, 它会随水产品的腐败而增加^[22]。TVB-N 值受水产品的种类、捕获季节、生长地点、年龄和性别等因素影响^[23]。由图 1 可以看出, 解冻后的鳇乌贼 TVB-N 值在 3.81~5.96 mg/100 g 之间, 与未解冻的样品的 TVB-N 值 3.26±0.29 mg/100 g 有显著差异 ($P<0.05$), 而这 5 种解冻方法之中, 静水解冻的 TVB-N 值最低, 流水解冻的 TVB-N 值也相对较低。从 TVB-N 值的角度而言, 静水解冻和流水解冻是比较好的解冻方式。

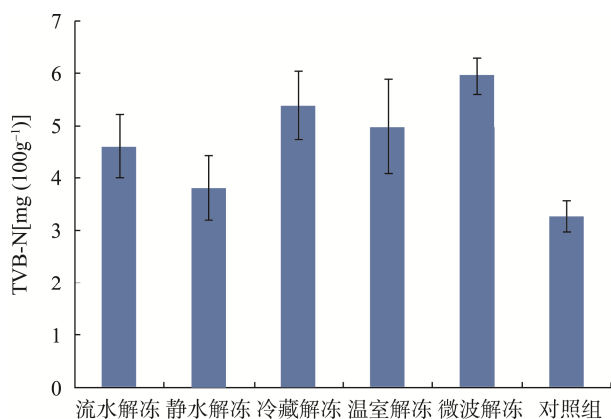


图 1 5 种解冻方式对 TVB-N 值的影响

Fig. 1 Effect of 5 thawing methods on TVB-N of squid fillets

3.4 感官评价

感官评价的结果表明, 解冻过程中与水的接触能使鳇乌贼保持较高的品质。如表 3 所示, 流水解冻和静水解冻组的鳇乌贼都具有更好的弹性和较淡的腥味, 而在解冻过程中直接与空气接触的实验组的质地都比较柔软, 腥味较重。这与解冻时间有关(表 1), 解冻介质为空气时所需的解冻时间较长, 给微生物及各种生物化学反应提供了足够的反应时间, 再加上室温解冻条件下的温度较高, 加剧了这些反应的进行, 导致鳇乌贼颜色稍有变深, 且质地变得比较柔软, 腥味较浓, 是感官品质最差的解冻方式。而微波解冻不均匀, 有边缘过热变熟的情况出现。感官评

价结果与色差和 TVB-N 值有一定的一致性。

4 结 论

不同的解冻方式对鳇乌贼冻结片解冻后的品质有不同的影响, 各有其优劣。流水解冻的解冻时间短, 对颜色的影响较小, 但是细菌总数最高, 解冻损失率也最大; 微波解冻所需解冻时间最短, 有一定的杀菌效果, 但受热不均匀; 冷藏解冻和室温解冻所需解冻时间较长, 细菌总数较多, 感官品质较差, 是最差的解冻方式。而静水解冻的解冻损失率最小, TVB-N 值最小, 感官评价的各项指标最好, 解冻时间适中, 是解冻冻结鳇乌贼片的最佳解冻方式。

参考文献

- [1] 尹忠惠, 王海军, 马福敏, 等. 低值鱼鱼丸冷冻解冻过程中的品质变化研究[J]. 安徽农业科学, 2011, 39(34): 21345-21347
Yin ZH, Wang HJ, Ma FM, *et al.* Study on the quality changes of low value sea fish ball during freezing and thawing process[J]. J Anhui Agric Sci, 2011, 39(34): 21345-21347.
- [2] Boonsumrej S, Chaiwanichsir, *et al.* Effects of freezing and thawing on the quality changes of tiger shrimp (*Penaeus monodon*) frozen by air-blast and cryogenic freezing[J]. J Food Eng, 2007, 80(1): 292-299.
- [3] Li B, Sun DW. Novel methods for rapid freezing and thawing of foods—A review[J]. J Food Eng, 2002, 54(3): 175-182.
- [4] Chamchong M, Datta A. Thawing of foods in a microwave oven: I. Effect of power levels and power cycling[J]. J Mic Power Elect Energy, 1999, 34(1): 8-21.
- [5] Chandrasekaran SS, Ramanathan, Basak T. Microwave food processing—A review[J]. Food Res Inter, 2013, 52(1): 243-261.
- [6] Xia X, Kong B, Liu J, *et al.* Influence of different thawing methods on physicochemical changes and protein oxidation of porcine longissimus muscle[J]. LWT-Food Sci Tech, 2012, 46(1): 280-286.
- [7] 常海军, 唐翠, 唐春红. 不同解冻方式对猪肉品质特性的影响[J]. 食品科学, 2014. 35(10):1-5.
Chang HJ, Tang C, Tang CH. Effects of different thawing

- methods on pork quality[J]. Food Sci. 2014, 35(10): 1-5.
- [8] 侯晓荣, 米红波, 茅林春. 解冻方式对中国对虾物理性质和化学性质的影响[J]. 食品科学, 2014, 04: 243-247.
Hou XR, Mi HB, Mao LC. Influence of thawing methods on physico-chemical changes of Chinese shrimp (*Fenneropenaeuschinensis*) [J]. Food Sci, 2014, 04: 243-247.
- [9] 尚艳丽, 杨金生, 霍健聪, 等. 不同解冻方式对金枪鱼新鲜度的影响研究[J]. 浙江海洋学院学报(自然科学版), 2011, 05: 405-409.
Shang YL, Yang JS, Huo JC, *et al.* Effect of different thawing methods on the freshness of tuna [J]. J Zhejiang Ocean Univ (Nat Sci), 2011, 05: 405-409.
- [10] 晏磊, 张鹏, 杨吝, 等. 2011年春季南海中南部海域灯光罩网渔业渔获组成的初步分析[J]. 南方水产科学, 2014, 10(3): 97-103.
Yan L, Zhang P, Yang L. Catch composition of light falling-net fishery in the central and southern south China sea in spring of 2011[J]. South China Fish Sci, 2014, 10(3): 97-103.
- [11] 张鹏, 杨吝, 张旭丰, 等. 南海金枪鱼和鳶乌贼资源开发现状及前景[J]. 南方水产, 2010, 6(1): 68-74.
Zhang P, Yang L, Zhang XF, *et al.* The present status and prospect on exploitation of tuna and squid fishery resources in south China sea [J]. South China Fish Sci, 2010, 6(1): 68-74.
- [12] 江艳娥, 陈作志, 林昭进, 等. 南海中部海域鳶乌贼耳石形态特征分析[J]. 南方水产科学, 2014, 10(4): 431-453.
Jiang YE, Chen ZZ, Lin ZJ, *et al.* Statolith morphology of purpleback flying squid *Sthenoethis oualaniensis* in the central south China sea[J]. South China Fish Sci, 2014, 10(4): 431-453.
- [13] SC/T 3032-2007 水产品中挥发性盐基氮的测定[S]
SC/T 3032-2007 Determination of volatile basic nitrogen in aquatic products [S].
- [14] GB/T 4789.2-2010 食品微生物学检验菌落总数测定[S]
GB/T 4789.2-2010 Determination of total bacterial count in food [S].
- [15] 刘燕, 王锡昌, 刘源. 黄鳍金枪鱼块常用解冻方法的比较[J]. 食品科学, 2010, 15: 8-12.
Liu Y, Wang XC, Liu Y. Effect of thawing methods on the quality of yellowfin tuna chunk[J]. Food Sci, 2010, 15: 8-12.
- [16] 崔瑾. 冷冻鱼的微波解冻方法研究[D]. 大连: 大连工业大学, 2012.
Cui J. Study on the method of microwave thawing frozen fish[D]. Dalian: Dalian Polytechnic University, 2012.
- [17] 刘玉敏, 王静, 李兆杰, 等. 微波解冻对冷冻食品菌落总数的影响[J]. 安徽农业科学, 2011, 39(23): 14382-14383, 14386.
Liu YM, Wang J, Li ZJ, *et al.* Effects of microwave thawing on aerobic plate count in frozen food [J]. J Anhui Agric Sci, 2011, 39(23): 14382-14383, 14386.
- [18] Dias ML, Nunes R, Mendes effect of frozen storage on the chemical and physical properties of black and silver scabbard fish [J]. J Sci Food Agric, 1994, 66: 327-335.
- [19] Hallier A, Chevallier S, Serot T, *et al.* Freezing-thawing effects on the color and texture of European catfish flesh [J]. Intern J Food Sci Tech, 2008, 43(7): 1253-1262.
- [20] Thanonkaew A, Benjakul S, Visessanguan W, *et al.* Yellow discoloration of the liposome system of cuttlefish (*Sepiapharaonis*) as influenced by lipid oxidation [J]. Food Chem, 2007, 102(1): 219-224.
- [21] Thanonkaew A, Benjakul S, Visessanguan W, *et al.* Development of yellow pigmentation in squid (*Loligopeali*) as a result of lipid oxidation[J]. J Agric Food Chem, 2006, 54(3): 956-962.
- [22] 励建荣, 李婷婷, 李学鹏. 水产品鲜度品质评价方法研究进展[J]. 北京工商大学学报(自然科学版), 2010, 06: 1-8.
Li JR, Li TT, Li XP. Advances in methods for evaluating freshness of aquatic products[J]. J Beijing Tech Busi Univ (Nat Sci Edition), 2010, 06: 1-8.
- [23] Kilinc B, Cakli S. Chemical, microbiological and sensory changes in thawed frozen fillets of sardine (*Sardinapilchardus*) during marination [J]. Food Chem, 2004, 88(2): 275-280.

(责任编辑: 杨翠娜)

作者简介



沈玉, 在读硕士研究生, 主要研究方向为食品质量安全。
E-mail: daisyshen@aliyun.com



吴燕燕, 博士, 研究员, 主要研究方向为食品质量安全。
E-mail: wuyygd@163.com