

鲢在低温冻藏时的生化和 质地特性研究

何利平

冯志哲 王季襄

(东海水产研究所, 上海)

(上海水产大学)

摘要 本试验旨在通过测定鲢在低温冻藏时的生化和质地特性参数之变化规律, 来考察几种冻藏方法对其品质的影响, 从而对鲢的冻藏提出合理的工艺。生化特性参数以K值和EPN值来检验。质地特性采用具有样品测定室为挤压剪切室的Ottawa质地测定系统。试验结果表明: ①冻结前的去内脏等处理可很显著地影响肌肉的鲜度K值 ($p < 0.01$); ②快冻比慢冻可减少质地的损失, 快冻后冻藏的肌肉鲜度很明显地比慢冻的好 ($p < 0.01$); ③ -30°C 冻藏比 -18°C 冻藏可显著地减缓蛋白质变性的速度 ($p < 0.05$); ④冻藏时是否镀冰衣, 其K值和EPN值在半年内无显著性差异 ($p > 0.10$)。

关键词 鲢, 冻藏, 质地, 蛋白质变性

近年来, 我国对淡水鱼保鲜问题日益注重, 在短期保鲜方面, 主要采用冰鲜法^[1,2]和微冻法^[4], 并做了一些基础性的研究工作。在中长期保鲜方面, 主要采用冻结冻藏法, 但所见报导不多。考虑到目前淡水鱼产量的大幅度增加, 很有必要对其在低温冻藏后的生化和质地特性变化加以考察。鲢鱼为四大家鱼之一, 产量很高, 故选择它作为试验对象。

鱼类在冻藏期间, 肌纤维受到破坏, 蛋白质变性导致其可溶性下降。在海洋鱼类方面, 加拿大和欧美各国学者有过许多研究报导^[8,9,13]。蛋白质的变性影响鱼肉的营养和风味, 盐可溶性蛋白质氮(EPN)值的变化, 是反映蛋白质变性程度的指标^[7,12]。许多化学物质对蛋白质的作用, 都会导致蛋白质变性而使其EPN值下降^[8,9]。但是对淡水鱼类, 这方面的研究甚少。

质地是食品的四大质量指标(营养、风味、质地和外观)之一^[4], 它的鉴定有主观评定法^[6]和客观测定法^[4,16]。对一般食品质地特性的研究在国外相当重视和普遍, 而对鱼类质地特性的研究则报导不多^[11,16]。鱼类的质地直接影响其商品价值, 对淡水鱼而言, 人们对质地的要求更高。为此, 本试验把质地特性作为一个重要的指标。

材料和方 法

1. 试验鱼 鲢, 1988年9月底一次性购自上海市场, 个体平均体重为710克, 鲜活状。

收稿年月: 1990年1月; 同年7月修改。

(1) 王植等, 1988. 几种淡水鱼类在 0°C 保藏温度下的鲜度变化。上海水产大学科技文集(食品科技系, 1988), (2): 85—92

(2) 冯志哲等, 1988. 冷藏白鲢脂肪氧化情况的研究。上海制冷学会1989年年会论文集, 169—171。

2. 试验鱼的处理 击毙鲜活鱼——冻前处理(放血, 去内脏, 去鳃)——冻结——冻后处理(镀冰衣)——冻藏。

3. 试验目的 寻找下列几种因素对鱼品冻藏后品质的影响: ①冻结前是否进行去内脏等处理; ②不同冻结速度的比较: 快冻是将鱼体从常温(22°C) 在-50°C空气中鼓风冻结3.5小时至鱼体中心温度达-18°C, 或4小时达-30°C。慢冻是在-30°C静止空气中经12小时冷冻至鱼体中心温度达-18°C; ③冻结后是否镀冰衣后再冻藏(镀冰衣是指在4°C清水中浸泡5秒钟后马上放入冻藏库); ④不同冻藏温度的比较。为此同时进行了五组试验, 各组条件见表1。

表1 五组鱼的试验条件
Table 1 Testing Condition of 5 sample groups

组别	冻前处理否	冻结速度	镀冰衣否	冰藏温度(°C)
A	是	快	是	-18
B	是	快	是	-30
C	是	快	否	-18
D	是	慢	是	-18
E	否	快	是	-18

4. 测定指侧和方法

(1) K值: 参照王鎰等⁽³⁾的方法。

(2) EPN(Extractable Protein Nitrogen)值: 参照 Dyer, W. J. 等⁽⁴⁾的方法, 并经过改进。

(3) 质地特性: 参照 Voisey, P. W.⁽⁵⁾, Bourne, M. C.⁽⁶⁾ 以及 Gill, T. A. 等⁽⁷⁾的方法, 主机为渥太华质地测定仪 (Ottawa Texture Measurement System), 样品测定室为挤压剪切室 (Extrusion Shearing Cell)。

结果和讨论

1. K值 从新鲜状到冻藏26周后的K值变化规律见图1。

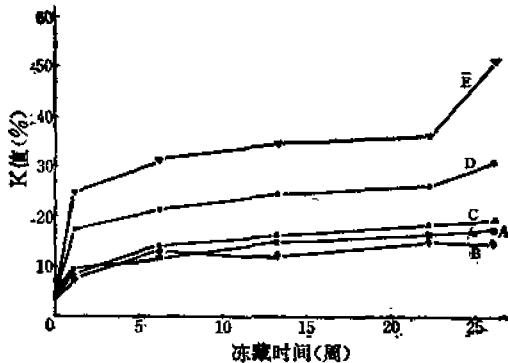


图1 在26周冻藏期间K值的变化

Fig. 1 Variation of k-value during the 26-weeks' frozen storage

■—A组; ◆—B组; ▲—C组;
●—D组; ▼—E组。

(后列图中符号均同此)

(These marks are also used in the other figures)

原明弘等⁽²⁾认为, 在鱼类鲜度前期的K值变化符合下列关系:

$$K(t) = 100 - (100 - K(0)) \times \text{Exp}(-Kf \times t)$$

(3) 同本文第297页(1)。

式中 t 为冻藏时间; Kf 为 K 值在一定温度下的反应速度常数, 实质上是肌苷酸 (IMP) 分解成次黄嘌呤核苷 (HxR) 的反应速度常数。上式可改为:

$$\ln(100 - K(t)) = \ln(100 - K(0)) - Kf \times t$$

可见 $\ln(100 - K(t))$ 与时间 t 成线性关系, 斜率为 Kf 。根据图 1 的 K 值, 求出相应的 $\ln(100 - K(t))$ 值, 再用回归分析得到结果见表 2。

表 2 $\ln(100 - K(t)) = -Kf \cdot t + b_0$ 回归分析表
Table 2 Regression analysis of $\ln(100 - K(t)) = -Kf \cdot t + b_0$

组 别	A	B	C	D	E
$Kf(1/1000 \text{ 周})$	5.16	4.08	5.89	9.02	18.12
b_0	4.53	4.53	4.53	4.47	4.43
相关系数 r	0.9119	0.8303	0.9013	0.8514	0.8702

为了进行各因素对 K 值影响的鉴别 (将 A 组与其他四组分别进行比较), 检验每两组间 $\ln(100 - K(t))$ 值变化的显著性差异, 计算结果列表 3。

表 3 $\ln(100 - K(t))$ 显著性差异检验计算结果
Table 3 Exam of significant difference of $\ln(100 - K(t))$

比较组对	A-B	A-C	A-D	A-E
F	1.427	0.5622	17.15	35.65
P	>0.10	>0.10	<0.01	<0.01
差异显著性	无	无	很显著	很显著

* $n_1 = 2, n_2 = 20$ 。

将表 3 和表 1 进行对照, 从各组对应的冻结冻藏等处理条件的观察发现, 在其他条件相同时, -30°C 冻藏 (B 组) 与 -18°C 冻藏 (A 组) 相比, 在 26 周内 K 值无明显区别 ($p > 0.10$); 镀冰衣 (A 组) 与不镀冰衣 (C 组) 间, K 值也无明显差别 ($p > 0.10$); 而慢冻 (D 组) 与快冻 (A 组) 间却有很明显差异 ($p < 0.01$); 冻结前不放血、不去内脏和不去鳃 (E 组) 和冻前三去 (A 组) 相比也有极显著的差异 ($p < 0.01$)。而且从表 2 可知, 冻前处理的影响比冻结速度的影响更大。

以 K 值作为淡水鱼死后前期的鲜度指标, 根据以上的实验结果我们发现, 冻前去内脏等处理对鱼体冻藏期间的鲜度有着初值和速度两方面的影响。我们认为, 这可能与鱼类的血、鳃和内脏含有活性很强的多种组织酶类以及多种细菌有关。组织酶类在鱼死后就不可逆地分解体内的各种成分, ATP 被降解成系列产物; 同时, 蛋白质和脂肪等大分子物质被降解成氨基酸和脂肪酸等小分子物质, 于是更有利于细菌的快速繁殖和生长。细菌和酶类的双重作用使鱼的机体快速分解, 鲜度下降, 这在通过 K 值的测定中得到了证实。

冻结速度对鱼品鲜度有很明显的影响, 这可能是由于慢冻的开始阶段降温慢, 让细菌和酶类有了一段时间的活性作用期, 使鱼体在冻结过程中的 K 值有明显的上升, 所以冻藏一开始, 慢冻组的 K 值就比快冻组高, 从而导致在以后的冻藏期间, 慢冻组 K 值一直高于快冻组。在冻结阶段降解作用的结果, 使冻藏期间 K 值上升速度加快。

冻藏温度和镀冰衣对 K 值无显著影响 ($p > 0.10$), 但在 Kf 值 (K 值上升速度) 之间

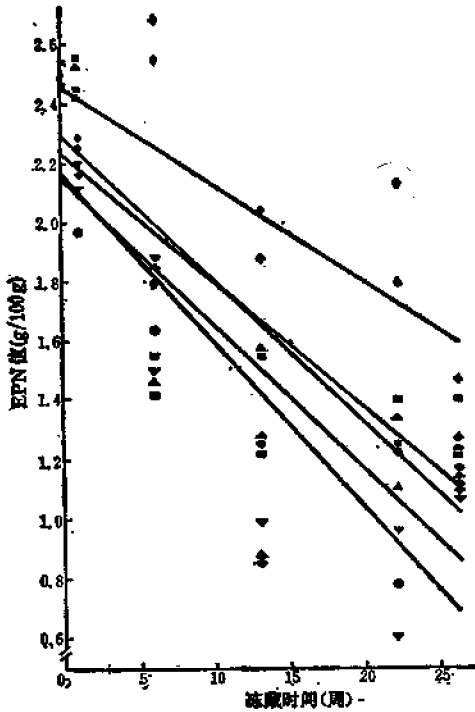


图2 在冻藏26周期间 EPN 值的变化
Fig. 2 The Variation of EPN Value during the 26-weeks' frozen storage

(A 组和 B 组, A 组和 C 组)略有差异。若有更长时间的冻藏期, K 值间的差异可能会增大。冻藏温度影响酶类和微生物的活性,但在温度已经较低时(本实验的 -18°C 和 -30°C),其影响就不明显了。镀冰衣可以阻止鱼体表面物质与空气中的氧气或别的物质发生作用,冻藏时间越长,这种作用就会越明显。

2. EPN 值

在冻藏 26 周期间 EPN 值的变化见图 2,其回归分析结果见表 4。

将 A 组与其他四组分别比较,按时间变化对 EPN 值的显著性差异进行检验,计算结果列表 5 ($n_1 = 2, n_2 = 20$)。

从表 5 可知, A 组和 B 组间有显著性差异 ($p < 0.05$),而 A 组与 C 组、D 组及 E 组之间均无显著性差异 ($p > 0.10$)。因此,从本实验结果看出,鱼体在 -30°C 下冻藏时其 EPN 值的下降速度比 -18°C 冻藏要明显地减慢,即冻藏温度成为影响蛋白质可溶性的最主要因素。其他三个因素对 EPN 影响虽不显著,但从图 2 仍可找到细微的区别。相对而言,

去内脏等处理的影响比冻结速度的影响大,镀冰衣影响最小。

表 4 EPN 值线性回归分析表

Table 4 Linear regression analysis of EPN value

组 别	A	B	C	D	E
$b_0(\text{g}/100\text{g Sample})$	2.23	2.46	2.90	2.15	2.17
$-b_1(\text{g}/100\text{g Sample}\cdot\text{Week})$	0.0433	0.0335	0.0491	0.0497	0.0570
相关系数 r	0.816	0.829	0.889	0.861	0.879
26 周下降值 (g/100g Sample)	1.126	0.871	1.277	1.292	1.432
26 周下降百分比 (%)	50.5	35.4	55.5	60.1	68.3

表 5 EPN 值显著性差异检验计算结果

Table 5 Exam of significant difference of EPN Value

比较组对	A-B	A-C	A-D	A-E
F	3.851	0.1048	0.8082	1.737
P	<0.05	>0.10	>0.10	>0.10
差异显著性	显著	无	无	无

EPN 值(蛋白质可溶性)下降的原因很多^[10],一方面是蛋白质之间或与其他成分发生相互作用,主要有脂肪水解产生的脂肪酸,以及不饱和脂肪酸的双键被氧化断裂而产生

了醛类、酮类和羧酸类等低分子物质, 这些产物与蛋白质反应而使其可溶性下降^[9]。鲢属于中脂鱼类, 而且鱼类组织内不饱和脂肪酸的含量及不饱和程度都高于禽畜类组织, 因此极易被氧化。上述产物间的交链聚合反应更易导致蛋白质可溶性的下降^[6]。

另一方面是冻结使细胞内部脱水。细胞内盐浓度和离子强度提高, 使蛋白质变性, 可溶性下降^[10]。尤其是当冻藏速度慢和冻藏温度经常波动时, 细胞间产生大冰晶, 脱水更加严重。

-30°C 冻藏比 -18°C 冻藏所以更能减缓 EPN 值下降, 其主要原因是温度越低, 化学反应(包括酶解反应)的速度越慢, 上述的各种化学作用都被削弱和抑制了。

3. 质地特性

用 Ottawa 质地测定仪和挤压剪切室测到的新鲜鱼肉质地的曲线, 见图 3。

Szczesniak, A. S. 等^[14]对质地各特性作如下定义: 硬度 (Hardness) 指达到一定变形所需要的力; 内聚性 (Cohesiveness) 指物体内部结合的强度; 咀嚼性 (Chewiness) 指咀嚼固体食品到能咽下所需要的能量, 它与基本参数硬度、内聚性和弹性 (Elasticity) 有关。

Voisey, P. W.^[15]认为, 根据上述定义, 特性曲线 (图 3) 中突然上升阶段直线的斜率即为硬度; 初始峰值的力 (F_1) 即为内聚性; 曲线下部的面积即为整个压缩、剪切和挤压样品全过程中所消耗的能量, 用最大力值 (F_{max}) 反映其咀嚼性。

本试验所测定的质地特性参数即为最大力值、斜率和初始峰值力。在冻藏 26 周期间这三个参数的测定结果分别见图 4, 图 5 和图 6。

F_{max} 值的回归分析结果见表 6。

表 6 F_{max} 值线性回归分析表
Table 6 Linear regression analysis of F_{max}

组 别	A	B	C	D	E
$b_0(kg)$	22.62	24.66	22.51	22.60	21.84
$-b_1(kg/week)$	0.4016	0.4080	0.3955	0.4633	0.5494
相关系数 r	0.906	0.727	0.629	0.721	0.726

冻藏期间, 五组样品的 F_{max} 值都呈下降趋势(图 4), 但下降速度不同(表 6), A、B 和 C 三组属于同一水平, 都在 0.4kg/W 左右。 F_{max} 变小, 说明咀嚼性下降, 这可能是由于冻藏品的组织受损, 解冻后成为松软、糊状所致。同时, 鱼体肌肉的硬度 (Slope) 和内聚性 (F_1) 都随着冻藏时间而呈下降趋势(图 5, 图 6), 但变化规律不同。图 5 示, A 和 B 组的硬度都下降较慢; D 和 E 组下降较快, 尤其在冻藏前期下降更快; C 组的硬度在前期有所下降, 后期则趋于平稳。图 6 示, B 组的内聚性损失最小, E 组受损最快, 其 F_1 值在冻藏前期已急速下降了, A、C 和 D 组也有先快后慢的现象, 这可能是由于冻结过程本身对质

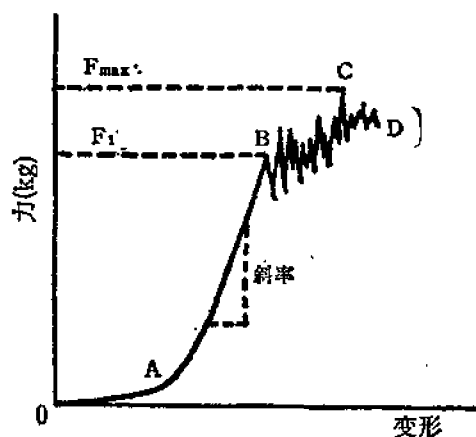


图 3 新鲜鱼肉的质地特征曲线
Fig. 3 Textural properties curve of fresh fish muscle.

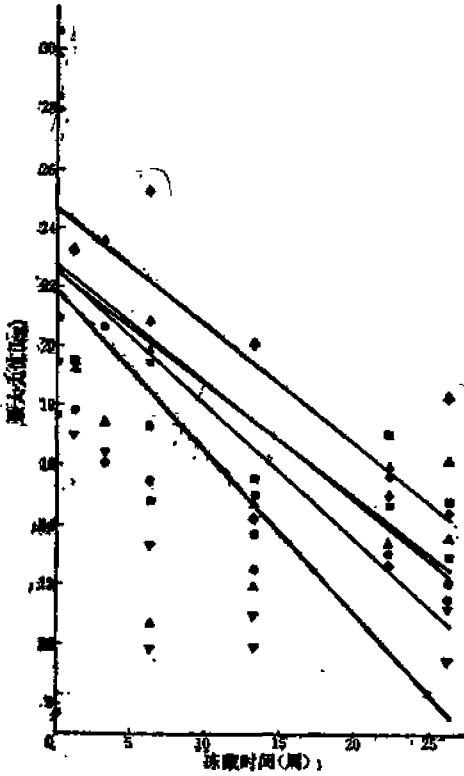


图4 最大力值在冻藏26周期间的变化
 Fig 4 The Variation of F_{max} during the 26-weeks' frozen storage

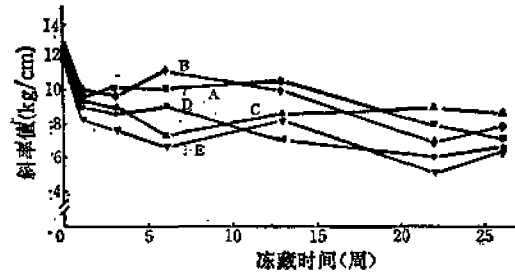


图5 斜率值在冻藏26周中的变化
 Fig-5 The Variation of the slope during the 26-weeks' frozen storage

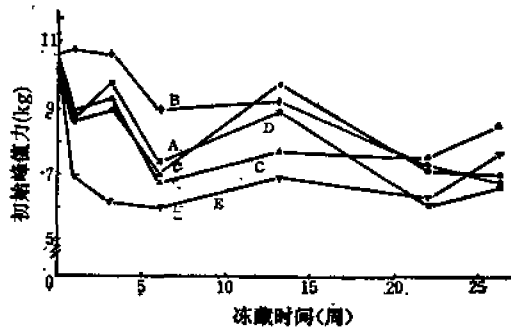


图6 初始峰值力在冻藏26周期间的变化
 Fig. 6 The Variation of the first-peak force during the 26-weeks' frozen storage

地产生的影响,并有滞后效应。

对质地特性在冻结冻藏中变化规律的分析,可以认为,冻结对质地的影响较大,而良好的冻藏条件则对质地特性的影响不大。

结 论

综合上述研究的结果,我们认为:冻结前的处理(放血,去内脏和去鳃)是保持鱼体鲜度的重要一环;冻结速度对质地特性影响较大;冻藏温度越低则蛋白质变性越慢;镀冰衣有利于保持鱼品的外观和风味。

用 Ottawa 质地测定仪可以客观地测定质地的某些特性,但衡量食品(包括鱼品)的质地特性是多方面的,因此如何寻找某一种食品的特定的质地特性参数,以及建立客观测定方法与主观品味法之间的有效关系,还有待于进一步的研究。

参 考 文 献

[1] 冯志哲等,1989。团头鲂的保鲜研究。制冷学报,(4):41-46
 [2] 原明弘,宇田文昭,1984。K 値の温度履歴の理论式,近似式と偵察实验。日本水产学会誌,50(10): 1745-1756。

- [3] Bourne, M. C., 1982. *Food Texture and Viscosity: Concept and Measurement*. Academic Press, INC.
- [4] Brennan, J. G. Food texture measurement. In *Development in Food Analysis Technology*-1. 1-78.
- [5] Christensen, C. M., 1984. Food texture perception. *Advanced in Food Research*, 29: 159-199
- [6] Connell, J. J., 1968 *Low Temperature Biology of Foodstuffs* (J. Hawthorn and E. J. Rolfe, Eds.), 333-358. Pergamon, Oxford.
- [7] Dyer, W. J. *et al.*, 1950. Protein in fish muscle I: Extraction of protein fraction in fresh fish. *J. Fish. Res. Bd. Can.*, 7: 585-593.
- [8] Dyer, W. J. and D. I. Fraser, 1959. Reaction between lipid (hydrolysis)-protein. *ibid*, 16: 43-52
- [9] Dyer, W. J.. Protein denaturation in frozen and stored fish. *Food Research*, 16: 522-527.
- [10] Fennema, O. R. *et al.*, Eds. 1973. *Low-Temperature Preservation of Foods and Living Matter*. 320-331. Marcel Dekker, INC
- [11] Gil, T. A. *et al.*, 1979. Textural deterioration of Red Haddock muscle in frozen storage as related to chemical parameters and changes in the myofibrillar proteins. *J. Ed. Sci.*, 44: 661-667.
- [12] Ironside, J. I. M.. Measurement of denaturation of fish proteins. *Nature*, 178: 418-419
- [13] Love, R. M., Influence of freezing-rate on denaturation of cold stored fish. *Nature*, 178: 988-989.
- [14] Szczesniak, A. S., 1962a. Classification of textural characteristics. *J. Ed. Sci.*, 28: 385-389.
- [15] —, 1962b. Objective measurement of food texture. 28: 410-420.
- [16] Voisey, P. W., 1971. Use of Ottawa Texture Measuring System for test fish products. *Agric. Can., Eng. Res. Serv.*, No. 7022.

ON THE BIOCHEMICAL AND TEXTURAL PROPERTIRS OF SILVER CARP UNDER LOW TEMPERATURE FROZEN STORAGE

He Liping

(East China Sea Fisheries Research Institute, Shanghai)

Feng Zhizhe and Wang Jixiang

(Shanghai Fisheries University)

ABSTRACT The effect of several treatments on quality of silver carp under low temperature frozen storage were observed. The changes of biochemical and textural properties were measured. The aim of this study is to find an optimal refrigeration technology for silver carp. Biochemical properties include K-value and EPN-value (salt Extractable Protein Nitrogen). Textural properties are measured by Ottawa Texture Measuring System with Extrusion Shearing Cell. The results show that, (1) The pretreatment (gutting etc.) of fish before frozen significantly affects the freshness (K-value) of muscle ($p < 0.01$); (2) The fast-freezing method obviously reduces the damage of texture, and significantly maintain the freshness of the muscle ($p < 0.01$); (3) Comparing with -18°C , under -30°C frozen storage significantly decreases the rate of protein denaturation ($p < 0.05$); (4) Through 26-weeks frozen storage, there is no significant difference in K-value and EPN-value between the glazed or unglazed fish ($p > 0.05$).

KEYWORDS silver carp, frozen, texture, protein denaturation