

冰温保鲜条件下牙鲆的鲜度及质构变化

李 辉 刘莲风 杨博峰 韩 芳 许加超 高 昕*

(中国海洋大学食品科学与工程学院, 青岛 266003)

摘 要 研究牙鲆在冰温贮藏条件下鱼肉的鲜度指标(pH 值、K 值、TVB-N、细菌总数)和质构特征参数(感官评定、组织结构、破断强度等)的变化,并与冷藏样品的相应变化进行了比较分析。结果表明,随着贮藏时间的延长,菌落总数、K 值和 TVB-N 上升,pH 值则先下降后上升,冷藏后期样品 pH 值上升较快且很高;至货架期终点时破断强度呈减小趋势,组织结构逐渐劣化。与冷藏样品相比,冰温贮藏条件能更有效地抑制牙鲆鱼体内微生物的作用,延长牙鲆的贮藏期。

关键词 牙鲆 组织结构 破断强度 冰温 鲜度

中图分类号 S983 **文献标识码** A **文章编号** 1000-7075(2011)03-0063-06

Studies on the texture and rheological properties of *Paralichthys olivaceus* under controlled freezing point storage

LI Hui LIU Lian-feng YANG Bo-feng HAN Fang XU Jia-chao GAO Xin*

(College of Food Science and Engineering, Ocean University of China, Qingdao 266003)

ABSTRACT We observed the changes of the pH, K value, TVB-N, total number of bacteria, sensory score, tissue structure, and rupture strength of *Paralichthys olivaceus* under the controlled freezing point storage, and also compared with the samples under refrigerated conditions. In the course of storage, the total number of bacteria, K value and TVB-N increased, while pH decreased first then increased and speeded up with the increasing temperature. At the end of the shelf life, the rupture strength decreased and the tissue structure deteriorated. Compared with the refrigerated samples, the controlled freezing point storage effectively inhibited the production of microorganisms, thus extended the storage time of *P. Olivaceus*.

KEY WORDS *Paralichthys olivaceus* Tissue structure Rupture strength
Controlled freezing point Freshness

牙鲆 *Paralichthys olivaceus*, 俗称牙片、偏口、比目鱼,是名贵的海产鱼类和重要的海水养殖鱼类。主要分布在南、北美洲东西岸,在亚洲地区的渤海、黄海、东海、南海以及朝鲜、日本、俄国远东沿岸海区也有分布。牙鲆肉质鲜嫩、味道鲜美,特别适宜做鱼片,其利用率高,是高蛋白、低脂肪、富含维生素的比目鱼类;且含有丰富的不饱和脂肪酸,其皮肤和肌肉中 DHA 约占总脂肪酸的 13% 和 21%。因此具有很高的经济价值。

国家自然科学基金(31071631)和山东省科技攻关计划项目(2008GG1005008)共同资助

* 通讯作者。E-mail: xingao@ouc.edu.cn

收稿日期:2010-10-23;接受日期:2010-12-09

作者简介:李 辉(1985-),女,硕士,主要从事水产品贮藏与加工方面研究。E-mail: nicyl225@163.com

近年,牙鲆养殖产量很大,2008年统计表明,我国鲆鱼产量7.8 t。但限于活运技术、保鲜技术、保鲜效果等因素影响,虽增产却不能达到增收。目前牙鲆的研究主要集中在牙鲆养殖(曹凯德 2010;陈 营等 2006)、生物学(王 辉等 2007;王宏田等 2002)和营养成分(楼 宝等 2010)等方面的研究,对于牙鲆的保鲜研究的报道却极少,刘 淇等于1999年对牙鲆在低温无水保活中的生化变化进行了研究,之后类似的关于牙鲆保鲜保活的技术研究就鲜有报道,因此牙鲆的有效保鲜成为一个亟待解决的问题。

冰温技术是继冷藏和气调贮藏之后的第3代保鲜技术,该方法的研究始于20世纪70年代,由日本的山根昭美氏首创(尹淑涛等 2008)。山根博士把0℃以下、冰点以上的温度区域定义为该食品的“冰温带”,简称“冰温”。所谓的冰温技术就是在冰温带的范围内贮藏(黎冬明等 2006)。新型冰温保鲜技术从诞生至基本成熟虽只经历短短的几十年时间,因具有冷藏和冻藏的双重优点,表现出较好的活运和保鲜效果,但在水产品的加工和保鲜方面的研究和应用却很少(Pedro *et al.* 2006)。鉴于此,本文选择具有较高市场价值的牙鲆作为研究对象,研究其在冰温贮藏条件下鱼肉的鲜度指标(pH值、K值、TVB-N、细菌总数、感官评定)、质构特征参数(感官评定、组织构造、破断强度等)的变化,并与冷藏样品的相应变化进行了比较分析,探索冰温贮藏条件对牙鲆保鲜的时效性及其质量变化规律和影响因素,为该类产品加工和保鲜技术奠定了科学依据。

1 材料与方法

1.1 材料和仪器

鲜活牙鲆,购自山东省青岛市南山水产品批发市场,平均体重 850.8 ± 7.8 g。

Tissue-Tek液(O. C. T compound,德国);高速冷冻离心机(GL-20G-II,上海飞鸽科学仪器厂);单轴向压缩和拉伸型流变仪(TMS-PRO型,Food Technology Corporation,美国);高效液相色谱仪(Agilent 1100 series型,安捷伦公司,美国);pH计(PHS-2C型,上海大普仪器有限公司);低温恒温冰箱(SHP-2500,上海精宏仪器公司)。

1.2 样品处理

将牙鲆即杀后,去头、去尾,蒸馏水洗净,取背部肌肉(图1)作为实验样品备用。

冷藏样品:取新鲜样品,置于 4 ± 0.5 ℃条件下贮藏。

冰温样品:取新鲜样品,置于 -0.5 ± 0.1 ℃条件下贮藏。

冰点温度的测定(薛文通等 1997;吕凯波等 2008):将热电偶插入放置鱼的培养箱(放置鱼的中心位置)中,按每分钟自动记录温度,做鱼中心温度随保鲜时间变化的曲线,当温度下降到0度以下出现轻微回升,而后变化缓慢或停止,以此时的温度为牙鲆的冰点温度。实验测得牙鲆的温度降到 -1.2 ℃时变化缓慢,而在其他时间变化很快,因此确定为冰点温度为 -1.2 ℃,冰温区间为 $0 \sim -1.2$ ℃。冰温温度的控制对于本实验的结果具有重要影响,为避免过高温度或过低温度对于鱼肉造成的不良影响,取相对折中的温度,故选择实验温度条件 -0.5 ℃。

1.3 试验方法

1.3.1 pH值的测定

取2 g样品, $8\ 000 \sim 10\ 000$ r/min的速度匀质1 min,于烧杯中,加入18 ml蒸馏水,搅拌均匀,放置30 min进行浸出,并不断振摇,取滤液,用pH计直接测定,并绘制曲线(林 洪等 2001)。

1.3.2 细菌总数的测定

采用平板培养计数法(赵洪根等 1987)。

1.3.3 TVB-N的测定

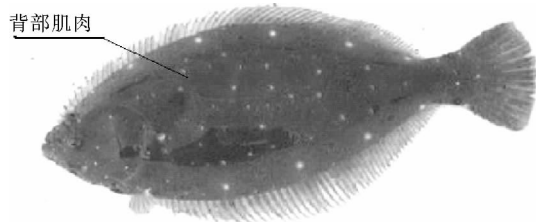


图1 牙鲆取样部位

Fig. 1 Sampling of meat in southern flounder

采用 GB/T5009.44-2003 中微量扩散法测定 TVB-N。

1.3.4 K 值的测定

参考 Yokoyama 等(1992)的方法。取匀浆后的牙鲆肌肉组织 2.0 g 加入 10 ml 预先冷却的 10% 过氯酸 (PCA),用玻璃棒搅匀后在 4 °C 离心(8 000 r/min)5 min,收集上清液。沉淀部分再用 5% PCA 10 ml 提取并离心。合并上清液,先后用 10 mol/L KOH 和 1 mol/L KOH 将其中和至 pH 6.4~6.8,定容至 50 ml,0.22 μm 滤膜过滤,滤液于 -35 °C 保存,用于 ATP 及其降解产物的高效液相色谱(HPLC)测定。

色谱分析条件为:色谱柱,Capcellpack C18 SG(4.6 mm×150 mm);流动相,20 mmol/L 乙酸、20 mmol/L 柠檬酸、40.0 mmol/L 三乙胺混合液;检测波长,260 nm;进样量,10 μl。

K 值计算公式:

$$K(\%) = (HxR + Hx) / (ATP + ADP + AMP + IMP + HxR + Hx) \times 100\% \text{ (Yokoyama } et al. \text{ 1992)}$$

式中,ATP、ADP、AMP、IMP、HxR 和 Hx 分别代表相应化合物,即腺苷三磷酸、腺苷二磷酸、腺苷酸、肌苷酸、肌苷(次黄嘌呤核苷)和次黄嘌呤的浓度,以 μmol/g 湿重表示。

1.3.5 感官指标的评定

表 1 感官评定标准

Table 1 The method of sensory evaluation

项目 Item	权重 Weight	I 级(7~9 分) Level I (7~9 points)	II 级(5~7 分) Level II (5~7 points)	III 级(5 分以下) Level III (below 5 points)
体表 Skin appearance	0.1	鱼体硬直、完整,无破肚,具有鲜鱼固有色泽,色泽明亮,花纹清晰,鳞片紧随鱼身	鱼体稍软,完整,无破肚,具鲜鱼固有色泽,色泽稍暗,花纹较清晰,鳞片略有脱落	鱼体较软,基本完整,允许稍有破肚,鱼体色泽暗,花纹较清晰,鳞片局部脱落,与鱼体连接稍松弛
气味 Flavor	0.3	体表和鳃丝具正常鱼特有气味,新鲜	体表和鳃丝具正常腥味,无油脂酸败味及异味	允许鳃丝有轻微异味,但无臭味、氨味
肌肉 Muscle	0.2	肌肉组织紧密有弹性,切面有光泽,肌纤维清晰	肌肉组织较紧密,有弹性,肌纤维清晰	肌肉组织尚紧密,弹性较差,肌纤维较清晰

参考宋 智等(1995)的方法,采用 6 名经过训练的评价员组成感官评定小组,对鱼体的体表、气味、肌肉 3 项指标进行评价。

1.3.6 微观组织观察

采用 Van Gieson 染色法(赵宗江等 2003)。本实验的染色结果应为细胞核呈深褐色,肌纤维黄色,胶原纤维红色。

实验中使用的包埋介质为 Tissue-Tek 液(O. C. T compound)(徐家敏等 1989),实验采用的放大倍数为 200 倍。

1.3.7 破断实验

运用单轴向压缩和拉伸型流变仪在室温下进行测量。采用直径为 3.16 mm 的圆柱型探头,压缩速度为 1 mm/s 运动,样品变形量 80%,样品重复测定次数为 6 次。

2 结果与讨论

2.1 鲜度指标的变化

从图 2 可以看出,冰温样品和冷藏样品的 pH 值的变化趋势基本相同:先降低后升高。这是由于水产动物停止呼吸时,体内的糖原就开始分解,产生乳酸,导致肌肉 pH 值下降。而随着鲜度的变化,蛋白质分解,呈碱性的产物不断增加,使肌肉的 pH 值又回升(鸿巢章二等 1994)。冰温样品的 pH 变化速度明显比冷藏条件的 pH 变化缓慢,冷藏样品 pH 最低点出现在第 5 天,后期 pH 值上升较快且很高,而冰温样品出现在第 11 天,

且贮藏后期维持较低的 pH 值,说明冷藏样品腐败变质的速度超过冰温样品,冰温条件具有较冷藏条件好的保鲜效果。

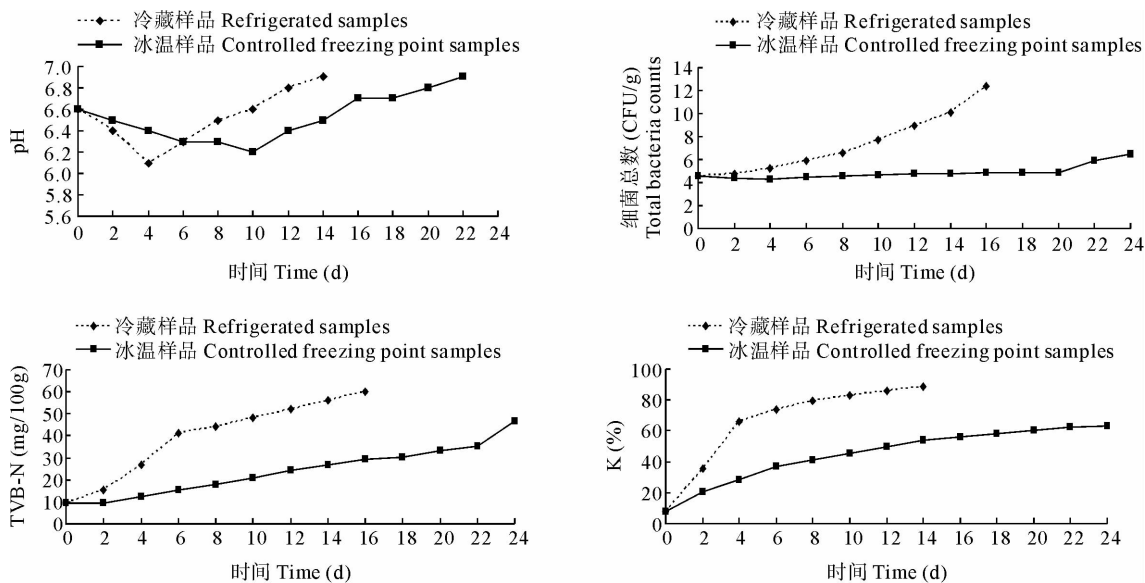


图2 牙鲆在贮藏中 pH 值、细菌总数、TVB-N、K 值的变化

Fig. 2 Changes of pH, total bacteria, TVB-N and K value of southern flounder during storage

随着贮藏时间的延长,微生物的增长趋势大致为先平缓后逐渐上升,后期增长速度较快,在冰温贮藏过程中细菌总数在前期稍微呈下降趋势,这是由于冰温贮藏温度处于最大冰晶生成温度带范围内,微生物体液中水分结冰,体积膨胀,同时微生物也受到由于外部水分生成冰导致体积增大带来的挤压而使菌体破裂死亡(Cobb 1976);随后细菌总数的回升则是由于蛋白质、糖类、脂类逐渐降解成小分子物质,一部分已适应不良环境的微生物利用小分子物质作为营养来源,不断繁殖,从而导致腐败变质。农产品安全质量-无公害水产品安全要求(GB 18406.4-2001)细菌总数应 $\leq 10^6$ 个/g,即 $\leq 6 \text{ Log CFU/g}$,细菌总数以 6 CFU/g 为货架期终点。则冷藏样品的货架期终点为 6d,细菌总数为 $5.93 \text{ CFU/g} \pm 0.05$,冰温样品的货架期终点为 22 d,此时的细菌总数为 $5.95 \text{ CFU/g} \pm 0.23$ 。与冷藏样品相比,冰温样品的货架期延长了 16 d,保鲜效果明显高于冷藏样品。

挥发性盐基氮(TVB-N)是动物性食品由于自身酶或腐败微生物所分解的胞外酶的作用,蛋白质被分解而产生氨以及胺类等碱性含氮物质,此类物质具有挥发性,它已经被世界上绝大多数国家认定为水产品腐败程度的指标(Ruiz-Capillas *et al.* 2001)。TVB-N 的变化为贮藏前期变化平缓,后期增长快速。与冷藏样品相比,冰温样品的 TVB-N 增长较为平缓。TVB-N 以 40 mg/100 g 为货架期终点,冰温样品的货架期为 20 d,此时的 TVB-N 的量达到 33.41 mg/100 g ,而冷藏样品第 6 天已经超过指标。这表明冰温条件能够更好地抑制牙鲆 TVB-N 的增加。另外,TVB-N 与细菌总数的变化规律基本保持一致,说明 TVB-N 的增加与细菌总数的增加有着明显的相关性。

K 值是一种公认的评价鱼早期鲜度的指标(Yokoyama *et al.* 1992)。冷藏和冰温条件下的 K 值曲线的变化均呈显著上升趋势,且前期增长较快,之后增长趋于平缓。一般而言,活杀鱼的 K 值低于 10%,以 K 值 $\leq 20\%$ 作为优良鲜度指标,日本采用该鲜度的鱼制作生鱼片,以 K 值 $\leq 60\%$ 作为加工原料的鲜度标准(Ehira *et al.* 1987;小关聪美等 2006)。冰温样品的 K 值在 18 d 开始低于 II 级鲜度标准,此时 K 值是 58.24%,而冷藏样品在第 4 天就超过了货架期,冰温条件贮藏延长了 14 d 的货架期。通过 K 值测定的这一结论与 TVB-N 等测定结果基本相同。

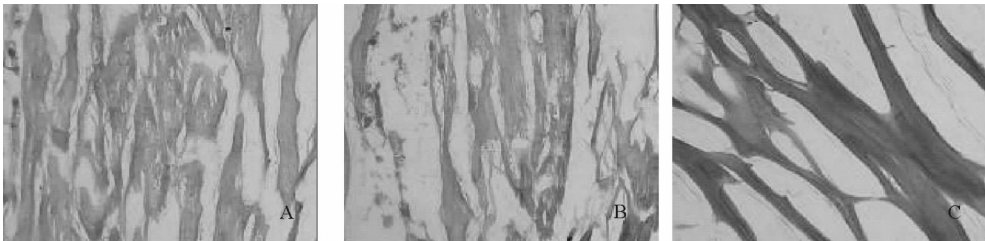
2.2 感官评定结果

整个贮藏过程中冰温样品和冷藏样品的感官评分均随贮藏时间的延长而逐渐降低(图 3)。鲜活牙鲆色泽

鲜明,肌肉组织紧密,纹理清晰,坚实有弹性,肌肉切面有光泽,具有浓郁的固有香味;随着贮藏时间的延长,牙鲆鱼肉色泽逐渐暗淡,体表黏液逐渐粘稠,肌肉逐渐松散,弹性变小,并出现明显异味。冷藏样品在贮藏后期变得干硬,并出现霉斑,可能是由于样品水分含量下降和微生物作用所致,这与组织构造观察结果相一致。从图3还可以看出冰温样品感官评分的下降速度明显比冷藏样品缓慢,说明冰温贮藏条件比冷藏条件更能有效地延缓牙鲆感官品质的下降。

2.3 组织构造变化

从图4可以看出,鲜活牙鲆的肌肉组织结构紧凑,肌原纤维排列紧密。而冷藏和冰温样品随着贮藏时间的延长却呈现肌原纤维间的空隙逐渐增大,组织结构逐渐断裂崩坏的现象。与冰温样品相比,冷藏样品的粘性成分较多。这与其感官评定中肌肉弹性下降,粘性增加等结果相符合。冰温样品的组织间隙较大,其原因可能是低温环境下鱼死后肌肉失去舒张活性,只有收缩特性,经热胀冷缩后,无法恢复,也可能是局部产生冰晶,伤害组织结构所造成的。



A. 新鲜牙鲆, B. 冷藏样品 4d, C. 冰温样品 12d

A. Fresh samples, B. 4-day refrigerated samples, C. 12-day controlled freezing point samples

图4 牙鲆贮藏过程中的光学显微镜观察结果

Fig. 4 Light microscopy of southern flounder during storage

2.4 牙鲆破断强度的测定

不同贮藏(冷藏、冰温)条件下牙鲆的破断强度如图5所示。从图5可以看出,不管是冷藏还是冰温贮藏,牙鲆样品的破断强度均呈逐渐减小的趋势,随着贮藏时间的延长,变化趋于平缓。与冷藏样品相比,冰温贮藏样品的变化速度明显缓慢。在0~4 d内,冷藏样品的破断力下降非常快。4 d时,冷藏样品的破断强度为97.3 gf,冰温样品的破断强度为219.4 gf。

一般来说,破断力与硬度存在对应关系。由此可知,冷藏样品的硬度下降较冰温样品的硬度下降速度快得多。两种样品的破断强度的变化趋势与两种样品在细菌总数、K值、TVB-N值的变化趋势比基本类似,由此可以看出,破断强度下降速度较缓慢的冰温贮藏样品保鲜效果优于冷藏样品,更有利于样品保持原有品质。

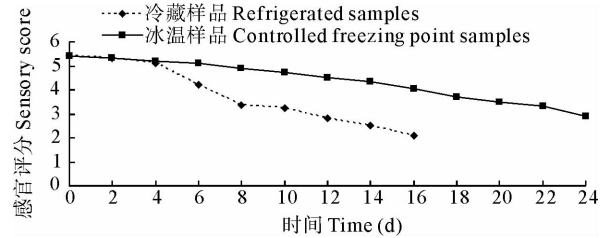


图3 牙鲆贮藏过程中的感官评分

Fig. 3 Sensory evaluation of southern flounder during storage

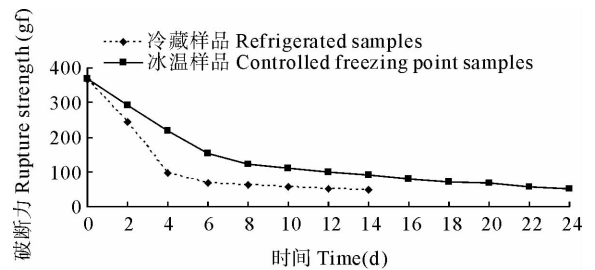


图5 牙鲆在贮藏条件下破断力的变化

Fig. 5 Changes in the rupture strength of southern flounder during storage

3 总结

综合以上结果,牙鲆样品在冷藏和冰温贮藏过程中,菌落总数、K值和TVB-N均呈上升趋势,pH值则先下降后上升,冷藏样品后期pH值上升较快且很高;随着贮藏时间的延长,样品组织结构变化较明显,肌肉肌原纤维间的空隙逐渐增大,方向性增强,组织结构逐渐断裂崩解;破断强度也呈下降趋势。与冷藏样品相比,冰温样品在细菌总数、K值、TVB-N值、破断强度及感官评定指标方面变化速度明显延缓,货架期能够延长15d左右,说明冰温贮藏比冷藏条件更能有效地抑制牙鲆体内有害微生物的活动及各种酶的活性,缓解蛋白质的分解,具有较好的保鲜效果。

参 考 文 献

- 王宏田,张培军. 2002. 牙鲆不同组织中抗蛋白酶物质活性研究. 海洋科学, 26(2): 15, 68
- 尹淑涛,薛文通,张惠. 2008. 冰温技术及其在食品保鲜中的应用. 农产品加工·学刊, 7: 138~140
- 王辉,安利国,杨佳文. 2007. 牙鲆不同组织抗菌肽的提取及部分性质检测. 水产科学, 26(2): 87~90
- 吕凯波,李红霞,熊善柏. 2008. 二氧化碳浓度对冰温气调贮藏鱼丸品质的影响. 食品科学, 29(2): 430~434
- 刘淇,殷邦忠,姚健,王跃军. 1999. 牙鲆在低温无水保活中的生化变化. 水产学报, 23(3): 296~299
- 宋智,孟凤英. 1995. 鲤鱼保鲜技术的研究. 食品科学, 16(6): 45~48
- 林洪,张瑾,熊正河. 2001. 水产品保鲜技术. 北京: 中国轻工业出版社, 85
- 陈营,王福强,邵占涛,王斌. 2006. 乳酸菌对牙鲆稚鱼养殖水体和肠道菌群的影响. 海洋水产研究, 27(3): 37~41
- 赵宗江,周忠光,周坤福. 2003. 组织细胞分子学实验原理与方法. 北京: 中国中医药出版社, 54~56
- 赵洪根,黄慕让. 1987. 水产食品检验. 天津: 天津科学技术出版社, 174~176
- 徐家敏,楼伟风,林洪,刘树青,姜秀萍. 1989. 鲤鱼在不同保藏温度下的质量变化. 青岛海洋大学学报, 19(2): 128~133
- 曹凯德. 2010. 陆地工厂化养殖牙鲆鱼应注意的几个问题. 农民科技培训, 4: 23~24
- 楼宝,高露姣,毛国民,史会来,骆季安. 2010. 褐牙鲆肌肉营养成分与品质评价. 营养学报, 32(2): 195~197
- 黎冬明,叶云花,刘成梅,吴宇,钟业俊,熊慧薇. 2006. 冰温技术在食品工业中的应用. 江西食品工业, 1: 32~34
- 薛文通,李里特,赵凤敏. 1997. 桃的“冰温”贮藏研究. 农业工程学报, (4): 221~225
- 鸿巢章二,桥本周久. 1994. 水产利用化学. 北京: 中国农业出版社, 133~136
- 小関聡美,北上誠一,加藤登等. 2006. 魚介類の死後硬直と鮮度(K値)の変化. 东海大学纪要海洋学部, 4(2): 31~46
- Cobb, B. F., and Thompson, C. A. 1973. Biochemical and microbial studies on shrimp: volatile nitrogen and amino nitrogen analysis. Food Science, 38: 431~436
- Cobb, B. F. 1976. Effect of ice storage on microbiological changes in fish and melting ice in a model system. Food Sci. 41(1): 29~32
- Ehira, S., and Uchiyama, H. 1987. Determination of fish freshness using the K value and comments on some other biochemical changes in relation to freshness. Seafood Quality Determination, Amsterdam: Elsevier Science Publishers B V, 185~207
- Pedro, C., Juan, C. P. P., and Ma, J. C. C. 2006. Total volatile base nitrogen and its use to assess freshness in European sea bass stored in ice. Food Control, 17: 245~248
- Ruiz-Capillas, C., and Moral, A. 2001. Changes in free amino acids during chilled storage of hake (*Merluccius merluccius*, L.) in controlled atmospheres and their use as a quality control index. European Food Research and Technology, 212: 302~307
- Yokoyama, Y., Sakaguchi, M., Kawai, F., and Kanamori, M. 1992. Changes in concentration of ATP-related compounds in various tissues of oyster during ice storage. Nippon Suisan Gakkaishi, 58(11): 2125~2136