

冷藏和冰藏条件下鲫鱼生物胺及相关品质变化的研究

包玉龙 汪之颖 李凯风 罗永康*

(中国农业大学 食品科学与营养工程学院,北京 100083)

摘要 研究鲫鱼在冷藏(4 ℃)和冰藏(0 ℃)条件下的品质变化规律。将鲜活鲫鱼击毙后去鳞、去鳃、去内脏并洗净沥干,分别贮藏在4 ℃和0 ℃冰箱中,测定其感官分值、鲜度指标 K 、挥发性盐基氮的质量分数 $w(\text{TVB-N})$ 、细菌总数、生物胺等指标,分析其变化规律。结果表明:随着贮藏时间的延长, K 值、 $w(\text{TVB-N})$ 、细菌总数呈现明显上升趋势,并且冰藏时各指标的变化速率小于冷藏。冷藏第6天 K 值达到61.77%,超出了可供一般食用和加工的范围,而冰藏第6天的 K 值仅为34.21%;在贮藏的前6天内冷藏与冰藏的 $w(\text{TVB-N})$ 无明显差别($P>0.05$),在整个贮藏过程中, $w(\text{TVB-N})$ 始终未超过20 mg/100g;冷藏第10天细菌总数的对数值($\lg[\text{细菌总数}/(\text{CFU/g})]$)已达7.42,而冰藏第10天只有5.54。色胺和腐胺随贮藏时间变化明显,可作为鲫鱼品质评价的参考指标。冷藏鲫鱼感官接受极限为8 d,冰藏为10 d。综合各指标变化,冰藏较冷藏能够有效延长鲫鱼的贮藏期。

关键词 鲫鱼; 生物胺; 冷藏; 冰藏; 理化分析

中图分类号 TS 254.4

文章编号 1007-4333(2013)03-0157-06

文献标志码 A

Study on the biogenic amines and quality changes of crucian carp (*Carassius cuvieri*) stored at chill temperature (4 ℃) and ice (0 ℃)

BAO Yu-long, WANG Zhi-ying, LI Kai-feng, LUO Yong-kang*

(College of Food Science and Nutritional Engineering, China Agricultural University, Beijing 100083, China)

Abstract Crucian carp (*Carassius cuvieri*) is a widely distributed freshwater fish species in China and used as raw material for food production. A considerable amount of crucian carp spoiled due to endogenous enzymes and microbial action each year. Chilled storage, usually refers to store fish at 0–4 ℃, is a common way of preservation of fish, but this method can keep the freshness of fish only one week. Iced storage can maintain lower temperature and prolong the shelf life of fish. However, few reports could be found about crucian carp stored in ice. The aim of this study was to investigate the quality changes of crucian carp stored at chill temperature (4 ℃) and in ice (0 ℃). The fish after death were immediately scaled, gutted, washed and divided into two groups. One stored at chill temperature, the other in ice. During the whole storage, the changes in sensory assessment, K value, total volatile basic nitrogen $w(\text{TVB-N})$, total bacterial count and eight biogenic amines (tryptamine, 2-phenylethylamine, putrescine, cadaverine, histamine, tyramine, spermidine and spermine) were monitored every two days. The results showed that: K value, $w(\text{TVB-N})$ and total bacterial count increased with time, and fish stored in ice changed more slowly than that at 4 ℃. K value increased very quickly in the beginning and got to 61.77% at 4 ℃ and 34.21% in ice after 6 days. There were no significant difference ($P>0.05$) between chilled storage and iced storage in $w(\text{TVB-N})$ within 6 days. Throughout the period, $w(\text{TVB-N})$ stayed below 20.00 mg/100 g. The peak value of $w(\text{TVB-N})$ at chill temperature and in ice were 17.49 mg/100 g (on the 12th day) and 18.53 mg/100 g (on the 16th day) respectively. The initial value of total bacterial count was 3.78

收稿日期: 2012-08-30

基金项目: 现代农业产业技术体系建设专项资金资助(CARS-46)

第一作者: 包玉龙, 硕士研究生, E-mail: baoyulong_cau@sina.com

通讯作者: 罗永康, 教授, 博士生导师, 主要从事水产品贮藏与加工研究, E-mail: luoyongkang@cau.edu.cn

log CFU/g, and the value reached to 7.42 log CFU/g and 5.54 log CFU/g respectively after 10 days storage at chill temperature and in ice. During the storage, the content of tryptamine and putrescine changed with time evidently, so they could be used as referential indicators of crucian carp. The preservation life of crucian carp at chill temperature(4 °C) and in ice(0 °C) was 8 days and 10 days respectively. Iced storage could prolong the preservation life effectively compared to chilled storage.

Key words crucian carp; biogenic amines; chilled storage; iced storage; chemical analysis

淡水鱼捕获死亡后,在其内源酶的作用下会发生一系列生物化学变化,出现僵直、解僵和自溶现象。自溶开始时微生物即大量繁殖,导致鱼体鲜度迅速下降。为了抑制内源酶的作用和微生物的生长繁殖,尽可能长时间地保持鱼体鲜度,目前已有多种保鲜技术应用于鱼类的贮运,如低温保鲜、气调保鲜、化学保鲜、辐照保鲜等,低温保鲜因其加工便利性而广泛使用。冷藏是最常用的低温保鲜方法,通常是指在0~4 °C贮藏,但保质期一般只有1周左右。冰藏保鲜利用冰的融化来维持鱼体低温,保质期比冷藏长且使用方便,冰鲜鱼的质量最接近鲜活鱼的生物特性^[1]。

鲫鱼(*Carassius cuvieri*)又名喜头,属硬骨鱼纲,鲤形目,鲤科,鲫属,为我国广泛分布的杂食性鱼类^[2]。国内外对各类海水鱼或淡水鱼贮藏过程中品质变化的研究较多:张小伟等^[3]研究了去除内脏对冰藏鲤鱼感官、化学和微生物特性的影响,发现去除内脏对鱼体产生破坏作用,导致去除内脏鲤鱼的货架期缩短。李学英等^[4]发现冰藏过程中大黄鱼细菌总数、产H₂S菌数等指标与感官鲜度评价有较好的一致性。Bahmani等^[5]发现金鲮在冰藏条件下货架期为14 d,而冷藏条件下只有10 d。关于鲫鱼贮藏也开展了一些研究,发现某些物理指标如僵直指数^[6]、电导率^[7]等可以用于评价鱼体的品质,但冰藏鲫鱼的品质变化规律研究尚未见报道,为此本研究选择鲫鱼为试验对象,选用4和0 °C作为贮藏条件,通过测定感官分值、K值、挥发性盐基氮的质量分数 ω (TVB-N)、细菌总数、生物胺研究冷藏和冰藏对鲫鱼品质的影响。

1 材料与方 法

1.1 材料及试剂

鲫鱼购于北京小月河农贸市场,质量(290±25) g。ATP 关联物标准品 ATP、ADP、AMP、IMP、

HxR、Hx 以及 8 种生物胺标准品色胺、苯乙胺、腐胺、尸胺、组胺、酪胺、亚精胺和精胺均由 sigma 公司生产。甲醇、乙腈为色谱纯;其余试剂为分析纯。

1.2 仪器及设备

TGL-16A 冷冻离心机(长沙仪器仪表公司);FW2000 分散均质机(上海弗鲁克流体机械制造有限公司);BCD-228WSV 冰箱(中国海尔集团);KDY-9820 凯氏定氮仪(北京通润源机电技术公司);YT-CJ-1ND 超净工作台(北京亚泰科隆实验开发中心);LRH-250F 生化培养箱(上海一恒科学仪器有限公司);LC-10AT 高效液相色谱(日本岛津公司)。

1.3 原料预处理

鲫鱼鲜活运至实验室。迅速击毙后,去鳞,去鳃,去内脏,用清水洗净沥干后,分别放在4和0 °C条件下贮藏,其中0 °C贮藏时层冰层鱼放置,及时换冰;鱼体平放不可堆压。每2天分别从2种贮藏条件下随机各自选取3条鱼,取背部白肉进行分析。

1.4 指标测定方法

1)感官分值的评定。参照姚磊等^[8]的方法。感官评分由实验室的10位人员共同完成,分别对鲫鱼的体表与肌肉、眼、气味3个项目进行评价。每个项目分值为0~3分,分数越高代表越新鲜。以总得分评价鱼体的总体可接受性,7分以上为新鲜,5~7分次新鲜,低于5分为腐败阶段。具体的评分标准见表1。

2)K值的测定。参照宋永令等^[9]的方法。

3) ω (TVB-N)的测定。称取5.00 g绞碎的鱼背脊部肌肉放入烧杯中,向其中加入50 mL蒸馏水。电动搅拌机搅拌30 min后过滤,取滤液5 mL按照半微量蒸馏法^[10]测定。

4)细菌总数的测定。参照GB/T 4789.2—2010操作。

5)生物胺的测定。参照刘寿春^[11]的方法。

表 1 鲫鱼感官评价标准

Table 1 Sensory evaluation standard of crucian carp

项目 Item	3分 3 point	2分 2 point	1分 1 point	0分 0 point
体表与肌肉 Body surface and muscle	体表色泽很明亮,腹部颜色亮白,肌肉结实有弹性。 Very bright surface, bright white abdomen, elastic.	体表色泽明亮,腹部白色,肌肉稍松弛,弹性略差。 Bright surface, white abdomen, less elastic.	体表色泽轻微发暗,腹部微黄,肌肉松弛,弹性差。 Slightly dark surface, slightly yellow in abdomen, poor elasticity.	体表色泽灰暗,腹部发黄,肌肉松软,无弹性。 Dark surface, yellow abdomen, very poor elasticity.
眼 Eye	眼球明亮饱满,稍突出,角膜透明。 Very bright eyeball, protrude, transparent cornea.	眼球较明亮,平坦,角膜较透明。 Bright eyeball, smooth, semitransparent cornea.	眼球较灰暗,稍内陷,角膜较浑浊。 Dark eyeball, slightly invaginate, opacitas cornea.	眼球灰暗,有血丝,内陷,角膜浑浊。 Very dark eyeball, invaginate, very opacitas cornea.
气味 Odor	无异味。 No off-flavor.	稍有异味。 Slight off-flavor.	异味较强。 Strong off-flavor.	异味强烈。 Intense off-flavor.

1.5 数据分析

采用 EXCEL2007 绘图,采用 SPSS16.0 进行方差分析,显著性水平设置为 $P < 0.05$ 。

2 结果

2.1 感官分值的变化

在冷藏与冰藏过程中,鲫鱼的感官分值随着贮藏时间的延长而逐渐下降(图 1)。在贮藏的前 4 天内,冷藏和冰藏的感官分值无明显差异($P > 0.05$),且感官分值在 7 分以上。第 4 天后,冷藏和冰藏的感官分值迅速下降,但冰藏的感官分值仍明显高于冷藏($P < 0.05$)。冷藏到第 8 天的感官分值已经低于 5 分,而冰藏到第 10 天的感官分值才低于 5 分,

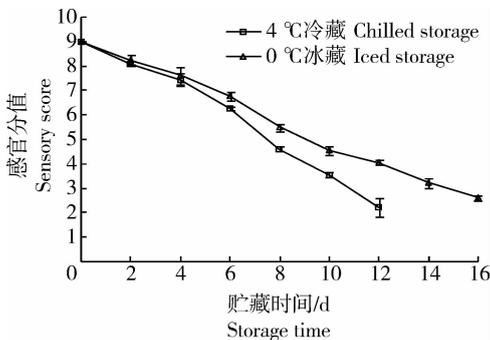


图 1 鲫鱼在不同贮藏条件下感官分值的变化
Fig. 1 Changes in sensory score of crucian carp during storage under different conditions

此时鱼体出现明显的异味,腹部发黄,肌肉组织松散,已失去食用价值。冰藏过程中,鲫鱼的感官分值始终高于冷藏过程。

2.2 K 值的变化

新鲜鲫鱼初始 K 值为 7.55%,冷藏和冰藏过程中,K 值随贮藏时间的延长而增大,在贮藏前期尤为明显,后期 K 值趋于稳定,增长十分缓慢(图 2)。冷藏到第 6 天,K 值达到了 61.77%,而冰藏到第 6 天 K 值仅为 34.21%,只有冷藏第 6 天的一半左右。

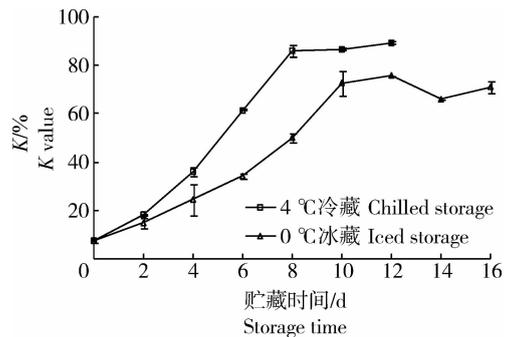


图 2 鲫鱼在不同贮藏条件下 K 值的变化
Fig. 2 Changes in K value of crucian carp during storage under different conditions

2.3 w(TVB-N)的变化

鲫鱼初始的 $w(\text{TVB-N})$ 为 10.25 mg/100 g,随贮藏时间的延长而增加。贮藏前 6 d 内,冷藏与冰

藏的 $w(\text{TVB-N})$ 无明显差别 ($P > 0.05$), 第 6 天后, 冷藏的 $w(\text{TVB-N})$ 开始迅速增加, 而冰藏到第 12 天 $w(\text{TVB-N})$ 才开始迅速增加; 冷藏到第 12 天 $w(\text{TVB-N})$ 增加到 17.49 mg/100 g, 冰藏第 12 天的 $w(\text{TVB-N})$ 只有 12.06 mg/100 g, 冰藏到第 16 天 $w(\text{TVB-N})$ 增长至 18.53 mg/100 g (图 3)。

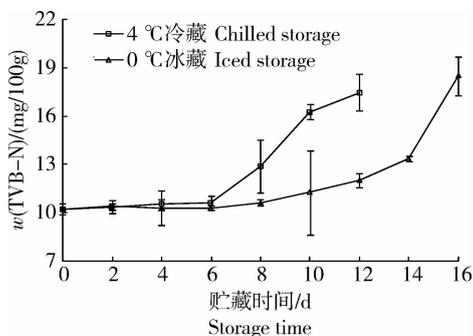


图 3 鲫鱼在不同贮藏条件下 $w(\text{TVB-N})$ 的变化

Fig. 3 Changes in $w(\text{TVB-N})$ of crucian carp during storage under different conditions

2.4 细菌总数的变化

鲫鱼的初始细菌总数的对数值 ($\lg[\text{细菌总数}/(\text{CFU/g})]$) 为 3.78。在整个贮藏过程中细菌总数几乎呈直线上升, 且冰藏的细菌总数始终低于冷藏条件 (图 4)。冷藏到第 6 天, 细菌总数的对数值达到 6.23, 冰藏第 6 天仅为 4.57; 冷藏到第 10 天细菌总数的对数值增长到 7.42, 鱼肉已不具可食性, 而冰藏到第 10 天仅为 5.54。冰藏末期细菌总数的对数值为 6.51, 在整个冰藏过程中, 始终未超过 7。结果表明, 冰藏较冷藏可以有效地抑制细菌的生长。

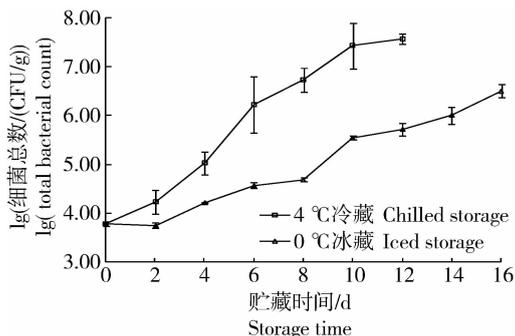


图 4 鲫鱼在不同贮藏条件下细菌总数的变化

Fig. 4 Changes in total bacterial counts of crucian carp during storage under different conditions

2.5 生物胺的变化

在新鲜鱼体中, 生物胺质量分数较高的是组胺、

酪胺和亚精胺, 分别为 25.34、20.53 和 30.09 mg/kg; 生物胺质量分数较低的是苯乙胺和尸胺, 分别为 1.16 和 0.28 mg/kg; 色胺未检测到 (表 2)。在整个贮藏过程中, 苯乙胺、酪胺、亚精胺和精胺的含量波动较大, 组胺含量相对稳定, 尸胺仅在个别样品中检出, 所以上述酪胺、亚精胺、精胺、组胺、苯乙胺和尸胺不适合作为鲫鱼腐败变质的评价指标。色胺在新鲜鱼体, 冷藏第 2 天、第 4 天以及冰藏第 4 天未检出, 但从第 6 天开始, 色胺含量随贮藏时间的延长而增加, 且冷藏组色胺含量的增加速率明显大于冰藏组 ($P < 0.05$), 冷藏末期和冰藏末期色胺的质量分数分别为 13.95 和 9.10 mg/kg。所有样品中均检出了腐胺, 腐胺含量也随着贮藏时间的延长而增加, 但在贮藏的末期腐胺含量均有一定的下降。

3 讨论

3.1 鲫鱼生物胺的变化

生物胺是一类具有生物活性的低分子量的有机含氮化合物。食品中的生物胺主要是由微生物产生的脱羧酶催化氨基酸脱羧而形成的。在新鲜水产品中, 生物胺的含量很低, 但随着贮藏时间的延长, 在微生物的作用下生物胺含量不断增加, 生物胺的生成与微生物腐败关系密切, 因此有学者提出生物胺可作为水产品质量与安全的指标^[12]。

组胺对人体健康的影响最大, 引起了广泛关注。但 Marks 等^[13]指出在腐败的鱼体中, 有可能检测不到组胺, 其他的一些胺类如腐胺和尸胺可以更好地反映鱼体的腐败变质。也有学者用多种生物胺共同表征鱼体的腐败程度, 如生物胺指数 BAI 等^[14-15] (生物胺指数 = 组胺 + 腐胺 + 尸胺 + 酪胺)。

Sil 等^[16]指出各生物胺含量的差异与鱼体自身氨基酸组成有密切的关系。赵中辉等^[17]在新鲜鲢鱼肌肉组织中未检测到组胺, 并且冰藏 8 d 内均未检出。而在本实验中, 鲫鱼背部肌肉中检出了一定量的组胺, 可能是鱼体新陈代谢产生。徐杰等^[18]研究了凡纳滨对虾在 0 和 4 °C 贮藏时生物胺的变化, 得出在两种贮藏温度下尸胺和腐胺的变化均最显著, 可以作为评价新鲜程度的参考指标。

在本研究中, 色胺和腐胺含量随贮藏时间增大, 可以辅助评判鲫鱼在冷藏和冰藏时的品质。腐胺的含量在贮藏的末期出现了下降的趋势, 可能是贮藏后期微生物的快速增长利用了腐胺, 这与刘寿春^[11]在研究冷藏罗非鱼片时苯乙胺含量波动上升到达最

表2 鲫鱼冷藏和冰藏条件下生物胺质量分数的变化
Table 2 Changes in biogenic amines of crucian carp during storage under different conditions

贮藏条件 Storage conditions	贮藏时间/d Storage time	生物胺质量分数/(mg/kg) Concentration of biogenic amines									
		色胺 Tryptamine	苯乙胺 2-phenylethylamine	腐胺 Putrescine	尸胺 Cadaverine	组胺 Histamine	酪胺 Tyramine	亚精胺 Spermidine	精胺 Spermine		
4℃冷藏 Chilled storage	0	—	1.16±0.27	4.26±1.13	0.28±0.01	25.34±0.60	20.53±16.17	30.09±1.62	6.78±2.33		
	2	—	0.35±0.24	10.99±1.54	—	27.11±0.68	33.14±0.99	38.57±3.71	9.02±0.28		
	4	—	—	13.09±0.80	—	24.26±0.47	26.85±5.18	71.62±16.24	21.02±4.27		
	6	8.44±0.50	0.59±0.55	16.49±4.07	1.47±0.58	34.20±0.35	25.54±5.22	37.37±21.66	7.45±0.98		
	8	9.72±0.33	3.43±3.01	22.66±7.31	—	25.14±0.07	21.73±8.82	54.11±18.51	11.97±2.34		
	10	10.41±1.21	4.28±0.01	24.87±0.87	2.74±0.10	38.55±3.07	64.74±0.79	56.09±4.20	17.37±0.26		
0℃冰藏 Iced storage	0	—	1.16±0.27	4.26±1.13	0.28±0.01	25.34±0.60	20.53±16.17	30.09±1.62	6.78±2.33		
	2	0.23±0.17	0.46±0.15	12.11±0.86	1.23±0.14	27.69±0.32	56.11±20.03	55.39±12.76	14.49±3.76		
	4	—	0.58±0.24	13.17±0.39	—	24.48±0.07	14.80±9.05	107.58±14.29	23.57±0.81		
	6	2.60±1.17	0.59±0.10	17.20±2.10	—	31.26±2.36	54.35±16.07	49.66±16.27	12.77±3.90		
	8	3.00±0.16	0.82±0.78	19.93±2.17	—	25.40±0.09	47.62±13.76	77.82±15.99	17.18±0.42		
	10	3.70±0.40	0.45±0.13	21.72±0.93	—	32.18±8.11	67.36±8.51	70.57±11.32	17.33±2.50		
12	6.30±0.95	0.97±0.39	21.23±0.94	—	24.91±0.13	55.79±6.28	79.37±26.01	18.14±4.72			
14	3.17±0.71	0.61±0.04	12.70±0.39	—	21.63±0.84	45.91±0.73	81.51±0.18	12.54±0.34			
16	9.10±0.45	0.33±0.26	4.08±0.15	—	15.85±2.44	54.78±12.59	84.83±5.61	12.14±1.60			

注: “—”表示未检出。Note: “—” Means not detected.

大值后迅速回落的现象类似。鱼体生物胺的形成和变化受到鱼种、微生物区系、贮藏条件等影响^[19],需进一步研究探讨生物胺形成和变化的规律。

3.2 鲫鱼其他相关品质指标的变化

随着贮藏时间的延长,鲫鱼感官分值逐渐下降,而K值、 ω (TVB-N)和细菌总数逐渐上升,且冰藏条件下上升或下降的速率都要低于冷藏,说明冰藏能够减缓鱼体品质的劣化。本研究中鲫鱼初始K值为7.55%,高于李凯风等^[20]关于鲫鱼3%的初始值。这可能是由季节的不同或鱼体应激情况的差异等造成的。整个贮藏过程K值先迅速增加后趋于稳定的现象与Özogul等^[12]的研究相似。冰藏第14天,K值出现了轻微的下降,可能是因为Hx的进一步分解造成了K值的波动。

ω (TVB-N)增长呈现先慢后快的现象与洪惠等^[21]在研究鳙鱼冷藏时得出的结论相似,这是因为挥发性盐基氮主要受微生物影响,微生物前期增长缓慢,进入自溶阶段则开始迅速生长繁殖。

Chytiri等^[22]研究发现不同淡水鱼的初始细菌总数的对数值(\lg [细菌总数/(CFU/g)])在2.00~6.00范围内,因鱼种、栖息水域及前处理方式而异。本试验中鲫鱼的初始细菌总数对数值为3.78,低于李凯风等^[20]报道的4.90。冰藏初期细菌总数几乎没有增长,可能是因为前期鱼体尚处于僵硬期,细菌无法直接利用蛋白质大分子,且此阶段pH下降,抑制了细菌的生长^[23]。

4 结 论

1)鲫鱼在贮藏过程中感官品质随着时间的延长而下降,K值、 ω (TVB-N)、细菌总数呈现明显的上升趋势,并且冰藏时各指标的变化速率小于冷藏。

2)色胺和腐胺可作为评判鲫鱼冷藏和冰藏时品质的参考指标。

3)根据感官评分、K值、 ω (TVB-N)、细菌总数等指标得出4℃冷藏和0℃冰藏的鲫鱼贮藏期分别为8和10 d。

参 考 文 献

- [1] 熊善柏. 水产品保鲜储运与检验[M]. 北京:化学工业出版社, 2007:66-68
- [2] 彭增起,刘承初,邓高贵. 水产品加工学[M]. 北京:中国轻工业出版社, 2010:11
- [3] 张小伟,许钟,郭全友,等. 去除内脏对冰藏鲤鱼感官,化学和微生物变化的影响[J]. 中国水产科学, 2010,17(2):337-343
- [4] 李学英,许钟,郭全友,等. 大黄鱼冷藏过程中的鲜度变化[J]. 中国水产科学, 2009,16(3):442-450
- [5] Bahmani Z A, Rezaei M, Hosseini S V, et al. Chilled storage of golden gray mullet (*Liza aurata*) [J]. LWT-Food Sci and Technol, 2011,44:1894-1900
- [6] 陆利霞,李霞,孙芸,等. 鲫鱼贮藏鲜度评价物理特性指标的研究[J]. 食品与发酵工业, 2007,33(5):162-165
- [7] Yao L, Luo Y, Sun Y, et al. Establishment of kinetic models based on electrical conductivity and freshness indicators for the forecasting of crucian carp (*Carassius carassius*) freshness[J]. J Food Eng, 2011,107(21):147-151
- [8] 姚磊,孙云云,罗永康,等. 冷藏条件下鲫鱼鲜度与其阻抗特性的关系的研究[J]. 肉类研究, 2010(8):21-25
- [9] 宋永令,罗永康,张丽娜,等. 不同温度贮藏期间团头鲂品质的变化规律[J]. 中国农业大学学报, 2010,15(4):104-110
- [10] 黄伟坤,陈培,王翔. 食品检验与分析[M]. 北京:中国轻工业出版社, 1989
- [11] 刘寿春. 冷藏罗非鱼片的品质变化规律及其评价方法研究[D]. 北京:中国农业大学, 2010
- [12] Özogul F, Özogul Y, Kuley E. Nucleotide degradation and biogenic amine formation of wild white grouper (*Epinephelus aeneus*) stored in ice and at chill temperature (4℃)[J]. Food Chem, 2008,108(3):933-941
- [13] Marks H S, & Anderson C R. Determination of putrescine and cadaverine in seafood (finfish and shellfish) by liquid chromatography using pyrene excimer fluorescence [J]. J Chrom A, 2005,1094(1):60-69
- [14] Bakar J, Yassoralipour A, Bakar F A, et al. Biogenic amine changes in barramundi (*Lates calcarifer*) slices stored at 0℃ and 4℃[J]. Food Chem, 2010,119(2):467-470
- [15] Alak G, Hisar S A, Hisar O, et al. Biogenic amines formation in Atlantic bonito (*Sarda sarda*) fillets packaged with modified atmosphere and vacuum, wrapped in chitosan and cling film at 4℃[J]. Eur Food Res Technol, 2011,232:23-28
- [16] Sil S, Joseph J, & Kumar K A. Changes in biogenic amines during iced and ambient temperature storage of tilapia[J]. J Sci Food Agr, 2008,88(12):2208-2212
- [17] 赵中辉,林洪,李振兴. 不同温度储藏条件下鳊鱼生物胺变化的研究[J]. 食品工业科技, 2011(6):358-360
- [18] 徐杰,薛长湖,赵庆喜,等. 贮藏过程中凡纳滨对虾生物胺的变化[J]. 海洋水产研究, 2007,28(4):104-109
- [19] 赵利,苏伟,刘建涛,等. 水产品中生物胺的研究进展[J]. 水产学报, 2006,30(2):272-276
- [20] 李凯风,罗永康,冯启超,等. 鱼鳞蛋白酶解物为基料的涂膜剂对鲫的保鲜效果[J]. 水产学报, 2011,35(7):1113-1119
- [21] 洪惠,朱思潮,罗永康,等. 鳙在冷藏和微冻贮藏下品质变化规律的研究[J]. 南方水产科学, 2011,7(6):7-12
- [22] Chytiri S, Chouliara I, Savvaidis I N, et al. Microbiological, chemical and sensory assessment of iced whole and filleted aquacultured rainbow trout[J]. Food Microbiol, 2004,21(2):157-165
- [23] 陈丽娇,郑明锋. 大黄鱼海藻酸钠涂膜保鲜效果研究[J]. 农业工程学报, 2003,19(4):209-211