

不同干燥方式对青鱼片鲜度的影响

庞文燕, 万金庆, 姚志勇, 钟耀广, 邹磊

(上海海洋大学食品学院/上海水产品加工及贮藏工程技术研究中心, 上海 201306)

摘要:以青鱼片为试验材料, 研究冰温真空干燥、热风干燥和真空冷冻干燥对其鲜度的影响。结果表明, 热风干燥的鱼片鲜度明显低于冰温真空干燥和真空冷冻干燥; 虽然冰温真空干燥和真空冷冻干燥的鱼片鲜度接近, 但前者的鲜味成分IMP约为后者的2倍; 此外, 对3种干燥方式得到的鱼片的复水率进行比较, 发现真空冷冻干燥的鱼片复水最快。

关键词:青鱼片; 冰温真空干燥; 热风干燥; 真空冷冻干燥; K值; 复水率

中图分类号: TS254.4

文献标识码: A

文章编号: 1004-874X(2013)15-0124-03

Effects of different drying methods on freshness of black carp fillet

PANG Wen-yan, WAN Jin-qing, YAO Zhi-yong, ZHONG Yao-guang, ZOU Lei

(College of Food Science and Technology, Shanghai Ocean University/Shanghai Aquatic Products Processing and Storage Engineering Technology Research Center, Shanghai 201306, China)

Abstract: Taking black carp fillets as experimental materials, effects of 3 different drying methods including ice-temperature vacuum drying, hot air drying and vacuum freeze drying on freshness were studied. The results showed that the freshness of fillets dried by hot air drying was significantly lower than that by ice-temperature vacuum drying and vacuum freeze drying. Although the freshness of fillets dried by ice-temperature vacuum drying and vacuum freeze-drying was close, IMP content in the former was about 2 times higher than that in the later. In addition, rehydration rate of fillets dried by 3 kinds of drying methods were compared, and vacuum freeze-drying was the fastest.

Key words: black carp fillets; ice-temperature vacuum drying; hot air drying; vacuum freeze drying; K value; rehydration rate

青鱼(black carp)为我国淡水养殖的四大家鱼之一, 以肉厚且嫩、味鲜美、富含蛋白质、刺大而少的特点被称为淡水鱼中的上品^[1]。因青鱼含水率和蛋白质含量高, 其体内的组织蛋白酶活性极强, 极易腐败变质, 使青鱼的贮藏加工显得极为重要。干燥是一种十分重要的加工方法和保藏技术^[2]。热风干燥是目前应用最多、最为经济的干燥方法, 但由于被干物料内部和表面形成很大的温度梯度, 容易产生品质下降和溶质失散现象^[3], 对食品品质影响较大。真空冷冻干燥虽能很好地保持产品的色、香、味和营养物质, 但设备昂贵, 效率低, 耗能大, 成本太高^[4]。20世纪70年代, 日本学者山根昭美博士提出冰温贮藏技术, 继而又率先提出了冰温干燥这一概念。冰温是处在冷却与冻结中间的温度带, 是指零度至冻结点以上的未冻结温度区域^[5]。冰温技术不仅能延长食品保鲜期, 还能加速其成熟、增加美味, 应用潜力巨大^[6-7]。

目前, 冰温干燥技术在国内外少有研究, 关于青鱼片冰温干燥的研究更少。李保国等^[8-9]以胡萝卜为原料进行冰温真空干燥试验, 结果表明, 冰温真空干燥可获得高品质的胡萝卜, 其营养成分损失少, 品质优良, 复水性强; 冰温干燥和冷风干燥对沙丁鱼鲜度(K值)影响的研究结果

表明, 在干燥到第2d时, 冰温干燥鱼片鲜度在20%左右, 冷风干燥鱼片鲜度在60%左右, 前者优势明显, 但也显示出冰温干燥时间过长所带来的不足^[10-11]。本研究以青鱼片为研究对象, 为缩短干燥时间, 采用冰温真空干燥的方法, 通过与传统的热风干燥、真空冷冻干燥进行对比, 分析不同干燥方式对青鱼片鲜度的影响, 以阐明冰温真空干燥的特点, 并为鱼片的加工贮藏提供参考。

1 材料与方法

1.1 试验材料

青鱼: 购于上海市临港新城古棕路菜市场, 2.5~3.0 kg/条。

试验试剂: 磷酸氢二钾、磷酸二氢钾(上海安谱科学仪器有限公司, 色谱纯); 超纯水、高氯酸(PCA)、氢氧化钾、氢氧化钠、磷酸、磺基水杨酸(国药集团化学试剂有限公司, 分析纯); 甲醇(国药集团化学试剂有限公司, 色谱纯)。

试验仪器: LC-2010CHT 高效液相色谱仪、AUW320 电子天平(日本岛津公司); L-8800 氨基酸全自动分析仪(HITACHI公司); Agilent-34972A 温度采集仪(安捷伦公司); IMS-50 全自动雪花制冰机(常熟雪科有限公司); SB25-12DT 超声机(宁波新芝生物科技); FA25 均质机(Fluko公司); PHS-3C 型 pH计(上海精密科学仪器有限公司); H2050R 冷冻离心机(长沙湘仪有限公司); GM-0.33A 隔膜真空泵及溶剂过滤器(天津市津腾实验设备有限公司)。试验用的器材均采用超声机清洗20 min, 用蒸馏水反复冲洗, 然后用超纯水润洗2~3遍, 烘干机烘干备

收稿日期: 2013-05-09

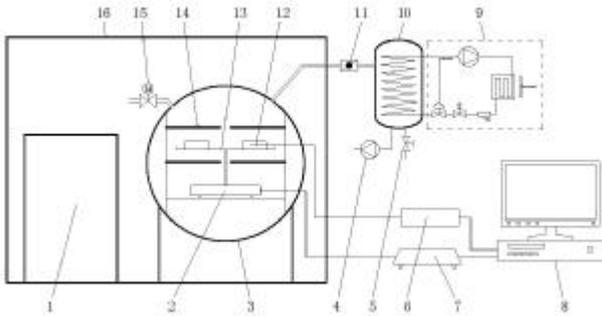
基金项目: 国家自然科学基金(31171764); 上海市科委工程中心建设项目(11DZ2280300)

作者简介: 庞文燕(1989-), 女, 在读硕士生, E-mail: 117704896@163.com

——通讯作者: 万金庆(1964-), 男, 博士, 教授, E-mail: jqwan@shou.edu.cn

用。

冰温真空干燥装置:冰温真空干燥试验装置为本课题组自行研制,如图1所示。主要由真空系统、制冷系统、干燥箱、加热系统、冷阱、称量系统以及数据采集系统组成。其中真空箱布置在恒温库内,其他布置在恒温库外。能够实现物料在不同低温温度下的真空干燥。其中,恒温库温度设定为 -1°C ;干燥箱压力为 $1\ 000\sim 1\ 100\ \text{Pa}$ 。



1: 门;2: 重力传感器;3: 真空箱;4: 真空泵;5: 放水阀;6: 温度采集仪;
7: 电子天平;8: 数据采集系统;9: 制冷系统;10: 冷阱;11: 蝶阀;
12: 铂电阻;13: 托盘;14: 辐射板;15: 气阀;16: 恒温库

图1 冰温真空干燥试验装置示意图

热风干燥装置:DHG-9053A 电热鼓风干燥箱,上海一恒科学仪器有限公司;温度 30°C ,风速 $1.5\ \text{m/s}$ 。

真空冷冻干燥装置:Minifast 04 真空冷冻干燥机,爱德华天利(北京)制药设备有限公司;预冻温度 -30°C ,干燥时板温 -20°C ,解析干燥时板温为 20°C ,干燥室压力 $25\sim 35\ \text{Pa}$ 。

1.2 试验方法

1.2.1 样品预处理 将活鱼敲击头部致死,去头、去内脏、去皮,取鱼片时从脊背处下刀,片成大小为 $10\ \text{mm}\times 25\ \text{mm}\times 30\ \text{mm}$,清水洗净,用滤纸吸去表面水分,尽量取完整,使其保持较好的外观形态,称量后装盘放入干燥箱干燥。

1.2.2 测冰点 取鱼背部肉,将热电偶插入鱼体表下约 $0.5\ \text{cm}$ 处,并固定,放入 -18°C 冻结室,每隔 $10\ \text{s}$ 采集1次温度数据,试验结束后绘制冻结曲线并得出青鱼片的冰点,从而确定冰温带范围。

1.2.3 指标测定 含水率采用直接干燥法测定,按照GB/T 5009.3-2003《食品中水分的测定》进行。复水率测定:称取一定质量的干制鱼片,置于 40°C 恒温水浴锅中进行浸泡,每隔 $20\ \text{min}$ 取出用滤纸吸去表面多余的水分后称重。鱼片的复水性能以复水率表示^[13]:

$$\text{复水率}(\%) = \frac{M_1 - M_2}{M_2} \times 100$$

式中, M_1 为干制鱼片的重量(g); M_2 为充分复水后鱼片的重量(g)。

ATP及其关联化合物的检测参考Yokoyama等^[14]的方法。鲜度指标K值是反映水产品初期鲜度变化以及风味有关的生化指标。Saito等^[15]提出以ATP及其相关化合物作为评定鱼类鲜度指标以来,许多学者通过沙丁鱼^[16]、海

鳗^[17]、大黄鱼^[18]等水产品研究K值与鲜度之间的关系,K值是一种公认的评价鱼早期鲜度的指标,K值越小表示鲜度越好,K值越大则鲜度越差,即杀鱼的K值在10%以下。鱼死亡后,鱼肌肉中ATP依次降解为ADP、AMP、IMP、HxR和Hx。

$$K(\%) = \frac{\text{HxR} + \text{Hx}}{\text{ATP} + \text{ADP} + \text{AMP} + \text{IMP} + \text{HxR} + \text{Hx}} \times 100$$

式中,ATP、ADP、AMP、IMP、HxR、Hx分别代表其质量分数(mg/L)^[14]。

1.3 数据处理

运用SPSS18.0统计软件及Excel对试验数据进行分析处理,结果用平均值 \pm 标准差表示,差异显著性水平为0.05。

2 结果与分析

2.1 干燥时间及含水率

分别对初始含水率为78.7%的青鱼片进行干燥,其干燥时间和残余含水率如表1所示。由于冻干产品残余含水率很低,一般小于5%^[20],真空冷冻干燥对青鱼片干燥34 h后基本达到干燥终点。为判断真空冷冻干燥、热风干燥和冰温真空干燥3种不同干燥方式的干燥速率,对青鱼片连续干燥24 h,比较残余含水率。结果显示,热风干燥的干燥速度最快,其残余含水率仅为17.9%;冰温真空干燥次之(25.1%),略低于热风干燥;真空冷冻干燥的干燥速度(36.3%)最慢,其残余含水率高于另外两种干燥方式,说明真空冷冻干燥的速度最慢。

表1 不同干燥方式下青鱼片的残余含水率

| 干燥方式 | 干燥时间(h) | 残余含水率(%) |
|--------|---------|----------|
| 真空冷冻干燥 | 34 | 4.8 |
| 真空冷冻干燥 | 24 | 36.3 |
| 热风干燥 | 24 | 17.9 |
| 冰温真空干燥 | 24 | 25.1 |

2.2 冰温真空干燥的冻结曲线

从图2可以看出,青鱼的冰点在 -1.2°C 左右,由此可以认为当青鱼片的贮藏温度持续下降时,细胞内开始结冰,出现冰晶,破坏细胞组织。根据测得的青鱼冰点温度可知,在对青鱼进行冰温带干燥时,应将其温度严格控制在 $-0.8\sim 0^{\circ}\text{C}$ 。

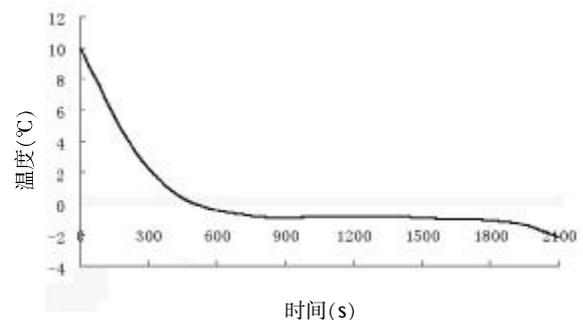


图2 青鱼片的冻结曲线

2.3 青鱼片复水率的比较

干燥制品复水程度的好坏及复水快慢,是衡量干制品品质的重要指标,复水率越大,产品品质越好。结果(图3)显示,不同干燥方法对青鱼片干品的复水率有显著影响。由于真空冷冻干燥过程中保持了青鱼片原来的结构,大量的空隙为干品复水时水分的迅速渗入提供了良好的途径,因此复水速度最快,复水率最高;冰温真空干燥的青鱼片干品的细胞组织结构相对保持较好,因此在复水过程中水分也能较迅速地渗入空隙,使得复水率和复水速度大于热风干燥;热风干燥得到的青鱼片干品复水速度和复水率最低,说明干燥温度越高,干制品体积收缩越大,复水性越差。

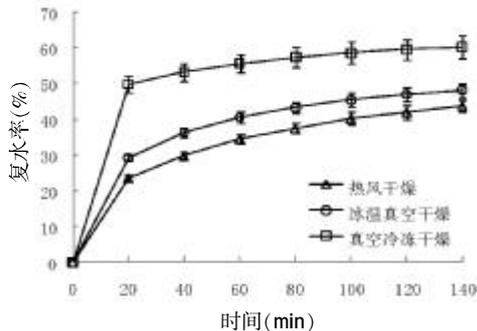
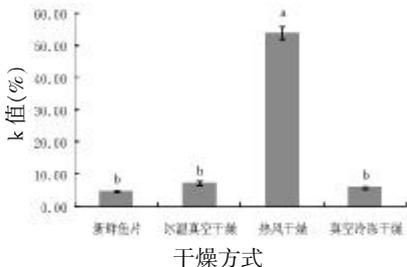


图3 不同干燥方式对青鱼片干品复水率的影响

2.4 不同干燥方式对青鱼片鲜度的影响

研究表明,K值作为评价鱼种早期的鲜度指标,即杀鱼的K值在10%以下,K值在20%以下为一级鲜度标准,可作为生鱼片。20%~40%为二级鲜度,60%以下为可供一般食用与加工,60%~80%为初期腐败。不同干燥方式对青鱼片鲜度的影响结果如图4所示,新鲜鱼片的K值为4.6%,冰温真空干燥与真空冷冻干燥的K值无显著性差异,均在10%以下,仍处于一级鲜度的标准;热风干燥的青鱼片K值高达54.1%,与其他两种干燥方法有显著差异。热风干燥的K值远远高于真空冷冻干燥和冰温真空干燥,这可能是由于热风干燥的温度过高,干燥过程中加快了鱼片的化学变化,尽管如此,其干制品鱼片仍可供一般食用与加工。因此,从青鱼片干品的鲜度来说,冰温真空干燥与真空冷冻干燥效果相近,明显优于热风干燥。



图中上方标注小写英文字母不同者表示差异显著,图5同

图4 不同干燥方式对青鱼片干品K值的影响

2.5 不同干燥方式对青鱼片滋味(IMP)的影响

肌苷酸(IMP)是一种鲜味极强的风味增强剂^[20],由磷酸腺苷ATP降解而来,是核苷酸类的主要呈味物质,已广

泛地应用于食品调味中。如图5所示,不同干燥方式对青鱼片干品的滋味(IMP)有显著影响。干燥过程中ATP被分解,均呈下降趋势。真空冷冻干燥由于冻结温度过低,使得生物体内酶的活性受到抑制,鱼片未进入僵硬期,因此,只有极少数(10.3%)ATP进行了分解,其IMP含量损失率为14.9%;热风干燥在高温作用下,ATP迅速分解,其下降幅度高达96.5%,其IMP含量比新鲜鱼片低,损失率为35.9%;冰温真空干燥过程中ATP分解也十分迅速,其下降幅度(97.3%)略高于热风干燥,然而其鱼片IMP较新鲜鱼片显著上升,幅度高达新鲜鱼片的近2倍,说明冰温真空干燥有利于IMP的增加与保持。

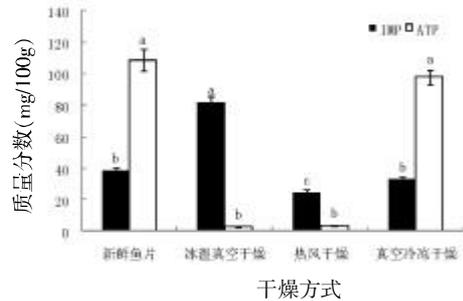


图5 不同干燥方式对青鱼片干品IMP含量的影响

3 结语

本研究采用3种不同的干燥方式分别对青鱼片进行了24h干燥,结果表明,热风干燥的干燥速率最快,其残余含水率仅为17.9%;冰温真空干燥次之(25.1%),略低于热风干燥;真空冷冻干燥的干燥速度最慢(36.3%)。真空冷冻干燥获得的干制品复水率最高、为60.3%,冰温真空干燥为48.1%,略低于真空冷冻干燥,高于热风干燥的43.8%,说明干燥温度越高,干制品体积收缩越大,复水性越差。

不同干燥方式对青鱼片干制品的鲜度影响结果表明,经冰温真空干燥与真空冷冻干燥后的青鱼片K值仍然维持在一级鲜度内(10%以下),热风干燥由于干燥过程中温度过高,K值高达54.1%,但干制品鱼片仍可供一般食用与加工。对比3种不同干燥方式获得青鱼片干制品的IMP含量可知,热风干燥和真空冷冻干燥的青鱼片干品IMP含量较新鲜鱼片均有损失,其损失率分别约是新鲜鱼片的35.9%和14.9%。而经冰温真空干燥后的青鱼片IMP含量值较新鲜鱼片显著上升,其含量高达新鲜鱼片的近2倍。说明冰温真空干燥后的鱼片不仅能够增强干制品鱼片的鲜味,而且能够维持较高的新鲜度。

参考文献:

- [1] 无锡轻工业学院.食品分析[M].北京:轻工业出版社,1987.
- [2] 李敏,关志强,蒋小强.罗非鱼片热泵干燥及干冷互换工艺的实验研究[J].农机化研究,2011,11(11):165-169.
- [3] 申保庆,赵祥涛,何翔.低温真空干燥技术与设备的发展前景与适用范围[J].粮食流通技术,2004(4):32,42.
- [4] 高福成.现代食品工业高新技术[M].北京:中国轻工业出版社,2001.
- [5] 山根昭美.冰温贮藏食品[J].日本食品工业学会志,1982,29(12):736-743.

(下转第141页)

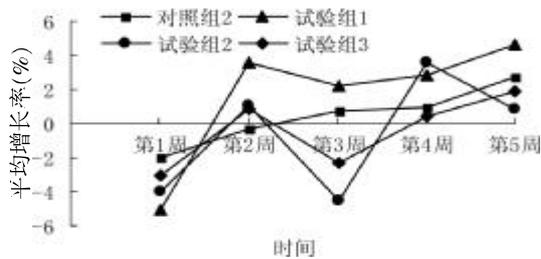


图6 各组黄颡鱼体重的平均增长率

出,琵琶鼠鱼和黄颡鱼在不同配比的混养情况下,琵琶鼠鱼的生长受到的影响更大。

3 结论与讨论

本试验结果表明,各组试验鱼在第1周体重平均增长率均为负值,而对照组鱼的体重平均增长率相对较高。这可能是因为试验初期,鱼体对试验环境不太适应,也可能是因为不同物种间的相互影响要大于同种个体间的影响。另外,对照组1琵琶鼠鱼体重的平均增长率呈较大的波动性变化,而对照组2黄颡鱼体重的平均增长率却一直保持逐渐增加势头,这表明土著鱼种黄颡鱼对新环境的适应性和稳定性要强于琵琶鼠鱼。

在试验组1中,黄颡鱼在个体数量不占优势的情况下,体重平均增长率保持不断增加的趋势,到第5周达到本次试验所有组的最高值(4.66%),可见,在琵琶鼠鱼相对较多的环境中,反而有利于黄颡鱼的生存,这也许与琵琶鼠鱼具有一定的净化环境能力有关。在试验组3中,黄颡鱼体重的平均增长率虽有波动,但从第3周开始一直保持着逐渐增加的势头。在整个试验过程中,黄颡鱼的体重平均增长率多大于琵琶鼠鱼,只有在试验组2中,琵琶鼠鱼的体重平均增长率大于黄颡鱼。从以上结果可以看出:黄颡鱼的生长与琵琶鼠鱼的存在与否关系并不大,倒是与其自身密度相关联,数量多非但没有表现出共同御敌的现象,反而增大了种内竞争,使平均增长率呈现较大的波动性变化。

在试验组1中,琵琶鼠鱼的体重平均增长率均在增

加,但到了第5周却出现了下降的趋势,琵琶鼠鱼的数量优势并没有在种间竞争中体现出来。而在试验组3中,琵琶鼠鱼体重的平均增长率均为负值。由试验结果可知,琵琶鼠鱼在与黄颡鱼混养时,生长受到较大影响,体重降低较多,相比之下土著鱼种黄颡鱼的竞争力反而稍强。只有在琵琶鼠鱼与黄颡鱼数量等比例混养时,琵琶鼠鱼体重的平均增长率才一直保持着逐渐增加的势头,是所有试验组中体重平均增长率增加最稳定的,并在第5周达到本次试验中所有组的最高值(2.01%)。而黄颡鱼体重的平均增长率却呈现较大的波动性变化,且是所有组中波动最大的。

分析以上结果可知,琵琶鼠鱼的存在对土著鱼种黄颡鱼的影响并不像想象的那样大,但琵琶鼠鱼的适应性很强,在试验后期基本表现出正增长趋势,不能排除今后其竞争性会增强。

参考文献:

- [1] Kriticos D, Brown J, Radford I, et al. Plant population ecology and biological control; *Acacia nilotica* as a case study biological control [J]. *Biological Control*, 1999, 16:230-239.
- [2] Peng S L, Xiang Y C. The invasion of exotic plants and effects of ecosystems[J]. *Acta Ecologica Sinica*, 1999, 19(4):560-568.
- [3] Zhang L Y, Ye W H. Community invasibility and its influencing factors[J]. *Acta Phytocologica Sinica*, 2002, 26(1):109-114.
- [4] Lvel G L. Global change through invasion [J]. *Nature*, 1997, 388: 627-628.
- [5] 李振宇,解焱.中国外来入侵种[M].北京:中国林业出版社,2002.
- [6] 王亚民,曹文宣.中国水生外来入侵物种对策研究[J].*农业环境科学学报*,2006,25(1):7-13.
- [7] 牟希东,胡隐昌,汪学杰,等.中国外来观赏鱼的常见种类与影响探析[J].*热带农业科学*,2008,28(1):34-40.
- [8] 邹社校.洪湖黄颡鱼的生长、食性与渔业地位[J].*湖北农学院学报*, 1999,19(3):240-249.
- [9] 陈琴.黄颡鱼的生物学特性及养殖技术[J].*江西水产科技*,2001(1): 28-30.
- [10] 刘世平.鄱阳湖黄颡鱼生物学研究[J].*动物学杂志*,1997,32(4):10-16.

(上接第126页)

- [6] Mizuno A, Matsui M, Sasaki T, et al. Effect of controlled freezing-point storage of hearts—combined effect of controlled freezing-point storage and verapamil[J]. *Nippon Kyobu Geka Gakkai Zasshi*, 1990, 38:1145-1151.
- [7] Yamane A. Development of controlled freezing-poistorage of food[J]. *Nippon Shokuhin Kogyo Gakkaish*, 1982, 29:736-743.
- [8] 李保国,应月,董梅,等.食品和生物药品的冰温干燥系统开发研究[A].2009年上海市制冷学会学术年会论文集[C].2009:168-170.
- [9] 王丰,李保国,申江,等.胡萝卜冰温干燥实验研究[J].*食品与发酵工业*,2012,38(1):101-104.
- [10] 梁琼,王金庆,成轩,等.日本水产品冰温技术研究概况[J].*水产科技情报*,2010,37(5):246-249.
- [11] 山根昭美,郭海元.冰温干燥食品[J].*制冷学报*,1987(4):64-67.
- [13] 李敏,关志强,刘兰.二次回归分析法优化罗非鱼片热泵干燥过程的研究[J].*制冷学报*,2011,32(1):58-62.
- [14] Yokoyama Y, Sakaguchi M, Kawai F, et al. Changes in concentration of ATP-related compounds in various tissues of

oyster during ice storage[J]. *Nippon Suisan Gakkaishi*, 1992, 58(11): 2125-2136.

- [15] Saito T, Arar K, Matuyoshi M. A new method for estimating the freshness of fish[J]. *Bull Jap Sci Soc Fish*, 1959, 24(9):749-750.
- [16] FAVA' zquez -Ortiz, RPacheco -Aguilar, MELugo -Sanchez, et al. Application of the freshness quality index (K value) for fresh fish to canned sardines from Northwestern Mexico [J]. *Journal of Food Composition and Analysis*, 1997(10):158-165.
- [17] Yesim özogul, Fatih özogul, Cengiz Gökbulut. Quality assessment of wild European eel stored in ice[J]. *Food Chemistry*, 2006, 95(3):458-465.
- [18] 杨文鸽,薛长湖,徐大伦.大黄鱼冰藏期间 ATP 关联物含量变化及其鲜度评价[J].*农业工程学报*,2007(6):217-222.
- [19] 戚晓玉,李燕,周培根.日本沼虾冰藏期间 ATP 降解产物变化及鲜度评价[J].*水产学报*,2001(5):482-484.
- [20] 王宇国.国内冷冻干燥食品发展状况[J].*粮油食品科技*,2002,10(1):21-22.