

# 虹鳟鱼雌性化及其鱼子酱加工的初步研究<sup>\*</sup>

刘学迅 孙砚胜 黄燕平 曲莹

(北京市水产科学研究所 北京 100075)

**摘要** 虹鳟鱼的养殖量目前我国虽然呈逐渐增加之势,但占产量5%~10%的鱼卵大多数作为废弃物而未被利用。本项目首先在对虹鳟鱼养殖生物学特性系统总结的基础上,进行虹鳟鱼雌性化性转化的研究,以提高虹鳟鱼养殖种群中的雌性比例,把握虹鳟鱼发育的适合时机,提高虹鳟鱼卵数量、质量,采集并进行深加工,提高虹鳟鱼养殖的经济附加值。

**关键词** 虹鳟 雌性化 鱼子酱

中图分类号:Q959.9 文献标识码:A 文章编号:0250-3263(2000)02-31-05

---

<sup>\*</sup> 北京市科委(855504100)项目的部分内容;

第一作者介绍:刘学迅(1968~),男,北京市水产科学研究所工程师,农学学士,研究鲑鳟鱼类及其近缘种;

收稿日期:1998-08-03,修回日期:1999-09-24

虹鳟 (*Salmo gairdneri*) 属鲑形目、鲑亚目、鲑科, 体呈纺锤状, 略侧扁, 背部深灰色, 下腹部银白色, 头和体背及体侧都有分散的小黑斑点, 沿身体侧线有一条宽的鲜艳似彩虹的色带, 故名“虹鳟”。它原产于北美洲的河流、湖泊和美国太平洋沿岸的水域里, 1874 年对美国加利福尼亚州山涧溪流中的虹鳟进行人工移殖驯化, 现已成为世界上养殖最广泛的鱼类之一。

虹鳟是冷水性鱼类, 喜欢生活在水质澄清、砂砾底质、氧气充足的山涧溪流中, 在适宜的环境条件下, 虹鳟一年四季都能生长。虹鳟的卵为端黄卵, 沉性, 橙黄色, 卵径 4~7mm, 怀卵量在 1000~7000 粒之间, 北京地区产卵期在 12 月至翌年 2 月, 受精卵在 10℃ 水温条件时约 16 天左右发眼, 32 天左右孵出仔鱼, 60 天左右得到上浮苗<sup>[1]</sup>。雄鱼一般 2 龄成熟, 雌鱼 3 龄成熟, 成熟后的个体不论雌雄, 死亡率提高, 生长率降低, 这时的肉质和外观都较差。一般情况下虹鳟要两年以上才达到上市规格, 因为第二年体重仅为 400~600g, 第三年则达到 1000~2000g, 因此, 如果将雄鱼全部转变为雌鱼, 即可延长有效生长期, 以达到大幅度增产的目的<sup>[2]</sup>, 又可利用得到的大量的成熟雌鱼进行鱼子酱的加工, 以提高虹鳟鱼的经济附加值。

我们于 1995 年 12 月开始, 在北京市怀柔县的桃峪虹鳟渔场进行了应用雌性激素诱导虹鳟鱼雌性化的试验, 通过两年多来的精心培育和观察, 已初获成功, 同时又以得到的大量的成熟雌鱼进行鱼子酱的加工, 并对虹鳟鱼子酱的营养组成进行了分析, 现简介如下。

## 1 材料和方法

**1.1 试验用雌性激素** 是北京益民制药厂生产的己烯雌酚片剂 (TABELLAE DIETHYLSTILBESTROLI), 批号 960205, 含量 1mg/片。先将己烯雌酚的片剂研磨成粉末状, 然后与一定量虹鳟鱼苗的人工配合饵料原料混合, 分别配制浓度为 5mg 己烯雌酚/kg 饵料、10mg 己烯雌酚/kg 饵料、20 mg 己烯雌酚/kg 饵料的激素饵料, 分装备用<sup>[3]</sup>。

**1.2 试验用鱼** 1996 年 4 月 2 日, 取虹鳟鱼的上浮苗, 体长约 10mm, 分为 4 组, 每组 5000 尾, 分别饲养在 4 个面积为 2m<sup>2</sup>(1m×2m), 水深 30cm 的虹鳟孵化用的小水泥池中, 流水。其中 3 个试验组由 1996 年 4 月 2 日至 5 月 28 日连续投喂浓度为 5mg 己烯雌酚/kg 饵料 (简称 I 组)、10mg 己烯雌酚/kg 饵料 (简称 II 组)、20mg 己烯雌酚/kg 饵料 (简称 III 组) 的激素饵料 8 周, 对照组投喂未添加雌性激素的人工配合饵料。8 周后试验组停止投喂激素饵料而投喂与对照组相同的未添加雌性激素的人工配合饵料, 进行生长发育观察。6 月 12 日, 由于每组池中放养的虹鳟鱼苗密度过高, 影响后期鱼的正常生长, 故将 4 组鱼苗分别移入 4 个面积为 24m<sup>2</sup>(12m×2m), 水深 1m 的鱼种培育池中饲养, 流水。同样原因, 1997 年 2 月 20 日每组又随机筛取约 800kg 的鱼种继续饲养。从 1996 年 7 月起定期对每组随机采取 10 尾试验用鱼, 测量鱼的体长、体重, 其中的 5 尾解剖观察及鱼卵采集, 称量卵巢重, 观察卵巢的性腺发育和性腺分期, 性腺分期参照我国常用的六期法, 并对成熟的二龄雌鱼进行采卵量的计数。其间于 1997 年 10 月 23 日对每组鱼抽样捕捞一网以进行性比确定<sup>[4]</sup>。

**1.3 虹鳟鱼子酱加工的基本方法** 先把成熟的虹鳟雌鱼生殖孔周围擦干, 然后轻压雌鱼腹部采集鱼卵于一洁净的容器中, 再将鱼卵放入预先配制的一定浓度的食盐溶液中, 用棒轻轻搅动以使盐分渗入卵中, 腌制约 20 分钟后, 筛出沥卤, 装瓶并迅速冷藏, 备用<sup>[5]</sup>。

### 1.4 虹鳟鱼子酱的营养分析

**1.4.1 初水分的测定** 用已知重量的瓷盘在普通天平上称取鲜样 200~300g, 放入 120℃ 烘箱中烘 10~15 分钟灭酶, 然后迅速将瓷盘移入 60~70℃ 烘箱中烘 6 小时, 取出放置室内空气中冷却 24 小时, 使半干样本中水分与室内湿度平衡, 充分回潮后称重, 再将瓷盘放入 60~70℃ 烘箱中烘 2 小时, 按上述方法回潮, 称重, 直至两次称重之差不超过 0.5g 为止<sup>[6]</sup>。计算公式:

$$\text{初水分} \% = \frac{\text{新鲜样本重}(g) - \text{半干样本重}(g)}{\text{新鲜样本重}(g)} \times 100$$

**1.4.2 一般营养成分的测定** ①水分:重量法,在常压下 105℃ 烘箱中烘 4 小时定量测定;②蛋白质:粗蛋白表示,以 Kjeldahl 法(凯氏微量定氮法)测定总氮量,再乘转换系数(一般用 6.25)即为蛋白质质量;③脂肪:粗脂肪表示,以索氏(Soxhlet)油提法为主,以有机溶剂提取脂肪,将溶剂蒸发后,其残留物的重量即为粗脂肪;④碳水化合物:由计算得出,碳水化合物 = 100 - (水分 + 蛋白质 + 脂肪 + 灰分);⑤灰分:重量法,鱼子酱中的有机质经烧灼氧化后,残余物即灰分;⑥热能:千焦耳表示,以每克蛋白质:脂肪:碳水化合物分别为 4:9:4 千卡的换算系数计算,1 千卡 = 4.184 千焦耳;⑦无机元素:用原子吸收分光光度法测定钙、铁、锌、铜、镁、锰、钾,用钼蓝比色法测定磷,用荧光分光光度法测定硒;⑧维生素:水溶性维生素硫胺素(维生素 B<sub>1</sub>)、核黄素(维生素 B<sub>2</sub>)用荧光测定法测定,脂溶性维生素视黄醇(维生素 A)、生育酚(维生素 E)用高效液相色谱法测定;⑨胆固醇:用比色法测定<sup>[7]</sup>。

## 2 试验结果

**2.1 雌性激素处理对性比的影响** 由 4 个组别的试验结果看(见表 1),I 组虽然有诱导性转变的效果,但较 II 组和 III 组的效果差。

表 2 雌性激素处理对体重的影响

| 组别    | 1996年(月·日)平均每尾鱼体重(g) |      |      |       |       | 1997年(月·日)平均每尾鱼体重(g) |      |      |      |      |      |       |
|-------|----------------------|------|------|-------|-------|----------------------|------|------|------|------|------|-------|
|       | 7.12                 | 8.26 | 10.7 | 11.18 | 12.28 | 2.13                 | 3.17 | 4.18 | 6.12 | 7.24 | 9.24 | 10.23 |
| 对照组   | -                    | -    | -    | -     | 145   | 250                  | 340  | 415  | 565  | 655  | 825  | 905   |
| I 组   | -                    | -    | -    | -     | 150   | 260                  | 350  | 450  | 600  | 700  | 840  | 950   |
| II 组  | -                    | -    | -    | -     | 155   | 265                  | 360  | 475  | 605  | 735  | 890  | 975   |
| III 组 | -                    | -    | -    | -     | 150   | 280                  | 350  | 405  | 610  | 735  | 900  | 975   |

表 3 雌性激素处理对体长的影响

| 组别    | 1996年(月·日)平均每尾鱼体长(cm) |      |      |       |       | 1997年(月·日)平均每尾鱼体长(cm) |      |      |      |      |      |       |
|-------|-----------------------|------|------|-------|-------|-----------------------|------|------|------|------|------|-------|
|       | 7.12                  | 8.26 | 10.7 | 11.18 | 12.28 | 2.13                  | 3.17 | 4.18 | 6.12 | 7.24 | 9.24 | 10.23 |
| 对照组   | 5.6                   | 10.0 | 14.5 | 16.2  | 19.5  | 24.0                  | 27.0 | 28.5 | 29.0 | 29.5 | 33.0 | 36.5  |
| I 组   | 5.7                   | 9.9  | 14.8 | 16.1  | 20.0  | 24.5                  | 27.5 | 29.5 | 30.0 | 31.0 | 35.0 | 38.0  |
| II 组  | 6.0                   | 10.2 | 14.8 | 17.2  | 20.5  | 24.5                  | 28.0 | 30.5 | 30.0 | 32.0 | 38.0 | 40.0  |
| III 组 | 5.5                   | 10.0 | 14.9 | 16.9  | 20.0  | 25.0                  | 27.5 | 31.0 | 30.0 | 32.5 | 38.0 | 40.0  |

表 1 雌性激素处理对性比的影响

| 组别    | 处理<br>鱼尾数 | 抽样检查       |          | 雌性<br>鱼数 | 雌性<br>鱼数 | 雌性鱼数占<br>被检鱼总数<br>的百分比 |
|-------|-----------|------------|----------|----------|----------|------------------------|
|       |           | 性别的<br>鱼尾数 | 雄性<br>鱼数 |          |          |                        |
| 对照组   | 5000      | 225        | 102      | 123      |          | 54.67                  |
| I 组   | 5000      | 199        | 22       | 177      |          | 88.94                  |
| II 组  | 5000      | 245        | 8        | 237      |          | 96.73                  |
| III 组 | 5000      | 165        | 7        | 158      |          | 95.78                  |

## 2.2 雌性激素处理对虹鳟鱼苗存活率的影响

通过观察,在连续投喂激素饵料的 8 周时间内,对照组和各个试验组的虹鳟鱼苗成活率均在 95% 以上,因此,在虹鳟鱼上浮苗发育的头 8 周内投喂激素饵料并不会影响其存活率。

**2.3 雌性激素处理对生长的影响** 定期对试验组和对照组的虹鳟鱼进行检查,每组每次随机采取 10 尾,测量每尾鱼的体重、体长(见表 2 和表 3)。从试验结果看,到 1997 年 10 月 23 日时试验组鱼的生长率比对照组提高的百分比:I 组是 4.97,II 组是 7.73,III 组是 7.73,初步表明给虹鳟鱼苗投喂雌性激素饵料对生长有一定的促进作用。

**2.4 雌性激素处理对雌鱼性腺发育和采卵量的影响** 通过两年多的生长培育观察可见(见表 4),试验组(以浓度为 10mg 己烯雌酚/kg 饵料组为例)雌鱼卵巢的性腺发育与对照组雌鱼卵巢的性腺发育基本相同,试验组的平均卵巢重相应大于对照组雌鱼的平均卵巢重,至 1998 年 2 月 15 日试验组的平均采卵量亦大于对照

组的平均采卵量,但是相对于每克鱼体体重的采卵量对照组为 1.450,试验组为 1.585。初步表明雌性激素处理对雌鱼性腺发育的影响不

大,而由于雌性激素处理对虹鳟的生长有一定的促进作用,平均体重较高,因此雌性激素处理可一定程度地提高二龄成熟雌鱼的采卵量。

表 4 雌性激素处理对雌鱼性腺发育和采卵量的影响

| 日期<br>(年.月.日) | 平均体重(g/尾) |      | 平均卵巢重(g/尾) |        | 卵巢的性腺分期 |     | 平均采卵量(粒/尾) |      |
|---------------|-----------|------|------------|--------|---------|-----|------------|------|
|               | 对照组       | 试验组  | 对照组        | 试验组    | 对照组     | 试验组 | 对照组        | 试验组  |
| 1996.12.28    | 145       | 155  | 1.15       | 1.16   | I       | I   | —          | —    |
| 1997.06.12    | 565       | 605  | 6.68       | 7.13   | I       | I   | —          | —    |
| 1997.09.24    | 825       | 890  | 35.46      | 38.27  | III     | III | —          | —    |
| 1997.12.25    | 1285      | 1375 | 96.62      | 103.39 | IV      | IV  | —          | —    |
| 1998.02.15    | 1483      | 1592 | —          | —      | IV末     | IV末 | 2150       | 2524 |

2.5 虹鳟鱼子酱的加工 通常识别鱼子酱的质量标准是粒饱满且破粒少,颗粒松散但颗粒上附着有粘液,颜色鲜艳晶亮,半透明,无汤汁,味略咸,有鲜、腥香味为上品。在虹鳟鱼子酱加工中,我们配制了浓度分别为 5% 和 10% 的食

盐溶液腌制鱼卵(见表 5),筛出沥卤 1 分钟后将鲜品装瓶。通过对鲜品及冷藏贮存 30 天后解冻的冻品的比较,认为虹鳟鱼子酱加工时所用食盐溶液的浓度以 4%~5% 较好。

表 5 虹鳟鱼子酱的质量

| 项 目 | 食盐溶液的浓度           |                 |
|-----|-------------------|-----------------|
|     | 5%                | 10%             |
| 鲜品  | 颜色 粉红色,鲜艳晶亮       | 粉红色,鲜艳晶亮        |
|     | 卵粒 饱满             | 饱满,卵径相对前者小      |
|     | 汤汁 无              | 无               |
|     | 味道 略咸,有鲜、腥的香味     | 咸,有鲜、腥的香味       |
|     | 装瓶 颗粒松散成团状且附着有粘液  | 颗粒松散成粒状,附着粘液少   |
|     | 其它 食盐溶液内卵膜少,说明破粒少 | 食盐溶液内卵膜稍多,说明破粒多 |
| 冻品  | 解冻后 与鲜品相当,破粒少     | 较鲜品粘稠,破粒稍多      |

2.6 虹鳟鱼子酱与大麻哈鱼鱼子酱营养组成的比较 由测定的结果看(见表 6),虹鳟鱼子酱营养组成中的水分、蛋白质、维生素 A、硫胺素、核黄素、钾、钙、锰、铁、锌、磷等项目测定的

数值高于大麻哈鱼鱼子酱营养组成中相应的数值,虹鳟鱼子酱营养组成中的能量、脂肪、碳水化合物、灰分、维生素 E、胆固醇、镁、铜、硒等项目测定的数值低于大麻哈鱼鱼子酱营养组成中相应的数值。

表 6 虹鳟鱼子酱与大麻哈鱼鱼子酱营养组成的比较

| 营养成分      | 虹鳟鱼          | 大麻哈鱼          | 营养成分  | 虹鳟            | 大麻哈鱼          |
|-----------|--------------|---------------|-------|---------------|---------------|
|           | 子酱<br>(100g) | 鱼子酱<br>(100g) |       | 鱼子酱<br>(100g) | 鱼子酱<br>(100g) |
| 能量(kJ)    | 680.5        | 1054          | 钾(mg) | 230.67        | 171           |
| 水分(g)     | 62.19        | 49.4          | 钙(mg) | 53.78         | 23            |
| 蛋白质(g)    | 25.61        | 10.9          | 镁(mg) | 57.06         | 73            |
| 脂肪(g)     | 4.04         | 16.8          | 铁(mg) | 4.78          | 2.8           |
| 碳水化合物(g)  | 5.96         | 14.4          | 锰(mg) | 0.23          | 0.05          |
| 灰分(g)     | 2.20         | 8.5           | 锌(mg) | 2.74          | 2.69          |
| 维生素 A(μg) | 157.77       | 111           | 铜(mg) | 0.18          | 0.60          |
| 硫胺素(mg)   | 0.47         | 0.33          | 磷(mg) | 544.82        | 359           |
| 核黄素(mg)   | 0.25         | 0.19          | 硒(μg) | 74.38         | 203.09        |
| 维生素 E(mg) | 2.53         | 12.25         |       |               |               |
| 胆固醇(mg)   | 450.86       | 486           |       |               |               |

### 3 讨论和分析

3.1 试验证明,己烯雌酚的处理剂量以 10mg 己烯雌酚/kg 饵料的效果较好,既可达到诱导性变的效果,也可降低成本,减少不必要的药物投入费用。此结果与冈田凤二报道<sup>[8]</sup>的 5mg 激素/kg 饵料的处理剂量有出入,这可能和药物的品种、效价不同有关,今后可继续试验以掌握有效剂量的低限。另据报道,高于一定剂量的雌性激素也会对鱼体产生不应性,反而降低性诱导的效果,是值得注意的。

3.2 用己烯雌酚处理8周得到全雌性虹鳟,这比国外一般处理约4周的时间长<sup>[9~10]</sup>,在以后的工作中还应对最短的有效处理时间加以研究。同时,诱导虹鳟鱼苗的己烯雌酚是人体使用的片剂,用此药物处理过的鱼又经两年时间的饲养,人食后不会产生不良影响。

3.3 国产己烯雌酚片剂每百毫克2.75元,据粗略推算,处理1万尾虹鳟上浮苗,以10mg己烯雌酚/kg饵料的剂量,处理8周,约需己烯雌酚片剂300mg,成本为8.25元,在生产上是经济可行的。

3.4 据报道,日本山田养殖场利用类胡萝卜素作为色素源,以0.1%以下的比例添加到饲料中来人工改变虹鳟鱼的颜色,结果染色不出一个月,鱼体表皮颜色变红且十分鲜艳,鱼卵亦由黄色变为粉红色,因此,我们从1997年11月初开始对试验用鱼投喂添加色素源的饵料,以获得红色鱼卵加工成鱼子酱,这在一定程度上提高了虹鳟鱼子酱的质量。

3.5 就水产品的加工而言,由于鱼肉中不饱和脂肪酸的存在而使其极易氧化,鱼体容易腐烂变质,因而加工方法普遍比较复杂,相比之下,虹鳟鱼子酱的加工方法简单,且加工后的产品营养价值较高,价格昂贵,不仅合理地利用了作为虹鳟养殖生产的废弃物的鱼卵,提高虹鳟的经济附加值,而且对虹鳟养殖场的生产和操作来说也是简便可行的。

3.6 为提高虹鳟鱼子酱长期贮藏的稳定性,可在加工过程中于腌制用的食盐溶液中添加一定剂量的防腐剂,如苯甲酸钠,这样既可防腐亦可灭菌。然而从获得纯天然食品的角度,在贮藏期要求较短的情况下,建议不使用防腐剂。对

于虹鳟鱼子酱的贮藏条件还有待于我们在以后的工作中加以研究。

3.7 虹鳟鱼子酱的营养分析中,其100g成品中水分值约62.19g,与100g大麻哈鱼鱼子酱中水分值为49.4g相比偏高,相关的因素有:①腌制用食盐溶液的浓度与腌制时间,从虹鳟鱼子酱的质量标准考虑,4%~5%的浓度和20分钟的腌制时间比较适宜;②沥卤的时间,在加工过程中,筛出沥卤的时间较短,今后可延长沥卤时间,由1分钟左右延长至5分钟比较适宜。

## 参 考 文 献

- [1] 徐杰林,孙大力主编. 淡水养鱼技术. 北京:农业出版社,1993. 250~251.
- [2] 楼允东. 鱼类性别控制研究的进展. 上海水产大学学报,1992,(3-4):168~173.
- [3] 中山大学生物系动物学教研室鱼类组. 应用雄性激素诱导罗非鱼雌鱼雄性化的试验简报. 中山大学学报(自然科学版),1978(2):90~99.
- [4] 孙儒泳,刘凌云,唐素英等. 国产甲基睾酮对罗非鱼雄性化和生产影响的研究. 北京师范大学学报(自然科学版),1978(4):66~85.
- [5] 北京市水产供销公司. 水产品商品知识. 北京:北京出版社,1981. 200~201.
- [6] 杨胜主编. 饲料分析及饲料质量检测技术. 北京:北京农业大学出版社,1993. 13~14.
- [7] 中国预防医学科学院营养与食品卫生研究所. 食物成分表. 北京:人民卫生出版社,1991. 40,111.
- [8] 冈田凤二. 应用全雌化、不育化生产大型虹鳟. 养殖,1985(2):48~52.
- [9] Yamazaki, F. Sex control and manipulation in fish. *Aquaculture*, 1983(33):329~354.
- [10] Hunter G. A., E. M. Donaldson. Production of monosex female groups of chinock salmon (*O. tshawytscha*) by the fertilization of normal ova with sperm from sex-reversed females. *Aquaculture*, 1983(33):355~364.