

食物与水环境因子对草鱼 (*Ctenopharyngodon idellus* C. et V) 脆化过程的影响

谭乾开¹, 黎华寿^{2,*}

(1. 广东省恩平市农业技术推广服务中心, 广东恩平市 529400; 2. 华南农业大学热带亚热带生态研究所, 广州 510642)

摘要:结合生产实际,探讨了普通鲢鱼向脆肉鲢转变的过程和实质,提出用“断裂应力 δ_p ”作为脆肉鲢脆化程度的划分标准,并实验研究了不同水温、水流速度、水化学因子和蚕豆饲料投喂量等因素对脆肉鲢生长和品质的影响。结果表明,以脆肉鲢不同部位组织热变性蛋白质的断裂应力 δ_p 为指标的脆化程度主要由蚕豆饲料摄食量所决定,脆肉鲢养殖的良好条件为:放养规格 1.50 ~ 2.00 kg/尾,放养密度 150 ~ 170 尾/666.7 m²,水温在 18℃ 以上;摄食量达到 3.962 ~ 5.263 kg/kgbw 时,可实现饲料系数约为 6,脆化程度指标 δ_p 为 0.422 ~ 0.611 kg/cm² 的合格商品脆肉鲢。水体水化学因子等环境条件只对草鱼脆化起间接辅助作用,它们通过改变草鱼的摄食量和营养(能量)转化率,影响机体正常的生理活动而导致草鱼肌肉蛋白合成与积累不同等表达出来,良好的水环境质量利于脆肉鲢养殖。普通鲢鱼脆化养殖的最佳养殖条件为适当的饲料投喂剂量(4.3kg/kgbw),适宜的水环境因子条件(水温(30 ± 2)℃、DO ≥ 5mg/L、pH 在 5.8 ~ 6.2 之间)。为进一步完善脆肉鲢养殖生产操作流程,提高脆肉鲢养殖技术,合理调控投喂量和养殖水环境因子,从而提高脆肉鲢品质和养殖效益进行了讨论。

关键词:脆肉鲢; 水环境因子; 蚕豆; 脆化度

文章编号:1000-0933(2006)07-2409-07 中图分类号:S965.112 文献标识码:A

Effects of diets dose and water quality on the transformation of common grass carp (*Ctenopharyngodon idellus* C. et V) to crisped grass carp

TAN Qian-Kai¹, LI Hua-Shou^{2,*} (1. Agro-technical Extension and Service Center of Enping City, Guangdong, Enping 529400, China; 2. Institute of Tropical and Subtropical Ecology, South China Agricultural University, Guangzhou 51064, China). *Acta Ecologica Sinica*, 2006, 26(7): 2409 ~ 2415.

Abstract: It has been demonstrated that Common Grass Carp can be changed into better taste Crisped Grass Carp by being fed with broad bean *Vicia faba*. We conducted a two-year study to investigate the effects of feeding level and water quality on the crisping. Results show that the degree of crisp was mainly determined by and positively correlated with the feeding level of *Vicia faba*, with the optimal feeding rate of about 4.3kg/kg bw for producing high quality Crisped Grass Carp. The water quality also has some effects on crisping of Grass Carp by influencing the fish's physiology and metabolism. The optimal water quality parameters were temperature at (30 ± 2)℃, DO ≥ 5mg/L, and pH at 5.8 ~ 6.2. The feeding of *Vicia faba* and suitable water quality parameters lead to increased protein synthesis capacity and enhance the production of quality crisp Grass Carp.

Key words: crisp grass carp; water quality; *vicia faba*; degree of crisp

草鱼是我国四大家鱼之一和主要养殖鱼类。自从 1973 年广东省中山市长江水库发现通过喂蚕豆可使肌肉疏松的普通草鱼成为肉质鲜美、软滑爽脆的“脆肉鲢”以来,脆肉鲢深受国内外消费者欢迎,成为我国水产养

基金项目:广东省科技专项资助项目(4100-G99010);华南农业大学校长基金资助项目

收稿日期:2005-03-01;修订日期:2006-04-10

作者简介:谭乾开(1974~),男,广东恩平人,硕士生,工程师,主要从事水产养殖技术推广和水产生态研究。

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: lihuashou@scau.edu.cn

Foundation item: The project was supported by the Key Project of Sci-technology of Guangdong Province, China and Fund of South China Agricultural University.

Received date: 2005-03-01; Accepted date: 2006-04-10

Biography: TAN Qian-Kai, Master candidate, Engineer, mainly engaged in aquaculture and fish ecology.

殖业中一大名特产品。但在实际生产中,脆肉鲩高效养殖技术还不够成熟,业内对“成品脆肉鲩”的质量标准存在争议,至今还没有统一的商品脆肉鲩标准。草鱼由“不脆”养殖到“半脆”再转化为“脆肉”甚至转化为“过脆”鲩,各阶段还没有明确的标准。

已有研究表明,饲料和养殖水体环境因子的变化对鱼类的生长、发育、生存影响很大,甚至会造成鱼的机体营养成分很大变化。鱼类品质和生态效率是受饵料(饲料)种类和鱼的种类、体重以及环境因子影响的变量^[1~10]。国内外针对饲料对草鱼生长及其组织营养成份的影响也进行了许多研究^[11~16]。但有关脆肉鲩的研究仍开展不多,并主要集中在养殖技术经验总结和营养成份分析等^[16,17],如肖调义等对同一个养殖场的脆肉鲩和普通草鱼的肌肉营养成分(水分、粗蛋白质、粗脂肪、粗灰分、氨基酸、钙和磷)进行分析,并与普通草鱼、黄鳝、鳊鱼、黄颡鱼、万安玻璃红鲤、青鱼和团头鲂进行了比较^[19]。至今仍未见有就饲料及水环境条件对草鱼脆化动态全过程影响的文献报道。

草鱼经过脆化养殖而转化为脆肉鲩是一个由量变到质变的渐进过程,并集中反映为草鱼机体的成分特别是蛋白质组成的特殊变化上。为探讨脆肉鲩形成的过程和本质,本文以草鱼肌肉变性蛋白质的断裂应力作为脆化度指标,实验研究了草鱼脆化养殖过程中饲料成份及养殖水环境因子对草鱼脆化度的影响,在此基础上探讨商品脆肉鲩的脆化标准,并讨论如何配套相应的养殖技术,为商品脆肉鲩高效养殖和标准化养殖提供了参考。

1 材料与方法

1.1 试验材料

试验在广东恩平市迳塘养殖场进行,试验池塘包括 A、B、C、D、E 共 5 口池塘,各池塘均有独立的排灌系统(表 1)。试验地区为典型的南亚热带气候,地处东经 112.19、北纬 22.12,试验期间全年平均气温 23.1℃,最高及最低气温分别为 36.4℃和 4.9℃;全年降雨量为 2559.9mm,最大日降雨量为 185.5 mm。水源来自恩平市锦江水库,符合 GB/T11607-1999 渔业水质标准。放养准备脆化的草鱼规格基本一致,实验期间和结束时随机取样,均为 3 个重复。

表 1 各试验池塘基本状况

Table 1 The basic condition of the experimental fish pond

池塘号 Experimental fish pond	面积 Area(m ²)	平均水深 Water depth(m)	养殖水体状态 Water flowing condition	水体 pH Water pH	备注 Note
A	2866.8	1.43	微流水 slowly current water ponds	5.96	各池塘的水源水经测定均符合渔业生产水质标准,池塘形状均呈东西向长方形,B 池塘配备人工增氧设备 Water parameters of all ponds conformed to qualifications of China water quality standard for fisheries. The ponds shape is transmeridional oblong; The B pond was equipped with aerators
B	3466.8	1.52	静水养殖 static water ponds	5.82	
C	2666.8	1.47	微流水 slowly current water ponds	6.04	
D	2666.8	1.28	微流水 slowly current water ponds	6.23	
E	2533.5	1.64	微流水 slowly current water ponds	5.86	

1.2 试验方法

1.2.1 试验池塘基础用水(水源水)的主要水化学指标测定 简易 DO 测量法测定 DO 值, pH 值试纸测定水体的 pH 值; EDTA 二钠法测定主要离子 Ca²⁺ 浓度(NV/V_样 × 1000 × 20.04, mg/L); 离子交换法测定矿化度含量(NV/V_样 × 1000 × 2, mg/L)。同时用水面浮标法粗测水流速度 μ , 并结合进入池塘引渠的横截面积 dw 来确定池塘水流量 $d_0(0.85\mu \cdot dw, m^3/s)$ 。

1.2.2 脆肉鲩脆化度测定 在解剖盘上用手术刀切取被测定脆肉鲩的不同部位组织(包括侧大肌、腹直肌、真皮等),以侧大肌(可连真皮层)为测量标准,将侧大肌切为长条块形状(5~7cm),同时测量横截面面积,经热变性处理后用钩码、弹簧称、铁架台等设备来测定蛋白质的断裂应力 δ_p 的平均值,计算公式为: $\delta_p = P_0/S$ (P_0 为断裂时的最大拉力 kg, S 为断裂面横截面面积 cm²)。依据脆化度测量值划定脆化程度:半脆鲩 < 0.40 kg/cm²; 商品脆肉鲩合格品: 0.41~0.81 kg/cm²; 商品脆肉鲩优质品: 0.81~1.51 kg/cm²; 过脆鲩 > 1.52 kg/cm²。

1.2.3 投喂量对脆化度的影响试验 在 E 养殖池塘进行,根据饲料日投量来计算不同时期投喂量,并测定各

时期的脆化度,比较投喂量与脆化度断裂应力 δ_p 的关系。

1.2.4 水环境因子对脆化养殖过程和脆化度的影响试验 采用“不间断”养殖法,在 A、B、C、D 养殖池塘进行,共分两批进行,第一批在 2000 年 4~8 月份进行,第二批以及在 2000 年 9 月份至翌年 3 月份进行。各养殖池塘均严格实行“塘卡”管理制度,保证试验池塘脆肉鲩养殖环境符合实验设计和脆肉鲩的正常生理要求,测定环境因子包括水化学因子(主要离子、DO、pH 值等)、平均水温、水流量、饲料投喂量等的变化,比较不同的外界变动因子对脆肉鲩产生的脆化效应。同时记录试验池塘养殖的有关情况,包括放养密度、放养规格、脆化养殖时间等,以及放养时间、饲料投喂量、脆化度测量时间、脆化度平均数值等。计算养殖达到合格商品脆肉鲩标准时的绝对生长率、饲料系数等生长指标,并比较不同养殖处理的水环境因子对脆化作用的影响。

1.3 数据分析

1.3.1 随机取样测定,各处理的数据指标均为 3 个重复,应用 SPSS 进行差异显著性检验,同时采取 $3^1 \times 2^2$ 随机组设计进行方差分析,对不同的养殖时间、不同的放养密度、不同的放养规格对特定生长率以及饲料系数进行 F 值显著性检验以及新复极差的 LSR 检验。同时采用“单因素随机组设计”对饲料蚕豆投喂剂量对脆化草鱼特定生长率的影响以及水生境因子对脆化进度的影响进行方差分析,比较差异显著性。

1.3.2 统计投喂量 kg 与脆化度断裂应力 δ_p 的函数($\delta_p = aX^b$)关系,计算公式为:

$$\lg a = \frac{\sum \lg \delta_p \cdot \sum (\lg kg)^2 - \sum \lg kg \cdot \sum (\lg kg \cdot \lg \delta_p)}{N \cdot \sum (\lg kg)^2 - (\sum \lg kg)^2}$$

$$b = \frac{\sum \lg \delta_p - (N \lg a)}{\sum \lg kg}$$

2 结果与分析

2.1 不同的放养时间、放养密度、放养规格与脆肉鲩生产经济指标的关系

不同的放养时间、不同的放养密度、不同的放养规格,对商品脆肉鲩养殖的经济效益产生迥异的影响。不同放养密度和放养规格对脆肉鲩净增重量、特定生长率、饲料系数都产生较大的差异。经方差分析 F 值检验及新复极差的 LSR 值检验,各池的第一批养殖(4~8 月份)与第二批养殖(9 月~翌年 3 月份)之间的饲料系数和特定生长率对应的差异均达极显著水平($p < 0.01$);A、B 和 C 池第一批放养的同密度为 150 尾/666.7 m² 的相互间差异不显著,但与 D 池放养密度为 160 尾/666.7 m²、规格为 1.5kg/尾的差异达显著水平($p < 0.05$);第二批的情况也类同,主要表现为放养密度和放养规格对饲料系数和特定生长率有一定的影响。最佳的养殖投放方案可总结为:放养密度为 150~170 尾/666.7 m²,放养规格为 1.50~2.00 kg/尾,此时饲料系数约为 6,特定生长率为 1(第二批为 0.6)以上。第二批养殖放养时间有一段拟冬眠期,所以特定生长率都比第一批要低。试验结果表明(表 2),放养密度增大时,抑制了草鱼长膘,且绝对生长率明显下降,饲料系数也相应偏高,不利于生产要求;然而放养密度过低则大大降低了单位水面积的产鱼量,也降低了经济效益。同时,放养规格如果过大,则脆化时间延长,养殖周期也相对延长,且饲料消耗量过大,不利于养殖生产要求,反之,放养规格过小,则生长强度有所下降,达不到商品化规格要求(3~4 kg/尾),且饲料系数也偏高。

2.2 外界变动因子、摄食强度与脆化度关系

由表 3~表 5 的试验结果可知,不同水温下,草鱼机体摄食强度和日摄食量均不同,经 F 值检验,各处理间用均达到 1%($F > F_{0.01}$)的水平,差异极显著。由图 1 可以看到,自然条件下亚热带地区一般脆化适宜养殖期为 4~11 月份,而 12 月份至翌年 3 月份有一段时间进入草鱼进入近似冬眠的状态,平均摄食强度仅为 0.02%。在平均水温在 28.4℃~30.6℃,月平均摄食量为 5.8%~7%水平,这些条件对脆化养殖最有利,其平均养殖周期为 80~90d,就可达到优质产品规格;脆化度在一定的摄食剂量范围内随摄食量的增大而增强,在 0~6.672kg/kgbw 闭区间内呈现出幂指数方程 $\delta_p = 0.038X^{1.175}$ 关系;适当调节养殖水体环境因子对脆肉鲩养殖生产有良好的促进作用,脆化速度的快慢是各因子综合的结果,B 塘使用生石灰调节、改良水质,水化学因子有利于脆肉鲩生长,特别是 Ca²⁺ 浓度升高、pH 值升高明显,DO 升高,COD 下降,而且静水较高温度使得饲料

的摄食与营养(能量转化率)强度明显增强,从而使脆化度明显加快。因此,水流速度、DO、主要离子、盐度、pH 值等对脆肉鲩养殖在客观条件是起着一定的辅助作用的,水流速度相对增大,则水化学因子相对稳定,保证 DO 高浓度,降低了池塘水体中有害物质(NH_3 、 H_2S 、COD 等)积累,为脆肉鲩养殖创造了一个有利的养殖生态环境,使草鱼机体各项生长指标均提高,饲料利用率大大提高,从而有利于脆化度的增加,大大缩短脆化的养殖周期。

表 2 各试验池塘(2000~2001 年度)不同放养规格与生长关系(均值 $\pm$ 标准差)*

Table 2 The relation of fish stocking and its parameters of growth in different crisped Grass Carp experimental ponds (Mean $\pm$ Standard deviation)

鱼塘号 Experimental fish pond	放养密度 stocking density (尾 item /666.7 m ²)	平均放养规格 Initial body weight (IBW) (kg)	收获规格 Final body weight (FBW) (kg)	净增重量 (RW - IW) (kg)	特定生长率 Specific growth rate	饲料系数 Feed conversion rate
A	150	1.75	3.92 $\pm$ 0.14	2.17 $\pm$ 0.16	1.00 $\pm$ 0.44 ^a	6.00 $\pm$ 0.12 ^c
	200	1.75	3.56 $\pm$ 0.28	1.81 $\pm$ 0.28	0.59 $\pm$ 0.30 ^d	6.64 $\pm$ 0.38 ^b
B	150	1.75	3.87 $\pm$ 0.33	2.12 $\pm$ 0.19	1.13 $\pm$ 0.42 ^a	6.02 $\pm$ 0.18 ^c
	220	1.75	3.14 $\pm$ 0.52	1.39 $\pm$ 0.48	0.56 $\pm$ 0.43 ^d	6.97 $\pm$ 0.41 ^a
C	150	1.50	3.71 $\pm$ 0.86	2.21 $\pm$ 0.34	0.94 $\pm$ 0.42 ^b	6.79 $\pm$ 0.48 ^a
	180	1.50	2.51 $\pm$ 0.19	1.01 $\pm$ 0.16	0.42 $\pm$ 0.22 ^e	6.40 $\pm$ 0.52 ^b
D	160	1.21	2.25 $\pm$ 0.33	1.04 $\pm$ 0.24	0.78 $\pm$ 0.14 ^e	6.31 $\pm$ 0.38 ^b
	250	1.25	2.04 $\pm$ 1.45	0.79 $\pm$ 1.08	0.41 $\pm$ 0.34 ^e	7.17 $\pm$ 0.94 ^a

①表中数据为 3 个重复的平均值,同列数据中后面字母有不同者为差异显著($p < 0.05$) Values (mean FS.E. of three replications) in the same column not sharing a common superscript letter are significantly different ($p < 0.05$); ② 特定生长率 Specific growth rate = $100\% (\ln \text{FBW} - \ln \text{IBW}) / (t_2 - t_1)$; ③ 饲料系数 Feed conversion rate = Fish wet weight gain $\times$ 100/feed intake (dry matter); ④ 试验池塘的第一批养殖时间 $t_2 - t_1$ 为 80d,第二批为 120d The first test pond cultivate time ($t_2 - t_1$) is 80 days, and the second is 120 days

表 3 E 号试验池塘不同饲料蚕豆剂量对草鱼脆化程度及特定生长率的影响(2000,均值 $\pm$ 标准差)*

Table 3 Effects of different diets dose of Vicia faba on crisped strength level of Grass Carp in E ponds in 2001 (Mean $\pm$ Standard deviation)

测量时间 Time of measure ment	脆化草鱼重量 Crisped Grass Carp weight (kg)	蚕豆饲料累计量 Diets dose of Vicia faba (kg. kg bw ⁻¹)	脆化程度 Crisped strength level (kg/cm ²)	脆化养殖累 计时间 Total time (d)	特定生长率 Specific growth rate	草鱼脆化质量 Quality of crisped Grass Carp
2001-04-24	2.91 $\pm$ 0.19	3.021	0.311 $\pm$ 0.099	50	1.31 $\pm$ 0.10 ^a	半脆鲩 half crisped
2001-05-15	3.61 $\pm$ 0.08	3.962	0.422 $\pm$ 0.059	70	1.25 $\pm$ 0.14 ^a	合格品 quality crisped
2001-07-05	3.71 $\pm$ 0.30	5.263	0.611 $\pm$ 0.022	120	0.75 $\pm$ 0.09 ^b	优质品 high quality crisped
2001-09-06	3.71 $\pm$ 0.49	6.672	1.424 $\pm$ 0.022	180	0.49 $\pm$ 0.08 ^c	过脆,肿身死亡 crisped too much and dead
2001-09-26	3.72 $\pm$ 0.24	8.340	1.640 $\pm$ 0.067	200	0.45 $\pm$ 0.02 ^c	过脆,大都肿身死亡 crisped too much and most dead

* ①试验池塘 E,放养时间为 2001-03-05,放养规格为 1.51kg/尾 Feeding experiment was conducted in E fish pond; The initial mean weight of fishes (IW) is 3.01kg $\cdot$ item⁻¹ on Mar. 5,2001; ② 测定指标均为 3 个重复的平均值 Number of fish retrieved/sampling = 3; ③ 特定生长率 Specific growth rate = $100\% (\ln \text{FBW} - \ln \text{IBW}) / (t_2 - t_1)$; 在表上补充注明显著性检验情况:表中数据为 3 个重复的平均值,同列数据中后面字母有不同者为差异显著($p < 0.05$) Values (mean FS.E. of three replications) in the same column not sharing a common superscript letter are significantly different ($p < 0.05$)

2.3 草鱼的脆化过程及保持脆化持续稳定的措施

脆肉鲩是草鱼在人工养殖业中,强制摄食生蚕豆饲料,并达到了一定的剂量,导致了机体一系列脆肉生理反应,改变了机体许多生理指标的正常值,出现了剂量——效应反应,是草鱼处于非正常生理状态下的阶段性产物。草鱼脆化的脆化主要因子是蚕豆饲料,而外界变动因子只是影响蚕豆的摄食量及营养转化率,由表 4、表 5 的试验结果可知,经方差分析可知达到了极显著水平($p < 0.01$)。其蚕豆饲料下剂量限指标要求 3.031kg/kgbw,此时脆化度为 0.311 kg/cm²,商品性为半脆肉鲩;当摄食量达到 3.962 ~ 5.263 kg/kgbw 时,脆化强度测定值为 0.422 ~ 0.611kg/cm²,达到合格至优质品的商品水平。当投喂量达到 6.672 ~ 8.340 kg/kgbw 时,脆化强度测定值在 1.524 ~ 1.640 kg/cr 之间,为过度脆化水平,表症为肌肉坚韧无比,肌肉尤其是腹直肌脆化过度成筋,煮熟后食用也难嚼烂。在投饲量达到脆化极限后,草鱼生长变得极为缓慢,其特定生长率由原来的

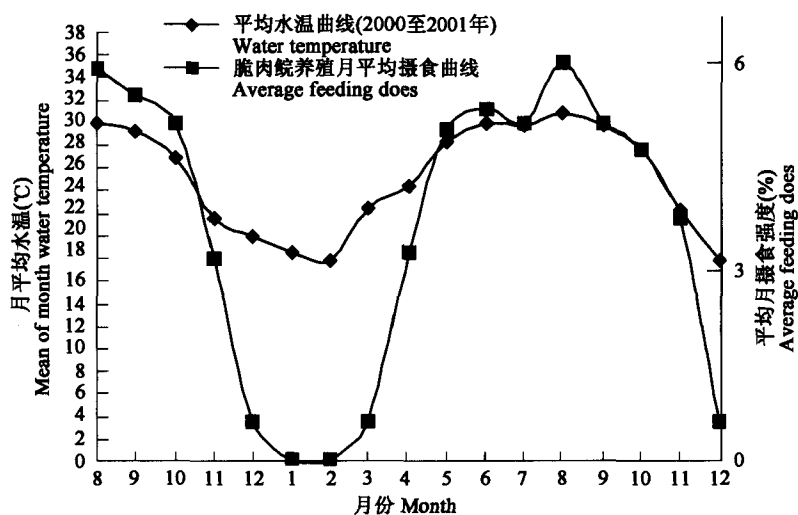


图 1 不同水温作用下脆肉鲩摄食强度曲线图

Fig.1 The relation between water temperature and feeded dose of crispering Grass Carp in difference month

1.31 下降至 0.45,其绝对生长率($Wt_1 - Wt_0 / t_1 - t_0$)为 0.00005,接近停止长膘状态。饲料累计量(kg/kgbw)对特定生长率的影响的单因素随机组试验设计经方差分析 F 值检验,各处理间均达到 1% ($F = 412.5 > F_{0.01}$) 的差异极显著水平。同时在投饲量达到 6.672kg/kgbw 时,脆肉鲩机体的左右轴/背腹轴 ≥ 1 ,部分草鱼侧大肌出血,出现脆化“肿身”死亡;而累计投饲量达到 8.340kg/kgbw 时,则脆肉鲩养殖达到了脆化极限,已经大部份“肿身”死亡,其脆化度测量值超过 1.640kg/cm²。此时为相对脆化死亡区域。最近,唐湘北等^[21] 和刘建波等^[22] 的有关研究,也同样证实了脆肉鲩摄食蚕豆后生理和形态结构的病理变化。

表 4 水温、投饲量与脆化度关系(均值±标准差)

Table 4 The relation among water temperature, feeding dose of Vicia faba and crisped strength level of Grass Carp (Mean ± Standard deviation)								
实验池塘 Experimental fish pond	放养时间 Initial crispering breeding time	测量时间 Retrieved crisped time	平均水温 Water temperature (°C)	投饲量 Diets dose of Vicia faba (kg·kgbw ⁻¹)	脆化程度 Crisped strength level (kg·cm ⁻²)	养殖时间 Total breeding time (d)	商品性状 Quality of crisped Grass carp	脆化时间 Total time for crisped breeding(d)
A	2000-10-08	2000-12-10	23.4 ± 1.4	2.67	0.21 ± 0.01	62	无 NC	
	2000-10-08	2001-03-01	19.4 ± 4.3	3.47	0.26 ± 0.05	140	半成品 SC	180
	2000-10-08	2001-04-05	25.4 ± 3.8	6.34	0.41 ± 0.01	180	合格品 EC	
B	2000-06-10	2000-08-04	34.5 ± 4.0	4.27	0.42 ± 0.03	54	合格品 EC	54
	2001-05-26	2001-08-20	30.8 ± 5.4	4.67	0.54 ± 0.01	84	优质品 HQ	84
C	2000-09-11	2000-11-20	26.3 ± 2.5	3.83	0.31 ± 0.04	70	半成品 SC	140
	2000-09-11	2001-03-01	18.8 ± 2.3	4.66	0.42 ± 0.02	140	合格品 EC	
D	2001-04-12	2001-07-15	27.9 ± 0.9	5.16	0.50 ± 0.03	90	优质品 HQ	90
	2001-07-02	2001-10-02	30.1 ± 4.0	4.90	0.49 ± 0.01	64	优质品 HQ	64

①放养草鱼规格 Initial body weight(IW):1.75kg·item⁻¹,放养密度 stocking density experiment:150 item /666.7 m²;②B 塘为静止水体养殖;配备增氧设备,DO ≥ 5 mg/L,The pond B did not have flowing water but equipped with aerobics machinery and keep water dissolved oxygen(DO) more than 5mg/L; 其余各塘为微流水养殖,其引水渠水源水环境化学因子参数 The other pond have flowing clean water from aqueduct penstock,the parameter of water environmental factors were as follows: pH 5.8 ~ 6.2,水流速度 stream speed 0.31m/s; 溶解氧 Dissolved oxygen DO: ≥ 5 mg/L; 盐度 Salinity:0.25; Ca²⁺ 浓度 concentration of Ca²⁺:58.42mg/L;③HQ、EC、SC 和 NC 分别表示脆肉鲩鱼商品的优质品、合格品、半成品和未脆化鲩 HQ,EC,SC,NC represented the Quality of crisped Grass Carp as high quality crisped Grass Carp, eligible crisped Grass Carp, semi-crisped Grass Carp,not crisped Grass Carp

草鱼转化为脆肉鲩是一个由量变到质变的渐进过程,可根据蚕豆投喂量、摄食强度等因素的不同划分为 3 个阶段,包括脆肉鲩脆化的“基础阶段”、“成品阶段”和“极点阶段”。表 3 的试验结果表明不同的脆化阶段

其特定生长率是有明显不同的,“基础阶段”和“成品阶段”是主要的脆化期,是决定脆肉鲩养殖周期长短的重要阶段,各阶段的特点是:脆化基础阶段生长迅速、长膘翻倍、饲料系数低,各项生理指标均较高;成品阶段则是加强脆化基础阶段的强化阶段,各项生理指标均相对下降,包括长膘减慢、日摄食量下降、饲料转化率相对下降等。“极点阶段”则是草鱼脆化养殖的终极阶段,其显著特点是草鱼摄食量大大下降,体重增加和生长均几乎停止,生理功能发生巨大变化,表现为各器官出现系统的功能性障碍,最终出现“肿身”死亡现象。脆肉鲩达到脆化极点阶段以后,在不同的外界条件作用下,脆肉鲩有“脆化死亡”、“脆化降解”、“脆化持续稳定”等3种可能趋势。脆化死亡是在极点阶段基础上继续再投喂蚕豆饲料,脆肉鲩就会出现肿身性死亡;而“脆化降解”的形成条件是必须停止投喂蚕豆饲料,改喂青饲料,并保证水质稳定,这就会使脆化度得到降解,这同时也是防止脆化死亡而采取的最有效的方法,但要完全降解,消除脆化度,则至少400d以上,不过仍不能完全降解到普通鲩鱼的“0”水平,这说明脆肉鲩的脆化在一定程度上是可逆的;“脆化持续稳定”则是生产实际中要求掌握的关键技术要领,是在脆肉鲩市场疲软的情况下采取的应对策略,保持“脆化持续稳定”的方法是在极点阶段后投喂75%小麦、10%蚕豆、15%青菜组成的混合饲料,尽量减少蚕豆的配比,使脆肉鲩既不至于死亡,又不至于机体营养消耗,同时又能保证脆化度达标,不至于脆化肌肉分解,脆化度下降或消失而失去脆肉鲩的本质意义。

表5 鱼塘水环境化学因子与脆化度关系(2000~2001年)(均值±标准差)

实验 池塘 fish pond	pH	水流量 water flowing (m ³ /t)	水温 Water temperature (°C)	溶解氧 Dissolved oxygen (DO) (mg·L ⁻¹)	钙离子 Ca ²⁺ (mg·L ⁻¹)	盐度 Salinity (mmol·L ⁻¹)	脆化度 Crisped strength level(kg·cm ⁻²)	测定脆化时间 Retrieved day for measure crisped strength(d)	合格脆肉鲩累 计时间 Time for quality Crisped (d)
A	5.89	0.0230 ± 0.0012	22.67 ± 1.54	5.64 ± 0.07	58.76 ± 0.34	0.214 ± 0.016	0.213 ± 0.017	62	180 ± 9.32 ^b
B	6.72	0.0000	34.46 ± 4.38	6.12 ± 0.04	142.36 ± 0.41	0.286 ± 0.029	0.426 ± 0.023	54	54 ± 8.94 ^a
C	5.92	0.0223 ± 0.0024	30.8 ± 2.50	5.01 ± 0.07	58.64 ± 0.31	0.231 ± 0.021	0.541 ± 0.014	84	84 ± 11.47 ^a
D	6.03	0.0202 ± 0.0018	22.5 ± 4.00	5.98 ± 0.08	72.46 ± 0.28	0.242 ± 0.038	0.203 ± 0.018	64	183 ± 10.78 ^b

①A、C鱼塘有一段时间(12、1、2月份)进入冬眠停食状态 there were some time the Grass Carp in dormancy during December, January and February;
 ②脆化度合格标准 The crisped strength level for quality Crisped Grass Carp: 0.41 ~ 0.81 kg/cm²; ③B试验池每隔15d施用生石灰(鱼塘水CaO浓度为1PPM)消毒 water disinfection in pond B were performed with 1PPM calcium oxide each 15 days; ④各指标均为周年平均值,脆化度测定为随机抽取的3条鲩鱼平均值 water environmental factors is mean amount of information during the experiment. Number of fish retrieved for measure crisped strength (sampling) is 3;在表上补充注明显著性检验情况:表中数据为3个重复的平均值,同列数据中后面字母有不同者为差异显著($p < 0.05$) Values (mean FS. E. of three replications) in the same column not sharing a common superscript letter are significantly different ($p < 0.05$)

3 结论

脆肉鲩的脆化程度主要由蚕豆饲料摄食量所决定,脆肉鲩养殖的良好条件为:放养规格1.50~2.00 kg/尾,放养密度150~170尾/666.7 m²,水温在18℃以上;摄食量达到3.962~5.263 kg/kgbw时,可实现饲料系数约为6,脆化程度指标 δ_p 为0.422~0.611 kg/cm²的合格商品脆肉鲩。各种水环境因子只对草鱼脆化起间接辅助作用,它们通过改变草鱼的摄食量和营养(能量)转化率,影响机体正常的生理活动而导致草鱼肌肉蛋白合成与积累不同等表达出来,良好的水环境质量(较高的DO、Ca²⁺和pH值,较低的COD等)对脆肉鲩养殖有利。

References:

- [1] Catacutan M R, Coloso T M T. Effect of dietary protein to energy ratios on growth, survival, and body composition of juvenile Asian seabass *Lates calcarifer*. *Aquaculture*, 1995, 131: 125 ~ 133.
- [2] Daniels W H, Robinson E H. Protein and energy requirements of juvenile red drum (*Sciaenops ocellatus*). *Aquaculture*, 1986, 53: 243 ~ 252.
- [3] De Silva S S, Gunasekera R M, Shim K F. Interactions of varying dietary protein and lipid levels in young red tilapia: evidence of protein sparing. *Aquaculture*, 1991, 95: 305 ~ 318.
- [4] Hillestad M, Johnsen F T. High-energy/low-protein diets for Atlantic salmon: effects on growth, nutrient retention and slaughter quality. *Aquaculture*,

- 1994, 124: 109 ~ 116.
- [5] Lee S M, Jeon I G, Lee J Y. Effects of digestible protein and lipid levels in practical diets on growth, protein utilization and body composition of juvenile rockfish (*Sebastes schlegelii*). *Aquaculture*, 2002, 211: 227 ~ 239.
- [6] Lee S M, Kim K D, Lall S P. Utilization of glucose, maltose, dextrin and cellulose by juvenile flounder (*Paralichthys olivaceus*). *Aquaculture*, 2003, 221, 427 ~ 438.
- [7] Lie O, Lied E, Lambertsen G. Feed optimization in Atlantic cod (*Gadus morhua*): fat versus protein content in the feed. *Aquaculture*, 1988, 69: 333 ~ 341.
- [8] Peres H, Oliva-Teles A. Effect of dietary lipid level on growth performance and feed utilization by European sea bass juveniles *Dicentrarchus labrax*. *Aquaculture*, 1999, 179: 325 ~ 334.
- [9] De La Higuera M, Izquierdo M. The effects of varying dietary protein level on the growth, feed efficiency, protein utilization and body composition of gilthead sea bream. *Fish Sci.*, 1996, 62: 620 ~ 623.
- [10] Dabrowski K, Kozak B. The use of fish meal and soybean meal as a protein source in the diet of grass carp fry. *Aquaculture*, 1979, 18: 107 ~ 114.
- [11] Luo L, Ye Y T, Lin S M. Effect of dietary essential amino acid pattern of the growth and protein turnover of grass carp. *Acta Hydrobiologica Sinica*, 2003, 27(3): 278 ~ 282.
- [12] Ye Y T. Effects of EAA balanced state in diets on growth of grass carp (*Ctenopharyngodon idellus*). *Feed industry*, 1998, 20(3): 97 ~ 103.
- [13] Cao J M, Guan G Q, Liu Y J. Effects of Different Dietary Levels of Protein, Fat and Carbohydrate on Growth Rate and Tissue Nutritional Composition in Grass Carp. *Fisheries Science & Technology Information*, 1997, 24(2): 56 ~ 59.
- [14] Tian L X, Lin D. Changes in digestive enzyme activities in grass carp *Ctenopharyngodon idellus* after feeding of two test diets. *Acta Hydrobiologica Sinica*, 1993, 17(1): 58 ~ 65.
- [15] Xue M, Xie S Q, et al. Advances in studies on fish feeding stimulants. *Acta Hydrobiologica Sinica*, 2003, 27(6): 639 ~ 643.
- [16] Tian L X, Liu Y J, Feng J. Effect of different types of starch on growth, the deposition of mesenteric fat and body composition of *Ctenopharyngodon idellus*. *J. of Fisheries of China*, 2002, 26(3): 247 ~ 251.
- [17] Pan J M, Shao Z P, Miao X W, et al. Optimization of fish to grass ratio in a recirculating fish-grass system. *Acta Ecologica Sinica*, 2004, 24(2): 389 ~ 392.
- [18] Kuang X M, Zhang H, Chen B. Comparison on the content of the Nutrient composition in Grass Carp, s Muscle and the Glucose-6-phosphoclehydrogenase in Its Erythrocyte from the Beginning to the End of Making Grass Carp, s Meat crisp to the taste. *Journal of Hainan University (Natural Sciences)*, 2004, 22(3): 258 ~ 261.
- [19] Xiao D I, Liu J B, Chen Q H. The analysis of nutritional value in crisped Grass Carp, s Muscle. *J. Fresh Water Aquaculture*, 2004, 34(3): 28 ~ 30.
- [20] Zhao Y R, Jin H, Wang H Q. Analysis of the Distinction of Free Amino Acids in Hepatopancreas between Common Grass Carp and Crisped Grass Carp. *Journal of Hunan Agricultural University (Natural Sciences)*, 2004, 30(3): 195 ~ 298.
- [21] Tang X B, Xiao D Y, Peng Z Y. Analyse the blood routine and the Serum of amino acid dissociate. *Landlocked Aquatic Products*, 2004, 29(5): 36 ~ 37.
- [22] Liu J B, Chen K J, Se S M, et al. The analysis of ultra-structure in crisped Grass Carp, s Muscle. *Reservoir Fishies*, 2004, 25(3): 65 ~ 67.

参考文献:

- [11] 罗莉, 叶元土, 林仕梅. 日粮必需氨基酸模式对草鱼生长及蛋白质周转的影响. *水生生物学报*, 2003, 27(3): 278 ~ 282.
- [12] 叶元土. 饲料必需氨基酸的平衡效果对草鱼生长的影响. *饲料工业*, 1998, 20(3): 90 ~ 103.
- [13] 曹俊明, 关国强, 刘永坚, 等. 饲料蛋白质、脂肪、碳水化合物水平对草鱼生长和组织营养成分组成的影响. *水产科技情报*, 1997, 24(2): 56 ~ 59.
- [14] 田丽霞, 林鼎. 草鱼摄食两种蛋白质饲料后消化酶活性变动比较. *水生生物报*, 1993, 17(1): 58 ~ 65.
- [15] 薛敏, 解绍启, 崔奕波, 等. 鱼类促摄食物物质研究进展. *水生生物学报*, 2003, 27(6): 639 ~ 643.
- [16] 田丽霞, 刘永坚, 冯健, 等. 不同种类淀粉对草鱼生长、肠系膜脂肪沉积和鱼体组成的影响. *水产学报*, 2002, 26(3): 247 ~ 251.
- [17] 泮进明, 邵志鹏, 苗香雯, 等. 循环流水草草共生生态系统的鱼草配比试验研究. *生态学报*, 2004, 24(2): 389 ~ 392.
- [18] 邝雪梅, 张环, 陈斌, 等. 草鱼脆化前后肌肉营养成分及其红细胞中葡萄糖-6-磷酸脱氢酶含量的比较. *海南大学学报自然科学版*, 2004, 22(3): 258 ~ 261.
- [19] 肖调义, 刘建波, 陈清华. 脆肉鲩肌肉营养特性分析. *淡水渔业*, 2004, 34(3): 28 ~ 30.
- [20] 赵玉蓉, 金宏, 王红权. 普通草鱼与脆肉鲩肝胰脏游离氨基酸的差异. *湖南农业大学学报(自然科学版)*, 2004, 30(3): 195 ~ 298.
- [21] 唐湘北, 肖调义, 彭正宇. 脆肉鲩血常规及血清游离氨基酸分析. *内陆水产*, 2004, 29(5): 36 ~ 37.
- [22] 刘建波, 陈开健, 余曙明, 等. 脆肉鲩肌肉超微结构分析. *水利渔业*, 2005, 25(3): 65 ~ 67.