

鱼类品质评价与改良研究进展

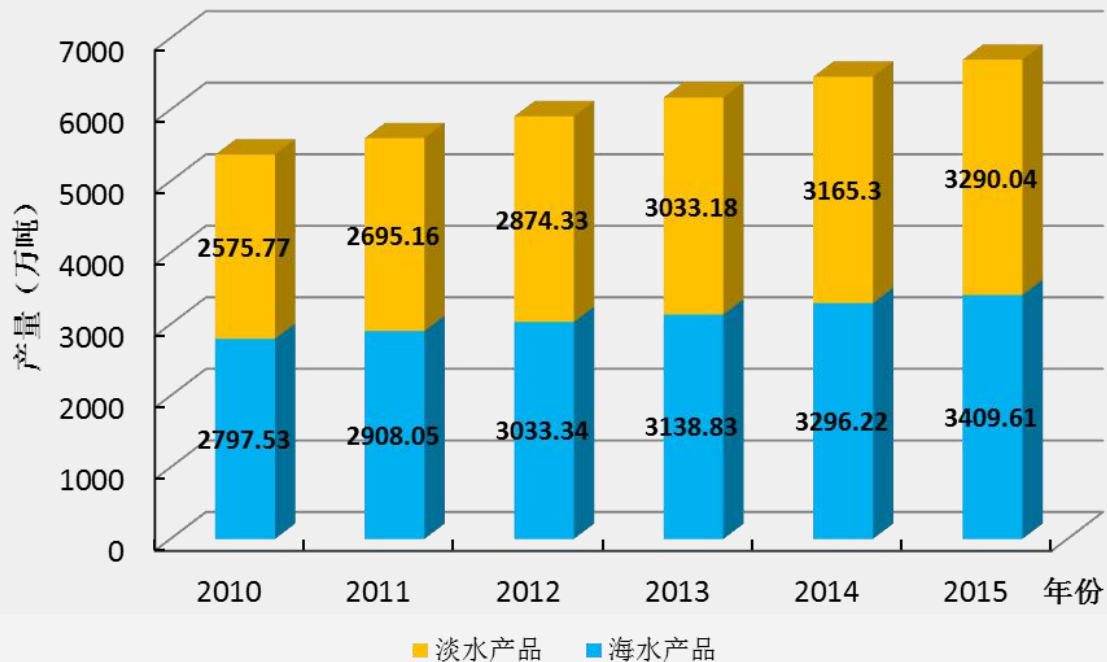
梁俊平

河南师范大学水产学院 水产动物营养与饲料研究室

水产品产量

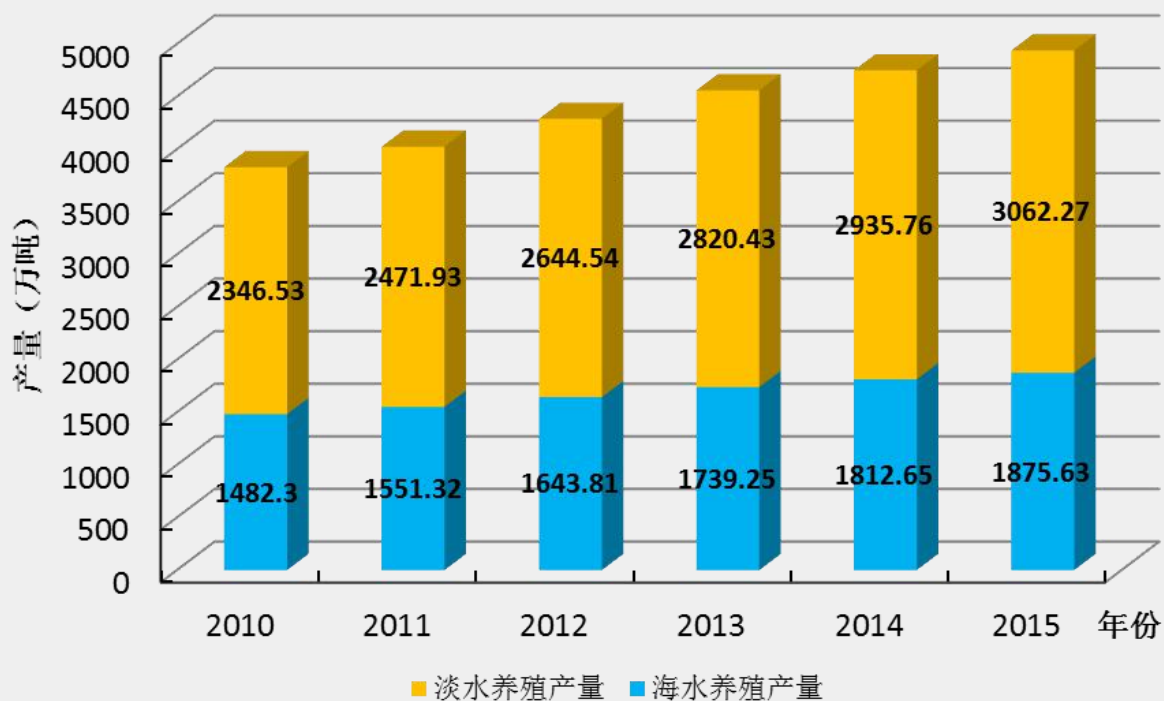
2015年全国水产品总产量6699.65万吨，比上年增长3.69%。其中，养殖产量4937.90万吨，占总产量的73.7%，同比增长3.99%；捕捞产量1761.75万吨，占总产量的26.30%，同比增长2.84%。

总产量中，海水产品产量3409.61万吨，占总产量的50.89%，同比增长3.44%；淡水产品产量3290.04万吨，占总产量的49.11%，同比增长3.94%。



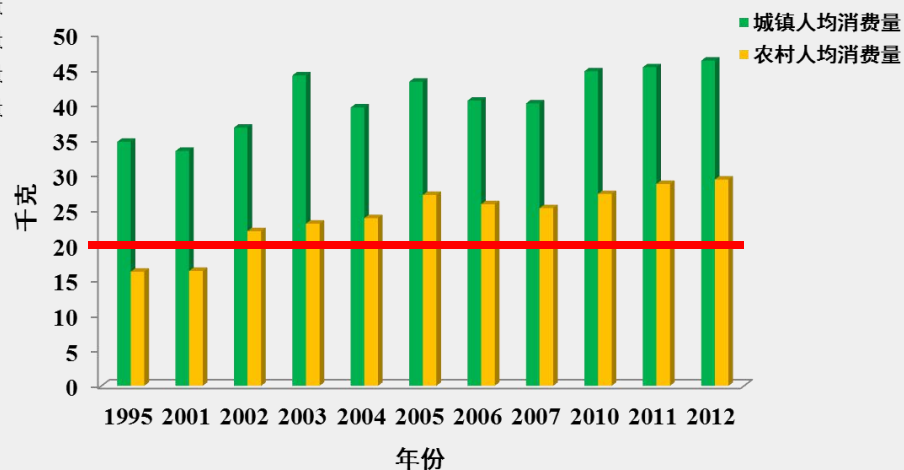
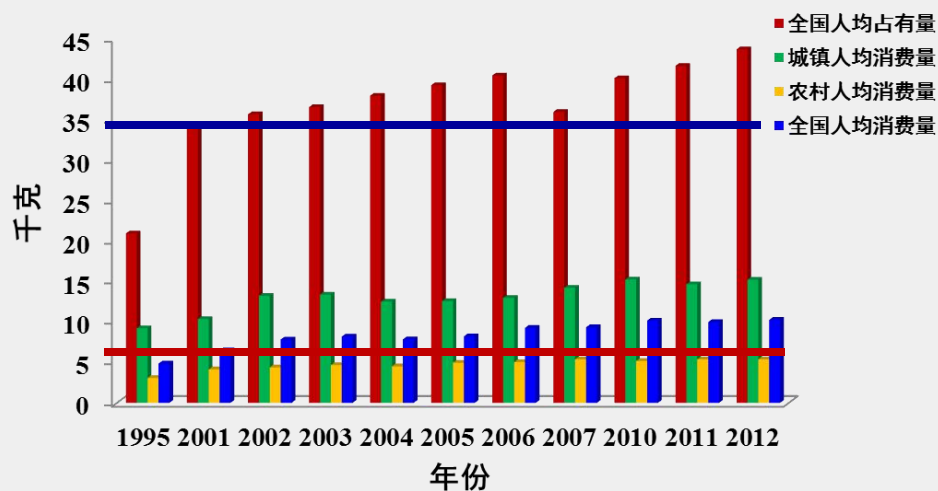
海水养殖产量1875.63万吨，比上年增加62.98万吨、增长3.47%。

淡水养殖产量3062.27万吨，比上年增加126.51万吨、增长4.31%。淡水养殖鱼类产量中，草鱼最高，产量567.62万吨；鲢鱼位居第二，产量435.46万吨；鳙鱼位居第三，产量335.94万吨。



水产品消费量

我国居民水产品消费量远远低于肉蛋禽类！



水产品消费量

肉禽蛋消费量

我国水产品人均年消费不足10 kg，远远低于世界发达国家的27.4 kg，也低于世界发展中国家的23.3 kg。
(FAO, 2014; 中国统计年鉴, 2013)

居民固有饮食结构、饮食文化

居民固有饮食结构、饮食文化

产能过剩

产能过剩

品质无法满足消费者需求

品质无法满足消费者需求

人们在关注水产品安全性的同时，也更注重水产品的营养价值，促使水产行业人员通过不同途径以改善水产品品质。

品种	养殖鱼价格	野生鱼价格	相差倍数
大黄鱼	30元/斤	1000元/斤	30倍
牙鲆	60元/斤	120元/斤	2倍
鲤鱼	6元/斤		

1 鱼类品质评价指标

鱼类品质可定义为有益于健康（Wholesomeness）、完整（Integrity）和新鲜（Freshness）三个词的结合。其中 Wholesomeness 代表可食用、干净卫生、健康和无污染；Integrity 代表产品符合对供应商的要求；Freshness 代表外观、风味和肉质相关的质量（Martin, 1988）。

1.1 视觉及其品质评价指标

与人的视觉相关的品质指标主要有鱼的**体色**、**肉色**、**鱼形体**方面的指标。鱼的**体色**不仅能反应鱼体的健康福利、内稳态和生命周期的转变，还是决定消费者喜好的品质指标 (Leclercq 等, 2010)。

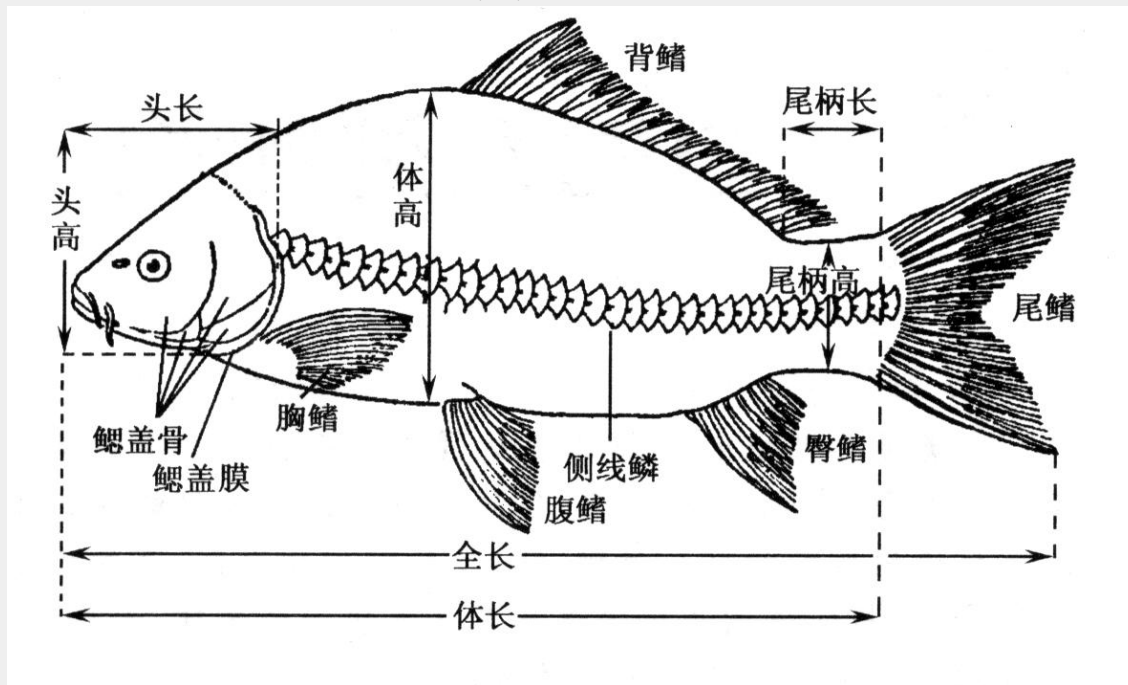
鱼体之所以能体现出不同的**颜色**，是由鱼类真皮层下**色素细胞**决定的。根据其所含的色素颗粒、色素、色素色、运动型及光反射器官可将色素细胞分为黑色素细胞、白色素细胞、黄色素细胞、红色素细胞和虹彩色素细胞五类（贺国龙和刘立鹤，2010）。

而鱼类体色的变化可以分为两大类，第一类为形态学变化，这种变化过程相当缓慢，主要包括色素细胞和其中色素颗粒量的变化，以及色素细胞在表皮层中的迁移；另一类为生理学变化，色素颗粒的聚集或扩散，受神经和激素调节。影响体色的因素主要包括鱼类遗传因素，生活环境以及营养饲料因素等。

鱼的**肉色**是肉质优劣的外观表现，是最直观、先导的感受印象（陈伟兴等，2012）。多数鱼类的肌肉是由大量的**白肌**和少量的**红肌**构成，白肌具有快速收缩的特性，可适应突然的游泳运动；而红肌与持久慢速的游泳有关，因此这类鱼的肉色受到鱼类运动情况的影响。对于鲑鳟鱼类来说，粉红的肉色对养殖户和消费者来说是重要的品质评价指标。



外观和形体特性在一定程度上可以反应鱼类的生活史。而鱼的形体指标是评价鱼的外形是否美观的主要指标，通常包括**体长、体重、体高、肥满度**等。其中肥满度是衡量体形的重要指标，同时也是反应饲料水平和生活史的指标。



1.2 味觉及其品质评价指标

所谓味觉是指食物刺激口腔内的**味觉器官**产生的感觉。

与味觉相关的品质指标主要为**非挥发性的**滋味活性物质，包括游离氨基酸，小分子的肽类，核苷酸及其相关化合物，有机酸，有机碱，糖及无机成分。

鱼肉中的滋味活性物质

甜味物质	葡萄糖、果糖、核糖。甘氨酸、丙氨酸、丝氨酸、苏氨酸、赖氨酸、脯和羟脯氨酸
咸味物质	天门冬氨酸、谷氨酸单钠盐（MSG）、无机盐类
酸味物质	天门冬氨酸、谷氨酸、组氨酸、天冬酰胺、琥珀酸、乳酸、吡咯烷酮羧酸、磷酸
苦味物质	肌酸、肌酸酐、次黄嘌呤、啡肽等、蛋氨酸、缬氨酸、亮氨酸、异亮氨酸、苯丙氨酸、丝氨酸、酪氨酸、组氨酸
鲜味物质	MSG、肌苷酸（IMP）、鸟苷酸（GMP）、琥珀酸钠以及天冬氨酸钠和某些二肽（谷氨酸天冬氨酸、谷氨酸谷氨酸、谷氨酸丝氨酸）等

1.2.1 游离氨基酸

研究表明，水生生物肌肉中的游离氨基酸含量普遍比陆生生物高（Haard, 1992）。而鱼肉中的游离氨基酸含量与鱼类的风味包括滋味和气味起着至关重要的作用。其中甘氨酸对鱼的甜味有贡献，而谷氨酸盐能产生鲜味。由于鱼肉中的游离氨基酸含量在鱼加工和存储中会发生很大的变化，因此其可作为评价鱼新鲜度的品质指标。

1.2.2 核苷酸

肌苷酸（IMP）是一种鲜味增强剂，能引起人类的第五味觉“Umami”（McCab和 Rolls, 2007），并且和谷氨酸盐具有协同作用，能大幅度提高谷氨酸盐产生的味觉强度，让人产生美妙的感觉。IMP 是反应鱼肉风味的主要标记物，也是反应鱼体新鲜度的指标。

1.3 嗅觉及其品质评价指标

嗅觉是指挥发性物质刺激鼻腔产生的一类化学感应。与嗅觉相关的品质指标主要包括 pH，挥发性芳香物质、三甲胺等。

1.3.1 肌肉 pH

正常鱼肉的 pH 呈中性或偏碱性，鱼死后，肌肉内糖原通过糖酵解途径生成乳酸，使肌肉 pH 值迅速下降，因此 pH 也可作为评价肉质的指标（刘丽等，2008）。pH 低的鱼肌肉，具有硬、干，甚至韧的质构；而 pH 高的鱼肉，往往呈现柔软、多汁和非常嫩的质构。

1.3.2 挥发性芳香气味物质

鲜鱼的气味主要与挥发性醛酮类以及醇类相关，而这些物质被鉴定为有较轻的、绿色的、柔和的、类黄瓜和海生植物的气味。研究表明鲜鱼的气味随着储存时间的延长会发生变化，从起初的新鲜的类植物味到平淡、中性的气味最后到腐败腐臭、氨或硫的气味。因此挥发性气味物质根据这一特征可作为评价鱼新鲜度的指标

1.3.3 氧化三甲胺和三甲胺

氧化三甲胺，本身是一种滋味活性物质，具有特殊的鲜味，是水产品的一种特殊呈味剂（黄国霞等，2012）。研究表明从海水中转到淡水中的比目鱼，肌肉氧化三甲胺含量会下降（Lange 等，1965）。鱼类中的氧化三甲胺的来源主要有两个途径：自身生物合成和食物中摄取。绝大多数硬骨鱼不能合成氧化三甲胺，必须通过食物摄取；而一些海水鱼可通过体内的三甲胺氧化酶将三甲胺转化为氧化三甲胺。

氧化三甲胺能在微生物作用下还原成三甲胺，这一过程发生在鱼死后，并且随着储存时间的延长，三甲胺的含量快速增加。而**三甲胺具有强烈的鱼腥味，是腐臭鱼的主要气味物质**（Heising 等，2014）。因此三甲胺被广泛用于评价鱼类的品质及新鲜度。

1.4 触觉（口感）及其品质评价指标

人们对食物的触觉，一般指的是口感，即从食物刚进入口腔中开始，到吃完以后的食后感觉为止的所有感觉，中间包括第一下咬下去的感觉、咀嚼及吞咽的感觉。

与触觉（口感）相关的品质评价指标主要包括质构、肌肉细胞多孔性、肌肉水分、脂肪含量以及蛋白含量（包括水溶性蛋白、盐溶性蛋白和胶原蛋白含量）等。

1.4.1 质构

质构一词有多种定义，大致可分为两类，其一是针对某种特定食品，如对冰淇淋，质构表示它的细腻性，但不包括硬度或熔点等性质；另一类是适用于所有食品而有普遍性，指除了温度与痛觉意外的食品的物理特性，它主要由**口腔的黏膜和肌肉的触感**所决定的。

鱼肉的质构是反应消费者的满意程度以及鱼片机械加工过程中的重要属性。

检测或评价鱼肉质地的方法通常分为两种：感官评价法和仪器测量法。

感官评价中大多由嫩度、多汁性、纤维感、咀嚼性等评价。

特性	一次因子	二次因子	惯用语
机械特性	硬度 黏聚性 黏性 弹性 黏着性	脆性 咀嚼性 胶黏性	硬、软 脆性 柔软、韧性 易碎-粉状-糊状-胶状 稀薄-黏厚 塑性-弹性 黏糊糊
几何特性	颗粒大小、形状 颗粒形状、去向		沙粒状、细粒状、粗粒状等 纤维状、细胞状、结晶状等
其他特性	水分含量 脂肪含量	油状 油脂状	干-湿润-潮湿-多水分 油性、油腻

鱼品的质构鉴定表

一次特征

反映咀嚼初期（开始数口）对食品质构性质的感觉

湿润度（Wetness）：压时水分的释放。这是一次性反响，有别于多汁性

0——无水释放，但不一定干

5——湿，样品极易释出水分

硬度（Firmness）：咬进食品所需力的大小

0——非常柔软，极易压缩

5——坚硬、压缩时阻力很大

弹性（Springness）：食品在变形后恢复原状的能力

0——高度塑性，能完全地保持变形状态

5——弹性好，能恢复原形

二次特征

反映咀嚼一会后对食品质构性质的感觉

纤维性 (Fibrousness) : 分裂成纤维状结构单元的性质

0——无纤维状结构

1——纤维很短, 近乎粉末

5——纤维长

韧性 (Toughness) : 咀嚼破碎到能吞咽状态所受的阻力

0——非常嫩, 极易破碎

10——非常韧性, 需要咀嚼很长时间

多汁性 (Succulence) : 在口中的一种汁水多少的感觉

0——非长干, 使口水大为减少

5——多汁, 使口水增加

相比感官估计，质地的仪器测量分析能减少评估人为因素导致的误差，因此得到的结果更精确。质地仪器测量一般使用穿刺、挤压、剪切或拉伸的技术和方法测定鱼肉的质地。

应用最广的就是利用食品流变仪测定鱼糜制品的凝胶强度。

通常，养殖户和消费者更倾向于坚实的肉质（Valente et al., 2013），而较软的鱼片会降低消费者的可接受性（Morkore & Einen, 2003）。因此如何提高鱼肉的硬度或坚实度受到国内外学者的关注。

影响肌肉硬度的原因包括物理因素（鱼的种类、年龄、大小、饲料、样品的异质性等）、化学因素（水分含量以及分布、脂肪含量以及分布和胶原蛋白含量）和处理方式因素（存储时间和温度、冷冻或冷藏、高压处理、盐腌或烟熏处理）（Cheng et al., 2014）。

1.4.2 肌肉细胞多孔性

肌纤维为肌肉的基本单元，所谓肌肉细胞多孔性是指肌纤维的数量和肌纤维的大小分布情况（吴新颖等，2008）。鱼肉细胞多孔性与鱼的肌肉生长有关，鱼肌肉的生长一般包括两个机制：**肌纤维的增大**和**增生**。

肌纤维的增大是从胚胎后期开始一直到肌纤维达到功能需要的最大直径，而肌纤维的增生涉及到增加肌纤维的数量来补充新的纤维（Valente 等2013）。而这两个机制的相互转化受到鱼种类、生长阶段、饲料、运动和环境因素（温度）的影响。

肌纤维的数量和大小分布是决定鱼肉质特性的重要因素，研究表明**肌纤维的密度与肌肉的坚实度、弹性、咀嚼性以及粘性呈正相关关系**。

1.4.3 肌肉胶原蛋白

在鱼肉中，**肌肉纤维**沿着前后轴的方向排列成束构成肌节，其**四周**由**细胞外基质**所包围，分别称为肌外膜、肌束膜和肌内膜（Johnsen 等，2011a）。而**细胞外基质**由**胶原蛋白**、**弹性蛋白**、**蛋白聚糖**、**透明质烷**和**粘性糖蛋白**组成，其中**胶原蛋白**为**最主要的成分**。

研究表明肌肉胶原蛋白含量与鱼肉质地相关。在畜禽中的研究表明肉的质地不仅与胶原蛋白含量有关，还与胶原蛋白的成熟度以及交联水平相关。

将胶原蛋白分为**碱溶性**和**碱不溶性**，分别代表不成熟的胶原蛋白和成熟的胶原蛋白，结果发现**肌肉剪切力与碱不溶性胶原蛋白正相关**，而与**碱不溶性胶原蛋白**无关。因此肌肉胶原蛋白含量，成熟程度可作为评价鱼类肉质的指标。

1.4.3 肌肉水分、脂肪和蛋白质

水分是鱼肉中最主要的成分，一般占肌肉的 70%-80%。水分含量能影响鱼肉的品质和加工过程。

通常用**持水力**来衡量肌肉组织保持水分的能力。而肌肉持水力不仅影响肉的色、香、味、营养成分、多汁性、嫩度等食用品质，而且会直接影响肉的经济价值。

脂肪对鱼肉的营养价值，对水产品风味等有重要影响。关于肌肉脂肪含量与肌肉质地的关系，Johnsen 等（2011）研究表明肌肉脂肪与感官性状多汁性呈正相关，而与硬度呈负相关。但也有学者研究表明肌肉脂肪含量和肌肉质地无关。

蛋白质是鱼肉中重要的营养成分，肌肉蛋白质可以根据溶解性分为三类：水溶性、盐溶性和不溶性，分别代表肌浆蛋白、肌纤维蛋白和胶原蛋白。与陆生动物相比，鱼类肌肉含有**较高的肌纤维蛋白**和**较低的肌浆和胶原蛋白**。

2 影响鱼类品质的因素

2.1 环境

野生鱼类的肉质优于养殖鱼类，由很多原因导致的，其与生存环境有关系。野生环境中需要捕食及躲避被食，增大运动量，有助于增强肉质，减少脂肪堆积。养殖鱼类会因生存环境不同表现出来的风味也会有所不同。例如，生活在土质池塘的鱼类通常会表现出浓重的土腥味，而将其转出土塘后，土腥味逐渐少或消失。

野生组 (WF)、鲜杂鱼养殖组(TF)、和饲料养殖组(FF)大黄鱼体色差异

	WF	TF	FF
肥满度 Condition factor (%) ¹	1.38±0.01 ^c	1.93±0.11 ^b	1.67±0.03 ^a
背部 (Dorsal)			
L*	53.64±0.16	54.17±1.9	55.05±3.35
a*	-0.65±0.06	-0.51±0.08	-0.81±0.21
b*	7.45±0.24 ^a	3.86±0.56 ^b	3.47±0.36 ^b
侧线部 (Lateral line)			
L*	66.89±0.36 ^b	74.9±2.18 ^a	74.35±1.26 ^a
a*	-0.3±0.03	-0.58±0.25	-0.67±0.2
b*	12.67±1.69 ^a	6.82±1.18 ^b	6.21±1.08 ^b
腹部 (Ventral)			
L*	78.31±0.85 ^b	82.92±1.39 ^a	82.31±0.36 ^{ab}
a*	3.69±0.57 ^a	1.19±0.39 ^b	1.66±0.32 ^b
b*	32.75±0.5 ^a	11.55±0.41 ^c	13.9±0.74 ^b

采用国际发光照明委员会 CIE(1976)规定的 L*、a*、b*色空间表示体色，其中L*表示亮度值，-b*表示蓝色值，+b*表示黄色值，-a*表示绿色值，+a*表示红色值。

2.2 温度

不同温度条件下，温度会使酶的活力发生变化，酶活力的变化会影响代谢水平，而机体的运动能力和代谢能力也会有差异。有研究表明低温条件下鲫鱼的脂肪含量增高。

2.3 水质

水质包含的因子有很多，例如盐度、pH 值、微量与常量元素含量、有机物含量和污染程度等。农药及重金属等化学物质污染水体，在水产动物体内不断的积累，会严重影响水产品的品质。

2.4 营养因素

饲料的营养水平直接决定养殖水产动物肌肉蛋白质、脂肪、氨基酸、微量元素和一系列风味物质的含量。

蛋白质、脂肪、维生素、添加剂等。

3 鱼类品质改良途径

3.1 遗传改良

不同种鱼类或同种鱼类的不同品系因各自遗传基础不同，肌肉品质会存在一定差异：对同一养殖条件下的不同家系大黄鱼肌肉营养成分进行分析，结果表明，具有不同遗传背景的家系之间肌肉营养成分也存在一定差异。

四大家系大黄鱼肌肉一般营养成分的含量

家系 genealogy	水份 moisture	粗灰分 crude ash	粗脂肪 crude lipid	粗蛋白质 crude protein
岱衢洋家系 Daiquyang genealogy	69.06 ^b ±0.39	1.07 ^a ±0.05	12.40 ^b ±0.74	17.14 ^a ±0.31
官井洋家系 Guanjingyang genealogy	67.92 ^b ±0.70	1.02 ^a ±0.03	13.51 ^b ±1.01	17.23 ^a ±0.28
反交家系 positive cross enealogy	71.30 ^a ±1.24	1.05 ^a ±0.01	10.59 ^a ±0.60	16.79 ^a ±0.54
正交家系 negative cross genealogy	69.45 ^b ±0.98	1.06 ^a ±0.05	12.17 ^b ±0.24	16.85 ^a ±0.84

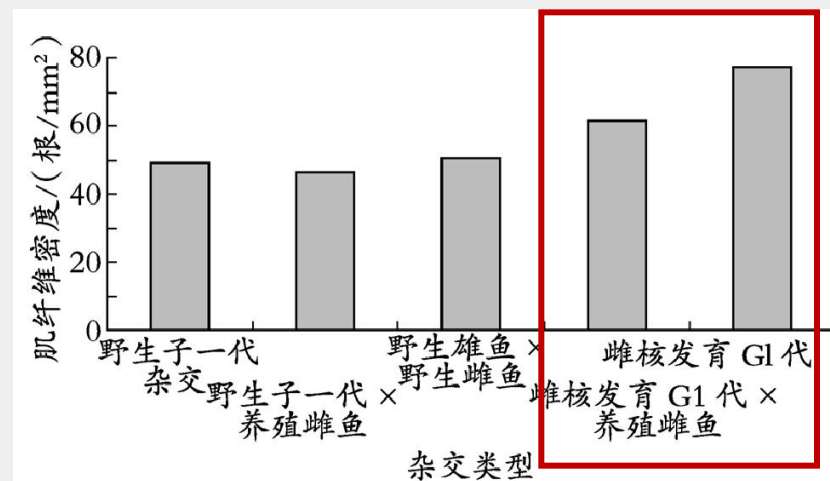
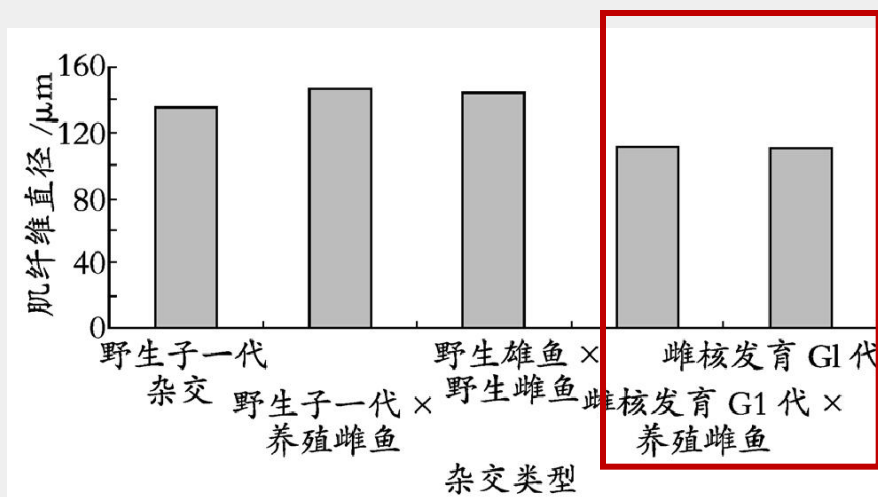
注: 字母相同表示无差异, 字母不同表示差异明显

四大家系大黄鱼肌肉中鲜味氨基酸的含量

氨基酸 amino acids	岱衢洋家系 Daiqiyang genealogy	官井洋家系 Guanjingyang genealogy	正交家系 positive cross genealogy	反交家系 negative cross genealogy
天冬氨酸 Asp	5.94 ± 0.10	5.68 ± 0.09	5.56 ± 0.12	6.14 ± 0.08
谷氨酸 Glu	8.90 ± 0.12	8.68 ± 0.18	8.24 ± 0.12	9.42 ± 0.05
甘氨酸 Gly	2.51 ± 0.07	2.31 ± 0.09	2.55 ± 0.08	2.61 ± 0.00
丙氨酸 Ala	3.64 ± 0.07	3.26 ± 0.09	3.64 ± 0.12	3.48 ± 0.03
精氨酸 Arg	3.57 ± 0.10	3.49 ± 0.02	2.86 ± 0.07	3.74 ± 0.03
合计 total	24.56 ± 0.26 ^b	23.45 ± 0.24 ^c	22.88 ± 0.61 ^c	25.39 ± 0.11 ^a

注: 字母相同表示无差异, 字母不同表示差异明显

野生大黄鱼与野生养殖品系肌肌肉纤维在组织学上没有明显差异，而雌核发育品系及其杂交后代则相对野生品系表现出显著差异，它们的肌肉纤维更细密。



CCTV 13

新闻

资料



CNTV



华盛顿·本台记者 肖贺佳

美国

全球首例！美国批准转基因三文鱼上餐桌

新闻直播间

美国要率先吃转基因动物

3.2 养殖环境调控

养殖方式、盐度、水温均会影响鱼类肉质。

围网与普通网箱养殖的大黄鱼肌肉的营养成分比较表

组别	蛋白质/%	粗脂肪/%	水分/%	粗灰分/%
普通网箱(WX)	16.90±0.29	4.75±0.18	66.1±0.42	1.19±0.06
围网(WW)	19.37**±0.22	3.15*±0.11	67.8±0.71	1.35±0.11

呈味氨基酸组成	WW 组/%	WX 组/%
天门冬氨酸 Asp.	1.74**±0.04	1.55±0.03
谷氨酸 Glu.	2.23**±0.05	1.97±0.09
甘氨酸 Gly.	0.84±0.02	0.86±0.05
丙氨酸 Ala.	1.05*±0.03	0.98±0.06
呈味氨基酸总量	5.86	5.36

盐度对肉质构影响

肌原纤维长度呈现增加的趋势 ($P < 0.01$), 而肌纤维直径、肌肉失水率均呈现减小的趋势 ($P < 0.01$)。

盐化对高体革鰯肌肉成分和物理性状的影响(鲜重中含量)

组别 Groups	0 Control	0.8% 0.8% salinity group	1.5% 1.5% salinity group	2.3% 2.3% salinity group
粗蛋白 Crude protein (% fresh weight)	19.31±0.45 ^a	21.07±0.83 ^b	21.78±0.42 ^b	15.23±0.31 ^c
粗脂肪 Ether extracts (% fresh weight)	5.39±0.58 ^a	5.25±0.71 ^a	5.01±0.48 ^a	4.15±0.93 ^b
水分 Moisture (%)	72.55±0.79 ^a	71.24±0.53 ^a	71.12±0.42 ^a	77.37±0.54 ^b
灰分 Ash (% fresh weight)	2.67±0.83 ^a	2.13±0.75 ^a	2.05±0.77 ^a	2.38±0.52 ^a
羟脯氨酸 Hydroxyproline (mg/g)	0.325±0.014 ^a	0.440±0.015 ^b	0.435±0.021 ^b	0.522±0.020 ^c
胶原蛋白 Collagen (mg/g)	2.957±0.131 ^a	4.002±0.139 ^b	4.003±0.144 ^b	4.744±0.182 ^c
肌原纤维长度 Myofibril length (μm)	125.77±1.55 ^a	144.17±1.00 ^b	144.96±2.29 ^b	167.26±2.00 ^c
肌纤维直径 Muscle fiber diameter (μm)	126.76±1.54 ^A	105.46±1.99 ^B	85.08±0.56 ^C	78.08±1.14 ^D
肌肉失水率 Water loss rate (%)	23.15±1.71 ^a	17.84±0.45 ^b	17.93±0.30 ^b	12.39±0.44 ^c

盐度对草鱼肌肉物理性状指标的影响

盐度 salinity	0	5.0	7.5	10.0
肌原纤维长度(μm) myofibril length	$61.37 \pm 3.78^{\text{A}}$	$83.81 \pm 3.17^{\text{B}}$	$88.18 \pm 3.42^{\text{B}}$	$89.66 \pm 4.80^{\text{B}}$
肌纤维直径(μm) muscle fiber diameter	$66.59 \pm 1.62^{\text{A}}$	$60.09 \pm 0.95^{\text{B}}$	$52.38 \pm 1.21^{\text{C}}$	$51.86 \pm 1.65^{\text{C}}$
失水率(%) water loss rate	$18.15 \pm 0.31^{\text{B}}$	$20.91 \pm 0.52^{\text{A}}$	$16.09 \pm 0.50^{\text{C}}$	$20.59 \pm 0.18^{\text{A}}$

温度对肉营养成分的影响

温度通过影响体内脂肪的代谢速度来改变体脂肪含量。如提高了鲤鱼生活环境的温度，其体内脂质过氧化作用显著增强，肝胰腺和肌肉中甘油三酯含量减少、多不饱和脂肪酸水平下降 (Hwang & Lin, 2002)。采用温水养殖的鲤鱼其生长速度快于生活在常温(10℃)的鲤鱼，而且其鱼肌肉中饱和脂肪酸和n-3 多不饱和脂肪酸含量较常温鱼高，但n-6多不饱和脂肪酸含量显著低于后者 (Geri et al., 1995)。

3.3 营养调控

养殖鱼类肉质的营养调控主要是通过调整饲料的营养成分及使用高效添加剂来改善养殖鱼类的肌肉营养价值及肌肉的感官品质（色泽、口感、硬度、鲜味、气味等）。

饲料中添加虾青素和叶黄素对大黄鱼体色的影响



对照组



体色测定部位



虾青素组



黄体素组

虾青素处理组大黄鱼背部和腹部红色值高于叶黄素处理组。虾青素组和叶黄素组大黄鱼背部和腹部皮肤黄色值随时间的增加不断升高，叶黄素组黄色值高于虾青素组。

饲料中添加其它着色剂对鱼体色的影响

不同含量的盐藻和辣椒粉能有效地改善红白锦鲤体表的着色。

以虾青素作为着色剂时，锦鲤体表类胡萝卜素含量于饲喂第9天开始显著升高；而以螺旋藻为着色剂时，锦鲤体表类胡萝卜素含量于饲喂第13天开始显著升高，**锦鲤对虾青素的沉积速度比螺旋藻快。**

黄颡鱼可以有效利用玉米蛋白粉中的色素，提高鱼体黄色色泽深度；随着玉米蛋白粉使用量的增加，总类胡萝卜素、叶黄素在黄颡鱼皮肤中的沉积量逐渐增大。

用蚕豆饲喂的草鱼，其肉质脆而有韧性，称脆肉鲩。

表1 普通草鱼、脆化草鱼肌肉一般营养成分含量

样品	粗蛋白/%	粗灰分/%	水分/%	粗脂肪/%	钙/(mg/kg)	铁/(mg/kg)	铬/(mg/kg)
普通草鱼	87.67 ± 0.24 ^a	5.59 ± 0.02	77.97 ± 0.69	4.89 ± 0.03 ^a	460.1 ± 10.6	10.28 ± 0.52 ^a	0.022 ± 0.002
脆化草鱼	90.37 ± 0.33 ^b	5.71 ± 0.06	78.77 ± 0.67	4.56 ± 0.19 ^b	441.7 ± 24.1	9.65 ± 0.13 ^b	0.024 ± 0.002

脆化草鱼肌肉粗蛋白显著高于普通草鱼 ($P < 0.05$)，而粗脂肪、铁含量显著低于普通草鱼 ($P < 0.05$)。

表2 普通草鱼、脆化草鱼肉质主要指标

样品	肌纤维密度	胶原蛋白 /%	pH	滴水损失 /%			
				2 h	4 h	8 h	16 h
普通草鱼	155.82 ± 7.10 ^a	0.40 ± 0.01 ^a	5.79 ± 0.10 ^a	6.81 ± 0.69 ^a	10.23 ± 0.36 ^a	18.57 ± 0.17	21.49 ± 1.13
脆化草鱼	259.37 ± 5.92 ^b	0.45 ± 0.01 ^b	6.00 ± 0.08 ^b	4.82 ± 0.70 ^b	8.42 ± 0.96 ^b	19.74 ± 0.15	22.04 ± 1.17

脆化草鱼肌肉胶原蛋白含量和pH 均显著高于普通草鱼 ($P < 0.05$)。脆化草鱼肌纤维密度为每平方毫米 259.37 ± 5.92 根纤维，比普通草鱼高出62% ($P < 0.05$)。

表3 普通草鱼、脆化草鱼肌肉质构特性参数

样品	硬度/g	弹性	咀嚼力/g	回复力	凝聚性
普通草鱼	5879.9 ± 682.1 ^a	0.89 ± 0.01	1350.3 ± 137.8 ^a	0.129 ± 0.016	0.216 ± 0.068
脆化草鱼	9217.5 ± 484.1 ^b	0.88 ± 0.01	1880.6 ± 106.6 ^b	0.128 ± 0.013	0.205 ± 0.026

脆化草鱼肌肉弹性、回复力和凝聚性与普通草鱼无差异($P > 0.05$), 而肌肉硬度和咀嚼力则分别较普通草鱼提高56.8%($P < 0.05$) 和39.3% ($P < 0.05$) 。

脆化草鱼肌肉品质各指标间相关性

相关系数	胶原蛋白	肌纤维密度	pH	水分	滴水损失	脂肪	钙	铁	铬
肌纤维密度	0.354								
pH	0.465	0.118							
水分	-0.544	-0.061	-0.537						
滴水损失	0.061	-0.920*	0.118	-0.343					
脂肪	0.389	0.591	0.425	-0.734	-0.489				
钙	0.067	-0.069	-0.669	0.190	0.050	-0.263			
铁	0.808	-0.218	-0.025	-0.545	0.249	0.099	0.403		
铬	0.018	-0.100	-0.296	-0.284	0.007	0.477	-0.186	0.379	
弹性	0.249	0.183	0.755	-0.091	0.307	0.256	0.296	0.134	0.677
咀嚼力	0.186	0.284	0.601	0.371	-0.515	-0.661	-0.559	-0.392	-0.520
回复力	0.611	0.921**	0.944*	-0.922	-0.035	-0.680	-0.548	0.381	0.807
硬度	0.417	0.938*	0.937**	-0.559	-0.252	-0.913*	-0.825	0.031	0.308
凝聚性	0.019	-0.383	0.126	0.640	0.093	-0.004	-0.038	-0.280	-0.605

注：* 表示相关性显著 ($P < 0.05$)；** 表示相关性极显著 ($P < 0.01$)；滴水损失采用第4小时的数据。

生长指标 Growth index	配合饲料组 Formula feed group	浸泡蚕豆组 Immersed broad bean group	发芽蚕豆组 Sprouted broad bean group
初重 /g Initial body weight	522.47 ± 16.45 ^a	535.66 ± 10.61 ^a	534.50 ± 6.06 ^a
末重 /g Final body weight	956.17 ± 31.75 ^a	830.33 ± 21.97 ^b	870.17 ± 5.62 ^b
摄食量 /g Feed intake	877.18 ± 14.32 ^a	873.14 ± 24.72 ^{a*}	907.57 ± 13.96 ^{a*}
增重率 /% GR	83.08 ± 6.40 ^a	55.01 ± 4.37 ^c	62.82 ± 2.74 ^b
特定生长率 /(% · d ⁻¹) SGR	0.78 ± 0.05 ^a	0.57 ± 0.04 ^c	0.63 ± 0.02 ^b
饲料系数 FCR	2.03 ± 0.14 ^a	2.96 ± 0.13 ^b	2.70 ± 0.08 ^b
蛋白质效率 /% PER	1.75 ± 0.13 ^a	1.39 ± 0.07 ^b	1.44 ± 0.09 ^b
成活率 /% SR	100	100	100

样品 Sample	物理指标 Physical index	配合饲料组 Formula feed group	浸泡蚕豆组 Immersed broad bean group	发芽蚕豆组 Sprouted broad bean group
背部 肌肉 Dorsal muscle	失水率 /% Water-loss-rate	21.16 ± 0.72 ^a	19.22 ± 0.68 ^b	18.06 ± 0.39 ^c
	肌原纤维耐折力 /μm myofibril length	268.05 ± 1.76 ^a	269.93 ± 2.89 ^a	283.64 ± 2.19 ^b
	肌纤维直径 /μm fiber diameter	221.43 ± 6.47 ^a	274.60 ± 6.93 ^b	262.77 ± 7.91 ^b
腹部 肌肉 Belly muscle	失水率 /% Water-loss-rate	13.04 ± 1.73 ^a	14.01 ± 1.51 ^a	14.58 ± 1.23 ^a
	肌原纤维耐折力 /μm Myofibril length	259.12 ± 5.99 ^a	314.28 ± 2.93 ^c	297.19 ± 3.97 ^b
	肌纤维直径 /μm Muscular fiber diameter	213.21 ± 11.58 ^a	246.65 ± 7.59 ^b	249.47 ± 4.99 ^b

蚕豆组斑点叉尾鮰

肌肉的硬度、弹性、

回复性和咀嚼性均

比配合饲料组有极

显著提高。

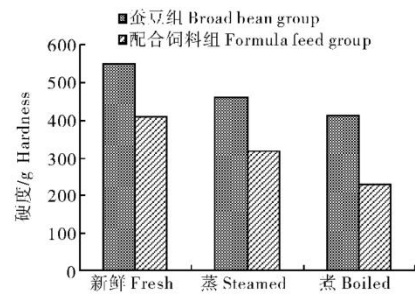


图1 蚕豆组和配合饲料组斑点叉尾鮰肌肉硬度比较

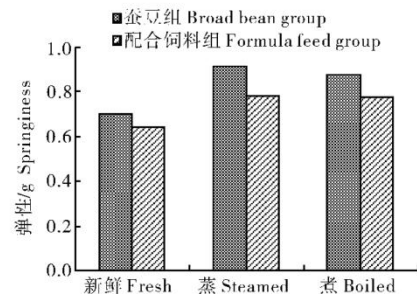


图2 蚕豆组和配合饲料组斑点叉尾鮰肌肉弹性比较

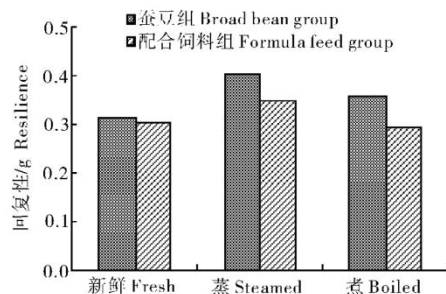


图3 蚕豆组和配合饲料组斑点叉尾鮰肌肉回复性比较

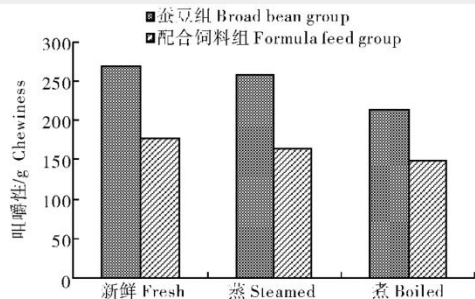
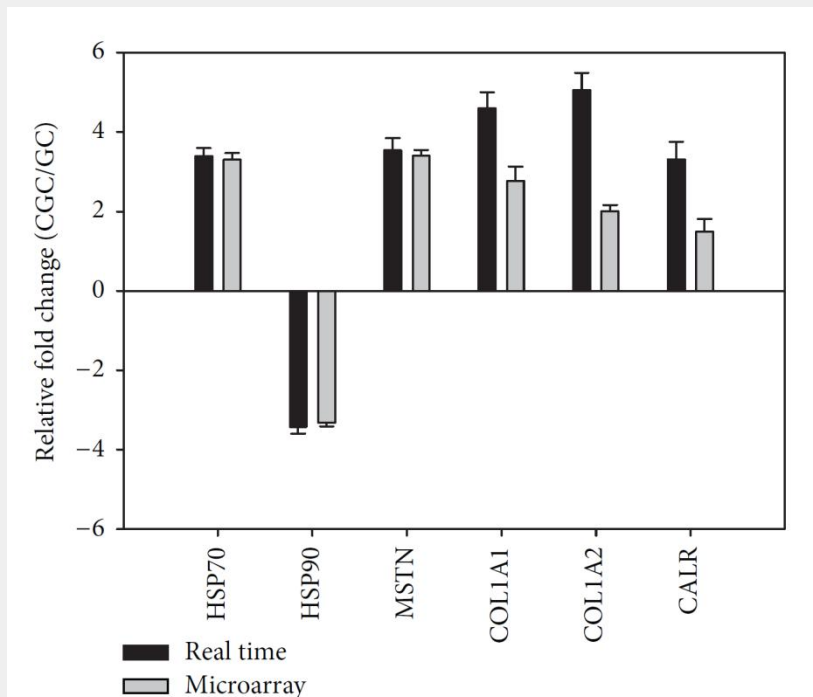


图4 蚕豆组和配合饲料组斑点叉尾鮰肌肉咀嚼性比较

蚕豆脆化机理？



During the muscle firmness increase from grass carp to crisp grass carp, a total of 127 transcripts were found to be upregulated and a total of 114 transcripts were downregulated.

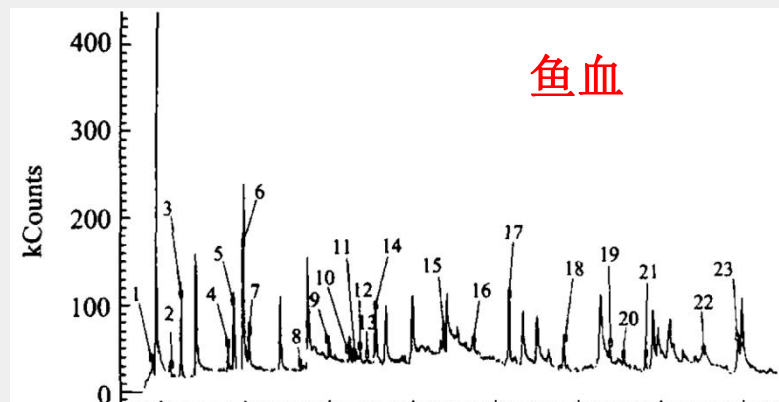
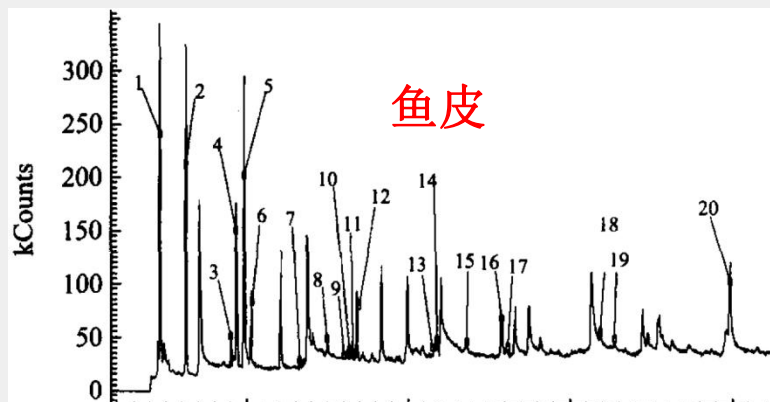
其中I 型胶原蛋白的COL1A1 和 COL1A2 基因，表达量在脆肉鲩中增加。

① 养殖品种口感下降—— 土腥味

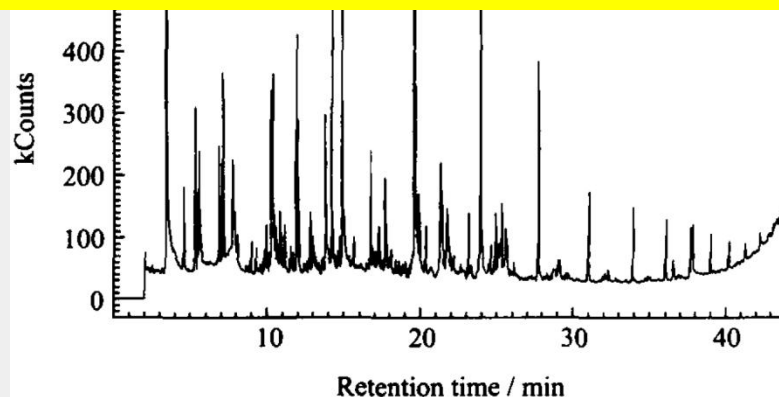
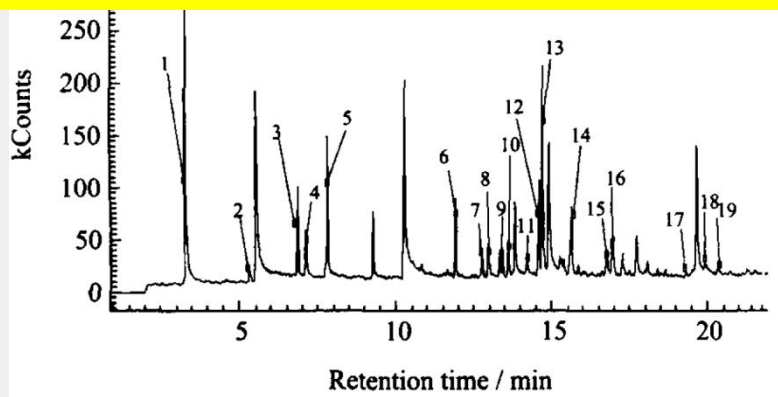
② 养殖品种颜色退化—— “金鳞赤尾” 难寻觅



鲤鱼土腥味成分检测



鉴定出36种成分，主要是醇类、烯类、苯环类；醇类、烯类对鲤鱼风味作用最大，苯环类对鲤鱼腥味作用明显。



思考的问题

黄河鲤“土腥味”重的原因是什么？

——机制

如何通过营养改良黄河鲤品质？

谢 谢

