

“如鲠在喉”



将成往事，

# 无刺鱼让你 “大快朵颐”

作者：马劲，赵灿，李小巨，何赛君；Email: 15366538080@qq.com



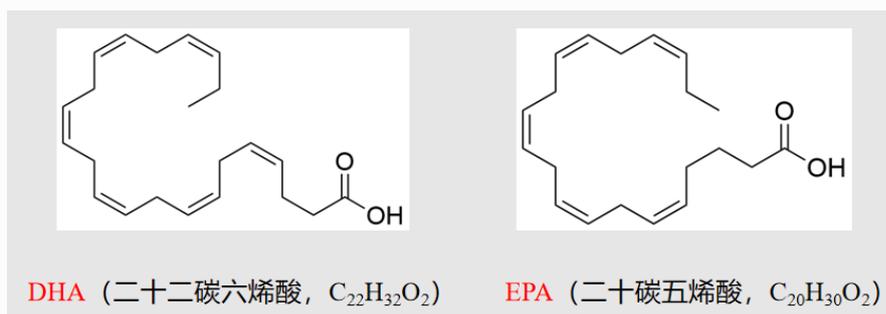
Image by freepik on Freepik

# 中

国人年夜饭的餐桌上，总是会有一道跟鱼有关的美食。这不仅象征着“年年有余”的美好寓意，更因鱼肉中富含优质蛋白、多不饱和脂肪酸以及丰富的维生素和矿物质而备受欢迎。《中国居民膳食指南（2022）》推荐，每天鱼、禽、肉和蛋摄入总量达到 120~200 g，每周至少摄入 2 次水产品。鱼肉作为优质选择之一，其推荐摄入量占有一席之地。

从化学角度看，鱼肉的营养奥秘藏在分子里。鱼肉中的蛋白质是由氨基酸构成的长链分子，包括赖氨酸、蛋氨酸和色氨酸等必需氨基酸，这些氨基酸在体内通过复杂的化学反应参与组织修复与能量代谢。鱼肉中的多不饱和脂肪酸，如 DHA（二十二碳六烯酸， $C_{22}H_{32}O_2$ ）和 EPA（二十碳五烯酸， $C_{20}H_{30}O_2$ ），在分子结构上含有多个双键，使其保持较高的流动性和生物活性，有助于降低血脂、保护心脑血管健康（图 1）。正是这些活跃的“化学小分子”，让鱼肉成为高价值的营养佳品。

鱼肉凭借鲜嫩的口感、丰富的营养和美好的寓意博得人们的青睐。然而，鱼肉虽然鲜美，却常常伴随着“难吃”的困扰。因为绝大多数鱼中夹杂着大量的鱼刺，尤其对于老人和儿童，往往是美食中的“隐形陷阱”，一不



①【图 1】DHA 和 EPA 分子结构式（自制）



②【图 2】鱼类美食卡通照片（左），无刺鱼肉卡通照片（右）（图片来源于豆包 AI 生成）

小心便可能引发“如鲠在喉”的危机。据报道，一位 87 岁的老

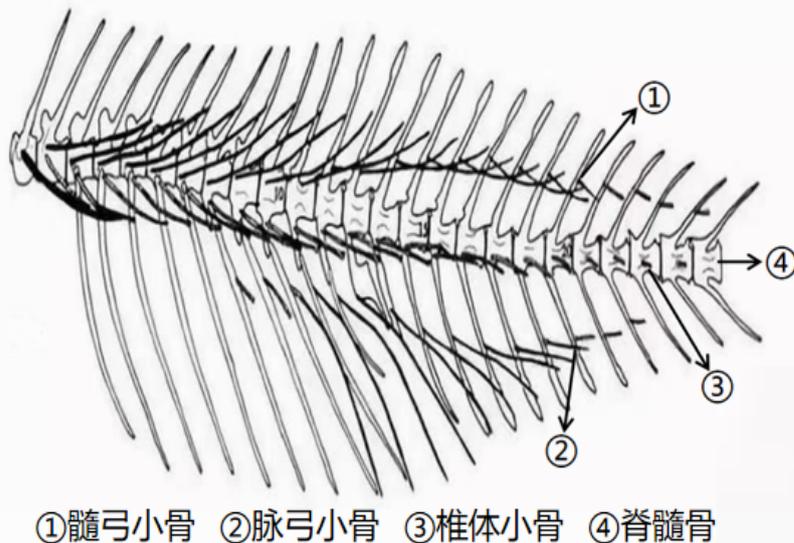
人在吃鱼时不慎被鱼刺卡住，去医院检查后发现食道已经有穿

孔，鱼刺紧邻肺动脉左侧<sup>[1]</sup>。这对生命已经产生了重大威胁！同样，儿童因为牙齿未发育完全，自身注意力较差，吃鱼的时候都或多或少有被鱼刺卡住的痛苦经历。

幸运的是，在我国科学家们的不懈努力下，已经找到了调控鱼刺生长的主效基因（runx2b），并利用基因技术和鱼类精准育种技术，成功培育出了无刺武昌鱼、鲫鱼和草鱼等品种<sup>[2]</sup>。这些无刺鱼类的出现，让鱼刺不再卡脖子将成为现实，让“如鲠在喉”成为往事（图2）！

## 1. 鱼刺是什么？

鱼刺，又称肌间骨（肌间刺），顾名思义，是指夹杂在鱼肌肉间的小骨或小刺。这些肌间骨，实际上是由肌隔结缔组织经过骨化过程形成的，它们隐匿在椎骨两侧的小骨或小刺。根据分布位置的不同，可以将肌间骨分为三类：一是髓弓小骨，从头部后方到尾柄基部连接在髓弓上；二是椎体小骨，靠近脊椎附近；三是脉弓小骨，附着于腹肋或脉弓上（图3）<sup>[3]</sup>。鱼刺形态各异，科学家们曾对鱼刺形态学进行深入研究，发现鱼刺竟然呈现有七种独特的形状：“I”形、“卜”形、“Y”形、一端多叉形、两端两分叉形、两端多叉形和树枝



①【图3】不同位置鱼刺照片<sup>[3]</sup>

形<sup>[4]</sup>。就像一根藤上可以长出七种不同能力的葫芦娃，而一条鱼上也可能同时存在七种形状不同的鱼刺，不知道你享受美味的鱼肉时，发现过几种鱼刺呢？

从化学组成上看，鱼刺是个“硬骨头”，主要由两类成分构成：有机部分是胶原蛋白，这是一种由氨基酸构成的纤维状蛋白质，像是筋道的韧带，让鱼刺具备弹性；无机部分是羟基磷灰石 $[\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2]$ 等钙盐，好比石头，赋予鱼刺坚硬的质地<sup>[5]</sup>。两者结合，就像钢筋混凝土——结实到难以咀嚼。民间流传着“鱼刺卡喉咙时喝醋能化开”的土方子，但从科学上看并不靠谱。原因在于：鱼刺中的钙盐几乎不溶

于水，普通食醋中的醋酸浓度低、酸性弱，而要真正溶解这些钙盐需要强酸、高温和较长时间反应。醋在咽喉停留的那一两秒，根本不足以“融化”鱼刺。

鱼的身体堪称“黑科技”：鱼鳃像天然呼吸机，鱼鳔是它的潜水艇，鱼鳞则是护甲。那么鱼刺呢？鱼刺其实像鱼的骨架，给侧肌撑起了坚实的框架，还和肌腱组成黄金搭档，增强身体的灵活性<sup>[6]</sup>。肌腱负责把肌肉的力量传给骨头，而鱼刺让肌腱像弹簧一样有韧性，于是鱼儿便能灵活转身、轻松跳跃。研究发现：鱼刺越多，鱼的灵活性和跳跃性也越强。鲤科鱼类有约99~133根鱼刺，是黄颡鱼的十几倍，这或

许就是“小鲤鱼跳龙门”传说的科学基础<sup>[7]</sup>（图4）。

在鱼类的漫长进化过程中，随着它们由低等形态逐步演变为更高级的形态，一个有趣的现象出现了：绝大多数高等真骨鱼失去了肌间刺，但这并未影响它们的正常生存。有学者认为肌间刺是一种痕迹器官，对鱼的生长发育并无太大影响<sup>[7]</sup>。于是，科学家们决定找到控制鱼刺生长的关键基因，并借助基因工程与精准育种技术，成功培育出无刺鱼品种。这一成果无疑为鱼类育种领域带来了新的突破！



图4 鲤鱼跳龙门卡通图片（图片来源于豆包 AI 生成）

## 2. “拔刺”的艰难之旅

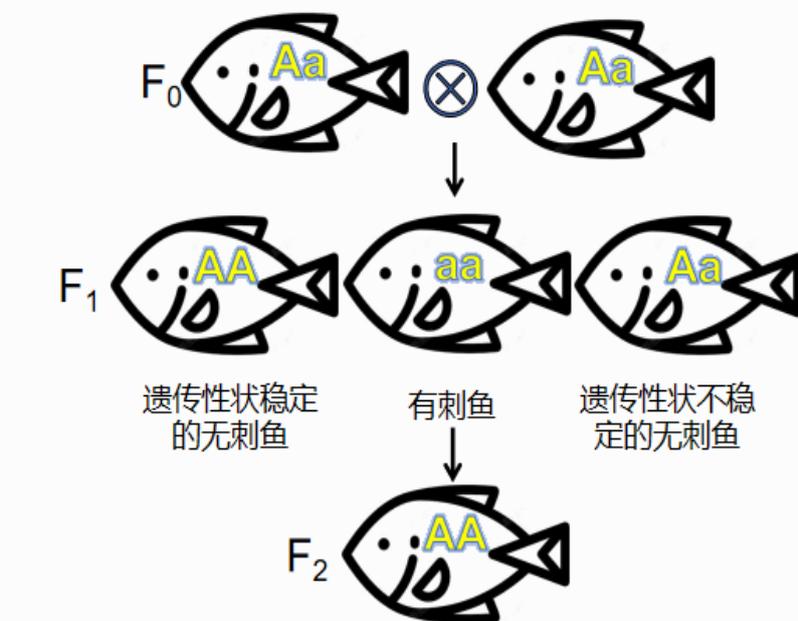
表1 “拔刺”之旅的主要标志性事件

时间	步骤	阶段性成果	重要指标
2012年	大海捞针	开始致力于无刺鱼的研究	项目启动
2018年	初具成效	找到控制鱼刺的有效基因	敲除后能减少70%鱼刺
2019年	精益求精	找到鱼刺主效基因 runx2b	敲除后能减少100%鱼刺
2021年	扩大规模	在鳊鱼、草鱼和银鲫身上试验并获得少刺鱼（F <sub>0</sub> 代）	少刺鱼生长良好，但遗传稳定性有待提高
2022年	精准育种	利用F <sub>0</sub> 代少刺鱼繁育出没有肌间刺的武昌鱼（F <sub>1</sub> 代）	F <sub>1</sub> 代完全没有肌间刺且长势良好
2023年	无刺异育银鲫诞生	培育出无刺异育银鲫	无刺异育银鲫外观和行动与普通银鲫无差别
2024年	无刺草鱼诞生	培育出无刺草鱼	无刺草鱼蛋白质、微量元素，氨基酸含量与普通鱼类相似
2025年	企业合作	海大集团以5000万元独占“无刺草鱼技术”20年使用权	无刺草鱼有望走上餐桌

没有一项科学研究是一蹴而就的。“拔刺”之旅始于2012年，至今历经了13年的艰辛探索。表1记录了“拔刺”过程中的主要标志性事件。

在这场“拔刺”的科学征程中，拔刺用的“金刚钻”是基因编辑技术。那么，什么是基因编辑技术呢？基因是一段带有遗传信息的核苷酸序列，是决定生物性状的基本单位。比如一个人长得高，除了运动和摄取营养充分，体内的“长高基因”也在发挥作用。基因编辑技术依靠“分子剪刀”——核酸酶，能够对基因组的特定片段进行精准修饰，从而改变性状。控制鱼刺生长的基因，就像是一把“鱼刺之门”的钥匙。如果能用基因编辑把这扇门永远关上，无刺鱼就会随之诞生，这也成为鱼类育种的新方向。

但要找到关键基因，并不容易。在一条鱼体内有成千上万个基因，寻找它就像大海捞针。科学家最初选择武昌鱼作为研究对象，经过大量筛选，锁定了50多个可能与鱼刺生长相关的基因。为了加快进度，他们将这些基因放入模式生物斑马鱼中进行验证。斑马鱼因繁殖快、周期短，成为理想的实验对象。2018年，研究团队首次找到一个能有效减少鱼刺的基因，但



①【图5】无刺鱼假想杂交简图（自制）

并不彻底。又经过一年努力，科学家们终于发现了真正的“主效基因”——*runx2b*，能够完全去除鱼刺。

众人拾柴火焰高。中国科学家秉持着合作精神，将信息共享，分别在鳊鱼、草鱼和银鲫身上试验，成功培育出第一代杂合体（ $F_0$ 代）的少刺鱼。为了获得遗传性状稳定的纯合体无刺鱼，将成熟的杂合体少刺鱼经过纯化繁殖，经过连续三代的培育，最终得到了遗传性状稳定的纯合体真正无刺鱼（ $F_2$ 代）。为什么一定要培育到第三代，才能获得纯合体鱼呢？这里假设一下，杂合

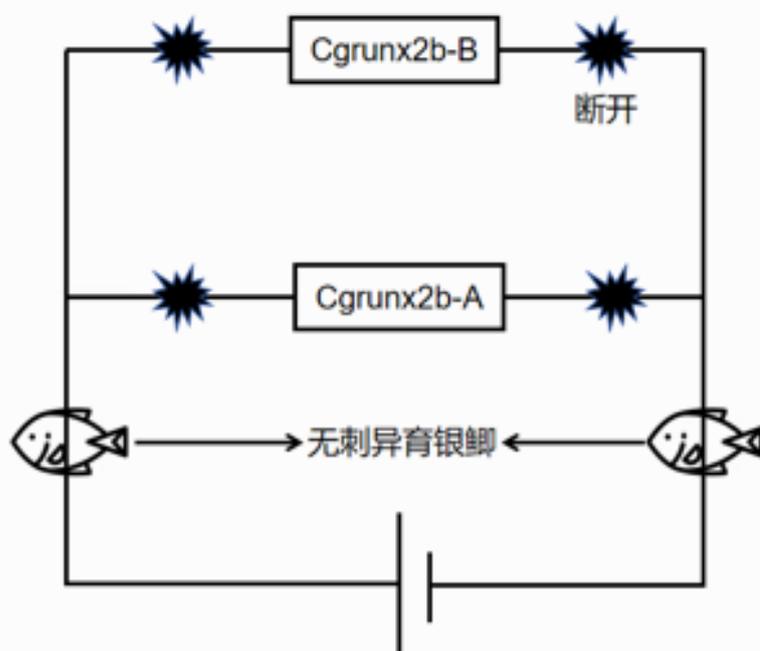
体 $F_0$ 代的无刺基因是Aa，那么第二代 $F_1$ 代的基因型就可能是AA，Aa和aa。但需要的是AA这种遗传性状稳定的纯合体。因为Aa的杂合体表现性状虽然也是无刺鱼，但在下一代培育过程中可能会出现aa有刺鱼，这不利于性状稳定遗传，所以我们就要再培育一代，以确保筛选出遗传稳定的AA纯合体无刺鱼（图5）。

前年，科学家们又将突破应用到异育银鲫身上。异育银鲫是银鲫卵子与异源精子结合后发育的后代，不仅具有杂种优势，还能在低温、无水条件下短途运输，肉质细嫩、营养丰富，食用

价值极高。然而，它的基因结构更复杂——作为三倍体鱼类，它的每个同源基因有3个高度一致的等位基因。要想实现无刺，就必须同时敲除 Cgrunx2b-A 和 Cgrunx2b-B 两个部分及其所有等位基因<sup>[8]</sup>（图6）。这就像一个并联电路，只有同时关闭两盏灯，整个电路才会断开。

科学家们对无刺斑马鱼的肉质进行了系统检测，结果显示其氨基酸和脂肪酸含量与普通有刺鱼无明显差异。同时，无刺鱼的生长状况良好，肌肉与骨骼发育正常，生活习性也与普通鱼类保持一致<sup>[9-10]</sup>。此外，对无刺草鱼的检测同样表明，其蛋白质、微量元素和氨基酸含量均与常规草鱼相近。有志愿者在品尝了无刺草鱼后，发现其口感比起有刺草鱼而言，更加鲜嫩！这说明，目前并没有发现无刺鱼不利于人类健康的方面，其肉质和口感方面也不会比有刺鱼差。

而在今年，海大集团以5000万元独占“无刺草鱼技术”20年使用权，这不仅仅是一项技术转让，更意味着无刺草鱼的研究将迈入了产业化的新阶段。草鱼作为我国养殖量最大的淡水鱼之一，其肌间刺多一直是影响消费者食用体验的关键问题。而这项技术的取得，意味着未来有望培



①【图6】无刺异育银鲫基因编辑电路简图（自制）

育出无刺草鱼，为消费者提供更加便捷、安全的食用体验。可以想象，在不久的将来，餐桌上端上一盘红烧草鱼，人们再也不用担心被鱼刺打断美食的兴致了。

### 3. 小结

诚然，基因编辑无刺鱼展现了令人期待的前景，但也伴随着一些争议。首先，食品安全始终是公众最为关切的问题。现有研究表明，无刺鱼在营养成分、口感和生长状态上与普通鱼类并无显著差异<sup>[9-10]</sup>，尚未发现不利影响，但长期食用的潜在风险仍需持续跟踪与验证。其次，在生态层面，若无刺鱼被大规模养殖甚

至进入自然水域，是否会对现有物种竞争力和生态平衡造成影响，也是科学家和管理部门亟待评估的重要课题。此外，消费者对基因编辑食品接受度差异明显：有些人欢迎无刺鱼带来的便利与安全，也有人对“基因编辑”心存顾虑，希望进一步了解相关的检测和监管措施。

事实上，科学的发展就是在探索与争议中不断前进。无刺鱼的诞生，不仅是基因编辑技术的一次创新应用，也体现了人类在改造自然方面的独特智慧。“拔刺”征途的每一步，都凝结着中国科学家的坚持与付

出——他们以严谨与坚韧，将遥想变为现实。不过，无刺鱼能否最终走上大众餐桌，既需科研突

破，更赖监管完善与公众接纳。倘若未来能够实现规模化养殖，并顺利通过食品安全和社会认同

的双重考验，无刺鱼无疑将成为餐桌上的新宠，尤其为老人和儿童带来福音！

## 参考文献

- [1] 案例故事|87岁老人卡鱼刺6天, 食道已穿孔左侧就是肺动脉[Z]搜狐, 潮流卫生与健康 [2021-06-18]. [https://www.sohu.com/a/472797710\\_121118804](https://www.sohu.com/a/472797710_121118804)
- [2] 吴纯新. 吃鱼不“挑刺”? 鱼刺都去哪儿了[J]. 科学大众(中学生), 2023(Z1): 73-75.
- [3] Patterson C, Johnson G D. The intermuscular bones and ligaments of teleostean fishes[J]. Smithsonian Contribut Zool, 1995, 559(559): 1-85.
- [4] Danos N, Staab K L. Can mechanical forces be responsible for novel bone development and evolution in fishes?[J]. J Appl Ichthyol, 2010, 26(2): 156-161.
- [5] Zhang J, Yin T, Xiong S B, et al. Thermal treatments affect breakage kinetics and calcium release of fish bone particles during high-energy wet ball milling[J]. J Food Eng, 2016, 183: 74-80.
- [6] 马良骁, 董在杰, 苏胜彦, 等. 鱼类肌间刺的研究进展[J]. 江苏农业科学, 2012, 40(4): 234-235, 240.
- [7] 吕耀平, 鲍宝龙, 蒋燕, 等. 低等真骨鱼类肌间骨的比较分析[J]. 水产学报, 2007, 31(5): 661-668.
- [8] Gan R H, Li Z, Wang Z W, et al. Creation of intermuscular bone -free mutants in amphitriploid gibel carp by editing two duplicated runx2b homeologs[J]. Aquaculture, 2023, 567: 739300.
- [9] 杨建, 佟广香, 郑先虎, 等. 肌间刺缺失突变对斑马鱼胚胎发育过程中肌肉发育的影响[J]. 中国水产科学, 2019, 26(2): 296-303.
- [10] 杨建, 佟广香, 郑先虎, 等. 肌间刺缺失对斑马鱼骨骼发育的影响[J]. 水生生物学报, 2020, 44(3): 546-553.