

团体标准

《吊水罗非鱼技术规范》

编制说明

(征求意见稿)

2026年4月

《吊水罗非鱼技术规范》编制说明

一、制定标准的背景、目的和意义

（一）制定背景

淡水养殖鱼类是我国主要鱼类食品来源之一，淡水养殖渔业已经由数量发展时期转入以食用质量、安全质量保障为目标导向的高质量发展时期。但随着水产养殖业的快速发展及消费者对水产品需求从“量”到“质”的转变，以及消费结构升级和市场细分，消费者对养殖鱼类品质的关注已从以往单纯注重规格和有无土腥味，逐步延伸至口感、风味和滋味等特性、脂肪沉积形态、药物残留控制、养殖环境可追溯性等综合属性，养殖鱼类的肌肉品质（涵盖口感、风味和营养价值等多方面属性）已成为决定产业效益和市场竞争力的核心要素。

罗非鱼作为我国大宗淡水养殖鱼类的核心品种之一，养殖产量位居大宗淡水鱼第七位，据《中国渔业统计年鉴》数据显示，2024年我国的罗非鱼养殖产量达到189.43万吨，占到全国淡水养殖总产量的5.36%，是保障城乡居民“菜篮子”供给和推动渔业增效、渔民增收的支柱产业之一。由于养殖条件及水质环境会影响养殖罗非鱼鱼肉的食用质量，去除土腥味、改善肌肉品质已成为罗非鱼养殖产业发展亟需解决的问题。

总结我国在养殖鱼类食用质量提升方面的生产经验和应用技术，采用吊水净化处理可有效提高养殖淡水鱼食用品质，在养殖后期通过“瘦身鱼”或“吊水鱼”等方式，可以对前期普通养殖的淡水鱼食用质量进行有效的提升和改进。但吊水净化绝非简单的暂养，而是一套科学严谨的品质提升体系，吊水鱼产业正朝着更加标准化、精细化的方向发展。随着技术的进步和发展，淡水鱼吊水净养方式也从基于地缘性水源优势的吊水网箱或湖泊微流水吊养模式演变为依托工业化养殖技术的室内微流水或循环水吊水净化模式，有效促进了养殖行业的资源整合和产业结构优化，在提高生产效率的同时，也能实现环境保护和可持续发展，是当下倡导的绿色可持续发展理念。

“吊水罗非鱼”因多一道吊养工序，使其肉质更加紧致，没有土腥味，质量安全显著提升，倍受消费市场欢迎。但“吊水罗非鱼”目前尚无统一的标准和规范。2026年2月，广东省农业标准化协会发布了《茂南吊水罗非鱼养殖技术规范》

和《茂南吊水罗非鱼质量分级》团体标准的立项公告和征求意见公告，其质量分级标准仅按吊水罗非鱼重量、感官指标和理化指标（脏体比和瘦身率）进行了一、二、三级划分。

吊水罗非鱼净化处理的方式和条件，不同地区、不同养殖场之间存在较大差异，导致产业发展面临多重瓶颈，市场定价机制失灵，优质鱼品的市场价值无法充分体现，既制约了产业高质量发展，也影响了消费者购买信心和消费积极性。

（二）目的和意义

为了更好地引导吊水罗非鱼生产的持续健康发展，推进吊水罗非鱼的规范化和标准化，从“经验吊水”到“精准吊水”，从“凭感觉”到“有标准”，规范性总结吊水罗非鱼吊养技术规范，开发吊水罗非鱼品质评价体系，建立吊水罗非鱼客观评价指标，为吊水罗非鱼“品牌化”提供科学的技术依据。

本标准的制定旨在解决以下核心问题：一是明确吊水罗非鱼的品质特征评价指标；二是规范吊水罗非鱼养殖生产秩序，支撑产业提质增效，为产品质量提供关键技术支撑；三是提供技术依据，本标准作为质量管控核心环节，可为电商直供、深加工产品开发、出口备案基地等场景提供技术依据，助力产业向标准化、品牌化转型高质量发展。

二、工作简况，包括任务来源、协作单位、主要工作过程、编制组成员及其所做的主要工作等；

（一）任务来源

本标准由福建省水产加工流通协会立项，并在 2026 年 4 月 24 日发布的关于福建省加工流通协会《吊水罗非鱼技术规范》等三个团体标准立项的通知附件中立项项目信息列明的第 1 条，计划号 fappma2026001、项目名称《吊水罗非鱼技术规范》，牵头编制单位朴朴科技（福建）有限公司、福建省淡水水产研究所。

（二）协作单位

本标准由朴朴科技（福建）有限公司、福建省淡水水产研究所牵头组织，协作单位有福建省水产技术推广总站、福建农林大学、广东省庚兴农业科技有限公司、珠海市众品生态农业发展有限公司、杭州长润农业科技有限公司等。

（三）主要工作过程

1. 编制起草阶段

根据项目需求和标准领域，福建省淡水水产研究所、朴朴科技（福建）有限公司等单位组织相关专业技术人员，成立标准起草小组，从事本标准起草工作。标准起草小组集中力量从各方面广泛收集中吊水鱼养殖的相关法律法规、技术资料、相关标准、研究报告、论文等，并收集了行业养殖数据和朴朴自有基地近年来吊水鱼养殖生产的技术参数，完成了标准预研。

2026年4月20日，福建省淡水水产研究所向福建省水产加工流通协会申请《吊水罗非鱼技术规范》团体标准立项，经审查获得立项。

标准起草小组根据确定的框架结构和收集到的资料，进行深入的研究和分析，在充分了解行业现状、技术发展趋势和市场需求等情况下，将所收集到的数据进行了量化分析，并对实测数据进行验证，提出了吊水罗非鱼的生产操作程序，并完成了实施方案制定。

标准起草小组在归类、分析、统计和实地调研的基础上，依据标准化工作导则 GB/T 1.1-2020《标准化工作导则-第1部分：标准化文件的结构和起草规则》等进行编写，高质量地起草完成了本团体标准《吊水罗非鱼技术规范》（工作组讨论稿）和编制说明。

经反复讨论和修改，完成了本团体标准《吊水罗非鱼技术规范》（征求意见稿）和编制说明。

2. 征求意见阶段

3. 审查阶段

4. 报批阶段

(四) 编制成员及其所做的主要工作等

本标准起草人为：卓玉琛、陈礼福、王凡、陈度煌、陈燕君、严美娇、杨俊、林煜、邬彦、林贞良、林丽聪、林而舒、薛凌展、李文盛、张晶晶、翁可佳、梁萍、周伟钿、陈斌、林学文、胡振禧、安建平。

标准主要起草人承担的主要工作见表 1

表 1 标准主要起草人承担的主要工作

姓名	所在单位	承担的工作
卓玉琛	福建省淡水水产研究所	主持标准内容总体统筹和组织实施。
陈礼福	朴朴科技（福建）有限公司	样品采集、生产性数据收集。
王 凡	福建省水产技术推广总站	参与标准修改
陈度煌	福建省淡水水产研究所	检测、参与标准修改
陈燕君	朴朴科技（福建）有限公司	调研、协调和生产性数据收集。
严美娇	福建省农林大学	参与标准修改
杨 俊	朴朴科技（福建）有限公司	样品采集、生产性数据收集。
林 煜	福建省淡水水产研究所	参与验证试验。
邬 彦	朴朴科技（福建）有限公司	样品采集、生产性数据收集。
林贞良	朴朴科技（福建）有限公司	样品采集、生产性数据收集。
林丽聪	福建省淡水水产研究所	验证试验、检测和资料收集。
林而舒	福建省淡水水产研究所	参与验证试验和标准修改。
薛凌展	福建省淡水水产研究所	参与标准修改。
李文盛	福建省淡水水产研究所	检测、参与验证试验。
张晶晶	福建省淡水水产研究所	检测、参与验证试验。
翁可佳	福建省淡水水产研究所	参与验证试验。
梁 萍	福建省淡水水产研究所	检测、参与验证试验。
周伟钿	福建省淡水水产研究所	参与验证试验。
陈 斌	福建省淡水水产研究所	参与验证试验。
林学文	福建省淡水水产研究所	参与验证试验。
胡振禧	福建省淡水水产研究所	参与验证试验。

安建平	朴朴科技（福建）有限公司	样品采集、生产性数据收集。
-----	--------------	---------------

三、标准编制原则和确定标准主要内容的论据，修订标准时，应当列出新、旧标准水平的对比。

（一）标准编制原则

本标准编制遵循国家颁布的相关法律法规，在编写过程中，严格遵循“一致性、协调性、易用性”、“开放、透明、公平”、“前瞻性、实用性、统一性、规范性”的等原则。根据《GB/T 1.1-2020 标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定，基于对生产实践经验的规范性总结以及相关验证测试结果，结合相关研究文献资料，形成本标准征求意见稿。

标准的编制和说明按照国家《团体标准管理规定》（国标委联[2019]1号）、《福建省水产加工流通协会团体标准管理办法》（闽水协[2021]6号）基本要求进行编写。

本标准的制定紧密依托于罗非鱼消费市场的需求，特别是消费市场高品质罗非鱼的需求，旨在确保吊水罗非鱼技术规范与管理条例能够全方位、多角度地覆盖吊水罗非鱼产业链，从而保障标准的实用性和管理的有效性。因此，基于产业需求、市场应用、评价指标和消费者可接受等角度考虑，注重标准的科学性和可操作性。

1. 产业导向原则：本标准立足于对罗非鱼质量安全和品质的实际需求，产品向“优质优价”转变的产业趋势，制定统一的《吊水罗非鱼技术规范》团体标准，有助于企业识别和优化产品质量，满足更多层次的消费需求，实现优质优价，促进吊水罗非鱼新模式与绿色技术的推广与应用。

2. 指标优选原则：本标准在技术及评价指标选取上，坚持以消费者关注度高、识别度和科学性强的指标特征为核心，构建系统的技术指标和品质评价体系。各项指标能够反映目前国内大多数吊水罗非鱼的技术水平，系统的反映吊水罗非鱼的技术环节，通过构建覆盖全面、科学合理的技术和品质评价指标体系，为吊水罗非鱼质量安全保障提供技术支撑。

3. 行业适用性和通用性原则：基于对市场导向、消费需求、品质指标科学性的综合考虑，注重科学性与可操作性的相结合，制定具有代表性和适用性的通

用技术规范，将为行业提供统一的参照标准，提升吊水罗非鱼生产的规范性与一致性，以利于标准颁布后的推广和应用。

（二）标准主要内容的确定论据

本文件在标准起草组现有工作的基础上，按照科学性、精简性和适应性原则，在吊水鱼相关科研成果和实际养殖生产经验规范性总结的基础上，深入调查分析，通过认真梳理和筛选，对吊水罗非鱼的吊水方式和条件、品质等有关技术条款、重要指标和参数进行了分析和论证，形成了本团体标准文件。本文件主要内容的确定依据如下：

1. 范围

范围条款的制定参照标准文件编写格式，以“本文件规定了”和“本文件适用于”作为固定格式文本，进一步对章节内容和适用范围进行描述，规定了标准的适用范围。

本文件规定了吊水罗非鱼的术语和定义，环境条件、吊水前准备、原料鱼选择与放养、水流置换量和吊水周期、吊水管理、品质评价和出塘等相关技术要求，描述了相关生产过程记录等追溯方法。适用于吊水罗非鱼的养殖和评价，可作为流通销售环节质量管控的依据。

2. 规范性引用文件

规范性引用文件的引语，遵从 GB/T 1.1《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的格式。这些规范性引用文件对于本标准是不可或缺的，在相关内容中都有引用这些文件或其中的条款；凡是未注明日期的引用文件，适用其最新版本。规范性引用文件如下：

GB 2721 食品安全国家标准 食用盐

GB 2733 食品安全国家标准 鲜、冻动物性水产品

GB 11607 渔业水质标准

GB/T 20014.19 良好农业规范 第19部分：罗非鱼池塘养殖控制点与符合性规范

GB/T 22213 水产养殖术语

GB/T 30891 水产品抽样规范

GB/T 37062 水产品感官评价指南

NY/T 391 绿色食品 产地环境质量

NY/T 755 绿色食品 渔药使用准则

NY/T 3616 水产养殖场建设规范

NY/T 4710 农产品质量安全追溯 术语

SC/T 0004 水产养殖质量安全管理体系规范

SC/T 3067 水产品中土腥味物质的测定 气相色谱质谱法

3. 术语和定义

本部分对“吊水罗非鱼”、“硬度”术语进行了界定。这个术语是将吊水罗非鱼品质的提升从主观经验判断推向客观科学量化的关键，这一过程绝非简单的暂养，而是一套科学严谨的品质提升体系，是确保后续吊水罗非鱼技术规范 and 品质评价科学、公正、可操作的前提，也有助于提高消费者对吊水罗非鱼的认知。

吊水罗非鱼 The purification culture tilapia

指人工养殖的健康、鲜活、安全的罗非鱼达到上市规格后，不直接上市，而是通过吊水净化技术，使罗非鱼在吊水过程中提升品质与安全，达到肉质紧实、无土腥味、全程可追溯更安全的优质罗非鱼。

硬度 Hardness

用第一次压缩达到设定形变量（目标值）时的最大峰值力（g）来表示。

4. 环境条件

好的环境条件的是养殖成功的基础，本文件规定的环境条件是基于《NY/T 391-2021 绿色食品 产地环境质量》、《NY/T 3616-2020 水产养殖场建设规范》，要求吊水罗非鱼的产地环境、水源水质、吊水池符合相关要求；依据吊水鱼的技术现状和发展趋势，规定了罗非鱼吊水池要求，吊水池规格为长方形池、圆形池或池塘流水槽，面积宜为 10 m²/口~50 m²/口，水深为 0.6 m~1.0m。进、排水独立，养殖及保温设施设备匹配，可配套循环水系统。由于循环水养殖系统中无处不在的放线菌等细菌也会产生异味物质，众多研究者通过实验已证实，放线菌是产生异味物质的一个主要来源，尤其是链霉菌（*Streptomyces*），常常与 GSM 和 2-MIB 的产生有关，所以在采用循环水方式为吊水池供水时，应保障循环水生物滤池不受产臭微生物（尤其是放线菌）的污染，以减少循环水系统养殖水体中土腥味物质的来源，提高循环水吊水净化效率。

5. 吊水前准备

吊水前准备工作是吊水鱼生产工作中不可或缺的一环，它对于预防疾病、提高吊水鱼成活率具有重要意义。因此，在罗非鱼吊水前的清污整池和消毒等准备工作过程中应考虑到消毒剂等药物潜在的污染危害和缺陷，以农业农村部发布的《NY/T 755-2022 绿色食品 渔药使用准则》和《水产养殖用药明白纸（2025年2号）》已批准的A级绿色食品生产允许使用的无残留渔药过氧化氢溶液（水产用）进行吊水养殖环境的消毒，消毒后需再清洗干净方可使用。另外，从水源向池塘加水还要采用60目~80目筛绢网过滤，采用60目~80目筛绢网袋对水源进行过滤是在生产实践中总结的数据，筛绢网密度过小则容易堵塞，密度过大则难以过滤其它小型水生生物及其卵。

6. 原料鱼选择与放养

吊水罗非鱼原料鱼的选择与放养是至关重要的环节，它直接关系到后续吊水净化过程的成活率以及最终产品的品质。吊水罗非鱼原料鱼应来源于具有水产养殖生产许可证的生产主体，来源可追溯，符合GB 2733的要求。将GB 2733作为基本要求，是基于其权威性、强制性和相关性的综合考量，意味着所有在中国市场上销售的鲜、冻水产品（包括活鱼，因其最终以鲜品形式食用）必须符合该标准的所有安全技术指标，否则即为不合格产品。将其作为基本要求，具有无可争议的法律效力，GB 2733针对鲜、冻动物性水产品规定了至关重要的安全指标，这些指标全面涵盖了水产品的主要安全风险点，是保障消费者健康的核心防线。

吊水密度是影响吊水净化效果的重要因素，较高养殖密度是提高集约化养殖模式产量的必然选择，但高密度会限制鱼类的运动空间，鱼体间会产生生存空间的竞争行为，极端时会引起鱼类的应激胁迫反应，对其行为、生理、肉质造成负面影响，也增加了吊水净化养殖的相应设施设备配套、管理和生产成本压力。在对吊水罗非鱼实际生产经验规范性总结和文献资料分析的基础上，确定了吊水罗非鱼的适宜吊水密度为 $40\text{ kg/m}^3\sim 50\text{ kg/m}^3$ （鱼水密度比1:20~1:25）。各吊水罗非鱼养殖主体可根据吊水环境和相应设施设备配套条件依实际情况而参考。

吊水原料鱼入池前处理也至关重要，主要措施为温差调控和鱼体消毒，是吊水生产中提高成活率、减少病害的重要一个环节。参照《GB/T 20014.19-2008 良好农业规范 第19部分：罗非鱼池塘养殖控制点与符合性规范》的规定要求，采

用 2%~4%食盐水溶液浸泡 10 min~15 min 进行鱼体消毒；原料鱼入池需全程带水操作，以减少对鱼体的损伤。

7. 换水率、水流速度和吊水周期

吊水净化处理时间、换水率和水流速度是影响吊水净化效果的重要因子，存在相互影响的逻辑关系。主要依据吊水罗非鱼生产实践，测试实验结果，并结合相关研究文献资料，在吊水净化处理条件下，水流置换量需要 200%时能维持较好的水质、可保证吊水罗非鱼正常的生理活动，具有较好的生命活力；水流速度可增强吊水罗非鱼肌肉质构特性，并能降低吊水罗非鱼环境应激程度。因此，确定了吊水罗非鱼的换水率大于 200%/d 以上；适宜的水流速度为 0.3 m/s~0.5 m/s，吊水池水流速度应持续供给，要求达到能维持鱼体逆流游动姿态；应根据吊水池罗非鱼的生物总量和水质合理控制水流置换量，调节水流速度，在吊水池水流置换量达不到维持鱼体逆流游动姿态时，可使用造流泵或推水器提高水流速度，使鱼体能一直维持逆流游动姿态；吊养周期 5 d~7 d，视具体情况可适当延长。

水流速度对吊水罗非鱼肌肉的质地特性有着显著影响，相关研究表明，提供的流水环境能够改变鱼类肌肉中的营养成分以及结构特点，使得鱼肉的营养价值更高。张静等（2026）相关研究，吉富罗非鱼幼鱼的感应流速为 (9.76 ± 1.42) cm/s、临界游泳速度 U_{crit} 为 (75.28 ± 12.30) cm/s，其试验结果显示了 40% U_{crit} 流速既有利于增加吉富罗非鱼幼鱼的运动量，提高其生长率，又不会带来额外的耗能负担，因此建议吉富罗非鱼幼鱼适宜的养殖流速为 32 cm/s，不宜超过 48 cm/s。李丹等（2009）研究结果，罗非鱼幼鱼趋流率随流速的增大显著增加 ($p<0.05$)，0.3 m/s 和 0.5 m/s 组的趋流率均接近 100%，显著大于 0.1 m/s 和静水试验组。戴顺珍（2013）开展了流水状态下对土霉素在吉富罗非鱼体内代谢动力学特征及残留规律的研究，与静水组相比，流水组（流速 0.2 m/s）主要药动学参数消除半衰期($t_{1/2\beta}$)= 9.368 h，比静水组（33.269 h）缩短了 72%左右，研究表明，运动能显著加快土霉素在罗非鱼体内组织器官中的消除速度。魏小岚（2015）开展了流速状态下尼罗罗非鱼蛋白质和糖类代谢特征研究，研究表明，适宜强度的流水强度（1.0bl/s 和 1.5bl/s）能显著降低罗非鱼对蛋白质的代谢消耗，且明显提高对糖类代谢和利用能力，而且相对延长流水运动时间，对其影响更加明显。水流速度增大时，吊水罗非鱼肌肉硬度、咀嚼性和胶着性也相应增加。

本项目开展的测试验证实验结果也表明了以 200%换水率，适宜的水流速度

为 0.3 m/s~0.5 m/s, 水流速度应持续供给, 达到能维持鱼体逆流流动姿态的吊水净化条件较为适合, 较为合理, 也符合吊水罗非鱼生产实际。其吊水瘦身率、肌肉硬度、恩诺沙星药物残留去除率均能达到吊水罗非鱼提升鱼肉品质的效果, 在吊水 3 天~7 天, 吊水瘦身率达到 15% 左右, 肌肉硬度分别显著上升了 83.6%~39.38%, 恩诺沙星药物残留总量显著下降了 73%~83%。

因此, 确定了吊水罗非鱼的水流置换量参数指标, 换水率大于 200%/d, 适宜的水流速度为 0.3 m/s~0.5 m/s, 在水流置换量达不到维持鱼体逆流流动姿态时, 可使用造流泵或推水器使池水流动起来, 保障鱼体维持逆流流动姿态, 以确保吊水过程鱼肉品质的提升, 同时也有助于鱼体残留物质的代谢和消除。

8. 吊水管理

吊水过程的适应性管理、水质监测、水温控制、日常管理和养殖尾水合规排放等是吊水管理的关键措施。

吊水鱼适应性管理是吊水过程极其关键的环节, 直接决定吊水鱼成活率、肉质净化效果及质量安全。吊水鱼入池时处于强应急状态, 若适应性管理不到位, 极易导致大量死亡甚至品质劣化。在吊水鱼实践中, 已明确“渐进式适应”是吊水成败的关键核心之一。适宜流速有助于减缓鱼类密集应激程度, 避免静水诱发聚集性应激, 通过调节流速为鱼类提供适宜的生存环境可以有效提高吊水鱼生产效率和产品质量。因此, 在原料鱼入池后的适应期管理, 通过微流水方式进行换水和缓流的水体环境进一步缓解吊水鱼的应激反应, 避免大排大换引起水体环境急剧变化, 通过渐进式的换水和流速调控可提升吊水鱼耐受能力。

吊水池水温应保持在 18℃ 以上, 以 25℃~30℃ 为宜, 可采用深井水和搭建温棚进行保温, 水温低于 18℃ 时需开启加温设备进行保温。

在吊水期间维持水体溶解氧 >5 mg/L、氨氮 <0.5 mg/L、亚硝酸盐 <0.1 mg/L、水温 >18℃, pH 6.5~8.5。吊水期间禁止化学药品使用。

做好日常巡查工作, 每 1 h~2 h 巡查一次, 观察鱼群活动情况、水质情况, 及时清除塘内死鱼和杂物; 检查增氧设备、进排水设施是否完好, 发现问题应立即采取相应措施修善; 定期维护和保养发电和增氧设备, 确保设备运转正常。遇台风暴雨天气, 应预防出现洪涝灾害和供电故障, 及时排涝、启用备用发电设备; 安装互联网监控报警系统或 24 h 在岗值班。

9. 品质评价

吊水罗非鱼的品质评价指标是实际生产过程中判断产品品质的依据,包括感官要求、理化指标和安全指标。通过构建“主观与客观结合、便捷与精准兼顾”的标准化体系,保留市场常用感官评价等基础指标,满足生产端快速判定;同时引入肌肉硬度、土臭素、2-甲基异莰醇等理化指标,通过仪器检测量化感官难以界定的品质差异,实现从“经验判断”向“数据支撑”的升级,强化消费者对吊水罗非鱼品质的认知,形成“技术升级-品质提升-价值增值”良性循环。

9.1 感官要求

感官品质是水产品品质最直观的表现,感官评价是水产品质量评定中最直接、最快速的方法。本条款及附表的作用在于将感官指标具体化与可视化,在活鱼流通的现场,快速检测仪器使用受限的情况下,本标准提供的感官指标可由经过培训的检验员快速完成,满足了产业对高效评定的现实需求。感官指标与消费者的选购体验和食用体验高度一致,本标准通过规范这些指标,直接保证了吊水罗非鱼产品能带给消费者更佳的视觉感受(外观)和风味口感(肌肉、气味)。根据实验室研究基础,参照相关鱼类品质评价标准和产业经验,征求业内专家意见,确定了外观、肌肉和气味等感官评价要求(表1)。

表1 感官要求

项目	指标	
形态	游动正常,体态匀称,无病态,无畸形。	
体表	体表光滑、体色正常,无明显机械损伤,鳞片完整,不易脱落。	
鳃	鳃盖完整、无明显破损或变形、鳃丝鲜红、清晰。	
眼	眼球明亮饱满,稍突出,角膜透明。	
肛门	肛门紧缩不外凸,不红肿。	
内脏	内脏观感正常,无印胆现象。	
肌肉	肌肉紧实,有弹性。	
蒸煮后	气味和滋味	无土腥味,无异味,滋味正常。
	肌肉	咀嚼有弹性,肉质紧实嫩滑。

9.2 理化指标

理化指标有吊水瘦身率、肌肉硬度、土臭素、2-甲基异莰醇等。

通过对吊水罗非鱼的生产性测试,吊水期间由于鱼体处于饥饿状态,吊水后体重下降,下降幅度达到7.26%~15.34%。因此,将吊水罗非鱼的瘦身率评价指标设定为7%~15%是较为合理并符合吊水罗非鱼生产实际。

通过对吊水罗非鱼肌肉样本的 5 项质构指标（硬度、内聚性、弹性、胶着性和咀嚼性）因子进行主成分和相关性分析，根据特征值大于 1 的原则共提取 2 个主成分，特征值分别为 3.164、1.217，累计方差贡献率达 87.627%，基本反映了原来变量的信息，吊水罗非鱼的肌肉硬度与胶着性和咀嚼性成极显著正相关（ $P<0.01$ ）、肌肉咀嚼性与弹性成极显著正相关（ $P<0.01$ ），肌肉硬度与内聚性成极显著负相关（ $P<0.01$ ）。因此，吊水罗非鱼肌肉硬度是第一主成分的主要决定因子，对吊水罗非鱼肌肉质构影响最大，可作为评价吊水罗非鱼品质的代表性质构指标；而土腥味是淡水鱼最常见的风味缺陷，其程度直接影响消费者的接受度和产品价值，主要包括土臭素和 2-甲基异莰醇等典型代表性成分，是品质评价的核心指标。对涉及吊水罗非鱼品质的所有理化指标全部进行界定，不符合实际，也不具有代表性，吊水罗非鱼的吊水瘦身率、鱼肉的紧实度和土腥味物质等作为评价吊水罗非鱼品质的核心指标作，它直接关系到烹饪后的口感（如是否紧实、耐煮、弹牙），是消费者评价鱼肉“好不好吃”的关键。因此，将吊水瘦身率、肌肉硬度、土臭素、2-甲基异莰醇等理化指标纳入吊水罗非鱼品质评价指标并作出规定，这些具体指标使得吊水罗非鱼品质评价工作具有极强的可操作性，满足了吊水鱼产业对高效评定的现实需求。

根据吊水罗非鱼的生产性测试结果、验证实验结果，将吊水罗非鱼肌肉硬度评价限定指标值设定为 700 g，该吊水罗非鱼原料鱼中有 62.5%比例的肌肉硬度低于这一水平，说明经过吊水净化处理后，可以将这部分低肌肉硬度的罗非鱼提升到限定指标值以上，有效提升了吊水罗非鱼的鱼肉品质，而且限定指标也高于罗非鱼吊水前的肌肉平均硬度值。因此，将吊水罗非鱼肌肉硬度评价限定指标设定为 >700 g 是较为合理并符合吊水罗非鱼生产实际。

依据吊水罗非鱼的生产性测试结果和相关研究资料，吊水罗非鱼肌肉中土腥味物质生产性检测结果，其土臭素含量在 0.0199~0.0675 $\mu\text{g}/\text{kg}$ 、2-甲基异莰醇含量在未检出~0.0042 $\mu\text{g}/\text{kg}$ 范围内，远低于本标准的限定值，吊水罗非鱼鱼肉中土臭素土臭素去除率达到 55%~76%，2-甲基异莰醇去除率达到 60%左右。

相关研究（P. Howgate, 2004; Edward Schram, 2021）已证实了吊水净化处理能有效降低鱼体内异味物质含量，在吊水净化阶段，鱼类体内 GSM 和 2-MIB 含量随时间呈指数下降。Edward Schram 等（2021）以已知受微生物土臭素污染

的循环水养殖系统（RAS）中的尼罗罗非鱼为研究模型，研究了在水温 12°C、自来水为水源、微流水净化条件下罗非鱼鱼片组织中土臭素的清除率，经过 96 h 吊水净化土臭素清除率达到 63.44%；P. Howgate 等以 750 克的鳟鱼为模型，研究了不同 GSM 和 2-MIB 含量的鱼体转移至清洁水后的净化过程指数衰减特性，其土臭素（GSM）和 2-甲基异莰醇（2-MIB）的半衰期（即浓度减半所需的时间）分别为 2.3 天和 1.3 天，与初始浓度无关，仅取决于衰减速率常数。上述相关研究结果均表明吊水处理是有效降低鱼体异味物质含量的实用方法，为吊水罗非鱼生产提供了可靠的技术支持。

本条款将吊水罗非鱼鱼肉土臭素和 2-甲基异莰醇的评价指标限定值分别设定为 $<0.5 \mu\text{g}/\text{kg}$ 和 $<0.3 \mu\text{g}/\text{kg}$ ，主要是依据人类感官阈值、国内外相关研究数据和试验检测统计结果，人类感官阈值是指 50% 的敏感人群能够察觉到某种气味时的最低化合物浓度。文献表明土臭素（Geosmin）在鱼肌肉中的感官阈值约为 $0.9 \mu\text{g}/\text{kg}$ ，2-甲基异莰醇（2-MIB）的感官阈值略低于土臭素，约为 $0.6 \mu\text{g}/\text{kg}$ 。

土臭素（Geosmin）含量 $<0.5 \mu\text{g}/\text{kg}$ 和 2-MIB 含量 $<0.3 \mu\text{g}/\text{kg}$ ，是要求这些化合物的浓度低于绝大多数人的感官阈值，意味着消费者在食用时几乎不可能察觉到任何不愉快的气味，对应感官要求中的“无土腥味”，这是对吊水罗非鱼产品风味的最高要求，也契合了当前产业的发展现状。但要完全消除土臭素和 2-甲基异莰醇（达到未检出）的生产成本较高，允许其存在极微量的、不影响绝大多数消费者体验，保证了吊水罗非鱼产品的可达成性和商业流通性。

9.3 安全指标

安全性是首要的检测指标，更是食品安全法的要求，只有安全指标检测合格的产品才能进入市场销售，以保证消费者的健康与食用安全。本文件的安全指标规定了吊水罗非鱼的质量安全应符合 GB 2733 的要求。本条款是标准中品质评价绝对前提和不可逾越的底线，其核心作用在于确立安全底线，首先必须是安全、卫生、符合国家强制性食品安全标准的产品，强调了吊水罗非鱼品质是建立在“安全合格”基础之上的更高要求。GB 2733 针对鲜、冻动物性水产品（包括活鱼，因其最终以鲜品形式食用）规定了至关重要的安全指标，包括了污染物限量应符合《GB2762-2022 食品安全国家标准 食品中污染物限量》的规定、农药残留限量应符合《GB 2763-2026 食品安全国家标准 食品中农药最大残留限量》的规定、兽药残留限量应符合《GB31650-2019 食品安全国家标准 食品中兽药最大残留限

量》和《GB31650.1-2022 食品安全国家标准食品中 41 种兽药最大残留限量》的规定，这些指标全面涵盖了水产品的主要安全风险点，是保障消费者健康的核心防线。本条款明确责任边界，指明了吊水罗非鱼产品的质量安全责任，首先由 GB 2733 这一强制性标准来规范和判定，本标准的品质评价侧重于安全之上的品质评价，二者职责清晰，互为补充。

本项目开展的吊水罗非鱼验证实验也说明了吊水净化处理可有效降低吊水罗非鱼的药物残留水平。

试验选取了恩诺沙星为代表性药物，以平均恩诺沙星总残留量（ 69.8 ± 4.2 ） $\mu\text{g}/\text{kg}$ 的罗非鱼为研究对象，测试了吊水罗非鱼药物残留的消除效果。测试结果显示，换水率 50%和 200%试验组吊水罗非鱼鱼肉中恩诺沙星总残留量（恩诺沙星+环丙沙星）在吊水后 5 天~7 天分别下降了 81%~88%和 73%~83%，有效降低了吊水罗非鱼的药物残留水平，提升了吊水罗非鱼质量安全，使得吊水罗非鱼更安全、更放心。

9.4 检验方法

检验方法条款规定了吊水罗非鱼品质的感官品质指标、理化品质指标和安全指标的检测评价方法。其中，感官要求检验方法条款遵循了感官分析的一般原则，与《GB/T 37062-2018 水产品感官评价指南》等基础标准的精神相一致，规范了检验环境、器具和流程，最大限度地减少外部干扰，确保感官数据可重复性和可靠性；规定了检验人员要严格按照“9.1 感官要求”中表 1 规定的项目描述，进行系统、全面的检查，避免凭印象或遗漏项目做出片面判断，防止出现误判。

理化指标检验条款规定了吊水瘦身度、肌肉硬度、土臭素和 2-甲基异莰醇测定方法。吊水瘦身度采用抽样测量吊水前后吊水罗非鱼的平均规格进行测算，计算公式为吊水瘦身率（ $K, \%$ ）= $(W_0 - W_t) / W_0 \times 100\%$ ，可操作性强。吊水罗非鱼肌肉硬度值测定方法参考了地方标准《DB4420/T 51-2024 脆肉鲩鱼肉脆度的测定 质构仪法》、广东省地方标准《脆罗非鱼养殖产品质量分级（送审稿）》（广东省农业农村厅公告 2025 年第 54 号），设置了背部肌肉取样方法和质构仪检测参数（附录 A），旨在为标准中核心理化指标“肌肉硬度”的测定提供统一、规范的测定方法。其核心作用是确保结果的准确性与可比性，保证了数据的规范性和可重复性。而土臭素和 2-甲基异莰醇含量的测定方法参照水产行业标准《SC/T 3067-2025 水产品中土腥味物质的测定 气相色谱质谱法》执行。

安全指标检验方法条款规定了按照国家强制性标准《GB 2733 食品安全国家标准 鲜、冻动物性水产品》的规定执行。

9.5 检验规则

检验规则条款规定了吊水罗非鱼检验的组批规则、抽样方法和判定规则。

组批规则的本质是通过界定“检验批”的范围，保证同一批次内的吊水罗非鱼具有相似的背景和质量特征，从而使基于“抽样检验”的品质评价结果能有效代表整批产品质量。本条款的制定严格遵循“均一性原则”，核心要素（同一来源、相同吊水条件、同一天出塘）的设定均围绕这一原则展开，将原料鱼同一来源和相同吊水条件作为组批的基础，可最大程度消除环境变量对批次内产品均一性的影响和消除人为管理差异，“同一天出塘”是确保批次内吊水罗非鱼处于相似的产后状态，避免后续处理对品质和评价结果的干扰。

抽样方法条款规定了按国家标准《GB/T 30891-2014 水产品抽样规范》的规定执行。该标准是由国家市场监督管理总局、国家标准化管理委员会发布的水产行业通用抽样技术标准，涵盖了水产品（包括活鱼、鲜冻品、加工品）抽样的基本原则、抽样方案、样品采集与处理、抽样记录等全流程要求，其技术内容经过行业验证，具有广泛的适用性和权威性。引用该标准可直接沿用成熟的抽样技术规范，避免本标准自行制定抽样方法时出现“抽样比例不合理”“操作不规范”等问题，确保不同机构（养殖场自检、第三方检测）的抽样结果具有可比性。

判定规则条款明确了理化指标和安全指标的评定边界，旨在避免因指标间的交叉达标导致评定结果混乱，确保了产品符合品质标准，使判定更贴合市场实际交易逻辑。

10. 出塘

本条款规定了吊水罗非鱼的品质达到品质评价标准时方可出塘上市，并按规定开具农产品质量安全承诺达标合格证。

11. 生产记录

吊水罗非鱼的养殖生产记录按照《NY/T 3204-2018 农产品质量安全追溯操作规程 水产品》、《SC/T 0004-2006 水产养殖质量安全管理规范》、《SC/T 3045-2014 养殖水产品可追溯信息采集规程》的相关要求进行，要求吊水操作人员每天对养殖生产、天气变化、水质检测等内容进行记录，以便于全面准确统计各项指标，总结分析生产中技术管理问题、以及开展养殖过程监管与产品溯源。

四、主要试验（或验证）的分析、综述报告、技术经济论证和预期经济效益

（一）主要试验验证分析、综述报告

目前，水产养殖行业普遍采用生态净养模式，旨在解决高密度集约化养殖所带来的水产品土腥味较重、肉质松散等问题。净养理念起源于大西洋鲑上市前的短期净化养殖，我国关于水产品的净养处理研究起步较晚，尤其是淡水鱼净养方面。淡水鱼养殖后期食用质量提升技术从早期供港淡水鱼的品质把关，到如今成为高端餐饮的“标配”。随着吊水鱼市场需求的扩大，吊水净化作为优化水产品品质的一种新兴养殖模式，已在全国各地兴起，主要聚焦于鲜活水产品土腥味去除及肌肉品质改善，并从以往的传统吊水靠“老师傅经验”发展到如今靠“数据说话”，从“传统暂养”到“标准化产业”的发展。

本项目实施以后，标准编制小组对相关吊水鱼养殖场进行了走访调研，对吊水罗非鱼开展本底调查和生产性检测验证。根据吊水罗非鱼生产调查结果进行理论分析，结合相关研究文献资料，验证了吊水罗非鱼技术规范的适用性，确保方法的科学性和可操作性。标准提出的环境条件、吊水前准备、原料鱼选择与放养、水流置换量和吊水周期、吊养管理、品质评价和出塘等吊水罗非鱼生产环节的基本原则，技术上先进，经济上合理，能更好地指导和规范吊水罗非鱼生产，支撑产业提质增效，助力产业向标准化转型发展，实现罗非鱼养殖业的可持续发展。

1. 吊水净化处理对吊水罗非鱼品质的提升效果

1.1 材料与方法

对吊水罗非鱼吊水前后的吊水瘦身度，形体指标，鱼肉的硬度、内聚性、弹性、胶着性和咀嚼性等质构指标，土腥味物质和恩诺沙星残留量，鱼肉基本营养指标和风味物质（呈味氨基酸及核苷酸含量、电子鼻挥发性物质响应值）等指标的变化进行了检测验证分析。

1.1.1 肌肉样品采集方法

采用活鱼敲击头部的方式宰杀，取两侧肌肉-80℃冰箱中保存。用于质构检测时，取两侧背肌并将表面修整平整，每侧背肌均从胸鳍基点对应的背部为起点开始依次切成3块1.5 cm×1.5 cm×1.5 cm的立方体样品，每条鱼两侧背肌样品共6块，在室温下30 min内测定。

1.1.2 检测方法

1.1.2.1 吊水瘦身率：吊水瘦身率采用从吊水罗非鱼实际生产过程中进行抽查测量，计算公式： $\text{吊水瘦身率} = (\text{吊水前体重} - \text{吊水后体重}) / \text{吊水前体重} \times 100$ 。

1.1.2.2 质构指标：TPA 质构分析，检测参数包括硬度 (Hardness)、内聚性 (Cohesiveness)、弹性 (Springiness)、胶着性 (Gumminess) 和咀嚼性 (Chewiness) 等。采用美国 BROOKFIELD 公司 CT3 质构仪，选用 TA-10 (12.7 mm) 柱形探头，测试前对仪器进行归零校准。主要参数如下：靶值 (目标值) 4 mm、触发力 5 g、测试速度 0.5 mm/s、循环次数 2 次、间隔时间 0 s。将每条吊水罗非鱼测量得到的 6 个样品质构指标测定值，去除最大值和最小值后，计算所得的质构指标测定值的算术平均值作为吊水罗非鱼肌肉质构指标值的测量结果。

1.1.2.3 土腥味物质 (土臭素和 2-甲基异莰醇)：水产行业标准《SC/T 3067-2025 水产品中土腥味物质测定 气相色谱质谱法》。

1.1.2.4 药物残留 (恩诺沙星)：《GB 31656.24-2025 水产品中喹诺酮类药物残留量的测定 液相色谱-串联质谱法》。

1.1.3 数据统计分析

使用 Excel 进行数据记录整理，所有数据使用 SPSS 17.0 进行数据处理，数据以平均值±标准差表示，显著性检验采用 ANOVA 进行单因素方差分析，Duncan 法进行多重比较， $p < 0.05$ 为差异显著。

1.2 结果与分析

1.2.1 吊水罗非鱼瘦身率

如表 2 所示，吊水罗非鱼的瘦身率在 7.26%~15.34%，平均瘦身率为 10.02%，说明了吊水净化期间，能有效增强鱼体代谢，导致其体重下降，肉质紧实度提升。

表 2 吊水罗非鱼瘦身率 (%)

吊水池编号	吊水前重量/kg	吊水后重量/kg	吊水瘦身率/%
1	1884.0	1671.5	11.28
2	1240.5	1082.0	12.78
3	4157.5	3855.5	7.26
4	4212.5	3858.5	8.40
5	4516.0	4067.5	9.93
6	4143.5	3825.5	7.67
7	4267.5	3613.0	15.34
平均	24421.5	21973.5	10.02

注：吊水期间均未出现死亡。

1.2.2 吊水罗非鱼肌肉质构指标的测量与分析

如表 4、表 5、表 6 和表 7 所示，吊水后的吊水罗非鱼肌肉平均硬度比吊水前显著提高了 55%~60% ($p<0.05$)，肌肉弹性呈现微弱的上升趋势 ($p>0.05$)，肌肉内聚性呈现下降趋势 ($p<0.05$)，肌肉胶着性呈显著性上升了 30%~40% ($p<0.05$)，肌肉咀嚼性呈上升了 35%~44% ($p<0.05$)。

吊水罗非鱼肌肉质构指标主成分和相关性分析显示，根据特征值大于 1 的原则共提取 2 个主成分，特征值分别为 3.164、1.217，累计方差贡献率达 87.627%，基本反映了原来变量信息，说明可以用提取出来的 2 个主成分变量来替代原来的 5 个质构指标进行评价分析；2 个主成分基本涵盖了原来 5 个变量的主要特质，胶着性（硬度×内聚性）、咀嚼性（胶着性×弹性）都是和硬度、弹性有关的特性，其中硬度和弹性是反映罗非鱼肌肉品质的主要特质。

相关性分析结果显示，硬度与胶着性和咀嚼性成极显著正相关 ($P<0.01$)、与内聚性成极显著负相关 ($P<0.01$)；内聚性与胶着性和咀嚼性成极显著负相关 ($P<0.01$)；弹性与咀嚼性成极显著正相关 ($P<0.01$)。

表 4 吊水罗非鱼吊养前后的肌肉质构指标变化

吊水时间	吊水前	吊水后	
	0 天	5 天	7 天
硬度/g	686.88±245.32a	1105.33±117.41b	1067.18±165.77b
弹性/mm	2.94±0.07a	2.98±0.11a	3.01±0.06a
内聚性	0.55±0.03c	0.42±0.05a	0.48±0.04b
胶着性/g	364.58±109.14a	476.98±54.85b	512.16±41.37b
咀嚼性/mJ	10.46±3.05a	14.18±1.83b	15.07±1.15b

注：同一行数据后相同字母表示差异不显著 ($p>0.05$)，不同字母表示差异显著 ($p<0.05$)。

表 5 主成分分析解释的总方差

成份	初始特征值			提取平方和载入		
	合计	方差的 %	累积 %	合计	方差的 %	累积 %
1	3.164	63.278	63.278	3.164	63.278	63.278
2	1.217	24.349	87.627	1.217	24.349	87.627
3	0.487	9.742	97.369			
4	0.129	2.576	99.945			
5	0.003	0.055	100.000			

表 6 主成分分析成份得分系数

质构指标	成份	
	1	2
硬度 X ₁	0.298	-0.122
内聚性 X ₂	-0.184	0.548
弹性 X ₃	0.105	0.691
胶着性 X ₄	0.302	0.058
咀嚼性 X ₅	0.302	0.157

表 7 吊水罗非鱼肌肉质构因子的相关性

项目		硬度	内聚性	弹性	胶着性	咀嚼性
硬度	Pearson 相关性	1	-0.632**	0.199	0.848**	0.831**
	显著性 (双侧)		0.000	0.191	0.000	0.000
内聚性	Pearson 相关性	-0.632**	1	0.174	-0.414**	-0.362*
	显著性 (双侧)	0.000		0.253	0.005	0.015
弹性	Pearson 相关性	0.199	0.174	1	0.267	0.396**
	显著性 (双侧)	0.191	0.253		0.076	0.007
胶着性	Pearson 相关性	0.848**	-0.414**	0.267	1	0.988**
	显著性 (双侧)	0.000	0.005	0.076		0.000
咀嚼性	Pearson 相关性	0.831**	-0.362*	0.396**	0.988**	1
	显著性 (双侧)	0.000	0.015	0.007	0.000	

注: **表示在 .01 水平 (双侧) 上极显著相关; *表示在 0.05 水平 (双侧) 上显著相关。

1.2.3 吊水罗非鱼土腥味物质的检测与分析

如表 8 所示,吊水后吊水罗非鱼鱼肉中土臭素和 2-甲基异莰醇残留量分别显著下降了 62%和 63% (p<0.05), 其残留量远低于人类感官阈值。

表 8 吊水罗非鱼鱼肉中土臭素 2-甲基异莰醇残留量

指标	吊水前	吊水后	去除率/%
土臭素 (µg/kg)	0.1504±0.0363b	0.057±0.0062a	62
2-甲基异莰 (µg/kg)	0.0081±0.0022b	0.0030±0.0009a	63

1.2.4 吊水罗非鱼恩诺沙星残留的检测与分析

如表 9 所示,吊水罗非鱼均检出恩诺沙星和环丙沙星残留,恩诺沙星残留量最高仅达到 0.33 µg/kg、环丙沙星残留量最高仅达到 9.34 µg/kg,恩诺沙星总残留量≤9.45 µg/kg,均处于极低水平,远低于国家规定的安全残留限量(100 µg/kg)。

表 9 吊水罗非鱼恩诺沙星的残留量

吊水时间		恩诺沙 ($\mu\text{g}/\text{kg}$)	环丙沙 ($\mu\text{g}/\text{kg}$)	合计 ($\mu\text{g}/\text{kg}$)
吊水前	0 天	0.07 \pm 0.01	1.14 \pm 0.22	1.22 \pm 0.23
吊水后	5 天	0.11 \pm 0.02	6.96 \pm 3.08	7.07 \pm 3.09
	7 天	0.09 \pm 0.01	2.1 \pm 0.95	2.19 \pm 0.95

1.2.5 吊水罗非鱼肌肉营养成分和风味物质的检测与分析

1.2.6.1 吊水罗非鱼肌肉基本营养成分的检测与分析

如表 10 所示，吊水罗非鱼吊养后肌肉蛋白质和钙含量均呈显著性上升后下降，吊水 7 天与吊水前（0 天）无显著性差异（ $p>0.05$ ），肌肉中磷含量显著上升（ $p<0.05$ ），灰分、水分、脂肪等指标吊水前后均差异不显著（ $p>0.05$ ）。

测试结果说明了适宜的吊水方式和条件不会降低吊水罗非鱼基本营养水平，可降低粗脂肪含量，其肌肉粗脂肪平均含量下降了 2.92%~27.01%。

表 10 吊水罗非鱼肌肉基本营养成分

检测指标	吊水前	吊水后	
	0 天	5 天	7 天
蛋白质 (g/100g)	22.93 \pm 0.85a	25.23 \pm 1.60b	22.57 \pm 0.74a
脂肪 (g/100g)	1.37 \pm 0.81a	1.33 \pm 0.64a	1.00 \pm 0.98a
水分 (g/100g)	72.57 \pm 2.75ab	68.67 \pm 2.51a	74.6 \pm 0.82b
灰分 (g/100g)	0.87 \pm 0.10a	1.02 \pm 0.14a	0.97 \pm 0.12a
钙 (mg/kg)	17.40 \pm 0.10a	21.87 \pm 0.71b	18.10 \pm 1.23a
磷 (g/kg)	1.41 \pm 0.02a	1.66 \pm 0.02b	1.57 \pm 0.11b

注：同一指标数据后不同小写字母表示差异显著（ $p<0.05$ ）。

1.2.6.2 吊水罗非鱼肌肉呈味氨基酸和核苷酸含量的检测与分析

吊水罗非鱼鱼肉中的呈味氨基酸主要有有呈鲜味的谷氨酸和天冬氨酸，呈甜味的甘氨酸、丝氨酸、苏氨酸和脯氨酸，呈苦/甜味的赖氨酸、亮氨酸、异亮氨酸、酪氨酸、胱氨酸、精氨酸、组氨酸、缬氨酸、苯丙氨酸和蛋氨酸等。呈味核苷酸以肌苷酸 IMP 为主。

如表 11 所示，吊水前后吊水罗非鱼肌肉氨基酸总量、呈味氨基酸等含量呈先显著性升高后下降的趋势，吊水 7 天的肌肉氨基酸总量、呈味氨基酸等含量与吊水前（0 天）均不存在显著性差异（ $P>0.05$ ），而吊水罗非鱼肌肉中肌苷酸 IMP 含量呈下降趋势、腺苷酸 AMP 含量呈上升趋势，但吊水前后均不存在显著性差异（ $P>0.05$ ）。

测试结果说明了适宜的吊水方式和条件可提高吊水罗非鱼肌肉呈味氨基酸水平，有效提升了吊水罗非鱼的滋味。

表 11 吊水罗非鱼肌肉呈味氨基酸和核苷酸含量

指标	吊水前	吊水后	
	0 天	5 天	7 天
TAA 氨基酸总量 (g/100g)	18.76±0.98a	24.51±1.4b	19.37±2.38a
FAA 呈味氨基酸 (g/100g)	16.49±0.85a	21.43±1.07b	16.75±2.01a
UAA 鲜味氨基酸 (g/100g)	3.73±0.2a	4.54±0.4b	3.61±0.49a
SAA 甜味氨基酸 (g/100g)	3.42±0.19a	4.69±0.88b	3.07±0.43a
BAA 苦/甜味氨基酸 (g/100g)	9.34±0.48a	12.21±1.19b	10.07±1.26a
OAA 非呈味氨基酸 (g/100g)	2.27±0.13a	3.08±0.45b	2.62±0.38a
肌苷酸 IMP (mg/100g)	190.93±4.38a	184.55±24.56a	169.46±21.63a
腺苷酸 AMP (mg/100g)	0.81±0.36a	0.93±0.53a	0.98±0.10a
呈味核苷酸 (IMP+AMP) (mg/100g)	191.74±4.62a	185.48±25.09a	170.44±21.58a

注：同一指标数据后不同小写字母表示差异显著 ($p<0.05$)。

1.2.6.3 吊水罗非鱼肌肉饱和脂肪酸和不饱和脂肪酸含量的检测与分析

如表 12 所示，吊水前后吊水罗非鱼肌肉饱和脂肪酸和不饱和脂肪酸等各指标含量均无显著性差异 ($P>0.05$)，说明饥饿吊水净化处理并没有降低吊水罗非鱼的肌肉脂肪酸营养水平。

表 12 吊水罗非鱼肌肉中饱和脂肪酸和不饱和脂肪酸

指标	吊水前	吊水后	
	0 天	5 天	7 天
饱和脂肪酸 SFA/%	34.085±0.842a	36.64±0.92a	37.26±3.97a
单不饱和脂肪酸 MUFA/%	31.828±2.85a	31.15±1.07a	29.39±0.8a
多不饱和脂肪酸 PUFA/%	31.018±3.077a	30.64±0.8a	33.54±0.83a
不饱和脂肪酸 UFA/%	62.846±2.184a	61.79±0.79a	62.93±0.68a

注：同一指标数据后不同小写字母表示差异显著 ($p<0.05$)。

以上结果表明，吊水净化处理并不会造成吊水罗非鱼鱼肉营养的过渡消耗，能有效保持其丰富的营养成分；吊水净化处理能有效改善鱼肉的质构特性，显著性提高了吊水罗非鱼肌肉硬度、胶着性和咀嚼性，分别提升了 55%~60%、30%~40%、35%~44% ($p<0.05$)，提升了吊水罗非鱼肌肉弹性 1.36%~2.38% ($p>0.05$)；降低脂肪含量 2.92%~27.01% ($p>0.05$)；吊水净化显著降低了吊水罗非鱼土臭

素和 2-甲基异莰醇残留量，去除率分别达到 62%和 63% ($p<0.05$)，其残留量远低于人类感官阈值。

综上所述，吊水净化能够有效提升吊水罗非鱼鱼肉品质和安全水平，肉质更加紧实，进一步提升了鱼肉食用口感品质。

2. 吊水罗非鱼实验室验证试验

2026 年 4 月 14 日~4 月 23 日，以朴朴提供的漳州水库养殖的罗非鱼为试验材料，在福建省淡水水产研究所水族实验室开展换水率的吊水罗非鱼试验比较。

2.1 材料和方法

试验罗非鱼平均规格 (805.82 ± 31.26) g/尾，吊水圆形养殖桶直径 1.08 m，吊水水位 50 cm，水体体积 0.458 m^3 ，试验用水为暴气后的自来水，试验期间水温 $24^{\circ}\text{C}\sim 26^{\circ}\text{C}$ 。在吊水圆形养殖桶底部配置了三个双管造流泵，浮标法测试吊水养殖桶环状水流流速约 $40\sim 50\text{ cm/s}$ ，能够持续保持吊水罗非鱼处于逆流的流动姿态，试验日换水率为 50%和 200%。

试验初始放养密度均为 61.58 kg/m^3 (鱼水比约 1 : 16),A 桶换水量为 50%/d, 每天定时换水 1 次; B 桶换水量为 200%/d, 每天早中晚定时换水 3 次, 每次换水 2/3。试验期间水体溶解氧达到 7 mg/L 以上。

试验罗非鱼在运抵实验室后稳定过渡 12 h 左右，按照恩诺沙星预浸泡污染试验估算的浸泡污染浓度 $200\text{ }\mu\text{g/L}$ 水体进行试验罗非鱼恩诺沙星残留污染 24 h 后进行吊水净化试验。

2.2 结果与分析

2.2.1 吊水净化对吊水罗非鱼体质量和脏体比的影响

吊水罗非鱼体质量和脏体比测试结果如表 6-2 所示。

测试结果显示，在吊水净化过程中，吊水罗非鱼体质量和脏体比均呈下降趋势，但不存在显著性差异 ($P>0.05$)。B 组 (200%换水率) 吊水罗非鱼平均体重在吊水 3 天-7 天下降了 15%左右，达到本团体标准设定的临界值，与吊水罗非鱼实际生产中收集到的瘦身率基本吻合。而 A 组 (50%换水率) 吊水罗非鱼平均体重在吊水 3 天仅下降 0.59%，在吊水 5 天平均体重下降了 18.67%，吊水 7 天达到最大值下降 22.1%，均明显高于 B 组 (200%换水率)。这可能与 A 组 (50%换水率) 换水率低导致水体氨氮和亚硝酸盐积累有关，吊水过程中检测到 A 组

氨氮达到 3~5 mg/L、亚硝酸盐 1.0~1.2 mg/L，明显高于 B 组（200%换水率），可能是造成了 A 组（50%换水率）吊水罗非鱼应急性体重下降超过 B 组（200%换水率）的主要因素。

表 6-2 吊水罗非鱼体质量和脏体比

换水率 /%	吊水时间 /天	平均体重 (g)	平均内脏重 (g)	平均脏体比 /%	与吊水前相比的变化幅度/%		
					体重	内脏重	脏体比
A 组 50%	0	805.82±31.26ab	53.38±5.55c	6.61±0.44c			
	3	801.07±85.41b	53.22±4.72c	6.66±0.41c	-0.59	-0.3	0.76
	5	655.41±93.94ab	44.61±15.33abc	6.70±1.36c	-18.67	-16.43	1.36
	7	627.7±62.82a	34.87±4.28ab	5.56±0.44abc	-22.1	-34.68	-15.89
	10	679.55±91.51ab	42.00±9.57abc	6.13±0.58bc	-15.67	-21.32	-7.26
	14	721.57±59.96ab	43.85±5.56abc	6.08±0.66bc	-10.46	-17.85	-8.02
	20	683.07±47.28ab	33.43±2.86a	4.9±0.43a	-15.23	-37.37	-25.87
B 组 200%	0	805.82±31.26b	53.38±5.55c	6.61±0.44c			
	3	681.10±76.50ab	40.70±6.49ab	5.96±0.4ab	-15.48	-23.75	-9.83
	5	683.08±104.43ab	36.21±4.52ab	5.33±0.44ab	-15.23	-32.17	-19.36
	7	685.35±35.25ab	40.40±0.69abc	5.91±0.41abc	-14.95	-24.32	-10.59
	10	644.24±78.92a	33.87±3.04a	5.28±0.33ab	-20.05	-36.55	-20.12
	14	671.94±95.51ab	39.40±6.42ab	5.85±0.31abc	-16.61	-26.19	-11.5
	20	692.80±85.50ab	34.16±6.77a	4.92±0.63a	-14.03	-36.01	-25.57

注：同一指标数据后相同字母表示差异不显著（ $p>0.05$ ），不同字母表示差异显著（ $p<0.05$ ）。

2.2.2 不同换水率的吊水罗非鱼肌肉质构指标的测试与分析

吊水罗非鱼质构指标测试结果如表 6-3、表 6-4、表 6-5 所示。

测试结果显示，在吊水试验开始时，漳州水库来源的罗非鱼（吊水 0 天）肌肉平均硬度（689.79 g）略低于本团体标准设定的限定指标（700 g），其中有三分之一比例肌肉硬度低于团体标准规定。

吊水后，B 组（200%换水率）肌肉硬度在吊水 3 天最高，之后下降，与吊水 0 天相比，吊水 5 天和 7 天的肌肉硬度分布的离散度明显缩小，所有检测个体的肌肉硬度均在本团体标准规定之上，符合本团体标准的品质评价要求。而 A 组（50%换水率）肌肉硬度在吊水过程呈现波动性上升趋势，与吊水 0 天相比，吊水 3 天、5 天和 7 天的肌肉硬度分布的离散度明显增大，均存在三分之一比例肌肉硬度低于本团体标准规定，在吊水 14 天仍检测到肌肉硬度低于标准限定值的样本（680.75 g），未能达到稳定的状态。

在肌肉弹性方面，吊水 3 天均恢复到原料鱼水平，之后均呈下降趋势，A 组（50%换水率）吊水 7 天的肌肉弹性显著性下降（ $P<0.05$ ），而 B 组（200%换水率）各吊水时间点肌肉弹性差异不显著（ $p>0.05$ ），肌肉弹性分布的离散度明显低于 A 组（50%换水率），说明了 B 组（200%换水率）的吊水条件符合相关要求。

在肌肉胶着性和咀嚼性方面，各试验组均在吊水后呈现波动隆上升趋势，但在吊水过程中均不存在显著性差异（ $P>0.05$ ）。

综上所述，在肌肉质构特性方面，水库养殖的罗非鱼具有明显的优势，其肌肉质构指标弹显著高于池塘养殖的罗非鱼，也显著高于团体标准吊水罗非鱼出塘的品质评价（硬度）要求。因此，以水库养殖的罗非鱼作为吊水原料鱼，采用的吊水净化条件应能维持吊水罗非鱼肌肉质构特性不出现显著性变化，净化处理后鱼肉的硬度能满足团体标准的要求。

表 6-3 不同换水率的吊水罗非鱼肌肉质构指标

换水率/%	吊水时间/天	硬度 /g	内聚性	弹性 /mm	胶着性 /g	咀嚼性 /mJ
A 组 50%	0	689.79±136.22a	0.58±0.03b	2.98±0.03cd	392.47±73.87a	11.39±2.16a
	3	859.83±273.92ab	0.57±0.01b	3.01±0.11cd	482.54±158.73abc	14.41±5.36a
	5	1031.83±522.65abc	0.51±0.12ab	2.88±0.08abc	471.33±134.92abc	13.34±4.10a
	7	826.73±260.19ab	0.53±0.03ab	2.77±0.21a	430.04±109.00ab	11.91±3.48a
	10	1154.25±184.86abc	0.52±0.05ab	2.99±0.06cd	609.63±57.04abcd	17.81±1.92ab
	14	856.25±152.30ab	0.57±0.03b	3.00±0.05cd	476.23±110.02abc	14.13±3.55a
	20	1513.96±428.05c	0.47±0.06a	3.08±0.04d	753.13±188.73d	23.49±6.72b
B 组 200%	0	689.79±136.22a	0.58±0.03b	2.98±0.03cd	392.47±73.87a	11.39±2.16a
	3	1266.46±329.89bc	0.52±0.05ab	3.01±0.04cd	612.85±114.84abcd	18.12±3.42ab
	5	1017.33±180.57abc	0.50±0.02ab	2.85±0.08abc	511.29±104.54abc	14.78±3.48a
	7	961.42±160.11ab	0.55±0.02ab	2.96±0.06bcd	528.76±43.24abcd	15.08±1.49a
	10	1106.63±194.61abc	0.52±0.03ab	2.92±0.11abcd	523.56±133.38abc	15.06±4.25a
	14	1232.50±288.00bc	0.54±0.04ab	2.80±0.08ab	666.57±173.59cd	18.33±5.25ab
	20	1199.04±143.53abc	0.55±0.03ab	2.86±0.07abc	653.74±30.68bcd	18.24±0.51ab

注：同一指标数据后相同字母表示差异不显著（ $p>0.05$ ），不同字母表示差异显著（ $p<0.05$ ）。

表 6-4 不同吊水时间吊水罗非鱼肌肉质构指标变化幅度

换水率%	吊水时间/天	相比吊水前不同吊水时间的各指标变化幅度%				
		硬度	内聚性	弹性	胶着性	咀嚼性
A 组 50%	0					
	3	24.65	-1.59	1.26	22.95	26.58
	5	49.59	-11.01	-3.22	20.1	17.14
	7	19.85	-8.52	-7.08	9.57	4.64
	10	67.33	-9.13	0.48	55.33	56.46
	14	24.13	-0.58	0.78	21.34	24.09
	20	119.48	-18.12	3.39	91.9	106.35
B 组 200%	0				0	
	3	83.6	-10.14	1.12	56.15	59.12
	5	47.48	-13.48	-4.12	30.28	29.79
	7	39.38	-4.64	-0.59	34.73	32.43
	10	60.43	-9.28	-2.07	33.4	32.29
	14	78.68	-5.65	-5.85	69.84	60.97
	20	73.83	-4.93	-4.03	66.57	60.19

注：正数表示升高；负数表示降低。

表 6-5 不同吊水时间吊水罗非鱼肌肉质构各指标的离散度

换水率%	吊水时间/天	离散度%				
		硬度	内聚性	弹性	胶着性	咀嚼性
A 组 50%	0	19.75	4.70	1.05	18.82	19.01
	3	31.86	1.67	3.80	32.90	37.20
	5	50.65	23.17	2.95	28.63	30.73
	7	31.47	6.19	7.44	25.35	29.22
	10	16.02	9.94	1.84	9.36	10.79
	14	17.79	5.07	1.73	23.10	25.10
	20	28.27	11.97	1.21	25.06	28.61
B 组 200%	0	19.75	4.70	1.05	18.82	19.01
	3	26.05	9.36	1.20	18.74	18.87
	5	17.75	4.02	2.64	20.45	23.55
	7	16.65	4.50	2.11	8.18	9.86
	10	17.59	5.80	3.67	25.47	28.21
	14	23.37	6.45	2.99	26.04	28.67
	20	11.97	6.24	2.28	4.69	2.80

注：离散度%=标准偏差/平均值*100%。

2.2.3 吊水罗非鱼药物残留的消除效果测试与分析

以平均恩诺沙星总残留量 (69.8±4.2) μg/kg 的罗非鱼为研究对象，测试了吊水罗非鱼药物残留的消除效果。测试结果如表 6-5 所示，吊水净化处理均能有效消除恩诺沙星残留，吊水 3 天，鱼肉中恩诺沙星残留量去除率均达到 60%以上，吊水 5 天，去除率均达到 70%以上，吊水 5 天，去除率均达到 80%以上。50%换水率试验组鱼肉恩诺沙星残留量去除效果优于 200%换水率试验组，这应与 50%换水率试验组吊水罗非鱼体重下降幅度大于 200%换水率试验组有一定的关系。

表 6-5 吊水罗非鱼恩诺沙星残留的消除效果

换水率	吊水时间/ 天	残留量 (μg/kg)			去除率/%		
		恩诺沙星	环丙沙星	合计	恩诺	环丙	合计
50%	0	67.5±3.9	2.3±0.4	69.8±4.2			
	3	22.4±2.3	未检出	22.4±2.3	-66.80	-100	-67.91
	5	13.3±2.4	未检出	13.3±2.4	-80.24		-80.90
	7	8.3±0.5	未检出	8.3±0.5	-87.71		-88.12
200%	0	67.5±3.9	2.3±0.4	69.8±4.2			
	3	25.8±6	0.6±1.1	26.4±6.9	-61.81	-74.02	-62.22
	5	19.1±1	未检出	19.1±1	-71.64	-100	-72.59
	7	11.8±2.7	未检出	11.8±2.7	-82.57		-83.15

2.2.4 不同换水率吊水罗非鱼鱼肉粗脂肪含量的变化

试验测试了 50%和 200%换水率的吊水净化条件下不同吊水时间吊水罗非鱼鱼肉粗脂肪的含量，测试结果详见表 6-6。

测试结果显示，50%和 200%换水率的吊水罗非鱼鱼肉粗脂肪含量均呈现波动下降的趋势，但吊水前后各测试试验组鱼肉粗脂肪含量均无显著性差异

($p>0.05$)，50%和 200%换水率的吊水罗非鱼鱼肉粗脂肪含量在吊水后分别下降了 11.61%和 5.16%。在相同的水流速度下，50%换水率吊水试验组鱼肉粗脂肪含量下降幅度大于 200%换水率吊水试验组，这应与 50%换水率吊水试验组的换水率低导致的水体氨氮和亚硝酸盐积累（氨氮达到 3~5 mg/L、亚硝酸盐 1.0~1.2 mg/L）有关，由于水质超标，鱼体处于应激状态，其吊水过程中体重下降幅度较大（18%~22%），也是导致其鱼肉粗脂肪含量下降幅度大于 200%换水率吊水试验组的主要因素，但 50%换水率吊水试验组与 200%换水率吊水试验组的鱼肉粗脂肪的含量没有显著性差异 ($p>0.05$)。

表 6-6 不同吊水时间吊水罗非鱼鱼肉粗脂肪的含量

换水率	吊水时间	平均脂肪含量/%	变化幅度/%
0% (静水 1 天)	给药前	1.55±0.39a	
50%	吊水 0 天	1.41±0.1a	-9.03
	吊水 3 天	1.69±0.26a	9.03
	吊水 5 天	1.37±0.15a	-11.61
	吊水 7 天	1.37±0.24a	-11.61
200%	吊水 0 天	1.41±0.1a	-9.03
	吊水 3 天	1.4±0.19a	-9.68
	吊水 5 天	1.6±0.28a	3.23
	吊水 7 天	1.47±0.16a	-5.16

注：数据后相同字母表示差异不显著 ($p>0.05$)，不同字母表示差异显著 ($p<0.05$)。

2.2.5 吊水过程土腥味物质检测与分析

50%换水率和 200%换水率吊水罗非鱼试验组在吊水过程中土腥味物质含量变化的检测结果如表 6-7 所示。

吊水前罗非鱼鱼肉土腥味物质土臭素和 2-甲基异莰醇含量均未检出。但 50%换水率吊水试验组在吊水 7 天时有检测到鱼肉土臭素含量超出检测定量限的样本 (0.10 $\mu\text{g}/\text{kg}$)，而 200%换水率吊水试验组在整个吊水过程中的抽样检测鱼肉土腥味物质土臭素和 2-甲基异莰醇均为未检出。这可能与 50%换水率吊水试验组换水量不足引起水质超标有关。

表 6-7 不同换水率吊水过程鱼肉土腥味物质含量变化

换水率	吊水时间	土臭素 $\mu\text{g}/\text{kg}$	2-甲基异莰醇 $\mu\text{g}/\text{kg}$
50%	给药前	未检出	未检出
	吊水 0 天	未检出	未检出
	吊水 3 天	未检出	未检出
	吊水 5 天	未检出	未检出
	吊水 7 天	0.10	未检出
200%	吊水 0 天	未检出	未检出
	吊水 3 天	未检出	未检出
	吊水 5 天	未检出	未检出
	吊水 7 天	未检出	未检出

注：未检出均为检测标准方法的定量限以下（土臭素 $<0.08 \mu\text{g}/\text{kg}$ 、2-甲基异莰醇 $<0.1 \mu\text{g}/\text{kg}$ ）。

综上所述，从吊水瘦身损耗、肌肉质构指标、土腥味物质和恩诺沙星药物残留消除、水质指标等吊水罗非鱼的测试结果综合分析，以 200%换水率，适宜的水流速度为 0.3 m/s~0.5 m/s，水流速度应持续供给，达到能维持鱼体逆流游动姿态的吊水净化条件较为适合，较为合理，也符合吊水罗非鱼生产实际。其吊水瘦身率、肌肉硬度、恩诺沙星药物残留去除率均能达到吊水罗非鱼提升鱼肉品质的效果，在吊水 3 天~7 天，吊水瘦身率达到 15%左右，肌肉硬度分别显著上升了 83.6%~39.38%，恩诺沙星药物残留总量显著下降了 73%~83%。

（二）技术经济论证

本标准结合吊水罗非鱼养殖生产的过程管理、品质标准等技术指标和参数等制定，适用于吊水罗非鱼养殖企业的生产操作，可作为判定其是否按照程序生产的依据；可为电商直供、深加工产品开发、出口备案基地等场景提供技术依据。在技术指标的确定时，既考虑了最新的技术发展水平，也考虑了生产上的可行性和经济上的合理性，符合目前吊水罗非鱼生产的实际情况，具有较强的可操作性，便于生产单位使用。本标准的实施，解决了吊水罗非鱼长期以来面临的主观性与

经验依赖的局限性，实现了吊水罗非鱼科学化、标准化，形成了“技术精度-市场价值”的双向赋能机制。虽然本标准的实施在某些情况下会对部分企业带来一定的额外成本负担，但客观而言，这些要求是确保质量安全的必须基础，是吊水罗非鱼生产过程中至关重要的环节，有助于提高吊水罗非鱼产品的质量安全水平，对于吊水罗非鱼整体可持续发展是有益的要求，符合可持续健康发展的理念。

（三）预期经济效果

本标准制定的可为吊水罗非鱼团体企业和相关单位的吊水罗非鱼生产操作流程和吊水罗非鱼的品质和质量安全标准提供依据，为规范市场秩序、提升产品质量提供关键技术支撑，全面提高罗非鱼吊水净化技术，实现标准化、规模化生产。同时标准化的生产模式将促进产学研深度融合，培养新型职业农民，为乡村振兴提供人才支撑，进一步促进产业升级，具有显著的经济效益和社会效益。

标准化的吊水罗非鱼技术规范为高品质罗非鱼构建了完善的价值实现机制。一方面为生产者提供了明确的质量提升方向，有效拓展市场空间；另一方面为消费者创造了透明的选购依据，促进供需高效对接，不仅能够激发优质产品的市场溢价能力，实现差异化竞争，更能推动全产业链向标准化、品牌化方向发展。标准的确立，也通过标准倒逼机制促进了产业整体升级，形成良性的市场竞争格局，提升高品质罗非鱼的市场占有率和溢价空间。

五、 标准涉及的相关知识产权说明

无。

六、 与现有相关法律法规及相关标准的协调性

本标准的编制依据是国家现行的法律、法规和国家、行业标准。本标准严格遵循国家颁布的相关法律法规和强制性标准的有关规定，并与这些文件中的规定相一致。所以，本标准与现行法律法规和强制性标准不矛盾、不重复，是相互补充、相互支撑的协调关系。

七、 重大意见分歧的处理经过和依据

本标准编制中无重大分歧意见。在征求到的意见中，本标准不采纳部分意见主要为在现实情况下难以执行、或存在争议、或不尽合理的建议，暂且未予采纳或暂时搁置。

八、贯彻标准的要求和措施建议（包括组织措施、技术措施、过渡办法等内容）

本标准的制定旨在规范吊水罗非鱼的养殖生产操作及管理，进一步规范吊水过程的操作行为，为吊水罗非鱼养殖生产的全过程质量控制提供了科学、系统的技术规范，提升产品品质和附加值。建议在吊水罗非鱼养殖生产过程中作为指导性要求实施应用，各地在标准应用时出现的问题应及时反馈，以便修订时予以考虑采纳。

九、其他应予以说明的事项

无

《T/FAPPMA XXX—2026 吊水罗非鱼吊养技术规范》团体标准起草工作小组
2026年4月