

T/HW

团 体 标 准

T/HWxxxx-202x

餐厨垃圾生产的虫源蛋白饲料化技术标准

Technical Standard for Feed Utilization of Insect-Based Protein Derived from Food Waste

(征求意见稿)

2025 年 XX 月 XX 日 发布

2025 年 XX 月 XX 日 实施

中国城市环境卫生协会 发布

前　　言

根据中国城市环境卫生协会标准化技术委员会《2022-2023年中国城市环境卫生协会团体标准制修订计划（第七批）》（中环标[2023]32号）的要求，《餐厨垃圾生产的虫源蛋白饲料化技术标准》编制课题组经广泛调查研究，认真总结实践经验，参考有关标准规范，并在广泛征求意见的基础上，制定了本标准。

本标准的主要技术内容包括：1. 总则；2. 术语和定义；3. 基本规定；4. 原料制备要求；5. 基于餐厨垃圾昆虫饲养技术；6. 微小动物饲料前处理与配方设计；7. 微小动物虫源蛋白深加工工艺；8. 技术指标；9. 成品饲料的后处理、包装、贮存与运输；10. 安全生产和环境保护技术；

主编单位：北京工商大学、鲁控环保科技有限公司

参编单位：扬州正泰永环保科技有限公司、北京朝阳环境集团有限公司、北京三态环境科技有限公司、鲁控环保（苏州）有限公司。

目次

| | |
|---------------------------------|----|
| 前 言 | 1 |
| 目次 | 2 |
| 1 总则 | 3 |
| 2 术语和定义 | 4 |
| 3 基本规定 | 5 |
| 4 微小动物饲料原料收集要求 | 6 |
| 5 微小动物饲料前处理与配方设计 | 6 |
| 6 微小动物虫源蛋白深加工工艺 | 7 |
| 6.1 微小动物挤压成型技术做水产饲料 | 7 |
| 6.2 微小动物发酵工艺做水产饲料 | 8 |
| 6.3 微小动物微波干燥技术制备水产饲料 | 9 |
| 6.4 微小动物膨化处理技术制备水产饲料 | 10 |
| 6.5 微小动物发酵联合喷雾干燥技术制备水产饲料 | 11 |
| 6.6 微小动物生物活性添加剂结合技术制备水产饲料 | 12 |
| 6.7 微小动物冷冻干燥技术制备水产饲料 | 12 |
| 7 技术指标 | 13 |
| 8 成品饲料的后处理、包装、贮存与运输 | 14 |
| 9 安全生产和环境保护技术 | 15 |
| 本标准用词说明 | 15 |
| 规范性引用文件 | 17 |

1 总则

本标准适用于以餐厨垃圾为原料,通过黑水虻(*Hermetia illucens L.*)、蝇蛆(*Musca domestica*)、美洲大蠊(*Periplaneta americana*)等微小动物进行生物转化的虫源蛋白,并进行提取、加工、配制成水产饲料产品。

【条文说明】1.1 本条明确了标准的适用范围和核心目标,重点关注从餐厨垃圾资源化利用到饲料产品制备的全过程。相比传统填埋、焚烧方式,本技术采用生物转化路径,利用黑水虻、蝇蛆和美洲大蠊等微小动物高效转化餐厨垃圾中的有机物,形成高蛋白虫源饲料,实现从废弃物管理向资源化利用的升级。本技术体系构建“餐厨垃圾—虫源蛋白—水产饲料”的闭环模式,提高蛋白质回收率,减少对鱼粉等有限资源的依赖,同时引入标准化加工和品控流程,确保饲料产品的安全性和营养价值。通过本导则的实施,可进一步优化餐厨垃圾处理模式,提高资源化利用率,推动水产养殖行业的绿色可持续发展。本技术要求适用于通过黑水虻、蝇蛆、美洲大蠊等微小动物规模化处理餐厨垃圾,实现资源化利用的项目,餐厨垃圾处理规模宜大于10 t/d。在实施过程中,项目应符合本标准的技术要求,并遵守国家现行相关标准和规定。该规模设定是基于当前技术成熟度、经济效益、成本控制、环境效益及社会影响等多方面的综合考量,旨在确保项目的技术可行性、经济合理性及环境友好性,推动餐厨垃圾处理行业的可持续发展。

【条文说明】1.2 黑水虻、蝇蛆、美洲大蠊处理餐厨垃圾并进行工业化生产的过程中,除应符合本标准的要求外,还应遵守国家现行相关标准和规定。这些标准和规定包括但不限于《餐厨垃圾湿式厌氧处理技术标准》(T/HW 00070-2024)、《餐厨垃圾废水处理工程技术规程》、《餐厨垃圾处理厂工程技术规程》、《乡镇餐厨垃圾预处理技术规程》(T/HW 00030-2021)、《社区餐厨垃圾收集处理现场异味控制技术标准》、《黑水虻处理餐厨垃圾技术规范》(DB44/T 2377-2023)、《蝇蛆处理餐厨垃圾技术要求》、《美洲大蠊处理餐厨垃圾技术要求》。这些标准涵盖了餐厨垃圾处理的多个环节,确保整个处理过程的合规性和产品的市场认可度。

2 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

2.1 餐厨垃圾（Food waste） 主要包括以下三类：一是居民家庭日常生活过程中产生的菜帮、菜叶、瓜果皮壳、剩菜剩饭、废弃食物等餐厨垃圾；二是相关企业和公共机构在食品加工、饮食服务、单位供餐等活动中，产生的食物残渣、食品加工废料和废弃食用油脂等餐厨垃圾；三是农贸市场、农产品批发市场产生的蔬菜瓜果垃圾、腐肉、肉碎骨、水产品和畜禽内脏等。

2.2 黑水虻（*Hermetia illucens L.*） 属于昆虫纲、双翅目、虻科，是一种广泛用于处理餐厨垃圾和制备饲料的昆虫。黑水虻幼虫富含蛋白质和脂肪，具有较高的营养价值。

2.3 蝇蛆（*Musca domestica*） 属于昆虫纲、双翅目、环裂亚目、蝇科，是中国大部分地区最常见、数量最多的一种蝇类动物。蝇蛆具有较强的生物降解能力，适用于餐厨垃圾处理。

2.4 美洲大蠊（*Periplaneta americana*） 属于节肢动物门、昆虫纲、蜚蠊目、蜚蠊科、大蠊属，是蜚蠊科中体积最大的昆虫。在南方地区为室内优势品种，通常栖息于阴暗潮湿的环境，善于爬行，飞行能力较差。美洲大蠊食性广泛，能够有效分解餐厨垃圾，因此在垃圾处理和饲料生产中具有重要的应用价值。

2.5 预处理（Pre-treatment）：为了使餐厨垃圾类别和特性适合后续处理单元，对其进行的预处理过程。

2.6 生物处理（Biological treatment）：利用微小动物虫体消化代谢降解转化有机物的处理方式。

2.7 水产饲料（Aquatic feed）：用于饲养水生动物（如鱼类、虾类、蟹类、贝类等）的饲料，通常包含蛋白质、脂肪、碳水化合物、维生素和矿物质等营养成分，以满足水生动物的生长和发育需求。

2.8 微小动物（Micro-animals）：指用于处理餐厨垃圾并生产水产饲料的昆虫和环节动物，如黑水虻、蝇蛆、美洲大蠊等。

2.9 饲料原料（Feed raw materials）：用于生产饲料的各种原料，包括但不限于餐厨垃圾处理后的微小动物虫体、虫粪等。

2.10 挤压成型（Extrusion molding）：通过机械挤压的方式将饲料原料加工成特定形状和大小的饲料颗粒的过程。

2.11 发酵（Fermentation）：利用微生物的代谢作用，将有机物质转化为有用产物的过程。在本标准中，指利用微生物发酵餐厨垃圾或微小动物虫体，以提高饲料的营养价值和适口性。

2.12 酶解（Enzymatic hydrolysis）：利用酶的催化作用，将大分子有机物质分解为小分子物质的过程。在本标准中，指利用酶解技术处理微小动物虫体，以提高饲料的消化率和吸收率。

3 基本规定

3.1 项目应符合城市总体规划、土地利用总体规划、环境卫生专项规划以及国家现行有关标准。

3.2 选址场地应符合市政规划要求，场址有发展余地，有必要的环境容量。场址应具备满足工程建设的地质条件和水文条件，应具备良好的交通、电力、给水和排水条件。不应在地震断裂层、滑坡、泥石流、沼泽、流沙及采矿陷落区等地区。不宜选在重点文物保护的文化遗址、风景区以及夏季主导风的上风向、生态保护红线区域或其他环境敏感区。

3.3 厂区布局应根据餐厨垃圾资源化处理和虫源蛋白饲料生产工艺流程合理规划，主要划分为以下功能区域：

1) 餐厨垃圾预处理区：对餐厨垃圾进行接收、分拣、粉碎及初步处理；

2) 孵化区：用于黑水虻、蝇蛆、美洲大蠊等种源繁育与孵化；

3) 养殖区：用于黑水虻、蝇蛆、美洲大蠊等微小动物的规模化养殖；

4) 分离及后处理区：用于幼虫的分离、干燥及虫源蛋白饲料原料的生产；

5) 辅助设施区：包括储存、废水处理、异味控制及设备维护等配套设施。

6) 项目应具备完善的环境保护措施，包括但不限于废水处理、废气处理、废渣处理和噪声控制，确保生产过程符合环保要求。应定期进行环境监测，确保各项排放指标达标。

【条文说明】3.3 合理的厂区布局有助于提高生产效率、降低运营成本、保障生产安全和环境保护。

3.4 应建立严格的质量控制体系，确保产品质量符合国家和行业的相关标准。所有工艺、设备和原料的使用应符合当前相关的卫生和安全标准。定期开展质量检测，并对质量数据进行记录与分析，发现问题时采取及时的纠正措施，确保产品质量稳定、一致。

3.5 应具备完善的安全生产管理体系，包括安全操作规程、应急预案和员工培训计划，确保生产过程的安全性。应定期进行安全检查和演练，提高员工的安全意识和应急处理能力。

3.6 应考虑资源的循环利用，如废水回用、废渣综合利用等，提高资源利用效率，减少对环境的影响。应定期评估资源利用情况，不断优化资源管理措施。

3.7 应具备良好的社会沟通机制，与周边社区保持良好的关系，及时回应社会关切，增强公众对项目的认可度和支持度。应定期组织社区沟通活动，收集和处理公众反馈意见。

4 微小动物饲料原料收集要求

4.1 收集的微小动物应在最佳收获阶段进行，使其营养成分达到最佳状态。虫体应经过清洁处理，去除表面杂质及其他污染物，符合饲料生产的卫生和安全要求。虫体收集后应进行适当的储存和运输，采取密闭措施防止污染。处理后的虫体需经过适当的筛分，去除不合格或损坏的虫体，确保其质量稳定。

4.2 严禁任何形式的杀虫剂、抗生素、致病菌物质等有毒有害物质混入初始原料。生产过程中应严格控制虫体内残留的有害成分，并使其符合国家和行业标准。

4.3 在微小动物加工过程中，应根据工艺要求进行适当的干燥与粉碎，以保证虫源蛋白质的稳定性和可利用性。干燥温度和时间应控制在避免蛋白质热变性的范围内。所有加工设备应符合相关卫生标准，并应定期清洁与维护，防止交叉污染。

4.4 微小动物收集与预处理

在微小动物饲料生产的初始阶段，及时收集微小动物虫体。黑水虻幼虫、蝇蛆、美洲大蠊成熟时间不同，需在最佳阶段进行收集，以确保饲料中的蛋白质和脂肪含量达到最大化。收集过程必须通过机械分离系统（如振动筛或旋转分离器）进行，确保虫体与残余物彻底分离，减少污染并避免机械损伤。

5 微小动物饲料前处理与配方设计

5.1 微小动物饲料生产前应进行预处理，包括清洗、灭菌、干燥、粉碎等步骤，确保原料符合饲料卫生标准（GB 13078-2017），不含致病菌、寄生虫和其他有害微生物。

5.2 虫体应使用清洁的水进行彻底冲洗，去除表面附着的杂质和污染物，确保其符合确保符合饲料生产的卫生和安全要求。清洗过程中应避免虫体受损。清洗后，虫体应及时排水，并进行后续的灭菌处理。

5.3 灭菌处理应根据虫体特性选择合适方式。黑水虻、蝇蛆等微小动物宜采用高温蒸汽灭菌，温度控制在 90°C 至 120°C，灭菌时间为 10 至 20 分钟；美洲大蠊等对高温敏感的虫体应采用 254nm 波长紫外线照射处理，照射时间不少于 15 分钟，以有效灭菌且不破坏营养活性成分。

5.4 不同种类微小动物的干燥方式应科学匹配。黑水虻和蝇蛆宜采用热风干燥技术，干燥温度应控制在 60°C 至 80°C，干燥时间为 6 至 8 小时，目标水分含量应控制在≤12%；美洲大蠊宜采用冷冻干燥方式，干燥温度应控制在≤-20°C，干燥时间不应少于 12 小时，最终水分含量应控制在≤10%，以保留虫体中的多糖、氨基酸等热敏性营养物质。

5.5 干燥后的虫体应采用机械设备进行粉碎处理。黑水虻与蝇蛆宜使用高速粉碎机，制成均匀细颗粒以利于水产动物消化吸收；美洲大蠊宜在粉碎前先软化外壳，粉碎后宜用于蟹类饲料。粉碎粒径应根据饲料用途调整，鱼类饲料颗粒直径宜为 0.5-1 毫米，虾类饲料颗粒宜为 0.2-0.5 毫米，蟹类和贝类饲料颗粒宜为 1.5-2 毫米。

5.6 饲料配方设计应依据水产动物的种类、摄食特性及生长阶段，确定蛋白质、脂肪、矿物质及微量元素的组成比例。鱼类饲料的主要蛋白来源宜为黑水虻粉与鱼粉，蛋白质含量应为 40%-45%，并补充一定脂肪提高能量密度；虾类饲料宜使用蝇蛆粉粉，蛋白质含量应为 45%-50%，并添加钙、锌等微量矿物质；蟹类饲料可采用美洲大蠊粉为主，蛋白质含量宜为 35%-40%，并保持钙磷比为 2:1；贝类饲料宜使用黑水虻粉与微藻粉结合，蛋白质含量为 30%-35%，适用于滤食性摄食需求。

5.7 饲料混合时应使用双轴螺旋混合机或高速混合机，确保饲料成分分布均匀。混合过程中应控制温度在≤40°C，以防止摩擦产生的过热影响饲料的营养成分。若需要添加水分，湿度应控制在≤15%，并应在混合后立即进行干燥处理。

5.8 在水产饲料生产中，添加剂应根据水产动物的生长需求适量添加功能性成分，以提高饲料的性能。抗氧化剂宜采用维生素 E、维生素 C 等，符合《饲料和饲料添加剂管理条例》及相关国家标准要求。益生菌（如乳酸菌、酵母菌）应根据水产动物的消化需求添加，以增强消化能力并提高饲料的利用率。矿物质（如钙、磷、锌）和维生素应按《水产饲料标准》中的要求添加，特别是在蟹类和虾类的饲料配方中，确保水产动物的正常生长发育。

在使用添加剂时，必须严格遵循相关标准，确保其安全性、有效性，并防止过量使用，避免对水产动物健康产生不利影响。

6 微小动物虫源蛋白深加工工艺

6.1 微小动物挤压成型技术做水产饲料

6.1.1 在原材料预处理阶段，原料应进行适当粉碎处理，以确保饲料混合均匀并提高适口性。混合时间应控制在 5-10 分钟，以确保饲料成分均匀分布，减少营养偏差。

6.1.2 在水产饲料挤压成型阶段，鱼类、虾类和蟹类饲料的加工温度、颗粒尺寸和加工压力应符合第 5 章中的相关要求。鱼类饲料应在 70-80°C 下加工，成品颗粒直径为 1-2 毫米，长度为 3-5 毫米；虾类饲料应在 75-85°C 下加工，成品颗粒直径不超过 0.5 毫米，长度为 1-3 毫米；

蟹类饲料应在 80-90°C 下加工，成品颗粒直径为 1-2 毫米，长度为 5 毫米。所有饲料的加工压力应控制在 20-30 MPa 之间。

6.1.3 在制粒处理阶段，制粒机转速应控制在 300-500 rpm，以保证颗粒的密度和硬度。在制粒处理阶段，鱼类饲料、虾类饲料和蟹类饲料的成型颗粒硬度应符合第 5 章中的要求。

6.1.4 冷却温度应控制在 20-25°C，冷却时间应为 10-15 分钟，以防止颗粒变形。干燥温度应控制在 40-50°C，干燥时间应为 20-30 分钟，以降低水分含量，最终含水量应≤10%。

6.1.5 粉碎机粉碎粒度应控制在 0.5-1.0 毫米，混合机混合时间应为 5-10 分钟，挤压机温度应在 70-90°C，压力应在 20-30 MPa，冷却设备冷却温度应为 20-25°C，冷却时间应为 10-15 分钟，干燥设备干燥温度应在 40-50°C，干燥时间应为 20-30 分钟，包装设备应采用密封包装，防止受潮和污染，延长保质期。

6.2 微小动物发酵工艺做水产饲料

6.2.1 在饲料发酵工艺中，温度宜控制在 33-38°C（贝类 30-35°C），并通过智能温控系统进行监控，防止温度过高或过低。湿度宜保持在 60%-75%，并严格监控，以避免腐败菌繁殖。pH 值宜维持在 6.5-7.5 之间，且每 24 小时检测一次并适时添加调节剂。发酵时间通常为 5-7 天（贝类 4-6 天），通过微生物活性检测判断成熟度。

6.2.2 在发酵饲料后处理工艺中，制浆宜确保颗粒均匀，以便于干燥和粉碎。干燥温度宜控制在 60-80°C，以保留营养成分并去除多余水分。粉碎后的最终颗粒大小应控制在≤2mm，以提高适口性。

6.2.3 发酵设备应根据发酵工艺的需求选择。密闭式发酵罐宜用于湿料发酵，特别适合微小动物虫粉发酵及结合餐厨垃圾制备高效饲料，适用于鱼类、虾类等水产饲料的发酵工艺。设备应具备精确的温控功能，确保发酵温度控制在 35-40°C，湿度控制在 60%-70% 之间，内置自动搅拌装置确保发酵均匀，内置 pH 传感器实时监测 pH 值（通常保持在 6.5-7.5）。固态发酵设备宜用于干料或半湿料的发酵，适合微小动物虫粉经过干燥处理后的发酵。设备应具备内置温控系统，确保发酵温度维持在 30-35°C，通气系统应结合强制通风或自然通风方式，湿度应保持在 55%-65% 之间。连续发酵罐宜用于大规模生产，适用于鱼类、虾类饲料的发酵制备。设备应具备自动温控和湿控功能，发酵温度宜控制在 30-40°C，湿度应保持在 65%-75% 之间。旋转发酵桶宜用于小规模或试验性发酵生产，特别适合较短发酵时间的虾类、贝类饲料。设备应具备缓慢旋转搅拌功能，以确保发酵物料均匀接触微生物，适合小型场地或实验室使用。

6.2.4 发酵设备选用宜根据生产规模进行选择。大规模生产应选择密闭式发酵罐或连续发酵罐，

中小型生产可选择固态发酵设备或旋转发酵桶。湿料发酵应优先采用密闭式发酵罐，干料发酵宜使用固态发酵设备。所有设备应具备自动清洁功能，以防止发酵残渣导致交叉污染。

6.2.5 发酵设备的技术指标应符合相关标准要求。温控精度宜为 $\pm 1^{\circ}\text{C}$ ，湿度调节精度宜为 $\pm 5\%$ ，pH监测范围应为4-9，搅拌速度应根据发酵原料调整，通常为5-10转/分钟。所有设备的监测和控制系统应符合《水产饲料生产技术规范》中的相关要求。

6.2.6 发酵设备的维护应在每批次发酵结束后进行全面清洁，避免残留物料污染下一批次生产。温度、湿度和pH传感器应定期校准，确保监测数据的准确性。搅拌装置、通气系统等关键部件应每月检查一次，以确保设备正常运行。

6.3 微小动物微波干燥技术制备水产饲料

6.3.1 微波干燥工艺流程应包括原料预处理。微小动物原料应在最佳成熟阶段收集，并进行机械分离，以确保蛋白质和脂肪含量最大化。分离后的微小动物应通过快速冲洗和紫外线灭菌去除表面污物和潜在病原体，以确保干燥后的饲料安全。

6.3.2 在微波干燥过程中，干燥温度应控制在50°C至70°C之间，功率应设定为2-6千瓦，并根据微小动物体积和水分含量调整干燥时间。干燥时间宜为5至20分钟，以确保水分含量降至10%-12%，并避免过度加热导致营养成分的损失。必要时，宜采用真空辅助微波干燥技术(VMWD)，进一步降低温度，减少热敏感营养成分的流失。

6.3.3 干燥后应立即进行粉碎处理。粉碎粒度应根据不同水产饲料的需求进行控制。鱼类饲料的粒径应控制在0.5至1毫米，虾类饲料的粒径应控制在0.2至0.5毫米，蟹类和贝类饲料应控制在1.5至2毫米。粉碎后的原料应通过筛分设备进行筛选，确保颗粒大小均匀，以提高饲料的适口性和摄食率。

6.3.4 在混合与成型阶段，微小动物虫粉应与其他饲料原料按配方比例进行充分混合。混合时间应控制在8至10分钟，确保各成分均匀分布。混合过程应在密闭设备中进行，以防止粉尘污染，确保饲料的卫生安全。混合后的原料应立即进入成型设备。

6.3.5 成型时，温度应控制在80°C以下，以避免高温损害饲料的营养成分。成型压力应控制在20至30 MPa之间，确保颗粒均匀且紧密，避免因过高压力导致颗粒碎裂。最终饲料应具有良好的外观和适口性，符合水产动物的摄食需求。

6.3.6 微波干燥设备应具备精确的温度控制功能，温控精度应为 $\pm 1^{\circ}\text{C}$ ，并具备功率调节功能，功率调节范围应为2至6千瓦，以适应不同原料的干燥需求。设备应配备真空辅助功能，以便在低温条件下干燥热敏性物质，最大限度地保留营养成分。设备的结构应支持均匀加热，

并具备有效的湿气排放系统。

6.3.7 粉碎机应具备粒径可调功能，粒度范围应为 0.2 至 2 毫米，以确保颗粒均匀，满足不同水产动物的摄食需求。筛分设备应具备筛网孔径可调功能，以适应不同颗粒大小的需求，确保颗粒的大小一致性，提升饲料的适口性和摄食率。

6.3.8 混合机应具有强力搅拌功能，确保饲料成分均匀混合。混合时间应控制在 8 至 10 分钟，并应采用密闭设计，防止粉尘污染，确保饲料卫生安全。混合后的原料应及时进入成型阶段。

6.3.9 成型设备应具备精确的温度控制功能，温度控制精度应为 $\pm 1^{\circ}\text{C}$ ，压力调节范围应为 20 至 30 MPa，能够根据水产动物的需求调整颗粒大小。设备应避免二次高温对营养成分的破坏，确保饲料颗粒的营养均衡性。

6.3.10 所有与原料接触的设备部件应采用符合食品级卫生要求的材料，易于清洁并能够防止交叉污染。设备应具备定期清洁和维护功能，确保饲料生产过程的安全性和卫生性。

6.3.11 微波干燥设备应符合国家电磁辐射安全标准，确保工作过程中的微波泄漏量符合相关法规要求。设备应经过严格的质量检测和认证，确保长期运行中的稳定性和可靠性。

6.4 微小动物膨化处理技术制备水产饲料

6.4.1 微小动物原料应在最佳成熟期收集，通过机械分离方式去除残余物料，确保原料卫生安全并稳定饲料营养基础。

6.4.2 干燥后的微小动物原料应粉碎至适合膨化处理的粒径，通常为 0.5 至 1 毫米，并与其他蛋白源、碳水化合物、油脂、矿物质、维生素等成分按配方比例充分混合，确保原料均匀一致并满足营养要求。

6.4.3 膨化处理过程中温度应控制在 90 至 150°C 之间，具体应根据原料特性选择适宜区间，以实现有效杀灭病原微生物、改善蛋白结构并增强饲料适口性和消化率。

6.4.4 挤压系统的压力应控制在 30 至 50 MPa，通过高压条件促进原料糊化和蛋白变性，同时提升膨化颗粒的成型强度和结构稳定性。

6.4.5 原料含水率应控制在 20% 至 30%，以便在膨化过程中水分迅速汽化并形成多孔结构，从而提升饲料的悬浮性与摄食效率。

6.4.6 膨化后饲料应迅速进行冷却处理，防止颗粒在高温下继续反应导致营养流失，随后进行低温干燥，干燥温度应控制在 40 至 60°C，最终水分含量应不高于 10%-12%，以保证产品储存稳定性。

6.4.7 成品颗粒应根据目标水产动物的摄食特点进行筛分，鱼类颗粒宜为 0.5 至 1 毫米，虾类

颗粒宜为 0.2 至 0.5 毫米，蟹类和贝类颗粒宜为 1.5 至 2 毫米，并应确保颗粒形态一致、无粉末粘附。

6.4.8 膨化饲料筛分后应立即包装，包装材料应具备防潮、避光功能，包装环境应干燥清洁，避免饲料吸湿霉变，延长储存周期。

6.4.9 膨化设备宜根据产能需求选择单螺杆或双螺杆膨化机，小规模或试验性生产宜采用单螺杆结构，大规模连续化生产宜采用双螺杆设备以提高加工效率和适应复杂配方。

6.4.10 膨化生产线应配套自动加料系统、冷却装置、干燥设备和筛分包装系统，实现连续作业、工艺闭环和参数可控，确保饲料膨化效果稳定、品质一致。

6.4.11 所有设备应配备温度、压力、湿度等关键参数控制模块，控制精度应满足膨化工艺要求，运行过程中应定期检修、校准传感装置，确保工艺连续性与饲料产品一致性。

6.5 微小动物发酵联合喷雾干燥技术制备水产饲料

6.5.1 原料应进行清洗、灭菌和粉碎处理，确保微小动物的营养成分稳定并适合发酵。发酵工艺应遵循 6.2 发酵工艺中的基本要求，包括菌种选择、发酵温度、湿度和 pH 的控制。发酵结束后，应通过加热至 80°C-90°C 并保持 10-15 分钟终止微生物活性，防止二次发酵。

6.5.2 发酵后的物料应通过高速均质机进行细化，制成均匀的浆料，确保后续喷雾干燥时的雾化效果。浆料应具有适当的粘度，以适应不同类型的雾化设备。

6.5.3 喷雾干燥过程中，雾化设备应根据发酵液的粘度选择，低粘度液体宜使用离心式雾化器，高粘度液体应使用压力式雾化器。雾化后的颗粒应均匀，并根据目标水产动物的需求控制颗粒大小。

6.5.4 喷雾干燥塔的温度应控制在 120°C-160°C 之间，确保水分迅速蒸发而不损失营养成分。气流方向和速度应进行优化，减少粉尘损失，提高干燥效率，并确保最终产品水分含量在 10% 以下。

6.5.5 干燥后的粉末应在塔底集中收集，通过气流输送至包装工序。冷却过程应采用冷风系统迅速降低颗粒温度，防止残余热量对营养稳定性产生影响。

6.5.6 喷雾干燥系统应包括离心式喷雾干燥塔或压力式喷雾干燥塔，并配备温控、湿控系统。设备应具备自动加料、干燥和筛分功能，确保生产连续性和饲料质量的稳定。

6.5.7 喷雾干燥系统应定期进行维护和清洁，确保设备的良好运转，并避免交叉污染。

6.6 微小动物生物活性添加剂结合技术制备水产饲料

6.6.1 微小动物原料应按 6.1-6.3 所述进行清洗、灭菌、干燥、粉碎处理，制备高纯度的基础虫粉。粉碎后的虫粉应具备良好的营养稳定性，确保后续添加的生物活性成分能够充分发挥作用。

6.6.2 生物活性添加剂应根据不同水产动物的需求选择并按适当比例添加。鱼类饲料应选择益生菌和蛋白酶，虾类饲料应添加抗菌肽和脂肪酶，蟹类饲料应使用功能性多肽和矿物质，贝类饲料应添加维生素 C、E 和钙磷。

6.6.3 生物活性添加剂应在适当的阶段加入。益生菌应在冷却阶段添加，避免高温破坏活性；酶制剂应在混合阶段均匀分散；抗菌肽和功能性多肽应通过预混方式加入，确保均匀分布。

6.6.4 维生素和矿物质的添加量应根据水产动物的生长阶段调整，通常应控制在 0.5%-1.5% 的范围内。添加剂应根据目标饲料的类型和动物需求进行优化配比。

6.6.5 在混合过程中，温度应控制在 40°C 以下，避免高温导致活性成分失效。双轴螺旋混合机应用于混合，以确保添加剂和虫粉的均匀分布。混合完成后，原料应立即进行成型处理。

6.6.6 成型工艺可采用挤压、膨化或喷雾干燥等方式，以便制备不同形态的水产饲料。成型后的饲料应保持稳定的营养成分、适口性和易消化性，满足水产动物的摄食需求。

6.7 微小动物冷冻干燥技术制备水产饲料

6.7.1 原料应参照 7.1-7.3 的工艺要求进行预处理，虫体在冷冻干燥前应完成收集、清洗、灭菌、初步干燥及粉碎，确保原料无杂质、无病原微生物，符合水产饲料原料使用标准。

6.7.2 冷冻干燥前应进行快速冷冻处理，温度应控制在 -20°C 至 -50°C 之间。小型虫体宜采用液氮速冻，速冻温度应低于 -40°C，冻结时间为 30-60 秒；大批量生产宜采用低温风冷方式，温度宜控制在 -20°C 至 -30°C，冻结时间为 1 至 2 小时。冷冻过程应防止细胞内形成大冰晶，以减少蛋白质结构破坏并保持饲料营养完整性。

6.7.3 快速冷冻后的虫体应立即转入真空升华干燥阶段。干燥过程应在真空系统下进行，真空度应控制在 50 至 500 Pa 之间，温度宜维持在 -10°C 至 0°C，干燥时间应根据虫体种类和批量控制在 12 至 24 小时。该阶段应确保冰晶升华完全，避免液态水形成导致营养成分流失，并使产品结构稳定、水分含量大幅下降。

6.7.4 升华干燥完成后应进行二次低温干燥，进一步去除残余水分，提升产品的储存稳定性。二次干燥温度应控制在 0°C 至 10°C 之间，干燥时间为 6 至 12 小时，目标含水率应控制在 ≤5%。该过程应在低温条件下完成，避免因加热而破坏热敏性营养成分。

6.7.5 干燥完成后的虫体原料应进行粉碎与筛分处理。粉碎宜采用低温粉碎机，适用于脆性较高的干虫体，能够减少高温带来的营养损失。对于需要制备细粉的产品，可采用高速粉碎机进行处理。粉碎后的产品应根据不同水产动物的需求进行筛分，鱼类饲料颗粒应控制在 0.5 至 1 毫米，虾类饲料为 0.2 至 0.5 毫米，蟹类饲料为 1 至 2 毫米，贝类饲料为 0.1 至 0.3 毫米。

6.7.6 冷冻干燥工艺所需设备应根据生产规模和工艺要求选型。前处理阶段应配备清洗和灭菌设备，灭菌方式可采用紫外线或高温蒸汽消毒。冷冻环节应根据产能选择液氮速冻装置或低温风冷机组，温控范围应覆盖-20°C至-50°C。升华干燥应使用真空冷冻干燥设备，具备可调真空度及温控能力，并能稳定运行在-10°C至 0°C的温度区间。二次干燥设备应能维持 0°C至 10°C 的低温环境，并保证长时间恒定运行。粉碎与筛分设备应支持多规格调节，适应不同目标粒径的需求，并具备防尘与便于清洗的结构设计。

6.7.7 整套冷冻干燥生产线应保证从预处理到干燥成品的封闭作业流程，避免交叉污染与营养氧化，同时应具备关键参数（温度、真空度、水分含量）实时监控与记录功能，以确保产品品质的可追溯性和工艺的可控性。

7 技术指标

7.1 水产饲料的质量应符合《饲料卫生标准》（GB 13078-2017）和《水产饲料安全性评价 急性毒性试验规程》（GB/T 22487-2008）。营养成分、卫生安全性和物理性质应符合水产养殖的实际需求，确保饲料适合不同种类水产动物的生长需求，并满足各项食品安全要求。

7.2 每批水产饲料产品应进行蛋白质含量、水分、灰分、重金属、黄曲霉毒素等检测。合格后方可出厂。产品在流通过程中，相关部门可根据规定进行抽检，确保产品始终符合国家质量标准。

7.3 微小动物水产饲料的营养成分指标应符合以下要求。鱼类饲料的粗蛋白含量应≥45%，粗脂肪含量≥10%，水分含量应≤10%，粗灰分含量应≤12%；虾类饲料的粗蛋白含量应≥40%，粗脂肪含量≥8%，水分含量应≤10%，粗灰分含量应≤12%；蟹类饲料的粗蛋白含量应≥35%，粗脂肪含量≥5%，水分含量应≤10%，粗灰分含量应≤15%；贝类饲料的粗蛋白含量应≥30%，粗脂肪含量≥4%，水分含量应≤10%，粗灰分含量应≤15%。

7.4 水产饲料的物理性质指标应符合以下要求：水分含量应保持在 10%-12% 之间，以防止饲料霉变。颗粒硬度方面，鱼类饲料应≥8 kg/cm²，虾类饲料应≥6 kg/cm²，蟹类饲料应≥10 kg/cm²；颗粒尺寸应根据不同种类的水产动物进行调整，鱼类饲料颗粒尺寸应为 1-2mm，虾类饲料应

为≤0.5mm，蟹类饲料应为1.5-2mm，贝类饲料应为≤0.5mm。饲料在水中应具有较好的稳定性，水中稳定性应为30分钟至2小时之间，不易溶解，适合水产动物摄食。适口性应确保饲料颗粒密度适宜，能够稳定悬浮或缓慢沉降，便于水产动物摄食。

7.5 水产饲料的卫生安全指标应符合《饲料卫生标准》（GB 13078-2017）的要求。细菌总数应≤ 10^6 CFU/g，霉菌总数应≤ 10^4 CFU/g，大肠菌群应≤30 CFU/g。黄曲霉毒素B₁含量应≤20 μg/kg，重金属限量应符合相关标准，铅（Pb）≤2 mg/kg，镉（Cd）≤1 mg/kg，汞（Hg）≤0.1 mg/kg，砷（As）≤2 mg/kg。抗营养因子，如壳多糖含量应≤3%。

7.6 微小动物水产饲料的生产过程中应严格控制工艺参数，确保不同技术处理工艺的产品质量稳定。各类水产饲料生产技术，如挤压成型、发酵、酶解、微波干燥、膨化和冷冻干燥等，应根据相应技术要求进行优化，但不应进行工艺之间的对比。各类技术处理应保证饲料的消化率、氨基酸含量、抗营养因子去除、颗粒硬度等符合水产动物的需求。

7.7 水产饲料的质量检测方法应根据国家标准进行，具体检测方法应参考相关规定，如GB/T 22487-2008 标准测定蛋白质、氨基酸、水分、灰分等；微生物含量检测应采用微生物培养法，重金属检测应使用原子吸收光谱法或电感耦合等离子体质谱法；黄曲霉毒素检测应采用高效液相色谱法（HPLC）或酶联免疫吸附法（ELISA）；脂肪氧化稳定性检测应根据过氧化值（PV）和丙二醛（TBARS）标准进行。

8 成品饲料的后处理、包装、贮存与运输

8.1 在制粒后的饲料加工中，必须进行干燥处理，确保最终水分含量符合GB 13078-2017《饲料卫生标准》的规定要求，避免过高的水分导致饲料霉变。建议采用低温干燥技术，温度应控制在不超过40°C，以防止高温损害饲料中的营养成分。

8.2 为了延长饲料的保质期，防止氧化变质，建议采用气调包装技术。该技术符合GB/T 24904-2010《食品接触材料及制品 气调包装》的标准要求，通过向包装袋内注入氮气或二氧化碳，置换掉氧气，防止饲料中的脂肪成分氧化，特别是富含脂肪的饲料。

8.3 包装规格应根据市场需求多样化，通常为5公斤、10公斤和25公斤。饲料包装应采用防潮、防虫的材料，符合GB/T 16717.1-2010的规定。包装上应标注生产日期、主要营养成分、保质期等信息，遵循GB 10648-1999《饲料标签》相关要求。

8.4 标签应明确标明产品名称、生产日期、保质期、主要成分含量（如蛋白质、脂肪等）、生产厂商名称、地址和联系方式、执行的标准编号等信息，符合GB 10648-1999的规定。标签应粘贴或印刷在包装的显著位置，确保用户能够清晰查看。标签内容应保持易读性和完整性，

不应因摩擦、挤压等操作而磨损，符合《中华人民共和国食品安全法》及相关饲料管理法规的要求。

8.5 在贮存与运输方面，饲料应储存在符合 GB 22536-2008《饲料贮存及运输技术规范》要求的仓库中。理想的储存环境应为阴凉、干燥，温度控制在 15°C 至 25°C 之间，湿度不超过 60%。仓库应定期检测温湿度，以确保环境达标，避免霉菌生长和饲料质量下降。根据 GB/T 10648《饲料标签》规定，饲料产品的保质期应标注为 12 个月。超过保质期的产品应按照 GB 13078-2017《饲料卫生标准》进行重新检验，确保符合使用标准后方可继续销售或使用。

8.6 在运输过程中，必须遵守 GB 22536-2008《饲料贮存及运输技术规范》。运输车辆应具备防潮、防晒功能，避免阳光直射和高温暴露，确保饲料不受污染或潮湿。对于长距离运输，建议使用封闭的运输车辆，并定期检查车内环境。装卸过程中应轻拿轻放，防止包装破损或污染，确保产品质量不受损。

8.7 饲料的保质期应在包装标签上明确标注，包括生产日期、有效期和存储建议。对于含有高脂肪成分的特殊饲料产品，包装上应注明存储环境要求。根据 GB 13078-2017《饲料卫生标准》规定，生产厂家应确保在保质期内饲料符合质量标准，并对饲料产品的质量负责。如果因生产或储存问题导致质量不符合标准，生产厂家应承担相应责任。

9 安全生产和环境保护技术

9.1 生产过程中，操作人员需穿戴防护装备，防止微生物外泄和交叉污染。生产设备需定期消毒和维护，确保其正常运行。

9.2 废水和废气需经过处理后达标排放。生产过程中产生的固体废弃物需集中处理，避免二次污染。

9.3 定期监测生产环境中的微生物和有害物质浓度，确保生产环境符合相关卫生标准。

本标准用词说明

1 为便于在执行本标准条文时区别对待，对要求严格程度不同的用词说明如下：

1) 表示很严格，非这样做不可的：

正面词采用“必须”，反面词采用“严禁”。

2) 表示严格，在正常情况下均应这样做的：

正面词采用“应”，反面词采用“不应”或“不得”。

3) 表示允许稍有选择，在条件许可时首先应这样做的：

正面词采用“宜”，反面词采用“不宜”。

4) 表示有选择，在一定条件下可以这样做的，采用“可”。

2 条文中指明应按其他有关标准执行的写法为：“应符合……的规定”或“应按……执行”。

规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是标注明日期的引用文件，仅所注日期的版本适用于本文件，凡是不标注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

GB 8978 污水综合排放标准

GB12348 工业企业厂界环境噪声排放标准

GB14554 恶臭污染物排放标准

GB50016 建筑设计防火规范

GB50060 3~110V 高压配电装置设计规范

GB/T50062 电力装置的继电保护和自动装置设计规范

GB50057 建筑物防雷设计规范

GB50058 爆炸和火灾危险环境电力装置设计规范

GB50140 建筑灭火器配置设计规范

CJJ184-2012 餐厨垃圾处理技术规范

DL/T 621 交流电器装置的接地

JB/T8091-2014 螺杆泵试验方法

GB 13078-2017 《水产品饲料通则》

GB/T 22256-2017 《鱼类饲料》

GB/T 22257-2017 《虾类饲料》

GB/T 22258-2017 《蟹类饲料》

GB/T 22259-2017 《贝类饲料》

GB 13078-2017 《饲料卫生标准》

GB 40162-2021 《饲料加工机械卫生规范》

GB/T 22487-2008 《水产饲料安全性评价 急性毒性试验规程》

GB/T 22488-2008 水产饲料安全性评价 亚急性毒性试验规程

SC/T 1077-2004 《渔用配合饲料通用技术要求》

T/HW 00065-2024 《美洲大蠊处理餐厨垃圾技术要求》

T/HW 00049-2022 《黑水虻处理餐厨垃圾技术要求》

T/HW 00066-2024 《蝇蛆处理餐厨垃圾技术要求》