

农业行业标准

《木薯副产物综合利用导则》

(征求意见稿)

编制说明

《木薯副产物综合利用导则》起草组

2022年9月

目录

一、工作简况	4
(一) 任务来源	4
1. 制标背景	4
2. 任务下达情况	5
(二) 起草单位	6
1. 起草单位、协作单位	6
2. 标准主要起草人及其工作分配	6
(三) 主要工作过程	7
1. 起草阶段	7
二、标准编制原则和确定标准主要内容的依据	8
(一) 编制原则	8
1. 法律法规及政策文件	8
2. 参考文献	11
3. 现行有效标准	11
4. 标准编制原则	11
4.1 科学性	12
4.2 先进性	12
4.3 适用性	12
4.4 通用性	12
(二) 主要内容的依据	12
三、主要试验或验证的分析、综述报告，技术经济论证，预期的经济效果	13
(一) 主要试验或验证的分析、综述报告	13
1. 标准技术路线	13
2. 总体要求	15
3. 副产物分类及利用方式	16
3.1 直接利用	17
3.2 饲料化利用	27
3.3 基质化利用	36
3.4 肥料化利用	41
3.5 能源化利用	44
3.6 高值化利用	51
4. 贮存、运输与记录	55
4.1 贮存	55
4.2 运输	55
4.3 记录	56
(二) 技术经济论证、预期的经济效果	56
四、采用国际标准和国外先进标准的程度	56
五、与现行的法律法规和强制性国家标准的关系	56
六、重大分歧意见的处理经过和依据	57

七、标准作为强制性或推荐性标准的建议	57
八、贯彻标准的要求和措施建议（包括组织实施、技术措施、过渡办法等）	57
九、废止现行有关标准的建议	58
十、其他应予说明的事项	58

一、工作简况

(一) 任务来源

1. 制标背景

木薯(*Manihot esculenta* Crantz, Cassava) 属热带和亚热带的块根作物, 与甘薯、马铃薯并称之为世界三大薯类, 且木薯有“淀粉之王”和“能源作物”之美誉。据统计, 2020 年世界木薯的产量达到了 3.04 亿吨, 我国木薯种植面积约为 30.2 万公顷, 木薯产量约为 504.1 万吨, 木薯种植后或其生产淀粉及酒精的加工过程中, 会产生大量的木薯副产物, 如木薯渣、木薯叶、木薯皮和木薯茎秆等。木薯淀粉深加工产品主要是变性淀粉、淀粉糖和糖醇等发酵有机类产品, 酒精深加工产品主要是生物质能和生物化工产品, 木薯产业链已基本形成。然而, 地上部分的木薯秆和木薯叶时常被丢弃, 木薯经过工业加工后, 产生大量木薯渣、废水等废弃物, 约占原料的 15%, 这些废弃物中含有大量的淀粉和木质纤维素(包括半纤维素、纤维素和木质素)以及少量氰化物, 滞留于环境中, 会污染水体和生活环境, 这凸显出木薯副产物综合利用的重要性。为做好木薯副产物的有效利用, 研究者们进行了不同的探索和尝试, 如木薯秆基质用于还田、培养食用菌, 以及粉碎加工后做成板材; 木薯叶用作青贮饲料的原料、食品添加剂, 功能性物质提取分离的植物源; 木薯渣(糟)用于饲料原料、培养食用菌基质和育苗基质等。应用和研究虽广, 但利用的方向和技术并不统一, 多数研究成果未实现转化, 难以获得副产物的高值化、资源化利用。并且, 现行标准与实际生产过程相

对滞后，主要表现在：现行标准中主要以木薯块根的饲料化、能源化或原料化产品标准为主，缺少木薯副产物的利用技术内容；而实际生产中，木薯生长时的叶片、嫩茎、嫩梢等，采收时产生的茎秆，块根加工时产生的木薯渣、木薯皮等通过进一步选料、加工等方式进行有效利用，是饲料、肥料或者工业产品原料，但并没有得到很好的利用。

“十三五”期间国家进一步加强了资源循环利用指导，农业部办公厅制定了关于开展农产品及加工副产物综合利用试点工作要求，明确了农产品副产物向工业产品转化的循环利用，加工副产物的高值利用和加工废弃物的梯次利用。“十四五”开年，中央政府将资源综合利用提升至我国深入实施可持续发展战略的层面，国家发展改革委先后制定了《关于推进污水资源化利用的指导意见》和《关于“十四五”大宗固体废弃物综合利用的指导意见》，大力推进农业污水、废弃物资源化利用和无害化处置。意见指出，在风险可控前提下深入推动农业领域应用和有价值组分提取，加强大掺量和高附加值产品应用推广。

制定《木薯副产物的综合利用导则》技术标准，以便于为产业发展提供参考和借鉴。因此，结合国内外木薯副产物利用研究基础，建立木薯副产物共性技术标准，为规范利用范围，推动我国木薯的高值化利用、延长木薯产业链等具有重要指导意义。

2. 任务下达情况

根据《农业农村部农产品质量安全监管司关于下达 2022 年农业

国家标准和行业标准制修订项目计划的通知》(农质标函〔2022〕66号),由中国热带农业科学院热带作物品种资源研究所张振文研究员主持承担《木薯副产物综合利用导则》(农质标函〔2022〕66号 NYB-22258)标准的制定工作。

(二) 起草单位

1. 起草单位、协作单位

起草单位:本标准由中国热带农业科学院热带作物品种资源研究所牵头起草。

协作单位:浙江省农业科学院、中国标准化研究院、洋浦新奥能源发展有限公司共同起草。

2. 标准主要起草人及其工作分配

标准起草组共有 11 人,参与单位涉及木薯加工、资源利用、副产物利用、饲料生产和标准研制等科研单位和企业。主要分工如表 1 所示。

表 1 标准起草人及工作分配

序号	姓名	工作单位	职务/职称	任务分工
1	王琴飞	中国热带农业科学院热带作物品种资源研究所	副研究员	产业调研、标准起草
2	余厚美	中国热带农业科学院热带作物品种资源研究所	助理研究员	高值化利用试验验证
3	张振文	中国热带农业科学院热带作物品种资源研究所	研究员	首席专家、项目负责人
4	李开绵	中国热带农业科学院热带作物品种资源研究所	研究员	技术指导、组织协调
5	林立铭	中国热带农业科学院热带作物品种资源研究所	助理研究员	产业调研,基质化利用技术集成

6	孙海彦	中国热带农业科学院生物技术研究所	副研究员	标准起草，饲料化利用验证
7	姚庆群	中国热带农业科学院热带作物品种资源研究所	助理研究员	产业调研，资源整理
8	孙彩霞	浙江省农业科学院	副研究员	标准制定，文本修改
9	杨丽	中国标准化研究院	研究员	标准制定，编制说明修改
10	陆小静	中国热带农业科学院热带作物品种资源研究所	副研究员	分类验证，标准撰写
11	符国运	洋浦新奥能源发展有限公司	中级工程师	能源化利用技术验证
12	刘传森	福建大田县农业科学研究所	研究员	基质化利用技术集成
13	李华丽	福建大田县农业科学研究所	副研究员	基质化利用技术集成

（三）主要工作过程

1. 起草阶段

2020年，标准起草单位参与国家重点研发计划项目《特色热带作物产业链一体化示范》课题五《木薯产业链一体化示范》（2020YFD1001204）的研究。研究内容涉及木薯茎秆的快繁利用，木薯茎秆、木薯渣等的基质化利用和木薯渣的饲料化利用、能源化利用等。起草单位先后在木薯副产物利用方面开展了木薯茎秆栽培食用菌的研究，筛选出适合木薯茎秆栽培的食用菌菌种和合适配方比例，并进行了推广示范；开展了木薯收获后嫩茎叶饲料化利用研究，并制定了相关的技术规程；还利用木薯叶饲养家蚕，并进行了推广示范。这些技术的示范与推广，给本标准的制定奠定了良好的技术基础。2020年10月至2021年10月，为了便于项目实施中用于指导生产，项目组根据前期研究基础和产业调研，形成了《木薯副

产物综合利用导则》标准讨论稿。

2021年10月-2022年8月 根据标准制定过程中一些技术问题，标准起草组成员先后前往广西、福建或电询等方式，进行了木薯副产物综合方式进行了调研，明确了木薯副产物的主要利用方式和分类；同时，结合研究项目内容，对木薯副产物高值化利用方向和提取工艺等进行了优化，补充了标准文本部分内容，形成了《木薯副产物综合利用导则》标准征求意见稿。

二、标准编制原则和确定标准主要内容的依据

（一）编制原则

1. 法律法规及政策文件

本标准编制的主要法律法规、政策依据及相关的条款内容有：

（1）《中共中央国务院关于加快推进生态文明建设的意见》（2016年中央1号文件），明确提出，坚持节约优先，加强源头管控，转变发展方式，培育壮大新兴产业，推动传统产业智能化、清洁化改造，加快发展节能环保产业，全面节约能源资源，协同推动经济高质量发展和生态环境高水平保护。

（2）《国务院办公厅关于加快转变农业发展方式的意见》（国办发〔2015〕59号），明确把转变农业发展方式作为当前和今后一个时期加快推进农业现代化的根本途径，以发展多种形式农业适度规模经营为核心，以构建现代农业经营体系、生产体系和产业体系为重点，着力转变农业经营方式、生产方式、资源利用方式和管理方式，

推动农业发展由数量增长为主转到数量质量效益并重上来，由主要依靠物质要素投入转到依靠科技创新和提高劳动者素质上来。

(3)《全国农业可持续发展规划(2015-2030年)》(农计发[2015]145号)，明确将推进生态循环农业发展作为当前农业生产的主要任务。优化调整种养业结构，促进种养循环、农牧结合、农林结合。到2020年国家现代农业示范区和粮食主产区基本实现区域内农业资源循环利用，到2030年全国基本实现农业废弃物趋零排放。

(4)《关于推进农业废弃物资源化利用试点的方案》(2016年)，其中明确提出，农业废弃物资源化利用是农村环境治理的重要内容。农业废弃物资源化利用应以就地消纳、能量循环、综合利用为主线，采取政府支持、市场运作、社会参与、分步实施的方式，注重县乡村企联动、建管运行结合。2016年以来，北京、河北、山西、黑龙江、江苏、浙江、福建、山东、江西、河南、湖北、湖南、广东、广西、海南、四川、云南、陕西等省、自治区、直辖市、新疆生产建设兵团等已先后开展农业废弃物综合利用试点。

(5)《农业农村部关于促进农产品加工环节减损增效的指导意见》(2020年12月)。提出到2025年，农产品加工环节损失率降到5%以下。到2035年，农产品加工环节损失率降到3%以下。推进绿色生产，发展综合利用加工减损增效。推进粮油类副产物综合利用。引导粮油加工企业应用低碳低耗、循环高效的绿色加工技术，综合利用碎米、米糠、稻壳、麦麸、胚芽、玉米芯、饼粕、油脚等副产物，开发米粉、米线、米糠油、胚芽油、膳食纤维、功能物质、多

糖多肽等食品或食品配料，生产白炭黑、活性炭、助滤剂等产品，提高粮油综合利用效率。

(6)《发展改革委农业部林业局关于加快发展农业循环经济的指导意见》(发改环资〔2016〕203号)；指出强化源头减量化,提高资源利用效率,减少生产、加工、流通、消费等各环节能源资源消耗和废弃物产生。促进废弃物资源化、规模化、产业化、高值化利用，提升农业综合效益。

本标准依据的其他法律法规、政策文件有：

(7)《中华人民共和国标准化法》(中华人民共和国主席令〔2017〕第78号)；

(8)《中华人民共和国大气污染防治法》(中华人民共和国主席令(第五十七号)，2018年10月26日(第二次修正))；

(9)《中华人民共和国水污染防治法》(中华人民共和国主席令(第七十号))；

(10)《中华人民共和国土壤污染防治法》(2018年8月31日第十三届全国人民代表大会常务委员会第五次会议通过)；

(11)《发展改革委 农业部 林业局关于加快发展农业循环经济的指导意见》(发改环资〔2016〕203号)；

(12)《中共中央办公厅 国务院办公厅关于创新体制机制推进农业绿色发展的意见》；

(13)《农业部关于印发种养结合循环农业示范工程建设规划(2017—2020年)的通知》(农计发〔2017〕106号);

(14)《国务院关于促进乡村产业振兴的指导意见》(国发〔2019〕12号)。

2. 参考文献

本标准主要引用了当前木薯或农产品加工废弃物的主要参考文献,具体见附录。

3. 现行有效标准

当前我国农业副产物、木薯副产物利用相关的标准主要涉及国家标准、行业标准、地方标准或团体标准。本标准制定过程中参考的标准主要见表2。

表2 农业副产物和木薯副产物综合利用的主要标准

序号	标准名称	标准编号	类别
1	农业废弃物综合利用 通用要求	GB/T 34805-2017	国家标准
2	饲料用木薯叶粉	NY/T 139-1989	农业行业标准
3	饲料用灌木微贮技术规程	NY/T 3133-2017	农业行业标准
4	木薯茎叶青贮技术规程	DB5305/T 45-2020	云南省地方标准
5	木薯叶饲养蓖麻蚕技术规程	DB5305/T 46-2020	云南省地方标准
6	木薯秆微贮与利用技术规程	DB45/T 2005-2019	广西地方标准
7	木薯加工废弃物有机肥料生产技术规程	DB45/T 1846-2018	广西地方标准
8	木薯副产物肉牛肉羊饲用技术规程	DB53/T 1076-2021	云南省地方标准
9	利用木薯加工废弃物生产茄果类蔬菜育苗基质技术规程	DB45/T 991-2014	广西地方标准
11	木薯秆(渣)栽培食用菌技术规程	DB35/T 1159-2011	福建地方标准
10	木薯茎秆青贮饲料生产利用技术规程	T/GXAS 292-2022	广西地方标准

4. 标准编制原则

本标准的制定过程中遵循了以下几项原则:

4.1 科学性

在副产物利用方向、利用技术和指标的确定等方面首先确保科学，在标准适用范围规定的界限内力求完整，在标准文本编制过程中力求做到技术内容的表述科学准确、清晰易懂。

4.2 先进性

对标准中有关内容的确定，严格遵循国家有关方针、政策和法规，严格执行强制性国家标准的要求，力求反映本研究领域的国内外先进技术及标准的发展现状与趋势，既体现目前稳定可靠的最新研究成果，又能为未来技术发展提供框架，使标准中所规定的技术内容有利于指导农业生产。

4.3 适用性

在标准技术内容、副产物利用流程、操作程序的设计方面，始终把经济实用和可操作性作为重要的依据，确保标准的内容便于实施，并且易于被其他标准和文件引用

4.4 通用性

在标准的制定过程中与同体系标准及相关国家通用标准等相衔接，严格按 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进行编写，遵循了协调性和一致性原则。

(二) 主要内容的依据

本标准的条款主要围绕木薯副产物综合利用的基本原则、利用方式和基本要求等章节内容展开。对于获得产品的检验检测方法和

产品的质量要求，以参考现行的国家标准和行业标准为主，主要参考了以下标准和政策方针：

GB 13078 饲料卫生标准

GB 38400 肥料中有毒有害物质的限量要求

GB/T 34805 农业废弃物综合利用通用要求

NY 884 生物有机肥

NY/T 139 饲料用木薯叶粉

NY/T 356 木薯 种茎

NY/T 525 有机肥料

NY/T 1685 木薯嫩茎枝种苗快速繁殖技术规程

NY/T 1935 食用菌栽培基质质量安全要求

NY/T 2118 蔬菜育苗基质

NY/T 3020 农作物秸秆综合利用技术通则

关于推进污水资源化利用的指导意见（发改环资〔2021〕13号）

三、主要试验或验证的分析、综述报告，技术经济论证，预期的经济效果

（一）主要试验或验证的分析、综述报告

1. 标准技术路线

随着我国木薯加工逐渐走入“粮饲化”进程，木薯淀粉、木薯酒精加工企业逐步稳定成熟，中小型养殖企业向县（市区）下沉，通过综合利用，把木薯副产物资源使其物尽其用，有利于利用副产物有机特性，形成一举多得的农业循环链。木薯生产和加工过程中

副产物多，分类利用是决定木薯副产物资源合理利用的前提条件，在调查研究基础上，首先对副产物的利用方向进行了分类，主要包括直接利用和间接利用。直接利用是经过简单处理获得的原料（种苗、工业产品原料、食品或食品原料、饲料等）。间接利用包括经过肥料化（堆肥、颗粒肥、块肥、菌肥等）、基质化（食用菌基质、育苗或无土栽培基质等）、能源化（生物质燃料）、高值化（多肽、黄酮类功能性物质）等复杂工序获得了产物。木薯茎秆和叶片等副产物以碳水化合物为主，不仅含有丰富的有机质以及营养元素，而且低毒、易吸附灭菌、保水能力强，是生产饲料和有机肥的良好原料。

十三五期间《中共中央国务院关于实施乡村振兴战略的意见》中提出“要推进有机肥替代化肥，病虫害绿色防控，实现废弃物资源化”，其中直接提出了农业废弃物的资源化利用。

本标准以我国木薯生产和加工过程的副产物资源化利用现状为基础，遵循了总分结合、由容易到难的原则。对木薯副产物综合利用的基本原则、利用方式和基本要求等进行了规定。木薯副产物的直接利用是指不通过其他的加工工艺，直接作为原料的利用方式；木薯副产物的间接利用，一般需要经过选料，处理，通过一定的加工技术，转化为可以利用的产品。目前，根据分类利用方向，主要分为饲料化利用、基质化利用、肥料化利用、能源化利用和高值化利用五种方式。标准的技术路线见图 1 所示。

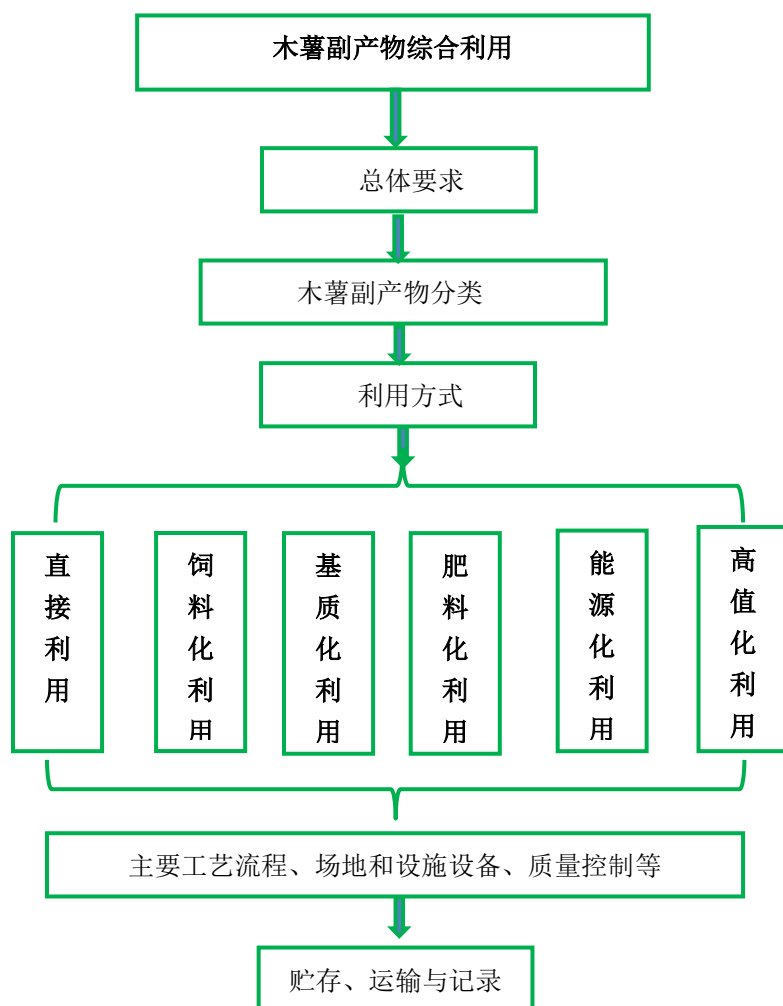


图1 标准技术路线图

2. 总体要求

木薯副产物的资源化利用应符合产业政策、环境保护、饲料安全、食品安全等国家法律和地方法规的要求，还应重点考虑以下内容：

一是符合因地制宜发展的需要。应根据当地经济发展水平和生产条件，因地制宜采取相应的方法和技术，实现资源综合利用，以获取最佳经济效益和生态效益。

二是再利用过程中产生的废弃物应达标处理排放。产生的废水、废气、废渣合理处置并符合《农业废弃物综合利用通用要求》（GB/T 34805）的要求。

三是分类利用。应根据木薯副产物采收和加工过程，依据原料和加工工艺及组成、性质、特征等，进行分类处置，因地制宜选择技术可行、经济合理、绿色安全的资源化利用方式和技术。

3. 副产物分类及利用方式

分类是副产物资源化利用的前提，是实现利用过程的最佳生态和经济效益的基础。目前我国还没有关于木薯副产物的统一分类。本标准根据目前调查和研究结果，进行了初步的划分，主要的分类见表 2。

表 2 木薯副产物来源、分类及主要利用方式

来源	类型	利用方式
生产过程	茎秆	直接利用（种茎、工艺产品原料）、基质化利用、饲料化利用、能源化利用。
	木薯叶	直接利用（蔬菜、代用茶、饲料等）、饲料化利用、肥料化利用、高值化利用。
	嫩梢	直接利用（蔬菜或食品原料）、饲料化利用。
加工过程	木薯渣（糟）	饲料化利用、肥料化利用、基质化利用、能源化利用、高值化利用。
	木薯皮	饲料化利用、肥料化利用。
	加工滤泥、废醪	肥料化利用、能源化利用。

3.1 直接利用

木薯采收过程中，其茎秆和木薯叶片等生产过程中的副产物可直接利用，当前直接利用主要用于繁育材料、饲料利用和工艺产品原料。

3.2.1 繁育材料

3.2.1.1 基本情况

目前，木薯的繁殖方式主要有茎秆和嫩茎快繁为主，但茎秆作为繁殖材料占 90% 以上，多采用种植 8 个月以上的木薯茎秆木质化部分作为种茎保存。

3.2.1.2 原料要求

木薯茎秆和嫩茎作为繁殖材料，应分别符合《木薯 种茎》(NY/T 356-2006)和《木薯嫩茎枝种苗快速繁殖技术规程》(NY/T 1685-2009)的要求。

3.2.1.2 质量控制

木薯茎秆作为种茎，种茎外观完整，芽眼完整，髓部充实；种茎的苗龄大于或等于 8 个月，新鲜种茎切口有乳汁渗出；一般要求种茎长度 $\geq 60\text{cm}$ ，种茎粗度 $\geq 1.5\text{cm}$ ，节间长度 $< 2.5\text{cm}$ 。品种纯度 $\geq 98\%$ 。



图 2 木薯茎秆直接利用于繁殖材料

木薯嫩茎枝作为快繁材料，嫩茎枝的皮芽无损，无病虫害，当天采集当天种植，以第一片完全展开叶为第一个节点从上到下数，取第四点往下，长度 10~15cm，采集粗细程度相近，无分枝嫩茎枝，去叶柄及叶片。将茎枝植入砂盘或育苗床中，按 NY/T 1685-2009 的要求进行育苗管理。



图 3 木薯嫩茎直接利用于繁殖材料

3.2.2 蔬菜及食品原料

3.2.2.1 基本情况

木薯副产物食品化利用主要利用部位是木薯叶或木薯嫩梢。研究表明，木薯叶及其嫩梢具有较高营养价值，木薯嫩叶和幼叶中富含蛋白，嫩叶和幼叶粗蛋白含量相对较高，纤维素和木质素含量少，但水分、蛋白、碳水化合物都随着木薯叶的成熟而降低，粗纤维缺逐渐升高（表 2）^[1]。木薯叶含有丰富的氨基酸，除了 13 种必须氨基酸，还有 7 种非必须氨基酸。木薯叶除蛋氨酸和胱氨酸含量较低，而其它氨基酸组成比较平衡，其幼叶和嫩叶氨基酸的消化率可以到达 70% 以上（表 4）。同时，木薯叶中矿物质、维生素含量也高于众

	酸	酸	酸	氨	酸	酸	酸	氨	酸	酸	酸	酸	酸	酸	酸	酸	酸	酸	酸	酸	
幼	2.5	5	4.6	5.3	9.9	5.7	1.2	2	3.2	5	8.2	e	7.5	10.9	5.7	10.1	3.7	4.7	6.3	5.7	72.6
嫩	2.5	4.5	4	5.4	9.4	5.5	1	1.8	2.8	4.4	8.9	e	5.6	10.7	4.4	12.1	5	5.7	5.7	4.2	70.1
成	1.1	3.2	2.8	5.4	8.2	5.1	0.7	1.3	2	3.9	7.2	e	3.8	7.6	3.3	13.2	5.8	12.1	3.2	4	65.7

注：AAA：芳香族氨基酸（苯丙氨酸 + 酪氨酸）。 SAA：硫氨基酸（蛋氨酸 + 半胱氨酸）。

表 5 木薯叶抗营养因子(干物质基础)

总单宁酸 (g/kg DM)	缩合单宁 (g/kg DM)	水解单宁 (g/kg DM)	皂角苷 (g/kg DM)	植酸 (g/kg DM)	氰化物 (mg HCN/kg)
36~68	13~29	26~33	68~98	16-46	205~335

注：氰化物含量是指新鲜木薯叶中的含量，在晒干前后氰化物含量会有明显变化。

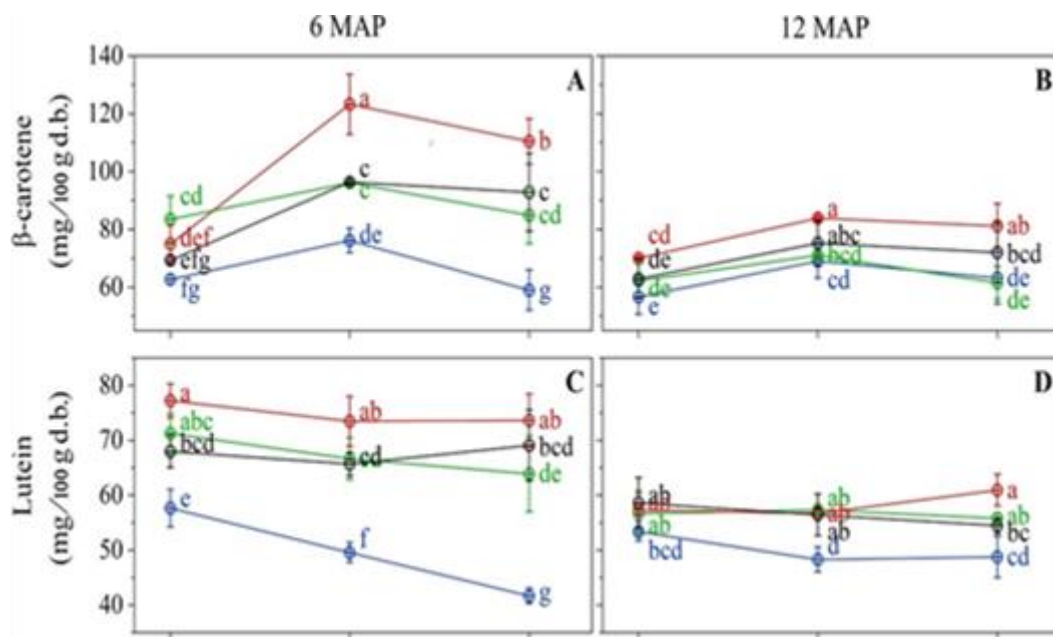


图 4 两个植龄 (6 和 12 MAP)、四个品种 (S-HA、S-R2、B-R5 和 B-KU50) 的木薯叶中的 β-胡萝卜素 (A 和 B)、叶黄素 (C 和 D) 含量，和三个位置 (顶部、中间和底部)。 两侧带有相同字母的均值没有显著差异 (Tukey 检验, $p \leq 0.05$)

在撒哈拉以南非洲和一些亚洲国家，如印度尼西亚、菲律宾和马来西亚，至少 60% 的国家将木薯叶作为蔬菜食用，不同国家利用的程度和烹饪方式都不同，主要以蔬菜，配菜食用 (表 6) [4]。木薯

叶也可与大米、玉米、小米等谷物混合后制作膨化食品或饮品（图 5A、B）；或采集新鲜的木薯叶和嫩梢用作蔬菜或腌菜的原料（图 5、6）；或木薯叶研磨成粉末，作为制作糕点的配色原料（图 7）。



图 5 木薯叶粉固体饮料 (A) 和木薯叶膨化食品 (B)



图 6 木薯叶蔬菜汤及配菜



图 7 不同工艺制作的木薯叶腌制菜 (A: 四川泡菜; B: 腌菜; C: 酱泡菜)



图9 木薯叶粉糕点 (A: 木薯叶粉; B: 木薯叶粉酥皮; C: 木薯叶粉蛋糕)

表 6 不同地区和国家木薯叶食品化的利用方式

序号	国家或地区中文名	国家或地区英文名	消费习惯	菜名
1	安哥拉	Angola	频繁地	Kizaka, Ngwada
2	博茨瓦纳	Botswana	吃过	
3	巴西	Brazil	作为对抗营养不良的食物补充剂对抗营养不良	Multimistura
4	布隆迪	Burundi	像菠菜一样吃	
5	喀麦隆	Cameroon	雅温得人民高度赞赏 30-100 克/天	Nkwen, Gweri
6	中非共和国	Central African Republic	像菠菜一样吃	Pondu, Sakasaka
7	刚果	Congo	首选蔬菜, 40-170 克/天	Pondu, Sakasaka, Matamba, Sombe
8	刚果民主共和国 (DRC)	Democratic Republic of Congo (DRC)	500 克/天	
9	加蓬	Gabon	像菠菜一样吃	
10	印度尼西亚	Indonesia	作为蔬菜吃	Daun Singkong, Daun ubi tumbuk
11	利比里亚 (西非马诺河县)	Liberia (Mano river counties of West Africa)	经常和米饭一起吃	Pondo, Sakasaka
12	马达加斯加	Madagascar	吃遍全国	Ravitoto, Ravinmahogo, Ambazaha
13	马拉维	Malawi		Chigwada
14	马来西亚	Malaysia	传统蔬菜之一	Masak lemak pucuk ubi
15	马里	Mali		Banankou boulou nan
16	莫桑比克 (农村和东北部)	Mozambique (Rural and north-east)	几乎每天都作为配菜吃	Chigwada, Mathapa
17	尼日利亚	Nigeria	作为蔬菜食用的十二种之一	
18	菲律宾南部棉兰老岛的一部分	Philippines southern part of Mindanao	广泛用作蔬菜	Ginataang cassava leaves
19	卢旺达	Rwanda	像菠菜一样吃	Isombe
20	塞拉利昂和	Sierra Leone and	经常吃	Cassada leaves, Mafe
21	几内亚	Guinea	配米饭, 作为蔬菜食用	haako bantare
22	斯里兰卡 (Monaragala)	Sri Lanka (Monaragala)	35-100 克/天	Malluma
23	坦桑尼亚	Tanzania	作为蔬菜吃	Kisanby, Kisamvu
24	扎伊尔	Zaire	农家饭的重要组成部分, 作为蔬菜食用每人 500 克	Mpondu, Pondu, Sakasaka
25	赞比亚	Zambia	频繁地	Kizaka, Ngwada
26	津巴布韦	Zimbabwe	吃过	
27	中国 (华南地区)	China	作为蔬菜吃	Pickled vegetable

3.2.2.2 原料要求

木薯叶的利用根据不同地区食用习惯、利用方式不同，材料选择也不同。首先，应选择以氰化物较低、无病虫害的木薯幼叶、嫩叶或嫩梢为主。并且，食品的制作过程，主要以有效保持木薯叶营养，降低有害物质单宁、植酸和氢氰酸为主。

3.2.2.3 质量控制

(1) 在制作成食品或作为食品原料，其产品氰化物的含量应低于 10mg/kg。

(2) 木薯叶或木薯嫩梢腌制菜品，应符合《食品中污染物限量》(GB2762-2017) 要求。

(3) 木薯叶作为蔬菜，应以顶端嫩梢或嫩叶为主；

(4) 木薯叶粉粉碎细度为 80 目。

3.2.4 饲料利用

3.2.4.1 基本情况

木薯叶富含蛋白、纤维、脂肪及矿物质等营养物质，其价值可与绝大多数的热带豆科牧草相似。但木薯叶营养成分含量变化范围较大，碳水化合物含量为 5.76%~19.49%，热值为 17.00~18.13MJ/kg，粗蛋白质含量与热带牧草相似(表 7)，个别品种粗蛋白质含量较热带牧草更高^[5]。目前，国内外将木薯叶粉或茎叶替代部分精饲料饲养鹅、鸡、猪、羊等家禽或反刍动物相关报

道较多，且均取得了良好效果[6-10]。但不同的家禽或反刍动物，其与精饲料的配比饲养比例不同（表 8）。木薯鲜叶饲料主要用于养蚕，饲养的熟蚕、预蛹和蛹后，均不会使人中毒，且该产品又符合当今世人所追求的高蛋白、低脂肪和低糖度等食用标准[11, 12]（图 10）。

表 7 木薯叶与其他热带牧草品质比较

名称	干物质		粗蛋白		代谢能	
	%	t/ha/年	%	kg/ha/年	兆卡/kg/年	兆卡/ha/年
葛藤	24	10	21.0	2100	2.20	2200
山蚂蝗	21	4.5	15.0	675	1.90	8550
银合欢	35	15.2	25.7	3906	1.90	28880
干草	25.8	24	22.5	5400	1.47	35280
木薯叶	25	40	22.0	8800	1.70	68000

表 8 木薯叶粉或鲜叶饲料利用情况

动物名称	添加比例	添加部位
鸡	9%、5%	木薯叶粉、木薯叶
鹅	5%	木薯叶粉
鸭	5%~10%	木薯叶粉
黑山羊	60%	晒干木薯茎叶
猪	12%	木薯叶粉
蚕	100%	木薯鲜叶



图 10 木薯鲜叶养殖蓖麻蚕

3.2.4.2 原料要求

木薯叶饲料利用一般以叶粉的形式或鲜叶的形式。在饲料利用时，选择氰化物较低的品种；采摘时期以嫩叶或嫩梢为最佳。

3.2.4.3 质量控制

- (1) 木薯叶粉氰化物的含量应低于 50mg/kg；
- (2) 木薯叶或木薯嫩梢腌制菜品，应符合《食品中污染物限量》（GB2762-2017）要求；
- (3) 木薯鲜叶作为饲料，应以顶端嫩梢或嫩叶为主；
- (4) 木薯叶粉作为饲料利用时应符合《饲料用木薯叶粉》（NYT 139-1989）的要求。
- (5) 木薯叶养蚕生产环境应符合 GB/T 29569-2013《桑蚕原种生产环境要求》中 4.1 和 4.2 的要求，其养殖技术可参考 NY/T 1026-2006 《养蚕用药技术规程》

3.2 饲料化利用

3.2.1 主要工艺流程

目前，木薯副产物的饲料化利用主要有木薯叶和木薯嫩茎枝，木薯渣、木薯皮，根据生产工艺不同，主要分为青贮和发酵两种。主要工艺流程为：粉碎、调节含水量、添加发酵制剂、装填压实、发酵、贮存等（图 11）。

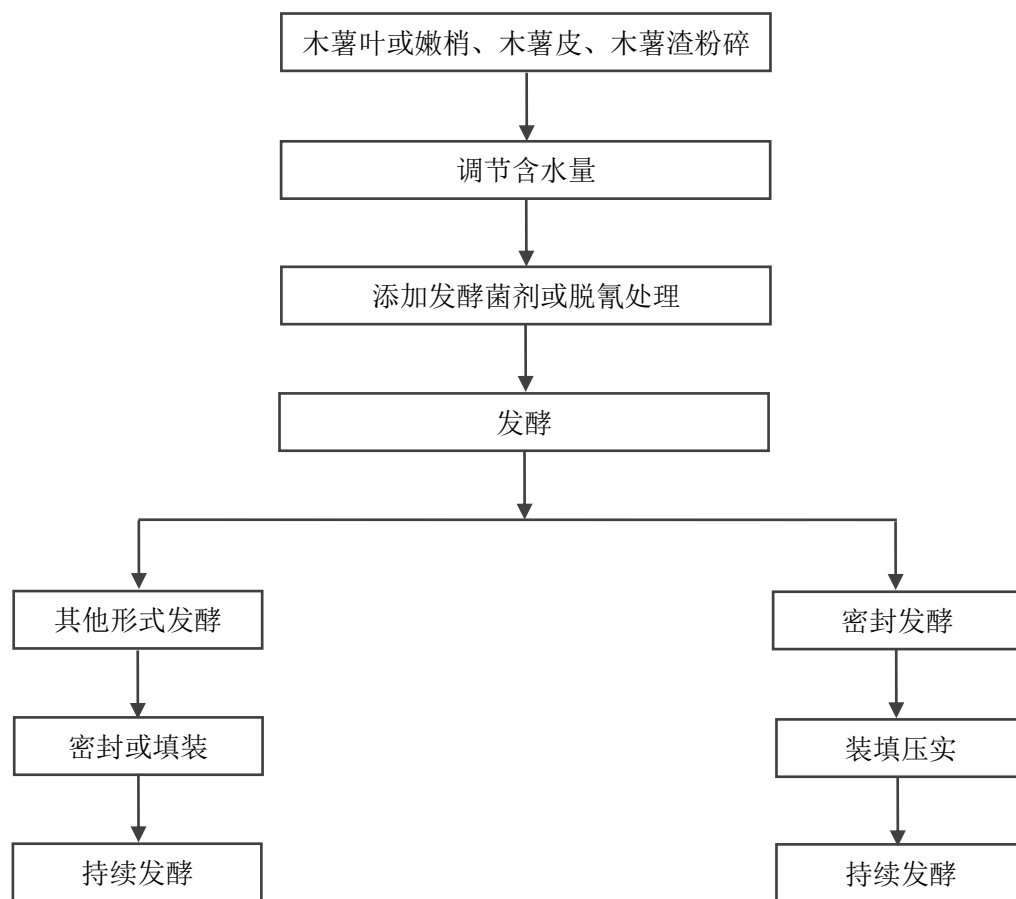


图 11 木薯副产物饲料化利用工艺流程

3.2.2 木薯叶的饲料化利用

3.2.2.1 基本情况

木薯叶富含蛋白，纤维、脂肪及矿质元素等（表 9），木薯叶中干物质含量为 38.20%~45.80%，粗蛋白含量为 19.70%~38.10%，粗纤维含量为 8.30%~27.40%，粗灰分含量为 4.00%~7.90%，粗脂肪含量为 3.80%~6.80%，虽然木薯叶或叶粉可以直接作为饲料养蚕和养鹅等，但木薯叶各类营养物质含量存在一定差异，主要与木薯品种、生长期、生长环境等因素相关，尤其受木薯叶成熟度的影响^[1, 13, 14]。随着木薯叶的成熟，其粗蛋白质含量减少，而其脂肪、灰分、纤维含量增多（表 2），因此，为提高饲料的营养品质，需要选择木薯嫩茎叶作为饲料化利用的原料。目前，为了解决木薯叶或木薯梢的完整利用，常利用青贮或微生物菌剂发酵方式进行处理，由于传统青贮营养物质损失大，开窖后易腐败。通过添加微生物青贮剂能够控制青贮饲料发酵模式，减少青贮饲料损失，改善木薯叶饲料化利用的营养品质和适口性，提高饲料效果和利用率^[15-19]。

表 9 木薯叶的营养物质及其质量分数（以干物质基础计）

营养成分	木薯叶
干物质 (%)	38.20~45.80
粗纤维 (%)	19.70~38.10
粗灰分 (%)	8.30~27.40
粗蛋白 (%)	4.00~7.90
粗脂肪 (%)	3.80~6.80
性洗涤纤维 (%)	18.10~46.30
性洗涤纤维 (%)	9.00~30.30
Ca (%)	0.43~1.14
P (%)	0.18~0.23
Fe (mg/kg)	150.90~240.00
Mn (mg/kg)	150.20~260.60
Zn (mg/kg)	160.40~200.90
Cu (mg/kg)	30.90~40.60

3.2.2.2 场地或设施设备

(1) 青贮或发酵的场地应避雨，无杂物等；

(2) 根据木薯叶青贮或发酵的方式主要包括窖池、裹和罐等多种，于是其主要的贮存方式主要包括发酵池、发酵罐和发酵袋等多种（图 12）。

青贮池底部及池的四周需要用水泥浆粉刷，防止漏气和漏水，底部留有带开关的排水孔。青贮池建设地点宜选择在地势高、排水良好、四周无污染源的地方。青贮罐应带有 PE(聚乙烯)或 PP(聚丙烯)标志、装饰图案少、无色无味、表面光洁的塑料制品，灌口为宽口，盖子为螺旋式，以减少氧气渗入青贮设施内部。青贮袋应含有乙烯等高分子阻氧材料，以减少氧气渗入青贮设施内部。

(3) 根据原料粉碎量选择合适的粉碎机。



图 12 青贮或发酵设备

3.2.2.3 原料要求

木薯叶或嫩梢作为饲料化利用的原料，卫生指标应符合 GB 13078-2017 的要求，根据 GB/T13078 的要求，青贮原料木薯茎

叶氰化物都小于 100mg/kg（以 HCN 计）。同时，其原料应符合 GB/T19424-2018《天然植物饲料原料通用要求》的规定的的外观和理化指标。饲料化所用水应符合 NY 5027 的规定、微生物添加剂应符合 NY/T 1444 的规定。

3.2.2.4 质量控制

（1）应选择粗蛋白含量较高，粗纤维含量较少的木薯叶或嫩梢采摘。若采用刈割方式，种植后 90d~120d 植株高度达到 50cm 以上，粗蛋白等在 15mg/kg~ 20mg/kg 之间，可进行第一次刈割（图 13），第二次刈割可在第一次刈割后 60d~90d 进行刈割，木薯采收后的嫩茎叶同样以作为青贮饲料原料；在第一次刈割时最好在种植后 90 天，第二次刈割时选择在第一次刈割后 60 天进行。

（2）采收后的木薯嫩茎叶应利用，应选择未木质化的嫩茎叶，可保证原料粗蛋白含量在 15%以上，粗纤维含量小于 30%。



图 13 第一次（A）和第二次（B）刈割高度

表 10 不同刈割时间木薯嫩茎叶主要营养成分含量变化

刈割时间 (d)	灰分 (%)	粗纤维 (%)	粗脂肪 (%)	粗蛋白 (%)	氰化物 (mg/kg)
60	7.1 A	17.8 C	8.3 B	26.8A	57.69 B
90	7.5 A	30.4 B	13.5 A	16.8B	51.42 C
120	7.3 A	34.3 A	7.9 B	13.4C	88.03 A

注：同列数据中的不同大写字母表示差异极显著 ($P<0.01$)，方差分析采用 LSD 法进行多重比较。

(3) 青贮前的木薯叶或嫩梢应粉碎，长度 1cm~2cm (图 14)，在青贮或发酵前，应控制水分含量在 60%~75% (表 11)。



图 14 木薯叶粉碎和晾晒控水

表 11 木薯叶青贮饲料原料含水量的判定方法

水分含量(%)	手感及样品呈现状态	处理方法
<60	紧握混合后原料，立即散开。	不适合青贮，需加适量的水调节。
60~70	原料散开慢，手无湿印。	适合青贮。
70~75	若原料保持原状，手有湿印。	适合青贮。
>75	原料仍然成团不散开，且手指缝有水滴渗出。	不适宜青贮，需要晾干或添加少量的生灰调节原料含水量。

(4) 青贮或发酵的饲料，饲养前外观品质应符合表 12 的要求，一般为黄绿色或黄褐色，微酸，有方向为，茎叶结构完整。应根据青贮或发酵样品多少，选择合适的青贮设备的大小。填装

饲料，空间不应太满，以防青贮过程中发生膨胀的空间不足；压实后应密封保存，30d 后开罐进行取饲。若密封不好，易出现霉菌和腐烂。

表 12 木薯青贮饲料感官评价指标

项目	优等	中等	劣等
颜色	青绿或黄绿色	黄褐色或暗褐色	褐色、黑色或墨绿色
气味	芳香酒酸味、面包香味	较强的酸味、芳香味	霉烂味或腐败味
质地	湿润、松散柔软，茎叶结构保持良好。	柔软湿润，茎叶结构保持较差。	有白色霉菌或结块、发粘、腐烂，茎叶结构保持极差，有黑褐色粘液。



图 15 青贮饲料外观品质（从左到右分别为好-中-差）



图 16 木薯叶饲料饲养示范

3.2.3 木薯渣的饲料化利用

3.2.3.1 基本情况

木薯渣是木薯工业生产的副产品，成本低，营养成分丰富，有毒有害物质含量低，经加工可生产出良好的木薯渣饲料，同时可减轻环境污染，能极大缓解饲料资源紧张的状况，并可降低饲料成本，提高养殖业经济效益，具有很大的发展潜力。主要工艺流程为调节含水量、粉碎、添加发酵制剂、装填压实、密封发酵、贮存（图 11）。

但是，不同来源的木薯渣营养品质差异较大（表 13），如除干物质比例以外，木薯酒精渣的营养物质都高于木薯淀粉渣，新鲜木薯淀粉渣含水量达 70%~80%，导致了新鲜木薯渣的不耐贮存、不易运输，并且极容易滋生霉菌，腐败变质。因此，进行饲料化利用的时候，需要通过不同发酵工艺到达好的适口性和营养品质；如以木薯淀粉渣和玉米淀粉渣为原料，采用双菌共生配伍敞开式固体发酵技术生产 4320 菌体蛋白饲料，使蛋白质含量由 6%~8% 提高到 18%~24%，得率约 80%，维生素含量显著增加（表 14）。同时，饲养时通过精饲料的添加比例不同，提高饲料化利用效果。目前，木薯渣发酵饲料作为动物饲料动物主要应用于猪、鹅、文昌鸡、黑山羊、牛、新西兰肉兔、罗非鱼等^[20-23]。

表 13 不同来源的木薯渣营养物质及其含量

营养成分	木薯酒精渣	木薯淀粉渣
干物质 (%)	85.12~91.28	87.99~89.13
粗纤维 (%)	23.58~52.08	15.44~18.70
粗灰分 (%)	10.94~20.06	2.61~4.85
粗蛋白 (%)	10.18~15.33	1.83~2.49
粗脂肪 (%)	0.78~3.02	0.35~0.79
性洗涤纤维 (%)	58.32~77.74	29.32~33.42
性洗涤纤维 (%)	41.62~67.61	20.59~24.65

Ca (%)	0.73~1.16	0.25~0.34
P (%)	0.25~0.30	0.03~0.04
Fe (mg/kg)	6674.56~7307.15	174.57~488.08
Mn (mg/kg)	84.69~283.23	27.69~42.92
Zn (mg/kg)	38.35~64.02	11.26~16.91
Cu (mg/kg)	8.31~14.40	1.50~2.14

表 14 发酵前后木薯渣维生素含量的变化 (单位: mg/kg)

项目	类胡萝卜素	硫胺素	烟酸	泛酸	胆碱	叶酸	V _E	核黄素
发酵前	20	0.33	54	2.9	420	0.21	15	1.54
发酵后	93	31.75	435	33.21	1401	6.86	41.1	7.21

3.2.3.2 原料要求

木薯渣饲料化利用原料应符合 3.2.2.3 中的要求, 同时, 其含水量应小于 60%。

3.2.3.3 场地和设施设备

其场地或设施设备 3.2.2.2 中 (1) 和 (2) 的要求。

3.2.3.4 质量控制

(1) 木薯渣发酵前应根据含水量调节至 60% 左右;

(2) 选择提高蛋白含量, 降低粗纤维和氰化物发酵菌剂进行发酵, 发酵菌剂的料液比会影响其饲料的营养品质, 应根据木薯渣的比例添加合适的菌剂。

3.2.3 木薯杆饲料化利用

3.2.3.1 基本情况

新鲜的木薯杆富含干物质和粗纤维, 蛋白含量较低(表 15), 木薯茎秆饲料化利用主要采用微贮方式, 选择菌剂以降低纤维素含量, 提高蛋白为主, 微贮的过程会积累有益的挥发性脂肪酸,

提高其适口性，微贮发酵优于自然发酵。目前，该技术在广西有推广应用^[24]。

表 15 新鲜木薯杆常规营养成分

项目	干物质 (%)	粗蛋白 (%)	酸性洗涤纤维 (%, DW)	中性洗涤纤维 (%, DW)	木质素 (%, DW)	氰化物 (mg/kg)
新鲜木薯杆	25.25	5.22	45.44	56.90	7.38	5.30

3.2.3.2 原料要求

木薯杆应新鲜、无霉变、无污染，有叶或无叶均可。根据饲喂畜种的需要，将选择好的木薯茎秆有粉碎机粉碎成 0.1cm-0.2cm 打搅的颗粒。其含水量过高，易引起腐烂和霉变，并不利于饲用，含水量以 55%-70% 为宜。原料应符合 GB/T19424-2018《天然植物饲料原料通用要求》的规定的的外观和理化指标

3.2.3.3 场地和设施设备

场地或设施设备 3.2.2.2 中的要求。

3.2.3.4 质量控制

(1) 木薯茎秆微贮应选择合适的发酵菌剂，以降低纤维素含量，提高蛋白和有益回放脂肪酸为主（丁酸和乙酸）。

(2) 木薯茎秆微贮的外观和感官品质可参考 DB 15/T 2005-2019 中第五章进行判断，

(3) 木薯茎秆微贮饲料微贮时间根据温度不同略有变化，一般为 7d-60d，饲用的贮藏时间应小于 1 年。

(4) 根据外观颜色、质地、味道等感官试验，微贮好的饲料颜色会略有变深，呈黄褐色，具有醇香和果香气味，并有弱酸味，手感松散、柔软湿润。

3.3 基质化利用

3.3.1 主要工艺流程

木薯的基质化利用主要原料为木薯茎秆、木薯渣、木薯皮，这些原料经过干燥、原料粉碎、调节配比、堆积和灭菌等工序，按照一定比例调节比例，添加其他辅料栽培基质，用于生产食用菌、育苗基质等（图 17）。

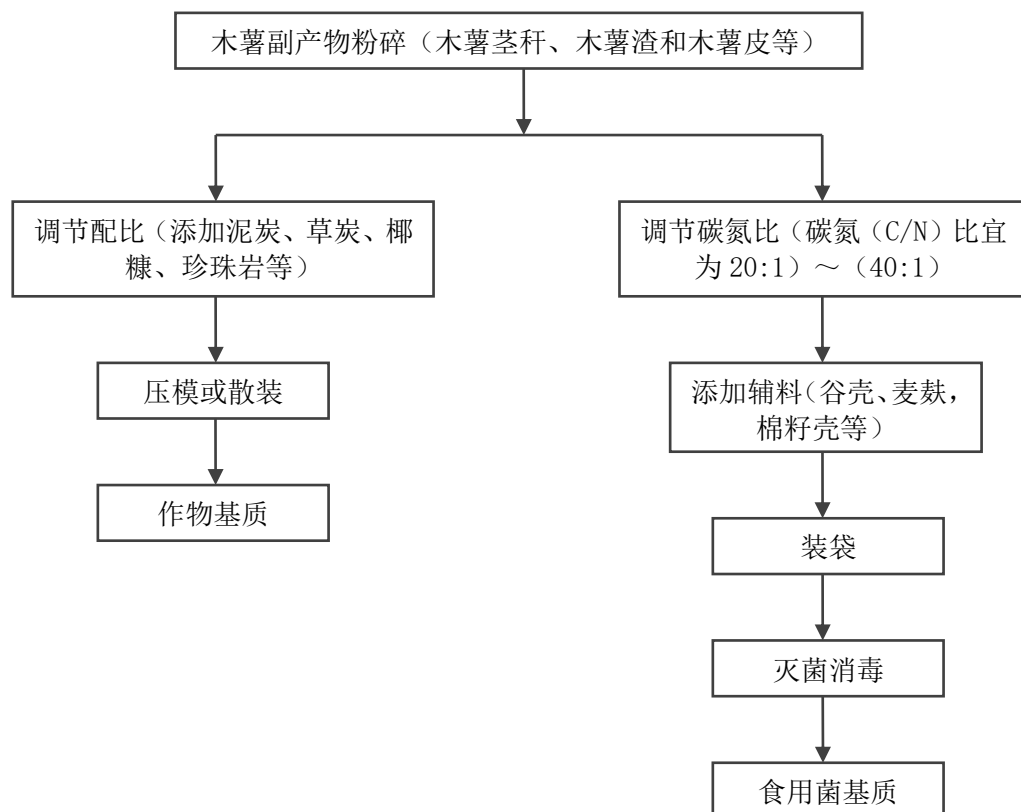


图 17 木薯副产物基质化利用工艺流程

3.3.1 栽培食用菌

3.3.1.1 基本情况

我国木薯茎秆每年产量约为 329.94 万吨，根据木薯秆的营养成分特性分析发现（表 16），木薯茎秆质地疏松，吸水性好，具有与其他食用菌栽培基质相似的营养成分，可作为代替木屑栽培食用菌，目前已在平菇、榆黄蘑、黑木耳、毛木耳、鸡腿菇、杏鲍菇、秀珍菇、草菇、金福菇等多种食用菌中进行栽培利用（表 17）。

表 16 木薯秆与其他食用菌培养料营养成分比较分析

项目	粗蛋白 (%)	粗脂肪 (%)	纤维素 (%)	半纤维素 (%)	木质素 (%)	无氮浸出物 (%)	灰分 (%)
杂木屑	1.57	3.12	36.12	12.58	19.17	24.52	2.92
棉籽壳	5.07	1.57	32.73	21.42	15.18	18.19	5.84
玉米芯	2.05	0.78	30.26	34.13	17.19	13.46	2.13
玉米秸秆	3.51	0.82	32.91	31.89	14.65	11.36	4.86
小麦秸秆	2.63	1.16	43.6	22.21	9.32	14.81	6.27
高粱秸秆	3.42	1.73	40.11	30.15	7.68	10.79	6.12
木薯秆	4.47	0.38	39.32	11.88	19.84	21.32	2.79
木薯细枝	3.69	0.42	37.67	11.77	22.6	21.09	2.76
木薯主茎	4.73	0.34	39.93	11.73	17.87	22.69	2.71
木薯粗根	4.98	0.37	40.38	12.14	19.05	20.18	2.9

表 17 木薯茎秆为主料常用培养基配方及其适用种类

序号	配料及比例 (%)										适用种类	
	木薯 茎秆	木屑	稻草	棉籽 壳	麦皮	牛尿 粉	玉米 粉	石灰	石膏 粉	过磷 酸钙		含水 量
1	38.0	33.0	-	-	25.0	-	3.0	1.0	-	-		平菇、榆黄 蘑、黑木耳
2	45.0	0.0	0.0	0.0	15.0	0.0	0.0	2.0	1.0	-		毛木耳
3	46.8	31.2	0.0	0.0	20.0	0.0	0.0	1.0	1.0	-	58~	鸡腿菇
4	52.0	0.0	15.0	15.0	5.0	8.0	3.0	1.0	1.0	-	60	杏鲍菇、秀珍 菇
5	60.0	-	-	30.0	5.0	-	-	3.0	1.0	1.0		草菇
6	70.0	0.0	0.0	13.0	15.0	0.0	0.0	2.0	0.0	-		金福菇
7	83.0	-	-	-	15.0	-	-	-	1.0	1.0		金针菇

注：“-”表示未添加

木薯渣也可以作为栽培食用菌的基质，根据木薯渣营养品质差异（表 18），生产中多利用木薯酒精渣栽培食用菌，目前，已经栽培成功的食用菌有巨大口蘑，真姬菇、黑木耳、草菇、杏鲍菇等。

表 18 木薯渣为主料常用培养基配方及其适用种类

序号	配料及比例（%）											适用种类
	木薯渣	木薯茎秆	木屑	麦皮	棉籽壳	石灰	石膏粉	稻草或稻壳	米糠	玉米粉	含水量	
1	50.0	30.0	-	1.5	0.0	2.0	1.5	-	15.0	0.0		巨大口蘑
2	45.0	16.0	-	20.0	8.0		1.0	10.0	-	-	58~60	真姬菇
3	42.0	21.0	21.0	13.0	-	2.0	-	-	-	1.0		黑木耳
4	40.0	35.0	-	20.0	-	1.5	-	-	-	3.5		杏鲍菇
4	70			12	15							

注：“-”表示未添加。

3.3.1.2 原料要求

木薯茎秆或木薯渣栽培食用菌基质应符合 NY/T 1935-2010《食用菌栽培基质质量安全要求》中的要求。生料栽培、熟料栽培和发酵料栽培都应控制木薯基质的水分。木薯渣含水量应控制在 60%-65% 之间，木薯茎秆应粉碎 2 cm~5 cm 半径的颗粒物。

3.3.1.3 场地和设施设备

木薯茎秆或木薯渣栽培食用菌的场地环境应符合 NY/T 2375-2013《食用菌生产技术规范》中 4.1 的要求。

应配备粉碎机，搅拌机、灭菌设备，机械设备应符合相应昌

平标准要求。

3.3.1.4 质量控制

(1) 木薯栽培于热带或亚热带地区，木薯秆或木薯渣粉碎后，应及时晒干贮藏。

(2) 栽培技术可参考 NY/T 528-2010《食用菌生产技术规范》。

(3) 木薯茎秆或木薯渣基质化利用栽培食用菌，应根据食用菌的种类，搭配一定成分的辅料（谷壳、麦麸、糖、尿素、石膏等）用作基料栽培食用菌。同时，调节木薯基质的碳氮比的范围，通常在 20:1~40:1。大部分木薯茎秆碳水化合物含量较高，蛋白质含量很低，配料时刻加入一些含蛋白质较高的作物，按比例调配到 25:1-30:1，即可满足菌丝的生长。



图 18 木薯茎秆粉碎、晒干和不同配比菌丝生长情况



图 19 木薯副产物基质化利用栽培食用菌

3.3.2 育苗基质

3.3.2.1 基本情况

木薯茎秆质地疏松，吸水性良好，其培养基能满足各种农作物幼苗生长发育的基本营养需求^[25]。因此，木薯茎秆可用于发展瓜果蔬菜的农作物基质以及食用菌的培养基质。一般木薯茎秆基质化利用有两种，一种是直接基质利用育苗，一种是进行堆肥处理。原木薯茎秆用于番茄育苗时，其生长效果与草炭育苗效果相当；过 2 mm 筛木薯茎秆育苗效果优于椰糠；原木薯茎秆用于黄瓜育苗时与草炭、椰糠育苗效果相当，优于过 2 mm 筛木薯茎

秆。过 2 mm 筛木薯茎秆对茄子的育苗效果优于椰糠^[26]。另外，木薯渣也可以用于辣椒的育苗基质^[27]，以每立方米木薯渣配以 200 L 的椰糠、80 L 的蛭石和 80 L 的珍珠岩为基础原料，辅以不同水平的有机肥、硝酸钙、缓释肥和硫酸亚铁等原料配制而成的育苗基质，在以辣椒为试验材料的育苗试验中均有很好的表现。因此，在木薯茎秆和木薯渣作为育苗基质利用时，需要对基质配比进行调节。

3.3.2.2 原料要求

木薯茎秆直接还田的基质，应粉碎成 2cm~4cm 的颗粒状木屑，与土壤深耕还田。作为育苗基质，新鲜的茎秆基质应晾晒至含水量 30%~40% 贮存待用。

3.3.2.3 场地和设施设备

应配备基质粉碎粉碎机和搅拌机等机械设备。南方选择向阳的场地，宜搭棚防雨。

3.3.2.4 质量控制

(1) 木薯茎秆和木薯渣在作为茎秆基质育苗基质时，应满足 NY/T2118-2012《蔬菜育苗基质》的要求。

(2) 基质含水量应控制在 65% 以下。

3.4 肥料化利用

3.4.1 主要工艺流程

木薯副产物的肥料化利用，主要利用木薯茎秆、木薯渣和木薯皮等废弃物，堆肥生产的主要工艺流程有原料粉碎、调节含水量、调节碳氮比、发酵等，根据不同的基质，使用不同的菌剂进行发酵处理，其发酵时间也有差异（图 17）。

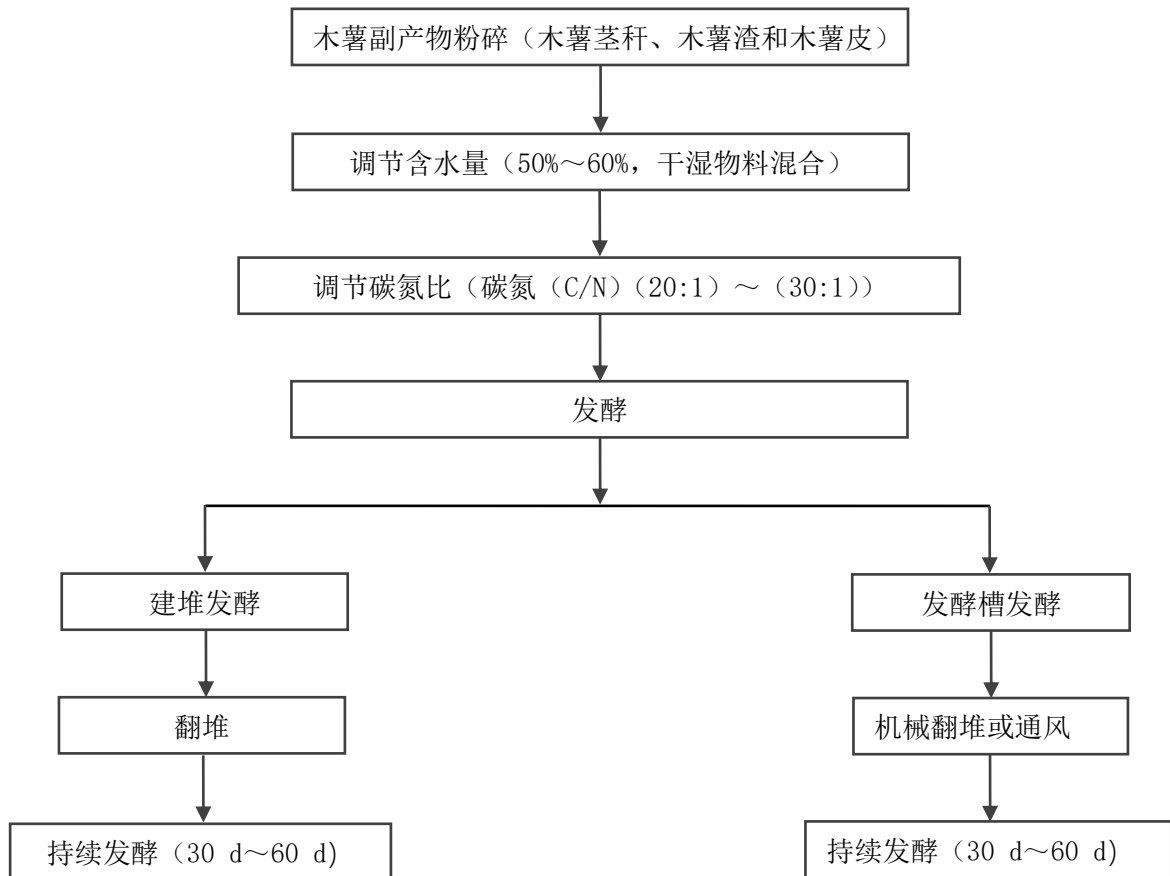


图 20 木薯副产物肥料化利用主要工艺流程

3.4.2 基本情况

木薯茎秆或木薯皮一般需要加入适当的菌料、动物有机肥和其他植物基质进行堆肥发酵，以加快腐熟速度^[28]。据报道，木薯茎秆可用于番茄、黄瓜和茄子育苗^[26]。腐熟木薯茎秆可用于番茄、黄瓜、茄子育苗，而不宜单独用于丝瓜、大吊瓜和西瓜育苗。以

EM 菌和酵素菌发酵腐熟的木薯皮和砂子（8:2）作为黄瓜的育苗基质，黄瓜育苗效果较好。因此，木薯副产物基质

3.4.3 原料要求

木薯茎秆、木薯皮等堆垛腐熟的基质，应粉碎为 2cm~5cm 的颗粒状木屑，含水量在 30%-40%，并加入有机肥、菌剂等腐熟再使用。

3.4.4 质量控制

堆肥生产的主要工艺流程有原料粉碎、调节水分含量、发酵。为保证堆肥的质量和发酵的一致性，堆肥之前应先对原料进行粉碎处理，用于堆肥的原料颗粒不宜过大，木薯茎、叶、皮、渣等应经过粉碎处理成 2 cm~5 cm 半径的颗粒物。

调节含水量是控制堆肥发酵的关键步骤，鲜木薯渣含水分高约为 80%~90%，而用于堆肥发酵的原料含水量在 60%~65% 最佳。因此水分调控是堆肥发酵准备的关键步骤，水分含量较高的木薯渣应充分晾干。或将薯渣与米糠、谷壳等含水率较低的原料混合使用。

堆肥发酵主要是添加微生物或生物菌剂进行发酵。将粉碎后的原料，添加有机物料腐熟剂，后建堆发酵。菌种活化宜选择利于植物纤维素高温降解的菌种，如链霉菌。有机肥和生物菌肥的质量应符合 GB 38400、NY/T 525《有机肥料》和 NY 884《生物有机肥》的要求。

3.5 能源化利用

2017 年底发布的《关于开展秸秆气化清洁能源利用工程建设的指导意见》，到 2020 年，建成若干秸秆气化清洁能源利用实施县，区域内秸秆综合率达到 85%以上，有效替代农村散煤，为农户以及乡镇学校等公共设施供应炊事取暖清洁燃气。木薯副产物能源化利用方式主要有茎秆和木薯渣生产沼气、茎秆发电、生产固体成型燃料等。

3.5.2 生产沼气

3.5.2.1 主要工艺流程

木薯茎秆经过粉碎预处理后，进行厌氧发酵，生成沼气、通过纯化后贮存或直接使用，其沼液沼渣等还可以用于有机肥等。其工艺流程见图 18 所示。

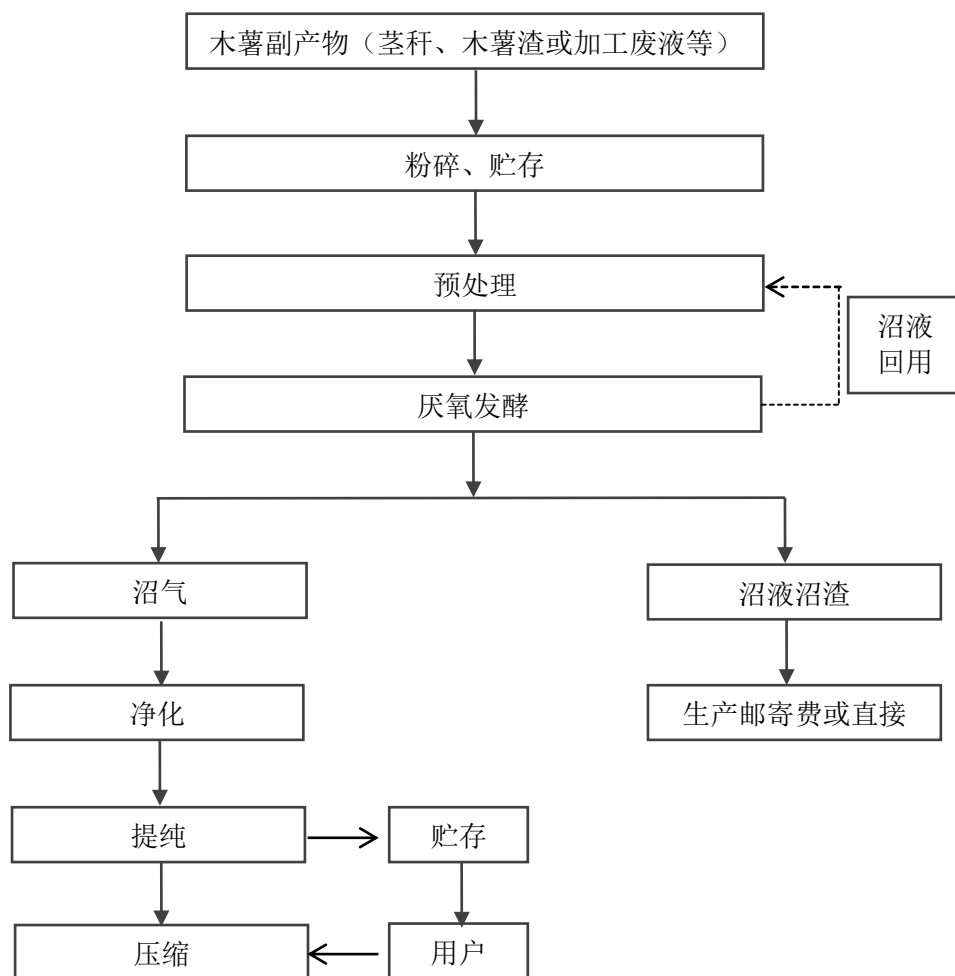


图 21 木薯副产物制备沼气流程图

3.5.2.2 基本情况

木薯渣和木薯茎秆可作为生产沼气的原料，含有部分难降解的木质素，影响其降解速率和甲烷产率。通过物理法、化学法和生物法等预处理方法，可破坏木质素结构以提高微生物利用效率，加快产沼气速率和增加甲烷产率。其中，碱处理法具有操作简单便捷、木质素去除效果显著等优点，广泛应用于含木质素的农业废弃物。研究表明，使用 NaOH 溶液对木薯渣进行浸泡处理

后，残渣经过水洗，在发酵温度为 35℃、初始 pH 为 7.0 条件下，以厌氧污泥为接种物（接种比 3：7，干重计）进行中温厌氧发酵。在厌氧发酵初期，木薯渣残渣发生快速酸化和 VFA 累积，添加 NaOH，调节 pH 有效避免了 VFA 的持续累积，发酵结束后各反应器内 VFA 较低。NaOH 溶液预处理提高了木薯副产物的产气效率，获得较好经济收益。沼气工艺较多，用于木薯副产物沼气生产工艺主要为厌氧消化发酵工艺。

3.5.2.3 场地与设施设备

沼气生产场地和设备应符合 NY/T 2142-2012《秸秆沼气工程工艺设计规范》的要求，另外沼气工程中厌氧消化器、沼气净化器、贮气柜等设备应符合 NY/T 1222 的相关规定。

3.5.2.4 原料要求

(1) 生产沼气的原料以木薯秆、木薯渣和木薯加工后的滤泥、废醪为主。

(2) 沼气原料应在烘干或晒干后进行粉碎，原料水分控制在 10%~15%。

(2) 原料的量占总发酵液总量的 20% 以下。

3.5.2.5 质量控制

(1) 保证稳定动态发酵管理；

(2) 科学调配原料营养，宜与鸡粪等有机废物进行多原料

发酵，提高产气效率；

(3) 合理调控发酵的负荷。

(4) 沼气利用、沼气和沼渣综合处理按 NY/T 2372-2013 《秸秆沼气工程运行管理规范》 NY/T 2373-2013 《沼气工程质量验收规范》、NY/T 3612-2020 《序批式厌氧干发酵沼气工程设计规范》和 NY/T 2374 《沼气工程沼液沼渣处理技术规范处理》。

3.5.3 直燃发电和固体生物质燃料发电

3.5.3.1 主要工艺流程

木薯茎秆或采收废弃物进行生物质能源化利用过程中，需要先进行粉碎或制成颗粒，然后进行锅炉焚烧，最后形成蒸汽或者电力，为居民或企业供电或供暖。而燃烧后的渣和灰，还可以作为水泥的原料和肥料的原料。主要生产流程图见图 22 所示。

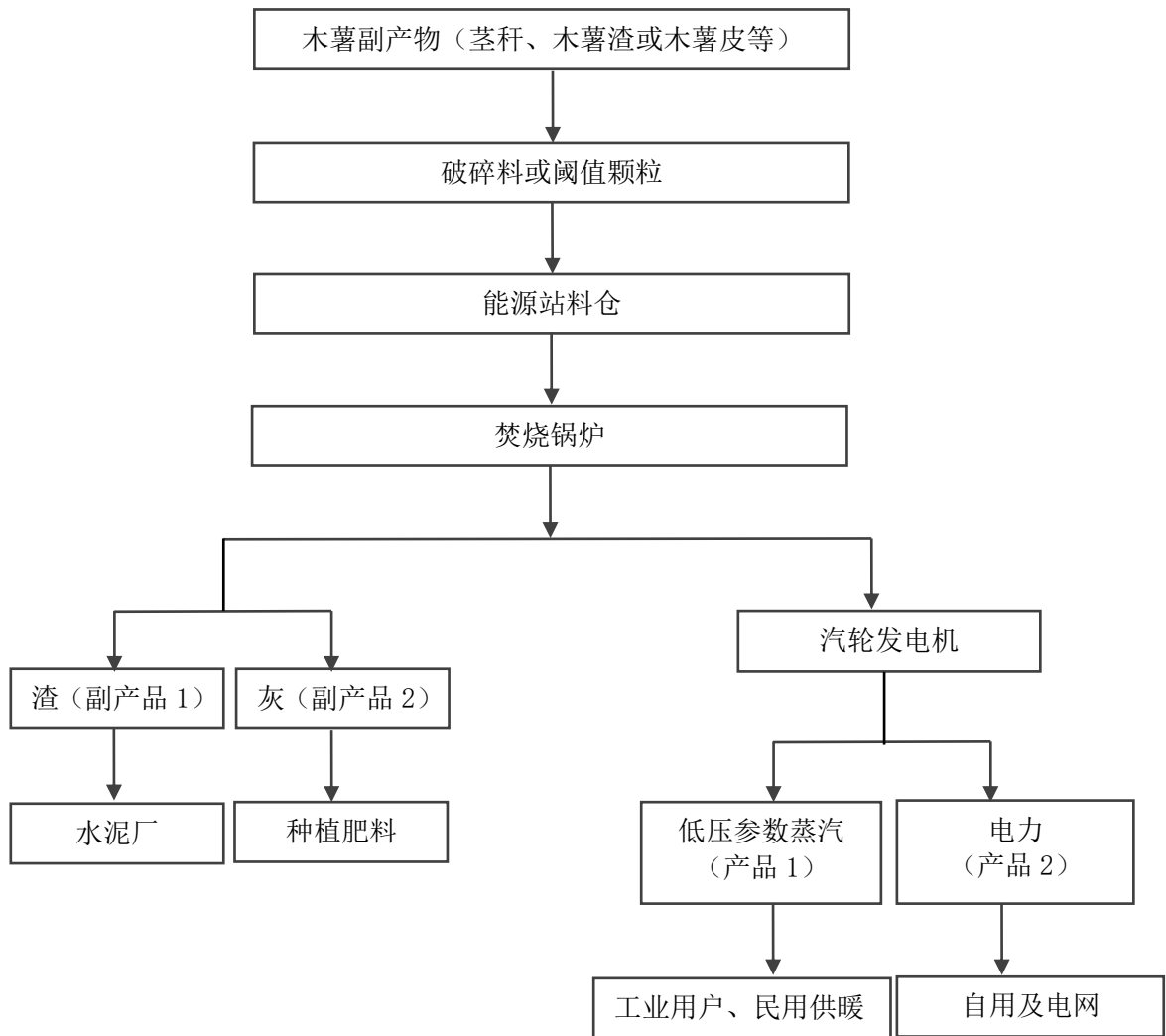


图 22 木薯副产物直燃或固体生物质燃料发电工艺流程

3.5.3.2 基本情况

木薯茎秆是一种很有前景的直燃燃料，具有较好的燃烧性能。木薯茎秆经过长久地堆积后，燃料特性会有改变。其中，发热量增加，使燃料的热特性增强，减少了氯与硫的含量，能够防止锅炉结渣。但灰分会变得多，使温度有所下降，会增加结垢的

几率，加大氮在尾气中的含量。木薯茎秆的空隙率大，易于燃烧，其燃烧的热能转化率也高。堆放密度数据显示木薯茎秆燃烧效果优良，适合在产业链设计与生产管理中推广^[29]。

由于木薯含有大量的淀粉和纤维素等物质，木薯茎秆及木薯渣用作固体生物质燃料，具有资源丰富、燃烧性状好、成型颗粒质量高的特点，是很好的生物能源材料。通常木薯秆颗粒样品粉碎使用 6 mm 筛锤式粉碎机，采用生产能力 300 kg/h 的小环模压辊式颗粒制粒机压制木薯秆颗粒，把少量蒸汽经由专用设备加进磨碎的木薯秆里，并进行压模。木薯茎秆含水率是一个非常重要的参数，造粒过程中，木薯茎秆含水率确定在 10%~15% 之间。

3.5.3.3 场地与设施设备

木薯副产物进行秸秆发电，场地及设施应符合 GB 50762 的要求。秸秆发电厂应配备秸秆贮存、秸秆传送、及秸秆粉碎系统，锅炉系统，除灰渣系统，汽轮机设备系统，供水和水处理系统以及电气系统等。



图 23 生物质燃料贮存场地



图 24 生物质发电锅炉及燃烧系统

3.5.3.4 原料要求

- (1) 木薯副产物直燃燃料的使用应符合 NY 2802 的要求。
- (2) 茎秆直燃发电含水量不宜超过 40%。
- (3) 木薯茎秆和木薯渣在制成固体成型燃料时，控制原料含水率。棒状成型 10%-25%左右，颗粒成型 15%-25%。

3.5.3.5 质量控制

- (1) 控制原料含水率，提高燃烧效率；
- (2) 注重成型燃料利用与生物质锅炉（炉具）推广的互配套。
- (3) 锅炉燃烧排放必要时配置除尘、氮氧化物净化装置。
- (4) 生物质燃料的质量控制，通过参阅 NY/T 2909-2016 《生物质固体成型燃料质量分级》、NY/T 3021-2016 《生物质成型燃料原料技术条件》、NY/T 1879-2010 《生物质固体成型燃

料采样方法》、NY/T 1880-2010 《生物质固体成型燃料样品制备方法》、NY/T 1882-2010 《生物质固体成型燃料成型设备技术条件》、NY/T 1883-2010 《生物质固体成型燃料成型设备试验方法》、NB/T 34061-2018 《生物质锅炉供热成型燃料贮运技术规范》、NY/T 2369-2013 《户用生物质炊事炉具通用技术条件》、NY/T 2880-2015 《生物质成型燃料工程运行管理规范》、NY/T 2881-2015 《生物质成型燃料工程设计规范》、NB/T 47062-2017 《生物质成型燃料锅炉》、NB/T 10240-2019 《生物质成型燃料锅炉房设计规范》、NB/T 34006-2020 《清洁采暖炉具技术条件》等标准的进行确定。

3.6 高值化利用

3.6.1 提取黄酮类化合物

3.6.1.1 基本情况

木薯中黄酮类化合物很多，以黄酮醇类物质为主，目前，在木薯叶中发现了 8 种黄酮醇类化合物，分别是芦丁、烟花苷、槲皮素、山奈酚、杨梅苷、金丝桃苷、刺槐苷、水仙苷。项目承担单位在研究过程中发现，高效液相色谱能检测到木薯叶中芦丁、烟花苷、杨梅苷、水仙苷、槲皮素、山奈酚穗花杉双黄酮 7 种黄酮类物质，占总量的 99.0% 以上，在木薯叶片中黄酮醇多以其苷类形式存在，槲皮素和山奈酚是是这些黄酮醇的前体物质，在鲜叶和干叶中含量很少或检测不到（表 19）。不同的采收期、成熟度和品种，其含量差异较大，但以品种差异最大（图 25）。

表 19 份木薯种质资源叶片中黄酮总含量

采样编号	品种名称	黄酮含量 (mg/kg)					总含量 (mg/kg)
		杨梅苷	芦丁	烟花苷	水仙苷	穗花杉双黄酮	
1	华南 5 号	292.0	4898.1	1390.3	145.7	283.7	6915.2
2	华南 6 号	50.3	3843.9	863.2	100.2	465.0	5322.7
3	华南 7 号	165.0	5605.0	2225.0	203.4	419.0	8617.4
4	华南 8 号	184.6	3408.6	1416.3	93.2	581.7	5684.5
5	华南 9 号	61.2	4116.5	1500.7	168.7	485.9	6333.0
6	华南 10 号	134.6	5543.7	2476.1	283.2	686.8	9124.5
7	华南 11 号	244.3	7901.8	3691.5	276.7	885.5	12999.8
8	华南 12 号	159.4	4509.5	1440.2	89.5	323.3	6414.2
9	华南 13 号	148.1	4415.9	2150.8	98.1	459.5	7272.4
10	华南 14 号	178.0	5499.4	1451.1	180.0	410.7	7719.1
11	华南 124 号	71.1	3623.8	1289.6	123.8	309.3	5417.4
12	华南 6068 号	116.3	2721.8	2349.3	121.6	328.5	5528.0
13	华南 205 号	124.2	2846.5	2496.3	92.5	631.0	6190.5
14	南植 199	85.7	3644.0	1266.5	66.9	450.8	5514.0
15	桂热 4 号	56.4	4585.1	2895.9	132.6	1069.2	8739.2
16	GR891	75.3	3617.0	969.4	92.9	363.0	5117.7
17	GR911	78.1	2026.3	850.5	22.8	46.5	3024.0
18	卷叶木薯	53.5	4272.4	1924.2	145.5	558.1	6953.7
19	印尼细叶	92.5	4134.9	1529.9	87.4	613.8	6458.5
20	紫叶木薯	302.5	8852.2	2224.0	253.1	489.5	12121.4
21	花叶木薯	129.5	3926.6	2249.2	153.8	587.8	7047.0
22	野生木薯	0.0	4073.6	350.3	104.8	421.5	4950.3
23	KU50	554.6	7166.0	1827.5	248.5	690.6	10487.2
24	CM483-2	101.3	3069.7	1622.8	15.2	47.5	4856.4
25	桂热 5 号	86.6	2185.2	1273.5	20.7	28.7	3594.6
26	野生橡胶木薯	40.6	2377.6	312.1	50.9	80.2	2861.3
27	糖木薯	36.2	1190.3	745.7	4.3	89.4	2064.4
28	汇丰 60	98.7	1877.2	915.4	25.0	106.5	3022.9
29	巴西 5 号	10.0	2277.5	781.2	11.7	43.4	3123.9
30	巴西 6 号	54.1	1966.9	1143.5	13.0	158.6	3336.1

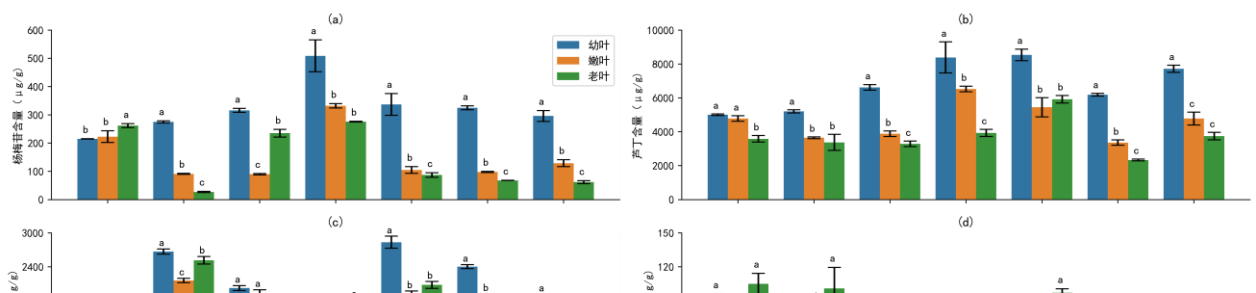


图 25 不同成熟度叶片中黄酮类物质含量变化

3.6.1.3 原料要求

选择黄酮类化合物含量较高的木薯品种，以嫩叶期的木薯叶作为原料最佳。

3.6.1.4 质量控制

(1) 提取过程中，提取液的乙醇比例、和料液比是提取效率的关键。黄酮类化合物以 50%乙醇最佳，木薯叶以料液比 1:70 料液比提取最高（图 26）。

(2) 超声提取可以加快木薯叶中黄酮类物质的提取效率，以提取温度 50℃，提取 30min（500W），分两次提取提取效果可达到 99%。

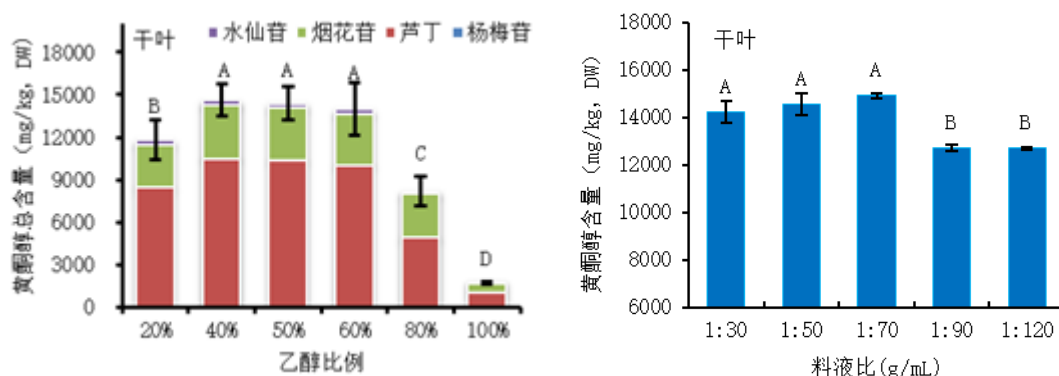


图 26 乙醇比例和料液比对黄酮醇化合物提取效果的影响

3.6.2 制备植物活性多肽

3.6.2.1 基本情况

木薯叶中富含蛋白，通过酶解方法可以有效的降解蛋白成活性多肽。植物源多肽的制备方法主要有酶解法、化学合成法、微生物发酵法和直接提取法，其中酶解法具有反应条件温和，专一性较强的特点，是当前最常用的多肽制备方法。活性多肽的生理功能较多，包括抗氧化、调节血脂、抗高血压和抗肿瘤等，其中抗氧化是其重要的生理功能之一。目前我们从木薯叶中提取的多肽纯度达到了 92.6%。具有抗氧化活性，其还原力达到了 91.83%^[30]。

3.6.2.2 原料要求

以新鲜的木薯叶为主，采摘是木薯叶无明显的病虫害。

3.6.2.3 质量控制

(1) 木薯叶片蛋白质最佳提取条件为:温度 60℃、碱溶 Ph11.0、提取时间 2h，酸沉 pH4.6;

(2) 碱性、中性和胰蛋白酶 3 种酶酶解蛋白质的最佳条件分别为 36.7℃、35℃、36℃；pH 值 8.8、6.3、8.0；反应时间 2.4、2.2、3.8h。

(3) 所有样品需要低温保存，在提取过程中，应尽可能使用干净的试管和容器，以免污染。

4 贮存、运输与记录

加强生产管理是农产品加工废弃物合理利用的关键，本标准结合其他标准的要求和企业生产实际，对农产品加工废弃物的贮存、运输与记录作了规定。

4.1 贮存

贮存主要是考虑减少副产物之间的交叉污染，避免或减少二次污染，减少雨水冲刷的损失。本标准主要规定了两方面的内容：

(1) 分类贮存：木薯副产物废弃物再生利用中的原料和产品应分别设置专门的贮存场所。

(2) 场所要求：贮存场所应防雨淋、防日晒，合理设置安全警示标志。其中基质化利用的材料应及时包装，并放置于干燥的环境中；堆肥贮存场地应经过硬化处理，原料贮存和发酵设施应防渗、防雨淋和防风。饲料加工和贮存的生产场地应清洁、平整、地势高。

4.2 运输

副产物综合利用作为木薯产业的配套产业，应与当地产业发

展结合,减少运输半径,宜在园区内或一定区域范围内循环利用。如需要运输,GB/T 34343-2017《农产品物流包装容器通用技术要求》中规定了农产品物流的基本要求、质量要求和标志等。

4.3 记录

加强生产管理是木薯副产物合理利用的关键,本标准结合其他标准的要求和企业生产实际,对收集贮存与运输、利用与管理 and 生产记录作了规定。规定了信息记录的内容,包括加工废弃物的来源、生产方式、去向等信息。根据溯源要求和安全需要,生产记录的保存期限应至少 2 年。

(二) 技术经济论证、预期的经济效果

结合国内外木薯副产物利用研究基础和国外先进标准发展趋势,制定木薯副产物综合利用导则,建立木薯副产物共性技术标准,为推动我国木薯的高值化利用、延长木薯产业链提供标准技术支撑,对木薯副产物产品质量安全、规范利用市场范围等具有重要的意义。

四、采用国际标准和国外先进标准的程度

木薯副产物综合利用以我国现有生产为基础总结,未采用国际标准。

五、与现行的法律法规和强制性国家标准的关系

在标准的编制过程中,严格贯彻国家有关方针、政策、法律和规章,经过国家市场技术监督管理局中国标准网检索,海南省

市场监督管理局网站查询，标准的名称、内容及指标与现行法律法规和强制性的标准没有冲突，不存在包含、重复、交叉问题，与相关的各种基础标准相衔接，遵循了政策性和协调同一性的原则。

六、重大分歧意见的处理经过和依据

本标准在起草过程中将广泛征求科研机构、高校、生产企业和基地、木薯加工企业和有关政府管理机构对本标准的意见，并通过线下讨论会、线上网络会议、实地走访调研等形式充分吸收有关利益方对本标准的意见和建议。

七、标准作为强制性或推荐性标准的建议

本标准作为生产技术指导的行业标准，并不涉及有关国家安全、保护人体健康和人身财产安全、环境质量要求等有关强制性地方标准或强制性条文等的八项要求之一。因此，建议作为推荐性标准颁布实施。

八、贯彻标准的要求和措施建议（包括组织实施、技术措施、过渡办法等）

本标准发布后，建议在广西、海南、云南等木薯种植地区举办标准宣贯培训班，并将积极与各地农业农村发展规划、产业体系构建、农业生产技术培训结合。在新型农业全产业链体系构建中，将木薯副产物综合利用导则作为一项重要内容进行宣传推广。

九、废止现行有关标准的建议

无。

十、其他应予说明的事项

无。

参考文献

- [1] 仲玉梅. 木薯叶成熟过程中营养成分的变化[J]. 食品工业科技. 1989(06): 24-27.
- [2] Chaiareekitwat S, Latif S, Mahayothee B, et al. Protein composition, chlorophyll, carotenoids, and cyanide content of cassava leaves (*Manihot esculenta* Crantz) as influenced by cultivar, plant age, and leaf position[J]. Food Chemistry. 2022, 372: 131173.
- [3] Chaiareekitwat S, Latif S, Mahayothee B, et al. Protein composition, chlorophyll, carotenoids, and cyanide content of cassava leaves (*Manihot esculenta* Crantz) as influenced by cultivar, plant age and leaf position[J]. Food Chemistry. 2021.
- [4] Latif S, Müller J. Potential of cassava leaves in human nutrition: A review[J]. Trends in Food Science & Technology. 2015, 44(2): 147-158.
- [5] 王定发, 陈松笔, 周汉林, 等. 5种木薯茎叶营养成分比较[J]. 养殖与饲料. 2016(06): 48-50.
- [6] 石俭省, 王振权. 木薯叶粉饲喂肉鸭效果及影响其利用因素的研究[J]. 广西农业大学学报. 1996(02): 109-114.
- [7] 王东劲, 周汉林, 李琼, 等. 木薯叶粉养鸡试验[J]. 中国草食动物. 2000(01): 32-33.
- [8] 李茂, 字学娟, 徐铁山, 等. 木薯叶粉对鹅生长性能和血液生理生化指标的影响[J]. 动物营养学报. 2016, 28(10): 3168-3174.
- [9] 吕飞杰, 张振文, 尹道娟, 等. 木薯叶乙醇提取物对图丽鱼和罗非鱼生长影响的研究[J]. 中国热带农业. 2015(01): 5-8.
- [10] 王东劲, 周汉林, 李琼, 等. 木薯叶粉养鸡试验[J]. 中国草食动物. 2000(01): 32-33.
- [11] 罗群, 杨其保, 莫现会, 等. 蓖麻蚕营养成分的含量测定及食用安全性分析[J]. 广西蚕业. 2017, 54(01): 30-36.
- [12] 杨龙, 张冠冬, 宋雁超, 等. 野生和栽培木薯叶片的营养及饲料价值研究[J]. 南方农业学报. 2017, 48(02): 238-245.
- [13] 刘倩, 段春芳, 李月仙, 等. 不同叶片采摘量及采摘时间对华南205木薯主要生长性状的影响[J]. 云南农业大学学报(自然科学). 2017, 32(05): 873-878.
- [14] 李开绵, 林雄, 黄洁, 等. 木薯饲用型品种的筛选[J]. 热带作物学报. 1999(04): 62-70.
- [15] 牟爱生, 张立冬, 字学娟, 等. 添加蔗糖对木薯叶青贮品质和营养成分的影响[J]. 家畜生态学报. 2022, 43(01): 65-68.
- [16] 李茂, 字学娟, 刁其玉, 等. 添加有机酸改善木薯叶青贮品质和营养成分[J]. 热带作物学报. 2019, 40(07): 1312-1316.
- [17] 李茂, 字学娟, 胡海超, 等. 添加葡萄糖对木薯叶青贮品质和营养成分的影响[J]. 家畜生态学报. 2019, 40(07): 34-37.
- [18] 李茂, 字学娟, 刁其玉, 等. 添加单宁酸对木薯叶青贮品质和有氧稳定性的影响[J]. 草业科学. 2019, 36(06): 1662-1667.
- [19] 李茂, 字学娟, 胡海超, 等. 添加乙醇对木薯叶青贮品质和营养成分的影响[J]. 黑龙江畜牧兽医. 2018(24): 147-149.
- [20] 何莫斌, 俸祥仁, 兰宗宝, 等. 玉米秸秆+甘蔗叶梢+木薯渣复合饲料对肉牛生产性能和经济效益的影响[J]. 福建农业科技. 2019(12): 6-11.
- [21] 李北, 李永恒, 黄允升, 等. 木薯渣生物发酵饲料开发设计[J]. 轻工科技. 2019, 35(11): 30-31.
- [22] 吕小康, 王杰, 王世琴, 等. 饲料添加木薯渣对羔羊生长性能、血清指标及瘤胃发酵参数的影响[Z]. 中国河北石家庄: 20171.

- [23] 兰宗宝, 姜源明, 韦力, 等. 木薯渣与玉米秸秆混合微贮饲料对摩本杂水牛饲养效果的影响[J]. 四川农业科技. 2016(09): 47-50.
- [24] 王启芝, 杨家会, 何仁春, 等. 木薯秆微贮与自然发酵青贮品质比较分析[J]. 黑龙江畜牧兽医. 2020(02): 104-107.
- [25] 袁纳新, 张新昌, 余斌, 等. 木薯秸秆化学成分与应用分析[J]. 林产工业. 2015(02): 32-34.
- [26] 李光义, 侯宪文, 邹雨坤, 等. 木薯茎秆基质育苗效果研究[J]. 农业资源与环境学报. 2014, 31(02): 146-150.
- [27] 王林闯, 仲秀娟, 许文钊, 等. 木薯渣复合基质在辣椒育苗上的应用研究[J]. 安徽农业科学. 2017, 45(35): 42-44.
- [28] 李光义, 李勤奋, 张晶元. 木薯茎秆基质化的堆肥工艺及评价[J]. 农业工程学报. 2011(01): 320-325.
- [29] 杨琴, 郑华. 我国木薯茎秆资源的能源利用[J]. 南方农业. 2014(30): 110-111.
- [30] 张作达, 王琴飞, 吴若娜, 等. 木薯叶片多肽的制备与抗氧化功能研究[J]. 食品与发酵工业. 2022, 48(07): 146-153.