

唐山市地方标准
《平菇菌袋设施发酵法生产技术规程》
编制说明

起草单位：唐山市农业科学研究院

负责人：李娟

联系电话：15031519503

邮 箱：lijuanfdy@163.com

唐山市农业科学研究院

2022年8月

唐山市地方标准《平菇菌袋设施发酵法生产技术规程》

编制说明

一、工作概况

根据唐山市市场监督管理局《关于下达 2022 年唐山市地方标准制定项目计划（第二批）的通知》（唐市监函[2022] 109 号），由唐山市农业农村局提出，唐山市农业科学研究院申报的《平菇菌袋设施发酵法生产技术规程》被批准立项，项目编号 NY202207。

我市乐亭、滦南、丰南等县市平菇年投料量约为 10 万吨左右，产值近 4 亿元，是当地农民主要收入来源之一。平菇制棒生产方式有生料、熟料、发酵料 3 种，而且栽培原料来源广泛、栽培周期短（6 个月左右）、投资少、见效快、产量高因而被广泛栽培。由于平菇栽培经济效益显著，因而在调整农业产业结构、增加农民收入等方面有很好的促进作用。我市乐亭、滦南等地是传统产区，丰南、丰润栽培规模逐渐扩大。栽培模式由最初的家庭式、小作坊式逐渐向合作社、工厂化、专业化过渡。由此，大量平菇专业制棒企业、合作社应运而生，形成了平菇制棒、出菇分开的专业化生产模式。但是多年来，有关平菇菌棒发酵法生产过程、原料配方、规格等尚缺乏标准，因菌棒质量问题导致的减产、品质下降等问题层出不穷，既给菇农造成了经济损失，执法部门也因为没有依据而造成了执法困难。所以，制定平菇菌棒生产技术规程有利于产业发展，也是迫在眉睫的一项重要任务。

国内现行有效的涉及平菇菌棒的标准共计6项，其中有2项标准涉及了菌棒质量指标和培养料发酵工艺参数，其余4项为从拌料到出菇的平菇生产全过程标准。简述如下：

《DB52/T 1439—2019 平菇菌棒生产技术规程》为贵州省地方标准，规定了平菇（*Pleurotus ostreatus*）菌棒的生产要求、抽样、检测、运输、贮存等。适用于侧耳属（*Pleurotus*）的平菇（*Pleurotus ostreatus*），也适用于该属的紫孢侧耳（*Pleurotussapidus*）、小平菇（*Pleurotus cornucopiae*）、凤尾菇（*Pleurotus pulmonariuss*）菌棒的生产。标准中涉及了平菇菌棒质量指标，但其生产方法为熟料法，与所拟本标准存在很大不同。《DB41/T 2045—2020 平菇培养料发酵质量控制技术规程》为河南省地方标准，规定了玉米芯为主料的平菇培养料发酵的术语和定义、发酵场地、原料配方、发酵工艺、发酵质量参数要求，适用于以玉米芯为主料的平菇培养料发酵质量的控制。标准中提及了发酵过程及发酵工艺参数，但标准中也限制了培养料主料为玉米芯，且未提及所制菌棒指标。

其他《DB41/T 1186—2015 平菇熟料栽培技术规程》、《DB21/T 1812—2019 平菇熟料袋式栽培技术规程》规定了平菇熟料栽培的术语和定义、原料、菌种制作、菌袋制作、发菌管理、出菇管理、采收包装、病虫害防治，适用于平菇熟料栽培。《DB53/T 845—2017 平菇栽培技术规程》规定了平菇栽培的产地环境、栽培技术、病虫害防控和菌渣处理等技术要求。《DB41/T 1767—2019 平菇袋栽工厂化生产技术规程》规定了平菇袋栽工厂化生产的术语和定义、产地

环境、厂区布局与建设、设备与控制系统、原料、品种与菌种制作、栽培袋制作、养菌管理、出菇管理、采收与包装，适用于平菇袋栽工厂化生产。

综上所述，我国尚未颁布平菇菌棒设施发酵法生产的相关标准。本《规程》的实施，将有效规范平菇菌棒成品的配方、规格、杂菌等质量指标，有利于规范成品菌棒生产销售环节。按照此标准生产平菇菌棒，有利于降低平菇菌棒生产成本、降低能源消耗，并保证菌棒质量。

二、标准编制主要工作过程

（一）起草单位

本标准由唐山市农业科学研究院起草。

（二）起草小组成立

2021年4月唐山市农业科学研究院成立了标准起草预备小组，开展资料收集、调研、标准研究等工作。2021年7月通过唐山市农业农村局提出，2022年6月经唐山市市场监督管理局批准立项。立项后起草小组成员进行分工，明确职责，正式开展标准的制定工作。

（三）主要起草人员与分工

姓名	性别	年龄	职称/职务	工作单位	任务分工
李娟	女	40	高级农艺师	唐山市农业科学研究院	组长，负责试验、调研、技术汇总、标准文本起草。
解文强	男	49	研究员	唐山市农业科学研究院	试验调查、数据统计分析、调研。
李林	男	39	农艺师	滦州市农业农村局	试验示范、生产管理、试验验证。
彭学文	女	46	副研究员	唐山市农业科学研究院	试验、调研、文献检索、数据分析汇总。
赵敏	女	47	高级会计师	唐山市农业科学研究院	文献、调研整理。

阚玉花	女	42	经济师	滦州市雷庄镇人民政府 农业综合服务中心	文献、调研整理。
崔静	女	41	农经师	迁安市永顺街道办事处	试验调查、数据统计分析、调研。
范燕	女	40	助理研究员	唐山市农业科学研究院	试验示范、生产管理、试验验证。
佟丽	女	34	工程师	唐山市食品药品综合检验检测中心	试验示范、生产管理、试验验证。
赵雪飞	男	39	助理研究员	唐山市农业科学研究院	试验示范、生产管理、试验验证。
崔淑芝	女	49	高级农艺师	滦南县农业农村局	试验示范、生产管理、试验验证。
葛志杰	男	45	高级农艺师	乐亭县农业农村局	试验示范、生产管理、试验验证。
詹云达	女	27	助理研究员	唐山市农业科学研究院	试验示范、生产管理、试验验证。
关怡卉	女	30	会计师	唐山市农业科学研究院	文献、调研整理。
杜春风	女	52	高级农艺师	滦南县农业农村局	试验示范、生产管理、试验验证。

四、主要工作内容

本标准所涉及技术内容是在农业农村部国家食用菌产业技术体系唐山综合试验站（CARS20）、唐山市科技计划项目“平菇菌棒生产模式创新及产业化应用”（19150222E）等重大课题研究的基础上，经过进一步的调研、试验验证和生产试验、示范总结归纳而成。起草后又经过多次修改形成了标准的征求意见稿，征求意见稿经过广泛征求平菇育种、栽培专家及食用菌生产合作社、农业技术和种植大户、菇农等多方意见，进一步完善后形成送审稿。

1、起草阶段

2021年4月-2021年6月,起草人员认真查阅了标准制定的有关文件,对标准的格式、内容、术语表达方式等进行了深入学习,严格遵循 GB/T 1.1-2020《标准化工作导则》所规定的标准编写要求和格式,认真总结多年的工作实际经验,结合大量的试验、调研资料,起草了《平菇菌袋设施发酵法生产技术规程》草案。起草小

组成员对标准的草案进行多次修改，于2022年6月中旬形成了本标准“书面征求意见稿”。

2、征求意见阶段

自2022年7月开始，进行书面征求意见。征求了河北师范大学、河南省农业科学院植物营养与资源环境研究所、中国农业科学院农业资源与农业区划研究所、河南农业大学、驻马店市农科院、山东省农业科学院、唐山市农业农村局特色产业处、乐亭县农业农村局农业技术推广站、滦南县农业农村局、滦南县益群食用菌种植专业合作社、滦南县明志食用菌种植专业合作社、乐亭县富民果蔬专业合作社等26家单位和个人的意见，共收到修改意见66条。标准起草小组经认真分析讨论，接受采纳44条。根据专家们意见，进一步地修改完善，形成了本标准的“网上征求意见稿”。

2022年11月17日至2022年12月16日，进入网上征求意见阶段，面向社会征求意见，收到修改意见0条。

线下征求意见，已与平菇生产、科研有关的科研、教学、技术推广、合作社和行政管理等10家单位11位专家、管理、生产人员进行了充分沟通，11位专家反馈了修改意见，其中收到反馈修改意见67条，64条采纳修改，3条未采纳，根据专家建议作了认真修改，专家对本标准的方法基本未有重大分歧意见。

3、形成送审稿阶段

2022年12月17日开始，标准起草小组对“网上征求意见稿”和“编制说明”进一步的修改和完善，于2022年12月20形成了送审稿，申请评审。

五、标准编制的原则

标准编制遵循“科学性、先进性、统一性、经济性、适用性、协调性、一致性和规范性的原则，在广泛调查研究的前提下，通过多年的试验验证，参照国内外相关标准，结合近几年来试验示范的成熟技术和最新成果制定了本标准。

六、技术内容的确定方法和依据

依据我单位承担的农业农村部国家食用菌产业技术体系唐山综合试验站（CARS20）、唐山市科技计划项目“平菇菌棒生产模式创新及产业化应用”（19150222E）等重大课题研究中相关试验数据、鉴定成果及相关文献作为编制依据。

（一）发酵工艺研究

发酵料栽培是平菇生产的主要栽培方式，是在一定的温度、湿度、碳氮比和通风条件下，利用自然界广泛分布的微生物对培养料进行发酵处理。目前平菇发酵料均为自然堆置的室外发酵，受气温、降水、风力及菇蚊、蝇等虫害影响较大，而且由于翻堆等操作均为人工操作或简单发料机操作，翻堆经常不匀。并且夏季温度较高时自然界杂菌孢子基数过大，发酵效果很难保证，接种后菌袋污染率居高不下。设施发酵则可有效避免自然发酵的缺点，而且易于工厂化大量生产，有助于推动平菇菌棒生产专业化。

为使平菇培养料发酵效果达到污染率最低、发菌速度快、产量高等效果，在不同的生产季节（秋冬季和春夏季）分别进行培养料处理工艺试验。以发酵不同阶段、培养料高度、风量、培养料起始温度为因素进行试验。

1. 设施发酵工艺研究

(1) 材料与方法

①原材料：棉籽皮、玉米芯、麸皮等均购自市场；鼓风机；发酵装置自建，钢筋混凝土结构。

②试验方法：试验设发酵不同阶段及风量、培养料高度进行单因素试验，每个因素 3 水平。培养料高度设 1.0m、1.5m、2.0m 三个水平。依据料温的变化情况将发酵分为 4 个阶段，即初始期、升温期、恒定期和降温期。初始期所需新鲜空气较少，降温期则需要全开以降温和排出废气，所以不设试验处理。在关键的升温期和恒定期则分别探索最佳的供气量。由于基础料温（或是进气温度，对升温期通风量有着巨大的影响），所以此次试验采用正交设计。试验设 A 基础料温（10℃，15℃，20℃）、B 升温期通风量（0.2m³/h、0.4m³/h、0.6m³/h）、C 恒定期通风量（0.5m³/h、1.0m³/h、1.5m³/h）3 个处理，每处理 3 个水平。然后分别考察菌袋污染率、发菌速度和产量，进行生物学统计分析，并测量最优组合中培养料的 pH 值、氨和水溶性碳的浓度；每小时记录温度。

表 1 正交实验设计因素

	A 基础料温 °C	B 升温期通风量 m ³ /h	C 恒定期通风量 m ³ /h
1	10	0.2	0.05
2	15	0.4	0.1
3	20	0.6	0.15

表 2 正交试验组合

试验	A	B	C
----	---	---	---

1	A1	10	B1	0.2	C1	0.05
2	A1	10	B2	0.4	C2	0.1
3	A1	10	B3	0.6	C3	0.15
4	A2	15	B1	0.2	C2	0.1
5	A2	15	B2	0.4	C3	0.15
6	A2	15	B3	0.6	C1	0.05
7	A3	20	B1	0.2	C3	0.15
8	A3	20	B2	0.4	C1	0.05
9	A3	20	B3	0.6	C2	0.1

2. 结果与讨论

(1) 培养料高度试验结果

表 3 培养料高度试验结果

处理	污染率	菌丝生长速度 cm	生物学效率
1.0m	0.12%a	0.71a	114.20%a
1.5m	0.13%a	0.72a	105.39%a
2.0m	0.16%b	0.68a	107.51%a



图 1 不同高度培养料接种比较



图 2 不同高度培养料温度比较

由表 3 可以看出，培养料高度增加，菌袋污染率会有所上升。2.0m 高度培养料比 1.5m 处理污染率提升 23.08%，生物学统计有显著性差异。可能是试验隧道高压风机压力太小，不能提供足够新鲜空气，导致产生缺氧死角温度较低，没有足够的温度杀死杂菌。但是菌丝生长速度和生物学效率均没有明显差异。2.0m 处理菌丝生长初期长速较慢，但总体满袋时间相差不多。随着培养时间的推移，袋内杂菌及发酵所产生的 H_2S 的有害气体挥发殆尽，平菇菌丝生长趋于正常，所以总体菌丝生长速度没有差异。

(2)通气量正交试验结果

通气量是发酵（或诱导）过程中关键的控制因素，通过调节通气量可以调控隧道内温度、排出有害物质，从而控制发酵（诱导）进程。在实际生产中控制好通风可以有效加快发酵进程，并且提高发酵质量，为高产优质奠定基础，还能节约生产成本增加收益。

在 10℃ 条件下，先期通风量越大温度上升越慢。以达到 60℃ 为标准，A1B3C3 处理比 A1B1C1 迟近 44 小时，比 A1B2C2 迟近 25 小时，如图 3 所示。三个处理中，A1B3C3 前期升温慢后期通风过大，导致

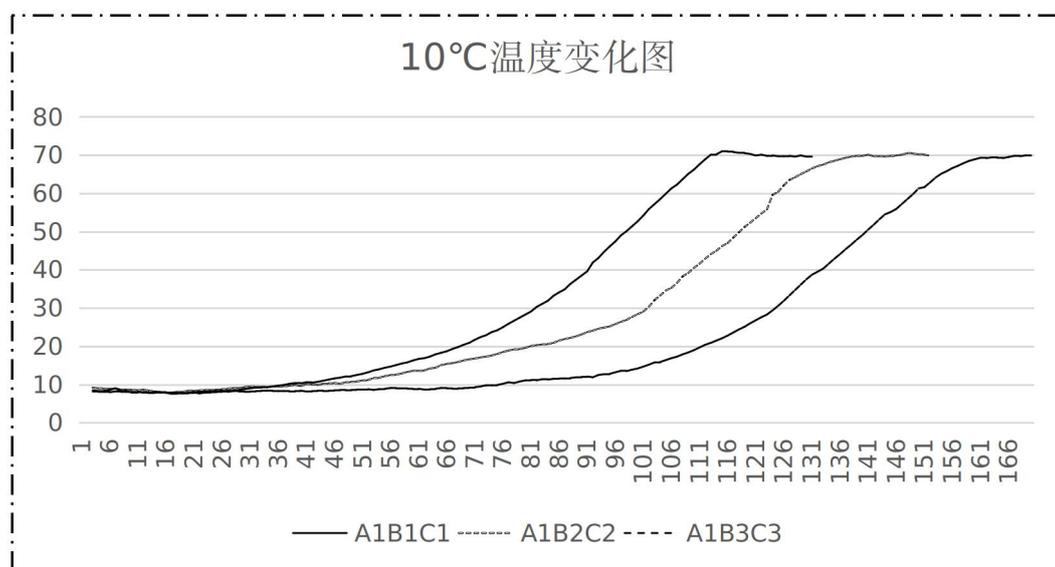


图 3 低温下温度变化情况

温度下降较快，所以不宜采用。A1B2C2 前期升温略慢但后期温度能够保持，装袋后污染率不高，生物学转化率达到 100.2%，所以是较好的处理。A1B1C1 前期升温较快，后期高温放线菌生长并不理想，所以不宜直接装袋，但 100℃ 2h 灭菌后菌袋生产良好，污染率仅为 0.1%，生物学效率 100.6% 以上。此处理可以作为诱导灭菌的培养料处理方法。（见图 3）

在环境温度 15℃ 情况下 A2B1C2 前期升温快，后期温度升高迅速且保持良好，装袋后污染率仅为 0.08%，生物学效率达到 116.4%，是最理想的选择。而 A2B2C3 前期升温略慢，后期通风过大高温放线菌增殖较少，装袋后污染率较高，为 0.7%，生物学效率为 109.3%，所以不宜直接采用。但经 100℃ 2h 灭菌后，菌袋污染率大幅下降，仅为 0.02%，生物学效率达 110% 以上，所以可以用此工艺进行诱导灭菌的前处理。（见图 4）

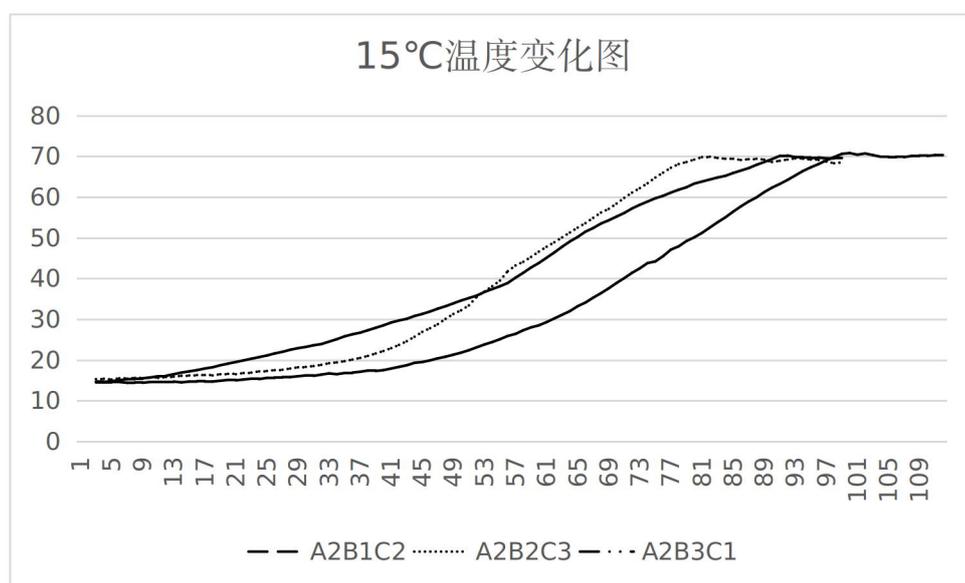


图 4 中温时温度变化情况

在温度超过 20℃ 的夏季，三种处理处理方式 A3B1C3、A3B2C1、A3B3C2 前期升温速度相差不多，而且由于进气温度较高，后期通风量的大小不足以影响隧道内的温度变化。采用 A3B3C2 的处理方式，发酵效果较好，装袋后污染率 0.2%，生物学效率 105.3%。A3B1C3 前期通风量较低，导致细菌特别是厌氧菌繁殖较快，培养料氨含量高，装袋后菌袋污染率达到 1.2%，而且发菌速度慢，所以不宜采用。A3B2C1 处理前期升温较快，而且通风量大没有产生厌氧发酵，但后期通风量小，高温放线菌繁殖率低，装袋后污染率偏高，达到 0.52%，

不宜直接装袋。所以宜作为诱导处理，经 100℃2h 灭菌后，培养料各项指标良好。污染率 0.03%，生物学效率 117.3%（见图 5）。

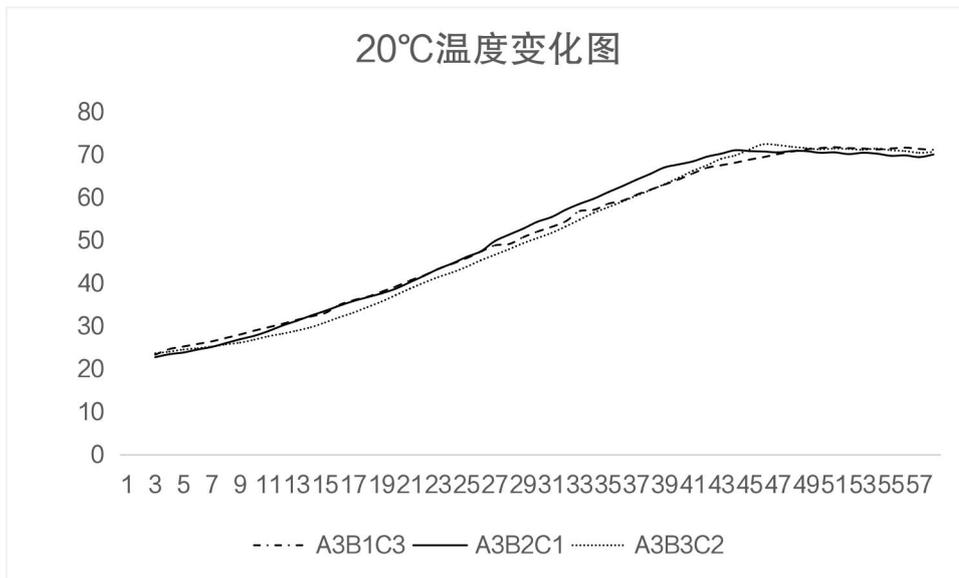


图 5 高温时温度变化图

③小结：不同季节（即外界环境温度不同、空气中杂菌孢子基数不同、进气温度不同）所需要的通气量不同。低温季节（冬季，10℃以下），宜采用 A1B2C2 发酵直接装袋，A1B1C1 诱导处理。中温季节（春秋季节，15℃左右），宜采用 A2B1C2 直接装袋，A2B2C3 诱导处理。高温季节（夏季，20℃以上），A3B3C2 的发酵方式虽然较好，但污染率偏高，所以这一时期建议不能采用发酵的方法直接装袋，而是采用诱导的方法，即 A3B2C1 处理。

2. 诱导发酵工艺研究

诱导灭菌是将培养料中的真菌孢子、细菌芽孢等休眠体诱导萌发成营养体，然后再进行高温灭杀的一种灭菌方法。此方法既具有熟料灭菌的优势，且灭菌成本低，是近年来行业内逐渐采用的培养料处理方法。但培养料在诱导过程中 pH、温度、微生物种群变化以及灭菌效果等方面尚缺乏基本数据支持。

(1)材料与方法

①试验原料

玉米芯、棉籽皮、麸皮、土豆、生石灰等均采购自市场；琼脂购自石狮市环球琼胶工业有限公司。

②试验配方

微生物培养、灭菌效果检验培养基为 LB 培养基：蛋白胨 10 g、酵母膏 5 g、NaCl 5 g、琼脂 15 g，蒸馏水 1000ml，pH 7.4；平菇培养料配方：玉米芯 46.5%、棉籽壳 46.5%、麸皮 5%、生石灰 2%，料水比 1:1.4。

③试验仪器

pH 计，杭州齐威仪器有限公司；DIJITAL S 菌落计数仪，西班牙 J.P.SELECTA 公司；HH-420 水浴锅，上海力辰邦西仪器科技有限公司；LCD-280S 温度计，常州市瑞明仪表厂；OSE-VX-01 振荡器，天根生化科技（北京）有限公司；移液器，大龙兴创实验仪器（北京）股份公司；诱导装置为钢筋混凝土浇筑，外覆保温层，下置通风管道，外置离心空压机、温控仪等设备，可控制温度。

④诱导方法

原料按配方称量、混合均匀后，置于诱导装置内，每 2 小时通气 10 min，诱导 40 h。

⑤细菌、真菌计数方法

平皿计数法。于诱导装置内随机 3 点取样，分别称取原料样品 10 g 于 90 mL 无菌水中，充分震荡 10 min，吸取 1 mL 于 9 mL 无菌水中，充分震荡 5 min，稀释至 10^{-9} g · mL⁻¹，选取 10^{-7} g · mL⁻¹

1、 $10^{-8} \text{ g} \cdot \text{mL}^{-1}$ 、 $10^{-9} \text{ g} \cdot \text{mL}^{-1}$ （取样时间不同，稀释倍数略有调整）分别吸取 0.1 mL 涂布平皿，每个浓度 3 次重复，于 26℃ 培养，统计菌落数。在诱导过程中每 4 小时取样一次。

⑥ 温度、pH 测定方法

将温度计探头预先埋入料堆内，上下两层布置。下层探头距料堆底部 20 cm，上层探头距离底部 40 cm。在诱导过程中每 2 小时记录 1 次。

pH 测量，上述 1.5 取样后，称取样品 10 g 加入 50 mL 蒸馏水中，充分震荡 30 min，过滤后使用 pH 计测量滤液，在诱导过程中每 4 小时测量 1 次。

⑦ 灭菌方法

依上述 1.5 取样涂布平皿后，将剩余各样品置于 95℃ 水浴锅中 5 min，冷却后吸取 0.1 mL 涂布平皿，每浓度 3 次重复，于 26℃ 培养，统计菌落数。

诱导结束后的培养料摊凉、装袋，100℃ 灭菌 2 h，冷却至 30℃ 以下时接种平菇菌种。灭菌结束后培养料亦取样计数菌落，方法同 1.5。

(2) 结果与分析

① 温度和 pH 变化情况

不同取样时间原料诱导后原料温度和 pH 变化见图 6。

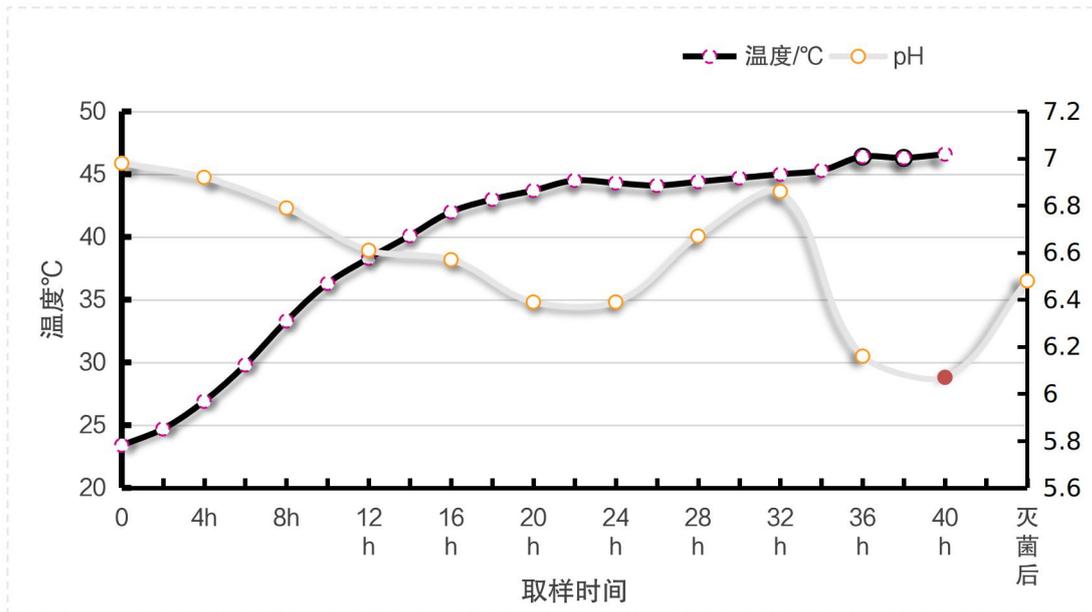


图 6 温度、pH 变化曲线图

由图 6 所示，拌料后 4 h（第 2 次取样），温度快速上升 3.5℃，pH 随之下降，下降幅度较小，仅下降了 0.06。随后的 16 h，即至第 6 次取样，温度快速上升，累计升温 16.8℃，每小时上升 1.05℃。这一时期也是 pH 快速下降的时期，由 6.92 下降至 6.39，共下降了 0.53，每小时下降 0.03。由此直至诱导结束合计 20 h 内，温度缓慢上升，总计上升 3.9℃，每小时仅上升 0.11℃，为第 2 阶段的约 1/10；pH 先升后降，第 9 次取样时 pH 明显升高，8 小时后达到整个诱导期的最低值 6.07，直到诱导结束装袋灭菌后再次测量，pH 重新回升至 6.48。

②微生物数量变化情况

诱导过程中，微生物数量统计见表 6。

表 6 微生物数量记录表

微生物统计	取样批次											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
细菌	灭菌前 /($\times 10^{10}$ 个/g)	62.0	5.1	390.0	2.4	1.6	∞	∞	∞	∞	13 100.0	23 5200. 0
	灭菌后 /($\times 10^8$ 个/g)	0	3.0	2.0	4.0	8.0	2.0	2.0	2 200.0	1.0	2 880.0	110.0
真菌	灭菌前 /($\times 10^{10}$ 个/g)	200.0	1.5	33.0	40.0	0	1.0	0	0	0	8.0	0
	灭菌后 /($\times 10^8$ 个/g)	0	1.0	1.0	1.0	5.0	0	0	0	0	0	0

注：表中 ∞ 表示无穷多。

由表 6 可知，拌料开始至第 3 次取样，耗时 8 h 左右，温度显著上升，由 23.4 上升到 38.3℃，升温 9.9℃，pH 下降 0.19，细菌总数上升明显，比拌料时增加了约 5 倍，达到 390×10^{10} 个/g。灭菌后，细菌总数明显下降，为 2×10^8 个/g。此时的细菌应为营养体和休眠体的混合物，休眠体可能包含尚未萌发的及萌发后再次生成。同一时期，真菌总数下降明显，由最初的 200×10^{10} 个/g 减少为 33×10^{10} 个/g，减少了约 6 倍。灭菌后总数维持在 1×10^8 个/g 左右，休眠体萌发为营养体后被杀灭较多。

第 4 次至第 7 次取样耗时 14 h，此期间温度 38℃-45℃，上升了 6℃，pH 持续下降，下降幅度 0.22，达到整体诱导期的次最低值 6.39，较初始 pH 下降了 0.59。此间细菌总数急剧上升，灭菌前细菌总数未测出，灭菌后的细菌总数与灭菌前相差不多，说明大部细菌为营养体。真菌总数继续下降，直到第 7 次取样不可测出。

第8次至第11次取样耗时12 h，温度持续上升，但上升速度减缓，只上升了2.2℃；pH则经历了先上升后急速下降的过程，第9批快速上升至6.86（接近初始值），至诱导结束又快速下降至整个诱导期的最低值6.07。细菌总数则持续攀升，尤其灭菌后的细菌数量大量增加，最高达 2.88×10^{10} 个/g。温度的升高、pH的下降，导致细菌大量产生休眠体，在95℃处理5 min的条件下显然不能达到灭菌效果。但真菌数量则持续下降，灭菌后未测出。

综上试验结果及真菌孢子、细菌芽孢的萌发条件可知，温度在23℃-38℃之间，真菌孢子及细菌芽孢可大量萌发生长；随着温度的升高（达到45℃时），细菌仍能大量繁殖，真菌则不再生长；温度持续升高，细菌产生芽孢，进入休眠状态。无论是大量繁殖还是进入休眠状态都不是理想状态，所以诱导时温度是关键因素。结合本文试验结果，诱导温度宜控制在23℃-38℃之间。

③ 灭菌结果

按照ISO7218: 2007 (E)或国标GB4789.3-2016菌落计数法计算，样品中均含有真菌或细菌，但总体数量均较低，统计结果见表8。

表7 100℃灭菌2 h效果

日期	重复	10 ⁻¹	10 ⁻²	10 ⁻³	10 ⁻⁴	10 ⁻⁵
4月23日	1	0	1 链孢霉	0	0	0
	2	0	0	0	0	0
	3	1 青霉	0	0	0	0
4月25日复检	1	0	1 链孢霉	0	0	1 细菌
	2	0	0	0	0	0

注：表中数字表示平皿中的菌落数。

由表 7 可知，平菇培养料经过诱导后，真菌数量明显下降，灭活后连续 6 批未能检出；诱导过程中细菌数量大幅度增加，但经过 100℃ 灭菌 2 h 后，仅有极微量的细菌存活。通过后续的接种、培养平菇菌种后，对平菇菌丝的生长没有影响。

(3) 结论与讨论

平菇培养料经过诱导处理后，pH 经历了下降、升高、下降的变化过程，温度先期上升幅度较大，后期启动诱导装置制冷设备，阻止了温度持续上升，上升幅度亦趋缓；微生物方面，真菌数量急剧下降（诱导至 28h 时不可检出），细菌总数持续大幅增加，最高达 2.88×10^{10} 个/g。经过 100℃ 灭菌 2 h 后，pH 升高，细菌、真菌等杀灭效果较好，接种后对平菇菌丝的生长没有影响。

① 诱导时间

季节不同外界温度不同，诱导的起始温度亦有差别。试验中起始温度为 23.4℃，至诱导结束总计 40 h。诱导 20 h 时，细菌数量急剧增加，此时真菌总数却大幅下降，甚至不可检出，pH 也明显下降；此时期培养料状态与诱导结束时的情况类似，诱导是否完全还有待于进一步试验验证。

② pH 变化

整个诱导期间 pH 出现了下降、升高、下降的变化过程，第 1 次下降是由于细菌的大量繁殖，产生了大量的酸类物质[9]，随着时间的延长 pH 出现了上升的现象，可能是前期大量的酸类物质被利用。

从皿观察，pH 上升前后菌落形态统计未有显著区别。诱导过程中所产生的酸类物质并未对平菇菌丝生长产生明显的副作用，这与长期以来“拌料后尽快装袋，避免产酸”观点相悖，培养料发酵产酸导致 pH 下降对其菌丝生长没有影响。

③真菌变化

随着诱导的进行真菌数量逐步减少，但是究竟是减少（或失活）还是由于计数方法限制未能检出还需要进一步试验。诱导过程中细菌数量的急剧增加以及胞外分泌物的大量累积可能抑制了真菌孢子的萌发，或抑制了真菌菌丝片段的生长，导致在平板计数中未出现可见真菌菌落。此次试验中放线菌未列入观察对象，细菌种类也未进行详细鉴别，后续试验应引入高通量或从分子生物学水平加强试验手段，提高试验结果可靠性、准确性。

由于平菇具有较广泛的适应性，生产中采用的培养料众多，除棉籽壳、玉米芯外，棉杆、蔗糖渣、豆秸、木屑等均用于栽培平菇。采用诱导法处理培养料还需根据季节、原料（基础微生物不同）通风（进风）温度等的不同灵活掌握诱导时间。本次试验中棉籽皮、玉米芯混合培养料、混合培养料初始温度 23℃、诱导 40 h 后，100℃灭菌 2 h 可用于平菇栽培。

3. 三种工艺比较研究

平菇培养料诱导灭菌技术使培养料灭菌彻底，又节省能源，节约生产成本，菌棒污染率不高。但在生产中发现其生产工艺，拌料→诱导→装袋→灭菌→接种，存在一些弊端，如诱导过程中存在一

些诱导不完全的死角，装袋过程中与其他料混合，导致污染源扩散，污染菌袋增多；露天环境诱导，受季节等因素影响较大等等。

因此，为更好地提高制棒成功率，并使生产工艺更加合理完善，提高生产效率，设计了不同的工艺流程，现将试验结果总结如下。

(1)材料与方法

①材料

供试菌株 4195，中国农科院资源环境与区划研究所提供；

原料：栽培主料棉籽皮、玉米芯、辅料麸皮、生石灰等亦购自市场。

② 试验方法

试验设处理 A：拌料→装袋→诱导→灭菌→接种，处理 B：拌料→诱导→灭菌→装袋→接种两个处理，对照（CK）为拌料→诱导→装袋→灭菌→接种。

每处理配置干料 300kg，按试验设计严格称量水量，混合均匀。三处理均采用 $\Phi 10.8\text{cm} \times \text{L}38\text{cm}$ 聚乙烯塑料袋，机械装袋（袋中轴线有 $\Phi 2.5\text{cm}$ 圆柱状孔，贯穿菌袋），记录每处理装袋数量。处理 A、B 于诱导室内进行杂菌诱导萌发， $25^{\circ}\text{C} - 32^{\circ}\text{C}$ 48 小时，对照（CK）于室外进行堆置诱导，拌料后发酵 2d，期间料堆中心温度超过 40°C 时随即翻堆，如此反复，2 天后摊凉、装袋，最后 100°C 灭菌 2 h。三处理除工艺顺序不同外，其他操作均相同一致。菌袋培养、出菇管理、采收均按常规方法进行。

试验配方：棉籽皮 46%，玉米芯 46%，麸皮 6%，生石灰 2%。水含水量 65%，Ph 自然。

观测记录：发菌时，三点法取样，每样抽取 10 棒，划线法分三次测量菌丝生长速度，取其平均值；产量记录亦采取三点取样法，随机抽取 20 棒做好标记，记录全生育期产量，三次重复；记录菌袋污染率。

(2)结果与分析

①污染率

表 4 菌袋污染率统计分析表

处理	重复	装袋数	污染袋数	污染率%	平均
A	I	348	7	2.01	1.81aA
	II	352	5	1.42	
	III	351	7	1.99	
B	I	331	23	6.95	7.83bB
	II	329	18	5.47	
	III	325	36	11.08	
CK	I	326	7	2.15	2.34aA
	II	333	9	2.70	
	III	322	7	2.17	

处理 B 的污染率较高，远远高于处理 A 和对照，达到显著和极显著水平。处理 A 和对照差异不明显。处理 B 灭菌后装袋，培养料在全开放的条件下装袋、接种等操作，培养料接触外界空气时间较长，受到污染在所难免。尤其在气温较高的夏季，污染情况特别严重。在气温较低的秋冬季，污染率较低（表 4）。

②菌丝生长速度

表 5 菌丝生长速度和产量统计分析表

处理	重复	菌丝生长速度 (mm/d)	平均	总体产量 (kg)	单袋产量 (kg)	相对生物学效率%
A	I	0.47	0.46aA	20.8	1.04	120.64
	II	0.45		22.5	1.13	132.59
	III	0.46		23.1	1.16	135.72
B	I	0.53	0.50bA	21.4	1.07	118.57
	II	0.49		23.5	1.18	129.41
	III	0.54		22.9	1.15	124.58
CK	I	0.48	0.52bA	22.6	1.13	122.79
	II	0.51		25.1	1.26	139.86
	III	0.52		24.2	1.21	129.87

处理 A 第一阶段菌丝生长速度较慢，随着时间的延长，第二次、第三次测量与处理 B 和对照相比相差不大。处理 A 在诱导阶段，有害气体散失较慢，袋内保有相当浓度的有害气体，抑制了菌丝生长。随着培养时间的延长，有害气体浓度降低，菌丝恢复生长。且培养后期菌袋内含氧量降低也导致处理 B 和对照生长速度变慢（表 5）。

③产量

从出菇效果来看（表 5），无论是单袋产量还是相对生物学效率，处理 A、处理 B 和对照之间并没有明显差异。处理 A 平均单袋产量 1.11kg，对照稍高，达到 1.20kg，处理 B 与处理 A 持平。但是生物学统计差异均达不到显著或极显著水平。

但是，由于处理 B 污染率较高，达到 7.83%，所以总产量比处理 A 和对照要低很多。在实际生产中，经济效益将损失较多。

(3)讨论

培养料处理工艺的调整，可使平菇菌棒生产流程更加顺畅，从而提高生产效率，增加经济效益。本次试验中，处理 A 拌料后立即装袋，与绝大多数食用菌生产流程相符，设备通用性较好。诱导过程中各菌袋独自成为小环境，与其他菌袋互不干扰，没有污染源扩散的问题。只是在诱导的过程中有害气体不能完全排除，导致接种后菌丝吃料较慢，尤其发菌前期大概一周左右的时间，接种点只萌发，吃料相当困难，但随着时间的推移，菌种吃料逐渐正常。处理 B 灭菌后有一个开放装袋、接种的过程，受外界影响较大，容易污染杂菌。秋冬季节可以采用本工艺，春末到夏季气温较高时不建议采用。对照为农法栽培工艺沿用，生产过程中搬运次数较多，适合一家一户采用。

三种工艺单袋产量及相对生物学效率均没有差异，在保证污染率不高的情况下均能采用。处理 A 适宜大规模生产采用，不受季节限制；处理 B 可用于秋冬季节；对照则适宜小规模生产采用，设备设施要求简单，技术难度小。

4. 小结：

不同的温度条件下平菇培养料的处理有着不同的工艺，夏季温度较高时宜采用诱导灭菌工艺，可节约能源、节省成本；春秋冬气温较低可直接采用设施发酵工艺，可工厂化、集约化制棒。

(1)平菇菌棒诱导灭菌法，氧气充足的状态下培养料 23~35℃保持 40h，然后装袋（空心棒法）、灭菌（100℃2h）、冷却、接种（枝条菌种或颗粒菌种）、发菌。

(2)培养料连续快速设施发酵法，拌料、入发酵设施（1~n个发酵设施串并联）、装袋接种（装袋接种一体机、颗粒菌种）、发菌。

(二)应用效果

1.称量拌料：配方，棉籽皮 46%，玉米芯 46%，麸皮 7%，生石灰 1%，料水比 1:1.2。按照配方称量各组分，混合均匀，加水后继续混合至料料均匀、料水均匀，无干料颗粒。

2.入发酵仓（1#发酵仓）：拌料完毕后，移入发酵仓。培养料由入仓门进入，由里向外次序堆放。入料时有序堆叠，切忌碾压、拍实，自然堆叠即可。料顶部刮平，距放气管收集罩约 40cm。入料完毕，关紧入出料门。

同期，室外堆置发酵。将混合均匀的培养料堆成长度不限的梯形料堆，然后用木棒在料堆上插通气孔。

3.通风发酵（1#发酵仓）：按照技术要求采取间断通风和持续通风。开启风机、放气阀，关闭回气纵管阀门。

室外堆置发酵：料堆内温度达到 60℃保持 12 小时后翻堆，将上面的料翻到下面，左右两边的料翻到中间，参照建堆方法继续插孔发酵。反复翻堆 3 次。

4.称量拌料、入发酵仓（2#发酵仓）：按照前述方法再次拌料、入发酵仓（2#发酵仓）。此时 1#发酵仓出风温度 41℃，关闭 1#发酵仓的放气阀、打开回气纵管阀门，打开 2#发酵仓的回气竖管阀门、放气阀。1#发酵仓带热尾气进入 2#发酵仓，逐步加热 2#发酵仓培养料后，由放气管排出。当 2#发酵仓的放气管 4 排出的尾气温度为

30℃以上时，打开 2#发酵仓的风机、关闭回气竖管阀门，由风机为 2#发酵仓供气。1#发酵仓的放气阀打开。

5. 出料、装袋：1#发酵仓达到 65℃，24 小时后打开入仓门，出料、装袋，至此，1#发酵仓发酵完毕，历时 9 天。

2#发酵仓达到 65℃，24 小时后打开入出料门，出料、装袋，至此，2#发酵仓发酵完毕，历时 4 天。

室外堆置：摊开、降温，装袋。

6. 试验结果：

表 8 连续发酵与传统方法比较比较

	发酵开 始时间	发酵结 束时间	发酵历时	菌袋 污染率	比室外堆置 降低污染率
1#发酵仓	2020. 11. 26	2020.12.5	9 天	0.91%	5.48 个百分点
2#发酵仓	2020. 11. 30	2020.12.4	4 天	0.74%	5.65 个百分点
室外堆置	2020. 11. 26	2020.12.9	13 天	6.39%	

结论：1#发酵仓未使用尾气供热（每次启动发酵时，第一个装料的都是如此），发酵历时 9 天，比传统的室外堆置发酵缩短了 4 天，缩短 30.77%，装袋后菌袋污染率 0.91%，比室外堆置发酵降低 5.48 个百分点；2#发酵仓采用本实用新型中的装置发酵（从第二个装料的隧道开始，以后的每个隧道都有尾气供热），发酵历时 4 天，比传统的室外堆置发酵缩短了 9 天，缩短 69.23%，装袋后菌袋污染率 0.74%，比室外堆置发酵降低 5.65 个百分点。

1#发酵仓应用结果可认为是未安装本实用新型并且目前普遍采用的单个隧道，2#发酵仓应用结果可以认为是采用本实用新型的发

酵装置。所以，采用本实用新型所述发酵装置在发酵时间、菌袋污染率方面有明显优势。而且本实用新型的装置无需安装加温设施，节省了制造成本，节约了运行能源费用开支，提高了设备使用效率，提高了生产效率。

小结：采用新型隧道有料处与无料处风压均匀，发酵效果好。尤其底部加装通风孔，避免了死角的产生。快速连续发胶装置发酵时间短、菌袋污染率低，无需安装加温设施，节省了制造成本，节约了运行能源费用开支，提高了设备使用效率，提高了生产效率。

国内平菇栽培方式主要有熟料、生料、发酵料3种，其中应用最多的是发酵料，国外平菇生产主要是工厂化的瓶栽模式，分别进行比较如表9所示。

表9 与国内（外）同类技术比较

	熟料栽培（包括国外的瓶栽）	诱导灭菌工艺	设施发酵工艺
灭菌方式	100°C14h	100°C2h	
节约燃料		0.04 元/袋	
降低污染率			0.04 元/袋
降低用工成本		0.03 元/袋	
提高制棒效率			91%

由于采用机械装袋，加之空心棒一端封口，省去一端扎口，装袋效率达 214 袋/人·小时，手工装袋效率 112 袋/人·小时，效率提高 91%。而且机械装袋大小、松紧一致。在 3 种培养料上菌丝均能生长，从菌丝长势来看，发酵料上菌丝长势较强，熟料和诱导灭菌菌丝长

势强；菌丝生长速度，发酵料上菌丝生长速度为 4.6 mm/d，小于熟料和诱导灭菌上菌丝生长速度 4.7 mm/d；发酵料菌袋的污染率为 5%，熟料和诱导灭菌菌袋的污染率为 0。由此可见熟料和诱导灭菌效果明显优于发酵料。平菇高效制棒技术主要包括机械装袋、培养料诱导灭菌技术、高效接种技术及发菌技术，几个环节紧密连接。机械装袋不仅提高装袋效率，而且菌棒大小、松紧一致；培养料诱导灭菌技术比熟料灭菌时间缩短 10 小时，节省能源 80%，减少劳动力成本；高效接种技术结合先进的发菌技术，不仅提高接种效率，而且降低菌棒污染率，满袋时间较墙垛式提早 15 天。目前该技术在河北省及周边地区已经广泛应用，随着科研工作者和菇农的不断努力，平菇菌棒制作技术将继续向更快捷、高效方向发展。

该标准在充分总结多年平菇菌棒制作栽培经验和技术的基礎上，参照相关标准作了充分的比较和试验，制订了“平菇菌袋设施发酵法生产技术规程”。本规程具有较强的实用性和可操作性，标准编制依据充分，技术成熟先进，各项技术指标科学、合理。本研究制定的技术规程针对性强，实用技术简单，规程中制定的技术简明扼要、通俗易懂，便于农民掌握，可操作性和实用性强。大力推广本规程，可推动我市平菇菌袋生产健康、可持续发展。

七、与有关现行法律、政策和标准的关系，预期的经济、社会效果

本标准符合现行的法律法规要求，与强制性（国家、行业、地方）标准无矛盾、冲突，具备协调一致性。

自 2018 年开始，平菇菌袋生产技术在乐亭、滦南、丰南、邯郸、邢台、沧州、山东济南、泰安以及河南辉县等地合计应用 1.7 亿棒以上，新增经济效益 57198.83 万元，带动装袋机制造、工厂化菌棒生产等相关产业营业额增长 5000 万元，带动农民就业 6000 人，培训菇农及农业科技人员 3000 人次以上。这将对平菇生产具有重要的指导作用，具有较好的经济效益、社会效益和生态效益。

八、标准实施的建议，作为推荐性标准或者强制性标准的建议及其理由

（一）标准实施的建议

1、技术措施

要求平菇生产单位和种植大户的技术人员熟练掌握平菇制棒技术，熟悉相关术语。严格按照本标准的要求进行作业、管理，进行标准化生产。

2、管理措施

由唐山市农业科学研究院负责制定标准的宣传方案，大面积示范推广“平菇菌袋设施发酵法生产技术”，强化该标准的贯彻实施。

3、实施方案

本标准拟由唐山市市场监督管理局审批、发布、实施，唐山市农业科学研究院组织科研和推广部门的技术人员进行大力宣传和贯彻推广。

（二）作为推荐性标准或者强制性标准的建议及理由

我市乐亭、滦南、丰南等县市平菇年投料量约为 10 万吨左右，

产值近 4 亿元，是当地农民主要收入来源之一。平菇制棒生产方式有生料、熟料、发酵料 3 种，而且栽培原料来源广泛、栽培周期短（前后 6 个月）、投资少、见效快、产量高、容易被消费者接受因而被广泛栽培。本《规程》的实施，将有效规范平菇菌棒成品的配方、规格等质量指标，有利于规范成品菌棒生产销售环节。按照此标准生产平菇菌棒，有利于降低平菇菌棒生产成本、降低能源消耗，并保证菌棒质量，对平市平菇产业的发展具有重要意义。因此，建议将《平菇菌袋设施发酵法生产技术规程》作为推荐性地方标准发布。

九、参考文献

[1]李娟,解文强,苑国民,周廷斌,彭学文.平菇培养料诱导处理初探[J].中国食用菌,2021,40(06):65-68.

[2]李娟,彭学文,吴志会,周廷斌,解文强.平菇培养料诱导灭菌工艺比较[J].食药菌,2019,27(04):271-272.

[3]解文强,平菇菌棒生产新工艺创制及示范应用.河北省,唐山市农业科学研究院,2021-12-13.

《平菇菌袋设施发酵法生产技术规程》标准起草小组

2022 年 8 月 18 日