

团 体 标 准

T/CAQI 415—2025

宠物食品用益生菌后生元技术通则

General rule for postbiotics in pet food use

2025-02-21 发布

2025-02-28 实施

中国质量检验协会 发布

目 次

前言	III
引言	IV
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 分类	2
5 技术要求	2
6 采样	4
7 检验方法	4
8 检验规则	5
9 保质期	6
10 标签、包装、贮存和运输	6
附录A(规范性) 允许使用的辅料	8
附录B(规范性) 菌体数检验方法	9
附录C(资料性) 添加益生菌后生元的宠物食品标签声称标示	11
参考文献	12

前 言

本文件按照 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》的规定起草。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由中国农业科学院饲料研究所、中国质量检验协会宠物食品用品专业委员会、河南安迈康生物科技有限公司共同提出。

本文件由中国质量检验协会归口。

本文件起草单位：河南安迈康生物科技有限公司、中国农业科学院饲料研究所、中国农业大学动物医学院、中国海关科学技术研究中心动物检疫研究所、清华大学分析中心、北京农学院动物医学院、中原食品实验室、苏州大学苏州医学院放射医学与防护学院、华生维克生物工程(漯河)有限公司、上海福贝宠物用品股份有限公司、上海宠幸宠物用品有限公司、上海弗艾柏生物科技有限公司、河南心粮宠物食品有限公司、润菁宠务(南京)科技有限公司、艾心倍健(吉林)生物科技有限公司、上海纽诺贝健进出口贸易有限公司、苏州集合维康生物科技有限公司、中二科技(杭州)有限责任公司、深圳市豆柴宠物用品有限公司、北京集宠生物科技有限公司、中国质量检验协会宠物食品用品专业委员会。

本文件主要起草人：方曙光、章海欧、高福、柯轲、宋世勇、王佳佳、范智杰、汪迎春、段玉清、罗建威、胡坚、李庚、钟友刚、张华、史喜菊、孟昆、邢志、柴智、白维刚、王保伟、梁稷中、熊炜、董颖超、陈博、李杏萍、王伟伟、何凤旭、崇羽、王红梅、蔡红英、石冰杰、王云飞、曹林辉、涂健。

引 言

2013年12月,农业农村部制定施行《饲料添加剂品种目录》,之后根据生产需要增补修订,明确37种微生物可以作为动物饲料添加剂使用,其中30种微生物为宠物食品添加剂,该《饲料添加剂品种目录》的实施与修订以及微生物新饲料添加剂的申请批准,有力推动了我国微生物饲料(宠物食品)添加剂的开发与利用。

2021年5月,国际益生菌和益生元科学协会(ISAPP)发表了后生元的共识声明,其定义和范围是:

- 后生元是对宿主健康有益的无生命微生物和/或其成分的制剂;
- 后生元不是纯化的微生物代谢产物;
- 后生元对目标宿主的有益功效及使用安全性必需得到确认;
- 后生元的作用机制包括调节常驻菌群、增强上皮屏障功能、调节局部和全身免疫、调节系统代谢和通过神经系统发出系统信号;
- 后生元的靶点不限于肠道,如口腔、鼻咽、皮肤、泌尿生殖道,注射不属于后生元的范围。

并提出了后生元的五大作用机制:对微生物组的有益调节,增强组织上皮屏障功能,促进免疫反应的调节,调节全身代谢,通过神经系统发出信号。

中国质量检验协会于2023年12月15日发布了T/CAQI 362—2023《宠物食品用益生菌通则》,满足宠物食品生产需求与市场需求,添加益生菌后生元的功能性宠物食品和营养补充剂是宠物食品发展的重要方向。

近几年我国科研院校和企业对益生菌后生元成分与实验动物及宠物犬猫宿主的益生功能进行了大量研究,越来越多的动物体内和体外实验证明,益生菌后生元在增强动物机体免疫力、调节胃肠道功能、调整肠道微生物生态菌群具有显著功效,同时益生菌后生元具有更高的产品安全性和稳定性,更易于生产、储存、运输和使用的优势,并得到市场的认可。

中国质量检验协会组织相关科研单位、高等院校、益生菌后生元生产企业和宠物食品企业共同制定本文件,从而更好地规范宠物食品用益生菌后生元的质量安全,指导企业的生产、研发与产品创新、技术创新,促进益生菌后生元产品在宠物食品中的规范化使用。

宠物食品用益生菌后生元技术通则

1 范围

本文件规定了宠物食品用益生菌后生元的分类、技术要求、采样、检验方法、检验规则、保质期、标签、包装、贮存和运输。

本文件适用于工业化加工、制作的宠物食品用益生菌后生元和添加益生菌后生元的宠物食品。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中,注日期的引用文件,仅该日期对应的版本适用于本文件;不注日期的引用文件,其最新版本(包括所有的修改单)适用于本文件。

- GB 5009.157 食品安全国家标准 食品中有机酸的测定
- GB/T 5917.1 饲料粉碎粒度测定 两层筛筛分法
- GB/T 6435 饲料中水分的测定
- GB/T 8170 数值修约规则与极限数值的表示和判定
- GB 10648 饲料标签
- GB 13078 饲料卫生标准
- GB/T 13079 饲料中总砷的测定
- GB/T 13080 饲料中铅的测定 原子吸收光谱法
- GB/T 13081 饲料中汞的测定
- GB/T 13082 饲料中镉的测定
- GB/T 13091 饲料中沙门氏菌的测定
- GB/T 13092 饲料中霉菌总数的测定
- GB/T 17480 饲料中黄曲霉毒素 B₁的测定 酶联免疫吸附法
- GB/T 18246 饲料中氨基酸的测定
- GB/T 18869 饲料中大肠菌群的测定
- GB/T 23181 微生物饲料添加剂通用要求
- GB/T 28716 饲料中玉米赤霉烯酮的测定 免疫亲和柱净化-高效液相色谱法
- GB/T 30956 饲料中脱氧雪腐镰刀菌烯醇的测定 免疫亲和柱净化-高效液相色谱法
- GB/T 42959 饲料微生物检验 采样

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

宠物 pet

家庭饲养的作为伴侣动物的犬和猫,或工作用途的犬,或其他品种的伴侣动物。

[来源:GB/T 31216—2014,3.1,有修改]

3.2

宠物食品 functional pet food

经工业化加工、制作的用以饲喂宠物的食品。

3.3

益生菌 probiotics

当摄取足够数量时,对宠物健康有益的活的微生物。

3.4

益生菌后生元 postbiotics

对宠物健康有益的遗传背景明确的灭活益生菌和/或菌体成分,包括或不包括其代谢产物。

4 分类

4.1 按照产品成分分类

4.1.1 完整菌体类

主要成分为灭活益生菌菌体类的后生元。

4.1.2 完整菌体及代谢产物类

主要成分为益生菌灭活菌体和代谢产物类的后生元。

4.1.3 裂解菌体类

主要成分为益生菌破壁后菌体及代谢产物类的后生元。

4.2 按照产品剂型分类

可分为液体和固体。

5 技术要求

5.1 菌种(株)要求

5.1.1 宠物食品用益生菌后生元菌种(株)应来自《饲料添加剂品种目录》并符合 GB/T 23181 的规定。筛选菌种进行生产的,应经过国家或省部级微生物菌种保藏机构鉴定到种的水平。

5.1.2 应具有稳定的生物学特征和代谢特征,生物安全性、生物有效性应符合 GB/T 23181 的要求。

5.1.3 应按照国家培养物保藏方法保存,并有完整的档案资料,包括来源历史、筛选、检验、冻干保存、数量、启用及使用等完整记录,以保证菌种的质量。

5.2 其他原辅料要求

其他原辅料应符合相应的国家标准、行业标准等有关规定,允许使用的辅料应符合附录 A 的规定。

5.3 生产要求

检验合格的原辅料经配料、混合、杀菌、冷却后,接种一种或几种益生菌进行发酵,将发酵后的液体或固体灭活,并对其中的菌体细胞壁破壁或不破壁处理,再经固液分离或不分离、添加或不添加载体、干燥或不干燥处理的制品。

5.4 外观与性状

外观与性状应符合表 1 的规定。

表 1 外观与性状

项目	要求
色泽	具有产品应有的色泽
气味	具有菌种(株)的特有发酵气味,无腐败、无异臭
状态	液态或固态,无正常视力可见外来异物与杂质

5.5 理化指标

理化指标应符合表 2 的规定。

表 2 理化指标

项目	指标					
	液态			固态		
	完整菌体类	完整菌体及代谢产物类	裂解菌体类	完整菌体类	完整菌体及代谢产物类	裂解菌体类
水分/%	—	—	—	≤10	≤10	≤10
菌体数 ^a /[个/mL(g)]	≥1.0×10 ⁷	≥1.0×10 ⁷	—	≥1.0×10 ⁸	≥1.0×10 ⁸	—
游离氨基酸/[mg/100 mL(g)]	—	≥100	≥100	—	≥100	≥100
有机酸 ^b (以乳酸计)/[mg/100 mL(g)]	—	≥20	≥20	—	—	—
粒度(2.0 mm 标准筛通过率)/%	—	—	—	≥95	≥95	≥95
^a 保持菌体形态的产品。 ^b 培养过程中代谢产生乳酸的益生菌。						

5.6 卫生指标

卫生指标应符合 GB 13078 及表 3 的规定。

表 3 卫生指标

项目	指标
总砷/(mg/kg 或 mg/L)	≤2.0
铅/(mg/kg 或 mg/L)	≤5.0
汞/(mg/kg 或 mg/L)	≤0.1
镉/(mg/kg 或 mg/L)	≤0.5
黄曲霉毒素 B ₁ /(μg/kg 或 μg/L)	≤10.0
脱氧雪腐镰刀菌烯醇/(mg/kg 或 mg/L)	≤1.0

表 3 卫生指标（续）

项目	指标
玉米赤霉烯酮/(mg/kg 或 mg/L)	≤0.1
大肠菌群/(MPN/g 或 MPN/mL)	≤10
霉菌总数/(CFU/g 或 CFU/mL)	≤1.0×10 ⁴
沙门氏菌(25 g 或 25 mL 中)	不应检出
注：表中所列限量,除特别注明外,均以干物质 88% 为基础计算(大肠菌群、霉菌总数、沙门氏菌除外)。	

6 采样

6.1 采样原则

采样应符合 GB/T 42959 的规定。样品的采集应遵循随机性、代表性的原则,采样过程应符合无菌采样要求。

6.2 采样方法

6.2.1 应在同一批次产品中采集样品,每件样品的采样量应满足微生物指标检验的要求,一般不少于 500 g。

6.2.2 独立包装小于或等于 500 g 的产品,取完整包装。

6.2.3 独立包装大于 500 g 的产品,应用无菌采样器从同一包装的不同部位分别采取适量样品,放入同一个无菌采样容器内作为一件样品。

6.3 采集样品的贮存和运输

6.3.1 宜尽快将样品送往实验室检验。

6.3.2 应在运输过程中保持样品完整。

6.3.3 应在接近原有贮存温度条件下贮存样品,或采取必要措施防止样品中微生物数量的变化。

7 检验方法

7.1 外观与性状

取适量样品置于洁净的无色玻璃杯中,在自然光下观察色泽和状态,嗅其气味,应符合 5.4 的规定。

7.2 水分

水分按 GB/T 6435 规定的方法测定。

7.3 菌体数

菌体数按附录 B 规定的方法测定。

7.4 游离氨基酸

游离氨基酸按 GB/T 18246 规定的方法测定。

7.5 有机酸(以乳酸计)

有机酸(以乳酸计)按 GB 5009.157 规定的方法测定。

7.6 粒度

粒度按 GB/T 5917.1 规定的方法测定。

7.7 总砷(以 As 计)

总砷(以 As 计)按 GB/T 13079 规定的方法测定。

7.8 铅(以 Pb 计)

铅(以 Pb 计)按 GB/T 13080 规定的方法测定。

7.9 汞(以 Hg 计)

汞(以 Hg 计)按 GB/T 13081 规定的方法测定。

7.10 镉(以 Cd 计)

镉(以 Cd 计)按 GB/T 13082 规定的方法测定。

7.11 黄曲霉毒素 B₁

黄曲霉毒素 B₁ 按 GB/T 17480 规定的方法测定。

7.12 脱氧雪腐镰刀菌烯醇

脱氧雪腐镰刀菌烯醇按 GB/T 30956 规定的方法测定。

7.13 玉米赤霉烯酮

玉米赤霉烯酮按 GB/T 28716 规定的方法测定。

7.14 霉菌总数

霉菌总数按 GB/T 13092 规定的方法测定。

7.15 大肠菌群

大肠菌群按 GB/T 18869 规定的方法测定。

7.16 沙门氏菌

沙门氏菌按 GB/T 13091 规定的方法测定。

8 检验规则

8.1 组批

以相同材料和菌剂来源、相同的生产工艺、经连续生产或同一班次生产的同一规格的产品为一批,但每批产品不应超过 50 t。

8.2 出厂检验

每一批次产品出厂前均应进行出厂检验,合格产品方能出厂。

8.3 出厂检验项目

出厂项目包括外观与性状、水分、菌体数、大肠菌群、沙门氏菌、霉菌总数的检验。

8.4 型式检验

型式检验项目包括本文件规定的全部指标,有下列情况之一,应进行型式检验。

- a) 产品定型投产时;
- b) 生产工艺、菌种(株)或原料来源有较大改变,可能影响产品质量时;
- c) 在正常生产情况下,每半年至少进行1次型式检验;
- d) 停产3个月以上,重新恢复生产时;
- e) 出厂检验结果与上次型式检验有较大差异时;
- f) 行政管理部门提出检验要求时。

8.5 判定规则

8.5.1 检验项目全部合格,判定该批次产品合格。

8.5.2 卫生指标中的微生物指标检验不符合规定,判定该批次产品不合格,不准许复检。

8.5.3 检验结果中其他指标不符合本文件规定时,可自同批产品中加倍取样进行复检,复检结果中任一指标不符合本文件规定,则判定该批产品不合格。

8.5.4 除微生物指标外,各项指标的极限数值判定按 GB/T 8170 的规定执行。

9 保质期

9.1 产品保质期应根据益生菌后生元的特性确定,保质期内的产品应保持其质量要求。

9.2 未开启包装的产品,在规定的运输、贮存条件下,产品保质期应与标签中标明的保质期一致。

10 标签、包装、贮存和运输

10.1 标签

10.1.1 产品标签应符合 GB 10648 的规定。

10.1.2 宠物食品用益生菌后生元产品,名称应标示为“宠物用益生菌后生元”“宠物食品用益生菌后生元”“××菌后生元”“××菌,×××菌后生元”。

示例:“宠物用益生菌后生元”“宠物食品用益生菌后生元”“植物乳杆菌后生元”“植物乳杆菌,动物双歧杆菌后生元”

10.1.3 生产用菌株来自宠物犬源或猫源的益生菌,名称应标示为“宠物犬源/猫源益生菌后生元”“宠物犬源/猫源××菌后生元”“宠物犬源/猫源××菌,×××菌后生元”。

10.1.4 添加益生菌后生元的宠物食品标签声称标示参照附录 C。

10.2 包装

10.2.1 应使用对宠物无毒、无害的压膜塑料袋、双层纸袋或质量符合要求的包装物进行包装。

10.2.2 包装物不应重复使用。

10.2.3 包装应密封、防潮、防水、不易破损。

10.3 贮存

10.3.1 根据产品特性选择适宜的贮存环境(阴凉、冷冻或冷藏)。

10.3.2 粉末或颗粒状产品,宜在低温或通风、阴凉、干燥、避光的条件下贮存。

10.3.3 液态产品不应挤压放置。

10.3.4 注意防水、防霉、防鼠、防虫害,不应与有毒、有害物品混贮。

10.4 运输

10.4.1 应根据产品特性选择适宜的运输车辆(普通运输车辆或冷藏运输车辆)和运输工具。

10.4.2 运输车辆有防雨、防晒、防污染措施,运输工具应清洁、卫生、干燥。

10.4.3 不应与有毒、有害物品混装、混运。

附 录 A
(规范性)
允许使用的辅料

允许使用的辅料见表 A.1。

表 A.1 允许使用的辅料

序号	产品剂型	名称
1	固态	轻质碳酸钙
2		硅酸钙
3		硅铝酸钠
4		硬脂酸钙
5		稻壳粉
6		玉米芯粉
7		沸石粉
8		滑石粉
9		蒙脱石粉
10		麦饭石粉
11		石粉
12		淀粉
13		糊精
14		蔗糖
15		葡萄糖
16	液态	海藻酸钠
17		海藻酸钾
18		海藻酸铵
19		羧甲基纤维素钠
20		山梨醇酐脂肪酸酯
21		蔗糖脂肪酸酯
22		单硬脂酸甘油酯
注：产品中允许添加适量防腐剂、防霉剂和抗氧化剂。		

附录 B
(规范性)
菌体数检验方法

B.1 流式细胞仪计数**B.1.1 目的**

通过流式细胞仪对后生元进行死菌体数统计。

B.1.2 材料及设备

荧光染料:PI(Propidium Iodide,碘化丙锭)或EB(Ethidium Bromide,溴化乙锭)、7-AAD(7-Amino-Actinomycin D,7-氨基放线菌素 D)、SYTOX(核酸染料)、Annexin V(膜联蛋白 V):1 mg/mL[溶于DMSO(二甲基亚砷)中]、SYTO9(绿色荧光核酸染料):5 mmol(溶于DMSO中)PBS(pH7.2)。

B.1.3 试验方法

B.1.3.1 取1 mL后生元悬液于灭菌后的2 mL EP管,4 000g离心5 min,离心后的沉淀重悬于生理盐水中(pH7.2)。

B.1.3.2 将复溶后样品10倍递增系列稀释到菌悬液浓度 10^6 CFU/mL~ 10^7 CFU/mL待用。

B.1.3.3 各取稀释后的液体980 μ L,分别加入两个2 mL离心管中,记为:

——阴性对照(一):只加入菌悬液;

——SYTO9/PI双染:分别加入10 μ L 0.1 mmol/L的SYTO9,10 μ L 0.2 mmol/L的PI,振荡30 s,室温暗置孵育15 min。

B.1.3.4 取上述双染样品200 μ L,加入等体积绝对计数微球(Flow-Count Fluorospheres, Beckman),充分振荡混匀,上机检验。

B.1.3.5 计算公式:总菌数=(SYTO9染色阳性和PI染色阳性菌的个数/绝对计数微球数) \times 绝对计数 \times 微球数浓度 \times 稀释倍数。

B.2 显微镜计数**B.2.1 目的**

利用细菌计数板对样品中死菌体数进行计数。

B.2.2 材料和设备

相差显微镜,细菌计数板,天平,丝口瓶,移液器或微量取样器、生理盐水。

B.2.3 试验方法**B.2.3.1 细菌计数板的基本构造**

细菌计数板计数区的刻度有两种,一种是计数区分成16个大方格(大方格用三线隔开),每个大方格又分成25个小方格;另一种是一个计数区分成25个大方格(大方格之间用双线分开),每个大方格又分成

6个小方格,两种构造,计数区都由400个小方格组成,计数区边长为1 mm,则计数区的面积为1 mm²,每个小方格的面积1/400 mm²,盖上盖玻片后,计数区的高度为0.1 mm,因此每个计数区的体积为0.1 mm³,每个小方格的体积为1/400 mm³。使用细胞计数板计数时,先要测定每个小方格中微生物的数量,再换算成每毫升菌液(或每克样品)中微生物细胞的数量。

B.2.3.2 样品处理

B.2.3.2.1 准确称取样品25.0 g或25.0 mL溶于225 mL无菌生理盐水中,振荡混合均匀。

B.2.3.2.2 取1 mL上述稀释菌液加入9 mL生理盐水,以此方式10倍递增系列稀释至适宜梯度,备用。

B.2.3.3 计数

B.2.3.3.1 在加样前,先对计数板的计数室进行镜检,若有污物,则需清洗,吹干后进行计数。

B.2.3.3.2 加菌悬液样品:将菌悬液吸出0.5 mL,从计数板边缘的沟槽内沿盖玻片的下边缘滴入,让菌悬液利用液体的表面张力充满计数区,勿使气泡产生,并用吸水纸吸去沟槽中流出的多余菌悬液。也可以将菌悬液直接滴加在计数区上。

B.2.3.3.3 显微镜计数:先在低倍镜下找到计数区后,再转换高倍镜观察并计数(低倍镜观察时光线尽量调暗,转换高倍镜后先微调光线)。

B.2.3.3.4 计数时若计数区是由16个大方格组成,按对角线方位,数左上、左下、右上、右下的4个大方格(即100小格)的菌数。如果是25个大方格组成的计数区,除数上述4个大方格外,还需数中央1个大方格的菌数(即80个小格)。如菌体位于大方格的双线上,计数时则数上线不数下线,数左线不数右线,以减少误差。即位于本格上线和店线上的细胞计入本格,本格的下线和右线上的细胞按规定计入相直的格中。如镜下偶见有两个以上细胞组成的细胞团,应按单个细胞计算。若细胞团10%以上,说明分散不好,需重新制备细胞悬液。

B.2.3.4 计算方法

B.2.3.4.1 16格×25格菌体数按公式(B.1)计算:

$$Y_1 = (y_1/100) \times 400 \times b \times 10^4 \quad \dots\dots\dots (B.1)$$

式中:

Y_1 ——细胞数,单位为个每毫升(个/mL);

y_1 ——100小格内细胞个数,单位为个;

b ——稀释倍数。

B.2.3.4.2 25格×16格菌体数按公式(B.2)计算:

$$Y_2 = (y_2/80) \times 400 \times b \times 10^4 \quad \dots\dots\dots (B.2)$$

式中:

Y_2 ——细胞数,单位为个每毫升(个/mL);

y_2 ——80小格内细胞个数,单位为个;

b ——稀释倍数。

B.2.4 结果与报告

根据菌落计数结果出具报告,报告单位以个/g(mL)表示。

附录 C

(资料性)

添加益生菌后生元的宠物食品标签声称标示

宠物食品中添加益生菌后生元产品,其中所含的某种营养素或有效生物成分具有维持、增强宠物生长、发育、生理功能或者机体健康的作用,以及对非疾病性问题有预防作用,标签声称标示参照表 C.1。

表 C.1 添加益生菌后生元的宠物食品标签声称标示

序号	声称标示
1	有助于肠道健康
2	有助于改善肠道菌群
3	促进肠道有益菌增殖
4	有助于食物消化
5	改善消化不良
6	降低急性肠道吸收障碍发生
7	改善慢性肠应激
8	降低营养素不耐受
9	有助于缓解便秘
10	有助于肠道疾病恢复
11	调节机体免疫力
12	有助于增加免疫力
13	有助于清洁口腔
14	有助于清洁牙齿
15	预防牙垢聚集
16	改善超重状态
17	有助于控制体内脂肪
18	改善高脂血症
19	有助于术后体质恢复
20	有助于改善皮毛状况
21	有助于肝脏健康
22	有助于肾脏健康
23	有助于泌尿道健康
24	疾病营养恢复期

参 考 文 献

- [1] GB 7300.502—2023 饲料添加剂 第5部分:微生物 植物乳杆菌
- [2] T/CBFIA 09001—2023 益生菌制品 乳酸菌类 后生元
- [3] GB/T 31216—2014 全价宠物食品 犬粮
- [4] GB/T 31217—2014 全价宠物食品 猫粮
- [5] 饲料原料目录(农业农村部公告2012年第1773号发布,2013年第2038号、2014年第2133号、2015年第2249号、2017年第2634号修订,2018年第22号、2020年第356号、2021年第459号修订)
- [6] 饲料添加剂品种目录(农业农村部公告2013年第2045号发布,2014第2134号、2017年第2634号、2018年第21号、2018年第53号、2019年第231号、2020年第356号、2021年第459号修订)
- [7] 饲料添加剂安全使用规范(农业农村部公告2017年第2625号发布,2019年第231号修订)
- [8] 宠物饲料管理办法(农业农村部公告2018年第20号)
- [9] 中国农业科学院饲料研究所.饲料法规文件汇编(2021)[M].北京:中国农业科学技术出版社,2021.
- [10] 胡秋辉,王承明,石家怵.食品标准与法规(第三版)[M].北京:中国标准出版社,2020.
- [11] 周才琼,张平平.食品标准与法规(第3版)[M].北京:中国农业大学出版社,2022.
- [12] 陶敏,毛玲,曹蕊.后生元的功效及其在动物养殖中的应用研究进展[J].饲料工业,2023,44(10):11-15.
-