

中华人民共和国国家标准

《饲料添加剂 第3部分： 矿物元素及其络（螯）合物 苏氨酸锌螯合物》

编制说明

（公开征求意见稿）

《饲料添加剂第3部分：矿物元素及其络（螯）合物苏氨酸锌螯合物》

国家标准起草小组

2024年9月

中华人民共和国国家标准
《饲料添加剂 第3部分：
矿物元素及其络（螯）合物 苏氨酸锌螯合物》
编制说明

（公开征求意见稿）

一、工作简况

（一）任务来源

根据全国饲料工业标准化技术委员会制订国家标准计划，江西省农业技术推广中心承担了主持制定国家标准“饲料添加剂 第3部分：矿物元素及其络（螯）合物 苏氨酸锌螯合物”的任务，项目计划编号为20221495-Q-326。

本文件起草单位为：江西省农业技术推广中心、江西省元昌工业有限公司、长沙兴嘉生物工程股份有限公司、双胞胎（集团）股份有限公司。

主要起草人：

（二）标准制定背景和意义

1、苏氨酸锌螯合物概况

化学名称：苏氨酸锌螯合物，分子式： $C_8H_{16}N_2O_6Zn \cdot 2H_2O$ ，相对分子质量：337.63（按2022年国际相对原子量计算）。

苏氨酸锌螯合物（Zinc threoninate chelate）是由锌和苏氨酸以摩尔比为1:2结合，具有独特环状结构的螯合物，Zn原子与两个的配体中的O1、O4、N1，N2和水分子中的氧O7和O8原子配位，且形成六配位八面体结构。结合了苏氨酸和锌各自独有的营养性能使得它具有卓越的促生长性能，是一种类似动物体内吸收形式和生物功能形式的稳定高效锌添加剂。在中华人民共和国农业部公告（第1314号）中苏氨酸锌螯合物被列为新饲料添加剂品种。根据公告内容，苏氨酸锌螯合物在配合饲料中的推荐添加量为300 mg/kg-500 mg/kg（以苏氨酸锌螯合物计），55 mg/kg-93 mg/kg（以锌元素计）；在配合饲料中的最高限量（以干物质含量为88%的配合饲料为基础，以锌元素计）猪代乳料为200 mg/kg，其

他猪配合饲料为 150 mg/kg。

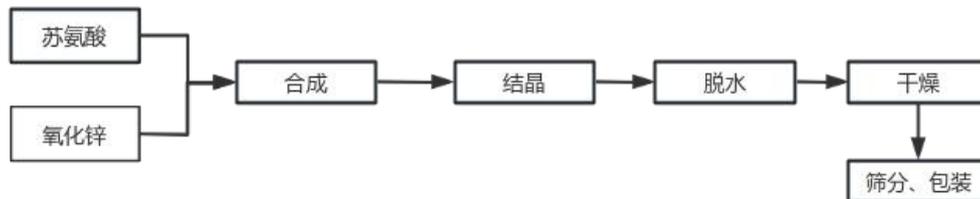
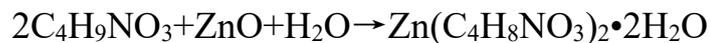
苏氨酸锌螯合物在动物饲养方面显示了优良的补锌与促进生长发育的作用，在控制血糖方面也表现出了降血糖作用优于硫酸锌的功效。苏氨酸锌作为第三代微量元素添加剂，因为其有适口性好、生物效价高等特点被推广使用。有文献报道，苏氨酸锌的雌性大鼠急性 LD₅₀ 为 2710 mg/kg。

2、国内生产情况

苏氨酸锌螯合物的主要生产厂家有：江西省元昌工业有限公司（原江西民和科技有限公司）、长沙兴嘉生物工程股份有限公司、昕嘉生物技术(长沙)有限公司，年产量约 1 万吨，目前无出口及进口情况。

3、主要生产工艺

苏氨酸锌螯合物是近年来在国内外发展较快的新型饲料添加剂，它是氧化锌与苏氨酸反应生成的氨基酸螯合物，现主要的生产工艺为苏氨酸和氧化锌为原料，经合成、结晶、离心、脱水干燥、筛分、包装制备。目前主要生产企业未使用硫酸锌、氯化锌作为原料的生产工艺。



4、标准制定意义

饲料添加剂是现代饲料工业必须使用的原料，对强化基础饲料营养价值，提高动物生产性能，保证动物健康，节省饲料成本，改善畜牧产品品质等方面有明显的效果。饲料添加剂产品标准是控制饲料添加剂产品质量不可或缺的技术文件。目前苏氨酸锌螯合物质量标准还没有相应的国家标准支撑，国家标准的建立，对于规范产品质量，加强市场监管，引导行业的发展方向，促进进出口贸易，都具有非常重要的意义。

（三）主要工作过程

2022年12月接到标准制定任务后，针对《饲料添加剂 第3部分：矿物元素及其络（螯）合物 苏氨酸锌螯合物》国家标准的具体制定工作进行认真的研究，确立了总体的工作方案，并于2022年12月成立标准编制小组，成员有江西省农业技术推广中心、江西省元昌工业有限公司、长沙兴嘉生物工程股份有限公司。

标准起草过程：

2022年12月，起草工作组收集和查阅国内外相关标准和技术资料，并以电子邮件的形式向生产单位发函，调研我国饲料添加剂苏氨酸锌螯合物生产和应用现状等。在参照国外先进标准的基础上，结合目前国内企业产品的实际情况，初步确定标准的技术内容，撰写标准文本（工作组讨论一稿）和编制说明（工作组讨论一稿）的基本框架。

2023年1月，召开了《饲料添加剂 第3部分：矿物元素及其络（螯）合物：苏氨酸锌螯合物》国家标准制定工作方案会。与会代表对标准项目的设置、项目的指标、分析方法及标准涉及到的相关内容进行了认真仔细的讨论，拟定了标准制定工作方案。

2023年1月至2024年3月，根据制定工作方案会确定的研究思路、研究内容以及前期行业调研情况，收集样品，开展预实验。对试验方法进行验证，形成标准文本（定向征求意见稿）和编制说明（定向征求意见稿）。

2024年3月至2024年9月，完成定向征求意见汇总，共发函25个单位，回函20个单位，提出意见单位19个；共提出意见89条，采纳58条，部分采纳或不采纳31条，根据专家意见，形成标本文本（预审稿）和编制说明（预审稿）。

2024年9月27日，在北京召开了标准预审会，9位专家和3家企业代表对标准预审稿的标准文本及编制说明进行了认真审查，提出了3条主要修改意见。制标小组在采纳预审专家意见基础上，进一步完善标准文本和编制说明，于9月30日形成公开征求意见稿及其编制说明。

二、编制原则、强制性国家标准主要技术要求的依据

（一）基本原则

1、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》，GB/T 20001.10-2014《标准编写规则 第10部分：产品标准》；

2、贯彻国家的有关方针、政策、法律、法规；

- 3、有利于合理开发和利用国家资源，推广科学技术成果；
- 4、积极采用国际标准和国外先进标准，促进对外经济技术合作与对外贸易的发展；
- 5、保障安全和人民的身体健康，保护环境；
- 6、充分考虑使用要求，维护消费者的利益；
- 7、技术先进、经济合理、安全可靠、协调配套。

（二）苏氨酸锌螯合物标准情况

未收集到国外、国际标准，目前国内畜牧行业还没有苏氨酸锌螯合物的国家标准和农业行业标准。经查饲料行业有湖南省地方标准 DB43/T 2795-2023《饲料添加剂 苏氨酸锌螯合物》、企业标准 Q/OKKY 015-2022《饲料添加剂 苏氨酸锌螯合物》、Q/JXYC 015-2024《饲料添加剂 苏氨酸锌螯合物》、Q/OKKW006-2021《饲料添加剂 苏氨酸锌螯合物》、中华人民共和国农业部公告（第 1314 号）对苏氨酸锌国家新饲料添加剂产品的质量要求。产品各标准指标对比见表 1、试验方法对比见表 2。

饲料添加剂苏氨酸锌螯合物作为饲料中有机微量元素锌的来源，与其起到相同作用的还有饲料添加剂蛋氨酸锌络（螯）合物，因此收集了 GB 21694-2017《饲料添加剂 蛋氨酸锌络（螯）合物》、T/CFIAS 3005—2022《饲料添加剂 甘氨酸锌》作为参考。

表 1 国家新产品、地方标准及企业标准苏氨酸锌螯合物质量标准的规定

技术指标	国家新产品	DB43/T 2795-2023	Q/JXYC 015-2022	Q/OKKY 015-2022	Q/OKKW006 -2021
外观与性状	无色半透明晶体或白色结晶性粉末	浅黄色或类白色结晶粉末或细小颗粒，无异臭。易溶于水与酸。	白色粉末或白色结晶性粉末，微溶于水，无刺激性气味	灰白色结晶性粉末或细小颗粒	灰白色结晶性粉末或细小颗粒
苏氨酸锌（以 Zn 计）/%	18.5	18.5	18.5	18.5	18.5
总苏氨酸/%	67.0	66.0	67.0	67.0	67.0
螯合率/%	92.0	/	/	/	/

干燥失重/%	1.5	10.0	1.5	10.0	10.0
粒度	0.84mm 试验筛通过率大于等于 95%	孔径为 1.68 mm 分析筛全部通过, 孔径为 0.84 mm 分析筛筛上物应小于等于 5%	0.84mm 试验筛通过率大于等于 95%	0.59mm 试验筛通过率大于等于 95%	0.84mm 试验筛通过率大于等于 95%
总砷/(mg/kg)	2	5	2	5	5
铅/(mg/kg)	5	10	5	10	10
镉/(mg/kg)	0.5	5	0.5	5	5

表 2 国家新产品、地方标准及企业标准苏氨酸锌螯合物质量标准试验方法方法

试验方法	国家新产品	DB43/T 2795-2023	Q/JXYC 015-2024	Q/OKKY 015-2022	Q/OKKW 006-2021
苏氨酸锌(以 Zn 计) /(%)	EDTA 标准滴定溶液络合滴定法	亚铁氰化钾标准滴定溶液滴定法	EDTA 标准滴定溶液络合滴定法	EDTA 标准滴定溶液络合滴定法	EDTA 标准滴定溶液络合滴定法
总苏氨酸/(%)	凯氏定氮法	凯氏定氮法	凯氏定氮法	凯氏定氮法	凯氏定氮法
螯合率/(%)	无水乙醇萃取游离态锌法	/	/	/	/
干燥失重/(%)	80℃直接干燥法	按 GB/T 6435 执行	80℃直接干燥法	按 GB/T 6435 执行	按 GB/T 6435 执行
粒度	试验筛筛分法	试验筛筛分法	试验筛筛分法	试验筛筛分法	试验筛筛分法
总砷/(mg/kg)	按 GB/T 13079 执行	按 GB/T 13079 执行	按 GB/T 13079 执行	按 GB/T 13079 执行	按 GB/T 13079 执行
铅/(mg/kg)	按 GB/T 13080 执行	按 GB/T 13080 执行	按 GB/T 13080 执行	按 GB/T 13080 执行	按 GB/T 13080 执行
镉/(mg/kg)	按 GB/T 13082 执行	按 GB/T 13082 执行	按 GB/T 13082 执行	按 GB/T 13082 执行	按 GB/T 13082 执行

(三) 指标项目的确定

基于本产品 in 饲料行业面临的现状, 本文件确定以农业部公告第 1314 号为

基础，结合饲料行业的需求，参考相关标准，本着严控产品质量、提高饲料行业安全使用性能的原则进行确定。

1、外观与性状：外观与性状是产品感官特征，是初步判断产品质量的重要指标；

2、苏氨酸锌（以 Zn 计）：产品主要成分，设置指标值以保证产品纯度和质量，反应了产品加工工艺水平；

3、总苏氨酸：产品主要成分，设置指标值以保证产品纯度和质量，反应了产品加工工艺水平；

4、螯合率：以确保产品为螯合物的形式，避免掺假及劣质，设置指标值以保证产品纯度和质量，反应了产品加工工艺水平；

5、干燥失重：水分含量是影响产品质量的关键因素之一，与微生物生长繁殖有关，将直接影响其营养品质和安全特性。水分过高会使产品更易结块、变质，导致储存稳定性降低；

6、粒度：不同形态颗粒大小会对后续的饲料加工工序产生影响及对动物饲喂营养吸收率存在一定影响；

7、总砷、铅、镉：为了保障饲料行业使用的安全性，减小有害物质通过食物链进入人体的数量，设置了表征产品安全性的有害物质指标。

（四）指标值及试验方法项目的确定

本文件指标值是在保证符合农业部公告第 2625 号《饲料添加剂安全使用规范》的前提下，基于中华人民共和国农业部公告第 1314 号对苏氨酸锌国家新饲料添加剂产品的质量要求及相关标准指标进行设置。

本文件理化指标试验方法主要参考国内现行饲料行业标准和工业标准。有害物质指标的试验方法均采用饲料行业通用方法。制定过程中对确定的试验方法进行了验证，以确保方法的适用性和准确性。

确定的指标要求及试验方法见表 3、表 4。本次标准制定与国家新产品、地方及企业标准中对苏氨酸锌螯合物的技术指标对比见附表 1、附表 2，试验方法对比见附表 3。

表 3 理化指标

项目	指标	试验方法
外观与性状	本品应为无色半透明晶体或类白色结晶性粉末，无异味。	目视法

项目	指标	试验方法
鉴别试验	阳性	1) 苏氨酸: 茚三酮显色法; 2) 锌离子: 双硫脲四氯化碳萃取法; 3) 苏氨酸锌螯合物: 红外光谱法。
苏氨酸锌 (以 Zn 计) / (%)	≥ 18.5	EDTA 标准滴定溶液络合滴定法
总苏氨酸 / (%)	≥ 67.0	氨基酸分析仪法/凯氏定氮法
螯合率 / (%)	≥ 92.0	无水乙醇萃取游离态锌法
干燥失重 / (%)	≤ 1.5	80℃直接干燥法
粒度 (0.84mm 试验筛通过率) / (%)	≥ 95	试验筛筛分法 (按 GB/T 5917.1 执行)

表 4 卫生指标

项目	指标	试验方法
总砷 / (mg/kg)	≤ 2	按 GB/T 13079 执行
铅 / (mg/kg)	≤ 5	按 GB/T 13080 执行
镉 / (mg/kg)	≤ 0.5	按 GB/T 13082 执行

(五) 组批、出厂检验项目及保质期确定

1、组批

经实地调研并与生产厂家沟通, 组批定义为: 以相同材料、相同生产工艺、连续生产或同一班次生产的同一规格的产品为 1 批, 但每批产品不应超过 50 t。

2、出厂检验

出厂检验项目为外观与性状、苏氨酸锌 (以 Zn 计)、总苏氨酸、干燥失重。

- (1) 外观与性状: 为生产工艺指标, 反应原料和加工工艺的质量情况;
- (2) 苏氨酸锌 (以 Zn 计): 核心技术指标, 反应产品质量和加工工艺水平;
- (3) 总苏氨酸: 为核心技术指标, 反应产品质量和加工工艺水平;
- (4) 干燥失重: 生产工艺指标, 反应产品质量和加工工艺水平。

3、保质期

查阅苏氨酸锌螯合物的相关地方标准、企业标准, 发现保质期存在差异。保质期分为 6 个月、12 个月不等。考虑本文件为强制性国家标准, 考虑适用性, 因此, 本文件未对保质期做规定, 按照标签标准的要求规定, 未开启包装的产品, 在规定的运输、贮存条件下, 产品保质期与标签中标明的保质期一致。

(六) 技术内容说明

1、外观与性状

根据各厂家的样品实测外观，苏氨酸锌螯合物化合物的外观性状为：为无色半透明晶体或白色结晶性粉末，无明显异味。相关标准有规定苏氨酸锌螯合物的水溶解及酸溶解性，该部分内容说明较为宽泛，且无法规定合适的试验方法验证，同类型饲料添加剂标准也未纳入溶解性相关指标，因此本次制标不添加此部分内容。

本文件在参考各企业标准和收集样本的基础上，对苏氨酸锌螯合物化合物的感官规定如下：本品应为无色半透明晶体或类白色结晶性粉末，无异味。

2、苏氨酸锌螯合物的鉴别方法

苏氨酸锌国家新产品材料中采用红外光谱法进行苏氨酸锌螯合物的鉴别，由于部分生产使用厂家没有红外光谱的鉴别条件，考虑到方法的便捷和适用性。在确定苏氨酸锌螯合物的鉴别方法为红外光谱法外分别添加苏氨酸及锌离子的鉴别方法。

苏氨酸鉴别方法：参考 GB 7300.102《饲料添加剂 第1部分：氨基酸、氨基酸盐及其类似物 甘氨酸》中甘氨酸鉴别的试验方法，使用行业内普遍使用“茚三酮显色”鉴别方法鉴别苏氨酸。确定苏氨酸的鉴别方法为茚三酮试验。

锌离子鉴别方法：参考 HG/T 2792-2011《饲料级 氧化锌》锌离子的鉴别方法，确定锌离子的鉴别方法为双硫脲四氯化碳显色法；

实验所用试剂、溶液的配制和仪器设备见文本。

2.1 苏氨酸的鉴别：茚三酮试验

称取试样0.1 g，溶于100 mL水中，取该溶液5 mL，加1 mL茚三酮溶液，置沸水浴反应15 min，溶液呈蓝紫色。

主要生产企业共18批次样品检测结果：



图1 茛三酮试验显色图

如图 1 所示, 主要生产厂家所寄样品苏氨酸锌螯合物的茛三酮试验鉴别检测结果均呈紫色, 为阳性。本方法适用于苏氨酸锌螯合物中的苏氨酸的鉴别。

2.2 锌离子的鉴别: 双硫脲四氯化碳显色法

称取试样0.2 g, 加10 mL盐酸溶液, 加热至试样全部溶解, 加5 mL水, 用氨水溶液调pH值至4~5, 加两滴硫酸钠溶液, 再加数滴双硫脲四氯化碳溶液, 和1 mL三氯甲烷, 振摇后, 静置1min~3min, 下层有机层显红色。

主要生产企业18批次样品检测结果:



图2 双硫脲四氯化碳试验显色图

如图 2 所示, 主要生产厂家所寄样品苏氨酸锌螯合物的双硫脲四氯化碳显色试验鉴别检测结果均呈红色, 为阳性。本方法适用于苏氨酸锌螯合物中锌离子的鉴别。

2.3 苏氨酸锌的鉴别步骤: 红外光谱法

称取试样适量, 加溴化钾研磨均匀, 试样和溴化钾的大致比例约为1:200, 压片, 在 4000 cm^{-1} ~ 400 cm^{-1} 内录制试样红外光谱图, 试样的红外光谱图应与苏氨酸锌螯合物对照红外光谱图一致。

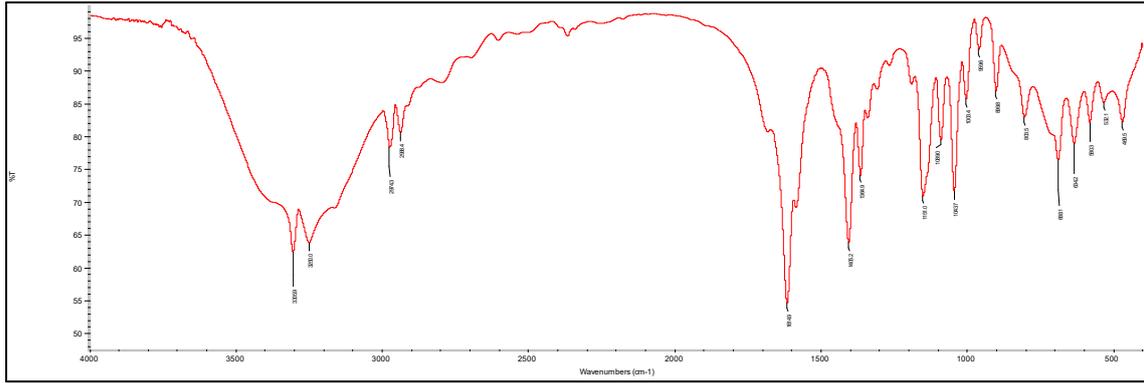
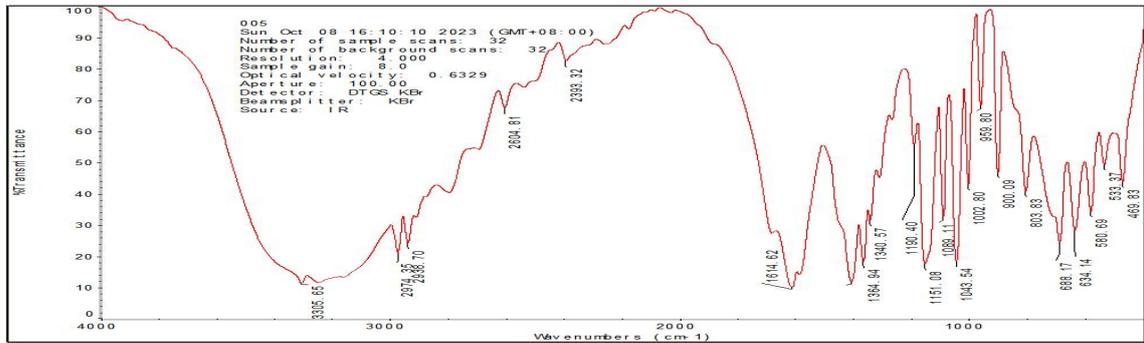
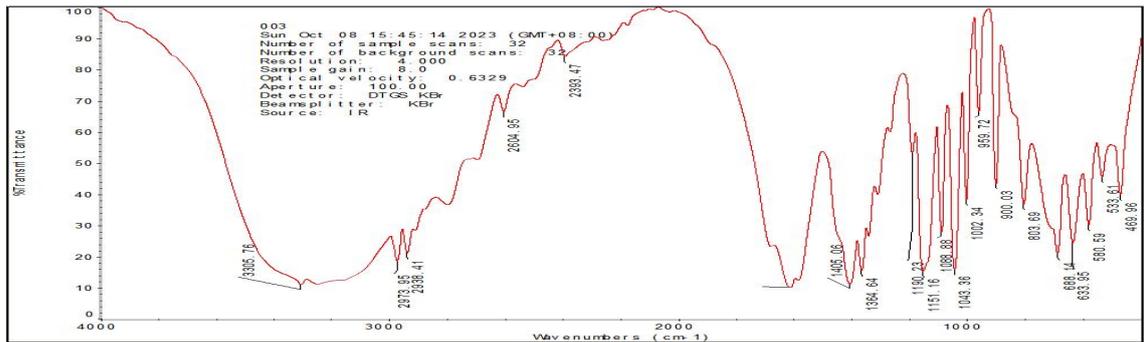


图 3 苏氨酸锌螯合物对照红外光谱图

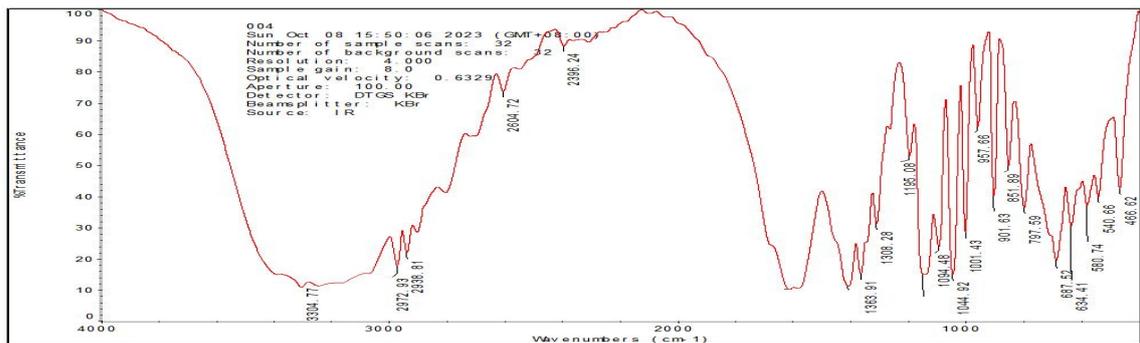
主要生产企业样品检测结果:



江西省元昌工业有限公司



长沙兴嘉生物工程股份有限公司



昕嘉生物技术(长沙)有限公司

图 4 主要生产企业样品苏氨酸锌螯合物红外光谱图

如图 4 所示，主要生产厂家所寄样品苏氨酸锌螯合物的红外光谱谱图与苏氨酸锌螯合物对照品的红外光谱谱图一致。本方法适用于苏氨酸锌螯合物的鉴别。

3、苏氨酸锌（以Zn计）

3.1 指标值确定

苏氨酸锌产品国家新产品质量要求：苏氨酸锌（以Zn计） $\geq 18.5\%$ ，相关地方标准中指标要求设置为：苏氨酸锌（以Zn计） $\geq 18.5\%$ ，相关企业标准（3个）指标要求设置都为：苏氨酸锌（以Zn计） $\geq 18.5\%$ 。本文件以国家新产品质量要求指标作为设置依据，确定苏氨酸锌（以Zn计）设置为： $\geq 18.5\%$ 。主要生产厂家的18个样品苏氨酸锌（以Zn计）实测数据见表5（YCGY指江西省元昌工业有限公司样品，XJSW指长沙兴嘉生物工程股份有限公司样品，XJJS指昕嘉生物技术（长沙）有限公司样品，下同），最高值为19.3%，最低值为18.6%，均符合本文件设置的指标要求。

表 5 主要生产厂家样品苏氨酸锌（以 Zn 计）含量检测结果

序号	样品编号	平均含量 (%)	序号	样品编号	平均含量 (%)
1	YCGY1	18.7	10	XJSW4	19.2
2	YCGY2	18.7	11	XJSW5	19.3
3	YCGY3	18.7	12	XJSW6	19.2
4	YCGY4	18.7	13	XJJS1	18.9

5	YCGY5	18.6	14	XJJS2	19.0
6	YCGY6	18.7	15	XJJS3	19.0
7	XJSW1	19.3	16	XJJS4	19.0
8	XJSW2	19.1	17	XJJS5	19.0
9	XJSW3	19.3	18	XJJS6	19.2

3.2 试验方法确认

相关标准及文献报道，苏氨酸锌（以Zn计）含量检测方法多为EDTA标准滴定溶液络合滴定法及亚铁氰化钾标准滴定溶液滴定法。其中国家新产品申报材料中，苏氨酸锌（以Zn计）试验方法为EDTA标准滴定溶液络合滴定法，相关地方标准中规定试验方法为亚铁氰化钾标准滴定溶液络合滴定法，相关企业标准（3个）为：试验方法为EDTA标准滴定溶液络合滴定法。以新产品申报材料作为依据，考虑试验方法和企业的适配性，本文件中将EDTA标准溶液络合滴定作为苏氨酸锌螯合物锌（以Zn计）含量检测方法。

方法为：平行做两份试验。准确称取试样 0.4 g（精确至 0.1 mg），置于 250 mL 的三角瓶中，加 3 mL 乙酸溶液使试样溶解，加 30 mL 水及 2 滴二甲酚橙指示液，然后滴加六次甲基四胺溶液，溶液滴至稳定的紫红色后，继续加入 5 mL 六次甲基四胺溶液，用 EDTA 标准滴定溶液滴定至溶液由紫红色变为亮黄色即为终点。同法做空白试验。

实验所用试剂、溶液的配制和仪器设备见文本。

3.3 试验验证数据

苏氨酸锌（以 Zn 计）按 3.2 所述方法进行测定。选取 1 个产品测定苏氨酸锌（以 Zn 计）含量的六平行试验，试验数据列见表 6。

表 6 同一样品苏氨酸锌（以 Zn 计）含量重复 6 次精密度检测结果

序号	检测结果
1	18.79
2	18.60
3	18.68

4	18.78
5	18.65
6	18.74
平均含量 (%)	18.71
标准偏差 (%)	0.08
相对标准偏差 (%)	0.41

根据上表试验数据分析,同一样品重复6次精密度检测标准偏差为0.08%,相对标准偏差为0.41%,精密度良好。其中最大绝对差值0.19%,因此在标准中对精密度规定为:在重复性条件下,两次独立测定结果的绝对差值不大于1%。

4、总苏氨酸

4.1指标值确定

苏氨酸锌螯合物产品国家新产品质量要求:总苏氨酸 $\geq 67.0\%$,相关地方标准中指标要求设置为:总苏氨酸 $\geq 66.0\%$,相关企业标准(3个)指标要求设置都为:总苏氨酸 $\geq 67.0\%$ 。本文件以国家新产品质量要求指标作为设置依据,确定总苏氨酸指标设置为 $\geq 67.0\%$ 。主要生产厂家的18个样品总苏氨酸实测数据见表7,最高值为70.0%,最低值为67.8%,均符合本文件设置的指标要求。

表7 主要生产厂家样品总苏氨酸含量检测结果

序号	样品编号	平均含量 (%)	序号	样品编号	平均含量 (%)
1	YCGY1	67.8	10	XJSW4	69.7
2	YCGY2	67.9	11	XJSW5	70.0
3	YCGY3	67.9	12	XJSW6	70.0
4	YCGY4	67.9	13	XJJS1	69.8
5	YCGY5	67.9	14	XJJS2	69.9
6	YCGY6	67.7	15	XJJS3	69.9
7	XJSW1	70.0	16	XJJS4	69.9
8	XJSW2	70.0	17	XJJS5	69.9
9	XJSW3	69.7	18	XJJS6	69.7

氨基酸分析仪法与凯氏定氮法对同样品平行检测，结果对比情况见表8。

表 8 苏氨酸氨基酸分析仪法与凯氏定氮法对比结果

序号	样品编号	氨基酸分析仪法 (%)	凯氏定氮法 (%)	相对偏差
1	YCGY1	69.19	70.38	0.85%
2	YCGY2	69.87	70.47	0.43%
3	YCGY3	70.12	70.1	0.01%
4	YCGY4	68.99	69.64	0.47%
5	XJSW1	69.66	69.34	0.23%
6	XJSW2	69.89	69.51	0.27%
7	XJSW3	69.34	69.26	0.06%
8	XJSW4	70.05	69.34	0.51%
9	XJJS1	70.15	69.56	0.42%
10	XJJS2	69.89	69.87	0.01%
11	XJJS3	70.09	70.16	0.05%
12	XJJS4	69.91	70.23	0.23%

总苏氨酸的凯氏定法与氨基酸分析仪法对同样品平行实验结果的相对偏差最大值为 0.85%，符合相对偏差不大于1%的要求。说明两个方法均适用于总苏氨酸的检测分析，且两个方法的结果偏差较小。

4.2 试验方法确认

查阅氨基酸含量测定相关标准，苏氨酸锌螯合物中总苏氨酸含量检测方法有凯氏定氮法和氨基酸分析仪法两种，其中氨基酸分析仪法在制标方法验证探究实验中，参考GB/T 18246-2019《饲料中氨基酸的测定》中的酸提取法和酸水解法进行苏氨酸锌螯合物中总苏氨酸的测定。本文件中将凯氏定氮法作为苏氨酸锌螯合物锌含量检测方法。其中国家新产品申报材料、地方标准及相关企业标准均采用凯氏定氮法进行测定。用GB/T 18246-2019 饲料中氨基酸的测定作为仲裁法。

方法为：

方法1：平行做两份试验。按GB/T 18246 的规定测定试样中苏氨酸的质量分数。

方法2：平行做两份试验。按GB/T 6432 的规定测定试样中氮（N）的质量分数。

4.3 试验验证数据

总苏氨酸按 4.2 所述方法 2 进行测定。选取 1 个产品用凯氏定氮法测定总苏氨酸含量进行六平行试验，试验数据列见表 9。

表 9 同一批次总苏氨酸含量重复 6 次精密度检测结果

序号	检测结果
1	68.68
2	67.85
3	68.69
4	67.83
5	68.19
6	67.89
平均含量（%）	68.19
标准偏差（%）	0.40
相对标准偏差（%）	0.59

根据上表试验数据分析，同一批次样品重复6次精密度检测标准偏差为0.40%，相对标准偏差为0.59%，精密度良好。其中最大绝对差值0.86%，因此在标准中对精密度规定为：在重复性条件下，两次独立测定结果的绝对差值不大于1%。

选取1个产品用氨基氮分析仪测定总苏氨酸含量进行六平行试验，试验数据列见表10。

表 10 同一批次总苏氨酸含量重复 6 次精密度检测结果

序号	检测结果
1	69.52
2	70.25
3	70.01
4	69.52

5	70.21
6	69.83
平均含量 (%)	69.89
标准偏差 (%)	0.32
相对标准偏差 (%)	0.46

根据上表试验数据分析,同一批次样品重复6次精密度检测标准偏差为0.32%,相对标准偏差为0.46%,精密度良好。其中最大绝对差值0.53%,因此在标准中对精密度规定为:在重复性条件下,两次独立测定结果的绝对差值不大于1%。

5、螯合率

5.1指标值确定

苏氨酸锌螯合物产品国家新产品质量要求:螯合率 $\geq 92.0\%$,相关地方标准及相关企业标准(3个)均未设立该指标。本文件以国家新产品质量要求指标作为设置依据,确定螯合率指标设置为 $\geq 92.0\%$ 。主要生产厂家的18个样品螯合率实测数据见表11,最高值为96.7%,最低值为94.1%,均符合本文件设置的指标要求。

表 11 主要生产厂家样品螯合率检测结果

序号	样品编号	平均含量 (%)	序号	样品编号	平均含量 (%)
1	YCGY1	94.4	10	XJSW4	96.4
2	YCGY2	94.8	11	XJSW5	95.7
3	YCGY3	96.0	12	XJSW6	96.7
4	YCGY4	94.2	13	XJJS1	95.5
5	YCGY5	94.1	14	XJJS2	96.6
6	YCGY6	95.7	15	XJJS3	95.5
7	XJSW1	95.9	16	XJJS4	96.3
8	XJSW2	95.7	17	XJJS5	95.4
9	XJSW3	96.4	18	XJJS6	95.1

5.2试验方法确认

现行业内的测定螯合率的方法，主要有凝胶色谱法和有机溶剂萃取法，其中凝胶色谱法操作复杂，实验时间长，对实验设备条件要求较高，而且该方法进样量少，稀释倍数很大，变异系数大，对于操作人员的要求也很高。原采用凝胶色谱法的国家标准也因此原因废止。有机溶剂萃取法，选用合适的有机溶提取游离态的锌元素，一般为甲醇及乙醇，其中国家新产品申报材料备案标准即为有机溶剂萃取法。

方法为：用无水乙醇萃取样品中的游离态锌，离心分离除去上清液，用EDTA络合滴定法测定沉淀中螯合态锌的含量。测定结果与苏氨酸锌结果比较可计算出苏氨酸锌的螯合率。

5.3 试验验证数据

螯合率按 7.6.4 所述方法进行测定。选取 1 个产品测定螯合率进行六平行试验，试验数据列见表 12。

表 12 同一批次螯合率含量重复 6 次精密度检测结果

序号	检测结果
1	93.81
2	93.90
3	93.34
4	94.17
5	94.30
6	94.78
平均含量 (%)	94.05
标准偏差 (%)	0.24
相对标准偏差 (%)	0.39

根据上表试验数据分析，同一批次样品重复6次精密度检测标准偏差为0.24%，相对标准偏差为0.39%，精密度良好。其中最大绝对差值0.73%，因此在标准中对精密度规定为：在重复性条件下，两次独立测定结果的绝对差值不大于1%。

准确称取试样 0.2 g（精确至 0.0001 g），按照试样重量的 50%、100%添加高纯度苏氨酸锌螯合物晶体，按照 7.4.4 所述方法进行加标回收测定，加标回收试验数据汇总于表 13。加标回收率在 98.32%~100.32%之间，参考 GB/T 27174-2017《合格评定 化学分析方法确认和验证指南》，加标回收率符合要求。

表 13 锌含量加标回收检测结果

样品编号	0.5倍加标回收量 (%)	测定结果 (%)	0.5倍加标回收率 (%)	1倍加标回收量 (%)	测定结果 (%)	1倍加标回收率 (%)
1	28.19	28.28	100.32	37.81	37.17	98.32
2	28.25	28.13	99.56	38.31	38.09	99.43

6、干燥失重的测定

6.1指标值确定

苏氨酸锌螯合物产品国家新产品质量要求：干燥失重 $\leq 1.5\%$ ，相关地方标准中指标要求设置为：干燥失重 $\leq 10\%$ ，相关企业标准（3个），其中2个为：干燥失重 $\leq 10\%$ ；1个为：干燥失重 $\leq 1.5\%$ 。其中干燥失重指标值设立为10%的标准，是因为在103℃干燥条件下，苏氨酸锌螯合物结构中两个结晶水同样会被干燥出的情况，并未真正的游离水。本次制标未避免破坏产品结构，要求干燥失重为真正的游离水，因此在80℃的前提下，根据主要生产厂家共18批次样品，干燥失重平均检测结果为最高值为1.77%，最低值为0.74%，见表14。

表 14 主要生产厂家样品干燥失重检测结果

序号	样品编号	平均含量 (%)	序号	样品编号	平均含量 (%)
1	YCGY1	0.86	10	XJSW4	0.94
2	YCGY2	0.91	11	XJSW5	0.83
3	YCGY3	0.89	12	XJSW6	0.80
4	YCGY4	0.84	13	XJJS1	1.32
5	YCGY5	0.74	14	XJJS2	1.77
6	YCGY6	0.80	15	XJJS3	1.57
7	XJSW1	1.04	16	XJJS4	1.65
8	XJSW2	0.92	17	XJJS5	1.43

9	XJSW3	1.14	18	XJJS6	1.46
---	-------	------	----	-------	------

本文件以国家新产品质量要求指标作为设定依据，确认指标值为：干燥失重 $\leq 1.5\%$ 。主要厂家18批次样品达到指标值的有15批次样品，产品合格率为83.3%。

6.2 试验方法确认

相关标准干燥失重的测定都采用直接干燥法，但分为 103℃ 条件下的烘箱干燥或 80℃ 条件下的烘箱干燥。由于 103℃ 干燥条件下，是会干燥出苏氨酸锌螯合物结构中两个结晶水。本次制标未避免破坏产品结构，要求干燥失重为真正的游离水，因此确认在 80℃ 的前提下进行干燥。参考 GB/T 21996-2008《饲料添加剂甘氨酸铁络合物》中同样的含结晶水的络合物干燥方法。

6.2.1 干燥时间确认

选用指标过程中水分含量最高的一份样品约为 1.77%，分别在 1h、2h、3h、4h 的时间段测定其干燥失重情况，试验结果见表 15。

表 15 干燥时间试验检测结果

样品	样品重量 (g)	称量皿+样品 (g)	干燥 1 重量 (g)	干燥 2h 重量 (g)	干燥 3h 重量 (g)	干燥 4h 重量 (g)	水分含量%
样品 1	1.9998	31.1203	31.0879	31.0855	31.0848	31.0847	1.78
样品 2	2.0005	26.6637	26.6301	26.6274	26.6271	26.6271	1.83

根据上表试验数据分析，样品在 3 h 前已完成干燥，考虑到指标值设立在 1.5%，考虑到实际生产使用中部分产品的水分含量可能大于试验样品，因此确认第一段干燥时间为 3 h，第二段干燥时间为 1 h，确保充分满足干燥失重的试验要求。

6.2.2 试验方法确认

方法确认为：平行做两份试验。取洁净称量瓶，在 80℃ \pm 2℃ 电热恒温干燥箱中干燥 1 h，取出。在干燥器中冷却 30 min，称重（精确至 0.1 mg），重复烘干 30 min，冷却、称重直至两次重量之差小于 0.5mg 为恒重。

用已恒重称量瓶称取 2 份平行试样，每份 2 g（精确至 0.1 mg），称量瓶盖敞开在 80℃ \pm 2℃ 电热恒温干燥箱中干燥 3 h（以温度达到 80℃ 开始计时），取出，盖好称量瓶盖，在干燥器中冷却 30 min，称重。

再同样烘干 1 h、冷却、称重，直至两次称重的重量差不超过 2 mg。

6.3 试验验证数据

干燥失重按 6.2 所述方法进行测定。选取 1 个产品测定干燥失重进行六平行试验，试验数据列见表 16。

表 16 同一批次干燥失重重复 6 次精密度检测结果

序号	检测结果
1	0.87
2	0.84
3	0.81
4	0.89
5	0.85
6	0.83
平均含量 (%)	0.85
标准偏差 (%)	0.028
相对标准偏差 (%)	3.37

根据上表试验数据分析，同一批次样品重复 6 次精密度检测标准偏差为 0.028%，相对标准偏差为 3.37%，精密度良好。其中最大绝对差值 0.08%，两次独立测定结果的相对偏差为：4.71%；18 个样品两次独立测定的最大相对偏差为：6.97%。干燥失重的测定值较小，绝对差值也较小，因此用相对偏差进行精密度的规定，在标准中对精密度规定为：在重复性条件下，获得的两次独立测定结果与其算术平均值的绝对差值不大于该算术平均值的 10%。

7、粒度

7.1 指标值确认

苏氨酸锌螯合物产品国家新产品质量要求：粒度为 0.84mm 试验筛通过率 $\geq 95\%$ ，相关地方标准为：1.68 mm 试验筛全部通过，孔径为 0.84 mm 分析筛筛上物应小于等于 5%，及相关企业标准（3 个），其中 2 个为：粒度为 0.84mm 试验筛通过率 $\geq 95\%$ ；1 个为：粒度为 0.59mm 试验筛通过率 $\geq 95\%$ 。本文件以国家新产品质量要求指标作为设置依据，确定粒度指标设置为：粒度为 0.84mm 试验筛通过率 $\geq 95\%$ 。主要生产厂家的 18 个样品粒度实测数据见表 17，最高值为 98.8%，最低值为 97.1%，均符合本文件设置的指标要求。

表 17 主要生产厂家样品粒度检测结果

序号	样品编号	通过率(%)	序号	样品编号	通过率(%)
1	YCGY1	97.3	10	XJSW4	98.1
2	YCGY2	97.4	11	XJSW5	98.7
3	YCGY3	97.1	12	XJSW6	98.0
4	YCGY4	97.4	13	XJJS1	98.8
5	YCGY5	97.3	14	XJJS2	98.4
6	YCGY6	97.1	15	XJJS3	98.4
7	XJSW1	98.8	16	XJJS4	98.8
8	XJSW2	98.0	17	XJJS5	98.8
9	XJSW3	98.9	18	XJJS6	98.7

7.2 试验方法确认

采用行业内粒度的通用测定方法：按 GB/T 5917.1 的规定执行。

8、总砷

8.1 指标值确认

苏氨酸锌螯合物产品国家新产品质量要求：总砷 $\leq 2\text{mg/kg}$ ，相关地方标准中指标要求设置为：总砷 $\leq 5\text{mg/kg}$ ，相关企业标准（3个），其中2个为：总砷 $\leq 5\text{mg/kg}$ ；1个为：总砷 $\leq 2\text{mg/kg}$ 。主要生产厂家共18批次样品，总砷平均检测结果为 $1.40\text{mg/kg}\sim 2.77\text{mg/kg}$ ，见表18。

表 18 主要生产厂家样品总砷检测结果

序号	样品编号	平均含量 (mg/kg)	序号	样品编号	平均含量 (mg/kg)
1	YCGY1	2.77	10	XJSW4	1.96
2	YCGY2	2.61	11	XJSW5	1.96
3	YCGY3	2.68	12	XJSW6	2.17

4	YCGY4	2.67	13	XJJS1	1.48
5	YCGY5	2.63	14	XJJS2	1.69
6	YCGY6	2.60	15	XJJS3	1.67
7	XJSW1	1.99	16	XJJS4	1.42
8	XJSW2	2.02	17	XJJS5	1.56
9	XJSW3	1.91	18	XJJS6	1.40

本文件以国家新产品质量要求指标作为设定依据，确认指标值为：总砷 ≤ 2 mg/kg。主要厂家18批次样品达到指标值的有10批次样品，产品合格率为55.6%。

8.2 试验方法确认

总砷的测定方法参照GB/T 13079《饲料中总砷的测定》执行。通用方法标准适用饲料添加剂产品，本文件直接引用通用方法标准。

方法为：“按GB/T 13079的规定执行”。

9、铅

9.1 指标值确认

苏氨酸锌螯合物产品国家新产品质量要求：铅 ≤ 5 mg/kg，相关地方标准中指标要求设置为：铅 ≤ 10 mg/kg，相关企业标准（3个），其中2个为：铅 ≤ 10 mg/kg；1个为：铅 ≤ 5 mg/kg。主要生产厂家共18批次样品，铅平均检测结果为0.42mg/kg~0.97mg/kg，见表20。

表 20 主要生产厂家样品铅检测结果

序号	样品编号	平均含量 (mg/kg)	序号	样品编号	平均含量 (mg/kg)
1	YCGY1	0.82	10	XJSW4	0.91
2	YCGY2	0.86	11	XJSW5	0.82
3	YCGY3	0.84	12	XJSW6	0.93

4	YCGY4	0.87	13	XJJS1	0.54
5	YCGY5	0.80	14	XJJS2	0.55
6	YCGY6	0.88	15	XJJS3	0.42
7	XJSW1	0.84	16	XJJS4	0.51
8	XJSW2	0.89	17	XJJS5	0.52
9	XJSW3	0.97	18	XJJS6	0.58

本文件以国家新产品质量要求指标作为设定依据，确认指标值为：铅 ≤ 5 mg/kg。
主要厂家18批次样品均合格。

9.2 试验方法确认

总砷的测定方法参照GB/T 13080《饲料中铅的测定 原子吸收光谱法》执行。
通用方法标准适用饲料添加剂产品，本文件直接引用通用方法标准。

方法为：“按GB/T 13080的规定执行”。

10、镉

10.1 指标值确认

苏氨酸锌螯合物产品国家新产品质量要求：镉 ≤ 0.5 mg/kg，相关地方标准中
指标要求设置为：镉 ≤ 5 mg/kg，相关企业标准（3个），其中2个为：镉 ≤ 5 mg/kg；
1个为：镉 ≤ 0.5 mg/kg。主要生产厂家共18批次样品，镉平均检测结果为0.04
mg/kg~0.89 mg/kg，见表22。

表 22 主要生产厂家样品镉检测结果

序号	样品编号	平均含量 (mg/kg)	序号	样品编号	平均含量 (mg/kg)
1	YCGY1	0.24	10	XJSW4	0.14
2	YCGY2	0.15	11	XJSW5	0.08
3	YCGY3	0.29	12	XJSW6	0.06
4	YCGY4	0.17	13	XJJS1	0.73

5	YCGY5	0.20	14	XJJS2	0.84
6	YCGY6	0.16	15	XJJS3	0.82
7	XJSW1	0.10	16	XJJS4	0.82
8	XJSW2	0.09	17	XJJS5	0.85
9	XJSW3	0.15	18	XJJS6	0.89

本文件以国家新产品质量要求指标作为设定依据，确认指标值为：镉 ≤ 0.5 mg/kg。主要厂家18批次样品达到指标值的有12批次样品，产品合格率为66.7%。

10.2 试验方法确认

镉的测定方法参照GB/T 13082《饲料中镉的测定》执行。通用方法标准适用饲料添加剂产品，本文件直接引用通用方法标准。

方法为：“按GB/T 13082的规定执行”。

11、实验结果分析

按启动会专家意见，起草组收集国内苏氨酸锌螯合物主要生产厂家共 18 批次样品检测含量，考虑到国内实验室普遍所具备的检测条件及方法的检测误差，实验结果统计见表 27、表 28。

表 27 主要生产厂家共 18 批次样品理化指标实验结果统计

厂家	江西省元昌工业有限公司						长沙兴嘉生物工程股份有限公司						昕嘉生物技术(长沙)有限公司					
样品编号	YCGY 1	YCGY 2	YCGY 3	YCGY 4	YCGY 5	YCGY 6	XJSW 1	XJSW 2	XJSW 3	XJSW 4	XJSW 5	XJSW 6	XJJS 1	XJJS 2	XJJS 3	XJJS 4	XJJS 5	XJJS 6
苏氨酸锌 (以 Zn 计) / (%)	18.7	18.7	18.7	18.7	18.6	18.7	19.3	19.1	19.3	19.2	19.3	19.2	18.9	19.0	19.0	19.0	19.0	19.2
总苏氨酸/ (%)	67.8	67.9	67.9	67.9	67.9	67.7	70.0	70.0	69.7	70.0	70.0	69.8	69.9	69.9	69.9	69.9	69.7	69.7
螯合率/ (%)	94.4	94.8	96.0	94.2	94.1	95.7	95.9	95.7	96.4	96.4	95.7	96.7	95.5	96.6	95.5	96.3	95.4	95.1
干燥失重/ (%)	0.86	0.91	0.89	0.84	0.74	1.04	1.14	0.83	0.8	1.32	1.77	1.57	1.65	1.43	1.46	0.86	0.91	0.89
粒度 (0.84mm 试验筛通 过率) / (%)	97.3	97.4	97.1	97.4	97.3	97.1	98.8	98.0	98.9	98.1	98.7	98.0	98.8	98.4	98.4	98.8	98.8	98.7

表 28 主要生产厂家共 18 批次样品卫生指标实验结果统计

厂家	江西省元昌工业有限公司						长沙兴嘉生物工程股份有限公司						昕嘉生物技术(长沙)有限公司					
样品编号	YCGY 1	YCGY 2	YCGY 3	YCGY 4	YCGY 5	YCGY 6	XJSW 1	XJSW 2	XJSW 3	XJSW 4	XJSW 5	XJSW 6	XJJS 1	XJJS 2	XJJS 3	XJJS 4	XJJS 5	XJJS 6
总砷/ (mg/kg)	2.77	2.61	2.68	2.67	2.63	2.60	1.99	2.02	1.91	1.96	1.96	2.17	1.48	1.69	1.67	1.42	1.56	1.40
铅/ (mg/kg)	0.82	0.86	0.84	0.87	0.80	0.88	0.84	0.89	0.97	0.91	0.82	0.93	0.54	0.55	0.42	0.51	0.52	0.58
镉/ (mg/kg)	0.24	0.15	0.29	0.17	0.20	0.16	0.1	0.09	0.15	0.14	0.08	0.06	0.73	0.84	0.82	0.82	0.85	0.89

根据以上主要生产厂家 18 批次样品检测结果，确定技术指标为：苏氨酸锌（以 Zn 计）含量 $\geq 18.5\%$ ，总苏氨酸含量 $\geq 67.0\%$ ，螯合率 $\geq 92.0\%$ ，干燥失重 $\leq 1.5\%$ ，粒度(孔径 0.84mm 试验筛通过率) $\geq 95\%$ ，总砷（以 As 计） $\leq 2\text{mg/kg}$ ，铅（以 Pb 计） $\leq 5\text{mg/kg}$ ，镉（以 Cd 计） $\leq 0.5\text{mg/kg}$ 。苏氨酸锌（以 Zn 计）、总苏氨酸、螯合率、铅（以 Pb 计）等四个指标国内主要生产厂家都能达到文件中规定的技术指标的要求，卫生指标设定值；干燥失重指标共有 3 个厂家 15 个样品达到文件中规定的技术指标要求，产品合格率为 83.3%；总砷（以 As 计）共有 2 个厂家 10 个样品达到文件中规定的卫生指标设定值，产品合格率为 55.6%；镉（以 Cd 计）共有 2 个厂家 12 个样品达到文件中规定的卫生指标设定值，产品合格率为 66.7%。本文件制定后，可更好规范市场流通，便于厂家改进工艺及原料选择，避免贸易壁垒，减少贸易纠纷，促进产业健康发展。

三、与有关法律、行政法规和其他强制性标准的关系，配套推荐性标准的制定情况

本文件所涉及的引用标准均为本行业现行有效的饲料添加剂国家标准及行业标准，强制性标准有GB 10648《饲料标签》，其余均为推荐性标准。本文件与其它现行法律、法规、规章保持一致。

四、与国际标准化组织、其他国家或者地区有关法律法规和标准的比对分析

目前未收集到国际、国外标准。

五、重大分歧意见的处理经过和依据

在标准的修订中没有产生重大分歧意见。

六、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、实施日期等）

建议按照强制性国家标准管理办法设置自发布日期至实施日期的过渡期，并在过渡期期间，对已生产产品库存销售和已经印刷的包装材料消耗；产品标签重新根据标准进行修改设计印刷，并与供应商沟通确认；与下游客户沟通修改质量规格协议，修订相关的合同内容；根据企业情况评估是否需要购进或改进技术装备、检测手段等，以配合产品的质量达标或相关检测。整个改造过程完成，需要6个月左右时间。

七、与实施强制性国家标准有关的政策措施

根据《强制性国家标准管理办法》第九条，县级以上人民政府标准化行政主管部门和有关行政主管部门依据法定职责，对强制性国家标准的实施进行监督检查。根据《饲料和饲料添加剂管理条例》第三条规定，国务院农业行政主管部门负责全国饲料、饲料添加剂的监督管理工作。县级以上地方人民政府负责饲料、饲料添加剂管理的部门（以下简称饲料管理部门），负责本行政区域饲料、饲料添加剂的监督管理工作。第四条，县级以上地方人民政府统一领导本行政区域饲料、饲料添加剂的监督管理工作，建立健全监督管理机制，保障监督管理工作的开展。

违反该强制性国家标准的行为，依据第609号国务院令《饲料和饲料添加剂管理条例》、农业农村部公告第2625号《饲料添加剂安全使用规范》、主席令2000年第33号《中华人民共和国产品质量法》和主席令第11号《中华人民共和国标准化法》等相关法律法规相关条款进行处理。

八、是否需要对外通报的建议及理由

无。本产品目前无出口及进口情况，故无需通报。

九、废止现行有关标准的建议

无。

十、涉及专利的有关说明专利说明

经检索，本文件不涉及专利。

十一、强制性国家标准所涉及的产品、过程或者服务目录

本文件给出了苏氨酸锌螯合物的化学名称、分子式、相对分子质量和结构式，规定了饲料添加剂苏氨酸锌螯合物的技术要求、采样、检验规则、标签、包装、运输、贮存和保质期，描述了试验方法。

本文件适用于以苏氨酸与氧化锌为原料，经化学合成而成的饲料添加剂苏氨酸锌螯合物产品。

十二、其它应予说明的事项

下达的标准名称为：“饲料添加剂 第3部分：矿物元素及其络（螯）合物 苏氨酸锌螯合物”，标准名称未进行修改，无需说明。

附表 1：苏氨酸锌螯合物标准理化指标对比表

理化指标	本次制标	国家新产品	DB43/T 2795-2023	Q/JXYC 015-2022	Q/OKKY 015-2022	Q/OKKW006-2 021
外观与性状	本品应为无色半透明晶体或白色结晶性粉末，无异味。	无色半透明晶体或白色结晶性粉末	浅黄色或类白色结晶粉末或细小颗粒，无异味。易溶于水与酸。	白色粉末或白色结晶性粉末，易溶于水，无刺激性气味	灰白色结晶性粉末或细小颗粒	灰白色结晶性粉末或细小颗粒
苏氨酸锌（以 Zn 计）/（%）	18.5	18.5	18.5	18.5	18.5	18.5
总苏氨酸/（%）	67.0	67.0	66.0	67.0	67.0	67.0
螯合率/（%）	92.0	92.0	/	/	/	/
干燥失重/（%）	1.5	1.5	10.0	1.5	10	10.0
粒度	0.84mm 试验筛通过率大于等于 95%	0.84mm 试验筛通过率大于等于 95%	孔径为 1.68 mm 分析筛全部通过，孔径为 0.84 mm 分析筛筛上物应小于等于 5%	0.84mm 试验筛通过率大于等于 95%	0.59mm 试验筛通过率大于等于 95%	0.84mm 试验筛通过率大于等于 95%

附表 2：苏氨酸锌螯合物标准卫生指标对比表

卫生指标	本次制标	国家新产品	DB43/T 2795-2023	Q/JXYC 015-2022	Q/OKKY 015-2022	Q/OKKW006-2 021
总砷/ (mg/kg)	2	2	5	2	5	5
铅/ (mg/kg)	5	5	10	5	10	10
镉/ (mg/kg)	0.5	0.5	5	0.5	5	5

附表 3：苏氨酸锌螯合物标准试验方法对比表

试验方法	本次制标	国家新产品	DB43/T 2795-2023	Q/JXYC 015-2022	Q/OKKY 015-2022	Q/OKKW 006-2021
苏氨酸锌（以 Zn 计）/（%）	EDTA 标准滴定溶液络合滴定法	EDTA 标准滴定溶液络合滴定法	亚铁氰化钾标准滴定溶液滴定法	EDTA 标准滴定溶液络合滴定法	EDTA 标准滴定溶液络合滴定法	EDTA 标准滴定溶液络合滴定法
总苏氨酸/（%）	定氮法、氨基酸分析法	定氮法	定氮法	定氮法	定氮法	定氮法
螯合率/（%）	无水乙醇萃取游离态锌法	无水乙醇萃取游离态锌法	/	/	/	/
干燥失重/（%）	80℃直接干燥法	80℃直接干燥法	按 GB/T 6435 执行	80℃直接干燥法	按 GB/T 6435 执行	按 GB/T 6435 执行
粒度	试验筛筛分法	试验筛筛分法	试验筛筛分法	试验筛筛分法	试验筛筛分法	试验筛筛分法
总砷/（mg/kg）	按 GB/T 13079 执行					
铅/（mg/kg）	按 GB/T 13080 执行					
镉/（mg/kg）	按 GB/T 13082 执行					