

中华人民共和国国家标准

《饲料添加剂 甘氨酸锌》

编制说明

(公开征求意见稿)

四川省饲料工作总站
江苏蜀星饲料科技有限公司

2024年9月

目 录

一、工作简况，任务来源、制定背景、产品概况及工作过程	1
(一) 任务来源	1
(二) 制定背景	1
(三) 产品基本概况	2
(四) 主要工作过程	14
二、标准编制原则、主要技术内容、确定依据及试验方法	16
(一) 编制原则	16
(二) 主要技术内容及其确定依据	16
三、与有关法律、法规的关系	42
四、与国际、国外同类标准技术内容的对比情况	42
五、重大分歧意见的处理经过和依据	42
六、贯彻标准的要求和措施建议	42
七、与实施强制性国家标准有关的政策措施	42
八、是否需要对外通报的建议及理由	43
九、废止现行有关标准的建议	43
十、涉及专利的有关说明	43
十一、强制性国家标准所涉及的产品、过程或者服务目录	43
十二、其他应当说明的事项	43

一、工作简况，任务来源、制定背景、产品概况及工作过程

（一）任务来源

根据《国家标准化管理委员会关于下达 2022 年国家标准计划的通知》要求，《饲料添加剂 第 3 部分：矿物元素及其络(螯)合物 甘氨酸锌》标准项目计划编号 20221497-Q-326，起草单位为四川省饲料工作总站、江苏蜀星饲料科技有限公司。本标准由全国饲料工业标准化技术委员会（SAC/TC 76）提出并归口。

（二）制定背景

饲料添加剂甘氨酸锌作为一种有机锌源，生物利用率高，粪便残留量少，正逐渐被应用到动物生产中，以满足动物的营养需要；在养猪生产中添加甘氨酸锌可以增强猪的免疫力^[1]，改善育肥猪胴体质量和肉品质，提高母猪的胎产活仔数和断奶仔猪存活率，提高断奶仔猪的平均日增重和饲料利用率^[2-4]；在水产生产中添加甘氨酸锌可以提高水产动物的生长性能和免疫力^[5-6]；在家禽生产中添加甘氨酸锌能够有效提高家禽生产性能，增加免疫力，提高饲料转化效率，改善鸡蛋品质，增强抗氧化能力，提高繁殖能力^[7-8]；在反刍动物生产中添加甘氨酸锌有利于肠道更好地消化吸收锌，提高反刍动物的生长、繁殖和免疫性能^[9-11]。

据统计，2022 年全国饲料添加剂总产量约 1468.8 万吨，其中矿物元素类添加剂约 40 万吨，按照专家推荐的微量元素有机态与无机态 3:7 或 4:6 的最佳搭配比例，未来甘氨酸锌的使用量将会进一步增加。甘氨酸锌作为一种有机螯合类矿物元素饲料添加剂，可以有效替代无机态的硫酸锌，使动物更高效地利用，减少锌元素排放对环境造成的污染。随着农业强国目标的实施，畜牧业发展面临更加严峻苛刻的环保要求，因此该类有机矿物元素将会广泛使用。经查，目前国家尚未颁布该产品的国家或行业质量标准，仅查到新产品备案标准 NYSL-1008-2007

饲料添加剂 甘氨酸锌（富锌宝）。

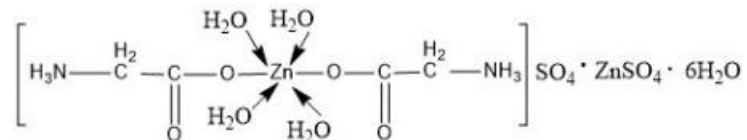
为保障饲料产品质量安全，规范行业健康可持续发展，完善饲料添加剂产品的标准体系，亟需制定科学规范的饲料添加剂甘氨酸锌产品标准，这对确保我国饲料添加剂质量安全起到积极重要的作用。

（三）产品基本概况

1、甘氨酸锌理化性质

化学名称：甘氨酸锌，分子式： $[Zn(C_2H_5NO_2)_2SO_4 \cdot 4H_2O \cdot ZnSO_4 \cdot 6H_2O]$ ，

相对分子质量：653.23（按 2014 年国际相对原子质量），结构式^[12-13]：



产品为白色结晶颗粒或粉末，有甘氨酸特有的气味，不溶于乙醇、丙酮等有机溶剂，易溶于水，在潮湿的空气中可潮解。稳定性好，室温下可稳定存在。甘氨酸锌水溶液遇茚三酮加热显蓝紫色。

2、国内生产情况

截至 2023 年 12 月，在国家企业标准信息网公开备案的饲料添加剂甘氨酸锌产品标准的企业共 23 家，生产企业主要有广东新晶和生物科技有限公司、旭卫生物科技有限责任公司、四川吉隆达科技集团、哈尔滨德邦鼎立生物科技有限公司、长沙兴嘉生物工程股份有限公司等。通过实地查看、电话交流等方式进行调研，各生产企业情况及产品标准情况见表 1 和表 2。

表 1 甘氨酸锌生产情况统计

序号	企业名称	实际生产情况	产量或销量（吨）
1	武汉市万达生物工程有限公司	生产	300-500（自用为主）
2	哈尔滨德邦鼎立生物科技有限公司	生产	2400-3000
3	广州康瑞德生物技术股份有限公司	未生产	/
4	河北东华冀衡氨基酸科技有限公司	未生产	/
5	四川吉隆达生物科技集团有限公司	生产	3000
6	旭卫生物科技有限责任公司（成都、德阳）	生产	2500
7	南宁市泽威尔饲料有限公司	未生产	/
8	长沙兴嘉生物工程股份有限公司	生产	2000
9	江西省元昌工业有限公司	未生产	/
10	广州天科生物科技有限公司	生产	2000
11	广州康瑞德农牧科技股份有限公司	未生产	/
12	重庆森乐美生物科技有限公司	生产	3000
13	四川新一美生物科技有限公司	停产	/
14	营口格瑞生物科技有限公司	未生产	/
15	广东有机宝生物科技股份有限公司	未生产（天科的新厂）	/
16	江苏派莘生物科技有限公司	生产	2000
17	成都施普诺生物技术有限公司	生产	300（自用为主）
18	中山市科佳力饲料发展有限公司	未生产	/
19	化学工业(全国)饲料添加剂工程技术中心山东科技公司	生产	300
20	广东新晶和生物科技有限公司	生产	8000
21	山东正大菱花生物科技有限公司	/	/
22	石家庄市晶凯生物科技有限公司	/	/
23	成都蜀星饲料有限公司	生产	300（自用）

表 2 甘氨酸锌企业标准指标汇总情况

序号	企业名称	甘氨酸锌分子式	分子量	锌%	总甘氨酸%	游离甘氨酸%	砷 (mg/kg)	铅(mg/kg)	镉 (mg/kg)	水分%	细度 (粒度)
1	武汉市万达生物工程有限公司	(C2H5N02)2Zn.S04 (2: 1)	311.4	15	35	1.8	10	20	10	5%	40 目,100%
2	哈尔滨德邦鼎立生物科技有限公司	甘氨酸和硫酸锌为基础原料, 经化学合成法制得的甘氨酸锌	/	21	23	1.5	5	20	10	12	/
				22	23	1.5	5	20	10	5	
				29	65	1.5	5	20	10	12	
3	广州康瑞德生物技术股份有限公司	/	/	21	22	/	5	10	/	10	/
4	河北东华冀衡氨基酸科技有限公司	{ZnC2H5N02} 2. S04. 4H20}. ZnS04. 6H20	653. 19	21	22	1. 5	5	20	/	10	20 目
5	四川吉隆达生物科技集团有限公司	甘氨酸和硫酸锌为主要原料, 经化学合成法制得的甘氨酸锌	/	21	22	1. 5	5	10	10	10	/
				25	57. 5	1. 5	5	10	10	10	
6	旭卫生物科技有限责任公司	{ZnC2H5N02} 2. S04. 4H20}. ZnS04. 6H20	653. 19	21	22	1. 5	8	10	15	10	0. 84mm
7	南宁市泽威尔饲料有限公司	(C2H5N02) 2Zn. S04. 2H20	347. 52	20	40	3	5	10	10	5	/
		{ZnC2H5N02} 2. S04. 4H20}. ZnS04. 6H20	653. 19	21	22	1. 5	5	10	10	5	
8	长沙兴嘉生物工程股份有限公司	/	/	21	22	1. 5	5	10	5	10	0. 84mm
9	江西省元昌工业有限公司	甘氨酸和硫酸锌为原料经化学合成的饲料添加剂甘氨酸锌	/	21	22	1. 5	5	10	/	10	/
10	广州天科生物科技有限公司	{ZnC2H5N02} 2. S04. 4H20}. ZnS04. 6H20	653. 15	21	23	1. 5	10	20	20	5	/
			/	22	23. 5	1. 5	10	20	20	5	20 目
11	广州康瑞德农牧科技股份有限公司	/	/	21	22	/	5	10	10	10	/
				29	65		5	10	10	10	
12	重庆森乐美生物科技有限公司	{ZnC2H5N02} 2. S04. 4H20}. ZnS04. 6H20	653. 19	21	22	1. 5	5	20	/	10	20 目

13	四川新一美生物科技有限公司	(C2H5N02) 2Zn. S04. 4H2O	383.38	15	38	/	5	20	/	5	/
		{ZnC2H5N02} 2. S04. 4H20}. ZnS04. 6H20	653.19	18	22	/	5	20	/	10	/
14	营口格瑞生物科技有限公司	甘氨酸和硫酸锌为主要原料, 经化学合成的甘氨酸锌		20	22.8	1.5	5	10	10	10	40mm
15	广东有机宝生物科技股份有限公司	{ZnC2H5N02} 2. S04. 4H20}. ZnS04. 6H20	653.15	21	23	1.5	10	20	20	5	/
			/	22	23.5	1.5	10	20	20	5	/
16	江苏派莘生物科技有限公司	/	/	21	22	1.5	10	20	20	/	/
		/	/	15	24	1.5	10	20	20	/	/
		/	/	25	57	1.5	10	20	20	/	/
17	成都施普诺生物技术有限公司	可溶性锌盐和甘氨酸为原料经化学合成的饲料添加剂甘氨酸锌产品	253.46	21	22	2.2	5	10	5	5	/
18	中山市科佳力饲料发展有限公司	/	/	15	17	/	10	30	/	10	/
			/	21	24	/	10	30	/	10	/
19	化学工业(全国)饲料添加剂工程技术中心 山东科技公司	C2H15N011SZn	326.58	20	22	1.5	5	20	8	/	/
20	广东新晶和生物科技有限公司	/	/	21	24.2	1.5	5	20	10	12	/
21	山东正大菱花生物科技有限公司	{ZnC2H5N02} 2. S04. 4H20}. ZnS04. 6H20	653.15	21	23	1.5	10	20	/	5	/
22	石家庄市晶凯生物科技有限公司	{ZnC2H5N02} 2. S04. 4H20}. ZnS04. 6H20	653.19	21	22	1.5	5	20	/	10	/
23	成都蜀星饲料有限公司	{ZnC2H5N02} 2. S04. 4H20}. ZnS04. 6H20	653.25	21	23	1.5	3	10	5	8	

3、甘氨酸锌生产原料来源

锌盐的来源，可溶性锌盐有很多，硫酸锌、氯化锌、乙酸锌等。经过实际调研发现，现有生产厂家的锌源全部来自硫酸锌。硫酸锌的等级分类较多，理论上能用到饲料级甘氨酸锌合成的锌源有工业级硫酸锌、农业用硫酸锌、饲料级硫酸锌，其相关技术指标要求见表 3。由表 3 可知，不同等级的产品标准的要求差异极大，由此引入的杂质差异较大，主要有毒有害杂质可能有砷、铅、镉。

甘氨酸目前只有食品级有国家标准，其余均为企业标准。在企业标准信息公共服务平台上查到 19 家甘氨酸企业标准，10 家为饲料添加剂甘氨酸，其余 1 家是农用甘氨酸，两家为试剂级，其他为食品级或未明确等级的产品。统计分析各家企业标准发现甘氨酸的质量差异大，主含量范围比较宽泛，从 80%到 101.5%，由此引入的杂质可能较多，其中有毒有害杂质主要有重金属。甘氨酸企业标准技术指标一览表见表 4 和表 5。

表 3 原料硫酸锌标准主要技术指标一览表

项目	HG/T 2326-2005 工业硫酸锌						HG/T 3277-2000 农业用硫酸锌						GB/T 25865-2010 饲料添加剂 硫酸锌		HG 2934-2000 饲料级 硫酸锌	
	ZnSO ₄ ·H ₂ O			ZnSO ₄ ·7H ₂ O			ZnSO ₄ ·H ₂ O			ZnSO ₄ ·7H ₂ O			ZnSO ₄ ·H ₂ O	ZnSO ₄ ·7H ₂ O	ZnSO ₄ ·H ₂ O	ZnSO ₄ ·7H ₂ O
	优等品	一等品	合格	优等品	一等品	合格	优等品	一等品	合格	优等品	一等品	合格				
锌含量/% ≥	35.70	35.34	34.61	22.51	22.06	20.92	35.3	33.8	32.3	22.0	21.0	20.0	34.5	22	34.5	22
游离硫酸/% ≤	/	/	/	/	/	/	0.1	0.2	0.3	0.1	0.2	0.3	/	/	/	/
砷 (mg/kg) ≤	/	/	/	/	/	/	20	50	100	20	50	70	5	5	5	5
铅 (mg/kg) ≤	20	70	100	10	100	100	20	100	150	20	50	100	10	10	20	10
镉 (mg/kg) ≤	20	70	100	10	100		20	30	50	20	20	30	10	10	30	20
铁 (mg/kg) ≤	80	200	600	30	200	600	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
锰 (mg/kg) ≤	100	300	500	50	1000		/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
氯化物/% ≤	0.2	0.6	/	0.2	0.6	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
pH(50g/L)	4		/	3		/			/	/	/	/	/	/	/	/
水不溶物/% ≤	0.02	0.05	0.1	0.02	0.05	0.1	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/

表 4 国内甘氨酸主要生产企业技术指标一览表（除饲料级）

项目	安徽泽升科技有限公司						上海泰坦科技股份有限公司	江苏远大仙乐药业有限公司	新泰市佳禾生物科技有限公司	江苏强盛功能化学有限公司	安徽华恒生物科技股份有限公司	汕头市佳禾生物科技有限公司	马鞍山昂扬新材料科技有限公司	四川智农汇农业发展有限公司
	等级	高纯级	色谱纯	分析纯	化学级	实验级	工业级	无	食品	食品	化学试剂	食品	食品	无
含量/%	≥99.9	≥99.5	≥98	≥97	≥95	≥80	99.5-100.5	98.5-101.5	98.5-101.5	99.5-100.5	98.5-101.5	≥98.5	≥98	≥80
重金属 mg/kg	/	/	/	/	/	/	/	≤10	≤10	≤10	≤10	≤20	/	≤50
氯化物 mg/kg	/	/	/	/	/	/	/	≤100	≤100	≤30	≤100	≤70	/	≤3000
硫酸盐 mg/kg	/	/	/	/	/	/	/	/	/	≤100	/	≤65	/	
残渣/%	/	/	/	/	/	/	/	≤0.1	≤0.2		≤0.1	≤0.1	/	≤0.1
铁 mg/kg	/	/	/	/	/	/	/	/	/	≤10	/	/	/	
铵 mg/kg										≤200				

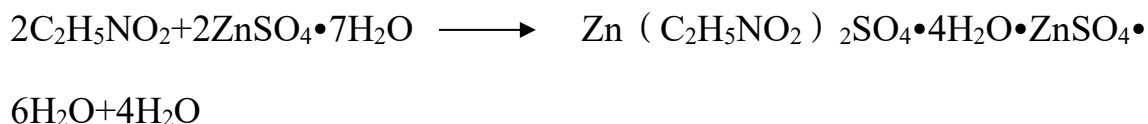
表 5 国内饲料级甘氨酸生产企业技术指标一览表

项目	河北春诚生物科技有限公司	海南正业精细化工有限公司	河北华恒生物科技有限公司	广安诚阳生物科技有限公司	河北广瑞生物制品有限公司	石家庄驰远食品科技有限公司	武汉远大弘元股份有限公司	河北昌昊生物科技有限公司	河北格润德生物科技有限公司	安徽万合佳尔生物科技有限公司
含量/%	98.5-101.5	≥98.5	98.5-101.5	≥99	98.5-101.5	≥98.5	≥98.5	≥98.5	98.5-101.5	≥98.5
重金属 mg/kg	≤20	≤20	≤20	≤20	≤20	≤20	≤20	≤10	≤20	≤10
氯化物 mg/kg	≤100	≤3000	≤2000	≤100	≤200	≤2000	≤2000	≤2000	≤2000	/
残渣/%	≤0.1	≤0.1	≤0.1	≤0.1	≤0.1	≤0.1	≤0.1	≤0.1	≤0.1	≤0.1

4、生产工艺

4.1 国内生产工艺

目前甘氨酸锌的主要制备方法是液相法^[14]，即将甘氨酸和硫酸锌均溶于水，调节溶液 pH 值，加热，沉淀，分离获得的产品。实际生产工艺为甘氨酸与硫酸锌以**按比例溶解，加热反应 4 h**，最后冷却、结晶、脱水干燥得到甘氨酸锌产品，工艺流程图见图 1。经广泛调研，目前国内饲料添加剂行业均采用该工艺生产甘氨酸锌。此外，生产工艺还有室温固相合成法^[15]、熔融法^[16]等方式，但饲料行业暂时未采用这些工艺。



4.2 国外生产工艺

通过网络查询到欧盟的食品和饲料信息门户数据库，其中有甘氨酸锌产品（<https://ec.europa.eu/food/food-feed-portal/screen/feed-additives/search/details/POL-FEED-IMPORT-1310>），并在欧洲食品安全局官方网站上查询到，2015 年公开的权威文献^[17]【SCIENTIFIC OPINION Scientific Opinion on the safety and efficacy of zinc compounds (E6) as feed additives for all animal species (zinc acetate, dihydrate; zinc chloride, anhydrous; zinc oxide; zinc sulphate, heptahydrate; zinc sulphate, monohydrate; zinc chelate of amino acids, hydrate; zinc chelate of glycine, hydrate), based on a dossier submitted by FEFANA asbl1 (EFSA Panel on Additives and Products or Substances used in Animal Feed (FEEDAP)2,3; European Food Safety Authority (EFSA), Parma, Ital)】其中介绍了甘氨酸锌的定义与特征以及生产工艺，包括产品分子式、锌、甘氨酸以及硫（硫酸根）含量范围，重金属

指标等（见表 6、表 7）。甘氨酸锌的定义与分子式：甘氨酸锌水合物是由合成甘氨酸与锌盐混合而成的。它的通式为 $Zn(x)1 - 3 \cdot nH_2O$ ，其中 x=甘氨酸阴离子。(Zinc chelate of glycine, hydrate' is derived from synthetic glycine mixed with a zinc salt. It has the generic formula $Zn(x)1 - 3 \cdot nH_2O$, where x= anion of glycine)。其生产工艺（见图 2）：锌盐和甘氨酸反应，生产甘氨酸锌水合物，任何一种符合欧盟法规的原料都可以，原料差异会影响产品成分组成，例如：硫酸锌作为原料，则硫酸根会留在产品中。（To produce zinc chelate of glycine, hydrate (solid), a zinc salt is mixed with synthetic glycine. The raw materials could be of any source that complies with EU Regulations; the FEEDAP Panel gives consideration to the fact that the source of the zinc salt will influence the composition of the product(e.g. sulphate will be retained if zinc sulphate is used for the starting reaction)

表 6 主要生产企业的甘氨酸锌产品锌含量及卫生指标

	Main characteristics of zinc chelate of glycine ,hydrate (powder), as supplied by four companies				
	company				
	d2		d4	d8	d12
	Higher grade	Lower grade			
Zinc Content (%)	25.1-25.8	15.6-16.0	26.0-26.6	26.8	30.3-30.9
Pb (mg/kg)	4-22	20-28	<0.5	<10	1-1.31
Cd (mg/kg)	1.5-4	2-4	0.79-2.66	<1	<1
Hg (mg/kg)			<0.02	<1	0.0007-0.0024
As (mg/kg)	1	1-8	<0.5	<1	<0.01
Dioxins ^(B)	0.17	0.049-0.098	0.009	0.17	0.027
Dioxin-like-PCBs ^(C)	0.0021	0.01-0.071		0.06	
Sum of Dioxins and Dioxin-like-PCBs ^(D)			0.128-0.138		0.028

表 7 主要生产企业的甘氨酸锌产品甘氨酸、水分、硫及硫酸根含量

Composition of the zinc chelate of glycine ,hydrate				
	company			
	d2Lower grade	d4	d8	d12
Zinc Content (%)	15.8-16.3	24.8-25.1	27.0-27.3	25.7
Extractable glycine (%)	52.2-52.6	33.3-35.1	29.9-30.4	64.3
Sulphur (%)	8.4-8.8	12.8-13.0	13.5-13.8	0.17
Sulphate (%)	25.1-26.3	36.0-38.7	40.7-41.3	0.3
Moisture (%)	5.1-5.9	1.4-2.7	1.1-1.9	9.6

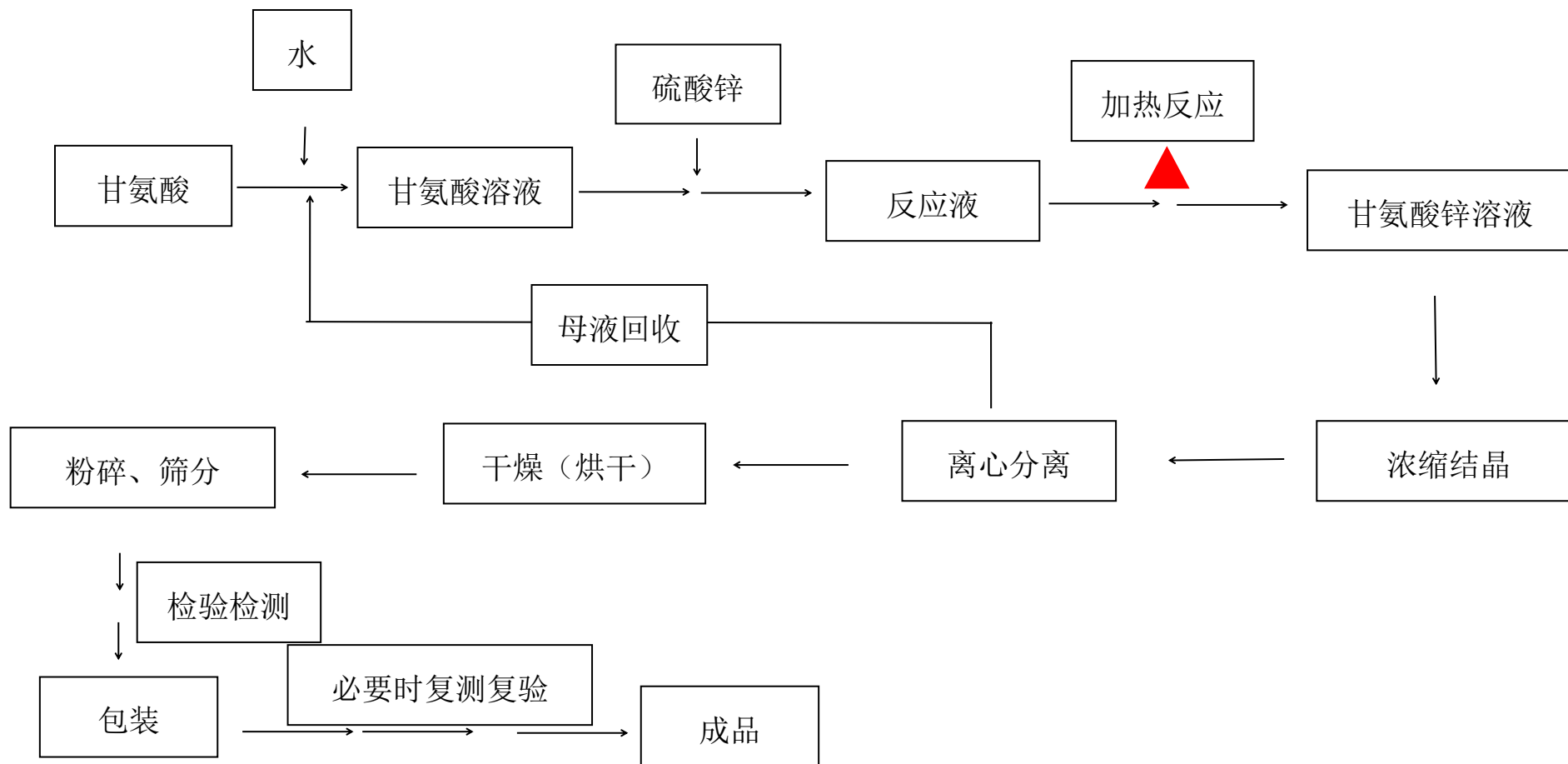


图1 甘氨酸锌生产工艺流程图

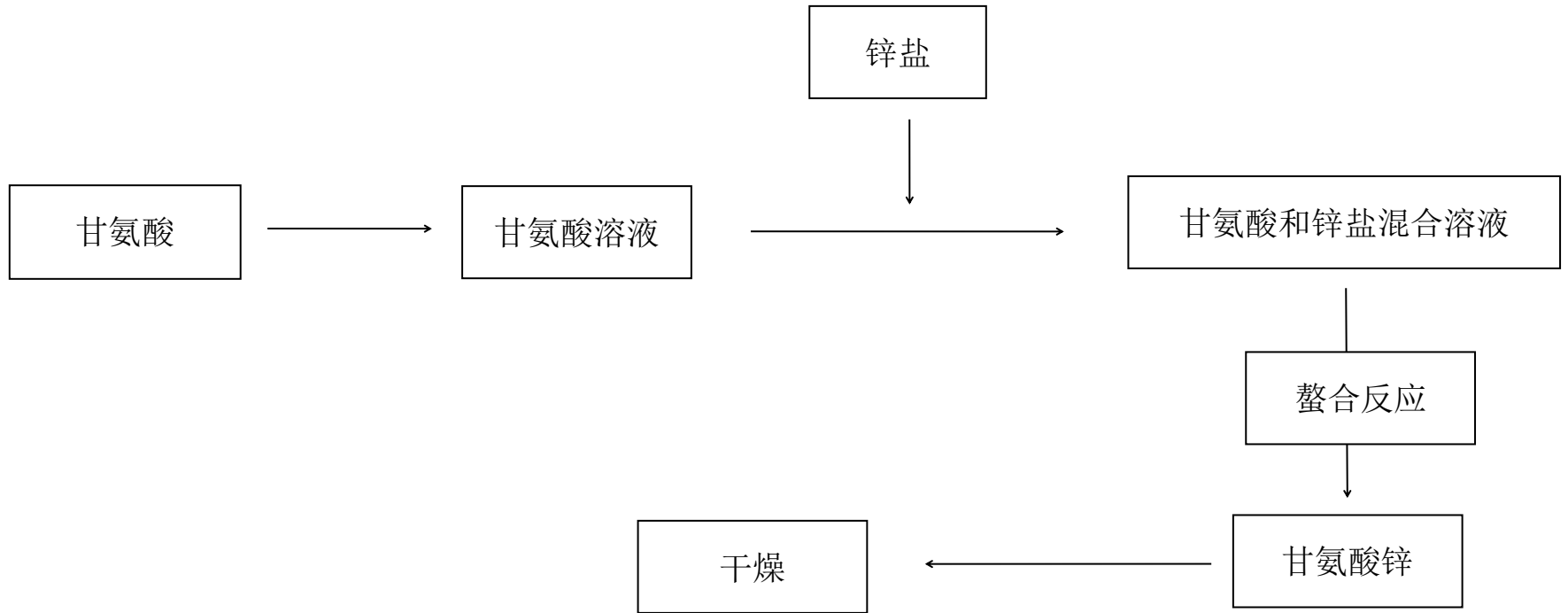


图2 甘氨酸锌的生产工艺图

5、样品采集

为确保样品的随机性和代表性，采集了全国 10 家生产企业的 57 份样品用于方法验证，覆盖了该产品的主要生产企业（约占 95%）及使用企业。样品采集情况见表 8。

表 8 样品采集情况

样品编号	地区	生产工艺
1-5#	华东	液相法
6-10#	华南	液相法
11-21#	西南	液相法
22-26#	华北	液相法
27-37#	华南	液相法
38-57#	西南	液相法

（四）主要工作过程

1、成立标准起草小组

制标任务下达后，四川省饲料工作总站和江苏蜀星饲料科技有限公司高度重视该项工作，组织单位技术骨干力量成立标准编制小组，细化实施具体工作。

李云：负责标准制定工作的总指导、行业调研、技术内容研究等。

赵立军：负责技术内容研究、方法指导、标准文本和编制说明的起草工作等。

李芳：负责技术资料收集、研究，负责标准文本和编制说明的初稿起草工作。

刘梅：负责校对标准文本和编制说明，及英文翻译。

张静、蒋鑫、李沁芮：负责行业调研、校对标准文本和编制说明。

汤文杰：标准外文校准工作。

张昕：标准外文翻译工作。

余敏、申奋宏：负责检测方法对比验证，样品检测及数据整理。

2、收集国内外相关标准和文献资料

2023 年 1 月~2023 年 6 月起草人员进行了调研及资料准备工作，召开标准

启动会。查阅了国内外标准及有关技术资料，并向生产、使用单位发放调查问卷进行函调，广泛征求对标准制定工作的意见，在此基础上整理出文献小结。

2023年6月，起草单位再次在成都召开了标准制定工作推进会，将前期函调结果以及资料收集分析情况作了详细研讨，明确目前面临的主要困难与难点问题。两个单位的起草人员就产品标准品调研情况、产品用途、指标参数、分析方法及检验规则、包装、贮存、运输等内容进行了深入、细致地讨论，对各项工作任务及时间进度做了具体安排。

2023年6月~2023年10月，通过全国标准信息服务平台和国家标准馆网站查询ISO国际标准化组织、美国国家标准学会、欧洲标准委员会、德国标准委员会等关于甘氨酸锌的产品标准，均未查到相关国际标准，但国内外饲料、食品、医药等领域关于甘氨酸锌化学合成、结构分析、实际应用等相关文献报道较多，并且在欧盟食品安全局官网网站查到甘氨酸锌的备案资料及汇总文献。本标准参考行业内无机锌和有机锌相关产品标准，结合用户需求，详细分析梳理，并依据现有收集产品测试结果，初步确定了该产品的技术指标和试验方法。

3、确定标准制定原则

以方法科学合理、保护资源环境、产品质量安全为原则，结合我国现阶段企业生产技术水平，在充分调研生产企业和使用企业的情况及试验验证的基础上，完成标准的制定。

江苏蜀星饲料科技有限公司负责技术资料收集、试验验证，并在外文版标准查新、翻译等方面做了大量工作。四川省饲料工作总站负责产品情况调研、试验验证，标准文本及编制说明的编写等工作。此外，成都蜀星饲料有限公司在试验方法研究上也做了大量工作，提供了大量有益的试验数据。

4、编制征求意见稿

2023年11月~2024年2月起草小组根据试验验证及调研情况，形成标准征求意见稿及编制说明。

5、征求专家意见

2024年3月20日~4月30日，向甘氨酸锌生产企业、饲料使用企业以及科研院所和饲料质量安全检测机构等24个单位发函征求意见，共收到23个单位回函，各类意见建议52条。

6、形成标准预审稿

2024年4月~6月，标准起草组认真研究征求的专家意见，其中采纳意见40条，部分采纳5条，未采纳7条，并据此修改完善标准编制说明和标准文本，形成标准预审稿。

二、标准编制原则、主要技术内容、确定依据及试验方法

（一）编制原则

本方法的层次编排、技术要素及表述方法是按照 GB/T 1.1-2020《标准化工作导则 第1部分：标准的结构和编写》以及 GB/T 20001.10-2015《标准编写规则 第10部分：产品标准》的要求进行编写。方法制定符合我国饲料行业生产力发展现状和国内外检测技术发展趋势，力求做到技术上先进、经济上合理，确保方法的安全性、准确性、通用性。方法编制遵循国家颁布的相关法律法规、国家或行业有关标准。

（二）主要技术内容及其确定依据

目前，尚无国外饲料添加剂甘氨酸锌的产品标准可以参考，本标准技术指标的设定依据主要源自国内甘氨酸锌生产企业的液相法化学合成工艺，参考国内无

机锌和有机锌相关生产企业的质量标准，技术指标的设定依据目前国内产品现状和样品实测数据。国内外同类锌盐标准技术指标一览表见表 9，国内外相关锌盐标准锌含量检测方法见表 10，国内同类含锌标准分析方法统计见表 11，不同标准检测方法的差异点统计见表 12。

表9 国内含锌产品技术指标要求一览表

项目	食品添加剂 甘氨酸锌 GB 1903.2-2015	食品添加剂 乳酸锌 GB 1903.14-2015	食品剂添加剂 乙酸锌 GB 1903.35-2018	食品添加剂 柠檬酸锌 GB 1903.49-2020	饲料添加剂 甘氨酸锌 DB43/T 888-2014	饲料添加剂 甘氨酸锌 T/CFIAS 3005-2022	饲料添加剂 乳酸锌 GB/T 23735-2009	饲料添加剂蛋 氨酸锌络(螯) 合物 GB 21694-2017	饲料添加剂 硫酸锌 GB/T 25865-2010
主含量, w/%	≥98.0	98-102.4	99-101	99-103	95	--	98-102.5	--	94.7
氮或甘氨酸, w/%	12.5-13.5	--	--	--	22	24	--	--	--
pH值	7.0-9.0 (1%水溶液)	--	--	--	--	--	--	--	--
干燥减量, w/% ≤	0.5	14/18.5	--	--	10	--	--	--	--
砷(As)(mg/kg), ≤	--	3	2	2	5	5	3	5	5
铅(Pb) / (mg/kg) ≤	10	10	4	5	20	10	10	5	10
镉(Cd)(mg/kg) ≤	5	10	2	5		5	10	6	10
铬(Cr)(mg/kg) ≤		--	--	--	--	20	--	--	--
氯化物, w/% ≤	--	--	0.05%	0.05%	--	--	--	--	--
硫酸盐, w/% ≤	--	--	--	--	--	--	--	--	--
还原性物质, w/% ≤	--	--	--	--	--	--	--	--	--

表 10 国内外相关锌盐标准锌含量检测方法一览表

项目	美国食用化学品法典第七版 FCC7	中国药典 2010 版	GB 1903.2-2015	GB 1903.14-2015	食品添加剂 GB 1903.35-2018	食品添加剂 GB 1903.49-2020	饲料添加剂 DB43/T 888-2014	饲料添加剂 T/CFIAS 3005-2022	饲料添加剂 GB/T 23735-2009	饲料添加剂 GB 21694-2017	饲料添加剂 GB/T 25865-2010
	葡萄糖酸锌	葡萄糖酸锌	甘氨酸锌	乳酸锌	乙酸锌	柠檬酸锌	甘氨酸锌	甘氨酸锌	乳酸锌	蛋氨酸锌络(螯)合物	硫酸锌
锌含量的检测方法	0.7g 样品, 100mL 水, 5mL 氨-氯化铵缓冲液 (pH≈10), 0.1mL 铬黑 T 做指示剂用 0.05mol/L EDTA 滴定至蓝色	同 FCC7 中的葡萄糖酸锌	0.5g 样品做法同 FCC7 中的葡萄糖酸锌	称取约 0.3g 干燥样品, 溶于 30mL 水中(必要时加热溶解), 加 10mL 氨-氯化铵缓冲溶液 (pH≈10) 与铬黑 T 指示剂少许, 用 EDTA 滴定至溶液由紫红色变纯蓝色为终点。	称取约 0.4g 样品, 溶于 100mL 水中, 加 5mL 氨-氯化铵缓冲液 (pH≈10) 与铬黑 T 指示剂 0.1mL, 用 EDTA 滴定至溶液由紫红色变为深蓝色为终点。	称取约 0.2g 样品, 溶于 10mL 水中, 2mL 盐酸溶液, 样品溶解后加水至 100mL, 加 10mL 氢氧化钠溶液, 加 10mL 氨-氯化铵缓冲溶液与铬黑 T 指示剂, 用 EDTA 滴定至溶液由紫红色变纯蓝色为终点。	称取 0.2g 试样 (精确至 0.0002 g), 置于 250mL 锥形瓶中, 加 20mL (1+3) 盐酸溶液, 加热煮沸 5min, 使试样全部溶解, 用少量水冲洗瓶口, 冷却后加 10mL 水, 5mL 氟化钾溶液, 2 滴二甲酚橙指示液, 摇匀。用氨水溶液调节至试验溶液恰呈浅红色, 加 10mL 硫脲饱和溶液, 20mL 乙酸-乙酸钠缓冲溶液 (pH≈6), 4 g 碘化钾, 摇匀。用 EDTA 标准滴定液滴定至溶液呈亮黄色即为终点。	原子吸收分光光度计法, 参考 GB/T 13885-2017	称取 0.3g 试样 (精确至 0.0002 g), 置于 250mL 锥形瓶中, 加少量水, 滴加 2 滴硫酸溶液是样品溶解, 加水 50mL, 10mL 氟化铵溶液, 硫脲溶液 5mL, 抗坏血酸 0.2g, 15mL 乙酸-乙酸钠缓冲溶液 (pH≈5.5) 和 3 滴二甲酚橙指示液, 摇匀。用 EDTA 标准滴定液滴定至溶液呈亮黄色即为终点。	同 HG 2934-2000 称取 0.2g, 置于 250mL 锥形瓶中, 加少量水, 滴加 2 滴硫酸溶液, 加 50mL 水, 10mL, 氟化铵溶液, 2.5mL 硫脲溶液, 0.2 抗坏血酸, 摇匀, 加 15mL 乙酸-乙酸钠缓冲溶液和 3 滴二甲酚橙指示液, 用 EDTA 滴定至亮黄色为终点。	称取 0.2g 试样 (精确至 0.0002 g), 置于 250mL 锥形瓶中, 加少量水, 滴加两滴硫酸溶液试样溶解, 加水 50mL, 10mL 氟化铵溶液, 硫脲溶液 2.5mL, 抗坏血酸 0.2g, 15mL 乙酸-乙酸钠缓冲溶液 (pH≈5.5) 和 3 滴二甲酚橙指示液, 摇匀。用 EDTA 标准滴定液滴定至溶液呈亮黄色即为终点。

表 11 国内同类含锌标准分析方法一览表

项目	GB/T 1903.2-2015 食品营养强化剂 甘氨酸锌	DB43/T 888-2014 饲料添加剂 甘氨酸锌	T/CFIAS 3005-2022 饲 料添加剂 甘氨酸锌	企业标准（收集到 23 家企业标准） 饲料添加剂 甘氨酸锌	本方法
甘氨酸锌	EDTA 标液滴定，用铬黑 T 为指示剂	—	—	—	—
锌 (Zn ²⁺)	—	滴定法 0.2 g，用 EDTA 标液 滴定，以二甲酚橙为指示剂	原子吸收光谱法	23 家企业标准，大多数采用 EDTA 标液滴 定，以二甲酚橙为指示剂或原子吸收光谱 法进行测定	滴定法 0.2 g，用 EDTA 标液滴定，以 二甲酚橙为指示剂
总甘氨酸	自动定氮仪定氮法或 HG/T 4103 中的直接 蒸馏法	GB/T 6432	GB/T 6432	19 家企业使用 GB/T 6432、2 家企业使用 高效液相色谱法、1 家企业使用定氮法	GB/T 6432-2018
游离甘氨酸	—	非水滴定	非水滴定	非水滴定	非水滴定
干燥失重	GB 5009.3-2016 中直接干燥法（2~10 g， 101 °C~105 °C，干燥时间 2~4 h）	GB/T 21996-2008（2 g， 80±2 °C，干燥时间 2~4 h）	GB/T 21996-2008（2 g， 80±2 °C，干燥时间 2~4 h）	GB/T 6435-2014 或 GB/T 21996-2008（2 g， 80±2 °C，干燥时间 2~4 h）	2 g，80±2 °C，干燥 至恒重
砷 (As)	—	GB/T 13079	GB/T 13079	GB/T 13079	GB/T 13079
铅 (Pb)	GB 5009.12	GB/T 13080	GB/T 13080	GB/T 13080	GB/T 13080
镉 (Cd)	GB5009.15	GB/T 13082	GB/T 13082	GB/T 13082	GB/T 13082
细度	—	GB/T 5917.1	GB/T 5917.1	GB/T 5917.1	GB/T 5917.1

表 12 不同标准检测方法的差异点

项目	饲料添加剂 DB43/T 888-2014	饲料添加剂 GB/T 23735-2009	饲料添加剂 GB 21694-2017	饲料添加剂 GB/T 25865-2010
	甘氨酸锌	乳酸锌	蛋氨酸锌络（螯）合物	硫酸锌
差 异 点	加 20mL (1+3) 盐酸溶液，加热煮沸 5min	滴加两滴硫酸溶液	滴加两滴硫酸溶液	滴加两滴硫酸溶液
	冷却后加 10mL 水	加水 50ml	加水 50ml	加水 50ml
	5mL 氟化钾溶液	10mL 氟化铵溶液	10mL 氟化铵溶液	10mL 氟化铵溶液
	2 滴二甲酚橙溶液	硫脲溶液 5ml (100g/L)	硫脲溶液 2.5ml (200g/L)	硫脲溶液 2.5ml (200g/L)
	用氨水溶液调节至试验溶液恰呈浅红色	抗坏血酸 0.2g	抗坏血酸 0.2g	抗坏血酸 0.2g
	10mL 硫脲饱和溶液	15mL 乙酸-乙酸钠缓冲溶液	15mL 乙酸-乙酸钠缓冲溶液	15mL 乙酸-乙酸钠缓冲溶液 (pH≈5.5)
	20mL 乙酸-乙酸钠缓冲溶液 (pH≈6)，4 g 碘化钾	3 滴二甲酚橙溶液	3 滴二甲酚橙溶液	3 滴二甲酚橙溶液

1、理化指标的设定

根据甘氨酸锌产品生产工艺特性设定影响产品质量的指标项目，具体如下。

1.1 外观与性状

本品应为白色结晶颗粒或粉末，易溶于水。

1.2 鉴别

甘氨酸锌价值较高，市场上部分产品可能存在造假，特此设置鉴别试验，以定性产品。采用大多数锌盐的鉴别试验方法，并结合甘氨酸锌的分子结构，标准规定了锌的鉴别、氨基酸的鉴别，以提高鉴别的专属性。

1.3 甘氨酸锌和锌含量

作为高效有机锌补充剂，甘氨酸锌含量是最为重要的指标，设置甘氨酸锌含量能够确保产品主体质量符合用户要求。测试样品中甘氨酸锌含量均大于 92%，本文件规定甘氨酸锌含量 $\geq 92\%$ 。此外为了便于日常含量检测，增加了锌含量指标，且设定锌含量 $\geq 21\%$ 。

1.4 总甘氨酸和游离甘氨酸含量

总甘氨酸和游离甘氨酸含量是衡量产品纯度以及生产工艺优劣的重要手段，是推算实际参与络合反应的甘氨酸数量的主要依据，从而计算出甘氨酸锌的含量，因此设定该项指标。

97%的现有企业标准中规定总甘氨酸含量 $\geq 21\%$ ，游离甘氨酸 $\leq 1.5\%$ ，实测样品中 90%以上的总甘氨酸检测结果 $\geq 22\%$ ，98.2%的样品中游离甘氨酸检测结果 $\leq 0.5\%$ ，实际调研收集到国内三家生产企业生产检测简报见附图 1、2 以及附表 1、2、3。根据实测数据和现有行业实际生产情况，因此本文件设定为：总甘氨酸含量 $\geq 22\%$ ，游离甘氨酸含量 $\leq 1.0\%$ 。

1.5 干燥失重

干燥失重代表产品中可挥发物的多少，是固态类型产品的一个重要指标，监测该指标是为保证产品的纯度和质量，同时也保证产品的稳定性。96.5%的样品检测结果 $\leq 5\%$ 。实际调研中有生产企业将水分设定两档，即 $\leq 10\%$ 和 $\leq 5\%$ ，其中小于5%的产品为客户特殊定制产品，实际生产检测年报见附图1、2以及附表1、2。根据市场流通产品的特性，因此本文件设定为 $\leq 10\%$ 。

2、卫生指标的设定

为了保障饲料行业使用产品的安全性，减小有害物质通过食物链进入人体的含量，目前饲料添加剂产品通常表征安全性的有害物质指标包括：铅（Pb）、砷（As）、镉（Cd）、铬（Cr）、汞（Hg）。因此本文件也设定上述卫生指标。

3、指标值及试验方法的确定

本标准理化指标试验方法主要参考国内现行饲料添加剂类似锌盐产品标准。卫生指标的试验方法均采用饲料行业通用方法。工作过程中根据实测样品对确定的试验方法进行了验证，确保了方法的适用性和准确性。本标准拟确定指标及试验方法见表13。

表 13 拟确定指标及试验方法

项目	指 标	检验方法
外观	白色结晶颗粒或粉末。	目视法
鉴别	阳性	锌离子 甘氨酸
锌（以Zn ²⁺ 计），%	\geq 21.0	GB/T 25865-2010
总甘氨酸，%	\geq 22.0	GB/T 6432和GB/T 18246 -2019
游离甘氨酸，%	\leq 1.0	GB 7300.304—2024
甘氨酸锌（C ₄ H ₁₀ N ₂ O ₁₂ S ₂ Zn ₂ ·10H ₂ O）%	\geq 92.0	--
干燥失重，%	\leq 10.0	--

总砷（以As计），mg/kg	≤	5.00	GB/T 13079—2022
铅（以Pb计），mg/kg	≤	5.00	GB/T 13080—2018
镉（以Cd计），mg/kg	≤	5.00	GB/T 13082—2021
铬（以Cr计），mg/kg	≤	10.00	GB/T 13088—2006
汞（以Hg计），mg/kg	≤	0.20	GB/T 13081—2022
粒度（通过W=850um试验筛通过率），%	≥	95	GB/T 5917.1-2008

4、技术指标确定

4.1 外观与性状

4.1.1 感官

取约 10 g 的试样置于洁净、干燥的白瓷盘内，在自然光下目视观察其色泽和状态。主要生产厂家样品外观为类白色结晶或粉末，如图 3 所示。



图 3 主要生产厂家产品外观与性状

4.1.2 溶解性

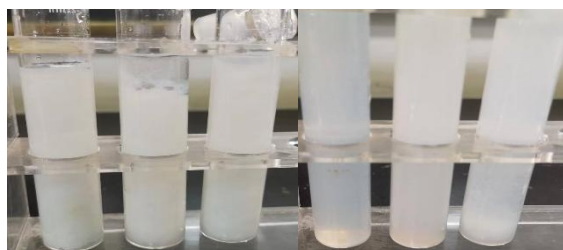
在 $20^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ 下，称取试样 1 g，溶于 10 mL 水中，搅拌 30 s，完全溶解为无色透明溶液，如图 4 所示。



图 4 样品水溶解性试验

4.2 锌离子鉴别

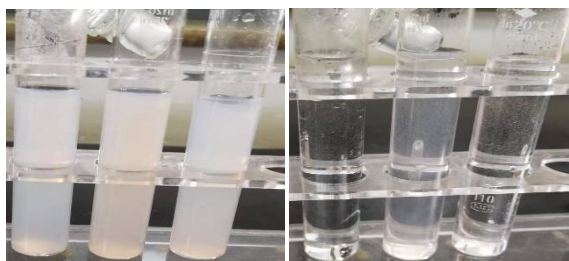
本标准采用《中国药典》中锌盐的鉴别方法。称取两份试样各约 0.2 g，精确至 0.01 g，分别置于甲、乙两支 25 mL 的比色管，加入 20 mL 水，向甲管溶液中滴加亚铁氰化钾溶液即产生白色沉淀，该沉淀不溶于盐酸溶液。向乙管中滴加硫化钠溶液即产生白色沉淀，该沉淀溶于盐酸溶液。试验结果见图 5 和图 6。



左图 加入亚铁氰化钾 右图 加入盐酸

图 5 样品中锌离子鉴别 I

如图 5 所示，样品溶液中加入亚铁氰化钾后产生白色沉淀，该沉淀不溶于盐酸溶液。



左图 加入硫化钠 右图 加入盐酸

图 6 样品中锌离子鉴别 II

如图 6 所示，样品溶液中加入硫化钠后产生白色沉淀，该沉淀溶于盐酸溶液。

4.3 甘氨酸鉴别

根据甘氨酸锌的结构特点，鉴别试验参考 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》的试验方法，使用行业内普遍使用“茚三酮”鉴别。同时根据各企业样品的实测数据，本方法适用于甘氨酸锌络合

物中的甘氨酸的鉴别。试验方法为：“称取试样 0.1 g 于 250 mL 烧杯中，加入 100 mL 水溶解，取 10mL 此溶液于 50 mL 试管中，加 2 mL 茚三酮溶液，加热至沸，并维持约 3 min，应显紫色”，结果见图 7，统计结果见表 14。

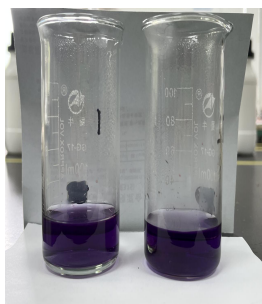


图 7 样品中甘氨酸鉴别

表 14 甘氨酸鉴别试验结果统计表

样品编号	1	2	3	4	5	6	7	8
结果	通过	通过	通过	通过	通过	通过	通过	通过

4.5 锌含量

4.5.1 原理

试样溶解后，通过掩蔽剂掩蔽其他离子干扰，在 pH 值 5~6 的条件下，乙二胺四乙酸二钠（EDTA）与锌离子络合，用二甲酚橙指示剂指示滴定终点。

4.5.2 试验步骤

平行做两份试验。称取预先在 $80\text{ }^{\circ}\text{C}\pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ 干燥至恒重的试样 0.5 g（精确至 0.0002 g），置于 250 mL 锥形瓶中，加两滴硫酸溶液，煮沸 5 min，试样全部溶解后，用少量水冲洗瓶口，冷却，加 50 mL 水，10 mL 氟化钾溶液，加 2.5 mL 硫脲饱和溶液，加 0.2 g 抗坏血酸，混匀，加 15 mL 乙酸钠缓冲溶液，混匀，加 2 滴二甲酚橙指示液，用乙二胺四乙酸二钠标准滴定溶液滴定至溶液呈亮黄色即为终点。同时做空白试验。

4.5.3 试验数据处理

试样中锌（以 Zn 计）含量以质量分数 ω_1 计，数值以%表示，按式（1）计算：

$$\omega_1 = \frac{M \times c \times (V - V_0)}{m \times 1000} \times 100 \dots \dots \dots (1)$$

式中：

c—标准滴定溶液的浓度，单位为摩尔每升（mol/L）；

V—滴定试样溶液所消耗标准滴定溶液的体积，单位为毫升（mL）；

V_0 —滴定空白溶液所消耗标准滴定溶液的体积，单位为毫升（mL）；

m—试样质量，单位为克（g）；

M—锌的摩尔质量，单位为克每摩尔（g/mol）（M=65.39）。

试验结果以平行测定结果的算术平均值表示，保留 1 位小数。

国内主要 10 家生产企业共计 57 个样品的检测结果见图 8。由结果可知，57 个样品中锌含量最高值为 24.42%，平均结果为 22.48%，最低为 21.31%。因此标准中规定锌含量 $\geq 21\%$ 。

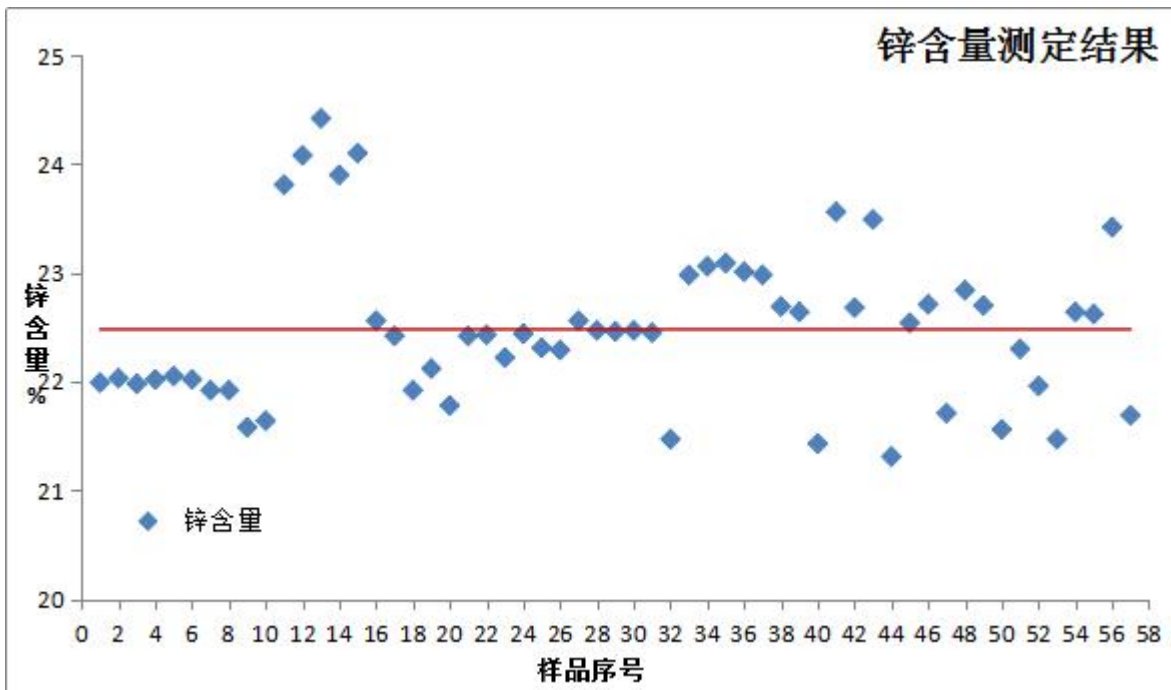


图 8 主要生产企业样品中锌含量检测结果

同一样品 5 次测定精密度见表 15，其标准偏差为 0.02%，试验精密度良好。

表 15 样品中锌含量精密度检测结果

序号	1	2	3	4	5	平均含量%	标准偏差%
结果	21.45	21.50	21.48	21.46	21.50	21.48	0.02

此外，试验考查了采用 GB/T 13885-2017 饲料中钙、铜、铁、镁、锰、钾、钠和锌含量的测定 原子吸收光谱法测定锌含量的情况，发现平行样的绝对偏差较大，且检测结果普遍高于本方法给出的滴定法，对比结果见表 16。由表可知，滴定法检测结果的绝对差值均小于 0.1%；采用 GB/T13885 方法其平行样结果绝对偏差最大值为 0.7%，相对偏差则为 3.2%，此外该方法检测结果普遍高于滴定法，结果见表附表 4，结合附表 5 和附表 6，推测原子吸收法存在一些干扰因素，如镍、铁、铜、钴等，需要进一步改进。因此本方法选择滴定法测定锌含量。

表 16 两种方法检测精密度比较情况

序号	本方法检测结果的绝对差值 (%)	GB/T 13885 检测结果的绝对差值 (%)
1	0.05	0.23
2	0.11	0.15
3	0.07	0.24
4	0.01	0.08
5	0.01	0.70
6	0.02	0.22
7	0.00	0.06
8	0.03	0.25
9	0.07	0.19
10	0.08	0.32

4.6 总甘氨酸

4.6.1 凯氏定氮法

新饲料添加剂甘氨酸锌的备案标准 (NYSL-1008-2007) 中关于总甘氨酸的测定采用尿素测定方法中总氮含量的测定方法 (GB/T 2441.1)，该方法的原理与

GB/T 6432 饲料中粗蛋白的测定方法一致，因此本项目采用 GB/T 6432 的方法。

试验方法为：平行做两份试验。试样预先在 $80\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ 干燥至恒重，按 GB/T 6432 的规定测定试样中氮的质量分数，表示为 D。

试样中总甘氨酸含量以质量分数 ω_2 计，数值以%表示，按式（2）计算：

$$\omega_2 = 5.3583 \times D \dots\dots\dots (2)$$

式中：

D——试样中氮的百分含量；

5.3583——甘氨酸相对分子量与氮的原子量比值。

试验结果以平行测定结果的算术平均值表示，保留 1 位小数。

57个样品的检测结果见图9，同一样品重复5次精密度检测结果见表17。

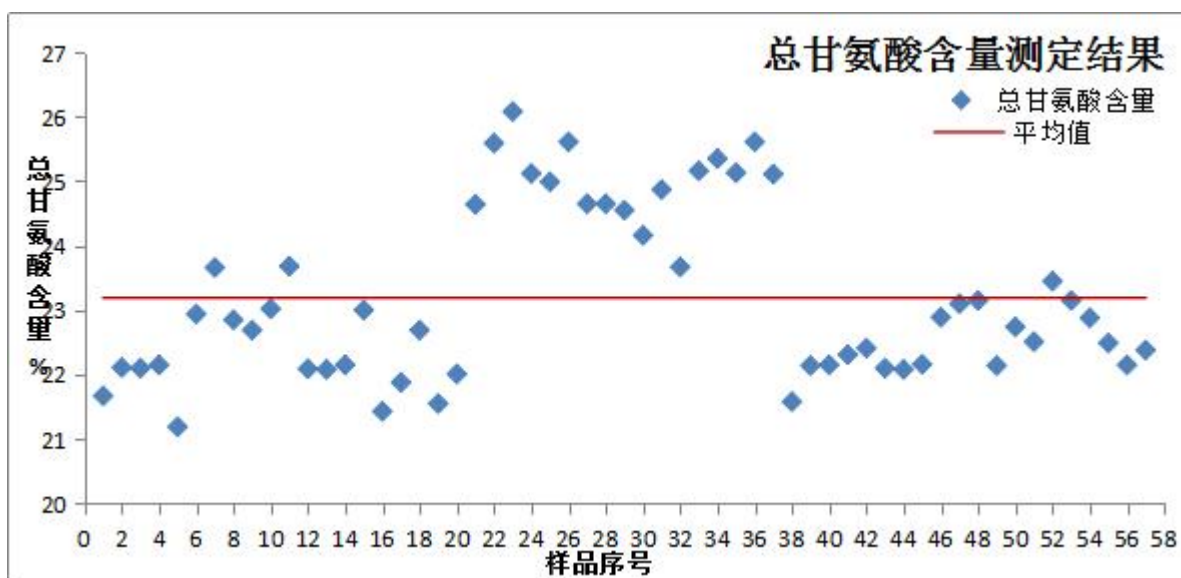


图9 样品中总甘氨酸含量检测结果

由结果可知，57个样品中总甘氨酸含量最低为 21.19%，平均检测结果为 23.19%，其中含量大于等于 21.8%有 52 个样品，占总数的 91.2%。因此标准中规定总甘氨酸含量 $\geq 21.8\%$ 。同一样品测定的精密度为 0.43%，表明结果良好。

表 17 样品中总甘氨酸精密度检测结果

序号	1	2	3	4	5	平均含量%	标准偏差%
结果	23.67	24.05	23.55	23.46	24.5	23.84	0.43

4.6.2 氨基酸分析仪法（仲裁法）

平行做两份试验。试样预先在 $80\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ 干燥至恒重，按 GB/T 18246 -2019 第 6 章规定执行。57 个样品的检测结果见图 10，同一样品重复 5 次精密度检测结果见表 18。

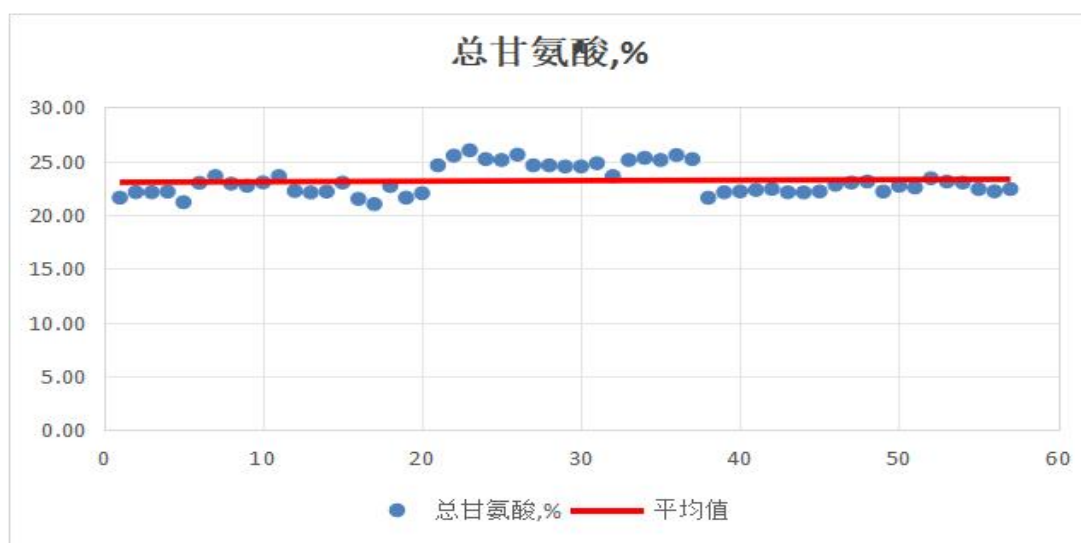


图 10 样品中总甘氨酸含量检测结果

由结果可知，57 个样品的总甘氨酸含量最低为 21.0%，平均检测结果为 23.17%，其中含量大于等于 22.0% 有 52 个样品，占总数的 91.2%。与凯氏定氮法检测结果基本一致，因此在本文件中规定总甘氨酸含量 $\geq 22\%$ 。同一样品重复检测 5 次的标准偏差为 0.38%，表明试验精密度良好。

表 18 同一批次含量重复 5 次精密度检测结果

序号	1	2	3	4	5	平均含量%	标准偏差%
结果	23.65	24.00	23.75	23.56	24.5	23.89	0.38

4.6.3 凯氏定氮法与氨基酸分析仪法对比

凯氏定氮法与氨基酸分析仪法对同一样品平行检测，结果对比情况见表 19。

表 19 总甘氨酸凯氏定氮法和氨基酸分析仪法对比结果

样品序号	氨基酸分析仪法	凯氏定氮法	相对偏差 (%)
	含量 (%)	含量 (%)	
1	21.60	21.67	0.32
2	22.11	22.11	0.00
3	22.10	22.10	0.00
4	22.16	22.15	0.05
5	21.18	21.19	0.05
6	22.98	22.94	0.17
7	23.60	23.66	0.25
8	22.90	22.85	0.22
9	22.70	22.69	0.04
10	23.02	23.02	0.00
11	23.60	23.68	0.34
12	22.22	22.09	0.59
13	22.08	22.08	0.00
14	22.16	22.15	0.05
15	23.00	23.00	0.00
16	21.49	21.43	0.28
17	21.80	21.88	0.37
18	22.68	22.69	0.04
19	21.60	21.55	0.23
20	22.01	22.01	0.00
21	24.60	24.64	0.16
22	25.50	25.59	0.35
23	26.00	26.08	0.31
24	25.18	25.12	0.24
25	25.10	24.99	0.44
26	25.60	25.61	0.04
27	24.60	24.65	0.20
28	24.60	24.65	0.20
29	24.50	24.55	0.20
30	24.05	24.16	0.46
31	24.80	24.87	0.28
32	23.60	23.67	0.30
33	25.10	25.16	0.24
34	25.30	25.35	0.20
35	25.10	25.13	0.12
36	25.56	25.61	0.20
37	25.18	25.11	0.28
38	21.59	21.58	0.05

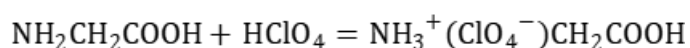
39	22.10	22.14	0.18
40	22.18	22.15	0.14
41	22.32	22.31	0.04
42	22.41	22.41	0.00
43	22.10	22.10	0.00
44	22.09	22.08	0.05
45	22.18	22.16	0.09
46	22.80	22.89	0.39
47	23.00	23.10	0.43
48	23.10	23.15	0.22
49	22.17	22.14	0.14
50	22.70	22.74	0.18
51	22.55	22.51	0.18
52	23.40	23.45	0.21
53	23.10	23.15	0.22
54	23.00	22.88	0.52
55	22.40	22.49	0.40
56	22.19	22.15	0.18
57	22.40	22.38	0.09

总甘氨酸的凯氏定法与氨基酸分析仪法对同一样品平行实验结果的相对偏差最大值为 0.59%，符合相对偏差不大于 2%的要求。说明两个方法均适用于总甘氨酸的检测分析，且两个方法的结果偏差较小。

4.7 游离甘氨酸

4.7.1 原理

以冰乙酸为溶剂，结晶紫为指示剂，用高氯酸标准滴定溶液滴定，根据消耗的高氯酸标准滴定溶液的体积计算游离甘氨酸的含量。化学反应式如下：



4.7.2 试验步骤

平行做两份试验。称取预先在 80 °C±2 °C 干燥至恒重的试样 0.1 g（精确至 0.0002 g），置于干燥的锥形瓶中，加 30 mL 无水冰乙酸，加入 2 滴结晶紫指示剂，用高氯酸标准溶液滴定至溶液由紫色变为蓝绿色即为终点。同时做空白试验。

4.7.3 试验数据处理

试样中游离甘氨酸含量以质量分数 ω_3 计，数值以%表示，按式（3）计算：

$$\omega_3 = \frac{M \times c \times (V_1 - V_0)}{m \times 1000} \times 100 \dots \dots \dots (3)$$

式中：

c ——高氯酸标准滴定溶液的浓度，单位为摩尔每升（mol/L）；

V_1 ——试样消耗高氯酸标准滴定溶液的体积，单位为毫升（mL）；

V_0 ——空白试验消耗高氯酸标准滴定溶液的体积，单位为毫升（mL）；

M ——甘氨酸的摩尔质量，单位为克每摩尔（g/mol）（ $M=75.07$ ）；

m ——试样质量，单位为克（g）。

57个样品的游离甘氨酸检测结果见图11，同一样品5次检测结果见表20。

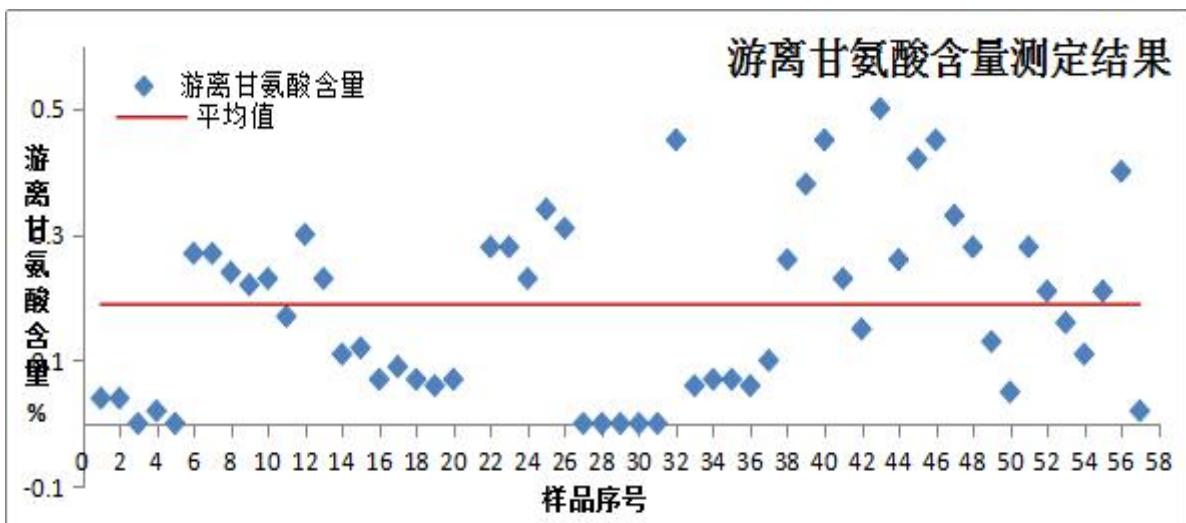


图11 样品中游离甘氨酸含量检测结果

由结果可知，57个样品中仅有一个样品的游离甘氨酸含量为0.61%，其余56个样品检测结果均小于等于0.5%，平均值仅为0.19%。因此标准中规定游离甘氨酸含量 $\leq 0.5\%$ 。同一样品重复检测的标准偏差为0.03%，试验精密度良好。

表20 同一批次含量重复5次精密度检测结果

序号	1	2	3	4	5	平均含量%	标准偏差%
----	---	---	---	---	---	-------	-------

结果	0.43	0.42	0.48	0.49	0.45	0.45	0.03
----	------	------	------	------	------	------	------

4.8 甘氨酸锌含量的计算

根据络合甘氨酸含量以及其在甘氨酸锌分子式结构中所占的比例可以折算出甘氨酸锌 ($C_4H_{30}N_2O_{22}S_2Zn_2$) 的含量。络合甘氨酸含量由上述总甘氨酸 (w_2) 和游离甘氨酸 (w_3) 之差求得。

以质量分数 (%) 表示的甘氨酸锌 ($C_4H_{30}N_2O_{22}S_2Zn_2$) 含量 w_4 计, 数值以 % 表示, 按式 (4) 计算:

$$w_4 = 4.3505 \times (w_2 - w_3) \dots\dots\dots (4)$$

式中:

4.3505——甘氨酸锌的摩尔质量与 2 个甘氨酸的摩尔质量的比值。

w_2 ——试样中总甘氨酸含量;

w_3 ——试样中游离甘氨酸含量。

57 个样品的甘氨酸锌含量计算结果见图 12。

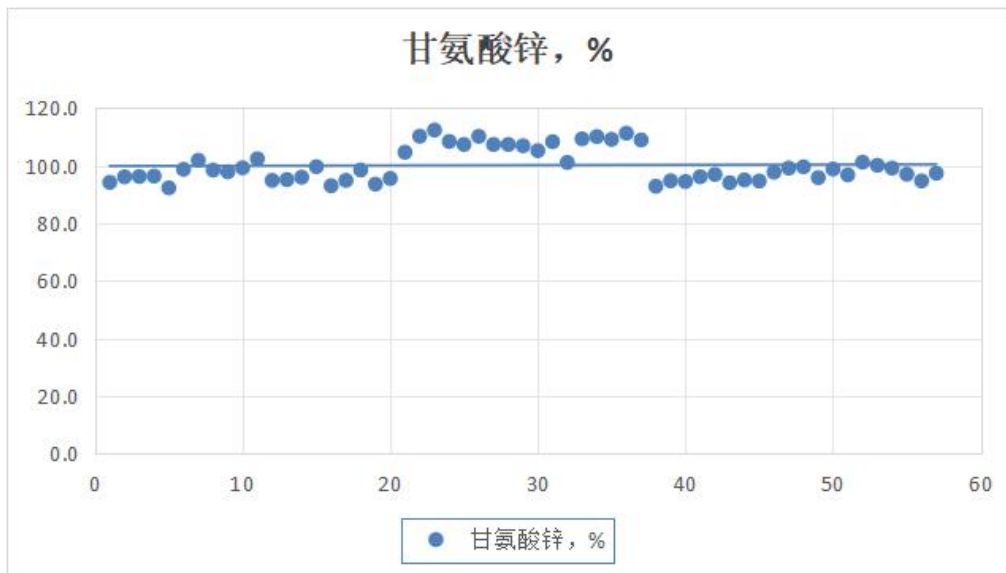


图 12 样品中甘氨酸锌的含量

由结果可知, 57 个样品中甘氨酸锌含量最高为 112.35%, 平均含量为 100.16%。所有样品含量均 $\geq 92\%$, 甘氨酸锌含量是该产品最为重要的指标, 关

系到产品的有效性和商品价值，因此标准中规定甘氨酸锌含量 $\geq 92.0\%$ 。

4.9 干燥失重

4.9.1 试验步骤

将洁净称样皿预先在 $80\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ 烘箱中干燥 1 h，置于干燥器中冷却至室温，称重，精确至 0.001 g。平行做两份试验。称取试样 2 g 于上述称样皿，精确至 0.001 g，并摊平，称样皿盖敞开，在 $80\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ 烘箱中烘 4h（以温度达到 $80\text{ }^{\circ}\text{C}$ 开始计时），置于干燥器中冷却至室温，称重，精确至 0.001g。将试验再次放入烘箱中干燥 $30\text{min} \pm 1\text{min}$ ，直至连续两次称量值的变化之差小于试样质量的 0.2%，以最后一次干燥称量值计算水分的含量。

4.9.2 试验数据处理

干燥失重以质量分数 w_5 计，数值以 % 表示，按式（5）计算：

$$w_5 = \frac{m_3 - m_4}{m_3 - m_0} \times 100 \dots \dots \dots (5)$$

式中：

m_3 —— $80\text{ }^{\circ}\text{C}$ 烘干前试样及称样皿的质量，单位为克（g）；

m_4 —— $80\text{ }^{\circ}\text{C}$ 烘干后试样及称样皿的质量，单位为克（g）；

m_0 ——已恒重的称样皿的质量，单位为克（g）。

试验结果以平行测定结果的算术平均值表示，保留 1 位小数。

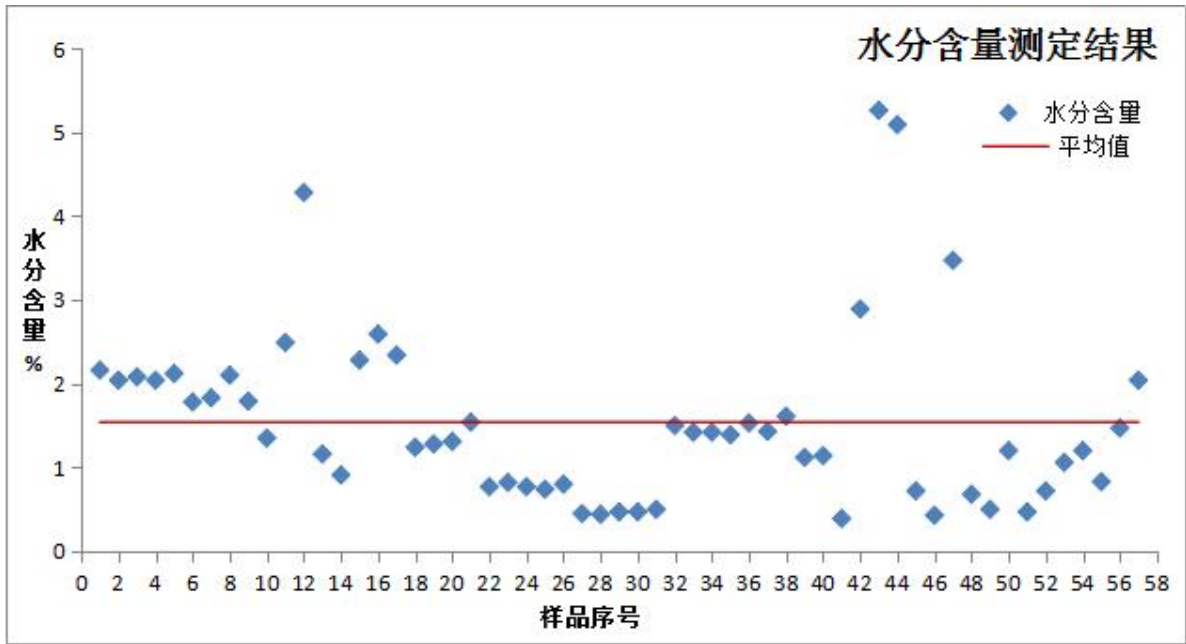


图 13 样品中水分含量检测结果

57 个样品中水分的检测结果见图 13。由结果可知，57 个样品中水分含量最高为 5.26%，平均结果为 1.54%。所有样品水分含量 $\leq 10\%$ ，其中 55 个样品含量 $\leq 5.0\%$ ，占样品总数的 96.5%。水分指标至关重要，实地调研发现，部分生产企业表示饲料行业内对水分指标的需求主要分为两档 $\leq 10\%$ 和 $\leq 5\%$ 。考虑流通产品的实用性和广泛性，本标准规定水分含量 $\leq 10.0\%$ 。

4.10 粒度

粒度测定按 GB/T 5917.1 的规定执行，57 个样品的测定结果见图 14。

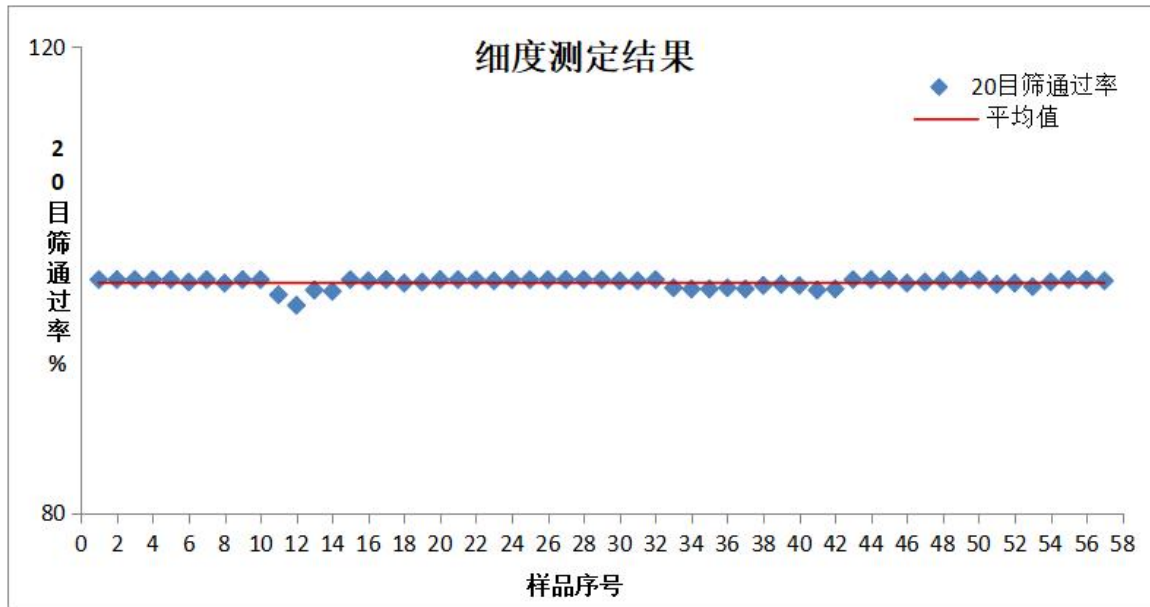


图 14 样品中粒度测定结果

由结果可知，20 目试验筛通过率最低的为 97.8%，粒度指标对产品质量影响不大，因此将粒度（通过 20 目试验筛通过率）指标规定为 $\geq 95\%$ 。

4.11 卫生指标

4.11.1 总砷

称取试样约 1 g（精确至 0.0001 g），试样前处理按照 GB/T 13079-2022 中 4.5.1.3 规定执行，测定按照 GB/T 13079-2022 中第 4 章规定执行。检测结果见表 21。结果显示，样品中砷含量极低，均 $\leq 1 \text{ mg/kg}$ ，且 95% 的样品低于检出限。结合生产企业数据及同类产品标准，本标准规定为 $\leq 5 \text{ mg/kg}$ 。

表 21 样品中总砷的检测结果

序号	砷含量 mg/kg	序号	砷含量 mg/kg	序号	砷含量 mg/kg	序号	砷含量 mg/kg
1	低于检出限	16	低于检出限	31	低于检出限	46	低于检出限
2	低于检出限	17	低于检出限	32	低于检出限	47	低于检出限
3	低于检出限	18	低于检出限	33	低于检出限	48	低于检出限
4	低于检出限	19	低于检出限	34	低于检出限	49	1.12
5	低于检出限	20	低于检出限	35	低于检出限	50	低于检出限
6	低于检出限	21	低于检出限	36	低于检出限	51	1.31
7	低于检出限	22	低于检出限	37	低于检出限	52	1.22
8	低于检出限	23	低于检出限	38	低于检出限	53	低于检出限
9	低于检出限	24	低于检出限	39	低于检出限	54	低于检出限

10	低于检出限	25	低于检出限	40	低于检出限	55	低于检出限
11	低于检出限	26	低于检出限	41	低于检出限	56	低于检出限
12	低于检出限	27	低于检出限	42	低于检出限	57	低于检出限
13	低于检出限	28	低于检出限	43	低于检出限		
14	低于检出限	29	低于检出限	44	低于检出限		
15	低于检出限	30	低于检出限	45	低于检出限		

4.11.2 铅

平行做两份试验。称取试样约 3 g (精确至 0.0001 g)，试样前处理按照 GB/T 13080-2018 中 7.1.1.3 规定执行，测定按照 GB/T 13080-2018 中 7.1 规定执行。检测结果见表 22。结果显示，样品中铅含量极低，均 ≤ 1 mg/kg，且 95% 的样品低于检出限。结合生产企业数据及同类产品标准，本标准规定为 ≤ 5 mg/kg。

表 22 样品中铅的检测结果

序号	铅含量 mg/kg	序号	铅含量 mg/kg	序号	铅含量 mg/kg	序号	铅含量 mg/kg
1	低于检出限	16	低于检出限	31	低于检出限	46	低于检出限
2	低于检出限	17	低于检出限	32	低于检出限	47	低于检出限
3	低于检出限	18	低于检出限	33	低于检出限	48	0.24
4	低于检出限	19	低于检出限	34	低于检出限	49	0.61
5	低于检出限	20	低于检出限	35	低于检出限	50	0.63
6	低于检出限	21	低于检出限	36	低于检出限	51	0.13
7	低于检出限	22	低于检出限	37	低于检出限	52	0.24
8	低于检出限	23	低于检出限	38	0.21	53	0.22
9	低于检出限	24	低于检出限	39	低于检出限	54	低于检出限
10	低于检出限	25	低于检出限	40	低于检出限	55	0.32
11	低于检出限	26	低于检出限	41	低于检出限	56	0.44
12	低于检出限	27	低于检出限	42	0.55	57	低于检出限
13	低于检出限	28	低于检出限	43	低于检出限		
14	低于检出限	29	低于检出限	44	低于检出限		
15	低于检出限	30	低于检出限	45	0.13		

4.11.3 镉

平行做两份试验。称取试样约 2 g (精确至 0.0001 g)，试样前处理按照 GB/T 13082-2021 中 8.1.4 规定执行，测定按照 GB/T 13082-2021 中 8.3 规定执行。检测结果见图 15。

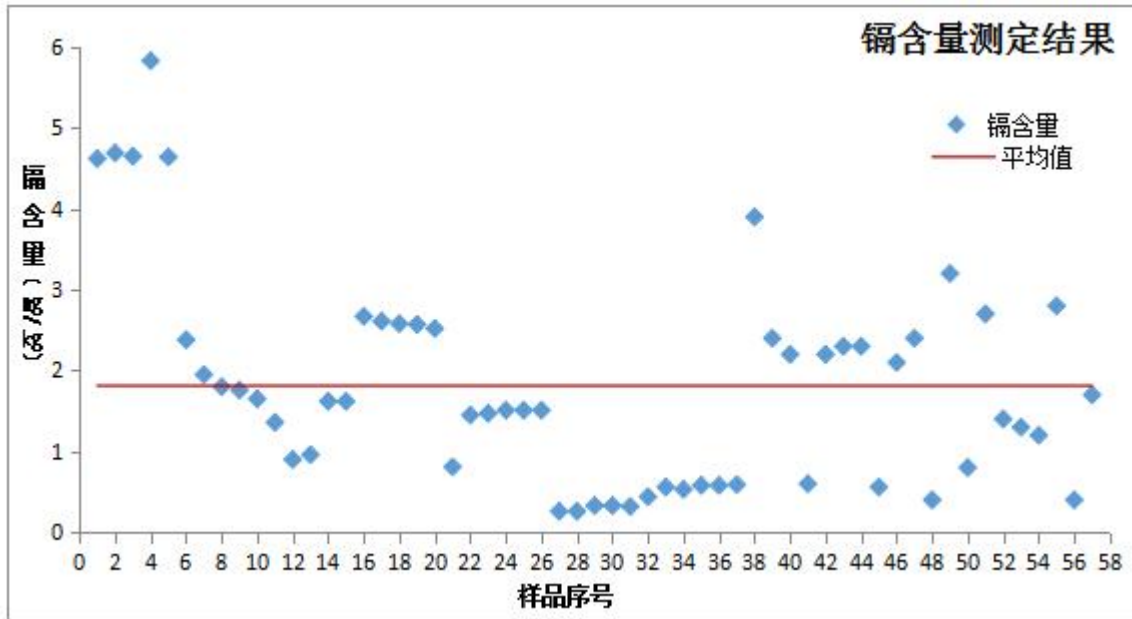


图 15 样品中镉含量的检测结果

由结果可知，57 个样品中镉最高含量为 5.83 mg/kg，其余样品检测结果均 ≤ 5 mg/kg，且平均值仅为 1.81 mg/kg。饲料添加剂相关标准中镉指标范围为 5~10 mg/kg，结合生产企业数据及同类产品标准，本标准规定为 ≤ 5 mg/kg。

4.11.4 铬

平行做两份试验。称取试样约 2 g (精确至 0.0001 g)，按 GB/T 13088—2006 规定执行。检测结果见图 16。

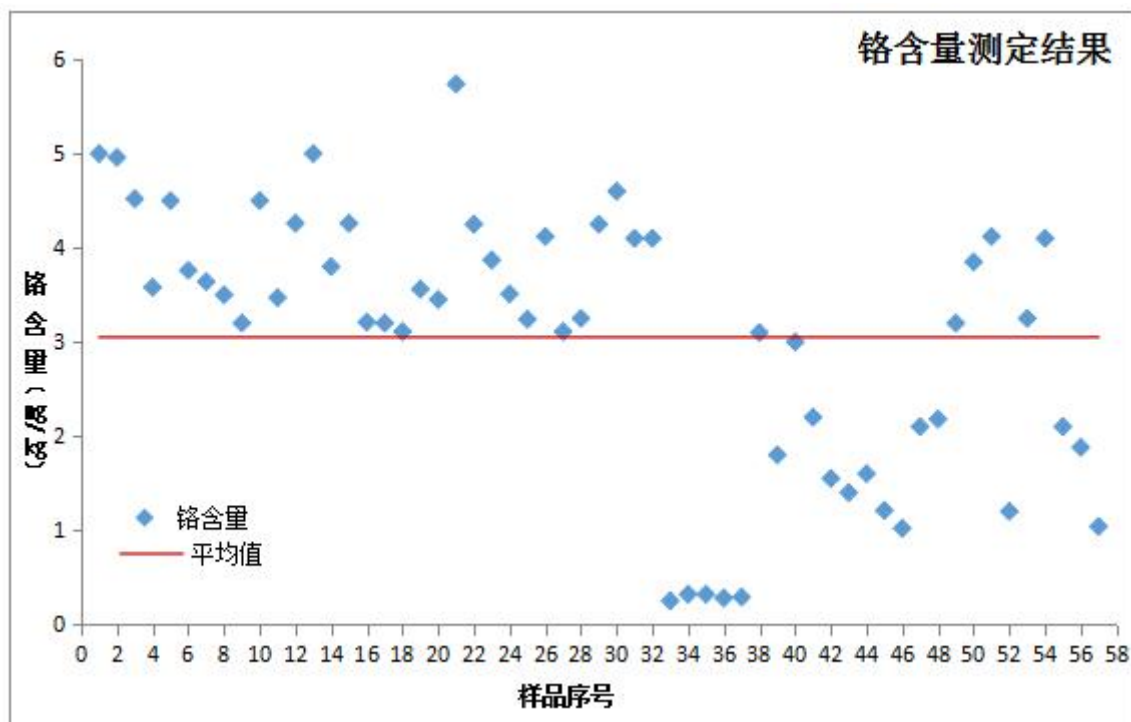


图 16 样品中铬含量的检测结果

由结果可知，57 个样品中仅有 1 个样品的铬含量最高（5.74 mg/kg），其余样品均 ≤ 5 mg/kg。团体标准《饲料添加剂 甘氨酸锌》T/CFIAS 3005-2022 中的铬限量为 ≤ 20 mg/kg，本次 98% 的实测样品测定结果 ≤ 5 mg/kg，结合生产企业数据及同类产品标准，本标准规定为 ≤ 10 mg/kg。

4.11.5 汞

样品中汞的测定按 GB/T 13081-2022 规定执行。检测结果见表 23。

表 23 样品中汞含量的检测结果

样品名称	派莘	天科	旭卫	森乐美	隆达	济宁和实	正和	科佳力	新品和	蜀星
汞含量, mg/kg	低于检出限	0.003	0.002	0.003	0.005	0.006	0.005	0.009	0.005	低于检出限

由结果可知，10 个样品中汞的含量均极低。行业内相似产品均没有对汞提出要求，但用户对汞指标高度关注，且行业内硫酸铜、亚硒酸钠、硫酸镁、硫酸锰以及最新修改的甘氨酸铁络合物均设定了该指标，即汞含量 ≤ 0.2 mg/kg。结合生

产企业数据及同类产品标准，本标准规定为 $\leq 0.2\text{mg/kg}$ 。

4.12 试验结果统计分析

根据本文件要求，对各指标测定数据进行汇总分析，统计结果见下表 24。

表 24 制标样品综合质量情况

项 目	饲料添加剂甘氨酸锌国家标准	
	指 标	合格率
外观与性状	白色结晶颗粒或粉末，易溶于水	100%
鉴别	阳性	100%
锌（以 Zn^{2+} 计），% \geq	21.0	100%
总甘氨酸，% \geq	22.0	91.2%
游离甘氨酸，% \leq	1.0	100%
甘氨酸锌 { $[\text{Zn}(\text{C}_2\text{H}_5\text{NO}_2)_2\text{SO}_4 \cdot 4\text{H}_2\text{O} \cdot \text{ZnSO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}]$ }，% \geq	92.0	100%
干燥失重，% \leq	10.0	100%
粒度（通过 $W=850\mu\text{m}$ 试验筛通过率），% \geq	95	100%
总砷（以As计），mg/kg \leq	5.00	100%
铅（以Pb计），mg/kg \leq	5.00	100%
镉（以Cd计），mg/kg \leq	5.00	98.2%
铬（以Cr计），mg/kg \leq	10.0	98.2%
汞（以Hg计），mg/kg \leq	0.20	100%

57 个样品锌含量均大于 21.0%，总甘氨酸含量大于 22.0% 的占 89.5%，游离甘氨酸含量 $\leq 1.0\%$ 的达 100%，干燥失重 $\leq 10\%$ 的占比 100%，根据以上检测结果，确定锌含量为大于等于 21.0%，总甘氨酸含量大于等于 22.0%，游离甘氨酸含量 $\leq 1.0\%$ ，干燥失重 $\leq 10.0\%$ ，粒度(孔径 850 μm 试验筛通过率)大于等于 95%。国内主要生产厂家均能达到标准规定的技术指标要求。标准发布后，可促进产品质量提升，更好规范市场流通，避免贸易壁垒，减少贸易纠纷，促进产业健康发展。

本标准技术指标与其它同类含锌产品的技术要求比较见表 25。

表 25 本标准技术指标与其它同类含锌产品标准的比较

项目	饲料添加剂	饲料添加剂	新饲料添加剂	饲料添加剂	饲料添加剂	本标准
	DB43/T 888-2014	T/CFIAS 3005-2022	NYSL-1008-2007	GB 21694-2017	GB/T 25865-2010	
	甘氨酸锌	甘氨酸锌	甘氨酸锌	蛋氨酸锌络（螯）合物	硫酸锌	甘氨酸锌
甘氨酸锌, w/%	≥ 95.0	90.0	95.0	/	94.7	92.0
锌, w/%	≥ 22.0	22.0	21.0	/	/	21.0
总甘氨酸, w/%	≥ 22.0	24.0	22.0	/	/	22.0
游离甘氨酸, w/%	≤ 1.5	1.5	1.5	/	/	1.0
干燥减量, w/%	≤ 10.0	5.0/12.0	5.0	/	/	10.0
总砷 (As) / (mg/kg)	≤ 5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00
铅 (Pb) / (mg/kg)	≤ 20.00	10.00	20.00	5.00	10.00	5.00
镉 (Cd) / (mg/kg)	/	5.00	/	6.00	10.00	5.00
铬 (Cr) / (mg/kg)	/	20.00	/	/	/	10.00
汞 (Hg) / (mg/kg)	/	/	/	/	/	0.20

三、与有关法律、法规的关系

本文件所涉及的引用标准均为现行有效标准，本文件遵循现行法律、行政法规的规定。

四、与国际、国外同类标准技术内容的对比情况

经查，目前国外尚无甘氨酸锌的产品标准。该标准在国内达到了技术先进、经济合理、安全可靠、协调配套的目标。有利于合理开发和利用资源，保护环境，推广科学技术成果。

五、重大分歧意见的处理经过和依据

在标准的制定过程中没有产生重大分歧意见。

六、贯彻标准的要求和措施建议

建议按照强制性国家标准管理办法执行，对社会积极宣贯标准。

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

国外市场流通的饲料添加剂甘氨酸锌络合物产品，一部分来自国内企业生产的产品，按照世界贸易组织（WTO）的 TBT 规则，为保证产品公正、公平进行贸易，同时依据《强制性国家标准管理办法》要求，建议对外通报。

九、废止现行有关标准的建议

无。

十、涉及专利的有关说明

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。

十一、强制性国家标准所涉及的产品、过程或者服务目录

本标准适用于甘氨酸与硫酸锌反应生成的饲料添加剂甘氨酸锌。

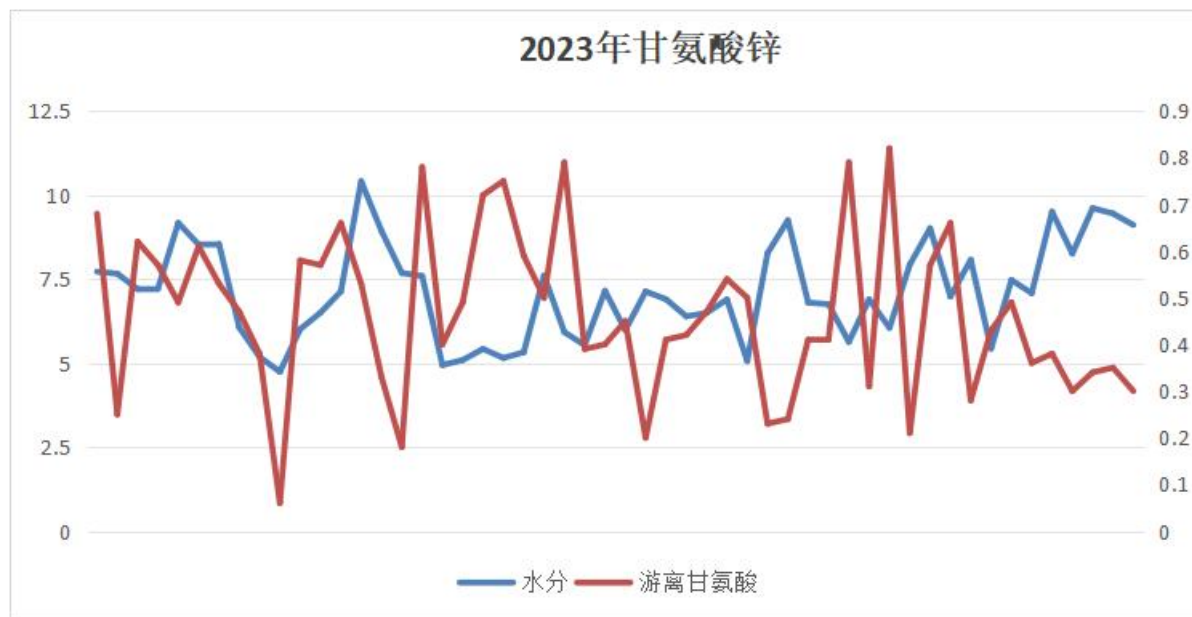
本文件给出了甘氨酸锌的化学名称、分子式、相对分子量，规定了饲料添加剂甘氨酸锌的技术要求、检验规则、标签、包装、运输、贮存和保质期，描述了饲料添加剂甘氨酸锌的取样和试验方法。

本标准适用于甘氨酸与硫酸锌反应生成的饲料添加剂甘氨酸锌。

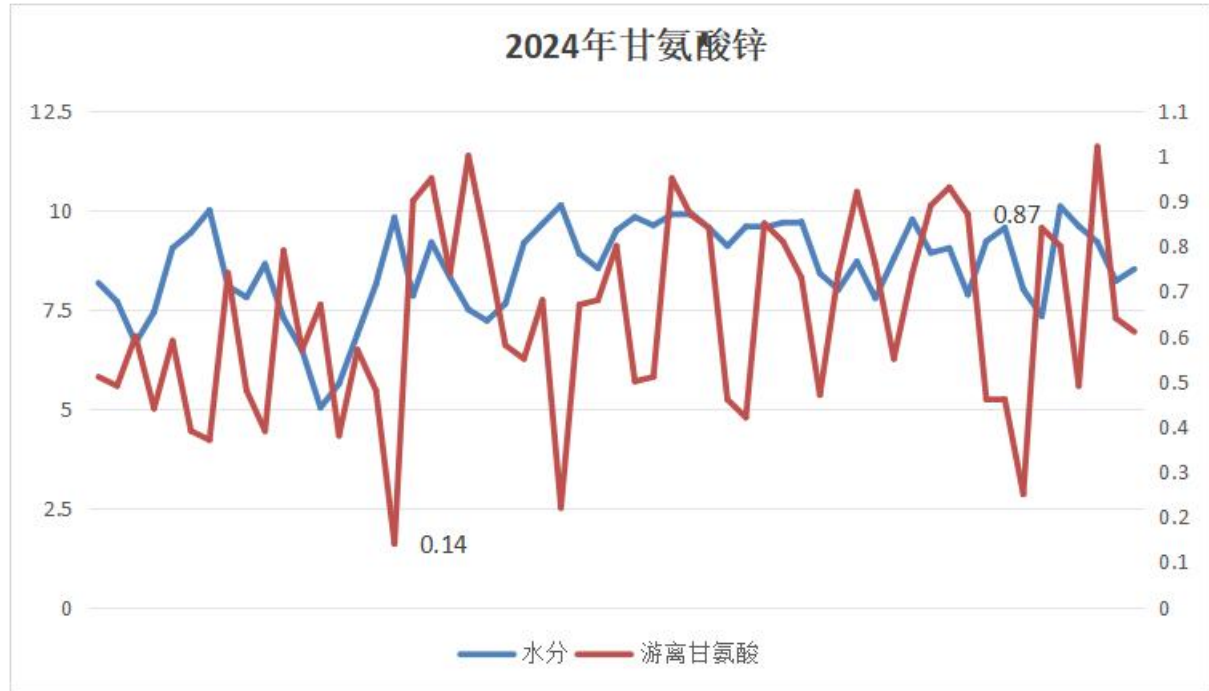
十二、其他应当说明的事项

无。

附件



附图 1 2023 年 甘氨酸锌的水分和游离甘氨酸——湖南德邦生物科技股份有限公司



附图 2 2024 年 甘氨酸锌的水分和游离甘氨酸——湖南德邦生物科技股份有限公司

附表 1 湖南德邦甘氨酸锌水分和游离甘氨酸检测数据汇总

区间比例	水分数据分析			游离甘氨酸数据分析		
	0-5	5-10	>10	0-0.5	0.5-1.0	>1.0
2023 年	1.92%	96.15%	1.92%	57.69%	42.31%	0
2024 年	0	96.49%	3.51%	31.58%	64.91%	3.51%

表2 吉隆达甘氨酸锌水分和游离甘氨酸检测数据汇总

区间比例	水分数据分析			游离甘氨酸数据分析		
	0-5%	5%-10%	>10%	0-0.5%	0.5-1.0%	>1.0%
2023年	98.04	1.96	0	31.18	62.94	5.88%
2024年	100	0	0	22.40	70.00	7.60%

附表3 旭卫甘氨酸锌水分和游离甘氨酸检测数据汇总

区间比例	水分数据分析			游离甘氨酸数据分析		
	0-5	5-10	>10	0-0.5	0.5-1.0	>1.0
2022年	0	98.21%	1.79%	30.52%	65.27%	4.21%
2023年	0	97.56%	2.44%	34.21%	62.5%	3.29%
2024年	0	97.67%	2.33%	36.52%	59.94%	3.54%

附表4 GB/T 13885-2017 原子吸收光谱法与本文件规定的方法检测结果

序号	本文件规定方法			GB/T 13885-2017 原子吸收光谱法		
	锌含量, %	绝对差值%	平均锌含量, %	锌含量, mg/kg	绝对差值%	锌平均含量, %
1	22.01	0.05	21.99	24.37	0.23	24.49
2	21.96			24.60		
3	22.07	0.11	22.02	23.88	0.15	23.96
4	21.96			24.03		
5	23.78	0.07	23.81	25.86	0.24	25.74
6	23.85			25.62		

7	22.55	0.01	22.56	24.38	0.08	24.34
8	22.56			24.30		
9	22.42	0.01	22.42	24.01	0.70	24.36
10	22.41			24.71		
11	22.42	0.02	22.43	22.19	0.22	22.30
12	22.44			22.41		
13	22.48	0.00	22.47	22.95	0.06	22.92
14	22.47			22.90		
15	21.48	0.03	21.47	21.25	0.25	21.37
16	21.45			21.50		
17	22.95	0.07	22.98	23.80	0.19	23.90
18	23.02			24.00		
19	23.08	0.08	23.04	24.48	0.32	24.32
20	23.00			24.16		

附表 5 甘氨酸锌和硫酸锌中杂质扫描情况

样品名称	杂质种类												
*硫酸锌	Al	S	Cl	K		Mn 高	Fe	Co	Ni 高	Br	Mo	Tc	
正和 1		S				Mn	Fe	Co	Ni	Br	Mo	Tc	
正和 3		S				Mn	Fe	Co	Ni	Br	Mo	Tc	
正和 5		S	Cl			Mn	Fe	Co	Ni	Br	Mo	Tc	
派莘 1	Al	S	Cl	K	Ca	Mn	Fe	Co	Ni	Br	Mo	Tc	
派莘 2	Al	S	Cl	K	Ca	Mn	Fe	Co	Ni	Br	Mo	Tc	
天科 1	Al	S	Cl	K	Ca	Mn	Fe	Co	Ni	Br	Mo	Tc	
天科 2	Al	S	Cl	K	Ca	Mn	Fe	Co	Ni	Br	Mo	Tc	
旭卫 1	Al	S	Cl	K	Ca	Mn	Fe	Co	Ni	Br	Mo	Tc	
旭卫 2	Al	S	Cl	K	Ca	Mn	Fe	Co	Ni	Br	Mo	Tc	
森乐美 1	Al	S			Ca 高	Sc	Mn 高	Fe	Co	Ni	Sr	Mo	Tc

森乐美 2	Al	S			Ca 高	Sc	Mn 高	Fe	Co	Ni		Sr	Mo	Tc
隆达	Al	S	Cl	K	Ca		Mn	Fe	Co 高	Ni	Br		Mo	Tc
和实 1	Al	S			Ca		Mn 高	Fe	Co	Ni	Br		Mo	Tc
和实 2	Al	S			Ca		Mn 高	Fe	Co	Ni	Br		Mo	Tc
科佳力	Al	P	S		K	Ca 高	Sc	Mn	Fe	Co	Ni	Br	Mo	Tc
新晶和 1	Al	S					Mn 高	Fe	Co	Ni	Br		Mo	Tc
新晶和 2	Al	S					Mn 高	Fe	Co	Ni	Br		Mo	Tc
1#硫酸锌	Al	S		K			Mn	Fe	Co	Ni	Br		Mo	Tc
2#硫酸锌	Al	S		K	Ca		Mn	Fe	Co 高	Ni 高			Mo	Tc
3#硫酸锌	Al	S		K	Ca		Mn 高	Fe	Co	Ni		Sr	Mo	Tc
4#硫酸锌	Al	S		K			Mn 高	Fe	Co	Ni	Br		Mo	Tc
5#硫酸锌	Al	S		K	Ca		Mn	Fe	Co 高	Ni			Mo	Tc

附表 6 甘氨酸锌中常见杂质检测情况

样品名称	铜含量,mg/kg	铁含量,mg/kg	锰含量,mg/kg	钴含量,mg/kg
派莘 1#	1.7	94.4	147.2	20.8
天科 1#	1.6	713.9	1252.1	17.4
旭卫 1#	0.7	22.6	455.2	28.4
森乐美 1#	1.0	217.2	3489.1	51.9
隆达	13.4	387.7	663.0	64.3
济宁和实 1#	4.9	46.2	1338.3	6.1
正和 1#	0.7	469.7	938.6	328.0
科佳力	3.2	59.7	684.5	189.7
新晶和 1#	5.6	125.3	2217.4	69.4

参考文献:

- [1] 刘树全 甘氨酸锌对断奶仔猪生长、免疫的影响及其作用机理的探讨[D] 浙江大学: 2008.
- [2] 鲍宏云,许甲平,邓志刚,冯一凡,吴亚斌.甘氨酸锌对母猪繁殖性能及哺乳仔猪生长性能的影响[J].饲料广角,2012,(第 11 期):26-27.
- [3] 景翠,陈宝江,金东航.甘氨酸锌影响仔猪生长性能的试验[J].饲料研究,2011,(第 7 期):38-41.
- [4] 柯轲,张紫微,康会芳等.甘氨酸铁和甘氨酸锌部分替代无机铁和无机锌对断奶仔猪生长性能及养分消化率的影响[J].饲料研究,2017,(第 10 期):20-23.
- [5] 付志欢.肠溶型锌对吉富罗非鱼生长,生化指标及组织中微量元素影响的研究[D].仲恺农业工程学院: 2019
- [6] 付志欢 1,林雪 2,舒绪刚 1 等.不同锌源对吉富罗非鱼生长性能、血清生化指标、血清和肝胰脏中微量元素含量的影响[J].动物营养学报,2019,(第 8 期):3690-3698
- [7] 许甲平,邓志刚,冯一凡.甘氨酸亚铁与甘氨酸锌协同作用对蛋鸡产蛋性能和蛋品质的影响[J].饲料工业,2013,(第 8 期): 54-56.
- [8] 亢守亭 1; 郭颖媛 1; 裴华 2.硫酸锌和甘氨酸锌对蛋雏鸡生长性能的影响[J].饲料研究,2008,(第 3 期): 38-40.
- [9] 吴森,王燕燕,陈福财,周占琴.甘氨酸锌对受体羊血清激素水平、黄体数和受胎率的影响[J].西北农业学报,2012,(第 4 期): 6-10.
- [10] 侯鹏霞 1,李毓华 2,马吉锋 1 等.氨基酸锌对滩湖杂羊生长性能、血清激素、免疫及抗氧化指标的影响[J].动物营养学报,2020,(第 9 期):4242-4250.
- [11] 贺翠婷 1,王林枫 1,杨改青 2 等.不同锌源和水平对奶山羊相关激素分泌的影响[J].中国畜牧兽医,2011,(第 3 期):24-27.
- [12] 舒绪刚,张敏,樊明智等.2 种甘氨酸锌络合物的晶体结构研究[J].饲料研究,2014,(第 13 期):75-79.
- [13] 张玉红,孔随飞.关于甘氨酸亚铁和甘氨酸锌的分子结构分析[J].饲料研究,2013,(第 12 期):36-38,68.
- [14] 孔随飞.甘氨酸络合锌的合成工艺研究[J].饲料研究,2011,(第 5 期):37-38.
- [15] 李大光,林娜妹,舒绪刚.甘氨酸锌的室温固相合成及表征[J].精细化工,2009,(第 6 期): 585-588.
- [16] 张大飞,照日格图,乌云等.熔融法合成甘氨酸锌配合物及表征[J].化学世界,2005,(第 9 期)547-550.
- [17] <https://www.efsa.europa.eu/en/efsajournal/pub/1077>
- [18] 李奎,洪作鹏.甘氨酸锌的合成和结构表征[J].饲料研究,2007,(第 4 期):42-44.