

⑮ 517-522

锌盐- α -氨基酸-水三元体系的相化学研究

高胜利, 侯育冬, 魏青, 刘建睿, 杨旭武

0692.42

(西北大学 化学系, 陕西 西安 710069)

摘要:用相平衡法研究了12个 ZnX_2-Am-H_2O 三元体系在25℃的相化学行为,在相平衡结果指导下,合成了11种未见文献报道的氨基酸锌化合物,探讨了锌盐与氨基酸相互作用的某些规律。

关键词:锌盐; α -氨基酸; 三元体系; 相平衡

相化学 水

中图分类号: O624.42 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-274X(1999)06-0517-06

锌是人体必需的微量元素之一, L - α -氨基酸是人体蛋白质等与生命有关的单元物质。氨基酸锌由于以下特点而成为目前最好的补锌剂: ①在体内 pH 条件下溶解性好, 易被小肠吸收, 不损害肠胃, 故生物利用率高; ②具有良好的化学稳定性和热稳定性, 具有抗干扰, 缓解矿物之间的拮抗竞争作用, 流动性好, 与其他物质易混合且稳定性不变, 不结块, 使用安全, 易于贮存; ④既补锌, 又可补氨基酸, 它们都具有一定的杀菌作用, 两者有很好的配伍性。研究证明氨基酸锌的吸收率明显高于其他无机和有机弱酸补锌剂^[1]。可以说, 氨基酸锌有如 L -蔗糖酸钙(商业名称“巨能钙”)一样^[2], 是一种良好的分子补锌剂。因此, 氨基酸锌作为添加剂在药物、食品和化妆品中有广阔的应用前景^[3,4]。

本文采用相平衡方法, 研究了12个 ZnX_2-Am-H_2O 三元体系在25℃的相化学行为, 在相平衡结果指导下, 合成了未见文献报道的带阴离子的氨基酸锌, 确定了它们的组成, 探讨了锌盐与氨基酸相互作用的某些规律。

1 氨基酸锌配合物的一般合成方法

氨基酸锌配合物一般是通过锌(II)离子与氨基酸在一定条件下反应而制得。提供锌(II)离子的可以是金属锌、硫酸锌、氧化锌、醋酸锌、高氯酸锌、氢氧化锌等, 氨基酸一般是 α -氨基酸, 包括单一氨基酸和复合氨基酸。其制备方法可归纳为以下几种:

1.1 水体系合成法

(1)按锌与氨基酸为1:2化学计量比, 将 ZnO 或 $Zn(OH)_2$ 在搅拌下逐渐加到一定量的氨基酸水溶液中, 在水浴上于40~50℃加热2h, 再用一定量的乙醇处理, 静置得到沉淀, 过滤、干燥, 得 $ZnL_2 \cdot nH_2O$ 。产物不溶于水, 反应收率一般为80%左右^[5]。

(2)按化学计量比1.25:1称取氨基酸和 ZnO , 以适量水溶解氨基酸, 搅拌下分批加入 ZnO , 到pH \approx 7时, 将不溶物过滤掉, 母液回流5~6h, 蒸发至有晶膜, 加甲醇, 晶体析出, 真空干燥^[6], 得 $ZnL \cdot nH_2O$ 。产物溶于水。本法只适用于二羧一氨基酸性氨基酸。

(3)按锌盐与氨基酸化学计量比1:2, 将蛋氨酸溶液加到新鲜制备的 $Zn(OH)_2$ 悬浮液中, 搅拌、过滤掉不溶物, 将滤液浓缩至透明片状沉淀, 即为 $Zn(Met)_2$ ^[7]。

(4)氨基酸与 $ZnSO_4 \cdot 7H_2O$ 按1:1的化学计量比溶于一定量的微热水中, 快速搅拌下, 加入一定量的丙酮, 冷却, 得白色沉淀, 洗涤、干燥, 得摩尔比为1:1的含阴离子配合物: $Zn(Met)SO_4 \cdot H_2O$ 。产物溶于水^[8], 本溶剂为水:丙酮=1:30, 消耗丙酮量太大。

(5)按锌与蛋氨酸化学计量比为1:1, 将蛋氨酸溶液与 ZnO 加盐酸溶液混合, 在90℃保温反应1h, 生成1:1型含阴离子配合物: $Zn(Met)Cl_2$ ^[9]。

(6)按氨基酸与可溶性金属盐2:1的化学计量比溶于水中, 在一定温度下, 用碱性物质如NaOH,

收稿日期:1999-03-18

基金来源:国家自然科学基金(29871023)和陕西省教委重点课题(95JZK10)资助项目

作者简介:高胜利(1946-),男,陕西西安人,西北大学教授,从事无机化学研究。

KOH, NH₃ 水等调 pH 为 4~11, 一般大于 7, 得 ZnL₂ 型氨基酸螯合物^[5,8~15]。

(7) 以金属 M, MO, M(OH)₂ 或 MCO₃ 与氨基酸水溶液反应, 加入一定量的、不对产物产生干扰的有机弱酸, 如柠檬酸, 抗坏血酸等, 促使反应进行, 得 ML₂ 型配合物^[10,16]。

1.2 非水体系合成法

(1) 按锌盐与氨基酸化学计量比为 1:1, 把氨基酸加到一定量的乙醇钠的乙醇溶液中溶解。然后, 在水合高盐配成饱和乙醇溶液加到上述溶液中, 立即形成白色沉淀, 过滤, 水洗涤, 在 P₄O₁₀ 中干燥, 得 ZnL₂ 螯合物。产物几乎不溶于所有溶剂^[17,18]。

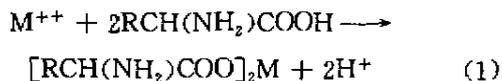
(2) 按锌盐与氨基酸化学计量比 1:2 将氨基酸溶解在 0℃ 条件下的甲醇钠溶液中, 室温下慢慢加入 ZnOAc₂ · 2H₂O 的甲醇溶液搅拌 3h, 静置、过滤、水洗、真空干燥, 得 ZnL₂ · nH₂O^[4]。产品收率因氨基酸不同而不同, 一般在 15%~90% 之间, 比如: Zn(His)₂ 收率只有 16%, 而 Zn(Met)₂ 收率达 90%。

1.3 干粉体系合成法

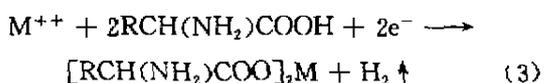
将 ZnSO₄ · 7H₂O 与 Met 按化学计量比为 1:1 混合, 水浴上加热至糊状, 蒸发约 1h 后在 90℃ 干燥箱中保温干燥 20h, 得 1:1 型配合物 Zn(Met)SO₄ · H₂O^[3]。产品易变黄。

1.4 电解合成法^[19]

该法是利用一种可选择阳离子渗透而阴离子不渗透的特殊膜, 将电解池分成阳极室和阴极室。阳极由纯金属构成, 溶解形成 M⁺⁺, 在阳极室与氨基酸形成螯合物:



生成的 H⁺ 透过膜到阴极室, 在阴极室形成 H₂ 逸出。金属氯化物也加到阳极室, 按式(2)形成 M⁺⁺; 再穿过膜进入含氨基酸溶液的阴极室, 在阴极室形成 H₂ 和氨基酸金属螯合物:



最后, 由电解所得溶液喷雾干燥而得产品 ML₂。该法能耗太高, 产率未见报道。

以上方法除 Zn(Met)Cl₂ 和 Zn(Met)SO₄ · H₂O 为带阴离子化合物外, 其余均为不带阴离子化合物, 制备条件苛刻且产率低。

2 溶剂体系的相平衡方法

溶剂体系的相平衡方法虽然是经典的物理化学分析法, 但在寻找新型化合物时, 仍不失为有效的方法。研究锌盐和氨基在全浓度范围内相互作用的行为, 可提供在体系中能否形成新相化合物, 能形成几种化学计量比的化合物, 以及相应于这些化合物的相区大小、性质等信息。所得相图对于合成新相化合物, 特别对固液异成分溶解化合物尤为重要, 减小了制备新型化合物的盲目性。对相图中出现的固液同成分溶解化合物, 可在水中按盐和酸化学计量比溶解后 60~70℃ 反应 4~6 h (pH≈6), 蒸发浓缩结晶、过滤、洗涤、干燥至恒重而得。在相图中出现的固液异成分溶解化合物, 可依相图在其相区内按盐和酸化学计量比配样平衡后离心分离得到。

3 ZnX₂-Am-H₂O 三元体系的相平衡

现已完成的 12 个锌盐-α-氨基酸-水三元体系的相平衡主要结果列于表 1。从表 1 可以看出, 在 12 个体系中形成的 12 种化合物中除 Zn(Met)Cl₂ 外均为未见文献报道的化合物; 12 个化合物中有 2/3 为固液异成分溶解化合物, 只有在相图中才能发现。它们的组成分析结果见表 2。正在完成的研究体系有 ZnCl₂/ZnSO₄/ZnOAc/Zn(NO₃)₂-L-Leu/L-Val/L-Thr/L-Try-H₂O(25℃)。

4 影响相图的因素

4.1 氨基酸对形成配合物的影响

当锌盐的溶解度较小, 盐的阴离子体积较大, 如在 ZnOAc₂ 和 ZnSO₄ 体系中(图 1), 氨基酸结构的不同对体系行为的影响是主要的。一般地, 含有强配位基团侧基的氨基酸与金属配位稳定常数较大, 相应在水中较易制得固体配合物。从表 3 中所列数据不难看出, His 与 Zn(II) 形成 1:1 配合物稳定常数最大, 侧链的咪唑基团具有强的螯合力。His 作为三齿配体^[20,21], 与 Zn²⁺ 形成了包括五员环(侧链氮和羧基氧)和六员环(侧链氮和咪唑氮)的稠环螯合物, 稳定性极高。因而, 在相图中出现了较大的配合物相区, 酸区则很小。咪唑氮参与配位在固体配合物中已在 IR 光谱中得到了证实。水溶液中 Met 与 Phe

的 $\log K$ 相近, 均低于 His, 说明它们的结合能力小于 His。Met 与 Phe 一般为二齿配体, 侧链的甲硫基与苯环未参与配位^[11], 这与固体配合物的 IR 指认也一致。较弱的配位能力反映在相图上是二者的溶度曲线走势相近, 均未出现配合物相区, 酸区都很大。因而, 两种配合物均不能在水中直接制得。

表 1 已完成的 ZnX_2 -Am- H_2O 三元体系主要相平衡结果 (25 °C)Tab. 1 Main results of studied phase equilibrium of ZnX_2 -Am- H_2O systems (25 °C)

体 系	配合物			
	种数	组 成	Zn : Am	性 质
$ZnCl_2$ -Met- H_2O	2	$Zn(Met)Cl_2(A)$	1 : 1	异成分溶解化合物
		$Zn(Met)_2Cl_2 \cdot 2H_2O(B)$	1 : 2	异成分溶解化合物
$ZnOAc_2$ -Met- H_2O	0			
$ZnSO_4$ -Met- H_2O	0			
$Zn(NO_3)_2$ -Met- H_2O	2	$Zn(Met)(NO_3)_2 \cdot H_2O(C)$	1 : 1	同成分溶解化合物
		$Zn(Met)_3(NO_3)_2 \cdot H_2O(D)$	1 : 3	异成分溶解化合物
$ZnCl_2$ -His- H_2O	1	$Zn(His)Cl_2 \cdot 0.5H_2O(E)$	1 : 1	异成分溶解化合物
$ZnOAc_2$ -His- H_2O	1	$Zn(His)OAc_2 \cdot 0.5H_2O(F)$	1 : 1	同成分溶解化合物
$ZnSO_4$ -His- H_2O	1	$Zn(His)SO_4 \cdot H_2O(G)$	1 : 1	同成分溶解化合物
$Zn(NO_3)_2$ -His- H_2O	1	$Zn(His)(NO_3)_2 \cdot 0.5H_2O(H)$	1 : 1	同成分溶解化合物
$ZnCl_2$ -Phe- H_2O	2	$Zn(Phe)Cl_2 \cdot 0.5H_2O(I)$	1 : 1	异成分溶解化合物
		$Zn(Phe)_2Cl_2 \cdot H_2O(J)$	1 : 2	异成分溶解化合物
$ZnOAc_2$ -Phe- H_2O	0			
$ZnSO_4$ -Phe- H_2O	0			
$Zn(NO_3)_2$ -Phe- H_2O	2	$Zn(Phe)(NO_3)_2 \cdot H_2O(K)$	1 : 1	异成分溶解化合物
		$Zn(Phe)_3(NO_3)_2 \cdot H_2O(L)$	1 : 3	异成分溶解化合物

在相图指导下, 顺利地在水中直接合成出了上述新化合物, 它们的组成分析结果见表 2。

表 2 新型氨基酸锌化合物的组成分析结果*

Tab. 2 Analytical data of new zinc amino-acid complexes

配合物	Zn ²⁺	Am	C	H	N	X ⁿ⁻	%
A	22.91(22.90)	51.94(52.21)	21.11(21.04)	3.92(3.88)	4.96(4.91)	25.00(24.89)	
B	14.01(14.90)	63.27(63.39)	25.58(25.52)	4.47(4.71)	6.01(5.95)	15.51(15.07)	
C	18.83(18.81)	42.83(42.92)	17.29(17.28)	3.58(3.48)	12.06(12.09)	—	
D	9.88(9.98)	68.24(68.34)	27.75(27.50)	5.77(5.39)	10.37(10.69)	—	
E	21.34(21.76)	51.73(51.64)	24.03(23.99)	3.36(3.35)	13.55(13.99)	23.71(23.60)	
F	18.95(18.81)	44.98(44.63)	34.90(34.55)	4.49(4.35)	12.26(12.09)	—	
G	19.38(19.54)	46.12(46.37)	21.37(21.54)	3.42(3.31)	12.63(12.56)	28.73(28.69)	
H	18.47(18.49)	43.74(43.88)	20.48(20.38)	2.81(2.85)	19.74(19.81)	—	
I	20.92(21.06)	53.03(53.20)	34.68(34.82)	4.02(3.90)	4.48(4.51)	22.68(22.84)	
J	13.39(13.49)	68.09(68.16)	44.47(44.61)	4.96(4.99)	5.68(5.78)	14.51(14.63)	
K	17.36(17.55)	44.19(44.33)	29.15(29.01)	3.58(3.52)	10.91(11.28)	—	
L	9.28(9.30)	70.43(70.50)	46.24(46.13)	5.15(5.02)	9.76(9.96)	—	

* Zn²⁺ 含量用 EDTA 滴定法测定, Met 含量用碘量法测定, Phe 和 His 含量用甲醛碱量法测定, SO₄²⁻ 含量用 BaSO₄ 质量法测定, Cl⁻ 含量用法杨氏法测定。

表 3 配体的离解常数及配合物的稳定常数

Tab. 3 Acidity constants of the ligands and $\log K_{Zn}^{Zn}$ for the metal complexes

氨基酸	pK_{a1}	pK_{a2}	pK_{a3}	$\log K_{Zn}^{Zn}$	文献
Met	2.18	9.42	—	4.40	[22]
Phe	2.19	9.11	—	4.51	[23]
His	1.77	6.08	9.17	6.57	[20]

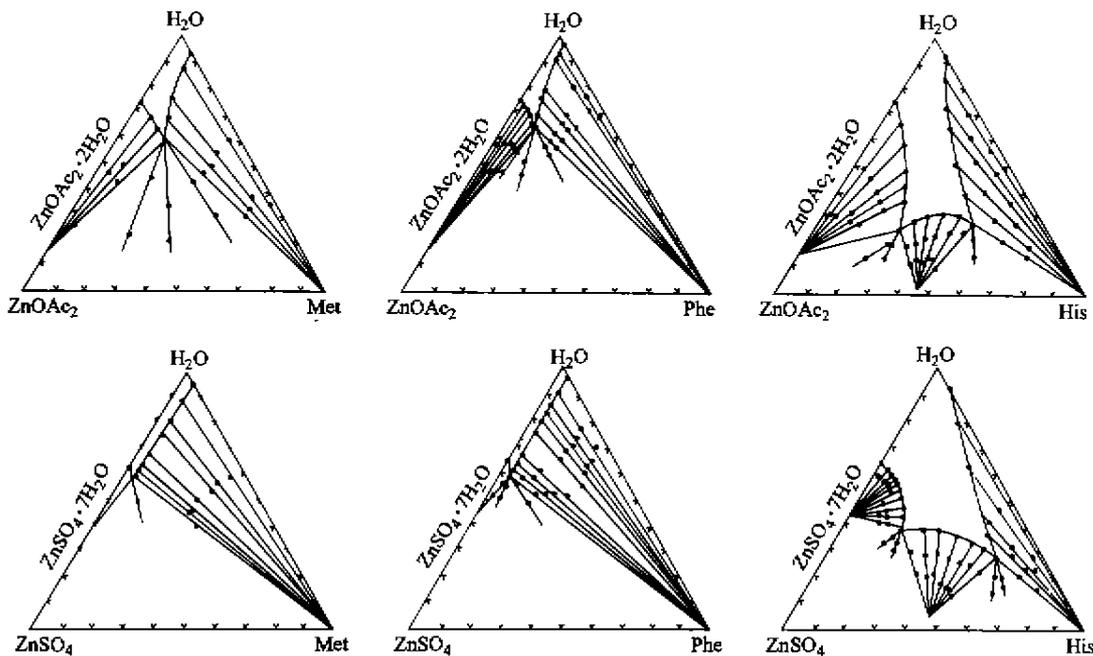


图 1 三元体系 $ZnOAc_2/ZnSO_4$ -Met/Phe/His- H_2O 在 25 C 的溶度图

Fig. 1 Solubility diagrams of $ZnOAc_2/ZnSO_4$ -Met/Phe/His- H_2O ternary systems at 25 C

4.2 锌盐的阴离子对形成配合物的影响

锌盐对形成配合物的影响主要反应在其阴离子

的配位能力上。如上所述,当盐的阴离子体积较大,如 OAc^- 和 SO_4^{2-} ,可能存在位阻效应,不易使锌盐

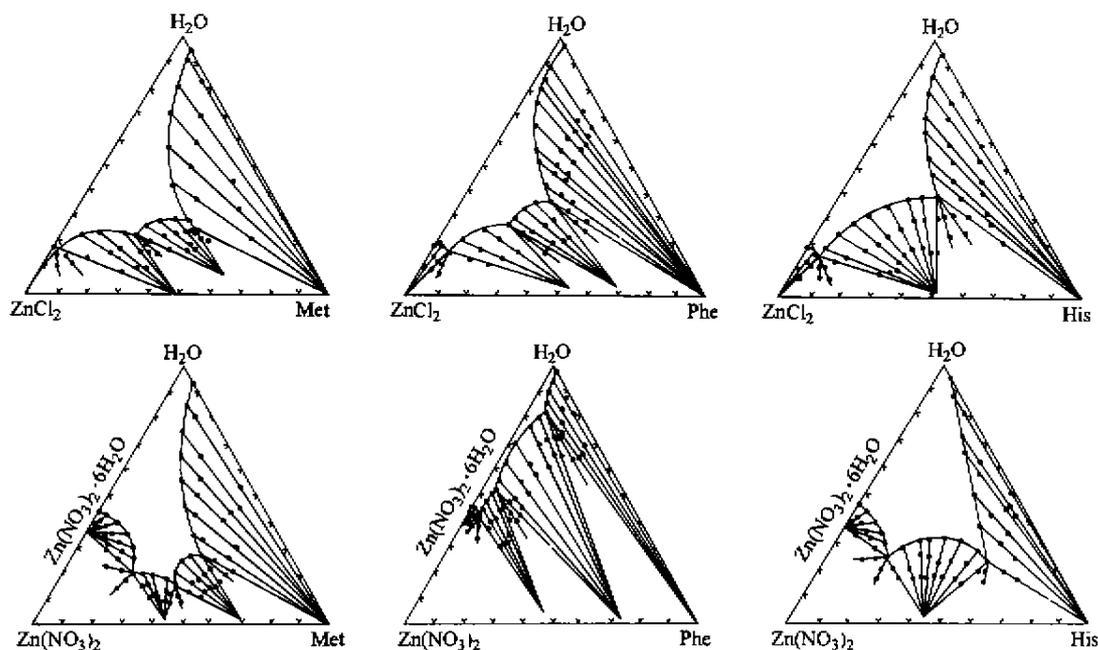


图 2 三元体系 $ZnCl_2/Zn(NO_3)_2$ -Met/Phe/His- H_2O 在 25 C 的溶度图

Fig. 2 Solubility diagrams of $ZnCl_2/Zn(NO_3)_2$ -Met/Phe/His- H_2O ternary systems at 25 C

与配位能力一般的氨基酸(Phe 或 Met)形成配合物,这种情况还可能出现在 $\log K$ 与 Phe 和 Met 相近的体系中。当锌盐阴离子的配位能力较强,如体积较小的 Cl^- 或双齿配位的 NO_3^- (虽然其体积也较大),它们有助于使相图中出现配合物的稳定相区(图 2)。

4.3 锌盐与氨基酸在水-丙酮溶剂中的配合行为

由相图可以看出, ZnSO_4 与 Met 及 Phe 在水中

不能于 25℃ 制得固态配合物。Met 与 Phe 是较弱的配体,而水分子是强极性分子,具有更强的配位能力,因而在配体络合竞争中水处于优势,而相应出现配合物相区的可能性极小。改变溶剂条件,加入极性较弱的丙酮,通过调节丙酮与水的体积比,找到最佳介质极性,就可制得固液同成分的含阴离子配合物。利用此方法,在混合介质中制得了 $\text{Zn}(\text{Met})\text{SO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ (丙酮与水体积比 30 : 1^[3]) 及 $\text{Zn}(\text{Phe})\text{SO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ (丙酮与水体积比 9 : 1) 两种配合物。

参考文献:

- [1] 朱志国,刘巨涛,刘伟明, L-赖氨酸锌片兔体内生物利用度研究[J]. 中国医药工业杂志, 1993, 24(11): 496-498.
- [2] 孔祥德,殷向晨,朱守荣,等. L-苏糖酸与金属离子的配位性能[J]. 无机化学学报, 1998, 14(1): 109-112.
- [3] Mahmoud M, Abdel-Monem, Method of nutrition supplementation for zinc and methionine by ingesting 1 : 1 zinc methionine complex[P]. U. S. 4 039 681, 1977-08-02.
- [4] Taguchi S, Inokuchi M, Nakajima N, et al. Antipruritic drug and antipruritic composition[P]. W. O. 10, 178, 1992-06-25.
- [5] Sumiyuki A, Shigeshima T. Chemotherapeutic drugs against viruses XXXIV. Activiral effect of Zinc complexes on Japanese B encephalitis[J]. Chem Pharm Bull, 1962, 10: 1 254-1 257
- [6] 张有明,白俊峰,吕曼青,等. 氨基酸锌的制备和性质[J]. 化学世界, 1997, 2: 82~84.
- [7] Wilson R B, Meester P D, Hodgson D J. Structural characterization of bis (L-Methionato) Zinc(II), $\text{Zn}(\text{Met})_2$ [J]. Inorg. Chem, 1977, 16(6): 1 498-1 502.
- [8] Dragulescu C, Havlik I, Maurer A, et al. Compausi coordinativi cu activitate potential antitumorala. IV. Complexi de zinc cu aminoacizi[J]. Farmacia, 1980 XXV(3): 139-142(Rom.)
- [9] Grecu I, Robert S, Maria N. Complex compounds of some bioelements with amino acids. III, Simple and mixed compounds of manganese(II), copper(II), and zinc(II) with amino acids[J]. Rev. Chim, 1986, 37(7): 589~595(Rom.)
- [10] Harvey H, Ashmed Kaysville utah, Preparation of pharmaceutical grade amino acid chelates[P]. U. S. 4 830 716, 1989-05-16.
- [11] 曹雄飞,杨文炳,郭素英,等. 氨基酸金属螯合物的制备[P]. CN1 034 200A, 1989-07-26.
- [12] Akbarov A B, Mutalibov A S. Zn Complex with α -amino acids, synthesis and spectroscopic study[J]. Zh. Obshch Khim, 1990, 60(2): 1 892-1 897(Russ).
- [13] Kentaro T, Studies on metallocs, IV. Zinc-Casein. Synthesis of Zinc-Histidine chelate. 药学杂志, 1959, 79(6): 737-743 (Japa.)
- [14] Walke W R, Yueh-Ho L S, Norman C Li. Histidine and histamine complexes of copper and zinc[J]. J. Coord Chem, 1973, 3(1): 77-84.
- [15] Khakimov X X, Alimkhodzhaeva N T, Khadzhaev O V. et al. Coordination compounds of Cu(II), Ni(II), Mn(II), Zn(II) and Co(II) with some amino-acids[J]. Koord. Khim, 1979, 5(1): 21-26(Russ).
- [16] Sushama C A, Mala N. Hydrolysis of 4-nitrophenyle phosphate by (aminoacido) zinc complexes[J]. Bull Chem Soc Jpn. 1993, 66(10): 2 922-2 926.
- [17] Mcauliffe C A, Quagliano J V, Vallarinol L M. Metal complexes of the amino acids with DL-methionine[J]. Inorg. Chem, 1966, 5(11): 1 996-2 003.
- [18] Best S A, Brant P, Feltham R D, et al. X-ray photoelectron spectra of inorganic molecules. 18¹ Observations on sulfur 2p binding energies in transition metal complexes of sulfur-containing ligands[J]. Inorg Chem, 1977, 16(8): 1 976-1 979.
- [19] Harvey H. Ashmead Kaysville utah[P]. Pure amino acid chelates, U. S. 4, 599, 152, 1986-07-08.
- [20] Chakrovorty A, Cotton F A. Stability constants and structures of some metal complexes with imidazole derivatives[J]. J. Phys Chem, 1963, 67: 2 878-2 879.
- [21] Andrews A C, Zebolsky D M. Thermodynamic effects involved in the metal-ion chelation of Histidine, Histidine methyl

ester, and 4(or5)-Imidazolylacetic Acid[J]. J. Chem Soc, 1965, 742-746.

- [22] 樊春梅, 马书林, 郭德威, 等. 二价金属离子与 L-蛋氨酸反应的热力学研究[J]. 高等学校化学学报[J], 1986, 7(6): 546-548.
- [23] 刘祁涛, 田吉坤, 张 锋, 等. 锌(II)-芳香氮碱-氨基酸三元配合物中的配体间疏水缔合作作用[J]. 化学学报, 1994, 52: 1100-1105.

(编辑 时亚丽)

Study on phase chemistry of zinc salts- α -amino acids-H₂O ternary systems

GAO Sheng-li, HOU Yu-dong, WEI Qing, LIU Jian-rui, YANG Xu-wu

(Department of Chemistry, Northwest University, Xi'an 710069, China)

Abstract: The phase chemical properties of ZnX₂-Am-H₂O systems at 25 C have been investigated by phase equilibrium method. Under the direction of the phase equilibrium result, the 11 zinc amino-acid compounds which are not reported in literatures have been prepared. Several regular patterns of formation of complexes of zinc salts with amino-acids have been investigated.

Key words: zinc salt; α -amino-acid; ternary system; phase equilibrium

· 学术动态 ·

立足于学科前沿 努力提高我刊基金论文及获奖成果刊载比例

为了提高我刊基金论文及获奖成果的刊载比例,我们将“立足科学前沿”写入办刊宗旨,并制定了相应的措施:一是积极扩大特约稿件的比例,每期由主编掌握和预留一定版面,对来访的世界知名学者主动约稿,如诺贝尔奖金获得者李政道教授的《科学的发展——从古代中国到现代》、英国剑桥李约瑟研究所所长何丙都教授的《从科学史观点谈奇门遁甲》、日本学者大桥由纪夫的《印度天文学撮要》等稿件都是采用这种形式特约发表的;二是走出去,专访或利用各种学术活动场合约稿,如北京大学王选院士的《北大方正电子出版系统最新技术发展》等稿件就是这样特约发表的;三是主动向各学科带头人和潜在获奖项目主持人约稿,每期学报均占有一定比例。如地质系刘良教授与武警黄金第十四支队周新春高工等合作,在陕西省洛南县驾鹿金矿床的找矿、勘探过程中,发现了16个类型40种成分特殊,在自然界十分罕见的含氧金矿物,我们及时约稿,并分别在1997年4期和1998年2期刊登了40种含氧金矿物成分特征其初步的分类、地质产状、矿物组合与成因探讨,并如期获得冶金工业部科技进步一等奖。另外,还有一些具有潜在社会效益的重要选题也及时予以发表,如李昭淑教授《延安市溃坝灾害研究》即及时于1995年第1期发表,陕西省省长和副省长很快批示予以褒扬,并责成有关部门作专题研究解决,陕西省水土保持局也发出专文落实治理;四是大力扶持学术新秀,每隔数年举行一次西北大学青年教师优秀学术论文征文、评奖和出版青年科学专辑的活动,1995年的征文评比,收到论文93篇,评出自然科学优秀论文一等奖1篇、二等奖2篇、三等奖5篇,由学校分别给予800元、500元、300元等不同金额的物质奖励,其余论文经申请批准页码翻番,大部分在1995年5~6期发表,这极大地激励了青年教师的撰稿热情;五是实行向省部级以上基金论文倾斜的政策,除特约基金项目论文外,对国家基金论文实行随到随登,外稿则要求一般为省部级以上基金论文,1997年第5期还特辟了“国家自然科学基金资助课题暨校庆专辑”,集中发表基金论文,从而大大缩短了此类稿件的出版周期,也使学报的基金论文比例接近或达到50%以上。根据对1997年1214种中国科技期刊(含本刊)的统计,西北大学进入各项基金资助产生的科技论文前50名高校之列,其中学报的贡献率起码占到50%左右。刊载获奖成果论文的比例也有了较大的提高,1995~1998年省部级以上获奖论文比例达到45%以上。

(姚 远)