

# 壳聚糖对锌(铁)离子的配位特性及其配合物的应用

蒋寅<sup>1</sup>, 翟青<sup>1</sup>, 郭桦<sup>1,2</sup>, 谭辉<sup>1</sup>, 郭祀远<sup>1</sup>

(1.华南理工大学轻工与食品学院, 广东 广州 510640) (2.美晨集团股份有限公司, 广东 广州 510075)

**摘要:** 壳聚糖与金属的配合物兼有壳聚糖和配位金属离子的特性, 在很多方面都表现出了比配合物各组单独使用更优越的性能, 因而在营养保健、食品添加剂、医药、农业等领域有巨大的应用潜力。本文重点介绍了壳聚糖与锌、铁离子的配合物的物理性质、配合特性、结构分析、及应用领域等方面的研究现状, 展示了对壳聚糖-金属配合物研发、利用的广阔前景。

**关键词:** 壳聚糖; 金属配合物; 配位结构; 应用特性

中图分类号: R284.2; 文献标识码: A; 文章篇号: 1673-9078(2007)09-0088-05

## Coordination Characteristics of Chitosan on Zn/Fe Ions and the Application of the Coordination Compound

JIANG Ying<sup>1</sup>, ZHAI Qing<sup>1</sup>, GUO Hua<sup>1,2</sup>, TAN Hui<sup>1</sup>, GUO Si-yuan<sup>1</sup>

(1.College of Light Industry and Food Sciences, South China University of Technology, Guangzhou 510640, China)

(2.Masson Group Co. Ltd., Guangzhou 510075, China)

**Abstract:** The coordination compound formed by chitosan and metal ions possessed the characteristics both of chitosan and metal ions, which showed better performances than free chitosan or metal ions in many fields. Therefore, there was a promising application prospect on nutrition and health function, food additives, medicine and agriculture. In this paper, the physical property, coordination characteristics, structure and application of the coordination compound were introduced with emphasis.

**Key words:** chitosan, coordinated metal complex, coordination structure, applied character

壳聚糖(Chitosan)是天然高分子甲壳素脱乙酰化的产物, 一般为白色或淡黄色粉末。它是由 $\beta$ -(1,4)-2-氨基-2-脱氧-D-葡萄糖单元和 $\beta$ -(1,4)-2-乙酰胺基-2-脱氧-D-葡萄糖单元组成的共聚体, 糖元的2位为-NHCOCH<sub>3</sub>或游离的-NH<sub>2</sub>, 3位为仲-OH, 6位为伯-OH, 可借助氢键和盐键形成类似网状结构的笼形分子, 因而壳聚糖对金属离子有极好的配合能力, 可制备壳聚糖基金属配合物。

壳聚糖-锌(铁)配合物既有壳聚糖的高分子特性、良好的生理活性、pH响应性等特性, 又兼备金属离子的种种特性。同时, 其特殊的壳聚糖-金属螯合结构又为进一步修饰或改造提供了更大的发展可能性。因而, 在营养保健、食品添加剂、医药、农业等领域有广阔的应用前景<sup>[1-3]</sup>。

壳聚糖难溶于水, 其溶解度随聚合度(分子量)的降低而提高。壳聚糖-Fe(II)配合物为橘黄色粉末状,

收稿日期: 2007-05-16

基金项目: 高等学校博士学科点专项科研基金资助项目(20050561014)

作者简介: 蒋寅(1980-), 女, 博士生, 研究方向: 糖类物质的改性或利用

通讯作者: 郭祀远, 教授

难溶于水及常见的有机溶剂乙醇、丙酮、THF和DMF中, 也不溶于1%的HCOOH中, 但在加热时可溶于稀HCl中。壳聚糖-Zn(II)配合物为白色粉末状, 溶解性质与壳聚糖-Fe(II)配合物相似<sup>[4]</sup>。低聚壳聚糖-Fe(III)配合物是一种无定型的棕褐色粉末状固体, 无臭, 能溶于水, 在水溶液中呈中性, 不溶于乙醇、乙醚等有机溶剂。可见, 壳聚糖本身的溶解性对其金属配合物有较大的影响。

本文通过介绍壳聚糖与锌、铁离子配合物的配合特性、结构分析、及应用领域等方面的研究进展, 展示壳聚糖-金属配合物的研发和应用前景。

### 1 壳聚糖对金属离子的配位活性

壳聚糖以配位形式吸附金属离子, 在一定浓度范围内, 壳聚糖对Zn(II)、Fe(II)、Fe(III)的配位特性都符合Langmuir和Freundlich等温吸附方程, 但是壳聚糖的配位作用具有选择性, 同等条件下, 壳聚糖对这三种离子的配位选择性为: Zn(II)>Fe(III)>Fe(II)<sup>[5-6]</sup>。

#### 1.1 壳聚糖对Zn(II)的配位特性

壳聚糖的脱乙酰度、分子量、粒度大小; 溶液的

pH 值、温度; Zn(II)起始浓度和不同锌盐等方面都不同程度的影响到壳聚糖对 Zn(II)的配位反应<sup>[7]</sup>。壳聚糖对 Zn(II)的配位量随着分子量的增加而增大<sup>[8]</sup>,当壳聚糖的分子量大于 10 万时,配位量趋于稳定。壳聚糖的脱乙酰度越高,其配位性能越好,在足够长的时间内,对 Zn(II)配位量与壳聚糖粒度大小无关,但粒度越小,在短时间内配位越易达到平衡。当溶液 pH 值为 6.0 时,壳聚糖对 Zn(II)配位量达到最大值; Zn(II)起始浓度为 4~5 mg/mL 时,配位量趋于饱和,而在此浓度之下时,壳聚糖对 Zn(II)配位量与 Zn(II)浓度成正比。不同阴离子的锌盐对壳聚糖配位 Zn(II)有较大影响,其中硫酸锌有最高配位量。温度对配位量影响不大<sup>[9]</sup>。

## 1.2 壳聚糖对 Fe(II)、Fe(III) 的配位特性

谢志海等<sup>[10]</sup>对室温下,0.1 g 壳聚糖在 25 mL、pH 值为 2.7 的不同 Fe(II)起始浓度溶液中的配位能力进行了研究。实验结果表明,配位量随着 Fe(II)的起始浓度增加而上升,在 Fe(II)浓度到达 3~3.5 g/L 时,达到最大值,继续增加溶液浓度,配位量反而下降。张秀军等<sup>[11]</sup>发现,在壳聚糖对 Fe(II)的配位过程中,温度对配位速率的影响服从 Arrhenius 方程。王艳丽等<sup>[12]</sup>则进一步优化了反应条件,并用超声、微波对壳聚糖溶液进行处理,大大提高了壳聚糖对 Fe(II)的配位量。

壳聚糖对 Fe(III)的配位特性相对报道较少,Ngah 等<sup>[13]</sup>的研究表明 pH 对 Fe(III)配位量影响很大,pH 在 1~6.5 范围内,壳聚糖对 Fe(III)的配位量与 pH 成正比。孙兰萍等<sup>[14]</sup>优化了反应条件,在 pH 1.8、室温的条件下制得壳聚糖-Fe(III)配合物。

## 2 壳聚糖金属配合物的配位结构

### 2.1 壳聚糖-锌(铁)配合物的结构分析

目前,大多采用紫外吸收光谱和红外吸收光谱分析、X 射线衍射分析、元素分析等方法对配合物的分子结构进行研究。

雷永亮等<sup>[15]</sup>对壳聚糖-Zn(II)配合物进行了紫外吸收光谱和红外吸收光谱分析,证明了 Zn(II)与壳聚糖之间确实存在配位作用。丁纯梅等<sup>[16]</sup>根据 X 射线衍射分析,认为壳聚糖-Zn(II)是通过壳聚糖表面-NH<sub>2</sub>中的 N 提供孤电子对和 Zn(II)外层 4 s 和 4 p 所形成的 sp<sup>3</sup>杂化轨道配位成配位数为 4 的正四面体构型。而蔡健等<sup>[17]</sup>认为,Zn(II)与-OH 上的 O 原子之间形成了配位键。综合这些研究结果,可推测,Zn(II)主要与壳聚糖的-NH<sub>2</sub>中的 N 形成配位键,同时也存在与-OH 的 O 配位。其结构见图 1。

Fe(II)与壳聚糖的配合物与壳聚糖-Zn(II)结构相

似,紫外吸收光谱和红外吸收光谱分析结果显示壳聚糖分子的-NH<sub>2</sub>和-OH 可能参与了配位反应<sup>[18]</sup>。壳聚糖-Fe(III)的配位基团主要也是氨基,其中羟基也有一定的配位能力<sup>[19]</sup>。

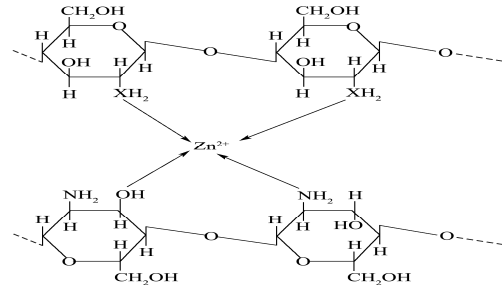


图 1 壳聚糖-Zn(II)结构图

### 2.2 壳聚糖-锌(铁)配合物的结构特点

锌、铁离子与壳聚糖的配合反应使得壳聚糖链发生折叠,使高分子壳聚糖链在特定部位的断裂更容易发生。Okuyama. K 等<sup>[20]</sup>指出,壳聚糖金属配合物中配位键的存在可能使得壳聚糖的分子间作用力和分子内某些键发生改变,形成有利于壳聚糖分子链断裂的弱势结构。尹学琼等<sup>[21]</sup>对比了金属配位控制氧化降解和直接氧化降解的反应结果,表明在相同降解条件下,金属-壳聚糖配合物的降解速度明显高于单纯壳聚糖的速度,且降解产物分子量分布较后者窄。不论壳聚糖以何种配位方式参与配位,配合物的结构均更有利于糖苷键的断裂。X 射线衍射图表明,金属-壳聚糖配合物的结晶度明显比壳聚糖低,更有利于降解反应的发生。在配合物形成过程中控制金属盐的加入速度和加入量,使金属离子均匀地分布在壳聚糖分子链上,则配位键引起的弱势结构也应大致均匀地分布在壳聚糖分子链上,在一定外力影响下(如氧化剂或外加光、高能射线、超声波等),使壳聚糖配合物在弱势结构处断裂,可得到一定分子量大小的低分子量壳聚糖配合物,脱除金属离子后即可得到低分子量壳聚糖<sup>[22]</sup>。

将壳聚糖水解后得到的低聚壳聚糖水溶性和生理活性都有很大提高,在医药保健领域受到了越来越多的关注。但是,如何控制降解后产物的分子量分布并提高降解效率,一直是亟待解决的难题。如果能利用壳聚糖-锌(铁)配合物结构的上述特点,用包括锌、铁在内的金属离子与壳聚糖配位再进行降解,就有望得到窄分子量分布的产物。因此,锌、铁离子与壳聚糖的配合物结构上的这一特点,揭示了一种高效定位降解壳聚糖的新方法,很有研究应用价值。

## 3 壳聚糖金属配合物的应用

壳聚糖金属配合物兼备壳聚糖和相应金属离子的

特性。壳聚糖具有杀菌、抑菌、消炎镇痛、促进伤口愈合、降血脂、降血压、抗肿瘤、增强免疫力、体内排毒、防治胃溃疡和胃酸过多、改进小肠代谢等功能。同时也具有良好的生物相容性和血液相容性。锌是人体必需的微量元素之一，在人体中含量仅次于铁，居第二位，是机体正常生长、蛋白质代谢、膜稳定性及200余种金属酶发挥功能所需的微量元素。铁在人体中微量元素含量居第一位，铁参与氧的运输和储存，与某些金属酶的合成与活动密切相关，影响能量代谢，是对生命体有重大影响的因素。壳聚糖与锌、铁离子配合后，其应用效果往往比壳聚糖或锌、铁离子单独应用的效果更好，因此壳聚糖-锌（铁）配合物在营养保健、食品添加剂、医药、农业等领域有广阔的应用前景。

### 3.1 作为新型的锌、铁补充剂

#### 3.1.1 人体营养改良剂

目前常用的无机盐锌、铁补充剂对肠胃有一定刺激作用，不易被儿童接受，而且存在锌、铁离子释放过快，容易流失的缺陷。因此对于新型锌、铁补充剂的研究一直都在进行。例如，对于补铁剂的研发已经由第一代的无机铁盐、第二代的小分子有机酸铁盐进入了第三代阶段，即铁不再以离子的形式存在，而是与小分子有机物络合形成螯合物。这类补铁剂与前两代相比，优势在于：吸收率高、口感好、无肠道刺激、性质稳定<sup>[23]</sup>。而甲壳低聚糖-铁配合物就属于第三代补铁剂。人体对壳低聚糖-锌配合物的吸收也会远远优于传统无机锌盐和有机锌盐。被添加在食物中的壳聚糖-锌（铁）配合物能够保持性质稳定，在人体胃酸的正常波动 pH 范围内则具有较高的持续释放出游离锌（铁）离子的能力，起到了对锌（铁）离子的缓释效果，使之不容易流失。另外，壳低聚糖本身具有改善肠胃功能的作用，可以促进对于锌、铁剂其它营养物质的吸收。壳低聚糖还能提高机体抵抗力，作为锌、铁营养补充剂的成分更能达到强身健体的效果。

Fe(II)、Fe(III)与壳聚糖的配合物都可以作为铁营养补充剂。但是一般食物中铁为 Fe(III)，在体内，食物中所含有的还原性物质如抗坏血酸、含巯基化合物将 Fe(III)还原成 Fe(II)，再被体内吸收。因此，作为营养补充剂，二价铁较三价铁更有利于人体吸收<sup>[24]</sup>。

#### 3.1.2 农用肥料

有研究<sup>[25-26]</sup>表明，壳聚糖-锌（铁）配合物用作补充相应元素的农业肥料，可以提高吸收率，壳聚糖本身抗菌除菌能力也对作物病害起到了良好的防治作用。

### 3.2 作为吸附剂

#### 3.2.1 尿素吸附剂

蔡健<sup>[27]</sup>发现不同分子量的壳聚糖-Zn(II)配合物对尿素的吸附量大致相同，提出最佳吸附条件为：室温下，溶液 pH 在 6-7 之间，尿素的起始浓度为 2 mg/mL，反应时间为 3 h，最大吸附量可达 83.97 mg/mL。周永国等<sup>[28]</sup>报道了壳聚糖-Fe(III)配合物对尿素有很好的吸附能力，郎惠云等<sup>[29]</sup>则发现壳聚糖-Fe(II)配合物在 pH 为 5.5、反应温度为 40 °C、反应时间 7 h、尿素起始浓度为 2.5 mg/mL 时、壳低聚糖-Fe(II)配合物对尿素的吸附量可达到最大值。并指出，壳聚糖-Fe(II)配合物对尿素的吸附量较为理想，优于以前临床使用的几种吸附材料。

以壳聚糖-锌（铁）配合物作为尿素吸附剂比单纯使用壳聚糖的吸附容量大得多。并具有以下优点：选择吸附性高；不吸附钾、钠、钙等离子，不会影响人体内正常的离子平衡；对尿素的吸附反应性质温和，对肠胃无刺激作用；主要原料壳聚糖价格低廉，具有良好的生物活性和医药价值，且生物及血液相容性好。

壳聚糖-锌（铁）配合物对尿素具有较好吸附作用的原因：壳聚糖基金属络合物存在刚性结构，络合物中金属离子 d 轨道难以达到饱和，可供尿素上的-NH<sub>2</sub>、-CO 进行配位。因此可以进一步推测，壳聚糖-锌（铁）配合物可与含配体的物质如游离氨基酸、多肽、P、S<sup>2+</sup>等配位，生成新的配合物。

#### 3.2.2 壳聚糖金属配合物吸附性能的其他应用

张志玲<sup>[30]</sup>发现，壳聚糖与包括锌、铁的过渡金属形成的配合物对 CO 的吸附容量大大增加，且从混合气中吸附 CO 的选择性高，反应速率快，可以用于防毒面具的吸附填料、卷烟制造及环保领域。Bayramglu Gülay 等<sup>[31]</sup>报道了壳聚糖-Fe(III)配合物对溶菌酶的吸附量大大高于单纯壳聚糖的吸附量，也高于壳聚糖-Cu(II)的吸附量。Baxter J 等<sup>[32]</sup>发现壳聚糖-Fe(III)配合物能在不影响血浆中 Ca(II)浓度水平的同时有效降低磷酸盐的含量。

### 3.3 作为医疗辅助药剂

Wang Xiaohui 等<sup>[33]</sup>的体外抑菌实验结果表明，壳聚糖 Zn(II)、壳聚糖 Fe(II)配合物对于革兰氏阳性菌、阴性菌和真菌的抑制效果都大大高于壳聚糖、Zn(II)、Fe(II)分别单独作用的效果。其抑菌效果取决于金属离子的种类，壳聚糖的分子量、脱乙酰度和环境的 pH 值。并推测壳聚糖 Zn(II)、壳聚糖 Fe(II)配合物通过破坏金黄色葡萄球菌的细胞膜达到抑菌效果。壳聚糖 Zn(II)还可以与其它材料混合作为烧伤敷料液，能促进

表皮生长,对于促进烧伤创面愈合具有良好效果。

黄进等<sup>[34]</sup>用分子量为 5000 的壳低聚糖与  $\text{FeCl}_3$  反应制得的纳米壳低聚糖-铁配合物,能通过其质粒 DNA 磷酸骨架之间的静电相互作用相结合。磷酸基团氧位点具有较高的负电荷,是高的轨道电负性给予体,与  $\text{Fe(III)}$  的作用主要是由静电性和吸引作用形成配位键。碱性氮为低的轨道电负性给予体,与  $\text{Fe(III)}$  配位属于轨道控制反应,形成共价键。两者共同存在互相作用,使金属配合物与 DNA 形成稳定的键合,从而导致 DNA 损伤。这一研究成果,为新型抗癌药物的研制与筛选提供了一定的理论研究基础。

#### 3.4 作为纳米微晶生长诱导剂

Norio I 等<sup>[35]</sup>将  $\text{FeCl}_3$  络合在壳聚糖上,采用尿素中和沸腾强迫水解法可获得  $\beta\text{-FeOOH}$  微晶,所得晶体结构规整,控制 pH 值和尿素含量可控制微晶的尺寸。桑文斌等<sup>[36]</sup>也报道,壳聚糖与配位性强的 Cu、Hg、Cd、Fe、Zn 等过渡金属相络合,对配合物处理后可转化获得尺寸较为单一、分布较为均匀的纳米微粒。将壳聚糖膜浸泡在  $\text{MCl}_2(\text{M}=\text{Cd}, \text{Zn})$  溶液中络合反应 24 h,干燥后再浸入  $\text{Na}_2\text{S}$  溶液中,进一步与 S 配位,随着配位不断增加,MS 晶粒长大;随着  $\text{M}^{2+}$  浓度和硫化时间的减少,晶体尺度减小,制得 MS 纳米微粒,用这种方法所得纳米材料尺寸可在 2~10 nm 范围内。

## 4 结语

壳聚糖能与有较强配位能力的锌、铁等金属离子配位,形成的配合物具有独特的结构和性质,和单独的壳聚糖或锌、铁离子相比,有着更优越的应用性能。

目前对壳聚糖-锌(铁)配合物的应用研究主要是基于其配位性质和分子结构特性展开。随着研究的深入,对于壳聚糖-锌(铁)配合物的特性必将有更进一步的了解,其应用也会更为广泛。人们正在通过对壳聚糖的改性和修饰,充分发挥壳聚糖-锌(铁)配合物更大的应用价值。这将会进一步拓宽壳聚糖金属配合物的研究和应用领域,使壳聚糖这种天然可再生资源能得到更充分的利用。另一方面,壳聚糖与锌、铁配合后产生易于降解的弱势结构这一特性,也为开发高效、定位降解壳聚糖提供新的方法。

## 参考文献

[1] Guibal, Eric, Interactions of metal ions with chitosan-based sorbents: A review [J]. Separation and Purification Technology, 2004,39(1): 43-74

[2] Varma, A.J. Deshpande, S.V. Kennedy, et al, Metal complexation by chitosan and its derivatives: A review [J], Carbohydrate Polymers, 2004,55(1):77-93

[3] Chassary, Philippe, Vincent, et al. Metal anion sorption on chitosan and derivative materials: A strategy for polymer modification and optimum use [J]. Reactive and Functional Polymers, 2004, 60(1-3): 137-149

[4] 况伟.低聚水溶性壳聚糖与锌的络合[J],食品与机械,2006,22(1):15-17

[5] 陈小刚,陈忻.壳聚糖对痕量重金属  $\text{Cu(II)}$  和  $\text{Zn(II)}$  吸附作用的研究[J].广东化工,2006,33(3):5-9

[6] Yoshihide Kawamura, Masaki Mitsuhashi. Adsorption of metal ions on polyaminated highly porous chitosan chelating resin [J]. Ind Eng Chem Res, 1993, 32:391-395

[7] 邢东阳,夏彩芬,陈炳稔.甲壳素/壳聚糖及其衍生物的制备和吸附特性研究进展[J].安徽化工.2004, 129(3):13-16

[8] 郎惠云,蔡健,魏永锋.不同壳聚糖降解产物与锌(II)络合物的合成及性能表征[J].分析化学.2004,11(32):1421-1425

[9] 黄晓佳,王爱勤,袁光谱.壳聚糖对  $\text{Zn}^{2+}$  的吸附性能研究[J].离子交换与吸附,2000,16(1):60-65

[10] 谢志海,强永刚,郎惠云,等. $\text{Fe(II)}$ -脱乙酰壳聚糖配位聚合物的合成及其性能表征[J].离子交换与吸附,2002,18(1):76-79

[11] 张秀军,郎惠云,魏永锋,等.壳聚糖亚铁螯合物的合成及吸附动力学[J].应用化学,第 2003,20(8):749-753

[12] 王艳丽,刘萍,胡锦涛,等.提高壳聚糖基亚铁配合物络合量的研究[J].中国食品添加剂. 2006(3):54-56

[13] Ngah, W.S. Wa, Ab Ghani, et al, Adsorption behaviour of  $\text{Fe(II)}$  and  $\text{Fe(III)}$  ions in aqueous solution on chitosan and cross-linked chitosan beads[J]. Bioresource Technology [J], 2005,96(4):443-450

[14] 孙兰萍,许晖,赵大庆,等.壳聚糖铁(III)配合物的合成及结构表征[J].中国农学通报,2007,23(1):53-57

[15] 雷永亮,孙伟,王海玉,等.低分子量水溶性壳聚糖与  $\text{Cu(II)}$ 、 $\text{Zn(II)}$  配合物的光谱分析[J].青岛科技大学学报, 2003, 24(1):31-32

[16] 丁纯梅,宋庆平,叶生梅. $\text{Zn}^{2+}$ -壳聚糖螯合物的制备及其 IR、XPS 分析[J].华东理工大学学报.2003,29(3):315-324

[17] 蔡健,郎惠云,王振军,等. $\text{Zn(II)}$  脱乙酰壳聚糖配合物的动力学研究[J].西北大学学报,2004,34(1):52-55

[18] 丁德润.低分子量壳聚糖及其衍生物与金属离子配合物研究[J].无机化学学报,2005,21(8):1249-1252

[19] Nieto J.M., Peniche-Covas, C, Del Bosque, et al, Preparation and characterization of a chitosan- $\text{Fe(III)}$  complex [J]. Carboh

- ydrate Polymers,1992,18(3):221-224
- [20] Okuyama, K, Moguchi K, Kaneran M. Structural diversity of chitosan and its complexes [J].Carbohydrate Polym.2000,(41): 237-248
- [21] 尹学琼,林强,张岐.壳聚糖的配位控制氧化降解及量子化学研究[J].化学研究与应用.2004,16(4):485-488
- [22] 尹学琼,袁文,林强.氧化降解壳聚糖铜配合物制备低聚壳聚糖[J].应用化学.2006,23(7):729-733
- [23] 付成林,周丽鹃,周希彬,等.人体补铁剂的研究进展[J].黑龙江医药,2006,19(3):207-208
- [24] 孟凡德,刘学启,李明霞,等. 营养型口服补铁剂的研制及其生物利用度研究[J].营养学报,2003,25(3):245-247
- [25] Kume T, Nagasawa N, Yoshi F. Utilization of carbohydrates by radiation proceing[J]. Radiation Phy Chem.2002,63(3~6): 625-627
- [26] Tham L X, Nagasawa N, Effect of radiation degraded chitosan on plants with heavy metal[J].Adv Chitin Sci. 1998,3:463-468
- [27] 蔡健.壳聚糖及其衍生物与锌配合物的合成及研究[D].西安:西北工业大学.2003
- [28] 周永国,齐印阁,王秀娟.壳聚糖金属离子配合物吸附尿素性能研究[J].中国生物化学与分子生物学报,1999,15 (4): 677-679
- [29] 郎惠云,张秀军.不同分子量的壳聚糖亚铁配合物及其对尿素的吸附性能[J].食品科学,2005,26(3):31-34
- [30] 志玲.壳聚糖基金属配合物对 CO 的吸附性能及其在卷烟中的应用研究[D].北京:中国农业大学,2005
- [31] Bayramglu Gülay, Kaya Bülent, Arc M Yakup. Procion Brown MX-5BR attached and Lewis metals ion-immobilized poly(hydroxyethyl methacrylate)/chitosan IPNs mambranes: Their lysozyme equilibria and kinetics characterization [J]. Chemical Engineering Science,2002,57(13):2323-2334
- [32] Baxter J, Shimizu F, Takiguchi Y. Effect of iron(III) chitosan intake on the reduction of serum phosphorus in rats[J].J Pham Pharmacal,2000,52,(7):683-874
- [33] Wang Xiaohui, Du Yumin, Fan Lihong; et al. Chitosan-metal complexes as antimicrobial agent: Synthesis, characterization and Structure-activity study[J].Polymer Bulletin,2005,55(1-2): 105-113
- [34] 黄进,汪世龙,孙晓宇,等.纳米壳寡糖-铁配合物的制备及其生物活性的研究[J].化学学报.2006,64(15):1570-1574
- [35] orio I, Kanjiro T, kunio E, et al. Characterization of precious meta lparticles prepared using chitosan as aprotective agent [J]. Colloidsand Surfaces,1991,(55):15-21.
- [36] 桑文斌,彭小雷,钱勇彪.甲壳胺膜中 MS(M=Cd、Zn)半导体纳米微粒形成机理的探讨[J].原子与分子物理学报.1999, 16(3):358-362

### 秋季进补要讲究科学

秋季是进补的黄金季节，但不恰当的进补方法不仅对身体无益，有时甚至会损害健康。记者从哈尔滨的几家医院了解到，入秋以来，由于不恰当的进补导致的就医者和咨询者呈上升趋势。有关专家建议，秋季进补切忌盲目，应在医生的指导下，进行科学的进补。

在某 IT 企业工作的小王由于平时用脑较多，家人给他买了些人参补养。补了一段时间后，小王出现了嗓子疼、流鼻血等症状。医生诊断后告知，小王原本身体健壮，因此吃多了人参不但不能补脑，反而引起了上火。

黑龙江省医院中西医结合科主任医师陈波华说，很多人都认为补品越贵越好，其实这种观点是不确切的。价格昂贵的燕窝、人参之类并非对每个人都适合。各人的身体状况不同，因此与之相适应的补品也是不同的。选择补品应以实用有效为原则，缺啥补啥。

秋天天气转凉，人的胃口也随之大开，于是被很多人在夏季里冷落的火锅又重新红火起来。牛羊肉是秋天里很好的食品，但放开胃口大吃一顿后，一些人却出现腹胀、消化不良等症状。很多人问：“都说秋天吃牛羊肉好，怎么吃完了身体却不‘接受’呢？”

陈波华解释说，夏天天气炎热，人们常吃冷食，因此脾胃功能都有不同程度的减弱。秋初脾胃功能尚未完全恢复到正常水平，因此应适当食用牛羊肉。另外，吃肉类过多，容易导致体内的脂肪堆积，可能会诱发心脑血管疾病。秋初进补应先调节脾胃，食补中不应忽视蔬菜，它可以为人体提供多种维生素和微量元素。

医生提示，进补中重药物轻食物的做法也是不科学的。许多食物也是好的滋补品，如多吃荠菜可治疗高血压，多吃萝卜可健胃消食，顺气宽胸。日常食用的胡桃、芝麻、花生、红枣、扁豆等也是进补的佳品。

摘自：<http://www.zhav.com/xywy/healthcare/9/3/3/2018261807.html>