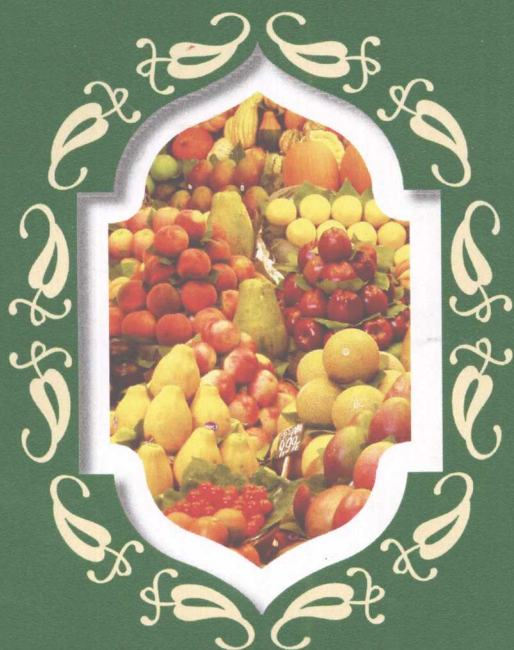


神奇的元素

神奇的抗氧化因子



自由基的克星——抗氧化因子
重要抗氧化因子详细剖析
抗氧化之父——莱斯特·帕克
抗氧化因子的六大作用

内蒙古人民出版社

图书在版编目(CIP)数据

神奇的元素 / 金旭丹著. — 呼和浩特: 内蒙古人民出版社, 2006.12

ISBN 7-204-08603-1

I. 神… II. 金… III. 化学元素 — 普及读物
IV. 0611-49

中国版本图书馆CIP数据核字(2006)第154053号

神奇的元素

主 编	金旭丹
出版发行	内蒙古人民出版社
地 址	呼和浩特市新城区新华大街祥泰大厦
印 刷	重庆升光电力印务有限公司
开 本	850 × 1168 1/32
印 张	18
字 数	280 千
版 次	2007 年 1 月 1 版
印 次	2007 年 1 月第 1 次印刷
印 数	1-3000 套
书 号	ISBN 7-204-08603-1/C·17
定 价	45.00 元(全 5 册)

如发现印装质量问题, 请与我社联系 联系电话: (0471) 4971562 4971659



神奇的抗氧化因子

金旭丹 主编

内蒙古人民出版社

第一章	抗氧化因子概述	1
第一节	抗氧化因子的概念	1
第二节	抗氧化因子的分类	2
第三节	抗氧化因子的作用	3
第二章	抗氧化因子的来源	4
第一节	天然抗氧化因子	4
第二节	人工合成抗氧化因子	5
第三章	抗氧化因子的检测	6
第一节	抗氧化因子的检测方法	6
第二节	抗氧化因子的检测标准	7
第四章	抗氧化因子的应用	8
第一节	抗氧化因子在食品中的应用	8
第二节	抗氧化因子在医药中的应用	9
第三节	抗氧化因子在化妆品中的应用	10
第五章	抗氧化因子的研究进展	11
第一节	抗氧化因子的作用机制	11
第二节	抗氧化因子的合成与修饰	12
第三节	抗氧化因子的生物活性	13
第六章	抗氧化因子的未来展望	14
第一节	抗氧化因子的开发与应用	14
第二节	抗氧化因子的安全性评价	15
第三节	抗氧化因子的市场前景	16

第一章	为什么要抗氧化	4
第一节	自由基世纪	5
	起步	5
	融合	6
	发展	7
第二节	什么是自由基	10
	随氧而生	10
	自由基化学	10
	自由基的性质	12
	自由基的产生	13
	自由基对生物体的积极作用	14
第三节	自由基的攻击	17
第四节	自由基和亚健康	19
	什么是人类亚健康	19
	亚健康的具体表现	20
	自由基与亚健康	21
	亚健康人群	22
	亚健康怎样改善	24
第五节	自由基和疾病	27
	自由基与衰老	28
	自由基与癌症	30
	自由基与缺血后重灌流损伤	30
	自由基与肺气肿	31
	自由基与眼病	31
	自由基与炎症	32
	自由基与其他疾病	32
	附录 亚健康个体检测表	35
第二章	将抗氧化进行到底	37
第一节	自由基破坏细胞	38
第二节	抗氧化剂的作用	40
第三节	抗氧化剂的功能检测标准	41
第三章	抗氧化之父	42
第一节	莱斯特·帕克	43
第二节	抗氧化检测新进展	44
第三节	抗氧化物的奇迹	46
第四节	抗氧化共生环境论	48
	附录 人类健康、类胡萝卜素和	
	华茂 (Pharmanex®) 生物光电扫描检测仪	51
	附录 莱斯特·帕克教授的部分论文索引	57
第四章	抗氧化物质	59
第一节	抗氧化酶	60

超氧化物歧化酶 (SOD)	60
过氧化氢酶 (CAT)	63
谷胱甘肽过氧化物酶 (GSH-Px)	64
硫辛酸 (辅酶)	66
第二节 天然抗氧化剂	70
绿茶	70
葡萄籽	74
银杏	81
冬虫夏草	83
灵芝	85
花粉	90
第三节 抗氧化维生素	94
维生素 E	94
维生素 C	97
β -胡萝卜素	97
番茄红素	99
第四节 抗氧化矿物质	103
硒	103
锌与铜	105
铁	106

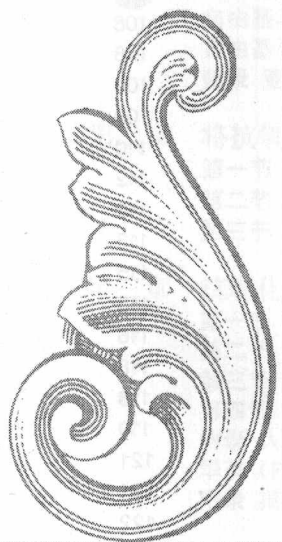
第五章 抗氧化与疾病

107

第一节 衰老	108
衰老机理	108
衰老的三种原因	109
人的抗衰老能力	109
抗氧化, 抗衰老	110
第二节 免疫力下降	112
如何发现免疫力下降	112
抗氧化因子增强免疫力	113
第三节 心血管病	115
自由基和心血管病	116
抗氧化因子的预防作用	116
第四节 癌症	118
可怕的癌症	118
预防癌症	119
第五节 老年痴呆	121
抗氧化因子保护大脑	121
抗氧化机理	122
第六节 糖尿病	123
糖尿病主要特征	123
抗氧化因子的作用	124

第一章 为什么要抗氧化

抗氧化的概念在医学上与有害自由基密不可分，正是因为发现了自由基过量对人体造成的危害，才出现了抗氧化理论，才发现很多熟悉的植物、动物和自然环境中都有抗氧化因子，并由此而引发了全世界的抗氧化潮流。



第一节 自由基世纪

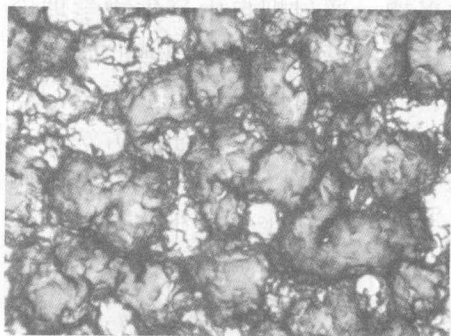
自由基的历史贯穿了整整一个世纪，从1900年开始，人们对于自由基的研究就已经真正开始。

起步

在20世纪初的1900年，美国化学会会志和德国化学会学报同时发表了美国密执安大学化学系年轻教师M. 康伯吉(M. Gomberg)关于“自由基”(Free radical)的论文，引起了化学界一场持续十年的大辩论。M. 康伯吉是在用氯化三苯甲基制备六苯乙烷时首先分离出稳定的自由基(三苯甲基自由基)的。这是世界上第一次肯定自由基的客观存在。但由于M. 康伯吉的实验不可重复，所以化学界中有相当一部分专家并不接受其自由基学说。1910年，一些研究者分别合成了若干类别的自由基，才使科学

界开始接受自由基存在说。

但因大多数自由基寿命很短和高度不稳定，起初30年对它的研究进展很缓慢；直至20世纪40年代，苏联物理学家发现电子顺磁共振现象(也称电



自由基修复后的状态

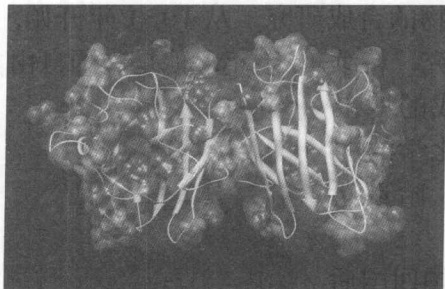
子自旋共振现象)，并发明了电子自旋共振仪（ESR），即可直接检测到自由基的波谱技术，人们对自由基的认识才取得了长足的进展。

1937年，M. S. 哈瑞斯（M.S.Kharasch）第一次发现了自由基过氧化效应（peroxide effect）之后，自由基在生物学和医学中的理论研究和临床应用等方面日益受到人们的关注。1940年，前苏联物理学家利用电子自旋共振仪（ESR）直接检测到自由基。

融合

随后很长一段时间，人们对自由基的研究围绕着自由基的化学性质及其对各种样品的含量检测，并偏重于一些现象研究。

现代物理、化学技术的飞速发展，使20世纪70年代后对自由基的研究手段延伸到兼用各种生化方法及其他仪器设备。由于在生物体内发现SOD及现代细胞生物学的发展，生物化学及分子生物学的快速发展使人们对自由基在生命科学中的意义有了许多新的认识，并使人们对自由基生物学效应产生了浓厚的兴趣，通过把自由基生物学理论与基础医学相结合，从而使自由基在生物学领域的研究进入了一个理论与应用相结合的崭新阶段，并形成了一门新兴的交叉学科——自由基生物学与医学，其研究方法及其研究对象涉及了生物物理学、生物化学、分子生物学、细胞生物学、免疫学、物理化学、分析化学、卫生学、临床医学、药理学、毒理学等多种学科。同时发现90%以上的疾病与自由基有关，其中包括过敏、冠心病、溃疡、肿瘤、衰老、关节炎等疾病。



SOD 分子结构

1980年,生物学家、医学家、营养学家联手寻找并开发抗自由基的物质,以尽可能减小和预防自由基对人体健康造成的危害,这些物质包括生物黄酮类物质、维生素C、维生素E和 β -胡萝卜素。1982年,英国伦敦成立了国际自由基医学学会,使得此项物质受到世界注目。

发展

1956年,D·贺尔曼(D. Harman)创立了衰老自由基学说,开创了清除自由基过氧化作用而达到抗衰老效果的概念。他认为由于身体代谢过程中产生的不稳定自由基在细胞内堆积而形成了高度活性分子碎片,干扰了代谢而导致衰老,建议使用抗氧化剂防止衰老,因抗氧化剂有中和自由基作用。

1960年,贺尔曼教授又发现人类血清中的硫醇标准在20~40岁时为550 μm (微米),到了80岁时降为400mm,反映出过氧化作用对细胞的破坏,实验中证明在饲料中添加抗氧化剂,动物的平均寿命延长15%~30%,除抗氧化剂外,有些所谓自由基净化剂如过氧化氢酶(CAT)、超氧歧化酶(SOD)、丁化羟基甲苯(BHT)也有相同效果,到了1990年,致使人体衰老的自由基学说仍然是赞同者最多的理论之一。

中国有机化学家刘有成早期从事有机硫化物研究和甾

体化合物同位素标记化合物的合成研究，从 1951 年开始，刘有成转入自由基化学研究，持续 40 余年，他是中国自由基化学的奠基人。刘有成的博士后指导老师就是自由基化学的主要奠基人之一——M. S. 哈瑞斯 (M.S.Kharasch) 教授。

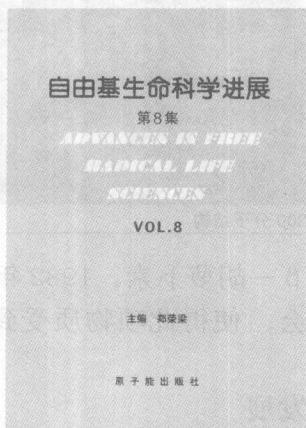
1955 年，刘有成从美国回国后不久，就在兰州大学化学系创建了我 国第一个自由基化学研究小组，在极其困难的条件下对硫醇和炔属化合物的加成反应进行了研究，阐明了反应机理及立体化学。他在格氏试剂自由基方面的研究也取得了重要成果。

1978 年以后，刘有成重建了兰州大学化学系物理有机化学研究室，他以极大的热情投入研究工作，并取得了重要研究成果，这些结果对认识生物膜中抗氧化作用及合成新的高效生物抗氧化剂有指导意义。

刘有成取得的科研成果，使他成为国内外知名的自由基化学家，曾应邀对中国自由基化学的发展撰写过专论。

刘有成在国际学术界十分活跃，他是美国化学会、英国化学会、瑞士化学会和国际自由基学会的会员。当 1990 年刘有成 70 寿辰之际，国际性刊物《化学中间体评论》(Reviews of Chemical Intermediates) 为他发表了一系列论文以示庆贺。

2003 年 2 月 28 日，中国上海科学院上海有机化学研究所的蒋锡夔院士率领的科研小组获得了连续 4 年空缺的中



郑荣梁主编的《自由基生命科学进展》

国自然科学界科研成就最高奖项——中国国家自然科学一等奖。奖项项目是：有机分子簇集和自由基化学的研究。“有机分子簇集”所表现的“疏水亲脂相互作用”被科学界认为是导致宇宙间生命现象形成的基本作用力之一，“自由基”在生命过程中和人类的疾病、衰老等息息相关。



蒋锡堃院士

半个世纪以来，由于自由基反应在有机化学反应机理、石油化学、高分子聚合、辐射化学、生命科学中的重要性，已引起愈来愈多的关注，并得到了飞速的发展。

第二节 什么是自由基

随着我国人民物质生活水平和对生活质量的要求不断提高，人们对保健知识的需求也与日俱增，而自由基这个概念在生活中出现的频率也越来越高。那么，究竟什么是自由基，它与我们的健康有什么关系呢？

随氧而生

人类需要氧气才能维持生命。但是在吸收氧气、消耗热量或者分解葡萄糖的时候，在正常的代谢过程中必定会产生自由基（也叫活性氧或游离基）。适量的自由基与稳定的氧分子维持着巧妙的生理平衡，使得人类的生理系统运作良好。例如当有害的细胞侵入人体时，白血球会释放出自由基，摧毁入侵者，这是自由基有利的一面。当自由基一旦不受控制时，可能会损害细胞的遗传物质DNA，有时甚至于彻底将它们摧毁，这是自由基有害的一面。这种损害不断地累积的结果，就有如铁锈一般，不断地侵蚀我们的身体，使得身体的机能下降，加速身体的老化，并引起各种慢性病、甚至发生癌症等重大疾病。

自由基化学

对自由基的研究已有较长的历史，但关于自由基的概念和定义在不同时期却有所不同。开始人们猜测自由

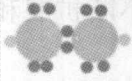
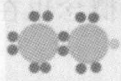
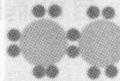
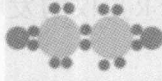
基是一些不稳定的基团，随着实验数据的积累及电子自旋共振（ESR）仪的发明，自由基的概念也在不断扩展和完善。

众所周知，世界上的物质（包括人体）都是由分子组成的，分子是由原子构成，原子又是由原子核和核外电子组成，整个原子是中性的，这一理论在物理学界早已被证实。两个原子组成分子时各出一个电子，成为共价键，如果共价键中配对的电子因故缺一个或增加一个，原来完整的分子就成了残缺不全的碎片，这个碎片化学上称为自由基（Free Radical）。现在较为一致的定义是：任何包含一个未成对电子的原子、原子团、分子或离子均称之为自由基。一般将一个小圆点标在自由基的结构或分子上，以表示未成对的电子，如羟基自由基表示为 $\cdot\text{OH}$ 。

自由基是极不稳定的氧分子，这些分子没有固定的居留处，是一种转瞬即逝（百万分之一秒的瞬间）而又有攻击性的氧分子，由于它的不稳定，时刻伺机寻找可以结合的分子，当与另一个分子结合就造成损害，或者转化为毒素渗透到细胞内部，甚至到达DNA所在的部位，所以也可以说它是“细胞的破坏份子”。

人体内促氧化剂和抗氧化剂是处于一种动态平衡之中，若促氧化剂作用大增而抗氧化剂作用下降，身体便处于氧化应激状态（Oxidative Stress），也就是说在被氧化状态下，身体内活性氧自由基不断地产生，而清除能力却明显受阻，这种作用持续之下，自由基开始损伤蛋白质、核酸、酶、碳水化合物、脂质和生物膜等重要大分子，最终导致身体衰老及诱发疾病的产生。

神奇 的抗氧化因子

普通的氧分子	一般的自由基	较活跃的自由基	过氧化氢	最活跃的自由基
				
由两个氧原子组成的氧分子。两侧的不成对的电子呈对称，稳定。	普遍存在的自由基。单边只有一个电子，很不稳定。	单侧的电子进入到另一侧的轨道上，出现了空的轨道，很不稳定。经常发生在紫外线照射下的皮下组织里。	由两个氧原子和两个氢组成，虽然没有不对称的电子，但很不稳定。常用做杀菌剂。也可杀死进入体内的细菌。	最活跃的自由基。一个氧原子和一个氢原子形成。过氧化氢和金属离子反应时产生。

自由基的性质

从化学反应的角度来看，自由基具有三个显著特点，即反应性强、具有顺磁性和寿命短。

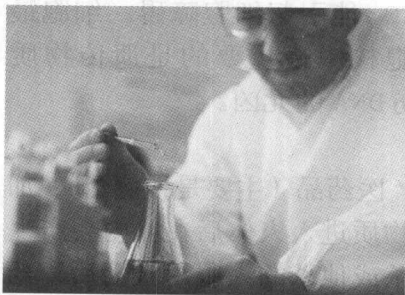
在所有分子成键过程中，电子都是倾向配对的，自由基中的未成对电子也有配对的倾向，因此大多数自由基都很活泼，反应性极强，容易反应生成稳定分子，这一重要性质导致自由基极易进攻细胞、蛋白质、酶和核酸等，这也正是自由基容易造成机体损害的直接原因。

自由基的未成对电子具有顺磁性的自旋磁矩，这一特性为研究自由基的 ESR 技术提供了理论依据。

多数自由基反应性很强，寿命很短，如羟基自由基的寿命只有 10 ~ 6 秒；但也有少数自由基反应性不强，寿命较长，并相当稳定，如多环芳烃自由基和醌类自由基以及自由基自旋标记物（吡啶类自旋标记物、吡咯啉类标记物）等。

自由基的产生

自由基是人体生命活动中多种生化反应的中间代谢产物，体内的自由基既可以是内源性的，也可以是外源性的，外界诸多理化因素（如电离辐射、大气污染、吸烟等）都会使生物体内产生外源性自由基；另一方面，生物体内尚有许多非酶反应和酶促反应（如吞噬细胞系统、线粒体和微粒体电子传导系统、脂质过氧化过程等）都会产生内源性自由基。机体在代谢过程中（如酶的催化、电子传递、细胞成分的自动氧化等）或受高能辐射和光分解等作用，都会刺激产生一些自由基，此外，空气中的氧化性污染物（如 O_3 、 NO_2 和 NO 等）也能在体内起动自由基反应。因此，



导致人体内自由基增多的原因很多，目前已知道的有太阳紫外线、宇宙射线即各种放射性物质辐射、体内代谢紊乱、创伤、感染、吸烟、缺血和炎症反应等。

具体来讲，体内自由基主要有以下来源：

1. 巨噬细胞的吞噬作用

当细菌、病毒等异物侵入人体时，若身体没有任何反应，这些异物会在体内迅速繁殖，导致身体患病；庆幸的是，人体遭到异物袭击时会动员其防御系统（主要是白细胞和巨噬细胞，以下称之为食细胞）将异物吞噬掉。这些细胞在不断吞噬异物的过程中，其细胞膜要制造自由基，进入细胞内，溶解被吞噬的异物；当食细胞反复吞噬异物时，自由基不只流入细胞中，也会流出细胞外，自由基不

但能溶解细菌、病毒等异物，也会攻击血管内壁及内脏，引起各种疾病。

2. 紫外线

紫外线照射到地球上的物体时，会产生氧化性极强的活性氧 O_3 ，它能杀死细菌、病毒。夏天人们习惯把冬天的棉被和衣服拿出来晾晒就是利用紫外线产生的活性氧来杀灭病菌的；假设太阳持续2~3周不照射地球，地球上的病菌将会肆虐繁殖，严重危及人类生命健康。

3. 放射线

众所周知，原子弹爆发或核泄露后产生的放射线会导致草木和动植物的灭绝，有些疾病甚至会殃及后代，其原因就是放射线产生的活性氧 O_3 能引起细胞障碍。细胞最重要的部位是细胞核，细胞核中最重要的是遗传物质DNA，活性氧自由基正是损伤DNA的元凶。

4. 化学物质

农药（除草剂、杀虫剂）、医药品（主要是抗癌药）、加工食品、合成洗衣粉等化学物质进入人体后在体内会产生大量活性氧而破坏DNA。自杀或他杀的人服用农药后，药剂很快到达肺部，破坏肺细胞核的DNA，使肺失去呼吸能力，服用25毫升以上时造成的损害将抵御医院所有的治疗和急救而死亡。另外，少量农药被使用者吸入鼻中或作物上残留的部分被食用者摄入体内渐渐积累后，也会引起畸形和癌症等多种疾病。

5. 压力

压力会使血液循环不良，呈现缺氧状态，刺激自由基的发生；而当血液循环恢复畅通时，也会产生自由基，因此，一旦血液循环不良，就会有第二次产生自由基的可

能。

6. 吸烟

吸烟是一个很复杂的燃烧过程，一支燃烧的香烟就是一个微型化工厂，可产生几千种物质，其中包括在吸烟的气相和焦油中存在的大量自由基。因此，吸烟者肺内的氧化剂，一是来源于纸烟烟雾中的自由基，二是来源于这些自由基刺激肺泡巨噬细胞、中性粒细胞产生过多的氧自由基，这些自由基可与生物膜中的多价不饱和脂肪酸发生脂质过氧化反应，产生大量过氧化脂质，从而损害了生物膜的正常结构和功能，对组织细胞有较大的破坏作用，最终引起多种疾病。

7. 脂质过氧化

一般将不饱和脂肪酸的氧化变质称为脂质过氧化，脂肪、油类和奶油的贮存，涂料、油漆、塑料和橡胶的制造和使用中都存在脂质过氧化问题，脂质过氧化过程是一个产生自由基和自由基参与的链式反应。

自由基对生物体的积极作用

自由基是人体生命活动中多种生化反应产生的正常中间代谢产物，是机体有效的防御系统，对维持机体正常的代谢有一定的促进作用，机体若不能维持一定水平的自由基则会给其生命活动带来不利影响。自由基对人体的益处主要体现在以下几方面。

1. 增强白细胞的吞噬功能，提高杀菌效果

当白细胞吞噬细菌时，在消耗大量氧的同时会产生很多活性氧自由基，如 O_2^- 和 H_2O_2 ，此二者又可进一步反应生成 $\cdot OH$ ，就是依靠这些活性氧自由基与病原菌的核