

谈老不色变，氧化的前世今生

李姝慧，武艺杞，潘英明*

广西师范大学化学与药学学院，省部共建药用资源化学与药物分子工程国家重点实验室，广西 桂林 541004

摘要：当今时代，“养生”主义盛行，“抗氧化”逐渐成为一个热点话题，其中抗衰老就是抗氧化的一部分。本文以一场自由基的奇幻之旅，揭示了“生活中人的皮肤有皱纹，用久的塑料制品会变硬，食用油久置变质”等一些日常现象产生的原因，提出正确抗氧化的方法。通过此文，希望减少人们对容貌衰老的焦虑，提升人们的身体健康与心理健康。

关键词：自由基；氧化应激；抗氧化；抗衰老

中图分类号：G64；O6

Embracing Aging: The Evolution of Oxidation

Shuhui Li, Yunqi Wu, Yingming Pan *

State Key Laboratory for Chemistry and Molecular Engineering of Medicinal Resources, School of Chemistry and Pharmaceutical Sciences, Guangxi Normal University, Guilin 541004, Guangxi Zhuang Autonomous Region, China.

Abstract: In today's era, "health preservation" is prevalent. "Antioxidation" has become a hot topic, and anti-aging is a part of antioxidants. This article takes a fantastic journey of free radicals, uncovering the reasons behind daily phenomena such as wrinkles on the skin, hardening of plastic products after prolonged use, and spoilage of edible oils. At the same time, correct antioxidant methods were proposed. Through this paper, we hope to reduce people's anxiety about aging appearance and protect their physical and mental health. In contemporary society, the concept of "health preservation" is gaining prominence, with "antioxidation" emerging as a significant topic of interest, particularly in the context of anti-aging. This paper embarks on a captivating exploration of free radicals, revealing the underlying mechanisms behind everyday phenomena such as the appearance of wrinkles on the skin, the hardening of plastic products with prolonged use, and the spoilage of cooking oils. Additionally, effective antioxidant strategies are proposed. Through this work, we aim to alleviate concerns regarding the aging process and promote both physical and mental well-being.

Key Words: Free radicals; Oxidative stress; Antioxidants; Anti-aging

故事的主角小梅是一个很爱美的姑娘，每天早上醒来第一件事就是照镜子，但是在她25岁以后的某一天，她突然发现自己变“老”了，明明上周还没有出现的细纹，怎么出现了？明明上个月还没有黄斑，怎么有了？到底是什么在兴风作浪呢？小梅在睡前惯常照镜子后焦虑不安地想：我到底怎么了，不会影响身体健康吧，我要去看医生吗，要去看保健品、护肤品吗？夜色越来越浓，小梅

收稿：2024-05-09；录用：2024-07-25；网络发表：2024-08-23

*通讯作者，Email: panym@mailbox.gxnu.edu.cn

基金资助：国家级第二批一流本科课程线下一流课程“有机化学”；2020年度广西壮族自治区级一流本科课程线下一流课程“有机化学”（桂教高教[2021] 11号）；广西壮族自治区课程思政示范课程“有机化学”（桂教高教[2022] 52号）；2023年度广西高等教育本科教学改革工程项目（2023JGB133）

的意识也越来越模糊，她进入了一片梦乡中。在这片梦乡中，小梅遇到了生来就有单电子的自由基精灵阿吉，庞大的自由基军队和给自由基们提供电子捕捉自由基的监察官抗氧化剂。

1 自由基阿吉来了

不知过了多久，小梅突然被一阵窸窣窸窣的声音惊醒了。她抬头看去，只看见一团黑影，她吓得一动也不敢动。渐渐地，那团黑影越来越清晰了。小梅赶紧揉揉眼睛，仔细一看，呀，原来是个小精灵！这个小精灵闪烁着透明的翅膀飞来飞去，头顶有一未成对的白色圆球，小精灵开口说道：“欢迎来到自由基世界，我是阿吉，让我来陪你一起探查谁是让你变老的罪魁祸首。”

小梅从黑暗中走了出去，放眼望去，眼前是一个红砖砌墙、红瓦铺顶的宫殿，宫殿门口前站着一排士兵。士兵们腰间挂着一把长剑，胸前带着一个徽章，上面有三个字——自由基，士兵们迈着整齐划一的步伐，喊着响亮的口号：“我们不做单身汉，没有抢不来的电子，只有不用功的自由基。”她好奇地问：“这是在干什么？”小精灵说：“这是自由基的出生地，这个宫殿里每一秒钟都发生着成千上万的化学反应。宫殿与外界不断接触的过程中，比如细胞呼吸、外界污染、放射线照射等都会产生一些自由基(图1)。有很多自由基战士就是从这里面产生的^[1]。这些自由基士兵是具有不成对电子的原子、分子或离子，具有高度不稳定性，易与其他分子发生各种化学反应。”

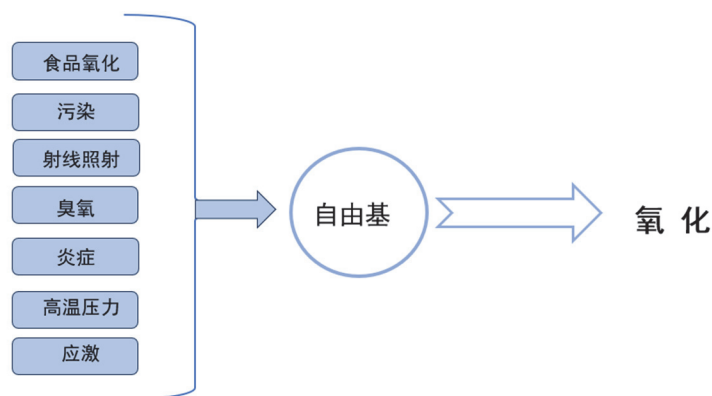


图1 自由基的产生

小梅听后回想起学过的化学知识，恍然大悟：我们人体不就是一个巨大的化学工厂嘛，每一秒钟都发生着成千上万的化学反应以维持人体的生存。在反应过程中，会不可避免地产生一些含不成对电子的原子或基团，这些类似计算机“BUG”的微小东西就是“自由基”。紫外线照射、环境污染、吸烟、压力等都会让人体产生大量自由基，可以说，它们是四处“强抢民女”的自由基帮凶^[2]。

“谁在那，干什么的？”士兵厉声喝道，“快点出来。”小梅害怕地说：“不要抓我，我没有恶意的。”

阿吉挺身而出说：“别抓她，她是我带回来的电子。”

士兵看了看说：“那你们走吧，不要随意进宫殿。”

2 阿吉的自卑——氧化损伤

小梅疑惑不解地问：“为什么说我是你带回来的电子啊？”小精灵阿吉沉思了许久说：“我告诉你真相也就是我的来历，希望你听完之后不要害怕疏远我，还可以跟我继续做朋友。”

“我是一个自由基，通常人体会进行大量的生化反应以维持生存所需要的能量，在这个过程中，会产生许多自由基和自由基的“监察官”——抗氧化剂。早期的我们会进入人体细胞，成为传输信息的使者，可以参与细胞增殖、凋亡和基因表达的调节，同时我们也是传递能量的搬运者，帮助生

物进行能量转换。对于分子，它们一出生身上就有配对的电子，而我们自由基却天生有单电子。这种生理上的不平等导致我们其中有一部分士兵变成“害群之马”，不再帮助人体，而是到处捣乱，它们拼命抢夺其他小伙伴的“伴侣”（电子），这个过程就是氧化^[3]。人老了皮肤有皱纹，用久的塑料制品会变硬变质，食用油放置久了会变质等都属于氧化现象。例如一个新鲜的苹果切开后不久，它接触空气的一面，就会被“氧化”，开始逐渐黑化，这种现象在苹果身上叫做不新鲜变质了，而在人体身上出现类似的氧化反应时则叫做“疾病和衰老”^[4-6]。

“当这部分心理变态的自由基士兵过多，队伍变得强大时就会进攻其他国家(细胞)，侵占其他国家的领土，而那些领土被夺走的细胞，只好去抢其他细胞的电子，因此出现恶性循环，这也就造成了机体的氧化应激进而导致机体出现氧化损伤^[7] (图2)。

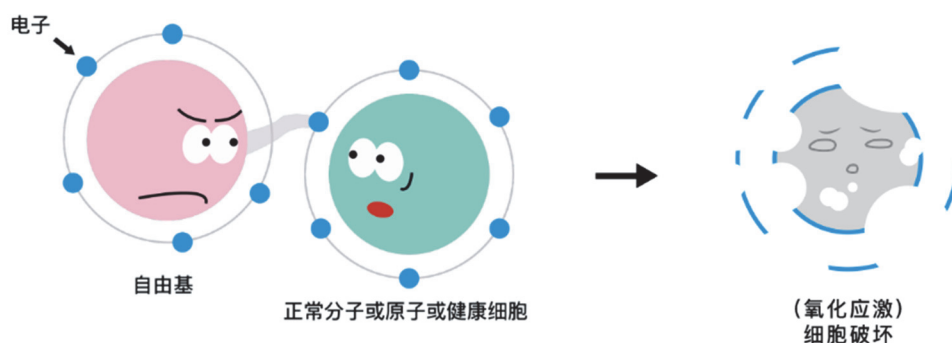


图2 自由基抢夺电子造成氧化损伤

“自由基士兵和抗氧化剂宛若一个跷跷板。在这个跷跷板里自由基与抗氧化剂之间存在博弈关系，当氧化反应过于强烈时可造成机体氧化应激，从而介导某些疾病的发生和发展，即氧化损失，也称为氧化损伤(图3)。氧化应激(Oxidative stress)是指体内氧化与抗氧化作用失衡的一种状态，自由基过多使得体内倾向于氧化。此外，当细胞被夺取电子后，细胞本身变得不稳定，发生连锁反应，容易受到氧化攻击而受损，产生脂质过氧化、细胞结构破坏等问题，久而久之还会导致炎症、衰老甚至癌变^[8]。和小梅讲述完上述情况后，阿吉不敢直视小梅，自卑地低下了头。

“小梅晃了晃脑袋说：“我明白了，自由基过多使得体内氧化与抗氧化失衡，使人体倾向于氧化，发生氧化应激，细胞失去电子后变得不稳定，容易被其他物质进攻而受损，产生炎症、衰老、癌变等一系列问题，这就是氧化损失。”

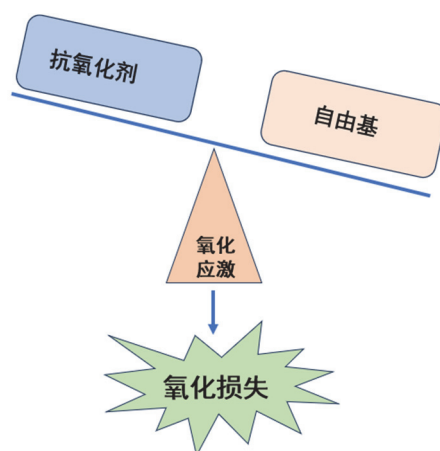


图3 氧化应激造成氧化损失

随后小梅问道：“难道你们不仅仅是抢夺细胞的电子，随着队伍的壮大，你们还会抢夺其他物质的电子吗？”

阿吉低垂着脑袋说：“是的，我们会研究讨论什么物质的电子容易抢走，我们还会去抢夺蛋白质、DNA、脂质等物质的电子。”

小梅看着垂头丧气的阿吉说：“虽然自由基士兵过多之后就会去抢夺别人的电子，但是现在的你还没有做坏事，我们还是好朋友啊，而且你带我来的这个世界好神奇。之前我对于脸上细纹、黄斑的出现过于焦虑了，认为那些花样百出的抗氧化保健品、护肤品、仪器对抗氧化非常有用，似乎自己做好了抗氧化工作就可以长生不老、容光焕发。是你让我认识到了什么是自由基，什么是氧化应激，让我减轻了对容貌衰老的焦虑！”

阿吉开心地说：“那让我们继续前行吧。让我想想我们去哪？”

小梅思考了一会儿说：“可以带我去看看自由基的‘监察官’抗氧化剂吗，他们是不是严肃负责，铁面无私，会比那些自由基士兵还吓人吗？”

阿吉惊讶地说：“你怎么知道的，这些监察官的脾气可不太好，但他们对工作特别认真负责。”小梅嘴角上扬笑了笑，和阿吉一起去拜访“监察官”抗氧化剂。

3 阿吉的天敌——抗氧化剂的作用

“站住，都过来检查一遍，谁是自由基，我们可以给自由基们提供电子，自由基们可以在我们这安居乐业。”小梅还没走到大门，就听到了监察官的声音。小梅抬头望去，看见每个监察官手里都有一根漂亮的魔法棒，他们挥舞着魔法棒，嘴里喊着电子，只见原先自由基们的成单电子便变成了成对电子。

小梅好奇地问阿吉：“监察官不是抗氧化的吗，为什么要给自由基们电子啊？”

阿吉回答道：“监察官抗氧化剂通过提供电子来中和或去除自由基，抗氧化剂具有抑制新的自由基产生、捕捉自由基以避免连锁反应、恢复自由基造成的损伤等作用。”

“这些监察官好厉害啊，他们给自由基们电子，自由基们就不会去抢夺其他人的电子了，这样抗氧化物质就把自由基捕捉住了，避免了自由基对细胞的伤害！”小梅感叹道。

“没错，人体存在抗氧化系统，由各种酶和抗氧化剂组成，它们会用你们所讲的方式去清除四处作乱的自由基。除此之外，还可以通过增加人体内的抗氧化酶(酶类物质可以降低自由基的活性)削弱他们的攻击力，增强细胞的抗氧化能力。”这个耳力超群的监察官早已听到了小梅和阿吉的对话。

小梅心想：既然有监察官们的保护，那自由基怎么还能到处胡作非为，伤害到人体呢？随后，小梅不知不觉把心中所想说出口。

“当自由基过量或者随着年龄增长，人体抗氧化能力逐渐减弱，也就是我们都无能为力时，人体就会出现各种不适症状，如：一些常见的癌症、动脉硬化、白内障、心血管病、老年痴呆等，这些疾病都被认为与自由基过量有关。总体而言，抗氧化对于健康也是一个重要的环节，可以延缓或阻滞疾病的发生与发展。”监察官耐心地回答。

小梅若有所思地点点头，暗想原来不是只有爱美的女人才需要抗氧化，任何人都需要，尤其是老年人，合理抗氧化能够缓解或者预防一些疾病的发生。

4 小梅的收获——正确抗氧化的方法

“监察官大人，你们抗氧化剂的队伍主要有哪些，我们该怎么正确抗氧化？”小梅好奇地问道。

监察官热心地回答：“人体的细胞本身就会产生一些强大的抗氧化剂，比如 α -硫辛酸和谷胱甘肽；部分食物中还提供其他抗氧化剂，例如维生素C和维生素E；类胡萝卜素(例如番茄中的番茄红素和羽衣甘蓝中的叶黄素)和类黄酮(例如可可中的黄烷醇、蓝莓中的花青素、苹果和洋葱中的槲皮素

以及绿茶中的儿茶素)也是抗氧化剂。因此,维生素A、C、E与胡萝卜素的复合物、白藜芦醇、虾青素可用于防治心血管疾病、癌症、糖尿病、高血脂、肥胖等疾病^[9]。抗氧化剂的功能对于维持机体正常生理功能十分关键,外源性食物和营养补充剂对于抗氧化的实现具有一定的帮助,可能对于某些疾病有一定的改善及预防作用。总之,番茄、蓝莓、苹果以及洋葱等蔬菜水果中的抗氧化剂含量丰富,健康的饮食及生活习惯有助于人们保持一个健康的机体状态。”

“不过酶属于蛋白质,通过饮食进入体内后会分解失活,我们无法直接补充,但是补充足量的蛋白质与锌、铜、铁等微量元素,有利于抗氧化酶的合成。”监察官补充道。

小梅向监察官鞠躬后说:“非常感谢您的讲解。”

监察官看向阿吉说:“你是自由基的一员,也很清楚如何正确抗氧化,你给她补充讲解吧,讲解完后送她离开,她不属于我们这里。”

小梅听后惊讶道:“我这就要离开了吗?”

随后阿吉带着小梅来到了一扇门前,眼里泛着泪花说:“这就是回去的门,在你走之前,我再告诉你其他的抗氧化方法,那就是不要熬夜、合理运动、时常锻炼、保持心情愉快、多吃蔬果、均衡营养、用安全的护肤品。”

小梅依依不舍地和阿吉做了最后的告别,她知道自己不属于这个神奇的自由基世界,同时她也不会忘记和阿吉在这个王国经历的这场奇幻之旅。

5 结语——小梅的醒悟

小梅醒后,回忆梦中的一切感觉太真实了。在许多氧化现象中,兴风作浪的罪魁祸首确实是自由基。“抗氧化”确实与人的健康和疾病的发生和发展有关。但我们不能一味地焦虑,一味地相信那些抗氧化产品和仪器。我们需要正确的抗氧化方法,保卫我们的身体健康与心理健康。小梅对梦中的一切感触颇深,她将自己的奇幻之旅整理成了一篇文章,她要向更多跟她一样焦虑的人讲解自由基的由来、氧化损失、抗氧化剂以及正确抗氧化的方法,宣传如何正确抗氧化。

参 考 文 献

- [1] 丁洪基,李龙龙,王灿. 临床与实验病理学杂志, **2023**, *39* (2), 212.
- [2] 廖兴汉. 大学化学, **2000**, *15* (3), 31.
- [3] 赵卓,梁大鑫. 大学化学, **2023**, *38* (7), 199.
- [4] 王先浩,王晓梅,胡志娟. 广东化工, **2023**, *50* (5), 42.
- [5] 娄永峥,邱海燕,吴军华. 浙江医学, **2020**, *42* (19), 2123.
- [6] 张蕊,仝媛媛,陈龙. 山东化工, **2020**, *49* (22), 48.
- [7] 赵保路. 生物化学与生物物理进展, **2023**, *50* (5), 1144.
- [8] Lydia, K.; William, C. G.; Cindi, B.; Luke, R. H.; Latha, D. *J. Funct. Foods* **2012**, *4* (2), 480.
- [9] 沈云辉,陈长勋. 中成药, **2019**, *41* (11), 2715.