

阳光下的礼物：维生素D

邢宇琨¹, 解笑瑜², 陈方方^{1,*}

¹ 西北大学化学与材料科学学院, 化学国家级实验示范中心, 西安 710127

² 西安交通大学医学部药学院, 西安 710061

摘要: 维生素D, 被誉为“阳光维生素”, 在维护人体健康中具有不可或缺的作用。本文从化学角度出发, 生动形象地介绍了维生素D的形成过程、发现过程、其在生物学上的功能以及在日常生活中的应用。通过深入了解维生素D, 我们能更好地认识并学会如何合理利用这一重要营养素来维护自身健康。

关键词: 维生素D; 分子结构; 骨质疏松; 佝偻病

中图分类号: G64; O6

A Sunlit Gift: Vitamin D

Yukun Xing¹, Xiaoyu Xie², Fangfang Chen^{1,*}

¹ National Chemistry Experimental Teaching Demonstration Center, College of Chemistry and Materials Science, Northwest University, Xi'an 710127, China.

² School of Pharmacy, Health Science Center, Xi'an Jiaotong University, Xi'an 710061, China.

Abstract: Vitamin D, often referred to as the “sunshine vitamin”, plays an indispensable role in maintaining human health. This paper vividly introduces the formation, discovery, biological functions, and everyday applications of vitamin D from a chemical perspective. Through a deeper understanding of vitamin D, we can better recognize and learn how to judiciously utilize this essential nutrient to safeguard our health.

Key Words: Vitamin D; Molecular structure; Osteoporosis; Rachitis

“快醒醒, 快醒醒!” 一道声音在小圆耳边响起。

小圆缓缓睁开眼睛, 环顾四周, 一位老者拄着拐杖出现在身边。“我这是在哪里? 您是谁?” 小圆迷茫地问道。

“别紧张, 你好, 欢迎来到神奇的维生素D博物馆! 我是这座博物馆的馆长。”馆长笑着说道。

“维生素D? 是什么? 我不太了解它啊。”小圆很是疑惑。

“维生素D是阳光送给我们的一份礼物, 对我们的身体有着神奇的作用。它不仅可以帮我们强壮骨骼, 保护我们的牙齿健康, 还可以增强免疫力, 帮助我们抵抗疾病。”馆长看着小圆期待的目光, 向他发出邀请: “怎么样? 现在愿意进我的博物馆看看了吗?”

“哇, 这么神奇吗? 那快去看看吧!” 小圆欣然答应。

“我们的博物馆一共有阳光的魔法、维生素D的多重身份、维生素D的历史之旅以及维生素D与生活四个展厅, 咱们挨个逛逛吧。”馆长边走边说道。

收稿: 2024-02-01; 录用: 2024-03-23; 网络发表: 2024-08-26

*通讯作者, Email: chenff@nwu.edu.cn

基金资助: 国家自然科学基金面上项目(82373832)

1 展厅一：阳光魔法

馆长推开一扇大门，穿过一片由金黄稻穗和青藤组成的自然长廊，映入眼帘的是一个独特的展厅。在这里，阳光灿烂，每一寸土地、每一块石头都沐浴在阳光下，仿佛披上了一层金色的外衣，就像大自然自己安排的艺术空间。这里没有沉闷的走廊，没有紧闭的玻璃窗，只有大自然的气息和无尽的阳光。

“哇，好美！”小圆惊讶地张大了嘴巴。

“这个展厅是一个开放的露天场所，是我们这个博物馆最特别之处。”馆长得意洋洋地说道。

“现在，请张开双手，拥抱阳光吧！”

小圆躺在草坪上，兴奋地张开双臂，闭眼享受。展厅四周树木茂密，鲜花盛开，在阳光下显得更加鲜艳。微风轻轻吹过脸颊，格外舒服。

“好暖和。”小圆说道。

“你知道吗，当我们的皮肤暴露在阳光下时，一种奇妙的转化开始发生，身体会自行合成维生素D，就像一个自然的魔法工厂。”馆长笑着说道。

“这么神奇？”小圆猛地坐起，激动地看着馆长。

“当然了，而且维生素D的发现打开了一个新世界的大门，在这个新世界里，阳光，一个看似普通但强大的自然元素，被重新定义为健康的关键组成部分。”馆长缓缓讲道，“在过去的时代，欧美的很多医院专门设置了日光浴场和阳台，让患者接受日光疗法，波士顿的儿童医院甚至把患有佝偻病的儿童送到了船上。这是因为他们认为，在阳光的照射下，新鲜的空气会让孩子远离拥挤和肮脏的城市环境。这种创新的方法催生了塔夫茨医疗中心的流动儿童医院，该医院至今仍然存在^[1]。”

“但是我们透过玻璃一样可以晒太阳，为什么这个展厅是露天的呢？”小圆感到疑惑。

“问得好！虽然说阳光有助于维生素D的合成，但实际上是阳光中的紫外线促进了维生素D的合成。然而，并不是所有的紫外线都有这个功能。”馆长解释道，“紫外线可以划分为UV A至UV D四个波段，从A到D，每一个波段的波长逐渐缩短，而紫外线的波长愈短，愈接近分子层，对分子的作用愈强，越容易发生分子结构的改变^[2]。其中，仅有UV B波段对维生素D的合成起到促进作用，这是因为维生素D原是环戊烷多氢菲类化合物，其B环中的5位和7位为双键，吸收波长为270–300 nm的紫外线后，通过启动一系列复杂的光化学反应(如图1所示)，最终生成维生素D。但是，UV B波段可以被透明玻璃阻挡，因此人体在室内无法吸收到这一波段的紫外线。UV A波段的波长较长，可以穿透透明玻璃，直达肌肤表层。UV A波段会损伤皮肤中的弹性纤维和胶原纤维，使之长期处于日光下，不仅无法补充维生素D，反而会造成晒伤。这就是这个展厅是露天的原因。”

小圆紧接着说道，“原来如此，那我一直呆在阳光下，我体内的维生素D含量肯定就不缺啦！”

“不可不可，过度暴晒阳光会增加皮肤癌的风险，因此应该避免在中午时分直接暴露在烈日下。相反，适当的晒太阳可以促进维生素D的合成，有益于身体健康。凡事还是适量为宜。”馆长摇了摇头说着。

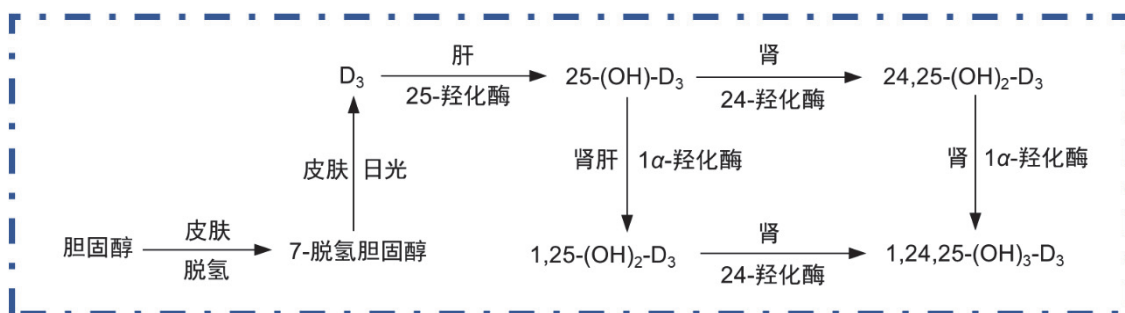


图1 维生素D3在体内的转变^[3]

“馆长，动植物体内都存在维生素D吗？”

“植物体内是没有维生素D的，但维生素D原在动植物体内都存在。在植物中，麦角固醇(ergosterol)是维生素D2的原物质；在人和动物体内，7-脱氢胆固醇(7-dehydrocholesterol)是维生素D3的原物质。当它们受到紫外线照射时，分别可以转化为维生素D2、维生素D3 (如图2所示)。因此，维生素D2和D3分别被称为麦角钙化醇和胆钙化醇。”馆长细细道来。

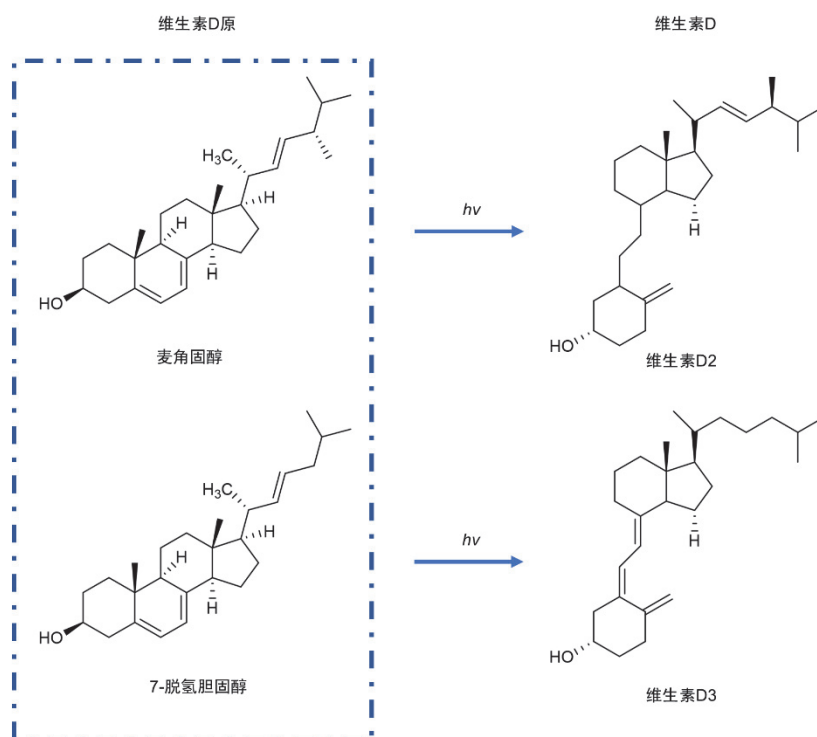


图2 维生素D的光化学反应示意图^[4]

“走吧，带你去看看维生素D的多重身份。”

“好！”

2 展厅二：维生素D的多重身份

“欢迎来到维生素D多重身份展厅。维生素D是一个全能的守护者，它不仅是骨骼的建筑师、免疫力的守护者、心血管的守卫者，还是细胞自愈的引路人。”馆长边走边说，“你有没有想过，我们身体里其实住着一位隐形的魔法师？它默默地守护着我们的健康，帮助我们抵挡各种疾病的侵袭。”

“它是如何守护我们的健康的呢？”小圆好奇地问道。

馆长说道，“在身体里，维生素D会化身为骨骼的建筑师，用它的魔法力量为我们的骨骼打造坚固的基石，促进钙的吸收，帮助骨骼保持健康状态，任凭风吹雨打都不怕，预防骨折和骨质疏松等骨骼问题。它还是一位精准的指挥家，掌控着血液里钙的平衡。有了它，我们的血液就会像优美的交响乐一样流畅，保持健康的节奏。它让钙元素在我们的身体里自由流动，为身体的正常运作提供保障^[5]！它还会化身为免疫军队的指挥部。作为免疫力的守护者，指挥着免疫军队抵御病毒和细菌的入侵。它刺激免疫细胞的活性，提高身体的抵抗力，让我们远离各种感染性疾病。它还是心血管护卫队呢。作为心血管健康的守卫者，保护我们的心脏和血管免受疾病的侵袭，调节血压和血脂水

平,降低心血管疾病的风险,让我们的心脏跳动得更加强劲有力。此外,维生素D作为细胞自愈的引路人,还会指引身体内的细胞进行自我修复和维护。它激发细胞的再生能力,帮助身体快速恢复健康状态,预防各种慢性疾病的发生。对了,维生素D还是一位万能的魔法师!它可以帮助我们预防黄斑病变、缓解肌肉疲劳、辅助肿瘤治疗等^[6,7]。有了它,我们就像拥有了无敌的魔法盾牌,抵御各种疾病的侵袭!它不仅守护着我们的身体健康,还为我们的生命注入了一份坚强的力量!”

“好厉害啊!我们应当重视维生素D的摄入,让这位魔法师在我们的身体里施展出无尽的魔法!”小圆赞叹道。

馆长点点头,“说得对,维生素D是人体唯一能够自身合成的维生素,但人体自身的合成量远不能满足需要,所以主要是从外界获取。维生素D可以通过食物摄入和阳光照射获得。虽然阳光是维生素D的主要来源,但有些人可能由于长时间待在室内、饮食不均衡等原因而缺乏维生素D。缺乏维生素D可能引起骨质异常,主要表现为小儿佝偻病和成人骨质疏松症。最近研究发现,维生素D的缺乏与乳腺癌、心血管疾病、肥胖和糖尿病的发生有关,这受到了普遍重视^[8]。因此,定期监测维生素D的水平并根据医生的意见适当补充是非常关键的。”馆长指了指旁边一个屏幕,“为了获取维生素D,许多人通过口服维生素片来获取维生素D。但要注意的是,维生素D是一种脂溶性的维生素,它不会随体液排出,容易在体内堆积。维生素D摄入量过多会出现低热、呕吐、腹泻和高血压等症状,同时还会引起血管壁、肝脏、肺部、肾脏和胃中的钙沉积,关节疼痛以及全身骨质脱矿化等症状。我国规定维生素D可耐受最高摄入量为20 μg/日。因此,合理摄入维生素D对于维持人体健康至关重要。2013年中国营养学会制定了中国居民膳食维生素D参考摄入量(如表1所示)。”

表1 中国居民膳食维生素D参考摄入量^[9]

人群	平均需要量 (Estimated Average Requirement)	推荐营养素摄入量 (Recommended Nutrient Intake)	可耐受最高摄入量 (Tolerated Upper Intake Level)
0岁~	-	10	20
0.5岁~	-	10	20
1岁~	8	10	20
4岁~	8	10	30
7岁~	8	10	45
11岁~	8	10	50
14岁~	8	10	50
18岁~	8	10	50
50岁~	8	10	50
65岁~	8	15	50
80岁~	8	15	50
孕妇	+0	+0	50
乳母	+0	+0	50

3 展厅三：维生素D的历史之旅

“维生素D又是如何被人们所发现的呢?”小圆觉得很是惊奇。

“这就要谈谈维生素D的发现史了。欢迎来到维生素D的历史展厅!这里仿佛是一座时光隧道,我们将开启一段跨越时空的奇妙旅程,探索维生素D如何从未知的奥秘到成为我们生活中不可或缺的一部分。请随我一起揭开维生素D的神秘面纱,探索它如何书写人类健康的传奇故事!所以,请带上你的好奇心,与我一同踏上这段探寻维生素D奥秘的旅程吧!”馆长神秘地说道。

“在17世纪中叶，随着工业革命的浪潮席卷北欧，一种特殊的疾病引起了医生们的注意。这种病症主要影响儿童，导致他们的骨骼结构出现显著的畸形，例如大小腿的不正常弯曲、骨盆形状的改变以及头颅异常增大^[1]。此外，病人的肋骨形状也会发生不同程度的变化，表现为串珠肋和鸡胸的形态，同时脊柱也会有不同程度的变形，牙齿的发育也常常受到影响，发育不良成为常态，大腿肌肉也变得松弛无力，这些状况给患者的健康都带来了严重的影响。这种疾病被命名为佝偻病，科学家们开始致力于研究其背后的原因。1919至1920年期间，英国医生爱德华·梅兰比(Edward Mellanby)进行了一系列实验。他发现把燕麦粥当作主食喂养狗狗时，它们总是表现出明显的佝偻病症状。但是，如果他把脂肪或鱼肝油添加在燕麦粥里，就能很好地防止该病的发作。该研究结果说明，膳食中某些微量元素的缺失与佝偻病的发病有很大的关系。接着，在1921年，Edward Mellanby进一步阐明了这一发现，‘脂肪对预防佝偻病的作用，是由于维生素或其他营养成分所致，它们可能含有相同的脂溶性维生素。’这一观点为当时的医学界提供了一个新的视角，揭示了饮食中特定成分对保持健康的重要性。此外，Edward Mellanby还通过实验验证了鱼肝油在治疗佝偻病方面的显著效果。1922年，埃尔默·麦科勒姆(Elmer McCollum)做了一个具有开拓性的实验。他发现，即使向鱼肝油中注入氧气，导致其中的维生素A成分受到破坏，它仍然能够有效地治疗佝偻病。这一发现令他深感惊讶，并促使他对鱼肝油中的其他成分进行了更深入的研究。通过对鱼肝油的进一步分析使麦科勒姆发现了一种新的维生素，他认为这种维生素是治疗佝偻病的关键。由于当时已经发现了三种维生素，他将这第四种维生素命名为维生素D^[10]。维生素D的发现为医学界带来了新的希望，因为它为治疗佝偻病提供了一种新的途径。”

“太了不起了！”小圆抑制不住心中的激动，听得热血沸腾。

馆长指了指身旁的屏幕，“你看，其实维生素D是一大类固醇类衍生物的统称，是荷尔蒙的前驱物。这个家族的主要成员有维生素D2、维生素D3、维生素D4和维生素D5。它们的分子结构如图3所示。”

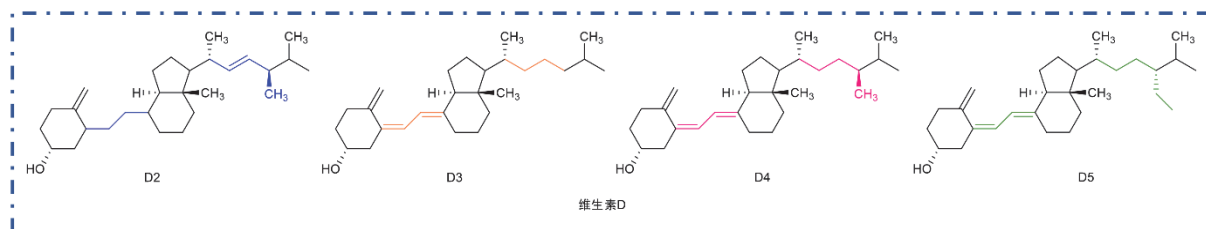


图3 维生素D的分子结构^[5]

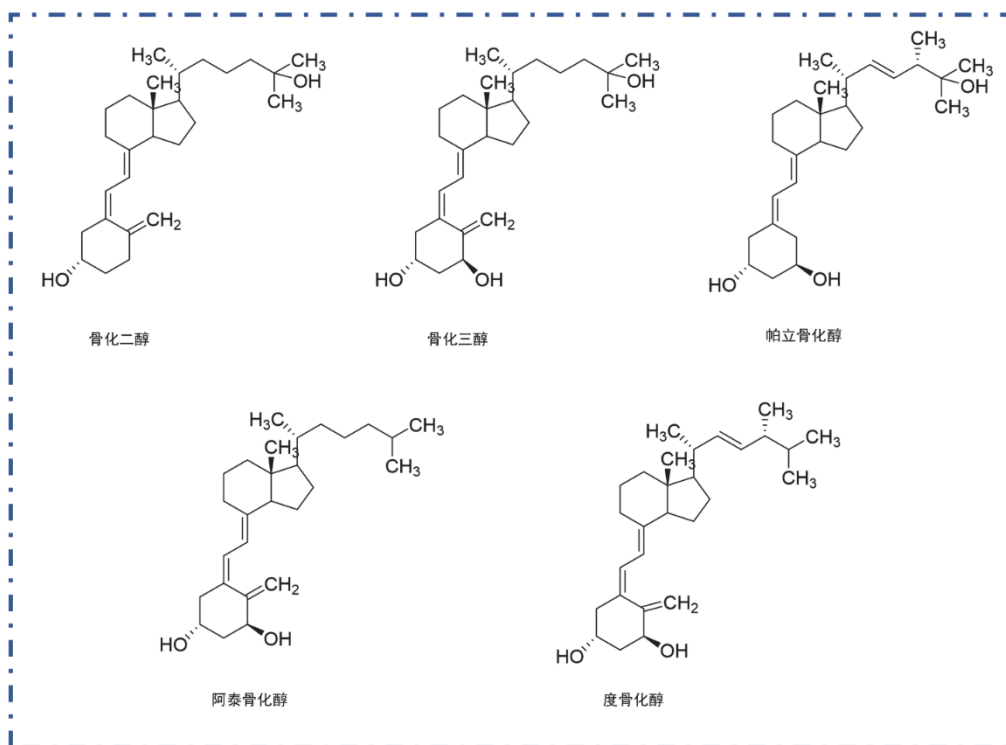
“竟然是这么神奇！”小圆赞叹道。

4 展厅四：维生素D与生活

“在生活中，维生素D还拥有着无限魅力。维生素D在医药领域的应用，为我们提供了新的治疗策略和预防手段^[11]。而在食品方面，维生素D的加入为我们的餐桌增添了无尽美味。从新鲜的鱼类、蛋类到阳光下的蔬菜，每一口都饱含维生素D的滋养。现在，请跟随我的脚步，深入探索维生素D在生活方面的神奇之处，开启一段充满惊喜与发现的旅程吧。”

“快出发吧，我已经迫不及待想要了解了。”小圆激动地说道。

“在药物学领域，由于维生素D2、维生素D3本身没有生理活性，其需要在体内进行一系列的代谢，将其转变成活性维生素D3，也就是 $1\alpha,25-(\text{OH})_2\text{D}_3$ ，才能发挥功效。 $1\alpha,25-(\text{OH})_2\text{D}_3$ 具有多样的生理活性，已被开发成药物。目前已经有多种活性维生素D类似物进入临床并上市销售^[12,13]。例如，骨化二醇、骨化三醇、帕立骨化醇、度骨化醇、阿法骨化醇等。这些药物对骨质疏松、佝偻病、骨软化症等都有良好的疗效。多种活性维生素D类似物的结构式如图4所示。”

图4 多种活性维生素D类似物^[12]

“太厉害了吧。”馆长接着说道，“除此之外，维生素D与神经系统药物之间还存在着协同作用，但并不是药物作用的简单叠加，而是一种系统的相互作用^[14]。维生素D主要通过以下方式与多种药物协同作用，调节神经系统的发育和功能：影响神经营养因子的产生和释放、神经介质的合成、细胞内钙稳态的平衡以及神经组织的氧化损伤。维生素D与拉莫三嗪合用能明显增强其抗癫痫作用。补充足够的维生素D后，阿米替林的抗偏头痛作用增强，发作次数减少。维生素D虽然不能有效治疗抑郁症，但与抗抑郁药物氯氮平、氟西汀合用时，抗抑郁效果显著高于单独使用，表现出药物联用的协同作用和增效作用。此外，维生素D还能促进大脑部分区域多巴胺相关基因的转录变化，增加多巴胺的释放。”

“太棒了，那它在其他领域还有什么作用呢？”

“除了在药理学领域，维生素D在食品学领域也发挥着举足轻重的作用。作为食品添加剂，维生素D可以添加到牛奶、乳制品、饮料、饼干、糖果和其他食品中，以防止维生素D缺乏。这对于保证人们的身体健康，尤其是对婴幼儿及老人的骨骼健康非常重要；作为饲料添加剂，维生素D可以提高畜禽肉、蛋、奶的产量，提高其营养价值。这对于养殖业的发展具有重大意义。总之，维生素D在生活中也发挥着多种作用，它的重要性不能被忽视。只有正确的摄取与使用维生素D，我们才能更好地维持身体健康，改善生活品质。”

此时，小圆与馆长也快走到出口。

“这次博物馆之旅已经接近尾声了！我想，你应该是学到了一些知识。”馆长看着小圆，和蔼地说道。

“收获太多了！维生素D的发现不仅是科学的进步，更是对生活的一种颂歌。这让我们意识到，大自然中的每一种元素都有其独特的价值和功能。让我们珍惜自然、感恩生命，让阳光、空气、水这些自然元素成为我们健康生活的源泉。”小圆兴奋地说道。

馆长笑着说，“不错，看来你真地理解到阳光下的礼物了。小圆，再见。”小圆突然惊醒，发

现这一切都是梦，梦里的一切却都清晰地记着，回想着这神奇的经历，小圆心想：“维生素D真是太神奇了！”

参 考 文 献

- [1] 宁志伟, 王鸥, 邢小平. 中华骨质疏松和骨矿盐疾病杂志, **2018**, *11* (1), 5.
- [2] 孙吉峻, 陈前, 赵全芹. 大学化学, **2023**, *38* (7), 175.
- [3] 周春燕, 药立波. 生物化学与分子生物学. 第9版. 北京: 人民卫生出版社, 2018.
- [4] 朱志伟. 大学化学, **2010**, *25* (S1), 69.
- [5] 赵素琴, 孟娇龙, 王明, 姜雪峰. 化学教育(中英文), **2023**, *44* (16), 1.
- [6] 余孔强, 郭猛. 当代化工研究, **2020**, No. 16, 156.
- [7] 美中健康产品协会. 食品安全导刊, **2015**, No. 34, 48.
- [8] 刘梦婕. 中国实用医药, **2010**, *5* (32), 230.
- [9] 程义勇. 营养学报, **2014**, *36* (4), 313.
- [10] Mclean, F. C.; Budy, A. M. *Vitam. Horm.* **1964**, *21*, 51.
- [11] 于小五. 中国现代药物应用, **2008**, *2* (19), 47.
- [12] 陈旺, 孙茜, 刘兆鹏. 中国新药杂志, **2019**, *28* (23), 2832.
- [13] Haussler, M. R.; Whitfield, G. K.; Kaneko, I.; Haussler, C. A.; Hsieh, D.; Hsieh, J. C.; Jurutka, P. W. *Calcif Tissue Int.* **2013**, *92* (2), 77.
- [14] Peng, J.; Liu, Y.; Xie, J.; Yang, G.; Huang, Z. *Nutrition* **2020**, *74*, 110734.