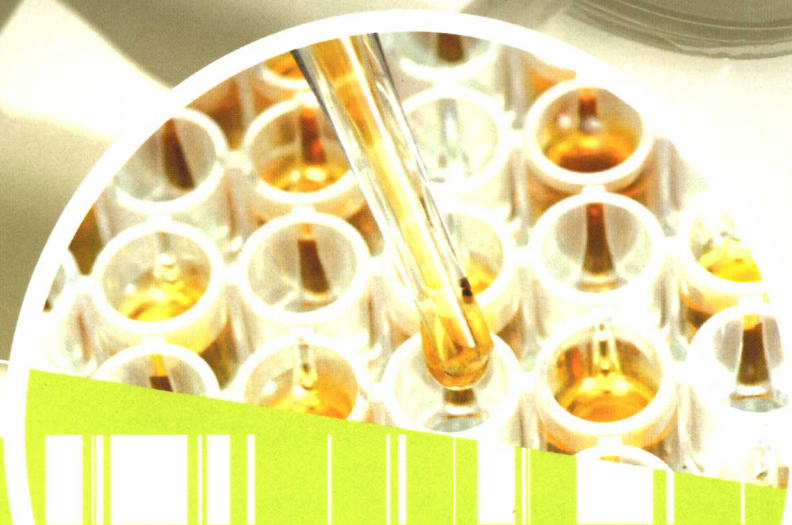


功能性食品添加剂

GONGNENGXING SHIPIN TIANJIAJI

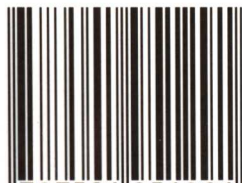


潘道东 主编

GONGNENGXING SHIPIN TIANJIAJI

功能性食品添加剂

ISBN 7-5019-5129-2



9 787501 951291 >

上架建议：食品工业

ISBN 7-5019-5129-2/TS · 2962

定价：52.00元

功能性食品添加剂

潘道东 主 编
江 芸 吕丽爽 副主编

 中国轻工业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

功能性食品添加剂/潘道东主编. —北京: 中国轻工业出版社, 2006. 1

ISBN 7-5019-5129-2

I. 功... II. 潘... III. 疗效食品-食品添加剂
IV. TS202.3

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2005) 第 114304 号

责任编辑: 李亦兵 涂润林 责任终审: 滕炎福 封面设计: 刘 鹏
版式设计: 马金路 责任校对: 李 靖 责任监印: 胡 兵

出版发行: 中国轻工业出版社 (北京东长安街 6 号, 邮编: 100740)

印 刷: 河北省高碑店市鑫昊印刷有限责任公司

经 销: 各地新华书店

版 次: 2006 年 1 月第 1 版第 1 次印刷

开 本: 787×1092 1/16 印张: 26.5

字 数: 610 千字

书 号: ISBN 7-5019-5129-2/TS·2962 定价: 52.00 元

读者服务部邮购热线电话: 010—65241695 85111729 传真: 85111730

发行电话: 010—65141375 65128898 传真: 85113293

网 址: <http://www.chlip.com.cn>

Email: club@chlip.com.cn

如发现图书残缺请直接与我社读者服务部联系调换

50648K1X101ZBW

序

食品添加剂不仅能改善食品的色、香、味、形和组织结构等品质，还能增强食品营养成分和功能，延长保质期，促进食品生产工艺改进和提高生产效率。

随着人们生活水平的提高和保健意识的增强，功能性食品添加剂研发活跃，成为食品工业新的增长点。本着促进食品添加剂向天然、营养、多功能和安全方向的发展，潘道东博士等编写了《功能性食品添加剂》。

本书内容新颖丰富，对国内外最近开发的有关功能性食品添加剂的理化性质、功能特性、生产方法和使用方法都做出了具体的描述；涉及面广，涵盖食品营养强化剂、功能性甜味剂、功能性多糖、功能性蛋白质和肽、功能性抗氧化剂、功能性油脂、功能性食用色素等有关方面的内容。

本书兼具科学性和实用性，它对促进我国功能性食品添加剂的开发和应用起有益的作用，对广大读者了解功能性食品添加剂有所帮助，对食品添加剂生产企业有一定的借鉴作用。

值此书问世之际，乐以为序。

南京农业大学教授、副校长 周光宏
中国畜产品加工研究会会长

目 录

第一章 营养强化剂	1
第一节 维生素 A	1
第二节 维生素 D	7
第三节 维生素 E	12
第四节 维生素 C	18
第五节 L-肉碱	24
第六节 赖氨酸	27
第七节 牛磺酸	30
第八节 钙	35
第九节 铁	41
第十节 锌	48
第十一节 碘	52
第十二节 硒	55
第二章 功能性甜味剂	62
第一节 果糖	62
第二节 L-糖	64
第三节 大豆低聚糖	66
第四节 低聚果糖	72
第五节 低聚木糖	76
第六节 乳酮糖	79
第七节 异麦芽酮糖	81
第八节 棉子糖	83
第九节 水苏糖	88
第十节 低聚半乳糖	90
第十一节 低聚异麦芽糖	92
第十二节 龙胆低聚糖	96
第十三节 海藻糖	97
第十四节 麦芽糖醇	100
第十五节 山梨糖醇与甘露糖醇	103
第十六节 木糖醇	105
第十七节 乳糖醇	109
第十八节 赤藓糖醇	111
第十九节 异麦芽糖醇	114
第二十节 三氯蔗糖	115

第二十一节	阿力甜·····	118
第二十二节	索马甜·····	119
第二十三节	阿斯巴甜·····	120
第二十四节	甘草甜素·····	122
第二十五节	甜菊糖苷·····	123
第二十六节	罗汉果甜苷·····	124
第二十七节	甜叶悬钩子苷·····	126
第二十八节	二氢查耳酮·····	127
第三章	功能性鲜味剂·····	130
第一节	酵母抽提物·····	130
第二节	水解动物蛋白·····	134
第三节	水解植物蛋白·····	136
第四节	L-丙氨酸·····	138
第五节	甘氨酸·····	140
第四章	功能性多糖·····	144
第一节	几丁质和几丁聚糖·····	144
第二节	海藻酸钠·····	149
第三节	卡拉胶·····	151
第四节	琼脂·····	157
第五节	果胶·····	159
第六节	魔芋甘露聚糖·····	162
第七节	罗望子多糖胶·····	164
第八节	黄原胶·····	168
第九节	普鲁兰·····	171
第十节	阿拉伯胶·····	176
第十一节	凝结多糖·····	179
第十二节	瓜儿豆胶·····	182
第十三节	槐豆胶·····	184
第十四节	羧甲基纤维素钠·····	185
第十五节	田菁胶·····	187
第十六节	黄芪胶·····	189
第十七节	刺梧桐胶·····	190
第十八节	海藻酸丙二醇酯·····	191
第十九节	虫草多糖·····	192
第二十节	亚麻籽胶·····	194
第二十一节	灵芝多糖·····	197
第二十二节	香菇多糖·····	200
第二十三节	金针菇多糖·····	204
第二十四节	葵盘果胶·····	205

第二十五节 葫芦巴胶·····	207
第二十六节 结冷胶·····	208
第二十七节 茶多糖·····	212
第二十八节 聚葡萄糖·····	214
第五章 功能性蛋白质和肽·····	219
第一节 酪蛋白·····	219
第二节 酪蛋白酸钠·····	220
第三节 乳铁蛋白·····	223
第四节 大豆蛋白·····	228
第五节 乳清蛋白粉·····	234
第六节 葵花籽蛋白·····	237
第七节 花生蛋白·····	238
第八节 小麦蛋白·····	240
第九节 米糠蛋白·····	243
第十节 玉米醇溶蛋白·····	245
第十一节 浓缩鱼蛋白·····	248
第十二节 鱼精蛋白·····	249
第十三节 禽蛋蛋白粉·····	251
第十四节 蛋黄粉·····	252
第十五节 单细胞蛋白·····	254
第十六节 螺旋藻蛋白粉·····	257
第十七节 猪血蛋白粉·····	259
第十八节 豌豆蛋白粉·····	260
第十九节 胶原蛋白·····	262
第二十节 金属硫蛋白·····	264
第二十一节 谷胱甘肽·····	268
第二十二节 酪蛋白磷酸肽·····	273
第二十三节 降血压肽·····	275
第二十四节 免疫调节肽·····	277
第二十五节 大豆蛋白多肽·····	279
第二十六节 玉米肽·····	285
第二十七节 胶原多肽·····	287
第二十八节 高 F 值寡肽·····	289
第二十九节 明胶·····	291
第六章 功能性防腐剂·····	301
第一节 溶菌酶·····	301
第二节 壳聚糖·····	305
第三节 鱼精蛋白·····	307
第四节 昆虫抗菌肽·····	309

第五节 天然植物提取液·····	312
第七章 乳酸菌 ·····	315
第一节 乳酸菌的分类·····	315
第二节 乳酸菌的营养特性·····	316
第三节 乳酸菌的生理功能·····	317
第四节 乳酸菌的分离和培养·····	320
第五节 乳酸菌在食品中的应用·····	325
第八章 功能性抗氧化剂 ·····	330
第一节 茶多酚·····	330
第二节 甘草抗氧化物·····	333
第三节 大豆异黄酮·····	334
第四节 L-抗坏血酸棕榈酸酯·····	337
第五节 米糠油提取物·····	338
第六节 葡萄籽提取物·····	340
第七节 肌肽·····	343
第八节 迷迭香提取物·····	344
第九节 植酸·····	346
第十节 没食子酸丙酯·····	348
第十一节 叔丁基对苯二酚·····	349
第十二节 蜂胶·····	350
第十三节 芝麻素·····	352
第十四节 芝麻酚·····	354
第九章 功能性油脂 ·····	356
第一节 ω 3、 ω 6 多不饱和脂肪酸的代谢·····	356
第二节 DHA 和 EPA·····	359
第三节 花生四烯酸·····	366
第四节 共轭亚油酸·····	372
第五节 γ -亚麻酸·····	376
第六节 磷脂·····	380
第十章 功能性食用色素 ·····	388
第一节 黑芝麻色素·····	388
第二节 可可壳色·····	389
第三节 葡萄皮红·····	390
第四节 甘草色素·····	390
第五节 姜黄色素·····	391
第六节 茶黄色素·····	393
第七节 玉米黄·····	396
第八节 芸香苷提取物·····	398
第九节 天然胡萝卜素·····	400

第十节 沙棘黄·····	401
第十一节 红花黄色素·····	402
第十二节 红花红色素·····	403
第十三节 红曲色素·····	404
第十四节 红曲黄色素·····	406
第十五节 番茄红素·····	407
第十六节 虾壳色素·····	408
第十七节 红米红·····	410
第十八节 萝卜红·····	410
第十九节 辣椒红·····	411
参考文献·····	414

第一章 营养强化剂

食品营养强化剂是指为增强营养成分而加入食品中的天然的或人工合成的，属于天然营养素范围的食品添加剂。其目的是：用于平衡天然食品中某些营养素的不足，以强化天然营养素的含量；补偿加工中的损失，提高食品的营养价值；增补人体对天然营养素的需要，防治由于缺乏某种天然营养素所导致的各种特殊疾病。

所谓“天然营养素”，是指维持人体正常功能、生长发育和劳动所需的各种天然食物中所含的物质，包括蛋白质、碳水化合物、脂肪、维生素、矿物质和水。在食品中可能缺乏而实际需要强化的营养素有维生素、氨基酸及含氮类化合物、矿物质三大类。

维生素是维持人体生命过程所必需的一类有机化学物，天然存在于食物中，人体几乎不能合成，其需要量甚微，各有其特殊的生理功能。近年来，有关维生素的作用有不少新发现，证明它不仅是防止多种缺乏病的必需营养素，而且具有一定的保健功能。目前与功能性食品的研究关系较大的主要有维生素 A、维生素 D、维生素 E、维生素 C 和 L-肉碱。

氨基酸是蛋白质合成的基本结构单位，也是代谢所需其他胺类物质的前身。组成蛋白质的氨基酸有 20 多种，其中大部分在人体内可由其他物质合成。但异亮氨酸、亮氨酸、赖氨酸、蛋氨酸、苯丙氨酸、苏氨酸、色氨酸及缬氨酸等 8 种氨基酸，在体内不能合成，必须由食物供给。机体不能合成的这 8 种氨基酸称为必需氨基酸。组氨酸原为婴儿所必需，最近报道，组氨酸对成人也是一种必需氨基酸。作为食品强化用的氨基酸主要是这些必需氨基酸或它们的盐类，其中有的又因为人类膳食中比较缺乏，称之为限制氨基酸的，主要有赖氨酸、蛋氨酸、苏氨酸和色氨酸等 4 种，其中又以赖氨酸最为重要。此外，对于婴儿尚有必要适当强化牛磺酸。

从中国近年来所进行的许多营养调查来看，矿物质中各类人群缺钙、碘、铁和锌情况相当严重。另外，硒由于具有许多重要的生物学功能而越来越受到人们的重视。值得一提的是，即使是必需微量元素，如果人体摄入剂量过大，也会引起人体中毒，甚至导致死亡。因此，所有的必需微量元素如果超过一定剂量都是有毒的，所以在实际生活中，不要滥用必需微量元素，如果需要补充，应该合理科学。

第一节 维生素 A

维生素 A，亦称视黄醇 (Retinol)，其发现始于人们对食物与夜盲症关系的探讨。1909 年人们在鱼肝油中发现“抗干眼病因子”，1930 年查明维生素 A 的结构式并证明了胡萝卜素转化视黄醇的过程，之后在维生素 A 的代谢功能研究方面有了迅速的发展。现已有大量研究证明维生素 A 不仅对视觉起着十分重要的作用，而且在生长、细胞分化、增生、生殖、造血及免疫等方面也是必不可少的。

一、维生素 A 的理化性质

维生素 A 通常由视黄醇与食用脂肪酸的视黄醇酯组成。视黄醇的分子式 $C_{20}H_{28}O$ ，相对分子质量 328.49，其结构如图 1-1 所示。维生素 A 为多烯醇结构，侧链有四个双键，它们必须与环内的双键成共轭，否则不具有生物活性。维生素 A 存在于动物性食物，如肝、乳和蛋黄等，尤其是由海洋鱼类的鱼肝取得的油中含量最为丰富。

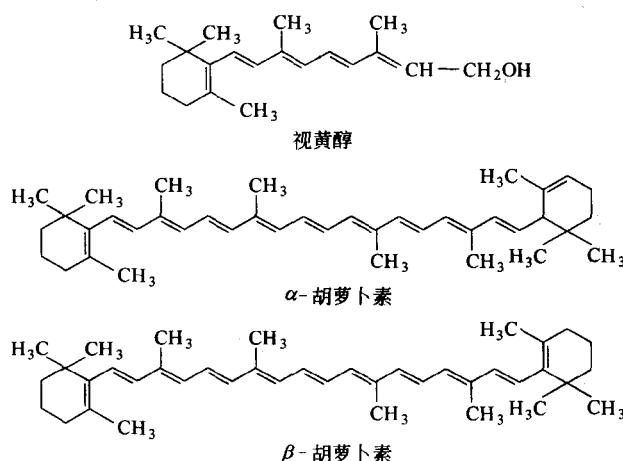


图 1-1 视黄醇、 α -胡萝卜素和 β -胡萝卜素的化学结构式

维生素 A 为淡黄色片状晶体，不溶于水，易溶于油脂或有机溶剂，熔点 $62\sim 64^{\circ}\text{C}$ ，沸点 $120\sim 125^{\circ}\text{C}$ 。在波长 $325\sim 328\text{nm}$ 处有一特殊吸收峰。易受紫外线与氧化破坏而失效，对热较稳定，但在酸性条件下不稳定。在空气中易氧化，亦可被脂肪氧化酶分解。加热或有重金属离子存在下可生成环氧化物，进一步氧化可生成醛或酸。因此，一般置于铝制容器内、充氮气密封保存。

维生素 A 脂肪酸酯油为维生素 A 醋酸酯或维生素 A 棕榈酸酯加入食用植物油的统称。为黄至带红色的橙黄色液体，冷冻后可固化，有异臭，耐光和耐氧性弱，易被脂肪氧化酶分解，不溶于水和甘油，混溶于氯仿、乙醚和脂肪。维生素 A 醋酸酯分子式 $C_{22}H_{32}O_2$ ，相对分子质量 328.48，熔点 $57\sim 58^{\circ}\text{C}$ ，为浅黄色晶体，一般含维生素 A 290.4 万 IU/g。维生素 A 棕榈酸酯分子式 $C_{36}H_{60}O_2$ ，相对分子质量 524.88，熔点 $28\sim 29^{\circ}\text{C}$ ，为浅黄色晶体，含维生素 A 181.7 万 IU/g。稍有异臭。碱性条件下较稳定，酸性条件下不稳定。受热或有铁和铜等重金属离子存在下可促使其分解。易氧化，但较维生素 A 油稍稳定。受紫外线照射则分解。均不溶于水，溶于乙醚、乙醇、石油醚、氯仿和植物油等。

胡萝卜素 (Carotene) 广泛存在于植物性食物中，在人体内可以转化生成维生素 A，故亦称维生素 A 原。自然界中大约有 600 种类胡萝卜素，但只有 50 多种在体内能转化生成视黄醇，其中以 α -胡萝卜素、 β -胡萝卜素和 γ -胡萝卜素三种的维生素 A 原活性较高。 β -胡萝卜素为共轭双键化合物，含有两个 β -紫罗酮环。 α -胡萝卜素和 γ -胡萝卜素只含有一个 β -紫罗酮环，其维生素 A 原活性只及 β -胡萝卜素的一半。

β 胡萝卜素的分子式 $C_{40}H_{56}$ ，相对分子质量 536.88。 β 胡萝卜素天然品为紫红或暗红色结晶或结晶性粉末。呈藻类提取物的特有气味。受光、热、空气影响后色泽变淡。溶于三氯甲烷、正己烷、石油醚，微溶于乙醇、乙醚、食用油，几乎不溶于水。 β 胡萝卜素合成成品外观呈深红色至暗红色、有光泽的斜方六面体或板状微结晶的晶体或结晶状粉末。有轻微异臭和异味。稀溶液呈橙黄至黄色，浓度增大时带橙色，因溶剂的极性可稍带红色。遇氧、热和光不稳定，在弱碱条件下较稳定。不溶于水、丙二醇、甘油、酸和碱，溶于二硫化碳、苯、氯仿，微溶于乙醚、石油醚、环己烷和植物油，几乎不溶于甲醇和乙醇。

二、维生素 A 的生理功能

维生素 A 和胡萝卜素在人体内有多方面重要的生理功能，从近年来的研究工作进展来看，主要包括以下几点。

（一）维持视觉功能

眼球视网膜含有两种感光细胞，即视锥细胞和视杆细胞。视杆细胞对弱光敏感，是产生暗视觉的感光细胞，而视锥细胞感觉强光和色觉刺激，是形成明视觉和色觉的感光细胞。二者均存在着对光敏感的色素，视杆细胞的感光色素称为视紫红质，视锥细胞的称为视紫蓝质。视紫红质是一种含有维生素 A 衍生物的复合蛋白质，其中蛋白质部分称为视蛋白，辅基为红色的 11-顺视黄醛。当光线照射到视网膜时，视紫红质分解，并损失部分维生素 A。当进入暗处时，如此时人体维生素 A 营养状况较好，视网膜有足量的视黄醛积存，又可与视蛋白结合为视紫红质，从而恢复对弱光的敏感性，在暗处能看见物体，称为“暗适应”。暗适应时间越短，说明体内维生素 A 水平越高。若膳食中维生素 A 长期供给不足，会使视紫红质的复原发生障碍，一到傍晚便视觉不清楚，称为夜盲症。

（二）维持上皮细胞的正常功能

维生素 A 与上皮细胞的正常形成有关。维生素 A 缺乏会影响上皮组织的正常分化，使上皮细胞过度角化，出现毛囊角化症，表现为皮肤棘状豆疹，异常粗糙。上皮细胞角化不仅发生在皮肤，还可发生在呼吸道、消化道、泌尿生殖器官以及眼睛角膜和结膜，使泪腺、唾液腺、胃腺等分泌机能下降，从而发生一系列继发病变。其中最显著的是眼部因角膜和结膜上皮组织的蜕变，泪液分泌减少而引起的干眼病。此病进一步可发展为角膜软化及角膜溃疡，还可出现结膜皱褶和毕脱氏斑，严重者可引起失明。此外，由于呼吸道上皮细胞角化和失去纤毛，可使呼吸道抵抗力降低，易被细菌侵袭，特别是儿童可因此而引起支气管炎，严重时可致死亡。泌尿系统可出现上皮损伤脱落，形成肾结石或膀胱结石。

（三）促进骨骼、牙齿健康

维生素 A 对维持骨质代谢的正常进行是必不可少的。维生素 A 缺乏可使破骨细胞数目减少，成骨细胞的功能失控，导致骨膜骨质过度增生，骨腔变小，并压迫周围的组织，产生神经压迫症状。

维生素 A 是牙齿正常发育所必需的。与上皮细胞一样，维生素 A 的缺乏会影响牙齿珐琅质细胞的正常生长，不能形成均匀、细密的牙齿珐琅质保护层，从而使牙齿的抗龋能力降低。维生素 A 的缺乏，还会导致齿龈增生与角化，影响牙釉质细胞发育，使牙齿停

止生长。

(四) 增强生殖功能

一般认为维生素 A 在生殖功能方面的作用与其对生殖系统上皮组织的影响有关。维生素 A 缺乏会影响雄性动物精子的生成,并使雌性动物雌激素分泌的周期性变化消失,阴道、子宫、输卵管及胎盘上皮角化,不能受孕和怀胎,或导致胎儿畸形和死亡,发生流产或胎儿的收缩。

(五) 清除自由基

胡萝卜素或类胡萝卜素都有猝灭单线态氧,清除氧自由基的抗氧化作用, β -胡萝卜素具有 11 个共轭双键,是最有效的单线态氧清除剂。实验表明, β -胡萝卜素与维生素 E 在抑制脂质过氧化反应过程中有协同增效作用。

(六) 防癌、抗癌作用

关于维生素 A 和胡萝卜素的防癌抗癌作用和作用机理,目前还存在不同认识,但有依据支持维生素 A 缺乏可以导致癌症发生几率增大:

(1) 维生素 A 与细胞的基因表达有关,在上皮细胞增生和分化方面有重要的作用。维生素 A 缺乏而使上皮细胞的正常分化受阻是癌变的基本原因。

(2) 动物实验证明,维生素 A 缺乏能使机体对某些化学性致癌物质的敏感性增大,而改善维生素 A 的营养状况,有抑制细胞癌变和癌细胞增生的作用。

(3) 维生素 A 缺乏导致黏膜上皮细胞的损伤在形态学上与癌前期的变化相似。

(4) 胡萝卜素的防癌、抗癌作用可能与癌症发生的自由基损伤学说有关。

三、维生素 A 的制备

维生素 A 与胡萝卜素的工业化生产途径通常包括天然提取法、化学合成法和生物工程法三种,目前仍以化学合成法为主。

(一) 维生素 A 的天然提取法

一般以新鲜的海洋鱼类的肝脏为原料,将鱼肝切碎,浸泡在 1%~2% 氢氧化钠溶液中,并将 pH 控制在 8~9,搅拌下加热 0.5~1h,使组织消化融熔析出肝油,再用高速离心机分离即得鱼肝油。近年来使用分子蒸馏法在高真空、110~270℃ 下蒸馏鱼肝油制得浓缩液,其腥臭味较小,可作为功能性食品基料加以使用。

(二) 胡萝卜素的天然提取法

可用来提取胡萝卜素的天然植物资源主要有胡萝卜、沙棘、花椒、苜蓿、棕榈和蚕类等。原料先经干燥处理,然后用乙烷浸提出所含的胡萝卜油,再经蒸发去除溶剂即可。棕榈毛油中含有 0.05%~0.1% 的胡萝卜素。日本一家公司利用其专有的成套设备生产出棕榈油胡萝卜素。首先将棕榈油与甲醇在低温下进行酯化变成甲酯,然后用石油醚等有机溶剂提取分离出其中所含的胡萝卜素,浓缩后使用己烷进行提纯。

(三) 维生素 A 的化学合成法

合成品通常是维生素 A 醋酸酯,以 β -紫罗兰酮为原料与氯乙酸甲酯在甲醇钠存在下,在吡啶中进行缩合反应,然后在苛性钠-水-甲醇混合液中水解。分出油层,水层用石油醚提取,将油层与醚层合并,用酸性饱和盐水洗涤至 pH7。蒸馏回收石油醚和吡啶,釜液在 133.32Pa 下蒸馏,取 $(103\pm 1)^\circ\text{C}$ 馏分的 C_{14} 醛。

C₁₄醛与 C₆醇在氮气下进行缩合和水解,粗缩合物用石油醚溶解,冷却至 10℃后加入晶种进行结晶,滴加 NaOH 溶液,压滤。滤饼用石油醚洗涤,酸解得羟基去氢维生素 A 醇的石油醚溶液,进一步催化加氢,过滤,滤液在 15℃下继续反应,过滤,滤饼以石油醚洗涤,真空干燥得羟基维生素 A 醇。进一步经酯化、溴化、脱 HBr 得维生素 A 醋酸酯粗品。粗品在乙醇中重结晶两次,精品加精制豆油稀释至含 1000000IU/g,即为成品。

(四) β -胡萝卜素的化学合成法

以维生素 A 为起始原料,将维生素 A 转化成视黄醛和 C₂₀维悌希试剂 (Witting reagent),两者再经缩合即得 C₄₀的 β -胡萝卜素。此外,也可以维生素 A 合成过程中的中间产物 C₁₄醛为起始原料,通过延长碳链法接上 C₂ 和 C₃ 转变成 C₁₉醛,双分子的 C₁₉醛通过乙炔格利雅反应转变成顺式 C₄₀胡萝卜素,异构后即得有生理活性的反式 β -胡萝卜素。

(五) 水溶性胡萝卜素的制备

罗氏制药公司 (Hoffmam-La Roche 公司) 开发出水溶性胡萝卜素调制产品。以蔗糖作为主要载体,用水调成 60% 的水溶液,搅拌加热至 140℃保持 5min,浓缩至糖浓度 80%~90%,冷却至 70℃,加入占糖量 1% 的预先用 4 倍质量乙醇溶解的蔗糖脂肪酸酯,混合均匀。胡萝卜素预先分散溶解于植物油、丙二醇或乙醇中,加入适量的蔗糖脂肪酸酯乳化剂调成乳浊液,再加入上述糖溶液中,胡萝卜素约占糖量的 0.5%~2.5%。搅拌均匀,于 50~60℃真空干燥 3h 至含水量降至 1% 以下,粉碎后包装即可。

维生素 A 与 β -胡萝卜素的质量标准见表 1-1。

表 1-1 维生素 A 与 β -胡萝卜素的质量标准

名 称	项 目	指 标	
		GB 14750—1993	日本食品添加剂公定书 (第五版)
维生素 A	含量(标示量的)/%	≥95.0	
	酸值(OT-4-1)	≤2.0	
	过氧化值/mL	≤1.5	
	品质		不得有不愉快气味
	重金属(以 Pb 计)含量/%		≤0.002
	砷(以 As ₂ O ₃ 计)含量/%		≤0.0004
	干燥失重/%		≤5.0
	灼烧残渣含量/%		≤5.0
维生素 A 脂肪酸酯油 维生素 A 油	含量	日本食品添加剂公定书(第六版) ≥300mg/g 维生素 A,或维生素 A 标示量的 90%~120%	
	酸值(OT-4)	≤2.8	
	氯仿不溶物含量	无	
	吸光度比	正常	
维生素 A 粉末	含量(标示量的)	GB 14750—1993	
	酸值(OT-4-1)	同维生素 A	
	过氧化值/mL		

续表

名 称	项 目	指 标	
		GB 14750—1993	日本食品添加剂公定书 (第五版)
β -胡萝卜素 (天然品)	含量/%	QB 1414—1991(强制性标准)	FAO/WHO(1995)
	吸光度比值 A_{455}/A_{483}	≥ 90	
	$A_{455} \times 10/A_{340}$	1.14~1.18	
	熔点/ $^{\circ}\text{C}$	10	
	硫酸盐灰分(GT-5)含量/%	167~175	
	砷(GT-3)含量/%	≤ 0.2	
	重金属(以 Pb 计,GT-16)含量/%	≤ 0.0003	
	汞(以 Hg 计,GT-31)含量/(mg/kg)	≤ 0.001	
	镉含量/(mg/kg)	≤ 0.3	
	1g/100mL 溶状	≤ 0.3	
β -胡萝卜素 (合成品)	重金属(GT-16-2)含量/(mg/kg)	澄清透明	≤ 20
	残存溶剂(GT-26)含量/(mg/kg)		≤ 50
	含量/%	GB 8821—1988(强制性标准)	FAO/WHO(1992)
	硫酸盐灰分(GT-5)含量/%	96.0~101.0	≥ 96 (以 β -胡萝卜素反式 异构体为主的总色素)
	副色素(非 β -胡萝卜素的类胡萝卜素)含量/%		≤ 0.1
	砷(以 As 计)含量/%	≤ 0.0003	≤ 3 (占总色素量)
	重金属(以 Pb 计)含量/%	≤ 0.001	$\leq 3\text{mg/kg}$
	熔点/ $^{\circ}\text{C}$	176~182	$\leq 40\text{mg/kg}$
	灼烧残渣含量/%	≤ 0.2	
	氯仿溶解性试验	澄清	
	吸光度比值 A_{455}/A_{483}	1.14~1.18	
	$A_{455} \times 10/A_{340}$	≥ 15	

四、维生素 A 在食品中的应用

根据我国 1992 年第三次全国营养调查的结果,维生素 A、维生素 B₁ 及维生素 B₂ 是中国国民最容易缺乏的三种维生素,维生素 A 的供给量约为需要量的 61.7%。联合国“世界宣言”把维生素 A 缺乏列为 20 世纪末重点解决的儿童健康问题。当前我国严重维生素 A 缺乏已不多见,但亚临床缺乏较广泛,值得引起重视。亚临床维生素 A 缺乏儿童无典型的临床表现,但体内维生素 A 总体水平已经低下,肝脏中贮备基本耗竭,抗感染力功能受损,对呼吸道、消化道疾病的易感性增加。世界卫生组织规定:血清维生素 A 在 0.2~0.4mg/L 为亚临床维生素 A 不足。《中国营养改善行动计划》要求:对 3 岁以下儿童实施补充维生素 A 的干预措施,由卫生部门在试点基础上扩大实施范围。

作为维生素 A 的强化源,主要有天然维生素 A 油、由 β 紫罗兰酮合成的维生素 A 醋酸酯、棕榈酸酯等脂肪酸酯及天然或合成的各种 β 胡萝卜素。

我国《食品营养强化剂使用卫生标准》(GB 14880—1994) 规定其使用范围及使用量如表 1-2 所示。

表 1-2

维生素 A 的使用范围及使用量

名 称	使用范围	使 用 量	备 注
维生素 A	芝麻油、色拉油、人造奶油 婴幼儿食品、乳制品 乳及乳饮料	4000~8000 μ g/kg 3000~9000 μ g/kg 600~1000 μ g/kg	维生素 A 使用量现均以视黄醇计, 1IU 维生素 A 活性等于 0.3 μ g 视黄醇
维生素 A 脂 肪酸酯油	人造奶油 鱼肉香肠、火腿	500~6000IU/g 2000~4000IU/100g	尚可用于强化乳制品(乳粉等)、小麦粉、婴幼儿食品、汤料、巧克力等糖果、糕点类
维生素 A 油	香肠 乳粉	2000IU/100g 绞肉 450~900 μ g/100g	(1)尚可用于人造奶油、面包、乳制品、果汁粉、花生白脱等 (2)维生素 A 油实际应用时常添加表面活性剂使其易分散于水中

我国有时也用鱼肝油进行食品的强化。如在乐口服中, 每 100g 约添加浓缩鱼肝油 0.01g (每克浓缩鱼肝油含维生素 A50000IU、维生素 D5000IU)。另按我国《食品添加剂使用卫生标准》(GB 2760—1996) 规定, 维生素 A 尚可用于固体饮料 4~8mg/kg、冰淇淋 0.6~1.2mg/kg。

胡萝卜素来源广泛, 价格比维生素 A 低廉, 故在发展中国家的膳食中常可供维生素 A 需要量的 60%~90%。此外, β -胡萝卜素尚有防止衰老和增强免疫力等作用, 也是一种重要的色素, 故近年来发展较快, 国际上年需要量在 1000t 以上。用于油性食品时, 常溶解于食用油或悬浊制剂 (含量 30%), 经稀释后既便于使用, 也可防止 β -胡萝卜素氧化。一般添加 α -生育酚、硬脂酰抗坏血酸酯、BHA 等抗氧化剂。在果汁中与维生素 C 合用, 可提高稳定性。为了使其能在水中分散, 以甲基纤维素等作为保护胶质, 制成胶粒化制剂, 广泛应用于橘子汁等果汁饮料、清凉饮料、糕点、冰淇淋和干酪等。

第二节 维 生 素 D

维生素 D 是维持高等动物生命所必需的营养素, 是钙、磷代谢的最重要调节因子之一。维生素 D 的体内活性产物 1,25-(OH)₂D₃ 不仅是钙稳态及骨矿代谢的关键性调控因子, 同时它作为类固醇超家族激素成员, 调节更为广泛的生理功能, 其中调节免疫系统及对肿瘤细胞的影响近年来备受关注。

一、维生素 D 的理化性质

维生素 D 是一族 A、B、C 和 D 环结构相同, 但侧链不同的一类化合物的总称。A、B、C 和 D 环的结构来源于类固醇的环戊烷多氢菲环。维生素 D 有两种形式, 即麦角钙化醇 (维生素 D₂) (Ergocalciferol) 和胆钙化醇 (维生素 D₃) (Cholecalciferol), 其化学结构如图 1-2 所示。植物中含有的麦角固醇及人体皮肤内的 7-脱氢胆固醇经紫外线照射后即分别转化为维生素 D₂ 和维生素 D₃。至今, 已分离出 37 种维生素 D 的代谢产物, 并已搞清楚这些产物的化学特性。维生素 D₂ 分子式 C₂₈H₄₄O, 相对分子质量 396.66, 为无色针状结晶或白色结晶性粉末, 无臭、无味, 遇光或空气易变质, 不溶于水, 溶于乙醇、氯仿、乙醚和油脂, 极易溶于三氯甲烷, 熔点 115~118℃, 耐热性好, 溶于植物油中其稳