

饲料添加剂

主 编 黎中宝

副主编 陈学豪 席峰

图书在版编目(CIP)数据

饲料添加剂/黎中宝主编. —厦门:厦门大学出版社, 2003. 12

ISBN 7-5615-2138-3

I. 饲… II. 黎… III. 饲料添加剂 IV. S816.7

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2003)第 097844 号

厦门大学出版社出版发行

(地址:厦门大学 邮编:361005)

<http://www.xmupress.com>

xmup@public.xm.fj.cn

三明地质印刷厂印刷

2004 年 1 月第 1 版 2004 年 1 月第 1 次印刷

开本:787×1092 1/16 印张:20 字数:512 千字

定价:38.00 元

如有印装质量问题请与承印厂调换

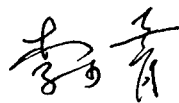
序

近年来,我国动物养殖发展迅猛,已成为新的经济增长点,但随着其养殖规模的扩大,集约化程度的提高及养殖环境的日趋恶化,养殖动物的病害问题日趋严重,已成为其健康养殖、可持续发展的制约因素,其病害问题越来越受到人们的关注。虽然抗生素和其他化学药物添加剂可用来防治养殖动物的急性感染,但由于其带来的药物残留、环境污染、抗药性等问题,使其应用受到限制,因此迫切需要出版一部主要介绍环保饲料添加剂的教科书。

黎中宝博士于2000—2002年在厦门大学海洋与环境学院海洋科学博士后流动站从事海洋动物分子生态学的研究工作期间,为开展饲料对锯缘青蟹消化生理影响的研究以及在集美大学水产学院开设有关课程的需要,搜集、阅读了大量文献资料,于2001年9月主编了“饲料添加剂”讲义,经过教学实践,并修改、补充,编著了此书。该书在全面论述各类饲料添加剂的特性、原理和合理利用等基础上,突出了以下几个特点:

- (1)重点介绍了几类环保饲料添加剂,例如中草药、微生态制剂、酶制剂、寡糖和维生素等;
- (2)各章节均增加了水产动物饲料添加剂的研究成果,使本书内容更臻完善;
- (3)广泛收集了饲料添加剂的资料,基本上反映了该领域的最新研究成果和发展趋势;
- (4)各章附有学习目的、练习与复习题和中英文的术语,便于读者使用。

本书的出版有助于环保饲料添加剂的研发,并将有力地推动无公害系列配合饲料的开发,养殖动物无公害生产的实施以及加入WTO后打破绿色贸易壁垒,提高养殖动物在国际市场的竞争力。



(海洋生物学教授,博士生导师)

2003年11月16日于厦门大学

前 言

饲料添加剂是配合饲料的核心,是饲料工业的支柱。饲料添加剂的研究、应用不但受到科技界的广泛关注与重视,而且一些动物增、养殖企业和饲料制造商也将饲料添加剂作为提高其产品商业竞争力的关键和重要手段。饲料添加剂种类繁多,性质和功能各异,且产品更新快,特别是随着动物营养、饲料科学及生物技术的发展,各种新的饲料添加剂产品不断出现。随着动物养殖业和饲料工业的发展,饲料添加剂使用越来越广泛,用量也越来越大,饲料添加剂工业方兴未艾。虽然目前饲料添加剂的研究、报道资料较多,但国内适宜于用作饲料添加剂的教材并不多。为了使从事饲料、养殖等动物科学方面的教学、科研、生产和管理人员更全面地了解饲料添加剂的功能、性质、作用、使用方法、生产技术、加工工艺及设备、预混料的配制和注意事项,我们编写了这本《饲料添加剂》教材。

本书力求内容简明扼要,概念准确,通俗易懂,图文并茂,且各章附有学习目的、复习题、练习题、中英文对照的概念与术语,另外每章节均增加了水产动物饲料添加剂的内容。本书在编写的过程中,除结合自身的工作经验外,还广泛收集了饲料添加剂的最新资料,基本反映了饲料添加剂的最新研究成果和发展趋势,使其既可用作有关专业的教材,又可供作相关专业科技工作者、学生和教师的资料参考书。

参加本教材编写工作的有黎中宝博士(前言、第一章、第二章、第三章、第四章)、席峰博士(第五章、第六章、第七章)、陈学豪副教授(第八章、第九章)。全书由黎中宝博士统稿。本书编写过程中得到了集美大学及水产学院领导、集美大学教务处、集美大学教材科、集美大学饲料与病害教研室全体同志的关心和支持,在此深表感谢!本书的出版得到了厦门市农业创新资金计划项目(No. 3502Z20022005)的资助,在此表示感谢!

本教材的编写工作虽然由我校长期从事动物营养及相关专业教学和科研的老师合作完成,但编写过程中缺点和错误在所难免,敬请有关专家和广大读者指正。

黎中宝

2003年10月

目 录

序

前 言

第一章 绪 论	(1)
第二章 氨基酸添加剂	(7)
第一节 概述	(7)
第二节 氨基酸添加剂应用原理及其需求量	(13)
第三节 氨基酸添加剂的特点和应用	(22)
第四节 氨基酸添加剂的合理利用	(28)
第三章 维生素添加剂	(34)
第一节 概述	(34)
第二节 维生素的营养特性	(35)
第三节 维生素添加剂的特点和应用	(49)
第四节 维生素添加剂的合理利用	(60)
第四章 矿物质添加剂	(70)
第一节 概述	(70)
第二节 常量元素的营养特性及其补充物	(71)
第三节 微量元素的营养特性及其添加剂	(76)
第四节 微量元素添加剂的合理应用	(88)
第五章 药物饲料添加剂	(95)
第一节 抗菌药物饲料添加剂	(95)
第二节 抗寄生虫药物饲料添加剂	(119)
第三节 中草药饲料添加剂	(128)
第四节 药物饲料添加剂在食品动物体内的残留	(141)
第六章 微生态制剂	(149)
第一节 概述	(149)
第二节 饲用微生物添加剂	(153)
第三节 寡聚糖	(160)
第七章 其他促生长添加剂	(169)
第一节 饲用酶制剂	(169)
第二节 饲用酸化剂	(184)
第三节 酸碱调节剂——碳酸氢钠	(196)
第四节 腐殖酸钠	(199)

第五节	硫酸钠·····	(203)
第六节	激素类生长促进剂·····	(205)
第七节	二氢吡啶·····	(205)
第八章	饲料及动物产品品质改良添加剂·····	(210)
第一节	防霉剂·····	(210)
第二节	抗氧化剂·····	(216)
第三节	饲料青贮添加剂·····	(225)
第四节	饲料调味剂·····	(229)
第五节	着色剂·····	(238)
第六节	饲料加工辅助剂·····	(245)
第七节	除臭剂·····	(250)
第九章	预混合饲料·····	(253)
第一节	概述·····	(253)
第二节	预混料的配制·····	(258)
第三节	预混料的加工·····	(282)
附录 I	·····	(293)
附录 II	·····	(297)
参考文献	·····	(299)

第一章 绪 论

一、饲料添加剂的概念及作用

目前,由于饲料添加剂(feed additive)种类繁多,涉及不同的行业,因此各国对饲料添加剂的定义不完全统一。我国国家技术监督局发布的《饲料工业通用术语》中将饲料添加剂定义为:“为满足特殊需要而加入饲料中的少量或微量营养性或非营养性物质。”这些物质有两类:一类是饲料中原有但量不足的,如氨基酸、维生素、矿物元素等,称之为补充物;另一类是饲料中原所没有的有特殊作用且只需添加少量就能改变饲料性质的物质,如抗氧化剂、香料、抗球虫药等,称之为饲料添加剂。但目前也有许多人将这两类统称为广义的饲料添加剂,前者称为营养性添加剂,后者称为非营养性添加剂,而这两类都是配合饲料的重要部分。一般来说,饲料添加剂的基本概念是从使用的目的和要求来确立的。所谓“满足特殊需要”可归结为这样几个方面:一是满足现代化饲养动物的营养需要,完善饲料的全价性;二是为了改善饲料的质量,提高饲料的利用率;三是为了防止动物疾病,提高动物健康水平,最终达到饲养动物产品优质、高产、低消耗的目的。

各种饲料添加剂产品的成分是根据不同的动物种类及动物在不同的生长期对营养的不同需要而确定的,其作用各不相同:(1)提高饲料转化率,促进生长发育。(2)改善肉、蛋、奶品质,提高产蛋率、孵化率,增加繁殖率。(3)缩短饲料周期,节省劳动力,提高经济效益。(4)抗菌、防病、治病,提高存活率;保证和改善饲料品质。(5)促进饲料养分的消化吸收和提高合成效率,防止饲料养分损失及诱食、着色等等。

二、饲料添加剂的条件及分类

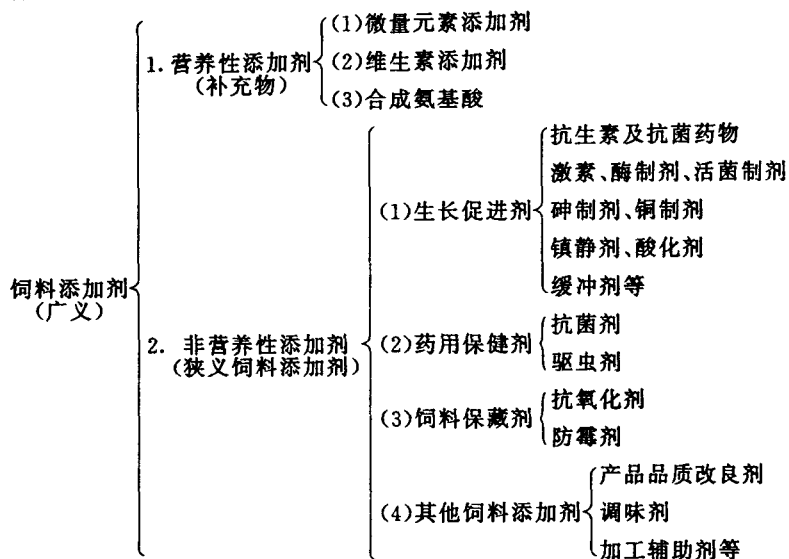
饲料添加剂的概念很广。随着科学技术的不断发展,可作为饲料添加剂的新物质不断问世,丰富着饲料添加剂的内容。但无论哪一种添加剂,都应符合下列基本条件:

- (1)添加到配合饲料中,对饲料品质及畜产品品质有益;
- (2)配合饲料中长期添加对动物不产生急性毒性与慢性毒性而影响畜禽的生产性能;
- (3)添加剂及其代谢产物在畜产品中的残留量不能超过规定的安全标准;
- (4)添加剂及其代谢产物对人和动物不产生致癌、致突变和致畸作用;
- (5)具有一定的稳定性,在一定条件下,贮存一定的时间,其稳定性不发生变化;
- (6)产品中重金属含量不允许超出国际允许范围;
- (7)对畜禽正常生殖机能及胚胎不产生有害作用;
- (8)添加剂及其代谢产物对内外环境不能产生危害作用。

饲料添加剂的种类繁多,仅单一的饲料添加剂原料就达数百种。我国至1990年3月批准生产和进口的各类添加剂已有100多种。目前世界市场上各种商品添加剂更多。

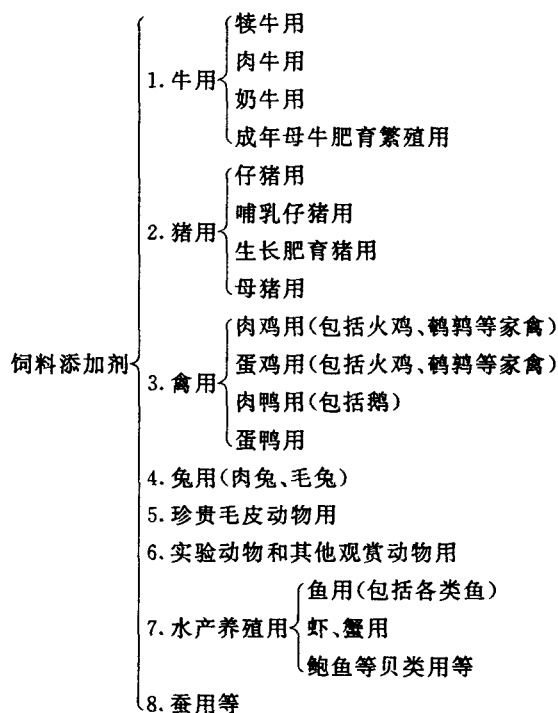
饲料添加剂至今尚无统一的分类方法,人们常按下面两种方法分类。

依其主要作用分类：



由于许多添加剂具有多种添加作用,所以,这一分类方法并不完善,不同学者的划分有一定差异。

依饲喂对象分类：



商品性预混料、添加剂系列产品即按此类方法分类,如禽用多维、仔猪生长素、奶牛用增奶素、鳊用多维和对虾用多维等。

三、载体和稀释剂

载体和稀释剂是保障添加剂产品质优价廉的重要条件,在饲料添加剂中占的比例很大,一

般可达饲料添加剂总重的 70% 以上, 所以必须选用好载体和稀释剂。

载体和稀释剂的涵义不同: 所谓载体是指用于承载微量添加剂活性组分并改变其物理性状, 保证添加成分能够均匀地分布到饲料中去的可饲物料; 而稀释剂则是掺入到一种或多种微量添加剂中起稀释作用的物质, 它可以稀释活性组分的浓度, 但它不起承载添加剂的作用。

用作载体的有玉米、麸皮、小麦粉、大豆粉、机榨油粕、脱脂米糠和稻壳等, 经研究, 麸皮、脱脂米糠分散均匀的效果最佳。经过浸提油的大豆粕、磷酸二钙和苜蓿草粉由于亲和性差, 加工时易产生粉尘和分离, 不宜做载体。承载性能最佳的载体粒度为 30~80 目 (0.59~0.177 mm)。可做稀释剂的原料有: 脱胚玉米粉、葡萄糖、磷酸二钙、石灰石粉、高岭土、沸石、蛎壳粉、食盐、硫酸钠、次麦粉等, 其粒度较细且均匀, 约在 30~200 目之间 (即 0.59~0.074 mm)。

作为载体和稀释剂应符合以下各项条件:

1. 载体和稀释剂的水分含量一般不超过 10%, 最高不超过 12%。而作为维生素的载体, 其水分宜控制在 5% 以内。含水量过高, 不仅给配制添加剂造成困难, 还易使微量组分在贮藏过程中失去活性, 从而严重影响预混合饲料的效能, 因此, 必须严格控制载体与稀释剂的水分。

2. 用作载体和稀释剂物料的容重和比重与添加剂微量活性组分基本一致, 以便在混合过程中均匀混合。其容重一般在 0.5~0.8 kg/L 为宜。

3. 载体表面应当粗糙或具有小孔洞和皱脊, 当载体与微量活性组分充分混合时, 微量成分能嵌入载体表面的小孔或吸附在粗糙的表面上。粗纤维含量较高的麦麸、脱脂米糠、大豆皮粉、小麦粗粉等均属良好的载体。

4. 载体的酸碱性对维生素在贮藏过程中的稳定性影响很大, 偏酸性或偏碱性容易使维生素受到破坏, 因此, 载体和稀释剂的酸碱度要接近中性, pH 值保持在 6.0~7.5 之间。

5. 核黄素、尼克酸、抗生素等在干燥、粉细时常带有静电荷, 产生吸附作用, 使活性成分吸附在混合机或输送设备表面, 造成产品不合格。静电作用也会影响物料的流动性, 所以选择载体和稀释剂应保证其不产生静电吸附现象或静电荷比较容易消除。在载体表面涂以植物油、矿物油等抗静电物料, 就能消除静电影响。

6. 载体、稀释剂如吸湿性强, 则制成的预混合饲料易吸附水分并结块, 在贮藏中活性物质易变质失活, 因此应尽量不使用吸湿性强的物料做载体或稀释剂。在实际生产中, 可加入沸石、二氧化硅、疏水淀粉等以防止结块。

7. 载体或稀释剂应具有较好的流动性。流动性差, 则不易混合均匀; 流动性太强, 则预混料或其成品在运输过程中易产生分离, 因此选用具适当流动性的载体, 对于微量组分的均匀混合具有重要作用。

8. 载体、稀释剂应无毒无害, 清洁卫生, 每克物料细菌含量不超过 30 万个, 其中真菌不超过 4 万个; 不影响动物的消化吸收, 不影响饲料的营养平衡。

配制饲料添加剂, 遇到微量活性成分的含量需要标准化时, 或使用的各活性物料的比重差别较大时, 或微量活性成分的浓度过高需要稀释时, 都应考虑使用稀释剂。有时为了生产流动性较好的添加剂预混料, 也要使用稀释剂。

四、添加剂预混合饲料

添加剂预混合饲料即预混合饲料 (premix), 简称预混料。它是指由一种或多种饲料添加剂纯品在掺入基本饲料之前与适当比例的载体或稀释剂配制而成的均匀混合物。

预混合饲料可分为两种基本类型:

1. 单项性预混料

由一类或一种添加剂原料与适当比例的载体或稀释剂配成,例如多种维生素预混料、微量元素预混料、药物预混料、维生素 B₁₂预混料、硒预混料等。

2. 综合性预混料

又可称复合预混料。指由两类或两类以上添加剂原料与适当比例的载体或稀释剂配成,例如,由氨基酸、维生素、微量元素及中草药等几类中的两类或两类以上添加剂原料配成的预混料。

目前我国暂行饲料工业标准中,将添加剂预混合饲料(feed additive premix)产品分为四类,即:维生素预混合饲料、矿物质预混合饲料、复合预混合饲料及药物预混合饲料。

添加剂纯品配制成预混料,主要有以下四点作用:

1. 可使添加剂的微量成分均匀地分布在配合饲料中,以免影响使用效果,或造成过量中毒。

2. 经过预混合工艺处理,可补偿和改进微量成分的不理想特性,诸如不稳定性、吸水性和静电荷等。

3. 可使添加剂的添加水平标准化。

4. 简化了一般饲料加工厂的生产工序,并减少了投资。

添加剂预混合饲料的配制比例及生产工艺技术要求较高,是一种比较复杂的技术工作,要求设备条件也较高,所以,在一般情况下,不要贸然生产配制,要在有关方面的技术专家指导下配制,否则,达不到技术要求,会给畜禽饲养造成损失。因此,用户最好是购买比较可靠的预混合饲料厂的产品,以保证自己的配合饲料质量。

五、使用饲料添加剂应注意的问题

1. 合理使用

(1) 饲料添加剂种类繁多,各有其不同的作用特点,必须结合畜禽饲养的需要、饲养条件和健康状况,有针对性地选择使用。任何一种饲料添加剂都不是万能的灵药,其使用效果取决于使用方法和饲料条件。

(2) 饲料添加剂的作用与畜禽的生理状态、发育情况、年龄及环境条件等有关。比如,幼畜比成畜的生长速度快,所以,给幼畜添加促生长添加剂效果明显好于成畜。又如,抗生素等药物添加剂对环境卫生差或患病的畜禽效果特别显著。

(3) 同一种饲料添加剂在不同的地区、不同的气候和土壤条件及不同的饲料条件下,所添加的数量不是一成不变的,应在饲养实践中总结出合理使用的经验。

2. 混入干粉饲料或稀释剂中

饲料添加剂一般混于干粉饲料载体中,短期储存待用,不得混于加水储存的饲料或发酵过程中的饲料内,更不能与饲料一起煮沸使用。常用的饲料载体有粗玉米粉、细玉米粉、小麦麸、脱脂米糠、大豆饼粉、石粉等等。载体的含水量一般应低于10%,越低越好。稀释剂是指与高浓度组分混合以降低其浓度的可饲物质,常用的有熟大豆粉、胚玉米粉、磷酸氢钙、膨润土、贝壳粉、石灰石粉等。一般要求稀释剂的粒度在200目(74 μm)到30目(590 μm)之间,形状和大小比较整齐一致。通常当预混料中添加剂原料的质量接近或超过50%时,或当两种或两种以上添加剂原料的容量差别很大时,则应考虑选用稀释剂。必须注意,当添加剂原料在预混料中占的比例很高时,容易产生明显的分离作用,需要同时采取其他适当措施。

3. 搅拌均匀

由于饲料添加剂添加到日粮中的量很微小,所以使用时一定要注意搅拌均匀。因把微量的添加剂直接混合于大量的饲料中往往不能达到均匀的程度,会影响动物的有效利用,故应先将添加剂混于少量的饲料中,再逐级扩大,搅拌均匀,即先进行预混合,然后再把预混料充分拌于一定量的饲料中。

4. 防止引起中毒

目前给畜禽规定的各种饲料添加剂的添加量都是大致的需要量,若超过需要量过多,就可能引起中毒,产生生理障碍。例如,幼龄猪每千克饲料仅需 500 mg 锌,如超过需要量的 40 倍,就会减重,出现关节炎、大出血和胃炎等症状。

5. 配伍、禁忌

使用饲料添加剂应注意它们之间的协同与对抗关系,比如说矿物质添加剂最好不与维生素添加剂配在一起,因为它会使一些维生素氧化。因此,了解各种饲料添加剂之间的配伍与禁忌十分重要。

6. 保存

饲料添加剂应保存在干燥、低温和避光处,以免氧化、受潮而失效,尤其是维生素。

总之,各类饲料添加剂的选用不仅要符合安全、经济和使用方便的要求,在使用前还应考虑添加剂的效价(质量)和有效期,而且还必须注意其限用、禁用、用量、用法与配伍、禁忌等具体规定,做到心中有数。

六、饲料添加剂的管理及法规

随着饲料工业的发展,饲料添加剂的种类越来越多。在畜牧业发达的国家,饲料添加剂几乎应用于各种畜禽的全部饲养过程。选作添加剂的物质是否安全?对人体、动物体是否有不利影响?对环境是否造成污染?如何控制不符合要求的物质被用作添加剂?怎样防止和控制某些有效添加剂的不利作用?这些问题都要求必须对添加剂的生产、销售和使用进行正确的指导和严格的监督管理。世界各国对饲料添加剂的管理都有专门机构来执行,并且各自都制定了具有法律性的“饲料法规”,对饲料添加剂的生产、销售、使用等都有严格而具体的规定和管理条例。综合各国饲料法规,基本有下列内容:

1. 新的饲料添加剂的生产都需遵循一定的审批程序;
2. 新产品的审查除了进行饲养效果检验以外,还必须进行包括“致癌、致畸、致突”三致试验的安全性评价及对人和环境影响的评价;
3. 上述两项内容通过以后,由管理机构公布批准可使用的添加剂品种和规格;
4. 对批准使用的添加剂的适用对象和使用量进行限定;
5. 在对饲料添加剂于动物体内的代谢情况及其残留毒理学等进行检验之后,对使用的剂型和使用对象的停药期还要有明确规定;
6. 有些国家还对各种饲料添加剂之间的配伍关系进行了规定。

由于世界各国对各种饲料添加剂的认识不同,各自饲养的动物种类及饲养环境不同,社会政治经济不同以及人们的食物结构和食用习惯不同,各国对饲料添加剂的管理准则、严格程度也各有差异。

中国饲料添加剂最高行政管理机构是国务院农牧行政管理机关。国务院 1999 年 5 月 18 日颁布的《饲料及饲料添加剂管理条例》(见附录 I)明确了饲料添加剂的范围,对其生产、经

营、研制及进口等作了详细的规定。农业部还颁布了《允许使用的饲料添加剂品种目录》(见附录 I),进一步加强了饲料添加剂的管理。

七、饲料添加剂在发展养殖动物上的重要意义

1. 饲料添加剂的使用是畜牧业发展的要求

在畜牧业发展的早期,畜禽的生产力低,主要是个体的散养,畜禽的各种营养需要能通过土壤、草虫、残羹剩饭以及阳光得到满足或基本得到满足,使用添加剂效果不明显。由于畜禽品种的改进,饲养技术的发展,生产力有了大幅度提高,仅靠单项或几种饲料的混合不能满足畜禽的营养需要,特别是工厂化、集约化的高密度地大批量生产,使动物脱离了阳光、土壤、青饲料等,所有的营养物质都必须由饲料或饮水供给,这就要求饲料中营养物质的全价性,且防治疾病也成了一个重要问题。

2. 饲料添加剂的使用是饲料工业发展的要求

饲料添加剂是配合饲料的一个重要组成成分,是配合饲料的核心。虽然饲料添加剂在饲料中的比例很少,但却是平衡配合饲料的营养,改善加工性能,提高配合配料质量必不可少的。要发展饲料工业,首先就要研制、生产或进口各种饲料添加剂。

3. 节约饲料,扩大饲料来源

由于添加剂的使用而生产出全价配合饲料,改善了饲料的质量。有些添加剂(如某些抗生素)本身就具有提高畜禽对饲料利用效果的作用。氨基酸的添加,可节约蛋白质饲料,扩大蛋白质饲料资源,从而缓解蛋白质饲料的不足。试验证明,在饲料中添加蛋氨酸、赖氨酸可减少日粮粗蛋白质的 2~4 个百分点的蛋白质饲料。

4. 节约资金

饲料添加剂的应用,因其促进生长、节约饲料,而大大降低了畜产品的生产成本,给人们提供了大量廉价的肉、蛋、奶等产品。据 1985 年美国农业科学技术委员会估计,饲料中添加抗生素,美国一年可节约 35 亿美元以上。有人估计,如果欧洲经济共同体农民不使用性能促进剂,则生产成本就要增加 10 亿英镑。

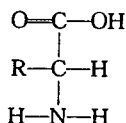
第二章 氨基酸添加剂

[学习目的]通过氨基酸添加剂的学习,掌握氨基酸的分类、作用,必需氨基酸、非必需氨基酸、限制性氨基酸和氨基酸平衡的概念,氨基酸的互补作用、拮抗作用,动物对氨基酸的需求,各种氨基酸添加剂的特点、应用,氨基酸添加剂的合理利用等;了解饲料添加剂氨基酸的质量标准等。

第一节 概 述

蛋白质在生命活动中具有特殊的重要意义,是体现生命活动的最基本物质:从动物的组成看,蛋白质是动物体内除水分以外含量最多的物质,约占动物干重的一半。蛋白质对于生命的意义不仅在于它是生命的重要物质基础,还在于它所具有的生物学性质。它与核酸是构成一切细胞的重要成分,在体内执行着各种各样的生物学功能。在动物生长发育、繁殖后代的过程中,都需要大量蛋白质来满足细胞组织的新陈代谢。因此,生命的一切活动都是通过蛋白质的活动来体现的。

蛋白质的化学结构十分复杂,但构成蛋白质的基本物质是氨基酸。氨基酸是由氨基($-\text{NH}_2$)和羧基($-\text{COOH}$)两种基团相结合的化合物。其基本结构式为:



其中的“R”代表复杂的侧链基团。“R”的长短和结构决定氨基酸的结构和性质。

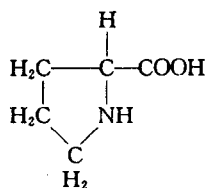
常见的氨基酸有 20 多种,它们的组成与结构变化很大。不同种类的氨基酸和氨基酸的不同组合决定了蛋白质的不同功能。饲料中的含氮物质即粗蛋白质被养殖动物采食后,必须首先分解为氨基酸才能被吸收利用,满足养殖动物对蛋白质的需要,因此,蛋白质对动物的营养实际上就是氨基酸营养。不同种类的氨基酸和氨基酸的不同组成决定了蛋白质的不同营养特性和营养价值。

蛋白质由 20 多种氨基酸连接而成。饲料中的蛋白质经胃肠道内的消化酶分解成氨基酸以后,由肠壁吸收到体内,并同体内已有的氨基酸一起合成动物组织所需要的蛋白质,促进动物的生长和实现其生产的需要。蛋白质的动物利用过程如图 2-1 所示。

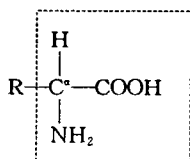
一、氨基酸的基本结构和构型

在蛋白质中,常见的氨基酸有 20 种(表 2-1)。

其中,脯氨酸的化学结构式为:

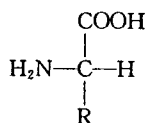


除脯氨酸以外,其余 19 种氨基酸的化学结构可以用下列通式表示:

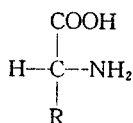


它们都有一个共同的结构,即:一个羧基($-\text{COOH}$)、一个氨基($-\text{NH}_2$)和一个氢原子与 α -碳原子相连。它们的结构差别,表现在 R 基(R 侧链)的化学结构上。不同的氨基酸,其 R 基的化学结构不同(表 2-1)。

由通式看出,不论 R 基结构如何,总有一个氨基连在与羧基相邻的 α -碳原子上。因此,蛋白质的氨基酸都属于 α -氨基酸(但脯氨酸是 α -亚氨基酸)。除甘氨酸以外,其余 19 种氨基酸的 α -碳原子都是不对称(手性)碳原子。因此,每一种氨基酸都有 D 型和 L 型两种构型:



L 型氨基酸



D 型氨基酸

天然蛋白质中的所有氨基酸都是 L 型氨基酸。虽然蛋白质中不含有 D 型氨基酸,但是在某些微生物和植物体中常含有 D 型氨基酸,例如:短杆菌肽中含有 D 苯丙氨酸,细菌细胞壁中含有 D 丙氨酸和 D 谷氨酸。

二、氨基酸的分类

蛋白质中的常见氨基酸(基本氨基酸)有 20 种,为了便于表示蛋白质的一级结构,每一种氨基酸都是用一定符号表示的,如表 2-1 所示。

根据 R 侧链极性和电荷的不同,可以将常见氨基酸分成四类,如表 2-1 所示。

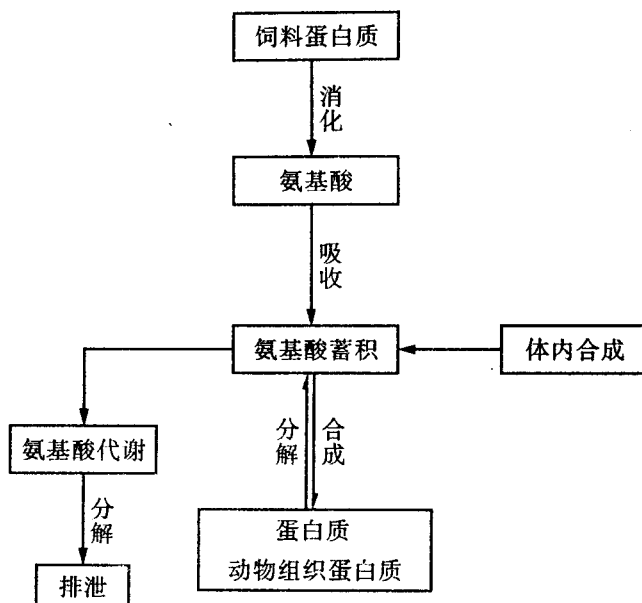
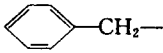
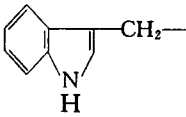
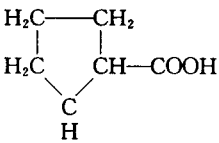


图 2-1 蛋白质·氨基酸代谢示意图

表 2-1 常见氨基酸的名称、结构及分类

分类	氨基酸名称	三字符号	单字符号	中文简称	R 基化学结构	等电点
非 极 性 氨 基 酸	丙氨酸 (alanine)	Ala	A	丙	$\text{H}_3\text{C}-$	6.02
	缬氨酸 (valine)	Val	V	缬	$\begin{array}{c} \text{H}_3\text{C}-\text{CH}- \\ \\ \text{CH}_3 \end{array}$	5.97
	亮氨酸 (leucine)	Leu	L	亮	$\begin{array}{c} \text{H}_3\text{C}-\text{CH}-\text{CH}_2- \\ \\ \text{CH}_3 \end{array}$	5.98
	异亮氨酸 (isoleucine)	Ile	I	异亮	$\begin{array}{c} \text{H}_3\text{C}-\text{CH}_2-\text{CH}- \\ \\ \text{CH}_3 \end{array}$	6.02
	苯丙氨酸 (phenylalanine)	Phe	F	苯丙		5.48
	色氨酸 (tryptophan)	Trp	W	色		5.89
	蛋氨酸(甲硫氨酸) (methionine)	Met	M	蛋 (甲硫)	$\text{H}_3\text{C}-\text{S}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-$	5.75
不 带 电 荷 极 性 氨 基 酸	脯氨酸 (proline)	Pro	P	脯		6.30
	甘氨酸(glycine)	Gly	G	甘	$\text{H}-$	5.97
	丝氨酸 (serine)	Ser	S	丝	$\text{HO}-\text{CH}_2-$	5.68
	苏氨酸 (threonine)	Thr	T	苏	$\begin{array}{c} \text{H}_3\text{C}-\text{CH}- \\ \\ \text{OH} \end{array}$	6.53
	半胱氨酸 (cysteine)	Cys	C	半胱	$\text{HS}-\text{CH}_2-$	5.02
	酪氨酸 (tyrosine)	Tyr	Y	酪	$\text{HO}-\text{C}_6\text{H}_4-\text{CH}_2-$	5.66
	天冬酰胺 (asparagine)	Asn	N	天酰	$\begin{array}{c} \text{O} \\ \\ \text{H}_2\text{N}-\text{C}-\text{CH}_2- \end{array}$	5.41
谷氨酰胺 (glutamine)		Gln	Q	谷酰	$\begin{array}{c} \text{O} \\ \\ \text{H}_2\text{N}-\text{C}-\text{CH}_2-\text{CH}_2- \end{array}$	5.65

(续表)

分类	氨基酸名称	三字符号	单字符号	中文简称	R 基化学结构	等电点
带正电荷极性氨基酸	组氨酸 (histidine)	His	H	组	$ \begin{array}{c} \text{HC}=\text{C}-\text{CH}_2- \\ \quad \\ \text{HN}^+ \quad \text{NH} \\ \diagup \quad \diagdown \\ \text{C} \\ \\ \text{H} \end{array} $	7.59
	赖氨酸 (lysine)	Lys	K	赖	$ \text{N}_3\text{N}^+-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2- $	9.74
	精氨酸 (arginine)	Arg	R	精	$ \begin{array}{c} \text{H}_2\text{N}-\text{C}-\text{NH}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2- \\ \\ \text{N}^+\text{H}_2 \end{array} $	10.76
带负电荷极性氨基酸	天冬氨酸 (aspartic acid)	Asp	D	天冬	$-\text{OOC}-\text{CH}_2-$	2.97
	谷氨酸 (glutamic acid)	Glu	E	谷	$-\text{OOC}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-$	3.22

三、氨基酸的味觉

氨基酸的立体构型不同,可产生不同的味觉。D 型氨基酸多数有甜味,D-色氨酸甜味最强,可达蔗糖的 40 倍。L 型氨基酸具有甜、苦、酸、鲜等味(见表 2-2)。

表 2-2 L-氨基酸的味觉

氨基酸名称	阈值/ (mg/100 mL)	甜	苦	酸	鲜	咸
甜味氨基酸						
甘氨酸	110	+++				
丙氨酸	60	+++				
丝氨酸	150	+++		+		
苏氨酸	260	+++	+	+		
脯氨酸	300	+++	++			
羟脯氨酸	50	++	+			
赖氨酸盐酸盐	50	++	++		+	
谷氨酰胺	250	+			+	
苦味氨基酸						
缬氨酸	150	+	+++			
亮氨酸	380		+++			
异亮氨酸	90		+++			
蛋氨酸	30		+++		+	
苯丙氨酸	150		+++			

(续表)

氨基酸名称	阈值/ (mg/100 mL)	甜	苦	酸	鲜	咸
色氨酸	90		+++			
精氨酸	10		+++			
精氨酸盐酸盐	30		+++			
组氨酸	20		+++			
酸味氨基酸						
组氨酸盐酸盐	5		+	+++		+
天门冬酰胺	100		+	++		
天门冬氨酸	3			+++		
谷氨酸	5			+++		
鲜味氨基酸						
天门冬氨酸钠	100				++	+
谷氨酸钠	30				+++	

资料来源:天津轻工业学院,无锡轻工业学院.食品工业化学.中国轻工业出版社,1998年,122~123。

四、饲料中添加氨基酸的主要作用

1. 满足动物需要促进动物生长,改善氨基酸平衡,提高饲料利用率,节约蛋白质资源

添加限制性氨基酸,能改善日粮中氨基酸的平衡,从而充分发挥其他氨基酸的作用,不必通过提高蛋白质含量来满足动物对氨基酸的需要,节约了蛋白质资源,促进了动物生长并能提高饲料日粮的利用率。生产实践和饲养试验已证明,赖氨酸、蛋氨酸通常是养殖动物的限制性氨基酸,少量添加可促进养殖动物生产,提高饲料利用率。表 2-3 为添加赖氨酸对仔猪生产作用的试验结果。

表 2-3 添加赖氨酸对仔猪生产的作用

添加量 添加效应	0.1%	0.3%	0(对照)
试前重(kg)	7.17	7.14	7.07
30 天后重(kg)	18.70	18.93	17.58
试验期增重(kg)	11.53	11.79	10.49
饲料转化率(%)	1.82	1.79	2.00

资料来源:张艳云等.饲料添加剂.1998年,67。

许多试验和生产实践证明,通过添加限制性氨基酸,可降低日粮中蛋白质的含量而生产性能保持不变。一般可降低日粮粗蛋白质 2~4 个百分点。常见的是在以玉米+豆饼为主的饲料中添加赖氨酸代替部分豆饼,或减少鱼粉用量而添加赖氨酸、蛋氨酸,从而节约蛋白质饲料。

例如粗蛋白为 16% 的玉米—豆饼型饲料,对生长猪(20~30 kg)是比较好的饲料,氨基酸较平衡,当因减少豆饼而降低日粮粗蛋白质 2 个百分点(即 14%)时,仅赖氨酸不能满足需要,