

全国农业高等院校规划教材
农业部兽医局推荐精品教材

宠物营养与食品

● 王景芳 史东辉 主编



中国农业科学技术出版社

全国农业高等院校规划教材
农业部兽医局推荐精品教材

宠物营养与食品

● 王景芳 史东辉 主编

中国农业科学技术出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

宠物营养与食品/王景芳, 史东辉主编. —北京: 中国农业科学技术出版社, 2008. 8
全国农业高等院校规划教材. 农业部兽医局推荐精品教材
ISBN 978-7-80233-569-1

I. 宠… II. ①王… ②史… III. 观赏动物-食品营养-高等学校-教材 IV. S815

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2008) 第 081273 号

责任编辑 崔改泵 段道怀

责任校对 贾晓红 康苗苗

出版者 中国农业科学技术出版社
北京市中关村南大街 12 号 邮编: 100081

电话 (010) 82106632 (编辑室)

传真 (010) 62121228

网址 <http://www.castp.cn>

经销者 新华书店北京发行所

印刷者 北京华忠兴业印刷有限公司

开本 787 mm × 1082 mm · 1/16

印张 17

字数 400 千字

版次 2008 年 8 月第 1 版 2008 年 8 月第 1 次印刷

定价 28.00 元

《宠物营养与食品》

编 委 会

- 主 编** 王景芳 黑龙江生物科技职业学院
史东辉 辽宁医学院
- 副主编** 顾洪娟 辽宁农业职业技术学院
李文军 黑龙江畜牧兽医职业学院
王俊峰 信阳农业高等专科学校
- 参 编** 邵洪侠 黑龙江生物科技职业学院
侯晓亮 黑龙江民族职业学院
王 东 黑龙江畜牧兽医职业学院
邬立刚 黑龙江农业职业技术学院
刘希凤 山东畜牧兽医职业学院
- 主 审** 张卫宪 周口职业技术学院

内 容 简 介

《宠物营养与食品》系为高职高专院校宠物医疗专业学生编写的系列教材之一。本书共设8章。第一章为宠物营养基础，主要讲述蛋白质、脂肪、碳水化合物、矿物质、维生素和能量在宠物营养中的作用及相互关系；第二章为营养需要与饲养标准，讲述宠物处于不同生理状态下对各种营养物质需要的特点、变化规律及影响因素；第三章为宠物食品原料，讲述宠物食品的概述、原料的营养特性及利用；第四章为宠物食品的原料配制，讲述如何根据饲养标准为不同宠物配制日粮；第五章为宠物食品加工与质量管理，讲述宠物食品的加工工艺及质量管理；第六章为观赏鸟的营养与饲料，讲述观赏鸟所需各种营养物质及饲料；第七章为观赏鱼的营养与饲料，讲述观赏鱼所需各种营养物质及饲料；第八章实训指导，为学生岗位应职能力的训练提供指导。本书的读者对象，除高职高专院校宠物专业学生外，还可供动物营养与饲料学的科研人员、教师、畜牧及宠物医疗工作者参考。

序

中国是农业大国，同时又是畜牧业大国。改革开放以来，我国畜牧业取得了举世瞩目的成就，已连续 20 年以年均 9.9% 的速度增长，产值增长近 5 倍。特别是“十五”期间，我国畜牧业取得持续快速增长，畜产品质量逐步提升，畜牧业结构布局逐步优化，规模化水平显著提高。2005 年，我国肉、蛋产量分别占世界总量的 29.3% 和 44.5%，居世界第一位，奶产量占世界总量的 4.6%，居世界第五位。肉、蛋、奶人均占有量分别达到 59.2 千克、22 千克和 21.9 千克。畜牧业总产值突破 1.3 万亿元，占农业总产值的 33.7%，其带动的饲料工业、畜产品加工、兽药等相关产业产值超过 8 000 亿元。畜牧业已成为农牧民增收的重要来源，建设现代农业的重要内容，农村经济发展的重要支柱，成为我国国民经济和社会发展的基础产业。

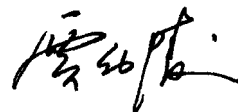
当前，我国正处于从传统畜牧业向现代畜牧业转变的过程中，面临着政府重视畜牧业发展、畜产品消费需求空间巨大和畜牧行业生产经营积极性不断提高等有利条件，为畜牧业发展提供了良好的内外部环境。但是，我国畜牧业发展也存在诸多不利因素。一是饲料原材料价格上涨和蛋白饲料短缺；二是畜牧业生产方式和生产水平落后；三是畜产品质量安全和卫生隐患严重；四是优良地方畜禽品种资源利用不合理；五是动物疫病防控形势严峻；六是环境与生态恶化对畜牧业发展的压力继续增加。

我国畜牧业发展要想改变以上不利条件，实现高产、优质、高效、生态、安全的可持续发展道路，必须全面落实科学发展观，加快畜牧业增长方式转变，优化结构，改善品质，提高效益，构建现代畜牧业产业体系，提高畜牧业综合生产能力，努力保障畜产品质量安全、公共卫生安全和生态环境安全。这不仅需要全国人民特别是广大畜牧科教工作者长期努力，不断加强科学研究与科技创新，不断提供强大的畜牧兽医理论与科技支撑，而且还需要培养一大批掌握新理论与新技术并不断将其推广应用的专业人才。

培养畜牧兽医专业人才需要一系列高质量的教材。作为高等教育学科建设的一项重要基础工作——教材的编写和出版，一直是教改的重点和热点之一。为了支持创新型国家建设，培养符合畜牧产业发展各个方面、各个层次所需的复合型人才，中国农业科学技术出版社积极组织全国范围内有较高学术水平和多年教学理论与实践经验的教师精心编写出版面向 21 世纪全国高等农林院校，反映现代畜牧兽医科技成就的畜牧兽医专业精品教材，并进行有益的探索和研究，其教材内

容注重与时俱进，注重实际，注重创新，注重拾遗补缺，注重对学生能力、特别是农业职业技能的综合开发和培养，以满足其对知识学习和实践能力的迫切需要，以提高我国畜牧业从业人员的整体素质，切实改变畜牧业新技术难以顺利推广的现状。我衷心祝贺这些教材的出版发行，相信这些教材的出版，一定能够得到有关教育部门、农业院校领导、老师的肯定和学生的喜欢。也必将为提高我国畜牧业的自主创新能力和增强我国畜产品的国际竞争力作出积极有益的贡献。

国家首席兽医官
农业部兽医局局长



二〇〇七年六月八日

前 言

本教材是根据《教育部关于加强高职高专教育人才培养工作的意见》、《关于加强高职高专教育教材建设的若干意见》、《关于全面提高高等职业教育教学质量的若干意见》等文件精神而编写的。

在编写教材过程中,根据高职高专的培养目标,遵循高等职业教育的教学规律,针对学生的特点和就业面,注重对学生专业素质的培养和综合能力的提高,尤其突出实践技能训练。理论内容以“必需”、“够用”为尺度,适当扩展知识面和增加信息量;实践内容以基本技能为主,又有综合实践项目。书中所有内容均最大限度地保证其科学性、针对性、应用性和实用性,并力求反映当代新知识、新方法和新技术。

本教材重点在于培养学生具备应聘岗位及自主创业所必需的宠物营养与食品方面的基本理论知识和基本技能,掌握宠物营养原理和营养需要的知识与宠物饲料配合、宠物食品加工调制、饲料资源的合理利用、宠物食品卫生监控的能力,使学生初步具备独立进行岗位工作、自主创业和解决宠物饲养中实际问题的能力。

编写人员分工为:第一章第一至第八节由史东辉编写;第九、十节由王东编写;第二章由顾洪娟编写;第三章由邵洪侠编写;第四章第一、二、三节由王俊峰编写;第四章第四节、第五节由刘希凤编写;第五章由侯晓亮编写;第六章由李文军编写;第七章及第八章由王景芳编写;附录部分由邬立刚编写。全书由王景芳统稿,在统稿中邵洪侠协助做了很多工作。

编写工作承蒙中国农业科学技术出版社的指导;教材由周口职业技术学院张卫宪教授主审,并对结构体系和内容等方面提出了宝贵意见;主编、副主编、参编和主审所在的学校,对编写工作给予了大力支持。同时也向“参考文献”作者表示诚挚谢意。

由于宠物营养的研究工作在我国尚处于起步阶段,宠物营养的精细研究资料较少,加之编者水平所限,难免有不足之处,恳请专家和读者赐教指正。

编 者

2008年5月

目 录

第一章 宠物营养基础	1
第一节 概述	1
第二节 能量与宠物营养	8
第三节 蛋白质营养	11
第四节 碳水化合物营养	19
第五节 脂类营养	22
第六节 矿物质营养	26
第七节 维生素营养	37
第八节 水营养	49
第九节 各类营养物质的相互关系	54
第十节 宠物营养与环境、免疫	60
第二章 营养需要与饲养标准	67
第一节 营养需要	67
第二节 维持营养需要	69
第三节 生长、繁殖及泌乳的营养需要	73
第四节 饲养标准	80
第三章 宠物食品原料	85
第一节 概述	85
第二节 谷物类食品原料	87
第三节 蛋白质类食品原料	89
第四节 脂肪类食品原料	93
第五节 蔬菜水果、块根（茎）瓜类食品原料	94
第六节 食品添加剂	99
第七节 营养保健品	103
第四章 宠物食品的原料配制	106
第一节 配合饲料的概念及特点	106
第二节 配合饲料的种类	108
第三节 日粮的配制原则	110
第四节 日粮的配制方法	113
第五节 宠物常用食品配方	121

第五章 宠物食品加工与质量管理	126
第一节 概述	126
第二节 宠物食品加工	127
第三节 宠物食品质量管理	140
第四节 常用犬、猫食品简易加工	148
第六章 观赏鸟的营养与饲料	152
第一节 观赏鸟的营养原理	152
第二节 观赏鸟的营养需要	158
第三节 鸟类的饲料	161
第七章 观赏鱼的营养与饲料	175
第一节 观赏鱼的营养	175
第二节 观赏鱼的饲料	181
第八章 实训指导	190
实训一 宠物营养状况的观察与分析	190
实训二 饲料样本的采集、制备与保存	191
实训三 饲料中水分的测定	193
实训四 饲料中粗蛋白质的测定	195
实训五 饲料中粗纤维的测定	198
实训六 饲料中粗脂肪的测定	200
实训七 饲料中粗灰分的测定	202
实训八 饲料中钙含量的测定	204
实训九 饲料中总磷量的测定	206
实训十 饲料中可溶性氯化物的测定	209
实训十一 饲料中氟含量的测定	212
实训十二 饲料中黄曲霉毒素 B ₁ 的测定	215
实训十三 饲料原料的质量鉴定	221
实训十四 宠物饲料的配合	227
实训十五 配方软件的应用	229
实训十六 参观饲料加工厂	230
附录一 生长犬和成年犬的每天营养物质需要量	233
附录二 猫的营养需要量	235
附录三 饲料卫生标准 (GB 13078—2001)	237
附录四 允许使用的饲料添加剂	244
附录五 常用饲料成分及营养价值表	247
参考文献	259

第一章 宠物营养基础

第一节 概述

营养是有机体消化吸收食物并利用食物中的有效成分来维持生命活动、修补体组织生长和生产的全部过程。食物中的有效成分能够被有机体用以维持生命或生产产品的一切化学物质，称为营养物质或营养素、养分。养分可以是简单的化学元素如 Ca、P、K、Na、Cl、Mg、S、Fe、Cu、Mn、Zn、Se、I 等；也可以是复杂的化合物，如蛋白质、脂肪、碳水化合物和各种维生素。自然界中的生物根据其营养特点不同，可分为自养生物和异养生物两大类。大部分植物和微生物能利用土壤中的无机元素、硝态或氨态氮、水及空气中的二氧化碳和叶绿素捕获太阳能，通过光合作用合成自身需要的各种有机物，同时释放出氧，这些生物属于自养生物。大多数动物不能像自养生物那样以简单无机物为食物，必须从外界直接获得有机物及氧，这些生物属于异养生物。自养生物是异养生物的主要食物；异养生物的排泄物和死尸，经微生物分解转化为无机物还原于自然界，成为自养生物的食物来源。自养生物和异养生物是生物界物质循环的两大主要生物群落，它们相互制约，相互依存，并同时影响环境，由此构成复杂的生态系统。

一、动植物的组成

宠物食品中的营养物质是宠物生存、生长、繁殖、生产的物质基础。一切能被宠物采食、消化、利用并无毒无害的物质，皆可作为宠物的食品，也称为宠物日粮、宠物食物或宠物饲料等，包括天然的和人工合成的各种物质，绝大多数来源于植物和动物。

（一）宠物食品中的营养物质

已知的 100 多种化学元素中，在动物、植物体内就有 60 多种。其中，至少有 20 多种参与各种营养物质的构成。根据这些化学元素在动、植物体内含量的多少可分为两大类，即常量元素和微量元素。其中含量不低于 0.01% 者称为常量元素，如碳、氢、氧、氮、钙、磷、钾、钠、氯、镁、硫等；含量低于 0.01% 者称为微量元素，包括铁、铜、钴、锰、锌、碘、硒等。上述元素中，碳、氢、氧、氮四种元素所占比例最大，占动、植物体中元素的 90% 以上。测定证明：组成动物体的化学元素与组成植物体的化学元素基本相同，只是含量略有差异。具体含量见表 1-1。

表 1-1 动、植物体化学元素含量比较

元素含量	植 物		动 物	
	玉米	豆饼	猪肉	羊肉
氧 (%)	49.1	38.3	44.9	51.7
碳 (%)	40.3	41.7	38.0	25.4
氢 (%)	7.2	5.9	10.3	9.3
氮 (%)	1.4	7.8	1.8	2.2
硫 (g/kg)	0.59	1.68	1.27	1.54
氯 (g/kg)	1.38	3.82	0.41	0.52
磷 (g/kg)	3.30	7.01	2.77	5.28
钙 (g/kg)	0.30	2.15	4.43	8.74
钾 (g/kg)	3.18	20.18	1.12	1.42
钠 (g/kg)	0.05	0.18	0.53	0.76
镁 (g/kg)	1.14	2.65	0.19	0.32
铁 (g/kg)	42.0	230.0	90.0	280.0
锰 (g/kg)	9.0	30.0	—	—
碘 (g/kg)	—	—	400.0	400.0
锌 (g/kg)	21.0	47.0	30.0	30.0
铜 (g/kg)	51.0	1240.0	—	—
铝 (g/kg)	14.0	41.0	—	—
硅 (g/kg)	170.0	720.0	10.0	100.0

这些元素在宠物体内和食品中绝大部分不是以游离状态单独存在，而是互相结合以复杂的有机和无机化合物的形式构成各种组织器官和产品。

国际上通常采用 1864 年德国的 Hanneberg 提出的概略养分分析方案，将宠物食品中的养分分为 6 大类（图 1-1）。即水分、粗灰分（Ash）、粗蛋白质（CP）、粗脂肪或乙醚浸出物（EE）、粗纤维（CF）、和无氮浸出物（NFE）。该分析方案概括性强，简单、实用。

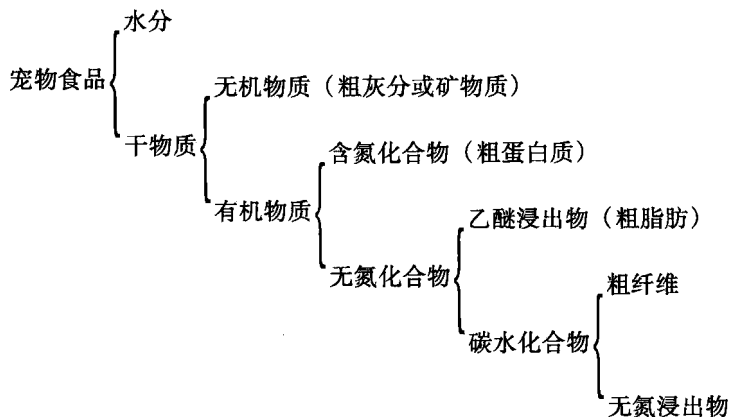


图 1-1 宠物食品的养分组成之间关系

1. 水分

各种宠物食品均含有水分，其含量差异很大。水分含量越高，干物质含量越低，营养浓度越低，其营养价值也越低。一般宠物食品中水分 $\leq 14\%$ 时，易于保存和运输。存在于

动植物细胞间、与细胞结合不紧密、容易挥发的水，称游离水或自由水；而与细胞内胶体物质紧密结合在一起、形成胶体水膜、难以挥发的水，称结合水或束缚水。构成动植物的这两种水分之和，称为总水分。

2. 粗灰分

是宠物食品、动物组织和动物排泄物样品在 550 ~ 600℃ 高温炉中将所有有机物全部氧化后剩余的残渣。主要为矿物质氧化物或盐类，有时还含有少量的泥沙，故称粗灰分。

3. 粗蛋白质

宠物食品、动物组织或动物排泄物中一切含氮物质的总称为粗蛋白质，包括真蛋白和非蛋白含氮物，后者又称氮化物，包括游离氨基酸、酰胺类、含氮的糖苷和脂、生物碱、铵盐、硝酸盐、甜菜碱、胆碱、嘧啶和嘌呤等。粗蛋白的平均含氮量为 16%。常规分析测定的粗蛋白，根据测出的含氮量乘以 6.25 ($100/16 = 6.25$) 计算粗蛋白含量，6.25 称为蛋白质的换算系数。

4. 粗脂肪

是宠物食品、动物组织和动物排泄物样品中脂溶性物质的总称。常规分析中是用乙醚浸提样品所得的乙醚浸出物，所以粗脂肪又称为乙醚浸出物。包括真脂肪和类脂肪。真脂肪系甘油三酯。类脂肪有叶绿素、脂溶性维生素、有机酸、树脂、固醇等。

5. 粗纤维

碳水化合物是植物性宠物食品中最主要的组成成分，也是宠物的主要能量来源。按常规分析，碳水化合物分为粗纤维和无氮浸出物两部分。粗纤维是植物细胞壁的主要组成成分，包括纤维素、半纤维素、木质素及角质成分。纤维素是由 β -1, 4 葡萄糖聚合而成的同质多糖，其营养价值与淀粉相似；半纤维素是由葡萄糖、果糖、木糖、甘露糖和阿拉伯糖等聚合而成的异质多糖；木质素是一种苯丙基衍生物的聚合物，是宠物利用各种养分的主要限制因子，对宠物没有营养价值。

6. 无氮浸出物

是指宠物食品有机物质中的无氮物质除去脂肪及粗纤维以外的部分，主要是由易被宠物消化利用的淀粉、双糖、单糖等可溶性碳水化合物组成。随着营养科学的发展和养分分析方法的不断改进，分析手段越来越先进，如氨基酸自动分析仪、原子吸收光谱仪、气相色谱分析仪等的使用，使养分分析的效率大大提高，各种纯养分皆可进行分析。宠物食品中的无氮浸出物由下式计算而来。

$$\text{无氮浸出物}(\%) = 100\% - (\text{水分} + \text{粗灰分} + \text{粗蛋白质} + \text{粗脂肪} + \text{粗纤维})\%$$

无氮浸出物含量越高，适口性越好，消化率越高。

(二) 宠物食品中各种营养物质的基本功能

1. 作为宠物体的结构物质

宠物机体的每一个细胞和组织的构成物质，如骨骼、肌肉、皮肤、结缔组织、牙齿、羽毛、角、爪等组织器官都是由营养物质构成的。营养物质是宠物维持生命和正常生产过程中不可缺少的物质。

2. 作为宠物生存和生产的能量来源

在宠物生命和生产过程中，维持体温、随意活动和生产产品，所需能量皆来源于营养物质，主要是碳水化合物、脂肪和蛋白质。

3. 作为动物机体正常机能活动的调节物质

营养物质中的维生素、矿物质以及某些氨基酸、脂肪酸等，在宠物机体内起着不可缺少的调节作用。如果缺乏，宠物正常生理活动将出现紊乱，甚至死亡。

(三) 宠物食品中营养物质表示方法

1. 营养物质的表示单位

百分比(%)表示100单位重(kg, g, mg, μg 等)的宠物食品总量中某种养分所占的比例，如mg/kg表示每千克宠物食品中含有多少毫克的宠物食品养分。

2. 不同干物质为基础的表示方法

原样基础：也称为新鲜基础或潮湿基础，因干物质含量的差异较大，不易比较。

风干基础：宠物食品在空气中放置干燥后称风干宠物食品。在此基础上干物质含量约为88%左右，大多数宠物食品以风干状态饲喂，比较实用。

绝干基础：无水状态或100%的干物质状态，常用于比较不同水分含量的宠物食品。

(四) 动植物的组成成分

动植物体所含化学元素基本相同，数量略有差异，二者所含化学元素皆以氧为最多，碳和氢次之，钙和磷较少。动物体内的钙、磷、钠含量大大超过植物，钾含量则低于植物。其他微量元素的含量相对较稳定。植物受土壤、肥料、气候、收贮时间等因素影响而变化。比较动植物的化合物有如下差异。

1. 水分

在一定条件下将宠物食品或畜禽产品烘干至恒重，所失重量为水分(包括游离水、结合水)重量，剩余重量为干物质重量。植物体内水分因植物种类、植株生长部位不同差异较大，多可到95%，少到5%。青绿植物为60%~95%，籽实类、油饼类为9%~15%。成年宠物体内水分含量一般为45%~60%，血液含水90%~92%，肌肉含水72%~78%，骨骼组织含水约45%，宠物牙齿珐琅质含水仅5%。

2. 粗灰分

主要由各种矿物质组成，如钙、磷、铁、镁、铜、钾、钠等。植物中各元素因地区、植物种类、生长时期、部位的不同而差异较大。宠物体内钙、磷占65%~75%，主要矿物质元素平均百分含量为：Ca 1.33%，P 0.74%，K 0.19%，Na 0.16%，Cl 0.11%，Mg 0.04%，S 0.15%。除上述矿物元素外，含量仅为宠物体十万分之几至千万分之几的Fe、Cu、Zn、Mn、Co、F、Cr等元素也是动物必需的微量元素。

3. 粗蛋白质

植物体内粗蛋白质一部分蛋白质以氨化物形式存在。蛋白质含量因植物种类、部位不同而差异较大，含量比宠物少，豆科籽实为29%~50%，谷实类7%~14%。植物体能自身合成全部的氨基酸，宠物体则不能全部合成。宠物体的每一个细胞都含有蛋白质。宠物体内酶，抗体，内分泌激素，色素以及对宠物有机体起消化、代谢、保护作用的一切特殊物质皆由蛋白质构成。宠物体内的蛋白质是由各种氨基酸按一定顺序排列构成的真蛋白质。一般说来，宠物体内蛋白质含量较高。

4. 粗脂肪

植物脂肪主要由不饱和脂肪酸组成，除油料植物中脂类含量较高外一般植物脂类含量

较少。植物种子中的脂类主要是简单的甘油三酯，复合脂类是细胞中的结构物质，平均占细胞膜干物质一半或一半以上。在植物体的粗脂肪中，除中性脂肪和脂肪酸外，还有色素、蜡质等。宠物体内的粗脂肪中，则含有中性脂肪、脂肪酸及各种脂溶性维生素，主要由饱和脂肪酸组成。宠物体内的脂类主要是结构性的复合脂类，如磷脂、糖脂、鞘脂、脂蛋白质和贮存的简单脂类等。宠物的种类、品种、生长程度等不同，脂肪含量差异较大。

5. 粗纤维

植物种类、生长阶段不同，植株部位不同粗纤维含量不同。秸秆、秕壳含粗纤维较高，豆类籽实含量较少。宠物体内不含粗纤维。

6. 无氮浸出物

其在植物籽实中含量最高，其次是叶，在根、茎中含量最低。在淀粉质块根、块茎中的含量可达75%~93%，禾本科籽实中含量为60%~70%。宠物食品中无氮浸出物含量高，适口性好，消化率高，是动物能量的主要来源。宠物体内碳水化合物含量少于1%，主要为以肝糖元和肌糖元形式存在。肝糖元约占肝鲜重的2%~8%，总糖元的15%；肌糖元约占肌肉鲜重的0.5%~1%，总糖元的80%。其他组织中糖元约占5%。葡萄糖是重要的营养性单糖，肝是体内葡萄糖的贮存库。

宠物体与植物体的组成既有相同点又存在差异。宠物摄取营养物质后，必须经过体内的新陈代谢过程，才能将营养物质转变为机体成分。宠物体成分与宠物食品成分间的关系可概括为：宠物体的水分来源于宠物食品中的水、代谢水和饮水；宠物体的蛋白质来源于食品中的蛋白质和氨化物；宠物体的脂肪来源于食品中的粗脂肪、无氮浸出物、粗纤维及蛋白质脱氨部分；宠物体内的糖分来源于食品中的碳水化合物；宠物体中的矿物质来源于宠物食品、饮水和土壤中的矿物质；宠物体内的维生素有一部分来源于食品中的维生素，有一部分来自自身消化道微生物或是由机体合成。但这并不是绝对的，宠物食品中的各种营养物质，在机体代谢过程中，存在着相互协调、相互代替或相互颀颀等复杂关系。

二、宠物对食品的消化和吸收

宠物食品中的有机成分蛋白质、脂肪、碳水化合物以不溶解的大分子形式存在，这些物质必须分解成较简单的化合物，才能通过消化道黏膜进入血液和淋巴液，这种分解过程称作消化。已消化的养分通过消化道黏膜进入血液或淋巴液的生理过程称为吸收。宠物对不同食品的消化利用程度不同，宠物食品中各种营养物质消化吸收的程度直接影响其利用效率。

（一）宠物对食品的消化方式

宠物的类别不同，消化道结构和功能亦不同，但是，它们对食物中各种营养物质的消化却具有许多共同的规律。宠物对食品的消化方式有三种：物理性消化、化学性消化和微生物消化。

1. 物理性消化

物理性消化主要靠宠物的咀嚼器官——牙齿和消化道管壁的肌肉运动把食物压扁、撕碎、磨烂，增加食物的表面积，易于与消化液充分混合，并把食糜从消化道的一个部位运送到消化道的另一个部位。这种消化方式虽然改变了食物的物理性质，但并没有改变食物的化学性质。食物在宠物口腔内的消化方式主要是物理性消化，为胃肠中的化学性消化

(主要是酶的消化)、微生物消化做好准备。

2. 化学性消化

动物对宠物食品的化学性消化主要是酶的消化。酶的消化是高等动物主要的消化方式，是宠物食品变成动物能吸收的营养物质的一个过程。宠物食品中的大分子物质如蛋白质、脂肪和糖类等营养物质在相应酶的作用下分解为可被吸收的小分子物质氨基酸、甘油、脂肪酸以及单糖等。宠物对食品中粗纤维的消化，主要靠消化道内微生物的发酵，此外，植物性食品中含有的酶，在宠物胃肠道适宜的环境中，也参与消化作用。

宠物消化道部位不同，分泌的消化液不同，消化液中酶的种类也不相同，表 1-2 列出了消化液的来源，消化酶的名称、前体物、致活物和分解食物中营养物质的种类及终产物。

表 1-2 消化道中的主要酶类

来源	酶	前体物	致活物	分解底物	终产物
唾液	唾液淀粉酶	胃蛋白酶原	盐酸	淀粉	糊精、麦芽糖
胃液	胃蛋白酶	胃乳酶原	盐酸	蛋白质	胨、胨
胃液	凝乳酶	胰蛋白酶原	肠激酶	酪蛋白	酪蛋白钙、胨
胰液	胰蛋白酶	糜蛋白酶原	胰蛋白酶	蛋白质	胨、肽
胰液	糜蛋白酶	羧肽酶原	胰蛋白酶	蛋白质	胨、肽
胰液	羧肽酶	氨基肽酶原	胰蛋白酶	肽	氨基酸
胰液	氨基肽酶			肽	氨基酸
胰液	胰脂酶			脂肪	甘油、脂肪酸
胰液	胰麦芽糖酶			麦芽糖	葡萄糖
胰液	蔗糖酶			蔗糖	葡萄糖、果糖
胰液	胰淀粉酶			淀粉	糊精、麦芽糖
胰液	胰核酸酶			核酸	核苷酸
肠液	氨基肽酶			胨、肽	氨基酸
肠液	双肽酶			胨、肽	氨基酸
肠液	麦芽糖酶			麦芽糖	葡萄糖
肠液	乳糖酶			乳糖	葡萄糖、半乳糖
肠液	蔗糖酶			蔗糖	葡萄糖、果糖
肠液	核酸酶			核酸	嘌呤和嘧啶碱
肠液	核苷酸酶			核酸	磷酸、戊糖

犬、猫是哺乳动物食肉目动物。它们的肠道相对较短，胃肠道分泌的消化液有利于消化和吸收动物的肌肉和骨骼，犬猫能消化吸收动物鲜肉和内脏中 90%~95% 的蛋白质，而只能消化吸收植物性蛋白质的 60%~80%。不同的宠物在不同的生长发育阶段所分泌的酶的种类、数量不同。因此，供给的食物种类和加工调制方法也应不同。

犬驯化后成为以食肉为主的杂食动物，犬的味觉较差，采食迅速，依靠灵敏的嗅觉来辨别食物的新鲜或腐败；上下腭各有一对尖锐的犬齿，用来撕咬食物；肠道较短，只有体长的 3~4 倍，消化粗纤维的能力较差。

猫具有发达的犬齿，嗅觉相当的灵敏，但不如犬。猫的舌面上长有各种乳头，舌前端乳头的尖端朝后呈牙齿状，可舔食骨头上附着的肉。

3. 微生物消化

消化道中微生物对宠物食品的消化作用称为微生物消化。对大多数宠物来说，微生物消化的作用甚微，仅仅能依靠大肠内微生物发酵利用极少量的粗纤维。微生物消化对于鸟类消化食物纤维素很重要，但是，新生宠物消化道内几乎没有微生物，外界的微生物在宠物出生后，随食物进入消化道，并在其适当部位栖居和繁殖，从而形成了微生物群落。此外，有些鱼类的肠道内也有微生物存在，其种类、数量因鱼的种类而异，所分泌的酶有助于消化食物中的多糖、木质素等。还有一些鱼类的肠道微生物能够合成 B 族维生素和维生素 K。

(二) 宠物对食物的吸收

宠物食品中的营养物质在宠物消化道内经物理的、化学的、微生物的消化后，经消化道上皮细胞进入血液和淋巴的过程称为吸收。宠物对营养物质吸收的主要部位在小肠。口腔、食道均不吸收营养物质，胃可吸收少量的葡萄糖、小肽、无机盐和水。大肠也可以吸收一小部分的水分和无机盐。

吸收的方式有胞饮吸收、被动吸收和主动吸收 3 种。

1. 胞饮吸收

初生哺乳宠物对初乳中免疫球蛋白的吸收是胞饮吸收，这对初生宠物获取抗体具有十分重要的意义。

2. 被动吸收

被动吸收是通过滤过、渗透、简单扩散和易化扩散（需要载体）等几种形式，将消化了的营养物质吸收进入血液和淋巴系统。这种吸收形式不需要消耗机体能量。一些分子量低的物质，如简单多肽、各种离子、电解质和水等的吸收即为被动吸收。

3. 主动吸收

主动吸收与被动吸收相反，必须通过机体消耗能量，是依靠细胞壁“泵蛋白”来完成的一种逆电化学梯度的物质转运形式。这种吸收形式是高等动物吸收营养物质的主要方式。吸收后的营养物质一是用于形成宠物体成分（体蛋白、体脂肪、及少量糖元）和宠物产品（奶、繁殖等），二是用于氧化供能。宠物食品中用于形成动物成分、体外产品和氧化供能的营养物质称为可利用营养物质。

(三) 宠物食品营养物质的消化率

宠物因类别、年龄、生理状态等的不同，对食物消化吸收的能力不同。宠物消化宠物食品中营养物质的能力称为宠物的消化力。由于食物的来源、加工方法等的不同，食物被消化的水平也不同。食物可被宠物消化的程度或性质称为食物的可消化性。宠物的消化力和食物的可消化性是营养物质消化过程的两个方面。不同动物对不同宠物食品的消化利用程度不同，宠物食品中各种营养物质消化吸收的程度直接影响其利用效率。

1. 消化率

消化率是衡量宠物食品可消化性和动物消化力的统一指标，是宠物食品中可消化养分占食入食品养分的百分率。

食物中可消化养分 = 食入食物养分 - 粪中养分

$$\text{食物中某养分的消化率} (\%) = \frac{\text{食入食物中某养分} - \text{粪中某养分}}{\text{食入食物中某养分}} \times 100$$