



动物营养与饲料

DONGWU YINGYANG
YU SILIAO YINGYONG
JISHU YANJIU

应用技术研究

李茂 ■ 著

非
外
借

中国农业科学技术出版社



动物营养与饲料

DONGWU YINGYANG
YU SILIAO YINGYONG
JISHU YANJIU

应用技术研究

李茂 ■ 著

中国农业科学技术出版社

图书在版编目(CIP)数据

动物营养与饲料应用技术研究 / 李茂著. —北京 :
中国农业科学技术出版社, 2018. 4
ISBN 978-7-5116-3447-4

I. ①动… II. ①李… III. ①动物营养—营养学—研究
②动物—饲料—研究 IV. ①S816

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2017)第 321720 号

责任编辑 李冠桥
责任校对 李向荣
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) 82109705 (编辑室) (010) 82109704 (发行部)
(010) 82109709 (读者服务部)
传 真 (010) 82106625
网 址 <http://www.castp.cn>
经销者 各地新华书店
印刷者 北京建宏印刷有限公司
开 本 710mm × 1 000mm 1/16
印 张 12.75
字 数 231 千字
版 次 2018 年 4 月第 1 版 2018 年 4 月第 1 次印刷
定 价 51.00 元
版权所有·侵权必究

前 言

饲料是各种营养物质的载体,动物所需要的不是饲料本身,而是饲料中含有的一系列营养物质。各种营养物质都具有特定的理化特性和营养生理作用,不同种类动物消化生理功能也有所差异。只有在弄清动物消化生理特点及营养素的营养生理作用的基础上,设计出优质、高效、经济的饲料或日粮配方,才能最大限度地发挥优良畜禽品种的生产性能,提高畜牧生产的经济效益。

随着我国经济、科技和社会的发展,现代养殖业和饲料工业的发展需要大批能够运用基本理论和知识指导生产实践,并且能够熟练掌握岗位基本技能和生产技能的高技能型应用人才。要求人们必须具备动物营养原理、饲料加工调制及合理利用饲料资源和配合饲料生产等能力。出于这一目的,撰写了《动物营养与饲料应用技术研究》一书。

本书共有9章,运用总分结构的手法进行论述。第一章是总论部分,全面系统地论述了动植物体的化学组成和动物对饲料的消化情况,为下文做了铺垫;第二章至第四章对动物体内必需的水与碳水化合物、蛋白质与脂肪、矿物质与维生素进行了阐述;第五章论述了营养物质之间的相互关系与能量代谢;第六章至第八章主要对青绿饲料、粗饲料、能量饲料、青贮饲料、矿物质饲料、蛋白质补充料、饲料添加剂和配合饲料进行分析,并介绍了这八种饲料的加工调制技术,同时还介绍了动物需要的营养及各种饲料配方的设计;第九章则主要是对饲料生产工艺及质量管理的研究进行了阐述。

本书共有3个特色值得一提,其一,内容系统、全面,作者不但分析了动物体内所需的营养,而且还解读了各种饲料的组成种类及其加工过程,以及饲料的生产工艺和质量管埋;其二,许多理论研究都是建立在实践的基础上的,因此比较有说服力;其三,语言平实,本书是以总分的思路展开来写的,各章节之间都是环环相扣的,尽可能用平实的语言把动物的营养与饲料的应用技术论述得全面、透彻。

本书的写作汇集了作者辛勤的研究成果,在撰写过程中,虽尽力丰富本书内容,力求完美无瑕,但仍难免存在疏漏和错误之处,还望各位同仁斧正。

作 者

2017年11月

目 录

第一章 总论	(1)
第一节 动植物的化学组成浅析	(1)
第二节 动物对饲料的消化浅析	(3)
第二章 动物体内必需的水与碳水化合物研究	(5)
第一节 动物体内水的来源及生理作用解析	(5)
第二节 动物的需水量及品质控制研究	(6)
第三节 碳水化合物的组成和营养作用解析	(8)
第四节 不同动物对碳水化合物的消化代谢研究	(9)
第三章 动物体内必需的蛋白质与脂肪研究	(12)
第一节 蛋白质的组成及营养作用解析	(12)
第二节 蛋白质动物体内的消化代谢研究	(16)
第三节 脂肪的化学组成与营养作用解析	(20)
第四节 动物对脂肪的利用及饲料中添加油脂作用研究	(22)
第四章 动物体内必需的矿物质与维生素研究	(24)
第一节 动物体内必需的矿物质元素研究	(24)
第二节 动物体内必需的脂溶性与水溶性维生素解析	(37)
第三节 动物体内必需的维生素研究	(47)
第五章 营养物质的相互关系与能量代谢研究	(49)
第一节 各类营养物质的相互关系研究	(49)
第二节 能量代谢的角色认知研究	(54)
第六章 饲料原料学研究	(61)
第一节 饲料及其分类浅析	(61)
第二节 青绿饲料浅析	(62)
第三节 粗饲料浅析	(68)
第四节 能量饲料浅析	(71)
第五节 青贮饲料浅析	(77)
第六节 矿物质饲料浅析	(83)
第七节 蛋白质补充料浅析	(85)
第八节 饲料添加剂浅析	(91)
第九节 配合饲料浅析	(96)

第七章 动物营养需要与饲料配方设计解析	(101)
第一节 动物营养需要与饲养标准解析	(101)
第二节 预混料与配方设计解析	(113)
第三节 浓缩饲料与配方设计解析	(119)
第四节 营养平衡配合饲料配方的设计解析	(120)
第八章 饲料的加工技术研究	(134)
第一节 青绿饲料的加工调制	(134)
第二节 粗饲料的加工调制	(135)
第三节 能量饲料的加工调制	(138)
第四节 青贮设备与青贮加工调制	(139)
第五节 矿物质饲料加工调制	(142)
第六节 蛋白质饲料的加工调制	(150)
第七节 添加剂原料的加工调制	(151)
第八节 配合饲料的加工调制	(154)
第九章 饲料生产工艺及质量管理研究	(161)
第一节 饲料工厂设计解析	(161)
第二节 饲料原料接受与贮藏研究	(172)
第三节 饲料品质检验研究	(176)
参考文献	(195)

第一章 总 论

自然界万物都存在着相互联系、相互依存的关系,植物为动物提供饲料资源,动物为植物提供有机肥料,动物与植物共同构成了生物界两大主要群落,共同维系自然界中的生态平衡,同时也为人类生存和发展奠定了物质基础。

动物在生命活动和生产过程中,用于获得营养物质的饲料成分,90%以上来源于植物及其产品,少数来自于动物、微生物、矿物质及人工合成。因此,了解动物体与植物体的化学组成、化合物及其相互关系,进而研究饲料中各种营养物质在动物体内的消化、代谢特点及其对动物的营养生理功能,有助于合理利用植物所含养分,满足动物的营养需要。

第一节 动植物体的化学组成浅析

一、动植物体内的化学元素

据统计,动植物体内含有很多种化学元素,保守估计也有60余种,从营养学的角度来看,可以将动植物体内的元素分成两类。第一类是常量元素,即该元素在动植物体内所占比例大于等于0.01%,比如,碳、氢、氧、氮、钙、磷、钾、钠、硫、镁、氯等,其中碳、氢、氧、氮4种化学元素在动植物的体内所占的比例较大,分别是91%和95%;第二类是微量元素,即该元素在动植物体内所占比例小于等于0.01%,比如铁、铜、锌、锰、碘、氟、钴、硒等,同时,微量元素也是维持动植物生命所必需的化学元素,即便是动植物体内的含量很少,但是它对动植物所起的作用是不容忽视的。

动植物体内的元素,绝大部分不是以游离状态单独存在,而是以化合物的形式构成了各种组织器官和产品。

二、动植物体化合物的组成

动植物体得以维持,各种化学元素所起的作用是不容忽视的,然而各种化学元素在动植物体内不是错乱的排序就得以实现的,而是它们在动植物体内按照一定结构和特性进行有序的排列,构成对动植物体有利的有机化合物

和无机化合物。构成动植物的化合物可分为水分、粗灰分、粗蛋白质、粗脂肪、碳水化合物和维生素 6 种营养物质。

(一)水分

无论人还是动物都是离不开水的,水也是生命的重要组成部分。它参与动植物的新陈代谢,每一个环节都离不开水。然而,动植物体内水的存在有两种形式,第一种被称作游离水,是自由流动的,和细胞基本没有什么联系;第二种被称作结合水,不能自由地流动,和细胞胶体结合在一起。动植物的种类不同,它本身的水含量也就不一样。

(二)粗灰分

粗灰分是一种残渣,是动物体内消化完以后剩下的,主要成分是矿物质氧化物及盐类等无机物,同时还会有一些泥沙。

(三)粗蛋白质

动植物体内一切含氮物质的总称,包括真蛋白质和非蛋白质含氮化合物(NPN)。在动物营养学中又把非蛋白质含氮化合物简称为氮化物或非蛋白氮,如氨基酸、硝酸盐、铵盐、尿素等。

(四)粗脂肪

粗脂肪是动植物体内脂溶性物质的总称。因为是用乙醚浸提样品得到的,所以又称乙醚浸出物。粗脂肪除中性脂肪外,还包括游离脂肪酸、蜡质、磷脂、树脂、脂溶性维生素等。饲料的脂肪含量与饲料的种类有关。

(五)碳水化合物

碳水化合物又称糖,是多羟基醛、多羟基酮及其衍生物,或能水解所产生这类结构的化合物的总称,是动物体内主要的能源和碳源。

碳水化合物在植物干物质中占 50%~70%,但在动物体中不足 1%。碳水化合物含碳、氢、氧,有些衍生物还含氮、磷、硫等。

碳水化合物按结构分为单糖、低(寡)聚糖、多(聚)糖和其他碳水化合物。单糖主要是戊糖和己糖;低(寡)聚糖主要包括蔗糖、麦芽糖和乳糖等;多(聚)糖在营养学中分为营养性多糖和结构性多糖,营养性多糖主要包括淀粉、糊精、糖原和菊糖,而结构性多糖主要包括纤维素、半纤维素果胶、树胶、葡聚糖、甘露聚糖、木聚糖和阿拉伯聚糖;其他碳水化合物包括木质素、几丁质、结合糖和硫酸软骨素等。不同动物对于碳水化合物的消化吸收和营养功能存

在差异。

(六) 维生素

维生素是一种低分子有机化合物,在化学结构、生化特性、营养作用等方面都存在着差异。虽然动物体内维生素的需求量很少,但是在新陈代谢的过程中起到非常重要的作用。

第二节 动物对饲料的消化浅析

一、动物对饲料的消化

虽然不同种类的动物,其消化食物的能力不一样,可是从对于饲料中的营养的吸收能力来看,却有很多相同的特点,最后总结出以下三点共同规律。

(一) 物理性消化

动物在吃饲料的时候就在进行着物理性的消化。主要是靠牙齿和消化道的管壁把饲料磨烂,使饲料和消化液大面积接触,然后混合后的食物会从消化道流到下一个身体部位。物理性消化的作用主要是能够使磨碎的食物和消化液结合,形成一种含水分的黏稠物质,这样胃和肠能够更好地消化和吸收食物。

物理性消化只是将饲料颗粒变小,没有化学变化,也没有对消化产物的吸收。但过细的饲料颗粒对动物消化器官的机械刺激减弱,这样的话消化液就会减少,肠和胃就不能更好地消化和吸收。

(二) 化学性消化

化学性消化指的是食物在动物的胃和小肠中的消化,小肠中有一种酶,它具有催化作用,对食物进行催化,这一特征也是非反刍动物的消化方式。消化酶有多种,根据其作用底物不同而将酶分为三大类,即蛋白分解酶、脂肪分解酶及糖分解酶,每类酶又包括数种甚至数十种。由于动物种类及消化液的来源不同,消化酶的种类、前体物、致活物和分解饲料中营养物质的种类、终产物都有所差异。

动物对饲料中蛋白质、脂肪和糖的消化,主要靠消化器官分泌相应的蛋白酶、脂肪酶、淀粉(糖)酶等作用进行。此外,植物性饲料中含有的相应酶,在动物胃肠道适宜的环境中,也参与一定的消化作用。

不同生长阶段的动物,分泌消化酶的种类、数量、活性不同,所以,要根据

动物的不同生长阶段组织科学合理的日粮供给。

(三)微生物消化

反刍动物中瘤胃微生物能直接利用由饲料蛋白质分解的氨基酸合成菌体蛋白,其中的细菌在碳链和能量供给充裕的条件下,也可利用氨态氮合成菌体蛋白。实验证明,绵羊由瘤胃转入真胃的蛋白质约有82%属于菌体蛋白,所以饲料蛋白质在瘤胃中大部分被转变成了菌体蛋白。另外,瘤胃微生物还能合成必需氨基酸、必需脂肪酸和B族维生素等营养物质。

微生物消化也是马属、兔等盲肠功能较发达的一类动物重要的消化方式。马属动物的盲肠类似瘤胃,食糜在盲肠和结肠滞留达12h以上,经微生物发酵,饲草中40%~50%的纤维素被分解为挥发性脂肪酸和二氧化碳等。

猪也能靠大肠内微生物发酵利用少量的粗纤维。家禽的嗉囊除储存食物外,也适宜微生物栖居和活动,饲料中的粗纤维在嗉囊内也可初步进行微生物发酵性消化。

动物的物理性、化学性和微生物消化过程,并不是彼此孤立的,而是相互联系共同作用的,只是某一种动物、在消化道某一部位和某一消化阶段,某种消化过程居主导地位。

二、三种有机物在动物体内的消化与吸收

采食后的饲料首先经过胃肠消化。蛋白质最终被分解为氨基酸和寡肽,脂肪被分解为甘油和脂肪酸,碳水化合物被分解为糖或酵解为低级羧酸。消化的终产物大部分被小肠吸收,未被消化吸收的部分由粪便排出体外。饲料中被动物消化吸收的营养物质称为可消化营养物质。可消化营养物质占食入营养物质的百分比称为消化率。即:

$$\text{消化率} = \frac{\text{可消化营养物质}}{\text{食入营养物质}} \times 100\% = \frac{\text{食入营养物质} - \text{粪中排出物质}}{\text{食入营养物质}} \times 100\%$$

由粪排出的物质,除饲料中未消化吸收的营养物质外,还包括消化道脱落细胞、肠道分泌物、肠道微生物及其产物等内源性产物,造成粪中排出物质的量与真实情况不符,故将上式的消化率称为表观消化率。而将粪中内源性产物考虑在内的消化率称为真消化率。即:

$$\text{真消化率} = \frac{\text{食入营养物质} - (\text{粪中排出物质} - \text{粪中代谢产物})}{\text{食入营养物质}} \times 100\%$$

真消化率大于表观消化率,但真消化率的测定比较困难,因此,一般测定和应用的消化率多为表观消化率。

第二章 动物体内必需的水与碳水化合物研究

水作为动物体重要的组成部分,除了为动物体提供特殊的营养物质,还是动物体内生理生化过程的基本介质。合理供水,是保证动物正常生长发育和提高生产性能的基础。

第一节 动物体内水的来源及生理作用解析

一、动物体内水的来源

饮水、饲料水和代谢水,是动物体内水的主要来源。

动物获取水的主要来源是饮水,这一特点在现代化养殖场饲养的动物身上尤其明显,风干饲料是这些动物的主要食物来源。饮水作为动物体内水分主要来源,故饮水设备在养殖场里为基础配备。

动物获取水的另一途径为饲料水。不同种类的饲料中水分含量不同:含水量在15%以下的风干饲料和含水量为70%~95%的青绿饲料、块根块茎饲料和水生植物。

动物第三种主要获水来源为代谢水。动物体内有机物质氧化分解或合成过程中所产生的水即为代谢水。一般来讲,每100g脂肪在体内氧化形成水量约为107g代谢水,每100g碳水化合物可转化为60g代谢水,而每100g蛋白质只能转化到41g。代谢水能维持机体为5%~10%的水量,但无法维持更多。

二、动物体内水的生理作用

水对于动物生产具有以下生理功能:

第一,动物体内大部分的水与亲水胶体结合,进而参与组织细胞的沟通,决定了水是动物体的主要组成部分。

第二,水作为动物体内重要的溶剂,对动物体内各种营养物质的消化、吸收、转运、转化及代谢产物排出代谢产物等具有重要作用。

第三,水几乎参与了动物体内各种营养物质的分解与合成:例如水解、水合、氧化、还原及有机化合物的合成和细胞的呼吸等,是动物体内各种生化反

应的媒介。

第四,水从两个方面参与动物体温的调节:①水高热容量的性质可以吸收动物体内的高热量;②鉴于水的高蒸发热性,动物进行排汗和呼吸,会蒸发体内水分达到维持体温恒定。

第五,水在动物机体的关节、内脏及其他器官的运动,如防止眼球干燥、产生护眼泪液、产生润滑关节的囊液、生成可减小心脏跳动、肺部呼吸、消化道蠕动等内脏器官运动时的摩擦的浆液都起到了至关重要的润滑作用。

三、动物缺水的后果

一旦在动物体内出现缺水情况,将出现如下问题:

第一,影响动物健康和生产性能。幼年的动物缺水表现为生长缓慢,成年的动物缺水表现为生产力下降,高产乳牛和蛋鸡尤为明显。饮水不足时,乳牛产乳量急剧下降,母鸡的产蛋量也会迅速减少,而且,断水时间过长会造成生产性能无法恢复。

第二,消化机能减弱。当动物体内水分减少 8% 时,就会出现食欲丧失,消化机能降低,影响营养物质的消化、吸收及废物排出,同时出现黏膜干燥的情况,进而降低抵抗传染病的能力。当体内水分减少 10% 时,严重的代谢紊乱情况会出现。当体内水分减少 20% 时,绝大多数动物就会死亡。

第三,代谢废物积聚。动物缺水要比缺乏饲料更难维持生命。动物缺水会导致体温升高、血液浓稠,脂肪和蛋白质分解代谢加强。极度缺水,会因代谢废物积聚而中毒,甚至导致死亡。缺乏任何营养物质的后果都无法与缺水造成的后果比拟,因此,首要的就是保证动物水的供应。

第二节 动物的需水量及品质控制研究

一、动物的需水量

动物种类与品种、生产性能、日粮性质及环境温度等,都是影响动物需水量的因素,供给的日粮富含较高蛋白质、粗纤维和矿物质含量时,需水量就会增大,但要确切估计动物的供水量比较困难。

实际生产中,常以动物干物质占采食饲料的量来预估需水量。温度相宜的前提下,每采食 1kg 饲料干物质,牛和羊需要水 3~4kg,猪、马和家禽需要水 2~3kg。乳牛可根据产乳量估计,每产 1kg 乳需要水 4~5kg。一般养殖场会根据动物的需要,设置自由饮水设施。

同时,在动物饮水事项中要注意:一是饮水次数和饲喂次数要基本对等,先喂食后饮水;二是放牧前应给予充足饮水,以防出圈后过量饮脏水;三是饲喂易发酵饲料,如豆类、苜蓿等时,应在喂完 1~2h 后饮水,以避免引起胃臌气、疝痛等;四是重役后的役用动物切忌饮冷水,应休息 30min 后慢饮,以防发生感冒、胃肠痉挛和蹄部风湿等病症;五是出生一周内的动物最好饮用 12~15℃ 的水。

二、水的品质控制

动物的饮水量、饲料消耗、健康和生产水平跟水的品质有直接关系。天然水中可能含有各种细菌、活病毒等微生物。其中细菌主要分布在沙门氏菌属、钩端螺旋体属及埃希氏杆菌等。美国国家事务局(1973)建议,家畜饮水中大肠杆菌数每升小于 50 000 个为最佳标准。水中主要阴离子是 CO_3^{2-} 、 SO_4^{2-} 、 Cl^- 、 NO_3^- ; 主要阳离子是 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 、 Na^+ 及重金属离子 Hg^{2+} 、 Cd^{2+} 、 Pb^{3+} 等。一般水的品质以水中总可溶性固形物(TDS),即各种溶解盐类含量指标来评价。表 2-1 为畜禽对水中不同浓度盐分的反应。

在动物饮水质量差的情况下,可以通过氯化作用清除和消灭致病微生物或软化剂来改善水的硬度。

表 2-1 畜禽对水中不同浓度盐分的反应

可溶性总盐分(mg/L)	高级评价	反应
<1 000	安全	适于各种动物
1 000~2 999	满意	不适应的猪可出现轻度腹泻
3 000~4 999	较满意	可能出现暂时性拒绝饮水或短时腹泻,上限水平不适于家禽
5 000~6 999	可接受	不适于家禽和种猪
7 000~10 000	不适	成年反刍动物可适应
>10 000	危险	任何情况下皆不适宜

水中遍布硝酸盐及亚硝酸盐。硝酸盐很少会对动物构成健康威胁,但当其中的还原性产物亚硝酸盐被胃肠吸收时会产生中毒现象。亚硝酸盐浓度达到 33mg/L 即具有毒性,即便动物对硝酸盐的耐受力为 1320mg/L。血红蛋白中的铁会被亚硝酸盐可氧化后失去携氧能力。同时,高浓度的硝酸盐中的细菌能够把硝酸盐转化为亚硝酸盐从而污染水源,对动物或人健康造成进一步的危害。

水是动物无可替代的必需品。通过饮水提供营养物质,提升饮水品质是动物生产上至关重要的关键点。

第三节 碳水化合物的组成和营养作用解析

碳水化合物是多羟基的醛、酮及其简单衍生物,以及能水解产生上述产物的所有化合物的总称。碳水化合物广泛存在于植物性饲料中,来源丰富、成本低廉,在动物日粮中占60%左右,提供了动物能量的主要部分。

一、碳水化合物的组成

碳水化合物又称糖,由碳、氢、氧三种化学元素组成,由于其化学结构中氢与氧的比例为2:1,与水的组成比例相同,所以通常把这类化合物称为碳水化合物。

碳水化合物是一大类物质,它包括许多种类,不同种类的碳水化合物在物理和化学性质上存在着较大的差别。

碳水化合物中的无氮浸出物也称可溶性碳水化合物,它包括单糖、双糖和多糖。主要存在于植物的籽实、块根、块茎和果实中,禾本科籽实中的无氮浸出物含量最高,且主要是淀粉。无氮浸出物最易被动物消化吸收和利用。

碳水化合物中的粗纤维包括构成植物细胞壁主要成分的纤维素、半纤维素和木质素等,存在于植物的茎叶、秸秆和秕壳中。粗纤维不易溶于水,不能被动物直接消化利用。但其中的纤维素和半纤维素在反刍动物瘤胃和单胃草食动物大肠中微生物的作用下,可以被分解利用,木质素则完全不能被动物利用,日粮中木质素含量过多时,会通过抑制瘤胃和大肠中微生物的活动来降低饲料中其他营养物质的消化率。

二、碳水化合物的营养作用

(一)碳水化合物是动物体所需能量的主要来源

心脏跳动、血液循环、胃肠蠕动、肺呼吸、肌肉收缩等动物维持体温恒定和组织器官的正常功能都需要消耗能量。动物所需要的能量主要靠碳水化合物在体内氧化提供。有多余时,便转化为肝糖原和肌糖原暂时储存起来。动物体内糖和糖原在激素和神经的调节下,始终处于动态平衡状态,目的在于维持稳定的血糖浓度。

(二) 碳水化合物是动物体组织的构成物质

碳水化合物是细胞的构成部分,是多种生命过程的参与者,是机体生长代谢过程的重要组成部分。黏多糖可以保证多种生理功能的实现,并参与结缔组织基质的形成;核糖和脱氧核糖是细胞中遗传物质——核酸的组成成分;透明质酸在润滑关节这一作用中非常重要,并在机体遇有强烈颤动时功能能够保证正常;硫酸软骨素在软骨中起结构支持作用等;糖脂是神经细胞的成分,对传导突触刺激冲动、促进溶于水中的物质通过细胞膜有重要作用;糖蛋白是细胞膜的成分,并因其多糖部分的复杂结构而与多种生理功能有关;糖蛋白携带具有信息识别能力的短链碳水化合物,而机体内红细胞的寿命、机体的免疫反应、细胞分裂等都与糖蛋白的识别机制有关;碳水化合物的代谢产物,可与氨基结合形成某些非必需氨基酸,例如: α -酮戊二酸与氨基结合可形成谷氨酸。

(三) 碳水化合物是形成体脂肪、乳脂和乳糖的原料

血糖可转化为糖原,多余时也可转变为体脂肪,以此形式将能量储存在动物机体内。

(四) 寡糖的益生作用

目前已知的寡糖有 1 000 余种,在动物营养中常用的主要有寡果糖、寡甘露糖、异麦芽寡糖、寡乳糖、寡木糖、壳聚糖等。研究证明,作为肠道有益菌的基质的寡糖,可以改变肠道菌相,促进机体肠道内微生态平衡;寡糖还可消除消化道内病原菌,激活机体免疫系统等;若想增强动物机体免疫力,提高成活率、增重及提高饲料转换率,也可通过在日粮中添加寡糖来实现。作为一种稳定、安全、环保的抗生素替代品,寡糖在动物生产中的应用前景广阔。

第四节 不同动物对碳水化合物的消化代谢研究

一、单胃动物碳水化合物的营养

(一) 碳水化合物在猪(鸡)体内的消化代谢

猪的唾液中含有淀粉酶且活性较强,饲料碳水化合物中的淀粉,在猪的口腔中受到淀粉酶的作用,其中一小部分淀粉被分解为麦芽糖,未被分解的淀粉和麦芽糖随着猪的吞咽动作进入胃后,贲门腺区盲囊内存在未失活的唾

液淀粉酶,可消化部分淀粉(但猪胃不分泌消化碳水化合物的酶)。猪小肠为可溶性碳水化合物消化吸收提供主要场所,淀粉和糖类在小肠中受到胰淀粉酶、肠淀粉酶、麦芽糖酶、蔗糖酶等碳水化合物消化酶的作用,把淀粉分解为麦芽糖,由麦芽糖再转变为葡萄糖。其他糖类则由相应的酶作用,最后也降解为葡萄糖,经小肠壁吸收后由血液运送到机体各组织。在各组织细胞中葡萄糖经过三羧酸循环氧化供能。多余的葡萄糖可形成肝糖原和肌糖原,再多余时则转化为体脂肪。未被吸收的葡萄糖在消化道微生物的作用下分解为有机酸,其中一半以上为乳酸,产生的其他挥发性脂肪酸(乙酸、丙酸、丁酸)也可被肠壁吸收后参与体内的能量代谢。

饲料碳水化合物中的粗纤维,在猪胃和小肠中不发生大的变化。在猪的大肠内,纤维素和小肠内未被消化吸收的可溶性碳水化合物,经肠道微生物的发酵作用,部分分解产生挥发性脂肪酸和甲烷等气体,肠道排出这些气体,大肠壁部分吸收挥发性脂肪酸,参与机体代谢。其中丙酸被吸收后可合成葡萄糖或糖原;丁酸分解可转化成乙酸;乙酸直接参与体内的三羧酸循环氧化供能。

碳水化合物的消化代谢特点在猪身上体现为:以葡萄糖代谢为主,其消化吸收的主要场所是在小肠,靠酶的作用进行;以挥发性脂肪酸代谢为辅,在大肠中靠细菌发酵进行。因此,猪能很好地利用碳水化合物中的无氮浸出物,但粗纤维的利用率较低。

养猪生产中,猪饲料粗纤维水平在5%~8%为宜,不宜过高。实验表明:占生长育肥猪日粮中10%的粗纤维,会明显降低日增重和饲料的转化率。但在育肥后期,适当的提高日粮粗纤维的含量,可限制采食量,减少体内脂肪沉积,提高胴体瘦肉率。瘦肉型猪日粮粗纤维含量不宜超过7%。

鸡对碳水化合物的消化代谢与猪相似,但鸡对粗纤维的利用能力比猪更差。所以鸡的日粮中粗纤维应控制在3%~5%。

(二)碳水化合物在单胃草食动物体内的消化代谢

单胃草食动物虽然没有瘤胃,但盲肠和结肠较发达,淀粉、双糖、单糖和大量的粗纤维未能被小肠消化吸收后,在盲肠和结肠中被微生物分泌的酶分解,生成大量的挥发性脂肪酸,由大肠吸收,参与体内代谢。因此,它们对粗纤维的消化能力比猪强,但不如反刍动物。单胃草食动物在碳水化合物消化代谢过程中,进行葡萄糖代谢或挥发性脂肪酸代谢两种方式皆可。

二、反刍动物碳水化合物营养

反刍动物唾液中的淀粉酶很少且活性低,所以,碳水化合物在口腔中很

少被分解。碳水化合物在反刍动物体内的消化从瘤胃开始。反刍动物庞大的瘤胃中有大量分解碳水化合物的细菌,这些不同的细菌也称为瘤胃不同的微生物区系,它们在碳水化合物特别是粗纤维的消化中起着重要的作用。

碳水化合物中的纤维素和半纤维素,在反刍动物瘤胃中受到细菌分泌的纤维素酶的作用,分解为乙酸、丙酸、丁酸等挥发性脂肪酸和二氧化碳、甲烷等气体。挥发性脂肪酸被胃壁吸收,参与体内代谢,气体则通过暖气由口腔排出。粗纤维在小肠内没有变化。在瘤胃中未分解的纤维性物质进入大肠后,又受到大肠内细菌的作用,分解产生部分挥发性脂肪酸和气体,少量的挥发性脂肪酸被吸收利用。最后未被消化吸收的物质及所产生的气体一起由肛门排出。

碳水化合物中的无氮浸出物,在反刍动物瘤胃和大肠中的消化吸收过程与纤维素相同。未被瘤胃分解的淀粉和糖,在小肠中受到胰淀粉酶、肠淀粉酶、麦芽糖酶等一系列消化酶的作用,最后分解为葡萄糖,葡萄糖被肠壁吸收,参与机体代谢。

碳水化合物在反刍动物体内被消化的终产物是乙酸、丙酸、丁酸和葡萄糖,这些消化终产物被消化道吸收后随血液运送到机体各组织器官,参与机体组织代谢。葡萄糖可直接氧化供能,多余时可转化为糖原和体脂肪,挥发性脂肪酸在反刍动物体内的代谢有3条途径:一是直接氧化供能,据报道,反刍动物所需能量的60%~70%来自于挥发性脂肪酸的氧化;二是合成体脂肪,在3种脂肪酸中,丙酸合成体脂肪的效率最高,乙酸合成乳脂肪的效率最高;三是转化为葡萄糖,反刍动物从消化道直接吸收的葡萄糖量很少,体内代谢所需要的葡萄糖,绝大部分是由脂肪酸转化而成,其中以丙酸转化为主。转化而成的葡萄糖为消化道微生物合成氨基酸提供碳架。

日粮的不同组成,会直接影响瘤胃发酵形成的各种挥发性脂肪酸的多少以及相互之间的比例,日粮中精料比例提高,淀粉数量增加时,瘤胃中产生的乙酸量减少,丙酸量增加。相反,日粮中粗料比例提高时,瘤胃中产生的乙酸量增多,而丙酸量下降。这对指导生产实践具有重要意义。将粗料磨成粉状饲喂肉牛,或适当提高日粮精料比例对肉牛进行饲喂,增加丙酸在瘤胃内的产生量,对体脂肪合成,提高肉牛日增重,改善肉质都十分有利。同理在饲养乳牛时,适当提高日粮中优质粗饲料的比例,增加乙酸在瘤胃内的产生量,有利于乳脂肪的合成,提高牛乳的乳脂率。

以挥发性脂肪酸代谢为主,主要依靠瘤胃和大肠中的细菌发酵,以葡萄糖代谢为辅,只有在小肠中靠酶的作用进行是反刍动物碳水化合物消化代谢的特点。因此反刍动物不仅能大量利用无氮浸出物,也能大量利用粗纤维。