



现代农业高新技术成果丛书

饲料酶制剂技术体系的研究与实践

Research and Application of Feed Enzyme Technology

冯定远 左建军 著



中国农业大学出版社

2495905



国家出版基金项目
NATIONAL PUBLICATION FOUNDATION

现代农业高新技术成果丛书

饲料酶制剂技术体系的 研究与实践

Research and Application of Feed Enzyme Technology

冯定远 左建军 著

中国农业大学出版社

• 北京 •

内 容 简 介

本书在饲料酶制剂的酶学特性研究、饲料酶制剂的作用机理研究和酶制剂在饲料工业及养殖业的应用研究基础上,首次比较系统地提出饲料酶制剂理论与应用的技术体系。该技术体系既有理论的建立,又有实践的措施,它包括饲料酶制剂的分类和划代及其理论基础、新型高效饲料组合酶的原理和应用、加酶日粮 ENIV 系统的建立和应用、饲料酶发挥作用位置的二元说及其意义、酶制剂在日粮中使用效果的预测及其意义、饲料酶制剂及其应用效果的评价体系、加酶日粮 ENIV 系统的分子生物学基础和水产动物酶制剂应用特殊性与技术体系的建立等 8 个方面。

图书在版编目(CIP)数据

饲料酶制剂技术体系的研究与实践/冯定远,左建军著. —北京:中国农业大学出版社, 2011.3

ISBN 978-7-5655-0224-8

I. ①饲… II. ①冯… ②左… III. ①酶制剂-应用-饲料工业-研究 IV. ①S816.7

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 026459 号

书 名 饲料酶制剂技术体系的研究与实践

作 者 冯定远 左建军 著

策划编辑	丛晓红 董夫才	责任编辑	王艳欣
封面设计	郑 川	责任校对	王晓凤 陈 莹
出版发行	中国农业大学出版社		
社 址	北京市海淀区圆明园西路 2 号	邮政编码	100193
电 话	发行部 010-62731190,2620	读者服务部	010-62732336
	编辑部 010-62732617,2618	出 版 部	010-62733440
网 址	http://www.cau.edu.cn/caup	e-mail	cbsszs@cau.edu.cn
经 销	新华书店		
印 刷	涿州市星河印刷有限公司		
版 次	2011 年 3 月第 1 版	2011 年 3 月第 1 次印刷	
规 格	787×1 092 16 开本	25 印张	618 千字
定 价	88.00 元		

图书如有质量问题本社发行部负责调换

现代农业高新技术成果丛书

编审指导委员会

主 任 石元春

副主任 傅泽田 刘 艳

委 员（按姓氏拼音排序）

高旺盛 李 宁 刘庆昌 束怀瑞

佟建明 汪懋华 吴常信 武维华

出版说明

瞄准世界农业科技前沿,围绕我国农业发展需求,努力突破关键核心技术,提升我国农业科研实力,加快现代农业发展,是胡锦涛总书记在 2009 年五四青年节视察中国农业大学时向广大农业科技工作者提出的要求。党和国家一贯高度重视农业领域科技创新和基础理论研究,特别是 863 计划和 973 计划实施以来,农业科技投入大幅增长。国家科技支撑计划、863 计划和 973 计划等主体科技计划向农业领域倾斜,极大地促进了农业科技创新发展和现代农业科技进步。

中国农业大学出版社以 973 计划、863 计划和科技支撑计划中农业领域重大研究项目成果为主体,以服务我国农业产业提升的重大需求为目标,在“国家重大出版工程”项目基础上,筛选确定了农业生物技术、良种培育、丰产栽培、疫病防治、防灾减灾、农业资源利用和农业信息化等领域 50 个重大科技创新成果,作为“现代农业高新技术成果丛书”项目申报了 2009 年度国家出版基金项目,经国家出版基金管理委员会审批立项。

国家出版基金是我国继自然科学基金、哲学社会科学基金之后设立的第三大基金项目。国家出版基金由国家设立、国家主导,资助体现国家意志、传承中华文明、促进文化繁荣、提高文化软实力的国家级重大项目;受助项目应能够发挥示范引导作用,为国家、为当代、为子孙后代创造先进文化;受助项目应能够成为站在时代前沿、弘扬民族文化、体现国家水准、传之久远的国家级精品力作。

为确保“现代农业高新技术成果丛书”编写出版质量,在教育部、农业部和中国农业大学的指导和支持下,成立了以石元春院士为主任的编审指导委员会;出版社成立了以社长为组长的项目协调组并专门设立了项目运行管理办公室。

“现代农业高新技术成果丛书”始于“十一五”,跨入“十二五”,是中国农业大学出版社“十二五”开局的献礼之作,她的立项和出版标志着我社学术出版进入了一个新的高度,各项工作迈上了新的台阶。出版社将以此为新的起点,为我国现代农业的发展,为出版文化事业的繁荣做出新的更大贡献。

中国农业大学出版社

2010 年 12 月

序

最近 10 多年来,国际上饲料酶的研究和开发取得了令人瞩目的进展。华南农业大学冯定远教授及其团队多年来一直跟踪国际上这一领域的发展趋势,坚持自主创新,在饲料酶产品研发和应用技术体系方面做了大量卓有成效的工作,取得了一系列可喜的科技成果。《饲料酶制剂技术体系的研究与实践》专著全面总结和介绍了冯定远教授及其团队这些年所取得的科研成果,读后令人耳目一新。它的出版是我国饲料酶研发领域一件具有里程碑意义的重要事件,标志着我国饲料酶研究正在步入国际同类研究的前列。

本书介绍了饲料酶应用技术体系和作用机理以及多项酶制剂产品的研发,以一个全新的视角论述了现代饲料酶理论和技术的新概念和新成果。这些富有启发性和成果性的论述引发了我们对动物营养学和饲料科学现代化发展的许多重要思考。这些研究成果对传统动物营养学理论和技术体系的历史局限性提出了大胆质疑。正如本书作者多次引用的 Sheppy 那句发人深省的名言一样:“饲用酶制剂的应用,对传统的动物营养学说提出了挑战,如饲料配方、原料选择和营养需要量等方面需要重新研究或修正”,他道出了国际上饲料酶研究领域近年来所取得的重大进展的深刻战略意义,其意义不仅仅局限于饲料酶这一领域,而且是针对整个动物营养学和饲料科学领域的。任何一门学科的理论和技术体系都是要与时俱进的。这正是科学所以具有巨大生命力之所在。动物营养学在经历过 200 多年的现代化发展进程后,正在经历着一场由传统的理论和技术体系向构建现代理论和技术体系重大的历史转变。国际上饲料酶研究领域取得的重大进展再一次令人信服地告诉我们,这一历史转变正是顺应国际动物营养学和饲料科学发展的历史潮流,是大势所趋,人心所向。

本书论述的饲料组合酶、饲料酶效果评价体系和预测体系等新概念和新技术提出了一个十分重要的命题,即科技创新关键在于研究思路创新。一部科学史告诉我们,任何学科的理论和技术体系的与时俱进,首先要从学科的整体思维方式转变开始。现在,生命科学整体思维方式从分析时代进入系统时代是国际生命科学理论和技术体系现代化的根本标志之一。

本书提出的许多论述都闪耀着研究思路创新的火花,特别是饲料组合酶概念的提出,是在饲料酶产品研发方面应用系统科学思维的一次成功实践,读后令人振奋。我完全相信,这些重要的研究成果必将对推动我国酶制剂的研究和开发做出重要贡献。我衷心地祝贺《饲料酶制剂技术体系的研究与实践》这部专著正式出版,希望今后冯定远教授及其团队继续努力,再接再厉,为我国饲料酶领域的研究和开发做出更大贡献。

卢德勋

2010年10月1日于呼和浩特

前 言

经过多年的研究和推广,酶制剂在饲料工业和养殖业的应用受到越来越多的关注,学术研究与技术开发并重,饲料酶制剂已经成为动物营养与饲料科学领域的热点之一。具有生物活性的酶制剂是复杂的,而作为被认为是目前能够同时部分解决养殖领域的饲料安全、饲料原料缺乏和养殖污染等三大问题的新型饲料添加剂——饲料酶制剂,比其他酶制剂更加复杂。这种复杂性由6个方面所决定:一是酶制剂生物活性的敏感性;二是酶的种类和来源的多样性;三是动物种类和生理阶段的差别性;四是日粮类型和饲料原料的复杂性;五是酶作用和加工条件的变异性;六是日粮营养水平与酶作用提供可利用营养的比较性。酶制剂在动物日粮中应用一直是人们怀疑和争论的话题,可以断定,这种争论将很长时间存在。一般认为,这既反映了酶制剂生物活性的真实性和有效性问题,又反映了酶制剂应用对象的针对性和适用性问题。酶的真实有效是必要条件,酶的针对适用是充分条件,缺一不可,但是这还不够。

酶制剂在饲料中应用有三种结果:第一种情况是有些酶制剂并不真实有效,典型的情况是酶的种类和活性、酶学特性和抗逆性不适合作为饲料用酶,应用没有理想的效果;第二种情况是有些酶制剂是真实有效的,但是,酶制剂不具有针对适用性,最终还是不能发挥作用,典型的情况是动物种类和生理阶段没有针对性、日粮类型和原料特性没有适用性,同样,应用也没有理想的效果;比较特殊的是第三种情况,酶制剂是真实有效的、酶制剂也是针对适用的,酶在使用时已经发挥了作用,例如,提高了营养消化率,降低了抗营养因子等,但是,动物并不表现生产性能的改善,应用最终还是没有理想的效果。据此,我们可以推导出,酶在饲料中应用能够发挥作用存在“三条件论”。所以,酶不能简单地使用,酶的使用不能仅仅关注酶的真实有效性、关注酶的针对适用性,酶的使用必须与日粮的物理和化学特性结合起来,与动物营养的生物学基础结合起来,与饲料的加工工艺技术结合起来,等等。最近在意大利举行的“3rd EAAP International Symposium on Energy and Protein Metabolism and Nutrition”上,Noblet也提到,酶制剂的使用将影响饲料的净能值。所以,建立饲料酶的理论与应用技术体系十分必要。

目前我们提出的饲料酶技术体系的 8 个方面正是这种努力的一部分,其中,第一个是有关饲料水解酶与饲料分解酶的区别和第一代、第二代及第三代饲料酶划分的依据和原理;第二个是与日粮特性结合的高效饲料组合酶的设计;第三个是与动物营养结合的加酶日粮 ENIV 系统的建立;第四个是与饲料加工结合的饲料酶发挥作用位置的观点;第五个是饲料酶制剂使用效果的预测;第六个是饲料酶制剂应用效果的评价;第七个是加酶日粮 ENIV 系统的分子生物学基础;第八个是水产动物酶制剂应用特殊性与技术体系的建立。希望这 8 个方面能够形成饲料酶使用的技术体系。目前这个体系的构建是初步的、不成熟的,但是,这个体系是开放的,是为了引起更多人的思考和共同努力,让更多的人认识到,正确使用酶不能停留在传统添加剂的做法,需要其他技术的支撑,以解决酶制剂与动物营养、饲料加工的结合问题,使饲料酶制剂变成常规的添加剂。经过一段时间的实践,这些饲料酶技术体系的思路 and 理念已经开始被饲料酶行业在开发和推广中采用,例如,ENIV 值和组合酶等理念已经反映在部分国内外饲料酶企业的技术资料中。

我们在提出和构建饲料酶技术体系的过程中,直接或间接得益于过去试验研究工作的累积。我们承担了一系列的有关饲料酶制剂的研究课题,包括连续 5 个国家自然科学基金以及广东省自然科学基金、广东省省长专项基金、广东省高校自然科学基金、广东省“千百十工程”优秀人才培养基金和广东省攻关项目等,也得到国内外 12 个饲料酶制剂企业横向项目支持。这本专著的出版,是对我的团队过去部分研究工作的回顾和总结,其中部分文章已经公开发表,在收录过程中做了适当的修改。这里要特别感谢沈水宝博士、黄燕华博士、于旭华博士和谭会泽博士等人对有关研究的突出贡献。同时,感谢中国畜牧兽医学学会动物营养学分会前副会长汪微先生多年来的指导,感谢中国畜牧兽医学学会动物营养学分会名誉会长卢德勋先生的热情帮助和高度评价。由于水平所限,错误在所难免,敬请批评指正。

冯定远

2010 年 10 月 10 日
广州五山

致 谢

1. 研究课题得到下列国家自然科学基金项目的支持:

(1) 外源酶制剂对仔猪消化酶分泌影响的研究(编号:39970551)

(2) 细菌和真菌来源木聚糖酶作用机理的研究(编号:30371044)

(3) 非淀粉多糖酶改进饲料有效营养值及其预测模型的研究(编号:30671529)

(4) 高效组合型木聚糖酶设计的理论基础研究(编号:30972114)

(5) 活性 VD_3 、组合型植酸酶及其互动对钙和磷利用效率影响的机理研究(编号:30901033)。

2. 研究和文章的整理得到沈水宝、黄燕华、于旭华、谭会泽、周响艳、陈芳艳、刘玉兰、邹胜龙、Clementine Camara、杨彬、冒高伟、李路胜、廖细古、陈旭、阳金、苏海林、杜继忠、李秧发、汤保林、代发文、徐吕领、黄升科、曹庆云、凌宝明、夏伟光、甘鲁飞、张中岳、雷剑等人参与和帮助。

3. 著作出版得到国家出版基金项目的支持。

目 录

第 1 篇 饲料酶技术体系的理论基础	1
本篇要点	2
饲料酶理论与应用技术体系之一	
——饲料酶制剂的分类和划代及其理论基础	3
饲料酶理论与应用技术体系之二	
——新型高效饲料组合酶的原理和应用	18
饲料酶理论与应用技术体系之三	
——加酶日粮 ENIV 系统的建立和应用	32
饲料酶理论与应用技术体系之四	
——饲料酶发挥作用位置的二元说及其意义	47
饲料酶理论与应用技术体系之五	
——酶制剂在日粮中使用效果的预测及其意义	57
饲料酶理论与应用技术体系之六	
——饲料酶制剂及其应用效果的评价体系	70
饲料酶理论与应用技术体系之七	
——饲用酶制剂作用的分子营养学机理与加酶日粮 ENIV 系统的分子生物学基础	82
饲料酶理论与应用技术体系之八	
——水产动物酶制剂应用特殊性与饲料酶制剂技术体系的建立	92
第 2 篇 饲料酶制剂酶学特性的研究	99
本篇要点	100
酶制剂的稳定性及其影响因素	101

植酸酶的来源及酶学特性	108
植酸酶的抗逆性特点	115
木聚糖酶的来源及酶学性质	123
木聚糖酶的分离纯化及活性测定	132
不同理化条件对木聚糖酶活性的影响	137
纤维素酶的来源、组成及水解纤维素的机理	143
纤维素酶主要理化性质及影响其活性的因素	152
纤维素酶的体外评价及活性测定	160
木瓜蛋白酶的酶学特性及其在饲料工业中的应用	168
 第 3 篇 饲料酶制剂的应用研究	177
本篇要点	178
酶制剂在饲料工业中的应用现状及其发展趋势	179
饲用复合酶制剂在肉鸡饲料中的应用	190
饲用酶制剂在猪日粮中的应用及其影响因素	203
饲用酶制剂在鸭日粮中的应用	212
酶制剂在玉米-豆粕型日粮中的应用	218
植酸酶在家禽日粮中的应用	226
植酸酶在猪日粮中的应用	235
植酸酶对磷利用率的影响及加酶饲料有效磷释放量的预测	243
影响植酸酶在饲料中应用的因素	251
非淀粉多糖的抗营养作用及非淀粉多糖酶在畜禽饲料中的应用	258
影响 NSP 酶在畜禽日粮中应用效果的因素	270
木聚糖酶对家禽生产性能的影响及其应用效果的预测	281
饲料中的 β -葡聚糖和 β -葡聚糖酶的应用	287
β -甘露聚糖酶在饲料中的应用研究	295
α -半乳糖苷酶在畜禽日粮中的应用	303
 第 4 篇 饲料酶制剂作用的机理研究	311
本篇要点	312
小麦饲料中的木聚糖及木聚糖酶的作用机理	313
木聚糖酶对肉鸡消化系统及日粮中养分利用率的影响	320
木聚糖酶在肉鸭日粮中的作用及其机理	328
木聚糖酶在猪日粮中的应用及其作用机理	336
纤维素酶在家禽日粮中的应用及其作用机理	344
纤维素酶对肉鹅消化系统及肠道消化酶活性的影响	355
纤维素酶在猪日粮中的应用及其机理	363
外源酶对仔猪消化系统生长发育的影响及其作用机理	369
外源酶对仔猪消化系统内源酶活性的影响	379

第 1 篇

饲料酶技术体系的理论基础

本篇要点

作为生物技术产品的酶制剂,酶的真实、有效、针对适用是酶制剂在饲料中发挥作用的三个基本条件。同时,在酶的使用过程中,还需要与日粮的物理和化学特性、动物营养的生物学基础、饲料的加工工艺技术等结合起来。酶制剂作为一种功能复杂的生物活性成分,与其他饲料添加剂不同,不能简单直接地使用。为了提高其应用的效果,需要一系列技术的支持,因此,建立相应的饲料酶制剂技术体系十分必要。

饲料酶制剂技术体系的建立是基于对酶制剂的酶学特性及抗逆性、动物消化生理、组合酶的设计及其理论基础、饲料原料特性和配方技术等系统性研究的基础之上。技术体系的主体包括6个主要方面:①饲料酶制剂的分类及其划代;②新型高效饲料组合酶的原理和应用;③加酶日粮有效营养改进值(ENIV)系统的建立和应用;④饲料酶发挥作用的位置及其机理;⑤酶制剂使用效果的预测;⑥酶制剂应用效果的评价。其中,“高效饲料组合酶的设计原理”是产品设计的核心技术,“加酶日粮 ENIV 系统”是酶制剂应用的核心技术,而“饲料酶制剂的分类及其划代”、“饲料酶发挥作用的位置及其机理”、“酶制剂使用效果的预测”、“酶制剂应用效果的评价”是酶制剂应用的配套技术。

饲料酶制剂的分类及其划代不仅仅是依据作用底物的简单分类或简单的时间划分,而是建立在作用模式、作用底物化学组成特点、作用位点、糖生物学等基础之上的科学分类和划分;组合酶作为酶制剂产品设计的创新理念,有别于传统的单酶和复合酶,能充分体现酶制剂的高效性、针对性,以“差异互补、协同增效”为核心理念,并以此为组合酶筛选的技术思路;加酶日粮 ENIV 系统是各种加酶饲料可提供的额外有效营养量的总结,ENIV 系统的提出对于加酶饲料配方的设计、饲料原料营养价值评定提供了一套新的营养数据系统;饲料酶发挥作用的位置及其机理,对于拓展酶制剂应用的思路和产品开发的多样性有重要意义;酶制剂使用效果的预测及其模型的建立,对于酶制剂使用的量化有重要的帮助;酶制剂应用效果的评价,在一般的生产性能指标的基础上,提出了评价应用效果的非常规生产性能指标,使得酶制剂的应用更加精细科学。此外,本篇还就“饲用酶制剂作用的分子营养学机理与加酶日粮 ENIV 系统的分子生物学基础”、“水产动物酶制剂应用特殊性与饲料酶制剂技术体系的建立”做了较系统的讨论。

饲料酶理论与应用技术体系之一

——饲料酶制剂的分类和划代及其理论基础

20 世纪 50 年代人们已经认识到酶制剂在饲料中添加的作用,20 世纪 80 年代开始在饲料工业中应用酶制剂,到了 20 世纪 90 年代中期,酶制剂在饲料工业中的应用得到了普遍认可。现代酶技术真正始于 1874 年,外源性酶制剂在动物营养中作用的科学描述可追溯到 20 世纪 20 年代。饲料中首次使用商品化酶制剂可以追溯到 1984 年,芬兰人向大麦基础日粮中添加发酵用于酿造的酶制剂,显著改善了其营养价值。1996 年,在欧洲 80% 的肉鸡饲料(使用麦类等黏性谷物为能量来源)使用了相应的酶制剂,从此强化和加快了饲料产业对新技术的应用。从全球范围来看,目前大约 75% 的含有黏性谷物的家禽饲料中添加了饲料酶制剂,而在猪饲料中应用比例要低得多,不到 20%。我们最早的研究也是从非淀粉多糖酶开始的(冯定远等,1997),经过十多年的研究,在饲料酶制剂研究方面积累了一些基础。最近几年,与单一的传统动物饲养效果应用试验不同,我们在尝试向两个方向发展:一是酶制剂应用技术体系的建立(冯定远,2008),二是酶制剂分子营养基础的探讨(冯定远等,2006;谭会泽,2006;陈芳艳,2010)。其中,“饲料酶制剂的分类和划代及其理论基础”作为饲料酶制剂技术体系之一,是针对目前酶制剂种类比较多、作用的目的差别比较大、应用日粮和饲料原料范围比较广这一现状,为了规范饲料酶制剂的使用,对其进行适当的分类和划代,以便应用更为有效。

一、酶制剂的相关概念

1. 催化剂、生物催化剂、酶催化剂

催化剂是指能够诱导化学反应发生改变而使化学反应变快或减慢,或者在较低的温度环境下进行化学反应的物质。催化剂又称为触媒,酸和碱是常见的催化剂。催化剂可以分为非生物催化剂和生物催化剂两种,常见的非生物催化剂有化学催化剂。生物催化剂是指具有生

物活性和生物敏感性的催化剂,包括活细胞催化剂(固定化活细胞)和酶催化剂两种。生物催化剂具有显著的高效性,能在常温常压下起催化反应,反应速率快,例如,酶的催化效率特别高,比一般的化学催化剂的效率 $10^7 \sim 10^{18}$ 倍,所以,在条件符合的情况下,少量酶制剂能够在瞬时高效性发挥作用。

酶催化剂是最主要的生物催化剂,除具有十分明显的高效性外,酶催化剂与其他催化剂不同的另一个特点是催化反应的专一性,例如牛奶中的乳糖是以 β -半乳糖苷键结合,而植物中的棉籽糖却是以 α -半乳糖苷键结合,动物消化道的乳糖酶只可以消化 β -半乳糖苷键(Holden 和 Mace, 1997; Mace, 2009),而微生物的 α -半乳糖苷酶可以分解 α -半乳糖苷键(Waldroup, 2006)。我们在 2006 年的研究也表明 α -半乳糖苷酶可有效降低豆粕中棉籽糖和水苏糖等 α -半乳糖苷的抗营养作用,催化养分消化利用(冒高伟, 2006)。动物消化道的淀粉酶只能消化 α -1,4-葡萄糖苷键(Amylase Research Society of Japan, 1988),不能分解 β -1,4-葡萄糖苷键, β -1,4-葡萄糖苷键需要纤维素酶的作用(Percival, 1962),从而增加还原糖的产量(黄燕华, 2004)。

2. 酶、酶制剂、饲料酶制剂

酶是生物体产生的、能起催化作用、具有敏感性的有机大分子物质,绝大部分酶是蛋白质,少数是 RNA。酶的种类繁多,大约有 4 000 种,与非生物催化剂相比,有明显的多样性,大自然的奇妙和生物界的丰富多彩,有相当部分归因于酶的多样性和非凡作用。例如,动物体内存在大量的酶,已发现 3 000 种以上。

酶按催化反应可以分为六大类:氧化还原酶类(促进底物的氧化或还原)、转移酶类(促进不同物质分子间某种化学基团的交换或转移)、水解酶类(促进水解反应)、裂合酶类(促进一种化合物分裂为两种化合物,或由两种化合物合成一种化合物)、异构酶类(促进同分异构体互相转化)和合成酶类(促进两分子化合物互相结合)(张树政等, 1984)。饲料用酶主要是水解酶类和裂合酶类等。

酶制剂是指按一定的质量标准要求加工成一定规格、能稳定发挥其功能作用的含有酶的成分的制品。常按其性状分为液体剂型酶和固体剂型酶,或者按其功能和使用特点分为饲料酶、食品酶、纺织酶等等。酶制剂既含有酶成分,也含有载体或溶剂。

饲料酶制剂是指添加到动物日粮中,目的是提高营养消化利用、降低抗营养因子或者产生对动物有特殊作用的功能成分的酶制剂。饲料酶制剂只占酶制剂的很小部分,尽管如此,可以用于饲料用途的酶制剂的绝对种类的数量仍是非常大。但是,我们对饲料用酶的利用还十分有限,许多认识还很混乱。在相当长的时间里这种局面将继续存在,这意味着饲料用酶的利用既有很多的困难,也有巨大的开发空间。

3. 降解酶、水解酶、分解酶

饲料酶制剂主要是降解类的酶制剂,把营养物质(如蛋白质、淀粉)或者抗营养物质(如非淀粉多糖、植酸盐)降解为容易吸收的营养成分或者无抗营养特性的成分,降解反应是指把大分子变成小分子的过程,包括水解反应和分解反应两类(张树政等, 1984)。

水解是一个加水的反应过程,水解反应是水与另一化合物反应,使该化合物分解为两部分。例如:



分解反应是一种化合物分裂为两种化合物(不需要加水的反应过程),狭义的分解反应不包括加水的反应,广义的分解反应包括水解反应,加水的反应过程也是分解的反应。

从动物营养学的角度,为了方便,如果要区别水解和分解两者的不同,对大分子催化反应产生基本组成单位的反应习惯称为“水解”,例如“蛋白质”水解为组成蛋白质的基本单位“氨基酸”,“淀粉”水解为组成淀粉的基本单位“葡萄糖”。而降解基本单位(如氨基酸或葡萄糖)的催化反应习惯称为“分解”。动物营养学上的“基本单位”是指能够吸收的最大组分,如氨基酸、葡萄糖、脂肪酸等。当然,“分解”和“水解”不是绝对的,事实上,两个概念经常互用。

为了进一步了解酶制剂的作用特点和细化饲料酶的种类,我们可以把饲料酶分为水解酶和分解酶(相当酶学分类的裂合酶的一部分)。饲料水解酶就是指把大分子物质通过加水反应产生其组成基本单位的酶制剂。水解酶包括脂肪酶、淀粉酶、蛋白酶、木聚糖酶、纤维素酶、 β -葡聚糖酶、 β -甘露聚糖酶等。

在讨论植酸酶时,常常碰到一种困惑,就是不好归类,一般的饲料复合酶并不包括植酸酶,往往单独使用。植酸或者植酸盐已经是基本单位,是小分子化合物。而蛋白质、脂肪、淀粉、木聚糖、纤维素、 β -葡聚糖、 β -甘露聚糖等等,是大分子化合物,是由基本单位如氨基酸、脂肪酸、葡萄糖等组成的。事实上,植酸酶与一般的水解酶不同,为了区别,可以把植酸酶划分为分解酶,分解酶还包括木质素分解酶、霉菌毒素脱毒酶等等。

所以,区别水解酶和分解酶有两个依据:一是催化反应是否是加水反应;二是催化反应的产物是否是基本组成单位。

4. 单酶、复合酶、组合酶

单酶或单一酶是指特定来源而催化水解一种底物的酶制剂,如木瓜蛋白酶、胃蛋白酶、里氏木霉(*Trichoderma reesei*)纤维素酶、康氏木霉(*Trichoderma koningi*)纤维素酶、曲霉菌(*Aspergillus*)木聚糖酶、隐酵母(*Cryptococcus*)木聚糖酶等等。

复合酶是指由催化水解不同底物的多种酶混合而成的酶制剂,如由木瓜蛋白酶、康氏木霉纤维素酶和曲霉菌木聚糖酶组成的饲料酶是复合酶制剂,同时作用于日粮中的蛋白质、纤维素和木聚糖。多种酶的来源可以不同,也可以相同,因为单一菌株可以产生多种酶。大多数添加在动物饲料中的酶是粗制剂,通常对一系列底物有活性(Campbell 和 Bedford, 1992)。商业上的饲用酶制剂产品通常是将两种或更多种酶混合在一起的“复合酶”(Graham, 1993)。日前饲料和养殖业使用的除植酸酶等少量是单酶添加剂外,大多数为复合酶添加剂。复合酶在酶制剂其他领域应用很少,主要是饲料中使用。

组合酶是指由催化水解同一底物的来源和特性不同,利用其催化的协同作用,选择具有互补性的两种或两种以上酶配合而成的酶制剂(冯定远等, 2008)。例如,蛋白酶组合酶制剂由多种来源不同的蛋白酶组成,体内的胃蛋白酶和胰蛋白酶就是一种天然的蛋白酶组合(前者属于