

家禽及猪营养中的酶制剂

饲料酶制剂国际学术研讨会论文集

中国·南京

1996年5月6~8日

韩 正 康

主编

Ronald R. Marquardt

南京农业大学

家禽及猪营养中的酶制剂

饲料酶制剂国际学术研讨会论文集

中国,南京

1996年5月6~8日

韩 正 康

主编

Ronald R. Marquardt

南京农业大学

目 录

前言	(1)
开幕词	韩正康(2)
1. 中国的养禽业与酶制剂应用的潜力	陈杰、陆天水、韩正康(3)
2. 酶制剂用于改进谷物对家禽的营养价值	
——粘性水溶性非淀粉多糖在鸡生产性能中的作用	Ronald R. Marquardt(7)
3. 添加外源酶降低鸡肠道食糜粘度并提高营养物的消化率	Michael R. Bedford(22)
4. 家禽日添加粗酶制剂影响生理机能及改善生产性能的研究	韩正康(31)
5. 酶制剂在动物营养中的应用:潜在效益	Mingan Choct(43)
6. 应用酶制剂的实际经验	Wilhelm Guenter(50)
7. 米糠日粮添加酶制剂和辐射米糠对莱航鸡和肉鸡生产性能的影响	王国杰等(60)
8. 以小麦或大麦为基础的豕禽饲料中添加酶对生产性能的改进	
.....	John Nathan Bird(74)
9. 使用简单模型方程预测酶制剂反应的若干问题	张志群等(88)
10. 谷物中的植酸及双低菜籽粕、羽扇豆中的半纤维素	W. Guenter(100)
11. 酶制剂用于猪饲料	刘永刚, S. K. Baidoo(116)
12. 酶应用动物饲料:目前的问题及将来的发展	
.....	Ronald R. Marquardt 及 Michael Bedford(128)
13. 粗酶制剂添加于大麦日粮中对肉用仔鸡生产性能和血液中几种代谢激素的影响	
.....	刘燕强(136)
14. 大麦日粮添加粗酶制剂对鹅生长及有关代谢激素水平的影响	艾晓杰等(145)
15. 大麦日粮添加粗酶制剂对雏鸡小肠粘膜二糖酶活力的影响	郑祥建等(151)
16. 大麦基础日粮添加粗酶制剂对肉鸭生长性能、消化机能的影响及其年龄性变化	
.....	高宁国等(157)
17. 添加粗酶制剂的大麦基础日粮对雏鸡体增重、免疫及内分泌的影响	
.....	王清吉等(163)
18. 大麦日粮添加粗酶制剂对雏鸡增重、消化机能及外周血液甲状腺激素水平的影响	
.....	喻 涛等(169)
19. 致谢	(180)

前 言

近10年来利用微生物来源酶作为饲料添加剂获得了迅速推广。虽然酶制剂的经济和社会效益已充分肯定,但其在饲料工业和牧业中的潜力充分达到之前,尚有许多科研和开发领域必须试验研究。包括一定份量的基础研究必须进行,以便较好地了解酶产生其效益的机制;确定酶在胃肠道的作用部位;发展日粮添加酶制剂前后检测其潜效的可靠方法;当禽类和猪饲喂含各种饲料的日粮时,确定对不同种类和年龄的动物所需要的酶制剂类型和剂量;发展模型系统以便精确地预测牧业中应用酶制剂时能得到的反应;最后,发展分析程序以检测酶处理的经济和社会效益。

在这次研讨会上提出的文章针对上列的某些问题,并指出需要进一步研究的领域。

本次研讨会的讯息显示,酶制剂的利用还处于初创阶段,将来还有许多值得令人鼓舞的发展,尤其是关于广阔的动物和动物饲料范围内利用基因工程重组酶问题。酶制剂不仅使畜禽生产能经济地利用新的饲料,还证明由于它们减少环境污染问题,而使经济上合算而持续稳定。

此外,如南京农业大学动物生理生化实验室研究表明,在研究动物的生理和代谢机制中酶制剂是一种非常有力的工具。这些研究将进一步增强我们对饲料酶制剂在动物营养中的知识。

在这次研讨会上提出的相当份量的研究,部分受加拿大的国际发展及研究中心(IDRC)的资助。给予中加科研项目的这一资助,旨在加强中国养禽业饲料的营养价值。我们相信这一科研项目是成功的,因为目前在中国对利用酶制剂很感兴趣,不少农业大学及研究机构开始这方面研究,大多数中国饲料企业和养殖场认识到应用酶制剂的效益。这本分别用中、英文出版的研讨会论文集,将进一步有助于酶制剂在中国的迅速而广泛的普及。如果在中国养禽业日粮中,较普遍采用酶制剂的话,则总的经济收益据估算相当于每年数亿元之巨。

我们感谢全体研讨会参加者,他们尽力使这次研讨会开得杰出成功;我们想特别感谢南京农业大学成员的协助,保证会议进行顺利,尤其是张志群副教授不倦地致力于会议安排。对刘永刚博士卓越的翻译工作,亦深表谢意。

编 者

1996. 11. 28

开 幕 词

韩正康

女士们、先生们：

中国古代圣贤孟子有句名言：“有朋自远方来，不亦悦乎”？我代表南京农业大学动物生理生化农业部重点实验室，对来自国外客人和国内的朋友们，表示热烈的欢迎！

在加拿大国际发展与研究中心(IDRC)及我国国家自然科学基金委员会(NNSFC)的支持下，自从1992年以来，由曼尼托巴(Manitoba)大学与南京农业大学负责执行的中加科研合作项目“家禽强化饲料——酶制剂”已完成了预定目标。我们除了完成关于本项目的青年教师去加科研培训和研究生国内培养外，还完成了有关家禽利用酶制剂的科研工作；同时实验室添置和充实了必要的仪器设备。为今后饲料酶制剂的应用和研究，打下了坚实的基础。

四年来我们与 Dr. Maquardt 和 Dr. Guenter 领导的实验室进行有效而和谐的合作中，不仅进行了学术的交流，培养了人才，更重要的是建立了相互的信任和深厚的友谊。这次会议的召开，不但向大家汇报四年来合作的成果，同时我们还邀请了国内外有关专家莅临，共同研讨酶制剂在动物营养中的作用。

西方有句名言：“Good begun, half done”(良好的开始，即成功了一半)。我们希望通过这次研讨会，为饲料酶制剂在我国的研究、生产、应用起了推动作用；为国内外的大学、研究机关和企事业单位之间建立相互联系合作迈出重要的一步；为酶制剂事业在中国以至亚太地区的发展作出贡献。

最后，这次会议的举行，我们应当感谢 IDRC、国家自然科学基金委的大力支持，芬兰饲料国际有限公司和 Roche 药品化学有限公司、Kenim, Altch, Dagussa 等企业在经济上给予资助，表示衷心的感谢。祝会议取得成功！祝各位身体健康！谢谢。

中国的养禽业与酶制剂应用的潜力

陈杰 陆天水 韩正康

(南京农业大学 动物生理生化实验室)

一、中国的养禽业

中国是农业大国,长期以来以种植业为主,养殖业处于较次要地位。可是近十几年来,在改革开放大潮推动下,人民生活水平不断改善,对畜产品的需求量日益增加,由此,促进了畜牧业生产的迅速发展。根据联合国粮农组织(FAO)公布的统计数字,1994年我国肉类总产量为4481.4万吨,其中猪肉3405.4万吨,占总量的75.99%,禽肉647.9万吨,占总量的14.46%,牛肉228.4万吨、羊肉155.5万吨仅占总量的8.75%;蛋的总量为1006万吨。我国的肉、蛋生产发展很快,与1993年相比,1994年肉类总产量增加17.27%,猪肉增加18.07%,禽肉增加13.51%,禽蛋增加8.87%,肉、蛋总量及猪肉总量均为世界第一,禽肉仅次于美国,名列第二位。但按每人消耗量计算(Kg/人,1992):牛肉1.89,羊肉1.29,猪肉28.17,禽肉5.36,鸡蛋8.32,与发达国家相比还有一定距离。根据95计划,到2000年要在1994年的基础上再增加1000万吨肉类和250吨禽蛋,预计肉类生产中猪肉仍约占70%,而禽肉要增加至20%。因此,无论肉类还是蛋类,家禽生产在我国畜牧业中都占重要地位。我国家禽业中,以鸡为主,但水禽如鸭、鹅的饲养量也相当可观。

我国家禽的集约化饲养开始于80年代。随着一大批机械化养鸡场的建立和发展,把养鸡业推向一个新的高度,即从半自给性小生产转变为具有先进科学技术的高效率集约化的大规模商品生产。现代养鸡业是我国现代畜牧业的先导和骨干。几年来我国已建立起较大规模的家禽生产体系,包括种禽繁殖体系和商品生产体系。目前已有祖代种鸡场200多家,父母代鸡场2000多家。商品生产体系大致有三种形式:工厂化鸡场、中小型鸡场和农村个体养鸡场。这些生产体系的建立,使家禽生产拥有了稳定的生产基础。

饲料工业是家禽业发展的重要保证,10多年来已形成包括原料、添加剂、机械、加工工业以及科研、教育等完整的工业体系,10多年来已生产饲料3.1亿吨。混合饲料的应用,大大提高了生产效应,节省饲料30%约9300万吨,降低了料肉比率。

由于我国现代化养禽业发展历史较短,整体生产水平和技术水平都较低,与国外先进水平相比,差距较大。以蛋鸡为例,1990年北京市个体劳动力年产量为11.46kg,而美国为18kg左右,差距最大的产蛋期存活率我国为70—75%,而美国则高达90—92%。我国大型鸡场料肉比为2.8—3.0,而美国为2.5左右。此外,若干年以来,由于社会经济改

革过程中家禽业的发展常常有较大的波动,1992年是发展的低谷,而1994年为超常发展期。就目前而言,影响我国家禽业发展的最主要的原因是饲料短缺引起的价格上涨,以致生产成本大幅度上升。因此我们的任务应该是加强科学研究,努力推广和应用新技术,进一步开发新的饲料资源,以投入较少的饲料,生产出更多的产品。

二、酶制剂在中国的应用潜力

如上所述,制约我国养禽业发展的最主要因素是饲料和饲料工业,而饲料则是决定饲料工业发展的首要因素。目前,我国的粮食生产虽然逐年增加,但人均占有量仅333.62Kg(1994年),能用作饲料的仅占20%左右,我国饲料不足是显而易见的。据预测,2000年—2020年能量饲料供给量的缺口为0.24—0.83亿吨,蛋白质饲料供给量的缺口在0.24—0.48亿吨之间。解决饲料不足主要有三个途径:一是增加粮食产量,提高饲料量比例;二是提高现在饲料的利用效率;三是开发新的饲料资源。结合我国实际,通过提高人均粮食占有量来解决饲料问题难度较大,而后两者则是行之有效的途径。酶制剂应是较有效的技术之一。

1、酶制剂与现有饲料利用率的提高

玉米是我国最重要的能量饲料,但我国不是玉米主产国,玉米产量还不到粮食总产量的20%,据1992年统计约为0.7亿吨,而且地区分布不匀。虽然玉米有较高的利用效率,但还有一定的潜力,首先它含有较高的植酸磷(约占磷的50—75%),猪只能利用玉米磷的10—12%,如果加入植酸酶,可使植酸磷的利用率提高40%,不但可以大大减少磷的添加,而且可以降低磷对环境的污染;其次,玉米中还含有一定的木聚糖和纤维素,在家禽日粮中添加适量酶制剂,其利用率可进一步提高。

饼粕类是我国蛋白质饲料的主要来源。1993年生产的大豆饼有470万吨,棉籽饼523万吨,菜籽饼488万吨,它们的蛋白质利用率分别为70%、50%和小于50%。蛋白质利用率的低下除含有一定量的有毒成份和某些抗营养因子外,还与其蛋白质的特殊结构有关,即有些结合键很难被消化道内的酶断裂。试验表明,选择合适的酶制剂可使蛋氨酸、赖氨酸、胱氨酸的消化率分别提高10.28%、10.40%、13.92%。如果使用酶制剂后使蛋白质利用率提高10%,每年就可节约饼粕类200万吨。

2、酶制剂与饲料资源的开发

我国地域广阔,农作物各异,如:南方的稻谷、大麦;北方的小麦、燕麦和黑麦以及各种农副产品,如米糠等,由于利用率低,至今未被充分开发利用,这在一定程度上与含有抗营养因子有关,如用酶制剂去除这些因子,就可以作为重要的饲料资源被利用。

A. 禾谷类饲料

目前我国用作饲料的谷物主要是玉米、主产地在东北、华北,但供需有较大差距,特别是南方地区,如江苏、浙江、上海,每年都需大量调入,而缺玉米地区其它谷物如稻谷、高粱、大麦、小麦等的产量相当高,但它们都含有一定的抗营养因子。表1中列出了几种禾谷类饲料中 β -葡聚糖(β -glucans)和戊聚糖(pentosans)的含量。大量试验证明,在这些谷物中添加相应的酶制剂后饲料利用率可大大提高。小麦、大麦、燕麦、黑麦的日粮中添加酶制剂后消化率和代谢都能得到改善(Marquardt, 1992)。我们实验室的研究也证明,饲料喂大麦日粮(占50%)的肉用鸡添喂0.1%的粗酶制剂后日增重提高10.44%,与玉米日粮大致持平。饲喂大麦日粮(60%)的肉用雏鸡添加0.1%的粗酶制剂后第1、2、3周的生长速度分别增加18.0%、12.0%和12.2%。雏鹅试验也获得类似效果。燕麦日粮添加 β -葡萄糖酶后有相似的反应。黑麦和小麦含有较多的戊聚糖,在日粮中添加商品酶制剂,肉鸡的日增重,饲料转化率大大改善。

酶制剂对抗营养因子的有效作用,不但可促进现有饲料资源的开发,而且可以进一步调整农作物的种植结构,充分利用土地,以建立稳定的生产基地。如:江苏、浙江的沿海滩涂,可以种植耐盐的大麦;又如青海省培育的338春小麦,其产量高达12.6吨/公顷以上,比小麦产量高77%,但其品质差,不宜作为粮食。如果利用其高产性能划作饲料加以种植,并结合酶制剂应用,就可以开发为饲料加以利用。

表1 不同禾谷类饲料中抗营养因子的含量*

种类	β -葡聚糖(g/KgDM)	戊聚糖(g/KgDM)	总计
稻(去壳)	0	0	0
高粱	1	28	29
玉米	1	43	44
小麦	5	61	66
小黑麦	7	70	77
大麦	33	76	109
黑麦	12	89 ¹	101

* 引自 Choct 和 Annison, 1990 年。

B. 粮食加工副产品

我国的米糠、次粉的产量巨大,据1993年统计可达0.36亿吨,占粮食总产量的

21%。糠麸类饲料的抗营养因子含量较高,麦麸的主要抗营养因子是植酸、阿拉伯木聚糖,次粉含阿拉伯木聚糖,米糠含阿拉伯糖和木糖,阿拉伯糖/木糖的比率为 1.23。我们实验室在肉鸡上进行试验,在米糠日粮中添加粗酶制剂,其日增重可提高 11.10%,为米糠类饲料的利用开辟了有效的途径。

饲料是制约家禽养殖业的主要因素。我国饲料资源丰富,中加合作项目“家禽酶制剂强化饲料的研究”为提高我国饲料利用效率,开辟饲料资源,建立稳定的饲料生产基地,提供了极为有效的技术,这对于促进我国畜牧业生产具有十分重要的意义,可以认为,酶制剂的应用在我国有着广阔前景,酶制剂的工业化和商品化必定会被广大禽业生产者欢迎和采用,对推动中国养禽业的发展将起不可低估的作用。

酶制剂用于改进谷物对家禽的营养价值

——粘性水溶性非淀粉多糖在鸡生产性能中的作用

Ronald R. Marquardt

(加拿大曼尼托巴大学动物科学系)

摘要 酶应用于食品工业已有 100 多年的历史,而作为添加剂用于动物饲料则是最近的事。虽然目前用于饲料工业的大多数酶来自真菌类,但克隆酶的用量一直在稳定上升。常用于饲料业的几种酶中,木聚糖酶和 β -葡聚糖酶是最重要的两类。这些酶可以部分水解水溶性、且十分粘稠的 β -葡聚糖和阿拉伯木聚糖,这类糖普遍存在于禾本科谷物。上述两类酶的重要性在于它们能明显降低谷物饲料中的抗营养碳水化合物的粘稠度,改善大部分营养物的消化率和吸收率,尤其是脂肪和蛋白质,进而改善日粮的代谢能值和适口性,使增重和饲料利用率提高。除此之外,也使饮水量、消化道容积、排泄物的含水量和排泄总量减少。酶处理的效果好坏与日粮的类型、日粮中抗营养因子的数量、酶的种类、添加量、动物的品种及年龄有关。因此,正确使用酶能改善日粮营养物的利用,降低动物排泄物数量,提高饲养经济效益,有利环境且对动物无害。

一、引言

酶用于食物制作甚至始于人们对酶毫无知觉的时候,距今大约一万年左右。在西方,微生物酶的工业开发始于 100 年前。从真菌、曲霉属(*Aspergillus Oryzae*)中提取 α -淀粉酶的技术于 1984 年获得专利。用于食品和饮料业的酶主要来自曲霉(*Aspergillus*),木霉(*Trichoderma*)则用于生产半纤维素酶。最近的基因编码已将不同的酶,如植酸酶、 β -葡聚糖酶、木聚糖酶进行克隆,并在不同的商业体系中表达(微生物和植物)。

过去几年,在饲料工业中使用或具有应用前景的酶包括纤维素酶(β -葡聚糖酶)、木聚糖酶、植酸酶、蛋白酶、半乳糖苷酶等(见表 1)。在饲料业中,酶多用于家禽,也在一定程度上用于猪饲料。酶可中和谷物饲料如大麦、小麦、黑麦和小黑麦中非淀粉多糖的不利影响。这些有害碳水化合物降低日粮中所有营养物的消化与吸收,尤其是脂肪和蛋白质。最近的若干研究表明,应用植酸酶作饲料添加剂,不仅可提高植物源磷的利用率,而且可减少环境污染。目前在饲料业中进行了评估试验的几种酶包括作促进蛋白质消化的蛋白酶,改善脂肪消化的脂酶,中和非谷物饲料中的某些抗营养因子的 β -半乳糖苷酶和协助早期断奶动物淀粉消化的淀粉酶。

表 1 在饲料中使用或能够使用的部分酶类

酶 类	底 物	功 能	效果和应用
β -葡聚糖酶	大麦、燕麦	降低粘稠度	改进营养物的消化与利用
木聚糖酶	小麦、黑麦 小黑麦、米糠	降低粘稠度 (其它效益?)	改进营养物的消化与利用
β -半乳糖苷酶	豆科籽实,羽扇豆	降低粘稠度 (其它效益?)	改进营养物的消化与利用
植酸酶	植物饲料	从植酸磷中释放磷	增加磷的吸收
蛋白酶	蛋白质	蛋白质水解	改进蛋白质的消化
脂 酶	脂 肪	脂肪水解	适用于幼龄动物
淀粉酶	淀 粉	水解淀粉	给幼龄动物增加淀粉酶

本文旨在讨论 β -葡聚糖酶和木聚糖酶在单胃动物日粮中的应用。此类日粮含有谷物饲料如大麦、小麦、小黑麦和黑麦。重点讨论这些酶降低谷物中 β -葡聚糖酶和阿拉伯木聚糖之粘稠度,以及改善营养物利用的作用效果。

二、 β -葡聚糖的结构和水解

β -葡聚糖是自然合成之多聚糖含量最多的糖类,它大量以 1,2- β -葡聚糖、纤维素存在。微生物或非微生物(植物)也可以合成很多种类的 β -葡聚糖。 β -葡聚糖是一类由右旋-葡萄糖以 β -构型连接的同聚物。有一些 β -葡聚糖分子结构相对简单,由葡萄糖基分子线性连结而成,而其它葡聚糖则由各式直链或支链连结而成。已发现的连结型式包括:1,4- β -;1,3- β -;1,6- β -和 1,6- β -;1,3- β -和 1,4- β -;1,2- β -和 1,4- β -。存在于谷物细胞壁的 β -葡聚糖:1 $\rightarrow$ 3,1 $\rightarrow$ 4- β -葡聚糖由直链的 β -葡萄糖基链上连结(1 $\rightarrow$ 3)和(1 $\rightarrow$ 4)-葡糖苷而构成。其详细结构见 Fincher and Stone (1996)及 Pitson 等人(1993)的报导。

虽然 β -葡聚糖降解酶多由真菌合成,但许多其它微生物也可以合成此类酶。依据其分解葡糖苷链种类及其与反应底物之附着机制,已划分出几种 β -葡聚糖降解酶(Pitson et al., 1993)。不同的 β -葡聚糖降解酶总结列示于表 2。最常见的纤维素酶 β -葡聚糖酶大量存在于真菌,其水解 1,4- β -和 1,2- β -葡聚糖酶广泛存在于真菌和酵母两类微生物中,1,6- β -葡聚糖酶存在量少于 1,3- β -或 1,4- β -葡聚糖酶,可由多种真菌合成。许多研究者将内切 1,3-, β -葡聚糖酶和海藻多糖酶混淆使用。当葡萄糖残基的还原基团,与另一葡萄糖残基在 C-3 位形成可被水解的连接键时,则内切 1,3-, β -葡聚糖酶参与水解 1,3- β -葡糖苷键,海藻多糖酶水解 1,3- β -或 1,4- β -葡糖苷键(见图 1)。

已经证实, β -葡聚糖酶,尤其是内切形式酶的部分水解,不仅可降低 β -葡聚糖的粘稠性,而且能改善禾本科谷物的营养价值。外切- β -葡聚糖酶尽管也能从 β -葡聚糖中释放出葡萄糖,但对 β -葡聚糖粘稠度的影响相对较小。因此,用外切葡聚糖酶来降低 β -葡聚糖的粘稠度效果甚微。 β -葡聚糖的彻底降解依赖于内切和外切两种 β -葡聚糖酶的协同作用。然而,日粮中添加酶最多只能使 β -葡聚糖部分水解,因此饲料酶不大可能直接提高由 β -葡聚糖降解出的葡萄糖的利用率。目前尚不清楚是否各种内切 β -葡聚糖酶也可产生如内切与外切两类葡聚糖酶之间的协同作用,以增进降低 β -葡聚糖酶粘稠度的能力,从而改进日粮营养价值。

三、阿拉伯木聚糖的结构和水解

从小麦面粉中提取阿拉伯木聚糖已有详细报导(Fincher and Stone, 1986)。阿拉伯木聚糖主要由戊糖(阿拉伯糖和木糖)组成,因此人们常称之为戊聚糖。阿拉伯木聚糖分子结

表 2 β -葡聚糖降解酶的名称和作用

酶学委员会号码	习惯名称	系 统 名 称	作 用
3. 2. 1. 4	纤维素酶	1,4-(1,3,1,4)- β -D-葡聚糖 4-葡聚糖水解酶	使纤维素 1,4 连接键内切水解及含 1,3 和 1,4 键的 β -右旋-葡聚糖水解
3. 2. 1. 6	海藻多糖酶	1,4-(1,3;1,4)- β -右旋-葡聚糖 3(4)-葡聚糖水解酶	当葡萄糖残基的还原基团参与的连接键被水解并在 C-3 位自身取代时,该酶水解 β -右旋葡聚糖的 1,3-或 1,4-连键。
3. 2. 1. 21	β -葡糖苷酶	β -右旋-葡糖苷葡萄糖水解酶	非还原性 β -右旋葡聚糖残基终端水解释出 β -右旋葡萄糖
3. 2. 1. 39	内切 1,3- β -葡聚糖酶	1,3- β -右旋葡聚糖葡聚糖水解酶	水解 1,3- β -右旋-葡聚糖的 1,3 键
3. 2. 1. 58	外切 1,3- β -葡聚糖酶	1,3- β -右旋-葡聚糖葡萄糖水解酶	水解 1,3- β -右旋葡聚糖的 1,3 键,释出 α -葡萄糖
3. 2. 1. 71	内切 1,2- β -葡聚糖酶	1,2- β -右旋-葡聚糖葡聚糖水解酶	水解 1,2- β -右旋-葡聚糖的 1,2 键
3. 2. 1. 73	昆布多糖酶	1,3-1,4- β -右旋-葡聚糖 4-葡聚糖水解酶	水解含 1,3 和 1,4 键的 β -右旋-葡聚糖的 1,4 键
3. 2. 1. 74	外切 1,4- β -葡聚糖酶	1,4- β -右旋葡聚糖葡萄糖水解酶	水解 1,4- β -右旋-葡聚糖的 1,4 键
3. 2. 1. 75	内切 1,6- β -葡聚糖酶	1,6- β -右旋葡聚糖葡萄糖水解酶	水解 1,6- β -右旋-葡聚糖的 1,6 键

资料来自 Pitson 等人(1993)

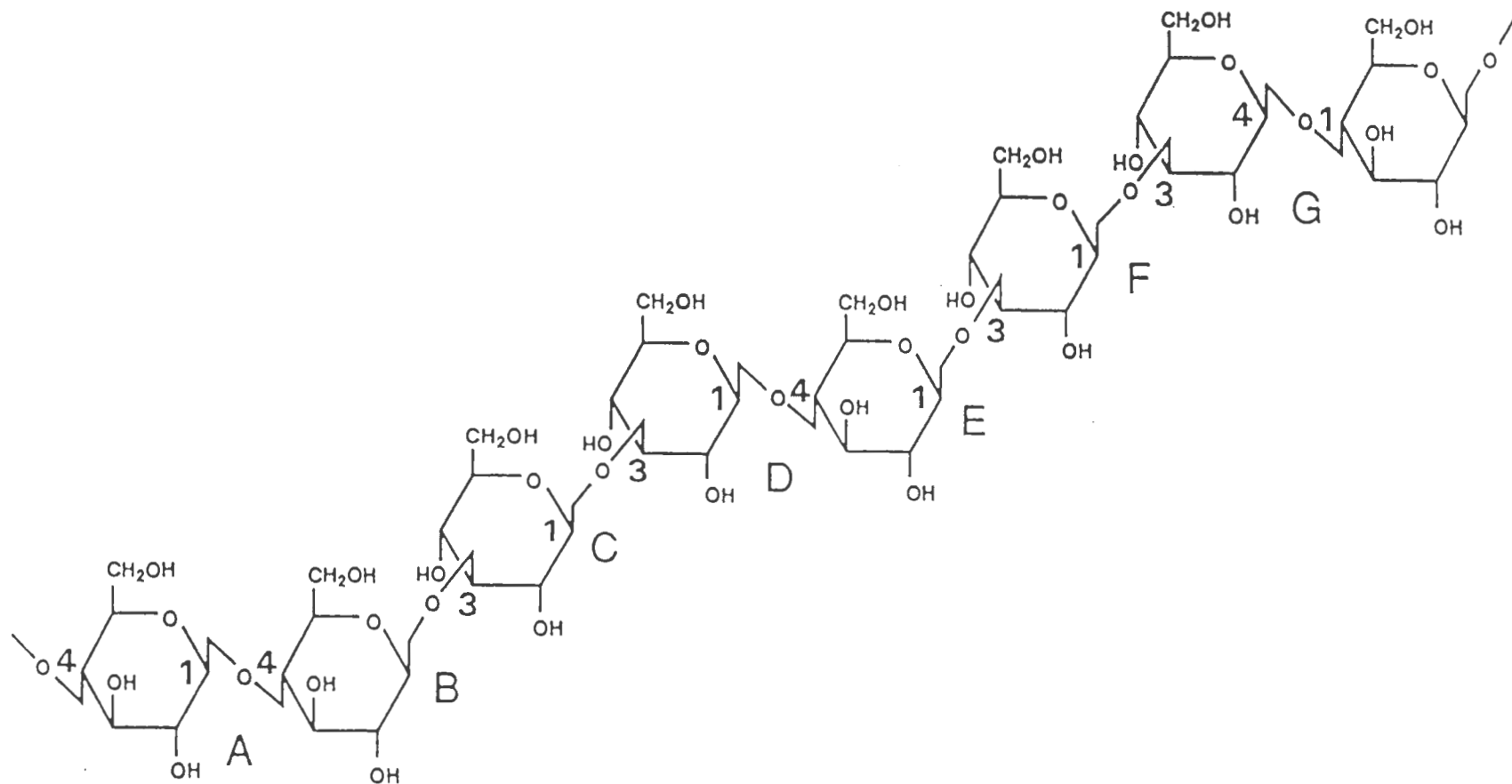


图 1 海藻多糖和内切 1,3- β -葡聚糖酶对 1,3-/1,4- β -D-葡萄糖的作用。海藻多糖酶切断 C、D、F 和 G 键，而内切 1,3- β -葡聚糖酶切断 B、C、E 和 F 键 (Pitson et al. , 1993)

构由 β -(1 $\rightarrow$ 4)-右旋-吡喃木糖基主链与一或多个 α -左旋阿拉伯呋喃糖基在 2 或 3 位置取代而成(见图 2)。然而在很多情况中,虽然已糖和已糖醛酸含量微小,但却是非常重要的成份。基于此,这两种成份通常称为杂聚木糖。此外,阿拉伯木聚糖还含有不同类型的石碳酸如阿魏酸和乙酰酯。细胞壁成分中主要化学键的结构图和酶解点见图 3。半纤维素主要由木聚糖组成,木聚糖以氢键连接在纤维素上。木糖残基在 0-2 和 0-3 位置被乙酰化,而其它基团如阿魏酸在 0-2 或 0-3 和木质素联结形成交叉链并可网住聚合物。

因此,需要用多酶体系方有可能从细胞网络内释放并分解阿拉伯木聚糖(Wuban et al., 1993)。

四、水溶性 β -葡聚糖和阿拉伯木聚糖的物理和化学性能

以前的研究已表明,水溶性-葡聚糖和阿拉伯木聚糖的粘稠性乃是小麦、黑麦、小黑麦、大麦和燕麦中的主要抗营养成分(Annison and Choct, 1991; Campbell and Bedford, 1992; Bedford, 1995; Marquardt, 1996)。上述谷物的一些性能比较见表 3。结果证明:小麦、黑麦和小黑麦的水溶性淀粉多糖成分主要是戊聚糖,而大麦、燕麦的水溶性非淀粉多糖主要是 β -葡聚糖。谷物的生长抑制和水溶性非淀粉多糖含量密切相关。用小麦和黑麦颗粒所做的比较清楚地显示了这种关系。

谷物内可溶性戊聚糖或 β -葡聚糖含量和它们的萃取物粘稠度尤其高度相关。戊聚糖的类型也可影响戊聚糖的粘稠度(Bengtsson et al., 1992)。研究人员从黑麦粒中分离出两种类型的戊聚糖,即阿拉伯木聚糖 I 和 II。阿拉伯木聚糖 I 由阿拉伯糖和单/多个木糖残基连接,而阿拉伯木聚糖 II 含阿拉伯糖终端和双/多个木糖残基相连(见图 4)。上述研究人员还观察到黑麦品系中,阿拉伯木聚糖 II 比阿拉伯木聚糖 I 更具粘稠性,不同黑麦中两种成分含量也有差异。在其它谷物中,观察到戊聚糖的相似情况(Fincher and Stone, 1986)。除了粘稠度不同外,阿拉伯木聚糖 II 还不易被木聚糖酶水解,这是由于阿拉伯糖侧链的妨碍引起的,因此可假定,改善木聚糖酶对木聚糖主链的接近率,可以通过阿拉伯呋喃糖酶的作用从戊聚糖链先去除阿拉伯糖。因此,用谷物饲喂动物时,要使木聚糖酶的效果提高,可借助于第二种酶的作用,获得比只用木聚糖酶好的效果。

可溶性 β -葡聚糖和阿拉伯木聚糖成分的变化范围较大。这种差异不仅出现在不同的谷物种类,而且存在于同一谷物之不同品种,乃至同一品种也有差异。众所周知谷物中此种粘稠碳水化合物含量也随分离方法、品种、土壤和气候、栽培实践、收割成熟及贮存条件等不同而变化(Henry, 1987; Sauastamoinen et al., 1989)。例如,Scout 无壳大麦比 Bedford 有壳大麦含更多的水溶性 β -葡聚糖(Rotter et al., 1989)。也有报导在于干燥地区成熟的大麦和燕麦与潮湿地区的大麦、燕麦相比,前者的粘稠碳水化合物含量高于后者,此外,贮存过的谷物粘稠性可能低于新鲜谷物,或许这是由于内源酶的活动所致。由于水溶性 β -葡聚

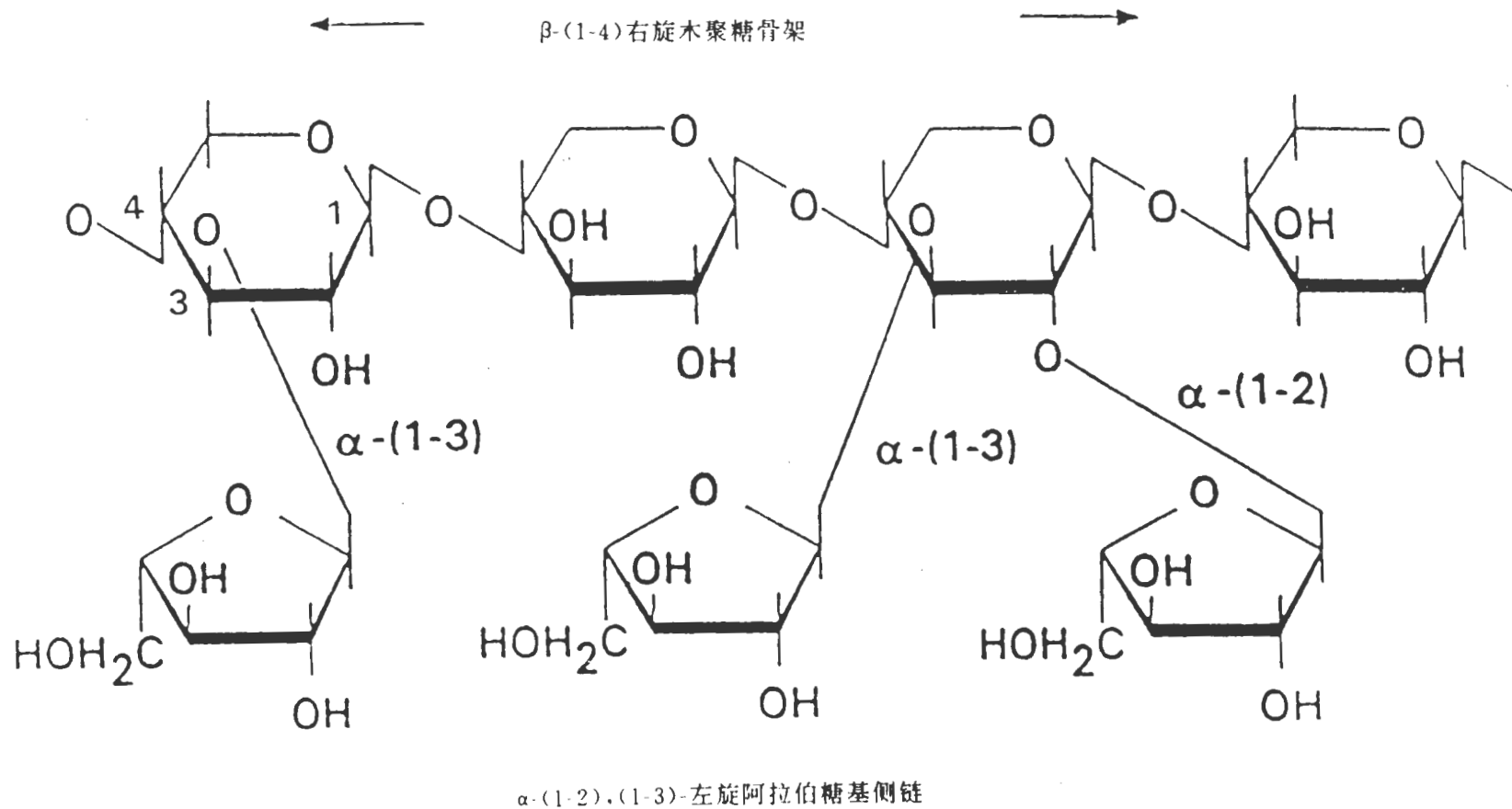
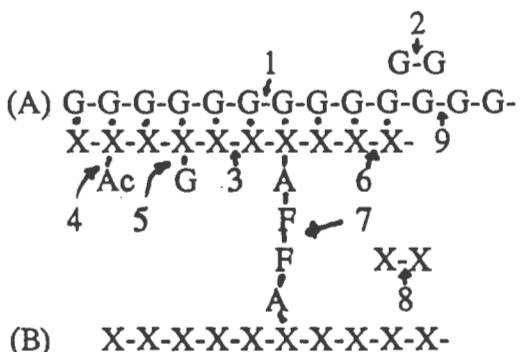


图2 阿拉伯木聚糖 $\{(\alpha$ -1 $\rightarrow$ 2,3)-左旋阿拉伯呋喃糖基 $\}$ - β -(1 $\rightarrow$ 4)-右旋吡喃木聚糖结构显示多聚糖的主要构成形式

图 3 植物细胞壁的主要化学键和酶作用断裂处¹

碳水化中合物	底 物	酶
(A)  (B) 	G—葡萄糖	1. 内切葡聚糖酶
	X—木糖	2. 纤维二糖酶
	Ac—乙酰基	3. 木聚糖酶(内切木聚糖酶)外源细胞酶
	G—葡萄糖醛	4. 乙酰木聚糖酯酶
	A—阿拉伯糖	5. 葡糖苷酸酶
	F—阿魏酸	6. 阿拉伯呋喃糖苷酶(内源细胞酶)
	• H ⁺ —氢键	7. 阿魏酸酯酶
		8. 木糖苷酶
		9. 纤维素二糖苷酶/纤维糊精酶

(A)β-葡聚糖

(B)戊聚糖(阿拉伯木聚糖)

1. 资料来自 Forsberg et al, 1993. 酶 1,3,可能还有 6 对降低谷物的粘稠度相当重要

表 3 谷物饲料中水溶性淀粉多糖的物理和化学性能¹

	小 麦	黑 麦	小黑麦	大 麦	燕 麦
水溶性非淀粉多糖的含量 ² %	0.6	1.7	0.7	1.2	1.0
单糖 ³					
阿拉伯糖	238	254	281	66	81
木 糖	264	364	267	75	63
葡萄糖	43	55	334	481	443
其 他	135	46	91	29	53
总 计	680	719	673	651	640
分子平均重($M_w \times 10^{-3}$)	255	770	569	665	446
平均分子($M_n \times 10^{-3}$)	60.5	90.3	66	89.7	66.5
多分散性(M_w/M_n)	4.2	8.5	8.6	7.4	6.7
粘稠度 $[\eta]$	1.7	5.9	4.0	4.5	3.1
系水力 g/g ⁴	0.41	0.47	0.42	0.49	0.44
相对生长抑制 ⁵	+	+++	+(+)	++	++

1、资料来自 Gierhammar and Nair, 1992.

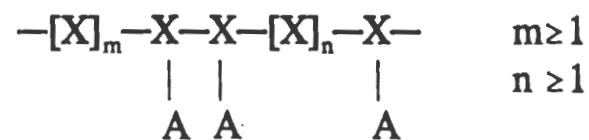
2、小麦、黑麦和小黑麦等主要含阿拉伯木聚糖,大麦和燕麦则主要含 β -葡聚糖。

3、水解后每克提取物中单糖的含量 mg/g。

4、 M_w 示分子的平均重量; M_n 示平均分子数量; $[\eta]$ 示粘稠度, 单位 dl/g; 系水力示每克干样品吸附水的能力, 单位 g/g 干样。

5、饲喂某种谷物后的相对生长抑制与饲喂的谷物, 尤其与水溶性非淀粉多糖含量的关联。

阿拉伯木聚糖 I



阿拉伯木聚糖 II

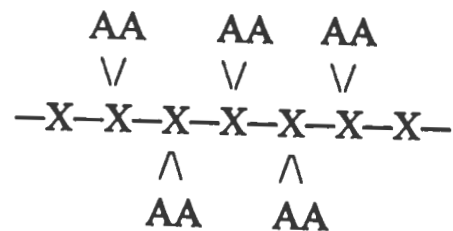


图 4 黑麦中阿拉伯木聚糖 I 和 II 的结构图。A=α-左旋-阿拉伯呋喃糖残基终端,X=4 键,β-右旋木聚吡喃糖残基,资料来自 Bengtsson et al.,(1992)

糖或阿拉伯木聚糖的含量不同,因此,不同种类的谷物水溶性提取物的粘稠度变异幅度不同,而上述两种聚糖含量又受遗传和环境因素的影响。具有高粘稠度的谷物用于家禽或其它单胃动物效果较差,然而,此种负效应可通过添加酶以水解粘稠碳水化合物而得到部分纠正。

五、添加不同酶制剂的效果

在家禽日粮,尤其是含小麦、大麦和黑麦的家禽日粮中添加酶,不仅可提高这些日粮营养物的利用,而且可获取若干其他效益(见表4)。其中一些内容可见于 M. Choct 的报导。

表4 在家禽日粮中添加酶获得的一些效益¹

-
- 1、降低日粮和消化物的粘稠性
 - 2、促进营养物尤其是脂肪和蛋白质的消化和吸收
 - 3、改善日粮的表现代谢能值
 - 4、提高采食量、增重和饲料转化率
 - 5、降低喙喙损害和排粪道堵塞
 - 6、缩小胃肠道容积
 - 7、改变肠道微生物群落
 - 8、降低饮水量
 - 9、降低排泄物的含水量
 - 10、降低排泄物氨味
 - 11、减少排泄量,包括氮、磷排放量
-

1、详细描述见 Annison and Choct, 1991; Campbell and Bedford, 1995; Marquardt, 1995; 及论文集其它文章。

日粮中添加酶的效果受很多因素影响,如日粮的谷物类型和数量,给定的谷物中抗营养因子含量(低或高 β -葡聚糖),饲喂的酶谱与浓度,动物种类(家禽对酶的反应效果优于猪),动物的年龄(幼龄动物对酶的反应较老龄动物敏感)等等。

在五种谷物饲料中添加木聚糖酶和 β -葡聚糖酶活性高的制剂所获得的效果百分比见表5。一般而言,在不同的谷物中,水溶性的阿拉伯木聚糖或 β -葡聚糖的含量密切相关,其粘稠性与生长鸡的生产性能密切相关,如无壳燕麦含有高水平的粘稠性 β -葡聚糖,其酶作

表 5 五种不同的谷物为基础的日粮添加酶对莱航鸡或肉鸡生产性能的影响

	玉米 ¹	小麦 ¹ (Katepwa)	黑麦 ¹ (Prima)	无壳 ² (Bedford)	有壳 ² (Scout)	燕 麦 ² (Terra)
可溶性阿拉伯木聚糖 ³	0	+	++++	0	0	0
可溶性 β -葡聚糖 ³	0	0	0	+	++++	++++
粘稠度 ³	0	+	++++	+	++++	++++
增 重	102	110	124	113	149	146
料/增重	100	96	85	96	75	84
氮校正日粮表观代谢能 ⁴	99	104	110	106	142	133
日粮表观蛋白质消化率 ⁵	98	102	106	105	129	123
脂肪消化率	--	--	--	113	185	293
排泄物含水量	98	88	93	--	--	--
肌胃重量	--	--	--	92 ⁶	83 ⁶	
空肠长度	--	--	--	91 ⁶	78 ⁶	

1、数据见 Marquardt et al (1994). 酶中木聚糖酶和 β -葡聚糖酶活性高。

2、数据见 Friesen et al (1992). 酶活性同注释 1。

3、 β -葡聚糖和阿拉伯木聚糖酶的相对含量及其相应稠度由+号多少显示。

4、AMEn 示氮校正表现代谢能值。

5、APD 示表观蛋白质消化率

6、资料来自 Brenes et al. ,1993. 酶活性同注释 1。

用效果亦最好。加酶后鸡增重提高 46% (加或不加酶的增重为 100 : 146 克/只), 表观代谢能 AME 提高 33% (2577 : 3423 kcal/kg 日粮), 脂肪消化率提高 193% (17.4 : 51%)。与此相反, 以玉米为基础的日粮加酶无效果。表 5 中列出的玉米明显不含粘稠性非淀粉多糖, 故可以预见加酶无效果。加酶伴随肠道容积减小, 可能因为加酶后营养物更有效和迅速消化, 肠道容量无需扩展。饮水量 (此处未列数据) 和排泄物含水量下降可能与水溶性非淀粉多糖 (WSNSPS) 部分水解后吸收水的能力下降有关。排泄物含水量降低至关重要, 因为潮湿的排泄物将粘附在泄殖腔附近, 污染鸡和鸡蛋, 并提供微生物继续发酵的场所, 从而产生大量的氨, 并可使真菌孢子繁殖, 包括能使禽场工作人员患肺病 (曲霉病 *Aspergillosis*) 的孢子繁殖。

六、结论

在家禽日粮中添加酶使日粮营养价值提高, 效果变化幅度可能从零至很大。酶对鸡生产性能的作用效果取决于日粮中存在的抗营养因子类型, 日粮其他成分的特性, 所用酶的类型和数量以及动物年龄。通常情况下, 粘稠性的水溶性非淀粉多糖含量高的谷物, 可通过添加恰当的酶而显著改善其营养价值。一般而言, 大麦和燕麦含水溶性 β -葡聚糖较多, 因而添加 β -葡聚糖酶效果好。小麦和黑麦含较多的阿拉伯木聚糖, 添加木聚糖酶和其它有关的酶效果明显。相反, 玉米的水溶性非淀粉多糖含量很低, 其营养物利用不受阻碍, 故加酶无反应。在水溶性非淀粉多糖含量高的日粮中添加酶能明显改善增重和饲料转化率, 蛋白质和脂肪的表观消化率以及日粮的表观代谢能。此外, 加酶可减少消化道的容积、排泄物的含水量和泄殖腔的污染。因此, 恰当地添加酶能给鸡和其它禽类以及幼龄猪带来良好的经济效益 (刘永刚译)。

参 考 文 献

- Annison, G. ; Choct, M. 1991. Antinutritive activities of cereal non-starch polysaccharides in broiler diets and strategies for minimizing their effects. *World Poultry Sci. J.* 47, 232—242.
- Bedford, M. R. 1995. Mechanism of action and potential environmental benefits from the use of feed enzymes. *Animal Feed Sci. Tech.* 53, 145—155.
- Bengtsson, S. ; Anderson, R. ; Westerlund, E. ; Aman, P. 1992. Content, structure and viscosity of soluble arabinoxylans in rye grain from sever-

al countries. *J. Sci. Food Agric.* ,58,331—337

- Brenes, A. ; Smith, M. ; Guentz, W. ; Marquardt, R. R. 1993. Effect of enzyme supplementation of the performance and digestive tract size of broiler chicks fed wheat- and barley-based diets. *Poultry Sci.* ,72,1731—1739.
- Campbell, G. L. ; Bedford, M. R. 1992. Enzymes application for monogastric feeds; A review. *Can. J. Animal Sci.* 72,449—466.
- Fincher, G. B. ; Stone, B. A. 1986. Cell walls and their components in cereal grain technology. *In* Pomeranz, Y. , ed. , *Advances in Cereal Science and Technology*, vol. 8, Am. Assoc. Cereal Chem. , St. Paul, MN, USA. pp. 207—295
- Forsberg, C. W. ; Cheng, K-J. ; Krell, J. ; Phillips, J. P. 1993. Establishment of rumen microbial gene pools and their manipulation to benefit fibre digestion by domestic animals. *In* *Proceedings VII World Conference on Animal Production*, vol 1, Edmonton, Alberta, Canada, pp. 281—316.
- Friesen, O. D. ; Guenter, W. ; Marquardt, R. R. ; Rotter, B. A. 1992. The effect of enzyme supplementation on the apparent metabolizable energy and nutrient digestibilities of wheat, barley, oats and rye for the young broiler chick. *Poultry Sci.* , 71,1710—1721.
- Girhammar, U. ; Nair, B. M. 1992. Certain physical properties of water-soluble non-starch polysaccharides from wheat, rye, triticale, barley and oats. *Food Hydrocolloids* 6,329—343.
- Jeroch, H. ; Danicke, S. ; Brufau, J. 1995. The influence of enzyme preparations on the nutritional value of cereals for poultry. A review. *J. Animal Feed Sci.* ,4,263—285.
- Henry, R. J. 1986. Genetic and environmental variation in the pentosan and β -glucan contents of barley and their relationship to malting quality. *J. Cereal Sci.* ,4,269—277.
- Marquardt, R. R. ; Boros, P. ; Guenter, W. ; Crow, G. 1994. The nutritive

- value of barley, rye, wheat and corn for young chicks as affected by use of a *Trichoderma reesei* enzyme preparation. *Animal Feed Sci. Tech.* ,45,363—378.
- Marquardt, R. R. 1996. Use of enzymes to improve nutrient availability in poultry feedstuffs. *Animal Feed Sci. Tech.* (in press).
- Pitson, S. M. ; Seviour, R. J. ; McDougall, B. M. 1993. Noncellulolytic fungal β -glucanases; Their physiology and regulation. *Enzyme Microb. Technol.* ,15,178—192.
- Rotter, B. A. ; Marquardt, R. R. ; Guenter, W. ; Biliaderis, C. ; Newman, C. W. 1989. *In vitro* viscosity measurements of barley extracts as an indicator of growth responses in chicks fed barley-based diets supplemented with a fungal enzyme preparation. *Can. J. Animal Sci.* 69,431—439.
- Saastamoinen, M. , Plaami, S. ; Kumpulainen, J. ; 1989. Pentosan and β -glucan of Finnish winter rye varieties as compared with rye of six other countries. *J. Cereal Sci.* , 10,199—207.
- Wubah, D. A. ; Akin, D. E. ; Borneman, W. S. 1993. Biology, fiber degradation and enzymology of anaerobic zoospore fungi. *Crit. Rev. Microbical.* 19,99—115.

添加外源酶降低鸡肠道食糜粘度 并提高营养物的消化率

M. R. Bedford

(芬兰饲料国际有限公司, PO BOX 777,
Marlborough, Wiltshire, UK, SN81XN)

摘要 任何增加肠道粘度的饲料原料(ingredient)可能导致整个日粮消化率的降低。谷类中与粘度有关的成分主要是小麦、小黑麦和黑麦中的阿拉伯木聚糖,和大麦、燕麦中的混合键连接的 β -葡聚糖(mixed-link β -glucans)。粘度是由一定规模的大分子之间相互作用引起的。在肠道这些大分子能有效地形成胶状结构并且降低营养物的扩散和混合。这类胶的解聚作用将导致粘度的迅速降低并伴随着鸡生产性能的改进。

试验1的数据表明肠道粘度与生产性能之间有很好的相关性,被认为与生产性能有些不相干的甚至那些极低的粘度值亦同样如此。此外,数据表明欲获最小的料重比,添加酶的最佳水平须随鸡日龄的增加而递增。这可能由于后期日粮中脂肪含量高和肠道有更成熟的微生物区系的数量所致,这构成与粘度相互作用且与酶处理呈正效应的两个因素。

试验2证明粘度降低酶类对回肠蛋白质、能量和氨基酸消化率具有显著的影响。此类响应的范围,包括了非常低粘度的日粮。这表明木聚糖酶对所有饲料原料的消化均有影响,而不单单对小麦有效。本文报道了评估优化酶反应的一些方法。

一、引言

家禽日粮中所利用的许多谷物被认为有潜在的粘性,而谷类如玉米和高粱似乎并不具有此类问题(表1, Bedford 1996)。粘度是由谷类胚乳细胞壁大分子非淀粉多糖复合物溶解所致。根据这些化合物本身的性能,他们能增加溶液的粘度。而当达临界的高浓度时,他们能聚集并形成更大分子的复合物(Annison, 1995),这类复合物大量地增加溶液的粘度。这些可溶性化合物主要是阿拉伯木聚糖和 β -葡聚糖,前者主要存在于小麦,黑麦和小黑麦,后者则主要存在于大麦和燕麦。

肠道的粘度很可能通过两个直接的机理和几个间接的途径造成问题:

1、粘度增加,溶质的扩散速度下降(Fengler 和 Marguardt, 1988; Bedford, 1996)。这

原来认为仅与高粘度溶液有关,但 Bedford(1996)的研究表明用阿拉伯木聚糖使溶液的粘度从1仅仅上升至5mPa·s时,一种分子量为1000的蛋白质缓激肽的扩散速度则下降60%。这种效应将明显地减慢消化的速度并且因此减慢营养物从日粮中溶出的速度。分子越大,高粘性胶对这些分子的扩散速度的影响亦越大。表1列出各种谷类在肠道中测得的粘度范围,这似乎表明上述扩散作用可以限制饲料的利用效率,即使是低粘度的谷物,如玉米和高粱,亦同样如此。

表1 21日龄肉鸡所测肠道粘度(CP)的均值、最小及最大值

谷 物	最小值	最大值	均 值
玉米	1.5	4.5	2.4
小麦	3	45	12
小黑麦	5	40	16
大麦	6	225	25
黑麦	70	>1000	>250

2、粘度增加,肠道机械混合内容物的能力严重受阻(Edwards 等1998)。这将严重地影响脂肪的消化,而作为脂肪有效消化先决条件的乳化作用需要有力的混合作用。这已被 Danicke 等(1995)的研究结果确实地证明了这一点,在一种高粘度的黑麦日粮中,牛脂的消化(这种消化更依赖于乳化作用)比豆油受的影响更严重。

高粘性食糜的间接影响将在这次专题讨论会由另一篇文章专门论及(Choct,1996),故本文将不详加讨论。然而,有几点要说明的是,高粘性食糜将通过改变肠细胞转换速率、内源性酶合成速率、微生物区系/球虫数量来影响生产性能以及影响垫料的质量(Choct 等1995;Morgan 等1995;Smithard 和 Silva 等,1996)。

粘性谷物日粮中使用外源酶可通过简单地分解可溶性粘状胶的结构起作用。这在理论上并不是一件困难的任务,因为欲显著地损坏胶的性能只需要相当少的酶学裂解。最好的对策是保证酶是内切酶类,亦就是说,这些酶的优先结合并分解非淀粉多糖的中心键而不是末端的键,故今天用在家禽饲料的大多数有效的酶是木聚糖内切酶或 β -葡聚糖内切酶。

十分明显,增加食糜粘度能严重影响营养物消化的速率,并且由此影响肉鸡的生产性能。但是,这一观点仍然未被普遍接受,本文试图阐明这种争议并且显示通过粘度下降所获得的营养物消化率和鸡的生产性能等种种益处。

二、方法

本文所述试验,一般遵循同样的操作程序。鸡饲养在环境条件可控的笼里或者鸡栏,每天23.5小时光照和0.5小时黑暗。自由采食和饮水(表2所示两个试验的日粮配制)。回肠消化率的测量按 Coon 等(1988)的方法进行,0—21日龄饲仔鸡前期日粮,22至42日龄则饲后期日粮(仅试验1)。

表2 试验1和2的日粮配制

	试验1		试验2
	前期料	后期料	前期料
饲料原料	g/kg	g/kg	g/kg
小麦	616	631	638
豆粕 48%	307	269	243.5
鱼粉 65	0.0	0.0	50.0
豆油	34.7	60.4	28.0
食盐	3.8	3.0	0.7
DL-蛋氨酸	1.9	0.8	0.6
石粉	13.8	14.5	4.4
磷酸氢钙	12.5	11.8	9.5
微生物/矿物质	10.0	10.0	5.0

试验1研究小麦基础日粮中添加主含木聚糖酶制剂(*Trichoderma longibrachiatum*)的不同水平的影响,试图在低粘度日粮中建立肠道粘度和生产性能之间的关系。研究包括4种水平的酶制剂,每公斤日粮中木聚糖酶分别为0,690,1380,2070,3450U。并且测定了21和42日龄的增重和采食量,以及由此计算每一阶段的料重比。用 Bedford 等(1991)描述的方法测定21日龄肠道粘度。每栏65羽雄性罗斯(Ross)肉鸡以每一种试验设12个重复(栏),颗粒料饲喂(最大制粒温度76℃)。

试验2研究鸡饲两种小麦样品,每一种小麦基础日粮中每公斤饲料添加3000U 木聚糖酶对增重、采食量、计算的料重比、肠道粘度、能量、蛋白质和氨基酸回肠消化率的影响。因此,总的用4种日粮(小麦1和2添加0或者木聚糖酶活3000U/公斤饲料)。生长期(0—21日龄)每种日粮设三个重复笼,每笼12羽鸡(Cobb 雄性肉鸡)。21日龄,每笼四只鸡被杀并分别测定能量、蛋白质和氨基酸的回肠消化率,按 Coon 等(1988)方法用氧化铬作为标记

物。

所有数据的分析按照统计分析系统(SAS)的一般线性模型(GLM)程序进行,其中各种均值由正交对比进行分析。试验1,用正交多项对比建立各种回归线。

三、结果与讨论

试验1—剂量反应研究

表3所列数据清楚地表明,就料重比反应而言(料重比是最灵敏的参数),与仔鸡相比,成年鸡所需最佳酶水平要高。事实上,随着鸡的日龄的增长,欲获得最佳的生产性能则需要更多的酶,这一点似乎令人惊奇,因为人们知道随着日龄的增长,肠道的粘度趋于降低(Petersen 等,1993)。然而,后期日粮与前期日粮相比一般含更多的添加脂,且粘度对脂的消化比对任何其它营养物的消化的影响要更大(Carre,1994;Danicke 等,1995),有可能是这样一种情况,对最佳的脂的消化而言,某种给定水平的粘度对21日龄的鸡是可接受的,但对35日龄的鸡来说则太高。此外,Choct(1995)和 Bedford(1996)的研究表明肠道微生物区系和粘度之间存在着明显的作用,高的粘度有利于空肠和回肠中有害微生物的增殖和营养物的发酵。因为纵观鸡的一生,微生物区系的数目在不断增长,这又可能是另一种情况,即给定的粘度值对仔鸡是可接受的,而对成年鸡是有害的,因为这些微生物区系似乎更有可能从其环境中竞争营养物。

表3 试验1的生产性能

酶 U/kg	料重比	0—21日龄			22—42日龄		
		增重 g	采食量 g	粘度 mpa·s	料重比	增重 g	采食量 g
0	1.621	641	1039	11.99	2.356	1.358	3190
690	1.532	579	916	7.51	2.146	1365	2918
1380	1.793	634	947	4.49	2.161	1400	3021
2070	1.491	629	937	5.19	2.186	1394	3042
2760	1.474	612	901	4.21	2.139	1350	2877
3450	1.509	612	925	3.41	2.097	1392	2908
最小均方误	0.050	19.4	58.9	3.84	0.159	98	196
预测的最适条件	2708	2466	2462	2808	2929	None	3605
回归的 P 值检验	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0075	0.787	0.0022

Bedford 和 Classen(1992)的研究证明,高的肠道粘度对肉鸡的料重比和增重有十分明显的负面影响,而这一点至今仍然是无可争议的。但这种数据的关联性在某些低粘度小麦基础日粮中的有些时候却被质疑。与上述数据关联有争论的研究工作主要将肠道粘度的变化和不同的小麦样品(Allen 等,1995)或在使用明显不同的酶制剂(Cowan 等,1994)混为一谈造成的。本文的研究表明料重比与肠道粘度有着十分明显的关系($r^2=0.9454$, $P=0.0001$),并且指出,当所有其它参数维持不变时,即使是在非常低的粘度范围内,增加粘度对生产性能仍然有明显的负面影响。

试验2—回肠消化率研究

对任何参数而言,未发现小麦品种与酶间互动,所以仅列出主效应。表4所列数据表明,酶对大多数氨基酸的回肠消化率的影响是有意义的且十分显著。这种与粘度的下降相随的性质(这也许非常小)证明这两者之间可能有着某种联系。同时,亦十分有趣地注意到通过使用酶,胱氨酸消化率的改进超出小麦在整个日粮中半胱氨酸的含量,这证明木聚糖酶添加到小麦基础日粮的得益适用于所有饲料原料,而不仅仅对小麦部分。

表4 试验2的主效应

	处 理		小麦品种			
	对照	酶	P	Mercier	Riband	P
增重	493	486	0.450	505	473	0.019
料重比	2.04	2.00	0.325	1.94	2.11	0.008
采食量	1009	971	0.416	979	999	0.589
粘 度	4.7	3.5	0.004	4.47	4.00	0.107
回肠消化率 %						
能 量	0.674	0.731	0.020	0.700	0.705	0.787
蛋白质	0.721	0.773	0.007	0.748	0.656	0.155
胱氨酸	0.482	0.656	0.043	0.556	0.656	0.155
蛋氨酸	0.768	0.843	0.023	0.793	0.818	0.350
精氨酸	0.873	0.900	0.034	0.881	0.892	0.320
苏氨酸	0.658	0.744	0.001	0.700	0.702	0.844
赖氨酸	0.808	0.871	0.001	0.836	0.843	0.311

表中所列值是每个处理中12羽鸡的均值,每个主效应中(酶或者小麦)24羽鸡的均值。小麦和酶间互动对所有参数不显著(在所有情况下 $P>0.45$)。

粪消化率(未所出)亦被测定并且发现与上述有相似的结果,但酶效应的大小和意义明显下降。这样一种观察表明通过粪消化率来评估酶的效应似乎存在问题。Bedford

(1996)的综述文章提出一个论点,是指测定饲喂粘性谷物基础日粮的任何营养物的粪消化率是被疑问的。本文所呈数据恰恰支持这一观点。微生物区系不可避免地利用种种氨基酸且将氨基酸从一种形式转换至另一种形式,因此过分强调任何粪氨基酸消化率是有问题的。

对脂肪消化率的影响?

本文的研究着重于氨基酸和蛋白质的消化率,而 Danicke 等(1995)的研究则评估粘度降低对脂肪、蛋白质和能量的消化率的影响。他们的研究清楚地证明高粘度引起的问题对高度饱和脂肪酸(牛羊脂)的消化远不如不饱和脂肪酸(豆油)要更明显。结果(表5)十分显著:牛羊脂基础日粮,鸡的生长事实上基本停止,而豆油日粮事实上支持正常生长速度。酶添加至豆油日粮,对生长的促进和脂肪的消化率和改进所述反应程度远不及动物脂基础日粮。这就提出一个问题,当使用酶时,与豆油相比,目前我们是否低估了牛羊脂的能量值?因为我们在计算机使用的数值是根据未加酶测定的表观代谢能(AME)为基础的。

表5 饲含有牛羊脂或豆油的日粮脂肪消化率和鸡的生产性能

(Danicke 等,1995)

	豆油	豆油+酶	牛羊脂	牛羊脂+酶
增重(21日龄)	681a	761b	128c	665a
料重比 (0—21日龄)	1.392ab	1.266b	2.449c	1.47a
空肠粘度 (mPa.s)	438	32	311	139
粗脂肪消化率%	82.3a	87.3a	34.0b	51.0c

由于脂肪被添加至日粮并且也不是小麦的主要成份,这些数据表明酶添加有益效应是促进所有营养物更好的消化,并非简单对那些小麦胚乳包裹着的营养物起作用。因此,与细胞壁降解机理相比,这些数据更支持基于粘度的机理。

这些数据的价值:

正如本文所证明,含有粘性谷物的日粮中使用酶会导致更有效的营养物的消化,这种效应的充分的价值能用二种简单方法的任一种来评判。

1. 简单地加酶至现有的日粮如能改进料重比,则说明此日粮营养物浓度并非过多。
2. 通过重新配制日粮和提高小麦营养物成分的等级来考虑提高营养物的有用性,这

实际的意义是,将6%加到小麦的表观代谢能上(至3250千卡/公斤的最大值)和10%加到小麦的粗蛋白和氨基酸含量上(或者根据总量或者根据可消化的量)这样得到的日粮是一种廉价的配合日粮,因为能量和蛋白质/氨基酸的规格实际下降了。所有的益处与日粮中的小麦部分发生关联,因为是小麦中与上述问题有关的成分(即阿拉伯木聚糖),因此,小麦越多,酶的响应越大。对大麦而言,10%加至表观代谢能上,15%加至粗蛋白质/氨基酸上。

影响肠道粘度的因素

本文所呈数据表明,肠道粘度是决定鸡的生产性能的一个重要标准,解决这些问题的一个有效的方法是通过使用一种合适的粘度降低酶。尽管存在影响测定肠道绝对粘度的一些因素,然而,这些因素可用来调整观察到的粘度值:

1. 谷物在日粮中的水平,所含的水平越高,则肠道的粘度越大,两者之间的关系是指数关系(Bedford 和 Classen,1992)

2. 谷物的基因型和生长的环境(Campbell 等1989;Rose 和 Bedford,1995)

3. 日粮的加工—制粒倾向增加肠道粘度(MacGee 和 McCracken,1993)

4. 鸡的日龄—鸡的日龄越大,测量的粘度越低(Petersen 等,1993)

当决定在一特定的日粮中是否用某种酶时,必须考虑这些因素。

四、结论

1. 提高食糜粘度有损于鸡的生产性能,一个特定的粘度值,例如,6mPa·s 是否可以接受很可能依赖与日粮中脂肪水平和类型以及肠道中微生物区系的数目和种类,仅仅是绝对值可能会产生误导,必须考虑到其它因素。

2. 食糜粘度通过降低所有营养物的消化率来影响生产性能,并非单单影响谷物结构中包裹的那些营养物质。因此,粘度降低酶的利用有着深远的影响。

3. 相对于植物油来说,脂肪的营养价值特别是牛羊脂的营养价值,在酶存在的情况下,可能需要重新评价。

4. 用酶的充分益处可以通过降低日粮营养物浓度来认识,并将日粮中的小麦部分与提高营养物消化率相联系。

(张志群译)

参 考 文 献

Allen, C. M., Bedford, M. R. and McCracken, J. J. A synergistic response to enzyme and antibiotic supplementation of wheat based diets for broil-

- ers. Proceedings of the 10th European Symposium on Poultry Nutrition, (WPSA), Antalya, Turkey. pp 369—370.
- Annison, G. 1995. Feed enzymes — the science, future developments and practical aspects in feed formulation. Proceedings of the 10th European Symposium on Poultry Nutrition, (WPSA), Antalya, Turkey. Pp 193—202.
- Bedford, M. R. 1996. Independent and interactive changes between the ingested feed and the digestive system in poultry. J. Appl. Poult. Res. In press.
- Bedford, M. R. and H. L. Classen, 1992. Reduction of intestinal viscosity through manipulation of dietary rye and pentosanase concentration is effected through changes in carbohydrate composition of the aqueous phase and results in improved growth rates and food conversion efficiency in chicks. J. Nutr. 122:560—569
- Bedford, M. R. , Classen, H. L. and G. L. Campbell. 1991. The effect of pelleting, salt and pentosanase on the viscosity of intestinal contents and the performance of broiler chickens fed rye. Poult. Sci. 70:157—1577
- Campbell, G. L. , Rossnagel, B. F. , Classen, H. L. and P. A. Thacker. 1989. Genotypic and environmental differences in extract viscosity of barley and their relationship to its nutritive value for broiler chickikens. Anim. Fd. Sci. Technol. 26:221—230
- Carre, B. , Lessire, M. , Nguyen, T. H. , Larbier, M. 1992. Effects of enzymes on feed efficiency and digestibility of nutrients in broilers. Proc XIX World Poultry Congress, Amsterdam.
- Choct, M. , Hughes R. J. , Wang, J. , Bedford M. R. , Morgan, A. J. and G. Annison. 1995. Feed enzymes eliminate the antinutritive effect of non-starch polysaccharide and modify fermentation in broilers. Proc. Aust. Poult. Sci. Sym. 7:121—125
- Cowan, W. D. ; Korsbak, A. ; Hastrup, T. , Rasmussen, P. B. 1994. Influence

of added microbial enzymes on energy and protein availability of selected feed raw materials. Proc. of 15th Western Nutrition Conf. pp 143—152

Danicke, S. , Simon, O. Jeroch, H. and Bedford M. R. 1995. Effect of fat source and xylanase supplementation on the performance and intestinal viscosity of rye fed birds. Proceedings of the 2nd European Symposium on feed enzymes, Noordwijkerhout, Netherlands. pp 102—107

Edwards, C. A. , Johnson, I. T. and Read, N. W. 1988. Do viscous polysaccharides slow absorption by inhibiting diffusion or convection? Eur, J. Clin. Nutr. 42;307—312

Fengler, A. I. and R. R. Marquardt, 1988. Water-soluble pentosans from rye. II. Effects on rate of dialysis and on the retention of nutrients by the chick. Cereal Chem. 65;298—302

MacGee, A. and K. J. McCracken, 1993. Effect of heat treatment and enzyme supplementation on the energy content of wheat-based diets and on broiler performance. Proc 9th Eur. Poult. Conf. 1;435—436

Morgan, A. J. and M. R. Bedford. 1995. Advances in the development and application of feed enzymes. Proc Aust. Poult. Sci. Sym. 7;109—115

Petersen, S. T. , Wiseman, J. and M. R. Bedford, 1993. The effect of age and diet on the viscosity of intestinal contents in broiler chicks. Proc 10th meeting Br. Soc. Anim. Prod. 56;434

Rose , S. P and M. R. Bedford. 1995. The relationship between the metabolizable energies of wheat and the productive performance of broilers. WPSA UK branch Spring meeting. pp 98—102

Smithard, R. R. and S. S. P. Silva 1996. Effect of adding a xylanase to the diet on jejunal crypt cell proliferation, digesta viscosity, short chain fatty acid concentration and xylanase activity in broilers. WPSA symposium, Scarborough, UK. In press.

家禽日粮添加粗酶制剂影响生理机能 及改善生产性能的研究

韩正康

(动物生理生化实验室 南京农业大学 210095 南京)

摘要 我们的实验研究表明:(1)在饲喂大麦基础日粮条件下,适量添喂粗酶制剂,对雄雏鸡(7—21日龄)、肉用仔鸡(1—42龄)、生长鹅(7—60日龄)及肉鸭(1—42日龄)均在不同程度上促进生长,提高增重和饲料利用率。(2)不同日粮不同种别的禽类添喂粗酶制剂使IGF-1、T₃水平明显升高。(3)粗酶制剂添喂日粮中,表现提高禽体细胞免疫力的效益。(4)在米糠基础日粮中添加合适的粗酶制剂,可获得正面的效果。

大麦、小麦、稻谷、燕麦、黑麦等作为家禽的谷物饲料,由于含有抗营养因子(β -葡聚糖、阿拉伯木聚糖等)妨碍其充分消化吸收,往往造成家禽饲料利用率降低、生长不良以及产生粘粪、污染环境等^[1]。在规模养禽业这一问题尤为突出。业已证明,应用微生物来源的粗酶制剂,添加于上述谷物的日粮中,可以防止或减轻家禽的上述不良效应^[2]。近十几年,我国规模养禽业发展迅速,而作为主要能量日粮的玉米,有的地区供不应求,充分利用大麦、小麦及稻谷等谷物及其加工副产品势在必行。因此,禽类日粮中应用粗酶制剂亦成为我国禽类营养研究中日益迫切需要解决的问题。

据报道,大麦日粮添加含 β -葡聚糖酶的粗酶制剂,可获得肯定的效果^[3]。我国大麦生产分布于一些沿海和边疆部分地区,虽然目前产量不大,但具有较好的应用前景^[4],因此,我们进行了研究;稻谷是我国的主要谷物,它的加工副产品米糠是农村家禽的主要饲料来源。近年来的规模生产发展很快,因此,研究、寻找合适的酶制剂,以改善家禽利用稻谷和米糠的营养价值,是我们研究的主要目标。

粗酶制剂提高大麦、小麦、米糠、黑麦等谷物营养价值的机制已有一些研究报道^[5]。一般认为由于日粮中添加的消化酶,弥补了单胃动物消化腺酶的机能不足,从而改善营养的消化吸收过程。但动物的生产性能与代谢及内分泌调节有非常密切的关系,因此,酶制剂与这一问题的关系引起我们的兴趣,并进行了研究。

三年来,我们的试验以大麦基础日粮为主,对米糠基础日粮也做了必要的试验。在试验动物方面,以7—21日龄的蛋用公雏作为生物检测的基本手段以求短期内确定酶制剂对动物的整体试验效应。同时,联系到生产性能,我们也在肉鸡、产蛋鸡、肉鸭、生长鹅等家禽

上进行系统实验。在各系列实验中,应用放射免疫(RIA)检测试验禽类的主要代谢激素水平变化,以期阐明粗酶制剂对代谢的调控作用。

表1 7—21日龄公雏饲喂大麦基础日粮添喂粗酶
制剂时增重及饲料利用率变化

试验	日粮含大麦(%)	粗酶制剂(%)	增重(%)	料重比
1	31	商品酶Ⅲ	0.025	13.7*
			0.2	18.9*
			0	2.55
2	50	商品酶Ⅲ	0.025	4.0
			0.1	12.5*
		国产酶Ⅰ	0.1	8.0*
			0.2	9.4*
			0	2.85
3	66	商品酶Ⅲ	0.1	5.97
		国产酶Ⅰ	0.1	2.26
			0	—
4	57.4	商品酶Ⅰ	0.01	4.06
		国产酶Ⅰ	0.1	10.94*
		国试酶	0.2	10.76*
			0	—
5	57.4	商品酶Ⅰ	0.1	6.01
		国产酶Ⅰ	0.1	8.17
			0	—
6	50	商品酶Ⅰ	0.1	8.85*
		国产酶Ⅰ	0.1	7.0*
			0	—

* $P < 0.05$ ** $P < 0.01$

一、雏鸡生物检测

7—21日龄的蛋用公雏饲养试验作为生物检测。大麦基础日粮(含30—57%)适量(0.1—0.2%)添喂微生物来源的粗酶制剂(含 β -葡聚糖酶),6批试验结果表明,雏鸡增重与喂大麦日粮对照组比较,可增高7.0—18.9%,平均10.82%($P < 0.01$),接近或达到玉米基础日粮的水平,饲料利用率明显改善。但如果大麦含量过高,例如达66%则效果不明显。

如表1所示,粗酶制剂的添加量0.2%的效果高于0.1%。但添加量过大,例如商品酶 I 和国产酶均高达日粮的1%,则见采食量明显增加而饲料利用率分别下降6.79%和6.68%,增重减低。

二、改善消化机能

以玉米基础日粮和大麦基础日粮作为对照,以雏鸡作为主要试验动物,研究添加粗酶制剂(含葡聚糖酶)对一些消化机能的影响。

1、食糜通过胃肠道速度

饲喂大麦基础日粮(含57.4%大麦)的21日龄公雏, Cr_2O_3 测定全粪法进行两系列实验。由图1可见,与对照组比较,添喂0.1%粗酶制剂组的食糜排空速度,明显增加。

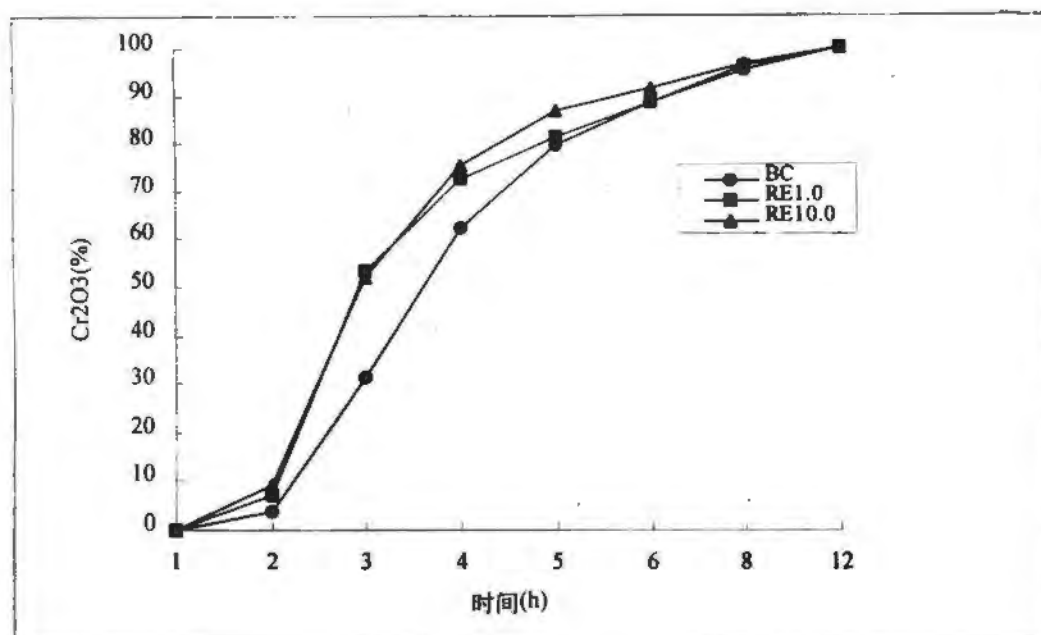


图1. 大麦日粮添加粗酶制剂对雏鸡 Cr_2O_3 累积排出量的影响
RE 1.0 和 10.0 表示添加于日粮的商品酶量(mg/kg)

2、消化率

21日龄雏鸡,饲喂大麦日粮与玉米日粮比较,DM、OM 和蛋白质消化率分别下降4.97%($P<0.05$)、7.00%($P<0.01$)和9.24%($P<0.01$)。大麦日粮添加0.1%粗酶制剂(商品酶 I)消化率分别提高 DM 4.75%($P<0.01$)、OM 4.26%($P<0.01$)、蛋白质6.21%($P<0.05$)。但如果添加大剂量(1%)粗酶制剂,则上列营养成分消化率极显著下降($P<0.01$)

表 2 日粮中养分消化率

日 粮	DMD(%)	OMD(%)	U-APD(%)	粪便(%)
大麦日粮(BC)	73.62±0.69	77.38±0.63	80.28±1.83	26.39±0.69
玉米日粮(CC)	77.28±1.93*	82.80±1.88**	87.70±2.65**	22.73±1.93**
BC+0.1% 商品酶 I	77.12±1.10**	80.68±0.96**	85.19±5.06*	22.89±1.10**
BC+1% 商品酶 I	57.43±7.97**	62.71±6.97*	72.81±4.76	42.48±7.86**
BC+0.1% 国产酶	75.74±1.09*	79.61±1.24*	83.44±2.96	24.26±1.09*
BC+1% 国产酶	60.52±2.84**	65.48±2.89**	76.16±4.95	39.48±2.84**

与 BC 组比较 * P<0.05, ** P<0.01

粪便中营养成分含量相应增加(见表2)。

3、小肠食糜上清液粘度

雏鸡饲喂大麦日粮组空肠食糜的上清液粘度极显著高于玉米组。大麦日粮添加0.1%粗酶制剂,则空肠、回肠段食糜粘度明显下降($P<0.05$),而 β -葡聚糖含量均明显增加(见表3),两段小肠食糜上清液的粘度与 β -葡聚糖之间存在负相关(分别为-0.37和-0.48, $P<0.05$)。提示整体情况下,小肠食糜上清液的 β -葡聚糖含量不能正确反映食糜粘度,可能在粗酶制剂(含 β -葡聚糖)作用下,大麦的 β -葡聚糖被降解至小分子失去粘性^[6]。此外,来自消化液的粘蛋白和来源于饲料淀粉的糊精等,可能对食糜及上清液的粘度也起了一定作用。

表3 小肠食糜上清液的 β -葡聚糖含量及粘度

日粮	肠段	β -葡聚糖(mg)	粘度(cp)
BC	空肠	2.93 ± 0.10	2.67 ± 0.37
	回肠	5.13 ± 1.71	2.79 ± 0.08
BC+CMI 0.1%	空肠	$5.85 \pm 2.13^{**}$	2.24 ± 0.42
	回肠	$22.19 \pm 6.37^{**}$	$2.39 \pm 0.21^{*}$
BC+CMI 1%	空肠	10.10 ± 4.82	$1.95 \pm 0.16^{**}$
	回肠	$31.79 \pm 8.14^{**}$	$2.52 \pm 0.14^{*}$

与BC组比较 * $P<0.05$, ** $P<0.01$

4、小肠粘膜二糖酶活力

小肠粘膜的主要酶是二糖酶和肽酶,本实验观察大麦日粮添加粗酶制剂后二糖酶活力的变化,以了解其对膜消化的影响。7-21日龄的雏鸡分4组分别饲喂:(1)大麦日粮对照组;(2)玉米日粮对照组;(3)大麦日粮+0.1%商品酶制剂Ⅲ;(4)大麦日粮+0.2%国产酶制剂Ⅰ。两种粗酶制剂均含有较高的纤维二糖酶活力和麦芽糖酶活力(见表4),但在小肠粘膜未发现纤维二糖酶,蔗糖酶和麦芽糖酶活力均明显低于对照组($P<0.01$);而与前两种酶的情况相反,海藻糖酶和乳糖酶活力水平极显著高于对照组。上述结果表明纤维二糖酶不会吸附于粘膜发挥作用;日粮添喂粗酶制剂后麦芽糖酶和蔗糖酶活力降低而海藻糖酶和乳糖酶活力升高。提示,粘膜二糖酶可能主要来自肠细胞,外源酶可能主要通过影响肠部细胞酶的生成,而吸附于肠粘膜参与膜消化则不起多大作用。总之,大麦日粮添加酶制剂上述4种酶活力与玉米日粮近似。

表4 两种粗酶制剂的二糖酶活力(U/g)

粗酶制剂	纤维二糖酶	乳糖酶	海藻糖酶	麦芽糖酶	蔗糖酶
CM III	23.98	1.06	2.83	6.33	0.77
国产酶 I	43.38	0	0.68	16.40	90.87

5. 胰液分泌及其酶活力的变化

在装有胰腺—十二指肠长久性瘘管的成年鹅研究表明,饲喂大麦基础日粮(占45%大麦)时添喂0.1%粗酶制剂(商品酶 III),昼夜胰液分泌量降低17.67%,其中白天(饲喂)降低43.28%,夜间(禁食)增高30.88%;蛋白酶活力昼夜均显著提高,酶的总量升高45.33%,其中白天升高128.56%($P<0.05$),夜间升高83.89%($P<0.01$);胰淀粉酶活力降低34.7%,其中酶的总量白天降低59.82%($P<0.01$),夜间降低21.56%($P<0.05$)。鹅胰液分泌量白天降低而夜间升高,提示体液性调节起了重要作用;胰液中消化酶活性和总量的改变,表明外源酶对内源酶有一定影响。

饲喂大麦或米糠,由于抗营养因子(β -葡聚糖、阿拉伯木聚糖等)作用,促使家禽的消化器官重量增加,添喂粗酶制剂,可使其重量减轻。对7—21日龄饲喂4种不同日粮的雏鸡胰腺的核酸含量测定结果如表5。

表5 21日龄雏鸡胰腺核酸含量

项 目	玉米日粮	大麦日粮(B)	B+KE _I	B+E _I
RNA $\mu\text{g/g}$	3926.0 $\pm$ 586.7*	4697.3 $\pm$ 496.9	3864.7 $\pm$ 687.4*	4057.3 $\pm$ 476.3*
DNA $\mu\text{g/g}$	593.5 $\pm$ 67.3	601.4 $\pm$ 96.4	636.5 $\pm$ 80.4	603.4 $\pm$ 68.3
RNA/DNA	6.61 $\pm$ 0.67*	7.60 $\pm$ 0.97	5.89 $\pm$ 0.65*	6.72 $\pm$ 0.86*

B+KE_I:大麦日粮+0.1% 商品酶制剂 III

B+E_I:大麦日粮+0.1% 国产酶 I

* $P<0.05$

由表5可见,4组雏鸡代表胰腺细胞数量的DNA无明显差异,而RNA含量喂大麦日粮组(含66%大麦)显著高于其他3组,即玉米日粮组及添加粗酶组($P<0.05$),RNA/DNA亦显著大于其他3组($P<0.05$),提示大麦日粮组雏鸡的胰腺呈肥大状态,添喂粗酶制剂接近玉米日粮对照组,即恢复至正常状态,这种情况与喂米糠日粮雏鸡胃肠道增重情况相似^[7]。提示大麦日粮可使胰腺分泌机能代偿性加强,而含 β -葡聚糖的粗酶制剂,可减轻胰腺的机能负荷。

三、外周血液代谢激素水平

大麦、米糠日粮添喂粗酶制剂还影响禽体代谢,我们对鸡、鹅的外周血液代谢激素水平进行了RIA的检测。

在7—21日龄的雏鸡系列实验表明,添酶组的 T_3 水平比大麦日粮对照组显著提高($P < 0.05$),举例于表6。

由表6可见,饲喂大麦基础日粮对照组雏鸡血液的 T_3 含量比玉米基础日粮组约低20% ($P < 0.05$),其他代谢激素促甲状腺素(TSH)、生长激素(GH)、胰岛素(Ins)亦均降低;添加0.1%粗酶制剂后, T_3 含量升高甚至超过玉米日粮,42日龄的肉鸡也获得类似的结果,并且 GH 和 Ins 水平分别显著超过大麦日粮对照组。

表6 21日龄雏鸡外周血液的代谢激素水平

项 目	玉米日粮	大麦日粮(B)	B+KE ₁	B+ZE ₁
T_3 ng/ml	$2.95 \pm 0.48^*$	2.35 ± 0.73	$3.28 \pm 0.64^*$	$3.01 \pm 0.54^*$
T_4 ng/ml	12.19 ± 2.95	12.91 ± 1.99	12.28 ± 2.61	12.36 ± 1.89
T_3/T_4	$0.242 \pm 0.021^*$	0.182 ± 0.018	$0.267 \pm 0.024^*$	$0.244 \pm 0.016^*$
TSH μ IU/ml	1.66 ± 0.45	1.38 ± 0.47	$2.24 \pm 0.36^{**}$	$1.85 \pm 0.32^*$
GH ng/ml	0.414 ± 0.075	0.405 ± 0.104	0.415 ± 0.075	0.411 ± 0.065
Ins μ U/ml	12.91 ± 0.55	12.08 ± 1.56	13.50 ± 2.06	12.89 ± 0.88

B+KE₁ 大麦基础日粮+0.1% 商品酶制剂Ⅱ

B+ZE₁ 大麦基础日粮+0.1% 国产酶制剂Ⅰ

** $P < 0.01$, * $P < 0.05$ 与大麦基础日粮组比较

42日龄的肉鸡实验还表明,饲喂玉米基础日粮组血液的胰岛素和胰高血糖素水平,分别显著高于和低于大麦基础日粮组($P < 0.05$)(见表7),饲喂大麦日粮添加酶组的胰岛素和胰高血糖素水平,亦有升高和降低。可以认为添加粗酶制剂使糖类吸收加速,从而影响血液胰岛素水平与胰高血糖素发生相应变化参与血糖的调节。

表7 42日龄肉鸡的血液胰岛素与胰高血糖素水平

项 目	玉米基础日粮 (n=10)	大麦基础日粮 (n=10)	大麦日粮+酶制剂 (n=10)
胰岛素 μ U/ml	$15.51 \pm 2.51^*$	12.52 ± 2.70	13.41 ± 1.55
胰高血糖素 pg/ml	$168.03 \pm 13.00^*$	359.81 ± 21.23	303.99 ± 83.77
胰岛素/胰高血糖素 μ U/pg	$0.09 \pm 0.21^*$	0.037 ± 0.008	0.041 ± 0.009

* $P < 0.05$ 与大麦基础日粮组比较

7—60日龄鹅,饲喂大麦基础日粮(45%大麦)与添加0.1%粗酶制剂两组,60日龄时翅静脉采血,RIA检测,结果见表8。

表8 饲喂大麦基础日粮的生长鹅添加粗酶制剂时代谢激素的变化

项 目	大麦基础日粮	大麦基础日粮 +粗酶制剂	差异(%)
GH $\mu\text{IU/ml}$	0.46 ± 0.11	0.63 ± 0.08	+36.96**
IGF-1 $\mu\text{IU/ml}$	44.57 ± 10.00	74.23 ± 16.32	66.55**
TSH $\mu\text{IU/ml}$	1.64 ± 0.323	2.04 ± 0.20	+24.0*
T_3 ng/ml	1.19 ± 0.08	1.39 ± 0.12	+16.54*
T_4 ng/ml	10.80 ± 0.75	8.82 ± 1.14	-18.30*
T_3/T_4 ng/ng	0.11	0.16	+42.43
胰岛素 $\mu\text{U/ml}$	4.97 ± 0.57	6.81 ± 0.86	+37.02**

** $P < 0.01$ * $P < 0.05$ 与大麦基础日粮组比较

添喂粗酶制剂组的GH、IGF-1、 T_3 、TSH、胰岛素等与生长关系密切的代谢激素含量均显著高于大麦对照日粮组。从雄雏鸡、肉用仔鸡以及生长鹅的实验结果,均可以看出,添喂粗酶制剂,使禽类的血液 T_3 含量显著增高, T_4 和TSH发生相应变化。提示添喂粗酶制剂具有TRH样生理效应。在禽类TRH—TSH— T_4 、 T_3 轴与GH关系密切对生长起重要作用^[9]。本实验也观察到GH同时升高趋势,IGF-1水平也明显高于对照组。粗酶制剂含蛋白酶,分解肠食糜时产生肽,同时粗酶制剂作为微生物的发酵产物,也可能含与促生长有关的生理活性肽,这些肽类物经肠壁进入循环血液中,作用于神经内分泌系统的细胞受体而发生生理效应。另有一种可能:酶制剂强化饲料营养分的消化吸收,间接地影响内分泌激素水平的变化。从表6,还可看到,4组雏鸡中添酶组的血液TSH水平虽明显增高,但 T_4 水平差异不大,而 T_3 水平又显著升高,提示肝、肾组织的脱碘酶的活性提高,促使 T_4 转化为 T_3 ^[10],从而加强禽体的代谢促进生长。在肉鸡、产蛋鸡、公鸡和鹅,大麦日粮添喂粗酶制剂也观察到甲状腺机能增强类似的规律性。

四、免疫力

在28日龄雏鸡初步观察,发现大麦日粮组添加1%粗酶制剂,血清的清蛋白含量显著增加,而 γ -球蛋白含量明显减少,A/G增加($P < 0.05$),而脾脏和法氏囊重与体重比以及成熟淋巴细胞数(ANAE+)均比对照组有所提高。

7—21日龄雏鸡饲喂大麦基础日粮(含50%大麦)情况下添喂1%粗酶制剂(商品酶Ⅰ),增重比对照组有所升高(4.87%),料重比低于3.2%($P<0.01$)情况下,应用微量全血培养 ^3H -TdR(^3H 标记胸腺嘧啶)掺入法测定T淋巴细胞转化率提高31.01%($P<0.05$);28日龄时则提高74.15%($P<0.01$),表明大麦基础日粮添加粗酶制剂可提高生长雏鸡的细胞免疫能力。

上述实验表明,在粗酶制剂作用下,雏鸡对饲料营养分的吸收利用增强和生长加速情况下,体液免疫虽未见增强,而机体的细胞免疫力则明显提高。

五、生长性能

1、肉用仔鸡

7—42日龄肉用仔鸡进行两系列实验,大麦基础日粮(含50%大麦)、添喂0.1%粗酶制剂(商品酶Ⅱ)组增重比对照组分别提高5.92%和10.44%($P<0.05$),饲料利用率也有所改善。屠宰试验表明,加酶组的胴体屠宰率升高($P<0.05$),胸肌率增加5.68%和6.86%($P<0.05$)而腿肌率减少8.73%($P<0.05$)和2.44($P>0.05$)。肝脏占活体比率也有所升高($P<0.05$)(见表9)。

上述实验资料表明,肉用仔鸡饲喂大麦日粮添加粗酶制剂在7—42日龄期间可改善饲料利用率,明显增进生长,同时屠宰性能也明显提高。胸肌与腿肌生长情况差异,可能与两者的肌肉类型不同有关,在 β -受体激动剂促进肉鸭的肌肉增重中,也存在类似的规律性^[11]。肝脏体重的比率明显升高与外周血液的 T_3 水平升高和尿酸含量降低,均反映机体代谢活动增强,尤其是蛋白质合成代谢加强。

2、鹅

杂交鹅(川白 $\times$ 太湖)7—60日龄饲喂大麦基础日粮(含45%),添喂0.1%粗酶制剂组(商品酶Ⅲ),21日龄时增重超过对照组18.53%($P<0.01$),料重比降低10.21%;7—35日龄时两组的生长速度差异显著,35—60日龄时,生长速度差异不显著;不过60日龄时体重仍超过对照组13.34%($P<0.01$)。

3、肉鸭

进行两系列实验,实验1,樱桃谷肉鸭喂大麦基础日粮(含60%大麦)添加0.1%粗酶制剂(商品酶Ⅰ)1—28日龄增重超过对照组15.40%($P<0.01$),但此后生长速度减慢,42日龄时两组增重差异不大。实验2,饲喂营养水平较低日粮下,添加粗酶制剂组21日龄时增重比对照组高18.60%($P<0.05$, 1279 ± 185 对 $1078\pm72\text{g}$),42日龄时超过20.10%($P<$

表 9 肉用仔鸡生产性能(7—42 日龄)

项 目	实验 1			实验 2		
	大麦日粮	添加 E	相差(%)	大麦日粮	添加 E	相差(%)
增重(g)	1362.53±87.13	1443.14±101.50	+5.92%	1244.97±123.34	1374.98±89.94*	+10.44%*
料重比	2.19	2.18		2.23	2.15	
胴体屠宰率(%)	57.69±2.05	58.37±1.64*	+1.19%	56.13±1.14	57.23±1.23*	+1.96%
胸肌/活重	16.55±1.31	17.49±1.59*	+5.68%	16.76±1.55	17.9±1.12*	+6.86%
腿肌/活重	22.92±1.10	20.92±1.09*	-8.73%	22.15±1.38	21.61±1.05	-2.44%
肝脏/活重	3.07±0.53	3.33±0.50*	+8.47%	2.76±0.45	3.26±0.48*	+18.12%

** P<0.01 * P<0.05 添酶组与对照组比较

0.05, 490±118 对 408±52g)。

六、对米糠基础日粮的效果

以 7—21 日龄蛋用公雏进行试验,在日粮中米糠含量达 40% 情况下,添加 1% 及 0.5% 粗酶制剂,雏鸡的增重和料重比有所改善,但均未达到差异显著的程序。而日粮含米糠 25% 情况下,添加 0.2—0.5% 粗酶制剂,可获得较好的效果,不过仅在 7—14 日龄阶段,增重和饲料利用率有显著提高,结果示于表 10。

表 10 7—14 日龄雏鸡饲喂米糠日粮(含 25%)添加粗酶制剂时的增重和料重比情况(与对照组比较)

粗酶制剂		增重(%)	料重比(%)
EE	0.2%	11.80**	-2.57
	0.5%	8.80	-8.14**
ZW	0.2%	18.91*	-8.73*
	0.5%	18.94**	-9.62*
CM ■	0.2%	7.56	-3.34
	0.5%	14.39**	-2.14

** P<0.01 * P<0.05 与米糠基础日粮组比较

参考文献

1. Friesen O. D. ; Guenter W. ; Marquardt R. R. ; Rotter, B. A. 1992. The effect of enzyme supplementation on the apparent metabolizable energy and nutrient digestibility of wheat, barley, oats and rye for the young broiler chick. Poultry Sci., 38, 1710—1721.
2. Marquardt, T. T. ; Boros, D. ; Guenter, W. ; Crow, G. 1994. The nutritive value of barley rye, wheat and corn for young chicks as affected by use of a *Trichoderma reeveyi* enzyme preparation. Animal Feed Sci. Technol. 45, 363—378.
3. Classen H. L. ; Campbell, G. L. ; Groot Wassink. J. W. D. 1988. Improved feeding value of Saskatchewan-grown barley for broiler chickens with di-

- etary enzyme supplementation. *Can. J. Animal Sci.*, 68, 1253—1259.
4. 刘燕强, 韩正康 大麦日粮添加粗酶制剂对雏鸡生产性能的影响 *中国饲料* 7: 19—21
 5. Francesh, M.; Perez—Vendrell, A. M.; Esteve-Garcia, E.; Brufau, J. 1994. Effect of cultivar pelleting and enzyme addition on nutritive value of barley in poultry diets *Brit. Poultry Sci.*, 35, 259—272.
 6. Bedford M. R.; Classen H. L. 1992. Reduction of intestinal viscosity through manipulation of dietary rye and pentosanase concentration is effected through changes in the carbohydrate composition of the intestinal aqueous phase and results in improved growth rate and food conversion efficiency of broiler chicks. *J. Nutr.*, 122, 560—569
 7. Wang G. J.; Marquardt, R. R.; Guenter, W. 1995. Effects of irradiation and enzyme supplementation of rice bran (Singapore) on the performance of Leghorn chickens *Poultry Sci.* 75(suppl.), 126.
 8. Ikegami, S. 1990. Effect of viscous indigestible polysaccharides on pancreatic secretion and digestive organs in rats. *J. Nutr.*, 120, 353—360
 9. Coghuen L. A.; Campbell, G. L.; Groot Wassink, J. W. D. 1988. Improved feeding value of Saskatchewan—grown barley for broiler chickens with dietary enzyme supplementation. *Can. J. Animal Sci.*, 68, 1253—1259.
 10. Darras, V. M.; Vanderpooten A. 1991. Food intake after hatching inhibits growth hormone induced stimulation of the thyroxine to triiodothyronine conversion in the chicken. *Horm. Metabolic Res.*, 23, 469.
 11. Zhou G. H.; Han Z. K. 1994. Effects of dietary supplementation with β -adrenergic agonist clenbuterol on carcass characteristics and some metabolism in ducks. *Brit. Poultry Sci.*, 35, 355—361.

酶制剂在动物营养中的应用:潜在效益

Mingan Choct

(澳大利亚, NSW2351 Armidale, 新英格兰大学 畜牧科学系)

摘要:用酶制剂去除非淀粉多聚糖(NSP)的抗营养作用,提高猪和家禽的生速率和饲料转化效率,业已得到肯定。酶制剂除了能提高营养物的利用还有许多其他作用,包括较好的营养利用效率,使粪便中有机物的排出降低;消化道粘度降低使排泄物中水分减少,防止了与肠道微生物有关的疾病,从而改善了动物健康状况及增加了最低成本饲料配方的灵活性。本文讨论了在饲料中应用酶制剂的潜在的和看不出的效益。

引言:单胃动物日粮中非淀粉多聚糖具有抗营养活性,使营养利用效率变差和产生粘粪现象,所以作用于这些多聚体的微生物酶在提高生产效率和降低排泄物体积和水分中有良好作用。降低畜禽有机物从粪便的排出是酶制剂一个重要作用,因为氮和磷过多排出在当今人口密集区域是一个十分重要的问题。酶制剂拓宽了可应用的日粮组分范围,而不降低家禽的生产性能,所以能最大限度提供最低成本的饲料配方灵活性,缓解胃肠道病和动物的其他疾病,如猪的痢疾和反刍动物的酸中毒是酶制剂的另一个可能有益作用。

降低粪便的排泄量

动物干物质消化率的范围从50%到80%,其余从排泄物中丢失。在家禽上,这就意味着每一百万只家禽每年大约在9000至22000吨的粪便,而且含有高水平的氮。在世界人口密集区域,如亚洲和欧洲,大量有机物的排出,尤其是氮和磷的排出是严重的环境问题。近年来,酶制剂被广泛用于提高单胃动物养分消化率,同时降低养分从粪便中的浪费。酶制剂对猪和鸡干物质消化率的好坏依赖于饲料的类型和所用动物的种类,所以有报道,由于添加酶制剂使禽类干物质消化率的值的变化范围从0.9%⁽¹⁾至17%⁽²⁾,猪从0%⁽³⁾到5.2%⁽⁴⁾。我们在已知的低代谢能和正常小麦肉鸡日粮上比较了聚糖酶的效率,表1列出了部分结果。添加酶制剂使干物质消化率提高17%,表观代谢能(AME)提高24%和饲料转化率(FCR)提高31%,与此相对应消化道食糜粘度降低50%。

目前,应用于单胃动物的酶制剂主要是聚糖酶,其能使非淀粉多聚糖降解生成小的多聚糖,从而消除其形成粘性食糜的能力,并提高营养物质的消化率,聚糖酶除了作用于脂肪外(对饱和脂肪酸的作用强于不饱和脂肪酸),其作用通常是非特异性的。第二类饲料中应用较多的酶制剂是植酸酶,植酸酶是用来增加植酸磷的利用。植酸酶改善植酸磷消化的

作用和相应的降低有机磷对环境污染的作用已经引起科学界和商业界的极大兴趣。每公斤猪饲料添加500U 植酸酶可使磷的消化率从44.2%提高到52.4%(增加18.6%),钙从44.2%提高到51.7%(提高17.0%)。给仔猪每公斤饲料添加1500U 植酸酶,可显著改善增重(从每天424克到529克)和饲料转化率(从1.65到1.52)⁽⁵⁾;在禽类,肉鸡应用植酸酶使磷的排泄降低高达40%⁽⁶⁾,给蛋鸡添加植酸酶使蛋产量、蛋重和胫骨灰分均有所提高⁽⁷⁾。

表1 酶制剂(E)对饲喂低代谢能和正常小麦日粮(9:8)肉鸡干物质消化率(DMD%)、表观代谢能(AME)(MJ/kg)、饲料转化率(FCR)和食糜粘度(mPa·s)的影响

日 粮	DMD	AME	FCR	粘度
玉米对照	81.01	16.65	1.96	3.2
低代谢能小麦	65.17	12.02	2.69	20.2
低代谢能小麦+酶制剂	76.26	14.94	2.05	10.4
正常小麦	74.90	14.52	2.01	9.7
正常小麦+酶制剂	76.63	14.83	1.95	5.7

自 Annison 和 Choct(1993)

谷物副产品,如米糠,是亚洲的重要饲料组分,但由于存在高水平的非淀粉多聚糖和植酸,其在单胃动物饲料中的应用受到限制。Martin 证明鸭的饲料中添加微生物植酸酶可使米糠的添加量高达60%而无明显副作用,磷的排泄降低9.6%,矿物质元素,如镁、铜和锌的排泄显著降低⁽⁸⁾。

排泄物水分的降低

粘粪是家禽业的大问题,对产蛋鸡尤为如此,高比例的脏蛋与粘粪有关。在许多国家脏蛋不适于作为二级蛋销售,所以对家禽业讲是一个巨大的净损失。粘粪也能引起气体的增加(如氨和硫化氢),并使猪舍、鸡舍内苍蝇和老鼠增多。这些都会通过增加应激和使气体质量变差而影响动物的健康,也会影响房内工作人员的健康⁽⁹⁾。

饲料中添加酶通常使鸡粪中的水分含量降低。最近的实验中,当把相当于4%的可溶性非淀粉多糖添加到肉鸡高粱基础日粮中,鸡的生产性能被显著抑制,粪便中的水分从基础日粮组的47.4%增加到64.5%。对富含非淀粉多糖日粮添加不同水平的商业聚糖酶制剂产品对鸡的生产性能产生类似的促进作用。但其降低粪便水分的作用从20%到29%不等。这就支持了这一观点,虽然聚糖酶对单胃动物生产性能作用类似,但其在消化道降解非淀粉多糖的部位和降解后产生的分子大小各异,这在决定酶降低排泄物水分效应上是决定性因素。极有可能过度的降解非淀粉多糖能在消化道产生大量的具有渗透活性的寡

糖,从而增加排泄物的湿度⁽¹⁰⁾。用含有不同品种大麦的肉鸡日粮测定添加酶制剂的作用,结果粘性和水性粪便的产生率下降可达50%⁽¹¹⁾。饲喂大麦基础日粮所引起的青年猪的腹泻严重性也能被 β -葡聚糖酶基本消除⁽¹²⁾。用酶制剂缓解湿粪并不仅仅局限于猪和家禽,全世界成千上万的家养宠物稀薄排泄物散落在公园的居民的居住区域也是一个大的环境问题,酶制剂的应用已显示出其在改善这一问题上的巨大潜力(与 Bedford 私人交流)。

改善动物健康

某些疾病,如猪的痢疾和反刍动物与马的酸中毒,在各自的养殖业上具有很大的经济意义,而且与胃肠道微生物状态(发酵)有关。例如,猪的痢疾由于存在于大肠的螺旋体引起,低发酵率抑制其繁殖⁽¹³⁾,他们的实验表明米饭和动物蛋白能很好保护猪免于感染痢疾,蒸玉米和高粱也能消除或大幅度降低猪的痢疾发生率,但这种加工方法对小麦、大麦和燕麦无效⁽¹⁴⁾。据估计大肠中发酵增加极可能是由饲料中非淀粉多糖水平的提高。玉米和高粱蒸煮也许是帮助破碎细胞壁结构,使淀粉颗粒易于为淀粉酶作用,从而加速胃肠道前部的消化。聚糖酶可能提供了解决这一问题的替代方法,例如,有证据显示将葡聚糖酶加到猪大麦基础日粮中,可使盲肠、结肠和直肠中短链脂肪酸的产生显著降低⁽¹⁵⁾。

对于反刍动物,小肠葡萄糖的吸收对脂肪的合成和糖元的贮存是有利的。淀粉在胃肠道发酵可导致反刍动物和马明显的临床和亚临床问题。第二个问题是引起蹄叶炎和矿物质利用降低,这些在动物福利、繁殖和排泄物管理上都是十分重要的问题⁽¹⁶⁾⁽¹⁷⁾。淀粉和纤维组分的性质和数量影响消化和(或)发酵的程度,而且也影响其在消化道中被消化和发酵的部位。虽然在反刍动物和马上应用酶制剂才刚刚开始,对未来酶制剂的应用者来说,在这些种类动物上调控碳水化合物消化也许具有“潜在效益”。

胃肠道微生物区系在鸡的营养中的重要作用并没有很好的阐明,极有可能小肠中过度的发酵可干扰营养成分消化的正常生理过程。常常注意到在含有高可溶性非淀粉多糖家禽饲料中添加抗生素可显著改善鸡的生产性能⁽¹⁸⁾。完整的可溶性 NSP 的水平提高将以有害的方式增加小肠中发酵微生物的活性⁽¹⁹⁾,添加木聚糖酶可大幅度降低小肠中微生物的发酵,从而相应改善鸡的生产性能。据推测突然改变胃肠道生态(从需氧或兼氧到严格厌氧)可引起胃肠道应激和严重影响其正常的生理过程。

已有报道用酶制剂可防止球虫病⁽²⁰⁾,饲喂小麦基础日粮的鸡,添加或不添加酶对球虫病的应激呈现截然不同的反应。对照组鸡生长被抑制52.5%,而添加酶制剂组30.5%,而且损伤系数要好得多。家禽饲料添加酶制剂常常导致食糜通过率的增加和排泄物水分的降低,这对微生物生命循环是不利的。

增加最低成本饲料配方的准确性和灵活性

家禽谷物营养价值变化很大,目前没有适宜的方法可在饲料工业中进行快速测试。例

如,家禽小麦表观代谢能(AME)的变异率可高达每公斤干物质4MJ⁽²¹⁾⁽²²⁾,应用聚糖酶可很好的解决这一问题,使不同小麦的 AME 至相当的水平⁽²³⁾。在最近的实验中,酶制剂使小麦的 AME 从每公斤13.7%增加到14.5MJ,使试验鸡个体间变异降低74%(未发表资料)。也有报道,饲喂大麦日粮的鸡生产性能变异系数显著降低,这些作用的实际意义是增加了最低成本饲料配合的准确性和得到更一致的鸡的生产性能。酶制剂拓宽了可应用于日粮的谷物的应用范围,而且能得到满意的经济效益,这就给生产者在配制营养平衡的最低成本日粮上提供了巨大的灵活性。

结 论

酶制剂改变了营养学家选择谷物配制营养平衡的最低成本日粮的途径,而通过日粮来调控和缓解环境污染和控制某些疾病是饲料酶制剂的另一效益。酶制剂在21世纪畜牧生产上必将发挥不可或缺的作用。(王国杰译)

参考文献

1. Schutte, J. B., de Jong, J. and Langhout, D. J. 1995. Effect of a xylanase enzyme supplementation to wheat based diets in broiler chicks in relation to dietary factors. In: van Hartingsveldt, W., Hessing, M., van der Lugt, J. P. and Somers, W. A. C. eds., Proceedings of the 2nd European Symposium on Feed Enzymes, TNO Nutrition and Food Research Institute, Zeist, Netherlands. pp. 95—101.
2. Annison, G. and Choct, M. 1993. Enzymes in poultry diets. In: Wentk, C. and Boessinger, M. Eds., Enzymes in Animal Nutrition. kartaue Ittingen, Switzerland. pp. 61—68.
3. Taverner, M. R. and Campbell, R. G. 1988. The effects of protected dietary enzymes on nutrient absorption in pigs. Proceedings of the 4th international Seminar on Digestive Physiology in the Pig. p. 337.
4. Schmitz, W. 1995. NSP degrading feed enzymes in pig nutrition: a facility to save feed formulation costs, to improve growth performance and to decrease environmental pollution. In: van Hartingsveldt, W., Hessing,

- M. , van der Lugt, J. P. and Somers, W. A. C. eds. , Proceedings of the 2nd European Symposium on Feed Enzym.
5. Jongbloed, A. W. , Kemme, P. A. and Mroz, Z. 1993. The role of microbial phytases in pig production. In; Wenk, C. and Boessinger, M. Eds. , *Enzymes in Animal Nutrition*. Kartause Ittingen, Switzerland. pp. 173—180.
 6. Simons, P. C. M. and Versteegh, H. A. J. 1991. Phosphorus availability in relation to phytase supplementation in feeds for poultry. Proceedings of the Symposium on mineral requirement and supply in farm animals. Norway. pp. 30—33.
 7. Simons, P. C. M. and Versteegh, H. A. J. 1993. Role of phytases in poultry production. In; Wenk, C. and Boessinger, M. Eds. , *Enzymes in Animal Nutrition*. Kartause Ittingen, Switzerland. pp. 181—186.
 8. Martin, E. A. 1995. Improving the utilisation of rice bran in diets for broiler chickens and growing ducks. Ph. D thesis, The University of New England, Armidale, Australia.
 9. Donham, K. J. 1995. A review-The effects of environmental conditions inside swine housing on worker and pig health. In; *Manipulating Pig Production V* , Australasian Pig Science Association, Werribee, Victoria, Australia. pp. 203—221.
 10. Choct, M. and Annison, G. 1992. Anti-nutritive effect of wheat pentosans in broiler chickens; roles of viscosity and gut microflora. *British Poultry Science* 33:821—834.
 11. Brufau, J. , Francesch, M. , Perez—Vendrell, A. M. and Esteve-Garcia, E. 1993. Effects of postharvest storage on nutritive value of barley in broilers. In; Wenk, C. and Boessinger, M. Eds. , *Enzymes in Animal Nutrition*. Kartause Ittingen, Switzerland. pp. 125—128.
 12. Inborr, J. and Ogle, R. B. 1988. Effect of enzyme treatment of piglet feeds on performance and post-weaning diarrhoea. *Swedish Journal of Agricultural Research* 18:129—133.

13. Siba, P. M. , Pethick, D. W. , Pluske, J. R. , mullan, B. P. and Hampson, D. J. 1993. Fermentation in the large gut and swine dysentery. In: Manipulating Pig Production IV. , Australiasian Pig Science Association, Werribee, Victoria, Australia. p. 170.
14. Siba, P. M. , Pethick, D. W. , Nairn, K. A. , and Hampson, D. J. 1995. Dietary manipulation of swine dysentery. In: Manipulating Pig Production V. , Australiasian Pig Science Association, Werribee, Victoria, Australia. p. 254.
15. Inbarr, J. , Borg Jensen, B. , Back knudsen, K. E. , Skou Jensen, M. , and Jackson, K. 1995. * -Glucanase supplementation of barley-based pig feeds reduces digesta viscosity and short chain fatty acid concentration. In: Manipulating Pig Production V. , Australiasian Pig Science Association, Werribee, Victoria, Australia. p. 190.
16. Murray, P. J. , Winslow, S. G. and Rowe, J. B. 1991. Sulphur supplementation and the use of flavomycin with lupin grain for sheep. Australian Journal of Agricultural Research 42:1323—1333.
17. Godfrey, S. I. , Boyce, M. D. , Rowe, J. B. and Speijers, E. J. 1992. Changes within the digestive tract of sheep following engorgement with barley. Australian Journal of Agricultural Research 44:1093—1101.
18. Misir, R. and Marquardt, R. R. 1978. Factors affecting rye (*Secale cereale* L.) utilization in growing chicks. I. The influence of rye level, ergot and penicillin supplementation. Canadian Journal of Animal Science 58:691—701.
19. Choct, M. , Hughes, R. J. , Wang, J. , Bedford, M. R. , Morgan, A. J. and Annison, G. 1996. Increased small intestinal fermentation is partly responsible for the anti-nutritive activity of non-starch polysaccharides in chickens. British Poultry Science (in press for July issue).
20. Morgan, A. J. and Bedford, M. R. 1995. Advances in the development and application of feed enzymes. Australian Poultry Science Symposium 7:109—115.

21. Sibbald, I. R. and Slinger, S. J. 1962. The metabolizable energy of materials of materials fed to growing chicks. *Poultry Science* 41:1612—1613.
22. Rogel, A. M. , Annison, E. F. , Bryden, W. L. and Balnave, D. (1987) The digestion of wheat starch in broiler chickens. *Australian Journal of Agricultural Research* 38:639—649.
23. Choct, M. , Hughes, R. J. , Trimble, R. P. , Angkanaporn, K. and Annison, G. 1995. Non-starch polysaccharide-degrading enzymes increase the performance of broiler chickens fed wheat of low apparent metabolizable energy. *Journal of Nutrition* 125:485—492.
24. Classen, H. L. , Campbell, G. L. and Groot Wassink, J. W. d. 1988. Improved feeding value of Saskatchewan-grown barley for chickens with dietary enzyme supplementation. *Canadian Journal of Animal Science* 68: 1253—1259.

应用酶制剂的实际经验

W. Guenter

(曼尼托巴大学动物科学系,温尼伯,加拿大)

摘要 随着经济压力增加,畜牧生产者须更有效地利用低档价廉的非传统性饲料。大麦、黑麦和低能值的小麦习惯上并不考虑用作家禽饲料。添加外源酶(真菌和细菌的)的益处已有四十多年,但商业化实际应用这些酶仅发生于近十年内。

大学里进行的研究已证明含大麦、小麦或黑麦的家禽饲料添加酶能取得生物学效益。然而还须以更多的田间实验结果以使饲料厂家信服加酶的实际价值。添加外源酶使饲料厂家并可根椐竞争的市场行情在选择饲料原料方面更具灵活性。已有很多商业性试验证明了酶的优势并比较了酶制剂竞争产品。在实际饲养中加酶的效果是正的,虽然用不同酶制剂获得的效益不尽一致。小麦饲料加酶可使表观代谢能(AME_n)提高6%,氨基酸利用率提高10%,从而改进了小麦的实用价值。已有报导大麦和黑麦加酶的效益更高。一般而言加酶的投入产出比是好的。尽管小麦/大麦/黑麦饲料加酶能改善生长性能,但黑麦(前期料中15%,生长料中30%)对泄殖腔周围的污染和垫草状况的负作用仍未能克服,将来的酶可能克服这一问题。

随着为特定饲料原料而设计的酶制剂上市,动物饲养业使用酶将会成为普遍实践。

引言 多年来,工业中应用各种酶制剂已经十分平常且广为记载,例如,食品加工、酿酒、面包和制革工业均习惯使用酶制剂。最近洗涤剂工业已经将种种特异的蛋白水解酶掺入至各种洗涤剂中(Walsh 等,1995)。近年来,由于对各种酶制剂的性质和功能的不断深入理解,亦使酶制剂进入了动物饲料工业。

就饲料工业而言,尽管酶制剂技术的应用还仅仅是起步,但现有的资料表明,在动物饲料工业中,特别是家禽饲料以及部分新饲料,应用这一技术前景明朗。(Classen 和 Bedford,1991)。

动物饲料中准许使用酶制剂,是因为酶是经发酵的天然产物,故对动物及消费者无害。

家禽饲料中使用酶制剂,主要是因其能水解谷物中纤维或非淀粉多糖(NSP),因为这些 NSP 不能被家禽的内源酶消化,并能引起抗营养效应。谷物中两种主要的 NSP 为发现在大麦和燕麦中的 β -葡聚糖和小麦、小黑麦和黑麦中的戊聚糖(Friesen 等1992)。许多研

究者已经证明,与抗营养反应有关的是可溶性 NSP 部分,而非总的 NSP(Classen 和 Bedford,1991)。这些可溶性 NSP 能结合大量的水,结果导致消化道中流体的粘度增加。消化道(小肠)粘度的增加,使降低底物与酶的相互作用,降低营养成分的有效性(特别是脂肪)(Friesen 等,1992)和导致粘粪量的增加,而引起种种问题(Boros 等,1995)。

家禽日粮中添加酶的主要目的是:(1)除去或破坏谷物中各种抗营养因子;(2)强化饲料的整体消化率;(3)促使某些营养成分的生物学效应更有效;(4)通过减少干物质的排泄来降低动物粪便的污染对环境的影响。为达到这些目的,酶必须在饲料的加工过程中不失活,并能耐受腺胃和肌胃的酸性环境及各种蛋白水解酶的破坏。实际的饲料加工的条件是,常以蒸汽制粒,这会引起酶活的损失。尽管酶在90℃,30分钟的干热条件,可以相当稳定,但当以蒸汽的形式增加湿度时,95℃,15分钟,酶活几乎丢失80%(Inborr 和 Bedford, 1994)。可是,当饲料能适应低于85℃的温度制粒时家禽的生产性能可能不受影响。Spring 等(1996)报导,添加在饲料中的纤维素酶、真菌淀粉酶和戊聚糖酶能至少耐受80℃的制粒温度(模口温度)而无显著的失活,但是,在100—120℃的挤压温度下,酶活将显著下降,且木聚糖酶比 β -葡聚糖酶似乎对热更敏感(Vukic Vranjes 等,1994)。这些研究建议,对于添加酶的日粮,可以采用75—80℃的正常制粒温度,如若使用高温,则须使用液体酶,小心喷涂于经制粒和加工后的最后饲料产品上。

在实际的家禽饲喂中,重要的是针对使用的特定日粮选择合适的酶。目前可供的主要酶制剂是针对:(1)大麦/大豆粕基础家禽日粮;(2)玉米/小麦/大豆粕基础家禽日粮和(3)小麦/黑麦/大豆粕基础家禽日粮。因此,动物营养家必须仔细选择合适的酶制剂用于饲料加工。一般说来,商品酶制剂是多酶配合的产品,这些酶具有种别特异性(pH 和温度),故必须根据种别(家禽还是猪)和底物(大麦和燕麦,还是黑麦、小黑麦和小麦)的加工需求进行选择。

酶添加至实际的谷物基础日粮:

Campbell 等1984年研究了在大麦基础日粮中添加某种含有高水平的 β -葡聚糖酶活的粗酶制剂的实际和经济效益。三种日粮用于比较:(1)标准小麦日粮;(2)大麦基础日粮;(3)大麦基础日粮加酶。研究的结果(表1)证明,与饲喂不添加酶的大麦基础日粮对比,饲喂大麦基础日粮添加酶组能显著地改进鸡的生产性能。

尽管鸡饲大麦添加酶的日粮还达不到饲小麦—玉米日粮的生产水平,但是当给定正确的经济情况(例如,大麦价格对小麦和玉米价格),每只鸡的饲料成本由于选择谷物添加酶的日粮而可能大大地降低。

表1 肉鸡饲喂小麦—玉米,大麦或大麦加酶基础日粮的平均
六周体重至1800克体重所需天数和死亡率

参 数	日 粮		
	小麦—玉米	大麦	大麦+酶
六周龄体重(克)	1996 ^a	1718 ^c	1891 ^b
至1800克需天数	39.1 ^c	43.2 ^a	40.6 ^b
饲料转换			
0—6周	1.75 ^b	2.05 ^a	1.99 ^a
1800克	1.71 ^c	2.08 ^a	1.96 ^b
剔除+死亡(%)	9.4	9.1	5.7
到1800克的饲料费用(\$)	.81 ^a	.73 ^b	.70 ^c

Campbell 等,1984

1. 同行有相同的角注的均值差异不显著($P < 0.05$)

基于上述研究,营养学家曾探索过肉鸡日粮中节省饲料的其它一些方法,并且在提出是否添加酶仅仅在鸡生长的开始几周内,才是必需的呢?为回答这一问题,进行了以大麦日粮加或不加酶制剂饲喂肉鸡,并与标准的商品小麦日粮比较的研究(Rotter 等1989)。大麦加酶日粮组,饲喂了2,4或者6周,下面报导了有趣的结果:

表2 饲喂无壳大麦(Scout)添加酶的日粮对肉鸡(六周龄)
耗料、增量、料重比(F/G)和泄殖腔周围污染的影响

处 理	耗料(克)	增重(克)	料重比	泄殖腔污染(%)
小 麦	2910 ^b	1529 ^{bc}	1.90 ^b	10.0 ^c
大麦—对照(BC) ¹	2941 ^{ab}	1473 ^c	2.00 ^a	73.8 ^a
BC+酶(2) ²	2978 ^{ab}	1539 ^{bc}	1.93 ^{ab}	21.4 ^b
BC+酶(4)	3047 ^a	1598 ^{ab}	1.91 ^b	19.4 ^b
BC+酶(6)	2992 ^{ab}	1638 ^a	1.83 ^c	18.9 ^b
标准误	29.8	21.3	0.02	1.4

Rotter 等,1989。

酶:粗纤维酶制剂(Celluclast)Novo A/S 丹麦。

1. 前期料:56.4%大麦,生长期:67.8%大麦

2. 添加的周数

a, b, c $P < 0.05$

尽管在肉鸡日粮中,用大麦取代小麦对鸡的耗料几乎无任何影响,但对增重、饲料转换效率和泄殖腔周围的污染的改善却非常显著。用于这一研究的大麦是富含水溶性 β -葡聚糖的无壳大麦,这种高含量的水溶性 β -葡聚糖常导致“粘粪”的高发生率,通常用于7日龄鸡泄殖腔周围粪便污染的现象来评判。添加酶显著地降低这一现象的发生率。实验数据亦清楚地表明,连续添加酶产生的生产性能优于小麦对照组,作者们的结论是:为获取酶添加最大效益,必须饲喂加酶日粮直至上市。最近的实际经验亦证实了这些发现。

比较酶制剂的研究:

饲料工业营养学家遇到的问题之一是,为他们的特定的生产要求,选择合适的酶制剂,比较困难。许多酶制剂公司趋近饲料工业的目的是为了销售他们的产品。为了帮助几家饲料加工厂决定哪一种酶制剂最有效,我们与这些饲料工业合作进行了几项研究。在三个大规模实际研究的系列试验中,用小麦和小麦一大麦基础日粮比较几种酶制剂产品。第一系列研究,用雄性肉鸡,饲喂小麦基础对照日粮,并按生产厂家推荐的用量比较了添加三种商品酶制剂的试验结果。尽管与对照组相比所有三种酶制剂均显著地增加体重,但只有酶制剂#3能(表3)显著改善饲料转化效率。此外,在商品上有重要意义的是添加酶制剂,能降低体重的变异(SD =标准误和 CV =变异系数),并产生更均一的群体,这一点,后期加工比较欢迎。

表3 三种商品酶制剂添加于小麦基础肉鸡日粮。
饲喂雄性肉鸡的实际应用

42天数据	对 照	对照日粮加		
		酶1	酶2	酶3
平均体重(克/鸡)				
42天	2256 ^b	2283 ^b	2313 ^a	2328 ^a
SD	40	30	29	23
CV	.018	.013	.013	.010
平均耗料(克/鸡)	4303	4309	4322	4170
饲料转化(公斤饲料/公斤增重)	1.94a	1.92a	1.90a	1.82b
6周龄垫草湿度(%)	40	93	40	40

ab. 同一行没有相同的后标的均值表示差异显著, $P \leq 0.05$ 1994,曼尼托巴大学

第二系列研究,使用混合鸡群(雄性加雌性)饲喂小麦比较添加三种酶制剂大麦基础日粮的效果。此研究中的酶制剂-1与第一系列研究中的酶制剂3相同。另外二种酶制剂不同于第一系列研究所用的。与前面的研究相反,只有酶制剂-1产生显著好的生长速率反应,而所有酶制剂改善料重比的程度相同(表4)。

表4 三种商品酶制剂添加小麦—大麦基础肉鸡日粮，
饲喂混合性别肉鸡的实际应用(研究2)

参 数	处 理			
	对照	酶—1	酶—2	酶—3
42天	混合鸡群			
体重(公斤)	1.96b	2.03a	2.01ab	1.98b
饲料/鸡(公斤)	3.86	3.88	3.82	3.79
料:重	2.00a	1.94b	1.93b	1.94b
死亡率	3.8	4.0	2.9	3.1
3周龄肠道粘度(CPS)	6.1a	3.16b	3.6b	3.5b
3周龄垫草状况(%DM)	68b	71ab	74a	72ab
6周龄体重变异	.19	.17	.18	.19

ab $P < 0.05$

曼尼托巴大学研究 1995

正如 Bedford(1995)所证明,降低肠道粘度是对酶反应的主要因素。表4的数据证明,对酶制剂—1组,肠道粘度很低,说明这一酶制剂在水解日粮中抗营养 NSP 最有效。尽管在群体均一性方面,各组差异不显著,但酶制剂—1亦产生最好的群体均一性。所有三种酶制剂均能降低垫草湿度,因此亦为鸡舍创造一个较干燥的环境。

第三系列研究,用混合肉鸡群,饲喂小麦—大麦日粮,添加四种酶制剂。由于上二系列研究已经证明,添加酶制剂能改善生长和或者饲料转化率,故未设对照日粮组。四种酶制剂产生相等的生长速率,而酶制剂—4的饲料与酶制剂—2相比消耗显著降低,因此,酶制剂—4组较酶制剂—2和酶制剂—1组有显著好的料重比,且亦要优于酶制剂—3组(表5)。料重比与肠道粘度的测量值有较好的相关性,证明了这些酶制剂的有效性。根据当前的饲料价格和酶的价格,最佳的投入产出比的酶制剂是酶制剂—4(与研究1中的酶制剂—3;研究2中的酶制剂—1相同),这一酶制剂可使每公斤体重的饲料成本最低。

表5 用小麦—大麦基础日粮,比较四种商品酶制剂的商业研究

42天	小麦—大麦日粮加			
	酶—1	酶—2	酶—3	酶—4
体重(公斤)	2.23	2.24	2.23	2.25
平均饲料/鸡(公斤)	3.87ab	3.91a	3.82ab	3.78b
饲料/增重	1.767a	1.770a	1.41ab	1.703ab
死亡率(%)	5.0	6.4	7.8	9.3
粘度(CPS)	8.59a	5.10b	4.93b	4.41b
饲料费/公斤体重(\$)	.482ab	.492a	.478ab	.471b

ab 显著水平 $P < 0.05$

曼尼托巴大学试验—1994

这三系列商业类型的研究,均采用在商业制粒条件下制得的颗粒料,结果证明并非所有商业酶制剂能产生相同的生产性能,选择者必须视他的自己的具体情况决定选用投入产出比最佳的酶制剂。

提高谷物的营养价值:

饲料工业依据最低成本配方配制家禽日粮。在这种前提下,谷物的价格和营养成分的含量将决定某种谷物能否进入计算机配方。由于酶的加入,营养学家应该能提高某种特定谷物的营养成分的含量,因此,使得这类谷物与玉米更有竞争性。有人建议小麦添加酶制剂后的能量可以提高6%至8%,可产生与对照小麦日粮相似的生长速率且料重比的改善,亦优于对照组。为了验证这一概念,我们进行了一项研究。根据 NRC(1994)的营养成分含量配制了无酶制剂的小麦基础日粮,同样,根据提高6%的代谢能和10%的氨基酸含量再配制相同的基础日粮。用这一日粮添加或不添加酶制剂去饲喂鸡群,研究的结果列于下面的表6。

数据清楚地证明一个事实,这就是当小麦的营养成分被提高而又未添加酶时,鸡的生产性能就要受到抑制。可是,添加酶后,同样的日粮却能使生产性能恢复至正常对照日粮相等的水平,这表明提高谷物的营养成分含量将使此谷物有更好的投入产出比,而易进入最低成本配方。

表6 提高添加酶制剂的小麦基础日粮的营养成分对
雄性肉鸡生产性能的影响的评估

	对 照	提高营养成分	
		对照	酶
平均体重(克/鸡)			
21天	750a	707b	745a
42天	2256	2184	2252
平均耗料(克/鸡)			
0—21天	1064	1037	1054
0—42天	4303	4237	4265
饲料转换(克饲料/克增重)			
0—21天	1.518b	1.574a	1.513b
0—42天	1.941	1.973	1.922

曼尼托巴大学,1994研究

1. 小麦的营养价值提高6%的 AME 和10%的氨基酸含量
2. 使用的酶制剂是爱维生 TX@1公斤/吨

a, b 同一行无相同字母的均值表示差异显著, $P \leq 0.05$

肉鸡日粮中实际使用黑麦：

日粮中含有高水平的黑麦，通常对生长鸡产生严重的问题，这被归因于水溶性高粘度的非淀粉多糖（Campbell 等1983；Fengler 和 Marquardt, 1988；Friesen 等1992；Marquardt 等1994）。这种 NSP（阿拉伯木聚糖）对黑麦基础日粮的饲料利用的负效应，在一定程度的范围内，能被添加具有高的内切木聚糖酶活的酶制剂所克服（Campbell 和 Bedford, 1992）。理想环境条件下的笼养试验表明，肉鸡饲喂酶制剂添加至黑麦基础日粮与饲喂对照的小麦基础日粮相比，有可能获得相同的生产性能（Marquardt 等1994）。这些有希望的结果促使作者去研究，在商业化饲喂的条件下，是否亦能取得相似的生长性能。初步的研究表明，前期料含18%黑麦和生长料含20%黑麦，与小麦一大麦对照日粮相比，不仅可以产生相似的体重，而且还降低料重比（Boros 等, 1995）。我们还进行了商业化生产实地的规模研究，小麦一大麦基础对照日粮，分别以含15%黑麦取代大麦作为前期料，以含30%黑麦取代大麦作为生长料，所有的日粮均添加一种粗酶制剂，蒸汽制粒。每种日粮饲喂16,000羽鸡（7000羽雄性和9000羽雌性）。前期料中用低水平的黑麦是为了既降低泄殖腔周围的污染和防止产生高的垫草湿度，同时亦是为了给鸡群适应黑麦日粮留有一定的时间。

35日龄的最终平均体重分别为，饲喂黑麦日粮的鸡群是1.62公斤，而饲喂标准小麦一大麦日粮的鸡群是1.75—相差7%（表7）。

表7 肉鸡饲喂标准大麦—小麦或者大麦—小麦—黑麦基础日粮并添加酶制剂的生产规模试验所得生产性能的比较

35天	大麦—小麦+酶	大麦—小麦—黑麦+酶
混合鸡群		
活重(公斤/鸡)	1.73a	1.62b
饲料/鸡(公斤)	3.29	3.47
料:重	1.87b	2.10a
泄殖腔污染发生率(%)	3.06b	9.72a
垫草状况(评分1—3)*	1.5	3.0
垫草湿度(%)	27.9a	39.7b

整理 Boros 等, 1995的数据

* 1=正常, 2=潮湿, 3=结块

ab, $P < 0.05$

肉鸡饲喂黑麦和标准日粮的其它数据分别为,饲料转化率,2.10对1.87(12%抑制),泄殖腔周围污染发生率,9.7%对3.1%,垫草状况评分,3.0对1.5和垫草湿度,40%对28%。

湿垫草的问题对于饲喂黑麦日粮的肉鸡是非常明显的。这一问题归因于饲喂黑麦肉鸡的粪便,这种粪便的湿度高且发芽慢。这种潮湿的垫草能通过增加脏羽毛的发生率而导致为维持体温而增加饲料能量的消耗。如同 Boros 等(1995)所指出的,黑麦饲喂鸡产生的潮湿的、粘的粪便,比想象的要严重,可以将其归因于阿拉伯木聚糖的不完全水解。

这些结果提示,当前,即使日粮中添加含高活性的木聚糖酶活的酶制剂,黑麦将还不能广泛使用于饲料工业。应进行进一步的研究,着重降低饲喂黑麦肉鸡粪便的持水能力,以改善饲喂黑麦日粮鸡群环境的条件。

结论:

根据上述所呈资料可得下列结论:

1. 添加酶制剂能改进饲料的生产价值,以及允许使用更多新的饲料而不影响生产性能。
2. 尽管测试的所有酶制剂均能改进一些生产性能(生长和/或者料重比),但确实存在反应大小的差异。
3. 当使用小麦和大麦基础日粮时,平均说来,酶制剂能相应地改善营养成分的有效性达5%和10%。
4. 并非所有黑麦日粮遇到的问题能用目前可用的酶制剂来解决。

商品日粮中添加酶制剂应考虑的因素:

1. 靶饲料原料是什么?
2. 需要各种什么样的酶活?
3. 在下列情况下,酶源的稳定性怎样:
 - 饲料加工
 - 在消化道内?
4. 酶的配合比单一酶制剂更有效。
5. 应用的形式
 - 干燥混合
 - 液体喷涂
6. 必须分析成本与效益。

(张志群译)

参考文献

- Bedford, M. R. ,1995, Mechanism of action and potential environmental benefits from the use of feed enzymes. *Anim. Feed Sci. Tech.* 53:145—155.
- Boros, D. , R. R. Marquardt and W. Guenter, 1995. Rye as an alternative grain in commercial broiler feeding. *J. Appl. Poultry Res.* 4:341—351.
- Campbell, G. L. , H. L. Classen, R. D. Reichert and L. D. Campbell, 1983. Improvement of the nutritive value of rye for broiler chickens by gamma irradiation-induced viscosity reduction. *Br. Poult. Sci.* 24:205—212.
- Campbell, G. L. , H. L. Classen and R. E. Salmon, 1984. Enzyme supplementation of barley diets for broilers. *Feedstuffs.* May 7.
- Campbell, G. L. and M. R. Bedford. 1992. Enzyme application for monogastric feeds; A review. *Can. J. Anim. Sci.* 72:449—466.
- Classen, H. L. and M. R. Bedford. 1991. The use of enzymes to improve the nutritive value of poultry feeds. *In: Recent Advances in Animal Nutrition*, (eds. Gimsworthy, P. , W. Haresign and D. Cole) pp. 71—79 Butterworth—Heinemann.
- Fengler, A. I. and R. R. Marquardt. 1988. Water soluble pentosans from rye. I. Isolation, Partial purification and characteriation. *Cereal Chem.* 65:291—297.
- Friesen, O. D. , W. Guenter, R. R. Marquardt and B. A. Rotter. 1992. The effect of enzyme supplementation on the apparent metabolizable energy and nutrient digestibilities of wheat, barley, oats and rye for the young broiler chick. *Poultry Science* 72:1710—1721.
- Inbarr, J. and M. R. Bedford, 1994. Stability of feed enzymes to steam pelleting during feed processing. *Anim. Feed Sci. Tech.* 46:179—196.
- Marquardt, R. R. , D. Boros, W. Guenter and G. Crow, 1994. The nutritional value of barley, rye, wheat, and corn for young chicks as affected by the use of a *Trichoderma reesi* enzyme preparation. *Feed Sci. Tech.* 45:363—378.

- National Research Council, 1994. Nutrient requirements of poultry. 9th Rev. Edition. Nat'l Acad. Sci. , Washington, DC.
- Rotter, B. A. ,M. Nesar, W. Guenter and R. R. Marquardt, 1989. Effect of enzyme supplementation on the nutritive value of hulless barley in chicken diets. Anim. Feed Sci. Tech. 24:233—245.
- Spring, P. ,K. E. Newman, C. Wenk, R. Messikommer and M. Vukic Vranjes, 1996. Effect of pelleting temperature on the activity of different enzymes. Poultry Science 75:357—361.
- Vukic Vranjes, M. ,M. P. Pfirter and C. Wenk, 1994. Influence of processing treatment and type of cereal on the effect of dietary enzymes in broiler diets. Anim. Feed Sci. Tech. 46:261—270.
- Walsh, G. A. , R. F. Power and D. R. Headon, 1993. Enzymes in the animal feed industry. Tibtech, 11:424—429.

米糠日粮添加酶制剂和辐射米糠对 莱航鸡和肉鸡生产性能的影响

王国杰 R. R. Marquardt W. Guenter 张志群 韩正康
(Manitoba 大学畜牧系, 南京农业大学动物医学院)

摘要 三系列实验研究小麦或玉米大豆基础日粮添加不同水平粗酶制剂(RM-1)和米糠对莱航鸡和肉鸡生产性能的影响。实验一, 含有40%经辐射过的米糠的小麦基础日粮中添加 RM-1 可改善莱航鸡增重达9.6%, 料重比5.4% ($P < 0.05$); 而中等剂量(10kGy)和高剂量(50kGy)辐射米糠对生产性能无显著影响。实验二, 当 RM-1 添加到含有25%和50%的米糠玉米基础日粮中对莱航鸡亦有类似作用; 但对饲喂不含米糠的玉米基础日粮对照组鸡无显著作用。此外, 米糠在没有添加 RM-1 的情况下, 对莱航鸡生长无显著影响。实验三, 和莱航鸡的实验结果相反, 25%和50%米糠可显著抑制肉鸡的生产性能。与玉米对照日粮组鸡相比, 饲食含有50%米糠的玉米基础日粮组鸡增重降低17%, 料重比提高11%, 胃肠道相对重量提高40%, 粘粪出现率从0增到67%, 每公斤50%米糠日粮添加10mg 酶制剂可改善料重比14%, 降低胃肠大小7%, 粘粪率从67%降到33%。这些实验结果提示莱航鸡饲料中可添加高浓度(40%—50%)米糠, 对生产性能无显著影响; 而25%的米糠日粮就能抑制肉鸡生长。米糠日粮添加粗酶制剂在大多数情况下, 但不是在所有情况下可改善鸡的生产性能。

1. 引言

全世界目前米糠年产量为0.4—0.45亿吨, 主要在远东和东南亚地区⁽¹⁾, 目前米糠主要用作动物饲料, 只有少量用作食物或抽提食用油⁽²⁾。米糠营养价值高, 富含维生素B、脂肪和蛋白质, 与其他谷物相比, 氨基酸组成合理⁽³⁾, 然而, 米糠纤维含量高⁽⁴⁾⁽⁵⁾, 其中半纤维素含有高度分枝状阿拉伯木聚糖⁽⁶⁾⁽⁷⁾。Annison et al⁽⁸⁾ (1995)最近用氢氧化钠和硼酸钠浸提米糠, 提取出水溶性阿拉伯木聚糖—半乳糖复合物, 并进行营养学研究。结果以每公斤饲料60克添加进肉鸡日粮, 对饲料 AME 无显著影响。然而, 大量实验资料表明随着饲料中米糠掺入量的增加, 鸡的生产性能逐步降低⁽⁹⁾。迄今为止用酶制剂提高米糠营养价值的研究报道极少, 然而米糠中高浓度的阿拉伯木聚糖可能会被饲料中的特异性的酶制剂降解。此外已有实验资料表明辐射可有效地改善谷物的营养价值⁽¹⁰⁾。本实验的目的是确

定辐射和添加富含木聚糖酶的粗酶制剂对生长鸡日粮中米糠营养价值的影响。

表1 实验一的日粮组成

	小 麦 (日粮10)	马来西亚米糠 (日粮1至9) ¹	中国米糠 (日粮 11,12) ¹
组 分 ($\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$)			
小 麦 (184.0) ²	816.0	407.8	471.6
马来西亚米糠 (113.0)		400	
中国米糠, B(146.0)			400
豆粕 (455.0)	55.2	128.0	70
菜 油	40.5	23.5	16.5
纤维素	43.0	—	—
石 粉	13.5	13.6	14.0
磷酸钙	13.2	11.5	11.5
赖氨酸	3.6	0.6	2.4
复合维生素 ³	10.0	10.0	10.0
复合矿物质 ³	5.0	5.0	5.0
日粮计算分析			
粗蛋白, %	180	180	180
代谢能 (MJkg^{-1})	12.2	12.2	12.2
赖氨酸, %	8.5	8.5	8.6
蛋氨酸+胱氨酸, %	6.4	6.0	5.6
钙, %	8.0	8.0	8.0
有效磷, %	4.0	4.1	4.0

1. 马来西亚米糠日粮添加粗酶制剂量分别为0, 1和 $10\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$, 中国米糠日粮添加粗酶制剂量分别为0和 $10\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$, 小麦日粮中不加酶。各日粮的详细描述见表3。

2. 括号内的数值为粗蛋白量($\text{N}\times 6.25$)

3. 每公斤饲料复合维生素和矿物质的添加量为: 维生素 A, 8250IU; 维生素 D₃, 1000IU; 维生素 E, 10.9IU; 维生素 B₁₂, 0.0115mg; 维生素 K, 1.1mg; 维生素 B₂, 5.5mg; 泛酸钙 11.0mg; 烟酸, 53.3mg; 叶酸, 0.75mg; 生物素, 0.25mg; 氯化胆碱 1020mg; 锰 55mg; 锌 50mg; 铁 80mg; 铜 5mg; 硒 0.1mg; 碘 0.18mg 和氯化钠 2.5g。

2. 材料和方法

2.1 总方法

按美国国家科学委员会⁽¹¹⁾(简称 NRC)1994 公布的莱航鸡和肉鸡营养需要标准配合粉状饲料,雏鸡自由采食,饮水。小麦(katpwa 品种)、玉米和豆粕是加拿大 Manitoba 省地方品种。马来西亚米糠品种 A、B、C,分别由澳大利亚、家畜协会提供,中国米糠由南京农业大学提供。为防止脂肪过氧化,米糠置 0℃ 以下保存。品尝试验证明米糠没有被酸败。米糠 B,米糠 A 和 C 混合物的粗蛋白(N×6.25)和脂肪(乙醚浸提物)的百分含量分别为 11.3 和 14%,11.8 和 15.9,14.6 和 16.4%。粗酶制剂(RM-1)来源于 *Trichoderma longibrachiatum* 由 Finnfeeds 国际饲料公司提供,其中木聚糖酶和葡聚糖酶活力分别为 3450U/g 和 900U/g,粗酶制剂中还含有果胶酶,CMC-纤维素酶,乙酰酯酶和 β -木糖苷酶。用 I-10/1 型电子加速器以 10MeV 辐射马来西亚米糠 B,平均辐射剂量 0,10 和 50kGy⁻¹ 鸡的生产性能用每只鸡的采食量,增重和料重比表示。用统计分析系统中一般线型方法(1986)进行方差分析,选择性比较和 Duncan's 多重分析比较实验结果⁽¹²⁾。

2.2 实验一

本研究的目的是研究高浓度米糠日粮添加富含木聚糖酶的粗酶制剂和电离辐射米糠能否提高鸡的生产性能。一日龄莱航鸡由 Manitoba 商业性养殖场提供。实验前五日龄雏鸡饲喂商业性鸡开食料。至 5 日龄时小鸡饥饿 4 小时后随机分配至 12 个处理组,在 Petersime 鸡笼中饲养。每个处理 6 个重复,每个重复 6 只鸡。处理 1—9 采用 3×3 多因子随机化设置。其他处理包括:处理 10,小麦对照日粮;处理 11,含中国米糠日粮;处理 12,含中国米糠日粮添加 10g/kg 粗酶制剂,详见表 1 和表 3 脚注。整个实验期为 7 天(从 6—13 日龄)。其余方法参见 Marquardt,1994⁽¹³⁾。

2.3 实验二

本研究目的是探讨不同浓度酶制剂和不同浓度米糠对莱航鸡生产性能的影响。对照日粮为玉米大豆日粮,不同处理组日粮均配成等氮和等能量。采用完全随机化 3(0,1 和 10g/kgRM-1)×3(0,25 和 50%米糠)多因子设置安排实验处理。日粮组成见表 2。莱航鸡在 4 和 11 日龄禁食 4 小时称重,其它方法同实验一。

2.4 实验三

本研究目的是用肉鸡取代实验二中的莱航鸡,研究米糠和米糠日粮添加不同浓度的粗酶制剂对雏鸡生产性能和胃肠道大小的影响和粘粪的出现率。日粮是等氮的,但能量值随着米糠含量的增加略有降低。1 日龄雏鸡,父代为 Arbor Acre×Ross Arbor 肉鸡由商业性养殖场提供。1 到 5 日龄雏鸡饲喂对照玉米日粮,5 日龄时雏鸡禁食 4 小时随机分至 Pet-

tersime 鸡笼,共9个处理,每个处理5个重复,每个重复5只鸡。实验按3(0,1和10g/kg)×3(0,25和50%米糠)多因子设置(表2)。12日龄禁食4小时称重和计算饲料消耗。处理1(玉米基础日粮不加 RM-1);3(50%米糠日粮不加 RM-1);7(玉米日粮,每公斤饲料 10g RM-1)和9(50%米糠日粮,每公斤饲料10克 RM-1)组鸡继续饲喂原日粮至15日龄,按 Marguardt,1994 方法计算粘粪数和测定消化器官大小(重量和长度)⁽¹⁹⁾。每个处理随机取15只鸡,称重,禁食18—24小时后断颈宰杀,手挤去除消化道食糜。用吸水纸吸去表面水分后称量腺胃,前胃,肌胃重量和测定空肠,回肠,盲肠和结肠重量和长度。

表2 实验二、三的日粮组成¹

	实验二			实验三		
	玉米	250米糠	500米糠	玉米	250米糠	500米糠
组分(g·kg ⁻¹)						
玉米(99.0)	717.5	461.8	205.7	562	325.1	88.9
马来西亚米糠 B(113) ²	—	250	500.8			
马来西亚米糠, A + C (118)				—	250	250
豆粕(459)	238.0	230.8	223.5	352.7	340.0	327.0
菜油	—	14	28	35.8	35.8	35.8
石粉	15.5	16.0	16.3	17.0	17.5	18.0
磷酸钙	14.0	12.2	11.0	15.2	14.0	12.5
DL-蛋氨酸	—	0.2	0.5	2.3	2.6	2.8
复合维生素 ³	10	10	10	10	10	10
复合矿物质 ³	5	5	5	5	5	5
日粮计算分析						
粗蛋白, %	180	180	180	220	220	220
代谢能(MJ/kg ⁻¹)	12.3	12.3	12.3	12.6	12.4	12.2
赖氨酸%	8.5	9.1	9.7	11.1	11.6	12.1
蛋氨酸+胱氨酸, %	6.3	6.2	6.2	9.0	9.0	9.0
钙, %	9.0	9.0	9.0	10	10	10
有效磷, %	4.1	4.0	4.1	4.5	4.5	4.5

1. 每一种日粮粗酶的添加量为0.1或10g·kg⁻¹

2. 括号内数值为粗蛋白量(N×6.25, g·kg⁻¹)

3. 复合维生素和矿物质的组成见表1脚注。

3. 结果

3.1. 实验一

数据方差分析表明米糠日粮饲料添加 RM-1 可提高增重($P < 0.05$)和降低料重比($P < 0.01$)但对饲料消耗无显著影响($P > 0.05$)。辐射米糠并不影响鸡的生产性能($P > 0.05$)。酶制剂和辐射之间无相互作用。不同来源米糠之间以及和对照小麦日粮进行比较,结果马来西亚米糠日粮添加1和10g kg^{-1} RM-1 分别使雏鸡增重提高5.6%($p = 0.04$)和9.6%($P < 0.01$),料重相应降低3.2%($P = 0.005$)和5.4%($P < 0.001$),高浓度酶制剂使采食量提高3.7%($P = 0.04$)。和这些结果相反,中国米糠日粮添加粗酶制剂并不影响鸡的生产性能($P > 0.05$)。饲喂马来西亚米糠日粮不加酶和中国米糠日粮添加或不添加酶的鸡生产性能相似,与饲喂小麦大豆日粮的鸡相比亦无显著差异。相反,每公斤马来西亚米糠日粮添加1或10克酶制剂,使鸡增重比小麦大豆粕对照日粮组鸡增加6.9%($P = 0.05$)和10.9%($P = 0.04$),料重比相应降低3.2%($P = 0.055$)和5.4%($P = 0.002$)。这些结果提示高浓度的米糠日粮(40%)添加酶制剂在某些情况下可提高莱航鸡的生产性能。饲喂加酶或不加酶的米糠日粮组鸡生产性能类似或优于饲喂小麦大豆对照日粮组。相反,辐射米糠对鸡的生产性能无显著影响。

3.2. 实验二

方差分析表明饲料中的米糠浓度和酶浓度(0,1和10 $\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$)之间不存在相互作用,不同饲料对采食量、增重和料重比有显著作用($P < 0.05$),但酶制剂没有作用($P > 0.05$) (表4),与玉米对照组鸡相比,25或50%米糠日粮使莱航鸡的增重分别提高12%和7%;料重比分别降低6和3%。与方差分析相反,选择性比较显示酶对饲喂米糠日粮的莱航鸡有显著作用($P < 0.05$),但对玉米对照日粮组($P > 0.05$) (表5)无显著作用。如处理5,6,8,9(米糠1+10,就是米糠日粮加酶)和处理2,3(RB_0 ,就是米糠日粮不加酶)相比,增重提高7.1%($P = 0.04$),料重比提高4.3%($P = 0.05$)。而玉米日粮添加酶(C_1 与 C_0 和 C_{10} 相比)并不影响鸡的生产性能($P > 0.05$)。米糠日粮不加酶($250\text{RB}_0 + 500\text{RB}_0$)处理组莱航鸡的生产性能和对照玉米日粮组相同($\text{C}_{0,1,10}$) ($P > 0.05$),但添加酶制剂后($250\text{RB}_{1,10}$ 和 $500\text{RB}_{1,10}$)比对照组提高($P < 0.05$)。例如,25%米糠日粮加酶组($230\text{RB}_{1,10}$)与对照日粮组相比较,采食量、增重和料重比提高7.0($P = 0.002$),15.2($P = 0.0002$)和7.1%($P = 0.001$);50%米糠日粮组加酶不如上述结果明显(表5)。本实验结果提示饲喂高水平的米糠日粮(25—50%)使莱航鸡生产性能类似或好于玉米对照日粮组。添加酶制剂可改善鸡的生产性能。

表 3 米糠日粮添加酶制剂对莱航鸡生产性能影响的选择性线性比较(实验 1)

参与比较的日粮		与第二种日粮比较增加或减少的百分率					
日 粮	日粮号	摄食量(g) ³		增重(g) ³		料重比	
		%	P	%	P	%	P
RBM ₁ -RBM ₀	(2,5,8)-(1,4,7)	2.2(96.8 vs 94.7)	NS	5.6(45.1 vs 42.7)	0.04	-3.2(2.15 vs 2.22)	0.005
RBM ₁₀ -RBM ₀	(3,6,9)-(1,4,7)	3.7(98.2 vs 94.7)	0.04	9.6(46.8 vs 42.7)	0.0004	-5.4(2.10 vs 2.22)	0.0001
RBM ₁₀ -RBM ₁	(3,6,9)-(2,5,8)	1.4(98.2 vs 96.8)	NS	3.8(46.8 vs 45.1)	NS	-2.3(2.1 vs 2.15)	0.07
RBM ₀ -C	(1,4,7)-10	1.4(94.8 vs 93.4)	NS	1.2(42.7 vs 42.2)	NS	0(2.22 vs 2.22)	NS
RBM ₁ -C	(2,5,8)-10	3.8(96.8 vs 93.4)	NS	6.9(45.1 vs 42.2)	0.05	-3.2(2.15 vs 2.22)	0.055
RBM ₁₀ -C	(3,6,9)-10	5.2(98.2 vs 93.4)	0.04	10.9(46.8 vs 42.2)	0.004	-5.4(2.10 vs 2.22)	0.002
RBCh ₁₀ -RBCh ₀	12-11	-3.3(96.7 vs 100.0)	NS	-0.9(43.7 vs 44.1)	NS	-2.2(2.22 vs 2.27)	NS
RBCh ₀ -C ₀	11-10	7.1(100.0 vs 93.4)	0.025	4.5(44.1 vs 42.2)	NS	2.3(2.27 vs 2.22)	NS
RBCh ₁₀ -C ₀	12-10	3.6(96.7 vs 93.4)	NS	3.6(43.7 vs 42.2)	NS	0(2.22 vs 2.22)	NS

1. C, 对照日粮; RBS, 马来西亚米糠; RBCh, 中国米糠。下标 0, 1 和 10 分别表示日粮添加粗酶制剂的量为 0, 1 和 10g · kg⁻¹。

2. 日粮 1 到 9 含有不同水平的酶制剂(0, 1, 10g · kg⁻¹)和经不同剂量辐射过的米糠(0, 10, 50kGy), 添加的酶量和米糠的辐射剂量(kGy)分别为: 日粮 1, 0-0; 日粮 2, 1-0; 日粮 3, 10-0; 日粮 4, 0-10; 日粮 5, 1-10; 日粮 6, 10-10; 日粮 7, 0-50; 日粮 8, 1-50 和日粮 9, 10-50。日粮 10 为对照玉米大豆粕日粮, 日粮 11 为中国米糠不加酶, 日粮 12 为中国米糠日粮加酶 10g · kg⁻¹。日粮组成和试验设计

见表 1 和材料与方法。

3. 括号内的数值代表 7 天后每只鸡的采食量和增重。

表4 (a)含有三种酶剂量(0,1和10g·kg⁻¹)和三种米糠浓度(0,250和500g·kg⁻¹)的日粮对莱航鸡生产性能的影响(实验2)

日粮主要作用	采食量 (克·鸡 ⁻¹ ·7天 ⁻¹)	增 重 (克·鸡 ⁻¹ ·7天 ⁻¹)	料重比
米糠 0	79.3	33.5	2.38
米糠 250	84.2(6)	37.7(12)	2.24(6)
米糠 500	81.7(3)	35.7(7)	2.30(3)
平均标准误	1.1	0.78	0.032
(b)方差分析		概 率	
酶(E)	NS	NS	NS
日粮(D)	0.013	0.002	0.016
E×D	NS	NS	NS

1. 酶的作用见表5选择性线性比较。

2. 括号内的数值为与不含米糠的日粮相比,相对改善百分率。

3. NS 表示差异不显著。

3.3. 实验三

以肉鸡代替莱航鸡,其他实验设计类似于实验二,25%和50%米糠日粮计算能量值比玉米大豆粕对照日粮低1.6%和3.5%,所以各处理组几乎是等能的。方差分析表明饲料和酶处理均有作用($P < 0.05$)(表6)。25%和50%可降低采食量,增重和增加料重比。高浓度添加酶制剂可使料重比降低4%(见表6注解),处理1,3,7和9组鸡生产性能在15天和12天测定有相同的变化趋势(数据未引用)。50%的米糠日粮可显著增加($P < 0.05$)消化道相对大小和长度(表7)。消化道平均百分增重提高40%(9.2到12.9g, 100g⁻¹体重),而长度相对增加38%(39.8到55.1cm, 100g⁻¹体重)。每公斤饲料添加10克 RM-1并不影响玉米日粮处理组鸡消化器官重量,但却使50%米糠日粮组鸡前胃(11%)、肌胃(13%)、结肠(8%)和整个消化道重(7%)降低,但却不影响消化道的相对长度($P > 0.05$)。至15日龄(已饲喂10天)时米糠日粮组肉鸡粘粪数增加(表6),但实验二中莱航鸡饲喂50%米糠日粮7天(5日龄至12日龄),未曾观察到粘粪现象。以上结果显示,添加酶制剂能改变肉鸡生产性能,降低消化道大小和粘粪率。

表 5 含有三种酶浓度的 9 个不同日粮对莱航鸡生产性能影响的选择性线性比较(实验 2)¹

参与比较的日粮		与第二种日粮比较增加或减少的百分率					
日 粮	日粮号	摄食量(g) ^{4,5}		增重(g) ^{4,5}		料重比 ^{4,5}	
		%	P	%	P	%	P
C ₁ -C ₀	4-1	1.0(80.2 vs 79.4)	NS	2.0(33.8 vs 33.0)	NS	-1.7(2.38 vs 2.42)	NS
C ₁₀ -C ₀	7-1	-1.0(78.5 vs 79.4)	NS	2.5(33.8 vs 33.0)	NS	-3.7(2.33 vs 2.42)	NS
250RB ₀ -C _{0,1,10}	2-1,4,7	3.7(82.3 vs 79.4)	NS	7.5(36.0 vs 33.5)	NS	-2.9(2.31 vs 2.38)	NS
500RB ₀ -C _{0,1,10}	3-1,4,7	1.0(80.2 vs 79.4)	NS	1.8(34.1 vs 33.5)	NS	-0.8(2.36 vs 2.38)	NS
250RB _{1,10} -C _{0,1,10}	5,8-1,4,7	7.0(85.0 vs 79.4)	0.002	15.2(38.6 vs 33.5)	0.0002	-7.1(2.21 vs 2.38)	0.001
500RB _{1,10} -C _{0,1,10}	6,9-1,4,7	4.0(82.6 vs 79.4)	0.07	8.7(36.4 vs 33.5)	0.02	-4.2(2.28 vs 2.38)	0.04
RB ₁ -RB ₀	5,6-2,3	9.4(82.8 vs 81.2)	0.41	7.0(37.5 vs 35.0)	0.07	-5.6(2.21 vs 2.33)	0.026
RB ₁₀ -RB ₀	8,9-2,3	4.4(84.8 vs 81.2)	0.06	7.2(37.6 vs 35.0)	0.07	-3.0(2.27 vs 2.33)	0.065
RB _{1,10} -RB ₀	5,6,8,9-2,3	3.2(83.8 vs 81.2)	0.12	7.1(37.5 vs 35.0)	0.04	-4.3(2.24 vs 2.33)	0.05

1. 数据的方差分析和日粮的主要作用见表 4

2. C 对照日粮,米糠浓度 $0\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$;RB,米糠浓度为 250 或 $500\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$;下标 0,1 和 10 分别代表日粮中含酶量为 0,1 和 $10\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ 。

3. 日粮 1 到 9 含有不同水平的马来西亚米糠($0,250$ 或 $500\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$)和不同酶量($0,1$ 或 $10\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$),日粮设置分别为日粮 1,0-0;日粮 2,250-0;日粮 3,500-0;日粮 4,0-1;日粮 5,250-1;日粮 6,500-1;日粮 7,0-10;日粮 8,250-10;日粮 9,500- $10\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ 。

4. 括号内的值为每只鸡 7 天的摄食量(克)或增重(克)。

5. 总的来讲以下比较摄食量、增重和料重比无显著差异:250RB₁-250RB₀(5-2),250RB₁₀-250RB₀(8-2)和 500RB₁₀-500RB₀(9-3)。

然而,250RB₁₀-250RB₀ 使增重提高 8.3%(39.0 vs 36.0, $P < 0.05$)和 500RB₁-500RB₀ 使料重比降低 6.8%。

表6 三种酶剂量和三种米糠水平日粮
对肉鸡(5到12日龄)生产性能的影响(实验3)

日粮主要作用	采食量 (克·鸡 ⁻¹ ·7天 ⁻¹)	增 重 (克·鸡 ⁻¹ ·7天 ⁻¹)	料重比	粘 粪 (%)
米糠 0	212 ^a	150 ^a	1.42 ^a	0 ^a
米糠 250	212(0) ^{a3}	143(5) ^b	1.49(5) ^b	14 ^b
米糠 500	195(8) ^b	124(17) ^c	1.57(11) ^c	44 ^c
平均标准误	2.41	1.89	0.016	3.3
方差分析	概 率			
酶(E)	0.84	0.15	0.01	0.002
日粮(D)	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001
E×D	0.61	0.51	0.14	0.03

1. 日粮含0,1和10g·kg⁻¹酶的鸡的料重比分别为1.51,1.52(0%)和1.45(4%)。括号内的数值为添加酶后改善的百分率。

2. 每种米糠(RB)和酶(E)处理后的粘粪率;ORB,OE 0%;250RB,OE23%;500BR,OE 67%;ORB,1E0%;250RB,1E;500RB,1E 33%;ORB,10E 0%;250RB,10E 10%;500RB,10E 33%。在实验第15天记录粘粪数。

3. 括号内的数值为相对于米糠日粮的百分增加量和减少量。

表7 马来西亚米糠日粮(0或500g·kg⁻¹)添加粗酶制剂(0或10g·kg⁻¹)
对肉鸡消化器官相对重量和相对长度的影响(实验3)¹

	日 粮				标准误
	玉米	玉米+酶	米糠	米糠+酶	
相对器官重 (g·100g ⁻¹ 体重)					
嗦 囊	0.43 ^b	0.42 ^b	0.51 ^a	0.51 ^a	0.011
前 胃	0.70 ^c	0.69 ^c	1.04 ^a	0.93 ^b (-10.6) ²	0.031
肌 胃	2.98 ^b	2.96 ^b	3.41 ^a	2.98 ^b (-12.6)	0.075
十二指肠	1.26 ^b	1.19 ^b	2.02 ^a	1.98 ^a	0.041
空 肠	1.86 ^b	1.92 ^b	2.81 ^a	2.64 ^a	0.074
回 肠	1.28 ^b	1.29 ^b	2.03 ^a	1.92 ^a	0.047
盲 肠	0.47 ^b	0.50 ^b	0.66 ^a	0.65 ^a	0.022
结 肠	0.27 ^c	0.26 ^c	0.37 ^a	0.34 ^b (-8.1)	0.0084
总 重	9.25 ^c	9.22 ^c	12.86 ^a	11.95 ^b (-7.1)	0.18
相对器官长 (cm·100g ⁻¹ 体重)					
十二指肠	6.38 ^b	6.22 ^b	9.18 ^a	8.64 ^a	0.25
空 肠	14.44 ^b	14.86 ^b	20.77 ^a	20.28 ^a	0.51
回 肠	14.26 ^b	14.03 ^b	19.18 ^a	19.37 ^a	0.43
盲 肠	3.03 ^b	2.98 ^b	3.90 ^a	3.85 ^a	0.080
结 肠	1.68 ^b	1.63 ^b	2.07 ^a	2.12 ^a	0.064
总 长	39.80 ^b	39.72 ^b	55.10 ^a	54.26 ^a	1.07

1. 15日龄鸡器官重

2. 括号内的数值为米糠加酶后的器官重降低百分率

3. a. b. c 表示同一行内无相同上标者差异显著(P<0.05)

4. 讨论

本研究结果证明莱航雏鸡采食高浓度米糠(25%到50%)其增重、料重比与玉米或小麦基础日粮组类似。相反,肉鸡摄食类似剂量的米糠其采食量、增重比玉米对照日粮组鸡降低,料重比增加。这种作用在高浓度米糠日粮组表现更为明显(50%与25%相比)。文献资料表明,肉鸡饲喂全脂米糠其增重随米糠掺入量增加而降低,这种影响的大小在实验间差异较大,部分依赖于日粮对摄食量的影响⁽¹⁴⁾;饲料转化效率通常也降低。但也有不太一致的情形⁽¹⁾如 Warren 和 Farrel(1990b)⁽⁵⁾观察到每公斤饲料添加400克米糠,料重比无显著变化,而另一些实验显示每公斤饲料200克米糠,饲料转化效率就降低。很明显米糠中存在某种因子以人们还不清楚的方式影响鸡的生产性能。可以相信,米糠中的纤维素、蛋白质、油含量、脂肪的酸败和其他组分的变化都是值得注意的影响因素。Annison⁽¹⁰⁾等(1995)用从米糠中分离的阿拉伯木聚糖粗提品,以每公斤60克的剂量掺入饲料,可增加而不是降低 AME 水平,认为米糠中的非淀粉性多聚糖无抗营养活性。这一实验结果不同于其他的阿拉伯木聚糖的营养实验,因为阿拉伯木聚糖通常被认为是不可消化的,故不能提高饲料的营养价值。

米糠除了影响肉鸡的生产性能外,尚可大幅度增加胃肠道大小。饲料中的可溶性纤维(Scout 大麦)或不可溶性纤维(Bedford 大麦)也有相似的作用⁽¹⁵⁾。Jone⁽¹⁶⁾等(1985),Sir-car⁽¹⁷⁾等(1983),Rompala 和 Madsen(1989)⁽¹⁸⁾的实验结果也证明饲料粗糙程度能提高其他种类动物消化道大小。这些结果提示米糠中高浓度的中性洗涤纤维(每公斤200克干物质)可能是本实验中米糠增加消化道大小的原因,阿拉伯木聚糖可能是其中的主要影响因素,因为米糠中的半纤维主要由阿拉伯木聚糖构成⁽¹⁹⁾⁽⁷⁾。已有研究证明辐射可改善燕麦⁽¹⁰⁾和黑麦的营养价值,其可能的作用机制是射线可部分打断这两种谷物中的粘性多糖的多聚结构,使粘度降低,从而削弱其抗营养作用,但本实验以10或50kGy 的剂量辐射米糠不能提高其营养价值。辐射的剂量是足以打断米糠多聚糖结构的,也许米糠中可溶性粘多糖含量低是不能引起反应的主要原因,因为辐射若不能引起粘度的较大变化,相应对生产性能的影响也小。

酶制剂对高浓度米糠日粮的作用不太一致,如每公斤10克酶制剂添加到中国米糠日粮中对莱航鸡无显著作用。但当加到马来西亚米糠日粮中时,可使增重和料重比分别提高7和3.4%,高浓度的酶制剂当添加到马来西亚米糠日粮中时,不但降低肉鸡料重比而且降低粘粪的出现率和消化道大小。这些实验结果说明米糠饲料添加酶制剂可提高雏鸡的生产性能。米糠日粮中添加酶制剂使莱航鸡生产性能优于玉米对照日粮组,25%的米糠日粮好于50%的米糠日粮。迄今为止米糠日粮添加粗酶制剂的研究报道极少⁽¹⁾。用脂肪酶和两种改进的作用于细胞壁组分的酶制剂不能改善肉鸡日粮中米糠的营养价值。本实验结果

提示木聚糖酶或 β -葡聚糖酶对米糠中半纤维素组分的作用也许是粗酶制剂发挥作用的主要机制。

本实验结果提示莱航鸡饲喂高浓度的米糠,尤其是和富含木糖酶和 β -葡聚糖酶活性的酶制剂一同饲喂,可使增重、料重比等同于或强于玉米或小麦基础日粮组。然而,米糠中高浓度的纤维组分可能是肉鸡对米糠利用效率较差的原因。米糠日粮中影响酶制剂发挥作用的因子以及不同品种鸡、不同来源的米糠类型和酶制剂效能之间的关系尚待进一步研究。

参 考 文 献

1. Farrell, D. J. ,1994. Utilization of rice bran in diets for domestic fowl and ducklings. *World's Poult. Sci. J.* ,50:115—131.
2. Takano, K. ,1993. Mechanism of lipid hydrolysis in rice bran. *Cereal Foods World*,38:695—698.
3. Warren, B. E. and Farrell, D. J. ,1991. The nutritive value of full-fat and defatted Australian rice bran V. The apparent retention of minerals and apparent digestibility of amino acids in chickens and adult cockerels with ileal cannulae. *Anim. feed Sci. Tech.* ,34:323—347.
4. Warren, B. E. and Farrell, D. J. ,1990a. The nutritive value of full-fat and defatted Australian rice bran. 1. Chemical composition. *Anim. Feed Sci. Tech.* ,27:217—228.
5. Warren, B. E. and Farrell, D. J. ,1990b. The nutritive value of full-fat and defatted rice bran II. Growth studies with chickens, rats and pigs. *Anim. Feed Sci. Tech.* ,27:229—246.
6. Shibuya, N. and Iwasaki, T. ,1985, Structural features of rice bran hemicellulose. *Phytochem.* ,24:285—289.
7. Erbingerova, a. , Hromadkova, I. and Berth, G. ,1994. Structural and molecular properties of a water-soluble arabinoxylan-protein complex isolated from rice bran. *Carbohydr. Res.* ,264:97—109.
8. Annison, G. ,Moughan, P. J. and Thomas, D. V. ,1995. Nutritive ac-

tivity of soluble rice bran arabinoxylans in broiler diets. Br. Poult. Sci. ,36: 479—488.

9. Madrigal, S. A. , Watkins, S. E. , Adams, M. H. and Waldroup, P. W. , 1995. Defatted rice bran to restrict growth rate in broiler chickens. J. Appl. Poult. Res. ,4:170—181.

10. Campbell, G. L. , Classen, H. L. , Reichert, R. D. and Campbell, L. D. ,1983. Improvement of the nutritive value of rye for broiler chickens by gamma irradiation-induced viscosity reduction. Br. Poult. Sci. ,24:205—211.

11. National Research Council,1994. Nutrient Requirements of Poultry, 9th edn. National Academy of Science, Washington. Dc.

12. Statistical Analysis Systems Institute Inc. , 1986. SAS User's Guide;Statistics. SAS Institute Inc. , Cary, NC.

13. Marquardt, R. R. , Boros, D. , Guenter, W. and Crow, G. , 1994. The nutrient value of barley, rye, wheat and corn for young chicks as affected by use of a *Trichoderma reesei* enzyme preparation. Anim. Feed Sci. Technol. 45:363—378.

14. Kratzer, F. H. , Earl, L. and Chiaravanont, C. , 1974. Factors influencing the feeding value of rice bran for chickens. Poult. Sci. , 53:1795 — 1800.

15. Brenes, A. , Smith, M. , Guenter, W. and Marquardt, R. R. , 1993. Effect of enzyme supplementation on the performance and digestive tract size of broiler chickens fed wheat-and barley-based diets. Poult. Sci. , 72:1731—1739.

16. Jones, S. D. M. , Rompala, R. E. and Jeremiah, L. E. , 1985. Growth and composition of the empty body in steers of different maturity types fed concentrate or forage diets. J. Anim. Sci. ,60:427—433.

17. Sircar, B. , Johnson, L. R. and Lichtenberger L. M. , 1983. Effects of synthetic diets on gastrointestinal mucosal DNA synthesis in rats. Am. J. Physiol. ,244:G327—355.

18. Rompala, R. E. and Madsen, F. C. , Diet impacts mass, functional

work load of animal gut. Feedstuffs. , 61:16—17.

19. Shaheen, A. B. ,E1-Dash, A. A. and EL-Shirheeng ,A. E. , 1975.
Effect of parboiling of rice on the rate of lipid hydrolysis and deterioration of
rice bran. Cereal Chem. ,52:1—7.

以小麦或大麦为基础的家禽饲粮中 添加酶对生产性能的改进

John Nathan Bird
(罗氏药品化学有限公司)

摘 要 含大麦或小麦的日粮可能使家禽的生产力下降,因为此种日粮中的水溶性非淀粉多糖影响营养物的利用。水溶性非淀粉多糖使禾本科谷物的表观代谢能(AME)降低,高粘稠性使营养物消化率降低,导致生产性能下降。添加恰当的酶使非淀粉多糖水解可提高饲料转化率、生长速度、营养物的利用,并改善粪便状况。随着全球饲料供应原料趋紧,在小麦、大麦日粮中添加酶意味着这两种谷物可有效地替代商品化家禽生产日粮中玉米。

一. 引言

从1995/96年开始,美国玉米储存量下降至1.06亿吨,储存量降低至使用量的5%。这主要由于1995年美国玉米种植面积下降所引起(Anon(a),1996)。而在亚洲,家禽饲料需要量迅速上升,仅仅两年前中国还是玉米出口国,现在却要从美国进口玉米,满足迅速增长的畜牧业的需要。由于世界广泛短缺玉米,中国营养学家们可能很快面临着必须考虑用其他原料替代玉米以维持畜牧生产的局面。据预测世界市场小麦利用量将迅速上升(Elliott,1996)。在澳大利亚、欧洲和加拿大,小麦、大麦已大量用于家禽日粮中。但在亚洲,畜牧饲养业似乎对麦类饲料不甚熟悉。本文将讨论以小麦、大麦为基础的家禽日粮中添加酶对饲养价值的改善效果。

二. 中国肉鸡饲料配制

对饲料配制者来说,要理解酶加到小麦或大麦中如何改善饲养价值,首先得了解它们与玉米的不同的特性。在亚洲能量成本很高。因此,饲料配制最明显的差异是小麦和大麦的能值相对较低(见表1)。饲料配制是一个复杂的工程。与小麦、大麦相比,玉米蛋白质、赖氨酸和精氨酸相对缺乏,而小麦缺乏生物素和叶黄素,但小麦加工颗粒性能优良,用小麦的日粮可以不用颗粒粘结剂,而以玉米为基础的日粮必须加粘结剂。

中国家禽饲料业配合饲料的不同着重点也值得考虑。在市场竞争中,商品饲料生产者更感觉兴趣于饲料的直接成本花费,而家禽生产联合体则更关心每公斤肉鸡或鸡蛋的生产成本。如果所用饲料能提高生产性能,家禽联合体也能接受较贵的饲料。

表1 玉米、小麦和大麦营养和抗营养成分组成

	玉米	小麦	大麦
能 量	3350	3120	2620—2640
粗蛋白	8.5	11.5—14.0	9.5—11.0
赖氨酸	0.247	0.307	0.378
蛋氨酸	0.178	0.170	0.172
蛋氨酸+胱氨酸	0.366	0.419	0.395
苏氨酸	0.300	0.316	0.351
色氨酸	0.063	0.403	0.124
精氨酸	0.391	0.512	0.493
粗纤维	2.2	3.0	5.5—6.4
水溶性 β -葡聚糖	—	0.7	2.7
总的 β -葡聚糖	—	0.7	4.4
水溶性戊聚糖	0.7	1.2	0.2
总戊聚糖	4.2	6.6	5.7

三. 小麦和大麦中的抗营养因子

人们已很清楚小麦、大麦、杂交小麦、黑麦和燕麦中含较高比例的抗营养碳水化合物,即非淀粉多糖(NSP)。由水溶性非淀粉多糖引起的肠道粘稠戏剧性地降低家禽生产性能(Choct and Annison,1992)。非淀粉多糖与小麦的表观代谢能负相关(Annison,1991),而与肠道粘稠度正相关(Bedford,1991;Bedford and Classon,1992)。Choct and Annison(1992)报导肉鸡日粮中小麦的阿拉伯木聚糖含量与表观代谢能、氮沉积、饲料转化率和增重下降相关。含4%阿拉伯木聚糖的小麦日粮使淀粉、蛋白质和脂肪的消化率分别下降14.6%、18.7%和25.8%。小麦或大麦品种间的非淀粉多糖含量和组成不同,其对家禽生产力的影响程度也不同。大麦品种可以高或低 β -葡聚糖划分,其产生的生物学效应明显不同(Campball et al.,1989)。同样,小麦在澳大利亚也按此归类,低表观代谢能小麦(能值低于3100大卡/公斤)品种已被确认(Choct and Annison,1990;Mollah et al.,1983;Roget et al.,1987)。添加外源酶于以小麦和大麦为基础的家禽日粮中用以水解非淀粉多糖,已普

遍证明能改善其饲养价值,降低抗营养因子的作用,使鸡群个体变异变小。在考虑谷物饲料(小麦、大麦、玉米)时,考虑到其它的日粮成分搭配是很重要的。如以大麦为主的日粮,也可以含小麦或水稻副产品和植物蛋白粉。只在大麦日粮中添加 β -葡聚糖酶,而不为日粮的其它成分添加活性适当的木聚糖酶、纤维酶和果胶酶是不恰当的。因此,在商品业生产中需要重视的是多元复合酶(复合酶对一种饲料)的实用价值,而不是特定酶的作用(一种酶对一种原料)。

四. 肉鸡的反应

日粮中添加内切木聚糖酶和 β -葡聚糖酶,将长链的阿拉伯木聚糖和 β -葡聚糖分解为短链糖,可降低粘稠度(Gruppen et al., 1993)。肉鸡日粮同时添加木聚糖酶和 β -葡聚糖酶已证明能减少非淀粉多糖的不利影响,提高家禽日粮的营养价值(Allen et al., 1995; Almitrall et al., 1995; Bedford et al., 1991; Benabdeljelil, 1992; Benabdeljelil and Arbaocli, 1994; Brenes et al., 1993; Broz et al., 1994; Broz and Perrin-Volz, 1994; Brufau et al., 1989; Jansson et al., 1990; Jeroch et al., 1993; Klunter et al., 1995(a)(b); Langhout and Schutte, 1995; Marquardt et al., 1994; Mohammed, 1995; Partridge and Wyatt, 1995; Schurz et al., 1993; Schutte, 1995; Veldman and Vahl, 1994; Van der Klis et al., 1995; Viveros et al., 1994; Vranjes and Wenk, 1993; Vranjes and Wenk, 1995 a, b; Wiedmer and Volker, 1989)。

在小麦和大麦为主的家禽日粮中添加酶,最大的功效是提高了日粮的可利用能值,除了改进碳水化合物能量的利用之外,能量的消化率也有提高(Partridge and Wyatt, 1995; Vander Klis et al., 1995)。小麦的表观代谢能(AME)已有广泛研究,并发现变化范围较大(2270—3975大卡/公斤)(Annison, 1995; Choct et al. 1994; Longstaff and McNab, 1986; Mollah et al., 1983; Rogel et al., 1987; Ward, 1995)。加酶使不消化的碳水化合物分解为可用能量,降低了肠道的粘稠度,改善了脂肪利用,肠道脂肪酶活性增加(Almirall et al., 1995)。由于小麦中非淀粉多糖含量差异,因此加酶使表观代谢能改善的效果亦不同。Classen et al., 1995; Klumter et al., 1995; Schutte, 1995 and Vander Klis et al., 1995报道小麦的表观代谢能改善范围为5—16%; 1—24%; 3.1—4.5%和4.5—12.4%。最近在澳大利亚笔者观察到的改进效果在3—30%之间(未发表资料)。能量利用率提高的生物学效应难以量化,因为日粮的营养成分如能蛋比在家禽饲料配制中发挥着重要影响。小麦的表观代谢能与水溶性非淀粉多糖(Annison, 1991)和肠道粘稠度(Bedford, 1991)相关。不幸的是非淀粉多糖的分析相对费时。在商品生产中,需要快速鉴定购入的谷物饲料。目前尚无快速准确的化学或物理方法来测试估计小麦的表观代谢能值或加酶带来的其它效果。难题在于如何准确估算小麦或大麦的能量以及补加恰如其分的酶以便获得良好饲养

效果。

在饲料配制中能量补偿的重要性曾于1991年在澳大得亚进行的成本/效益试验得到证明(未发表资料)。当已证明日粮表观代谢能量提高35%之后,将肉鸡生长表现与对照组作比较,结果表明:小麦日粮加酶的试验组,肉鸡的生长速度和饲料转化率改善,饲养成本下降8.8%,肉鸡每公斤增重成本亦下降。不加酶的对照组,肉鸡的生长速度和饲料转化率仍有改善,肉鸡每公斤增重成本降低1.3%。Partridge and Wyatt(1995)引述了相同的饲养效果。加酶改善了能量和氨基酸的消化率。但饲料配制者面临的问题是:以小麦为基础的日粮,能值应为多少?在商品生产中通常推荐小麦的表观代谢能值因加酶而提高5—6%,添加酶可使小麦的能值提高到大约3300大卡/公斤,以较低的成本使小麦能值接近于玉米。添加酶后氨基酸消化率改善,可在此基础上调整氨基酸的供应(Bedford et al., 1992; Partridge and Wyatt, 1995;)。通常推荐氨基酸的消化率提高10%(Bedford et al., 1992; Ward, 1995)。

大量研究报导了以小麦和大麦为基础的日粮中添加酶改善肉鸡生长和饲料转化率。历史上人们一直拒绝将大麦用于肉鸡日粮中,因为其能值有限和含较高的 β -葡聚糖,不利生长,降低饲料转化率,稀粪或粘粪发生率高。大麦经储存能降低 β -葡聚糖的含量,但不能完全去除其抗营养的影响(Brufau et al., 1993)。添加 β -葡聚糖酶已证明能减小 β -葡聚糖的负效应(Brenes et al., 1993; Brufau et al., 1992; Broz, 1994; Jansson et al., 1990; Partridge and Wyatt, 1995; Viveros et al., 1994; Wiedmer and Volker, 1989)。试验已经表明大麦日粮加酶饲喂肉鸡,其生产性能可与玉米日粮相比(Almirall et al., 1995; Fiente et al., 1995; Marquardt et al., 1994; Partridge and Wyatt, 1995; Viveros et al., 1994)。由于大麦中 β -葡聚糖含量变异较大,Almirall et al(1995)指出,要预测其加酶的效应非常困难。比较以玉米或大麦为基础的肉鸡日粮,其大麦日粮加酶后的饲料转化率与玉米日粮相比无明显的差异。日增重受大麦品种的影响,低粘稠度的大麦,喂鸡的日增重与玉米相同,而高粘稠度的大麦,肉鸡日增重则低于玉米日粮8.7%($P < 0.05$)。

小麦在澳大利亚、加拿大和英国的家禽饲料中占主导地位。大量的试验研究了以小麦为基础的肉鸡日粮对肉鸡生产性能的影响。典型的商品肉鸡日粮小麦用量高于60%,在这些日粮中添加木聚糖酶已很普遍。高比例的小麦日粮加酶,表观代谢能、增重、饲料转化率、蛋白质消化率、脂肪消化率及粪便都得到改善(Classen et al., 1995; Graham and Harker, 1991; Helander et al 1989; Janssen et al. 1990, Juin et al. 1995, Klunter et al., 1995; Langhout and Schutte 1995; McNab et al. 1993, Rajmanc et al. 1995., 1995; Schurz et al., 1993; Veldman and Vahl, 1994)。小麦加酶日粮与玉米相比,其肉鸡生长或饲料转化率与玉米日粮相同,甚至超过玉米日粮(Juin et al., 1995; Marguardt et al., 1995; Partridge and Wyatt, 1995)。Partridge and Wyatt(1995)用不同比例的小麦替换肉鸡日粮中

的玉米,当小麦用量达到20%时,肠道粘稠度增加,但生产性能未受到明显影响。直到小麦用量超过40%时才出现负效应,但在此水平加酶,其饲料转化率高于玉米日粮。60%的小麦加酶,肉鸡增重仍超过玉米对照组。生产性能是饲料配方好坏的直接衡量标准,只要在配方中应用得当,小麦和大麦饲养价值与玉米不相上下。

加酶的效应取决于家禽的年龄,即与肠道微生物群落和生理性能相关。年龄越大,其应付肠道内粘稠物的能力越高,因为肠道内微生物群落的发酵能力增加(Allen et al., 1995; Choct et al., 1995; Vranjes and Wenk, 1995)。

添加酶使饲料喂小麦或大麦日粮肉鸡的粪便干物质含量增加,降低了稀粪便(Jansson et al., 1990; Mohammed, 1995; Wiedmer and volker, 1989)。粪便状况改善降低了鸡舍中氨味、喙喙损伤及胸病的发生。饲喂高比例的大麦或小麦日粮的家禽,其肠道重量增加,与胴体产量负相关,可能是肠道内非常粘稠的内容物物理消化而产生的这种负效应,通过添加恰当的酶可以抵消(Prancesh et al., 1989; Jeroch et al., 1993)。

用小麦替换肉鸡日粮中的玉米,其饲料的叶黄素总量下降,故导致肉鸡皮肤着色度下降(Bowyer and Waldrop, 1987)。要使肉鸡颜色达到香港、广州、广西地区的理想结果,应考虑在低比例的玉米日粮中添加色素。以玉米为基础的日粮也需要添加复合叶黄素,使其颜色满足消费者的要求。如果日粮中不含玉米,其色素添加量必须增加,以保证肉鸡皮肤颜色正常(Bird, 1994)。

五. 抗生素的协同作用

肉鸡饲喂小麦和大麦为基础的日粮,已观察到酶和抗生素所生产的协同作用(Allen et al., 1995; Broz, 1994; Choct et al., 1995; Langout and Schutt, 1995; Pijsel, 1996; Schurz et al., 1993; Broz, 1994; Vranjes and Wenk, 1994)。添加酶或抗生素,其增重和饲料转化率有所提高,但并非加性协同效应。大龄的鸡肠道已建立起消化纤维素的微生物群落。产蛋鸡中酶产生正效应似乎需要活性微生物群以降解已被酶溶解的非淀粉多糖(Choct et al., 1995)。产蛋鸡饲喂大麦日粮的酶效应,因添加黄霉素而减弱,因为黄霉素使肠道微生物群的发酵能力降低(Vranjes and Wank, 1995)。Allen et al., (1995)发现尽管生产指标(活重)得到改善,但由于抗生素至少使后肠发酵降低,故肉鸡的肠道粘稠度上升。粘稠度是一有价值的鉴别指标,虽然粘稠度和生产力通常是负相关,但他们之间并不是高度线性相关。因此单用粘稠度一个指标难以确定酶的效应。

六. 产蛋鸡

产蛋鸡用酶的效应也有研究。典型的酶添加到产蛋饲粮中似乎对产蛋量无影响,但可改善饲料利用率(Benabdeljelid and Arbaoui, 1994; Vronjes and Wenk, 1995)、能量利用

(Wyatt and Goodman,1993;Vranjes and Wenk,1995)及产蛋率(Anon(b),1996)。Wyatt and Goodman(1993)比较了产蛋鸡用小麦、大麦和玉米日粮的效果。结果表明:加酶的大麦日粮饲料转化率有改善,但玉米日粮的生产效果更好。产蛋鸡的能量利用率提高似乎是因为溶解的非淀粉多糖的微生物发酵(Janroz et al.,1995;Vranjes and wenk,1995)使较多的挥发性脂肪酸得以吸收(Choct et al.,1995)。使用大麦和新鲜小麦,稀粪排量增加,造成蛋壳污染和鸡舍氨浓度上升。在此两种日粮中添加酶已证明能明显降低产蛋鸡粪便含水量(Marquardt et al.,1994)。因此添加恰当的酶,大麦即可有效地并不受限制地用于家禽日粮。

不用玉米的日粮,其蛋黄着色应予考虑。小麦和大麦叶黄素含量非常低,如果饲喂产蛋鸡,其蛋黄颜色较差,消费者不喜欢。大量应用小麦和大麦日粮饲喂产蛋鸡,需要在日粮中添加较多的类胡萝卜素(Bird,1994)。大麦的粘稠性将降低色素的利用率(Benabdeljrid and Arbaoui,1994)。因为色素是脂溶性化合物,添加酶可以改善利用率(Anob(b),1996)。

七. 鸭

营养学家经常避免在鸭饲料中使用高比例的玉米,因为黄曲霉素容易污染玉米。小麦、大麦或稻谷产品是肉鸭的饲料源。在法国和德国进行的两个研究(Roche,未发表资料)表明,肉鸭的日增重提高5.8%和3.3%,饲料转化率改善7%和1.8%,粪便含水量下降,活重增加使肉鸭出肥期缩短5天,重量分别为3.65和3.5公斤。表明在商品鸭生产中添加酶有明显节约饲养成本的潜力。

八. 结论

目前的谷物供给状况迫使营养学家寻找其它饲料来代替玉米。家禽日粮中使用小麦和大麦已不新鲜。通过添加外源酶可使这些饲料的营养价值得以改善。在亚洲地区人们尚不熟悉大麦、小麦这类原料的成分,营养学家仍用传统的玉米/大豆日粮喂鸡,不乐意考虑麦类替换量达到日粮的50%—70%。商业碳水化合物降解酶的应用和准确的饲料配制技术,使人们能更好地将小麦、大麦用于家禽日粮。添加碳水化合物酶的优势在于使禾本科、豆科饲料的营养价值提高,增加了能量,使难以消化(黑麦)或易出问题的(新鲜的大麦或小麦)麦类饲料使用量上升。添加酶给家禽业带来的优势是改善了增重、饲料利用率和排粪状况。根据原料成本或来源状况,添加酶使其生产性能改善,表明小麦、大麦至少与玉米是等价的,可以不受限制地应用于家禽日粮。

(刘永刚译)

参考文献

Allen, C. M. Bedford, W. Rand McCracken, K. J. 1995. A synergistic response to enzyme and antibiotic supplementation of wheat-based diets for broilers. World's Poultry Science Association Proceedings — 10 European Symposium on Poultry Nutrition, Antalya, Turkey, 15—19 October 1995. pp. 369—370.

Anon(a), 1996. Somber outlook for US beef producers. Meat International, January/February Vol. 6, No. 1. p9.

Anon(b), 1996. Feed enzymes for layers and breeders. Poultry International, Feb 1996. pp 60—61.

Almjrall, M. Francesch, M. , Perez—Venderell, A. M. , Brufau, J. and Esteve—Garcia E. 1995. The differences in intestinal viscosity produced by barley and β —glucanase alter digesta enzyme activities and ileal nutrient digestibilities more in broiler chicks than in cocks. The Journal of Nutrition, Vol. 125, No. 4. pp. 947—955.

Annison, G. 1990. Polysaccharide composition of Australian wheats and digestibility of their starches in broiler chicken diets. Australian Journal of Experimental Agriculture, 30 No. 2. pp. 183—186.

Annison, G. 1991. Relationship between the levels of soluble nonstarch polysaccharides and the apparent metabolisable energy of wheats assayed in broiler chickens. Journal of Agriculture and Food Chemistry. 39. pp 1252—1256.

Annison, G. 1995. Feed enzymes — Proven and potential uses. Proceedings. Feed Ingredients Asia '95. 19—21 September 1995. pp. 109—120.

Bedford, M. R, Classen, H. L. and Campbell, G. L. 1991. The effect of pelleting, salt and pentosanase on the viscosity of intestinal contents and performance of broilers fed rye. Poultry Science, 70, No. 7. pp. 1571—1577.

Bedford, M. R. and Classon, H. L. 1992. Reduction in intestinal viscosity

- through manipulation of dietary rye and pentosanase concentration is effected through changes in the carbohydrate composition of the intestinal aqueous phase and results in improved growth rate and food conversion efficiency in broiler chicks. *Journal of Nutrition*, 122. pp 560—569.
- Benabdeljelil, K. 1992. Improvement of barley utilisation for layers: Effects on the performance and egg quality. *Proceedings, Worlds poultry Congress, Amsterdam The Netherlands, 20 — 24 September 1992*. pp 405—410.
- Benabdeljelil, K and Arbaoui, M. I. . 1994. Effects of enzyme supplementation of barley based diets on hen performance and egg quality. *Animal Feed Science and Technology* 48, No. 4. pp 325—334.
- Bird, J. N. 1994(a). The impact of raw materials on poultry pigmentation. *Proceedings, Feed Ingredients Asia '94*. Singapore, 18—24 April. pp 186—202.
- Bird, J. N. 1994(b). The practical use of xanthophylls in wheat based poultry diets. *Australian Wheat Board Feed Grains Seminar, Singapore 25—26, 1994*.
- Brenes, A. Guenter, W. , Marquardt, R. R. and Rotter, B. A. 1993. *Canadian Journal of Animal Science*, 73, No. 4. pp 941—951.
- Broz, J. , Oldale, P. and Perrin — Voltz, A — H. 1994. Effects of *Trichoderma viride* enzyme complex in broiler chickens. *Archives Geflugelk*, 58(3). pp 130—134.
- Broz, J. , and Perrin — Voltz, A — H. 1994. Dose related efficacy of *Trichoderma viride* enzyme complex on performance of broiler chickens receiving pelleted feeds. *Archives Geflugelk*, 58(4). pp. 182—185.
- Brufau , J. , Francesch, M. , Legarda, J. E. , Perez — Vendrell, A. M. and Esteve — García, E. The effect of an enzyme supplement on the apparent metabolisable energy of a wheat in broiler diets *Pro-*

ceedings, XIX World's poultry Congress, Amsterdam, The Netherlands, 20—24 September 1992. p 452.

Juin, H. , Lessire, J. M. , Guillot, J. F and Larbier, M. . 1995. Performances of xylanases on broilers fed with newly harvested wheat. Proceedings of The Second European Symposium on Feed Enzymes, Noordwijkerhout, Netherlands, 25—27 October 1995. pp. 107—110.

Klunter, A — M. , Weber, G. M. , Devantl, A. and Viilker. 1995a. Effect of ROXAZYME G on growth performance of broiler chickens fed on different types of wheat dicts. Word's Poultry Science Association Proceedings — 10 European Symposium on Poultry Nutrition, Antalya, Turkey, 15—19 October 1995. pp. 350—351.

Klunter, A — M. , Dcvaud, A. and Volker, L. 1995b. Influence of liquid feed enzymes on performance and nutrient retention of broiler chickens fed a cercal diet. Proceedings of The Second European Symposium on Feed Enzymes. Noordwijkerhout, Netherlands, 25—27 October 1995. pp. 193.

Langhout, D. J. and Schutte, J. B. 1995. Effects of avilamycin and xylanase enzyme preparation alone or in combination on broiler performance and ileal viscosity. World's Poultry Science Association Proceedings — 10 European Symposium on Poultry Nutrition, Antalya, Turkey, 15—19 October 1995. pp. 379—380.

Marquardt, R. R, Boros, D. , Guenter, W. , Crow, G. 1994. The nutritive value of barley. rye, wheat and corn for young chicks as affected by use of a *Trichoderma reesi* enzyme preparation. Animal Feed Scicnee and Technology, 45. pp 363—378.

Marquardt, R. R. 1994. Use of enzymes to improve nutrient availability in Manitoba feedstuffs. Proceedings of the 15th Western Nutrition Conference, September 13—14. 1994. pp. 153—160.

McNab, J. M. , Whitehead, C. C. and Volker, L. 1993. Effects of dietray

- enzyme addition on broiler performance and the true metabolisable energy values of these diets and wheat. Worlds Poultry Science Association, 9th European Symposium on Poultry Nutrition, September 5—9, Jelenia Gora, Poland. pp 479—484.
- Mohammed, A. H. 1995. Barley varieties, enzyme supplementation and broiler performance. *The Journal of Applied Poultry Research*, Vol. 4, No. 3. pp. 230—234.
- Mollah, Y., Bryden, W. L., Wallis, I. R./, Balnave, D. and Annison, E. F. 1983. Studies on low metabolisable energy wheats for poultry using conventional and rapid assay procedures and the effects of processing. *British Poultry Science*, 24, pp 81—89.
- Partridge, G. and Wyatt, G. 1995. More flexibility with new generation of enzymes. *World Poultry*, Vol 11. No. 4. pp 17—21.
- Pijssel, C. 1996. Is there an interaction between antibiotics and enzymes? *World Poultry*, Vol 12. No. 2. pp 4—5.
- Rajmane, B. V., Patil, B. M. and Ranade, S. A. 1995. Performance of broilers on unconventional feed ingredients supplemented with Roxazyme. *Biotehnologija u stocarstvu* 11(3—6) pp 153—163.
- Rogel, A. M., Annison, E. F., Bryden, W. L. and Balnave, D. 1987. The digestion of wheat starches in broiler chickens. *Australian Journal of Agricultural Research*, 38. pp. 639—649.
- Schurz, M., Jeroch, H., Pingel, H. and Fehthaber, K. 1993. The efficiency of antibiotic and enzyme additives to broiler rations on wheat basis. Worlds Poultry Science Association, 9th. European Symposium on Poultry Nutrition, September 5—9, Jelenia Gora, Poland. pp 448—451.
- Schutte, J. B., Geerse, C. and de Jong, J. 1993. Effect of enzyme supplementation to wheat based diets on broiler chick performance. *Enzymes in Animal Nutrition. Proceedings of the 1st Symposium*, Kartause Ittingen, Switzerland, October 13—16, pp 133—

- Schutte, J. B. , de Jong ang Langhout, D. J. 1995. Effect of a xylanase enzyme supplementation to wheat — based diets in broiler chicks in relation to dictary factors. Proceedings of The Second European Symposium on Feed Enzymes, Noordwijkerhout, Netherlands, 25—27 October 1995. pp. 95—101.
- Van der Klis, J. D. , Schelle, C. and Kwakemaak, C. 1995. Wheat characteristics related to its feeding value and to the response of enzymes. Proceedings, 10th European Symposium on Poultry Nutrition, October 15—19, Antalya, Turkey. 1995. pp 160—168.
- Brufau , J. , Francesch, M. , Perez Vendrell, A. M. and Esteve — Garcia, E. 1993. Effects of post — harvest storage on nutritive value of barley in broilers. Enzymes in Animal Nutrition. Proceedings of the 1st Symposium, Kartause Ittingen, Switzerland, October 13 —16. pp 125—128.
- Campbell, G. L. , Rossnagel, B. G. , Classen, H. L. and Thacker, P. A. 1989. Genotypic and environmental differences in extract viscosity of barley and their relationship to its nutritive value of broiler chickens. *Animal Feed Science and TECHNOLOGY*, 226. PP 221—230.
- Choct, M. , and Annison, G. 1990. Anti — nutritive activity of wheat pentosans in broiler diets. *British Poultry Science* , 30. pp 811 — 821.
- Choct, M. , and Annison, G. 1992(a). The inhibition of nutrient digestion by wheat pentosans. *British Journal of Nutrition* , 67, pp 123—132.
- Choct, M. , and Annison, G. 1992 (b). Antinutritive activity of wheat arabinoxylans; Role of viscosity and gut microflora. *British Poultry Science*, 33. pp. 821—834.

- Choct, M. , Hughes, R. J. , Wang, J. , Bedford, M. R. , Morgan, A. J. and Annison, G. Feed enzymes eliminate the anti-nutritive effect of non-starch polysaccharides and modify fermentation in broilers. Proceedings, Australian Poultry Sciences Symposium, 1995. pp 121—125.
- Classen, H. L. , Scott, T. A. , Irish, G. G, Huel, P. , Swift, M. and Bedford, M. R. 1995. The relationship of chemical and physical measurements to the apparent metabolisable energy (AME) of wheat when fed to broiler chickens with and without a wheat enzyme source. Proceedings of The Second European Symposium on Feed Enzymes, Noordwijkerhout, Netherlands, 25—27 October 1995. pp 65—71.
- Dunn, N. Combating the pentosans in cereals. World Poultry, Vol 12, No. 1. pp 24—25.
- Elliott, T. 1996. Grain industry told to expand to meet needs. Feedstuffs. March 18, 1996. p3.
- Francesch, M. , Perez—Vendrell, A. , Roura, E. and Brufau, J. 1989. Utilisation of enzyme mixtures in high barley diets for broiler chicks. Improvement of non-productive parameters. Proceedings, 7th European Symposium on Poultry Nutrition. June 19—21, 1989. p243.
- Francesch, M. , Perez—Vendrell, A. , Roura, E. and Brufau, J. 1994. Effects of cultivar, pelleting and enzyme addition on nutritive value of barley in poultry diets. British Poultry Science, 35. No. 2. pp 259—272.
- Fuenre, J. M. , Perez de Ayala, P. and Villamide, M. J. 1995. Effect of dietary enzyme on the metabolisable energy of diets with increasing levels of barley fed to broilers at different ages. Animal Feed Science and Technology, Vol 56, No. 2. pp 45—53.
- Gruppen, H. , Kormelink, P. J. M. and Voragen, A. G. J. 1993. Differ-

- ences in efficacy of xylanases in the breakdown of wheat flour arabinoxylans due to their mode of action. *Enzymes in Animal Nutrition. Proceedings of the 1st Symposium, Kartause Ittingen, Switzerland, October 13–16*, pp 276–280.
- Hamilton, R. M. G. and Proudfoot, F. G. 1993. Effects of dietary barley level on the performance of leghorn hens. *Canadian Journal of Animal Science*, 73. pp. 625–634.
- Helander, E. and Inborr, J. 1989. The effect of supplementary enzymes on some nutritionally important characteristics of wheat. *Proceedings, 7th European Symposium on Poultry Nutrition. June 19–21, 1989*. pp 246–247.
- Jansson, L., Elwinger, K., Engstrom, B., Fossum, O. and Telgof, B. 1990. Test of the efficacy of virginiamycin and dietary enzyme supplementation against necrotic enteritis disease in broilers. *Proceedings VIII Conferencia European Poultry Conference, barcelona 25–28 June, 1990*. pp 556–559.
- Jeroch, H., Gruzauskas, R. and Volker, L. 1992. The effect of variety on the feeding value of barley for broiler chickens and the efficiency of enzyme preparation containing β -glucanase. *Proceedings, XIX World's poultry Congress, Amsterdam The Netherlands, 20–24 September 1992*. p451.
- Veldman, A. and Vahl, H. A. 1994. Xylanase in broiler diets with differences in characteristics and content of wheat. *British Poultry Science*, 35. pp. 537–550.
- Viveros, A., Brenes, A., Pizatro, M. and Castano, M. 1994. *Animal Feed Science and Technology* 48, No. 4. pp 237–251.
- Vranjes, M. and Wenk, C. 1993. Influence of dietary enzyme complex on broiler performance in diets with and without antibiotic supplementation. *Enzymes in Animal Nutrition. Proceedings of the 1st Symposium. Kartause Ittingen, Switzerland, October 13–16*, pp

152—155.

- Vranjes, M. 1995. Application of *Trichoderma viride* enzyme complex in diets for broiler chickens and layer hens; influence of feed processing and interaction with antibiotics. Dissertation for the degree of Doctor of Technical Sciences, Swiss Federal Institute of Technology, Zurich, 1995.
- Vranjes, M. and Wenk, C. 1995. Influence of dietary enzyme complex on the performance of broilers fed on diets with and without antibiotic supplementation. *British Poultry Science*, 36. pp 265—275.
- Vranjes, M., Pfuter, H. P. and Wenk, C. 1995. Influence of processing on dietary enzyme effect and nutritive value of diets for laying hens. *Animal Science*, Vol. 61. No. 3. pp. 453—460.
- Ward, N. E. 1995. With dietary modifications, wheat can be used for poultry. *Feedstuffs*, August 7, 1995. pp 14—16.
- Wyatt, C. L. and Goodman, T. 1993. Utilisation of feed enzymes in laying hen rations. *Journal of Applied Poultry Research* 2, No. 1. pp 68—74.
- Wiedmer, H. and Volker, L. 1989. Enzyme supplementation of a barley based diet fed to broiler chickens under practical conditions. *Proceedings, 7th European Symposium on Poultry Nutrition*. June 19—21, 1989. pp 252—253.

使用简单模型方程预测酶制剂 反应的若干问题

张志群

(南京农业大学 动物生理生化实验室)

摘要 本文通过研究莱航仔公鸡的两个试验的结果和文献的数据,确定了一个对数线性的一般方程来描述并预测日粮中酶制剂的添加量与鸡的生产性能之间的关系。此方程为: $Y = A + B \log X$, 其中 Y 为生产性能, X 为日粮中添加的酶浓度。在此基础上,进一步研究如何正确理解和使用上述模型方程中的参数 A 和 B 。为使 A 有明确的意义,即未添加酶时的生产性能,方程则可修正为 $Y = A + B \log(CX + 1)$ 。至于直线的斜率 B , 代表了酶处理的总体效率的一个指标,其中 B 能反映生产性能的净的改进, B/A 则反映相对对照组(未添加酶)的生产性能改进率。并讨论了今后有关此方程及参数的理论与应用研究的若干设想。

关键词: 模型方程 酶制剂 参数 预测

一、引言

谷物饲料中添加酶制剂的益处已被充分证实^[1,2,3]。研究表明,添加酶制剂可显著改善谷物如大麦^[4,5,6,7]、燕麦^[2]、黑麦^[6,8,9,10,14]和小麦^[7,8,10]等基础日粮的饲料利用率和家禽生产性能。目前,常用于针对谷物饲料的酶为阿拉伯木聚糖酶和 β -葡聚糖酶,它们可中和谷物饲料如大麦、小麦、黑麦中非淀粉多糖的不利影响^[2]。

尽管在家禽饲料中已经广泛使用各种酶制剂,但还没有建立能简单地预测酶对动物生产性能反应的合适模型。Zhang 等(1996)根据实验结果及分析已报导的文献,首次尝试用一个简单的对数线性模型来描述添加酶制剂的剂量与相应生产性能之间的关系。模型方程的意义在于:(1)可预测酶制剂对动物生产性能的反应;(2)可进入投入产出的经济分析,从而确定最佳的酶的添加剂量;(3)明确酶的添加剂量与生产性能的反应为对数线性关系;(4)可用方程的参数评估酶制剂的催化效率。

本文的目的在于,进一步讨论如何应用上述模型方程以及如何正确理解和使用参数来评判酶制剂的质量和今后有待进一步研究的问题。

二、酶制剂的剂量反应曲线与对数线性模型方程

酶制剂的理论研究和应用实践要求寻找酶反应的最佳剂量,这包括(1)复合酶制剂最

佳配比的研究。例如,针对有效水解阿拉伯木聚糖的木聚糖酶与阿拉伯糖苷酶的配比的研究^[2]; (2)应用酶制剂最佳剂量的理论确定及经济效益分析; (3)研究酶制剂对生理机能影响时的剂量确定。

1. 试验设计与结果

试验选用黑麦取代小麦是因为黑麦富含阿拉伯木聚糖,它可被富含木聚糖酶的酶制剂有效水解^[11,8,9,7]。酶制剂 RM₁和 NQ 富含木聚糖酶,分别由芬兰饲料国际有限公司和加拿大 Manitoba 大学 Dr. Marquardt 教授提供,试验1,分别加6种不同剂量的 RM₁和 NQ 构成12种处理,其目的在于比较两种酶制剂对生产性能的反应。试验2,加不同浓度的 RM₁和 NQ 到黑麦基础日粮构成6种处理,目的在于验证试验所得结果,受试动物选用七日龄来航公仔鸡,试验设计与数据分析详见^[1]。

表1. 含有不同量的两种酶制剂的黑麦基础日粮饲喂来航仔公鸡的生产性能(试验1)

试验组别	日粮中的酶		增重(g/6羽鸡) ²			料重比 ²		
			周			周		
			1	2	1+2	1	2	1+2
1RM ₁	0	0	193 ^f	350 ^{bc}	543 ^c	2.65 ^a	2.30 ^a	2.43 ^a
2RM ₁	0.25	97	248 ^{dc}	353 ^{bc}	601 ^d	2.28 ^{bc}	2.30 ^a	2.29 ^b
3RM ₁	0.75	292	256 ^{cde}	355 ^{bc}	611 ^{dc}	2.25 ^{bcd}	2.28 ^{ab}	2.27 ^{bc}
4RM ₁	2.25	875	268 ^{bcd}	372 ^{abc}	640 ^{bcd}	2.18 ^{cde}	2.21 ^{bc}	2.19 ^{dc}
5RM ₁	6.75	2626	275 ^{bc}	397 ^a	672 ^{ab}	2.17 ^{cde}	2.18 ^{cd}	2.17 ^e
6RM ₁	20.2	7877	284 ^b	405 ^a	690 ^b	2.09 ^{de}	2.12 ^d	2.11 ^a
7NQ	0	0	199 ^f	340 ^c	539 ^c	2.62 ^a	2.31 ^a	2.42 ^a
8NQ	0.1	78	236 ^e	368 ^{abc}	604 ^d	2.37 ^b	2.24 ^{abc}	2.29 ^b
9NQ	0.3	233	275 ^{bc}	371 ^{abc}	646 ^{bcd}	2.16 ^{cde}	2.25 ^{abc}	2.21 ^{cd}
10NQ	0.9	700	284 ^b	373 ^{abc}	657 ^{abc}	2.07 ^e	2.26 ^{ab}	2.18 ^{de}
11NQ	2.7	2100	277 ^{bc}	348 ^{ab}	661 ^{abc}	2.13 ^{cde}	2.18 ^{cd}	2.15 ^{de}
12NQ	8.1	6302	308 ^a	393 ^a	701 ^a	2.06 ^e	2.23 ^{abc}	2.16 ^{de}
标准误			7	12	16	0.05	0.02	0.03

1. 表值所列各处理组增重和料重比的均值(6羽鸡)。每一处理鸡开始第七天平均重量为99克(这是每一重复中6羽鸡的平均重量)。每一处理设6个重复。共饲喂12种日粮,6种含不同量的 RM₁,6种含不同的 NQ。两种酶制剂的木聚糖酶活为389U/g(RM₁)和778U/g(NQ)。

2. 同一列的均值不含同一字母(c 到 g)表示差异显著(P<0.05)

由两种酶制剂 RM₁和 NQ 所得数据证明见表1,鸡饲喂黑麦基础日粮中添加酶能显

著改善增重和料重比。就增重而言,酶制剂 RM₁和 NQ 在两周的试验期所得的总的改进分别为27%和30%,而相应的酶活分析见表7。料重比相应的改进分别为13%和11%。第一周所得的最大的改进比第二周要大($P<0.05$)。鸡饲添加含有 RM₁和 NQ 的黑麦日粮,第一周的增重相应最大的改进分别为47%和55%,而第二周则为16%和16%;料重比在第一周分别为21和21%,第二周则为8和4%。另一有趣的结果为酶的剂量反应,将数据作图表明,酶剂量反应是属双曲线型,在酶的高浓度时出现反应的饱和状态试验2的结果证实了这些规律。见表2。这些结果表明:(1)酶处理的反应并不正比于添加日粮中的酶量;(2)第一周的改进效果要比第二周大;(3)两种酶制剂产生相似的反应类型,对第一周的增重而言,NQ 似乎要优于 RM₁。

表2 含有两种粗酶制剂和几种浓度的黑麦日粮饲喂来航鸡的生产性能(试验2)

日粮	酶,g/公斤日粮	增重(g/6羽鸡) ¹			料重比 ¹		
		第一周	第二周	二周	第一周	第二周	二周
1	无酶(0U) ²	174	327	500	2.92	2.16	2.42
2	INQ(778U)	247	344	592	2.25	2.18	2.25
3	20NQ(15,260U)	281	384	664	2.18	2.10	2.14
4	0.33RM ₁ (128U)	210	320	530	2.51	2.23	2.34
5	IRM ₁ (389U)	231	336	567	2.38	2.25	2.30
6	3RM ₁ (1,167U)	237	360	597	2.38	2.15	2.24
标准误		16	22	32	0.13	0.04	0.08

1. 每一处理组的每一重复中养鸡6羽,平均起始重为95克。每一处理有6个重复组成。RM₁和 NQ 的木聚糖酶活分别为389和778U/g。

2. 括号中的值表示加到每公斤日粮中木聚糖酶活的单位数。

2. 预测模型与试验结果

两个试验的规律性,以及参考文献报导^[14,7,8]。我们认为有可能用合适的模型来描述日粮中酶浓度与鸡的生产性能之间的关系。根据建模的原则,第一,模型要尽可能简单,且参数要有明确的意义,第二,选择的模型要有高的 r^2 值和低的误差均方值或者 F 值^[12]。经分析比较,最后选择对数线性模型。

$$Y = A + B \log X \tag{1}$$

其中:Y 为生产性能(例如:增重,g),X 为日粮中的酶量(g 或重 u/公斤日粮),A 为截距(Y 轴),B 为直线的斜率(每日粮中酶量的对数值,引起的生产性能的变化)。这斜率 B 代表了酶处理总体效率的一个指标,A 则为反映未添加酶时的生产性能。

可是,由于零的对数值不存在,而不添加酶时(对照组)的值却有明显的意义。因此,必须选择一接近零值(ϵ)来替代零值,经理论分析推导^[1],一旦对数关系确定,此值亦为一常数。这就为以高的 r^2 值和低的误差均方值来选择 ϵ 奠定了理论基础。所得结果见表6。

这一对数线性模型,可简明地解释为:鸡的生产性能是日粮中添加酶量对数值的线性函数。模型预测,日粮中酶浓度增加10倍,动物生产性能将产生2倍的增量而不足10倍(即:酶从10到100相对浓度单位的增加表示相应的对数值为1和2)。这关系明显表示相当少量的酶对生产性能有显著的影响,而欲获得每一附加增量的改进,则须加更大量的酶。

比较试验1和试验2的数据及文献报告,均证实了上述关系。

三、方程的参数与酶制剂的催化效率

上述模型方程的意义不仅在于,揭示了日粮中酶制剂的添加量与家禽的生产性能之间的对数线性关系,以及可以预测酶的反应,更重要的是方程的参数的用途。严格的说来,上述预测方程中,截距 A 代表了一个预选酶量(ϵ 值)时的增重或者料重比,而曲线的斜率 B(每酶活单位的对数值的增重和料重比),则提供了评价某种酶制剂催化效率的基础。

1. 方程的修正与截距 A

上述模型方程中,取 ϵ 值的目的在于当 $X=0$ 时,即为未添加酶时,使方程有意义,但这种处理使 A 的意义不十分明确(见表1,3),为此,我们设 $\epsilon=1$,且使 X 扩大 C 倍,得方程(2):

$$Y = A + B \log(CX + 1) \quad (2)$$

C 取足够大时,使得1相对 CX 可以忽略,这与取 ϵ 相对 X 足够小的原则相同,但这样处理,当 $x=0$ 时(即未添加酶的对照组),得方程(3):

$$Y_0 = A + B \log 1 \quad (3)$$

这样 A 值的意义就十分明了,即表示未添加酶的生产性能 Y_0 ,但 C 值如何求?我们根据逐步逼近法及高的 r^2 以及低的误差均方的原则,设计了计算机专用程序(未发表资

表 3 日粮中添加的酶量与来航仔公鸡的生产性能的预测方程的参数(试验 1 和 2)

试验号	酶制剂	日	增 重					净改进 ² (Y-A)	相对改进 ² (Y-A)/A	料 重 比					净改进 (Y-A)	相对改进 (Y-A)/A
			A	B	C	B/A	R			A	B	C	B/A	R		
1	RM ₁	1	192.8	8.1	1	4.2×10^{-2}	0.9995	91	0.472	2.652	-4.025×10^{-2}	2	-1.518×10^{-2}	-0.9974	-0.56	-0.211
		2	338.3	4.5	1	1.3×10^{-2}	0.7510	55	0.157	2.337	-1.394×10^{-2}	1	-0.597×10^{-2}	-0.7585	-0.18	-0.078
		1+2	530.8	12.6	1	2.4×10^{-2}	0.9521	147	0.271	2.449	-2.725×10^{-2}	1	-1.113×10^{-2}	-0.9698	-0.32	-0.132
	NQ	1	193.8	9.4	1	4.9×10^{-2}	0.9475	109	0.548	2.628	-5.326×10^{-2}	1	-2.027×10^{-2}	-0.9543	-0.56	-0.214
		2	338.3	4.5	1	1.3×10^{-2}	0.9814	53	0.156	2.309	-8.17×10^{-2}	1	-2.027×10^{-2}	-0.9543	-0.08	-0.035
		1+2	532.0	13.9	1	2.6×10^{-2}	0.9729	162	0.301	2.425	-2.570×10^{-2}	1	-1.060×10^{-2}	-0.9751	0.26	-0.107
	RM ₁ +NQ	1	194.6	8.8	1	4.5×10^{-2}	0.9715	100	0.301	2.638	-4.249×10^{-2}	2	-1.611×10^{-2}	-0.9618	-0.57	-0.216
		2	338.0	4.6	1	1.4×10^{-2}	0.8976	54	0.157	2.317	-1.101×10^{-2}	1	-4.752×10^{-2}	-0.8765	-0.12	-0.052
		1+2	532.6	13.3	1	2.5×10^{-2}	0.9693	154	0.285	2.249	-2.263×10^{-2}	1	-0.932×10^{-2}	-0.9675	-0.29	-0.120
2	MR ₁ + NQ	1	165.9	8.4	1	5.1×10^{-2}	0.9483	107	0.615	2.924	-6.178×10^{-2}	1	-2.113×10^{-2}	-0.9944	-0.74	-0.533
		2	314.0	4.1	1	1.3×10^{-2}	0.7037	57	0.174	2.199	-2.717×10^{-2}	1	-0.1236×10^{-2}	-0.2005	-0.05	-0.023
		1+2	479.3	12.6	1	2.6×10^{-2}	0.8892	164	0.328	2.448	-2.186×10^{-2}	1	-0.8930×10^{-2}	-0.9270	-0.28	-0.116

1、所得参数均按修正方程 $Y = A + B \log(10^C X + 1)$ 求得。

2、净的改进及相对改进均用实测值,具体数据参见表 1 和表 2。

料),同时计算 A,B,C 值。我们用这一程序分析了试验1,2及有关文献^[7,14]结果见表3,4,5。A 值与对照组的接近程度充分证实了 A 为未添加酶时相应的生产性能,这是一个与日粮中抗营养因子的含量、鸡的种类与日龄、饲喂条件等有关的常数。

表4 肉鸡饲喂不同含量的黑麦日粮添加不同剂量酶制剂的生产性能所得预测方程的参数

生产性能	参数 ¹	日粮(小麦:黑麦)			
		(60:0)	(40:20)	(20:40)	(0:60)
增重	A	399.1	359.0	366.1	231.5
	B	1.5	2.7	9.4	23.6
	C	10	9	5	3
	B/A	3.9×10^{-3}	7.6×10^{-3}	2.6×10^{-2}	10.2×10^{-2}
	R	0.8090	0.9952	0.9808	0.9811
饲料转化率	A	0.6143	0.5772	0.5453	0.4380
	B	2.40×10^{-3}	2.592×10^{-3}	2.624×10^{-3}	1.417×10^{-2}
	C	10	10	10	5
	B/A	3.646	4.490	4.812	3.235
	R	0.7787	0.8404	0.8136	0.9964

1、原始数据取自 Bedford 和 Classen(1992),经分析计算求得参数。

2、参数按修正方程。 $Y = A + B \log(10^C X + 1)$,由设计的计算机程序自动求得,其中酶的单位采用(%)计算。

2. 曲线的斜率 B 与酶制剂的催化效率

比较试验1和试验2所得 B 的数据,可以充分说明,B 与酶制剂的催化效率有关。例如:对于试验1酶制剂反应的增重效果,合并 RM₁和 NQ 所得第一周的 B 值是29g,第二周为16g,料重比相应的 B 值是-0.17和-0.04(表6)。而对应于 RM₁和 NQ 对增重的反应分别分析,得到相应第一周和第二周的 B 值为19.1,14.2(RM₁)和27.9,13.2(NQ)。有趣的是第一周相应的二个酶制剂的增重反应,为了便于比较,两种酶活被设计得较为接近(表1)。但对生产性能(增重)的反应,NQ 的效果似乎优于 RM₁,这也充分地反

映在相应的 B 值上(27.9对19.1)。分析两者的酶谱(表7),在测试的酶谱中,NQ 除了有较高的纤维素酶活外,其它几乎与 RM₁相同。故此推测,NQ 复合酶制剂的总的催化效率似乎在本实验的条件下,要优于 RM₁。

表5 来航仔公鸡饲喂不同谷物日粮添加不同剂量酶的生产性能所得预测方程的参数¹

生产性能	参数 ²	日 粮			
		玉米(62.8)	小麦(70.0)	大麦(69.1)	黑麦(67.7)
采食量	A	274.8	248.1	220.0	220.0
	B	-0.502	0.19	2.11	3.95
	C	10	10	6	4
	B/A	-1.828×10 ⁻³	0.7586×10 ⁻³	9.609×10 ⁻³	17.94×10 ⁻³
	R	-0.8314	0.9038	0.9998	0.9929
增 重	A	135	125.1	113.0	97.03
	B	-0.7237	0.3507	0.9804	3.866
	C	4	10	10	4
	B/A	-5.361×10 ⁻³	2.804×10 ⁻³	8.675×10 ⁻³	39.84×10 ⁻³
	R	-0.9632	0.9843	0.9870	0.9998
料重比	A	2.041	1.990	1.950	2.280
	B	1.70×10 ⁻²	-1.212×10 ⁻²	-5.61×10 ⁻²	-29.66×10 ⁻²
	C	1	4	10	4
	B/A	8.329×10 ⁻³	-6.090×10 ⁻³	-2.879×10 ⁻²	-13.01×10 ⁻²
	R	0.9760	0.9935	-0.9501	-0.9994

1、原始数据取自 Marquardt 等(1994),经分析计算求得各项参数。

2、参数的计算同表5。

3、所用粗酶制剂富含木聚糖酶,β-葡聚糖酶,亦含有一定的纤维素酶、脂酶和淀粉酶。

上述关系在分析文献报导亦得到进一步证实。Bedford 和 Classen (1992)进行不同量的酶添加到含不同比例的两种谷类日粮的试验^[14]。他们用四种不同含量的黑麦(60,40,20,0),每一浓度日粮添加六种不同剂量的酶,所得增重的 B 值分别为64.4,36.1,18.8,10.5;料重比的 B 值分别为-0.205,-0.058,-0.052,-0.036。试验的结果表明,日粮中含黑麦越多,添加富含木聚糖酶的同一浓度的酶制剂,所得反应越大,这与用预测方程

计算得的 B 值反映相同。Marquardt 等(1994),研究了不同谷物基础日粮,例如玉米(62.8)、小麦(70.0)、大麦(69.1)、黑麦(67.7),添加不同剂量的同一酶制剂(富含木聚糖酶和β-葡聚糖酶),饲喂来航仔公鸡时对生产性能的影响^[7],发现无论是对采食量、增重还是料重比,添加酶制剂效果的次序依次为:玉米<小麦<大麦<黑麦,这与用对数线性方程所得相应 B 值的顺序相一致。证实 B 值是酶的催化效率有关的一个常数。

B 值的具体生产意义在于直接反映净的生产性能的改进,见表3。

表6 描述来航仔鸡的生产性能和日粮中酶含量的对数值之间
线性关系的回归方程(试验1)¹

参 数	方程 ^{2,3}	概 率	
		截矩(A)	斜率(B)
增重(g/6羽鸡)			
第一周	$Y=185+29\log X$	0.0001	0.0004
第二周	$Y=331+16\log X$	0.0001	0.003
二 周	$Y=517+45\log X$	0.0001	0.0001
料重比			
第一周	$Y=2.67-0.17\log X$	0.0001	0.003
第二周	$Y=2.33-0.04\log X$	0.0001	0.005
二 周	$Y=2.46-0.09\log X$	0.0001	0.0001
一般方程	$Y=A+B\log X$		

1. 此数据用两种酶(RM₁和 NQ)的合并数据计算所得,详情见表1。
2. 日粮中未添加酶使用的活性值(ε)是3.2U/公斤日粮,此值的推导请见正文。在方程用此替代值将可以估算接近无酶添加鸡生产性能。无酶添加时鸡生产性能的准确值列于表1。
3. 这些一般方程可以预测饲喂含有不同酶量日粮(U/公斤日粮)的鸡第一周(7-14日龄)、第二周(15-21日龄)和二周(7-21日龄)的生产性能。Y 值=鸡在不同试验期间的预测生产性能值[增重(g/6羽鸡)或者料重比],X=添加至日粮中的酶量(U/公斤日粮);B=直线的斜率[(g/6羽鸡)或者料重比/每公斤日粮中添加酶单位的对数值];以及 A=直线的斜率(g 或者 g/g),截距 A,是鸡饲非常低水平酶(ε 值)时估测的生产性能值。

· 相对 B' 值——相对催化效率

生产实践中常常使用相对改进率的概念。酶制剂的反应一般说来,第一周优于第二

周,二周的效果则介于其中。但表6中 B 的数值似乎难以反映这一事实。为此,我们将方程(1)改变形式:

$$\frac{Y-A}{A}=\frac{B}{A}logX \tag{4}$$

表7 二种酶制剂的酶谱分析

酶 谱	单位	pH	RM ₁	NQ
木聚糖酶	U/g	5.3	3450	7700
		6.5	2250	6000
β-葡聚糖酶	U/g	5.0	900	3300
		6.5	1450	4050
CMC—纤维素酶	U/g		850	3000
果胶酶	U/g		850	3000
蛋白酶	U/g	7.5	n. d ²	n. d ²
β-木糖苷酶	U/g		2.8	1.6
α-阿拉伯呋喃糖苷酶	U/g		4.8	160

1、各种酶活的分析由芬兰饲料国际有限公司协助分析。

2、n. d,实验条件下未测到。

并设 $B'=\frac{B}{A}$,称为相对 B' 值,方程的左边为生产性能相对于对照组的改进率,则 $B'=\frac{B}{A}$ 则为反映这种改进的酶的相对催化效率,表3,4,5列出的数据,较好地反映了相应的生产性能。

四、进一步研究的设想

1. 酶制剂质量的评判

至今尚无评判酶制剂质量好坏的统一标准。体外酶活的测定法,由于所用的 pH、温度和底物不统一,故难以比较^[13]。体内的生物测试法,由于必须控制一定的条件,如(1)需要相同的酶活,(2)需进行剂量反应曲线的实验,(3)生物反应的变异等,故难以给出科学的判据。我们预测方程中的 B 值,则为科学评判酶制剂的质量,寻找体内最佳作用位点,设

计新型复合酶制剂提供了科学的判别方法。

然而酶制剂的评判最终要走体外测评的路子。故此,以 B 值为基础,研究酶制剂的转换数, $V_{\max}/K_m$ 等与 B 的相关关系,发展体外评判酶制剂质量的可靠方法,必将是一个新的研究热点。

2. 影响方程参数的因素的进一步研究

预测方程不仅揭示了一般规律,更主要的是方程的参数。我们的研究发现。评多因素影响方程的参数,例如,日粮中的抗营养因子的含量,鸡的日龄和种类,酶制剂的类型,酶添加的表达方法(g/kg, U/kg)、生产性能所选用的标准(增重,料重比等)。探讨各种因素对参数的影响,贡献,可以揭示出更多、更有用的信息。

常数 C 的意义,亦有待进一步研究。

3. 利用方程进行投入产出的效益分析

(1) 预测收益

(2) 确定最佳谷物的替代量与酶的添加量

五、结论

用一个相当简单的方程,可准确预测家禽对日粮中酶的反应。方程表明,生产性能的每一增量的改进需要酶量连续10倍的增加,这一方程提供了一个简便估计日粮酶制剂效率的方法。方程的参数正确理解和求法必须引入适当的数学处理。A 为未添加酶时相应的生产性能,斜率 B 反映了酶的催化效率。其中方程以及参数尚有许多可待进一步研究的问题,包括:如何利用 B 来研究酶制剂质量的体外判据,利用方程进行投入产出等经济分析,研究影响参数的种种因素等。B 表达净的生产性能的改进, B' 反映相对未添加酶组的生产性能的改进率。

致谢:

本文得到加拿大 Manitoba 大学的 Marquardt 教授和 Guenter 教授以及导师韩正康教授的精心指导。在模型建立、模型的修正、及相应计算参数的程序设计,曾得到倪志平先生(加)、王国杰副教授、程极益教授的大力帮助,在此一并致谢。

参考文献

1. Zhang, Z. , Ronald. R. Marquardt, Guojie Wang, wilhelm Guenter. Gary H. Crow, Zhengkang Han, and Michael R. Bedford, (1996), A simple model for predicting the response of chicks to dietary enzyme supplementation. J. Anim. Sci. 74:394—402
2. Marquardt, Ronald. R. , (1996), Enhancement of the nutritive value of cereals for poultry by enzymes ;role of viscous water-soluble non-starch polysaccharides on chick performance. 动物营养中酶制剂国际学术讨论会论文集.
3. Campbell, G. L. and M. R. Bedford, 1992, Enzyme applications for monogastric feeds: A review. Can. J. Anim. Sci. 72:449
4. Hesselman, K. , K. Elwinger, and S. Thomke, 1982, Influence of increasing levels of β -glucanase on the productive value of barley diets for broiler chicks. Anim. Feed. Sci. Technol. 7:351
5. Hesselman, K. , and P. Aman, 1986, The effect of beta-glucanase on the utilization of starch and nitrogen by broiler chickens fed on barley low-or high-viscosity . Anim. Feed. Sci. Technol. 15:83
6. Friesen, O. D. , W. Guenter, R. R. Marquardt, and B. A. Rotter, 1992, The effect of enzyme supplementation of the apparent metabolizable energy and nutrient digestibilities of wheat, barley, oats, and rye for young broiler chicks. Poult. Sci. 71:1710
7. Marquardt, R. R. , D. Boros, W. Guenter, and G. Crow, 1994, The nutritive value of barley, rye, wheat and corn for young chicks as affected by the use of a *Trichoderma reesei* enzyme preparation. Anim. Feed Sci. Technol. 45:363
8. Fengler, A. I. , and R. R. Marquardt, 1988, Water-soluble pentosans from rye: II. Effects on the rate of dialysis and the retention of nutrients by the chick. Cereal Chem. 65:298
9. Fengler, A. I. , J. R. Dawlik, and P. R. Marquardt, 1988, Improvements

- in nutrient retention and changes in excreta viscosities in chicks fed rye-containing diets supplemented with fungal enzymes, sodium taurocholate and penicillin. *Can. J. Anim. Sci.* 68:483.
10. Friesen, O. D. , W. Guenter, B. A. Rotter, and R. R. Marquardt, 1991, The effect of enzyme supplementation on the nutritive value of rye grain (*Secale cereale*) for the young broiler chick. *Poult. Sci.* 70:2501
 11. Antonion, T. , R. R. Marquardt, and P. E. Cansfield, 1981, Isolation, partial characterization, and antinutritional activity of a factor (pentosans) in rye grain. *J. Agric. Food Chem.* 29:1240.
 12. Cody, R. P. , and J. K. Smith , 1991, *Applied Statistics and the SAS Programming Language* (3rd Ed.). Elsevier Science Publishers. Amsterdam. The Netherlands
 13. Bedford, M. R. and T. N. Goodman, 1996. New developments in feed enzyme analysis. *Finnfeeds Internation/Pharmochem Australia Seminar*. PP. 42—50
 14. Bedford, M. R. , and H. L. Classen, 1992, Reduction of intestinal viscosity through manipulation of dietary rye and pentosanase concentration is effected through changes in the carbohydrate composition of the intestinal aqueous phase and results in improved growth rate and food conversion efficiency of broiler chicks. *J. Nutr.* 122:560

谷物中的植酸酶及双低菜籽粕、 羽扇豆中的半纤维素

W. Guenter

(曼尼托巴大学动物科学系,温尼伯,加拿大)

摘要 猪禽饲料原料中的2/3的磷系以难溶的植酸(肌醇六磷酸)盐形式存在。植酸中磷利用率所知甚少,但范围从零到50%。如此宽的变化范围可能由一系列因素引起,例如饲料原料、日粮钙、动物年龄及维生素D水平。猪禽因不能有效地利用植酸磷而产生几个问题:(1)必须补充无机磷;(2)粪中磷含量增加;(3)植酸能螯合其他金属离子引起其他营养问题。虽然有些饲料原料内含有内源植酸酶,但该酶容易在胃肠道内低于pH3的环境及饲料制粒温度为70—80℃时失活。由曲霉属(*Aspergillus*)真菌生产的微生物植酸酶pH活性宽,并已证明可有效地降解植酸磷。研究表明每公斤猪饲料中加入500单位Natuphos—5000相当于0.1%无机磷。产蛋鸡需要300—400单位,生长鸡与大鸡需600单位。

寡聚糖广泛存在于豆料及油料籽实。报导的水平为豆饼5.3%,豌豆5.7%,羽扇豆8—9%,双低油菜籽粕(Canola)2.6%。寡聚糖为棉子糖、水苏糖及毛蕊糖系列的半乳糖苷,这些糖可以在后肠发酵。已有人指出家禽日粮中的寡聚多糖可能有抗营养效果,通过萃取或加外源 α -半乳糖苷酶水解去除该糖可能有益。迄今为止的研究结果尚不统一,亦如 α -半乳糖苷酶的饲养效果。但有的酶组合可能通过去除 α -半乳糖苷而获益。

关键词 植酸盐、植酸酶、 α -半乳糖苷及 α -半乳糖苷酶

引言

笔者在“酶使用实践经验”一文中指出,对纤维或非淀粉多糖(NSP)水解的研究集中在禾本科谷物如小麦、燕麦、大麦、小黑麦和黑麦。这一领域研究深度足以使酶广泛用于家禽日粮以改进禾本科饲料的营养价值。最近几年,随着新型酶制剂的开发,其它目标底物也正在得到研究。植酸酶对植物中植酸磷的作用, α -半乳糖苷酶对蛋白质源、羽扇豆(Lupin)和豆科植物的作用越来越受到重视(Campbell and Bedford, 1992)。这些酶经常与其它酶一起添加可促使抗营养因子更有效地水解。

植酸:大约三分之二的植物磷是以难溶的植酸盐(六磷酸肌醇,植酸)形式存在,猪与禽对其消化率非常有限。

饲料中植酸磷的含量通常与植物的不同部分有关。油籽饼粉和禾本科副产物含大量的植酸磷,禾本科谷物和豆科籽实含中等数量的植酸磷(Ravindran et al,1995)。表1列出了各种饲料及其植酸磷的含量。

表1 各种饲料组分中植酸磷含量

原 料	植酸磷 g/100g 干物质	植酸磷 占总量的%
谷 物		
玉 米	.24	72
小 麦	.27	69
大 麦	.27	64
高 粱	.24	66
大 米(未碾)	.27	77
食用豆科作物		
豌 豆	.24	50
油籽饼粉		
大豆饼粉	.39	60
菜籽饼粉	.70	59
向日葵饼粉	.89	77

资料来自 Ravindran et al,1995.

植酸磷对家禽的利用率变化范围从零(Nelson,1976)到50%以上(Edwards 1983, 1993). Ballan et al,1985 报导水解值范围为3—42%。这些作者指出其利用率取决于日粮中的钙含量、饲料种类、无机磷的浓度(Temperton and Cassidy,1964)、动物的年龄和维生素 D₃的含量(Edwards,1993;Mohammed et al,1991)。

家禽和猪不能利用植酸磷带来如下实际问题:(1)需要添加无机磷(价钱最昂贵的矿物质);(2)大量的磷排泄于粪便造成环境污染;(3)植酸与其它金属离子(如 Ca⁺⁺、Mg⁺⁺、Zn⁺⁺、Fe⁺⁺)络合导致另外的营养问题。

为了使植酸磷中的磷能为猪和家禽利用,植酸磷必须被水解为六分子的无机磷酸和环己六醇(肌醇)。

已确认两种植酸酶(IUPAC—IUB,1976):3—植酸酶(EC2. 1. 3. 8)(在第3个位点开始水解酯键)和6—植酸酶(EC3. 1. 3. 26),其首先在位点6开始水解。两种植酸酶都能水解

所有位点的6磷酸盐。

植酸在消化道的降解可能由3种植酸酶起作用,(1)肠道植酸酶;(2)存在于肠道的微生物植酸酶;(3)存在于饲料中的内源植酸酶(见表2)。

表2 一些饲料原料的内源植酸酶的活性

原 料	植酸酶活性 单位/公斤 ¹
小 麦	1193
大 麦	582.
黑 麦	5130
玉 米	15
稻 壳	122
羽扇豆	0
大豆饼粉	8
菜籽饼粉	16

1:1单位克分子/分在 pH5.5,37℃(底物钠·植酸)。

资料来自 Eeckhout and De Paepe,1994.

表3 玉米、小麦中的植酸溶解度

pH	溶解度 %		
	玉 米	小 麦	植酸酶活性
<1	100	100	无活性
1	75	80	无活性
2&3	38	45	无活性?
4	52	58	有活性
5	82	60	有活性
6	90	70	有活性
7	95	80	?无活性?
8	93	73	无活性?

资料来自 Sheuermann et al,1988.

由于植酸的利用率较低,很明显肠道植酸酶和微生物植酸酶效果极微,至少于幼龄禽

类如此。早已证明饲料中的内源植酸酶可以水解植酸磷。不幸地是,适合植物植酸酶活性的最佳 pH 范围为4—6(Irving,1980),虽然一些活性可在 pH3.0保留。因此不可能期望此类酶能在高度酸性条件下(pH1.0—2.5)存活(Hill,1971)(腺胃和肌胃)。而在此段消化道内植酸的溶解率也高(Sheuermann et al,1988),见表3。

内源植酸酶受热不稳定,饲料加工温度通常在70—80℃,在此情况下,内源植酸酶极易失去活性(Jongbloed and kemme,1990)。因此,改进饲料中植酸利用的大量研究集中于微生物植酸酶的使用,该酶要求的 pH 活性范围较大(2.5和5.5),也更耐热(见表4)。

表4 加工温度对植酸酶存活的影响

加工颗粒前的 粉料温度	制粒温度	植酸酶活性	剩余的活性
(°)	(°)	(单位/公斤)	(%)
制粒前的饲料酶		250	100
50	78	240	96
50	81	234	94
65	84	208	83
65	87	115	46

资料来自 Simons et al 1990.

过去微生物植酸酶产量低,成本高(Hom,1989),限制了它的商业开发价值。但随着生物技术的发展,使这一领域出现了新的希望,尤其是在一些地方,法律规定必须降低磷的排泄污染。

微生物植酸酶作为饲料添加剂:三十年前,Nelson et al (1968)是第一个证明了植物成分(如大豆粉)中的植酸磷可以被曲霉属(*aspergillus ficuum*)产生的植酸酶水解。次年 Rojas and Scott (1969)也报导了曲霉属产生的植酸酶几乎完全水解了棉籽饼粉中的植酸。

从大量文章发表(Simons et al,1990;Schoner et al,1991; Jongblaed et al,1992; Kornegay,1996;Qian et al,1996,Yi et al,1996)和大量的资料在学术会议和营养专题论文集集中报导(动物营养酶,第一届专题学术会,1993;BASF 技术专题会,1996;Ravindran et al,1995),可见对微生物源植酸酶的研究兴趣越来越高。

在可利用磷较低的日粮中添加植酸酶对猪和家禽已明确无误地证明是有效的。

Schoner et al 1993 用仔猪饲喂大麦/小麦/大豆日粮,添加无机磷或植酸酶(见表5),结果表明,添加植酸酶的低磷日粮(0.5%/0.38%)和添加无机磷(0.6%/0.48%)的日粮,

其仔猪生长速度和饲料利用效率是一致的。

表5 仔猪饲喂大麦/小麦/大豆日粮添加无机磷或植酸酶的效果

日粮总磷 (%)		植酸酶 活 性	平 均 日增重	饲料消耗	饲料:增重
开食料	生长料	单位/公斤	克/天	公斤/天	
0.6	0.48	—	769 ^a	1.59 ^a	1.99 ^a
0.5	0.38	—	703 ^a	1.45 ^a	2.06 ^a
0.5	0.38	500	739 ^a	1.47 ^a	1.98 ^a
0.45	0.35	750	759 ^a	1.53 ^a	2.02 ^{ab}

资料来自 Schoner et al,1993

与此相同,Jongbloed et al(1993)也证明了在每公斤基础日粮中添加1500单位植酸酶,其仔猪的生产性能优于添加0.1或0.2%无机磷的日粮(见表6)。该报导认为每公斤日粮添加1500单位植酸酶明显提高了植酸的利用率。

表6 11—30公斤活重的仔猪饲喂基础日粮 A 添加无机磷
或植酸酶(1500单位/公斤)的生产效果

处理	数量	活重 (kg)	日增重 (g)	饲料采食量 (g/d)	饲料:增重
基础日粮(BD)	93	23.5 ^a	424 ^a	695 ^a	1.65 ^a
BD+1克 pi	95	24.7 ^b	469 ^b	739 ^b	1.59 ^b
BD+2克 pi	95	24.4 ^{ab}	456 ^b	735 ^b	1.62 ^{ab}
BD+植酸酶	93	26.5 ^c	529 ^c	802 ^c	1.52 ^c

资料来自 Jongbloed et al,1993.

Cromwell et al (1993)在生长—肥育猪日粮中添加250、500或1000单位/公斤微生物植酸酶,观察到其生长速度、饲料采食量和饲料/增重线性提高。1000单位的酶大约转化三分之一不能利用的磷为可利用磷。据估计500单位的植酸酶产生的作用与1克无机磷相等。

用家禽也获得了同样的效果。Simons et al(1990)评估了低磷(0.45%)日粮添加无机磷(0.15,0.3%)或四种水平的微生物植酸酶(375、750、1500和2000单位/公斤)(见表7)的效果。最低浓度的植酸酶明显提高了磷的利用率,而两个高浓度的植酸酶虽然也提高了磷利用率和生长速度,但差异不显著。每公斤日粮添加了375单位植酸酶,其效果与添加0.15和0.3%无机磷的效果相同,因而明显减少了磷的排泄量。Cromwell (1991)证明日粮添加植酸酶时,明显降低了日粮磷的需要和粪便磷的排泄,从而减少了环境污染。

表7 微生物植酸酶对总磷利用、排泄和肉鸡生产性能的影响

总 磷	添加的植酸酶	磷利用率	生长 0—4周龄	饲料:增重 0—4周龄
%	(单位/kg)	(%)	(g)	
45	0	51.6 ^a	788 ^a	1.59
.6	0	16.2 ^b	1066 ^b	1.58
.75	0	41.4 ^c	1081 ^b	1.59
.45	375	60.0 ^d	1101 ^b	1.57
.45	750	61.7 ^d	1087 ^b	1.58
.45	1500	62.3 ^d	1139 ^b	1.54
.45	2000	62.6 ^d	1125 ^b	1.56

资料来自 Simons et al. 1990

最近作者的实验室进行了在低有效磷的家禽日粮中添加植酸酶的效果研究(Slominski and Guenter, 未发表)。肉鸡饲喂小麦/双低菜籽饼基础日粮,其日粮有效磷含量分别为0.2,0.3,0.4%,微生物植酸酶的添加量分别为0,100,200,400单位。结果清楚地显示了增重和饲料转化率随着无机磷含量增加而改善(表8)。添加最低浓度的植酸酶明显改善了肉鸡体重和饲料转化率。添加较高浓度的植酸酶效果与最低浓度的植酸酶的效果相同。

表8 添加植酸酶改善了家禽日粮中双低菜籽饼的磷利用率

可利用的磷	植酸酶含量(单位/公斤)				
%	0	100	200	400	$\bar{X}$
					0—2周龄增重(g)
.2	82.0	87.6	90.5	87.7	86.9c
.3	86.8	89.2	92.1	95.5	90.9b
.4	89.7	98.2	96.3	95.7	95a
$\bar{X}$	86.2b	91.7a	92.9a	93.0a	
					0—2周龄料:增重
.2	2.31	2.22	2.20	2.22	2.24a
.3	2.27	2.22	2.24	2.23	2.24a
.4	2.24	2.16	2.16	2.15	2.18b
$\bar{X}$	2.27a	2.20b	2.20b	2.20b	

未发表资料 Guenter and Slominski, 1994.

进一步的研究(Simbaya et al 1996)显示添加蛋白酶和碳水化合物酶可以加强微生物植酸酶的效果(见表9)。在含有效磷0.35%的日粮中添加0.01%植酸酶效果甚微。但同时添加0.05%的蛋白酶和碳水化合物酶,植酸磷的利用率大大提高。其家禽生产性能的改善

相当于含有效磷0.45%的对照日粮。该结果表明上述酶对植酸酶的活性有协同影响。

最近发表的资料(BASF,技术专题会议论文,1996)总结了猪和家禽使用微生物植酸酶的推荐量:各类猪,500单位/公斤日粮;产蛋鸡,300单位/公斤;其它鸡600单位/公斤日粮。应用上述推荐量的植酸酶将降低无机磷的需要量1克/公斤日粮和同样数量的钙需要量。但产蛋鸡例外,其钙需要量将减少3克/公斤日粮。

表9 肉鸡(4—11日龄)饲喂实用小麦双低菜籽饼基础日粮
添加酶对其生产性能的协同影响

日粮/酶	饲料采食量 (g)	增重 (g)	饲料:增重
对照(0.35%有效磷)	177	116.7 ^b	1.52 ^a
+植酸酶(0.01%)	175	118 ^{ab}	1.48 ^{ab}
+植酸酶,蛋白酶(0.01%)	171	116.5 ^b	1.47 ^{ab}
+植酸酶、碳水化合物酶(0.05%)	171	117 ^b	1.46 ^{ab}
+植酸酶、蛋白酶、碳水化合物酶	176	124.2 ^a	1.41 ^b
对照(0.45%有效磷)	176	124.8 ^a	1.42 ^b

资料来自 Simbaya et al. 1996

表10 褐、黄色油菜籽饼与豆饼的碳水化合物组分(%干物质)

组 分	菜 籽 饼		豆 饼
	褐 色	黄 色	
葡萄糖与果糖	0.5	0.6	0.5
蔗 糖	7.7	9.8	6.9
寡聚糖	2.5	2.4	5.3
淀 粉	2.5	2.6	0.7
非淀粉多糖	17.9	21.4	20.3
纤维素	4.6	6.0	5.5
半纤维素/果胶	13.3	15.4	14.8
木质素及多酚类	8.0	3.2	1.0
总的碳水化合物	31.1	36.8	33.7

资料来自 Slominski and Campbell 1990,1991

油菜籽饼和羽扇豆中的半纤维素

油菜籽饼:半纤维素是高等作物细胞壁中多糖淀粉的主要成分之一。它们与纤维素和胶质连结在一起,组成了几种非淀粉非纤维素多糖。包括多聚木糖(阿拉伯木聚糖和4—0甲基葡萄糖醛木聚糖),多聚半乳糖甘露糖和葡萄糖—甘露糖, β -D 葡聚糖(3—和4—) β -D—葡聚糖—愈仓葡聚糖(3—键),多聚木糖—葡萄糖(4—键 β -D—葡聚糖与侧链联结)

(Chesson,1987)。存在于谷物中的 β -葡聚糖和阿拉伯木聚糖已被确定是导致麦类饲料营养价值低的抗营养因子(Bedford,1995)。早期的研究证实了可溶性 β -葡聚糖和阿拉伯木聚糖造成消化道内粘稠,导致消化率降低(Antoniou and Marquardt,1982;White et al. 1983)。这些可溶性非淀粉多糖对营养物利用率和动物生产性能的影响已在本次学术会上广泛讨论。

油菜籽饼是油料工业的副产物,是动物饲料的良好蛋白质来源(Bell,1982)。一般而言,油菜饼的氨基酸组成是猪(农业研究委员会,1980)和家禽(Baker and Chung,1992)。较高的精氨酸和含硫氨基酸使其对家禽尤其实用。

油菜饼的碳水化合物成分约占三分之一由蔗糖、寡聚糖、淀粉和非淀粉多糖组成(见表10)。其低分子量的碳水化合物与豆饼粉相同,但豆饼粉含较高的寡聚糖。由于油菜饼纤维含量高,对家禽而言,其能量太低(1900-2000大卡/公斤),约低于大豆粉280大卡/公斤(Clandinin,1989)。

早期的研究已表明非淀粉多糖的溶解度是导致麦类饲料生产性能差的主要原因。菜籽饼的非淀粉多糖溶解度相对较低(Slominski et al,1994)。因此按麦类饲料添加酶的方法对菜籽饼可能反应不同。

Slominski and Campbell (1990)在对产蛋鸡的研究中用40%的油菜饼的半纯合日粮饲料喂产蛋鸡,分加或不加粗酶(含较高的多糖葡萄糖酶)两个组,结果表明:非纤维多糖的消化率从3.2%提高到40.5%,但这类糖的消化率提高对家禽的效益未得到证实。

已进行了大量的试验研究蛋白酶和糖化酶加入菜籽饼粕的效果,见表11。碳水化合物酶可使饲料转化率改善5%,生长速度略有改善。Simbaya et al (1996)(见表9)证明了蛋白酶、碳水化合物酶、植酸酶饲喂给4-11日龄雏鸡的协同作用效果。然而这种明显的协同效应到两周后似乎仅仅变为趋势。该试验建议开发一种有效的多酶制剂用于菜籽饼日粮,但尚需进一步研究。

表11 肉鸡饲喂半纯合菜籽饼日粮加0.05%和不加碳水化合物酶对生产性能的影响

酶	采食量 (g)	增 重 (g)	饲料:增重
对照组	540	352	1.53 ^a
碳水化合物酶1	544	362	1.50 ^b
碳水化合物酶2	559	382	1.46 [*]
碳水化合物酶3	544	357	1.52 ^a

* :5%改善

资料来自 Guenter et al 1994

菜籽饼中含2.5%的寡聚糖如棉籽糖、水苏糖、毛蕊花糖,意味着降低家禽日粮中豆饼

的能量利用效果(Coon et al, 1990)。这些 α -半乳糖苷不能在单胃动物的小肠水解, 因为缺乏 α -(1,6)半乳糖苷酶(Irish et al, 1995)。肠道内较高浓度的此类糖可能引起食糜滞留, 从而对营养物的吸收和利用产生不利影响。在小肠中未被分解的消化物进入后肠发酵, 将导致肠道胀气, 消化紊乱(Classen, 1996)。

Coon 等(1990)及 Leske 等(1991, 1993a)报导, 使用乙醇浸提豆饼, 去除 α -半乳糖苷可使非淀粉多糖的消化率和真代谢能(TME_n)改善。添加棉籽糖和岩藻糖到大豆蛋白浓缩日粮中将降低其真代谢能值(Leske et al, 1993b)。Irish 等(1995)也证明了用乙醇浸提豆饼的有利效果为总能值增加, 但真代谢能无变化。Slominski 等(1994)发现用乙醇浸提菜籽饼无效, 反而使总能值和真代谢能值下降。这是由于菜籽饼与豆饼相比, 前者含有较多的乙醇可溶物, 较少的寡聚糖。Coon 等(1990)报导乙醇浸提后, 纤维消化率提高。然而 Slominski 等(1994)报导用日粮酶从菜籽饼中去除寡聚糖不会改变非淀粉多糖的消化率。他们认为用乙醇浸提豆饼, 是因为乙醇溶解物而不是寡聚糖改善了纤维的消化率和真代谢能值。这与 Angel 等(1988)和 Irish 等(1995)的研究结果一致。

羽扇豆: Aguilera 等(1985)报导羽扇豆中的半纤维素含量大大低于大麦中的含量(3.39%:13.6%)。Batterham 等(1986)也报导羽扇豆的半纤维素含量非常低(1.7和2.7%)。Cheng 等(1991)报导羽扇豆中寡聚糖的含量为8—9%。因此, 家禽饲喂含羽扇豆日粮, 其相对高的 α -半乳糖苷将对家禽产生抗营养影响。

Brenes 等(1993)研究评估了几种酶制剂添加入含羽扇豆的家禽日粮对羽扇豆营养价值的改善效果。添加的三种酶制剂为: Energex 其半纤维素酶, β -葡聚糖酶和果胶酶活性高; Biofeed Pro, 蛋白酶活性高; Novozyme SP230, α -半乳糖苷酶和旋复花糖酶活性高, 纤维素酶 TV, 纤维素酶活性高。这些酶制剂各自加入或以0.1%的浓度混合加入含羽扇豆70%的日粮。虽然碳水化合物酶(Energex)和 α -半乳糖苷酶(Novozyme SP230)对生长和饲料利用率有所改善, 但差异不显著。添加纤维素酶无效(见表12)。但当添加蛋白水解酶活性高的制剂(Biofeed Pro), 无论单独添加于日粮或与能量酶或 Novozyme 酶结合添加时, 其效应明显($p < 0.05$)。最大的酶效应(增重提高18%, 饲料转化率改善10%)系由三种酶制剂共同添加于日粮, 从而表明这三种酶之间存在协同效应。

Carre 和 Leclercq (1985)已经证明羽扇豆子叶中的细胞壁成分主要由高浓度的果胶类似物和低水平的纤维素、木质素组成。果胶类似物由支链 β (1→4)半乳糖组成, 该糖具较高的发酵能力(Carre et al, 1985)。然而这类化合物可能为 α -半乳糖苷酶的反应底物。羽扇豆中的 α -半乳糖苷可能有抗营养作用, 但不是主要的抗营养因子。Brenes 等(1989)证明日粮中含羽扇豆的寡聚糖提取物(干燥), 对家禽生产性能无不利影响。由 Brenes 等(1993)证实的协同效应认为 α -半乳糖苷酶可与其它酶共同产生作用改善羽扇豆的营养价值。

表12 酶添加于含羽扇豆70%的日粮对肉鸡(7—21日龄)生产性能的影响

酶	采食量 (g)	增 重 (g)	饲料:增重
对照组	630	367 ^c	1.72 ^a
Energex(0.1%)(EN)	638	394 ^{abc}	1.62 ^{abc}
Biofeed Pro (0.1%)(BP)	670	416 ^{ab}	1.61 ^{bc}
Novozyme (0.1%)(NOV)	637	386 ^{bc}	1.65 ^{ab}
纤维素酶 TV(0.1%)	647	377 ^{bc}	1.72 ^a
Energex + Biofeed Pro	669	418 ^{ab}	1.60 ^{bc}
Energex + Novozyme	674	414 ^{ab}	1.63 ^{abc}
Biofeed Pro + Novozyme	628	404 ^{abc}	1.56 ^{bc}
En. + B. P. + NOV	671	433 ^a	1.55 ^c

abc 示 $P < 0.05$, 相同字母示 $P > 0.05$. 资料来自 Brenes 等(1993)

人们也注意到添加酶除了改进羽扇豆的营养价值外,还使消化道各段的长度和大小降低及胰腺变小。可能因为完整的碳水化合物减少而引致微生物群减少。

结论:

1. 猪和家禽日粮中含300—600单位的植酸酶相当于添加0.1%的无机磷。
2. 植酸酶、蛋白酶和碳水化合物酶共同添加于含菜籽饼的家禽日粮中可获得最好的生产性能。
3. 菜籽饼和羽扇豆中的寡聚糖不是主要的抗营养成分。
4. 羽扇豆和菜籽饼两者添加复合酶效果最好。
5. 需要进一步研究以寻找最佳的酶合剂用于含菜籽饼和羽扇豆的日粮。

参 考 文 献

- Agricultural Research Council, 1980. The nutrient requirements of pigs. C. A. B., Slough, England. pp 67—124.
- Aguilera, J. F., E. Molina and C. Prieto, 1985. Digestibility and energy value of sweet lupin seed (*Lupinus albus* var. multolupa) in pigs. Anim. Feed

Sci. Technol. 12:171—178.

Angel, C. R. , J. L. Sell and D. R. Zimmerman, 1988. Antolysis of α -galactosides of defatted soy flakes; Influence on nutritive value for chickens. J. Agric. Food Chem. 36:542—546.

Antoniou, T. C. and R. R. Marquardt, 1982. The utilization of rye by growing chicks as influenced by autoclave treatment, water extraction and water soaking. Poult. Sci. 62:91—102.

Baker, H. D. and T. K. Chung, 1992. Ideal protein for swine and poultry. Biokyowa Technical Review No. 4

Ballam, G. C. , T. S. Nelson, L. K. Kirby, 1985. Effect of dietary levels of calcium and phosphorus on phytate hydrolysis by chicks. Nutr. Rep. Inter. 32(4):909—913.

BASF Technical Symposium, 1996. Phosphorus and calcium management in layers. Jan. 23. World Congress Center, Atlanta, Georgia.

Batterham, E. S. , L. M. Anderson, B. B. Burnham and G. A. Taylor, 1986. Effect of heat on the nutritional value of lupin (*L. angustifolius*)—seed meal for growing pigs. Br. J. Nutrition 55:169—177.

Bedford, M. R. , 1995. Mechanism of action and potential environmental benefits from the use of feed enzymes. Anim. Feed Sci. Technol. 53:145—155.

Bell, J. M. , 1982. From rapeseed to Canola: A brief history of research for superior meal and edible oil. Poultry Sci. 61:613—622.

Brenes, A. , R. R. Marquardt, W. Guenter and B. A. Rotter, 1993. Effect of enzyme supplementation on the nutritional value of raw, autoclaved and dehulled lupins (*Lupinus albus* L.) in chicken diets. Poultry Sci. 72:2281—2293.

Brenes, A. , J. Trevino, C. Centino and P. Yuste, 1989. The influence of α -galactosides extracted from lupin seed (*L. albus*) on the digestion of dietary starch by growing chicks. pp 374—377 in: Recent advances of research in antinutritional factors in legume seeds. J. Huisman, A. F. B. van der Poel

- and J. E. Liener, eds. Pudoc, Wageningen, The Netherlands.
- Campbell, G. L. and M. Bedford, 1992. Enzyme application for monogastric feeds: A review. *Can. J. Anim. Sci.* 72:449—466.
- Carre, B. and B. Leclercq, 1985. Digestion of polysaccharides, protein and lipids by adult cockerels fed on diets containing a pectic cell-wall material from white lupin (*Lupinus albus L.*) cotyledon. *Br. J. Nutr.* 54:669—680.
- Carre, B., J. M. Brillouet and J. F. Thibault, 1985. Characterization of polysaccharides from white lupin (*Lupinus albus L.*) cotyledons. *J. Agric. Food Chem.* 33:258—292.
- Chesson, A. 1987. Supplementary enzymes to improve the utilization of pig and poultry diets. *In* Recent advances in animal nutrition. W. Harisign and D. J. A. Cole (eds.) pp 71—89, Butterworths.
- Cheung, P. C. K., 1991. Ph. D. Thesis as cited by Annison, G. and M. Choct, 1993. Enzymes in poultry diets. Proceedings of the 1st Symposium on Enzymes in Animal Nutrition, Kartause, Ittingen, Switzerland, October 13—16.
- Clandinin, D. R. ed, 1989. Canola meal for livestock and poultry. Publication of the Canola Council of Canada.
- Classen, H. L. 1996. Enzymes in action. *Feed Mix* 4(2):22—28.
- Coon, C. N., K. L. Leske, O. Akavanichan and T. K. Cheng, 1990. Effect of oligosaccharide—free soybean meal on true metabolizable energy and fiber digestion in adult roosters. *Poultry Sci.* 69:787—793.
- Cromwell, G. L., T. S. Stahly, R. D. Coffey, H. J. Monegue and J. H. Randolph, 1993. Efficacy of phytase in improving the bioavailability of phosphorus in soybean meal and corn—soybean meal diets for pigs. *J. Anim. Sci.* 71:1831—1840.
- Cromwell, G. L., 1991. Phytase appears to reduce phosphorus in feed, manure. *Feedstuffs* 63:(41)14.
- Eeckhout, W. and N. De Paepe, 1994. Total phosphorus, phytate—phos-

- phorus and phytase activity in plant feedstuffs. *Anim. Feed Sci. and Tech.* 47:19—29.
- Edwards, J. H. M. 1993. Dietary 1,25 dihydroxy-cholecalciferol supplementation increases natural phytate phosphorus utilization in chickens. *J. Nutrition* 123:567—577.
- Edwards, J. H. M. 1983. Phosphorus. 1. Effect of breed and strain on utilization of suboptimal levels of phosphorus in the ration. *Poult. Sci.* 62:77—84.
- Hill, K. J. ,1971. The physiology of digestion *in Physiology and Biochemistry of the Domestic fowl*, Volume 1 eds. D. J. Bell and B. M. Freeman, Academic Press, London, p. 25.
- Han, Y. W. 1989. Use of microbial phytase in improving the feed quality of soya bean meal. *Anim. Feed Sci. Technol.* 24:345—350.
- Irving, G. C. J. ,1980. Phytases, *In Inositol Phosphates* ed. D. J. Cosgrove, Elsevier, Amsterdam. p. 85.
- Irish, G. G. , G. W. Barbour, H. L. Classen, R. T. Tyler and M. R. Bedford, 1995. Removal of the α -galactosides of sucrose from soybean meal using ether ethanol extraction or exogenous α -galactosidase and broiler performance. *Poult. Sci.* 74:1484—1494.
- IUPACI—IUB,1976. Enzyme nomenclature recommendations. Supplement 1. *Biochem. Biophys. Acta.* 429:1.
- Jongbloed, A. W. ,P. A. Kemme and X. Mroz,1993. The role of microbial phytases in pig production. *In proceedings of the 1st Symposium. Enzymes in Animal Nutr.* Switzerland October 13—16. pp.173—180.
- Jongbloed, A. W. ,Z. Mroz and P. A. Kemme,1992. The effect of supplementary *Aspergillus niger* phytase in diets for pigs on concentration and apparent digestibility of dry matter, total phosphorus and phytic acid in different sections of the alimentary tract. *J. Anim. Sci.* 70:1159—1168.
- Jongbloed, A. W. and P. A. Kemme, 1990. Effect of pelleting mixed feeds on phytase activity and the apparent absorbability of phosphorus and calcium

- in pigs. *Anim. Feed Sci. Technol.* 28:233—242.
- Kornegay, E. T. ,1996. Phytase in poultry and swine phosphorus management. BASF Technical Symposium. CFIA Eastern Nutrition Conference, May 15, Halifax, NS. pp. 71—113.
- Leske, K. L. ,C. J. Jevne and C. N. Coon,1993a Extraction methods for removing soybean α -galactosides and improving true metabolizable energy for poultry. *Anim. Feed Sci. Technol.* 41:73—78.
- Leske, K. L. , C. J. Jevne and C. N. Coon,1993b. Effect of oligosaccharide addition on nitrogen corrected true metabolizable energy of soy protein concentrate. *Poultry Sci.* 71:664—668.
- Leske, K. L. O. Akavanichan, T. k. Cheng and C. N. Coon,1991. Effect of ethanol extraction on nitrogen-true metabolizable energy for soybean meal with broilers and roosters. *Poultry Sci.* 70:892—895.
- Mohammed, A. ,M. J. Gibney and T. G. Taylor,1991. The effects of dietary levels of inorganic phosphorus, calcium and cholecalciferol on the digestibility of phytate-P by the chick. *Br. J. Nutr.* 66:251—259.
- Nelson, T. S. ,T. R. Shiek, R. J. Wodzinski and J. H. Ware,1968. The availability of phytate phosphorus in soybean meal before and after treatment with mold phytase. *Poult. Sci.* 47:1842—1848.
- Nelson, T. S. ,1976. The hydrolysis of phytate phosphorus by chicks and laying hens. *Poult. Sci.* 55:2262—2264.
- Proceedings of the 1st Symposium. 1993. *Enzymes in Animal Nutrition.* eds. C. Wenk and M. Boessinge, Kartaue, Ittingen, Switzerland. October 13—16.
- Qian, H. ,E. T. Kornegay and D. M. Denbow,1996. Phosphorus equivalency of microbial phytase in turkey diets as influenced by calcium to phosphorus ratios and phosphorus levels. *Poult. Sci.* 75:69—81.
- Ravindran, V. ,W. L. Bryden and E. T. Kornegay, 1995. Phytates: Occurrence, Bioavailability and Implications in Poultry nutrition. *Poultry and Avian Biology Reviews* 6(2):125—143.

- Rojas, S. W. and J. L. Scott, 1969. Factors affecting the nutritive value of cottonseed meal as a protein source for chick diets. *Poult. Sci.* 48:819—834.
- Sheuermann Von, S. E., H. J. Lantzsch and K. H. Menke, 1988. *In vitro* and *in vivo* experiments on the hydrolysis of phytate. Activity of plant phytase. *J. Anim. Physiol. Anim. Nutr.* 60:64—75.
- Schoner, F. J. mP. P. Hoppe, G. Schwarz and H. Wiesdie, 1993. Effects of microbial phytase and inorganic phosphate in broiler chickens: Performance and mineral retention at various calcium levels. *J. Anim. Physiol. Anim. Nutr.* 69:235—244.
- Schoner, F. J., P. P. Hoppe and G. Schwarz, 1991. Comparative effects of microbial phytase and inorganic phosphorus on performance and retentions of phosphorus, calcium and crude ash in broilers. *J. Anim. Physiol. anim. Nutr.* 66:248—255.
- Simaya, J., B. A. Slominski, W. Guenter, A. Morgan and L. D. Campbell, 1996. The effects of protease and carbohydrase supplementation on the nutritive value of Canola meal for poultry; *In vitro* and *in vivo* studies. *Anim. Feed Sci. Technol* (In Press).
- Simons, P. C. M., H. A. J. Versteegh, A. W. Jongbloed, P. A. Kemme, P. Slump, K. D. Bos, M. G. E. Wolters, R. F. Beudeker and G. J. Verschoor, 1990. Improvement of phosphorus availability by microbial phytase in broilers and pigs. *Br. J. Nutr.* 64:525—540.
- Slominski, B. A., L. D. Campbell and W. Guenter, 1994. Oligosaccharides in Canola meal and their effect on nonstarch polysaccharide digestibility and true metabolizable energy in poultry. *Poultry Sci.* 73:156—162.
- Slominski, B. A. and L. D. Campbell, 1991. The carbohydrate content of yellow-seeded canola. pp. 1402—1407 in: *Proceedings of the 8th International Rapeseed Conference*, Saskatoon, SK, Canada.
- Slominski, B. A. and L. D. Campbell, 1990. Nonstarch polysaccharides of Canola meal; Quantification, digestibility in poultry and potential benefit

- of dietary enzyme supplementation. *J. Sci. Food Agric.* 53:175—184.
- Temperton, H. and J. Cassidy, 1964. Phosphorus requirements of poultry.
- Ⅲ The effect of feeding a vegetable type diet without supplemental phosphorus to turkey poults. *Brit. Poult. Sci.* 5:87—88.
- White, W. B. and H. R. Bird. M. L. Sunde and A. Marlett, 1983. Viscosity of beta-glucan as a factor in the enzymatic improvement of barley for chicks. *Poult. Sci.* 62:853—862.
- Yi, Z., E. T. Kornegay, V. Ravindran and D. M. Denbow, 1996. Improving phytate phosphorus availability in corn and soybean meal for broilers using microbial phytase and calculation of phosphorus equivalency values for phytase. *Poult. Sci.* 75:240—249.

酶制剂用于猪饲料

刘永刚 S. K. Baidoo

(曼尼托巴大学动物科学系, 加拿大)

摘要 饲料分析技术的新进展带来对饲料成分复杂性认识的深化,同时也提供了使用酶制剂以增进饲料营养价值的机会。目前已研制开发了使用于猪饲料的各种单项酶制剂以及复合制剂,并投入试验。应用植酸酶提高猪饲料中植酸磷利用率的效果已获确认。同时,应用酶降解碳水化合物效果也经常有报道,尤其对于非常规饲料组分或富含纤维素的非常规日粮。然而,文献中也有酶制剂用于猪饲料效果为零甚至负效果的报导。本文综述了已发表的科技文献,并提出恰当运用酶制剂可以增加猪饲料消化率3—15%。约有70%的饲养试验证实酶制剂可以改进日增重或饲料转化率,以幼猪反应最明显。应用酶制剂的另一项益处是可以减少幼猪的拉稀发生率。此外,添加酶制剂于难消化的猪饲料可以增加消化率,这对于广泛应用副产物作猪饲料的地区最为有益。今后的研究应着重于酶在猪饲料中的应用条件以及依据特定饲料组分而设计酶制剂。

1. 引言

高效率的养猪生产须在饲料转化利用方面的持续改进或广泛应用各种饲料原料以降低成本。现代养猪生产基于谷物加副产物饲料,其效益在很大程度上取决于饲料的相对成本及其营养价值。过去与现在的科学研究均致力于更深入地认识饲料成分的复杂性并如何改进其利用效率。对于饲料的细胞壁碳水化合物而言尤其如此,因为对非淀粉多糖的研究已引出应用酶制剂以提高消化率的可能性。此外,过去几十年养猪业中使用的化学药物诸如抗生素以及生长促进剂已引起人们对人类健康及环境污染的忧虑。此一问题无疑会变成下个世纪畜牧业的问题之一。解决此一问题的选择之一便是使用对健康与环境无害的所谓“天然”物质以代替化学合成添加物。酶制剂正好符合此一要求。

从生物化学的观点而言,虽然酶含有维生素、矿物质等辅助因子,但它属于蛋白质,由各种氨基酸组成。商品酶制剂乃由微生物发酵之产物。由于所用微生物安全无害,故酶产品在安全上无问题。酶在体内代谢中起催化剂作用,参与体内的各种分解与合成代谢。同时,酶能有效控制各种代谢活动并由此起到调节作用。因此,在动物生产中很早就有人想到利用酶来增进动物的生产成绩,并已有很多成功的报道,尤其对家禽而言(Campbell and Bedford, 1992; Walsh et al, 1993; Bedford, 1995)。然而,酶制剂用于猪的研究结论尚不统一。本文将对此进行讨论。

2. 酶用于猪——理论基础与实验结果

对于高度进化的动物,营养成分诸如蛋白质、脂肪和碳水化合物只能分别以游离氨基酸、脂肪酸、单糖或寡聚糖的形式吸收。离开了酶的参与任何消化过程皆不可能发生。在实际情况下,动物肠道自身的消化酶常常不足以应付实际需要。

2.1 断奶

仔猪断奶以及随之而来的环境变化往往使内源酶之分泌降低。断奶之后仔猪必须经历一个过程以增加消化道容积、分泌消化酶的能力以及肠道养分吸收能力。依据 Linderman 等(1986)的研究,仔猪出生后,胰腺分泌的酶量呈线性上升。28日龄断奶导致酶分泌的突然下降,达到很低水平直至35日龄后开始逐渐恢复。其中可见淀粉酶、蛋白酶及脂肪酶下降达数周。由此可能导致严重的消化障碍,降低养分吸收而导致腹泻。因此,恰当的酶制剂与合适的日粮相结合可在很大程度上减缓此断奶应激。

2.2 增进某些饲料组分及饲料原料之能量利用率

已知某些饲料含有不利于消化吸收之因子,例如细胞壁成分含有非淀粉多糖,此种复杂结构碳水化合物并不与猪内源消化酶起反应,因此猪无法利用此类碳水化合物所含之能源。然而,某些外源微生物酶的加入可以有效分解特定之碳水化合物例如 β -葡聚糖(Inborr and Ogle,1988)。有些饲料原料在以谷物为主的国家被称作非常规饲料,其实在发展中国家已经广泛应用于猪饲料。该类饲料常常含有抗营养因子。例如在含有亚麻油饼的猪饲料中加入外源酶制剂,可显著改进猪的生产成绩(Officer and Butterham,1992)。与此相反,很多常用谷物饲料易于消化,尤其是常用的仔猪开食料,添加酶的效果就不一定明显。表1给出一个例子说明外源酶的添加对于植物性蛋白有良好效果,可是对于动物蛋白无效。

表1 添加酶制剂对饲喂植物/动物蛋白饲料生长成绩的影响
(断奶25日龄至46日龄仔猪)

	植物蛋白		动物蛋白	
	加酶	对照	加酶	对照
日增重,g	320	300	310	310
采食量,g/d	320	300	440	460
饲料/增重	1.32 ^a	1.63 ^c	1.42 ^b	1.53 ^{bc}

来源:Campbell,见于 Johnson et al;(1993).

另一试验证明猪对饲料能量利用率的改进可以通过改变消化部位来实现。通常,日粮

纤维素在猪小肠中的消化降解非常有限,因为小肠中缺少对付纤维素的细菌及其产生的酶,因此,细胞壁物质进入大肠发酵,仅有30%的发酵产物可以挥发性脂肪酸的形式吸收。在饲料中加入微生物酶在理论上可以增进小肠中的降解消化。Taverner 及 Campbell (1988)的试验证实了上述设想。加入一种含有 β -葡聚糖酶的制剂给大麦饲粮,能量利用率增加13%,而蛋白质吸收增加了21%,乃是通过改变大肠消化为小肠消化实现的。

表2 添加酶制剂对饲喂大麦日粮的肥育猪小肠/大肠养分消失率

		养分消失率(%)	
		能量	氮
回肠	对照	61.2	63.7
	酶	77.8	76.9
大肠	对照	17.3	11.0
	酶	0.3	-0.2
总消化道	对照	78.4	74.6
	酶	78.4	76.7

来源:Taverner and Campbell,1988.

2.3 控制污染

近年来畜牧业对于环境的负面影响已引起广泛关注,不仅见于发达国家,亦见于不少发展中国家。问题之焦点在于粪尿中的氮与磷,过量的氮会转化成氨气,而细菌可将排出的氮转化成亚硝酸盐从而进入土壤与地下水。对磷而言,已知植物性饲料中约2/3磷与植酸结合为不被单胃动物消化的植酸磷,由于动物自身不生产植酸酶,故磷排出体外。在畜牧业密集地区过量磷排泄会降低环境质量。与此同时,为满足动物对磷的需求,饲粮中要加入无机磷,不仅成本高(仅次于能量与蛋白),而且占用本可用于廉价副产物的饲粮配料空间。

已有一系列实验证实饲粮中加植酸酶可显著提高磷消化利用率(如:Simons et al., 1990; Jongbloed et al., 1993)。当饲料中有效磷含量较低时,加入植酸酶还可显著改进生长速度(Jongbloed, 1993)。随着畜牧业粪便排放之立法愈加严格,利用植酸酶的兴趣会不断增加。

3. 酶的使用效果——已发表的实验数据

对于植酸酶而言,已有大量试验证实微生物植酸酶能够显著增加磷消化率,其生物效能已获肯定,成为迄今为止饲料酶应用于猪的最成功例子(Johnson et al., 1993)。对于碳水化合物降解酶,尽管酶制剂生产商提供了大量正效应的实验数据,然而发表于科学杂志的实验结果却差异很大。以消化率与生长表现而论,文献中既有正效应,也有零效应乃至

负效应,现将一些主要结果总结于表3和表4。

3.1 消化率

大约有17项试验报道了添加酶制剂对猪消化率的影响,其中多数试验反映为正效果,并有九项报道达到统计显著水平($P < 0.05$)。表3的总结表明,八项试验中有六项获得改进,其中最显著的消化率改进见于 β -葡聚糖。Graham等(1989)及Inborr等(1993)分别报导了 β -葡聚糖消化率提高19%和40%,Suga等(1978)报导加入酶制剂后粗纤维消化率上升6%。酶制剂改进猪对纤维素消化率的典型试验见于Wenk等(1993),所用产品为Rox-azyme G, Porzyme及两者的混合物,采用粉碎的全株玉米代替基础饲粮之50%。粉碎之全株玉米含粗纤维17%,中性洗涤纤维42%,试验猪体重40kg。所有加酶的处理均提高了能量、有机物、氮、中性洗涤纤维及酸性洗涤纤维之消化率。两酶之混合物效应最明显;中性洗涤纤维(NDF)消化率从30.9%增至34.1%,酸性洗涤纤维(ADF)从26.3%增至29.3%,蛋白质消化率从68.9%增至73.9%,能量消化率从69.3%增至71.8%,差异达显著水平($P < 0.05$)。除此之外,另外一项有趣的发现是添加酶后饲粮中纤维素分析值降低了7%,可能由于在饲料混合、贮存或分析处理过程中酶与饲料组分的接触而产生降解。综合上述试验数据,添加酶制剂的综合效果为消化率提高10%。

作者最近的试验证实,采用无壳大麦作为基础饲粮的情况下,添加酶制剂可以降低回肠内容物粘度(刘永刚, Baidoo, 未发表资料)。对家禽而言,此种粘度降低可促进肠道酶的作用从而提高养分消化率,此一机制据信对猪亦然。综观上述试验结果,在饲粮中添加碳水化合物降解酶可以促进非淀粉多糖(NSP)之消化,其附带作用也可增加蛋白质及其他养分的消化。已有的试验结果显示,酶制剂的促消化作用在幼年猪的反应比成年猪明显。酶的种类以及日粮组成也有较大影响。除此之外,文献中还有添加酶制剂对增进消化率无效乃至负效的报导(Mellange等, 1992; Bedford等, 1992),显示酶制剂反应完全依赖于动物、饲粮组成及饲料加工条件而定。对此还应进一步研究以判明每种酶的添加条件。

3.2 生长表现

表4归纳了猪饲料中添加酶后对猪生长速度的影响。已有较多试验总结了日增重及饲料转化效率两项指标,还有另一些试验报导了加酶对降低拉稀发生率的影响。虽然酶制剂生产厂家已提供大量数据显示其产品对生长与饲料转化率的效果,从已发表的科学文献中可总结出,多数发表文献报道了酶制剂对生长表现的有利影响。例如提高生长速度及饲料转化效率或减少拉稀病发生率(Inborr and Ogle, 1988; Chesson, 1993; Bedford, 1995)。报导的日增重的改进范围为5—45%,饲料转化效率为3—15%。其中报导饲料转化效率改进的例子比日增重为多,因为有的试验观察到明显的消化率改进但日增重上未能反映出

表 3 酶对猪的效果:消化试验

酶	日粮类型	效应(%)	来源
1. 纤维素酶	小麦/玉米/鱼粉	全消化道:粗蛋白 2,纤维 2,粗脂 2	Suga et al. ,1987
2. β -葡聚糖酶/木聚糖酶	大麦/大豆	回肠末端: β -葡聚糖 19,粗脂 6,蛋白 5.5,灰分 10	Graham et al. ,1988
3. β -葡聚糖酶	大麦/大豆	回肠末端:总能 2.7,淀粉 2.7,粗纤维 1.9 全消化道:总能 1.4,灰分 25,粗纤维 1.4	Graham et al,1989
4. β -葡聚糖酶/纤维素酶 /木聚糖酶/淀粉酶	小麦/大麦/大豆 /脱脂奶粉	全消化道:蛋白、有机物,灰分各 4 氮存积 4	Inborr and Graham,1991
5. 木聚糖酶/淀粉酶/果胶酶 / β -葡聚糖酶	小麦/大豆/鱼粉 大麦/大豆/鱼粉	全消化道:NDF-3 至-9,脂肪-6 至-7	Mellange et al. ,1992
6. 木聚糖酶/ β -葡聚糖酶	黑麦/大豆;大麦/大豆	零效应	Bedford et al. ,1992
7. 淀粉酶/木聚糖酶/果胶酶	小麦/大豆 大麦/小麦/大豆	回肠末端:总能 4—5;全消化道:总能 2 β -葡聚糖 40,可溶性 NSP 21—27,淀粉 3	Inborr et al. ,1993
8. 碳水化合物酶	全株玉米	全消化道:NDF10,ADF11,蛋白 5,总能 3.6	Wenk et al. ,1993

表 4 酶制剂对猪生长成绩的影响

酶	日粮类型	酶对猪生长的影响(%)	来源
1. 纤维素酶	小麦/玉米/鱼粉/大豆/米糠	生长速度 45, 饲料转化率 9	Suga et al., 1978
2. β -葡聚糖酶	大麦/浓缩精料	生长速度 5, 饲料转化率 5	Thomke et al., 1980
3. 淀粉酶/蔗糖酶	玉米/大豆	无效	Hogberg et al., 1983
淀粉酶/ β -葡聚糖酶 /葡萄糖淀粉酶	加热的大麦	对生长无效, 但减少了腹泻	Inborr and Ogle, 1988
4. 淀粉酶/纤维素酶	加热大麦/蒸煮燕麦	生长速度 -8	Inborr et al., 1988
β -葡聚糖酶/蛋白酶	大豆/鱼粉		
5. 纤维素酶/淀粉酶	玉米/大豆/青贮米糠	对生长无效, 饲料转化率降低 -32 至 -40	Tangendjaja et al., 1988
6. 纤维素酶/ β -葡聚糖酶	酶处理之大麦	对生长与饲料转化无效	Bohme, 1990
木聚糖酶/淀粉酶	大麦/小麦	饲料转化率 10—15, 腹泻减少	
7. 戊聚糖酶	黑麦/大豆	零效应	Inborr and Graham, 1991
β -葡聚糖酶	大麦/大豆	日增重 17, 采食量无影响	

续表 4

酶	日粮类型	酶对猪生长的影响(%)	来源
8. 木聚糖酶/淀粉酶	小麦/大豆/鱼粉	饲料转化率增长 4,对增重及采食量无影响	Mellange et al. ,1992
果胶酶/ β -葡聚糖酶	大麦/大豆/鱼粉		
9. a. 木聚糖酶	a. 黑麦/大豆	对生长与饲料转化无影响	Bedford et al. ,1992
b. β -葡聚糖酶	b. 大麦/大豆	增重提高 17	
10. β -葡聚糖酶	大麦/大豆	无变化	Thacker et al. ,1992
β -葡聚糖	大麦/小麦/大豆	无变化	
11. a. β -葡聚糖酶	大麦/大豆	增重 11. 3,采食量 11. 5,饲料转化率不变	Cos et al. ,1993
b. 木聚糖酶	小麦/大豆	增重 6. 9,饲料转化率 6. 3,采食量不变	
12. 蛋白酶/淀粉酶/脂酶	小麦/鱼粉/肉粉/牛油	无变化	Officer,1995
/ β -葡聚糖酶	大豆/血粉		
13. 纤维素酶/半纤维素酶	大麦/菜籽饼	饲料转化率 3—10%,未增重	Liu and Baidoo,1996

来(Thacker et al,1989)。大约有八项试验未见生长速度的改进,其中有的试验可能由基础日粮引起,例如,玉米/豆饼日粮对酶制剂的反应可能性较小(Hogberg et al,1983)。由于酶的特异性,特定的化学组分只对专有的酶起反应,由于不同的谷物种类所含的 NSP 明显不同,例如小麦与黑麦含有较丰富的阿拉伯糖/木聚糖,而大麦及燕麦以 β -葡聚糖为主,获得动物最大反应对酶的特异性要求也不同(Bedford,1995)。

3.3 作用机制

外源酶在家禽消化中的作用机制较为直接,即降低肠道内容物粘稠度。对猪而言,其机制似乎更为复杂且目前尚不完全明了。总结各类观察试验,似乎有下列机制参与:①补充猪消化道的内源消化酶从而增强肠道养分的消化能力;②打破细胞壁结构,从而改变 NSP 的物理结构例如系水能力,使 NSP 暴露于酶的作用之下;③转变某些成分在肠道内的消化地点,例如 NSP 的消化由大肠转入小肠,从而使已消化之养分易于吸收利用;④酶改变肠道菌群;⑤改进动物自身肠道酶的作用效果,从而减少动物的维持需要。

4. 讨论

如前所述,酶制剂用于猪饲料对生长之促进作用报道不一,反映出酶与底物及动物三者之间的复杂关系。其中动物年龄、日粮背景诸因素进一步互动,使结果难以预测。已知微生物在猪小肠后段消化活动中起重要作用,尤其是育肥猪。而在生长前期则肠道微生物区系未能发育,因而添加饲料酶的作用较明显。作者最近的试验结果显示出此种与猪年龄相关的酶效应:猪在8—20Kg 体重时,酶制剂促进饲料转化率的效果为10%,20—40Kg 体重时为5.5%而40—60Kg 体重时为3.5%,Graham 等(1988)也报道了猪回肠之前对 β -葡萄糖苷酶的反应直接与猪年龄有关。在成年猪肠道中存在的乳酸杆菌(Lactobacilli)可以降解混合连接的 β -葡聚糖。大约75%的此类葡聚糖可在回肠中消化。

虽然有关试验已明确证实有选择地使用外源酶可对仔猪产生作用,但由于仔猪21日龄前所消耗之饲料只占商品猪总体耗料之4%,而62—68%的饲料用于生长/育肥阶段,因此,对生长/肥育猪而言,即使微小的饲料转化率改进也能带来明显的利润。将来的饲料酶应致力于这一领域,尤其是改进生长/肥育猪对纤维性饲料的消化。

特异性酶的开发仍然是问题之一,虽就广义而言,酶制剂的开发利用已取得一定成效,但所取得的成功多在于相对简单而且定义清楚的问题(Chesson,1987)。要向更深处发展则须开发特别的酶用于与其相应的饲料化学组分。其中真正的挑战在于较大程度地降解非淀粉多糖。已知绝大多数日粮非淀粉多糖为细胞壁组分与其他多聚糖或蛋白质、木质素紧密相连(Annison,1991),但在现阶段,细胞壁的结构还不完全明了,有可能不同来源的细胞壁的结构也不一样。因此,目前还很难设计出准确有效的酶制剂用于降解细

胞壁。依据已有的研究结果推断,细胞壁的多聚糖结构与物理化学性质应由下述因素决定:①多聚糖与其他组分的结合模式;②细胞壁组分的分子化学键。Christensen(1989)提出了一种基本的细胞壁化学模式,由纤维素骨架上附上半纤维素而成。此种结构为一复合体且不溶解或许需要特殊的复合多酶体系方能降解(Chesson,1987;Nai,1988)。近年来商业性复合多酶体系的开发已取得成效,可以明显改进饲料能量利用率。然而,投入/产出效益好的特异性多酶体系尚须进一步开发。

应用酶制剂于猪饲料的另一项考虑是酶的稳定性,尤其是制粒过程与消化道的 pH 条件。虽然制造厂家已采取一定措施保护酶的活性,例如选择适当的微生物体系,改进生产加工程序,或将酶吸附于特殊载体从而将酶分子结合并固定下来,但现今的各种饲料加工条件仍有可能影响酶的活力。例如,加工制粒时预热85°C 15秒与15分钟, β -葡聚糖酶活性由56%降至31%;若在95°C 处理,酶回收率由16%降至11%(Inborr and Bedford, 1993)。此外,监测酶活性之方法亦有如生产厂家一样多,且从配合饲料中检测酶通常不准确且变异极大。因此,要进一步推广使用酶制剂,准确可靠的分析方法对于饲料厂质量控制与酶的商业分级特别重要。

5. 结论

饲料酶技术近年来已获长足发展。但应用于猪的不确定性似乎仍然存在,主要在于酶的效力及投入/产出比。其关键领域是纤维性多聚糖的利用,因为它可能改进育肥猪的能量利用率,此一题目须作进一步研究。虽然已有不少猪饲料中选择性使用饲料酶的成功事例,但酶在猪饲料中的复杂作用机制仍待进一步阐明。与此同时,含有 β -葡聚糖的多酶制剂用于幼猪大麦饲料,以及植酸酶用于控制环境污染,显示出酶在养猪生产中的积极作用。随着消费者对化学合成促生长剂日渐增长的顾虑,如果使用酶制剂的效果确定,此类“天然”产品有可能起到愈来愈重要的作用。

参 考 文 献

- Annison, G. 1991. The chemistry of dietary fibre. In "Chemistry and nutritional effects of dietary fibre", Work shop Proceedings, Canberra, Dec. 7—8, 1991. Ed. by S. Sammon and G. Annison, pp 1—6
- Bedford, M. R., Patience, J. F., Classen, H. L. and Inborr, J. 1992. The effect of dietary supplementation of rye and barley-based diets on digestion and subsequent performance in weaning pigs. Can. J. Anim. Sci.,

72:97—105.

- Bedford, M. R. 1995. Mechanism of action and potential environmental benefits from the use of feed enzymes. *Anim. Feed Sci. Technol.* ,53:145—155.
- Bohme, H. 1990. Experiments on the effect of enzyme supplements as growth promoter for piglets. *Landbauforsch Volkenrode* , 40(3):213—217
- Campbell, G. A. and Bedford, M. R. 1992. Enzyme application for monogastric feeds; a review. *Can J. Anim. Sci.* ,72:449—466
- Chesson, A. 1993. Feed enzymes. *Anim. Feed Sci. Technol.* ,45:65—79
- Christensen, F. M. 1989. Enzyme technology vs engineering technology in the food industry. *Biotechnology and Applied Biochemistry* 11:249—265.
- Cos, R. , Esteve-garcia, E. and Brufau, J. 1993. Effect of β -glucanase in barley based diets and xylanase in wheat based diets for weaning piglets. In: *Enzyme in Animal Nutrition, Proceedings of the 1st Symposium, Kartause Ittingen, Switzerland. Oct. 13—16, 1993.* pp 129—132
- Graham, H. , Fadel, J. G. , Newman, C. W. and Newman, R. K. 1989. Effect of pelleting and β -glucanase supplementation on the ileal and faecal digestibility of a barley-based diet in the pig. *J. Anim. Sci.* ,67:1293—1298.
- Hogberg, H. , Shurson, G. , Horrocks, S. and Haines, W. 1983. Starter studies—effect of adding fat and supplemental digestive enzymes to the diet and weaning management on pig performance. *Michigan State Univ. Agric. Exp. Station Res. Report* , pp 31—34
- Inborr, J. and Ogle, R. B. 1988. Effect of enzyme treatment of piglet feeds on performance and post weaning diarrhoea. *Swedish J. Agric. Res.* ,18:129—133
- Inborr, J. and Bedford, M. R. 1993. Stability of feed enzymes to steam pelleting during feed processing. *Anim. Feed Sci. Technol.* ,46:179—196

- Inbarr, J. , Schmitz and Ahrens, F. 1993. Effect of adding fibre and starch degrading enzymes to a barley/wheat based diet on performance and nutrient digestibility in different segments of the small intestine of early weaned pigs. *Anim. Feed Sci. technol.* , 44:113—127
- Johnson, R. , Williams, P. and Campbell, R. 1993. Use of enzyme in pig production. In: *Enzyme in Animal Nutrition, Proceedings of the 1st Symposium, Kortaue Ittingen, Switzerland. Oct. 13—16, 1993.* pp 49—60
- Jongbloed, A. W. , Kemme, P. and Mroz, Z. 1993. The role of microbial phytase in pig production. In: *Enzyme in Animal Nutrition, Proceedings of the 1st Symposium, Kortaue Ittingen, Switzerland. Oct. 13—16, 1993.* pp 173—180.
- Linderman, M. D. , Comelius, S. G. , Kandelgy, S. M. , Moser, R. L. and Pettigrew, J. E. 1986. Effect of age, weaning and diet on digestive enzyme levels in the piglet, *J. Anim. Sci.* , 62:1298—1307.
- Mellange, J. , Inbarr, J. and Gill, B. P. 1992. Enzyme supplementation of wheat, barley or sugar beet pulp based diets for early weaned piglets: Effect on performance and faecal nutrient digestibility. *Brit. Soc. anim. Prod. Winter Meeting, 1991*, Paper 135(abstract).
- Officer, D. I. 1995. Effect of multi-enzyme supplements on the growth performance of piglets during the pre- and post-weaning periods. *Anim. Feed Sci. Technol.* 55:55—65.
- Officer, D. I. and Butterham, E. S. 1992. Enzyme supplementation of Lino-la meal. In "Wollongbar Pig Industry Seminar", NSW Agric. pp 56—57
- Simons, P. C. M. , Versteegh, H. A. J. , Jongbloed, A. W. , Kemme, P. A. , Slump, P. , Bos, K. D. , Wolters, M. G. E. , Beudeker, R. R. and Verschoor, G. J. 1990. Improvement of phosphorus availability by microbial phytase in broilers and pigs. *Bri. J. Nutr.* 66:525—540
- Suga, Y. , Kawai, M. , Noguchi, S. , Shimara, G. , and Samjima, H. 1978. Application of cellulolytic and plant tissue macerating enzyme of

Irpex lacteus Fr. as feed additive enzyme. Agric. Biol. Chem. , 42:347—350

- Taverner, M. R, and Campbell, R. G. 1988. The effects of protected dietary enzymes on nutrient absorption in pigs. In "Proceedings of the 4th International Seminar on Digestive Physiology in the Pig". 7—9 tg June 1988, pp 337.
- Tangendaja, B. , Johnson, Z. B. , and Noland, P. R. 1988. Effect of cooking and addition of enzyme on feeding value of rice bran for swine. Nutr. Rep. Int. , 37(6):449—458.
- Thacker, P. A. , Campbell, G. L. and Groolwassink, J. W. D. 1992. Effect of salinomycin and enzyme supplementation on nutrient digestibility and the performance of pigs fed barley-or rye-based diets. Can. J. Anim. Sci. , 72:117—125
- Thomke, S. , Rundgren, M. and Hesselman, K. 1980. The effect of feeding high viscosity barley for pigs. Euro. Assoc. Anim. Prod. , 31:1—5.
- Walsh, G. A. , Power, R. F. and Headon, D. r. 1993. enzyme in the animal-feed industry. Tibtech Oct. 11:424—429.
- Wenk , C. , Kolliker, R. and Messekommer, R. 1993. Whole maize plants in diets for growing pigs:effect of three different enzymes on the feed utilization. In: Enzyme in Animal Nutrition, Proceedings of the 1st Symposium, Kartause ittingen, Switzerland. Oct. 13—16, 1993. pp 165—169

酶应用动物饲料:目前的问题及将来的发展

Ronald R. Marquardt Michael Bedford

加拿大 Manitoba 大学动物科学系

芬兰饲料国际有限公司

摘要 畜牧业常用的某些谷物饲料,尤其是家禽业应用含小麦、大麦的日粮添加酶可以显著提高其利用价值。酶的研究和发展将随着工业水平的上升而得到进一步的拓宽,将来研究的部分重点领域是:1、改进目前已应用于生产的酶的质量和效果,包括酶的成本、热稳定性、抵御消化并增强酶在消化道作用区的活性;2、扩大酶在家禽、家养动物日粮的运用,除猪、鸡、鱼外,还有室外动物如鳄鱼和龟;3、扩展酶的来源,如由生物技术生产的脂酶、蛋白酶、淀粉酶等;4、借助遗传工程酶源,为特定的底物和动物选择/设计酶,即借助DNA重组技术以微生物、植物种籽及动物自身来生产酶;5、扩大酶处理的饲料种类;6、建立和发展评估各种酶产品的标准程序;7、深入研究酶产生效益的机理和模式;8、建立一种模型来预测酶对各种动物以及各种饲料的效果,以便研究成本/效益比;9、进一步重视酶带来的其它效益,如酶降低污染,促使营养物质重新分配,改变动物的内分泌反应和健康状况。酶的研究不仅将继续向前,并且将随着效益的不断获得而加速进行。此一令人激动的领域将成为未来动物营养研究与发展的焦点。

一、引言

酶作为添加剂应用于动物饲料对畜牧业生产产生了重大影响。酶不仅改善了麦类日粮如含大麦、小麦、黑麦和燕麦的饲粮在家禽业的利用价值,而且改进了环境质量,因为酶使排泄量降低,减少了磷、氮、氨污染源的排放。麦类为基础的日粮添加酶可以作为一种手段来提高家禽生产的均匀性,与其它能量饲料相比,小麦、大麦的代谢能值较低,加酶可改进其利用效率。具低代谢能值(AME)的麦类饲料通常含较高的抑制生长的粘稠物,即水溶性非淀粉多糖(WSNP),通过酶处理将降低其水溶性淀粉多糖的含量。因此,麦类为基础的日粮,添加酶的净效应不仅是提高了谷物的代谢能值,而且可以获得更均匀的生产成绩。酶降低了消化道的容积,它除了能提高营养物质进入可食组织之外,还可能由于改变微生物发酵而影响养分利用率,微生物群落变化还可能影响到动物的健康状况。

酶作饲料添加剂所做的大部分研究来自家禽。然而,用猪、尤其是用幼龄猪所做的研究也证明了加酶的正效应。最近在市场上推出的重组酶尤其是植酸酶,将进一步促进酶在

饲料业的应用。一些较近的关于酶应用的综述已经发表(Annison and Choct 1991; Bedford 1995; Jeroch et al. ,1995; Margnardt 1996)。

尽管已证明酶有较高的效益,但酶的应用仍处于起步阶段,尚有很多问题需要研究解决,以使酶的潜在效益得以充分发挥。本文列出了将来需要重点研究的领域。

二、需要作进一步研究的领域

1、酶分析方法的改进

目前尚无标准程序来分析商业酶产品的质量,也未建立起满意的分析方法来监测存在于日粮中的酶的数量。问题之一是用于监测酶活性的方法较多,即使给定的方法,操作条件也不尽相同。酶一旦加入饲料,浓度趋于降低,部分酶与饲料紧密结合在一起(Bedford,1993)。

常用的部分酶分析方法包括测量酶作用释放出的还原糖量;使用有色底物法;酶标免疫分析法(ELISA);酶降低水溶性非淀粉多糖粘稠度的能力(Cowan and Rasmussen 1993; Headon and Walsh 1993)。Cowan and Rasmussen(1993)报导不同的酶分析方法中,底物染料释放法是最容易和最敏感的方法,但该方法也没有足够的敏感度足以检测饲料中的酶。酶标免疫分析法可以检测饲料中的酶,但并非针对所有酶的抗血清都能获得,部分酶标免疫法对无活性酶的反应很弱。酶释放还原糖的测量方法准确度不够,因为本身存在于饲料中的还原糖浓度与酶产生的还原糖浓度相互关联。从饲料粘稠度来测定酶的方法目前尚无报导。研究者们总结分析饲料酶的唯一实用方法是使用着色染料从饲料中浸提酶,然而,这种方法尚需改进,例如延长反应时间使之能测定低水平的酶活性,因为饲料中的酶活性均较低。

尽管上述方法没有一个能非常有效地分析饲料中的酶含量,但所有的方法都可用于商业产品酶制剂含量的分析。然而,以标准的活性值为基础评估不同的产品是不可能的,因为上述分析方法,即使对同一种产品也会获得不同的活性值。在给定的方法内,不同实验室取得的活性值可能差异极大,这与底物的纯度、分析条件和技术差异有关。因此,显然需要建立一套标准分析方法。测得的饲料酶活性与它在体内实际效应间的联系也是很重要的。

政府机构、酶生产厂家、饲料工业和专业科学研究机构应该联合起来,找出一种分析饲料酶的标准方法。做到下列几方面是很重要的:

1.1 让酶生产厂家和购买者建立以酶活性为基础的可比值。

1.2 使畜牧生产者能测定添加到日粮的酶活性以及日粮经受各种加工(包括热处理)后的活性。

1.3 提供一种测量酶在不同消化道区段内存活度的方法,尤其是酶最具活性的消化道区段,其具体益处将在下一部分讨论。

2、酶的作用位置

酶在消化道内产生主要效益的作用位置目前尚缺乏基础性资料。例如,目前尚不清楚家禽中酶的主要作用位置是否在嗦囊、腺胃、肌胃、十二指肠、回肠或泄殖腔,或部分或整个消化道。掌握这方面的研究资料将非常有益,因为这将为选择和使用酶提供帮助,即让酶在最有效的作用点接近底物。例如,若酶的主要作用场所是在嗦囊而不在消化道后段,则家禽选择使用的酶型可能完全不同,这与酶抗蛋白水解和低 pH 的能力及酶作用的最佳 pH 值有关。特定饲料酶发挥最佳性能在不同动物品种可能也有差异。在家禽中有效的酶,对猪不一定有效,因为两者对低 pH 和蛋白水解酶的敏感性不同。

3、酶的新剂型的生产

已经证实目前已有的酶是非常有效的。但是当同一种酶的新剂型问世,勿容置疑酶的用途将会大大增加。新型酶源与现在使用的由瘤胃微生物或耐热的微生物生产的酶比较将具有下列特性:

3.1 在酶作用条件下有高活性(即每单位酶蛋白转化底物之速率)。

3.2 高度耐受热处理、低 pH 和蛋白水解酶。

3.3 生产成本低。

3.4 在室温条件下贮存寿命长。

这类酶有可能将借助于基因重组技术生产出来。这需要使用克隆和非常复杂的为特定酶编码的 DNA(cDNA)分离技术及将 cDNA 转移到能够以较低的成本大规模发酵生产的微生物内(Ward and Conneely 1993)。利用直接与变位基因点偶合的 DNA 重组技术将能生产出动物特殊需要的酶,并迅速复制以满足饲喂动物的需要。这种卓有成效的技术由 M. Smith 博士和他的合作者们发展成熟。因为他们在 DNA 序列的特定位置促使变位基因产生的研究成就成为荣获1993年诺贝尔奖的加拿大人(Hutchison et al. 1978)。

另一个新的研究领域是生产第二种类型的裁剪酶。这要借助免疫表达文库(抗体文库)生产催化抗体,而催化抗体则利用微生物如大肠杆菌(*Escherichia Coli*)的表达体系。这种技术将为发酵体产生特殊的生物基因抗体提供基础,为之创造适合的条件,以便能生产适合每一种饲料,每一类动物及家禽特殊需要的酶(Mayforth 1993 and Lerner et al. 1992)。酶的其它改进技术勿容怀疑将继续发展。

4、酶的其它来源

如上所述,酶不仅可以借助改进了的传统方法由真菌直接生产,而且将由微生物、细

菌和植物,如油菜籽表达。由油菜种籽中大量生产酶可戏剧性地为畜牧生产者降低酶的成本。

水解动物饲料中抗营养化合物之另一方向是使结合了转基因的单胃动物能够消化纤维素、 β -葡聚糖、木聚糖或植酸。Forsberg et al(1993)报导利用细菌 DNA 在大鼠胰腺细胞内制造和分泌聚糖酶。此研究领域面临的主要挑战将是如何在胰腺细胞内制造和分泌聚糖酶。此研究领域面临的主要挑战将是如何在胰腺细胞内获得足够高浓度的基因表达,包括葡糖基因和其它基因,使肠道内葡聚糖、木聚糖等多糖恰当水解。尤其令人感兴趣的研究将是把植酸酶基因引入动物体内。

5、酶的协同互作

几乎所有用于研究家禽酶效应的酶类(植酸酶除外)都为真菌类的浸提物。该浸提物具有理想的高活性,如 β -葡聚糖酶或木聚糖酶。此外,相当数量的其它酶类如蛋白酶也由真菌生产。研究应以不同的纯酶组合(以避免酶的协同活性)来确定主酶是否具有协同、对抗或加性效应。例如,酶降低小麦或黑麦中水溶性阿拉伯木聚糖粘稠度的能力可能不仅与内源木聚糖酶的作用数量有关,而且与阿拉伯呋喃糖苷酶有关,可能还与 β -葡聚糖、乙酰基木糖酯酶和阿魏基酯酶有关(Forsberg et al. 1993)。可以预料,酶制剂中蛋白酶活性高将会对其它酶产生负效应,因为蛋白酶在促进蛋白质消化的同时也使加入饲料的其它酶分解。将来,克隆酶的使用可避免杂入其它酶活性,使研究人员能研究所用各种酶的混合体改善禾本科谷物营养价值的效果。随着从天然真菌酶到 DNA 重组酶的发展,这方面的研究将会越来越重要。

6、酶与日粮成分之互作性质

最近的研究指出,水溶性非淀粉多糖含量高的日粮内添加饱和脂肪(如牛油)与不饱和脂肪(大豆油),前者明显降低家禽的生产性能。Danicke et al. (1995)证实大豆日粮添加酶改进生长和脂肪消化率的效益完全被添加牛油产生的效果所掩盖。Schutte et al (1995)也报导了与 Danicke 相似的结果。这些研究指明酶加入日粮的效应不仅受水溶性非淀粉多糖粘稠度的影响,而且也受日粮中其它成分如牛油的影响。对此应该进行进一步的研究以确定这些交互作用的性质,因为这将为酶作用模式和不同日粮状况下酶的最佳组成提供基础资料,由此将可带来重要经济效益。

7、酶效应模型研究

Zhang et al. (1996)最近的研究表明使用简单的线性模型可以预测加入饲料的特定酶对家禽的效应。该模型预测添加酶的效应为转化为对数值的酶浓度的函数,加倍或减半

酶处理效应可由改变酶浓度来实现,其改变量为10倍而不是预想的2倍。该模型还能同时预测含任何指定酶数量日粮的酶效应和以任何比例组成的两种谷物的酶效应。只要输入准确的数据,此模型还可以转化用于最低成本分析,所以它能估计加入日粮中每单位酶产生的经济价值。不过,尚需进一步的研究来检验并简化该模型,获取模型的基线值。这样的公式将有助于酶应用效果的量化估计,并提供恰当的参数预测任何特定数量的酶对任何特定饲料获得的结果。

8、其它动物的研究

用于估测酶效应的动物品种仍非常有限。虽然用家禽所做的研究已清楚地证实了酶作为饲料添加剂的益处,但用其它家禽所做试验仍非常有限。如火鸡、鸭、鹅、鸵鸟等。用鱼、鳗、鳄鱼、龟及其它室外动物,宠物如猫、狗、毛皮动物等单胃动物进行的研究也很少。酶可能对食肉性动物品种更有效,因为这类动物大肠较为短、小,不能容纳大量的能水解复杂碳水化合物的厌氧微生物。不同年龄的猪,尤其饲喂不同的脂肪源时对酶的反应尚需进一步研究。

将来,随着利用含生物基因工程合成的纤维素酶、半纤维素酶的重组瘤胃微生物接种至反刍动物,反刍动物草料的消化利用效率将会提高。同时,还有很多可能性将酶应用于其它动物种类。除了现在使用的酶外,可能还有很多酶类也适用于畜牧业。

9、谷物中的目标底物

许多研究人员假设大部分酶的作用模式是酶破坏从细胞壁中渗漏出来的易形成胶状物从而抑制生产性能的多糖(Annison and Choct, 1991; Bedford, 1993; Chesson, 1993)。Hesselman and Aman (1986)提出了另一种假说。他们提出形成谷物胚乳壁的 β -葡聚糖和阿拉伯木聚糖阻挡酶与营养物接触。他们假定外源酶打破了完整细胞壁,并释出被网住的营养物,从而改善了营养价值。Chesson (1993)假定如果酶效应仅仅是降低粘稠度,则单个酶即应产生作用。该假设的理论是粘稠度的主要基础是链长,唯一需要做的是几个位置断裂长链,使其部分还原或破坏其凝胶形成。然而,如果完整细胞壁的破裂和被阻营养物的释放产生的功效比粘稠度降低贡献大,那么就需要更多的酶参与。所需要的一些酶已在本文前面以及 Marquardt (1996)的文章中讨论。今后的研究应该确立两种效应中哪一种更重要,因为这些因素对酶的经济利用价值都有重要意义。使用不同的纯酶组合试验也得出有关... 粘稠度与细胞壁内网住的营养物显著性比较的资料,以便确定非淀粉多糖抗营养影响的因素构成。

10、生理及内分泌之诱导变化

基本上还没有研究粘稠的水溶性淀粉多糖对胰腺和肠道分泌酶和胆汁盐的影响,非

淀粉多糖对免疫、激素浓度如生长激素、甲状腺激素和胰岛素、葡聚糖耐受性的影响以及外源酶消除这些影响的能力。日粮中酶与水溶性非淀粉多糖含量互作将提供基础资料,以进一步解释粘稠的不消化多糖对动物生理反应的影响。这方面的研究不仅对动物具有实际价值,而且可以外推至分析人体,因为人们很感兴趣纤维素食物改变养分摄入能力,确定营养食入量。Dr. 韩(1996)已开始了这一领域的综合研究,并证实了水溶性非淀粉多糖对很多参数的影响。需要更多的研究来全面了解搞清楚这些影响。

三、总结与结论

这几年来酶添加于饲料已有戏剧性发展。引导酶发展的研究主要在大学和研究机构进行。大部分资金来自工业界并与政府机构合作。尽管过去10年酶在家禽和其它动物中运用已取得戏剧性的发展,但尚有很多领域需要进行深入研究,以便开发酶这一强有力的技术。为了更好地使用酶,应该进行的研究领域和发展方向为:建立并完善更敏感、准确的酶分析方法,进一步确定酶对不同种类动物和家禽最理想的水解效果;酶对饲喂禾本科谷物为基础日粮的动物生理和内分泌的影响。以后的研究应澄清这些问题。进一步认识酶的作用模式,不同日粮成分与酶的交互作用性质,简单的能预测酶效应的模型等方面的研究将有力地推动酶的使用。将来会有很多新型酶产品问世,其中一些将由 DNA 重组技术生产。这类酶有优良的稳定性和催化性,成本相对较低,而且它们将广泛用于不同种类的家畜、家禽和其它动物。添加酶除改善动物生产性能外,还有许多其他效益,如降低环境污染等。酶作为饲料添加剂不仅会影响畜牧业发展,而且将继续产生更多的效益。在这一迅速发展的领域尚有许多挑战(刘永刚译)。

参 考 文 献

- Annison, G. ; Choct, M. 1991. Antinutritive activities of cereal non-starch polysaccharides in broiler diets and strategies for minimizing their effects. *World poultry Xci.* , J. , 47, 232—242
- Bedford, M. R. 1993. Matching enzymes to application. *Feed Management*, 44, 14—18.
- Bedford, M. R. 1995. Mechanism of action and potential environmental benefits from the use of feed enzymes. *Animal Feed Sci. Tech.* , 53, 145—155.
- Chesson, A. 1993. Feed enzymes. *Animal Feed Sci. Tech.* , 45, 65—69

- Cowan, W. D. ; Rasmussen, P. B. 1993. Thermostability of microbial enzymes in expander and pelleting processes and application systems for post-pelleting addition. *In* Wenk, C. ; Boessinger, M. , ed. , Enzymes in Animal Nutrition, Proceedings of the 1st Symposium, Kartause, Ittingen, Switzerland, pp. 263—268
- Danicke, S. ; Simon, O. , ; Jeroch, H. ; Bedford, M. R. 1995. Effect of fat source and xylanase supplementation on the performance and intestinal viscosity of rye-fed birds. Proceedings of the 2nd European Symposium on feed enzymes. Noordwijkerhout, Netherlands, pp. 102—107
- Forsberg, C. W. ; Cheng, K-J ; Krell, J. , ; Phillips, J. P. 1993. Establishment of rumen microbial gene pools and their manipulation to benefit fibre digestion by domestic animals. *In* Proceedings VII World Conference on Animal Production, Vol 1, Edmonton, Alberta , Canada, pp. 281—316
- Han, Z. 1996. physiological role of crude enzyme preparations in poultry diets; research conducted at Nanjing Agricultural University. *In* Marquardt, R. R. ; Han, Z. ed. , Chinese Symposium on Feed Enzymes, Nanjing, International Development Research Centre, Ottawa, ON, Canada, (in press).
- Headon, D. R. ; Walsh, G. A. 1993. Activity analysis of enzymes under field conditions *In* Wenk, C. ; Boessinger, M. , ed. , Enzymes in Animal Nutrition. Proceedings of the 1st Symposium, Kartause Ittingen, Switzerland. pp. 233—240.
- Hesselman, K. ; Aman, R. 1986. The effect of β -glucanase on the utilization of starch and nitrogen by broiler chickens fed on barley of low-or high viscosity. *Animal Feed Sci. Technol.* , 15, 83—93
- Hutchison, C. A. III ; Philips, S. ; Edgell, M. H. ; Gillam, S. ; Jahnke, P. ; Smith M. 1978 Mutagenesis a specific position in a DNA sequence. *J. Biol. Chem.* , 253, 6551—6560.
- Jeroch, H. ; Danicke, S. ; Brufau, J. 1995. The influence of enzyme prepa-

- rations on the nutritional value of cereals for poultry. A review, *J. Animal Feed Sci.* 4, 263—285.
- Lerner, R. A. ; Kang, A. S. ; Bain, J. D. ; Burton, D. R. ; Barbas, C. F, III. 1992. Antibodies without immunization, *Science*, 258, 1313—1314.
- Marquardt, R. 1996. Enhancement of the nutritive value of cereals for poultry as affected by enzymes; role of viscous water-soluble nonstarch polysaccharides. *In* Marquardt, R. R. ; Han, Z. ed., *Chinese Symposium on Feed Enzymes*, Nanjing, International Development Research Centre, Ottawa, ON, Canada, (in press).
- Mayforth, R. D. 1993. *Designing antibodies*. Academic Press, San Diego, CA, USA, 207 pp.
- Schutte, J. B. ; deJong, J. ; Langhout, D. J. 1995. Effect of endo-xylanase preparation in wheat based rations for broilers. *Feed Compounder*, 15, 20—24.
- Ward, P. P. ; Conneely, O. M. 1993. Using biotechnology to improve enzyme yields; from DNA to the market place. *In* Wenk, C. ; Boessinger, M. , ed., *Enzymes in Animal Nutrition*, Proceedings of the 1st Symposium, Kartause, Ittingen, Switzerland, pp. 17—21
- Zhang, Z. ; Marquardt, R. R. ; Wang, G. ; Guenter, W. ; Crow, G. H. ; Han, Z. ; Bedford, M. R. 1996. A simple model for predicting the response of chicks to dietary enzyme supplementation. *J. Animal Sci.* , 74, 394—402.

粗酶制剂添加于大麦日粮中对肉用仔鸡生产性能和血液中几种代谢激素的影响

刘燕强 韩正康

(南京农业大学 动物生理生化实验室 210095, 南京)

摘要 本研究进行了两系列试验,就粗酶制剂添加于大麦日粮(含大麦50%)中对肉用仔鸡生产性能、胴体性状及代谢状况的影响进行了探讨。试验1采用7日龄艾维茵肉鸡设计为饲喂大麦日粮(BC)和大麦日粮添加0.1%的酶制剂(KE)两组。试验2采用1日龄AA肉鸡苗设计为饲喂大麦日粮(BC)、玉米日粮(MC)、大麦日粮添加0.1%的酶制剂(KE)3组,试验均持续到42日龄。结果表明,与BC组比较,KE组增重提高($P<0.05$),接近MC组,料重比降低;胴体屠宰率、胸肌率、心脏/体重和肝/体重比均提高($P<0.05$);血液GH、 T_3 、 T_3/T_4 及胰岛素均提高($P<0.05$),而胰高血糖素水平降低($P<0.05$)。与MC组比较,KE组胰岛素降低而胰高血糖素升高,其他指标未见明显变化。提示酶制剂添加大麦日粮中,可改善肉鸡代谢状况,提高生产性能。

关键词 肉鸡、大麦日粮、生产性能、代谢激素

大麦是主要的谷物之一,其产量次于小麦、稻谷和玉米,位居第四位。大麦除部分用于啤酒生产和食品外,大部分用作饲料。相对于玉米而言,家禽尤其鸡对大麦的利用率较低。因而,改善大麦在鸡日粮中的营养价值,自五十年代末起,一直是国外一些大麦生产国家的重要研究课题^(1,2,3,4),迄今已发现, γ -辐射⁽⁵⁾,水浸和添加酶制剂⁽⁶⁾对提高大麦饲养价值具有积极的意义,而以添加粗酶制剂较为行之有效。然而,酶制剂添加于不同品种、不同来源的大麦日粮中,对鸡生产性能的改善结果差别很大。因此,我们设计了两系列试验,就粗酶制剂添加到我国生产的大麦日粮中,饲喂肉用仔鸡的效果进行了观察;并检测了所试鸡血液中一些代谢激素的含量,以期阐明酶制剂作用机制,提供一些有价值的资料。

1、材料和方法

1.1 试验用酶制剂

商品粗酶制剂Ⅲ,由加拿大Manitoba大学Marquardt博士馈赠。

1.2 试验动物和分组

试验1: 1日龄艾维茵商品代鸡苗120羽,1—7日龄饲喂商品肉鸡料,7日龄时,选择体

重大小基本一致的鸡苗40羽,逐只编翅号,随机分为2组,每组20羽。

试验2： 1日龄 AA 商品代肉鸡苗120羽,从其中选择健康、体重大小基本一致的鸡苗60羽,逐只编翅号,随机分为3组,每组20羽。

1.3 试验设计

试验1分为2个处理,即大麦基础日粮(BC)和大麦日粮按每 kg 添加1g 粗酶制剂(KE)。试验2分为3个处理,即玉米基础日粮(MC)、大麦基础日粮(BC)和大麦日粮按每 kg 添加1g 粗酶制剂(KE)。基础日粮的组成见表1。

表1 基础日粮的组成 %,MJ/kg

原料及营养值	试验1	试验2	
	BC	MC	BC
大 麦	50.00	—	50.00
玉 米	14.95	64.95	16.95
豆 粕	26.00	28.00	26.00
鱼 粉	3.00	3.00	3.00
豆 油	2.00	—	—
磷酸氢钙	2.00	2.00	2.00
石 粉	0.80	0.80	0.80
蛋氨酸	0.25	0.25	0.25
预混料*	1.00	1.00	1.00
代谢能	11.62	12.33	11.29
粗蛋白	20.40	20.20	20.60
钙	0.99	0.98	0.99
有效磷	0.51	0.52	0.52
赖氨酸	1.01	1.02	1.02
蛋+胱氨酸	0.84	0.83	0.84

* 预混料中含所需的食盐、各种微量元素和维生素。

1.4 试验检测项目和方法

1.4.1 生产性能

增重:试验1分别在7、21和42日龄停料4小时后逐羽称重。试验2分别在1、7、14、21、28、35、42日龄停料4小时后逐羽称重。

耗料:逐日记录每组给料量。

料重比:根据增重和耗料量计算。

1.4.2 取血样和屠宰性能测量

在42日龄饲养试验结束时,试验1从每组抽取12羽,公母各半;试验2则每组10羽。称重后,颈静脉放血,收集血液,离心分离血清,置-20℃冰箱备测。放血至死后,对所宰鸡脱毛称取屠体重,剖腹取出内脏,分离脏器,分别称取肝、心脏重量。同时称量净膛重(去内脏,保留肾、肺和腹脂)和胴体重(净膛后去头、颈和脚)。分割称量胸肌重和腿肌重。折算出净膛屠宰率(净膛/活重)、胴体屠宰率(胴体/活重)、胸肌率(胸肌/活重)、腿肌率(腿肌/活重)、肝/活重比和心脏/活重比。

1.4.3 血清激素水平的测量

试验1,采用放射免疫法(RIA),测定了血清中促甲状腺激素(TSH)、生长激素(GH)、三碘甲腺原氨酸(T₃)、甲状腺素(T₄)和胰岛素(Ins)含量,试剂盒购自上海生物制品研究所。试验2则除了上述5种激素外,还测量了胰高血糖素(Glucagon)含量,其放免试剂盒购自中国原子能科学研究院同位素研究所。

2、结果

2.1 对生产性能的影响

试验1和试验2生产性能的结果分别见表2和表3。可见酶制剂添加于大麦日粮中可明显改善肉用仔鸡的生产性能。且从表3看出,与MC组比较,BC组的生产性能明显降低,而KE组与MC组的增重效果基本一致,但在整个试验阶段的饲料转化率稍低。

表2 试验1各组的生产性能 (g)

项 目		BC(n=20)	KE(n=20)
7-21d	增 重	438.09±44.28	464.28±32.39*
	料重比	1.803	1.723
21-42d	增 重	920.62±75.75	974.43±98.98*
	料重比	2.390	2.401
7-42d	增 重	1362.53±87.13	1443.14±101.50*
	料重比	2.194	2.176

* P<0.05,与BC组比较.

2.2 对屠宰性能的影响

试验1和试验2所测的各组屠宰性能见表4。与BC组比较,KE组的胴体屠宰率,胸肌/

活重、肝/活重、心脏/活重比均有明显的提高,而腿肌/活重比则下降。从试验2的结果看,KE 组与 MC 组的屠宰性能基本一致。

表3 试验2各组的生产性能 (g)

项 目		MC (n=20 or10)	BC (n=20 or 10)	KE (n=20 or 10)
体增重	1—7d	72.39±11.10*	64.50±10.60	70.21±9.43*
	7—14d	149.20±27.20*	139.04±24.12	149.32±21.34*
	14—21d	200.38±54.50*	182.34±53.35	196.05±47.82*
	21—28d	269.60±50.70*	246.43±53.35	277.51±32.83*
	28—35d	338.46±65.20*	302.25±75.74	335.14±64.12*
	35—42d	342.88±70.00*	310.84±75.76	346.80±69.30*
	1—21d	421.80±65.72*	385.59±58.36	415.56±69.34*
	21—42d	950.86±83.02*	859.42±93.54	959.10±80.35*
	1—42d	1372.64±107.85*	1244.97±123.34	1374.98±89.94*
料重比	1—7d	1.31	1.55	1.39
	7—14d	1.51	1.62	1.61
	14—21d	1.87	2.06	1.94
	21—28d	1.98	2.06	1.94
	28—35d	2.01	2.51	2.26
	35—42d	2.24	2.52	2.34
	1—21d	1.65	1.82	1.73
	21—42d	2.23	2.42	2.32
	1—42d	2.06	2.23	2.15

* P<0.05,与 BC 组比较.

表 4 屠宰性能 (g, %)

项 目 Items	试验 1			试验 2	
	BC	KE	MC	BC	KE
	(n=12, ♂ : ♀ = 6 : 6)	(n=12, ♂ : ♀ = 6 : 6)	(n=10, ♂ : ♀ = 6 : 4)	(n=10, ♂ : ♀ = 6 : 4)	(n=10, ♂ : ♀ = 5 : 5)
活体重	1531.82±82.68	1540.83±124.19	1414.16±78.56	1286.10±129.24	1417.90±113.56
净膛屠宰率	80.00±2.11	79.05±2.14	79.92±1.79	77.79±2.57	78.29±2.69
胴体屠宰率	57.69±2.05	58.37±1.64*	57.21±2.24*	56.13±1.14	57.23±1.23*
胸肌/活重	16.55±1.31	17.49±1.59*	17.28±1.16	16.76±1.55	17.91±1.12*
腿肌/活重	22.92±1.10	20.92±1.09*	21.35±1.58	22.5±1.38	21.61±1.05
肝脏/活重	3.07±0.53	3.33±0.50*	3.06±0.65	2.76±0.45	3.26±0.48*
心脏/活重	0.500±0.080	0.562±0.088*	0.57±0.060*	0.470±0.050	0.56±0.06*

* P<0.05, 与 BC 组比较

表 5 几种代谢激素水平的检测结果

项 目	试验 1			试验 2	
	BC (n=12)	KE (n=12)	MC (n=10)	BC (n=10)	KE (n=10)
GH ng/ml	0.362±0.062	0.416±0.072*	0.752±0.112	0.670±0.097	0.880±0.104*
TSH μ IU/ml	2.019±0.709	1.812±0.936	2.60±0.37	2.24±0.23	2.19±0.30
T ₃ ng/ml	0.944±0.248	1.211±0.266*	1.88±0.13	1.81±0.11	2.04±0.23*
T ₄ ng/ml	11.93±3.25	11.02±1.05	12.09±2.69*	14.38±3.61	13.73±4.38
T ₃ /T ₄ ng/ng	0.079±0.016	0.110±0.12*	0.149±0.012*	0.126±0.017	0.149±0.013*
胰岛素 μ U/ml	13.77±1.46	15.14±1.17*	15.51±2.51*	12.52±2.70	13.41±1.55
胰高血糖素 pg/ml	—	—	168.03±13.00*	359.81±21.23	303.99±83.77
胰岛素/胰高血糖素 μ U/pg	—	—	0.0923±0.0208*	0.0373±0.0078	0.0412±0.0087

* P<0.05, 与 BC 组比较

2.3 对血液中激素水平的影响

两系列试验所测的各组血清的6种代谢激素水平结果见表5。与BC组比较,KE组的 T_3 、GH、 T_3/T_4 比值均有明显的提高($P < 0.05$)。从试验2的结果看出,BC组与MC组比较,胰岛素水平和胰岛素/胰高血糖素比值、 T_3/T_4 比值均明显降低;而添加酶制剂的KE组均有所升高, T_3/T_4 达到MC组的水平;反之,胰高血糖素含量BC组显著高于MC组,KE组比BC组有所降低。此结果说明日粮组成可影响体内代谢激素。

3、讨论

两次试验结果表明,粗酶制剂添加于大麦日粮中,可明显提高肉用仔鸡的增重,并可改善其饲料转化率,这与 Classen 等和 Friesen 等报道的结果基本一致^(7,8)。关于酶制剂改善大麦日粮对鸡生产效果的原因,一般认为,与粗酶制剂中含有 β -葡聚糖酶以及纤维素酶可降解抗营养因子—— β -葡聚糖有关⁽³⁾。

从屠宰试验的结果看,大麦日粮添加酶制剂使试验鸡胴体屠宰率、胸肌/体重比、肝脏/活重比及心脏/活重比明显上升,而腿肌/活重比则下降。胸肌和腿肌属于不同的肌纤维类型,家禽的胸肌由Ⅰ型肌纤维组成,腿肌则以Ⅱ型肌纤维为主。而不同类型的肌纤维对刺激是有差异的,如 Kim 等曾报道 β -受体激动剂 cimaterol 使羊的Ⅰ型肌纤维增大,而对Ⅱ型纤维无作用⁽⁹⁾。周光宏等的试验表明, β -受体激动剂克伦特罗(clenbuterol)使肉鸭胸肌增加的幅度大于腿肌⁽¹⁰⁾,提示粗酶制剂对肌肉生长的影响可能与肌纤维的类型有关。而心脏和肝脏重量的增加也许是机体代谢水平提高的适应性反应。

从激素水平的变化看,酶制剂添加于大麦日粮使肉用仔鸡 GH、 T_3 水平及 T_3/T_4 比值都明显增加,这与我们用蛋用公雏进行的试验结果有一致性⁽¹¹⁾,提示粗酶制剂影响生长性能有神经内分泌的参与。但究竟是酶制剂的直接作用还是其间接影响尚须进一步研究。另从实验2的结果看,饲喂大麦和玉米日粮的肉鸡,其血液中几种代谢激素水平有明显的差异,尤其是饲喂大麦日粮的试验组与饲喂玉米日粮组比较,胰岛素明显下降而胰高血糖素明显上升,这可能与其营养成分有关。大麦日粮含有 β -葡聚糖等抗营养因子,妨碍多糖类的消化,与玉米日粮比较,糖类吸收势必减少而影响血糖浓度,因而可能改变与糖代谢密切相关的胰岛素和胰高血糖素水平。大麦日粮添加酶制剂组血液的胰岛素与胰高血糖素水平分别比大麦组升高和降低,即向玉米日粮组水平变化,说明酶制剂不但直接参与消化、吸收,也影响了体内糖代谢及有关激素的调节作用。

参考文献

1. Jensen L S, Fry R E, Allred J B et al, Improvement in the nutritional value of barley for chicks by enzyme supplementation, Poultry Sci, 1957, 36: 919—921
2. Herstad O and McNab M J, The effect of heat treatment and enzyme supplementation on the nutritive value of barley for broiler chicks, Br. poult Sci, 1975, 16: 1—8
3. White W B, Bird H R, Sunde M L et al, Viscosity of β -glucan as a factor in the enzymatic improvement of barley for chicks, Poultry Sci, 1983, 62: 853—862
4. Rotter B A, Friesen O D, Guenter W et al, Influence of enzyme supplementation on the bioavailable energy of barley, Poultry Sci, 1990, 69: 1174—1181
5. Campbell G L, Classen H L and Ballance G M, Gamma irradiation treatment of cereal grains for chick diets, Journal of Nutr. 1985, 116: 560—569
6. Willingham H E, Jensen L S and McGinnis J. Studies on the role of enzyme supplements and water treatment for improving the nutritional value of barley, Poultry Sci. 1959, 38: 539—544
7. Classen H L, Campbell G L and Grootwassink J W D, Improved feeding value of saskatchewan-grown barley for broiler chickens with dietary enzyme supplementation, Can. J. Anim. Sci. 1988, 68: 1253—1259
8. Friesen D D, Guenter W, Marquardt R R et al, The effect of enzyme supplementation on the apparent metabolizable energy and nutrient digestibilities of wheat, barley, oats and rye for the young broiler chick, Poultry Sci. 1992, 71: 1710—1721
9. Kim Y S, Lee Y B and Dalrymple R H, Effect of the repartitioning agent cimaterol on growth, carcass and skeletal muscle characteristics in lambs, J. Anim. Sci, 1987, 65: 1392—1399

10. 周光宏、韩正康、吴子林,日粮中添加克伦特罗对肉鸭胴体组成的影响,中国畜牧杂志,1993,29(1):14—16
11. 刘燕强、韩正康,大麦日粮添加粗酶制剂对雏鸡生产性能的影响,中国饲料,1994,(7):19—21

大麦日粮添加粗酶制剂对鹅生长及有关代谢激素水平的影响

艾晓杰 韩正康 陈伟华

(南京农业大学动物生理生化实验室 210095 南京)

摘 要 选用24只7日龄的杂交鹅(川白×太湖),随机分成对照和试验两组。饲以大麦(占45%)基础日粮,试验组添加0.1%的商品粗酶制剂Ⅲ。每周称量体重,并记录采食量。60日龄时由翅静脉采取血样,制取血浆,并测定与生长有关的代谢激素含量。结果如下:(1)试验组体重自3周龄起显著高于对照组,而周增重则于2—5周龄显著增高。2—5周龄的采食量增加,料重比略低。但6—7周龄的周增重及采食量均低于对照组;(2)血液中 GH、IGF-1含量分别较对照组高36.62%($P<0.05$)和66.55%($P<0.01$);(3)试验组的 TSH、 T_3 较对照组分别高24.39%($P<0.05$)和16.81%($P<0.05$),而 T_4 却低18.33%($P>0.05$)。以上结果表明:添加粗酶制剂能改善鹅对大麦日粮的消化,影响其与生长有关的代谢激素,从而促进鹅的生长。

关键词 大麦、酶制剂、生长、代谢激素、鹅

大麦含有可溶性的 β -葡聚糖,它使溶液的粘度增加⁽¹⁾。由于雏鸡消化道内无 β -葡聚糖酶,饲喂大麦日粮后,使食糜的粘性增加,从而阻碍内源性消化酶与营养物质的相互作用,导致消化率下降⁽²⁾。再者 β -葡聚糖的粘性和持水性,使鸡饮水增加,粪便潮湿和发粘,影响其正常生长和污染环境⁽³⁾。在大麦日粮中添加来源于微生物的具有 β -葡聚糖酶活性的粗酶制剂,可改善大麦的饲用价值,克服上述缺点,促进鸡的生长⁽⁴⁾。鹅是草食类水禽,饲喂大麦后对其生长及代谢的影响尚无研究报道。本实验旨在确定大麦日粮添加粗酶制剂后对鹅的生长性能和有关代谢激素的影响。

1. 材料和方法

1.1 实验动物

川白×太湖杂交雏鹅24只,由南京农业大学江浦农场畜牧试验站提供。

1.2 酶制剂

商品粗酶制剂Ⅲ,按0.1%添加于试验组日粮。

1.3 日粮配方

大麦粉45%，玉米17%，豆饼15%，菜籽饼5%，小麦粉10%，酵母粉4%，鱼粉2%， CaHPO_4 0.7%，食盐0.3%，维生素与矿物质预混料1%。总能：2.750MCal/kg，CP：18.51%。

1.4 实验设计

实验于1994年5月至7月进行。动物随机分成对照和试验两组。自3日龄至7日龄饲喂对照日粮，7日龄至60日龄为实验期。在第7、14、21、28、35、42、49、56、60日龄时禁食4小时后称量体重，并记录采食量。第60日龄时由翅静脉采取4ml血样，肝素抗凝，分离血浆，存于 -30°C 待测。

1.5 血样分析

血液激素的放免测定用双抗体法。IFG-1和GH药盒由本实验室标记制备（GH为猪生长激素，已作倍比稀释实验，表明有一定的相关性）；TSH、 T_3 、 T_4 药盒由卫生部上海生物制品研究所提供（TSH为人的药盒，已作倍比稀释实验，表明有一定的相关性）。

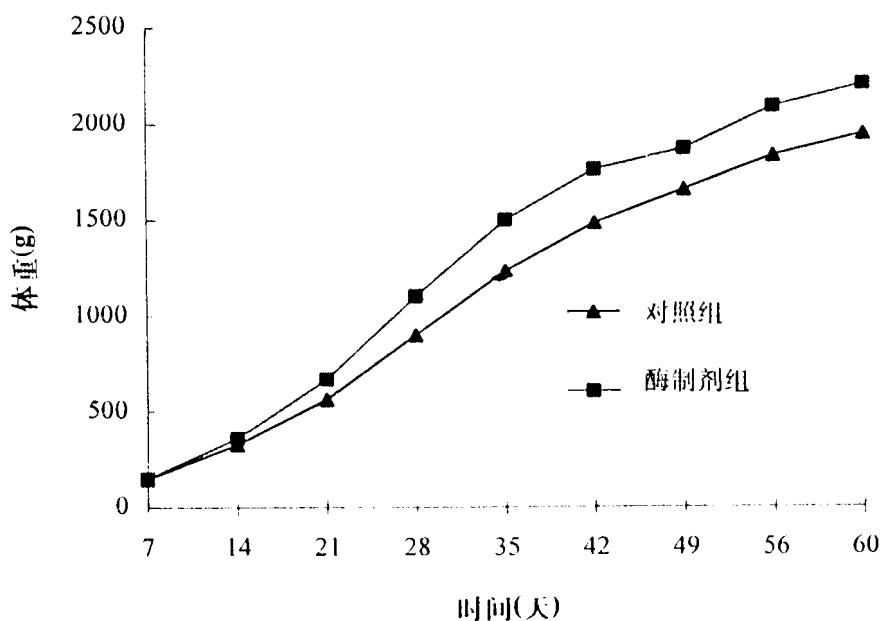


图1 大麦日粮添加粗酶制剂对7—60日龄生长鹅体重的影响

* $P < 0.05$, ** $P < 0.01$, 与对照组比较

2 结果

2.1 生长性能

7—60日龄鹅的生长曲线见图1,每周增重见图2。试验组的体重从21日龄起显著高于对照组,并一直保持到60日龄。每周绝对生长在2周龄至5周龄时较对照显著增加。2—5周龄的采食量较对照组高,而料重比却略低于对照组。

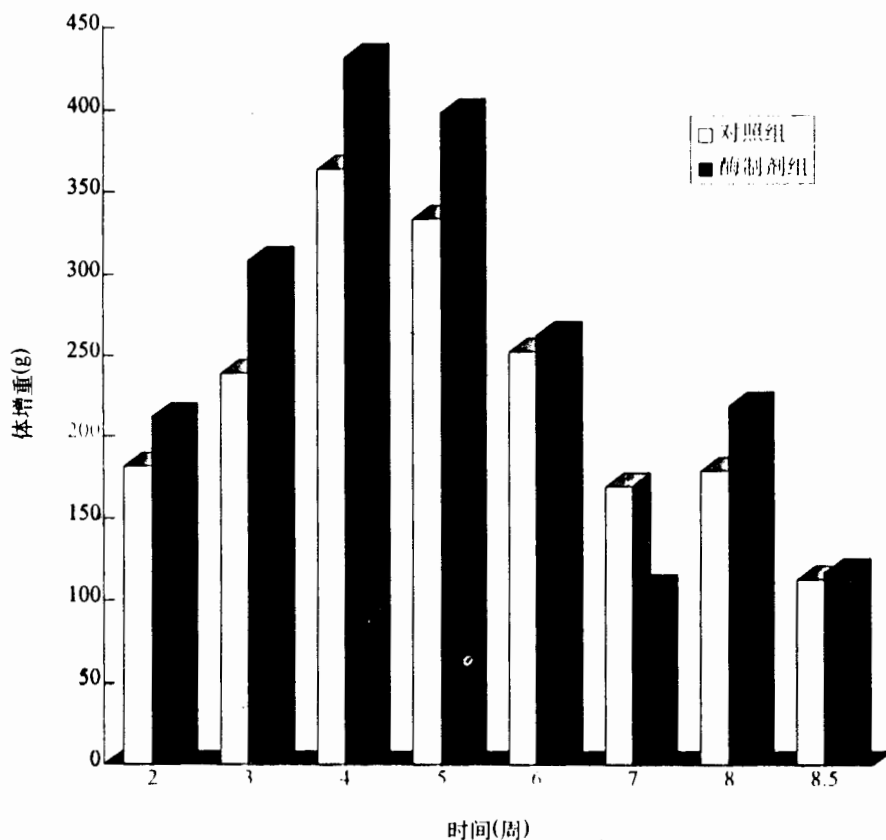


图2 添加粗酶制剂对鹅每周增重的影响

* $P < 0.05$, ** $P < 0.01$, 与对照组比较

2.2 血液代谢激素水平

血液 GH、IGF-1 含量见表1。与对照组相比较,酶制剂组的 GH 和 IGF-1 含量分别超过36.62% ($P < 0.05$) 和66.55% ($P < 0.01$)。

表1 酶制剂对生长鹅血液 GH、IGF—1含量的影响

分 组	GH (pg/ml)	IGH—1 (ng/ml)
对 照 (n=12)	462.6±104.6	44.57±8.51
酶制剂 (n=12)	632.0±86.8*	74.23±6.32**

* P<0.05, ** P<0.01,与对照组比较

由表2可见,酶制剂组的 TSH 和 T₃含量显著高于对照组(P<0.05),分别超过24.39%和16.81%,而 T₄却有降低趋势(P>0.05)。

表2 酶制剂对生长鹅血液中 TSH、T₃和 T₄的含量影响

分 组	TSH μIU/ml	T ₃ ng/ml	T ₄ ng/ml
对 照 (n=12)	1.64±0.22	1.19±0.08	10.80±0.75
酶制剂 (n=12)	2.04±0.20*	1.39±0.12*	8.82±1.14

* P<0.05, ** P<0.01,与对照组比较

3 讨论

由上述结果可见,大麦日粮添加粗酶制剂能显著促进鹅5周龄前的生长,尤以2—5周龄段的差异极为显著(P<0.01)。据报道,酶制剂促进雏鸡生长以4周龄前最为明显,但有试验在7周龄前,甚至在肉鸡的全部生长过程中都有效果⁽⁵⁾⁽⁶⁾。本实验鹅在7周龄至2月龄中,酶制剂组能保持前期的增重优势所造成的体重差异。添加粗酶制剂,除了能解除大麦中β-葡聚糖等可溶性非淀粉多糖的抗营养作用,改善消化,促进吸收外;另一方面可能使日粮中的寡聚糖得以释放,其中有些寡糖可能作用于肠道微生物,减轻了病原微生物对机体的毒害,提高免疫力,同样有利于生产性能的提高⁽⁷⁾。

禽类生长的神经内分泌调节有与哺乳动物不同的特点,其 TRH 也参与了对 GH 的调控作用⁽⁸⁾。GH 作用于肝脏产生胰岛素样免疫活性生长因子(IGF-1),并通过 IGF-1 作用于生长组织,刺激氨基酸的转运和蛋白质的合成。碳水化合物除具营养作用外还具有激素样的活性,它能增进或抑制某些激素的活性⁽⁹⁾。因而推测,酶作用于日粮中碳水化合物

后,可改变其结构,从而影响到激素的浓度;其次,酶制剂中是否含有对机体产生调节作用的某些活性物质,尚待证实。本实验证明添加粗酶制剂使鹅的 GH、IGF-1、TSH 均升高,表明酶制剂的促生长作用,还通过影响内分泌和代谢而实现的。家禽的 T_4 在肝脏中经 5'-脱碘酶作用转变为 T_3 而发挥作用,所以 T_4 的下降可能与之转变为 T_3 有关。⁽¹⁰⁾

综上所述,大麦日粮添加粗酶制剂,能提高其营养利用价值,除了加强营养分的消化吸收外,可能还产生生理活性寡糖或肽参与调节鹅的神经内分泌,影响代谢,从而促进生长。

主要参考文献

1. White W. B. , Bird H. R. , Sunde M. L. et al. 1981. The viscosity interaction of barley beta-glucan with trichoderma viride cellulase in the chick intestine. Poultry Science 60:1043—1048.
2. Petterson D. Graham H. and Aman P. 1990. Enzyme supplementation of broiler chicken diets based on cereals with endosperm cell walls rich in arabinoxylans or mix-linked β -glucans. Anim. prod. 51:201—207.
3. Hesselmann, K. K. Elwinger, M. Nilsson and S. Thomke. 1981. The effect of β -glucanase supplementation, stage of ripeness and storage treatment of barley in diet feed to broiler chickens. Poultry Science 6:2664—2671.
4. Rotter B. A. , Neskar M. , Guenter W. et al. 1989. Effect of enzyme supplementation on the nutritive value of hullless barley in chicken diets. Anim. Feed Sci. and Technol. 24:233—245.
5. Shalih M. E. , Classen H. L. and Campbell G. L. 1991. Response of chickens fed on hull less barley to dietary β -glucanase at different ages. Anim. Feed Sci. and Technol. 33:139—149.
6. Rotter B. A. , Friesen O. R. , Guenter W. et al. 1990. Influence of enzyme supplementation on the bioavailable energy of barley. Poultry Science 69: 1174—1181.
7. Scott A. Martin, 1994. Potential for manipulating the gastrointestinal mi-

- croflora: a review of recent progress, in: Biotechnology in the feed industry. Proceeding of Allteck's 10th annual symposium. 155—166
8. C. G. Scanes and R. Vasilators—Youn Ken. 1994. Somatotropic axis and growth in broiler. European Poultry Science. 9—13.
9. T. P. 莱恩斯, K. A. 杰奎斯主编, 1995, 生物技术在饲料工业中的应用, 农业出版社, P5, 74, 78.
10. Darras, V. M., A. Vanderpooten, L. M. Huybrecht, et al, 1991 Food intake after hatching inhibits the growth hormone induced stimulation of the thyroxine to triiodothyronine conversion in the chicken Hormone and Metaboilc Research 23:469.

大麦日粮添加粗酶制剂对雏鸡 小肠粘膜二糖酶活力的影响

郑祥建 韩正康

(南京农业大学 动物生理生化实验室 210095 南京)

摘要 7日龄雏鸡划分饲喂大麦基础日粮(BC)、玉米基础日粮(MC)、大麦基础日粮加0.1%商品酶Ⅲ(BE)、大麦基础日粮加0.2%国产酶I(BZ)4组,至21日龄宰杀。结果表明,饲喂BC的雏鸡与饲喂MC的相比,麦芽糖酶和蔗糖酶活力较高($P<0.01$),而乳糖酶和海藻糖酶活力则较低($P<0.01$)。添加粗酶制剂于大麦日粮,肠粘膜麦芽糖酶和蔗糖酶活力下降,低于MC组,而乳糖酶和海藻糖酶活力上升,高于MC组。

关键词 雏鸡、酶制剂、二糖酶、大麦

大麦日粮具有抗营养作用,使雏鸡生产性能下降,养分吸收变差、消化率降低⁽¹⁾;而添加含 β -葡聚糖酶的粗酶制剂于大麦日粮可改善动物生长性能⁽²⁾,提高增重,降低料重比,其作用机理与消化吸收密切相关,而膜消化是联系消化与吸收的关键步骤⁽³⁾,有报道它很可能是整个吸收过程的限速步骤⁽⁴⁾。小肠粘膜参与膜消化的酶主要是二糖酶、寡糖酶和肽酶⁽⁵⁾,为了观察大麦日粮添加粗酶制剂对膜消化的影响,本实验研究了雏鸡小肠粘膜二糖酶活力水平的变化。

一、材料与方法

1.1 试验动物与试验设计

伊莎公雏1-7日龄喂商品雏鸡料,7日龄时,选择体重大小基本一致的雏鸡32羽,随机分成4组,每组8只养于一笼,逐只编号。4组为大麦基础日粮对照组(BC)、玉米基础日粮对照组(MC)、试验I组即大麦基础日粮+0.1%商品粗酶制剂Ⅲ(BE);试验Ⅱ组即大麦基础日粮+0.2%国产酶I(BZ)。基础日粮组成见表1。

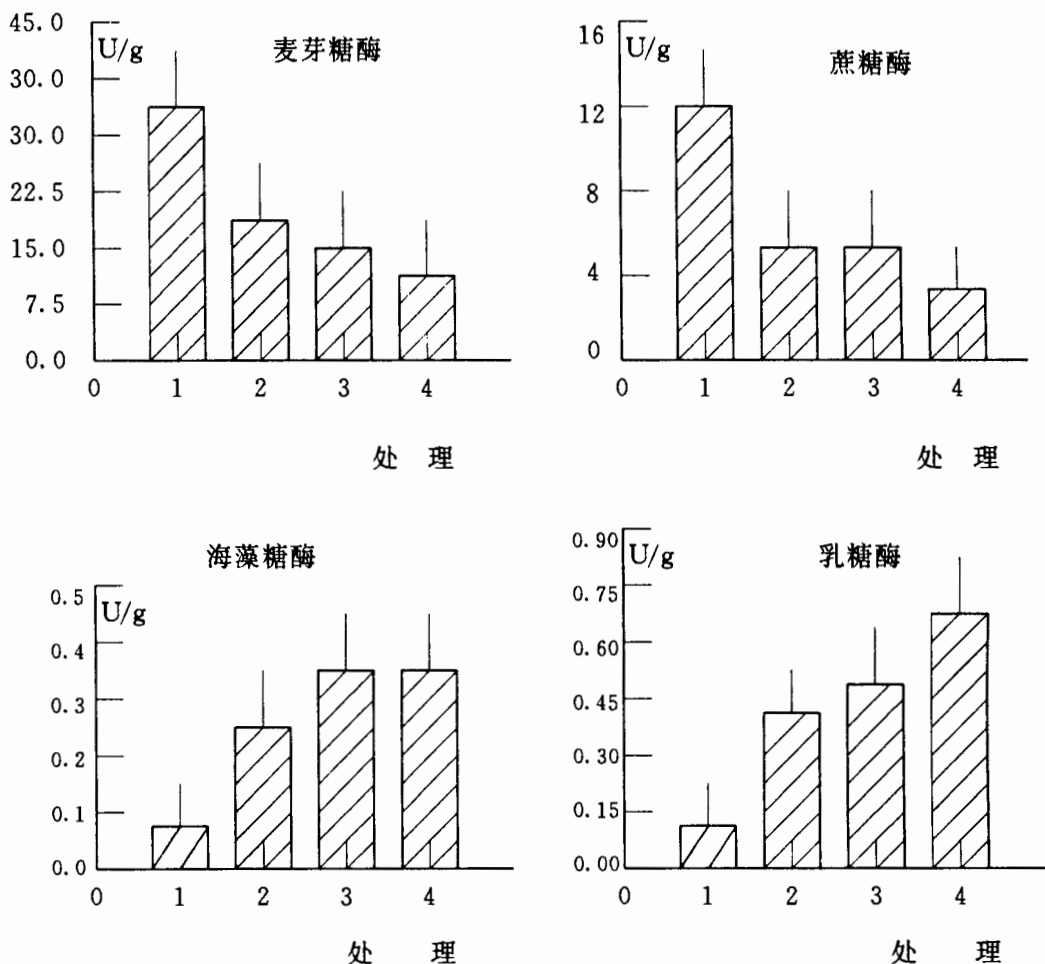


图1 四种处理对雏鸡小肠粘膜二糖酶活力的影响

1. 大麦对照组 3. 大麦日粮+0.1%商品酶Ⅲ
2. 玉米对照组 4. 大麦日粮+0.2%国产酶Ⅰ

力均显著低于大麦对照组;BE 和 BZ 两试验组相比,添喂国产酶 I 的雏鸡,小肠粘膜的麦芽糖酶和蔗糖酶活力都较低,而乳糖酶活力较高,海藻糖酶活力相近。这些不一致的关系,提示粘膜二糖酶主要来自肠细胞,而外源酶吸附于肠粘膜参与膜消化并不起多大作用。

二糖酶的调控很复杂,涉及发育、激素、营养分、日粮中的粘性物质等诸多因素并且合成、分泌、降解等日程都可能受到调节。据 Malsushita 报道,21日龄雏鸡的二糖酶已发育成熟⁽⁷⁾,但由于本实验大麦日粮和酶制剂都是从7日龄开始饲喂的,很可能对二糖酶的发育有一定影响。大麦日粮使雏鸡血浆 T_3 、 T_4 水平下降,而添加酶制剂可以回升,并高于玉米对照组⁽⁸⁾;β-葡聚糖也能使胰岛素水平下降,加酶后回升⁽⁹⁾。 T_3 、 T_4 、胰岛素都可促进二

糖酶发育并通过增加酶合成提高成熟期粘膜二糖酶活力水平⁽¹⁰⁾。由此推断,本实验4种处理的雏鸡小肠粘膜二糖酶水平应当都是加酶组高于对照组,但结果并非完全如此,麦芽糖酶和蔗糖酶活力变化恰好与此相反,即加酶组均低于玉米与大麦对照组,这可能与不同二糖酶的调控机理不同有关。Kietzmen⁽¹¹⁾认为乳糖酶、海藻糖酶的调控与麦芽糖酶不同。可能对于麦芽糖酶和蔗糖酶,降解是主要调节环节。由于大麦 β -葡聚糖造成粘性,使肠粘膜的不动水层增厚,蛋白酶不易扩散到粘膜分解这二种酶,或直接与蛋白酶结合抑制其活性⁽¹²⁾。因而大麦对照组粘膜的麦芽糖酶和蔗糖酶的活力最高。加酶组活力低于玉米对照组,可能是酶制剂的酶协同内源酶使蛋白酶对二糖酶的降解作用更强。乳糖酶和海藻糖酶由于本身水平较低,可能合成是调控的主要环节,强于降解作用,并且激素的调节起着重要作用,因而不加酶使粘膜这二种酶的活力上升。

比较添加两种酶制剂的粘膜二糖酶活力的变化,则见国产酶Ⅰ的效应比商品酶Ⅲ大,例如国产酶Ⅰ使麦芽糖酶和蔗糖酶活力下降的幅度比商品酶Ⅲ大,使乳糖酶活力上升的幅度亦比商品酶Ⅲ大,因此,上述肠粘膜的二糖酶活力变化可能是国产酶制剂Ⅰ中二糖酶对内源二糖酶的反馈调节的结果,因为国产酶Ⅰ比商品酶Ⅲ酶有较高的麦芽糖酶和蔗糖酶活力,而无乳糖酶活力。

日粮中脂肪可影响肠细胞膜脂组成,进而影响膜上的酶活力⁽¹³⁾。 β -葡聚糖可干扰脂肪、胆固醇的吸收,也可能通过影响膜脂组成调节二糖酶水平。在酶制剂、大麦的贮存蛋白和内源酶组成的复杂体系中很可能还会有一些活性肽片段参与二糖酶调控,有待进一步研究。

参考文献

1. Rotter B. A et al. 1990. Influence of enzyme supplementation on the bioavailable energy of barley. Poultry Sci. 69:1174—1181
2. Hesselman K. et al. 1981. The effect of β -glucanase supplementation, stage of ripness and storage treatment of barley in diet fed to broiler chickens. Poultry Sci. 60:2664—2671
3. Moran T. 1985. Digestion and absorption of carbohydrate in fowl and through perinatal development. J. Nutr. 115:665—674
4. Heitlinger. L. A. 1991. Glucose flux from dietary disaccharides; all sugars are not absorbed at equal rates. Am. J. Physiol. 261:G818—822
5. Pappenheim J. R. 1993 On the coupling of membrane digestion with

intestinal absorption of sugars and amino acids. *Am. J. Physiol.* 265:G409—414

6. Dahlqvist A. 1964, Method for assay of intestinal disaccharidase. *Anal. Biochem.* 7:18—25

7. Matsushita S. 1985, Development of sucrase in the chick small intestine. *J. Exp. Zool.* 233:377—383

8. 刘燕强, 韩正康, 1994, 大麦日粮添加粗酶制剂对雏鸡生产性能的影响。 *中国饲料*, 7:19—21

9. Wood P. J. et al. 1989, Physiological effects of β -D-glucan rich fraction from oats. *Cereal Foods World.* 34(10):878—882

10. Henning S. J. 1985 Ontogeny of enzyme in the small intestine. *Ann. Rev. Physiol* 47:231—245

11. Kietzman M. et al. 1985 The influence of oligoindox and sulphadimine on the rate of protein synthesis in the liver and disaccharidase activities in the small intestine of chicks. *Veternary.* 1:36—49

12. Ikeda K. et al. 1983, In vitro inhibition of digestive enzyme by indigestible polysaccharides. *Cereal Chem.* 60(4):260—263

13. Dudley M. A. 1994, Jejunal brush border hydrolase activity in higher in tallow-fed than in corn-fed pigs. *J. Nutr.* 124:1996—2005

大麦基础日粮添加粗酶制剂对肉鸭生长性能、消化机能的影响及其年龄性变化

高宁国 韩正康

南京农业大学动物生理生化实验室

摘要 本实验比较了饲喂大麦基础日粮(含19.6%的粗蛋白)的樱桃谷肉鸭在增重、消化机能及血液中血清蛋白、尿酸、IGF-1含量的年龄性变化及添加粗酶制剂的影响。结果表明,周增重随着周龄的增大而加快,并在第五周达到最大值;相对生长则随着周龄的增大而减小。42日龄同21日龄相比,其小肠食糜粘度及 β -葡聚糖含量均显著下降,蛋白酶及淀粉酶活性显著上升,第二、三周的干物质和蛋白质的消化率很低;提示生长前期肉鸭的消化机能尚未发育完全。添加微生物来源的粗酶制剂,可以显著提高前四周的增重、相对生长和采食量及降低料重比,但42日龄时的增重未见增加。添加0.1%的粗酶制剂,明显降低21日龄雏鸭的小肠食糜上清液粘度;对酶活力影响较大,并且能显著提高干物质及蛋白质的消化率,但对42日龄鸭影响很小。

关键词: 肉鸭,粗酶制剂,大麦基础日粮,生长性能,消化机能。

前言 我国是一个养禽大国,而作为能量饲料主要来源的玉米却供应不足。大麦是重要的作物之一,我国年产量约510万吨,主要集中在江、浙等地,由于大麦抗逆性强,能在其他作物不能生长的沿海滩涂种植。大麦中粗蛋白含量比玉米高,品质比玉米好,但大麦中含有抗营养因子 β -葡聚糖,能增加食糜的粘度,干扰动物消化腺的正常分泌,影响消化酶和底物的有效反应和养分的吸收⁽¹⁾。因而,雏鸡饲喂大麦日粮会引起生长性能下降及粘性粪便等问题。如果大麦日粮添加以 β -葡聚糖酶为主的粗酶制剂,则可以消除 β -葡聚糖带来的负效应,提高雏鸡的生长性能,这在我国及国外已有报导^(2,3)。本文试图探讨大麦基础日粮以及添加粗酶制剂对鸭增重和消化机能的影响及其机理,为粗酶制剂及大麦日粮在肉鸭日粮中的应用提供理论依据。

材料与方 法:

1. 试验动物与试验设计

40只1日龄的樱桃谷肉鸭随机均分为加酶组和不加酶对照组;24小时光照,饲喂大麦

基础日粮,加酶组另添加0.1%的商品粗酶制剂;自由采食及饮水;每周称重一次;称重前一天晚上18:00—20:00收集两小时粪便,烘干备测消化率用。

基础日粮组成如下:

大麦:60% 玉米:15% 国产鱼粉:4% 肉粉6% 豆粕:12% 植物油:2% 磷酸二氢钙:0.4% 食盐:0.15% 预混料1%。

代谢能:11.92 KJ,粗蛋白:19.6%(均为计算值)

2. 样品采集.

21日龄时每组随机宰杀12只(每个笼子取3只),到42日龄再宰杀其余的8只。颈静脉采血,离心3000g,10分钟,分离出血清, -40℃ 保存待用。打开腹腔,取小肠及胰腺样品。小肠分三段结扎:十二指肠段(U形弯曲段),空肠段(至卵黄囊残迹),回肠段(至盲肠),然后剪开轻轻挤出其中的食糜。将食糜离心,13700g,10分钟,取上清液备用。称取胰腺0.50克,加入5.0 ml(pH7.4)的磷酸缓冲液,制备匀浆,离心,20000g,10分钟,取上清液待用。

3. 干物质、蛋白质表现及氮校正消化率的测定.

消化率采用酸不溶灰分法;蛋白质采用凯氏定氮法;粪中尿酸测定用紫外吸收法。

4. 粘度的测定.

取食糜上清液0.5ml,用LVDV型数字粘度计测定在摄氏40度,转子速度为100转/秒时的粘度,记录1分钟后的读数。

5. 蛋白酶的测定.

Folin—酚法测定蛋白酶。胰腺中胰蛋白酶原的激活方法如下:1ml胰腺匀浆加入4ml激活缓冲液(0.1M KCl,0.15M Tris,0.02M CaCl_2 ,pH7.6),再加入0.1ml的0.01%的胰酶制剂,23摄氏度激活20分钟,取200微升同2ml 1%的酪蛋白反应。

6. 淀粉酶的测定. 采用碘淀粉比色法。

7. β -葡萄糖的测定. 纤维素酶法。

实验结果

1. 生长性能

1.1. 增重.

6周增重及相对生长速度如图1所示。增重随着周龄的增大而增加。第五周达到最大

值,第六周开始下降;而相对生长则随着周龄的增大而减小。加酶组同对照组相比,前四周增重分别提高18.0%,12.0%,12.2%,15.4%($P<0.01$),但第五、六周增重未见增加。加酶组早期相对生长加快,而后期相对生长与对照组无显著差异。

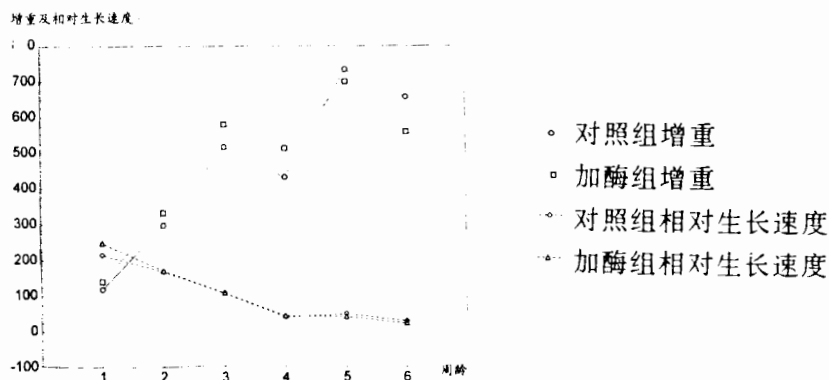


图1. 粗酶制剂对肉鸭增重和相对生长速度的影响.

1. 2. 采食量及料重比

加酶使采食量有所增加,其中第三周增加7.1%($P<0.05$),料重比分别下降8.3%(1.66 vs. 1.81, $P<0.05$)、7.5%(2.11 vs 2.28, $P<0.05$)、4.0%(2.38 vs. 2.48).

2. 小肠食糜粘度及 β- 葡萄糖含量.

从表1可以看出,42日龄同21日龄相比,对照组鸭十二指肠、空肠食糜粘度及 β- 葡萄糖含量都大幅度下降,粘度分别下降85.5%和91.2%($P<0.01$);β- 葡萄糖含量分别下降43%和38%($P<0.01$);42日龄加酶组食糜粘度小肠三段分别下降68%,49%,79%($P<0.01$)(图2.);β- 葡萄糖含量十二指肠和空肠分别下降38%,24%($P<0.01$),而回肠差异不显著。加酶组与对照组相比,21日龄雏鸭十二指肠及空肠段食糜粘度分别下降55.34%($P<0.01$)和73.96%($P<0.01$),但对 β- 葡萄糖含量几乎没有影响;加酶对42日龄肉鸭小肠食糜粘度影响很小,而 β- 葡萄糖含量比不加酶组有所增加,其中空肠段上升24.1%($P<0.01$),回肠段上升27.1%($P<0.01$)。

表1. 樱桃谷肉鸭对照组小肠各段食糜上清液的粘度及 β- 葡萄糖含量

日龄	十二指肠		空 肠		回 肠	
	粘 度	β-葡萄糖	粘 度	β-葡萄糖	粘 度	β-葡萄糖
21	17.6±6.9	.44±.05	24.0±5.0	.47±.07	2.09±.24	.60±.08
42	2.54±.38**	.25±.03**	1.94±.07**	.29±.07**	2.03±.10	.48±.02

* * $P<0.1$, 与21日龄比较

3. 消化机能的变化

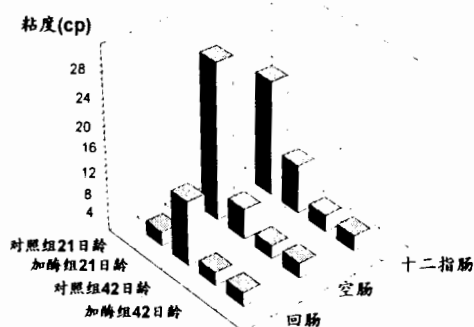


图2. 粗酶制剂对小肠食糜粘度的影响.

3.1. 消化率的变化

鸭的生长前期,营养物质的消化率是相当低的,随着日龄的增大有所提高。如第三周的消化率比第二周显著提高,分别为干物质消化率(71.7 ± 13.2 对 $66.41 \pm 1.12\%$),蛋白质表现消化率(61.2 ± 1.3 对 $48.9 \pm 1.5\%$)蛋白质真消化率(63.5 ± 1.6 对 $52.2 \pm 1.4\%$)。加酶使第二、三周干物质消化率分别提高

3.6% ($P < 0.01$)及2.89% ($P < 0.05$);蛋白质的表观消化率分别提高24.1% ($P < 0.01$)及10.8% ($P < 0.01$);蛋白质的真消化率分别提高20.5% ($P < 0.01$)及9.1% ($P < 0.01$)。

3.2. 消化道相对重量的变化

本试验加酶组42日龄时的增重虽然未见提高,但却能使整个消化道的相对重量有所下降,由21.4%下降到19.7% ($P > 0.05$)。

3.3. 消化酶活力的变化.

42日龄时十二指肠食糜上清液及胰腺匀浆中的蛋白酶和淀粉酶的活性均比21日龄时高,其中对照组食糜上清液中蛋白酶及淀粉酶活力分别提高48%和110% ($P < 0.01$),胰腺匀浆则分别提高700%和225% ($P < 0.01$) (表2);加酶组食糜上清液及胰腺匀浆中上述两种酶的活力分别提高159%,46% ($P < 0.01$)和969%,300% ($P < 0.01$)。21日龄加酶组同对照组相比,食糜上清液的淀粉酶活力比对照组高75% ($P < 0.01$),蛋白酶则低43.5% ($P < 0.05$);胰腺中上述二种酶活力分别比对照组低19.6%和24.4% ($P > 0.05$)。42日龄时添加酶制剂除了使食糜上清液中淀粉酶活力提高16.4%以外,对其余的酶活力影响不大。

表2. 对照组鸭十二指肠食糜上清液及胰腺中酶活力

日龄	食糜上清液(U/ml)		胰腺匀浆(U/mg 蛋白)	
	淀粉酶	蛋白酶	淀粉酶	蛋白酶
21	640 ± 95	802 ± 230	1416 ± 211	72 ± 26
42	$1345 \pm 330^{**}$	$1186 \pm 6^{**}$	$5027 \pm 1646^{**}$	$576 \pm 57^{**}$

* * $P < 0.01$, 与21日龄比较

讨论

由上述结果可以看出,肉鸭在增重和消化机能方面存在年龄性变化,前三周,鸭的相对生长很快,并且消化酶活力比较低,肠道食糜粘度及 β -葡聚糖的含量较高,这期间添加粗酶制剂能取得较好的增重效果。后期的相对生长比较缓慢,消化酶活力很高,肠道食糜粘度及 β -葡聚糖含量较低,这期间添加外源性酶制剂没有明显的效果。

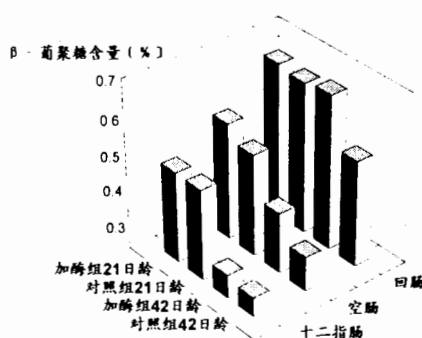


图3. 粗酶制剂对小肠食糜上清中 β -葡聚糖含量的影响。

Jonsson 报导,猪饲喂大麦基础日粮会诱导其肠道建立能分解 β -葡聚糖的菌株⁽⁴⁾;成年禽对粘性非淀粉多糖的耐受性更强,认为这是由于体内建立更有活力的微生物区系造成的⁽⁵⁾。由此推测,本实验后期肉鸭肠道内可能已建立了能分解 β -葡聚糖的菌群,从而消除了 β -葡聚糖带来的负效应。

不能消化的粘性多糖使大鼠消化器官增大和表观消化率降低;同时消化液分泌增加,胰腺分泌更多的蛋白酶和淀粉酶⁽⁶⁾。 β -葡聚糖使胃、小肠、胰等消化器官增大,食糜通过速度减慢,肠粘膜上的不动水层加厚,内源氮排出增加。这些主要是由粘度造成的。粘度使肠收缩产生的食糜运动速度减慢,短肽、氨基酸、寡糖、单糖从肠腔扩散到肠壁变得困难;同时,不动水层的加厚更妨碍扩散,而扩散减慢会延缓 CCK 反馈回路,使胰酶分泌上升⁽⁷⁾。这同本文观察到对照组蛋白酶活性升高是一致的。上述情况提示饲喂大麦基础日粮的雏鸭,高粘性的胃肠道环境也很可能使消化腺的分泌代偿性加强,但并不能克服由 β -葡聚糖高粘性带来的负效应,因而尽管21日龄对照组比加酶组消化酶活力高,但无论是干物质还是蛋白质的消化率都比加酶组低,消化吸收不如加酶组,因而增重比加酶组慢。随着日龄增加,可能由于肠道微生物群的活动增强和扩展,也可能由于鸭自身调节能力增强,使食糜的粘度大幅度下降,同时由于对照组消化系统的完善发育,因而在后期对照组和加酶生长速度大致持平。据 Brenest 报导,大麦日粮添加粗酶制剂使鸡的消化器官相对重量减小,其中胰腺下降24%⁽⁸⁾;本实验则观察到外源酶对胰腺消化酶的抑制性影响。

一般认为,粘度和 β -葡聚糖含量呈正相关,但本实验却发现它们之间的关系不大。粗酶制剂显著降低了21日龄鸭十二指肠及空肠食糜的粘度,但 β -葡聚糖含量并没有随之下降,反而有所增加。有报导认为食糜粘度同 β -葡聚糖的分子量和含量有关,食糜粘度的80%是由不超过10%分子量大于500KD的大分子碳水化合物引起的⁽⁹⁾。同时,由于本实验研究的是食糜上清液中的 β -葡聚糖和粘度,这里的 β -葡聚糖是可溶性的并且分子量比较小,因此,本实验不能证实食糜粘度和 β -葡聚糖含量之间存在肯定的正比关

系,值得进一步研究。

总之,大麦日粮添加以 β -葡聚糖为主的外源性粗酶制剂,可以加快肉鸭前期的生长速度,增加采食量及降低料重比;加酶对后期的增重效果影响不大,但消化道相对重量的下降意味着屠宰率的升高,这在生产中有一定的意义。同时,还观察到前期鸭的蛋白质消化率较低,强化酶制剂中蛋白酶活性也许能得到更理想的效果。

主要参考文献

1. White. W. B. 1981. The viscosity interaction of barley Beta-glucan with *Trichoderma Viride* Cellulase in chick intestine. *Poult. Sci.* 60:1043—1048
2. 刘燕强,韩正康. 1994. 大麦日粮添加粗酶制剂对雏鸡生长性能的影响. *中国饲料*. (3):19—21
3. Fracesh. M. 1994. Effect of cultivar pelleting and enzyme addition on nutritive value of barley in poultry diets. *Br. Poult. sci.* 35:259—272
4. Jonsson. E. 1991. Establishment in piglet gut of lactobacilli capable of degrading mixed-linked Beta-glucan. *J. Appl. Bacteriol.* 70:512—516
5. M. Choct. 1992. The inhibition of nutrient digestion by wheat pentosans. *British. J. of Nutrition.* 67:123—132
6. Ikegami. S. 1990. Effect of viscous indigestible polysaccharides on pancreatic—biliary secretion and digestive organ in rats. *J. Nutr.* 120:353—350
7. M. R. Bedford. 1991. The effect of pelleting, salt and pentosanase on the viscosity of intestinal contents and the performance of broilers fed rye. *Poult. Sci.* 70:157101577
8. A. Brenes. 1993. Effect of enzyme supplementation on the performance and digestive tract size of broiler chickens fed wheat and barley based diets. *Poult. Sci.* 72:1731—1739
9. Bedford M. R. and H. L. Classen, 1992. Reduction of intestinal viscosity through manipulation of dietary rye and pentosanase concentration is effected through changes in the carbohydrate composition of the aqueous phase and results in improved growth rate and feed conversion efficiency of broiler chicks. *J. Nutr.* 122(3):560—569

添加粗酶制剂的大麦基础日粮对雏鸡 体增重、免疫及内分泌的影响

王清吉 陈伟华 韩正康

(南京农业大学动物生理生化实验室 210095 南京)

摘 要 选用144羽伊沙蛋公雏,7日龄时随机均分为玉米日粮组(CC);大麦日粮组(BC);大麦日粮+0.1%商品粗酶制剂I组(BF);大麦日粮+0.1%国产酶制剂组(BZ)。试验期14天,于21日龄时采血,分别进行甲状腺激素RIA测定和T淋巴细胞转化实验。结果表明:7—21日龄雏鸡体增重添酶组BZ、BF组比大麦日粮对照组分别高6.62%($P<0.05$)和4.87%;料重比下降5.93%($P<0.01$)和3.20%($P<0.01$),21日龄时雏鸡的血清 T_3 水平添酶组BZ、BF比对照组分别高12.77%和15.22%,而 T_4 水平则无多大差异。淋巴细胞转化率BZ、BF分别比对照组提高24.57%和31.01%($P<0.05$)。

上述结果提示,大麦日粮添加粗酶制剂,可提高雏鸡体增重、采食量,显著降低料重比,提高雏鸡血清中三碘甲腺原氨酸(T_3)的水平,而对甲状腺素(T_4)则影响不大;显著提高淋巴细胞转化率,从而提高雏鸡的免疫力。

关键词 大麦、粗酶制剂、雏鸡、体增重、激素、免疫力。

1、前言

随着养禽业的不断发展,对饲料需求也日趋增加,而作为能量饲料的玉米由于产量有限,使得玉米供给日益紧张,特别是南方地区寻找其它谷物替代玉米已成为必然。大麦是主要作物之一,其粗蛋白和游离氨基酸含量高于玉米⁽¹⁾,但由于大麦消化能较低,并且含有可溶性 β -葡聚糖,造成鸡粘性粪便,使得大麦的应用受到一定限制⁽²⁾。如何提高大麦应用价值,受到愈来愈多研究者的关注。目前在大麦基础日粮中添加微生物来源的粗酶制剂,可降低雏鸡食糜粘度,从而不同程度地提高了大麦的可利用营养价值⁽²⁾。

营养与免疫的相互关系成为近二十年以来研究的焦点,营养是动物机体产生免疫力决定因素之一。流行病学研究已经证明蛋白质——能量缺乏,畜禽发病率和死亡率明显提高,并可造成免疫器官发育不全、萎缩。营养对细胞免疫、体液免疫、补体功能和白细胞吞噬作用等都有重要影响⁽³⁾。

内分泌与免疫的相互作用也已成为当今研究的热点,现已发现除糖皮质激素以外,还

有多种激素影响淋巴细胞和巨噬细胞的机能。垂体激素也可由淋巴细胞合成,并且甲状腺激素(T₃、T₄)、生长激素(GH)和催乳激素(PRL)表现出明显的免疫调节因子的作用⁽⁴⁾⁽⁵⁾⁽⁶⁾。

本文旨在应用粗酶制剂提高大麦营养价值的同时,研究其对雏鸡内分泌与免疫的影响,为三者关系提供一定的科学依据,并为粗酶制剂的合理应用提供理论基础。

2、材料与方法

- (1)试验用伊沙蛋公雏(ISA Brown Cockerel)由南京国营养鸡公司提供。
- (2)本试验所用酶制剂为商品粗酶制剂Ⅰ,国产酶为试用粗酶制剂。
- (3)试验日粮组成见表1。

表1 日粮组成及养分含量(%)

项 目	玉米日粮组	大麦日粮组
玉米	60.00	20.80
大麦*	—	50.00
小麦	12.45	—
豆粕	21.00	20.50
鱼粉	3.00	3.00
植物油	—	2.47
磷酸氢钙	1.60	1.70
石粉	0.60	0.15
食盐	0.30	0.30
蛋氨酸	0.05	0.08
预混料**	1.00	1.00
ME(Mcal/kg)	2.86	2.86
CP	18.64	18.52
Ca	0.81	0.81
P	0.73	0.73
Lys	0.86	0.86
M+C	0.61	0.61

* 大麦:南京地区生产,南京红旗牧场提供。
* * 预混料:南京农业大学饲料添加剂实验工厂惠赠,内含微量元素和复合维生素等。

(4)1—6日龄实验鸡,35℃ 分层笼养,喂以商品蛋雏前期料。7日龄时,禁食4小时后称重,随机分为玉米基础日粮对照组(CC);大麦基础日粮对照组(BC);大麦基础日粮+0.1%商品粗酶 制剂Ⅰ组(BF);大麦基础日粮+0.1%国产酶组(BZ)。每个处理组设6个重

复,每个重复6羽。第21日龄禁食4小时后(自由饮水)称体重并记录采食量。

(5) T 淋巴细胞转化实验(LT),采用微量全血培养氚标胸腺嘧啶(^3H -TDR)掺入法⁽⁷⁾。于21日龄时,每个处理组随机取鸡6羽,各采取1ml 肝素(320u/ml,0.1ml/管)抗凝血,分别加入4支10ml 培养试管中,0.1ml/管。其中两管加入不含植物血凝素(PHA)的 RPMI-1640 完全培养液(PHA⁻),1ml/管;另两管加入含 PHA(50ug/ml 培养液)的 RPMI-1640 完全培养液(PHA⁺),1ml/管。40°C,培养72小时,培养结束前16小时加入 ^3H -TDR 标记液,0.1ml/管(1uci)。

培养结束后,分别在各培养管中加入6ml 3%冰醋酸,以2000r/min 离心10分钟,弃上清,如此反复3次。沉淀加30% H_2O_2 一滴,85°C 水浴15分钟,再加2N NaOH 0.1ml,继续加热30分钟,使沉淀完全消化溶解,消化液完全移入测试杯中,加乙二醇乙醚2.5ml,闪烁液2.5ml,用液体闪烁计数仪(Beckman LS 9800)测每分钟衰变数(DPM)。

淋巴细胞转化率计算:刺激指数(SI) = $\frac{\text{PHA}^+ \text{ DPM (两管平均值)}}{\text{PHA}^- \text{ DPM (两管平均值)}}$

(6) 甲状腺激素(T_3 、 T_4)的测定

于21日龄时每个处理组任选四个重复组雏鸡,每个重复组3羽,颈静脉采血,血液放置于4°C 冰箱过夜,以3000r/min 离心10分钟分离血清,-30°C 冰箱保存。 T_3 、 T_4 测定采用 ^{125}I 标记药盒,双抗体法,卫生部上海生物制品研究所出品。操作按药盒使用说明书进行。

(7) 数据均以 $\bar{X} \pm \text{SD}$ 表示,统计学处理采用 Student's T 检验。

3、结果与分析

(1) 玉米日粮组(CC)和大麦日粮添加粗酶制剂组 BZ、BF,7—21日龄雏鸡体增重分别比大麦对照组(BC)提高1.92%、6.62%和4.87%;采食量增加7.03%、0.55%和1.69%;料重比提高5.02%和分别下降5.93%、3.20%(表2)。

结果表明:7—21日龄雏鸡体增重 BZ 组显著高于 BC 组,而 CC 组和 BF 组与 BC 组相比无显著性差异;采食量 CC 组、BZ 组和 BF 组均比 BC 组增加,但差异不显著;料重比 BZ 组和 BF 组与 BC 组相比均有极显著下降,而 CC 组却比 BC 组增加($P < 0.05$),这主要是由于大麦代谢能比玉米低,而在日粮配合时为使 CC 与 BC 代谢能相等,在 BC 组中添加植物油而造成的。

第21日龄雏鸡血清 T_3 水平 CC、BZ 和 BF 分别比 BC 组高11.96%、12.77%和15.22%,而 T_4 水平则无多大差异。提示大麦日粮添加粗酶制剂可提高雏鸡血清 T_3 水平,而对 T_4 则影响不大。

表2 7—21日龄雏鸡体增重、采食量、料重比、血清 T_3 、 T_4 水平
及淋巴细胞转化率

	CC	BC	BZ	BF
体增重(g, n=36) Body Weight gain	754.00±38.71	739.83±70.82	788.83±30.31*	775.83±28.19
采食量(g, n=36) Feed intake	1732.00±56.98	1618.17±141.53	1627.00±47.80	1645.50±43.85
料重比(n=36) Feed/BW	2.30±0.12	2.19±0.02	2.06±0.04***	2.12±0.03***
T_3 (ng/ml, n=12)	4.12±1.02	3.68±0.81	4.15±1.75	4.24±1.12
T_4 (ng/ml, n=12)	21.57±2.13	21.50±1.63	21.19±1.45	21.54±2.32
SI(n=6)	1.189±0.160	1.164±0.16	1.450±0.44	1.525±0.332*

与 BC 组比较 * $P<0.05$ *** $P<0.001$

第21日龄淋巴细胞转化率 CC、BZ 和 BF 分别比 BC 组高2.15%、24.57%和31.01% ($P<0.05$)。结果可见,大麦日粮添加粗酶制剂还可不同程度提高雏鸡淋巴细胞转化率,增强 PHA 对 T 淋巴细胞刺激的反应性,从而提高雏鸡免疫力。

4、讨论

本实验结果表明,大麦日粮添加粗酶制剂可提高7—21日龄雏鸡的体增重、增加采食量、降低料重比,其机制可能是大麦中含有可溶性 β -葡聚糖,它能够增加食糜粘度,使营养成分吸收受阻,添加含有 β -葡聚糖酶活性的粗酶制剂后,使可溶性多糖部分降解,减少肠道内容物的粘性,促进酶与食糜混合,增加食糜消化和养分吸收,并增加采食量,进而使雏鸡增重和降低料重比。另外,多糖包围于谷物饲料营养分的周围,加酶后,部分降解细胞壁成分,有利于酶类进入,并消化其中的淀粉和蛋白质⁽⁸⁾。

实验还表明,大麦日粮添加粗酶制剂能提高雏鸡血清中 T_3 的水平,而对 T_4 则影响不大。 T_3 是禽类机体内主要的代谢激素,与生长激素有密切关系,它的增加,表示机体代谢水平的提高和促生长作用。另外, T_3 还可增强机体细胞免疫机能⁽⁵⁾,至于添加粗酶制剂为什么会使雏鸡血清 T_3 水平升高,还需进一步研究。

本实验初步证明,大麦日粮添加粗酶制剂能够提高雏鸡淋巴细胞对 PHA 刺激的反应性,即能够提高雏鸡细胞免疫机能。前已所述,营养是决定机体免疫力的重要因素,而 T_3 又可增强机体细胞免疫机能,添加粗酶制剂既可改善大麦的营养价值,促进营养分的吸收,又可提高血清中 T_3 的水平,进而提高机体的免疫力。

D. Migliore-Samour (1989)证明,人和牛乳酪蛋白被胃蛋白酶和胰蛋白酶降解后,能

释放出免疫活性肽,此肽能刺激新生儿的免疫系统发育⁽⁹⁾。谷物中的蛋白质,粗酶制剂中的蛋白酶将其降解后是否也产生免疫调节肽,还有待于进一步证明。有文献报道,甘露寡糖(mannan—oligosaccharide,MOS)是一种从酵母细胞壁中提取的葡甘露聚糖蛋白复合物,这种复合物有两种作用:一方面可为细菌提供丰富的附着点,使其不致于附着到肠壁上,由于MOS不被消化酶降解,它们携带着附着的病菌通过肠道,从而防止病菌在肠道群集。另一方面MOS具有免疫调节作用,它能刺激肝脏分泌能与甘露糖相结合的蛋白质而影响免疫系统,这种蛋白质能与细菌荚膜相粘结并触发一连串的补体⁽¹⁰⁾。至于添加粗酶制剂,谷物细胞壁及其它部位的多糖被降解后能否产生MOS及其衍生物,还有待于进一步研究。

参考文献

1. 中国农业科学院畜牧研究所,中国动物营养研究会合编,1985,中国饲料成分及营养价值表,农业出版社,P225—234。
2. Rotter B. A. et al 1990. Influence of enzyme supplementation on the bioavailable energy of barley. *Poultry Sci.* 69:1174—1181.
3. Ranjit Kumar Chandra 1991. Nutrition and immunity in the elderly. *Nutrition Research Review* 4:83—95.
4. James A. Marsh and Colin G. Scanes 1994. Neuroendocrine-immune interactions. *Poultry Sci.* 73:1049—1061.
5. Keith w. Kelley 1988. Cross-talk between the immune and endocrine systems. *J. Anim. Sci.* 66:2095—2108.
6. R. R. Dietert and S. J. Lamont 1994. Current advances in avian immunology. *Poultry Sci.* 73:975—978.
7. 黄祯祥主编,医学病毒学基础及实验技术,科学出版社,1990年2月第一版,P243—245。
8. S. Hijikuro 1983. Improvement of feeding value of barley enzyme supplementation. *Japan agricultural research quarterly* Vol. 17. No. 1,55—58.
9. D. Migliore—Samour. F. Floc'H and P. Jolles. 1989. Biologically ac-

tive casein peptides implicated in immunomodulation. J. of Dairy Research 56:357—362.

10. L. Newman. 1994. Mannan-oligo saccharides; natural polymers with significant impact on the gastrointestinal microflora and the immune system Proceedings of Alltech's Tenth Annual symposium. In: T. P. Lyons and K. a. Jacques (Ed), Biotechnology in the Feed Industry. pp 167—174

大麦日粮添加粗酶制剂对雏鸡增重、消化机能及外周血液甲状腺激素水平的影响

喻 涛 韩正康

(南京农业大学 动物生理生化实验室 210095, 南京)

摘 要 7—21日龄公雏实验表明,大麦基础日粮添加含 β -葡聚糖酶的微生物来源粗酶制剂(0.1%),明显提高雏鸡的增重、采食量和降低料重比,食糜排空速度加快,同时,养分消化率、空肠与回肠的 β -葡聚糖含量以及外周血液 T_3 含量均显著提高,而食糜粘度有所降低。添加高剂量(1%)粗酶制剂,除使血液甲状腺激素水平升高和食糜排空速度加快以及食糜粘度明显低于大麦日粮对照组外,雏鸡的生长性能和养分消化率均明显下降。

关键词 粗酶制剂 雏鸡 大麦 消化 甲状腺激素

引 言 大麦是重要作物之一,作为饲料在我国亦具有很大潜力。但由于含有抗营养因子 β -葡聚糖,抑制鸡的生长^[1];如果在鸡的大麦日粮中添加微生物来源的具有 β -葡聚糖酶活性的粗酶制剂,可以不同程度地消除不良影响^{[2][3]}。本实验旨在进一步确认粗酶制剂对改善饲喂大麦基础日粮的雏鸡增重、消化和甲状腺激素的作用。

材料与方法

1. 实验动物及酶制剂:实验用伊沙公雏,由南京种鸡场提供,雏鸡1至7日龄33℃保温笼养,自由采食商品雏鸡料,自由饮水。粗酶制剂 Roxazyme G(RE)由加拿大 Manitoba 大学畜牧科学系赠给;复合酶(ZE)由浙江省农科院微生物研究所提供。

2. 基础日粮

7—22日龄雏鸡试验期间日粮组成(见表1)

3. 实验设计、饲养管理及样品采集

实验分六种处理,分别为大麦基础日粮对照组(BC),大麦基础日粮添加 Roxazyme 1.0g/kg 组(RE 1.0);添加 Roxazyme 10.0g/kg (RE 10.0)组;添加 ZE 1.0g/kg 组(ZE 1.0);添加 ZE 10.0g/kg (ZE 10)和玉米基础日粮对照组(CC)。实验鸡7日龄随机分群称重,在“Petersime”笼中饲养,每种处理设四个重复,每个重复雏鸡6羽,自由采食饮水。第7、14、21日龄禁食4小时后称重,第14、21日龄记录采食量。第22日龄每个重复任选雏鸡2

羽,颈静脉采血,3000转/分×5分钟分离血清,-30℃冰箱保存。第20日龄每个重复另选1羽雏鸡分别单笼饲养,以胶囊方式喂以 Cr_2O_3 (20mg/羽),其后第1、2、3、4、5、6、8、12、24小时收集全粪,70℃烘干,研细保存。剖开腹腔于各段肠道分界处扎以细线,取出肠段放入冰瓶内,后置-30℃冰箱保存待测。

表1 基础日粮组成及营养成分浓度

项 目	玉米	大麦 ^a	粗小 麦粉	豆饼	鱼粉	植物油	磷酸 氢钙	石粉	食盐	预混料 ^b
大麦基础日粮	20.80	50.00		20.50	3.00	2.47	1.70	0.15	0.30	1.00
玉米基础日粮	60.00	—	12.45	21.00	3.00	—	1.60	0.60	0.30	1.00

日 粮 营 养 成 分 浓 度						
代谢能 (MJ/kg)	Cp	Ca	P	赖氨酸	蛋氨酸+ 胱氨酸	纤维
2.86	18.52	0.81	0.73	0.86	0.61	3.87
2.86	18.64	0.81	0.73	0.86	0.61	3.35

a. 大麦由南京农大牧场提供

b. 每千克预混料含 $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$:27g; $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$:1.5g; $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$:16.0g; $\text{MnSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$:17g; KI:0.07g, NaSeO_3 :0.08g,复合维生素32g;百痢灵:100g

4. 样品测定

4.1 粪中 Cr_2O_3 含量测定系通过每次排出量占24h 排出总量的百分率计算得出^[4],血清中 T_3 、 T_4 含量的测定用 ^{125}I 标记药盒,双抗体法,上海生物制品研究所出品。

4.2 取24小时混合粪样测定粗蛋白(CP)含量;尿酸含量^[5];酸不溶灰分含量,营养物质的消化率^[6]。

4.3 肠道从冰箱内取出,快速融化,每个重复中的3羽鸡作为一个样品,分别分离出十二指肠、空肠、回肠中食糜,25000g 4℃离心15分钟,取上清液混匀,冰箱保存。

4.3.1 取上清液约1.0g 于试管,于70℃烘24小时,然后105℃烘至恒重取出,置于干燥器中冷却至室温测定干物质含量。

4.3.2 取上清液500μl 于 Brookfield—LVDV—Ⅰ+CP 型粘度计中,40℃100RPM ×60S 测定粘度。

4.3.3 分别取约0.2g 十二指肠食糜和约0.5g 空肠、回肠食糜称重,测定上清液中β-葡聚糖含量^[7],并以上清液干物质含量校正此值,终值以每克上清液干物质中所含β-葡聚糖的mg 数为准。

二、结果与分析

1. 生长实验

本实验中大麦日粮添加粗酶制剂的 RE 1.0 组和 ZE 1.0 组雏鸡体增重、料重比、采食量均优于大麦日粮对照组(BC);并且体增重、采食量超过玉米日粮对照组(CC),料重比接近 CC 组。此结果再次重复了前两次实验的实验结果^[8]。另外,与前两次实验不同,本实验设置了两组高剂量添加粗酶制剂组 RE 10.0 组和 ZE 10.0 组,它们不仅没有有效地提高雏鸡的体增重,相反,尽管明显增加雏鸡的采食量($P < 0.05$),但料重比却升高,其中 RE 10.0 组比 RE 1.0 组升高 6.79% ($P < 0.05$);ZE 10.0 组比 ZE 1.0 组升高 6.68% ($P > 0.05$)。(表 2)

表 2 六种日粮雏鸡体增重、料重比、采食量及血清 T_3 、 T_4 水平

组别	体增重 (g)	料重比	采食量 (g)	T_3 ng/ml	T_4 ng/ml
BC	126.17±2.7	2.49±0.05	1882±15	1.63±0.35	6.29±2.13
RE1.0	137.33±4.8*	2.36±0.05*	1942±35*	2.00±0.50	7.01±3.58
RE10.0	129.00±6.0	2.52±0.08	1946±64*	2.29±0.42*	8.57±2.10
ZE1.0	135.00±3.3*	2.37±0.10	1916±64	2.60±0.60**	8.42±1.92
ZE10.0	130.83±17.2	2.53±0.16	1978±66*	2.95±1.10**	9.01±3.25
CC	133.67±3.10*	2.35±0.09*	1888±30	2.35±0.42*	7.33±2.96

与 BC 组比较: * $P < 0.05$, ** $P < 0.01$

2. 食糜排空速度

各种实验日粮雏鸡 Cr_2O_3 累积及非累积排出量结果见图 1, 图 2。表明添酶各组食糜排空速度加快,与以前实验的消化道食糜排空速度结果一致^[8]。此结果还表明相同能量及蛋白水平的玉米与大麦日粮相比,玉米日粮组(CC)食糜的排空速度较快;并且大麦日粮中喂粗酶制剂的剂量增加,食糜排空速度亦加快。

3. 甲状腺激素

日粮中添加粗酶制剂各组血清 T_3 水平分别比 BC 组提高。RE1.0:22.5% ($P > 0.05$); RE10.0:40.8% ($P < 0.05$); ZE1.0:59.4% ($P < 0.01$); ZE10.0:81.3% ($P < 0.01$)。CC 组比 BC 组提高 44.4% ($P < 0.05$)。各组血清 T_4 水平也分别较 BC 组提高 11.52~43.33% ($P > 0.05$) (表 2)。此实验结果与以前实验的结果一致^[8]。还表明随粗酶制剂剂量增加 T_3 、 T_4 水平亦升高。

4. 消化试验

结果见表 3。由表可知,雏鸡采食大麦基础日粮与采食玉米基础日粮相比,干物质消化

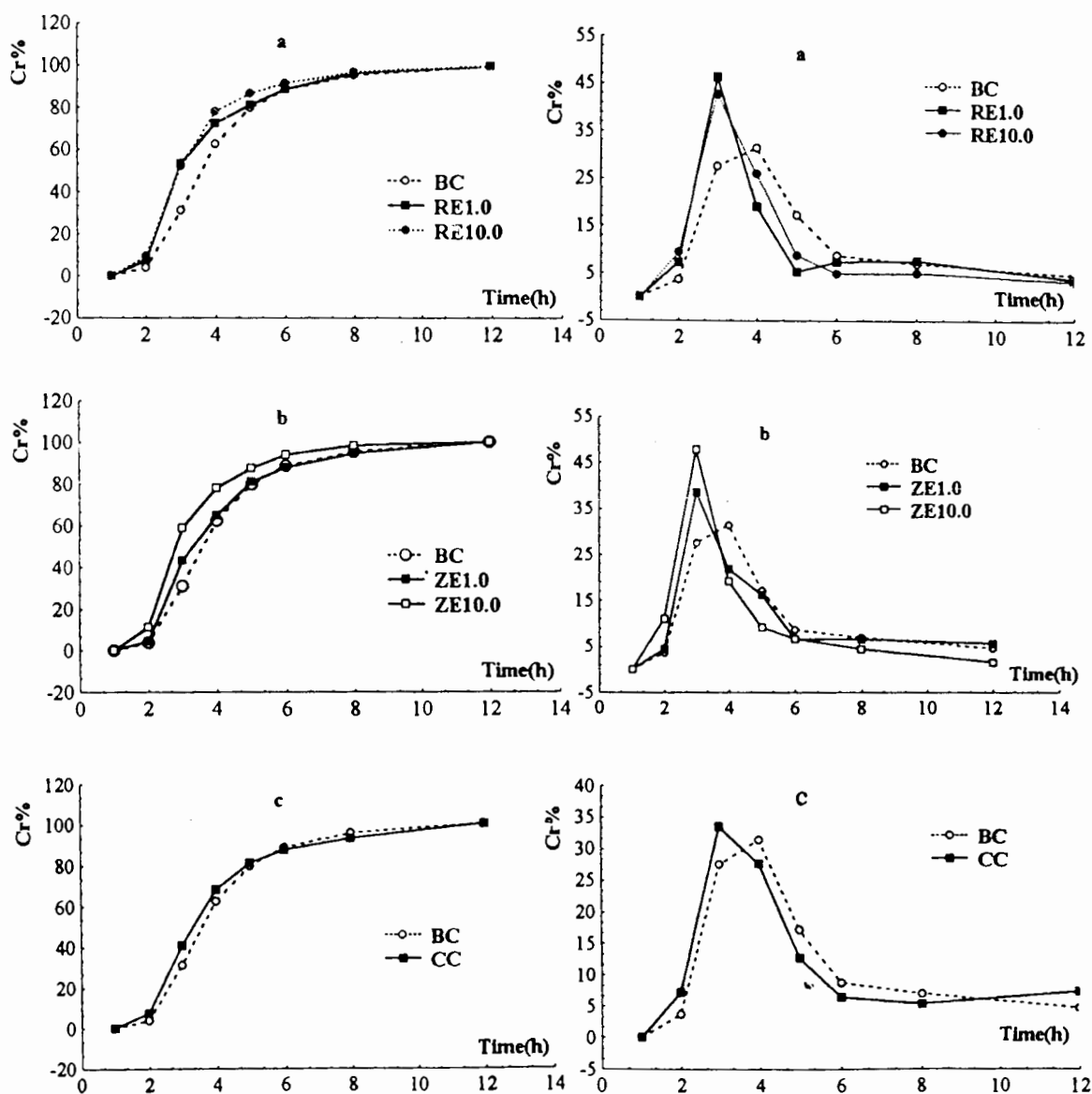


图1 不同日粮雏鸡 Cr_2O_3 累积排出量的比较

图2 不同日粮雏鸡 Cr_2O_3 非累积排出量的比较

率(DMD)、有机物质消化率(OMD)和尿酸校正一表观蛋白质消率(UADP)分别下降4.97% ($P<0.05$)、7.00% ($P<0.01$)和9.24% ($P<0.01$)。日粮添加粗酶制剂的 RE1.0组和 ZE1.0组各种养分的消化率均有所提高,分别为 DMD:4.75 ($P<0.01$)和 2.88% ($P<0.05$);

OMD;4.26%(P<0.01)和2.88%(P<0.05)以及 U—ADP;6.12%(P<0.05)和3.94%(P<0.05)。但加酶后各种养分的消化率仍然略低于 CC 组。此外,添加大剂量粗酶制剂的 RE10.0组和 ZE10.0组各种营养成分的消化率都极显著下降(P<0.01)。各组雏鸡 U—ADP 见图3。

表3 日粮中各养分消化率

	DMD(%)	OMD(%)	U-APD(%)	Excreta(%)
BC	73.62±0.69	77.38±0.63	80.28±1.83	26.39±0.69
CC	77.28±1.93*	82.80±1.88**	87.70±2.65**	22.73±1.93*
RE1.0	77.12±1.10**	80.68±0.96**	85.19±5.06*	22.89±1.10**
RE10.0	57.43±7.97**	62.71±6.97*	72.81±4.76	42.48±7.86**
ZE1.0	75.74±1.09*	79.61±1.24*	83.44±2.96	24.26±1.09*
ZE10.0	60.52±2.84**	65.48±2.89**	76.16±4.95	39.48±2.84**

与 BC 组比较: * P<0.05, ** P<0.01

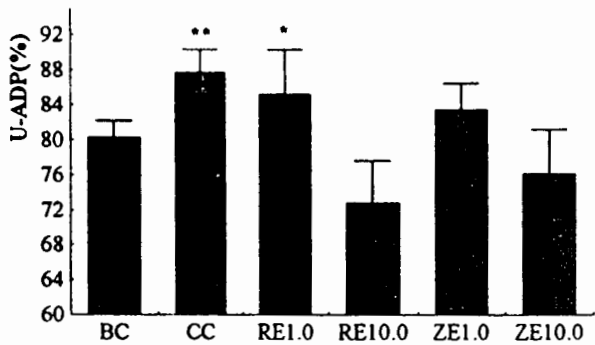


图3 大麦日粮添加粗酶制剂对雏鸡尿酸校正表观蛋白质消化率的影响(U—ADP)(与 BC 组比较; * P<0.05; ** P<0.01)

5.4 食糜上清液 β -葡聚糖含量与粘度的相关性分析见表5。上清液 β -葡聚糖含量在各段肠道均与其粘度表现为一定程度的负相关性,其中在回肠段呈显著负相关($P<0.05$),即游离于食糜上清液的 β -葡聚糖含量较多时,上清液的粘度较低。

表5 食糜上清液 β -葡聚糖含量与粘度的关系

β -葡聚糖/log 粘度	十二指肠段	空肠段	回肠段	全肠道
n	20	20	20	60
r	-0.174	-0.370	-0.408*	-0.216
r ²	0.030	0.137	0.230	0.047

* $P<0.05$

三、讨论

1. White 等(1981)在玉米基础日粮中添加外源的 β -葡聚糖,发现空肠至回肠段小肠食糜上清液的粘度显著增加,可以认为是由 β -葡聚糖引起^[2]。但是这种现象并不能真正反映含有 β -葡聚糖的大麦在鸡肠道内对食糜粘度的影响。因为包被于大麦胚乳外的内源性 β -葡聚糖释放进入食糜上清液可能还需要一个过程。Classen 等(1991)把小肠分为前肠和后肠的研究表明,后肠食糜上清液粘度明显高于前肠,他认为这可能是随食糜由前肠到后肠的运动,水份逐渐吸收,大分子粘性多糖(HMP)进一步浓缩的结果^[9]。本实验则将小肠更细致地分为十二指肠、空肠和回肠进行研究,并发现食糜上清液的粘性物质极显著地集中于十二指肠段($P<0.001$),空肠和回肠的粘度变化与 Classen 等的报道基本一致,即后者高于前者。但原因可能与他的解释有所不同,因为玉米日粮对照组(CC)食糜从空肠至回肠上清液粘度呈相同的变化规律(表4)。用胰酶制剂及地衣多糖酶体外处理表明,胰酶制剂能够明显的降低各段上清液的粘度;而地衣多糖酶降低其粘度的作用却很小^[10],这表明构成食糜上清液粘性的物质主要为胰酶制剂所能降解的成分,这些成分可能为蛋白质、淀粉分解过程中产生的中间产物及消化腺分泌的内源粘性蛋白,而游离进入食糜上清液的 β -葡聚糖对粘度增加的影响不大。上清液 β -葡聚糖活性的 RE 酶能够显著提高游离于上清液的 β -葡聚糖含量,而加酶组上清液的粘度却均有不同程度的下降,并且上清液游离 β -葡聚糖含量与其粘度略呈负相关,此结果与 Bhatta 等(1991)的体外实验结果相反。在体外实验中,大麦 β -葡聚糖含量与其酸性抽提液粘度(AEV)呈高度正相关($P<0.01$)^[11]。我们认为包被于大麦胚乳外的 β -葡聚糖经过体内因素及添加在日粮中具有该糖酶活性的粗酶制剂的作用进入食糜上清液以后,其性质可能发生了变化。由于有资料表明大分子粘性多糖(HMP)只有在分子量大于500,000道尔顿时才具有较强的粘性^[12],所以经酶作用而游离于食糜上清液的 β -葡聚糖可能已成为分子量较小的片段而对食糜的粘度影响不大。

本实验的结果表明,在大麦日粮中添加粗酶制剂能够加快食糜通过雏鸡消化道的速度,并且随两种粗酶制剂的增加,食糜通过的速度也随之加快。这与前人观察到的结果一致^[13]。Mayer 等曾在单胃动物上研究发现,增加食糜粘度,一方面使食糜本身流动减慢,另一方面使肠道对葡萄糖的吸收速度降低,引起葡萄糖在肠道内的累积,累积的葡萄糖又作用于其在肠壁的感受器,而使胃的排空减慢^[14]。所以本实验加酶组食糜排空速度的加快可能是其粘度下降的结果。

本实验加酶处理后食糜粘度及排空速度的变化具有重要的生理意义。一方面,由于除脂肪的吸收略偏后段肠道外,糖类、蛋白质的消化与吸收以及脂肪的消化主要发生在前肠(即十二指肠和空肠)^[15],而日粮添加适量粗酶(RE 1.0, ZE 1.0)雏鸡前肠食糜粘度显著下降(表4),这种变化有利于营养物质的消化与利用,即加快内源、外源酶与营养物质的相互作用,促进营养物质的消化,以及已消化养分的吸收^[16],从而使各种营养成分的消化率提高(表3)。另一方面本实验表明,食糜排空速度的加快伴随着雏鸡采食量的提高(表2),增加采食可获得较多的营养物质,从而增加雏鸡的体增重^[17]。但是食糜排空速度过快,可能影响营养物质的消化和利用。本实验大剂量添加外源性粗酶制剂的 RE 10.0 组和 ZE 10.0 组,食糜排空速度加快,雏鸡的采食量显著增加,但其营养物质的消化率却明显下降(表3)。

2. 有资料表明,大麦日粮添加粗酶制剂能够提高雏鸡对日粮的代谢能^[18],而进一步研究粗酶制剂的添加对雏鸡代谢机能影响的报道很少。本研究室刘燕强等(1994)报导^[19],日粮添加微生物来源的粗酶制剂能够提高雏鸡血清 T_3 水平。本实验的结果表明,大麦日粮添加粗酶制剂雏鸡血清中 T_3 水平比大麦对照组(BC)显著升高($P < 0.05$); T_4 水平亦有所升高。这表明日粮添加微生物来源的粗酶制剂,提高了雏鸡的甲状腺激素水平,从而可能提高机体的代谢水平。由于甲状腺激素在机体物质和能量代谢中起重要作用^[20],所以实验雏鸡采食量增加、营养物质利用率提高以及体增重的改善也可能在某种程度上得益于其甲状腺激素水平的提高。但究竟是粗酶制剂中何种成分对雏鸡甲状腺激素水平产生了影响以及通过何种方式影响雏鸡的代谢水平等问题需要进一步研究。

参考文献

1. Campbell G. L. and Bedford M. R. 1992. Enzyme applications for monogastric feeds: A review, Can. J. Anim. Sci. 72:449~466.
2. Friesen O. D., Guenter W. Marquardt R. R. et al. 1992 The effect of enzyme supplementation on the apparent metabolizable energy and nutrient

- digestibilities of wheat, barley, oats and rye for the young broiler chick. Poult. Sci. 71:1710~1721
3. White W. B. , Bird H. R, Sunde ML. at al 1981 The viscosity interaction of barley beta-glucan with *Trichoderma viride* cellulase in the chick intestine. Poult. Sci. 60:1043~1048
 4. Vergara P. , Jimenez M. , Ferrando C. et al 1989 Age influence on digestive transit time of particulate and soluble markers in broiler chicks. Poult, Sci. 68:185~189
 5. Marquardt R. R 1983 A simple spectrophotometric method for the direct determination of uric acid in avian excreta. Poult. 62:2106~2108
 6. Furuichi y. and Takahashi T. 1981. Evaluation of acid insoluble ash as a marker in digestion studies Agric. Biol. Chem. 45:2219~2224.
 7. 郑祥建等,未发表资料
 8. 喻涛,韩正康 1996,添加粗酶制剂对喂大麦基础日粮的雏鸡生产性能、血清 T_3 水平及食糜排空速度的影响,畜牧与兽医 25(3):99~101
 9. Classen H. L. and Bedford M. R. 1991. The use of enzymes to improve the nutritive value of poultry feeds. In:Recent Advances in Animal Nutrition. Ed. Haresign W. and Cole D. A. pp. 95~116.
 10. 喻涛、韩正康等,未发表资料
 11. Bhattay R. S. , Macgreor A. W. and Rossnagel B. G. 1991. Total and acid soluble β -glucan content of hullless barley and its relationship to acid extract viscosity Cereal. Chem. 68:221~227.
 12. Bedford M. R. and Classen H. L. 1992, Reductions of intestinal viscosity through manipulation of dietary rye and pentosanase concentration is effect through changes in the carbohydrate composition of intestinal aqueous phase and food conversion efficiency of broiler chicks J. Nutr. 122: 560~569.
 13. Almirall M. and Esteve-Garcia E. 1994 Rate of passage of barley diet with chromium oxide;influence of age and poultry strain and effect of β -glucanase supplementation Poult. Sci 73:1433~1440

14. Meyer J. H. and Doty J. E. 1988 Gel transit and absorption of solid food: multiple effects of guar *Am. J. Clin. Nutr* 48:267~273
15. Duke G. E. 1986. Alimentary canal: Secretion and digestion, special digestive functions, and absorption In: *Avian physiology*. Ed. Sturkie P. D. pp. 289~302
16. Elsenhans B. Sufke U. , Blume R. et al. 1980 The influence of carbohydrate gelling agents on rat intestinal transport of monosaccharides and neutral amino acids in vitro *Clin. Sci* 59:373~380
17. Hesselman K. and Aman P. 1986 The effect of β -glucanase on the utilization of starch and nitrogen by broiler fed on barley of low or high viscosity. *Anim. Feed Sci. Technol.* 15:83~93
18. Rotter B. A. , Friesen O. D. , Guenter W et al. 1990 influence of enzyme supplementation on the bioavailable energy of barley *Poult. Sci.* 69: 1174~1181
19. 刘燕强、韩正康 1994 大麦日粮添加粗酶制剂对雏鸡生产性能的影响 *中国饲料* 7:19~21
20. Cogburn L. A. , Man N. C. , Agarwal S. et al. 1995. Interaction between somatotrophic and thyrotrophic axis in regulation of growth and development of broiler chickens *Arch. Getlugelkund* 59:18~21

致 谢

承下列单位和企业慷慨捐赠基金赞助这次学术研讨会,我们深致谢意。

国际发展及研究中心(加拿大,渥太华)

南京农业大学(中国,南京)

曼尼托巴大学(加拿大,温尼泊)

芬兰国际有限公司(英国 Malborough, Whitshire 及欧亚中心,新加坡,
0208)

霍夫曼—罗氏有限公司(瑞士 Basle 及新加坡)

