

中国期刊方阵双效期刊
北方优秀期刊
辽宁省一级期刊
《中国学术期刊综合评价数据库》来源期刊
《中国期刊网》、《中国学术期刊(光盘版)》
全文收录期刊

2008年第29卷第5期
(总第314期)
(1980年创刊)

主管单位:
辽宁省经济委员会
主办单位:
辽宁省农牧业机械研究所
编辑出版:饲料工业杂志社
地址:沈阳市金沙江街16号6门
邮编:110036
电话:总编室(024)86391923
编辑一室(024)86391926(传真)
编辑二室(024)86391925(传真)
网络发行部(024)86391237
投稿邮箱:tg@feedindustry.com.cn
网站:www.feedindustry.com.cn
总编辑:陈广鹏
副总编辑:沈桂宇 崔成德
责任编辑:崔成德
广告全权代理:沈阳同兴广告有限责任公司
总经理:林勇
副总经理:荣立南
地址:(110036)沈阳市长江街126号甲
B幢4单元1610室
电话:(024)86276137 86276627
传真:(024)86276127
邮箱:slgygb@163.com
印刷:辽宁省印刷技术研究所
国内发行:辽宁省报刊发行局
国外发行:中国国际图书贸易总
公司(北京399信箱)
出版日期:每月5日、20日出版
国外代号:M4290
国内统一连续出版物号:CN21-1169/S
国际标准连续出版物号:ISSN1001-991X
邮发代号:8-163
发行范围:国内外发行
广告许可证:辽工商广字01-82号
开户行:中信银行沈阳分行皇姑支行
帐号:72214101826000548-49
每期定价:6.00元

如需转载本刊文章及图片,请注明
摘自《饲料工业》杂志,并寄样刊。

饲 料

SILIAO GONGYE

目 次

工 艺 设 备

- 1 饲料机械设备润滑管理技术与方法 向冬枝
- 5 立式无筛秸秆揉搓粉碎桶设计 方雷 吕俊

营 养 研 究

- 7 谷氨酰胺与蛋白质降解的关系 李伟 周小秋 冯琳
- 11 精氨酸与肠粘膜完整性的关系
..... 何伟 周小秋 刘扬等

试 验 研 究

- 15 益生菌发酵豆粕制备生物活性饲料的研究
..... 戚薇 唐翔宇 王建玲等
- 20 不同硒源对断奶仔猪生产性能、免疫指标及硒利用率的影响
..... 仲崇华 王康宁 姚 鹏等
- 25 用戊糖处理豆粕对蛋白质保护效果的研究
..... 杨威 刁其玉

饲 养 试 验

- 28 给哺乳仔猪补充液态代乳品
对其断奶重及断奶后生产性能的影响
..... 李伟国 谭浩 郭本成等
- 31 大米蛋白粉替代乳清浓缩蛋白在断奶仔猪中的研究
..... 吴信 褚武英 孔祥峰等
- 34 生长猪饲料中添加糖蜜酒精废液浓缩物的试验研究
..... 唐亮 白剑飞 梁伟明等

工 业

(半月刊)

反刍动物营养

- 37 苏尼特肥羔肌肉组织 LPL 和 HSL 的发育性变化及其对肌内脂肪沉积的影响
..... 姚 飞 卢德勋 姚焰础等

- 41 瘤胃真菌对纤维降解的研究进展 王雅倩 俞 路 闫寒寒

检测技术

- 44 饲料中不同食盐含量适宜测定方法的研究
..... 张海棠 常芬菊 李 岗等

- 46 甲醛法测大豆蛋白水解度的改进
..... 徐 勤 葛向阳 刘建峰

专题论述

- 48 降低 PSE 猪肉发生的营养调控措施
..... 张云琦 周安国 胡民强

- 53 猪用饲料原料有效磷评定方法的研究 罗 赞 贺建华

企 划 纵 横

- 58 饲料企业中 QA 的作用与职责 陈育枝 高映红 刘 勇

工 作 研 究

- 60 渝西地区饲料中硒含量的调查 王钟翊 李前勇 邓科敏等

业 界 访 谈

- 62 专访希望集团总经理、华西希望集团董事长陈育新

信 息 采 撷

- 36 猪肉价格可望下半年回落
■45 2007 年越南饲料原料涨价 30%~100%
■64 荧光猪产崽引起世界关注等

企业标识展示



正昌人才工程
(0519)7309867



通威集团
(028)85188888



江苏牧羊
(0514)7848811



辽宁北方
(0412)3343018
(024)88080922



布勒(常州)
(0519)7966666



江苏良友
(0519)88309988



肇庆华芬酶
(0758)2838308



裕达机械
(0519)87906658



武汉泛华
(027)83569722



杭州康德权
(0571)86433111



达农威生物
(0755)83593001



上海蓝普
(021)64197116



肇东日成
(0455)7703213



上海彼福艾
(021)57687881



康地恩生物
(0532)88966607



杭州康源
(0571)85622437

饲料机械设备润滑管理技术与方法

向冬枝

摘要 介绍了饲料机械设备润滑管理的目的、任务、基本理论及技术和方法,同时介绍了饲料机械设备润滑的检测方法,以及常用机械零件的润滑管理方法,为饲料机械设备润滑管理提供参考。

关键词 饲料;设备;润滑管理;技术;方法

中图分类号 S817.12

机械设备是饲料企业的主要生产工具,也是企业固定资产的重要组成部分。机械设备在使用过程中,既是其生产产品,创造利润的过程,也是其自身磨损消耗的过程,而磨损又是机械设备失效最主要的原因之一。设备润滑是防止和延缓零件磨损及其它形式失效的重要手段,润滑管理是设备管理中最基础和最关键的工作之一,是设备“管、用、养、修”中至关重要的环节。加强设备的润滑管理,对保证企业生产的正常进行,减少设备的有形磨损,延长设备使用寿命和零部件的更换周期,减少设备事故和故障,提高企业经济效益有着重要意义。

1 设备润滑管理的基本知识

1.1 设备润滑管理的目的和任务

控制设备摩擦,减少和消除设备磨损的一系列技术方法和组织方法,统称为设备润滑管理。

设备润滑管理的目的:

① 给设备以正确润滑,减少和消除设备磨损,延长设备使用寿命。

② 保证设备正常运转,防止发生设备事故和降低设备性能。

③ 减少摩擦阻力,降低动能消耗。

④ 提高设备的生产效率和产品加工精度,保证企业获得良好的经济效益。

⑤ 合理润滑,节约用油,避免浪费。

设备润滑管理的基本任务:

① 建立设备润滑管理制度和工作细则,拟定润滑工作人员的职责。

② 搜集润滑技术,管理资料,建立润滑技术档案,编制润滑卡片,指导操作工和专职润滑工搞好润滑工作。

③ 核定单台设备润滑材料及其消耗定额,及时编制润滑材料计划。

④ 检查润滑材料的采购质量,做好润滑材料进库、保管、发放等管理工作。

⑤ 编制设备定期换油计划,并做好废油的回收利用工作。

⑥ 检查设备润滑情况,及时解决存在的问题,更换缺损的润滑元件、装置、加油工具和用具,改进润滑方法。

⑦ 采取积极措施,防止和治理设备漏油。

⑧ 做好有关人员的技术培训工作,提高润滑技术水平。

⑨ 贯彻润滑的“五定”、“三过滤”原则,学习、总结和推广先进的润滑技术和经验,以实现科学管理。

1.2 设备润滑管理的“五定”与“三过滤”

设备润滑的“五定”与“三过滤”制度是企业设备润滑规范化管理的具体制度,不容忽视。“五定”是指定点、定质、定量、定期、定人。

① 定点:确定每台设备的润滑部位和润滑点,保持其清洁与完好无损,实施定点给油。

② 定质:按照润滑卡片规定的油脂牌号用油,润滑材料及掺配油品必须经检验合格,润滑装置和加油器具保持清洁。

③ 定量:在保证良好润滑的基础上,实行日常耗油量定额和定量换油,做好废油回收退库工作,治理设备漏油现象,防止浪费。

④ 定期:按照润滑卡片规定的周期加油、添油和清油,对储量大的油,应按规定时间抽样化验,视油质状况确定清洗换油,循环过滤及抽验周期。

⑤ 定人:按润滑图表上的规定,明确操作工、维修工、润滑工对设备日常加油、添油和清洗换油的分工,各司其责,互相监督,并确定取样送检人。

“三过滤”即入库过滤、发放过滤和加油过滤,这是为了减少油液中杂质的含量,防止杂质随油进入设

向冬枝,武汉理工大学,副教授,430062,武汉市洪山区黄金山路1号。

收稿日期:2007-12-10

备而采取的净化措施。具体地讲,油液从输入库泵入油罐储存时,必须严格过滤;油液注入润滑容器时要过滤(即发放过滤);油液加入设备储油部位时也必须先过滤(即加油过滤)。

2 设备润滑管理技术与方法

2.1 润滑油的选择与保管

饲料企业拥有的设备种类较多,运转速度、负荷和工作环境各不相同,使用的润滑油标号也各不相同。而润滑油的种类和标号繁多,正确选择润滑油的种类和标号以及加强润滑油的保管工作则显得特别重要。

2.1.1 润滑油的选择

① 按设备说明书中规定的种类和标号选择。但值得注意的是,设备制造厂家对润滑油品的生产往往并不完全清楚,在油品推荐上有偏低、偏高现象,因此,需要结合设备实际运行情况进行修订。

② 按设备工作条件选择。当摩擦副的工作温度较高时要选择粘度较大的油或针入度较小的脂,保证正常工作状态下的油膜厚度;反之,选择运动粘度小的油或针入度大的脂,保证低温度下润滑材料的流动性。当摩擦副的工作温度经常变化时,所选的油或脂应具有良好的粘温性能,即所用的油粘度或脂的稠度随工作温度的上升或下降变化不大,油膜厚度值要求稳定在一定范围内,以保证运动副的润滑需要。当工作速度较高时要选用粘度较小的油或针入度较大的脂,以保证油品良好的流动性和渗透性,反之要选用粘度大的油或针入度小的脂,以免油脂的流失。当然油脂的粘度、稠度也不能太大,如果太大将增加摩擦阻力、增加能耗损失。当载荷比较大时应选用粘度大些的油或针入度小的脂,以保证正常工作状态下的油膜厚度;反之选用粘度小些的油或针入度大的脂。在选购润滑油时,还要注意润滑油的物理、化学性能指标,如润滑油的粘度、抗腐蚀性、防锈性、闪点、含水量、含杂率以及酸值等;应根据设备实际性能、运转环境和润滑油厂商的说明,在考虑综合经济效益、达到润滑要求、有利于管理的前提下,尽可能地减少润滑油的种类和标号,以降低采购和保管费用。进口设备的关键部位一定要使用进口润滑油,以提高润滑性能,延长设备的使用寿命;非关键部位可用国产润滑油,以降低成本。

2.1.2 润滑油的贮存与保管

润滑油的贮存与保管对润滑油的性能有着重要影响。润滑油在与光、热和有色金属,特别是和铜接触时易发生分解,或者和空气中的氧发生化学反应,生

成极不稳定的氧化物,甚至生成胶质和酸性物质,从而严重影响其性能,在使用中发生腐蚀作用而损坏机械。为了防止润滑油氧化变质,在贮存时不应与铜、铅等有色金属接触,原桶装润滑油贮存时应保持清洁、避光、阴凉、通风,各种类和各标号润滑油要有醒目的标识,以免种类和标号混淆。润滑油存放时间不宜过长,一般不应超过一年,以免变质影响润滑效果,因此要严格掌握贮存数量。有些润滑油需要自然沉淀一定时期后才能使用,如液压油在购置后需存放一周后才能投入使用。

2.2 润滑时应注意的问题

在工作实践中,设备故障的原因近半数是由于润滑不良所致,引起润滑不良的原因有:用油是否得当、油路是否畅通、油品有无污染、加油方法是否正确、换油是否及时等,这些都可能导致机械磨损加剧,引起机械故障。

2.2.1 消除设备润滑中误区

2.2.1.1 润滑的目的是使设备运行加快

润滑的真正目的是给设备以正常的润滑,使设备在运转中不产生故障,以保持设备的正常运转,从而提高生产率和经济效益。

2.2.1.2 润滑操作就是加油

当设备用油、加油、检查周期确定后,应按照确定的设备加油部位、加油周期、加油量、加油方法和使用的润滑剂,按班、按日、按周进行操作和检查(重点部位要求更多、更严),并非加一次就一劳永逸。

2.2.1.3 加油多多益善

一台设备在设计时就严格规定了它的加油量,操作人员应根据说明书和日常观察到的油标、视镜等加补润滑油。如果加的油多了,反而起到一定的副作用。如空气压缩机,曲轴箱加油过多,反而增加了曲轴的运动阻力;在减速箱中,为了减少齿轮的运动阻力及防止油温升高,浸入油中的齿轮深度以1~2个齿高为宜,速度高时还应更浅些;给滚动轴承加脂时更不能把轴承腔内全部填满,否则会增大轴承运转阻力,容易发热,造成油温升高,油脂流掉,使润滑不良或轴承损坏。

2.2.1.4 有油就能润滑

一台设备在设计时,设计者根据机理规定了该设备所使用的润滑油,而不是所有的润滑油都能起到润滑作用。为了使设备在不同的环境下得到合理的润滑,润滑油内必须加入一定量的添加剂,各种润滑油所加的添加剂各不相同,表现出的性能也各异,因此

要根据设备情况及使用环境选择合适的润滑剂,才能起到良好的润滑效果。

2.2.1.5 废油的再利用

设备更换的废油,进行油质分析之后,采取相应的措施有些是可以再利用的。对于油中进水的润滑油,可以通过油水分离机脱水;对于润滑油中的机械杂质和油泥等,通过过滤机可以去除。

2.2.2 防止磨粒磨损

磨粒磨损是在两磨擦表面存在着磨损的粒子(细砂、铁屑、粉尘等)引起的非正常性磨损,其对机械的磨损极为严重。因此,在设备的维修和润滑进程中,要特别防止磨粒磨损。磨粒的来源与维修操作和润滑质量有关,也与大气中含尘量有关。一些机器转动件的支撑点易受粉尘污染,如果维修和润滑管理不善,安装时新残留在润滑点的粉尘、密封不良外界侵入的粉尘、润滑油脂管理不善而被污染、磨合不良初期运转产生的金属粉末、润滑系统过滤装置不良等都会引起磨粒磨损,致使磨擦阻力增大,机械磨损加剧。磨粒磨损对机械的寿命影响极大,据资料统计,在工业中的磨损损坏约占 50%,被视为是工业机械损坏的大敌,应引起足够的重视。

2.2.3 维修时认真履行润滑职责

在维修中,应认真做好配件和润滑油的更换工作,更换配件时擦拭用的抹布一定要清洁,重要部位的抹布应先清洗后使用,避免尘埃污染配件,新更换的配件其润滑部位、安装部位要彻底清洁。对于齿轮箱中新更换的齿轮,应磨合后重新清理并更换润滑油后再投入正常运行。更换轴承时若是密封轴承,其轴承已加入了润滑脂,不必再加入润滑脂,安装时保护密封盖注意不要损坏,以免润滑脂溢出和尘埃入侵;且在安装时不得采用热装,以防止润滑油脂融化溢出。同时,更换轴承时要注意清洁工作,润滑油脂中的尘埃、杂质或水分对轴承的磨损较大,当杂质的含量增加至 0.5%时,磨损可增加 5~10 倍。润滑脂的加入量要适当,一般为轴承空腔的 1/2~1/3。

2.2.4 生产中加强设备润滑管理

2.2.4.1 对于专职润滑管理人员要求做到:①根据油质状态监测结果组织科学换油,组织润滑业务学习,普及润滑知识,总结并积极推广先进的科学技术。②根据设备各部件的润滑要求,确定油品的使用、配制或代用,解决设备润滑技术问题。③熟悉设备的润滑状况和所需润滑油的油质、油量的要求,对于失效的润滑油做好废油的回收再利用工作。④坚持对设备进

行巡视检查和油液监测工作,仔细查看润滑点的各个注油器或油泵的工作情况,发现问题立即解决,及时排除润滑故障,改善密封状况,消除润滑系统的跑、冒、滴、漏现象。

2.2.4.2 对于设备操作人员要求做到:①在设备开车前,仔细检查设备的供油情况,发现故障,立即报告有关管理人员,由维修人员进行检修。在检修工作未完成之前,不得启动设备。②按照设备润滑示意图,根据润滑的“五定”原则,对各个润滑部位进行润滑。③定期清洗设备油毡、油线、油孔、油标、滤油器等。④维护好设备的润滑装置,如:油杯、油嘴等。

3 设备润滑状态的检测

设备润滑的检测是设备润滑管理一个不可缺少的环节。由于受到内外界因素变化的影响,润滑油会逐渐发生物理和化学反应而变质,生成有害物质,从而丧失油品的润滑作用和功能,甚至劣化设备磨损状态。润滑油变质的原因很多,如氧化、水分增加及杂质混入等因素。为保证设备的正常运行,必须加强与规范对设备润滑的检测。目前,进行油品状态检测的方式主要有如下 3 种:①定量分析。也称理化分析,即化验油品的运动粘度、酸质、闪点、机械杂质、水分等指标的变化情况,从而较全面地反映润滑油品的润滑状态,分析结果较为可靠。但是,此类分析所用仪器和设备大多价格昂贵,如:光谱分析仪、铁谱分析仪、气相色谱分析仪、红外光谱分析仪等,此法仅适用于高、精、尖设备的润滑状态监测。②目测诊断。取 3 个试管分别盛装同牌号的标准新油、报废油 and 被测油样,进行比较,再结合试纸等测试手段,凭经验确定油品状态。该法简单易行,但受操作者经验等条件影响,难以全面、可靠、科学地反映油品状态,故有较大的使用局限性,只能作为油品状态监测的一种辅助手段。③定性监测。测试油品的变质及受污染程度等综合性能指标,全面反映润滑油品的状态。该方法所用测试仪表价格相对低廉,检测速度快,仅需短短 5~10 min 即可完成油品准确定性,且操作简单、携带方便,适用面较广。

上述各种油质检测技术均有其局限性,必须综合利用,发挥各技术之长,制订科学的设备润滑检测方式。例如,现代高、精、尖机械设备的润滑系统,大都采用在线自动监测换油,装有自动测控与安全联锁装置,对其运行状态进行监测并连续地发出信号,提示人们随时了解设备运转过程中润滑系统技术状态。但是,如果人们过分依赖这些装置,一旦这些自动控制与监测装置本身发生故障,若仍据此进行设备润滑操

作,势必造成严重的设备润滑事故。所以,如能同步使用目测诊断或油质快速分析仪等多种方法,同时进行设备润滑状态监测,才能确保设备可靠润滑。

4 常用零件的润滑

4.1 滚动轴承

使用机械油的滚珠及圆柱滚子轴承,在中、低速及常温下,一般可选用 L-AN22、L-AN32、L-AN46 粘度等级的润滑油;转速高、内径大的轴承可选用粘度较低的润滑油,转速低、内径小的轴承可选用粘度较高的润滑油。圆锥滚子轴承、推力滚子轴承,由于同时受到径向和轴向载荷,所以在同一温度条件下,相对于滚珠圆柱滚子轴承要用较高粘度的润滑油;在常速、常温条件下,圆锥滚子轴承用油粘度最低限制为 L-AN32 粘度的机械油,推力滚子轴承用油粘度最低限制为 L-AN46 粘度机械油。

4.2 滑动轴承

油的粘度选择与轴颈直径、轴的放置度及单位面积上的负荷大小有关,其粘度选择范围在 L-AN15~L-AN68。转速高、轴颈直径大的轴承,用油粘度可低一些,转速低、轴颈直径小的轴承,用油粘度可高一点。

4.3 齿轮传动

由于齿轮间的实际接触应力往往较高,齿面上每一点的啮合时间又较短,而且啮合时滑动与滚动同时发生,因此形成液体油膜的作用非常微弱,齿轮的润滑主要是依靠边界油膜实现。齿轮负荷越大,选用油的粘度越高;速度越高,选用油的粘度应越低;工作环境温度越高,选用油的粘度应越高。一般情况下,选用 L-AN46 粘度的机械油就可满足润滑要求了。

5 饲料机械润滑的特殊性要求

饲料是用来投喂动物的,它的安全性对饲养生产十分重要,加工中的污染给饲料带来的毒副作用不可忽视。这给饲料机械的润滑增添了特殊性要求:设备润滑不能污染加工物料,以免给饲料质量造成影响。为了满足这一要求,饲料机械在设计中就采取了补救措施。一是在需要润滑的部位设置了严格的密封装置,如填料密封、机械密封、迷宫密封、浮环密封等,防止润滑剂外漏;二是采用无须润滑的特殊材料,如含油轴承,杜绝设备润滑对饲料造成的污染。尽管如此,对饲料设备润滑我们还需要做到以下几点:①选用消毒和抑菌、抗菌性能较好,无毒副作用的润滑剂。目前,专供食品、饲料机械润滑的润滑剂很多,即所谓食品级润滑剂。它与普通润滑剂最大的区别就是其成

分,包括基础油和添加剂都是无害的,偶尔和食品、饲料接触到也不会污染它们,仍然可以确保食品、饲料卫生安全。如调配食品级润滑剂的基础油一般采用加氢裂解的精制矿物油,其特点是组分比较纯净,含硫和芳香族成分少,含水量少,不易氧化和乳化。②采取得当的方法,细心操作。如加油时注意要适量,避免过量溢出,加注油脂后应清除废油脂并重新上好密封盖,注意不要损伤和破坏密封件,密封损坏后及时更换;给链加油时,要用毛刷轻刷,不要让油掉落到物料上等。③食品级润滑油(脂)领用后必须妥善保管,要防尘、防水、防机械杂质,未用完的润滑油(脂)禁止与其它非食品级油(脂)或杂物,尤其是易污染的物品混放在一起。④添加食品级润滑脂必须采用专用油枪,用后要清洗保养,食品级润滑脂及其添加工具要由专人领用和保管,消除工艺质量污染源。

6 小结

设备润滑工作的出发点是保证设备正常运转,节约能源,减少维修费用,延长使用寿命,其根本是提高企业综合经济效益。虽然企业润滑费用只占机械维护保养费用和产品成本的很小部分,但对设备的维修保养及生产影响很大。设备润滑不良而造成的损坏是严重的,尤其是关键设备损坏后,由于配件的采购周期长,造成停机停产时间长,影响生产计划的完成,给企业效益带来重大损失。对于饲料企业而言,为充分发挥机械设备的效能,提高设备的使用可靠性,在目前设备润滑管理的基础上,还可进一步做好以下工作:其一是借助设备管理计算机系统实现单机管理,推行“按技术状态用油”,为每一台设备“量身定做”润滑方案,使设备润滑状态最优化;其二是正确使用好润滑油及添加剂,对机械进行不解体维修保养,减少“跑、冒、滴、漏、渗”现象,降低设备维修费用。

参考文献

- [1] 李维君.浅谈水泥生产设备的润滑管理[J].新世纪水泥导报,2005, 22(3):36-37.
- [2] 曾澄湘.港口机械设备的润滑管理[J].润滑与密封,2005, 34(6): 213-215.
- [3] 蔡蔚昕.浅议设备润滑的管理与检测[J].当代建设,2003, 18(2): 12-13.
- [4] 刘国军.机械设备的磨损与润滑管理[J].林业科技情报,2004, 36 (1):78-79.
- [5] 汪德涛.润滑油及润滑脂实用手册[M].广州:广东科技出版社, 1997.
- [6] 林亨耀,汪德涛.机修手册:设备润滑(3) [M].北京:机械工业出版社,1994. (编辑:崔成德, cuicengde@tom.com)

立式无筛秸秆揉搓粉碎桶设计

方雷 吕俊

摘要 目前农作物秸秆及牧草类等粗纤维物料粉碎加工多采用普通粉碎机,效率低,能耗高,因此研制新型秸秆牧草类加工机械已成为解决饲料生产问题的首要任务。文中主要介绍无筛秸秆揉搓粉碎桶的设计思想,设计方案,主要零部件的设计要点和性能参数的确定,说明了本机的工作原理。

关键词 立式;无筛;粉碎桶

中图分类号 S817.12

农作物秸秆类等粗纤维饲料含有多种维生素、蛋白质及微量元素,这些特点使其商品性大为提高。因此将其粉碎作为秸秆饲料,不仅提高饲料的适口性,便于运输储存,还节约用粮,降低养殖成本,能在畜牧业生产中发挥较好的社会效益^[1,2]。

多年来,国内外对秸秆牧草的加工还处于初级阶段,多采用通用粉碎机来粉碎牧草和农作物秸秆。通用型粉碎机粉碎粗纤维物料存在着很多弊病:①生产效率低,能耗高,质量难以保证;②噪音大,粉尘多;③工作稳定性差,机器磨损快。

因此研制高效、低能耗的牧草秸秆的专用粉碎机械设备有重要的现实意义^[3]。

1 结构设计

1.1 主要设计要求

在对农村的经济、交通、能源、生产使用条件进行分析后,本机结构设计应满足以下要求:①有较好的适应性,能加工多种物料,粉碎效果好,适合个体农户使用;②结构简单,尺寸紧凑,占地少;③使用、维护简便,安全可靠。

1.2 总体结构

根据现有的粉碎理论和粉碎机理,确定本机结构主要由进料切碎部分、揉搓粉碎部分、排料部分、机体和传动部分组成,其结构如图1所示。



图1 立式无筛秸秆揉搓粉碎桶结构

方雷,贵州大学机械工程学院,550003,贵州贵阳。

吕俊(通讯作者),单位及通讯地址同第一作者。

收稿日期:2007-12-10

★ 贵州省教育厅重点项目(黔教科 2005102)

1.2.1 进料切碎部分

本机采用径向进料,圆锥形转筒的上方侧端安装有两把动刀,与安装在机体内壁的定刀板构成切割器^[4],其作用是将从进料口进入的秸秆物料初步切成碎段,以帮助进料及防止缠草。拨料板将物料均匀抛入粉碎室,完成进料。

1.2.2 揉搓粉碎部分

粉碎部分由齿板和转子组成,齿板分为六块,安装在机体内壁的圆周侧壁上。转子为锥形圆筒,筒壁表面装有四列凿形锤片,凿片形状呈U形。凿片在锥形筒上采用螺旋线排列。齿板与凿片共同作用实现秸秆类物料的揉搓粉碎过程。

1.2.3 排料部分

排料口位于机体下部的侧面,截面呈矩形,出料口采用调节插板来控制被揉搓粉碎物料的粗细度。

1.2.4 机体传动部分

机体由圆锥筒形壳体、机架以及机盖等组成。机体形状为锥形筒,采用沿轴线剖分式,材料用钢板制造。机架采用普通角钢焊接而成,有四只脚由地脚螺栓与地面固定。电动机采用Y系列三相电动机,安装在机架的横拉杆上,通过联轴器直接传动。

1.3 工作原理及特点

该机工作时秸秆类物料从进料口切向进入机体后,受到安装在转子上端高速旋转的动刀配合定刀板所产生的剪切作用,被切成碎段,在拨料板和离心力作用下,均匀布开进入锥形筒与齿板之间的揉搓粉碎室内,在高速回转凿片的冲击作用下,使秸秆类物料受到凿片和齿板剧烈的搓擦作用而逐渐细碎并沿螺旋线下落,从排料口排出。

本机具有如下特点:

① 采用较大直径锥形筒转子,低转速,在满足揉搓粉碎工作线速度的情况下降低了噪音。

② 锥形筒转子上安装四列按螺旋线排列的16块凿片,以增加物料在粉碎室内的揉搓粉碎,U型

凿片增加了锤片有效数量(32片),提高了揉搓粉碎效果。

③ 采用无筛形式,可以较大程度提高生产率,降低电耗。

④ 机体、支架采用普通钢材制造。电机通过联轴器直接传动,省去了一套变速装置,降低了成本。

从工作原理及其结构特点分析,该粉碎桶显著区别于传统粉碎机,提高了粉碎效率。

2 主要零部件

2.1 转子

转子由锥形筒和凿片、切碎器等组成。

2.1.1 锥形筒

考虑揉搓粉碎工作线速度的要求,转筒设计成锥形筒,用螺栓固定在上轴上,内有加强筋板支撑。

2.1.2 凿片

凿片形状呈U形,如图2所示,使锤片有效数目增加,有利于用螺栓固定在转筒上和受力平衡。凿片工作角采用尖角,耐磨损,并提高揉搓粉碎秸秆类物料效率。凿片材料采用65锰钢并进行相应的热处理,以增加耐磨性。

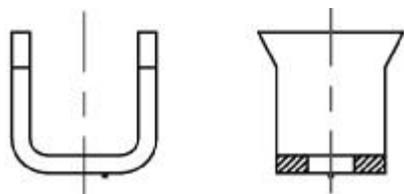


图2 凿片结构

凿片采用双螺旋线对称排列,其螺距至上向下逐渐减小(上稀下密),具体如图3所示,能加强对秸秆类物料的粉碎作用,强制让秸秆物料沿螺旋线由上而下运动,增加了揉搓粉碎效果。

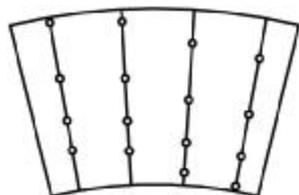


图3 凿片分布展开

2.1.3 切割器

切割器安装在进料口处,由动刀和定刀板组成。动刀固定在锥形筒上端的刀架上。动刀数量为两把,材料采用65锰钢。动刀采用矩形刀片,两侧开刃,以便于磨刀和减少磨刀次数。动刀配置上与中轴线有一

定角度,保证在切割中有一定的滑切作用。定刀板固定在进料口处,其作用是与动刀配合共同完成对秸秆类物料切割。

2.2 齿板

齿板分为六片,安装在机体内壁的圆周侧壁上。其作用是阻碍物料环流层的运动^[9],降低物料在粉碎室内的运动速度,增强对物料搓擦和摩擦作用,这对于纤维多、韧性大的秸秆类物料的揉搓粉碎效果十分显著。

齿板采用铸铁制造,齿形为人字形,其表面激冷成白口,以增强耐磨性。

3 主要技术和尺寸参数

该机型主要技术和尺寸参数见表1。

表1 主要技术参数和尺寸参数

项目	参数
锥形转子上端回转直径(D_{\uparrow})	550 mm
锥形转子上端回转直径(D_{\downarrow})	330 mm
凿片平均线速度(V) ^[6]	42 m/s
粉碎室宽度(B)	500 mm
凿片筛片间隙(ΔR)	12 mm
理论生产率(Q)	260 kg/h
配套功率(N)	3.5 kW
转子转速(n)	970 r/min

4 结论

① 本机型可满足广大农村对秸秆等纤维类物料揉搓粉碎的加工要求,并可以作为青状物料的打浆机和切碎机使用。②本机采用滚刀式切割器与定刀板配合产生的剪切作用,能很好地将秸秆类切断,刀片拆卸和磨刀较方便。③转子采用立式锥形筒,凿片按螺旋线排列,可满足揉搓粉碎秸秆类物料的要求。排料口设置插板能控制物料成品的粗细度。④本机结构紧凑、占地少、成本低,对推动秸秆类物料的加工利用有一定的现实意义。

参考文献

- [1] 韩金花.大力推广秸秆饲料的加工利用[J].青海畜牧兽医杂志,2005(5):54-55.
- [2] 何京花译.粗饲料利用的研究进展[J].饲料广角,2000(23):14-16.
- [3] 成占生,马文进.关于目前秸秆利用的研究与探讨[J].经济工作导刊,2001(1):33-34.
- [4] 沈再春.农产品加工机械与设备[M].北京:中国农业出版社,2002:90-114.
- [5] 南效景.物料在粉碎室内的运动规律[J].农牧与食品机械,1986(6):39-42.
- [6] 刘庆庭,区颖刚,等.农作物茎秆力学研究[A]//中国农业工程学会2005年学术年会论文集[C].2006:441-444.

(编辑:崔成德, cuiengde@tom.com)

谷氨酰胺与蛋白质降解的关系

李 伟 周小秋 冯 琳

摘 要 文中综述了谷氨酰胺(Glutamine, Gln)在抑制蛋白质降解代谢中的作用。谷氨酰胺可以通过抑制蛋白质降解系统各组分的形成、前炎症因子的释放、支链氨基酸的释放和诱导热休克蛋白的产生等方式来抑制蛋白质的降解。

关键词 谷氨酰胺;蛋白质降解;抑制作用

中图分类号 S821.5

The relationship between glutamine and protein degradation

Li Wei, Zhou Xiaoqi, Feng Lin

Abstract This article mainly reviewed the relationship between glutamine and protein degradation. Glutamine has the effect of preventing protein from degradation. It takes effect through inhibiting ubiquitin-proteasome proteolytic pathway, attenuating the release of proinflammatory factors and branched-chain amino acids and also through increasing production of heat shock proteins.

Key words glutamine; protein degradation; inhibition

谷氨酰胺(Glutamine, Gln)是体内最丰富的游离氨基酸,由于在正常情况下机体可以合成足够的量以满足需要,因此传统看法认为谷氨酰胺是一种非必需氨基酸。但是,随着研究的深入,人们发现在一些高代谢疾病如创伤、烧伤、手术、辐射等情况下常常会出现肌肉萎缩等症状,当外源添加谷氨酰胺后症状才得以缓解。研究发现外源添加谷氨酰胺可以抑制蛋白质的降解。因此本文就谷氨酰胺在蛋白质降解中的作用作一综述。

1 谷氨酰胺对蛋白质降解的影响

大量研究表明,给应激大鼠灌注谷氨酰胺后其体重损失得到了显著降低。Urbina 等给手术后大鼠给予富含谷氨酰胺二肽 TPN 后第 3 d 可以显著抑制其累计氮平衡。给手术后病人灌注谷氨酰胺后体氮损失也得到抑制。血浆中前白蛋白、转铁蛋白含量的下降表明机体蛋白质处于分解代谢状态,在烫伤大鼠、全胃切除患者、烧伤患者等的研究中都发现,在给予谷氨酰胺后可以显著抑制血浆中前白蛋白和转铁蛋白的下降。给极低体重婴儿灌注谷氨酰胺后,苯丙氨酸从骨骼肌中降解释放的速度得到抑制,在正常大鼠上的

研究也得到了类似的结果。由此可见,谷氨酰胺可以抑制蛋白质的降解。

2 谷氨酰胺对蛋白质降解途径的影响

2.1 蛋白质降解途径

真核细胞主要有两种蛋白质降解途径:一种是 ATP 依赖性的以细胞溶胶(cytosolically)为基础的机制,即需 ATP 的泛肽蛋白酶体水解途径。该蛋白质水解途径主要存在于骨骼肌等周缘组织,降解不正常的蛋白质,短寿命的正常蛋白质,长寿命的蛋白质和膜蛋白等。另一种是溶酶体降解途径,该蛋白质降解途径主要存在于肝脏等内脏组织中,主要降解吞噬的蛋白质和膜蛋白。但是在大多数细胞蛋白质的正常周转或者是在分解代谢情况下,此条蛋白质水解途径在加速肌肉蛋白质降解等方面没有重要作用。因此,本文主要介绍泛肽蛋白酶体水解途径。

大部分蛋白质都需要与泛肽共价结合后才能进行降解,即通过泛肽蛋白酶体降解途径实现蛋白质降解(见图 1)。该降解系统在 ATP 的参与下,通过泛肽活化酶 E1 激活泛肽的羧基末端,然后活化的泛肽被转接到泛肽携带蛋白 E2 上,泛肽蛋白连接酶 E3 又将活化的泛肽转移到需要降解蛋白质的赖氨酸的 ϵ -氨基上。泛肽结合反应重复进行,从而形成一条五个或更多泛肽彼此连接的链,此种变形导致蛋白质在蛋白质水解复合物 26S 蛋白酶体中快速降解成肽或氨基酸,该过程同样也需要 ATP 的参与。

2.2 谷氨酰胺对泛肽蛋白酶体降解系统的影响

李伟,四川农业大学动物营养研究所,625014,四川雅安四川农业大学学生信箱 9-6。

周小秋(通讯作者)、冯琳,单位及通讯地址同第一作者。

收稿日期:2007-12-03

★ 教育部长江学者和创新团队发展计划(IRTO555);四川省杰出青年学科带头人基金

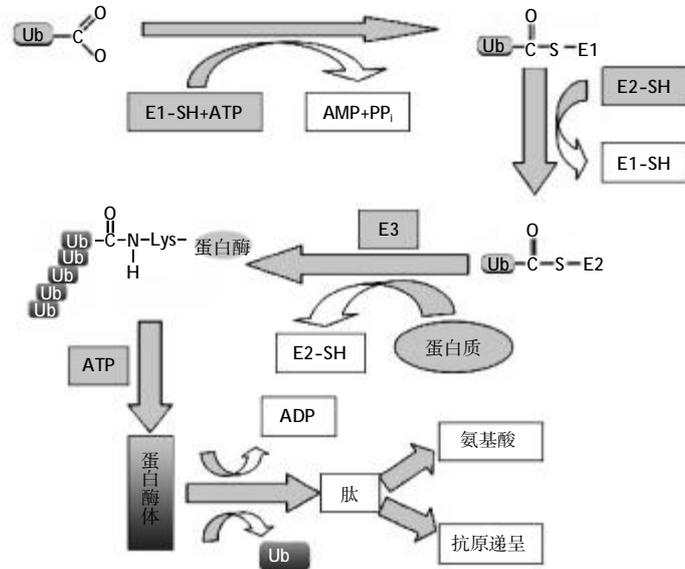


图 1 ATP 依赖性的泛肽蛋白酶体降解途径

谷氨酰胺可以通过抑制泛肽的表达进而抑制蛋白质降解。Coeffier 等研究发现,谷氨酰胺可以抑制泛肽 mRNA 表达,而对溶酶体中组织蛋白酶 D 的 mRNA 表达都没有影响。由此可以推断谷氨酰胺在肠道中是通过抑制泛肽表达来抑制蛋白质降解。当给小猪灌注氨基酸混合物后,泛肽连接酶 E2 和蛋白酶体亚基 C9 的表达受到显著的抑制。谷氨酰胺是否也是通过影响泛肽蛋白酶体水解路径中的酶或蛋白酶体的表达来影响蛋白质的水解,还有待进一步研究。Zellner 等在单核细胞上的研究发现,虽然谷氨酰胺可以显著降低单核细胞中泛肽化蛋白质的含量,但是,富含谷氨酰胺组的蛋白质降解率显著高于谷氨酰胺缺乏组。分析其原因是由于谷氨酰胺不足引起细胞内 ATP 水平的降低,这直接影响了随后蛋白酶体的功能。造成此种差异的原因可能是研究模型的不同,后者研究的是单核细胞,其能量主要来源于谷氨酰胺,谷氨酰胺量不足导致细胞内 ATP 的减少,从而抑制了 26S 蛋白酶体的组装,最终抑制了蛋白质的降解,从而保证蛋白质或氨基酸一定的完整性有利于免疫应答。

3 谷氨酰胺影响蛋白质降解的可能作用方式

3.1 谷氨酰胺抑制前炎症因子的产生

前炎症因子和蛋白质降解有一定关系。试验证明,当用高纯度的与 IL-1 有同样效果的白细胞致热原培养大鼠肌肉时,净蛋白质的降解增加了 56%。Zamir 等给老鼠腹内注射重组 TNF- α 后,总蛋白和肌纤维蛋白分解率分别增加了 28% 和 3 倍。在体内和体外试验都发现,rIL-6 可以增强小鼠比目鱼肌的蛋

白质降解。这些结果说明前炎症因子可以促进蛋白质降解。

谷氨酰胺与前炎症因子的释放有一定关系。用脂多糖(lipopolysaccharide, LPS)处理过的老鼠在补充谷氨酰胺后抑制了体内前炎症因子的释放,从而保护了器官免受损害。说明谷氨酰胺可以通过抑制前炎症因子的释放来抑制蛋白质降解。

3.1.1 谷氨酰胺抑制白介素的产生

谷氨酰胺可以抑制前炎症因子白介素的释放。Wischmeyer 等利用小鼠制成内毒素血症模型,给予谷氨酰胺后发现,IL-1 β 的表达和释放受到抑制。向禁食的志愿者灌注谷氨酰胺或用谷氨酰胺培养十二指肠发现 IL-6 和 IL-8 的表达都受到抑制。Coeffier 等又以类似方法研究发现,添加 0.5 mmol/l 或 5 mmol/l 谷氨酰胺组 IL-6 和 IL-8 水平均显著低于等浓度氨基酸混合物组。这说明在肠道内谷氨酰胺对前炎症因子白介素的产生具有特异性抑制作用。提前给试验性结肠炎的大鼠饲喂 2% 和 4% 的谷氨酰胺都可以显著降低 IL-8 在血浆中的浓度,并发现 4% 组效果比 2% 组的效果好。这说明谷氨酰胺抑制前炎症因子的释放具有浓度依赖性。

研究发现,白介素可能通过增强溶酶体内组织蛋白酶活性或促进泛肽的表达从而促进蛋白质分解代谢。在体外用人重组 IL-1 β 直接与比目鱼肌作用 10 h 后,组织蛋白酶 D、B、H 和 L 的活性显著增强。经静脉向大鼠给予 IL-1,骨骼肌中 2.4 kb 和 1.2 kb 泛肽的表达分别增加了 2.8 倍和 1.9 倍。IL-6 转基因小鼠肌

肉会出现萎缩,当向腓肠肌中加入鼠 IL-6 受体抗体时可以阻止蛋白质的降解,进一步研究发现,其是通过阻止组织蛋白酶 B 和 L 及泛肽 mRNA 的水平而发挥作用。这说明 IL-6 是通过促进组织蛋白酶和泛肽的表达,从而促进蛋白质降解。

谷氨酰胺可能通过以下方式抑制白介素的产生,从而抑制蛋白质降解:①保证热休克蛋白(heat shock protein, HSP)的表达。哺乳动物细胞中被称为 HSP-32 的血红素氧合酶-1(heme oxygenase-1, HO-1)可以减少前炎症细胞因子的产生。Coeffier 等研究发现,灌注谷氨酰胺可以刺激人十二指肠黏膜中 HO-1 的产生。这说明谷氨酰胺可能通过热休克蛋白相关路径调节前炎症因子的产生。②通过阻断蛋白酶体依赖的 NF- κ B 激活路径抑制白介素的产生。NF- κ B 是一种重要的转录因子,能激活多种细胞免疫和炎症反应因子基因的表达。提前向 LPS 处理的人肠上皮细胞系的培养基中加入谷氨酰胺可以抑制 NF- κ B 含量的增加,说明谷氨酰胺能够抑制 NF- κ B 的表达,从而抑制白介素的产生。③抑制 I κ B- α (inhibitor of κ B)蛋白的水解。在细胞核中,I κ B- α 的泛肽化可以促进核转录因子 NF- κ B 的易位并随后引起前炎症基因的表达。

3.1.2 谷氨酰胺抑制肿瘤坏死因子的产生

谷氨酰胺可以抑制肿瘤坏死因子的产生。向用脂多糖处理过的外周血单核细胞培养基中加入谷氨酰胺,发现谷氨酰胺可以显著地减少 TNF- α 的表达。当用脂多糖处理或通过胃造口术喂养大鼠时都会引起小肠和血浆中 TNF- α 极显著增加。每天给大鼠补充谷氨酰胺时可以显著降低小肠内 TNF- α 的浓度。

Ameho 等研究发现,添加 2%或 4%谷氨酰胺的日粮可以显著降低 TNF- α 的含量,并且添加 4%谷氨酰胺组具有更好的抑制效果。这说明谷氨酰胺抑制 TNF- α 具有浓度依赖性。

肿瘤坏死因子可能通过以下途径促进蛋白质降解:①增强溶酶体内组织蛋白酶活性从而导致蛋白质分解代谢加强。经静脉给 BALB/c 小鼠注射重组 TNF- α 后,比目鱼肌溶酶体内组织蛋白酶 D 的活性得到了显著增强。在体外用重组 TNF- α 直接作用于比目鱼肌后,组织蛋白酶 D、B、H 和 L 的活性得到了显著的增强。②肿瘤坏死因子可以作用于泛肽依赖的蛋白质降解途径。给大鼠注射 TNF- α 后发现,骨骼肌中 1.2 kb 和 2.4 kb 的泛肽 mRNA 水平得到显著增加。

谷氨酰胺可以通过抑制肿瘤坏死因子的产生来抑制蛋白质降解。在小肠炎症反应中,谷氨酰胺能抑

制肿瘤坏死因子的释放,可能是通过刺激热休克蛋白的产生来实现的;或者是通过阻断蛋白酶体依赖的 NF- κ B 激活路径实现,该机制与抑制白介素的产生机制类似;也可能是谷氨酰胺能够显著减少包括成年人败血症和肺炎在内的感染,同时显著降低血浆中 TNF 受体 p55 和 p75 水平,使肿瘤坏死因子与受体结合的几率降低,从而抑制 TNF 的作用。但是关于谷氨酰胺抑制肿瘤坏死因子的具体机制还不很清楚,有待进一步研究。

3.2 谷氨酰胺诱导热休克蛋白的表达

热、创伤、感染等形式的应激可以引起蛋白质变性降解,同时又会促进内源性保护因子热休克蛋白(Heat-shock proteins, HSP)的产生。HSP 可以行使分子伴侣(Chaperones)的功能,催化变性的蛋白质重新折叠成为具有活性形式的蛋白质,保护蛋白质被降解。另外,研究发现热休克蛋白都可以降低血浆中肿瘤坏死因子 TNF- α 的浓度,从而抑制蛋白质的降解。

研究表明,在任何情况下谷氨酰胺都是一种有效的热休克蛋白表达的增强剂。Sanders 等研究报道,在果蝇 Kc 细胞上研究报道必须添加谷氨酰胺,细胞才有最大量的 HSP 合成,并且在热应激条件下,添加谷氨酰胺能使 HSP 合成提高 100 倍,而添加谷氨酸却没有此种效果。在心肺分流术模型中研究发现,谷氨酰胺可以显著增强心肺分流术前后心脏、肺脏、肝脏的热休克蛋白表达,并且手术后 HSP 表达比手术前还要高。另外,Wischmeyer 等首先发现,在无应激状态下,谷氨酰胺也能促进肠上皮细胞系 IEC-18 的热休克蛋白的表达。这些结果说明了谷氨酰胺在任何情况下都可以诱导热休克蛋白合成。

谷氨酰胺增强热休克蛋白表达的可能原因是:①促进热休克因子(heat shock factor, HSF)和热休克元件(heat shock element, HSE)的结合。HSP 基因的转录需要细胞核中要有与之呈高度亲和力与特异性结合的 HSF 的存在,其与 DNA 结合后被激活聚集于核内,必须与 HSE 结合,才能启动 HSP 基因的转录。用 42 °C 热水诱导 IEC-18 肠隐窝样细胞热休克应激,添加 4 mmol/l 谷氨酰胺与未添加相比 HSF1 与 HSE1 的结合增加了 3.52 倍,添加等量血浆和 D-谷氨酰胺没有显著影响。②增强热休克蛋白启动子的活性。在 IEC-6 细胞培养基中加入 Gln,经过热应激后用 Northern 印记分析发现,热休克蛋白 2.8 kb 和 3.1 kb 的 mRNA 转录本含量比没有添加谷氨酰胺组 mRNA 转录本含量增加了 1.5 倍。③增强热休克蛋白 mRNA 的稳定

性,导致翻译增加,从而提高热休克蛋白的生成量,降低热休克蛋白的周转率。Eliassen 等发现在热应激后谷氨酰胺可以明显延长 HSP70 的半衰期。用一种不可代谢的谷氨酰胺类似物 6-重氮-5-氧代-左旋正亮氨酸(6-diazo-5-oxo-L-norleucine, DON)也可以增强 HSP70 的表达,这说明谷氨酰胺的代谢与诱导热休克蛋白的产生没有关系。

3.3 谷氨酰胺防止其它支链氨基酸的氧化释放

谷氨酰胺是哺乳动物体内含量最丰富的氨基酸,正常人血浆浓度为 0.6~0.9 mmol/l,占血浆总游离氨基酸的 20%,占机体内总游离氨基酸的 60%。谷氨酰胺占总游离氨基酸一半以上,因此它的变化直接影响机体总氨基酸的变化。在机体处于分解代谢的情况下,谷氨酰胺从骨骼肌中被大量释放到血液中,而且其释放量明显高于其它氨基酸。在肌肉中,支链氨基酸(Branched-chain amino acids, BCAA)如:缬氨酸、亮氨酸和异亮氨酸是合成谷氨酰胺的前体物质(见图 2)。这些支链氨基酸特别是亮氨酸在抑制蛋白质降解中具有重要作用。所以谷氨酰胺可能通过影响支链氨基酸特别是亮氨酸的代谢来影响蛋白质代谢。

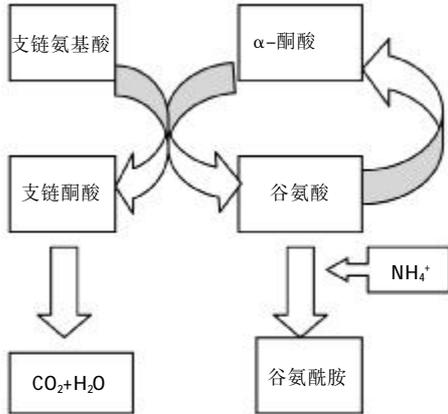


图 2 肌肉中谷氨酰胺和支链氨基酸的代谢关系

谷氨酰胺可以抑制支链氨基酸的氧化释放。Wells 等在试验组成年雄性 C57 BL6 小鼠的日粮中添加谷氨酰胺后可以显著抑制血浆中亮氨酸、异亮氨酸和缬氨酸浓度。向志愿者肠内灌注高剂量谷氨酰胺后,亮氨酸的氧化率降低了约 40%,亮氨酸的沉积率增加了约 7%。研究表明,不管老鼠是否被照射,丙氨酰谷氨酰胺都可以显著降低体内的亮氨酸氧化率。这些试验结果说明谷氨酰胺可能通过降低亮氨酸的氧化释放,进而调节蛋白质代谢。给予谷氨酰胺后对亮氨酸的代谢具体见表 1。从表 1 中我们可以看出,在人和大鼠上的研究都表明添加谷氨酰胺后可以显著

抑制从蛋白质降解释放亮氨酸和亮氨酸氧化率。但是在小猎犬上的研究发现谷氨酰胺抑制从蛋白质降解中释放出的亮氨酸的量并不显著,但是也有下降的趋势。分析出现此种现象的原因是作用时间太短,在人上的研究是灌注 24 h,而在猎犬上是灌注 11 h。

表 1 谷氨酰胺对亮氨酸代谢的影响

项目	模型	△Oxleu
谷氨酰胺	极低出生体重婴儿	下降 44.23%
谷氨酰胺	地塞米松处理猎犬	下降 25.88%
Ala 谷氨酰胺	正常大鼠	下降 30.99%
Ala 谷氨酰胺	脂多糖处理大鼠	下降 40.30%

注: O_{leu} 亮氨酸的氧化 △O_{leu} = O_{leu} - O_{leuG}

关于谷氨酰胺能够降低支链氨基酸氧化的原因,可能是增加了谷氨酰胺氧化,产生许多还原型烟酰胺腺嘌呤二核苷酸(NADH),增加 NADH/NAD⁺的比率,从而抑制了支链氨基酸氧化的关键酶,即支链酮酸脱氢酶活性。

4 小结

综上所述,谷氨酰胺主要通过直接抑制泛肽蛋白酶水解途径,促进热休克蛋白的生成,抑制前炎症因子的释放以及支链氨基酸的氧化等方式抑制蛋白质降解。谷氨酰胺对泛肽蛋白酶降解系统其它组分的影响和对溶酶体降解系统的影响还有待进一步研究。(参考文献 49 篇,刊略,需者可函索)(编辑:刘敏跃,lm-y@tom.com)

征订启事

欢迎订阅 2008 年《饲料工业》

本刊为半月刊,大 16 开本,每期正文 64 页,公开发行,各地邮局均可订阅,也可直接向本刊发行部订购。国际标准连续出版物号 ISSN 1001-991X,国内统一连续出版物号 CN21-1169/S,邮发代号:8-163。每期定价 6 元,全年 24 期共 144 元。

地址:沈阳市金沙江街 16 号 6 门

邮编:110036

发行部电话:024-86391237

传真:024-86391925

投稿邮箱:tg@feedindustry.com.cn

Http://www.feedindustry.com.cn

精氨酸与肠粘膜完整性的关系

何伟 周小秋 刘扬 冯琳

摘要 一些特殊营养物质如谷氨酰胺、精氨酸、 ω -3 多不饱和脂肪酸、核苷酸、VA 和锌等有提高机体免疫功能的作用,同时还能促进胃肠道发育,有利于粘膜损伤后的恢复,被称为胃肠道功能性食品。研究表明,肠粘膜损伤后补充精氨酸能够促进细胞的增殖、分化、成熟,抑制细胞的凋亡,有利于肠粘膜形态结构的恢复。文中对精氨酸与肠粘膜完整性的关系研究进展作一综述。

关键词 精氨酸;肠粘膜;形态结构;增殖;凋亡

中图分类号 S821.5

肠道是机体与外界环境接触表面积最大的器官(Tayade 等,2006),也是营养物质消化和吸收的主要场所,同时肠粘膜屏障系统具有阻碍肠腔内细菌入侵和毒素吸收的功能(Qiao 等,2005),因此肠粘膜形态结构和功能的正常对动物机体来说是十分重要的。但许多因素都会导致肠粘膜的损伤,如营养不良、肠外营养、缺血再灌注损伤、各种肠炎、内毒素感染等。资料表明:谷氨酰胺、精氨酸、 ω -3 多不饱和脂肪酸、核苷酸、VA 和锌等许多营养物质都能促进胃肠道发育,有利于肠粘膜损伤后的恢复,提高机体免疫力(Duggan, 2002),被广泛应用于临床营养中,配制各种肠内营养液、肠外营养液。有研究表明:补充精氨酸有利于保护肠粘膜的正常形态结构(Gurbuz 等,1998;丁连安,2003;Sukhotnik 等,2004;Jiang 等,2004;鲍倩玲,

2005),提高肠粘膜细胞增殖速度(Sukhotnik 等,2004;Jiang 等,2004),促进肠粘膜细胞的分化、成熟(Sukhotnik 等,2004;Jiang 等,2004),抑制肠粘膜细胞的凋亡(Jiang 等,2004;鲍倩玲,2005)。

1 精氨酸对肠粘膜形态结构的影响

肠道组织分为粘膜层、粘膜下层、肌层和浆膜层,肠粘膜层处于最外面,直接与营养物质和肠道微生物接触。完整的肠粘膜形态结构构成的机械屏障是维持肠道功能正常和机体内环境稳定的第一道物理防线。研究表明:补充精氨酸能够提高肠粘膜重量(Sukhotnik 等,2004;Jiang 等,2004;)(见表 1) 和厚度(Gurbuz 等,1998;丁连安,2003;Jiang 等,2004;鲍倩玲,2005)(见表 2)。

补充精氨酸后空肠粘膜重量和厚度提高幅度明

表 1 精氨酸对肠粘膜重量的影响

项目	部位	补充精氨酸剂量	效果	资料来源
内毒素血症大鼠	十二指肠	饮水中添加 2%	提高 31.58%	(Sukhotnik 等,2004)
短肠综合症大鼠	空肠	肠内营养 300 mg/(kg·d)	提高 6.63%	(Jiang 等,2004)
短肠综合症大鼠	回肠	肠内营养 300 mg/(kg·d)	提高 33.33%	(Jiang 等,2004)
内毒素血症大鼠		饮水中添加 2%	提高 48.78%	(Sukhotnik 等,2004)

表 2 精氨酸对肠粘膜厚度的影响

项目	部位	补充精氨酸剂量	效果	资料来源
短肠综合症大鼠	空肠	肠内营养 300 mg/(kg·d)	提高 10.88%	(Jiang 等,2004)
内毒素血症大鼠		静脉营养 600 mg/(kg·d)	提高 10.31%	(丁连安,2003)
短肠综合症大鼠		肠内营养 300 mg/(kg·d)	提高 12.94%	(Jiang 等,2004)
内毒素血症大鼠	回肠	静脉营养 600 mg/(kg·d)	提高 22.41%	(丁连安,2003)
全胃肠外营养幼兔		Arg 供热量占营养液总热量 2%	提高 19.35%	(鲍倩玲,2005)
放射性肠炎大鼠	小肠	食物中添加 2%	提高 100%	(Gurbuz 等,1998)
		食物中添加 4%	提高 214%	(Gurbuz 等,1998)

注:小肠代表十二指肠、空肠、回肠的平均值。下表同。

显低于十二指肠和回肠,其原因可能与各自形态结构

特点有关。肠粘膜吸收表面有许多皱褶;回肠粘膜皱褶较矮;空肠粘膜环形皱褶原本就很发达,所以提高的幅度较小。补充精氨酸后放射性肠炎大鼠整段小肠粘膜厚度提高幅度也明显高于其它因素造成损伤的大鼠,其原因可能是放射性照射对肠粘膜的损伤更大,造成肠粘膜细胞大量坏死,使肠粘膜变薄了。对比

何伟,四川农业大学动物营养研究所,625014,四川雅安。

周小秋(通讯作者)、刘扬、冯琳,单位及通讯地址同第一作者。

收稿日期:2007-12-03

肠粘膜厚度绝对值(见表 3)可以发现,放射性肠炎大鼠小肠粘膜厚度明显低于其它大鼠。肠粘膜重量和厚度与肠粘膜的机械屏障功能有直接的联系。肠粘膜重量和厚度的提高对人和动物有两方面的影响。对机体有利的方面是:①增加了细菌、病毒等病原体侵入的难度,减少疾病的发生率;②肠粘膜急性损伤后,快速修

复肠粘膜上皮的连续性和完整性依靠未损伤部位的肠粘膜迁移到损伤部位的基底膜上(Rhoads,2004)。肠粘膜重量和厚度的提高,增加了肠粘膜细胞数量,有利于肠粘膜细胞的迁移,减小肠粘膜的损伤。对机体不利的影 响是:①不利于肠粘膜对营养物质的吸收;②增加肠粘膜基础代谢,增加肠粘膜对营养物质的消耗。

表 3 肠粘膜厚度绝对值比较(μm)

项目	部位	对照组	补充 Arg 组	资料来源
短肠综合症大鼠	空肠	616±39	683±39	(Jiang 等,2004)
内毒素血症大鼠		291.42±6.67	321.41±34.08	(丁连安,2003)
短肠综合症大鼠	回肠	487±41	550±49	(Jiang 等,2004)
内毒素血症大鼠		171.85±20.45	234.85±9.07	(丁连安,2003)
全胃肠外营养幼兔		279.03±60.99	333.10±36.29	(鲍倩玲,2005)
放射性肠炎大鼠	小肠	70±20	140±20	(Gurbuz 等,1998)

补充精氨酸能够提高肠粘膜绒毛高度(Gurbuz等,1998;丁连安,2003;Sukhotnik 等,2004;Jiang 等,2004;鲍倩玲,2005)(见表 4)和隐窝深度(丁连安,2003;Jiang 等,2004;鲍倩玲,2005)(见表 5)。空肠与回肠绒毛高度提高的幅度大致相同,只是不同的试验方法所得到的效果不完全一致。丁连安(2003)和 Sukhotnik 等(2004)都是在内毒素血症大鼠上进行的研究,但是后者报道的回肠绒毛高度提高幅度高于前者,这可能与大鼠内毒素血症损伤程度不同和补充精氨酸的方式和剂量不一样有关,后者通过饮水补充精氨酸,进入大鼠体内的精氨酸剂量难以确定。全胃肠外营养幼兔回肠绒毛高度提高效果也比较好,其原因可能与补充精氨酸的方式和剂量有关。放射性肠炎大鼠整段小肠绒毛高度提高幅度明显高于其它大鼠,其原因也可能是放射性照射对肠粘膜的损伤太大,造成肠粘膜绒毛高度绝

对值太低。肠粘膜绒毛高度与营养物质的吸收有关,隐窝深度可以反映肠粘膜细胞的成熟率(韩正康,1993)。绒毛高度与细胞数量呈显著相关,只有成熟的绒毛上皮细胞才具有养分吸收功能。绒毛短时,成熟细胞少,养分吸收能力低(韩正康,1993)。因此,补充精氨酸提高了绒毛高度就是提高了肠粘膜成熟细胞的数量,同时也增加了肠粘膜的表面积,有利于营养物质的吸收。隐窝深度反映了细胞的成熟率,隐窝变浅,表明细胞成熟率上升,分泌功能增强(韩正康,1993)。但是大多数报道表明,补充精氨酸提高了隐窝深度,应该是降低了肠粘膜分泌功能,不利于营养物质吸收。其原因可能与病理条件下肠粘膜的代偿性增殖有关。肠粘膜损伤后,为了减小损伤,肠粘膜细胞加快生长和增殖,增殖率升高,成熟率下降。

也有不一致的报道,Hwang 等(2003)研究结果表

表 4 精氨酸对肠粘膜绒毛高度的影响

项目	部位	补充精氨酸剂量	效果	资料来源
短肠综合症大鼠	空肠	肠内营养 300 mg/(kg·d)	提高 12.78%	(Jiang 等,2004)
内毒素血症大鼠		静脉营养 600 mg/(kg·d)	提高 11.17%	(丁连安,2003)
短肠综合症大鼠	回肠	肠内营养 300 mg/(kg·d)	提高 12.64%	(Jiang 等,2004)
内毒素血症大鼠		饮水中添加 2%	提高 23.72%	(Sukhotnik 等,2004)
内毒素血症大鼠		静脉营养 600 mg/(kg·d)	提高 11.26%	(丁连安,2003)
全胃肠外营养幼兔		Arg 供热量占营养液总热量 2%	提高 22.17%	(鲍倩玲,2005)
放射性肠炎大鼠	小肠	食物中添加 2%	提高 107.14%	(Gurbuz 等,1998)
放射性肠炎大鼠		食物中添加 4%	提高 242.86%	(Gurbuz 等,1998)

表 5 精氨酸对肠粘膜隐窝深度的影响

项目	部位	补充精氨酸剂量	效果	资料来源
短肠综合症大鼠	空肠	肠内营养 300 mg/(kg·d)	提高 26.03%	(Jiang 等,2004)
内毒素血症大鼠		静脉营养 600 mg/(kg·d)	提高 3.05%	(丁连安,2003)
短肠综合症大鼠	回肠	肠内营养 300 mg/(kg·d)	提高 13.97%	(Jiang 等,2004)
内毒素血症大鼠		静脉营养 600 mg/(kg·d)	提高 10.95%	(丁连安,2003)
全胃肠外营养幼兔		Arg 供热量占营养液总热量 2%	提高 12.33%	(鲍倩玲,2005)

明,在辐射造成损伤的大鼠食物和饮水中同时补充精氨酸 2%,通过组织学检测发现,辐射对精氨酸补充组

大鼠胃肠道多个部位造成的损伤更大。精氨酸补充组十二指肠损害高于对照组,空肠损害最严重。其原因

可能是由于在食物和饮水中同时补充了 2% 的精氨酸,导致进入机体精氨酸的量太高。

2 精氨酸对肠粘膜细胞增殖、分化、成熟、凋亡的影响

精氨酸加快肠粘膜细胞增殖,可以促进肠粘膜生长,保证肠粘膜的完整性,增强机械屏障功能,减小疾病对肠道的损害,维持体内环境的稳定。

研究表明,补充精氨酸能够提高隐窝细胞增殖速度(Sukhotnik, 2004)和隐窝 PCNA(增殖细胞核抗原)数量(Jiang 等, 2004)(见表 6)。PCNA 是 DNA 多聚酶 δ 的辅酶蛋白,该蛋白出现在所有增生期的细胞核中,可作为细胞增殖的标志。隐窝细胞增殖速度加快和肠粘膜隐窝 PCNA 数量的提高,说明精氨酸促进了肠粘膜细胞的增殖,有利于减轻肠粘膜的损伤。

表 6 精氨酸对肠粘膜细胞增殖、分化、成熟、凋亡的影响

项目	指标	补充精氨酸剂量	效果	资料来源
短肠综合症大鼠	空肠 PCNA	肠内营养 300 mg/(kg·d)	提高 40.91%	(Jiang 等, 2004)
短肠综合症大鼠	回肠 PCNA	肠内营养 300 mg/(kg·d)	提高 28.00%	(Jiang 等, 2004)
内毒素血症大鼠	空肠隐窝细胞增殖速度	饮水中添加 2%	提高 25.81%	(Sukhotnik 等, 2004)
内毒素血症大鼠	回肠隐窝细胞增殖速度	饮水中添加 2%	提高 23.86%	(Sukhotnik 等, 2004)
短肠综合症大鼠	空肠粘膜 DNA 含量	肠内营养 300 mg/(kg·d)	提高 10.93%	(Jiang 等, 2004)
内毒素血症大鼠	回肠粘膜 DNA 含量	饮水中添加 2%	提高 42.85%	(Sukhotnik 等, 2004)
短肠综合症大鼠		肠内营养 300 mg/(kg·d)	提高 13.85%	(Jiang 等, 2004)
短肠综合症大鼠	空肠粘膜蛋白含量	肠内营养 300 mg/(kg·d)	提高 9.53%	(Jiang 等, 2004)
内毒素血症大鼠	回肠粘膜蛋白含量	饮水中添加 2%	提高 60.49%	(Sukhotnik 等, 2004)
短肠综合症大鼠		肠内营养 300 mg/(kg·d)	提高 10.73%	(Jiang 等, 2004)
短肠综合症大鼠	空肠粘膜细胞凋亡数量	肠内营养 300 mg/(kg·d)	下降 27.27%	(Jiang 等, 2004)
全胃肠外营养幼兔	回肠粘膜细胞凋亡数量	Arg 供热量占营养液总热量 2%	下降 203.09%	(鲍倩玲, 2005)

补充精氨酸能够提高肠粘膜 DNA 含量(Sukhotnik 等, 2004; Jiang 等, 2004)和蛋白质含量(Sukhotnik 等, 2004; Jiang 等, 2004)(见表 6)。肠粘膜蛋白含量不仅反映肠粘膜细胞的分化程度(Sanderson 等, 1994),而且反映了肠粘膜细胞功能的成熟情况(Johnson 等, 1995)。肠粘膜 DNA 的含量与蛋白含量也有十分紧密的关系。内毒素血症大鼠回肠肠粘膜 DNA 含量和蛋白质含量提高幅度高于短肠综合症大鼠,可能与补充精氨酸的量和两种因素对肠粘膜的损伤程度不一样有关。肠粘膜 DNA 含量和蛋白质含量的提高,直接反映了精氨酸促进肠粘膜细胞分化、成熟的作用,有利于损伤的肠粘膜恢复其完整性,维持正常的物理屏障等肠道防御功能。

肠粘膜细胞除分裂增殖、分化、成熟外,同时也存在细胞凋亡。研究表明添加精氨酸能够降低肠粘膜细胞凋亡数量,抑制肠粘膜细胞的凋亡(Jiang 等, 2004; 鲍倩玲, 2005)(见表 6)。不过,补充精氨酸抑制全胃肠外营养幼兔肠粘膜细胞凋亡的效果要比短肠综合症大鼠好得多,这可能与不同动物的不同生长阶段、不同的肠段位置、不同的营养液补给方式等多种因素有关。正常情况下肠粘膜细胞凋亡稳定在一个低水平状态,以维持绒毛正常的形态结构和功能。当肠粘膜细胞凋亡显著上升时,可引起粘膜萎缩,损伤肠粘膜的屏障功能。

3 作用机理

目前精氨酸影响肠粘膜形态结构和肠粘膜发育的机制还不明确,可能与精氨酸本身和其代谢产物

NO(一氧化氮)、多胺、鸟氨酸、瓜氨酸、谷氨酰胺等物质以及作为蛋白质合成的原料有关。

3.1 精氨酸的促分泌作用

精氨酸是一种潜在的内分泌促分泌物质,能促进胰腺、肾上腺、垂体和肝脏等许多器官分泌激素,如精氨酸调节胰腺产生胰高血糖素、生长激素释放抑制激素和胰岛素,诱导垂体释放催乳素和生长激素(Frankel 等, 1982; Mourad 等, 1996; Cochar 等, 1998; Wu 等, 1998)。

精氨酸能促进生长激素和胰岛素样生长因子的分泌(Miell 等, 1991),这些激素可以保护肠粘膜的形态结构,促进肠粘膜发育。研究表明精氨酸与钾离子可以共同促进胰腺产生胰岛素、胰高血糖素和生长激素释放抑制激素(Frankel 等, 1982)。在胃肠道中存在 GH 和 IGF- I 的受体,这预示两种生长因子在肠道中能发挥促进细胞生长和分化的作用。在配方奶中添加 IGF- I 可以提高仔猪小肠重量(Burrin 等, 1996)、空肠粘膜厚度(Houle 等, 2000)、小肠绒毛高度(Burrin 等, 1996)、空肠隐窝深度(Houle 等, 2000)、空肠(Houle 等, 2000)和整段小肠(Burrin 等, 1996)粘膜 DNA 含量、整段小肠粘膜蛋白含量(Burrin 等, 1996),说明 IGF- I 能促进初生仔猪肠粘膜的生长和发育。Mourad 等(1996)研究结果表明,精氨酸是肠道的促分泌物质,L-精氨酸能够促进缺血再灌注大鼠肠液和电解质的分泌。这也有利于改善肠道微环境,有利于保护肠粘膜形态结构和促进肠粘膜发育。

3.2 精氨酸的代谢产物 NO

精氨酸在生物体内可以由 NOS(一氧化氮合成酶)催化生成具有生物活性的 NO。NOS 分为两类 3 种不同构型的同功酶:一类为常规表达的 cNOS(原生型 NOS)。cNOS 又可分为 nNOS(神经元型)和 eNOS(内皮细胞型),生理状态下肠道细胞通过 nNOS 和 eNOS 生成少量 NO,保证神经传递和舒张血管等生理活动所必需(Duggan 等,2002)。另一类为 iNOS(诱生型 NOS),iNOS 多在炎症和免疫应答的情况下被激活,一旦被激活,可长时间地产生大量 NO(Nathan 等,1994)。生理水平的 NO 对机体有益,持续过量产生则有损害作用(Duggan 等,2002)。目前,关于 NO 对肠道损伤是有益于保护肠粘膜还是加重肠粘膜损伤还存在争议。

精氨酸分解代谢产生的 NO 能够舒张平滑肌,增加肠道的血流量,并且有利于维持肠粘膜血管的完整性(Jiang 等,2004)。血液微循环系统的改善,有利于机体向肠道组织提供充足的营养物质,促进肠粘膜的生长、分化和成熟,改善肠粘膜的形态结构和功能。肠道巨噬细胞利用精氨酸产生的 NO 在细胞内杀灭病原体过程中有十分重要的作用(Dickinson 等,1999)。另外,精氨酸的促分泌作用也与 NO 的产生有很大关系。NO 是肠道的促分泌物质,能够促进肠液和电解质的分泌,抑制 NOS 的活性则会抑制这种促分泌作用(Mourad 等,1996;Mourad 等,2003)。

Dickinson 等(1999)研究结果表明,脂多糖造成的内毒素综合症大鼠 iNOS 活性持续上调,NO 持续过量产生,小肠绒毛过亚硝酸盐大量生成,导致肠上皮细胞程序性死亡和坏死,造成细菌易位增加。用 NOX(氮氧化物)选择性地清除 NO 极显著降低了细菌易位的发生。Sorrells 等(1996)报道,用 iNOS 的选择性抑制剂(氨基胍)也能够极显著地减小内毒素综合症大鼠由于持续产生的大量 NO 引起的细菌易位。脂多糖抑制大鼠肠粘膜线粒体的功能,抑制 NO 的产生则会消除这种抑制作用,并且减少细菌易位的发生(Unno 等,1997)。Chen 等(1996)研究结果表明,使用 iNOS 的抑制剂(地塞米松)也会抑制脂多糖造成的肠道通透性增高。

3.3 精氨酸在肠道的代谢产物多胺

精氨酸可以通过精氨酸酶分解为尿素和鸟氨酸,鸟氨酸又可以通过鸟氨酸脱羧酶生成多胺(腐胺、亚精胺、精胺),多胺能够促进肠粘膜细胞的增殖和肠粘膜的发育。胃肠迅速生长时胃肠粘膜细胞多胺浓度异常升高,如果减少肠粘膜多胺供给,肠粘膜生长就受到抑制,说明多胺是胃肠粘膜生长所必需(Lu 等,1983)。Luk 等(1983)研究结果表明,提高 50%肠切除术大鼠 ODC(鸟氨酸脱羧酶)和 SAMDC(S-腺苷甲硫氨酸脱羧

酶)活性,可以提高腐胺和精胺的合成水平,鸟氨酸脱羧酶活性的提高与滤泡细胞生成率的提高和肠绒毛的延长呈极显著正相关。腐胺可以方便地为肠道提供能量,是一种肠道的生长促进因子(Bardócz 等,1998)。有研究报道,向禁食大鼠的回肠注入腐胺 66 h,能够提高回肠粘膜 DNA、RNA、蛋白质含量以及 ODC、SAMDC 活性(Seidel 等,1985)。Kvietys 等(1992)报道,用乳化的油脂灌注麻醉大鼠的空肠,会造成空肠粘膜的损害,添加 0.5 mmol/l 精胺能减轻油酸引起的空肠粘膜的损害,促进空肠绒毛顶端上皮细胞的增生。

3.4 精氨酸转化为谷氨酰胺

精氨酸能够通过代谢途径转化为谷氨酰胺(Cynober 等,1995),而谷氨酰胺也是重要的胃肠道功能性营养素,能够保护肠道正常的形态结构和功能,促进肠道上皮细胞的生长、发育,被广泛应用于临床营养中配制各种肠内营养液、肠外营养液。谷氨酰胺是肠上皮细胞、淋巴细胞、成纤维细胞、网状细胞等细胞代谢的能量物质(Bulus 等,1989)。O'Dwyer 等(1989)报道,在大鼠静脉营养液和不含氮的静脉营养液中补充谷氨酰胺都能够提高大鼠肠粘膜重量、肠粘膜 DNA 含量、肠粘膜蛋白含量、肠粘膜绒毛高度,并且空肠粘膜 DNA 含量与谷氨酰胺浓度呈正性剂量依赖关系。Tamada 等(1992)报道,在大鼠静脉营养液中补充谷氨酰胺能够减小肠粘膜的萎缩,在猪上的试验也得到类似结果(Burrin 等,1994)。

谷氨酰胺也是核苷酸合成的前体物质(Duggan 等,2002),核苷酸也会影响肠粘膜形态结构和肠粘膜细胞发育。Nunez 等(1990)报道,21 日龄的刚断奶大鼠饲喂以乳糖作为主要碳水化合物的食物 15 d,造成大鼠慢性腹泻和营养不良,在食物中补充五种核苷酸(AMP、GMP、CMP、UMP、IMP),能够提高大鼠空肠和回肠的 DNA 含量、乳糖酶活性、麦芽糖酶活性、蔗糖酶活性。

4 结语

精氨酸有利于保护肠粘膜形态结构,促进肠粘膜细胞增殖、分化、成熟,抑制肠粘膜细胞凋亡。目前,在配制临床营养中各种肠内和肠外营养液中,精氨酸已被广泛应用。但还存在许多问题:NO 对肠粘膜形态结构和发育的影响还存在争议;在细胞水平上研究精氨酸对肠粘膜细胞增殖、分化、成熟、凋亡的影响报道很少;有关精氨酸对肠道形态结构和肠粘膜细胞增殖、分化、成熟、凋亡影响的报道大多见于大鼠、人以及家禽上,在猪和水生动物上的研究未见报道,有待于进一步探讨。

(参考文献 30 篇,刊略,需者可函索)

(编辑:刘敏跃,lm-y@tom.com)

益生菌发酵豆粕制备生物活性饲料的研究

戚薇 唐翔宇 王建玲 杜连祥

摘要 利用纳豆芽孢杆菌和凝结芽孢杆菌 TQ33 对豆粕进行固态发酵。结果表明:最适发酵工艺为先接纳豆芽孢杆菌,发酵 12 h 后再接凝结芽孢杆菌,接种量为 10%,两菌比例为 1:1,发酵基质中豆粕与麸皮质量比为 7:3,初始含水量为 40%,初始 pH 值自然,37 °C 发酵 48 h;发酵豆粕饲料的蛋白水解度为 20.14%,其中大多数肽类的相对分子质量在 620~1 242 之间;TI 降解率达 95%,产品中含纳豆芽孢杆菌 1.0×10^9 cfu/g,凝结芽孢杆菌 9.2×10^7 cfu/g,此外,还含有蛋白酶、短肽和乳酸等生物活性物质。

关键词 纳豆芽孢杆菌;凝结芽孢杆菌 TQ33;豆粕;水解度

中图分类号 S816.32

豆粕是畜禽最重要的植物性蛋白源,其粗蛋白含量高达 43%~48%,并有较平衡的氨基酸组成,尤其是其它植物性饲料易缺的赖氨酸,其含量高达 2.5%~2.8%,此外,豆粕具有货源充足、适口性好等优点,因此,豆粕是目前畜牧养殖业使用量很大的一种优质蛋白源。但豆粕中蛋白质的相对分子质量较大且结构紧密,不易消化吸收,还含有胰蛋白酶抑制剂等多种抗营养因子,这些抗营养因子对动物体内的某些消化酶起抑制作用或与营养物质络合成不易消化的成分,使豆粕的消化率和动物的吸收率下降,并且某些抗营养因子能作用于胰脏等动物器官,对动物的生理、生长和健康造成不良影响^[1]。因此,豆粕中抗营养因子的消除和蛋白质的有效吸收一直是人们关注的焦点。

纳豆芽孢杆菌是一种人类食用历史悠久、对人体保健功效明确和食用安全的益生菌,该菌于 1999 年被列入到农业部公布的 12 种可直接饲喂动物级微生物添加剂中。凝结芽孢杆菌是一种能形成芽孢的乳酸菌,该菌除了具有一般乳酸菌的优良特性和保健功能外,由于能形成芽孢,其产品还具有抗高温、抗干燥、抗胃酸,产品保存性好等优点。本研究拟采用纳豆芽孢杆菌和凝结芽孢杆菌对豆粕进行发酵,以降解毒豆粕中大分子蛋白和降低抗营养因子的含量,并且产品中含有大量益生菌、蛋白酶、短肽和乳酸等生物活性物质,最终得到一种有利于动物消化吸收和生长发育等功效的豆粕发酵生物活性饲料。

戚薇,天津科技大学生物工程学院,300457,天津经济技术开发区 13 大街 29 号。

唐翔宇(通讯作者)、王建玲、杜连祥,单位及通讯地址同第一作者。

收稿日期:2007-01-07

1 材料与方法

1.1 菌株

纳豆芽孢杆菌(*Bacillus natto*)、凝结芽孢杆菌(*Bacillus coagulans*)TQ33,均由本实验室保藏。

1.2 原料

豆粕由天津市油脂(集团)有限公司提供。麸皮为市场采购。

1.3 培养基

麸皮斜面培养基(g/l):蛋白胨 20、酵母膏 3、葡萄糖 2、琼脂 20,用麸皮水配制,pH 值 7.0~7.2。

肉汤培养基(g/l):牛肉膏 5、蛋白胨 10、NaCl 5,固体培养基加琼脂 20,pH 值 7.2~7.4。

种子培养基 A(g/l):蛋白胨 10、酵母膏 10、葡萄糖 60、 $MgSO_4 \cdot 7H_2O$ 0.5、 $CaCO_3$ 10,pH 值 7.2~7.4。

可溶性淀粉培养基(g/l):牛肉膏 5、蛋白胨 10、NaCl 5、可溶性淀粉 2、琼脂 20,pH 值 7.2~7.4。

GYP 培养基(g/l):蛋白胨 5、酵母膏 10、葡萄糖 10、牛肉膏 2、 $CaCO_3$ 5、琼脂 20,盐溶液 5 ml,50 mg/ml 吐温 80 溶液 10 ml,pH 值 6.8。

盐溶液(g/l): $MgSO_4 \cdot 7H_2O$ 40、 $MnSO_4$ 2、 $FeSO_4 \cdot 7H_2O$ 2、NaCl 2。

豆粕发酵基质:豆粕与麸皮按 7:3(w:w)比例混合(含水量为 9.8%),加适量水使其含水量达到 35%,浸置 2 h,取 50 g 装于 500 ml 三角瓶中,121 °C 灭菌 30 min。

1.4 菌种的培养和豆粕的发酵

① 纳豆芽孢杆菌发酵剂的制备:从肉汤斜面上挑取 1 环菌,接入装有 30 ml 肉汤培养基的 250 ml 三角瓶中,37 °C、180 r/min 振荡培养 7 h。

② 凝结芽孢杆菌发酵剂的制备:从麸皮斜面上挑取 1 环菌,接入装有 30 ml 种子培养基 A 的 250 ml

三角瓶中,40℃、140 r/min 振荡培养 20 h。

③ 豆粕固态发酵:将凝结芽孢杆菌 TQ33 和纳豆芽孢杆菌发酵剂以 10%接种量(1:1)接入经过灭菌处理的豆粕发酵基质中,混匀,37℃恒温培养。

1.5 粗蛋白含量的测定

采用凯氏定氮法测得豆粕中的总氮量。粗蛋白质含量(%)=6.25×总氮量(%)。

1.6 蛋白质水解度的测定

将蒸馏水按照豆粕与蒸馏水之比为 1:3(m:V)的比例加入发酵豆粕中,然后用小型高速粉碎机处理 1 min,4℃浸提 6 h,然后 8 000 r/min 离心 20 min,取上清液,用甲醛滴定法测定样品中游离 α-氨基氮的含量。豆粕蛋白质水解度的计算参见赵新淮(1994)的方法。

$$DH = \left[\frac{-NH_2 \text{ 的含量 } (\mu\text{mol/ml})}{6.25 \times N (\text{mg/ml})} - 0.33 (\text{mmol/g}) \right] \div 7.8 (\text{mmol/g}) \times 100\%$$

1.7 蛋白酶活力的测定

取发酵豆粕的浸提、离心上清液进行蛋白酶活力的测定。方法参照轻工业部颁布标准 QB/T1803—93,采用福林-酚试剂显色法。在 pH 值 6.5、40℃条件下,1 min 水解酪蛋白产生 1 μg 酪氨酸所需的酶量定义为一个活力单位(U)。

1.8 胰蛋白酶抑制剂(TI)含量的测定

采用改进的 PAPNA 法。

1.9 乳酸含量的测定

参照文献所采用 EDTA 定钙法测定发酵豆粕的浸提、离心上清液中乳酸含量。

1.10 益生菌活菌数的测定

将发酵豆粕用无菌生理盐水进行适当稀释,然后采用倾注法计数。其中纳豆芽孢杆菌具有水解淀粉能力,采用可溶性淀粉培养基为计数培养基,将 37℃培养 48 h 的平板用碘液熏蒸,菌落周围出现不变蓝色区域的为阳性菌落;凝结芽孢杆菌 TQ33 由于产生乳酸,能溶解培养基中的 CaCO₃,因此可采用 GYP 培养基作为计数培养基。计算 40℃培养 48 h 后,菌落周围出现透明圈的菌落。

1.11 发酵豆粕中寡肽相对分子质量分布的测定

采用葡聚糖凝胶层析法。取发酵豆粕的浸提离心上清液 0.1 ml,上凝胶柱(SephadexG—25)。洗脱液为磷酸盐缓冲液(pH 值 6.8),用蠕动泵(DESAGA)控制流速为 0.85 ml/min,流出液用样品馏分收集器(SF—2120)收集,每管收集体积约为 1.5 ml。然后用核酸蛋白分析仪测定 280 nm 处的吸光度,并做出吸光度对洗脱体积的关系图。用相对分子质量标准物标定水解液的相对分子质量分布。

2 结果与讨论

2.1 豆粕固态发酵菌株的确定

分别以纳豆芽孢杆菌和凝结芽孢杆菌对豆粕进行单菌和混菌发酵,测定发酵 48 h 豆粕的蛋白水解度、蛋白酶活力、乳酸含量和益生菌含量,结果见表 1。

表 1 单菌和混菌发酵豆粕的结果

项目	蛋白水解度(%)	活菌数(cfu/g)		蛋白酶活力(U/g)	乳酸含量(g/100 g)
		0 h	48 h		
纳豆芽孢杆菌	16.8	6.5×10 ⁶	7.5×10 ⁸	2 360	-
凝结芽孢杆菌	3.2	6.1×10 ⁶	6.0×10 ⁶	-	-
混菌发酵	17.2	3.3×10 ⁶ (纳豆芽孢杆菌)	6.8×10 ⁸ (纳豆芽孢杆菌)	2 670	1.8
		3.0×10 ⁶ (凝结芽孢杆菌)	7.2×10 ⁷ (凝结芽孢杆菌)		

注:发酵基质中豆粕与麸皮质量比为 7:3,初始含水量为 40%,pH 值自然,接种量为 10%。纳豆芽孢杆菌单菌发酵和混菌发酵采用 37℃;凝结芽孢杆菌单菌发酵采用 40℃。

从表 1 看出,当以纳豆芽孢杆菌单菌发酵豆粕时,发酵 48 h 后豆粕中的益生菌的活菌量增长了约 2 个数量级,同时豆粕的蛋白水解度达 16.8%,蛋白酶活力为 2 360 U/g。而以凝结芽孢杆菌单菌发酵豆粕,48 h 后的活菌数无增加。当采用两种菌混合发酵豆粕基质时,两种菌均能生长,且发酵豆粕中的蛋白水解度和蛋白酶活力均高于纳豆芽孢杆菌单菌发酵的结果,发酵基质中还含一定量的乳酸。其原因是凝结芽孢杆菌不产淀粉酶,豆粕基质中可利用的小分子营养物质不能满足其生长要求,因而难以生长。而纳豆芽

孢杆菌能分泌较强的蛋白酶和淀粉酶,能将豆粕基质中的大分子蛋白质、淀粉等物质降解为氨基酸和葡萄糖,被两种菌吸收利用,因此,当混菌发酵时,凝结芽孢杆菌也能生长,且在生长的过程中能分泌少量的蛋白酶并发酵葡萄糖产生乳酸。

2.2 豆粕固态发酵工艺条件的确定

2.2.1 接种方式

考虑凝结芽孢杆菌不能直接利用豆粕中的淀粉类物质作为碳源,而该菌在生长的过程中产生乳酸导致发酵基质 pH 值降低,从而可能对纳豆芽孢杆菌

的生长产生不利影响,因此,试验采用了两种不同的接种方式,即A组为将两种菌同时接入;B组为先接入纳豆芽孢杆菌,发酵12 h后再接入凝结芽孢杆菌。通过

测定以上两种接种方式发酵48 h后,豆粕的蛋白水解度、蛋白酶活力、乳酸含量和益生菌含量(见表2),以确定最适的接种方式。

表2 不同接种方式对豆粕发酵结果的影响

项目	蛋白水解度(%)	纳豆芽孢杆菌(cfu/g)	凝结芽孢杆菌(cfu/g)	蛋白酶活力(U/g)	乳酸含量(g/100 g)	粗蛋白含量(%)
A	17.2	6.9×10^8	7.3×10^7	2 610	1.8	39.1
B	17.4	7.7×10^8	7.1×10^7	2 740	1.5	39.3

注:发酵基质的粗蛋白含量为37.3%,豆粕与麸皮质量比为7:3,初始含水量调至40%,pH值自然,接种量为10%,两种菌的接入比例为1:1(V:V)。

表2数据说明,A组中凝结芽孢杆菌活菌数和乳酸含量都略高于B组,但纳豆芽孢杆菌活菌数、基质中的蛋白酶活力和蛋白质水解度均低于B组,其原因是凝结芽孢杆菌在生长过程中产生乳酸,导致发酵基质pH值降低,对纳豆芽孢杆菌的生长有一定的抑制作用。考虑豆粕的蛋白质水解度、蛋白酶活力、益生菌活菌数为主要的指标,确定采用B组的接种方式,即先接入纳豆芽孢杆菌,发酵12 h后再接入凝结芽孢杆菌。

2.2.2 豆粕与麸皮质量比的确定

考虑到在豆粕中添加一定量的麸皮不仅能提供

淀粉等碳源物质,而且能增加基质的透气性,从而有利于纳豆芽孢杆菌的生长。但麸皮的添加量不能太高,以保证豆粕基质中的粗蛋白含量达到国家规定的饲用豆粕的粗蛋白含量要求。因此,实验分别采用豆粕:麸皮(w:w)为9:1、8:2、7:3,调节初始含水量为40%,初始pH值自然,先接入纳豆芽孢杆菌,发酵12 h后再接入凝结芽孢杆菌,接种量为10%,两菌接入比例为1:1,37℃发酵48 h,测定发酵豆粕的蛋白水解度、蛋白酶活力、乳酸含量和益生菌含量(见表3),以确定发酵基质中豆粕与麸皮最适质量配比。

由表3看出,当豆粕与麸皮质量比为7:3时,发

表3 豆粕与麸皮质量比对发酵豆粕的影响

豆粕:麸皮	蛋白水解度(%)	纳豆芽孢杆菌(cfu/g)	凝结芽孢杆菌(cfu/g)	蛋白酶活力(U/g)	TI含量(U/g)	粗蛋白含量(%)
9:1	17.1	7.6×10^8	6.9×10^7	2 630	862	46.3(43.6)
8:2	17.3	8.0×10^8	7.4×10^7	2 780	852	43.3(40.5)
7:3	17.4	8.5×10^8	7.9×10^7	2 800	802	40.0(37.3)

注:括号内为发酵基质的粗蛋白含量,原料豆粕基质中TI含量为1 890 U/g。

酵豆粕的蛋白水解度、蛋白酶活力和活菌数均最高,说明该物料配比为两菌株的生长提供了较适宜的碳氮比,同时添加的麸皮也起到了一定的通气作用,有利于纳豆芽孢杆菌和凝结芽孢杆菌的生长,提高了蛋白酶的酶活。同时,发酵后豆粕中的胰蛋白酶抑制剂(TI)含量明显低于发酵前(降低54%~58%),说明以上两菌株在发酵豆粕的过程中能有效地降解抗营养因子。另外,以上三种物料配比发酵产物中的粗蛋白含量均达到了国家规定的饲用豆粕的粗蛋白标准(GB10380—89,≥40%),因此,确定豆粕与麸皮的质

量比为7:3。

2.2.3 接种量的确定

在确定豆粕与麸皮质量比为7:3,初始含水量40%,初始pH值自然,先接入纳豆芽孢杆菌,发酵12 h后再接入凝结芽孢杆菌的前提下,分别采用4%、6%、8%、10%、12%的接种量接入上述两种菌(两菌的比例为1:1),然后在37℃发酵48 h,测定发酵豆粕的蛋白水解度、蛋白酶活力、TI含量和益生菌含量(见表4)。

由表4可见,随着接种量的增大,发酵豆粕的蛋

表4 接种量对发酵豆粕的影响

接种量(%)	蛋白水解度(%)	纳豆芽孢杆菌(cfu/g)	凝结芽孢杆菌(cfu/g)	蛋白酶活力(U/g)	TI含量(U/g)	粗蛋白含量(%)
4	17.34	8.2×10^8	6.9×10^7	2 740	734	39.7
6	17.62	8.6×10^8	7.8×10^7	2 920	583	40.1
8	17.89	8.7×10^8	8.2×10^7	3 030	504	40.7
10	18.10	8.9×10^8	8.4×10^7	3 070	472	41.8
12	17.84	8.7×10^8	8.1×10^7	2 840	483	42.0

注:发酵基质的粗蛋白含量为37.34%,TI含量为1 890 U/g。下表同。

白水解度也随之增高,当接种量为 10%时,豆粕的蛋白水解度、蛋白酶活力和益生菌活菌量均最高,TI 含量最低。但当接种量超过 10%时,发酵豆粕的蛋白水解度及活菌数均有所下降。因此,确定最适接种量为 10%。

2.2.4 初始含水量的确定

表 5 原料初始含水量对发酵豆粕的影响

初始含水量(%)	蛋白水解度(%)	纳豆芽孢杆菌(cfu/g)	凝结芽孢杆菌(cfu/g)	蛋白酶活力(U/g)	TI 含量(U/g)	粗蛋白含量(%)
30	17.1	7.1×10 ⁸	6.8×10 ⁷	2 740	537	39.7
35	18.4	8.4×10 ⁸	7.3×10 ⁷	3 030	430	40.1
40	18.4	8.9×10 ⁸	8.3×10 ⁷	3 060	371	40.7
45	18.5	9.2×10 ⁸	8.7×10 ⁷	3 100	367	41.8
50	18.8	9.4×10 ⁸	8.7×10 ⁷	3 140	356	42.0

从表 5 看出,随着含水量的增加,发酵豆粕的蛋白水解度、蛋白酶活力和益生菌的含量也随之增高,当含水量超过 40%以上,以上各项指标的增加并不显著,考虑到产品后期的干燥,确定选择发酵基质初始含水量为 40%。

2.2.5 初始 pH 值的确定

在确定发酵基质(豆粕:麸皮=7:3)和初始含水

采用豆粕与麸皮质量比为 7:3 作为发酵基质,初始 pH 值自然,加入适量水使含水量分别为 30%、35%、40%、45%和 50%,接种量为 10%(两菌比例为 1:1),先接入纳豆芽孢杆菌,发酵 12 h 后再接入凝结芽孢杆菌,在 37 °C 发酵 48 h,测定发酵豆粕的蛋白水解度、蛋白酶活力和益生菌含量(见表 5)。

量为 40%的基础上,通过加入不同 pH 值的水使发酵基质的初始 pH 值分别为 6.0、6.5、7.0 和 7.5,然后先接入纳豆芽孢杆菌,发酵 12 h 后再接入凝结芽孢杆菌,接种量为 10%,两菌比例为 1:1,在 37 °C 发酵 48 h,测定发酵豆粕的蛋白水解度、蛋白酶活力和益生菌含量(见表 6)。

表 6 数据表明,当 pH 值为 6.5~7.0 时,发酵豆粕

表 6 不同初始 pH 值对发酵豆粕的影响

初始 pH 值	蛋白水解度(%)	纳豆芽孢杆菌(cfu/g)	凝结芽孢杆菌(cfu/g)	蛋白酶活力(U/g)	TI 含量(U/g)	粗蛋白含量(%)
6.0	18.5	8.3×10 ⁸	6.7×10 ⁷	3 050	364	40.9
6.5	18.8	9.7×10 ⁸	8.3×10 ⁷	3 210	310	41.1
7.0	18.9	9.6×10 ⁸	8.9×10 ⁷	3 240	292	41.3
7.5	17.7	6.2×10 ⁸	7.5×10 ⁷	3 080	325	40.9

的蛋白水解度、蛋白酶活力和益生菌的含量均较高,因此,可直接加入自来水(一般为 pH 值 6.5 左右)至要求的含水量。

2.2.6 培养温度的确定

在豆粕与麸皮质量比为 7:3,初始含水量 40%,

初始 pH 值自然,先接入纳豆芽孢杆菌,发酵 12 h 后再接入凝结芽孢杆菌,接种量为 10%,两菌比例为 1:1,分别在 30、32、37、40 °C 发酵 48 h,测定不同温度发酵豆粕的蛋白水解度、蛋白酶活力和益生菌含量(见表 7)。

表 7 不同培养温度对发酵豆粕的影响

发酵温度(°C)	蛋白水解度(%)	纳豆芽孢杆菌(cfu/g)	凝结芽孢杆菌(cfu/g)	蛋白酶活力(U/g)	TI 含量(U/g)	粗蛋白含量(%)
30	18.5	7.4×10 ⁸	2.8×10 ⁷	3 080	103	41.4
32	18.6	9.3×10 ⁸	3.7×10 ⁷	3 220	98	41.8
37	20.1	1.1×10 ⁹	9.2×10 ⁷	3 250	97	42.0
40	18.7	8.6×10 ⁸	9.8×10 ⁷	2 690	126	41.3

从表 7 看出,当采用 37~40 °C 培养时,凝结芽孢杆菌活菌量较高,而纳豆芽孢杆菌在 37 °C 培养时的活菌量最高,而且采用 37 °C 发酵的豆粕中,蛋白水解度和蛋白酶活力也最高,TI 含量下降显著,因此,确定 37 °C 为最适发酵温度。

2.2.7 发酵时间的确定

采用上述试验所确定的单因素发酵条件,即豆粕与麸皮质量比为 7:3,初始含水量 40%,初始 pH 值自然,先接入纳豆芽孢杆菌,发酵 12 h 后再接入凝结

芽孢杆菌,接种量为 10%,两菌比例为 1:1,37 °C 发酵 72 h。于不同时间取样,测定纳豆芽孢杆菌、凝结芽孢杆菌活菌数和发酵豆粕蛋白水解度、蛋白酶活力和 TI 含量,并绘制发酵过程曲线以确定发酵时间(见图 1)。

由图 1 看出,当纳豆芽孢杆菌接入豆粕基质约 6~8 h 即进入对数生长期,30 h 即进入稳定期,此时,活菌量达到最大值,为 1.1×10⁹ cfu/g,之后趋于稳定。凝结芽孢杆菌自发酵 12 h 时接入,经过 3~4 h 的延滞期,即进入对数生长期,当发酵 40 h 时,该菌的活菌

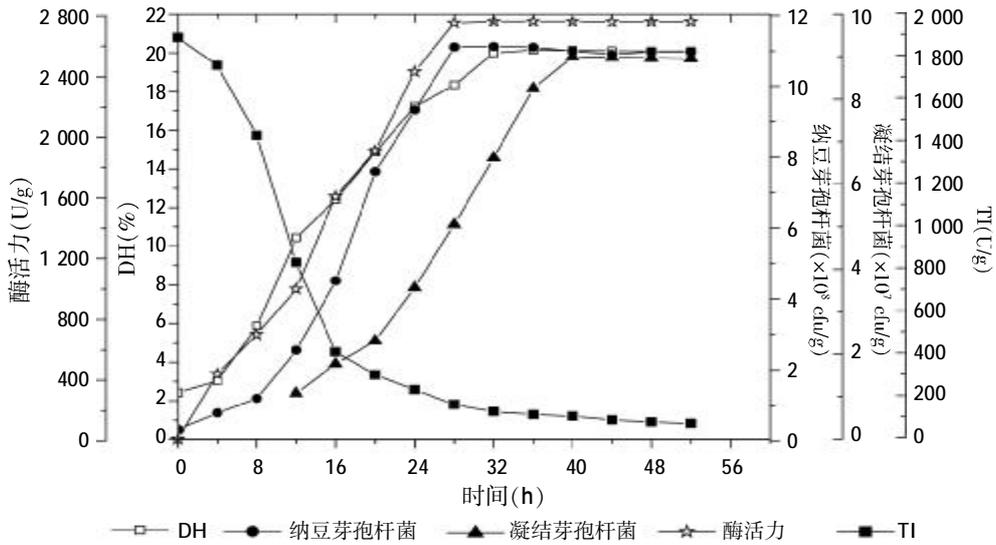


图1 豆粕发酵过程曲线

量达到最高。豆粕基质中的蛋白酶活力于发酵 8 h 后迅速增加,当发酵 16~28 h 时,蛋白酶活力增加最快,之后缓慢增加,当发酵 28 h 时基本达到最高,为 2 751 U/g,之后蛋白酶活力基本保持稳定。随着蛋白酶活力的迅速增加,TI 含量不断下降,到发酵 48 h 时,豆粕中的 TI 含量为 95 U/g,降解率达 95%,说明采用这两种益生菌发酵豆粕,能基本消除豆粕中的抗营养因子 TI。此外,为有利于益生菌产品干燥工艺的确定及其成品的保存,应使成品中芽孢的含量尽量达到最高值,经测得在发酵过程中纳豆芽孢杆菌于 40 h 时的芽孢形成率达 85%,凝结芽孢杆菌在发酵 48 h 时的芽孢形成率为 90%,而且发酵 48 h 时的蛋白酶活力和活菌量与在发酵 30 h 左右基本相差不大。因此,确定豆粕发酵周期为 48 h。

2.3 寡肽相对分子质量分布的测定

采用已知分子量的谷胱甘肽(6125)、杆菌肽(1 450)、牛血清白蛋白(6 640.9)作为对照品,进行葡聚糖凝胶层析,绘制其层析曲线,以测定最适条件下发酵豆粕中的寡肽分布,结果如图 2 所示。

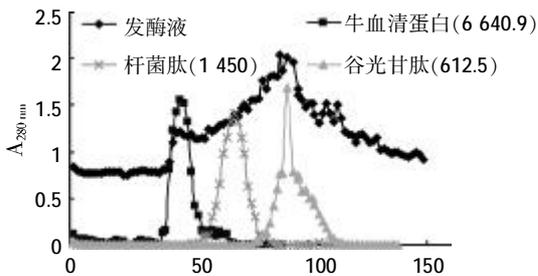


图2 混菌发酵豆粕中的寡肽相对分子质量分布

由图 2 看出,发酵豆粕中多肽分子的分布是连续

的,即其中存在着大小不等的肽类。通过对比相对分子质量已知的标准物的凝胶层析图,其中小分子肽类占相当大的比例,而大分子蛋白只占少数。说明在发酵过程中,纳豆芽孢杆菌和凝结芽孢杆菌产生的蛋白酶能有效地将豆粕中大分子蛋白水解成小分子多肽。另外,据文献报道,设定 1PCL 为酶水解后可得到的多肽的平均链长,则可通过水解度(DH)估算出肽链的平均长度,即 $1PCL \approx (1/DH) \times 100\%$,本试验 $DH \approx 20.14\%$,1PCL 的理论计算值为 4.97,因此,豆粕蛋白水解物的相对分子质量应主要分布在 620~1 242 之间。综上所述,可以推断出该两株菌所分泌的酶类能够有效的水解豆粕蛋白。

3 结论

试验采用纳豆芽孢杆菌和凝结芽孢杆菌混合发酵豆粕,确定了最适接种方式、接种量、基质中豆粕与麸皮质量比、初始含水量和 pH 值等发酵工艺条件和发酵工艺参数,发酵后豆粕的蛋白水解度达到 20.14%,而且在大分子蛋白被降解的同时,豆粕中最主要的抗营养因子 TI 能被降低 95%。发酵产品中含有蛋白酶、短肽、益生菌和乳酸等生物活性物质。该产品不仅有利于动物的消化吸收和生长发育,而且含有大量活的纳豆芽孢杆菌和凝结芽孢杆菌,因此对保持动物肠道微生态平衡、增强抗病能力和提高饲料转化率具有重要作用。另外,产品中的乳酸增加了产品的适口性。

(参考文献 15 篇,刊略,需者可函索)

(编辑:刘敏跃,lm-y@tom.com)

不同硒源对断奶仔猪生产性能、免疫指标及硒利用率的影响

仲崇华 王康宁 姚 鹃 王立志

摘要 试验探讨以亚硒酸钠和富硒酵母作为硒的来源添加到断奶仔猪日粮中,对仔猪的生产性能和免疫功能等是否有不同的效果,以及断奶仔猪对不同来源硒的利用情况。试验选用40头28日龄断奶的杜洛克×(长白×大白)三元杂交(DLY)仔猪[体重(7.17±0.11)kg]为试验动物,采用单因子试验设计,保持各处理中硒的添加量均为0.3 mg/kg,分别以S-Se(亚硒酸钠来源的硒)0.3 mg/kg、S-Se 0.2 mg/kg+Y-Se(富硒酵母来源的硒)0.1 mg/kg、S-Se 0.1 mg/kg+Y-Se 0.2 mg/kg、Y-Se 0.3 mg/kg作为4个处理。

试验结果表明:随着Y-Se替代比例的增大,仔猪的ADFI和ADF在数值上均有增加的趋势,F/G和腹泻指数有降低的趋势。从全期来看,Y-Se 0.3 mg/kg组的ADFI显著高于S-Se 0.3 mg/kg组,其它生产性能指标均差异不显著。Y-Se 0.3 mg/kg组与S-Se 0.3 mg/kg组相比,血清中IgG、IgA、IgM浓度分别升高了3.7%、18.6%($P<0.01$)、8.7%;全血的T-淋巴细胞转化率提高了31.1%($P<0.01$)。随着Y-Se替代比例的增大,仔猪对硒的表观消化率、表观代谢率和硒的利用率均极显著增加,Y-Se 0.3 mg/kg组比S-Se 0.3 mg/kg组提高15%、77%和103%。

关键词 富硒酵母;断奶仔猪;生产性能;免疫指标;利用率

中图分类号 S816.7

寻找高效安全的抗生素替代品是近年来研究的热点。近年来的研究已表明酵母油促进仔猪生长提高饲料利用率的作用;而有机硒比无机硒更容易在体内储存,一些研究也发现能提高动物的免疫机能,从而改进生产性能;富硒酵母约94%的硒与蛋白质、核酸结合。含有各种硒基氨基酸类似物,约40%为硒代蛋氨酸,15%为硒代半胱氨酸和少部分的其它含硒氨基酸类似物,因此应具有酵母和有机硒的双重作用,但有关富硒酵母对早期断奶仔猪的生长有何影响,其所含有机硒的生物效价的研究报道存在着差异,特别是富硒酵母的作用机制也不完全清楚,对于特定富硒酵母产品的适宜用量也值得研究。本试验拟用富硒酵母

(湖北安琪)和亚硒酸钠作比较,并以富硒酵母替代不同比例的亚硒酸钠,通过对断奶仔猪生产性能、免疫功能的影响以及酵母硒和亚硒酸钠硒吸收代谢的差异,进一步证明富硒酵母对早期断奶仔猪的生长有无促进作用,酵母硒的生物效价及其适宜替代量,同时对酵母硒的作用机理也作一些探讨。

1 材料与方法

1.1 试验设计

本试验采用单因子试验设计,分为4个处理,以富硒酵母按不同比例替代亚硒酸钠,保持各处理中硒的添加量均为0.3 mg/kg,每个处理5个重复,每个重复2头猪,试验设计见表1。

表1 试验设计

项目	处理因素	
处理一	0.3 mg/kg 亚硒酸钠 Se	(简称为:S-Se 0.3)
处理二	0.2 mg/kg 亚硒酸钠 Se +0.1 mg/kg 富硒酵母 Se(100 g/t)	(简称为:Y-Se 0.1)
处理三	0.1 mg/kg 亚硒酸钠 Se+0.2 mg/kg 富硒酵母 Se(200 g/t)	(简称为:Y-Se 0.2)
处理四	0.3 mg/kg 富硒酵母 Se(300 g/t)	(简称为:Y-Se 0.3)

1.2 试验动物

于重庆市武隆县购买健康的、体重接近的4周龄断奶DLY仔猪46头,公母各半,公猪已阉割。预饲期内驱虫,预饲一周后,选择40头,公母各半,分成20组,每组平均体重、性别均一致,然后随机分配到4个处理,进入正式试验期。正式试验期间未注射任何

仲崇华,四川农业大学动物营养研究所,625014,四川雅安。

王康宁、王立志,单位及通讯地址同第一作者。

姚鹃,安琪酵母股份有限公司。

收稿日期:2007-12-24

疫苗。

1.3 试验日粮

1.3.1 富硒酵母产品

富硒酵母是安琪公司生产的安琪福邦硒酵母。产品成分:富硒干酵母 $\geq 94\%$,水分 $\leq 6\%$,乳化剂微量,生物硒含量 $\geq 1\ 000\ \text{mg/kg}$ 。菌种:酿酒酵母(*Saccharomyces cerevisiae*),是国际上公认的安全菌株。

1.3.2 日粮配方

饲料原料中硒的含量见表2,试验日粮组成及营养水平见表3。日粮配制参照NRC(1998)5~10 kg体重仔猪的营养需要设计。

表2 饲料原料中硒含量(实测)(mg/kg)

项目	玉米	玉米蛋白粉	膨化大豆	豆粕	乳清粉	麦麸
含硒量	0.057	0.039	0.037	0.015	0.027	0.049

表3 基础日粮的组成及营养水平

日粮组成	含量(%)	营养水平	
玉米	49	CP(%)	20.7
玉米蛋白粉	5	DE(MJ/kg)	14.212
豆粕	20	Ca(%)	0.8
膨化大豆	10	有效P(%)	0.4
乳清粉	10	DLys(%)	1.19
小麦麸	2	DMet+Cys(%)	0.68
菜籽油	0.7	DTrp(%)	0.22
L-Lys.HCl	0.275 4	DThr(%)	0.74
DL-Met	0.072 5		
L-Trp	0.026 7		
Thr	0.076 6		
食盐	0.5		
磷酸氢钙	1.141 8		
碳酸钙	0.639 4		
多维	0.05		
胆碱	0.10		
矿添	0.4		
喹乙醇	0.03		

注:1.基础日粮中含Fe 100 mg/kg、Cu 6 mg/kg、Zn 100 mg/kg、Mn 8 mg/kg、Se 0.04 mg/kg、I 0.3 mg/kg;

2.每千克多维预混料中含VA 50 000 000 IU、VD₃ 10 000 000 IU、VE 25 000 IU、VK₃ 5 000 mg、VB₁ 2 000 mg、VB₂ 16 000 mg、VB₆ 6 000 mg、VB₁₂ 30 mg、烟酸 35 000 mg、泛酸钙 25 000 mg、叶酸 500 mg、抗氧化剂 500 mg。

1.4 饲养管理

试验于2006年3月13日至2006年4月19日在重庆市畜牧科学研究所试验场(荣昌)进行,试猪饲养在1.2 m²的金属笼中,试验期与预饲期间,保持舍内温度在25~28℃,相对湿度在55%~70%。每天两次(8:00、14:00)清洁和消毒,并保持圈舍通风、干燥。预饲7 d,期间喂乳猪颗粒料。

1.5 测定指标

1.5.1 生产性能指标

生长试验28 d,试猪日喂4次(8:00、12:00、16:00、20:00),喂量以食后料槽略有剩余为限,自由饮水。饲养期间每隔7 d称重一次,每天记录采食量、剩料、污染饲料。每周统计各重复猪的饲料消耗、增重,并以此计算平均日采食量(ADFI)、平均日增重(ADF)和料重比(F/G)。

1.5.2 腹泻指数

每天记录仔猪腹泻头数。

腹泻率=Σ[(腹泻仔猪头数×仔猪腹泻天数)/(试验仔猪头数×正试期天数)]×100%

1.5.3 硒的利用率

生长试验结束后,每个处理选择健康、接近平均体重的4头公猪,分别单独关到代谢笼中,预试3 d,正试4 d,收集粪和尿。试猪采食量为生长试验中各处理平均采食量的90%,所有猪只日喂2次(8:00与18:00),自由饮水。每天统计采食量、排粪量和排尿量,粪和尿中分别加入10%的硫酸(粪按100 g加10 ml,尿按100 ml加10 ml)。试验结束后将4 d的粪和尿混合均匀,再取样。

用原子荧光法测定饲料、粪、尿中的硒含量,所用仪器为北京海光仪器公司生产的AFS—230E型双道原子荧光光度计。

1.5.4 血清中IgA、IgG、IgM浓度

试验结束第2 d早晨6:00空腹,分别对第一、第四处理的4头仔猪前腔静脉采血5 ml,制备的血清样品分装于Eppendorf试管中,于-20℃冰箱中保存。采用免疫透射比浊法和试剂盒测定血清免疫球蛋白G、免疫球蛋白A及免疫球蛋白M(IgA、IgG、IgM)。

1.5.5 T-淋巴细胞转化率

试验结束第3 d早晨6:00空腹,分别对第一、第四处理的4头仔猪前腔静脉采血5 ml,用于测定血浆T-淋巴细胞转化率,采用PHA刺激培养的形态学方法(杜念兴,2000)测定。

1.6 数据处理

以每个重复或每头猪为单位进行统计分析。采用SPSS11.5统计软件对试验数据进行方差分析,用Duncan's法进行多重比较。

2 试验结果与分析

2.1 生产性能(见表4)

由表4可见,前两周ADFI、ADG、F/G各处理组没有明显的差异(P>0.05)和变化规律。从第三周开始,随着富硒酵母替代比例的增加,各项指标均有不同程度的改善。后两周,Y-Se 0.3组的ADFI极显著高于S-Se 0.3组和Y-Se 0.2组。从全期来看,Y-Se 0.3

表 4 不同硒源对断奶仔猪生产性能的影响

项目	S-Se 0.3	Y-Se 0.1	Y-Se 0.2	Y-Se 0.3
体重(kg)				
初重	7.17±0.02	7.17±0.02	7.17±0.02	7.17±0.02
一周	8.15±0.15	8.19±0.13	8.05±0.06	8.01±0.05
二周	9.735±0.143	9.760±0.129	9.540±0.120	9.710±0.103
三周	11.335±0.185	11.378±0.217	11.148±0.112	11.434±0.223
四周	13.640±0.275	14.040±0.245	13.685±0.283	14.395±0.254
平均日采食量(g)				
一周	236±6	245±4	244±6	247±10
二周	374±3	367±7	361±4	371±6
前两周	305±5	306±5	303±4	309±8
三周	428±4	429±11	416±8 ^a	457±17 ^b
四周	577±22 ^A	617±3	604±25	653±8 ^B
后两周	503±9 ^A	523±5 ^a	510±13 ^A	555±12 ^{ab}
全期	404±6 ^a	415±3	406±8 ^a	432±10 ^b
平均日增重(g)				
一周	140±23	145±20	125±8	119±7
二周	226±10	225±6	214±10	244±14
前两周	183±11	185±10	169±8	181±8
三周	229±15	231±18	230±3	246±25
四周	329±27 ^A	380±6	362±29	423±11 ^B
后两周	279±11 ^a	306±12	296±15	335±15 ^b
全期	231±10	245±9	233±10	259±9
料重比(F/G)				
一周	1.864±0.276	1.859±0.314	2.002±0.167	2.108±0.165
二周	1.660±0.063	1.636±0.044	1.703±0.072	1.539±0.073
前两周	1.684±0.093	1.671±0.077	1.806±0.091	1.710±0.045
三周	1.903±0.117	1.897±0.139	1.811±0.044	1.916±0.161
四周	1.790±0.133	1.625±0.030	1.692±0.084	1.550±0.057
后两周	1.810±0.063	1.720±0.058	1.734±0.060	1.670±0.071
全期	1.759±0.073	1.699±0.059	1.754±0.048	1.680±0.054
腹泻率(%)				
全期	7.857±2.230	7.143±1.956	12.500±2.824 ^a	5.357±0.799 ^b

注:表中数值为平均数±标准误;肩注不同小写字母者表示差异显著(P<0.05),肩注不同大写字母者表示差异极显著(P<0.01),以下各表同。

组的ADFI比S-Se 0.3组提高了6.93%。第4周,Y-Se 0.3组的ADFI比S-Se 0.3组提高了13.2%(P<0.01)。Y-Se 0.3组ADG从第2周开始就呈现出优于其它各组的趋势,到第4周,其ADG极显著的高于S-Se 0.3组,Y-Se 0.3组比S-Se 0.3组提高了28.57%(P<0.01),但从全期看,各处理之间差异均不显著(P>0.05)。F/G前两周没有改善,后两周随着Y-Se替代比例的增加,F/G在数值上有降低的趋势(P>0.05)。随着Y-Se替代比例的增加,仔猪腹泻状况大有改善,Y-Se 0.3组的腹泻率比S-Se 0.3组降低了2.5个百分点。但是由于饲养管理原因,Y-Se 0.2组腹泻率最高,因此Y-Se 0.2组的生产性能指标均不理想。

2.2 免疫指标(见表5)

表 5 两种硒源对免疫指标的影响

项目	S-Se 0.3	Y-Se 0.3
IgG(mg/l)	116.7±3.3	121.0±2.8
IgA(mg/l)	45.8±0.001 8 ^A	54.3±1.3 ^B
IgM(mg/l)	91.8±20.6	99.8±26.0
T-淋巴细胞转化率(%)	63.50±4.17 ^A	83.25±3.25 ^B

Y-Se 0.3组血清中IgG、IgA、IgM浓度比S-Se 0.3组分别升高了3.7%、18.6%、8.7%,全血的T-淋巴细胞转化率提高了31.1%(P<0.01),其中IgA和T-淋巴细胞转化率两组间差异极显著(P<0.01)。

2.3 硒的利用(见表6)

表 6 摄入、排出(粪、尿)的硒总量及硒的表现消化率、表现代谢率

项目	S-Se 0.3	Y-Se 0.1	Y-Se 0.2	Y-Se 0.3
摄入硒(μg)	435.9±7.5	448.4±4.5	440.9±10.0	455.3±3.9
粪中硒(μg)	149.6±10.8 ^{aA}	131.3±4.1 ^b	127.1±3.7 ^b	111.2±4.2 ^{ab}
尿中硒(μg)	172.8±6.9 ^A	151.5±4.7 ^B	124.4±5.4 ^C	102.8±3.1 ^D
表现消化率(%)	65.7±2.2 ^{aA}	70.7±1.0 ^b	71.2±0.7 ^b	75.6±1.0 ^{ab}
表现代谢率(%)	39.57±3.0 ^A	52.2±1.6 ^B	60.3±1.8 ^C	70.1±1.1 ^D
粪硒占摄入硒(%)	34.3±2.2 ^{aA}	29.3±1.0 ^b	28.9±0.7 ^b	24.4±1.0 ^{ab}
尿硒占摄入硒(%)	39.6±1.2 ^A	33.8±0.8 ^B	28.2±1.3 ^C	22.6±0.9 ^D
硒的利用率(%)	26.1±2.7 ^A	36.9±1.5 ^{ab}	42.9±1.4 ^{ab}	53.0±1.2 ^C

摄入硒:虽然采食量不同,4 d代谢试验期内摄入的日粮总硒量,各处理之间差异不显著。粪中硒含量:数值上随着Y-Se替代比例的增加依次降低;S-Se 0.3组与Y-Se 0.3组之间差异极显著,Y-Se 0.2组、Y-Se

0.1 组与 S-Se 0.3 组、Y-Se 0.3 组都差异显著。

尿中硒含量:随着 Y-Se 替代比例的增加而降低,各处理之间都差异极显著。

表观消化率:S-Se 0.3 组为 65.7%,随着 Y-Se 替代比例的增加依次增加,Y-Se 0.3 组达到 75.6%($P<0.01$)。除了 Y-Se 0.1 组与 Y-Se 0.2 组之间差不显著($P>0.05$)外,其它各组之间都差异显著($P<0.05$)。表观代谢率:S-Se 0.3 组为 39.57%,随着 Y-Se 替代比例的增加依次增加,Y-Se 0.3 组最高,达到 70.1%。四个处理之间差异极显著($P<0.01$)。硒的利用率:S-Se 0.3 组为 26.1%,随着 Y-Se 替代比例的增加而极显著的升高,Y-Se 0.3 组硒利用率达到 53%。除了 Y-Se 0.1 组与 Y-Se 0.2 组之间差异显著($P<0.05$)外,其它各组之间差异极显著($P<0.01$)。粪硒占摄入硒的比例:S-Se 0.3 组为 34.3%,随着 Y-Se 替代比例的增加依次减少,Y-Se 0.3 组为 24.4%($P<0.05$)。除了 Y-Se 0.1 组与 Y-Se 0.2 组之间差异不显著($P>0.05$)外,其它各组之间差异显著($P<0.05$)。尿硒占摄入硒的比例:随着 Y-Se 添加比例的增加而依次降低,各处理之间差异极显著($P<0.01$)。不同硒源的排泄途径:日粮中以亚硒酸钠形式添加硒时,其尿硒/粪硒为 1.16,以富硒酵母形式添加时,尿硒/粪硒为 0.92。

3 讨论

3.1 不同硒源对断奶仔猪生产性能的影响

从本试验的结果来看,随着 Y-Se 替代比例的增加,断奶仔猪的各个生产性能指标均有改善。Y-Se 0.3 组与 S-Se 0.3 组比较:末重提高了 5.54%,全期采食量提高了 6.93%($P<0.05$),全期平均日增重提高了 12.12%,全期料重比降低了 4.49%。

杨华(2002)研究表明,酵母硒有提高杜长大和长大商品猪生产性能的趋势,但统计学上未达到显著水平。Kornegay 等(1993)在断奶仔猪上研究发现,在达到硒的正常需要量后,硒的水平对仔猪生产性能没有影响。目前关于在满足硒需要量前提下,有机硒与无机硒对动物生产性能有影响的报道不多并且结果不一致。本试验结果跟前人的研究相比,富硒酵母较无机硒对断奶仔猪的生产性能有更好的效果,并且腹泻指数随着富硒酵母添加比例的增加,有降低的趋势。分析原因,除了富硒酵母中与蛋白结合的硒可能对动物生长有一定的促进作用外,富硒酵母产品中所含有的各种活性成分、未知生长因子等,能促进肠道的发

育,改善肠道菌群,提高机体的免疫能力,从而减少仔猪腹泻,促进了养分的消化吸收,改善了生产性能。

关于酵母产品促进动物生产性能,已有大量研究报道。断奶仔猪日粮中添加活性酵母培养物,提高采食量和生产性能,改善了日增重和料肉比。添加酵母没有影响仔猪生产性能,养分的消化和粪中微生物受添加的活性酵母的影响不显著。洪奇华等(2005)证实富酶活性酵母能降低仔猪的腹泻频率、提高日增重,提高养分的表观消化率。胡友军等(2003)分别做了活性酵母对早期断奶仔猪的影响研究:试验末重、日增重和饲料转化率极显著高于对照组;T-淋巴细胞转化率升高($P<0.01$)、降低腹泻率,猪血液中 $CD4^+/CD8^+$ 比例提高($P<0.01$);降低肠道内容物大肠埃希氏菌数($P<0.05$)和调节肠道微生物菌群平衡;提高断奶仔猪肠绒毛高度;有降低断奶仔猪结肠挥发性盐基氮的趋势。

3.2 不同硒源对断奶仔猪体液免疫和细胞免疫功能的影响

硒显著地影响免疫,这是已经得到公认的。Julian 等(1973)就证明鼠日粮里添加亚硒酸钠提高 IgG、IgM 抗体滴度。日粮添加硒增强了血中淋巴细胞的转化率及其调节的免疫功能。Anne Peretz 等(1991)对老年人的研究证明富硒酵母有免疫刺激的特性。

本试验在体液免疫上,富硒酵母组比亚硒酸钠组更有利于提高仔猪血清中的 3 种免疫球蛋白(IgG、IgA、IgM)浓度,特别是 IgA 极显著增加。在细胞免疫上,富硒酵母组极显著的增强了 T-淋巴细胞的转化率。

目前关于有机硒与无机硒对动物免疫方面的影响是否有差异,其差异的具体机制等,很少有研究报道。Schumacher 等(1990)研究发现硒的水平和来源显著影响淋巴细胞在 PHA 等抗原刺激下的转化率,而对 IL-2 和 IL-1 水平的影响差异不显著,表明硒对淋巴细胞增殖的作用机制与 IL-2 和 IL-1 无关。

本试验 Y-Se 0.3 组与 S-Se 0.3 组相比,免疫指标的这些差异,归结为两方面原因:①硒的不同化学形式在动物体内的消化、吸收、转化、代谢等的差异,有机硒能更好地发挥影响免疫的作用,这需要进行更多的基础研究。②富硒酵母产品里含丰富的 B 族维生素类、谷胱甘肽、酵母蛋白质、其它酵母无机盐、多种酶类及其它活性物质等。White 等(2002)研究发现,添加 3% 的啤酒干酵母提高了早期断奶仔猪的免疫活性,

比对照组有更高的血清 IgG 水平。

3.3 断奶仔猪对不同硒源提供的硒的利用率的差异

从本试验的结果来看,①断奶仔猪对 Y-Se 0.3 组的表观消化率 (75.6%) 极显著高于 S-Se 0.3 组 (65.7%); 断奶仔猪对 Y-Se 0.3 组的表观代谢率 (70.1%) 极显著高于 S-Se 0.3 组 (39.57%)。在数值上,仔猪对 Y-Se 的消化率与 S-Se 差别不大,代谢率却是 S-Se 的 1.8 倍。②仔猪对 Y-Se 的利用率 (53.0%) 极显著的高于 S-Se (26.1%), 提高了 26.9 个百分点,是 S-Se 的 2.03 倍。表明仔猪对 Y-Se 的利用率大大高于 S-Se,在动物生产中以富硒酵母代替亚硒酸钠作为硒来源,能够降低硒的排泄量,减少污染。③日粮中以亚硒酸钠形式添加硒时,其尿硒/粪硒为 1.16,以富硒酵母形式添加时,尿硒/粪硒为 0.92,即亚硒酸钠组以尿为硒的主要代谢途径,富硒酵母组则以粪为其主要代谢途径,不同试验的结果比较见表 7。

表 7 本试验与 Mahan 等(1996)的结果比较(%)

项目	本试验,断奶仔猪		Mahan, Parrett(1996),生长猪	
	酵母硒	亚硒酸钠	酵母硒	亚硒酸钠
粪硒占摄入硒	24.4	34.3	27	22
尿硒占摄入硒	22.6	39.6	21	42
表观消化率	75.6	65.7	75.2	75.1
表观代谢率	70.1	39.57	72.4	46.0
表观利用率	53	26.1	54.5	34.4

表 8 有机硒与无机硒对体内硒存留量的相关试验研究

作者	动物	试验结论
Ortman 等(1998)	生长育肥猪	亚硒酸钠组血硒水平显著低于酵母硒组,酵母硒组肝脏硒浓度显著高于亚硒酸钠组
占秀安等(2004)	生长育肥猪	硒代蛋氨酸和亚硒酸钠均使血清和组织中硒含量增加(P<0.01),硒代蛋氨酸的这一作用较亚硒酸钠明显
Kuricova 等(2003)	家禽	对富硒酵母比 S-Se 能更有效地利用硒和形成此元素在体内的沉积和周转
Mahan 等(2005)	生长育肥猪	组织硒受日粮天然含有机硒的影响多于受亚硒酸钠

从本试验以及前人的大量研究可以看出,以富硒酵母作为硒源提高了硒的利用率,降低了硒的排泄量,同时提高了动物免疫功能和生产性能,并且增加了机体组织中硒的含量,所以,在满足动物对硒的需要量又低于中毒剂量的前提下,添加富硒酵母以生产富硒动物产品是可行的。

4 结论

① 随着富硒酵母替代比例的增大,断奶仔猪日采食量、日增重都有提高的趋势,料重比和腹泻指数有下降的趋势,提高了生产性能。

② 富硒酵母完全替代亚硒酸钠,血清中 IgG、

Mahan 等(1996)在生长猪上的研究表明:①猪对 Y-Se 的表观消化率与 S-Se 非常接近。②猪对 Y-Se 的表观代谢率(72.4%)比 S-Se(46.0%)提高了 26.4 个百分点,在数值上是亚硒酸钠的 1.57 倍,利用率是 S-Se 的 1.57 倍,均比本试验结果低。③以亚硒酸钠形式添加硒时,其尿硒/粪硒为 1.91;以富硒酵母形式添加时,尿硒/粪硒为 0.78;与本实验规律一致。说明有机硒与无机硒在动物体内有的确不同的消化代谢机制。④在数值上,本试验酵母组粪硒占摄入硒比例(24.42%)比亚硒酸钠组(34.3%)低,而 Mahan(1996)研究是酵母组粪硒占摄入硒比例(27%)比亚硒酸钠组(22%)高。

本试验测得富硒酵母的表观消化率、表观代谢率、表观利用率与亚硒酸钠硒的差异度都比 Mahan 等(1996)的大。分析原因可能是生长猪对无机硒的消化率比仔猪高,也可能是本试验所用富硒酵母消化率高。

有机硒比无机硒提高了硒在机体内的存留量,已经被许多学者证实(见表 8)。

以富硒酵母取代亚硒酸钠作为硒的来源添加到仔猪日粮中,由于富硒酵母里的硒的利用率显著高于亚硒酸钠,是亚硒酸钠的 1.5~2 倍,所以如果只为提供满足动物需要量的硒时,用富硒酵母提供硒时不必达到 0.3 mg/kg,0.15~0.2 mg/kg 即可保证其需要。

IgM 的浓度均有升高的趋势,IgA 极显著提高,增强了仔猪体液免疫水平;全血中 T-淋巴细胞转化率亦极显著提高,增强了仔猪的细胞免疫功能。

③ 断奶仔猪富硒酵母硒的表观消化率、表观代谢率和表观利用率分别较亚硒酸钠硒高 15%、77%和 103%;用富硒酵母提供硒时,0.15~0.2 mg/kg 可满足动物硒的需要。

(参考文献 38 篇,刊略,需者可函索)

(编辑:刘敏跃,lm-y@tom.com)

用戊糖处理豆粕对蛋白质保护效果的研究

杨 威 刁其玉

摘 要 试验研究戊糖浓度(1%、3%)、加热温度(90、105、120、140 ℃)及加热时间(20、40、90 min)对豆粕蛋白质的保护效果。试验为三因素多水平完全随机试验设计,共 24 个处理组。采用瘤胃尼龙袋法和三步法分别评定各处理组的瘤胃蛋白降解率和小肠消化率。结果表明:戊糖浓度、加热温度和加热时间都影响豆粕蛋白保护的效果,蛋白瘤胃降解率随着戊糖浓度的增加、加热时间的延长、加热温度的升高而逐渐降低。在处理条件 140 ℃、90 min、3%时获得最低的瘤胃蛋白降解率。

关键词 豆粕保护;过瘤胃蛋白;温度;尼龙袋;美拉德反应

中图分类号 S816.4

豆粕是一种优质的蛋白资源,然而豆粕蛋白质在瘤胃中的降解率很高,反刍动物饲喂豆粕后 6 h 大约 50%以上的粗蛋白质被降解(莫放,1994),造成浪费。而高产奶牛及生长速度较快的反刍动物瘤胃降解的蛋白质满足不了其高产的需要,影响生产性能的发挥,生产中通常需要补加过瘤胃蛋白来满足它们对蛋白的需要,达到高产和稳产。不少学者对蛋白质的保护开展了广泛的研究,取得了一些研究结果,比如用甲醛(王加启,1995)、氢氧化钠(Mir,1984)、乙酸(Roobinson,1994)、单宁(张晓庆,2005)、血粉包被等进行保护处理,以增加蛋白质的过瘤胃比例,满足反刍动物对蛋白的需要,提高豆粕利用率,这些方法都取得了试验研究效果。然而这些方法由于对动物健康和环境有不良影响,而不能在生产中使用。戊糖是一种新型的绿色蛋白保护剂,无残留、无污染,符合人们对绿色添加剂的需要,有研究表明,用戊糖保护豆粕成功的降低了豆粕蛋白的瘤胃降解率(Cleale,1987)。Chalupa(1974)也指出,控制美拉德反应可以使瘤胃蛋白降解率下降而又对小肠蛋白消化没有不良影响。但是处理不当会使大豆粕蛋白产生过保护,即虽然蛋白的瘤胃降解率降低,但小肠消化率也随之降低,使到

达小肠中的可消化蛋白量降低。所以对戊糖保护豆粕条件的摸索显得更加重要。目前,国内在此方面的研究还尚未见报道,本试验拟从美拉德反应的控制入手,研究影响豆粕保护效果的主要因素,得出最佳的保护组合,得到量化的研究结果,为蛋白质饲料的保护提供理论依据,从而指导生产实际。

1 材料与方法

1.1 试验材料与设备

戊糖,食品级,含量 99%;豆粕,饲料级,CP 44.39%;胃蛋白酶(sigma7012,活性在 2 500~3 500 μ/mg CP);胰液素(sigma7545)成分为淀粉酶、胰岛素、脂肪酶、核糖核酸酶、蛋白酶;凯氏定氮仪 KJ2300(瑞士 FOSS 公司);CR226 型 10 000 kg 冷冻离心机(日本日立公司);DSHZ 恒温水域摇床(江苏太仓试验仪器公司);50 ml 离心管、实验室常规试剂及分析仪器。

1.2 试验设计

将戊糖添加浓度(1%、3%)、加热温度(90、105、120、140 ℃)、加热时间(20、40、90 min)进行三因素多水平完全随机设计对大豆粕进行保护处理,共 24 个处理组,每处理 6 个重复,共 144 个样品,试验设计见表 1。

1.3 试验方法

表 1 三因素随机试验设计

项目	温度及戊糖浓度			
	90 ℃	105 ℃	120 ℃	140 ℃
20 min	90 ℃、1%、20 min	105 ℃、1%、20 min	120 ℃、1%、20 min	140 ℃、1%、20 min
	90 ℃、3%、20 min	105 ℃、3%、20 min	120 ℃、3%、20 min	140 ℃、3%、20 min
40 min	90 ℃、1%、40 min	105 ℃、1%、40 min	120 ℃、1%、40 min	140 ℃、1%、40 min
	90 ℃、3%、40 min	105 ℃、3%、40 min	120 ℃、3%、40 min	140 ℃、3%、40 min
90 min	90 ℃、1%、90 min	105 ℃、1%、90 min	120 ℃、1%、90 min	140 ℃、1%、90 min
	90 ℃、3%、90 min	105 ℃、3%、90 min	120 ℃、3%、90 min	140 ℃、3%、90 min

杨威,中国农科院饲料研究所,100081,北京市海淀区中关村南大街 12 号。

刁其玉(通讯作者),单位及通讯地址同第一作者。

收稿日期:2008-01-04

用尼龙袋(in sacco)法测定保护处理豆粕 12 h 瘤胃降解率(参照冯仰廉,1989);用三步法(Calsamiglia,1995)测定小肠消化率,计算小肠可吸收蛋白,综合评定各处理组的蛋白保护效果。小肠可吸收蛋白=(1-

12 h 瘤胃蛋白降解率)×12 h 残渣的小肠消化率。

粗蛋白质含量分析采用 GB/T6432—94。

样品处理:大豆粕粉碎过 20 目筛,按戊糖:大豆粕(DM)=1:100(或 3:100)的比例进行配制。然后根据试验设计进行加热和恒温处理。

1.4 试验数据的统计分析

采用 SPSS13.0 一般线性分析单因变量多因素方

差分析,用 Duncan's 法进行显著性检验。用 $\bar{x} \pm \text{MSD}$ 表示。为了对所有处理组进行筛选,通过 t 检验得出处理组之间平均值的差异显著性。

2 试验结果与分析

按试验设计完成操作,得到 24 个保护豆粕处理组的 12 h DM 降解率、12 h 瘤胃蛋白降解率、小肠消化率及小肠可吸收蛋白(见表 2)。

表 2 24 个保护处理组的瘤胃降解率、小肠消化率及小肠可吸收蛋白

温度(°C)	加热时间(h)	浓度(%)	12 h DM 降解率(%)	12 h 瘤胃蛋白降解率(%)	UIP 的小肠消化率(%)	小肠可吸收蛋白(%)
未保护处理大豆粕			86.07	73.04	75.63	20.39
90	20	1	61.77*	55.20*	79.83**	35.76*
		3	66.40*	51.71*	68.13*	32.90*
	40	1	61.67*	46.73*	73.96**	39.39*
		3	56.46*	33.64*	69.25*	45.95*
	90	1	58.49*	32.80*	71.59**	48.10*
		3	56.48*	21.85*	64.84*	50.67*
105	20	1	66.38*	54.94*	75.15**	33.86*
		3	63.81*	43.71*	68.67*	38.65*
	40	1	65.38*	46.82*	72.11**	38.34*
		3	57.64*	32.69*	66.75*	44.93*
	90	1	47.21*	25.53*	72.19**	53.76*
		3	47.65*	19.86*	61.56*	49.33*
120	20	1	63.71*	47.94*	72.54**	37.76*
		3	63.41*	43.18*	68.10*	38.69*
	40	1	59.54*	36.31*	69.74*	44.42*
		3	53.69*	25.24*	68.61*	51.29*
	90	1	49.10*	24.46*	71.06**	53.67*
		3	44.66*	20.67*	65.50*	51.96*
140	20	1	62.69*	42.50*	72.32**	41.58*
		3	53.65*	28.70*	69.13*	49.29*
	40	1	47.99*	22.95*	60.18*	46.36*
		3	51.15*	22.76*	66.14*	51.09*
	90	1	45.88*	19.54*	68.59*	55.18*
		3	45.21*	15.72*	64.92*	54.71*
S. E			1.128	1.330	1.178	0.924

注:**表示与对照组相比差异不显著(P>0.05),*表示与对照组相比差异显著(P<0.05)。

试验因素戊糖浓度、加热温度和加热持续时间对豆粕干物质和粗蛋白质瘤胃降解率的影响见表 3。

表 3 各因素对保护大豆粕 DM 和瘤胃蛋白降解率的影响(%)

项目	12 h DM 降解率	12 h 瘤胃蛋白降解率
温度(°C)		
90	60.22 ^C	40.32 ^D
105	58.01 ^C	37.26 ^C
120	55.69 ^B	32.97 ^B
140	51.10 ^A	25.36 ^A
加热时间(min)		
20	62.73 ^C	45.98 ^C
40	56.69 ^B	33.39 ^B
90	49.33 ^A	22.55 ^A
戊糖添加浓度(%)		
1	57.48 ^A	37.98 ^B
3	55.02 ^A	29.98 ^A

注:同列大写字母相同表示差异不显著(P>0.05),不同为差异显著(P<0.05)。

小肠可吸收蛋白是评价大豆粕处理组保护效果的重要指标之一。小肠可吸收蛋白越大表明在小肠中被利用的蛋白越多,相反,则在小肠中被消化利用的越少。未经保护大豆粕的小肠可吸收蛋白为 20.39%,显然 24 个保护处理都显著增加了小肠中可吸收蛋白的数量(P<0.05),表明经过处理可以增加保护蛋白质在小肠中的吸收总量。

从表 2 中可知,与未保护处理小肠消化率差异不显著的有 9 个处理组(P>0.05),它们具有相同的特点就是戊糖添加浓度都是 1%,而戊糖添加 3%的各处理组小肠消化率显著降低(P<0.05)。这说明戊糖添加 1%时,几乎没有对小肠消化率造成不利的影响,3%显著降低了小肠的消化率,对蛋白存在过保护。而加热温度和加热时间对小肠消化率的影响相对较小。从表

2可以看出,未经保护处理的豆粕瘤胃 12 h 降解率为 73.04%,当戊糖浓度为 1%,加热 105 ℃,持续 40 min,豆粕的降解率达到 46.82%,当戊糖浓度为 3%,加热 140 ℃,持续 90 min,保护豆粕的瘤胃降解率最低仅为 15.72%,且各因素的不同水平间差异均显著(除戊糖添加浓度 1%和 3%及加热温度 90 ℃和 105 ℃对 DM 降解率影响统计上差异不显著外)。

从表 3 可以看出,各试验因素戊糖浓度、加热温度和恒温的持续时间都对豆粕的保护效果产生影响。各因素对瘤胃培养 12 h 的 DM 和瘤胃蛋白降解率的影响相似,即随着戊糖添加浓度的增加、加热温度的升高和加热时间的延长,豆粕干物质降解率和蛋白瘤胃降解率随之下降。

3 讨论

本试验研究是根据戊糖含有多个醛或酮加热后可以和蛋白质的氨基酸残基发生美拉德反应的原理开展的。所谓美拉德反应,是广泛存在于食品、饲料加工中的一种非酶褐变反应(Non-enzymic browning),是氨基化合物(如胺、氨基酸、蛋白质等)和羰基化合物(如还原糖、脂质以及由此而来的醛、酮、多酚、抗坏血酸、类固醇等)之间发生的非酶反应,也称为羰基反应(Amino-carbonyl reaction)。美拉德反应机理十分复杂,影响美拉德反应的重要因素,除了氨基酸种类及还原糖的种类外,还与反应温度、反应时间、保护剂添加浓度、水分、pH 值等有关。如何控制美拉德反应达到最适当加热程度,是成功保护大豆粕蛋白质的关键。理想的保护效果应该是降低保护豆粕蛋白的瘤胃降解率,而在小肠中的消化、吸收不受影响。本试验结果表明,在本试验设置的戊糖浓度、加热温度和加热的持续时间都影响豆粕蛋白质在瘤胃中的降解率,提高过瘤胃蛋白质(RUP)的比例,这与 Windschitl (1988)和 Waltz(1989)、Nakamura(1992)等的研究结果有相同的趋势,他们的结果表明戊糖保护大豆粕显著提高了 RUP 的比例。A.Can(2002)选用 1%和 3% 两个戊糖添加浓度,120、150 ℃两个温度,30 和 60 min 两个加热时间进行试验,研究结果表明处理组大豆粕的蛋白质降解率显著低于未处理组,过瘤胃蛋白数量显著高于对照组。S. D. Tuncer(2003)分别用 0.5%、1%、2%的戊糖,在 105 ℃加热 24 h 对菜籽粕和豆粕进行处理,实验结果也表明该处理对日粮中的蛋白质避免瘤胃降解也有一定的保护效果。以上试验结果表明添加戊糖能够加强加热处理对蛋白质饲料的过瘤胃保护效果,这与本试验的结论一致。

吴少雄(2005)报道了不同反应温度对以 D-葡萄糖和 L-甘氨酸水溶液模式体系美拉德反应的影响。

结果表明,当加热温度分别为 80、100、120 ℃时,在不同反应时间下,体系中糖和氨基酸的降解程度,反应中间体(阿玛多里化合物)和有机酸的累积程度,类黑素的形成随着反应温度和反应时间的增加,反应速率加快。该试验结论与本试验中随着加热温度的升高、加热时间的延长蛋白降解率下降的结果一致。

Minnesota 大学 Marshall stern 博士提出,小肠可吸收蛋白(IADP)可以作为评价反刍动物瘤胃非降解蛋白(UIP)质量的参数。 $IADP=UIP \times \text{小肠蛋白消化率}$ 。IADP 就是蛋白质饲料蛋白可以在小肠中利用的部分,或者说是 RUP 在后消化道消化的部分。IADP 的值可以提供判断 UIP 质量的一个指数。但是 Van Soest(1982)指出,随着加热温度的升高,降解蛋白的比值下降,非降解蛋白量增加,但也伴随着不能被机体消化利用的蛋白质的量增加,所以应用 IADP 衡量保护效果的同时,也应考虑到小肠消化率的影响。本试验条件下,戊糖加热处理显著降低了豆粕蛋白在瘤胃中的降解率;从小肠消化率来看,戊糖添加 1%处理组的小肠消化率大部分在 70%以上,没有受到影响,而戊糖添加 3%的小肠消化率均显著低于对照组,说明这个浓度形成了不被小肠消化吸收的物质,达到了过保护的效果,是不可采用的剂量。P. M. Windschitl (1988)用 1%戊糖 100 ℃加热 45 min 处理大豆粕饲喂奶牛,结果证实,保护处理有效地减少了瘤胃 DM 和蛋白的降解率,而小肠消化率没有受到影响。

本试验中,相对于未保护处理大豆粕,各保护处理组显著降低了保护蛋白质在瘤胃的降解率,同时提高了小肠可吸收蛋白的数量($P < 0.05$),达到了保护的效果。然而,对于植物蛋白质的保护,并非瘤胃降解率越低越好,比如单宁保护处理,发生不可逆转的羟基蛋白质反应,反而影响了蛋白质的利用。采用蛋白质氨基酸残基和羰基化合物的美拉德反应是一种全新的方法,还需要对其中的更多因素展开试验研究,方能取得最佳的保护效果并带来高的动物生产性能。

4 结论

戊糖加热复合处理对豆粕具有显著的过瘤胃保护作用。加热温度、加热时间及戊糖的添加浓度都是豆粕蛋白保护效果的重要影响因素。在同一个戊糖浓度下,随着加热时间的延长和加热温度的提高,蛋白的瘤胃降解率逐渐下降,过瘤胃蛋白质在小肠的吸收总量增加;同样在同一个温度条件下,随戊糖浓度的提高和加热时间的延长,蛋白质在瘤胃内的降解率下降,其在小肠中的吸收总量提高。

(参考文献 16 篇,刊略,需者可函索)

(编辑:刘敏跃,lm-y@tom.com)

给哺乳仔猪补充液态代乳品 对其断奶重及断奶后生产性能的影响

李伟国 谭浩 邬本成 刘春雪

摘要 为了研究给哺乳仔猪补充代乳品对断奶重及其断奶后生产性能的影响,选择胎次相近、健康、活泼、个体均匀的平均9日龄杜长大三元杂交哺乳仔猪12窝,共116头,随机分成2组,每组6窝。对照组不补充代乳品,试验组自9日龄起补充代乳品,饲喂至25日龄断奶。同时,两组仍按常规方法教槽,断奶后以完全相同的饲料饲喂至51日龄试验结束。试验结果表明:由于仔猪在断奶前多采食了342g代乳品,结果断奶重及断奶后日增重均比对照组显著($P<0.05$)提高。试验组断奶重比对照组多0.7kg,而且这一差异到断奶后10d即35日龄时变成了0.9kg,至51日龄时又放大到1.65kg。经经济效益分析表明,至51日龄时,试验组每头猪比对照组多获利15.6元,相对利润提高了11%。

关键词 哺乳仔猪;液态代乳品;断奶重;生产性能

中图分类号 S828

在许多集约化猪场,母猪和仔猪的生产成绩决定了该场的效益。但是几乎每个星期都会发生有些母猪不能泌乳或泌乳量不足等问题。那么如何喂养这些仔猪呢?把这类仔猪寄养给其它母猪虽然是理想的选择,但由于仔猪的日龄不同或缺少合适的母猪并不都可行。此时,应用品质优良的液态代乳品就能解决问题。Harrell等(1993)研究指出母乳供给自10日龄起可能就已开始限制仔猪生长,随着现代猪品种的改良,仔猪具有更大的生长潜力,专家和学者已开始关注如何激发小猪的生长潜力,从而提高断奶重及断奶后的生长性能。并且,现代养猪生产中,为减少仔猪对疾病的感染率,提高母猪生产力和栏舍利用率,14~21日龄早期断奶甚至14日龄超早期隔离断奶已越来越受到养猪生产者的重视。要成功的做到早期断奶或超早期断奶,提高断奶重和仔猪的抗应激能力是相当重要的(李朕杰,2005)。液态饲料是仔猪最易接受、最易消化的饲料形式,所以在仔猪断奶前以液态形式的代乳品补充母乳以提高断奶重是一个不错的选择。本试验采用安佑公司生产的代乳品以液态形式补充母乳,研究其对仔猪断奶重及断奶后生产性能的影响。

1 材料和方法

1.1 试验动物来源及分组

李伟国,长江大学动物科技学院,讲师,434023,湖北省荆州市荆秘路88号。

谭浩、邬本成,单位及通讯地址同第一作者。

刘春雪(通讯作者),安佑技术中心。

收稿日期:2007-11-12

选择胎次相近、健康、活泼、个体均匀的平均9日龄杜长大三元杂交哺乳仔猪12窝,共116头,随机分成2组,每组6窝,试验组63头,对照组53头。试验猪初始重经检验差异不显著($P>0.05$),试验分三个阶段进行。

第一阶段从9日龄开始至25日龄断奶时结束,此阶段主要考察补充代乳品与不补充代乳品对仔猪断奶重的影响。

对照组不补充代乳品,只采用人工乳(全价配合饲料)干粉料教槽,具体方法是:9~14日龄,每日分上午和下午两次在教槽槽内放少量人工乳诱食,此时小猪不一定吃,只是闻闻,但是要保持饲料的新鲜,所以量不多,若小猪没吃完,下顿清槽后再喂新鲜的;15~21日龄,开始采食,此时少量多餐,日喂4次(7:00、11:00、15:00、19:00),饲喂量根据采食情况渐增;22~25日龄,此时是真正采食教槽料阶段,继续渐增喂量,但仍需要少喂勤添,日喂4次。

试验组人工乳干粉教槽仍然同对照组,但是同时从9日龄开始补充液态代乳品,方法是:每窝猪放一个专门泡代乳品的槽,从9日龄开始以代乳品与水以1:6的比例冲泡,每日饲喂四次(7:00、11:00、15:00、19:00),饲喂量以小猪半个小时吃完为宜,如果吃不完,也应该将槽取走清洗干净,待下次使用。

第二阶段从25日龄至35日龄,25日龄断奶后,两组试验猪都转入保育舍,以人工乳粉料喂至35日龄。

第三阶段从35日龄至保育期结束,此阶段人工乳粉料过渡为4011乳猪浓缩料配制的全价料,喂至

试验结束。

1.2 代乳品的来源及成分

代乳品要求营养价值全面、质量好,且相对成本低。该代乳品由安佑技术中心监制,执行标准 Q—ZYS110—2006。该代乳品与水 1:6 搅匀混合,每日 4 次饲喂。对照组及试验组所用教槽料为安佑公司生产的人工乳。代乳品和人工乳的营养成分见表 1。

表 1 代乳品和人工乳的营养成分

成分	代乳品	人工乳
粗蛋白	≥23%	≥20.3%
粗脂肪	≥10%	≥4.0%
粗灰分	≤9%	≤8.0%
水分	≤10%	≤12.5%
食盐	0.01%~0.1%	0.2%~0.85%
铜	≤250 mg/kg	
粗纤维	≤0.3%	≤4.0%
钙	0.5%~1%	0.5%~1.1%
总磷	0.4%~0.8%	≥0.5%
Lys	≥1.4%	≥1.38%
Se	≤0.5 mg/kg	
Zn	≤250 mg/kg	

1.3 试验观察记录指标

1.3.1 采食量

不同试验阶段采食量的记录要求不同。9~14 日龄,此阶段吃得很少,不必记录每日采食量,只需要记录各组在该阶段总采食量。此间由于猪几乎不吃,每次清槽时槽内有剩余,技巧是将各组槽内剩料分别收集起来,14 日龄后称得 5 d 总共的剩余饲料量,用 5 d 的总饲喂量减去总剩余量即为各组在此期间总采食量。

15~21 日龄,此阶段采食量渐增,需记录每天每组的采食量,注意扣除槽内剩余饲料量。

22~24 日龄,同上,也需每天记录采食量。

25~35 日龄,不必记录每日采食量,只需记录在此期间各组采食量。

36 日龄~保育期结束,记录在此期间各组总采食量。

1.3.2 日增重

于试验各阶段开始和结束时称窝重或栏重,计算各个阶段各组的日增重。

1.3.3 料肉比

计算试验第二阶段和第三阶段的料肉比。

1.3.4 健康状况

记录第一阶段和第二阶段的腹泻情况及健康状况。

1.4 数据处理

利用 Excel 将收集的数据进行统计分析,再用 t 检验对均重、日增重、采食量进行差异显著性检验,最后对试验的经济效益进行比较分析。

1.5 试验时间和地点

时间:从 2007 年 3 月 2 日开始至 2007 年 5 月 1 日结束。

地点:上海市青浦区大盈镇莘盈万头规模化养殖场。

2 结果与分析

2.1 第一阶段结果与分析(见表 2)

结果表明,试验组每头仔猪在断奶前补充了 342 g

表 2 补充代乳品对仔猪断奶重的影响

项目	试验天数	结束头数	9 日龄均重(kg)	25 日龄均重(kg)	成活率(%)	代乳品(g/头)	总增重(kg)	日增重(g/d)	日采食量(g/d)
试验组	16	62	3.50±0.60	7.78±1.23 ^b	98.4	342	4.28±0.86	268±54 ^b	53.5±19.7
对照组	16	48	3.30±0.67	7.08±0.73 ^a	90.6	0	3.78±0.20	236±12 ^a	46.2±22.0

注:同列内不相同小写字母表示差异显著(0.01<P<0.05),大写字母表示差异极显著(P<0.01),以下各表同。

的代乳品,平均每天 21.38 g,对照组未补充。到 25 日龄断奶时,试验组断奶重比对照组提高了 0.7 kg,日增重提高了 13.4%(32 g/d),差异显著(0.01<P<0.05)。试验组在教槽期间日采食量略高于对照组,差异也不显著(P>0.05)。从表中还可以看出,试验组的成活率

高于对照组。由试验观察所得试验组的腹泻率明显低于对照组。

2.2 第二阶段结果与分析(见表 3)

表 3 中结果表明,试验组在哺乳期间补充代乳品的仔猪到 35 日龄时平均体重比对照组多 0.9 kg,差异

表 3 补充代乳品对断奶后 10 d 内日增重的影响

项目	试验天数	结束头数	25 日龄均重(kg)	35 日龄均重(kg)	总增重(kg)	日增重(g/d)	日采食量(g/d)	料肉比
试验组	10	62	7.78±1.23	9.95±1.57 ^b	2.17±0.52	217±56	339±59 ^b	1.56±0.15
对照组	10	48	7.08±0.73	9.05±1.44 ^a	1.97±0.80	197±49	295±61 ^a	1.50±0.51

显著(0.01<P<0.05)。数据还表明,补充代乳品的仔猪断奶后 10 日内日增重和日采食量分别提高了 10.2%和

14.9%,差异显著(0.01<P<0.05)。两组间料肉比差异不显著(P>0.05)。此阶段仔猪成活率为 100%,试验组在

此期间日增重可达 217 g,说明仔猪生长状况良好。

由第三阶段试验结果得出,试验组日增重增加了

2.3 第三阶段结果与分析(见表 4)

12%,差异极显著($P<0.01$),日采食量增加了 9.0%,差

表 4 补充代乳品对断奶后 35-51 日龄仔猪增重的影响

项目	试验天数	头数	35 日龄均重(kg)	51 日龄均重(kg)	总增重(kg)	日增重(g/d)	日采食量(g/d)	料肉比
试验组	16	62	9.95±1.57	16.93±2.46 ^b	6.98±0.89	436.3±56 ^b	0.73±0.10	1.68±0.23
对照组	16	48	9.05±1.44	15.28±2.20 ^a	6.23±0.78	389.4±49 ^a	0.67±0.11	1.73±0.31

异显著($0.01<P<0.05$),料肉比差异不显著($P>0.05$)。

2.4 经济效益分析(见表 5)

可以看出 51 日龄平均体重之差已经达 1.65 kg,经 t 检验差异显著($0.01<P<0.05$)。

经济效益分析表明,试验组每头猪比对照组多获利 15.6 元,相对利润提高了 11%。

表 5 各组经济效益情况

项目	增重(kg)	收入(元)	饲料消耗(kg)			饲料成本(元)	其它支出(元)	头均获利(元)	相对利润
			代乳品	102 人工乳	保育料				
试验组	13.43	336.0	0.34	3.44	11.73	84.6	100	151.4	111
对照组	11.98	299.5	0	2.94	10.77	63.7	100	135.8	100

注:仔猪价格以 25 元/kg 计,代乳品以 40 元/kg 计,102 人工乳以 7 元/kg 计,保育料以 4 元/kg 计;经济效益分析表明,试验组每头猪比对照组多获利 15.6 元,相对利润提高了 11%。

3 讨论与小结

3.1 哺乳期补充液态代乳品可提高断奶重

由于仔猪在断奶前多采食了 342 g 代乳品,结果断奶重比对照组多 700 g。一般来讲,仔猪吃 4 kg 奶可以长 1 kg 体重,本试验中仔猪多吃了 342 kg 奶粉,即 2 394 g 奶水(1 : 6),那么体重理应增加 598.5 g/头,而本试验增加了 700 g,说明这一结果是较正常的。该结果还支持了 Harrell 等(1993)的观点,即母乳供给自 10 日龄起可能就已开始限制仔猪生长,特别是哺乳后期已经不足以维持仔猪的增重,而代乳品在一定程度上补充了母乳的不足,促进了仔猪的生长。本试验中两组间教槽食量差异不大,这说明教槽食量不是导致试验组多增重的原因。试验还发现,仔猪对固体形式的教槽料采食量很少,约 50 g 左右,这说明以固体的教槽料补充母乳的不足并不现实。液态的代乳品是仔猪最易接受的饲料形式,可以较大程度地激发仔猪的生长潜力。而且,由于补充了代乳品,试验组发病率(腹泻、死亡和其它病症)明显降低了。

3.2 哺乳期补充代乳品,可以降低断奶应激,提高断奶后的生长速度

本试验结果表明,在哺乳期补充代乳品可使断奶后 10 日内的日增重显著提高,至 35 日龄时试验组的仔猪比对照组重 0.9 kg。这说明补充代乳品降低了断奶期间的应激,使断奶猪能更好的发挥生长潜力。不仅如此,这种日增重的优势在 35 日龄后仍然存在,至 51 日龄两组间的体重差异放大到了 1.65 kg。这与国外的一些研究颇为一致。Dunshea 等(1997)发现哺乳

期间生长速度的增加可以获得长期的效益。他们给 10 日龄的仔猪喂脱脂乳使仔猪多增重了 0.7 kg(7.3 比 6.6 kg),这种多增重在第 42 日龄(14.7 比 12.2 kg)和第 120 日龄(64.5 比 60.6 kg)时仍然能体现出来。Pluske 等(1995)的计算证明断奶后第 1 周生长速度对于以后直到出栏生长速度的重要性,他们分析得出断奶第 1 周 0.9 kg 的体重差异,到屠宰时变成了 12 kg。因此,由本试验结果似乎可以得出:补充代乳品可以提高断奶重,从而减少断奶期间的生长阻滞,进而激发断奶后乃至出栏的生长速度。尽管优质的代乳品价格昂贵,但由于仔猪哺乳期的生长速度的增加可以获得长期的效益,同时经过分析,最后得出哺乳期补充代母乳仍然可以给养殖带来可观的效益。

参考文献

- [1] Harrell R J, M. J. Thomas, R. D.Boyd. Limitations of sow milk yield on baby pig growth. In:Proceedings of the 1993 Cornell Nutrition Conference for Feed Manufacturers. New York State College of Agriculture and Life Sciences, Cornell University,Ithaca.,1993: 156-164.
- [2] 李朕杰. 液体饲料对超早期断奶仔猪生长性能的影响及其配制的研究进展[J].营养与科学,2005(3):46-48.
- [3] Dunshea F R, P. J. Eason, D. J. Kerton, et al. Supplemental milk around weaning can increase live weight at slaughter. In:P.D. Cranwell(editor), Manipulating Pig Production VI. Australasian Pig Science Association: Werribee.,1997:68.
- [4] Pluske J R, I. H. Williamsand, F.X.Aherne. Nutrition of the neonatal pig In:M.A.Varl (editor) The Neonata I Pig Development and Survival[J].CAB, International.Wallingford,Oxon,1995:187-235.

(编辑:张学智, mengzai007@163.com)

大米蛋白粉替代乳清浓缩蛋白在断奶仔猪中的研究

吴信 褚武英 孔祥峰 李铁军 黄瑞林 印遇龙

摘要 试验选用体重相近的14日龄断奶仔猪(杜×长×大)24头,根据体重和性别随机分为4组。对照组饲喂基础日粮,试验1组、2组和3组分别用大米蛋白粉替代基础日粮中5%、10%和15%的乳清浓缩蛋白。研究了大米蛋白粉替代乳清浓缩蛋白对超早期断奶仔猪生长性能和血清血常规指标的影响。结果表明,超早期断奶仔猪日粮中,大米蛋白粉替代一定比例的乳清浓缩蛋白,断奶仔猪各组之间的ADFI、ADG和F/G差异均不显著($P>0.05$),不过,在8~14d,大米蛋白粉有提高仔猪ADG和降低料肉比的趋势;各组仔猪血液中红细胞、白细胞及血小板等血常规指标差异均不显著($P>0.05$);其机体代谢水平和免疫机能差异也不显著。提示可以用大米蛋白粉替代一定比例的乳清浓缩蛋白应用于早期断奶仔猪。

关键词 大米蛋白粉;乳清浓缩蛋白;仔猪;血液常规指标

中图分类号 S828

乳清浓缩蛋白是断奶仔猪代乳料中的一种极好的蛋白质源。此外乳清浓缩蛋白中多种功能性蛋白(如免疫球蛋白、乳铁蛋白等)对仔猪的免疫有重要作用。随着仔猪饲料研究与开发应用,仔猪饲料用量急增,加上我国的乳清浓缩蛋白资源比较少,造成乳清浓缩蛋白货源奇缺,价格暴涨,在一定程度上阻碍了畜牧业的进一步发展。因此开发新的蛋白饲料源,研究和寻找替代原料和替代办法,降低饲料成本,提高饲养效果,确保仔猪饲料生产,推动养殖业的发展,是一项相当有意义的课题。大米糖渣蛋白粉(RP)是富有高质量营养成分的制糖副产品,生产淀粉糖的下脚糖渣,经净化、除杂等预处理,提取出其中的蛋白质成分,再通过微生物发酵、干燥、粉碎后制得(董亮等,2004;刘骥,2005)。RP在断奶仔猪中的应用鲜有报道。

本试验利用RP部分替代14日龄断奶仔猪代乳料中的乳清浓缩蛋白,观察其生长性能和血常规指标的变化,研究RP替代乳清浓缩蛋白作为饲料新资源的应用效果。

1 材料与方 法

1.1 试验动物与分组

试验选用胎次与体重相近的14日龄断奶仔猪

吴信,中国科学院亚热带农业生态研究所动物生态营养与健康实验室,博士,410125,湖南长沙芙蓉区马坡岭。

褚武英、孔祥峰、李铁军、黄瑞林、印遇龙(通讯作者),单位及通讯地址同第一作者。

★ 国家自然科学基金项目(30528006、30671517和30371038),中国科学院知识创新工程重要方向项目(YW-N-022和KSCX2-SW-323)。

收稿日期:2007-11-19

(杜×长×大)24头,根据体重和性别,随机分为4组,每组6个重复,雌雄各半。

断奶仔猪购于湖南新五丰猪场。RP由南昌大学食品科技学院馈赠。

1.2 试验日粮与饲养管理

对照组饲喂基础日粮,试验1组、2组和3组用RP分别替代5%、10%和15%乳清浓缩蛋白(见表1)。将代乳粉与40℃左右的温开水按体积大约1:2的比例混匀,每天于7:00、11:00、15:00和19:00饲喂,在保证没有消化不良的前提下自由采食,自由饮水。

表1 试验日粮组成和营养水平

日粮组成(%)	对照组	试验1组	试验2组	试验3组
乳清浓缩蛋白(CP 34%)	60.00	55.00	50.00	45.00
大米蛋白粉(CP 62.63%)	0.00	5.00	10.00	15.00
乳脂粉(EE 50%, LA 45%)	26.00	26.00	26.00	26.00
α-酪蛋白(CP 90%)	6.20	4.60	3.00	1.40
乳糖	3.60	4.60	5.70	6.80
葡萄糖	1.80	2.40	2.90	3.40
乳酸钙(Ca 13%)	1.00	1.00	1.00	1.00
水溶性多维	0.10	0.10	0.10	0.10
磷酸二氢钙(P 22%)	1.00	1.00	1.00	1.00
有机矿物质	0.05	0.05	0.05	0.05
赖氨酸	0.10	0.10	0.10	0.10
蛋氨酸	0.10	0.10	0.10	0.10
泰乐菌素	0.05	0.05	0.05	0.05
合计	100.0	100.0	100.0	100.0
营养水平				
消化能(MJ/kg) ≥	14.42	14.76	15.13	15.51
Ca(%) ≥	0.90	0.90	0.90	0.90
P(%) ≥	0.70	0.70	0.70	0.70
赖氨酸(%)	1.48	1.48	1.48	1.48
蛋氨酸(%)	0.53	0.54	0.55	0.55

试猪单栏饲养于塑料漏缝地板铁笼内,舍四周均设置空调,温度控制在34~39℃。消毒、免疫等其他管理按照常规进行。预试2d,试验期为2周。正式饲养14d后,于第15d早上将其处死取样。

饲养试验于2006年9月8日~9月24日在中国科学院亚热带农业生态研究所进行。

1.3 测定指标与方法

每日记录试猪食欲、精神状态、粪便和疾病等情况,并分别于第0、7、14 d空腹称重,记录平均日采食量(ADFI),统计平均日增重(ADG)。在试验第7和14 d,各处理随机选取4头仔猪,颈静脉采血1 ml,沿管壁轻轻注入带有烤干EDTA二钾盐的小试管中,轻轻混匀,立即进行血常规测定。

血常规参数测定:上述新鲜血样在BT-2100型全血细胞计数分析仪(美国丹能公司生产)上测定白细胞计数(WBC)、淋巴细胞计数(LYM)、中性粒细胞计数(MID)、单核细胞计数(GRA);淋巴细胞百分率(LYMPH)、中性粒细胞百分率(MIDPH)、单核细胞百分率(GRAPH);红细胞计数(RBC)、血红蛋白(HGB)、红细胞压积(HCT)、平均红细胞压积体积(MCV)、平均红细胞血红蛋白(MCH)、平均血红蛋白浓度(MCHC)、红细胞分布宽度(RDW)、血小板计数(PLT)、血小板比积(PCT)、平均血小板体积(MPV)和血小板分布宽度(PDW)等18项血常规参数。

内脏重量的测定:上述采血后的仔猪处死后,迅速取出胸腺、脾脏、心脏、肝脏和肾脏,用滤纸吸干血液后准确称取其重量。

1.4 数据处理

试验数据用Excel 2003初步整理后,用SAS统计软件进行方差分析和Duncan's多重比较,统计显著性水平为P=0.05。采用SPSS12.0统计软件进行单因素方差分析(one-way ANOVA)。

2 结果与分析

2.1 生长性能的结果(见表2)

表2 RP替代不同比例乳清浓缩蛋白对仔猪生长性能的影响

项目	对照组	试验1组	试验2组	试验3组
第1~7 d				
ADFI(g/d)	73.69	79.38	83.22	73.81
ADG(g/d)	65.45	71.17	62.47	61.56
F/G	1.16	1.15	1.71	1.29
第8~14 d				
ADFI(g/d)	228.05	245.71	249.33	236.98
ADG(g/d)	162.50	198.54	198.96	194.17
F/G	1.40	1.23	1.25	1.22

注:表中同行不相同字母表示差异显著(P<0.05)。以下各表同。

在第1~7 d,RP组的仔猪ADFI有增加的趋势,但是F/G也有提高的趋势;在第8~14 d,RP有提高ADG和降低仔猪料肉比的趋势。不过,各组之间的ADFI、ADG和F/G差异均不显著。

2.2 血常规参数的测定结果(见表3)

表3 RP替代不同比例乳清浓缩蛋白对仔猪血液常规指标的影响

项目	对照组	试验1组	试验2组	试验3组
白细胞计数				
WBC(10 ⁹ 个)	8.02	10.48	9.11	9.98
淋巴细胞计数				
LYM(10 ⁹ 个/l)	6.76	7.77	7.18	7.55
中性粒细胞计数				
MID(10 ⁹ 个/l)	0.54	0.68	0.42	0.53
单核细胞计数				
GRA(10 ⁹ 个/l)	2.22	2.50	1.52	1.87
淋巴细胞百分率				
LYMPH(%)	70.1	78.73	78.83	75.8
中性粒细胞百分比				
MIDPH(%)	5.96	4.87	4.58	5.50
单核细胞百分比				
GRAPH(%)	23.92	16.38	16.55	18.68
红细胞总数				
RBC(10 ¹² 个/l)	6.19	6.48	6.18	6.20
血红蛋白				
HGB(g/l)	113.83	114.17	112.00	117.00
红细胞压积				
HCT(%)	37.47	37.55	36.58	39.00
红细胞平均压积体积				
MCV(fl)	60.48	57.93	59.25	63.05
平均红细胞血红蛋白含量				
MCH(pg)	18.43	17.57	18.18	18.93
平均红细胞血红蛋白含量				
MCHC(g/l)	300.33	306.67	303.83	254.93
红细胞分布宽度				
RDW(%)	18.25 ^a	17.62 ^b	18.75 ^a	18.71 ^a
血小板计数				
PLT(10 ⁹ 个/l)	730.50	596.00	686.80	497.30
血小板比积				
PCT(%)	0.90	0.87	0.90	0.59
平均血小板体积				
MPV(fl)	13.82	15.8	13.25	12.17
血小板分布宽度				
PDW(%)	19.67	20.00	25.62	24.03

RP替代不同比例乳清浓缩蛋白,对各组仔猪血液除RDW(P<0.05)外的WBC、LYM、MID、GRA、RBC、HGB、HCT、RDW和MPV等其它17种常规指标的影响差异均不显著(P>0.05)。

2.3 内脏重量的测定结果(见表4)

表4 RP替代不同比例乳清浓缩蛋白对仔猪器官重量的影响(g)

项目	对照组	试验1组	试验2组	试验3组
第7 d				
胸腺	3.40	2.22	3.56	2.54
心脏	22.78	21.82	19.08	19.26
肝脏	56.44	59.30	55.12	60.82
脾	6.16	5.54	6.12	5.92
肾脏	21.76	22.04	22.64	21.80
第14 d				
胸腺	4.23	5.27	4.85	3.88
心脏	31.87	32.95	34.13	31.72
肝脏	118.53	121.97	122.23	106.77
脾	10.47	11.00	10.60	9.85
肾脏	34.40	33.70	36.70	32.83

RP 替代不同比例乳清浓缩蛋白对仔猪器官重量的影响差异均不显著($P>0.05$)。

3 讨论

3.1 RP 对仔猪生产性能的影响

RP 组成接近秘鲁鱼粉,富含各类氨基酸,粗蛋白含量在 60%以上,粗脂肪含量为 8%~9.5%,可消化蛋白为 56%,尤其是赖氨酸含量居谷物类食物第一位;与玉米、小麦等蛋白相比,大米蛋白具有营养价值优及人体吸收利用率高等特点,其生物效价达 77,远高于其它植物蛋白(方奇林,2004);此外,大米蛋白含有多种微量元素,并含有生物活性物质、有效微生物酶系等,因此是一种营养价值较高的廉价饲料(董亮等,2004;刘骥,2005)。大米蛋白还具有低过敏性、无色素干扰等特点,味道柔和而不刺激,作为一种饲料新蛋白质原料资源有广阔的应用前景。

本试验使用 RP 的各组仔猪采食量与日增重均与对照组无显著差异($P>0.05$),这说明了 RP 部分替代乳清浓缩蛋白不影响仔猪的采食量与日增重。从第 8-14 d 阶段结果看,试验各组的料肉比均比对照组低,而且采食量也有提高的趋势,虽然均无显著差异($P>0.05$),提示了 RP 可以代替乳清浓缩蛋白用于生产。Yun 等(2005)试验发现,与动物性蛋白质(喷雾干燥血浆蛋白粉和猪小肠水解蛋白粉)和大豆浓缩蛋白相比,稻米浓缩蛋白质(含 CP 73%)对 21 日龄断奶仔猪 ADFI、ADG 和 F/G 的影响差异均不显著。而且随着日粮稻米浓缩蛋白质添加水平的增加(3%、6%和 9%),平均日采食量呈线性增加($P=0.037$)的趋势,在整个试验期里生产性能也呈现相似的趋势,这与本试验的结果一致。说明使用 RP 部分或全部替代乳清浓缩蛋白没有降低仔猪的饲料效率,且在一定程度上可以提高仔猪的饲料效率。

3.2 RP 对仔猪血液常规指标和免疫器官的影响

血液检验就是对血液中的有形成分即红细胞、白细胞及血小板这三个系统的量和质进行检测与分析。这三个系统与血浆组成了血液,血液不停地流动于动物的循环系统中,参与机体的代谢及每一项功能活动,因此血液对保证机体的新陈代谢、功能调节以及人和动物体的内外环境的平衡起重要作用。血液中的任何有形成分发生病理变化,都会影响全身的组织器官;反之,组织或器官的病变可引起血液成分发生变化,因而血液学分析及其结果对了解疾病的严重程度有很大的帮助(姚泰,2003;张时民,2006)。

随着全自动血细胞计数分析仪的问世,血常规测定参数已增至 18~22 项,其中各参数的临床意义也越来越多地被人们所认识(张时民,2006)。白细胞是机

体抵御病原微生物等异物入侵的主要防线。血液中参加机体免疫功能的成分,主要是白细胞中的粒细胞、单核细胞和淋巴细胞以及血浆中的蛋白(姚泰,2003)。白细胞总数和分类计数结果能提示动物的易感性、侵入微生物的毒力、疾病的性质与严重性、患者的全身反应、病程的长短及转归的可能性。RBC、HGB、HCT、MCV、MCH、MCHC 和 RDW 等可用于贫血的诊断和推断发病原因(门剑龙等,1995;曾素芬,2005;张时民,2006)。PLT、PCT、MPV 和 PDW 等参数可作为病毒病、自身免疫病、败血症、再生障碍性贫血、尿毒症、药物性变态反应和恶性肿瘤等疾病的辅助诊断指标之一(王小龙,1995)。本试验中,各组仔猪血液常规参数中除 RDW 外,WBC、LYM、MID、GRA、RBC、HGB、HCT、和 MPV 等各种常规指标的影响差异均不显著($P>0.05$),在一定程度上表明 RP 替代不同比例乳清浓缩蛋白对仔猪的代谢、功能调节影响差异均不显著。

胸腺、心脏、肝脏、脾和肾脏等主要器官对机体的免疫和代谢等生理功能具有重要的作用(魏国生,1995)。本试验胸腺、心脏、肝脏、脾和肾脏等主要内脏器官的增重随 RP 水平的增加而变化不显著。

综合本试验结果,RP 替代不同比例乳清浓缩蛋白对超早期断奶仔猪的采食量、日增重与料肉比差异不显著,对免疫机能的影响也不显著,因此,RP 在早期断奶仔猪中的应用是可行的;此外,RP 还没有统一的产品标准,其应用效果也可能受试猪断奶日龄、试验期长短等因素的影响,尚需进一步研究。

参考文献

- [1] 董亮,赵长新,郭建华,等.利用大米细糠生产饲料蛋白质的研究[J].粮食与饲料工业,2004(11):26-28.
- [2] 刘骥,姚惠源,陈正行.大米蛋白产品开发研究进展[J].河南工业大学学报,2005,26(6):75-79.
- [3] 方奇林,丁霄霖.碱法分离大米蛋白质和淀粉的工艺研究[J].粮油深加工及食品,2004(12):22-24.
- [4] Yun J H, Yong J S, Cha B J. Effects of feeding rice protein concentrate on growth performance and ideal digestibility in early-weaned pigs [J]. Asian-Australasian Journal of Animal Sciences, 2005, 18(3): 384-389.
- [5] 姚泰.生理学(第6版)[M].北京:人民卫生出版社,2003.
- [6] 门剑龙,徐风华,华维.红细胞 MCV、RDW 值鉴别贫血的临床价值[J].临床检验杂志,1995,13(5):241-242.
- [7] 曾素芬.红细胞 MCV、RDW 值鉴别贫血的临床价值[J].国际医药卫生导报,2005,16(11):112-113.
- [8] 张时民.如何分析多参数血常规检验结果(上)[J].中国医刊,2006,41(8):49-51.
- [9] 王小龙.兽医临床病理学[M].北京:中国农业出版社,1995.
- [10] 魏国生,韩光微.猪某些免疫指标及其与部分生产性状关系的研究[J].畜牧兽医学报,1995,26(2):122-128.

(编辑:张学智, mengzai007@163.com)

生长猪饲料中添加 糖蜜酒精废液浓缩物的试验研究

唐亮 白剑飞 梁伟明 李庆华 夏中生 刘慧霞

摘要 试验选择 21 头体重 15 kg 左右的杜长大三元杂交生长猪, 随机分为 3 组, 每组 7 头(3 公 4 母), 分别在饲料中添加使用 0%(对照组)、3.0%(试验 I 组)和 5.0%(试验 II 组)的糖蜜酒精废液浓缩物(MAWC), 进行为期 21 d 的饲养试验, 结果表明, 各组平均日增重差异不显著($P>0.05$); 与对照组比较, 试验 I 组和 II 组日增重分别提高 3.70%和 0.97%, 饲料增重比(F/G)分别降低 5.5%和 4.7%。消化试验结果表明, 饲料中添加 3.0%、5.0%的 MAWC, 饲料粗蛋白、粗脂肪、粗纤维等养分的表现消化率有所改善。广西甘蔗糖业副产物资源丰富, 研究开发糖蜜酒精废液浓缩物作饲料, 可变废为宝, 社会效益、经济效益和环境生态效益显著。

关键词 糖蜜酒精废液浓缩物; 生长猪; 日增重; 养分消化率

中图分类号 S816.35

长期以来, 粮食一直占常规猪饲料资源的 80%, 在提供畜产品的过程中占有相当重要的地位。随着人民生活水平的不断提高, 人们对畜产品的需求日益增大。因此, 粮食作为常规饲料的供需缺口越来越大, 过度地依赖粮食已不能满足畜牧业发展的需要。甘蔗是我国重要的经济作物, 蔗糖工业也是我国重要的支柱产业。20 世纪 90 年代至今, 广西作为我国最大的产糖大省, 目前甘蔗种植面积达 70 多万公顷, 共有糖厂近百家。制糖过程中产生的糖蜜废液一般被糖厂配有的酒精车间用做原料来生产酒精, 其生产过程中产生大量的糖蜜酒精废液, 这些废液中还含有不少糖和蛋白质等有机物, 若直接排放废弃, 既浪费了资源, 又造

成了环境污染。因此, 如何有效地对糖蜜酒精废液综合利用是当前研究热点之一^[1-6], 也是环保的当务之急。本试验目的在于分析糖蜜酒精废液浓缩物(MAWC)的营养成分含量, 评定其饲用价值及其在生长猪生产上的应用效果, 为开发利用甘蔗糖业副产物生产动物饲料提供依据, 并为在养猪生产和饲料工业中合理有效利用 MAWC 提供参考。

1 材料与方法

1.1 试验材料

试验所用的糖蜜酒精废液浓缩物是由广西大学畜牧试验站提供。经常规分析, 其主要营养成分见表 1。

1.2 试验动物及设计

表 1 糖蜜酒精废液浓缩物(MAWC)主要营养成分(干物质基础)

干物质(%)	粗蛋白(%)	粗脂肪(%)	粗纤维(%)	无氮浸出物(%)	粗灰分(%)	钙(%)	磷(%)	总能(MJ/kg)
96.06	24.34	0.94	0.12	32.48	42.13	12.55	0.45	10.02

2007 年 1 月 16 日~2007 年 2 月 12 日在广西大学牧场牧试站进行饲养试验与消化试验, 预试期 7 d, 试验期 21 d。

唐亮, 广西大学动物科技学院, 530005, 广西南宁市大学路广西大学东校园 7698 信箱。

白剑飞、梁伟明、李庆华、夏中生(通讯作者), 单位及通讯地址同第一作者。

刘慧霞, 广西大学轻工与食品工程学院。

收稿日期: 2007-12-17

从该场选择 21 头体重 15 kg 左右、发育良好、体重接近、健康活泼的三元杂交(杜×大×长)仔猪, 逐头称重, 编耳号, 随机分为 3 组, 即对照组和两个试验组(I 组、II 组), 每组 7 头, 性别比例为 3 公 4 母。平均体重组间差异不显著($P>0.05$), 每个组 7 头置一个栏饲喂。环境条件一致。

三个组的饲料配方组成及营养水平见表 2, 其中对照组不添加糖蜜酒精废液浓缩物, 试验 I 组在饲料中加入 3% MAWC, 试验 II 组加入 5% MAWC。各组饲料粗蛋白和能量水平等接近。

表2 各组饲料配方组成及其营养水平

项目	对照组	试验 I 组	试验 II 组
饲料组成(%)			
玉米	62.00	63.10	63.10
麦麸	4.20	3.00	1.50
豆粕	26.70	25.00	24.50
膨化大豆	3.00	3.00	3.00
糖蜜酒精废液浓缩物	0	3.00	5.00
磷酸氢钙	1.20	1.20	1.20
食盐	0.35	0.30	0.30
石粉	1.20	0	0
赖氨酸	0.20	0.25	0.25
蛋氨酸	0.05	0.05	0.05
氯化胆碱	0.10	0.10	0.10
小猪预混料	1.00	1.00	1.00
总计	100	100	100
营养水平			
消化能(MJ/kg)	13.64	13.68	13.56
粗蛋白(%)	18.4	18.34	18.40
赖氨酸(%)	1.13	1.16	1.16
蛋氨酸(%)	0.29	0.299	0.30
钙(%)	0.84	0.79	1.04
磷(%)	0.56	0.565	0.54

1.3 饲养试验方法及管理

1.3.1 试验猪的饲养管理

猪舍为半开放式,避风、向阳、干燥、通风良好、水泥地板。试验前,彻底消毒,空栏 1 d。试验期间,每周 1 次用威宝消毒灵喷洒猪体表、猪舍过道、食槽及猪栏。预试期间,用盐酸左咪唑驱虫(肌注 7.5 mg/kg 体重);免疫程序按本场规定进行。

饲养试验预试期 7 d,正式期 21 d。试猪预试期、预试结束时单个空腹称重。正式期开始时各组体重无显著差异。在预试过渡期间,逐渐改变饲料种类与饲养方式,直至完全饲喂试验饲料,各组猪接受试验设计中不同的饲料处理。采取湿拌料(水料比 1:1)方式饲喂。按猪的食量调整给料量,使每次给料后都能食够且不剩料。每天喂料三次(8:30、11:30 及 17:30),并记录各组猪的采食量,观察记录试猪的食欲、粪便、健康等状况,每日清洗猪舍一次,保持清洁卫生。

1.3.2 测定指标与方法

日增重:正式期开始和结束时,猪逐头空腹 12 h 后称重,由末重与始重之差计算各试验组猪试验期的增重,然后根据试验天数计算平均日增重。

采食量:每日准确记录各组的投料量和剩料量,投料量减去剩料量即得采食量,计算出各组试猪的平均日采食量。

饲料增重比:用各试验组猪的平均日采食量除以各组猪试验阶段的平均日增重,即得各试验组的饲料增重比。

饲料增重比=日采食量(g)/日增重(g)

1.4 消化试验方法

本试验采用内源指示剂(酸不溶灰分,AIA)法进行消化试验^[7]。在饲养试验进行到第 3 周时,分别按随机抽样法取对照组和各试验组饲料样品各 500 g,同期收集各组猪粪样,连续收集 3 d,每天各组均采集 300 g,然后在每份的鲜粪中加入相当于 1/4 鲜粪重、浓度为 10%的洒石酸水溶液及少许甲醛,使之与粪样充分混合,做固氮和防腐处理。实验分析时,取出样品,置于 70 ℃烘箱中烘干后,取出在室温下回潮 24 h 以上,测出水份后,制成过 40 目筛的风干样品,储存于样品瓶中,置阴凉处保存,备化学分析用。

测定饲料和粪样中的常规养分和酸不溶灰分(AIA),计算饲料养分的表观消化率。在 100~105 ℃下的烘箱中烘干测定干物质;用国标 GB/T6438—92 方法测定粗灰分;凯氏半微量定氮法测定粗蛋白质;乙醚浸提法测定粗脂肪;酸碱洗涤法测定粗纤维,在规定浓度的碱、酸和乙醇乙醚条件下相继处理样品,并扣除残渣中的灰分;用 2 mol/l 浓度的 HCl 100 ml 加热过滤冲洗灰化测定酸不溶灰分;用 EDTA 法测定钙;用钼黄法测定磷^[8]。

饲料某养分的表观代谢率=[1-(b/a)×(c/d)]×100%
式中:a——饲料中某养分的含量(%);

b——粪样中某养分的含量(%);

c——饲料中指示剂的含量(%);

d——粪样中指示剂的含量(%).

1.5 数据处理

试验数据用平均数±标准差表示。用 SAS8.0 统计软件进行单因素方差分析,进行 F 检验,LS D 法进行多重比较。

2 结果与分析

2.1 MAWC 对猪生产性能的影响(见表 3)

表3 MAWC 对生长猪生产性能的影响

项目	对照组	试验 I 组	试验 II 组
平均初重(kg)	18.54±0.35	18.76±0.29	18.51±0.36
平均末重(kg)	29.34±0.44	29.97±0.42	29.42±0.34
平均增重(kg)	10.80±0.10	11.20±0.25	10.90±0.16
平均日增重(g/d)	514±4.80	533±1.80	519±7.70
平均日采食(g/d)	1 210	1 180	1 160
饲料增重比	2.35	2.22	2.24
饲料单价(元/kg)	1.895	1.893	1.885
增重饲料成本(元/kg)	4.46	4.19	4.21

由表 3 可知,各组平均日增重差异不显著(P>0.05),试验 I 组比对照组提高了 3.70%;试验 II 组比对照组提高了 0.97%。两试验组的平均日采食量均低

于对照组,其中试验 I 组比对照组降低了 2.48%;试验 II 组比对照组降低了 4.13%。试验初期试验组采食量比对照组均减少,试验后期试验组采食量虽有所提高,但平均采食量仍小于对照组,可能与 MAWC 含有较多的植物色素(酚类物质)而影响适口性有关,但 MAWC 作饲料并未影响动物的机体健康,试验猪外观皮肤、毛色、健康状况及行为等均正常。试验组的饲料增重比略低于对照组,可见生长猪饲料中添加 3%和 5%的 MAWC,饲料增重比分别降低 5.5%和 4.7%,因此饲料利用率有所提高。试验 I 组和试验 II 组单位增重饲料成本分别比对照组降低了 6.05%和 5.61%。由此可看出使用 3%和 5%的 MAWC 配制生长猪饲料,每千克增重饲料成本可降低 0.27 元和 0.25 元,其经济效益相当可观。

2.2 MAWC 对饲料养分消化率的影响(见表 4)

表 4 MAWC 对饲料养分表观消化率的影响(%)

项目	对照组	试验 I 组	试验 II 组
干物质	87.96±0.82	89.68±0.49	88.41±0.96
粗蛋白	77.93±0.60	82.51±0.67	81.23±0.55
粗脂肪	56.86±0.78	64.28±0.64	63.14±0.76
粗纤维	46.13±0.29	48.64±0.40	46.17±0.19
粗灰分	32.85±0.56	35.21±0.32	34.78±0.53
钙	48.18±0.64	56.85±0.34	57.62±0.74
磷	52.38±0.38	55.43±0.41	54.83±0.31

消化试验结果表明在生长猪饲料中添加 3%~5% MAWC 不影响饲料营养物质的消化利用。各组饲料粗蛋白、粗脂肪、粗纤维等养分的表观消化率还有所提高。

3 结论

① 生长猪饲料中添加 3%~5%糖蜜酒精废液浓

缩物对猪生长增重无不利影响,而且还可一定程度上降低饲料增重比,提高经济效益。因此开发其作为猪饲料原料是切实可行的。

② 生长猪饲料中添加 3%~5%糖蜜酒精废液浓缩物可一定程度上提高饲料粗蛋白、粗脂肪、粗纤维等养分的表观消化率,从而提高饲料利用率。

③ 糖蜜酒精废液浓缩物粗灰分(矿物质)含量较高,从而限制了其在饲料中的用量。综合本试验结果认为,养猪生产实践中,建议生长猪饲料中糖蜜酒精废液浓缩物的添加使用量以 3%~5%为宜。

④ 广西甘蔗糖业副产物资源丰富,研究开发糖蜜酒精废液浓缩物作饲料,可变废为宝,社会效益、经济效益和环境生态效益显著^[9],值得大力开发、推广应用。

参考文献

[1] 成官文,王敦球,李金城,等.我国糖业废水处理进展及其污染防治对策——以广西糖业为例[J].桂林工学院学报——资源与环境工程专辑,2000,20:52-56.
 [2] 李红光,邱淑红.糖蜜酒精废水资源化治理[J].环境保护,1995(2):23-25.
 [3] 李爱华.浅谈糖蜜酒精废液的综合利用[J].酿酒,1998(6):31-32.
 [5] 谭子心,陈四海,来光业,等.我国糖厂酒精废液综合治理的技术进展[J].广西轻工业,1997(3):3-6.
 [6] Iniguez-Covarrubias G, Ma. De J. Franco-Gómez, et al. Utilization of recovered solids from tequila industry vinasse as fodder feed[J]. Bioresource Technology, 1996,55:151-155.
 [7] 胡坚,张婉如,王振权.动物饲养实验指导[M].吉林科学技术出版社,1997.
 [8] 张丽英主编.饲料分析与饲料检测技术[M].中国农业大学出版社,2005.
 [9] 夏中生,王春平,麻艳群,等.糖蜜酒精废液蔗渣吸附发酵产物饲喂生长肥育猪的效果研究[J].广西农业生物科学,2005(3):63-68.

(编辑:刘敏跃,lm-y@tom.com)

·信息采撷·

猪肉价格可望下半年回落

CPI 上涨直接影响着广大城乡居民的日常生活,特别是上涨过猛的猪肉等食品价格更为百姓所关注,那么持续居高不下的猪肉价格到底什么时候才能出现回落呢?

不少专家分析,由于受到南方雪灾的影响,一些良种猪苗被冻死不少,同时,粮价上涨也会导致养猪成本的增加,因而今年一、二季度,猪肉价格还会保持在一个较高的水平,但到了三、四季度就可能出现回落。

国家信息中心高级经济师祁京梅说:“三、四季度将会出现回落,这还要取决于国家相应政策的落实情况,增加进口、扩大投放、保证供应,同时要保护农民的种粮积极性,保证猪肉价格的下降”。

此外,专家还指出,随着猪肉及食品价格涨幅趋缓,今年全年 CPI 走势可能会出现前高后低的态势。特别是随着国家各项调控措施的逐步到位和发挥作用,预计下半年 CPI 涨势会趋缓。国务院发展研究中心研究员张立群说:“我觉得新涨价因素总的来看不是非常多,包括猪肉、食用油、食物等价格涨幅都比去年趋于平稳。所以总的来看,CPI 同比涨幅从未来来看,会从现在的水平往下走”。

苏尼特肥羔肌肉组织 LPL 和 HSL 的发育性变化及其对肌肉脂肪沉积的影响

姚飞 卢德勋 姚焰础 高民

摘要 采用二因子多水平有重复的试验设计,选取 16 只 3 月龄断奶并已去势的苏尼特羊公羔,随机分为 4 组,每组 4 个重复,试验前各组体重差异不显著($P>0.05$)。分别于试验羊活重达 10.79 ± 0.49 、 20.73 ± 0.70 、 28.54 ± 0.57 、 (38.19 ± 2.85) kg 时屠宰,采集背最长肌(LD)和股二头肌(BF)样品后测定肌肉脂肪(IMF)含量、肌肉组织 LPL 和 HSL 活性,并分析不同体重阶段酶活的变化及其与肌肉脂肪沉积的关系。结果表明:①随着体重的增加,IMF 含量逐渐增加,并存在极显著差异($P<0.01$);不同部位肌肉间的 IMF 含量均无显著差异($P>0.05$)。②不同肌肉组织 LPL 和 HSL 活性均随体重增加逐渐降低,不同发育阶段存在极显著差异($P<0.01$)。LPL 11 kg 时酶活显著高于后三个体重阶段($P<0.01$),但 LD 表现出先降低后升高的趋势,29 kg 体重时酶活降到最低,极显著低于前两个体重阶段($P<0.01$),38 kg 时又开始升高,但与 29 kg 时差异不显著($P>0.05$)。LD 中 HSL 酶活最低值出现于 21 kg 体重阶段,而 BF 在 29 kg 时 HSL 酶活性最低,二者都极显著低于 11 kg 时的酶活($P<0.01$)。不同肌肉部位间 LPL 活性在 11 kg 时 BF 显著低于 LD($P<0.05$),29 kg 时极显著高于 LD($P<0.01$),其它两个阶段差异不显著($P>0.05$)。11~29 kg 不同肌肉部位 HSL 变化差异不显著($P>0.05$),38 kg 体重时 BF 中 HSL 活性极显著高于 LD($P<0.01$)。③BF 和 LD 中 LPL 酶活在 11~38 kg 期间与 IMF 含量均呈负相关,相关系数分别为 -0.782 ($P=0.003$)、 -0.864 ($P<0.001$)。BF 中 HSL 与 IMF 含量无显著的相关性($P>0.05$);LD 中 HSL 与 IMF 含量呈负相关(-0.850 , $P<0.0001$)。结论:LPL 和 HSL 是 IMF 沉积的重要参与者,对 IMF 的沉积有显著的影响。HSL 活性的发育性变化趋势与肌肉脂肪沉积基本一致。11~38 kg 体重阶段肥羔 LD 和 BF 中肌肉脂肪合成与分解代谢达动态平衡。

关键词 苏尼特肉羊;肌肉脂肪;LPL;HSL;发育性变化

中图分类号 S826

肉食品一直都是人类摄取营养物质的重要来源。随着生活水平的提高,脂肪含量低、瘦肉率高的畜禽肉由于其风味和多汁性差,已经不能满足消费者对优质肉品的需求。近年来研究表明肌肉脂肪(Intramuscular fat, IMF)含量是影响肉质风味、嫩度和多汁性等的重要因素之一^[1],适量的 IMF 能改善肉品质。因此,通过提高动物体内肌肉脂肪含量来提高肉品质正在成为新的研究热点。

脂肪在体内的沉积是脂肪合成与分解代谢综合作用的结果。在这一过程中脂肪代谢酶起着至关重要的作用。脂蛋白脂酶(Lipoprotein lipase, LPL, EC3.1.1.34)和激素敏感脂酶(Hormone-sensitive lipase, HSL, EC3.1.1.3)分别是白色脂肪组织中脂肪合成与分解代谢的关键

酶。前人对各种动物脂肪组织中 LPL 酶活的变化作了大量的研究^[2-4],但动物肌肉中 HSL 酶活的发育性变化及其对 IMF 含量影响的报道相对较少^[5],在绵羊上 LPL 和 HSL 活性发育性变化及其对 IMF 含量影响还未见报道。本研究以苏尼特肥羔为研究对象,通过测定羊肌肉组织中 LPL 和 HSL 活性的发育性变化,及其对 IMF 含量的影响,为营养调控肥羔 IMF 含量提供依据。

1 材料和方法

1.1 试验时间、地点

试验于 2007 年 7 月~2007 年 12 月在内蒙古农牧业科学院动物营养所试验基地进行。

1.2 试验设计、试验动物及样品采集

本研究采用二因子多水平有重复的试验设计,其中屠宰体重因子包括 4 个水平,即 4 个屠宰体重阶段的苏尼特肥羔;解剖部位因子包括两个水平,即背最长肌(Longissimus dorsi, LD)和股二头肌(biceps femoris, BF)。整个研究包括 8 个处理组,每个处理组有 4 个重复观测值。试验苏尼特羔羊均选自内蒙古锡林郭勒盟苏尼特左旗种羊场。选择 16 只 3 月龄断奶,年龄和体重相近、健康无病的去势公羔羊,驱虫后单笼饲养。分

姚飞,内蒙古农业大学,010030,内蒙古呼和浩特市鄂尔多斯大街内蒙古农牧业科学院动物营养研究所。

卢德勋(通讯作者)、高民,内蒙古农牧业科学院动物营养研究所。

姚焰础,单位及通讯地址同第一作者。

收稿日期:2008-01-21

别于试验羊活重达 10.79±0.49、20.73±0.70、28.54±0.57、(38.19±2.85) kg 时屠宰,并采集肌肉样。

1.2.1 IMF 测定取样

从每只屠宰试验羊第 12 根肋骨后取背最长肌和后肢的股二头肌各 150 g 左右。肉样用尼龙袋封口包装,贴上标签,置于 0~4 °C 贮存,尽快用于测定 IMF。

1.2.2 酶活测定取样

屠宰后,在每只羊同一部位取背最长肌(8~12 肋骨)和股二头肌各 30 g,分成 6 份(每份约 5 g 左右),样品采集后,用生理盐水冲洗血迹,立即投入液氮,后转入 -80 °C 超低温冰箱保存,待分析酶活。

1.3 试验日粮及饲养管理

试验日粮的配制参考 GB2004《肉羊饲养标准》,营养水平依羔羊体重分为两个阶段,具体见表 1。试验羊单笼饲养,自由饮水,每天饲喂 2 次,每 30 d 空腹称重一次。羊舍消毒和免疫均按常规进行。

表 1 不同肥育阶段饲料配方及营养水平

项目	营养水平		营养水平	营养水平	
	一期料 (15~25 kg)	二期料 (25~40 kg)		一期料 (15~25 kg)	二期料 (25~40 kg)
苜蓿干草	30.00	25.00	ME(MJ/kg)	9.55	9.93
羊草干草	10.00	5.00	CP(%)	16.06	15.19
玉米	39.95	51.90	Ca(%)	0.68	0.67
麦麸	2.00	1.00	P(%)	0.31	0.30
豆粕	13.30	12.00			
石粉	0	0.30			
食盐	0.60	0.60			
预混料	2.50	2.50			
NaHCO ₃	1.65	1.70			
土霉素	0.002	0.002			
合计	100	100			

1.4 主要仪器及试剂

紫外可见分光光度计(UV160, Beckman)、低温超速离心机(Beckman)、旋涡混匀器。β-巯基乙醇(β-mercaptoethanol)、苯甲脒(Benzamidine)、亮抑肽素 Leupeptin、抑胃肽 Pepstatin 及对硝基苯酚丁酸盐(p-nitrophenyl butyrate, PNPB)均为 Sigma 公司产品;脂蛋白脂酶及蛋白测定(考马斯亮蓝)试剂盒由南京建成提供。

1.5 IMF 含量测定、HSL 及 LPL 活性测定方法

IMF 含量测定采用索氏提取法^[6]。HSL 活性测定参考 Tsujita 等(1989)^[7]方法。LPL 活性和蛋白含量(考马斯亮蓝法)测定方法由南京建成生物有限公司提供。酶活单位:37 °C, U/mg 蛋白量。

其中对于 LPL 来说,每毫升组织匀浆每小时在反应系统中所产生的 1 μmol 的游离脂肪酸为 1 个酶活性单位(U);对 HSL 来说,1U 为每毫升组织匀浆每分钟释放 1 μmol 对硝基苯酚。

1.6 脂肪代谢关键酶组动态指数(MI)(卢德勋,2007)

计算公式如下:

$$MI = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^{16} \frac{x_i - \bar{x}}{y_i - \bar{y}}$$

式中: x ——LPL;

y ——HSL, $n=16$ 。

1.7 数据处理

试验结果表示为 $\bar{x} \pm SD$, 用 SPSS11.5 For Windows 软件进行数据分析。其中同一肌肉部位不同体重阶段 IMF、酶活及 MI 的差异用 One-way ANOVA 进行分析,多重比较采用 Duncan's 法;同一生长时期不同部位间 IMF、MI 及酶活的差异用 Independent-samples Test 进行分析;酶活与 IMF 含量的相关用 Bivariate Correlations 进行分析。

2 试验结果与分析

2.1 背最长肌和股二头肌的 IMF 含量(见表 2)

表 2 不同部位肌肉 IMF 发育性变化(%)

项目	BF	LD
11 kg	1.98±0.22 ^b	1.58±0.35 ^c
21 kg	3.23±0.25 ^a	3.57±0.56 ^b
29 kg	3.31±0.28 ^a	3.23±0.16 ^{bc}
38 kg	3.33±0.37 ^a	4.18±0.48 ^a

注:同列肩标不同小写字母表示差异极显著($P < 0.01$)。

由表 2 可以看出,苏尼特肥羔在不同体重阶段肌肉 IMF 含量存在极显著的差异($P < 0.01$),且其变化趋势相似,即 LD 和 BF 都表现为 11 kg 体重时 IMF 含量极显著低于后三个体重阶段($P < 0.01$)。随体重增加,羔羊 LD 肌肉脂肪含量表现为先升高后降低再升高的变化趋势,21 kg 时出现第一次高峰,极显著高于 11 kg($P < 0.01$),但与 29 kg 差异不显著($P > 0.05$);38 kg 体重时出现第二次高峰,与前三阶段体重差异极显著($P < 0.01$)。不同部位肌肉间的 IMF 含量均无显著差异($P > 0.05$)。

2.2 肌肉组织 LPL 和 HSL 的发育性变化

不同发育阶段肌肉组织 LPL 和 HSL 活性的测定结果见表 3、图 1 和图 2。

表 3 肌肉组织中 LPL 和 HSL 活性的发育性变化

项目	LPL (U/mg)		HSL (U/mg)	
	BF	LD	BF	LD
11 kg	5.53±0.63 ^{ab}	8.25±1.54 ^{aA}	16.09±2.48 ^a	18.54±4.04 ^a
21 kg	2.63±0.53 ^b	2.43±0.73 ^b	15.66±4.96 ^{ab}	3.67±1.40 ^b
29 kg	2.07±1.02 ^{bcA}	0.50±0.05 ^{cb}	9.08±2.61 ^c	6.73±3.17 ^b
38 kg	1.37±0.15 ^c	1.23±0.23 ^{bc}	10.12±3.93 ^{bcA}	5.87±1.92 ^{bc}
P 值	<0.000 1	<0.000 1	0.034	<0.000 1

注:同行肩标不同大写字母表示差异显著($P < 0.05$);同列肩标不同小写字母表示差异极显著($P < 0.01$)。

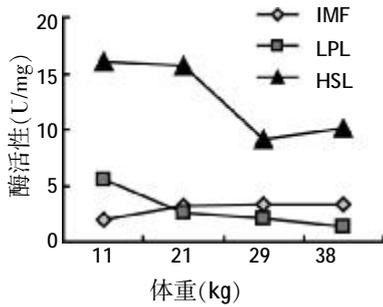


图1 苏尼特肥羔股二头肌 IMF 和 LPL、HSL 活性的发育性变化比较

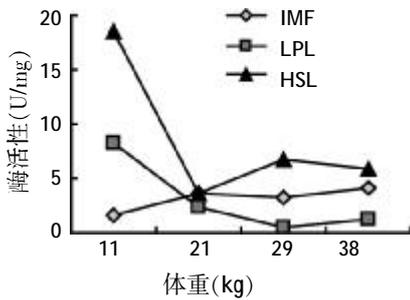


图2 苏尼特肥羔背最长肌 IMF 和 LPL、HSL 活性的发育性变化比较

结果表明,不同体重阶段 LPL 活性变化差异极显著($P<0.01$)。BF 与 LD 中 LPL 的发育性变化趋势相同,都表现为逐渐降低,11 kg 时酶活极显著高于后三个体重阶段($P<0.01$)。但 LD 在 29 kg 体重阶段酶活降到最低,与 11、21 kg 时酶活差异极显著($P<0.01$),38 kg 时又开始升高,但与 29 kg 时差异不显著($P>0.05$)。不同肌肉部位间 LPL 活性在 11 kg 时 BF 显著低于 LD ($P<0.05$),29 kg 时 BF 显著高于 LD ($P<0.05$),其它两个阶段变化差异不显著($P>0.05$)。

对于不同体重阶段 HSL 活性变化来说,BF 中各体重阶段酶活变化差异显著($P<0.05$),而 LD 酶活变化差异极显著($P<0.01$)。BF 与 LD 中 HSL 的发育性变化均表现为逐渐降低,但 LD 酶活最低值出现于 21 kg 体重阶段,极显著低于 11 kg 时的酶活($P<0.01$);而 BF 则晚于 LD,在 29 kg 时 HSL 酶活性最低,极显著低于 11 kg 时的酶活($P<0.01$)。11~29 kg 不同肌肉部位 HSL 变化差异不显著($P>0.05$),38 kg 体重时 BF 中 HSL 活性显著高于 LD ($P<0.05$)。

2.3 肌肉组织 MI 的发育性变化(见图 3)

MI 是反映动物机体脂肪合成与分解代谢动态平衡的综合指标。从图 3 可见,LD 随体重增加 MI 值先增后减,29 kg 时 MI 值最大,为 1.22,与其它三个体重阶段(11、21 和 38 kg 分别为 1.01、1.21 和 1.06)差异不显著($P>0.05$)。但 BF 的发育性变化趋势与 LD 不同,呈现

“升高-降低-升高”的变化趋势。21 kg 时 MI 最大(1.11),之后降低,29 kg 降为 0.96,但各体重阶段差异不显著($P>0.05$)。

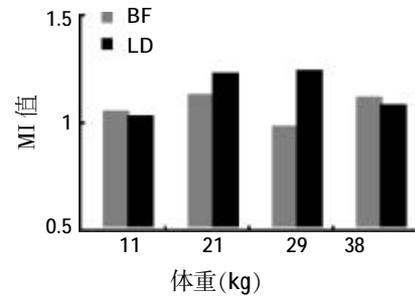


图3 肌肉组织 MI 值的发育性变化

2.4 肌肉组织 LPL 和 HSL 的发育性变化与 IMF 的相关分析

对肌肉 LPL 和 HSL 活性与 IMF 含量的相关分析表明:BF 和 LD 中 LPL 酶活在 11~38 kg 期间与 IMF 含量均呈负相关,相关系数分别为 -0.782 ($P=0.003$), -0.864 ($P<0.001$)。BF 中 HSL 与 IMF 含量无显著的相关性 ($P>0.05$);LD 中 HSL 与 IMF 含量呈负相关(-0.850 , $P<0.0001$)。

3 讨论

3.1 不同体重阶段苏尼特肥羔不同部位肌肉中 IMF 含量

肌肉脂肪主要存在于肌纤维束周围的结缔组织中,是肉质的重要评价指标。研究表明,随着年龄(体重)增加,IMF 含量逐渐升高^[8,9],本试验结果也证实了这一点。

此外,不同部位肌肉间的 IMF 沉积规律不同。BF 中肌肉脂含量 21 kg 极显著升高($P<0.01$)后便保持在一个稳定的水平。而 LD 中 IMF 呈现“升高-降低-升高”的变化趋势。29 kg 时肥羔 LD 中 IMF 的降低可能与此阶段 LPL 活性降低和 HSL 升高有关。

3.2 LPL 和 HSL 发育性变化对 IMF 沉积的影响

研究表明,LPL 几乎在全身各主要器官、组织均有表达(肝脏除外),白色脂肪组织中的 LPL 活性升高有助于机体脂质的贮存,而骨骼肌的 LPL 活性升高有利于机体利用能量^[10,11]。因为肌肉和肌肉脂肪组织都含有 LPL,本试验中的 LPL 活性实际上包含肌肉和肌肉脂肪两种组织的酶活。前人对猪和绵羊肌肉组织 LPL 基因表达的发育性变化研究揭示 LPL mRNA 表达丰度随体重的增加呈下降趋势^[1,12]。本试验结果表明,BF 和 LD 两种肌肉组织 LPL 活性均随体重增加逐渐降低,表明肌肉组织中用于脂肪酸氧化分解供能的代谢需求逐渐减少。

相关性分析表明 LD 和 BF 中 LPL 与 IMF 含量呈极显著负相关($P<0.01$)。从图 1 和图 2 可以看出随着体重的增加,LPL 酶活逐渐降低,而 IMF 含量仍持续上升,这一矛盾有待进一步研究。原因可能为:脂肪沉积是分解与合成的动态平衡,从 11~38 kg HSL 下降的速度分别为 37%、68%,慢于 LPL 下降速度(75%和 85%),因此可能存在脂肪细胞的脂肪酸从头合成途径为脂肪合成提供原料脂肪酸。此外,肌肉脂含量的持续上升也可能与肌肉组织中肌肉和脂肪生长速度有关。大量研究表明羊脂肪细胞增殖(hyperplasia)分为两个阶段:出生至 100 日龄和肥育期开始阶段(the fattening phase)。随着羔羊进入肥育期,脂肪细胞体积逐渐增大,脂肪沉积速率迅速增加^[13]。结合本试验可知肥育期开始阶段肌肉脂肪合成能力迅速升高,但肌肉生长速度也很高,而肌肉和肌肉脂肪组织都含有 LPL,因此 LPL 活性较高。Nouguès 和 Vézinhel^[13]研究发现 9~25 日龄 Merino 羔羊皮下和肌间脂肪细胞数目增加了 1 倍;100 日龄时脂肪细胞数目为 9~10 日龄的 3 倍;100~250 日龄羔羊皮下、肌间脂肪细胞未发生增殖。因此随着体重的增加,脂肪的沉积主要是脂肪细胞体积的增大,而细胞数未有明显增加,肌肉生长速度也逐渐减小,因此 LPL 的活性逐渐下降。

HSL 主要在脂肪组织中表达,水解贮存于脂肪细胞中的 TG;而在骨骼肌中表达量很低^[14]。Tucker 和 Turcotte^[15]研究表明,HSL 表达量随小鼠日龄增加而减少。乔永等^[16]对绵羊肌肉 HSL 基因表达的发育性变化研究也表明 HSL 表达量随日龄增加而减少。从本试验结果可以看出,BF 和 LD 两种肌肉组织 HSL 活性不同发育阶段存在极显著差异,均表现为随体重增加逐渐降低,说明肌肉脂肪细胞中降解的 TG 逐渐减少,进而表明肌肉脂肪细胞沉积的脂肪量逐渐增加。相关性分析也表明 LD 中 HSL 与 IMF 含量呈极显著负相关($P<0.01$),而 BF 中 HSL 与 IMF 含量无显著的相关性($P>0.05$),原因有待进一步研究。此外,38 kg 时 HSL 酶活 BF 显著高于 LD($P<0.05$),说明 BF 中脂肪降解程度大。这也许能一定程度上解释 38 kg BF 和 LD 肌肉脂含量的差异。

3.3 MI 发育性变化对 IMF 沉积的影响

卢德勋(2007)指出,当 $MI>1$ 时,脂肪代谢以合成代谢为主; $MI<1$ 时,以分解代谢为主; $MI=1$ 时,脂肪合成与分解代谢达动态平衡。由 LPL 和 HSL 计算出不同体重阶段的 MI 可以看出,11~38 kg 体重阶段肥羔 LD 和 BF 中肌肉脂肪合成与分解代谢基本平衡,各体重

阶段差异不显著($P>0.05$)。

4 结论

苏尼特肥羔不同部位肌肉组织中 IMF 沉积的发育性变化不同。LPL 和 HSL 是 IMF 沉积的重要代谢酶,对 IMF 的沉积有显著的影响。HSL 的发育性变化与不同肌肉部位 IMF 的变化规律较一致,可以作为肌肉脂肪沉积的参考指标之一。11~38 kg 体重阶段肥羔 LD 和 BF 中肌肉脂肪合成与分解代谢达动态平衡。

参考文献

- [1] 乔永,黄治国,李齐发,等.绵羊肌肉 LPL 基因表达的发育性变化及其对肌肉脂肪含量的影响[J].中国农业科学,2007,40(10):2 323-2 330.
- [2] Anthony Cryer, Heather M. Jones. Changes in the Lipoprotein Lipase (Clearing-Factor Lipase) of White Adipose Tissue during Development of the Rat Activity [J]. Biochem. J.,1978,172:319-325.
- [3] Peter M, Spooner S, Sidney S, et al. Development of Lipoprotein Lipase Activity and Accumulation of Triacylglycerol in Differentiating 3 T₃-L1 Adipocytes[J]. J. Biol. Chem.,1979,254(4):1 305-1 311.
- [4] D. C. Rule, G. E. Moss, G. D. Snowden, et al. Adipose Tissue Lipogenic Enzyme Activity, Serum IGF-1, and IGF-Binding Proteins in the Callipyge Lamb [J]. Sheep & Goat Research Journal, 2002,17 (2):39-46.
- [5] 杨胜.饲料分析及饲料质量检测技术[M].北京:中国农业大学出版社,1993.
- [6] 杨海玲,曾勇庆,魏述东,等.莱芜猪脂肪代谢酶活性的发育性变化及其对肌肉脂肪沉积的影响[J].畜牧兽医学报,2005,36 (11):1 150-1 154.
- [7] T. Tsujita, H. Ninomiya, H. Okuda. p-nitrophenyl butyrate hydrolyzing activity of hormone-Sensitive Lipase from bovine adipose tissue [J]. J. Lipid Res, 1989, 30:997-1 004.
- [8] 曾勇庆,孙玉民,王慧,等.青山羊肉品质理化性状及其食用品质的研究[J].山东农业大学学报,1999, 30(4): 384-389.
- [9] 曾勇庆,王慧,储明星.小尾寒羊肉品质理化性状及食用品质的研究[J].中国畜牧杂志,2000,26(3):6-8.
- [10] 陈文,陈代文,黄艳群.脂蛋白脂酶(LPL)生理功能及特异表达[J].中国畜牧兽医,2004, 3(4):29-30.
- [11] 谭正怀,莫正纪.脂蛋白脂酶的组织特异性表达及其调节[J].国外医学内分泌学分册,2000, 20(6):320-324.
- [12] 王刚,曾勇庆,武英,等.猪肌肉 LPL 基因表达的发育性变化及其与肌肉脂肪沉积关系的研究[J].畜牧兽医学报,2007,38(3):253-257.
- [13] Vernon R G. Lipid metabolism in adipose tissue of ruminants [M]. // Lipid Metabolism in Ruminant Animals. Christie, W.W. (ed). 1981. Pergamon Press.
- [14] Fredric B, Kraemer, Wen-Jun Shen. Hormone-sensitive lipase: control of intracellular tri-(di-)acylglycerol and cholesteryl ester hydrolysis[J]. J. lipid res.,2002, 43:1 585-1 594.
- [15] Tucker M Z, L. P. Turcotte. Impaired fatty acid oxidation in muscle of aging rats perfused under basal conditions[J]. Am. J. Physiol. Endocrinol. Metab.,2002,282:1 102-1 109.
- [16] 乔永,黄治国,李齐发,等.绵羊肌肉 FAS 基因和 HSL 表达的发育性变化及其对肌肉脂肪含量的影响[J].遗传学报,2007,34(10):909-917. (编辑:张学智, mengzai007@163.com)

瘤胃真菌对纤维降解的研究进展

王雅倩 俞路 闫寒寒

反刍动物消化生理的最大特点是瘤胃微生物能进行复杂的消化代谢。长期以来对瘤胃微生物区系研究主要集中于瘤胃细菌、纤毛虫的数量、分布及其生命活动等方面,对瘤胃真菌研究较少。自 Orpin 发现厌氧真菌与细菌共存于瘤胃后,瘤胃真菌的纤维降解能力逐渐成为研究热点。

1 厌氧真菌的分类

厌氧真菌除广泛存在于反刍动物的消化道内,还存在于单胃草食动物的盲肠中。根据菌根的形成方式、游动孢子的鞭毛数及假根的形态^[1],瘤胃厌氧真菌主要分 6 个属,分别为 *Neocallimastix*、*Piromyces*、*Caecomyces*、*Anaeromyces*、*Orpinomyces* 和 *Cyllamyces*,其中 17 个种被确定。最新理论认为瘤胃中厌氧真菌的生活史分为两个阶段,即具有鞭毛和运动能力的游动孢子阶段和附着在消化碎片上不动的营养体阶段。而在逆境情况下如粪便中厌氧真菌的生活史主要由三个阶段组成,即游动孢子阶段、营养体阶段和耐受性菌根阶段^[2]。在瘤胃中,厌氧真菌对植物组织的降解主要发生在非活动阶段。

2 厌氧真菌对纤维的独立降解作用

2.1 瘤胃真菌对纤维的物理性降解

动物采食高纤维日粮时厌氧真菌数量增多。因此,厌氧真菌对于高纤维低质牧草的消化具有重要作用。作为瘤胃中唯一可以穿透植物角质层的微生物,真菌的穿透生长降低了植物纤维组织的内部张力,使其变得疏松而易被瘤胃微生物降解,便于动物利用。于长青等(2004)研究表明,瘤胃真菌有很强的穿透能力和降解纤维素的能力,能部分降解或削弱更多的抗性组织,穿透牧草角质层屏障,因而可以降解无法被细菌和纤毛虫降解的木质素纤维物质^[3]。Samanta 等(2001)通过对瘤胃中不同的微生物区系对小麦秸降解作用的研究,发现含真菌的实验组乙酸的摩尔比例较高,且无丙酸生成,同样说明了真菌具有较强的降解纤维作用^[4]。由于真菌的穿透作用,使植物碎片的抗张强度降低,从而大大增加了瘤胃细菌在植物上的栖居部位,使瘤胃细菌消化能力得以提高。动物采食含

硫牧草时,其采食量增加的原因部分归功于刺激了真菌的生长,真菌的增多可加强其破坏或弱化纤维降解的解剖学阻力,促使食物颗粒度降低,因为只有较小的饲料颗粒方能进入后段消化道。瘤胃真菌对植物纤维的破坏作用使得家畜的反刍更易于进行,从而加强了饲料颗粒的降解过程。

瘤胃真菌降解纤维时首先分离木质化的纤维组织,从而为细菌利用与木质素结合的纤维物质创造条件。虽然细菌是瘤胃内主要分解纤维的微生物,但真菌却是首先深入植物纤维组织中的微生物,为细菌发酵创造了有利条件^[5]。

2.2 瘤胃真菌对纤维的化学性降解

瘤胃内大部分植物细胞壁降解是由真菌完成的^[6]。与细菌相比,厌氧真菌在降解高纤维植物过程中具有更多优势,如能降解含木质素的植物细胞壁,且常优先栖居到上面,这种在厌氧条件下利用木质素的能力,对瘤胃微生物来说尤为重要。毛胜勇等(2002)研究表明,去掉瘤胃厌氧真菌后,瘤胃内羧甲基纤维素酶活力显著下降,稻草片段消失率也显著降低^[6]。在瘤胃中厌氧真菌能降解和发酵纤维素、木聚糖、葡萄糖等各种结构复杂的底物,产生甲酸、乙酸、乙醇、CO₂和 H₂ 等。这种降解作用主要通过其丰富的假根系统机械侵袭和产生的各种高活性酶化学降解来完成。

瘤胃真菌可分泌多种降解纤维素的酶,主要包括纤维素酶、半纤维素酶、木聚糖酶、半乳糖醛酸酶等 13 种,而在这些酶中,研究最多的是木聚糖酶和纤维素酶^[7]。木聚糖酶主要存在于真菌培养液中,有利于真菌在植物细胞壁上聚集、生长,有利于对半纤维素的消化。其活性受到底物和自身浓度的影响,当其浓度为 2.5 mg/ml 时,酶的活力最高。而当以大麦叶为底物时,酶活性要比其它类型底物高^[7]。木聚糖、纤维素、纤维二糖均可诱导木聚糖酶产生;五碳糖如阿拉伯糖、木糖添加于培养液中则降低木聚糖酶活性。瘤胃真菌分泌的纤维素酶是多组分酶,主要包含外切葡聚糖酶(C₁)、内切葡聚糖酶(C_x)和 β-葡萄糖苷酶 3 种,其最大活性[μmol/(min·ml)]分别为:0.012、0.15、0.01。C₁ 酶的主要作用是分解天然的晶体纤维;C_x 酶是水解酶,作用于可溶性纤维素衍生物;β-葡萄糖苷酶包含 2 个组分,内切 β-1,4 葡萄糖苷酶可以从纤维素内部切开 β-1,4 糖苷键,外切 β-1,4 葡萄糖苷酶则可以从非还原端切下含 1~2 个葡萄糖残基。研究发现,真菌对纤

王雅倩,扬州大学动物科学与技术学院,225009,江苏扬州。

俞路,单位及通讯地址同第一作者。

闫寒寒,山东省胶南市海青动物防疫监督站。

收稿日期:2007-11-26

纤维素水解主要分 2 个阶段进行:准备阶段,在 C_1 酶的作用下破坏纤维素结构;第 2 阶段,在 C_x 酶的作用下,把 β -糖苷比较短的聚酞链水解成可溶性产物^[8]。瘤胃中,单个真菌对纤维素的降解则是通过其分泌的水解酶,由植物组织表面的损伤部位而广泛地深入到植物组织的细胞间隙和细胞壁内,并分解利用其中可溶性碳水化合物和结构性碳水化合物。

此外,瘤胃真菌在木质素/半纤维素降解中之所以起着重要的作用,还因为瘤胃厌氧真菌产生的酯酶能够打开酯链和酯键,使植物细胞壁中的半纤维素从木质素/半纤维素复合物中分离出来,在瘤胃中,瘤胃真菌可优先附着并降解木质化纤维组织,从而有利于其它酶对半纤维素的进一步作用。

3 厌氧真菌与其它瘤胃微生物互作对纤维降解的作用

3.1 厌氧真菌与甲烷菌

由于厌氧真菌产氢较高,可以和甲烷菌形成稳定的共培养体系。两菌种间氢转移影响着瘤胃代谢功能,厌氧真菌和甲烷菌一起协同生长,甲烷菌利用厌氧真菌发酵产物(H_2 、 CO_2 等)生成甲烷。随着甲烷菌利用厌氧真菌发酵产物的增多,厌氧真菌生长速度及纤维降解能力也不断的提高^[9]。Rees 等(1995)发现甲烷菌与厌氧真菌共培养时,可以刺激厌氧真菌的生长,且显著增加胞外酶的活性,提高对纤维素的降解能力,分析原因是由于共培养时抑制了蛋白质的分解作用^[9]。成艳芬等(2006)研究发现,甲烷菌能与厌氧真菌共存于厌氧真菌培养液中并且生长良好,克隆测序结果表明,厌氧真菌培养液中可能存在甲烷菌新种^[11]。

厌氧真菌 *N.frontalis*、*N.patriciarum*、*P.communis* 及 *C.communis* 与甲烷菌共培养均可提高其降解植物细胞壁的能力。厌氧真菌 *N. frontalis* 分别与甲烷菌 *Methanosarcina barkeri* 和反刍兽甲烷短杆菌共培养时均能在一定程度上提高纤维降解能力,而上述 3 种菌共培养对纤维素的降解率则进一步提高,生成的产物几乎全为 CO_2 和甲烷^[12]。研究表明,厌氧真菌与甲烷菌共培养提高植物细胞壁降解的程度取决于共培养中两者菌株种类,如史氏甲烷短杆菌 *Mb. smithii* 分别与厌氧真菌 *N. frontalis* PNK2、*N.frontalis* RK21 及 *P.communis* PK11 共培养,氨化大麦秸降解率分别提高 35%、22%和 14%^[13]。

3.2 厌氧真菌与纤维降解细菌

瘤胃中厌氧真菌与纤维降解细菌相互关系复杂,相关研究结果也不一致。Dehority 等(2000)研究瘤胃内容物中总真菌与细菌时发现,瘤胃细菌向瘤胃中释放可溶性因子抑制厌氧真菌生长及其纤维降解能

力^[14]。将瘤胃纤维降解细菌单独与厌氧真菌共培养证实了这一现象的存在(孙云章等,2006)^[16]。但 Lee 等(2000)则认为瘤胃细菌对真菌降解能力影响不大^[15]。

造成以上研究分歧的原因可能与试验菌种的差异有关。单株菌相关研究表明,瘤胃细菌 *Ruminococcus albus* 和 *Ruminococcus flavefaciens* 能向培养液中释放可溶性因子抑制厌氧真菌降解纤维能力(Ha 等,2001)^[16]。而将 3 种瘤胃厌氧真菌 *Neocallinastix frontalis* MCHS、*Piramyces communis* FL 和 *Caecomycetes communis* FG-10 与 2 种瘤胃纤维降解细菌——黄色瘤胃球菌 007、产琥珀酸丝状杆菌单独接种和真菌与细菌同时接种,发现共同作用的降解效果比单独接种真菌要好;*N. frontalis* 或 *P. communis* 与黄色瘤胃球菌 007 共同接种时比单独接种的效果明显要好;黄色瘤胃球菌 007 对 2 种真菌都有拮抗作用。相反,2 种真菌与产琥珀酸丝状杆菌则无明显的作用。纤维素的降解在 *C. communis* 与黄色瘤胃球菌 007 或产琥珀酸丝状杆菌共同作用下比各自单独作用的效果好(王梦芝等,2007)^[17]。由此可见,不同单菌株间相互作用效果差异较大,因此进一步明确厌氧真菌与细菌间单菌株或少数菌株的相互作用,对于瘤胃纤维降解作用机理至关重要,这也将是日后瘤胃微生物相互影响研究的方向之一。

3.3 厌氧真菌与瘤胃原虫

厌氧真菌与原虫都参与植物纤维降解,且都容易附着于植物片段的损伤部位。原虫是瘤胃微生态系统中一类重要微生物,它由许多种属组成。原虫能够吞噬细菌,进而影响瘤胃中细菌的数量,并且有些原虫能够捕食其它原虫;原虫存在可以增加饲料在瘤胃中的滞留时间,稳定瘤胃生化环境,这两点均有益于厌氧真菌形成。

但厌氧真菌的游动孢子很小,与原虫吞食并降解的一些较大的细菌具有相类似的尺寸,Williams 等(1994)通过对 *Piromyces* 的 ^{14}C 做标记,证实了原虫对真菌孢子的吞食作用^[19]。厌氧真菌与原虫共培养试验也表明,原虫对厌氧真菌具有吞食作用,且内毛目原虫吞食真菌的能力最强。厌氧真菌 *N.frontalis* 与原虫以纤维素为底物,且在甲烷菌存在的共培养实验结果表明,内毛目原虫显著抑制厌氧真菌的生长和纤维素水解能力,全毛目原虫对纤维素水解没有显著影响。Lee 等(2000、2001)的体外试验表明瘤胃原虫与真菌同时培养时,可抑制厌氧真菌的生长及纤维降解能力,但当厌氧真菌培养液已经生长好后再接种原虫,则影响不大。这表明原虫对厌氧真菌的抑制作用可能由于原虫对真菌游动孢子或孢子囊的吞噬造成^[20]。一般认为原虫和真菌之间可能存在负协同效应,但高巍

等(2003)试验表明原虫与真菌之间存在正协同效应^[21]。但这方面的研究较薄弱,报道较少,现有的报道不足以说明厌氧真菌与瘤胃原虫间的相互关系,需要更多的实验结果来证实这一结论。

4 厌氧真菌在饲料工业中的应用前景

由于饲用酶制剂在破坏植物细胞壁,促进壁内养分释放方面的特殊效应^[22],其已广泛地用于提高猪、禽等单胃动物的生产性能,但应用于反刍动物时效果不佳,其原因可能是瘤胃微生物,尤其是真菌分泌的酶比酶制剂效果好^[23]。因此,利用厌氧真菌生产酶制剂极具研发价值。许多常用的酶制剂只能作用于非晶体状的底物,而厌氧真菌产生的酶能降解晶体状的、结构复杂的植物组织,甚至是植物厚壁组织和维管束组织^[24],且某些酶比酶制剂具有更高的活性。最新研究表明,目前酶活最高的超级酶来自瘤胃厌氧真菌。已有学者从瘤胃真菌中分离到超高活性的木聚糖酶,并已通过分子克隆手段使酶活达到目前所有酶活的7倍^[25]。若将现有的厌氧真菌进行类似的筛选和基因克隆,生产出的酶将有更加广阔的应用前景。此外,借助瘤胃微生物间的协同作用提高厌氧真菌的酶产量及活性,也是瘤胃真菌在饲料工业中应用的新研发点。

由于瘤胃厌氧真菌产生一系列降解植物细胞壁的酶,且这些酶有序地相互作用于植物细胞壁,高效降解植物细胞壁的厌氧真菌产生的各种酶对降解植物细胞壁来说无疑是最佳组合,因此,如果把高效菌发酵液通过浓缩处理,把这一套复合酶加到饲料中,其效果必将显著优于常规单一酶制剂或人为组合的复合酶制剂。

参考文献

- [1] 朱伟云.瘤胃微生物[M]//冯仰廉.反刍动物营养学.北京:科学出版社,2004.
- [2] 杨金龙,潘康成,王振华.瘤胃厌氧真菌的研究进展[J].中国饲料,2006(15):8-10.
- [3] 于长青,张日俊.瘤胃真菌的营养功能及其应用[J].中国微生物学杂志,2004,16(2):127-128.
- [4] Samanta A K, Walli T K, Singh K K. Role of different groups of microbes on fiber utilization [J].Indian Journal of Animal Sciences, 2001,71(5):497-498.
- [5] Lee S S, Ha J K, Cheng K J. Relative contributions of bacteria, protozoa, and fungi to in vitro degradation of orchard grass cell walls and their interactions[J].Appl. Environ Microbiol,2000,66:3 807-3 813.
- [6] 毛胜勇,王全军,姚文,等.去除瘤胃厌氧真菌对山羊瘤胃消化代谢的影响[J].南京农业大学学报,2002,25(1):61-64.
- [7] 葛长荣,苏子峰,曹正辉.瘤胃真菌对饲料降解的研究进展[J].饲料工业,2005,26(9):17-19.
- [8] 毛胜勇,朱伟云.反刍动物瘤胃真菌在饲料降解中的作用[J].饲料研究,2000(1):18-21.
- [9] Joblin K N, Matsui H, Naylor G E, et al. Current Microbiology. 2002, 45(1): 46-53.
- [10] Rees E M R, Lloyd D, Williams A G. The effects of co-cultivation with the acetogen *Acetitomaculum ruminis* on the fermentative metabolism of the rumen fungi *Neocallimastix patriciarum* and *Neocallimastix* strain L2[J]. FEMS Microbiol. Lett.,1995,133:175-180.
- [11] 成艳芬,毛胜勇,裴彩霞,等.共存于厌氧真菌分离培养液中瘤胃甲烷菌的检测及其多样性分析[J].微生物学报,2006,46(6):879-883.
- [12] Mountfort D O, Asher R A, Bauchop T. Fermentation of cellulose to methane and carbon dioxide by a rumen anaerobic fungus in a triculture with *Methanobrevibacter* sp. Strain RAI and *Methanosarcina barkeri*. App Environ Microbiol, 1982, 44 (1): 128-134.
- [13] Joblin K N, Campbell G P, Richardson A J, et al. Fermentation of barley straw by anaerobic rumen bacteria and fungi in axenic culture and in coculture with methanogens[J]. Lett Appl Microbiol, 1989(9):195-197.
- [14] Dehority B A, Tirabasso P A. Antibiosis between Ruminant Bacteria and Ruminant Fungi[J]. Applied and Environmental Microbiology, 2000, 66(7):2 921-2 927.
- [15] Lee S S, Ha J K, Cheng K J. Relative Contributions of Bacteria, Protozoa, and Fungi to In Vitro Degradation of Orchard Grass Cell Walls and Their Interactions [J]. Applied and Environmental Microbiology, 2000, 66(9):3 807-3 813.
- [16] Ha J K, Lee S S, Kim S W, et al. Degradation of Rice Straw by Rumen Fungi and Cellulolytic Bacteria through Mono-, Co- or Sequential[J]. Asian-Australasian Journal of Animal Sciences.,2001,14(6):797-802.
- [17] 王梦芝,徐爱秋,李世霞,等.瘤胃微生物对纤维类物质降解的研究[J].饲料工业,2007,28(14):53-57.
- [18] 孙云章,毛胜勇,姚文,等.不同精粗比底物下瘤胃真菌和纤维降解细菌共培养发酵特性及菌群变化[J].微生物学报,2006,46(3):422-426.
- [19] Williams A G, Withers S E, Joblin K N. The effect of cocultivation with hydrogen-consuming bacteria on xylanolysis by *Ruminococcus flavefaciens*[J]. Curr Microbiol, 1994, 29: 133-138.
- [20] Lee S S, Ha J K, Cheng K J, et al. The effects of sequential inoculation of mixed rumen protozoa on the degradation of orchard grass cell walls by anaerobic fungus *Anaeromyces mucronatus* 543[J]. Canadian Journal of Microbiology, 2001, 47(8):754-760.
- [21] 高巍,孟庆翔.瘤胃细菌、原虫和真菌降解植物细胞壁的相对贡献及其互作[J].中国农业大学学报,2003,8(5):98-104.
- [22] 王修启,段红伟,冯定远.饲用酶制剂在家禽生产中的应用[J]. 养禽与禽病防治,2007(7):33-35.
- [23] 王全军,朱伟云.瘤胃微生物及其在饲料工业中的应用前景[J].饲料研究,2000,17(3):64-66.
- [24] 王超,刘国道.瘤胃微生物降解纤维素的研究进展.安徽农业科学,2007,35(13):3 771-3 772.
- [25] 赵健亚,周为琴,郭玉华.反刍动物瘤胃真菌在饲料开发上的应用[J].饲料博览,2004(12):21-23.

(编辑:张学智, mengzai007@163.com)

饲料中不同食盐含量适宜测定方法的研究

张海棠 常芬菊 李岗 郭艳荣 王清喃 肖春阳

摘要 试验选用10种不同食盐含量的饲料,分别用快速法和标准法进行多次重复测定。结果表明,与标准法相比,快速法测得结果普遍较高,当饲料中食盐含量在3%以下时,差异显著($P<0.05$);在3%以上时,差异不显著($P>0.05$)。说明快速法适合于检测食盐含量在3%以上的饲料,食盐含量在3%以下的饲料应用标准法检测。

关键词 饲料;食盐含量;测定;快速法;标准法

中图分类号 S816.17

钠和氯是畜禽不可缺少的常量元素,在调节体液酸碱平衡,维持体液正常渗透压以及神经肌肉的兴奋性方面起重要作用,氯还参与胃酸(HCl)的形成,与胃蛋白酶的活性和营养物质的消化吸收有密切关系。动物钠、氯摄入不足时,常表现为食欲与消化机能减退,生长缓慢,生产性能下降(如产奶量下降、产蛋率下降和蛋重减轻等),饲料利用效率低,并发生啄癖和食毛现象。但摄入过量可导致“食盐”中毒(实为钠中毒),畜禽饮水量和排尿量增加,常出现稀粪,致使畜禽舍内湿度增大,给生产管理带来麻烦。血液中钠离子浓度显著升高时,导致神经应激性增强,动物出现兴奋不安、全身肌肉痉挛等中枢神经兴奋症状。

食盐是最常用、最廉价的供给钠、氯的矿物质原料,畜禽日粮中适宜的食盐含量对保证健康和提高生产性能有重要作用。对于草食家畜,食盐含量一般占日粮风干物质的1%,猪日粮中食盐含量为0.4%~0.5%,鸡日粮中为0.25%~0.37%。在常用饲料原料中,鱼粉食盐含量较高,通常进口鱼粉的食盐含量为3%~4%,国产鱼粉质量标准要求特级品食盐含量 $\leq 2\%$,一级和二级品 $\leq 3\%$,三级品 $\leq 4\%$ (SC/T3501—1996),但有些国产鱼粉食盐含量可达5%~10%,少数劣质鱼粉甚至可高达15%或更多。因此,检测鱼粉中的食盐含量对于保证配合饲料中的适宜含盐量至关重要。

饲料中食盐含量的检测方法主要有快速法和标准法(GB6439—86)两种。标准法是经典的方法,但分析步骤冗长。快速法具有快速测定的特点,因此生产中或实验室分析检验中普遍使用,但是否所有的饲料都适宜用快速法测定其中的食盐含量,是一个值得探

讨的问题。本试验主要通过用两种不同的测定方法,对多种饲料中的食盐含量多次测定,比较其结果,探讨饲料中不同食盐含量的适宜测定方法,为食盐检测提供依据。

1 材料与方法

1.1 饲料原料

1.1.1 配合饲料

雏鸡全价料、鱼全价料、小猪全价料、肉牛精料混合料、蛋鸡浓缩料、生长育肥猪浓缩料、肉牛预混料。

1.1.2 单一饲料

山东鱼粉、秘鲁鱼粉、广东鱼粉。

1.2 试剂

0.02 mol/l 硝酸银标准溶液、0.02 mol/l 硫氰酸铵溶液、60 g/l 硫酸铁溶液、250 g/l 硫酸铁指示剂、5%的铬酸钾溶液。

1.3 检测方法

1.3.1 快速法

快速法是以铬酸钾为指示剂,用硝酸银标准溶液滴定,根据消耗硝酸银的量计算饲料中食盐的含量。

1.3.2 标准法

标准法是在酸性条件下,加入过量硝酸银标准溶液使样品溶液中的氯化物形成氯化银沉淀,除去沉淀后,以硫酸铁为指示剂,用硫氰酸铵溶液回滴过量的硝酸银,根据消耗硫氰酸铵溶液的量,计算饲料中食盐的含量。

1.4 试验方案

用快速法和标准法分别对多个样品进行多次重复测定。

1.5 数据处理

对所有数据用Excel表格处理并进行t显著性检验,试验结果用平均数 \pm 标准差表示。

2 结果与分析

快速法与标准法测得各种饲料中的食盐含量见表1。

张海棠,河南科技学院动物科学学院,副教授,453003,河南新乡五一路。

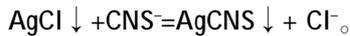
常芬菊、李岗、郭艳荣、王清喃、肖春阳,单位及通讯地址同第一作者。

收稿日期:2007-12-03

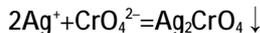
表1 各种饲料及饲料原料中的食盐含量(%)

样品名称	快速法	标准法
雏鸡全价料	0.654 7±0.010 7	0.590 7±0.030 9
鱼全价料	0.764 1±0.013 5	0.711 2±0.028 7
小猪全价料	0.797 7±0.010 9	0.741 2±0.030 4
蛋鸡浓缩料	1.871 4±0.024 8	1.748 3±0.068 3
生长育肥猪浓缩料	2.856 5±0.039 1	2.737 4±0.060 0
肉牛精料混合料	3.282 8±0.022 1	3.220 0±0.028 8
山东鱼粉	3.774 4±0.017 8	3.720 6±0.018 3
秘鲁鱼粉	4.415 2±0.015 5	4.378 6±0.016 9
广东鱼粉	6.587 3±0.014 3	6.537 1±0.016 2
肉牛预混料	11.853 2±0.012 2	11.847 6±0.010 1

由表1可知:①用快速法测得的各种饲料中食盐含量均高于标准法,分析原因是:标准法中用硫氰酸铵滴定样本时,易使氯化银沉淀转化成硫氰酸银沉淀,消耗的硫氰酸铵溶液体积增加,从而造成结果偏低。若滴定速度慢,且剧烈摇动,结果会更低。离子反应式如下:



②用快速法进行样本的多重复测定试验,标准差均低于标准法,说明数据的再现性好,精密度高,分析原因是:标准法操作步骤麻烦,且滴定用样液的量较大,使滴定终点颜色较难判断,多一滴或少一滴颜色变化不明显;而快速法的操作步骤简单,滴定终点颜色容易掌握,多一滴硝酸银就会有明显的砖红色 Ag_2CrO_4 沉淀出现,其反应是:



③与标准法相比,用快速法测得雏鸡全价料、鱼全价料、小猪全价料和蛋鸡浓缩料中食盐含量分别提高 10.83%、7.44%、7.62% 和 7.04%,差异极显著 ($P < 0.01$); 生长育肥猪浓缩料中食盐含量提高 4.35%,差异显著 ($P < 0.05$); 肉牛精料混合料、山东鱼粉、秘鲁鱼粉、广东鱼粉、肉牛预混料中食盐含量分别提高 1.95%、1.45%、0.84%、0.77% 和 0.047%,差异不显著 ($P > 0.05$)。分析表明,随着样本中食盐含量的增加,快速法与标准法测得的结果越来越接近,通过差异显著性分析,饲料中食盐含量在 2.856 5% 以下时,需用标准法进行测定;在 3.282 8% 以上时,可用快速法测定。鉴于两数据不连贯,作者拙见以饲料中食盐的含量 3% 为界限,以便于在生产中应用。

3 建议

3.1 快速法测定食盐含量时,滴定用的滤液中无需加水,铬酸钾指示剂的用量最好根据饲料中的食盐含量酌量加入,以使滴定终点更易判断。

3.2 用标准法测定食盐含量时,在用硫氰酸铵滴定第一个样液时,由于不知硫氰酸铵溶液的消耗量,滴

定速度较慢,摇动时间长,会使结果偏低,在数据处理时应舍去第一个数据。滴定用滤液的取量可由 50 ml 改为 25 ml,这样滴定终点的淡橘红色比较清楚。

3.3 在用两种方法测定食盐含量时,要尽量减少容量误差,制备硝酸银标准溶液和硫氰酸铵溶液的容量瓶、移液管、滴定管应与测定时用的是同一套。同时还要减少人为误差和滴定误差,由专人负责称样、取液、滴定等,尤其是滴定的速度快慢、终点颜色的判断要一致,因为标准溶液的滴定误差为半滴(0.025 ml),当硝酸银物质浓度为 0.1 mol/l 时,用快捷法测得食盐(%)结果误差在 0.15% 左右。

4 小结

从测定结果看,快速法普遍高于标准法,随着饲料样品中食盐含量的升高,两种方法所测得结果越来越接近。快速法适合于测定食盐含量在 3% 以上的饲料样品,如大多数鱼粉、畜禽预混料等;标准法适合于测定食盐含量在 3% 以下的饲料样品,如全价配合饲料、浓缩饲料等。

参考文献

- [1] 于炎湖. 畜禽饲料中应用食盐的技术问题[J]. 中国饲料, 2004(16): 3-7.
- [2] 于炎湖. 畜禽饲料中应用食盐的安全与标准问题[J]. 中国饲料, 2004(9): 2-4.
- [3] 张秀梅, 王彩云. 干酪中食盐含量的快速检测方法[J]. 中国乳业, 2007(8): 48-49.
- [4] 张丽英. 饲料分析及饲料质量检测技术[M]. 北京: 中国农业大学出版社, 2003. (编辑: 张学智, mengzai007@163.com)

·信息采撷·

2007 年越南饲料原料涨价 30%~100%

据越南贸易信息中心网消息, 尽管政府将饲料原料进口税率降低到 0%, 许多进口饲料原料价格仍一个劲的往上涨。与 2006 年相比, 饲料进口价格上涨 30%~60%, 玉米、豆粕、木薯、米糠等原料涨价 30%~80%, 有的甚至涨价 100%。

越南农业部养殖管理局称, 国产饲料供不应求, 精饲料可以满足需求的 80%, 粗饲料和青饲料需求量为 1.1 亿吨, 产量为 6 600 万吨, 每年需要进口玉米 50~70 万吨, 需要进口饲料 40%~50%。由于国际市场价格上涨, 进口豆粕和玉米价格创下新高, 2007 年 12 月, 豆粕涨价 80%, 从 4 200 涨到 7 700 盾/kg; 玉米涨价 23%, 从 3 400 盾/kg 涨到 4 200 盾/kg。造成许多小企业关门停产, 如 2007 年最后 2 个月, 北江省 7 家饲料厂有 5 家关门。

越南养殖饲料协会认为, 水利是制约饲料原料种植的重要因素。玉米地主要靠雨水浇灌, 种植面积少, 产量低。同时, 耕作技术和制种技术也比较落后。该协会希望通过规划饲料原料种植地区, 提高产量来满足饲料生产的需要。

甲醛法测大豆蛋白水解度的改进

徐勤 葛向阳 刘建峰

摘要 建立了一种适于豆粕固态发酵中大豆蛋白水解度测定的新方法。以脱脂豆粕为原料,以产蛋白酶的微生物为生产菌种进行豆粕固态发酵。微生物所产蛋白酶作用于豆粕中的大豆蛋白,将其水解成大豆多肽。通过新建的方法测定不同发酵时间大豆蛋白的水解度,并与文献所报道的常规测定方法进行比较。结果表明,新建的水解度直接测定法快速、简便、灵敏度高、可重复性强,不仅适于微生物固态发酵法蛋白质水解度的测定,还普遍适用于其它蛋白水解度的测定。

关键词 甲醛法;水解度;蛋白水解;微生物发酵

中图分类号 S816.17

大豆多肽即大豆蛋白水解物的总称,是大豆蛋白质经蛋白酶水解而制成的多种低分子肽混合物,通常由3~6个氨基酸组成,其分子量主要分布在1 000 Da左右。因其具有大豆蛋白不可比拟的优越加工特性和特殊的生理活性,而被广泛研究。因此在生产中,反映原料蛋白被水解程度的指标——水解度(DH, Degree of Hydrlysis),其及时测定便成为保证产品质量的关键。

水解度通常的定义为:

$$DH = \left(\frac{\text{被水解的肽键数}}{\text{原料中的总肽键数}} \right) \times 100\%$$

常见的蛋白质水解度的测定方法有甲醛法、茚三酮法、三硝基苯磺酸法(TNBS)、pH-STAT法和三氯乙酸法。在上述几种方法中, TNBS法测定结果相对可靠,但测定用试剂不容易买到; pH-STAT法需要特别的仪器,普通的实验室一般没有这一整套设备;三氯乙酸法操作耗时长,且结果偏高较多。国内通常采用甲醛法和茚三酮法。对于茚三酮法,由于比色测定时读数不稳定,很难读出一个准确的数值,而且它采用单一氨基酸作为标准,而不同的氨基酸对茚三酮的显色度有偏差,因此所得的结果不够准确。甲醛法操作相对简单,但结果偏低。本文介绍一种实用、简便的甲醛变通法。

1 材料

1.1 试验材料

豆粕粉:市购低温脱脂豆粕。

发酵菌种:实验室保藏菌种,此菌能在发酵过程

中产生蛋白酶水解大豆蛋白。

1.2 主要试剂

37%的中性甲醛溶液; NaOH标准溶液 0.1 mol/l; 其它试剂都为分析纯。

1.3 主要仪器设备

BS200 电子天平; 磁力搅拌器; 818型 pH计; KDN—4B 凯氏定氮仪。

2 方法

2.1 水解度测定法的建立

2.1.1 原理

蛋白质或多肽水解时每断裂一个肽键(酰胺键),同时释放出一个游离—NH₂和一个游离—COOH。因水溶液中的蛋白质或多肽为兼性离子,所以不能直接用碱滴定氨基酸的羧基。甲醛可与氨基酸上的—N⁺H₃结合,形成—NH—CH₂OH、—N(CH₂—OH)₂等羟甲基衍生物,使—N⁺H₃上的H⁺游离出来,这样就可以用碱滴定—N⁺H₃放出H⁺,测出氨基氮,从而计算水解度。

2.1.2 过程

2.1.2.1 豆粕完全水解液的制备

称取15 g豆粕放入烧杯中,加入6 mol/l HCl 150 ml,密封后放入110~120℃的烘箱中水解24 h。取出过滤,用蒸馏水定容150 ml,吸取10 ml,再加入20 ml蒸馏水,用40%和2%的NaOH调pH值到8.2。

2.1.2.2 发酵酶解样品水解液的制备

称取2 000 g样品(是固体发酵豆粕),加入60 ml蒸馏水,用2%的NaOH调整pH值到8.2,振荡30 min,5 000 r/min离心5 min,取上清液30 ml。

2.1.2.3 发酵样品水解度的测定

用0.1 mol/l的NaOH溶液滴定水解液到pH=8.2,加入10 ml 37%的甲醛溶液(所用甲醛溶液先用NaOH滴定到pH值8.2),再用0.1 mol/l的NaOH滴

徐勤,湖北轻工职业技术学院轻化系生化工程教研室,430070,武汉市武昌区石牌岭东二路。

葛向阳、刘建峰,单位及通讯地址同第一作者。

收稿日期:2007-01-14

定到pH值 8.2。记录加入甲醛后把溶液滴定到 pH=8.2 所耗碱量。同时用蒸馏水代替样品水解液重复上述步骤,作为空白对照。

2.1.3 计算公式

$$DH = \frac{\frac{\text{样品的耗碱量}}{\text{样品的蛋白含量}} - \frac{\text{原料的耗碱量}}{\text{原料的蛋白含量}}}{\frac{\text{完全水解液的耗碱量}}{\text{完全水解液的蛋白含量}} - \frac{\text{原料的耗碱量}}{\text{原料的蛋白含量}}} \times 100\%$$

注:公式中的样品指发酵酶解样品,其制备方法见 2.1.2.2;原料指发酵前的豆粕原料。

2.1.4 水解度测定方法的验证

根据水解度测定的原理,取 2.1.2.1 中的完全水解液 10 ml,根据本方法测定出每克样品蛋白中的完全水解液的耗碱量(V_1),然后根据下面的公式,计算每克样品中的氮含量或蛋白质含量,并与凯氏定氮法测定的结果相比较,看两者的差别。

$$W = \frac{(V_1 - V_2) \times C \times 0.01401}{m \times \frac{100 - W_{H_2O}}{100}} \times 100\%$$

式中:W——氮含量,%;

V_1 ——测定时消耗氢氧化钠标准滴定溶液的体积,ml;

V_2 ——空白试验消耗氢氧化钠标准滴定溶液的体积,ml;

C——氢氧化钠标准滴定溶液实际浓度,mol/l;

m——试样的质量,g;

W_{H_2O} ——试样中水的含量,%;

0.01401——与 1.00 ml 氢氧化钠标准滴定溶液 [$C_{NaOH}=1.000 \text{ mol/l}$]相当的以克表示的氮的质量。

2.2 蛋白质含量的测定方法

蛋白质含量的测定采用 GB/T5009.5—2003 食品中蛋白质的测定。

3 结果与讨论

3.1 测定方法的稳定性试验

检测三次同批的发酵样品,每次各五个重复,所测得的水解度值见表 1。

表 1 测定方法稳定性试验(%)

项目	五个重复					平均值	相对误差
	1	2	3	4	5		
第一次	12.92	13.02	13.00	13.16	12.94	13.01	0.15
第二次	13.14	13.06	12.85	13.06	13.03	13.03	0.00
第三次	13.01	13.10	13.08	13.02	12.98	13.04	0.08
总平均值						13.03	

由表 1 可知,第一次的相对误差为 0.15%,第二

次为 0.00%,第三次为 0.08%,远远低于 GB/T5009.124—2003 中规定的 12% 的相对误差标准。因此本方法的稳定性非常可靠。

3.2 测定方法的验证性试验

检测三种不同蛋白含量的豆粕样品,比较凯氏定氮值和本方法倒推值之间的差值,具体见表 2。

表 2 测定方法的验证性试验(%)

不同豆粕样品	1	2	3
凯氏定氮值(蛋白含量)	42.31	45.56	47.68
本方法倒推值(蛋白含量)	41.87	45.19	47.12
两者差值	0.44	0.37	0.36

从表 2 可以看出,本方法倒推值比凯氏定氮值偏低,这和甲醛法测定值偏低的文献报道基本一致,但凯氏定氮值和本方法倒推值之间的差值都在 0.50 以下,完全可以满足工业生产测定的准确度要求,因此证明了本方法的正确性和合理性。

4 结论

本方法是豆粕固态发酵中蛋白质水解度的直接测定方法,从原理上符合肽键被水解的规律,计算公式上反映了水解度的定义。本方法和传统的甲醛法相比,测定结果仍然偏低,这是由于甲醛法的固有特性决定的。改进的甲醛法由于改进了样品的处理过程,主要包括 pH 值的调节和稀释倍数的调整确定等,使其对产品的处理过程更符合水解度定义的内涵,从而在后面的滴定中,缩短了滴定的时间,减少了对精密 pH 计电极的损坏。因而能快速检测发酵豆粕的水解度,且操作简单,是一种非常好的,能被迅速推广的可靠的方法。

本方法仅在蛋白原料彻底酸水解一步需 24h,一旦此数据已得,便可用于以此原料为底物的任何产品水解度的测定计算。目前已被推荐到发酵豆粕的生产单位和购买单位,反映良好。

参考文献

- [1] 余勃,陆兆新.微生物发酵法产大豆多肽液水解度的测定[J].食品科学,2005,26(4):104-107.
- [2] 袁斌,吕桂善,刘小玲.蛋白质水解度的简易测定方法[J].广西农业生物科学,2002,21(2):113-115.
- [3] 郭兴凤.蛋白质水解度的测定[J].中国油脂,2000,25(6):176-177.
- [4] 何照范,张迪清.保健食品化学及其检测技术[M].中国轻工业出版社,1998.141-142.
- [5] 赵新淮,冯志彪.大豆蛋白水解物水解度测定的研究[J].东北农业大学学报,1995,26(2):178-181.
- [6] 赵新淮,冯志彪.蛋白质水解物水解度的测定[J].食品科学,1994,15(11):65-67.

(编辑:张学智, mengzai007@163.com)

降低 PSE 猪肉发生的营养调控措施

张云琦 周安国 胡民强

1 概述

猪肉按肉质一般划分为4类:第一类是PSE(pale, soft, exudative)肉,表现为肉色苍白、质地松软、表面有汁液渗出;第二类是RSE(reddish-pink, soft, exudative)肉,其猪肉的肉色正常,但具过多的水分损失,其硬度、渗出性如PSE猪肉;第三类是RFN(reddish-pink, firm, non-exudative)肉,属正常肉品;第四类是DFD(dark, firm, Dry)肉,表现为暗黑、坚硬、干燥。有关此4类肉的区别标准:①PSE: $L^* > 50$,滴水损失 $> 6\%$;②RSE: $L^* \leq 50$,滴水损失 $> 6\%$;③RFN: $L^* \leq 50$,滴水损失 $< 6\%$;④DFD: $L^* \leq 43$,滴水损失 $< 6\%$ 。

2 PSE猪肉发生的成因

通常情况,猪被宰杀、放血后,屠体肌肉pH值从起始活体肌肉的7.4,慢慢下降到宰后约6~8h(即尸僵开始时)的5.6~5.7,及宰后24h的5.3~5.7为止。这种pH值的下降,归因于肌肉内厌氧性的糖酵解而致的乳酸的产生与积累。如果猪在屠宰前经受剧烈应激,肌肉剧烈收缩使ATP分解,由于过快地耗用了ATP导致鲜热胴体“早期尸僵化”。同时肾上腺素的分泌激活了磷酸化酶系统,促使肌肉的糖原酵解过程加速与加强,这导致短时间内大量的乳酸生成及肌肉温度的升高,加上ATP利用多,分解出的磷酸也多,最终致使屠宰后肌肉pH值降低的速率加快。肌肉pH值迅速降低和肌红蛋白质变性使肌纤维急剧收缩,肌内膜断裂而致肌浆游离,进而发生肌球蛋白变性,最终产生了PSE肉。

导致肌肉中蛋白质功能损失被认为是有关PSE肉特征性变化发生的首要原因。Pearson认为,猪肉最终的状况,受到随时间作用的骨骼肌pH值下降、机体温度、胴体冷却速率、尸僵起始时的情况的影响。Van laack等报道,肉的颜色是由于肌肉对光的吸收与反射

而产生的,吸收度主要取决于肌肉中含肌红蛋白的数量。Offer等则认为,PSE猪肉颜色苍白可能与在低pH值情况下肌原纤维的紧密堆积有关。而肌原纤维细丝栅格的破坏及肌浆和细胞间流体分域的最终膨胀,可降低肉品的坚实度。当取肉样用作实验检查时,这种僵硬结合的散失可能允许肌小节伸长,因此PSE肉可能比正常猪肉具有长的肌小节。

3 造成PSE猪肉发生的因素

据估计,大概仅有4%的低质肉品属于遗传因素引起的,其它的影响因素都属于屠宰前和屠宰后处理。

3.1 遗传因素

影响猪肉品质的单个基因可能有很多,但目前只有极少数的基因被确定,即:氟烷基基因和RN基因(酸性基因)。这2个基因都通过影响屠体糖原酵解,然后影响屠宰后猪肉pH值下降的速度与最终下降的程度。含氟烷基基因的猪屠宰后引起猪肉pH值的迅速下降,而猪肉温度仍维持在较高时,pH值的下降导致PSE肉的产生。而RN基因的作用途径是:猪肉pH值的下降速率是正常的,但下降的幅度大,形成pH值低于正常的酸肉。

3.2 猪屠宰前后的应激程度

保证商品猪在宰前充分的休息恢复可减少PSE猪肉的发生。Grandin比较了休息2.5h才宰杀的猪与到达屠宰场15min内宰杀的猪的PSE肉发生率,分别是1.3%和18%。Fortin报道说,屠宰前休息3h可减少27%的PSE肉发生率。而猪屠宰前的应激程度直接影响PSE猪肉的发生率。另外猪屠宰时及屠宰后的应激及操作程序也影响到PSE肉的发生率。

3.3 营养因素对PSE猪肉发生率的影响

尽管目前没有证据显示,某种或几种营养素可以直接影响PSE猪肉的发生率,但相当多的研究却表明,适当的营养调控措施可以降低PSE猪肉的发生率。

4 通过动物营养调控措施降低PSE猪肉发生率

4.1 日粮或饮水中额外补充镁

镁对猪肉品质影响的研究报道相对比较。镁涉及到超过300种用于代谢的必需酶类,包括蛋白和能量代谢;镁是许多代谢和酶作用途径的一种必需辅助

张云琦,佛山科技学院动物科学系,528231,广东佛山。

周安国,四川农业大学动物营养研究所。

胡民强,单位及通讯地址同第一作者。

收稿日期:2007-11-12

因子,可以通过拮抗钙而降低神经肌肉的兴奋性,以及通过运动神经冲动减少乙酰胆碱分泌;镁还可以减少来自神经末端和肾上腺的儿茶酚胺、去甲肾上腺素和肾上腺素释放量。通过减少血浆皮质醇和儿茶酚胺浓度,镁可降低来自屠宰前操作引起的急性应激反应,及在长距离转运后产生明显可见的比较安静的猪,控制细胞内钙离子浓度,及延迟动物死后维持高能磷酸的糖酵解的起始。

4.1.1 日粮中补镁

目前认为日粮中补镁是一种相对廉价的提高肉质的方法,短期补充镁可提高猪肉系水力及肉色、降低 PSE 猪肉发生率,且来自屠宰前补充镁的猪眼肌肉具较高的最终 pH 值。

但 Apple 等采用含氟烷基基因猪(Nn),在育肥后期的 71 d 里,在试验日粮中适量代替玉米添加 2.5% 镁云母石(含镁 8%,基础日粮含镁 1 800 mg/kg,试验日粮含镁 3 800 mg/kg),试验猪经受 3 h 运输应激,其研究结果却认为:日粮中添加镁不改变猪的应激反应;不能提高肉色、持水力、猪肉风味;但可提高转运猪背最长肌的起始及宰后 45 min 时的 pH 值($P=0.07$),这可能有利于屠宰厂降低因经受短时、常规应激源猪的 PSE 肉的发生。Apple 等在氟烷基基因阴性(NN)和 Nn 型猪日粮中添加云母态镁 0%(含镁 0.18%)、1.25%(含镁 0.28%)和 2.5%(含镁 0.38%),实验猪开始的体重是(17.4±3.2) kg,三阶段饲喂,当猪群达平均体重 108.8 kg 时实验结束,结果表明:Nn 型猪的胴体具更高 PSE 特征的肉色评分;无论对 NN 或 Nn 猪,长期在日粮中补充镁对肉质无有益或有害影响。作者认为,即使在该研究中补充镁对猪肉质无明显好的或坏的效果,但结果表明有必要进行一个额外的研究,即在一个相对短期的镁补充(如仅在育肥后期补)是否在提高肉质方面更为有效。而 Otten 等却认为,在日粮中长期补充延胡索酸镁可提高肉质,表现为高的肌肉起始 pH 值和电导率值及苍白色肉的减少。

对于短期补镁,李绍钦等的研究表明:屠宰前 7 d 饲粮添加天冬氨酸镁(1 500~3 500 mg/kg)显著提高了猪的初始 pH 值和最终 pH 值($P<0.05$),对肉色评分改善显著($P<0.05$),显著降低了滴水损失($P<0.05$)。回归分析结果表明:当镁的添加量在 2 500~3 200 mg/kg 时,对 pH 值、滴水损失和肉色的改善作用达到最大。其同时研究比较当猪遭受屠宰前强刺激时,不同镁化合物[天门冬氨酸镁(MgAsp)和硫酸镁($MgSO_4$)]、不同

剂量[Mg 1.6 和 3.2 g/(d·头)]、不同补饲时间(2 d 和 5 d)对猪肉质量产生的影响,结果表明:与不补充镁的组比,饲喂补镁日粮的猪,其屠宰后 24 h 的肌肉乳酸浓度降低、产生的灰白肉更少、减少了肌肉的渗水、降低了胸最长肌(LT)肌肉中 PSE 肉的发生率;而补饲 MgAsp 的猪比补饲 $MgSO_4$ 的猪所产生的灰白色 LT 肉更少。而镁剂量、补饲时间对猪 LT 肉颜色和渗水百分比的影响没有显著差异。故李绍钦等认为,在屠宰前 2 d 用 MgAsp 补镁 1.6 g(即 20 g MgAsp)即可显著地改善猪肉质量,降低 PSE 肉的发生。D'Souza 等对育肥后期猪每头每天饲喂 2.7 kg 基础日粮(约为任食的 95%),实验组是在对照组基础上加喂 40 g 天冬氨酸镁(MgAsp,含 8%的元素镁),持续时间是 5 d,然后将所有猪转运到屠宰场屠宰。对照组与实验组日粮镁含量分别为 1 300 mg/kg 和 2 300 mg/kg。结果表明:饲喂含天冬氨酸镁日粮组的猪,在屠宰时具有低地去甲肾上腺素浓度,在 LT 和股二头肌(BF)中具有低的乳酸含量,天冬氨酸镁提高了猪死后 40 min 和 24 h LT 的 pH 值,降低了肌肉的滴水损失和 L^* 值。饲喂天冬氨酸镁的猪无 PSE 肉发生。该结果表明,日粮中补充天冬氨酸镁可明显提高最终的猪肉质量及减少 PSE 肉发生。Schaefer 等也报道说,短期补充天冬氨酸镁(40 g,屠宰前 5 d)可减少肌肉的滴水损失。

另外,猪的遗传特性也明显决定着镁补充对猪肉品质的影响。Campion 等报道,屠宰前在应激敏感型猪静脉中注入 $MgCl_2$ 可获得高的 pH 值,而在应激抵抗型猪静脉注入 $MgCl_2$ 不影响肌肉 pH 值。同样地, Schmitt 等报道,屠宰前在猪日粮中补充 5 d 的天冬氨酸镁,导致氟烷基阳性猪胴体肌肉肉色和持水力提高,但氟烷基阴性猪则无此效果。Schaefer 等也报道,短期补充天冬氨酸镁对肉质的提高仅限于氟烷基基因杂合子携带者。屠宰前当饲喂含硫酸镁的日粮 3~5 d 时,在含酸性基因(RN 基因)的杂合猪中观察到肌肉滴水损失率降低,但镁对无该基因的同型阴性猪却无可评估的显著效果。Apple 等进行了两个试验。第一个试验:在猪日粮中长期补充镁可提高肉色及减少具 PSE 肉质特性的肉的比率;然而,在第二个试验中,日粮镁对肉质无明显效果。两个试验的日粮是统一的,但猪群是从未知的氟烷基基因型猪群变化到几乎完全是氟烷基基因阴性的猪群。

4.1.2 饮水中补镁

现有的一些报道多指短期日粮补充镁(2~7 d)可

明显提高猪肉品质,而在实际生产中却要进行补镁特殊日粮的配制、生产、转运及分配等,这种方式并不太现实及经济可行。而对屠宰前猪进行饮水补镁却不存在这样的问题。Frederick 等对无氟烷基基因和无酸性基因的阉公猪,在屠宰前 2 d 饮水补充硫酸镁(含镁 0、300、600、900 mg/l),结果表明:随水中镁浓度的提高,猪血浆中镁浓度直线上升($P<0.001$),但背最长肌中的镁浓度不受影响;通过测定硫代巴比妥酸反应物来反映背最长肌的氧化性发现,随饮水中镁浓度的提高,背最长肌的氧化性直线提高($P=0.05$);对无氟烷基基因和无酸性基因的阉公猪,饮水补充硫酸镁来源的镁不能提高其肉质特性。Frederick 等通过对屠宰前猪的饮水中补充 900 mg/l 的七水硫酸镁的研究发现,尽管猪对镁补充的反应是可变的,但认为屠宰前补充 2 d 的镁可能最有效,可降低半膜肌的流体损失。

尽管有些实验报道说,通过饮水补充镁可提高猪肉品质,但补镁效果存在不一致。遗传差异、屠宰前与应激相关的驱赶、转群、圈养恢复时间,都可能是各实验研究结果差异的原因。

综合看来,目前有关镁对肉质影响的结论相当不一致。将来的研究应集中在规范研究条件下进行,这样才有可能获得镁对肉质影响的一些一致性结果。

4.2 日粮中添加高剂量的维生素及微量元素

4.2.1 维生素 E 和硒

Kerth 等研究结果显示:对氟烷阳性(NN)猪来说,育肥后期每千克日粮中至少含 600 IU VE 才能减少 PSE 发生率,但补充 VE 对 Nn 型猪的肉质无明显影响。Vernon 等(1998)还报道,与对照组比,同时补充 VE 400 IU/kg、VC 500 IU/kg 的日粮 2 周,能降低阉公猪 6.6% 的滴水损失[(10.5±0.35)%和(9.8±0.35)%];能使母猪肉色加深;与阉公猪比,补充 VE、同时补充 VE 和 VC 的母猪猪肉烹煮损失都降低 2%。

Torrent 研究报道,给生长猪日粮中添加 0.3 mg/kg 的硒(以酵母硒形式)能减少 PSE 肉的发生,且猪肉味道较好。Munoz 等试验报道,在生长猪日粮中添加 0.1 mg/kg 的硒(以 Se-Plex50 形式),并同时添加一定量的 VE 和 VC,可降低猪背最长肌的滴水损失。

4.2.2 添加高剂量的 VC 和草酸钠

VC 与 VE 在抗应激和提高免疫功能上存在协同作用。VC 除了本身具有免疫功能之外,还使被氧化的 VE 变成还原状态,继续发挥作用。Pion 等在屠宰前 2 d,通过饮水给猪补充 VC(500 mg/l 或 1 000 mg/l)的

研究,得出结论,在养猪场通过饮水补充 VC 不能改善猪肉品质。而据假定,草酸盐影响猪肉品质,是通过其抑制猪宰后肌肉的糖酵解作用和乳酸产生量,但 Mourot 等认为不能提高猪肉品质的原因,可能是与屠宰时猪血浆和组织 VC 或草酸盐浓度未受饮水补充 VC 的影响有关。推测可能是屠宰选择时间有关,故在屠宰场补充 VC 可能会对肉质有正面效果。但 Young 等研究发现,在肉鸡日粮中联合补充 VC 1 000 mg/kg 和 VE 200 mg/kg,并不能改善宰后肌肉 pH 值和系水力。

4.2.3 添加高剂量的 VD₃

Wilborn 等采用杜洛克×约克夏肥育猪,在屠宰前 44 d 或 51 d 的日粮中添加 VD₃0(对照)、40 000(40)、80 000(80) IU/kg。结果为:饲喂最高水平 VD₃ 组的猪,其具最低的 ADG 趋势($P=0.08$);饲喂 80-日粮组猪的背最长肌 pH 值(死后 0.5、1、2、3、4、24 h)显著高于对照组($P<0.05$);饲喂 40-或 80-日粮组猪死后 24 h 背最长肌肉色也明显深于对照组(较低的 L* 值; $P<0.05$);饲喂 80-日粮组猪,其背最长肌的主观肉色具较高的评分($P<0.01$),肉的坚实度、湿润度具较低的评分($P<0.05$);与对照组比,在饲喂 80-日粮 2、4、6 周后,80-日粮组猪血浆 VD₃ 和钙含量都明显升高($P<0.05$);随日粮 VD₃ 水平增加,背最长肌中 VD₃ 和 25-羟 VD₃ 含量增加($P=0.001$);但肌肉中钙含量和肌肉纤维类型、肌肉系水力不受日粮影响。总的说来,饲喂超营养水平的 VD₃ 至少 44 d,可提高猪肉肉色和 pH 值,但日粮中添加 80 000 IU/kg VD₃ 可能会抑制猪生长。Wiegand 等的研究也表明,对育肥猪饲喂 500 000 IU/d VD₃,可明显提高猪眼肌肉切块贮存 14 d 后的 Hunter 肉色值($P<0.02$),但对其它肉质指标包括嫩度指标无明显影响。Enright 等和 Wiegand 等研究发现,屠宰前 7 d 或 10 d 饲喂中到高水平的 VD₃,可提高主观肉色评分和肉的坚实度评分,同时降低 L* 值。

有关高水平 VD₃ 提高猪肉质量的机制,有两种看法。第一种看法是 Calcineurin 路径优先对钙的持续的、低范围的升高作出反应,其也能提高小鼠中与慢收缩氧化肌纤维相关基因的表达。而提高慢速肌纤维的数量将转化肌肉代谢为更加氧化性的代谢。通过增加氧化性代谢,降低糖原酵解代谢,则 pH 值下降的速率和程度都降低,从而可提高猪肉肉色和系水力。第二种看法认为,通过 VD₃ 的添加,使肌肉中钙含量增加,可提高钙激活中性蛋白酶活性,而该酶是细胞内蛋白酶,

与死后肉的嫩度有关。对肉牛饲喂极高水平 VD_3 可导致血浆和肌肉中钙含量升高,牛肉嫩度增加。

但总结以上研究可以看出,饲喂高水平 VD_3 来改变猪肉肉质特性的机制,即改变动物肌纤维类型和通过增加肌肉中钙含量来提高肉的嫩度,还需要更多的证据支持。

4.2.4 增加烟酸添加量

有关烟酸在育肥期猪的最佳添加量目前尚有争论。NRC(1998)建议,在BW到达50 kg以前,生长和育肥期猪需要每千克日粮含烟酸10 mg,之后仅需要含7 mg。而按照一些研究得出的需要量估计(BASF, 1997),在育肥期日粮中烟酸平均加入量应达到23 mg/kg。烟酸的上限加入量是35 mg/kg,下限加入量是13 mg/kg。烟酸需要量受几种因素的影响,包括日粮中维生素的含量及可利用性和日粮中代谢前体物的水平。有关烟酸对猪肉质的影响研究非常有限。Real等研究在生长-肥育猪日粮中添加13、28、55、110、550 mg/kg的烟酸对猪肉品质的影响,结果发现:饲喂添加烟酸的猪背最长肌(LM)24 h pH值趋于提高($P<0.06$);在生产实践中,增加烟酸提高了主观肉色评分及最终pH值(线性, $P<0.01$);增加烟酸也降低了(线性, $P<0.04$)胴体收缩、 L^* 值和滴水损失率。本研究表明,提高日粮烟酸含量可改善猪肉品质,但具体机制不明。

4.2.5 锰

Apple等的研究认为,在猪生长-育肥阶段日粮中添加320~350 mg/kg的氨基酸态的锰,可提高肉质,尤其是改善鲜肉的肉色和死后2 d的烹煮损失,而不影响猪的生产性能及胴体组成。

4.3 添加肌酸

肌酸是一种AA衍生物,主要产生于骨骼肌。肌酸一水合物(甲基胍基乙酸,CMH)是一个三肽,其在肌肉中作为“能量贮存物质”。肌酸起维持细胞ATP动态平衡的作用。Casey等报道,近65%的肌酸以磷酸肌酸形式贮存在肌肉中。提高肌肉中磷酸肌酸的含量,如通过CMH的补充,将产生一种流体进入细胞内的渗透压,从而提高细胞容积和总的机体水含量,最终提高肌肉体积。通过补充CMH来提高机体水含量和致使流体进入细胞内空间的机制尚不清楚,然而这可能是加强鲜肉嫩度和减少失水率的一种重要机制。

Harris等首次报道说,每次摄入5 g CMH,每天4~6次,持续2 d或更多天可致人骨骼肌总的肌酸

含量的明显提高。食物中补充CMH 20 g/d,持续5 d,可提高肌肉肌酸含量20%。提高肌肉肌酸含量,则可提高肌肉力量和在高强度运动后加快恢复时间,并且可在不到1周时间内明显提高机体瘦肉量。研究认为,肌酸加强肌肉生长和蛋白质合成的两种可能机制是:①肌酸含量的增加可提高肌肉的力量,归结于磷酸肌酸作为能量贮存的数量增加,从而延迟了肌肉疲劳的起始时间;②提高肌肉磷酸肌酸含量,将吸引水进入肌肉细胞和提高细胞容积。Haussinger和Vom Dahl、Haussinger发现,肌肉细胞“超水化”可激发蛋白合成,减少蛋白降解,及提高糖原合成。Prevost等指出,CMH可以缓冲乳酸的产生。

Casey和Greenhaff认为,在高强度训练的起始几秒内,磷酸肌酸(CP)的利用是极端地加快。这与Klont和Lambooy的发现是一致的,他们报道,CP在死后猪肉中的代谢是快速的。而且,猪在死后25 min具高水平的CP,则在半膜肌和眼肌肉中拥有高的死后45 min pH值(pH1)。在Berg等的研究中,补充CMH后,在半膜肌可观察到一个线性提高死后45 min pH值(pH1)的趋势($P=0.083$)及明显提高最终pH值(pH2)。这个结果与Maddock等相似,其报道说,每天补充CMH(25 g/头,持续5 d)的猪,相比于对照猪来说,明显提高了半膜肌pH1值($P=0.039$),数量上提高了pH2值($P=0.11$)。

Casey和Greenhaff认为,补充CMH对人类运动的益处可能是具肌肉纤维特性的。先前的研究表明:来自氟烷阴性猪的眼肌含(78±7.0)%的IIB型肌肉纤维和半膜肌含(80.1±9.3)%的IIB型肌肉纤维(一种快速、低氧化能力、高糖原酵解性的纤维)。Berg等发现,5 d的CMH补充导致猪眼肌肉明显低的乳酸含量($P=0.023$)和总的糖原酵解潜力($P=0.021$)。

Berg等同时也发现,来自补充CMH(每天25 g/头)5 d的猪眼肌肉和半膜肌,其数值上高比例的肌间脂肪化学测定值,说明优化的肌内磷酸肌酸饱和度可允许更多的能量贮存在肌间脂肪中。Stahl等通过对屠宰前5、10、15 d给肥育期阉公猪每天补饲CMH 20 g/头的实验研究表明:屠宰前5 d补充CMH可提高几个猪肉品质特性,如宰后7 d眼肌具最低的Hunter L^* 值和具高肌间脂肪百分率值的趋势。但补充CMH时间为10 d或15 d时,却似乎降低了鲜肉质量,表现为随补充CMH时间的延长,背最长肌Hunter L^* 值提高、肉块失水率的提高以及肉块在宰后7 d时的Warner/

Bratzler 剪切力值线性提高($P=0.024$)等。但 O'Quinn 等^[20]的研究发现,短期、大剂量(每头 10、25 g/d)补充肌酸一水合物,不能对育肥猪的生产性能、胴体特性及肉质产生明显影响。

4.4 添加 CLA

Wiegand 等研究了在日粮中添加 0.75% CLA 对生长-育肥阉公猪(其应激基因型为阴性、载体、阳性三种)肉质的影响,结果发现:CLA 的补充明显提高了猪背最长肌的大理石条纹和坚实度;但 CLA 补充也引起了猪死后早期 pH 值的下降,其导致眼肌肉切块有较高的 Hunter L* 值;而 CLA 与猪基因型对猪肉质的影响不存在互作效应。

Corino 等在起始平均体重为 97 kg 的猪日粮中添加 0、0.25%、0.5%的 CLA 制品(含 65%CLA),猪体重达 172 kg 时停止实验。结果表明:CLA 虽可通过改变脂肪代谢而影响猪胴体特性,但其对鲜猪肉肉质无可评估的影响。作者认为,有关 CLA 对体重大的猪的最合适剂量及最适宜的补充时间长短有待进一步研究。

4.5 添加色氨酸

超量的色氨酸可作为治疗用的补充物,因为改变脑中色氨酸水平可影响 5-羟色胺的合成,而其是中枢神经系统(CNS)的一个抑制性神经递质。色氨酸是 5-羟色胺首要的前体物。5-羟色胺具镇静镇痛效应,如抑制睡眠-清醒机制、温度调节、对痛的敏感性和争斗行为。因为 5-羟色胺不能通过血脑屏障,其在 CNS 的效应依赖于色氨酸通过屏障的转移。一旦色氨酸进入 CNS,其很容易转变成 5-羟色胺。色氨酸羟化酶与它的底物仅为半饱和,因此增加色氨酸的可利用性几乎可使 5-羟色胺的合成速率加倍。在家畜中色氨酸的治疗作用包括:降低采食量、改善争斗行为、抑制一些不正常的兴奋及降低对应激的反应。

Li 等对生长-育肥猪日粮中添加色氨酸进行了研究,其所采用的色氨酸水平为:对照组含 0.11%,2 倍水平的试验组含 0.23%,4 倍组的含 0.43%。补充期 3 d 或 7 d。实验结果表明:高水平的色氨酸水平可避免一些应激性情况,如明显降低混群猪的争斗持续时间($P=0.03$),但对强加于动物的应激源的反应无效果,高水平的色氨酸对背最长肌的肉色、pH 值、滴水损失无影响。

4.6 添加甜菜碱

Matthews 等研究发现,育肥猪饲喂 0.250%的甜菜碱可提高猪肉的起始 pH 值($P<0.01$)和降低鲜肉块

的滴水损失($P<0.10$)。在充分的圈养空间中,猪饲喂甜菜碱降低了烹煮损失和总损失(冻肉块),但在不充分的圈养空间则提高了烹煮损失和总损失(冻肉块)(甜菜碱 \times 猪圈养空间, $P<0.01$)。因此,该作者认为育肥猪饲喂 0.250%的甜菜碱可提高猪肉品质。Matthews 等研究在猪生长-肥育期日粮中添加 0、0.125%、0.250%、0.500%甜菜碱对猪肉质的影响,结果发现:日粮中添加 0.250%的甜菜碱可提高猪的瘦肉率和胴体品质;饲喂甜菜碱可提高 24 h pH 值,降低烹煮损失($P<0.05$);猪饲喂 0.250%的甜菜碱具最低的 CIE L* 值;但饲喂甜菜碱对肉质的其它性状如主观肉色、肉的坚实度-湿润度(firmness-wetness)、大理石纹、系水力等无明显影响。Matthews 等报道说,饲喂 0.125%的甜菜碱降低了猪眼肌肉的主观肉色评分,但对主观大理石纹和肉的坚实度-湿润度无明显影响。Overland 等认为饲喂 1.0%的甜菜碱对猪肉的感官质量无明显影响。

4.7 控制日粮中 CH₂O 的含量

Spencer 等报道说,在一个热的环境温度(27~35℃)下,高脂日粮(添加 8%的脂肪)可通过降低肌肉糖原酵解潜力提高猪肉肉色及提升肌肉 pH 值。Rosen-vold 等研究表明,屠宰前 3 周,通过饲喂含低可消化碳水化合物和高蛋白和(或)脂肪的日粮,在不影响生长速率情况下,可降低屠宰猪肌肉中糖原贮存量(由 26%降低到 11%),并可明显降低 L* 值。但降低的糖原贮存并不能提升肌肉的最终 pH 值。相反,因为 μ -钙激活中性蛋白酶活性的降低和钙激活中性蛋白酶抑制因子(Calpastatin)活性的提高,降低了屠宰时的蛋白周转,导致肌肉高的 Warner-Bratzler 剪切力值。Bee 等的研究也表明:当肌肉糖原的基本含量低时,日粮的效果比较大;然而,在休止期肌肉糖原浓度的全部降低也不足以明显影响猪肉的肉质特性。

综上所述,在加强猪的遗传选育工作及充分考虑屠宰前后的应激对猪肉品质影响的同时,应加强考虑营养的作用。但如何有效地通过营养调控措施来防止 PSE 猪肉的产生及阐明相应的机理还需要深入与大量的研究。

(参考文献 87 篇,刊略,需者可函索)

(编辑:刘敏跃,lm-y@tom.com)

猪用饲料原料有效磷评定方法的研究

罗 赞 贺建华

磷由于其独具的消化-吸收-代谢过程以及它在动物营养中不可取代性及其在配合饲料中的重要作用,促使人们 100 多年来对它的研究从未间断(霍启光,2002)。传统的有关猪用饲料原料中磷的生物学效价概念一直都假定植物性饲料中有 1/3 的磷对单胃动物具有生物学效价。因为植物性饲料中有 1/3 的磷以非植酸磷形式存在,而其余 2/3 是以植酸磷形式存在。由于单胃动物消化道缺乏植酸酶,通常假定植酸磷完全不能被单胃动物利用;反之,非植酸磷则完全能被利用。越来越多的数据表明,猪用饲料原料磷的生物学效价变异很大。随着动物营养研究的不断深入和基础数据的不断积累,研究人员逐渐发现,植物性饲料有效磷含量与饲料总磷、非植酸磷、植酸磷含量和植酸酶活性之间存在密切的相关关系(Rodehutsord 等,1996;Jongbloed,1987)。以有效磷来确定饲料中磷的含量和动物磷的需要量,是研究发展的必然趋势。快速、准确预测模型的建立有助于有效磷指标在生产实际中的大量应用,而模型的准确性依赖于饲料原料中有效磷的准确测定。目前有效磷的评定方法主要是采用斜率比法,通过测定被考查磷源相对于标准磷酸盐差异而确定其相对生物学效价;或者通过平衡试验,直接测定磷的消化率(Jongbloed 和 Kemme,1990)。方法虽然很多,但都存在着各自的局限性,其中以梯度回归法的应用最为广泛,特别是二元梯度回归法以其特有的优势成为了目前最具应用潜力的评定方法,但其应用条件和准确性仍需进一步研究和验证。此外,饲料有效磷的体外评定方法正日趋成熟,体外透析法中的胃蛋白酶+小肠液法表现出较好的可操作性。本文就猪用饲料原料有效磷评定方法的研究综述如下。

1 猪用饲料原料有效磷体内评定方法及存在问题

目前,猪用饲料原料磷的真消化率体内评定方法有很多,基本可以分为以下几种。

1.1 同位素稀释技术

罗赞,湖南农业大学动物科技学院,410128,湖南长沙芙蓉区湖南农业大学 1879 信箱。

贺建华(通讯作者),单位及通讯地址同第一作者。

收稿日期:2007-12-10

该方法的原理是,标记的同位素 ^{32}P 经连续灌注,在体内达到稳衡状态时,标记有 ^{32}P 的物质在体内各部分与未标记的该物质之比恒定,根据此关系,就可从标记物和可测得的组分的量之比推算出不可测组分的量。

Whittemore 和 Thompson(1969)首次用 ^{32}P 同位素稀释技术测定了猪内源磷和饲料有效磷的含量。但是同位素稀释技术由于示踪同位素在消化道内循环速度快,这样势必造成高估内源磷排泄量,另外此法受到多种条件限制,如需要放射性同位素实验室、训练有素的专门人员、放射性示踪物处理难度大,成本高且存在安全性的问题,因此,至今难以广泛应用。

1.2 差量法

该方法是在 Ammerman(1957)测定肉羊磷真消化率的方法上提出来的,基本方法是给动物饲喂两组不同磷水平日粮,前后两次摄入量之差减去前后两次粪磷之差,再除以前后两次磷摄入量之差,就为磷的真消化率。

差量法的前提是前后两次喂给动物的磷源的消化率是相等的,或组成磷源的模式相同;同时内源磷的排泄不受前后两次摄入磷差异的影响。理论上将内源磷排泄量分为最小内源排泄量和可变内源排泄量两个部分。后者受饲养水平和日粮中 Ca、P 水平等因素的影响,而前者相对稳定(Ammerman 等,1995)。但“最小”和“可变”两个部分并没有本质区别,从量上的区分是可以通过对试验条件如日粮 P 水平、Ca/P 等因素的控制实现的。前人的研究结果也证明了这一点。Vemmer 和 Oslage(1973)采用低磷日粮(TP,0.29%)进行试验,发现内源磷排泄量为粪磷的 10%左右。Del-laertetal(1990)试验表明,日粮总磷含量在 3~6 g/kg 之间,内源磷排泄量变化不大,且不受日粮无机磷来源的影响。Fan 等(2001)在对其试验结果的进一步分析中发现,当内源磷排泄量用 g/kgDMI 表示时,在 0.11%~0.32%磷水平范围,内源磷的排泄量为 0.23~0.32 g/kg DMI,理论上,在一个很窄的 P 水平区间变化,饲料磷的真消化率是恒定的。方热军(2003)采用差量法,分别以豆粕、次粉为唯一磷源,设计了 TP 水平为 0.15%、0.20%、0.30%、0.35%梯度日粮,按 4×4 拉丁方试验,测定了 20 kg 生长猪内源磷排泄量以及豆粕、次粉磷的

真消化率。结果表明,当用 g/kgDMI 表示时,在 0.15%~0.35%磷水平范围,动物具有稳定的内源磷排泄量,粪磷的排泄量与日粮磷摄入量之间存在明显的线性关系($P<0.05$)。生长猪内源磷排泄量为 0.65~0.68 g/kg DMI,次粉磷的真消化率显著高于豆粕($P<0.01$),分别为 63.7%和 52.1%。因此,从差量法计算的真消化率的变化也可以反映不同磷水平下内源磷排泄增量相对于磷采食增量变化的程度,从而判断内源磷排泄量的稳定性。从差量法和 REG 法的基本假设看,二者并没有本质的区别,因此,通过对二者测定结果的比较,也可以相互印证结果的准确性。

差量法存在以下缺点:两种不同磷水平日粮,磷含量都较少时,其差值就更小,因此很容易引入误差,并且相除以后会导致误差的扩大。

1.3 梯度回归法

受梯度回归法(Regression analysis technique, REG)评定内源氨基酸方法的启示,Fan (2001) 和 Shen 等(2002)采用梯度回归法测定了内源磷排泄量。其基本假设是:消化道食糜或排泄物中磷的总流量与其摄入量之间呈线性关系,并假设日粮磷水平在一定范围内,其内源磷的排泄量不随磷摄入的变化而变化,此时外推至摄入量为零时磷的排泄量即为内源磷排泄量。梯度回归法能否用来准确评定猪内源磷排泄量及饲料磷的真消化率,关键要看其假设是否成立。

Jongbloed 等(1992)、Dellaert 等(1990)、苏琪和余顺祥(1984)的研究表明,在低于和接近实际需要量时,最小内源磷排泄量小且相对稳定,可变内源排泄量部分可以趋向于零。因此,在内源磷排泄量测定时,设计适当的日粮钙、磷水平是关键。Rodehutsord 等(1996)研究表明,在饲喂低磷日粮时,磷的摄入量与排泄量之间存在显著的线性相关关系。Fan 等(2001)提出并采用梯度回归法研究了断奶仔猪(5~20 kg)内源磷的排泄,试验用豆粕作为唯一磷源,设计了 0.11%、0.21%、0.32%和 0.43% 4 个磷梯度的日粮,结果表明,当粪磷的排泄量用“g/kgDMI”表示时,磷的排泄量与摄入量之间存在显著的线性关系($r=0.87$, $P<0.05$);由此测得仔猪回肠末端内源磷排泄量为 0.86 g/kgDMI,显著($P<0.05$)高于全消化道内源磷排泄量(0.31 g/kgDMI);但豆粕磷的回肠末端真消化率与全消化道真消化率之间差异不显著($P>0.05$),分别为 50.7%和 48.5%。Shen 等(2002)采用梯度回归法,以玉米作为日粮的唯一磷源,分别设 0.067%、0.146%、0.220%和 0.283% 4 个磷梯度水平,研究了 25 kg 生长猪内源磷排泄量和玉米磷

的真消化率,结果表明,磷的排泄量与摄入量之间存在显著的线性关系($r=0.78$, $P<0.05$);生长猪回肠末端内源磷排泄量为 0.693 g/kg,全消化道内源磷排泄量为 0.67 g/kgDMI,二者差异不显著($P>0.05$);玉米磷的回肠末端真消化率与全消化道真消化率之间差异也不显著($P>0.05$),分别为 54.0%和 59.8%。方热军等(2003)采用梯度回归法,以豆粕和次粉作为日粮磷唯一来源,分别设计了 4 组总磷水平为 0.15%、0.20%、0.30%、0.35%的梯度日粮,测定了 20 kg 生长猪全消化道内源磷排泄量和豆粕、次粉磷的全消化道真消化率。结果表明,在 0.15%~0.35%总磷水平范围内,磷的排泄量与摄入量之间存在显著的线性关系,动物具有稳定的内源磷排泄量;不同饲料条件下梯度回归法测定的内源磷排泄量无显著差异($P>0.05$),生长猪内源磷排泄量为 0.65~0.68 g/kgDMI;次粉磷的真消化率显著高于豆粕($P<0.01$),分别为 63.7%和 52.1%。左建军(2005)采用梯度回归法,以待测原料和豆粕为磷唯一来源,分别设 6 个总磷水平,大麦-豆粕“模型”日粮为:0.09%、0.17%、0.26%、0.34%、0.43%、0.53%;高粱-豆粕“模型”日粮为 0.08%、0.15%、0.23%、0.30%、0.38%、0.53%;花生粕-豆粕“模型”日粮为 0.09%、0.17%、0.26%、0.35%、0.43%、0.53%;菜粕-豆粕“模型”日粮为 0.11%、0.22%、0.33%、0.44%、0.55%、0.53%。其梯度范围分别为 0.95~5.85(大麦-豆粕“模型”日粮消化试验)、1.08~5.85(高粱-豆粕“模型”日粮消化试验)、1.12~5.85(花生粕-豆粕“模型”日粮消化试验)和 1.62~5.85 g/kgDMI(菜粕-豆粕“模型”日粮消化试验)。结果表明以大麦-豆粕为“模型”试验日粮测得生长猪内源磷排泄量为 0.95 g/kgDMI,豆粕磷的真消化率为 52.31%;以高粱-豆粕为“模型”试验日粮测得生长猪内源磷排泄量为 0.29 g/kgDMI,高粱和豆粕磷的真消化率分别为 56.05%和 39.41%;以花生粕-豆粕为“模型”日粮测得生长猪内源磷排泄量为 0.53 g/kgDMI,花生粕和豆粕磷的真消化率分别为 28.00%和 38.87%;以菜粕-豆粕为“模型”日粮测得生长猪内源磷排泄量为 0.21 g/kgDMI,菜粕和豆粕磷的真消化率分别为 10.21%和 32.94%。其中,内源磷排泄量因为试验日粮“模型”不同,结果存在差异,但豆粕磷真消化率与前面几位所取得的试验结果很好的吻合。由于梯度回归法是在相对正常的饲养条件下测定的结果,它既克服了无磷日粮法的非正常生理条件下动物的不适应性,又避免了同位素稀释技术所存在的安全隐患,是目前相对可靠的一种测定方法。但与梯度回归法测定氨基

酸内源排泄量和真消化率类似,这种方法至少存在以下两个方面不足:①假定内源磷排泄量是恒值,不受日粮钙、磷等因素的影响,显然与事实不符;②日粮磷摄入量与粪磷排泄量之间有时不呈线性关系,因此无法按这种方法求得内源磷的排泄量。针对这些缺点,可通过严格的试验条件控制来达到相对可靠的试验结果。现在常用的梯度回归法可以分为一元梯度回归法和二元梯度回归法,下面分别说明。

1.3.1 一元梯度回归法

此方法是近年来 Fan 等(2001)借鉴测定内源氨基酸方法提出的。该方法的基本前提假设是:日粮磷水平在一定范围内,其内源磷排泄量和真消化率不随磷摄入量的变化而变化;日粮表观可消化磷的量(g/kg DMI)与其摄入量之间呈线性关系,此时外推至摄入量为零时,日粮表观可消化磷的量(即回归截距)即为内源磷排泄量,再根据公式计算磷的真消化率。先后又有 Shen(2002)、Ajakaiy(2003)、方热军(2003)、张艳玲(2004)用一元线性梯度回归法,分别估测了不同生长阶段猪对多种植物饲料磷的真消化率和内源排泄量,并都取得了较满意的结果。但前人的研究主要是对单一植物饲料豆粕、玉米等组成的半纯合日粮作一元线性回归,而对于菜粕、花生粕等饲料,由于抗营养因子含量较多、适口性差,如采用一元回归法,会引起动物采食量和生产性能下降、消化机能紊乱等有害作用,这样会严重影响回归法估测的真消化率的可靠性。其估测日粮内源磷和饲料磷真消化率一元回归公式如下:

$$NA_i = ND_i \times DA_i$$

$$NA_i = -NE + [(DT_i/100) \times ND_i]$$

式中:NE——粪中所含的内源 P 排泄量(g/kgDMI);

NA_i——第 i 组日粮表观可消化 P 含量(g/kgDMI);

ND_i——第 i 组日粮 P 的含量(g/kgDM);

DA_i——第 i 组日粮总 P 表观消化率(%);

DT_i——第 i 组日粮中基础饲料、待测饲料 P 真消化率(%);

ND_i——第 i 组日粮中基础饲料、待测饲料 P 的含量(g/kgDMI)。

1.3.2 二元梯度回归法

此方法是在一元回归法的基础上建立起来的,它的基本假设同一元回归法,但是需要在简单线性回归的基础上增加一个假设,即日粮中待测原料和基础原料消化率之间存在可加性。二元回归法既可克服一元回归法的局限性,又可同时测定两种饲料磷的真消化

率。巫径(2004)、祝晓燕(2004)首次尝试性的以豆粕为基础日粮,分别以用菜籽粕、棉籽粕等比例替代豆粕,用二元线性回归法来预测菜籽粕、棉籽粕磷的内源排泄量和真消化率。结果表明:混合日粮的表观可消化磷量(g/kgDMI)与摄入磷的量(g/kgDMI)之间存在显著的线性关系,采用二元线性回归法测定混合日粮中菜粕和豆粕、棉籽粕和豆粕磷真消化率的基本假设成立。此后,左建军(2007)选用非常规饲料原料——花生粕结合豆粕配制试验日粮,通过二元梯度回归法测定生长猪内源磷及钙排泄量以及花生粕磷的真消化率。结果表明:在接近磷需要量水平范围内,粪磷的排泄量(以 g/kgDMI 为计量单位)与磷的摄入量之间存在显著的线性关系,内源磷排泄量基本稳定,基础原料和待测原料之间具有可加性。因此,二元线性回归法可以有效测定生长猪内源磷排泄量和饲料磷真消化率。估测日粮内源磷和饲料磷真消化率二元回归公式如下:

$$NA_i = ND_i \times DA_i$$

$$NA_i = -NE + [(DT_1/100) \times N_1D_i] + [(DT_2/100) \times N_2D_i]$$

式中:NE——粪中所含的内源 P 排泄量(g/kgDMI);

NA_i——第 i 组日粮表观可消化 P 含量(g/kgDMI);

ND_i——第 i 组日粮 P 的含量(g/kgDM);

DA_i——第 i 组日粮总 P 表观消化率(%);

DT₁、DT₂——第 i 组日粮中基础饲料、待测饲料 P 真消化率(%);

N₁D_i、N₂D_i——第 i 组日粮中基础饲料、待测饲料 P 的含量(g/kgDMI)。

2 猪用饲料原料有效磷体外评定方法及存在问题

体外法不需要试验动物的参与。自从 Sheffer 等(1956)首次采用胃蛋白酶进行体外评定饲料蛋白质消化率作为饲料体外消化技术的开端,到现在已经有 50 多年的历史了。体外法主要包括溶解度法和体外模拟法。溶解度法是根据被测物质的理化特性,考察其溶解度与动物试验结果的关系,主要用于无机盐的效价评定。体外模拟法是利用实验室方法模拟动物体内消化环境将样品消化,然后计算样品内所测营养物质消化率的方法,其中以体外透析袋法最为成熟。比较而言,体外模拟法是人工模拟体内消化条件,具有更好的理论基础和实际效果。特别是透析袋法在模拟体内消化过程的同时,还模拟了体内吸收过程,具有更好的可操作性、可重复性和精确性(Galibois 等,1989; Drake 等,1991;黄瑞林,1999)。此外,体外模拟法中的

外翻肠囊法以其操作简单、快速,能详细地观察到元素进出肠段的变化优势,也越来越受到重视。

2.1 体外法在应用中需要注意的事项

席鹏彬(2002)总结出体外法在应用中需要注意以下几点:①体外消化测定方法中所采用的酶制剂种类及组合方式应尽可能与体内消化反应保持一致,以便更准确地模拟体内消化过程。②酶与底物的浓度比、酶的特异性以及酶的活性也应该与体内保持一致。③培养温度和 pH 值需要调整到与体内一致的水平。④酶的浓度以及孵育时间应随所模拟体内条件进行调整,使之尽可能接近体内条件。⑤为避免可能存在的消化产物对酶促反应的抑制作用,消化终产物应尽快与未消化物质分离。⑥应注意样品重量和粒度对体外消化率的影响。

2.2 外翻肠囊法的介绍

外翻肠囊法是在体外培养肠环法的基础上发展而来的,属于体外评定方法,基本原理就是从活体取出小肠分割成不同的肠段,将各肠段外翻成囊状,放入培养液中培养一段时间后,放进装有被测物的烧瓶中,观测肠道粘膜、浆膜及囊中被测物的变化。通过测定肠囊中被测物质的变化,了解其吸收情况(Wilson 和 Wiseman, 1954)。

Manis 和 Sehaelter(1962)首次用外翻肠囊技术测定了小肠对铁的吸收。同年,他又用此技术研究了给铁方式和怀孕对大鼠铁吸收的影响,从而使外翻肠囊技术结合同位素示踪技术在铁的研究中成熟起来。Evans(1975)采用外翻肠囊法研究了大鼠小肠锌最大吸收部位。Seal 等(1983)利用大鼠十二指肠和回肠的外翻肠囊研究有机配位体对锌吸收的影响,他们认为外翻肠囊法是研究影响锌吸收的物质的有效手段。Sankar(2005)用外翻肠囊法研究了阿司匹林和尼美舒利对 D 葡萄糖运输和二糖水解酶的影响,取得了较好的实验结果。国内有陈颖等(2003)利用翻转小肠囊法研究了环孢素 A 口服纳米脂质体在大鼠小肠的吸收行为;计峰等(2004)用外翻肠囊法研究了有机锰在肉仔鸡小肠中的吸收特点。李昊等(2004)使用大鼠肠管外翻模型对人参皂苷 Rg1 吸收机制进行研究,他们实验结果表明,外翻肠囊法是一种可行的体外评定方法。那么,应用此方法测定磷的吸收应该同样具有相当的可操作性,至于具体操作需要验证。

该方法操作简单、快速,能详细地观察到元素进出肠段的变化。但该方法是在没有血液供应的非正常

生理条件下进行的,粘膜没有营养供应,其功能未必能完全发挥,而且粘膜摄入的元素也无法通过循环血液进行转运。这些制约因素使得此方法仅适合于初步判断和筛选生物学活性更高的化合物,对其结果在实际中的应用还需进一步验证。

2.3 体外消化技术评定猪用饲料原料有效磷的研究进展

根据原理和装置不同可将体外消化测定技术分为:密闭系统内培养后未消化残渣测定技术、培养过程中已经消化物质的透析技术和培养过程中的 pH 值测定技术。此外,根据体外消化处理的步骤和处理酶系的不同,又可将体外评定法分为单酶体系培养法和多酶体系培养法,其中单酶体系培养法包括胃蛋白酶培养法和胰蛋白酶培养法,多酶体系培养法包括小肠液一步体系培养法、胃蛋白酶+胰蛋白酶二步体系培养法、胃液+小肠液两步消化法、胃蛋白酶+胰蛋白酶+纤维降解酶三步体系培养法等。

Sheffer 等(1956)首次采用胃蛋白酶进行一步体外培养,此后许多研究者采用其它蛋白酶进行简单的体外培养技术,如胰蛋白酶(Maga 等, 1973)、木瓜蛋白酶(Buchanan, 1969)、链霉蛋白酶(Taverner 等, 1981)和凝乳酶(Bhatty, 1982)。由上可知单酶体系的主要特点是体外培养采用的酶制剂均是单一酶制剂。与单胃动物消化道内的复杂消化过程相比较,采用单酶体系模拟动物体内的消化过程过于简单。此外饲料某种养分的消化通常受其它养分降解影响,所以为了更好地模拟体内消化过程,更准确估测体内消化率,体外消化测定技术必须尽可能地将影响动物体内消化的因素考虑进去。多酶体系则能更准确地模拟动物体内消化过程,且可以充分考虑饲料中各种养分间的相互影响作用,是一种较为理想的体外消化测定技术。多酶体系最早使用小肠液模拟小肠进行体外培养 (Goering 和 Van Soest, 1970; Lowgren 等, 1989),可用于估测猪小肠淀粉、粗蛋白的利用效率以及日粮纤维的降解率,也可比较猪饲料营养价值。之后, Buchmann(1979)发现先用胃蛋白酶培养,再用胰酶制剂代替小肠液进行体外培养也可估测小鼠蛋白质粪真消化率。Dierick 等(1985)比较研究了采用小肠液和胰酶制剂对体外培养效果的影响,结果表明用胰酶制剂可代替猪小肠液来估测干物质和粗蛋白回肠消化率和粪消化率,且准确度无任何变化。尽管采用二步体外培养体系获得的消化率估测值与全消化道消化率测定值具有一定的相

关性,但它仅能模拟猪前消化道(胃和小肠)的降解过程,因此猪日粮中部分有机物质的降解未被考虑进去,特别是日粮纤维可能被后肠微生物发酵降解的部分都被忽略了。就这一问题,Vervaeke等(1998)做了进一步的研究,将饲料样品先经胃蛋白酶和胰蛋白酶连续培养后,再用瘤胃液进行培养,以模拟胃、小肠、大肠不同消化道部位的消化过程。瘤胃内微生物群落与猪后肠内微生物群落非常相似(Fonty和Gouet,1989),因此用瘤胃液进行体外孵育可以模拟猪后肠微生物发酵过程,可准确预测养分在后肠内的降解过程。上述方法都是在密闭的系统内进行的,所以又称为密闭系统内培养后未消化残渣测定技术。在密闭系统内进行体外酶消化过程中,随消化时间延长,消化产物的不断积累会对酶消化过程产生抑制作用(Robbin,1978)。采用能截留一定分子量大小的透析袋体外消化技术可以将消化产物连续除去,就如被小肠吸收一般,从而消除产物抑制现象,因此,与其它体外消化测定技术相比,透析法能更准确地模拟猪小肠内的动态消化吸收过程。Gauthier等(1982)采用胃蛋白酶+胰蛋白酶两步酶解法,进一步发展了透析体外测定技术,该方法先在烧杯中用胃蛋白酶进行孵育(pH值1.9,30 min),然后将反应混合液pH值调至中性后转入透析袋内(截流分子量为1 000 Da),再加入胰酶制剂进行体外培养(pH值8.0,24 h)。有关饲料钙和磷的体外消化研究的报道不多。最初,Wolter等(1993)对饲料磷的利用率进行了体外评定,获得了满意结果。Zyla等(1995)体外模拟火鸡的嗉囊、肌胃和肠道的生理条件,测定了添加不同的植酸酶时玉米-豆粕日粮磷的有效率,结果表明体外消化对植酸磷中无机磷的释放量与动物生产性能($R^2=0.986$)和趾骨灰分含量($R^2=0.952$)存在显著相关。之后,Liu等(1997)在Zyla等(1995)研究基础上,研究了用体外透析法评定猪饲料有效磷的适宜条件,结果表明,1 g玉米-豆粕型日粮在胃蛋白酶浓度3 000 U/ml,pH值2.5条件下培养75 min后,再在pH值6.0条件下经胰蛋白酶消化4 h,测定透析液中磷的浓度,测定的磷透析率与磷消化率之间存在高

度相关($r=0.999$)。

由此可见,体外透析技术对饲料磷有效率的评定是可行的。体外消化测定技术经过50年历史已有了很大发展,目前已存在许多测定方法。总的发展方向是:由简单向复杂发展、由单酶向多酶发展、由密闭静态培养体系向动态透析培养体系发展、由动物消化液如小肠液和瘤胃液向商品酶制剂(胰酶制剂和微生物纤维降解酶)发展。

体外法的关键之处在于所使用的酶应该与所模拟的消化道内存在的酶相同,所以,理论上选用来源于动物自身消化道内容物提取物(如胃液、小肠液)进行体外的消化测定应该可以获得最准确、最可靠,与体内结果最为接近的试验结果。然而动物内容物的获得及标准化要比商业用酶(如胃蛋白酶、胰蛋白酶)困难的多。因此,采用商品试剂酶结合动物消化道内容物的方法也是一个可取的体外评定方法。Furuya等(1979)提出分别用胃蛋白酶和猪的空肠液连续消化的两步法,用于模拟猪体内发生于胃和小肠的消化反应,测得的粗蛋白体外消化率与猪的粪蛋白表观消化率有良好的相关。在国内,张子仪(1985)也对该方法进行了系统报道,特别是肯定了小肠液体外消化处理技术在评定饲料能量和蛋白消化率方面具有很好重演性和可靠性。

体外法能否作为评定饲料有效磷的有效方法,要看其结果能否反映体内测定的结果。Liu等(1998)测定结果的相关水平($r=0.72\sim0.76$)、方热军(2003)测定结果的相关水平($r=0.75$)和左建军(2005)的研究结果(体外透析率与真消化率值之间相关性分别是:胃蛋白酶+胰蛋白酶两步法测定与体内真消化率具有 $r=0.71$ 的较强相关性,胃液+小肠液两步法与体内真消化率具有 $r=0.79$ 的较强相关性,胃蛋白酶+小肠液两步法与体内真消化率具有 $r=0.80$ 的较强相关性)具有较高的吻合性。由此来看,体外透析的有效磷评定方法是可以反映体内磷消化结果的有效评定饲料磷有效率的方法。三者具体的体外磷透析率结果比较见表1。

另外,植物性饲料磷可利用率与磷的体外可消化

表1 体外磷透析率结果比较(%)

项目	Liu等(1998)	方热军(2003)		左建军(2005)	
		胃蛋白酶+胰蛋白酶法	胃蛋白酶+胰蛋白酶法	胃液+小肠液法	胃蛋白酶+小肠液法
大麦	16.03	40.93	27.28	33.24	32.46
高粱	13.85	16.68	26.95	34.51	30.65
菜粕	16.41	25.08	20.82	16.96	15.59
豆粕	10.48	36.89	36.91	36.25	36.04

饲料企业中 QA 的作用与职责

陈育枝 高映红 刘 勇

饲料企业是原料依赖型企业。作为饲料企业,饲料原料占生产成本的 70%~90%,饲料原料的质量变异占产品质量变异的 40%~70%,饲料原料质量是保证产品质量的关键因素和重要前提,营养品质和安全指标中,过去被忽视的影响因素或质量“细节”,可能成为构成产品竞争力的关键。

通过原料生产出的成品饲料,作为动物的食料,是养殖动物赖以生存的基础。现代饲料生产的根本目的是满足动物生产的需求,为快速生长的动物提供生长发育、维持、活动、繁殖所必需的全部营养(各种营养素要有充足的数量、最佳的比例和最好的利用效率),高营养、高品质的饲料一直是人们普遍关注和孜孜以求的质量目标。单一饲料、配合饲料、新型添加剂的应用,计算机配方技术以及制粒、挤压、膨化工艺的运用,无一不是人们围绕提高饲料营养品质做出的努力。而要保证饲料的品质,需要操作过程中做到严谨,

陈育枝,云南神农农业产业集团有限公司,650216,云南昆明东郊茶旺山。

高映红,单位及通讯地址同第一作者。

刘勇(通讯作者),云南省动物营养与饲料重点实验室。

收稿日期:2007-11-19

★ (YNBP 2006DF006)

率、饲料中总磷和植酸磷含量、植酸酶的活性有显著的相关性(苏琪等,1984;孙长春等,1990;Liu等,1997、1998;贾刚等,2000;方热军,2003;左建军,2005)。

由于表观消化率的变异较大,真消化率具有相对稳定性,体外可透析磷对真可消化磷建立的预测模型具有相对较高的拟合度和可靠性。体外法直接意义在于比较饲料之间的磷可利用的趋势大小,而不是在其绝对值本身,但通过大量体内、体外试验资料的积累,就可以建立相应的预测模型(Wolter等,1993)。Pointillart等(1985、1988)、Oksbjerg(1988)、Bosi等(1997)、Liu等(1998)、方热军(2003)以及左建军(2005)先后进行了饲料磷体外透析率的研究,并建立了相应的有效磷预测模型,证实了通过体外可透析磷预测有效磷的可行性。其中,以方热军(2003)建立的预测模型 $y=0.542+1.017x$ ($R^2=0.90, P<0.01$) 和左建军(2005)的胃液+小肠液两步法、胃蛋白酶+小肠液两步法测定的饲料可透析磷对表观可消化磷的预测模型(见表2)决定系数 R^2 都

不出错误。

因此,为了做到通过以上手段达成目的,就需要在生产过程中有必要的监督和管理,而这一目的,也就需要 QA 这一岗位来帮助实现。

1 QA

QA 即英文 Quality assurance 的首写字母,中文意思是品质保证,其在 ISO8402:1994 中的定义是“为了提供足够的信任表明实体能够满足品质要求,而在品质管理体系中实施并根据需要进行证实的全部有计划和有系统的活动”。有些推行 ISO9000 的组织会设置这样的部门或岗位,负责 ISO9000 标准所要求的有关品质保证的职能,担任这类工作的人员就叫做 QA 人员。同时,在同一部门还会有和 QA 相互配合的一个岗位,即 QC (Quality control),中文意思是品质控制,其在 ISO8402:1994 的定义是“为达到品质要求所采取的作业技术和活动”。

QA 的职责就是保证过程体系一板一眼地得到严格执行,在饲料生产企业,它的价值体现就是保证原料和饲料成品的品质,然而我们的饲料生产人员及采购人员却往往会认为 QA 只会站在生产环节之外指手画脚,像警察一般指责其他人员的不是。而 QA 人员对此也相当委屈,因为他们也是照章办事,所以往往达到了 0.92,具有较好的拟合度和估测结果的准确性。

表2 可透析磷对表观可消化磷的预测模型(n=28)

透析方法	回归方程
胃蛋白酶+胰蛋白酶法	$y=1.0574x$ ($R^2=0.89, P<0.01$)
胃液+小肠液法	$y=1.1252x$ ($R^2=0.92, P<0.01$)
胃蛋白酶+小肠液法	$y=1.1378x$ ($R^2=0.92, P<0.01$)

注:y为饲料表观可消化磷含量,x为饲料可透析磷含量。

3 结语

综上所述,磷生物学效价的测定受很多因素的影响,每种方法都存在各自的优缺点。总的说来,目前二元梯度回归法是测定磷内源排泄量和真消化率的相对可靠的方法。此外,体外透析法中的胃蛋白酶+小肠液法与其它几种方法相比具有简单、可信度大等优点,具有较好的操作性。利用外翻肠囊法研究测定磷的吸收也具有相当的可操作性,但实际中的应用还需进一步验证。

(参考文献 58 篇,刊略,需者可函索)

(编辑:张学智, mengzai007@163.com)

往会觉得得罪了人,还对自己的工作内容感到迷惘。也正因为这样,在我们有些部门的眼中 QA 也就变得可有可无了,在有些领导的低成本运作中,QA 的存在也许就只是白白增加了管理成本。

2 QA 的角色

在 CMMI 标准文件中,QA 是高级经理的“ears and eyes”,就是说,QA 作为主管对饲料品质信息的收集人,作用是十分重要的。然而在饲料生产人员的眼中,QA 扮演的却是警察的角色,作用似乎仅限于发现和报告生产过程中的问题,因此,在生产人员的心目中,一般是很反感 QA 的,毕竟 QA 向上级的报告会影响到生产人员的绩效。从表面上看是 QA 和生产人员的对立关系,但是它却反映出了品管部与生产部甚至与采购部缺少沟通。因此,其他部门的员工不能理解到 QA 的重要性。正因为如此,在饲料企业中,每周这些相关部门领导需要开个碰头会,做出沟通;在有条件的时候,跨部门做培训,以达到各部门对 QA 作用的认识。只有各部门认识到了 QA 的作用,做到与 QA 无间的配合,才能最大化地发挥生产效率。

其实,一个合格的 QA 在生产过程中会充当三种角色:老师、医生和警察。作为老师,QA 需要具备学习和培训的能力。除在相关文件中对这一角色的定义,就我们饲料行业来说,QA 除了有不断的学习,以提升自己业务水平的能力外,还需要具备对生产员工进行

过程和规范的培训以及在过程中进行指导的能力;作为医生,QA 能通过度量数据,以及生产中遇到的问题,对生产过程进行诊断,帮助分析原因,最后解决问题,以提高公司的产品品质;最后作为警察,QA 应该以公司规定流程为依据,对于生产过程中一切违反流程的行为,必须阻止并让其改正,但是在这个过程中必须要告诉大家流程背后的原因,以免造成其他工友的不理解,导致出现抵触情绪。

3 QA 的职责

在公司日常运作中,QA 除应该做到以上所列的外,还应该把注意力集中在收集最佳实践、定义过程体系和培养员工建立过程意识方面。随着各个饲料公司过程体系的实施、完善和制度化,QA 的工作重点就应该放在过程评审和产品审计上面。

一个 QA 人员可以来自于公司的各个部门,但很多企业的经验证明,选择一些新人和“闲人”组成的 QA 部门往往只能构成形式上的 QA 组织,却不能胜任企业对质量体系寄予的重任——保证逐步实现产品零缺陷、工作零错误。

现在很多公司提出了“质量服务”这一理念。因此,产品的品质就是我们饲料企业保持旺盛生命力的保证。而对于处于品质监管岗位的 QA,责任重大。

QA 工作职责及程序见图 1。

由图 1 可看出,在饲料的生产环节,QA 的工作重

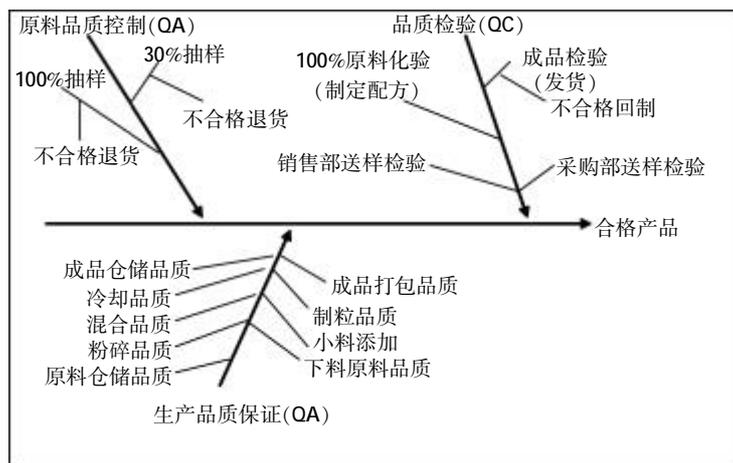


图 1 QA 的工作职责及程序

要性,如果 QA 在任何一个环节疏忽出错,都将会导致饲料成品品质的不合格。而从整个流程上看,QC 的工作基本处于 QA 工作的后方,如果 QA 的工作不到位,那么 QC 的工作是没有意义的。因此甚至有人说过,饲料公司的 QA 工作如果做好了,QC 基本上就没事了。

最后需要说的就是,在整个饲料生产过程的监督中,QA 需要具备一定的数据意识,要不断地收集各种数据,尤其是质量数据。再就是 QA 不是纯粹的监督人,他必须了解生产过程,要参与到生产中去,只有这样,才能了解自己公司的产品,也才能做到与生产工人的沟通与交流。(编辑:张学智, mengzai007@163.com)

渝西地区饲料中硒含量的调查

王钟翊 李前勇 邓科敏 张德志

摘要 运用 2,3-二氨基萘荧光分光法对永川、荣昌、大足、双桥等渝西区县市售饲料中硒的含量进行了调查分析。结果表明:调查的区县市售饲料及饲料原料中硒含量均不能满足畜禽正常生长需要,建议补硒。

关键词 渝西地区;饲料;饲料原料;硒

中图分类号 S816.17

硒是瑞典化学家 Berzelius 于 1817 年发现的一种非金属元素,它广泛存在于自然界、人和动物机体中。近年来大量研究资料证实,硒在人和动物体内具有抗氧化、抗衰老及增强动物免疫能力等作用^[1];它通过参与辅酶 A、Q 的合成途径,对蛋白质的合成、糖代谢、生物氧化等有重要影响^[2];此外,硒还能促进动物生长发育,增强各种营养物质在动物体内的消化、利用,提高畜禽的繁殖性能等^[3]。然而,硒是一种稀有的元素,在地壳中的丰度仅为 0.05~0.09 mg/kg,据相关资料报道,我国 75% 的地区土壤中硒的含量不足,20 世纪 80 年代中国农科院对我国植物性饲料中硒含量进行调查,结果有 70% 以上的地区饲料缺硒。因此畜禽硒缺乏症的防治引起了广大养殖户及生产企业的关注和重视。为此,我们于 2007 年 3 月~2007 年 7 月对重庆市永川、荣昌、大足、双桥等渝西区县市售饲料中硒的含量进行取样调查,以分析该地区市售饲料中硒含量的状况,为该地区畜禽生产中的正确补硒,有效防治畜禽硒缺乏病和中毒病提供参考依据。

1 材料与方法

1.1 样品的采集及保存

选择渝西地区范围内永川、荣昌、大足、双桥等四区县市售的饲料为采集对象,依据国家抽样标准 GB/BL714699.1—93 的采样方法,采取不同区县的不同种类、品牌的市售畜禽饲料及饲料原料各 30 份。将饲料样品置于洁净的纸袋中,注明样品名称及采样时间、饲料种类、品牌等,置干燥处保存备用。

1.2 样品的预处理

将上述饲料样品置于滤纸上,除去沙砾等杂质,然后用万能试样粉碎机粉碎,粉碎的样品均过 80 目筛,置洁净平皿中于 80℃ 烘箱内干燥至恒重,最后于

干燥器内保存备用。

1.3 样品硒含量的测定及标准曲线的绘制

参照国标 GB/T12399—1996(食品中硒的测定)及张利民^[4]、王庆雄^[5]的方法,运用 960 型荧光分光光度计(上海仪器厂)进行测定,并绘制标准曲线。

1.4 数据统计

将所得数据用 SPSS 统计软件进行统计,分别计算各采样区县饲料中硒平均含量、标准差。

2 结果与分析

渝西地区市售饲料及原料中硒含量的测定结果见表 1、表 2。

表 1 渝西地区市售饲料中硒含量(mg/kg)

项目	饲料种类	饲料硒含量
大猪料	浓缩料(n=30)	0.044 6±0.017 9*
	添加剂(n=30)	0.030 2±0.018 3
中猪料	浓缩料(n=30)	0.054 5±0.023 7**
	添加剂(n=30)	0.033 8±0.015 5
仔猪料	颗粒料(n=30)	0.067 8±0.014 5*
	膨化料(n=30)	0.050 3±0.010 9
鸡料	配合料(n=30)	0.071 8±0.013 5*
	全价料(n=30)	0.053 4±0.032 7
鸭料	配合料(n=30)	0.073 3±0.025 0*
	全价料(n=30)	0.057 4±0.027 1

注:数据上角带“*”的表示同一家畜(禽)两种饲料间硒含量经 t 检验,差异显著(P<0.05),带“**”的差异极显著(P<0.01)。

表 2 渝西地区市售饲料原料中硒含量(mg/kg)

饲料原料	硒含量
玉米(n=30)	0.033 4±0.026 0 ^a
豆粕(n=30)	0.038 1±0.019 1 ^a
麦麸(n=30)	0.049 7±0.020 7 ^b
骨粉(n=30)	0.016 9±0.011 4 ^d
鱼粉(n=30)	0.053 6±0.022 1 ^c

注:数据上角所带字母相同者表示两数据间经 t 检验,差异不显著(P>0.05);字母相邻者表示差异显著(P<0.05);字母相间者表示差异极显著(P<0.01)。

由表 1 可知,调查的渝西四区县市售猪、禽不同种类饲料中硒含量不同。大猪用浓缩料中硒含量显著高于添加剂中硒含量(P<0.05),中猪浓缩料中硒含量极显著高于添加剂中硒含量(P<0.01),仔猪颗粒料中

王钟翊,西南大学动物科技学院临床兽医实验室,402460,重庆市荣昌县西南大学荣昌校区 60# 信箱。

李前勇、邓科敏、张德志,单位及通讯地址同第一作者。

收稿日期:2007-11-26

硒含量显著高于膨化料中硒含量($P<0.05$),鸡及鸭用配合料中硒含量均显著高于相应家禽全价料中硒含量($P<0.05$)。调查的6种类型的饲料中以鸭配合料中硒含量最高,大猪用添加剂中硒含量最低。

由表2可知,渝西地区市售饲料原料的种类不同,其中的硒含量也不相同。麦麸中硒含量显著高于玉米、豆粕中硒含量($P<0.05$),鱼粉中硒含量极显著高于玉米、豆粕中硒含量($P<0.01$),骨粉中硒含量极显著低于玉米、豆粕、麦麸中硒含量($P<0.01$)。所调查的5种原料中,以鱼粉中硒含量最高,骨粉中硒含量最低。

3 讨论

3.1 硒作为人和动物必需的微量元素,对机体发挥着重要的生物学作用。近年来,对硒的生物效应有大量的研究报道,方向柴^[6]报道,家禽缺硒常表现为渗出性素质,仔猪缺硒症多见于断奶后营养良好的仔猪,有的未见症状突然死亡,病猪步态拘紧、站立困难、下痢,解剖肌肉颜色变淡,桑椹心,心内膜有黄色条纹斑。孙忠军等^[7]发现,缺硒引起脂质自由基和过氧化物的积累,以致对细胞膜和细胞壁产生过氧化损伤。肖淑华^[8]发现肝硒水平、GPx活力、淋巴细胞数量随着日粮硒含量的升高而显著升高。梁礼成等^[9]在日粮中添加0.05 mg/kg硒,能明显促进红细胞的形成,并能提高新城疫疫苗的抗体滴度。黄克和等^[10]报道,在鸡日粮中添加0.06 mg/kg的硒,可显著降低马立克氏病引起的死亡率。He Jianhua等^[11]在肉鸡日粮中补硒能明显促进肉鸡的生长。Marin-guzman等^[12]在日粮中添加0.50 mg/kg的硒,结果表明试验组公猪精子活力比对照组提高了27.5%,正常精子含量提高了27.7%,受精率提高了25.1%。巩元芳等^[13]报道,在蛋鸡日粮中补加0.10 mg/kg的硒,可使产蛋率提高75%以上,蛋的孵化率保持在90%以上。由此可见,硒在动物体内发挥着不可替代的重要作用,在动物日粮中适量的补充硒元素对动物生产有积极的效果。

3.2 我国规定肉用仔鸡饲料硒的需要量为0.15 mg/kg,生长期蛋鸡在0~6周龄和7~20周龄分别为0.15、0.10 mg/kg(ZBB4300—86)。美国NRC(1994)标准中10~20 kg仔猪硒的需要量为0.25 mg/kg,生长育肥猪硒的需要量为0.20~0.30 mg/kg。孙红霞等^[13]研究报道鸡对硒的需要量为0.1~0.2 mg/kg。陈琳等^[14]报道含0.24 mg/kg硒的饲料基本可以满足猪只代谢及其生长发育的需求。本调查结果渝西地区猪、鸡、鸭6种饲料中硒含量均较低,不能满足该地区饲养的猪、鸡、鸭的正常生长需求,而据中国科学院地理研究所的调查测定,发

现我国存在一条由东北向西南的低硒土壤带,四川地区正处于我国低硒土壤带中,低硒带土壤表层中硒的平均含量小于0.170 mg/kg,由此建议广大养殖企业、专业户在畜禽饲料中按需求添加硒或正确使用含硒的添加剂。

3.3 常见饲草、饲料中硒的含量为0.05~0.10 mg/kg^[15]。李前勇等^[16]对重庆三峡库区玉米中硒含量进行了测定,结果为(0.042 4±0.016 5) mg/kg,刘金旭^[17]报道浙江省玉米中硒含量为(0.031 4±0.011) mg/kg,郭庆雨^[18]报道畜禽麦麸中硒含量为(0.038±0.013 7) mg/kg。本研究对渝西地区市售饲料原料中硒含量的调查结果与上述报道的结果较为接近,并首次对饲料原料骨粉、鱼粉中硒含量进行了测定,发现鱼粉中硒含量较高,而骨粉中硒含量较低。

参考文献

- [1] 崔春兰.微量元素硒的生物学功能[J].畜牧与饲料科学,2006(3):13-15.
- [2] 林藩平.硒营养研究的最新进展[J].福建畜牧兽医,2002(2):45-51.
- [3] 巩元芳,刘铮铸.硒对家畜繁殖机能的影响[J].中国饲料,1998(7):18-19.
- [4] 张利民.蚌埠地区主要粮食蔬菜中硒含量的测定[J].皖南医学院学报,1999(4):56-58.
- [5] 王庆雄.荧光光度法测定全血硒的研究[J].中国卫生检验杂志,1999(3):38-39.
- [6] 方向柴.猪硒缺乏引起跛行和趴窝[J].中国兽医杂志,2000(1):32.
- [7] 孙忠军,康世良.低硒雏鸡口服亚硒酸钠后机体硒浓度及谷胱甘肽过氧化物酶的活性动态变化规律[J].中国兽医杂志,1999,25(4):8-9.
- [8] 肖淑华.硒对鸡应激反应的影响[J].畜牧与兽医,2000,32(5):19-21.
- [9] 梁礼成,李庆怀.硒对肉鸡免疫功能的增强作用[J].北京农业大学学报,1993,19(2):99-103.
- [10] 黄克和,陈万芳.硒增强鸡对马立克氏病抵抗力的作用及其机理的研究[J].畜牧兽医学报,2004(5):47-50.
- [11] He Jianhua, Akira Ohtsuka, Kunioki Hayashi. Selenium influences growth via thyroid hormone status in broiler chickens. British Journal of Nutrition, 2000,84:1-7.
- [12] Marin-guzman J, Mahan DC, Chung YK, et al. Effect of dietary selenium and vitamin E on boar performance and tissue responses, semen quality and subsequent fertilization rates in mature gilts [J]. J. Anim. Sci.,1997,75:2 994-3 003.
- [13] 孙红霞.蛋鸡日粮中硒水平对生产性能的影响[J].浙江畜牧兽医,2006(4):11-12.
- [14] 陈琳.畜禽硒营养研究进展[J].畜牧与饲料科学,2003(5):43-44.
- [15] 贺普霄主编.家畜营养代谢性疾病[M].北京:中国农业出版社,1997:9.
- [16] 李前勇,王健,李奇林,等.对三峡库区土壤、粮食、饮水中微量元素含量的分析[J].四川畜牧兽医,2006(3):30-32.
- [17] 刘金旭.浙江省主要粮食中微量元素含量的测定[J].粮食与饲料工业,1998(2):27-30.
- [18] 郭庆雨.畜禽常见饲料原料中微量元素的测定[J].黑龙江畜牧兽医,1993(5):18-20. (编辑:刘敏跃,lm-y@tom.com)

专访希望集团总经理、华西希望集团董事长陈育新

■本刊记者:高雁

记者: 畜牧业在农民现金收入中占相当大的比重,饲料企业作为上联种植业,下联养殖业的产业,在推进社会主义新农村建设中将发挥重要作用。希望集团是怎样去尽这份社会责任的?

陈育新董事长(以下简称陈董): 没有政府的关心支持,没有广大消费者的认同和经销商的努力,我们不可能发展到如今的规模。支持国民经济发展是我们必须承担的社会责任。事实上,希望事业本身就是在“用户得利,商家赚钱,企业发展,员工增值”的过程中成长壮大的。譬如,仅饲料业,遍布全国的60 000多个经销网点,约有120 000个农民就业,加上集团员工和专业养殖户,则解决了数十万人的就业问题。各公司通过合同收购所在地农民的玉米、大豆等农产品,为成千上万的农民解决了“卖粮难”的问题;还有我们的肉品、乳品加工企业及零售企业形成了一个完整的产业链,为生产者和消费者搭建了一个绿色通道。

集团还带头在全国倡导发起扶贫的“光彩事业”,通过在贫困地区、革命老区投资办厂,通过产业化基地吸收当地农民就业,支持当地经济建设。譬如,由于以产业链的形式投资小平同志的家乡广安,对当地经济发展做出了突出贡献,我们因此而获得了“致富思源,共建广安特别贡献奖”。

通过多年努力,希望集团已经带出了一个“鹤鹑王国”和一个“饲料王国”,还带出了两个私营经济试验区——四川希望私营经济城和上海希望私营经济城。集团发祥地——四川省新津县的个体私营企业产值占全县工业总产值的75%以上,税收占全县税收的50%以上,其中希望集团新津希望饲料总厂和成都希望美好食品有限公司多年来一直是全县排名第一、第二的纳税人。

记者: 业内关于刘氏四兄弟的传说很多,而您一直保持低调。最近您悄然进军零售业市场,同时启动了相关上市工作,是什么促使您看好零售业市场?这是在打造更长的产业链吗?

陈董: 大家知道,华西希望一直以饲料工业为主导产业,但企业发展到一定阶段,需要根据环境的变化做出适当调整。也就是说,为长远计划,我们需要在主导产业继续做强、做大的基础上,积极进行产业结构调整。这一次,我们瞄准的是农牧业产业链的终端——零售业。我们认为,无论农牧企业选择什么样的发展道路,企业最终的产品——肉、奶、蛋,都必须通过零售环节实现价值。那么,只要我们紧紧抓住市场的两端,就能够以虚拟产业链的形式实现新的突破。我们在这方面已经探索了好几年,现在终于找到了自己独特的模式,可以加快发展了。如果我们在川内拥有50家终端店,一旦零售业规模上去了,以每家每年销售2万头

肥猪计算,一年就是100万头,饲料板块的贡献将很大,集团的整体实力也将进一步增强。

记者: 您说过要“做诚实而精明的商人”,甚至把企业长盛不衰的“法宝”归结为“诚实”,并说精明“是在不损害他人利益前提下的一种操作,您是怎样做到诚实与精明共存的?”

陈董: 华西希望的核心价值观就是“诚实做人,精明做事,勤奋工作,追求美好”,我们坚信“诚实是有回报的”。要成就一番事业,诚实的品格必不可少。企业的信誉要依靠长期积累。精明不是耍手腕,它只是一种正确的思维方式、操作技巧和办事方法,甚至是可以公开的东西。诚实可以创造、积累优势,优势可以使诚实得到回报。用我们客户的话来说,就是“诚实得叫人无话可说,精明得叫人不得不服”。这一基本态度体现在用人上,就是“知人善用,大胆放权,强化监督”;体现在人才标准上,就是“身体、心态、能力、知识”;体现在干部标准上,就是“战斗员、指挥员、教练员”;体现在企业发展上,就是“积极稳步地发展就等于高速度”;体现在企业管理上,就是“廉洁、高效、优质、低成本”;体现在企业氛围上,就是“像家庭一样具有凝聚力,像军队一样具有战斗力,像学校一样具有学习力”;体现在个人行为上,就是“勤勤恳恳做事,堂堂正正做人”;体现在激励原则上,就是“有功之臣必有重赏”;体现在对外宣传上,就是“让专家感到有价值,让政府感到有信心,让同行感到有水平,让农民感到有亲和力”;体现在利益分配上,就是“客户满意,商家赚钱,企业发展,员工增值”;而要企业持久、健康地发展,又需要“用钢铁般的制度严管企业,以慈母般的关怀善待员工”。虽然其中每一个侧面都有着自身的特点,但不论哪一个侧面,你仔细体会,又都是“诚实、精明、勤奋、美好”这一核心思想的延伸和演化。这些思想都是华西希望企业文化的结晶,是经过长期积累并经过实践检验的宝贵的精神财富。由这些思想观念所形成的特定的“企业气候”,是促进我们企业健康成长的可靠保障和力量源泉。

记者: 希望集团一直致力于企业文化建设,企业文化对希望集团的发展究竟有哪些帮助?

陈董: 世上没有无源之水、无根之木。希望集团自诞生之日起就播下了企业文化的种子,企业发展初期所提出的经营思路,所制定的规章制度,往往就是企业文化的源头。只



有当企业发展到一定阶段、一定规模之后，它才会破壳而出，以企业文化的形式出现。企业文化与其核心人物的价值取向有着很强的相关性，因为创业初期可能是一个人在操作，然后，他又带领几个人、几十个人、几百个人、几千个人、几万个人以至更多的人逐渐发展，在这个过程中，必然会深深地打上他的印记。在企业发展过程中，员工逐渐认同了这个老板、这个企业和这个企业的制度，那么，这个企业就有了文化意义上的生命力。成功的企业家在企业发展过程当中，都会逐渐形成自己的企业管理思想，这些东西从无到有、从点到面、从少到多，当积累到一定程度之后，再经过整理、提炼、完善，使之更加规范化、系统化，就形成了我们称之为企业文化的东西。

以共同的价值观为核心的企业文化是一个企业区别于另一个企业的根本特征。企业文化赋予了全体员工方向性和原则性的灵魂，有了这个灵魂，企业就不会出现大的偏差。企业“崛起靠产品，发展靠管理，持久靠文化”，这已经成为有识之士的共识。

记者： 希望集团是饲料行业的领军企业，也是全行业关注的焦点，那么您在制定决策的时候首先会怎样考虑？

陈董： 认清潮流、顺应潮流才能领导潮流，我们制定决策一直要求自己“略微超前快半步”，既保持一种积极姿态，又避免盲目发展；二是坚持市场导向，始终不渝地将“客户满意”放在第一位，客户不能从企业发展中受益，企业将失去来自源头的活水。

记者： 作为成功的企业领导者，您值得借鉴的经验和做法是什么？

陈董： 回顾希望集团的发展史，看不到任何暴富的痕迹，正是这种“积极而稳步”的发展创造了希望集团的高速度。我们从来不追求创造奇迹，但一个一个踏实的成功积累起来就是奇迹。如果说希望集团的成功有什么秘诀的话，那就是我特别关注基础管理工作。因为我相信，制定一个宏伟目标相对容易，但要真正实现其实很难。因此，我认为，只要能把可能是枯燥的、难以立竿见影的基础工作一点一滴地做扎实了，出成绩只是时间问题。我在管理方面坚决反对短期行为。在过程管理中，只要能够慎重对待小问题，企业就永远不会发生大问题。就企业每个岗位和企业的日常运行而言，小问题就是大问题。

记者： 经过几十年的发展，饲料市场发生了巨大的变化，您对饲料市场有什么新认识？农牧企业一条龙发展模式的好处在哪里？对于中小型企业的未来您怎么看？

陈董： 目前，我国饲料行业的战略格局已经基本形成，整个产业站在了一个新的起点上，大整合、大联合、大融合、大发展成为一种潮流，品牌、管理、文化日益成为优势企业的优势所在。目前，我们也在积极进行虚拟产业链整合，也是在顺应这种发展趋势。

没有任何一个模式能够适用所有企业。“一条龙”模式要求很高，不是每个企业，甚至是大企业都能做成的。中小

企业如果能够在整个农牧产业链的某一个环节上显示出独有的优势，与优势企业对接、联合也不失为一条发展途径。

当前，中国企业要想在某个行业真正脱颖而出已经相当困难。中国企业既要想到如何加紧扩张，更要想到如何强化企业体质，真正建立足以与任何竞争对手相抗衡的竞争优势，准备迎接更具挑战性的、在家门口进行的国际竞争。

记者： 对于饲料企业来说，您所面对的是饲料经销商和养殖户，当市场风险来临时，您怎样考虑供销之间的利益关系？

陈董： 从某种意义上讲，经销商和养殖户都是我们的员工，只是他们工资支付的方式不同罢了。帮助他们与我们一起长期成功，是企业做强、做大的基础。在同一个利益链上，风险共担、利益共享，既是保护他人，也是保护自己。企业与经销商和养殖户合作，开始是“互相选择”，最后是“互相感谢”，就说明合作好了。

真正有眼光的经销商和养殖户选择长远而稳定的利益，他看重的是企业的实力、信誉、服务和文化，注重的是对基础市场的开发、培育、管理和维护。好的企业不但能提供给经销商和养殖户优质的产品，还能教给他们赚钱的本领；而优秀的经销商和养殖户在选择了一家好企业之后，也能在帮助企业发展的过程中壮大自己的实力。与赚钱的企业做生意，与精明的商人做买卖，这才是最聪明的选择。

记者： 1977年恢复高考是您人生的转折点，1997年您又创立华西希望，刚刚过去的2007年对您有什么特殊的意义？未来10年您又会给我们呈现出怎样的希望？

陈董： 这个问题问得好。1977年恢复高考制度，不但改变了一代人的命运，也改变了整个国家的命运。那确实是我人生的转折点，希望事业的种子就是那时播下的。

到今年，希望集团已经创立25年了，华西希望也已经创立10年了。回顾过去，看着眼前的数百家企业、数万名员工，我和我的兄弟做梦也没有想到，我们的企业、我们的国家会有如此巨大的变化。改革开放30年来所创造的社会财富比过去几千年的总和还要多。可以说，我们正处在一个伟大的时代。幸逢盛世，我们理应而且能够对国家、社会、民族做出更大的贡献。

记者： 2008年是改革开放30周年，面对下一个30年，您有什么话想对读者讲？

陈董： 我相信，正逢盛世的中华民族再经过30年的发展，一定会为人类社会做出更大的贡献。经过30年的变革，作为民营企业，原有的机制优势已经不复存在，“以人为本，不断创新”是我们下一个发展阶段的基本思路。让每一个员工的积极性都得到充分释放，在持续创造优势、积累优势、发挥优势的过程中，把企业做得更强、更大、更久，就是我们对国家、社会、民族最大的贡献。



荧光猪产崽引起世界关注

2008年1月7日,由东北农业大学刘忠华教授主持的我国首例绿色荧光蛋白转基因克隆猪顺利产下11头小猪。科研人员通过对小猪的耳朵、尾巴和脐带采取分子生物学方法检测DNA,结果显示,其中2头小猪(1公1母)显示出明显绿色荧光蛋白特征。消息一出,便引起俄罗斯、日本等国科学家的关注。

2006年12月24日,由刘忠华教授主持的转基因克隆猪课题获得成功。3头绿色荧光蛋白转基因克隆猪在种猪场自然分娩产出,这种转入绿色荧光蛋白基因的转基因克隆猪在紫外光源照射下,口、舌、鼻以及四蹄可以观察到明显的绿色荧光,验证了转基因的成功。这是继美国、韩国、日本之后第四例成功通过体细胞核移植方式生产出的绿色荧光蛋白转基因克隆猪。

1年多来,在课题组成员和饲养员的精心照料下,3头绿色荧光转基因克隆猪生长很快,其中一头通过与普通公猪交配怀孕后率先产下第二代。

内地香港企业联合保猪肉充足供港

据香港媒体报道,香港五丰行近日投资14500万元,与“西部最大的肉类加工基地”四川四海集团联合成立——四川四海食品股份有限公司,以保证安全、充足的猪肉及其肉制品供应香港。

根据协议,香港五丰行占近25%的股权,是合资公司的第二大股东。合资公司将以屠宰加工、肉类分销、肉制品生产为主营业务。此次输入的资金除了用于四川四海生猪基地建设外,还将在继续发展生猪屠宰主业的同时,延伸产业链,加快熟食品生产基地建设。

香港五丰行董事长陈树林表示,五丰行作为香港最大的内地食品进口商和批发商,通过“五丰”鲜肉店提供的鲜肉在香港市场占有率高达80%以上。“五丰行将加快与西部及东北地区的合作,为广大香港市民提供廉价、足量、安全的肉类制品”。

全国已有1581.3万头(只)畜禽因低温雨雪死亡

1月31日农业部畜牧业司副司长陈伟生在接受中国政府网在线访谈时说,截至目前,全国因受低温和雨雪天气影响,已有1581.3万头(只)畜禽死亡。其中,生猪死亡87.4万头,牛死亡8.5万头,羊死亡45.9万头,家禽死亡1435.6万只。

据陈伟生介绍,畜牧部门已派出督导专家组到灾区第一线帮助指导工作,并要求各级畜牧兽医主管部门确保工作到位、人员到位、措施到位,最大限度减少灾害对畜牧业生产造成的损失。

2007年我国大豆和豆油进口增加

2007年我国大豆进口量首次超过3000万吨,达3082万吨,比2006年增加9%;出口大豆47.5万吨,比2006年增加20.2%。全年进口豆油282万吨,同比增加83%;出口豆粕85万吨,同比增加1.2倍。

2007年我国大豆大量进口主要集中在10~12月份,3个月共进口大豆912万吨,比上年同期增加30%。主要是自2007年10月1日起,我国进口大豆执行1%的暂定税率,大豆进口成本降低。

2007年玉米出口增加,进口减少

据海关统计,2007年12月出口玉米4.3万吨,同比减少99.6%。进口玉米1.2万吨,同比增长12.9倍。全年累计出口484.7万吨,同比增长57.7%。累计进口2.3万吨,同比减少46%。我国玉米主要出口到韩国,占出口总量的65.4%。其他重要出口对象是:日本、马来西亚和印度尼西亚。2007年我国对印度尼西亚的出口增长4.7倍以上,对韩国、马来西亚的增幅在50%以上。2007年,东北三省和内蒙古的玉米出口量占全国出口总量的95.3%。

全球玉米产量数据略微下调至7.65亿吨

据国际谷物理事会(IGC)称,2007~2008年度全球玉米产量预测数据从11月份预测的7.67亿吨下调到了7.65亿吨,相比之下,上个年度的产量为6.98亿吨。

IGC预计2007~2008年度玉米贸易为9600万吨,相比之下,11月份的预测为9500万吨,上个年度为8700万吨。玉米消费预计为7.7亿吨,11月份的预测为7.62亿吨,上年为7.2亿吨。

IGC预计2007~2008年度全球玉米期末库存为1.01亿吨,低于11月份预测的1.11亿吨,也低于上个年度的1.05亿吨。

日本制定宠物食品安全保证法

2008年1月15日,日本拟制定宠物食品安全保证法,这项新法律用于预防由有害宠物食品引起的动物健康损害。该法律内容包括:①规定宠物食品成分的生产与标签的标准规范。禁止生产、进口及出售不符合这些标准规范的宠物食品;②禁止制造、进口及出售被有害物质等污染或可能污染的宠物食品;③一旦有害宠物食品发售出去,农林渔业部或环境部部长可下令处置或召回这些食品;④宠物食品生产商与进口商在开始生意前必须向农林渔业部或环境部通报;⑤宠物食品生产商、进口商及经销商必须保存生产、进口、装运和引进宠物食品的记录。