

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

2007年第28卷第2期

(总第287期)

(1980年创刊)

主办单位:

辽宁省农业机械研究所

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

投稿信箱:lc@feedindustry.com.cn

网站:www.feedindustry.com.cn

总编辑:慕容雪

副总编辑:沈桂宇 陈广鹏

责任编辑:沈芳

广告合作代理:沈阳同兴广告有限责任公司

总经理:林勇

副总经理:荣立南 王峻楠

业务内勤:刘占

地址:(110036)沈阳市长江街126号甲

B幢4单元16楼

电话:(024)86276137 86276627

传真:(024)86276127

邮箱:ggbb@feedindustry.com.cn

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

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

每份定价: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

# 工业

## (半月刊)

### 目次

#### 专家论坛

■1 环菜营养学研究与水产养殖业可持续发展的研究 ..... 陈立侨 侯俊利 彭士明等

#### 饲料添加剂

■4 新型饲料添加剂——木寡糖 ..... 虞洁 余冰 陈代文  
■7 饲料抗氧化剂作用机理及其活性评价方法研究进展 ..... 魏金涛 齐德生 张妮娅

■11 维生素E对藏浦鸭超同养期生长性能和产肥肝性能的影响 ..... 范文娜 刘辉 何瑞国

#### 酶制剂

■16 饲用β-甘露聚糖酶的研究及应用 ..... 李富伟 周响艳 冯定远

■20 温度和时回对酶水解豆粕效果的影响 ..... 何经纬 王之盛 曾有均

■22 菌源性β-葡萄糖苷酶特性的研究 ..... 李剑梅 修翠娟 季莉等

#### 水产养殖

■25 在饲料中添加DDGS对异银鲫生长的影响 ..... 高红建 张邦辉 王燕波等

■28 水产动物消化酶的研究 ..... 唐黎 王吉桥 程敏驰等

■32 两种饲料对大口黑鲈生长、消化指数和消化酶活性的影响 ..... 关胜军 吴锐全 谢骏等

#### 试验研究

■37 在体外模拟瘤胃发酵条件下N-乙酰-DL-蛋氨酸稳定性研究 ..... 武安泉 杨开伦 胡炳义等

■40 豆渣固态发酵生产纳豆芽孢杆菌的研究 ..... 李晓晖 沈涛 潘俊杰

■42 CpG寡脱氧核糖核苷酸对中华绒螯蟹3种血清酶活性的影响 ..... 李红霞 李义 刘永贵等

#### 饲养试验

■46 壳聚糖对0-3周龄二黄肉仔鸡生产性能 and 免疫力影响的初探 ..... 吴秋小 黄冠庆 潘俊福等

■49 大豆黄酮对肉仔鸡体内脂肪合成代谢的影响 ..... 张桂春 李绍龙

#### 检测技术

■51 国产雨生红球藻藻粉质量安全性评价 ..... 张晓丽 刘建国 林伟等

■54 气相色谱-串联质谱法检测猪肉组织中的磺胺二甲嘧啶残留量 ..... 赵晓凤 杨中

#### 兽医兽药

■58 硫酸黏杆菌素研究概况 ..... 杨海峰 葛竹兴

■60 TMP与氟米尼考配伍应用对鸡大肠杆菌病的疗效试验 ..... 王春华 袁建伟 韩喜彬

#### 专题论述

■62 莱籽饼粕中硫代葡萄糖苷的危害与脱毒措施研究 ..... 臧海军 张克英

#### 信息采集

■10 国外如何改善养殖肉牛的品质  
■15 中草药治疗猪流行性感冒

### 企业标识展示



中通集团  
辽阳(锦州)  
(024)88518888



江苏中元  
(0514)7848811



江苏正昌  
(0519)7399988



江苏北方  
(0412)3430018  
(024)8800022



布勒(常州)  
(0519)7966666



江苏元亨  
(0519)8309888



杭建医亿  
(0519)7966688



杭州康建医亿  
(0571)86433111



上海威平  
(021)64197116



上海威平  
(021)57687881



新泰生物机械  
(0538)7427566



广东中山比克  
(0760)3113061



广州立达尔  
(020)87636309



武汉凌华  
(027)83569722



北信要绿  
(010)88597542



广州海大  
(020)84661699

# 浅析粮食饲料行业中的袋式脉冲除尘器

高峰 孙怀林

利用各种技术和设备产生一定的外力,使悬浮于气体介质中的固体微粒或液体雾滴从中分离的过程称为除尘过程,用于分离的设备称为除尘器。利用纤维织物层实现上述过程的设备称为袋式除尘器。

## 1 过滤机理

### 1.1 典型过滤机理

尘粒能从气流中分离,主要靠惯性、碰撞、拦截和扩散等效应,其次还有静电、重力、电泳力等。实际上尘粒从气流中分离是几种效应综合作用的结果,很难用一种收集机理进行模型效率分析,将几种作用效应用串联模式来分析是目前较为合理的处理方式,称之为综合过滤效率法。图 1 为典型过滤机理,图 2 为各效应捕集效率与粒径变化的关系。

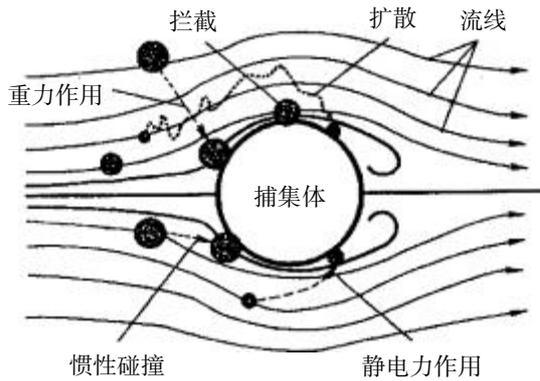


图 1 典型过滤机理

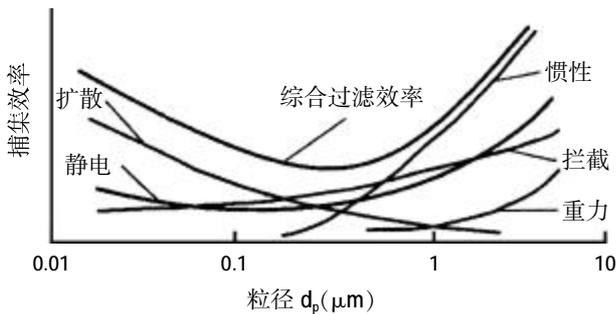


图 2 捕集效率与粒径变化的关系

### 1.2 纤维织物层过滤理论

纤维织物层过滤理论是研究滤料、开发滤料及设计袋式除尘器、分析袋式除尘器性能参数的基础。纤维

织物层过滤方式分为两种:内部过滤和表面过滤。当含尘气体通过新滤料孔隙通道时,在各种效应作用下尘粒分离,积储于纤维内部形成架桥,使得滤料的孔隙逐渐减小,在孔隙达到一定数值后,粉尘开始在滤料的表面沉积,随后沉积在滤料表面构成新过滤层的粉尘,该层一起参与尘气的过滤。这种从内部过滤到表面过滤的变化过程,也就是“尘滤尘”的概念。由于粉尘量、过滤阻力、清灰时间的影响决定它是一个瞬间稳定而长时间非稳定的过滤状态。对于普通的针刺毡内部过滤是一个不可缺少的过程,对于腹膜滤料则主要是表面过滤。滤料外面的腹膜起到形成粉尘层的作用。所以“尘滤尘”是一个很重要的概念,它决定清灰的方式、强度和时,指导我们调整除尘器的工况。图 3 为滤料过滤的动态,图 4 为腹膜滤料过滤的动态。

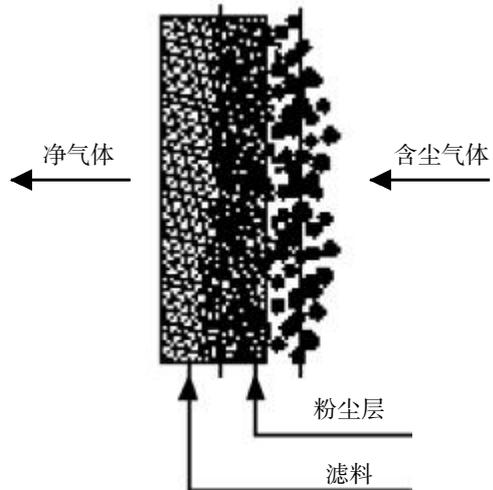


图 3 滤料过滤的动态

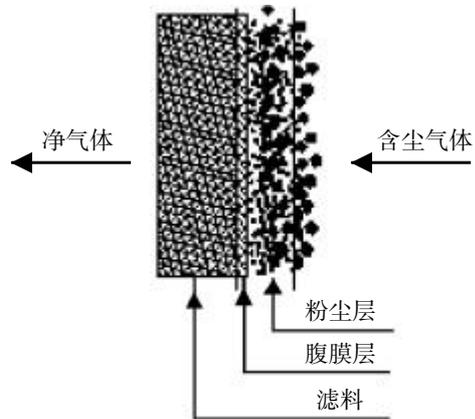


图 4 腹膜滤料过滤的动态

高峰,江苏牧羊集团,225127,江苏省扬州市牧羊路 1 号。

孙怀林,扬州大学建筑科学与工程学院。

收稿日期:2006-11-06

## 2 袋式除尘器

袋式除尘器是一种干式高效除尘器,它是利用有机、无机纤维编织制作的滤袋将含尘气体中固体颗粒物滤出的除尘设备。对于  $2\ \mu\text{m}$  以上的粉尘,其效率可达 99.9%,且造价较低、管理简单、维修方便。该设备通常由箱体结构、过滤单元、清灰系统、输灰机构、控制系统等组成。

### 2.1 工作原理

含尘气体进入袋式除尘器,在扩散、重力、碰撞等作用下,一定粒径范围内的粉尘会粘附在滤袋的受尘面,形成尘饼,干净空气穿过滤袋排出机体,实现气尘分离,达到净化空气的目的。随着时间推移,尘饼堆积越厚,除尘器的阻力就越高,导致除尘器效率下降。为保证系统正常运行,必须进行清灰。清灰的目的是去除粘附在滤袋外表的粉尘,使粉尘层保持在一定的范围内,系统运行阻力在一定范围内波动。

### 2.2 脉冲清灰系统

袋式除尘器的清灰方式主要有:①机械清灰;②脉冲清灰;③反吹清灰;④组合清灰等几种。粮食饲料行业主要是脉冲清灰。

#### 2.2.1 清灰系统原理

脉冲清灰是利用压缩空气在极短的时间内(通常不超过 0.3 s)高速喷入滤袋,同时诱导数倍于己的空气,形成冲击波,使滤袋产生急剧的膨胀和振动,之后滤袋回瘪,这种一涨一瘪的过程使滤袋表面粉尘脱落。喷吹系统由脉冲控制仪、电磁阀、喷吹管等组成。脉冲控制仪控制电磁阀瞬间通断形成脉冲气流。正常过滤状态和清灰状态分别如图 5、图 6。

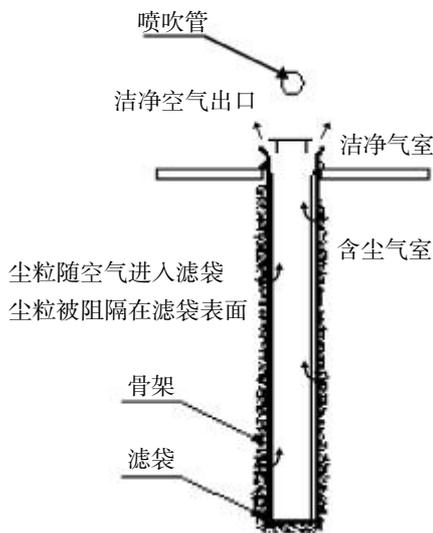


图 5 正常过滤状态

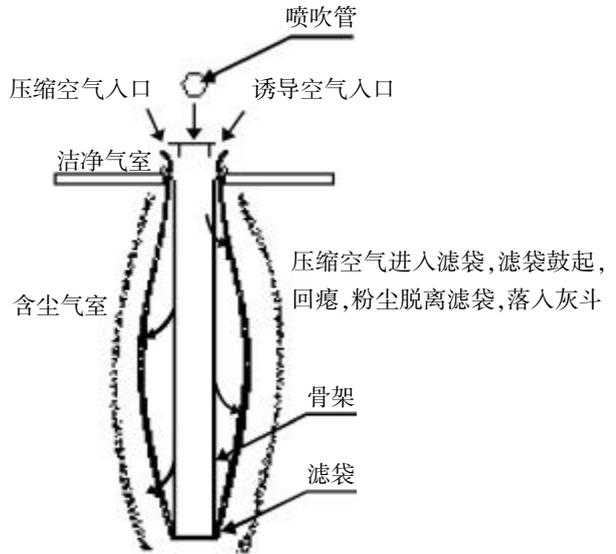


图 6 清灰状态

从清灰的过程看,粉尘脱落量与滤袋“涨”、“瘪”程度有关,这过程由喷入滤袋的压缩空气量、气压、间隔、时间决定,这几者之间综合作用构成通常所说的清灰强度这一概念。间隔就是脉冲周期,即同一电磁阀相邻两次打开的时间间隔(一般为 3~180 s),它决定清灰的频率。时间就是脉冲宽度,即电磁阀膜片打开的时间(一般为 0.03~0.3 s),它决定清灰气量的大小。这两个参数都连续可调并由脉冲控制仪决定。

粉尘层的形成与过滤速度有关,过滤速度高时粉尘层形成较快;过滤速度低时,粉尘层形成较慢。粉尘在滤料上的附着力是非常强的,可以达到粒子自重的 1 000~4 200 倍。清灰之后,粉尘层会继续存在。但清灰强度过大会破坏粉尘层,导致粉尘层的“漏气”,降低捕集粉尘的效果,直接表现为袋式除尘器间歇冒灰。

脉冲清灰的气压分为高压、低压两种,高压一般为 0.5~0.7 MPa,低压一般为 0.1 MPa 左右。高压清灰诱导的空气量大,能耗高;低压清灰节省压缩气用量,压损小、喷吹管口径大,能耗低,适合抗折性比较低的滤料。从清灰效果讲两者没有太大的差别,这种分法是不科学的。随着人们对清灰机理的进一步认识,清灰的气源压力和气量选择将更为合理,灵活掌握清灰系统的配置,延长滤料的使用寿命。

#### 2.2.2 脉冲清灰系统方式

袋式除尘器的清灰方式可分为在线和离线。几万风量的除尘器常采用在线清灰,几十万风量的除尘器常采用离线清灰。在线清灰就是滤袋边过滤边清灰;离线清灰就是将过滤和清灰分开,滤袋过滤时不清灰,滤袋清灰时不过滤,清灰较彻底,设备造价高。

### 2.2.3 脉冲清灰系统控制

脉冲清灰系统可分为定时控制和阻力控制。定时控制即固定脉冲周期,定时清灰,清灰方式不随实际运行的因素而波动,对初始调节要求高,调节不好会造成频繁喷吹,降低滤袋和膜片的使用寿命,长时间间隔喷吹又会影响除尘器的运行效果。阻力控制即将除尘器的设计阻力作为控制仪的工作点,使清灰的时间和除尘器的运行阻力联系起来。当净气室和含尘室的压差达到一定值(一般为1 000~1 300 Pa左右)时开始清灰。这种定阻力控制清灰方式能避免定时控制存在的缺点,使清灰的频率更接近除尘器的实际运行情况。

由于粮食饲料行业要处理的含尘气体浓度较高,很大一部分除尘器是作为中间分级处理设备,清灰的频率较高,阻力控制和定时控制相比已没有优势可言。定时控制清灰还可以避免阻力控制产生的误操作和失效的问题。

### 2.3 过滤单元

过滤单元是袋式除尘器的核心部分,主要由花板、骨架、滤袋组成。

#### 2.3.1 针刺毡

滤袋是过滤单元的重要部件,它直接关系到除尘器的运行效果和投资成本。滤料有多种多样,成型工艺也各不相同。不同的滤料适合不同的粉尘处理。袋式除尘器中通常用的滤料为针刺毡。针刺毡一般由基布和纤维层组成。成型工艺是将梳理成网的纤维层进行反复针刺,使纤维层和基布牢固地结合形成三维结

构,经烧毛、热轧、涂层、定型等整理工序完成。如在针刺毡上加一层腹膜就变成腹膜滤料。

针刺毡的特点是纤维组织疏松,高空隙率增加了粉尘的容截量,属复式截留模式,较大的颗粒被截留在纤维表面,而细微颗粒被捕捉于纤维深层中,应用瞬间烧结技术进行表面热处理,有效防止过滤时纤维受流体高速冲带而散失,过滤精度1~200 μm。腹膜滤料可控制粉尘进入滤料的深处,防止滤料的堵塞,提高清灰能力,其对0.01~1 μm的粉尘分级捕尘率可达97%~99%,但其透气度约是未腹膜的70%~80%。

#### 2.3.2 滤料基本要求

滤料的性能与除尘效率、清灰强度、使用环境有关。基本要求有:强度指标、孔隙率、透气性、收缩率和延伸率等。性能良好的滤料能做到:①纳尘量大,有效保证“粉尘层”过滤效率较高;②透气性、渗透率好,降低过滤阻力;③抗拉、抗皱折、耐磨,力学性能好;④耐高温、耐腐蚀,化学性能好;⑤吸湿性小;⑥清灰和清洗再生性能好等。

#### 2.3.3 滤袋

常用滤袋有三种:圆袋、扁袋、椭圆袋。大多数的袋式除尘器采用圆形滤袋,其结构简单,便于清灰;扁袋通常为扁平形,布置紧凑,过滤面积比圆袋增加20%~40%,缺点是布袋短边易积灰,制作要求高;椭圆袋是滤袋截面呈椭圆形,吸收圆袋和扁袋的优点,更符合清灰时的滤袋变化轨迹,易清灰,制作要求和密封要求比圆袋和扁袋要高。

### 3 选择袋式除尘器需要考虑的因素(见图7)

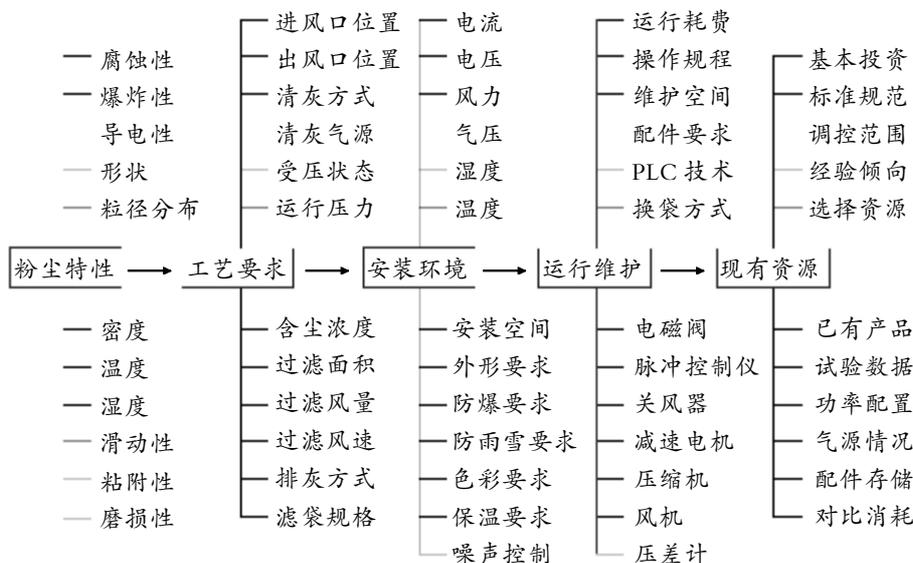


图7 选用袋式脉冲除尘考虑的因素

选择除尘器主要从工艺、环保和经济成本几方面考虑。对袋式脉冲除尘器选择时主要考虑以下几点:①粉尘特性;②工艺要求;③安装环境;④运行维护方式;⑤现有资源等。图7给出了选用袋式脉冲除尘器的考虑因素,它们之间是相互关联的。

### 3.1 选择步骤

选择是一个综合考虑过程,图8是针对主要因素选择的简单流程。步骤:根据粉尘特性选择过滤风速;根据工艺设备所需风量及过滤风速选择过滤面积;根据安装环境选择方形或圆形除尘器。由过滤面积、外形确定除尘器的基本参数;根据粉尘特性来选择滤料的材质是普通针刺毡还是腹膜针刺毡,是否需要耐高温、防酸碱,滤袋采用圆形、扁形还是椭圆形;根据运行维护的要求,结合安装环境确定换袋方式是上换还是下换;根据工艺要求,结合安装环境确定进出口的位置、排灰口的位置等等。袋式除尘器的效率一般都能达到99.9%,所以在选择时一般不用考虑。

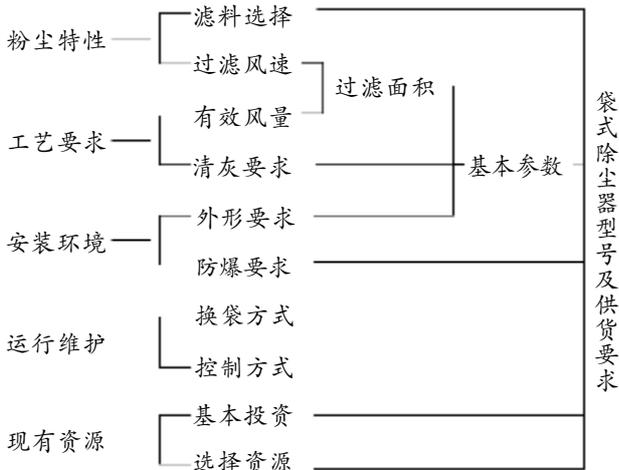


图8 选择简单流程

### 3.2 几点建议

除尘器选择是达到工艺要求的很关键的一步,但不应忽视整个风网的设计,风网设计的优劣直接关系到除尘系统的能量消耗、工作能力和除尘效率。

粉尘入口浓度超过15 g/m<sup>3</sup>的一般要预净化或降低过滤风速,建议粉碎工段中的除尘器过滤风速小于2 m/min。

常温中,对于粉尘粒径≤1 μm或水分较高的粉尘可选用腹膜滤料,对于粒径较大、粒径分布差别太大的粉尘不太适用。选用腹膜滤料时建议过滤风速v≤2 m/min,甚至v≤1 m/min。

粉尘的导电性和爆炸性是不可忽视的重要问题。粮食粉尘中无机物含量较高,占50%,平均粒径也较大,一些事故表明这些粉尘仍然具有爆炸性,而且粉尘层着火的敏感度比玉米淀粉还要高。

严格意义上讲,对于袋式脉冲除尘器的“选型”一说是错误的。一个袋式除尘系统是由含多个技术的独立系统配置而成的,是要针对不同的粉尘、不同的处理量、不同的工艺环境进行单独设计的。直接选购对应处理风量的型号,一味地“选型”在除尘设备的应用过程中经常产生各种事故。

### 4 结论

现在行业中存在一种误解,除尘设备不算主要设备,安装目的为了达到环保要求。事实上,在粮食饲料企业中除尘设备的主要功能是在关键工序中对粉尘进行分级回收,除尘设备的效率将直接影响到企业的生产量。了解袋式脉冲除尘器的一般知识和正确认识除尘器的“选型”,将风网设计、风机选择作为整个除尘系统一个至关重要因素来考虑,这样袋式脉冲除尘器在粮食饲料行业中才能发挥积极的作用。

(编辑:崔成德, [cuihengde@tom.com](mailto:cuihengde@tom.com))

## 征订启事

## 欢迎订阅2007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](mailto:tg@feedindustry.com.cn)

Http://[www.feedindustry.com.cn](http://www.feedindustry.com.cn)

# 膨化工艺设计及设备安装要点

杨 勇

随着人们环保意识的加强及当今养殖市场的发展,用膨化机生产的产品(包括浮性饲料和沉性饲料)越来越受到广大养殖户的青睐。膨化机的生产、推广及使用也正成为饲料行业的一大亮点。许多新建的饲料厂,要么一步到位都安装了膨化机,要么就进行预留为以后作准备,而一些早期饲料厂也纷纷进行改造,新增膨化生产线,抢占膨化料市场。为此,本人结合多年工作经验,就膨化机的使用、工艺流程设计、安装等提出实践上的一些心得,与大家分享。

## 1 膨化机最好与中控室放于同一个楼面

膨化机是膨化饲料生产的核心设备,它运行是否正常,直接影响到其前后工序的运行状态,所以,它与中控室的操作员必须保持密切的配合,才能确保整个生产过程的顺畅,减少能耗(后文中我们假设膨化机都安装在二楼)。

## 2 烘干机放在比膨化机高两层楼的楼面(即四楼)上

最好避免将烘干机直接放在膨化机下面,原因是:①造成环境温度过高。因烘干机散发的热量会使周围环境温度升高很多,特别是在夏天,膨化机本身散发的热量就很高,如把烘干机再放在膨化机下方,再加上烘干机上的热气,会使二楼的工作环境温度特别高,有的高达50~60℃;同时对二楼的一些现场电器控制柜也带来不利影响。②如把烘干机放在一楼,不利于烘干机冷凝水的回收和对膨化机调质器的加水。

## 3 膨化机和烘干机之间宜采用气力输送

以前大家都倾向于把膨化机直接放在烘干机的正上方,使物料出膨化机后直接进入烘干机中,烘干后的物料用斗式提升机进行提升,认为这样可以避免风送过程中的能耗过大。其实不然,根据多年生产实践,本人测算了膨化后的物料采用气力输送与采用直接进烘干机这两种不同方式的成本费用。首先,设备投入上的差异:前者主要是需要不锈钢的风管、不锈钢的刹克龙、风机和关风器,后者需一台全不锈钢的提升机(畚斗带、畚斗都需要有特殊要求)。其次,能耗

上的差异:我们以膨化机产量3 t/h计算,膨化机出口处物料水分为25%,烘干机出口物料水分为10%,烘干机仍选用国产的(蒸汽耗用较大,进口的则成本太高),烘干1 t饲料耗用蒸汽至少0.5 t。采用气力输送时,物料水分闪蒸2%,即用此工艺时,进入烘干机的物料水分为23%,使用热电厂集中供热的蒸汽,其价格140元/t,平均电价0.80元/(kW·h)。如此测算,用气力输送时,因物料水分闪蒸2%就会使烘干机每吨料少烘干水分2.597 kg[我们假设从25%的水分降到23%的水分时,丢失X kg的水分,解方程 $(25-X)/(100-X) \times 100\% = 23\%$ ,即可得 $X=2.597$  kg]。如果膨化机产量3 t/h,则烘干机少烘干水分7.79 kg/h,而要蒸发这7.79 kg水,需耗用蒸汽价32.72元(把1 t含水25%的饲料烘到水分10%时,共烘掉水分166.67 kg,故每烘干掉1 kg水分,耗蒸汽3.0 kg,折合人民币0.42元)。而使用气力输送工艺的耗电为:风机15 kW,关风器1.5 kW,都设为满负荷工作,每小时耗电为 $(15+1.5) \text{ kW} \times 1 \text{ h} \times 0.8 \text{ 元}/(\text{kW} \cdot \text{h}) = 13.2 \text{ 元}$ 。故两者比较,用气力输送使物料水分自然下降2%而减少烘干机蒸汽耗用所节省的费用远远大于此工艺电耗所增加的费用(用不锈钢斗式提升机工艺中还有5.5 kW提升机的功率耗用)。最后,除生产宠物料外,不论是浮性还是沉性料,采用气力输送都对物料起到抛棱作用,使物料外观更加美观,当然控制好风速是关键。另外,用气力输送还可减少膨化机出口的蒸汽外溢,可保护周围的设备和电控柜的使用性能及改善工人操作环境。

## 4 在物料进成品仓前加一道永磁筒

在膨化机的后道工序中,特别是烘干机中,不能完全避免螺栓等类似的设备零件的脱落,有时甚至还有断裂后的膨化机刀片混入成品料中。即使在烘干机之后有分级筛,也可能因生产一些大粒径的饲料而使用大孔径的筛网时,无法去除这些设备上偶尔掉下来的金属杂质,所以在成品仓前加一道永磁筒还是很有必要的。

## 5 使用热喷工艺

需进行油脂外喷涂的物料,应采用先喷涂后冷却的工艺为好。这样更有利于物料对油脂的吸收,使得油脂更加容易渗透到颗粒内部,避免油脂只粘附在颗

杨勇,杭州万事利生物科技股份有限公司,311100,浙江省杭州市余杭区望梅路619号。

收稿日期:2006-10-23

粒表面后,存放时间稍长,就渗透到外包装袋上了,既影响了包装袋的美观又使得饲料的营养成分丢失。

### 6 采用两次分级筛选

一次是放在烘干机之后,可避免非成品物料进入喷油工段而浪费油脂,同时可减少因粉末在喷油后粘附在设备及成品料上而影响产品质量;还有一次分级放在成品打包、装袋前。因物料经前道的提升、进仓必将产生粉末,同时若用滚筒喷涂,时间一长滚筒内也将积存粉末,而这些粉末跟随滚筒一起旋转也将结团成为粉末球混入成品中。所以,在此增加一道筛分设备,以确保最终产品质量。

### 7 水管、蒸汽管道系统的安装

国内饲料厂大都使用蒸汽作为热源,膨化机、烘干机也多用蒸汽加热,只有少量的小型膨化机组利用电加热,这就必然涉及到蒸汽冷凝水、夹套冷却水的回收利用问题。许多厂家都将其直接排放掉,白白浪费了。所以从现在就应养成节约用水的意识,同时这样也可降低生产成本。为此,在烘干机的下面一个楼面(即三楼)做一密封的热水池(注意要有溢流口和排放水蒸气于室外的透气孔),让烘干机的冷凝水全都排放到此处。然后用此水池的水通过水泵添加到膨化机的调质器中,这样使加入调质器中的水是比室温高许多的热水,会更加有利于物料的熟化,减少能耗。在实际生产中,膨化机主机的夹套里要么加冷却水,要么加蒸汽。若加冷却水,就只能使用自来水进行冷却(注意当地二楼的水压是否符合工艺要求),经夹套后的冷却水或蒸汽冷凝水一起进入一楼的一个水池里,然后用一个水泵泵入三楼的冷凝水池中。至于加入主机内腔的水,最好也使用三楼水池的水,这要看膨化机厂家配置的管道系统能否这样联接。三楼水池的溢水管可接到工厂里的锅炉房中,用于锅炉的用水,或接入工厂浴室的水箱内,用于职工洗澡之用。在设计三楼的水池时最好考虑使用三级过滤,并且要有排污口、补充水的入口等。

### 8 膨化机和烘干机的操作、维修空间

在安装膨化机时,在其出料口的前端要有足够的空间:一则便于堆放在生产调试时产生的废料;再则要保证检查或更换挤压螺旋时,将整根螺杆拉出时的长度空间。在土建时,最好在膨化机主机筒的正上方预埋一根长 H 钢,便于以后检修膨化机用。在膨化机出料口楼面的正前方最好设计一洗车污水的下水口。如有条件,物料进入膨化料仓前加一道保险筛更好,主要是去除不锈钢螺栓、石块、焊条等非磁性杂质,一

则可以避免堵塞膨化机的模板,再则更重要的是保证膨化机的安全运行。

烘干机的蒸汽管道及疏水管道离地最好有 20~30 cm 高,这样便于打扫卫生。烘干机的四周最好少粉尘,以避免过多的粉尘进入烘干机热交换器的翼片中而影响热量的交换。烘干机周围的门窗要多,便于空气的对流。

### 9 电器的安装

膨化机、烘干机的控制最好采用现场控制柜的方式进行控制。两个柜子都放在膨化机附近。要求操作方便,同时要避免膨化机所产生的蒸汽及其它设备所产生的粉尘进入控制柜。控制柜必须放在通风、散热条件好的地方。如条件许可,最好将变频器、电器控制的主元件等安放在中控室内,只将变频器的控制面板、电机控制按钮等放在现场控制屏上即可。这样更有利于延长电器的使用寿命,减少设备的故障率。

当然,在整个膨化工艺的设计中还有许多细微的注意点,这里就不再一一叙述了。上述内容是根据个人多年生产得出的一些经验,仅供大家参考。其中不足之处,还望大家多多指正。

(编辑:崔成德, [cuiengde@tom.com](mailto:cuiengde@tom.com))

### · 一句话新闻 ·

- ★ 商务部 1 月 22 日发布的调查显示,85% 的农村消费者在购买食品时已经考虑食品安全问题,比上年提高了 10.3 个百分点;选择“价格便宜”为购买理由的农村消费者比例为 36%,较上年下降了 7.3 个百分点。
- ★ 越南农业部长 1 月 18 日对媒体表示,该国南部湄公河三角洲地区为控制禽流感疫情扩散,已经禁止农民“游牧”鸭子,所有在野外放养的鸭子都将被收进笼中圈养。
- ★ 新华社电 1 月 11 日,记者从农业部兽医局的报告获悉,2006 年全国兽药产品质量抽检总合格率为 75% 左右,比 2005 年提高了 2.2 个百分点。
- ★ 香港卫生福利及食物局 1 月 22 日公布,评估禽流感疫情的最新情况,以及考虑春节期间市民和食肆对活鸡的额外需求后,决定在春节前增加内地进口活鸡供应量。
- ★ 2006 年我国农产品出口克服了国外技术壁垒影响和生产成本上涨压力,实现较快增长,全年农产品出口 310.3 亿美元,同比增长 14.1%,农产品出口迈上新台阶。
- ★ 1 月 19 日,农业部正式发布《乡镇企业“十一五”发展规划》和《农产品加工业“十一五”发展规划》。



小肽营养 全球共享  
美国华达(VBC)中国广州技术中心



[本栏目由美国华达(VBC)中国广州技术中心协办]

## 派肽威(Peptiva)对 肉仔鸡赖氨酸需要的影响

克莱辛(著) 张永亮 丁景华(编译)

**摘要** 检测活性肽产品(Peptiva)是否影响肉仔鸡生长对赖氨酸的需求。有试验结果表明,在饲喂赖氨酸缺陷型日粮的条件下 Peptiva 能降低肉仔鸡对赖氨酸的需求,同时也提高了其生长性能。本学院已经有试验证明 Peptiva 能够增加健康和感染球虫小鸡的肠绒毛膜长度,这表明 Peptiva 能促进营养物质的吸收。那么 Peptiva 对赖氨酸消化和吸收所能起到可以预期的积极作用。

**关键词** 派肽威;赖氨酸;生长速度;采食量;饲料利用率;胸肌重

**中图分类号** S816.79

### 1 试验 I

为了在较广泛的赖氨酸水平内摸索派肽威对肉仔鸡采食及生产性能的影响,本试验选择饲料中赖氨酸含量为 0.8%~1.3%,应用派肽威替代日粮蛋白水平的 0.5%,观察派肽威对肉仔鸡采食量、增重、饲料利用率和胸肌重的影响。

#### 1.1 材料与方法

##### 1.1.1 试验设计

试验采用 2×6 阶乘因子随机分组试验设计,二因子分别是“派肽威”空白对照组和“派肽威”替代日粮蛋白的水平为 0.5%组。试验共设 6 个赖氨酸水平(见表 1)。

表 1 试验设计

组别	派肽威空白对照组	派肽威试验组
1	0.8%赖氨酸	0.8%赖氨酸
2	0.9%赖氨酸	0.9%赖氨酸
3	1.0%赖氨酸	1.0%赖氨酸
4	1.1%赖氨酸	1.1%赖氨酸
5	1.2%赖氨酸	1.2%赖氨酸
6	1.3%赖氨酸	1.3%赖氨酸

##### 1.1.2 试验材料

试验动物选用 192 只刚孵化的肉仔鸡,随机分为 12 个处理,每个处理 2 个重复,每个重复 8 只鸡。

“派肽威”由美国华达生化科技有限公司提供。

##### 1.1.3 基础日粮

克莱辛,美国加利福尼亚州立大学,教授,戴维斯校园。

张永亮、丁景华(编译),华南农业大学。

收稿日期:2006-11-06

参照美国 NRC 肉鸡营养需要配制玉米-豆粕型基础日粮,不含动物副产品,在不计算添加赖氨酸的情况下,饲料中的原始蛋白所含的赖氨酸的消化率为 85%,这样可以为“派肽威”改善营养留有空间。赖氨酸水平是根据玉米和豆粕的比例来调整的,不同赖氨酸水平的日粮组成及营养水平见表 2。

表 2 不同赖氨酸比例试验日粮配方及营养水平

成分	赖氨酸含量					
	0.8%	0.9%	1.0%	1.1%	1.2%	1.3%
玉米(%)	66.6	64.1	60.8	57.8	56.2	55.1
豆粕(%)	18.3	23.0	27.2	30.5	31.4	31.6
麸皮(%)	8.2	5.19	3.5	2.3	1.4	0.0
卵清蛋白(%)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4.0
植物油(%)	2.3	3.2	4.0	4.5	4.6	4.6
磷酸氢钙(%)	1.86	1.84	1.82	1.80	1.81	1.82
石灰石(%)	1.39	1.36	1.35	1.34	1.33	1.32
蛋氨酸(%)	0.227	0.252	0.247	0.204	0.160	0.097
维生素和矿物质(%)	1.075	1.075	1.075	1.075	1.075	1.075
营养水平						
能量(MJ/kg)	13.38	13.38	13.38	13.38	13.38	13.38
蛋白质(%)	19.6	19.8	20.5	21.4	22.4	23.1
Ca(%)	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
非植酸 P(%)	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45
赖氨酸(%)	0.8	0.9	1.00	1.10	1.20	1.30
蛋+胱氨酸(%)	0.93	0.93	0.93	0.93	0.93	0.93
精氨酸(%)	1.04	1.14	1.24	1.34	1.42	1.49

##### 1.1.4 试验期的饲养管理

鸡笼经过清洁和消毒,并保持环境的整洁,每个处理有 4 个栏,每栏有 4 只鸡,自由采食和饮水。不同饲料处理在第一天开始饲喂,记录采食量,试验结束时称重,屠宰取胸肌并称重。试验期为 28 d。

##### 1.1.5 试验测定指标

增重、采食量、饲料利用率和胸肌重。

1.1.6 数据处理

采用非线性回归分析。确立其需要量的方法是通过对 3 个高水平和 3 个低水平的赖氨酸建立两条回

归直线,两条回归直线的交叉点即为赖氨酸的营养需要。其它数据用 ANOVA 统计处理。

1.2 试验结果(见表 3)

表 3 赖氨酸水平和派肽威对肉仔鸡采食量、增重、饲料利用率和胸肌重的影响

赖氨酸量	采食量(g/栏)		增重(g/栏)		饲料利用率		胸肌重(g/栏)	
	派肽威组	对照组	派肽威组	对照组	派肽威组	对照组	派肽威组	对照组
0.8%	2 058±85	1 955±75	1 270±75	1 185±34	0.62±0.008	0.61±0.008	277±24	284± 27
0.9%	2 213±102	2 255±68	1 505±79	1 488±57	0.68±0.008	0.66±0.009	374±29	357±31
1.0%	2 512±95	2 505±94	1 834±80	1 821±77	0.73±0.009	0.73±0.015	438±32	430±21
1.1%	2 499±91	2 445±108	1 944±68	1 919±71	0.78±0.009	0.79±0.004	468±24	461±29
1.2%	2 447±111	2 453±114	1 955±35	1 950±51	0.80±0.004	0.80±0.008	469±36	468±36
1.3%	2 519±103	2 529±97	1 995±66	2 018±60	0.79±0.006	0.80±0.007	488±38	484±34
ANOVA P 值								
赖氨酸	<0.01		<0.01		<0.01		<0.01	
派肽威	0.91		0.22		0.13		0.10	
相互作用	0.51		0.15		0.15		0.09	
赖氨酸需求			1.06	1.09	1.14	1.11	1.03	1.08
需求 P 值			0.56		0.39		0.18	

1.2.1 随着日粮赖氨酸水平的提高,肉仔鸡增重、饲料利用率和胸肌重都高于低赖氨酸水平组。

1.2.2 与对照组相比,派肽威组肉仔鸡增重、采食量、饲料利用率和胸肌重均没有显著差异。本试验每个处理组的样本数比较少,只有 16 个,我们的目的是通过回归分析来确定肉仔鸡对赖氨酸的需求。

1.2.3 在赖氨酸水平较低的情况下,Peptiva 对饲料转化效率有提高的趋势,但是对高赖氨酸组的饲料转化效率没有显著影响。与对照组相比,0.9%~1.3% 赖氨酸水平组的派肽威对胸肌重量有提高的趋势。

1.2.4 派肽威不影响肉仔鸡对赖氨酸需求的计算值(P≥0.18)。

2 试验 II

上述试验结果表明,在赖氨酸水平较高时,派肽威对小鸡的胸肌重有较大的影响。为了进一步确定其效果,本试验选择赖氨酸水平为 1.0%、1.1%和 1.3%,并扩大了样本数量。

2.1 材料与方法

2.1.1 试验设计

试验采用 2 × 3 阶乘因子随机分组试验设计,二因子分别是“派肽威”空白对照组和“派肽威”替代日粮蛋白的水平为 0.5%组。试验共设 3 个赖氨酸水平(见表 4)。

表 4 试验设计

组别	派肽威空白对照组	派肽威试验组
1	1.0 %赖氨酸	1.0 %赖氨酸
2	1.1 %赖氨酸	1.1 %赖氨酸
3	1.3 %赖氨酸	1.3 %赖氨酸

2.1.2 试验材料

试验动物选用 192 只刚孵化的肉仔鸡,随机分为 6 个处理,每个处理 2 个重复,每个重复 16 只鸡。

“派肽威”由美国华达生化科技有限公司提供。

2.1.3 基础日粮

参照美国 NRC 肉鸡营养需要配制玉米-豆粕型基础日粮,不含动物副产品。赖氨酸的水平是根据玉米和豆粕的比例来调整的(见表 2)。

2.1.4 试验期的饲养管理

鸡笼经过清洁和消毒,并保持环境的整洁,每个处理有 8 个栏,每栏有 4 只鸡,自由采食和饮水。不同饲料处理在第一天开始饲喂,记录采食量,试验结束时称重,屠宰取胸肌并称重,试验期为 19 d。

2.1.5 数据处理

采用二元方差分析。当交互作用存在显著差异时,各组数据的平均值再用 Tukeys' 最小平方差(LSD)分析。

2.2 试验结果(见表 5)

2.2.1 随着日粮赖氨酸水平的提高,肉仔鸡日增重和胸肌重都有增加的趋势。

2.2.2 与对照组相比,尽管在 1.0%低赖氨酸水平下派肽威提高了饲料利用率,但是派肽威组对采食量和饲料利用率影响差异不显著,赖氨酸的量与 Peptiva 之间的交互作用对饲料利用率(P=0.09)和日增重(P=0.07)有一定的影响,但差异不显著。

2.2.3 与对照组相比,在 1.0%赖氨酸日粮组,Peptiva 显著提高了胸肌重,但是 1.1%和 1.3%赖氨酸日粮组 Peptiva 对胸肌重没有显著影响。

表 5 赖氨酸水平和派肽威对小鸡采食量、增重、饲料利用率和胸肌重的影响

赖氨酸量	日增重[g/(d·只)]		采食量[g/(d·只)]		饲料利用率		胸肌重(g/只)	
	派肽威组	对照组	派肽威组	对照组	派肽威组	对照组	派肽威组	对照组
1.0%	29.6±0.4	28.1±0.5	41.6±2	41.3±1	0.71±0.01	0.68±0.01	42.2±0.9	40.2±0.6
1.1%	31.1±0.7	30.9±0.6	40.2±2	40.6±1	0.77±0.01	0.76±0.01	49.9±1.1	48.4±0.7
1.3%	31.2±0.6	31.4±0.5	40.5±3	40.2±2	0.77±0.01	0.78±0.02	51.5±1.3	51.9±0.9
ANOVA P 值								
赖氨酸	<0.01		<0.02		<0.01		<0.01	
派肽威	0.13		0.62		0.19		0.13	
相互作用	0.07		0.28		0.09		0.03	

2.2.4 含 1.0 %赖氨酸的 Peptiva 组与对照组相比,日增重有提高的趋势,但是在 1.1%和 1.3%赖氨酸水平下,派肽威对日增重没有显著影响。

2.3 结论

与对照组相比,在赖氨酸水平较低时,派肽威对日增重和饲料利用率有提高的趋势,但赖氨酸水平较

高时派肽威没有显著影响,所以派肽威并不影响肉仔鸡对赖氨酸需求量的计算值。派肽威显著提高了饲喂含 1%赖氨酸日粮的肉仔鸡的胸肌重,表明派肽威能提高肌肉对赖氨酸的利用率,从而增加肌肉的沉积。

(编辑:刘敏跃,lm-y@tom.com)

· 广 告 ·

# 宜兴市新宇科教仪器研究所

(原宜兴市科教仪器研究所)



九三年国家级新产品  
全国消费者放心产品  
国家专利号 90212354.8

为您提供国内首创、国际先进 LNK 新型先进蛋白分析仪

蒸馏器特点:

1. 消化液不转移直接蒸馏, 5分钟一个样品。
2. 符合国标法, 可常量蒸馏也可半微量蒸馏。
3. 自动定时, 自动加碱, 自动加水, 自动衡压, 自动排废, 自动报警。
4. 壳体全塑耐酸碱, 与消化器配套使用。
5. 电源AC220V, 功率1kW, 蒸馏量20ml/min, 回收率 > 99%, 重复误差 < 1%。

消化器特点:

1. 气锅式远红外辐射加热, 消化快, 省工、省电, 比电炉节电90%, 提高工效7倍。
2. 一机多用, 投资少、效益大。
3. 符合国标法, 准确可靠。
4. 数字显示自动恒温, 自动定时关机。
5. 不锈钢材质经久耐用。
6. 配套齐全, 操作方便。

诚招各省经销商

地址: 江苏省宜兴市和桥镇北新桥东 邮编: 214211  
电话: 0510-87801038 传真: 0510-87808265  
网址: www.changshen.com E-mail: web@changshen.com



凯氏定氮快速自动蒸馏器



多功能快速消化器

# 虫肽蛋白在南美白对虾饲料中的应用研究

仲 明 王广军 陈阳城 谢 骏 王海芳 刘清神

**摘 要** 试验以虫肽蛋白粉代替鱼粉的比例为试验因子,采用单因素梯度法。替代比例分 4 个水平,即试验 1 组(36%鱼粉组)、试验 2 组(24%鱼粉+12%虫肽蛋白组)、试验 3 组(12%鱼粉+24%虫肽蛋白组)和试验 4 组(36%虫肽蛋白组),每组设 3 个重复,每个重复 60 尾虾。测定各组生产性能及其虫肽蛋白表观消化率和超氧化物歧化酶(SOD)、酸性磷酸酶(ACP)、溶菌酶(LZM)、酚氧化酶(PO)活力和杀菌活力等非特异性免疫指标。结果表明:各组间生产性能无显著差异( $P>0.05$ );而南美白对虾肌肉中 ACP、LZM、SOD、PO 活力和杀菌活力随着虫肽蛋白粉用量增加而显著增加( $P<0.05$ )。说明虫肽蛋白粉可以作为一种良好的对虾饲料中动物蛋白原料。

**关键词** 虫肽蛋白粉;表观消化率;非特异性免疫指标;动物蛋白原料

**中图分类号** S816.4

昆虫是地球上种类最多、生物量最大的尚未充分利用的生物类群,其食物转换率高、繁殖速度快、分布广、资源量大、蛋白质含量高、含有特殊的生物活性物质(如免疫活性物质和几丁质)<sup>[1]</sup>。如果能将昆虫蛋白资源实现产业化生产,并且通过在水产养殖中进行饲料昆虫及其产物的应用技术研究,确定不同水产动物最佳的应用模式,将对弥补水产饲料蛋白资源的不足,促进水产养殖业及饲料工业的可持续发展具有重要意义。

本研究旨在探讨虫肽蛋白在南美白对虾养殖中的应用效果,明确在饲料中使用虫肽蛋白粉(部分)代替鱼粉后对南美白对虾生长及其免疫功能的影响,以及南美白对虾对虫肽蛋白的表观消化率,以期虫肽蛋白粉的大规模推广应用提供帮助。

## 1 材料和方法

### 1.1 材料

虫肽蛋白粉由广州某生物蛋白股份有限公司提供。

试验所需要的南美白对虾取自番禺某养殖场,试验虾运回研究所暂养 1 周后挑选体质健壮、外观无明显症状、规格整齐的个体用于试验。试验虾的平均体长为(1.46±0.78) cm,平均体重为(5.31±0.33) g。

### 1.2 试验地点和试验条件

试验在中国水产科学研究院珠江水产研究所(广州)内进行。试验是在 1.6 m×1.2 m×1.0 m 的小网箱中进行,试验期间有效水深 0.8 m。网箱置于室外的水泥池中,网箱四周固定于池壁上。

仲明,华南农业大学动物科学学院,副教授,510642,广州。

王广军、谢骏,中国水产科学研究院珠江水产研究所。

陈阳城、王海芳,广州鑫肽生物蛋白股份有限公司。

刘清神,单位及通讯地址同第一作者。

收稿日期:2006-12-04

试验用水为经过沙滤的天然池塘水。由于南美白对虾为海水品种,试验过程中在水池中添加了适量的海水晶,绝对盐度保持在 1~2。试验期间水温为 21.5~30.0 ℃,绝大多数时间在 25 ℃左右。整个试验过程连续充气,上午溶解氧维持在 4.0 mg/l 左右,下午维持在 6.0 mg/l 左右。

### 1.3 试验方法

试验以虫肽蛋白粉代替鱼粉的比例为试验因子,采用单因素梯度法。代替比例分为 4 个水平,分别为试验 1 组(36%鱼粉组)、试验 2 组(24%鱼粉+12%虫肽蛋白组)、试验 3 组(12%鱼粉+24%虫肽蛋白组)和试验 4 组(36%虫肽蛋白组)。每组设 3 个重复,每个重复 60 尾虾。每种饲料随机投喂 3 个网箱。各组饲料配方及营养水平见表 1。

表 1 试验饲料配方及营养水平(%)

项目	1 组	2 组	3 组	4 组
进口白鱼粉	36.0	24	12	0
虫肽蛋白粉	0	12	24	36
发酵豆粕	20.0	20.0	20.0	20.0
乌贼膏	3.0	3.0	3.0	3.0
虾壳粉	18.0	18.0	18.0	18.0
淀粉	8.0	8.0	8.0	8.0
花生麸	11.0	11.0	11.0	11.0
鱼油	1.0	1.0	1.0	1.0
磷酸二氢钙	0.5	0.5	0.5	0.5
虾用多维	1.5	1.5	1.5	1.5
虾用多矿	1.0	1.0	1.0	1.0
合计	100	100	100	100
营养水平				
水分	5.77	5.84	5.29	5.80
蛋白质	45.14	43.77	44.26	43.31
脂肪	3.38	2.77	3.20	2.23
灰分	18.26	18.25	18.42	18.05
总磷	1.69	1.63	1.63	1.63
钙	3.38	3.18	2.84	2.55

注:4 组每千克饲料补充 2 g 磷酸二氢钙;3 组每千克饲料补充 1.33 g 磷酸二氢钙;2 组每千克饲料补充 0.67 g 磷酸二氢钙。

#### 1.4 日常管理

试验期间投饲率为其体重的 4%~6%，具体根据虾的摄食情况，每天进行适当调整。每天分 3 次投喂，分别在 8:00、12:00 和 16:00。每周换水、吸污一次，换水量为 30%~40%。同时，在换水前取水样测量水的氨氮和亚硝酸盐，每天分两次记录水温、pH 值和溶解氧(DO)。

亚硝酸盐的测定采用 N-(1-萘基)-乙二胺光度比色法；氨氮的测定采用奈氏试剂比色法(GB 7479—87)；温度和溶解氧测定用雷磁 JPB607 型便携式溶解氧分析仪；pH 值的测定用 PHB-8 型笔式 pH 计。

#### 1.5 试验时间及测定指标

试验时间从 2006 年 9 月 1 日开始，10 月 27 日结束，共 56 d。试验结束时各组逐尾记数，计算成活率并称量全部试验虾体重。

$$\text{增重率} = \frac{\text{平均末重} - \text{平均初重}}{\text{平均初重}} \times 100\%$$

$$\text{成活率} = \frac{\text{收获尾数}}{\text{放养尾数}} \times 100\%$$

$$\text{饲料系数} = \frac{\text{摄食量}}{\text{终重} - \text{始重}}$$

#### 1.6 消化率的测定

##### 1.6.1 干物质和蛋白质的表观消化率

基础饲料(鱼粉 40%、豆粕 20%、虾壳粉 14%，其它同表 1) 添加 1%的  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  作为消化率测定外源指示剂，配制饲料时先将原料粉碎至过 40 目，人工充分混匀，加少量水后再用搅拌机搅拌均匀，然后用颗粒机把饲料制成直径为 1.0 mm 左右的颗粒，自然风干。

养殖试验结束后，挑选健康的个体，放养在 400 L 左右的塑料桶中，每个桶放养对虾 15 尾，连续充气，每天投饵两次，使之饱食。为保证水质清新，每天用虹吸法排污并换水 1/3~1/4。设计 2 个平行样。

每天 8:00 和 16:00 各投喂一次，每次投饵 30 min 后清除残饵及排泄物，每隔 2 h 用虹吸法收集一次粪便。挑选包膜完整的粪便进行收集，将收集好的粪便放在太阳底下晒干，然后放在恒温干燥箱中(80 ℃)烘干。

饲料和粪便中的蛋白质用凯氏定氮法测定<sup>[2]</sup>。 $\text{Cr}_2\text{O}_3$  用湿式灰化定量法测定，用硝酸在加热的条件下硝化样品，然后用高氯酸氧化  $\text{Cr}_2\text{O}_3$ ，用 721 分光光度计在 350 nm 波长比色，将标准称量的  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  以同样

的方法处理后做标准曲线，求得样品中  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  的含量。蛋白质测定采用 GB6432—86 进行。

计算公式：

$$\text{饲料中干物质表观消化率} = \left(1 - \frac{C_1}{C_2}\right) \times 100\%$$

$$\text{蛋白质表观消化率} = \left(1 - \frac{C_1 \times N_2}{C_2 \times N_1}\right) \times 100\%$$

式中： $C_1$ ——饲料中  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  的百分含量；

$C_2$ ——粪便中  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  的百分含量；

$N_1$ ——饲料中粗蛋白的百分含量；

$N_2$ ——粪便中粗蛋白的百分含量。

##### 1.6.2 虫肽蛋白粉的表观消化率

试验饲料由基础饲料 70%和试验原料(虫肽蛋白粉)30%组成，添加 1%的  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  作为消化率测定外源指示剂，饲料制作和粪便收集及测定同上。

计算公式：

虫肽蛋白粉表观消化率(%)=(试验饲料的表观消化率-基础饲料的表观消化率×0.7)/0.3

##### 1.7 非特异性免疫指标的测定

试验结束后，每个网箱随机抽取 2 尾试验对虾的肌肉，称重后于冰浴中匀浆，加入无菌生理盐水，使浓度达到 0.1 g/ml，于 4 ℃条件下以 4 000 r/min 离心 10 min 后，除去沉淀即为南美白对虾肌肉组织提取液，放置于 -20 ℃冰箱中待测。

选用超氧化物歧化酶(SOD)、酸性磷酸酶(ACP)、溶菌酶(LZM)、酚氧化酶(PO)活力和杀菌活力作为非特异性免疫指标。SOD、ACP、LZM 采用试剂盒测定，试剂盒购自南京建成生物研究所，具体测定步骤按说明书进行。

##### 1.7.1 肌肉组织提取液杀菌活力测定

按照 Boman(1974)等的改进方法<sup>[3]</sup>进行。将大肠杆菌用 0.1 mol/l、pH 值为 6.0 的磷酸钾盐缓冲液配成一定浓度的悬液( $\text{O.D}_{490\text{nm}}=0.4$ )作为底物。取 3 ml 该悬液置于冰浴的试管中，加入 50 μl 血清，混匀，立即在 570 nm 下测定  $A_0$  值。然后将试管移入 37 ℃下水浴 30 min，取出后立即置冰浴 10 min 以终止反应，在酶标仪 570 nm 下测定 A 值。

##### 1.7.2 酚氧化酶活力测定

以 L-苯丙氨酸(L-dopa)为底物，采用改进的 Ashida 等方法<sup>[4]</sup>，在 96 孔酶标仪中进行。具体步骤是：把 10 μl 组织液加入 96 孔酶标板中，然后向各孔中加入 200 μl 的 0.1 mol/l、pH 值为 6.0 的磷酸钾盐缓冲液，最后向各样品孔中加入 10 μl 的 0.01 mol/l 的

L-dopa(Sigma),在酶标仪中振荡4次,每隔4 min读取在490 nm波长下的光密度值。以不同反应时间(min)O.D<sub>490 nm</sub>值的变化作图,以试验条件下每分钟O.D<sub>490 nm</sub>值增加0.001定义为一个酶活力单位。

$$\text{计算公式: } U = \sqrt{\frac{A_0 - A}{A}}$$

### 1.8 数据处理

所有数据均采用SPSS13.0统计软件进行分析处理,利用方差分析(ANOVA)进行各组间差异显著性检验,P<0.05为显著性差异。

## 2 试验结果与分析

### 2.1 用虫肽蛋白粉代替鱼粉对南美白对虾生长和饲料系数的影响(见表2)

表2 试验结果

组别	始重(g)	终重(g)	增重率(%)	成活率(%)	饲料系数
1组	1.57±0.08	5.45±0.18	247.13±5.47 <sup>a</sup>	96.11±2.55	1.26±0.25
2组	1.46±0.07	5.37±0.19	267.81±8.92 <sup>a</sup>	97.22±1.92	1.22±0.31
3组	1.39±0.09	5.44±0.17	291.37±11.31 <sup>b</sup>	96.67±1.67	1.27±0.19
4组	1.42±0.08	5.71±0.22	303.07±10.95 <sup>b</sup>	96.67±3.33	1.23±0.34

注:同列中肩标不同小写字母表示差异显著(P<0.05),表3同。

从表2可以看出,饲料中用虫肽蛋白粉代替鱼粉后,对南美白对虾的生长有一定的促进作用,表现在2、3、4组的增重率比1组好。统计分析表明,1、2组和3、4组之间增重率存在显著差异(P<0.05),但1组和2组、3组和4组之间差异不显著(P>0.05);用虫肽蛋白粉代替鱼粉后对成活率的影响不显著(P>0.05);虽然各组之间饲料系数有些差异,但统计结果表明差异不显著(P>0.05)。

### 2.2 南美白对虾对饲料和虫肽蛋白粉的表现消化率

#### 2.2.1 南美白对虾对饲料和虫肽蛋白粉的干物质和蛋白质的表现消化率(见表3)

表3 南美白对虾对干物质和蛋白质的表现消化率(%)

项目	干物质表现消化率	蛋白质表现消化率
基础饲料	44.22±2.65	68.56±2.65
试验饲料	51.78±4.74	68.70±4.74
虫肽蛋白粉	69.42±3.10	69.03±3.10

从表3可以看出,南美白对虾对基础饲料的干物质表现消化率为44.22%,而对蛋白质的表现消化率为68.56%。

#### 2.2.2 南美白对虾对饲料虫肽蛋白粉的表现消化率

根据公式计算得出,南美白对虾对虫肽蛋白粉的干物质表现消化率为69.42%,蛋白质表现消化率为69.03%。常青等<sup>[5]</sup>研究表明,花鲈对鱼粉和肉骨粉

的干物质表现消化率分别为62.03%、58.62%。蒋明等<sup>[6]</sup>报道,草鱼对肉骨粉和进口鱼粉的干物质表现消化率分别为60.69%、59.07%。Vens等<sup>[7]</sup>研究表明,南美白对虾对进口鱼粉和鸡肉粉的干物质表现消化率分别为64.3%和63.2%。本次试验中,南美白对虾对虫肽蛋白粉的干物质表现消化率结果与上述研究结果很接近。

### 2.3 虫肽蛋白粉代替鱼粉对南美白对虾非特异性免疫功能的影响(见表4)

表4 对南美白对虾肌肉中ACP、LZM、SOD、PO活力和杀菌活力的影响

免疫指标	1组	2组	3组	4组
ACP	6.21±0.35 <sup>a</sup>	3.97±0.65 <sup>b</sup>	4.86±0.64 <sup>b</sup>	9.95±1.39 <sup>c</sup>
LZM	7.29±4.92 <sup>a</sup>	12.02±1.96 <sup>a</sup>	25.13±17.62 <sup>b</sup>	34.06±4.55 <sup>b</sup>
SOD	127.91±9.04 <sup>a</sup>	122.20±8.06 <sup>ab</sup>	113.70±10.42 <sup>b</sup>	134.89±4.65 <sup>c</sup>
PO	1.33±0.09 <sup>a</sup>	1.26±0.11 <sup>a</sup>	1.65±0.23 <sup>b</sup>	1.74±0.13 <sup>b</sup>
杀菌活力	0.183±0.014 <sup>a</sup>	0.234±0.011 <sup>b</sup>	0.328±0.014 <sup>c</sup>	0.387±0.017 <sup>d</sup>

注:同行中肩标不同小写字母表示差异显著(P<0.05)。

由表4可见,ACP活力从第1组到第4组呈现先下降后又升高的趋势,且第2、3、4组与第1组之间存在显著差异(P<0.05)。

用虫肽蛋白粉代替鱼粉,南美白对虾肌肉组织提取液中LZM活力从第1组到第4组呈现逐渐升高的趋势,且第1、2组与第3、4组之间存在显著差异(P<0.05)。

用虫肽蛋白代替鱼粉,南美白对虾肌肉组织提取液中SOD活力表现出与ACP一致的变化趋势,且第3、4组与第1组之间存在显著差异(P<0.05)。

用虫肽蛋白粉代替鱼粉,南美白对虾肌肉组织提取液中PO活力表现出与ACP一致的变化趋势,且第1、2组与第3、4组之间存在显著差异(P<0.05)。

用虫肽蛋白粉代替鱼粉,南美白对虾肌肉组织提取液中杀菌活力随着虫肽蛋白粉替代鱼粉比例的增加而逐渐升高,并且各组之间存在着显著差异(P<0.05)。

### 2.4 用虫肽蛋白粉代替鱼粉对水质的影响

#### 2.4.1 pH值的变化情况(见表5)

表5 pH值的变化情况

项目	上午(8:00)	下午(16:00)
池1	8.15±0.24	8.92±0.39
池2	8.18±0.27	8.98±0.37
池3	8.14±0.31	8.90±0.46
池4	8.20±0.35	8.97±0.40

从表 5 可以看出, 试验期间各试验池的 pH 值介于 8-9 之间, 适合于对虾的生长, 各个试验池之间的变化趋于一致。各池养殖水体的 pH 值差别不大, 但在早晨 8:00 和下午 16:00 有较显著的变化, 8:00 明显低于 16:00。其原因主要是晚上时养殖动物和水中藻类的呼吸作用产生的 CO<sub>2</sub> 溶解于水体中, 形成 HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> 和 H<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> 而呈现弱酸性。

2.4.2 溶解氧(DO)的变化情况(见表 6)

表 6 DO 的变化情况(mg/l)

项目	上午(8:00)	下午(16:00)
池 1	4.24±0.53	6.01±0.59
池 2	4.30±0.65	6.09±0.64
池 3	4.09±0.39	6.09±0.60
池 4	4.11±0.47	6.17±0.73

由表 6 可见, 由于全天充氧, 各试验池的变化基本一致, 但可以看出上午低, 下午高。主要原因是水中的 DO 主要来自水体中的藻类光合作用产生的氧气。

2.4.3 亚硝酸盐(NO<sub>2</sub>-N)的变化情况(见图 1)

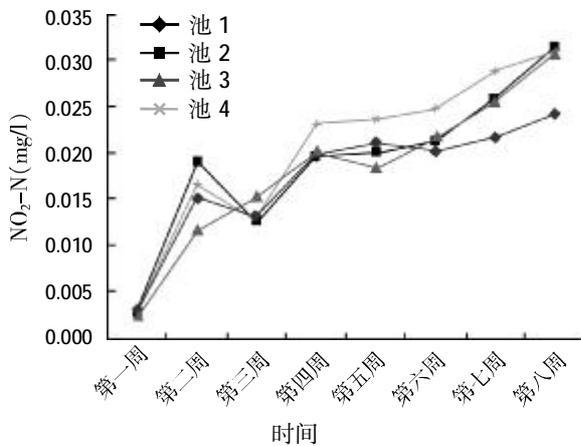


图 1 水体中亚硝酸盐含量的变化

如图 1 所示, 亚硝酸盐处于 0.002-0.03 mg/l 之间这一较低的水平。随着养殖时间的推进, 亚硝酸盐的含量趋于升高, 主要是养殖污染物的增加。虽然在试验过程中部分换水, 亚硝酸盐仍表现出一定程度的增加。

2.4.4 氨氮(NO<sub>3</sub>)的变化情况(见图 2)

如图 2 所示, 氨氮处于 0.017-0.040 mg/l 之间这一较低的水平, 符合养殖水质标准。随着养殖时间的推进, 氨氮的含量趋于升高, 但各个试验池之间表现出的变化基本一致。

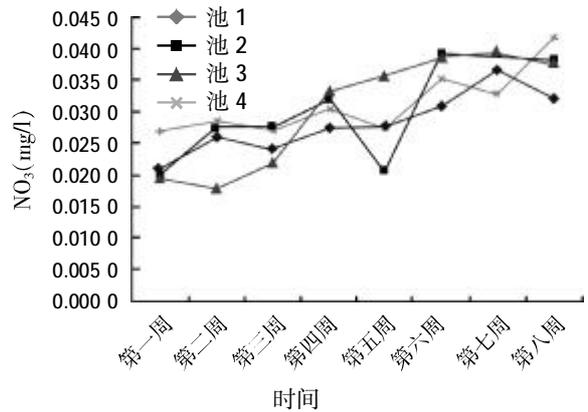


图 2 水体中氨氮的变化情况

3 结论

- ① 用虫肽蛋白粉替代鱼粉饲养南美白对虾, 可以达到与全部使用鱼粉一样或更好的生长效果, 表明虫肽蛋白粉是一种良好的代替鱼粉的动物蛋白源。
- ② 在饲料中添加虫肽蛋白粉, 可以提高养殖对虾的 LZM、ACP、SOD、PO 活力以及杀菌活力等非特异性免疫指标。
- ③ 南美白对虾对虫肽蛋白粉的干物质表观消化率为 69.42%, 与鱼粉、鸡肉粉、肉骨粉等其它动物蛋白的干物质表观消化率较为接近, 表明虫肽蛋白粉可以作为一种良好的对虾饲料中的动物蛋白原料。
- ④ 饲料中使用虫肽蛋白粉对水质无明显影响, 表明在饲料中使用虫肽蛋白粉不会对养殖水环境造成不良影响。

参考文献

- 1 戴贤君. 昆虫蛋白资源在水产养殖中的应用[J]. 淡水渔业, 2000, 30(10): 43-45
- 2 杨胜. 饲料分析及饲料质量检测技术[M]. 北京: 北京农业大学出版社, 1993
- 3 Boman H G. Insect immunity I. Characteristics of an inducible cell-free antibacterial reaction in hemolymph of *Samia cynthia* pupae [J]. *Infect Immune*, 1974, 10: 136-145
- 4 Ashida M. Purification and characterization of pro-phenoloxidase from hemolymph of the silkworm *Bombyx mori* [J]. *Arch. Biochem Biophys*, 1971, 144: 749-762
- 5 常青, 梁萌青, 王家林, 等. 花鲈对不同饲料原料的表观消化率[J]. 水生生物学报, 2005, 29(2): 172-176
- 6 蒋明, 文华, 雍文岳, 等. 用两种粪便收集方法测定草鱼对九种饲料原料的表观消化率[J]. 淡水渔业, 2006, 36(3): 21-25
- 7 Vens-Cappell B. Methodical studies on digestion in *penaeus chinensis*. (1) Reliability of digestion coefficients in relation to methods for faeces collection[J]. *Aquacultural Engineering*, 1995, 4(1): 33-49

(编辑: 张学智, mengzai007@163.com)

# 纤维消化动力学研究进展

刘洪亮 姜玉杰

**摘要** 消化动力学是动物营养研究中的重要领域,因为动物营养研究的主要目的就是如何解决饲料的消化吸收与转化的问题。目前对于消化动力学的研究主要集中在对于动力学测定指标、动力学影响因素方面的研究。着重阐述纤维定义及作用,消化动力学测定指标,影响纤维消化动力学因素等方面的内容,为纤维的消化机理研究提供参考。

**关键词** 纤维;消化动力学;动物营养

**中图分类号** S852.21

长期以来,纤维物质利用问题一直是人们关注的焦点,以往人们只是运用一些静态的方法对其进行一些简单的评价,但这些远远不能体现纤维真正的营养价值。随着各种指示剂的开发及使用,人们开始运用动态的方法对粗饲料进行评价,结合瘘管技术、同位素技术及各种标记物,采用直接采集胃肠道食糜的方法,真实地模拟粗饲料在胃肠道内的流动和消化情况,更好地确定了纤维的营养价值及在日粮中的作用和地位。另外,纤维自身的一些理化性质如成熟度、物理结构和颗粒大小,日粮中一些其它的化学成分以及动物的采食量也影响纤维的消化。本文着重从这几方面对纤维的消化动力学进行探讨。

## 1 日粮纤维定义及作用

日粮纤维是畜禽日粮的重要组成部分,目前还未见日粮纤维的最恰当的表达。对日粮纤维的定义有两种方法:一是生理学方法,把日粮纤维看成是一种不被哺乳动物消化酶所消化的日粮组成成分;一种是化学方法,把日粮纤维看成是一种非淀粉多糖(NSP)和木质素的总和<sup>[1,2]</sup>。

卢德勋(1998)指出,日粮纤维应当包括以下3层含义:①纤维是日粮中一种有特殊营养作用的复合成分;②日粮纤维组成应包括结构性和非结构性成分两部分;③日粮纤维的分析方法应以全面反映日粮纤维的上述两层含义为原则,并具有操作简便、易行、快速、重复性强等特点。

刘洪亮,吉林农业大学动物科学技术学院,130118,吉林省长春市新城大街2888号。

姜玉杰(通讯作者),单位及通讯地址同第一作者。

收稿日期:2006-10-16

★ 基金项目:国家自然科学基金(编号30571349)

日粮纤维在动物饲养中具有营养与非营养两种作用,通过影响与改变采食量、胃肠道运动及消化酶的活性、消化道微生物区系和消化器官的组织机构等影响营养物质的利用。它的营养作用主要表现在供能方面,适宜的纤维含量有利于构成合理的饲粮结构,增加日粮容积,使胃肠道内的食糜有一定的空间,还可刺激胃肠的蠕动,有利于消化酶的消化作用。日粮纤维在胃肠道内的未发酵部分通过机械作用影响胃肠道的蠕动与食糜的滞留时间,而可发酵部分通过发酵产品来影响胃肠蠕动和食糜流通速度。

## 2 消化动力学的测定指标

纤维物质在动物体内的消失包括消化、吸收与非消化物质的离开。采食量与消化率依赖于胃肠道内消化物与未消化物的比例,因此对于非消化物质的研究很重要<sup>[3]</sup>。目前,人们对于食糜流通速度、食糜在胃肠道内的滞留时间、食糜颗粒度等指标的研究较多。

胃肠道的运动影响食糜的流通速度,食糜的流通速度又影响食糜与酶及胃肠道微生物作用的时间,从而影响酶的消化、微生物的发酵及营养物质吸收的时间。多数试验表明,日粮纤维能提高食糜的流通速度(Bardon和Fioramon,1983;Cherbut等,1997)。大多数研究者认为,日粮纤维降低了液体的排空速度,其原因可能是由于纤维的持水性或是因为日粮纤维刺激胃肠液分泌造成的。另外,还有人认为,纤维根据其形成胶体能力的不同可以不同程度地提高与降低消化道各段食糜的通过速度。不可溶性的纤维能提高通过速度,可溶性的纤维能降低通过速度。通过速度的提高使营养物质消化吸收的有效时间减少,造成营养物质的利用受限。可溶性纤维可降低通过率,但它们的胶体化、离子交换以及吸附特性限制了消化与吸收,因此掩盖了通过率降低带来的好处。

有学者研究发现,微生物对于日粮纤维的降解能

力与其排空时间呈负相关。这是由于日粮纤维的持水性造成的(Low, 1985; Graham 和 Aman, 1991; Cherbut, 1997)。S. Van weyenberg 等(2006)<sup>[6]</sup>认为,平均滞留时间是最好的描述马的胃肠道食糜的动力学参数,食糜的运动时间在各个部位明显不同,并且他认为动物自身的一些因素和一些管理上的因素影响平均滞留时间。体重增加、妊娠、泌乳等因素可能增加通过率,减少平均滞留时间。

另外,食糜的颗粒度影响胃肠道的运动,影响食糜在消化道内的平均滞留时间(MRT);同时它还影响着胃肠道的充满度,进而影响采食量。未消化中性洗涤纤维(INDF)的积累与降低牧草消化率有关,表明未消化的中性洗涤纤维可能是限制采食量的重要因素。有研究表明,非发酵纤维主要通过机械刺激对肠道运动产生影响。发酵纤维则通过机械刺激和发酵产物共同影响肠道运动(Cherbut 等, 1991)。饲喂高持水性的纤维物质能减慢食糜通过肠道的速度,但减小纤维长度、提高饲养水平、增加粗精比能增加食糜的通过率。增加饲喂频率不会影响食糜的通过率。

甄玉国(1998)<sup>[6]</sup>通过对瘤胃动态学的研究,认为瘤胃流通速度是流通率和瘤胃池量的综合参数,与干物质采食量(DMI)存在着正相关关系。纤维在瘤胃中的消化率受瘤胃流通速度、滞留时间、食糜颗粒度分布、日粮种类、瘤胃内环境参数的影响。张吉鹁等(2005)<sup>[6]</sup>用不同粗饲料分级指数的日粮饲喂绵羊,发现4组混合日粮在十二指肠、回肠的流通速度只有1组差异不显著( $P>0.05$ ),其余3组间差异显著( $P<0.05$ )。

### 3 影响消化动力学的因素

#### 3.1 指示剂

消化动力学研究的一个重点是指示剂,指示剂是用于监测食糜消化——包括化学(水解与合成)和物理(食糜流动)两个方面的一种化合物,通常被用于估测动物消化道内容物的流动情况,指示剂是动物行为模式的最小化。只有结合指示剂来研究消化动力学才有意义。在研究纤维物质降解动态和平均滞留时间时,指示剂必须要与食糜各相紧密结合,以相同的速度通过消化道。如要确定流通速度,则不同指示剂在固态和液态食糜中的回收率与亲合能力非常重要。目前人们普遍认为较有潜力的指示剂有铬标记纤维、Co-EDTA、植物表皮蜡中的碳氢化合物(链烷烃)。

铬标记纤维通过特定的媒染过程,使铬与植物细胞壁间形成很强的复合物,当媒染物中的铬含量超过8%时,这种复合物在瘤胃液和酸性介质中有良好的

稳定性,并且基本上不被消化,这种复合物是目前所应用的颗粒相标记物中最独特的一种。以铬标记纤维为指示剂,测定消化率和食糜流通率可获得可靠的数据。铬标记纤维能对特定食糜进行标记,同时比较容易测定,因此被认为是很有潜力的标记物。

Co-EDTA 易溶于水,现已广泛用于瘤胃液相体积和稀释率的测定,分析方法简单,并且准确,在瘤胃中少量的 Co-EDTA 可能与颗粒食糜相结合,一部分复合物(<5%)被吸收,并从尿液中排出,在大多数情况下,其误差与测定结果相比是微不足道的。

植物表皮蜡中的碳氢化合物即链烷烃早在半个世纪以前就被证明存在(Chibnall 等, 1934),天然的链烷烃与固体消化物有很强的结合能力,并有很高的回收率,不被动物体消化,非常适合作为动态学研究的指示剂。链烷技术目前广泛用于牧草分类,放牧家畜采食量、消化率与择食性的研究上。天然的链烷烃作为消化动力学的指示剂早已经被提出(Mayes 等, 1988; Kafilzadeh 和 Parker, 1990),但真正应用于科学试验中还很少见,只有 Mayes 等<sup>[7]</sup>曾用其作过消化动力学研究的指示剂。

P. Huhtanen 等(1995)<sup>[8]</sup>用两种不同饲料水平饲喂6头瘤管牛,用铬标记纤维、镱(Yb)标记纤维与 Co-EDTA 分别作指示剂,结果表明,十二指肠以前位置的滞留时间占整个滞留时间的主要部分,整个消化道的滞留时间(TMRT)随采食量增大而减少。F. J. Giraldez<sup>[9]</sup>曾分别用铬标记纤维和偶数链烷烃作指示剂测定羊的排粪量(FO),整个消化道的平均滞留时间, $k_1$ (快速通过率)、 $k_2$ (慢速通过率)与食糜运动时间(TT),也表明整个消化道的平均滞留时间与干物质采食量(DMI)呈负相关。同时,用铬标记的牧草估测的  $k_1$  和  $k_2$  最低,而整个消化道的滞留时间最高。Odira 等(1988)利用  $C^{14}$ -链烷烃、Yb 标记纤维和铬标记纤维研究绵羊的消化动力学,相应的平均滞留时间为 41.8、35.7、35.4 h,表明  $C^{14}$ -链烷烃作为动力学的指示剂很有潜力。

#### 3.2 植物的成熟度

随着植物的不断成熟,植株不同部位的纤维含量也随之改变。这些变化会引起纤维物质在动物体内的消化和吸收程度的改变。冷季型牧草随成熟度增加,细胞壁成分增加,导致干物质消化率(DDM)下降。Reid Tyrre(1964)认为,在采食量不变的情况下,牧草生长每增加一天,DDM 下降 0.5 个百分点。瘤胃消化动力学的研究表明,当牧草木质化程度增加时,不仅

消化程度降低,消化速度也下降(Buxton和Mertens,1995)。降解速度的变化对采食量有明显影响,导致必须增加非牧草物质的补饲才能满足生产需要。Cleale和Bull(1986)研究混播多年生牧草成熟阶段对消化的影响,结果发现,成熟期每增加21 d,牧草消化率降低10个百分点(与每天降低0.5个百分点一致),导致每天必须增加谷物0.8个百分点来满足动物能量需求。试验中还发现,成熟牧草细胞壁消化速度只有早期(21 d前)的一半。暖季型牧草(常为C<sub>4</sub>植物)成熟期对消化速度和消化程度的影响相对于冷季牧草较小。

M. Rinne(2002)<sup>[10]</sup>对不同成熟度的牧草研究发现,消化的中性洗涤纤维(DNDF)与未消化的中性洗涤纤维(INDF)在瘤胃食糜的通过率上明显不同(平均每小时0.014 1与0.025 8),瘤胃食糜的通过率随牧草的成熟度增加而增加。但牧草成熟度不能阻止DM、NDF、DNDF和INDF在瘤胃中的积累。

J. C. Burns(1997)<sup>[11]</sup>用五种不同成熟度的牧草饲喂肉牛,结果表明,随着成熟度的增加,干物质在胃肠道内的平均滞留时间从64 h上升到94 h,流通率由每小时3.3%下降到2.1%,且大颗粒(≥2.8 mm)减小,而小颗粒(≤0.5 mm)增加。

### 3.3 物理结构和颗粒度

牧草物理结构和颗粒大小影响着纤维物质在肠道内的流动和降解。减小牧草颗粒会增加颗粒水合速度和流通速度,从而减少消化时间,降低消化率。但另一方面颗粒减小增加表面积和微生物向细胞壁的连接,从而增加消化速度和消化率。牧草颗粒的大小影响着家畜的采食和咀嚼行为,并影响着消化物质的颗粒分布和颗粒在消化道内的通过情况。W. Z. Yang(2001)<sup>[12]</sup>用不同长度颗粒的牧草和不同精粗比的牧草饲喂泌乳期的奶牛,结果表明,草颗粒的长度是影响咀嚼行为的最主要的因素,咀嚼行为影响着瘤胃食糜的通过速度。

### 3.4 日粮中其它成分

高民等(1997)<sup>[13]</sup>研究不同数量可发酵碳水化合物添加对青干草纤维物质降解动力学的影响效果,结果表明,添加玉米淀粉可明显降低瘤胃有效容重,相应的使延迟时间、流通速度分别增加,结果使青干草中性洗涤纤维潜在可消化率下降,影响效果显著(P<0.05),但对瘤胃纤维物质表面发酵率指数(SAFI)和潜在可消化部分降解速度则没有影响。这说明在基础日粮的营养水平下,添加玉米淀粉降低纤维物质降解率

的负效应主要是通过降低瘤胃有效容重和增加瘤胃纤维物质流通速度及消化延迟时间来实现的。

谭支良等(1999)<sup>[14]</sup>研究了绵羊日粮中6个不同的结构性碳水化合物(SC)与非结构性碳水化合物(NSC)比例(分别为3.52、3.32、2.86、2.64、2.40和1.88)对日粮纤维物质在绵羊消化道不同部位流通量和消化率的影响,结果表明,日粮中SC:NSC比例为2.40~2.64时,不仅有利于粗饲料细胞壁碳水化合物成分在胃内的发酵,而且也能提高纤维物质在后肠道的消化能力,进而使得绵羊对纤维物质在整个消化道的消化能力提高。日粮中增加谷物唯一的好处是提高营养浓度,增加高质量牧草,同样能达到高谷物+低质牧草日粮的效率,同时还可降低成本。

### 3.5 动物采食量

Wagner和Loosli(1967)研究表明,当日粮中牧草比例降低时,随采食水平提高,日粮总消化率降低。Tyrrell和Moe(1974)进一步研究表明,随采食量增加,消化率下降的成分是:细胞壁(CW)为62%、纤维素为80%、可溶性碳水化合物为3.2%。Cleale和Bull(1986)研究表明,除牧草比例之外,牧草的质量和类型也影响动物采食量和日粮消化率。Moe等(1963)指出,高质量青贮禾草对日粮消化率的抑制为2%,晚刈割低质禾草为6%。

### 3.6 动物品种

B. M. Francoise(1990)<sup>[15]</sup>比较了鹿、山羊和绵羊对牧草的利用情况,结果表明,对纤维物质的整体消化能力是山羊>鹿>绵羊,山羊能更好地利用和消化木质素。鹿的瘤胃液体流通率(FOR)(15.6%/h)要显著高于绵羊(10.4%/h)与山羊(10.0%/h)。鹿的瘤胃固态食糜流通率在夏天要小于冬天,而绵羊与山羊则没有变化,液体FOR与固体FOR的比值,鹿要大于绵羊与山羊。山羊能更有效地利用粗纤维饲料,而鹿则喜食非结构性的碳水化合物和高蛋白质的日粮。

甄玉国(1998)<sup>[16]</sup>在低水平补饲、自由采食粗饲料的条件下,比较研究了羊草、玉米秸秆和杨树叶3种多纤维粗饲料的消化动态特点。结果表明:山羊的自由采食量、干物质表观消化率和瘤胃池量均高于绵羊(P<0.05或P<0.01);山羊对纤维,特别是对木质素的表观消化率也高于绵羊(P<0.01);并且山羊瘤胃的食糜流通率低于绵羊,食糜滞留时间(RRT)长于绵羊(P<0.01);但山羊液体食糜流通速度(LFOV)低于绵羊(P<0.01),而固体食糜流通速度(SFOV)则高于绵羊(P<0.03);日粮间干物质、有机物及纤维表观消化率差异

显著( $P < 0.05$  或  $P < 0.01$ )。不同羊种采食不同粗饲料时,对于采食量和消化率存在着羊种与饲料种类间的互作效应。

### 3.7 消化动力学模型的使用

与指示剂结合,应用模型来估测反刍动物消化动力学,能够反映消化动力学的一些指标,应用不同的模型来估测消化动力学的各项指标,获得的结果有很大的不同,使用时要根据实际情况来应用各种模型,以达到最佳的效果。最早的消化动力学模型由两个消化池(Blaxter 等,1956)或三个消化池(Milne 等,1978)和一个延迟时间组成,但现在已经不适合试验所获得的数据,尤其是当考虑到固相物质的时候。现在人们建议用指示剂的积累曲线来获得消化动力学的最可靠的估测(Aharoni 等,1994;Reese 等,1995)。Dhanao 等(1985)建议通过增加消化池的数量来提高数据对于模型的适应性。目前的模型(Aharoni 等,1994)由一系列的固相和液相的模型组成,指定固相和液相间各自平行流动,但有另外一种情况是有些固相的颗粒(特别是比较小的颗粒)可能进入到液相中。

Y. Aharoni 等(1999)<sup>[9]</sup>曾用铬标记纤维和 Co-ED-TA 来研究肉牛的消化动力学,目的是为了比较三种模型。第一个模型 a(M1)认为同一消化池中食糜固相和液相是完全分开的,但在固相和液相中分别有不同平行的流动模式。第二个模型 b(M2)和第一个相似,但它认为有一些固体的食糜流到了液相中。第三个模型 c(M3)认为液相的动态变化与固相的变化是一致的。所有试验获得的这些数据都适用于这些模型,但最适合的是 M2,最不适合的是 M3;M1 估测总的滞留时间(TRT)最短,M3 估测的时间最长(M1、M2、M3 估测的时间分别为 72.8、85.0、91.2 h)。三个模型所估测的液相滞留时间无显著差异,分别为 30.2、31.5、30.8 h。

### 4 小结

纤维消化动力学的研究手段和方法很多,并受很多因素的限制和影响。在今后的研究中,应把指示剂与动力学模型作为研究的重点。应用合适的指示剂能获得接近于动物生理状态的数据,把这些数据与相应的数学模型匹配,能更真实地模拟纤维物质在动物体内的流动和降解过程,为确定合理的日粮结构与日粮类型提供科学的理论依据。

#### 参考文献

1 王进波.日粮纤维对单胃动物消化生理功能的影响[J].饲料博览,

2000(7):11-13

- 2 王进波.纤维对单胃动物消化生理功能的影响[J].中国饲料,2000(18):22-24
- 3 Luginbuhl J M. Whole -Tract Digesta Kinetics and Comparison of Techniques for the Estimation of Fecal Output in Steers Fed Coastal Bermudagrass Hay at Four Levels of Intake [J].Anim. Sci.,1994,72: 201-211
- 4 S. Van Weyenberg. Passage rate of digesta through the equine gastrointestinal tract: A review [J]. Livestock Science., 2006, 99(1):3-12
- 5 甄玉国,马宁.绵羊、山羊对不同粗饲料纤维的消化和瘤胃消化动态学的比较研究[J].吉林农业大学学报,1998,20(2):66-72
- 6 张吉鹏.不同粗饲料分级指数混合日粮对绵羊消化道食糜流通速率及营养物质消化率的影响研究[J].中国畜牧杂志,2005,41(6): 31-34
- 7 Mayes R W, Dove H. The use of plant wax alkanes as marker substances in studies of the nutrition of herbivores:a review [J].Agric. Res.,1998,42:913-952
- 8 P. Huhtanen. Comparison of methods, markers, sampling sites and models for estimating digesta passage kinetics in cattle fed at two levels of intake [J]. Animal Feed Science and Technology.,1995,52 (1-2):141-158
- 9 F. J. Giraldez. The use of even-chain alkanes sprayed onto herbage as rate of passage markers in goats [J]. Livestock Science, 2006,100 (2-3):195-202
- 10 M. Rinne. Digestive processes of dairy cows fed silages harvested at four stages of grass maturity[J]. Anim. Sci.,2002,80:1 986-1 998
- 11 J. C. Burns. Changes in Forage Quality, Ingestive Mastication, and Digesta Kinetics Resulting from Switchgrass Maturity [J]. Anim. Sci.,1997,75:1 368-1 379
- 12 W. Z. Yang. Barley Processing, Forage:Concentrate, and Forage Length Effects on Chewing and Digesta Passage in Lactating Cows [J]. Dairy Sci., 2001,84:2 709-2 720
- 13 高民.可发酵碳水化合物对纤维物质降解动力学影响的研究[J].内蒙古畜牧科学,1997(1):5-8
- 14 谭支良.绵羊日粮不同碳水化合物比例对纤维物质在消化道不同部位流通量和消化率的影响[J].动物营养学报,1999,11(4): 29-38
- 15 B. M. Francoise. Domingue comparative digestion in deer, goats, and sheep [J]. New Zealand Journal of Agricultural Research., 1990,34: 45-53
- 16 Y. C. Aharoni. Comparison of Models Estimating Digesta Kinetics and Fecal Output in Cattle from Fecal Concentrations of Single - Dosed Markers of Particles and Solutes [J]. Anim. Sci., 1999, 77: 2 291-2 304

(编辑:刘敏跃,lm-y@tom.com)

# 提高早期断奶仔猪免疫功能及健康水平的营养措施

牟永斌 董国忠

**摘要** 早期断奶使仔猪出现断奶后腹泻、生长滞缓等“早期断奶综合症”,严重影响仔猪生产效益。大量研究表明,合理的营养措施能够提高早期断奶仔猪的免疫功能和健康水平,从而有效地防止或减少早期断奶仔猪腹泻和其它许多疾病的发生。主要阐述了提高早期断奶仔猪免疫功能和健康水平的营养措施,为在实际生产中更好地控制断奶仔猪腹泻和提高断奶仔猪健康水平与生产性能提供参考。

**关键词** 早期断奶仔猪;免疫功能;健康;营养措施

**中图分类号** S815.4

Nutritional measures to improve the immunity and health of early-weaned piglets

Mou Yongbin, Dong GuoZhong

**Abstract** Early-weaning can lead to post-weaning syndrome such as diarrhea and growth check and can seriously affect the profitability of piglet production. Many studies showed that it was possible to improve the immunity and health of early-weaned piglets by nutritional means, thus to effectively prevent diarrhea and many diseases of weaning pigs. This paper mainly summarizes the nutritional measures of improving the immunity and health of early-weaned piglets, and this may be conducive to a better control of post-weaning diarrhea and improving the health and performance in weanling pigs.

**Key words** early-weaned piglets; immunity; health; nutritional measures

虽然早期(3~4周龄)断奶可以提高母猪的繁殖性能和阻断一些疾病由母猪向仔猪的传播,但是早期断奶仔猪消化系统和免疫系统发育不完全,再加上早期断奶引起的心理、环境和营养应激,使早期断奶仔猪出现免疫功能降低和断奶后腹泻等一系列问题,甚至造成仔猪死亡,影响养猪经济效益。因此,提高早期断奶仔猪免疫功能,改善其健康状况,必然会促进养猪生产水平的提高。大量研究表明,合理的营养可提高早期断奶仔猪的免疫功能和健康水平。本文就提高早期断奶仔猪免疫功能和健康水平的营养措施进行阐述。

## 1 减少饲料蛋白质的不利作用

我国仔猪饲料一般以玉米-豆粕型为主,大部分仔猪饲料豆粕用量超过20%。豆类中的抗原物质(如大豆中的大豆球蛋白、 $\beta$ -大豆伴球蛋白,豌豆中的球蛋白、豌豆球蛋白)能引起IgE介导的I型超敏反应,使早期断奶仔猪小肠绒毛缩短、组织损伤,消化吸收力进一步降低,从而引起腹泻(董国忠等,1995)。大量未经

小肠消化的蛋白质涌入大肠,为大肠杆菌等有害菌群提供了生长基质,使病源性大肠杆菌大量增殖而导致仔猪发生病源性腹泻。早期断奶仔猪消化系统发育不完全,对营养物质消化吸收较差,饲料中大量蛋白质进入大肠发生腐败,产生大量的有毒有害物质(如氨、胺类、酚类、吲哚和硫化氢等),这些物质一方面刺激结肠粘膜使结肠分泌大量液体,另一方面刺激结肠使结肠组织受损,水在结肠部分的重吸收下降,最后导致仔猪发生腹泻(董国忠,1995)。减少饲料蛋白质对早期断奶仔猪健康不利作用的措施包括对饲料豆类进行膨化处理和热乙醇处理,使用优质动物蛋白质饲料代替部分豆粕,添加合成氨基酸配制低蛋白质饲料。

### 1.1 对饲料中豆类进行膨化处理

对豆类进行膨化处理可以减少豆类的抗原物质,还可以破坏其细胞壁,增加豆类物质的消化率。近年来,随着人们对膨化大豆营养价值的认识和膨化工艺的逐步完善,膨化大豆作为高能、高蛋白质饲料资源,在断奶仔猪饲料中应用越来越多。李德发(1993)对大豆蛋白的抗原性及不同大豆制品对断奶仔猪过敏反应、腹泻和粪中大肠杆菌的影响进行了一系列的研究,结果证实膨化豆粕比膨化大豆、普通豆粕在减轻超敏反应和断奶腹泻方面具有明显优势。Kim(1997)

牟永斌,西南大学动物科技学院,400716,重庆市北碚区西南大学(原西农)634#。

董国忠,单位及通讯地址同第一作者。

收稿日期:2006-10-30

在玉米-豆粕-乳清粉型饲料中用干法挤压膨化全脂大豆(DEWS)代替饲料中50%和100%的豆粕,结果表明,用DEWS完全代替豆粕使仔猪皮褶厚度减小,肠绒毛长度增加。余东游和冯杰(2000)研究表明,饲料中添加5%膨化大豆使断奶仔猪的日增重提高7.54%,腹泻率下降14.55%。刘春雪等(2006)研究表明,在断奶仔猪日粮中使用13.88%~20.83%膨化大豆效果较好。

### 1.2 添加合成氨基酸来配制低蛋白质氨基酸平衡饲料

饲料蛋白质水平显著影响断奶仔猪肠绒毛高度和肠上皮淋巴细胞含量(Gu和Li,2004)。董国忠(1998)认为,简单地降低饲料蛋白质水平虽然可以有效地减少仔猪断奶后腹泻,但这不是最好的方法,因为简单地降低饲料蛋白质水平有可能影响仔猪对蛋白质和氨基酸的需要量,另外也不一定提高饲料蛋白质的利用率。通过添加合成氨基酸来配制低蛋白质氨基酸平衡饲料可减少饲料抗原物质,也可使大肠内蛋白质的腐败作用降低和仔猪断奶后腹泻减少(董国忠等,1995、1996),有利于降低肠道内有毒细菌的代谢而保持肠道健康(Nyachoti,2006),有效地提高仔猪的健康水平。董国忠等(2000)研究表明,低蛋白质(CP 17.8%)氨基酸平衡饲料使仔猪结肠组织病变指数降低,结肠吸水率提高,腹泻程度减轻一半。

### 1.3 用优质动物蛋白质饲料代替部分豆粕

动物性蛋白质饲料(如脱脂奶粉、鱼粉、喷雾干燥血浆蛋白粉和肠膜蛋白粉等)具有较高的可消化性,是优质的蛋白质饲料。脱脂奶粉和鱼粉已广泛应用于仔猪饲料,而血浆蛋白粉和肠膜蛋白粉是近年来开发的优质蛋白质饲料。血浆蛋白粉含有丰富的免疫球蛋白(占蛋白总量的20%~26%),是一种天然抗体源。在断奶仔猪饲料中加入喷雾干燥血浆蛋白粉使大肠杆菌K88含量减少,小肠绒毛高度增加,胃内pH值降低(Nyachoti等,2003),断奶仔猪的日增重增加和腹泻率降低,同时血清尿素氮、血清葡萄糖、总胆固醇、甘油三酯水平显著下降(胡奇伟等,2005)。易永宏和樊哲炎(2000)研究表明,添加5%血浆蛋白粉可显著降低3周龄断奶仔猪腹泻率。肠膜蛋白粉(DPS)是以猪小肠为单一来源,经一系列蛋白酶长时间水解与特殊酶解处理,而后经高温灭菌和特殊条件下干燥等过程制造出来的蛋白质原料,含有大量的小肽和游离氨基酸,在早期断奶仔猪饲料中可以部分或全部代替血浆蛋白粉(AP)、乳清粉和脱脂奶粉等较昂贵的动物蛋白原料,大大节约饲料成本(高欣等,2001)。高欣等

(2001)研究表明,添加DPS30、DPS50和AP950(血浆蛋白粉)都能明显提高断奶仔猪生长性能和降低腹泻指数;在生产上添加3.5%DPS50等量代替断奶仔猪饲料中的AP950效果较好。

### 2 添加脂肪

仔猪断奶后头几天采食量较少(Bruininx等,2001、2002),导致摄入代谢能不足。添加脂肪可提高饲料能量浓度,延缓食物在胃肠道中的排空时间,增加碳水化合物和蛋白质等营养物质在消化道的消化吸收时间,减少因蛋白质在大肠内腐败导致的仔猪腹泻。增加饲料脂肪含量可以提高饲喂效果,增加能量的转化,但是使体液免疫受到抑制(Vanheugten等,1996)。Hontecillas等(2002)报道,共轭亚油酸(CLA)有改善断奶仔猪生长性能和增强免疫功能的作用;添加1.33%CLA可降低早期断奶仔猪因肠炎引起的肠道粘膜损伤,维持细胞因子(干扰素- $\gamma$ 和白介素IL-10等)和淋巴细胞亚群(CD4<sup>+</sup>和CD8<sup>+</sup>)水平与健康猪相似。同时考虑生长性能与免疫反应指标,CLA的最佳添加剂量为2%(赖长华等,2004)。

### 3 控制饲料纤维水平

长期以来,粗纤维由于降低仔猪的采食量和饲料的消化率,被认为是一种抗营养因子。饲料中粗纤维含量过高容易使胃肠道粘膜发生机械损伤,使仔猪对营养物质的消化吸收减弱,从而导致仔猪腹泻。但是大量研究表明,适当增加饲料中的粗纤维水平不会影响早期断奶仔猪生产性能,但可有效地降低仔猪腹泻率(杨玉芬等,2003)。一方面,粗纤维有利于仔猪消化系统的发育,尤其是粗纤维分解产生的丁酸,是肠上皮细胞不可缺少的能源,还可以减少大肠内有毒性胺类(如尸胺、腐胺、组胺和色胺等)的生成,从而减少腹泻(杨玉芬等,2003)。另一方面,纤维通过促进胃肠蠕动和食糜流动,加快病原菌的排出,减少仔猪发生病理性腹泻。李雁冰等(2006)将仔猪饲料中粗纤维含量由2.8%提高到5.3%,对于仔猪的日增重、采食量和饲料转化率没有产生不利影响,但有效地防止了仔猪腹泻的发生。所以适当的纤维水平在仔猪饲料中是必要的,目前仔猪饲料中适宜的纤维水平仍需进一步研究。

### 4 使用添加剂

#### 4.1 微量元素与维生素

大多数微量元素和维生素作为酶的重要协同因子,以辅酶形式在淋巴细胞和巨噬细胞功能和活性上发挥重要作用。大量研究表明,锌、铜、硒、维生素C、维生素E和生物素等对仔猪抗腹泻能力有明显的作

用。在饲料中添加锌和维生素 C 能够增加猪的抗体水平和生产性能(Bhar 等,2003)。添加 300 mg/kg 维生素 C 可使仔猪血清球蛋白含量和血清比增加,免疫功能增强,但对仔猪生长性能没有影响(赵君梅等,2002)。冷向军和王康宁(2001)在早期断奶仔猪饲料中添加 250 mg/kg 的铜,降低了仔猪腹泻发生率,而且提高了十二指肠脂肪酶活力和脂肪表观消化率,还有减少结肠内大肠杆菌数量的趋势。钙、磷是骨骼的重要组成部分,钙离子还作为一种重要的信使物质,调节淋巴细胞分裂,介导巨噬细胞吞噬功能。林映才等(2002)研究表明,满足 4~9 kg 早期断奶仔猪生长和骨骼发育的饲料钙含量为 0.90%,饲料中相应的磷水平为 0.55%。提高饲料磷水平,能增强细胞免疫功能,但降低体液免疫功能(Kegley,2001)。

#### 4.2 酶制剂

早期断奶仔猪由于消化系统发育不完全,再加上断奶应激使消化道中的酶活性降低,使早期断奶仔猪的消化能力较弱。添加外源性酶制剂可弥补早期断奶仔猪体内各种酶的不足,减轻胃肠负担,维持正常的消化吸收功能,从而帮助消化、吸收各种营养物质,达到促生长、维持肠道健康的作用。李同洲等(1996)研究证实,在饲料中添加复合酶制剂降低了断奶仔猪腹泻发生率。王冬艳等(2000)也证实,断奶仔猪饲料中使用复合酶有提高采食量和日增重的趋势,同时可减少仔猪腹泻。

#### 4.3 酸化剂

早期断奶仔猪胃内盐酸分泌不足,消化道 pH 值较高,不足以促进胃蛋白酶原转化为胃蛋白酶,因此可通过在仔猪日粮中添加酸化剂来降低胃肠道 pH 值,促进胃蛋白酶原向胃蛋白酶的转化,提高蛋白质的消化率,并且低酸环境可以有效地抑制病原菌的生长繁殖,保护有益菌。冷向军等(2002)研究表明,添加盐酸、柠檬酸、复合酸均可不同程度地促进仔猪生长,降低腹泻发生率;其中添加 1.5% 柠檬酸对降低结肠大肠杆菌数量,减少腹泻发生率效果明显;添加 0.25% 复合酸可刺激胃酸和胃蛋白酶分泌,提高十二指肠胰蛋白酶和淀粉酶活性;盐酸的作用效果不及柠檬酸和复合酸。

#### 4.4 寡糖

寡糖是由 2~10 个单糖组成的糖类,由于其稳定性高、毒性低,在作为饲料添加剂等用途上显示了良好的应用价值,也是目前研究绿色饲用添加剂的热点。寡糖难以被动物肠道吸收,能调节肠道微生物区

系,扩大有益菌群并减少有害菌群。饲料中适宜的寡糖能显著提高断奶仔猪血清中的 IgG 水平,在促生长作用上能替代抗生素(宋小珍等,2005)。李梅等(2000)研究表明,异麦芽寡糖能显著提高仔猪的细胞免疫功能。黄俊文等(2005)报道,甘露寡糖能显著降低仔猪各肠段的大肠杆菌的浓度;甘露寡糖与纳豆菌联用能显著降低空肠以下各肠段的 pH 值;添加 2 g/kg 的甘露寡糖显著降低大肠杆菌的数量,有增加仔猪小肠粘膜绒毛高度的趋势。

#### 4.5 益生菌

益生菌是一类活菌制剂,可以刺激有益菌的生长繁殖并通过产生有机酸或其它物质来抑制致病性细菌的生长,从而改善仔猪胃肠道的微生态环境,减少早期断奶仔猪腹泻。目前益生菌主要包括以下菌属:乳酸杆菌属(如嗜乳酸杆菌)、链球菌属(如粪链球菌)、芽孢杆菌属(如枯草杆菌)。对于控制仔猪腹泻,将益生菌和柠檬酸配伍使用比单独添加益生菌或柠檬酸的效果好(周友明等,2006)。胡友军等(2003)在早期断奶仔猪饲料中添加耐高温活性酵母,提高了仔猪的生产性能和机体细胞免疫水平,降低了腹泻率。

#### 5 其它营养措施

断奶前补饲技术已经广泛应用于现代化的养猪生产中。断奶前充分补饲可以使断奶后仔猪对饲料抗原物质获得免疫耐受,减少断奶后饲料抗原物质引起的超敏反应。断奶前充分补饲,有助于让仔猪尽快适应固体饲料,刺激消化道尽快发育。在饲料中适当加入抗生素有利于降低病原微生物的繁殖,添加碳酸钠可调节机体酸碱度,降低仔猪腹泻,提高其消化力、免疫力、抗应激力等。在早期断奶仔猪饲料中添加谷氨酰胺能够改善空肠中段肠绒毛的生长发育状况,减少粪中水分的含量,缓解仔猪因饲喂大豆而导致的腹泻(张军民等,2002)。

#### 6 结语

在配制早期断奶仔猪饲料时,应根据早期断奶仔猪的生理特点,配制既满足早期断奶仔猪对营养物质的需要又能提高早期断奶仔猪免疫力和健康水平的仔猪饲料。应用营养调控手段来预防或减少仔猪早期断奶综合症是行之有效的途径,也会给养猪生产者带来显著的经济效益。同时,加强饲养管理对提高仔猪健康水平也是非常重要的措施。

(参考文献 36 篇,刊略,需者可函索)

(编辑:刘敏跃,lm-y@tom.com)

# 血浆蛋白粉对肉鸡生产性能和免疫功能的影响

冶双德 王之盛 周安国 任守国

**摘要** 试验研究不同阶段添加血浆蛋白粉(SDPP)对肉鸡生产性能和免疫功能的影响。选用240只1日龄AA肉鸡,随机分为4个处理,每个处理6个重复,每个重复10只鸡。试验设基础日粮组(对照组)和3个试验组,即添加0.5%SDPP日粮分别饲喂7、14、21 d构成3个试验组。而试验后期(22~49 d)各处理组饲喂同一基础日粮。试验结果表明:①与对照组相比,饲喂SDPP 7 d组显著提高前期ADG( $P<0.05$ ),极显著提高后期和全期ADG、ADFI( $P<0.01$ );饲喂SDPP 14 d组极显著提高前期和全期ADG、ADFI( $P<0.01$ ),极显著提高后期ADFI( $P<0.01$ );饲喂SDPP 21 d组极显著提高前期ADG( $P<0.01$ ),极显著提高全期ADFI( $P<0.01$ );试验组各个时期F/G差异不显著( $P>0.05$ )。②就全期生产性能看,饲喂SDPP 7 d组好于其它处理组,但各添加SDPP组间生产性能差异不显著( $P>0.05$ )。③各处理组Ea、Et、淋巴细胞转化率和各免疫器官指数均高于对照组,饲喂SDPP 14 d组的Et和淋巴细胞转化率分别达到显著和极显著水平。④血浆蛋白粉可提高肉鸡生产性能,并随着饲喂时间的延长有下降的趋势,添加血浆蛋白粉对肉鸡免疫功能有增强的作用。

**关键词** 血浆蛋白粉;肉鸡;生产性能;免疫功能

**中图分类号** S816.48

血浆蛋白粉(SDPP)是将动物血液经过喷雾干燥所得的一种新型蛋白资源,其粗蛋白含量高达78%左右,氨基酸含量较均衡,并含有丰富的免疫球蛋白、生物活性肽等生物活性物质。血浆蛋白粉越来越受到人们的重视,目前,在猪和犊牛等动物上的研究发现,血浆蛋白粉能有效地缓解环境应激,增强机体免疫力,提高动物生产性能。但是在肉鸡上的研究鲜有报道,并且饲喂血浆蛋白粉不同天数对肉鸡生产性能和免疫功能的影响未见报道。

本试验主要探讨肉鸡日粮中添加0.5%血浆蛋白粉饲喂7、14和21 d对肉鸡生产性能和免疫功能的影响,为血浆蛋白粉的应用提供参考。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验设计

采用单因子试验设计。选择1日龄健康的AA肉仔鸡240只,随机分为4个处理,每个处理6个重复,每个重复10只鸡(公母各半)。

试验设基础日粮组(对照组)和3个试验组,即添

加0.5% SDPP日粮分别饲喂7、14、21 d构成3个试验组。前期(1~21 d)试验组饲喂7、14 d含血浆蛋白粉日粮后换成基础日粮,继续饲喂至21 d,后期(22~49 d)各处理饲喂同一基础日粮,试验期为7周。

### 1.2 试验材料及日粮配制

血浆蛋白粉由成都某生物科技有限公司提供。基础日粮参照我国肉鸡饲养标准(1986)和NRC(1994)的肉鸡营养标准,按等能等氮原则配制。用0.5%血浆蛋白粉来替代基础日粮中的蛋白原料,使试验组中的豆粕、鱼粉、菜籽粕和棉籽粕的添加比例与对照组一致。基础日粮组和含血浆蛋白粉处理组均不添加任何抗生素,饲粮为粉状。饲粮配方见表1、表2。

表1 1~21日龄饲粮配方及营养水平

原料(%)	对照组	试验组	营养水平	
玉米	59.00	59.6	ME(MJ/kg)	12.122 12.122
豆粕	26.38	25.68	CP(%)	21.00 21.00
鱼粉	2.10	2.04	Lys(%)	1.10 1.10
菜籽粕	4.00	3.89	Met(%)	0.50 0.50
SDPP	0	0.5	Ca(%)	1.00 1.00
棉籽粕	3.50	3.41	AP(%)	0.45 0.45
大豆油	1.80	1.68		
碳酸钙	0.35	0.37		
磷酸氢钙	1.36	1.34		
食盐	0.19	0.18		
氯化胆碱	0.10	0.10		
预混料	1.00	1.00		
L-Lys	0.04	0.03		
DL-Met	0.18	0.18		
合计	100	100		

冶双德,四川农业大学动物营养研究所,625014,四川雅安。

王之盛(通讯作者)、周安国、任守国,单位及通讯地址同第一作者。

收稿日期:2006-10-30

表 2 22~49 日龄饲料配方及营养水平

原料	组成 (%)	营养水平	
玉米	64.15	ME(MJ/kg)	12.54
豆粕	23.63	CP (%)	19.00
鱼粉	1.80	Lys (%)	1.00
菜籽粕	3.00	Met (%)	0.38
棉籽粕	2.00	Ca (%)	0.9
大豆油	2.50	AP (%)	0.4
碳酸钙	0.28		
磷酸氢钙	1.17		
食盐	0.22		
氯化胆碱	0.10		
预混料	1.00		
L-Lys	0.06		
DL-Met	0.09		
总计	100		

1.3 饲养管理

试验在四川农业大学动物营养研究所试验场进行。试验鸡采用立体重叠式 2 层笼养。按常规进行新城疫、法氏囊、传染性支气管炎等免疫,人工控制光照、温度和湿度,自由采食和饮水,自然通风。

1.4 测定指标

1.4.1 生产性能指标

试验鸡每周早 8:00 以重复为单位空腹称重。计

算每个重复的平均日增重(ADG)。结算每个重复的剩余料,计算每个重复的平均采食量(ADFI),并计算料肉比(F/G)。

1.4.2 E 玫瑰花环试验

试验在 21 日龄进行,早上 8:00 从每个重复中选择一只接近平均体重的鸡,心脏采血进行 E 玫瑰花环试验,送四川农业大学动物科技学院病理实验室测定 Ea 和 Et,测定方法参考曹澎泽(1992)的方法。

1.4.3 淋巴细胞转化试验

在 21 日龄进行,所选鸡只与 E 玫瑰花环试验相同,测定淋巴细胞转化率。送四川农业大学动物科技学院病理实验室测定,测定方法参考曹澎泽(1992)的方法。

1.5 数据处理

试验结果采用平均数±标准误表示,数据用 EXCEL 进行处理后采用 SPSS11.0 统计软件 ANOVA 法进行方差分析,并用 Duncan's 法进行多重比较。

2 试验结果与分析

2.1 血浆蛋白粉对肉鸡生产性能的影响

用 0.5% SDPP 饲喂不同时间对肉鸡生产性能的影响见表 3。

表 3 0.5% SDPP 饲喂不同时间对肉鸡生产性能的影响

生长阶段	指标	对照组	饲喂 SDPP 7 d 组	饲喂 SDPP 14 d 组	饲喂 SDPP 21 d 组
1~21 d	ADG[g/(d·只)]	16.70±0.64 <sup>Aa</sup>	18.72±0.51 <sup>b</sup>	19.82±0.73 <sup>Bb</sup>	19.12±0.33 <sup>Bb</sup>
	ADFI[g/(d·只)]	29.89±1.03 <sup>A</sup>	34.08±0.65 <sup>Ba</sup>	33.80±0.22 <sup>Ba</sup>	35.55±1.26 <sup>Ba</sup>
	F/G	1.79±0.02 <sup>ab</sup>	1.82±0.03 <sup>ab</sup>	1.71±0.06 <sup>a</sup>	1.86±0.06 <sup>b</sup>
22~49 d	ADG[g/(d·只)]	61.17±1.25 <sup>Aa</sup>	66.52±1.15 <sup>Bb</sup>	64.11±0.90 <sup>ab</sup>	62.92±0.68 <sup>b</sup>
	ADFI[g/(d·只)]	126.23±2.19 <sup>Aa</sup>	136.71±0.92 <sup>Bb</sup>	133.88±0.33 <sup>Bbc</sup>	130.90±2.24 <sup>bc</sup>
	F/G	2.06±0.01	2.06±0.03	2.09±0.03	2.08±0.03
1~49 d	ADG[g/(d·只)]	42.11±0.88 <sup>Aa</sup>	46.03±0.84 <sup>Bb</sup>	45.13±0.54 <sup>Bb</sup>	44.15±0.39 <sup>ab</sup>
	ADFI[g/(d·只)]	84.94±1.39 <sup>A</sup>	92.73±1.42 <sup>Ba</sup>	90.99±0.22 <sup>Ba</sup>	90.04±1.62 <sup>Ba</sup>
	F/G	2.02±0.02	2.02±0.02	2.02±0.02	2.04±0.03

注:同行肩标不同小写字母表示差异显著(P<0.05),不同大写字母表示差异极显著(P<0.01),相同小写字母表示差异不显著。

由表 3 可知,与对照组相比,前期(1~21 d):饲喂 SDPP 7、14、21 d 组 ADG 分别提高了 12.10%(P<0.05)、18.68%(P<0.01)、14.49%(P<0.01);不同饲喂时间组(即饲喂 SDPP 7、14、21 d 组)之间差异不显著。各饲喂时间组 ADFI 比对照组分别提高了 14.02%(P<0.01)、13.08%(P<0.01)、18.94%(P<0.01),不同饲喂时间组之间差异不显著(P>0.05)。饲喂 SDPP 各组 F/G 与对照组相比差异不显著(P>0.05)。

后期(22~49 d):饲喂 SDPP 7 d 组与对照组相比 ADG 极显著提高(P<0.01)。饲喂 7 d 组和 14 d 组 ADFI 极显著高于对照组 (P<0.01),饲喂 7 d 组 ADG 和 ADFI 显著高于饲喂 21 d 组(P<0.05)。各处理组之间

F/G 差异不显著(P>0.05)。

全期(1~49 d):饲喂 SDPP 7、14、21 d 组 ADG 比对照组分别提高了 9.31%(P<0.01)、7.17%(P<0.01)、4.84%; ADFI 分别提高了 9.17%(P<0.01)、7.12%(P<0.01)、6.00%(P<0.01)。不同饲喂时间组之间对全期 ADG、ADFI 和 F/G 的影响差异不显著(P>0.05),生产性能随 0.5% 血浆蛋白粉饲喂时间的延长而呈下降趋势。

2.2 血浆蛋白粉对肉鸡免疫功能的影响

0.5% 血浆蛋白粉饲喂不同时间对肉鸡免疫功能的影响见表 4。

从表 4 可以看出,各饲喂时间组 Ea、Et 都高于对照组,14 d 组 Et 达到显著水平(P<0.05);14 d 组淋巴

表 4 0.5%血浆蛋白粉饲喂不同时间对肉鸡免疫功能的影响

处理	Ea(%)	Et(%)	淋巴细胞转化率(%)	脾脏指数	法氏囊指数	胸腺指数
对照组	4.38±1.81	14.89±3.00 <sup>a</sup>	46.61±4.68 <sup>Ab</sup>	0.92±0.05	2.11±0.14	4.37±0.36
饲喂 SDPP 7 d 组	6.43±2.00	19.36±3.78 <sup>bc</sup>	52.42±7.44 <sup>Abc</sup>	1.07±0.14	2.35±0.19	4.46±0.61
饲喂 SDPP 14 d 组	11.93±4.59	27.61±2.88 <sup>bc</sup>	79.87±3.25 <sup>Bb</sup>	1.13±0.20	2.79±0.50	4.45±0.43
饲喂 SDPP 21 d 组	5.36±1.82	19.37±3.69 <sup>bc</sup>	67.48±7.01 <sup>bc</sup>	1.01±0.06	2.17±0.21	4.43±0.17

注:同列肩标不同小写字母表示差异显著(P<0.05),不同大写字母表示差异极显著(P<0.01),相同小写字母表示差异不显著。

细胞转化率极显著高于对照组(P<0.01),21 d 组淋巴细胞转化率显著高于对照组(P<0.05);饲喂 SDPP 各组免疫器官指数均高于对照组,但差异不显著(P>0.05)。

### 3 讨论

#### 3.1 血浆蛋白粉对肉鸡生产性能的影响

由于肉鸡在生长初期免疫系统尚未发育完全,在出壳后前几天获得的是先天性免疫,免疫能力较高,但在出壳后第 2 周和第 3 周免疫力最低,而后又逐渐升高。结合血浆蛋白粉本身价格高的特点,故而本试验只设计了 3 个不同的饲喂时间,即 7、14、21 d。

试验结果显示,添加 0.5%血浆蛋白粉饲喂 7、14 和 21 d,均能提高肉鸡前期、后期和全期 ADG 和 ADFI。Campbell 等(2005)研究发现,饲喂血浆蛋白粉组的肉鸡平均日增重、日采食量在各生长阶段(1~14 d、15~28 d、29~35 d 和 1~35 d)都有显著提高(P>0.05)。Campbell 等(2003)研究表明,在较差的饲养条件下,在各生长阶段,饲喂血浆蛋白粉肉鸡的 ADG、ADFI 都高于对照组(P>0.05)。本试验和前人研究结果基本一致。

杨丽娥等(1994)报道,给予肉鸡  $\gamma$ -球蛋白制剂,与对照组相比,肉鸡在各生长阶段的平均体重和日增重均高于对照组,全期 ADG 增加 2.59%,死亡率下降 66.18%,提示免疫球蛋白有促进肉鸡生长、降低死亡率的作用。

本研究还发现,随着饲喂添加血浆蛋白粉日粮时间的延长,肉鸡全期生产性能有下降的趋势,其具体原因有待进一步研究。

#### 3.2 血浆蛋白粉对肉鸡免疫功能的影响

##### 3.2.1 免疫器官指数

免疫是机体的一种特异性生理反应,通过识别和排除抗原性异物,维持体内、外环境的稳定。免疫功能的高低取决于免疫器官的状况,胸腺和法氏囊是家禽的中枢免疫器官,在淋巴毒素的形成、诱导、分化过程中起着重要的作用,且影响机体的细胞免疫和体液免疫功能;脾脏是外周免疫器官,是淋巴毒素及 T、B 淋巴细胞定居和对抗原的刺激进行免疫应答的场所。据

报道,胸腺、法氏囊及脾脏的重量可用于评价机体的免疫状态(Rivas,1985),一般认为免疫器官重量降低为免疫抑制所致,而免疫器官重量增加则为免疫增强的表现(李素芬等,2000)。

从表 4 可知,添加血浆蛋白粉可提高肉鸡胸腺指数、脾脏指数和法氏囊指数。关于血浆蛋白粉对动物免疫器官的影响未见报道,但杨丽娥等(1995)用透射电镜对肌注血清  $\gamma$ -球蛋白后雏鸡的法氏囊形态结构进行了观察并同对照组比较,结果显示试验组鸡法氏囊淋巴细胞的增殖与分化较快。他们还发现  $\gamma$ -球蛋白制剂能促进胸腺小体的发育,延长胸腺存在期,使胸腺处理抗原能力提高。本试验研究发现,血浆蛋白粉作为提供营养源的蛋白原料,促进了肉鸡免疫器官的生长发育。

##### 3.2.2 Ea、Et 和淋巴细胞转化率

细胞免疫应答是动物机体 T 细胞介导的、多种细胞和细胞因子参与的特异性防御反应,通过细胞免疫应答,不但能够直接特异性杀伤靶抗原,而且对体液免疫也起到促进作用,T 细胞在免疫应答过程中分泌的细胞因子,对机体的免疫应答具有重要的调节作用,机体细胞免疫的检测主要有 T 淋巴细胞记数、体外 T 淋巴细胞转化实验、活体变态反应和 T 细胞表面分子记数(如 CD8<sup>+</sup>T 细胞、CD8<sup>+</sup>/CD4<sup>+</sup>)(许丽等,2002)。

本试验结果表明,各试验组 Ea、Et 和免疫器官指数都高于对照组;饲喂 SDPP 14 d 组淋巴细胞转化率极显著高于对照组(P<0.01),饲喂 SDPP 21 d 组淋巴细胞转化率显著高于对照组(P<0.05)。

### 4 结论

① 肉鸡日粮中添加血浆蛋白粉可提高肉鸡的生产性能,并随着饲喂时间的延长生产性能有下降的趋势。

② 血浆蛋白粉可提高肉鸡 Ea、Et、脾脏指数、胸腺指数和法氏囊指数,尤其对淋巴细胞转化率有显著或极显著的提高,表明血浆蛋白粉有增强肉鸡免疫功能的作用。

(参考文献 8 篇,刊略,需者可函索)

(编辑:刘敏跃,lm-y@tom.com)

# 沉水植物苦草粗蛋白的提取工艺研究

王艳丽 肖瑜 高士祥

**摘要** 苦草是减少水体污染,缓解水体富营养化的一种重要沉水植物,含有丰富的蛋白质。试验研究目的是优选沉水植物苦草粗蛋白提取的最佳工艺。采用碱提酸沉法从苦草中提取粗蛋白,通过单因子试验(单因素:NaOH溶液浓度、固液比、提取温度、提取时间)和 $L_9(3^4)$ 正交试验,对影响粗蛋白的提取工艺进行了研究;同时比较了不同pH值对粗蛋白沉淀的影响。结果显示:苦草粗蛋白的最佳提取工艺条件为NaOH溶液浓度0.12 mol/l、固液比1:60、提取温度70℃、提取时间80 min,此条件下粗蛋白的提取率为67.62%;调节不同pH值沉淀苦草中粗蛋白时,pH值控制在1.05~1.51之间可以获得最大的沉淀量;优选的苦草粗蛋白提取工艺效果较好,且稳定可行。

**关键词** 沉水植物;苦草;粗蛋白;提取工艺

**中图分类号** S816.9

Optimized technology for the extraction of crude protein in submerged aquatic macrophytes *Vallisneria spiralis* L

Wang Yanli, Xiao Yu, Gao Shixiang

**Abstract** *Vallisneria spiralis* L. is an important submerged aquatic macrophyte which can reduce river pollution and improve water quality in the eutrophic lakes. It is rich of protein. The optimized extraction condition of crude protein in Submerged aquatic macrophytes *Vallisneria spiralis* L. was studied in this paper. The extraction procedure of crude protein from *Vallisneria spiralis* L. was to extract the crude protein with sodium hydroxide followed by precipitation with acid. Factors influencing the extraction rate were studied according to the experiments of odd factors(NaOH concentration, *Vallisneria spiralis* L. : solution ration, extraction time, extraction temperature) and  $L_9(3^4)$  systematical linear tests. The relationship of pH with the precipitation of crude protein was also studied. The optimized extraction condition was achieved as 0.12 mol/l NaOH, 1 : 60 *Vallisneria spiralis* L. : solution ration, 70 °C, 80 min. Under this condition, the maximum extraction rate of crude protein was 67.62%; and the best pH was 1.05~1.51. This optimized extraction technology of crude protein in *Vallisneria spiralis* L. was effective and easy to use.

**Key word** submerged aquatic macrophytes; *Vallisneria spiralis* L.; crude protein; extraction technology

苦草是一种典型的沉水植物,属于水鳖科(Hydrocharitaceae)苦草属(*Vallisneria*),分布于云南、浙江、江苏、山东、河北、吉林等省。苦草能有效吸收湖泊的N、P,改善水质,是减少水体污染,缓解水体富营养化程度的重要沉水植物。苦草营养丰富,成分齐全,是草食性鱼类和底栖动物的重要饵料,也是家禽的优良

饲料。

苦草中的粗蛋白占苦草干重的21.84%。到目前为止,对苦草粗蛋白的研究尚未有报道。从苦草中提取粗蛋白,对减少湖泊生态修复中的二次污染,充分利用苦草资源,开发蛋白资源具有一定科学意义。本文采用碱提酸沉法,通过单因素试验和正交试验对NaOH浓度、固液比、提取时间、提取温度等因素进行了研究,并对最佳提取工艺条件进行了优化。研究结果可为苦草蛋白作为动物饲料的应用提供参考。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料

苦草采于江苏太湖地区。将苦草洗净、晒干,粉碎过60目筛。

王艳丽,南京大学环境学院,210093,南京大学(鼓楼校区)西八舍532。

肖瑜、高士祥(通讯作者),单位及通讯地址同第一作者。

收稿日期:2006-10-16

★ 基金项目:973项目(2002CB412307)资助和“863”重大水环境专项(2002AA601011)

## 1.2 仪器

微量凯式定氮装置、HH-4 数显恒温水浴锅、Her-aeus 大型高速离心机、电热鼓风干燥箱、pHS-3C 精密 pH 计、FA1004 分析天平。

## 1.3 方法

### 1.3.1 苦草粗蛋白提取工艺流程

苦草渣→NaOH 溶液提取→抽滤,滤液调 pH 值→离心→沉淀干燥,得粗蛋白。

### 1.3.2 苦草中粗蛋白沉淀最适 pH 值确定

分别取提取液 10 ml 装入 8 支离心管中,用 HCl 调节各个离心管的 pH 值,使得 1-8 个离心管中的 pH 值依次递增,静置 10 min 后离心,干燥称重,得到各个离心管中的粗蛋白沉淀量,根据沉淀量多少确定其最适 pH 值。

### 1.3.3 单因素试验

对影响苦草中粗蛋白提取的 4 个因素,即 NaOH 溶液浓度、固液比、提取温度、提取时间,进行了单因素试验。

### 1.3.4 正交试验设计

鉴于各因素的相互影响,在单因素试验的基础上,设计了 4 个因素,3 个水平的正交试验  $L_9(3^4)$ ,并对结果进行方差分析和显著性检验,以获得最佳提取工艺条件。

苦草中粗蛋白的提取率(%)=(提取液中蛋白质含量/苦草中蛋白质的含量)×100

## 2 结果与分析

### 2.1 苦草中粗蛋白沉淀最适 pH 值确定

pH 值对提取液中粗蛋白沉淀量的影响结果见表 1。

表 1 不同 pH 值下苦草粗蛋白的沉淀量

序号	1	2	3	4	5	6	7	8
pH 值	1.05	1.51	2.08	2.42	2.53	2.86	3.53	4.36
沉淀量(mg)	27.8	27.7	24.8	18.1	21.0	16.5	14.0	2.70

从表 1 中可以看出,pH 值为 1.05~1.51 之间时苦草中粗蛋白沉淀量最大;随着 pH 值的增加,沉淀量逐渐减少,pH 值达到 4.36 时沉淀量最少;且在 pH 值从 3.53 到 4.36 之间沉淀量减少得较快。故调节 pH 值沉淀苦草中粗蛋白时,pH 值应控制在 1.05~1.51 之间。

### 2.2 单因素试验分析

#### 2.2.1 NaOH 溶液浓度对粗蛋白提取率的影响

选用不同浓度的 NaOH 溶液对苦草中粗蛋白进行提取试验。以固液比 1:50 在 60℃ 提取 60 min,提取液调节 pH 值为 1.05~1.51 之间。比较不同浓度

NaOH 溶液对粗蛋白提取率的影响,结果见图 1。

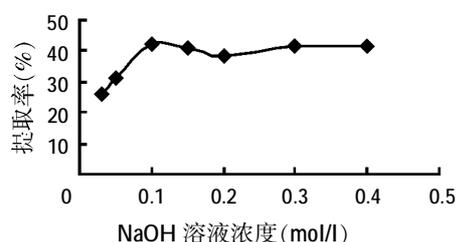


图 1 NaOH 溶液浓度对粗蛋白提取率的影响

从图 1 可知,苦草粗蛋白提取率随着 NaOH 浓度增大而增大,当 NaOH 浓度达到 0.1 mol/l 后,苦草粗蛋白提取率增长变慢。由于高碱条件下会导致蛋白质的变性和水解,美拉德反应加剧,产生黑褐色物质,提取物中非蛋白物质含量增加。所以选定 NaOH 浓度为 0.1 mol/l 提取效果较好。

#### 2.2.2 固液比对粗蛋白提取率的影响

在 NaOH 溶液浓度为 0.1 mol/l,60℃ 下提取 60 min,提取液调节 pH 值为 1.05~1.51 之间。比较固液比对粗蛋白提取率的影响,结果见图 2。

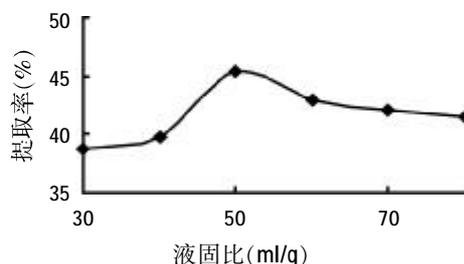


图 2 固液比对粗蛋白提取率的影响

图 2 结果表明,苦草中粗蛋白的提取率随着液固比的升高而增加,但当液固比大于 50 (ml/g) 时,提取率呈下降趋势。因而确定提取苦草中粗蛋白的固液比为 1:50 (g/ml)。

#### 2.2.3 提取时间对苦草中粗蛋白提取率的影响

NaOH 溶液浓度为 0.1 mol/l,固液比 1:50,60℃ 下提取,提取液调节 pH 值为 1.05~1.51 之间。比较提取时间对粗蛋白提取率的影响,结果见图 3。

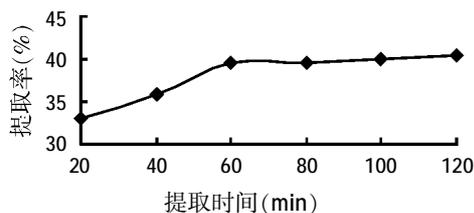


图 3 提取时间对粗蛋白提取率的影响

由图 3 可知,随着提取时间的延长,粗蛋白的提取率也随之提高;提取时间到 60 min 后增长缓慢。考虑到提取时间延长影响时间周期,因此 60 min 为苦草中粗蛋白的最佳提取时间。

2.2.4 提取温度对苦草中粗蛋白提取率的影响

NaOH 溶液浓度为 0.1 mol/l,固液比 1 : 50,提取时间 60 min 下提取,提取液调节 pH 值为 1.05~1.51 之间,比较提取温度对粗蛋白提取率的影响,结果见图 4。

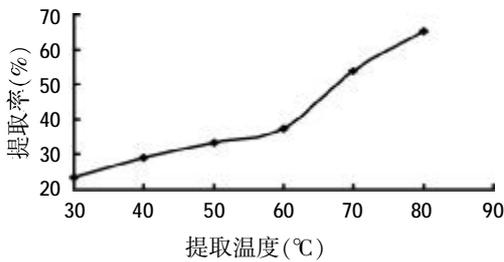


图 4 温度对粗蛋白提取率的影响

从图 4 可见,粗蛋白提取率随温度的升高而增加;但提取温度达到 70 °C 后,提取液的颜色也变为墨绿色,提取温度太高时,可能会把其它非蛋白质提取出来,且可能会使蛋白质变性,影响其活性。所以,确定粗蛋白的提取温度为 60 °C。

2.3 正交试验结果与分析

在单因素试验的基础上,为获得最佳提取工艺条件,进行了 4 因素 3 水平的  $L_9(3^4)$  正交试验,正交试验结果及极差分析见表 2。对表 2 中的粗蛋白提取率进行方差分析和显著性检验,结果见表 3。

表 2 正交分析试验

试验号	NaOH 浓度 (mol/l)	固液比 (g/ml)	提取时间 (min)	温度 (°C)	提取率 (%)
1	0.08	1 : 40	40	50	27.56
2	0.08	1 : 50	60	60	37.45
3	0.08	1 : 60	80	70	52.28
4	0.10	1 : 40	60	70	46.82
5	0.10	1 : 50	80	50	32.17
6	0.10	1 : 60	40	60	37.96
7	0.12	1 : 40	80	60	42.32
8	0.12	1 : 50	40	70	49.48
9	0.12	1 : 60	60	50	32.70
$K_1$	117.29	116.70	115.00	92.43	
$K_2$	116.95	119.10	116.97	117.73	
$K_3$	124.50	122.94	126.77	148.58	
$k_1$	39.10	38.90	38.33	30.81	
$k_2$	38.98	39.70	38.99	39.24	
$k_3$	41.50	40.98	42.26	49.52	
R	2.52	2.08	3.93	18.71	

表 3 方差分析

方差来源	离差平方和	自由度	均方和	F 值	显著性
NaOH 浓度	12.12	2	6.06	1 212.24	P<0.001
固液比	6.60	2	3.30	660.48	P<0.005
提取时间	26.49	2	13.24	2 649.48	P<0.001
提取温度	527.18	2	263.59	52 718.17	P<0.001
误差	0.01	2	0.005		

注:  $F_{0.005}(2,2)=199.0, F_{0.001}(2,2)=999.0$ 。

正交试验和数据分析的结果表明,各因素对提取效果的影响程度依次为:温度>时间>NaOH 浓度>固液比,即提取温度对苦草中粗蛋白提取率的影响最大;四因素影响都有显著性差异。极差分析最佳条件组合为 NaOH 溶液浓度为 0.12 mol/l,固液比为 1 : 60,提取温度为 70 °C,提取时间为 80 min,在此工艺条件下苦草中粗蛋白提取率最高,为 67.62%。

3 讨论

本文通过单因素试验和正交试验分析,对碱提酸沉法提取苦草中粗蛋白提取效果的影响因子进行研究,结果表明:该方法效果较好,且可以取得较高的提取率。其最佳提取条件:NaOH 溶液浓度为 0.12 mol/l,固液比为 1 : 60,提取温度为 70 °C,提取时间为 80 min,提取率达 67.62%。同时调节 pH 值 1.05~1.51 沉淀苦草中粗蛋白效果最好。

碱法提取粗蛋白的工艺简单,易于操作。已有报道使用该技术提取茶叶中的非水溶性茶蛋白、提取葡萄皮中的粗蛋白,都取得了很好的提取效果。pH 酸法沉淀蛋白相比于醇法可以避免把多糖一起沉淀,且该法具有操作简单、成本小的特点,适合工业化生产。

苦草中含有较高的蛋白质,具有很好的营养价值,可用于鱼类和家禽的饲养。苦草作为一种野生资源,用于富营养化湖泊的生态修复工作中,具有巨大的产量。这些从湖泊中移出的苦草不仅会造成二次污染,而且也是一种很大的资源浪费,所以对苦草中蛋白的研究利用会产生重要的经济效益和社会效益。目前对苦草的资源化利用还仅限湖区农民的小规模、粗放式使用,产生的经济效益有限。因此,苦草中粗蛋白的研究利用将会有十分广阔的应用前景。而寻找切实可行的苦草综合利用方式的研究工作尚需进一步深入。

(参考文献 9 篇,刊略,需者可函索)

(编辑:刘敏跃,lm-y@tom.com)

# 绵羊瘤胃微生物 CMCase 酶促反应最适条件研究

张慧玲 霍小凯 陈勇 国卫杰

**摘要** 试验系统地测定了绵羊瘤胃微生物细胞内和细胞外羧甲基纤维素酶(CMCase)酶促反应的最佳条件,包括最适 pH 值、底物用量、酶量、反应时间和反应温度。结果发现:当 pH 值介于 4.5~6.0 之间时,CMCase 活力无显著差异,其中胞外 CMCase 在 pH 值为 5.5 时活力最高,胞内 CMCase 在 pH 值为 5.0 时活力最高;随着底物用量的增加,酶活力极显著增加( $P<0.01$ ),并在 10 mg 时达到最大值;酶量在 0.25 ml 时,胞内 CMCase 活力达到最大值,而胞外 CMCase 则在 0.5 ml 时最高;随着反应时间的延长,CMCase 活力均逐渐下降,无论是胞外还是胞内 CMCase,反应 10 min 时即达到最高活力,且在胞外同其它组比较差异极显著( $P<0.01$ ),在胞内显著高于反应 30~60 min 时的活力;胞内和胞外 CMCase 活力均在 45 °C 时最高。

**关键词** 瘤胃微生物;CMCase;最适条件

**中图分类号** S816.79

反刍动物瘤胃微生物羧甲基纤维素酶(Carboxymethyl cellulase, CMCase)在纤维素降解中具有重要作用,其活力的高低在一定程度上反映了反刍动物瘤胃内纤维素降解程度的高低。因此,测定 CMCase 的活力对于评价纤维素在瘤胃中的降解具有一定参考价值。瘤胃中能消化纤维素的酶有三种:①外切型葡聚糖酶,主要将晶体纤维素转化为非晶体纤维素,将天然纤维转化为纤维二糖;②内切型葡聚糖酶,即 CMCase,又称 Cx 酶(Cxenzyme),能将非晶体纤维素转化为可溶性纤维、纤维二糖或葡萄糖;③ $\beta$ -葡萄糖苷酶,将纤维二糖转化为葡萄糖。

不同来源的纤维素酶,其组成及各组分比例有较大的差异,同时纤维素酶作用的底物也比较复杂,致使纤维素酶活力的测定方法复杂而不统一。因此,目前尚无测定纤维素酶的标准方法。酶活力是衡量酶生物活性的重要指标,不同的测定条件对酶活力的最终测定结果有一定影响。为了选择适宜的酶活力测定条件,提高测定结果的准确性,本文根据有关资料所采用的测定条件,对酶活力测定中的几个主要影响因素进行了研究,为准确测定瘤胃微生物 CMCase 活力提供一定参考。

## 1 材料与方

张慧玲,新疆农业大学动物科学学院,830052,新疆乌鲁木齐南昌路 42 号。

霍小凯、陈勇、国卫杰,单位及通讯地址同第一作者。

收稿日期:2006-09-25

★ 本研究由新疆维吾尔自治区高校科研计划资助(XJEDU 2004S08)

## 1.1 试验用酶的制备

### 1.1.1 细胞外酶的制备

选取 2 头开有永久性瘤胃瘘管的中国美利奴绵羊,从瘤胃瘘管采取适量瘤胃内容物,经 200 目尼龙袋过滤后,于 340×g 离心 10 min,弃去饲料等残渣。上清液转入 1.5 ml Eppendorf 管,于 4 °C 20 000×g 离心 15 min,分离上清液和沉淀,上清液即为细胞外酶源,沉淀留用,均置 4 °C 环境下备用。

### 1.1.2 细胞内酶的制备

将上述沉淀用人工唾液还原至原始体积,振荡分散后转入一小烧杯,在超声波细胞粉碎机中粉碎。超声波粉碎条件为功率 400 W、超声时间 3 s、间歇时间 4 s,重复 80 次。超声波粉碎结束后将液体转入 1.5 ml Eppendorf 管中,于 4 °C 20 000×g 离心 15 min,弃去沉淀,上清液即为细胞内酶源,置 4 °C 备用。

## 1.2 羧甲基纤维素酶活力测定

本试验采用 3,5-二硝基水杨酸(DNS)法测定绵羊瘤胃羧甲基纤维素酶活力,测定基本条件为:取 0.5 ml 酶液置于 10 ml 洁净试管中,再加入 1.0 ml 1% 羧甲基纤维素钠,用 pH 值 5.0 的磷酸缓冲液定容至 2.0 ml,充分混匀后于 40 °C 条件下放置 30 min 后加入 1.5 ml DNS 终止反应,置于 90 °C 水浴 5 min,显色。570 g 离心 10 min 后吸取 1 ml 用蒸馏水定容至 5 ml,充分混匀后于 540 nm 处测定吸光值,以葡萄糖为标准计算酶活力。

## 1.3 羧甲基纤维素酶酶促反应最适条件优化

分别对初始 pH 值、底物用量、酶量、反应时间和反应温度等单因素进行条件优化。

## 1.4 葡萄糖标准曲线的绘制

分别吸取 0.1% 的葡萄糖标准溶液 0、0.2、0.4、0.6、0.8、1 ml,用蒸馏水定容至 2.0 ml,加入 1.5 ml DNS 显色液,混匀后置沸水浴中 5 min 以上充分显色。吸取 1 ml 显色液,用蒸馏水定容至 5 ml。混匀后用 723 型可见分光光度计在 540 nm 处比色测定 ABS 值。以光密度作纵坐标,对应标准葡萄糖溶液含糖的毫克数为横坐标,绘制标准曲线。

1.5 酶活力计算

CMCase 活力定义:在规定条件下,1 ml 酶液 1 min 内分解底物产生的葡萄糖的微克数,为 1 个单位(IU)。

由于瘤胃液中本身含有一定数量的还原糖,故由 CMCase 分解 CMC-Na 产生的还原糖  $ABS_{测定} - ABS_{对照}$ 。

$$\text{酶活力(IU)} = \frac{ABS - A}{B \times V \times t} \times 1000$$

式中:V——酶液用量(ml);

t——水浴反应时间(min);

A——标准曲线在 y 轴上的截距;

B——标准曲线的斜率。

1.6 数据处理

试验数据均以平均值±标准差( $\bar{X} \pm SD$ )表示。统计分析采用 SPSS11.0 软件 GM 模块中的 One-Way ANOVA 进行单因素方差分析。

2 结果

2.1 pH 值对瘤胃微生物胞内、外 CMCase 活力的影响(见表 1)

表 1 pH 值对瘤胃微生物胞内、外 CMCase 活力的影响

pH 值	4.5	5.0	5.5	6.0	6.5
胞外酶活力(IU)	19.73±1.12	19.82±1.68	20.10±1.67	19.92±1.33	18.35±1.60
胞内酶活力(IU)	26.89±0.80 <sup>a</sup>	28.01±1.20 <sup>a</sup>	26.52±0.58 <sup>a</sup>	27.28±1.4 <sup>a</sup>	24.23±1.08 <sup>b</sup>

注:同行肩标小写字母不同表示差异显著(P<0.05);大写字母不同表示差异极显著(P<0.01),以下各表同。

由表 1 可知,当 pH 值为 5.5 时胞外 CMCase 活力达到最大值,pH 值为 5.0 时胞内 CMCase 活力达到最大值。对胞外 CMCase 而言,pH 值对其活力无显著影响;细胞内 CMCase 在 pH 值为 4.5-6.0 时活力差异不

显著(P>0.05),在 pH 值为 6.5 时最小且显著低于其它各组(P<0.05)。

2.2 底物用量对瘤胃微生物胞内、外 CMCase 活力的影响(见表 2)

表 2 底物用量对瘤胃微生物胞内、外 CMCase 活力的影响

底物用量(mg)	2	4	6	8	10
胞外酶活力(IU)	8.81±0.79 <sup>e</sup>	13.87±0.12 <sup>bd</sup>	16.90±0.24 <sup>cd</sup>	18.58±0.06 <sup>bd</sup>	20.44±0.12 <sup>aA</sup>
胞内酶活力(IU)	9.16±0.06 <sup>e</sup>	15.82±0.06 <sup>bd</sup>	20.10±0.12 <sup>cd</sup>	24.64±0.43 <sup>bd</sup>	28.18±0.55 <sup>aA</sup>

由表 2 可见,随着底物用量的增加,胞内、外酶活力极显著增加(P<0.01),并且均在底物用量为 10 mg 时达到最大值。酶活力(Y)与底物用量(X)存在显著的对数回归关系:胞外 CMCase 活力与底物用量的关系是  $Y = 7.17 \lg X + 3.90$  ( $R^2 = 0.999, P < 0.01$ );胞内 CMCase 活力与底物用量的关系是  $Y = 11.65 \lg X + 0.35$  ( $R^2 = 0.985, P < 0.01$ )。

2.3 酶量对瘤胃微生物胞内、外 CMCase 活力的影响(见表 3)

表 3 酶量对瘤胃微生物胞内、外 CMCase 活力的影响

酶量(ml)	0.25	0.5	0.75	1.0
胞外酶活力(IU)	18.14±0.12 <sup>aA</sup>	18.97±0.37 <sup>aA</sup>	17.52±0.53 <sup>bA</sup>	14.30±0.09 <sup>bB</sup>
胞内酶活力(IU)	29.56±0.37 <sup>aA</sup>	27.84±0.06 <sup>bA</sup>	23.11±0.29 <sup>bB</sup>	18.85±0.64 <sup>cC</sup>

由表 3 可见,胞外 CMCase 活力在酶量为 0.25 ml 和 0.5 ml 时差异不显著(P>0.05),但 0.5 ml 时的酶活力显著高于 0.75 ml 时(P<0.05)和极显著高于 1.0 ml 时的酶活力(P<0.01)。胞内 CMCase 活力在酶量为 0.25 ml 时最大,且随着酶量的增加其活性显著下降(P<0.05)。由此可见,在本试验条件下,测定胞外 CMCase 活力时,酶用量以 0.5 ml 最佳,而在测定胞内 CMCase 活力时,酶用量以 0.25 ml 最佳。

2.4 反应时间对瘤胃微生物胞内、外 CMCase 活力的影响(见表 4)

由表 4 可见,随着反应时间的延长,胞外和胞内 CMCase 活力均出现逐渐下降趋势,并呈现相似的变化趋势。就胞外 CMCase 活力而言,反应 10 min 的活力极显著高于其它各组,而当反应时间介于 20~50 min 之间时 CMCase 活力无显著差异,但反应时间在 20 min

表 4 反应时间对瘤胃微生物胞内、外 CMCase 活力的影响

时间(min)	10	20	30	40	50	60
胞外酶活力(IU)	22.15±2.20 <sup>aA</sup>	16.98±0.09 <sup>bB</sup>	17.03±0.18 <sup>bB</sup>	16.05±0.64 <sup>bcB</sup>	14.99±0.33 <sup>bcB</sup>	14.44±0.21 <sup>cB</sup>
胞内酶活力(IU)	30.85±2.02 <sup>aA</sup>	27.68±0.55 <sup>abAB</sup>	22.43±5.14 <sup>bcAB</sup>	22.56±0.50 <sup>bcAB</sup>	20.54±0.11 <sup>cB</sup>	18.91±0.12 <sup>cB</sup>

和 30 min 时测得的活力显著高于 60 min。对胞内 CMCase 而言,反应 10 min 时的活力显著高于反应 30~60 min 时,虽然反应 20 min 时酶活力与反应 10 min 和 30~40 min 时无显著差异,但此时酶活力已经下降约 10%。由此可见,在测定 CMCase 活力时,无论是胞外酶还是胞内酶,均以反应 10 min 最佳。

### 2.5 温度对瘤胃微生物胞内、外 CMCase 活力的影响 (见表 5)

表 5 反应温度对瘤胃微生物胞内、外 CMCase 活力的影响

温度(℃)	37	40	45	50
胞外酶活力(IU)	16.16±0.91 <sup>cB</sup>	18.41±1.16 <sup>bA</sup>	20.75±0.18 <sup>aA</sup>	19.80±0.55 <sup>abA</sup>
胞内酶活力(IU)	24.38±0.79	24.81±2.63	27.28±0.65	26.89±0.31

由表 5 可见,无论是胞外还是胞内,CMCase 活力均随着反应温度的升高而逐渐升高,并在 45 ℃时达到最大值。在 37~50 ℃之间,温度变化对胞内 CMCase 活力影响不显著( $P>0.05$ );37 ℃时胞外 CMCase 活力极显著的低于其它三种情况( $P<0.01$ ),当反应温度在 45 ℃时,胞外 CMCase 活力显著高于 40 ℃和 37 ℃时。

### 3 讨论

在本试验的条件下,随着反应缓冲液 pH 值的升高,胞内和胞外 CMCase 活力呈现相似的抛物线变化规律,其中胞外 CMCase 在 pH 值为 5.5 值活力最高,胞内 CMCase 在 pH 值为 5.0 时活力最高。杨传强等(1999)研究发现,纤维素在 pH 值为 5.0 时胞内、外 CMCase 都出现了活力最高点,这与本试验结果相似。但 pH 值对胞内、外 CMCase 活力的影响不尽相同:pH 值在 4.5~6.5 之间变化时细胞外 CMCase 活力差异不显著;而胞内 CMCase 活力在 pH 值为 6.5 时显著降低。这可能同 CMCase 的来源有关,瘤胃里的微生物是复杂多样的,能分泌 CMCase 的微生物不止一种,并且不同微生物所分泌的纤维素酶都有一定的差异。陈庆今等(2002a)认为白色瘤胃球菌分泌的 CMCase 最适 pH 值为 6.0~6.8,黄化瘤胃球菌产生的 CMCase 最适 pH 值为 6.4~6.6,B.Sucinogenes 分泌的 CMCase 最适 pH 值为 7.0。

随着底物用量的增加,酶活力极显著增加,并且均在底物用量为 10 mg 时达到最大值。底物用量与酶活力间的关系符合酶促反应动力学曲线的对数模型。

对胞内 CMCase 来说,酶量在 0.25 ml 时活力最佳,同其它用量比较差异显著( $P<0.05$ );而胞外酶量在 0.25 ml 与 0.5 ml 时酶活力的差异不显著( $P>0.05$ ),酶量在 0.5 ml 时的酶活力显著高于 0.75 ml 和 1.0 ml ( $P<0.05$ )。从本试验的结果可以看出,酶量低时活力较高,随着酶量的增多,反应速度也相应的加快,产物不断积累,当反应产物达到一定浓度时必然会抑制反应的正常进行。

本试验中瘤胃细胞内、外 CMCase 活力随着反应时间的延长逐渐降低。在胞内酶的反应中,反应 10 min 时酶活力较高,与反应 30~60 min 时酶活力相比较差异显著( $P<0.05$ );胞外酶在 10 min 时明显高于其它组,差异极显著( $P<0.01$ )。酶活力在 10 min 时较高可能是由于随着葡萄糖生成的增加,相应抑制正反应速度,因而酶活力逐渐降低。陈庆今等(2002b)认为,当葡萄糖浓度达到 0.30%时,即对纤维素降解产生明显的阻遏作用。

一般情况下,酶的活力在一定范围内随着温度的升高而升高。在本试验中,胞内和胞外 CMCase 活力均随温度升高而逐渐升高,在酶促反应温度升高到 45 ℃时,酶活力均达到最大值,之后呈下降趋势。由此可见,在测定瘤胃微生物 CMCase 活力时,反应温度以 45 ℃最佳。

### 4 结论

在本试验的研究条件下,绵羊瘤胃液中存在一定数量的 CMCase,但在相同条件下细胞内的酶活力较胞外高。以 DNS 法测定瘤胃微生物细胞内、外 CMCase 酶促反应最适条件为:温度 45 ℃、pH 值 5.0~5.5,以 10 mg 羧甲基纤维素钠为底物,酶量 0.25~0.5 ml,反应时间 10 min。

(参考文献 8 篇,刊略,需者可函索)

(编辑:张学智, [mengzai007@163.com](mailto:mengzai007@163.com))

# 改进进样器进样—在线还原原子荧光法 同时测定饲料中汞和砷

徐俊 季爱芳 魏林阳 徐加宽

**摘要** 以  $\text{HNO}_3\text{-HClO}_4\text{-H}_2\text{SO}_4$ 、三角瓶-弯颈小漏斗回流消解样品,采用原子荧光光谱法测定饲料中微量元素汞和砷,用改进进样器双道进样在线还原直接检测溶液中砷元素,在线添加正丙醇溶液消除气泡。在试验条件下,汞检出限是 0.008 25 mg/kg,标准回收率是 90.75%~95.75%,RSD(n=5) 3.62%~4.71%;砷检出限是 0.026 5 mg/kg,标准回收率是 97.2%~98.5%,RSD(n=5) 2.85%~3.77%。方法简便、快速、灵敏、准确,可以满足检测要求。

**关键词** 双道进样;原子荧光;饲料;汞;砷

**中图分类号** S816.17

汞和砷是饲料的重要卫生指标,目前检验中常用比色法、分光光度法、原子吸收法(GF-AAS)以及氢化物发生原子荧光法(HG-AFS)等。由于测定原理不同,其灵敏度和测定繁简程度也各不相同。氢化物原子荧光法测定汞和砷具有灵敏度高、干扰少、操作简便等优点,近年来应用较为广泛。本文利用双道原子荧光光谱法对饲料中汞和砷进行同时测定,并且改进了仪器进样管路,使之能够在线还原直接检测样品消解原液中砷元素,省去了预还原和加酸,并且通过在线添加正丙醇溶液能够完全消除样品溶液在仪器管路内部产生的气泡干扰。本文以产蛋鸡预混料为研究对象,建立了三角瓶湿法消解-原子荧光光谱法测定汞和砷含量的方法,经过比较试验,该方法测定结果较好,对其它种类饲料的测定也具有一定的参考价值。

## 1 试验部分

### 1.1 仪器与试剂

AFS-2202E 型原子荧光光谱仪,北京科创海光仪器厂生产,自带高强度汞空心阴极灯和砷空心阴极灯。35G 型控温电热板,莱伯泰科公司生产,最高使用温度 350 ℃。

汞标准溶液浓度为 1 mg/l,购自上海计量研究院,临用前配制成 20 μg/l 使用液。砷标准溶液浓度为

1 g/l,购自上海计量研究院,临用前配制成 1 000 μg/l 使用液。

样品定容溶液:0.2%重铬酸钾(0.5%盐酸)溶液,称取 0.2 g 重铬酸钾固体,溶解在 100 ml 0.5%盐酸溶液中。样品测试液:10%(ml/V)抗坏血酸 10%(ml/V)硫脲[10%(V/V)盐酸、10%(V/V)正丙醇]溶液,称取 10.0 g 抗坏血酸和 10.0 g 硫脲固体,加入用量筒量取的 10 ml 盐酸和 10 ml 正丙醇溶液,超纯水稀释至 100 ml,加热溶解。还原剂溶液:2%硼氢化钠溶液,称取 2.0 g 硼氢化钠和 0.5 g 氢氧化钠固体溶解于 100 ml 超纯水中。

试验使用的硝酸、高氯酸、硫酸、氢氧化钠和重铬酸钾均为优级纯,硼氢化钠含量为 96%,硫脲、抗坏血酸和正丙醇为分析纯。实验室用水为 16.2 MΩ 超纯水。所有玻璃器皿在使用前用 50%硝酸浸泡过夜,超纯水清洗。

### 1.2 仪器测定条件(见表 1)

表 1 仪器测定条件

项目	条件
光电倍增管负高压(V)	280
汞灯电流(mA)	30
砷灯电流(mA)	50
载气流量(ml/min)	300
屏蔽气流量(ml/min)	800
原子化期温度(℃)	200
炉头高度(mm)	10
进样量(ml)	2
测量方法	标准曲线法
计数方式	峰面积

### 1.3 标准溶液的配制

用多刻度吸量管分别准确移取 1.00、2.00、3.00、

徐俊,常州市农畜水产品质量监督检验测试中心,213001,常州市光华西路 13 号农业大楼 507 室。

季爱芳,扬州大学兽医学院。

魏林阳,扬州市农业检测中心。

徐加宽,单位及通讯地址同第一作者。

收稿日期:2006-10-23

4.00、5.00 ml 的汞标准使用液和砷标准使用液至 100 ml 容量瓶中,用样品定容溶液定容至刻度,配制含汞 0.20、0.40、0.60、0.80、1.00  $\mu\text{g/l}$ ,含砷 10.0、20.0、30.0、40.0、50.0  $\mu\text{g/l}$  的复合标准溶液。

#### 1.4 样品来源和制样

本试验研究对象为本地某厂生产的产蛋鸡预混料,取颗粒饲料样品 500 g,四分法混合后取 100 g,粉碎机粉碎过 80 目筛备用。

#### 1.5 样品消解

在 100 ml 三角瓶内直接称取制备好的样品 2.0~5.0 g,加硝酸 5 ml 过夜,第二天补加硝酸 2~6 ml、高氯酸 2 ml、硫酸 1 ml,三角瓶瓶口加弯颈小漏斗,电热板上 120  $^{\circ}\text{C}$  加热 1~2 h,无明显固体后升温至 260  $^{\circ}\text{C}$ ,升温速度 1  $^{\circ}\text{C}/\text{min}$ ,消解至有浓厚白烟冒出,补加超纯水 5 ml,蒸干至 1~2 ml,用样品定容溶液溶解后转移至 25 ml 容量瓶中定容。同法做空白试验。

#### 1.6 测量方式

常规的汞、砷检测,尤其是砷的检测,需要在试样检测前加入还原剂(抗坏血酸)和掩蔽剂(硫脲),待样品充分还原后方能检测。笔者改进了仪器的进样管路,使之可以在一道管路完成常规进样的前提下,另一道管路进抗坏血酸-硫脲-盐酸-正丙醇溶液,试样中的砷能够在线还原和测定,在线添加盐酸溶液和消除泡沫,简化了试样的前处理过程。

样品测定:调节仪器至最佳状态,使用特制的双道进样器,一道按照标准空白-标准溶液-样品空白-样品的测定顺序进样检测;一道进样样品测定溶液,汞、砷同时检测。

## 2 结果与讨论

### 2.1 湿法消解方法的选择

由于产蛋鸡饲料中含有蛋白质、杂质较多,所以消化比较困难,而汞、砷又是两类比较容易挥发损失的元素,消化处理是否彻底和汞、砷元素的损失多少,直接影响到测定结果的准确性。

#### 2.1.1 湿法消解体系的选择

常规的湿法消解体系有聚四氟乙烯坩锅敞口式消解、三角瓶-弯颈小漏斗或表面皿回流消解、高压消解罐-烘箱密闭消解、微波消解。其中,坩锅敞口式消解由于汞、砷挥发损失大,不适合用于汞、砷两元素的前处理;高压消解罐-烘箱密闭消解和微波消解对于汞、砷两元素的消解过程中挥发损失较小,但是其称样量较小、检出限高,对试剂纯度要求较高,而且其消解温度较低,饲料中鱼粉所含砷元素无法完全转化;

三角瓶-弯颈小漏斗回流消解可以有效避免汞、砷两元素的挥发损失,并且其称样量较大,较适合低含量样品的消解检测。在消解中可以添加高氯酸和硫酸,消解温度较高可以有效转化砷甜菜碱。故本文采用三角瓶-弯颈小漏斗为最终消解方式<sup>[1]</sup>。

#### 2.1.2 消解温度的选择

蛋鸡饲料内蛋白质含量较高,若在高温下和氧化性酸迅速反应会释放出大量热量和气体,有爆罐的危险;此外,由于饲料中常添加鱼粉作为蛋白质供应源,鱼粉中砷大多以砷甜菜碱等有机砷形式存在,低温消解无法将其完全转化成无机砷。本文采用加酸冷消化过夜,第二天补加酸后先低温后高温消解的方法来控制样品的酸溶解速度,保证了样品的完全消解和有机砷完全转化,消解过程平稳,效果较好。

#### 2.1.3 酸消解体系的选择

常用的酸消解体系有: $\text{HNO}_3\text{-HClO}_4$ 、 $\text{HNO}_3\text{-H}_2\text{O}_2$ 、 $\text{HNO}_3\text{-HCl}$ 、 $\text{HNO}_3\text{-H}_2\text{SO}_4$  等方式。试验结果表明,完全破坏海产品中有机砷并使之转化成为无机砷,需要在消解过程中达到 220  $^{\circ}\text{C}$  消解温度并维持一段时间,在各消解用酸中只有硫酸可以提供;在高温消解前,需要使用  $\text{HNO}_3\text{-HClO}_4$  完全破坏有机质防止酸爆,因此通过试验比较,本文采用  $\text{HNO}_3\text{-HClO}_4\text{-H}_2\text{SO}_4$  消解体系<sup>[2]</sup>。

## 2.2 仪器条件的选择

### 2.2.1 光电倍增管负高压的选择

光电倍增管负高压大小和光信号转换的电流值成正比关系。加大负高压,仪器灵敏度增大,相应背景噪音也增大,而且可能产生暗电流。试验表明,光电倍增管负高压在 280 V 可以满足分析要求。

### 2.2.2 空心阴极灯电流的选择

由于原子荧光采用非色散光路,灯电流的大小代表了激发光源的强弱。灯电流大,激发强度大,灵敏度高,但是过大的灯电流会缩短灯使用寿命。考虑到汞灯在 20~30 mA 时荧光发射强度随灯电流增加而增加,故汞灯选用 30 mA,砷灯选用 50 mA。

### 2.2.3 原子化器高度(炉高)的选择

炉高即火焰的观测高度,过小的炉高容易受到气相的干扰,此外由于光源射到炉口所引起的反射光过强(表现为空白强度较高)而使检出限上升很快,精密度下降。因此一般不推荐使用 5 mm 以下的炉高。过高的炉高会带来灵敏度的下降,导致光束照射在体积较小而且状态不稳定的尾焰上,致使仪器的测定精度下降<sup>[3]</sup>。本试验中考虑到汞、砷同时测定的需要,使用 10 mm 炉高。

### 2.2.4 载气和屏蔽气的选择

载气的作用是把生成的金属氢化物及时送到炉头参与原子化反应,屏蔽气的作用是在氢氩焰外围形成保护气以防止周围氧气渗入产生荧光淬灭。通过试验,载气流量为 300 ml/min,屏蔽气流量为 800 ml/min。

### 2.3 硼氢化钠浓度的选择

硼氢化钠和酸反应产生的原子态氢,是金属氢化物生成和氢氩焰维持燃烧的基础。对于汞和砷两种元素,其对于硼氢化钠浓度要求是不一样的。试验表明,测定汞需要的硼氢化钠浓度在 0.2%~0.5%左右,测定砷需要的浓度在 1.5%~4%。本试验中考虑到汞、砷同时测定和样品中汞、砷元素实际含量的需要,故选用 2%浓度的硼氢化钠溶液。

### 2.4 介质和酸度

经试验,选用 5%盐酸能排除液相干扰,完成汞、砷检测,并且保证废液呈酸性。由于双道进样器进样比例近似于 1:1,故样品测定液中盐酸浓度为 10%。

### 2.5 消泡剂的使用

由于饲料样品消解液中蛋白质含量较高,其在仪器管路中一次气液分离器内容易产生大量气体形成严重的液相干扰。本试验选用了 5%正丙醇作为消泡剂,由于双道进样器进样比例近似于 1:1,故样品测定液中正丙醇浓度为 10%。

### 2.6 共存元素的影响

硼氢化钠还原后砷生成气态砷化氢,汞呈原子态汞蒸气从溶液中逸出,与大量基体组分分离,因而方法的选择性好,光谱干扰极小。据索有瑞等(2002)<sup>[4]</sup>对 26 种元素测定的干扰浓度的结果,实际样品中这些元素含量均小于产生干扰的允许量,故不影响样品测定。

### 2.7 回收率、精密度和检出限(见表 2)

表 2 回收率和精密度试验

样品	检测次数	检测元素	添加量 ( $\mu\text{g}$ )	回收量 ( $\mu\text{g}$ )	回收率 (%)	RSD (%)
预混料	5	汞	0.040	0.036 3	90.75	4.71
	5	汞	0.080	0.076 6	95.75	3.62
	5	砷	0.100	0.972	97.2	3.77
	5	砷	0.200	0.197	98.5	2.85

以产蛋鸡预混料作为测试样品,添加适量的汞、砷两元素标准溶液,按样品测定的过程进行分析,其回收率为 90.75%~98.5%,相对偏差不高于 4.71%(见表 2);空白标准溶液连续测量 15 次,汞的 RSD 是 0.22%,砷 RSD 是 0.71%(见表 3),以 2 g 称样量计算,汞的检出限为 0.008 25 mg/kg,砷的检出限为 0.026 5 mg/kg。

表 3 空白溶液的重复测定

次数	汞荧光强度	砷荧光强度
1	498.9	55.4
2	500	55.9
3	497	55.4
4	497	55.8
5	497.9	55.4
6	496.4	54.8
7	494.3	56.0
8	496	56.1
9	495.5	55.3
10	494.5	55.4
11	496.6	54.4
12	496.9	55.4
13	496.8	55.8
14	497.4	55.9
15	498.3	54.4
平均值	496.92	55.43
RSD(%)	0.22	0.71

## 3 小结和讨论

① 本实验采用的三角瓶-弯颈小漏斗消解方式,可以方便地完成饲料中汞、砷的测定工作,更可以测定饲料原料如鱼粉中砷的含量,该法操作简便,前处理效率较高。

② 本试验的进样装置可以方便地在线还原检测砷元素,只需要在检测样品溶液的同时,另外吸取硫脲-抗坏血酸溶液,省去了在前处理过程中加入硫脲、抗坏血酸进行还原全部的样品溶液,也省去了在定容前调节盐酸酸度至 5%的要求,节约了试剂和前处理时间。

③ 有机质含量比较高的样品在原子荧光一次气液分离处易产生大量气泡,形成严重的气相干扰,除去在消解过程中尽量破坏样品中有机质以外,使用多元醇溶液消泡是个比较好的选择。其中,正辛醇在水相中溶解性能差,正丙醇添加量比较大。本法使用改进的进样装置在线添加正丙醇溶液,取得了很好的消泡效果。

④ 一般饲料常规监控检测重金属项目有砷、汞、铅和镉。该法制成的饲料汞、砷消解溶液只添加了一定量的重铬酸钾,并无硫脲和抗坏血酸,在测定汞、砷后完全可以直接测定铅、镉等元素,在一次消解的基础上能够满足饲料监控检测的需要,该方法的适应性比较好。

### 参考文献

- 1 陈卫伟,涂杰峰,伍云卿,等.氢化物发生原子荧光法测定鲑鱼肉粉的微量汞[J].福建农业科技,2005(4):51
- 2 孙新涛,段敏,李亚兰,等.微波消解-氢化物发生原子荧光法测定鲜肉中汞的研究[J].中国农学通报,2005,9:105~107
- 3 郝金竹.原子荧光光度计鉴定中常见的问题及解决方法[J].化学分析计量,2005,14(2):39~40
- 4 索有瑞,李天才.氢化物原子荧光法测定药用动物角中的微量砷和汞[J].光谱学与光谱分析,2002,10:851~853

(编辑:崔成德, cuicengde@tom.com)

# 盐酸克伦特罗快速检测卡的检测效果评价

谭美英 潘 莽 肖安东 易建希 宋跃君 邓 昉 刘 晶

**摘 要** 主要考查盐酸克伦特罗快速检测卡的检测限、重现性、稳定性、检测范围等指标,同时考查假阳性与假阴性率,以及检测温度和光照对试纸条检测结果的影响。结果显示,该检测卡最低检出限为 4 ng/ml, pH 值对检测结果影响不大,但不同的环境条件影响检测结果。

**关键词** 盐酸克伦特罗;检测卡;效果评价

**中图分类号** S851.4<sup>†</sup>

盐酸克伦特罗快速筛选检测常用的酶联免疫法(ELISA方法),由于对检测设备、环境条件、操作技能要求高,同时受检测周期长、小批量检测成本高等因素的限制,在基层推广应用较为困难。盐酸克伦特罗快速检测卡(以下简称检测卡),是以胶体金技术和免疫层析技术相结合生产的一种简便、快速、准确,可进行现场操作的盐酸克伦特罗快速检测方法。它利用抗盐酸克伦特罗单克隆抗体、胶体金技术和免疫层析技术,不需要仪器和设备,在 10 min 内就能检测出结果,可以为畜产品质量安全监管提供方便、快速、低成本的检测方法。本试验对盐酸克伦特罗检测卡的检出限、稳定性等方面进行了评价。

## 1 材料

盐酸克伦特罗快速检测卡:长沙某生物科技有限公司生产,批号 2000605xx。尿液样本:湖南省内送省畜禽水产品质量检验检测中心的委检样品。盐酸克伦特罗标准品:德国 Dr.Ehrenstorfer BmbH 公司 C11668550 Lot:30826 生产。仪器:GXZ 型智能光照培养箱、RQX 型人工气候箱,均为南京同立实验仪器有限公司生产。

## 2 方法

### 2.1 检测方法与结果判断

将检测卡平放在桌面上,直接滴入 2 滴(约 100  $\mu$ l)尿液。此时尿液在毛细管作用下向试纸条的另一端缓缓移行,10 min 内,若在质控线 C 线处出现红色线而检测线 T 线未出现,表示阳性;若在检测线 T 线处和

C 线处均出现红色线,表示为阴性;若 T 线和 C 线均未出现,则说明检测试纸条失效(见图 1)。

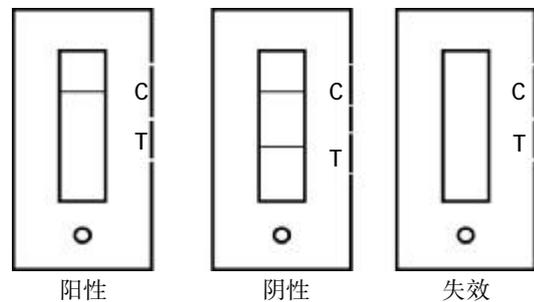


图1 检测结果判断

### 2.2 检测卡最低检测限试验

将不同浓度的盐酸克伦特罗标准液分为 5 组,每组 10 个样,各组浓度分别为 3、4、5、6、7 ng/ml,分别用检测卡检测,实验室温度为 24  $^{\circ}$ C,相对湿度 63%,10 min 内观察结果。

### 2.3 重现性试验

取阳性尿样(8.251 ng/ml)和阴性尿样各一份,分别在 0、1、2、3、4、5、7、9、10、11 h 用检测卡重复检测,10 min 内观察结果,实验室温度 24  $^{\circ}$ C,相对湿度 63%。

### 2.4 不同尿液 pH 值条件进行检测卡检测

取盐酸克伦特罗阴性尿样一份,随机分为 6 组,每组 10 个样,前 3 组每份样添加盐酸克伦特罗标准液,添加后浓度均为 8 ng/ml,作为阳性添加组;后 3 组不添加,作阴性组。阳性添加组与阴性组分别用盐酸与氢氧化钠试液调 pH 值为 6.0、7.0 和 8.5,按检测卡操作步骤进行试验,观察结果,以考查不同 pH 值尿样对检测卡检测结果的影响。

### 2.5 不同检测环境条件下进行检测卡检测

根据下列温度、光照强度、湿度三种条件的不同要求,都按同样方法进行检测卡检测。1、2、3、4 号为空白尿液作为对照,5、6、7、8、9、10 号分别添加 10 ng/ml 等量的标准样品尿液,10 min 内观察结果。

谭美英,湖南省畜禽水产品质量检验检测中心,高级畜牧师,410006,湖南省长沙市潇湘中路 61 号。

潘莽、刘晶,湖南农业大学。

肖安东、邓昉,湖南省兽药饲料监察所。

易建希、宋跃君,单位及通讯地址同第一作者。

收稿日期:2006-09-25

2.5.1 在不同温度下进行检测

分别在培养箱(25±0.5)、(30±0.5)、(35±0.5)℃和冰箱(4±0.5)℃中用检测卡进行检测。

2.5.2 在不同光照强度下进行检测

分别在气候箱中以光照强度 200、1 600 和 3 300 lx 下[温度为(25±0.5)℃]用检测卡进行检测。

2.5.3 湿度对检测卡检测能力的影响

分别在气候箱中相对湿度为 30%~40%、50%~70%和 85%~90%时[温度为(25±0.5)℃]用检测卡进行检测。

2.6 临床试验

2.6.1 阳性尿液

随机取阳性尿样 50 份(经 ELISA 试剂盒检测),用检测卡检测,实验室温度 25℃,相对湿度 57%,

10 min 内观察结果,以考查检测卡的假阴性率。

2.6.2 阴性尿液

随机取阴性尿样 50 份(经 ELISA 试剂盒检测),用检测卡检测,实验室温度 25℃,相对湿度 57%,10 min 内观察结果,以考查检测卡的假阳性率。

3 检测结果与分析

3.1 检测卡最低检测限试验

检测结果见表 1,尿液中盐酸克伦特罗含量在低于 4 ng/ml 时(抑制率为 10%),检测卡出现阴性结果;在 6 ng/ml 以上出现阳性结果(抑制率>90%);在 4 ng/ml 时,检测卡检测 10 例,有 6 例出现阳性结果(抑制率为 60%)。由此判断,在本试验条件下,检测卡的最低检测限为 4 ng/ml。

3.2 重现性试验

表 1 不同浓度盐酸克伦特罗尿液的检测结果

项目	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	抑制率(%)
3 ng/ml	○+	○±	○+	○+	○+	○+	○±	○+	○-	○+	10
4 ng/ml	○-	○+	○+	○-	○-	○+	○-	○+	○-	○-	60
5 ng/ml	○-	○-	○-	○-	○-	○-	○-	○-	○-	○+	90
6 ng/ml	○-	○-	○-	○-	○-	○-	○-	○-	○-	○-	100
7 ng/ml	○-	○-	○-	○-	○-	○-	○-	○-	○-	○-	100

注:T 线部分,-表示未出现,+表示出现,±表示可疑;C 线部分,○表示出现。以下各表同。

阳性尿液与阴性尿液重复检测结果见表 2。结果显示,阴性尿液与阳性尿液重复检测结果均一,表明该检测卡重现性较好。

表 2 尿液重复检测结果

项目	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	抑制率
阳性尿 C 线	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	10/10
T 线	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
阴性尿 C 线	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	0/10
T 线	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	

3.3 尿液 pH 值对检测卡检测能力的影响

阳性添加组尿样在不同 pH 值条件下用检测卡检测,各组均未出现假阴性结果。阴性组尿样在不同 pH 值条件下用检测卡检测,各组均未出现假阳性结果。

3.4 检测环境对检测结果的影响

3.4.1 温度的影响

不同温度条件下的检测结果见表 3。结果表明:在 25℃和 30℃下进行检测,结果良好(抑制率均为 6/6);在 35℃和 40℃下,显著影响检测结果。

3.4.2 光照强度的影响

不同光照强度条件下的检测结果见表 4。结果表明:在 200 lx 下进行检测,结果良好(抑制率为 6/6);

在 3 300 lx 和 1 600 lx 下,显著影响检测结果。

表 3 不同温度条件下的检测结果

项目	空白对照				阳性添加						抑制率	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
25℃	C 线	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	6/6
	T 线	+	+	+	+	-	-	-	-	-	-	
30℃	C 线	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	6/6
	T 线	+	+	+	+	-	-	-	-	-	-	
35℃	C 线	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	1/6
	T 线	+	+	+	+	+	+	+	+	-	+	
40℃	C 线	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	4/6
	T 线	+	+	+	+	-	-	+	-	-	+	

表 4 不同光照强度条件下的检测结果

项目	空白对照				阳性添加						抑制率	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
200 lx	C 线	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	6/6
	T 线	+	+	+	+	-	-	-	-	-	-	
3 300 lx	C 线	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	1/6
	T 线	+	+	+	+	+	+	+	+	-	+	
1 600 lx	C 线	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	2/6
	T 线	+	+	+	+	+	+	-	+	-	+	

3.4.3 湿度的影响

不同湿度条件下的检测结果见表 5。结果表明:在相对湿度 50%~70%下进行检测,结果良好(抑制率

均为 6/6);在 30%~50%和 85%~90%下,显著影响检测结果。

表 5 不同湿度条件下的检测结果

项目	空白对照				阳性添加					抑制率	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9		10
50%~70%	C线	○	○	○	○	○	○	○	○	○	6/6
	T线	+	+	+	+	-	-	-	-	-	
30%~50%	C线	○	○	○	○	○	○	○	○	○	2/6
	T线	+	+	+	+	+	+	-	+	-	
85%~90%	C线	○	○	○	○	○	○	○	○	○	3/6
	T线	+	+	+	+	+	+	-	-	-	

3.5 临床试验

3.5.1 阴性尿液检测

检测 50 份盐酸克伦特罗阴性尿液,结果有 48 份呈阴性,2 份呈阳性,即假阳性率为 4%。

3.5.2 阳性尿液检测

检测 50 份盐酸克伦特罗阳性尿液,结果均呈阳性。

4 讨论

4.1 关于尿样 pH 值的影响

猪尿样的 pH 值分布比较宽,一般在 6~9 之间,平均值在 7 左右,结果发现,pH 值对检测卡的影响较小。但对比较浑浊的样品,最好先静置几分钟或通过离心机离心 1 次,再做相关试验,结果会更好。

4.2 关于检测卡的检测限

检测限是指试样中被测物质能被检测出的最低浓度或量。检测限是一种限度检验效能指标,既反映方法与仪器的灵敏度,也表明样品经处理后空白值的高低。它无需定量测定,只要指出高于或低于该规定

的浓度或量即可。检测结果显示,本检测卡的最低检测限为 4 ng/ml。

4.3 关于检测环境的影响

4.3.1 温度的影响

环境温度对检测结果有一定的影响,在普通实验室温度[(25±0.5)℃]和在培养箱中[(30±0.5)℃]结果显示良好。主要是由于检测卡所需样品量很少,温度高时尿液中的水分容易蒸发掉,从而影响检测结果,所以使用检测卡检测时要在阴凉地方进行。

4.3.2 光照强度的影响

在气候箱中[(25±0.5)℃]用中强度日光灯照射时结果显示良好。由此可知,在中强度日光照下的抑制率低。与温度影响因子相似,由于检测卡所需样品量很少,强烈光照可以导致局部升温,造成样品水分流失,从而影响检测结果。所以,在检测时应该注意避光。

4.3.3 湿度的影响

50%~70%的湿度条件的检测结果良好。由于取样比较少,湿度过高或过低影响它的流速从而对结果有影响。

4.4 本试验中,检测卡没有出现假阴性,符合检验要求。4%的假阳性率,由于尿液检测的影响因素甚多,如采样时间、所留标本时间长短、提供标本者的饮食情况、以及检测时的环境条件,都将影响检测结果,尤其是尿液中样本成分复杂,特别是在含有盐酸克伦特罗结构相近的代谢物时,都将导致出现假阳性。但由于检测卡主要用于筛选方法,可以允许一定的假阳性率。

(编辑:崔成德, cuicengde@tom.com)

· 光盘推荐 ·

品名	定价(元)	品名	定价(元)	品名	定价(元)
中国牧业企事业单位名录	100	肉鸡饲养管理与屠宰	25	海狸鼠养殖技术	25
畜牧业经济与规模化养殖场经营管理	125	养鸡生产	125	麝鼠 果子狸养殖技术	25
高致病性禽流感预防与控制	25	鸡的饲养	50	兰狐养殖	25
家畜生理学	325	雏鸡和蛋鸡的饲养与管理	25	养鹿	25
兽医微生物学	250	农村养鸡	25	中国对虾的养殖	25
兽医药理学	200	良种肉鸭大棚饲养技术	25	罗氏沼虾 大口鲈鱼的养殖	25
兽医学	375	鸭鹅养殖技术	25	海参人工养殖秘诀	25
瘦肉型猪的繁殖与饲养	25	鸭病防治	25	珍珠的养殖	25
猪的养殖	75	养鹅 蛋鸭的放牧饲养管理	25	河蟹的养殖	50
猪病防治	50	四季鹅的养殖技术	25	实用养鳖新技术	25
养牛技术	75	獭兔	50	塑料大棚控温快速养鳖	25

邮局汇款地址:110036沈阳市金沙江街 16 号 6 门(本社发行部收)

联系电话:(024)86391237

银行汇款单位:辽宁省农牧业机械研究所有限公司 开户行:中信银行沈阳分行皇姑支行 帐号:72214101826000548-49

# 不同阴阳离子平衡日粮对育肥羊增重及其消化功能的影响

苗志国 常新耀 李国旺 郭丽萍 杨丽芬

**摘要** 通过饲养试验、消化试验来研究不同阴阳离子(DCAB)水平日粮对(无角多赛特×小尾寒羊)F2代杂种育肥羊增重及其饲料利用率的影响,结果表明,随着DCAB水平的增加,(无角多赛特×小尾寒羊)F2代杂种育肥羊的平均日增重、蛋白质消化率、NDF消化率、ADF消化率均有增加的趋势,最佳DCAB值为每100g干物质50meq。

**关键词** 日粮阴阳离子平衡(DCAB);育肥羊;增重;消化率

**中图分类号** S826

The influence of dietary cation-anion balance on weighting and digestive function of fattening sheep

Miao Zhiguo, Chang Xinyao, Li Guowang, Guo Liping, Yang Lifan

**Abstract** The influence of different level of dietary cation-anion balance (DCAB) to gain and feedstuff utilization rate of (Poll Dorset×Small Tail Han) F2 fattening sheep was researched by feeding and digesting test. The results suggested, as the level of DCAB increasing, the average daily gain, protein digestibility, NDF digestibility, and ADF digestibility of (poll dorset×small tail Han) F2 fattening sheep were all presented increasing tendency, and the best DCAB value was 50 meq in 100 g DM.

**Key words** dietary cation-anion balance(DCAB);fattening sheep;gain;digestibility

随着单个矿物质元素研究的深入,矿物质元素之间的平衡越来越受到重视<sup>[1]</sup>。日粮的阴阳离子平衡(Dietary cation anion balance, DCAB)是以日粮中的阳离子与阴离子的总当量浓度的差值来表示,现在推广的计算公式为 $DCAB=[Na^+]+[K^+]-[Cl^-]-[S^{2-}]$ 。改变日粮阴阳离子浓度可以改善体液酸碱度,进而改善动物的生产性能。 $Na^+$ 、 $K^+$ 、 $Cl^-$ 和 $S^{2-}$ 除参与维持机体酸碱平衡外,对反刍动物还有其独特的功能,如正常的消化过程离不开微生物的活动,微生物的生长及活动必须有矿物质参与; $Na^+$ 、 $K^+$ 、 $Cl^-$ 、 $S^{2-}$ 主要在瘤胃起缓冲作用,中和青贮饲料的酸和微生物产生的有机酸,给微生物提供一个良好的生长和繁殖环境,有利于营养物质的消化,促进营养物质吸收,最终提高生产性能<sup>[2]</sup>。国内有关鸡、猪、奶牛、羔羊获得最佳生产性能的DCAB值已有报道,但对育肥羊方面研究报道较少,故本试验在现有试验研究成果的基础上来考查不同阴阳离子水平日粮对(无角多赛特×小尾寒

羊)F2代杂种育肥羊的增重效果及其饲料利用率的影响规律,从而为本品种育肥羊的实际生产提供矿物质营养理论依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验动物

选用健康的4月龄(无角多赛特×小尾寒羊)F2代杂种育肥羊40只。

### 1.2 试验方法

#### 1.2.1 饲养试验

将试验羊按照体重相近的原则随机分成4组,每组10只,设1个对照组和3个试验组(试验I、II、III组),分别饲喂4种阴阳离子水平(DCAB)分别为每100g干物质0、25、50、75meq的日粮。4种日粮中CP、ME、Ca、P主要指标基本一致,DCAB值的计算公式为: $DCAB=[Na^+]+[K^+]-[Cl^-]-[S^{2-}]$ 。采用舍饲分圈饲养,自由饮水,早、中、晚各饲喂一次,自由采食。每日记录试验羊采食量,并于试验前及试验结束后连续2d空腹称重,测定体重变化。试验分为预饲期7d,正试期50d。预饲期内对羊舍进行刷洗及消毒,给试验羊进行驱虫、免疫。正试期每日清扫羊舍,清洗食具、水具,保持清洁。

#### 1.2.2 消化试验

消化试验在饲养试验中期进行,预饲期5d,正试

苗志国,河南科技学院动物科学学院,453003,河南新乡。

常新耀、李国旺、郭丽萍、杨丽芬,单位及通讯地址同第一作者。

收稿日期:2006-09-18

期 7 d。各组选有代表性的肥育羊共 3 只,置于消化代谢笼内,无自由活动,可自由饮水,每日早、中、晚三次饲喂,并于饲喂前收粪。采用全收粪法计算营养物质的利用率。计算公式如下:

某养分表观消化率=[(采食某养分总量-粪中某养分总量)/采食某养分总量]×100%

### 1.3 数据统计与分析

用 EXCEL XP 及 SPSS11.5 软件包等数据处理软件,用 ANOVA 进行试验的方差分析,并用 LSD 法进行多重比较。

## 2 结果与分析

2.1 不同阴阳离子水平日粮对育肥羊增重效果的影响(见表 1)

由表 1 可知,试验 I 组、II 组、III 组育肥羊平均日

表 1 不同阴阳离子水平日粮条件下育肥羊增重效果

项目	对照组	试验 I 组	试验 II 组	试验 III 组
始重(kg)	36.30±3.57 <sup>a</sup>	36.78±3.83 <sup>a</sup>	35.73±1.66 <sup>a</sup>	35.95±3.21 <sup>a</sup>
终重(kg)	45.25±5.12 <sup>a</sup>	47.90±4.20 <sup>a</sup>	49.37±2.20 <sup>b</sup>	46.98±2.73 <sup>a</sup>
平均日增重(g)	179.00±32.55 <sup>a</sup>	222.50±39.42 <sup>b</sup>	273.00±36.71 <sup>c</sup>	220.50±42.08 <sup>b</sup>

注:同行数据中肩注相同字母表示差异不显著(P>0.05),相邻字母表示差异显著(P<0.05),相间字母表示差异极显著(P<0.01)。以下各表同。

增重与对照组相比分别提高了 24.30%、52.51%、23.18%,并达到了显著差异水平(P<0.05),试验 II 组与对照组相比达到极显著差异水平(P<0.01);试验 II 组育肥羊平均日增重与试验 I、III 组相比分别提高了 22.70%、23.81%,并达到了显著差异水平(P<0.05);

试验 I、III 组之间育肥羊平均日增重没有达到显著差异水平(P>0.05)。

2.2 不同阴阳离子水平日粮条件下对育肥羊蛋白质消化率的影响(见表 2)

由表 2 可以看出,不同阴阳离子水平日粮条件

表 2 试验期育肥羊蛋白质消化率

项目	对照组	试验 I 组	试验 II 组	试验 III 组
蛋白质摄入量(g/d)	211.43±12.72 <sup>a</sup>	217.78±12.98 <sup>a</sup>	220.05±3.52 <sup>a</sup>	216.97±13.83 <sup>a</sup>
粪中蛋白质排出量(g/d)	85.46±4.92 <sup>a</sup>	71.01±0.23 <sup>b</sup>	57.90±3.29 <sup>c</sup>	72.85±2.68 <sup>b</sup>
蛋白质消化率(%)	59.56±1.43 <sup>a</sup>	67.32±1.95 <sup>b</sup>	73.70±1.08 <sup>c</sup>	66.38±1.10 <sup>b</sup>

下,各试验组与对照组育肥羊的蛋白质总摄入量之间差异不显著(P>0.05),但各试验组蛋白质消化率与对照组之间存在显著差异(P<0.05),试验 I、II、III 组育肥羊蛋白质消化率与对照组相比分别提高了 13.03%、23.74%、11.45%,并且试验 II 组育肥羊与对照组相比达到了极显著差异水平(P<0.01);试验 II 组与

试验 I、III 组育肥羊蛋白质消化率相比分别提高了 9.48%、11.03%并达到了显著差异水平(P<0.05);试验 I、III 组之间育肥羊蛋白质消化率没有达到显著差异水平(P>0.05)。

2.3 不同阴阳离子水平日粮对育肥羊中性洗涤纤维(NDF)消化率的影响(见表 3)

表 3 试验期育肥羊中性洗涤纤维消化率

项目	对照组	试验 I 组	试验 II 组	试验 III 组
NDF 摄入量(g/d)	1 170.93±18.48 <sup>a</sup>	1 156.64±28.64 <sup>a</sup>	1 161.35±12.40 <sup>a</sup>	1 144.83±21.07 <sup>a</sup>
粪中 NDF 排出量(g/d)	579.31±26.26 <sup>a</sup>	506.32±28.26 <sup>b</sup>	430.97±23.69 <sup>c</sup>	511.02±20.80 <sup>b</sup>
NDF 消化率(%)	50.51±2.72 <sup>a</sup>	56.21±2.71 <sup>b</sup>	62.87±2.41 <sup>c</sup>	55.34±2.16 <sup>b</sup>

由表 3 可以看出,各组育肥羊 NDF 的总摄入量之间差异不显著(P>0.05),但各试验组 NDF 消化率与对照组之间存在显著差异(P<0.05),试验 I、II、III 组育肥羊 NDF 消化率与对照组相比分别提高了 11.28%、24.47%、9.56%,并且试验 II 组育肥羊与对照组相比达到了极显著差异水平(P<0.01);试验 II 组与

试验 I、III 组育肥羊 NDF 消化率相比分别提高了 11.85%、13.61%并达到了显著差异水平(P<0.05);试验 I、III 组之间育肥羊 NDF 消化率没有达到显著差异水平(P>0.05)。

2.4 不同阴阳离子水平日粮对育肥羊酸性洗涤纤维(ADF)消化率的影响(见表 4)

表4 试验期育肥羊酸性洗涤纤维消化率

项目	对照组	试验 I 组	试验 II 组	试验 III 组
ADF 摄入量(g/d)	910.88±62.28 <sup>a</sup>	891.64±67.93 <sup>a</sup>	904.25±20.40 <sup>a</sup>	888.22±56.55 <sup>a</sup>
粪中 ADF 排出量(g/d)	439.45±7.04 <sup>a</sup>	370.04±5.17 <sup>b</sup>	332.15±7.89 <sup>c</sup>	379.94±9.25 <sup>b</sup>
ADF 消化率(%)	51.63±2.73 <sup>a</sup>	58.35±3.05 <sup>b</sup>	63.24±1.67 <sup>c</sup>	57.17±1.81 <sup>b</sup>

由表4可以看出,各组育肥羊 ADF 的总摄入量之间差异不显著( $P>0.05$ ),但各试验组 ADF 消化率与对照组之间存在显著差异( $P<0.05$ ),试验 I、II、III 组育肥羊 ADF 消化率与对照组相比分别提高了 13.02%、22.49%、10.73%,并且试验 II 组育肥羊与对照组相比达到了极显著差异水平( $P<0.01$ );试验 II 组与试验 I、III 组育肥羊 ADF 消化率相比分别提高了 8.38%、10.62%,并达到了显著差异水平( $P<0.05$ );试验 I、III 组之间育肥羊 ADF 消化率没有达到显著差异水平( $P>0.05$ )。

### 3 讨论

#### 3.1 不同阴阳离子水平日粮对育肥羊体重的影响分析

张微等(2003)指出,阴阳离子主要在瘤胃中起缓冲作用,中和青贮饲料中的酸和胃内微生物产生的有机酸,使 pH 值保持中性,给微生物提供一个良好的生长和繁殖环境,有利于对营养的消化,因而促进营养物质利用,提高生产性能。Jackson (1992) 报道,随着 DCAB 值的增加(每 100 g 干物质 0、21、37、52 meq),生长奶牛干物质采食量和平均日增重均呈线性增加<sup>[3]</sup>。Tucker 等(1988)也有类似报道,DCAB 值从每 100 g 干物质 -10 meq 渐增至 20 meq 时,荷斯坦牛的 DMI 平均提高 9.8%<sup>[4]</sup>。Patience(1987)观察到,给猪饲喂过量阴离子的饲料(DCAB 值为每千克干物质 -85 meq),生长速度下降;在赖氨酸不足时的日粮中添加碳酸氢钠提高 DCAB 水平,猪的生长速度升高<sup>[5]</sup>。Fauchan (1995)报道,随 DCAB 值(每千克干物质 100、300、500、700 meq)的增加,肥育羊的干物质进食量和平均日增重增加,DCAB 值在每千克干物质 500~700 meq 之间促生长作用最大<sup>[6]</sup>。在本试验中,各试验组育肥羊平均日增重随 DCAB 水平的升高呈升高的趋势,当 DCAB 值为每 100 g 干物质 50 meq 时,羊平均日增重明显高于其它试验组和对照组并达到差异显著水平( $P<0.05$ ),这与以上研究结果基本一致。

#### 3.2 不同阴阳离子水平日粮对育肥羊营养物质表观消化率的影响分析

阳离子型日粮对反刍动物的采食量和消化率有明显效果,动物日粮中保持较高的 DCAB 值,不仅促

进动物采食量的提高,而且有利于提高动物对饲料的消化率<sup>[2]</sup>。黄瑞林等(2000)通过在预混剂中添加碳酸氢钠将日粮的 DCAB 值调整为每千克干物质 0、60、120 和 180 meq 4 个梯度,用来饲喂生长猪,试验结果表明,日粮 DCAB 值为 120 meq 的试验组对干物质、有机物、蛋白质消化率均达到最高值<sup>[7]</sup>。胡明等(2002)报道,在大量饲喂玉米秸秆条件下,随着 DCAB 值(每 100 g 干物质 0、10、20、40 meq)提高,绵羊可消化氮的利用率、氮沉积和日增重增加( $P<0.05$ )。从本试验结果来看,在试验期间通过对阴阳离子水平从每 100 g 干物质 0 meq 增加到 50 meq 时,氮消化率、NDF 消化率和 ADF 消化率随着 DCAB 值的提高呈现出升高的趋势,主要原因可能是较高的 DCAB(阳离子型日粮)能稳定和提高瘤胃的 pH 值,使之保持中性状态,给微生物提供良好的生长和繁殖环境,有利于蛋白质、纤维素、半纤维素和其它糖类的消化,从而提高育肥羊对粗饲料的利用率,该试验结果与以上研究报告结果基本一致。故在 DCAB 值为每 100 g 干物质 50 meq 阳离子型日粮条件下,不仅可以促进(无角多赛特×小尾寒羊)F2 代杂种育肥羊采食量与日增重的提高,而且有利于提高动物对饲料的表观消化利用率。

#### 参考文献

- 张微,贾志海.反刍动物日粮阴阳离子平衡研究进展[J].中国饲料,2003(2):31~32
- 赵玮,赵悦,孙永强,等.阴阳离子对反刍动物生产性能的最新研究[J].饲料研究,2005(10):39~41
- Jackson,et al.Influence of cation-anion balance on feed intake,body weight gain and humoral response of dairy calves [J]. J. Dairy. Sci., 1992,75:1 281~1 286
- Tucker W B, et al. Influence of dietary cation-anion balance on milk, blood, urine and rumen fluid in lactating dairy caltte [J]. J. Dairy. Sci.,1988,71:1 587
- Patience,et al. Effect of dietary electrolyte balance on growth and acid-base status in swin [J]. J. Anim. Sci.,1987,64:457
- Fauchan,et al. Effects of dietary cation-anion concentrations on performance and acid-base balance in growing lambs [J]. Can. J. Dairy. Sci., 1995,75:145~151
- 黄瑞林,谭支良,陈福华.日粮阴阳离子平衡对生长猪营养物质消化代谢的影响[J].中国饲料,2000(3):11~12
- 胡明,卢德勤,牛文艺,等.不同阴阳离子水平日粮对绵羊生产性能及氮平衡的影响[J].内蒙古畜牧业,2002(1):5~7

(编辑:张学智, mengzai007@163.com)

# 脲酶抑制剂和粗饲料产品对育肥羊生长性能及血液生化指标的影响

刘海燕 苏秀侠 于维 祁宏伟 于秀芳

**摘要** 选择小尾寒羊母羔羊 24 只,体重 20.5 kg 左右,采用 2×2 析因试验设计。一种粗饲料产品是玉米秸块,在此基础上设加与不加 20 mg/kg 脲酶抑制剂共两个水平;另一种粗饲料产品是苜蓿+玉米秸的混合块,然后设添加与不加 20 mg/kg 脲酶抑制剂共两个水平。进行 60 d 育肥试验,以研究在不同粗饲料产品日粮中添加脲酶抑制剂对育肥羊生长性能和血液生化指标的影响。结果表明:①在不同粗饲料产品日粮中添加脲酶抑制剂均能提高育肥羊的日增重,苜蓿+玉米秸混合块日粮较玉米秸块日粮的育肥羊有较高的日增重;②粗饲料产品较脲酶抑制剂对育肥羊的日增重作用效果大;③粗饲料产品及脲酶抑制剂对试验羊的血液生化指标均没有显著影响。

**关键词** 脲酶抑制剂;粗饲料产品;育肥羊;生长性能;血液生化指标

中图分类号 S816.79

Effect of urease inhibitor and different roughage diets on growth performance and blood biochemical indices in fattening sheep

Liu Haiyan, Su Xiuxia, Yu Wei, Qi Hongwei, Yu Xiufang

**Abstract** Twenty four little-tail sheeps weighing approximately 20.5 kg each, were used in a 2×2 factorial design experiment to determine the effect of urease inhibitor and roughage products on growth performance and blood biochemical indices. The four rations containing corn straw block or mixing block of alfalfa and corn straw as roughage products with or without urease inhibitor were fed in feeding trial. The result showed:①Adding the urease inhibitor or alfalfa to diets can increase the average daily gain of fattening sheep;②The types of roughage product have more effect than urease inhibitor on the average daily gain;③The types of roughage product and urease inhibitor both have no effect on the blood biochemical indices.

**Key words** urease inhibitor;roughage products;fattening sheep;growth performance;blood;biochemical indices

脲酶抑制剂可以提高反刍动物对尿素的利用率,达到节约蛋白质、降低饲料成本的目的<sup>[1]</sup>。苜蓿是优质的豆科牧草,营养丰富,在日粮中添加可以优化日粮结构,提高育肥羊的生产性能<sup>[2,3]</sup>。本试验研究在玉米秸块和苜蓿+玉米秸混合块两种粗饲料产品日粮中添加脲酶抑制剂对育肥羊生长性能及血液生化指标的影响,为脲酶抑制剂及粗饲料产品在生产中的应用提供参考。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验设计

本试验采用 2×2 析因试验设计(2 种粗饲料产品日粮,2 个处理),试验设计见表 1,主要研究在两种粗饲料产品日粮中添加脲酶抑制剂对育肥羊生长性能及血液生化指标的影响,然后按 2 因素试验设计判断粗饲料产品和脲酶抑制剂的主效应。

### 1.2 试验动物及饲养管理

表 1 试验设计

组别	I 组	II 组	III 组	IV 组
粗料	玉米秸块	玉米秸块	苜蓿+玉米秸混合块	苜蓿+玉米秸混合块
豆粕(%)	3	3	0	0
脲酶抑制剂(mg/kg)	0	20	0	20

刘海燕,吉林省农业科学院畜牧分院,136100,吉林省公主岭市东兴华街 186 号。

苏秀侠(通讯作者)、于维、祁宏伟、于秀芳,单位及通讯地址同第一作者。

收稿日期:2006-09-11

试验选择健康状况良好、体重 20.5 kg 左右的 3 月龄断奶小尾寒羊母羔羊 24 只,按体重相近的原则随机分成 4 组,每组 6 只,各组分别饲喂不同的日粮。每天清扫粪便一次,试验前统一进行驱虫、防疫,定期进行消毒。预饲期 10 d,正试期 60 d,2005 年 7 月 1 日开

始,2005年9月11日结束。试验羊以组为单位分栏饲养,日粮以组为单位定量饲喂,日喂3次,自由饮水。

### 1.3 日粮组成及营养水平

日粮配制参照美国NRC(1985)绵羊饲养标准,配方见表2。

表2 试验日粮组成和营养水平

原料名称	I组	II组	III组	IV组
玉米(%)	19	19	21	21
豆粕(%)	3	3	0	0
棉粕(%)	2	2	2	2
预混料(%)	2	2	2	2
脐子粕(%)	1	1	1	1
尿素(%)	1	1	1	1
氢醌(mg/kg)	0	20	0	20
酒糟(%)	53	53	53	53
玉米秸块(%)	18	18	9	9
苜蓿草块(%)	0	0	9	9
营养水平				
CP(%)	15.67	15.67	15.44	15.44
DE(MJ/kg)	13.42	13.42	14.02	14.02
Ca(%)	0.74	0.74	0.64	0.64
P(%)	0.25	0.25	0.21	0.21

### 1.4 指标测定

#### 1.4.1 生长性能

采食量:每天准确称量试验羊的给料量和剩料量,计算全期的采食量。

增重和日增重:试验开始和试验结束时,晨饲前空腹称量试验羊体重,计算全期的增重和日增重。

#### 1.4.2 血液生化指标

于试验结束当日清晨空腹进行前腔静脉采血样,每组3只,每只抽取10ml左右,立即送往公主岭荣院测定总蛋白、白蛋白、碱性磷酸酶、乳酸脱氢酶、尿素氮、血氨。

### 1.5 统计分析

将试验所得的各项指标的数据进行数理统计,采用SPSS统计软件进行方差分析,并进行新复极差多重比较,比较各组差异。

## 2 结果与讨论

### 2.1 试验羊生长性能(见表3和图1)

表3 试验羊的生长性能

测定指标	I组	II组	III组	IV组
始重(kg)	25.55±4.92	25.28±5.11	25.42±3.63	25.87±1.51
末重(kg)	31.75±6.07	32.75±8.02	33.08±5.92	33.92±4.31
日增重(g)	103.33±41.51	124.44±53.54	127.78±45.24	134.17±65.42

表3和图1的结果表明,在玉米秸块日粮中,II组试验羊的日增重比I组提高了20.43%( $P>0.05$ ),在

苜蓿+玉米秸混合块日粮中,IV组试验羊日增重比III组提高了5.0%( $P>0.05$ )。因为在所有试验羊的日粮中都添加了1%的尿素,试验羊瘤胃内较高的脲酶活性导致尿素在瘤胃中分解过快,氨的释放速度远超过瘤胃内微生物合成菌体蛋白的速度,使微生物对尿素的利用量减少,降低了尿素的利用效率。当在日粮中添加脲酶抑制剂时,就能够有效地控制瘤胃内氨的释放速度,使氨的浓度稳定在一定的浓度范围之内,不仅提高了尿素的利用效率,而且提高了粗纤维的消化速率,因此营养物质沉积率增加,提高了试验羊的日增重。无脲酶抑制剂日粮中,III组试验羊的日增重比I组提高了23.66%( $P>0.05$ );添加脲酶抑制剂日粮中,IV组试验羊日增重比II组提高了7.82%( $P>0.05$ )。I组和II组试验羊的粗饲料产品是玉米秸块,III组和IV组是苜蓿+玉米秸混合块,而苜蓿是重要的豆科牧草之一,适口性好,营养价值高,含有丰富的粗蛋白、维生素和微量元素等重要的营养元素,与玉米秸组合搭配,提高了玉米秸的饲用价值,优化了日粮结构,更易于试验羊消化吸收,因此提高了试验羊的生长性能。以上试验结果表明,粗料产品较脲酶抑制剂对试验羊的生长性能作用效果大。

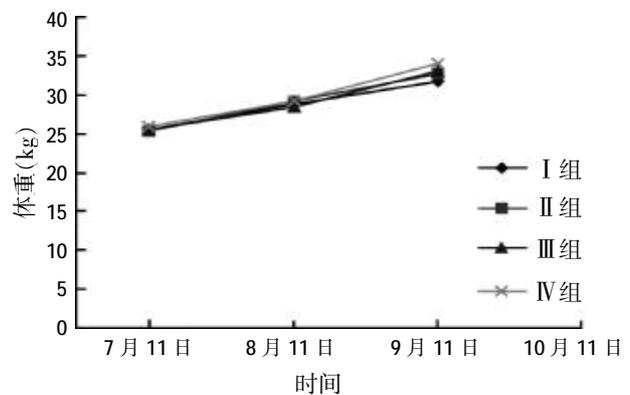


图1 试验羊的生长速度

### 2.2 血液生化指标(见表4)

通过表4可以看出,各组试验羊血清中的白蛋白的含量比较接近,无明显差异,没有规律性。在正常范围之内,各组试验羊的总蛋白、碱性磷酸酶和乳酸脱氢酶有相同的规律:IV组和II组分别比IV组和I组有所提高, ( $P>0.05$ ), III组和IV组也分别比I组和II组有所提高( $P>0.05$ ),这一结果与前面试验羊的日增重的规律相同。血清尿素氮是动物体内反映蛋白质代谢和日粮氨基酸平衡状况的指标<sup>[9]</sup>,氨生成过多或清除不足均可导致血氨水平升高。本试验血清尿素氮和

表4 试验羊血液生化指标测定值

血液指标	I组	II组	III组	IV组
总蛋白(g/l)	64.05±2.90	65.65±1.20	66.20±1.84	69.35±1.34
白蛋白(g/l)	36.70±3.54	36.20±0.28	35.45±1.77	36.50±0.14
碱性磷酸酶(IU/l)	268.00±147.08	299.5±115.26	316.00±60.81	320.5±217.08
乳酸脱氢酶(IU/l)	568.5±111.02	629.50±10.61	645.5±112.43	785.50±99.70
尿素氮(mmol/l)	6.55±0.89	5.26±0.35	7.12±1.15	5.26±0.31
血氨(μmol/l)	36.30±3.82	35.80±2.69	39.40±3.96	35.90±0.28

血氨浓度有共同的规律, II组和IV组尿素氮浓度分别比I组和III组降低1.29、1.86 mmol/l, 血氨浓度分别降低0.5、3.5 μmol/l, 但都在正常范围之内, 并且差异都未达到显著水平( $P>0.05$ )。说明不同粗饲料产品对试验羊的血液生化指标几乎没有影响, 添加脲酶抑制剂对试验羊的血液生化指标也没有影响, 与张永根<sup>[6]</sup>报道的结果相一致。

### 3 结论

① 在不同粗饲料产品日粮中, 添加脲酶抑制剂均能提高育肥羊的日增重, 玉米秸块日粮较苜蓿+玉米秸混合块日粮提高的幅度大; 苜蓿+玉米秸混合块日粮组育肥羊较玉米秸块日粮组有较高的日增重。

② 粗饲料产品较脲酶抑制剂对育肥羊的日增重

作用效果大。

③ 粗饲料产品及脲酶抑制剂对试验羊的血液生化指标均没有显著影响。

### 参考文献

- 1 李杰, 葛蔚. 反刍动物脲酶抑制剂的研究进展. 东北农业大学学报, 2004, 35(1): 119-122
- 2 储国良. 紫花苜蓿对胡羊育肥效果研究. 江苏农业科学, 2002(6): 67-68
- 3 刘振国. 苜蓿草块饲喂育肥羔羊的试验. 畜牧与兽医, 2003, 35(7): 44
- 4 Sampelayo M R S, Hernandez-Clua O D, Naranjo J A, et al. Utilization of goat milk vs. milk replace for Branadina goat kids. Small Ruminant Research, 1990, 3(1): 37-46
- 5 张永根, 单安山. 使用脲酶抑制剂饲喂奶牛试验. 饲料博览, 2000(7): 7-8

(编辑: 张学智, mengzai007@163.com)

## “小肽营养, 全球共享”有奖征文

肽作为动物消化道蛋白质的主要酶解产物, 是迅速吸收的氨基酸供体, 并且能够调节机体的生命活动。活性肽在调节物体消化系统、神经系统、内分泌、免疫机能的活性作用等方面有着重要的作用。近年活性短肽在动物蛋白质营养中的作用越来越受到关注, 对生物活性肽功能的认识及其生产日益广泛。开发利用这些生物分子作为饲料添加剂, 调控动物的营养生理代谢机制, 提高畜禽生产性能和效益, 在新世纪将成为新的研究热点, 具有广阔的前景。

2007年美国华达(VBC)广州技术中心与饲料工业杂志社共同发起“小肽营养, 全球共享”有奖征文活动。旨在报道小肽类产品的研究和应用状况, 推动小肽领域向更高层次发展。本栏目将重点介绍国内外小肽领域的最新研究进展(包括小肽最新定量与定性检测方法的研究, 小肽类产品的最新实际应用试验及新的生产制备工艺等相关知识)。并结合饲养试验报告, 探讨动物在最佳生产性能状况下小肽和游离氨基酸的比例、小肽优化饲料配方设计技术, 进一步探讨小肽吸收代谢及其作用形式, 研究小肽对动物生长和免疫调节的作用机理, 为蛋白质营养研究开辟一条新途径, 以充分利用蛋白质资源提高生产效益和维护生态文明。

“小肽营养, 全球共享”有奖征文, 于2007年1~12月共刊发12期, 为鼓励大家积极参与, 回报作者的辛勤付出, 凡投稿本栏目者均可获得华达生化科技饲料(湖北)有限公司设立的纪念奖一份; 通过三审后刊登的稿件除《饲料工业》杂志社给予相应稿酬外均可获得华达公司提供的鼓励奖(500元人民币/篇), 同时刊登的稿件可参与年度优秀稿件的评选活动。主办双方本着公平、公正的原则评奖, 评委由《饲料工业》杂志社、美国VBC小肽专家委员会专家组担任, 评选结果将在《饲料工业》第24期公布, 获奖者将获取奖金并颁发荣誉证书。奖项金额如下:

- 一等奖(1名)奖金 5000 元;
- 二等奖(3名)奖金各 1000 元;
- 鼓励奖(12名)奖金各 500 元;
- 纪念奖(若干名)纪念品一份。

热诚欢迎业内仁人志士踊跃赐稿!

来稿请发至 tg@feedindustry.com.cn(请注明有奖征文) 联系电话:(024)86391926

# 合生素对贵妃鸡生长性能及营养物质代谢率的影响

张爱忠 丁翠华 宋屹 姜宁 韩华

**摘要** 将180只10日龄贵妃鸡随机分为9组,以糖萆素、EM菌宝和加酶益生菌按 $L_9(3^4)$ 正交设计试验,组合成9种不同比例的合生素,测定不同添加比例合生素对贵妃鸡体重、日增重、料重比和饲料中各种营养物质代谢率的影响。结果表明,在育雏期贵妃鸡日粮中添加0.05%糖萆素、0.16%EM菌宝和0.1%的加酶益生菌组成的合生素具有较好的提高贵妃鸡生产性能和营养物质代谢率的作用。

**关键词** 合生素;日增重;料重比;营养代谢率;贵妃鸡

**中图分类号** S816.79

贵妃鸡肉质细嫩,口感好,是高蛋白低脂肪的保健佳品,深受国内外市场的欢迎。由于人们对其肉质的要求越来越高,特别是目前饲料中普遍使用抗生素抗病促生长的情况下,如何既能保持贵妃鸡无污染、无药残的肉用品质,又能达到抗病促生长的目的,一直是养殖者和科研人员关注的问题。

合生素(Synbiotics)由Gibson(1995)首先提出,它是指益生菌(Probiotics)与益生元(Prebiotics)结合使用的生物制剂,其特点是同时发挥益生菌和益生元的作用<sup>[1]</sup>。益生菌又称益生菌、活菌制剂,是选用动物正常菌群中的优势种群,经系列人工培养制成活菌制剂,再回归自然环境,发挥其固有的生理作用。益生元又称化学益生菌、前生素等,是通过选择性促进肠道内某些有益菌的活性或生长繁殖,从而增进宿主健康。益生元多为非消化性饲料成分,主要是功能性低聚糖、酸化剂及中草药制剂等。糖萆素就是从植物组织中提取、合成的一种益生元。本试验将市售的两种益生菌和糖萆素配合使用,研究不同组合比例的合生素对贵妃鸡生产性能的影响,为合生素在特禽生产中的应用提供依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验材料与试验设计

张爱忠,黑龙江八一农垦大学动物科技学院,博士,教授,163319,黑龙江省大庆市。

丁翠华,东营职业学院。

宋屹,山东六和集团饲料公司。

姜宁、韩华,单位及通讯地址同第一作者。

收稿日期:2006-09-18

★ 黑龙江省教育厅科研项目“寒区养殖贵妃鸡营养调控技术的研究”资助(10531124)

选用三种非营养性饲料添加剂,分别为糖萆素(浙江省某生物技术有限责任公司生产)、EM菌宝、加酶益生菌(EM菌宝和加酶益生菌均由沧州市某生物新技术研究所出品)。贵妃鸡由黑龙江省鸡西市跨世龙珍禽养殖场提供。

选取健康10日龄贵妃鸡180只,按照 $L_9(3^4)$ 正交设计试验。将试验鸡随机分为9组,每组20只,公母各半,各组之间体重无明显差异。试验设计方案见表1。

表1 不同组合的合生素正交试验设计

处理组	添加量(%)		
	糖萆素(A)	EM菌宝(B)	加酶益生菌(C)
1	0.10	0.20	0.00
2	0.05	0.20	0.20
3	0.00	0.20	0.10
4	0.10	0.10	0.10
5	0.05	0.10	0.00
6	0.00	0.10	0.20
7	0.10	0.00	0.20
8	0.05	0.00	0.10
9	0.00	0.00	0.00

### 1.2 试验日粮组成与营养水平

采用玉米-豆粕型日粮,日粮中不含抗生素类药物。日粮的组成及营养水平见表2。

表2 试验日粮组成及营养水平

原料	含量(%)	营养水平	
玉米	59.60	代谢能(MJ/kg)	14.70
豆粕	24.85	粗蛋白(%)	18.74
麦麸	3.10	钙(%)	1.13
鱼粉	3.50	磷(%)	0.69
石粉	1.00	赖氨酸(%)	1.10
沸石粉	3.00	蛋氨酸(%)	0.47
酵母粉	2.00		
磷酸氢钙	1.65		
食盐	0.30		
预混料	1.00		

1.3 饲养管理

贵妃鸡采取垫料平养的饲养方式。试验期间自由采食和饮水,24 h光照。试验前鸡舍内严格消毒,试验期间一周一次带鸡消毒,按照常规免疫程序免疫。

1.4 测定项目及方法

试验期内每周末进行鸡的空腹(8-10 h)称重和耗料统计,计算贵妃鸡的日增重以及料重比。记录贵妃鸡的死亡数,及时结算饲料,以便将死亡鸡的饲料消耗剔除。

试验期结束,采用全收粪法测定贵妃鸡对饲料的代谢率。在进行代谢试验前空腹,以便排出贵妃鸡肠道内容物。最后一天晚上对贵妃鸡进行绝食代谢,结算3 d贵妃鸡采食量。所收集的粪便立即在烘箱内烘干(64 ℃),回潮24 h,进行实验室常规营养成分分析。

2 结果与分析

2.1 合生素的不同组合对贵妃鸡体重、平均日增重和料重比的影响(见表3)

表3 合生素对贵妃鸡体重、平均日增重和料重比的影响

处理组	试验期体重(g)	平均日增重(g)	料重比
1	375.21	8.92	2.83
2	394.85	9.50	2.77
3	407.55	9.86	2.79
4	377.75	9.03	2.77
5	391.50	9.39	2.75
6	359.80	8.50	2.77
7	367.30	8.72	2.87
8	374.52	8.93	2.80
9	373.55	8.90	2.88

表3说明了两种益生菌和糖萆素的不同组合对贵妃鸡全期体重、平均日增重和料重比的影响情况。对于糖萆素(因素A),以K<sub>1</sub>、K<sub>2</sub>、K<sub>3</sub>分别表示A<sub>1</sub>、A<sub>2</sub>、A<sub>3</sub>水平下所对应的指标之和,k<sub>1</sub>、k<sub>2</sub>、k<sub>3</sub>分别代表它们的平均值。可以得出因素A取水平2效果较好:

$$K_1=375.21+377.75+367.30=1\ 120.26, k_1=373.42;$$

$$K_2=394.85+391.50+374.52=1\ 160.87, k_2=386.96;$$

$$K_3=407.55+359.80+373.55=1\ 140.90, k_3=380.30。$$

对于EM菌宝(因素B),以K<sub>1</sub>、K<sub>2</sub>、K<sub>3</sub>分别表示B<sub>1</sub>、B<sub>2</sub>、B<sub>3</sub>水平下所对应的指标之和,k<sub>1</sub>、k<sub>2</sub>、k<sub>3</sub>分别代表他们的平均值。可以得出因素B取水平1效果较好:

$$K_1=375.21+394.85+407.55=1\ 177.61, k_1=392.54;$$

$$K_2=377.75+391.50+359.80=1\ 129.05, k_2=376.35;$$

$$K_3=367.30+374.52+373.55=1\ 115.37, k_3=371.79。$$

对于加酶益生菌(因素C)以K<sub>1</sub>、K<sub>2</sub>、K<sub>3</sub>分别表示C<sub>1</sub>、C<sub>2</sub>、C<sub>3</sub>水平下所对应的指标之和,k<sub>1</sub>、k<sub>2</sub>、k<sub>3</sub>分别代表他们的平均值。可以得出因素C取水平2效果较好:

$$K_1=394.85+359.80+367.30=1\ 121.95, k_1=373.98;$$

$$K_2=407.55+377.75+374.52=1\ 159.82, k_2=386.61;$$

$$K_3=375.21+391.50+373.55=1\ 140.26, k_3=380.09。$$

同理,可以计算出不同添加剂对日增重和料重比的影响效果。将分析结果列于表4。

由表4可以看出,对试验期贵妃鸡体重的影响因

表4 影响贵妃鸡生产性能的因素水平和极差分析

项目	糖萆素(A)			EM菌宝(B)			加酶益生菌(C)		
	k <sub>1</sub>	k <sub>2</sub>	k <sub>3</sub>	k <sub>1</sub>	k <sub>2</sub>	k <sub>3</sub>	k <sub>1</sub>	k <sub>2</sub>	k <sub>3</sub>
体重(g)	373.42	386.96	380.30	392.54	376.35	371.79	373.98	386.61	380.09
日增重(g)	8.89	9.27	9.09	9.43	8.97	8.85	8.91	9.27	9.07
料重比	2.82	2.78	2.81	2.80	2.76	2.85	2.80	2.79	2.82
极差分析									
体重		14.54			20.75			12.62	
日增重		0.72			0.82			0.62	
料重比		0.25			0.42			0.17	

素中,糖萆素的三个水平中k<sub>2</sub>的效果最好;EM菌宝的三个水平中k<sub>1</sub>的效果最好;加酶益生菌的三个水平中k<sub>2</sub>的效果最好。所以,综合来看,因素A<sub>2</sub>B<sub>1</sub>C<sub>2</sub>的搭配能较好地提高贵妃鸡的体重。

表4的下半部分反映了各种饲料添加剂的极差,极差反映了各因素水平变动时指标的变化情况。极差越大,反映指标随水平变化而变化的越大,也就是该因素对指标的影响越大。由此可以看出,EM菌宝对贵

妃鸡体重的影响最大,其次是糖萆素,最后是加酶益生菌。

由表4可以看出,对于贵妃鸡全期平均日增重影响因素中,糖萆素取k<sub>2</sub>水平时日增重最高,EM菌宝取k<sub>1</sub>水平时日增重最高,加酶益生菌取k<sub>2</sub>水平时日增重最高,所以对于日增重来说,三种饲料添加剂的最佳组合为A<sub>2</sub>B<sub>1</sub>C<sub>2</sub>。全期的EM菌宝对贵妃鸡的日增重影响最大,其次为糖萆素和加酶益生菌。

由表 4 可知,对于贵妃鸡全期的平均料重比,糖萆素取  $k_2$  时料重比为最低,EM 菌宝取  $k_2$  时料重比最低,加酶益生生素也是取  $k_2$  时料重比最低。所以,当三种非营养性添加剂的组合为  $A_2B_2C_2$  时,可以最有效地降低料重比。三种添加剂对贵妃鸡料重比的极差分析,全期都是 EM 菌宝的极差最大,其次为糖萆素和加酶益生生素。

2.2 合生素的不同组合对贵妃鸡营养物质代谢率的影响(见表 5)

按照上述方法对因素影响水平及其极差进行统计,结果列于表 6。

表 5 合生素对贵妃鸡营养物质代谢率的影响(%)

组别	干物质	粗蛋白	粗脂肪	能量	粗纤维	粗灰分	钙	磷
1	62.43	46.35	82.08	66.13	29.64	30.64	21.05	35.78
2	62.83	49.81	77.05	70.85	31.30	32.69	17.57	38.35
3	62.18	50.41	80.56	65.96	25.89	35.02	20.61	38.61
4	62.32	47.03	76.84	66.01	30.34	32.33	19.00	43.42
5	62.60	49.85	76.49	67.40	21.34	27.36	15.06	41.94
6	62.87	48.06	73.57	67.98	24.62	32.11	17.11	41.54
7	62.53	44.34	81.84	66.94	20.42	31.09	10.49	39.70
8	63.00	45.37	73.28	68.12	27.42	34.16	21.23	39.12
9	62.14	35.13	83.56	67.94	16.45	25.17	11.91	36.98

由表 5、6 可知,当糖萆素(A)取  $k_2$  水平时,贵妃鸡饲料中的 DM、CP、GE、Ash、Ca 及 P 的代谢率最高;

表 6 影响贵妃鸡饲料代谢率的因素水平和极差分析

项目	糖萆素(A)			EM 菌宝(B)			加酶益生生素(C)		
	$k_1$	$k_2$	$k_3$	$k_1$	$k_2$	$k_3$	$k_1$	$k_2$	$k_3$
干物质(DM)	62.43	62.81	62.56	62.48	62.60	62.56	62.74	62.50	62.39
粗蛋白(CP)	45.91	48.34	44.53	48.86	48.31	41.61	47.40	47.60	43.78
粗脂肪(EE)	79.89	75.63	79.56	80.25	75.61	79.23	77.49	76.89	83.56
能量(GE)	66.36	68.79	67.29	67.65	67.13	67.67	68.59	66.70	67.16
粗纤维(CF)	26.80	26.69	22.32	28.94	25.43	21.43	25.45	27.88	22.48
粗灰分(Ash)	31.35	31.40	30.77	32.78	30.60	30.14	31.96	33.84	27.72
钙(Ca)	16.85	17.95	14.54	19.74	17.06	16.54	15.06	20.28	16.01
磷(P)	39.63	39.80	39.04	37.58	42.30	38.60	39.86	40.38	38.23
极差分析									
干物质		3.81			7.24			3.83	
粗蛋白		0.43			0.12			0.35	
粗脂肪		2.31			4.26			3.89	
能量		2.43			0.54			1.89	
粗纤维		4.48			7.51			5.41	
粗灰分		0.64			2.64			6.11	
钙		1.41			5.20			5.22	
磷		0.76			4.72			2.15	

当 EM 菌宝(B)取  $k_1$  时,贵妃鸡饲料中的 CP、EE、CF、Ash 及 Ca 的代谢率最高;当加酶益生生素(C)取  $k_2$  时,贵妃鸡饲料中 CP、CF、Ash、Ca 及 P 的代谢率最高。所以对于大部分的营养物质的代谢率来说,三种饲料添加剂以  $A_2B_1C_2$  组合时效果最佳。

通过对糖萆素、EM 菌宝和加酶益生生素对贵妃鸡营养物质代谢率影响的极差分析,综合来看,对贵妃鸡营养物质代谢率影响最大的因素为 EM 菌宝,其次为加酶益生生素和糖萆素。

2.3 合生素对贵妃鸡营养调控作用的综合分析

本试验将贵妃鸡生产性能作为终端指标。通过对终端指标检测可知,对贵妃鸡体重影响的最佳组合为  $A_2B_1C_2$ ; 对贵妃鸡日增重影响的最佳组合为  $A_2B_1C_2$ ; 对贵妃鸡料重比影响的最佳组合为  $A_2B_2C_2$ 。三种饲料添加剂对营养物质代谢率影响的最佳组合由对于干物质、粗蛋白等 8 项指标的影响构成,其影响系数分别

为 1/8。贵妃鸡体重、日增重、料肉比和营养物质代谢率这四个指标都会影响到贵妃鸡的生产性能及经济价值,所以设这四个指标对贵妃鸡生产性能的影响系数为 1 : 1 : 1 : 1。设贵妃鸡的体重为  $x_1$ ,日增重为  $x_2$ ,料重比为  $x_3$ ,干物质代谢率为  $x_4$ ,粗蛋白代谢率为  $x_5$ ……磷的代谢率为  $x_{11}$ 。y 为各因素的最佳组合,可以得到:

$$y_A = 1/4x_1 + 1/4x_2 + 1/4x_3 + 1/4(1/8x_4 + 1/8x_5 + \dots + 1/8x_{11})$$

将各个指标的代入公式可得:

$$y_A = 1/4A_2 + 1/4A_2 + 1/4A_2 + 1/4(1/8A_2 + 1/8A_2 + 1/8A_1 + \dots + 1/8A_2)$$

$$y_A = 1/4 \times 0.05\% + 1/4 \times 0.05\% + 1/4 \times 0.05\% + 1/4(1/8 \times 0.05\% + 1/8 \times 0.05\% + 1/8 \times 0.1\% + \dots + 1/8 \times 0.05\%) = 0.05\%$$

所以对于因素 A 取 0.05% 水平时,  $y_A$  值最大。

$$\text{同理, } y_B = 1/4B_1 + 1/4B_1 + 1/4B_2 + 1/4(1/8B_2 + 1/8B_1 + 1/8B_1 + \dots + 1/8B_2)$$

$$y_b = 1/4 \times 0.2\% + 1/4 \times 0.2\% + 1/4 \times 0.1\% + 1/4 (1/8 \times 0.1\% + 1/8 \times 0.1\% + 1/8 \times 0.1\% + \dots + 1/8 \times 0.1\%) = 0.16\%$$

$$y_c = 1/4C_2 + 1/4C_2 + 1/4C_2 + 1/4 (1/8C_1 + 1/8C_2 + 1/8C_3 + \dots + 1/8C_2) = 0.1\%$$

由此可知,三种饲料添加剂以 A 取 0.05%、B 取 0.16% 及 C 取 0.1% 组合成合生素时,可以取得最优的效果。

### 3 讨论

王万祥(2003)将酸化剂、益生菌和寡糖组合起来饲喂断奶仔猪,研究结果表明,饲料中以 0.3% 的酸化剂、0.15% 的益生菌和 0.1% 的寡糖组合添加使用较对照组(单独添加组)不同程度地提高断奶仔猪的生产性能,三种饲料添加剂对仔猪的采食量体现出了交互作用<sup>[2]</sup>。蔡铭(2001)将益生菌和甘露寡聚糖共同应用于仔猪中,结果表明可以显著提高仔猪的生产性能<sup>[3]</sup>。肖明松等(2004)研究表明,果寡糖和糖萜素复合使用,提高了中华鳖饲料中 CP、Ca 及 P 的代谢率;果寡糖和糖萜素在 200 mg/kg 水平时,CP、Ca 及 P 的代谢率较小,在 1 000 mg/kg 时,CP、Ca 及 P 的代谢率达到最大值<sup>[4]</sup>。姜宁(2002)在贵妃鸡日粮中分别添加 500 和 700 mg/kg 的糖萜素与添加 150 mg/kg 杆菌肽锌的对照组比较,产蛋率分别提高 8.67% 和 13.30%,料蛋比分别降低 6.12% 和 10.70%,氮存留率分别提高 3.08% 和 2.21%<sup>[5]</sup>。宋屹等(2006)在不同育龄贵妃鸡日粮中分别添加 0.2% 的 EM 菌宝和加酶益生菌,均显著提高贵妃鸡的日增重和降低料重比,并使贵妃鸡肉用品质得到改善<sup>[6]</sup>。

试验说明益生菌和糖萜素在贵妃鸡机体内的作用并不是三种添加剂单一作用效果的简单相加,实际上它们之间存在着复杂的组合效应,益生菌为机体肠道提供了大量有益微生物,糖萜素中的寡糖可以作为

肠道有益菌的营养物质以及活性营养因子,它们共同影响和调控着贵妃鸡的肠道微生态区系,使肠道内的有益菌的浓度增加,增强有益微生物的竞争优势,抑制有害菌的增殖。同时糖萜素中的生物活性物质刺激机体产生的有机酸可以降低肠道内的 pH 值,进一步抑制了不耐酸的致病菌的生长。胃肠道内酸性的环境还提高了消化酶的活性,有利于营养物质的消化吸收和血液中营养物质的代谢和吸收,并进一步影响贵妃鸡的生产性能及肉用品质。糖萜素和益生菌产生的生物活性物质能够促进动物消化液分泌和胃中 H<sup>+</sup> 的释放,增强消化机能,并加强动物的内分泌功能,增强机体分泌内源性生长激素,刺激生长因子,促进新陈代谢和脂肪分解,加快蛋白质合成,从而促进动物的快速生长。

试验结果表明,糖萜素中的寡糖类和益生菌中的微生物的配合具有协同作用,其中 EM 菌宝在三种饲料添加剂中的作用效果相对较好,理想的合生素组合为 0.05% 糖萜素、0.16% EM 菌宝和 0.1% 的加酶益生菌。

### 参考文献

- 1 王玉燕,牛钟相,朱瑞良,等.益生元的作用机理及应用研究[J].中国饲料,2001(11):15-17
- 2 王万祥.酸化剂、益生菌和寡糖对断奶仔猪生长的影响及其互作效应研究探讨[D].雅安:四川农业大学,2003
- 3 蔡铭.甘露寡聚糖与益生菌在仔猪生产上的应用[J].福建畜牧兽医,2001(3):36
- 4 肖明松,王志耕,葛威.果寡糖与糖萜素对中华鳖消化率的影响[J].粮食与饲料工业,2004(3):37-38
- 5 姜宁,张爱忠,李春雁,等.糖萜素对贵妃鸡生产性能、营养代谢率及血清生化指标的影响[J].特产研究,2002(2):1-4
- 6 宋屹,张爱忠,姜宁.益生菌对贵妃鸡生产性能及其肉用品质的影响[J].黑龙江八一农垦大学学报,2006,18(4):44-47

(编辑:张学智, mengzai007@163.com)

### ·信息采撷·

## 养猪注意四个“后 3 天”

1. 配种后 3 d 母猪配种后 3 d 切忌喂料过多,日喂料量以 1.5~1.8 kg 为宜,若过多会降低产仔数。
2. 分娩后 3 d 分娩后 3 d 仔猪容易冻死、冻伤、压死、病死等,应注意科学接产护理,做到保暖防潮,一定要让初生仔猪吃上初乳,以小排前、大排后,固定好奶头。第 3 d 及时补铁、补硒防止贫血。对于母猪应防止产后感染,注射产后康针剂预防,尤其在喂料、护理、保健等方面加强管理,使其顺利度过体弱期。
3. 断奶后 3 d 离开母猪的呵护,仔猪身上停止母源抗体供应,这是断奶仔猪应激最严重的时期。喂优质的适口饲料,数量由少到多,每天由 5 次过渡到 3 次,再结合药物预防。圈内干净卫生、有运动场所、能晒到太阳、舒适的环境都是断奶成功的保证。
4. 转群后 3 d 仔猪转群时先用原来的饲料喂几天,待仔猪适应新环境后,再逐渐换成育肥猪饲料。加强药物预防,防止病菌侵入,使环境温度保持转群前的状态。转群要按同等大小的仔猪合圈,防止大咬小。

# 不同日粮和饲喂方式对断奶仔猪生产性能的影响

汪善锋 赵勇 邢军 陈明

**摘要** 选择80头35日龄断奶仔猪,随机分为5组,每组16头,其中4组按二阶段配制日粮,前、后期各采用2种基础料和2种预混料交叉组合成4种日粮,对照组全期日粮不变,进行33d的饲养试验。结果表明:基础料、预混料均对35~52日龄仔猪增重有明显影响( $P<0.05$ ),而采食量主要由基础料决定,对照组饲料效率与二阶段试验组的差异均达到极显著或接近极显著水平;53~68日龄阶段基础料、预混料对仔猪的日增重、采食量、饲料效率均无明显影响。综合比较,第一阶段和第二阶段均为1号料(试验1组)效果为最优配方组合,且采用二阶段日粮的试验组(除试验4组外)与一阶段日粮的对照组相比,经济效益都得到了提高,其中试验1组比对照组每头多获利15.36元,差异达到显著水平。

**关键词** 断奶仔猪;二阶段;生产性能

**中图分类号** S815.4

目前国内对仔猪大部分采用25~28日龄断奶,从断奶到20kg左右采用一个配方,实行一阶段饲养,这样没有很好地考虑到断奶仔猪消化生理特点的变化,其生产潜能没有充分的发挥,影响了生产的效益。因此,本试验探讨了二阶段日粮对断奶仔猪生产性能和经济效益的影响,为早期断奶仔猪技术发展提供参考。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验时间、地点

本试验于2006年8~9月在江苏农林职业技术学院

院小梅山育种中心场进行。

### 1.2 试猪选择与分组

选择体重相近、健康状况良好的仔猪80头(公母各半),35日龄断奶,根据平均体重和体重变异程度相近、性别相同的原则,分入10栏,每栏8只;然后随机分10栏为5组,每组2栏,每栏为一个重复。

### 1.3 试验日粮配制及试验设计

试验分前、后两阶段进行,各有4种试料,分别由高、中档两种基础料和高、中档两种预混料交叉组合而成。试验日粮的组成和常规营养水平见表1。

表1 试验基础料组成及其营养水平

原料组成	前期(35~52日龄)					后期(53~68日龄)				
	对照组	1组	2组	3组	4组	对照组	1组	2组	3组	4组
玉米(%)	65	62	62	63	63	65	61	61	65	65
麸皮(%)	1	2	2	3	3	1	4	4	4	4
鱼粉(%)	0	2	2	2	2	0	0	0	0	0
豆粕(%)	25	27	27	23	23	25	24	24	21	21
E蛋白(%)	5	3	3	2	2	5	2	2	2	2
米糠(%)	0	0	0	3	3	0	5	5	4	4
复合预混料(%)	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
合计(%)	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
单价(元/kg)	1.991	2.072	2.064	1.833	1.825	1.991	1.686	1.682	1.667	1.663
基础日粮营养水平(不含预混料)										
消化能(MJ/kg)	13.67	13.48	13.48	13.41	13.41	13.67	13.35	13.35	13.38	13.38
粗蛋白(%)	19.56	19.90	19.90	18.68	18.68	19.56	18.10	18.10	17.03	17.03
钙(%)	0.13	0.26	0.26	0.18	0.18	0.13	0.11	0.11	0.10	0.10
磷(%)	0.372	0.47	0.47	0.46	0.46	0.37	0.43	0.43	0.41	0.41
赖氨酸(%)	1.00	1.05	1.05	0.95	0.95	1.00	0.88	0.88	0.81	0.81
蛋+胱氨酸(%)	0.70	0.70	0.70	0.66	0.66	0.70	0.63	0.63	0.60	0.60
苏氨酸(%)	0.45	0.49	0.49	0.45	0.45	0.45	0.41	0.41	0.40	0.40

注:预混料中含有赖氨酸、维生素、微量元素等添加剂成分。前期1、3组为高档I号预混料,2、4组为中档II号预混料;后期1、3组为高档III号预混料,2、4组为中档IV号预混料。

汪善锋,江苏农林职业技术学院畜牧兽医系,212400,江苏省句容市句蜀路4号。

赵勇、邢军、陈明,单位及通讯地址同第一作者。

收稿日期:2006-11-06

第一阶段(35~52日龄)4种试验料中,1、2组基础料相同,3、4组基础料相同;1组和3组,2组和4组预混料除合成氨基酸及钙、磷外,其它添加剂分别相同,相对而言,1、3组的预混料优于2、4组,前者在某些添

加剂的用量上高于后者。第二阶段(53~68日龄)4种试料配合原则和第一阶段相同,但对营养水平、原料种类、预混料都进行调整,以适合断奶2周后的仔猪。

#### 1.4 试猪饲养管理

每栏配备一支乳头饮水器,试验以自制铁板槽给料。试料投放时,试料序号与试猪分组序号均相对应。断奶前完成疫苗注射、去势等工作,其它管理程序同猪场常规管理。

#### 1.5 观测项目与统计分析

##### 1.5.1 增重

仔猪35、52、68日龄早晨逐头空腹称重,计算35~52 d、53~68 d平均日增重。

##### 1.5.2 采食量和饲料效率

52、68日龄分别对各栏结料,计算两个阶段各栏平均日采食量,由日增重和耗料量计算饲料效率。

##### 1.5.3 统计分析和经济效益

采用SPSS10.0统计分析软件进行统计分析。分析比较二阶段饲养模式和一阶段饲养模式的经济效益。

## 2 结果与分析

### 2.1 不同日粮组合对断奶仔猪生产性能的影响(见表2)

表2 不同阶段仔猪生产性能及饲料效率

阶段	项目	1组	2组	3组	4组	对照组
35~52日龄	始重(kg)	9.63±0.41	9.88±0.45	9.94±0.63	9.90±0.54	10.28±0.56
	末重(kg)	15.98±0.51	15.59±0.46	15.16±0.64	14.58±0.51	15.96±0.65
	平均日采食量(g/d)	634.76±9.55 <sup>adAC</sup>	598.16±12.16 <sup>acAC</sup>	541.13±14.94 <sup>baB</sup>	489.00±14.45 <sup>cb</sup>	646.73±7.85 <sup>dc</sup>
	平均日增重(g/d)	373.7±9.5 <sup>aA</sup>	336.0±9.6 <sup>bAB</sup>	306.8±8.2 <sup>bcB</sup>	275.2±6.2 <sup>cC</sup>	334.0±1.5 <sup>bcB</sup>
	饲料效率	0.59±0.00 <sup>aA</sup>	0.56±0.01 <sup>aB</sup>	0.57±0.01 <sup>aA</sup>	0.56±0.00 <sup>aA</sup>	0.52±0.01 <sup>bB</sup>
53~68日龄	始重(kg)	15.98±0.51	15.59±0.46	15.16±0.64	14.58±0.51	15.96±0.65
	末重(kg)	22.17±0.62	21.52±0.57	20.90±0.63	20.19±0.46	21.62±0.80
	平均日采食量(g/d)	763.32±26.11 <sup>a</sup>	733.16±17.16 <sup>a</sup>	686.12±20.06 <sup>a</sup>	696.50±9.94 <sup>a</sup>	725.23±66.38 <sup>a</sup>
	平均日增重(g/d)	386.8±11.9 <sup>a</sup>	370.3±15.6 <sup>a</sup>	341.7±15.8 <sup>b</sup>	344.2±12.9 <sup>ab</sup>	352.9±20.0 <sup>ab</sup>
	饲料效率	0.507±0.008 <sup>a</sup>	0.505±0.004 <sup>a</sup>	0.498±0.010 <sup>a</sup>	0.494±0.014 <sup>a</sup>	0.493±0.007 <sup>a</sup>
35~68日龄	始重(kg)	9.63±0.41	9.88±0.45	9.94±0.63	9.90±0.54	10.28±0.56
	末重(kg)	22.17±0.62	21.52±0.57	20.90±0.63	20.19±0.46	21.62±0.80
	平均日采食量(g/d)	697.09±17.58 <sup>aA</sup>	663.61±14.58 <sup>acAC</sup>	611.43±2.03 <sup>bcAC</sup>	589.60±7.90 <sup>bcB</sup>	684.79±28.14 <sup>acAC</sup>
	平均日增重(g/d)	379.7±8.8 <sup>aA</sup>	352.7±8.2 <sup>bAB</sup>	326.2±8.7 <sup>cbBC</sup>	305.2±6.7 <sup>cC</sup>	339.0±13.8 <sup>bcBC</sup>
	饲料效率	0.545±0.011 <sup>aA</sup>	0.531±0.007 <sup>aB</sup>	0.534±0.011 <sup>aB</sup>	0.518±0.007 <sup>abAB</sup>	0.495±0.006 <sup>bB</sup>

注:表中数值均为平均值±标准误。同一行中标有不同小写字母者表示差异显著(P<0.05);同一行中标有不同大写字母者表示差异极显著(P<0.01)。表3同。

从表2可以看出:在第一阶段,1组日增重显著高于其余组,4组明显低于其余组,1、2、3、4组之间差异均显著。由此可知,本试验日粮中基础料、预混料皆对断奶2周内的仔猪日增重有明显的影响。相同基础料、不同预混料组(1组和2组,3组和4组)间日采食量差异分别为不显著和显著水平;不同基础料、相同预混料组(1组和3组,2组和4组)间日采食量差异分别为显著和极显著,这说明本试验各组日采食量的差异主要是由基础料的不同造成的。对照组饲料效率与其它组的差异均达到极显著或接近极显著水平,1组与2组、4组差异接近显著水平。表明本阶段基础料、预混料组合以1组为最优。第二阶段,除1、2组与3组日增重差异显著外,日增重、日采食量和饲料效率各组之间差异均不显著。综合各项指标,本阶段基础料、预混料组合以1组为最优。在整个阶段,1组日增重显著高于其余组,对照组与1、4组日增重差异均

达到显著水平;相同基础料、不同预混料组(1组和2组,3组和4组)间日采食量差异为不显著,不同基础料、相同预混料组(1组和3组,2组和4组)间日采食量差异显著,这说明本试验各组日采食量的差异主要由基础料的不同造成的;从整个阶段看,试验组(1、2、3、4组)采用二阶段日粮饲喂,饲料效率均高于对照组(一阶段日粮饲喂),且1、2、3组饲料效率与对照组差异均达到显著水平。

### 2.2 经济效益分析(见表3)

由表3可知,在整个阶段采用二阶段日粮的试验组(除试验4组外)与一阶段日粮的对照组相比,经济效益都得到了提高,其中试验1、2组分别比对照组每头多获利15.36元和6.99元,试验1组与对照组差异达到显著水平。

## 3 小结与讨论

3.1 在本试验条件下,仔猪35日龄断奶后2~3周内,

表3 仔猪饲养成本和经济效益分析

阶段	项目	1组	2组	3组	4组	对照组
35-52日龄	平均净增重(kg/头)	6.35	5.7	5.22	4.68	5.68
	平均采食量(kg/头)	10.79	10.17	9.20	8.31	10.99
	饲料单价(元/kg)	2.072	2.064	1.833	1.825	1.991
	饲料成本(元/头)	22.36	20.99	16.86	15.17	21.89
	活重单价(元/kg)	12	12	12	12	12
	活重收入(元/头)	76.24	68.55	62.59	56.14	68.14
	平均获利(元/头)	7.63 <sup>aA</sup>	1.31 <sup>abAB</sup>	-0.52 <sup>bAB</sup>	-5.28 <sup>bb</sup>	0.00 <sup>baB</sup>
52-68日龄	平均净增重(kg/头)	6.19	5.93	5.47	5.51	5.71
	平均采食量(kg/头)	12.21	11.73	10.98	11.14	11.60
	饲料单价(元/kg)	1.686	1.682	1.667	1.663	1.991
	饲料成本(元/头)	20.60	19.74	18.30	18.53	23.10
	活重单价(元/kg)	11	11	11	11	11
	活重收入(元/头)	68.08	65.18	60.15	60.58	62.86
	平均获利(元/头)	7.73 <sup>a</sup>	5.69 <sup>a</sup>	2.09 <sup>a</sup>	2.29 <sup>a</sup>	0.00 <sup>a</sup>
35-68日龄	平均净增重(kg/头)	12.53	11.64	10.76	10.07	11.19
	平均采食量(kg/头)	23.00	21.90	20.18	19.46	22.60
	饲料单价(元/kg)		分别见 35-52 日龄, 53-68 日龄两阶段			
	饲料成本(元/头)	42.95	40.72	35.16	33.70	44.99
	活重单价(元/kg)		分别见 35-52 日龄, 53-68 日龄两阶段			
	活重收入(元/头)	144.32	133.73	122.73	116.72	130.99
	平均获利(元/头)	15.36 <sup>a</sup>	6.99 <sup>ab</sup>	1.57 <sup>b</sup>	-2.99 <sup>b</sup>	0.00 <sup>b</sup>

基础料和预混料都对仔猪日增重有明显的影响,而采食量主要由基础料决定。对照组饲料效率与二阶段试验组的差异均达到极显著或接近极显著水平,分析其中原因可能是前期断奶仔猪消化系统尚未发育健全,各种消化酶合成分泌水平较低,消化能力较弱,对饲料蛋白质来源极为敏感,而对照组日粮含蛋白水平高,且动物性饲料原料少,易引起仔猪肠道过敏反应、造成消化道粘膜损伤、消化吸收能力下降等。相反,试验1、2、3、4组日粮前期补充了一定含量的优质鱼粉,日粮消化率高,较适合早期断奶仔猪对蛋白质消化能力差的特点。

3.2 第二阶段和第一阶段不同的是,35日龄仔猪断奶2~3周后,基础料、预混料对增重的影响不明显,同样,对饲料效率的影响也消失。这表明,本试验第二阶段可以根据具体需要,考虑适当调低蛋白质的含量和动物性蛋白饲料的含量以降低生产成本,因为后期随着日龄增长,仔猪消化系统逐渐发育健全,各种消化酶活性升高,仔猪消化能力增强。

3.3 综合各种指标来看,第一阶段和第二阶段均为1号料(试验1组)效果为最优配方组合,且在整个阶段采用二阶段日粮的试验组(除试验4组外)与一阶段日粮的对照组相比,经济效益都得到了提高,其中试验1组比对照组每头多获利15.36元,差异达到显著水平。分析上述结果产生的原因,是二阶段日粮充分

考虑早期断奶仔猪消化酶不足和活性降低,对饲料蛋白质消化能力差的特点,前期用优质动物性蛋白饲料来代替日粮中的植物性蛋白饲料,可提高日增重和饲料效率,后期选用动物性原料较少的日粮,但由于仔猪消化功能增强,故不影响仔猪生产性能且饲料成本降低,经济效益提高;对照组全期采用同一日粮,没有充分考虑断奶仔猪消化生理变化特点,其生长潜能没有充分发挥。

3.4 本试验由于条件和时间限制,未进行断奶前仔猪试验,至于其断奶前饲养效果如何,有待于进一步研究。

参考文献

- 1 吴永德,章福超,蓝明.早期断奶仔猪分阶段饲养研究[J].中国饲料,2000(17):9-10
- 2 何余涌,陈匡辉,陆伟,等.二阶段早期断奶乳猪配合饲料的配制[J].中国饲料,2000(12):27-28
- 3 史清河,郑晓强.不同日粮和饲养方式对仔猪生长及经济效益的影响[J].浙江畜牧兽医,2001(3):18-19
- 4 江明生,林泉.断奶仔猪采用二阶段日粮的试验[J].中国畜牧兽医,2004,31(2):8-9

(编辑:刘敏跃,lm-y@tom.com)

# 立足科技创新 发展秸秆畜牧业

张吉鹏 卢德勋

## 1 以秸秆为基础饲料发展草食家畜养殖的必要性

根据 21 世纪我国粮食产量所能达到的目标和人口预计增长情况:2010 年人口 14.5 亿,粮食产量 5.6~5.8 亿吨;到人口高峰 16 亿时,粮食产量 6.2~6.4 亿吨。很清楚,预计在中长期内,人均占有粮食基本上是个恒量,即 385~400 kg(白韵茹,1998)<sup>[1]</sup>。近年来我国粮食总产量和库存减少,据统计,我国每年用于饲料的粮食约占粮食总消耗的 30%以上,不可能拿出很多粮食作饲料用粮。20 多年来,饲料用粮一直在持续增加,饲料粮占粮食总产量的比例已从 1978 年的 15%增加到 2002 年的 36%。这期间,粮食总产量年递增速度为 1.7%,而饲料粮为 5.5%(沈镇昭,2004)<sup>[2]</sup>。今后随着畜牧业的快速发展,饲料粮总需求量将不断增加,在粮食总需求量中的比重将进一步提高,饲料粮的缺口将逐年增大,饲料粮不足的矛盾将日益突出。我国在目前以至将来都面临粮食紧张这一严重问题,因而应开发和利用各种潜在的饲料资源,调整牧业结构,正如温家宝同志在对秸秆养畜的批示中所指出的那样,“……是实行农牧结合,推动粮食生产和畜牧业同步发展的重要措施;也是保护生态,促进农业可持续发展的有效途径”(杨振海,1998)<sup>[3]</sup>。随着国民经济的发展和人们膳食结构的逐渐改变,发展草食家畜已成为我国今后畜牧业发展的主攻方向之一。近年来,我国畜牧业结构随着农业结构战略性调整步伐的加快,力度明显加大,牛羊生产特别是奶业的发展成为结构调整的亮点。

我国有近 4 亿多头(只)草食畜禽,仅饲料工业每年就有 200~300 万吨苜蓿及其它豆科草粉的需求,据估计,目前我国国内商品草产品市场容量约为 1 000 万吨,而国内草业公司则凤毛麟角,从苜蓿来看,全国

年产商品苜蓿不足 20 万吨,产量只占国内市场缺口的 2%,而且这种供需矛盾还将随着我国草食家畜年均 10%以上的发展速度发展而加剧(张正河,2003)<sup>[4]</sup>。因此,在目前粮食生产基本实现供需平衡的条件下,发展以植物茎叶为主的“营养体农业”,逐步调整种植业结构由传统的粮食-经济作物二元结构向粮食-经济作物-饲料作物三元结构转变,在扩大优质牧草供应的同时,充分开发和利用农区潜在的、庞大的非常规低质粗饲料资源,走利用秸秆为基础饲料发展草食家畜的道路是非常必要和有效的。

农作物秸秆指的是农作物收获籽实后的茎秆及其残存叶片部分,主要包括稻草、玉米秸、麦草、豆秸、谷草等。我国年产各类秸秆约 6.4 亿吨(其中水稻、玉米和小麦秸占 76.1%),荚壳、秕糠类产量约为 1.15 亿吨,两者合计 7.6 亿吨,其数量相当于北方草原产草量的 50 多倍(冯仰廉等,2000;戴宝成等,2003)<sup>[5,6]</sup>。这是一宗巨大的饲料资源。正如已故国务委员陈俊生同志所指出的:“在坚持改革开放方针指引下,要建设有中国特色的畜牧业。想要像美国、日本那样,主要靠粮食来发展畜牧业,我们没有这个条件,行不通。像澳大利亚、新西兰那样,主要靠草原发展畜牧业,我国现实条件也不具备,不能完全走他们的路子,而是要从实际出发,坚持两条腿走路,尤其要注意充分利用秸秆,大力发展农区畜牧业,逐步加大草食家畜的比重”。

## 2 开发利用秸秆资源,要依靠科技,立足创新

由于在牛、羊等反刍动物的生产中,其日粮的 60%~100%是青粗饲料,因此,青粗饲料利用的好坏是决定反刍动物能否发挥最佳生产性能的关键因素之一。在实际生产中,青粗饲料短缺和利用率不高是同时存在的两个限制生产力发展的因素:在牧区,枯草期长达 7 个多月,造成放牧牛、羊等反刍家畜采食青粗饲料的水平很低,牛、羊生产性能难以提高;在农区,一方面缺乏优良饲草,另一方面秸秆饲用率低,饲用效果差,严重制约着畜牧业的发展。导致反刍动物对秸秆利用率降低的主要原因是由于秸秆自身的缺

张吉鹏,江西省农业科学院畜牧兽医研究所,研究员,330200,江西省南昌市莲塘南莲路 602 号。

卢德勋,内蒙古农牧业科学院动物营养研究所。

收稿日期:2006-10-30

点:①适口性差,采食量低;②消化率低,主要是因为瘤胃内不能很好地被微生物发酵;③营养不平衡,主要表现在可发酵氮源,可发酵碳水化合物和过瘤胃蛋白水平,生葡萄糖物质水平低,缺乏某些必需的矿物质元素,而其所含的矿物质元素利用率又很低等。因此,利用秸秆饲料资源发展畜牧业,必须依靠科技对已有技术进行集成创新。

## 2.1 几种常用的提高秸秆饲用价值的方法

改善作物秸秆营养价值的方法主要有物理学方法(Welch,1982)<sup>[9]</sup>、化学方法(Haddad等,1998、1995)<sup>[8,9]</sup>以及对采食低质秸秆日粮反刍家畜瘤胃的调控(Klopfenstein等,1979)<sup>[10]</sup>。近二十年来,国内外畜牧科技工作者围绕提高秸秆的饲用价值进行了各种物理、化学、生物学处理方法的研究,取得了一定的进展。研究最多的是化学方法,起初用Beckman法,继之为改良的Beckman法(NaOH碱化),后又采用Ca(OH)<sub>2</sub>碱化,近20年又用氨替代NaOH。单一氨化并不能充分发挥动物生产潜能,为此,改单一氨化为复合氨化。现行的秸秆处理技术从物理法(切短、粉碎、揉搓、压粒、压块、热喷、碾青、蒸汽处理及辐射处理等,其中又以切短、压扁、浸泡最为常用,为传统的秸秆加工方法)、化学法(酸化、碱化、氨化、氧化及它们相互结合后的复合处理等)到生物法(青贮、微贮、人工瘤胃发酵、纤维素酶解等)是一个由低级向高级发展的过程,单靠任何一种加工调制方法都无法全部消除秸秆的营养缺陷。

### 2.1.1 物理法

将秸秆进行切短、压扁、浸泡、粉碎、粒化、蒸煮、热喷等所做的物理处理,不会改变秸秆的化学成分。切短和压扁可以提高秸秆的容量,浸泡可以使秸秆膨胀、软化,因而可以提高草食家畜的采食量。从瘤胃微生物对秸秆的消化来看,这些处理有利于瘤胃微生物在饲料颗粒上的附着以及随后的生长繁殖和对秸秆的分解、消化。对于秸秆的加工,并不是加工的越细越好。秸秆粉碎过细,虽然增加了饲料与微生物的接触面积,但使得秸秆在瘤胃中停留的时间缩短,流入后消化道的速度加快,减少了微生物对秸秆的消化时间;另外,秸秆粉碎过细,还会减少反刍和采食活动,从而减少唾液的分泌,降低唾液对瘤胃液的缓冲作用,影响纤维分解菌的生长,最终导致秸秆消化率下降。看来物理处理只能提高秸秆的干物质采食量(DMI),而不能提高,甚至是降低(尤其是粉碎)秸秆的消化率。

### 2.1.2 化学法

化学处理包括氨化(液氨氨化、尿素氨化、氨水氨化、碳酸氢铵氨化)、碱化(氢氧化钠、氢氧化钾和氢氧化钙,其中以NaOH处理秸秆效果最好)和氧化(过氧化氢、臭氧、过氧乙酸、过氧化钠以及二氧化硫)处理。按照反应特性来区分,用于秸秆处理的化学药品可划分为两类:①膨胀剂,如碱性物质,包括NaOH和氨;②氧化剂,如过氧化物,二氧化硫、臭氧和次氯酸盐。这些加工方法均可使纤维素和半纤维素与木质素之间的部分化学键断开,与对木质素无破坏分解作用的碱性试剂不同,过氧化物还对木质素有氧化作用,并且能打断木质素与纤维素之间的化学键。由于加工过程中还加入水,所以可使秸秆软化、纤维素膨胀。麦秸经氨水、尿素或液氨处理后,其有机物消化率可提高8~10个百分点。氨化不仅可以提高反刍动物对秸秆的消化率,还可以为瘤胃微生物提供氮源,因而近年来在反刍动物生产中得以广泛推广使用。麦秸经5.4%的氢氧化钠处理后,可使麦秸的干物质消化率由51%提高至72%;若对秸秆进行碱化和氨化复合处理,如尿素加氢氧化钙处理,则可使麦秸的瘤胃干物质降解率提高8个百分点,使稻草的瘤胃干物质降解率提高20个百分点。秸秆经碱化处理后虽然能提高其瘤胃的消化率,但所产生的挥发性脂肪酸(VFA)的比例并没有明显变化,即其代谢能(ME)转化效率并未得到改善。秸秆经氨化和碱化处理后虽可提高反刍动物对其采食量和消化率,使其达到动物维持所需要的能量,但增加体重所需要的能量和蛋白质要靠精饲料去满足。如果秸秆的采食量满足不了维持的能量需要,还需再用一部分精饲料去补足维持所需的能量。碱化法虽然可促进瘤胃发酵,对消化率的改善较明显,但是对采食量的提高不明显,且此法具有一定的腐蚀性,同时对环境造成污染,有时甚至对动物产生毒害作用。

### 2.1.3 生物法

生物法就是向秸秆中添加纤维素酶等复合酶制剂或用细菌、真菌对秸秆进行接种处理,希望部分纤维素在体外就被分解,以提高瘤胃微生物对秸秆的降解率和反刍动物对秸秆的采食量。微生物降解木质素的机理有两方面:一是微生物能够产生直接分解木质素的酶,木质素分解过程受微生物酶类所调节;二是木质素分解过程与活性氧氧化有关,如氢氧根(OH<sup>-</sup>)、

过氧化阴离子( $O_2^-$ )、单个氧分子( $O_2$ )和过氧化氢( $H_2O_2$ )。应用微生物对秸秆进行处理,一般是将微生物制剂接种到秸秆上,并加入一定量的水及其它营养成分,然后进行无氧发酵,达到分解秸秆中纤维素的目的。生物学处理的实质是酶处理,即由微生物(如白色腐败真菌与放射菌)生长繁殖时产生的分解纤维素或木质素的酶发挥作用(上述两类微生物均含有分解木质素的专一酶类,如非特异性的细胞外过氧化物酶和加氧酶),具体表现为:①脱氢作用;②过氧化作用;③加氧作用;④打开 $\beta$ -酯键。此类方法常见的有青贮、发酵、酶解等。物理法是化学法和生物法的前提,而经物理和化学法处理过的秸秆又有利于提高生物发酵质量,将对提高秸秆纤维物质的降解效果具有不同程度的影响。目前所用的生物技术如酶解法及微生物发酵法,仍处于初级水平阶段。尽管基因工程已开始渗透到纤维素分解菌的研究领域,并获取了一些微生物的基因克隆和遗传控制方法,但有其局限性,表现在理想菌种的选择、处理时间的长短、环境的控制等因素限制着生物处理技术的应用。同时,小范围和大范围发酵差别以及饲料内含有的微生物与接种的微生物之间的竞争,也给生物处理技术的应用增加了难度。故此项技术尚不成熟,未能普及,理论上生物技术既能提高采食量,又能促进瘤胃发酵,应是最理想的提高秸秆营养价值的方法。

具体选用哪种加工调制方法除要考虑是否经济实用外,还要考虑到各种加工方法自身的缺陷与不足。在生产实践中,上述各种方法经常结合使用,如碱化后制成颗粒,切碎后碱化或氨化等等,究竟哪一种方法好,要因地制宜不可千篇一律。经处理的秸秆营养价值指数(NQI)计算公式为: $NQI=CP\% \times IVDMD\% / 100$ ,其中CP为粗蛋白,IVDMD为体外干物质消化率(张吉鹏等,2005)<sup>[11]</sup>。

综上所述,提高秸秆营养价值的方法有多种多样,但效果不一。这些技术的使用,在秸秆利用方面起到了一定的作用,但技术尚不够完善,存在“单打一”现象,即过分依赖加工调制,这是秸秆利用研究应用方面存在的一个误区。单一的加工调制并不能真正克服秸秆本身的营养障碍,虽使采食量提高,但利用率未必提高,也就是说单一加工处理并不能全面提高秸秆的营养价值。因此,要考虑多种方法的技术集成,且在利用处理过的秸秆时,要紧紧围绕反刍动物瘤胃的

营养生理特点进行必要的调控。

## 2.2 秸秆利用的营养工程技术

### 2.2.1 秸秆利用的营养工程技术内涵

卢德勋(1993)<sup>[12]</sup>指出,可发酵氮源、可发酵能源、过瘤胃蛋白质、矿物质元素对瘤胃微生物和宿主动物本身都是必不可少的,但秸秆中这些成分的含量很低,所以对于大量采食秸秆的反刍动物而言,严重影响了其生理功能的发挥,降低了其对秸秆的采食和消化。看来仅对秸秆进行加工调制还远远不够,要想提高秸秆饲用的效果,需将粗饲料的加工调制与营养调控型补饲结合起来,进行整体调控。就技术而言,不仅要对其加工调制等单项技术进行研究突破,更要围绕以下三点:第一,提高采食量;第二,促进瘤胃发酵;第三,改善进入动物体内的营养平衡等方面进行技术群的整体突进,并就相关技术进行集成创新。基于这一思想,卢德勋围绕他在1993年提出的“系统整体营养调控理论和技术”,结合我国的实际情况,首次提出“秸秆利用营养工程技术”这一新理论(卢德勋,1998),其定义为:针对秸秆本身存在的缺陷(即适口性差,采食量低;消化率低;某些营养物质缺乏或不平衡)和牛、羊营养生理特点,将加工调制技术、营养调控型产品的使用以及配套的饲养管理技术等多种营养技术措施加以系统集成,充分发挥各种技术措施的整体优势,以达到理想的秸秆饲用效果的成套营养技术(见图1)。

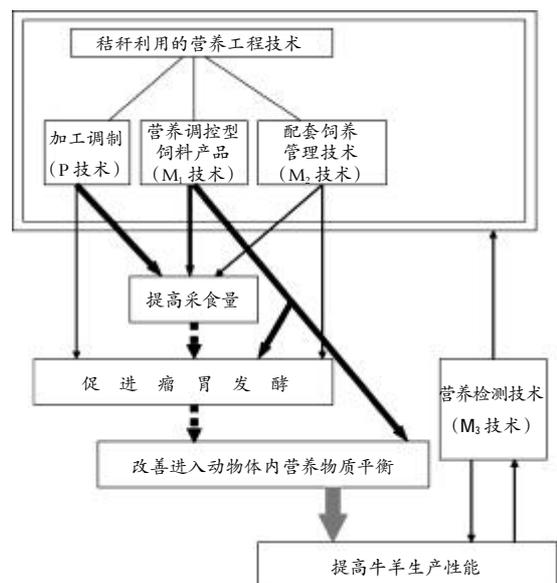


图1 秸秆利用的营养工程技术

这种对既有技术进行系统集成,多种方法集成联用,围绕反刍动物瘤胃的营养生理特点进行必要的调控,构成了“秸秆利用营养工程技术”的理论基础,其最重要的特征是综合技术、系统组合和营养调控优先。提高秸秆饲用价值的营养工程技术的具体措施为采用“P+3M”技术。P技术:即加工调制技术,通过该技术以最大限度提高动物采食量,并在一定程度上改善消化率。M<sub>1</sub>技术:针对秸秆营养缺陷和牛羊营养生理特点,设计和使用营养调控型饲料产品,调控日粮营养素平衡,调控其干物质采食量和瘤胃功能,提高日粮营养物质利用率。M<sub>2</sub>技术:使用一些具有营养调控功能的营养管理技术,例如控制饲料粒度,合理的饲喂次数和次序,青饲催化性补饲技术,以提高P技术和M<sub>1</sub>技术的整体效果。M<sub>3</sub>技术:即营养检测技术,利用牛羊营养检测技术对牛羊营养状况进行检测,改进和提高秸秆高效利用营养工程技术的整体效果。

P技术所要达到的三个调控目标为:①提高动物对秸秆的采食量;②降低秸秆内纤维素的结晶度;③部分裂解包围在纤维素丝外部的木质素与半纤维素共聚物,增加瘤胃微生物或纤维分解酶的作用面积,而不是用加工调制来代替牛羊瘤胃对秸秆的生物发酵作用。

M<sub>1</sub>和M<sub>2</sub>技术所要达到的目标是:①最大限度地发挥牛羊瘤胃作为天然发酵罐的生物优势,使秸秆在瘤胃内发酵达到最佳状态;②改善进入反刍动物体内营养物质的平衡,使大量饲用秸秆的牛羊生产性能和饲料利用率达到最佳水平。具体措施为:①为瘤胃微生物提供足够的营养源(可发酵氮源、可发酵碳源和一些必需的矿物质元素);②利用控制原虫技术,提高瘤胃微生物的生长率;③通过将饲料加工成适宜粒度,控制瘤胃食糜的流通速率;④利用青饲催化性补饲技术,促进瘤胃微生物发酵;⑤利用粗饲料分级指数(Grading Index, GI)实现秸秆与其它粗饲料优化搭配;⑥利用日粮营养结构调整和使用特殊营养调控剂提高日粮营养物质利用率。M<sub>3</sub>技术对动物营养状况进行有效检测,为营养调控和营养决策提供重要的技术依据,最大限度地提高营养工程技术的整体效果。

### 2.2.2 秸秆利用营养工程技术的实践

“秸秆利用营养工程技术”理论已经在接受实践的检验,正逐渐显示出其强大的生命力。高民等

(1997)<sup>[13]</sup>试验证明,在不增加精料给量的情况下,采用整体营养调控技术可以提高氨化秸秆(麦秸)的养分利用率。王庆基等(1997)<sup>[14]</sup>试验证明,单纯补饲缺乏的矿物质效果明显落后于采用整体营养调控技术补饲。谭支良(1998)<sup>[15]</sup>对以提高秸秆利用效果为目标的日粮营养结构技术进行了研究。他的试验证明,在以麦秸作为粗饲料大量饲喂反刍动物(羊)时,当日粮中SC: NSC=1: 1.7, UDP: RDP=0.62时, NDF的动态降解率会产生正组合效应,日粮中确实存在一个理想的SC: NSC及UDP: RDP搭配比例。韩春艳(1998)<sup>[16]</sup>的试验证明,在大量利用低质纤维饲料日粮的条件下,采用部分驱原虫技术,可以保证纤维物质在瘤胃内的有效利用率。胡明等(2001)<sup>[17]</sup>研究了不同阴阳离子平衡(DCAB)水平对秸秆利用率的影响,表明在大量饲喂低质粗饲料(玉米秸秆)的日粮条件下,当DCAB在每100g干物质0、10、20及40 meq范围时,最佳DCAB为100g干物质20 meq,此时(玉米)秸秆瘤胃有效(动态)降解率(PED)最高,瘤胃微生物合成达最高值。参木有(2001)<sup>[18]</sup>对现有的秸秆(玉米秸)不同加工调制技术的效果进行了评定,证明秸秆利用的营养工程技术是充分发挥反刍动物对秸秆饲料最大利用率的一条新的技术思路。卜登攀(2002)<sup>[19]</sup>的研究证明,绒山羊瘤胃微生物生长适宜的能氮比为每千克可降解有机物(DOM)23 gRDN,超过此值,氮过剩;相反则氮不足,会限制微生物生长,进而影响到秸秆的消化率。杨永明(2002)<sup>[20]</sup>采用体内法和体外法,局部与整体效果相结合的研究思路对外源纤维复合酶的作用效果及机制进行了研究,证明外源纤维复合酶在绵羊瘤胃及瘤胃后的消化道内稳定性较好,因而在绵羊饲养中应用外源纤维复合酶是可行的。外源纤维复合酶提高绵羊生产性能的可能机制之一是提高了日粮纤维物质的利用率。外源酶整体作用效果包括酶在绵羊整个消化道内对日粮养分的消化、吸收状况,以及日增重的变化等。王旭(2003)<sup>[21]</sup>首次验证了GI理论:对几种常见粗饲料(沙打旺、羊草、玉米秸与谷草)的GI值进行了测定,并将GI对粗饲料的分级与RFV对粗饲料的分级进行了比较,结果其品质优劣排序完全一致。而且,用GI优化的混合粗饲料(50%玉米秸+40%沙打旺+10%羊草)与精料(粗:精为7:3)组成的全混合日粮较青干草与同一精料(粗:精为7:3)组成的全混合日粮成本低,生产性能高。张吉鹏(2004)<sup>[22]</sup>建立了

预测绵羊 GI 的模型,并就 GI 优化的混合日粮在整个消化道及消化道各段对消化率与流通速率、绵羊日增重与饲料转化效率的组合效应进行了测定。刘晓晖(2006)<sup>[23]</sup>证明用青贮玉米或精料替代复合稻草块中10%的稻草可产生显著的正组合效应,能有效地提高奶牛的采食量、消化率与产奶性能,效果略好于苜蓿草块的饲喂效果。段智勇(2006)<sup>[24]</sup>研究了复合处理稻草颗粒料中的组合效应,认为劣质粗饲料与易发酵碳水化合物之间组合效应的实质是 NDF 与淀粉的组合效应,而且这种组合效应在消化层次上与代谢层次上的表现不尽一致,并认为纤维素利用菌的增加及其分泌物纤维素酶活性的增加是稻草 NDF 与玉米淀粉产生组合效应的重要机理之一。王佳堃(2006)<sup>[25]</sup>就稻草预处理后亚细胞结构及其理化特性变化规律进行了研究,指出化学预处理降低稻草粗纤维、半纤维素含量,使稻草溶胀能力增强;降低木质素和粗蛋白含量,使稻草持水力增加。溶胀和持水力增强的稻草易为瘤胃液浸润,从而稻草的降解速度和降解程度提高。此作用体现在组织和细胞层面则是,氢氧化钠的碱化作用溶解表皮蜡硅层,使薄壁、厚壁和维管组织皱缩,在瘤胃降解时,加速薄壁维管组织降解的同时,表皮亦降解,表现为内、外的双向降解模式;而碳酸氢铵的氨化和碱化作用均较弱,仅加速表皮蜡硅层的破裂,未显著影响基本组织形态,瘤胃降解时,没有明显的降解优势,表现为由内向外的单向降解模式。

### 3 小结

在考虑我国粮食供求形势以及优质牧草生产现状的基础上,秸秆利用的营养工程技术作为比较系统的整体营养调控理论和技术,改变了秸秆以往单一的利用模式,使秸秆这一资源在草食家畜生产中将发挥更好的作用。大量的实践已经证明这一理论的科学性,为秸秆的科学应用提供了技术保证,同时,这一理论也将加快草食畜牧业产业化步伐。

### 参考文献

- 白韵茹.迎接 21 世纪挑战饲料工业任重而道远[J].饲料工业,1998,19(6):1~4
- 沈镇昭.我国畜牧业继续强劲增长.中国畜牧报,2004 年 1 月 4 日第 1 版
- 杨振海.抓住机遇加强管理把秸秆养畜工作推向新阶段[J].中国饲料,1998(22):4~5
- 张正河.中国牧草产业市场与经营[J].动物科学与动物医学,2003,20(9):14~16
- 冯仰廉.论秸秆的饲用价值及科学利用[A].动物营养研究进展[C],中国农业出版社,2000.66
- 戴宝成,茹新杰,王镇.秸秆压块饲料厂的建设与经济效益[J].饲料科技,2003,13(6):32~34
- Welch J G. Ruminant, particle size, and passage from the rumen [J]. J. Anim. Sci., 1982, 54: 885~894
- Haddad S G, Grant R J, Kachman S D. Effect of wheat straw treated with alkali on ruminal function and lactational performance of dairy cows [J]. J. Dairy Sci., 1998, 81:1956~1965
- Haddad S G, Grant R J, Klopfenstein, T J. Digestibility of alkali-treated wheat straw measured in vitro or in vivo using Holstein heifer [J]. J. Anim. Sci., 1995, 73:3 258~3 265
- Klopfenstein T, Berger L, Paterson J. Performance of animals fed crop residues [J]. Fed. Proc., 1979, 38:1 249~1 275
- 张吉鹏,李龙瑞,邹庆华.浅析提高秸秆营养价值的方法[J].奶牛,2005(1):19~20
- 卢德勋.反刍动物营养调控理论及应用[J].内蒙古畜牧科学(特刊),1993
- 高民,王志铭,奥德,卢德勋.利用系统整体调控技术提高氯化麦秸养分利用率的研究[J].内蒙古畜牧科学,1997(1997 年增刊):57~60
- 王庆基,武立怀,李国华,等.内蒙古教汉地区放牧羊矿物质营养检测-补饲效应试验部分.内蒙古畜牧科学,1997(1997 年增刊):173~181
- 谭支良.绵羊日粮中不同碳水化合物和氮源比例对纤维物质消化动力学的影响及其组合效应评估模型研究[D].呼和浩特:内蒙古农业大学动物科学与医学院,1998
- 韩春艳.控制原虫对日粮中纤维物质和蛋白质在瘤胃内的降解和利用以及进入十二指肠含氮物质流通量的影响[D].呼和浩特:内蒙古农业大学动物科学与医学院,1998
- 胡明.在大量饲喂玉米秸秆日粮条件下,日粮阴阳离子平衡对绵羊纤维物质瘤胃降解、氮代谢及生产性能的影响[D].呼和浩特:内蒙古农业大学动物科学与医学院,2001
- 参木有.玉米秸秆不同加工调制技术的效果和方法研究[D].呼和浩特:内蒙古农业大学动物科学与医学院,2001
- 卜登攀.绒山羊瘤胃能氮同步释放及其对微生物蛋白合成影响研究[D].银川:宁夏大学动物科学与医学院,2002
- 杨永明.纤维复合酶对绵羊饲养中的作用效果及作用机制的研究[D].呼和浩特:内蒙古农业大学动物科学与医学院,2002
- 王旭.利用 GI 技术对粗饲料进行科学搭配及绵羊日粮配方系统优化技术的研究[D].呼和浩特:内蒙古农业大学动物科学与医学院,2003
- 张吉鹏.粗饲料分级指数参数的模型化及粗饲料科学搭配的组合效应研究[D].呼和浩特:内蒙古农业大学动物科学与医学院,2004
- 刘晓晖.替代青贮玉米对复合稻草块采食量、消化率及奶牛产奶性能的影响[D].杭州:浙江大学动物科学学院,2006
- 段智勇.反刍动物日粮中淀粉与纤维的组合效应及其机理的研究[D].杭州:浙江大学动物科学学院,2006
- 王佳堃.稻草预处理后亚细胞结构及其理化特性变化规律研究[D].杭州:浙江大学动物科学学院,2006

(编辑:崔成德, [cuicengde@tom.com](mailto:cuicengde@tom.com))

# 松针粉的研究及应用进展

罗士津 瞿明仁

**摘要** 我国的松针资源丰富,价格低廉,含有多种维生素和矿物质元素,具有很高的营养价值。根据松针粉的这些特性,将其应用于畜牧业生产可以提高动物的生产性能,降低生产成本,为畜牧业生产做出巨大贡献。

**关键词** 松针粉;营养价值;应用效果

**中图分类号** S816.5

Advance in study and application in pine needle powder

Luo Shijin, Qu Mingren

**Abstract** There is rich of pine needle in our country. And it is very cheap, there are plenty of Vitamin and mineral substance element, so it has very high nutritive value. Use the pine needle powder to the stock raising could improve the animal production, reduce the production costs. So it would make a great contribution to the stockbreeding. This article summarized the nutritive value, especial function, product process and applied effects of pine needle powder.

**Key words** pine needle powder; nutritive value; applied effects

松针粉是一种高效的天然绿色添加剂,主要由马尾松等松类树种的针叶经过一系列工艺加工而成。松针味苦、性温,有补充营养、健脾理气、祛风燥湿、杀虫和止痒等功效。近年来很多试验证实,松针含有动物生长所必需的生物活性物质和营养成分。松针粉含有丰富的胡萝卜素、叶绿素和多种维生素,并含有17种氨基酸和十几种微量元素及多种植物杀菌素。它能增强动物机体的新陈代谢,防治疾病、促进生长和提高生产性能。松针来源于山林,受污染少,而且是可再生资源,是生产绿色、保健食品和绿色添加剂的可贵资源,今后对松针粉的开发和利用将会越来越受到人们的重视。

## 1 松针粉的饲用价值<sup>[1]</sup>

### 1.1 胡萝卜素含量丰富

各类松针粉中的胡萝卜素含量一般在69~365 mg/kg之间。胡萝卜素在畜体内可转化为维生素A,能有效防治各种畜禽因维生素A缺乏所引起的皮肤病。

### 1.2 含有多种维生素

松针粉中含有大量的维生素C和维生素E等,其中维生素C的含量为850~2 203 mg/kg,维生素E的

含量一般在201~1 266 mg/kg之间。长期饲用能够促进畜禽的生长,增加其抗应激和免疫力,防治一些常见的畜禽疾病,并且具有预防和抑制生物体细胞膜过氧化化的功能,能起到抗衰老的作用。

### 1.3 含有大量的蛋白质

黄山松中的蛋白质含量为11.9%,落叶松中的含量是15.2%,其它品种的含量在8%左右。松针粉中不仅蛋白质含量较高,而且蛋白质中的氨基酸组成也较为全面,共含有18种氨基酸,其中包括动物所必需的8种氨基酸。

### 1.4 含有丰富的微量元素

松针粉中含有的微量元素多达40余种,比苜蓿草含有的微量元素还要丰富。松针粉中微量元素含量分别为(mg/kg):铜56、锰215、铁329、锌38、硒0.36、钴0.58、钼0.87。

### 1.5 松针粉中含有较多的脂类物质

据粗略估算,松针粉中的粗脂肪含量在3.8%~13.1%之间,其中粗脂肪中所含的脂肪酸具有不饱和性,能有效提高肉的品质。此外,松针粉中还含有植物杀菌剂及植物激素,可抑制机体内有害微生物的生长繁殖,促进畜禽生长。

下面是一个由江西省永丰县松针粉厂送检提供检验的分析报告,此样品是经中国林科院林产化工研究所测定,松针粉含有40多种活性物质和营养成分

罗士津,江西农业大学动物科技学院,330045,江西南昌。

瞿明仁,单位及通讯地址同第一作者。

收稿日期:2006-10-16

(见表 1、表 2)<sup>[2]</sup>。

表 1 松针粉成分分析

测定项目	测定结果(%)	测定项目	测定结果(mg/kg)
粗蛋白质	8.52	胡萝卜素	88.76
粗脂肪	9.8	维生素 C	941
粗纤维	24.5	维生素 B	13.8
无氮浸出物	37.06	维生素 B	217.2
灰分	2.86	维生素 E	995
水分	9.8	叶绿素	1 564
钠	0.03	锰	215
镁	0.14	铁	329
磷	0.11	锌	38
钙	0.59	钴	0.58
钾	0.46	硒	0.36
		铜	0.87
			56

表 2 氨基酸分析(mg/100 mg)

名称	含量	名称	含量
天门冬氨酸	0.62	胱氨酸	0.17
苏氨酸	0.27	缬氨酸	0.46
谷氨酸	0.69	蛋氨酸	0.34
甘氨酸	0.53	异亮氨酸	0.33
丙氨酸	0.37	亮氨酸	0.54
酪氨酸	0.24	脯氨酸	0.29
苯丙氨酸	0.44	色氨酸	0.09
赖氨酸	0.43	丝氨酸	0.28
组氨酸	0.40	氨	0.15
精氨酸	0.27	总计	6.91

## 2 松针粉加工新工艺<sup>[3]</sup>

### 2.1 加工工艺流程

鲜松针叶→瞬间高温处理→烘干→鼓风→粉碎→成品→包装入库。

### 2.2 注意事项

2.2.1 鲜松针采收后要及时摊放,晾干水分,大规模加工时可用层架晾放,并尽量保持空气对流。秋、冬季节松针叶的含水量较低,气温亦较低,故可在室外短时堆放,同时加工的速度要快些。

2.2.2 尾松和湿地松含水量不一,在加工时要分别进行,不可混合一起加工。

2.2.3 杀酶机在进料前要进行预热,加温至铁板冒热气即可进料;然后视出料去蜡情况调节炉火大小,一般出料柔软视为适中。

2.2.4 松针杀酶去蜡后即进行烘干。烘干温度比杀酶温度适当降低,出料温度以 70℃左右为好。

2.2.5 烘干机出来的松针,利用鼓风机降温至常温,因此出机后松针不必堆积太高,冷却后即可粉碎。如在冬季,鼓风机上的送风板可以取消。

2.2.6 把干燥的松针用粉碎机研磨粉碎,粉碎粒度为猪用 2 mm,鸡用是 1 mm。

2.2.7 松针粉可分为特级、一级、二级和三级。各等级的粗纤维含量不应高于 32%,水分为 8%~12%。此外,特级、一级和二级的粗杂质含量应分别不高于 5%、5%和 8%;每千克松针粉的胡萝卜素含量应分别达到 90 mg、70 mg 和 60 mg。

## 3 松针粉的特殊作用

### 3.1 具有抑菌作用

许丽璇、蔡建秀(2003)<sup>[4]</sup>在松针叶水提取液(PWE)和醇提取液(PAE)的抑菌试验中发现,马尾松松针叶对金黄色葡萄球菌、枯草杆菌、大肠杆菌、酵母菌、变形杆菌、八叠球菌等 6 种微生物抑菌圈直径在 8~16 mm,显示中等程度的抑菌能力,对微生物具有抑菌活性,其中对致病菌金黄色葡萄球菌、大肠杆菌均具有较强的抑菌能力,可筛选作为抗菌药物来源,民间用药法习惯以水煮剂为主。马尾松松针叶对 6 种细菌有不同程度的抑菌作用。醇提液抑菌强度为金黄色葡萄球菌>枯草杆菌>大肠杆菌>酵母菌>变形杆菌>八叠球菌;水提液抑菌强度为大肠杆菌>金黄色葡萄球菌>枯草杆菌>变形杆菌>八叠球菌>酵母菌。

松针粉还可用于鱼病防治,马尾松可防治鱼的赤皮病、烂鳃病、锚头蚤病。用量为 667 m<sup>2</sup> 水深 1 m 用松树叶 10~15 kg,捣碎压汁,全池泼洒<sup>[5]</sup>。

### 3.2 具有提高动物免疫力的作用<sup>[6]</sup>

陈宝江、王建辉(2000)发现,在雏鸡日粮中添加 3%松针粉,结果表明,试验组较对照组:①红细胞数平均增加 0.39%,经检验两组红细胞数量变化差异不显著(P>0.05),但松针粉有促进红细胞生成的趋势;②白细胞平均增加了 10.22%,差异显著(P<0.05),说明松针粉可提高雏鸡血液白细胞数量,从而全面提高雏鸡抗病、抗逆能力;③血红蛋白平均增加了 2.25%,差异不显著(P>0.05),但松针粉有提高雏鸡血红蛋白含量的趋势;④新城疫(ND)抗体水平平均增加了 24.30%,差异极显著(P<0.01),且试验组 ND 抗体峰值高,高峰(>5log)维持时间为 12 d,极显著高于对照组的 3 d(P<0.01),表明松针粉能提高 ND 抗体水平,增强机体特异性免疫功能,有效抵抗新城疫的发生。

### 3.3 可作为鱼类的诱食剂

据詹松洪(1999)报道,在鲤鱼饲料中添加 2%松针粉,鱼的啄食效率明显提高,吃完饲料时间比对照组快 10 min。徐蒲林(2000)用牧草、青叶、鲜松叶 3 种等量青饲料混合均匀撒在草鱼池中投喂,经 1 h 后用密网捕捞所剩下的青饲料进行分析,结果发现,牧草剩下 8.75%,青草剩下 9.16%,松针剩下 1.20%,说明松针有

较强的诱食作用。

#### 4 松针粉在畜牧生产中的应用

##### 4.1 饲喂猪的效果

在猪日粮中添加 2.5%~4.5%的松针粉,试验组猪的增重可比对照组提高 15%以上,且猪每增重 1 kg 可节约原粮 0.11 kg。在公猪日粮中添加 4%的松针粉,其采精量可提高 8%~10%。松针粉与槐叶粉养猪对比试验显示,分别在当地猪日粮中添加 8%,饲喂 9 个月,松针粉组较槐叶粉组增重提高 5%~13%,而且毛皮较光亮,瘦肉率提高,并有防治胃肠道疾病和维生素缺乏症的功用<sup>[7]</sup>。

陈龙星等(2000)<sup>[8]</sup>经试验发现,应用松针粉作为猪饲料添加剂,有利于促进猪的生长发育,提高日增重,特别是添加量为 4%时,平均每头日增重比对照组增加 91 g,提高 13.2%,肉料比提高 11.84%,具有明显的增重效果和经济效益。

若在猪的日粮中添加 2.5%~4.5%的松针粉,增重率可提高 15%以上。若将一头 20 kg 重的仔猪养到 100 kg,时间可缩短 30~60 d,且猪的毛皮光亮红润,肉质改善明显,瘦肉率有所提高。

陈艳珍(2004)<sup>[9]</sup>经试验发现:①日粮中添加 4%的松针粉,在试验前期(0~21 d)仅表现微弱的效果,增重和饲料转化率分别提高 2.59%、3.45%,试验后期(22~71 d)效果显著,提高日增重和饲料转化率分别为 16.58%( $P<0.01$ )和 11.48%,全期平均提高 12.97%( $P<0.05$ )和 9.63%;②在日粮中添加 4.5%的松针粉,可以使试验前期(0~35 d)、后期(36~65 d)、全期日增重分别提高 2.82%、14.43%( $P<0.05$ )和 8.13%( $P<0.05$ ),饲料转化率分别提高 1.89%、5.56%和 3.23%;③在日粮中添加 5%的松针粉,在 115 d 的试验期内可提高日增重和饲料转化率分别为 9.75%( $P<0.05$ )和 3.91%。以上 3 个试验结果表明,松针粉的作用,在生长肥育猪的试验后期比前期明显,后期促生长效果以及对饲料转化率的提高远好于前期。这一结果提示我们,饲喂松针粉一定要长期饲喂,否则效果不明显。并且还发现,在整个试验过程中,与对照组相比,试验组猪群生长较整齐,被毛富有光泽,皮肤红润,肌肉丰满,精神活泼,没有发生任何疾病,而对照组的猪则先后有拉稀现象发生。在整个试验过程中试验猪病死率均为零,试验组猪采食量较对照组有所提高,但差异不明显。

范福贤、周爱倩(2005)<sup>[10]</sup>在中草药松针粉添加剂对养猪的效果观察试验中发现,在仔猪基础日粮中添加松针粉,其剂量按每头每天 20 g 计算,观察其生长

情况,结果显示,试验组的日增重比对照组提高 0.09 kg,即提高 22%;发病情况试验组比对照组减少 82%,差异极显著( $P<0.01$ )。

黄志秋等(2001)<sup>[11]</sup>采用直接阴干粉碎和冷水浸泡后阴干粉碎加工松针叶粉,分别按 3%加入到断奶仔猪饲料中,试验结果表明:平均日增重对照组 351 g,直接阴干组 361 g,浸泡阴干组 502 g;浸泡阴干组分别比对照组、直接阴干组提高 43.02%和 39.06%( $T$  检验: $P<0.01$ );直接阴干组比对照组提高 2.85%( $T$  检验: $P>0.05$ )。料重比对照组 3.42,直接阴干组 3.32,浸泡阴干组 2.39,每增重 1 kg 体重消耗风干饲料量,浸泡阴干组比对照组、直接阴干组分别降低 30.12%和 28.01%( $T$  检验: $P<0.01$ );直接阴干组比对照组降低 2.92%,差异不显著( $T$  检验: $P>0.05$ )。

##### 4.2 饲喂家禽的效果

在产蛋鸡日粮中加入 5%的松针粉,可提高产蛋率。在鹅日粮中添加 10%的松针粉,产蛋率、受精率、孵化率均能提高。在北京种鸭的日粮中添加 0.03%~0.05%的松针膏(松针为原料通过化学处理生产的富含叶绿素、胡萝卜素的物质),显著提高了产蛋率<sup>[7]</sup>。

陈宝江、王建辉(2000)<sup>[6]</sup>经试验发现:在 1 日龄尼克红蛋雏日粮中添加 3%的松针粉,42 日龄试验组较对照组平均体重增加了 14.57%,体重变化差异显著( $P<0.05$ )。表明松针粉促生长作用明显,且可提高饲料利用率。

在饲料中添加 3%~5%的松针粉,可全面提高雏鸡免疫功能,提高抗病、抗逆能力,提高成活率 10%左右。在促进雏鸡的生长方面,可使雏鸡的生长期由原来的 110 d 缩短到 100 d,每只鸡的饲料消耗由原来的 7.5 kg 降到 6.5 kg。西安农科院在蛋鸡配合料中添加 6%松针粉,产蛋率增加 9.1%,受精率为 94.1%,节约饲料 15.1%,并且其蛋黄颜色变深,味道鲜美;在肉鸡饲料中添加 3%的松针粉,可加快生长速度,缩短生长期<sup>[1]</sup>。

李继光(2001)<sup>[12]</sup>经试验发现,如在蛋鸡配合日粮中添加 5%的松针粉,产蛋率可提高 13.8%,且增加蛋黄中黄色光泽,味道也更加鲜美;在肉鸡饲料中添加 3%的松针粉,可加速肉鸡生长,缩短肉鸡生长期,使饲养期由 90 d 左右缩短为 60 d,肉鸡单个体重可达 1.5~2.0 kg。

王三立(1999)<sup>[13]</sup>经试验发现:在日粮中添加 3%~5%松针作为蛋鸡的叶粉类饲料,不仅可以提高产蛋量,同时还可以提高饲料转化率,提高经济效益,以添加 3%最佳;3%~5%的松针叶粉有明显的促进蛋黄着

色作用。说明松针叶粉既有营养作用又是一种天然着色剂,值得开发利用。

沈真祥等(2000)<sup>[4]</sup>经试验发现,将试验组按照配方标准添加 0.2%松针粉代替对照组饲料配方中的微量元素和约一半的维生素,结果显示,试验组的育雏鸡和育成鸡增重效果和成活率差异皆不显著。所以用松针粉代替微量元素和部分维生素对生长鸡发育无不良影响,可以减少耗料和降低饲料成本。

段树清(1998)<sup>[5]</sup>发现,日粮中添加松针粉后对 21~147 日龄鸡的育成率试验组比对照组高 2.4%,差异显著( $P<0.05$ ),可以减少死淘数,从而提高育成率;试验组产蛋期鸡存活率比对照组提高 2.6%,差异显著( $P<0.05$ ),产蛋率和产蛋数都有不同程度的提高和增加;而试验组公鸡料中添加 5%的松针粉后公鸡的存活率比对照组高 9.2%,差异极显著( $P<0.01$ )。

#### 4.3 在养牛生产中的应用<sup>[1]</sup>

在奶牛日粮中添加 8%的松针粉后,其产奶量可提高 7.4%。此外,饲喂松针粉对奶牛的胃肠道病、维生素缺乏等疾病也有良好的防治效果。

#### 4.4 在养兔生产中的应用

在种公兔日粮中添加 2%~5%的松针粉,可提高公兔的性欲和配种受胎率。在毛兔日粮中,每只添加松针粉 50 g 可使产毛量提高 16.5%,促进待配母兔饲喂发情、排卵,母兔产仔率提高 10.9%;仔兔成活率提高 7%;畸形死兔减少 9.2%;幼兔增重率大幅度提高;并有止泻、消喘等功效。同时,用鲜松针加水煮沸 1 h,取松针汁喂兔,每天 1 次,连喂 3 d,可预防和治疗家兔感冒<sup>[1]</sup>。

侯广玉(1997)<sup>[16]</sup>用松针粉替代哈白兔日粮中 8%的精料,经过 90 d 的试验后发现,平均日增重试验组(24.79 g/d)比对照组(20.59 g/d)增加 4.2 g,差异极显著。松针粉不仅可以代替一部分饲料,还可以提高仔兔日增重,降低饲养成本,提高经济效益。

芦文王君(2003)<sup>[17]</sup>经试验证实,在肉兔饲养中,以 40%的松针粉替代基础日粮,不影响肉兔的日增重,试验期内试验组日均增重为(29.7±2.5) g,对照组为(28.3±2.1) g,差异不显著( $P>0.05$ ),表明用松针粉饲喂肉兔是可行的。

#### 4.5 在养鱼生产中的应用

陈咸瑾等在鱼饵料中添加 4%的松针粉进行网箱养鱼试验,结果试验组与对照组相比净产量提高 40.2%,表明在颗粒饵料中添加松针粉养鱼有利于增产、增收。

松针粉可促进鱼类生长,降低饵料系数。据日本

东京一家水产研究所试验,用占饵料 3%赤松针粉饵料投喂团头鲂,经 95 d 试验,试验组鱼的增重率总体比对照组提高 11.25%,饲料利用率提高 7.33%,饵料系数下降 3.68%。汪阳辉(1997)在河蟹试验、徐秀珍(1998)在鲤鱼试验、曹杨(2000)在青虾试验、谢东水(2001)在草鱼试验中分别都得出类似的结论。

日本三井诺林株式会社的一项研究发现,在水产饲料中添加 3%~5%的松针叶粉,可以提高鱼肉的香味和改善鱼肉的品质。

在鱼饵料中添加 4%松针粉进行网箱养鱼试验,结果添加松针粉的试验组与对照组相比,净产提高 4.28%,饵料系数降低 2.93%,个体生长提高 10.47%,商品鱼规格提高 9.77%<sup>[18]</sup>。

## 5 结语

综上所述,松针粉在畜牧业中的应用范围广泛,应用效果显著,值得推广,但要考虑添加的剂量。

### 参考文献

- 刘忠琛.松针粉的饲用价值和加工方法[J].畜牧兽医科技信息,2005(2):53
- 刘振贵.松针粉饲用价值及市场展望[J].江西林业科技,2003(2):38-40
- 王小红.优质松针粉简易快速加工的新工艺[J].饲料工业,2000,21(12):12-13
- 许丽璇,蔡建秀.马尾松的功用及抑菌试验[J].宁德师专学报(自然科学版),2003,15(2):186-189
- 孙克年,曹敬华.松针在水产养殖中的开发应用[J].齐鲁渔业,2005,22(9):11-12
- 陈宝江,王建辉.松针粉对雏鸡生长及免疫力影响的研究[J].饲料研究,2000(4):28-30
- 杨宗亮.浅谈松针粉饲料的生产与饲用[J].西部粮油科技,2000,25(1):49-50
- 陈龙星.饲料添加松针粉饲养肥育猪试验[J].福建农业科技,2000(5):19
- 陈艳珍.松针粉对生长肥育猪生产性能的影响[J].饲料研究,2004(11):38-40
- 范福贤,周爱情.中草药松针粉添加剂对养猪业的效果观察[J].中兽医学杂志,2005(4):12-13
- 黄志秋.不同加工方法的松针叶粉对断奶仔猪影响的研究[J].山东畜牧兽医,2001(6):4-5
- 李继光.松针叶制作畜禽饲料[J].养殖技术顾问,2001(12):17
- 王三立.华北落叶松针叶粉饲喂产蛋鸡效果的研究[J].河南科学,1999,17:118-120
- 沈真祥.在鸡饲料中添加松针粉代替多种维生素微量元素的效果[J].吉林畜牧兽医,2000(4):25
- 段树清.在肉种鸡饲料中添加松针粉对其育成率、生产率的试验[J].石河子科技,1998(4):55-56
- 侯广玉.利用松针粉饲喂哈白兔效果观察[J].黑龙江畜牧兽医,1997(5):40
- 芦文王君.松针粉饲喂肉兔的效果研究[J].青海草业,2003(12):9-10
- 王景华.鱼用中草药添加剂[J].农村新技术,1998(8):30-31

(编辑:崔成德, [cuiengde@tom.com](mailto:cuiengde@tom.com))

# 我国生猪期货上市问题的研究

何蒲明

2006中央一号文件提出“要发展大宗农产品期货市场”,政府工作报告和“十一五”规划也将推动期货市场的发展列入其中,以品种创新推动市场发展已成为各界共识。由于我国最近几年期货市场健康稳定,逐步走向规范与成熟,市场逐渐需要吸纳一些新的品种,那么在选择新品种时,首先应该考虑那些对国民经济发展的影响和意义最大的,那么生猪期货就是最合适的创新品种之一。生猪期货始于实践,生猪期货在国外很早就有,具有比较成熟的历史和背景,为生猪需求和生产都提供了很好的保护作用。

## 1 我国生猪市场的现状

我国是生猪生产、消费和贸易大国,2004年底生猪存栏4.82亿头,年产生猪量占世界总产量的50%以上。猪肉是我国最大的肉类消费品,生猪饲养在我国农业生产中占有极其重要的地位,是广大农民的主要收入来源之一。但生猪价格波动频繁,不仅使生猪生产者、猪肉加工和流通企业面临着无法回避的风险,而且还严重制约了我国生猪的品种改良、规模化与标准化生产及猪肉深加工增值产业化的进程。同时,作为我国许多地区农民的主要收入来源之一,饲养生猪是其日常工作之一,但在定价权上,却一直处于弱势地位,频繁的价格波动使他们的生产带有一定的投机性。

中国9亿农民中有5亿在养猪,而且肉食也是以猪肉为主,如果养猪业能得到健康发展,对农民增加收入稳定增收渠道都有重要意义。生猪期货就可以稳定生猪价格,起到生猪价格稳定器的作用。我国生猪市场“蛛网现象”非常明显,即行情好时,一窝蜂的补栏,扩大规模,导致供应量快速增加,从而导致价格下跌,亏损程度严重,深度亏损维持一定时间后,又大量淘汰母猪,导致母猪存栏迅速减少,生猪供应量快速下降,价格上涨。蛛网现象严重影响到我国养猪业的发展,价格涨起跌落,农民基本上一直处在赚一年亏

一年的循环中。因此,如果单纯依赖市场经济的调节不能完全有效地适应目前的经济现状。而如果推出生猪期货,对整个市场的管理将会很有成效。因为价格一旦稳定下来以后,养殖业就会稳定增收,这样可以促进农民养殖的集约化和专业化发展。

如果有了生猪期货,就可以通过价格发现功能和套期保值功能来稳定饲养生猪的利润,可以锁定生猪加工的成本,引导生猪现货市场的运行,减少价格波动给生产经营者带来的不利影响。

## 2 美国生猪期货概述

了解一下国外的经验,特别是美国生猪行业的经验,或许对中国养猪市场会有所启发。美国牲口期货有20年以上历史,市场相当成熟,主要在芝加哥商业交易所(CME)挂牌。期货品种主要有:瘦肉猪、冷冻猪腩、活牛、饲牛。CME除有标准化合约的牲口期货外,几乎所有牲口品种都有期权交易。

就牲口期货而言,全球除美国外,只有巴西和澳大利亚稍具规模。值得一提的是,巴西有牛类期货而无猪类期货;澳大利亚有羊毛期货和牛类期货,同样没有猪类期货。

### 2.1 美国生猪市场概况

随着美国畜牧业生产越来越工业化、专业化,各类畜牧养殖场的规模都在扩大而数量却在减少。美国是世界养猪生产大国,生猪存栏数和猪肉产量都仅次于我国,居世界第二位。20世纪90年代,美国生猪生产连年下降,进入21世纪后,生猪存栏有所回升,2002年猪肉产量897万吨,生猪年销售额为10亿多美元,养猪行业每年为美国创造75.7万~80万个就业机会。

美国是世界猪肉的第三大进口国,约占世界进口猪肉市场的18%。近10年来,美国从加拿大进口猪肉的数量激增,主要原因是加拿大养猪产业的迅速发展和北美自由贸易区的建立。美国还从加拿大进口大量活猪,2000年以后,每年进口量约600万头。此外,美国还向墨西哥出口活猪,向中国等亚洲国家出口的活猪占美国活猪(大部分是种猪)出口量的14%。

### 2.2 美国生猪期货的交割方式

美国生猪期货的交割方式目前采用的是现金交割方式。现金交割也称现金结算,主要应用于金融期货交易。1972年CME在其冻鸡期货合约中引入了现

何蒲明,长江大学经济学院(西校区),434025,湖北荆州。

收稿日期:2006-11-20

★湖北省教育厅课题《农产品期货市场与农村经济发展研究》(项目编号:2005q069)

金交割。目前 CME 在其生猪、活牛期货中,都采用了这种交割方式。瘦肉猪是 CME 成交最活跃的农产品期货之一,它采用现金结算,全部多头合约可以在最后交易日之后由 CME 清算所根据全部卖空合约进行结算,以 CME 的瘦肉猪指数作为结算价。

### 2.3 美国生猪期货的产生及作用

为了稳定生猪生产、保护生产者利益,1966年,生猪期货在 CME 开始交易。在 30 年后的 1996 年,生猪合约演变为瘦肉猪合约。CME 于 1995 年开始瘦肉猪期货期权合约交易,现在,瘦肉猪合约在 CME 买卖最活跃的农产品合约中名列第二。作为一个风险管理工具,该合约满足了猪肉食品加工商对付肉猪易变的价格和存储加工产品价格风险的需要。美国的生猪期货对于稳定生猪生产、储运加工和消费市场起到了一定的作用。

## 3 我国生猪期货上市的意义和作用

畜产品期货在国际市场上已有数个成熟品种,但在中国这一系列品种还是空白,因此生猪期货如能早日上市交易,对于国内农产品期货市场的发展将具有重要的意义。

### 3.1 抢夺猪肉定价权

从期货市场的角度来看,期货市场的发达与否直接影响本国企业在大宗商品国际市场中的地位和价格影响力。在不完全竞争的国际市场上,期货价格成为大宗商品协议定价的基础,发达国家常常通过影响本国期货市场同类产品期货合约价格的方式,影响或支配大宗商品的定价。比如说我国小麦期货交易日渐活跃,在 2002 年,路透社把我国郑州商品交易所的小麦期货报价纳入国际小麦价格体系,同时报出美国 CBOT 和郑州商品交易所小麦的价格,这无疑会影响世界小麦的供求关系,进而影响国际小麦价格。因此,对于生猪期货也是如此,尽快推出生猪期货品种,形成与国际互动的期货价格,从而抢夺我国猪肉产品的定价权。

### 3.2 有利于食品加工企业降低成本,提升企业盈利能力

生猪价格由于养殖分散,也缺乏相应的价格发现机制,价格波动具有极强的“原始推动力”,价格往往大起大落,大幅波动也不利于生猪加工企业与农民的养殖。同时,随着全球食品加工业逐渐向我国转移,我国的食品加工企业的国际化进程也在提速,如何在激烈的市场竞争过程中抢得先机,在食品加工业同质化经营的大背景下,成本就是最为重要的。而对于生猪屠宰以及生猪深加工的食品加工业来说,成本主要构

成就是生猪,所以,如果能够推出生猪期货,有利于通过价格发现的功能指导价格,有利于平抑生猪价格,从而有利于食品加工企业的成本降低,提升企业的盈利能力。

### 3.3 促进生猪产业可持续发展

我国生猪市场没有相应的期货价格,农民是用现币市场价格信号指导生产的,这就产生了价格大幅波动的“蛛网现象”:价格下跌,猪农受到重大经济损失,减少饲养量;由于供给减少,价格上涨,农民养猪的积极性高涨,大量增加饲养量,结果由于供给太多,价格又大幅下跌……如此反复,农民无所适从。生猪期货的主要功能是提供了一个供需均衡的远期价格,这一价格成为农民第二年供给科学决策的依据,可以减少和消除生猪价格的“蛛网现象”。采用市场化的途径,开展生猪期货交易,完善生猪市场体系,将是解决上述难题,稳定生猪生产与消费,促进生猪产业可持续发展的有效途径。

### 3.4 将带来整个生猪市场各方主体的共赢和产业链条的稳定

生猪期货上市后一是有助于增加养猪农民的收入,利用生猪期货的价格发现功能,可以引导农民合理确定饲养规模,科学把握销售时机,降低生猪饲养和销售的盲目性,稳定增加农民收入。二是为相关企业提供价格风险管理工具,猪肉加工商、贸易商通过开展套期保值业务可以提前锁定其销售或采购价格,有效应对市场化条件下猪肉价格波动,回避猪肉价格变动所带来的风险,保证企业收益的稳定。三是有效提高我国生猪产业化程度。开展生猪期货交易后,可以通过推行“公司+农户”、“期货+订单”的新模式引导我国生猪产业转换生产、流通和销售模式,提高生猪产业化程度。

## 4 我国生猪期货上市的有利因素与制约因素

### 4.1 有利因素

#### 4.1.1 我国生猪市场规模大

美国芝加哥商品交易所虽然有着世界上最完善的生猪期货交易体系,但其交易的潜能却和我国无法相比。目前我国生猪出栏量在 6 亿头左右,年生猪产量占世界总产量的 50% 以上,猪肉是我国最大的肉类消费品,中国年猪肉产量约为 5 000 万吨,市场容量约为 5 000 亿元,而美国生猪现货市场规模只相当于我国的八分之一。据中南大学罗孝玲教授测算,如果减少我国生猪 4% (考虑通货膨胀的情况下) 的价格波动,则四川、湖南、河南、山东等八个生猪大省在 1999 年到 2001 年期间提高的生猪效益将近 20 亿元;如果

减少5%(不考虑通货膨胀的情况下)的价格波动,则生猪行业的效益超过245亿元,这相当于2001年我国国内生产总值的0.26%。

#### 4.1.2 价格波动较大

近年来,中国生猪价格波动频繁,这不仅使生猪生产者、猪肉加工和流通企业面临着无法回避的风险,而且还严重制约了生猪的品种改良、规模化与标准化养殖和猪肉深加工增值产业化的进程。从1999年~2003年生猪价格一直处于疲软状态,从2003年7月开始,猪价开始全面回升,经过大约15个月的恢复性上涨之后,于2004年10月开始回落,到2005年底生猪价格更是大幅下跌。据调查,2005年底,河北许多地区生猪收购价跌到了5元/kg,与2004年同期生猪价格10元/kg相比下跌了50%;四川资阳地区生猪价格在5.4/kg元左右,与2004年同期相比,低了2.4元/kg。2004~2005年国内生猪现货价格波动幅度达到18.52%,农民和相关企业保值避险需求非常强烈。

#### 4.1.3 肉食品加工工业快速发展,具有储存的条件

近年来,我国生猪屠宰深加工工业发展迅速,双汇、雨润、金锣等大型屠宰加工企业纷纷扩大规模,投建新厂,不仅屠宰深加工能力增强,而且生猪屠宰、冷冻冷藏及检验技术也进步较快,目前国家法定屠宰企业规模较大,生猪屠宰、冷冻冷藏及检验技术先进,具备较好的储存与保管条件。这些为生猪期货上市提供了条件。

#### 4.1.4 已有前期的准备基础

从2000年起,大商所就开始了生猪期货的研发工作,与国内相关高校及科研机构合作开展生猪期货课题研究,深入行业协会及各主产省和主销区的相关现货企业,进行了全面的政策咨询与市场调研,组织有关研究人员赴芝加哥商业交易所系统学习了生猪期货合约与相关制度。

#### 4.1.5 有国际经验可以借鉴

从国际市场看,生猪期货在世界农产品期货市场中占有重要地位,国际上具有开展生猪期货的成功经验,能够为我国开展生猪期货交易提供重要的借鉴。

### 4.2 制约因素

#### 4.2.1 区域差别导致指标难以统一,市场难以统一

期货合约对交割的标的物有严格的交割标准。但我国各区域差别较大,自然条件、消费习惯各不相同,生猪品种较杂,饲料原料来源广泛,从业者饲养管理良莠不齐等因素导致出栏生猪的品质差异较大,难以达到统一指标,即使生猪期货标的物选定为三元杂交猪,在四川饲养和在广东、黑龙江饲养的成本、价

格、品质都难以趋同,甚至差别较大。这些出栏的生猪就近被各地的屠宰企业收购,而且由于各区域发展不平衡,经济水平差距较大,收购价格截然不同。因此区域差别导致难以达到统一指标、统一市场。

#### 4.2.2 我国生猪现货市场的地域性较强

因为区域发展不平衡,目前我国的生猪交易还存在着地域的局限性。同时部分地方有关部门出于保护本地市场的目的高举“地方保护主义”大旗,为外地活猪、猪肉进入本地设置障碍,从而影响到生猪市场的统一和流通,这必然会影响到期货市场的价格。期货市场的价格应该是全国、甚至全世界价格的反映,但是这种地域性就给期货交易带来价格不稳定的因素。

#### 4.2.3 资讯条件差,缺乏科学预测市场走势的信息

因为我国猪肉消费是当地产,当时、当地消费,所以不仅区域差别较大,市场不统一,而且养殖者普遍只关注当地的生猪市场、产业的变化,而缺乏纵览全局的资讯信息,从而导致对行情的判断、走势预测不够全面准确。

#### 4.2.4 生猪的交割面临着难题

生猪期货在合约设计上面临的难题是生猪非传统储藏商品,不可能运送到指定交割库注册成仓单后再进行交割。另外,生猪生产和销售的地域性也给开展期货交易带来一定困难。各级政府对生猪的检验检疫很严格,比如北京市屠宰的猪,其肉只能在北京销售,销售到天津就会很困难,所以有专家建议研究现金交割方式。但在商品期货交易中采用现金交割也有一些需要解决的难题。现金交割的核心交割结算基准价的确定,即根据多空双方预先同意的计算方法,计算出一个公认的交割基准结算价来核算到期合约的盈亏。CME的生猪和活牛期货采用现金交割之所以比较成功,在于其存在一个发达、集中的现货市场,能够容易地计算出其指数的实际价值。但目前国内的生猪养殖地域分散,品种多样,并且不具备成规模的完善的现货市场,信息不通畅,若采用现金交割,如何科学地计算交割基准结算价将是一个难题。

#### 参考文献

- 1 曹红旗.生猪价格狂涨暴跌,生猪期货尽快推出.经济参考报,2006年9月7日
- 2 李宁,李龙滨.对我国生猪期货上市问题的浅析.现代畜牧兽医,2006(8):1~2
- 3 王长梅,王翠蓉.如何看待将“出炉”的生猪期货.饲料广角,2006(9):13~17
- 4 冯永辉.生猪期货的上市将改变我国生猪市场周期.中国畜牧杂志(市场版),2006(10):27~30

(编辑:崔成德, [cuiengde@tom.com](mailto:cuiengde@tom.com))

# SPF 实验动物饲料的灭菌

杨红军 时建忠 艾琴 顾宪红

SPF(Specific pathogen free)实验动物,即无特定病原菌动物。我国现行的《中华人民共和国兽用生物制品质量标准》和《中华人民共和国兽用生物制品规程》中明确规定:二、三级(SPF级)实验动物须使用灭菌饲料。本文介绍了常用的<sup>60</sup>Co辐照灭菌、高温高压蒸汽灭菌、微波灭菌、饲料加工工艺灭菌等,这些方法主要源自于食品工业和医疗消毒行业。

## 1 电离辐照灭菌

FDA(美国食品与药物管理局)规定,用于食品的电离辐照仅限于以下三种:①放射性核素<sup>60</sup>Co或<sup>137</sup>Cs的 $\gamma$ 射线;②机械能源产生的能量不高于5 MeV的X射线;③机械能源产生的能量不高于10 MeV的电子束辐射。目前使用最多的是<sup>60</sup>Co,其不断衰变而放出 $\gamma$ 射线,使微生物新陈代谢、生长发育受抑制或破坏,从而达到灭菌的作用。

### 1.1 辐照历史

很久以前电离辐射就被认为是一种杀灭食品中病原微生物的方法,可用来杀灭细菌、昆虫、病原体。据报道,1904年就有人使用镭放射来灭活葡萄球菌、霍乱弧菌和炭疽杆菌,1918年有人用辐照来灭活猪肉中的旋毛虫,20世纪末期出现了商业化的食品辐照,目前,100多种辐照食品在40多个国家被认可,其中30多个正在申请商业化。由于辐照饲料明显优于热处理或熏蒸的饲料,因此,商业化的辐照饲料用于SPF动物和无菌动物已经有三四十年的历史了。

### 1.2 辐照原理

水的辐解是辐照过程中最主要的反应,它会产生各种不同的激发分子,见式(1),括号中的数值表示形成该物质所吸收的能量(J/kg)。该过程产生的氢氧自由基(OH·)能使DNA分子的单双链断裂,引起DNA损伤,从而导致微生物的死亡。



辐照剂量用戈瑞(Gy)或千戈瑞(kGy)来计量,1 Gy等于1 kg物质吸收1 J的能量。在早期的文献中辐照

剂量的单位是拉德(rad),1Gy=100 rad。食品辐照分为低剂量(<1 kGy)、中剂量(1~10 kGy)、高剂量(>10 kGy)3种剂量,高剂量可用于完全灭菌。食品中各类致病菌辐照剂量见表1。

表1 食品中各类致病菌辐照处理的D<sub>10</sub>值

致病菌种类	D <sub>10</sub> 值(kGy)
沙门氏菌	0.5-1.0
耶森氏菌	0.1-0.2
弯曲杆菌	0.12-0.25
李斯特菌	0.27-0.77
金黄色葡萄球菌	0.26-0.45
大肠杆菌 O157 : H7	0.25-0.45
肉毒芽杆菌	3.45-4.30

### 1.3 辐照安全性

1979年,FDA认为任何食品经过1 kGy的辐照,或者所含成分中经50 kGy辐照的比例不超过0.01%的对人类都是安全的,不会产生任何有毒物质。1980年,FAO(粮食与农业组织)、IAEA(国际原子能机构)和WHO(世界卫生组织)根据长期的毒理学、营养学和微生物学资料及辐射化学分析,认为“任何食品当其总体平均吸收剂量不超过10 kGy时没有毒理学危险,不再要求做毒理学试验,同时在营养学和微生物学上也是安全的”。连续9代的动物实验表明:辐照食品在动物体不会引起突变、肿瘤,也不会有毒害影响。1997年FAO、IAEA和WHO联合宣告:超过10 kGy高剂量辐照食品也是安全的,因此取消了最高剂量的限制。

### 1.4 辐照灭菌效果的研究

辐照是一种有效的灭菌方法,食品辐照灭菌和饲料辐照灭菌在本质上是一样的。1963年,国际原子能机构推荐使用辐照来减少饲料中的细菌含量,尤其是沙门氏菌。Adamiker(1979)报道,辐照能够有效替代热处理和化学的消毒方法,满足无菌动物和SPF动物的需要。试验证明,8 kGy就能杀灭饲料中的微生物;酵母和霉菌对辐照比较敏感,大约5 kGy就能将其除去,但是霉菌毒素就很难除去;沙门氏菌和肠属细菌等病原菌一般对辐照较敏感,4~6 kGy就能将其杀灭;5~10 kGy能消除动物废弃物和饲料中的沙门氏菌和它的肠道细菌。高剂量(15~40 kGy)能够灭活病毒,但对饲料组成可能有影响。如果饲料辐照前就进行了热处理(制粒),虽然在冷却和储藏等过程中会被再次污染,但是通常是轻度的,因此,与粉料相比,颗粒料所需的剂量较低。为了在家禽中控制沙门氏菌,一些国家规定必

杨红军,中国农业科学院北京畜牧兽医研究所,100094,北京市海淀区圆明园西路2号。

时建忠、艾琴、顾宪红(通讯作者),单位及通讯地址同第一作者。

收稿日期:2005-11-25

★ “十五”国家科技攻关计划专题(2004BA717B-02-02)

须使用灭菌饲料。目前 FDA 允许用辐照来控制狗咬胶 (dog chews) 中的微生物, 以及用来杀灭家禽饲料中的沙门氏菌。2000 年 7 月, FDA 允许使用辐照来减少蛋壳的沙门氏菌, 剂量为 3 kGy, 辐照鸡蛋必须贴上标签。

### 1.5 辐照营养成分的损失

Ford (1976) 报道, 经 25 kGy 和 100 kGy 辐照的鼠饲料, 其总氨基酸、真消化率、生物学价值、净蛋白利用率都没有显著的变化, 但是可消化赖氨酸有轻微的减少。矿物元素和微量成分在辐照过程中没有受到影响, 但是 VC、VB<sub>1</sub> 等有部分的损失, 因此高剂量辐照后的饲料需要补充维生素。辐照不会影响碳水化合物、蛋白质和脂肪等高分子化合物。Hayakawa 等 (1985) 研究表明, 经 25 kGy 辐照的家禽饲料饲喂小鼠, 不会对其生长产生影响。

### 1.6 有效剂量的确定

有效辐照剂量的确定依赖于抗氧化剂的含量、湿度、饲料的性质以及生产者的要求。环境温度、有无氧气以及辐照后的储藏条件都会影响辐照剂量的效果。不同种类的饲料, 要达到不同效果所需的辐照剂量并不相同。一般来讲, 辐照剂量越高, 灭菌效果越好。但随着辐照剂量的增加, 营养成分的损失增大, 而且辐照费用也大大增加。因此, 需要寻求一个最佳的辐照剂量, 控制微生物含量, 减少饲料营养成分的损失, 降低生产成本。

目前, 实验动物饲料辐照剂量还没有具体的规定, 各研究报道差异较大。我国一般在 6~25 kGy 间, 日本在 25~50 kGy 间, 法国用 25 kGy, 以色列用 15 kGy。有报道认为, SPF 兔饲料用 15 kGy, 大鼠与小鼠饲料用 25 kGy, 而哈益明和程述汉 (2001) 对  $\gamma$  射线辐照灭菌剂量的模糊优化, 得出 SPF 实验动物饲料的最佳辐照剂量为 8.06 kGy, 对于猪饲料的辐照剂量尚未见报道。历来人们认为 25 kGy 是灭菌的最低剂量, 但是 ISO11137 和 EN552 现在允许根据不同的灭菌物品而降低辐照剂量, 因此, 可以结合实际情况选择适当的辐照剂量。

## 2 高温、高压蒸汽灭菌

此方法是最成熟, 也是应用最广泛的灭菌方法, 主要有普通下排气式和预真空式两种设备, 灭菌效果都很好, 但对营养成分有不同程度的破坏。其中预真空式灭菌后饲料的饲喂效果要优于普通式。国内绝大多数的 SPF 鸡场采用医用的双扉脉动真空灭菌器, 灭菌温度为 121 °C 或者 134 °C。该设备自动化程度高, 有干燥装置, 产量大, 灭菌时间短。

高压蒸汽灭菌较为彻底, 但是对营养成分破坏较

大, 尤其是一些热敏成分, 如酶和维生素等, 蛋白质的品质也会降低。Udes 等 (1971) 报道, 高压蒸汽灭菌饲料会减少总氨基酸的利用价值。

影响灭菌效果的主要因素是灭菌温度和灭菌时间。灭菌鼠饲料时, 与 121 °C、60 min 相比, 134 °C、3 min 灭菌时蛋白质的生物学价值、真消化率和净蛋白利用率的减少都较少。随着温度上升和时间的延长, 可利用氨基酸逐渐减少, 但是总氨基酸本质上没有受到影响。

目前, 使用高温、高压蒸汽灭菌常用参数组合为 121 °C、20 min 和 134 °C、4 min, 其灭菌效果较好。这方面的研究报道非常少。

## 3 微波灭菌

### 3.1 灭菌机理

微波 (Microwaves) 是指频率在 300~300 000 MHz 的电磁波。一旦微波能量被吸收, 极性分子和离子随着电磁波的交替变化而开始旋转或者碰撞, 从而产生热量。美国联邦通信委员会规定了用于工业加热的微波频率为 2 450 MHz 和 915 MHz, 家用微波炉为 2 450 MHz。

传统的加热是从表面开始, 通过热介质 (蒸汽或水) 传导至中心, 传导过慢, 表面过热。微波加热通常是靠微波和食品间的直接相互作用, 渗透性强, 灭菌时间短, 是传统加热时间的 20%, 至少能节约 20% 的能量, 降低生产成本。微波能够随时开启和关闭, 而且产品能够在包装后进行灭菌, 具有较好的应用前景。

目前关于微波灭菌的机理存在热效应和非热效应两种说法。前者认为微波灭菌的动力学在本质上与传统热灭菌是一样的, 微生物细胞在微波场的作用下, 其分子被极化并作高频振荡, 产生热效应, 温度升高, 使其蛋白质结构发生变化, 失去生物活性, 导致微生物死亡。由于最终的致死温度较低, 一些人则认为存在非热效应, 又称生物效应, 是在电磁波的作用下, 生物体内不产生明显的升温, 却可以产生强烈的生物效应, 使生物体内发生各种生理生化和功能的变化。非热效应主要的机理是: 改变微生物细胞膜附近电荷分布, 导致膜功能障碍, 甚至膜破裂, 使微生物细胞赖以生存的水分活度降低, 破坏其生存环境; 导致细胞 DNA 和 RNA 分子结构中的氢键松弛、断裂和重新组合, 诱发基因突变, 染色体畸变。由于无法精确地在线测量时间-温度关系以及磁场空间的变化, 因此非热效应无法被证实。虽然可能存在非热效应, 但灭活微生物主要的还是靠热效应作用。

### 3.2 灭菌研究

微波可以杀灭细菌 (如沙门氏菌、大肠杆菌、葡

萄球菌)、病毒、真菌和寄生虫。目前,已经研究了微波对埃希氏大肠杆菌、沙门氏菌、酵母等的灭活作用,还没有发现对微波有抵抗力的病原菌。75℃、15s能够杀灭动物食品中的病原菌。大肠杆菌、霉菌和酵母等对微波特别敏感。2450MHz、500W微波作用2min可杀灭大肠杆菌、金黄色葡萄球菌,5min可杀灭枯草黑色变种芽孢。使用功率800W的微波炉处理135s,可将250g茶叶中的霉菌完全杀灭。用家用微波炉对大、小鼠颗粒饲料和垫料(木屑)进行灭菌,分别经7min和5min可达到无菌。

微波灭菌最大的优点就是升温速度快、灭菌时间短、效果好。林勇(2005)研究发现,固体培养物料在400、600和850W的功率下,完全灭菌所需的时间分别为4、3.5和2.5min。用400W功率的微波照射1min,霉菌、酵母菌的致死率都达到了93.2%,2min后达到99.13%,3min后达到100%。用850W功率的微波照射,1min后致死率为99.31%,1.5min后为100%。试验表明,相对细菌而言,霉菌、酵母菌对微波更敏感。图1描述了微波加热过程中,沙门氏菌在物料几何中心和表面的存活情况,其热致死时间分别为77.5s和67.5s。从图1中可以明显地看出,微波存在着加热不均匀性,中心温度比表面温度要高,升温要快。

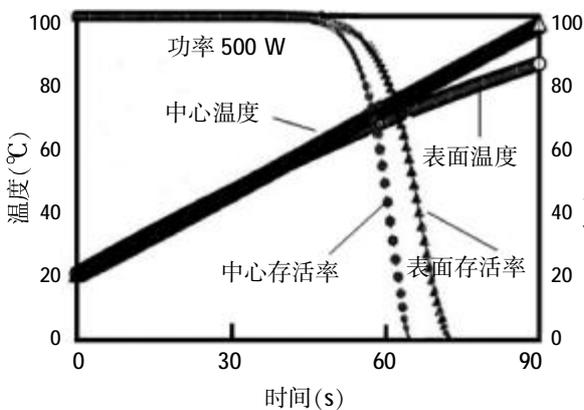


图1 温度及沙门氏菌的存活曲线

### 3.3 影响灭菌效果的因素

影响微波灭菌效果的主要因素有:被加工产品本身的性质(初始含菌量、pH值、湿度、化学组成、数量、粒度和形状等)和外部的因素(温度、湿度、气体、微波频率和强度、暴露时间、放置位置、包装等)。

#### 3.3.1 水分含量

最近报道显示,只有含有水分时,微生物才能被灭活。水分含量及离子浓度较高的食品加热速度较快。也有人认为含水分或盐分太高的食品会吸收较多的微波,表面温度较高,会限制微波的渗透。

#### 3.3.2 物料的厚度、装载量、微波的功率

物料的厚度、微波的功率是影响灭菌效果的主要因素之一,图2描述了在不同样品厚度下微波功率与沙门氏菌致死时间的关系,可以看出,功率越大、料层厚度越小,热致死时间越短。

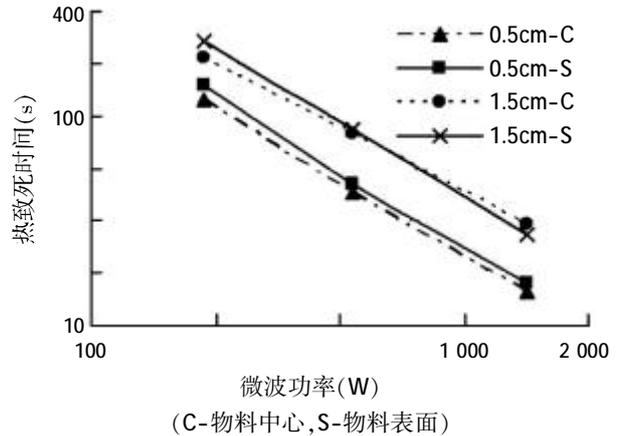


图2 料厚、功率与沙门氏菌致死时间的关系

研究发现,微波灭菌效果与装载量有关。微波加热茶叶90s时,在复合薄膜袋中,装量越少,霉菌的杀菌率越高;而在玻璃烧杯中,装量200g时杀菌效果较好,再多增加则杀菌效果就会降低。这可能是一定量的物料可使微波加热产生的热蒸汽不能及时扩散,对霉菌的杀灭有一定程度的后续增效作用,在玻璃杯中这种效应更为明显。

#### 3.3.3 负载水量

在空载或者负载较小的情况下,容易烧毁磁控管,因此,试验中往往负载一定量的水,负载水量直接影响灭菌效果。750W微波作用24min,负载水量400、800、1200ml,白色念珠菌杀灭率为100%、99.38%、99.19%,可见杀灭率与负载水量呈负相关。

### 3.4 存在的问题

#### 3.4.1 加热不均

任何灭菌方法都有缺点,微波也不例外,加热温度不均匀就是最大的问题,图1清晰地显示了由于加热不均造成的物体表面和中心的差异。这主要是由于电磁场在微波炉中分布不均匀造成的。造成不均匀性还有两个原因:①微波升温的选择性;②“边缘效应(edge effect)”或称“棱角效应”,在物料的边缘和尖角部位会形成较高的电场强度,这些部位的温度较其它部位高。由于被加工产品各部分不可能完全相同,要完全消除加热不均匀性是不可能的。克服的措施有:①采用间歇灭菌法,使集中的热量得以向周围扩散;②尽量使用大小合适的圆角容器、环状容器;③用旋转

或翻转方法使各个部分温度均一;④覆盖铝箔等,起到屏蔽作用。

目前很多研究采用家用微波炉作为微波发生器,所产生的电磁场分布更不均匀,并且难以对样品温度进行准确的在线测量,为研究带来一定的困难。美国 FDA 也因此未允许微波杀菌作为一项高温杀菌工序在美国进行合法应用。

### 3.4.2 水分散失

微波加热时水分散失非常快,高达 30%,所以实际应用中应该在原始物料中多加水,这样可以防止水分的散失,同时,水分对微波杀菌也具有很大的影响,一般来说,水分含量越高,杀菌效果越好。

### 3.4.3 包装材料

包装材料要求能够透过微波,同时不能因微波作用分解而产生有害物质。微波一般能够穿透塑料、纸、陶瓷和玻璃,但是其中一些材料可能吸收一定量的微波能量,从而减少食品吸收的能量。常用的玻璃对微波的吸收率仅在 3%以下,并且具有刚性结构,有良好的隔热性能,更重要的是不会出现包装材料分解的问题,是目前微波杀菌适宜采用的容器之一。

但是,有研究表明,复合薄膜袋(聚乙烯/聚丙烯,PE/PP)包装比玻璃包装的灭菌效果更好(见表 2),这可能与玻璃杯对微波具有一定程度的反射或阻隔作用有关。

表 2 微波处理不同容器和物料量的绿茶中霉菌的存活率(%)

微波处理时间(s)	玻璃杯茶叶装量(g)				复合薄膜茶叶装量(g)			
	100	150	200	250	100	150	200	250
90	12.45	53.75	2.04	3.06	0.00	3.57	17.35	30.61
120	16.33	11.22	0.00	16.8	0.00	0.00	16.33	1.02
135	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

注:未经微波处理对照茶叶霉菌数为  $2.4 \times 10^3$  CFU/g,水分含量为 7.15%

## 4 饲料加工工艺灭菌

调质过程中的高温环境以及粉料经压模制粒过程或膨化过程中承受的压力和摩擦热都可以起到灭菌作用。调质过程中蒸汽的压力一般为 0.2~0.4 MPa,物料的温度可达到 82~95 °C,这样的高温、高压可使饲料中大量病原微生物灭活;压粒过程中物料在压紧区和挤压区受摩擦和剪切作用下,产生了热量,使物料温度再上升 5~10 °C,更有利于杀菌。挤压膨化过程的最高温度可达 130~180 °C,压力可达 4 MPa,而物料在高温段的时间只有 5~10 s,可以杀灭微生物,同时减少营养成分的损失。

膨化是目前认为最有可能实现无菌的饲料加工工艺。膨化是将物料加温、加压进行调质处理,并挤出

模孔或突然喷出压力容器,使之骤然降压而实现体积膨大的工艺操作。挤压膨化过程的最高温度可达 180 °C,可以杀灭致病菌,使饲料中微生物数量大大减少,并使导致饲料在贮藏期间劣变的酶钝化,从而提高卫生指标,而且可使各种有害因子和酶失活,使饲料的品质得以提高。

沙门氏菌能承受的最高温度是 89 °C,在 90 °C 的高温下 35 s 即被杀死。93 °C 下热处理 90 s 预计可使含水量 15% 的饲料中活沙门氏菌数减少 10 000 倍。Ched Riale(1992)报道,酵母不能耐受 82~86 °C 的制粒温度。在调质器内,当蒸汽把物料加热到 98 °C,并维持 3 min,就可以达到巴斯德灭菌的效果,85 °C、4 min 就能生产出真正的卫生无菌饲料。姚永华(2004)报道,大肠杆菌一般在 60 °C、15 min 便可被杀死,对一般消毒剂的抵抗力也很弱。使用 WENGER 公司生产的 DDC,调质前后的物料微生物变化见表 3。

表 3 DDC 调质前后微生物指标变化(CFU/g)

项目	调质前	调质后
细菌总数	240 000	9 300
大肠杆菌	22 600	<10
霉菌	54 540	<10
梭菌属	16 000	<10
沙门氏菌	未检出	未检出

庞彦芳等(2000)研究了广东饲料制粒工艺对微生物的影响,发现较好的工艺可使酵母的杀死率达到 100%、霉菌 99.74%、细菌 98.18%。目前,布勒公司的“HYSYS”系统能将混合粉料通过蒸汽处理到无菌。

以上试验结果及数据表明,只要工艺处理过程中的温度和时间能够保证,再加以生产过程中的严格控制,杜绝二次污染,应该能生产出符合 SPF 动物要求的颗粒料,但到目前为止,尚未有人进行过这方面的研究。即使达不到灭菌效果,也能大大降低饲料中微生物的含量,从而降低辐照剂量或者减小高压灭菌强度,减少营养损失,降低成本。

## 5 结语

目前,灭菌新工艺不断出现,例如超高温瞬时杀菌技术(UHT)、电阻加热杀菌技术(欧姆杀菌)、高压电场脉冲杀菌技术、超高压杀菌技术(高静压技术,High Hydro static Pressure,简称 HHP)。这些技术绝大多数都是应用在食品方面,而且有些技术在目前只适用于液体。饲料和食品在本质上是一致的,可以借鉴这些工艺,结合实验动物饲料的实际情况,对其进行灭菌,从而达到实验动物的要求。

(参考文献 83 篇,刊略,需者可函索)

(编辑:刘敏跃,lm-y@tom.com)