

21 世纪的饲料生产(革新、饲料安全及工艺技术)

Keith C. Behnke 博士 美国堪萨斯州立大学, 谷物科学技术系

前 言

畜牧业在以往二十年变化很快, 今后的变化只会有增无减。家畜的基因改良迫使饲料厂商生产质量更高的饲料, 以满足改良的家畜品种更高的营养需要。人们更多地掌握营养知识、关注环保、甚至营养学家与媒体之间的观念分歧, 都促使饲料厂商改变工作程序。酶制剂之类的新型添加剂的出现, 使得饲料厂商和设备供应商都考虑需要将设备设计成能在加工过程的任何阶段添加低剂量原料。

本文意图是阐述在饲料生产、饲料安全、工艺技术、食物安全、设备和操作等方面的革新, 勾画一个 21 世纪饲料厂的景象。在逐项讨论之前先概述一下会发生这些变化的原因。

有多种因素迫使饲料工业进行革新。有些情况是经济方面缺乏竞争力, 迫使厂商采用效率更高的技术; 有些情况是政府部门的规章制度迫使进行改变。任何情况下, 采用新的理念和技术都是为了在行业中保持竞争力或保证生存。为改变而改变的情况是很少的。

讨 论

一、食物安全

食物安全或许正在成为驱使畜牧业变化的主要因素。无论我们同意与否, 世界畜牧业经常跟随欧洲的趋势。现举英国当前对饲料生产的一些限制为例:

禁止使用哺乳动物的肉和骨粉;

取消家禽下水、肉、羽毛粉、血粉;

混合油脂不能包括牛油;

针对家禽的沙门氏杆菌处理法规(加热杀菌);

肉、蛋的药剂最大残留水平;

动物饲料禁用 Avoparcin, 螺旋霉素 Spiramycin, 泰乐霉素 Tylosin, 弗吉尼亚霉素 Virginiamycin, 杆菌肽锌 Zinc Bacitracin;

蛋鸡饲料不能包括桔黄色素;

蛋鸡饲料不能包括鱼粉;

对饲料厂和牧场使用药物的管制;

动物福利规定(Welfare regulations);

取消转基因原料。

这些限制有的是政府制定的, 但多数出于超市的要求。世界上其它地方正考虑将来某个时候采用其中的某些限制。

下面引自期刊 *Feedstuffs* (72 卷, 3 期)的一句话很说明问题:

“我们生活的世纪是消费者力量往往超越科学信念的世纪”

促进生长的饲料添加剂很可能在不久的将来在许多国家被禁止使用。尽管关于添加剂导致细菌抗性的问题缺乏科学证据, 但公众对此事的关切将很可能足以迫使撤消目前的批准。

最近关于在欧洲禁用促生长剂之后的研究数据表明，该禁令对动物有机体正在下降的抗性几乎没有影响(Bedford 和 Fothergill, 2003)。不幸的是，禁止将抗生素作为动物添加剂使用的法令却导致了通常用于人体的抗生素通过兽医处方更广泛的使用。这是不周密的规章无心造成的结果。

然而，欧洲的经验使人们更好地认识到畜牧业轻率地使用抗生素产生的意想的或客观存在的问题；还重新引发了使用带有类似抗生素的天然活性的原料（保健营养品 nutraceuticals）的兴趣。

我们近来看到一些专门为肉鸡饲养场进行饲料加热杀菌设计的饲料厂革新结构。这看上去似乎有些极端，但它反映了欧洲几乎所有饲料厂正在发生的事情。我们何时会被要求进行蛋鸡饲料的加热杀菌呢？

加热杀菌并不能破坏霉菌毒素。不过，检测手段正在迅速改进，我们通过工艺技术减少霉菌毒素影响的能力将能实现食物安全。

二、环境关注

大家都相信提高饲料利用率可以减少环境污染。堪萨斯州立大学的研究标明，像适当粉碎之类的一些简单技术就可以大大降低猪粪的干物质和氮的含量。酶的使用，如植酸酶、纤维素酶、葡聚糖酶，可以改善养分消化，减少粪池和排泄物处理的固体物。某些加工，如膨胀、压缩、挤压、和其他形式的湿热处理，往往可以提高养分利用率。

现有规章制度要求饲料厂控制扬尘和暴风雨泛滥污染。几乎任何地方都要求对液体饲料罐加强监管。许多地方加强治理锅炉烟囱的气体排放。这类规章制度今后只会更多。

三、饲料生产和饲料工业结构

企业联合和兼并仍将继续。陈旧的或低效益的饲料厂将会关闭，让生产转移到效益更好的饲料厂进行。

在有人希望联合体走开的同时，纵向联合体将仍然是生活的现实。另一个生活现实是许多商业化饲料公司正在悄悄进行内部联合，为他们的饲料厂找出路。这可能是一些公司得以生存的唯一办法。

许多公司对他们的产品系列经常进行评估，以确定每个厂最盈利的产品种类。为了盈利，饲料厂不能“样样俱全”，必须把效益差的产品砍掉。

农场就地生产饲料的做法尚未过时，许多生产者却已发现，他们如果集中精力从事管理而让别人发挥所长，会获利更大。生产者之间的联盟给了他们在饲料采购方面的依靠，这是独立生产者不可能具备的。这个趋势当然还将继续，但将给饲料厂商更大的生产规模，以应付更低的销售价格。

四、工艺过程控制与自动化

自动化与工艺过程控制的采用正在促使饲料工业发生许多变化。一个饲料厂不用人值班就可以运转，现代科技已经使这成为可能，问题是：“这是否切合实际或是否有这必要？”

我们进入了新的世纪，将有更多更好的自动化技术，但也要有高度能干而智慧的管理人来裁定恰当的自动化程度。

管理人评价工艺过程自动化多半着眼于“节省劳力”。的确，自控系统可以承担饲料厂大部分繁重任务，还有一个更有力的论点是自动化有利于提高出厂产品的质量和稳定性。

电脑从事称重之类的重复性作业非常出色，精确度特别高。电脑还能监控工艺过程，连续性地作出控制决定。一个胜任多项任务的称职的工作人员，很少会将一台机器（例如制粒机）尽其极限能力地使用，因为他知道这样做会有停机或操作失败的危险。

当实行更高的自动化时，管理人和雇员无疑都需要提高智力水平。虽然饲料厂需要的雇员少了，但留住优秀雇员的花费加大。这是针对节省劳力费用的设想发生争论的论点之一。今日饲料厂的很多雇员根本不能应付现有的自动控制系统，到那时必须进行培训，或者被替换。

自动化最大的好处或许是出报告的能力，从每分钟记录的工艺参数记录、盘存和日消耗报告、单据和产品出厂报告、累计报告，直到保养记录和日程表等等繁琐项目都有。我们处于“信息时代”，本领不够的管理人简直会被信息压垮。

目前有些公司聘用没有饲料专业经验的总裁（CFO）来管理企业。这些人都是在其他领域有正式工作记录的十分出色的企业管理人，多数情况是信息管理专家。一个公司是生产饲料、食品或是汽车，并不重要。归根结底，谁要想留在管理职位上，就必须管理工艺过程，管理人事，还必须学会管理信息。

前 景

在 21 世纪有许多事情会影响饲料厂的设计、运作和管理。

一、饲料原料

大家都听说过转基因有机体（Genetically Modified Organism，缩写 GMO）。眼下多数饲料厂处理一种或两种谷物，分别进行接收、贮存、粉碎、利用，通常是玉米，加上高粱、小麦、大麦；少数厂家现在还处理高油玉米（不是 GMO）。

将来我们可能会有四、五种之多的 GMO 谷物加上普通谷物，这些都需要特征保留（identity preservation，缩写 IP）。在接收、粉碎、仓位调配、盘查、质检等环节将非常繁琐。

我们必须现在就着手筹划如何对付未来的局面。如果就这样等到各种 IP 谷物上了接收站台，就真要乱作一团了。就当前饲料厂情况来说不好解决，可能需要修建新的仓库和粉碎车间。

新的厂房设计应该从开始就要有灵活性。多数厂家都采用典型的作法，即先将谷物粉碎后用来配料、搅拌；而欧洲通常都采用“后粉碎”。如在称重之后进行粉碎，这道难题就解决了，这与用的谷物原料的种类多少没有关系。新的饲料厂应能做到既可先粉碎也可后粉碎。

除 GMO 之外，还会有各种新的副产品原料进入饲料加工，多数是食品加工副产品，在某些特定地区可能是有机会效益的原料。

原料分隔

运用当今的分析技术，可以在很短的时间内对各种原料作出分析，按一项关键指标，如蛋白质、脂肪、或水分，将原料分隔。实行原料分隔后，一批原料里的营养成分变动就会大为减少，这样就有可能让配方十分接近所供给的家畜的营养需要，并避免营养浪费。这样做显然需要修建有高度灵活性的贮存设施。单为专用原料就必须这样做。

二、粉碎

粉碎作业没有特别深奥的东西，但粉碎的结果却有重大影响，涉及重量损耗、搅拌、

颗粒质量、动物生产表现和健康（溃疡）。虽然有向辊磨粉碎发展的趋势，但看来这趋势正在逆转，锤片粉碎机还会是首选。

立轴锤片粉碎机

欧洲流行使用立轴锤片粉碎机，而不是卧式锤片粉碎机。报道说立轴锤片粉碎机的一个优点是不一定必须安装空气辅助设备，其转子的设计使得在转动时有风扇的作用，迫使空气从粉碎室通过筛子。

一个新的情况是可以做多个进料口。在典型的分区筛理锤片粉碎机上，所有粉碎物料都从一个口子进入。这造成紧靠喂料口下面的部位过度磨损。多口进料，可使磨损更为平均地分布在粉碎室周围。

粉碎自动化

粉碎肯定应是一个完全自动化的作业。从选定供料仓位、安排进料路线到自动启动和停机，各个环节都要考虑到。在无人照管的时间，应能依靠仪表和控制系统保证粉碎作业稳定进行。

三、配料系统

现在的分批配料系统工艺相当好，只是有时不便于保养，在几个方面还可以进一步改进。

现场重组配方

目前正在试验一种仪器，可以用来测定各种化学成分，如蛋白质、某些氨基酸、脂肪、水分、粗纤维、淀粉。有了这种仪器，将来几乎可以一批一批地重组饲料配方。非常准确地制作所要的饲料。

称重准确性

最近有篇文章(发表在 *Feedstuffs* 7(53) pp. 12-13)归纳了 14 家从属于商业的、合作的、联合的饲料厂的称重误差数据。多数厂的称重误差在合理范围，有几家超过限制。有的情况下，称重误差达 200% 甚至更大的还相当普遍。文章提到的主要问题是用大秤称小重量；其他问题中有分批配料软件的使用错误。

现在有几种微量配料系统，采用减重方式而不是往单一的分批秤里加料。这种方式可推广应用于搬运袋或容器罐的装料作业。

用减重方式可以同时称量 10 或 15 个原料，这样就可缩短配料周期，并连续打出清单报告，称重精确度比现在高。到那时有必要把配料周期限制在 1-1.5 分钟，以便赶上未来的短周期搅拌机。

四、搅拌

现在有种趋势是一些新建的单一品种饲料厂采用很大的单一搅拌机（12-15ton），这令人十分迷惑不解。由于生产灵活性和小时生产量的需要，小型的（2-4 ton）短周期搅拌机将来很可能用得着。譬如，一台 1.5 分钟周期的 3 ton 搅拌机可以生产 120 ton/hr。即使今天也能做到，将来可能会有 1 分钟周期的搅拌机。

搅拌机设计方面有几项革新。传统的卧式螺旋叶片搅拌机采用新式螺旋叶片提高了搅拌效率。很多是将这种新式螺旋叶片设计改型用在旧的搅拌机上，来延长搅拌机寿命，缩短搅拌时间。

五、制粒和其他湿热处理

制粒工艺在可预见的将来是不会被取代的，但会出现一些提高效率和颗粒质量的技术革新。现在就有一些革新项目可用，但很少有加以改型用到现有饲料厂的。下面简述一些在调制、制粒、冷却等作业方面现有的和未来的供选革新项目。

影响颗粒质量的因素

如果承认颗粒质量（或者，更准确地说，在喂料器的颗粒百分数）影响动物生长和生产表现，那么就该来讨论一下影响颗粒质量的因素。根据 Reimer (1992)报道，决定颗粒质量的各种因素及其作用比例如下：日粮配方 40%，粒度 20%，调制 20%，环模规格 15%，冷却和烘干 5%。如果这结果是正确的，那么在可以影响颗粒质量的因素中，60%在物料进入真正制粒系统之前就已经确定了；调制之后到物料进入制粒机的环模室之前，则 80%已经确定了。

有人研究了这些因素中的前两个，日粮配方和粒度对颗粒质量的影响。Stevens (1987)和 Winowiski (1998)的研究，将含玉米的日粮颗粒与部分或全部玉米改换为小麦的日粮颗粒进行比较，结果是含小麦的日粮颗粒持久性都较好。这样来解释是合理的，即因为小麦的粗蛋白含量（约 13%）高于玉米（约 9%），或者因为小麦蛋白作为颗粒粘合剂比玉米更好。上述结果与 Briggs 等(1999)一致，后者发现，将一种家禽日粮的蛋白含量从 16.3% 提高到 21%，可使平均颗粒持久性指标从 75.8% 提高到 88.8%。

粒度是可能影响颗粒质量的第二因素。Reimer (1992)研究表明，粉碎细度可能决定颗粒质量的 20%。细粉碎的颗粒比粗粉碎颗粒有更大的单位容积暴露表面积，可以更多地吸收凝结中的蒸汽。MacBain (1966)研究表明，大小不齐的粒度制成的饲料颗粒比均匀的粒度要好。然而，Stevens (1987)用玉米或小麦为主的日粮制粒进行试验，发现粒度对用振动罐法测定的颗粒持久性指标（ASAE,1997）没有任何影响。

物料水分 - 蒸汽

有人可能会提出争议，说进入调制器的物料水分应当列在日粮配方之内。为了改变日粮水分，可以用物理方法将水去除或加进原料中。但是，有两种水分，结合水和加进的水（MacBain, 1996; Leaver, 1988）。结合水是原料内部含有的不易去除的水；加进的水是在调制器或搅拌机添加的水，为的是软化饲料颗粒，润滑通过环模的物料，这部分水可能与淀粉和蛋白质发生反应而产生粘着性。

进入调制器的物料的最初水分被看着是能够给物料加进多少蒸汽量的标志。Leaver (1988)研究表明，在调制器可以加进的水一般不超过 6%。因此，物料最初水分大的变动会在热物料的水分中反映出来。在水分有变化时如果没有控制加进物料的蒸汽特性，就可能导致制粒机作业结果发生变化。堪萨斯州立大学最近进行的试验比较了物料水分 12% 与 15% 对颗粒质量的影响。试验结果表明，在冷物料的水分与颗粒持久性指标之间有高度相关性（Greer 和 Fairchild, 1999）。将物料水分调到 14%，在最佳制粒作业条件下制成的颗粒品质最好（Muirhead, 1999b）。

调制时间控制器

单一地设定任何一个时间都不可能是适合所有饲料的最佳时间。因此将会有所革新，使调制时间成为可控变量。控制轴的转速和/或调整叶片角度可以做到这一点。将来应能针对每种饲料类型和所要的颗粒质量控制调制时间。

早已知道调制当中的滞留时间对调制结果和制粒质量有影响。以下是最近一次 VICTAM 展示会上介绍的欧洲设备供应商的几项革新。

1. 调制器角度调节—几乎每台调制器都在水平平台上安装了这种装置。在调制器后面加一条铰链，它能将调制器前部提高，采用软连接的喂料和卸料溜管，这样就可以几乎无限制地控制滞留时间。通常作业情况下，调制是在调制器处于水平位置开始的，作业稳定后，可以让调制器倾斜从而达到能需的滞留时间。

2. 叶片角度调节—这是新开发的一种装置，可以在作业进行过程中改变叶片角度。这种情况调制器的轴是空心的，可以在任何时候转动叶片角度。

同样，制粒作业以调制器“标准”叶片角度开始，当作业稳定后，可以调节其角度以加长或缩短滞留时间。

3. 蒸汽堵或料堵—这是对调制器作的一项比较简单但却有效的改革，即安装一个“堵头”或挡板堵住蒸汽出口（复盖调制机上部三分之二）或物料出口（复盖调制机底部三分之二）。上部挡板可防止蒸汽未接触物料就穿过调制机排出机外。底部挡板起堵头的作用，迫使叶片把调制的物料提升到挡板开口上方。这种情况下，药剂残留是需要认真对待的问题，因为每次运行结束时大约有 25-100 公斤物料留在调制器里；不过，两项技术都可部分地解决调制当中的问题。

水分控制

都知道制粒的产率和质量取决于温度，还取决于水分是否适当。目前已有监测和调控水分的技术，但在准确性和可靠性方面还有待改进。将来能做到“拨号”设定物料水分，就像今天的调控器设定物料温度一样。

水分控制与制粒

有研究表明(Fairchild 和 Greer, 1999)，制作玉米-豆粕日粮颗粒时，往搅拌机里添加水分可提高颗粒持久性，减少制粒机能量消耗；但没有考查对动物生产表现的影响。从饲料生产的观点来说，制粒的目标是以最小的耗费制作高质量产品(Mommer 和 Ballantyne, 1991)。Fairchild 和 Greer (1999)证实，在搅拌机里增加物料水分可降低制粒机能量消耗，提高颗粒持久性。单是提高颗粒持久性就应能改进肉鸡生产效益。

堪萨斯州立大学的研究(Moritz 等, 2000)表明，在搅拌机里给要制粒的玉米-豆粕日粮加水用来饲养肉鸡，当肉鸡采食量与对照相等时，可显著提高饲料效率。他们的结论是，饲料效率的提高是由于改善了养分利用率和因颗粒质量改进而便于采食。目前还在继续研究，以图更好地评价制粒前加水对养分需要和利用率的影响。

通过配方提高颗粒饲料质量

饲料工业正在力图能通过配方提高颗粒质量，正如通过配方调整氨基酸、矿物质、能量等营养因素一样。提高颗粒质量更困难些，因为某种原料的增减并不与颗粒质量成线性关系。如果有充分的数据，颗粒质量应是可以预测的。

加压制粒

在堪萨斯州 Wichita 城的 PCI 公司正在开发一种新型制粒机设计。物料在略微提高蒸汽压力（令温度达到 100 以上）的条件下调制。这样得出的颗粒质量和肉鸡生产表现初步结果是令人鼓舞的。

通用制粒熟化机

堪萨斯州 Sabetha 城的 Wenger 制造厂提出了通用制粒熟化机的构想。这种机器名为制粒机，实际上更像是挤压机，但制品的外观同颗粒饲料一样。用通用制粒熟化机可以制成质量非常好的颗粒。这种机器将会有许多专门用途，如制作水产饲料、幼畜饲料、以及宠物饲料之类的高效益产品。

膨胀机

对高温-短时调制器的构想在许多饲料工业部门评价不一。该工艺能够几乎毫无例外地提高颗粒质量，但却不是总能提高家畜饲养效果。其保养和运转费用特别高。有人发现用这种饲料时猪患溃疡病。

有些公司在探索能否只进行膨化（不制粒）。产品的密度和流散性有些问题，但饲养试验的情况倒似乎与颗粒饲料一样。

冷却机

几乎所有近期兴建的饲料厂都采用逆流冷却机。但是，目前的冷却机都没有解决最终产品的水分控制问题。

将来的冷却机可能有必要装配水分感应和控制设备，应能将产品既可烘干也可冷却到安全水平。这要求厂家提供的冷却机具有加热区和冷却区、气流控制、以及精巧的控制设计。

六、制粒后外涂添加剂

当把植酸酶和其他热敏性添加剂等如此低剂量材料引进饲料时，饲料工业立即面临一场挑战。要把 50g 甚至 25g 活性物质均匀地添加到 1ton 饲料里面，这是一场真正的挑战，我们根本做不到，现在我们只是以 1-4% 比例添加油脂。

现在已经有可以准确添加低剂量液体的工艺技术，但要将它改型用到现有设备中过于昂贵。然而，应当将这一构思纳入所有新的设计和兴建当中。减重系统、重量传送带、或重量螺旋喂料器都能够控制颗粒流量并向控制器发送信号，这样就能准确掌握添加剂用量。

植酸酶仅仅是未来的低剂量、热敏性添加剂的一个开端。其他各种酶、药剂、维生素及生物制品可能都要求同样的甚至更高的精确水平。最好的忠告是现在就着手准备。

七、出厂和交货

混合（Blending）

饲料厂管理人与营养师之间总有一点儿争执，营养师希望养猪或养火鸡的有 12 种甚至 20 种不同的饲料供不同生长期使用，养鸡也要有 8 至 12 种饲料。而大多数饲料厂管理者希望每种家畜只用一种饲料。这就左右为难了。配方越多，饲料厂的生产 and 出货效率越低。

有几个公司正在试验一种构想，即生产二、三种基本配方饲料，出货时用混合的办法制作出每个生长阶段需要的饲料。理论上说，生产 3 种饲料可以混合出无限多种类的饲料，准确地满足所养家畜任何生长阶段的营养需要。

这里必须提到一些实际问题。混合需要添置某些类型的称重或配料设备，精确度是个问题。还必须提到混合导致颗粒质量下降的问题。混合后的均匀度还必须至少达到原有饲料的水平。不过，混合毕竟不失为一个解决办法，让饲料厂既能良好运作，并能生产出真正满足家畜需要的饲料。

八、制粒的营养考虑

尽管营养学家对家禽的营养需要有明确的了解，但在饲料形式对营养需要的影响方面几乎没有作过研究。很久以前，Jensen 等（1965）查明，生长期的火鸡用颗粒形式的饲料饲养，特别是采用刚好需要水平的配方时，对赖氨酸的需要比用粉状的同样配方的饲料要高。该文作者推测，由于制粒增加了日粮的能量，一些营养素的需要量与家禽可得到的其他营养素有关，因而需要更多的赖氨酸。举例说，如果制粒使得饲料转化率平均增长 10%，那么生长期的火鸡对赖氨酸的理论需要应为 1.43%，而粉状饲料通常用 1.3%。

有个情况多少令人不安，即许多养分生物利用率的表格都是以粉状饲料（未加工）为基础的。因此，用加工不善的饲料饲养的家禽，其生产表现可能与用优质颗粒饲料饲养的有所差异。

饲料厂加装一台膨胀机或其他外国的饲料生产设备，可以引发许许多多的营养思考。从实践上说，采用一台膨胀机可以使用对颗粒质量有负影响的更多种饲料原料，同时也不需要改善颗粒持久性的添加剂。有的生产商在制粒后添加脂肪，采用膨胀机可以在搅拌机里添加更多脂肪，不必在颗粒外面喷涂脂肪。

环状间隙膨胀机（Annular gap expanders）可生产颗粒持久性指标大大提高的高质量饲料（Wilson 和 Beyer, 1997）。这是得益于淀粉糊化度提高，糊化淀粉起着像“胶”一样将颗粒粘合一起的作用。但是，没有什么证据说明淀粉糊化度提高会改善家禽的消化率。据 Peisker（1994）报道，膨胀机可提高淀粉糊化度，改善脂肪稳定性，增加代谢能，减少微生物污染，增加可溶性纤维。Fancher 等（1996）报道，饲喂膨胀机制作的日粮的雄性火鸡，其生长和饲料转化率比用制粒饲料饲养的火鸡要好。我们实验室得出的数据表明，用仔鸡做试验，膨胀机加工的饲料与常规制粒饲料相比，这些参数都改善 5-10%。有些营养学家认为，膨胀机可能会破坏维生素之类的热敏性营养素，但研究表明这类影响不大（Coelho, 1994）。

Smith 等（1995）发现，尽管膨胀改善饲料转化率，但膨胀并未造成真代谢能的差异。这与用制粒机加工的日粮得出的数据相似，如果制粒获得的能量是由于生产性能量增加而不是代谢能增加的话，这是可以理解的。不过，看来膨胀机的剪切力会使原来被束缚在细胞物质内的营养素一部分变成可吸收的营养素。我们实验室研究表明，玉米和豆粕在不同的锥体压力下膨胀加工时，氨基酸的生物利用率可能会提高。加大锥体压力导致真代谢能、可利用率普遍提高，淀粉糊化度也提高（Wilson 和 Beyer, 1997）。但是，这些产品都是分别加工的，需要有进一步研究的数据，看在糊化相中是否有来源不同的营养物的相互作用发生。在压力和高温下，蛋白质、淀粉和脂肪粒很可能发生相互作用。

小 结

要准确预测 21 世纪的饲料厂将如何修建如何运作，是不可能的。有许许多多的方案可供选择，掌握信息越多，作出的选择越好。

饲料厂无疑将更多地涉及食品安全、环保事务、以及畜牧业效率和经济效益。谁能从科学研讨会、报刊杂志、展示会、以及制造商获取最佳信息作出明智决策，谁就能在未来中生存。务必保持信息灵通。

参考文献

- ASAE. 1997.** ASAE S319.2, Method of Determining and Expressing Fineness of Feed Materials by Sieving. Standards, 1997. Am. Soc. Agric. Eng., St. Joseph, MO.
- Bedford, M. and A. Fothergill. 2003.** EU antibiotic ban affects production and food safety. *Feedstuffs* 75(40) 1, 23-26
- Behnke, K.C. 1994.** Factors affecting pellet quality. Maryland Nutrition Conference. Dept. of Poultry Science and Animal Science, College of Agriculture, University of Maryland, College Park.
- Briggs, J.L., D.E. Maier, B.A. Watkins, and K.C. Behnke. 1999.** Effects of ingredients and processing parameters on pellet quality. *Poultry Sci.* 78:1464-1471.
- Coelho, M. 1994.** Comparison with pelleting and extrusion: vitamin stability in expanders. *Feed Management* 45(8):10-15.
- Fancher, B., D. Rollins, and B. Trimbee. 1996.** Feed processing using the annular gap expander and its impact on poultry performance. *JAPR* 5:386-394.
- Greer, D. and F. Fairchild. 1999.** Cold mash moisture control boosts pellet quality. *Feed Management* 50(6):20.
- Jensen, L.S., G.O. Rant, R.K. Wagstaff, and J. McGinnis. 1965.** Protein and lysine requirements of developing turkeys as influenced by pelleting. *Poultry Sci.* 44:1435-1441.
- Leaver, R.H. 1988.** The Pelleting Process. Sprout-Bauer. Muncy, PA.
- MacBain, R. 1966.** Pelleting Animal Feed. Regional Feed School Presentation. American Feed Manufacturers Association. Arlington, VA., pp 1-28.
- Mommer, R.P. and D.K. Ballantyne. 1991.** Reasons for pelleting. Pages 3-6 in: A Guide to Feed Pelleting Technology. Hess and Clark, Inc., Ashland, OH.
- Moritz, J.S., R.S. Beyer, K.J. Wilson, K.R. Cramer, L.J. McKinney, and F.J. Fairchild. 2000.** Effect of moisture addition at the mixer to a corn-soybean based diet on broiler performance. *J. Applied Poultry Research*. In press.
- Muirhead, S. 1999a.** Ross Breeders opens "pathogen-free" feed facility. *Feedstuffs* 71:49(14).
- Muirhead, S. 1999b.** Precision in mash moisture management improves pellet. *Feedstuffs* 71(10):16.
- Peisker, M. 1994.** Influence of expansion on feed components. *Feed Mix* 2:26-31.
- Reimer, L.L. and W.A. Beggs. 1993.** Making better pellets: harnessing steam quality. *Feed Management* 44(1):22.
- Smith, P.A., J.D. Firman, and N. Dale. 1995.** Effects of feed processed in an annular gap expander on subsequent broiler performance. *Poultry Sci.* 74: (abst.) 145.
- Wilcox, R.A. and J.L. Balding. 1986.** Feed manufacturing problems – incomplete mixing and segregation. Bulletin C-555 Revised, Kansas State University Cooperative Extension Service, Manhattan.
- Wilson, K.J. and R.S. Beyer. 1997.** Influence of annular gap expansion on broiler performance. *Poultry Sci. Annual Meeting*, Athens, GA.
- Wilson, K.J. and R.S. Beyer. 1998.** Could the results of some nutrition feeding trial be confounded with feed form and bird behavior? *Poultry Sci.* Vol. 77 (Suppl. 1) pp:47.
- Wilson, K.J., R.S. Beyer, K.R. Cramer, J.R. Froetschner, and R. Harrison. 1999a.** Performance of broilers fed feed manufactured under pressure, Southern Poultry Science Society, Atlanta, GA.
- Wilson, K.J., R.S. Beyer, K.R. Cramer, L.J. McKinney, J.R. Froetschner, and K.C. Behnke. 1999b.** Evaluation of broiler performance when fed diets processed by various feed manufacturing procedures. Southern Poultry Science Society, Atlanta, GA.
- Winowiski, T. 1998.** Why pellet? *Proc. Kansas State University/American Feed Industry Assoc. Pellet*

Conference. Manhattan, KS. July 11-13.