

家禽饲料加工与营养之间的相互关系 (1)

R. Scott Beyer 博士 美国堪萨斯州立大学动物科学系

(刘瑞征 译, 程宗佳 校)

当有人问到饲料加工对家禽营养有哪些重要性时,多数营养学家会谈到颗粒质量的重要性,或谈到某些养分可能在加工过程中受损,但很少会有人将饲料厂看成一个“化学实验室”,其中的热、时间以及反应物等因素综合作用生成最终产品。多年前,饲料厂只是一个将谷物混合做成粉料的场所,而现今,使用新的酶、促进抗体生成的添加剂、采用转基因谷物以及一些新的加工技术,饲料厂将成为饲料配方过程的一个组成部分。过去我们关心的是让家禽获得足够的营养,将来我们更需要关心的是整个加工过程。有能力利用恰当的时间、温度、和化学反应物,以低廉的加工费用制造最经济的饲料的人,就能生产出成本最低的产品。

我们审视目前的饲料加工过程时,可能需要超越一点常规。例如,水分过多是件坏事?又如,据传统的说法,只要提高谷物淀粉的糊化程度就能改善颗粒质量、提高家禽营养水平,这是真的吗?

1 水分

几乎所有的动物饲料营养师都学习过水作为一种养分的重要性,但并没有多少营养师在制订饲料配方时都考虑到水,这可能是因为担心高水分会导致储存中发霉而影响饲料质量。

然而,加水可以降低颗粒制作费用,提高饲料转化率和动物生长速度。家禽喜爱采食较湿的饲料,饲喂加水饲料的家禽生长更快。

饲料厂家都致力于以最低生产费用制造出高质量的颗粒饲料(Mommer 和 Ballantyne, 1991)。颗粒饲料(完整颗粒)能显著促进家禽生长,提高饲料转化率(Briggs 等, 1999)。Fairchild 和 Greer (1999)证实,增加搅拌机中物料的水分可以增加颗粒稳定性,减少制粒机能耗,从而提高颗粒质量,降低饲料厂费用。以往的研究表明,颗粒质量与家禽饲料效率之间呈正相关关系(Moran, 1989; Nir 等, 1994)。

我们发现,饲料加工中物料的水分高低在所得产品的颗粒稳定性和淀粉糊化

方面差别很大。用来配制雏和中雏日粮的高水分颗粒饲料，其稳定性和糊化度都好于低水分的同一饲料，对 3~6 周生长期的肉鸡影响最为显著；颗粒饲料所得的活体增重和饲料效率显著高于粉料；高水分处理并添加表面活性剂 / 水使得养分稀释，校正后的饲料效率表明，高水分制粒组得到的饲料效率显著高于其他处理组。对此可能的解释是：饲喂高水分颗粒饲料的肉鸡能够更好地将饲料能量用于生长（生产能量），而不是用于摄食（维持能量）；肉鸡在采食稳定性好的完整颗粒时所消耗的能量，比采食稳定性差且含粉量高的颗粒饲料要低。以往的研究支持这一推测(Moran, 1989; Nir 等, 1994)。添加水分不影响死亡率，但制粒组的死亡率明显高于粉料组。

我们进行了其他的一些研究，其主要目的是为了查明加水、制粒、颗粒质量、养分浓度及肉鸡生长的关系。配方养分浓度（formulation density）的差异明显影响颗粒质量。经过调整配方养分浓度的处理组，其制粒产量高于未调整配方的处理组。这可能是调整后配方中豆油含量高，有助于润滑环模的结果。调整配方的处理所生产的颗粒，与 NRC 配方处理相比，其稳定度明显下降，含粉量较高。尽管如此，将试验处理的颗粒质量与对照处理相比时，添加水明显能提高颗粒稳定度，降低含粉量。这一发现特别重要，因为调整配方的处理中大豆油含量高。以往研究表明，玉米 / 大豆型的肉鸡饲料如在制粒前将脂肪提高到 2% 以上，会在稳定度和含粉量方面降低颗粒质量(Richardson 和 Day, 1976)。在我们的一些研究中，制粒前将油脂加到 6.5% 并同时加水，可制得稳定度 75%、含粉量低于 27% 的颗粒。从这些结果得出的结论是：加水可能提高制粒机产量，并显著改善颗粒质量。肉鸡生长同样未受加水类型的影响，但配方养分浓度如不经调整，则会显著影响生长。用调整配方的饲料饲喂肉鸡，体增重明显提高、饲料摄入量明显降低、饲料效率显著提高。这些数据支持了第 1 个研究中调整后的饲料效率计算值。死亡率不受试验处理的影响。调整日粮配方是使活体增重高于对照的唯一一类处理。两个对照组在饲料效率方面均优于其相应的试验组，或许是由于两个对照组的养分浓度大于相应的试验组而使采食量减少的结果。与第一个研究的推测相反，经过调整配方的对照组，其稳定度是所有处理中最低的，但饲料效率是最高的，同时其活体增重是所有处理中最低的，尽管该配方具有最为浓缩的养分组成（在这样状态下饲养肉鸡是不经济的）。对这一结果的一个可能解释是，这

次研究是在外界温度对育雏最为理想的 3、4 月份进行的，而前一研究是在冷得多的 11、12 月份进行的，理想的外界环境温度可能降低了肉鸡的维持能量需要。Nir 等（1994）提出生产能的定义是净能减去维持能量。虽然改善颗粒质量应能提高生产能，但相对于低的维持能量需要以及日粮中固定的蛋白含量来说，该(生产)能的提高可能多余。以往研究也显示，在适宜的外界环境温度下从 3 周养到上市的肉鸡，尽管提高了颗粒质量，其饲料效率下降(Acar 等, 1991)，对照处理与试验处理的死亡率没有差别。从这些数据得出的结论是，调整生长期肉鸡日粮的配方，包括在调制和制粒前加水，可以促进 3~6 周肉鸡的生长而不影响肉鸡存活率。

关于饲料发霉的担心不应是问题，因为两个研究的含水量都不超过 16%。镰刀菌、曲霉和青霉产生的真菌毒素对家禽都有不利影响，但这些真菌需要的最低含水量为 19%~25%(Trigo-Stock-li 和 Herrman, MF-2061)，尽管营养师不会接受这样的含水量。

2 淀粉糊化程度与颗粒质量

饲料制造导致原料的物理化学变化，其中可能有淀粉糊化。关于糊化的淀粉对动物生产表现的影响，在以往的研究中一直没有定论。肉鸡饲料通常都含有高比例的谷物，所以有很多淀粉。用水加热时淀粉会糊化并将粉碎的饲料粘结在一起(Mommer 和 Ballantyne, 1991)。以往的研究探讨日粮中的糊化淀粉对颗粒质量和肉鸡生产表现的影响，有正面的也有负面的(Moritz 等, 2001; Moritz 等, 2002a; Moritz 等, 2002b)。不过，一直有人推测，糊化淀粉除了有粘结颗粒的作用外，还可能本身对肉鸡生产表现有所影响。

普遍认为，谷物淀粉的糊化有助于酶接触糖苷键而促进消化(Moran, 1989; Colonna 等, 1992)。Allred 等(1957)报道，用经过制粒 / 再粉碎加工的玉米制成全价日粮喂鸡，对应的增重和饲料转化率比用未加工的玉米配制的同样日粮有显著改善。然而，后来的研究测定了这种经过制粒 / 再粉碎加工的玉米制成的日粮，结论是除增加了日粮的淀粉糊化外，没有对肉鸡带来营养优势(Sloan 等, 1971; Naber 和 Touchburn, 1969)。而且，Plavnik 等（1997）发现，用经过制粒 / 再粉碎加工的玉米制成的日粮饲喂的肉鸡，其生产表现比用未经加工的同样日粮饲

喂的肉鸡要差。

让原料中的淀粉尽量糊化一直是生产高质量颗粒饲料的一条原则。然而，通过促进淀粉糊化来提高颗粒质量可能对养分利用起负作用，这会抵消制粒对动物生产表现的促进作用。

这次研究是按通常生产上的方法加工玉米，以不同的比例替代未加工玉米配制完全日粮，目的是制成含有不同比例并来自不同商业性加工方式的糊化淀粉的几种日粮。用玉米作为唯一的加工原料，为的是避免高脂肪或高蛋白原料受加工影响而发生混淆。玉米在配制前先制粒或挤压，并再次粉碎。制粒玉米提供的日粮淀粉糊化百分率代表常规制粒饲料的情况；挤压提供的是极高百分率的糊化水平。用这几种饲料饲喂 0~3 周龄幼雏肉鸡，探讨加工所致的淀粉糊化对生产性能的影响。

未加工玉米与加工玉米粉碎后的容重数值相近，这个相近很重要，因为日粮的淀粉浓度会影响肉鸡的饲料摄入量(Naber 和 Touchburn, 1969)。相对于养分浓度的日粮含水量也会影响饲料摄入量(Moritz 等, 2001; Moritz 等, 2002a)。不过几种玉米的含水量都相近，而且玉米不是决定日粮含水量的唯一原料。尽管未加工的和加工的玉米都通过同样的锤片粉碎机筛板进行粉碎，粒度仍各自不同，但不同粒度之间的标准差是相近的。淀粉糊化百分率是相对于未加工玉米(为 1)计算而得，制粒玉米和挤压玉米的淀粉糊化率分别提高到 29%和 92%。含 3/3 制粒玉米的日粮的糊化淀粉计算百分率与含 1/3 挤压玉米的日粮相近。几种玉米的糊化峰值温度相近。

玉米加工类型与在日粮中的比例之间没有明显的互作效应。饲喂制粒玉米日粮的肉鸡，与饲喂挤压玉米日粮的相比，饲料摄入量较低，饲料效率 (FE) 较高。肉鸡活重增长和死亡率不受玉米加工类型影响。玉米类型之间的粒度差别可能解释上述生产表现的差异。研究结果显示，粉料日粮的玉米粒度影响肉鸡的饲料喜好、增重、生长效率和代谢状况(Portella 等, 1988; Healy, 1992; Nir 等, 1994; Nir 等, 1994)。我们这项研究的制粒玉米粒度比挤压玉米平均小 231 μm 。Healy (1992)发现，将日粮谷物(玉米、硬高粱或软高粱)的粒度从 900 μm 按 200 μm 间隔降到 300 μm ，对 0~3 周龄肉鸡的饲料效率直线上升($P=0.001$)。就玉米为主的日粮而言，提高饲料效率是与降低肉鸡的饲料摄入量和提高氮校正代谢能联系

在一起的，但 Healy (1992) 没有对各种谷物所得的肉鸡生产表现分别进行统计分析。Wondra 等(1995)认为，缩小粒度增加了表面积，使营养物更易与消化酶接触。

Nir 等(1994b)观察到，饲喂含 900 μm 玉米日粮的肉鸡，与饲喂含 1 000 μm 或 2 000 μm 玉米日粮的肉鸡相比，1~3 周龄期间的饲料效率和活重增长显著提高。该文作者推测，这些差异可能是由于胃肠道的变化所致。Nir 等(1994c)在随后的研究中发现，饲喂粗粒谷物(2 000 μm 玉米、小麦或高粱)的肉鸡，与饲喂 600 μm 或 1 000 μm 同样谷物的肉鸡相比，21 日龄的肌胃重量较大($P = 0.01$)。同样，Healy (1992) 观察到，饲喂 900 μm 谷物的肉鸡与饲喂 300 μm 谷物的相比，肌胃和腺胃都更重。Nir 等(1994c)提出，胃肠道的生理变化可能影响肉鸡的食欲和饲料通过速度。Healy (1992)推测，胃肠道器官的重量可能影响肉鸡的维持能量需要。

糊化淀粉的比例一般不影响肉鸡的生产性能指标。但是，增加制粒玉米比例会使肉鸡的饲料摄取量和增重直线下降。前面提到的一些关于粒度的研究也报道了日粮对饲料摄取量的同样影响(Healy, 1992; Nir 等, 1994b; Nir 等, 1994c; Wondra 等, 1995)。既然与活体增重相平行的饲料摄取量和 FE 不受影响($P=0.3009$)，看来通过制粒增加糊化淀粉或降低粒度都不能改善养分消化率。尽管提高肉鸡日粮中挤压玉米的比例有使 FE 数值下降的趋势，但提高挤压玉米在日粮中的比例使糊化淀粉和粒度增大，并没有显著影响肉鸡的生产性能。

对照组肉鸡的活重增长低于饲喂含制粒玉米或挤压玉米日粮的肉鸡，但是，饲喂对照日粮的肉鸡的活重增长与饲喂含 3/3 制粒玉米日粮的肉鸡没有显著差别，而且含制粒玉米的日粮和对照日粮，其饲料摄取量和 FE 都相近。这些结果与以往研究相符(Healy, 1992; Nir 等, 1994b; Nir 等, 1994c; Wondra 等, 1995)，或者是由于含制粒玉米与含未加工玉米的日粮的粒度差别太小，不足以显著影响肉鸡的生产表现。过去的研究多数用 200 μm 间隔，而我们的研究设定的间隔小于 110 μm 。与此相反，饲喂含挤压玉米日粮的肉鸡与饲喂对照日粮的相比，饲料摄取量增加($P=0.0158$)，FE 下降($P=0.0179$)。

制粒玉米配制的日粮，糊化淀粉含量较低，看来影响的是肉鸡的饲料摄取量而不是养分利用率。Sibbald (1977)发现，蒸汽制粒的各种日粮，包括一种玉米-大豆雏鸡日粮，没有改变日粮的真代谢能。含挤压玉米的日粮，有较高的糊化淀

粉含量，似乎是通过降低养分利用率影响肉鸡的饲料摄取量，肉鸡需要多吃以满足身体需要。Sloan 等(1971)用含未加工玉米的日粮和含膨胀-挤压加工玉米的日粮，在 0~4 周龄期间饲喂肉鸡，结果表明，增重和饲料利用方面未见显著差别。然而，Hongtrakul 等(1998)发现，给猪在断奶后 0~7d 饲喂含挤压谷物（玉米、玉米淀粉、碎米、小麦粉、高粱）的日粮，与饲喂含未加工谷物的日粮相比，增重/饲料比降低 ($P<0.05$)。该文作者还改变挤压加工条件以制作含更多糊化淀粉的日粮，用这些日粮在断奶后 0~18d 喂猪，结果对干物质、粗蛋白、能量的表观消化率呈二次曲线关系($P<0.01$)。消化率随糊化淀粉含量的增加而变，先是上升然后下降。作者把这些影响归因于挤压加工条件的变动，可能产生回生淀粉、美拉德反应产物，降低可利用氨基酸和维生素。

含 3/3 制粒玉米与含 1/3 挤压玉米的日粮，计算得出的糊化百分率相近。但是，后者与前者相比，肉鸡饲料摄入量显著提高；二者活重增长趋势追随饲料摄入量的变化，FE 统计上相近。这个结果与文献报道的粒度关系不一致(Healy, 1992; Nir 等, 1994b; Nir 等, 1994c; Wondra 等, 1995)，但或许更能反映挤压加工影响养分利用率，肉鸡要摄入更多饲料以满足营养需要。

日粮粒度的变动通常会混淆糊化淀粉对肉鸡生产性能的影响，淀粉糊化也会影响粒度。在对生产性能的影响不好用粒度解释时，可能是日粮中糊化淀粉的数量和变动影响到了饲料摄入量和营养利用；由于糊化淀粉对食欲、饲料过肠速度、肠道形态以及相关因素的影响，肉鸡的饲料摄入量已经有了改变。挤压加工可能降低了玉米的养分有效性。虽然如此，这些数据还是表明，通过商业性饲料厂的加工过程产生的糊化淀粉，在 0~3 周龄幼稚期间不能改善肉鸡的养分利用。

粒度很可能成为家禽营养方面的下一个值得研究的领域。多年来各种家禽都用粉碎饲料喂养，因为都相信鸡的肌胃能够将所有饲料颗粒充分处理到最佳大小。其结果是肌胃功能降低并萎缩。不过，肌胃很可能有其它未被充分了解的功能。已经有人观察到肌胃保留大颗粒的时间较长，直到其平均直径小于饲喂前粉碎达到过的小粒度时才释放到小肠中(Kilburn 和 Edwards, 2004)。这样看来，如果让肌胃保持良好状态，家禽或许能够更充分地发挥其性能。如果饲喂粉碎程度较低的饲料，让肌胃保留更多的功能，同样情况也可能在肠道系统的其它部分发生。粗粉碎谷物是否会改善家禽消化系统的状态和完整性？这个问题很重要，因

为肠道的肌肉良好就不容易破裂，在加工厂可以少发生微生物感染。关于家禽方面，在粒度领域非常需要进行更多的研究。

（参考文献 27 篇，略，可向作者函索）