



American Corn Processing, Further
Processing—Their Products and Uses

美国玉米加工、深加工 ——其产品和用途



美国饲料谷物协会 • 北京办事处
U.S. FEED GRAINS COUNCIL BEIJING

序 言

美国饲料谷物协会北京办事处十分高兴地向您提供这本《美国玉米加工、深加工——其产品和用途》。作为世界上规模最大的玉米加工工业，许多的国际性市场都专门由美国买进两种玉米湿法加工的副产品：玉米面筋粉和玉米面筋饲料。从这本小册子里的文章中您可以看出，几乎所有的玉米面筋饲料都被欧洲买走以满足那里大群反刍动物的饲喂需求；而大多的玉米面筋粉则被卖到亚洲国家以用于其大规模的家禽和养猪业。

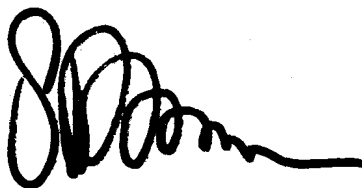
一些国家、诸如日本、南朝鲜、台湾、马来西亚，泰国和印度尼西亚都在设法订购美国的玉米面筋粉。由于玉米面筋粉含 60% 的蛋白质、质量优良、一致，在高温高湿气候条件下品质稳定，耐储存，它是北美和亚洲的一种可供选择的蛋白来源。其高蛋白含量、良好的加工质量，特别是与诸如鱼粉之类的蛋白质来源相比在价格上面如此大的竞争能力，使它在计算我们日粮配方时总是成为优于鱼粉的最佳原料。

1991 年中国以超过 500 美元 / 吨的成本加运费价格进口了六十万吨以上的鱼粉。在同一期间内前面所提到的那些亚洲国家一直在买美国产的玉米面筋粉。即使是小批量（一至二万吨）价格也不会超过 400 美元 / 吨。设想一下如果您能用美国玉米面筋粉来取代鱼粉，每吨就会节省 100 美元以上。那将会给中国和您的企业节省多少钱啊！随着美国玉米加工工业为满足日益增长的燃料乙醇和用途不断增多的深加工玉米产品的需要而逐渐扩大，玉米面筋粉的价格在将来会继续保持其竞争能力。

我们希望您能阅读这本小册子，并且相信您会和成千上万的亚洲和美洲的饲料工业的决策者得出同一个意见：美国玉米面筋粉是一种很不同一般的、经济的蛋白来源。届时，我们期望您会与您购买鱼粉的那家经销商联系，要求他们试着购买美国玉米面筋粉。如能照此办理，包管令您满意。

同时，如果您有什么问题和意见，或者我们在什么方面能进一步对您有所帮助，请不吝赐教。

美国饲料谷物协会北京办事处主任：卜杰富敬上。



目 录

序言

玉米湿磨饲料产品及使用价值	1
玉米面筋粉的研究	2
玉米加工副产品及在养殖业中的应用 ——Jerry C.Weigel	16
玉米深加工者为不同的市场服务	31
玉米面筋饲料——饲养的未来	36

玉米湿磨饲料产品及使用价值

译者 罗 兰

玉米湿磨饲料产品的组成成分

玉米精加工者协会对经玉米湿磨粉加工工艺得到的 4 种主要饲料产品进行描述定义如下：

1. 玉米面筋饲料：是商业上的剥落玉米经生产玉米淀粉和玉米淀粉衍生物的湿磨加工工艺提取了大部分淀粉、面筋和胚芽后所剩下的部分。玉米面筋饲料通常制成颗粒饲料后使用。它可含或不含发酵的玉米提取物和 / 或玉米胚芽粉。它最多可含到重量的 0.5% 营养性的或无营养性的、无活性的、无毒性的固形剂来增进它的流动性。在玉米面筋饲料初次生产出来或制成颗粒料后可不用与其他产品混合。

玉米面筋饲料是一种蛋白质和能量饲料。它广泛地用在奶牛、肉牛、家禽（蛋鸡和火鸡）、猪的合成饲料和浓缩饲料中，并作为微量营养物质的载体。玉米面筋饲料可提供 20% 的蛋白质。

由于玉米面筋饲料是国际贸易的主要饲料原料，玉米精加工者协会已制定了一个民间的标准来识别和描述玉米产品，买方和卖方都可用这一标准来帮助他们对产品进行描述和详细说明其最低质量标准。读者可向玉米精加工者协会写信索要这个标准的复印件，综合分析项目和检验项目。

2. 玉米面筋粉：是高蛋白、高能量饲料，含有玉米加工过程中被分离的谷蛋白以及分离过程中未被回收的少量淀粉和纤维。这一高能量蛋白浓缩饲料一般可提供 60% 的蛋白质。玉米面筋粉是很好的蛋氨酸的来源，可与其他常用的蛋白质饲料合用互补蛋氨酸，玉米面筋粉叶黄素含量高，可作为色素加到家禽饲料中使得他们的产品价值提高。玉米面筋粉可提供高水平的“过瘤蛋白”，是非常好的牛饲料。

3. 玉米胚粉：是蛋白质和能量含量中等的饲料，是玉米胚榨油后的残留物。由于胚芽只占玉米籽粒很小一部分，因此玉米胚粉的数量也很少。它是很好的液体营养物质的载体，约提供 20% 的蛋白质。

4. 玉米浸泡液（也称浓缩发酵的玉米提取物）：就干物质而言是高能、高蛋白的液体饲料它所含的可溶性物质已在浸泡过程中除去，然后浓缩成固形物。玉米浸泡液有时与别的饲料成分结合成玉米面筋饲料，或单独作为肉牛和奶牛液体蛋白饲料出售，或作为颗粒料的营养粘合剂。玉米浸泡液是很好的 B 族维生素、矿物质以及未确定生长因子的来源。

玉米湿磨饲料产品的使用

各种畜禽的适宜营养需要是饲料生产商所主要关心的问题。每一玉米副产品当它们在配合饲料中使用，都有它自己不同的营养特点。一般地说，根据美国全国研究委员会（National Research Council），这四种主要的玉米副产品被归类为蛋白质补充料。除了它们的蛋白质含量不同外，这四种饲料产品所含的必需氨基酸、维生素、矿物元素也各有不同。见下面的饲料成分表。

面对着大量的饲料原料可供选择，饲料配制者们越来越转向采用电子计算机解决配制饲料的复杂问题。将每一饲料原料的营养成分、价格、可利用率的信息输到计算机里，然后将所喂动物的需要量输入。实际上是人们要求计算机根据所给的这些饲料原料，给家畜配制出能够满足他们所有营养需要

的，成本最低的饲料配方来。

现今很多饲料配方是以最低成本为基础配制出来的，根据不同饲料本身的特点、价格和可利用率来使用原料，使这些原料能够充分发挥其作用。

1.肉牛和奶牛：反刍动物，如肉牛和奶牛是能够将从纤维饲料发酵得来的碳架和从非蛋白氮饲料得来的氮结合起来生产肉和奶的唯一独特的食物生产者。然而，为了最有效的生产，高产奶牛和快速生长的青年肉牛，饲料中需要添加蛋白质，这些蛋白质必须能够躲过瘤胃的降解，在小肠消化吸收。玉米面筋粉就是一个很好的缓慢降解的蛋白质资源，蛋白质过瘤胃率约为 60%，蛋白质到达小肠消化吸收。玉米面筋粉可以提高蛋白质饲料利用效率的潜力已被生长犊牛的试验证实，玉米面筋粉与非旦白氮饲料混合使用其营养价值与天然蛋白质补充料一样，但成本下降很多。

干玉米面筋饲料颗粒料是肉牛很好的蛋白质、能量和矿物质饲料来源。采食玉米青贮添加干玉米面筋饲料颗粒料的生长阉牛，其生长速度快于添加豆饼的牛，而且单位增重所需的饲料也少。玉米面筋饲料中的酸性洗涤不溶性氮的值很低，这就说明它的粗蛋白可利用率是 100%。在育成牛饲料中，玉米面筋饲料所含的能量约是玉米所含能量的 86%，在含粗饲料高的生长期料中，由于互补效应对瘤胃纤维消化的影响，玉米面筋饲料中的玉米纤维部分与玉米的能量部分相等。互补效应的发生是因为玉米面筋饲料维持了瘤胃中消化纤维的微生物区系，当喂反刍动物谷物时，瘤胃中的微生物区系就转成消化淀粉的微生物区系。玉米面筋饲料含磷量较高，这对于补充粗饲料含量高的日粮中磷的缺乏非常有益。

湿玉米面筋饲料是经筛、压湿玉米纤维减少了水分而制成的。因此，当与玉米浸泡液混合后，产品的最终水分含量为 40%。湿玉米面筋饲料的适口性很好，当育肥料添加了湿玉米面筋饲料后，可提高育肥牛干物质的采食量。由于它的消化率较高，是育肥牛很好的蛋白质、能量和粗饲料的资源，能量含量由中等到高。作为典型的育肥饲料，在同等干物质基础上湿玉米面筋饲料含能量值是玉米的 95%。如果湿玉米面筋饲料取代育肥料中一部分粗饲料，这个能值还会提高。育成期料中添加 50~70%的湿玉米面筋饲料，就不需添加另外的粗饲料了。

当玉米+玉米青贮的泌乳期料中添加湿玉米面筋饲料时，奶牛的饲料采食量和奶产量增加。湿玉米面筋饲料也是奶牛很好的蛋白质、能量和可消化纤维的饲料来源。在玉米+玉米青贮日粮中，用湿玉米面筋饲料替代含日粮干物质 30%的玉米和豆饼，脂肪校正奶的产量仍不降低。日粮中的湿玉米面筋饲料的含量从 20%增加到 40%时，乳脂率也直线上升。当青年奶牛采食含量为 90%湿玉米面筋饲料的日粮时，它们的日增重，饲料报酬与采食苜蓿干草型日粮、燕麦青贮型日粮或高粱+豆饼青贮型日粮的青年奶牛相比大大增加。

在肉牛和奶牛的液体饲料中，玉米浸泡液已经成为蛋白质、能量饲料以及磷的重要来源。在育肥期饲料中玉米浸泡液是与豆饼相当，与尿素相当或优于尿素的粗蛋白饲料资源。给定点放牧的牛液体添加料中添加 71%的玉米浸泡液作为蛋白质补充料，其效果与添加棉饼相当。为放牧的牛提供营养常使用饲料砖。玉米浸泡液在许多放牧饲料砖的配方中既作为营养物质又作为粘合剂：

2.羊：干和湿玉米面筋饲料是很好的生长羊所需的营养物质。采食日粮中添加 50%的干玉米面筋饲料颗粒料的羊羔与采食玉米基础日粮再添加向日葵饼或豆饼的羊羔相比，它们的生长速度一样。日粮玉米面筋饲料的添加水平超过 50%是不适宜的，会造成铜中毒。育成羊饲料中添加 25~50%干玉米面筋饲料时，可取代同等干物质含量的玉米青贮，育成羊的生长速度和饲料报酬获得提高。由于玉米面筋粉在瘤胃中的降解速度很慢，可有效地被羊利用。

3.家禽：家禽的类型和生产用途不同，它们的营养需要也差异很大。由于肉鸡的营养需要越来越精细，而玉米面筋粉的营养成分很稳定，因此玉米面筋粉在肉鸡饲料中的使用大大地增加了。玉米面筋粉是高蛋白（60%）高能量饲料，是肉鸡业所寻找的高营养浓度、高效的饲料。玉米面筋粉中的

叶黄素含量高，可使蛋黄和鸡的皮肤、腿有金黄色色素沉积。玉米面筋粉的能量含量仅次于饲料原料油脂。玉米面筋粉中的+八碳二烯酸（亚油酸）的含量高，有利于满足鸡对必需脂肪酸相对高的需要。玉米面筋粉中的蛋氨酸含量也很高，在一般饲料原料中都缺乏此必需氨基酸。在蛋鸡平衡日粮中玉米面筋饲料可取代15%的玉米和豆饼而不降低饲料报酬和产蛋量。玉米面筋饲料在生长鸡饲料中已经被加到10%，在肉鸡育雏料中加到6%，对生长速度和采食量均没有降低。玉米浸泡液作为家禽饲料已被证明含有未知生长因子。在肉鸡全价日粮中添加2.5~5%的玉米浸泡液，可发现小的但是持续不断的促生长反应。由于玉米胚粉的氨基酸组成平衡，它是家禽很好的氨基酸来源，但所能供应的数量非常有限。

4.猪：首次进行玉米湿磨饲料喂猪的试验是在1920年。从那时起，我们对猪的营养需要以及玉米湿磨饲料满足这些需要的能力就有了更深入、最完全的了解。对生长猪来说，作为蛋白质饲料来源玉米胚粉的作用与豆饼相同。在玉米+豆饼的育成猪日粮中玉米面筋饲料颗粒料最多可取代30%的玉米而不降低育成猪的生长性能。将玉米面筋饲料制成颗粒料可提高色氨酸和/或能量的可利用率，增加氮的沉积。对生长猪来说，玉米面筋饲料含有玉米能量的80%。这就使玉米面筋饲料成为妊娠母猪日粮很好的营养物质，因为妊娠母猪的采食量和增重可从受到适当的限制。妊娠日粮中含有50%的玉米面筋饲料可以驯获得适宜的采食量和增重。

玉米浸泡液与玉米胚粉和玉米麸一起可作为猪玉米高粱型日粮的蛋白质补充料。玉米浸泡液可提供生长猪日粮赖氨酸总量的30%，不降低生长性能。

5.玩赏动物：宠物饲料工业近几年来有很大的发展。由于我们对狗和猫营养需要的研究和理解越来越完善，玉米湿磨加工饲料产品作为这些动物饲料中的营养物质的可利用性就很明显了。宠物饲料的生产商们现在用玉米湿磨加工饲料产品为不同生长阶段的宠物提供适宜营养浓度的饲料。

玉米面筋粉已经成为许多宠物食物中的普通原料。由于玉米面筋粉含60%的蛋白质，代谢能值高，在一营养密集包装内，它能提供更多的营养。这就使得生产商们有更大的灵活性来添加低营养浓度的其他产品以增进宠物食物的认可性、外观、使用方便性以及柜台存放期。

肥胖是缩短宠物存活期的一个因素。为不同生长阶段的宠物设计和提供适宜的营养食物有助于减少这个问题。已介绍推广使用低能量宠物食物。它可使宠物获得全价营养物质，玉米面筋饲料含有6~10%的粗纤维，是很好的纤维饲料，有助于控制成年狗的肥胖。

6.鱼：随着消费者寻求新的和经济的食物蛋白资源，水产业在美国已发展成很大的商业。由于水产业的发展，鱼繁殖者们正极力研究最经济有效的饲料资源。玉米面筋粉含60%蛋白质，是鱼很好的蛋白质饲料。尽管玉米面筋粉缺乏某些鱼所需要的氨基酸，可在维持饲料经济性的前提下通过添加其他饲料来解决。

正如玉米加工业副产品饲料来源的使用者所知道的，在决定使用某一原料时要考虑许多问题。玉米加工副产品是饲料工业众多可供使用的饲料原料的一个。每种原料满足饲料生产商的需要。

玉米的精细加工行业正在扩大，越来越多的加工产品成为饲料商的原料。玉米精细加工商们每年要出售9百万吨饲料产品。在今天的商业气氛下，饲料生产商们需要每一个可能的机会，玉米精细加工商们提供有价值的产品来满足他们的需要。

玉米湿磨饲料产品的营养价值

4.种主要的玉米湿磨饲料产品的营养成分见表1。玉米湿磨饲料产品的能量、纤维、脂肪、氨基酸、矿物质维生素含量见表2。玉米湿磨粉饲料产品的矿物质成分见表3，维生素、氨基酸的含量见表4。

表 1 玉米湿磨饲料产品的成分

	玉米面筋饲料	玉米面筋粉	玉米胚粉	浓缩发酵玉米提取液
干物质,%	87—90	90	90	50
蛋白质,%	18—22	60	20.5	23
脂肪,%	2—5	2.5	1	0
纤维,%	6—10	2.5	12	0
酸性洗涤纤维%	13	5	14	0
中性洗涤纤维%	35	—	—	0
灰分,%	6.5—7.5	1.8	3.8	8
密度,立方尺	25—30	33—36	24—28	10.5
叶黄素 mg / 磅	16	225	0	0
亚油酸,%	2.2	3.2	0.5	0

表 2 玉米湿磨饲料产品的营养成分

	玉米面筋饲料	玉米面筋粉	玉米胚粉	浓缩发酵玉米提取液
干物质,%	90	90	90	50
反刍动物				
总消化养分%	80	75	67	40
净能 兆卡 / 磅				
生长	60	60	44	—
维持	0.80	0.85	0.70	—
泌乳	0.77	0.80	0.69	—
代谢能,千卡 / 磅				
猪	1130	1600	360	920
鸡	830	1700	770	725
蛋鸡	830	1700	770	725
火鸡	830	1700	770	725

表 3 玉米湿磨饲料产品的矿物质成分

	玉米面筋饲料	玉米面筋粉	玉米胚粉	浓缩发酵玉米提取液
干物质,%	90	90	90	50
钙, %	0.05	0.07	0.04	0.14
磷, %	1.00	0.48	0.30	1.80
钾, %	1.50	0.20	0.34	2.40
镁, %	0.50	0.08	0.30	0.70
硫, %	0.30	0.65	0.30	0.60
钠, %	0.15	0.06	0.07	0.11
铁, ppm	363	282	337	110
锌, ppm	250	31	92	70
锰, ppm	58	7	4	29
铜, ppm	13	24	4	15

表 1—4 所示的营养成分数据, 只是一些典型产品的资料, 不是被保证的营养成分数据。由于玉米成分产生变化, 地理的分布不同, 加工与贮存的条件这些因素都可能影响饲料成分的变化, 我们要提醒使用这些表格的人注意, 单个玉米产品的饲料营养成分会不同于此表上的数据。

表 4 玉米湿磨饲料产品的维生素和氨基酸组成

	玉米面筋饲料	玉米面筋粉	玉米胚粉	浓缩发酵玉米提取物
干物质, %	90	90	90	90
维生素, mg / 磅				
胆碱	688	160	738	1550
烟酸	32	27	13	38
核黄素	0.9	0.9	1.8	2.7
硫氨酸	0.9	0.1	2	1.3
生物素	0.15	0.08	0.1	0.15
胡萝卜素	3	7.27	0.9	0
氨基酸, %				
精氨酸	0.78	2.08	1.30	1.00
组氨酸	0.61	1.40	0.69	0.70
异亮氨酸	0.88	2.54	0.69	0.70
亮氨酸	2.20	10.23	1.79	2.0
赖氨酸	0.64	1.01	0.90	0.8
蛋氨酸	0.37	1.78	0.58	0.50
苏氨酸	0.78	2.20	1.09	0.90
色氨酸	0.15	0.30	0.20	0.05

1. 能量: 畜禽不能获得良好生产性能的最常见原因就是代谢能的采食量低于需要量。对于所有畜禽来说, 玉米面筋粉有很高的代谢能值(表 2)。反刍动物奶牛和羊, 利用玉米面筋饲料渣可获得最大的代谢能, 因为这些反刍动物可有效地利用玉米面筋饲料里的纤维成分, 这就是牛对玉米面筋饲料所能利用的能量与对玉米面筋粉所能利用的能量基本相同的原因所在。对于猪和家禽来说, 在代谢能值上, 玉米面筋饲料和玉米胚粉与小麦以及其他高纤维谷物的副产品基本一致。

2. 纤维: 玉米湿磨加工的副产品其碳骨架含量较多的是半纤维素, 中等到低的是纤维素, 低的是木质素。玉米浸泡在酸液中使得里面的半纤维素易于被微生物作用。玉米纤维素在浸泡过程中易于被纤维分解菌分解, 尤其是以湿的状态与湿面筋饲料一块饲喂时。通过粗纤维测定方法所测出的主要纤维成分是纤维素。表 1 的资料说明, 玉米面筋粉中的纤维素含量很低, 玉米浸泡液中几乎没有。

3. 脂肪: 现有代谢能最浓缩的形式就是脂肪。玉米浸泡液是这些玉米加工副产品中唯一不含脂肪的饲料(表 1)。对家禽而言, 天然饱和脂肪酸有助于其他饲料中饱和脂肪酸的利用。对反刍动物而言, 不饱和脂肪酸在瘤胃里被微生物群加氢氧化。这就势必引起反刍动物需要代谢能的增加来把这些多余的氢从瘤胃中移出, 以减少甲烷的产生。所有日粮中都需要十八碳二烯酸, 十八碳三烯酸、二十碳四烯酸。这些必须脂肪酸, 除了玉米浸泡液, 玉米湿磨加工副产品玉米油中十八碳二烯酸的含量很高, 这对于家禽是很重要的, 因为家禽对十八碳二烯酸的需要量高。

4. 氨基酸: 猪和鸡的氨基酸需要量已十分清楚。玉米湿磨加工副产品中的氨基酸含量以饲料中的百分数来表示(表 4)。玉米胚粉是 4 种副产品中蛋白质质量最高的一个, 它的赖氨酸、蛋氨酸、色氨酸含量与比例比较理想。玉米面筋粉中的蛋氨酸和其它必需氨基酸含量高, 这对于饲料生产商们是

很有用的。他们可以利用低蛋白质饲料与玉米面筋粉混合使用配制成低成本，营养全价的饲料。玉米面筋饲料可作为猪与家禽饲料中氨基酸的补充料，当使用合成氨基酸或天然蛋白质饲料时，玉米面筋饲料中的氨基酸可与这些饲料中的氨基酸互补。

对反刍动物氨基酸营养需要的了解不如猪禽那么清楚，因为瘤胃微生物能够把饲料蛋白和非蛋白氮转变成微生物蛋白。反刍动物对饲料蛋白质的最佳利用是指足够的饲料蛋白质在瘤胃中降解以供最大的瘤胃微生物蛋白质的合成，未被降解的蛋白质在小肠内消化吸收。玉米面筋粉是反刍动物理想的蛋白质饲料，因为它有 60~70% 的蛋白质可躲过瘤胃的降解，在小肠中消化。玉米面筋粉蛋氨酸的含量高，它也是微生物蛋白质的第一限制性氨基酸。目前，使用玉米面筋粉所含的氨基酸无论数量还是质量都易于吸收。

5. 矿物质：矿物质是组成动物骨骼、牙齿所必不可少的，它帮助调节动物体内的 pH 的渗透压，是参与体内生化过程很多酶的辅助因子。玉米加工副产品中的磷含量高（表 3），它是添加入畜禽饲料中常规矿物元素最贵的一种。这些副产品也富含钾、镁和硫。日粮中的硫对反刍动物是很有益的，因含有大量的非蛋白氮。玉米湿磨加工副产品同样也是微量元素的很好来源，尤其是铁和锌。这些饲料中钙和钠的含量低，把它们加到饲料中相对地说价钱不是很贵的。

6. 维生素：维生素是动物体内营养物质代谢所必须的。玉米湿磨加工副产品是 B 族维生素和胆碱的很好来源（表 4）。玉米面筋粉是胡萝卜素的很好来源，它具有维生素 A 的活性。

饲料产品的分析检验

玉米精细加工者协会通过分析程序委员会研究制定了很很多检验饲料可行的分析方法。表 5 列出了一系列这些方法，它们发表在公司标准分析方法上，读者可向协会索取。

表 5 玉米湿磨饲料产品的分析方法

玉米精细加工者协会饲料标准分析方法	
方法名称	分析项目
G—2	酸度(提取法)
G—4	灰分
G—6	色素(分光光度计法)
G—8	密度
G—10	粗脂肪(CCL ₄ 提取法)
G—12	粗纤维
G—13	乳酸
G—14	水分(煮沸蒸馏法)
G—16	水分(烘箱)
G—20	pH
G—22	蛋白质
G—26	可溶性物质
G—28	淀粉
G—40	叶黄素

续表 5 玉米湿磨饲料产品的分析方法

测定玉米湿磨饲料产品营养成分的其他分析方法		
分析项目	所测成分	参考文献
灰分	非可燃物	AOAC,1975
氨基酸	单个氨基酸	氨基酸分析仪方法
粗纤维	纤维素和少量木质素	AOAC,1975
干物质	干燥过程中损失的游离水分	AOAC,1975
乙醚浸出物	乙醚可溶物	AOAC,1975
KjeLdahlL 氮	氮	AOAC,1975
中性洗涤纤维	纤维素+半纤维素+木质素	Guertling,H.k.和 D.J.Vansoest, 1970.Agr.Handbook.379,HSDA, Washington D.C
酸性洗涤纤维	纤维素+木质素	同上
酸性洗涤木质素		同上

除了这些由玉米精细加工者协会所研制的分析方法外，其他机构也制定了许多用于检验饲料的分析方法，表 5 同样也列出了这些方法中比较重要的以及它们的出处。所有这些方法都提供了详细的步骤来精确测定玉米湿磨加工副产品中的营养成分和其他重要的物质。

玉米面筋粉的研究

译者 罗兰

引 言

在美国,肉鸡饲料主要是由玉米和豆饼,补加蛋氨酸组成。生物技术的发展使得人工合成赖氨酸、苏氨酸、色氨酸成为可能,而且人们可以接受这些氨基酸的价格,将它们用到商品饲料中去。这就意味着使用玉米或玉米面筋粉添加赖氨酸作为饲料具有很大潜力。

是否肉鸡的氨基酸需要与日粮中的蛋白水平有关是一个值得研究的问题。Jensen 和 Mendonca(1988), Fancher 和 Jensen(1989)的研究表明,当肉鸡采食低蛋白日粮添加合成氨基酸时,肉鸡不能达到最好的生长速度和饲料效率。Jensen 1990 年发现如采用低蛋白育雏料饲喂肉鸡,无论日粮中添加氨基酸与否,肉鸡的生产性能都会随着蛋白水平的下降而下降。

在这类研究中,日粮中玉米面筋粉的水平保持在一个恒定的水平上,为 7%。通过减少日粮中的豆饼含量,增加玉米、DL-蛋氨酸和 L-赖氨酸来降低日粮蛋白水平。

关于日粮中使用高水平玉米面筋粉对肉鸡生产性能影响的报道还很少。Farran(1987)为了研究日粮中添加高水平的玉米面筋粉(19.9%)是否对肉鸡的生产性能产生不利的影响,他设计了一个试验,在高蛋白日粮中添加高水平的玉米面筋粉,并没有发现它对鸡产生什么坏的影响。当 Farran 在高蛋白日粮中添加合成亮氨酸时,未发现引起亮氨酸中毒症状。该研究的目的是观察比较在肉鸡生长阶段(0 日龄到出售体重)期间,饲喂高水平玉米面筋粉与饲喂对照日粮(玉米-豆饼型)肉鸡的生产性能。试验设计采用高和低蛋白日粮。

试 验 设 计

试验鸡饲料在地面隔笼内,每笼为 50 只公鸡。采用 4 种试验日粮,每种日粮 8 个重复。

试验日粮 1(玉米+豆饼日粮,表 1)育雏料蛋白质水平为 22.5%;育成料蛋白质水平为 21%;停药期料蛋白质水平为 19%。

试验日粮 2(玉米面筋粉+豆饼,表 2)育雏料蛋白质水平为 22.5%;育成料蛋白质水平为 21%;停药期料蛋白质水平为 19%。

试验日粮 3(玉米+豆饼日粮,表 3)育雏料蛋白质水平 20.5%;育成料蛋白质水平 19%;停药期料蛋白质水平 17.5%。

试验日粮 4(玉米面筋+花生饼+豆饼,表 4)育雏料蛋白质水平 20.5%;育成料蛋白水平 19%;停药期料蛋白质水平 17.5%。

所有试验日粮中的营养成分符合 Maryland 肉鸡氨基酸营养需要(Thomas 等,1986)。雏鸡料育成期料及停药期料中的能量水平分别每磅 1450, 1460, 1475 千卡。在低蛋白育雏料和育成料中,蛋+胱氨酸和赖氨酸水平处于临界。在停药期料中,由于玉米+豆饼型饲料含一定水平的赖氨酸,因此,玉米面筋粉饲料中赖氨酸水平将调节到与玉米+豆饼饲料中的赖氨酸水平一致。测定所有蛋白饲料中的氨基酸水平;用于试验日粮的配制。

育雏期料粉碎后饲喂 0~21 天。雏鸡 21 日龄之前,饲喂粉碎后的育雏期料。22~35 日龄,饲喂

育成期颗粒料，往后 7 天饲喂停药期的颗粒料。试验鸡 21、35、42 日龄时称重。称重后，统计增重和饲料报酬。试鸡在试验刚开始的 5 天内死掉可以更换。5 天后死鸡就要作为死之率记录，死鸡体重作为今后统计饲料报酬的原始资料。

表 1 豆饼型高蛋白系列饲料的组成

成 分(%)	育雏料	育成料	停药期料
玉米面筋	3.00	—	—
食盐	0.42	0.42	0.42
石粉	0.94	0.88	0.91
磷酸氢钙	2.11	1.97	2.20
维生素添加剂	0.05	0.05	0.05
微量元素添加剂	0.05	0.05	0.05
DL-蛋氨酸	0.19	0.19	0.12
氯化胆碱 60	0.11	0.05	—
乙氧喹	0.015	0.015	0.15
Bio-Cox	0.10	0.10	0.10
大豆油	4.84	5.35	6.29
豆饼	33.92	34.32	29.91
玉米	54.27	56.62	59.95
总计	100.00	100.00	100.00

续表 1 日粮成分分析

	育 雏 料			育 成 料			停 药 期 料		
	需要量	计算值	实测值	需要量	计算值	实测值	需要量	计算值	实测值
能量	1450.00	1450.00	—	1460.00	1460.00	—	1500.00	1500.00	—
蛋白质	22.50	22.50	23.65	21.00	21.00	20.80	19.00	19.00	20.36
精氨酸	1.28	1.65	1.76	1.18	1.55	1.61	0.99	1.39	1.57
赖氨酸	1.17	1.18	1.29	1.02	1.17	1.16	0.80	1.04	1.16
蛋氨酸	0.68	0.55	0.54	0.47	0.47	0.54	0.38	0.38	0.41
蛋+胱氨酸	0.87	0.87	0.94	0.82	0.83	0.91	0.69	0.72	0.77
色氨酸	0.23	0.27	—	0.18	0.26	—	0.17	0.24	—
组氨酸	0.46	0.58	0.65	0.42	0.53	0.57	0.36	0.48	0.59
亮氨酸	1.62	2.06	2.32	1.18	1.72	1.83	1.14	1.58	1.97
异亮氨酸	0.87	1.04	1.16	0.80	0.95	1.00	0.71	0.85	0.97
苯丙氨酸	0.81	1.16	1.27	0.75	1.02	1.10	0.63	0.92	1.14
苯丙+酪氨酸	1.51	1.86	1.97	1.39	1.66	1.71	1.17	1.50	1.76
苏氨酸	0.77	0.87	0.98	0.70	0.76	0.83	0.63	0.69	0.84
缬氨酸	0.99	1.26	1.38	0.91	1.17	1.27	0.77	1.07	1.27

表 2 玉米面筋型高蛋白系列饲料的组成

成 分(%)	育 雏 料	育 成 料	停 药 期 料
玉米面筋	13.98	12.00	12.00
食 盐	0.40	0.41	0.40
石 粉	0.96	0.91	0.93
磷酸氢钙	2.20	2.07	2.29
维生素添加剂	0.05	0.05	0.05
微量元素添加剂	0.05	0.05	0.05
DL-蛋氨酸	0.06	0.10	0.03
氯化胆碱 60	0.16	0.11	0.04
乙氧喹	0.015	0.015	0.015
Bio-Cox	0.10	0.10	0.10
大 豆 油	1.71	1.98	2.92
豆 饼	18.56	17.91	13.51
玉 米	61.27	63.86	67.22
L-赖氨酸	0.47	0.45	0.44
色 氨 酸	0.02	—	—
总 计	100.00	100.00	100.00

续表 2 日粮成分分析

	育 雏 料			育 成 料			停 药 期 料		
	需要量	计算值	实测值	需要量	计算值	实测值	需要量	计算值	实测值
能量	1450.00	1450.00	—	1460.00	1460.00	—	1500.00	1500.00	—
蛋白质	22.50	22.50	23.32	21.00	21.00	21.80	19.00	19.00	21.27
精氨酸	1.28	1.28	1.37	1.18	1.20	1.34	0.99	1.04	1.39
赖氨酸	1.17	1.17	1.28	1.02	1.17	1.24	0.80	1.04	1.33
蛋氨酸	0.68	0.52	0.48	0.47	0.47	0.50	0.38	0.38	0.46
蛋+胱氨酸	0.87	0.87	0.91	0.82	0.84	0.89	0.69	0.72	0.86
色氨酸	0.23	0.23	—	0.18	0.20	—	0.17	0.18	—
组氨酸	0.46	0.54	0.58	0.42	0.46	0.57	0.36	0.42	0.63
亮氨酸	1.62	2.55	2.98	1.18	2.52	2.72	1.14	2.38	3.14
异亮氨酸	0.87	0.97	1.08	0.80	0.91	0.99	0.71	0.82	1.02
苯丙氨酸	0.81	1.21	1.34	0.75	1.14	1.24	0.63	1.05	1.45
苯丙+酪氨酸	1.51	2.02	2.14	1.39	1.92	1.95	1.17	1.76	2.26
苏氨酸	0.77	0.80	0.88	0.70	0.73	0.86	0.63	0.66	0.90
缬氨酸	0.99	1.18	1.32	0.91	1.15	1.21	0.77	1.05	1.41

表 3 豆饼型低蛋白系列饲料的组成

成 分(%)	育 雏 料	育 成 料	停 药 期 料
食 盐	0.42	0.42	0.41
石 粉	0.92	0.87	0.89
磷酸氢钙	2.14	2.04	2.27
维生素添加剂	0.05	0.05	0.05
微量元素添加剂	0.05	0.05	0.05
DL-蛋氨酸	0.26	0.22	0.14
氯化胆碱 60	0.11	0.07	0.01
乙氧喹	0.015	0.015	0.015
Bio-Cox	0.10	0.10	0.10
大 豆 油	5.08	4.58	5.52
豆 饼	34.14	29.34	24.95
玉 米	56.71	62.24	65.59
L-赖氨酸	—	0.01	0.01
总 计	100.00	100.00	100.00

续表 3 日粮成分分析

	育 雏 料			育 成 料			停 药 期 料		
	需要量	计算值	实测值	需要量	计算值	实测值	需要量	计算值	实测值
能量	1450.00	1450.00	—	1460.00	1460.00	—	1500.00	1500.00	—
蛋白质	21.00	21.00	21.10	19.00	19.00	19.44	17.00	17.00	18.57
精氨酸	1.28	1.61	1.68	1.18	1.37	1.40	0.99	1.21	1.14
赖氨酸	1.17	1.17	1.26	1.02	1.03	1.03	0.80	0.91	0.86
蛋氨酸	0.48	0.57	0.54	0.47	0.48	0.48	0.38	0.38	0.38
蛋+胱氨酸	0.87	0.87	0.91	0.82	0.82	0.83	0.69	0.69	0.71
色氨酸	0.23	0.26	—	0.18	0.24	—	0.17	0.21	—
组氨酸	0.46	0.55	0.61	0.42	0.48	0.52	0.36	0.43	0.48
亮氨酸	1.62	1.80	1.98	1.18	1.58	1.72	1.14	1.44	1.77
异亮氨酸	0.87	0.98	1.05	0.80	0.85	0.92	0.71	0.75	0.84
苯丙氨酸	0.81	1.06	1.15	0.75	0.92	0.98	0.63	0.82	0.94
苯丙+酪氨酸	1.51	1.68	1.76	1.39	1.48	1.51	1.17	1.32	1.45
苏氨酸	0.77	0.82	0.89	0.70	0.70	0.77	0.63	0.63	0.72
缬氨酸	0.99	1.19	1.29	0.91	1.06	1.10	0.77	0.96	1.01

表 4 玉米面筋型低蛋白系列饲料的组成

成 分(%)	育 雏 料	育 成 料	停 药 期 料
玉米面筋	10.53	8.45	7.64
食 盐	0.40	0.40	0.40
石 粉	0.93	0.88	0.90
磷酸氢钙	2.24	2.12	2.33
维生素添加剂	0.05	0.05	0.05
微量元素添加剂	0.05	0.05	0.05
DL-蛋氨酸	0.06	0.17	0.09
氯化胆碱 60	0.14	0.12	0.05
乙氧喹	0.15	0.015	0.015
Bio-Cox	0.10	0.10	0.10
大 豆 油	1.90	2.04	3.37
豆 饼	16.71	15.03	14.47
玉 米	63.66	67.55	70.23
L-赖氨酸	0.53	0.37	0.29
色氨酸	0.03	—	—
L-苏氨酸	0.04	0.05	0.03
花生饼	2.50	2.62	—
总 计	100.00	100.00	100.00

续表 4 日粮成分分析

	育 雏 料			育 成 料			停 药 期 料		
	需要量	计算值	实测值	需要量	计算值	实测值	需要量	计算值	实测值
能量	1450.00	1450.00	—	1460.00	1460.00	—	1500.00	1500.00	—
蛋白质	21.00	21.00	21.25	19.00	19.00	18.78	17.00	17.00	18.80
精氨酸	1.28	1.28	1.37	1.18	1.18	1.29	0.99	0.99	1.21
赖氨酸	1.17	1.17	1.27	1.02	1.03	1.05	0.80	0.91	1.03
蛋氨酸	0.48	0.55	0.52	0.47	0.49	0.52	0.38	0.38	0.42
蛋+胱氨酸	0.87	0.87	0.90	0.82	0.82	0.88	0.69	0.69	0.78
色氨酸	0.23	0.23	—	0.18	0.19	—	0.17	0.17	—
组氨酸	0.46	0.50	0.55	0.42	0.42	0.52	0.36	0.39	0.53
亮氨酸	1.62	2.25	2.65	1.18	2.13	2.32	1.14	1.95	2.40
异亮氨酸	0.87	0.89	1.00	0.80	0.80	0.88	0.71	0.73	0.88
苯丙氨酸	0.81	1.10	1.24	0.75	1.00	1.09	0.63	0.90	1.15
苯丙+酪氨酸	1.51	1.82	1.95	1.39	1.66	1.72	1.17	1.49	1.79
苏氨酸	0.77	0.77	0.87	0.70	0.70	0.81	0.63	0.63	0.77

结 果 与 讨 论

试验结果见表 5 和 6。所有试验鸡生长良好，在每一阶段称重时，采食豆饼日粮的肉鸡其体重要比采食玉米面筋粉的鸡重。日粮蛋白水平没有影响，豆饼日粮与玉米面筋粉日粮相比，其试验鸡的饲

料转换率相同，但到第 6 周和第 7 周结束时，饲料报酬在高、低蛋白日粮之间出现明显差异。

表 5 玉米面筋研究——体重(磅)

处 理	笼 号	3 周体重	6 周体重	7 周体重
豆 饼 型 高蛋白系列	3	1.59	4.93	6.12
	5	1.58	4.89	6.12
	10	1.50	4.71	5.86
	16	1.53	4.82	5.98
	20	1.51	4.75	5.97
	22	1.54	4.84	5.85
	25	1.60	5.06	6.20
	31	1.61	5.15	6.50
平 均		1.56	4.89	6.08
玉米面筋型 高蛋白系列	2	1.40	4.61	5.80
	6	1.43	4.70	5.81
	11	1.44	4.49	5.84
	15	1.47	4.68	5.93
	17	1.47	4.72	6.07
	24	1.42	4.57	5.78
	28	1.50	4.91	6.14
	30	1.47	4.62	5.74
平 均		1.45	4.66	5.89
豆 饼 型 低蛋白系列	4	1.54	4.91	6.07
	7	1.48	4.84	6.10
	9	1.61	4.91	6.22
	13	1.55	4.76	5.87
	18	1.53	4.62	5.61
	23	1.60	5.06	6.32
	26	1.47	4.86	5.83
	29	1.57	4.92	6.11
平 均		1.54	4.86	6.02
玉米面筋型 低蛋白系列	1	1.49	4.76	6.02
	8	1.45	4.52	5.77
	12	1.44	4.50	5.49
	14	1.44	4.56	5.67
	19	1.45	4.54	5.73
	21	1.47	4.58	5.76
	27	1.48	4.63	5.72
	32	1.43	4.69	5.80
平 均		1.46	4.60	5.75

采食高蛋白玉米面筋粉日粮的鸡与采食高蛋白豆饼日粮的鸡相比在停药期阶段出现补偿生长。在停药期日粮中，赖氨酸的水平高于最低需要量，这就说明，玉米面筋粉日粮中的赖氨酸水平不如豆饼

中的赖氨酸水平能够满足需要（赖氨酸含量或可利用率）。因此现在的问题是：在这些日粮处理中，如果我们采用 Maryland 表中的玉米面筋粉数值而不是采用实际分析值，是否我们能够获得相同的结果？在 Maryland 成分表中，可利用赖氨酸已经测定出来，低于化学分析值。死亡率的记录见表 7，日粮处理对死亡率无影响。

表 6 玉米面筋研究——饲料转换率

处 理	笼 号	0—3 周	0—6 周	0—7 周
豆 饼 型 高蛋白系列	3	1.23	1.61	1.72
	5	1.23	1.63	1.73
	10	1.22	1.66	1.75
	16	1.22	1.62	1.73
	20	1.31	1.65	1.75
	22	1.24	1.61	1.73
	25	1.28	1.62	1.73
	31	1.27	1.62	1.72
平 均		1.25	1.63	1.73
玉米面筋型 高蛋白系列	2	1.30	1.68	1.77
	6	1.31	1.70	1.79
	11	1.35	1.72	1.78
	15	1.32	1.68	1.77
	17	1.33	1.71	1.80
	24	1.33	1.70	1.77
	28	1.35	1.69	1.78
	30	1.28	1.70	1.78
平 均		1.32	1.70	1.78
豆 饼 型 低蛋白系列	4	1.25	1.68	1.79
	7	1.27	1.64	1.74
	9	1.23	1.67	1.75
	13	1.21	1.66	1.77
	18	1.25	1.71	1.82
	23	1.27	1.68	1.80
	26	1.27	1.66	1.79
	29	1.26	1.65	1.77
平 均		1.25	1.67	1.78
玉米面筋型 低蛋白系列	1	1.33	1.73	1.81
	8	1.33	1.72	1.80
	12	1.32	1.70	1.81
	14	1.32	1.74	1.84
	19	1.37	1.71	1.80
	21	1.35	1.73	1.82
	27	1.38	1.74	1.86
	32	1.38	1.69	1.80
平 均		1.35	1.72	1.82