

C

COMMERCIAL POULTRY
NUTRITION


实用家禽营养

第三版

3rd
edition

[加] S. Leeson J. D. Summers 著

沈慧乐 周鼎年 译

 中国农业出版社

实用家禽营养

第三版

[加] S. Leeson J. D. Summers 著

沈慧乐 周鼎年 译

中国农业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

实用家禽营养 / (加) 李森 (Leeson, S.), (加) 萨莫斯 (Summers, J. D.) 著; 沈慧乐, 周鼎年译. —3 版
. —北京: 中国农业出版社, 2010. 4

ISBN 978 - 7 - 109 - 13657 - 1

I. ①实… II. ①李…②萨…③沈…④周… III.
①家禽—营养学 IV. ①S831.5

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2010) 第 032986 号

中国农业出版社出版

(北京市朝阳区农展馆北路 2 号)

(邮政编码 100125)

责任编辑 黄向阳

北京通州皇家印刷厂印刷 新华书店北京发行所发行
2010 年 5 月第 3 版 2010 年 5 月第 3 版北京第 1 次印刷

开本: 889mm×1194mm 1/16 印张: 24.75

字数: 526 千字 印数: 1~5 000 册

定价: 90.00 元

(凡本版图书出现印刷、装订错误, 请向出版社发行部调换)

COMMERCIAL POULTRY NUTRITION
THIRD EDITION

by

STEVEN LEESON, Ph. D.
Professor of Animal Nutrition

and

JONH D. SUMMERS, Ph. D.
Professor Emeritus

Department of Animal and Poultry Science
University of Guelph
Guelph, Ontario, Canada

PUBLISHED BY UNIVERSITY BOOKS
P. O. BOX 1326
Guelph, Ontario, Canada
N1H 6N8

前 言

第一版《实用家禽营养》出版于1991年，跟踪家禽业的发展是很有意义的，因为这些发展影响了家禽的营养和饲养。近20年来肉鸡、蛋鸡和火鸡的遗传潜力得到巨大的改进，随着这些进展而对我们的饲养计划作出相应的改变是十分重要的。在家禽生产成本中饲料仍然是主要的组分，感谢世人接受了我们的观念并付诸实施。家禽生产真正是一个全球性的行业，但有趣的是在公司和公司之间生产和饲养体系仍略有差别。主要的变数在于饲料原料的供应，但是考虑到全球的需求，在多数农畜的饲养中饲料采购的选择余地是比较小的。当今至关重要的是对当地饲料原料的营养成分加以了解并愿意在制作配方时利用这些资料。

本书的中文版对于传播我们的思想和概念是一个重要的进展。中国无疑将继续对世界家禽生产作出贡献，能够亲自看到当今错综复杂的中国家禽生产体系各个环节得到发展就是对我们个人的一种奖励。

我们感谢我们的朋友沈慧乐教授，是她促成了翻译这本书的想法并亲自担任了技术翻译工作。我们感谢中国农业出版社愿意出版并销售第三版《实用家禽营养》。最后，我们还要再次感谢对本次出版给予经济支持的资助单位，由于这些资助，本书得以正式出版。

Steve Leeson & John Summers

2010年1月于加拿大安大略省圭尔夫市

译者的话

我怀着无比感激的心情翻译 Dr. Leeson 和 Dr. Summers 的著作——《实用家禽营养》的第 3 版。加拿大的进修经历和这本《实用家禽营养》帮助我在回国后开创了“家禽营养”课，并开展了一系列如无鱼粉日粮的应用性试验。无论在我短暂的教学过程中，还是在退休后为美国大豆协会长达 16 年的服务生涯中，两位老师的《实用家禽营养》始终是我的依靠和指南。今天，将 2005 年的末版全文译出并正式出版，以便于全国的同行参考。

本书的特点是实用性和科学性都强。两位教授通晓养禽生产全过程，毕生致力于发现和研究生产中的营养问题。书中绝大部分资料都是他们自己的科研成果；因此，有关家禽营养和生产中各方面的问题，甚至包括蛋品加工与环保，都能在书中找到相应的答案。

另一个特点是创新意识强。例如：不同于传统观点，作者以大量科研资料证明“养好后备母鸡是获得高产母鸡的保证”，并提出预产期营养以及“建立髓骨贮备”等的新观点。又如，人们惯于论述禽病，但作者将产蛋母鸡疲劳症、脂肪肝以及肉用仔鸡腹水症与腿病等问题归结为“与日粮有关的管理问题”；也就是说，正确的营养与管理可减少或避免上述问题的发生。

除文字以外，作者将全部科研资料以表格和图像表示出，清晰易懂，方便应用。该书文字简练，没有一句多余的话。译者十分钦佩作者崇尚科学的精神以及他们渊博的知识与丰富的实践经验。该书自 1991 年第一版原版问世以来，在全球的家禽行业中享有盛誉。北美洲许多大学将它作为教材；本书也受到世界各大养禽公司和营养公司的青睐。相信《实用家禽营养》第 3 版在中国的正式出版定将促进中国养禽事业的进一步发展。

最后，作者向赞助本书出版的各大公司与企业表示最崇高的敬意和最诚挚的谢意！没有你们的资助，翻译版的正式出版将难以实现。各资助公司的商标将按原文版的格式分别刊登在中文版的内文和封底。谢谢！

译者 沈慧乐

2010 年 4 月 16 日

目 录

第一章	世界家禽生产	1
第二章	原料评价和日粮配制	7
第三章	产蛋品系后备母鸡育成期饲养方案	111
第四章	产蛋母鸡的饲养方案	150
第五章	肉用仔鸡的饲养计划	215
第六章	肉用种鸡的饲养方案	283
第七章	火鸡的饲养方案	329
第八章	鸭和鹅的饲养方案	355
第九章	玩赏鸟、平胸鸟和宠物鸟的饲养方案	368
附 录	营养成分资料	379

第一章 世界家禽生产

1

1.1 世界动物生产	1
1.2 禽肉生产	2
1.3 禽蛋生产	4
1.4 未来家禽营养学的思考	4
1.5 世界饲料生产	5

1.1 世界动物生产

近十年来,多数家畜种类的生产是增长的,据估计,这个趋势仍将继续。家禽增长最快,这个趋势大概也将继续。禽肉和禽蛋能够很好地满足世界人口增长所带来的日益增长的供应需求。一个显著的趋势是世界人口在迅速老化,越来越多的人居住到城市。如今,约2%世界人口居住在世界上10个最大的城市,这些大城市的人口显然几乎百分之百地靠农村地区来供应食品。传统上,城市的食品供应来自郊区,但是,当城市人口达到1 000万~1 500万后这种情况就越来越难以为继了。为了供应这些巨大的、不断扩张的人群的食品,全国性的和 international 的饲料和食品调动将变得极为重要。据预计,在未来十年中,发达国家的人口变化不大,世界人口的增长几乎全部出现在发展中国家,特别是非洲和亚洲。非洲的气候变化莫测,日益增长的人口让食品供应越来越困难,随着城市化程度的提高,这种情况会继续恶化。

所有国家的人口都在老化,据估计,今后30年中60岁和60岁以上的人口比例将翻番。这些人群中,有些人的购买力可能不足以维持他们平时对食物供应的需要。直到如今以及在不远的将来,我们是通过提高供应和改善生产效率来满足不断增长的食物需求。生产效率的改善将使我们得以逐步提高世界人口的总体营养状况,显然,养禽业在这个重要的进展中起着主要的作用。过去,我们由于在动物生产中使用能源而遭受批评,尤其是来自如下一观点,即消费动物蛋白比起消费植物蛋白是效率低下的。多数发达国家所使用的总体能源中,用于食物生产的不到4%。在这个食物生产过程中,大部分能源是用于加工和烹调,以满足消费者严格的要求。因此,农业食品业所使用的4%能源中真正用于初级动物生产的只占18%(或只占总体能源需求的0.7%)。提高人们的植物性蛋白消费量以取代肉蛋的想法未能实现,主要原因是在加工过程中使用太多的能源,受到了与动物生产一样的批评。人造肉需要花费极大的能源,近十年来它产生的影响有限,说明问题在于

缺乏经济活力以及（或者）消费者不愿接受。随着很多第三世界国家经济的改善，动物产品尤其是禽肉和禽蛋的需求量似乎有所提高。

发达国家目前在肉蛋方面关心的不是供应不足，而是食物是否有益于健康、是否安全。在欧洲，人们对于转基因动植物的关注迅速增长，以至于目前不允许将它们用于食物生产。目前，很多种植物比如玉米和大豆一般都是转基因的，很多国家把它们作为原料用于配制家禽和其他动物的日粮。

由于在 20 世纪 90 年代中期暴发了疯牛病，欧洲对于家畜日粮中使用动物蛋白也高度关注。欧洲人对于他们的反刍动物的健康状况还吃不准，所以继续禁止使用肉粉类产品。虽然不使用肉粉也可能配制日粮，但是这确实给多数畜牧业增加了经济负担，因为他们不得不寻找别的手段来处理废弃的副产品。

要想保证所生产的肉和蛋没有病原菌是不可能的，周围环境不可能不受沙门氏菌这类微生物的干扰，任何保证肉蛋没有病原菌的管理办法都是不现实的。当然，人们已越来越重视减少病原菌的管理办法，肉禽业和蛋禽业通过在加工厂、饲料厂和养禽场采用 HACCP 之类的管理措施已经取得显著进展。饲料是病原菌进入肉蛋的潜在途径之一，因此，我们将不得不改变饲料配方，或者使用别的添加剂，以试图把饲料中的病原菌含量减少到可以接受的水平。饲料加工除了要考虑饲料采食量和禽的生长外，现在还要设法控制病原菌。目前在肉鸡和火鸡生产中普遍使用促生长抗生素，但将来无疑会越来越地依靠这个做法，这势必使我们更需要采取饲料病原菌控制措施。

受到较为正面评论的饲料添加剂使用，是生产所谓的特制食物（designer foods），如生产富 Omega-3 的鸡蛋，这种特制食物的生产在不断增加。肉和蛋的脂溶性养分组成是更容易改变的，所以在小规模市场上对于这种保健食物的需求将会增加。

1.2 禽肉生产

过去 30 年来，肉禽业的增长是无与伦比的，虽然目前有迹象表明，在很多国家这个市场已经趋于成熟。这个行业比较容易建立，虽然有地区差别，但在很多国家其生产体系是按照相似方式而模式化的。现代肉鸡品系的生长潜力越来越大，现在人们已意识到必须实行一定程度的环境控制。在热带国家，可以通过在鸡舍两侧设置帘布而做到完全的环境控制。即使建造较为廉价的鸡舍和设置帘布，也必须保证适当的空气流动，因此，近十年来隧道式通风得到了推广。设计通风系统时最好把家禽的环境温度维持在 15~30℃，超过这个范围就不能达到家禽最佳的生长率。

在许多国家，鸡肉是最便宜的，因此其人均消费量总是排在第一二位。形成这种竞争力的原因是持续改进生产效率，为此，家禽生产者和农贸人员必须接受新思维和技术创新。另一方面，近二十年来与禽肉相竞争的其他肉类产品的生产体系却变化很小。有意思的是，养猪业现在开始在其生产体系中采用“家禽模式”。

禽肉业所取得的成就中很多是由于不断改进后加工技术而开发了新的消费品。最成功的一个产品无疑是“鸡块”(chicken nugget), 现在它已成了多数快餐店和零售摊的特色产品。过去十年中, 北美的大约 3 万家非鸡肉快餐店在他们的菜单中加入了鸡肉产品, 在专门的推销活动中鸡肉产品的销售量超过了汉堡包等传统产品。快餐店在欧洲、亚洲和南美洲越来越多, 这可能将导致越来越大的鸡肉消费量。

除了开发鸡和火鸡胴体传统部分的新用途外, 禽肉业也一直在成功地发展能够利用本身的副产品并为其寻找市场的工艺技术。对鸡翅及鸡脚和机械脱骨肉的需求就是典型的事例。这些产品除了增加总体的禽肉消费外, 也导致了总体生产效应的改善, 并有助于维持禽肉生产的经济优越性。

从满足追求健康的消费者对较瘦肉品的需要这个角度来说, 鸡肉也是很理想的。近几年来, 有不少关于各种肉类相对脂肪含量的宣传材料, 当对具有可比性的产品进行比较时禽肉仍是最瘦的肉类。如果把高度修整过的牛排或猪排与一个完整的肉鸡胴体相比较当然会降低我们平常在鸡上所见的优越性。但是正当的比较应在牛排和鸡胸脯肉之间进行, 这时禽产品就是最瘦的。肉用仔鸡, 特别是火鸡, 是食品业中希望提供低脂肪肉部门的理想产品。禽肉还有一个几乎是独有的优越性, 即不受宗教或文化观念所歧视, 因此可以在航空配餐、旅店、机关学校等场合广泛采用。

表 1.1 禽肉产量 (万吨)

	1993	2005
世界	4 800	8 000
北美	1 500	2 500
南美	600	1 200
欧洲	1 000	1 300
亚洲	1 400	2 200

表 1.2 肉鸡肉产量 (万吨)

	1993	2005
世界	4 100	6 800
北美	1 300	2 100
南美	550	1 150
欧洲	900	1 050
亚洲	1 200	2 000

表 1.3 火鸡肉产量 (万吨)

	1993	2005
世界	400	5 700
北美	200	300
南美	10	30
欧洲	150	180
亚洲	10	20

表 1.4 禽蛋产量 (万吨)

	1993	2005
世界	3 800	5 700
北美	600	800
南美	250	340
欧洲	1 000	1 000
亚洲	1 800	3 200

禽肉业现在由于使用促生长剂而受到审查。当从日粮中除去促生长剂后，肉鸡往往出现坏死性肠炎和球虫病，看来它们主要的作用机理是控制梭菌感染。如果在饲料中不使用促生长剂，则经常考虑其他办法，如采用竞争性排除、饮水酸化、甘露寡糖、益生菌或前生菌（prebiotics）。可笑的是，促生长剂经常被禁止用作饲料添加剂，而另外一种办法却是把它们用作处理饮水的药物。表 1.1 是世界和主要生产国的禽肉总产量。表 1.2 和表 1.3 分别为肉鸡肉和火鸡肉的产量。

1.3 禽蛋生产

随着消费者对禽蛋营养价值了解的增加，以及禽蛋加工处理方法的增多，禽蛋的产量得到可喜的增长。在 20 世纪 80 年代，人们错误地认为胆固醇的进食量和血液的胆固醇水平有关，随着人们对各种日粮营养物对人类血浆胆固醇的作用获得更多的知识，这种错误认识得到了纠正。就每单位蛋黄和蛋白中所含蛋白质和能量的价格而言，禽蛋是比较便宜的，因此，在发展中国家禽蛋的消费量持续增长。

禽蛋有褐壳蛋和白壳蛋。北美以白壳蛋为主，另外许多国家的消费者则喜欢褐壳蛋。他们认为褐壳蛋较为有营养，有益于健康，其实这种想法比较天真。在发展中国家，消费者则要求色素较深的蛋黄，而这些要求都导致更高的生产成本。北美在生产特制鸡蛋方面也获得巨大成功，现在大约 5% 的带壳蛋是富含 Omega-3 和维生素 E 的。禽蛋业的这个高利润部门并没有取代对常规蛋的需求，而是真正提高了对禽蛋和蛋制品的需求。

在北美，禽蛋业最有活力的部门是禽蛋的加工和深加工，其所取得的成就堪比禽肉业。至 2008 年，北美所生产的禽蛋中至少有 50% 是在某种程度上经过加工的，换句话说，只有 50% 禽蛋是带壳出售的。禽蛋加工的扩展给生产带来了新的挑战，比如，蛋的内部物质比蛋的个头大小要重要得多，而蛋壳质量的重要性则会下降。很可能的是，为加工业的需要将发展白壳蛋品系，而褐壳蛋品系的选育则将注重对于带壳蛋市场有重要意义的性状。在很多地区，处理产蛋期终了母鸡正变得越来越困难，看来用这个有潜在价值的资源开发新的食品是有重要意义的。把淘汰母鸡转变成动物饲料原料尤其是蛋鸡饲料，从消费者接受角度来看是目光很短浅的途径。表 1.4 是世界和地区的禽蛋产量。

1.4 未来家禽营养学的思考

过去二十年来，家禽营养学的发展使各类家禽业的生产力得以提高。由于生产条件和目标已经改变，我们就能够修改我们的营养需要量参数。生产目标的差异变得更大，这在一定程度上使饲养计划更为复杂，因为现在“全球通用”的建议往往难以实行。将来，家

禽营养学必须考虑为各种家禽制定整个生命周期的饲养计划 (life-cycle feeding programs), 而不是孤立地考虑个别的日粮。遗憾的是, 现在还缺乏足够的研究资料可以使我们针对总体计划来审视营养建议。目前, 我们在生产中所遇到的情况很复杂, 家禽在其生产周期的任何时间段如果营养进食量不当, 就很难完全恢复过来。

由于在多数家禽产品的生产成本中饲料依然占 60%~70%, 我们需要不断地评估新的或不同来源的饲料原料, 不断地对通用的饲料原料进行重新检验。对研究数据进行的年度综述表明, 饲料原料评定是实用家禽营养研究中的主要部分, 饲料生产厂家必须意识到新饲料原料的潜力。所谓新饲料原料往往不是说它对于家禽饲养本身是新事物, 而是说它在特定的地理区域未曾被认真地当作饲料用过。一个很好的例子是小麦。在北美的很多地区, 小麦被当作新饲料原料; 然而在其他国家, 小麦作为标准的饲料原料已经使用了 20~30 年。在这种情况下, 应鼓励饲料生产厂家对饲料原料评定采取一种较为全球性的观点。举例来说, 小麦可以在欧洲成功地用于 A 系肉仔鸡, 那么在具有相似条件的其他国家里它也完全可能适用于养鸡。营养学家现在必须具有生产技术的第一手资料, 以便确信所有条件是否有可比性。若做不到这一点, 在使用“新”饲料原料时必然会时不时地出现问题。从这个角度来说, 确定一种原料在计算配方时的最大、最小限量正变得更为重要。如前所述, 在很多情况下生产目标是随着消费者对终产品的要求和 (或) 鸡的操作管理而变化的。所以, 营养学家现在面临一系列可供选择的计划, 而它们则取决于这种特殊的、经常是专门化的需求。能说明这种趋势的最好例子是为改变肉、蛋成分而进行的营养调控。众所周知, 在生长期的特定阶段, 改变日粮的能量蛋白比或氨基酸组成或限制饲料采食量, 可以影响胴体的脂肪沉积。同样, 通过饲料原料的选择, 可以影响蛋的成分以满足增进人类健康的需求。营养学家很可能将面对消费者日益增长的压力, 为了满足这种市场要求而制订适当的日粮和饲养计划。在这种形势下, 掌握一种日粮和饲养方案所用饲料原料的全貌及了解它们的可配伍性就比以前更加重要了。从更加全局的观点来制订饲养方案, 将有助于养禽业实现其增加生产、改进效率和加强专门化的目标。作者希望, 以下各章所介绍的材料将为读者提供制订这种计划所需的依据。

1.5 世界饲料生产

在很多国家, 家禽业所用饲料占动物饲料的 20%~40%, 这个比例一直在增长。表 1.5 为估计的 2006 年各类家禽所需的饲料产量。

总体说来, 表 1.5 中的数据乘以 0.6 就是谷物的预计需要量, 乘以 0.3 则是豆粕一类原料的需要量。饲料工业无疑将受到严格的管制, 并成为禽蛋、禽肉的追踪对象之一。目前在许多国家, 通过诸如 HACCP 之类的计划把对多数药物的使用和核查列入强制性管理的范围。遗憾的是, 这些额外的管理和控制的成本都将转到养禽业, 最终转到消费者身上。

表 1.5 2006 年的饲料产量 (万吨)

	肉鸡	肉种鸡	火鸡	种火鸡	青年母鸡	产蛋鸡	家禽总计
世界	18 400	1 500	2 800	280	3 000	19 200	45 200
北美	5 200	420	790	80	840	5 400	12 700
南美	3 000	240	460	50	490	3 100	7 300
欧洲	2 600	210	400	40	430	280	6 500
亚洲	7 200	590	1 100	100	1 170	7 500	17 700

(周鼎年 译)

2

第二章 原料评价和日粮配制

2.1 原料描述	9
2.1.1 玉米	9
2.1.2 小麦	12
2.1.3 西非高粱	16
2.1.4 大麦	18
2.1.5 大米	20
2.1.6 小麦副产品	22
2.1.7 面包房粉	24
2.1.8 大米副产品	26
2.1.9 豆粕	28
2.1.10 大豆	31
2.1.11 双低菜籽粕	33
2.1.12 玉米面筋粉	36
2.1.13 棉籽粕	37
2.1.14 亚麻籽	39
2.1.15 肉粉	42
2.1.16 家禽副产品粉	44
2.1.17 羽毛粉	46
2.1.18 鱼粉	48
2.1.19 油脂	51
2.1.20 燕麦	58
2.1.21 黑麦	58
2.1.22 小黑麦	59
2.1.23 糖蜜	59
2.1.24 脱水苜蓿	59
2.1.25 全脂双低油菜籽	60
2.1.26 花生粕	60
2.1.27 豌豆	60
2.1.28 红花籽粕	61
2.1.29 芝麻粕	61

2. 1. 30	羽扇豆	61
2. 1. 31	血粉	61
2. 1. 32	钙、磷和钠的来源	62
2. 1. 33	微量矿物质	64
2. 1. 34	合成氨基酸	66
2. 2	原料测试	68
2. 2. 1	容重	69
2. 2. 2	近似分析	69
2. 2. 3	氨基酸分析	71
2. 2. 4	代谢能 (AME 或 TME)	71
2. 2. 5	近红外分析 (NIRA)	72
2. 2. 6	大豆和豆粕的尿酶测试	74
2. 2. 7	蛋白质溶解度	74
2. 2. 8	蛋白质和氨基酸的染料结合反应	75
2. 2. 9	鱼粉的肌胃糜烂因子	75
2. 2. 10	高粱单宁	75
2. 2. 11	蛋中的棉酚	76
2. 2. 12	脂肪评定	76
2. 2. 13	大米副产品中的稻壳	77
2. 2. 14	矿物质溶解度	77
2. 3	饲料添加剂	77
2. 3. 1	颗粒黏合剂	77
2. 3. 2	制球虫剂	78
2. 3. 3	抗生素, 促生长剂	79
2. 3. 4	制真菌剂	81
2. 3. 5	益生菌和前生素	82
2. 3. 6	酵母菌	83
2. 3. 7	酶	83
2. 3. 8	色素	86
2. 3. 9	增味剂	87
2. 3. 10	驱虫剂	87
2. 3. 11	氨气控制	88
2. 4	饲料毒素和污染物	88
2. 4. 1	霉菌毒素	88
2. 4. 2	植物毒素	90

2.4.3	自体中毒	95
2.4.4	细菌毒素	96
2.4.5	化学治疗药品	96
2.4.6	有毒籽实	96
2.5	饲料生产	98
2.5.1	维生素—矿物质预混料	98
2.5.2	维生素的稳定性	100
2.5.3	制粒	100
2.5.4	膨化、挤压和热力蒸煮	102
2.6	水	102
2.6.1	水的摄入	103
2.6.2	水的排出	104
2.6.3	水平衡和脱水	105
2.6.4	饮水的温度	106
2.6.5	限水	106
2.6.6	水的质量	108
2.6.7	饮水管理中的一般注意事项	109

2.1 原料描述

2.1.1 玉米

营养特性：玉米已经成为其他谷物、谷物副产品和别的能量原料要和它进行比较的标准。在多数家禽日粮中，玉米是代谢能的主要来源。世界的玉米产量大约为6亿吨，其中2.4亿吨产自美国。中国虽然生产大约1亿吨玉米，排名世界第二，但是世界第二大的玉米出口国则是巴西，其玉米产量为0.4亿吨。饲料业一般用美国2号玉米作为当量。随着级别号码的数字上升，容重下降，样本中破碎籽粒和杂质的允许量也较高。2号玉米中破碎籽粒不应超过5%，杂质不超过3%。虽然破碎籽粒可能不至于影响能值，杂质却可能减少能值从而降低其货币价值。破碎籽粒也是霉菌感染的潜在部位。

玉米的能量价值来自富含淀粉的胚乳和胚芽，前者主要由支链淀粉组成，后者所含主要是油。多数玉米含3%~4%的油，但是现在有些新品种的含油量高达6%~8%，因而能提供的能量也相应较多。这些高油玉米品种的蛋白质含量也提高2%~3%，因此也能提供较多的必需氨基酸。玉米中的蛋白质主要是玉米蛋白（prolamin, zain），其氨基酸组成对家禽并不理想。因此，在设计低蛋白日粮时必须认真考虑氨基酸平衡和氨基酸有效性问题，因为在这种条件下玉米蛋白可以占到日粮蛋白质的50%~60%。玉米也含有相当

多的黄色和橙色的色素，一般含大约 5mg/kg 叶黄素和 0.5mg/kg 胡萝卜素。因此，饲喂玉米的家禽在其体脂肪中和蛋黄中含有较多的色素。

表 2.1 玉米的成熟度和能值

成熟度	收获时水分 (%)	10%水分时的百粒重 (g)	85%干物质时的 ME (kcal * /kg)
很不成熟	53	17	3 014
不成熟	45	22	3 102
不成熟	39	24	3 155
成熟	31	26	3 313

耳重低的样本在蛋白质和多数氨基酸含量上并无稳定的变化趋势，只是有人指出不成熟玉米样本的蛋氨酸含量较低。

表 2.2 玉米粉碎后的粒度分布 (%)

粒度 (μm)	细磨	粗磨
<150	5	<1
300	11	2
450	16	3
600	17	3
850	22	4
1 000	16	4
1 500	10	5
2 000	1	10
2 500	<1	24
>3 000	<1	44

* kcal 为非法定计量单位。1kcal=4.2kJ

虽然 2 号玉米是标准的动物饲料，但是由于在生长、收获或贮藏时可能遇上不良的条件，所以也时常碰到较低级别的玉米。依据降级的原因，玉米的饲用价值一般随级别号的上升而下降。表 2.1 列出了由于晚季生长条件不良而不得不在不同成熟阶段收获的玉米的代谢能值。*

玉米的每蒲式耳重从标准的 56 磅每下降 1 磅，其能值就下降 10~15kcal/kg。但是，这些蒲式

在处理未成熟的高水分玉米时的一个潜在问题是，为了将其水分降到可以接受的水平 (15%)，必须给予较强的烘干条件或较长的烘干时间。温度过高或时间过长的热处理会引起玉米的焦糖化作用，使其产生特殊的气味和外观，还有人担心，由于与碳水化合物发生美拉德反应，赖氨酸的有效性会降低。

玉米加工过程中会产生面筋粉和玉米油等产品，但是，北美 95% 以上的玉米是用作动物饲料的。

关于各种家禽所需要的玉米粉碎后的最佳粒度大小，众说不一。有理由认为，粉碎得越细，颗粒质量越好，但是对于粉料型日粮来说，粉碎得太细可能导致部分剩料。表 2.2 表示“细粉