

羽毛粉的小肠消化率研究

Intestinal digestibility of feather meals studied

作者: Kurt Cotanch, Mike Van Amburgh, Charles Sniffen 和 Rick Grant

译自: Feedstuffs July 9, 2007

译者: 史清河 张颖

含有血粉的羽毛粉蛋白质和氨基酸在瘤胃和小肠中的消化率要高一些, 不管血粉是否经水解处理。羽毛粉的小肠消化率在 58%-65% 之间, 这比以前报道的范围 (8.5%-33.2%) 要高很多。

羽毛粉作为补充蛋白质的原料并未在动物日粮中被有效利用, 关于羽毛粉产品养分含量的研究报道也有限。

Feedstuffs 杂志于 2006 年 5 月 8 日曾经有一篇报道较为详尽地介绍了关于羽毛粉产品养分组成的信息。研究发现, 同一生产厂家的不同批次和不同厂家间产品的组成方面变异性相对较低。羽毛粉的养分组成相当一致, 但是加入血粉会对其养分组成有明显影响。

以前的报道并未阐述羽毛粉的蛋白质和氨基酸在瘤胃和小肠中的消化率。羽毛粉可能富含瘤胃非降解蛋白 (RUP) 和必需氨基酸。然而, 我们需要知道瘤胃非降解蛋白在小肠的消化率。过去的一些研究表明, 羽毛粉粗蛋白质在小肠中的消化率在 8.5%-33.2% 之间。

反刍动物营养师和非反刍动物营养师都需要了解当前产业水平下羽毛粉蛋白质在瘤胃和小肠的消化率, 以便于在日粮中合理利用羽毛粉。

本研究由美国家禽和蛋协会中的家禽蛋白和脂肪委员会资助, 其目的是为了测定含有血粉和不含有血粉的羽毛粉样品 (来自被挑选出来的一些厂家, 其生产总量占美国总生产量的大部分) 的蛋白质瘤胃和小肠消化率。

样品的收集与分析

为了开展本研究我们联系了家禽蛋白质和脂肪协会的会员厂家, 其中 18 个厂家 (羽毛粉生产总量占美国总量的 85%) 在 2004 和 2005 年间递交了样品用于分析。

样品收集的详细过程已在以前的文章中介绍了, 所以仅在本文简要叙述一下。每天在每个工厂中由一位工人对生产出来的羽毛粉进行取样, 每周连续取样 5 天, 连续进行 3 周。样品按产品类型进行分类, 包括羽毛粉或添加血粉的羽毛粉、添加的血粉是否经过水解处理的羽毛粉。

把每周连续五天取的羽毛粉样品组合成一个每周的样品, 从而形成 3 个周样品。为了对其蛋白质进行深入分析, 选择了 13 个羽毛粉样品, 其中包括向羽毛粉中添加未水解的血粉和不同水解条件下处理的血粉。

在这 13 个羽毛粉样品中, 6 个不含血粉, 4 个添加了未水解的血粉, 3 个添加了水解的血粉。水解参数分别为: 时间 (范围由短时间的 5-12 分钟到长时间的 60-150 分钟)、温度 (190-325°F) 和压力 (30-75psi)。添加血粉的比例由 0 到 38%。

表1列出了本研究选用的经不同加工处理的13个羽毛粉样品。

表1 羽毛粉样品的加工参数

样品	血粉添加比例, %	血粉		---血粉水解参数---	
		添加	时间 (min.)	温度(° F)	压力 (psi)
1450	0	-	0	-	68
1454	0	-	35	292	45
1459	0	-	0	325	75
1461	0	-	5	260	60
1462	0	-	30	190	40
1466	0	-	15	-	65
1443	10	未水解的	60	270	30
1451	32	未水解的	60	287	40
1452	38	未水解的	30	300	45
1455	30	未水解的	90	325	30
1453	12	水解的	12	300	67
1487	15	水解的	30	300	70
1488	10	水解的	150	270	30

选用三步体外法 (Calsamiglia 和 Stern,1995; Gargallo 等, 2006) 来评定羽毛粉产品的蛋白质在瘤胃和小肠的消化率。这种方法模拟了牛消化的生理条件, 并且速度快、可重复性高且成本较低, 它可代替给动物安装小肠瘘管的方法来测定消化率。

简单来说, 使用的这个程序包括: (1)于体外瘤胃培养 12-18h; (2)胃蛋白酶-盐酸溶液消化 (模拟皱胃消化) (3)含有胰蛋白酶的磷酸盐缓冲液消化 (模拟小肠消化)。

蛋白质和氨基酸的消化率

与未添加血粉的对照 ($57.6 \pm 9.8\%$, 见表2) 相比, 添加未水解或水解血粉的羽毛粉产品的总氮消化率 (瘤胃+小肠) 均较高 (分别是 $64.1 \pm 16.6\%$ 和 $66.6 \pm 2.4\%$)。不同羽毛粉产品的总氮含量接近, 但未添加血粉的羽毛粉产品的可溶性氮和脂肪含量较低。在所有测试的样品中, 可溶性氮均含有 100% 的真蛋白。

表3列出了以羽毛粉样品的总氮消化率 (瘤胃+小肠) 进行的评级结果。从这种评级结果来看, 添加血粉的羽毛粉总氮消化率比未添加血粉组高。然而, 在样本量较小的情况下, 本研究结果不能说明血粉水解的条件均会影响羽毛粉蛋白质的消化。

表3列出了氨基酸消化的估测结果, 这是基于给奶牛平均每日饲喂 1 千克羽毛粉而得的。尽管总氮消化比例最高的羽毛粉样品通常其氨基酸消化率也最高, 但是每种氨基酸消化结果的变化还是非常大。

表2 13个羽毛粉样品的氮与脂肪的含量和体外氮消化率 (平均值±标准差)¹

样品	血粉	总氮	可溶性氮	可沉淀的真蛋白	脂肪	氮体外消化率
	添加未水解 或水解的	以干物质为 基础, %	占总氮 的%	占可溶性 氮的%	以干物质为 基础, %	以干物质为 基础, %
1450	0	12.7	1.50	100	15.30	69.6
1454	0	13.5	1.04	100	11.20	59.5
1459	0	13.6	1.53	100	9.10	65.5
1461	0	13.3	0.35	100	10.50	43.0
1462	0	14.4	3.95	100	5.20	57.8
1466	0	14.1	5.04	100	8.30	50.1
平均值	-	13.7 ± 0.6	2.23 ± 1.84	-	9.93 ± 3.36	57.6 ± 9.8
1443	未水解的	11.1	3.93	100	21.40	62.5
1451	未水解的	13.8	1.76	100	9.40	76.7
1452	未水解的	13.9	4.67	100	6.80	84.6
1455	未水解的	13.8	2.39	100	8.70	46.2
平均值	-	13.2 ± 1.4	3.19 ± 1.34	-	11.58 ± 6.64	64.1 ± 16.6
1453	水解的	13.7	5.02	100	9.80	63.4
1487	水解的	13.7	4.58	100	10.40	67.9
1488	水解的	12.9	1.40	100	12.40	67.2
平均值	-	13.5 ± 0.5	3.67 ± 1.97	-	10.87 ± 1.36	66.6 ± 2.4

例如, 根据羽毛粉产品的来源不同, 奶牛可消化的蛋氨酸加上半胱氨酸数量从每天低于2克到多达36克之间进行变化。

氮含量很高而还原物质含量低的羽毛粉在加热过程中易发生不同形式的交联反应, 从而生成新的氨基酸: 如半胱氨酸生成羊毛硫氨酸, 携带 β -氨基团的赖氨酸生成赖丙氨酸。尽管在这些羽毛粉样品中未检测到羊毛硫氨酸, 但是不同样品中的半胱氨酸含量却存在显著差异, 这可能与这些交联反应有关。

硼酸-磷酸盐缓冲液中的不可溶残渣的氨基酸含量与羽毛粉原样品相比, 无明显差异。所以, 我们期望瘤胃非降解部分的氨基酸组成与羽毛粉原样品相似。表4提供了羽毛粉原样中各氨基酸组成。

经过18h的体外瘤胃消化和24h体外小肠消化, 所有的氨基酸含量都明显低于原样品(见表5)。羽毛粉是否添加血粉以及何时添加血粉均会显著影响原样、缓冲液不可溶残渣以及体外瘤胃培养后的残渣中的氨基酸含量。

这些结果表明, 羽毛粉各样品间存在的一些差异是由于血粉的添加、水解前还是水解后添加以及水解过程中的热加工条件而产生的。

添加了血粉的羽毛粉蛋氨酸、半胱氨酸、苏氨酸、缬氨酸、异亮氨酸、赖氨酸、组氨酸、精氨酸和脯氨酸的消化量增加。而且, 向羽毛粉中添加未水解或经水解处理的血粉似乎对其组氨酸和蛋氨酸消化率有影响。

提示

CPM Dairy v3.0奶牛日粮平衡程序对所有饲料原料瘤胃非降解蛋白的小肠消化率均采用80%这个默认值。从本研究来看，羽毛粉产品的相应值应为58-65%。尽管这个蛋白质消化率值比CPM中所使用的默认值低，但是也比营养学家基于以前的报道而确信的8.5-33.2%要高很多（England等，1997）。

不考虑添加的血粉是否经过水解处理，与不添加血粉的羽毛粉相比，添加血粉组羽毛粉氮的小肠消化率是最高的，其中未添加组的氮消化率为57.6%，添加未水解的血粉组的氮消化率为64.1%，添加经水解处理的血粉组为66.6%。总氮消化率最高的羽毛粉样品的小肠氨基酸消化率也最高。

换言之，各样品氨基酸在小肠中的消化率相似，并与总氮消化率有关。各羽毛粉样品中氮的瘤胃消化率不同。添加未水解血粉组羽毛粉的氨基酸瘤胃消化率较添加本研究所覆盖的水解参数范围之内血粉组增加。缓冲液中不可溶残渣的氨基酸组成与原样相似。

羽毛粉蛋白质和氨基酸在瘤胃中的溶解性相似在营养学上是有意义的。这就使得我们更有信心去预测到达奶牛小肠的某个氨基酸的数量。

经过瘤胃和小肠的消化，所有样品中的氨基酸水平平均比原样低。这再次表明羽毛粉的所有氨基酸的消化程度相似，没有哪一个氨基酸更容易或更难于消化。

这些研究结果表明，各羽毛粉产品氨基酸消化率的不同主要是由于是否添加血粉以及添加未水解的血粉还是经水解处理血粉的不同而引起的。遗憾的是，这些较小的样本量未能清楚反映血粉水解参数如何影响这些羽毛粉样品的总氮在瘤胃或瘤胃与小肠的消化率。

在可控条件下研究不同的血粉水解参数对羽毛粉消化率的影响是非常有意义的。

表3 奶牛日摄入1千克羽毛粉干物质后其氨基酸的消化量（克/日）——结果是根据总氮消化率从高到低进行排序

等级	样品	血粉	氮在瘤胃的 消化比例 ¹	总氮消化 比例 ²	蛋氨酸	蛋氨酸+ 半胱氨	苏氨酸	缬氨酸	异亮氨酸	亮氨酸	苯丙氨酸	苯丙氨酸 +酪氨酸	色氨酸	赖氨酸	组氨酸	精氨酸	脯氨酸
1	1452	未水解	0.362	0.847	5.96	25.40	32.08	46.49	27.58	55.77	32.92	52.49	4.00	19.51	9.01	45.18	60.52
2	1451	未水解	0.298	0.767	5.80	27.46	27.15	41.36	24.12	46.78	30.77	47.55	5.58	15.02	7.01	39.59	57.09
3	1450	未添加	0.245	0.696	4.57	27.69	22.96	37.45	24.27	39.58	11.93	22.20	9.91	11.41	1.37	28.20	49.22
4	1487	水解的	0.240	0.680	5.86	24.61	25.75	35.14	21.99	46.51	27.84	44.49	3.75	17.26	5.87	37.97	51.64
5	1488	水解的	0.269	0.672	5.31	26.36	23.57	30.01	20.14	36.65	23.43	37.10	3.52	13.83	4.67	33.42	50.34
6	1459	未添加	0.206	0.656	8.38	33.14	36.45	45.34	23.43	38.59	26.65	40.65	1.71	7.11	2.00	33.85	63.13
7	1453	水解的	0.188	0.635	7.64	33.29	24.42	23.52	17.93	37.93	23.71	37.61	4.50	15.83	5.79	31.18	41.33
8	1443	未水解	0.312	0.625	7.37	11.04	18.95	18.50	13.71	26.70	17.12	28.47	2.58	18.86	8.00	26.52	26.63
9	1454	未添加	0.225	0.595	8.20	36.27	20.30	34.81	26.23	38.82	27.94	35.51	3.03	9.60	6.61	26.88	56.69
10	1462	未添加	0.214	0.579	3.89	1.17	24.39	37.17	24.76	44.33	20.00	30.77	3.17	12.90	4.55	37.08	43.66
11	1466	未添加	0.176	0.502	0.00	0.00	19.07	28.58	19.47	25.41	18.08	30.23	1.59	10.96	6.14	31.40	36.40
12	1455	未水解	0.144	0.462	5.21	18.02	20.39	23.22	14.64	33.27	19.85	31.86	0.31	8.04	3.28	27.25	43.80
13	1461	未添加	0.128	0.430	1.98	1.98	9.65	28.37	17.72	23.09	6.07	12.05	1.00	6.51	2.60	19.91	21.92

¹ 氮在瘤胃的消化量，克/克干物质。

² 总氮在瘤胃和小肠的消化量，克/克干物质。

表4 全羽毛粉的氨基酸组成 (g氨基酸/kg干物质)

样品	蛋氨酸	蛋氨酸+ 半胱氨酸	苏氨酸	缬氨酸	异亮氨酸	亮氨酸	苯丙氨酸	苯丙氨酸 +酪氨酸	色氨酸	赖氨酸	组氨酸	精氨酸	脯氨酸
1450	6.27	47.34	35.21	55.88	33.45	59.84	23.16	38.78	11.84	14.96	2.41	46.17	77.70
1454	10.31	64.52	36.99	59.70	39.96	68.01	43.40	58.46	4.84	14.85	8.13	50.08	95.37
1459	10.82	61.85	50.00	64.52	34.14	61.18	38.81	58.68	3.30	10.99	2.76	51.19	94.83
1461	9.91	45.19	32.01	62.30	35.66	62.15	28.30	47.12	4.58	13.28	4.32	47.95	75.57
1462	7.74	40.01	41.01	61.90	37.96	72.19	36.66	55.66	5.09	18.27	6.63	53.57	79.34
1466	6.52	44.79	41.48	59.66	38.17	63.10	39.62	63.41	3.84	17.44	7.65	59.53	87.89
1443	9.76	29.67	31.30	37.57	23.67	50.15	29.52	47.18	5.04	24.32	10.24	43.43	53.21
1451	7.31	40.37	37.18	57.60	32.14	65.16	41.34	63.67	7.08	19.36	8.72	52.53	78.72
1452	7.24	33.26	39.07	56.98	32.35	68.41	39.49	62.62	5.36	24.24	11.08	52.76	72.91
1455	8.36	40.95	40.84	54.23	31.62	70.34	39.96	63.34	4.94	18.44	7.27	52.73	83.91
1453	9.78	67.38	39.69	47.33	29.97	64.86	38.26	59.59	8.23	20.50	7.19	53.06	77.03
1487	7.87	50.82	38.94	55.56	33.24	68.72	40.27	63.15	5.64	22.34	7.38	55.94	80.78
1488	8.97	53.46	36.49	48.20	29.98	31.24	34.84	54.70	6.18	19.01	6.37	50.11	77.94

表5 经18小时体外瘤胃消化和24小时小肠消化后羽毛粉残渣的氨基酸含量 (g残渣氨基酸/kg氨基酸干物质)

样品	蛋氨酸	蛋氨酸+ 半胱氨酸	苏氨酸	缬氨酸	异亮氨酸	亮氨酸	苯丙氨酸	苯丙氨酸 +酪氨酸	色氨酸	赖氨酸	组氨酸	精氨酸	脯氨酸
1450	1.70	19.64	12.25	18.44	9.19	20.26	11.24	16.58	1.93	3.55	1.04	17.97	28.49
1454	2.11	28.26	16.69	24.90	13.72	29.19	15.46	22.96	1.82	5.25	1.51	23.20	38.68
1459	2.44	28.71	13.55	19.18	10.70	22.59	12.16	18.03	1.59	3.88	0.76	17.33	31.69
1461	7.93	64.07	22.37	33.93	17.95	39.06	22.23	35.08	3.58	6.77	1.72	28.04	53.65
1462	4.97	38.84	16.62	24.72	13.20	27.86	16.65	24.88	1.91	5.36	2.08	16.49	35.68
1466	6.75	56.87	22.41	31.09	18.69	37.69	21.54	33.18	2.24	6.48	1.51	28.13	51.49
1443	2.39	18.63	12.35	19.06	9.96	23.45	12.40	18.71	2.45	5.46	2.25	16.91	26.59
1451	1.51	12.91	10.03	16.24	8.02	18.37	10.57	16.12	1.49	4.34	1.71	12.94	21.64
1452	1.28	7.86	6.99	10.49	4.77	12.64	6.57	10.13	1.36	4.73	2.06	7.58	12.39
1455	3.15	22.93	20.45	31.01	16.98	37.06	20.11	31.48	5.25	10.40	3.99	25.48	40.11
1453	2.14	34.09	15.26	23.81	12.04	26.93	14.54	21.98	3.73	4.67	1.40	21.88	35.70
1487	2.01	26.21	13.18	20.42	11.24	22.21	12.43	18.66	1.89	124.70	1.50	17.97	29.14
1488	3.67	27.10	12.92	18.19	9.83	20.68	11.41	17.60	2.65	5.18	1.70	16.70	27.61