

## 饲喂低蛋白日粮可促进仔猪肠道健康

Piglet gut health enhanced when fed low CP diets

作者: J.K. Htoo 和 R.L. Payne

译自: Feedstuffs, Nov. 26, 2007

译者: 胡娟

降低日粮中粗蛋白含量,同时补充必需氨基酸量可以减少后肠中具有潜在危害性的微生物代谢产物的产生。

断奶期是猪生长过程中的一段应激时期。在该时期,猪的采食量低,生长受阻且腹泻等消化道紊乱的发病率高(Aherne 等, 1992)。

尽管这些问题似乎主要是因为消化系统和免疫系统发育不完善所造成,但产肠毒素大肠埃希氏菌也会引起这些病症。

虽然仔猪日粮中的抗生素促生长因子能有效降低腹泻的发病率,但是越来越多的公众更加关注食用这些使用过抗生素的猪肉后将导致人体内细菌产生抗药性,因而导致开发各种控制断奶后腹泻和维持肠道完整性的办法。而且,随着抗生素促生长剂的停止使用和仔猪日粮中高粗蛋白含量的使用,可能导致青年猪腹泻发病率的提高。

仔猪饲喂典型高蛋白日粮会促进体内微生物对未消化蛋白的发酵作用,进而促进小肠内病原菌的增殖(Ball 和 Aherne, 1987; Hobbs 等, 1996)。病原菌增殖增多可能会导致断奶后期腹泻的发生(Verdonkd 等, 2003)。此外,未消化蛋白被细菌发酵后会产生挥发性脂肪酸和有毒物质,例如氨气和胺,这些物质会抑制生长(Porter 和 Kenworthy, 1969; Dong 等, 1996; Gaskins, 2000)。

高蛋白日粮具有较强的酸碱缓冲能力(Partanen 和 Mroz, 1999),这是由于它们结合酸的能力较强(Lawlor 等, 2005)。用具有较强酸碱缓冲能力的日粮饲喂猪会使胃内 pH 值水平升高,进而限制了蛋白质的消化,而未被消化的蛋白质将有利于细菌的增殖。这样就需要胃内产生更多的酸以降低胃内的 pH 值并使日粮的缓冲能力降低(Schutte, 2000)。然而,不幸的是这些断奶仔猪不能产生和分泌足够的胃酸,这也是断奶后期的消化道紊乱的原因之一。

因此,降低日粮中的粗蛋白含量并补充氨基酸保证蛋白质平衡的方法能够减少胃肠道内细菌增殖所需基底物质的含量,从而促进断奶仔猪的胃肠道健康。

这篇文章将综述最近的一些有关研究报告,这些研究主要通过饲喂低蛋白氨基酸补充日粮以减少早期断奶仔猪腹泻的发生,或者是促进肠道健康从而不影响早期断奶仔猪的生产性能。

### 试验 1

Nyachoti 等(2006)就饲喂低蛋白氨基酸补充日粮对断奶仔猪的生长和肠道健康的影响作了评定。他们选用 96 头性别混合的科茨沃尔德猪,随机分为 4 个日粮处理,每个处理有 6 个重复,每个重复 4 头猪。试验饲养期是 3 周,饲养方式为自由采食饮水。

试验日粮分别为：第1组为含23%粗蛋白的基础日粮(表1)，第2-4组的日粮和第1组相似，只是每组日粮中的粗蛋白含量依次降低为21%，19%和17%。

**表1 试验日粮的组成及营养水平 (试验1)**

成分 (%)	-日粮粗蛋白, %-			
	23	21	19	17
玉米	24.59	28.48	32.51	36.53
小麦	20.00	22.00	24.00	26.00
大豆粕	20.66	15.28	9.70	4.13
乳清粉	20.00	20.00	20.00	20.00
鱼粉	5.00	4.50	4.00	3.50
血浆	3.00	3.00	3.00	3.00
大豆油	4.18	3.57	2.88	2.20
石粉	0.65	0.65	0.64	0.64
磷酸二钙	0.27	0.45	0.62	0.80
预混料	1.00	1.00	1.00	1.00
生物分解物, 50.7% 赖氨酸	0.41	0.70	0.99	1.29
DL-蛋氨酸	0.17	0.22	0.27	0.33
L-苏氨酸	0.05	0.14	0.22	0.31
L-色氨酸	--	--	0.05	0.08
L-异亮氨酸	--	--	--	0.20
计算值				
代谢能, MJ/kg	14.8	14.7	14.6	14.4
回肠可消化 赖氨酸, %	1.40	1.40	1.40	1.40
回肠可消化蛋氨酸+半胱氨酸, %	0.84	0.84	0.84	0.84
回肠可消化苏氨酸, %	0.91	0.91	0.91	0.91
回肠可消化色氨酸, %	0.25	0.25	0.25	0.25
回肠可消化异亮氨酸, %	0.82	0.73	0.73	0.73
分析值				
粗蛋白, %	22.79	21.24	18.90	17.40
总赖氨酸, %	1.65	1.65	1.57	1.64
总(蛋氨酸+半胱氨酸), %	0.99	0.94	0.94	0.99
总苏氨酸, %	1.05	0.98	0.97	1.01
总色氨酸, %	0.30	0.28	0.27	0.27
总异亮氨酸, %	0.91	0.83	0.76	0.76

以体重为10-20kg猪理想氨基酸比例为参照，日粮中添加赖氨酸、蛋氨酸、苏氨酸、色氨酸和异亮氨酸以平衡标准回肠可消化(SID)蛋氨酸+胱氨酸、苏氨酸和色氨酸与赖氨酸的相对值(Rademacher等, 2001)。含19%和17%粗蛋白的日粮与含21%粗蛋白的日粮中的异亮氨酸含量相等,能够满足这些猪异亮氨酸的需要量(National Research Council [NRC], 1998)。

减少日粮中粗蛋白的含量能够降低回肠食糜的pH值( $P < 0.01$ ), 降低血浆尿素氮(需要减少过量氨基酸脱氨的标志)和部分挥发性脂肪酸的浓度(表2)。随日粮中粗蛋白含量依次降低, 回肠食糜中的氨氮浓度依次降低( $P < 0.01$ )。不同日粮处理组的粪便粘度值无明显差异( $P > 0.05$ ), 且都低于发生腹泻时的粪便粘度值。

**表2 日粮蛋白水平对断奶21天仔猪的血浆尿素氮, 回肠Ph, 氨氮和性能的影响(体重6-13 kg; 试验1)**

成份	-日粮粗蛋白, % -				标准误
	23	21	19	17	平均值
回肠消化液pH	6.74 <sup>a</sup>	6.02 <sup>b</sup>	6.09 <sup>b</sup>	6.25 <sup>b</sup>	0.15
回肠氨氮, mg/L	72.0 <sup>a</sup>	49.3 <sup>b</sup>	42.5 <sup>b</sup>	37.8 <sup>b</sup>	3.80
血浆尿素氮mg/L	122 <sup>a</sup>	73 <sup>b</sup>	44 <sup>c</sup>	37 <sup>c</sup>	--
回肠中挥发性脂肪酸 (mmol/L)					
乙酸	70.3 <sup>a</sup>	69.6 <sup>a</sup>	68.5 <sup>ab</sup>	67.2 <sup>b</sup>	0.67
丙酸	56.9 <sup>a</sup>	56.4 <sup>a</sup>	55.1 <sup>a</sup>	51.8 <sup>b</sup>	0.67
丁酸	24.2 <sup>a</sup>	23.5 <sup>ab</sup>	22.7 <sup>bc</sup>	21.9 <sup>c</sup>	0.31
日增重,g/d	353 <sup>a</sup>	340 <sup>a</sup>	288 <sup>b</sup>	232 <sup>b</sup>	11.2
采食量, g/d	528 <sup>a</sup>	522 <sup>a</sup>	464 <sup>b</sup>	414 <sup>b</sup>	18.0
肉料比	0.67 <sup>a</sup>	0.65 <sup>a</sup>	0.62 <sup>a</sup>	0.56 <sup>b</sup>	0.02
粪便粘度值 <sup>2</sup>	0.36	0.20	0.18	0.29	0.59

<sup>1</sup>表中数据表示6个重复每个重复4头猪的平均值。

<sup>2</sup>粪便粘度值: 0 = 正常; 1 = 软便; 2 = 轻度腹泻; 3 = 严重腹泻。

<sup>a,b</sup>同行数据上标字母不同表示差异显著 ( $P < 0.01$ )。

饲喂含23%和21%粗蛋白日粮的猪在生长性能上是有差异的( $P > 0.05$ )。饲喂含19%和17%粗蛋白日粮的猪在体增重和采食量方面没有明显差异( $P > 0.05$ ), 但和饲喂含23%和21%粗蛋白日粮组相比, 体增重和采食量都相对偏低。饲喂含23%, 21%和19%粗蛋白日粮的猪在肉料比方面差异不明显( $P > 0.05$ ), 但饲喂含17%粗蛋白日粮的组和前三组相比有明显差异, 其肉料比值偏低。

日粮氨基酸分析表明, 含19%和17%粗蛋白日粮中的缬氨酸含量都低于NRC推荐的5-10kg猪缬氨酸需要量。此外, 含19%和17%粗蛋白日粮中, 异亮氨酸/赖氨酸, 缬氨酸/赖氨酸的比值分别为(48, 55)和(46, 48), 都低于Chung和Baker(1992)制定的推荐值(60, 68)。因此, 这两组猪的性能相对较差可以认为是受到亮氨酸和缬氨酸量的限制。

## 试验2

试验1的研究结果表明, 使用低蛋白氨基酸补充日粮能够减少回肠内的有害代谢, 但是饲喂低蛋白日粮的猪的性能较差可能是受到日粮中的异亮氨酸、缬氨酸或异亮氨酸/缬氨酸量的限制。因此开展了第2项试验, 研究日粮中异亮氨酸和缬氨酸的量是否会影响这些饲喂低蛋白氨基酸补充日粮的猪的生长性能和胃肠道

健康。

除了试验日粮不同外，试验2和试验1的试验条件都相同。试验日粮分组设计为：(1)含21%粗蛋白的基础日粮(表3)，(2)异亮氨酸不足的含19%粗蛋白的日粮，(3)将异亮氨酸补充到和日粮1中的相等的含19%粗蛋白的日粮，(4)异亮氨酸和缬氨酸的量满足理想蛋白的氨基酸比例的含17%粗蛋白的日粮。配制的所  
所有日粮代谢能相等(14.3 MJ/kg)。

**表3 试验日粮的组成及营养水平, (试验2)**

成分(%)	-日粮粗蛋白, %-			
	21	19	19+异亮氨酸	17+异亮氨酸/缬氨酸
玉米	31.82	39.64	39.90	60.98
小麦	30.00	30.00	30.00	13.55
豆粕	10.65	4.06	3.83	--
蛋白质补充料 <sup>1</sup>	20.00	20.00	20.00	20.00
Canola芸苔油	4.22	2.46	2.31	0.52
石粉	0.78	0.75	0.75	0.71
生物合成磷	0.50	0.61	0.61	0.74
预混料	1.00	1.00	1.00	1.00
生物分解物, 50.7%赖氨酸	0.67	0.96	0.97	1.19
DL-蛋氨酸	0.18	0.23	0.23	0.30
L-苏氨酸	0.13	0.21	0.22	0.29
L-色氨酸	0.05	0.08	0.08	0.12
L-异亮氨酸	--	--	0.10	0.31
L-缬氨酸	--	--	--	0.29
计算值				
回肠可消化 赖氨酸, %	1.35	1.35	1.35	1.35
回肠可消化蛋氨酸+半胱氨酸, %	0.81	0.81	0.81	0.81
回肠可消化 苏氨酸, %	0.84	0.84	0.84	0.84
回肠可消化 色氨酸, %	0.27	0.27	0.27	0.27
回肠可消化 异亮氨酸, %	0.70	0.60	0.70	0.73
回肠可消化 缬氨酸, %	0.86	0.77	0.77	0.95
分析值				
粗蛋白, %	20.60	18.60	18.20	16.70
总赖氨酸, %	1.48	1.46	1.41	1.48
总(蛋氨酸+半胱氨酸), %	0.89	0.87	0.85	0.86
总苏氨酸, %	0.92	0.91	0.86	0.91
总色氨酸, %	0.31	0.30	0.30	0.30
总异亮氨酸, %	0.80	0.66	0.77	0.86
总缬氨酸, %	0.99	0.85	0.87	1.04

<sup>1</sup> 含50%乳清粉, 30%鱼粉和50%鱼粉

和饲喂低蛋白氨基酸补充日粮的猪相比,饲喂含21%粗蛋白日粮的猪盲肠氮浓度较高( $P < 0.05$ ) (表 4)。降低日粮粗蛋白含量在降低猪盲肠内挥发性脂肪酸的总浓度和小肠绒毛的高度上没有明显效果( $P > 0.05$ )。但是,饲喂低蛋白日粮的猪的回肠隐窝深度变浅,这是消化道发育逐渐完善的一种迹象。饲喂含17%粗蛋白氨基酸补充日粮组和其它组相比,粪便粘度值最低( $P < 0.05$ )。饲喂含19%粗蛋白日粮组的粪便粘度值比饲喂含21%粗蛋白日粮组低( $P < 0.05$ )。

**表4 日粮蛋白水平对断奶21天仔猪的粪值, 小肠形态, 氮氮和性能的影响(体重6-13 kg; 试验2)**

成分	-日粮粗蛋白, % -				标准误 平均值
	21	19	19+异亮氨酸	17+异亮氨酸/缬氨酸	
盲肠氮, mg/L	126 <sup>a</sup>	95 <sup>b</sup>	80 <sup>b</sup>	64 <sup>b</sup>	9.76
盲肠总挥发性脂肪酸mmol/L	69	77	79	93	7.65
回肠绒毛高度, m	412	407	416	425	19.00
回肠隐窝深度, m	377 <sup>a</sup>	313 <sup>b</sup>	300 <sup>b</sup>	313 <sup>b</sup>	16.42
末体重, kg	11.73 <sup>a</sup>	11.15 <sup>b</sup>	11.37 <sup>ab</sup>	11.23 <sup>ab</sup>	0.17
日增重, g/d	266 <sup>a</sup>	239 <sup>b</sup>	237 <sup>b</sup>	240 <sup>b</sup>	6.38
采食量, g/d	379 <sup>b</sup>	369 <sup>b</sup>	380 <sup>b</sup>	404 <sup>a</sup>	18.0
肉料比	0.70 <sup>a</sup>	0.65 <sup>b</sup>	0.62 <sup>bc</sup>	0.60 <sup>c</sup>	0.01
粪便粘度值	1.45 <sup>a</sup>	0.78 <sup>bc</sup>	0.98 <sup>b</sup>	0.37 <sup>c</sup>	0.15

<sup>1</sup>表中数据表示6个重复每个重复4头猪的平均值。

<sup>a,b</sup>同行数据上标字母不同表示差异显著 ( $P < 0.01$ )。

饲喂含17%粗蛋白的异亮氨酸/缬氨酸补充日粮的猪的采食量比其它处理组高( $P < 0.01$ )。和其它组相比,饲喂含21%粗蛋白的日粮组的平均日采食量和肉料比较高( $P < 0.05$ )。但是,除了饲喂含19%粗蛋白但异亮氨酸不足的日粮组的末体重较轻外( $P < 0.05$ ),其它不同的日粮处理组间的末体重无明显差异。

研究结果表明饲喂低蛋白日粮有可能成为一种减少断奶后期腹泻发生的有效方式。此外,研究发现的饲喂低蛋白氨基酸补充日粮能够改善断奶仔猪的采食量这一结果也具有重要意义,因为断奶后期厌食症的发生是导致生产性能降低的一个重要原因。

日粮分析表明,含19%粗蛋白的日粮和含19%粗蛋白异亮氨酸补充日粮中的缬氨酸含量都低于NRC(1998)推荐的5-10kg猪缬氨酸需要量。因此,性能下降可以部分认为是受到缬氨酸量的限制。

### 试验 3

Htoo 等 (2007)评价了日粮粗蛋白含量由24%逐渐降低到20%时对断奶仔猪盲肠微生物代谢浓度和生长性能的影响。试验处理分别为:(1)含24%粗蛋白的基础日粮(表 5),(2)日粮成分和1组相似,但粗蛋白含量只有20%,并补充氨基酸以满足理想蛋白比例平衡(Rademacher 等,2001)。配制的两组日粮净能相等

(下接第 35 页)

(上接第 30 页)  
(10.7 MJ/kg)。

表5 试验日粮的组成及营养水平, (试验 3)

成分 (%)	-日粮粗蛋白%-	
	24	20
小麦	30.00	30.96
玉米	19.04	36.89
全脂大豆粕	23.94	3.54
蛋白质补充料 <sup>1</sup>	23.50	23.50
芸苔油	1.84	2.09
石粉	0.77	0.65
磷酸二钙	0.08	0.43
预混料	0.55	0.55
生物分解物, 50.7% 赖氨酸	0.18	0.76
DL-蛋氨酸	0.08	0.16
L-苏氨酸	--	0.15
L-异亮氨酸	0.02	0.20
L-缬氨酸	--	0.12
计算值		
回肠可消化赖氨酸%	1.30	1.30
回肠可消化蛋氨酸+半胱氨酸	0.79	0.78
回肠可消化苏氨酸%	0.83	0.82
回肠可消化色氨酸	0.32	0.25
回肠可消化异亮氨酸, %	0.78	0.78
回肠可消化缬氨酸%	0.97	0.91
粗蛋白% <sup>2</sup>	24.11	19.76
总赖氨酸 <sup>2</sup>	1.53	1.42
总(蛋氨酸+半胱氨酸)%	0.97	0.89
总苏氨酸 <sup>2</sup>	1.06	0.97
总色氨酸	0.37	0.29
总异亮氨酸	0.96	0.89
总缬氨酸 <sup>2</sup>	1.20	1.09

<sup>1</sup>含43%乳清粉, 26%鱼粉, 21%血浆和11%脱脂乳粉。  
<sup>2</sup>分析值

用含 24% 或 20% 粗蛋白日粮饲喂 8 头分圈饲养的阉公猪(杜洛克 x 大白猪, 4 周龄, 初始和期末体重为 6.5kg- 9.9kg), 测定日粮蛋白质水平对肠道微生物代谢浓度的影响, 每个处理有 8 个重复, 并按两阶段交叉设计。每日日粮饲喂量按照 106 kcal/kg 代谢体重 / 代谢能分 3 顿以上饲喂, 自由饮水。经 5 天的日粮适应期后, 在两个 7 天的第 6 天和第 7 天收集盲肠中的消化酶(瘘管收集法)。

为了测定日粮粗蛋白水平对生长性能的影响, 32 头性别混合的猪(杜洛克 x

大白猪或杜洛克 x 长白猪，4 周龄) 饲喂含 24% 或 20% 粗蛋白日粮，且每个处理有 4 个重复。猪(初始和期末体重为 8-17kg)，自由采食饮水。饲养期为 21 天，每周记录一次个体体重和采食量。目测记录腹泻的发生率和严重程度。

饲喂低蛋白日粮能够使盲肠内的氨氮浓度、挥发性脂肪酸的总浓度和腐胺浓度分别降低到 32%，28% 和 39%( $P < 0.05$ ) (表 6)。

**表6 日粮蛋白水平对断奶仔猪盲肠消化液中氨氮浓度、挥发性脂肪酸浓度和腐胺浓度和性能的影响 (试验3)**

成分	-日粮粗蛋白%-		标准误 平均值
	24	20	
盲肠 <sup>1</sup>			
氨氮 mg/L	149.8 <sup>a</sup>	101.4 <sup>b</sup>	11.19
总挥发性脂肪酸, mmol/L	85.3 <sup>a</sup>	61.8 <sup>b</sup>	7.12
腐胺, mmol/L	0.88 <sup>a</sup>	0.54 <sup>b</sup>	0.07
生长性状 <sup>2</sup>			
日增重, g/d	429	410	23.0
采食量, g/d	593	572	29.7
肉料比	0.72	0.72	0.01
粪便粘度值 <sup>2</sup>	0.17	0.18	0.04

<sup>1</sup>表中数据为8头猪观测值的均值

<sup>2</sup>表中数据表示8个重复每个重复4头猪的平均值。

<sup>a,b</sup>同行数据上标字母不同表示差异显著 ( $P < 0.05$ )。

Jensen (1998)指出，减少体内氨产量可以减少由肝脏承担的氨的解毒代谢需要，并且能够促进能量和氨基酸的有效利用。

经过3周的研究表明，饲喂这种蛋白水平降低但氨基酸能够得到补充的日粮并不影响猪的生长性能( $P > 0.05$ )。粪便粘度值正常并且不受日粮中粗蛋白含量的影响。

### 结论

总之,所有这些试验结果表明饲喂低蛋白氨基酸补充日粮能够降低后肠中的氨氮、挥发性脂肪酸和胺的浓度，回肠中血浆尿素氮的水平降低且隐窝深度变浅。所有的这些现象都是有益于肠道健康和消化道发育完善的迹象。

Opapeju 等 (2007) 认为试验 1 和试验 3 的结果都表明日粮中的粗蛋白含量对粪便粘度值没有影响，但饲喂低蛋白氨基酸补充日粮的和饲喂经过 E. coli K88 发酵的高蛋白日粮的相比粪便粘度值偏低。

减少日粮中粗蛋白含量的同时补充必需氨基酸的量的方法能够减少后肠中具有潜在有害性的微生物代谢产物的产生，并能改善粪便粘度值。仔猪日粮中蛋白质含量降低 4 个百分点但仍不影响生长性能，这也说明了日粮中氨基酸与能量平衡适当且充足。