

半纯合日粮法测定几种麦类及红薯淀粉在生长猪体内的消化率

黄菊^{1,2}, 尹富贵^{1,2}, 柏美娟^{1,2}, 李铁军^{1,2}, 黄瑞林¹

(1.中国科学院亚热带农业生态研究所动物生态营养与健康养殖联合实验室, 农业生态工程重点实验室, 湖南长沙 410125; 2.中国科学院研究生院, 北京 100039)

摘要:本文研究了燕麦、小麦、荞麦和红薯4种原料中淀粉(总淀粉、直链和支链淀粉、抗性和非抗性淀粉)含量及其在生长猪回肠末端和全消化道(粪)的消化率, 为丰富能量饲料数据库、合理利用能量饲料原料以及人类自身对膳食的选择提供参考。实验选择体重为 25 ± 2.72 kg的杜×长×大三元杂交生长阉公猪16头, 实施“T”型瘘管手术, 随机分为4个处理(燕麦、小麦、荞麦和红薯), 每个处理4个重复, 每个重复1头猪, 分别饲喂燕麦、小麦、荞麦和红薯单一日粮。结果显示, 在回肠末端和全消化道内, 各日粮总淀粉的消化率分别是: 燕麦组: 98.86%和99.95%; 小麦组: 99.48%和99.92%; 荞麦组: 99.37%和99.97%; 红薯组: 81.60%和99.51%。三组麦类淀粉在回肠和全消化道中的消化率差异不明显, 但均显著高于红薯组($p < 0.05$)。结果表明, 麦类饲料在生长猪体内的消化率及其葡萄糖供给效率高, 是较红薯更好的能量饲料来源。

关键词:淀粉; 消化率; 生长猪; 半纯合日粮

中图分类号: S816.32; S828

文献标识码: B

文章编号: 1000-0275(2009)04-0501-04

Study on Digestibility of Starch from Oat, Wheat, Buckwheat and Sweet Potato in Intestinal Tract of Growing Pigs by Feeding Semi-single Diet

HUANG Ju^{1,2}, YIN Fu-gui^{1,2}, BO Mei-juan^{1,2}, LI Tie-jun^{1,2}, HUANG Rui-lin¹

(1. Institute of Subtropical Agriculture, the Chinese Academy of Sciences, Key Laboratory of Agro-ecological Processes in Subtropical Region, Laboratory of Animal Nutrition and Human Health and Key Laboratory of Agro-ecology, Changsha, Hunan 410125, China; 2. Graduate University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China)

Abstract: This experiment was conducted to determine the digestibility of starch from oat, wheat, buckwheat and sweet potato for enriching the data bank of energy diets and offering people more references about main foods. 16 crossed-bred (Duroc × Landrace × Yorkshire) growing pigs weighed average of 25 kg, were randomly assigned to four groups and housed individually in pens. And the T-cannulae fistulae operation was carried on each pig. Every group fed one of four diets containing minerals, vitamins, 0.1% indicator (TiO_2) and oat, wheat, buckwheat, and sweet potato starch respectively. The formal experiment lasted 15 days. In last 3 days, the digesta and feces of all pigs were collected for digestibility analyzing. The results showed that the digestibility of starch from oat, wheat, and buckwheat were higher than that from sweet potato ($p < 0.05$). It was indicated that so far as starch digestibility was considered, oat, wheat, and buckwheat were better diet energy sources than sweet potato.

Key words: starch; digestibility; growing pigs; semi-single diet

淀粉是麦类及红薯中碳水化合物的主要成分, 是畜禽所需能量的重要来源(约40%), 占畜禽饲养成本的50%以上。因而淀粉在体内的消化率成为评定一种能量饲料可利用性高低的重要指标。我国饲料资源丰富, 如玉米、大麦、燕麦、小麦、荞麦、大米、小米、糯米、高粱和黍子等。但除玉米之外, 对其它饲料原料的利用仍不普遍, 并且随着玉米需求量全球性增加导致其市场价格上涨, 饲料成本也随之增加。因此开发新的能量饲料资源, 建立和完善能量饲料数据库, 为饲料业和养殖业降低生产成本提供相关参考依据, 并且能在一定程度上减少玉米的供需压力。宾石玉等研究发现分别添加糯米、糙米、玉米、抗性淀粉作为能量来源时对断奶仔猪小肠淀粉消化率

的影响差异显著^[1]; 戴求仲等研究得出能量饲料中直链淀粉与支链淀粉的不同比例对饲料其它养分在仔鸡体内的利用率差异也显著^[2]。但是对红薯及麦类饲料淀粉在体内消化率的研究报道较少, 主要对降低麦类饲料中非淀粉多糖的抗营养作用进行研究, 但研究方法也相对传统。因此, 本试验采用直接给生长猪饲喂单一饲料(燕麦、小麦、荞麦和红薯), 消除全价料中饲料之间不同营养因素及抗营养因素的交互和干扰, 以期获得各饲料在动物体内真实的消化数据。

1 材料与方法

1.1 试验日粮

基金项目:国家自然科学基金重点项目(30671517); 中国科学院创新重要方向项目(KSCX2-SW-323)。

作者简介:黄菊(1983-), 女, 重庆人, 动物营养及饲料科学专业在读硕士; 通讯作者: 黄瑞林。

收稿日期: 2009-06-08; **修回日期:** 2009-06-20

分别将燕麦粉(产自陕西),小麦粉(产自湖南长沙),荞麦粉(产自陕西),红薯粉(产自湖南长沙)配制成本单一试验日粮,并添加 0.1%的氧化钛作为指示剂,日粮配方见表 1。

表 1 日粮配方(%) (干物质基础)

成分	燕麦组	小麦组	荞麦组	红薯组
燕麦	96.99	0.00	0.00	0.00
小麦	0.00	96.99	0.00	0.00
荞麦	0.00	0.00	96.99	0.00
红薯	0.00	0.00	0.00	96.99
氧化钛	0.10	0.10	0.10	0.10
奇力酸 ^a	1.00	1.00	1.00	1.00
磷酸二氢钙	0.60	0.60	0.60	0.60
碳酸钙	0.74	0.74	0.74	0.74
多维 ^b	0.04	0.04	0.04	0.04
氯化胆碱	0.08	0.08	0.08	0.08
微量元素 ^c	0.15	0.15	0.15	0.15
食盐	0.25	0.25	0.25	0.25
甜味剂	0.05	0.05	0.05	0.05
营养水平				
干物质	90.00	88.61	87.55	91.34
总淀粉	67.37	69.95	75.46	73.31
粗蛋白	15.52	13.48	13.00	3.88
总钙	0.46	0.52	0.96	0.58
总磷	0.72	0.55	0.46	0.17

注:a. 购自广州天科科技有限公司。b. 每千克多维添加剂含:维生素 A 2000000 IU;维生素 D 4000000 IU;维生素 E 300mg;维生素 K 700mg;维生素 B₂ 200mg;维生素 B₆ 3 mg;维生素 B₁₂ 8mg;叶酸 800mg;烟酸 2400mg。c. 每千克饲料中微量元素添加剂含:165 mg Zn (ZnSO₄), 165 mg Fe (FeSO₄), 33 mg Mn (MnSO₄), 16.5 mg Cu (CuSO₄), 297 μg I (CaI₂), 297 μg Se (Na₂SeO₃)。

1.2 试验动物及设计

选择 16 头日龄 60d 左右、健康、体重为 25±2.72kg 杜×长×大三元杂交阉公猪,采用单因素试验设计,随机分为 4 个处理,每个处理 4 个重复,每个重复 1 头猪。

1.3 试验动物饲养管理

试猪单独饲养在代谢笼内,室温控制在 24~28℃,其它按常规消化代谢试验程序进行,每天饲喂 3 次(早 8:00,下午 4:00,晚上 12:00),以采食后料槽中略有剩余为度,自由饮水。预饲 3d 后,实施回肠末端“T”型瘘管手术^[3],术前准备和术后护理按 Li^[4]提供的方法进行。术后恢复 7d,开始正式试验,实验期为 7d。

1.4 样品的采集及制备

试验结束前 3d 开始收集粪样,试验结束前 1d 的早上 8:00 到晚上 12:00 收集回肠末端食糜样。将各日粮原料和收集到的各试猪粪样置于铝盒,在 60℃烘箱中烘干,再粉碎过 60 目筛,分装于塑料封口袋中于 4℃冰箱保存待分析。将各试猪回肠食糜分装到塑料杯于真空冷冻干燥机中干燥,同样分装于塑料封口袋中于 4℃冰箱保存待分析。

1.5 测定指标及方法

(1)样品中氧化钛的测定参照王京善等方法^[5]。

(2)样品直链淀粉和支链淀粉含量测定参照国标分析法,用分光光度仪测定。

(3)样品干物质、灰分、总淀粉、非抗性淀粉(NRS)和抗性淀粉(RS)含量分析参照 AOAC^[6]和张平等^[7]的方法进行。

1.6 计算

(1)氧化钛含量计算 $TiO_2 (g/kg) = 100A / (B \times DM)$, 其中 A 为从标准曲线上读得的 TiO_2 浓度, B 为样品重量(g), DM 为干物质含量(%)。

(2)消化率含量计算 $SID_i = (S_f - S_{di}) \times (TiO_{2f} / TiO_{2di}) / S_{fi}$, 其中 i 为变量,可代表总淀粉,支链淀粉,直链淀粉,抗性淀粉以及非抗性淀粉;SID 表示淀粉消化率; S_f 粪便中淀粉的含量; S_{di} 表示食糜中淀粉含量。

1.7 数据处理

试验数据先用 Microsoft Excel 做初步整理后,再用 SPSS 12.0 软件进行统计分析, $p < 0.05$ 表示差异显著。

2 结果与分析

2.1 饲料中淀粉含量和组成成分

表 2 结果显示,将饲料淀粉按直链和支链来分类测定得到:红薯粉中所含直链淀粉最高(14.66%),小麦粉中最低(5.43%),而支链淀粉在小麦粉中所占比例最高(66.70%),在燕麦粉中最低(62.59%);按抗性和非抗性淀粉分类测得的结果为:红薯粉中抗性淀粉的含量最高(5.14%),而小麦粉中抗性淀粉含量最低(0.72%),但其非抗性淀粉的含量最高(70.47%)。四种饲料总淀粉含量由高到低依次为:荞麦(77.80%),红薯(75.59%),小麦(72.12%),燕麦(69.46%)。

表 2 原料碳水化合物组分(%) (干物质基础)

项目	燕麦	小麦	荞麦	红薯
直链淀粉	6.86±0.51	5.43±0.51	11.19±0.88	14.66±0.65
支链淀粉	62.59±1.58	66.70±1.00	63.14±0.13	64.40±1.45
抗性淀粉	1.12±0.24	0.72±0.16	3.53±0.07	5.14±0.35
非抗性淀粉	62.45±0.73	70.47±0.07	69.78±3.12	70.21±1.36
总淀粉	69.46±1.01	72.12±0.49	77.80±0.52	75.59±0.57
有机物	97.88±0.40	98.36±0.07	97.90±0.07	97.21±0.02
干物质	89.71±0.13	88.27±0.30	87.24±0.06	91.69±0.21

2.2 淀粉回肠末端消化率

如表 3 所示,回肠末端各日粮组支链淀粉的消化率差异不显著($p > 0.05$)并且都已达到 100%,红薯日粮直链淀粉、抗性淀粉、总淀粉的消化率均分别显著低于其它三组麦类日粮($p < 0.05$),各日粮淀粉非抗性淀粉的消化率是红薯日粮显著($p < 0.05$)低于燕麦、小麦和荞麦日粮($p < 0.05$),后三组日粮之间差异不显著($p > 0.05$)。

2.3 淀粉粪消化率

表4所示,从试猪粪便中测得各日粮支链淀粉消化率与回肠末端的消化率一致,均为100%。而直链淀粉、抗性淀粉、非抗性淀粉和总淀粉的消化率均是红薯日粮显著低于其它三组麦类日粮($p<0.05$)。但较之回肠末端,各测定指标的消化率均有所提高,特别是红薯日粮,其直链淀粉、抗性淀粉、非抗性淀粉和总淀粉的消化率分别提高了17.90%,16.73%,3.16%,17.91%。

表3 日粮淀粉回肠末端消化率(%)(干物质基础)

项目	燕麦	小麦	荞麦	红薯	SEM
支链淀粉	100.00	100.00	100.00	100.00	0.000
直链淀粉	98.63 ^a	100.00 ^a	99.07 ^a	81.60 ^b	0.024
非抗性淀粉	98.50 ^a	99.57 ^a	98.87 ^a	96.04 ^b	0.021
抗性淀粉	87.27 ^c	94.89 ^a	91.49 ^b	82.11 ^d	0.013
总淀粉	98.86 ^a	99.48 ^a	99.37 ^a	81.60 ^b	0.036

注:同行中上标字母相同表示差异不显著($P>0.05$),字母不同表示差异显著($P<0.05$)。SEM:标准误差均方,下表同。

表4 日粮淀粉粪中表现消化率(%)(干物质基础)

项目	燕麦	小麦	荞麦	红薯	SEM
支链淀粉	100.00	100.0	100.0	100.00	0.000
直链淀粉	99.94 ^a	99.86 ^a	99.91 ^a	99.50 ^b	0.047
非抗性淀粉	99.70 ^a	99.92 ^a	99.88 ^a	99.20 ^b	0.014
抗性淀粉	99.49 ^a	99.65 ^a	99.91 ^a	98.84 ^b	0.021
总淀粉	99.95 ^a	99.92 ^a	99.97 ^a	99.51 ^b	0.034

3 讨论与结论

3.1 讨论

(1)不同来源淀粉的消化率。淀粉由于其组成及结构不同在动物和人体内消化的速度和部位存在差异^[8]。淀粉颗粒大小、直链淀粉和支链淀粉的数量和比例、淀粉的物理存在形式、非淀粉多糖、抗营养因子、日粮的油脂水平以及动物体内淀粉消化酶的活性、小肠对淀粉消化产物葡萄糖的吸收能力、饲料在消化道中停留的时间和消化酶与淀粉的接触程度等^[9]都对其消化率产生影响。本试验所用试猪品种、年龄一致,并采用单一日粮饲喂,将试验动物和油脂水平对淀粉消化率的影响控制在分析误差范围内,因而造成实验结果差异的主要原因是淀粉的来源不同。本实验中小麦、荞麦、燕麦日粮总淀粉的消化率均显著高于红薯日粮。可能的原因是:红薯日粮中直链淀粉与支链淀粉的比例较高,由于直链淀粉分子较支链淀粉分子小,分子侧链较支链淀粉长,连接葡萄糖链的氢键也较强,因而直链淀粉难以接受消化酶的作用。戴求仲等在研究日粮直/支链淀粉比对黄羽肉仔鸡生产性能和养分利用率的影响时也发现:采食直/支链淀粉比例最低的日粮,试鸡的生长性能和饲料养分利用率均显著高于其它处理组^[2]。另外直链淀粉的含量也影响淀粉的结晶程度,从而影响淀粉

的消化性能^[10]。这一结果与宾石玉在研究不同来源淀粉消化率时报道的结果相近^[1]。除此之外,红薯日粮中抗性淀粉的含量也是最高,可能由于抗性淀粉加快了食物在肠道内的转运速度,减少了可消化淀粉被消化酶作用的时间,其消化率也由此降低。

(2)淀粉在肠道不同部位的消化。日粮中的淀粉需要经酶(α -淀粉酶、低聚糖酶、蔗糖酶和乳糖酶)降解成低分子量的葡萄糖才能被动物体吸收,而这些酶又主要存在于小肠内,所以饲料中碳水化合物特别是淀粉的消化主要在小肠内完成。Hildebrandt等研究淀粉在老鼠消化道前端的生物利用率时发现:在12h内收集到的回肠食糜中,来自玉米、粳米等的淀粉利用率相当高,仅有0.2~0.4%的未消化淀粉存在其中^[11]。谭碧娥等在研究不同日粮来源淀粉在断奶仔猪小肠不同部位的消化及体外降解时也得到相似的结果:各日粮淀粉在小肠内的消化率均达到相当高的水平^[12]。本试验中三种麦类日粮淀粉在回肠末端的消化率也都达到了相当高的水平(99%以上),红薯淀粉较低(81.60%),再次论证了淀粉主要在小肠内被消化吸收。在粪中三种麦类淀粉消化率不如红薯淀粉提高明显。分析其原因可能是:红薯淀粉中抗性淀粉比例最高,被大肠微生物降解,因此红薯淀粉在粪中的消化率有较明显的提高,在总的消化率上缩小了与其他三种麦类淀粉的差距。尽管抗性淀粉能被肠道微生物降解但作用有限,仍然一定程度上影响了淀粉总的消化率。因此就淀粉消化率以及能量供给而言,研究其在回肠食糜的消化率更有意义。因为即便三种麦类淀粉粪中消化率显著高于红薯淀粉,其差异范围也仅在0.4%~0.45%,但是机体吸收营养的主要消化部位是小肠,所以能够在小肠高效的提供能量满足机体对其他营养物质的吸收所需才是关键。

3.2 结论

本试验中三组麦类淀粉在回肠和全消化道中的消化率差异不明显,但均显著高于红薯组。表明麦类饲料在生长猪体内的消化率及其葡萄糖供给效率高,是较红薯更好的能量饲料来源。淀粉消化率可作为选择能量饲料的一个参考指标,但对于这三种麦类饲料来说,其淀粉在猪体内的可消化性并无显著差异,因此在选择时还应更多的考虑其所含其它营养因素和抗营养因素以及产量和价格的影响。

参考文献:

- [1] 宾石玉,赵霞.日粮淀粉来源对断奶仔猪小肠淀粉消化率的影响[J].贺州学院学报,2007,23(1):141-144.
- [2] 戴求仲,李湘,张石蕊.日粮直/支链淀粉比对黄羽肉仔鸡生产性能和养分利用率的影响[J].动物营养学报,2008,20(3):

- 249–255.
- [3] Tester R F, Karkalas J. Polysaccharides II. Polysaccharides from eukaryotes. In Vandamme EJ, De Baets S, Steinbuchel A, eds [J]. Starch in biopolymers, 2002(6): 381–438.
- [4] Li S, Sauer W C, Fan M Z. The effect of dietary crude protein level on amino acid digestibility in early-weaned pigs[J]. Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition, 1993(70): 26–37.
- [5] 王京善, 孙秀鸾, 董国强. 食品中二氧化钛测定方法的探讨[J]. 预防医学文献信息, 2001, 7(6): 662–663.
- [6] A.O.A.C. Official Methods of Analysis, 17th Edition. Arlington[M], VA: Association of Official Analytical Chemists, 2003.
- [7] 张平, 印遇龙, 李铁军, 等. 几种常见饲料原料中总淀粉含量的测定[J]. 中国饲料, 2005(15): 28–29.
- [8] Weurding R E, Enting H, Verstegen M W A. The effect of site of starch digestion on performance of broiler chickens [J]. Animal Feed Science and Technology, 2003(110): 175–184.
- [9] Cummings J H, Englyst H N. Gastrointestinal effects of food carbohydrate [J]. American Journal of Clinical Nutrition, 1995(61): 938–945.
- [10] Zobel H F. Molecules to granules and comprehensive starch review [J]. Starch, 1988, 40(2): 44–50.
- [11] Hildebrandt A. Starch Bioavailability in the upper Gastrointestinal Tract of Colectomized Rats[J]. The Journal of Nutrition, 1991(121): 679–686.
- [12] 谭碧娥, 宾石玉, 孔祥峰. 不同日粮来源淀粉在断奶仔猪小肠不同部位的消化及体外降解研究[J]. 中国农业科学, 2008, 41(4): 1172–1178.

(上接 500 页)

- 北京: 中国农业出版社, 2003: 260–263.
- [2] 吴信, 孔祥峰, 印遇龙, 等. 猪—研究人类营养代谢和医药的新宠[J]. 现代生物医学进展, 2007, 7(10): 1574–1577.
- [3] National Research Council. Nutrient Requirements of Domestic Animals. Nutrient Requirements of swine [M], 10th Edition. National Academy of Science, Washington, DC. 1998. 110–123.
- [4] 李德发 主编. 猪的营养 [M]. 中国农业大学出版社, 1996: 256–285.
- [5] 孔祥峰, 刘合军, 尹富贵, 等. 中药超微粉对早期断奶仔猪白细胞分类和抗氧化功能的影响 [J]. 天然产物研究与开发, 2007, 19(1): 44–47, 54.
- [6] 孔祥峰, 印遇龙, 黄瑞林, 等. 中草药超微粉饲料添加剂对早期断奶仔猪生长性能和血清生化指标的影响 [J]. 中国兽医学报, 2008, 28(2): 184–188.
- [7] 吴信, 宾石玉, 孔祥峰, 等. 抗性淀粉对断奶仔猪血糖和激素水平的影响[J]. 营养学报, 2007, 29(5): 463–469.
- [8] 孔祥峰, 尹富贵, 刘合军, 等. 早期断奶仔猪生理生化参数和器官指数的变化[J]. 中国实验动物学报, 2006, 14(4): 298–302.
- [9] 周衍椒, 张镜如. 生理学[M]. 北京: 人民卫生出版社, 1978: 63–69.
- [10] 王小龙 主编. 兽医临床病理学 [M]. 北京: 中国农业出版社, 1995: 32–38.
- [11] 门剑龙, 徐风华, 华维. 红细胞 MCV、RDW 值鉴别贫血的临床价值[J]. 临床检验杂志, 1995, 13(5): 241–242.
- [12] 石冬敏, 陈雪梅, 钱连华. 脑梗塞患者血小板参数的变化及意义[J]. 中国血液流变学杂志, 2004, 14(1): 97–99.
- [13] 赵聘, 赵云焕. 复合抗热应激添加剂对蛋鸡血液生化指标的影响[J]. 河南农业科学, 2005(2): 70–73.
- [14] 夏新山, 袁书林, 杨元青, 等. 中草药添加剂及不同饲粮类型对生长肥育猪血液生化指标的影响 [J]. 动物科学与动物医学, 2003(12): 38–39.
- [15] 尹富贵, 孔祥峰, 刘合军, 等. 中草药添加剂对仔猪生长性能和血清生化参数的影响 [J]. 中国科学院研究生院学报, 2007, 24(2): 201–206.
- [16] 杨晓静, 赵茹茜, 陈杰, 等. 猪背最长肌肌纤维类型的发育性变化及其品种和性别特点[J]. 中国兽医学报, 2005, 25(1): 89–94.
- [17] 刘建高, 张平, 宾石玉, 等. 不同来源淀粉对断奶仔猪血浆葡萄糖和胰岛素水平的影响[J]. 食品科学, 2007, 28(3): 315–319.