动物营养学报 2007,19(3):253-257
Chinese Journal of Animal Nutrition

不同温度挤压膨化玉米在泌乳奶牛瘤胃内干物质和淀粉降解规律的研究

齐智利[1] 嘎尔迪[2*] 陈慧君[3] 赵芙蓉[4]

(1.华中农业大学动物科技学院,武汉 430070;2.内蒙古农业大学动物科技学院,呼和浩特 010018;
3.湖北永福能源科技有限公司,武汉 434400;4.牧泉元兴饲料有限责任公司,呼和浩特 010070)

摘 要:本试验选用3头安装有永久性瘤胃瘘管的泌乳前期荷斯坦奶牛为试验动物,在精粗比为55:45的日粮条件下,采用尼龙袋法测定了不同温度挤压膨化加工处理的玉米在奶牛瘤胃内干物质和淀粉的降解规律。试验结果表明,玉米经过挤压膨化加工处理,能明显提高干物质和淀粉在泌乳奶牛瘤胃中的降解率($P<0.05$)。随着挤压膨化温度的不断升高,干物质和淀粉的瘤胃降解率线性下降。

关键词:尼龙袋法;玉米;挤压膨化;泌乳奶牛;瘤胃降解率

谷物饲料是奶牛生产中的主要饲料来源,谷物饲料可以提高日粮的能量浓度,有助于优化集约化饲养体系中畜产品的质量[1]。玉米是最常用的谷物饲料,淀粉含量在70%~80%左右,而且是所有谷物饲料中能量含量最高的饲料,它可以提供给反刍动物机体所需要的主要能量,淀粉是提高反刍动物生产性能的基础营养物质,理想的淀粉利用是改善动物产品生产效率的基本环节[2]。饲料加工可以在一定程度上改进瘤胃淀粉的利用效率,许多学者研究阐述了通过饲料的不同加工处理可以调控淀粉的消化部位、消化速率和消化程度[3-5]。

膨化技术是近20年发展起来的一项饲料加工新技术,已经广泛应用于畜禽、水产及宠物饲料工业生产中,它除具有一般全价饲料的优点外,还具有提高动物饲料消化率、有效预防动物消化道疾病和拓展饲料资源等优点,因此越来越受到人们的重视。

有关在反刍动物营养中研究玉米的膨化加工处理对淀粉的瘤胃降解率影响的报道国内尚属空白。本试验通过对玉米进行不同温度膨化加工处理,采用尼龙袋法研究经过不同膨化加工处理的玉米在瘤胃中淀粉的降解情况,评定不同加工处理方法的保护效果,从而为通过饲料加工手段调控碳水化合物在反刍动物营养上的利用提供科学依据。

1 试验材料与方法

1.1 试验材料

1.1.1 玉米原料的购买及膨化玉米的制备

玉米原料由呼和浩特市本地收购。膨化玉米在内蒙古伊利饲料公司制作,采用北京现代洋工机械研究院研制的挤压膨化机生产。机器型号为EXT 135 S,主机功率75 kW,主轴转速为600 r/min,蒸汽用量约0.5 t/h,工作压力4~6 kgf/cm^2。膨化加工过程中,设3个温度水平,分别为130℃、140℃和150℃,膨化温度以膨化腔出口温度计的读数为标准。

1.1.2 试验动物及日粮

选择健康状况良好、年龄、胎次、体重和泌乳期相近的装有永久性瘤胃瘘管的荷斯坦奶牛3头,按泌乳前期体重为550 kg,日产奶25 kg,结合NRC(2001)[6]奶牛饲养标准配制试验日粮,试验牛粗料以玉米青贮和青干草为主,日采食精料8 kg,玉米青贮20 kg,青干草5 kg,日粮精粗比为55:45。试验用精料配方及营养水平见表1。

1.1.3 试验设计及饲养管理

采用拉丁方试验设计,试验牛在畜舍中自由运动,每日于早06:00和晚18:00分2次饲喂混合精料,2次挤奶,自由饮水,预饲期10 d。

1.2 试验方法

采用40 μm孔径的上海产尼龙绸布,裁成长×

收稿日期:2006-03-12
基金项目:国家自然科学基金资助项目(30060061)
作者简介:齐智利(1974-),女,内蒙古赤峰市人,副教授,博士,主要从事反刍动物营养与饲料研究。E-mail: zhiliqi@mail.hzau.edu.cn
*通讯作者:嘎尔迪,教授,博士生导师,E-mail: qzl666@tom.com

宽为10 cm×17 cm的尼龙袋,边用涤纶线双线缝合,散边用烙铁烫密封,标号、自来水浸泡冲洗,65℃烘干恒重,备用。

表1 精料配方及营养水平表(风干基础)

Table 1 Composition and nutrient levels of the concentration (aie-dry basis,%)

精料组成 Composition of concentration	含量 Content
玉米 Corn	52.49
麸皮 Wheat bran	6.12
豆粕 Soybean meal	28.00
胡麻饼 Flaxseed meal	7.00
尿素 Urea	0.70
磷酸氢钙 $CaHPO_4$	1.92
石粉 Limestone	1.31
食盐 NaCl	0.70
小苏打 $NaHCO_3$	0.87
1%预混料* Premix	0.87
合计 Total	100.00
营养水平 Nutrient levels	
干物质 DM	89.06
产奶净能 NND**	2.04
有机物 OM	92.16
粗蛋白质 CP	23.21
中性洗涤纤维 NDF	11.71
钙 Ca	1.00
磷 P	0.73

*:1%预混料含 1% premix contained: $FeSO_4\cdot 7H_2O$ 31 200 mg/kg; $CuSO_4\cdot 5H_2O$ 1 500 mg/kg; $ZnSO_4\cdot 7H_2O$ 17 500 mg/kg; $MnSO_4\cdot 5H_2O$ 7 800 mg/kg; 碘钙粉 $Ca(IO_3)_2$(1% KI) 17 000 mg/kg; Na_2SeO_3 4.3 mg/kg; $CoCl_2\cdot 6H_2O$ 1 030 mg/kg 和沸石粉 Zeolite powder。

维生素预混料中每kg含 Provided per kg of vitamine premix: VA 5 400 million IU; VD_3 1 080 million IU; VE 18 000 IU; VK_3 5 g; VB_1 2 g; VB_2 15 g; VB_{12} 0.03 g; VB_5 35 g; 泛酸钙 D-panthothenic acid 25 g; 叶酸 Folic acid 0.5 g; 抗氧化剂 Antioxidant 0.2 g。

**: NND为理论值,其他均为实测值。NND is theoretical values, and the other as analysed values.

分别将不同温度挤压膨化处理的玉米(包括对照组)经40目筛孔的筛粉粹,按每袋以5 g的量装入尼龙袋中投入瘤胃。每头牛每个待测样均设2个重复,每2个平行袋用橡皮筋固定于1根长约40 cm的软塑料管上,按"依次投入,同时取出"的原则将袋分别进行0、2、4、8、12、24 h瘤胃培养。尼龙袋分别在第1天20:00,第2天20:00,第3天8:00、12:00、16:00、18:00投入,20:00取出,将尼龙袋自瘤胃中取出后,用冷自来水冲洗,将尼龙袋表面的瘤胃内容物及残渣冲去,从而使微生物停止活动。然后用冷水浸泡55 min,不加洗涤剂,不甩干,待冲洗干净后,将尼龙袋放入65℃烘箱中烘干至恒重。然后将烘干恒重的尼龙袋中残余物磨碎(通过1 mm筛孔),4℃保存以备分析。

1.3 测定指标及样品分析方法

1.3.1 膨化玉米常规成分的测定

膨化玉米中干物质按实验室常规方法进行分析。

1.3.2 淀粉的测定

采用双酶水解法[7]进行测定。

1.4 计算公式及数据统计和分析

1.4.1 待测饲料在瘤胃中不同时间点消失率的计算

$$A(\%)=(B-C)/B\times 100$$

式中,A:待测饲料的干物质(或淀粉)瘤胃消失率(%)

B:样本中待测饲料干物质(或淀粉)量(g)

C:残留物中待测饲料干物质(或淀粉)量(g)

1.4.2 待测饲料有效降解率计算

有效降解率(P)根据Orskov等[8]提出的公式计算。

$$dp=a+b(1-e^{-Kd\times(t)})$$

$$P=a+(b\times Kd)/(Kd+Kp)$$

dp:t时刻干物质消失率(%)

a:快速降解部分(%)

b:慢速降解部分(%)

Kd:b的降解速率

t:饲料在瘤胃内培养时间(h)

P:饲料中干物质有效降解率

Kp:待测饲料的瘤胃流通速率,这里流通速率 $Kp=0.06/h$[9]。

1.4.3 淀粉有效降解率和过瘤胃淀粉量的计算

淀粉有效降解率(P)根据Orskov等[8]提出的公式计算。

$$R(t)=U+D\times e^{-Kd\times(t)}$$

式中,R(t):某时间点的淀粉存留率

D:淀粉中慢速降解部分(理论上认为D=100-S)

U:淀粉中不可降解部分(理论上认为U为0)

Kd:D的降解速度常数

1.4.4 统计处理

试验数据统计分析利用SAS软件包中平衡实验设计方差分析过程(ANOVA)和非平衡实验设计方差分析过程(GLM)进行。

2 结果与分析

2.1 不同温度挤压膨化加工对玉米营养成分的影响

玉米是一种重要的能量饲料,而且也是谷物饲料中常用的原料,经过不同温度的挤压膨化加工,其营养成分有了一定程度的变化(见表2)。其中干物质、粗蛋白质、淀粉、钙和磷含量在膨化加工后都有所增加,130℃膨化、140℃膨化和150℃膨化玉米比未加工生玉米的干物质分别提高了2.03%、1.35%和1.85%;粗蛋白质分别提高了0.81%、0.72%和0.84%;淀粉分别提高了3.75%、4.91%和8.52%;钙分别提高了0.04%、0.03%和0.03%;磷分别提高了0.06%、0.06%和0.04%。总能、有机物和中性洗涤纤维在处理前后变化的幅度相对较小。经统计检验,各组之间营养成分差异不显著($P>0.05$)。挤压膨化加工是一种热处理方式,随着温度升高,玉米的水分含量逐渐降低,从而使其他营养成分含量有了一定程度的变化。这与席鹏彬[10]在对全脂大豆进行不同温度挤压膨化加工对营养成分的影响报道结果一致。

表2 不同温度挤压膨化加工对玉米营养成分的影响

Table 2 The effect of different extruding temperature on corn nutrient content (%)

玉 米 Corn	DM	GE(MJ/kg)	CP	St	OM	NDF	Ca	P
未处理 Control	88.07	16.89	7.91	80.87	98.90	12.18	0.02	0.21
130℃膨化 130℃ Extruded	90.10	16.34	8.72	84.62	98.10	11.04	0.06	0.27
140℃膨化 140℃ Extruded	89.42	16.78	8.63	85.78	97.81	11.40	0.05	0.27
150℃膨化 150℃ Extruded	89.92	16.88	8.75	89.39	98.16	11.34	0.05	0.25

2.2 不同温度挤压膨化加工对玉米瘤胃干物质和淀粉降解参数的影响

尼龙袋法测定了各种玉米在奶牛瘤胃内干物质和淀粉的降解参数见表3和图1。

随瘤胃微生物作用时间的延长,各组玉米的干物质和淀粉瘤胃消失率逐渐提高。各组玉米干物质在瘤胃中的降解率P从大到小依次为130℃膨化玉米、140℃膨化玉米、150℃膨化玉米和未处理玉米。由此看出,不同温度挤压膨化处理使玉米干物质的P值不同,并随温度升高而降低。130℃和140℃膨化处理之间降解率P值不显著($P>0.05$),140℃和150℃膨化处理之间降解率P值也不显著($P>0.05$),而130℃和150℃膨化处理之间降解率P差异显著($P<0.05$)。

各组玉米淀粉在瘤胃中的降解与干物质在瘤胃中的降解相似,生玉米有较低的快速降解部分S(11.48%),降解速率Kd(4.21%/h)以及动态降解率P(47.872%)。随着温度的升高,挤压膨化明显影响快速降解部分、降解速率以及动态降解率,S部分从未处理时的11.48%提高到130℃膨化处理时的19.10%、140℃膨化处理时的18.08%和150℃膨化处理时的14.41%;降解速率Kd从未处理时的4.21%/h提高到130℃膨化处理时的16.80%/h、140℃膨化处理时的15.56%/h和150℃膨化处理时的14.15%/h;动态降解率P从未处理时的47.82%提高到130℃膨化处理时的78.69%、140℃膨化处理时的76.99%和150℃膨化处理时的74.47%。

不同的饲料,由于颗粒的大小和形状、表层结构和组成、直链淀粉与支链淀粉的比例和结晶程度的不同,淀粉的降解率也不同,改变颗粒结构和颗粒大小可以影响淀粉的消化[11]。本试验通过挤压膨化加工处理玉米,明显提高了淀粉的降解率,这是因为淀粉在高温高压和剪切力的作用下,内部结构由半结晶状态变为非结晶状态,淀粉颗粒膨胀,使淀粉的可溶部分和降解速率显著提高而引起的。这与Goelema等[12]和Walhain等[13]研究结果一致。Goelema等[12]研究了膨化加工处理富含淀粉的豆类饲料对泌乳奶牛瘤胃降解的影响。结果表明,经过膨化加工,淀粉的快速可溶部分和降解速率提高了,从而导致淀粉瘤胃降解率也提高了。Walhain等[13]通过体内外试验研究了膨化加工对淀粉降解率的影响,结果表明膨化处理提高了瘤胃内淀粉降解率。

随着膨化温度的逐渐提高，玉米中水分含量逐渐降低，使淀粉的凝胶化程度加大，限制了晶体的熔化，从而使慢速降解部分和降解速率降低，淀粉降解率也就随之降低。

表 3 不同温度挤压膨化加工对玉米瘤胃干物质和淀粉降解参数的影响

Table 3 The effect of different extruding temperature process on rumen DM and starch degradation characteristics (%)

时间 Time	干物质降解率 DM degradability				淀粉降解率 Starch degradability			
	未处理 Control	130℃膨化 130℃ Extruded	140℃膨化 140℃ Extruded	150℃膨化 150℃ Extruded	未处理 Control	130℃膨化 130℃ Extruded	140℃膨化 140℃ Extruded	150℃膨化 150℃ Extruded
0	20.28	15.02	16.65	17.29	11.48	19.10	18.08	14.40
2	25.11	34.90	32.57	33.34	17.23	59.22	42.86	36.64
4	28.52	46.02	44.80	41.78	21.51	87.06	85.32	50.14
8	34.17	67.97	58.06	55.39	27.46	88.19	87.39	80.41
12	54.76	76.81	70.07	61.07	42.04	92.15	92.48	92.13
24	65.46	83.12	79.56	80.98	70.36	97.64	96.40	94.06
瘤胃降解模型参数 Degradation characteristics								
a (S)	18.77[a] ±0.09	14.43[b] ±0.05	16.96[b] ±0.31	19.48[a] ±0.60	11.48[c] ±0.30	19.10[a] ±1.20	18.08[ab] ±0.30	14.40[bc] ±1.02
b (D)	79.18[a] ±2.57	71.06[a] ±3.52	65.37[a] ±1.10	68.53[a] ±5.36	88.52[a] ±0.30	80.90[c] ±1.20	81.92[bc] ±3.30	85.60[ab] ±0.97
Kd (%/h)	3.88[c] ±0.29	16.67[a] ±1.68	13.37[ab] ±0.91	9.38[bc] ±2.07	4.21[c] ±0.57	16.80[a] ±0.61	15.56[ab] ±0.12	14.15[b] ±0.73
Kp (%/h)	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00
P	49.81[c] ±1.61	66.51[a] ±1.13	62.01[ab] ±0.11	60.48[b] ±1.04	47.82[c] ±2.98	78.69[a] ±0.89	76.99[ab] ±0.21	74.47[b] ±1.28

同行肩注相同字母表示差异不显著($P>0.05$)，不同字母表示差异显著($P<0.05$ 或 $P<0.01$)。

In the same row, values with same letter superscripts mean no significant difference ($P>0.05$), values with different letter superscripts mean significant difference ($P<0.05$ or $P<0.01$).

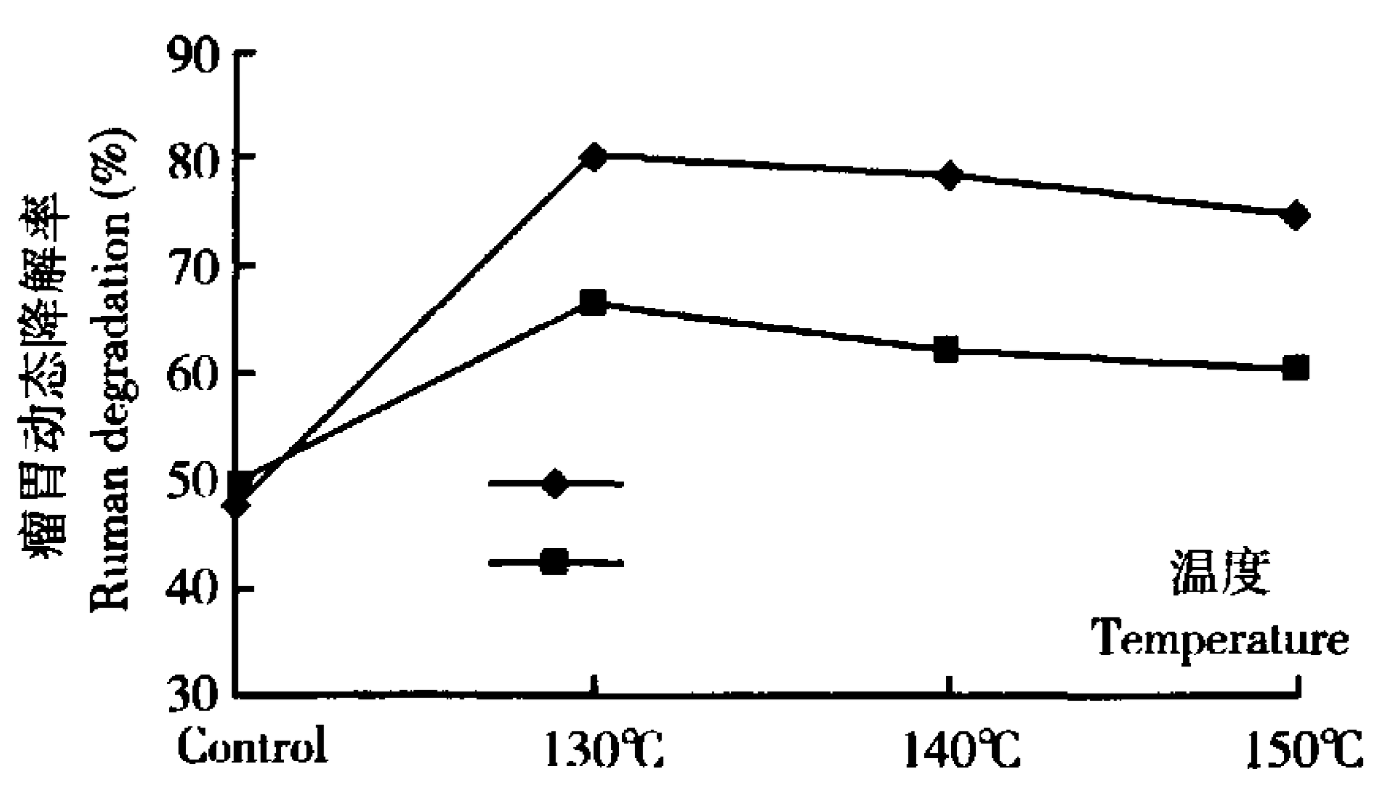

图 1 不同温度挤压膨化加工对玉米瘤胃干物质和淀粉有效降解率的影响

Fig.1 The effect of different extruding temperature process on rumen DM and starch effective degradation

3 结 论

① 经过不同温度挤压膨化加工处理没有明显改变玉米中干物质的化学组成，也没有明显改变玉米中的淀粉含量。

② 玉米经过挤压膨化加工处理，明显提高干物质和淀粉在泌乳奶牛瘤胃中的降解率。

③ 随着挤压膨化温度的升高，干物质和淀粉瘤胃降解率线性下降。

参考文献：

[1] Huntingtin G B. Starch utilization by ruminants: From basics to the bulk. *Journal of Animal Science*, 1997, 75: 852-867.

[2] Theurer C B. Grain processing effect on starch utiza-

lition by ruminants. *Journal of Animal Science*, 1986, 63:1649.

[3] Hale W H. Influence of processing on the utilization of grains (starch) by ruminaits. *Journal of Animal Science*, 1973, 37:1075－1080.

[4] Waldo D R. Extent and partition of cereal grain starch digestion in ruminant. *Journal of Animal Science*, 1973, 37:1062.

[5] Orskov E R. Starch digestion and utilization in ruminants. *Journal of Animal Science*, 1986, 63:1624.

[6] NRC. Nutrient Requirements of Dairy Cattle (7th Ed.) National Academy Press. Washington, DC. 2001.

[7] 齐智利. 玉米的不同加工处理对泌乳奶牛瘤胃发酵和小肠消化以及能氮同步代谢影响的研究. 博士学位论文. 内蒙古:内蒙古农业大学, 2004.

[8] Orskov E R, McDonald I. The estimation of protein degradability in the rumen from incubation measurements weighted according to rate of passage. *Journal of Animal Science*, (Camb.) 1979, 92: 499－503.

[9] Tamminga S, Van Staalen W M, Subnel A P, Meijer R G M, Steg A, Wever C J G, Blok M C. The Dutch protein evaluation system: the DVE/OEB-system. *Livestock Production Science*, 1994, 40: 139－155.

[10] 席鹏彬. 不同温度湿法挤压膨化加工的全脂大豆营养价值评定及其饲喂仔猪效果的比较研究. 硕士学位论文. 内蒙古:内蒙古农业大学, 1999.

[11] Tamminga S, Van Vuuren A M, Van der C J, Koelen R S, Van der Togt P L. Ruminal behavior of structural carbohydrates, non-structural carbohydrates and crude protein from concentrate ingredients in dairy cows. *Netherlands Journal of Agricultural Science*, 1990, 38.

[12] Goelema J O, Spreeuwenberg M A M, Hof G, van der Poel A F B, Tamminga S. Effect of prossure toasting on the rumen degradability and intestinal digestibil it of whole and broken peas, lupins and faba beans and a mixture of these feedst uffs. *Animal Feed Science Technology*, 1998, 76: 35－50.

[13] Walhain P, Foucart M A. The influence of extrution on ruminal and intestinal disappearance in sacco of pea (Psium sativum) proteins and starch. *Animal Feed Science Technology*, 1992, 38: 43－55.

Study on in Sacco Dry Matter and Starch Degradabilities of Extruded Corn Grains Processed at Different Temperatures

QI Zhi-li[1]　GA Er-di[2*]　CHEN Hui-jun[3]　ZHAO Fu-rong[4]

(1. *College of Animal Science, Hua Zhong Agriculture University, Wuhan* 430070, *China*; 2. *College of Animal Science, Inner Mongolian Agriculture University, Huhehot* 010018, *China*; 3. *Hubei Yongfu Energy Sources Science Technology Co, Ltd, Wuhan* 434400, *China*; 4. *Muquan Yuanxing Feed Co, Ltd, Huhehot* 010070, *China*)

Abstract: In order to investigate in sacco dry matter (DM), and starch degradabilities of extruded corn grains processed at different temperatures, three healthy Chinese Holstein lactating cows with permanent ruminal cannulas were selected as experimental animals fed with the diet of concentration / forage ratio 55 : 45. The result showed that the ruminal degradabilities of extruded corn DM and starch rose significantly ($P<0.05$). [***Chinese Journal of Animal Nutrition*, 2007, 19(3): 253-257**]

Key words: In sacco; Corn; Extruding; Lactating cows; Ruminal degradabilities

* Corresponding author, Professor, E-mail: qzl666@tom.com

(编辑　胡晓蕾)