Journal of Animal Science and Technology 53(5) 429~434, 2011
http://dx.doi.org/10.5187/JAST.2011.53.5.429

Miniature Schnauzer에 있어서 현미 급여와 영양소 소화율 및 배설 분 특성

김경훈[1]* · 장주송[2] · 오영균[1]

[1]농촌진흥청 국립축산과학원, [2]CJ 제일제당

Nutrient Digestibilities and Fecal Characteristics of Diets Including Brown Rice for Miniature Schnauzer

Kyoung Hoon Kim[1]*, Ju Song Chang[2] and Young Kyoon Oh[1]

[1]National Institute of Animal Science, RDA, Suwon 441-350, Korea [2]CJ Cheiljedang Corporation, Seoul 100-749, Korea

ABSTRACT

The objectives of this research were to determine the effects of brown rice (BR) on food intake, digestion, energy value, and fecal characteristics. Three replacement levels which BR replaced 0, 15 and 30% of wheat flour were tested. Six female Miniature Schnauzer (8~9 month age, initial mean body weight 5.0 ± 0.3 kg) were assigned to treatments in replicated 3×3 Latin square design. Total tract digestibilities of DM, OM, acid hydrolyzed fat and gross energy except CP increased linearly ($P<0.01$), and observed digestible energy and metabolizable energy values also increased linearly ($P=0.001$ and $P=0.006$, respectively) with increasing BR replacement level. Wet and dry fecal output decreased linearly ($P<0.001$, $P=0.004$) with increasing BR inclusion to the diets and BR 30% treatment reduced wet fecal output up to 21% of that of control. Quadratic ($P<0.01$) effects was observed in fecal score for dog fed BR and fecal ammonia concentration tended to increase linearly ($P=0.07$) in response to increasing BR replacement level. It seems that the increase in fecal ammonia concentration may be partially related to the decrease in short-chain fatty acid concentration ($P=0.001$). This study clearly demonstrates that BR improves nutrients digestibility and fecal characteristics of dog.

(**Key words :** Brown rice, Fecal characteristics, Digestibility, Dog diets)

서 론

쌀은 귀리, 옥수수, 밀, 수수, 보리 등과 같은 반려견 사료의 주요 탄수화물 공급원 중에서도 영양소 소화율의 향상 및 배설 분 특성의 개선 효과가 있는(Murray 등, 1999; Twomey 등, 2002; Kempe 등, 2004) 우수한 원료의 하나이다. 따라서 미국 등 반려견 문화가 일찍 정착한 국가에서는 쌀을 반려견 사료로 이용해 왔지만, 국내에서의 현미의 사용량은 상대적으로 낮고, 사료가치에 대한 정보를 줄 수 있는 연구결과도 극히 적다. 현미의 기능성 성분의 급여효과에 대한 반려견 연구가 적다는 것을 지적한 Spears 등(2004)은 beagle 종에게 42일간 미강(rice bran)이 들어있는 사료를 급여하면서 혈중 콜레스테롤 저감과 배설 분 특성 개선 효과를 얻지 못했지만 기호성을 향상시키는 효과가 있다고 하였다. 돼지를 이용한 시험(Bird 등, 2000)이지만, 현미와 백미가 약 60% 이상 사용된 사료를 비교한 결과는 현미가 대장 내 VFA 그리고 Ca 흡수량을 높인다고 보고하고 있다.

현미는 백미와 달리 쌀눈과 쌀겨층이 그대로 남아있고, 쌀눈과 쌀겨층에 함유되어 있는 다량의 polyphenol, flavonoids, γ-oryzanol 등(Kim 등, 2010)에 대한 기능성 효과가 밝혀지면서 국내 식품분야에서는 현미 연구가 매우 활발히 진행되고 있다. 우리나라는 반려견 의료비 부가세 부과 여부가 사회문제화 되는 정도로 반려견의 건강과 관련된 사료, 건강 의료 등의 관련 시장이 확대되고 있지만 반려견의 건강을 증진시키는 사료 원료의 발굴과 효과 검증에 대한 국내 연구를 거의 찾아 볼 수 없다.

따라서 본 실험은 현미를 반려견 사료의 탄수화물 공급원으로 사용하였을 때의 영양소 소화율, 에너지가 그리고 배설 분의 특성에 미치는 영향을 조사하기 위해 실시하였다.

재료 및 방법

본 실험에 공시된 암컷 슈나우져(Miniature Schnauzer) 강아지 (8~9개월령, 시험개시 평균체중 5.0 ± 0.3 kg) 6마리는 국립축산과학원의 반려동물영양 연구실에서 동물 보호법 및 국립축산과학원 동물실험윤리위원회에서 검토 후 승인된 동물실험 방법을 준수하여

* Corresponding author : Kyoung Hoon Kim, National Institute of Animal Science, RDA, Suwon 441-350, Korea. Tel: 031-290-1698, Fax: 031-290-1660, E-mail: kh665@korea.kr

관리되었다. 공시견의 일상 생활은 오전, 오후 2회의 사료섭취시간(약 30분)만 대사 케이지(70×60×60 cm)에서 개체별 수용되었고, 오전 사료섭취 이후부터 저녁 사료섭취 전까지 4~5시간은 운동장에서 생활, 저녁 식사 후에는 온 습도 조절이 가능하고, 음수를 자유로이 할 수 있는 실내의 각 방(185×216cm)에서 3~4마리씩 휴식을 취하였다.

실험사료는 국내에서 개 사료에 사용되는 wheat flour가 51% 들어간 대조구 사료(Control)와 현미(Brown rice)로 wheat flour를 각각 15%와 30% 대체한 사료(Table 1)를 준비하였으며 반복 3×3 라틴방각법(동물 6개체, 사료 3종 및 3기간)에 따라 실험을 수행하였다(Kim과 Stein, 2009). 모든 실험사료는 extruded pellet (EP) 형태로 급여하였으며, 분 성상과 기호성에 대한 현미의 대체 효과만을 보기 위하여 beet pulp와 기타 분 성상 및 기호성 개선 목적의 첨가제는 사용하지 않았다. 각 period는 7일간의 사료적응 기간과 4일간의 시료채취 기간으로 구성되었으며, 1일 사료급여량은 각 period 시작 전날 측정한 개체별 체중의 2.7%로 하였으며, 1일 2회(09:00, 16:00) 균등 분할 급여하였다. 사료적응 기간에는 개체별 사료섭취를 위한 약 30분의 대사케이지 체류시간과 운동장에서의 1일 2시간(13:00~15:00)의 운동시간을 제외한 모든 시간을 방에서 그리고 시료 채취기간은 대사케이지에서 24시간 생활하도록 하였다.

개체별 생분 배설량(wet fecal output)은 1일 단위로 측정하였고, 건조 분량(dry fecal output)은 시료 채취 4일간의 분을 전량 모아서 60℃ 송풍건조기에서 48시간 동안 건조하여 구하였다. 이 기간 동안 매일 오전 사료급여 후부터 30분 이내에 배설된 신선한 분을 2~3회 채취하여 분의 성상 점수(Fecal score)를 판정 기록하였다. 그 중 2 g의 시료는 ammonia 분석을 위해 6N HCl 6 ml을 넣어 보관하였고, 또 다른 5 g은 volatile fatty acid (VFA) 분석을 위해서 25% meta-phosphoric acid 15 ml과 증류수 5 ml을 넣어 교반 혼합 하여 보관하였다(Propst 등, 2003). 분의 성상은 score 1(단단한 성상)에서 5(설사)까지의 5단계를 0.5점 단위로 세분하여 평가 기록하였다(Propst 등, 2003). Ammonia 농도는 Chaney와 Marbach (1962)의 방법에 따라 double Beam UV/VIS spectrophotometer (BIO-TEK KONTRON, Milano, Italy)를 이용하여 측정하였고, VFA 농도는 Erwin 등(1961)의 방법에 따라 gas chromatography (CP-3800; VARIAN, CA, USA)를 이용하여 분석하였다.

바닥에 잔류한 오줌은 관찰 즉시 물로 씻으면서 6M H_3PO_4 5 ml을 넣어 놓은 시료 병을 이용하여 4일간 매일 채취하여 혼합하였다. 사료와 분·뇨의 일반성분은 AOAC (1990)법에 의하여 분석하였고 GE 함량은 bomb calorimeter (CA-3; Shimadzu, Kyoto, Japan), 지방은 산분해 방법에 의하여 분석하였다(AOAC, 1990).

통계분석은 SAS (Version 9.1, 2002)의 MIXED procedure를 이용하였으며(SAS Inst. Inc., Cary, NC, USA), 고정변이로는 사료처리, 임의변수로는 동물 및 기간이 포함되었다. 직교다항대비(orthogonal polynomial contrast)를 이용해서 처리수준에 따른 linear 및 quadratic effect를 조사하였다. 실험단위는 각 동물 개체로 하였으며, 통계적 유의수준은 0.05에서 결정하였다.

Table 1. Ingredient and chemical composition of diets fed to dogs

	Brown rice level, %		
	0	15	30
Ingredient composition, % as-fed basis			
Wheat flour	50.9	33.7	16.6
Brown rice	−	15.0	30.0
Soybean meal	10.0	10.0	10.0
Meat meal	10.0	10.0	10.0
Poultry offal meal	14.3	16.7	19.2
Tallow	9.2	9.1	9.1
Others	5.6	5.5	5.1
Chemical composition			
Dry matter, %	94.8	94.1	93.9
Organic matter, % DM	91.5	91.0	91.6
Crude protein, % DM	31.6	33.7	32.4
Crude fiber, % DM	3.9	3.2	3.7
Acid hydrolyzed fat, % DM	20.0	18.6	20.3
Gross energy, kcal/g	5.24	5.17	5.35

결과 및 고찰

모든 처리구가 급여 사료(2.7% BW)를 전량 섭취하였지만, 조단백질과 조지방 섭취량은 quadratic 효과(P<0.001)를 보였다(Table 2). 현미의 조단백질 함량(7%)은 wheat flour의 조단백질 함량(16%) 보다 낮기 때문에(NLRI, 2002)이기 때문에 가금부산물 비율을 증가시켜 시험사료 간의 조단백질 함량을 같도록 하였으나, 분석결과는 현미 15% 처리구가 다른 처리구 보다 1~2% 높게 나타났다. 이와 같은 이유로 현미 15% 처리구의 산분해 지방과 조섬유 함유율이 가장 낮았고, 산분해 지방 섭취량에서도 영향을 주어 약 8% 낮은 quadratic 효과(P<0.001)를 보였다.

그러나 소화율은 조단백질을 제외한 건물, 유기물, 산분해 지방, 에너지 모두 현미 대체 비율이 증가하면서 linear (P<0.01)한 증가를 보였다. 주요 탄수화물원인 곡류를 각각 30%씩 사용한 개 사료들의 소화율을 조사한 Kempe 등(2004)의 실험에서 백미의 건물, 유기물, 산가수분해 지방 그리고 에너지 소화율이 귀리, 보리, 밀, 옥수수 등보다 높았다. 이들 실험의 각 사료 전장소화율은 건물 75~82%, 유기물 82~88%, 조단백질 75~81%, 산가수분해 지방 92~94%, 에너지 82~88% 범위였고, 본 실험의 결과를 비교해 보

Table 2. Effects of brown rice levels on nutrient intake and apparent total tract digestibility

Items	Brown rice level, %			SEM[1)]	P value	
	0	15	30		Linear	Quadratic
Intake, g/d						
Dry matter	125	130	123	3.9	0.191	0.246
Organic matter	114	111	112	3.6	0.201	0.105
Crude protein	38.2	41.1	37.2	1.23	0.101	<0.001
Acid hydrolyzed fat	24.9	22.8	24.5	0.77	0.159	<0.001
Digestibility, %						
Dry matter	73.2	75.5	77.7	2.21	0.009	0.930
Organic matter	78.9	81.4	83.6	1.74	0.003	0.893
Crude protein	76.3	78.2	77.4	2.11	0.456	0.255
Acid hydrolyzed fat	89.2	90.9	93.0	1.26	0.016	0.865
Gross energy	79.5	81.6	84.1	1.66	0.005	0.830

[1)] Standard error of means.

면 현미 30% 처리구는 중상위 수준이었고, 현미 15% 처리구는 최저치의 범위, wheat flour만 들어있는 대조구는 최저치 이하로 나타났다. Twomey등(2002)의 실험에서도 백미의 단백질, 지방, 에너지 소화율은 옥수수와 수수보다 높았다. 그러나 여러 종류의 곡류가 각각 44~52% 범위로 더 많이 들어간 개 사료의 영양소 전장소화율에서는 백미의 효과가 크지 않았다(Murray 등, 1999). 백미는 다른 곡류와 비교해서 사료가치가 높다는 것을 알 수 있지만, 백미는 현미의 쌀눈과 쌀겨를 제거한 것이기 때문에 지방(불포화지방산), 단백질, 미네랄, 비타민, 식이섬유 등 다양한 영양소도 함께 손실(Saunders, 1990)되어 현미와 비교하면 사료가치가 낮을 수 있다. Lee 등(2010)에 의하면 현미와 백미는 조지방(1.9 vs. 0.3%)과 조섬유(3.9 vs. 1.7%) 함량에서 특히 큰 차이가 있으며, 면양을 이용한 실험에서 현미의 조단백질과 조지방 소화율이 백미보다 높다는 것을 알 수 있다(Cha 등, 1998).

총에너지 섭취량(Table 3)은 영양소 섭취량과 같이 quadratic 효과(P<0.01)가 나타났고, 가소화에너지(DE) 및 대사에너지(ME) 섭취량도 같은 결과를 보였다(Table 4). 사료의 DE 및 ME 농도(kcal/kg DM)도 현미 대체 비율이 증가하면서 linear하게 증가(각각 P=0.001, P=0.006)하였다. 본 실험에 사용된 슈나우저는 본 실험 전에는 잔량이 남도록 사료를 급여하였고, 본 실험 직전 한달간은 450 g 그리고 그 전 한달 동안은 750 g이 각각 증체하였다. 그러나 본 실험기간 동안은 1일 대사체중당($kg^{0.75}$) 141~148 kcal의 에너지를 섭취하면서 평균 약 300g의 증체량을 보였다.

현미 비율이 증가하면서 1일 생분 배설량과 건물 건조 분량이 모두 linear(P<0.001, P=0.004)하게 감소하였고, 특히 현미 30% 처리구는 대조구보다 생분 배설량이 약 21% 감소하였다(Table 4). 또한 현미 비율 증가에 따른 분 성상 score 변화는 linear(P<0.05) 와 quadratic(P<0.01) 효과가 모두 나타났다. 백미를 포함한 곡류들을 각각 약 30% 혼합한 사료들을 비교한 Kempe 등(2004)의 실험도 본 실험과 같이 백미의 생분 배설량이 밀보다 약

Table 3. Observed energy values of dog foods containing brown rice

Items	Brown rice level, %			SEM[1)]	P value	
	0	15	30		Linear	Quadratic
Energy intake, kcal/d	654	631	656	20.7	0.863	0.007
Fecal energy, kcal/d	130	116	105	8.3	0.006	0.843
Urinary energy, kcal/d	52.3	61.1	53.8	4.1	0.776	0.092
DE, kcal/d	524	515	550	24.6	0.050	0.041
kcal/kg DM	4189	4215	4491	82.2	0.001	0.034
ME, kcal/d	472	454	496	25.9	0.108	0.025
kcal/kg DM	3767	3712	4046	95.9	0.006	0.014

[1)] Standard error of means.

Table 4. Effects of brown rice levels on fecal characteristics

Items	Brown rice level, %			SEM[1)]	P value	
	0	15	30		Linear	Quadratic
Wet fecal output, g/d	90.8	86.0	72.1	4.23	<0.001	0.111
Dry fecal output, g/d	33.1	29.9	27.4	2.25	0.004	0.782
Fecal score[2)]	2.7	2.9	2.2	0.12	0.012	0.009

[1)] Standard error of means.
[2)] Fecal samples were scored according to the following system; 1 = hard, dry pellet-small hard mass; 2 = hard, formed dry stool-remains firm and soft; 3 = soft, formed moist-softer stool that retains shape; 4 = soft, unformed stool-assumes shape of container, pudding-like; 5 = watery, liquid that can be poured.

29% 감소하였지만, 분 성상 score는 백미 사료와 밀 사료간의 차이 없이 가장 이상적인 score인 2.5로 나타났다. 곡류 혼합량을 44~52%로 높인 Murray 등(1999)의 실험에서는 백미와 밀 간의 생분 배설량 및 분 성상 score (2.6) 차이가 없었다. 이들은 50% 정도의 곡류 혼합비율이 분 배설량에 부정적인 영향을 줄 수 있다고 하였고, NRC (2006)에서도 부정적 영향이 없는 탄수화물 원들의 사용 상한(safe upper limit; SUL)을 제시(cooked rice flour, 44%; cooked wheat flour 49%)하고 있다. 부정적 영향으로는 높은 분 성상 score, 분의 수분 함량 증가에 의한 설사 발생, 배변 회수의 증가, 현저한 영양소 소화율의 감소, 기호성 저하 등을 들고 있다. 본 실험도 곡류의 총량은 50%로 높았고, 섬유소 공급원인 beet pulp와 수분흡착을 도와서 분의 상태를 개선하기 위해 사용되고 있는 sodium bentonite 등의 첨가제를 첨가하지 않았지만, 생분 배설량 감소 및 분 상태의 현저한 개선 효과가 있었던 것으로 보아 현미의 급여효과가 분명한 것으로 보여진다. 반려견과 실내에서 함께 생활하는 사람이 가장 싫어하는 것의 하나가 수분 함량이 높은 분 배설이기 때문에, 현미는 분 성상 score 개선 효과 면에서도 유용한 탄수화물 원이 될 수 있을 것으로 판단된다.

그러나 분 암모니아 농도는 현미구에서 높은 경향(P=0.07)을 보였다(Table 5). 암모니아는 결장(colon)에서 박테리아에 의한 urea의 가수분해와 소장에서 소화 흡수되지 않은 아미노산, 펩타이드, 단백질이 대장에서 박테리아에 의해 탈아미노화 되면서 생산되지만 대부분 장에서 빨리 흡수되거나 미생물단백질 합성에 이용되기 때문에 분에서는 적은 양만 검출된다. 그러나 분 암모니아는 악취 성분의 하나이면서 대장에서 암 세포의 성장을 촉진하기 때문에 그 농도가 낮은 것이 바람직하다. Lupton과 Marchant (1989)는 쥐를 이용한 실험에서 대장 내 암모니아 농도는 섬유소 종류와 단백질 수준에 의해 영향을 받는다는 것을 밝혔다. 즉, 사료 단백질 함량이 높으면 암모니아 등 악취 성분이 증가하지만, 사료 탄수화물 중 대장 내에서 발효되는 탄수화물 함량이 높으면 결장 내 박테리아는 질소를 효과적으로 이용하기 때문에 박테리아 량이 증가하고 그 결과 분 암모니아는 감소하는 것이다. 본 실험에서는 조단백질 섭취량이 약 8% 높았던 현미 15% 처리구에서 암모니아 농도도 가장 높았고, 현미 30% 처리구는 조단백질 섭취량이 대조구와

Table 5. Effects of brown rice levels on fecal ammonia and VFA

Items	Brown rice level, %			SEM[1)]	P value	
	0	15	30		Linear	Quadratic
Ammonia, mg/g DM	4.1	5.5	5.2	0.39	0.072	0.112
Total VFA, mmol/g DM	246	242	160	14.5	0.002	0.034
Short-chain fatty acid (SCFA)						
Acetate	137	138	95	8.4	0.002	0.030
Propionate	96	84	48	5.6	<0.001	0.110
Butyrate	10	16	13	2.1	0.268	0.035
Total SCFA	243	238	156	14.3	0.001	0.033
Branched-chain fatty acid (BCFA)						
Isobutyrate	0.75	1.10	1.51	0.347	0.127	0.935
Isovalrate	2.18	3.01	3.66	0.577	0.097	0.899
Total BCFA	2.93	4.11	5.17	0.880	0.098	0.958

[1)] Standard error of means.

차이가 없었지만 암모니아 농도는 높은 경향이었다. 현미구에서 분 암모니아 농도가 높았던 원인의 하나는 wheat flour를 현미로 대체한 본 연구의 실험사료 설계과정에서 낮아지는 조단백질 함량을 가금부산물로 조정하였던 점을 들 수 있다. 또한 본 실험사료에는 beet pulp와 같은 섬유소원을 첨가하지 않았기 때문에 현미 급여에 의해 대장으로 유입되는 발효성 탄수화물이 적었고, 대장 미생물 합성에 이용된 암모니아량이 적었을 것이라는 추론도 가능하다. 현미 급여구의 발효성 탄수화물의 부족했을 가능성은 분의 short chain fatty acid (SCFA) 농도가 linear하게 감소(P=0.001)한 결과에서도 찾아볼 수 있다. 본 실험에서 사용된 wheat flour (등외밀 가루와 말분 혼합)의 섬유소 함량(3.8% DM)은 현미의 섬유소 함량(1.3% DM) 보다 높다(NLRI, 2002). 이상의 내용을 종합해 볼 때, 현미구의 분 암모니아 증가의 제일 원인은 가금부산물 비율이 대조구 14%에서 현미 30% 처리구의 19%까지 증가했던 것이라 판단된다. Acetic, propionic 그리고 butyric acids와 같은 SCFA는 주로 결장에서 일어나는 탄수화물의 미생물 발효에 의해 생성되고, 장관 상피세포의 분화(Sakata, 1987), 대사활동 증가 등에 영향을 주는 중요한 역할을 한다. 생산된 SCFA의 80~90%는 결장에서 흡수되고, 나머지가 분에 섞여 배설(Ruppin 등, 1980)되기 때문에, 분 시료의 SCFA 농도는 생물체의 생리적 또는 영양적 해석의 biomarker로 사용되어 왔다. Iso-butyric, iso-valeric acid와 같은 Branched chain fatty acids (BCFA)는 단백질 분해, 특히 branched amino acids 의 발효에서 생성되고, BCFA 의 증가는 탄수화물이 부족했을 때 주로 관찰된다(Ayesh 등, 1999). 본 실험에서 현미구의 BCFA 증가 경향(P=0.1)도 암모니아 증가, SCFA의 감소와 관계가 있는 것으로 생각된다.

본 실험의 결과, 국내에서 개 사료에 사용되고 있는 wheat flour를 현미로 15%, 30% 대체하였을 때, 사료의 영양소 및 에너지 소화율 그리고 분 배설량과 분 score가 모두 효과적으로 개선되는 것이 확인되었다. 최근 현미의 쌀눈과 쌀겨에 함유되어 있는 다량의 polyphenol, flavonoids, ɣ-oryzanol 등(Kim 등, 2010)에 대한 기능성 효과를 밝히려는 연구가 국내는 물론 세계적으로 활발히 진행되고 있다. 그러나 현미가 반려견 사료원료로 30~50%까지 사용하는 외국의 제품도 있지만, 반려견에게 직접 급여하여 현미의 사료가치를 조사한 외국의 실험결과를 찾아보기 어렵고, 국내에서는 본 실험이 최초의 연구보고이다. 앞으로 현미의 기능성 성분과 반려견의 비만예방에 미치는 효과 등 반려견 건강 증진 효과에 대한 연구가 필요하다고 생각된다.

요 약

본 연구는 반려견 사료 내 주요 탄수화물원인 밀가루(원물기준 약 51%)를 현미로 15%, 30% 대체 급여하였을 때, 사료의 소화율 및 배설 분의 특성 변화를 조사하기 위하여 슈나우져(Miniature Schnauzer) 강아지(8~9개월령, 시험개시 평균체중 5.0±0.3 kg) 6마리를 이용 반복 3×3 라틴방각법에 따라 실험을 수행하였다. 현미 대체에 의해 조단백질을 제외한 건물, 유기물, 산분해 지방, 에너지 소화율이 linear (P<0.01)하게 증가하였다. 사료의 가소화에너지 및 대사에너지 농도(kcal/kg DM)도 현미 대체 비율이 증가하면서 linear 하게 증가(각각 P=0.001, P=0.006)하였다. 생분 배설량과 건조 분량도 모두 linear (P<0.001, P=0.004)하게 감소하였고, 특히 현미 30% 처리구는 대조구보다 생분 배설량이 약 21% 감소하였다. 분 score 또한 linear (P<0.05) 또는 quadratic (P<0.01) 개선 효과가 있었지만, 분 암모니아 농도는 현미구에서 높은 경향(P=0.07)을 보였다. 분 암모니아 증가는 linear하게 감소(P=0.001)한 short-chain fatty acid 농도와도 관계가 있을 것으로 판단된다. 본 실험의 결과, 현미 급여가 반려견의 영양소 소화율과 배설 분의 특성을 개선해 주는 것으로 나타났다.

(주제어: 현미, 분 특성, 소화율, 개 사료)

인 용 문 헌

A.O.A.C. 1990. Official Methods of Analysis. 15th ed. Association of Official Analytical Chemists. Washington, D. C.

Ayesh, R. Weststrate, J. A., Drewitt, P. N. and Hepburn, P. A. 1999. Safety evaluation of phytosterol esters. Part 5. Faecal short-chain fatty acid and microflora content, faecal bacterial enzyme activity and serum female sex hormones in healthy normolipidaemic volunteers consuming a controlled diet either with or without a phytosterol ester-enriched margarine. Food and Chemical Toxicology. 37:1127-1138.

Bird, A. R., Hayakawa, T., Marsono, Y., Gooden, J. M., Record, I. R., Correll, R. L. and Topping, D. L. 2000. Coarse brown rice increases fecal and large bowel short-chain fatty acid and starch but lowers calcium in the large bowel of pigs. J. Nutr. 130:1780-1787.

Cha, Y. H, Kim, H. H, Park, J. C. and Chung, W. T. 1998. Study on the digestible nutrient of paddy rice, brown rice and polished rice in sheep. RDA. J. Livestock Sci.. 40:114-117.

Chaney, A. L. and Marbacch, E. P. 1962. Modification reagents for determination of urea and ammonia. Clinical Chemistry 8: 130-132.

Erwin, E. S., Marco, D. J. and Emery, E. M. 1961. Volatile fatty acid analysis of blood and rumen fluid by gas chromatography. Journal of Dairy Science 44:1768-1770.

Kempe, R., Saastamoinen, M. and Hyyppa, S. 2004. Composition, digestibiligy and nutritive value of cereals for dogs. Agricultural and Food Science. 13:5-17.

Kim, B. G. and Stein, H. H. 2009. A spreadsheet program for making a balanced Latin square design. Rev. Colomb. Cienc. Pecu. 22:591-596.

Kim, D. J., Oh, S. K., Yoon, M. R., Chun, A. R., Hong, H. C., Lee,

J. S. and Kim, Y. K. 2010. Antioxidant compounds and antioxidant activities of the 70% ethanol extracts from brown and milled rice by cultivar. J. Korean Soc. Food Sci. Nutr. 39:467-473.

Lee, M. K., Park, J. S. and Na, H. S. 2010. Physiochemical properties of *Olbyossal* (parboiled rice). Korean J. Food Preserv. 17:208-213.

Lupton, J. R. and Marchant, L. J. 1989. Independent effects of fiber and protein on colonic luminal ammonia concentration. J. Nutr. 119:235-241.

Murray, S. M., Fahey, G. C., Jr., Merchen, N. R., Sunvold, G. D. and Reinhart, G. A. 1999. Evaluation of selected high starch flours as ingredients in canine diets. J. Anim. Sci. 77:2180-2186.

NLRI, 2002. Standard tables of feed composition. Rural Development Administration. Suwon.

NRC. 2006. Nutrient requirements of dogs and cats. National Academy Press. Washington, DC.

Propst, E. L., Flickinger, E. A., Bauer L. L., Merchen, N. R. and Fahey, G. C., Jr. 2003. A dose-response experiment evaluating the effects of oligofructose and inulin on nutrient digestibility, stool quality, and fecal protein catabolites in healthy adult dogs. J. Anim. Sci. 81:3057-3066.

Ruppin, H., Bar-Meir, S., Soergel, K. H., Wood. C. M. and Schmitt, M. G. Jr., 1980. Absorption of short-chain fatty acids by the colon. Gastroenterology. 78:1500-1507.

Sakata, T. 1987. Stimulatory effect of short-chain fatty acids on epithelial cell proliferation in the rat intestine: a possible explanation for trophic effects of fermentable fiber, gut microbes and luminal trophic factors. Br. J. Nutr. 58:95-103.

Saunders, R. M. 1990. The properties of rice bran as a feedstuff. Cereal Foods World. 35:632-636.

Spears, J. K., Grieshop, C. M. and Fahey, G.C. Jr. 2004. Evaluation of stabilized rice bran as an ingredient in dry extruded dog diets. J. Anim. Sci. 82:1122-1135.

Statistical Analysis System (SAS). 2002. User's Guide: Statistics, Version 9.1 edn. 2002. SAS Institute, Inc., Cary, NC.

Twomey, L. N., Pethic, D. W., Rowe, J. B., Choct, M., Pluske, J. R., Brown, W. and Laviste, M. C. 2002. The use of sorghum and corn as alternatives to rice in dog foods. J. Nutr. 132: 1704S-1705S.

(Received Jul. 11, 2011; Revised Oct. 5, 2011; Accepted Oct. 10, 2011)