

말에서 사료 급여 수준이 분 젖산 생산 박테리아 및 pH 변화에 미치는 영향

이종언*¹ · 김남영¹ · 박남건¹ · 오운용¹ · 정하연¹ · 좌재호²¹농촌진흥청 국립축산과학원, ²국립원예특작과학원

The Effects of Different Feeding Levels on the Number of Fecal Lactic Acid-producing Bacteria and Fecal pH in Horses

Chong Eon Lee*¹, Nam Young Kim¹, Nam Geon Park¹, Woon Young Oh¹, Ha Yeun Cheong¹ and Jae Ho Joa²¹National Institute of Animal Science, RDA,²National Institute of Horticultural & Herbal Science, RDA

ABSTRACT

This study was conducted to determine the effects of different feeding levels on the number of fecal lactic acid-producing bacteria and fecal pH in horses. In Exp. 1, 6 female cross-bred horses (332.4±50.4 kg, 5 year old) were fed 2% hay or 2% concentrates of BW for 30 d, and the number of fecal Lactobacilli and Streptococci was measured. For Exp. 2, 5 castrated Thoroughbred (474.5±64.6kg, 4 year old) and 5 female cross-bred horses (343.6±56.3 kg, 5 year old) were allotted to high- or low-concentrates diets (5 levels) for 30 d in a 5×5 Latin square design, and the fecal pH was assessed. In Exp. 3, 3 castrated Thoroughbred (482.6±53.3 kg, 4 year old) were fed high- or low-alfalfa hay diets (3 levels) for 30 d in a 3×3 Latin square design, and the fecal pH was measured. Feeding high-concentrates diets increased ($P<0.05$) the number of fecal lactic acid-producing bacteria (Lactobacilli and Streptococci) and decreased ($P<0.01$) the fecal pH. Feeding alfalfa hay with high-concentrates diet (2% alfalfa hay + 1% concentrates of BW) decreased ($P<0.01$) the fecal pH. These results showed that feeding high-concentrates diets increased lactic acid-producing bacteria in the large intestine and decreased the intestinal or fecal pH causing colic or laminitis, indicating that the proper fiber/concentrates (1:1) should be maintained in horses.

(Key words : Horse, Feeding system, Lactic acid, Feces, pH)

서 론

말 사육 과정에서 다양한 원인에 의해 발생하는 산통 (colic)으로 인해 폐사 등의 손실을 초래하고 있는 실정이다. 산통 발생의 주요 원인 중에는 갑작스런 사양체계의 변경, 다량의 농후사료(곡류) 급여 등 부적절한 사양관리도 포함되고 있다. 부적절한 사양관리에서 오는 산통 발생은 조사료 위주의 사양관리, 적정 조사료/농후사료 급여 비율, 사료급여 시간이나 횟수의 조정, 방목 등을 통해 상당히 줄일 수 있는 것으로 인식되고 있다.

곡류사료의 다량급여는 과도한 전분의 섭취를 의미한다. 이러한 전분은 소장에서의 통과속도가 빨라 소장에서 완전한 소화흡수가 되지 못하고 일부는 대장으로 유입되게 된다. 대장에서는 전분분해 미생물 (Amyolytic bacteria)이 활성을 띄게 되고, 이들 미생물들

에 의해 생산된 젖산으로 인해 대장의 pH가 떨어진다. Medina 등 (2002)은 말에게 고-전분 사료 (high-starch diet)의 급여는 고-섬유소 사료 (high-fiber diet)에 비해 젖산 생산 박테리아인 Lactobacilli와 Streptococci의 활성이 증가하고 대장의 젖산 함량이 높아져 pH가 떨어진다고 보고하고 있다.

말에게 곡류의 다량급여는 대장의 pH 저하에 따른 대사장애로 말에게 치명적인 산통 (colic)을 일으키고 (Reeves 등, 1996), 더 나아가서는 제염염 (laminitis)을 발생시킨다 (Bailey 등, 2002). 또한 대장에서 곡류사료의 빠른 발효로 인해 gas 생산이 증가하고 장 운동은 저하되어 대장의 팽창 및 산통 발생의 원인이 된다 (King, 1999). Hussein 등 (2004)은 마 분의 pH를 측정함으로써 대장의 대사 상태를 가늠할 수 있는 척도로 활용할 수 있는 가치가 있다고 보고하고 있다. 말 사육 과정에서 발생하는 산통 발생을

* Corresponding author : Dr. Chong Eon Lee, Subtropical Animal Exp. Station, National Institute of Animal Science, Cheju 690-150, Republic of Korea. Tel: 82-64-754-5721, Fax: 82-64-754-5713, E-mail: leece00@rda.go.kr

줄이기 위해 다양한 사양관리 체계 개발 및 개선이 필요하다. 따라서 본 연구는 더러브렛(Thoroughbred)과 교잡마의 다양한 사양형태별(조사료 및 농후사료 급여 수준) 마 분 젖산 생산 박테리아(시험 1) 및 pH 변화(시험 2와 3)를 구명하여 산통예방을 위한 사양관리 지표로 활용하기 위해 수행되었다.

재료 및 방법

1. 공시 동물 및 시험 설계

(1) 시험 1

시험 1은 건초 또는 농후사료 단독 급여 시, 분 중 젖산 생산 박테리아의 변화를 구명하기 위해 수행됐다. 교잡마(재래마×더러브렛, 암, 5세, 평균 체중 332.4±50.4 kg) 6두를 공시했다. 처리별 3두씩 2그룹으로 분리하여 개체별로 개별 마방(콘크리트바닥 마방, 3×6m)에 배치했다. 사양시험은 일일 사료 급여량으로 목건초(오차드그라스)와 농후사료(Table 1)를 각각 체중의 2%로 처리했으며, 사양시험 기간은 30일이었다. 시험사료는 실물기준(as-fed basis)으로 시험 시작 전 체중에 근거했다. 시험사료는 일일 2회(09:00, 17:00) 급여했고, 음수는 자동급수로 공급했다. 사양시험 마지막 2일에 걸쳐, 시험마의 배분 즉시 개체별로 분 샘플 10개를 채취하여 Lactobacillus 와 Streptococcus 균 수를 측정하는데 이용했다.

Table 1. The composition of experimental concentrates (Exp. 1, 2 and 3)

Ingredients	%
Corn	39.7
Barley	5.0
Wheat meal	4.0
Wheat bran	15.0
Oat	10.0
Soybean meal (44%)	18.0
Molasses	5.4
Salt	0.5
Limestone	1.6
Calcium phosphate	0.7
Premix ¹⁾	0.1

¹⁾ Provided the following per kg of diet: Fe, 227 mg; Zn, 65 mg; Mn, 94 mg; Cu, 15 mg; vitamin A, 10,000 IU; vitamin D3, 2,000 IU; vitamin E, 20 IU

(2) 시험 2

시험 2는 다양한 사양형태별 분 pH 변화를 구명하기 위해 실시됐다. 공시 동물은 더러브렛(거세마, 4세, 평균 체중 474.5±64.6 kg) 5두와 교잡마(재래마×더러브렛, 암, 5세, 평균 체중 343.6±56.3 kg) 5두를 이용했다. 품종은 시험 비교 요인은 아니며, 같은 처리에서 품종별로 관찰하기 위해 2 품종을 활용했다. 사양형태별 시험처리는 일일 사료급여량을 체중 비례 실물기준으로 목건초(오차드그라스) 2%, 목건초 1%+농후사료 1%, 목건초 1%+농후사료 2%, 농후사료 1%, 농후사료 2%의 처리를 두어, 5×5 라틴방각법으로 배치했다. 각각의 사양시험 기간은 처리별로 30일이었고, 사양 처리가 바뀔 때는 3일 간의 사료 적응 기간을 두었다. 시험사료 급여 기준은 처리가 바뀔 때마다의 체중에 근거했다. 시험 마사 조건 및 사료 급여 방법은 시험 1과 동일하게 주어졌다.

(3) 시험 3

시험 3은 알팔파 건초의 단독 급여 또는 알팔파 건초+농후사료 급여 시 분 pH 변화를 구명하기 위해 실시됐다. 공시 동물은 더러브렛(거세마, 4세, 평균 체중 482.6±53.3 kg) 3두를 이용했다. 처리별 사양형태는 체중 비례 실물기준으로 알팔파 건초 2%, 알팔파 건초 1%+농후사료 1%, 알팔파 건초 2%+농후사료 1%의 처리를 두어, 3×3 라틴방각법으로 배치했다. 각각의 사양시험 기간은 처리별로 30일이었고, 사양 처리가 바뀔 때는 3일 간의 사료 적응 기간을 두었다. 시험마 관리 및 사료급여 방법은 시험1과 동일하게 주어졌다. 시험 1, 2, 3에서 이용된 건초의 성분 함량은 다음과 같다: 오차드라스 건초; CP 10.0%, NDF 64.2%, ADF 37.2%, Ca 0.21%, P 0.16%, 알팔파 건초; CP 16.5%, NDF 44.5%, ADF 30.6%, Ca 1.23%, P 0.19%.

2. 마 분 젖산 생산 박테리아(Lactobacillus, Streptococcus) 측정

시험 1에서 사양시험 마지막 2일에 건초(체중의 2%) 또는 농후사료(체중의 2%) 급여구에서 개체별 각각 분 샘플 10개를 채취하여, 배양 후 Lactobacillus와 Streptococcus 균 수를 측정했다. Streptococcus는 배지(Tryptone 10g, Sucrose 10 g, Yeast extract 5g, K₂HPO₄ 2g, Agar 12g, D.W. 1L, pH 6.8)에 0.5% Bromocresol purple 6 mL를 첨가하여 멸균한 다음 0.85% NaCl 용액에 시료를 희석 후 3반복으로 35℃에서 3일간 배양, 균 수를 측정하여 평균값으로 나타냈다. Lactobacillus는 유산균 배양 시 널리 사용되고 있는 평판측정용 MRS 배지에 브롬페놀블루(Bromophenol blue, BPB)를 0.002% 첨가한 배지를 이용하여 35℃에서 3일간 배양한 후 균 수를 측정하여 평균값으로 나타냈다.

3. 마 분 pH 측정

시험 2와 3에서의 마 분 pH 측정은 pH meter (ISFET pH meter, SENTRON)를 이용했다. 마 분 시료를 옮기지 않고, 습식 상태의 배분 상태 그대로 시험 마방에서 측정했다. 예비시험에서 분 배출 후 24시간 동안 분 pH 변화가 없었다. 따라서 시험기간 동안 처리별 개체별 배분한 분 전체에 대해 하루에 3회(09:00, 13:00, 18:00)에 걸쳐 측정했다. 한 번에 배분한 분을 1개의 측정 시료로 삼았으며, 배분 당 3회 측정하여 평균했다. 마 분 pH 측정 후에는 분을 모두 제거하여 분 샘플이 섞이지 않도록 했다.

4. 통계분석

SAS Package를 활용 통계분석을 실시하였고(SAS, 1988), 시험 1에서는 Student t-test를 수행하여 두 처리 간 유의검정 했으며, 시험 2와 3에서는 ANOVA 분석 후 Duncan's multiple range test를 실시했다.

결과 및 고찰

시험 1에서 건초(체중의 2%) 급여구에 비해 농후사료(체중의 2%) 급여구의 분에서 젖산 생산 박테리아인 Lactobacillus ($1.3 \text{ vs } 73.8 \times 10^4 \text{ c.f.u g}^{-1}$)와 streptococcus ($2.7 \text{ vs } 52.9 \times 10^4 \text{ c.f.u g}^{-1}$)의 균 수가 크게 증가했다($P < 0.05$) (Table 2).

시험 2에서 사양형태 또는 사료급여 수준에 따라 분 pH 값이 크게 차이가 있었다($P < 0.01$) (Table 3). 조사료(건초, 체중의 2%)만을 급여했을 때는 분 pH 값이 교잡마(7.41 ± 0.05)나 더러브렛(7.37 ± 0.03) 모두에서 7.4 내외를 보였으나, 농후사료를 급여량을 증가함에 따라 분 pH 값은 낮게 나타났다. 농후사료(체중의 2%)만을 급여했을 때, 교잡마(6.2 ± 0.02)와 더러브렛(6.33 ± 0.01) 모두 가장 낮은 분 pH 값을 보였다. 일반적인 말 사양형태인 건초 체중

의 1% + 농후사료 체중의 1% 급여구에서 분 pH는 교잡마(6.97 ± 0.03)와 더러브렛(6.88 ± 0.03) 둘 다 6.8-7.0 범위를 보였다. 그러나 건초 체중의 1% + 농후사료 체중의 2% 급여구에서는 교잡마(6.52 ± 0.03)와 더러브렛(6.65 ± 0.04) 모두에서 분 pH가 떨어졌다.

시험 3에서 알팔과 건초(체중의 2%) 단독 급여(6.79 ± 0.37)에 비해, 알팔과 건초 체중의 1% + 농후사료 체중의 1% (6.41 ± 0.07) 또는 알팔과 건초 체중의 1% + 농후사료 체중의 2% (6.43 ± 0.07) 급여구에서 분 pH가 감소했다($P < 0.01$) (Table 4).

말에서 곡류의 형태에 따라 소장 전분 소화율이 다르며(Meyer 등, 1993; de Fombelle 등, 2004), 한 번에 섭취하는 전분의 양 또한 대장에 도달하기 전 소화율에 영향을 준다. 소량의 귀리를 말에게 급여할 때, 회장(소장의 끝부분)에 도달하기 전에 약 80%가 소화되지만, 다량의 귀리를 급여할 때는 회장에 도달하기 전에 약 58%가 소화된다(Potter 등, 1992). 소장에서 소화가 되지 않은 전분은 대장으로 유입되어 발효된다. 대장으로 유입되는 전분은 미생물 환경을 바꾼다. 어떤 경우에 이것은 말에게 이로운 수도 있다. Kienzle 등(2002)은 짚(straw) 사료에 농후사료의 첨가는 짚의 이용률을 높이는데, 그 이유는 아마도 첨가된 영양소들이 미생물 농도나 활성을 증진시키기 때문이다. 하지만 대장으로 유입된 전분이 부정적인 영향도 있다. 고-전분사료(전분 30%)의 급여는 맹장의 섬유소 분해 미생물 농도를 떨어뜨린다(Medina 등, 2002). 또한 여러 연구에 의하면 고-농후사료(전분)의 급여는 맹장과 직장의 pH를 낮춘다고 보고하고 있다(Radicke 등, 1991; Medina 등, 2002). 대장의 pH가 떨어지는 것을 방지하기 위해서는 대장으로 상당량의 전분이 유입될 수 있을 정도의 고 전분 사료를 급여하지 말아야 한다. Potter 등(1992)은 소장에서의 전분 소화 가능한 섭취량은 체중 kg 당 3.5-4 g이라고 제시하고 있지만, Radicke 등(1991)은 전분 섭취량이 체중 kg 당 2-3g 정도에서 맹장 pH가 낮아진다고 보고했다.

본 연구에서 조사료(건초 체중의 2%)만을 급여했을 때는 젖산

Table 2. The effects of different feeding systems (feeding hay or concentrates) on the number of fecal lactic acid-producing bacteria in cross-bred horses (Exp. 1)¹⁾

Item	Hay 2%	Con. 2%	P
	$\times 10^4 \text{ c.f.u g}^{-1}$		
Streptococcus	2.7 ± 0.8	52.9 ± 11.2	0.01
Lactobacillus	1.3 ± 0.5	73.8 ± 21.0	0.03

Values are means ± SE.

P values are based on student t-test.

¹⁾ Fed hay (Orchardgrass) or concentrates (Table 1) based on % of body weight.

Table 3. The effects of different feeding levels (high-fiber or high-concentrates diet) on fecal pH in Thoroughbred and cross-bred horses (Exp. 2)¹⁾

Item	Hay 2%	Hay 1% + Con. 1%	Hay 1% + Con. 2%	Con. 1%	Con. 2%
Fecal pH					
Cross-bred	7.41 ^a ± 0.05	6.97 ^b ± 0.03	6.52 ^c ± 0.03	6.43 ^c ± 0.03	6.21 ^d ± 0.02
Thoroughbred	7.37 ^a ± 0.03	6.88 ^b ± 0.03	6.65 ^c ± 0.04	6.52 ^c ± 0.02	6.33 ^d ± 0.01

Values are means ± SE.

^{abcd} Means in the same row not sharing the same superscripts differ (P<0.01).

¹⁾ Fed hay (Orchardgrass) or concentrates (Table 1) based on % of body weight.

Table 4. The effects of feeding levels (alfalfa hay) on fecal pH in Thoroughbred horses (Exp. 3)¹⁾

Item	Alfalfa hay 2%	Alfalfa hay 1% + Con. 1%	Alfalfa hay 2% + Con. 1%
Fecal pH	6.79 ^a ± 0.37	6.41 ^b ± 0.07	6.43 ^b ± 0.07

Values are means ± SE.

^{ab} Means in the same row not sharing the same superscripts differ (P<0.01).

¹⁾ Fed alfalfa hay or concentrates (Table 1) based on % of body weight.

생산 박테리아인 *Lactobacillus*와 *Streptococcus*의 활성이 낮았는데, 농후사료 (체중의 2%)만 급여하는 사양체계로 변화시켰을 때 이들 박테리아의 활성이 뚜렷이 증가함을 나타내고 있다 (Table 2). 이 결과는 급여하는 사료의 종류에 따라 대장 내 미생물 종류가 급격히 변하고 있음을 의미한다. 비슷한 연구에서도 말에게 급여하는 사료의 NDF/starch ratio에 따라 대장의 미생물 활성이 크게 다르다고 보고한 바 있다 (Medina 등, 2002; Goodson 등, 1988; Julliard 등, 2001).

또한 농후사료를 다량 급여했을 때 젖산 생산 박테리아의 활성으로 인해 대장 내 pH가 저하됨으로써 분 pH가 떨어지고 있음을 알 수 있다. 일반적인 말 사양관리 권장 (농후사료 및 건초 각각 체중의 1%) 급여형태에서는 분 pH가 크게 저하되고 있지 않으나, 그 이상의 농후사료 급여에서는 분 pH가 감소하고 있다 (Table 3). 이는 소장에서 소화되지 않은 곡류 (전분)가 대장으로 유입되어 발효에 이용되는 것으로 추정할 수 있다.

농후사료의 다량급여는 곡류 (전분)가 소장에서 다 소화되지 못해 대장으로 유입되어 미생물 발효 기질로 이용되며 (Porter 등, 1992; Kienzle 등, 1994), 그에 따라 대장에서 젖산이 다량 생산된다 (Goodson 등, 1998). 대장에서 생산된 다량의 젖산이 정상적인 장

내 완충능력을 넘어서게 되면 장 내 pH가 저하되게 된다 (Kohnke 등, 1999; Julliard 등, 2001). 대장 내 pH의 저하는 혐기성 분해 박테리아 수를 감소시키고 (Medina 등, 2002; Goodson 등, 1988), 사료효율을 감소시킨다 (McLean 등, 2000). 맹장에서 곡류 사료 분해에 적응된 미생물들은 조사료에 적응된 미생물에 비해 혐기성 분해 능력이 떨어지기 때문에 보인다. 말은 조사료를 주요 에너지원으로 이용하며 살아 갈 수 있도록 소화기관이 발달되어 있다. 곡류의 다량 급여로 인한 대장 내 pH 저하는 미생물에 의한 내독소 (endotoxins)의 분비를 증가시키게 되고 산통이나 체염염 발생 원인이 된다 (Kohnke 등, 1999; Clarke 등, 1990).

알팔파 건초는 대부분의 말 농가에서 급여하고 있는 주요 사료자원이다. 본 연구 결과 알팔파 단독 급여에서는 분 pH가 크게 떨어지고 있지 않지만, 알팔파와 농후사료만을 급여했을 때는 분 pH가 낮게 나타나고 있다 (Table 4). 알팔파 건초 자체는 전분 함량이 낮아 젖산 생산 박테리아 활성에 영향을 줄 것으로 보이지 않는다. 하지만 농후사료와 알팔파 건초 두 종류만 급여할 경우 소장에서의 통과속도가 빨라 많은 양의 곡류가 대장으로 유입되어 젖산 생산 기질로 활용되는 것으로 사료된다. 일부 말 사육농가에서는 알팔파 건초와 농후사료만을 가지고 급여하는 농가가 있는데, 소장에서의

장 내용물 통과 속도를 줄일 수 있는 목건초와의 급여가 필요한 것으로 보인다.

본 연구 결과, 말에게 농후사료의 다량급여는 장내 젖산생산 박테리아의 활성을 증가시키며, 그로 인한 대장 내 또는 분 pH를 저하시키고 있음을 보여주고 있다. 알팔과 건초+농후사료만을 급여했을 때도 분 pH를 감소시키는 것으로 나타났다. 따라서 말 사양관리에서 오는 산통 발생을 줄이기 위해 조사료의 적정 급여가 필수적이며, 장내(또는 분) pH 저하를 막기 위해서는 조사료의 급여 비율을 최소 50% 이상으로 높여야 할 것으로 보인다. 또한 마 분 pH 값이 6.8 이하로 떨어질 경우 산통 예방을 위한 사양관리 개선이 필요하며, 분 pH 측정하여 사양관리 지표로 활용할 수 있을 것으로 사료된다.

요 약

본 연구는 말의 다양한 사양체계가 분 젖산 생산 박테리아 및 pH 변화에 미치는 영향을 구명하기 위해 수행되었다. 시험 1에서는 농후사료 체중 2% 또는 건초(오차드그라스) 2%를 30일 동안 급여한 후 분 중 *Lactobacillus*와 *Streptococcus* 균 수를 측정했다. 시험 2에서는 사양형태 또는 사료급여 수준에 따른 분 중 pH 변화를 측정했다. 시험 3에서는 알팔과 건초 급여 수준에 의한 분 pH 변화를 측정했다. 고-농후사료의 급여는 분 중 젖산 생산 박테리아인 *lactobacillus*와 *streptococcus*의 균 수를 크게 증가시켰다($P<0.05$). 농후사료의 급여량을 증가시킴에 따라 분 pH는 유의적으로 감소했다($P<0.01$). 알팔과 건초 단독 급여에서는 분 pH가 저하되지 않았으나, 알팔과 건초+농후사료 사양형태에서는 분 pH가 감소되었다($P<0.01$). 본 연구 결과, 말에게 농후사료의 다량급여는 장내 젖산생산 박테리아의 활성을 증가시키며, 농후사료 급여량이 증가함에 따라 분 pH를 저하시키고 있음을 알 수 있다. 따라서 말에게 적절한 조사료/농후사료 비율을 유지하고 급여량을 조절하는 것이 필요하다. 또한 분 pH 측정으로 인해 대장 내 상태를 가늠할 수 있고, 분 pH 값을 이용해 사양관리의 지표로 활용할 수 있을 것으로 사료된다.

(색인어 : 말, 사양체계, 젖산, 분, pH)

인 용 문 헌

Bailey, S. R., Rycroft, A. and Elliott, J. 2002. Production of amines in equine cecal contents in an *in vitro* model of carbohydrate overload. *J. Anim. Sci.* 80:2656-2662.

Clarke, L. L., Roberts, M. C. and Argenzio, R. A. 1990. Feeding and digestive problems in horses: Physiologic responses to a concentrated meal. *Vet. Clin. North. Am.* 6:433-450.

de Fombelle, A., Veiga, L., Drogoul, C. and Julliand, V. 2004. Effect of diet composition and feeding pattern on the prececal digestibility of starches from diverse botanical origins measured with the mobile nylon bag technique. *J. Anim. Sci.* 82:3625-3634.

Goodson, J., Tyznik, W. J., Cline, J. H. and Dehority, B. A. 1988. Effects of an abrupt diet change from hay to concentrate on microbial numbers and physical environment in the cecum of the pony. *Appl. Environ. Microbiol.* 54:1946-1950.

Hussein, H. S., Vogedes, L. A., Fernandez, G. C. J. and Frankeny, R. L. 2004. Effects of cereal grain supplementation on apparent digestibility of nutrients and concentrations of fermentation end-products in the feces and serum of horses consuming alfalfa cubes. *J. Anim. Sci.* 82:1986-1996.

Julliand, V., de Fombelle, A., Drogoul, C. and Jacotot, E. 2001. Feeding and microbial disorders in horses: 3-Effects of three hay:grain ratios on microbial profile and activities. *J. Equine Vet. Sci.* 21:543-546.

Kienzle, E. 1994. Small intestinal digestion of starch in the horse. *Revue Med. Vet.* 145:199-204.

Kienzle, E., Fehrle, S. and Optiz, B. 2002. Interactions between the apparent energy and nutrient digestibilities of a concentrate mixture and roughages in horses. *J. Nutr.* 132:1778S-1780S.

King, C. 1999. Preventing Colic in Horses. Paper Horse, Cary, NC.

Kohnke, J. R., Kelleher, F. and Trevor-Jones, P. 1999. Feeding horses in Australia: A Guide for Horse Owners and Managers. Rural Industries Res. & Development Corp., Barton, Australia.

McLean, B. M. L., Hyslop, J. J., Longland, A. C., Cuddeford, D. and Hollands, T. 2000. Physical processing of barely and its effects on intra-cecal fermentation parameters in ponies. *Anim. Feed Sci. Technol.* 85:79-87.

Medina, B., Girard, I. D., Jacotot, E. and Julliand, V. 2002. Effect of a preparation of *Saccharomyces cerevisiae* on microbial profiles and fermentation patterns in the large intestine of horses fed a high fiber or a high starch diet. *J. Anim. Sci.* 80:2600-2609.

Meyer, H., Radicke, S., Kienzle, E., Wilke, S. and Kleffen, D. 1993. Investigation on preileal digestion of oats, corn and barely starch in relation to grain processing. in Proc. 13th Equine Nutr. Physiol. Soc. Symp., Gainesville, FL. pp 92-97.

Potter, G. D., Arnold, F. F., Householder, D. D., Hansen, D. H. and Brown, K. M. 1992. Digestion of starch in the small or large intestine of the equine. *Europaische Konferenz uber die Ernahrung des pferdes*, pp 107-111. Hannover, DE.

- Radicke, S., Kienzle, E. and Meyer, H. 1991. Preileal apparent digestibility of oats and cornstarch and consequences for cecal metabolism. in Proc. 12th Equine Nutr. Physiol. Soc. Symp., Calgary, Alberta. pp 43-48.
- Reeves, M. J., Salman, M. D. and Smith, G. 1996. Risk factors for equine acute abdominal disease (colic): Results from a multi-centered case-control study. *Prev. Vet. Med.* 26:285-301.
- SAS. 1988. SAS/STAT: User's Guide (Release 6.03), SAS Inst. Inc., Gary, NC.
- (접수일자 : 2010. 1. 7 / 수정일자 : 2010. 3. 15 / 채택일자 : 2010. 3. 22)