

반려견 사료의 식품성분으로서 도담쌀(*Oryza sativa* L.)의 이용 가능성 평가

서강민¹⁾, 조현우¹⁾, 천주란¹⁾, 전중환¹⁾, 김찬호¹⁾, 임세진¹⁾, 정소희¹⁾, 소경민²⁾, 김기현¹⁾

¹⁾농촌진흥청, 국립축산과학원, ²⁾농촌진흥청, 기술협력국

e-mail: kihyun@korea.kr

Evaluation of Dodamssal rice (*Oryza sativa* L.) as Food Ingredients in Dog Diets

Kangmin Seo¹⁾, Hyun-Woo Cho¹⁾, Ju Lan Chun¹⁾, Jung-Hwon Jeon¹⁾, Chan Ho Kim¹⁾, Sejin Lim¹⁾, Sohee Jeong¹⁾, Kyoung Min So²⁾, Ki Hyun Kim¹⁾

¹⁾National Institute of Animal Science, Rural Development Administration

²⁾Technology Cooperation Bureau, Rural Development Administration

요약

본 연구는 High-amylose rice (42.8%) 품종인 도담쌀(*Oryza sativa* L.)이 첨가된 고저항전분 사료의 섭취가 반려견의 생리학적 안전성과 체중 감소에 미치는 영향을 평가하기 위하여 실시되었다. 8마리의 중성화된 암컷 소형견(9.60 ± 0.01 year-old; initial body weight 4.73 ± 0.31 kg; (슈나우저 2마리, 몰티즈 2마리, 요크셔 테리어 2마리, 시츄 1마리, 포메라이안 1마리)을 대상으로 실시되었다. 실험은 무작위로 그룹 당 4마리씩 두 그룹으로 나뉘었습니다. Normal resistant starch diet (NRD) group은 28.76 % 일반 수준의 아밀로스 품종인 신동진쌀, High resistant starch diet (HRD) group은 28.76 % 고아밀로스 품종인 도담쌀이 포함된 실험사료를 4주 동안 제공하였다. 실험사료의 제공량은 Metabolic body weight 을 기준으로 계산되었다(ME, kcal/d 132×kg BW_{0.75}). 사료섭취량과, 체중은 두 그룹 사이에서 통계적으로 유의한 차이는 관찰되지 않았다($p < 0.05$). 하지만, 증체량의 경우 HRD group에서 유의하게 감소하는 것으로 나타났다($p > 0.05$). Hematological & Biochemical parameters는 두 실험그룹 모두 Normal reference ranges 내에서 관찰되었다. 또한, 고저항전분 사료의 섭취에 의한 뚜렷한 변화는 관찰되지 않았다($p < 0.05$). 결론적으로, 이 연구 결과는 도담쌀을 포함하는 고저항전분 사료가 반려견의 생리학적 안전성에 부정적인 영향을 미치지 않으며, 체중감소 효과에 대한 잠재적 가능성을 보여주었다.

1. 서론

전 세계적으로 비만과 이와 관련된 질병의 발병율은 인간뿐만 아니라 반려동물에서도 빠르게 증가하고 있는 추세이며, 이와같은 문제는 현대 수의학에서도 큰 임상문제 중 하나로써 대두되고 있다[1]. 아밀로펙틴(Amylopectin, branched chain structure)은 아밀로스(Amylose, linear structure)보다 소화효소의 작용에 민감하기 때문에 이들의 비율은 소화속도에 영향을 줄 수 있으며[2], 이러한 차이는 "빠르게 소화되는 전분"(Rapidly Digestible Starch, RDS), "천천히 소화되는 전분"(Slowly Digestible Starch, SDS), 그리고 "저항 전분"(Resistant Starch, RS)으로 전분을 분류하는 기준이 될 수 있다[3]. RDS와 SDS는 소화속도에서 차이가 나타나지만 소장에서 대부분 소화되는 반면 RS는 효소적에 의하여 소화되지 않는 전분을 의미한다[4]. RS는 섬유질과 유사한 생리적 특성을 갖으며, 사람 또는 동물에서 유망한 생리학적 이점

(예; 혈당 감소, 콜레스테롤 감소, 체지방 감소, prebiotic fiber 효과, 미네랄 흡수 향상) 뿐만 아니라 질병의 예방 (예; Colonic diseases, Inflammatory bowel disease) 에서도 잠재적인 역할이 보고된 바 있다[5-9]. 과거 천연 RS를 포함하는 곡물들의 대사효과와 잠재적인 건강상의 이점에 대하여 광범위하게 연구되었다. 하지만, 반려견을 대상으로 한 연구들은 소화 흡수 또는 prebiotics 로써의 기능적 특성을 평가한 일부 연구들 외에[10, 11] 체중감소 효과 또는 영양학적 안전성을 평가한 연구들은 미비한 실정이다.

따라서, 본 연구에서는 고아밀로스 (42.8%) 품종인 "도담쌀"(*Oryza sativa* L.)[12]이 첨가된 고저항전분 사료(High resistant starch dog food)의 섭취가 반려견의 생리학적 안전성과 체중 감소에 미치는 영향을 평가하기 위하여 실시되었다.

2. 실험 방법

2.1. 공시동물 및 시험디자인

본 실험에서는 평균체중 4.28 ± 0.63 kg(Mean \pm SEM)의 중성화 된 소형견(9.60 \pm 0.01 year-old, 암컷) 8마리 (슈나우저 2마리, 몰티즈 2마리, 요크셔 테리어 2마리, 시츄 1마리, 포메라이안 1마리)를 공시하여 무작위로 두 그룹으로 나누어 실험그룹 당 4마리씩 배치하였다. 모든 실험 동물들은 실내 온도 (22-24°C)와 습도 (60-80 RH%)가 일정하게 유지되는 실내 공간 (1.8 x 2.6 m)에 개별적으로 수용되었다. 사료는 일일 2회 (10:00, 16:00) 제공되었고, 음수는 무제한으로 제공되었다.

2.1. 실험사료

실험사료는 높은 수준의 아밀로스를 포함하는 품종인 도담쌀 (아밀로스, 42.8%)이 28.76% 포함된 고저항전분 사료 (High-resistant starch diet; HRD)와 일반적 수준의 아밀로스를 포함하는 신동진쌀(아밀로스, 18.1%)이 28.76% 포함된 대조구 사료 (Normal-resistant starch diet; NRD)를 4주간 제공하였다(표 1). 모든 실험사료는 AAFCO 영양소 요구량을 충족하도록 배합하여 Seo 등 (2021)[13]의 연구와 동일한 과정으로 제조하였다. 각 개체의 maintenance energy requirements (ME, kcal/d $132 \times$ kg $BW_{0.75}$)를 충족하도록 제공되었다[14].

2.3. 분석항목 및 방법

실험 기간 동안 일당 사료섭취량 (Average daily feed intake, ADFI)은 매일 사료 급여량 및 잔량을 기록하여 측정하였으며, 체중 (Body weight, BW)은 매주 측정하였다.

Blood sample은 실험 시작 시점과 종료 시점 (4주)에 cephalic vein에서 채혈하고, 분석 전까지 동결보관 (-80 °C) 하였다. Serum biochemical parameters는 Automatic biochemical analyzer (Hitachi 7180; Hitachi High-Technologies Co., Japan)를 이용하여 분석되었으며, Complete blood count (CBC) parameters는 Automatic hematology analyzer (IDEXX Laboratories, Inc., Westbrook, ME, USA)와 IDEXX ProCyte Dx* stain pack (IDEXX Laboratories, Inc., Westbrook, ME, USA)를 이용하여 측정되었으며, 제조업체의 지침에 따라 분석되었다.

[표 1] 실험사료 화학적 조성

Items	NAR ¹⁾	HAR ²⁾
Ingredients composition, %		
Chicken breast powder	12.7	12.7

Egg yolk powder	12	12
Rice flour (Shindongjin cultivar)	28.76	-
Rice flour (Dodam cultivar)	-	28.76
Lard	2.9	2.9
Green laver powder	1	1
Calcium carbonate	1.04	1.04
Potassium Citrate	0.6	0.6
Monocalcium phosphate	0.4	0.4
Vitamin-Mineral premix ³⁾	0.4	0.4
Salt (NaCl)	0.2	0.2
Water	40	40

Chemical composition, Analyzed (%)

Moisture	44.27	47.20
Crude protein	18.88	17.46
Ether extract	9.39	9.20
Crude fiber	0.11	0.39
Crude ash	2.73	2.45
NFE	24.61	23.30
Ca	0.50	0.50
P	0.33	0.33
ME, kcal/kg; DM based (calculated)	4,165	4,184

Values are analyzed value as wet based¹⁾. NAR group (Basal diet with addition of 28.76 % NAR)²⁾. HAR group (Basal diet with addition of 28.76 % HAR)³⁾. Provided per kilogram of diet: Vit A, 3500IU; Vit D 3,250IU; Vit E, 25mg; Vit K, 0.052mg; Vit B1(thiamine), 2.8mg; Vit B2(riboflavin), 2.6mg; Vit B6(pyridoxine), 2mg; Vit B12, 0.014mg; Cal. D. Pantothenate, 6mg; Niacin, 30mg; Folic acid, 0.4mg; Biotin, 0.036mg; Taurine, 1,000mg; FeSO₄H₂O, 44mg; MnSO₄H₂O, 3.8mg; ZnSO₄H₂O, 50mg; CuSO₄H₂O, 7.5mg; Na₂SeO₃, 0.18mg; Ca (IO₃)₂, 0.9mg. Abbreviations: NFE, Nitrogen free extract; ME, metabolizable energy (kcal/kg) = ((CP \times 3.5) + (EE \times 8.5) + (NFE \times 3.5)) \times 10.

3. 결과

실험은 NAR (28.76 % Shindongjin를 포함하는 basal diet) 그리고 HAR (28.76 % Dodamssal를 포함하는 basal diet) group을 대상으로 실시되었다. Table 표2는 고저항전분 사료의 섭취에 의한 사료섭취량과 body parameters의 변화를 보여준다. 실험기간 (4주) 동안 일일 평균 사료섭취량 (Average daily feed intake, ADFI)와 체중(Body weight)는 두 실험그룹 사이에서 유의한 차이는 나타나지 않았다. 하지만, 증체량(Body weight gain, BWG)은 HAR group이 NAR group보다 크게 감소하는 것으로 나타났다 ($p < 0.05$). 증체율(Rate of weight gain)은 HAR group이 NAR group 보다 감소하는 경향이 나타났지만, 통계적으로 유의한 차이는 나타나지 않았다 ($p = 0.094$).

또한, 실험 종료 시점 (4주)에 수집된 혈액으로부터 분석된 Hematological parameters의 결과는 표3에 제시되었다. 두 실험그룹들의 Hematological parameters는 모두 Normal reference range 내에서 나타났으며, 두 실험그룹들 사이에서 유의한 차이는 관찰되지 않았다. serum biochemical

parameters의 분석 결과는 표3에 제시하였다. 본 연구에서 분석된 모든 Biochemical parameters는 Normal reference range 내에서 나타났으며, NAR과 HAR group 사이에서 뚜렷한 차이는 나타나지 않았다.

[표 2] 고저항저분 사료의 섭취가 반려견의 섭취량과 체중 변화에 미치는 영향

Items	NAR ¹⁾	HAR ²⁾	p-value
ADFI, g/day	145.89 ± 28.41	150.17 ± 21.98	0.909
Body weight, kg			
Initial	4.30 ± 1.06	4.25 ± 0.85	0.972
Final	4.20 ± 1.06	3.98 ± 0.81	0.872
BWG, g	-100 ± 0.00	-275 ± 62.9*	0.032
Rate of gain, %	-3.04 ± 1.03	-6.68 1.51	0.094

Small breed dogs (n=4/group) were fed experimental diets for 4 weeks¹⁾. NAR group (Basal diet with addition of 28.76 % NAR)²⁾. HAR group (Basal diet with addition of 28.76 % HAR). Abbreviations: ADFI, average daily food intake; BWG, body weight gain. Values are expressed as mean ± SE. *Means with superscript in a same row significantly differ (p<0.05).

[표 3] 고저항저분 사료의 섭취가 반려견의 Hematological parameters에 미치는 영향

Items	NAR ¹⁾	HAR ²⁾	p-value
Leukocytes			
WBC, ×10 ⁶ /mL (Ref.range:5.05 - 16.76)	8.20 ± 0.83	6.63 ± 0.73	0.21
NEU, ×10 ⁶ /mL (Ref.range:2.95 - 11.64)	4.60 ± 0.47	3.83 ± 0.51	0.31
LYM, ×10 ⁶ /mL (Ref.range:1.05 - 5.10)	2.73 ± 0.57	2.16 ± 0.25	0.39
MONO, ×10 ⁶ /mL (Ref.range:0.16 - 1.12)	0.41 ± 0.12	0.34 ± 0.09	0.64
EOS, ×10 ⁶ /mL (Ref.range:0.06 - 1.23)	0.45 ± 0.08	0.31 ± 0.08	0.26
BASO, ×10 ⁶ /mL (Ref.range:0 - 0.1)	0.01 ± 0.01	0.00 ± 0.00	0.36
Erythrocytes			
RBC, ×10 ⁹ /mL (Ref.range: 5.65 - 8.87)	6.69 ± 0.21	6.90 ± 0.31	0.60
HGB, g/dL (Ref. range: 13.1 - 20.5)	16.23 ± 0.36	16.58 ± 0.72	0.68
HCT, % (Ref. range: 37.3 - 61.7)	46.19 ± 0.69	48.75 ± 2.24	0.32
MCH, pg (Ref. range: 21.2 - 25.9)	24.28 ± 0.56	24.04 ± 0.37	0.74
Thrombocytes			
PLT, K/uL (Ref. range: 148 - 484)	482.50 ± 85.03	402.88 ± 62.02	0.48
PCT, % (Ref. range: 0.14 - 0.46)	0.40 ± 0.06	0.35 ± 0.05	0.57

Small breed dogs (n=4/group) were fed experimental diets for 4 weeks. Blood samples were collected at the end of the experiment¹⁾. NAR group (Basal diet with addition of 28.76 % NAR)²⁾. HAR group (Basal diet with addition of 28.76 % HAR). Abbreviations: WBC, white blood cell; NEU, neutrophils; LYM, lymphocytes; MONO, monocytes; EOS, eosinophils; BASO, basophils; RBC, red blood cells; HGB, hemoglobin; HCT, hematocrit; MCH, mean corpuscular hemoglobin; PLT, Platelet; PCT, plateletcrit. Values are expressed as mean ± SE.

[표 4] 고저항저분 사료의 섭취가 반려견의 serum biochemical parameters에 미치는 영향

Items	NAR ¹⁾	HAR ²⁾	p-value
GLU, mg/dL (Ref. range: 70 - 138)	106.50 ± 3.52	100.75 ± 1.80	0.20
CREA, mg/dL (Ref. range: 0.5 - 1.6)	0.77 ± 0.06	0.90 ± 0.04	0.12
BUN, mg/dL (Ref. range: 6.0 - 31)	17.80 ± 0.91	16.85 ± 1.28	0.57
PHOS, mg/dL (Ref. range: 2.5 - 6.0)	3.38 ± 0.14	3.58 ± 0.35	0.62
T-Pro, g/dL (Ref. range: 5.0 - 7.4)	6.50 ± 0.15	6.68 ± 0.40	0.70
ALB, g/dL (Ref. range: 2.7 - 4.4)	2.70 ± 0.07	2.83 ± 0.09	0.30
ALT, U/L (Ref. range: 12 - 118)	46.00 ± 7.65	39.00 ± 7.78	0.55
T-BIL, mg/dL (Ref. range: 0.1 - 0.3)	0.03 ± 0.01	0.05 ± 0.01	0.13
CHOL, mg/dL (Ref. range: 29 - 291)	220.25 ± 31.74	168.25 ± 18.71	0.21

Small breed dogs (n=4/group) were fed experimental diets for 4 weeks. Serum samples were collected at the end of the experiment¹⁾. NAR group (Basal diet with addition of 28.76 % NAR)²⁾. HAR group (Basal diet with addition of 28.76 % HAR). Abbreviations: GLU, glucose; CREA, creatinine; BUN, blood urea nitrogen; PHOS, phosphorous; T-Pro, totalprotein; ALB, albumin; ALT, alanine amino transferase; T-BIL, total bilirubin; T-CHO, total cholesterol. Values are expressed as mean ± SE.

4. 결론 및 고찰

본 연구의 사료섭취량 데이터는 고저항저분 사료가 반려견의 기호성에는 부정적인 영향은 미치지 않는다는 것을 시사한다. 또한 고저항저분 사료의 공급은 반려견의 증체량을 감소시키는 것으로 나타났다. 현재까지 반려견을 대상으로 저항저분분의 체중감소 효과에 대해 평가한 연구는 매우 제한적이다. 하지만, 일부 설치류를 대상으로 한 Lerer-Metzger 등 (1996)[15]의 연구결과는 체중의 감소를 보고한 바 있다. 하지만, Kabir 등(1998)[16]의 연구에서는 고저항저분 사료의 섭취가 설치류의 체중 감소에는 영향을 미치지 않는다고 보고한 바 있다. Hematological & biochemical parameters의 결과는 도담쌀을 포함하는 고저항저분 사료의 섭취가 반려견의 간과 신장의 기능, glucose metabolism에 부정적인 영향을 미치지 않으며, 만성염증, 독성과 같은 상태를 유발할 가능성이 작다는 것을 시사한다.

결론적으로 본 연구 결과는 사료 내 도담쌀의 이용은 반려견의 생리학적 안전성에 부정적인 영향을 미치지 않으며, 체중감소 효과에 대한 잠재적 가능성을 보여주었다. 그러나 향후 반려견의 성별, 나이, 저항전분의 첨가 농도 등을 고려한 구체적인 연구가 필요할 것으로 사료된다.

참고문헌

- [1] Chandler, M., Cunningham, S., Lund, E. M., Khanna, C., Naramore, R., Patel, A., & Day, M. J. (2017). Obesity and associated comorbidities in people and companion animals: a one health perspective. *Journal of comparative pathology*, 156(4), 296-309.
- [2] Biliaderis, C. G. (1991). The structure and interactions of starch with food constituents. *Canadian journal of physiology and pharmacology*, 69(1), 60-78.
- [3] Berry, C. S. (1986). Resistant starch: formation and measurement of starch that survives exhaustive digestion with amyolytic enzymes during the determination of dietary fibre. *Journal of cereal science*, 4(4), 301-314.
- [4] Englyst, H. N., Kingman, S. M., & Cummings, J. H. (1992). Classification and measurement of nutritionally important starch fractions. *European journal of clinical nutrition*, 46, S33-50.
- [5] Morita, T., Kasaoka, S., Hase, K., & Kiriya, S. (1999). Psyllium shifts the fermentation site of high-amylose cornstarch toward the distal colon and increases fecal butyrate concentration in rats. *The Journal of nutrition*, 129(11), 2081-2087.
- [6] Raben, A., Tagliabue, A., Christensen, N. J., Madsen, J., Holst, J. J., & Astrup, A. (1994). Resistant starch: the effect on postprandial glycemia, hormonal response, and satiety. *The American journal of clinical nutrition*, 60(4), 544-551.
- [7] Han, K. H., Fukushima, M., Kato, T., Kojima, M., Ohba, K., Shimada, K. I., ... & Nakano, M. (2003). Enzyme-resistant fractions of beans lowered serum cholesterol and increased sterol excretions and hepatic mRNA levels in rats. *Lipids*, 38(9), 919-924.
- [8] Higgins, J. A., Higbee, D. R., Donahoo, W. T., Brown, I. L., Bell, M. L., & Bessesen, D. H. (2004). Resistant starch consumption promotes lipid oxidation. *Nutrition & Metabolism*, 1(1), 1-11.
- [9] Jacobasch, G., Schmiedl, D., Kruschewski, M., & Schmehl, K. (1999). Dietary resistant starch and chronic inflammatory bowel diseases. *International journal of colorectal disease*, 14(4), 201-211.
- [10] Kim, Y. J., Kim, J. G., Lee, W. K., So, K. M., & Kim, J. K. (2019). Trial data of the anti-obesity potential of a high resistant starch diet for canines using Dodamssal rice and the identification of discriminating markers in feces for metabolic profiling. *Metabolomics*, 15(2), 1-11.
- [11] Beloshapka, A. N., Cross, T. W. L., & Swanson, K. S. (2021). Graded dietary resistant starch concentrations on apparent total tract macronutrient digestibility and fecal fermentative end products and microbial populations of healthy adult dogs. *Journal of animal science*, 99(1), skaa409.
- [12] Cho, J. H., Song, Y. C., Lee, J. H., Lee, J. Y., Son, Y. B., Oh, S. H., ... & Yeo, U. S. (2019). 'Dodamssal (Milyang261)', Functional Rice as a Resistant Starch with a High Amylose Content. *Korean Society of Breeding Science*, 51(4), 515-522.
- [13] Seo, K., Cho, H. W., Chun, J., Jeon, J., Kim, C., Kim, M., ... & Kim, K. (2021). Evaluation of Fermented Oat and Black Soldier Fly Larva as Food Ingredients in Senior Dog Diets. *Animals*, 11(12), 3509.
- [14] Association of American Feed Control Officials (AAFCO). Model Bill and Regulations; 2016 Official Publication; Association of American Feed Control Officials: Oxford, IN, USA, 2016; pp. 107 - 234.
- [15] Lerer-Metzger, M., Rizkallah, S. W., Luo, J., Champ, M., Kabir, M., Bruzzo, F., ... & Slama, G. (1996). Effects of long-term low-glycaemic index starchy food on plasma glucose and lipid concentrations and adipose tissue cellularity in normal and diabetic rats. *British Journal of Nutrition*, 75(5), 723-732.
- [16] Kabir, M., Rizkalla, S. W., Quignard-Boulange, A., Guerre-Millo, M., Boillot, J., Ardouin, B., ... & Slama, G. (1998). A high glycemic index starch diet affects lipid storage - related enzymes in normal and to a lesser extent in diabetic rats. *The Journal of nutrition*, 128(11), 1878-1883.