

섬유활용의 선지표(先指標)로서 시험관내 발효(10) (*In-vitro* Fermentation as a Predictor of Fiber Utilization)

Gregroy A. Reihart, PhD*, Gregory D. Sunvold, PhD**

조영웅 譯

식이성 섬유(食性纖維)의 역할(Role of Dietary Fiber)

식이성 섬유는 위장관내의 내인성분비에 의해서 소화되지 않는 사료의 일부분이다. 이것은 화학적 이종물질로 원래 셀룰로스, 헤미셀룰로스, 펙틴, 수지, 아라비아고무 및 리그닌으로 구성되어 있다. 어떤 과당류(寡糖類, oligosaccharides)들은 포유동물의 효소들에 의해 감성(減性)되어지지 않기 때문에 섬유로 분류되어 진다. 비록 섬유는 개와 고양이의 사료중에 스스로 요구되어지지 않기 때문에 위장관 건강을 유지시키는 데 있어 몇가지의 중요한 역할을 수행한다. 섬유의 조성에 의존하여 식이성 섬유기능들중 수분보유능력(water-holding capacity)을 증가시키는 것과 음식의 위장내 비위축과 장 통과시간의 변경, 용적의 제공, 영양분 흡수의 영향과 위장관점막의 흡수와 구조통합유지 등이 있다.

다당류(polysaccharides)들은 하부소장과 대장내에서 혐기성 세균의 다양한 수준에 의거한 발효로 섬유를 조제한다. 이 발효의 대사 최종산물(metabolic end-products)은 단쇄지방산(short chain fatty acids, SCFA) 즉, 초산염, 낙산염 및 프로피온산염 뿐만아니라 수소, 탄산가스, 메탄가스 및 기타 가스들이다. 섬유발효는 개와 고양이에서는 그들의 위장관의 길이가 짧기 때문

에 중요하지 않다고 생각되어온 바 있다. 아무리 최근 연구가 개와 고양이가 대단히 활발한 결장세균들과 중간정도의 발효능력들을 소유하고 있는 것으로 나타나고 있지만^{1,2}, SCFA들은 식이성 섬유의 발효로 생성되어지고 정상 장기능의 유지에 중요하고 장질환의 회복에 있어서도 도움을 줄 수 있다. SCFA들은 결장세포들의 좋아하는 연료원들이며, 장내강에서 유래되어지는 SCFA들의 에너지중 70퍼센트 이상을 만들어 낸다. 소장에서는 공장세포들은 글루타민, 포도당과 SCFA들을 활용하여 연료를 만들게 된다. 장내강에 있는 SCFA들은 또한 결장 혈류의 증가, 나트륨과 수분축진, 담즙산에 의한 전해질 수송(운반)이 변화방지 그리고 결장세포 증식의 자극을 주는 것을 하는 기능이 있다.

발효특성(Fermentation Properties)

섬유원들은 전통적으로 용해성과 점조성의 정도에 따라 분류되어져 왔다. 한편 이러한 특징들이 독특하게 구분되도록 하여주는데, 섬유의 발효능력은 장관내에서 섬유의 생리학적 영향들을 보다 더욱 직접적인 증명(입증)을 제공해주는 것이다. 전통적으로 불용성 섬유들은 비발효성이라고 분류되어 왔으며, 한편 용해성 섬유들은 발효성으로 분류되어 왔다. 그렇지만 이러한 통칙(일반론)에도 주목할 만한 예외들은 있다(표 1). 저발효성 섬유들은 최소한의 단쇄지방산들을 생산한다. 매우 높은 발효성 섬유들은 반대로 많은 양의 단쇄지방산들을 생산한다. 그러나 과도한 규정식내 농도(excessive dietary concentrations)는 또한 설사

* Director of Strategic Research, Research and Development, The Iams Company, Lewisburg, Ohio

** Research and Development, The Iams Company, Lewisburg, Ohio

조영웅(譯者) - Y.J. Trading Co., Consultant

변과 과다한 가스와의 같은 부작용의 원인이 되는 수가 있다.

표 1. 개에서의 식이성 섬유 발효

섬유형태(Fiber type)	용해성(Solubility)	발효성(Fermentability)
사탕무우펄프(Beet pulp)	낮다	중간
셀룰로스(Cellulose)	낮다	낮다
쌀겨(Rice bran)	낮다	중간
아라비아고무(Gum arabic)	높다	중간
펙틴(Pectin)	높다	높다
카르복시 메칠셀룰로스(Carboxymethylcellulose)	높다	낮다
메칠셀룰로스(Methylcellulose)	높다	낮다
양배추섬유(Cabbage fiber)	낮다	높다
구아르고무(Guar Gum)	높다	높다
로우커스트콩 고무(Locust bean gum)	높다	낮다
잔탄고무(Xanthan gum)	높다	낮다

아이엠스 기술센터 자료 1994. 오하이오주 루이스버그시.

시험관내 방법론은 개와 고양이의 장내 미생물총(微生物叢)에 의한 각각 다른 섬유들의 발효를 연구하도록 이용되어져 왔다. 개들에서의 첫번째 조사연구들의 하나는 15개의 섬유들을 개의 장내 미생물총의 발효하는 능력을 비교하는 것이었다³.

장내 미생물의 군집은 3마리의 영국 포인타 성견으로부터 신중하게 비운 분변 샘플들을 채집하여 얻어 내었고 그리고 그것들은 혐기(무기)성 상태로 즉시 보존시켰다. 그 샘플들은 혐기성 희석용액을 사용하여 희석되었고, 여과시켰고 그리고 탄산가스로 봉인시켰다. 부분표본(Aliguots)들은 섬유원과 멸균배양배지의 선측정량을 넣은 원심분리기 튜브들안에 정치시켰다. 그 튜브들은 혐기상태를 유지시키기 위해 탄산가스로 관류(灌流, flush)시켰고, 마개를 막고 그리고 6, 12 또는 24시간 간격으로 배양시켰다.

이 조사연구의 결과들은 감귤펙틴, 락툴로스(C₁₂H₂₂O₁₁, lactulose) 및 구아르고무는 개의 분변 미생물총에 의해 모두 높은 수준으로 발효되었으며, 한편 Solka Floc®(일종의 셀룰로스원)과 귀리섬유(Oat fiber)는

거의 대부분 발효되지 않았다. 사탕무우펄프와 쌀겨는 개의 미생물총에 의해 보통 정도 수준으로 발효되었다. 이러한 시험관내 발효자료는 또한 사탕무우펄프와 쌀겨는 개의 위장관에 단쇄지방산들의 탁월한 원료가 되어질 수도 있다. 대조적으로 셀룰로스는 개에서는 단쇄지방산의 빈약한 원료로 예상되어질 수가 있다(그림 1).

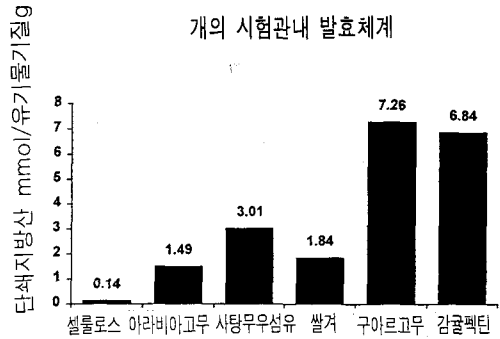


그림 1. 단쇄지방산(SCFA) 생산.

저자들은 섬유의 화학조성이 발효의 정도와 생산된 발효의 최종산물에 대해 극적으로 영향을 끼치는 것으로 결론내렸다. 이 조사연구는 또한 개에서의 섬유 발효의 측정에 있어 시험관내 기술들의 유용성과 감수성을 예시하였다.

비슷한 조사연구가 고양이 장 미생물총을 가지고 동일한 시험관내 기법을 이용하여 실행되었으며 고양이들은 셀룰로스를 발효시키는데 있어서 최소의 능력을 가지고 있고, 한편 로우커스트콩 고무, 구아르고무 및 감귤펙틴과 같은 용해성 섬유들은 매우 높은 발효성을 가지고 있었다². 어떠한 간에 개들과 고양이들간에 얼마간의 차이는 존재할 수 있다. 개 미생물총과 고양이 미생물총을 비교할 때 사탕무우펄프와 아라비아고무로부터 낙산염(butyrate)의 보다 낮은 비율을 조성한다(표 2). 이러한 시험관내 조사연구들의 결과들은 개와 고양이들에 있어서 생체내 섬유발효조사사업을 촉진시켰다.

섬유발효에 관한 사료의 영향(Effect of Diet on Fiber Fermentation)

개와 고양이의 위장관내에 섬유의 발효성(능력)에

표 2. 개와 고양이 분변세균^a에 의한 선별식이성 섬유 발효특성

섬유	개			고양이		
	OMD ^b %	단쇄지방산 생성 ^c	총단쇄지방산의 % 나산염	OMD ^b %	단쇄지방산 생성 ^c	총단쇄지방산의 % 나산염
셀룰로스	3.0	0.20	0.0	0.9	0.07	0.0
아리비아고무	29.9	1.00	21.0	29.5	1.26	3.2
사탕무우펄프	31.4	2.49	21.7	33.3	1.97	5.6
펙틴	79.7	5.91	7.8	84.7	5.47	8.0
FOS ^d	84.5	5.67	5.3	86.1	4.33	9.7

^a : 2마리의 개^{1,5}와 2마리의 고양이^{5,12}의 시험관내 발효실험들의 통합결과를 나타낸다.
^b : 유기물소실(organic matter disappearance, OMD) : 섬유발효지수.
^c : 유기물기질 g당 mmol.
^d : 과실유래과당류(果實由來寡糖類, Fructooligosaccharides, FOS).

는 몇개의 인자들이 영향을 끼친다. 이러한 인자들은 섬유의 형태, 발효세균에 노출되는 시간의 길이 그리고 해당세균들의 원천들이다. 세균의 수효, 종류 및 발효능력은 사료의 변화들을 통하여 변경되어질 수도 있다. 최근 연구에서 장내 미생물형을 조작하는 것과 사료를 통한 합성발효산물을 만들어 내는 것이 가능해질 수도 있다는 것을 제시하고 있다. 개와 고양이의 분변 미생물총을 가지고 시행하는 시험관내 조사연구들에서 동물에 맞게 만들어진 사료가 식이성 섬유를 발효시키는 능력에 현저하게 영향을 준다는 것을 보여주었다^{4,5}.

첫번째 조사연구에서는 개 분변접종물 2개의 원료가 사용되었다. 첫번째 것은 비발효성 섬유원(셀룰로스)을 함유한 사료에 적응이 된 한 그룹의 개들에서 수집되었다. 두번째 것은 발효성 섬유원(감귤펄프)을 함유하는 사료에 적응이 된 개들로부터 수집되었다. 이미 전에 기술된 바 있는 시험관내 기법은 2개의 그룹의 개들에게서 분변 미생물총이 수집되고 배양되는 데 쓰여졌다.

24시간이상 12개의 다른 형의 섬유들을 발효시키기 위해 사용한 접종물의 성능이 조사되었다. 종전의 조사연구에서 나타난 것과 같이, 섬유형태들은 발효되는 정도에서 크게 다양하였다. 그렇지만 그 결과들은 발효성 섬유원(감귤펄프)을 함유한 사료에 적응된 개들의 미생물총들이 비발효성 섬유원을 함유한 사료에 적응된 개들의 미생물총보다 더 신속하게 식이성 섬유

표 3. 개 분변미생물총에 의한 섬유기질의 발효성에 관한 사료의 영향

	셀룰로스 배양시간(시간)			감귤펄프 배양시간(시간)		
	6	12	24	6	12	24
초산염 생산 (mmol/g OM)						
캐롭콩(Carob bean)	0.38	1.00	2.00	0.61	0.47	1.22
감귤펄프	0.59	1.39	2.33	1.28	2.00	2.33
펙틴	0.54	1.54	4.41	1.15	3.02	2.22
총단쇄지방산 생산 (mmol/g OM)						
감귤펄프	0.81	1.88	3.31	2.08	2.72	3.42
펙틴	0.72	2.07	6.09	1.51	4.17	3.87

유를 발효시킨 것으로 나타났다(표 3). 이러한 결과들은 사료중에 있는 섬유의 종류(형태)가 분변 미생물총의 발효능력에 영향을 끼치고 신섬유원을 함유한 사료를 도입시킬 때 세균의 적응기간이 필요하다는 것을 예상시켜 주게 되는 것이다.

고양이의 이와 유사한 조사연구에서는 무첨가 섬유 사료를 급여시킨 고양이와 또는 발효성 섬유(사탕무우 펄프)를 함유하는 사료를 급여시킨 고양이들로부터 분변 접종물을 구하는 것이 포함되었다⁵. 결과들은 섬유의 형태와 발효성 섬유를 급여시킨 고양이들로부터 얻은 분변 접종물들이 무첨가 섬유사료를 급여시킨 고양이로부터 얻은 접종물 보다 약간 더 높은 유기질

소실(발효의 측정방법)과 프로피온산염의 생산이 훨씬 높은 것으로 종합집계되었다. 무첨가 섬유사료를 급여시킨 고양이들로부터 얻은 점종물들이 사탕무우 펄프를 급여시킨 고양이에서 얻은 점종물보다 초산염 대 프로피온산염이 보다 더 높은 비율로 생산되었다. 이러한 결과들은 개들에 있어서와 마찬가지로 고양이의 사료속에 식이성 섬유를 포함시켜 주었을 때 식이성 섬유의 시험관내 발효가 증가한다는 것을 나타낸다. 이러한 정보는 장내 미생물총의 발효능력(작용)이 식이성 섬유에 따라 달라질 수도 있다는 것을 암시한다. 변경된 발효작용은 장내세균의 변형된 효소작용과 또는 장내 미생물총의 조성에 변화에 기인함직하다.

시험관 결과들의 활용으로 식이성 섬유의 생체내 효과예측(Use of *in vitro* Results to Product *in vivo* Effect of Dietary Fiber)

정상적인 위장관의 기능과 건강을 증진시켜 주는데에는 개들과 고양이들의 사료중에 적정수준의 섬유가 필요하다는 것이 수용되고 있는 지식이다. 최근 생체내 조사연구들에서 사료중에 함유되어 있는 섬유의 형태(종류)가 건강을 유지하는데 있어서나 어쩌면 질병의 회복에 도움을 주는데 매우 중요하다. 식이성 섬유는 사료건물의 7.5퍼센트 정도를 첨가할 때 분변배출, 분변의 질, 소화물 정체시간 그리고 사료 소화력의 다양한 정도, 섬유종류의 의존도에 영향을 준다^{6,7}. 이러한 효과들은 섬유의 점도, 함수능력, 과 발효능력과 같은 인자들에 의해 영향을 받는다. 섬유의 종류도 또한 결장의 장점막 미세구조에 영향을 준다⁸. 중간수준의 발효성(사탕무우 펄프) 섬유원이나 높은 수준의 발효성(펙틴/아라비아고무 혼합물) 섬유원들중 어느 하나를 급여시킨 개들에서 무발효섬유원(셀룰로스)을 함유하는 사료를 급여시킨 개들과 비교해볼 때 결장 무게, 점막표면 및 점막의 증식의 증가가 있었다. 중간수준의 발효성 섬유원(사탕무우펄프) 역시 음와염(Cryptitis)과 점액팽만(mucus distention)의 발생을 최소화시켜 준다. 다른 생체내 연구에서는 개들과 고양이들의 사료중에 과실유래과당류와 유자당(lactosucrose)과 같은 과당류(寡糖類, oligosaccharides)의 효과들을

조사연구하였다⁹⁻¹¹. 이와같은 새로운 섬유원들은 호기성 미생물총의 감소, 많은 유용세균들의 증가와 병원성 세균수효의 감소를 포함하는 장 세균의 조성에서 변화들의 원인이 된다.

개와 고양이의 분변점종물에 의한 시험관내 식이성 섬유의 발효검사와 섬유함유사료들의 생체내 소화와 대사에 대한 이러한 조사연구 결과들과 관련시킨 최근 조사연구가 있다^{1,12}. 이 작업은 인간들과 다른 동물들에서 시험관내 섬유의 활용조사연구와 생체내에서의 그 결과들 간의 합의가 도출되었음을 선언하게 하였다¹³⁻¹⁵. 한 생체내 조사연구가 한 시험관에 발효 실험에서 얻은 자료를 이용하여 조제된 여섯개의 섬유함유사료들의 하나를 급여시킨 30마리의 영국 포인터 견견에서 실시되었다. 섬유는 7.5퍼센트 첨가 총식이성 섬유가 되도록 완전 균형 기초사료에 첨가하였다. 이것들은 사탕무우 펄프(beet pulp, BP), Solka Floc(SF; 셀룰로스), 감귤 펄프(citrus pulp), 발효를 최소화시키고 분변의 질을 최대화시키기 위해 취사 선택한 섬유들의 혼합물(SB : 75% Solka Floc과 25% 아라비아 고무), 단쇄지방산 생산을 최대화하기 위해 선발된 섬유들의 혼합물(SC : 40% 감귤펙틴, 20% gum talha, 20% 캐럽콩 고무, 20% 로우커스콩 고무)과 단쇄지방산 생산과 분변의 질을 최적화시키도록 선발한 섬유들의 혼합물(CB : 80% 사탕무우펄프, 10% 감귤펙틴, 10% 구아르 고무) 등이었다. 5마리의 개를 나눈 군들은 각각 6개의 규정식 처리를 할 수 있도록 무작위로 배치되었고 12일간으로 조절된 기간동안 무제한 급여시켰다. 이것은 5일간의 총분뇨수집이 수행되었다. 영양분 섭취와 소화력, 에너지대사, 소화물 정체 시간 및 분변의 질이 측정되었다.

결과들에서는 건물(dry matter, DM)소화성(율), 분변 생성, 분변의 질 그리고 배변빈도가 사료중의 섬유의 발효성에 모두 영향을 받은 것으로 나타났다. 예를 들면 SC사료를 급여시킨 개들은 SF사료를 급여시킨 개들과 비교했을 때 건물소화성에서 4.5퍼센트 증가한 것이 결과로 나타났고 섬유소화성에서는 5곱절이 더 크게 증가한 것으로 나타났다. 수양성 분변, 설사 그리고 변비의 생성은 모두 바람직하지 않은 결과로 나타났다. 최적의 분변의 질이란 설사를 예방하는데 적절한 정도를 가진 그러나 변비를 방지하기에 충분할

만큼 연한 것으로 정의를 내렸다. 섬유원들은 배변빈도의 저하, 분변습기함량의 부족 및 견고하고 건조한 분변의 생산이 결과로 일어나 발효성에서는 낮은 것으로 나타났다. 대조적으로, 매우 발효성이 높은 섬유원들을 함유한 사료들을 급여시킨 것에서는 설사가 야기되었다. 중등도의 발효성 섬유원들은 우수한 분변특성들과 영양분 소화성을 둘다 생성하였다. 시험관내 유기질소소실치(organic matter disappearance values)와 생체내 섬유소화성치(fiber digestibility values)간의 상관은 이 조사연구에서는 매우 높았다($R^2=0.93$, $p < 0.01$). 이러한 자료들은 시험관내 기법들이 개에서 생체내 섬유발효특성들의 선지표를 설정하는데 있어 신뢰성 있고 정밀한 방법을 제공하게 되어질 수 있다는 것을 가르킨다(그림 2).

고양이 분변 미생물총을 가지고 시행한 유사한 시험관내 발효실험에서는 감귤펙틴 구아르고무 및 로우커스트콩 고무의 유용한 발효를 제시한다. 대조적으로 유기질 소실은 셀룰로스, 카라야 고무(gum karaya), 잔탄고무(xanthan gum) 및 아라비아 고무에 대해 30퍼센트가 낮았다². 고양이에게 급여시킨 각기 다른 섬유

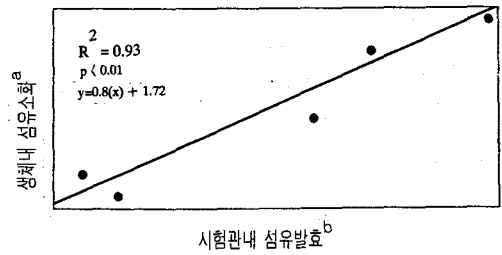


그림 2. 개에서 시험관내 섬유발효 대 생체내 섬유소화의 상관관계.
a : 총식이성 섬유 소화성, b : 발효 24시간 유기질 소실(OMD)

원들 또는 복합물들을 섞은 사료를 가지고 시행한 실험결과들에서는 높은 발효성 섬유를 고양이에게 급여시키면 그 결과로(DM), 질소 그리고 지질소화율의 감소를 유발하여 설사같은 분변을 생성하는 것이 발견되었다(표 4)¹². 시험관내 조사연구에서 얻은 24시간 유기질 소실에 대한 수치들이 생체내 조사연구에서 얻은 총식이성 섬유소화율에 대한 수치에 필적되었을 때 상관계수는 0.93($p < 0.01$)이었다. 개와 마찬가지로 시험관내 발효성적들이 생체내 성적들과 높은 상관을

표 4. 실험사료를 급여시킨 고양이들에서 건물, 유기질, 총식이성섬유(TDF), 질소 및 지질섭취 그리고 소화율

항 목	사 료 ^a						SEM	TE ^b
	NF	BP	SF	SB	SC	CB		
처리당 수(마리)	5	5	5	5	5	5	-	-
체중, Kg	2.5	2.4	2.4	2.4	2.4	2.4	0.4	-
건물섭취, g/일	38.7	43.0	44.0	50.5	34.3	48.2	6.3	0.51
유기질섭취, g/일	36.2	39.8	41.3	47.0	32.0	44.7	5.8	0.51
질소섭취, g/일	2.3	2.6	2.6	2.9	2.0	2.9	0.4	0.53
지질섭취, g/일	9.3	10.4	10.6	12.3	8.3	12.2	1.6	0.41
총식이성섬유섭취, g/일	0.7 ^c	4.5 ^d	4.9 ^d	5.5 ^d	4.1 ^d	5.0 ^d	0.7	$p < 0.01$
건물 소화율, %	88.0 ^c	80.4 ^d	81.0 ^d	80.3 ^d	61.3 ^c	80.8 ^d	1.8	$p < 0.01$
유기질 소화율, %	91.6 ^c	83.8 ^d	83.5 ^d	83.0 ^d	63.7 ^c	83.7 ^d	1.8	$p < 0.01$
질소 소화율, %	86.7 ^c	83.3 ^c	88.4 ^c	86.0 ^c	59.0 ^d	83.2 ^c	2.1	$p < 0.01$
지질 소화율, %	93.9 ^c	91.5 ^c	95.0 ^c	95.9 ^c	39.6 ^c	88.7 ^c	3.4	$p < 0.01$
총식이성 섬유 소화율, %	5.3 ^c	38.2 ^d	8.9 ^c	5.7 ^c	50.6 ^d	41.1 ^d	5.1	$p < 0.01$

a : NF=섬유무첨가, BP=사탕무우펄프, SF=Solka Floc, SB=분변복합물, SC=단쇄지방산 혼합물, CB=배합된 복합물

b = 전체처리는 P-value를 나타낸다.

c, d, e=일반어깨글자가 없는 같은 줄의 평균치들은 다르다($p < 0.05$)

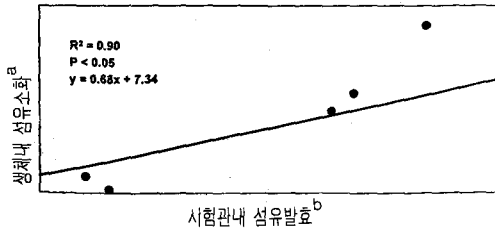


그림 3. 고양이에서의 시험관내 섬유발효 대 생체내 섬유소화의 상관관계.
 a : 총식이성 섬유소화율, b : 발효24시간 유기질소실

가진 것으로 나타났다(그림 3).

동물간의 차이성 (Species Differences)

개와 고양이들에서 각기 다른 식이성 섬유원들에 대한 관용 능력들에 관하여서는 중요한 차이가 있는 것으로 관찰되었다. 높은 발효성 섬유들을 급여시킨 개들에서 분변경도점수(fecal consistency scores)가 반대현상이 나타나지만, 개들에서 소화율의 저하는 관찰되지 않았다. 대조적으로 높은 발효성 섬유를 함유한 사료를 급여시킨 고양이들에서는 소화율 계수(digestibility coefficients)가 현저하게 감소되었다(표 4). 이러한 차이들은 높은 발효성 및(또는) 점조성이 섬유들에 관용하는 능력이 고양이에게는 없는 것에 대한 반영일 수도 있다.

이 관찰은 또한 점조성이 있고 높은 발효성 섬유들을 통조림 고양이 사료에 점성증진제(viscosity enhancer)로서 사용하고 있는 일반관행의 유해작용 가능성을 탐색하기 위해 필요한 점을 지적하였다. 개에서와 마찬가지로 중등도의 발효성 섬유원들을 함유한 사료들은 고양이에서 최적의 분변의 질과 영양분 소화율을 결과로 생기게 하였다.

요 약 (Summary)

시험관내 섬유평가는 개들과 고양이들에서 생체내 섬유발효반응들을 예측하는 수단(방법)으로서의 효능을 예시하여 주었다. 이 시험관 기법은 주의깊게 조절된 조건아래에서 각기 다른 섬유들이 정도(급수)와 발효효율, 생산된 최종산물의 종류와 량 및 일정시간 이

상의 발효성 변화사이의 비교들을 실시하였다. 분변 점중물 샘플들은 위위결장내에 존재하는 미생물총을 대표하여 수집하였다. 장관내 이부분(구역)에 있는 미생물총 집단이 전 장관에 걸쳐있는 미생물총 집단들을 대표한다고 생각되지는 않았지만 그 미생물집단들을 대표로 한 샘플들을 개들과 고양이들에 있어 대부분의 섬유발효에 관여시켰다. 혐기성 조건아래에서 점중물의 주의깊은 취급과 배양은 더욱더 점중물들로 사용된 샘플들의 생존성과 일치성을 보장시켜 주었다.

시험관내 조사연구들에서는 펙틴과 몇 식물성 고무들은 높은 발효성을 가지고 있고, 사탕무우 펄프는 중등도의 발효성 그리고 셀룰로스는 개와 고양이들의 분변미생물총에 의해서는 발효성이 없는 것으로 나타났다. 이러한 결과들은 개들과 고양이들에서 시행한 실제급여(사양)조사연구들에서 얻은 결과들과 상관이 잘 이루어졌다. 시험관내 기법들은 빠르고, 저렴하고, 침해하지 않고 그리고 발효수준들에 따라 섬유의 순위를 정할 수 있게 해준다. 게다가 생산된 주요 단쇄지방산의 분포비율과 일정시간 이상의 발효양상의 변화와 같은 생체내 시험을 통해 얻을 수 없는 자료를 얻을 수 있게 해준다. 시험관내 조사연구들을 통해 얻은 정보는 개들과 고양이들의 사료들을 조제(처방)하는데 유용한 정보를 제공한다.

임상적 연관성 (Clinical Implications)

높고 낮은 발효성은 상호 부작용을 야기시키기 때문에 중등도의 발효성 섬유를 급여시키는 것이 과도한 발효의 부정적인 효과없이 단쇄지방산 생산에 긍정적인 효과를 최적화시킨다. 최소한의 장의 가스(intestinal gases) 생산을 동반한 단쇄지방산들을 효과적으로 생산하는 것이 반려동물들에 역시 중요한 일이다. 사탕무우 펄프와 쌀겨 두가지가 이러한 범주를 충족시킨다. 시험관내 방법론은 개와 고양이 사료중에 첨가용으로 적절한 것이 되어질 수 있는 추가적인 섬유원들을 선별하는데 사용되어질 수가 있게 된다.

단쇄지방산들을 포함하는 특수 장 영양분들의 제공이 다른 동물들에서 정상적인 장기능을 보호와 회복을 촉진시키는 두가지 기능을 하는 것으로 입증되어

졌다. 인체에서의 증거가 염증성 장질환(inflammatory bowel disease, IBD)과 괴양성 결장염(ulcerative colitis)과 같은 만성 장질환이 발효성 섬유와 단쇄지방산 상태와 연관되어질 수도 있다. 쇠약한 동물들은 위축된 장점막과 상피재생이 감소되는 것으로 알려졌다. 장질환들은 점막성장을 촉진시키고, 장세포들을 위한 에너지 기질들을 제공하고, 음와염과 점액 팽만을 최소화시켜주는 영양학적 조정(개입)으로 잘 치료될 수도 있다. 사료중에 비발효성 섬유의 과다한 수준은 회복에 필요한 적절한 단쇄지방산들을 장에 제공하지 않을 수도 있고, 중등도 발효성 또는 특성을 가진 섬유들은 비병원성 세균(과실유래 과당류와 유자장 같은 것)을 촉진시켜 유익할 수 있을 것으로 가정할 수 있다. 식이성 섬유들은 높은 농도의 낙산염을 산출하

여 대장에 유용한 영향을 줄 수도 있고, 섬유기질들은 빠르게 발효되거나 또는 높은 초산염 생산이 소장점막증식을 촉진할 수도 있다.

개별 단쇄지방산(초산염, 프로피온산염 및 낙산염)들은 숙주동물에 다른 효과들을 갖고 있기 때문에, 식이성 섬유는 장소-특수(성)영양(site-specific nutrition)을 하는 능력에 있어 역시 중요하게 되는 수가 있다. 계속된 시험관내 연구에서 최적의 단쇄지방산 프로파일들과 개별 섬유원들의 다른 발효특성에 관련된 정보를 제공하게 될 것이다. 사료들은 바람직한 단쇄지방산 프로파일들을 제공하는 섬유혼합물들로 조제되어질 수 있으며 위장관 건강을 유지시키는 방법으로 미생물집단들에 영향을 주거나 그렇지 않으면 어떤 질병들의 예방 또는 치료에 도움을 준다.

참 고 문 헌

1. Sunvold GD, Fahey GC Jr, Merchen NR, Titegemeyer EC, Bourquin LD, Bauer LL, Reinhart GA. Dietary fiber for dogs: IV. *In vitro* fermentation of selected fiber sources by dog fecal inoculum and *in vivo* digestion and metabolism of fiber-supplemented diets. J Anim Sci, 1995; 73 : 1097~1109.
2. Sunvold GD, Titegemeyer EC, Bourquin LD, Fahey, GC, Reinhart GA. Fermentability of selected fibrous substrates by cat faecal microflora. J Nutr, 1994; 2721S~2722S.
3. Sunvold GD, Bourquin LD, Titegemeyer EC, Fahey GC Jr, Reinhart GA. Fermentability of various fibrous substrates by canine faecal microflora. FASEBJ, 1993; 7 : A740.
4. Sunvold GD, Fahey GC Jr, Merchen NR, Reinhart GA. Fermentability of selected fibrous substrates by dog faecal microflora as influenced by diet. J Nur, 1994; 124 : 2719S~2720S.
5. Sunvold GD, Fahey GC Jr, Merchen NR, Reinhart GA. *In vitro* fermentation of selected fibrous substrates by dog and cat faecal inoculum: Influence of diet composition of substrate organic matter disappearance and short-chain fatty acid production. J Anim Sci, 1995; 73 : 1110~1122.
6. Fahey GC, Merchen NR, Corbin JE, Hamilton AK, Serbe KA, Lewis SM, Hirakawa DA. Dietary fiber for dogs: I. Effects of graded levels of dietary beet pulp on nutrient intake, digestibility, metabolizable energy and digesta mean retention time, J Anim Sci, 1990; 68 : 4221~4228.
7. Fahey GC, Merchen NR, Corbin JE, Hamilton AK, Serbe KA, Hirakawa DA, Dietary fiber for dogs: II. Iso-total dietary fiber(TDF) additions of divergent fiber sources to dog diets and their effects on nutrient intake, digestibility, metabolizable energy and digesta mean retention time. J Anim Sci, 1990; 68 : 4229~4235.
8. Reinhart GA, Moxley RA, Clemens ET. Source of dietary fiber and its effects on colonic microstructure, function and histopathology of Beagle dogs. J Nutr, 1994; 124 : 2701S~2703S.
9. Willard MD, Simpson RB, Delles EK, Cohen ND, Fossum TW, Kolp D, Reinhart GA. Effects of dietary supplementation of fructo-oligosaccharides on small intestinal bacterial overgrowth in dogs. Am J Vet Res, 1994; 55 : 654~659.
10. Terada A, Hara H, Kato S Kimura T, Fujimori I, Hara K, Maruyama T, Mitsuoka T. Effects of lactosucrose(4G-beta-D-galactosylsucrose) on fecal flora and fecal putrefactive products of cats. J Vet Med Sci, 1993; 55 : 291~295.