



## 파악하기 어려운 ‘섬유질 분해효소(FDE)’의 작용 기전 이해

많은 사료원료의 어려운 부분들, 즉 공급망, 불안정한 가격 변동성, 품질 변화 등으로 인해 가축 영양 부문이 점점 더 많은 압박을 받고 있음은 모두 주지하는 바이다. 이로 인해 생산 비용이 상승하여 가축 생산성 및 수익성에 상당한 영향을 미치고 있다. 갈수록 사료회사뿐만 아니라 양계가들까지도 대체 원료 사용에 대한 관심이 높아지고 있고, 그 결과 사료 배합비에 고섬유질 잡곡류와 단미사료, 각종 부산물이 더 많이 포함되고 있다.

**섬**유질을 분해하는 효소의 사용은, 이러한 성분에 존재하는 비전분다당류(NSP; Non-Starch Polysaccharide)의 증가된 항영양 인자를 상쇄하는데 유용한 도구로 사용되어 왔고, 가축의 생산성과 경제성을 극대화하는 데에 있어서 점점 더 중요해지고 있다.

그러나 아직까지도 섬유질 분해효소의 작용 방식(Mode of Action)은 온전하게 이해하기 어려웠었다. 지금까지는 그랬다.

이러한 효소는 10년 넘게 휴브파마 R&D팀의 핵심 초점이었으며, 외부 연구 그룹과 함께 단위 위장관(Monogastric Gastrointestinal Tract: GIT)에서 섬유질 분해효소의 작용 방식에 대한 이해를 높이기 위해 노력해 왔다. 이러한 협력 중 하나인 휴브파마의 후원을 받는 네덜란드 바헤닝엔 대학과 연구팀(WUR)의 식품화학연구소의 박사 프로젝트는 분자 수준에서 섬유질 분해효소(Fiber Degrading Enzyme; FDE)가 NSP의 구조에 미치는 영향과 이것이 육계의 영양소 소화 및 후장(後腸) 발효에 미치는 영향을 연구했다.

2022년 성공적으로 종결된 이 프로젝트의 연구 결과는 FDE의 체외 모드와 작용 메커니즘에 대한 정

확한 해답을 제공하며, 휴브파마가 지금까지 구체적인 증거가 부족하다고 보고 있는 분야인 FDE의 프리바이오틱스 효과에 대한 새로운 한줄기 빛을 제공했다.

일반적으로 곡물의 NSP는 부정적인 영향과 긍정적인 영향을 모두 가지고 사료 배합비에 중요한 역할을 해왔다. 영양소 소화에 대한 NSP의 부정적인 영향을 줄이고 발효에서 NSP의 긍정적인 효과를 증가시키기 위한 섬유소 처리(Treatment)는, 결과적으로 비용을 최소화하면서 가축의 건강과 생산성을 개선하는데 특히 중요하다. 이를 달성하는 주요 수단은 다당류를 단당류로 중합을 해체하는 FDE로 사료 배합비를 보충하는 것이다. 고섬유질 잡곡류의 사료 배합비 내에 이용성이 높아지면 높아질수록 FDE의 역할은 앞으로 더욱 중요해질 것이며, FDE의 작용 방식과 효율성에 대한 완전한 이해는 가축의 생산성과 축산업의 수익성을 극대화하는데 더욱 중요해질 것이다.

가축 생산성 개선에 대한 FDE의 유익한 영향은 다음의 3가지 주요 메커니즘으로 구성된다.

- ① 점도 감소
- ② 프리바이오틱 올리고당 방출
- ③ 세포벽 매트릭스에 갇힌 영양소의 캡슐화 해제

이 중에서 점도 감소 메커니즘은 잘 문서화되고 연구되었지만 다른 2가지 메커니즘, 특히 프리바이오틱 화합물의 방출은 여전히 파악하기 어려운 상태로 남아 있었다. 여러 연구에서 아라비녹실란 올리고당(Arabinoxylan Oligosaccharides: AXOS)의 소장 내 방출을 지적했음에도 불구하고, FDE의 사용으로 형성된 프리바이오틱 화합물과 가축 소화물에서 이러한 AXOS의 검출은 제대로 보고되지 않았으며 이들의 형성에 대한 직접적인 증거도 없었다.

휴브파마의 연구는 육계에서 FDE에 의한 곡물

NSP 분해에 초점을 맞추었으며, 올리고당 형성(Oligosaccharide Formation), 탄수화물 발효 패턴 및 위장관(GIT)의 영양소 활용에 미치는 영향을 조사했다. 또한 육계의 맹장 미생물군 구성에 대한 FDE의 영향을 포함하였다. 이 연구는 AXOS의 생체 내 방출, 아라비녹실란(Arabinoxylan)과 AXOS의 단쇄 지방산(SCFA)으로의 발효, 세포벽 구성 요소의 GIT에 따른 전달 작용 및 분해 프로파일, AXOS 발효와 AXOS를 SCFA로 발효시키는 것으로 알려진 유익한 장내 미생물 집단의 증식 사이의 연관성으로 범위를 좁혔다.

## 1. 입불임 사료에서 비전분다당류 분해 효소(NSPases)의 핵심 역할

육계의 초기 영양 섭취는 출하까지의 생산성에 중요한 역할을 하는데, 이 집중적인 성장 기간에는 위장관(GIT)이 발달 중이기 때문이다. 효율적인 영양소 활용과 함께 건강한 장은 강력한 면역 체계를 지원한다. 장 건강의 유지 또는 개선이 최적의 성장, 더 나은 사료효율성 및 전반적인 건강에 필수적이라는 것은 널리 받아들여지고 있다.

부화후 병아리가 지질이 풍부한 난황을 기반으로 하는 신진대사에서 고탄수화물 및 단백질 기반 배합사료로 전환하는 것은, 초생추의 위장관(GIT)이 기능적으로 미성숙하다는 의미임은 더 말할 나위가 없다. 이 핵심 배경을 이해하고 고려하면, 입불임 사료(Pre-starter)의 배합비는 육계의 후속 성장과 생산성, 즉 평균 출하체중과 일령, 사료요구율 등에 결정적인 영향을 미친다는 것을 알 수 있다. 휴브파마의 자일라나제 연구팀은 이미 생산주기가 끝날 때 초기 입불임 사료 시기의 체중과 출하 체중 사이에 강력한 양(+)의 상관 관계가 있음을 입증하고 있다.

부화후 첫 몇시간 동안 탄수화물과 지방이 포함된 입불임 사료는 총 요구량보다 소화 가능한 영양소에

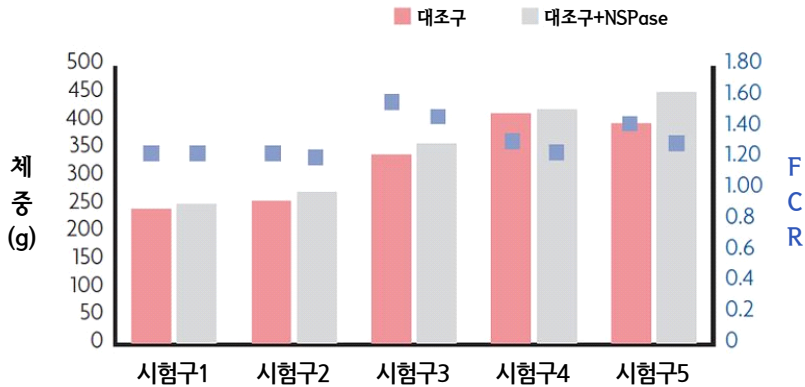


그림1. 5개의 입불임 사료를 급여한 후 체중 및 FCR(시험구 1~3은 10일령, 시험구 4~5는 14일령)

더 중점을 두고 배합비가 준비되어야 하며, 위장관(GIT)의 효소 시스템이 성숙되어지면 초생추가 나중에 더 복잡한 기질을 소화할 수 있도록 사전에 준비시킬 수 있어야 한다. 소화율이 높은 특수 단미사료들은 매우 비싼 경향이 있기 때문에 외인성 효소(Exogenous Enzymes)의 사용은 육계의 생산성을 향상시키는 최적의 도구가 될 수 있다.

외인성 효소, 즉 비전분다당류 분해효소(NSPase)는 오늘날 최고 품질의 사료 배합비에 필수적인 첨가제이다.

## 2. 1주령 육계에서 비전분다당류 분해효소(NSPase)의 역할

NSP 분해효소 복합체인 Hostazym® X가 육계 성장의 초기 단계에 미치는 영향을 평가하기 위해 휴브파마 연구팀에서 5개의 동등한 가축 기술 성능 시험 세트를 수집했다. 그 결과 입불임 단계 성능과 전체 사육일령 주기 성능 간의 상관 관계에 대해 분석되었다. 영양이 많이 함유된 대조군 식단을 Hostazym® X가 보충된 동일한 식단과 비교했다.

모든 사양시험은 입불임 단계에는 소맥, 옥수수, 대두박 기반의 배합비를 사용하고 전후기 단계에서는

소맥, 옥수수, 대두박 및 채종박을 사용하는 42일령 출하시험으로 설정되었다.

시험 디자인은 대조군과 대조군 배합비+효소 복합체(1,500EPU/kg) 시험군을 비교했다. 표준 성능 지표를 측정했는데, 그림1은 모든 사양시험의 입불임 단계가 끝날 때의 성적 결과를 요약한 것이다. 모든 시험구에서 체중과 FCR에 유의한 차이가 있는 결과를 보였다(a  $p < 0.05$  또는  $0.05$

$\leq p \leq 0.1$ ).

효소 복합체의 부가가치와 효능은 육계가 평균 23g의 체중에 6 FCR 포인트(+0.06)를 더한 상당한 긍정적인 성능 반응을 보이는 입불임 단계의 결과에서 명확하게 볼 수 있었다.

비전분다당류 분해효소(NSPase), 즉 효소 복합체 Hostazym® X는 우수한 성능을 발휘하는 초생추의 영양에 중요한 역할을 하여 최적의 성능 결과를 제공한다. 비전분다당류 분해효소(NSPase)는 육계가 성장 신진대사를 위해 배합비를 최대한 활용하여 영양 문제와 각종 스트레스에 대처할 수 있도록 도와준다. 이는 위장관(GIT)과 내인성 효소 시스템이 아직 발달 중인 동안 초생추의 체내 영양소의 효율적인 사용을 지원한다.

## 3. 휴브파마 자일라나제(Hostazym® X) 및 원료 에너지 매트릭스 값

대사에너지(ME)는 가축의 유지 및 성장에 사용할 수 있는 사료 원료에서 나오는 에너지이다. 비전분다당류 분해효소(NSPase)는 섬유질을 분해하여 사료 성분에서 결합된 에너지를 방출한다. 이 과정은 또한 아미노산과 같은 다른 유용한 영양소를 방출한다.

**표1. 네덜란드 중앙동물사료국(CVB) 또는 CVB 값에  
게시된 원료 매트릭스 값 +/- 5%**

사료원료	양계 대사에너지(Kcal)		
	네덜란드 중앙동물사료국	+5% 최대허용 평가	-5% 평가 절하
옥수수	3,229	3,390	3,067
소맥	2,978	3,127	2,829
보리	2,657	2,790	2,524
대두박 (조단백 46%)	2,237	2,349	2,125
해바라기박 (조단백 36%)	1,441	1,513	1,369
채종박 (조단백 34%)	1,523	1,599	1,447

※ 참고: [www.cvbiervoeding.nl/pagina/10081](http://www.cvbiervoeding.nl/pagina/10081), [www.feedtables.com](http://www.feedtables.com)

에너지 가격이 지속적으로 상승함에 따라 NSP 분해효소를 사용하여 “사료에 이미 존재하지만 아직 동물이 사용할 수 없는 에너지”를 방출하는 것은 재정적으로 타당하다.

효소에 의해 원료에서 방출되는 에너지 및 기타 영양소의 양이 측정되는데 이를 매트릭스 값이라고 한다. Hostazym<sup>®</sup> X와 같은 모든 비전분다당류 분해효소(NSPase)에는 관련 매트릭스 값이 있다. 사료 영양학자들은 효소의 매트릭스 값을 사용하여 배합비를 재구성할 수 있으며 대부분의 경우 이러한 재구성(Reformulation)은 가축에서 동일한 수준의 선천적, 유전적, 동물공학적인 성능을 제공할 수 있는 동시에 사료 비용을 절감한다.

휴브파마의 자일라나제(Xylanase)인 Hostazym<sup>®</sup> X가 사료 배합에 전체(표준) 매트릭스 값을 적용할 때 가금류 및 돼지의 사료 비용을 최대 약 45,000원/톤까지 줄일 수 있다는 것은 유럽 시장과 동남아시아, 특히 태국의 CP그룹과 일본의 전농(JA Zen-Noh)에는 잘 알려져 있다. 이는 사료회사의 사용된 원료의 유형과 내부 R&D가 사내 데이터베이스에 있는 각 원료의 대사에너지(ME) 값을 잘 이해하고 있

는지에 따라 다른 것으로 보인다.

## 4. Hostazym<sup>®</sup> X 적용 사례

Hostazym<sup>®</sup> X는 부분 또는 전체 매트릭스 값을 사용하여 적용할 수 있다. Hostazym<sup>®</sup> X를 추가하여 사료 배합비에서 ME의 전체 매트릭스 값을 방출하는 것은 원료에 처음부터 충분한 ME 함량이 있는 경우에만 가능하다. 따라서 최적의 생산 결과를 얻기 위해 Hostazym<sup>®</sup> X 에너지 매트릭스 값을 적용할 때 원료의 ME 값을 아는 것이 중요하다.

일부 영양학자들은 원료의 영양 매트릭스 값을 위해 CVB(네덜란드 중앙동물사료국) 또는 프랑스 INRA(국가농업연구기구) 자료를 주로 사용한다. 다른 영양학자들은 원료의 실험실 분석을 기반으로 하는 WPSA(World Poultry Science Association) 보정 표를 사용하여 계산된 자체 값을 가지고 있다. 현재 글로벌 표준으로 인정되는 각 원료에 대한 ME에 대한 단일 값은 없다. CVB와 INRA와 같은 표준화된 시스템이 아닌 이론적 계산(예: WPSA 보정 표)을 기반으로 ME 값을 재평가하면 각 원료의 에너지 차이가 명확해지고 이는 사료의 전체 영양 구성에 영향을 미칠 수 있다.

CVB 원료 매트릭스 값(표1)을 기본 육계 후기 사료 배합(표2)에 적용하면 사료 내 각 원료의 ME와 총 사료 ME를 과대 평가하거나 과소 평가하는 잠재적 영향이 명확해진다. 표2의 맨 아래 줄은 +141 kcal 또는 -138kcal로 발표된 CVB 값과 ME의 순차이를 보여준다. 이러한 에너지 과잉 또는 결핍은 소화 가능한 라이신과 에너지의 비율에 큰 영향을 미칠 수 있으며, 결과적으로 사료 섭취에 영향을 주고 따라서 동물 성능에 영향을 줄 수 있다.

Hostazym<sup>®</sup> X는 두 가지 방법으로 사료 배합비에 추가할 수 있다. 이미 언급했듯이, 식단을 공식화할 때 여분의 에너지 및 기타 영양소를 고려하여 사료



표2. 곡물과 단백질공급원을 기반으로 한 육계 후기사료에서의 대사에너지 값

사료원료	대사에너지(ME, Kcal))			
	사료내 배합비(%)	네덜란드 중앙동물사료국	+5% 허용 평가	-5% 평가 절하
옥수수	55	1,776 <sup>(1)</sup>	1,865	1,687
소맥	15	447	469	424
대두박 (조단백 46%)	22	492	517	468
해바라기박 (조단백 36%)	3	43	48	41
*기타	15	-	-	-
곡물과 단백질의 총 대사에너지		2,758	2,899	2,620
네덜란드 중앙동물사료국 평가치와 대사에너지 평가 차이		0	+141	-138

\* 기타는 대략적인 것으로 지방과 아미노산, 소금, 비타민, 미네랄 프리믹스, 효소, 항콕시들효제, 중조와 석회석의 총합

(1) 대사에너지는 표1의 네덜란드 중앙동물사료국 평가값에 사료 배합비율을 곱함. 예를 들어  $1,776 = 0.55 \times 3,229$ (옥수수의 ME)

비용을 줄이는 데 사용할 수 있다. 대안적으로, 매트릭스 값이 사용되지 않는 경우, Hostazym® X를 피드 제형의 ‘오버 더 탑(Over the Top)’에 적용할 수 있다. 이것은 효소가 동물에게 여분의 에너지와 영양소를 전달하여 도계에서 사료요구율과 도계 수율을 향상시키는 데 사용된다는 것을 의미한다. 이 접근 방식은 원료에서 도계에 이르기까지 전체 생산 공정에서 더 많은 가치를 실현할 수 있는 육계 계열화 사업에 특히 관심이 있다.

## 5. 캐나다에서의 시험 데이터

Hostazym® X를 사용하기 위한 초기 필드 시험에서는 특히 경쟁사 제품과 비교할 때 예상치 못한 시험 결과를 피하기 위해 항상 ‘오버 더 톱(Over the Top)’ 급여 방식을 사용하는 것이 좋다. 쉽게 표현하면 사료 위에 부어주는 탑드레싱(Top-dressing)이다. 이 접근법은 원료 ME 값의 잠재적인 과대 또는 과소 평가의 위험을 줄일 수 있다. 따라서 자일라나제 효소의 진정한 이점은 개선된 사료 요구율 또는 체중 또는 둘의 조합에서 볼 수 있다.

이번에 소개할 접근법은 2021년 캐나다 서부의 대규모 육계 계열화 업체에서 Hostazym® X와 경쟁사 NSP 분해효소 제품과 비교한 4건의 임상시험 시리즈에 적용되었다(표3). Hostazym® X는 경쟁사 효소를 대체하여 탑드레싱(Top-dressing) 급여시켰다.

[시험 결과 요약(Hostazym® X의 경쟁사 대비 장점 ; 표3 참조)]


- 38일령 출하체중 146g 증가
- FCR 5포인트 향상
- CO<sub>2</sub> 배출량 감소
- 보정 출하체중(2.3kg)에 맞게 조정된 FCR: 9포인트 개선
- 폐사율 1.11%포인트 감소
- 유럽생산지수(EPEF) 34포인트 증가 

표3. 휴브파마 자일라나제(Hostazym® X)를 100g/톤 수준으로 급여한 캐나다축산기술연구소의 시험 결과

시험구	사육수	출하 체중 (kg)	사료요구율	폐사율 (%)	지수 (%)	유럽생산지수 (EPEF)	출하 일령
휴브파마 자일라나제 15000	109,242	2.574	1.598	4.08	0.97	405	38.25
경쟁사 제품	239,292	2.428	1.648	5.19	1.00	371	38.22