

Fitaz Enziminin Etlik Piliçlerin Beslenmesinde Kullanımı

Ramazan Erkek, H. Bora Ünlü

Ege Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Zootečni Bölümü, 35100 Bornova, İzmir

Özet : Son yıllarda yem katkı maddelerinden olan enzimlerin hayvansal üretimde kullanımı giderek yaygınlaşmaktadır. Bu enzimlerden biri olan fitaz, yem hammaddelerinin yapısında var olan ve basit mideli hayvanlar tarafından yeterince yararlanılamayan fitik asidi hidrolize ederek mineraller ile protein-amino asit ve nişastanın sindirimine olanak sağlar. Bu besin maddelerinin artan sindirimi karma yemin mineral, ham protein ve enerjisinden yararlanmayı artırır. Enzim ilavesi ile yemdeki besin maddelerinden yararlanmanın artması ekonomik açıdan olduğu gibi hayvansal gübreden kaynaklanan kirliliğinde azalması bakımından yararlı olmaktadır.

Anahtar sözcükler : Fitaz, fitik asit, kanatlı, fosfor, biyolojik kullanılabilirlik

Using of Phytase Enzyme in Broiler Nutrition

Abstract: In recent years, the utilization of enzymes being one of the feed additives in animal production becomes widespread. Phytase, which is one of these enzymes, enables to digestion of minerals and protein-amino acids and starch by hydrolysis of phytic acid found in the structure of feedstuffs and not utilized sufficiently by monogastric animals. Increasing digestion of these nutrients improves to benefit from mineral and crude protein and energy of compound feed. Improving feed efficiency by adding enzyme provides economical profit and decreases pollution originating from manure.

Key words: Phytase, phytic acid, poultry, phosphorus, bioavailability

Giriş

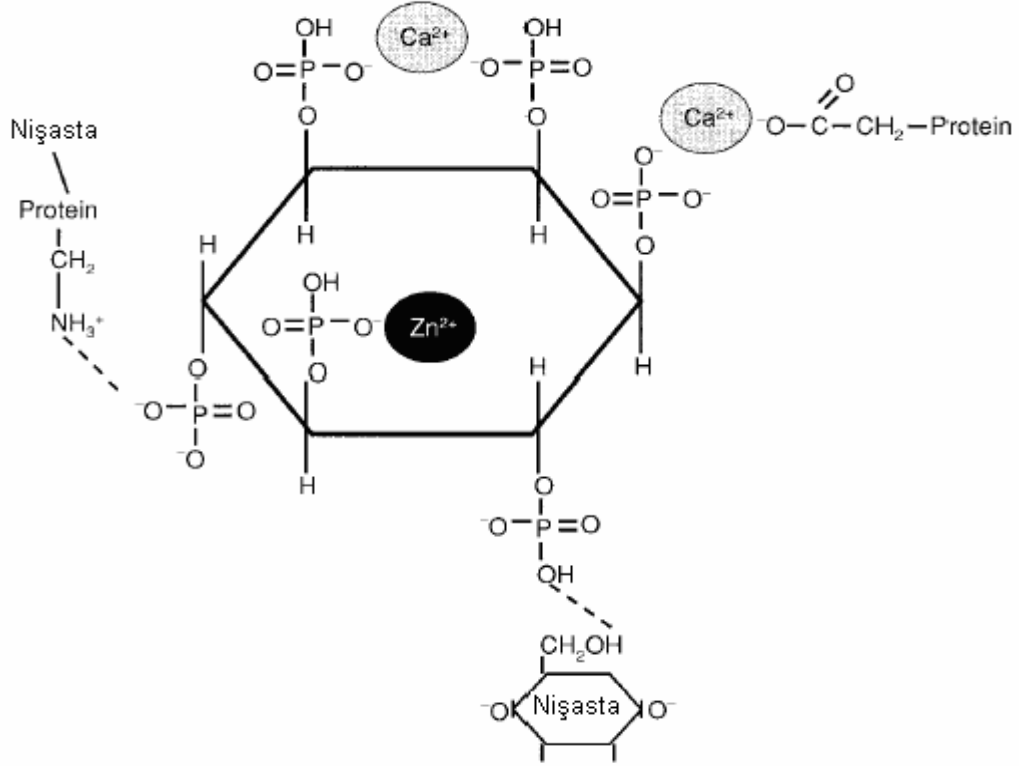
Kümes hayvanlarının karma yemlerinin önemli bir kısmını dane yemler ve küspeler oluşturmakta ve bu yemlerdeki toplam fosforun büyük bir kısmı da fitin fosforu şeklinde olup bileşiği hidrolize eden fitaz enzimi bu hayvanların sindirim sisteminde çok az veya hiç üretilmemektedir (Nelson, 1967). Yem hammaddelerindeki fitin fosforundan basit mideli hayvanların etkin bir şekilde yararlanamamasını nedeni ile bu besin maddesi gübre ile dışarıya atılmaktadır. Bu durum ise çevreyi özellikle yer altı ve üstü su kaynaklarını fosfor yönünden tehlikeli ölçüde zenginleştirmektedir. Ayrıca hayvanların değerlendiremedikleri fitin fosforu yerine karmalara inorganik fosfor kaynakları ilave edilmekte bu da üretim maliyetlerini arttırmaktadır. Ayrıca bitkisel fitatların sindirilebilirliğinin düşük oluşunun protein ve mineral sindirimine de olumsuz yönde etkilediği bilinmektedir. Son yıllarda yapılan çalışmalarla fitatların sindirimi anlaşılmasına çalışılarak hayvanlar tarafından fitin fosforundan yararlanmanın iyileştirilmesi için gayret sarfedilmektedir. Mikrobiyal fitaz kaynaklarının karmalara ilavesine dayanan enzim teknolojisindeki gelişmeler karmalardaki fitatların sindirimine olanak sağlamaktadır. Biyoteknolojik olarak üretilen enzimler 1980'li yıllardan buyana üzerlerinde çalışılmış ve son on yıldır kanatlı endüstrisinde kullanımı yaygınlaşmıştır.

Enzim kullanımındaki en etkin ilerleme belki de fitaz enzimi kullanımıyla olmuştur. 1940'lı yılların yüksek kalitedeki bitkisel protein kaynağı olan soya gibi 1990'lı yılların hayvansal üretimde kullanılan en önemli buluşu fitaz enzimidir (Kornegay, 2001). Hayvansal üretimin belli bölgelerde artması nedeniyle gübrelerden kaynaklanan fosfor kirliliğinin doğru orantılı olarak yükselmesi ve bunun sebep olduğu ciddi çevresel sorunlar, gübrelerdeki fosforu azaltacak yada yemlerdeki fitin fosforundan daha iyi yararlanmayı sağlayacak birtakım önlemler alınmasını zorunlu hale getirmiştir. Çevresel açıdan ve diğer yararları nedeniyle kanatlı beslemede fitaz enzimi önemli bir yere sahiptir. Fitaz kanatlı karmalarında kullanılan yem hammaddelerinin yapısında bulunan ve normal koşullarda değerlendirilemeyen bir takım minerallerin ve diğer besin maddelerinin sindirimine olanak sunarak yararlılıklarını artırır ve aynı zamanda bu besin maddelerinin arttan sindirimi gübredeki miktarlarını azaltarak fosfor kaynaklı çevresel kirliliğin azalmasına yardımcı olur. Fitazın gübreyle atılan fosfor miktarında meydana getirmiş olduğu azalma net olarak %20 ile 50 arasında değişmektedir (Kornegay, 2001).

Yapılan çalışmayla fitaz enzimi, işleyiş mekanizması ve etlik piliçlerde kimi mineral maddelerden yararlanmaya olan etkileri anlatılmaya çalışılmaktadır.

Fitik asit

Fitik asit, 6 değerli ve halka formunda olan inositolün fosforik asitlerle oluşturduğu esterlerdir. Molekül ağırlığı 660 olup sistematik adı myo-inositol-1,2,3,4,5,6-hegzakisfosfat (dihidrojen fosfat) dir. Fitik asit molekülü yüksek düzeyde fosfor içeriğine (%28.2) ve şelat yapma potansiyeline sahiptir. Bir mol fitik asit ince barsak pH koşullarında çözünmeyen fitat formunda ortalama olarak 3-6 mol kalsiyum ile bağ yapabilir ve fitik asitin çözünmeyen fitat formu kalsiyum ve fosforun her ikisini de yararlanılabilirliğini ortadan kaldırır (Pointillart, 1991). Nötr pH koşullarında fitik asitin fosfat gruplarında bir veya iki negatif yüklü oksijen atomu bulunur ve bu atomlar pozitif yüklü metal katyonları ile iki fosfat grubuyla birleşerek güçlü nitelikte yada bir fosfat grubuyla birleşerek zayıf şelat yapmaya eğilimlidirler. Fitatların tanımında fitik asit tuzları kastedilmektedir. Fitik asit minerallerle bağ yapma potansiyeline sahip olup nötr pH da 2 ve 3 değerlikli katyonlarla birleşir (Vohra ve ark., 1965). Birleştikleri bu metal katyonlarla (Zn^{+2} , Cu^{+2} , Co^{+2} , Mn^{+2} , Ca^{+2} ve Fe^{+2}) çözünmez nitelikte kompleks tuzlar meydana getirirler ve yine bu sıraya göre çözünmezliği giderek düşen bileşikler oluştururlar. Çinko, fitatlar tarafından biyolojik yararlanılabilirliği en fazla etkilenen iz elementtir (Pallauf ve Rimbach, 1995). Fitik asit protein ve amino asitlerin sindirimi üzerine negatif bir etkiye sahiptir (O'Dell ve de Borland; 1976) ve sindirim sistemi koşullarında pepsin ve tripsin gibi proteolitik enzimlerin aktivitesini engeller (Pallauf ve Rimbach, 1995).



Şekil 1. Fitik asit (Kornegay, 2001).

Fitik asit bütün tohumlarda esansiyel öneme sahip olup, bitkinin olgunlaşma aşamasında hızlı bir şekilde depolanır (Asada ve ark., 1969). Tohumlar da fosforun depo formu olarak hizmet ederek durgunluk ve çimlenme periyotlarında antioksidanların korunması, yüksek enerjili fosfor grupları halinde enerjinin depolanması ve çimlenme esnasında bünyelerindeki kationların kullanımı gibi çok önemli işlemlere sahiptir (Şenköylü, 2002). Fitatların dane içinde buldukları yerlerin değişiklik gösterdiği bilinmektedir (Pallauf ve Rimbach, 1995). Küçük danelerde fitatlar genellikle kepek aksamında (aleron tabakası, testa ve perikalp) bulunurken mısırdan danenin germ kısmında yerleşmiştir. Baklagillerde ise fitatlar genellikle kotilodonlarda yayılım gösterirler. Soya da ise protein dokularına yerleşerek bu dokularla birlikte tüm dane içinde dağılırken yağlı tohum ve küspelerde homojen olarak dağılım gösterirler (Erdman, 1979). Yemlerin fitik asit içeriği değişmektedir. Buğdaygillerde genellikle %0.50-1.89 arasında olup bazı çeşitlerde %3-6; baklagillerde %0.40-2.06; yağlı tohumlarda % 2.00-5.20 arasındadır (Erkek ve ark., 1994). Fitatlar genel olarak tüm danelerde yaygın olarak bulunmasına karşın, kök ve yumru yemlerde ya hiç bulunmaz ya da çok az miktarlarda bulunur. Tohumlarda fitinlerin bulunduğu bölge ile fitinin formu, fitatların hidrolizini önemli düzeylerde etkileyebilmektedir. Örneğin pamuk tohumunun lifli

kısımındaki çözünmez globoid kristalleri olarak bulunan fitin ile yine aynı pamuk tohumunun germ kısmındaki çözünebilir formu yüksek düzeyde olan fitinle kıyaslandığında nispeten daha az sindirilebilir. Fitatlar, fosfor içerdikleri için bir yandan besin maddesi olarak kabul edilirken diğer taraftan protein ve mineralleri bağlayarak yararlanılabilirliğini düşürdükleri için antibeslenme (antinutrisyonel) faktörü olarak kabul edilirler. Fitatların yakın zamanlarda belirlenen en önemli olumsuz etkilerinden biri de kalsiyumu bağlayarak α -amilaz ve tripsin enziminin etkisini engellemesidir. Bilindiği gibi α -amilaz aktive eden ve stabilitesini sağlayan kalsiyum mineralidir ve bu nedenle α -amilaz aktivitesinin engellenmesi ile nişasta sindirimi azalmakta ve yemdeki enerjinin yararlanılabilirliği düşmektedir (Şenköylü, 2002).

Fitaz enzimi

Fitaz, kimyasal olarak myo-inositol-hexakisfosfat-3-fosfohidrolaz olarak tanımlanmakta olup, uluslararası biyokimya birliği, hidroliz olayının inositolun hangi karbon atomundan başladığına bağlı olmasına göre fitazları, 3-fitaz ve 6-fitaz olmak üzere birbirinden ayırmaktadır. Burada 3-fitazlar mikroorganizmalar için genel olurken, 6-fitazlar ise bitkiler için genel olmaktadır. Fitaz aktivitesi, genellikle 37°C ve pH 5.5 de 5.1 mmol sodyum fitattan 1 dakikada 1 μ mol inorganik fosforu açığa çıkaran enzim miktarı, bir ünite fitaz aktivitesi olarak tanımlanır (Jongbloed, 1993). Yaygın olarak kullanılan üç çeşit fitaz aktivite birimi bulunmaktadır bunlar ; FTU, PU ve U'dur.

Genellikle kanatlı ve monogastrik hayvanların fitik asiti hidrolize edebilecek kapasiteye sahip olmadığı düşünülmeyle beraber, civcivlerle yapılan çalışmalarda ince barsak iç membranında spesifik bir fitaz aktivitesi saptanmıştır (Maenz ve Classen, 1998). Civcivler fosfor eksikliği bulunan karmalarla yemlendiklerinde ince barsak fitaz aktivitesi artmaktadır (Davies ve ark., 1970). Yapılan bu çalışmalar ince barsak fitazının büyük bir ihtimalle fitin fosforundan yararlanmaya katkısı olduğunu ve enzimatik aktivitenin, hayvanlara verilen karmalardaki vitamin ve mineral düzeyiyle ayarlanabileceğini göstermektedir.

Fitik asiti hidrolize edebilen enzimler çeşitli mikroorganizmalar tarafından üretilmektedir. Dvorakova (1998) fitaz aktivitesi üreten toplam 29 mantar, bakteri ve maya türü tespit etmiştir. Araştırmacının bulduğu bu 29 türden 21'i hücre dışı (extracellüler) fitaz üretmektedir. Lifli yapıya sahip olan *Aspergillus niger* türleri en fazla hücre dışı fitaz aktivitesi üreten mikroorganizmalardır. *Aspergillus niger*'in varyetesi olan *ficuum*'dan üretilen enzimler üzerinde en çok çalışılan fitaz enzimleridir. Bu enzimlerde pH 5 de optimum birincil enzim aktivitesiyle pH 2.5 de ikincil bir aktivite saptanmıştır (Van Hartingsveldt ve ark., 1993). Mikrobiyal kaynaklardan elde edilen fitaz enzimlerinin aktivitesi sıcaklığa kısmen dayanıklı olup, ortam sıcaklığında meydana gelen artışlarda enzim aktivitesinde önemli kayıplar olur ve 68 °C de fitat hidrolizi saptanmaz (Ullah ve Gibson, 1987). *Aspergillus fumigatus* sınırlı bir pH aktivitesine sahiptir ve 100 °C de 20 dakika yada 90 °C de 120 dakika müddetle aktivitesini korumakta olup bu mantardan elde edilen fitazlar peletleme esnasında

önemli bir aktivite kaybı olmadığı için karma yem teknolojisinde iyi bir ticari potansiyele sahiptir. Günümüzde en az dört çeşit mikrobiyal ticari fitaz enzim bulunmaktadır ve bunlar genetik olarak modifiye edilmiş olan *Aspergillus*'dan fermente edilen (Natuphos® ve Novo fitaz) mikrobiyal enzimler ile gene *Aspergillus*'dan elde edilen (Finase™ ve Alltech fitaz) iki tip daha mikrobiyal fitaz enzimi bulunmaktadır. Bu konudaki araştırmalar günümüzde hala devam etmekte olup *A.niger* fitaz geninin tütün ve kolza bitkilerine nakledilerek yeni tip fitaz enzimi üretme çalışmaları sürmektedir (Beudeker ve Pen, 1995). Zhang ve ark. (1998), Phytaseed® (*A. Ficum* fitaz geni ile genetik olarak modifiye edilmiş olan kolzadan elde edilen fitaz enzimi) ve Natuphos®'un (mikrobiyal fitaz) düşük fosforlu kanatlı karmalarında fosfordan yararlanmayı iyileştirmede benzer düzeyde etkiye sahip olduklarını bildirmişlerdir.

Yaklaşık 50 yıldır bitkisel fitazların fitatları hidrolize edebildikleri bilinmekte olup, bu fitazların kanatlılar ile diğer basit mideli çiftlik hayvanların beslenmesinde kullanılan yemlerdeki fitat fosforunun sindirimini iyileştirdiği açıkça gösterilmiştir (Nelson, 1967). Fitaz aktivitesi, buğday, arpa, pirinç, mısır, soya ve yağlı tohumlar gibi bir çok dane yemde bulunmakta (Reddy ve ark., 1982) ise de danelerdeki fitaz aktivitesi çoğunlukla bitki türlerine bağlı olarak değişmektedir (Çizelge 1). Buğday, pirinç ve tritikale dışındaki diğer dane yemlerin fitaz aktivitesi oldukça düşüktür. Mısır ve soyadaki fitaz aktivitesi okadar düşüktür ki pratikte hiçbir önemi yoktur. Buğday, tritikale ve pirinçteki fitaz aktivitesinin büyük bir kısmı kepekte bulunur. Yüksek fitaz aktivitesine sahip olan buğday kepeği, pirinç kepeği, buğday ezmesi ve tritikale kepeği gibi hammaddeler karmalarda kullanıldığında fitat fosforunun büyük miktarda absorpsiyonunu sağlar (Pointillart, 1991).

Çizelge 1. Yem hammaddelerinin fitaz aktivitesi ve fitat fosfor içeriği *

Ham Maddeler	Fitat Fosforu, %	Fitat Fosforu (Toplam Fosforda, %)	Fitaz Aktivitesi, U kg ⁻¹
Mısır	0.24	72	15
Buğday	0.27	69	1193
Sorgum	0.24	66	24
Arpa	0.27	64	582
Yulaf	0.29	67	40
Buğday Kepeği	0.92	71	2957
Soya Küspesi	0.39	60	8
Kanola Küspesi	0.70	59	16
Ayçiçeği Küspesi	0.89	77	60
Yerfıstığı Küspesi	0.48	80	3
Pamuk Tohumu Küspesi	0.84	70	-

* Ravindran ve ark., 1995

Fitazın minerallerden yararlanmaya etkisi

Fitik asidin yapısına bakıldığında hangi besin maddelerinin onunla bağ kuracağı ve yapılan fitaz ilavesiyle hangi besin maddelerinin sindiriminde iyileşme bekleneceği

anlaşılmaktadır (Şekil 1). Fitik asidin yaptığı bağlar önceden de belirtildiği gibi sadece fosfor, kalsiyum ve iz elementlerle olmayıp ayrıca protein ve karbonhidratları da kapsamaktadır. Fitaz enziminin bu substratlara etkisi; bağların gücüne ve enzimin bu substratlara ulaşabilmesine bağlı bulunmaktadır. Ravindran ve ark., (1995) çok sayıda literatür taramasına dayanarak kanatlılarda rasyona ilave edilen mikrobiyal fitazın, genellikle fitin fosforunun kullanılabilirliğini %20-45 arttırdığını bildirmişlerdir. Araştırmacılar fitaz ilavesinin fosforun biyolojik kullanılabilirliği üzerindeki etkisinin, bitkisel orijinli yemlerde dayalı rasyonlarla beslenen diğer monogastrik hayvanlarda da benzer sınırlar arasında değiştiğini bildirmişlerdir. Kornegay (2001), 13 literatürde toplam 23 araştırmadan elde edilen araştırma sonuçlarına dayanarak kümes hayvanlarında vücutta tutulan P miktarını bir denklem veya eşitlik şeklinde ifade etmiştir. ($Y = 68.18(1 - 0.2354e^{-0.00134x})$, $r^2 = 0.81$, $x =$ fitaz seviyesi, $Y =$ vücutta tutulan P miktarı, %). Araştırmacı kümes hayvanlarında vücutta tutulan P miktarının (% olarak) rasyona ilave edilen fitaz seviyesindeki artışa bağlı olarak doğrusal olmayan bir şekilde arttığını bildirmiştir. Araştırmacı birim fitaz ünitesi başına tepkinin büyüklüğünün kanatlı ve diğer monogastrik hayvanlarda, rasyonda düşük fitaz seviyeleri kullanıldığında çok daha büyük olduğunu bildirmiştir.

Çizelge 2, Kornegay (2001) tarafından mikrobiyal fitazın kümes hayvanlarında etkinliğini göstermek diğer bir ifade ile fitazın P'nin kullanılabilirliğini artırma kabiliyetini göstermek amacıyla hazırlanmıştır. Çizelge 2'de fitaz ilavesi ile sindirilen P miktarı, düşük P'li (negatif kontrol) rasyonun total P miktarı ile fitaz ilavesi sonucu vücutta tutulan P miktarı (%) çarpılarak bulunmuştur. Düşük P'li rasyonun ortalama total P seviyesi % 0.478, kalsiyum seviyesi % 0.78 ve total Ca/total P oranı ise 1.63'dür. Çizelge 2'ye göre, rasyona 500 U/kg seviyesinde fitaz katıldığında % 0.037 birim (0.37 g) fosfor sindirilebilmektedir. Aynı fitaz seviyesinde dışkı ile atılan P miktarı, % 0.1 ünite daha fazla P içeren kontrol grubuna (% 0.57 P) nisbetle % 31,9 daha düşük olacaktır. Yi ve ark., (1996) yapılan birçok broyler çalışmasına dayanarak fitazın sindirimini sağladığı fosforun eşdeğerliliğini hesaplamak için yeni bir model geliştirmişlerdir. Broylerler de çıkıştan ilk üç haftalık süre için canlı ağırlık ve kemik külüne dayanarak 500 U/kg fitazın inorganik fosfor eşdeğeri ortalama olarak 0.70 g, hindilerde ise ilk üç hafta için bu değer canlı ağırlık ve kemik külüne dayanarak 500 U/kg fitaza 0.82 g inorganik fosfor olarak hesaplamışlardır. Bu değerler (0.70 ve 0.82) eğer % 46.2 (1 g inorganik fosforun ihtiva ettiği fosfor 0.462 g'dır) çarpılırsa 0.32 gr fosfor (0.7×0.462) ve 0.38 g fosfor (0.82×0.462) olarak bulunur. Sonuç olarak 0.37 g fosfor (% 0.037) kanatlı karmalarında 500 U/kg fitaza eşdeğer olarak kabul edilebilir.

Schoner ve ark., (1991) etlik piliçlerde fitaz ilavesinin kalsiyumun kullanılabilirliğine etkisini araştırmak için yaptıkları çalışmalarda, 500 U mikrobiyal fitazın (canlı ağırlık ve kemik külüne ait sonuçlara dayanarak) 0.46 g kalsiyuma eşdeğer olduğunu hesaplamışlardır. Karmalara yapılan fitaz ilavesi nedeniyle organizmada meydana gelen kalsiyum birikiminin neden kaynaklandığı ilgi çekmektedir. Kalsiyumdan yararlanmanın artması iki nedenle olabilir ki bunlardan birisi; fitaz ilavesinin fitat

kompleksinden kalsiyumu ayırarak yararlanmanın artması diğeri ise fitaz ilavesinin fosfordan yararlanmayı arttırması sonucunda kalsiyumdan yararlanmanın dolaylı olarak artmasıdır. Bu seçeneklerden hangisinin doğru olduğu belirlemek amacıyla Schöner ve ark., (1994) tarafından yapılan çalışmada fitaz ve kalsiyum ilavesinin parmak ve kemik külüne etkisi linear denkleme dayandırılarak fitazın kalsiyum eşdeğeri hesaplanmıştır.

Çizelge 2. Çeşitli araştırma sonuçlarına dayanarak rasyona ilave edilen fitaz seviyesine bağlı olarak fosforun sindirilebilirliğinde ve gübre ile atılan miktarında meydana gelen tahmini değişimler *

Rasyona katılan Fitaz (U/kg)	Toplam P'nin sindirilebilirliği, % ^a	Fitaz ilavesiyle P sindirilebilirliğinde ki % artış ^b	Fitaz ilavesiyle sindirilebilir P miktarı, % ^c	Gübre ile atılan TP ^d , %	Fitaz ilavesiyle gübre ile atılan P miktarındaki azalışı, % ^e
0	52.1	0	0	0.229	18.4
100	54.1	2.0	0.010	0.219	21.8
200	55.9	3.8	0.018	0.211	24.8
250	56.7	4.6	0.022	0.207	26.2
300	57.4	5.3	0.025	0.203	27.5
350	58.1	6.0	0.029	0.200	28.6
400	58.8	6.7	0.032	0.197	29.7
450	59.4	7.3	0.035	0.194	30.8
500	60.0	7.8	0.037	0.191	31.9
550	60.5	8.4	0.040	0.189	32.7
600	61.0	8.9	0.042	0.186	33.5
650	61.5	9.3	0.045	0.184	34.3
700	61.9	9.8	0.047	0.182	35.0
750	62.3	10.2	0.049	0.180	35.7
800	62.7	10.6	0.050	1.178	36.4
900	63.4	11.2	0.054	0.175	37.6
1000	64.3	11.8	0.057	0.172	38.6
1100	64.7	12.4	0.059	0.170	39.5
1200	65.0	12.8	0.061	0.168	40.3
1300	65.4	13.2	0.063	0.166	41.0
1400	65.7	13.6	0.065	0.164	41.6
1500	66.0	13.9	0.066	0.162	42.1

* Kornegay, 2001

^a $[68.18(1-0.234e^{-0.00134x})]$, eşitliğine göre hesaplanmıştır

^b Her fitaz ilave edilen karmadan fitazsız kontrol karmasının P sindirilebilirliği katsayısı çıkartılarak bulunmuştur

^c Kontrol karmasının ortalama fosfor içeriği (% 0.478 toplam P), fitaz ilavesi sonucunda meydana gelen P'dan yararlanma ile çarpılarak hesaplanmıştır. (%) = $0.07672(1-e^{-0.00134x})$, x = fitaz düzeyi

^d Kontrol karmasının ortalama fosfor içeriği (% 0.478 toplam P) ile çarpılarak ve 100 den toplam yararlanılabilir P içeriği çıkarılarak hesaplanmıştır.

^e ($Y = -0.000936 + 0.484x$), x = inorganik kaynaktan gelen % P, $r^2 = 0.69$ denklemine dayanan yararlanılan organik fosfor

Canlı ağırlık artışı ve parmak külü kriter olarak kullanıldığında 500 U fitaz ilavesi sırasıyla, canlı ağırlık artışı için 0,35 ve parmak külü için 0,45 g kalsiyuma eşdeğer gelmektedir. Bu nedenle fitat kompleksinden serbest kalan kalsiyum miktarı oldukça

azdır. Bu sonuçlardan fitaz ilavesinin kalsiyumdan yararlanmaya olan etkisinin muhtemelen dolaylı olarak fosfordan yararlanmanın artmasından kaynaklandığı sonucu çıkmaktadır.

Kanatlı, sıçan, domuz ve diğer türlerle yapılan çalışmalar çinko gereksiniminin karma (rasyon) fitat düzeyinden etkilendiğini göstermiştir Prasad, (1996). Broylarında 27 mg çinko içeren karmaya 800 U fitaz ilavesi çinko birikimini arttırırken gübre ile çinko atımını azalmaktadır (Thiel ve Weigand, 1992). Kornegay, (2001) fitaz ilavesi ve çinkonun etkisi linear yada linear olmayan denklemlere göre canlı ağırlık artışı, yem tüketimi, çinko birikimi, tibia, karaciğer ve parmak çinko içeriğine bağlı olarak 600 U fitaz için hesaplanan çinko eşdeğeri 5.4 mg kg⁻¹ olarak hesaplamıştır

Fitazın protein-amino asit sindirimine ve metabolik enerjiye etkisi

Fitatlar düşük yada nötr pH koşullarında protein ve amino asitlerle (AA) bağ yapabilmektedir. Fitat-protein/AA, bitki danelerinde doğal olarak kompleks oluşturabilir yada sindirim sisteminin üst kısımlarında bu forma geçebilirler. Ayrıca fitatlar ile proteolitik enzimler arasında sindirim sisteminde bağ oluşma durumu söz konusu olabilmektedir. Varolan bu fitat-protein kompleksi protein ve amino asitten yararlanmayı azaltır. Eğer fitatlar hidrolize edilip parçalanırsa o takdirde fitatların besin maddelerinin parçalanmasını engelleyici etkisi azalır. Ravindran et al., (1999) çeşitli dane yem içeren ticari kanatlı yemi kullanarak bu durumu araştırmıştır (Çizelge 3). Çalışmada ham protein, lizin, threonin ve isolusin ince bağırsakta sindiriminde fitaz ilavesiyle iyileşmeler olmuş fakat enzimin metiyoninin sindirimi üzerine hiçbir etkisini belirlenememiştir. Bu sonuçlar amino asitlerin ve ham proteinin ince bağırsakta meydana gelen sindirimlerindeki iyileşmeleri hesaplamak için kullanılmıştır.

Çizelge 3. Fitazın ince barsak sindirimine etkisi (%) ve yemdeki sindirilebilir HP ve amino asit içeriğinde meydana gelen değişimler

	Fitazsız	400 U kg ⁻¹	Değişim (g kg ⁻¹)
HP	81,5	83,9	5,14
Lizin	84,5	86,2	0,20
Methionin	92,7	92,5	-0,01
Threonin	73,4	75,2	0,14
İsolusin	80,4	81,6	0,11

* Ravindran ve ark., 1999

Thomson ve Yoon (1984) doğal olarak fitatların nişasta ile bileşik yapabileceklerini bildirmişlerdir. Rajas ve Scott (1969) etlik piliçlerin beslenmesinde kullanılan pamuk tohumu ve soya küspesinin metabolik enerjisinin *Aspergillus ficuum*'dan üretilen mikrobiyal fitaz ilavesi ile iyileştiğini saptamışlardır. Daha sonra Bryden ve Ravindran, (1998) tarafından etlik piliçler ile yapılan ve fitaz ilavesinin protein-AA ve metabolik enerji üzerine etkisini araştırmak amacıyla yapmış oldukları çalışmalarda fitazın

buğday-sorgum temeline dayanan karmaların metabolik enerji düzeyini iyileştirdiğini bildirmektedirler. Ravindran ve ark. (1995) tarafından yapılan literatür taraması sonucunda fitik asitin nişasta sindirimi üzerine bir yada daha fazla yolla negatif etkisi olabileceğini ve bunların; (i) fitatların α -amilaz ile bağlanarak yada α -amilazın normal etkisini gösterebilmek için gerekli olan Ca^{+2} ile şelatlanarak, (ii) nişasta ile direkt olarak bir protein ile bağlanması ileri sürmekte ve buda fitaz ilavesi sonucu metabolik enerjide meydana gelen artışı desteklemektedir. Fitat fosforunun hidrolizi sonucu enzim yada nişasta serbest kalarak metabolik enerjiyi arttırmaktadır.

Sonuç

Sonuç olarak kanatlı karmalarında kullanılan yem hammaddeleri yüksek düzeyde fitat içermekte olup bu durum sadece fosforun yararlanılabilirliğini değil fitik asitin bağladığı bütün mineral,protein ve nişastanın yararlanılabilirliğini düşürmektedir. Fakat karmalara yapılan mikrobiyal fitaz ilavesi fitik asitin bağ kurduğu tüm bu besin maddelerinden hayvanların daha fazla yararlanmasına olanak sağlayarak hem üretim maliyetlerinin belli bir ölçüde düşmesini sağlamakta ve hem de hayvansal gübrelerinden kaynaklanan fosfor kirliliğinin azalmasına yardımcı olmaktadır.

Kaynaklar

- Asada, K., Tanaka, K. and Kasaj, Z. 1969. Formation of Phytic Acid in Cereal Grains. *Annals of the New York Academy of Science* 165, 801-804
- Beudeker, R.F. and Pen, J. 1995. Development of Plant Seeds Expressing Phytase as a Feed Additive. *Proceedings of 2nd European Symposium on Feed Enzymes*. Noordwijkerhout, The Netherlands, October 25: 225
- Bryden, W.L. and Ravindran, V., 1998. Effects of Enzyme Combinations on Apparent Metabolisable Energy and Ileal Nitrogen Digestibility in Broiler Chickens. *Proceedings of the Nutrition Society of Austria* 22: 180.
- Davies, M.I., Ritcey, G.M. and Motzok, I. 1970. Intestinal phytase and alkaline phosphatase of chicks: influence of dietary calcium, inorganic and phytate phosphorus and vitamin D3. *Poultry Science* 49, 1280-1286.
- Dvorakova, J. 1998. Phytase: Sources, Preparation and Exploitation. *Folia Microbiology* 43:323.
- Erdman, J.W. Jr. 1979. Oilseed Phytates: Nutritional Implications. *Journal of the American Oil Chemists Society* 56, 736-741.
- Erkek, R., Kırkpınar, F., Taluğ, A. M. 1994. Kümes Hayvanlarında Fitin Fosforundan Yararlanmanın Arttırılması. *E. Ü. Z. F. Dergisi* 31 (2-3) : 303-311
- Jongbloed, A. W.; Kemme, P. A. ve Mroz, Z. 1993. The Role of Microbial Phytases in Pig Production. *Enzymes in Animal Nutrition. Proceeding of the 1 st Symposium* : 173-180
- Kornegay, F. E. T. 2001. Digestion of Phosphorus and Other Nutrients : The Role of Phytases and Factors Influencing Their Activity. *Enzymes in Farm Animal Nutrition*. Ed., M.R. Bedford, G.G. Partridge, CABI Publishing, UK. pp: 237-272.
- Maenz, D.D. and Classen, H.L., 1998. Phytase Activity in The Small Intestinal Brush Border Membrane of the Chicken. *Poultry Science* 77: 557-563.
- Maenz, D. D., 2001. Enzymatic Characteristics of Phytases as they Relate to Their Use in Animal Feeds *Enzymes in Farm Animal Nutrition*. Ed., M.R. Bedford, G.G. Partridge, CABI Publishing, UK. pp: 61-84.

- Nelson, T.S. 1967. The Utilization of Phytate P by Poultry – A Review. *Poultry Science* 46: 862.
- O'Dell, B.L. and de Borland, A.R. 1976. Complexation of phytate with proteins and cations in corn germ and oilseed meals. *Journal of Agricultural Food Chemistry* 24 (4), 804–808.
- Pallauf, J. and Rimbach, G. 1995. Recent results on phytic acid and phytase. *Proceedings of 5th Forum Animal Nutrition*. May 4–5. BASF: 43.
- Pointillart, A., 1991. Enhancement of Phosphorus Utilization in Growing Pigs Fed Phytate-Rich Diets by Using Rye Bran. *Journal of Animal Science* 69: 1109–1115.
- Pointillart, A. 1993. The Importance of Cereal Phytases. *Feed Mix* 2 (3): 12-15.
- Prasad, A.S., 1966. Metabolism of Zinc and Its Deficiency in Human Subjects. In: Prasad, A.S. (ed.) *Zinc Metabolism*. C.C. Thomas, Springfield, Illinois: 250.
- Rajas, S.W. and Scott, J.L., 1969, Factors Affecting the Nutritive Value of Cottonseed Meal as a Protein Source for Chick Diets. *Poultry Science* 48: 819–835.
- Ravindran, V., Bryden, W.L. and Kornegay, E.T., 1995 Phytates: Occurrence, Bioavailability and Implications in Poultry Nutrition. *Poultry Avian Biological Review* 6: 125–143.
- Ravindran, V., Cabahug, S., Ravindran, G. and Bryden, W.L., 1999. Influence of Microbial phytase on Apparent Ileal Amino Acid Digestibility of Feedstuffs for Broilers. *Poultry Science* 78: 699–706.
- Reddy, N.R., Sathe, S.K. and Salunkhe, D.K., 1982. Phytates in Legumes and Cereals. In: Chichester, C.O., Mrak, E.M. and Stewart, G.F. (eds) *Advances in Food Research*. Academic Press, New York sy:1.
- Schoner, F.J., Hoppe, P.P. and Schwarz, G., 1991. Comparative Effects of Microbial Phytase and Inorganic Phosphorus on Performance and on Retention of Phosphorus, Calcium and Crude Ash in Broilers. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition* 66: 248–255.
- Schoner, F.J., Schwarz, G., Hoppe, P.P. and Wiesche, H., 1994. Effect of Microbial Phytase on Ca-Availability in Broilers. *Third Conference of Pig and Poultry Nutrition*. Halle, Germany, November 29–December 1: 235-244.
- Şenköylü, N., 2002. Fitaz Enzimi ve Protein Küspelerine Yönelik Enzimler. 6. Uluslararası Yem Kongresi ve Yem Sergisi 22-23 Nisan Belek/Antalya : 141-151
- Thiel, U. and Weigand, E., 1992. Influence of Dietary Zinc and Microbial Phytase Supplementation on Zn Retention and Zn Excretion in Broiler Chicks. *XIX World's Poultry Congress*, Amsterdam, The Netherlands, 20–24 September.
- Thompson, L.U. and Yoon, J.H., 1984 Starch digestibility as affected by polyphenols and phytic acid. *Journal of Food Science* 49, 1228–1229.
- Ullah, A.H.J. and Gibson, D.M. 1987. Extracellular Phytase (E.C.3.1.3.8) from *Aspergillus Ficum* NRRL 3135: Purification and Characterization. *Preparative Biochemistry* 17: 63.
- Van Hartingsveldt, W., van Zeijl, C.M., Hartevelde, G.M., Gorika, R.J., Suykerbuyk, M.E., Luiten, R.G., van Paridon, P.A., Selten, G.C., Veenstra, A.E. and van Gorcom, R.F., 1993. Cloning, Characterization and Over Expression of The Phytase-Encoding Gene (phyA) of *Aspergillus Niger*. *Gene* 127: 87–94.
- Vohra, P., Gray, G.A. and Kratzer, F.H., 1965. Phytic Acid–Metal complexes. *Proceedings of the Society of Experimental Biology and Medicine* 120, 447.
- Yi, Z., Kornegay, E.T., Ravindran, V. and Denbow, D.M., 1996. Improving Phytate Phosphorus Availability in Corn and Soybean Meal for Broilers Using Microbial Phytase and Calculation of Phosphorus Equivalency Values for Phytase. *Poultry Science* 75: 240–249.
- Zhang, Z.B., Kornegay, E.T. and Veit, H.P., 1998. Comparison of Genetically Engineered Microbial and Plant Phytase for Young Broilers. *Poultry Science* 77 (Suppl. 1): 71.