



Samanlarda Biyolojik Muamelelerle Lignoselüloz Kompleksinin Sindirilebilirliğinin Artırılması[#]

Aydan Atalar^{1*}, Nurcan Çetinkaya²

¹Bülent Ecevit Üniversitesi, Çaycuma Gıda ve Tarım Meslek Yüksek Okulu, 67900 Çaycuma/Zonguldak, Türkiye

²Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Veteriner Fakültesi, Hayvan Besleme ve Beslenme Hastalıkları Anabilim Dalı, 55139 Samsun, Türkiye

MAKALE BİLGİSİ

[#]27-29 Eylül 2017'de Bayburt / Türkiye'de düzenlenen '1st International Organic Agriculture and Biodiversity' kongresinde özet olarak sunulmuştur.

Derleme Makale

Geliş 13 Eylül 2017
Kabul 26 Kasım 2017

Anahtar Kelimeler:

Hayvan besleme
Enzim muamelesi
Lignin sindirimi
Biyolojik muamele
Beyaz çürükçül mantarlar

*Sorumlu Yazar:

E-mail: aydan.atalar@beun.edu.tr

Ö Z E T

Samanların hücre duvarında bulunan lignoselüloz kompleksinin parçalanması ile selüloz ve hemiselüloz gibi rumen fermantasyonuyla sindirilebilir fraksiyonlar elde edilir. Rumende sindirilmeyen ligninin biyoteknolojik metotlarla parçalanarak samandan yararlanılabilirliğinin artırılması son yıllarda hayvan beslemecilerin odak noktası olan alanlarından birisi olmuştur. Lignoselüloz kompleksinin biyolojik metotlarla muamelesinde bakteriler, mantarlar ve bu mikroorganizmalardan elde edilen enzimler kullanılmaktadır. Bakteri muamelesinde *Mycobacterium*, *Arthrobacter* ve *Flavobacterium* türü bakterilerin lignini parçalayabilme özelliğinden yararlanılmaktadır. Enzim muamelesi etkili olmasına rağmen yüksek maliyet nedeniyle uygulamada yer bulamamıştır. Mantar muamelesinde beyaz, kahverengi ve yumuşak çürüme yapan 3 tür mantar kullanılmaktadır. Kahverengi çürükçül mantarlar tercihen selüloz ve hemiselüloza saldırır, ancak lignini parçalayamaz. Beyaz çürükçül mantarlar lignine saldırarak lignol bağları ve aromatik halkayı parçalarlar. Beyaz çürükçül mantarlar selüloz, ksilanaz gibi hidrolitik enzimlerle polisakkaritleri ve lignin peroksidaz ve lakkaz gibi oksidatif ligninolitik enzimlerle lignini parçalarlar. Lignoselüloz materyalleri en iyi parçalayabilen mikroorganizmaların mantarlar olması ve maliyetin düşük olması nedeniyle özellikle beyaz çürükçül mantarların uygulama potansiyeli bulunmaktadır. Bu bildiriye biyoçeşitliliğin sağladığı avantajla biyolojik metotlarla samanların sindirilebilirliğinin artırılması tartışılacaktır.

Turkish Journal of Agriculture - Food Science and Technology, 5(13): 1720-1725, 2017

Improvement the Lignocellulosic Complex Digestibility of Straw by Biological Treatment

ARTICLE INFO

Review Article

Received 13 September 2017
Accepted 26 November 2017

Keywords:

Animal nutrition
Enzyme treatment
Lignin digestion
Biological treatment
White rot fungi

*Corresponding Author:

E-mail: aydan.atalar@beun.edu.tr

ABSTRACT

The efforts to break down the lignocellulosic complex found in the cell wall of straws, besides digestible cellulose and hemicellulose by rumen fermentation, improvement of straw digestibility by the degradation of indigestible lignin fraction of complex by using of biotechnological methods is one of the focus areas of animal nutritionists in recent years. Biological methods are preferred over other methods due to the environmental friendliness. In the biological treatment methods of lignocellulosic complex, biodiversity of bacteria, enzymes and fungi gives opportunity to select lignin degrading species. *Mycobacterium*, *Arthrobacter* and *Flavobacterium* genre bacteria are used to degrade lignin by bacterial treatment. Lignocellulolytic enzymes isolated from different varieties of fungi are used in enzyme treatment. There are 3 genres of fungus that are white, brown and soft rot in fungal treatments. Brown rot fungi preferably attack cellulose and hemicelluloses, but not lignin. White rot fungi attack the lignin and break up lignol bonds and aromatic ring. White rot fungi break down polysaccharides with hydrolytic enzymes such as cellulase, xylanase, and lignin with oxidative ligninolytic enzymes such as lignin peroxidase and laccase. Because of the fact that the microorganisms that can break down the lignocellulosic materials are the fungi and the cost is low, the application of white rot fungi is possible. In this paper, improvement the lignocellulosic complex digestibility of straw by biological treatment with the advantage of biodiversity is discussed.

Giriş

Kaba yemler çiftlik hayvanları için hem ucuz bir besin kaynağı hem de sindirim fizyolojisi bakımından önemli işlevlere sahiptir. Ayrıca ruminantlarda rumen mikroflorası için gerekli besin maddelerini içermesi nedeniyle de vazgeçilmez öneme sahiptirler (Budak ve Budak, 2014). Hayvancılık işletmelerinde üretim maliyetlerinin %60-70'ini yem girdilerinin oluşturduğu göz önüne alınırsa, ekonomik hayvancılık yapılabilmesi için öncelikle yem maliyetlerinin azaltılması gerekmektedir. Yem maliyetlerinin azaltılması ise özellikle ruminantlar için ucuz ve kaliteli kaba yem üretiminden geçer. Kaba yeme dayalı besleme yapıldığında maliyet %10-30'a düşürülebilmektedir (Taşpınar, 2013).

Ülkemizde ruminant hayvanların yaşama payı gereksinimlerini karşılayabilmek için yılda 60 milyon ton kaliteli kaba yeme ihtiyaç duyulmakta olup, kaliteli kaba yem üretimimiz yılda 38,6 milyon ton düzeyinde kalmaktadır (TÜİK, 2016). Buna göre araştırmalar ülkemizde yılda 21,4 milyon ton kaliteli yem açığı bulunduğunu göstermektedir. Dolayısıyla ekonomik hayvan beslemenin temelini oluşturan kaliteli kaba yem açığının kapatılması büyük önem taşımaktadır.

Kaba yem denildiğinde akla ilk gelen yemler yonca kuru otu, korunga kuru otu, fiğ kuru otu, üçgül kuru otu, saman ve silajlardır. Özellikle saman hayvan beslemede kaba yem kaynağı olarak yaygın bir şekilde kullanılmaktadır.

Samanlar vejetasyon dönemini tamamlamış bitkilerin yaprak ve sap kısımlarının kırılması ile elde edilirler. Ham selüloz bakımından oldukça zengin olup (%30-35) bununda önemli bir bölümünü sindirilemez özelliği bulunmayan lignin oluşturur. Bu tür yemler diğer yemlerin de sindirimini olumsuz yönde etkilerler (Ergün ve ark., 2001). Samanların besin değerinin düşük olmasının sebebi yapısında bulunan lignin ve diğer hücre duvarı karbonhidratları arasındaki çapraz bağlardır. Yapısında bulunan bu çapraz bağlar mikrobiyal enzimlere karşı çok dirençlidir (Sarnklong, 2010).

Ülkemizde farklı ürünlere ait yıllık 54,4 milyon ton saman ortaya çıkmaktadır. Bunun 26,4 milyon tonunu buğday samanı, 13,5 milyon tonunu ise arpa samanı oluşturmaktadır (Alçiçek ve ark., 2010) bu kadar fazla elde edilen bir ürünün sindirilebilirliğinin artırılması hayvancılığın daha karlı bir yapıya kavuşmasına olanak sağlayabilir. Samanlar yapı ve besin değerleri açısından farklılıklar gösterebilir. Baklagil samanları buğdaygil samanlarından daha değerlidirler. Buğdaygil samanları sindirilebilir ham protein (HP) bakımından oldukça fakirdirler (%1-2), ham selüloz miktarı ise %50 ve üzeri, ham yağ (HY) miktarı ise %1-2 civarındadır. Sindirilebilir besin maddelerinin %28-50'sini azotsuz öz maddeler oluşturur ki bu miktarın da %32'si lignin benzeri karbonhidratlar, %54'ünü pentozanlar ve %14 kadarını da diğer karbonhidratlar oluşturur. Samanlar mineral maddeler açısından da oldukça fakirdirler. Silisyum dioksit miktarı yüksektir. Vitaminler önemsiz miktarda olup bir miktar D vitamini içerirler. Baklagil samanlarında lignin: hemiselüloz oranı yüksek olmasına karşın buğdaygil samanlarının silika oranı daha fazladır (Eser, 2016).

Samanların hücre duvarında bulunan lignoselüloz kompleksinin parçalanması ile selüloz ve hemiselüloz gibi rumen fermantasyonuyla sindirilebilir fraksiyonlar elde edilir. Rumende sindirilmeyen ligninin biyoteknolojik metotlarla parçalanarak samandan yararlanılabilirliğinin artırılması son yıllarda hayvan besleme alanında çalışan araştırmacıların odak noktası olan alanlarından birisi olmuştur. Son yıllarda dünyanın atıklarla kirlenmesini önlemek ve daha ekonomik bir yarar sağlayabilmek için özellikle bakteri, enzim ve mantarların biyoçeşitliliğinden yararlanılmaktadır. Düşük kaliteli kaba yemlerin biyolojik metotlarla sindirilebilirliğinin artırılması ile hem kaliteli kaba yem üretimi teşvik edilmiş olacak hem de ekonomik hayvancılık yapılmış olacaktır. Özellikle beyaz çürükçül mantarlar lignolitik enzimleri aracılığı ile yüksek molekül ağırlığına sahip lignini depolimerize ve mineralize edebilirler (Han, 2001). Bu derlemede samanların biyolojik metotlarla sindirilebilirliğinin artırılması tartışılacaktır.

Lignoselülozik Kompleksinin ve Özellikleri

Lignoselülozik komplekslerin temel bileşenlerini selüloz, hemiselüloz ve lignin oluşturur. Ligninin ayrılması durumunda geriye polisakkarit türevi kalır. Doğada selüloz; çeşitli nişasta, pektin ve hemiselüloz gibi polisakkaritlere bağlı olarak bulunur. Hemiselülozlar ise galaktoz, mannoz, ksiloz, arabinoz içerir (Beyatlı, 1996).

Selüloz

Selüloz, glikoz ünitelerinin β -1,4 bağları ile bağlanması sonucu oluşmuş bir polimerdir. Selüloz bitkilerin hücre duvar yapısına katılan yapısal bir karbonhidrattır ve bitkiye sağlamlık verir. Selüloz, bitki hücre duvarı yapısında en fazla oranda bulunan hücre duvarı bileşenidir. (Mendu ve ark., 2011).

Hemiselüloz

Hemiselüloz da hücre duvar yapısına katılan karbonhidratlardan birisidir ve lignoselülozik komplekslerde selülozdan sonra en önemli bileşenlerden birisidir. Hücre çeperindeki polisakkaritlerin %20-35'ini oluştururlar. Ayrıca hemiselüloz ve selüloz birleşerek holoselülozu oluştururlar (Yoon ve ark., 2005).

Lignin

Bitkide kök ve gövdenin odunsu yapısını oluşturan madde olarak bilinir ve odun özü anlamına da gelmektedir. Bitkiyi uygun olmayan çevre şartlarından korur (Martinez ve ark., 2001). Lignin ruminantlar da ne sindirim enzimleri ile ne de mikrobiyal enzimler ile sindirilemez dolayısıyla da yemlerin sindirilemez derecelerini ve yemden yararlanmayı azaltır (Naser ve ark., 2011).

Samanlarda Sindirilebilirliğin Artırılmasına Yönelik Uygulanan Muameleler

Samanların hücre duvarında bulunan lignoselüloz kompleksini parçalamak, selüloz ve hemiselüloz gibi hücre duvarı unsurlarının yararlanılabilirliğini artırmak

için fiziki, kimyasal ve biyolojik muameleler uygulanmaktadır. Doğrama, öğütme, nemlendirme, kaynatma, otoklava etme, peletleme, ısıtma ve radyasyon yeme uygulanan fiziksel yöntemlerdir. Ancak fiziksel yöntemleri sınırlayan bazı faktörler mevcuttur. Bunlar uygulama sırasında enerji sarfiyatı buna bağlı olarak ortaya çıkan ekonomik nedenler ve uygulama sonrasında sonuçların yetersiz kalması gibi faktörlerdir. Kimyasal muamele Samanın alkol, hidrojen peroksit, kalsiyum klorür, formik asit, ferroklorür, biüre, organik klor ve sodyum hidrokisit ile muamelesidir. Ancak bu yöntem çevre kirliliği, uygulama zorluğu ve uygulana kimyasalın samandan uzaklaştırılması sırasında oluşan kayıplardan dolayı pratikte uygulama alanını çok ta fazla bulamamıştır. Biyolojik muameleler ise Son yıllarda, kimyasal atıklarla çevrenin giderek kirlenmesini önlemek ve hayvancılığın daha ekonomik hale gelmesini sağlamak için araştırmacılar tarafından ilgi odağı olmuştur. Biyolojik muameleler çevre dostu olmalarından dolayı diğer yöntemlere göre tercih sebebidir (Yalçın, 2011).

Biyolojik Muamele

Sindirilemeyen bitki hücre duvarı bileşenlerinin biyolojik olarak ayrışması mikroorganizmalar tarafından sentezlenen enzimlerle sağlanmaktadır. Biyolojik yöntemler çevre dostu olmalarından dolayı diğer yöntemlere göre tercih sebebidir. Lignoselüloz kompleksin biyolojik metotlarla muamelesinde bakteriler, enzimler ve bu mikroorganizmalardan izole edilen enzimler kullanılmaktadır. Lignolitik mikroorganizmalar hücre duvarı yapısına katılan selüloz ve hemiselüloz gibi polisakkaritleri ve samanda bulunan ligninin yapısında bulunan bağlara etki ederek bu bağları ayırabilir. Rüminal mikroflorada bulunan mikroorganizmalar da sindirilebilirliğin artmasına bağlı olarak bu polisakkaritleri ve oligomerleri daha etkili bir şekilde kullanılabilirler.

Saman gibi lignoselülozik komplekslerin sindirilebilirliğinin artırılmasında kullanılacak olan mikroorganizmaların seçiminde ana kriter seçilen mikroorganizmanın güçlü bir lignin metabolizmasına sahip olması ve hayvanda toksik etkiye sebep olacak herhangi bir metaboliti üretmemesidir (Zhang ve Jenkins, 2011).

Bakteri Muameleleri

Kötü kaliteli kaba yemlerin sindirilebilirliğinin artırılmasında kullanılan mikroorganizmalardan biri de bakterilerdir. Özellikle *Mycobacterium*, *Arthrobacter* ve *Flavobacterium* türü bakteriler lignini parçalayabilme özelliğine sahiptir.

Pirinç samanının besleyici değerliliğini artırmak amacıyla yapılan bir çalışmada, pirinç samanı laktik asit bakterileri ile fermentasyon ve adsorbsiyon olmak üzere iki farklı şekilde muamele edilmiştir. Her iki uygulama da samanın besleyici değerliliğini artırmıştır ancak adsorbsiyon yolu ile sindirilebilirlik daha da artmıştır. Kuru madde KM ve HP konsantrasyonu artış gösterirken, NDF, ADF ve NH₃-N konsantrasyonları azalıp laktik asit üretimi ve *in-vitro* kuru madde sindirilebilirlik (IVDMD) artış göstermiştir (Liu ve ark., 2015).

Fasulye samanının sindirilebilirliğini ve besleyiciliğini artırmak amacıyla bakteri (*Bacillus spp*, *Ruminococcus albus*) muamelesinin yapıldığı bir çalışmaya göre,

Ruminococcus albus ile muamele edilen fasulye samanının HP oranı bakımından en yüksek değere sahip olduğu ve HS, ADL, ADF ve selülozun ise daha düşük değere sahip olduğu görülmüştür. Fasulye samanının *Bacillus spp* ya da *Ruminococcus albus* ile muamele edilmiş örneği kontrol grubu ile karşılaştırıldığında OM, HP, HS, ADF, NDF ve selüloz sindirilebilirliğinin arttığı gözlenmiştir. Hiçbir muamele yapılmayan kontrol grubunun OM, HP, HS, NDF, ADF ve ADL değerleri sırasıyla; %90,28, %7,33, %41,94, %59,79, %42,98 ve %12,07'dir. *Bacillus spp* ile muamele edilen örneklerin değerleri ise sırasıyla; %88,91, %14,56, %30,54, %48,65, %33,72 ve %10,36'dır. *Ruminococcus albus* ile muamele edilen örneklerin değerleri sırasıyla; %87,55, %15,22, %28,35, %49,87, %30,59 ve %9,58 olarak bulunmuştur (Abd El-Galil ve Ebtehağ, 2011).

Patates asması ile *Laktobasillus asidofilusun* muamele edildiği bir araştırmada, muamele edilmeyen kontrol grubu ile kıyaslama yapıldığında ham selülozun azaldığı (%12,2 ve 10,3), NDF değerinin düştüğü (%31,2 ve 30,7); bununla birlikte, ham protein (%15,8 ve 18,5) ve ham yağın (%1,7 ve 2,5) arttığı belirlenmiştir (El Banana ve ark., 2010).

Enzim Muameleleri

Kötü kaliteli kaba yemlerin sindirilebilirliğinin artırılmasında eksojen enzim kullanımı bugün pratikte pek kullanılamamasına rağmen gelecek için umut vericidir (Nahla ve ark., 2015).

Enzimler, yem hammaddelerinde bulunan hem antinutrisyonel faktörleri hem de lif bakımından zengin hücre duvarını da parçalayarak, içinde kalan nişasta, protein ve mineral maddelerden yararlanmayı da artırır. Yem hammaddesi içinde yer alan ve hayvanın endojen enzimleri tarafından genellikle parçalanmayan spesifik kimyasal bağları, yeme katılan enzimler parçalamakta, böylelikle de daha fazla besin maddesi serbest hale geçmektedir. Samanların sindirilebilirliği yapısal karbonhidratların depolimerizasyonuna bağlıdır. Makromoleküllerin enzimatik yolla parçalanmasıyla birlikte samanın sindirilebilirliği artar (Fazaeli ve ark., 2004).

Mantarlardan izole edilebilir lignoselüloolitik enzimleri peroksidaz ve oksidaz, hidrolitik enzimleri ise sellülaz, hemiselülaz, pektinaz, kitinaz, amilaz, proteaz, esteraz, ve mannaz oluşturur (Godliving, 2012).

Enzim kullanımı ile sindirilebilirlik, yem tüketimi, rumende mikrobiyal azot sentezi, süt üretimi, canlı ağırlık artışı gibi parametreler arsında pozitif bir ilişki olduğu saptanmıştır (Alsersy ve ark., 2015).

Fibrolitik bir enzim olan sellülaz ile buğday samanının farklı kombinasyonlarda muamele edilmesinin buğday samanının besin madde kompozisyonu üzerindeki etkilerinin araştırıldığı bir çalışmada, sellülaz enzimi, hücre duvarının parçalanabilirliğini artırarak selüloz ve hemiselüloz gibi yapısal polisakkaritlerin monosakkaritlere dönüşümü sağlanmış ve böylece buğday samanının NDF, ADF, ADL, hemiselüloz ve selüloz içeriklerinde azalma olduğu görülmüştür. Kontrol grubundaki buğday samanının NDF, ADF, ADL, hemiselüloz ve selüloz değerleri sırasıyla; %85,54, %55,63, %12,61, %29,91, %43,02 iken enzim muamelesinin ardından bu değerler sırasıyla %73,33,

%47,31, %10,73, %26,02, %36,58 olduğu görülmüştür (Kalkan ve Filya, 2011).

Çeltik samanı ile selüloz enzimi muamelesinin yapıldığı bir çalışmada ise verilere göre, araştırmada çeltik samanının en yüksek düzeyde selüloz ile muamele ve 40°C'de inkübe edilmesiyle IVGS_{yem}, IVGKM_S, IVGNDF_{KM} ve IVGOMS_{KM} değerleri sırasıyla %62,99, %60,43, %30,70 ve %63,58 olarak bulunmuştur. Sonuç olarak, elde edilen bulgular selüloz enzimi ile çeltik samanı muamelesinin gerçek sindirilebilirliği artırdığını göstermiştir (Selçuk ve ark., 2015).

Ganoderma spp. türü mantarlardan izole edilen tannaz enzimi ile muamele edilen buğday samanının biyokimyasal parametreleri ve HP değerleri üzerine etkisinin araştırıldığı bir çalışmada HP oranının %1,28 oranında arttığı, ligninin yüksek oranda parçalandığı ve *in vitro* sindirilebilirliğin artmış olduğu buna bağlı olarak ta besleyiciliği yüksek saman eldesinin olduğu görülmüş (Raghuwanshi ve ark., 2014).

Keçi rasyonlarına eksojen enzim ilavesinin etkilerinin araştırıldığı bir çalışmada (ZAD® ve ZADO®) ile besin maddelerinde sindirilebilirlik, hayvanların süt üretiminde artış ve süt kompozisyonunda iyileşme olduğu gözlemlenmiştir (Khattab ve ark., 2011). Rivero ve arkadaşlarının (2012) yaptığı bir araştırmaya göre enzim muamelesi yapılan yemle beslenen koyunların kan parametrelerine bakıldığında kırmızı kan hücreleri, hemoglobin, hematokrit, beyaz kan hücreleri, nötrofil ve plazma proteinleri üzerinde herhangi bir negatif etkinin oluşmadığı görülmüştür.

Mantar Muameleleri

Lignoselülozik materyalleri en iyi parçalayabilen mikroorganizmalar mantarlardır. Mantarlar beyaz, kahverengi ve yumuşak çürüme olmak üzere 3 tür çürüme oluştururlar (FAO, 2011). Özellikle beyaz çürükçül mantarlar lignolitik enzimleri aracılığı ile yüksek molekül ağırlığına sahip lignini depolimerize ve mineralize edebilirler (Baldrian ve ark., 2006).

Kahverengi çürükçül mantarlar tercihen selüloz ve hemiselüloza saldırır, ancak lignine dokunmaz. Bu nedenle parçalanma kalıntıları kahverengiye dönüşür. Kahverengi çürükçül mantarlar ligninde sınırlı değişiklik yaparak nem oranını artırır. Ligninin aromatik halkasını etkili olarak parçalayamaz halka açılabilir bile ligninin yapısında önemli bir dekompozisyona sebep olamazlar.

Beyaz çürükçül mantarlar selüloz ve hemiselüloza etki etmeden lignini parçalayarak oluşan ürünleri beyaza dönüştür, bu da materyalin sindirilebilir hale geldiğinin göstergesidir. Beyaz çürükçül mantarlar lignin polimerine saldırarak lignol bağları ve aromatik halkayı parçalarlar. Bunun sonucu olarak ta *in-vitro* sindirilebilirlik artar. Beyaz çürükçül mantarlar selüloz, ksilanaz gibi hidrolitik enzimlerle polisakaritleri, ve lignin peroksidaz (LiP), mangan peroksidaz (MnP) ve lakkaz gibi oksidatiflignolitik enzimlerle lignini parçalarlar (Mahesh ve Mohini, 2013).

Farklı türdeki mantar ve tarımsal artıkları inkubasyona bıraktıklarında, tarımsal artıkların protein içeriğinde artışların olduğunu, fakat inkubasyon ortamına ilave edilen NH₄N03' in protein artışına çok önemli bir katkı yapmadığını, yine aynı çalışmada, NH₄N03' in, buğday

samanının *in vitro* sindirilebilirlik değerini 90 günlük inkubasyon sonucunda %60 oranında arttırdığını tespit etmişlerdir (Topal ve ark., 1993).

Tarımsal artıkların beyaz çürükçül mantarlarla 20, 40 ve 60 gün sürelerle inkubasyonları sonucunda, ham selüloz, nötral deterjan fiber ve lignin içeriklerinde orijinal örnekleriyle karşılaştırıldığında sırasıyla %37,92, %28,20 ve %58'e varan oranlarda sindirilebilirliğinde artışlar tespit edilmiştir (Bayram, 1997).

Yapılan bir çalışmaya göre pirinç samanının mantar ile muamele edilmiş ve hiçbir muameleye maruz bırakılmamış örneklerinin yapısal olmayan karbonhidratlar, asit deterjan fiber, nötral deterjan fiber ve ham protein üzerinde etkilerine bakılmış. Sonuç olarak selüloz sindirilebilirliğinde ve ham protein miktarında artış gözlenmiştir (Karunanandaa ve Varga, 1996). Delignifikasyon ve rumen parçalanabilirliği mantar türlerine göre farklılık göstermektedir (Rahman ve ark., 2011).

Mısır samanının beyaz çürükçül mantarlardan olan *Pleurostostreatus*, *Pleurotus eryngii* ve *Lentinula edudes* miselleri ile 10, 20, 30 ve 40 gün süre ile muamele edilmesinin ardından sindirilebilirliğinin incelenmesi ile yapılan bir çalışmada her inkubasyon sonrasında kuru madde, organik madde, ham protein, nötral deterjan fiber, asit deterjan fiber, asit deterjan lignin, kuru madde ve organik madde bazında *in vitro* gerçek sindirilebilirlik değerleri ortaya konmuş ve HP, IVGS_{KM} ve IVGS_{OM} değerlerinde artış görülürken ADL değerlerinde azalma meydana gelmiştir. IVGS_{KM} %26,90, %32,54, %33,55; %30,71, %30,68, %27,37; %32,22, %40,99, %30,80; %40,35, %37,41, ve %33,93 olarak bulunmuştur. IVGS_{OM} değerleri ise aynı şekilde Po, Pe ve Le mantarları ile 10, 20, 30 ve 40 gün süreyle olmak üzere sırasıyla %26,47, %32,33, %33,18; 18%; 29,00, 32,82 ve 26,96%; %31,30, %41,18, %30,72; %39,72, %37,24 ve %33,46 olarak bulunmuş ve uygun süre ve mantar türü dikkate alınarak Pe'nin 20. ve 30. günleri olabileceği bildirilmiştir (Atalar ve Çetinkaya, 2017).

Lignoselülozik materyallerin mantar ile yapılan muamelesinde mantar türünün ve inkubasyon zamanının kimyasal kompozisyon ve *in vitro* rumen parçalanabilirliği üzerine etkisinin araştırıldığı bir çalışmada mantar türü olarak *Pleurotus ostreatus*, *Lentinula edudes*, *Pleurotus eryngii* ve *Ganoderma lucidum* kullanılmış ve 12 haftalık inkubasyon sonrasında IVGÜ₇₂ (İn vitro gaz üretimi 72 saat) değerine bakıldığında en etkili türün *Lentinula edudes* olduğu belirlenmiştir (Sandra ve ark., 2015).

Pleurotus ostreatus and *Pleurotus eryngii*, *Lenzites betulinus* ve *Fomitopsis pinicola* mantar türlerinin lignin parçalanabilirliği üzerine etkilerinin araştırıldığı bir çalışmada lignini parçalanması üzerine etkili olduğu düşünülen enzimlerden laktazı en iyi üretebilen mantarların *Pleurotus ostreatus* ve *Pleurotus eryngii* olduğu, en iyi mangan peroksidaz aktivitesine sahip mantar türlerinin ise *Lenzites betulinus* ve *Fomitopsis pinicola* olduğu belirlenmiştir (Knez'evic' ve ark., 2013).

Onbir farklı mantar türünün buğday samanında rumen fermentasyon parametreleri üzerine etkilerinin araştırıldığı bir diğer çalışmada; buğday samanına 11 farklı mantar inokulasyonu sonrasında kimyasal kompozisyonları değerlendirilmiş ve HP'nin %19,1-37,9,

NDF'nin %68,9-80,1, ADF'nin %46,0-55,6 ve ADL'nin %37,0-94,0 arasında değiştiği bulunmuştur. Buğday samanının özellikle *Ceriporiopsis subvermispora* mantar türü ile 49 günlük inkübasyonu sonrasında organik madde sindirilebilirliğinin 200 mL/g' dan 309 mL/g'a yükseldiği gösterilmiştir. Sonuç olarak hayvan yemi olarak kullanılacak olan buğday samanının besin değerinin artırılmasında özellikle ligninin parçalanması üzerine olumlu etkileri bulunan bazı mantar türleri ile inkübe edilerek kullanımının uygun olacağı bildirilmiştir (Tuyen ve ark., 2012).

Yapılan bir diğer çalışmada *Phlebia floridensis*'in buğday samanı ile fermentasyonu süresince *in-vitro* sindirilebilirlikteki artış ve lignoselüloolitik enzim üretimi arasındaki ilişki araştırılmıştır. Çalışma sonunda *Phlebia floridensis*'in lignoselüloolitik enzim üretiminde etkin olduğu ve buğday samanının lignin içeriğini %27,6' dan %14,6'ya %50 oranında azaltarak buğday samanının *in-vitro* sindirilebilirliğini artırdığı bildirilmiştir (Sharma ve Arora, 2010).

Ceratocystis culmi, *Tyromyces palustris* ve *Aspergillus terreus* gibi kahverengi çürükçül mantarlarla muamele sonunda elde edilen fermente rahi (paramak) darısı (*Eleusine coracana*) samanının kimyasal kompozisyonuna bakıldığında en anlamlı değişimin lignin bileşiminde (%6,68'den %3,68'e) olduğu saptanmıştır. (Sridhar ve Senani, 2007).

Kaynaklar

- Ad El-Galil Etab, R. Ebtehag, 2011. Role of Bacterial Treatments for Upgrading Nutritive Value of Bean Straw and Native Goats Performance. *J Am Sci.*, 7(5):502–510.
- Alçiçek A, Kılıç A, Ayhan V, Özdoğan M. 2010. Türkiye'de Kaba Yem Üretimi ve Sorunları. TMMOB Ziraat Mühendisleri Odası, VII. Teknik Kongresi Bildiriler Kitabı - 1, Milli Kütüphane Kongre Salonu Ankara 11-15 Ocak
- Alsersy H, Salem A Z M, Borhami B E, Olivares J, Gado H M, Mariezcurrena M D, Yacuot M H, Kholif A E, El-Adawy M, Hernandez S R. 2015. Effect of Mediterranean saltbush (*Atriplex halimus*) ensilaging with two developed enzyme cocktails on feed intake, nutrient digestibility and ruminal fermentation in sheep. *Anim. Sci Journal*, 86, 51-58.
- Atalar A, Çetinkaya N. 2017. Biological treatment of corn stover with *Pleurotus ostreatus*, *Pleurotus eryngii* and *Lentinula edodes* to improve digestibility. ICVAS Rio de Janeiro 19th International Conference on Animal and Veterinary Sciences. Rio de Janeiro Brazil. Feb 23-24, 19 (2) Part XIX.
- Baldrian P, Šnajdr J. 2006. Production of ligninolytic enzymes by litter decomposing fungi and their ability to decolorize synthetic dyes. *Enzyme Microb. Technol.* 39, 1023–1029
- Bayram İ. 1997. Bazı tarımsal artıkların beyaz çürükçül mantarlarla delignifiye edilerek yem değerlerinin artırılması olanaklarının araştırılması. *Ankara Üniv Vet Fak Derg.* 44:1-9.
- Beyath Y. 1996. Biyoteknoloji ve biyoprotein üretimi. Ankara. Kükem Derneği Bilimsel Yayınlar No 5 19-23
- Budak F, Budak F. 2014. Yem Bitkilerinde Kalite ve Yem Bitkileri Kalitesini Etkileyen Faktörler. *Türk Bilimsel Derlemeler Derg.* 7 (1): 01-06
- El-Galil Etab, R. Ebtehag. 2011. Role of bacterial treatments for upgrading nutritive value of bean straw and native goats performance. *J Am Sci.*, 7(5):502-510.
- Ergun A, Tuncer ŞD, Irfan C, Yalcın S, Yıldız G, Kucukersan K, Kucukersan S, Sehu A. 2001. Hayvan Besleme ve Beslenme Hastalıkları. Ankara Univ. Veteriner Fak. Hayvan Besleme ve Beslenme Hastalıkları Anabilim Dalı, Ankara.
- Eser S. 2016. İnokulant ve enzim ilavesinin farklı samanların besleme değeri üzerine etkileri. Namık Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi.
- FAO. 2010. Successes and failures with animal nutrition practices and technologies in developing countries. Proceedings of the FAO Electronic Conference, Rome, Italy.
- Fazaeli H, Mahmodzadeh H, Jelani ZA, Rouzbenhan, Y Liang, JB, Azizi A. 2004. Utilization of fungal treated wheat straw in the diet of late lactating cow. *Asian Aust. J Anim Sci*; 17:467-472.
- Godliving YS Mtui. 2012. Lignocellulolytic enzymes from tropical fungi: Types, substrates and applications. *Sci Research and Essays*;7(15):1544–1555.
- Han YW. 2001. Microbial utilization of straw (a review). *Advances in Appl Microbiol*;23: 119–153.
- Kalkan H, Filya İ. 2011. Sellülaz enziminin buğday samanının beslenme değeri, *in-vitro* sindirimi ve mikrobiyal protein üretimi üzerine etkileri. *Kafkas Üniv Vet Fak Derg.* 17(4):585-594.
- Karunanandaa K, Varga GA. 1996. Colonization of rice straw by white-rot fungi (*Cyathostercorus*): Effect on ruminal fermentation pattern, nitrogen metabolism, and fiber utilization during continuous culture. *Anim Feed Sci and Technol*, 61:1–16.
- Khattab H M, Sooud A O, Salem A M, Mansour A M, Younan B R. 2008. Agro-industrial by-products for feeding lactating goats. *Egyptian Journal of Nutrition and Feeds*, 11, 145–158.
- Knez'evic' A , Milovanovic' I , Stajic' M, Lončar N, Breški I, Vukojevic' J , C' ildrz'ic' J. 2013. Lignin degradation by selected fungal species. *J Biotech.* 138:117-123.
- Liu JJ, Liu X-P, Ren J-W, Zhao H-Y, Yuan X-F, Wang X-F, Salem AZM, Cui Z-J. 2015. The effects of fermentation and adsorption using lactic acid bacteria culture broth on the feed quality of rice straw. *J Integrative Agric.* 14(3):503–513.
- Mahesh MS, Mohini M. 2013. Biological treatment of crop residues for ruminant feeding: A review. *Afr J Biotechnol.* 12(27):4221-4231.
- Martinez AT, Camereron S, Gutierrez A. 2001. Studies on wheat lignin degradation by pleurotus species using analytical pyrolysis. *J Anal Appl Pyrolysis* 59, 401-411.
- Mendu V, Griffiths JS, Persson S, Stork J, Downie AB, Voiniciuc C, Haughn GW, DeBolt S. 2011. Subfunctionalization of cellulose synthases in seed coat epidermal cells mediates secondary radial wall synthesis and mucilage attachment. *Plant Physiol.*, 157, 441–453.
- Mona MY, Elghandour, Borhami. 2015. Biological treatments as a mean to improve feed utilization in agriculture animals- An overview. *J Integr Agric* 14(3): 534-543.
- Nahla A Abdel- Aziz, Abdelfattah ZM, Salem, Mounir M El-Adaway, Luis, M Camacho., Ahmed, E Kholif, Mona, MY Elghandour, Borhami E Borhami. 2015. Biological treatments as a mean to improve feed utilization in agriculture animals- an overview. *J Integr Agric* 14(3): 534-543
- Naser M, Bayaz A, Ramin S, Alireza A, Abolfazl A, Mehdi M. 2011. Determining nutritive value of soybean straw for ruminants using nylon bags technique. *Pak. J. Nutr.*, 10, 838-841.
- Rahman MM, Lourenço M, Hassim HA, Baars JJP, Sonnenberg ASM, Cone JW, De Boever, Fievez V. 2011. Improving ruminal degradability of oil palm fronds using white rot fungi. *Anim Feed Sci and Technol.* 169(3–4):157–166.

- Raghuwanshi S, Misra S, Saxena R K. 2014. Treatment of wheat straw using tannase and white-rot fungus to improve feed utilization by ruminants. *J Anim Sci and Biotechnol.* 5(1):13-20.
- Rivero N, Salem A Z M, Gado H M, Ronquillo M G, Pliego A B, Peñuelas C G, Odongo N E. 2012. Effect of exogenous enzymes and *Salix babylonica* extract or their combination on haematological parameters in growing lambs. *Journal of Animal and Feed Sciences*, 21, 577-587.
- Ruihong Z, Bryan MJ. 2009. Commercial uses of straw. In: McNulty, P., Grace, P.M.(ed.) *Agricultural Mechanization and Automation - Volume II*, EOLSS Publications, p:308-342
- Sandra J.A. van Kuijk, Anton, S.M. Sonnerberg, Johan J.P. Baars, Wouter H. Hendriks, John W. Cone. 2015. Fungal treatment of lignocellulosic biomass: importance of fungal species, colonization and time on chemical composition and *in vitro* rumen degradability. *J. Ani Feed Sci.*, 209:40-50.
- Sarnklong C, Cone, JW, Pellikaan W. Hendricks WH. 2010. Utilization of rice straw and different treatments to improve its feed value for ruminants: A Review. *Asian-Aust. J. Anim. Sci.*, 23 (5): 680-692.
- Selçuk Z, Salman M, Çetinkaya, N. 2015. Sellülaz enzimi muamelesinin çeltik samanı sindirilebilirliği üzerine etkisi. *Kafkas Univ Vet Fak Derg.*22(1):43-48.
- Sharma RK, Arora DS. 2010. Production of lignocellulolytic enzyme and enhancement of *in- vitro* digestibility during solid state fermentation of wheat straw by *Phlebia floridensis*. *Bio Techn*, 101(23):9248-53.
- Sridhar M, Senani S. 2007. Nutritional profile of ragi (*Eleusine coracana*) straw fermented using brown rot fungi. In: *International tropical animal nutrition conference (volume II)*, held at National Dairy Research Institute, 103-104.
- Taşpınar Ö. 2013. Büyükbaş ve küçükbaş hayvan yetiştiriciliğinde kaba yemle beslemenin önemi. Hakimiyet tarım fuarı eki <http://www.zmo.org.tr/genel/bizden-detay.php>
- Topal Ş, Kırıl E, Alikışifoğlu K. 1993. Buğday samanının mikrobiyal delignifikasyonunda amonyum nitrat fortifikasyonunun etkileri. *Anim Enformasyon*, 85:58-71.
- Tuyen DV, Phuonga HN, Conea JW, Baarsb JJP, Sonnenbergb ASM, Hendriks WH. 2013. Effect of fungal treatments of fibrous agricultural by-products on chemical composition and *in-vitro* rumen fermentation and methane production. *Bioresource Technol*, 129:256-263.
- Yalçın, S. 2011. Hayvan besleme alanında biyoteknolojinin uygulanışı. *Yemler, Yem Hijyeni ve Teknolojisi*. 4. Baskı. Pozitif Matbaa, Ankara.
- Yoon JJ, Kim YL. 2005. Degradation of crystalline cellulose by brown-rot *Basidiomycete Fomitopsis palustris*. *J. Microbial*, 43, 487-492.