

***Pleurotus eryngii* Suşlarının Lignoselülozik Soya Saplarını Biyodönüştürme Etkinlikleri**

Numan YILDIRIM¹, Abdunnasır YILDIZ²

¹Tunceli Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, 62000 Tunceli-TÜRKİYE

²Dicle Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, Biyoloji Bölümü, 21280 Diyarbakır-TÜRKİYE

*Corresponding author: numanyildirim@tunceli.edu.tr

Özet

Katı substrat fermentasyonu şartlarında, değişik kaynaklardan elde edilen *Pleurotus eryngii*'nin üç farklı suşu ile lignoselülozik soya sapının (SS) biyodönüşümü 40 gün süre ile incelenmiştir. Çalışmada, farklı oranlarda (%5 ve %10 w/w) pirinç kepeğinin (PK) fermentasyon esnasında lignin yıkımına ve lakkaz aktivitesine, fermentasyon sonunda ise kalan substratın ham protein ve C/N oranına etkisi belirlenmiştir. Lignoselülozun degradasyon oranı, asitle çözünür lignin (Klason lignin) içeriğinin belirlenmesiyle ortaya konmuştur. Ligninin tüm suşlar tarafından yıkıldığı ancak bu yıkımın farklı oranlarda gerçekleştiği saptanmıştır. Lignin yıkım oranının, yüksek miktarda pirinç kepeği eklenen ortamda (SS+%10 PK) azaldığı gözlenmiştir. En yüksek lignin yıkım oranının ise *P. eryngii* (E) tarafından %24,43 olarak gerçekleştiği tespit edilmiştir. En yüksek ham protein seviyesi *P. eryngii* (H) ile %13,32 olarak bulunmuştur. Lakkaz aktivitesinin yüksek miktarda (% 10) PK eklenmesiyle azaldığı belirlenmiştir. Maksimum lakkaz aktivitesi (204,39 U/L) *P. eryngii* (E) ile %5 PK ortamında 40. günde ölçülmüştür. Böylece, soya saplarının fungal fermentasyondan sonra kazandıkları yüksek besleyici değerden dolayı ruminantlar için bir besin katkı maddesi olarak kullanılabileceği belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: *Pleurotus eryngii*, biyodönüşüm, biyodelignifikasyon, lakkaz aktivitesi, ruminant yemi.

Bioconversion Efficiencies of Lignocellulosic Soy Stalk by *Pleurotus eryngii* Strains

Abstract

The bioconversion of soy stalk (SS) lignocellulose by three different strains of *Pleurotus eryngii* from various origins by solid state fermentation was studied during 40 days. The effect of rice bran ratio, 5% or 10% (w/w), on lignin degradation and laccase activity were measured throughout the fermentations while, total crude protein and C/N ratio of the remaining substrate were determined at the end of the fermentations. The degradation of lignocellulose was found by the determination of acid soluble lignin (Klason lignin) content. All the strains degraded lignin with different extents. The amount of lignin degradation was decreased by the addition of the higher quantities of rice bran (SS+10% RB). The highest lignin degradation was obtained as 24.43% by *P. eryngii* var. ferulae (E) and the highest protein level was found to be %13.32 by *P. eryngii* (H). We determined that the laccase activity was generally decreased by the addition of the higher quantities of rice bran (10%). Maximum laccase activity (204.39 U/L) was obtained by *P. eryngii* (E) on SS + 5% RB at the end of the fermentation. This study showed that, after fungal treatment soy stalk can be used as a feed for ruminants with its higher feeding value.

Keywords: : *Pleurotus eryngii*, bioconversion, biodelignification, laccase activity, ruminant feed.

Yıldırım N, Yıldız A (2010) *Pleurotus eryngii* Suşlarının Lignoselülozik Soya Saplarını Biyodönüştürme Etkinlikleri. Ekoloji 19, 76, 88-94.

GİRİŞ

Ülkemiz ekonomisinde tarımsal üretimin önemli bir yer tuttuğu ve aynı zamanda hayvansal üretimin de bu üretimdeki payının büyüklüğü bilinen bir gerçektir. Buna karşılık yem açığı ve düşük kaliteli yem üretimine bağlı olarak hayvancılığımızda verim düşüklüğü önde gelen önemli sorunlarımızdandır. Diğer yandan, yapısı gereği rumen sindirimi zor ve yem değeri çok düşük bitkisel ham atıklar da günümüzde kaynak israfı yaratmaktadır.

Dünya yıllık bitki ve tarımsal atık miktarı

yaklaşık olarak 2.273.080.000 ton olduğu ve Türkiye'de ise her yıl yaklaşık olarak 36.940.000 ton tarımsal atık elde edildiği rapor edilmiştir (Güler ve Akgül 2001). Ege, Akdeniz ve GAP'ın devreye girmesiyle Güneydoğu Anadolu Bölgesinde tahıl hasadından sonra ikinci ürün olarak soya yetiştirilmektedir. Yenilenebilir kaynak teknolojisi açısından öneme sahip bu lignoselülozik tarımsal atıklar, bazı yerel bölgelerde, yakacak olarak tüketilerek kısmen ekonomiye kazandırılmaya çalışılmaktadır (Kara ve Sezer 1992, Feher ve ark. 2002). Ayrıca tarımsal üretimin yoğun olarak

Geliş: 18.11.2009 / Kabul: 05.04.2010

yapıldığı bir çok ülkede, bol ve ucuz maliyetle sağlanabilen pek çok tarımsal atık, herhangi bir ön işlemden geçirilmeden kültür mantarcılığında substrat olarak da kullanılabilir (Baysal ve ark. 2003).

Beyaz çürükçül funguslar, *Basidiomycetes* sınıfına dahil olup, odunun bileşenlerinden lignini parçalar ve odunda selülozik beyaz renkli bir kalıntının oluşmasına neden olurlar. Doğal şartlar altında ölü yada canlı odun üzerinde lignini etkin bir şekilde yıktığı saptanan canlıların, sadece beyaz çürükçül funguslar olduğu rapor edilmiştir (Eriksson ve ark. 1990). Beyaz çürükçül funguslar tarafından gerçekleştirilen lignoselülozik materyallerin seçici delignifikasyonu, bu atıkların ruminant besini olarak değerlerinin artırılmasında kullanılabilir. Ligninin uzaklaştırılmasıyla, rumen gibi anaerobik bir ortamda organik karbonların (selüloz ve hemiselüloz) organik asitlere fermente edilme oranı artırılabilir (Agosin ve Odier 1985, Akin ve ark. 1995).

Lignin yıkımının, lignolitik enzim sistemlerinin birlikte aktivite göstermesiyle gerçekleştiği belirtilmiştir. Lignin yıkımına katılan ana ekstraselüler enzimlerden birisi de bakır içeren lakkazdır (Hatakka 2001).

Kullanımı sınırlı tarımsal bir atık materyal olan soya sapının (SS) geviş getiren hayvanlar için kaliteli bir yeme dönüştürülerek, bir taraftan ekonomik kazanç elde edilmesi, diğer taraftan da bu atıkların biyolojik yolla degradasyonu sonucu doğal dengenin korunması önemli bir olgudur. Bu çalışmada; ikisi farklı coğrafik bölgelerden izole edilen *P. eryngii*'nin üç farklı suşunun katı substrat fermentasyonu (KSF) ile soya sapının kaliteli yemlerde aranan besin değerlerine iyileştirilmesi ve bir başka atık materyal olan pirinç kepeğinin (PK) çalışılan fermentasyon karakteristiklerine etkilerinin belirlenmesi amaçlanmıştır.

MATERYAL VE METOT

Pleurotus eryngii (DC.Fr.) Quel.'e ait 3 farklı suş ve elde edildikleri kaynaklar Tablo 1.'de verilmiştir.

Doğadan toplanan Pe (E) ve Pe (T) suşları, Dicle Üniversitesi Fen Edebiyat Fakültesi Biyoloji Bölümü Mikrobiyoloji Araştırma Laboratuvarında Yıldız ve Saya (1996)'a göre Malt Extract Agar (MEA) besiyerinde kültüre alınıp çoğaltılarak kullanılmıştır.

Soya sapları (SS); Güneydoğu Anadolu Tarımsal Araştırma Enstitüsü'nden temin edilerek temiz ve kuru bir ortamda muhafaza edilmiştir. Pirinç kepeği

(PK) ve SS; deneysel çalışmada standardizasyonu sağlamak için pastör fırınında 65°C'de 24 saat süreyle kurutulmuştur. KSF'nda kullanılan ortamların kısaltmaları ve hazırlanışları aşağıda verilmiştir:

SS: 50g SS + 70 mL distile su

SS + %5 PK: 50g SS + 2,5g PK + 70 mL distile su

SS + %10 PK: 50g SS + 5g PK + 70 mL distile su

Akyüz ve Yıldız (2008)'e göre cam kavanozlar içinde hazırlanan fermentasyon ortamı sterilizasyon ve Yıldız (1998)'e göre hazırlanan Tohumluk miseller, bu kavanozların her birine 1 g olacak şekilde steril kabinde aşılanmıştır. Daha sonra kavanozlar etiketlenerek kapatılmış ve inkübasyon 25°C'da üç tekrarlı olarak gerçekleştirilmiştir.

Fermentasyonun 15. 30. ve 40. günlerinde alınan miselli saplar 50°C'de 24 saat kurutulduktan sonra öğütülüp 60 mesh (0,25 mm) elekten geçirilmiştir. Asitle çözünür lignin tespiti için, TAPPI T222 metodu (Anonymous 1993) modifiye edilerek kullanılmıştır. Ön ekstraksiyon işlemi için elekten geçirilen 1 g numune üzerine 80 mL distile su eklenip 2 saat süreyle su banyosunda 80°C'de ekstrakte edilmiştir. Daha sonra; 2,5 mL aseton eklenerek oda sıcaklığında 1 gün kurutulmuştur. Asit hidrolizi için, 0,5 g kuru numune üzerine 7,5 ml %72 H₂SO₄ eklenerek 24 saat bekletilmiş, daha sonra 40 ml distile su eklenerek 2 saat kaynatılmıştır. Karışım, daha önceden sabit ağırlığa kadar kurutulmuş olan filtre kağıtları ile süzülüş, kalıntı pastör fırınında 105°C'de 1 gün süreyle kurutularak fermentasyon sonrası lignin kalıntı olarak elde edilmiştir.

Lignin % giderimi aşağıdaki gibi hesaplanmıştır:

$$\text{Lignin Giderimi (\%)} = 100(L_b - L_s)/L_b$$

Burada; L_b, fungusla muamele edilmemiş tarımsal atığın lignin miktarı; L_s ise fermentasyon sonrası lignin miktarıdır.

Enzim ekstraksiyonu için fermentasyonun 15. 30. ve 40. günlerinde 10g miselli sap alınmış, 40°C'de 24 saat süreyle kurutulmuştur (Ünyayar ve ark. 2005). 5 g kuru örneğe 20 mL distile su eklenerek, 140 rpm'de 30°C'de 3 saat çalkalanmış, süzülüş ve süzöntü; 4°C ve 5000 rpm'de 5 dakika süreyle santrifüjlenmiştir. Lakkaz aktivitesi, 2,2'-azino-bis (3-etilbenz-tiazolin-6-sülfonik asit) (ABTS)'in oksidasyonuna bağlı olarak, santrifüj sonrası elde edilen üst sıvıda (supernatant) ölçülmüştür. Bu amaçla reaksiyon karışımı, duruma göre 800 µL sodyum asetat tamponu (100 mM, pH

Tablo 1. Kullanılan suşlar ve kaynakları.

<i>Pleurotus eryngii</i> Suşları - Kısaltma	Kaynak
<i>Pleurotus eryngii</i> - P.e (H)	Hacettepe Üniversitesi, Fen Fakültesi, Biyoloji Bölümü
<i>Pleurotus eryngii</i> - P.e (E)	Elazığ ve çevresi
<i>Pleurotus eryngii</i> - P.e (T)	Tunceli-Mazgirt

5,0), 100 μ L ABTS (5 mM) ve süpernatant olacak şekilde hazırlanmış ve enzim aktivitesi 420 nm'de 1 dakikada okunan absorbans değişimi (Shimadzu-UV/Visible) olarak belirlenmiştir. 1 μ mol substratı 1 dakikada ürüne çeviren enzim miktarı 1 ünite (U) olarak ifade edilmiştir (Birhanlı ve Yeşilada 2006).

Örneklerin karbon (C) ve azot (N) element analizleri ile (İnönü Üniversitesi Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Merkezi) C/N oranları belirlenmiştir. Elde edilen azot değeri 6,25 katsayısıyla çarpılarak (Diez ve Alvarez 2001) % ham protein miktarları hesaplanmıştır.

İstatistiksel değerlendirmeler; "SPSS Windows Version 12.0" paket program ile yapılmıştır. Değişkenlere ilişkin veriler, ortalama $\pm$ standart hata ile verilmiştir. İki deney grubunun karşılaştırılmasında, tek yönlü Varyans Analizi (one way ANOVA) kullanılmıştır.

BULGULAR

Soya saplarının fermentasyon öncesi lignin miktarı, ham protein miktarı ve C/N oranı değerleri sırasıyla; %23,33, %5,31 ve 54,26 olarak belirlenmiştir.

Fermentasyonun 15. 30. ve 40. günlerinde gerçekleşen toplam lignin giderim değerleri ve bu değerlere PK'nın etkisi Şekil 1'de görülmektedir. Buna göre, suşların lignin yıkma kapasiteleri arasında istatistiksel anlamlı farklılıklar ortaya çıktığı ($P<0,05$) ve en yüksek lignin giderim oranının, Pe (E) ile %5 PK ortamında %24,43 olduğu belirlenmiştir.

Lignin gideriminde en etkin olduğu tespit edilen Pe (E) ile 40. günündeki lakkaz aktivitesi; SS, SS+%5 PK ve SS+%10 PK ortamlarında sırasıyla; 204,39, 179,95 ve 149,03 U/L olarak belirlenmiş ve lakkaz üretimi açısından suşlar arasında istatistiksel anlamlı farklılıklar ortaya çıktığı görülmüştür ($P<0,05$) (Şekil 2).

Soya sapının fermentasyon öncesi ham protein değeri; %5,31 iken, fermentasyondan sonra elde edilen en yüksek protein değeri (%13,3) Pe (H) ile SS'de tespit edilmiştir. En düşük protein değerinin

(%1,44) ise yine Pe (T)'de SS + %5 PK ortamında elde edildiği ve bu değer kontrol değerinden düşük olduğu bulunmuştur (Şekil 3).

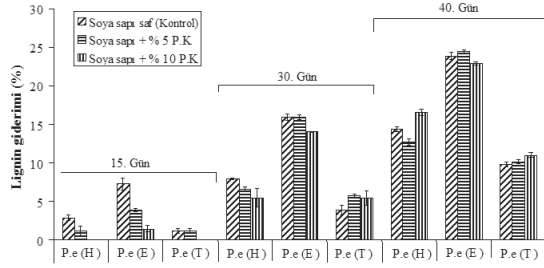
Hazırlanan ortamlara PK eklenmesi fermentasyon öncesi C/N oranlarının azalmasına neden olmuştur. SS, SS+%5 PK ve SS+%10 PK ortamlarının fermentasyon öncesi C/N oranları sırasıyla; %54,26; 50,40 ve 43,62 olarak saptanmıştır. SS ortamında C/N oranının fermentasyon sonrası Pe (H) ile %19,99'a düştüğü tespit edilmiştir. En yüksek C/N oranı (%189,53) ise SS+%5 PK ortamında Pe (T) ile elde edilmiş ve bu değer kontrol değerinden yüksek olduğu bulunmuştur (Şekil 4).

TARTIŞMA VE SONUÇ

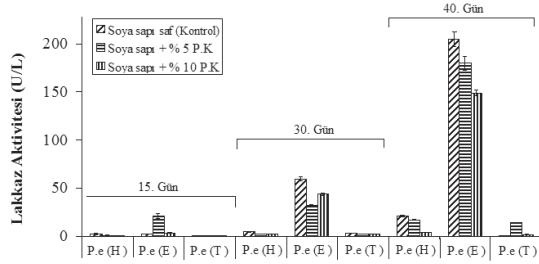
Fosil yakıtların yeterli olmadığı ve ekonomisinde tarımsal üretimin önemli yer aldığı ülkelerde, tarımsal üretim sonucu oluşan atıkların, değişik enerji kaynaklarına biyodönüşümleri ile ilgili biyoteknolojik yaklaşımlar geliştirme çalışmalarının, hem ulusal ekonomi ve hem de çevre açısından ülkelere yeni açılımlar yaratacağı açıktır.

Bu çalışmayla biyodönüşümü hedeflenen tarımsal atıklardan soya saplarının yüksek lignin ve C/N oranı ile düşük ham protein oranlarına sahip oluşlarından dolayı (Li ve ark. 2001, Okano ve ark. 2005) kaliteli ruminant yemi olabilme özelliklerine sahip olmadıkları söylenebilir. Singh ve ark. (1996), lignoselülozik atıkların ruminantlar için yüksek enerji potansiyeline sahip olduğunu, ancak lignin içeriklerinden dolayı zayıf yenilebilirlik ve sindirilebilirlik gösterdiklerini, ayrıca ham proteince fakir olduklarını belirtmişlerdir. Daha önce yapılan pek çok çalışma sonucunda, *Pleurotus* türleri ile lignoselülozik atıkların bir kaç haftalık katı substrat fermentasyonu ürününün, ruminant yemi olarak daha verimli bir şekilde kullanılabileceği belirtilmiştir (Pandey ve ark. 2000; Mukherjee ve Nandi 2004; Ragunathan ve Swaminathan 2004).

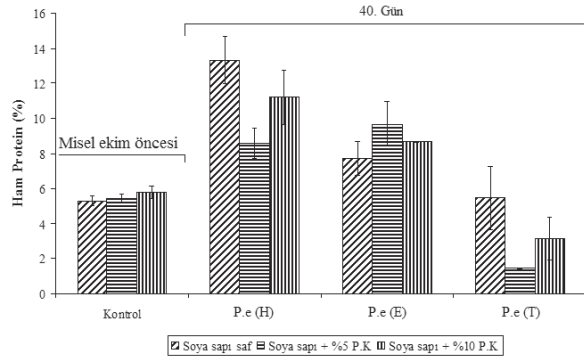
Bu çalışmada en yüksek lignin giderim oranı (%24,43), Pe (E) suşundan elde edilmiştir. Literatürde, Abdullah ve ark. (2006), *Termitomyces* sp.



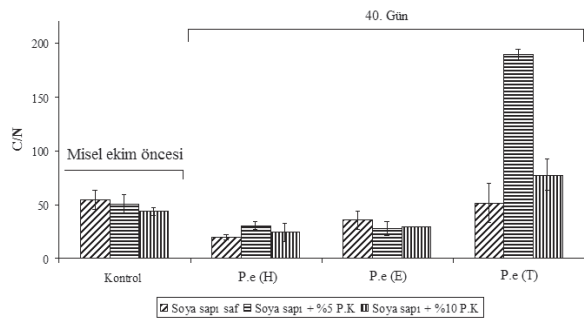
Şekil 1. Substratların lignin giderimine kullanılan Pe suşu ve ortamdaki PK oranı etkisi.



Şekil 2. Pe suşları tarafından sentezlenen lakkaz aktivitesine ortamdaki PK oranı etkisi.



Şekil 3. Substratın ham protein miktarına kullanılan Pe suşu ve ortamdaki PK oranının etkisi.



Şekil 4. Substratın C/N oranına kullanılan Pe suşu ve ortamdaki PK oranının etkisi.

ile şeker kamışı küspesinde maksimum %27.0 lignin kaybı tespit etmişlerdir. Bu yıkım değeri, kullanılan

atık materyal farklı olmasına rağmen lignin giderimi açısından bir değerlendirme yapıldığında bu çalışmada elde edilen sonuçla benzerlik göstermektedir. Jonathan ve ark. (2008), Nijerya ağaç atıklarının biyolojik yıkımını *Pleurotus tuber-regium* (Fries) Singer organizması kullanılarak denenmişler; katı substrat fermentasyonu şartlarında 90 günlük bir sürede, en yüksek lignin giderimini %29,96 olarak inkübasyonun 90. gününde *Milicia excelsa* ağacının odun atıklarından elde etmişlerdir. Lopez ve ark. (2006), bahçe bitkileri atıklarından *Pleurotus flavidus* ile %46 oranında lignin giderimi olduğunu rapor etmişlerdir.

Bu çalışmada kullanılan suşların lignin giderim etkinliklerine PK etkisinin suşa göre değişiklik gösterdiği belirlenmiştir. En yüksek lignin gideriminin elde edildiği Pe (E)'de %5 PK'nın giderimi artırıcı etki gösterdiği saptanırken, %10 PK'nın giderimi baskıladığı görülmüştür. Elde edilen sonuca paralel olarak Dorado ve ark. (2001), lignoselülozik atıklardaki azot miktarının, beyaz çürükçül funguslar tarafından gerçekleştirilen seçici lignin yıkımını baskıladığını ve fungal muamele öncesi tarımsal materyaldeki protein oranı enzimatik olarak azaltıldığında, seçici lignin yıkım oranının arttığını tespit etmişlerdir. Test edilen %10 PK ortamında belirlenen lignin yıkımındaki azalışın, PK eklenmesinin ortamdaki çözünür madde konsantrasyonunu artırarak lignine fungusun yönelmesini geciktirmesi ve böylece birim zamandaki lignin yıkımının baskılanması ile açıklanabileceği düşünülebilir. Rossi ve ark. (2003), yenebilen mantarların gelişme ortamına PK eklenmesinin, azot konsantrasyonu artışına neden olduğunu ve bu artışın lignin yıkımını baskıladığını rapor etmişlerdir. Aynı şekilde Sjöberg ve ark. (2004), yüksek azot miktarının lignin yıkımını baskıladığını belirtmişlerdir. Araştırmacıların bulguları, bu çalışmada yapılan değerlendirmeyi de desteklemektedir.

Bu çalışmada lakkaz aktivitesinin genel anlamda fermentasyon ilerledikçe arttığı saptanmıştır. En yüksek lakkaz aktivitesi (204,39 U/L) Pe (E) içeren ortamda 40. günde tespit edilmiştir. Shah ve ark. (2005), *Phylosticta* spp. MPS-001 suşunu muz kabukları üzerinde KSF şartlarında 40 gün inkübe etmişler ve en yüksek spesifik lakkaz aktivitesini misellerin vejetatif gelişimlerini tam olarak tamamladıkları 20. günde elde etmişlerdir. Aynı şekilde Kerem ve ark. (1992), *P. ostreatus*'un pamuk

sapları üzerinde 30 günlük fermentasyonu neticesinde lakkaz aktivitesinin ilk 6 günde arttığını ve daha sonra düştüğünü saptamışlardır. Bu çalışmada ise, genel anlamda lakkaz aktivitesi 40. günde yüksek bulunmuştur. Elde edilen bu farklılığın, kullanılan tarımsal materyalin ve fungus türünün farklılığından kaynaklı olabileceği düşünülebilir.

Lakkazın indüklenebilir bir enzim olduğu ve indükleyicilerinden birinin de lignin olduğu pek çok araştırmacı tarafından ifade edilmiştir (Rosales ve ark. 2002, Reddy ve ark. 2003, Kapich ve ark. 2004). Benzer şekilde bu çalışmada da, herhangi bir indükleyici kullanılmamış olmasına rağmen, elde edilen aktivite değerinin yüksek seviyelerde olduğu saptanmıştır. Aynı şekilde Mikiashvili ve ark. (2006), ortama herhangi bir indükleyici eklenmeden lignoselülozik tarımsal atık varlığında enzim üretiminin belirgin bir şekilde uyarıldığını saptamışlardır.

Topaktaş (1990), azot kaynağının düşük miktarda kullanılmasının lakkaz aktivitesini indüklediğini saptamıştır. Benzer şekilde, PK azot kaynağı olarak değerlendirildiğinde, düşük oranlarda (% 5) PK, Pe (T) suşunda 40. günde aktivitede bir indüksiyon meydana getirirken, diğer suşlarda bu durum baskı şeklinde gözlenmiştir.

Bu çalışmada, fungusların aynı türe ait olmalarına rağmen, farklı suşlar arasında, hem lignin giderimi hem de lakkaz aktivitesi açısından istatistiksel olarak farklı sonuçlar elde edilmiştir. Benzer şekilde Reyes ve Abella (1997), *P. sajor-caju*'nun farklı suşlarının farklı gelişim performansı sergilediğini ve biyolojik çeşitliliğin sadece türler arasında değil aynı zamanda aynı türün farklı suşları arasında da olabileceğini belirtmişlerdir.

Genel anlamda fermentasyon sonunda C/N oranının düştüğü tespit edilmiştir. Bu düşüşün, ortamda C kaynağının bir kısmının fungus tarafından enerji kaynağı olarak kullanılması sonucunda fungusun kendisinin oluşturduğu proteine dönüştürülmesiyle meydana geldiği düşünülmektedir. Çalışmamızda, SS ortamının fermentasyon öncesi C/N oranı 54,26 olarak tespit edilirken, fermentasyon sonunda her 3 suşta da bu değerin azaldığı, en yüksek azalışın ise Pe (H)'de 19,99 olarak gerçekleştiği saptanmıştır. C/N oranındaki bu değişimin, fermentasyon esnasındaki biyolojik aktivite sonucu gerçekleştiği Li ve ark. (2001) tarafından da belirtilmiştir. PK'nın C/N

oranına etkisi suşlara göre değişkenlik göstermiştir. Özellikle Pe (H)'de bu baskılanma şeklinde gözlenmiştir. Pirinç kepeği eklenmesi ile oluşan farklılığın yine suşlar arasındaki fizyolojik varyasyonlardan kaynaklanmış olabileceği ileri sürülebilir. Aynı şekilde benzer durumu Reyes ve ark. (1998) yaptıkları çalışmada rapor etmişlerdir.

Soya sapı; lignin içeriği yüksek, protein oranı ise düşük olması nedeniyle, verimli ve kaliteli yem olarak değerlendirilmemektedir. Ogundana ve Okogbo (1981), lignoselülozik materyalden besinsel protein üretiminin en etkin şekilde *Pleurotus* türleri ile gerçekleştirildiğini ifade etmiştir. Benzer şekilde Zadrazil ve ark. (1996) ile Bau ve ark. (1994) tarafından, lignoselülozik materyalin, beyaz çürükçül funguslar tarafından proteince zenginleştirilmiş besinlere dönüşümünün sağlandığı belirtilmiştir. Daha önce yapılan çalışmalarda; Albores ve ark. (2006), *Pleurotus* türleri ile lignoselülozik materyalin protein oranının 14 günlük bir fermentasyon sonucunda %0,7'den %0,9'a yükseldiğini tespit etmişlerdir. Belewu (2006) ise talaş ve pamuk saplarının fermentasyon öncesi ham protein oranlarını sırasıyla %0,35 ve %1,52 olarak tespit ederken bu değerlerin fermentasyon sonunda %1,52 ve %2,48'e yükseldiğini belirlemiştir. Bu çalışmada, soya saplarının fermentasyon öncesi ham protein değeri %5,31 olarak belirlenirken, fermentasyon sonrası en yüksek ham protein değeri Pe (H) ile %13,32 olarak elde edilmiştir. Bu veriler doğrultusunda, farklı suşların değişik oranlarda protein artışı sağlamaları; Reyes ve ark. (1998) tarafından da belirtildiği gibi, farklı coğrafik bölgelerden elde edilen suşlarının farklı gelişim performansı göstermelerinden kaynaklanmış olabilir.

Bu çalışmada elde edilen bulgulara paralel olarak, daha önce yapılan pek çok çalışmada da fungal fermentasyon ile ligninin uzaklaştırıldığı, protein miktarının arttığı ve dolayısıyla besin kalitesinin yükseldiği saptanmıştır. Bunlar arasında; Belewu (2006), *P. sajor-caju* kullanılarak lignin uzaklaştırılması ile odun talaşı ve pamuk yan ürünlerindeki besinlerin elde edilebilirliğinin arttığını ve bu atıkların besin değerinin yükseldiğini ifade etmiştir.

Sonuç olarak, elde edilen araştırma sonuçları ışığında, soya saplarının fungal fermentasyondan sonra kazandıkları daha yüksek besleyici değerden dolayı ruminantlar için potansiyel bir besin katkı maddesi olarak kullanılabileceği değerlendirilebilir.

KAYNAKLAR

- Abdullah N, Ejaz N, Abdullah M, Alım-un-Nisa, Firdous S (2006) Lignocellulosic degradation in solid-state fermentation of sugar cane bagasse by *Termitomyces* sp. *Micologia Aplicada International* 18, 15-19.
- Agosin E, Odier E (1985) Solid-state fermentation, lignin degradation and resulting digestibility of wheat straw fermented by selected white rot fungi. *Applied Microbiology and Biotechnology* 21, 39-403.
- Akin DE, Rigsby LL, Sethuraman A, Morrison WH, Gamble GR, Eriksson KE (1995) Alterations in structure, chemistry and biodegradability of grass lignocellulose treated with the white rot fungi *Ceriporiopsis subvermispora* and *Cyathus stercoreus*. *Applied and Environmental Microbiology* 61, 1591-1598.
- Akyuz M, Yıldız A (2008) Evaluation of cellulosic wastes for the cultivation of *Pleurotus eryngii* (DC. ex Fr.) Quel. *African Journal of Biotechnology* 7, 10, 1494-1499.
- Albores S, Pianzola MJ, Soubes M, Cerdeiras MP (2006) Biodegradation of agroindustrial wastes by *Pleurotus* spp. for its use as ruminant feed. *Electronic Journal of Biotechnology* 9, 215-220.
- Anonymous (1993) Acid-Soluble Lignin in Wood and Pulp, Test Method T 222 om-93
- Bau HM, Villaume C, Lin CF, Evard J, Quemener B, Nicolas JP, Mejean L (1994) Effect of a solid state fermentation using *Rhizopus oligosporus* SPT-3 on elimination of antinutritional substances and modification of biochemical constituents of defatted rapeseed meal. *Journal of Science and Food Agriculture* 65, 315-322.
- Baysal E, Yalınkılıç MK, Peker H, Çolak M, Göktaş O, Özen E, Çolak AM (2003) Atık Kağıtların Çeşitli Bitkisel ve Odunsu Atık-Artık Substratlarla *Pleurotus ostreatus* Jacq. ex. Fr. Kummer Kültivasyonunda Değerlendirilmesi. *Ekoloji* 12, 49, 12-16.
- Belew MA (2006) Conversion of masonia tree sawdust and cotton plant by product into feed by white rot fungi (*Pleurotus sajor-caju*). *African Journal of Biotechnology* 5, 503-504.
- Birhanli E, Yesilada O (2006) Increased Production of Laccase by Pellets of *Funalia trogii* ATTC 200800 and *Trametes versicolor* ATCC 200801 in Repeated-batch mode. *Enzyme and Microbial Technology* 39, 1286-1293.
- Diez VA, Alvarez A (2001) Compositional and nutritional studies on two wild edible mushrooms from northwest Spain. *Food Chemistry* 75, 417-422.
- Dorado J, Field J, Almendros G, Sierra-Alvarez R (2001) Nitrogen-removal with protease as a method to improve the selective delignification of hemp stemwood by the white-rot fungus *Bjerkandera* sp. strain BOS55. *Applied Microbiology and Biotechnology* 57, 205-211.
- Erikson KEL, Blanchette RA, Ander P (1990) Biodegradation of Lignin. In: Timell TE (ed), *Microbial and Enzymatic Degradation of Wood and Wood Components*, Springer-Verlag, New York, 225-399.
- Fehér A, Parilakova K, Vrablova M (2002) Biomass-A Renewable Energy Resource Used in Agriculture and Forestry of Slovakia. In: Cutler J (ed), *Proceedings of the Second Conference on Energy Efficiency and Agricultural Engineering International Conference*, 4 April 2002, Rouse, 35-41.
- Güler C, Akgül M (2001) Enerji Üretiminde Odun ve Tarımsal Artıkların Değerlendirilmesi. Su Ş (ed), *Yenilenebilir Enerji Kaynakları Sempozyumu ve Sergisi*, 12 Ekim 2001, Kayseri, 265-272.
- Hatakka A (2001) Biodegradation of Lignin. In: Hofrichter M, Steinbüchel A (eds), *Biopolymers, Lignin, Humic Substances and Coal*, Wiley-VCH, Weinheim, 129-180.
- Jonathan SG, Fasidi IO, Ajayi AO, Adegeye O (2008) Biodegradation of Nigerian wood wastes by *Pleurotus tuber-regium* (Fries) singer. *Bioresource Technology* 99, 807-811.
- Kapich AN, Prior BA, Botha A, Galkin S, Lundell T, Hatakka A (2004) Effect of lignocellulose-containing substrate on production of lignolytic peroxidases in submerged cultures of *Phanerochaete chrysosporium* ME-446. *Enzyme and Microbial Technology* 34, 187-195.
- Kara EE, Sezer İ (1992) Anız Yakma. *Ekoloji* 2, 5, 18-22.
- Kerem Z, Friesem D, Hadar Y (1992) Lignocellulose degradation during solid-state fermentation: *Pleurotus ostreatus* versus *Phanerochaete chrysosporium*. *Applied and Environmental Microbiology* 58, 1121-1127.
- Li X, Pang Y, Zhang R (2001) Compositional changes of cottonseed hull substrate during *P. ostreatus* growth and the effects on the feeding value of the spent substrate. *Bioresource Technology* 80, 157-161.

- Lopez MJ, Vargas-Garcia CM, Suarez-Estrella F, Moreno J (2006) Biodelignification and humification of horticultural plant residues by fungi. *International Biodeterioration and Biodegradation* 57, 24-30.
- Mikiashvili N, Wasser SP, Nevo E, Elisashvili V (2006) Effects of carbon and nitrogen sources on *Pleurotus ostreatus* ligninolytic enzyme activity. *World Journal of Microbiology and Biotechnology* 22, 999-1002.
- Mukherjee R, Nandi B (2004) Improvement of in vitro digestibility through biological treatment of water hyacinth biomass by two *Pleurotus* species. *International Biodeterioration and Biodegradation* 53, 7-12.
- Ogundana S, Okogbo O (1981) The Nutritive Value of Some Nigerian Edible Mushrooms. In: Janick J (ed), *Proceedings of 11th International Scientific Congress on Cultivation of Edible Fungi*, May 1981, Australia, 123-131.
- Pandey A, Soccol CR, Mitchell D (2000) New Developments in solid state fermentation: I- Bioprocesses and products. *Process Biochemistry* 35, 1153-1169.
- Ragunathan R, Swaminathan K (2004) Bioconversion of Lignocellulosic agro-wastes by fungus, *Pleurotus* spp. *Biological Memoirs* 30, 1-6.
- Reddy GV, Babu PR, Komaraiah P, Roy KRRM, Kothari IL (2003) Utilization of banana waste for the production of lignolytic and cellulolytic enzymes by solid substrate fermentation using two *Pleurotus* species (*P. ostreatus* ve *P. sajor-caju*). *Process Biochemistry* 38, 1457-1462.
- Reyes RG, Abella EA (1997) Mycelial and basidiocarp performances of *Pleurotus sajor-caju* on the mushroom spent of *Vólvariella volvacea*. In: Matsuda T (ed), *Development of agribusiness and its impact on agricultural production in Southeast Asia*, NODAI press, Tokyo, 491-498.
- Reyes RG, Eguchi F, Iijima T, Higaki M (1998) Physiological Considerations for the efficient colonization of fukurotake, *Vólvariella volvacea*. *Journal of Wood Science* 44, 408-413.
- Rosales E, Couto SR, Sanroman A (2002) New uses of food wastes: Application to laccase production by *Trametes hirsuta*. *Biotechnology Letters* 24, 701-704.
- Rossi IH, Monteiro AC, Machado JO, Barbosa JC (2003) Supplementation of sugarcane bagasse with rice bran and sugarcane molasses for shiitake (*Lentinula edodes*) spawn production. *Brazilian Journal of Microbiology* 34, 1, 61-65.
- Shah MP, Reddy GV, Banerjee R, Babu PR, Kothari IL (2005) Microbial degradation of banana waste under solid state bioprocessing using two lignocellulolytic fungi (*Phylosticta* spp. MPS-001 and *Aspergillus* spp. MPS-002). *Process Biochemistry* 40, 445-451.
- Singh K, Punia AK, Singh S (1996) Biotransformation of crop residues into animal feed by solid state fermentation. *Journal of Scientific & Industrial Research* 55, 472-8.
- Sjöberg G, Nilsson SI, Persson T, Karlsson P (2004) Degradation of hemicellulose, cellulose and lignin in decomposing spruce needle litter in relation to N. *Soil Biology and Biochemistry* 36, 1761-1768.
- Topaktaş A (1990) *Pleurotus sajor-caju*'dan delignifikasyon işleminde kullanılmak üzere ligninaz üretimi. Yüksek Lisans Tezi, Hacettepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Biyoloji Anabilim Dalı, Ankara.
- Unyayar A, Mazmanci MA, Atacag H, Erkurt EA, Coral G (2005). A drimaren blue X3LR dye decolorizing enzyme from *Funalia trogii*: one step isolation and identification. *Enzyme and Microbial Technology* 36, 10-16.
- Yıldız A (1998) Farklı katkı maddelerinin değişik oranlarının *Pleurotus florida* Fovese'nin misel gelişimi, basidiokarp oluşumu ve gelişim süreleri ile verim miktarları üzerine etkileri. *Turkish Journal of Biology* 22, 127-142.
- Yıldız A, Saya Ö (1996) Diyarbakır ve Çevresinde Doğal Olarak Yetişen *Pleurotus* Türlerinin Saptanması ve Kültüre Alma Çalışmaları Üzerine Bir Araştırma. *Turkish Journal of Biology* 20, 65-71.
- Zadrzil F, Kamra DN, Isikuemhen OS, Schuchardt F (1996) Bioconversion of lignocellulose into ruminant feed with white rot fungi. *Journal of Applied Animal Research* 10, 105-24.