



**Research Article / Araştırma Makalesi**  
**STUDIES ON PRODUCTION OF LACCASE ENZYME BY WHITE ROT FUNGI**

**Vildan Aykut OZAN, Neşe ATACI\*, İnci ARISAN**

*Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen-Edebiyat Fakültesi, Kimya Bölümü, Esenler-İSTANBUL*

**Received/Geliş: 29.03.2013 Revised/Düzeltilme: 01.10.2013 Accepted/Kabul: 24.10.2013**

---

**ABSTRACT**

In this study was investigated laccase activity from six white rot fungi collected from Yıldız Technical University Davutpaşa Campus. Laccase enzyme is known to have produced as secondary metabolites by white rot fungi. The samples were taken from four different regions of fungi, the inner, outer, top hats and hats, including. The best storage conditions for fungi were detected. Fungi were cultivated in two different solid agar agar medium and are detected in which are fungi growth conditions the most active and without contamination. Then, pure cultures of fungi were inoculated into the two different containing trace elements and trace elements free laccase-production medium. Comparison by two different media the highest laccase activity were determined. In trace element-free medium with 5g/L<sup>-1</sup> glucose, laccase activity was found to be 0.06 UmL<sup>-1</sup>. However, the highest laccase activity in medium containing trace elements and 10 gL<sup>-1</sup> glucose were determined as 0.25 UmL<sup>-1</sup>.

**Keywords:** White rot fungi, laccase activity.

**BEYAZ ÇÜRÜKÇÜL MANTARLARDA LAKKAZ ÜRETİMİNİN İNCELENMESİ**

**ÖZET**

Bu çalışmada Yıldız Teknik Üniversitesi Davutpaşa yerleşkesinde ağaç gövdesinden ve topraktan toplanan lakkaz enzimini sekonder metabolit olarak ürettiği bilinen beyaz çürükçül mantarlardan lakkaz enziminin aktivitesinin araştırılması amaçlandı. Toplanan mantarların iç, dış, şapka altı ve şapka üstü olmak üzere 4 farklı bölgesinden örnekler alındı. Saf kültür elde etmek için üremelerin kontaminasyonsuz ve en aktif olduğu bölgeler belirlendi. Mantarlar için en iyi saklama koşulları tespit edildi. İki farklı katı besi yerine ekilen mantarların en aktif ve kontaminasyonsuz üreme gösterdiği katı besi yeri ortamı belirlenerek mantarların üreme koşulları optimize edildi. Daha sonra, mantarların saf kültürlerinden alınan örneklerin lakkaz aktivitesinin tayin etmek için iki farklı ortamda büyümeleri sağlandı. İz elementi içeren/ içermeyen ve glukoz konsantrasyonları farklı olan iki ayrı besi yeri ortamında lakkaz enziminin aktivitesi belirlendi. Mantarların her birinde lakkaz aktivitesi gözlemlendi. Her iki ortamda da en yüksek lakkaz aktivitesi belirlendi. İz elementi içermeyen ve 5g/L<sup>-1</sup> glukoz konsantrasyonu içeren besi yerinde en yüksek lakkaz aktivitesinin 0,06UmL<sup>-1</sup> olduğu tespit edildi. Buna karşılık iz elementi içeren ve glukoz konsantrasyonu 10 gL<sup>-1</sup> olan besi yerinde en yüksek lakkaz aktivitesi 0,25UmL<sup>-1</sup> olarak belirlendi.

**Anahtar Sözcükler:** Beyaz çürükçül mantarlar, lakkaz aktivitesi.

---

\*Corresponding Author/Sorumlu Yazar: e-mail/e-ileti: atacin@yahoo.com, tel: (212) 383 42 07

## 1. GİRİŞ

Beyaz çürükçül mantarlar, ağaçlarda beyaz çürümeye neden olarak selüloz, hemiselüloz ve lignin gibi odunsu dokulardaki büyük molekülleri besin kaynağı olarak kullanarak farklı düzeylerde mineralize ve depolimerize ederek indirgeyen, basidiomycetes sınıfına ait heterojen bir gruptur. Beyaz çürükçüller lignin peroksidaz, mangan peroksidaz ve lakkaz gibi ekstraselüler ligninolitik enzimleri kullanarak ağacı degrade eden ve zehirli kimyasalları biyodegrade eden tek organizmadır. Bu tür mantarlara örnek olarak *Agaricus bisporus*, *C. Subvermispora*, *Genoderma applanatum*, *Heterobasidion annosum*, *Phellinus nigrolimitatus*, *P. Eryngii*, *Phlebia radiata*, *Phanerochaete crysospodium*, *Stropharia rugosoannulata* ve *Trametes versicolor* verilebilir. Lignin parçalayan mantarlardan *Phanerochaete crysospodium* ve *Trametes versicolor* en çok çalışılmış beyaz çürükçül mantarlardır. Özellikle *Trametes versicolor* önemli miktarda lakkaz salgılayan önemli beyaz çürükçül mantarlar arasında yer almaktadır.

Lakkaz (E.C.1.10.3.2. p-difenol oksidaz), ilk olarak 1880'li yıllarda Lacquer ağacında keşfedilen) fenolik substratlar, aromatik aminler ve diğer bileşiklerin büyük miktarlarının oksidasyonunu katalizleyen multimerik ve monomerik bakır içeren oksido-redüktaz sınıfına ait enzimdir. Mavi bakır oksidaz olarak da bilinen lakkazlarda oksidasyon moleküler oksijenin suya indirgemesi ile bağlantılıdır. Orto-, para-, difenol, hidroksil ve amin grupları içeren aromatik bileşikler lakkazlar tarafından okside edilirler. Ligninin fenolik olmayan kısımlarının katalizinde ise lakkazın oksidasyon potansiyelini arttıran ve lakkaz enziminin endüstriyel uygulamalarda kullanılabilir özelliğini arttıran 2,2'azinobis-bis-(3-ethylbenzthiazolinesulphonate (ABTS) ve 1-hydroxybenzotriazole (HBT) küçük sentetik mediatör moleküller kullanılır.

Lakkazlar endüstride birçok uygulama alanına sahiptir. Genellikle dekolorizasyon ve detoksifikasyon özelliklerinden dolayı şarap endüstrisinde, fenolik bileşiklerin uzaklaştırılması, çamaşır tozu ve deterjan endüstrisinde, tekstilde boyarmaddelerin transferi işlemlerinde kullanılır. Kağıt endüstrisi ve enzimatik dönüşümlerde de, önemli bir uygulama alanı bulmuştur [2-5].

Bu çalışmada Yıldız Teknik Üniversitesi Davutpaşa yerleşkesinde ağaç gövdesinde ya da toprakta toplanan lakkaz enzimini sekonder metabolit olarak üreten beyaz çürükçül mantarlardan lakkaz enziminin aktivitesinin araştırılması amaçlandı. Doğadan toplanan mantarların üreme koşulları optimize edildi. Mantarların optimize edilmiş saf kültürlerinden alınan örnekler ile lakkaz aktivitesinin tayin etmek için glukoz konsantrasyonları farklı, iz elementi içeren ve iz elementi içermeyen sıvı besi yeri ortamlarında lakkaz enziminin aktivitesi belirlendi.

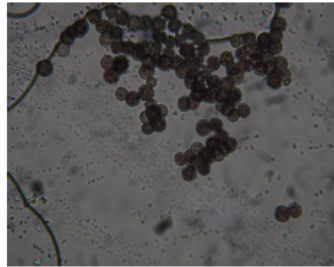
## 2. MATERYAL VE METOT

Sartorius marka CERTOMAT IS model çalkalamalı inkübatör inkübasyon işleminde, Spektroskopik analizler için Philips marka PU 8740 UV/VIS. Spektrofotometre, CERTOCLAV Tisoh-autoclav CV-EL 18L model ile sterilizasyon işlemleri, çözeltilerin pH ayarı Sartorius marka PB-11 model pH metre ile yapıldı. Katı besiyeri, sıvı besiyeri, tampon çözeltisi ve reaksiyon ortamının hazırlanmasında analitik saflıkta kimyasal maddeler kullanıldı.

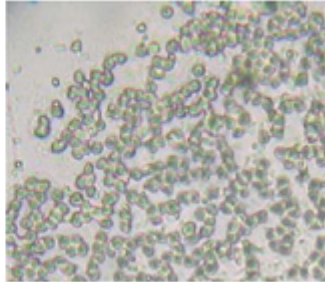
### 2.1. Mikroorganizmalar

Çalışmamızda Yıldız Teknik Üniversitesi Davutpaşa yerleşkesinde ağaç gövdesinden ve topraktan toplanan 6 adet mantar türü kullanıldı. Mantarlar A1, A2, A3, A4, A5, A6 olarak adlandırıldı. Mantarların çekilen resimler ile makro görüntüleri ve trinoküler laboratuvar mikroskopu kullanılarak (SOIF marka BA2303i model ) elde edilen mikro görüntülerinden mantarların familyası tespit edilmeye çalışıldı. Mantarların doğal ortamlarında çekilen makro görüntüleri ve mikroskopik görüntüleri Şekil 1.1' de görüldüğü gibidir.

**A1 (Polyporus sp.)**

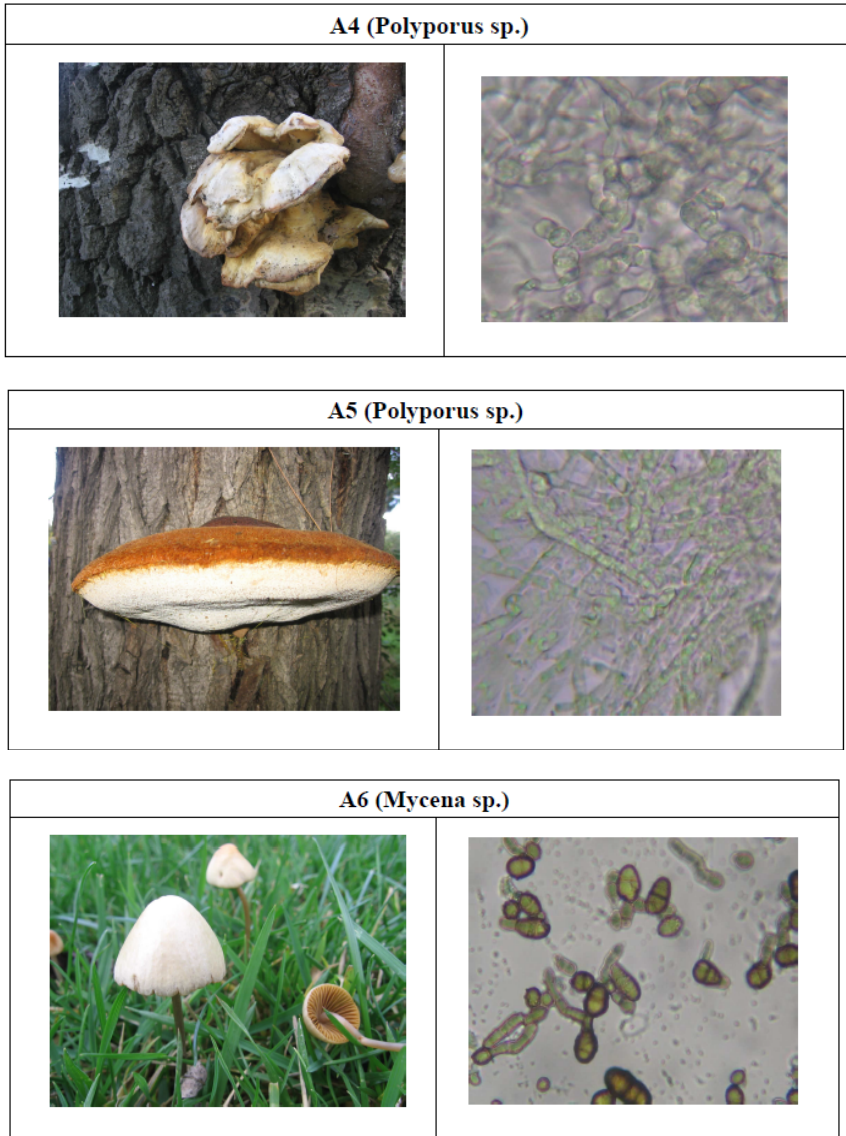


**A2**



**A3**





Şekil 1. 1 A1, A2, A3, A4, A5 ve A6 olarak adlandırılan mantar türlerinin makroskopik ve mikroskopik görüntüleri

## 2.2. Katı Besiyeri Hazırlanması

Beyaz çürükçül mantarların kültür devamlılığı için Patates dekstroz agarı (PDA) ve Malt ekstrakt-agar (MEA) katı besiyerleri kullanıldı. % 3,9 patates dekstroz agar ve % 3 malt ekstrakt - %2 agar agar kullanılarak PDA ve MEA katı besiyerleri hazırlandı [12]. 120<sup>0</sup>C'de 1,2 atm basınç altında 20 dakika sterilizasyon işleminden geçtikten sonra steril kabinde petrilere döküldü. Ekim yapılan petrilere 27<sup>0</sup>C'de etüvde inkübasyona bırakıldı. Genelde funguslar optimum lakkaz üretimi

için 25°C ve 30°C arasındaki sıcaklıklarda yetiştirilirler [2,11]. İnkübasyon süresi beş ile yedi gün arasında yapıldı. Uygun şekilde üreme sağlanan petripler +4°C'de saklandı. Stok kültürler ayda bir olmak üzere katı besiyerine transfer edilerek devamlılık sağlandı.

### 2.2.1. Mantarlardan Örnek Alınması

Doğadan toplanan mantarlar üç farklı şekilde depolandı. Her bir mantardan bir bölümü oda sıcaklığında, bir bölümü +4°C'de, bir bölümü ise -18°C'de bir süre saklandı. Birkaç gün sonra farklı ortamlarda saklanan mantarlardan alınan örnekler patates dekstroza agar PDA ve malt MEA besiyerlerine ekildi. Farklı ortamda bekleyen her mantarın sap, şapka, iç ve dış olmak üzere dört değişik bölgesinden örnekler alındı. PDA ve MEA besiyerlerine ekim yapıldı.

### 2.3. Sıvı Besi yerinin Hazırlanması

Beyaz çürükçül mantarların inkübasyonunda iki farklı sıvı besi yeri kullanıldı. İki besi yerinde de glukoz ve maya ekstraktı ortak kullanıldı. Glukoz konsantrasyonunun düşük olduğu besi yeri I'de karbon kaynağı olarak malt ekstraktı da bulunmaktadır. Besi yeri I'de glukoz konsantrasyonu 5g<sup>L</sup><sup>-1</sup>'dir. Besi yeri II'de glukoz konsantrasyonu 10g<sup>L</sup><sup>-1</sup>'dir ve iz elementi içerir. İz elementi çözeltilisi içeren besi yerinin pH'sı 0,1 M sodyum-asetat tamponu ile 5,5 'a ayarlandı. İki farklı besi yeri iki farklı grup mantarın inkübasyonunda kullanıldı. Besi yeri içerikleri Çizelge 2.1 ve Çizelge 2.2 'de görülmektedir. Hazırlanan besi yerleri 120<sup>0</sup> C'de 1,2 atm basınç altında 20 dakika süre ile sterilize edildi [6,7].

**Çizelge 2.1.** Besiyeri I'in içeriği

<b>Besiyeri 1</b>	
Madde	Miktar
Maya Ekstraktı	5 g <sup>L</sup> <sup>-1</sup>
Malt Ekstraktı	10 g <sup>L</sup> <sup>-1</sup>
Glukoz	5 g <sup>L</sup> <sup>-1</sup>

**Çizelge 2.2.** Besiyeri II'nin içeriği

<b>Besiyeri 2</b>	
Madde	Miktar
Maya Ekstraktı	10 g <sup>L</sup> <sup>-1</sup>
Glukoz	10 g <sup>L</sup> <sup>-1</sup>
MgSO <sub>4</sub> x 7H <sub>2</sub> O	1 g <sup>L</sup> <sup>-1</sup>
KH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	2 g <sup>L</sup> <sup>-1</sup>
FeSO <sub>4</sub> x 7H <sub>2</sub> O	0,01g <sup>L</sup> <sup>-1</sup>
CaCl <sub>2</sub> x 7H <sub>2</sub> O	0,1 g <sup>L</sup> <sup>-1</sup>

#### 2.3.1. Sıvı Besi yerlerine Mantar Ekiminin Yapılması

Çalışmada kullanılan beyaz çürükçül mantarların etüvde 7 gün süre ile bekletilen petriplerdeki saf kültürlerinden, sıvı besi yerlerine ekim yapıldı. Aktif olarak büyüyen kültürlerin bulunduğu petri kaplarından misel süspansiyonu 1x1 cm olacak şekilde 2 adet /100 mL' ye ekim yapıldı. 500 mL' lik erlenlerde bulunan 100 mL'lik sıvı besi yerleri 30°C sabit sıcaklıkta 135 rpm'de inkübe edildi. Kültür ekimi yapılan sıvı besi yerleri 30°C'de 8 gün boyunca inkübe edildi. Her iki günde bir alınan örneklerin enzim aktivite değerlerine bakıldı [1] .

#### 2.4. Mantarlarda Lakkaz Aktivitesinin Tayini

Lakkaz enziminin aktivite tayini Bourbannis ve Paice tarafından belirlenen prosedüre göre yapıldı. Nonfenolik bir boya olan 2,2'azinobis-bis-(3-ethylbenzthiazolinesulphonate); (ABTS), lakkaz tarafından oldukça stabil ve tercih edilen bir hal olan katyon radikaline oksitlenir. Katyon radikaline oksitlenmesiyle oluşan mavi yeşil renk enzim aktivitesiyle doğru orantılıdır. Görünür bölgedeki bu renk yoğunluğu 415 ila 420 nm arasında spektrofotometrede okunur. Lakkaz aktivitesinin belirlenmesinde ABTS substrat olarak kullanıldı ve bunun oksidasyonu sonucu oluşan renk UV spektrofotometrede ölçüldü. Lakkaz aktivitesi ölçümünde ABTS konsantrasyonu 0,4 mM olacak şekilde 0,1 M sodyum asetat tamponu ile çözülerek hazırlandı. 580 µL ABTS çözeltisi, 20 µL süpernatant toplam 600 µL reaksiyon karışımı elde edildi. Reaksiyon karışımı 40°C'de 45 dakika olmak üzere inkübasyonu sağlandı. Ve bu süre sonunda oluşan mavi rengin absorbansı 420 nm 'de ölçülerek aktivite tayin edildi [8, 9].

Lakkaz enziminin aktivitesi hesaplanırken aşağıdaki formül kullanıldı;

$$U/mL = 2 \left( \frac{V}{v * \epsilon * d * \Delta A * t} \right) \quad (1)$$

$$U/mL = 2(0,6 / 0,02 \times 36 \times 1 \times \Delta A \times t)$$

V: toplam reaksiyon hacmi (ml)

v: enzim hacmi (ml)

ε: ekstinksiyon katsayısı (ABTS için 420 nm'de 36 mM<sup>-1</sup> cm<sup>-1</sup>)

d: ışın yolu (cm)

Δ: absorbans değişimi

t: süre (dakika)

### 3.SONUÇLAR

#### 3.1. Mantarların Örnek Bölgelerinden Üremelerin İzlenmesi

Mantarların farklı bölgelerinden alınan örnekler PDA ve MEA katı besi yerlerine ekildi. Farklı bölgelerden ekim yapılmasının amacı mantarın saf kültürünün hangi bölgeden alınan örnekle daha az kontaminasyon ile ve daha aktif olarak elde edildiğini belirleyebilmektir. Mantarlar doğadan toplandıktan sonra örnekler, steril eldivenlerle ve alevde steril edilen aletlerle elde edildi [14]. Çizelge 3,1' de gösterildiği gibi her bir mantarın iç, dış, şapka üstü ve şapka altı olmak üzere 4 farklı bölgesinden örnekler alındı. Mantarın şekline göre farklı bölgelerinden alınan örneklerden elde edilen üremenin değiştiği görüldü. Mantar örnekleri alev etrafında steril bir ortamda bölünerek iç, şapka altı ve şapka üstü bölgelerinden alındığı için sonradan oluşabilecek kontaminasyon riski de oldukça azaltıldı.

A1, A4 gibi ağaçta çanak şeklinde büyüyen mantarlarda iç, şapka altı ve şapka üstü kısımlarından alınan örneklerden verimli üreme elde edildi. Mantarın dış yüzeyinden alınan örneklerden yapılan ekimlerde çok fazla kontaminasyon olduğu gözlemlendi ve saf kültürün izole edilmesi mümkün olmadı. Mantarın dış yüzeyinin çevre ile çok fazla temas halinde olması onu kontaminasyona açık hale getirmektedir ve bu yüzden de petride farklı organizmaların ürediği belirlendi. Mantarların iç bölgeleri çevre ile temas etmediğinden dolayı yabancı mikroorganizmalardan korunduğu düşünüldü. A2 ve A3 gibi ağacın kovuğundan alınan mantarlarda sadece mantarın içinden alınan örnekte üreme görüldü. Bu mantarların bir çanak veya şapka gibi çıkıntılarının çok az olmasından dolayı bu bölgelerden uygun örnekler alınmadı. Çimlerden toplanan A6 mantarının da iç kısmında ve şapka altında bulunan lamellerden alınan örneklerde az kontaminasyonlu ve aktif üreme gözlemlendi.

**Çizelge 3.1.** Mantardan alınan örnek bölgelerinden elde edilen üremeler

	İç	Dış	Şapka Altı	Şapka Üstü
A1	+	-	+	+
A2	+	-	-	-
A3	+	-	-	-
A4	+	-	+	+
A5	+	-	+	-
A6	+	-	+	-

### 3.2. Mantarların Saklanma Koşullarına göre Üremelerin İzlenmesi

Mantarlar doğadan toplandığı için yüksek kontaminasyon riski mevcuttur. Bu yüzden mantarın üzerinde var olan farklı organizmaların yarattığı riski azaltabilmek için mantarlar +4°C, -18°C ve oda sıcaklığında saklandı. Saklama koşullarına göre üremenin izlendiği sonuçlar çizelge 3.2' de verildiği gibidir. Sonuçlara göre taze olarak ekilen mantarların daha verimli ürettiği gözlemlendi. +4°C'de ve -18°C'de saklandıktan sonra ekilen örneklerin ya hiç ümediği ya da kontaminasyona maruz kaldığı belirlendi.

**Çizelge 3.2.** Mantarlardan alınan örneklerden saklama koşullarına göre elde edilen üremeler

	Taze	+4°C	-18°C
A1	+	-	+
A2	-	+	-
A3	+	+	-
A4	+	-	+
A5	+	-	-
A6	+	-	+

### 3.3. Mantarların Farklı Katı Besi yerlerinde Üremelerinin İzlenmesi

Toplanan beyaz çürükçül mantarlar örnekleri iki farklı katı besi yerine ekilerek hangisinde daha aktif ürettiği tespit edildi. Çizelge 3,3'de görüldüğü gibi hemen tüm mantarların PDA katı besi yerinde verimli olarak üremesi izlendi. MEA ' lı katı besi yerinde üreme yok denecek kadar azdır. Üremelerin büyük bir kısmının da kontaminasyona maruz kaldığı görüldü.

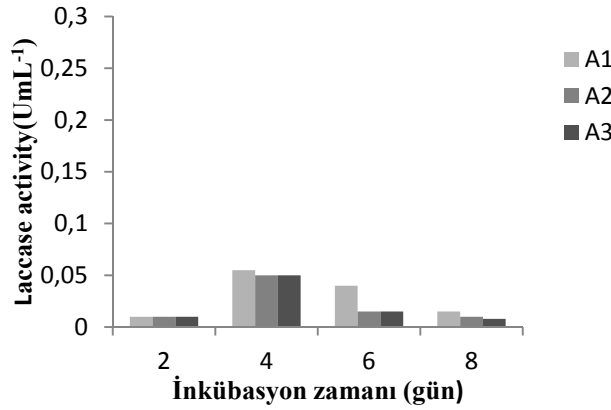
**Çizelge 3.3.** Mantarlardan alınan örneklerden katı besiyerlerinde elde edilen üremeleri

	MEA	PDA
A1	-	+
A2	-	+
A3	+	+
A4	-	+
A5	-	+
A6	-	+

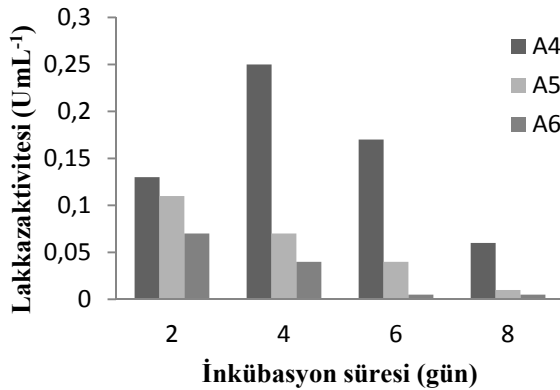
### 3.4. Farklı Besi yerlerinde Lakkaz Üretimi

İz elementler, mikroorganizmaların gelişme ve üreme evrelerinde oldukça önemli bir etkiye sahip olduğundan besi yerinde bulunmaları mantar büyümesi ve enzim üretmesi için gereklidir [1]. Bu durumu gözlemlemek için glukoz konsantrasyonu farklı, iz elementler içeren ve içermeyen iki farklı besi yeri hazırlanıp enzim üretimine etkisi karşılaştırılmıştır. İz elementler içermeyen ve

glukoz konsantrasyonu  $5\text{gL}^{-1}$  olan besi yeri I'e üç farklı mantar (A1, A2, A3) ekildi ve 8 gün inkübe edildi. Şekil 3,1 'de görüldüğü gibi A1 mantarında en yüksek enzim üretimi inkübasyonun 4. gününde  $0,06\text{ UmL}^{-1}$  olarak belirlendi. A2 ve A3 mantarlarında ise inkübasyonun 4. gününde lakkaz aktivitesi herikisi için  $0,05\text{ UmL}^{-1}$  olarak bulundu. Diğer günlerde ise lakkaz aktivitesi düştüğü görüldü. İz element içeren ve glukoz konsantrasyonu  $10\text{gL}^{-1}$  olan besi yeri II' ye üç adet mantar ekildi (A4, A5 ve A6). Şekilde 3,2'de görüldüğü gibi her üç mantarda da lakkaz aktivitesi besi yeri I 'deki lakkaz aktivitesine oranla daha yüksektir. Glukoz değerinin artması ve iz elementlerin varlığı ile mantarlarda lakkaz enziminin aktivitesinin arttığı görüldü. A4 mantarı diğer mantar örneklerine oranla en yüksek lakkaz aktivitesi gösterdiği tespit edildi. A4 mantarında lakkaz aktivitesi inkübasyonun 4. gününde  $0,25\text{ UmL}^{-1}$  en yüksek seviyeye ulaştı. A4 mantarında inkübasyonun 8. gününde dahi  $0,06\text{ UmL}^{-1}$  lakkaz aktivitesi belirlendi. A5 ve A6 mantarları için en yüksek lakkaz aktivite inkübasyonun 2. gününde sırasıyla  $0,12\text{ UmL}^{-1}$  ve  $0,07\text{ UmL}^{-1}$  olarak tespit edildi.



Şekil 3.1. Besi yeri I ortamında beyaz çürükçül mantarlarının lakkaz aktivitesinin inkübasyon süresi ile değişim grafiği



Şekil 3.2. Besi yeri II ortamında beyaz çürükçül mantarlarının lakkaz aktivitesinin inkübasyon süresi ile değişim grafiği



#### 4.TARTIŞMA

Bu çalışmada Yıldız Teknik Üniversitesi Davutpaşa kampüsünde ağaç gövdesinden ve topraktan toplanan beyaz çürükçül mantarların optimize edilen saf kültürlerinden alınan örneklerin, glukoz konsantrasyonları birbirinden farklı, iz elementi içeren (besi yeri II) ve içermeyen (besi yeri I) besiyeri ortamlarında lakkaz üretimi incelendi.

Beyaz çürükçül mantarların iz elementi ve glukoz içeren ortamda enzim üretimlerinin etkin bir şekilde arttığı bilinmektedir [7,10]. İz elementlerinin varlığının enzim üretimi üzerinde glukozdan daha önemli bir etkiye sahip olduğu da belirlenmiştir. Buna karşılık glukoz ve iz elementlerin konsantrasyonunun artması ile birlikte enzim üretimini inhibe etme özellikleri de vardır [10]. Bu nedenle Davutpaşa kampüsünde doğal ortamlarından toplanan beyaz çürükçül mantarların iz elementi içeren ve iz elementi içermeyen besi yeri ortamlarında lakkaz üretimi incelendiğinde, sadece glukoz ( $5\text{gL}^{-1}$ ) içeren besi yeri 1 ortamında en yüksek lakkaz aktivitesi inkübasyonun 4. gününde  $0,06\text{U ml}^{-1}$  olarak bulundu. A2 ve A3 mantarlarında ise inkübasyonun 4. gününde lakkaz aktivitesi herikisi için  $0,05\text{U mL}^{-1}$  olarak belirlendi. Buna karşılık glukoz ( $10\text{gL}^{-1}$ ) ve iz elementi içeren besi yeri 2 ortamında ise A4 mantarında lakkaz aktivitesi inkübasyonun 4. gününde  $0,25\text{U mL}^{-1}$  olarak hesaplandı. A5 ve A6 mantarları için en yüksek lakkaz aktivitesi inkübasyonun 2. gününde sırasıyla  $0,12\text{U mL}^{-1}$  ve  $0,07\text{U mL}^{-1}$  olarak tespit edildi.

Düşük konsantrasyonda glukoz içeren besiyerinde lakkaz aktivitesi her üç mantar için benzer şekilde düşük bulunmuştur. Daha yüksek glukoz konsantrasyonu ve iz elementi içeren besiyeri ortamında lakkaz aktivitesi her üç mantar için belirgin bir şekilde artmıştır. Glukoz miktarının artması ve iz elementi ilavesi mantarlarda lakkaz aktivitesini arttırmıştır.

Sonuç olarak, Yıldız Teknik Üniversitesi Davutpaşa kampüsünden toplanan 6 adet beyaz çürükçül mantarlarda lakkaz aktivitesi bulunmuştur. Mantarların büyüme şartları daha da iyileştirilerek endüstride özellikle tekstil, deterjan, deterjan, kağıt ve şarap endüstrisinde geniş uygulama alanı bulunan lakkaz enziminin üretimi artırılabilir.

#### Acknowledgments / Teşekkür

Bu araştırma Yıldız Teknik Üniversitesi Araştırma Fonu tarafından desteklenmiştir. (Proje No: BAPK 27-01-02-15)

#### REFERENCES / KAYNAKLAR

- [1] *Trametes Versicolor* Beyaz Çürükçül Fungusundan Lakkaz Enziminin Saflaştırılması ve Kısmi Nitelendirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, GYTE, 2009.
- [2] Brijwani K., Rigdon A., Vadlani P. V., Fungal Laccases: Production, Function, and Applications in Food Processing, *Enzyme Research*, (2010), 1-10, 2010.
- [3] Desai S.S, Nityanand C., Microbial Laccases and Their Application: A Review, *Asian Journal of Biochemistry*, 3 (2), 98-124, 2011.
- [4] Leonowicz A., Cho N.S., Luterek J., Wilkolazka A., Wasilewska M.W., Matuszewska A., Hofrichter M., Wesenberg D., Rogalski J., Fungal Laccases: Properties and activity on lignin *Journal of Basic Microbiology*, 41,( 3-4), 185-227,2001.
- [5] Kunamneni A., Plou F. j., Ballesteros A., Alcalde M., Laccases and Their Applications, A Patent review, *Recent Patents on Biotechnology*, 2(1), 10-24, 2008.
- [6] Pazarlıoğlu N.K., Sarımsık M., And Telefoncu A., *Versicolor* And Application To Denim Washing, *Process Biochemistry*, 40, 1673-1678,2005.
- [7] Tien M., Kirk T., Lignin Degrading Enzyme from *Phanerochaete crisosporium*: Purification Characterization Catalicite Properties of A Unique  $\text{H}_2\text{O}_2$  Requiring

- Oxygenase, Proceedings of the National Academy of Science of the USA, 81, 2280-2284, 1984.
- [8] Bourbannis, R., Paice, M.G., Reid, I.D., Lanthier, P., Yaguchi, M., “Lignin Oxidation by Laccase Isozymes from *Trametes versicolor* and Role of the Mediator ABTS in Kraft Lignin Depolymerization”, *Applied and Environmental Microbiology* 61,1876-1880, 1995.
- [9] Bourbannis, R., Paice, M.G., Freiermuth, B., Bodie, E., Borneman, S., “Reactivities of Various Mediators and Laccases with Kraft Pulp and Lignin Model Compounds”, *Applied and Environmental Microbiology*, 63, 4627-4632, 1997a.
- [10] Wong Y., Yu, J., Laccase-Catalyzed Decolorization of Synthetic Dyes, *Water Resource*, 33: (16) 3512-3520, 1990.
- [11] The Mycological Society of American Publishs *Mycologia*, Stanford University Libraries.
- [12] Arda, M., *Temel Mikrobiyoloji*, Genişletilmiş ikinci baskı Medisan Yayın, Serisi No:46, 2000.
- [13] Arısan Ataç I. , Peksel A., *Biyoteknolojinin Temel İlkeleri* ,YTÜ Basım-Yayın, Merkezi, İstanbul, 2006.
- [14] Çotuk A., *Genel Mikrobiyoloji Laboratuvar Yöntemleri*, Nobel Tıp Kitabevi, İstanbul, 2003.
- [15] Bilgehan H., *Temel Mikrobiyoloji ve Bağışıklık Bilimi*, 11. Baskı, Barış Yayınları, Fakülteler Kitabevi, 2005.