

T.C.
BİLECİK ŞEYH EDEBALI ÜNİVERSİTESİ
BİLİMSEL ARAŞTIRMA PROJESİ SONUÇ RAPORU

PROJE ADI: Biyo-Şablon Kullanılarak Poroz SnO₂ Sentezi ve Karakterizasyonu

PROJE YÜRÜTÜCÜSÜ: Dr. Öğr. Üyesi Miraç ALAF
PROJE NOSU: 2018-01.BŞEÜ.03-05

ARAŞTIRMACILAR:

- 1- Dr. Öğr. Üyesi Sema LEBLEBİCİ
- 2- YL Öğrencisi Gözde BEYCE

BAŞLAMA TARİHİ: 02.07.2018

BİTİŞ TARİHİ: 25.12.2019

BİLECİK ŞEYH EDEBALI ÜNİVERSİTESİ
BİLECİK, 2019

ÖZET

Mevcut projede SnO₂, düşük maliyetli maya hücrelerinin biyo-şablon olarak kullanılmasıyla sentezlenmiştir. Üretilen nano yapılı SnO₂ tozlarının karakterizasyonu X-ışınları difraksiyonu, taramalı elektron mikroskobu (SEM), enerji dağılımlı X-ışını spektroskopisi (EDS) ve BET analizleri yapılmıştır.

SUMMARY

At current project, porous SnO₂ was prepared by a bio-template route using low-cost yeast cells as templates. Prepared nanocrystalline SnO₂ was characterized by X-ray diffraction (XRD), scanning electron microscopy (SEM), energy dispersive X-ray spectroscopy (EDX), Brunauer–Emmett–Teller (BET) analysis.

TEŐEKKÖR

Bu projenin yürütölmesi ve sonuçlandırılması için laboratuvar imkanlarını kullandığımız Biyoteknoloji Araştırma ve Uygulama Merkezi'ne teşekkür ederiz. Ayrıca bazı analizler için laboratuvar desteği aldığımız Sakarya Üniversitesi Metalurji ve Malzeme Mühendisliği Bölümü'ne de teşekkür ederiz.

İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	ii
SUMMARY.....	iii
TEŞEKKÜR.....	iv
İÇİNDEKİLER.....	v
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	vi
TABLolar DİZİNİ	vii
1. GİRİŞ.....	1
2. AMAÇ VE KAPSAM.....	4
3. MATERYAL VE YÖNTEM.....	5
4. ANALİZ BULGU VE SONUÇLAR	7
6. KAYNAKLAR.....	18

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1. Maya hücrelerinin biyo-şablon olarak kullanımı ile poroz SnO₂ sentezi

Şekil 2. Maya hücrelerine ait SEM fotoğrafları

Şekil 3. Biyoşablon kullanılmadan üretilmiş SnO₂ tozuna ait XRD paterni

Şekil 4 Biyoşablon kullanılmadan üretilmiş SnO₂ tozuna ait SEM fotoğrafı

Şekil 5. Maya@SnO₂ numunesine ait termal analiz grafiği

Şekil 6. Maya@SnO₂ numunelerinin 450°C, 550°C ve 650°C sıcaklıklarda kalsine edildikten sonra ki XRD paternleri

Şekil 7. (a)450°C, (b)550°C ve (c)650°C sıcaklıklarda kalsine edilmiş SnO₂ nanotozlarının 5.000 büyütmede SEM fotoğrafları

Şekil 8. (a)450°C, (b)550°C ve (c)650°C sıcaklıklarda kalsine edilmiş SnO₂ nanotozlarının 10.000 büyütmede SEM fotoğrafları

Şekil 9. (a)450°C, (b)550°C ve (c)650°C sıcaklıklarda kalsine edilmiş SnO₂ nanotozlarının 100.000 büyütmede SEM fotoğrafları

Şekil 10. Maya@SnO₂ numunelerinin 450°C, 550°C ve 650°C sıcaklıklarda kalsine edildikten sonra ki BET grafikleri

TABLolar DİZİNİ

Tablo 1. Kalsinasyon sonrası numuneleri tane boyutu hesaplama değerleri

Tablo 2. BET analizinden elde edilen veriler

1. GİRİŞ

İnsanlık tarihi, doğanın gerçeklerini anlamak için sonsuz zorlukların üstesinden gelmiştir. Bazen doğa, insanların üstesinden gelmesi gereken çok önemli bir engel haline gelmiştir. Ancak, sürekli bilimle ilerleme kaydetmemize ve daha iyi bir yaşama yol açmamıza da ilham vermiştir.

Yapısal şablon olarak biyolojik malzemelerin kullanımı ile malzemelerin sentezlenmesi mümkündür ve son yıllarda da literatürde sıkça yer almaktadır. Biyolojik malzemelerin nano yapıları basit bir 0-D yapısından kompleks bir 3-D yapısına kadar farklı şekillerde olabilir. Bu eşsiz yapı sadece biyo uygulamalarda değil biyolojik uygulamaların dışında da kullanılabilir. Yarı iletkenler, devreler, katalistler, enerji depolama/dönüşüm devreleri gibi farklı alanlarda kullanılan malzemelerin sentezi için bu eşsiz yapıdaki biyolojik malzemeler kullanılabilir. Bu uygulamalar için bulk malzeme kullanımı nerdeyse imkânsızken asıl gerekli olan yüksek yüzey/hacim oranına sahip malzemelerdir. Biyolojik şablonlar kullanılarak farklı mikroyapı geometrilerine sahip ve yüksek yüzey alanlı malzemeler sentezlemek mümkündür [5].

Literatürde çok çeşitli malzemelerin biyo-şablon kullanılarak sentezlenmesi çalışmaları son yıllarda yer almaktadır. ZnO, SnO₂, Fe₂O₃, MnO₂, LiPFeO₄, V₂O₅ ve TiO₂ gibi farklı bileşikler çeşitli biyo-şablonlar kullanılarak sentezlenmiştir. Biyo-şablon olarak da tütün mozaik virüsü, spirulina, kamçılı bakteriler, pamuk fiberi, polen gibi farklı biyolojik malzemeler kullanılmıştır [6-12].

SnO₂ geniş bant aralığına sahip n tipti bir yarı iletkenidir[8]. Tetragonal rutil yapıda olan kalayoksit kafes yapısı 2 kalay 4 oksijen atomu içermektedir. Kalay atomu düzgün oktahedranların köşelerindeki 6 oksijen atomunun merkezindedir. Her oksijen atomu eşkenar üçgenin köşelerindeki 3 kalay atomu tarafından çevrelenmiştir[9]. O-O

mesafesi 4.6646 Å ve O-Sn mesafesi 3.7662 Å dur. Latis parametreleri $a = b = 4.738$ Å ve $c = 3.187$ Å dur [13].

SnO₂'nin potansiyel kullanım alanlarından biri gaz sensörleridir. Gaz sensörleri belirli bir gazın varlığında malzemenin iletkenliğinin değişmesine bağlı olarak çalışırlar. Yarıiletken gaz sensörlerinin yüzeyi gaz ile temas ettiğinde reaksiyon meydana gelir. Reaksiyon ile absorbe olan oksijen konsantrasyonu değişir. Oksijen iyonları elektron hareketini ve iletkenliği engelleyecek potansiyel bariyeri oluşturur. Sisteme giren spesifik gazlar ile (CO, H₂ v.s) oksijen birleşerek bu bariyerin yüksekliğini azaltırlar. Direnç azalır ve dolayısıyla iletkenlik artar. SnO₂'nin farklı gazlara karşı tepkisi farklıdır. Örneğin CO, H₂ ve CH₄ gazlarının SnO₂ yüzeyi ile temasında iletkenlikte artma veya NO₂ ve CO₂ gibi oksidasyon özelliği olan gazlarla temasında ise iletkenlikte azalma gözlenir [14].

SnO₂ nin diğer kritik kullanım alanlarından biri Li-iyon pillerdir. Enerji depolama sistemlerinden yüksek özgül enerjiye sahip Li-iyon piller ve bu piller için yüksek performanslı elektrot malzemelerinin üretimi son yıllarda enerji alanına ilginin artması ile önem kazanmıştır. Bu elektrot malzemelerinden SnO₂ yüksek teorik kapasitesi (1491mAhg⁻¹), iyi çevrim yeteneği ve yüksek kolombik verimliliği ile ilgi çekicidir [15].

Bu proje kapsamında biyo-şablon olarak kullanılan maya çeşitli poroz nanomalzemenin sentezlenmesinde kullanılmıştır ve literatürde yer almaktadır. Li ve çalışma arkadaşları mayayı kullanarak poroz TiO₂ sentezi yapmışlardır. Li-iyon piller için anot malzemesi olarak ürettikleri poroz yapılı anataz fazındaki TiO₂ nin yapısal ve elektrokimyasal karakterizasyonu yapmışlardır. Ürettikleri TiO₂ nin yüksek yüzey alanına ve mezoporlu ve makroporlu yapıda olduğunu göstermişlerdir [6].

Zang ve çalışma arkadaşları da yüksek yüzey alanlı ve porlu SnO₂ yapısını farklı bir biyo-şablon kullanarak sentezlemiştir ve karakterize etmiştir. Biyo-şablon olarak eşsiz porlu yapıya sahip greyfurt zarını kullanan grup 10 nm kristal boyutuna sahip bal peteği şeklinde porlara sahip SnO₂ yapısını elde etmişlerdir. Gaz sensörü olarak kullanım için karakterize ettikleri yapıdan yüksek yüzey alanına sahip olduğu için yüksek verim elde etmişler [16].

Bu projede biyo-şablon olarak kullanılan maya hücreleri; küresel, oval, eliptik, limon, silindirik ve ipliksi görünümdedir. Hücre şekilleri mayanın cinsine ve türüne, üreme ve saklanma koşullarına ve yaşına göre değişmektedir. Mayaların şekilleri, mayaların tanımlanması ve sınıflandırılması açısından önemlidir. Mayaların büyüklükleri cinslere göre değişmekle birlikte 2 – 8 mikron çapında, 3 – 15 mikron uzunluğundadır. Saccharomyces cinsine ait mayalar oval, yuvarlak veya uzun hücreler oluşturur. Bu cins endüstride büyük önem taşıyan mayaları içermektedir. Doğada başta zm olmak üzere meyve ve sebzeler üzerinde çok yaygın olarak bulunmaktadır. şekerleri fermente ederek alkol ve CO₂ oluşturur. Bu cinsin önemli bir türü olan Saccharomyces cerevisiae hamur, bira ve şarap üretiminde starter olarak kullanılır.

Fırıncı mayası olarak bilinen Saccharomyces cerevisiae tek hücreli ökaryotik bir canlıdır. Fungusların sarı-yeşil mantarlar grubunda yer alan küresel şekilli canlılardır. Olgun meyvelerin yüzeylerinde, bazı canlıların sindirim sistemlerinde, böceklerin ve sıcakkanlı hayvanların vücut yüzeylerinde, dünyanın üzerindeki bölgelerde ve hatta su ortamlarında bulunan topraklarda vahşi tip suşları yaşamaktadır [17]. Biyolojik çalışmalarda boyut, üretim zamanı, genetik, mekanizmaların korunması ve potansiyel ekonomik yararlar gibi konularda farklı çalışma alanlarında model organizma olarak kullanılmaktadır. Normal laboratuvar haploid suşları 90 dakikada, sentetik ortamlarda ise 140 dakikada iki katına çıkmaktadır. Mayalar aerobik koşullar altında, yeterli bir besin kaynağı içeren hafif bir asidik pH ortamında 28-30 C'de optimum gelişim göstermektedir [18].

2. AMAÇ VE KAPSAM

Nanoteknolojide biyo-şablonlar kullanılarak malzeme tasarımı ve üretimi farklı mikroyapılarda ve yüksek yüzey alanlı malzemelerin sentezi için imkan sağlamaktadır. Çeşitli biyo-şablonlar kullanılarak aşağıdan yukarıya yaklaşım şeklinde micro/nano malzeme sentezlemek mümkündür [1].

Proje kapsamından üretilmiş olan Kalayoksit (SnO_2) geniş bant aralığına sahip olan bir n-tipi bir yarı iletkenidir. Ayrıca yüksek optik geçirgenlik, düşük elektriksel iletkenlik, kızılötesi ışınlar için yüksek yansıtıcılık, yüksek mekanik sertlik ve iyi çevresel kararlılık en belirgin özelliklerindedir. SnO_2 nin bu özelliklerinden dolayı geniş kullanım alanı vardır. Li-iyon piller, gaz sensörleri ve güneş pilleri en yaygın ve kritik uygulama alanlarındandır [4].

Mevcut projenin amacı; ucuz, çokça bulunan ve kolay erişilebilen mayayı biyo-şablon olarak kullanarak poroz yapıya sahip nanokristalli SnO_2 yapısı sentezlemektir. Üretilen SnO_2 yapısı yüksek yüzey alanına sahip olacağından Li-iyon piller ve gaz sensörleri gibi potansiyel uygulama alanları için karakterize edilmiştir.

Çeşitli nanopartiküllerin sentezi ve hazırlanmasında biyo-şablonların kullanımı ve bunun farklı disiplinlerin etkileşimiyle yapılması son yıllarda çok dikkat çekmiştir. Biyo-şablonların kullanılması klasik malzeme sentezi ile karşılaştırıldığında birçok avantaja sahiptir [3].

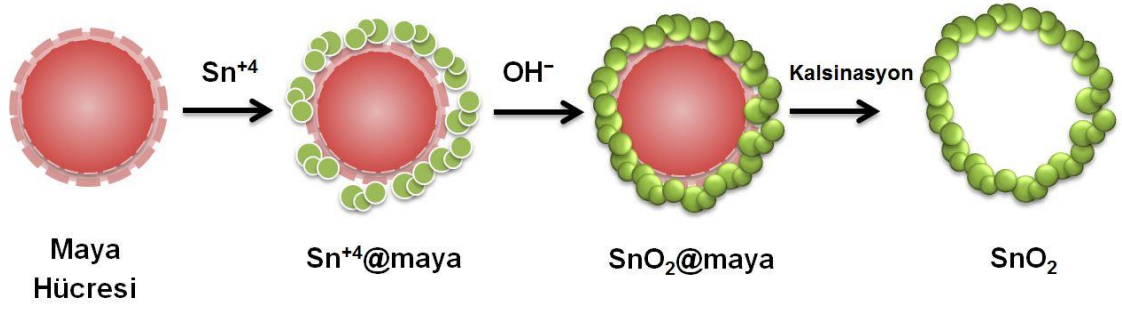
3. MATERYAL VE YÖNTEM

Mevcut projede mayanın biyo-şablon olarak kullanımı ile poroz SnO₂ sentezi yapılmıştır. Biyoşablon olarak maya hücresi kullanırken başlangıç malzemesi olarak SnCl₂.2H₂O kullanılmış ve hidrotermal sentez yöntemiyle üretim yapılmıştır.

Maya hücreleri olarak marketten alınmış Dr.Oetker Aktif Maya kullanılmıştır. 2,0 g kuru maya, 100 mL saf su ve 2,0 g glikoz karışımı önce manyetik karıştırıcıda homojen bir dağılım sağlayana kadar tutulmuş sonra üzeri hava almayacak şekilde 36 C de 30 dk tutulmuş maya hücrelerinin sayılarının artması sağlanmıştır. Ardından bu karışıma 2 mM molariteye sahip olacak şekilde SnCl₂.2H₂O eklenmiş ve oda sıcaklığında manyetik karıştırıcıda 2 saat karıştırılarak NaOH ilavesi yapılmıştır. Ardından karışım 12 saat bekletilmiş ve tüm reaksiyonların tamamlanması beklenmiştir. Sonra santrifüj yardımıyla çözelti süzölmüş pH değeri 7 ye gelene kadar saf su ile defalarca yıkanmıştır. Elde edilen SnO₂@maya numuneleri etüvde 80°C de kurutulmuştur.

Son adım olarak da yüzeyine SnO₂ biriktirilen maya hücreleri kalsine edilerek uzaklaştırılmıştır. Geriye sadece poroz SnO₂ yapısı kalması için yapılan kalsinasyon işleminin sıcaklığı yapılan TG analizi ile belirlenmiştir. Karşılaştırma yapılması için 450°C, 550°C ve 650°C olarak seçilen kalsinasyon sıcaklığının da yapıya ve poroziteye etkisi incelenmiştir.

SnO₂ yapısını üretmek için kullanılan üretim aşamaları şematik olarak Şekil 1'de gösterilmiştir.



Şekil 1. Maya hücresinin biyo-şablon olarak kullanımı ile poroz SnO₂ sentezi

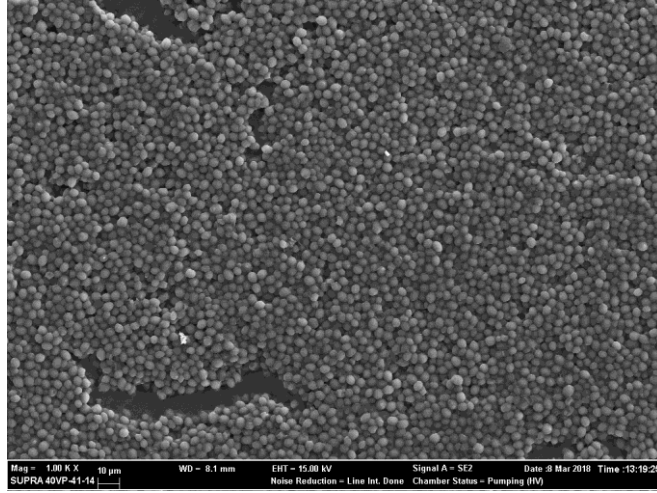
Üretilen numunelerin X ışınları difraksiyon testleri Rigaku D-Max 2000 markalı cihaz ile CuK α radyasyonu ile yapılmıştır. Taramalar 10°<2 θ <90° aralığında 5° geliş açısı ile ve 2°/dakika hızında yapılmıştır. Taramalı elektron mikroskobu olarak da FEI marka Quanta FEG 450 model cihaz kullanılmıştır. TG analizi için TA Instruments marka STDQ600 model termal analiz cihazı kullanılmıştır. Testler 5 °C/dk ısıtma hızında açık atmosferde yapılmıştır. Azot sorpsiyon deneyleri Micromeritics Gemini VII analizyer ile gerçekleştirilmiştir. Por boyut dağılımı için Barrete-Joynere-Halender (BJH) metodu ile desorpsiyon izotermleri kullanılmıştır.

4. ANALİZ VE BULGULAR

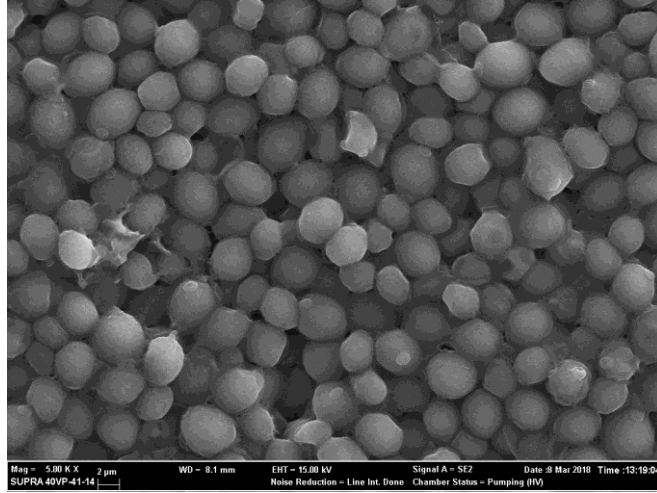
Fırıncı mayası olarak bilinen *Saccharomyces cerevisiae* tek hücreli ökaryotik bir canlıdır. Fungusların sarı-yeşil mantarlar grubunda yer alan küresel şekilli canlılardır. Olgun meyvelerin yüzeylerinde, bazı canlıların sindirim sistemlerinde, böceklerin ve sıcakkanlı hayvanların vücut yüzeylerinde, dünyanın üzerindeki bölgelerde ve hatta su ortamlarında bulunan topraklarda vahşi tip suşları yaşamaktadır [17]. Biyolojik çalışmalarda boyut, üretim zamanı, genetik, mekanizmaların korunması ve potansiyel ekonomik yararlar gibi konularda farklı çalışma alanlarında model organizma olarak kullanılmaktadır.

Proje kapsamında kullanılan maya da 3-5 μm aralığında homojen boyutlara sahip oval şekilli hücrelerdir. Şekil 2'de farklı büyütmelede SEM fotoğrafları çekilen maya hücreleri görülmektedir. Şekil 2-c'de hücrelerin boyutları ölçülmüş ve 3,5-4,5 μm ölçülerinde oval oldukları görülmektedir. Maya hücrelerinin SEM fotoğrafları alınmadan önce yüzeyleri Au-Pt alaşımı ile kaplanmıştır.

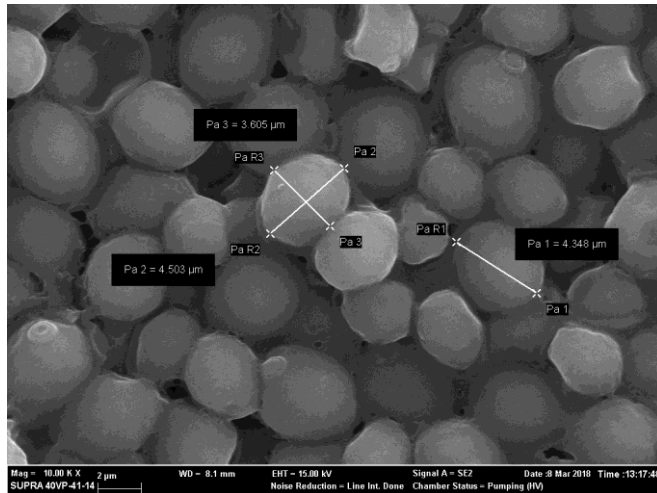
Hidrotermal yöntemi ile üretilen SnO_2 nano tozlara ait XRD paterni Şekil 3'de verilmiştir. XRD paternindeki pikler kristalin rutil tetragonal yapıdaki SnO_2 (JCPDS No. 00-041-1445) fazına aittir. Piklerin şiddetleri nispeten düşük ve geniş olmalarının sebebi Kim ve çalışma arkadaşlarının da belirttiği üzere düşük kristalinite ve çok düşük tane boyutu ile ilgilidir [19]. Saf SnO_2 tozlarına ait SEM fotoğrafı Şekil 4'de sunulmuştur. SnO_2 yapısının homojen, küresel ve çok ince boyutlu olduğu anlaşılmaktadır.



(a)

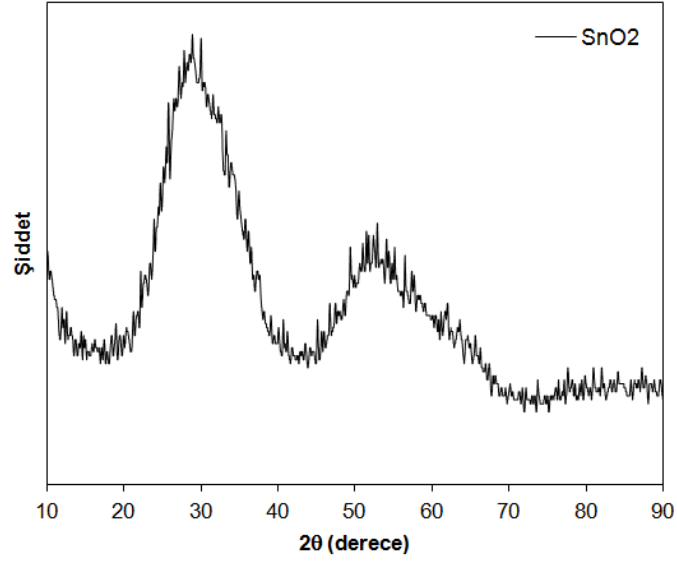


(b)

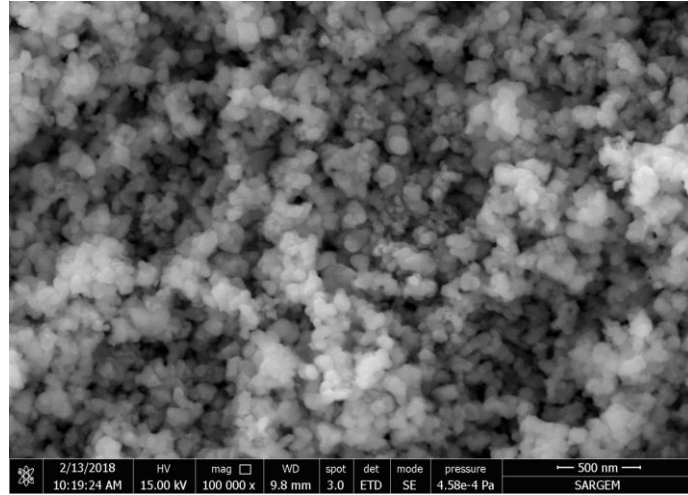


(c)

Şekil 2. Maya hücrelerine ait SEM fotoğrafları



Şekil 3. Biyoşablon kullanılmadan üretilmiş SnO₂ tozuna ait XRD paterni

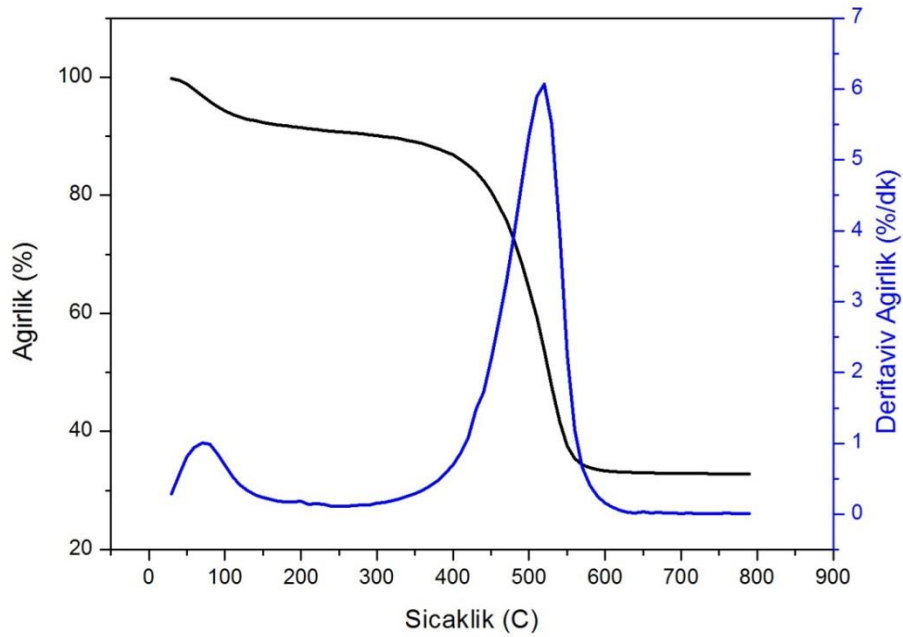


Şekil 4. Biyoşablon kullanılmadan üretilmiş SnO₂ tozuna ait SEM fotoğrafı

Projenin amacı olan maya hücrelerini kullanarak poroz SnO₂ üretimidir. Bunun için önce maya hücrelerinin yüzeyini SnO₂ kaplayarak ardından maya hücrelerinin kalsinasyon ile uzaklaştırılması ile amaca ulaşılır. Maya hücrelerinin uzaklaştığı sıcaklığı belirlemek için en etkili ve basit yöntem termogravimetrik analizdir.

Hidrotermal sentez yöntemi ile yüzeyi SnO₂ kaplanmış maya hücreleri yani Maya@SnO₂ numunesine ait TG grafiği Şekil 5'te sunulmuştur. Analiz sonucuna göre 100-150 °C aralığında ağırlıkta % 3-5 ağırlık kaybı olmuştur. Bu numunenin fiziksel suyunun uzaklaştığını göstermektedir. Daha sonra 400°C'de başlayan ağırlık kaybı maya hücrelerinin uzaklaştığını göstermektedir. Maya hücreleri 600°C'de tamamen yapıdan uzaklaşmış ve bu sıcaklıktan sonra sadece SnO₂ tozları kalmıştır.

Yapılan TG analizine göre mayanın tamamen uzaklaşması için 600°C mayayı uzaklaştırmak için yeterli bir sıcaklıktır. Ancak kalsinasyon sıcaklığı arttıkça difüzyon kaynaklı tane yapısında büyüme de gerçekleşeceği için daha düşük sıcaklıklarda kalsinasyon da çalışılmıştır. Kalsinasyon zamanı 5 saat gibi uzun bir süre seçilerek mayanın tamamen uzaklaşması sağlanmıştır. Proje kapsamında 450°C, 550°C ve 650°C sıcaklıklarda kalsinasyon yapılmıştır.



Şekil 5. Maya@SnO₂ numunesine ait termal analiz grafiği

Şekil 6 kalsinasyon sonrası SnO₂ tozlarına ait XRD paternlerini göstermektedir. 450°C, 550°C ve 650°C sıcaklıklarda kalsine edildikten sonra üç farklı patern şekilde sunulmuştur. Tüm pikler kristalin rutil tetragonal yapıdaki SnO₂ (JCPDS No. 00-041-1445) fazına aittir ve standart kristalografik datalar ile uyumludur. Herhangi bir empürite pikine rastlanmamıştır. Kalsinasyon sıcaklığı arttıkça piklerin şiddetinde artma gözlenmiştir. Bu da artan kristalinite ve tane boyutuna bağlıdır. X-ışınları analizlerine göre Scherrer formülü ile kristal boyutu tayini yapılmıştır [20].

$$D = \frac{0,9 \cdot \lambda}{B \cdot \cos \theta}$$

D; kristal boyutu

λ ; x-ışını dalga boyu

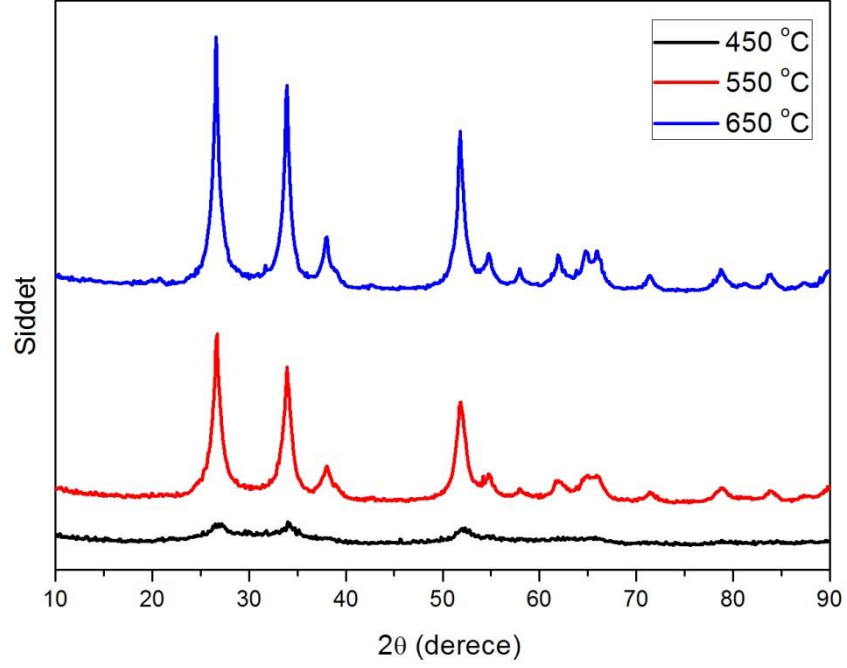
B; pik genişliği

θ ; kırınım açısı

Her bir numune için en şiddetli ana pikler seçilmiştir. Tablo 1. Scherer formülü kullanılarak hesaplanan tane boyutu ile ilgili θ ; kırınım açısı (radyan), FWHM değeri ve hesaplanan tane boyutunu göstermektedir.

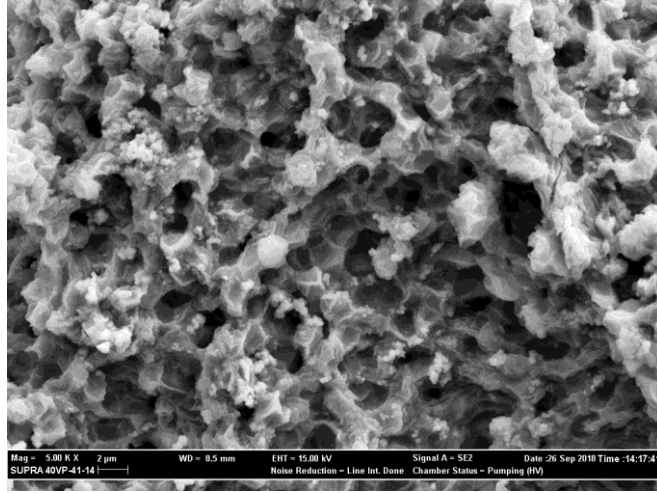
Tablo 1. Kalsinasyon sonrası numuneleri tane boyutu hesaplama değerleri

Numune	2 θ (derece)	θ (radyan)	FWHM	Tane Boyutu (nm)
450	26,503	0,231..	0,688	20,15
550	26,699	0,232..	0,620	22,36
650	26,580	0,231..	0,538	25,77

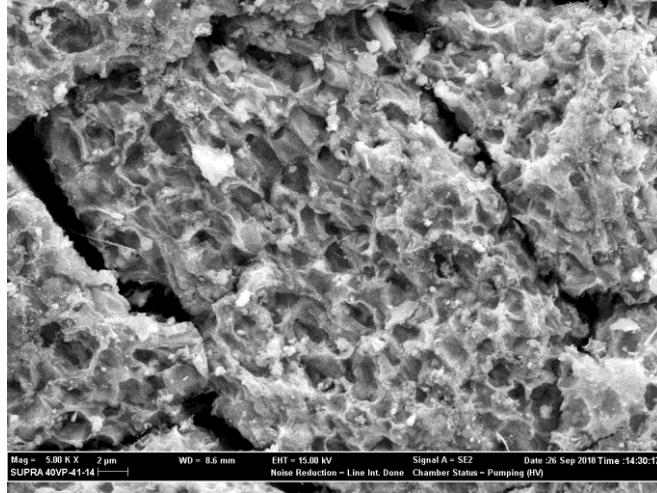


Şekil 6. Maya@SnO₂ numunelerinin 450°C, 550°C ve 650°C sıcaklıklarda kalsine edildikten sonra ki XRD paternleri

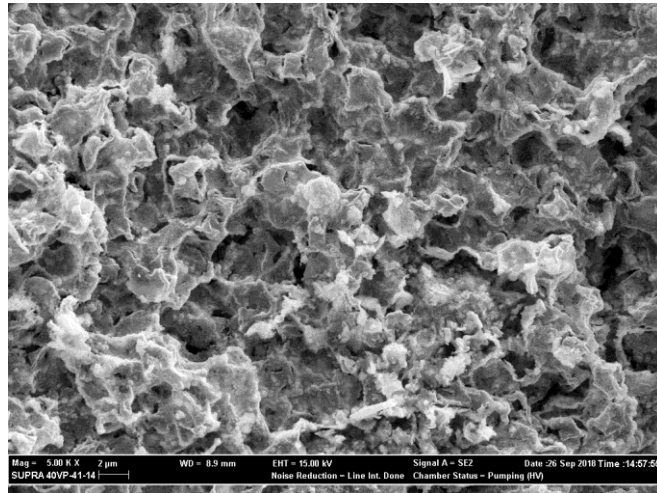
Şekil 7, Şekil 8 ve Şekil 9 Maya@SnO₂ numunelerinin 450°C, 550°C ve 650°C sıcaklıklarda kalsine edildikten sonra ki farklı büyütmelerde alınmış SEM fotograflarını göstermektedir. Üretilen SnO₂ tozları Şekil 1’de şematik olarak gösterilen toz üretim şekline benzemektedir. Homojen dağılıma sahip numunelerde içleri boşaltılmış kürelere benzeyen yapı vardır. Bu yapı ile yüzey alanı yüksek ve poroziteli yapı elde edilmiştir.



(a)

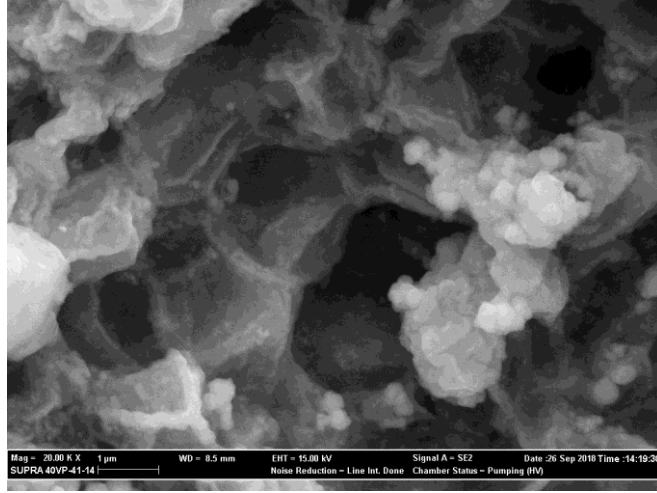


(b)

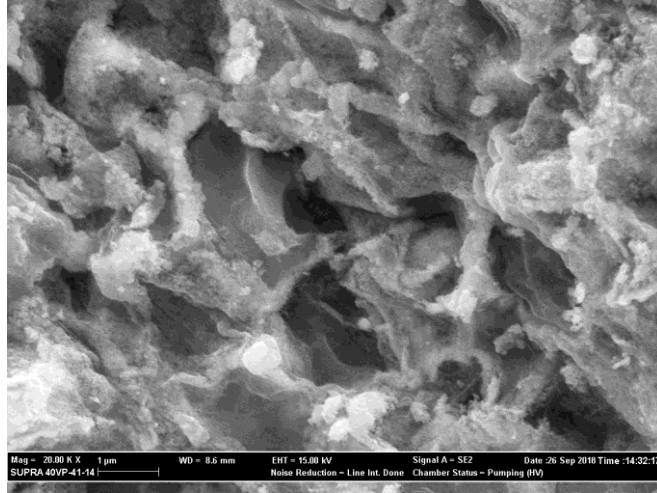


(c)

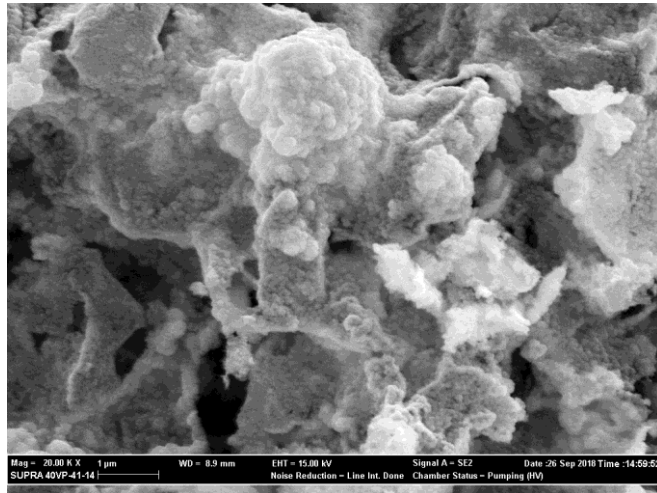
Şekil 7. (a)450°C, (b)550°C ve (c)650°C sıcaklıklarda kalsine edilmiş SnO₂ nanotozlarının 5.000 büyütmede SEM fotoğrafları



(a)

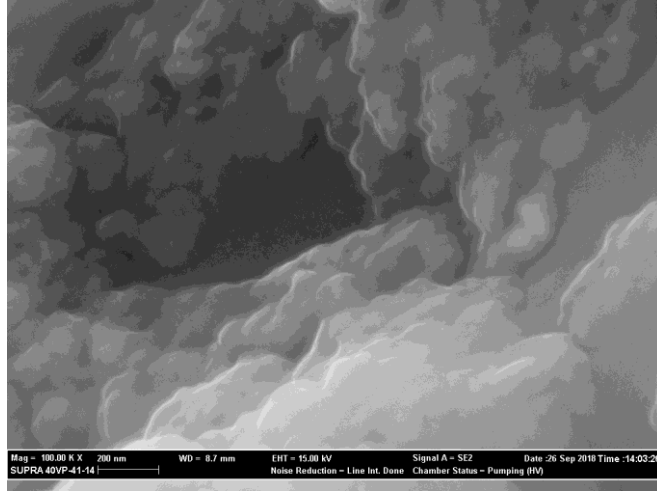


(b)

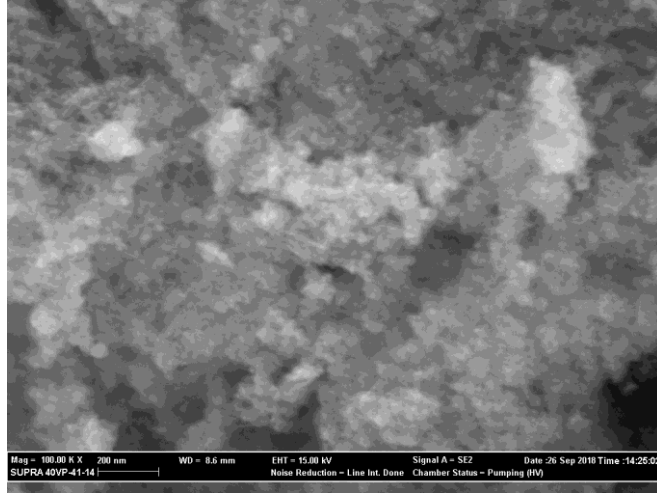


(c)

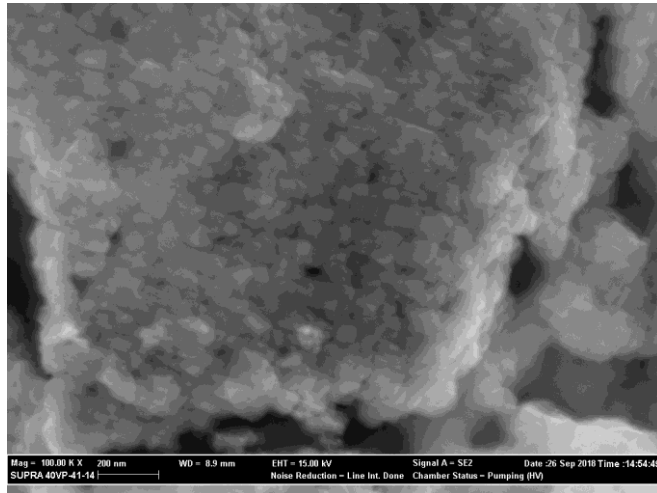
Şekil 8. (a)450°C, (b)550°C ve (c)650°C sıcaklıklarda kalsine edilmiş SnO₂ nanotozlarının 10.000 büyütmede SEM fotoğrafları



(a)



(b)



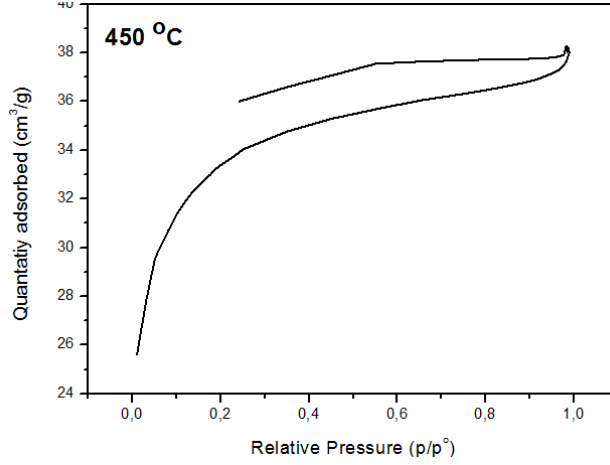
(c)

Şekil 9. (a)450°C, (b)550°C ve (c)650°C sıcaklıklarda kalsine edilmiş SnO₂ nanotozlarının 100.000 büyütmede SEM fotoğrafları

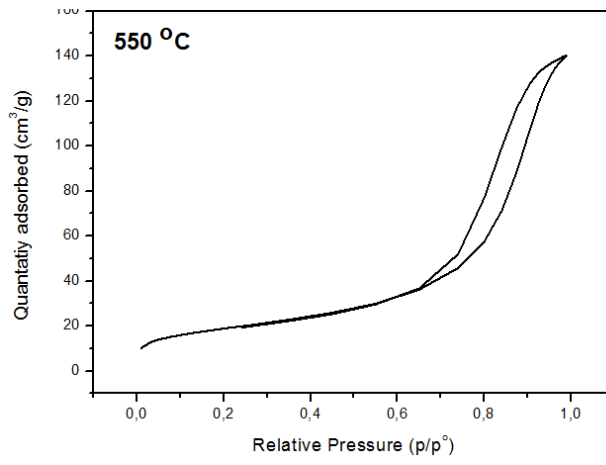
Şekil 9 Maya@SnO₂ numunelerinin 450°C, 550°C ve 650°C sıcaklıklarda kalsine edildikten sonra ki BET yüzey alanı testlerinden elde edilen grafikleri göstermektedir. Ayrıca BET analizinden elde edilen veriler de Tablo 2.'de tüm numuneler için gösterilmiştir.

Tablo 2. BET analizinden elde edilen veriler

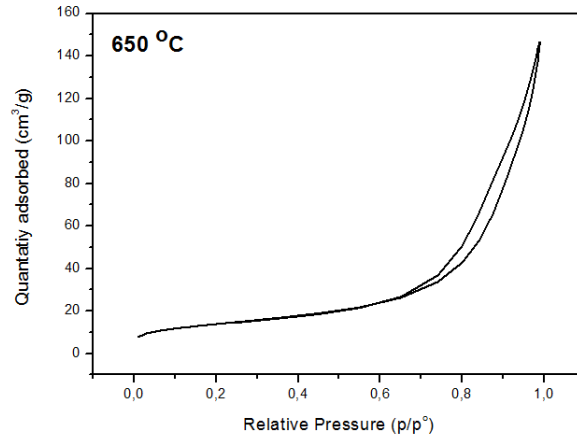
Numune	BET yüzey alanı (m ² /g)	Langmuir yüzey alanı (m ² /g)	Toplam por hacmi (cm ³ /g)	Por genişliği (nm)
450	110,98	153,19	0,058	2,10
550	50,00	69,63	0,215	12,66
650	67,98	94,73	0,212	16,98



(a)



(b)



(c)

Şekil 10. Maya@SnO₂ numunelerinin 450°C, 550°C ve 650°C sıcaklıklarda kalsine edildikten sonra ki BET grafikleri

KAYNAKLAR

- [1] R. Selvakumar, N. Seethalakshmi, P. Thavamani, Ravi Naidu, Mallavarapu Megharaj; Recent advances in the synthesis of inorganic nano/microstructures using microbial biotemplates and their applications, RSC Adv., 2014, 4, 52156.
- [2] N. Nitta, F. Wu, J. T. Lee, and G. Yushin, “Li-ion battery materials: Present and future,” Mater. Today, vol. 18, no. 5, pp. 252–264, 2015
- [3] Alexander S. Freer, Lucas Guarnaccio, Kristin Wafford, Johanna Smith, Jayne Steilberg, James N. Culver, Michael T. Harris, SAXS characterization of genetically engineered tobacco mosaic virus nanorods coated with palladium in the absence of external reducing agents, Journal of Colloid and Interface Science 392 (2013) 213–218.
- [4] MOL, A. M. B. V., Chemical vapour deposition of tin oxide thin films. Eindhoven Üniversitesi, Doktora Tezi, 2003.
- [5] Kisuk Kang, Sung-Wook Kim, Bio-Inspired Synthesis of Electrode Materials for Lithium Rechargeable Batteries, Seoul National University, Republic of Korea, www.intechopen.com
- [6] Y. N. Li, J. Su, X. Y. Lv, Y. F. Long, and Y. X. Wen, “Yeast bio-template synthesis of porous anatase TiO₂ and potential application as an anode for sodium-ion batteries,” Electrochim. Acta, vol. 182, pp. 596–603, 2015.
- [7] B. Bai, P. Wang, L. Wu, L. Yang, and Z. Chen, “A novel yeast bio-template route to synthesize Cr₂O₃ hollow microspheres,” Mater. Chem. Phys., vol. 114, no. 1, pp. 26–29, 2009.
- [8] L. Liu, Y. Guo, Y. Wang, X. Yang, S. Wang, and H. Guo, “Hollow NiO nanotubes synthesized by bio-templates as the high performance anode materials of lithium-ion batteries,” Electrochim. Acta, vol. 114, pp. 42–47, 2013.

- [9] M. Gnerlich, H. Ben-Yoav, J. N. Culver, D. R. Ketchum, and R. Ghodssi, "Selective deposition of nanostructured ruthenium oxide using Tobacco mosaic virus for micro-supercapacitors in solid Nafion electrolyte," *J. Power Sources*, vol. 293, pp. 649–656, 2015.
- [10] D. Pan, S. Ge, X. Zhang, X. Mai, S. Li, and Z. Guo, "Synthesis and photoelectrocatalytic activity of In₂O₃ hollow microspheres via a bio-template route using yeast templates," *Dalt. Trans.*, vol. 47, no. 3, pp. 708–715, 2018.
- [11] S. N. Beznosov, P. S. Veluri, M. G. Pyatibratov, A. Chatterjee, D. R. Macfarlane, O. V. Fedorov, and S. Mitra, "Flagellar filament bio-templated inorganic oxide materials-towards an efficient lithium battery anode," *Sci. Rep.*, vol. 5, pp. 1–7, 2015.
- [12] Q. Fan, L. Lei, Y. Chen, and Y. Sun, "Biotemplated synthesis of LiFePO₄/C matrixes for the conductive agent-free cathode of lithium ion batteries," *J. Power Sources*, vol. 244, pp. 702–706, 2013.
- [13] SINNER, M.,-HETTENBACH, SnO₂ (110) and Nano-SnO₂: characterization by surface analytical techniques. Tübingen Üniversitesi, Doktora Tezi, 2000
- [14] COBOS, Metal additive distribution in TiO₂ and SnO₂ semiconductor gas sensor nanostructured materials. Barcelona Üniversitesi Doktora Tezi, 2001.
- [15] Alaf, M., Gultekin, D., Akbulut, H. 2013. Electrochemical properties of free-standing Sn/SnO₂/multi-walled carbon nano tube anode papers for Li-ion batteries, *Applied Surface Science*, 275, 244–251.
- [16] X. Zhang, G. Xu, Z. Chen, H. Cui, Z. Zhang, and X. Zhan, "Solvothermal preparation and gas sensing properties of hierarchical pore structure SnO₂ produced using grapefruit peel as a bio-template," *Ceram. Int.*, vol. 43, no. 5, pp. 4112–4118, 2017.

- [17] Martini A., 1993. Origin and domestication of the wine yeast *Saccharomyces cerevisiae*. *J Wine Res*, 4, 165-176
- [18] O’Kennedy K and Reid G., 2008. Yeast Nutrient Management in Winemaking. *Aust N.Z. Grapegrow and Winemak*, 92-100.
- [19] S. P. Kim, M. Y. Choi, and H. C. Choi, “Photocatalytic activity of SnO₂nanoparticles in methylene blue degradation,” *Mater. Res. Bull.*, vol. 74, pp. 85–89, 2016.
- [20] M. Alaf, Lityum İyon Piller için Sn/SnO₂/KNT Kompozit Anotlarının Geliştirilmesi, Doktora Tezi, Sakarya Üniversitesi, 2014